北 水 試 研 報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish.Exp.Stn.

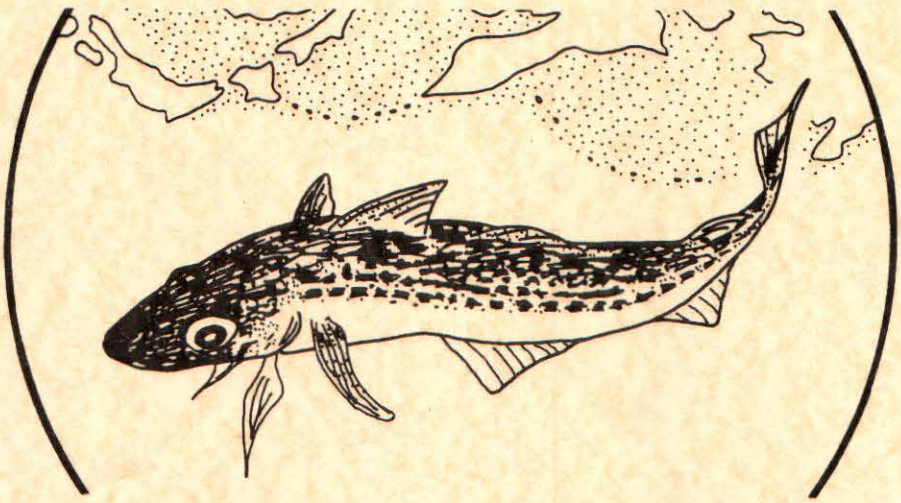
CODEN:HSSHEE
ISSN : 0914-6830

北海道立水産試験場研究報告
第 42 号

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 42

北海道周辺海域におけるスケトウダラ並びにタラ科魚類の資源・生態研究の現状と展望
－北海道スケトウダラ研究グループ25周年記念論文集－

Present status and prospects of research on the biology and fisheries resources of walleye pollock and other gadid species in the waters around Hokkaido
－special edition of the "Hokkaido Suketoudara Kenkyu Group" (Hokkaido Walleye Pollock Research Group) for the 25th anniversary－



北 海 道 立 中 央 水 産 試 験 場
北 海 道 余 市 町
1 9 9 3年1 2月
Hokkaido Central Fisheries
Experimental Station
Yoichi, Hokkaido, Japan
December, 1993

北海道立水産試験場研究報告

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

第 42 号

No. 42

吉田英雄 編

Edited by
Hideo YOSHIDA

——記念誌編集委員会委員——

吉田 英雄	(北海道立中央水産試験場：事務局)
Hideo YOSHIDA	(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)
渡辺 一俊	(北海道区水産研究所)
Kazutoshi WATANABE	(Hokkaido National Fisheries Research Institute)
桜井 泰憲	(北海道大学水産学部)
Yasunori SAKURAI	(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)
中谷 敏邦	(北海道大学水産学部)
Toshikuni NAKATANI	(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)
西山 恒夫	(北海道東海大学)
Tsuneo NISHIYAMA	(Hokkaido Tokai University)

発 刊 の 辞
Forward

北海道立中央水産試験場長
Hokkaido Central Fisheries
Experimental Station
Director General
齊 藤 勝 男
Katsuo SAITOH

北水試研報の特別号発刊にあたり，一言ご挨拶申し上げます。

昨年，北海道のスケトウダラ資源研究者達が，研究グループ発足25周年を記念して「北海道スケトウダラ研究シンポジウム」を開催したのは，記憶に新しいところです。その際，道水産部及び道内外の水産研究機関をはじめ，業界団体など多くの皆様の深いご理解とご協力をいただき盛会に行うことができました。ここに改めて感謝申し上げます。

ご承知のとおり，スケトウダラは，北海道の漁業者や加工業者の方々にとって大変重要な資源です。しかし，年々漁場が狭くなり資源も減少傾向にあることから，自然の再生産力を活かしつつ，永続的利用の途を探っていくことが必要になっています。

本誌は，北海道スケトウダラ研究グループ発足25周年記念事業の一環として，これまでの研究成果をまとまった形で公表しようと企画され，このほど出版の運びとなりました。今年，中央水試の庁舎改築という記念すべき年に本誌が出版されるということもまた大変意義深いものが感じられます。

内容は，昨年のシンポジウムや研究発表会で発表されたもののうち，特に価値のある総説や原著論文をはじめ，スケトウダラ以外にもタラ科魚類を含めた新しい研究成果が盛り込まれています。

漁業資源研究というのは，海洋や水産生物を研究対象として，基本となるデータの蓄積等，地味な研究の積み重ねから始まります。ここから資源管理に必要な基礎的知見が得られるのですが，産業界からは成果が見えにくい分野でもあります。

しかし，研究者が常に生産現場のニーズを把握し，成果がどう生かされるかを見据えながら研究を進めれば，必ず生きた研究になるものと確信しています。

また，最近では「GLOBEC」に代表されるような，海洋環境の変動と資源動態との関係解明に向けた広範な分野にまたがる研究プロジェクトが発足しています。ここでは，親潮－プランクトン－スケトウダラを軸として，海洋の生物生産システムの解明を目指した研究が進められようとしています。今後は，これらの動きが一層具体化されることと思います。

最後になりましたが，本誌を通じてスケトウダラやタラ科魚類の生態的特徴をみなさんに知ってもらうことができれば誠に幸いに存じます。

さらに，本誌がこれからの水産業の発展方向として，「資源管理型漁業の確立」と「地球環境と調和した産業」へと進展していくための契機として有意義なものになることを祈念し，発刊のご挨拶といたします。

発刊にあたって
Preface

編者　吉　田　英　雄
Hideo YOSHIDA

北海道スケトウダラ研究グループ25周年記念論文集の発刊にあたり，事務局（北海道立中央水産試験場）より，趣旨説明とご挨拶を申し上げます。

スケトウダラの資源調査が本格的に取り組まれたのは終戦後であり，その後のスケトウダラの漁場・資源開発や利用・加工技術開発の歴史は，まさに我が国の社会・経済の歴史といっても過言ではありません。こうした時代背景の中で昭和43年に生まれた「北海道スケトウダラ研究グループ」は，水試・水研・大学の枠を越えた研究集団として，北海道の水産資源研究をリードしてきましたが，発足して25年を経過し，今まさに世代交代の時期を迎えています。

目を本道水産業に転ずれば，本道漁業を取り巻く情勢は，200海里体制が定着するとともに国際漁業の規制が強化され，益々厳しくなっています。しかし，本道周辺200海里水域内資源の有効利用をめざした管理型漁業への転換や，国際的な協調ある資源管理体制の確立に向けて動き始めており，21世紀に向けた本道漁業の新たな枠組みづくりの時代に入っているともいえます。

このような大きな転換期の中にあって，本道漁業，加工業におけるスケトウダラ資源の重要性は今後も増す一方であり，資源変動の予測や漁業管理による資源の維持増大の可能性など，資源研究に対する関心や要望がより高度なものとなってきております。

北海道のスケトウダラ研究者がこの期待に応えるためには，先見性のある課題設定をし，研究に対してどん欲で着実かつ大胆な調査研究に取り組もうとしなければなりません。そのためには，これまでのスケトウダラ研究グループの研究者が培ってきた調査研究成果の総括や最新の研究成果を公表し，水産業界や行政機関の方々を含めた幅広い論議を行うことで，これからの研究の方向性を見定めなくてはなりません。

このような考えの基に「北海道スケトウダラ研究グループ会議25周年記念事業」を計画し，平成４年秋には「北海道スケトウダラ研究シンポジウム」を開催いたしました。そして，このたび記念論文集を北水試研究報告として刊行することができました。

記念事業の企画・運営にあたっては，以下の団体・機関に所属される多くの方々のご協力，ご助言，激励そしてご援助を頂きました。記して感謝申し上げます。最後に，多忙な中，投稿頂いた著者の皆様並びに英文要旨の添削をして頂いた米国商務省海洋大気局V.G.Wespestad博士そして校正の労をとられた企画情報室益村尚隆氏に心よりお礼申し上げます。

（協賛，協力団体・機関：順不同）日本海すけとうだら漁業協議会・桧山すけとうだら延縄漁業協議会・渡島すけとうだら刺し網漁業協議会・胆振すけとうだら刺し網漁業協議会・羅臼漁業協同組合・北海道指導漁業協同組合連合会・北海道漁業協同組合連合会・北海道信用漁業協同組合連合会・北海道漁業共済組合・北海道漁業信用基金協会・全国共済水産業協同組合連合会北海道事務所・北海道機船漁業協同組合連合会・北海道水産物加工協同組合連合会・北海道水産会・北水協会・北海道栽培漁業振興公社・北海道大学水産学部・北海道東海大学工学部・北海道区水産研究所・東北区水産研究所八戸支所・遠洋水産研究所・岩手県水産試験場・宮城県水産研究開発センター・ロシア共和国太平洋漁業海洋学研究所サハリン支所・水産海洋学会

北海道立水産試験場研究報告

第 42 号

目　　次

前田　辰昭，高木　省吾，亀井　佳彦，梶原　善之，目黒　敏美，中谷　敏邦

スケトウダラ調査研究の歴史と問題点 …… 1－14

中谷　敏邦，前田　辰昭

スケトウダラの初期生活史 …… 15－22

針生　　勤

タラ科魚類5種の仔稚魚の発育過程（総説） …… 23－26

西村　　明

耳石によるスケトウダラの齢査定について（総説） …… 37－49

桜井　泰憲

スケトウダラの繁殖特性と戦略 …… 51－68

長澤　和也

日本周辺海域におけるタラ科魚類の寄生虫（総説・文献目録） …… 69－89

八木　宏樹，武藤　卓志

1990－91～91－92年の岩内湾におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma*（Pallas）卵稚仔の分布動向と最近の特徴 …… 91－100

佐野　満廣，佐々木正義，宇藤　　均，小池　幹雄，佐々木　彰，大迫　正尚

根室海峡におけるスケトウダラ産卵量及び来遊親魚量の推定 …… 101－111

三宅　博哉，浜林　啓治，石亀　正則，佐野　満廣

近年の根室海峡におけるスケトウダラ卵分布量の急激な減少(英文) … 113－119

針生　勤，西山　恒夫

スケトウダラ *Theragra chalcogramma*（Pallas）とホッキョクダラ *Boreogadus saida*（Lepechin）の後期仔魚の形態について(英文) … 121－133

夏目　雅史，佐々木正義

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅰ
水平分布と孵化時期 …… 135－142

夏目　雅史，佐々木正義

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅱ
鉛直分布の日周変化とビームトロールネットの採集効率 …… 143－148

夏目　雅史，佐々木正義

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅲ
ビームトロールによる採集適期 …… 149－155

佐々木正義，長澤　和也

北海道えりも岬以西太平洋海域のスケトウダラ若年魚の分布 …… 157－164

上田　吉幸

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性
第3報　胴周による網目選択性曲線 …… 165－175

田中　伸幸

北海道のエリモ以西太平洋沿岸の定置網で漁獲された
スケトウダラについて …… 177－181

水野　政巳，夏目　雅史

サハリン西海域に来遊するスケトウダラ産卵群の特徴 …… 183－190

ズヴェリコーワ　ラリーサ　ミハイロブナ

スケトウダラ「オホーツク海」系群の再生産機構と
資源動向に関する研究（英文） …… 191－195

ズヴェリコーワ　ラリーサ　ミハイロブナ

現在の北部日本海サハリン沖におけるスケトウダラ
個体群の再生産レベル（英文）…… 197－202

石野　健吾

脊椎骨数から見たオホーツク海南西水域の
スケトウダラ索餌群の資源構造 …… 203－213

宇藤　　均，夏目　雅史

北海道日本海沿岸におけるスケトウダラの年齢組成の地域差と
その原因に関する一考察 …… 215－228

稲田　伊史，村上眞裕美

東北海区のスケトウダラとマダラの資源変動と底層水温 …… 229－240

山村　織生，稲田　伊史，島崎　健二

仙台湾沖合における底生魚類群集とタラ目優占種の
生息場所重複（英文）…… 241－250

陳　　二郎，桜井　泰憲

コマイの年齢と成長 …… 251－264

服部　　努，桜井　泰憲，島崎　健二

北海道太平洋側海域におけるマダラ雄の精子形成過程に基づく
成熟度および生殖周期（英文）…… 265－272

吉田　英雄，陳　　二郎，桜井　泰憲

水槽飼育によるスケトウダラ成魚およびコマイ未成魚の
胃中の食物通過速度について …… 273－282

山内　訓司，河野　象威，酒井　　優，小林　雅行

恵山町におけるマダラ人工ふ化の取り組みについて …… 283－294

（1993年12月）

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 42

CONTENTS

Tatsuaki MAEDA, Shogo TAKAGI, Yoshihiko KAMEI,
Yoshiyuki KAJIWARA, Toshimi MEGURO and Toshikuni NAKATANI
History and methodology of walleye pollock studies ..... 1−14

Toshikuni NAKATANI and Tatsuaki MAEDA
Early life history of walleye pollock ..... 15−22

Tsutomu HARYU
Larval development of five species of gadid fishes (Review) ..... 23−36

Akira NISHIMURA
Age determination of walleye pollock based on the otoliths (Review) ..... 37−49

Yasunori SAKURAI
Reproductive characteristics and spawning strategies of walleye pollock,
Theragra chalcogramma ..... 51−68

Kazuya NAGASAWA
Parasites of gadid fishes in Japanese waters (Review and bibliography) ... 69−89

Hiroki YAGI and Takashi MUTOH
Recent aspect of the distribution of eggs, larvae and postlarvae of
the walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) for
the season of 1990-91 to 91-92 in Iwanai Bay (Japan Sea), Hokkaido ..... 91−100

Mitsuhiro SANO, Masayoshi SASAKI, Hitoshi UTOH, Mikio KOIKE,
Akira SASAKI and Masanao OSAKO
Estimation of spawned eggs and parents stock of walleye pollock,
Theragra chalcogramma (Pallas), in the Nemuro Strait, Hokkaido ..... 101−111

Hiroya MIYAKE, Keiji HAMABAYASHI, Masanori ISHIGAME
and Mitsuhiro SANO
Recent sharp decrease in walleye pollock egg abundance
in the Nemuro Strait, Hokkaido ..... 113−119

Tsutomu HARYU and Tsuneo NISHIYAMA
Postlarval morphology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) and Arctic cod, *Boreogadus saida* (Lepechin) ··· 121－133

Masashi NATSUME and Masayoshi SASAKI
Ecology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido - I
Horizontal distribution and hatching seazon ····· 135－142

Masashi NATSUME and Masayoshi SASAKI
Ecology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido - II
Diel depth distribution and gear efficiency of beam trawl net ····· 143－148

Masashi NATSUME and Masayoshi SASAKI
Ecoloogy of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido - III
Best season for sampling by beam trawl net ····· 149－155

Masayoshi SASAKI and Kazuya NAGASAWA
Distribution of young walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Pacific waters off southwestern Hokkaido····· 157－164

Yoshiyuki UEDA
Mesh selectivity of gillnets for spawners of the walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the northern waters of the Nemuro Strait of eastern Hokkaido, Japan
3. Estimation of the mesh selectivity curves using body girth ····· 165－175

Nobuyuki TANAKA
Annual changes of catch, length frequency distribution and the age composition of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, caught by set net in the Pacific coast of southern Hokkaido ····· 177－181

Masami MIZUNO and Masashi NATSUME
Biological characteristics of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, off the west coast of Sakhalin in spawning season ····· 183－190

Larisa Mihajlovna ZVERKOVA
The study of the reporodution features and status of stock of "Okhotsk Sea" walleye pollock population ····· 191－195

Larisa Mihajlovna ZVERKOVA
Reprodution level of North Japan-Sea walleye pollock population off sakhalin at present····· 197－202

Kengo ISHINO
Stock structure of the southwestern Okhotsk Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, during the feeding migration based on the vertebral number ..... 203−213

Hitoshi UTOH and Masashi NATSUME
Regional difference of age-composition of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from the Japan Sea coast of Hokkaido and an interpretation for its cause ..... 215−228

Tadashi INADA and Mayumi MURAKAMI
Fluctuations of walleye pollock and Pacific cod resources and bottom temperature in the waters off the Tohoku region of Japan ... 229−240

Orio YAMAMURA, Tadashi INADA and Kenji SHIMAZAKI
Demersal fish assemblages and macro habitat niche overlaps among gadiform dominant species off Sendai Bay, north Japan ..... 241−250

Are-Lang CHEN and Yasunori SAKURAI
Age and growth of saffron cod (*Eleginus gracilis*) ..... 251−264

Tsutomu HATTORI, Yasunori SAKURAI and Kenji SHIMAZAKI
Maturity and reproductive cycle based on the spermatogenesis of male Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan ..... 265−272

Hideo YOSHIDA, Are-Lang CHEN and Yasunori SAKURAI
The rate of elimination of food from the stomachs of adult walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and immature saffron cod (*Eleginus gracilis*) in captivity ..... 273−282

Satoshi YAMAUCHI, Shoi KONO, Masaru SAKAI and Masayuki KOBAYASHI
Artificial propagation of Pacific cod in Esan, southern Hokkaido ..... 283−294

(December, 1993)

北水試研報　42，1－14（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

スケトウダラ調査研究の歴史と問題点

前田辰昭，高木省吾，亀井佳彦，
梶原善之，目黒敏美，中谷敏邦*

History and methodology of walleye pollock studies

Tatsuaki MAEDA, Shogo TAKAGI, Yoshihiko KAMEI,
Yoshiyuki KAJIWARA, Toshimi MEGURO,
and Toshikuni NAKATANI*

The walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fishery has been conducted since the early part of this century. However, studies on the resouces and ecology of pollock didnot progressed until after World War II. In the 1960's, a new technique of pollock preparation "SURIMI" was developed by Hokkaido Fisheries Experimetal Station. This lend to a rapid increase in world pollock production to about 6 million tonnes during the 1970's. Ecological studies concerned with stock structure, life history, and stock management were activities that developed with the pollock fishery. Although walleye pollock are recognized as demarsal fish, they migrate widely in oceanic areas as a pelagic species. As such, they experience changing habitat and are subject to environmental fluctuations which effects interannual abundance and growth. Therefore, predictions of stock size and fish size requires research vessel surveys as well as statistical analysis of fishery catch data. Futhermore, it is important to examine annual fluctuations in the strength of each year class, stock assessment research and methodology, as well as studies describing and analyzing fishery management policy issues.

スケトウダラ*Theragra chalcogramma*は北太平洋とその隣接水域に広く生息する寒海性魚類で，その漁獲量は500万tから600万tに達し，商業的に利用されている種としては世界最大の魚類資源である。しかし，その漁業の歴史はサケ・マス*Oncorhynchus*属やマダラ*Gadus macrocephalus*，ニシン*Clupea pallasii*等に比べて著しく遅れ，我が国では江戸時代に佐渡ヶ島周辺で行われたとされているが，北海道では岩内，久遠，乙部，江差などで1902～1904年頃から開発され[1-2]，朝鮮半島東岸でもメンタイ漁業として17世紀半頃から始められている[3-4]。しかし，これらが漁獲統計上に現れたのは共に1910年頃からである。

一方，本種の調査研究の歴史となるとさらに遅く，開発当初の北海道や府県の各水産試験

報文番号　A202（1993年1月25日受理）
* 北海道大学水産学部（Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）

場は漁場，漁具，漁法など，漁業の実態調査をすることが中心で，1945年頃までは一部の地域で漁場の開発調査が実施され，生物学的研究も年齢査定[5-6]，魚体の形質[7]，生態[8-9]等についての簡単な研究報告があるに過ぎない。また標識放流も朝鮮半島東岸で1931～1936年に朝鮮水産試験場によって大規模に実施されているが[10-13]，我が国では北海道の利尻島沓形岬付近において1931年に初めて試しみられたに過ぎない[14]，したがって，本種の本格的な調査研究が始まったのは漁業が従来の底刺網や中層延縄のほかに，底曳網によって大量に漁獲されるようになった第二次大戦後で，スケトウダラの資源問題や漁場紛争が発生するようになった1950年以降といってよい。その調査研究は日本海の本州沿岸では日水研，東北地方の太平洋岸では東北水研八戸支所，北海道周辺海域では北水研を中心に各道府県の水試等が積極的に新しい資源解析の手法を取り入れて，多くの優れた報告をしているが，ここでは紙面の関係で省略する。

ソビエトにおいても1950年代に入ってKaganovskaya[15]，Gorbunova[16]が，また，1960年代にはZverkova[17]等が，沿海州から日本海北部，カムチャッカ半島周辺におけるスケトウダラの漁場，分布・回遊，産卵場調査などについて研究をしている。

しかし，アメリカの研究はさらに遅れ，国際海洋法の審議が進展して200カイリ経済水域の問題が現実化し始めた1971年にようやく北西アラスカ漁業センター(NWAFC)で開始され[18]，カナダでも1975年から生物学的研究が実施されている[19]。

我が国ではスケトウダラの冷凍スリミ製法が北水試の西谷喬助技師らによって1960年頃に開発されるに至って，この資源に対する需要が急激に増大し，つれてスケトウダラ漁業は北海道周辺から沿海州沖合，サハリン沿岸，さらにはカムチャッカ半島周辺からベーリング海漁場へと展開し，漁期も従来の産卵期から周年に亘るようになった。その結果として，我が国の本種漁獲量が1960年の70万tから飛躍的に増大して1970年には235万tを越えて総漁獲量の30%を占め，つれて北太平洋における本種の総漁獲量が600万tを越えたのはこの時期である。このような漁獲量の急増は各漁場におけるCPUEの低下，魚体の小型化など資源量の減少傾向が懸念されるようになった。そのためスケトウダラ資源の重要性から，1971年～1973年には農林水産省の特別研究予算によって，資源評価の基礎となる「スケトウダラ資源の系統群の解明に関する研究」が4水研，北海道の5水試，2大学など11機関の研究者によって実施された。

その成果としては，それまで不明であった魚群の時空間分布，回遊などの生態，形質，形態等の諸属性の水域間相違，標識放流などを総合的に検討して各水域間における系統群の構造と，資源管理に関する多くの知見が得られた[20]。また，この特別研究を機会にその後もスケトウダラ資源研究が活発に進められ，資源量動向の把握と漁況予測の手法も一段と向上した。

一方，アメリカ，ロシア，カナダなど諸外国のスケトウダラに関する調査研究はこのところ目覚ましいものがあり，自国200カイリ内資源管理のために積極的に進められており，INPFC[21]やアラスカ大学[22]などの企画による，スケトウダラの生物学的研究，資源評価とその管理等を目的とした国際シンポジュームが開かれている。

その中で，特に注目されることはベーリング海の公海資源の系群の解明ならびに資源動向とその管理であり，ついで生物相互間の関係を数量的に解明するEco-systemの研究で，もう一つは計量魚探による資源量評価の課題であろう。

ここで，これまでのスケトウダラ資源研究を通して得られた知見を基にして，今後の問題

を考えるときに，次に述べる幾つかの点を指摘し，これらの課題について調査研究を進め，より適正な科学的資源管理と漁況予測の推進に努めることを期待する。

(1). その第一点は，本種が魚偏に底と書かれてスケソ（鱈）とされているように，一般に底生魚類として扱われ，海底域にのみ生息する一定の生活領域を持つ種と考えられてきた。しかし，かって北海道襟裳岬以西のスケトウダラ資源が減少した1951年から1959年に，従来から生息していた魚群と形質，形態の異なる魚群が存在することが石田[23]や東北水研[24]によって報告され，久新ら[25]はそれらを耳石重量と体長との関係で示し，以前から生息していたA型群と新しく出現したB型群が交代した経年変化を体長組成で追跡している。また林[26]はこの魚群交代を，従来から当海域に生息していたA型群が衰退し，代わって日本海側から移動したと考えられるB型群（恵山群）が増大して今日の資源を支えていると推察している。

このようなスケトウダラ魚群の移動は諫早・高橋[14]や朝鮮水試によって実施された標識魚の再捕結果[10-13]が示すように，朝鮮半島東岸と北海道日本海岸との魚群の交流があること，また，北水研[27]が北海道のオホーツク海岸と太平洋岸で行った標識放流魚の再捕等にみられるように，それまで考えられていた各系群の回遊範囲を大きく越える移動をしていること等からも理解されよう。

石田[28]は朝鮮半島東岸のスケトウダラが北海道に来遊したり，北海道のスケトウダラが朝鮮半島東岸に回遊したりするのは，その生活史にとって必然的な回遊の結果として起こるものではなく，その時の条件によって起こる移動に過ぎないと述べている。この場合スケトウダラは底魚というよりは，場合によっては表中層遊泳魚であるという性質を重視し，底魚にとって移動の障害となる地理的条件もスケトウダラの場合は障害にならない可能性が強いとしている。また辻[2]はこのような移動を個体群の数量増大期に生息領域を拡大する法則性に基づくものに過ぎない。しかし，スケトウダラはこのような変化を早期に具現する特性を持つ種であるとしており，ともに示唆に富んだ考察をしている。

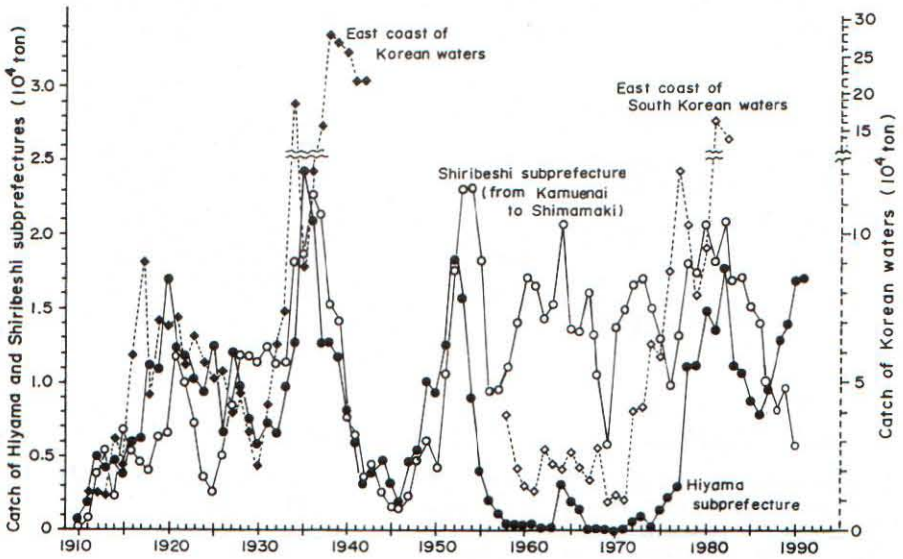


Fig. 1. Annual change in catch of walleye pollock off Hiyama and Shiribeshi of Hokkaido, east coast of Korea Peninsula, and east coast of South Korea.

それではスケトウダラ魚群がどのような分布をし，回遊をしているのかということについて，私共が1983年から地元漁船や北海道大学水産学部練習船おしょろ丸ならびに北星丸を用いて研究を続けている北海道の桧山沖合を中心とした魚群について述べる。

その前段の予備知識として，参考までに当海域に来遊する魚群に対する従来の知見を紹介しておきたい。

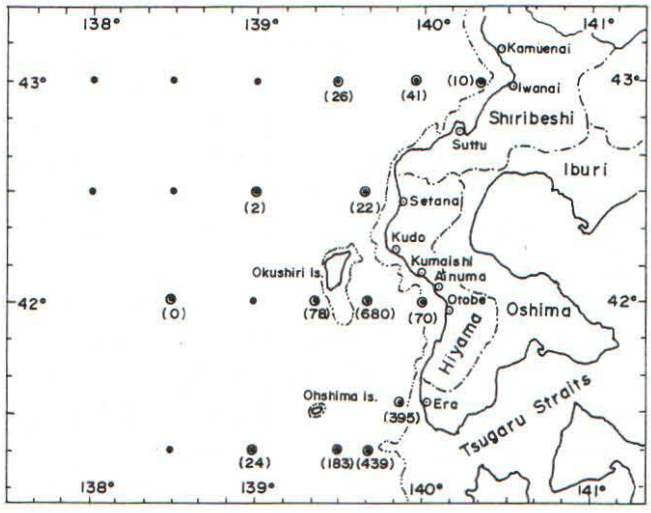


Fig. 2. Stations for hydrographic observation and sampling for pollock collected by midwater trawling in the coastal waters of Hiyama and Shiribeshi of Hokkaido during April 1~7, 1988.
●: Station of oceanographic observation.
◉: Station of oceanographic observation and midwater trawl.
(No.): Numbers of pollock collected by midwater trawling per hour.

桧山海域のスケトウダラは北海道西岸の春ニシンおよび陸奥湾のマダラが急減した1955年頃から漁獲量が急激に低下し，その後約20年間の不振が続き，1975年頃から回復し始めて最近は1～1.5万tの漁獲量をあげ，1990年度漁期には16,500tを維持している(Fig.1)。しかし，この海域の調査研

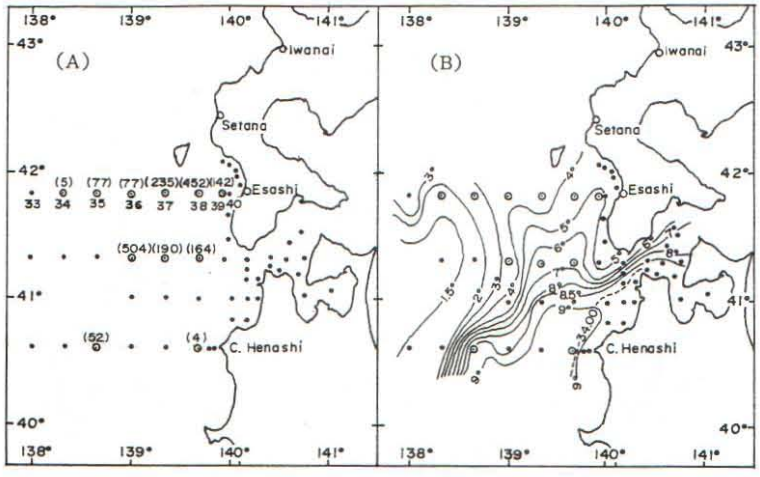


Fig. 3. Sea conditions and distribution of pollock collected by the coastal waters of Hiyama and Aomori Prefecture during April 1-7, 1991.
(A) : Stations for oceanographic observation (●) and midwater trawl (◉).
No. : No. of oceanographic observation.
(No.): Numbers of pollock collected by midwater trawling per hour.
(B) : Horizontal distributions of water temprature(solid line,℃)and salinity(dotted line, ‰) at 100 meters layer.

究はほとんどなく，石垣[29]が沖合におけるマス延縄による混獲魚について述べるにとどまり，辻[2]が過去の漁獲物資料を整理して，「現在この海域に産卵群として来遊するスケトウダラの大部分は北部日本海系群の南方への張り出したもので，他の一部は資源量水準が高い太平洋系群が津軽海峡を越えて来遊する」と推定している。したがって，その主群の回遊は索餌期の春から夏期には，北海道沖合の武蔵堆からサハリン西岸および沿海州に至る海域に生息し，産卵期の接近とともに北海道の陸棚沿いに南下して岩内沖合を経て桧山沿岸に回遊する。産卵後は田中[30]が岩内湾で実施した標識放流ならびに生物学的研究を基にして，再び陸棚上を北上し，日本海北部に移動して索餌期を送るというのが研究者の定説になっていた。したがって，桧山沖合の来遊群予報にはこれまで北部日本海群の資料が用いられてきた。

さて，当海域で1983年1月と1984年1～2月に私共が調査した結果によると[31]，産卵場の

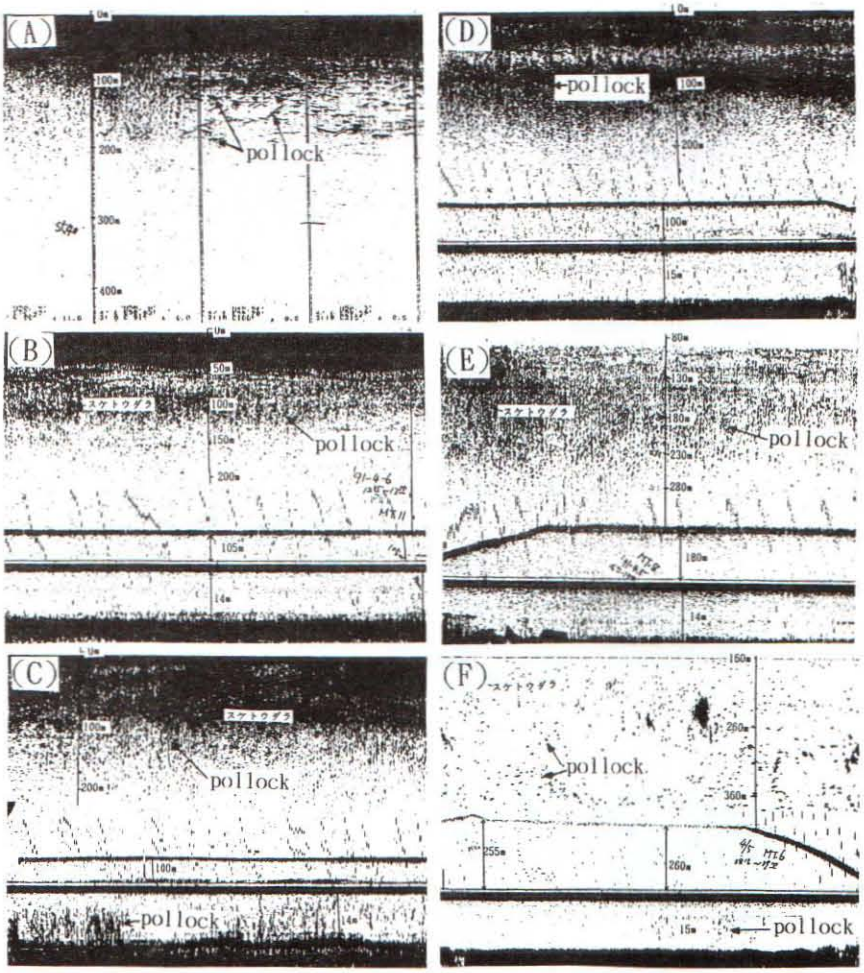


Fig. 4. Echograms of pollock obtained by echosounder of 24KHz on 41° 50′ N line in Fig. 3(St. 34～St. 40)during April 1～7, 1991.
(A) : St. 40(41° 50.0′ E, 139° 59.8′ E). (D) : St. 37(41° 49.0′ N, 139° 20.7′ E).
(B) : St. 39(41° 50.0′ N, 139° 54.5′ E). (E) : St. 36(41° 49.9′ N, 138° 59.8′ E).
(C) : St. 38(41° 49.9′ N, 139° 39.9′ E). (F) : St. 34(41° 50.1′ N, 138° 19.9′ E).

中心は卵の分布，生殖巣熟度と魚探観察による魚群密度等からみて，乙部から相沼沖合に至る陸棚斜面の水深200m線付近と考えられ，その分布層は水温2°～3.5℃の水帯が分布する150～250m層になっている。その後の調査によると，産卵を終えた魚群は索餌のため次第に沖合に分散し，4月上旬の分布中心は沿岸から20～40マイル沖合になっており，その密度は北側よりもむしろ南西方向で高い(Fig. 2)。また魚群は沿岸域では概して高密度であるが，日本海中央部にあたる東経138度でも低密度ではあるが連続して魚群が認められる。しかし，対馬暖流の張り出しが強く影響した1991年4月には魚群の分布中心が例年より沖合寄りに変化しており(Fig. 3)，表層の水塊分布が餌料生物密度と共に，中層に生息している魚群の分布回遊に影響していることを示唆している。なお，4月における魚群の分布層は対馬暖流水の分布状態によって地点により，また年によって変化するが，1991年4月の江差付近の北緯

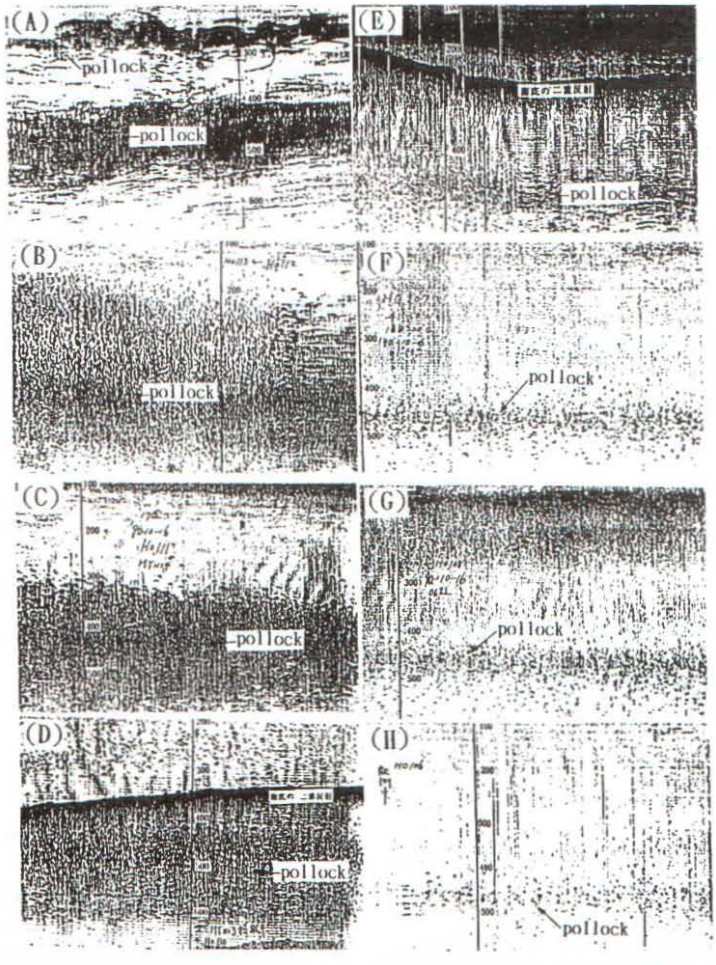


Fig. 5. Echograms of pollock obtained by echosounder of 24KHz on 41° 50′ N line during October 15～22, 1990.
(A) : St. 127(42° 00.0′ N, 140° 00.0′ E). (E) : St. 109(41° 50.0′ N, 138° 59.8′ E).
(B) : St. 112(41° 49.8′ N, 139° 55.0′ E). (F) : St. 108(41° 50.1′ N, 138° 40.2′ E).
(C) : St. 111(41° 50.0′ N, 139° 40.1′ E). (G) : St. 107(41° 50.0′ N, 138° 20.2′ E).
(D) : St. 110(41° 50.1′ N, 139° 20.0′ E). (H) : St. 106(41° 50.0′ N, 138° 00.0′ E).

41度50分線における魚探記録にみられるように，沿岸域では小型のイカ類などが多い水温3°～6℃の80～120m層になっており(Fig. 4-(A),(B))，西側ほど深く日本海中央部では動物Planktonが多い水温0.5°～1.0℃の160～400m層になっている(Fig. 4-(E),(f))。

つぎに，索餌末期の10月の魚群分布をFig. 4と同一緯度線（41° 50′ N）についてみると(Fig. 5)，沿岸域（Fig. 5-(A),(B)）ほど濃密で，日本海中央部に近いFig. 5(G),(H)では低密度になっており，その分布層は400～500mと4月に比べて深く，生殖巣の成熟が早い大型個体ほど，雌雄間では雌より雄が早く産卵場へと回遊している[31-32]。これらの産卵群のうち比較的大型な経産卵群はその密度変化からみて北方の陸棚上からではなく，4月の索餌初期の回遊とは逆に南西方向から接岸するようである。また小型の初回産卵群として加入する体長35cm以下のスケトウダラは北海道の積丹半島沖合の陸棚を離れた水温0.5℃前後の400～500mの中層を北方から南下するものと考えられる(Fig. 6)。それらの回遊を知るために筆者らが1986年から1990年までの産卵後期にあたる2月下旬から3月上旬に相沼沖合の産卵場で実施した標識放流によると，約2,500個体のうち12個体が再捕されている(Table 1, Fig. 7)。それによると，索餌初期の4～7月には南下して，2個体が津軽海峡の水深80～150mの底層で，他の3個体は新潟県沖合と富山湾の水深200～300mの底層で，ともに底曳網と底延縄で再捕されている。しかし他の7個体はいずれも1～2年後の産卵期に放流された地点付近のスケトウダラ中層延縄によって採集されている。

同様のことが北水研による1963年から1984年に放流された14,111個体の再捕魚367個体の移動について報告されており[33]，1979年5～6月に利尻・礼文島付近で放流された体長21.5～48.5cmの5,163個体のうち，再捕された141個体の移動をみると(Fig. 8)，放流年の1979年と翌年の1980年には放流地点付近で再捕されるものが多いが，年と共に再捕域が南方に広がり，2年目の1981年以降には放流地点の周辺海域よりも桧山沖合で多くなっている。また，日本海の北海道南部で4～5月に放流されたものは，索餌期には本州沿岸に南下しているが，産卵期には北上し，特に津軽海峡西側で放流されたものは桧山と後志沿岸で再捕されている[34-36]。

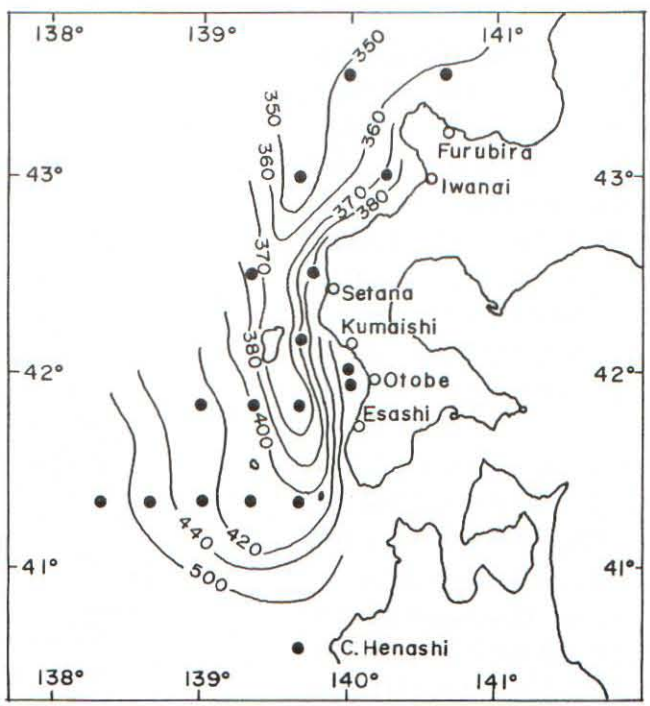


Fig. 6. Contours of mean body weight(gr.)of pollock by midwater trawling during October 12-26, 1990.

以上のことを要約すると，北海道の桧山沖合に産卵のため来遊するスケトウダラのうち，新規に産卵群として加入する小

Table 1. Recapture results of tagging pollock released by off Kumaishi of Hiyama, Hokkaido.

Released	Recapture		
Date	Date	Position	Fishing gaer
Feb. 27, 1986	Feb. 7, 1987	9 miles off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwate long-line
Feb. 27, 1986	July 20, 1987	Off Toyama Prefecture (300m deptf line)	Cod long-line
Feb. 27, 1986	Feb. 1, 1988	3 miles off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwater long-line
Feb.27, 1986	Apl. 5, 1988	Off Niigata Prefecture (200m depth line)	Danish seine (Bottom trawl)
Mar. 1, 1987	June 4, 1988	5 miles off Cape Esan of Oshima, Hokkaido	Bottom long-line
Mar. 1, 1987	June 9,1989	Off Ishikawa Prefecture (300m depth line)	Bottom long-line
Mar.14, 1988	Nov. 30, 1988	9.5 miles off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwater long-line
Mar. 14, 1988	Jan. 7, 1989	6.5 mile off Otobe of Hiyama Hokkaido	Pollock midwater long-line
Mar 14,1988	Jan. 9, 1989	9.5 miles off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwater long-line
Feb. 25, 1989	Apr. 19, 1989	80 meters depth line off Fukushima-cho, Hokkaido	Bottom long-line
Feb. 25, 1989	Dec. 26, 1991	Off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwater long-line
Dec. 21, 1990	Dec. 9, 1992	Off Otobe of Hiyama, Hokkaido	Pollock midwater long-line

型魚群は4月の索餌初期頃から10月にかけて日本海北部の養育場から積丹半島沖合の中層を経て南下し始めているものと考えられる。これに対して，比較的大型な経産魚は産卵後の索餌期の初期には桧山沖合から分散し，西は日本海中央部から南は富山湾にまで回遊し，一部は津軽海峡を太平洋に向かうが，産卵期の接近につれて再び桧山沿岸に回帰するものと推察される。

ここで指摘しておきたいことは，桧山沖合から後志沖合の魚群分布層は，対馬暖流水の張り出しの強弱と，餌料となる*Euphausids, Amphipods, Copepods*およびイカ類などの分布層の状況によって変化するが，産卵期後の4月には80～400m層（水温0.5°～6℃）に生息し，10月には400～500m層

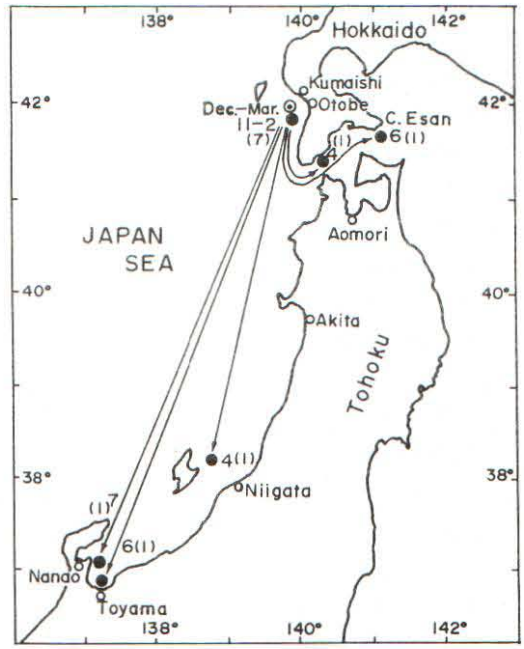


Fig. 7. Results of tagging experiment of pollock off Kumaishi in Hiyama, Hokkaido.
◉ : Released area. ● : Recaptured area. Number : Recaptured month.
( ) : Recaptured number.

(水温0.4°～0.5℃)とその分布層を深層に移している。しかし，桧山沖合から石狩湾まで魚群は連続して分布している。このことは，これらの魚群が底生魚(Demersal fish)というよりは中層魚(Meso pelagic fish)とみることができる。したがって，当海域の魚群は底生性のものに比べて非常に行動性に富んでおり，環境の変動によって生息域の年変化が大きいことが予想され，桧山海域の漁況変動が大きいのはそのためであろう。

このため，系群研究や漁況予測をする場合には，過去の知見を固定的なものとして，単に漁獲物の年齢組成，体長組成ならびに形質解析等のみに依存すると誤った診断をすることも考えられる。したがって，調査船による現時点でのフィールドにおける魚群の回遊状況ならびに漁獲物調査を実施すると同時に，漁業による漁獲物解析の両面から検討しなければならない。

また，かって朝鮮半島東岸で放流されたものが北海道側では桧山と後志沖合でのみ再捕されているが[10-13]，それらは前述のような中層魚としての必然性によるものと考えられ，このことは当然のことながら，日本海中央部付近では北海道側の魚群と対岸（沿海州側）の魚群と混合して生息している可能性が強い。そのため，今後の研究は我が国の200カイリ内のみならず，ロシア，北朝鮮，韓国等の200カイリ経済水域をも含めた国際プロジェクト・チームによる共同の調査研究が期待されるところである。

(2). 第2点はスケトウダラの資源量変動に関する研究である。本種はマイワシ*Sardinops melanostictus*やニシン，マサバ *Scomber japonicus*，サンマ *Cololabis saira*などの浮魚ほど顕著ではないが，しばしば卓越年級群が出現し，これが資源量変動をもたらし，結果的には漁況変動を支配するものと考えられる。しかし，その卓越年級群がどうして出現するのかというメカニズムについては現在模索の段階であるといってよい。その要因としては発

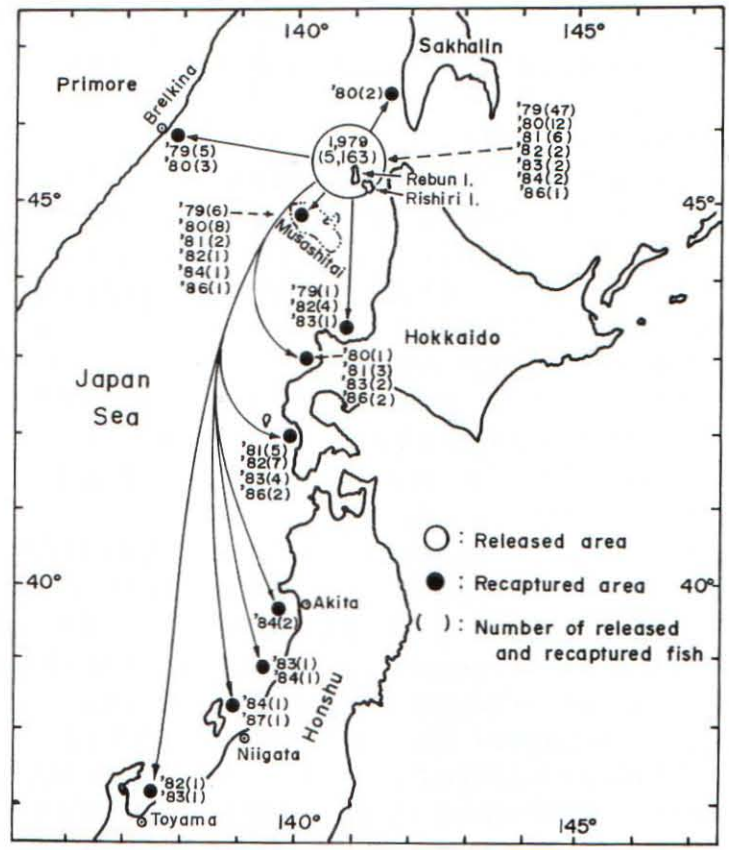


Fig. 8. Results of tagging experiment of pollock in Sea of Japan (Draawing from data of Yoshida(1987)and Kanamaru(1989)).

生初期の卵仔稚魚期，あるいは幼魚期における水温，波浪などの物理的環境ならびに餌生物の分布密度，食う食われるの捕食，競合関係などの生物的環境が生き残りの良し悪しに影響しているものと推定される。

筆者ら[37]が稚魚ネットと中層トロールを用いて噴火湾とその周辺海域で広範囲に調査して採集した稚魚の体長組成を示すと，Fig. 9の通りモードが一つで，産卵が11月から3月までの5ケ月にわたって行われているにも拘わらず，ある限定された時期に生み出されたものがその年に発生する年級群を支えることを示している。これは産出された受精卵数の時期的変化にもよることは勿論であるが，親魚は中底層で適温とされる2°～5℃に近い水帯を選択して産卵するが，生み出された受精卵は表層に浮上して，11～12月頃の12°～13℃から3月には0.5℃という水温変化に晒されている。このことはHamai外[38]，中谷・前田[39]による卵の水温耐性実験で，2℃以下でも，また10℃以上でも卵の孵化率が著しく低下することが知られており，卵期の減耗が時期的に大きく変化していることを示している。また仔稚魚期，とくに卵黄吸収前後の仔魚期の初期餌料はKamba[40]，中谷・前田[39]によると甲殻類の卵および橈脚類ノープリウスで，これらは一般に11～12月には少なく2月から3月に急増し，その変動が噴火湾に流入する親潮系表層水の挙動に支配され[41]，その密度がスケトウダラの減耗に大きく影響しているものと考えられ，耳石日周輪から推定された孵化日が2月中旬から3月下旬である[42]ことからも理解されよう。

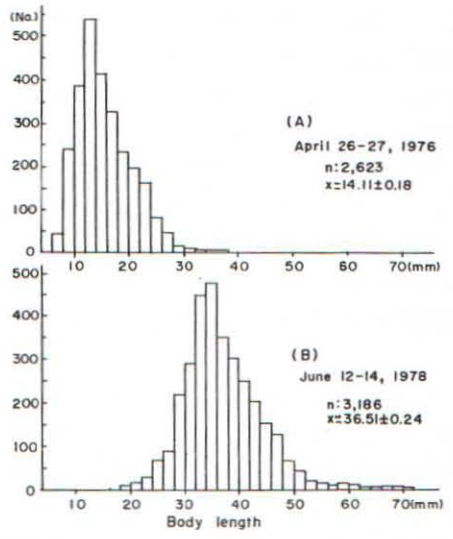


Fig. 9. Size frequency distribution of pollock larvae and juveniles collected by larva net and midwater trawl net of Ushio Maru in Funka Bay.
(A) : Data collected by larva net of 10～15 meters layer at 21 stations.
(B) : Data collected by midwater trawl of 10～90 meters layer at 17 stations.

以上，初期減耗の問題点を紹介したが，この研究は海洋の物理・化学環境と餌生物環境ならびに卵稚仔の調査を同時に実施する必要があり，個人や小グループの研究として対処するには問題が大き過ぎる。このほか資源量変動解明となると種内では親子の量的関係や共食，種間ではアカガレイ*Hippoglossoides dubius*,ソウハチ*Hippoglossoides pinetoron*,アブラガレイ*Atheresthes evermanni*,ホッケ*Pleurogrammus azonus*,マダラ，キチジ*Sebastolobus macrochir*など底魚による捕食関係，さらに成魚に加入するまでには漁獲の影響等極めて広い研究領域にわたる課題がある。そのためには，地道な個人研究は勿論であるが，研究所，試験場，大学等が一体となった幅広い組織研究体制の確立が必要であろう。

これまで長い間スケトウダラのグループ会議を継続し，多くの実りある成果を得，この度25周年という記念すべき節目の年を迎えたが，これを機会に特定海域における組織研究とし

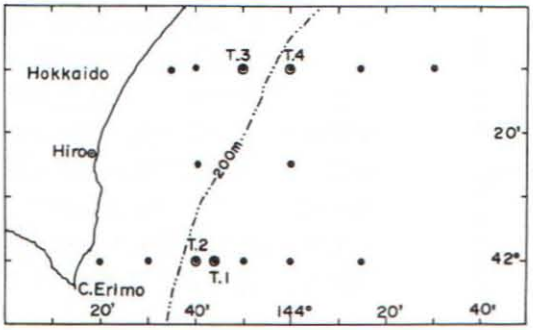


Fig. 10. Stations for hydrographic observation (●) and pollock surey by midwater trawling (◉) off Tokachi of Hokkaido during April 4〜6, 1992.

てEco-systemの研究を展開することを提案したい。

(3). 第3点はスケトウダラの資源管理問題である。我が国は従来，漁業という生産手段が常に先行し，これを行政がどのように管理し，さらに資源状態がどうなっているのかという，研究が常に後追いしている状況にある。そのせいか研究者の資源管理，漁業管理に対する関心が高かったとは言い難かった。

最近，新しい海洋法の実施に伴って，国際漁場における漁業資源や我が国200カイリ内資源の管理が問題になっており，資源管理型漁業が提唱されて久しい。最近はようやく漁業者，行政者，研究者の会合が待たれるようになっているが，それは行政側の主導で行われ，研究者側からの積極的提言が不足している嫌いがあった。

研究者は資源問題に最もよく精通し，その管理をどうすべきかを常に念頭において研究を進めている筈である。したがって，現状が資源に対応した漁獲努力量になっているのか，あるいは産卵場や小型未成魚の保護規制区域の設定が必要ではないのかなど，日頃考えている問題を資料の収集をして具体的提案をされ，行政と一体なった実りある資源管理，漁業管理に当たられることを期待したい。このことは基礎研究を軽視するものではなく，あくまでも資源管理という一連の研究活動の一環として努力されることを強く望むものである。

最近，栽培漁業が推奨されて一定の成果を収めているが，一方では我が国の80%以上を占める自然産卵する底魚類を始め多くの漁業資源が急減している。この原因がどこにあるのか研究者側も行政者側も，もう一度じっくりこの問題を検討して積極的に対応しなければならない緊急課題と考える。

1990年から，北海道大学水産学部の練習船北星丸で韓国漁船が操業している十勝沖合の中層に生息しているスケトウダラの調査を始めている。Table 2およびFig. 10, 11は1992年4月に中層トロールで得られた資料であるが，沿岸から15マイル沖合の200m等深線付近のT.

Table 2. Fishing experiment results obtained by midwater trawling of Hokusei Maru off Tokachi of Hokkaido during April 4〜6, 1992.

No. of Midwater trawl	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4
Date	Apr. 5	Apr. 5	Apr. 6	Apr. 6
Time(J. M. T.)	07:20	09:41	06:44	09:00
Position N	42° 04′.1	42° 02′.5	42° 31′.5	42° 30′.5
E	143° 44′.1	143° 39′.9	143° 42′.7	144° 00′.9
Sea depth (m)	408〜471	282〜285	118〜121	567〜587
Towing layer (m)	230〜320	185〜265	45〜95	150〜240
Pollock catch number per hour	132.0	15108.0	3556.8	77.0

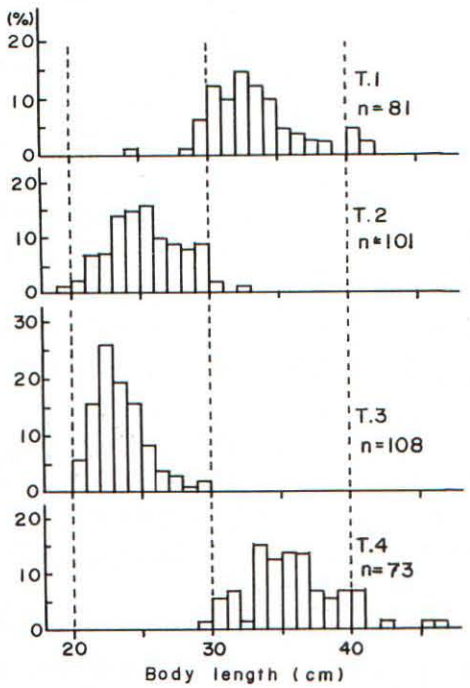


Fig. 11. Size freqencey distribution of pollock collected by midwater trawling at pollock survey positions(T. 1〜T. 4)in Fig. 10.

2およびT.3で採集された中層のスケトウダラは体長21cmから26cmにモードをもつ2歳魚を中心とした小型未成魚群で，これが大量に漁獲されている。これに対して200m線から離れた東側のT. 3とT. 4では体長30〜37cmを主体とした比較的大型な3〜4歳魚群が採集されているが，その量は極めて少ない。この資料から見る限り，当海域に生息している魚群のほとんどが未成魚の索餌群で，しかもその大部分が2歳魚で占められている。これが直接的に漁船の漁獲物を反映しているかどうかは不明であるが，この結果が実態を反映しているとすれば重大な問題で，今後の漁業資源の管理上早急に実情調査をして対処しなければならない課題であろう。

以上スケトウダラ調査研究の概要を述べ，併せて今後の問題点を提起したものであるが，忌憚ないご意見，ご批判を戴ければ幸いである。

文　献

1）北海道庁:スケソウ．産業調査報告書（水産の部）．15，234-256(1915)
2）辻　敏:北海道周辺のスケトウダラの系統群について．北水試月報．35(9)，1-57(1978)
3）鄭　文基：朝鮮明太魚．朝鮮之水産．11(129)，9-34(1935)
4）Gong, Y., and C. I. Zhang : The pollock(*Theragra chalcogramma*)stock in Korean waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., 45, 21-38(1986)
5）宇野道夫：スケトウダラの年齢組成（予報　1）．日水誌．5(3)，173-174(1936)
6）安田秀明：同一個体の魚鱗，脊椎骨及び耳石にあらわれる輪数について（ムツとスケトウダラ）．日水誌．(6)，298-300(1940)
7）安田秀明：スケトウダラの脊椎骨にあらわれた産卵記号について．日水誌．9(2)，47-48(1940)
8）山田栄次：メンタイの生態調査(1)．水産研究誌．38(3)，41-49(1943)
9）山田栄次：メンタイの生態調査(2)．水産研究誌．38(5)，85-92(1943)
10）尾形哲男：重要魚類の漁業生物学的研究（スケトウダラ）．日水研研報．4，93-139(1956)
11）農林省水産試験場：標識魚．海洋調査要報．58，200-205(1936)
12）農林省水産試験場：標識魚．海洋調査要報．60，205-209(1937)

13）農林省水産試験場：標識魚．海洋調査要報．62，172-181(1938)
14）諫早技手，高橋武司：すけそう標識放流試験の結果について．北水試旬報．224，191-192(1933)
15）Kaganovskaya, S. M.：ピョートル大帝湾のスケトウダラに関する新データ．太平洋漁業海洋学研究報告．34，(1951)
16）Gorbunova, N. N.：スケトウダラの繁殖と発育．海洋学研究報告．11，(1954)
17）Zverkova, L. M.：カムチャッカ西岸水域におけるスケトウダラ*Theragra chalcogramma*(Pallas)の産卵について．ソ連北洋関係文献集．87，57-66(1969)
18）Bakkala, R. G. and M. S. Alton：Evaluation of demersal trawl survey data for assessing the condition of eastern Bering Sea pollock. I.N.P.F.C., Vancouver, I.N.P.F.C. Bull., 45, 90-95(1986)
19）Shaw, W. and G. A. McFarlane：Biology, distribution and abundance of walleye pollock(*Theragra chalcogramma*)off the west coast of Canada. I.N.P.F.C. Bull., 45,. 262-183(1986)
20）農林水産技術会議事務局：ベーリング海及びカムチャッカ半島周辺海域のスケトウダラ資源の系統群の解明に関する研究成果報告．農林水産省．1979，180p.
21）International North Pacific Fisheries Commission：Symposium on biology, stock assessment, and management of pollock, pacific cod, and hake in the North Pacific region. I.N.P.F.C., Vancouver, I.N.P.F.C., Bull. 45, (1986), 413p.
22）University of Alaska：Proceeding of the international symposium on the biology and management of walleye pollock. Alaska Sea Grant Report. Anchorage, Univ. of Alaska, (1989), 789p.
23）石田昭夫：耳石の輪紋の状態からみた室蘭近海のスケトウダラのポピュレーションの構造について．北水研報告．16，63-69(1957)
24）東北水研八戸支所：スケトウダラの2型について．底魚情報．16，(1956)
25）久新健一郎，木下哲一郎，林　清：北海道襟裳以西水域におけるスケトウダラの魚群構造について予報．北水試月報．18(3)，14-20(1961)
26）林　清：スケトウダラの生態に関する話題．昭和44年度漁業資源研究会議底魚分科会北部ブロック会議議事録．水産庁，60-71(1970)
27）北水研：放流・再捕資料．ベーリング海及びカムチャッカ半島周辺海域のスケトウダラ資源の系統群の解明に関する研究．農林水産技術会議．96-118(1979)
28）石田昭夫：スケトウダラ(*Theragra chalcogramma* (Pallas))．北海道の機船底曳網漁業とその資源．北水研他．50-69(1956)
29）石垣富夫：産卵後のスケトウダラは何処へ（予報）．北水試月報．17，351-363(1960)
30）田中富重：北部日本海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究．北水試報告．12，1-11(1970)
31）前田辰昭，高橋豊美，中谷敏邦：北海道桧山沖合におけるスケトウダラ成魚群の分布回遊と産卵場について．北大水産彙報．39(4)，216-229(1988)
32）Maeda, T., T. Nakatani, T. Takahashi, and S. Takagi：Distribution and migration of adult walleye pollock off Hiyama, Southwestern Hokkaido. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock. Alaska Sea Gtant Report. Anchorage, Univ. of Alaska, 325-347(1989)
33）吉田久春：北海道周辺水域におけるスケトウダラ標識放流再捕について．水産庁漁業資源研究会議

北日本底魚部会報．20，83-91(1987)
34）金丸信一，吉田久春：但州丸による調査（昭和56年）．北海道周辺海域に分布するスケトウダラ並びに底魚類の資源調査報告書（昭和56・57年度）．北水研，13-33(1984)
35）金丸信一，好井義明：但州丸による調査（昭和57年）．但州丸による北洋底魚生物調査報告書（昭和56・57年度）．北水研，65-110(1984)
36）金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．水産庁漁業資源研究会議北日本底魚部会報．22，39-53(1989)
37）前田辰昭，中谷敏邦，高橋豊美，上野元一：北海道南方太平洋海域におけるスケトウラの資源動向と発生変動について．水産海洋研究会報．37．29-33(1980)
38）Hamai, I. K. Kyushin, and T. Kinoshita : Effect of temperature on the body form and mortality in the development and early larval stage of the Alaska pollack. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 22(1), 11-29(1971)
39）中谷敏邦，前田辰昭：スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について．日水誌．50(6)，937-942(1984)
40）Kamba, M. : Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ. Spe. Vol., 175-197(1977)
41）Nakatani, T., and T. Maeda : Distribution of copepod nauplii during the early life stage of walleye pollock in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock. Alaska Sea Grant Report. Anchorage, Univ. Alaska, 325-347 (1989)
42）Nakatani, T. : Copepod nauplii as food of walleye pollock larvae(*Pisces : Gadidae*)in Funka Bay, Japan. Proceedings of the Fourth International Conference on copepoda. Bull. Plankton Soc. Japan, Spec. Vol., 515-525(1991)

北水試研報　42，15－22（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

スケトウダラの初期生活史

中谷敏邦，前田辰昭*

Early life history of walleye pollock

Toshikuni NAKATANI and Tatsuaki MAEDA*

Adults of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Funka Bay, Hokkaido and its vicinity, spawn from December to March. Hatching rates are high at 0-7℃ (86-98％) ,and low at -1℃ (0-31％) with high rates of abnormality. The relationship between water temperature and time required for hatching was found to be :

$D=31.70 \cdot \exp(-0.12 \cdot T)$

Where D is the time in days required for 50 % to hatch and T is temperature (℃). From these laboratory studies and hydrographic observations, temperatures in the spawning grounds in the coastal areas around southern Hokkaido are suitable except for temperatures higher than 10 ℃ during the early spawning season. On the other hand the cold water under the freezing point occupies the surface layer of the spawning grounds in the Nemuro Strait in eastern Hokkaido. In this area, matured walleye pollock spawn at a depth of more than 200 m, where the temperature is suitable for development. Walleye polock eggs rise to the surface with a velocity of 4-8 m／h and they develop to the morula stage before their arrival to the surface layer. After the morula stage, the eggs develop normally even in the cold water under the freezing point.

Newly hatched larvae initiate feeding mainly on copepod nauplii. In Funka Bay, the density of large-sized copepod nauplii increases in mid February after the invasion of the Oyashio Water. The hatching date frequency of juvenile walleye pollock collected in late summer shows the high mortality of larvae hatched during the low density of large-sized copepod nauplii from January to mid February. Annual fluctuation in the inflow period of the Oyashio Water affects the food availability of walleye pollock larvae in Funka Bay. Further observations concerning predation are required in order to predict the walleye pollock population size.

報文番号　A203（1993年１月25日受理）
* 北海道大学水産学部（Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）

はじめに

スケトウダラ *Theragra chalcogramma* は北海道周辺海域では底刺網，延縄，および沖合底曳網によって漁獲されているが，その漁獲量は年により大きく変動している。このような変動は年級群豊度の変化を反映したものであり，適正な資源管理と資源量予測を行うためには本種の再生産過程の解明が不可欠である。筆者らは北海道南部太平洋海域に生息するスケトウダラの主産卵場となっている噴火湾およびその周辺海域[1-4]において，年級群豊度に強く影響するであろう生活史初期の生残過程を解明するため，野外調査ならびに人工受精卵を用いた飼育実験を行ってきた。本報告では，これまでに得られた結果をもとにスケトウダラの生活史初期の生残と海洋環境との関係を検討した。

本報をまとめるにあたり，有益な御助言と御校閲を頂いた北海道大学水産学部高橋豊美教授に深謝する。また，標本の採集にご協力頂

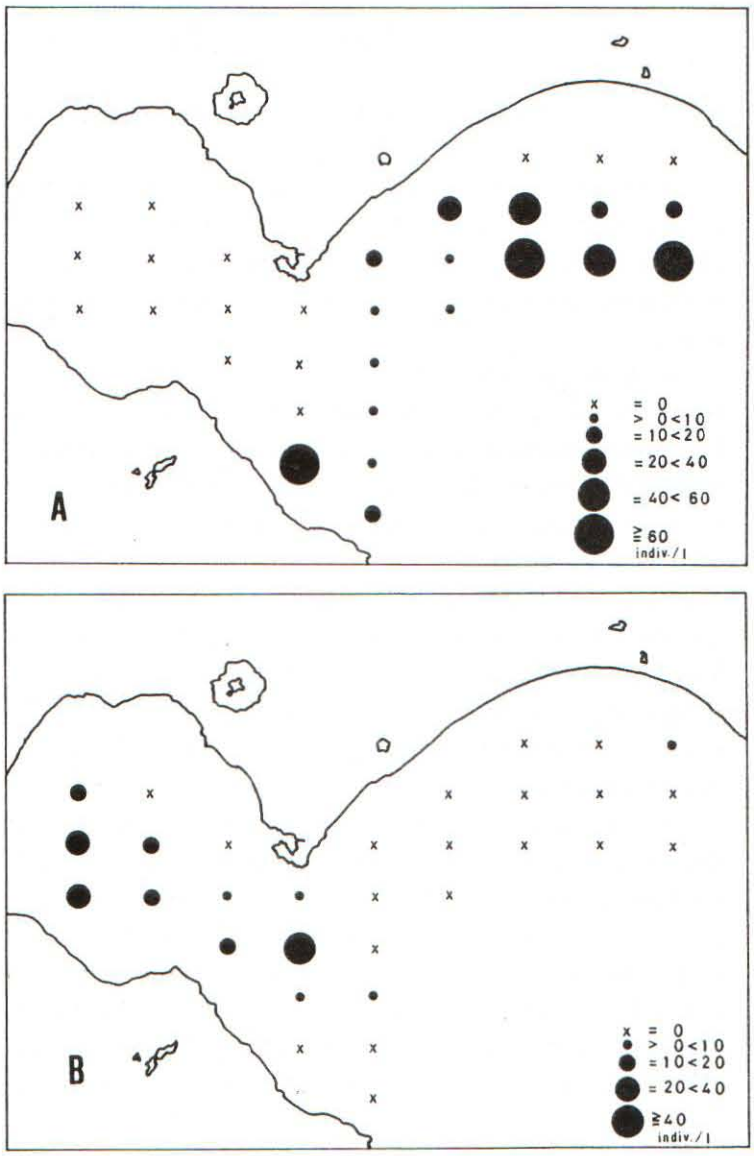


Fig. 1. Distribution of walleye pollock eggs (A : fertilization-morula stage) and larvae (B) on February 21-25, 1988. Samples were collected by vertical hauls from 150m depth or near bottom where the depth of bottom was less than 150m with a Norpac net. (NAKATANI and MAEDA[9])

いた同学部研究調査船うしお丸の乗組員の方々ならびに同漁場学講座高津哲也助手，大学院生および学生の方々に深くお礼申し上げる。

産　　卵

噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラの産卵は早い年では11月頃から始まるが，例年，12月から3月の期間にみられる[5-7]。受精後24時間前後の桑実胚期までの卵および仔魚の分布から，産卵場は湾口部から湾外陸棚水域に形成され，産み出された卵は湾内に輸送された後孵化するものと考えられる[8,9]（Fig. 1）。

人工受精卵を用いた飼育実験結果から，孵化日数と水温との関係は次式によって示される[10]（Fig. 2）。

$D = 31.70 \cdot \exp(-0.12 \cdot T)$

D：50%孵化に達する日数

T：℃

また，卵発生に与える水温の影響を止水状態で調べた結果，0－7℃で高い孵化率が得られた（86－98%）。10℃でも孵化率は100%で

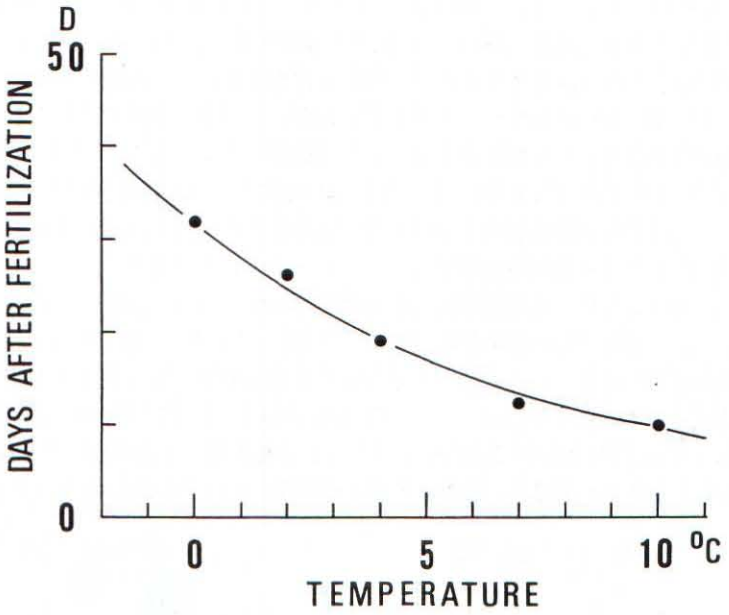


Fig. 2. Relationship between temperature and time in days to 50 % hatch. (NAKATANI and MAEDA[10])

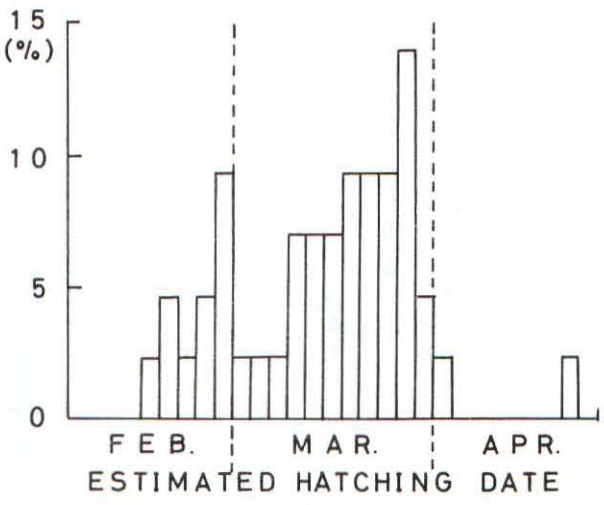


Fig. 3. Frequency distribution of hatching date (every three days) of juvenile walleye pollock estimated from otolith daily growth increments. Samples were collected by otter trawl in Funka Bay and its vicinity from 29 August to 2 September in 1989. (NAKATANI[20])

あったが，設定水温を10℃にまで上げる間に卵が桑実胚まで発生し，高い孵化率が得られた可能性がある。さらに，Hamai ら[11]が報告しているように，10℃での孵化率が止水状態で飼育した場合（31.8－35.8%）に比べて循環水槽での孵化率が低いことから（0.3－5.7%），10℃以上の高水温はスケトウダラ卵の正常発生にとって好適な条件とは考えられない。また，－1℃では孵化率は0－31%に低下したが，飼育海水を通気することで凍結を防いだため，物理的刺激も加わり孵化率が低下した可能性がある。このような低水温で物理的刺激も加わった飼育条件であっても桑実胚期以降73.9－100%の高い孵化率が得られた。これらの結果から，北海道日本海水域および噴火湾では産卵前期の10℃以上の高水温を除き，スケトウダラ卵の発生には好適な水温環境となっているものと思われる。

これに対して，北海道東部根室海峡では冬期間流氷に覆われ，表層域は氷点下の水温となる。この海域での本種の産卵は200m以深でみられ[12, 13]，浮遊卵は4－8m／hの浮上速度[10]で表層域に移動し，その間に水温耐性の高まる桑実胚期に達するものと予想される。桑実胚期以降スケトウダラ卵は－1℃の低水温でも高い孵化率（73.9－100%）が得られることから，200m以深において産卵することにより低水温による卵期の死亡率が低く抑えられているものと考えられる[14]。このような比較的深い水深での産卵はカムチャッカ半島周辺海域[15]，

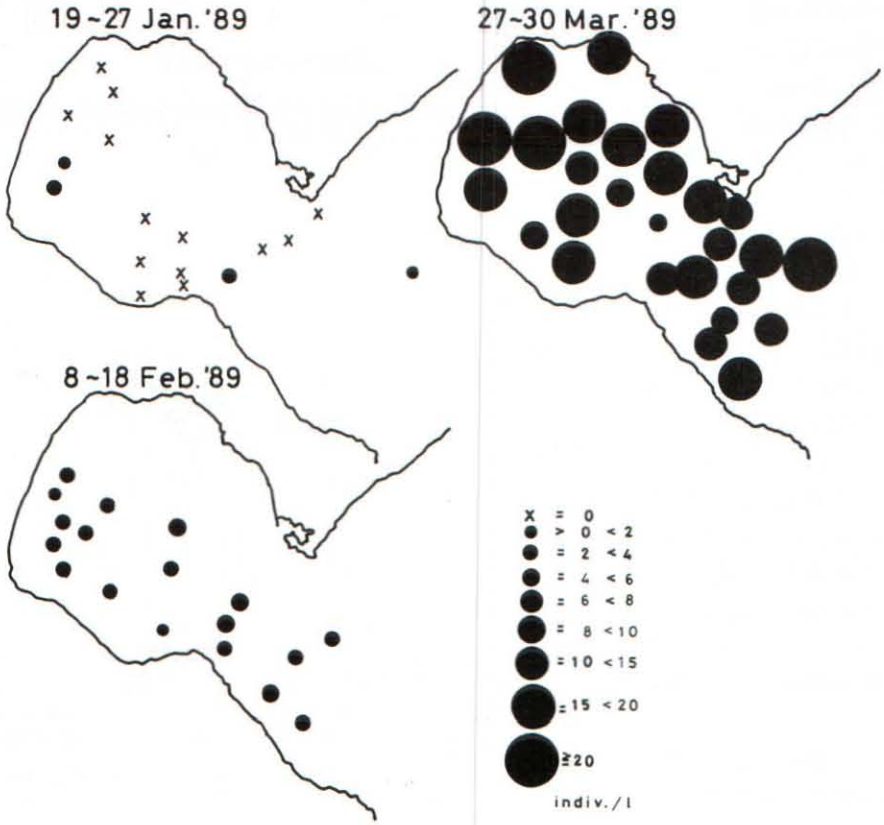


Fig. 4. Monthly change in distribution of copepod nauplii in Funka Bay and its vicinity from January to March 1989. Water samples were collected with a 20 ℓ Van Dorn bottle at 15m depth and copepod nauplii were obtained by filtering the water samples with a 100 μm mesh sieve. (NAKATANI[20])

ベーリング海東部[16]，アラスカ湾[17]など北方海域で確認されており，冷水域における深い水深での産卵は本種の生き残り戦略として注目される。

仔魚の食性と餌生物環境

孵化後間もない仔魚は主として橈脚類ノープリウスを捕食し，成長に伴ってコペポダイト期の橈脚類に主要餌生物が変化する[18]。仔稚魚は7月上旬までは湾内の表・中層域に分布するが，7月下旬には海底付近に移動する[19]。その後稚魚は湾外陸棚上と湾内海底付近に別れて分布し，一部は湾内で越冬していると考えられる（前田，未発表）。

1987年以降，摂餌開始期の仔魚の餌生物環境を評価するため，仔魚およびその主要餌生物である橈脚類ノープリウスを採集し，それらの分布密度の季節変化と年変動を調査してきた。仔魚はいずれの年も1月に最も多く分布し，2月から3月にかけて減少した。これに対して，100μmハンドネットで採集される大型の橈脚類ノープリウスは1月から2月では5個体／ℓ前後の低い値であるが，3月にはその値が増加した。これらは親潮系水の流入後分布密度が増加すると考えられる。

Fig. 3は1989年8月から9月にオッタートロールの海底曳によって噴火湾および湾外陸棚上で採集されたスケトウダラ稚魚の耳石日周輪から求めた孵化日組成

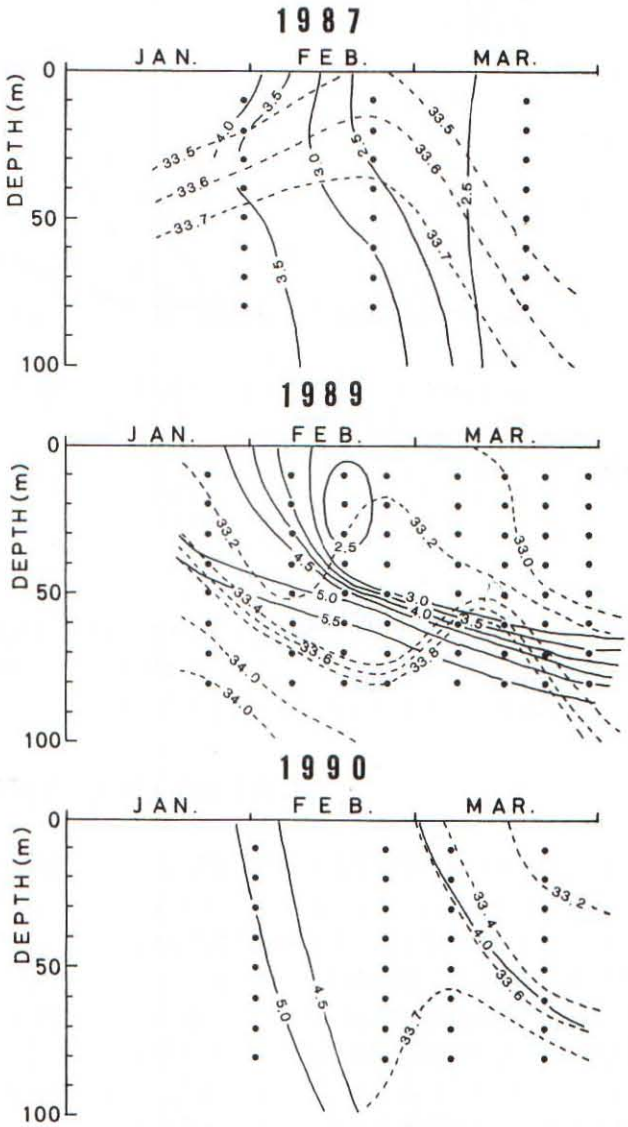


Fig. 5. Annual change in vertical profile of temperature (——, ℃) and salinity (----, PSU) in Funka Bay (St. 30 : 42° 16.2'N, 140° 36.1'E) from January to March. (NAKATANI and MAEDA[9], YAMAMOTO[20], and AMARI[22])

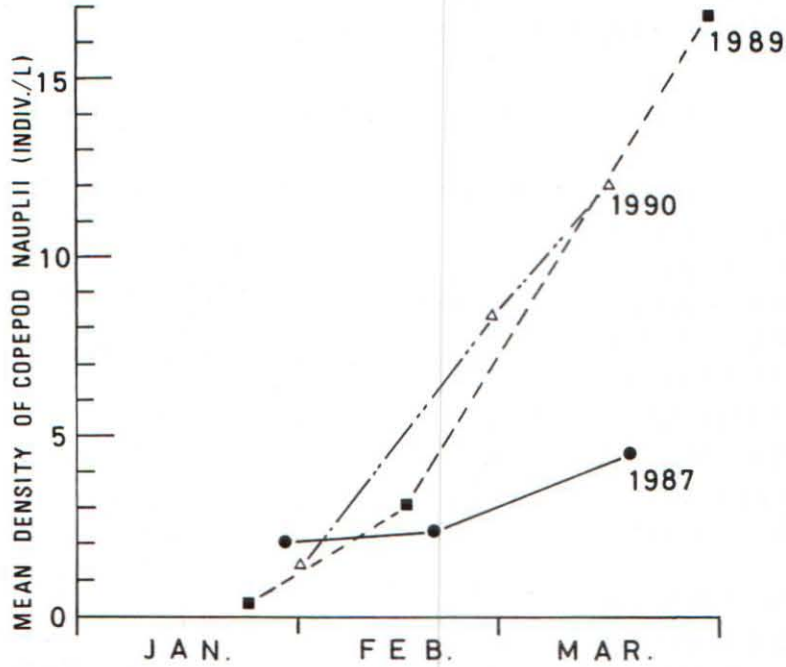


Fig. 6. Annual change in mean density of copepod nauplii in Funka Bay. Water samples were collected by a 20 ℓ Van Dorn bottle at 15m depth at 9−17 stations and copepod nauplii were obtained by filtering the water samples with a 100 μm mesh sieve.

を示している。これによると，採集された稚魚は2月中旬以降，主として3月に孵化した個体であり，大型橈脚類ノープリウスの分布密度が低い1月から2月中旬（Fig. 4）に孵化した個体はほとんど生き残っていないことを示している[20]。

仔魚の餌生物環境の年変動

噴火湾において摂餌開始期の仔魚の餌生物である橈脚類ノープリウスは，親潮系水の流入後に増加する。Fig. 5 に示すように，33.0−33.3 PSUで示される親潮沿岸水[23,24]は，1989年には1月下旬，1990年は3月下旬に湾内に流入した。これに対し，1987年では3月中旬でも高い塩分値を示し，親潮系水の流入はさらに遅れていたと考えられる。湾内の大型橈脚類ノープリウスの平均分布密度は，1989年および1990年では親潮系水の流入に伴って3月に急激に増加しているが，親潮系水の流入の遅れた1987年では3月においても依然として低い分布密度となっていた（Fig. 6）。以上の結果から，親潮系水の早く流入する年はスケトウダラ仔魚の飢餓による減耗が低く抑えられると予想される。

生活史初期の死亡要因として水温や餌生物環境の他に肉食性生物による被食が考えられる。スケトウダラの卵・仔魚を捕食するのは端脚類やオキアミ類などの大型動物プランクトンであるが[25]，当海域における卵・仔魚の捕食は確認されていない。本種個体群の年級群豊度を

推定する上で，今後は被食と卵・仔魚の生残過程との関係を検討する必要があろう。さらに，生活史初期の海洋環境と稚魚の孵化日組成を継年的に調査することにより，年級群豊度の変動機構が明らかになるものと考えている。

文　献

1）大東信一，藤田　忠：噴火湾に見られる鰾卵分布に就いて（予報）．北海道孵化場試験報告．**8**，109-116（1953）

2）伊藤小四郎，藤田　忠，林　成治，安川雅夫：噴火湾に見られる鰾卵分布に就いて　II．北海道孵化場試験報告．**10**，133-144（1955）

3）伊藤小四郎，倉橋澄雄：噴火湾に見られる鰾卵分布に就いて　III．北海道孵化場試験報告．**10**，145-159（1955）

4）前田辰昭，高橋豊美，伊地知　誠，平川英人，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究－II産卵期．日本水産学会誌．**42**(11)，1213-1221（1976）

5）前田辰昭，中谷敏邦・高橋豊美，上野元一：スケトウダラ稚仔の沿岸水域での生活．水産海洋研究会報．**34**，81-85（1979）

6）前田辰昭，中谷敏邦，高橋豊美，上野元一：北海道南方太平洋海域におけるスケトウダラの資源動向と発生変動について．水産海洋研究会報．**37**，29-33（1980）

7）尹　泰憲：北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期．北大水産研究彙報．**32**(1)，22-38（1981）

8）Nakatani, T. and Maeda, T. : Transport process of the Alaska pollack eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 47(9), 1115-1118 (1981)

9）Nakatani, T. and Maeda, T. : Distribution of copepod nauplii during the early life stage of walleye pollock in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. *Proceedings of the International Symposium on the Biology and Management of Walleye Pollock. Alaska Sea Grant Report*. №89-1 *Univ. Alaska, Fairbanks*, 1989, 217-240

10）中谷敏邦，前田辰昭：スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について．日本水産学会誌．**50**(6)，937-942（1984）

11）Hamai, I., Kyushin, K., and Kinoshita, T. : Effect of temperature on the body form and mortality in the developmental and early larval stages of the Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (PALLAS) .*Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **22**(1), 11-29 (1971)

12）佐々木正義：北海道東部根室海峡におけるスケトウダラ卵の分布．北水試月報．**41**(6)，237-248（1984）

13）佐々木正義：北海道東部根室海峡におけるスケトウダラの産卵期の海況と産卵場．北水試月報．**42**(3)，53-63（1985）

14）中谷敏邦：“スケトウダラの再生産機構の解明”．『21世紀の漁業と水産海洋研究』（水産海洋研究会編），恒星社厚生閣，1988，118-126

15）竹内　勇：カムチャッカ半島西岸沖合におけるスケトウダラ卵，稚仔魚の分布について．水産海洋

研究会報．**19**，67-74（1971）

16）Serobaba, I.I. : Spawning ecology of the walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Bering Sea. *J. Ichthyol.* **14**(4), 544-552 (1974) (Translated from the Russian)

17）Kendall, A.W.Jr. and Kim, S : Buoyancy of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs in relation to water properties and movement in Shelikof Strait, Gulf of Alaska. *In* Beamish, R.J., and G.A.McFarlane (eds.), Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models, *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 108, 169-180 (1989)

18）Kamba, M. : Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (PALLAS), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ.* Spe. Vol. 1977, 175-197

19）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ稚魚の分布と移動．日本水産学会誌．**53**(9)，1585-1591（1987）

20）Nakatani, T. : Copepod nauplii as food of walleye pollock larvae (Pisces : Gadidae) in Funka Bay, Japan. *Proceedings of the Fourth International Conference on Copepoda ; Bull. Plankton Soc. Japan*, Spec. Vol. 1991, 515-525

21）山本　宏：海水中における揮発性有機イオウ化合物の地域的および季節的変動．北海道大学水産学研究科修士論文．1990，63 P

22）甘利　純：噴火湾における溶存化学物質の挙動と植物プランクトンにおよぼす影響．北海道大学水産学研究科修士論文．1991，50 P

23）大谷清隆：噴火湾の海況変動の研究　II．噴火湾に流入・滞留する水の特性．北大水産研究彙報．**22**(1)，58-66（1971）

24）大谷清隆，木戸和男：噴火湾の海洋構造．北大水産研究彙報．**31**(1)，84-114（1980）

25）Bailey, K.M., Brodeur, R.D., Merati, N. and Yoklavich, M.M. : Predation on walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs and yolk-sac larvae by pelagic crustacean invertebrates in the western Gulf of Alaska. *Fish. Oceanogr.* 2(1), 30-39 (1993)

北水試研報　42，23－36（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

タラ科魚類5種の仔稚魚の発育過程（総説）

針　生　　勤*

Larval development of five species of gadid fishes (Review)

Tsutomu HARYU*

Larval development of five species of gadids, *Gadus macrocehalus*, *Eleginus gracilis*, *Microgadus proximus*, *Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida* occurring in waters of the North Pacific Ocean, Sea of Japan, Okhotsk Sea and Bering Sea is compared.

In body proportion with development, there is clear difference between *T. chalcogramma* and *B. saida*. The preanal distance is 44% SL in the former and 48% SL in the latter. A change of body proportion pattern in distance from snout to origin of first dorsal fin, body depth at anus, depth of caudal peduncle and eye diameter is divided into two groups. One is *E. gracilis* and *M. proximus*, and the other is *T. chalcogramma* and *B. saida*. And also, the same matter is recognized in the sequence of ossification of dorsal and anal fin rays. Ossification of *E. gracilis* occurs at later developmental stages than the other species. Fin rays except caudal fin begin to ossify in *E. gracilis* larvae of 16mm SL and in *M. proximus*, *T. chalcogramma* and *B. saida* of 12 or 13mm SL. Two pigment bars in the postanal region are characteristic in early developmental stages of gadids. Although pigmentation is similar among larvae, there are some remarkable differences. The dorsal and ventral stripes of anterior and posterior pigment bars respectively become continuous in *T. chalcogramma* of 10-12mm SL and in the other species of 5-7 mm SL. Lateral line series of melanophores initially develops in *G. macrocephalus* and *E. gracilis* of 5-7mm SL and in *T. chalcogramma* of 9mm SL. These extend anterior of anus in the former, the other hand do not extend in the latter.

はじめに

我が国周辺に生息するタラ科魚類はマダラ，コマイ及びスケトウダラの3種であるが，北

報文番号　A204（1993年9月24日受理）
*　釧路市立博物館（Kushiro City Museum, Shunkodai, Kushiro, Hokkaido 085, Japan）

太平洋及びベーリング海を含めるとホッキョクダラと*Microgadus proximus*の2種が加わり，計5種となる。これらはいずれも背鰭が3基，臀鰭が2基という特徴を持つ。ただ，Svetovidov[1]は北アメリカの太平洋岸に分布している*Merluccius productus*をタラ科に含めているが，本種は背鰭が2基で基本的な外部形態が異なっているので，Schultz and Welander[2]が北太平洋に生息するタラ科魚類の総説として報告しているように，先に上げた5種を本報でもタラ科魚類として取り上げる。*M. proximus*には和名はないが，学名あるいは英名のPacific tomcodを考慮して本報ではコマダラと仮称したい。

マダラ，コマイ及びスケトウダラは日本海，北日本の太平洋岸，オホーツク海，ベーリング海及び北アメリカの太平洋岸に広く分布する[1, 3-5]。ただし，マダラは南限がアジア側では東シナ海の北部，アメリカ側では中部カリフォルニア沖で，北限がベーリング海峡からチュクチ海にかけてである。コマイは南限がアジア側では黄海や仁川，アメリカ側ではプーゲット湾で，北限はベーリング海峡北部のチュクチ海である。スケトウダラは南限がアジア側では朝鮮半島，山口県の日本海側や茨城県の太平洋側，アメリカ側ではワシントン州沖で，北限はベーリング海北部のチュコット岬とセントローレンス島の間の海峡とされている。また，ホッキョクダラは5種の中で最も北に分布し極地方一帯に広く生息する。ベーリング海に入ると北緯60度付近のアナディール湾やオリュウトルスキー湾あるいはノルトン湾が南限である[1, 3]。一方，分布範囲が最も狭いコマダラはアラスカからモントレー湾にかけて分布するが，ベーリング海にも生息しているとの知見もある[1]。

タラ科魚類の発育初期の形態に関する研究は個々の種の記載から始まった。神谷[6]はスケトウダラ及びマダラの卵と前期仔魚，山本・濱島[7]はコマイとスケトウダラの卵の発生と前期仔魚，遊佐[8, 9]はスケトウダラ及びマダラの卵の発生と前期仔魚，Gorubunova[10]はスケトウダラの卵発生及び発育過程を中心に，加えてマダラとホッキョクダラの発育過程，内田ほか[11]はマダラの後期仔魚及び稚魚，水戸[12]はスケトウダラの後期仔魚，Russell[13]はホッキョクダラの後期仔魚，遊佐ほか[14]はマダラの卵発生及び発育過程について報告してきた。近年，成長過程や骨化過程などの発育過程を観察し，種間における仔稚魚の識別点を探る目的から研究が行われている。たとえば，Matarese et al.[15]はコマダラの発育過程を詳しく調べ，マダラ及びスケトウダラとの識別点について報告している。また，Dunn and Vinter[16]はコマイの発育過程を中心に観察し，マダラ，コマダラ，スケトウダラ及びホッキョクダラの4種と比較検討し，形態的な識別について詳述しているのが注目される。さらに，針生・南[17]は日本周辺に分布するタラ科3種マダラ，コマイ及びスケトウダラの後期仔魚の形態を記載し，それらの識別となる特徴を報告した。

本報告は以上のような既往の知見を取り纏める形で，先に上げたタラ科魚類5種の仔稚魚について，体各部位の成長過程，鰭条の骨化過程及び色素胞の分布パターンを比較・検討したものである。

成魚の計数的形質

魚類稚仔の発育過程における段階を把握するためには，やはり成魚の計数的形質においておさえておく必要がある。タラ科5種の成魚の背鰭，臀鰭，胸鰭及び腹鰭の鰭条数，脊椎骨数および鰓耙数について，既往の知見をまとめたのがTable 1である。外部形態の上で容

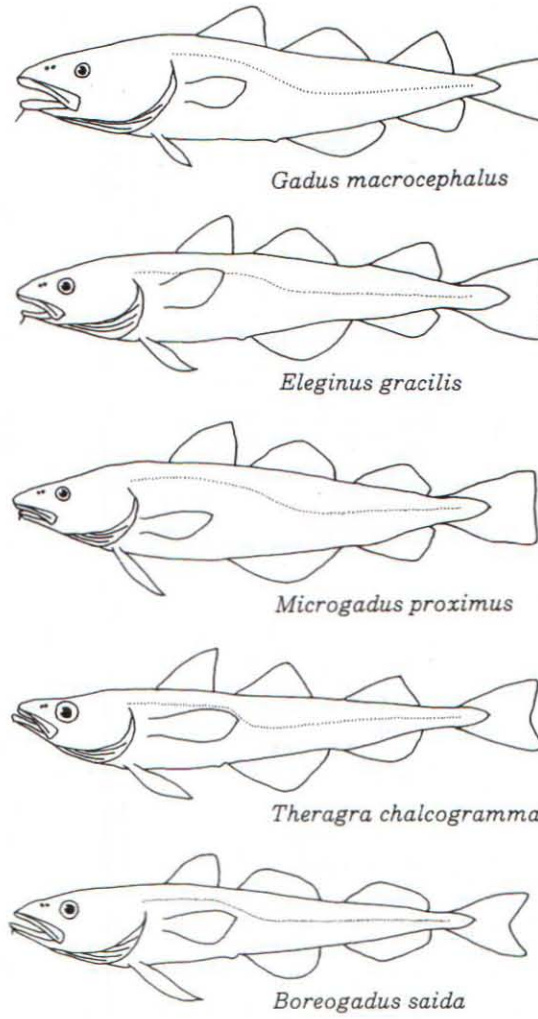


Fig. 1. Diagram of gadid fishes.

易にその違いを識別しえる部位は下顎の位置と下顎にある髭の長さである。下顎が上顎に含まれるかどうかで大きく二つに分けられる。すなわち，下顎が上顎に含まれる種類はマダラ，コマイ及びコマダラの3種，下顎が上顎よりも突出している種類はスケトウダラ及びホッキョクダラの2種である[2)]。髭の長さについてみると，前3種の中ではマダラが眼径より長く，コマイ及びコマダラが眼径とほぼ同じかあるいは短い。コマダラの髭は眼径の約1／2である。他方，後2種中のスケトウダラの髭はないかあっても極めて微小，ホッキョクダラの方は眼径の1／5の程度である。内部形態で明瞭に異なるのはTable 1に示すように脊椎骨数と鰓耙数である。脊椎骨数が最も多いのはコマイの60～64で，その他の4種はいずれも60以下であるのが特徴である。最も少ないのはスケトウダラの48～52である。マダラ，コマダラ及びホッキョクダラの3種はその中間的な値である。また，鰓耙数によって大きく二つに分けられる。すなわち，鰓耙数が30以下の種類がマダラ，コマイ及びコマダラの3種で，30以上がスケトウダラとホッキョクダラの2種である。Table 1で示す形態の特徴について，同種であっても著者によって値が種々異なる。これは地域的な変異あるいは測定に供した個体数などによるものと考えられるが，ここでは種としての特徴を把握する意味で，種類別にすべての資料を含めて記載する。

マダラ*Gadus macrocephalus* Tilesius（英名：Pacific cod）：鰭条数は第1背鰭が10～16，第2背鰭が11～22，第3背鰭が10～21，第1臀鰭が16～27，第2臀鰭が12～25，胸鰭が16～22及び腹鰭が6～7である。脊椎骨数は49～56で，鰓耙数は18～23である。

コマイ*Eleginus gracilis*（Tilesius）（英名：saffron cod）：鰭条数は第1背鰭が11～16，第2背鰭が15～24，第3背鰭が16～24，第1臀鰭が18～24，第2臀鰭が17～23，胸鰭が18～

Table 1. Summary of adult meristic counts for *Gadus macrocephalus, Eleginus gracilis, Microgadus proximus, Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida*. The numbers in parentheses indicate the mean values.

Species	Dorsal fin rays			Anal fin rays		Pectoral fin rays	Pelvic fin rays	Vertebrae	Gill rakers	Authors
	First	Second	Third	Fitst	Second					
G. macrocephalus	11-14	14-21	14-20	16-24	14-19	16-22		51-56		Schultz & Welander[2)]
	12-16	15-19	17-20	19-23	18-21			53	18-23	Svetovidov[1)]
	11-16	14-21	14-21	16-25	14-22		6-7	51-56		Miller & Lea[16]
	10-13	13-16	14-17	16-19	15-18	19-22	6-7	50-53(52.3)	20.88	Hart[4)]
	10-15(12.4)	11-22(15.6)	10-20(15.4)	17-27(19.7)	12-25(17.2)			49-56(53.2)		Matarese et al.[15]
	13-15	15-18	15-17	16-17	16-17	18-19	6		22	Okamura[5)]
E. gracilis	12-16(13.7)	17-20(18.4)	18-21(19.6)	20-22(21.3)	19-21(20.3)	18-22(20.1)		60-62(61.4)		Schultz & Welander[2)]
	11-15	15-23	18-21	20-24	19-22			60-64	20-23	Svetovidov[1)]
									14-24	Okada & Kobayashi[3)]
		15-24	17-24			18-20	6		18-23	Dunn & Vinter[16]
	11-15	15-21	16-23	18-24	17-23					Okamura[5)]
M. proximus	11-14(12.2)	17-20(18.5)	18-20(18.8)	20-25(22.5)	18-21(19.7)	17-22(19.1)		55-58(56.2)	26-28	Schultz & Welander[2)]
	12-15	16-18	21-22	23-25	22-23			58		Svetovidov[1)]
	11-15	16-21	18-22	20-29	18-24		6-7	51-56	22-28	Miller & Lea[16]
	9-15(12.8)	16-21(18.8)	17-24(20.7)	22-28(25.2)	20-28(22.9)			54-58(55.7)		Matarese et al.[15]
T. chalcogramma	10-13(11.9)	14-18(15.3)	15-20(17.7)	17-22(20.1)	16-21(18.6)			50-52(51.2)		Schultz & Welander[2)・1]
	11-13(11.4)	12-15(13.2)	14-19(16.4)	15-19(17.8)	15-19(17.2)			49-51(49.9)		Schultz & Welander[2)・2]
	12-14	12-18	20-21	19-23	21-23			50	34-40	Svetovidov[1)]
	13-16(14.4)	13-18(15.4)	19-23(20.8)	21-23(22.0)	20-22(21.4)					Okada & Kobayashi[3)・3]
	11-16(13.4)	11-19(16.1)	15-21(18.5)	17-23(20.6)	16-22(19.6)					Okada & Kobayashi[3)・4]
	10-13	13-16	15-19	17-21	16-21	18-21	6-7	48-50		Hart[4)]
B. saida	11-15(12.8)	12-17(14.7)	17-23(20.1)	14-20(17.0)	18-24(20.9)			53-58(55.2)	37-46(41.4)	Svetovidov[1)]
	11-14(12.7)	14-17(15.0)	18-23(20.1)	15-17(15.9)	18-22(20.1)			53-57(54.5)	37-45(40.9)	Andriyashev[10]
	11-14	12-16	18-23	15-18	18-24				36-45	Okada & Kobayashi[3)]
	11-16					18-21	6			Dunn & Vinter[16]

[1]Alaska specimens ; [2]Puget Sound specimens ; [3]Okhotsk Sea specimens ; [4]Bering Sea specimens

22及び腹鰭が6である。脊椎骨数は60～64で，鰓耙数は14～24である。

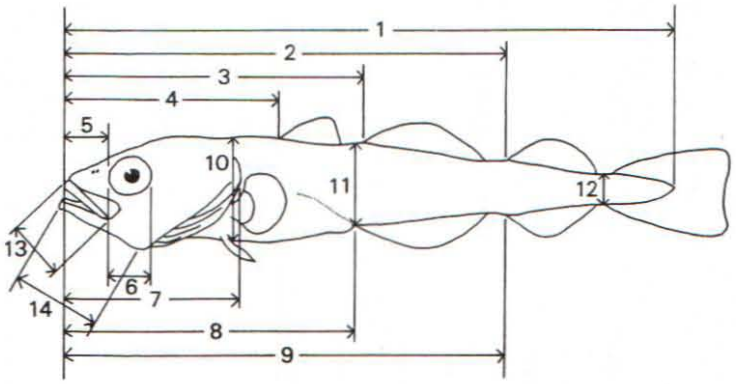
コマダラ（仮称）*Microgadus proximus*（Girard）（英名：Pacific tomcod）：鰭条数は第1背鰭が9～15，第2背鰭が16～21，第3背鰭が17～24，第1臀鰭が20～29，第2臀鰭が18～28，胸鰭が17～22及び腹鰭が6～7である。脊椎骨数は51～58で，鰓耙数は22～28である。

スケトウダラ*Theragra chalcogramma*（Pallas）（英名：walleye pollock）：鰭条数は第1背鰭が10～16，第2背鰭が11～19，第3背鰭が14～23，第1臀鰭が15～23，第2臀鰭が15～23，胸鰭が18～21及び腹鰭が6～7である。脊椎骨数は48～52で，鰓耙数は34～40である。

ホッキョクダラ*Boreogadus saida*（Lepechin）（英名：Arctic cod）：鰭条数は第1背鰭が11～16，第2背鰭が12～17，第3背鰭が17～23，第1臀鰭が14～20，第2臀鰭が18～24，胸鰭が18～21及び腹鰭が6であり，脊椎骨数は53～58で，鰓耙数は36～46である。

体各部位の成長過程

発育過程における体各部位の成長変化を追跡した研究は多くない。ここではマダラについてGorbunova[10]，コマイについてDunn and Vinter[16]及びコマダラについてMatarese et al.[15]のデータの一部を比較資料とした。また，スケトウダラ及びホッキョクダラについては本誌に掲載されている報告（Haryu and Nishiyama）のデータを引用した。ここで取り上げた部位はFig. 2及びTable 2に示すように，頭長（head length），前肛門長（preanal distance），吻端から第1背鰭基部までの長さ（snout to origin of first dorsal fin），第2背鰭基部までの長さ（snout to origin of second dorsal fin），第3背鰭基部までの長さ（snout to origin of third dorsal fin），第2臀鰭基部までの長さ（snout to origin of second anal fin），胸鰭基部における体高（body depth at base of pectoral fin），肛門部における体高（body depth at anus）及び尾柄高（depth of caudal peduncle）で，これらは標準体長（standard length）に対する割合として示した。また，吻長（snout length），眼径（eye diameter），



1- standard length
2- snout to origin of third dorsal fin
3- snout to origin of second dorsal fin
4- snout to origin of first dorsal fin
5- snout length
6- eye diameter
7- head length
8- preanal distance
9- snout to origin of second anal fin
10- body depth at base of pectoral fin
11- body depth at anus
12- depth of caudal peduncle
13- upper jaw length
14- lower jaw length

Fig. 2. Diagram of dimensions of gadid larvae.

Table 2. Body proportions of larvae and juveniles of *Gadus macrocephalus*, *Eleginus gracilis* and *Microgadus proximus*. Values given for each *E. gracilis* and *M. proximus* are mean. Figures in parentheses denote mean value.

	Gadus macrocephalus[1]				*Eleginus gracilis*[2]					*Microgadus proximus*[3]				
Class of standard length (mm)	3.6-4	11-12	19-20	26-156	5-10 (6.0)	11-16 (13.5)	18-21 (19.1)	23-26 (24.3)	27 (27.2)	3-8 (5.3)	8-15 (11.2)	15-21 (17.4)	22-26 (24.2)	27-47 (35.7)
Sample size		10	3	15	17	12	2	3	1	19	25	10	5	13
In percent of standard length														
Head length		21.8-24.8	26.5-27.8	28 -30.1	19.7	26.4	29.3	26.0	25.4	21.9	26.0	29.0	31.6	29.9
Preanal distance	42-44	43.8-46.6	45.6-50	45.7-49.5	42.1	49.4	47.7	45.8	47.1	41.2	45.9	48.1	46.8	44.6
Snout to origin of first dorsal fin					33.7	37.1	36.0	33.9	33.5	35.2	35.8	35.1	33.8	
Snout to origin of second dorsal fin					43.6	48.5	46.9	45.6	44.1	46.6	47.7	47.5	46.1	
Snout to origin of third dorsal fin					58.4	68.4	70.5	66.7	66.9	66.0	67.5	68.5	67.2	
Snout to origin of second anal fin					63.4	69.6	69.0	66.8	66.5	62.5	66.0	68.5	67.7	
Body depth at base of pectoral fin		14.2-18	19.5-20.1	18.4-21.2	15.0	20.9	20.6	19.9	20.6	17.3	19.3	20.4	21.2	20.7
Body depth at anus		9.3-12.1	15.4-16.7	16.5-19.1	7.6	15.1	17.6	18.2	19.9	10.8	16.5	18.6	20.0	19.3
Depth of caudal peduncle		4.2- 6.1	7 -8.3	4.8- 5.3	5.9	7.3	7.3	7.4	7.0					
In percent of head length														
Snout length		17.5-25.5	29.1-40	28.2-37.5	16.3	21.1	24.0	26.3	27.7	17.8	26.6	29.0	27.5	29.4
Eye diameter		26.4-33.4	32.8-36.4	21.9-27.6	39.2	32.3	30.3	29.0	27.8	35.1	31.6	28.4	26.1	25.3
Upper jaw length		34.3-40.8	40 -41	38.5-41.4	47.6	36.3	41.4	39.1	38.6	36.8	40.9	37.7	38.1	39.3
Lower jaw length		41.1-52	52 -54.2	46.2-50.7										

[1] From Gorbunova[10] ; [2] From Dunn and Vinter[16] ; [3] From Matarese et al.[15]

Table 2 (continued) .Body proportions of larvae and juveniles of *Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida*.

Class of standard length (mm)	*Theragra chalcogramma*[1]				*Boreogadus saida*[2]			
	10.0-14.7 (11.9)	15.2-19.9 (17.8)	20.0-24.7 (21.5)	25.0-29.9 (26.2)	10.6-14.9 (13.5)	15.0-19.7 (17.8)	20.0-24.4 (21.6)	25.0-29.2 (27.1)
Sample size	15	78	31	6	26	57	22	8
In percent of standard length								
Head length	23.8	26.9	27.0	26.4	25.7	26.2	27.1	27.3
Preanal distance	44.4	44.5	44.6	44.2	48.2	48.3	48.5	48.5
Snout to origin of first dorsal fin	33.6	32.6	32.6	31.7	32.0	33.0	32.5	32.3
Snout to origin of second dorsal fin	46.9	46.5	46.6	46.0	47.4	46.6	46.9	47.3
Snout to origin of third dorsal fin	66.4	66.5	66.7	66.8	65.1	64.6	65.6	66.5
Snout to origin of second anal fin	68.1	66.1	66.6	66.8	64.0	65.5	66.0	67.1
Body depth at base of pectoral fin	16.6	17.1	17.3	17.9	19.2	18.1	18.8	18.9
Body depth at anus	12.0	14.1	14.2	14.9	13.8	13.5	14.2	14.2
Depth of caudal peduncle	5.7	6.3	6.1	6.2	6.8	6.2	6.0	5.7
In percent of head length								
Snout length	20.5	22.8	23.6	25.6	23.1	22.9	25.0	24.8
Eye diameter	37.6	36.3	34.4	33.6	37.5	35.7	33.4	33.0
Upper jaw length	36.2	38.7	37.9	38.7	37.9	36.8	36.5	37.5
Lower jaw length	51.8	50.3	49.2	51.2	55.2	50.7	48.4	47.5

[1, 2]From this journal, Haryu and Nishiyama

上顎長（upper jaw length）及び下顎長（lower jaw length）は頭長に対する割合として示した。各種においてそれぞれ体長が区分されているが，コマイとコマダラはMoser and Ahlstrom[20]が提唱した区分にしたがっている。これは脊索末端の上屈の程度によって発育段階を区分する方法で，現在アメリカの研究者によってよく使われている。この発育段階区分では両種とも体長27㎜で稚魚に移行している。また，スケトウダラとホッキョクダラについては我が国でよく用いられている鰭条の形成過程を基準に置いた段階区分に従っており，前者が体長24㎜（個体によっては21㎜），後者が体長26㎜（個体によっては25㎜）から稚魚期に移っている。Table 2に示した数値はマダラについては範囲であるが，それ以外の4種については平均値である。

体各部位の発育の変化をみると，いくつかの部位では種によって異なった発育パターンを示している。たとえば，前肛門長について，スケトウダラとホッキョクダラは体長が増大してもほぼ同一の値で，前者が44%台，後者が48%台を維持し明らかに差異が認められる。従って，この部位はこれら2種を識別する上で重要なポイントと考えられる。また，胸鰭基底における体高においてもスケトウダラが16.6〜17.9%であるのに対し，ホッキョクダラが18.1〜19.2%とやや高いのが特徴である。コマイとコマダラの2種は体長10㎜を越えるとホッキョクダラよりさらに高く，19%以上の値を示す。さらに，吻端から第1背鰭基部までの長さ，肛門部における体高，尾柄高及び眼径などにおいては二つのグループに分けられる。すなわち，コマイとコマダラが一つのグループ，スケトウダラとホッキョクダラがもう一つのグループである。ただ，マダラについては値が範囲で示されているので明確でない。特に顕著なのは眼径においてである。体長10㎜台の割合を見ると前2者が31〜32%であるのに対し，後2者が37%という高い値を示し，発育に伴っていずれも値は低下するものの，両グループは平行したままの状態である。両グループの値は逆転するものの，発育過程のパターンが類似したものとして，吻端から第1背鰭基部までの長さ及び尾柄高が上げられる。一方，肛門部における体高は発育に伴って割合が高くなるパターンであるが，コマイとコマダラが高い値を占めるのに対し，スケトウダラとホッキョクダラは低い値のまま平行状態で推移する。このようなグループ分けはタラ科魚類の類縁関係を考える上でも興味あるところである。

鰭条の骨化過程

骨格の形成過程の分析は主に個々の種の発育段階を明らかにする目的から行われてきた[15,16,21]。また，鰭の発達が仔稚魚の遊泳あるいは索餌行動に関連しているとして，スケトウダラの鰭の形成過程を観察した例もある[22]。ただ，マダラについては骨格の形成過程を研究した知見はほとんど見当らない。従って，本項ではマダラを除いた4種を取り上げる。その骨化過程について種間の比較・検討を行うために，既往の資料をまとめたのがTable 3である。コマイはDunn and Vinter[16]によるデータである。ただ，このデータは標本が少なくしかも連続した体長ではないという欠点がある。コマダラはMatarese et al.[15]によるデータの一部で，こちらの方は体長27㎜台の標本が欠落しているのみで，比較的詳しく過程を分析できる。また，スケトウダラは体長の連続した標本であるが，ホッキョクダラは10㎜より小型の標本及び26,29〜30㎜の標本が欠落している。このように，資料不足の種類があるものの，4種についてはおおよその骨化過程を把握できる。項目として取り上げたのは第1背

Table 3. Meristic counts in larvae and juveniles of *Eleginus gracilis* and *Microgadus proximus*. Values given for each species are mean.

Eleginus gracilis[1]											*Microgadus proximus*[2]									
Specimen length (mmSL)	Sample size	Dorsal fin rays			Anal fin rays		Pectoral fin rays	Pelvic fin rays	Branchiostegal rays	Caudal fin rays	Specimen length (mmSL)	Sample size	Dorsal fin rays			Anal fin rays		Pectoral fin rays	Pelvic fin rays	Branchiostegal rays
		1st	2nd	3rd	1st	2nd							1st	2nd	3rd	1st	2nd			
											7.0- 7.9	10								
											8.0- 8.9	13								1.1
9.4	1										9.0- 9.9	14								1.2
											10.0-10.9	16								3.0
11.7	1										11.0-11.9	4				4.8				4.5
12.5	1								6		12.0-12.9	8		0.8	0.6	2.9	1.0			5.0
13.6	1								6	31	13.0-13.9	4	0.8	2.5	2.8	3.0	2.3			5.8
14.7	1								7	23	14.0-14.9	4	1.3	3.0	1.3	7.5	2.5		2.2	6.3
15.1	1								7	27	15.0-15.9	4	1.3	4.3	2.8	4.5		1.3	0.5	6.5
16.2-16.9	2		6.5	8.0	8.5	9.0	1.0	2.0	7.0	32.5	16.0-16.9	3	1.3	1.3		3.7				6.3
											17.0-17.9	3	5.0	9.0	10.0	18.0	13.7	7.0	4.0	7.0
											18.0-18.9	3	4.3	9.7	10.3	12.0	12.7	9.3	3.0	6.7
											19.0-19.9	2	5.5	13.0	8.0	18.0	14.5	6.5	2.5	7.0
											20.0-20.9	1	6.0	6.0		14.0	10.0			7.0
											21.0-21.9	1	7.0	11.0	13.0	17.0	12.0			7.0
22.8	1	10	20	21	22	21	19	5	7	55	22.0-22.9	2	10.5	16.5	14.5	22.5	17.0	8.5	5.5	7.0
23.5	1	12	21	19	26	21	18	6	7	52	23.0-23.9	2	11.0	20.0	20.0	26.0	22.5	18.0	6.0	7.0
											24.0-24.9	1	13.0	19.0	21.0	26.0	24.0	17.0	5.0	7.0
											25.0-25.9	1	12.0	19.0	15.0	24.0	16.0	3.0	5.0	7.0
26.6	1	14	24	23	26	23	20	6	7	56	26.0-26.9	1	13.0	23.0	20.0	28.0	17.0	17.0	6.0	7.0
27.9	1	10	19	20	23	21	20	4	7	52										
28.7	1	11	19	20	22	21	17	4	7	52	28.0-28.9	1	12.0	21.0	21.0	28.0	24.0	19.0	6.0	7.0
											29.0-29.9	1	13.0	21.0	21.0	28.0	23.0	17.0	6.0	7.0
											30.0-30.9	1	13.0	20.0	22.0	26.0	24.0	18.0	6.0	7.0

[1]From Dunn and Vinter[10] ; [2]Matarese et al.[15]

Table 3 (continued) .Meristic counts in larvae and juveniles of *Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida*. Values given for each species are mean.

Theragra chalcogramma											*Boreogadus saida*										
Specimen length (mmSL)	Sample size	Dorsal fin rays			Anal fin rays		Pectoral fin rays	Pelvic fin rays	Branchiostegal rays	Caudal fin rays	Specimen length (mmSL)	Sample size	Dorsal fin rays			Anal fin rays		Pectoral fin rays	Pelvic fin rays	Branchiostegal rays	Caudal fin rays
		1st	2nd	3rd	1st	2nd							1st	2nd	3rd	1st	2nd				
7.2- 7.9	3																				
8.1- 8.8	3																				
9.4- 9.8	3																				
10.1-10.8	3								4.3	11.0											
11.1-11.6	3				1.3				5.0	21.3	11.2-11.6	3								5.3	21.7
12.5-12.7	3	0.3	7.0	10.7	12.7	10.7		1.0	5.0	29.3	12.2-12.6	2				3.0	1.5			5.5	21.0
13.4-13.9	3		6.3	8.7	13.0	11.0		2.0	5.3	32.7	13.0-13.7	3		1.7	3.3	6.3	4.7		0.3	6.0	21.5
14.3-14.8	3	1.7	8.3	13.3	14.7	15.7	1.3	3.3	6.3	35.7	14.1-14.8	5	1.2	5.8	9.4	9.6	8.0		1.4	6.5	21.8
15.2-15.8	3	3.3	10.0	14.3	17.3	16.3	5.7	4.0	6.7	38.0	15.5-15.8	5	3.2	10.2	14.6	13.4	15.4		3.6	6.8	25.0
16.0-16.7	3	4.7	11.0	17.0	17.3	17.3	7.0	4.0	7.0	43.7	16.1-16.8	4	4.0	10.5	15.3	13.5	17.0	0.5	3.5	6.8	32.0
17.1-17.7	3	6.7	13.3	18.7	20.7	20.0	12.3	4.7	7.0	45.0	17.0-17.6	5	5.4	10.8	17.4	14.0	17.6	3.0	3.8	7.0	30.2
18.2-18.8	3	7.7	14.0	19.7	19.7	21.0	12.7	5.0	7.0	46.3	18.1-18.5	5	7.0	11.8	18.8	17.0	20.3	5.8	4.0	7.0	36.3
19.3-19.8	3	9.3	16.0	20.0	22.3	21.0	15.0	5.0	7.0	46.3	19.0-19.6	6	7.3	12.2	18.3	15.5	19.3	6.2	4.2	7.0	39.0
20.3-20.8	3	9.7	15.7	20.7	22.7	21.0	16.7	5.7	7.0	48.3	20.3-20.9	5	8.0	13.8	19.2	16.0	20.6	10.2	4.8	7.0	42.0
21.1-21.8	3	9.7	15.3	20.3	21.0	21.3	16.3	5.7	7.0	49.7	21.3-21.8	5	9.2	14.4	20.4	16.6	21.2	12.2	5.0	7.0	42.0
22.1-22.7	3	9.3	15.3	20.0	22.0	21.3	16.3	6.0	7.0	51.0	22.3	1	10	14	18	19	21	13	5	7	47
23.0-23.7	3	11.0	15.7	21.3	21.7	22.7	16.7	6.0	7.0	50.0	23.1-23.2	2	9.5	14.0	20.5	16.5	22.0	16.5	6.0	7.0	44.0
24.0-24.7	3	12.3	16.3	21.0	22.7	23.3	18.0	6.0	7.0	52.3	24.5	1	10	13	21	18	21	16	6	7	45
25.0-25.8	3	13.0	16.3	21.3	22.0	22.7	19.7	6.0	7.0	51.7	25.4-25.5	2	11.5	14.0	22.0	17.0	21.5	16.5	6.0	7.0	48.0
26.1-26.2	2	13.5	15.5	20.5	20.0	21.5	19.0	6.0	7.0	52.0											
27.2	1	12	15	23	20	23	20	6	7	50	27.5	1	11	14	20	16	21	18	6	7	50
28.9	1	11	15	21	23	24	19	6	7	51	28.1	1	11	15	21	18	20	18	6	7	47
29.4	1	12	17	21	21	22	18	6	7	52											
30.2	1	12	15	20	21	19	19	6	7	53											

鰭，第2背鰭，第3背鰭，第1臀鰭，第2臀鰭，胸鰭，腹鰭及び尾鰭の鰭条数と鰓条骨数である。ただ，コマダラについては尾鰭の鰭条数の資料はない。いずれの数値も平均値である。

尾鰭を除く鰭の中では骨化の共通の特徴は臀鰭が最も早く，胸鰭が最も遅いことである。ただ，コマイは全体の骨化が遅い傾向にある。これは分析標本が少ないために個体変異幅を含めた全体の傾向を把握できていないことによるとも考えられる。コマイは体長16㎜で尾鰭を除く鰭の骨化が始まるが，他の3種は11㎜あるいは12㎜台で鰭条が発現する。こうした骨化過程を種間で比較してみると，体各部位の発育過程で認められたのと同様のグループ分けが可能である。すなわち，背鰭と臀鰭の骨化のパターンについてはコマイとコマダラが一つのグループ，スケトウダラとホッキョクダラがもう一つのグループである。前者のグループのパターンは鰭条の発現が比較的ゆるやかな直線的な増加を示す。これに対し，後者のグループは鰭条の発現直後から急激に増加し，上方に弧を描くようなパターンである。このことが特に顕著なのは第3背鰭及び第2臀鰭の鰭条においてである。ただ，スケトウダラとホッキョクダラとでやや異なる骨化パターンも認められる。たとえば，胸鰭と尾鰭についてはスケトウダラが上方に弧を描くような急激な伸びを示すのに対し，ホッキョクダラは一旦減少傾向を示し再び増加するというパターンである。

以上のような骨化過程を経て稚魚期に移行するのは，スケトウダラが最も早く体長24㎜（個体によっては21㎜）台であるが，他の3種コマイ，コマダラ及びホッキョクダラは体長26㎜あるいは27㎜（個体によっては25㎜）台である。マダラはGorubunova[10]によると，体長25㎜程度のようである。

色素胞の分布パターン

仔稚魚の色素形成過程の観察は当初種の特徴を明らかにするという意味から個々の種について記載することに力が注がれてきた[7,8,10-13]。しかし，最近になって後期仔魚から稚魚期における種間の識別に焦点をあてた知見がいくつか提出されている。これらの知見はある海

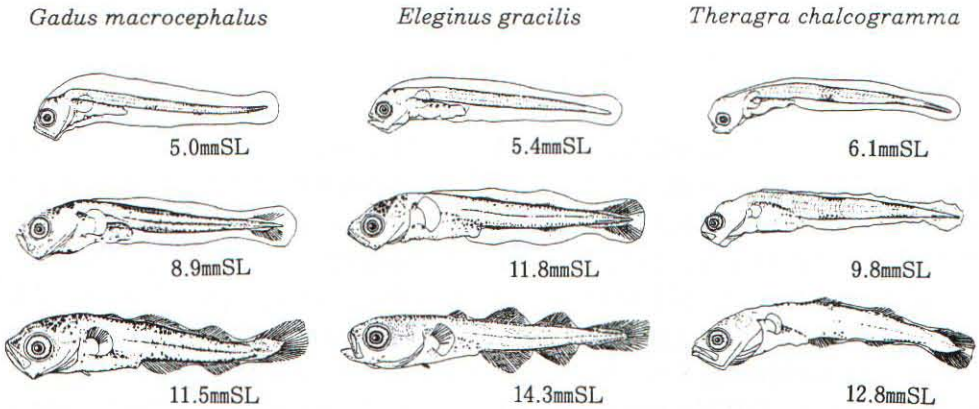


Fig. 3. Larvae of *Gadus macrocephalus*, *Eleginus gracilis* and *Theragra chalcogramma*. Illustrations of gadid larvae are from Haryu and Minami[17].

域で同時に採集される可能性のあるタラ科魚類の種の同定を目的としたものである。特に，孵化直後から鰭条形成が達成されるまでの仔魚はいずれの種類もよく類似しており，同定の困難な場合があることは以前より指摘されていた。最近の報告として，Matarese et al.[15]はコマダラを中心に記載しマダラとスケトウダラを含めた3種について，Dunn and Vinter[16]はコマイを中心にしてマダラ，コマダラ，スケトウダラおよびホッキョクダラを含めた5種について識別点を上げている。特にDunn and Vinter[16]の研究は5種の仔稚魚の図版を掲載し，詳細に記載している。また，針生・南[17]はマダラ，コマイ及びスケトウダラの3種の形態を記載するとともに，それらの識別点について述べた。

本項ではタラ科5種の中で，日本周辺に分布する3種マダラ，コマイ及びスケトウダラを中心に取り上げ，それらの色素胞の分布パターンを比較する。また，先に上げた既往の知見とも比較・検討しながら，種間の識別となる特徴を探ってみたい。3種の後期仔魚における色素パターンの変化過程をFig. 3に示した。本科魚類の孵化後間もない仔魚の色素パターンで最も特徴的なことは，尾部に背腹対をなす黒色素叢が2箇所存在することである。この色素叢の変化で大きく異なる点は，背腹それぞれの側で連続するようになる体長がスケトウダラにおいて最も遅く，マダラとコマイにおいて比較的早いことである。すなわち，スケトウダラは体長10〜12㎜を越えないと連続しないのに対し，マダラ及びコマイは5〜7㎜でも連続するようになる。コマダラとホッキョクダラにおいて同様にこの色素叢の連なりは早く，5〜7㎜である[15, 16]。もう一つ識別の容易な点として，体側尾部の正中線上の色素胞の配列が上げられる。卵黄吸収後間もない仔魚には体側正中線上に黒色素胞は見られないが，マダラとコマイは体長5〜7㎜程度から発現するのに対し，スケトウダラは体長9㎜から認められる。しかも，マダラ及びコマイは肛門部より前から色素胞が連続するのに対し，スケトウダラは肛門より後から始まり，連続しないのが特徴である。これはGorubunova[10]のデータとも一致する。コマダラはコマイに，ホッキョクダラはスケトウダラに類似したパターンのようである[15, 16]。ただ，水戸[12]によれば，マダラの体側正中線上の色素胞は肛門部より後から始まるとしている。また，Dunn and Vinter[16]も同様のことを指摘し，コマイとの相違点として上げている。しかし，これは個体差とも考えられるので，個体の変異についても今後考慮する必要があろう。

おわりに

外部形態の上からタラ科魚類の5種は，下顎が上顎より突出するかしないかによって大きく二つに分類されることは既に述べた。すなわち，下顎が上顎より突出しないで上顎に含まれるものがマダラ，コマイおよびコマダラで，下顎が上顎より突出するものがスケトウダラ及びホッキョクダラである。このような分類は，今回種間で比較した発育過程においても認められた。種類ごとの標本測定値は個体差による変異幅があるため，種間で比較すると重複してなかなか種ごとの特徴を把握しにくいが，今回のように平均値を代表値として大まかにパターン化すると特徴を捉えることができる。たとえば，体の成長過程では吻端から第1背鰭基部までの長さ，肛門部における体高，尾柄高及び眼径，また鰭条の形成過程では背鰭と臀鰭において，その変化パターンが前述の外部形態上の分類とよく一致した。すなわち，コマイとコマダラが一つのグループ，スケトウダラとホッキョクダラがもう一つのグループと

してよく類似したパターンを示した。ただし，マダラについてはデータが不十分で今回のグループ分けまで至らなかったが，おそらく前者のグループに含まれるものと推測される。こうした発育過程においてもグループ分けができるということは，下顎の突出の状態による外部形態からの分類とはいえ，類縁関係としてみた場合でもかなり妥当な分類の仕方であることが示唆された。

仔稚魚において種間で比較する大きな意味合いの一つは，種それぞれに識別できる特徴を探索することにある。たとえば，日本周辺ではマダラ，コマイ及びスケトウダラが同時に採集される可能性がある。また，アメリカ側ではマダラ，コマイ，コマダラ及びスケトウダラの4種が，さらにベーリング海ではマダラ，コマイ，スケトウダラ及びホッキョクダラが同時に採集され，収集される可能性がある。従って，同じ分類群の仔稚魚を細かく観察する必要が出てくるわけである。しかし，特に孵化後間もない仔魚や後期仔魚の前期の個体についてこれまで記載された形態上の知見のみで実際に同定が可能かどうか，疑問の残るところである。類縁が近縁であればあるほど形質の重複があり，明確に分離できないという欠点がある。そこで，体各部位の成長の特徴，鰭条などの骨化過程，色素胞の分布パターンあるいは筋節数など形態的な特徴を総合的に判断することはもちろんであるが，それだけでなく，産卵期，産卵場所あるいは卵の性質なども加味する必要がある。

タラ科魚類という同一分類群の仔稚魚を種間で比較することによって，それぞれの種の特徴を浮き彫りにできるのではないかと考えた。この試みはどの程度達成されたかは疑問であるが，少なくとも仔稚魚の発育過程についてどの段階まで分析・研究が進展しているのか，その状況についてはある程度網羅できたものと思われる。

文　献

1) Svetovidov, A. N. : GADIFORMES. Akad. Nauk SSSR Zool. Inst. Fauna SSSR, Ryby. 9(4), 1948, 221 P. (Engl. transl., Israel Prog. Sci. Transl., Jerusalem, 1962, 304P.)

2) Schultz, L. P. and Welander, A. W. : A review of the cods of the northeastern Pacific with comparative notes of related species. *Copeia*. 1935(3), 127-139 (1935)

3) 岡田　彌，小林喜雄：北洋魚類図説．東京，北洋鮭鱒資源調査研究会，日本水産資源保護協会，1968,179P.

4) Hart, J. L. : Pacific fishes of Canada. *Fish. Res. Board Can., Bull.* 180, 1-740 (1973)

5) 岡村　収："タラ科 Gadidae"．日本産魚類大図鑑．東京，東海大学出版会，1984，P. 91.

6) 神谷尚志：北陸沿海に於ける浮性魚卵並に其稚仔．水講試報．21(3)，86-106 (1925)

7) 山本喜一郎，濱島清正：北日本産コマイ及びスケトウダラの卵及び仔魚の形態に就いて．生物．2(3)，172-177 (1947)

8) 遊佐多津雄：スケトウダラ*Theragra chalcogramma* (Pallas) "Alaska Pollack" の正常発生について．北水研報．(10)，1-15 (1954)

9) 遊佐多津雄：マダラ*Gadus macrocephalus* Tilesius, "North Pacific cod" の発生．北海道区資源調査要報．(9)，63-66 (1954)

10) Gorubunova, N. N. : Reproduction and development of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) (Translated from the Russian by Pearson, S. 1972). NOAA,

Seattle, Northwest Fish. Cent., Natl. Mar. Fish. Serv., 1954, 106P.

11) 内田恵太郎，今井貞彦，水戸　敏，藤田矢郎，上野雅正，庄島洋一，千田哲資，田福正治，道津喜衛：日本産魚類の稚魚期の研究．第1集．福岡，九州大学農学部水産学第二教室，1958，89P.

12) 水戸　敏：日本海洋プランクトン図鑑　第7巻．魚卵・稚魚．東京，蒼洋社，1966，74P.

13) Russell, F. S. : The eggs and planktonic stages of British marine fishes. London-New York-San Francisco, Academic Press, 1976, 524P.

14) 遊佐多津雄，久新健一郎，C. R. Forrester：“海産魚類数種の生活史概要”．北太平洋亜寒帯海域の漁業生物生産．北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績集．函館市，北海道大学水産学部，1977，123-173.

15) Matarese, A. C., Richardson, S. L. and Dunn, J. R. : Larval development of Pacific tomcod, *Microgadus proximus*, in the northeast Pacific Ocean with comparative notes on larvae of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, and Pacific cod, *Gadus macrocephalus* (Gadidae) .*Fish. Bull. U. S.* 78(4), 923-940 (1981)

16) Dunn, J. R. and Vinter, B. M. : Development of larvae of the saffron cod, *Eleginus gracilis*, with comments on the identification of gadid larvae in Pacific and Arctic waters contiguous to Canada and Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 304-318 (1984)

17) 針生　勤，南　卓志：“タラ科 Gadidae” .日本産稚魚図鑑．東京，東海大学出版会，1988，321-324.

18) Miller, D. J. and Lea, R. N. : Guide to the coastal marine fishes of California. *Dept. Fish. and Game, Fish. Bull.* 157, 1-249 (1972)

19) Andriyashev, A. P. : Fishes of the northern seas of the U.S.S.R. Acad. Sci. USSR, Moscow-Leningrad,(50), 1954, 566P. (Transl. from Russian by Israel Program Sci. Transl., 1964, 617P.)

20) Moser, H. G. and Ahlstrom, E. H. : Development of lanternfishes (family Myctophidae) in the California Current. Part 1. Species with narrow-eyed larvae. *Bull. Los Angeles Co. Mus. Nat. Hist., Sci.* (7), 1-145 (1970)

21) Haryu, T. : Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 31(2), 121-136 (1980)

22) 前林　衛，清野通康：スケトウダラ稚仔魚の飼育について．水産増殖．27(3)，137-141（1979）

北水試研報　42，37－49（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

耳石によるスケトウダラの齢査定について（総説）

西　村　　明*

Age determination of walleye pollock based on the otoliths (Review)

Akira NISHIMURA*

Accurate age determinations are essential to understanding the biology and in stock assessment. Otoliths have been used to estimate the age of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*), however accurate age determination is not always easy due to the existence of false rings and unclear annual rings in older fish. This review summarizes the morphological information about otolith, with references to the formation mechanisms of annual rings and daily growth increnents. This review also covers the methodology of age determination based on the annual rings and daily growth increments in otoliths of walleye pollock. In this paper, otolith microstructure are used in solving interpretation problems in aging adult walleye pollock collected in the Bering Sea.

は　じ　め　に

魚類の齢はその生物学的特質を調べる際にも，魚類資源を解析する際にも基礎的な情報として重要である。年齢査定には鱗，耳石，鰭条あるいは骨などの高度に石灰化した硬組織が査定形質として用いられ，この中に形成される年周期的な構造が年輪として扱われている。しかしながら，選択する査定形質の違いや，その処理・観察方法の違いあるいは読取り者の経験により，読み値が必ずしも一定しない[1,2]。また，偽年輪の形成や，高齢での年輪の不明瞭化などの問題のため，年輪査定は必ずしも容易ではない。

魚類の耳石にみられる年輪構造は，解剖（実体）顕微鏡レベルの低倍率で観察される構造だが，高倍率の光学顕微鏡あるいは走査型電子顕微鏡レベルで観察すると，この年輪構造の内部に微細な輪紋構造が観察される。近年，多くの魚類でこの微細輪紋が日周性をもって形成される日周輪であることが明らかにされており，魚類の初期生活史における成長，生残あるいは再生産機構の解析に利用されている。

本総説では齢査定形質としての耳石に関する最近の知見を紹介し，年齢査定方法および日

報文番号　A205（1993年9月24日受理）
* 遠洋水産研究所（National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Agency of Japan, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424, Japan）

齢査定方法について，おもにベーリング海のスケトウダラの耳石で得られた知見をまじえながら論じる。

耳石の構造と機能

硬骨魚類の内耳には3対の耳石－礫石，偏平石および星状石が平衡石として存在している。耳石は内リンパ液に満たされた内耳膜迷路内に存在しており，振動や音などの物理的な刺激により内リンパ液や耳石が動き，この動きが耳石直下の有毛感覚細胞を刺激し，体の平衡や音を受容するように機能している。耳石は高度に石灰化した器官であり，炭酸カルシウムを主成分として若干の有機質から構成されている[3,4]。

耳石の形成機構については未知な点が多い。直接耳石形成に関わる細胞は耳石の周囲にはみられず，耳石のまわりの内リンパ液組成の変動が耳石形成に関わると考えられている。耳石と内リンパ液を取囲む小嚢上皮組織における特定の細胞が，内リンパ液の調節に関与している可能性がSaitoh and Yamada[5]により示唆されている。石灰化機構およびカルシウム代謝に関しては山田・麦谷[6]に記述されている。

耳石は胚胎期に形成が始まり，孵化仔魚はすでに石灰化した耳石を持っている。この発生初期の耳石は球形をしているが，成長するにつれ偏平になり，カレイおよびメヌケ類では円形に近い形となる。その他の多くの魚類では，稚魚期になり体成長がよくなるにつれて耳石も体軸前後方向へと急激に伸張し，全体としては楕円形，または桶型となる。その大きさは魚種によって異なるが，行動の緩慢な底魚類では大きな耳石を持ち，行動の活発な浮魚類では比較的小さな耳石を持つ傾向が認められている。一度形成された耳石はストレス要因下においてもカルシウムが溶出したり，変質したりすることはごく稀な場合に限ると考えられている[7,8]。このように孵化時から存在し，しかも生涯をとおしてほとんど変質することがないというのは齢査定形質として優れた特質である。

一般に偏平石（以下耳石）は最も大きく，内部に年輪構造を有しているため，年齢査定形質として広く用いられている。このような年輪構造は黒色背地で反射光でみたときに黒くみえる透明帯と呼ばれる部位と，白濁してみえる不透明帯と呼ばれる部位との重なりによって構成されている。両者の構造上の違いは，耳石に沈着する炭酸カルシウムと有機質の割合に季節的な変動が生じるためにみられると考えられており，不透明帯は透明帯に比べて有機質含量が比較的多いとされている[9]。一般には，春から夏にかけての成長の良い時期に有機質含量の比較的高い不透明帯が形成され，冬季の成長停滞期に透明帯が形成される。耳石の形成機構については未知な点が多く，年輪形成機構についても完全な説明はされていないが，麦谷[10]は，キンギョを材料として，体液蛋白質濃度の高い時期に形成された耳石は不透明で，蛋白質濃度の低い時期に形成された部位は透明になる事を報告しており，年輪形成に生理的な体内環境要因が影響を及ぼすことを示唆している。

1971年に，Science誌上で耳石内部に耳石核を中心とする微細輪紋構造の存在と，これが日周期的に形成される可能性がPannella[11]により示された。以来，多くの魚種で耳石日周輪の形成が証明されてきた[12]。このような日周輪構造は，針状結晶に富む成長層と，ＥＤＴＡや酸により溝状に腐食（エッチング）される不連続層の2層の交互の配列により構成されている。耳石をエッチングすると不連続層に含まれる炭酸カルシウムが溶け出し，ルーズになっ

た構造から有機質が可溶化して溶出するために溝状になるものと理解されている[13]。日周輪の構造は多くの魚種で基本的に同様の構造をしており，分類学上の位置や生態に関係なくほとんどの魚種の耳石に共通する構造と考えられる。このような日周輪を構成する成長層と不連続層の2層の構造上の違いは，炭酸カルシウムと有機質の沈着の相対的な量の違いによるものと考えられている。Tanaka[14]らはティラピア耳石の輪紋形成周期について調べ，昼から夜にかけて成長層が形成され，明け方に不連続層が形成される事を報告している。耳石輪紋形成周期の発現に関する生理的な要因として血清カルシウム濃度に日周期的な変動がみられ，明け方にその濃度が低下する事がMugiya[15]により報告されている。このような生理的要因の日周変動は自然界においては，おもに光周期により同調する体内時計により支配されているものと考えられている[16,17]。耳石の成長は基本的にはこのような体内時計に支配されているが，代謝の活性度（日周輪の成長）は水温，摂餌などにも影響される。このような日周輪の形成機構について，DIP（daily increment packing）モデルがSecor and Dean[18]により提唱されている。

日周輪の第一輪の形成時期については，孵化前の胚体期から形成されるもの，孵化にともなって形成されるもの，あるいは摂餌開始時期に形成されるものなどと，魚種により若干の違いがみられる[19]。いずれにしろ，このような日周輪の存在は，仔稚魚の成長や生残を調べる際に有効な情報として利用することができる。

スケトウダラの年齢査定法

1990年4月にハバロフスクで開催されたベーリング海の漁業に関する国際科学シンポジウム（参加国：米，ソ，加，ポ，中，韓，日）においてスケトウダラの資源の将来の調査計画についての話合いが行われた。この中で，年齢査定の結果から強勢年級群の出現を合衆国が1978年とするのに対してポーランドが1977年とするなど，合衆国とポーランドで年齢査定結果に違いがみられた。そこで，手法の標準化の必要性が認識され，スケトウダラ年齢査定作業部会がポーランドを主催国として開かれることが決定された[20]。

これを受けて，1990年9月10－14日にポーランドのグディニアにおいてカナダ，中国，ポーランド，合衆国および日本の研究者が集り，ベーリング海のスケトウダラを対象とする年齢査定作業部会が開催された。この作業部会以前に，あらかじめ合衆国とポーランドがそれぞれ準備した耳石標本が各国に回覧されており，その年齢査定結果が集められていた。これらの年齢査定結果について各国間の違いを把握し，査定方法を統一することが本作業部会の内容の一つであり，今一つの内容は年齢査定に関する各国の情報を収集し，整理することであった。

一般に行われている耳石による年齢査定法として，以下の3方法を挙げる事ができる。

(1) 表面観察法（Surface method）：耳石をそのまま観察する方法で，通常キシレン等に浸漬した状態で観察する。

(2) 割断・焼入れ法（Break and burn method）：耳石を短軸方向に割断し，この割断面をアルコール・ランプの外炎の周囲で20－30秒焼いて，透明帯に相当する部位を褐色に変色させて観察する（図1A）。観察に際しては，グリセリン水溶液あるいはサラダオイルを割断面に塗って黒色背地で反射光で観察する。

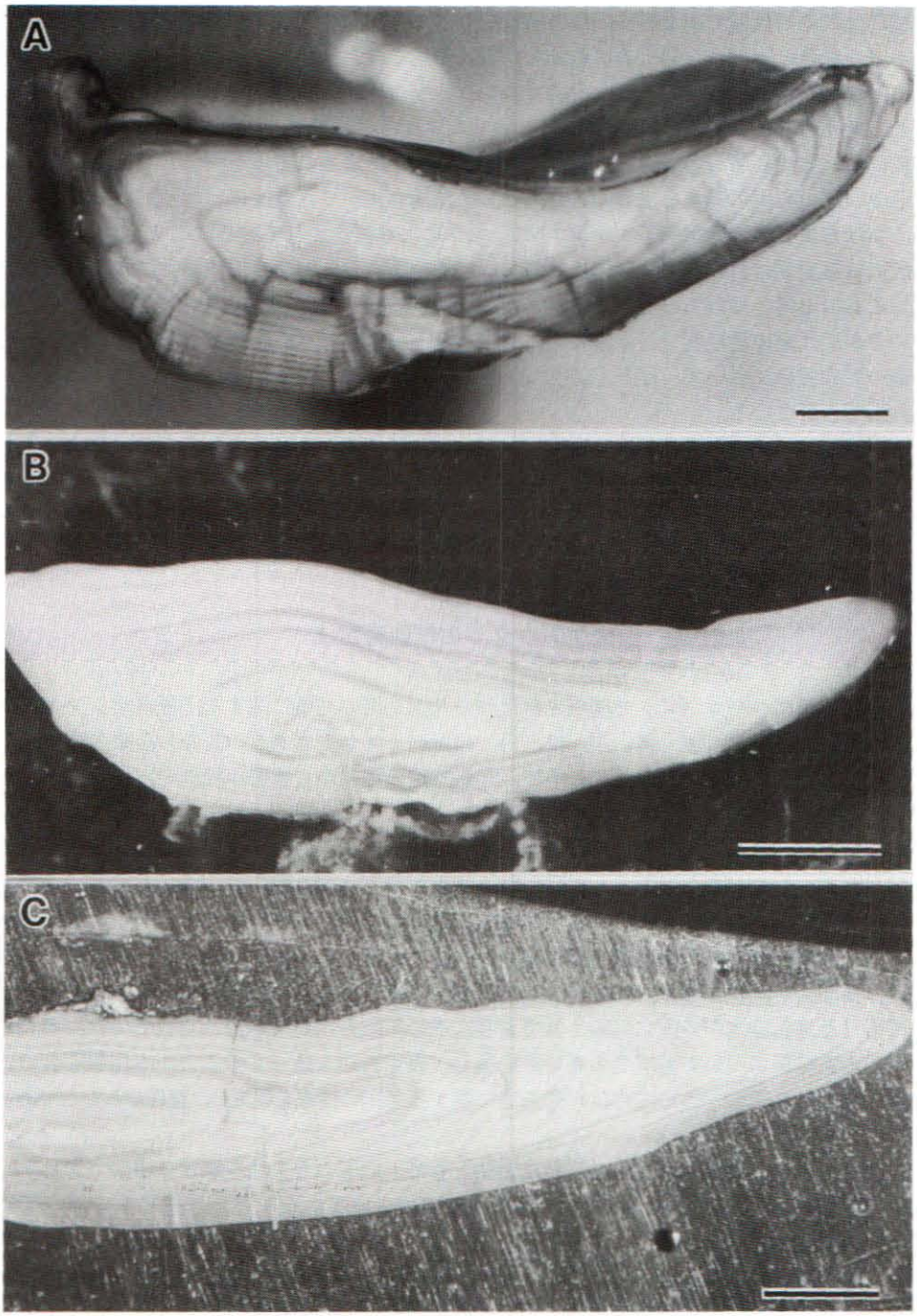


Fig. 1. Light microphotographs of the otoliths from walleye pollock collected in the Bering Sea. A : Brake and burn method. B : Section method (section along the short axis of the otolith). C : Section method (section along the long axis of the otolith). Bars indicate 1mm.

(3) 薄切法（Section method）：耳石を樹脂に包埋し，低速精密切断機などで0.5－1.0㎜の薄い切片とし，これを黒色背地，反射光で観察する。透明帯は半透明に観察される（Fig. 1 B，C）。

いずれの年齢査定法も処理方法としては難しいものではなく，むしろ非常に単純である。ポーランドにおける作業部会では，ポーランドが薄切法を用いて年齢査定を行っており，一方合衆国は割断・焼入れ法により年齢査定を行っていた。表面観察法については，よほど成長の良い群，あるいは3歳以下の若齢魚についてのみ有効な方法と認識されており，今回のように高齢のサンプルを含む場合には満足な結果は得られないと考えられていた。合衆国，ポーランドいずれも耳石短軸方向の切断あるいは割断面を観察しており，観察は黒色背地で反射光で行っていた。また，年齢は1月1日に加齢されるとして，1月1日以後の冬季採集魚についてはまだ年齢表示が形成されていないため，観察された年輪数に1歳加算して年齢としていた。

この作業部会において，鱗による年齢査定では高齢魚（およそ8歳以上）での誤差（過少推定）が大きくなること[21]，また，耳石薄切法では年齢が過大に推定される可能性があること[22]が合衆国の提出したデータにより示された。また，参加した各国の科学者による観察とその結果の討議の中でも，スケトウダラでは耳石を査定形質として採用し，ブレイク・バーン法で査定することが最も誤差を少なくする方法として認められ，その年齢査定法が統一された[23]。合衆国の年齢査定結果はベーリング海で非常に強勢な年級であった，1978年級群の推移を正確に据えていたことからその結果は間違いないものと考えられたが，それでは，ポーランドの年齢査定の誤差はどこにその要因が存在したのか，この点については，明確にされなかった。しかしながら，この会期中に行われたプレゼンテーションの中で0歳時の夏に偽年輪が形成される事が示され[23]，参加した科学者の中では初年輪の正確な把握と，偽年輪形成について，今後検討する必要があるとの認識の統一がなされた。

スケトウダラの日齢査定法

スケトウダラ成魚の耳石は他の魚種に比べると，比較的大きい耳石として知られている。しかしながら，孵化直後の仔魚の耳石は非常に小さくおよそ18－20μmである。スケトウダラの耳石には，孵化時に明瞭な孵化輪が形成され，この後，日周輪が同心円状に形成される[24, 25]。孵化後およそ20－30日以前の仔魚の耳石はほぼ透明で，特に研磨等の処理を施す事なくその内部構造が観察できる。このような耳石標本についてはスライドグラス上に摘出した耳石を置き，この上からエナメル樹脂（マニュキュア・ハードコート等）を垂らしてそのまま封入する。

魚の成長に伴って耳石が徐々に肥厚するため白濁・不透明化し，そのままの観察では内部構造をみることができなくなる。このような標本では，耳石を研磨処理することが必要となる。日周輪の観察法には各研究機関で対象魚種について最も適当な方法が開発されていると思うが，ここでは著者が用いている方法を簡単に紹介する。ここでの対象魚種はスケトウダラであり，対象とする発育段階は，後期仔魚以後とする。

耳石の研磨は一般に樹脂に埋めて行う（包埋）。樹脂はエポキシ系，メタクリレイト系，ポリエステル系等様々な樹脂があるが，透明で適当な硬度があればどれでも良い。ただし，

その後の研磨過程を考慮すると，毒性の少ない樹脂が望ましい。

まず始めに，研磨方向の検討を行う。Brownら[20]によりスケトウダラの初期成長にともなう3次元的な耳石外形の変化が示された。これによると，発生段階の初期では耳石は同心円的で一様に成長するが，稚魚期になると体軸前後方向に急激に伸張するようになる。成長軸は，稚魚期の初期までは概ね平面的だが，この後，徐々に曲面的に伸張するようになる。したがって，偏平面に平行に研磨すると，稚魚後期以後，すべての日周輪を含む断面を得る事が困難になる。偏平面に垂直に研磨する場合，長軸方向に沿った研磨であれば，研磨面は概ね各日周輪の最大径を含み，これを耳石長－体長関係を用いて体長に変換する事により成長の逆算推定が可能となる。このような理由から，筆者は偏平面に垂直に，長軸方向に研磨を行っている（Fig. 1 C，Fig. 2およびFig. 3）。ただし，この場合は，片面から研磨して中心部まで達したとしても他の側には不透明な耳石がそのまま残っているため，観察は不可能である。そのため，両側から研磨して薄研磨標本とする必要がある。

研磨方向は各研究者にとって簡便な方向で決定すればよいのであって，たとえば，仔魚期から稚魚初期を対象とするのであれば，耳石成長軸の屈曲を考慮する必要がないため，偏平面に平行に研磨するのが簡便と思われる。この場合，耳石がそれほど大きくないのであれば，あえて両側から研磨しなくても耳石がそれほど肥厚していないので光の透過が可能となり，片面研磨で観察が可能である。

研磨は耐水研磨紙（400番から1200番）を用いて粗削りを行う。この際，頻繁に光学顕微鏡で耳石核の位置を確認しながら研磨する。両側研磨の場合，熱により可溶化する樹脂で研磨標本をスライドグラスに固着させておいて，必要に応じて引っ繰り返し，両側から徐々に耳石核に迫る。これにより光学顕微鏡の光が透過し得る薄い研磨標本を得て，さらに，ラッピング・フィルム（ポリエチレン製の研磨用フィルム）を用いて鏡面研磨し耳石核を出す。

以上の処理で得られた標本を洗浄し，ＥＤＴＡ（エチレンジアミン四酢酸）あるいは酸でエッチング処理する。北海道周辺海域で採集され冷凍保存されていた標本では，0.2モル濃度のＥＤＴＡでおよそ1分程度で良好なエッチング効果が得られた。ただし，この方法でベーリング海で採集された標本のエッチングを試みても，必ずしも十分なエッチング効果が得られない。この点についてはその理由は不明で，今後検討したいと考えているが，標本の大きさ，あるいは海域によってエッチング処理の方法を変える必要性が考えられ，それぞれの状況に応じた方法を開発する必要がある。

ここで得られた標本を光学顕微鏡あるいは走査型電子顕微鏡で観察する（Fig. 2）。Nishimura & Yamada[24]はスケトウダラ仔稚魚における耳石微細輪紋形成を実験室内飼育で観察し，走査型電子顕微鏡により耳石微細輪紋が孵化日以後日周性を持って形成されることを明らかにしたが，この際，光学顕微鏡では耳石核付近の輪紋幅が非常に狭いために観察ができず，計数誤差が生じることを示した。また，Baily & Stehr[25]は米国西海岸のピュージェット海峡で得た卵を実験室内飼育し，孵化仔魚が十分に摂餌し，その成長が良好であれば，光学顕微鏡でも正確な日周輪の観察が可能であるが，低成長条件下では輪紋幅が狭くなり光学顕微鏡の解像力では観察できなくなり計数誤差が生じることを示した。日周輪数を厳密に計数するためには走査型電子顕微鏡の利用が望まれるが，実際に多数の標本について走査型電子顕微鏡観察を行うとなると多くの時間と手間が必要となる。一方，光学顕微鏡による計数は比較的容易に行え，多量の標本を解析する際に能率が良い。成長の良否により解像力の関係で若干の計数誤差を示す可能性があるが，数本程度の計数誤差であれば，得られる結果に

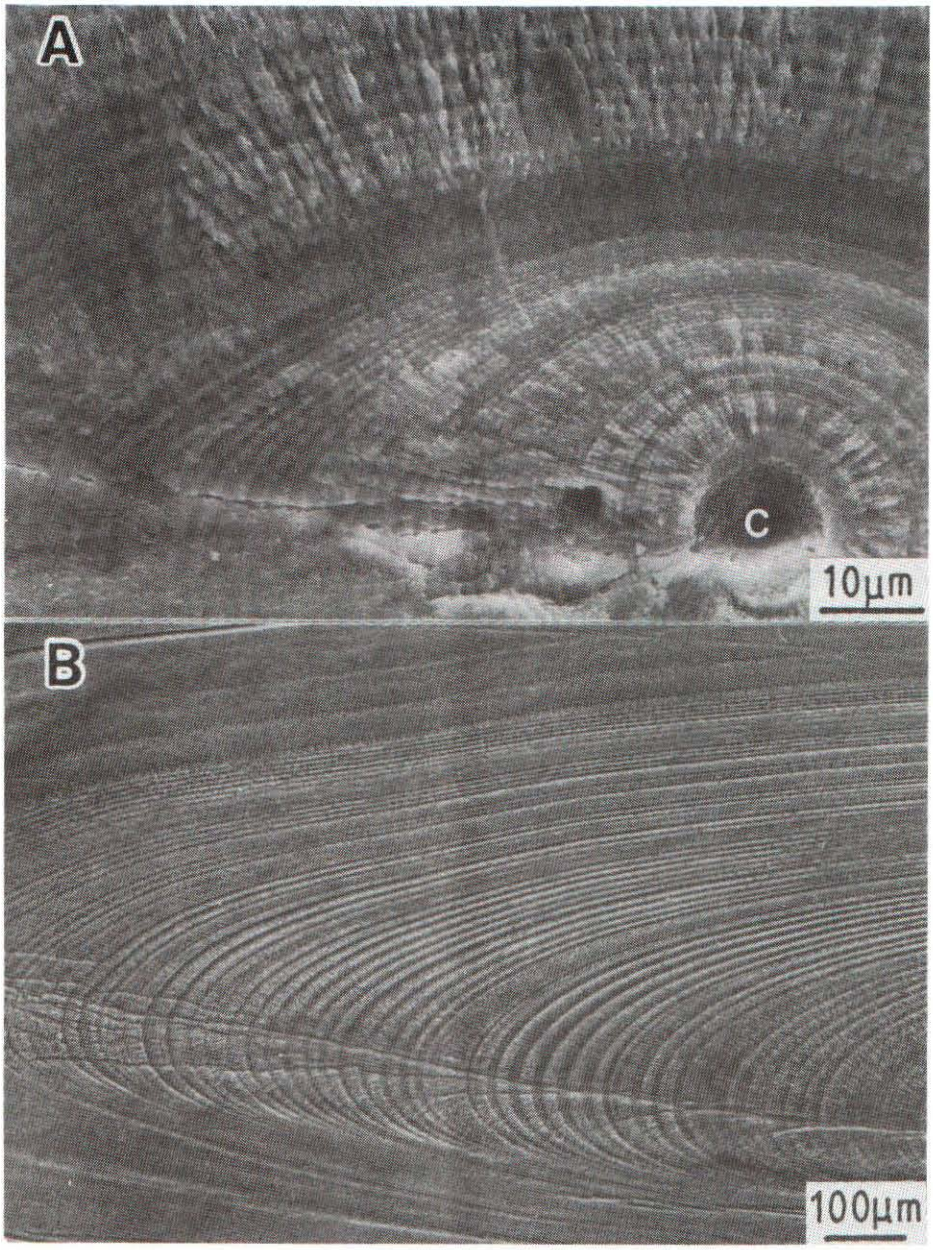


Fig. 2. Daily growth increments on the otoliths from juvenile walleye pollock (scanning electron microphotographs). C : Otolith core.

大きな影響を与えないと判断できる場合，光学顕微鏡により多数の計数結果を得ることにも十分意義があると考える。走査型電子顕微鏡と光学顕微鏡の観察を対比した結果から考慮すると，たとえ低成長で日周輪幅が狭くても，光学顕微鏡観察で生じ得る誤差は数本，多くても5本程度と思われる。

その後の日周輪は概ね明瞭に観察される。ただし，時としてSub-daily ringが出現することがあり，この場合計数に気を付けなければならない。たいていの場合，このSub-daily ringは成長の良い時期に出現し，その前後数本の日周輪中にも同様の形態で，繰返しみられる。一般に日周輪は，極めて均一な幅を持って連続している。しかしながら，日周輪の内部にSub-daily ringが形成されると，これは日周輪ほど明瞭ではなく，また，形成間隔が必ずしも均一ではないために輪紋が不規則に観察される。この点に注意すれば検出が可能と思われる。

耳石による齢査定における問題点
（微細構造的特徴からのアプローチ）

スケトウダラ耳石の微細構造的特徴

耳石薄研磨標本では，光学顕微鏡により年輪構造と日周輪構造の両方を観察する事ができる。孵化直後のスケトウダラ仔魚の耳石では，18－20μmの耳石核の周囲におよそ0.4μmの幅の日周輪の形成がみられる。スケトウダラの仔魚期（発生段階区分はHaryu[27]に従う）の日周輪構造を観察すると，この形成は一様ではなく，特定の方向への輪紋幅の圧縮と融合により，いわゆるチェックが形成される。これが形成される時の体長範囲は8－11mmと推定され，この時期の生理的要因の変化が耳石形成に影響している可能性が示されている[28]。このような生理的変化が，仔魚の生残，成長あるいは生態にどのように影響するものなのか今後検討する必要がある。

その後，春から夏にかけて体成長が良くなるにつれて日周輪幅を広くしながら同心円状に重なり，稚魚期になると体軸前後方向へとロストラムを形成しながら急激に成長するようになる。生後半年の夏に形成される日周輪はおよそ30μmの幅をもち，炭酸カルシウムの結晶に富んだ幅の広い成長層とともに，有機質に富んだ不連続層もかなりの幅をもっている。秋から冬に向い体成長が停滞し始めるにつれて日周輪の幅が徐々に狭くなり，ついには走査型電子顕微鏡をもってしても観察できないほどその幅をなくしてしまう。こうなると，有機質に富んだ不連続層は観察されず，炭酸カルシウムの小さな結晶のみが一面に観察される。このような微細構造的特徴は翌年からも成長期（不透明帯形成期）と成長停滞期（透明帯形成期）に対応して繰り返して形成される。

およそ，3歳を越す頃より，成長停滞期に形成される透明帯の中に深く溝状の構造がみられるようになる。このような構造はチェックあるいは不連続線と呼ばれ，魚が極端な低成長条件下またはなんらかのストレスを受けるような条件下におかれたときに形成されると考えられている[29]。近年，ストレス処理時の耳石からのカルシウムの溶出がMugiya and Uchimura[8]により示されたが，これに関わる詳細な機構については明らかではない。

高齢魚での年齢表示

ベーリング海中央部の海盆で採集されたスケトウダラでは年齢8歳まではこのような不透明帯と透明帯，あるいは走査型電子顕微鏡レベルでみると日周輪の明瞭な部位と不明瞭な部位の2層の繰り返しが見られる。しかし，およそ8歳を過ぎる頃より成長時に形成されるはずの不透明帯が形成されなくなり，光学顕微鏡ではすべて透明帯のように観察される。このことは，魚が8歳を越す頃よりたとえ夏でも成長がほとんど停滞していることを示唆すると考えられる。したがって，高齢魚での年齢表示は不明瞭となり，年齢査定の困難性が増す。しかしながら，3歳以後透明帯中に形成されていた深い溝状の構造は，8歳以後も若干本数を増やし複雑な様相を呈しながらも一定の周期性を持って形成されており，これがブレイク・バーン法で褐色に観察される[29]。現在のところ，この構造が透明帯・不透明帯が観察されなくなって以後の年齢表示とされ計数されているが，本来であれば，この構造についての形成周期を確認することが必要である。

偽年輪形成

ベーリング海で採集され，体長および耳石日周輪計数から1歳魚と判断される魚の耳石年輪構造をみると，明らかに複数の透明帯をもつ耳石がみられる。通常の1歳魚の耳石では(Fig. 3 A)，耳石核を中心として，春から夏の成長期に形成された不透明帯がみられ，ここでは耳石日周輪もその幅を徐々に広げながら沈着している。この不透明帯の縁辺付近で日周輪幅が狭くなり始め，秋の成長停滞が始った事が示され，その後日周輪がみえなくなり，これに対応して透明帯として冬季輪が形成される。しかし，複数の透明帯を持つ耳石では(Fig. 3 B)，外側の透明帯では日周輪が見えず，成長停滞を伴った冬季輪であることが示されるが，内側の透明帯では，内部にその前後と比べて同様の幅をもった日周輪の存在が観察される。このことから，内側の透明帯は，成長停滞を伴わない偽年輪であると判断される。

1989年に北部ベーリング海で採集された1歳魚およそ130尾についてみると，68%は1本の透明帯のみを示したが，残りの32%には1本あるいは複数の偽年輪が形成されていた。ここでは，セクション法を用いており，さらにこれを研磨して薄くしているため，偽年輪の検出精度が高くなっている可能性は考えられるが，予想以上に偽年輪の出現率が高いことが示された。

長軸方向に沿った耳石研磨標本において，偽年輪の耳石径から耳石長－体長相対成長式によりその形成時の体長を換算すると，体長40㎜から80㎜（モードは70㎜）と推定された。これまでにベーリング海の夏の調査で得られた稚魚の体長と日齢の関係から，体長70㎜は孵化後およそ4ケ月と推定される。この海域の稚魚は5月中旬に孵化したものと考えられる事から[30]，9月中旬に偽年齢が形成されたことになる。このような観察結果は，セクション法で得られた結果であり，実際の年齢査定結果と対比する際にはブレイク・バーン法とそのみえかたが異なることを考慮しなければならないが，同様の偽年輪構造はブレイク・バーン法標本でも観察される。このことは，実際の年齢査定においてもこの偽年輪形成に注意しなければ，過大に年齢が推定される可能性を示している[31]。

齢表示の海域による違い

ベーリング海およびその周辺海域においては，海域によりスケトウダラの年齢組成や成長が異なる事が知られている[32]。特にアリューシャン海盆のスケトウダラ資源のように，10歳

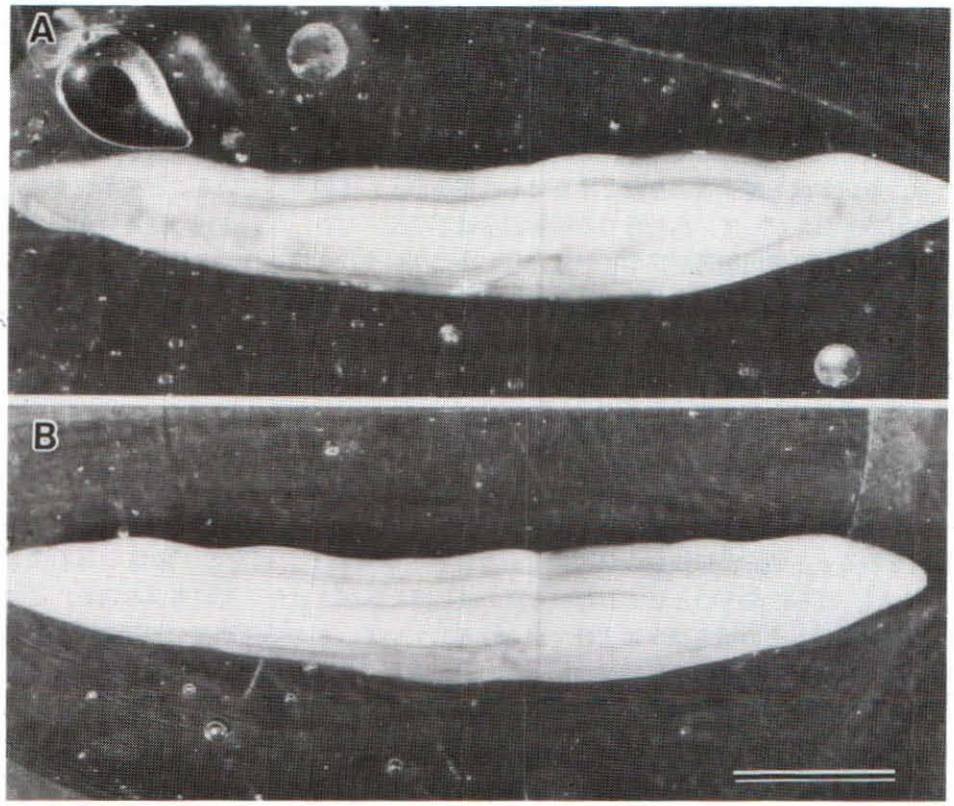


Fig. 3. Ligtht microphotographs of Age-1 walleye pollock.
A : The otolith shows one clear translucent zone,
B : The otolith shows two clear translucent zone,
Bar indicates 1mm.

以上の魚が卓越するなどということは，北海道周辺海域では一般的ではないと思われる。ポーランドでの作業部会の検討も，またこの総説においても，ベーリング海のスケトウダラを中心的な材料として扱っており，ここで得られた知見が，北海道周辺海域のスケトウダラにも当てはまるのかどうかは，今後機会があれば検討する必要があると考えている。

日本国内でのスケトウダラの年齢査定は統一されていない。対象海域により年齢組成が異なり，また研究者により必要とする情報が異なることを考えると，必ずしも手法を統一させる必要はないと考えるが，少なくとも同一海域で，同一方法で解析を進める際にはその結果は一致している必要があり，このような場合，複数の担当者間でのキャリブレーションを積極的に行う事が必要と考える。

おわりに

信頼性をもった年齢査定データを出すためには多量のサンプルについて処理を行い，頭を悩ませつつ読輪を行わなければならず，それに消費される時間と人手を考慮すると，避けて通りたくなるが，水産資源の試験・研究機関としては必要に応じて年齢査定を常に行える体制を整えておくべきと考える。

年齢査定のための処理方法自体は決して難しいものではなく，単に処理件数が多いために手間取るくらいだが，その読輪は必ずしも容易ではない。年齢査定に関しては，高齢魚での年齢表示が不明瞭になったり，偽年輪が出現する事が査定を困難にしている。

近年，多くの魚種で耳石日周輪形成とその応用に関わる研究が進められている。この手法は，対象とする魚の初期生活史を解析する際に有用であることはもちろんであるが，同時に，年齢査定においてもこれまで不明とされてきた点について，新たな視点からアプローチできる可能性が示されている。また，最近は耳石を材料とした微量元素分析[33]や同位体比などにより年齢表示を得ようとする試みがなされており，その応用が期待される。

スケトウダラは北部北太平洋に広く分布しており，その成長様式には海域による差がみられる。この点を考えると，齢査定に際しての問題点は，一つの海域でみられることが必ずしもすべての海域で普遍的なものとは考えにくく，それぞれの海域にはそれぞれ特有の問題点が存在するのかもしれない。

年齢査定のための読輪には，“経験”がものをいうという側面があることは確かであるが，この“経験”をただ漠としたものとして済ますのではなく，できるだけ多くの人が理解できるような情報として示す努力が必要と考える。それぞれの海域を担当する研究者が集まって，このような情報を交換する事も必要と考える。

謝　辞

本総説をまとめる機会を与えていただいた，北海道スケトウダラ研究グループ25周年記念事業事務局の方々に感謝する。

文　献

1) McFarlane, G. A. and R. J. Beamish : An examination of age determination structures of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from five stocks in the Northeast Pacific Ocean. In, “Proceedings of the symposium on application of stock assessment techniques to gadids”. *INPFC Bull.*, 50, 37-56 (1990)

2) Kimura, D. K. and J. J. Lyons : Between-reader bias and variability in the age determination process. *Fish. Bull.*, U. S., 89, 53-60 (1991)

3) Degens, E. T., W. G. Deuser and R. L. Haedrich : Molecular structure and composition of fish otolith. *Marine Biology*, 2, 105-113 (1969)

4) 矢野　勲 : 水生生物の硬組織. 海洋と生物, 14(3), 176-181 (1981)

5) Saitoh, S. and J. Yamada : Ultrastructure of the saccular epithelium and the otolith

membrane in relation to otolith growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei : Cichlidae) .*Trans. Am. Microsc. Soc.*, 108(3), 223-238 (1989)

6) 山田寿郎, 麦谷泰雄：“硬骨魚類の耳石および鱗の成長と石灰化”. 海洋生物の石灰化と系統進化. 東京, 東海大学出版会, 1988, 203-217.

7) Campana, S. E. : Calcium deposition and otolith check formation during periods of stress in coho salmon, *Oncorhyncus kisutch*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 75(A), 215-220. (1983)

8) Mugiya, Y. and T. Uchimura : Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. *J. Fish Biol.* 35, 813-818 (1989)

9) Mugiya, Y., S. Hirabayashi and T. Ohsawa : Microradiography of otoliths and vertebral centra in the flatfish *Limanda herzensteini* : hypermineralization in the hyaline zones. *Bull. Japn. Soc. Sci. Fish.*, 47, 1115-1118 (1985)

10) 麦谷泰雄：魚類耳石の透明帯・不透明帯の性状と実験的形成. 硬組織形成機構研究グループ会報, 8, 18-22 (1972)

11) Pannella, G. : Fish otoliths : daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173, 1124-1127 (1971)

12) Campana, S. E. and J. D. Neilson : Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 1014-1032 (1985)

13) Watabe, N., K. Tanaka, J. Yamada and J. M. Dean : Scanning electron microscope observations of the organic matrix in the otolith of the teleost fish *Fundulus heteroclitus* and *Tilapia nilotica*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 56, 127-134 (1982)

14) Tanaka, K., Y. Mugiya and J. Yamada : Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica*. *Fish. Bull. U. S.*, 79, 459-466 (1981)

15) Mugiya, Y. : Diurnal rhythm in otolith formation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* : seasonal reversal of the rhythm in relation to plasma calcium concentrations. *Comp. Biochem. Physiol.*, 78(A), 289-293 (1984)

16) 田中邦明：魚類耳石の形成機構. 海洋と生物, 33, 250-256 (1984)

17) 麦谷泰雄：“魚類耳石の日周形成リズム”. 水産学シリーズ69, 水産動物の日周活動, 東京, 恒星社厚生閣, 1988, 35-46.

18) Secor, D. H. and J. M. dean : Applications of the otolith's growth record to recruitment studies. *Min. Rev. File Fish Res.*, 4, 49-62 (1986)

19) Jones, C., : Determining age of larval fish with the otolith increment technique. *Fish. Bull.*, 84(1), 91-103 (1986)

20) 水戸啓一：ハバロフスクで開催された「ベーリング海の漁業に関する国際科学シンポジウム」. 遠洋, 77, 4-6 (1990)

21) Kimura, D. K. and J. J. Lyons : “Comparison of scale and otolith ages for walleye pollock”. AFSC processed report 91-06 : Discussion summaries from the international workshop on Bering Sea pollock stock assessment, February 4-8, 1991., Alaska Fisheries Science Center, U. S. Dept. Commerce, 1991.

22) Kimura, D. K. and J. J. Lyons : “Comparison of break and burn and otolith thin

section ages from walleye pollock". AFSC processed report 91-06 : Discussion summaries from the international workshop on Bering Sea pollock stock assessment, February 4-8, 1991., Alaska Fisheries Science Center, U. S. Dept. Commerce, 1991.

23) 西村　明, 吉村　拓：ポーランドにおいて開催されたスケトウダラ年齢査定作業部会および日本提出プレゼンテーション（スケトウダラ耳石年齢構造と日輪構造の対応), 漁業資源研究会議, 北日本底魚部会報. 24, 23-30 (1991)

24) Nishimura, A. and J. Yamada : Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), as determined by otolith daily growth increments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 82, 191-205 (1984)

25) Bailey, K. M. and C. L. Stehr : The effects of feeding periodicity and ration on the rate of increment formation in otoliths of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 122, 147-161 (1988)

26) Brown, A. L., K. M. Bailey and A. Nishimura : "Three dimensional imaging of internal structure of a juvenile walleye pollock otolith". Abstract of International Symposium Fish Otolith Research and Application, Jan. 1993, Hilton Head, South Carolina, 1993

27) Haryu, T. : Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31, 121-136 (1980)

28) Nishimura, A. : Occurence of a check in otoliths of reared and sea-caught larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) and its relationship to events in early-life history. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 166, 175-183 (1993)

29) Pannella, G : "Growth patterns in fish sagittae". Skeletal Growth of Aquatic Organisms : Biolocical Records of Environmental Change. New York, R. A., Plenum Press, 1980, 519-560.

30) 西村　明, 水戸啓一, 吉村　拓：1989年に東部ベーリング海において採集されたスケトウダラ稚魚の孵化日推定.（第38回INPFC定例年次会議提出文書. 1991年10月. 東京). 水産庁, 遠洋水産研究所, 1991, 1-15.

31) 西村　明：ベーリング海で採集されたスケトウダラ1歳魚における耳石偽年輪形成. 漁業資源研究会議, 北日本底魚部会報, 26, 71-81 (1993)

32) Kimura, D. K. and J. J. Lyons : "Information concerning the reference sample of walleye pollock provided by the Alaska Fisheries Science Center and some additional Donut Hole data". AFSC processed report 91-06 : Discussion summaries from the international workshop on Bering Sea pollock stock assessment, February 4-8, 1991., Alaska Fisheries Science Center, U. S. Dept. Commerce, 1991.

33) 稲田伊史：スケトウダラ耳石輪紋上の元素分析による年輪の決定. 平成4年度日本水産学会秋期大会講演要旨集, 23 (1992)

北水試研報　42，51－68（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

スケトウダラの繁殖特性と戦略

桜 井 泰 憲*

Reproductive characteristics and spawning strategies of walleye pollock, *Theragra chalcogramma***

Yasunori SAKURAI*

Biological and ecological aspects of gonadal development, reproductive cycle, spawning progress and spawning behavior of walleye pollock are reviewed based on the both field and captive studies. The developmental form of the pollock gonad is a "partial synchrony" type, and the spawning process can be defined as a "multiple spawning" type. Criteria of maturity are proposed to distinguish among immature, first maturing, and rematuring males and females, and to determine fecundity by both histological characteristics and gonado-somatic indices. The spawning period within a pollock population lasts 4 to 5 months, with a peak spawning of 1 to 2 months. The cause of the protracted spawning period may result from a time lag in spawning migration caused by variability in maturation within a population, and multiple spawning by individuals over a period of a month or less. Experiment al captive breeding may help elucidate the reproductive characteristics and spawning strategies of pollock. A mass breeding experiment, including collection and holding procedures, and the spawning behavior and progress in captivity are described. Reproductive strategies of walleye pollock is compared with those of other gadid species, and a working hypothesis on the relationship between reproductive mechanism and variability of pollock stocks is proposed.

はじめに

海産有用魚類資源の再生産機構あるいは変動要因を探る上で，常にブラックボックスとして取り残される部分に，魚種ごとの生活史全体にわたる一般的生態，具体的には「いつ・どこで・どのように生まれて成長し，どのようにして子孫を残しているのか？」があげられる。この当り前の生活史に関する生物学的情報は，長年の漁業資源研究の歴史がある一方で，そうした知見が蓄積された魚種が意外にも少ないのも事実である。このブラックボックスを明

報文番号　A206（1993年9月24日受理）
* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設海洋生態学部門（Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-3-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）
** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績271号（Contribution No.271 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University）

らかにするためには，従来の漁獲やフィールド調査だけでは，その解明の突破口を見つけることは容易ではない。そのためには，フィールド調査と飼育実験など実験生物学的な手法の組み合わせによる仮説のフィードバック的な検証と実証が必要である[1]。

スケトウダラは，亜寒帯海域において単一種として最も繁栄する魚類であり，北部北太平洋とその隣接海域における漁業資源としての重要性は将来的にも不変であろう。しかしながら，その資源の管理と有効利用に関しては，関連各国の領海内から公海にまたがる生息領域を持つ魚種だけに，国際的な枠組みの中での資源分割，あるいは資源動向の予測と管理が今後緊急に必要となることは確実である。そのためには，本種を漁獲物として見るのではなく，生き物としてどのような生活史戦略をしながら種の繁栄を継続しているのか，いわゆる当たり前のスケトウダラの生活史の生物学的特性を的確に捉えることが大前提となるであろう。さらに，「長期的な地球規模での環境変動が，種の時空間的な生息領域と個体群の数量変動にどのような影響を及ぼすのか」については，今後国際的な枠組みの中で取り組まなければならない重要な研究課題でもある。

そこで，本報告では，スケトウダラの繁殖特性に焦点をあて，成熟から産卵に至る間の生物学的特徴を，著者の過去から現在進行中の研究結果と既往の知見を交えてその概要を総説し，同時にタラ科魚類の中でのスケトウダラの繁殖特性と繁殖戦略の位置づけについて触れたい。さらに，これらの知見を今後のスケトウダラの再生産機構と資源変動の解明に向けて，どのような作業仮説を設定して展開して行けば良いのかについても提案したい。

1．スケトウダラの成熟・産卵過程の特徴

これまでに，本種の雌の卵巣の発達過程については，組織学的研究が行われている[2,3]。また，本種は個体レベルで数日間隔で10回以上の産卵を行うことが飼育実験から明らかにされている[4-8]。そこで，これらの既往の報告に基づいて，雌の未熟な状態からの成熟過程と，産卵から放卵終了までの卵巣の変化を，卵巣卵サイズの推移と卵巣外観の変化の模式図として示した（Fig. 1）。

未熟期の卵巣には，卵径0.2㎜以下の組織学的には周辺仁期の卵のみが存在する。これらの卵群から一部の卵が卵黄胞期さらに卵黄形成へと発達する。卵黄形成途上において，未熟な卵群から活発な卵黄形成途上の卵群が分離を始め，卵径0.5～0.8㎜の組織学的には卵黄形成を終了した核移動期の成熟度の段階では，産卵される卵群は完全に未熟な卵群と分離する。この成熟段階以降は産卵へと進む過程であり，まず発達卵群の一部が卵黄の融合と収水を伴って透明な成熟卵（水子）に移行する。この段階では，卵巣の表面からは圧倒的に多い核移動期までの不透明な卵の間に，成熟卵がぽつぽつと散在しているのが認められる。その後，産卵直前にまず成熟卵の排卵が生ずる。排卵とは，これまで卵巣の薄板状の組織内に濾胞に包まれていた成熟卵が，卵巣の中央部を走る卵巣腔に排出されて集合する現象をさしている（Fig. 1－g）。排卵された完熟卵は，1回の産卵で放出され，その直後の卵巣は産卵前と同じ不透明な卵のみとなる（Fig. 1－h）。不透明な核移動期の卵から透明な成熟卵への移行，卵巣腔への排卵とそれに次ぐ産卵は，これまでの飼育による産卵実験から，およそ2，3日の間隔で繰り返されることが明らかにされている[4-8]。こうした多数回産卵（multiple spawning）に伴って，卵巣の外観は産卵初期の不透明な卵に透明卵が少量混在する状態から，逆に透明な成熟卵が多い状態へと変わって行く（Fig. 1－k，l）。したがって，透明卵が多い卵巣を持つ雌は，既に何回もの産卵を経験した最後の産卵状態であるといえる。

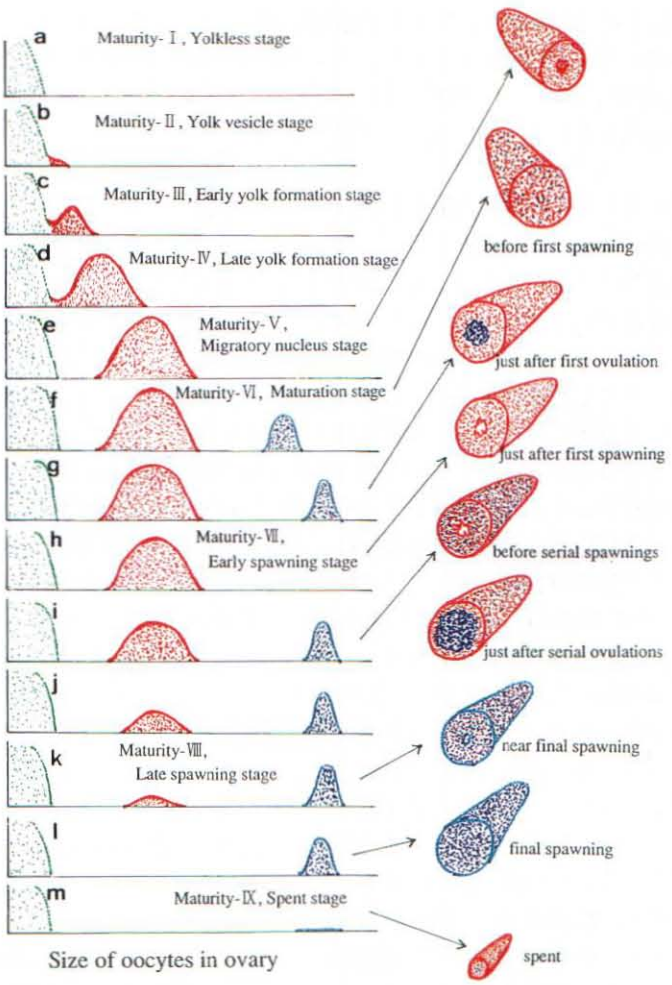


Fig. 1. Expected maturation process of walleye pollock. The ovary development and spawning progress are based on the histological and captive examinations. Illutrated oraries show the chantes of maturity from the migratory nucleus stage to the spent stage (After Yoon, 1981 : Sakurai, 1982)

スケトウダラの卵巣卵の発達様式は，発達卵群が未熟卵群と明瞭に分離するという点では部分同時発生型に属するといえるが[2]，成熟途上の卵群の発達の進行には幅が見られ，卵黄形成の後半になってようやく発達卵群が独立した単峰型となる。この現象は，成熟に伴う卵巣卵径頻度分布の推移に関する報告[9]にも現れており，発達卵の卵径組成は単峰型ではあるが，その範囲は広く緩やかな山状になっているのが特徴である。この卵巣卵の発達の特性は，その後の同一産卵期に多数回産卵することに関連している可能性が考えられる。同じタラ科魚類で分離性浮遊卵を多数回産卵する大西洋産マダラ，*Gadus morhua*およびHaddock, *Melanogrammus aeglefinus*でも，卵巣卵の発達はスケトウダラと極めて類似した特徴を持つことが報告されている[10, 11]。一方，太平洋産マダラ，*Gadus macrocephalus*およびコマイ，*Eleginus gracilis*では，産卵される卵の発達は極めて同時的に進行することが指摘されてお

り[12, 13]，しかも1回の産卵で全ての沈性の完熟卵を放出する。したがって，同じタラ科魚類の中でも，分離性浮遊卵を産卵するスケトウダラや大西洋産タラ類では，未熟卵群から成熟卵群がやや非同時的に緩やかに分離発達して行くという成熟特性が，卵の最終成熟期以降の多数回産卵と連動している可能性が高いと考えられる。

2．成熟判定の基準と孕卵数（産卵数）の計数方法の検討

従来，魚類の生殖腺の発達過程を簡便に調べる方法として生殖腺指数が用いられている。スケトウダラにおいても，体長の3乗で生殖腺重量を除したKG値を用いる場合と，体重に対する生殖腺重量の比率・GSI（gonado-somatic index）値を用いる場合がある。前者は主に資源解析に用いられているが，再生産への体組織と器官内での配分を見る場合には，GSIが適している。ただし，マダラのように胃内容物重量が体重の10%以上を超える魚種では，内蔵除去体重（柄重量）に対する生殖腺重量の比率が成熟判定に有効なこともある[13]。

しかし，生殖腺重量指数のみでは，成熟の質的変化を類推できない。そこで，組織学的な生殖腺の発達過程の追跡と，この成熟過程を基準とした成熟度の設定が必要となる。単に個体単位での成熟過程を明らかにするためには，組織学的な観察のみで充分であるが，スケトウダラのように大量の標本を対象として個体群の成熟を扱う場合には，組織学的成熟度で重み付けされたGSI基準値を用いるのが有効である[2]。例えば，未成魚と成魚の判別，初回産卵魚と経産卵魚の区別あるいは孕卵数（fecundity）をどの成熟段階で計測すべきかについては，一応の基準値が求められてきた（Table 1）[2, 4, 7, 14]。

未成魚から成魚への移行の定義を，資源解析のための便宜的区分と規定すれば，その組織学的な成熟変化は，雌では卵黄形成の開始，雄では第一次精母細胞以上の精細胞が出現する状態に相当する。これらの生殖腺の発達段階を反映するGSI基準値は、雌で2.5，雄では1.0以上であれば，その年に産卵する成魚と規定できる。同時に，雌では卵径0.3㎜以上が卵黄形成卵であることから，この値を指標にすることも可能である。また，産卵後2，3カ月間の索餌期においては，経産卵魚の生殖腺は回復期に相当するために，未産卵魚よりGSI値が高いのが特徴である。産卵した雌では，組織学的には卵巣内に痕跡化した排卵後濾胞が存在し，一方雄では退行中の残留精子が認められる[14]。これらの，組織学的特徴に基づいて経産・未産の判別のためのGSI値を求めると，雌で1.0，雄では0.2が一応の判別基準値として有効で

Table 1. Criteria of pollock maturity for distinguishing among immature and maturing, post-spawning and immature, and for examining fecundity based on the histological characteristics and GSI.

Items	Maturity condition	GSI	Oocyte diameter	Optimum season to determine	Cited
Maturing and immature	male : Spermatocyte stage	≧1.0		within 2 months	Yoon(1981)
	female : Early yolk formation stage	≧2.5	≧0.3㎜	before spawning	Sakurai(1989)
Post-spawning and immature	male : from Spent stage to Multiplication stage	≧0.2		within 3 months after spawning	Yoshida and Yoon(1981)
	female : from Spent stage to Yolkless stage	≧1.0			
To examine fecundity	female : Migratory nucleus stage (not include mature oocyte)	≧8.0	0.6㎜～0.8㎜	before spawning	Yoon(1981) Sakurai(1989)

ある[14]。これらの基準値は，大量な標本に基づいて群れ全体の成熟判定，あるいは経年的な年齢・体サイズと成熟の関係を解析する場合には，簡便な指標値として利用できる。例えば，過去から現在までの膨大な測定資料によって個体群内の長期的な成熟の質的，量的変化を解析する場合に有効と考えられる。

次に，孕卵数を実際の産卵数として最も近似的に計数できる成熟段階について触れてみたい。前項の本種の成熟・産卵過程の特徴で紹介したように，産卵直前において発達卵群は未熟な卵群から完全に分離する。この成熟段階は組織学的成熟度では核移動期に相当する。卵黄形成途上における卵巣内には，一部退行卵が出現するが，これらは核移動期の成熟段階にはほぼ吸収されており[2]，孕卵数の計数の最適成熟段階と規定できる。この成熟段階の指標値は，GSIで8.0以上，卵径では0.6〜0.8㎜を一応の基準としてこれまでも提案してきた[7]。もし，成熟途上の卵巣で孕卵数を計数すれば，退行吸収されるはずの卵をも含むことになり，計数値は実際の産卵数よりはるかに多くなってしまう。また一方，肉眼で認めることのできる透明な成熟卵が出現している卵巣は，すでに産卵が始まっているとみなした方が妥当である。さらに，もう一つ注意を要することは，多数回産卵の最初の段階での産卵直後の卵巣は，産卵開始前の卵巣と外観が極めて類似する場合がある。産卵直後の卵巣を肉眼で識別するのは難しいが，著者の経験では，卵巣表面の膜の緊張度がなく，やや弛緩しているのが特徴である。こうした不確実性を避けるためには，産卵期の産卵場からの標本ではなく，産卵期前に大陸棚縁辺に集群しつつある親魚を入手することも大切と思われる。

なお，孕卵数が実際の産卵期に近似しているという前提は，スケトウダラは産卵後の雌の卵巣中に残存する未排出過熟卵が少ないという既往の観察に基づくものである[2]。これについても，産卵終了後の雌の卵巣中の残存過熟卵の計数，あるいは飼育実験によって親魚サイズと実際の総産卵数と産卵前の孕卵数の関係を求めるなどの検証が必要である。

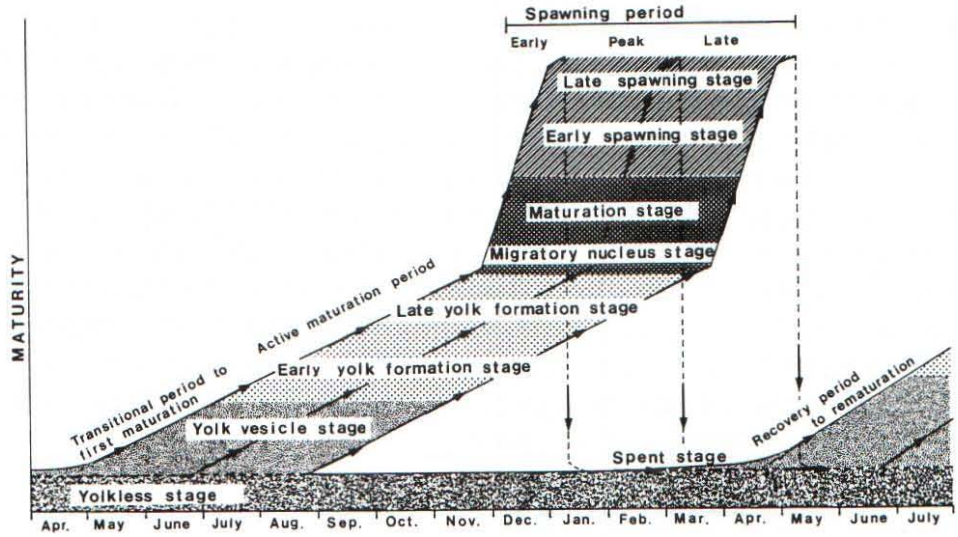


Fig. 2. Estimated pattern of reproductive cycle on female pollock having the long spawning period from December through April (Sakurai, 1989)

3．タイムカレンダーとしての生殖周期の重要性

一般的に，スケトウダラの産卵期は約4～5ケ月と長いのが特徴であり，その産卵盛期は1，2ケ月である。また高緯度海域ほど産卵期が春季から初夏にずれ込むことが知られている[3, 15, 16]。北海道噴火湾の場合，産卵期は11月末から3月にかけてで，その盛期は1，2月である[2, 17]。これら異なる海域での産卵期の相違は，それぞれの再生産海域としての好適な物理環境，および基礎生産から連なる一連の稚仔魚の餌料環境と時系列的に符合している[18-20]。

したがって，これを産卵する親魚の側から見た場合，各繁殖個体群がそれぞれの再生産時期と整合性のある成熟のタイムカレンダーを有していると見ることができる。その一例として，産卵期が12月から4月と長く設定した繁殖群の雌の生殖周期をモデル化した模式図を示した（Fig. 2）。この生殖周期は，噴火湾周辺海域における繁殖群の組織学的成熟度とGSIの季節的推移を基にしてモデル化したものである[2, 7]。基本的には，雌雄の生殖周期は未熟期（未成熟期）を含めて，緩やかな成熟移行期もしくは経産卵魚では回復期（雌：卵黄胞期，雄：精原細胞の増殖期），活発な成熟期（雌：卵黄形成期，雄：増殖期以降の各精子形成期），産卵前後を含む産卵期（雌：核移動期～放卵終了期，雄：精子変態後期～放精終了期）の大きく4段階に分けることができる。

Fig. 2に示すように，雌の成熟の活性化の指標の卵黄形成の開始には個体差が見られ，早いものでは7月，遅いものでは10月である。したがって，夏に卵黄形成を開始した個体は産卵期の初期に，秋に開始したものは産卵期の後半に産卵場に来遊するということになる。さらに，個体レベルの多数回産卵に約1ケ月を要するという産卵特性との複合的要因によって，本種の産卵期が長くなると考えられる。ただし，産卵期間は長いとはいえ，その間の1，2月に産卵が集中するのも事実である。産卵盛期に来遊する繁殖群の成熟の開始の時期は，モデル化した生殖周期からみて，9月から10月であろうと推定される。また，雌雄とも成熟開始から産卵までには約5ケ月[5, 7]，産卵にも約1ケ月を要すると推定されることから[7]，本種の成熟開始から産卵終了までのカレンダーは約半年のイベントと見ることもできる。

つまり，モデル化した12月から4月までの産卵期を持つ繁殖群の成熟状態の質的，量的推移，例えばその年の産卵群の来遊時期のピークがいつで，その体サイズや年齢構成がどうなのかを予測調査しようとする場合，夏までの調査は無意味であり，少なくともその年に産卵する個体の大半が成熟を開始した10月以降が適していることになる。なお，提起した生殖周期モデルは，あくまでも成熟速度が物理的・生物的環境要因に影響を受けないで進行することを前提としている。大西洋産マダラでは，産卵の約半年前から飢餓から飽食までの摂餌条件を設定して飼育し，その親魚の栄養条態が孕卵数，退行卵および卵サイズに及ぼす影響を詳細に調べている[21]。この実験では，長時間飢餓状態で飼育した親魚は，特に孕卵数の減少と退行卵の増加が生じているが，成熟の遅速は特に認められていない。スケトウダラについても，長期間の履歴水温と餌条件が，成熟の遅速あるいは産出卵の質と量にどのように影響するのか，実験生物学的手法により明らかにする必要がある。

4．繁殖特性解明のための飼育実験の重要性

タラ科魚類の生物学的特性を飼育実験の立場から解明しようとした研究の歴史は古く，20世紀初めからNorth Seaを囲む国々において始まった。特に，大西洋産マダラでは海水池での産卵行動の観察に始まり，その後今日まで膨大な研究が報告されている。特に，本報告の

中で随所に引用している大西洋産マダラの最近の飼育研究は，フィールド調査では常にブラックボックスとして残される部分の解明に寄与している。この大西洋マダラの繁殖特性はスケトウダラと極めて類似しており，学ぶべきことが多い。

一方，スケトウダラの飼育による研究は，1970年代前半までは国内・国外とも実施された報告はなかったが，前林・清野[22]が本種の卵から仔稚魚育成に成功した。1980年代に入り，スケトウダラの雌雄一対による遊泳型産卵行動と数日間隔での繰り返し産卵などの産卵特性を，親魚の水槽飼育実験に基づいて報告した[4-7]。その後，アメリカの研究者による追試と検証が行われた[8]。さらに，摂餌・成長関係の飼育実験は，産卵後の親魚で初めて実施された[23]。これも，やはりアメリカの研究者によって，幼魚期から未成魚における食物要求量に関する実験，あるいは代謝量の算定など数多くの飼育実験が行われるに至った[24, 25]。一方，幼稚魚期の耳石日周輪紋の形成の飼育実験による確認も，日本で初めて実施され[26]，自然個体群のふ化時期の特定や幼稚仔の成長様式の解明に広く用いられるようになった[27]。

ここに示したように，スケトウダラの資源研究の中で，飼育実験の歴史はまだ10数年程であること，同時にその先鞭は国内の研究者が着手したことである。ところが，それらの飼育研究に対する再検証と，実験結果の資源研究への重要性を認識し，かつ組織的に実施したのは，日本ではなくアメリカであったということである。この背景には，日本の漁業先行型の資源研究と，アメリカなどの資源もしくは生態系管理優先型の研究方法との違いを明瞭に反映していると考えられる。しかしながら，現在計画されつつある日本国内での「スケトウダラ資源と気候の変動に関するGLOBECプログラム」の実行に際しては，大西洋での同様なICES／GLOBEC共同によるCCCプログラム（Cod and Climate Change）でのフィールド研究と実験生物学的研究の統合に見られる共通した研究手法が絶対不可欠となる。

飼育実験魚としてのスケトウダラの採集から飼育技術は既に確立している[4-8]。そこで，

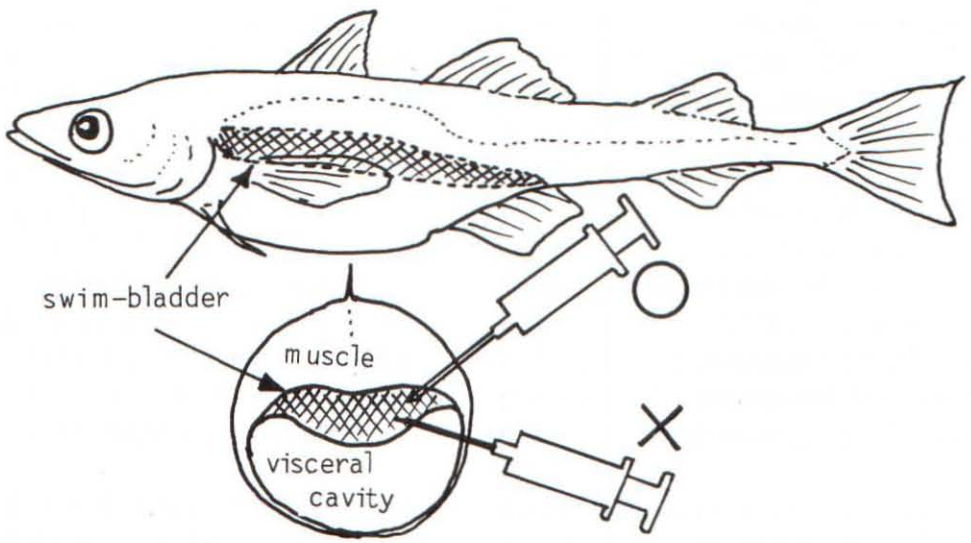


Fig. 3. Treatment of overexpansion of the swim-bladder. The excess gas expelled by threading a hypodermic needle into the swim-bladder

飼育のためのスケトウダラの取扱いで注意すべき点について簡単に触れてみたい。採集方法として最も適しているのは定置網あるいは底建て網であり，次いで延縄と手釣りが良い。ただし，水深100mより深いところから釣獲する際には，巻き上げ速度が早いと胃が反転して口から突出し，これらは飼育に不適であるため注意を要する。また，同じタラ類の中でもスケトウダラはハンドリングによって最も脱鱗しやすく，海中からすくい上げる際には目の細かくて柔らかい素材のネット類やたも網を使用し，その後の輸送時の魚の移動にもバケツやビニール袋に海水毎収容して移すことが大切である。輸送は，特別な活魚タンクがなくても，発泡スチロールなどの断熱材使用の箱に通常の純酸素と海水を封入したパッキング法で，約半日程度の輸送が可能である。なお，ほとんどの個体は，水圧の急激な減圧によってうきぶくろが異常に膨潤して，水槽内表面に浮かんだまま沈降遊泳できない。これには，うきぶくろの位置を充分熟知して，体側の側線より上部から大型の注射器で余剰のガスを抜く必要がある（Fig. 3）。この際，個体識別のための標識の取付や体計測などのハンドリングをする場合，メチル安息香酸メタスルフォネート（0.1〜0.2ppm）による麻酔が有効である。また，成熟状況は，生殖口から細口ピペットにて生殖腺内部の生殖細胞の一部を摘出すれば良い。飼育水槽の設定は，実験の内容によって変更すべきであるが，例えば摂餌量と親魚の再生産能の比較試験などの場合，大型の水槽を仕切るか，同じ大きさの水槽をいくつも設置すること，閉鎖濾過循環システムと冷却機や調光照明などの工夫が必要となる。

現在のところ，国内には栽培漁業関連の水槽センターあるいは巨大な水族館は次々と増えつつある一方で，こうした海洋資源・生態研究のための実験生物学に適した施設が充実していないのも事実である。今後，スケトウダラの資源研究においても，実験生物学の重要性が認知され，海洋生物研究を主目的とする飼育実験研究施設が充実されることを強く望みたい。

5．多数回産卵（multiple spawning）に伴う卵サイズと産卵数の変化

スケトウダラでは，個体の産卵経過に伴って1回産卵当たりの卵サイズは小型化する傾向が飼育実験から指摘されている（Fig. 4）[4, 7]。なお，Hinckley（私信）によれば，飼育下において1個体の雌が最大約1ケ月以上にも亘って約20回の産卵を繰り返し，やはりこの間に卵サイズが次第に小さくなる現象を明らかにしており，同様に大西洋産マダラでも，1個体が17〜19回の産卵をし，その間に卵サイズの小型化が見られ，最初と最後の産出卵のサイズは，乾燥重量比で約20〜30%もの減少を示すことが報告されている[28]。こうした多数回産卵型魚類で共通する卵サイズの小卵化は，その後ふ化仔魚の小型化につながっており，仔魚の生残適応に重要な意味を持つことが最近になって注目されて来つつある[29]。もし，前述したスケトウダラの成熟特性に見られた単峰型の発達卵群内のわずかな発達状態の相違が，卵黄形成の終了から卵の最終成熟，そして産卵に至る内分泌機序によって，より卵黄蓄積の進んだ大型卵から順次産卵して行くと仮定すると，多数回産卵に伴う産出卵の小型化傾向は，親魚の成熟特性に由来することになる。また，大西洋産マダラでは最初の産出卵のサイズは魚体の大きさに正の相関を持ち，より大型の親魚ほど大型の卵を産むことが指摘されている[28]。

一方，スケトウダラの1回の産卵で産出される卵数は，飼育実験下の産卵では約2,000粒から50,000粒と極めて変動が大きい[4, 5]。しかし，この飼育実験に用いた親魚は大半が産卵途中に採集されており，かつ約1tの小型水槽内での飼育のためにストレスも強く，多数回産卵に伴う1回毎の産卵数の推移を追跡できていない。また，その後の追試として行われた

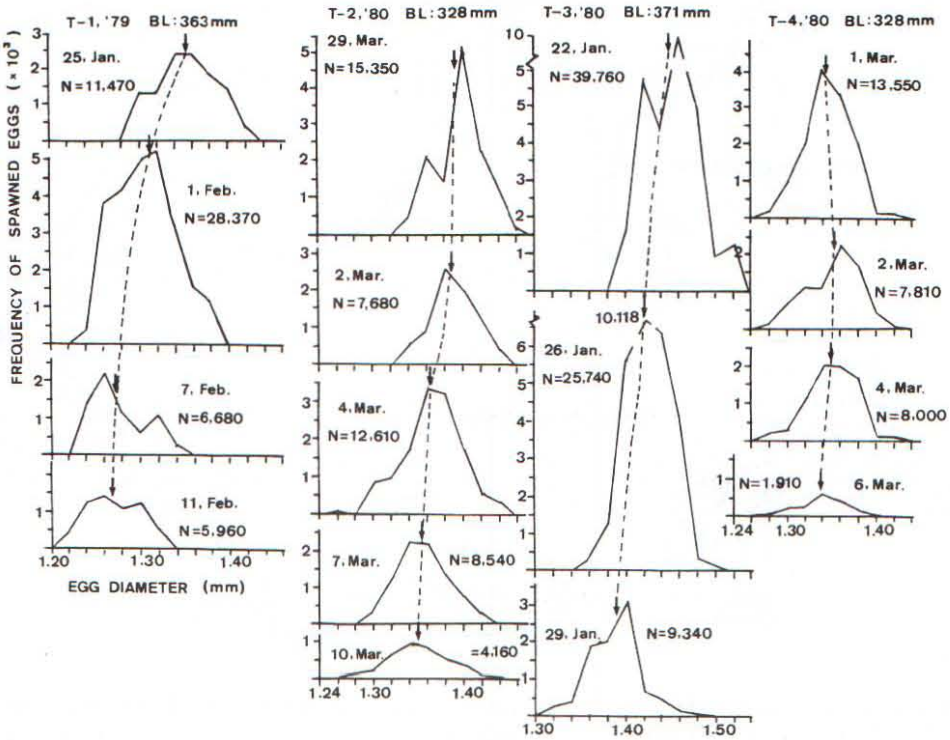


Fig. 4. Changes in the frequency of number and diameter of spawned eggs in relation to multiple spawnings of the captive female pollock. Dotted lines and arrows indicate the mode of egg diameter (Sakurai, 1982)

約15 t 容量の水槽を用いた産卵実験においても，産卵数は求められていない[8]。多数回産卵型タラ科魚類の産卵に伴う1回当たりの産卵数について，haddockでは産卵盛期に産卵数が最も多く，産卵後半には産卵数が減少することが報告されている[30]。また，飼育下での大西洋産マダラの産卵過程の追跡実験では，19回の産卵した雌の1回当たりの産卵数の経過は，なだらかなドーム型を呈しており，やはりhaddockと同様に産卵盛期に産卵数が最も多いという特性を明らかにしている[28]。

以上に示したように，スケトウダラの産卵特性については，多数回産卵や産卵に伴う卵サイズの小型化などについては明らかにできているものの，同様な産卵特性を持つ大西洋産タラ科魚類で精力的に研究されている産卵の量的・質的な特性を把握するまでには至っていない。また，多数回産卵する魚種では，水温あるいはストレスが卵の最終成熟と排卵の時間スケジュールに影響を及ぼすことも指摘されている[29]。これらの課題は，親魚の年齢・サイズや栄養状態が産出卵の卵質と産卵数へどのような影響をもたらすかを検証することと強く関連しており[21]，スケトウダラについてもこれらの課題を包有した作業仮説に基づく実験生物学的研究が今後必要である。

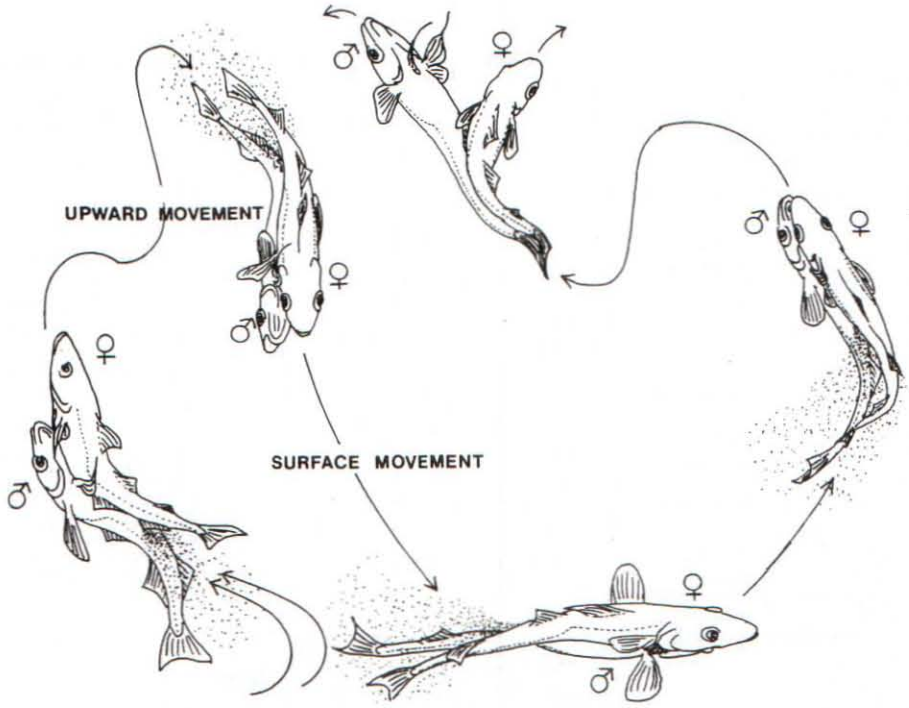


Fig. 5. Serial spawning behavior by the ventral mounting of walleye pollock in captivity. Traced from photographs (Sakurai, 1982 : 1983)

6．個体から集団レベルでの繁殖行動の解析への展開

スケトウダラの産卵は，雌雄一対によるventral mounting[31]と呼ばれる行動である（Fig. 5）[4-7]。この産卵姿勢の特徴は，雌を追尾している雄が完全に雌の腹側に移動して逆転姿勢となり，雄は腹鰭で雌の頭部に近い両体側面をしっかりと抱いた状態になることである。しかも，この姿勢時には雌雄の生殖口は近接しており，ともに尾柄を細かく打ち振って，水平な円を描くように放卵，放精する。したがって，海中に放出される卵と精子の会合と攪拌が，生殖口を接近させた産卵姿勢で描かれる限られたエリアの中で生じ，これが一時的な産卵直後の卵の集中分布による受精能を助長すると推定される。

しかし，この産卵行動の最初の観察は，約１ｔの小型水槽の中で，しかも雌１尾に雄２，３尾という極めて狭いスペースと少ない個体の組み合わせによる産卵実験であった。その後，Baird and Olla[8]は，約15ｔ容量の水槽（2.5×2.5×2.5m）に11尾の親魚を収容して観察し，基本的には雌雄一対のventral mountingによる産卵行動を再確認している。また，現在，著者は約13ｔ容量のレースウェイ型水槽（幅：5.5m，奥行：2.5m，水深：1.2m）の中で，10〜40尾の繁殖集団での雌雄，成熟状況による群れの離合集散と産卵行動の解析を実施しており，この過程においても，“一夫一妻”型で，小さな弧を描く産卵であることを観察している。したがって，スケトウダラの産卵行動は，前述した分離性浮遊卵を多数回産卵する大西洋産タラ科魚類と共通する行動と特定され[31, 32]，実際の産卵場においても“一夫一妻”で産卵すると考えられる。

それでは，実際の産卵場での繁殖集団内では，産卵をめぐってどのような群れの離合集散がおこなわれているのだろうか。スケトウダラは，大西洋産タラ科魚類と同様に中層に集団を形成して産卵すると推定されている[33, 34]。また，漁獲データや魚探記録から，陸棚の発達しない急峻な産卵場では繁殖群が雌雄で鉛直的に分離した分布特性を示すことが報告されている[35, 36]。一方，大陸棚の発達した噴火湾のような産卵海域では，産卵盛期の浅海域の底層には雄の比率が高い濃密群が分布し，その上層には魚探で小群として認められる反応が見られ，逆に沖合い深層域には産卵後の個体を含む雌を中心とする群れの存在が報告されている[17]。さらに，産卵期初めの浅海域と深層域の雌雄の成熟状態に明らかな相違が見られ，深層域には最終成熟前の個体が多いのに対し，浅海域では雌雄とも産卵可能な個体が中心となっている[2]。また，産卵海域には雄が先行来遊することが指摘されている[17]。

以上に示したように，産卵海域における繁殖群は性的に完熟した雌雄による集団であり，その群れの離合集散は，性別あるいは雌の数日間隔の産卵活動によって生じていると考えられる。しかも，雌は個体レベルで約1ケ月間も産卵期間を有するという多数回産卵特性と相まって，雄も産卵場に長期間滞留することは確実である。したがって，スケトウダラの実際の産卵域における繁殖生態の解明には，個体レベルから集団レベルでの解析に進める必要がある。

著者は過去の報告において，狭い水槽内における産卵行動とともに産卵への参加をめぐる雄間での威嚇・攻撃行動の解析を行った[4-7]。この飼育実験の不足するところは，Baird and Olla[8]が指摘するとおり，狭い水槽では威嚇と攻撃による雄間での逃避場所がなく，結果的に雌への求愛や雄間での攻撃頻度が高くなることと，“一夫一妻”型産卵であるために，産卵への参加に関わる雄間での不安定な順位関係が形成されたことである。Baird and Olla[8]による大型水槽で集団飼育した条件では，雄間の攻撃行動パターンは著者の既往の報告と同じであるが，水槽が広いために接触した攻撃頻度は少なく，むしろ追跡あるいは接近行動頻度が高い。さらに，彼らの観察では水槽表層の限られた場所に群れを形成し，その群れから離れる個体に対して追尾し，それが産卵直前の雌であれば一連の産卵行動に，雄であれば両者間に威嚇・攻撃が生ずることを報告している。

現在，著者らはスケトウダラ親魚の集団飼育における行動解析を進めているが，約40尾の雌雄を同時に収容した場合，やはり水槽の一部の場所に集群し，この群れから離脱する個体に対して複数の個体が追尾し，産卵に至らない時には再び集団に戻る行動が繰り返される。また，集群する群れは一定方向を向いており，その先頭には雌が中心となり，その後方に雄が連なる。この水槽内で観察された集群状態は，全個体が雌を先頭に一群（school）をなす場合と，数カ所にやはり雌を先頭とする小群（shoal）が形成される場合が観察された。この群れの中で雄が先頭部の雌に接近して再び雌の後方に戻る行動が繰り返される。いずれの場合も，産卵直前には雌の後方に雄が待機していることになり，既往の小型水槽内で観察された雌の急激な前進遊泳に対して，雄が追尾して産卵行動に移る行動パターンは共通していた。ただし，この追尾時には複数の雄が追加する行動は観察されるが，産卵行動は“一夫一妻”であった。このように，Baird and Olla[8]の大型水槽での観察結果と同様に，性的成熟に達した雌雄は，雌の群れを何尾もの雄が追尾あるいは随行する集群特性を有している。さらに，この群れから産卵直前の雌が離脱遊泳し，それを複数の雄が追尾し，その中の雄一尾がventral mountingによる産卵を行い，再び産卵した雄雌はこの集群に戻るという個体の離合集散が実際の産卵場でも展開されている可能性が高いと想定される。

なお，産卵活動の日周性について，既往の知見では薄暮時から夜間にかけて高いことが指摘されてきた[4-8]。しかしながら，現在継続している飼育実験では，日中でも産卵活動が見られること，また産卵された卵と精子による海水の白濁条件下では，雄の行動が活発となり，時には産卵された表層に浮遊する卵に対して複数の雄が放精する行動が観察された。つまり，産卵活動が活発に行われている水槽内では，性行動が誘発される可能性があり，産卵活動の日周性については，フィールドでの検証が必要である。

一方，これまでスケトウダラでは全く知見のなかったSound productin（鳴音）が，現在実施している飼育実験において初めて確認され，雌への求愛と雄間での威嚇の際に頻繁に鳴音を発することが明らかとなった。この鳴音は，大西洋産タラ類では古くから研究され，うきぶくろの腹面側先頭部の両側に存在するDrumming muscle器官が，ガスを充満したうきぶくろを振動させて発する音である[37-40]。スケトウダラの鳴音には，グッという短音あるいはグ・グ・グ・・という連続短音，グググ・・・という連続音があることと，威嚇あるいは求愛によって異なる鳴音を発することを確認している。

このスケトウダラが鳴音を発するという新発見は，雌雄の産卵期における行動特性に非常に大切な役割を果たしていると思われる。すなわち，これまで不明であった雌雄の互いの認知機構，例えば産卵の非応答，応答，互いに接近する雄間での威嚇，あるいは集群など，視覚以外の個体間での判別認知に関わっていることは確実である。この鳴音分析を含めて，実際の産卵場における繁殖生態の解明に向けて，集団飼育法による繁殖特性の解析試験を進めて行きたい。

7．タラ科魚類の繁殖特性と繁殖戦略におけるスケトウダラの位置づけ

スケトウダラの繁殖特性と繁殖戦略，さらにその再生産機構が資源の変動と安定性にどの

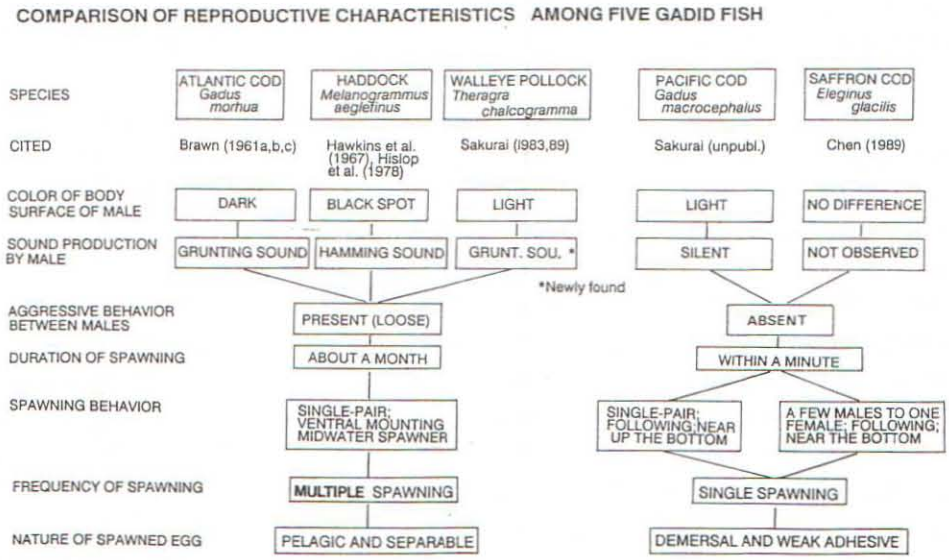


Fig. 6. Comparison of reproductive characteristics among five gadid fish examined in captivity

ように影響しているかを考える上で，他のタラ科魚類の繁殖特性・戦略と比較する必要がある。

Fig. 6 に，飼育実験によって明らかにされてきた北大西洋のタラ科魚類2種と，北太平洋側に生息するスケトウダラと現在研究継続中のコマイおよびマダラの繁殖特性の比較を示した。これらタラ科魚類では，繁殖特性をその産出卵の性状から，分離性浮遊卵を産するスケトウダラや大西洋産のタラ科魚類と，弱粘着性沈性卵を産する太平洋産マダラとコマイとに区分することができる。すなわち，前者は同一産卵期に多数回の繰り返し産卵とventral mountingによる雌雄一対の産卵行動，および繁殖行動の際のsound productionが共通する。これに対して，太平洋産マダラおよびコマイは一回の産卵で全卵を放出し，その産卵行動にはタラ科魚類で共通すると考えられていた雌雄一対のventral mountingは観察されない。特に，同じGadus属の大西洋産マダラと太平洋産マダラで，その繁殖特性が大きく異なることはその系統進化からも注目すべきことである。これに関して，タラ科魚類は北極海から北大西洋を分化の起源として，太平洋産マダラおよびスケトウダラはベーリング海峡を経て太平洋に進出してきたとされている[41]。さらに，マダラの太平洋への進出はスケトウダラよりもはるかに遅く，最近の間氷期であったと想定されている。今後，タラ科魚類の遺伝的類縁関係に関する研究[42]とも併せて，系統進化からの比較検討が必要である。

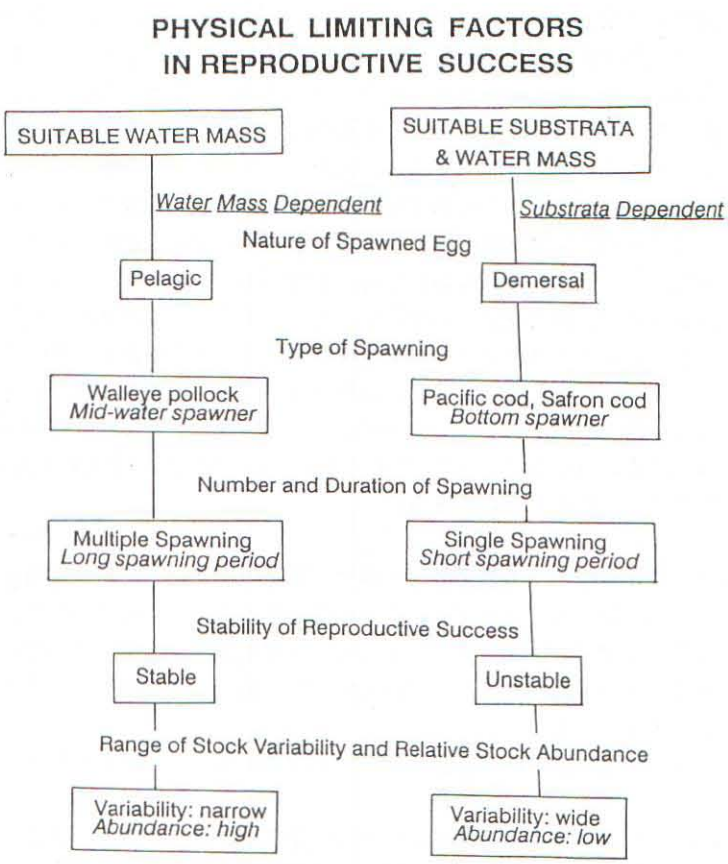


Fig. 7. Reproductive strategies with emphasis on the physical factors controlling the reproductive success in the three Pacifc gadid fishes (Sakurai, 1982. 1989 : Chen. 1989 : Sakurai and Hattori, unpublished)

一般に，太平洋産マダラおよびコマイは，浅海や陥入した湾などの海底が砂泥条件の場所を産卵場とすることが知られている。すなわち，スケトウダラや大西洋産タラ科魚類では中層遊泳型産卵にみられる水塊依存型の繁殖特性を持つのに対して，マダラおよびコマイは水

塊プラス基質依存型（以下基質依存型と略）であるということができる（Fig. 7）。この基質依存型の繁殖特性に着目した理由は，スケトウダラなどのような水塊依存型に比べて，種自体が資源を増大させるためには，再生産に好適な水塊条件に加えて，不連続な再生産の場所，すなわちパッチ状に存在する限られた産卵基質を選択しなければならないからである。したがって，マダラの場合には，スケトウダラよりも再生産海域に対する制限要因は強く，例えば，南限の産卵可能域では再生産に不適な暖水に覆われるか否かが，その海域で産卵する個体群の繁殖成功度の不安定，しいては種の資源変動幅を大きくさせることになる。すなわち，同じタラ科魚類においても，水塊産卵か基質産卵かの繁殖戦略の違いが，それぞれの資源豊度の変動と安定性の違いをもたらす要因の一つと見ることができる。

また，北大西洋では同じ再生産海域を複数の水塊産卵タイプのタラ科魚類が共存・競合しているのに対し，北太平洋側の亜寒帯海域には，水塊依存型の分離浮遊卵を産するタラ科魚類は，環北極域に生息するホッキョクダラ，*Boreogadus saida*を除けば，唯一スケトウダラだけということになる[63]。このことが，タラ科魚類の中で最も資源豊度が高いという背景にあると考えることができる。

8．スケトウダラの繁殖特性に基づく資源の再生産と変動の解明と漁業の安定化に向けて

それでは，スケトウダラの実際の産卵域での再生産機構の中で，種の繁殖特性と戦略がどのような適応的側面を有し，またそれが資源変動と安定性に関与しているのだろうか。これまでに紹介したスケトウダラの繁殖特性と戦略から，資源の再生産と変動の解明に向けた作業仮説を作成した。

(1)　成魚の産卵能（卵数・卵質）と成熟年齢・サイズに対して，摂餌履歴・栄養状態がどのように関わっているのか。

(2)　好適産卵条件の海域と卵稚仔の生残に好適な海域とが連続し，最終的に卵稚仔が好適な餌と物理的環境の海域に集積させる機構があるのか[18–20]。すなわち，産卵親魚による好適産卵海域の能動的選択が起きているのか（噴火湾のような陸棚の緩やかな海域と，日本海檜山沖や羅臼沖のような急峻な海域での産卵場では繁殖群の分布特性に違いがあり，それぞれをモデル化する必要がある）。

(3)　繁殖群の来遊時期の遅速と個体の産卵期の長さの複合により，群全体の産卵期は長期化するが，この間に産卵適水塊が時空間的に変化する場合，繁殖群自体の産卵する場の能動的選択移動があるのか。さらに，海洋環境の長期的年変動によって産卵海域の地理的移動（スイッチング）が生ずるのか（例：噴火湾と金華山沖産卵場）。

(4)　産卵の長期化は，これに伴う卵稚仔の生残の機会に時間的な幅を持たせることになるが，この時ある特定の時期に生まれた仔魚が最適餌条件に遭遇して最も生残できるのか[20]。また，卵や仔魚の産卵期を通しての小型化は，餌サイズとの適応と考えられるのか。

これらの作業仮説は，あくまでもスケトウダラの繁殖特性と戦略から導き出されたものである。再生産の成功度と資源変動には，その後の卵・仔稚魚の生残過程から資源への加入に至る生物・物理的環境要因との関係が大きく作用していることも事実であり，最終的には両者を結合させた作業仮説の設定へと展開しなければならない。

一方，スケトウダラ資源の再生産と変動解明へのアプローチの中でもう一つ大切な要因は，継続的な漁業そのものによる資源変動への影響である。北海道周辺海域におけるスケトウダラ漁業は，索餌海域での底曳き網漁業を除いて，産卵に接岸した親魚を対象とする漁業が中

心である。例えば，北海道南部太平洋側では，産卵に浅海域へ来遊する親魚群を底刺し網によって漁獲している。一方，北海道南部日本海側では底延縄により漁獲している。すなわち，スケトウダラ漁業そのものによる再生産への影響は見過ごすことはできない。ところが，現在までの北海道沿岸におけるスケトウダラ漁業は，いずれの場合も陸棚斜面の深層部が主たる操業域であり，産卵場となる浅海域では水塊依存型の中層遊泳産卵であるために，繁殖群の離合集散が立体的に生じており，この間は摂餌活動を一時的に中断している。また，これらの海域では雄が卓越し[34]，雌は産卵中の水子卵を含む卵巣であるために魚価が低く，底刺し網あるいは底延縄の漁場として成立しづらい。すなわち，産卵活動が活発に行われている海域は，操業の中心からはずれていることになり，これらの沿岸漁業はスケトウダラ資源に壊滅的な打撃を与えていない形で継続されていると見ることができる。

しかしながら，スケトウダラの資源の安定と増大を計りながら恒久的に資源を有効利用して行くためには，スケトウダラの繁殖特性を充分理解し，適切な操業の時期，海域や規模を見いだす必要がある。例えば，各海域における産卵場と産卵盛期における操業制限による親魚の保護なども一つの方策であろう。こうしたスケトウダラ資源を保護しながら有効利用するための課題の糸口を探ることは，私たち研究者の役割でもある。スケトウダラ資源を枯渇させることなく，安定化した漁業を継続させるためにも，今回の飼育実験を含めて，よりいっそう繁殖生態についての研究を展開させて行くつもりである。

要　　約

スケトウダラの成熟過程，生殖周期，産卵過程と産卵行動の生物学的・生態学的側面について，野外調査と飼育実験に基づいて総説した。

本種の生殖腺の発達様式は“部分同時型”であるが，その産卵様式は“多数回産卵型”と規定される。これらの繁殖特性に基づいて，未成魚，成魚並びに経産卵魚の判別と孕卵数の最適計測できる成熟度の基準について提案した。

本種は，産卵期が4，5ケ月，その産卵盛期が1，2ケ月と長い特性を持つ。この産卵期の長期化は，繁殖個体群内での個体間の成熟状況のずれに伴う産卵回遊の遅速と，個体の多数回産卵期間が約1ケ月にも及ぶという産卵特性の複合的要因によって生ずると推定された。スケトウダラの繁殖特性とその戦略を解明するためには，飼育実験が有効である。そこで，飼育魚の採集から飼育と実験の方法，さらにこの飼育実験によって解明されつつある産卵特性と行動について，既往の知見と現在進行中の集団飼育実験の概要を含めて紹介した。最後に，本種の繁殖特性と戦略を他のタラ魚類の知見と比較することによって，その位置づけを紹介し，スケトウダラの資源の変動と再生産機構との関係の解明に向けた作業仮説を提案した。

文　　献

1）桜井泰憲：資源の再生産と変動，実験生態学の立場から，「水産海洋研究への提言，水産海洋研究会発足30年記念シンポジウム」，水産海洋学会報，56，214-218（1992）.

2）尹　泰憲：北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの雌魚の生殖周期．北大水産彙報，32，

22-38 (1981).

3) Hinckley, S. : The reproductive biology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Bering Sea, with reference to spawning stock structure. *Fish. Bull.*, 85, 481-498 (1987).

4) 桜井泰憲：スケトウダラ繁殖生態に関する研究．博士学位論文，北海道大学水産学部，函館，1982, 209p.

5) 桜井泰憲：飼育下におけるスケトウダラの繁殖行動・海洋と生物，5，2-7 (1983).

6) 桜井泰憲：スケトウダラ，海水魚の繁殖，鈴木克美・高松史朗編，緑書房，東京，1989，213-218.

7) Sakurai, Y. : Reproductive characteristics of walleye pollock with special reference to ovarian development, fecundity and spawning behavior. *Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock, Alaska Sea Grant Rep.*, 89, 97-115 (1989).

8) Baird, T. A. and Olla, B. L. : Social and reproductive behavior of a captive groups of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*. *Envir. Biol. of Fish.*, **30**, 295-301 (1991).

9) 谷野保夫，辻崎久輝，中道克夫，久新健一郎：スケトウダラ*Theragra chalcogramma* (Pallas) の卵巣の成熟について．北水研報，**20**，145-164 (1959).

10) Clay, D. : Oogenesis and fecundity of haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) from the Nova Scotia shelf. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **46**, 24-34 (1989).

11) Kjesbu, O. S., Mitthames, P. R., Solemdal, P. and Walker, M. G. : Ovulatory rhythm and a method to determine the stage of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,**47**, 1185-1193 (1990).

12) 陳　二郎：コマイ（*Eleginus gracilis*）の年齢と成長および再生産過程に関する生物学的研究，博士学位論文，北海道大学水産学部，函館，1989，163p.

13) Hattori, T., Y. Sakurai and K. Shimazaki : Maturation and reproductive cycle of female Pacific cod in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 2245-2252 (1992).

14) 吉田英雄，尹　泰憲：夏季ベーリング海沖合表層域に出現するスケトウダラの成熟度と経産卵魚の判別．北大水産彙報，**32**，329-337 (1981).

15) Gorbunova, N. N. : Reproduction and development of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) . (Translated from the Russian by Pearson, S.) , Northwest Fish. Cent., Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, Seattle, 1972, 106p.

16) Serobaba, I. I. : Spawning ecology of the walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Bering Sea. *J. Ichtyol.*, **14**, 544-552 (1974).

17) 前田辰昭，高橋豊美，伊地知　誠，平川英人，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究－Ⅱ．産卵期．日水誌，**42**，1213-1222 (1976).

18) Kamba, M. : Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. Res. *Inst. North Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spec.* Vol. 1 , 175-197 (1977).

19) Nishiyama, T., Hirano, K. and Haryu, T, : The early life history and feeding habits of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southeastern Bering Sea. *Int. Pac. Fish. Comm. Bull.*, **45**, 177-227 (1986).

20) Kendall, A. W. Jr. and Nakatani, T. : Comparisons of early-life-history

characteristics of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Shelikof Strait, Gulf of Alaska and Funka Bay, Hokkaido, Japan. *Fish. Bull,*. **90**, 129-138 (1992).

21) Kjesbu, O. S., Klungsøye, J., Kryvi, H., Witthames, P. R. and Walker, M. G. : Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,**48**, 2333-2343 (1991).

22) 前林　衛，清野通康：スケトウダラの稚仔魚の飼育について．水産増殖，**27**，137-141(1979).

23) 吉田英雄，桜井泰憲：飼育下におけるスケトウダラ成魚の摂食量と成長，日水誌，**50**，763-769 (1984).

24) Smith, R. L., Paul, R. L. and Paul, J. M. : Effect of food intake and temperature on growth and conversion efficiency of juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) : a laboratory study. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **42**, 241-253 (1986).

25) Smith, R. L., Paul, A. J. and Paul, J. M. : Aspects of energetics of adult walleye pollock *Theragra chalcogarmma* (Pallas) , from Alaska. *J. Fish. Biol.*, **33**, 445-454 (1988).

26) Nishimura, A. and Yamada, J. : Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) , as determined by otolith daily growth increments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **82**, 191-205 (1984).

27) Nishimura, A. and Yamada, J. : Geographical differences in early growth of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, estimated by back-calculation of otolith daily growth increments. *Marine Biology*, **97**, 459-465 (1988).

28) Kjesbu, O. S. : The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L.. *J. Fish Biol.*,**34**, 195-206 (1989).

29) McEvoy, L. A. and McEvoy, J. : Multiple spawning in several commercial fish species and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. *J. Fish. Biol.*, **41**, (Supplement B) ,125-136 (1992).

30) Hislop, J. R. G., : Robb, A. D. and Gauld, J. A. : Obserbations on effects of feeding level on growth and reproduction in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.) in captivity. *J. Fish. Biol.*, **13**, 85-98 (1978).

31) Brawn, J. H. S. : Reproductive behaviour of the cod (*Gadus callarias* L.). *Behaviour*, **18**, 177-198 (1961).

32) Hawkins, A. D., Chapman, K. J. and Symonds, D. J. : Spawning of haddock in captivity. *Nature*, **215**, 923-925 (1967).

33) Shaw, W. and McFarlane, G. A. : Biology, distribution and abundance of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the west coast of Canada. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, **45**, 262-283 (1986).

34) Maeda, T. : Life cycle and behavior of adult pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in waters adjacent to Funka Bay, Hokkaido Island. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, **45**, 39-65 (1986).

35) 高倉輝男：魚群探知機によるスケトウダラ産卵群の生態について．日水誌，**20**，10-12 (1954).

36) Taylor, F. H. C. and Kieser, R. : Hydroacoustic and fishing surveys for walleye pollock in Dixon Entrance and nearby areas, July 5-23, 1978. *Can. MS Rep. Fish. Aqat.*

Sci. **1572**., 1-73 (1980).

37) Templeman, W. and Hodder, V. M. : Variation with fish length, sex, stage of sexual maturity, and season in the appearance and volume of the drumming muscles of the swim-bladder in the haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **15**, 355-390 (1958).

38) Brawn, V. M. : Aggressive behaviour in the cod (*Gadus callarias* L.). *Behaviour*, **18**, 107-147 (1961).

39) Brawn, V. M. : Sound production by the cod (*Gadus callarias* L.). *Behaviour*, **18**, 239-255 (1961).

40) Hawkins, A. D. and Rasmussen, K. J. : The call of gadoid fish. *J. Mar. biol. Ass. U. K.*, **58**, 891-911 (1978).

41) Svetovidov, A. N. : Gadiformes. Program for Scientific Transllations, Jerusalem, 1962, 304p.

42) Grant, W. S. and Ståhl, G. : Evolution of Atlantic and Pacific cod : Loss of genetic variation and gene expression in Pacific cod. *Evolution*, **42**, 138-146 (1988).

43) Nelson, J. S. : Fishes of the world. John Wiley & Sons, New Yolk, 1976, 416p.

北水試研報　42，69－89（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

日本周辺海域におけるタラ科魚類の寄生虫（総説・文献目録）

長　澤　和　也*

Parasites of gadid fishes in Japanese waters (Review and bibliography)

Kazuya NAGASAWA*

This review compiles information on the parasites of gadid fishes (Pacific cod *Gadus macrocephalus*, walleye pollock *Theragra chalcogramma*, and saffron cod *Eleginus gracilis*) from Japanese waters. Thirty-two named species of parasites (2 Myxozoa, 5 Cestoidea, 8 Trematoda, 7 Nematoda, 4 Acanthocephala, 1 Hirudinoidea, 4 Copepoda, 1 Isopoda) have been reported from these gadid fishes. This review contains information on parasites which may be useful for the population study of Japanese gadid fishes. It summarizes knowledge of human pathogenic parasites, such as *Pseudoterranova decipiens*, *Anisakis simplex*, and larval spiruroid nematodes, which may be infective to humans if they eat raw or partially cooked gadid fishes. A checklist and bibliography of parasites of gadid fishes in Japanese waters is presented.

はじめに

わが国周辺海域にはマダラ*Gadus macrocephalus*，スケトウダラ*Theragra chalcogramma*およびコマイ*Eleginus gracilis*の3種のタラ科魚類が分布する。いずれも，水産上有用な魚類であり，特にスケトウダラは加工製品に使用される「すり身」の原料魚としてきわめて重要である。

日本周辺海域のタラ科魚類からは，これまでに数多くの寄生虫が報告されてきた。しかし，それら寄生虫の情報を体系的に整理したものはない。また，寄生虫を扱った報文はさまざまな学術雑誌に掲載されているため，本邦産タラ科魚類の寄生虫に関する情報を得ようとする者には，文献入手などで多くの困難が伴った。そこで，本総説では日本周辺海域のタラ科魚類3種から報告された寄生虫に関する情報を整理・解説するとともに，本邦産タラ科魚類の寄生虫に関する文献目録を示した。

諸外国では，魚類の系群を寄生虫を用いて識別したり，魚類個体群に与える寄生虫の影響

報文番号　A207（1993年1月25日受理）
* 遠洋水産研究所（National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Agency of Japan, Orido, Shimizu, Shizuoka 424, Japan）

に関する研究が水産資源研究の一環として行われている。従来，わが国でもタラ科魚類の系群識別は重要な研究課題であったが，それらの研究で寄生虫が積極的に用いられることはほとんどなかった。こうしたことから，今後の資源研究における寄生虫の活用に資するため，寄生虫によるタラ科魚類の系群識別と宿主個体群に与える影響評価に関する若干の解説を行った。

また，タラ科魚類は加工品の原料となるばかりでなく，生あるいはそれに近い状態で食べられることも多い。このため，タラ科魚類の寄生虫のなかには，そうした食習慣を通して，人体に寄生して病害を惹起するものも知られている。本総説では，それら医学的および食品衛生学的に問題となる寄生虫についても記述した。

タラ科魚類の寄生虫

ここでは，日本周辺海域のタラ科魚類から報告されている寄生虫を，分類体系にしたがって紹介する。また，寄生部位，地理的分布および報告者の情報を含む，寄生虫－宿主リストを付録に示す。なお，日本海と千島列島水域のタラ科魚類の内部寄生虫についてはZhukov[148]の報文，北太平洋とベーリング海のスケトウダラの寄生虫についてはArthur[7]の報文が有用である。また，スケトウダラに多く見られるアニサキス科線虫類に関しては，日本水産学会[80]の『魚類とアニサキス』のほか，Oshima[96]，鈴木[123]，Nagasawa[74, 75]，Ishikura *et al.*[40]の総説が参考になる。

原生動物　わが国のタラ科魚類から記載されている原生動物（Protozoa）は少ない。わずかにミクソゾア類（Myxozoa）の2種（*Myxidium ochotense, Mixidium theragrae*）と微胞子虫類（Microspora）の1種（*Pleistophora* sp.）が報告されているに過ぎない。

*Myxidium ochotense*は北海道東部の花咲とオホーツク海沖合で漁獲されたマダラから発見されている[15]。また，*Myxidium theragrae*は北海道岩内沖のスケトウダラ[15]のほか，カナダ沖の北東太平洋のスケトウダラに寄生することが知られている[7]。これら2種はいずれも胆嚢に寄生する。

Pleistophora sp. は佐々木[106]によって*Glugea punctifera*として報告されたものである。本種の分類学的位置に関しては論議があり，Arthur *et al.*[8]はこの寄生虫を北西大西洋のタラ科魚類の眼球から記載された*Glugea punctifera*に同定することは適当でなく，*Pleistophora* sp. に同定している，本種が寄生しているスケトウダラの筋肉はフイッシュ・ブロック製造には不適当であるという[106]。

扁形動物　わが国のタラ科魚類の寄生虫で，扁形動物（Platyhelminthes）に含まれるものは，条虫類（Cestoidea）と吸虫類（Trematoda）である。これまでのところ，条虫類で6種，吸虫類で8種が報告されている。

条虫類のうち，擬葉条虫目（Pseudophyllidea）に属するものでは*Pyramicocephalus phocarum*のプレロセルコイドの報告が多い。日本海，北太平洋，オホーツク海のスケトウダラから記録されている[18, 64, 106, 126]。このほか，Zhukov[148]は色丹島沖のタラ科魚類から*Abothrium gadi*と*Scolex pleuronectes*を得ている。同じ条虫類［*A. gadi*(＝*A. rugosum*) と*S. pleuronectes*(＝*S. polymorphus*)］は，富山湾産マダラとスケトウダラからも記録されている[137]。また，Hasegawa[18]は*Diphyllobothrium alascense*に近縁種のプレロセルコイドを日本海の

スケトウダラから報告している。四吻条虫目（Trypanorhyncha）に属するものでは，ニベリン条虫*Nybelinia surmenicola*のプレロセルコイドの寄生がよく見られる[105,124,126,129,148]。本種は米粒状で，スケトウダラの腹腔に寄生しており，多くの個体が集合して塊状になっていることもある。本種の中間宿主はオキアミ類で，終宿主はネズミザメである[113,114]。ニベリン条虫以外では，富山湾産マダラから*Grillotia erinaceus*のプレロセルコイドが記録されている[137]。

吸虫類は，Zhukov[148]によって色丹島沖で漁獲されたタラ科魚類から記載されたものが多い（*Brachyphallus crenatus, Derogenes varicus, Hemiurus levinseni, Lecithaster gibbosus, Lepidapedon gadi, Podocotyle atomon, Podocotyle reflexa*）。わが国の研究者では，Yamaguti[136]がマダラから*Lepidapedon gadi*（＝*Lepidora gadi*），スケトウダラから*Hemiurus levinseni*（＝*H. odhneri*）を報告している。ともに富山湾で漁獲されたものである。Ichihara[27]は，北海道周辺海域のスケトウダラから*Aporocotyle theragrae*を記載した。本種は，町田ら[65]によって北海道様似沖のスケトウダラからも見いだされており，彼らは同時にスケトウダラから*Lepidapedon gadi*，マダラから*Podocotyle reflexa*を得ている。また最近，Machida and Araki[64]は，オホーツク海産スケトウダラから*Lepidapedon gadi*，コマイとスケトウダラから*Hemiurus levinseni*を採集している。*Aporocotyle theragrae*は血管内に寄生し，他の吸虫類は胃や腸など消化管内に寄生する。

線形動物　線形動物（Nemathelminthes）では，線虫類（Nematoda）がタラ科魚類に寄生する。

回虫目（Ascaridida）のアニサキス科線虫類に属するものとして，*Anisakis simplex, Anisakis physeteris, Pseudoterranova decipiens, Contracaecum osculatum, Hysterothylacium aduncum*などが本邦産タラ科魚類から報告されている（大石ら[86]；他の文献は付録参照）。前3種は魚類を生や不完全な料理法で食べた際，人体に入ってアニサキス症を引き起こすことがあるので，医学上注意すべき寄生虫である[40]。特に本邦産タラ科魚類から人体に寄生する可能性が高い回虫類は*Pseudoterranova decipiens*と*Anisakis simplex*の2種である。これらは第3期幼虫がタラ科魚類に寄生している。ヒトは本来の宿主ではなく，海産哺乳類が終宿主である。それぞれの生活史はBowen[11]の成書とNagasawa[75]の総説に詳しく記されている。*Hysterothylacium aduncum*は消化管内，他種は内臓や腹腔，筋肉に寄生する。

このほか，旋尾線虫目（Spirurida）に属する線虫類として，*Ascarophis*属の2種（*A. filiformis, A. pacificus*）[17,148]と未同定の2型（Type IX, Type X）の幼虫が記載されている[17]。寄生部位は，*Ascarophis*属線虫類が胃，未同定の幼虫が胃壁や腸壁である。

鉤頭動物　タラ科魚類に寄生する鉤頭動物（Acanthocephala）としては，タラ鉤頭虫*Echinorhynchus gadi*がよく知られている。本種は，藤田[14]によってわが国で最初の記載された鉤頭動物である。彼は，北海道とオホーツク海のマダラと北海道岩内近海のスケトウダラからタラ鉤頭虫を見いだした。その後，Yamaguti[138]は日本海のマダラとスケトウダラから，Zhukov[148]は色丹島沖のコマイから，鈴木・松藤[126]もオホーツク海のスケトウダラから本種を得ている。また最近，Araki and Machida[5]は北海道日高沖と本州日本海のマダラとスケトウダラから本種を採集した。寄生部位は腸であり，藤田[14]の表現を借りれば“腸内に充満し一見凄惨極む”と述べているほど，寄生数は多い。

タラ鉤頭虫のほかには，*Corynosoma strumosum*の幼虫が色丹島沖のコマイ[148]，*Echino-*

*rhynchus dissimilis*が北海道様似沖のマダラ[5]から報告されている。

環形動物　わが国のタラ科魚類から報告されている環形動物（Annelida）は，ヒル類（Hirudinoidea）のウオビル*Levinsenia rectangulata*（＝*Ichthyobdella uobir*）のみである。陸奥湾で漁獲されたマダラ[91]と北海道釧路沖で漁獲されたスケトウダラ[73]から記録されている。寄生部位は鰓腔で，ウオビルが寄生していた鰓蓋内側には吸血痕が見られる[73]。ウオビルの学名に関して，わが国の成書（たとえば丘・長尾[92]）では Oka[90] が命名した*Ichthyobdella uobir*が使われているが，この学名は現在は*Levinsenia rectangulata*のシノニムとされている[76]。本種は，北太平洋，日本海およびベーリング海のタラ科魚類に寄生する[13]。Nagasawa[73] によれば，釧路近海のスケトウダラにおけるウオビルの寄生率は非常に低く，1981～1985年に2,500尾を検査したにもかかわらず，寄生魚はわずか1尾であったという。

節足動物　日本周辺海域のタラ科魚類に寄生する節足動物（Arthropoda）には，甲殻類（Crustacea）のカイアシ類（Copepoda）と等脚類（ワラジムシ類 Isopoda）がある。

カイアシ類としては*Lepeophtheirus parviventris*, *Haemobaphes diceraus*（＝*H. theragrae*), *Chondracanthus theragrae*, *Clavella adunca*（＝*C. unicinata*), *Clavella* sp. の5種が報告されている。これらのうち，前3種は Yamaguti[140–142] が富山湾のスケトウダラ，*Clavella adunca* は Yamaguti[142] と Shiino[110] がそれぞれ富山湾と稚内港で得られたマダラから記載したものである。また，*Clavella* sp. は鈴木・松藤[126] がオホーツク海のスケトウダラから採集したものである。*Haemobaphes diceraus* は，最近，北海道周辺海域のスケトウダラからも記録されている[77, 144, 145]。寄生部位は*Lepeophtheirus parviventris* が体表，他の4種が鰓である。なお，*Haemobaphes diceraus* の種名に関しては現在も議論がある。Kabata[45] はカナダ太平洋岸の*Haemobaphes* 属を研究した際，*theragrae* は *diceraus* のシノニムであることを示唆し，その考えは Grabda[16] によって支持された。しかし，最近，Kabata[46] は両者を別種として扱っており，この属の分類にはさらに詳細な検討が必要である。

また，等脚類の寄生虫としては，タラノシラミ *Rotinela maculata* がある。本邦産タラ科魚類への本種の寄生を扱った報文はないが，椎野[111] によれば本種は太平洋や日本海の50～60mの海底におり，しばしば“タラ”などの魚類の体表に着生するという。

タラ科魚類の資源研究における寄生虫の活用

寄生虫の出現状況に基づいて，タラ科魚類の系群識別や回遊経路を推定することが欧米では古くから試みられている[6, 109, 117, 118, 131]。しかし，わが国ではタラ科魚類の資源研究で寄生虫を積極的に利用することはほとんどなかった。わずかに小谷地・橋本[63] と橋本・小谷地[19] が日本を含む北太平洋産スケトウダラの形態計測学的研究を行った際，肝臓上の*Anisakis* 属線虫の寄生状況を調べたことがあった程度である。

長澤ら[77] は，1981～1989年に北海道周辺海域で漁獲されたスケトウダラの鰓に寄生するカイアシ類の*Haemobaphes diceraus* を調べ，その出現状況が海域で異なることを見いだした。彼らによれば，太平洋では寄生率が比較的高いが，日本海とオホーツク海では低く，各海域における寄生率の年変動は小さかったという。この結果は，スケトウダラの系群指標として*Haemobaphes diceraus* が有用であることを示すばかりでなく，太平洋のスケトウダラ資源は日本海およびオホーツク海のスケトウダラ資源と区別されることを示唆している。今後は

これまでに蓄積された標識放流試験や遺伝学的研究の結果を含めて，北海道周辺海域のスケトウダラの系群を論ずることが必要である。

また，Nagasawa[73]はスケトウダラにおけるウオビルの寄生率が釧路近海の北太平洋では著しく低かったと報告した（寄生率0.4%）。しかし，彼は稚内近海の北部日本海で漁獲されたスケトウダラ100尾を検査し，1尾（寄生率1%）にウオビルの寄生を認めている（長澤，未発表）。このことは，海域によってウオビルの寄生率に差異があり，系群指標として使用できる可能性を示している。

一方，長澤ら[77]は*Haemobaphes diceraus*の寄生を受けたスケトウダラの肥満度と生殖腺重量指数が低かったことから，この寄生虫はスケトウダラの成長と成熟に悪影響を及ぼすと考察した。同様な研究は諸外国でも行われ，カイアシ類の寄生によってタラ科魚類の資源に及ぼす影響が研究されている。特に，*Haemobaphes*属と同様に鰓に寄生する*Lernaeocera branchialis*の影響に関しては多く報告されている[25,44,52,53,118,133]。そのなかで，Hislop and Shanks[25]は北海産ハドック*Melanogrammus aeglefinus*の孕卵数は，*Lernaeocera branchialis*の寄生によって非寄生魚よりも21%も減少することを明らかにしている。また，Khan[52]は大西洋マダラ*Gadus morphua*における*Lernaeocera branchialis*の影響を実験的に詳細に検討している。今後，日本でも病害性の強い寄生虫（たとえば*Haemobaphes diceraus*は宿主の心臓から吸血している）によるタラ科魚類資源への影響を検討することが必要であると思われる。

医学および食品衛生上問題となる寄生虫

上述したように本邦産タラ科魚類からは，いろいろな寄生虫が報告されている。このなかで医学および食品衛生上問題となるのは，アニサキス科線虫類，旋尾目線虫類およびニベリン条虫である。

アニサキス科線虫類の幼虫がヒトの消化管に侵入して惹起する疾患がアニサキス症である。本症は，アニサキス科線虫類が寄生している魚類やイカ類を生あるいは調理不完全なまま食べることが原因であり，腹痛や嘔吐などを主な症状とする。タラ科魚類では，マダラが刺身や昆布じめで食べられることが多いため，この魚に寄生する*Pseudoterranova decipiens*または*Anisakis simplex*が侵入する[9,12,41,49,51,61,69-72,78,107,108,121,135,146]。地域によってはスケトウダラの生食に原因するアニサキス症も報告されており[30,35,38,51]，かつて北海道岩内地方では冬季のスケトウダラ漁の盛期に*Anisakis simplex*の人体寄生例が増加したという[32]。また，タラコの摂食による寄生も知られている[20,22,30,35,42,48,51,61,79,105,146,147]。胃内に侵入した虫体は，内視鏡の先に小さな鉗子を取り付け容易に摘出することができる。なお，アニサキス科線虫類に対する食品衛生学的な対策については，大石[82]と城所[43]によって総説がまとめられている。

最近，旋尾目線虫類の幼虫（Type X）の人体寄生例が注目されている[2]。本種は，スケトウダラやホタルイカの内臓に寄生し[3,4,17]，これら魚介類の生食によって人体に入ると，線状爬行疹を起こす。ただし，感染源としては，スケトウダラは生食される機会がほとんどないためあまり重要ではなく，ホタルイカが主な感染源とみられている[4]。

ニベリン条虫の幼虫がこれまでにタラ科魚類の生食によって人体に寄生した報告はない。しかし，スケトウダラにおけるニベリン条虫の寄生は時として極めて多数に及んで不快感を

与えるため，食品衛生上，注意すべき寄生虫である。ニベリン条虫は魚の死後，内臓から筋肉中に移動するため[8,129]，魚肉中に多く見られることがある。スケトウダラのフイッシュ・ブロック製造時にはアニサキス科線虫類と同様，本種もキャンドリング法によって魚体から除去されるが，魚肉からの完全除去は困難であるという[43]。

おわりに

本総説では日本産タラ科魚類の寄生虫に関する知見を整理し，32種の寄生虫の種名が判明していることが明らかになった。しかし，この整理の過程で明らかになったことは，本邦産タラ科魚類の寄生虫に関する情報の不足である。わが国では，まだ寄生虫相の解明すら満足にできていない状態である。欧米におけるタラ科魚類の研究では，水産資源学や魚病学のなかで寄生虫も重要な研究課題として位置づけられ，多くの知見が集積されている。寄生虫は，宿主に関する多くの生態学的な情報を提供してくれる。今後，寄生虫の研究を積極的に行うことによって，タラ科魚類の生態や資源に関する研究が一層進展することを期待したい。また，医学的にみても，マダラやスケトウダラはアニサキス症の重要な感染源である。水産資源研究者と人体寄生虫研究者との共同研究によって，寄生虫や宿主の生態を解明することも可能だろう。

謝　辞

本文を終わるに当たり，筆者が北海道立水産試験場に勤務した際にスケトウダラの寄生虫に関する共同研究を快く引き受けて下さるとともに，多くの貴重な資料を提供して下さった北海道立中央水産試験場の小池幹雄氏，北海道立函館水産試験場の夏目雅史氏，北海道立釧路水産試験場の三宅博哉氏に心からお礼を申し上げる。また，本総説を書く機会を与えて下さった北海道立中央水産試験場の吉田英雄博士に深く感謝する。最後に，本文執筆に必要な文献入手に多大な援助を与えられた名寄短期大学の松藤瑠美子先生，北海道立函館水産試験場の佐野満廣氏，国立科学博物館の町田昌昭博士に深謝する。

文　献

1）相原良治：*Anisakis* I 型幼虫の形態に関する検討．大阪市大医誌．22，197-235（1973）

2）安藤勝彦：わが国における顎口虫症．皮膚臨床．34，517-526（1992）

3）Ando, K., Inaba, T., Miura, K., and Chinzei, Y.: Morphological features in cross section of the suborder Spirurina（Nematoda）suspected as the causative agent of creeping eruption. *Jpn. J. Parasitol.* 41, 46-48 (1992a)

4）Ando, K., Sato, Y., Miura, K., Chinzei, Y., and Ogawa, S.: Further observation on the larva of the suborder Spirurina suspected as the causative agent of creeping eruption. *Jpn. J. Parasitol.* 41, 384-389 (1992b)

5）Araki, J., and Machida, M.: Some acanthocephalans from marine fishes of northern Japan, with descriptions of two new species, *Acanthocephaloides ichiharai* and *A.*

claviformis. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A*. 13, 1-11 (1987)

6) Arthur, J. R.: A preliminary analysis of the discreteness of stocks of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the northeastern Pacific Ocean off Canada based on their parasites. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* (1184), 1-15 (1983)

7) Arthur, J. R.: A survey of the parasites of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the northeastern Pacific Ocean off Canada and a zoogeographical analysis of the parasite fauna of this fish throughout its range. *Can. J. Zool.* 62, 675-684 (1984)

8) Arthur, J. R., Margolis, L., Whitaker, D. J., and McDonald, T. E.: A quantitative study of economically important parasites of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from British Columbian waters and effects of postmortem handling on their abundance in the musculature. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39, 710-726 (1982)

9) Asaishi, K., Nishino, C., and Hayasaka, H.: "Geographical distribution and epidemiology". Gastric anisakiasis in Japan: Epidemiology, diagnosis, and treatment (H. Ishikura and M. Namiki, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1989, 31-36.

10) Asaishi, K., Nishino, C., and Hayasaka, H.: "Passive hemagglutination test (Boyden)". Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990, 167-181.

11) Bowen, W. D.(ed.): Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 222, 1-306 (1990)

12) 土井一彦：急性胃ヘテロケイルス症（アニサキス症・テラノーバ症）の臨床－とくにレ線的，内視鏡的鑑別診断を中心に－．胃と腸．8，1513-1518 (1973)

13) Epshtein, V. M.: On the taxonomic position, mode of life and geographic distribution of *Levinsenia rectangulata*. *Parasitologia* 7, 286-292 (1973)(In Russian with English summary.)

14) 藤田経信：魚類の寄生虫類．動物学雑誌．32，275-28 (1920)

15) Fujita, T.: Studies on Myxosporidia of Japan. *J. Coll. Agric., Hokkaido Imp. Univ.* 10, 191-248 (1923)

16) Grabda, J.: Observations on the localization and pathogenicity of *Haemobaphes diceraus* Wilson, 1917 (Copepoda: Lernaeoceridae) on the gills of *Theragara chalcogramma* (Pallas). *Acta Ichthyol. Piscat.* 5, 13-23 (1975)

17) Hasegawa, H.: Larval nematodes of the superfamily Spiruroidea -a description, identification and examination of their pathogenicity-. *Acta Med. Biol.* 26, 79-116 (1978)

18) Hasegawa, H.: Studies on the diphyllobothid cestodes in northern Japan. (4) Plerocercoids recovered from the Alaskan haddock, *Theragra chalcogramma*, and adults developed in the golden hamster. *Jpn. J. Parasitol.* 29, 473-482 (1980)

19) 橋本良平，小谷地　栄：スケトウダラの相対生長の地理的変異について．東北水研報．(38)，41-74 (1977)

20) 早坂　滉，石倉　肇，宮崎秀文，上野　鉄，内海昭彦，佐藤喜三：初期アニサキス症の臨床．北海道外科誌．12，155-161 (1967)

21) 早坂　滉，石倉　肇，宮崎秀文，上野　鉄，内海昭彦，佐藤喜三：アニサキス症の免疫学的研究

その1　その皮内反応について．日本臨床外科医学誌．29，175-181（1968）
22）早坂　滉，石倉　肇，水柿　浩，浅石和昭，高木良三，岩野英明：腸壁に2隻の生アニサキス幼虫が見出された症例について．北海道外科誌．14，141-146（1969a）
23）早坂　滉，石倉　肇，水柿　浩，浅石和昭，岩野英明，高木良三：アニサキス症の予防に関する研究－とくにalcohol，allyl-& phenyl-isothiocyanate および胃液の混合液中におけるアニサキス幼虫の抵抗性について－．北海道外科誌．14，167-171（1969b）
24）平林春雄：各種海産魚類より得られたアニサキスⅠ型幼虫の動物感染実験による病害性の比較．横浜医学．23，405-418（1972）
25）Hislop, J. R. G., and Shanks, A. M.: Recent investigations on the reproductive biology of the haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, of the northern North Sea and the effects on fecundity of infection with the copepod parasite *Lernaeocera branchialis*. *J. Cons. int. Explor. Mer*. 39, 244-251（1981）
26）本多忠喜，坪内春夫，森下茂俊，太田満男，島田健二：名古屋市におけるアニサキスの調査（2）．各種条件下における幼虫の抵抗性について．名古屋市衛生研報．（18），105-107（1971）
27）Ichihara, A.: A new blood fluke *Aporocotyle theragrae* n. sp.（Digenetic Trematoda: Aporocotylidae）from a marine fish, *Theragra chalcogramma*. *Res. Bull. Meguro Parasit. Mus.*（3），1-4（1970）
28）市原醇郎，町田昌昭，古賀　毅，阿部陳明：海産魚類その他のアニサキス属線虫感染調査．寄生虫誌．17，582-583（1968）
29）飯田　優，岡　重美，大黒　徹，大石圭一：アニサキス幼虫の活力に及ぼす酢酸および食酢の影響．北大水産彙報．38，301-310（1987）
30）石倉　肇：アニサキス症について．北海道医学会誌．43，83-99（1968）
31）石倉　肇，菊地由生子：アニサキス幼線虫の人体移行症について．日本医師会誌．57，1649-1655（1967）
32）Ishikura, H., Hayasaka, H., and Kikuchi, Y.: Acute regional ileitis at Iwanai in Hokkaido with special reference to intestinal anisakiasis-. *Sapporo Med. J.* 32, 183-196（1967）
33）石倉　肇，早坂　滉，水柿　浩，浅石和昭，佐伯　尚，上野　鉄：局所性腸炎の研究（その5）－急性滲出性局所性腸炎の病因に関する実験的研究－．日本臨床外科医学誌．31，77-61（1970a）
34）石倉　肇，早坂　滉，水柿　浩，上野　鉄，佐伯　尚，浅石和昭，高木良三，岩野英明：アニサキス症の予防に関する研究（2）－とくに消化酵素ならびに免疫の感染におよぼす影響について－．北海道外科誌．15，41-46（1970b）
35）石倉　肇，菊地由生子，早坂　滉：腸アニサキス症の臨床病理学的考察．日本外科宝函．36，663-679（1967）
36）石倉　肇，菊地由生子，早坂　滉，宮崎秀文，上野　鉄：北海道におけるアニサキス症について．日本臨床外科医学誌．29，49-60（1968）
37）石倉　肇，菊地由生子，早坂　滉，宮崎秀文，上野　鉄：北海道におけるアニサキス症について．日本臨床外科医学誌．29，49-60（1968）
38）石倉　肇，菊地由生子，石倉　浩：アニサキス幼虫による急性腸炎，胃と腸．18，393-397（1983）
39）Ishikura, H., Kikuchi, Y., Toyokawa, O., Hayasaka, H., and Kikuchi, K.: "Skin（intradermal）testing using several kinds of *Anisakis* larva antigens". Intestinal anisakiasis in Japan : Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention

(H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990, 159-165.

40) Ishikura, H., Kikuchi, K., Nagasawa, K., Ooiwa, T., Takamiya, H., Sato, N., and Suane, K.: "Anisakidae and anisakidosis". Progress in clinical parasitology, Vol. III (T. Sun, ed.). New York, Springer-Verlag, 1992, 4-101.

41) 岩野英明, 石倉　肇, 早坂　滉：アニサキス症の予防に関する研究(3)－とくにpyrantel pamoeteの殺滅効果について－. 北海道外科誌. 19, 83-90 (1973)

42) 岩野英明, 石倉　肇, 早坂　滉：最近5カ年間に発生したわが国におけるアニサキス症の免疫学的研究. 外科診療. 16, 1336-142 (1974)

43) 城所清一："フイッシュ・ブロック製造時における寄生虫対策". 魚類とアニサキス（日本水産学会編). 東京, 恒星社厚生閣, 1974, 151-158.

44) Kabata, Z.: *Lernaeocera obtusa* n. sp.: its biology and its effects on the haddock. *Mar. Res., Dep. Agr. Fish. Scotland* 3, 1-26 (1958)

45) Kabata, Z.: The genus *Haemobaphes* (Copepoda: Lernaeoceridae) in the waters of British Columbia. *Can. J. Zool.* 45, 853-875 (1967)

46) Kabata, Z.: "Copepoda and Branchiura". Guide to the parasites of fishes of Canada. Part II-Crustacea (L. Margolis and Z. Kabata, eds.). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 101, 3-127 (1988)

47) 影井　昇：*Anisakis*属線虫の生活史. 最新医学. 24, 389-400 (1969)

48) 影井　昇, 坂口祐二：興味あるアニサキス症様症例. 日本医事新報. (2786), 32-35 (1977)

49) 唐沢洋一, 川上泰正, 平福一郎, 星　和夫, 小山　力：消化管アニサキス・テラノーバ症について. 日本医事新報. (3079), 30-34 (1983)

50) 加藤孝雄, 海沼　勝, 伊藤勝男, 三浦袈裟人：東京中央市場にみられる海産魚介類のアニサキス亜科線虫について. 食品衛生研究. 18, 784-793 (1968)

51) 河内秀希, 並木正義, 諸岡忠夫, 中川健一, 太黒　崇：急性症状を呈する胃アニサキス症－特に胃壁内穿入幼虫の内視鏡おやびレントゲン所見とその臨床像－. 胃と腸. 8, 31-38 (1973)

52) Khan, R. A.: Experimental transmission, development, and effects of a parasitic copepod, *Lernaeocera branchialis*, on Atlantic cod, *Gadus morphua*. *J. Parasitol.* 74, 586-599 (1988)

53) Khan, R. A., and Lacey, D.: Effects of concurrent infections of *Lernaeocera branchialis* (Copepoda) and *Trypanosoma murmanensis* (Protozoa) on Atlantic cod, *Gadus morphua*. *J. Wildlife Dis.* 22, 201-208 (1986)

54) 菊地　滋, 林　滋生, 小杉国雄, 鮎瀬良一郎：*Contracaecum* sp. (type-E) 幼線虫の動物感染実験. 横浜医学. 26, 45-48 (1975)

55) 菊地　滋, 小杉国雄, 平林春雄, 林　滋生：海産魚類より検出した*Contracaecum*属幼線虫6種類の形態学的観察. 横浜医学. 21, 421-427 (1970a)

56) 菊地　滋, 小杉国雄, 平林春雄, 林　滋生：マダラ等より採集したテラノーバ幼虫の動物感染実験. 寄生虫誌. 19, 340 (1970b)

57) 菊地　滋, 小杉国雄, 平林春雄, 林　滋生：*Terranova* sp. 幼線虫の動物感染実験. 横浜医学. 22, 297-302 (1972)

58) 菊地由生子, 上田峻弘, 吉木　敬, 相沢　幹, 石倉　肇：腸アニサキス症の実験免疫病理学的研究. 医学のあゆみ. 62, 731-736 (1967)

59）小林昭夫，小山　力，熊田三由，小宮義孝，大島智夫，影井　昇，石井俊雄，町田昌昭：海産魚類およびイカ類についてのAnisakinae幼線虫の感染調査．寄生虫誌．15，348-349（1966）

60）古賀　毅，市原醇郎，町田昌昭，阿部宗明：魚類のアニサキス（*Anisakis*）属線虫感染調査．パンフレット．3-11（1968）

61）小西孝司，船木宏美，田中庸雄，神野正一，吉村裕之，近藤力王至：急性胃ヘテロケイルス症．日本消化器病学誌．73，1085-1089（1976）

62）小山　力，小林昭夫，熊田三由，小宮義孝，大島智夫，影井　昇，石井俊雄，町田昌昭：海産魚類およびスルメイカより見出されるAnisakidae幼線虫の形態学的および分類学的検討．寄生虫誌．18，466-487（1969）

63）小谷地　栄，橋本良平：スケトウダラの計数的計質の差異についての検討．東北水研報．（38），17-40（1977）

64）Machida, M., and Araki, J.: Some trematodes and cestodes in fishes from the Okhotsk Sea off Hokkaido. *Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo* (25), 97-103 (1992)

65）町田昌昭，荒木　潤，神谷晴夫，大林正士：日高近海産魚類の吸虫類について．国立科博専報．(5)，1-9（1972）

66）Miyamato, K: "Prevalence of larval anisakid nematodes in fresh fish from coastal waters of Hokkaido". Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990, 41-44.

67）水柿　浩，浅石和昭，石倉　肇，早坂　滉：局所性腸炎に関する研究（その６）－とくにskin lesionに関する実験研究－．北海道外科誌．15，47-52（1970）

68）Moravec, F., and Nagasawa, K.: *Ichthyofilaria japonica* sp. n. (Philometridae) and some other nematodes from marine fishes from Hokkaido, Japan. *Vest. Cs. Spolec. Zool.* 49, 211-223 (1985)

69）長野一雄："テラノーバによる急性胃症状"．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1974，73-85.

70）長野一雄，影井　昇，大石圭一：*Terranova*属幼線虫によるアニサキス症様症例．日本医事新報．(2611)，32-34（1974）

71）長野一雄，佐々木　寧，大谷宣人，海老沢健二，大石圭一，徳富義明，仲谷佐太男：急性ヘテロケイルス症の検討－とくに胃テラノーバ症を中心として－．内科．36，1030-1037（1975）

72）長野一雄，佐々木　寧，大谷宣人，徳富義明，仲谷佐太男，大石圭一：急性ヘテロケイルス症の生検．胃と腸．11，195-201（1976）

73）Nagasawa, K.: A rare heavy infestation of *Levinsenia rectangulata* (Hirudinea) on a walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Hokkaido waters. *Nippon Suisan Gakkai-shi* 54, 319 (1988)

74）Nagasawa, K.: "*Anisakis* larvae in intermediate and paratenic hosts in Japan". Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990a, 23-29.

75）Nagasawa, K.: "The life cycle of *Anisakis simplex:* a review". Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990b, 31-40.

76) 長澤和也：水族寄生虫ノート－⑯　ヒルあれこれ．海洋と生物．13，296－297 (1991)
77) 長澤和也，小池幹雄，三宅博哉，夏目雅史：北海道周辺海域のスケトウダラにおけるカイアシ類 *Haemobaphes*の寄生状況と宿主に与える影響．平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集．110 (1990)
78) 仲谷佐太男：急性胃ヘテロケイルス症（テラノーバAによる）の1例．青県病誌．19，221-224 (1974)
79) 並木正義，諸岡忠夫，河内秀希，上田則行，関屋千尋，中川健一，古田豊治，太黒　崇，鎌田　等：急性胃アニサキス症の診断．胃と腸．5，1437-1440 (1970)
80) 日本水産学会（編）：魚類とアニサキス．東京，恒星社厚生閣，1974，164p.
81) Oikawa, Y., and Ikeda, T.: "Infection rate of Anisakinae larvae in fish taken from the offing of Ishikawa Prefecture". Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990, 23-29.
82) 大石圭一："食品衛生対策"．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1974，126-147.
83) 大石圭一，平沖道治：アニサキス幼虫とその食品衛生対策．日水誌．37，1020-1030 (1971)
84) Oishi, K., and Hiraoki, M.: Food hygienic studies on *Anisakis* larvae-IV. On the relation between the mortality and the penetration capacity of the larvae into an agar layer. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 39, 1345-1348 (1973)
85) 大石圭一，森　一雄，西浦康雄：アニサキス幼虫の食品衛生学的研究－V．香辛料精油おやび精油成分の殺滅効果について．日水誌．40，1241-1250 (1974a)
86) 大石圭一，吹田久良，鈴木松朗："〔付記〕生時の肉眼的識別法"．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1974a，20-22.
87) 大石圭一，岡　重美，平沖道治：アニサキス幼虫寄生魚．親潮．(185)，1-5 (1971)
88) 大石圭一，岡　重美，平沖道治：アニサキス幼虫の食品衛生学的研究－II．アニサキス第III期幼虫の遊離および結合アミノ酸組成について．日水誌．38，69-72 (1972a)
89) 大石圭一，岡　重美，平沖道治：アニサキス幼虫の食品衛生学的研究－III．放射線照射によるアニサキス幼虫の死滅効果について．日水誌．38，133-136 (1972b)
90) Oka, A.: Synopsis der Japanischen Hirudineen, mit Diagnosen der Neuen Species. *Annot. Zool. Japon.* 7, 165-183 (1910)
91) Oka, A.: Report of the biological survey of Mutsu Bay. 17. Hirudinea. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 4th ser.* 5, 615-622 (1930)
92) 丘　浅次郎，長尾　善："うおびる"．新日本動物図鑑〔上〕．東京，北隆館，1965，570.
93) 奥村利夫：*Anisakis*症の実験的研究．大阪市医大誌．16，465-499 (1967)
94) 大島智夫：海産魚およびイカ類に由来する新しい寄生虫病－アニサキス症－について．モダンメディア．12，243-252 (1966a)
95) 大島智夫：アニサキスの生物学．寄生虫誌．15，285-285 (1966b)
96) Oshima, T.: "*Anisakis* and anisakiasis in Japan and adjacent area". Progress of Medical Parasitology in Japan, Vol. IV (K. Morishita, Y. Komiya, and H. Matsubayashi, eds.). Tokyo, Meguro Parasitological Museum, 1972, 301-393.
97) 大鶴正満：アニサキス症．モダンメディア．14，361-370 (1968a)

98) 大鶴正満：アニサキス症について．新潟医学誌．82, 295-298 (1968b)
99) 大鶴正満：海産魚介類からの寄生虫症，主としてアニサキス症について．食衛誌．10, 1-13 (1969)
100) 大鶴正満，初鹿野高好，小柳武市，堅持　実：幼線虫の消化器移行症について．寄生虫誌．14, 542-555 (1965)
101) 大鶴正満，白木　公，堅物　実：北日本近海産の魚介類におけるAnisakinae幼虫の分類，形態および感染実験．寄生虫誌．18, 417-418 (1969)
102) 大鶴正満，白木　公，初鹿野高好，堅物　実：北海道近海にみられるAnisakinae幼虫の形態観察および感染実験，特に*Terranova*幼虫について．寄生虫誌．17, 267 (1968)
103) 小柳武久：アニサキス幼虫消化管移行症に関する実験的研究．寄生虫誌．16, 470-493 (1967)
104) 佐伯　尚，水柿　浩，石倉　肇，早坂　滉：アニサキス症の免疫学的研究　その2　宿主組織反応と虫体崩壊過程における免疫応答の関与．北海道医学誌．47, 241-550 (1972)
105) 坂口祐二，安念有声，影井　昇：富山県で見い出されたテラノーバ症の第1例．金医大誌．3, 186-189 (1978)
106) 佐々木政則：スケトウダラ寄生虫に関する調査．漁場別寄生分布について．北水試月報．30(9), 14-34 (1973)
107) 佐藤仁秀，井上憲治，山谷真吾，湊　健児，竹本照彦，須藤　力：最近6か月間に経験した急性胃アニサキス症8例の検討（特にテラノーバA型幼虫を中心に）．弘前医学．33, 508 (1981)
108) 沢田美彦，守山裕三，蝦名鉄徳，佐々木博海，吉田　豊，田辺和彦，千葉理輔：胃テラノーバ症14例の検討．*Gasteroenterol. Endosc.* 25, 713-717 (1983)
109) Sherman, K., and Wise, J. P.: Incidence of the cod parasite *Lernaeocera branchialis* L. in the New England area, and its possible use as an indicator of cod populations. *Limnol. Oceanogr.* 6, 61-67 (1961)
110) Shiino, S. M.: Copepods parasitic on Japanese fishes 12. Family Lernaeopodidae. *Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie* 2, 269-311 (1956)
111) 椎野季雄：“たらのしらみ”．新日本動物図鑑〔中〕．東京，北隆館，1965, 543.
112) 嶋津　武：“生態”．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1974, 23-43.
113) 嶋津　武：北部北太平洋産オキアミ類寄生の条虫および鉤頭虫の幼虫について．日水誌．41, 813-821 (1975a)
114) 嶋津　武：ニベリン条虫*Nybelinia surmenicola*の成虫と生活史について (Cestoda:Trypanorhyncha: Tentaculariidae)．日水誌．41, 823-830 (1975b)
115) 白木　公：消化管幼線虫移行症（主としてアニサキス症）の病理組織学的診断について．最新医学．24, 378-389 (1969)
116) Shiraki, T.: Larval nematodes of family Anisakidae (Nematoda) in the northern sea of Japan -as a causative agent of eosinophilic phlegmone or granuloma in the human gastro-intestinal tract-. *Acta Med. Biol.* 22, 57-98 (1974)
117) Shotter, R. A.: Changes in the parasite fauna of whiting, *Odontogadus merlangus* L. with age and sex of host, season, and from four different areas in the vicinity of the Isle of Man. *J. Fish Biol.* 5, 559-573 (1973)
118) Sproston, N. G., and Hartley, P. H. T.: The ecology of some parasitic copepods of gadoids and other fishes. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 25, 361-392 (1941)
119) Sugane, K.: “Restriction endonuclease analysis of *Anisakis* genome”. Intestinal

anisakiasis in Japan: Infected fish, sero-immunological diagnosis, and prevention (H. Ishikura and K. Kikuchi, eds.). Tokyo, Springer-Verlag, 1990, 81-87.

120) Sugane, K., Quing, L., and Matsuura, T.: Restriction fragment length polymorphisms of Anisakinae larvae. *J. Helminthol.* 63, 269-274 (1989)

121) Suzuki, T., and Ishida, K.: *Anisakis simplex* and *Anisakis physeteris:* physicochemical properties of larval and adult hemoglobins. *Exp. Parasitol.* 48, 225-234 (1979)

122) Suzuki, H., Ohnuma, H., Karasawa, Y., Ohbayashi, M., Koyama, T., Kumada, M., and Yokogawa, M.: *Terranova* (Nematoda: Anisakidae) infection in man. I. Clinical features of five cases of *Terranova* larva infection. *Jpn. J. Parasitol.* 21, 252-256 (1972)

123) 鈴木松朗：魚の寄生虫－主としてスケトウダラの寄生虫について－．北海道栄養食糧誌．24，13-19 (1978)

124) 鈴木松朗：超音波処理が魚類寄生虫の生存力及び起病力に及ぼす影響．名寄女子短期大学学術研究報告．9，21-31 (1976)

125) 鈴木松朗：食塩水および有機酸の溶液がスケトウダラ寄生虫におよぼす影響．名寄女子短期大学学術研究報告．12，1-6 (1979)

126) 鈴木松朗，松藤瑠美子：海産魚類の寄生虫調査．名寄女子短期大学学術研究報告．8，1-30 (1975)

127) 鈴木松朗，松藤瑠美子：加熱及び低温処理が魚類寄生虫の生存力及び起病力に及ぼす影響について．名寄女子短期大学学術研究報告．9，11-19 (1976)

128) 鈴木松朗，松藤瑠美子：紫外線および赤外線照射がスケトウダラ寄生虫の生存および起病力におよぼす影響について．名寄女子短期大学学術研究報告．14，5-11 (1982)

129) 鈴木松朗，大石圭一："スケトウダラ寄生虫"．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣．1974，113-125.

130) Takahashi, S., Sato, N., and Ishikura, H.: Establishment of monoclonal antibodies that discriminate the antingen distribution specifically found in *Anisakis* larvae (type I). *J. Parasitol.* 72, 960-962 (1986)

131) Templeman, W., Hodder, V. W., and Fleming, A. M.: Infection of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) with larvae and of Atlantic cod (*Gadus morphua*) with adults of the copepod, *Lernaeocera branchialis*, in and adjacent to the Newfoundland area, and inferences thereform on inshore-offshore migrations of cod. *J. Fish. Res. Board Can.* 33, 711-731 (1976)

132) 戸塚守夫："免学"．魚類とアニサキス（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣．1974，44-57.

133) Van den Broek, W. L. F.: The effects of *Lernaeocera branchialis* on the *Merlangius merlangus* population in the Medway Estuary. *J. Fish Biol.* 13, 709-715 (1978)

134) Weerasooriya, M. V., Fujino, T., Ishii, Y., and Kagei, N.: The value of external morphology in the identification of larval anisakid nematodes: a scanning electron microscope study. *Z. Parasitenkd.* 72, 765-778 (1986)

135) 八木欣平，高橋健一，石倉　肇：北海道で発生したアニサキス症について．道衛生研究報．40，78-81 (1990)

136) Yamaguti, S.: Studies on the helminth fauna of Japan. Part 2. Trematodes of fishes, I. *Jpn. J. Zool.* 5, 249-541 (1934a)

137) Yamaguti, S.: Studies on the helminth fauna of Japan. Part 4. Cestodes of fishes, I.

Jpn. J. Zool. 6, 1-112 (1934b)

138) Yamaguti, S.: Studies on the helminth fauna of Japan. Part 8. Acanthocephala, I. *Jpn. J. Zool.* 6, 247-278 (1935a)

139) Yamaguti, S.: Studies on the helminth fauna of Japan. Part 9. Nematodes of fishes, I. *Jpn. J. Zool.* 6, 337-386 (1935b)

140) Yamaguti, S.: Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 2. Caligoida, I. Published by the author, 1936, 1-22. 12 pls.

141) Yamaguti, S.: Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 5. Caligoida, III. *Vol. Jub. Prof. Sadao Yoshida* 2, 443-487, 19 pls. (1939a)

142) Yamaguti, S.: Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 6. Lernaeopodoida, I. *Vol. Jub. Prof. Sadao Yoshida* 2, 529-578, 26 pls. (1939b)

143) 山口富雄，工藤尚義，川田茂宏，中出幸克，高田伸弘：Larva migransの研究（24）海産魚類などにおけるアニサキス幼虫の感染状況．寄生虫誌．17，262 (1968)

144) 吉田英雄："スケトウダラ*Theragra chalcogramma* (Pallas)"．北のさかなたち（長澤和也，鳥澤　雅編）．札幌，北日本海洋センター，1991，120-125.

145) 吉田英雄，佐野満広，佐々木　潤：若齢スケトウダラ生態調査．昭和63年度事業報告書．釧路，北海道立釧路水産試験場，1989，90-91.

146) 吉村裕之，近藤力王至，大西義博，赤尾伸明，坪田宣之：過去3年間の当教室のアニサキス症例の集計－特に臨床病理と免疫診断－．日本医事新報．(2837)，29-32 (1978)

147) 吉村裕之，近藤力王至，赤尾伸明，大西義博，渡辺騏七郎，新野武吉，相川公太郎：消化管を穿通したアニサキス幼虫による腹腔（大網および腸間膜）内肉芽腫形成の2例．胃と腸．14，519-522 (1979)

148) Zhukov, E. V.: Endoparasitic worms of the fishes in the Sea of Japan and South-Kuril shallow-waters. *Tr. Zool. Inst. AN. SSSR.* 28, 3-146 (1960)(In Russian with English summary.)

Appendix

A List of the Parasites of Gadid Fishes in Japanese Waters

For each taxon, the following information is given: current scientific name, followed by any synonyms under which records from Japanese gadid fishes have been established; site(s) of infection; host(s); reported distribution; record(s) of author (s) with detailed locality or localities in parentheses, followed by explanatory remarks, where applicable. PO, North Pacific Ocean; SJ, Sea of Japan; SO, Sea of Okhotsk.

1. Myxozoa

Myxidium ochotense Fujita, 1923
Site: gall bladder
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: PO
Record: Fujita 1923 (Hanasaki)

Myxidium theragrae Fujita, 1923
Site: gall bladder
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: SJ
Record: Fujita 1923 (Iwanai)

2. Microspora

Pleistophora sp.
Syn.: *Glugea punctifera* Thelohan, 1895 of Sasaki, 1973
Site: musculature
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO, SJ, SO
Record: Sasaki 1973 (PO: southeast Hokkaido, south Kurile Islands, SJ : southwest Hokkaido, SO: Nemuro Strait)
Remarks: Arthur *et al.* (1982) suggested that *Glugea punctifera* reported by Sasaki (1973) is identified as *Pleistophora* sp.

3. Cestoidea

Abothrium gadi van Beneden, 1871
Syn.: *Abothrium rugosum* (Batsch, 1786) of Yamaguti, 1934b
Site: intestine
Hosts: *Eleginus gracilis* (2)
Gadus macrocephalus (1,2)
Theragra chalcogramma (1)
Dist.: PO, SJ
Records: 1. Yamaguti 1934b (SJ: Toyama Bay) ; 2. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island)

Diphyllobothrium sp. plerocercoid
Site: stomach wall
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: SJ
Record: Hasegawa 1982 (Sado Island)
Remarks: Hasegawa (1982) mentioned that this species closely resembles *Diphyllobothrium alascense* but differs in details.

Grillotia erinaceus (van Beneden, 1858) Guiart, 1927 (plerocercoid)
Site: body cavity
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: SJ
Record: Yamaguti 1934b (Toyama Bay)

Nybelinia surmenicola Okada in Dollfus, 1929 (plerocercoid)
Includes: *Nybelina* sp. larva (larger form) of Yamaguti, 1934b
Sites: stomach wall, mesentery, viscera, musculature
Hosts: *Gadus macrocephalus* (1)
Theragra chalcogramma (2,3,4,5,6,7,8,9,10)
Dist.: PO, SJ, SO

Records: 1. Yamaguti 1934b (SJ: Toyama Bay) ; 2. Sasaki 1973 (PO: southeast Hokkaido, south Kurile Islands, SJ: southwest Hokkaido, SO: Nemuro Strait) ; 3. Suzuki and Oishi 1974 (PO: Funka Bay, SJ: Iwanai, SO: Rausu) ; 4. Josho 1974 (PO: Funka Bay) ; 5. Shimazu 1975b (−: Wakkanai) ; 6. Suzuki and Matusufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank) ; 7. Suzuki and Matsufuji 1976 (−) ; 8. Suzuki 1976 (SO: Yamato Bank); 9. Suzuki 1979 (−) ; 10. Suzuki and Matsufuji 1982 (SO: Yamato Bank)

Pyramicocephalus phocarum (Fabricius, 1780) Monticelli, 1890 (plerocercoid)
Sites: body cavity, viscera
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO, SJ, SO
Records: Sasaki 1973 (PO: southeast Hokkaido, south Kurile Islands, SO: Nemuro Strait); Suzuki and Matsufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank) ; Hasegawa 1982 (SJ: Sado Island) ; Machida and Araki 1992 (SO: Hokkaido)

Scolex pleuronectis O. F. Müller, 1788 (plerocercoid)
Includes: *Scolex polymorphus* larva (monolocular type with accessory sucker) of Yamaguti, 1934b
Sites: intestine, gall bladder
Hosts: *Eleginus gracilis* (2)
Gadus macrocephalus (1,2)
Theragra chalcogramma (1)
Dist.: PO, SJ
Records: 1. Yamaguti 1934b (SJ:Toyama Bay) ; 2. Zhukov 1960 (PO:Shikotan Island)

4. Trematoda

Aprocotyle theragrae Ichihara, 1970
Site: blood vessel
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO
Records: Ichihara 1970 (−: adjacent seas of Hokkaido) ; Machida *et al.* 1972 (PO:Samani)

Brachyphallus crenatus (Rudolphi, 1802) Odhner, 1905
Site: stomach
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Derogenes varicus (O. F. Müller, 1784) Looss, 1901
Site: stomach
Host: *Eleginus gracilis*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Hemiurus levinseni Odhner, 1905
Syn.: *Hemiurus odhneri* Yamaguti, 1934
Site: stomach
Hosts: *Eleginus gracilis* (2,3)
Gadus macrocephalus (2)
Theragra chalcogramma (1,3)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Yamaguti 1934a (SJ: Toyama Bay) ; 2. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 3. Machida and Araki 1992 (SO: Hokkaido)

Lecithaster gibbosus (Rudolphi, 1802) Lühe, 1901
Site: stomach
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Lepidapedon gadi (Yamaguti, 1934) Acena, 1947
Syn.: *Lepidora gadi* Yamaguti, 1934
Sites: intestine, pyloric caeca
Hosts: *Eleginus gracilis* (2,4)
Gadus macrocephalus (1,2,4)
Theragra chalcogramma (3)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Yamaguti 1934a (SJ: Toyama Bay) ; 2. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 3. Machida *et al.* 1972 (PO: Samani) ; 4. Machida and Araki 1992 (SO: Hokkaido)

Podocotyle atomon (Rudolphi, 1802) Odhner, 1905
Sites: intestine, pyloric caeca
Host: *Eleginus gracilis*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Podocotyle reflexa (Creplin, 1825) Odhner, 1905
Sites: intestine, pyloric caeca
Hosts: *Eleginus gracilis* (1)
Gadus macrocephalus (1)
Theragra chalcogramma (2)
Dist.: PO
Records: 1. Zhukov 1960 (Shikotan Island) ; 2. Machida *et al.* 1972 (Samani)

5. Nematoda

Anisakis physeteris Baylis, 1923 (larva)
Syn.: *Anisakis* type II larva
Sites: viscera, body cavity
Hosts: *Gadus macrocephalus* (2,3)
Theragra chalcogramma (1)
Dist.: not specified
Records: 1. Kato *et al.* 1968 (−: Tokyo Central Fish Market) ; 2. Ichihara *et al.* 1968 (−: Tokyo Central Fish Market) ; 3. Koga *et al.* 1968 (−: Hokkaido, Wakkanai, Haragama)

Anisakis simplex (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878) Dujardin, 1845 (larva)
Syn.: *Anisakis salaris* (Gmelin, 1790) of Yamaguti, 1935b
Anisakis type I larva auct.
Anisakis (Type I) larva auct.
Anisakis larva (I) of Shiraki, 1974
Anisakis sp. larva auct.
Includes: *Anisakis*-type larva
Sites: body cavity, viscera, musculature
Hosts: *Eleginus gracilis* (2)
Gadus macrocephalus (1,2,4,5,6,9,14,16,17,19,23,24,25,30,35,39,42,44,56,57,58,59,60,61)
Theragra chalcogramma (1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,31,32,33,34,35,36,37,38,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,60,61,62)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Yamaguti 1935b (SJ: Toyama Bay) ; 2. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 3. Otsuru *et al.* 1966 (−) ; 5. Oshima 1966a (−: Tokyo Central Fish Market) ; 6. Oshima 1966b (−) ; 7. Kikuchi *et al.* 1967 (SJ: Iwanai) ; 8. Ishikura and Kikuchi 1967 (SJ:−) ; 9. Okumura 1967 (−) ; 10. Oyanagi 1967 (−) ; 11. Ishikura 1968 (SJ:Iwanai); 12. Hayasaka *et al.* 1968 (SJ: Iwanai) ; 13.Ishikura *et al.* 1968 (SJ: Iwanai) ; 14. Kato *et al.* 1968 (−) ; 15. Yamaguti *et al.* 1968 (−) ; 16. Ichihara *et al.* 1968 (−: Tokyo Central Fish Market) ; 17. Otsuru 1968a (SJ: Niigata, −: Hokkaido) ; 18. Otsuru 1968b (SJ: Niigata) ; 19. Koga *et al.* 1968 (−: Hokkaido, Wakkanai, Haragama) ; 20. Kagei 1969 (−) ; 21. Hayasaka *et al.* 1969 (SJ: −) ; 22. Otsuru *et al.* 1969 (−: Hakodate) ; 23. Otsuru 1969 (−: northern sea) ; 24. Shiraki 1969 (SJ: Niigata) ; 25. Koyama *et al.* 1969 (−) ; 26. Ishikura *et al.* 1970a (−) ; 27. Ishikura *et al.* 1970b (SJ: Iwanai) ; 28. Mizugaki *et al.* 1970 (−) ; 29. Oishi and Hiraoki 1971 (PO: Funka Bay); 30. Honda *et al.* 1971 (−: Nagoya Central Fish Market) ; 31. Hayasaka *et al.* 1971 (−);

32. Oishi *et al.* 1971 (−) ; 33. Oishi *et al.* 1972a (PO: Uchiura Bay, SO: Monbetsu) ; 34. Oishi *et al.* 1972b (−: Hokkaido) ; 35. Hirabayashi 1972 (PO: Kushiro) ; 36. Saeki *et al.* 1972 (−) ; 37. Oishi and Hiraoki 1973 (SO: Monbetsu) ; 38. Iwano *et al.* 1973 (SJ: Iwanai) ; 39. Aihara 1973 (−) ; 40. Oishi *et al.* 1974 (−: Wakkanai) ; 41. Shimazu 1974 (−) ; 42. Suzuki and Oishi 1974 (PO: Funka Bay, SJ: Iwanai, SO: Rausu) ; 43. Josho 1974 (PO: Funka Bay) ; 44. Shiraki 1974 (PO: Sendai, Kushiro, SJ: Niigata, Akita, Otaru, −: Wakkanai) ; 45. Suzuki and Matsufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank); 46. Suzuki and Matsufuji 1976 (−) ; 47. Suzuki 1976 (SO: Yamato Bank) ; 48. Nagano *et al.* 1976 (−) ; 49. Koyachi and Hashimoto 1977 (PO: Miyako, Kinkazan, Hachinohe); 50. Suzuki 1979 (−) ; 51. Suzuki and Ishida 1979 (−) ; 52. Suzuki and Matsufuji 1976 (SO: Yamato Bank) ; 53. Moravec *et al.* 1985 (PO: Shikabe) ; 54. Takahashi *et al.* 1986 (SJ: Hokkaido) ; 55. Iida *et al.* 1987 (−: Hokkaido) ; 56. Sugane *et al.* 1989 (−) ; 57. Miyamoto 1990 (PO: Kushiro) ; 58. Oikawa and Ikeda 1990 (SJ: Ishikawa) ; 59. Sugane 1990 (−) ; 60. Ishikura *et al.* 1990 (−) ; 61. Asaishi *et al.* 1990 (−) ; 62. Ishikura *et al.* 1992 (PO: southeast Hokkaido)

Anisakis sp. larva
Syn.: *Anisakis* type III larva
Anisakis type IV larva
Site: viscera
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO, SJ
Records: Otsuru *et al.* 1968 (PO: Kushiro) ; Otsuru *et al.* 1969 (−: Hakodate) ; Shiraki 1974 (PO: Sendai, Kushiro, SJ: Niigata, Akita, Otaru, −: Wakkanai)

Anisakinae gen. spp. larvae
Site: viscera
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO, SJ, SO
Record: Sasaki 1973 (PO: Cape Erimo, Hiro-o, Daikoku Island, Iturup Island, SJ: Kumaishi, SO: Rausu)

Ascarophis filiformis Poljansky, 1952 (adult)
Site: stomach
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Ascarophis pacificus Zhukov, 1960 (larva and adult)
Syn.: Spriruroidea Type XI of Shiraki, 1978
Sites: stomach wall and lumen
Hosts: *Eleginus gracilis* (1)
Gadus macrocephalus (1)
Theragra chalcogramma (2)
Dist.: PO
Records: 1. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 2. Hasegawa 1978 (−: Hokkaido)

Contracaecum osculatum (Rudolphi, 1802) Baylis, 1920 (larva)
Syn.: *Contracaecum* (Type B) larva of Koyama *et al.*, 1969
Contracaecum type B larva of Suzuki and Oishi, 1974; Weerasooriya *et al.*, 1986
Contracaecum-type larva (A) of Shiraki, 1969, 1974
Contracaecum type A larva of Oishi *et al.*, 1974; Suzuki and Matsufuji, 1975, 1976, 1982; Suzuki, 1976, 1979,
Contracaecum larva (type E) of Kikuchi *et al.*, 1970
Includes: *Contracaecum* sp. larva of Kato *et al.*, 1968
Site: viscera
Hosts: *Gadus macrocephalus* (2,4,5,7,8,12,14,19)
Theragra chalcogramma (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Kobayashi *et al.* 1966 (−) ; 2. Kato *et al.* 1968 (−: Tokyo Central Fish Market); 3. Otsuru 1968a (−: Hokkaido) ; 4. Otsuru *et al.* 1968 (−: Hokkaido) ; 5. Koga *et al.* 1968 (−: Hokkaido, Wakkanai, Haragama) ; 6. Koyama *et al.* 1969 (−) ; 7. Shiraki 1969 (PO: Kushiro, SJ: Niigata, Otaru, −: Wakkanai) ; 8. Kikuchi *et al.* 1970 (PO:

Kushiro, SJ: Otaru) ; 9. Suzuki and Oishi 1974 (PO: Funka Bay, SJ: Iwanai, SO: Rausu) ; 10. Josho 1974 (PO: Funka Bay) ; 11. Oishi *et al.* 1974 (−: Wakkanai) ; 12. Shiraki 1974 (PO: Sendai, Kushiro, SJ: Niigata, Akita, Otaru, −: Wakkanai) ; 13. Suzuki and Matsufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank) ; 14. Kikuchi *et al.* 1975 (PO: Kushiro) ; 15. Suzuki and Matsufuji 1976 (−) ; 16. Suzuki 1976 (SO: Yamato Bank) ; 17. Suzuki 1979 (−) ; 18. Suzuki and Matsufuji 1982 (SO: Yamato Bank) ; 19. Weerasooriya *et al.* 1986 (−)

Hysterothylacium aduncum (Rudolphi, 1802) Deardorff and Overstreet, 1981
(larva and adult)
Syn.: *Contracaecum aduncum* (Rudolphi, 1802)
Thynnascaris adunca (Rudolphi, 1802)
Sites: intestine, pyloric caeca
Hosts: *Eleginus gracilis* (1)
Gadus macrocephalus (2)
Theragra chalogramma (2)
Dist.: PO, SJ
Records: 1. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 2. Shiraki 1972 (PO: Kushiro, SJ: Niigata)

Pseudoterranova decipiens (Krabbe, 1878) Gibson and Colin, 1982 (larva)
Syn.: *Terranova decipiens* (Krabbe, 1878)
Terranova (Type A) larva aut.
Inlcudes: *Porrocaecum* sp. larva
Terranova sp. larva
Sites: viscera, body cavity
Hosts: *Gadus macrocephalus* (1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,14)
Theragra chalogramma (1,7,8,9,11,12,13)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Kobayashi *et al.* 1966 (−) ; 2. Otsuru 1968a (−: Hokkaido) ; 3. Otsuru *et al.* 1968 (−: Hokkaido) ; 4. Koga *et al.* 1968 (−: Hokkaido, Wakkanai, Haragama) ; 5. Otsuru 1969 (−: northern sea) ; 6. Shiraki 1969 (−: Wakkanai) ; 7. Koyama *et al.* 1969 (−) ; 8. Kikuchi *et al.* 1970 (−: Hokkaido) ; 9. Kikuchi *et al.* 1972 (PO: Kushiro, SJ: Otaru) ; 10. Oishi *et al.* 1974 (−: Wakkanai) ; 11. Shiraki 1974 (PO: Kushiro,SJ: Otaru, −: Wakkanai) ; 12. Suzuki and Matsufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank); 13. Suzuki and Matsufuji 1976 (−) ; 14. Miyamoto 1990 (PO: Kushiro)

Spirurina sp. larva
Syn.: Spiruroidea Type IX larva of Hasegawa, 1978
Site: stomach wall
Host: *Gadus macrocephalus*
Theragra chalcogramma
Dist.: not specified
Record: Hasegawa 1978 (−: Hokkaido)

Spirurina sp. larva
Syn.: Spiruroidea Type X larva of Hasegawa, 1978
Sites: stomach and intestinal walls, viscera
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: not specified
Records: Hasegawa 1978 (Hokkaido) ; Ando *et al.* 1992a (Hokkaido) ; Ando *et al.* 1992b (Markets in Tsu City, Mie)
Remarks: This larva has been currently regarded as the causative agent of human creeping eruption (see Ando *et al.*, 1992a, 1992b) .

6. Acanthocephala

Corynosoma strumosum (Rudolphi, 1802) Lühe, 1904 (juvenile)
Site: mesentery
Host: *Eleginus gracilis*
Dist.: PO
Record: Zhukov 1960 (Shikotan Island)

Echinorhynchus dissimilis Yamaguti, 1939
Site: intestine
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: PO
Record: Araki and Machida 1987 (Samani)

Echinorhynchus gadi Zoega in Müller, 1776
Site: intestine
Hosts: *Eleginus gracilis* (3)
Gadus macroephalus (1,2,3,8)
Theragra chalcogramma (1,2,3,4,5,6,7,8)
Dist.: PO, SJ, SO
Records: 1. Fujita 1920 (SJ: Iwanai, SO: −) ; 2. Yamaguti 1935a (SJ: −) ; 3. Zhukov 1960 (PO: Shikotan Island) ; 4. Sasaki 1973 (−) ; 5. Suzuki and Matsufuji 1975 (SO: Monbetsu, Yamato Bank) ; 6. Suzuki and Matsufuji 1976 (−) ; 7. Suzuki and Matsufuji 1982 (SO: Yamato Bank) ; 8. Araki and Machida 1987 (P: Samani, SJ: Kamo, Takojima)

7. Hirudinoidea
Levinsenia rectangulata (Levinsen, 1882) Vasiliev, 1939
Syn.: *Ichthyobdella uobir* Oka, 1910
Site: branchial cavity
Hosts: *Gadus marcocephalus* (1)
Theragra chalcogramma (2,3)
Dist.: PO
Records: 1. Oka 1930 (Mutsu Bay) ; 2. Nagasawa 1988 (Kushiro) ; 3. Nagasawa 1991 (Kushiro)

8. Copepoda
Chondracanthus theragrae Yamaguti, 1939
Site: gills
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: SJ
Record: Yamaguti 1939b (Toyama Bay)

Clavella adunca (Strøm, 1762) Dollfus, 1953
Syn.: *Clavella uniciata* (O. F. Müller, 1776)
Site: gills
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: SJ
Records: Yamaguti 1939b (SJ: Toyama Bay) ; Shiino 1956 (−: Wakkanai)

Clavella sp.
Site: gills
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: SO
Record: Suzuki and Matsufuji 1975 (Monbetsu, Yamato Bank)

Haemobaphes diceraus Wilson, 1917
Syn.: *Haemobaphes theragrae* Yamaguti, 1939
Site: gills
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: PO, SJ, SO
Records: Yamaguti 1939a (SJ: Toyama Bay) ; Yoshida *et al.* 1989 (PO: Shiriba, Kushiro, Hiro-o, Shikabe, SO: Nemuro Strait) ; Nagasawa *et al.* 1990 (PO: east and south Hokkaido, SJ: south, central, and north Hokkaido, SO: Nemuro Strait) ; Yoshida 1991 (−)
Remarks: Kabata (1967) suggested that *H. theragrae* is identical as *H. diceraus*, and Grabda (1975) supported his view. However, Kabata (1988) treated these forms as independent species. The validity of *H. theragrae* should be studied.

Lepeophtheirus parviventris Wilson, 1905
Site: body surface
Host: *Theragra chalcogramma*
Dist.: SJ
Record: Yamaguti 1936 (Toyama Bay)

9. Isopoda
Rotinela maculata Schioedte and Meinert, 1897
Site: body surface
Host: *Gadus macrocephalus*
Dist.: not specified
Record: Shiino 1965

北水試研報　42，91－100（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

1990－91～91－92年の岩内湾におけるスケトウダラ*Theragra chalcogramma*（Pallas）卵稚仔の分布動向と最近の特徴

八木宏樹[*1]，武藤卓志[*2]

Recent aspect of the distribution of eggs, larvae and postlarvae of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) for the season of 1990-91 to 91-92 in Iwanai Bay (Japan Sea), Hokkaido

Hiroki YAGI[*1] and Takashi MUTOH[*2]

The distribution patterns of eggs,larvae and postlarvae of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) observed in the seasons of 1990-91 to 91-92 in the Iwanai Bay (Japan Sea) were analysed and compared with that of 1986-1987 to 89-90.

The maximum level of the eggs,larvae and postlarvae occurred in 1989-90 for recent years,whereas the lowest levels were shown in 1991-92 followed by 1987-88.

Since the season 1991-92 corresponds to the recruitment season of the 1987-88 spawning population.We suggest that there is some relation between the parent and its progeny stocks in spite of the hypothesis that there is rare numerical relation between them for this species.

We also discussed the advanced spawning season in 91-92 in comparison with the previous seasons and relation to the low level abundance of eggs due to over harvesting.

はじめに

岩内湾は北海道の積丹半島の先端から岩内町雷電岬を結んだ半閉鎖的な湾であり，スケトウダラの良い漁場として知られている。同湾にはスケトウダラの産卵場が形成され[1)]，産卵期の12月から3月にかけて総数で数十兆個の産卵が行われる[2)]。経験的には同湾内の水深200

報文番号　A208（1993年1月25日受理）
＊1　北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station,Yoichi, Hokkaido 046, Japan）
＊2　北海道原子力環境センター；現，北海道立釧路水産試験場（Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Kyowa,Hokkaido 045-01 Japan ; Present address : Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan）

mラインを中心に産卵場が形成されるといわれているが，実際の同魚卵稚仔の分布と動向は，魚群探知機や漁獲資料から得られた親魚の位置より間接的に推定されるほかはなかった。しかし，1986年からは岩内湾奥に位置する北海道電力株式会社泊発電所周辺および岩内湾の320㎢の範囲でスケトウダラ卵稚仔のモニタリングが継続して行われるようになり，直接的に卵稚仔の動向を明らかにできるようになった。1990年には産卵位置および深度を探るために1986－87～1989－90年の4シーズンにわたる卵稚仔の分散についての解析が行われ，産卵場所，深度，その後の卵稚仔の分散など時空的な広がりが確認された[3]。

本報告では1990－91～91－92年の2シーズンの同湾におけるスケトウダラ卵稚仔の分布と，量的変化，位置的変化などの動向を新たに解析し，過去の結果と比較することにより，最近のスケトウダラ資源の推移を検討した。

なお，本論文に用いた最近の卵稚仔の数量データは主として「泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書」[4-5]のスケトウダラ卵稚仔分布調査結果に基づいたものである。

材料と方法

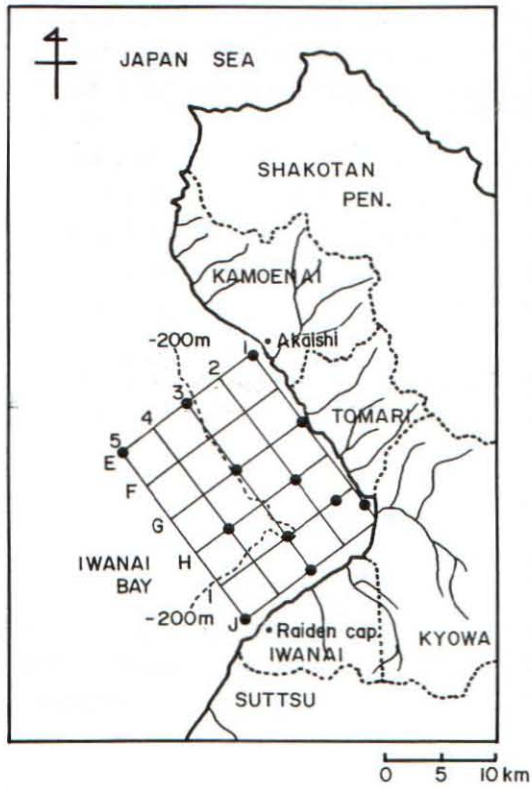


Fig. 1. Location of Shakotan Peninsula and Iwanai Bay ; Monitoring for walleye pollock are continued at 12 points in the Bay since December 1986.

今回の報告に用いた卵稚仔数に関するデータは，過去4年分については主として「泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（事前報告書も含む）」昭和61年度～平成元年度の各第4四半期報告書[6-9]により，最近2年分については主として「泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書」平成2～3年度各第4四半期報告書[4-5]に基づいたものであるが，気象および海象など必要な補足調査結果は報告書とは別にとりまとめたものである。

調査はMTDネット（GG54：目合0.33㎜，口径0.56m）では表層，海面下3m，10m，20mおよび40mの5層を約1ノットで5分間水平曳きして卵稚仔を採集し，NORPACネット（GG54：目合0.33㎜，口径0.45m）では原則として海面下150mから海面までの鉛直曳きにより卵稚仔を採集している。採集地点はFig. 1に示すとおり，後志管

内岩内町雷電岬，泊村堀株川河口，神恵内村赤石地先および同沖合16kmを結んだ範囲の中の12点である。

解析には，卵の浮上速度から発生段階の若い卵が産卵場直上で採集されると仮定し，発生段階が受精から桑実胚期（Stage A）の卵[10]に着目，各年度における卵稚仔の分布と，量的変化，位置的変化などの動向を探る目的で単年度ごとのデータを用いた。

また，卵稚仔の分散と気象および海象との関連を求めるため，同海域の風向風速データおよび流向流速データを用いて検討した。風向風速データは北海道原子力環境センター所属の神恵内，ヘロカルウス（泊村），岩内のモニタリングステーション各局の気象データ（10分値）から，12月から翌年3月までの各月ごとの3年間の平均値を求めた。海象データは同様に岩内湾奥部6点でベルゲン式流向流速計により連続15日間測定した各年2月のデータ（10分値）の平均値を用いた。

結　果

岩内湾で採集されたスケトウダラの平均卵数をTable 1に示す。90－91，91－92シーズンとも12月から翌年3月まで卵の分布がみられたが，出現の時系列パターンは若干異なった。90－91シーズンは1月期よりも2月期に多く，MTDネットによる調査では1月期が3,930個体／100㎥であるのに対し，2月期は4,017個体／100㎥であった。NORPACネットによる調査では1月期が2,853個体／100㎥であるのに対し，2月期は2,902個体／100㎥であった。これとは逆に91－92シーズンは1月期にもっとも多くの卵が出現し，MTDネットでは3,606個体／100㎥，NORPACネットでは2,803／100㎥に達したが，12月期にも2,056個体／100㎥の卵がみられるなど，12月期に1月期と同レベルの産卵が行われていた。

主たる産卵場所は，MTDネットによる1月期表面の卵の分布から90－91シーズンは神恵内村の赤石沖から水深200mラインが湾曲した一般に主産卵場といわれる位置に至る範囲，91－92シーズンは神恵内村の赤石沖を中心とする範囲であることがうかがわれた。いずれに

Table 1. The numbers of eggs, larvae and postlarvae of the walley pollock collected with 3 different nets for the season of 1990-91 in Iwanai Bay (Japan Sea), Hokkaido, and comparison with those of 1986-87 to 89-90.

Sampling method	Unit	Average Nos. of ind.											
		December			January			February			March		
		86-90	90-91	91-92	86-90	90-91	91-92	86-90	90-91	91-92	86-90	90-91	91-92
Eggs													
MTD net	ind./100㎥	47	10	2056	7115	3930	3606	538	4017	8	233	24	19
NORPAC net	ind./100㎥	34	41	234	5439	2853	2803	670	2902	39	197	49	35
Larvae													
MTD net	ind./100㎥	0	0	+	69	43	16	21	24	+	9	5	1
NORPAC net	ind./100㎥	0	0	0	44	23	16	10	31	1	5	7	1
Postlarvae													
Larvae net	ind./500㎥	0	0	0	0	3	++	0	1	++	2	1	++

86-90: Means for 1986-87 to 89-90
+ : <0.1ind./100㎥
++ : <0.1ind./500㎥

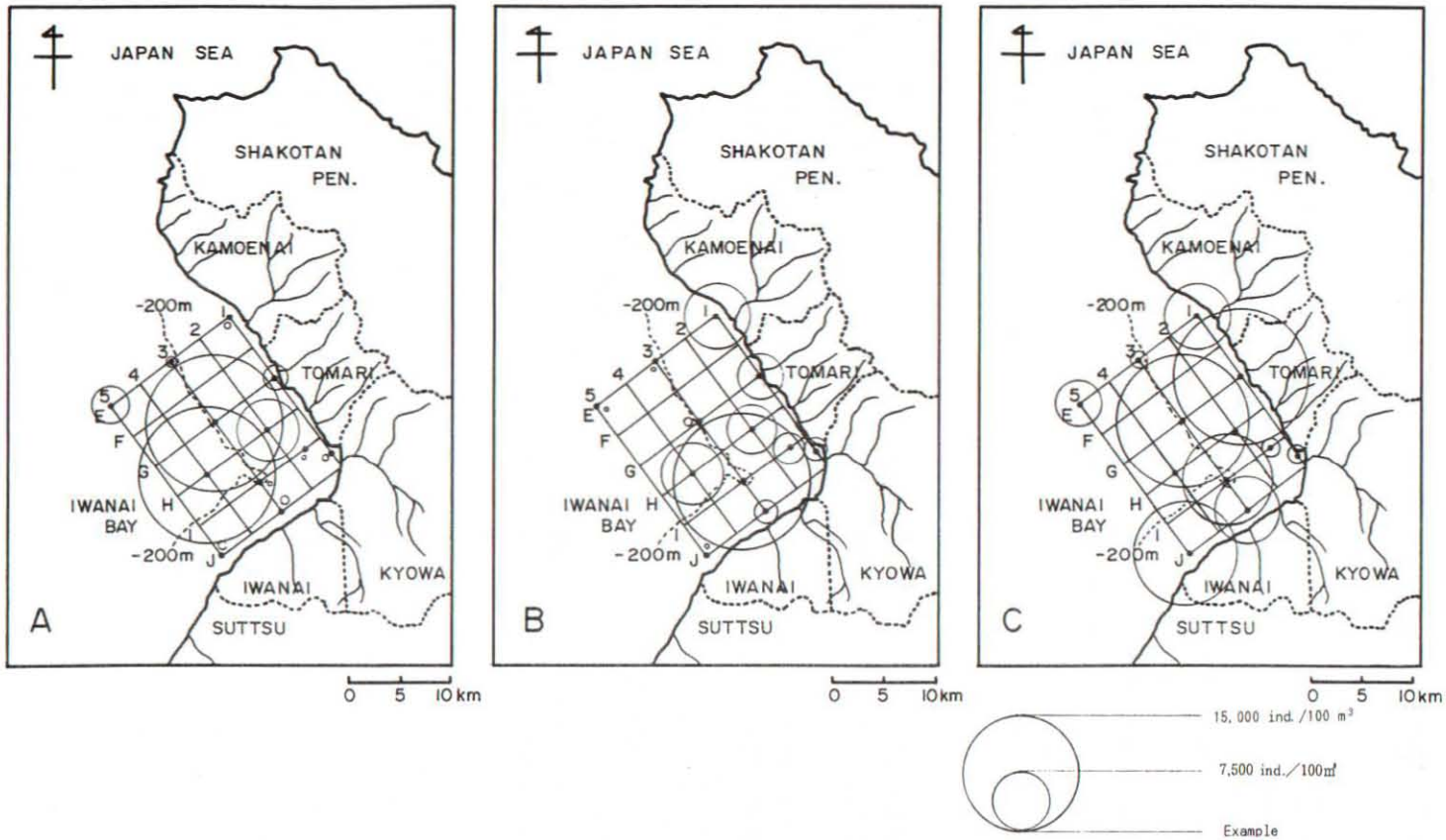


Fig. 2. Distribution of eggs of *T. chalcogramma* collected with NORPAC net in January in Iwanai Bay. A; for 90-91 season, B; for 91-92 season, C; means for 86-90 seasons.

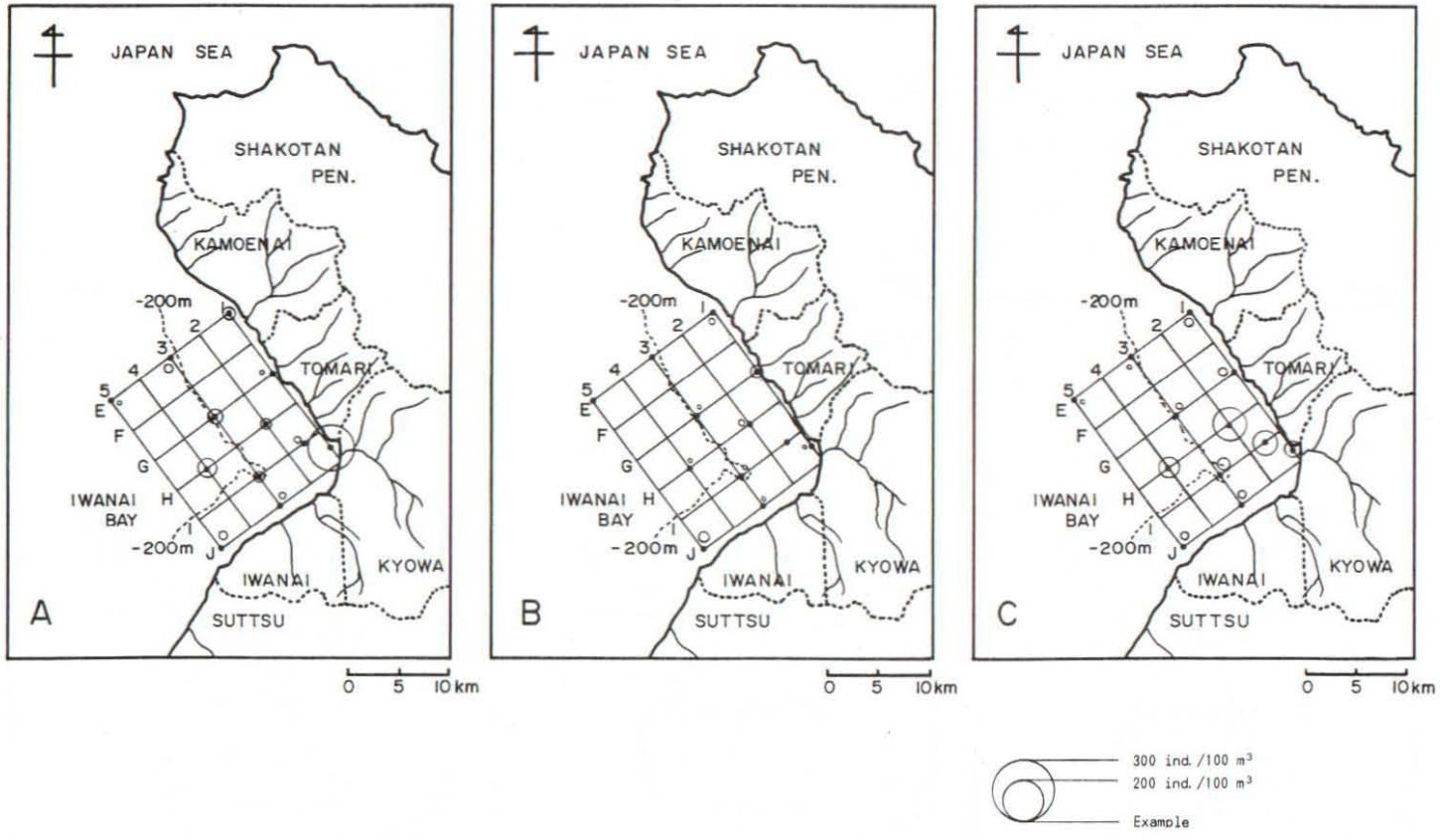


Fig. 3. Distribution of larvae of *T. chalcogramma* collected with larvae net during December to March in Iwanai Bay. A; for 90-91 season, B; for 91-92 season,C; means for 86-90 seasons.

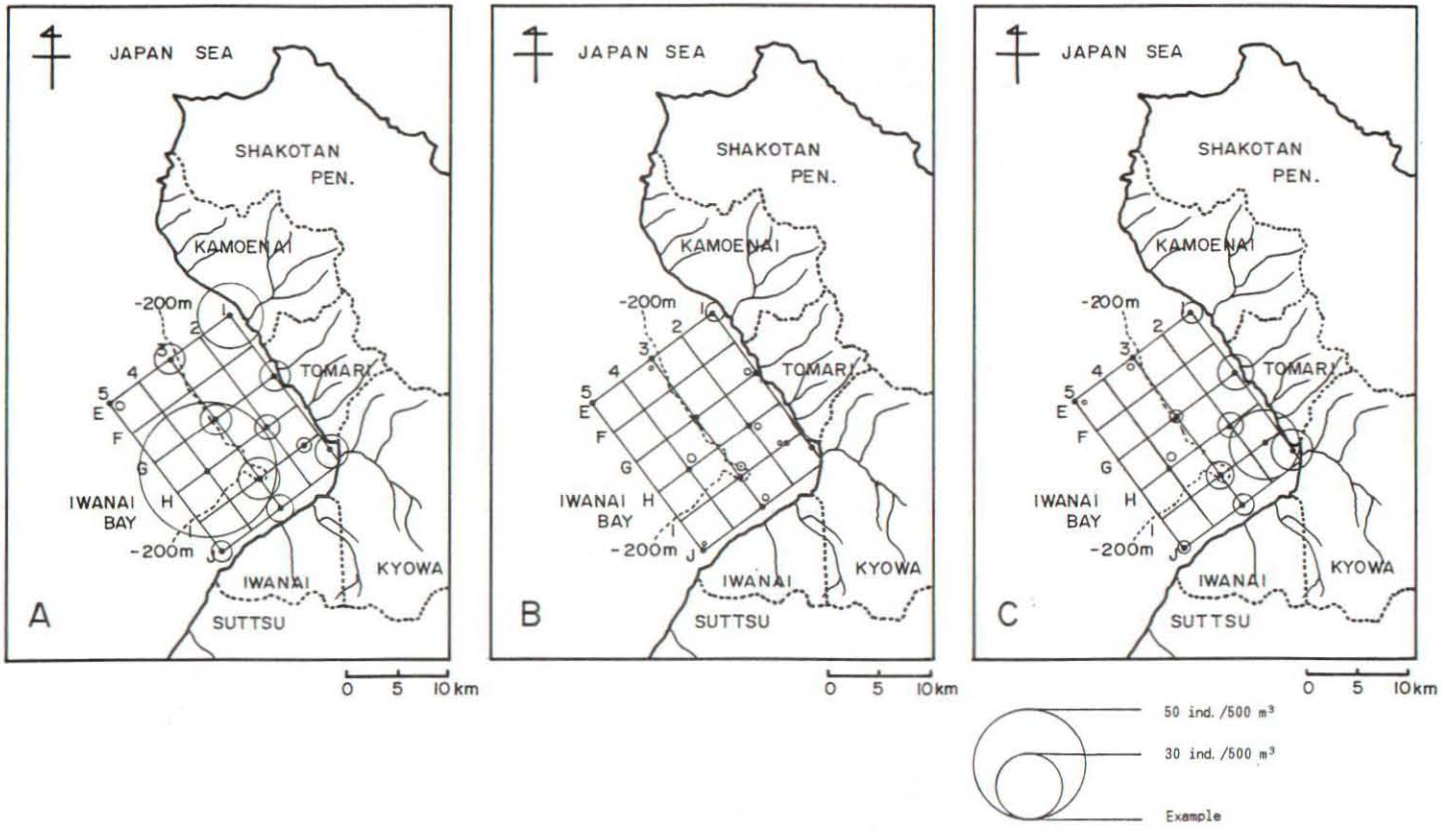


Fig. 4. Distribution of postlarvae of *T. chalcogramma* collected with larvae net during December to March in Iwanai Bay. A; for 90-91 season, B; for 91-92 season,C; means for 86-90 seasons.

しても両年の岩内湾湾奥部の沿岸域では出現頻度は極めて低かった。同様なことはNORPACネットによる調査からもうかがわれる。Fig. 2－AはNORPACネットによる90－91シーズンの1月期の卵の分布，Fig. 2－Bは91－92シーズンの1月期の卵の分布を示すが，いずれもMTDネットによる調査結果を裏付けている。1991年12月に採集した卵数は前述のとおり1月期と同じレベルであったが，この時期の産卵位置は雷電岬1海里沖であった。

仔魚は，MTDネットによる調査では調査海域のいずれの地点，深度においても12月期にはほとんど採集されず，1月期にもっとも多くの仔魚が採集された。とくに90－91シーズンは卵の出現と連動し，1月期に43個体／100㎥，2月期には24個体／100㎥とほぼ同レベルであったのに対し，91－92シーズンは1月期に16個体／100㎥，2月期は0.1個体／100㎥未満であった。NORPACネットによる調査でもこの結果は反映されているが，90－91シーズンには2月期にもっとも多くの仔魚の出現が観察されており，この年の仔魚の出現が1月期，2月期ともに同レベルであったことが裏付けられている。Fig. 3－AはNORPACネットによる90－91シーズンを通した仔魚の分布，Fig. 3－Bは91－92シーズンの仔魚の分布を示す。90－91シーズンには岩内湾湾奥部の堀株河口域で比較的多くの仔魚が観察されたが，91－92シーズンには湾全体で仔魚の出現が一様に少ないことが観察された。

稚魚は12月期には出現しなかった。90－91シーズンには1月期に3個体／500㎥でもっとも多くの出現が観察され，2月期，3月期はともに1個体／500㎥であった。これに反して91－92シーズンはピークがなく，1～3月期ともに0.1個体／500㎥未満の出現であった。Fig. 4－Aはまるちネットによる90－91シーズンを通した稚魚の分布，Fig. 4－Bは91－92シーズンの稚魚の分布を示す。90－91シーズンの稚魚は湾中部および水深200mラインの内側を中心として一様な分布がみられるのに対し，91－92シーズンは岩内湾全体において稚魚の出現が観察されなかった。

考　　察

Yagi[3]は1986年12月～1990年3月の岩内湾におけるスケトウダラ卵稚仔の分布と，量的変化，位置的変化などの動向を推定した。この時の解析も今回と同様に「泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書」[6-9]に報告されているスケトウダラ卵稚仔分布数の結果を用いたが，年ごとの変動を避けるため解析は4年間の平均値を用いて行われた。平均値を用いた解析からは岩内湾におけるスケトウダラ卵稚仔の平均的な分布動向をみることができるので，1990－91シーズンの結果および91－92シーズンの結果をこれと比較することにより，スケトウダラ卵稚仔の最近の分布動向を知ることができる。

1986－90年の岩内湾におけるスケトウダラの産卵は12月に開始され，最盛期は1月でとくに深度3mでは調査した全ポイントでシーズン中に採集された卵数の80%以上がみられた。発生段階の若い桑実胚期（Stage A）までの卵は湾中心部の水深200mラインが湾曲している付近に卓越し（Fig. 2－C），この位置が主産卵場であると推定した。また，卵の浮上速度（8.6m／h）[11]から計算して産卵深度は130～205mと推定した。2月期には卵数はいったん減少するが，3月期には主産卵場の北西側から主産卵場にかけてStage Aの卵が再び増加することから，産卵群が継続して来遊していることがうかがわれた。これに対し，90－91シーズンは1月期と2月期がほぼ同レベルで推移したことが特徴的であり，91－92シーズンは逆

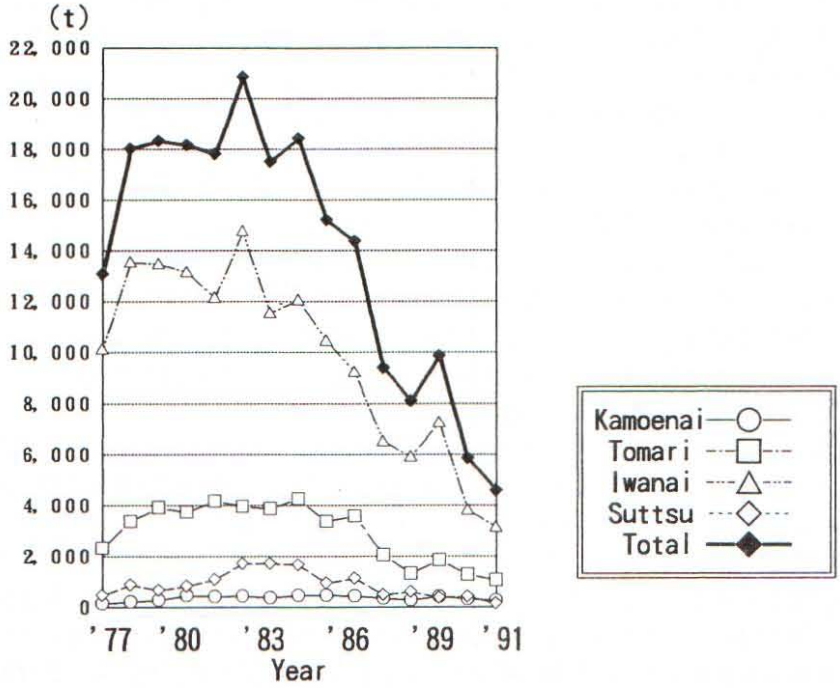


Fig. 5. Recent catch quantity of walleye pollock in Iwanai Bay for '77 to '91.

に12月期にすでに１月期とほぼ同レベルでの産卵が行われていたのが特徴的であった。また，調査期間中に採集された卵数は最近２年間は過去と比較して減少している。

1986－90年の岩内湾における仔魚は12月期にはほとんど出現せず，１月期に主産卵場付近の深度３～40mを中心に分布した（Fig.－３Ｃ）。主産卵場から神恵内にかけての仔魚の出現のピークは２～３月であった。これに対し，90－91シーズンは卵の出現とほぼ連動して１月期と２月期がほぼ同レベルで推移したことが特徴的であった。91－92シーズンになると出現は１月期がピークとなり，過去と同様な傾向を示したが，出現数は低レベルで推移した。

1986－90年の岩内湾における稚魚の出現のピークはいずれの調査点でも３月で，主として沿岸域に分布し（Fig.４－Ｃ），５～30mに多く表層に少なかった。卵や孵化した仔魚，稚魚は沿岸寄りに移送される傾向にあったが，これは積丹半島西側の冬季に特有の西～北西風およびこれに伴う南向きの沿岸流により運ばれるものと推定された。これに対し90－91シーズンは稚魚の出現が１月にもっとも多い結果となっているほかはほぼ過去と同様な結果を示したが，91－92シーズンは１月期から３月期まで連続して0.1個体／500㎥未満の出現という低レベルであることが特徴的であった。

最近の岩内湾のスケトウダラ卵稚仔の出現量は1989－90シーズンをピークに減少傾向にある。とくに1991－92シーズンは87－88シーズンに次ぐ低い出現数を示している。Fig.５は1977年以降の岩内湾におけるスケトウダラ漁獲量の経年変化である。漁獲量と資源量は単純に連動しないといわれるが，漁獲量がしだいに減少していくこと，1987年以降は89年に一度持ち直していることなど，同湾における最近のスケトウダラ卵稚仔の動向は漁獲量の動向に同調しているともいえる。ただし，1991－92シーズンは12月期相当数の卵（Table１）がみ

られることから，産卵が12月以前に開始されている可能性も否定できない。

ところで，通常スケトウダラ資源の再生産関係については産卵魚量とそれからの子孫量との間には数的な関係は薄い[12]といわれているが，これは資源量が豊富に存在するときに成り立つものであって，岩内湾のスケトウダラのように母集団が激減している状態では数的な関係が成り立つ場合も有り得ることが示唆される。とくに1991－92シーズンは1987－88シーズン生まれ群の加入年にあたっており，ここに何らかの関係がある可能性は十分に考えられる。このことから，91－92シーズンに稚魚の出現が極めて低かったことは，この年生まれの群が新たに加入する年，つまり1995－96シーズンは，岩内湾スケトウダラ資源量がさらに激減する可能性も考えられる。91－92シーズンの産卵期が早まったことにも着目して，出現数の低さと産卵期が早まったことの関連など，岩内湾におけるスケトウダラ資源の動向には今後も十分な観察が望まれるところである。

要　約

1991～1992年の岩内湾におけるスケトウダラ卵稚仔の分布と動向について解析を行い，1986年12月～1990年３月の結果と比較した。

(1) 1990年12月～翌1991年１月までの卵の出現は過去と同様な結果を示したが卵の出現のピークは２月であった。とくに２月期はMTDネット調査でもNORPACネット調査でも過去最高の値を示した。

(2) 1991年12月は通常の年とは異なりすでに１月期のレベルで産卵が行われた。この時期の産卵位置は例年の主産卵場付近ではなく雷電岬１海里沖であった。

(3) 仔魚の出現もこれに連動し，1990－91シーズンは１月期と２月期がほぼ同レベルの出現をみたのに対し，1991－92シーズンは１月期が出現のピークであった。また，1991－92シーズンは出現数も低レベルであった。

(4) 稚魚の出現のピークは1990－91シーズンは１月で３月までほぼ同様な値で推移したが，1991－92シーズンはピークがなくいずれの月も低レベルであった。

(5) 1990－91～1991－92シーズンの産卵場は1991年12月の雷電沖を除くと主産卵場付近と推定され，産卵深度とともに例年とほぼ同様な傾向を示していた。

(6) 最近の岩内湾のスケトウダラ卵稚仔の出現は1989－90シーズンをピークに減少傾向にある。とくに1991－92シーズンは1987－88シーズンに次ぐ低い出現数を示した。通常スケトウダラ資源の再生産関係については「産卵親魚量とそれからの子孫量との間には数的な関係は薄い」といわれているが，1991－92シーズンは1987－88シーズン生まれ群の加入年にあたっていることからここに何らかの関係がある可能性も示唆される。また，出現数の低さと産卵期が早まったことと関連があるかも興味のあるところである。

文　献

1）田中富重，及川久一：昭和45年度　岩内漁場のスケトウダラ調査について，産卵群の分布様式．北水試月報．28，２－８（1971）

2）深滝　弘：スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測．海洋生物環境研報告，83101，

1－52（1983）
3）Yagi, H.: Density variation and dispersion of embryonic, larval and juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in Iwanai Bay (Japan Sea), Hokkaido, Abstr. Fr.-Japan. Coll. Determinism biol. recruit. sea. Maison fr.-japon. 13-14 Nov. (1990)
4）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（平成2年度第4四半期），1991，140p.
5）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（平成3年度第4四半期），1992，134p.
6）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（事前調査）（昭和61年度第4四半期），1987，184p.
7）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（事前調査）（昭和62年度第4四半期），1988，190p.
8）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（昭和63年度第4四半期），1989，203p.
9）北海道：泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（平成元年度第4四半期），1990，130p.
10）Nakatani, T. and Maeda T.: Transport process of the Alaska Pollack Eggs in Funka Bay and the Adjacent waters, Hokkaido. 日水誌，47，(9)，1115－1118（1981）
11）中谷敏邦，前田辰昭：スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について．日水誌．50，(6)，937－942（1984）
12）辻　　敏：スケトウダラの資源，Ⅱ－1．北海道周辺（集団分布構造と評価）．日水誌．38，(4)，383－388（1972）

北水試研報　42，101－111（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

根室海峡におけるスケトウダラ産卵量及び来遊親魚量の推定

佐野満廣[*1]，佐々木正義[*2]，宇藤均[*3]
小池幹雄[*4]，佐々木彰[*5]，大迫正尚[*6]

Estimation of spawned eggs and parents stock of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Nemuro Strait, Hokkaido

Mitsuhiro SANO[*1], Masayoshi SASAKI[*2], Hitoshi UTOH[*3], Mikio KOIKE[*4], Akira SASAKI[*5] and Masanao OSAKO[*6]

Walleye pollock eggs were sampled systematically in the Nemuro Strait, Hokkaido, from January to April 1982 when the catches have steadily increased. The investigated area was restricted in the japanese side of the Nemuro Strait by the intermediate line between Japan and Russia.

Sampling with special type net(mesh size;0.625㎜) for collecting walleye pollock eggs have provided adequate information of the density and distribution pattern of spawned eggs.

Standing crops of eggs in the sampling area were estimated on each sampling period. When the peak of total standing crop was observed in ealy March, the amount of eggs reached 15×10^{12}. Peaks of each development stage of eggs were all observed as follows;stage Ⅰ in ealy, Ⅱ and Ⅲ in middle, Ⅳ and Ⅴ in late of March.

Coefficient of daily egg mortality was calculated 0.209 using the data of development stage composition of standing crops, and daily rate of decreasing from investigated waters was estimated 0.19. The estimated egg production and parent stock in 1982 spawning season was around 58×10^{12} eggs and 300 thousand metric tons, respectively.

報文番号　A209（1993年9月24日受理）

＊1　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa Hakodate, Hokkaido 042, Japan）
＊2　北海道原子力環境センター（Hokkaido Nuclear Energy Enviromental Research Center, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan）
＊3　北海道立稚内水産試験場（Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan）
＊4　北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan）
＊5　元北海道立網走水産試験場紋別支場（formerly;Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Minato-machi, Monbetsu, Hokkaido 094, Japan）
＊6　元北海道区水産研究所（formerly;Hokkaido National Fisheries Research Institute, Katsurakoi, Kushiro, Hokkaido 085, Japan）

はじめに

根室海峡は北海道周辺海域でも有数のスケトウダラ漁場で，盛漁期は産卵群を対象とする1月から3月にかけての冬季間である。200海里元年の1977年以降，漁獲量は3万8,000tから安定的に増大し，1989年には11万6,000tと過去最高を記録した。しかし，その後は漁獲量の急激な減少がみられ，1991年には3万tまで減少した[1,2]。

安定的な漁獲量の増大が認められていた1981年から5年間，国の北海道周辺スケトウダラ新規加入群量調査の一環として根室海峡をモデル水域に設定し，産卵群の構造，産卵生態，産卵群の資源量推定，卵・稚仔魚の分布生態や減耗を明らかにするための調査が行われた。

1982年は1月から4月にかけて6回の卵の分布調査を行うことができ，この5年間で最も時空間的に体系だった調査が展開された。ここでは，1982年の調査時期別の現存量，産卵期間中の総産卵量を推定し，産卵群の資源量について検討したので報告する。

材料と方法

1）調査の概要

調査船らうす（羅臼漁業協同組合所有，14.8t）を用い，1月から4月にかけて6回の調査を実施した。調査定点は図1に示した。調査時期によっては流氷の接岸や時化のために未調査の点もあり，各回に実際調査が行われたのは図3のとおりである。卵の採集には口径80cm，側長350cm，目合NGG32（0.624mm）で開口比7.7の円筒錐形ネットを用い，水深200mからの鉛直びき採集を行った。採集された卵は船上において5～10%ホルマリン液で固定され，実験室に持ち帰って発生段階別の分類と計数を行った。発生段階区分は以下のとおりである[3]。

ステージⅠ：受精から胞胚期まで
ステージⅡ：胚の陥入から原口閉鎖まで
ステージⅢ：原口閉鎖から胚胎が3／4周まで
ステージⅣ：胚胎が3／4周から1周まで
ステージⅤ：胚胎が1周からふ出まで

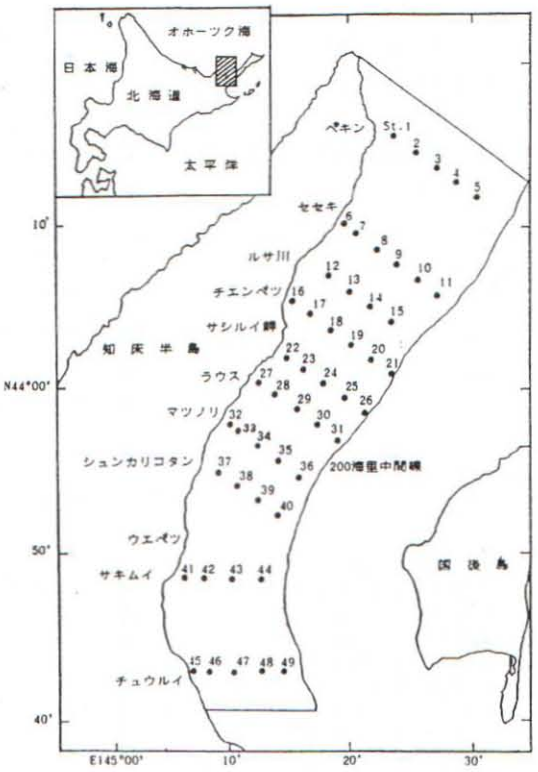


図1　調　査　点　図

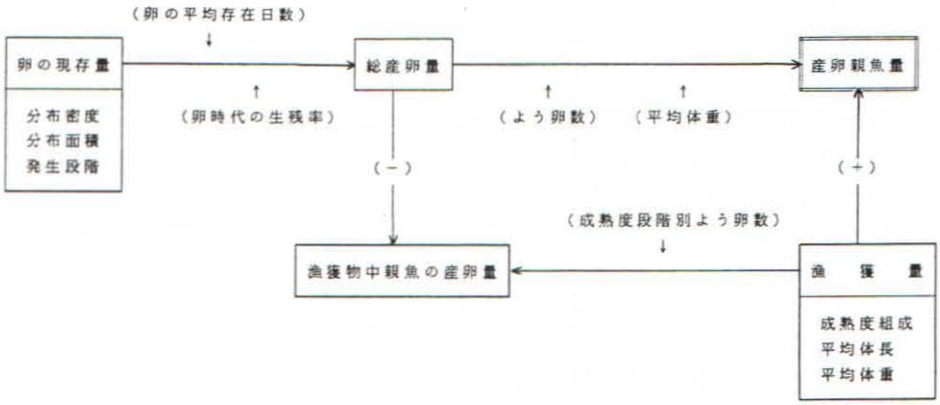


図2　スケトウダラ卵の現存量からの産卵量親魚量推定フロー

2）産卵量及び産卵群の資源量推定モデル

スケトウダラが多回産卵であるため，漁獲された親魚による産卵量を総産卵量から減じ（②式），漁獲されなかった親魚量を推定した後に漁獲量を加算して（①式）産卵群の総資源量とした（図2）。

Nakai and Hattori[4]と渡部[5]のマイワシで用いられている計算モデルに基づき以下の式によった。

$$P = Y + 2NW \quad \cdots\cdots ①$$

$$N = (E - E_e)\frac{1}{F_e} \quad \cdots\cdots ②$$

$$E = \Sigma E_i = \Sigma \frac{d_i}{D \cdot S_i} \Sigma E_j A_j \quad \cdots\cdots ③$$

$$S_i = e^{-zD_i} \quad \cdots\cdots ④$$

$$D_i = \Sigma (X_k Y_{ik}) / \Sigma Y_{ik} \quad \cdots\cdots ⑤$$

$$X_k = (d_{k-1} + d_k) / 2 \quad \cdots\cdots ⑥$$

$$Y_k = N_k / (d_k - d_{k-1}) \quad \cdots\cdots ⑦$$

P：産卵親魚量
Y：漁獲量
N：産卵親魚（雌）尾数
W：産卵親魚の平均体重
F_e：産卵親魚（雌）の平均よう卵数
E：総産卵量
E_e：漁獲物中親魚の産卵量
E_i：i－調査期間（各調査時期の代表する日数）の現存量から推定される産卵量
E_j：j－水域（等密度区域）の卵の分布密度（個／㎡）
A_j：j－水域の面積
d_i：i－調査期間の日数
D：ふ化日数
D_i：i－調査期間の卵の平均存在日数

Ｓｉ：ｉ－調査期間の卵の平均生残率
ｚ：卵の減少係数
X_k：各発生段階中点までの存在日数
Y_k：各発生段階別の１日当たり現存量
N_k：各発生段階別の現存量の累積値
d_k：各発生段階終了の日数
ｋ：各発生段階（ｋ＝ステージⅠ～Ⅴ）

３）現存量の推定

次の仮定を基に推定した。卵分布水域の面積はデジタイザ（Houston Instrument HIPAD™）で計算した。

- 採集ネットのろ過効率を100%とみなした。
- 産卵場は日ロ中間線の日本側水域とした。
- 垂直的な分布層は200ｍ以浅とした。
- 産卵期間は１月１日から４月30日とし，各調査時の分布密度が代表する期間（ｉ－小期間）は，となり合った調査の中間日に挟まれる期間とした。
- 卵は一定の密度勾配で平均的に分布しているものとし，分布密度の値は等密度線の中間値を用いた。ただし，最大密度の分布域では，その水域内の平均値を用いた。

４）平均生残率の推定

減少係数は調査期間中の発生段階別の現存量累積値から１日当たり現存量を求め（⑦式），この対数変換値と各発生段階中点までの存在日数（⑥式）との回帰関係から計算した。従って，減少係数には自然死亡のほかに調査水域外への分散による減少分や水域内への移送による増加分が含まれている。この減少係数から卵時代の生残曲線式を求めた（④式）。

現場水温下でのふ化日数の推定は中谷[6]の飼育水温とふ化日数の関係式を適用した。

$$D = 31.70\, e^{-0.12T}$$

Ｄ：50%ふ化に必要な日数
Ｔ：飼育水温，℃

ここで用いた調査期間中の平均水温は，各調査時期ごとの各層観測値（水深200ｍ以浅）の単純平均値を各調査時期の卵の分布密度で加重し求めた。

得られたふ化日数と遊佐[7]の実験値を基準に，Worley[8]の定差法で各発生段階を終える日数を推定した。

各調査時に現存する卵の平均存在日数は，調査時期ごとに各発生段階中点までの存在日数を，発生段階別の現存量で加重し求めた（⑤式）。

調査時期ごとに得られた平均存在日数を生残曲線に当てはめ，それぞれの平均生残率とした（④式）。

５）漁獲物中の親魚による産卵量の推定

成熟度段階別の１尾当たりの平均産卵量は，漁獲物の平均体長から平均よう卵数を求め，その平均よう卵数から成熟度段階別の平均腹腔内残留卵数[9]を減じて求めた。各成熟度段階別の平均産卵量を成熟度段階別漁獲尾数（雌）に乗じ，漁獲物中の親魚の産卵量とした。

体長とよう卵数の関係は入江[10]の式を用いた。

$$F_e = L^{4.33} \times 10^{-6}$$

F_e：よう卵数
Ｌ　：標準体長（㎜）

結　　果

1）現存量の推定

調査時期ごとの卵の分布を図3に，発生段階別現存量を表1と図4に示した。卵の分布は1月から見られ，2月下旬から増加して3月上旬には15兆粒の現存量のピークを迎えた後，3月下旬にかけて急激に減少していた。発生段階別に推移を見ると，ステージⅠで3月上旬，ステージⅡとⅢは3月中旬に，ステージⅣとⅤは3月下旬にそれぞれピークを示した。分布密度は，チエンベツ沖からマツノリ沖の調査点16から36にかけての水域で安定的に高く，特に，ラウス沖の調査点29は密度の高かった2月下旬から3月中旬にかけて，各調査時期の最大密度域に常に含まれていた。

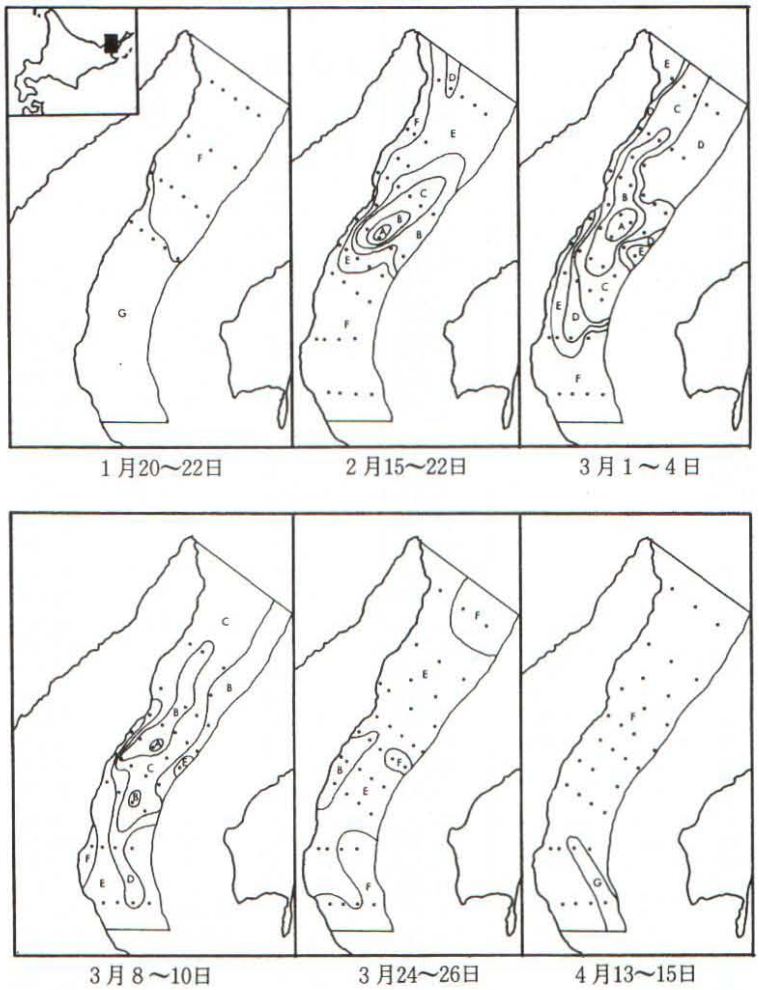


図3　調査時期別卵の密度分布
・：調査実施点
A：N（個／㎡）≧50,000　　B：50,000＞N≧30,000　　C：30,000＞N≧10,000
D：10,000＞N≧5,000　　E：5,000＞N≧1,000　　F：1,000＞N≧1　　G：N＝0

表1　調査時期別発生段階別現存量（×10⁶）

密度[1] 区分	調査時期 代表する日数	1.20−22 35	2.15−22 20.5	3.1−5 9.5	3.8−10 11	3.24−26 18	4.13−15 26
A	分布面積㎢		10.5	17.6	4.2		
	密度N／㎡		65,771	62,212	50,245		
	I		632,931	928,064	116,509		
	II		45,786	125,041	68,247		
	III		11,878	39,089	23,044		
	IV			2,737	3,229		
	V						
	計		690,596	1,094,931	211,029		
B	分布面積㎢		15.3	111.7	90.1		
	密度N／㎡		40,000	40,000	40,000		
	I		552,514	3,183,003	1,943,637		
	II		49,633	977,152	1,134,539		
	III		9,853	295,335	453,383		
	IV			12,510	70,278		
	V				2,162		
	計		612,000	4,468,000	3,604,000		
C	分布面積㎢		75.2	248.2	452.7		
	密度N／㎡		20,000	20,000	20,000		
	I		1,337,206	3,298,082	3,659,627		
	II		144,234	1,271,280	3,828,937		
	III		22,560	347,976	1,391,600		
	IV			43,683	169,310		
	V			2,978	4,527		
	計		1,504,000	4,964,000	9,054,000		
D	分布面積㎢		140.4	333.0	234.2	56.6	
	密度N／㎡		7,500	7,500	7,500	6,731	
	I		656,230	1,023,226	353,759	25,297	
	II		338,750	1,068,181	1,007,353	95,320	
	III		55,072	373,626	342,166	177,001	
	IV		2,948	30,719	51,290	72,385	
	V			1,748	1,932	10,972	
	計		1,053,000	2,497,500	1,756,500	380,975	
E	分布面積㎢		338.0	113.9	240.2	702.3	
	密度N／㎡		3,000	3,000	3,000	3,000	
	I		617,120	137,637	65,214	177,190	
	II		338,068	146,316	482,153	511,345	
	III		57,392	52,690	149,452	945,787	
	IV		1,420	4,681	22,843	410,635	
	V			376	937	61,943	
	計		1,014,000	341,700	720,600	2,106,900	
F	分布面積㎢	560.5	471.8	226.8	29.8	292.3	991.2
	密度N／㎡	12	500	500	500	500	403
	I	4,899	140,007	24,404		19,219	168,290
	II	1,827	75,441	56,938	7,450	30,677	115,722
	III		19,344	29,654	6,918	61,047	82,367
	IV		1,109	2,404	532	31,188	21,531
	V					4,019	11,544
	計	6,726	235,900	113,400	14,900	146,150	399,454
海域計	分布面積㎢	560.5	1,051.2	1,051.2	1,051.2	1,051.2	991.2
	密度N／㎡	12	4,861	12,823	14,613	2,506	403
	I	4,899	3,936,007	8,594,415	6,138,747	221,706	168,290
	II	1,827	991,912	3,644,908	6,528,679	637,341	115,722
	III		176,100	1,138,370	2,366,564	1,183,835	82,367
	IV		5,477	96,736	317,481	514,208	21,531
	V			5,103	9,558	76,934	11,544
	計	6,726	5,109,496	13,479,531	15,361,029	2,634,025	399,454

1）密度区分は図3に同じ。

2）産卵量及び資源量の推定

各調査時期ごとの平均水温と，全調査期間を通して分布していた卵をとりまいていたであろう水温の推定値を表2に示した。中谷の式からふ化日数は31.2日と推定され約1ヶ月要していたことになる。

推定された約1ヶ間の現場水温下での卵の発生速度と，各発生段階での存在日数を表3に示した。

これらの得られた結果から卵時代の生残曲線は以下の式によって示すことができ，減少係数は0.209で1日当たりの減少率は0.19が得られた。

$S = e^{-0.209t}$　　$(r = 0.92)$

各調査時の現存量から推定された産卵量（③式）の累積値として総産卵量は約58兆粒であり，産卵群の資源量は303,249 t が算出された（①式，表5）。

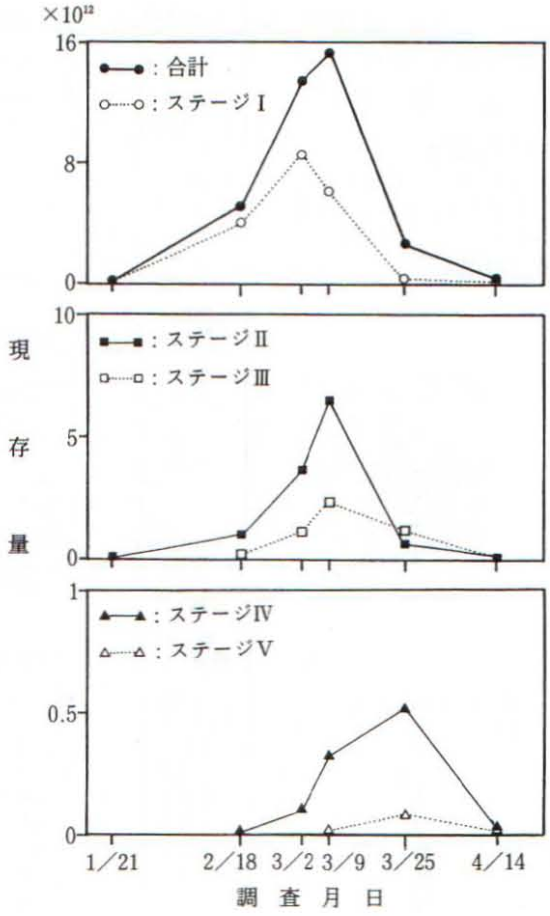


図4　卵の現存量の推移（1982年）

表2　調査期間中の平均水温

調査時期	平均水温（Ti;℃）	卵分布密度（Ni;個／㎡）
1月20～22日	1.60	12
2月15～22日	−0.17	4,861
3月1～4日	0.23	12,823
3月8～10日	0.21	14,613
3月24～26日	−0.18	2,506
4月13～15日	−0.07	403
卵分布密度による加重平均 $\Sigma(Ti \cdot Ni) / \Sigma Ni = 0.13$℃		

表3　発生速度（Worleyの定差法）と発生段階別存在日数の推定

発生段階	6.6℃ 実験値 （遊佐：1954）	0.13℃ 推定値 D_k	各発生段階での存在日数 D_k-D_{k-1}	各発生段階中点までの存在日数 $D_{k-1}+(D_k-D_{k-1})/2$
Ⅰ．受精から胞胚期	1.13	2.42	2.42	1.21
Ⅱ．胚の陥入から原口閉鎖	4.25	9.14	6.72	5.78
Ⅲ．原口閉鎖から胚体が3／4周	9.50	20.44	11.30	14.79
Ⅳ．胚体が3／4周から1周	10.50	22.59	2.15	21.52
Ⅴ．胚体が1周からふ出	14.50	31.20	8.61	26.90

表4　漁獲物中親魚の産卵量

平均体長（1～3月：♀）			453㎜		
よう卵数（A：10^3）			320個／尾		
成熟度段階	Ⅲ－1	Ⅲ－2	Ⅲ－3	Ⅳ	Ⅴ
残留卵数（B：10^3）	227	205	112	28	0*
産卵数（C：A－B：10^3）	93	115	208	292	320
漁獲尾数（D：♀，10^3）	10,679	7,552	11,522	1,367	1,371
産卵量（ΣC・D：10^6）			5,096,087		

＊宇藤[9]の報告では値が示されていないため，全数産卵個体として扱った

表5　産卵量（$\times10^6$）と資源量の推定

調査時期		1.20－22	2.15－22	3.1－5	3.8－10	3.24－26	4.13－15
分布面積	㎢	560.5	1,051.2	1,051.2	1,051.2	1,051.2	991.2
密度	N／㎡	12	4,861	12,823	14,613	2,506	403
現存量	Ⅰ	4,899	3,936,007	8,594,415	6,138,747	221,706	168,290
	Ⅱ	1,827	991,912	3,644,908	6,528,679	637,341	115,722
	Ⅲ		176,100	1,138,370	2,366,564	1,183,835	82,367
	Ⅳ		5,477	96,736	317,481	514,208	21,531
	Ⅴ			5,103	9,558	76,934	11,544
	計	6,726	5,109,496	13,479,531	15,361,029	2,634,025	399,454
平均存在日数	：Di	2.45	2.59	3.75	5.68	13.14	7.17
代表する日数	：di	35.0	20.5	9.5	11.0	18.0	26.0
調査時期別産卵量	：Ei	12,596	5,765,668	8,985,394	17,757,629	23,661,558	1,490,432
総産卵量	：E			57,673,276			
漁獲物親魚産卵量	：E。			5,096,087			
漁獲量（トン）	：Y			65,666			
平均体重（g）	：W			723			
平均よう卵数	：F。			320,000			
資源量（トン）	：P			303,249			

考　察

産卵量と資源量の推定はスケトウダラと同じ分離浮遊性卵を持つマイワシで研究が進んでおり[4, 5]，ここではマイワシで用いられているモデルを応用した。このモデルで数値的に影響の大きいパラメーターは現存量と生残率であり，現存量では卵の分布を時空間的にカバーしているかどうか，生残率では卵時代の死亡係数の妥当性を検討する必要がある。

北海道周辺海域のスケトウダラ産卵量に関しては，根室海峡のほかに深滝[11]による日本海北海道西岸岩内湾の推定産卵量の報告がある。深滝は産卵後桑実期までの卵の現存量につい

て，1月中旬から下旬にかけてピークを持つ正規分布的な推移を示している。根室海峡においても図4に示すように，ピークの時期は違うものの推移のパターンは同じ結果が得られた。また，岩内湾，根室海峡ともに毎年安定して産卵群が好漁場を形成する海域であり，当海域における1982年の漁獲量は卵の現存量と同じパターンで数日早めの推移を示していた[12, 13]。

根室海峡では400m水深帯にも卵の分布が確認されているが[3]，本研究では卵の分布層を水深200m以浅とした。また，水平的にも調査海域が日ロ中間線の日本側水域に限定された。従って，結果に示した推定現存量は根室海峡全体としては過小推定である。しかし，日本側水域は根室海峡の中でも中心的な産卵場と考えられ，得られた現存量の推移は産卵群の来遊や産卵の実態を十分反映していると思われる。

産卵からふ化までの生残率は現存量の発生段階組成から推定した減少係数を用いたため，自然死亡のほかに移送や分散による調査水域外への減少分と水域内への増加分が含まれる。

根室海峡におけるスケトウダラ産卵期の水塊構造は，オホーツク海を起源とする水塊で構成される[12]。しかし，冬季は北西風が卓越し流氷も国後島側に接岸していることが多く[1]，表層水は太平洋側への流出と同時にロシア側水域方向への動きが強い。調査時期別の水平分布の等密度線の広がりから（図3），ラウス沖の調査点29を中心とするチエンベツ沖からマツノリ沖の水域において，2月下旬から3月上旬に集中的な産卵があったと推定され，オホーツク海側から本海域への卵の移送は少ないものと考えられる。

死亡率についてはアラスカ湾シェリコフ海峡における1981年の推定値があり，1日当たりの死亡率は産卵期始めに生まれた卵の約0.40から産卵期終わりに生まれた卵の約0.10まで低下することが報告されている[14]。さらに，産卵期始めに産卵された卵の死亡率が高いことについて，産卵盛期にはスケトウダラの親魚と稚魚が多く分布し，これらの食害を受けることが大きな要因と考察している。根室海峡の調査で得られた減少率0.19は，アラスカ湾の産卵盛期に生まれた卵の死亡率約0.20～0.25より若干低い程度であり，調査水域外への移送，拡散が著者らが考えているほど多くないことを示唆しているのかも知れない。

ここでは，限られた調査水域で採集された卵の現存量からその水域内での産卵量を推定したのであり，卵の加入，逸散分を含んでいる減少係数を適用することは妥当であろう。

根室海峡日本側水域に産卵のため来遊したスケトウダラの総産卵量は約58兆粒，資源量は約30万tが多くの仮定のもとで推定された。1982年の産卵期の漁獲量は約65,000tであり，漁獲率は0.22が算出された。

一方，深滝[11]は1980年の岩内湾における産卵量を産卵後1日未満の桑実期以前の卵のみの現存量を累積し，過小推定値として約40兆粒を報告している。著者らも今回の調査結果から産卵後3日未満のステージIの卵のみを用い，岩内湾の2倍に当る約80兆粒の総産卵量（約40万t）の試算結果を得ている[12]。岩内湾の1980年の漁獲量は19,000tであり[15]，根室海峡の1982年の漁獲量が65,000tであることから，産卵量に対する漁獲量の比率は岩内湾の方が根室海峡日本側水域より低い結果になった。しかし，根室海峡ではロシア側水域の産卵量，資源量が上積みされねばならず，今回推定された産卵量と資源量は根室海峡全体では過小推定値であろう。従って，当時の漁獲率は0.22よりさらに低かったものと考えられ，低い漁獲率が微妙なバランスの基で根室海峡における安定的なスケトウダラの再生産を保証していたのかも知れない。

今回の調査は卵の現存量から親魚の資源量を推定したもので，稚仔の分布や生き残りなど初期減耗に関する知見は得られていない。最近の日本側水域における急激な漁獲量の減少は

日ロ双方の漁獲圧力の増大が一因になっていると思われる。再び1982年当時の資源量に復活させるために，根室海峡で産卵された卵が稚仔期から幼魚期にはどこでどのように生き残って漁獲に加入して来るのかを究明する必要がある。そのためには，根室海峡周辺全海域における日ロ共同調査の展開，さらに，共通の資源として安定的に利用するための資源管理対策の検討が必要であろう。

要　約

根室海峡において1982年1月から4月にかけて，6回のスケトウダラの卵の分布調査を実施し，卵の現存量，総産卵量，産卵群の資源量を推定した。調査水域は日ロ200海里中間線から日本側水域であった。

1．卵の分布は1月から見られ，2月下旬から増加して3月上旬には15兆粒の現存量のピークを迎えた後，3月下旬にかけて急激に減少していた。
2．発生段階別の推移では，ステージⅠで3月上旬，ステージⅡとⅢは3月中旬に，ステージⅣとⅤは3月下旬にれぞれピークを示した。
3．分布密度はチエンベツ沖からマツノリ沖の調査点16から36にかけての水域で安定的に高く，特に，ラウス沖の調査点29は密度の高かった2月下旬から3月中旬にかけて，各調査時期の最大密度域に常に含まれていた。
4．根室海峡日本側水域に分布する卵の産卵後ふ化までの減少係数は0.209，1日当たり減少率は0.19が得られた。
5．各調査時の現存量から推定された産卵量の累積値として，総産卵量約58兆粒，産卵群の資源量は303,249 t が推定された。

謝　辞

報告をまとめるにあたり，調査及び解析に多くのご指導をいただいた水産庁遠洋水産研究所小林時正博士（元北海道区水産研究所）に深謝する。さらに海上調査に多大なるご協力をいただいた羅臼漁業協同組合，ならびに羅臼町役場の関係各位に心からお礼申し上げる。

文　献

1）Yoshida, H.: Walleye pollock fishery and fisheries management in the Nemuro Strait, Sea of Okhotsk, Hokkaido. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock Nov. 1988, Anchorage. Alaska, Alaska Sea Grant Rep. No. 89-1, 59-77(1989)

2）三宅博哉：オホーツク海南西部および根室海峡のスケトウダラ資源．北海道スケトウダラシンポジウム要旨集，18-19(1992)

3）佐々木正義：根室海峡におけるスケトウダラ卵の分布について．北水試月報，41，237-248(1984)

4）Nakai, Z. and Hattori, S.: Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year, 1949. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* (9), 23-52(1962)

5）渡部泰輔：産卵調査による資源量評価．昭和55年度漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録，

42-51(1981)
6）中谷敏邦，前田辰昭：スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響及びその浮上速度について．日水誌，50(6)，937-942(1984)
7）遊佐多津雄：スケトウダラ*Theragra chalcogramma*（Pallas）“Alaska Pollack”の正常発生について．北水研報告，(10)，1-13(1954)
8）Worley, L. G.: Development of the egg of the mackerel at different constant temperatures. *Jour. Gen. Physiol.* 16(5), 841-857(1933)
9）宇藤　均：根室海峡スケトウダラ調査報告書．北海道周辺海域に分布するスケトウダラ並びに底魚類の資源調査報告書（昭和57・58年度），北海道区水産研究所，1985，238-239.
10）入江隆彦：根室海峡のスケトウダラのよう卵数について．昭和56年度漁業資源研究会議北日本底魚部会報．82-85(1982)
11）深滝　弘：スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測．海洋生物環境研報告，83101，1-52(1983)
12）佐々木正：北海道東部根室海峡におけるスケトウダラの産卵期の海況と産卵場．北水試月報，43，53-63(1984)
13）佐野満廣，佐々木正義，大迫正尚，小池幹雄，佐々木彰，宇藤　均：根室海峡におけるスケトウダラ産卵量からの来遊親魚量推定について．昭和57年度漁業資源研究会議北日本底魚部会報，36-46(1983)
14）Kim, S.: Early life history of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Gulf of Alaska. Proc. Int. Symp. Biol. Mgmt. Walleye Pollock, Nov. 1988, Anchorage. Alaska, Alaska Sea Grant Rep. No. 89-1, 117-139(1989)
15）北海道立中央水産試験場：昭和56年度　事業成績書（特定魚族漁場に関する調査研究，北部日本海のスケトウダラ），29-31(1982)

北水試研報　42，113－119（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

Recent sharp decrease in walleye pollock egg abundance in the Nemuro Strait, Hokkaido*1

Hiroya MIYAKE*2, Keiji HAMABAYASHI*3, Masanori ISHIGAME*3, and Mitsuhiro SANO*4

In 1987-1992, a vertical tow sampling was made at a range from 3 to 12 stations in the Nemuro Strait, to explain walleye pollock egg abundance as an index of stock abundance of adult fish. From 1987 to 1992 the maximum egg station abundance rapidly decreased to 1/52 of its 1987 peak. This was caused by decreased stock abundance of adult walleye pollock. It is most likely that both recent Russian trawls and Japanese fisheries strongly affected the stock level of walleye pollock in the Nemuro Strait.

The Nemuro Strait is one of important fishing grounds in the seas around Hokkaido. At Rausu, more than 100,000 metric tons (mt) of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, had been landed during 3 months from January through March in 1989 and 1990 (Yoshida 1988, Miyake *et al.* 1992). Moreover, walleye pollock egg abundance in this strait was higher than other regions: the Bering Sea, off Kamchatska Peninsula, and the Japan Sea (Sasaki 1984).

To estimate the stock size of adult walleye pollock migrating to the Nemuro Strait in their spawning season, the egg abundance was surveyed by net sampling from 1982 to 1985. This was a Japanese Fisheries Agency's project (Sano and Sasaki 1984, Sano 1985, Kobayashi *et al.* 1986, Sano 1987). The estimation of mortality rate during egg stages was so difficult that the estimated stock size could not be considered reliable (Sano *et al.* 1983). However, we have thought that the egg abundance was useful for estimating the trend of the interannual change of walleye pollock stock at least, so that the egg abundance survey was continued at a range from 3 to 12 main stations every year.

Recently, landing of walleye pollock caught in the Nemuro Strait in Japan has decreased rapidly. Annual landing was 116,000 mt in 1989, and 3,400 mt in 1992. This paper reports on changes in the egg abundance, and considers the relationship between landing and the egg abundance of walleye pollock.

Accepted : November 8, 1993. Contribution A210 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.
報文番号　A210（1993年11月8日受理）

* 1　近年の根室海峡におけるスケトウダラ卵分布量の急激な減少
* 2　Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station(Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)（三宅博哉，北海道立釧路水産試験場）
* 3　Rausu Fisheries Cooperation (Funami-cho, Rausu, Hokkaido 086-18, Japan)（浜林啓治，石亀正則，羅臼漁業協同組合）
* 4　Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan)（佐野満廣，北海道立函館水産試験場）

MATERIAL AND METHOD

In the Nemuro Strait the spawning grounds of walleye pollock are generally located in the off shore area from off Matsunori to Chienbetsu in the Nemuro Strait, because high concentrations of eggs have been observed in the area (Sasaki 1984, Koike *et al.* 1982). Therefore, major eight stations in the area were sampled once or twice a month from January to March during 1987 to 1992 (Fig.1). Additional samplings were made in April 1987, and 1991.

At each station, a vertical tow was made with a 80-cm diameter sampler. The depth range was from 5m off the bottom or up to a maximum of 200m to the surface. In 1992, a towing was done from up to the maximum depth of 400m. An NGG32-mesh Nitex net (2.5m long) without a flowmeter was used as the sampler. A memory STD sensor (Alec)

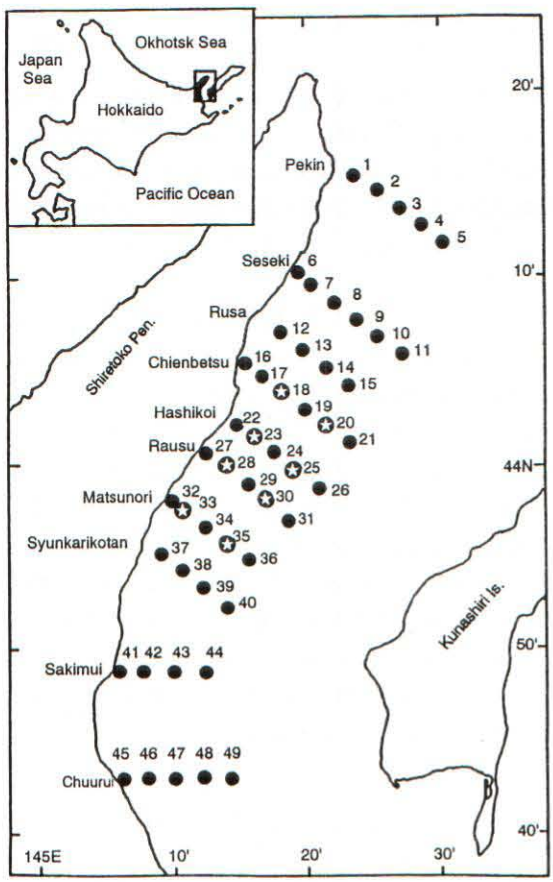


Fig. 1. Sampling stations in the Nemuro Strait. Closed circles with open star showing main sampling stations in this study.

was also attached under the sampler, to record salinity and temperature.

Samples were fixed in 5% formalin in seawater. Back in the laboratory fish eggs were removed and identified from the preserved samples. Samples containing more than 200 eggs were subsampled using the split method, to obtain subsamples containing between 100 and 200 eggs. In 1992 eggs were classified into the following five developmental stages;

Stage I from fertilization up to blastula stage;
Stage II from first gastrula stage up to the apperance of the germ ring near an equatorial position;
Stage III from completely closed blastopore up to the embryo being three-fourths way around the yolk;
Stage IV from the end of Stage III until the tip of the tail was reaching or could reach the snout; and
Stage V from the end of Stage IV until hatching.

The egg abundance was calculated as the number of eggs per square meter for each station.

RESULTS

Eggs were collected on all cruises. The egg station abundance ranged from 14 to 87,018, 127 to 34,709, 18 to 41,302, 32 to 12,090, 10 to 1,672 and 2 to 2,534 (number/m^2), in 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 and 1992, respectively (Table 1). The maximum egg station abundance (MESA) was observed at st. 23 off Hashikoi in 1988, 1990 and 1992.

The MESA in each cruise for the 6 year period is shown in Fig.2. In each year the MESA peaked from the latter half of February to the first half of March, but in 1990 and 1991 it was observed in the latter half of February. The dates of the earliest and latest peaks of the MESA were the 22nd of February (in 1990), and the 11th to 12th of March (in 1992). More than 97.3% eggs were at stages I or II for all samples taken during that period in 1992.

The peak of MESA rapidly decreased from 87,018 in 1987 to 1,672 in 1991. The peak of MESA decreased to 1/52 in 1987. Moreover, the number of eggs taken in 1992 was as low as that in 1991.

In order to examine the difference between the numbers of eggs which taken from the tows of 200 m and 400 m, we made additional vertical tows from those depths on the 31st of March, 1992. As a result, the numbers of eggs taken from 400 m tows were 29.9% greater than ones taken from 200 m tows (Table 2).

Table 1. Egg station abundance from 1987 to 1992 in the Nemuro Strait. Maximum depth of vertical tow was 200m in 1987-1991, and 400m in 1992.

1987

28-29 Jan		23-Feb		6-Mar		19-Mar		7-Apr	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
18	520	16	4,045	29	87,018	16	281	13	414
20	432	17	38,609	31	17,860	19	10,406	18	782
23	450	22	39,293	34	80,177	21	22,255	20	215
25	874	23	28,459	36	22,227	24	27,596	23	848
28	167	28	70,338	38	3,985	26	24,747	25	201
30	215			40	16,166	29	32,556	28	311
33	36			42	22,882	31	24,751	30	44
35	66			44	10,147	34	45,691	33	770
						36	12,064	35	14

1988

2-5 Feb		26-27 Feb		10-Mar	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
16	127	18	10,790	18	21,491
18	872	20	9,329	23	34,709
23	882	23	11,833	28	28,039
25	565	25	8,432	33	32,687
28	738	28	1,103	35	2,026
30	808	30	8,195		
33	418	33	23,619		
35	1,099	35	7,444		

1989

1-Feb		20-Feb		3-Mar	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
18	18	18	10,054	18	16,811
20	72	20	12,747	20	9,425
23	36	23	12,908	23	26,588
25	193	25	16,537	25	15,559
28	1,091	28	14,351	28	13,869
30	243	30	21,961	30	17,653
33	1,238	33	19,839	33	21,819
35	601	35	10,265	35	41,302

1990

31-Jan		22-23 Feb		6-7 Mar		19-20 Mar		3-Apr	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
18	571	18	1,819	18	6,945	1	1,274	18	967
20	32	20	2,128	20	1,170	3	1,871	20	1,117
23	943	23	12,090	23	3,372	6	1,539	23	832
25	98	25	2,558	25	2,060	9	2,412	25	736
28	48	28	697	28	1,730	18	1,401	28	382
30	1,087	30	649	30	1,123	20	1,507	30	1,121
33	301	33	7,305	33	2,225	23	1,801	33	113
35	233	35	233	35	2,259	25	1,003	35	414
						28	754		
						30	1,889		
						33	1,489		
						35	701		

1991

31-Jan		28-28 Feb		11-Mar		27-28 Mar		11-Apr	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
18	10	18	1,672	18	987	2	171	18	70
20	50	20	860	20	255	4	311	20	16
23	66	23	1,047	23	1,162	7	76	23	52
25	44	25	1,616	25	647	10	450		
28	58	28	675	28	360	18	488		
30	70	30	151	30	223	20	828		
33	52	33	484	33	356	23	1,306		
35	129	35	32	35	155	25	259		
		2	163			28	52		
						30	92		
						33	58		
						35	253		

1992

3-6 Feb		27-28 Feb		11-12 Mar		31-Mar	
St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance	St.No	Egg Station Abundance
18	14	18	406	18	1,421	18	350
20	8	20	514	20	932	20	217
23	24	23	766	23	2,534	23	1,965
25	88	25	1,819	28	1,527	25	155
28	22	28	1,260	30	999	28	2,186
30	2	30	466	33	1,553	30	50
33	14	33	305	35	293	33	1,728
35	12	35	127			35	24

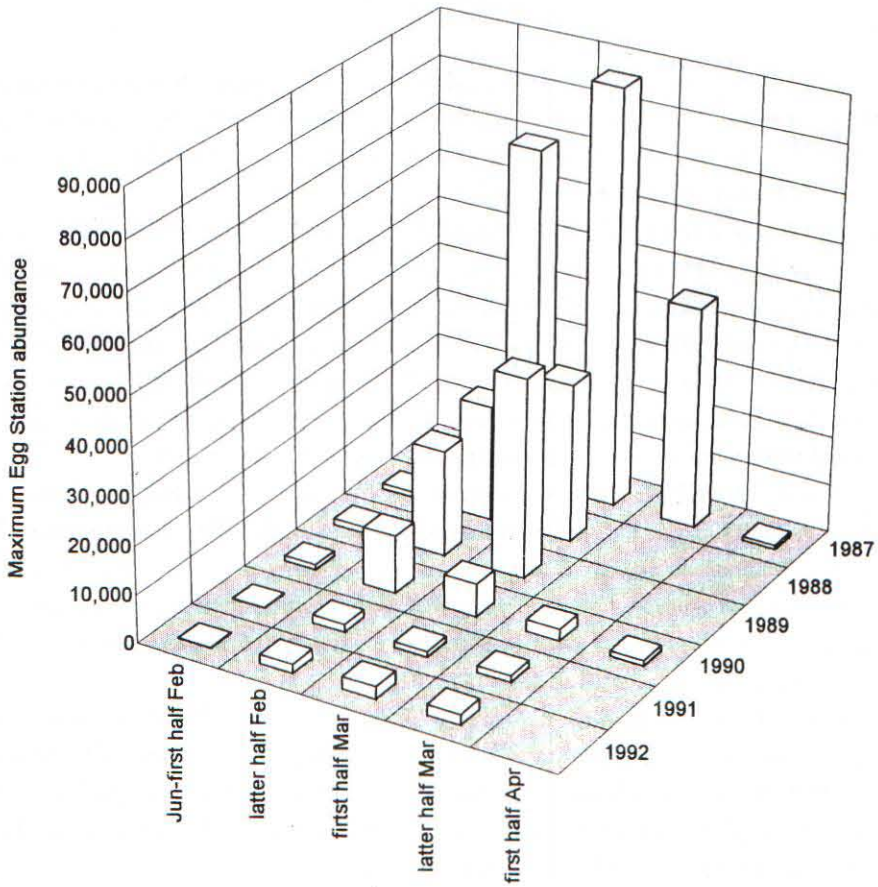


Fig. 2. Maximum egg station abundance in each cruise from 1987 to 1992.

Table 2. Nmbers of eggs which were taken by the tows with deffernt maximum depths, on May 31 1992.

Station No	Max.depth (m)	Egg number (per squared meter)	Increment (200m=100%)
18	200	332	
	400	350	+5.4%
20	200	167	
	400	217	+29.9%
23	200	1,668	
	400	1,965	+17.8%

DISCUSSION

Our study confirms earlier reports that the season of peak walleye pollock spawning in the Nemuro Strait is from the latter half of February to the first half of March (Sano *et al.* 1983, Koike *et al.* 1984, Sasaki 1985). However, the peak of the MESA was observed to have remarkably decreased from 1987 to 1992.

In 1982 - 1985, a similar survey was made by the Japanese Fisheries Agnecy. The peak of MESA in 1982 - 1985 was 74,272, 14,784, 35,812, and 97,269 (number／m^2), respectively (Sano and Sasaki 1984, Sano 1985, Kobayashi *et al.* 1986, Sano 1987). The low values of MESA in 1983 and 1984 were thought to result from the fact that the main spawning depth was under 200m in these yeras (Sano 1985, Kobayashi *et al.* 1986). However, the lower level of egg abundance in recent years was not caused by changes in spawing depths as vertical tows were made from a maximum depth of 400m for 1992.

Moreover, the CPUE (catch-per-unit-effort) of the pollock longline fisheries at Rausu peaked in 1985, and thereafter decreased (Miyake *et al.* 1992). The change of CPUE is similar to that of the peak MESA. Thus we conclude that the decreased peak of MESA in recent years was caused by decreased abundance of adult pollock and spawned eggs. We also suggest that research on egg abundance is useful for estimating the trend of the change of adult walleye pollock stock abundance.

Russian fishing vessels started trawling for walleye pollock in the Nemuro Strait in November 1988. Zverkova (1992) reports that the catches in 1989, 1990, 1991, and 1992, were 155,000, 113,500, 94,400 and 33,000 mt (until June), respectively, in the Okhotsk Sea off the southern Kuril Islands. She suggests that the decrease of the walleye pollock catch is due to overfishing by Russian and Japanese fisheries.

The percentage ratios of walleye pollock smaller then 40cm in length among walleye pollock caught by longline fisheries have decreased since 1989 (Miyake *et al.* 1992). This is most likely caused by the effects of the Russian trawl fisheries, as the decrease in the ratio of the small fish corresponds to the appearance of Russian trawl vessels in the Nemuro Strait. Thus, it is most likely that the Russian trawl fisheries have strongly affected the stock of walleye pollock in this strait.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the staff of Hokkaido National Fisheries Institute, Hokkaido Fisheries Experimental Station, Rausu-cho Govermental Office, and Rausu Fisheries Cooperation, who participated in this research. We also wish to acknowledge valuable comments to the manuscript from Dr. K. Nagasawa of the National Research Institute of Far Seas Fisheries.

REFERENCE

Kobayashi, T., M. Koike, M. Torisawa, H. Utoh, M. Sano, M. Sasaki, I, Kanomata, and M. Fukuda : Survey report on walleye pollock in the Nemuro Strait, *Survey report on walleye pollock and other groundfish resources in waters around Hokkaido Island (1983 and 1984 fiscal year)*, 379-435 (1986) (in Japanese)

Koike, M., H. Yoshida, Y. Yoshii, S. Kanamaru, T. Kobayashi, S. Tsuji, A. Sasaki, H. Utoh, M. Sano, M. Torisawa, and M. Sasaki : Survey of walleye pollock recruitmont in the Nemuro Strait 1980 fiscal year, *Gyogyo Shigen Kenkyu Kaigi Kita Nihon Sokouo Bukaiho (1981 fiscal year)*, 40-56 (1982) (in Japanese)

Miyake, H., Y. Mori, and J. Sasaki : Walleye pollock, *Annual report of 1991 fiscal year of Hokkaido Kushiro Fish. Exp. St.*, 38-45 (1992) (in Japanese)

Sano, M., M. Sasaki, M. Osako, M. Koike, A. Sasaki and H. Utoh : Estimation of parent stock from amount of spawned eggs of walleye pollock in the Nemuro Strait, *Gyogyo Shigen Kenkyu Kaigi Kita Nihon Sokouo Bukaiho (1982 fiscal year)*, 36-47 (1983) (in Japanese)

Sano, M. and M. Sasaki : Survey report on walleye pollock in the Nemro Strait, *Survey report on walleye pollock and other groundfish resources in waters around Hokkaido Island (1981 and 1982 fiscal year)*, 265-273 (1984) (in Japanese)

Sano, M. : Survey report on walleye pollock in the Nemuro Strait , *Survey report on walleye pollock and other groundfish resources in waters around Hokkaido Island (1982 and 1983 fiscal year)*, 239-242 (1985) (in Japanese)

Sano, M. : Survey report on walleye pollock in the Nemuro Strait, *Survey report on walleye pollock and other groundfish resources in waters around Hokkaido Island (1984 and 1985 fiscal year)*, 343-344 (1987) (in Japanese)

Sasaki, M. : Distribution of walleye pollock eggs in the Nemuro Strait of the eastern Hokkaido, *J. Hokkaido Fish. Exp. St.*, 41, 237-248 (1984)

Sasaki, M. : On the oceanographic conditions on spawning period concerned the spawning grounds of the walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Nemuro Strait of the eastern Hokkaido, *J. Hokkaido Fish. Exp. St.*, 42, 53-63 (1985)

Yoshida, H. : Walleye pollock fishery and fisheries management in the Nemuro Strait, Sea of Okhotsk, Hokkaido, *Proc. Int. Symp. Biol. Magmt. Walleye Pollock*, 59-77 (1988)

Zverkova, L. M. : Southern Okhotsk Sea walleye pollock, *Report of the 24th conference of cooperation studies by Japan and Russia on Saury, Mackerel, Sardine, Squid, and walleye pollock (sub-conference of experts and scientist of Japan and Russia)*(in press) (1992) (in Russian)

北水試研報　42, 121－133 (1993)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

Postlarval morphology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) and Arctic cod, *Boreogadus saida* (Lepechin)*1

Tsutomu HARYU*2 and Tsuneo NISHIYAMA*3

Body proportion, fin development and pigmentation patterns were compared to distinguish postlarvae of 10-30㎜ BL between the two gadid fishes, *Theragra chalcogramma*(Pallas) and *Boreogadus saida*(Lepechin). Preanal distance is the most reliable character to separate *T. chalcogramma*(40-47% BL, average 44% BL) from *B. saida*(44-55% BL, average 48% BL). The position of anus in front of the origin of second dorsal fin distinguishes *T. chalcogramma* from *B. saida,* which reveals the position behind the origin. Between 12 ㎜ BL and 24㎜ BL, the number of caudal fin rays is useful in separating the two species. Heavily scattered stellate melanophores, dense peritoneal and abdominal melanophores at postlarval form in *B. saida* also is separable from *T. chalcogramma* which shows scarcity of these melanophores. Transition from postlarval stage to juvenile stage takes place at about 21 ㎜ BL in *T. chalcogramma* and at 25 ㎜ BL in *B. saida*.

INTRODUCTION

Four gadid species occur on the continental shelf of the eastern Bering Sea[1]. Among the four, walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas) is the most abundant and commercially important species. Arctic cod, *Boreogadus saida* (Lepechin) reported to be abundant in the southeastern Chukchi Sea and predominate in the diet of many marine mammals and sea birds[2]. Gorbunova[3] pointed out striking similarities in development, morphology and some ecological aspects in the larval forms of the two species. Although the two species inhabit relatively distinct regions in conjunction with preferred temperature range distribution of these species probably overlaps in the Bering Strait, north of St. Lawrence Island and Norton Sound. Wolotira et al.[4] found that during 1976 juvenile and young *T. chalcogramma* extended to latitude 68° N in the southeastern

Accepted : September 24, 1993. Contribution A211 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.
報文番号　A211 (1993年9月24日受理)
* 1　スケトウダラ*Theragra chalcogramma*(Pallas)とホッキョクダラ*Boreogadus saida* (Lepechin)の後期仔魚の形態について
* 2　Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Japan(Present affliation: Kushiro City Museum, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)(針生　勤, 現釧路市立博物館)
* 3　Institute of Marine Science, University of Alaska, Fairbanks, Alaska (Present affliation: Department of Marine Science & Technology, Hokkaido Tokai University, Sapporo, Hokkaido, Japan) (西山恒夫, 現北海道東海大学)

Chukchi Sea, the usual habitat for *B. saida*. Lowry and Frost[5] reported that *B. saida* of 7-25 cm in length were caught at 61° 33′ N and 174° 31′ W in the northeast Bering Sea in May 1978.

Despite the distinguishable characters in adult *T. chalcogramma* and *B. saida*, identification of the larvae of these species is often difficult. Gorbunova[3] described the differences in body proportion, pigmentation and ray formation of the four gadid species including *T. chalcogramma* and *B. saida* at prolarval, postlarval and juvenile stages. Russell[6] provided the key for the identification of postlarval *B. saida* from other gadid fish in British waters. Matarese et al.[7] compared the pigment pattern and the number of rays on superior hypural element to identify yolk-sac larvae and postlarvae of the three gadid species *T. chalcogramma*, *Gadus macrocephalus* and *Microgadus proximus*. Although previous work presents general characteristics, the descriptions are not sufficient to delineate postlarvae and juveniles of these two species.

METHODS

Larval *T. chalcogramma* were obtained from the eastern Bering Sea in the area between 54° 30′ N and 56° 18′ N and 166° 18′ W and 175° 30′ W, during the cruises of the T/S *Oshoro Maru* (Hokkaido University) and the R/V *Acona*(University of Alaska) from May through July, 1974, 1977, and 1978. The larvae of *B. saida* were caught in the Chukchi Sea (69° 10′ N and 168° 37′ W) in July 1978 on the R/V *Hakuho Maru* (University of Tokyo).

The samples were collected between the surface and 30 m by using fish larvae nets. A total of 130 specimens of *T. chalcogramma* and 113 specimens of *B. saida* were preserved in 5% seawater formaldehyde solution. Body length (BL) and 13 various body parts were measured with a micrometer to a precision of 0.1 mm. The length of fish ranged from 10 to 30 mm. Body length here is notochord length for early postlarvae and standard length for late postlarvae and juveniles. For the comparison of body proportions, the fishes were categorized into the four size groups, 10-14.9 mm, 15-19.9 mm, 20-24.9 mm and 25-30 mm. Fin ray count is based on 129 *T. chalcogramma* and 55 *B. saida* which were stained with Alizanin Red-s (Clothier[8]). Terminology of pigmentation is referred to Russell's[6].

We also examined 11 young *B. saida* (130-269 mm BL) collected in the northeastern Chukchi Sea from the Fisheries Museum, Hokkaido University (Hakodate, Japan).

RESULTS

1. Body Proportion

Preanal distance as a proportion of body length is a distinct character to identify the two species (Table 1). In *T. chalcogramma*, preanal distance ranges 40-47% BL, and 44-

55% BL in *B. saida*. The average preanal distance persists 44% BL in *T. chalcogramma* and 48% in *B. saida* over all the length range. Body depth of three parts as a proportion of head length (HL) is different by species and changes by size. In *B. saida*, body depth at the base of pectoral fin is 75% HL at 11-15 mm BL, but gradually decreases by 69% HL in larger larvae. In *T. chalcogramma*, body depth at the base of pectoral fin is 70% HL at 10-15 mm BL, reduces to 64% HL at 15-25 mm BL and then increases to 68% HL at 25-30 BL. Body depth at anus in *T. chalcogramma* increases gradually from 51% HL at 10-15 mm BL to 57% HL at 25-30 mm BL. By contrast, body depth at anus in *B. saida* decreases from 54% HL at 11-15 mm BL to 51% at 15-20 mm BL, and does not change greatly thereafter. Depth of caudal peduncle persists uniformly in *T. chalcogramma* with 23-24% HL throughout the four size groups, whereas it tends to decrease from 26% to 21% HL with increasing length in *B. saida*. Lower jaw length does not change in *T. chalcogramma*, but decreases from 55% to 48% in *B. saida* when fish grow from 11-15 mm BL to 15-20 mm BL. No particular difference is found in the distance from snout to the origin of each fin, snout length and eye diameter.

Table 1. Body proportions of postlarval and juvenile *Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida*. The numbers in parentheses indicate mean value.

	Theragra chalcogramma				*Boreogadus saida*			
Body length (mm)	10.0-14.7	15.2-19.9	20.0-24.7	25.0-29.9	10.6-14.9	15.0-19.7	20.0-24.4	25.0-29.2
	(11.9)	(17.8)	(21.5)	(26.2)	(13.5)	(17.8)	(21.6)	(27.1)
Number of larvae	15	78	31	6	26	57	22	8
Percentage of body length								
Head length	20.0-27.6	24.1-29.0	25.1-29.0	24.0-27.6	22.3-29.1	22.7-29.5	24.8-29.9	25.5-29.2
	(23.8)	(26.9)	(27.0)	(26.4)	(25.7)	(26.2)	(27.1)	(27.3)
Preanal distance	40.0-46.9	41.8-46.9	42.8-46.1	43.5-46.3	46.2-54.4	43.9-54.8	46.3-52.2	46.1-51.3
	(44.4)	(44.5)	(44.6)	(44.2)	(48.2)	(48.3)	(48.5)	(48.5)
Snout to origin of	31.3-34.9	29.1-35.9	29.6-35.6	29.8-32.5	31.0-33.0	30.2-35.7	30.0-35.3	29.6-35.6
first dorsal fin	(33.6)	(32.6)	(32.6)	(31.7)	(32.0)	(33.0)	(32.5)	(32.3)
Snout to origin of	43.8-48.8	43.5-51.4	45.0-48.4	45.0-47.2	45.8-51.2	43.1-51.5	43.5-48.3	45.0-50.0
second dorsal fin	(46.9)	(46.5)	(46.6)	(46.0)	(47.4)	(46.6)	(46.9)	(47.3)
Snout to origin of	64.5-70.0	62.1-69.7	63.3-68.6	65.2-68.1	61.6-68.6	59.3-70.8	61.5-68.6	63.8-69.2
third dorsal fin	(66.4)	(66.5)	(66.7)	(66.8)	(65.1)	(64.6)	(65.6)	(66.5)
Snout to origin of	64.1-74.1	59.0-68.6	64.5-69.0	64.9-68.9	64.0	59.5-72.6	63.5-68.6	64.4-69.8
second anal fin	(68.1)	(66.1)	(66.6)	(66.8)		(65.5)	(66.0)	(67.1)
Percentage of head length								
Snout length	18.9-25.9	18.0-27.7	20.0-27.3	23.2-28.3	18.5-28.0	18.2-28.9	20.9-31.3	21.6-31.3
	(20.5)	(22.8)	(23.6)	(25.6)	(23.1)	(22.9)	(25.0)	(24.8)
Eye diameter	31.8-43.5	32.7-40.8	30.8-39.2	32.1-37.5	30.0-46.2	30.2-40.8	27.6-36.4	30.0-35.6
	(37.6)	(36.3)	(34.4)	(33.6)	(37.5)	(35.7)	(33.4)	(33.0)
Body depth at base	56.0-78.6	55.1-69.4	59.3-68.8	61.6-73.3	60.5-80.7	61.1-81.3	62.5-78.9	66.9-74.6
of pectoral fin	(69.8)	(63.5)	(64.2)	(67.6)	(74.7)	(69.2)	(69.6)	(69.3)
Body depth at anus	45.3-57.4	46.9-59.2	47.6-56.9	51.4-61.7	45.1-66.0	42.7-58.9	47.2-59.0	48.5-57.0
	(50.7)	(52.4)	(52.7)	(56.5)	(53.7)	(51.4)	(52.5)	(52.1)
Depth of	20.8-27.8	21.0-28.6	20.6-24.2	21.4-26.6	22.5-30.0	20.0-28.8	19.3-24.5	20.1-22.2
caudal peduncle	(23.9)	(23.6)	(22.6)	(23.6)	(26.4)	(23.7)	(22.2)	(20.9)
Upper jaw length	31.8-48.1	30.9-47.4	30.8-43.0	34.8-45.0	30.8-46.0	30.0-45.0	30.0-41.8	35.6-41.1
	(36.2)	(38.7)	(37.9)	(38.7)	(37.9)	(36.8)	(36.5)	(37.5)
Lower jaw length	48.1-63.0	41.7-57.5	40.0-54.9	46.4-56.7	46.5-66.0	40.0-58.8	40.1-56.5	41.1-52.1
	(51.8)	(50.3)	(49.2)	(51.2)	(55.2)	(50.7)	(48.4)	(47.5)

2. Anal Position

Figure 1 presents the difference of the position of anus between the two species by showing the ratios of the distance from snout to the origin of second dorsal fin to preanal distance. Evidently, most values are above 1.00 in *T. chalcogramma* and below 1.00 in *B. saida*. This demonstrates that anus is located in front of the ventral origin of second dorsal fin in *T. chalcogramma*, but is located behind the origin in *B. saida*. It is apparent that the variance of the value is greater around 18 mm BL in *B. saida*. The significance of this variance has not been considered in this study. Some exceptional values of both species may be ascribed to the curvature of abdominal vertebrae.

3. Fin Development

In *T. chalcogramma*, 7 to 21 caudal fin rays appear in the larvae about 10 mm BL (Figure 2). The fin develops rapidly at 12 mm BL, revealing 35 rays. Thereafter the fin development progresses slowly to the full complement of 48-54 rays at 21 mm BL. The fin development appears slow in *B. saida*. Although there are 20-30 rays at 11 mm BL, the ossification does not progress until fish grow to 15 mm BL, at which time 20-28 rays are attained. Thereafter the fin develop more rapidly then in *T. chalcogramma*. The full complement of 47-50 rays is accomplished when fish reach 25 mm BL.

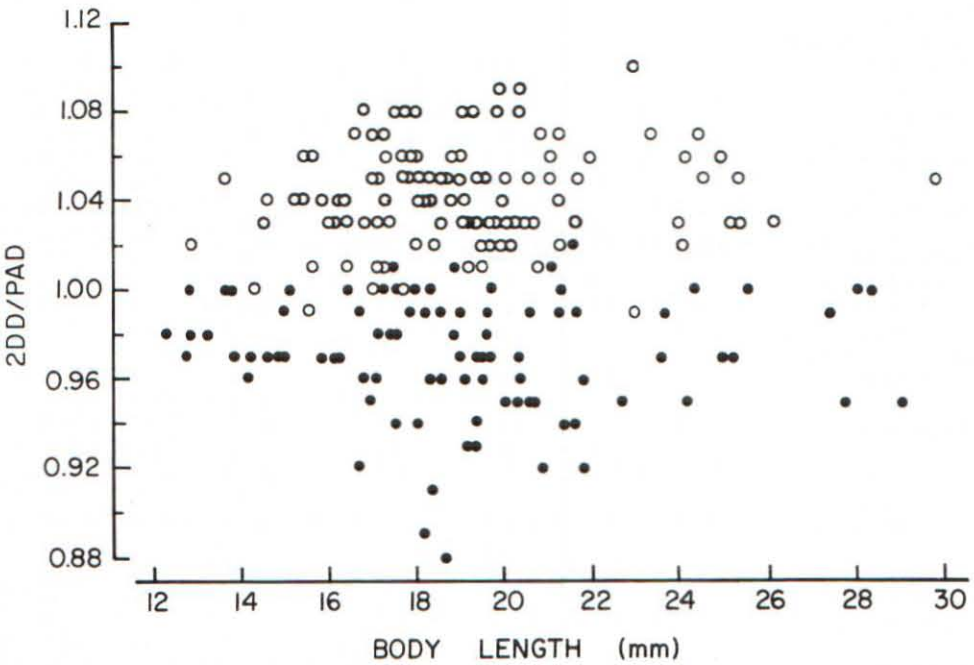


Figure1. Position of anus in relation to origin of second dorsal fin in *Theragra chalcogramma* (open circle) and *Boreogadus saida* (closed circle) larvae. 2DD, distance from snout to origin of second dorsal fin; PAD, preanal distance.

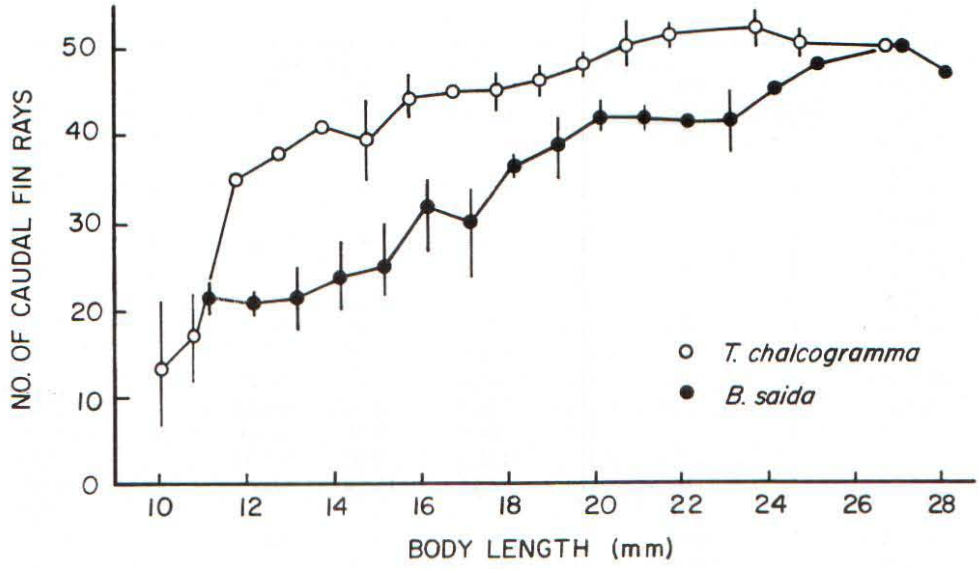


Figure2. Caudal fin ray formation in *Theragra chalcogramma* and *Boreogadus saida*. Circles and vertical bars indicate mean and range.

In *T. chalcogramma* the first anal fin rays begin to ossify at 11.5-11.6 mm BL (Table 2). The rays in the second and third dorsal, second anal and pelvic fins appear when fish reach 12.2-12.4 mm BL. First dorsal fin ossifies somewhat later in the 12.6 mm long or larger larvae. Pectoral fin does not start to form until fish reach 14.5-14.9 mm BL. The smallest fish with the complete number of first anal fin rays is 15 mm BL. The full complement of respective fin rays is recognized in the larvae of 21 mm BL and is completed when the fish reach 25 mm BL. The fin formula of *T. chalcogramma* in this study is D. 11-13, 15-18, 19-25; A. 19-25, 19-25; Pect. 18-20; Pelvic 6.

In *B. saida* the development of fin rays is later than in *T. chalcogramma* (Table 3). Third dorsal and first anal fin begin to appear at 12.6 mm BL, and second anal fin at 13.0-13.2 mm BL. The first appearance of rays in second dorsal and pelvic fins is found in a larva of 13.7 mm BL. First dorsal fin rays do not start to form until larvae grow to 14 mm BL. Pectoral fin rays are the last to ossify in the larvae of 16.1-16.4 mm BL. The larvae of 26-27 mm BL in this study exhibit the full complement of respective fin rays. The fin formula of *B. saida* in this study is D. 11-12, 14-15, 20-21; A. 16-18, 20-21; Pect. 17-18; Pelvic 6.

Table2. Number of fin rays in *Theragra chalcogramma*. Areas closed in broken line show the minimum number of fin rays in adult form. The numbers in parentheses indicate mean value.

Body length (mm)	No. of larvae	Number of fin rays						
		1st dorsal	2nd dorsal	3rd dorsal	1st anal	2nd anal	pectoral	pelvic
10.0-10.1	2	0	0	0	0	0	0	0
(10.1)								
10.5-10.9	3	0	0	0	0	0	0	0
(10.7)								
11.3	2	0	0	0	0	0	0	0
11.5-11.6	3	0	0	0	0- 4	0	0	0
(11.6)					(0.8)			
12.2-12.4	2	0	5- 8	8- 9	12-15	11-15	0	0- 3
(12.3)			(6.5)	(8.5)	(13.5)	(13.0)		(1.5)
12.6-12.8	3	0- 2	6-13	12-14	11-17	10-15	0	0- 3
(12.7)		(1.0)	(9.7)	(12.7)	(14.3)	(12.0)		(2.0)
13.4	2	0	7- 8	10-13	13-14	12-13	0	0- 3
			(7.5)	(11.5)	(13.5)	(12.5)		(1.5)
13.5-13.9	8	0	5- 6	6-11	10-13	8-11	0	0- 3
(13.7)			(5.5)	(8.4)	(11.9)	(9.9)		(0.8)
14.1-14.3	3	0- 2	6- 8	10-14	13-16	12-16	0	0- 3
(14.2)		(0.7)	(7.3)	(12.3)	(14.0)	(14.0)		(2.0)
14.5-14.9	7	0- 3	7-12	12-14	14-17	13-16	0- 4	2- 4
(14.7)		(1.3)	(9.4)	(12.9)	(15.3)	(14.9)	(1.1)	(3.0)
15.0-15.8	10	0- 5	8-12	10-17	13-19	11-18	0-10	3- 4
(15.4)		(2.4)	(9.5)	(13.3)	(15.9)	(15.2)	(2.3)	(3.5)
16.0-16.7	10	3- 6	7-13	14-18	16-19	15-19	4-11	4- 5
(16.5)		(4.7)	(11.8)	(16.2)	(17.7)	(17.6)	(6.9)	(4.1)
17.1-17.7	10	5- 8	11-15	15-20	17-22	15-22	7-14	4- 5
(17.4)		(6.1)	(12.8)	(17.9)	(19.5)	(19.2)	(10.1)	(4.6)
18.0-18.9	10	7-10	13-16	19-22	19-25	19-23	11-15	5
(18.5)		(8.3)	(14.5)	(20.5)	(21.8)	(21.1)	(12.7)	
19.1-19.9	10	8-10	14-18	15-21	19-25	18-23	13-16	5- 6
(19.5)		(8.9)	(15.7)	(19.2)	(21.7)	(20.7)	(14.5)	(5.2)
20.0-20.9	10	8-11	14-18	18-22	21-23	20-22	13-17	5- 6
(20.4)		(9.4)	(15.8)	(19.9)	(22.4)	(21.2)	(15.7)	(5.5)
21.0-21.8	10	9-11	15-18	18-22	21-24	20-23	14-18	5- 6
(21.4)		(9.7)	(16.0)	(20.2)	(21.9)	(21.6)	(15.8)	(5.7)
22.1-22.7	4	9-11	15-16	20-21	21-23	20-22	15-18	6
(22.4)		(9.8)	(15.5)	(20.3)	(22.0)	(21.5)	(16.8)	
23.0-23.7	4	9-12	15-18	19-23	21-23	21-24	15-18	6
(23.3)		(10.5)	(16.3)	(21.0)	(21.5)	(22.3)	(16.3)	
24.0-24.7	6	11-13	15-17	19-21	21-24	21-24	17-18	6
(24.4)		(11.8)	(16.0)	(20.7)	(22.2)	(22.5)	(17.8)	
25.0-25.8	5	12-14	15-18	20-25	21-25	21-25	18-20	6
(25.4)		(12.8)	(16.6)	(21.8)	(23.0)	(23.0)	(18.8)	
26.0-26.9	2	13-14	15-16	20-21	19-21	21-22	18-20	6
(26.1)		(13.5)	(15.5)	(20.5)	(20.0)	(21.5)	(19.0)	
27.2	1	12	15	23	20	23	20	6
28.9	1	11	15	21	23	24	19	6
29.4	1	12	17	21	21	22	18	6

Table3. Number of fin rays in *Boreogadus saida*. Areas closed in broken line show the minimum number of fin rays in adult form. The numbers in parentheses indicate mean value.

Body length (mm)	No. of larvae	Number of fin rays						
		1st dorsal	2nd dorsal	3rd dorsal	1st anal	2nd anal	pectoral	pelvic
11.2	1	0	0	0	0	0	0	0
11.5-11.6 (11.6)	2	0	0	0	0	0	0	0
12.2	1	0	0	0	0	0	0	0
12.6	1	0	0	6	3	0	0	0
13.0-13.2 (13.1)	2	0	0	0- 3 (1.5)	3- 7 (5.0)	0- 5 (2.5)	0	0
13.7	1	0	5	7	9	9	0	1
14.1-14.3 (14.2)	3	0- 2 (0.7)	0- 9 (4.3)	0-13 (6.7)	5-13 (8.0)	0-12 (6.3)	0	0- 3 (1.0)
14.8	2	0- 4 (2.0)	7- 9 (8.0)	12-15 (13.5)	12	13	0	0- 4 (2.0)
15.5-15.8 (15.7)	5	0- 5 (3.2)	9-13 (10.2)	11-17 (14.6)	12-14 (13.4)	13-17 (15.4)	0	3- 4 (3.6)
16.1-16.8 (16.4)	4	3- 5 (4.0)	10-11 (10.5)	14-16 (15.3)	13-14 (13.5)	16-18 (17.0)	0- 2 (0.5)	3- 5 (3.5)
17.0-17.4 (17.3)	5	4- 6 (5.4)	9-13 (10.8)	16-19 (17.4)	12-16 (14.0)	16-18 (17.6)	0- 4 (3.0)	3- 5 (3.8)
18.1-18.5 (18.3)	4	6- 8 (7.0)	10-13 (11.8)	17-20 (18.8)	16-18 (17.0)	20-21 (20.3)	3- 9 (5.8)	4
19.0-19.6 (19.3)	6	7- 8 (7.3)	10-15 (12.2)	17-19 (18.3)	14-17 (15.5)	18-22 (19.3)	4- 9 (6.2)	4- 5 (4.2)
20.3-20.9 (20.6)	5	5- 9 (8.0)	13-15 (13.8)	19-20 (19.2)	14-17 (16.0)	19-22 (20.6)	6-12 (10.2)	4- 5 (4.8)
21.3-21.8 (21.6)	5	8-10 (9.2)	12-17 (14.4)	19-23 (20.4)	15-19 (16.6)	20-22 (21.2)	10-14 (12.2)	5
22.3	1	10	14	18	19	21	13	5
23.1-23.2 (23.2)	2	9-10 (9.5)	14	20-21 (20.5)	16-17 (16.5)	21-23 (22.0)	16-17 (16.5)	6
24.5	1	10	13	21	18	21	16	6
25.4-25.5 (25.5)	2	11-12 (11.5)	13-15 (14.0)	22	16-18 (17.0)	21-22 (21.5)	16-17 (16.5)	6
26.0-26.9	0	-	-	-	-	-	-	-
27.5	1	11	14	20	16	21	18	6
28.1	1	11	15	21	18	20	18	6

4. Pigmentation

Pigmentation is much more developed in *B. saida* than in *T. chalcogramma* during the postlarval development. In early postlarval *T. chalcogramma*, very few stellate melanophores are seen on the sides of the body (Figure 3A). Dorsal and ventral contour pigment and peritoneal pigment are distinct, and the posterior part of dorsal contour pigment is in the process of fusing. A few large stellate melanophores occur on the shoulder origin of first dorsal fin, being separated from occipital region. The mediolateral streak of melanophores is weakly developed. Several large melanophores form a typical peritoneal pigment. A few postorbital melanophores are found.

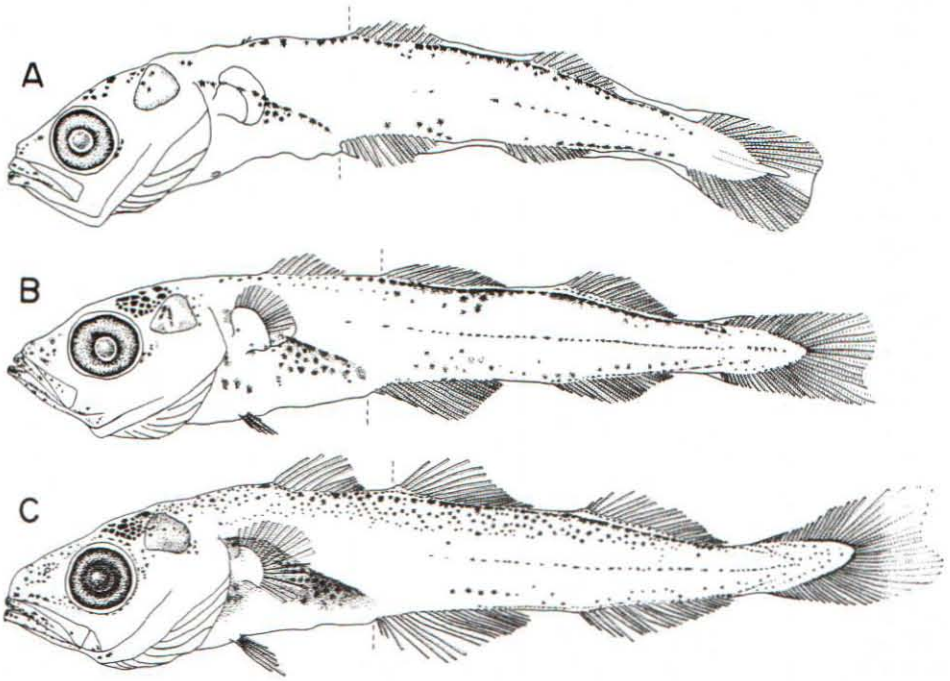


Figure3. Larvae of *Theragra chalcogramma*. A, 12.8 mm (BL); B, 21.3 mm; C, 29.9 mm. Vertical broken lines indicate the origin of second dorsal fin and the position of anus (Illustration of A and B are after Haryu[19]).

Abdominal pigmentation is very few. In the snout and mandibular regions there are several punctate melanophores. No epural pigment occurs at this stage.

In early postlarval *B. saida*, large stellate melanophores are diffusely scattered on the posterior part of the body (Figure 4A). Dorsal and ventral contour pigment is fused extending toward the end of the tail. Mediolateral streak in *B. saida* is distinct in comparison with that in *T. chalcogramma*. Peritoneal pigment is already densely aggregated. Abdominal pigment is dense, in sharp contrast to *T. chalcogramma*. Occipital pigment is also dense, and joined to the dorsal streak. Epural pigment is present in caudal fin in this stage. postorbital pigment is sparse, and mandibular pigment was relatively obscure.

When *T. chalcogramma* larvae reach 21.0 mm BL, stellate melanophores slightly increase on the sides of the body, particularly below second dorsal fin and above first anal fin (Figure 3B). Several melanophores are also scattered in the caudal region. Ventral contour pigment is in the process of fusing, whereas dorsal contour pigment becomes more dense. Ventrolateral pigment become distinct. Mediolateral melanophores form a distinct row from the middle of the body on the base of caudal fin. Peritoneal melanophores increase with the process of fusing. Abdominal and occipital pigment becomes noticeable. A few melanophores are seen in the shoulder region and at the base

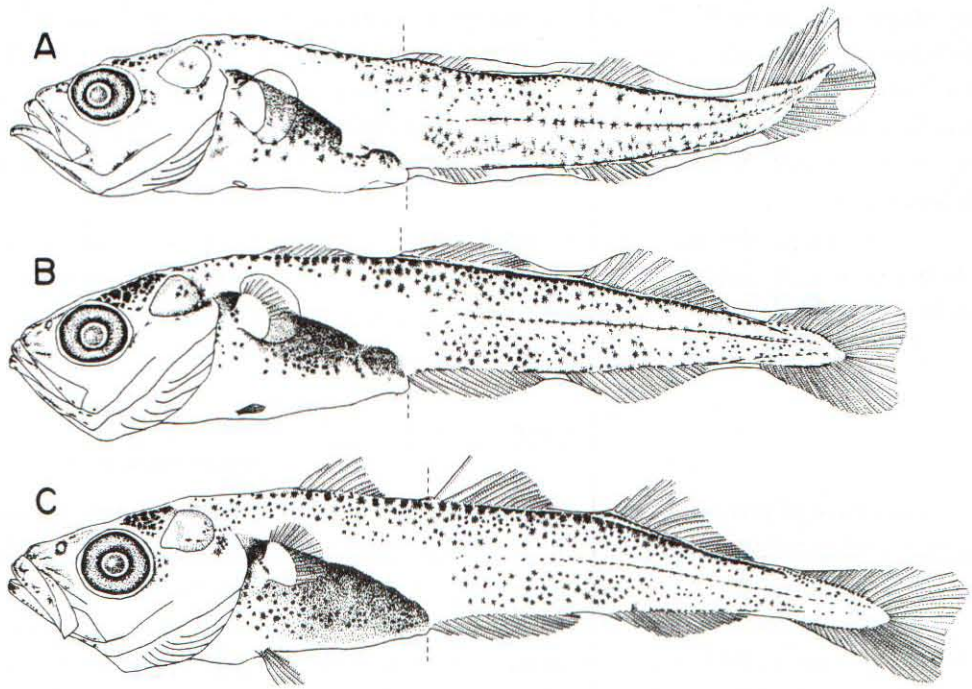


Figure4. Larvae of *Boreogadus saida*. A, 14.5 mm (BL); B,20.3 mm; C, 29.2 mm. Vertical broken lines indicate the origin of second dorsal fin and the position of anus.

of pectoral fin. Postorbital, snout and mandibular pigment increases more. Pigmentation appears in the base of caudal fin.

At a length of 20.3 mm BL in *B. saida*, melanophores are scattered on all the sides of the body (Figure 4B). Dorsal contour pigment becomes developed, whereas ventral contour pigment remains undeveloped. Mediolateral melanophores are in the process of fusing. Occipital and peritoneal pigment becomes much more intense. The pigment in the snout increases but does not change noticeably in mandibular.

In juvenile *T. chalcogramma*, a great change occurs in the disposition of melanophores (Figure 3C). Small stellate melanophores increase considerably and are diffusely scattered all over the dorsal part from the shoulder to the tail region. Melanophores are distributed dorsolaterally but not ventrally. Ventral contour row stretches from the posterior base of first anal fin to the end of second anal fin. Appearance of the mediolateral streak does not change in relation to that at 21.0 mm BL. Peritoneal pigment become very intense, but more diffused. Abdominal and occipital regions accompany numerous melanophores. Occipital pigment becomes joined with pigment of the shoulder. Snout and mandibular pigment increases moderately. Pigment surrounds the eye. Pigmentation in the base of caudal fin is much intensified.

In juvenile *B. saida*, the sides of the body are covered with numerous small stellate

melanophores (Figure 4C). There is a profusion of peritoneal melanophores on the entire abdominal region, accompanying thinly scattered stellate cells. In contrast to *T. chalcogramma*, the pigment does not surround the eye except in the posterior region, including postorbital pigment at this stage. No particular change occurs in pigmentation in the snout and mandibular regions. Epural and hypural pigmentation becomes apparent.

In summary, the pigmentation takes place earlier in *B. saida* than in *T. chalcogramma*. *B. saida* can be distinguished from *T. chalcogramma* by the denser stellate melanophores on the body side and peritoneal and abdominal regions through the postlarval development.

DISCUSSION

The results of this study reveal that preanal distance and the position of anus are the most useful characters to identify the postlarval forms of *T. chalcogramma* and *B. saida*. Body depth at the base of pectoral fin and anus is also distinguishable between the two species. The depth of caudal peduncle is less useful for the identification because of the great variation. Differences in appearance and distribution of melanophores provides a realistic indicator to discriminate between the two species. Well developed pigmentation on the body sides, peritoneal and abdominal regions in *B. saida* contrasts sharply to the fewer melanophores in *T. chalcogramma*. Gorbunova[3] stated that the character of pigmentation resembles each other in prolarvae of the two species.

The range of preanal distance of *T. chalcogramma* in this study (40-47% BL) appears to agree with that reported previously for larval and juvenile forms (40-49% BL: Gorbunova[3]) and for adult form (40-44% BL: Svetovidov[1]). However, preanal distance of *B. saida* reported by Gorbunova[3] differs from that of the present study. Gorbunova gave the range of preanal distance to be 33-41.5% for the 8-13 mm larvae and 38-44% for the 13-24 mm larvae. The present data indicate 46.2-54.4% BL for the 10-15 mm fish and 43.9-54.8% BL for the 15-25 mm fish. It is obvious that the present data reveal higher values. Svetovidov[1] presented the distance of adult form to be 41.5-49.5% BL. We ascertained that the distance in young *B. saida* of 13-27 cm long was 46.4-50.8% BL (average 48.3% BL). In considering our data and Svetovidov's, we conclude that preanal distance remains almost uniform from the larvae of 10-15 mm BL to adult form. The cause of the discrepancy in the findings between Gorbunova's and present study is uncertain.

Our data show that the transition from postlarval stage to juvenile stage takes place at about 21 mm BL in *T. chalcogramma* and 25 mm BL in *B. saida*. This can be compared with 30-50 mm length in *B. saida* (Rass[9]) and 35-50 mm length in *T. chalcogramma* (Gorbunova[3]). It is possible that the transition varies depending upon the seasonal and geographical differences. A rapid increase in numbers of caudal fin rays at 11-12 mm BL in *T. chalcogramma* contrasts with a gradual increase of *B. saida*. The number of the fin

rays remains fewer in *B. saida* than in *T. chalcogramma* before the full complement of rays is attained. It has been known that the appearance of a full complement of fin rays in *B. saida* occurs latest among all gadid fishes (Gorbunova[2]; Rass[9]). Although the slow fin development can be considered as a species specific character of *B. saida*, it is also presumable that it resulted from the low water temperature condition of habitat during the incubation period and larval stage. It has been known that the skeletal elements of fish are determined by water temperature during early development (Fahy[10,11,12]; Brander[13]; Powell and Gordy[14]). Since it is known that the habitat temperature of larval form is 2 to 5℃ for *B. saida* (Rass[9]) and 3 to 7℃ for *T. chalcogramma* in the southeast Bering Sea (Nishiyama et al.[15]), it is likely that the slightly lower temperatures for *B. saida* delay achieving the full complement of fin rays in *B. saida*, in relation to *T. chalcogramma*.

The process of fin ray formation may affect swimming capability and behavior of larvae. Gorbunova[3] noted that in *T. chalcogramma* the transition from the passive drifting to active movement takes place at 10 to 15 mm BL accompanying the skeletal support in unpaired fins. Kobayashi[16] assumed that the postlarvae of *T. chalcogramma* perform diurnal vertical migration in water column, while prelarvae remain in the surface layer. In the length-weight regression curve of *T. chalcogramma*, Haryu[17] found an inflection point at 7 or 8 mm BL, which corresponds to the beginning of caudal fin development. He pointed out that in *T. chalcogramma* the changes in type and size of food (Kamba[18]) favorably coincide with the transition from postlarval to juvenile stages. At present no comparable data are available in larval *B. saida* on the relation between fin ray development and behavioral changes. However, the late formation of fin ray may cause a prolonged planktonic stage in this species.

ACKNOWLEDGMENTS

We are most grateful to Jean R. Dunn and the late Jay C. Quast, Northeast and Alaska Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, NOAA, who reviewed the manuscript and offered valuable comments and criticisms. Thanks are also due to John J. Goering and Peter C. McRoy, Institute of Marine Science, University of Alaska, for their comments on the manuscript. Our thanks are to the officers and crew members of the T/S *Oshoro Maru*, and R/V *Hakuho Maru*, for their support in our collection. Yoji Endo aided in the collection of materials on board the ships. This research was in part supported by the Division of Polar Program of the U. S. National Science Foundation under Grant No. DPP76-23340.

REFERENCES

1) Svetovidov, A. N.: Fauna of USSR. Fishes. Gadiformes. Vol. IX, No. 4. (Transl. from

Russian. Israel Program for Scientific Translations. Academy of Sciences of the USSR.). 1948, 500 p.

2) Ponomarenko, V.P.: Some data on the distribution and migrations of polar cod in the seas of the Soviet Arctic. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 95(2), 131-135(1968)

3) Gorbunova, N. N.: Reproduction and development of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas). *Tr. Inst. Okeanol., Acad. Nauk SSSR* 11, 132-195(1954). (Transl. from Russian by S. Pearson, Northwest Fish. Center, NMFS, 1972. 106 p.)

4) Wolotira, R. J., Jr., T. M. Sample and M. Morin, Jr.: Demersal and shellfish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Seas and adjacent waters in the baseline year 1976. Northwest and Alaska Fisheries Center Processed, U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. NMFS, Seattle, Wa. 1977, 292 p.

5) Lowry, L. F. and K. J. Frost: Distribution, growth, and foods of Arctic cod (*Boreogadus saida*) in the Bering Sea, Chukchi, and Beaufort Seas. *Canadian Field-Naturalist* 95(2), 186-191(1981)

6) Russell, F. S.: The eggs and planktonic stages of British marine fishes. London, Academic Press, 1976, 524 p.

7) Matarese, A. C., S. L. Richardson, and J. R. Dunn; Larval development of Pacific tomcod, *Microgadus proximus*, in the northeast Pacific Ocean with comparative notes on larvae of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, and Pacific cod, *Gadus macrocephalus* (Gadidae). *Fish. Bull. U. S.* 78, 923-940(1981)

8) Clothier, C. R.: A Key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Divis. Calif. Fish and Game. Fish. Bull.* 79, 4-83(1950)

9) Rass, T. S.: Spawning and development of Polar cod. *Rapp P.-v Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 158, 135-137(1968)

10) Fahy, W. E.: Influence of temperature change on number of vertebrae and caudal fin rays in *Fundulus majalis* (Walbaum). *J. Cons. int. Explor. Mer.* 34(2), 217-231(1972)

11) Fahy, W. E.: The influence of temperature change on number of anal fin rays developing in *Fundulus majalis* (Walbaum). *J. Cons. int. Explor. Mer.* 38(3), 280-285(1979)

12) Fahy, W. E.: The influence of temperture change on number of dorsal fin rays developing in *Fundulus majalis* (Walbaum). *J. Cons. int. Explor. Mer.* 39(1), 104-109(1980)

13) Brander, K.: The relationship between vertebral number and water temperature in cod. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 38(3), 286-292(1978)

14) Powell, A. B. and H. R. Gordy: Egg and larvae development of the spot, *Leiostomus xanthurus* (Sciaenidae). *Fish. Bull., U. S.* 78(3), 701-714(1980)

15) Nishiyama, T., K. Hirano and T. Haryu: The early life history and feeding habits of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southeast Bering Sea. *Internatl. North Pacific Fish. Comm. Bull.* 45, 177-227(1986)

16) Kobayashi, K.: Larvae and young of the whiting, *Theragra chalcogramma* (Pallas) from the North Pacific. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 14(2), 55-63(1963)

17) Haryu, T.: Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish.*

Hokkaido Univ. 31(2), 121-136(1980)

18) Kamba, M.: Feeding habits and vertical distrbution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish. Hokkaido Univ. Spe. Vol.*, 175-197(1977)

19) Haryu, T.: Illustrations of larval *Theragra chalcogramma*. In an atlas of the early stage fishes in Japan (Eds. Muneo Okiyama). Tokyo, Tokai University Press, 1988, 326 p.

北水試研報　42，135－142（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅰ 水平分布と孵化時期[*1]

夏目雅史[*2]，佐々木正義[*3]

Ecology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido－Ⅰ Horizontal distribution and hatching season

Masashi NATSUME[*2] and Masayoshi SASAKI[*3]

To clarify the seasonal distribution of walleye pollock *Theragra chalcogramma* larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido, sampling was carried out by Marchi net and beam trawl net from October 1984 to February 1987.

Larvae and juveniles were collected from February to June. The total length mode of larvae was 6-8mm in February and 10-12 mm in April, respectively. The larvae were concentrated in the shelf region around the Rishiri and Rebun islands, while they occurred in low numbers in the Musashi Bank, Annual change in hydrographic conditions and larval distribution suggests that the cold water from the west coast of Sakhalin affects larval distribution. On the basis of the larvae size, it was estimated that the hatching time of larvae and juveniles in this area was primarily during late February to early March.

はじめに

北海道日本海海域には，岩内湾から樺太西岸および北部沿海州に主たる生活領域を持つ，北部日本海系群と呼ばれるスケトウダラ群が存在すると考えられている[1)]。北海道周辺における主な産卵場は，岩内湾，石狩湾，雄冬沖，天売，焼尻島周辺，利尻，礼文島周辺および稚内北西海域（通称ノース場）に形成される[2,3)]。これらの海域では主に産卵のために来遊した魚群を対象として，沖合底びき網，刺網および延縄により漁獲されており[2－4)]，スケトウダラ研究は主に産卵群について行われて来た[2,3,5,6)]。このため，生活史初期における知見は少なく，稚仔魚の分布については，各時期における断片的な知見しかなく[4,7－9)]，一年を

報文番号　A212（1993年9月24日受理）
＊1　本報告では平成4年度日本水産学会春季大会（平成4年4月2日）で口頭発表した。
＊2　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan）
＊3　北海道原子力センター（Hokkaido Nuclear Energy Environmental Rrsearch Center, Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan）

通しての分布は明らかにされていない。

筆者らは，1984年10月から1987年２月までの期間，北海道北部日本海においてスケトウダラ稚仔魚を採集し，水平分布および孵化時期を検討したので報告する。

材料及び方法

調査は，北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸（275.36ｔ）を用い，1984年10月から1987年２月までの期間に11回，北海道北部日本海側の武蔵堆及び利尻島，礼文島周辺海域で行った（Fig. 1）。スケトウダラの稚仔魚の採集は1984年６月から1985年８月まではマルチネットA型[10]（口径1.3m，側長4.5m，袋網目合GG54，以下マルチネット）を，1986年２月から1987年２月までは採集効率を上げるため，口径が大きく高速で曳網できるビームトロールネット[11]（網口2.0×2.5m，側長12m，袋網目合GG54）を用いた（Table 1）。曳網方法はマルチネットでは，昼夜間で異なり，夜間（日没から日出まで）は100ｍワイヤーを繰り出した後，直ちに80ｍ巻き上げ，その後３分間水平曳きを行い，日中（日出から日没まで）は100ｍワイヤーを繰り出した後，３分間水平曳きを行い，その後それぞれ海面まで傾斜曳きを行った。また，ビームトロールネットでは，0，10，30，50ｍの各層を深い方から順次２分間水平曳網する階段曳きを行った。曳網速度はマルチネットでは1.0〜1.5ノット，

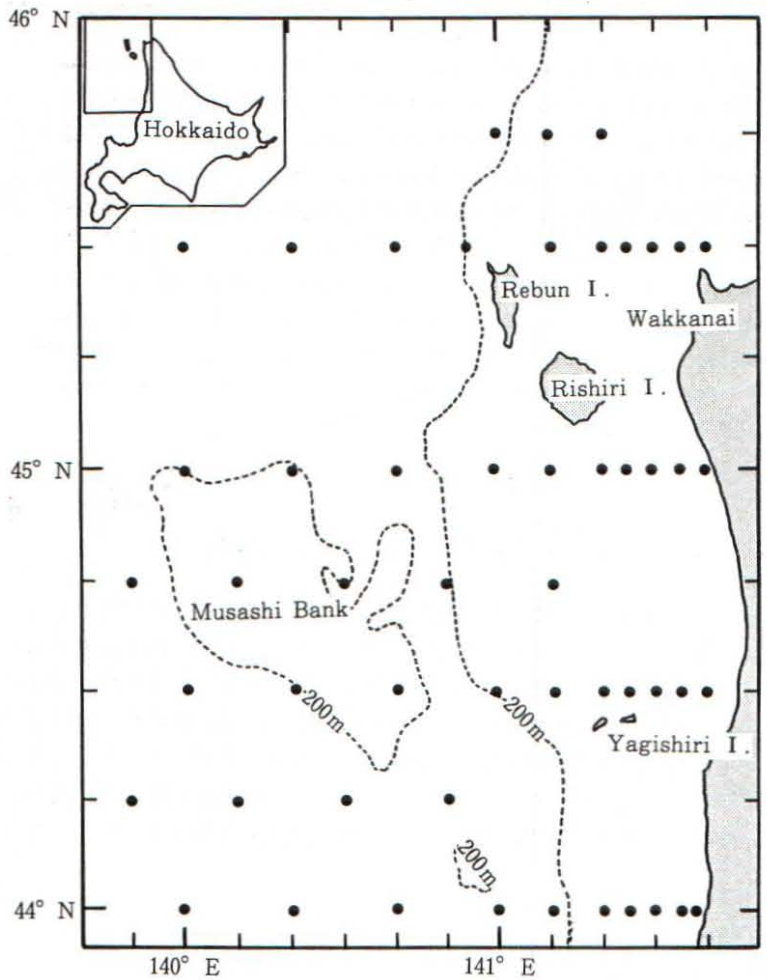


Fig. 1. Location of study area and bottom contours in the Sea of Japan off northern Hokkaido.

ビームトロールネットは2.5～3.0ノットとした。

採集した稚仔魚は船上で5～10%ホルマリン海水で固定後研究室に持ち帰った。稚仔魚の選別，種の同定，計数，計測については沿海調査開発株式会社に委託した。体長は全長（計測単位：0.01㎜）を測定し，調査点別に個体数を計数した。スケトウダラ稚仔魚は標準体長約22㎜（全長で約25㎜）で全ての鰭条が定数に達し，仔魚期から稚魚期に移行するが[12]，本調査で採集された稚仔魚は，2月の標本の全てと4月の標本のほとんどが全長25㎜以下であり，6月の標本は1個体を除き全長25㎜以上であることから，本報告では便宜上2月および4月の標本を仔魚，6月の標本を稚魚とした。

本調査は稚内水産試験場で行っている定期海洋観測と同時に行い，稚仔魚採集調査点および定期海洋観測定点（Fig. 1）で，ギルドライン社製ＣＴＤを用いて水温・塩分を測定した。

結　果

1．稚仔魚の分布

スケトウダラ稚仔魚は各年の2月，4月，および6月に採集された（Table 1）。

1曳網当たりの採集個体数で示した稚仔魚の水平分布についてみると（Fig. 2），2月では年による分布密度の差はあるが，いずれの年も利尻島，礼文島周辺の陸棚域で多く採集された。利尻島，礼文島北側水域では，1986，1987年には採集個体数の多い調査点がみられたが，1985年ではわずか1調査点で1個体のみ採集された。

4月には1985年，1986年ともに2月と同様沖合域で分布密度は低く，利尻島，礼文島周辺の陸棚域で高くなっていた。

1985年，1986年ともに6月には稚仔魚はほとんど採集されず，1985年に焼尻島付近で2個体，1986年に武蔵堆周辺で6個体採集された。

2．水温，塩分の分布

過去にこの海域で4月に行われた調査では20m層に稚仔魚の分布が多く[8]，噴火湾でも3月～5月の稚仔魚は10～30m層に多いことから[13]，各調査時期ごとに20m層の水温，塩分の分布を稚仔魚の分布と併せてFig. 2に示した。

1985年2月は利尻島の北側から低温，低塩分の西樺太沿岸水[14]とみられる冷水が張出しているが，1986年，1987年は冷水の張出しは見られず，1986年の水温は3～5℃台と1985，1987年に比べてやや高かった。各年ともに沿岸から沖合にかけての顕著な水温差はみられなかった。

Table 1. Sampling method and number of catch.

Date			Gear	No. of stations	No. of catch
2－12	Oct.	1984	MA	15	0
17－18	Dec.	1984	MA	8	0
19－19	Feb.	1984	MA	8	229
10－12	Apr.	1985	MA	19	751
5－12	Jun.	1985	MA	27	2
20－22	Aug.	1985	MA	14	0
20－22	Feb.	1986	BT	16	480
8－11	Apr.	1986	BT	24	1171
2－ 5	Jun.	1986	BT	10	6
1－ 5	Dec.	1986	BT	12	0
23－25	Feb.	1987	BT	9	951

MA, Maruchi A net[10].
BT, Beam trawl net[11].

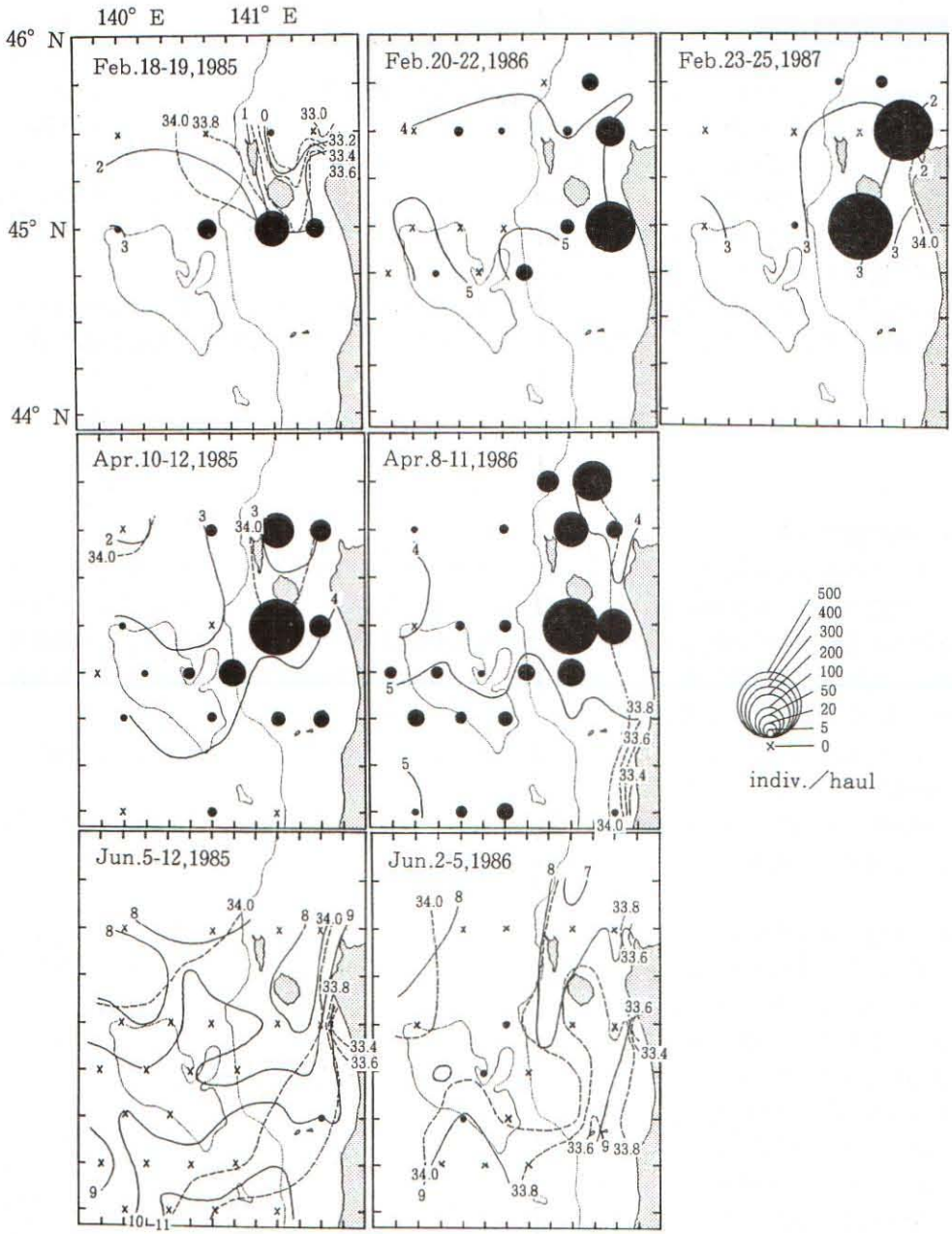


Fig. 2. Distribution of water tmperature (−℃) and salinity (--) at 20m depth, and walleye pollock larvae and juveniles.
The density was represented by the number of individuals per one trawling.

1985年4月は2月に張出していた冷水が消失し，広い範囲で3～4℃台となっていた。1986年4月は2月の水温分布とあまり変化は見られず3～5℃台であった。1985年，1986年ともに2月と同様沿岸から沖合にかけての東西の水温差，塩分差はみられなかった。

1985年6月の水温は7～11℃台で4月に比べて上昇し，北海道沿岸域に低塩分域が広がっていた。これに対し，1986年は6～9℃で1985年よりも水温の上昇は低いが，1985年と同様沿岸域に低塩分域が広がっていた。

3．体長組成

Fig. 3に調査時期別，調査点別の稚仔魚の体長組成を示した。なお，採集調査点，採集個体数ともに多い2月，4月については，採集個体数が30尾以上の調査点に限って体長組成を示した。これらによると，2月の体長組成のモードは，1985年は5，6㎜台，1986年は5～8㎜台，1987年は6，7㎜台で，このうち，1986年のモードは水域間で差がみられたが，全標本を合計した体長組成では，毎年6，7㎜台にモードがみられた。4月の体長組成は1985，1986年ともに調査点間でモードに差がみられた。全標本を合計した体長組成で比較すると，1985年は10㎜台にモードがあるが，1986年では12㎜台で1985年に比べて大型魚の割合が多くなっていた。6月に採集された稚魚の体長範囲は，1985年は32～46㎜台，1986年は14～39㎜台であった。

考　　察

本調査において，2月および4月に多数の仔魚が採集され（Fig. 2），これらは沖合域に比べ沿岸の陸棚上に多く分布している。このような結果は2月における卵や，4月[4]，5月[9]，6月[8]の稚仔魚の分布についても同様であり，当海域では，卵から稚仔魚期のスケトウダラは主として陸棚水域に分布していると推定される。

2月の仔魚の分布についてみると（Fig. 2），1985年には利尻島以北の海域で西樺太沿岸水と考えられる冷水塊が南下し，この水塊中の分布密度は極めて低いが，西樺太沿岸水の利尻島北側への張り出しがみられなかった1986年と1987年は，この水域で仔魚の分布密度は高くなっている。このことから，西樺太沿岸水の南下は稚仔魚のオホーツク海への移送[7]を妨げるものと予想される。

仔魚は各年とも12月には採集されず，2月から採集され始めた。北部日本海系群の日本水域の各産卵場での産卵は12月中・下旬以降始まるが[2, 4, 15]，孵化日数[16]から，この時期産出された卵は1月以降孵化するものと考えられる。また，2月および4月の体長組成のモードをその時期の平均体長（全長）とみなし，当海域の稚仔魚の耳石日周輪から推定される成長式（TL=91.0／[1+exp(-0.030(t-100.802))]:TL=全長）[17]を用いて，各時期の仔魚の孵化日を推定した結果，2月の仔魚は1月下旬から2月上旬に孵化し，4月の仔魚は2月下旬から3月上旬に孵化したものと思われ，孵化時期に約1ケ月の差がみられた。2月の仔魚は主として孵化後間もない個体であり，その後4月に採集個体数が増加することから，当海域における孵化盛期は2月下旬から3月上旬であろうと思われる。

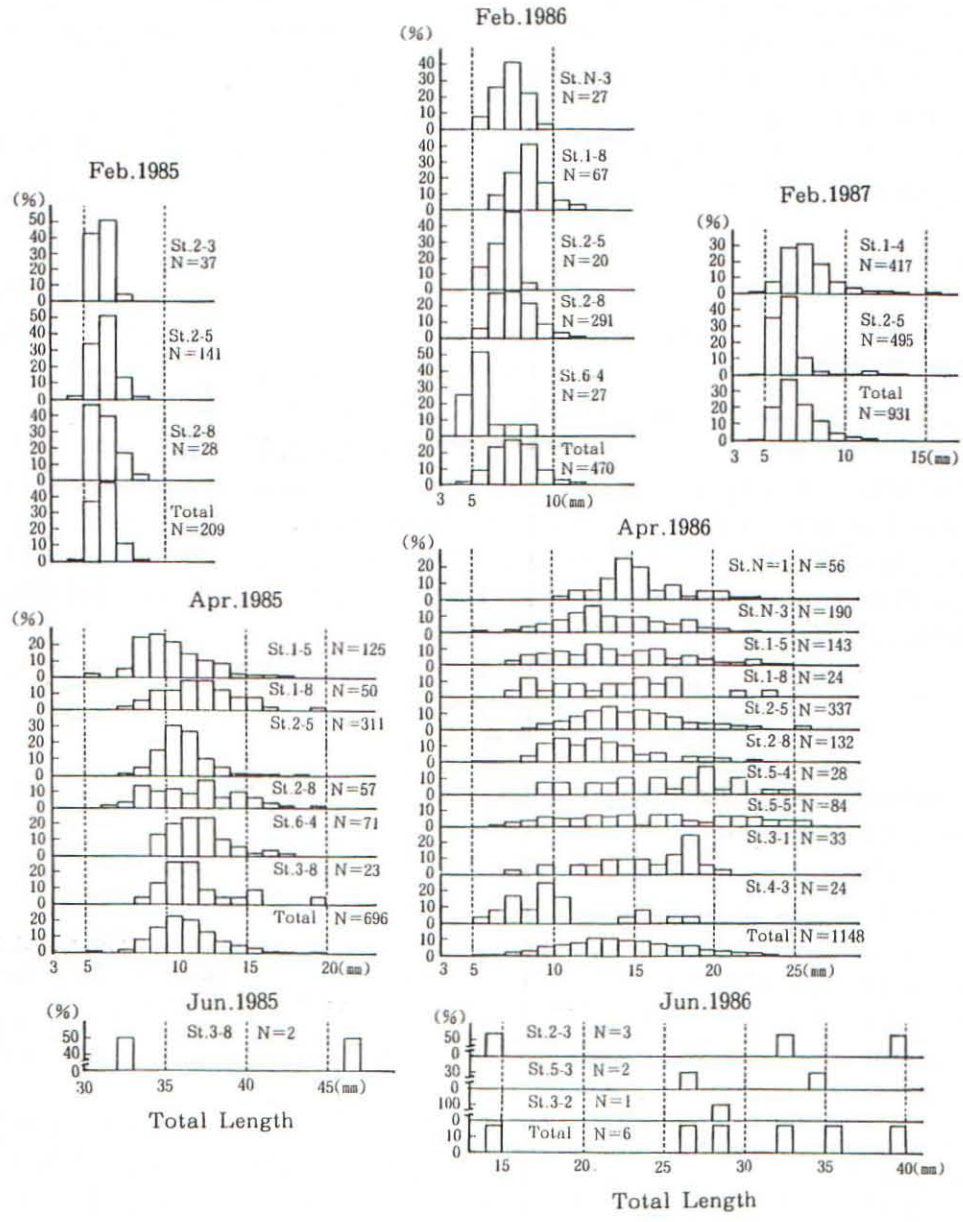


Fig. 3. Seasonal change in length frequency distributions of walleye pollock larvae and juveniles from 1985 to 1987.

要　約

北海道北部日本海で1984年10月から1987年２月まで，ほぼ隔月で周年にわたるスケトウダラ稚仔魚の，分布調査を行い以下の知見を得た。

1．稚仔魚は２月から採集され始め，６月にほとんど採集されなくなった。
2．２月には6.7㎜台，４月には10，12㎜台にモードを持つ仔魚が多数採集され，これらの分布は利尻島，礼文島周辺の陸棚域で多く，武蔵堆周辺の沖合域で少なかった。
3．仔魚の分布と海況との関係から，樺太沿岸水の南下は仔魚のオホーツク海への移送を妨げるものと考えられた。
4．この海域に分布する仔魚の体長から，孵化盛期は２月下旬から３月上旬であろうと推定された。

謝　辞

本報告に当たり，標本の採集にご協力を頂いた北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸の乗組員並びに漁業資源部の方々に感謝の意を表する。

文　献

1）辻　　敏：北海道周辺水域のスケトウダラの系統群について．北水試月報．35(9)，1-57（1978）
2）田中富重：北部日本海におけるスケトウダラ産卵群の生活　1　移動回遊についての知見．北水試月報．25(6)，268-307（1968）
3）田中富重：北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究　1　集団行動と構造についての一考察．北水試研究報告．12，1-11（1970）
4）佐野満廣：利尻・礼文島周辺水域におけるスケトウダラ卵稚仔の分布について．昭和54年度漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．39-56（1980）
5）北海道立水産試験場：スケトウダラ資源の評価ならびに漁況予測．北水試月報．25(11)，488-505（1968）
6）北海道立水産試験場：北海道周辺におけるスケトウダラ資源の評価ならびに漁況予測．北水試月報．27(11)，334-348（1970）
7）佐野満廣：宗谷海峡周辺におけるスケトウダラおよびホッケの再生産．沿岸海洋研究会ノート．22(1)，40-48（1984）
8）金丸信一：北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．18，12-23（1985）
9）金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．22，39-54（1989）
10）Nakai, Z. : Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of *iwashi* (sardine, anchovy, and round herring) and others. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9, 221-237 (1955)
11）中谷敏邦：魚卵・稚仔魚および餌生物の採集方法．海洋と生物．49(9)，108-110（1987）

12) Haryu, T. : Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31(2), 121-136 (1980)

13) Kamba, M. : Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) , in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. inst. N. Pac. Fish. Hokkaido Univ. Spe. Vol.*, 175-197 (1977)

14) 藤井　浄，佐藤芳和：寒冷水域における一次生産の特徴．漁業資源研究会議報報告．20，25-46 (1977)

15) 深滝　弘：スケトウダラ資源に及ぼす発電所放水影響の予測．海洋生物環境研究報告．No. 83101. 千葉，海洋生物環境研究所，1983，54p

16) 桜井泰憲：“スケトウダラ”．海水魚の繁殖．東京，緑書房，1989，213-218

17) Nisimura, A. and Yamada, J. : Geographical diffrencses in early growth of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, estimated by back-calculation of otolith daily growth increments. *Marine Biology* 97, 459-465 (1988)

北水試研報　42，143－148　(1993)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－II 鉛直分布の日周変化とビームトロールネットの採集効率

夏　目　雅　史*1，佐々木　正　義*2

Ecology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido. II Diel depth distribution and gear efficiency of beam trawl net

Masashi NATSUME*1 and Masayoshi SASAKI*2

The diel vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido was investigated. Samplings were collected at 3 time periods, before sun rise, midday, and after sunset at three stations, using a beam trawl net for the 10-70m strata and a sledge net for the bottom on May 26-29, 1987.

During daytime, larvae and juveniles (15-19m total length(TL)) were obtained in small numbers, whereas many juveniles (28-56mm TL) were collected at the night. In both day and night sumples few larvae and juveniles were collected on bottom. Based on the size range and catch number of larvae and juveniles between day and night, it appears that a beam trawl net is a suitable sammpling gear for larvae and juveniles smaller than 30mm TL.

はじめに

前報[1]では北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚は，2月に採集されはじめ，4月までは利尻島，礼文島周辺の陸棚上に高密度域を形成するが，6月にはビームトロールネット[2]ではほとんど採集されなくなる傾向がみられた。しかし，ビームトロールネットとほぼ同規模の口径250cm稚魚ネットを用いた調査では，6月上旬に利尻島南部で多数の稚仔魚が採集されている[3]。この時期，稚仔魚は日中に比べて夜間に多く採集されているが，ビームトロールネットによる昼夜別の採集効率については検討されていない[2]。そこで，本報告では稚仔魚が多数採集された利尻島，礼文島周辺[3,4]でスケトウダラ稚仔魚の鉛直分布の日周変化および体長組成を調べ，昼夜の採集効率を比較した。

報文番号　A213（1993年9月24日受理）
*1　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan）
*2　北海道原子力センター（Hokkaido Nuclear Energy Environmental Rrsearch Center, Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan）

材料と方法

調査は北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸（275.36ｔ）により，1987年５月26日から29日までの期間，北海道北部日本海の利尻島南部の２調査点と天売島北部の１調査点で行った（Fig. 1）。水深10，30，50，70ｍおよび海底上で浅い層から順に稚仔魚の層別採集を行った。10，30，50，および70ｍの各層はネットモニターを装着したビームトロールネットによる15分間の水平曳網を行った。海底上はソリネット（口径2.7ｍ×１ｍ，側長８ｍのソリ付き桁網にマルチネットＡ型[5]を内網として装着）を用い，泥の入網を避けるため海底を跳ねるようにして，10分間の着底曳きを行った。両網とも投網から揚網まで網口は開口したままである。また，曳網速度は両網とも2.5〜3.0ノットとした。なお，St. 2，３は水深がそれぞれ63ｍ，78ｍと浅いため70ｍ層の曳網は行っていない。調査開始時刻は日出前の３時，日中

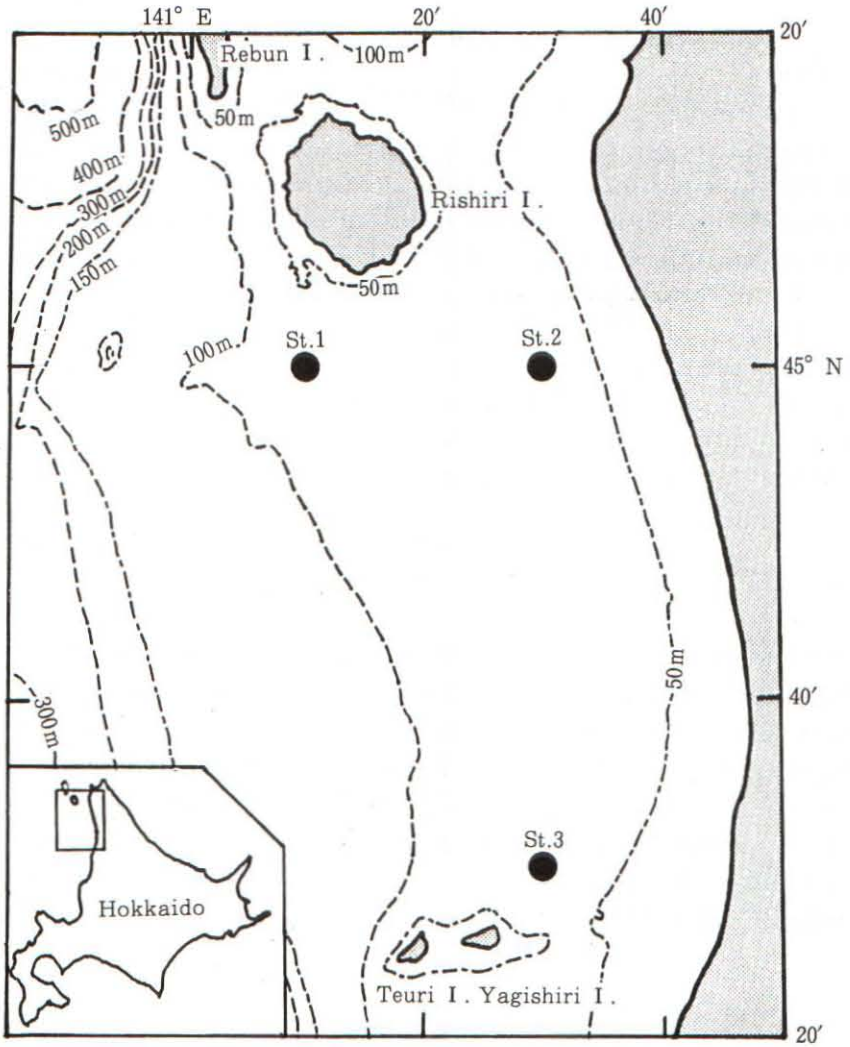


Fig. 1. Positions of sampling stations and bottom contours in the Sea of Japan off northern Hokkaido.

の12時，日没後の20時を基本としたが，調査日程の都合上St. 3 では 3 時からの調査は行えず，日没後の調査も21時から行った。調査中日の 5 月27日の日出は 3 時53分，日没は17時 7 分で，一調査点での調査は約 2 時間かかるため，3 時からの調査では調査終了時にはほとんど明るくなっており，また，20時からの調査では調査開始時には水平線上にやや明るさが残っていた。

採集した稚仔魚は船上で 5 ～10%ホルマリン海水で固定後研究室に持ち帰り，タラ科魚類稚仔魚の同定法[6-8]をもとにスケトウダラ稚仔魚を選別した。

体長はデジタルノギスにより全長（計測単位：0.01㎜）を測定し，調査点別に個体数を計数した。

稚仔魚採集調査点では，ギルドライン社製ＣＴＤにより水温・塩分を測定した。

結　　果

Table 1 に調査点ごとに調査時刻別，曳網水深別に採集されたスケトウダラ稚仔魚の体長階級分布を示した。スケトウダラ稚仔魚は標準体長約22㎜（全長で約25㎜）で全ての鰭条が定数に達し，仔魚期から稚魚期に移行するが[9]，本調査で採集された稚仔魚は全長15㎜，18㎜台の 2 個体を除きほとんどが全長27㎜以上であり，ほとんどは稚魚期の個体と考えられる。

稚仔魚の調査時刻別採集個体数の合計は，各調査点で日出および日中は 1 ～10個体と少ないが，日没後では56～95個体と多かった。また，すべての調査時において海底上での採集個体数は 0 ～ 2 個体と極めて少なかった。採集された稚仔魚は日出，日中の調査では30㎜前後の個体が中心であるが，日没後はいずれの採集水深についても主として30～50㎜の大型個体が中心であった。日没後St. 1 とSt. 3 では表層の10ｍ層で採集個体数が多く底層ほど採集個体数は少なかったが，St. 2 では逆に表層で少なく，50ｍ層で多かった。

調査点ごとの水温・塩分の鉛直分布と夜間の稚仔魚の鉛直分布をみると（Fig. 2 ），各調査点の水温は表面で 7 ～ 9 ℃台，底層で 5 ～ 7 ℃台と，どの調査点でも表層に比べて底層は 2 ，3 ℃低くなっていた。一方，塩分値は各調査点とも30ｍ以深では34.0前後でほとんど変化はないが，表層域の塩分値はSt. 1 ，3 に比べてSt. 2 で低くなっていた。

考　　察

一般に稚仔魚は成長にともない遊泳力が向上し，視覚が発達する[10, 11]。したがってスケトウダラ稚仔魚を定量的に採集するためには，稚仔魚の成長にともない採集漁具を大きくする必要があり[12-14]，ビームトロールネットでは標準体長で43㎜前後が採集の限界に近いと考えられている[12]。今回の調査では日出前および日中の調査では30㎜前後の小型の稚魚が少数採集されたのに対して，日没後は30～50㎜の大型稚魚が多数採集されていることから，およそ30㎜以上のスケトウダラ稚魚に対するビームトロールネットの日中の採集効率は夜間に比べ，かなり低下するものと予想される。

また，海底曳網調査では，稚魚の採集個体数の少なかった日出前，日中および，多数採集された日没後の調査ともに，稚魚はほとんど採集されていない（Table 1 ）。噴火湾のスケ

Table 1. Size compositions of walleye pollock larvae and juveniles collected at 3 stations.

St. No	St. 1															St. 2											St. 3								
Depth of bottom(m)	93															63											78								
Sumpling time	3:00					12:00					20:00					3:00				12:00				20:00				12:00				21:00			
Sumpling depth(m)	10	30	50	70	B	10	30	50	70	B	10	30	50	70	B	10	30	50	B	10	30	50	B	10	30	50	B	10	30	50	B	10	30	50	B
Size class (mm) 15				1																															
16																																			
17																																			
18																				1															
19																																			
20																																			
21																																			
22																																			
23																																			
24																																			
25																																			
26																																			
27				1																															
28			1						1		1														1										
29			1	1					2		1																	1								
30					1						1				1	1									1							1			
31							1				1	1	1											2	1										
32											1	1												1								2			
33				2					1		1														2	1						1			
34											2	2	1												2							3			
35			1								3		1											1	1	1						4		2	
36			1									1					1								1	2						3	1		
37											1	1			1		1								1							2	2		
38											2	1	1											1	2	1						5	4	1	
39											2	2													1	2							3		
40											4	1	1											1	1							3	1	1	
41											2														1	2						2	2	3	
42											4	1	1																			4	4	3	
43												1														5						2	3	3	
44											1	1	1												1	2						4	2		
45													1											1	1	2						1	1	1	
46											1													2		1						1		1	1
47																																2	1	1	
48													1												1	4						2		1	
49												2													1	1							1	1	
50												1			1																			1	
51																									1	3						1		2	
52																									1								1		
53																																1			
54																																	1	1	
55																										1									
56																																	1		
57																																			
58										1																									
59																																			
Total	0	0	4	5	1	0	1	0	4	1	28	16	9	1	2	1	2	0	0	0	0	0	1	9	21	28	0	1	0	0	0	44	28	22	1
	10					6					56					3				1				58				1				95			

* B:Bottom

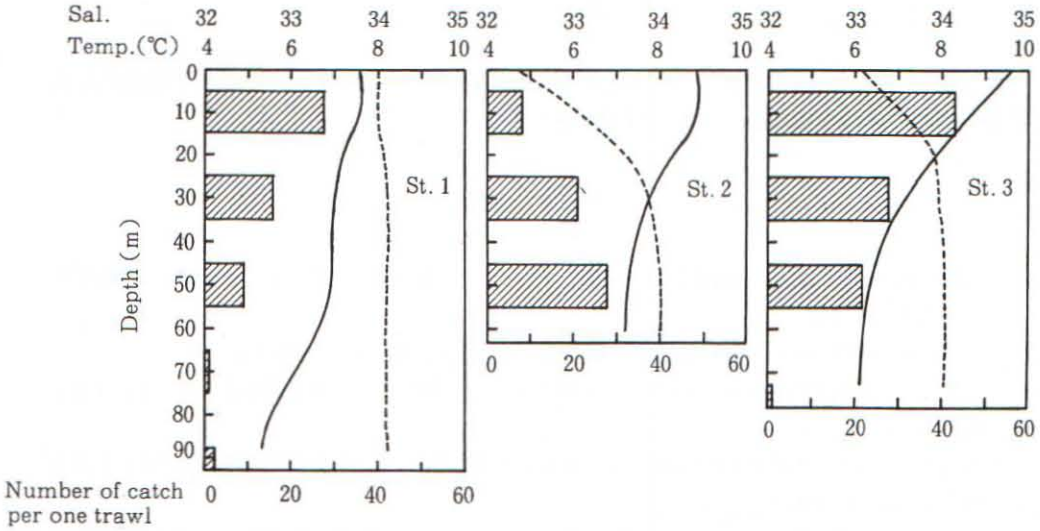


Fig. 2. Vertical distribution of walleye pollock larvae and juveniles, and vertical profile of temperature (－℃), salinity (--), after sunset.

トウダラは体長の平均が68.7㎜（B.L.）で底生生活に移行し始め[12]，全長70㎜前後で着底し始めるが[14]，当海域における6月上旬の調査でもまだ完全に底生生活に移行していなかった[3]ことから，5月下旬に当海域に分布していた稚魚はまだ底生生活に移行していないものと考えられる。

稚魚の多数採集された日没後の水深別採集個体数を見ると（Table 1），St. 1，3ともに底層の50mに比べ，表層の10m層で採集個体数が多いが，St. 2では逆に底層の50m層での採集個体数が多い。St. 2の表層域はSt. 1，3に比べて塩分値が低く（Fig. 2），低塩分層で稚魚の分布密度が低くなっている。稚魚の鉛直移動はより好適な水温と餌生物環境を得るための適応行動であろうと考えられており[14]，今後，餌生物の鉛直分布について検討する必要があろう。

要　　約

スケトウダラ稚仔魚の鉛直分布の日周変化およびビームトロールネットの採集効率を調べるため，1987年5月下旬に北海道北部日本海で日出前，日中，日没後の1日3回ビームトロールネットおよびソリネットによる稚仔魚の層別採集を行った。

1．採集された稚仔魚はほとんどが全長27㎜以上の稚魚期と考えられる個体であった。
2．日出前と日中は全長30㎜前後の個体が少数採集されたのに対し，日没後は全長約30～50㎜の個体が多数採集された。
3．ビームトロールネットは約30㎜以上の稚魚に対して，日中採集効率が低下するものと予想された。
4．全ての海底上曳網採集で稚仔魚がほとんど採集されず，5月下旬のスケトウダラ稚魚はまだ底生生活に移行していないと考えられた。

謝　辞

本報告に当たり，標本の採集にご協力を頂いた北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸の乗組員並びに漁業資源部の方々に感謝の意を表する。

文　献

1）夏目雅史，佐々木正義：北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅰ．水平分布と孵化時期．北水試報．42，135－142

2）中谷敏邦：魚卵・稚仔魚および餌生物の採集方法．海洋と生物．49(9)，108-110（1987）

3）金丸信一：北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．18，12-23（1985）

4）金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．漁業資源研究会議　北日本底魚分会報．22，39-54（1989）

5）Nakai, Z : Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of *iwashi* (sardine, anchovy and round herring) and others. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 9, 221-237 (1955)

6）Matarese, A. C., Richardson, S. L. and Dunn, J. R. : Larval development of Pacific tomcod, *Microgadus proximus*, in the northeast Pacific Ocean with comparative notes on larvae of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, and Pacific cod, *Gadus macrocephalus* (Gadidae) . *Fish. Bull. U. S.* 78, 923-940 (1981)

7）Dunn, J. R. and Vinter, B. M. : Development of larvae of the saffron cod, *Eleginus gracilis*, with comments on the identification of gadid larvae in Pacific and arctic waters contiguous to Canada and Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*41, 304-318 (1984)

8）入江隆彦：タラ科3種の外見上の識別について．北水研ニュース．33，6（1985）

9）Haryu, T. : Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31(2), 121-136 (1980)

10）田中克：海産仔魚の摂餌と生残－Ⅴ　魚卵・子魚の垂直分布と垂直移動．海洋と生物．16(3)，379-386（1981）

11）田中克：卵稚仔の離合集散に関する生態学的考察．水産海洋研究会報．28，79-89（1975）

12）前田辰昭，中谷敏邦，高橋豊美，上野元一：スケトウダラ稚仔魚の沿岸水域での生活．水産海洋研究会報．34，81-85（1979）

13）金丸信一：卵稚仔の採集方法について．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．18，55-62（1985）

14）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ稚仔魚の分布と移動．日水誌．53，1585-1591（1987）

北水試研報　42, 149－155 (1993)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道北部日本海のスケトウダラの稚仔魚の生態－Ⅲ ビームトロールによる採集適期

夏 目 雅 史*1, 佐々木 正 義*2

Ecology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, larvae and juveniles in the Sea of Japan off northern Hokkaido-Ⅲ Best season for sampling by beam trawl net

Masashi NATSUME*1 and Masayoshi SASAKI*2

In order to clarify the sampling efficiency of a beam trawl net for larvae and juveniles of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, samplings were conducted in the Sea of Japan off northern Hokkaido on May 9-14, 1988. Samples were obtained with a beam trawl net at 0, 10, 20, 30, 50, and 70 m depth during the day and at night.

Small sized larvae and juveniles (30 m total length (TL)>) prevailed and many of them were post larval stage. Little change in vertical distribution and length frequency distribution of larvae and juveniles was observed between day and night. This suggests that there was small difference in the sampling efficiency of a beam trawl net for larvae and juveniles smaller than 30 mm TL between day and night. From the seasonal change in length frequency distribution of larvae and juveniles, it is inferred that a beam trawl net is appropriate to collect the larvae and juvenile s of walleye pollock from mid April to early May in this area.

はじめに

前報[1]では全長約30㎜以上のスケトウダラ稚魚をビームトロールネット[2]で採集した場合，日中と夜間で，採集個体数および体長組成に差がみられることが明らかとなった。そこで本調査では全長30㎜未満の稚仔魚に対するビームトロールネットの採集効率を知るために，前報[1]よりさらに小型の稚仔魚を対象に昼夜別の層別採集を行い，稚仔魚の鉛直分布，および体長組成について検討した。

報文番号　A214 (1993年9月24日受理)
* 1　北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan)
* 2　北海道原子力センター (Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan)

材料と方法

調査は北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸（275.36ｔ）により，1988年５月９日から14日までの期間，稚仔魚が多く分布する[3,4]，北海道北部日本海の利尻島，礼文島周辺海域の９調査点で（Fig. 1），ビームトロールネットにより稚仔魚を採集した。稚仔魚の採集は１日２調査点ずつ行い，日中は６時から，夜間は20時から水深０，10，30，50，70ｍの各層を浅い層から順に層別採集を行った。曳網速度は2.5～3.0ノットとした。採集したスケトウダラ稚仔魚は船上で５～10%ホルマリン海水で固定後研究室に持ち帰り，タラ科魚類稚仔魚の同定法[5-7]をもとにスケトウダラ稚仔魚を選別した。

体長はデジタルノギスにより全長（計測単位：0.01㎜）を測定した。稚仔魚採集調査点ではギルドライン社製のＣＴＤを使用し水温・塩分を測定したが，一時的にＣＴＤが故障した

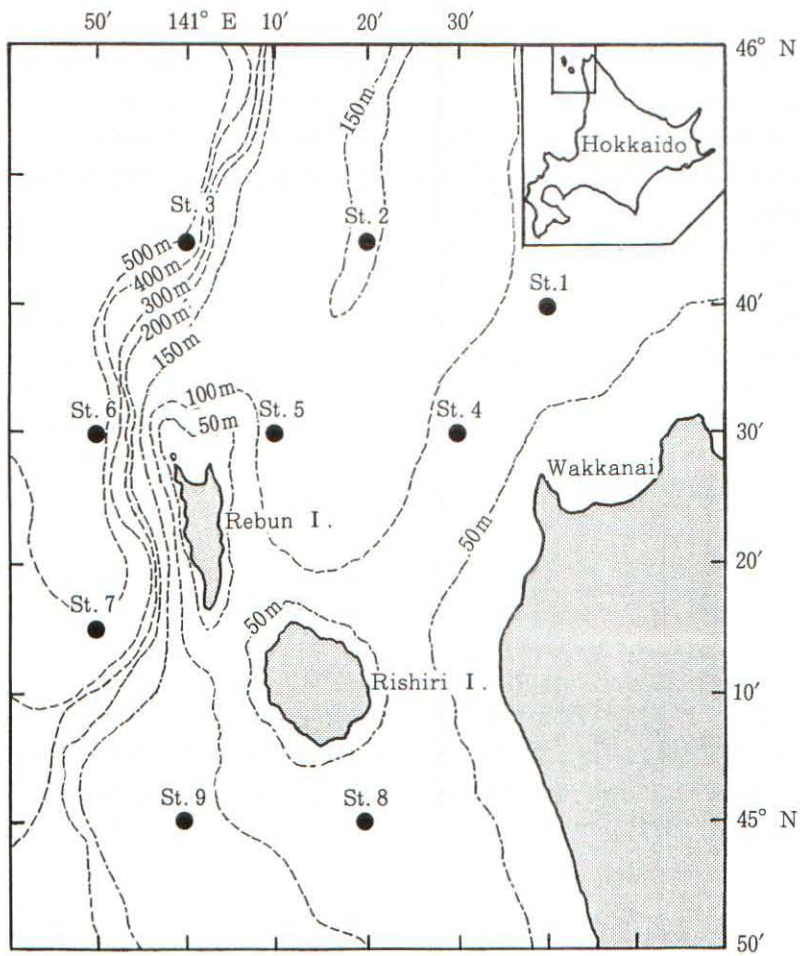


Fig. 1. Positions of sampling stations and bottom contours in the Sea of Japan off northern Hokkaido.

ため，その間はナンセン採水器および転倒温度計を使用した。

結　　果

調査点別採集個体数

調査点ごとに昼夜別の採集個体数の合計を**Fig. 2** に示した。**St. 6**，9 では日中はそれぞれ**53**および**90**個体，夜間は**207**および**232**個体と多数採集されたが，その他の調査点では，日中は 1～**45**個体，夜間は 3～**69**個体とやや少なかった。**St. 1**，4，6，8，9 では日中に比べ夜間の採集個体数が多いが，その他の調査点では同数または逆に日中の方が採集個体数が多かった。

稚仔魚および水温・鉛直分布

稚仔魚の水深別の採集個体数および水温・塩分の鉛直分布を昼夜別に Fig. 3 に示した。昼夜ともに採集個体の多いSt. 4，5，6，8，9をみると，St. 4，5，6，8 では10m層での採集個体数が他の水深に比べやや多く，日中と夜間で分布層が類似していた。これに対し，St. 9 では日中は30m以浅で稚仔魚が多く採集されたが，夜間は30m以深で多く，昼夜間で変化がみられた。また，St. 1 では日中ほとんど採集されず，夜間に10～50m層で採集個体数が多かったのに対して，St. 7 では逆に夜間各層の採集個体数が少なく，日中30m層で多数採集された。

水温・塩分はSt. 8 では10m以浅に水温 8 ℃以上，塩分32.0以下の高温低塩分域がみられるが，そのほかの調査点では水温は 4～6 ℃台，塩分は34.0前後で鉛直的な変化は小さかった。

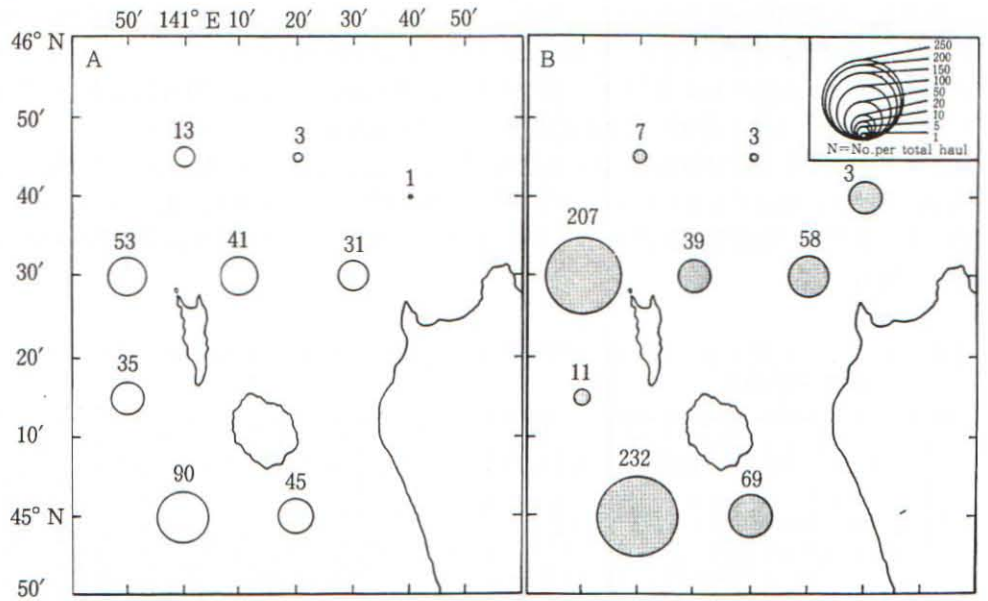


Fig. 2. Distribution of walleye pollock larvae and juveniles, in daytime and night.
A:daytime
B:night

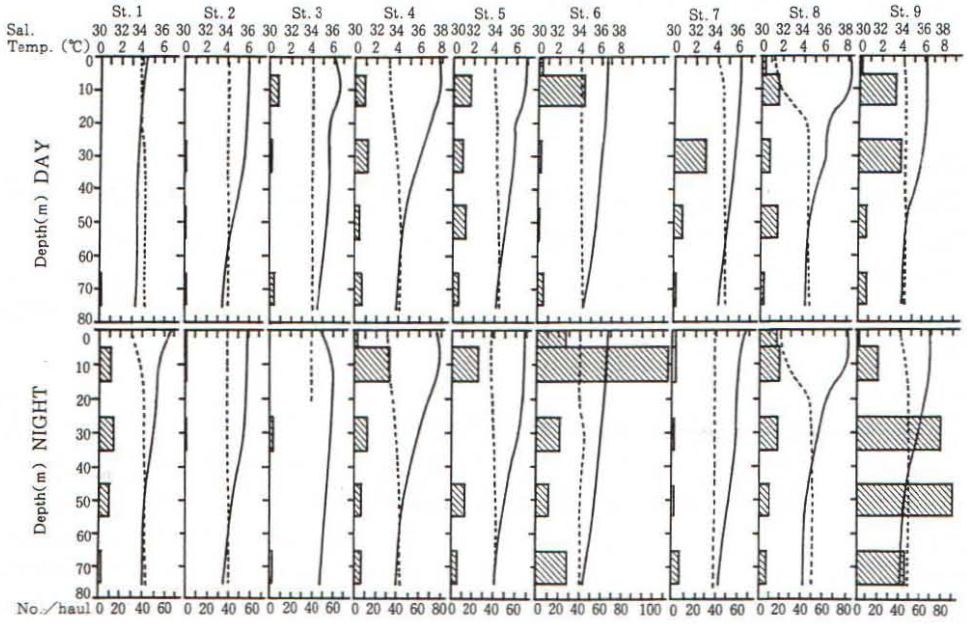


Fig. 3. Diel vertical distribution of walleye pollock larvae and juveniles, and vertical profile of temperarure (−℃) and salinity (--).

体長組成

昼夜別，水深別稚仔魚の平均体長をみると（Table 1），St. 9では日中は採集個体数の多い30m以浅は13㎜台であったが，夜間はどの水深でも22〜24㎜台であった。しかし，その他の調査点では，昼夜ともに10個体以上採集されている水深帯を見ると，稚仔魚の平均体長は18〜28㎜台でSt. 4の水深10mを除き昼夜間で差がみられなかった（$P<0.01$）。

昼夜別に各水深の採集個体を合計した体長組成をみると（Fig. 4），稚仔魚はほとんどの調査点で全長30㎜以下のものが主体となっており仔魚期[9]のものが多く，St. 1およびSt. 9を除き平均体長に昼夜間で差はみられなかった（$P<0.01$，St. 1は日中の採集個体数が1で検定不能）。

Table 1. Mean total length (TL㎜) and number of catch per haul of walleye pollock larvae and juveniles.

	St.No.	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		St. 7		St. 8		St. 9	
	Depth	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch
DAY	0 m											18.1	2			18.5	3	13.4	2
	10m					28.8	8	18.8	10	20.6	16	21.2	43			20.9	17	13.3	35
	30m			42.7	1			28.5	11	19.9	9	21.3	2	25.6	28	27.3	8	13.8	39
	50m			35.4	1	20.2	1	22.2	4	22.3	11	23.5	1	33.8	6	22.8	15	18.4	7
	70m	33.5	1	30.7	1	21.3	4	19.4	6	16.8	5	23.6	5	26.5	1	24.7	2	21.4	7
	Total	33.5	1	36.3	3	25.8	13	22.8	31	20.5	41	21.3	53	27.0	35	20.9	45	14.5	90

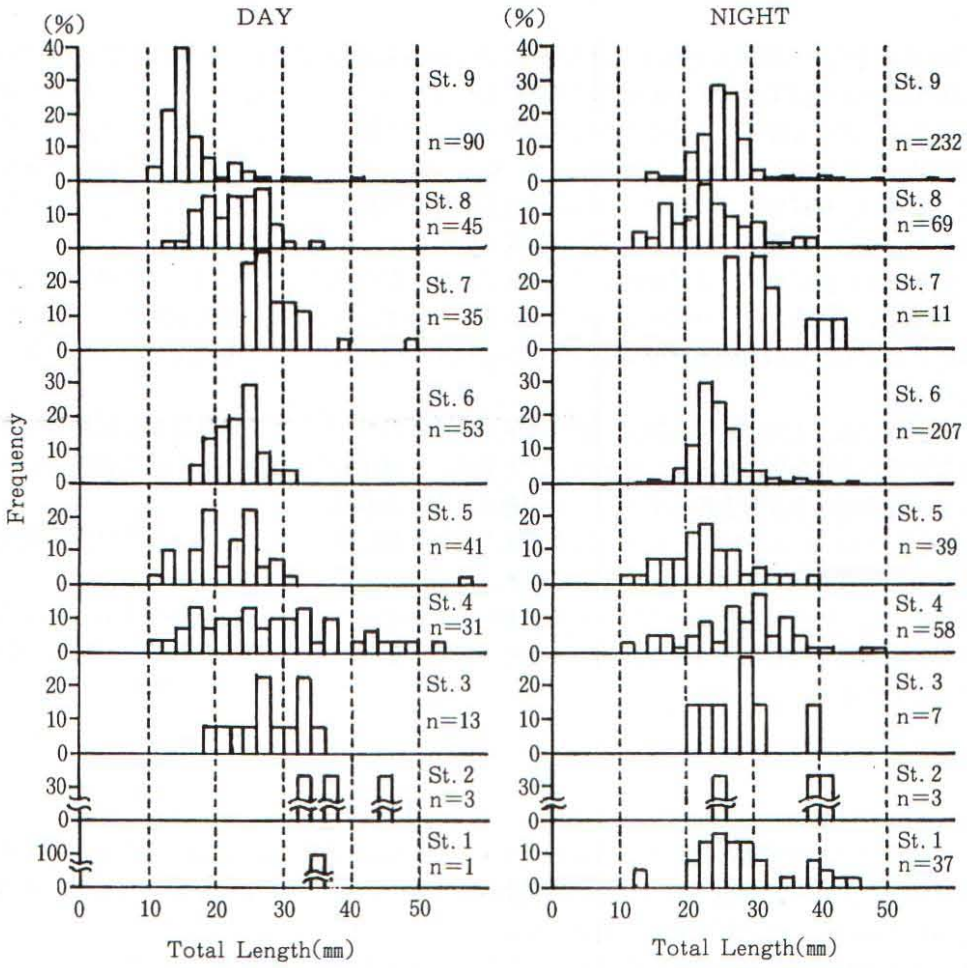


Fig. 4. Length frequency distribution of walleye pollock larvae and juveniles on May 9-14, 1988.

Table 1. (continued)

	St.No.	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		St. 7		St. 8		St. 9	
	Depth	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch	TL	Catch
NIGHT	0m	21.3	1	38.0	1			28.5	2			22.3	26	31.4	2	22.7	16	23.2	1
	10m	23.7	11	23.7	1	23.1	1	26.0	32	22.7	23	23.1	121	29.9	2	24.3	19	22.9	19
	30m	26.6	14	36.6	1	26.9	4	25.5	12	21.7	12	21.4	21	39.5	1	20.0	18	23.9	78
	50m	30.5	9					27.4	6			23.0	11	41.3	1	22.5	10	24.3	90
	70m	23.3	2			27.1	2	26.5	6	15.7	4	23.4	28	28.0	5	20.7	6	23.7	44
	Total	26.4	37	32.8	3	26.4	7	26.2	58	21.7	39	22.9	207	31.2	11	22.2	69	23.9	232

考　　察

St. 9では日中と夜間で稚仔魚の分布水深および体長組成が異なり，St. 1およびSt. 7では分布水深および採集個体数が大きく異なることから（Table 1，Fig. 3，4），これらの調査点では，日中と夜間で魚群の入れ替えがあったものと推定される。これに対して，その他の昼夜ともに採集個体数の多い調査点では，昼夜間で水深ごとの平均体長に差がみられず（Table 1），稚仔魚の分布層および体長組成が昼夜で類似していることから（Fig. 3，4），昼夜ともに同一の魚群が分布し，その日周鉛直移動は小さいものと推定される。

採集された稚仔魚の多くは30㎜以下の個体で，昼夜間で採集個体数および平均体長に差がみられないことから，ビームトロールにより約30㎜以下の稚仔魚を対象に採集を行った場合，昼夜における採集効率の差は少なく，現場の組成を反映した個体群が採集されるものと考えられる。

当海域では，4月中旬には25㎜以下の仔魚が採集され[9]，5月下旬には昼間の採集効率が低下すること[1]から，ビームトロールネットを用いた稚仔魚の採集は30㎜以下の個体が分布する4月中旬から5月上旬までに行うのが適当と考えられる。

前報[1]では全長30〜50㎜の稚魚は低塩分域での採集個体数は少なかったが，今回の調査では高温・低塩分域でも全長30㎜以下の稚仔魚が比較的多く採集された（Fig. 3，Table 1）。噴火湾では，稚魚は全長30㎜を境にして主要餌生物が変化し，この餌生物の分布に対応するように稚仔魚の成長に伴う鉛直移動がみられる[10]ことから，今後は餌生物環境についても検討する必要があろう。

要　　約

スケトウダラ稚仔魚に対するビームトロールネットによる採集効率を調べるため，1988年5月中旬に北海道北部日本海で昼夜別の層別採集を行い，稚仔魚の鉛直分布および体長組成について検討し，その採集適期を推定した。

1．採集された稚仔魚の多くは全長約30㎜以下で主として仔魚期の個体であった。
2．稚仔魚の昼夜間での鉛直分布の変化は少なく，顕著な日周鉛直移動はみられなかった。
3．全長約30㎜以下の稚仔魚に対する，ビームトロールネットの採集効率は昼夜間で差が小さいものと推定された。
4．当海域でのビームトロールネットを用いた稚仔魚の採集は4月中旬〜5月上旬までに行うのが適当と考えられる。

謝　　辞

本報告に当たり，標本の採集にご協力を頂いた北海道立稚内水産試験場所属調査船北洋丸の乗組員並びに漁業資源部の方々に感謝の意を表する。

文　献

1）夏目雅史，佐々木正義：北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅱ．鉛直分布の日周変化とビームトロールネットの採集効率．北水試研報．42，143－148（1993）

2）中谷敏邦：魚卵・稚仔魚および餌生物の採集方法．海洋と生物．49(9)，108-110（1987）

3）金丸信一：北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．18，12-23（1985）

4）金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．22，39-54（1989）

5）Matarese, A. C., Richardson, S. L. and Dunn, J. R. : Larval development of Pacific tomcod, *Microgadus proximus*, in the northeast Pacific Ocean with comparative notes on larvae of walleye pollock, *Theragra Chalcogramma*, and Pacific cod, *Gadus macrocephalus* (Gadidae) . *Fish. Bull. U. S.* 78, 923-940 (1981)

6）Dunn, J. R. and Vinter, B. M. : Development of larvae of the saffron cod, *Eleginus gracilis*, with comments on the identification of gadid larvae in Pacific and arctic waters contiguous to Canada and Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 304-318 (1984)

7）入江隆彦：タラ科3種の外見上の識別について．北水研ニュース．33，6（1985）

8）Haryu, T. : Larval distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31(2), 121-136 (1980)

9）夏目雅史，佐々木正義：北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅰ．水平分布と孵化時期．北水試研報．42，135－142（1993）

10）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ稚仔魚の分布と移動．日水誌．53，1585-1591（1987）

北水試研報　42，157－164（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道えりも岬以西太平洋海域のスケトウダラ若年魚の分布

佐々木　正　義[*1]，長　澤　和　也[*2]

Distribution of young walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Pacific waters off southwestern Hokkaido

Masayoshi SASAKI[*1] and Kazuya NAGASAWA[*2]

To elucidate the distribution of young walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Pacific waters off southwestern Hokkaido, seasonal change in distribution and body length of young walleye pollock collected with a Danish seine net was investigated. From the size range (80-300mm in body length), young walleye pollock were supposed to be 0-2 years old. In winter and spring they were distributed in the shelf region from Mukawa to Cape Esan. In summer the young on one year old were collected in the shallower stratum (250m〉), while young of two year old were distibuted in the deeper stratum (250m〈). Such a vertical segregation by age was also observed between young of the year and one year old in autumn.

恵山岬から噴火湾を経てえりも岬に至る北海道南部太平洋海域（以後道南太平洋海域と記す），特に噴火湾沖合およびその周辺水域は世界でも有数のスケトウダラの産卵場であり，わが国の主要なスケトウダラ漁場のひとつとなっている。この水域のスケトウダラは1962年以降主に底刺し網によって漁獲され[1]，近年の年間漁獲量は約８万ｔ～10万ｔに達している[2]。

北海道立函館水産試験場室蘭支場では，1956年以降蓄積されてきた知見をもとに，1971年から毎年「道南太平洋海域のスケトウダラ漁況予測」を発行し，漁獲量，漁場位置，漁獲物の年齢組成や体長組成の予測を行っている。この中で，予想漁獲量は当該年度に漁獲対象となる４～８歳までの漁獲尾数を推定し，これをもとに算出されている。これまで５～８歳魚は年級群解析により高い精度で予想されてきた。しかし，４歳魚は３歳魚との相関関係が極めて低いため，過去の平均漁獲尾数を漁獲尾数としているが，この数値の精度は極めて低い。

この水域では，漁獲物のほとんどが，例年５歳を中心とした４～６歳の３年令群によって占められるが，４歳魚が最も多く漁獲される年もみられる[2]。このため予想漁獲量の精度向

報文番号　A215（1993年９月24日受理）
＊１　北海道立函館水産試験場室蘭支場；現，北海道原子力環境センター（Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan : Present adress : Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan）
＊２　遠洋水産研究所（National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Agency of Japan, Orido, Shimizu, Shizuoka 424, Japan）

上には，ほとんど漁獲対象になっていない3歳魚の資源豊度を正しく評価する必要があり，さらに1歳魚および2歳魚についても資源豊度の評価ができれば，より早い時期に，より正確に漁獲量が推定できると考えられる。

当海域では卵，稚仔魚および漁獲対象となる4歳魚以上の生態学的研究は北海道立水産試験場や北海道大学水産学部の研究者により精力的になされ，多くの知見が得られてきた[1, 3-16]。しかし，稚仔魚が着底してからその後漁獲対象となる以前の3歳魚までの若年魚の生態は，成長に関する知見を除き不明な点が多い。したがって，前述したような漁獲量予測を行うためには，今後，この若年期の生態学的知見を蓄積していくことが最も重要であると考えられる。

北海道立函館水産試験場室蘭支場では，道南太平洋海域におけるスケトウダラの資源研究を行う過程で，委託試験船に魚種別漁獲量の記録や漁獲物の提出を依頼し，解析を行ってきた。ここでは，その記録の中からスケトウダラ若年魚の資料を整理し，分布に関する若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

本報告で使用した資試料は，周年，渡島半島東部から噴火湾湾口部沖合を経て苫小牧沖合に至る海域で，1そう曳機船底引き網で操業していた北海道立函館水産試験場室蘭支場の委託試験船第21星徳丸（総トン数；96.68 t）の操業日誌と提出標本である。本研究では，

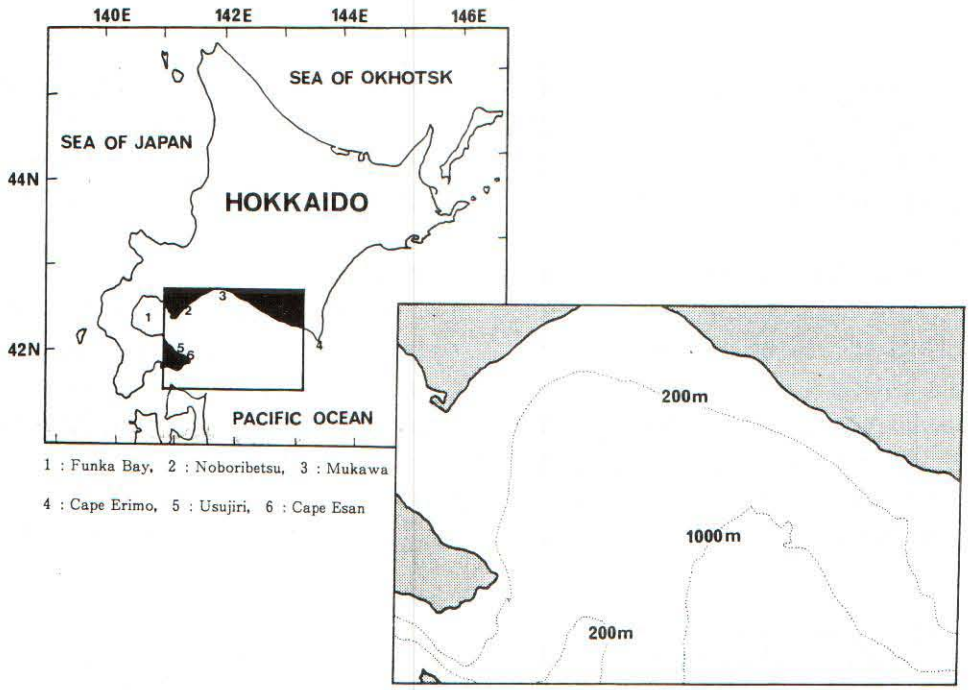


Fig. 1. Survey area in Pacific waters off south-western Hokkaido.

昭和59年度，60年度の操業日誌から，スケトウダラ若年魚（日誌中ではマゴスケ，ピンスケと記載）の記録を抜き出し，海域別（緯度・経度5分升目），水深別（50m毎）に操業回数に対する若年魚の漁獲記録回数の比率（以後漁獲率と記す）を整理した。この操業日誌への若年魚の漁獲記録は，大量に漁獲された場合にのみ行われた。また，提供を受けた標本は，昭和50年1月～昭和56年3月に漁獲されたスケトウダラ若年魚の体長組成（標準体長）を調べた。いずれも資料は季節毎にまとめた（冬季：1月～3月，春季：4月～6月，夏季：7月～9月，秋季：10月～12月）。なお，本論文では漁獲の主対象となる以前の3歳魚までを若年魚とみなし，さらに年齢表示は満年齢を用い，4月1日を切り替え日とした。

結　果

1）体長組成

比較的広い体長範囲にわたって若年魚が漁獲された1975年～1978年についてみると，巨視的には10cm～30cmの範囲に2つの体長群がみられ，それぞれの体長群のモードは，季節的にはほぼ毎年同じ位置にみられ，季節の推移とともに大きい方に移動した。すなわち，小型の体長群モードは冬季に12cm前後，春季には14，15cm前後，夏季～秋季に19cm前後にみられた。また大型の体長群のモードは冬季～春季に20～22cm，夏季に30cm前後になった。しかし，1976年を除く他の年度の秋季～春季には30cm前後のものはみられないか，極めて低い比率となっていた。1975年や1980年には夏季に10cm未満の個体も漁獲された（Fig. 2）。

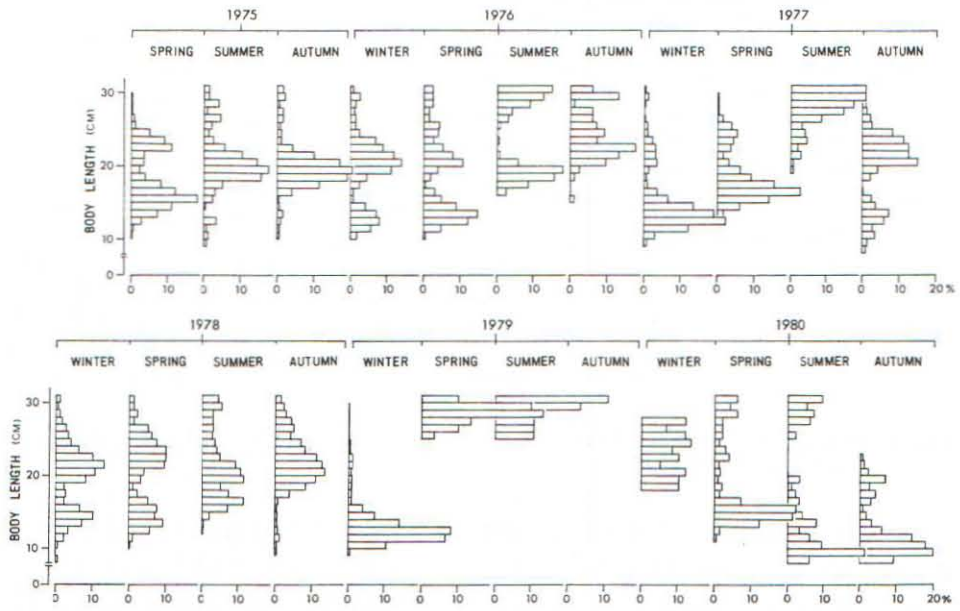


Fig. 2. Seasonal change in length frequency distribution of young walleye pollock in 1975-1980.

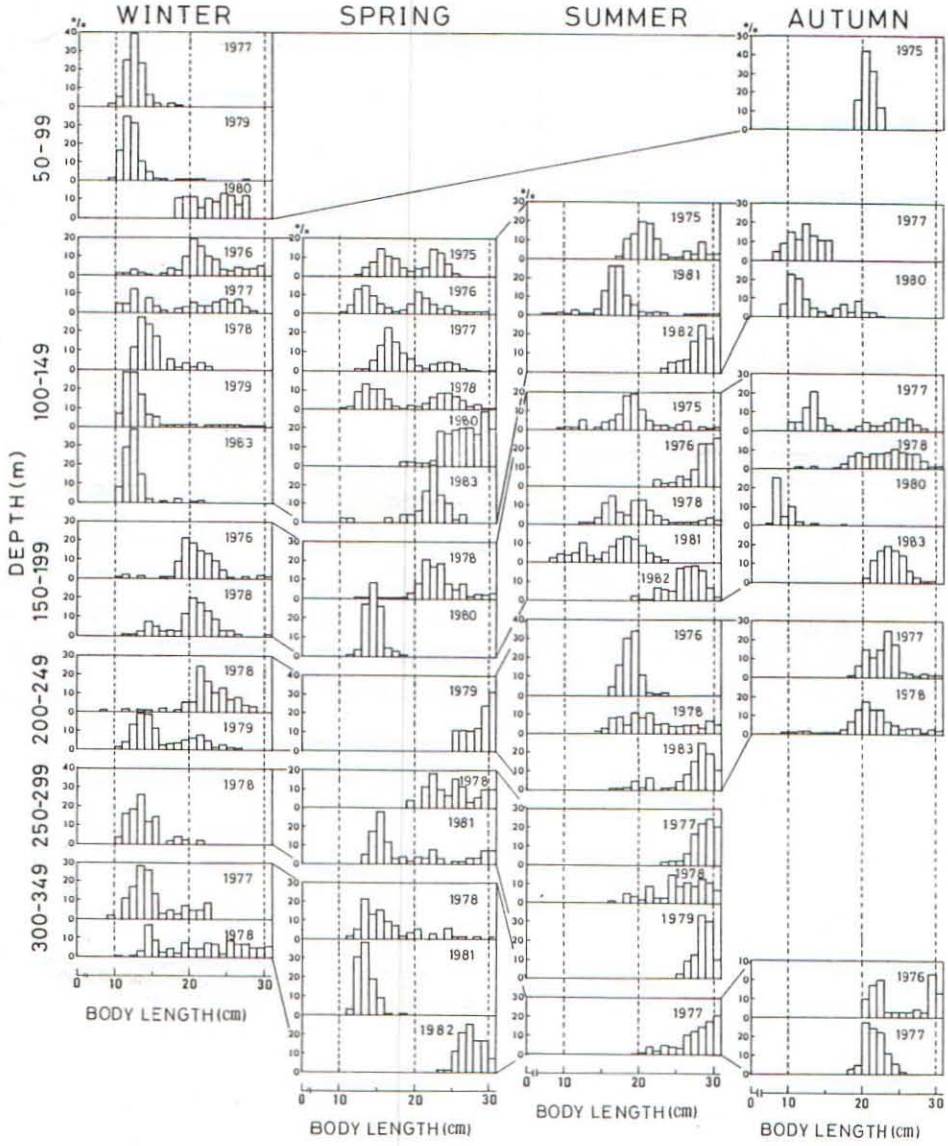


Fig. 3. Seasonal and vertical change in length frequency distribution of young walleye pollock in 1975-1983.

水深別体長組成（Fig. 3）をみると，冬季および春季には50～349mの水深帯では，10～30cmの範囲に2つの体長群がみられ，それらの分布水深による相違はみられなかった。これに対し，夏季には20cm未満のものが249m以浅で，30cm前後のものが250m以上で多くを占めていた。また，秋季には20cm未満の体長群は199m以浅で，20cm前後にモードをもつ体長群が200m以上で漁獲された。

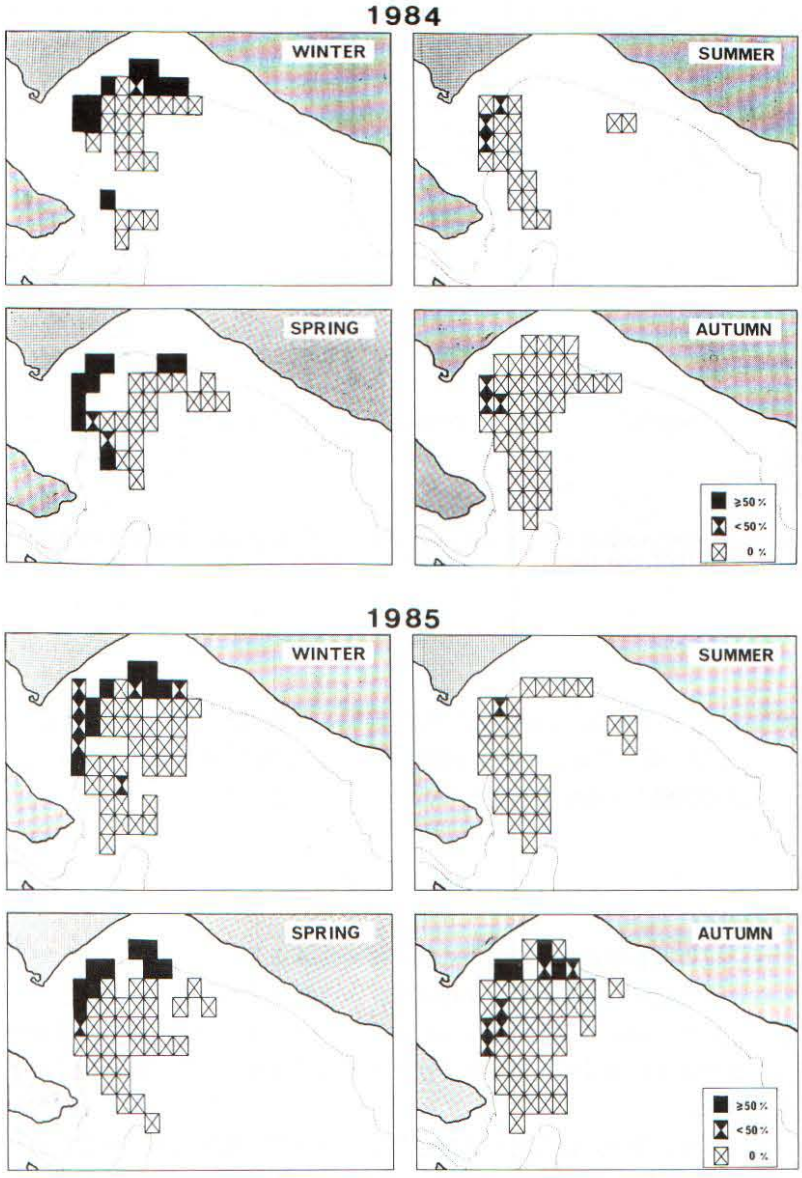


Fig. 4. Seasonal change in occurence (%) of young walleye pollock in trawl catches in 1984 and 1985.

2）漁獲率の季節変化

海区別漁獲率（Fig. 4）は，1984年，1985年ともに冬季および春季に噴火湾湾口部沖合から登別，苫小牧沖合の200m等深線を含む海域およびそれ以浅で高くなっていた。これに対し，200m以深の海区のほとんどで，漁獲率は0％となっていた。夏季には漁獲されている海区は極端に少なくなり，漁獲率も50%以上の海区はみられなかった。秋季には，1984年には若年魚の漁獲されている海区は少なかったが，1985年では冬季，春季と類似した漁獲率の

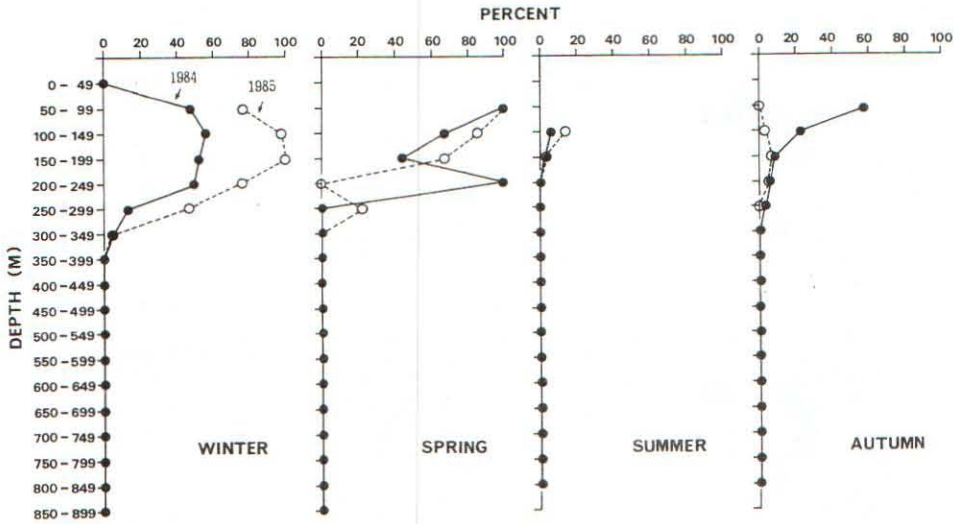


Fig. 5. Seasonal and vertical changes in occurence (%) of young walleye pollock in trawl catches in 1984 and 1985.

分布を示した。

水深別漁獲率（Fig. 5）は，1984年，1985年ともに水深200m以浅の大陸棚上，特に50～149mで高く，水深が深くなるとともに急激に低下し，350m以深では0％になった。しかし，夏季の漁獲率は大陸棚上においても著しく低い値となっていた。

考　　察

若年魚の体長組成におけるモードの季節的な推移をみると（Fig. 2），林[1, 13-15]が指摘しているような年々の変化はみられず，毎年同じような成長過程がうかがえ，生まれた翌年の冬季に体長12cm前後に成長し，1歳となった春季～夏季には急激に成長し，19cm前後になる。その後2歳の夏季までに30cm前後になり，秋季～冬季間はほとんど成長せず30cm前後で推移すると推定される。

これらの若年魚は，夏季にはあまり漁獲されなかったが，ほぼ周年にわたり噴火湾湾口部沖合から登別～鵡川沖合の水深50～350m，特に50～200mの大陸棚上で漁獲されていた（Fig. 4，5）。久新[16]によると，道南太平洋海域における底引き網漁場は全沿岸域にわたるが，スケトウダラの主漁場は鵡川沖から恵山岬沖に至る水深100～350mの水域に形成され，体長10cm以上の個体も周年にわたり，この水域で漁獲されている。今回得られた結果は，夏季を除き，これまでに報告された結果と同様の傾向を示した。また漁獲率は，季節的には秋季～春季に高く，夏季には低くなった。漁獲水域は秋季～春季には大陸棚上で比較的広範囲にわたっていたが，夏季には地球岬沖の狭い海域に限定された（Fig. 4，5）。季節毎の水深別体長組成をみると（Fig. 3），冬季および春季には分布水深による体長組成の相違はみられなかったが，夏季および秋季には，水深200～250mを境にして年齢による季節的な分布

水深の相違がみられた。以上の結果から，道南太平洋海域では，冬季から春季には主として鵡川沖から恵山岬沖に至る大陸棚上を中心とした水深50～350mの水域に0～2歳魚が分布し，夏季には分布密度を低下させるものの，1歳魚は250m以浅，2歳魚はそれ以深の水域に分布し，秋季には0歳魚は大陸棚上に，1歳魚はそれ以深の大陸棚斜面上に分布しているものと考えられた。すなわち，道南太平洋海域でも武蔵堆およびその周辺水域同様[17]，季節による年令群の棲み分けが示唆された。

一方，夏季の1歳魚と2歳魚の分布の中心，2歳魚の秋季以降の分布，3歳魚の分布は，資料が得られなかったことから検討できなかった。このため，北海道水産研究所によって5～6月に北海道周辺水域で行われたトロール網調査結果[18-20]を検討した。この調査ではえりも岬周辺水域の中層で1～3歳魚が他海域と比較して多く採集されている。また，前述した海域の密度よりかなり低いが，八戸沖で1～3歳魚，臼尻沖で3歳魚，登別沖で2歳魚が中層で採集されている。さらに，金丸[21]によると，東北北部海域に分布する3歳魚は産卵期には噴火湾沖合水域に移動する。これらのことから，底引き網による漁獲率が低下し，漁獲される水域が限られる夏季には，1～3歳魚はえりも岬周辺水域を中心とした東北北部から道南太平洋沿岸域の中層に分布すると考えられる。秋季以降の2歳魚や3歳魚の主分布域は特定できないが，これらの漁群は刺し網，底引き網，および定置網等でほとんど漁獲されていないことから，その後も中層に分布していると思われる。

今後は，前述した年令群による棲み分けは，成長に伴う食性の変化および海洋環境の鉛直構造を反映しているものと予想され，海洋構造や年齢別食性，餌生物環境等を明らかにし，各年令群の分布との関係を検討していく必要がある。さらに中層に分布する魚群の生態を明らかにする必要があろう。

文　献

1）林　清：スケトウダラの生態に関する話題．昭和44年度漁業資源研究底魚分科会北部ブロック会議議事録．水産庁．60-71（1968）

2）田中伸幸，佐々木正義，尾身東美：道南太平洋海域のスケトウダラ漁況予測（平成4年度漁期）（1992）

3）Kamba, M : Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ. spe. Vol.*, 175-197 (1977)

4）Nakatani, T and T. Maeda : Transport process of the Alaska pollock eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*,47, 1115-1118 (1981)

5）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺水域におけるスケトウダラ仔魚の分布と餌生物環境．日水誌．49(2)，183-187（1983）

6）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺水域におけるスケトウダラ稚魚の分布と移動．日水誌．53(9)，1585-1591（1987）

7）上野元一，中村秀男，前田辰昭，平川秀人：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究－I　索餌期．日水誌．49(12)，1237-1245（1975）

8）前田辰昭，高橋豊美，伊地知　誠，平川英人，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの

漁場学的研究－Ⅱ　産卵期．日水誌．42(11)，1213-1222（1976）
9）前田辰昭，高橋豊美，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究－Ⅲ．日水誌．45(9)，1137-1142（1979）
10）前田辰昭，高橋豊美，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究－Ⅳ．日水誌．46(6)，671-674（1980）
11）前田辰昭，高橋豊美，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活周期．日水誌．47(6)，741-746（1981）
12）前田辰昭，高橋豊美，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活期別生態について．日水誌．49(4)，577-585（1983）
13）林　　清：恵山群スケトウダラ資源の漁況予測．北水試月報．22(10)，11-12（1965）
14）林　　清，北浜仁，鈴木梅次，遠藤昇：スケトウダラ幼魚期の生態　道南太平洋1964年級群の考察．北水試月報．25(8)，2-11（1968）
15）林　　清：スケトウダラ若齢魚の研究　道南太平洋における若齢魚の成長について．北水試研報．18，1-8（1976）
16）久新健一郎：体長組成からみた北海道水域におけるスケトウダラTheragra chalcogramma（Pallas），の分布および棲息状況についての問題点．水産海洋研究会報．19，80-86（1972）
17）佐々木正義，夏目雅史：武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布．日水誌．56(7)，1063-1068（1990）
18）北海道区水産研究所：北海道周辺海域に分布するスケトウダラ並びに底魚類の資源調査報告書（昭和60・61年），157-282（1988）
19）北海道区水産研究所：北海道周辺海域に分布するスケトウダラ並びに底魚類の資源調査報告書（昭和61・62年），115-207（1989）
20）北海道区水産研究所：北海道周辺海域に分布するスケトウダラ並びに底魚類の資源調査報告書（昭和63年），91-108（1990）
21）金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．漁業資源研究会議北日本底魚部会報．22，39-54（1989）

北水試研報　42，165－175（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性　第3報 胴周による網目選択性曲線

上　田　吉　幸*

Mesh selectivity of gillnets for spawners of the walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the northern waters of the Nemuro Strait of eastern Hokkaido, Japan 3. Estimation of the mesh selectivity curves using body girth

Yoshiyuki UEDA*

Mesh selectivity curves for spawning walleye pollock based on body girth were estimated from data obtained with research gillnets in experimental fishing poerations conducted in the northern waters of the Nemuro Strait from 1985 to 1987.

A high correlation between body girth and gonad indexes was found during the spawning season. Moreover, significant difference in relationship between body length and girth were found by sex, gonad indices, and fishing day.

Mesh selectivity curves suing body girth exhibited a negative shift with progression of the fishing season. This phenomena is considered to be due to fish body proportions changing in response to gonad development and variation in transfer of somatic to gonadal tissue which changes over the course of the fishing season.

著者は前報[1]で根室海峡北部水域に来遊するスケトウダラに対する刺し網の網目選択性曲線を求め，漁獲物体長組成の網目選択性による偏りについて報告した。また，漁期中に胴周が変化し，体長を横軸にとった網目選択性曲線の位置が変わることを指摘した。刺し網の網目選択性曲線の位置や形状は，網糸の材質や網の形状と漁獲される魚の形状，形質および行動等によって左右される[2]。特に，同じ魚種に対し同様の刺し網を用いても肥満度の違いにより網目選択性曲線の位置や形状は異なることが知られている[3]。本報告では根室海峡に来遊するスケトウダラの成熟度指数と胴周の漁期中における変化を調べ，さらに胴周を用いた網目選択性曲線を求め，胴周の変化と網目選択性曲線の位置について検討した。

報文番号　A216（1993年9月24日受理）
* 北海道立函館水産試験場室蘭支場（Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan）

材料および方法

根室海峡北部水域の羅臼沖で異なる目合の刺し網を同量，同時に用いた漁獲試験を1985年から1987年にかけて計4回行った。1985年3月13日および1986年1月26日に行った漁獲試験では，公比約1.1の73，79，88，97，109㎜の5種類の目合の刺し網を用いた。1987年2月18日および1987年3月10日に行った漁獲試験では，公比1.26の48，61，77，97，122㎜の5種類の目合を使用した。網の仕立て等については著者の既報[1, 4, 5]に詳しく記載した。漁獲試験で得られた標本の内50尾以上，または標本が50尾に満たない場合には全数について雌雄別に体長，胴周および生殖巣重量を測定し，残りについては目合別に漁獲尾数を計数した。胴周は最大胴周として第1背鰭基部前端から体長軸に対して垂直の方向に測定した。成熟度指数（G.I.）には生殖巣重量を体長の3乗で除した値（$10^2GW/L^3$）を用いた。また，網目選択性曲線（以下，曲線と称す）の推定は，反復法として代表的な石田の方法[6]にしたがい，横軸には胴周を用いた。

結　果

1．胴周と成熟度指数の変化

1985年3月13日，1986年1月26日，1987年2月18日および1987年3月10日に行った4回の漁獲試験で得られた標本の胴周組成をTabl 1に示した。そのうちすべての試験で共通の97㎜目合で漁獲された標本の平均胴周を求めると1986年1月が最も大きく22.4㎝，次いで1987

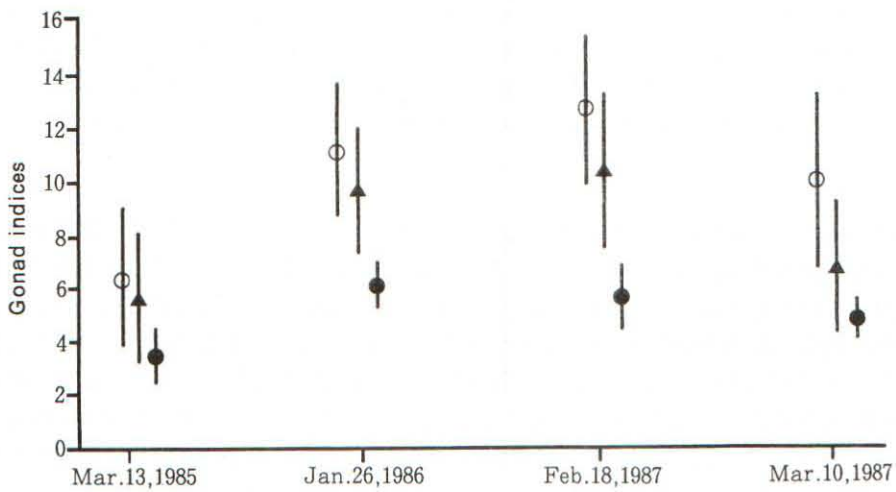


Fig. 1 Seasonal variation in gonad indices of walleye pollock. The symbols and vertical lines indicate mean values and standard deviations. Closed circle, open circle and closed triangle show male, female and composition, respectively.

Table 1. Frequency distributions of girth of walleye pollock caught by different mesh size gillnets.

	March 13, 1985 mesh size (mm)					January 26, 1986 mesh size (mm)					February 18, 1987 mesh size (mm)					March 10, 1987 mesh size (mm)				
Girth range (cm)	73	79	88	97	109	73	79	88	97	109	48	61	77	97	122	48	61	77	97	122
7～ 7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8～ 8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
9～ 9.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10～10.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11～11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12～12.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	0	0	0
13～13.9	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	3	2	0	0	0	0	11	1	0	1
14～14.9	4	5	0	5	0	0	0	0	0	0	4	4	2	0	1	2	1	3	1	2
15～15.9	19	9	3	8	5	1	0	0	0	0	11	3	11	0	6	0	3	16	2	2
16～16.9	14	16	6	13	2	4	5	2	0	2	11	3	19	2	6	2	9	33	9	14
17～17.9	6	13	10	16	7	7	10	4	2	0	16	9	30	2	15	6	16	21	17	37
18～18.9	2	4	13	18	7	9	19	5	1	0	21	21	15	8	9	1	15	13	20	16
19～19.9	0	3	8	18	4	7	12	11	3	2	11	19	13	23	16	2	7	7	22	6
20～20.9	1	0	8	16	2	4	10	10	3	1	12	12	3	25	10	4	7	4	8	5
21～21.9	2	0	0	20	4	1	4	8	10	3	6	11	2	17	9	2	8	1	7	3
22～22.9	0	0	1	12	3	1	3	2	14	4	2	7	1	13	8	1	0	1	8	2
23～23.9	0	0	0	7	4	0	1	0	5	2	3	4	2	6	3	0	2	0	2	6
24～24.9	0	0	0	2	2	0	0	1	1	1	0	2	2	2	5	0	0	0	2	2
25～25.9	0	0	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2
26～26.9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
27～27.9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
28～28.9	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
29～29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
30～30.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31～31.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
32～32.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
33～33.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34～34.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35～35.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No. of fish sampled	50	50	49	137	47	36	65	43	44	19	100	99	100	99	100	23	84	100	98	100
No. of fish caught	400	478	373	249	78	36	68	43	44	22	606	959	1210	1036	610	23	180	518	359	207

年2月の20.7cmであった。1985年3月および1987年3月における標本の平均胴周は，それぞれ19.3cmおよび19.2cmとほぼ同様の値で1987年2月の値よりさらに小さかった。

それぞれの漁獲試験で得られた標本の成熟状況を比較するため，漁獲試験日毎の成熟度指数の平均値と標準偏差をFig. 1に示した。成熟度指数の平均値は雄では1986年1月に最も高い値を示したが，雌および雌雄を込みにした値では1987年2月が最も高く，次いで1986年1月が高かった。1985年3月および1987年3月の成熟度指数の平均値は，1986年1月や1987年2月に比べそれぞれ低い値であった。また，漁獲試験日毎の成熟度指数平均値の変化の割合は，雄に比べ雌の方が大きく，標準偏差も雄に比べ雌の方がつねに大きかった。

そこで胴周と成熟度指数との相関関係を見るため，成熟度指数の偏差が大きかった1987年2月の漁獲試験データを用いて，目的変数に胴周をとり，説明変数に体長と成熟度指数をとって重回帰分析を行った。分散分析の結果，2つの説明変数による回帰は有意となり，胴周は体長と成熟度指数により説明された。また，体長と成熟度指数に対応する偏回帰係数の検定結果も有意となり，体長と成熟度指数はそれぞれ独立に胴周と相関が認められた。雌雄別の重回帰分析の結果は雄に比べ雌で相関が高く，特に胴周と成熟度指数との相関係数は雌で高い値を示した（Table 2）。

Table 2 Results of multiple regression analysis using Girth(y), Body length(x1) and Gonad index(x2) data of walleye pollock caught in February 18th 1987.

		male	female
Number of data	n	80	164
Multiple correlation	R	0.901	0.932
Analysis of variance	F	166.3>F(2,77 ; 0.01)	531.5>F(2,161 ; 0.01)
Regression coefficient	(x1)	0.4428	0.4738
	(x2)	2.5170	1.8048
	constant	-18.1365	-28.4721
Partial correlation	(x1)	0.842	0.873
	(x2)	0.519	0.685
Analysis of variance	(x1)	187.7>F(1,77 ; 0.01)	517.1>F(1,161 ; 0.01)
	(x2)	28.4>F(1,77 ; 0.01)	142.5>F(1,161 ; 0.01)

さらに，胴周と成熟度指数の変化を検討するため，漁獲試験日別体長－胴周関係をFig.2-1～4，各標本を合計した雌雄別体長－胴周関係をFig.3-1，2に示した。成熟度指数の変化については，雄は0.1～5.0と5.1以上の2区分（Fig.4-1, 2），雌は0.1～7.0，7.1～15.0，15.1以上の3区分（Fig.5-1～3）にして，体長－胴周関係を示した。また，これらの体長－胴周関係に相対成長の式をあてはめ，共分散分析を行った。その結果，漁獲試験日別，雌雄別および成熟度指数区分別のいずれにも高さまたは傾きに有為な差が認められた。特に，1985年3月と1987年3月の回帰式の組合せによる検定結果を除くと高さの差が顕著であった（Table 3）。そこでFig.2-1～4に示した漁獲試験日別体長－胴周関係の曲線だけをFig. 6 に示して比較した。Fig. 7 にはFig.3-1, 2に示した雌雄別体長－胴周関係の曲線だけを示した。また，Fig.4-1, 2, 5-1, 2, 3で示した成熟度指数の違いによる体長－胴周関係の曲線を雄はFig. 8，雌はFig. 9 に示した。漁獲試験日別体長－胴周関係を見ると，調査年は異なるが漁期が1，2，3月と進むにしたがい曲線の位置は低くなり，傾きは小さくなった。また，各曲線の位置の差は体長が大きくなるとしだいに大きくなった。雌雄別の体長－胴周関係では雌の曲線で位置が高く，体長が大きくなるとその差も大きくなった。成熟度指数区分による体長－胴周関係は，雌雄とも成熟度指数が大きくなると曲線の位置は高くなり，胴周は大きくなる傾向を示した。

Table 3 Results of analysis of covariance in regression relationships between body length and body girth of walleye pollock.

Compared lines	F test of intercepts(a)	F test of slopes(b)
Mar.1985－Jan.1986	P<0.001＊＊＊	P<0.01＊＊
Mar.1985－Feb.1987	P<0.001＊＊＊	P<0.01＊＊
Mar.1985－Mar.1987	P>0.05 -	P<0.01＊＊
Jan.1986－Feb.1987	P<0.001＊＊＊	P<0.05＊
Jan.1986－Mar.1987	P<0.001＊＊＊	P<0.01＊＊
Feb.1987－Mar.1987	P<0.001＊＊＊	P>0.05 -
Total males－total females	P<0.001＊＊＊	P<0.05＊
GI classes in males		
0.1～5.0－over 5.1	P<0.001＊＊＊	P<0.001＊＊＊
GI classes in females		
0.1～7.0－7.1～15.0	P<0.001＊＊＊	P<0.01＊＊
0.1～7.0－over 15.1	P<0.001＊＊＊	P<0.05＊
7.1～15.0－over 15.1	P<0.001＊＊＊	P>0.05 -

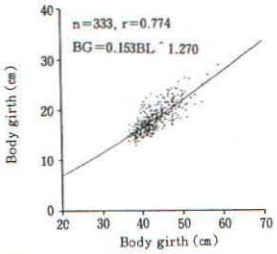


Fig. 2-1 Regression relationship between body length and body girth of walleye pollock caught with research gill nets on Mar. 13, 1985.

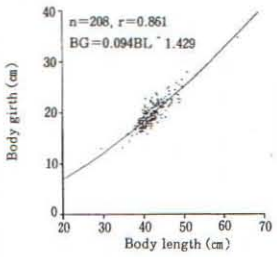


Fig. 2-2 Regression relationship between body length and body girth of walleye pollock caught with research gill nets on Jan. 26, 1986.

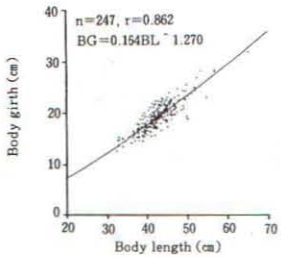


Fig. 2-3 Regression relationship between body length and body girth of walleye pollock caught with research gill nets on Feb. 18, 1987.

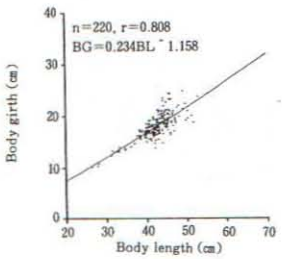


Fig. 2-4 Regression relationship between body length and body girth of walleye pollock caught with research gill nets on Mar. 10, 1987.

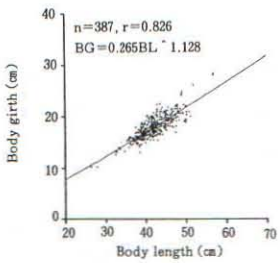


Fig. 3-1 Regression relationship between body length and body girth of male's walleye pollock by all sets of the experimental fishing data.

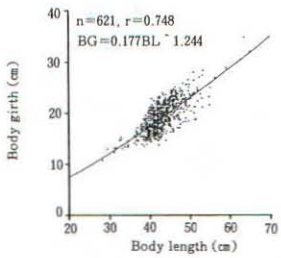


Fig. 3-2 Regression relationship between body length and body girth of female's walleye pollock by all sets of the experimental fishing data.

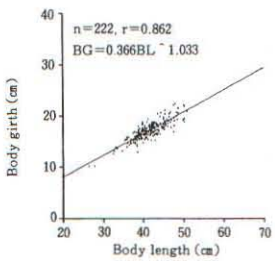


Fig. 4-1 Regression relationship between body length and body girth of male's walleye pollock in gonad indices from 0.1 to 5.0 which compound four experimental fishing data.

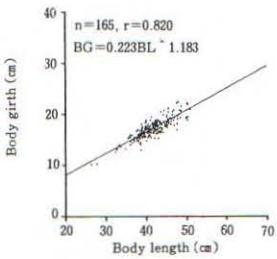


Fig. 4-2 Regression relationship between body length and body girth of male's walleye pollock in gonad indices above 5.1 which compound four experimental fishing data.

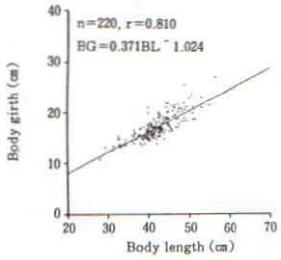


Fig. 5-1 Regression relationship between body length and body girth of female's walleye pollock in gonad indices from 0.1 to 7.0 which compound four experimental fishing data.

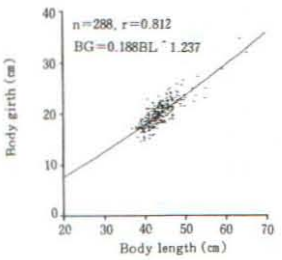


Fig. 5-2 Regression relationship between body length and body girth of female's walleye pollock in gonad indices from 7.1 to 15.0 which compound four experimental fishing data.

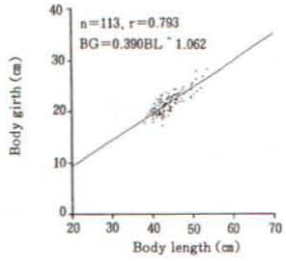


Fig. 5-3 Regression relationship between body length and body girth of female's walleye pollock in gonad indices above 15.1 which compound four experimental fishing data.

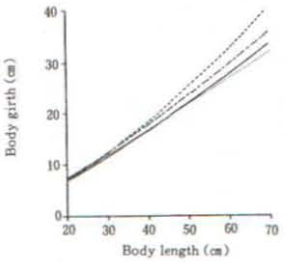


Fig. 6 Comparison of regression curves between body length and body girth of walleye pollock. Solid line, dash-dotted line, broken line and dotted line represent the results on Mar.13,1985(Fig.2-1), Jan.26,1986(Fig.2-2), Feb.18, 1987(Fig.2-3), Mar.10,1987(Fig.2-4), respectively.

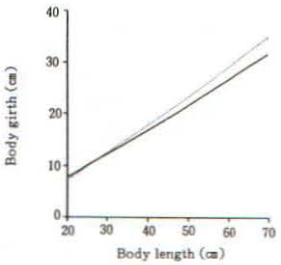


Fig. 7 Comparison of regression curves between body length and body girth of walleye pollock. Solid line and dotted line represent the results of male(Fig.3-1) and female (Fig.3-2), respectively.

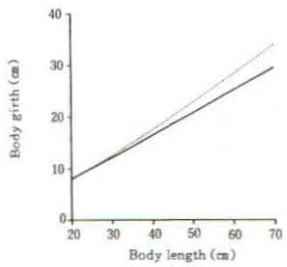


Fig. 8 Comparison of regression curves between body length and body girth of male walleye pollock. Solid line and dotted line represent the results in gonad indices from 0.1 to 5.0 (Fig.4-1) and above 5.1 (Fig.4-2), repectively.

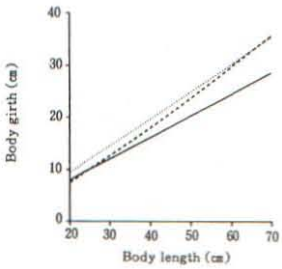


Fig. 9 Comparison of regression curves between body length and body girth of female walleye pollock. Solid line, broken line and dotted line represent the results in gonad indices from 0.1 to 7.0(Fig.5-1), from 7.1 to 15.0(Fig.5-2) and above 15.1(Fig.5-3), respectively.

2．胴周を用いた網目選択性曲線の推定

4回の漁獲試験で得られた結果を用いて，横軸に胴周をとった網目選択性曲線を求めた。曲線の推定にあたっては，各漁獲試験の相対的効率の最大値を1.0と仮定し，目合別漁獲尾数の比を変えないでプロットした点を上下移動することにより，全体としてできるだけなめらかな一曲線上に並ぶようにした。Fig.10に97㎜目合を基準とした網目選択性曲線を漁獲試験日毎に示した。1985年3月13日の曲線には胴周階級15cm台～20cm台の値を用いた。求めた

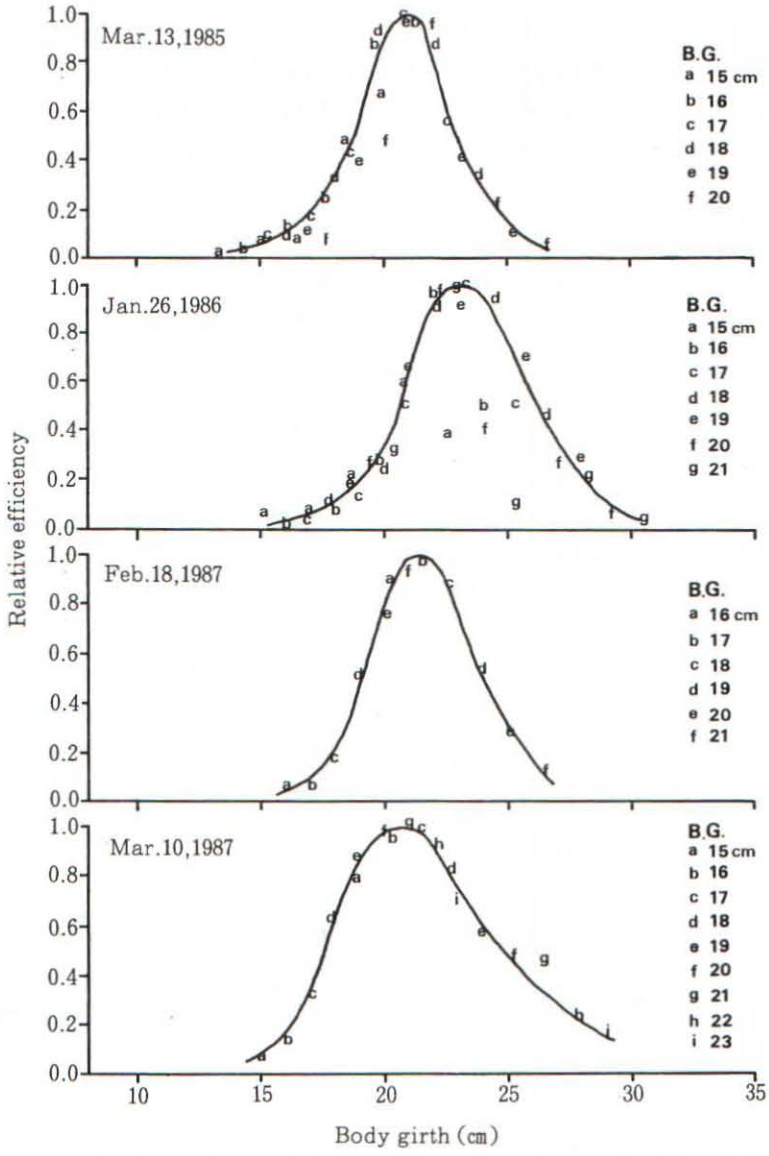


Fig. 10 Mesh selectivity curves of 97㎜ mesh size gillnet for walleye pollock using body girth. Symbols plotted in alphabet represent the body girth from which the curve was estimated.

曲線は左側にすそを引く形状で，相対的効率が最も高くなる胴周（以下，最適胴周と称す）は約21cmとなった。また，最適胴周と目合との比（k値）は1.082で，最適胴周とともに4回の漁獲試験中最も小さい値であった。1986年1月26日の曲線は胴周階級15cm台～21cm台の値を用いて求めた。曲線は左側にゆるく裾を引く形状で，最適胴周およびk値は4回の漁獲試験中最も大きい約23cmと1.186であった。1987年2月18日の曲線は目合によって魚のかかる部位が異なり[4]，得られた5種類の目合の胴周組成は目合に比例しなかった。そこで比例関係が認められた目合77mmと97mmの漁獲データだけを用いて曲線を求めた。使用した胴周階級は16cm台～21cm台で，曲線はほぼ左右対象の正規分布曲線に近い形を示し，最適胴周は約21.5cm，k値は1.108であった。1987年3月10日の曲線も1987年2月18日と同様に目合77mmと97mmの漁獲データの組合せから求めた。用いた胴周階級は15cm台～23cm台で，曲線は右側に裾を引く形となった。また，最適胴周は21cmでk値は1.082となり，1985年3月13日と同じ値を示した。

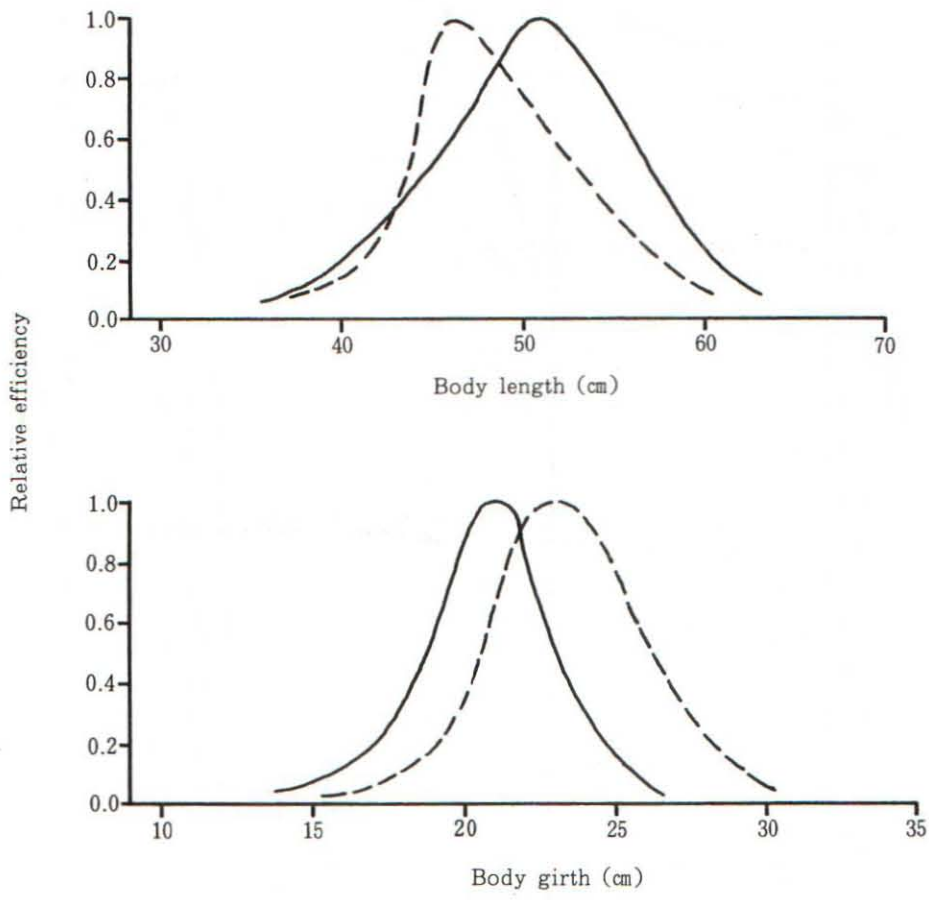


Fig. 11 Mesh selectivity curves of 97mm mesh size gillnet for walleye pollock using body length(top figure) and body girth(bottom figure). Solid lines and broken lines represent results on Mar.13, 1985 and Jan.26,1986, respectively.

考　察

当海域のスケトウダラ漁業は主に12月から翌年3月まで産卵群を対象に刺し網で行われている。この間，漁期年は異なるが胴周と相関の高かった成熟度指数は1月から2月にかけて増大し，3月には減少に転じている。また，雌雄，成熟度指数および漁獲試験日の違いにより体長－胴周関係に有為な差がみられた。ただし，雌雄および漁獲試験日の違いによる体長－胴周関係の差もそれぞれの成熟度指数の差に起因するものと考えられる。これらのことは漁期中に成熟と放卵・放精が急速に進行することによって[7-9]，胴周が大きく変化したためと考えられる。つまり当海域のスケトウダラの胴周は，漁期中つねに雄に比べ雌の方が大きく，その変化の割合も雌の方が大きかった。また，漁期が進むにしたがい放卵・放精が進行し，胴周は雌雄とも小さくなった。

このような漁期中の胴周の変化は網目選択性曲線の位置や形状の差異となって現れることが知られている[10-12]。著者[1]も漁期中の刺し網による漁獲物の体長が大型化する現象を放卵・放精が進み，胴周が小さくなることから，相対的に体長の大きい個体が漁獲されるようになると考えた。今回求めた1985年3月と1986年1月の97㎜目合の胴周による網目選択性曲線と既報[1]で示した体長による曲線を合わせてFig.11に示した。体長を横軸にとった図では1986年1月の曲線は1985年3月の曲線に比べ体長の小さい方に位置している。しかし，胴周を横軸に取った図では1986年1月の曲線は胴周の大きい方に位置しており，k値も1985年3月に比べ大きく，体型が太いことを示している。石田[3]は横軸に体長をとり，肥満度の異なるカラフトマスについて2本の網目選択性曲線を求め，その違いを胴周の代わりに体重を用いて検討している。つまり平均体重の異なる2本の網目選択性曲線のモードの比とそれぞれの体重の平方根（胴周に比例すると仮定）の比が反比例することにより肥満度の違いによる曲線の位置の差を説明している。今回求めた97㎜目合における1985年3月と1986年1月の胴周による網目選択性曲線のモードは21㎝と23㎝であり，体長による曲線のモードは51㎝と47㎝であった。そこで石田[3]と同様の方法でそれぞれの曲線のモードの比を求めると1：1.095と1.085：1となり，ほぼ反比例の関係が見られた。

一方，漁具は異なるが，東海ら[13]は底曳網のカレイ類に対する網目選択性において，メイタガレイとマコガレイで体長を横軸に取った曲線には位置の差がみられるものの体高を横軸に取ると両曲線は重なり合い，体長を横軸に取った曲線の差異は同一体長に対する体高の差であることを示した。刺し網の網目選択性も基本的には羅網部位周により決定し，同一魚種または形態の似通っている魚を同じ目合で漁獲した場合，羅網部位周を横軸にとった曲線は重なり合うものと考えられる。ただし，実際には山本ら[14]が指摘しているように網糸の伸張度，網目のズレ，魚の肉質の硬軟，魚の運動力，羅網より斃死に至るまでの時間等により同じ目合であっても羅網部位周の長さは異なるようである。刺し網の羅網機構について上野ら[15]は網目の伸びと魚体のくびれの2つの現象から論じており，また，梨本[16]は網目の張力と刺さった魚の締め力との釣合から網刺し現象が成立することを実証している。今回求めた97㎜目合の目合周に体する最適胴周と目合周の差の比を求めると1986年1月では18.5％となり，1985年3月の8.2％に比べ大きい値を示した。この値は網糸の伸張度と魚体のくびれ度を合わせた値を示すものと考えられ，網糸が伸びないと仮定すると1986年1月の方が1985年3月に比べ魚体は強くくびれて網目に刺さっていたことになる。このことは，放精放卵後の個体が多い1985年3月の標本に比べ，成熟度指数が高く胴周の大きい個体が多かった1986年

1月の標本で羅網時に魚体がくびれ易かったと推定される。したがって，胴周を横軸に取った曲線が重なり合わず，1986年1月の曲線が胴周の大きい方に位置していたのは，網糸が伸びないかあるいは両年での伸張度が等しいとすると，1986年1月の標本にはくびれ易い個体が多かったため，結果的に胴周の大きい個体が漁獲されたことによるものと考えた。また，ここでもし，1986年1月と1985年3月の標本のくびれ易さを等しいと仮定し，胴周を横軸にとったそれぞれの曲線を一致させると，それらのデータから得られる体長を横軸にとった曲線の位置の差は既報[1]で求めた結果よりもさらに大きくなるものと推測された。

要　　約

根室海峡北部水域の羅臼沖でスケトウダラの産卵群を対象に異なる目合の刺し網を用いた漁獲試験を1985年から1987年にかけて4回行い，その結果をもとに漁期中のスケトウダラの成熟度指数と胴周の変化および胴周を用いた網目選択性曲線を求め，その位置について検討した。

1．成熟度指数は1月から2月にかけて増大し，3月には減少に転じた。また，胴周は成熟度指数と相関が高く，雌雄および成熟度指数の違い，さらに漁獲日の違いにより体長－胴周関係に有為な差がみられた。
2．胴周を横軸にとった網目選択性曲線は，1，2，3月と漁期が進むにつれ胴周の小さい方に位置し，体長を横軸にとった網目選択性曲線と逆の傾向を示した。
3．この現象は漁期の進行にともない成熟度指数が変化することにより，魚体のくびれ易さに差が現れたことによるものと考えた。

謝　　辞

この調査は水産庁の北海道周辺スケトウダラ新規加入量資源調査の一環として，北海道区水産研究所並びに北海道立水産試験場の多くの方々の協力のもとに行われた。また，この報告をまとめるにあたり，1980年当初からこの調査に参加された方々に多くのご指導，ご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。さらに標本の採集および測定等にご便宜，ご協力いただいた羅臼漁業協同組合並びに羅臼町役場の関係各位に心からお礼申し上げる。

なお，著者の既報[1]に誤植があった。訂正*してお詫び申し上げる。

---

*　誤植訂正（北水試研報．36，1-11）

P.6　最終行　6歳，7歳魚→5歳，6歳魚
〃　　〃　　8歳，9歳魚→7歳，8歳魚
P.8　Fig.7　両図とも横軸の年齢は左から4，5，6，7，8
P.8　Fig.8　左上段図中の Jan.1985 → Mar.1985

文　献

1）上田吉幸：根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性曲線　第1報　選択性曲線の推定と漁獲物の体長・年齢組成の補正．北水試研報．36，1-11（1991）

2）Hamley, J. M. : Review of gillnet selectivity. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, 1943-1968（1975）

3）石田昭夫：肥満度の異なったカラフトマスに対する刺し網の網目選択性曲線について．北水研報告．33，9-12（1967）

4）上田吉幸：根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性曲線　第2報　非選択的調査網の試作とその漁獲試験結果．北水試研報．37，27-35（1991）

5）上田吉幸：スケトウダラ産卵群の刺網による網目選択性曲線．漁業資源研究会議　北日本底魚部会報．21，29-35（1988）

6）石田昭夫：刺網の網目選択性曲線について．北水研報告．25，20-25（1962）

7）前田辰昭，高橋豊美，上野元一：噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活期別生態について．日水誌．49(4)，577-585（1983）

8）尹　泰憲：北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期．北大水産彙報．32(1)，22-38（1981）

9）桜井泰憲：水槽内におけるスケトウダラの繁殖行動．海洋と生物．24(5)，2-7（1983）

10）Farran, G. P. : On the mesh of herring drift-nets in relation to the condition factor of the fish. *J. du Conseil.* 11(1), 43-52（1936）

11）石田昭夫：48度以南サケ・マス流網および延縄漁業のカラフトマス漁獲物にみられる体長，性比，体重の差異の網目選択性からの検討．北水研報告．26，67-72（1963）

12）森田　祥，小林時正：ニシン刺し網の網目選択性による漁獲物組成の偏りを補正する一つの試み．北水研報告．40，14-31（1974）

13）東海　正，伊東　弘，正木康昭，上城儀信，横松芳治，安東欣二：小型底びき網（手操第2種，エビ漕ぎ網）のカレイ類に対する網目選択性．南西水研報．22，35-46（1989）

14）山本昭一，三島精吉：サケ・マス流網の網目の選択性に関する研究．北大水産彙報．13(2)，82-97（1962）

15）上野元一，三島精吉，山本昭一：サケ・マスの流網羅網時における網目の伸びと魚体のくびれについて．日水誌．31(8)，606-609（1965）

16）梨本勝昭：網刺し現象の基礎的研究（第1報）羅網機構の理論的考察と実測による検討．北大水産彙報．15(4)，221-233（1965）

北水試研報　42，177－181（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道のエリモ以西太平洋沿岸の定置網で漁獲されたスケトウダラについて

田　中　伸　幸*

Annual changes of catch, length frequency distribution and the age composition of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, caught by set net in the Pacific coast of southern Hokkaido

Nobuyuki TANAKA*

Annual catches of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, caught by set net in the Pacific coast of southern Hokkaido were compiled from 1985 to 1991. The greatest annual catch was to 14, 950 tons in 1989, and the highest ratio of set net catch against total commertial catch was about 22% in 1990.

Body length frequency distributions and the age composition of walleye pollock caught by set net in December 1991 and 1992 were compared to gill net and danish seine catch. Results show that walleye pollock caught by set net were smaller and younger than those taken by gill net.

スケトウダラ*Theragra chalcogramma*（Pallas）は，噴火湾を含む北海道のエリモ以西太平洋沿岸（えりも町から恵山町に面する海域，Fig. 1）の重要な産業対象種である。

当海域のスケトウダラ漁業は，主にスケトウダラ刺し網と一そう曳き機船底曳き網によって行われてきたが，最近になって刺網と底曳き網の漁期間中に大量のスケトウダラ成魚が定置網で漁獲され，沿岸の漁業者から注目を集めるようになった。そこで著者は，定置網で漁獲されるスケトウダラの経年漁獲量変化と漁獲物の体長・年齢組成について検討したので報告する。

材料および方法

本報告に用いられたスケトウダラ漁獲量は，北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報と，恵山町からえりも町管内にある各漁業協同組合の漁業生産高報告書を使って，漁業別漁獲量が集計できるようになった1985年以降について集計された。年間漁獲量の集計期間は，スケトウダラ刺し網・機船底曳き網（日高沖の底曳き網漁業を除く）の漁期間である10月から翌

報文番号　A217（1993年1月25日受理）
* 北海道立函館水産試験場室蘭支場（Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan）

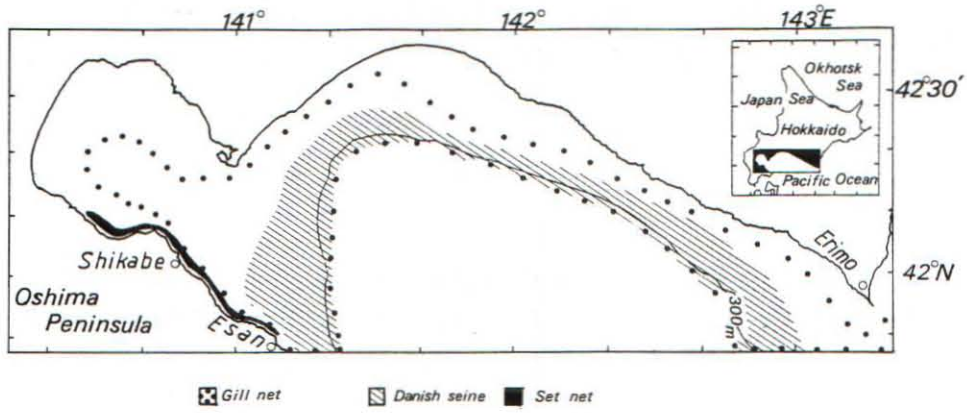


Fig. 1. Map showing the major fishing grounds of walleye pollock in the Pacific coast of southern Hokkaido.

年3月までとした。

1991年12月と1992年12月に，鹿部沖の定置網および刺し網で，また，1992年12月に恵山沖の底曳き網で漁獲されたスケトウダラの体長（下唇の最前端から尾鰭基底まで，1㎜単位）を測定し，耳石によって年齢を査定した。耳石は，水をはったシャーレのなかで落射光をあてルーペによって透明帯数を読輪し，読まれた透明帯数を年齢として記録した[1]。

結　　果

定置網の漁獲量と漁獲比率の年変化

北海道のエリモ以西太平洋沿岸における，1985年以降の定置網によるスケトウダラ漁獲量（Fig. 2）は，1985年は9,784 tであったが1986年には1,437 tに急減した。その後漁獲量は再び増加し，1989年には1985年から1991年の7ケ年中で最も多い14,950 tとなった。

定置網漁獲量が全漁獲量中に占める比率は，1986年が最低の

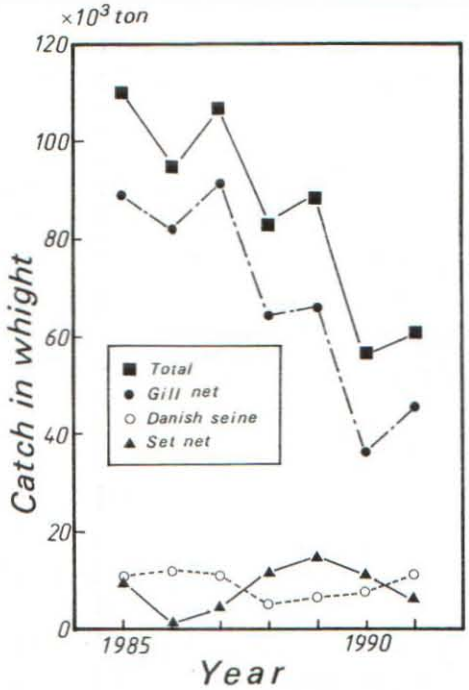


Fig. 2. Annual changes of catch of walleye pollock in the Pacific coast of southern Hokkaido. Catch data of each fiscal year summed up during October-March.

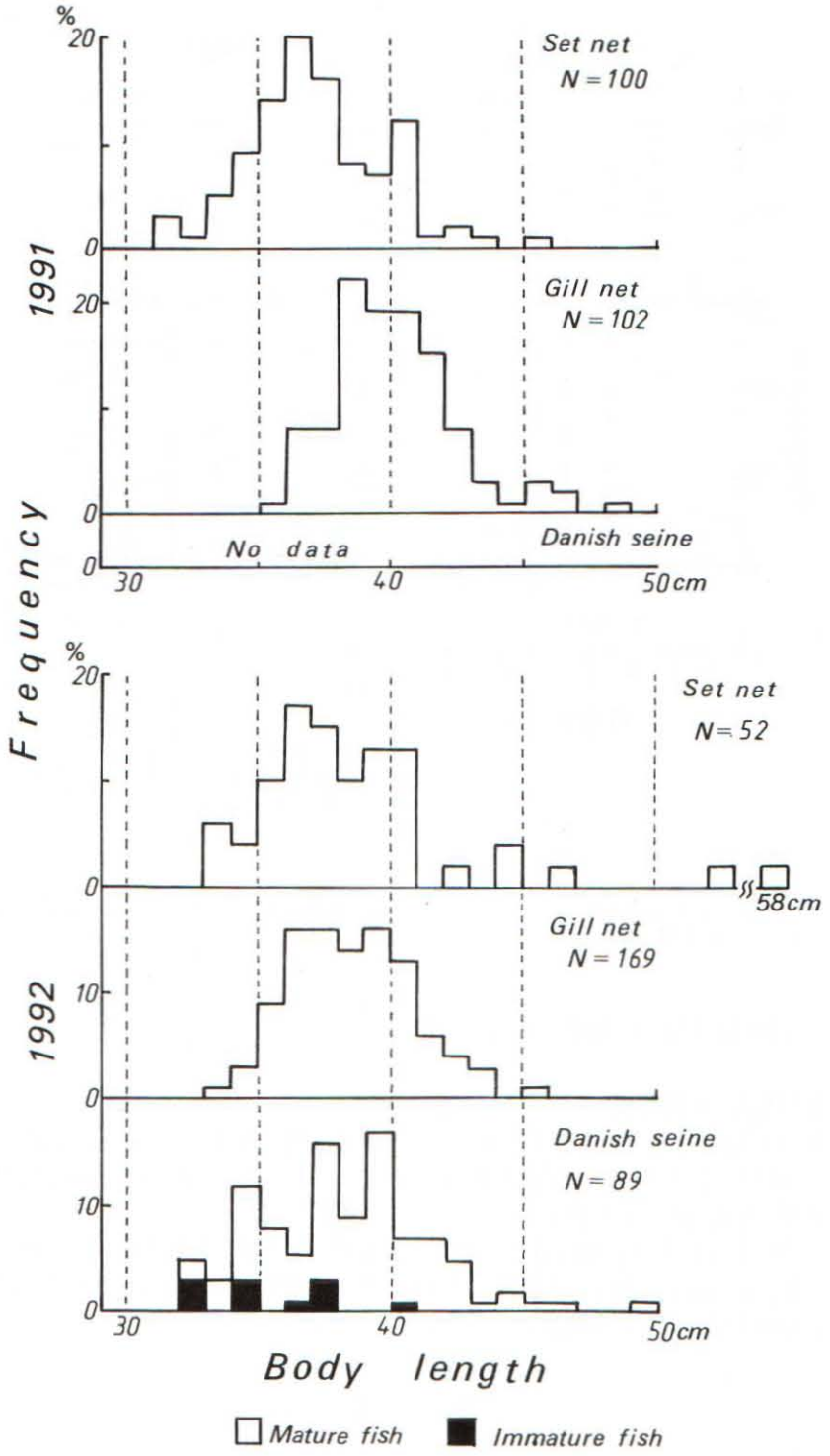


Fig. 3. Body length frequency distributions of walleye pollock caught by set net, gill net and danish seine in December 1991 and 1992.

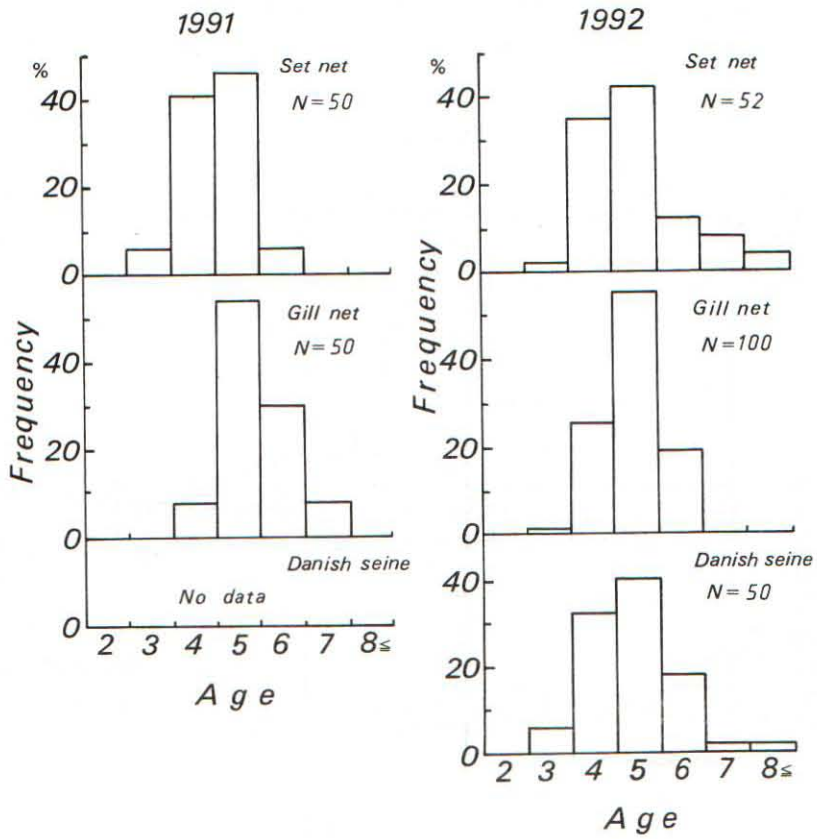


Fig. 4. The age composition of walleye pollock caught by set net, gill net and danish seine in December 1991 and 1992.

2％で，1990年が最高の22％であった。

漁獲物体長組成と年齢組成

1991年の体長組成のモードは，定置網が36cm台，刺し網が38cm台，1992年は定置網が35cm台，刺し網が36，37，39cm台，底曳き網が39cm台であった。それぞれの体長組成を比較すると，定置網と底曳き網は刺し網に比べて小型であった。

1991，1992年における年齢組成のモードは，定置網，刺し網，底曳き網とも5歳であった。しかし，定置網と底曳き網では5歳の比率が刺し網と比べて低く，逆に4歳の比率が高くなっており，体長組成と同様に小型魚の占める割合が高かった。

考　　察

エリモ以西太平洋沿岸の1985年以降のスケトウダラ漁業別漁獲量（Fig. 2）は，刺し網漁

獲量が最も多く，全漁獲量に占める割合は約64～86%であった。このことから，当海域において漁獲量の増減や資源に最も影響を与える漁業は刺し網漁業であると考えられた。しかし，定置網の漁獲量は，1990年には約12,000 t と全漁獲量の約22%を占め，また，1988年から1990年のように定置網漁獲量が底曳き網漁獲量より多くなることもあり，定置網漁業が資源に与える影響は，刺し網や底曳き網漁業とならんで大きくなってきている。

当海域のスケトウダラ漁業は，たらこの原料となる卵巣を取ることが主目的であるため，刺し網，底曳き網とも漁獲物の大部分は成熟した成魚であり，定置網漁獲物もすべて成魚であった（Fig. 5）。しかし，漁獲物組成は，刺し網漁獲物と比較すると，小型魚の占める比率が高く，両者の体長・年齢組成が異なることが示唆された。

当海域のスケトウダラの資源解析は，今まで刺し網と底曳き網の資料を使って行われてきた[2)]。定置網のデータは，漁獲量が少ないと考えられていたため，刺し網のデータに含めて使用されてきた。しかし，これまで述べてきたように，最近では定置網によるスケトウダラ漁獲量が増え，資源への影響も大きくなってきたので，今後，より精度の高い資源解析を行うためには，定置網の漁獲量や漁獲物組成のデータを加味して行う必要がある。

文　献

1）石田昭夫：北海道周辺のスケトウダラの年齢査定と，耳石にあらわれた形質の海区による差異について．北水研報．(11)，36-67（1954）

2）Wakabayashi, K., Watanabe, K. and Watanabe, Y. : Assessmennts of walleye pollock abundance of the southeast Pacific coast of Hokkaido, based on catch statistics and survey data. *Bull. Int. North Pac. Fish. Comm.* (50), 101-120 (1990)

北水試研報　42，183－190（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

サハリン西海域に来遊するスケトウダラ産卵群の特徴

水野政巳[*1]，夏目雅史[*2]

Biological characteristics of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, off the west coast of Sakhalin in spawning season

Masami MIZUNO[*1] and Masashi NATSUME[*2]

Biological characteristics of the walleye polock, *Theragra chalcogramma*, caught off the west coast of Sakhalin (Tartary Strait) in spring of 1989 and 1992, were investigated.

Highly dense distributions of catches tended to shift from south to north with the progress of operations in each year.

The samples off Sakhalin were mainly comprised of more large-sized and older pollock than off the west coast of Hokkaido, and the spawning season of pollock off Sakhalin was estimated as 2-3 months late from off Hokkaido, although the walleye pollock of both areas had been considered to belong to the northern Sea of Japan stock. These results suggest that the walleye pollock off Sakhalin may compose a discrete stock from these off Hokkaido.

北海道西側日本海（以後道西と略する）とサハリン西側海域（タタール海峡，以後サハリン西と略する）に分布するスケトウダラは，標識放流魚の再捕結果や体長組成等の類似性から，北部日本海系統群として一本化して解釈されてきた[1, 2]。しかし，このサハリン西の体長組成等は夏期に調べられたものであり，系統群識別に重要な指標となりうる冬季から春季の産卵回遊期については検討されていなかった。また，北部日本海系統群とされるものの中にも，脊椎骨数の特徴から２つの種類があり，片方がサハリン西に多く出現することも指摘されていた[3]。

1977年からの200海里規制により，当海域のスケトウダラ漁業が操業不可能になり，調査も中断していた。そのような中，1988年４月と1989年３月から４月に，日本側の北太平洋漁業　と旧ソ連側の全ソ独立採算公団ソプリブフロートの間の事業で，サハリン西において旧ソ連漁船が漁獲したスケトウダラの洋上買魚が行われ，稚内港に陸揚された。また，1992年３月下旬から４月下旬にかけて，日本側の稚内海外漁業とロシア側のネベリスク漁業コルホーズサヴェーティイリィチャの合弁事業で，稚内港根拠の沖合底曳漁船12隻がサハリン西に入

報文番号　A218（1993年９月24日受理）
＊１　北海道立稚内水産試験場（Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station. Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan）
＊２　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station. Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 051, Japan）

域し，スケトウダラを漁獲対象に操業した。

サハリン西のスケトウダラの資源生物学的特徴を明らかにするべく，これらの漁獲物から採取した標本を調べるとともに，漁獲量等の資料を入手し，当海域の産卵期のスケトウダラ群の持つ諸特徴について検討した。

材料と方法

1989年3月から4月にかけての洋上買魚の事業期間中，旧ソ連漁船は中層トロールによりスケトウダラを漁獲した。この間に稚内港に搬入されたスケトウダラから4回（図1）にわたって無差別に100尾ずつ標本を採取して，体長・体重等を計測するとともに，生殖巣の状

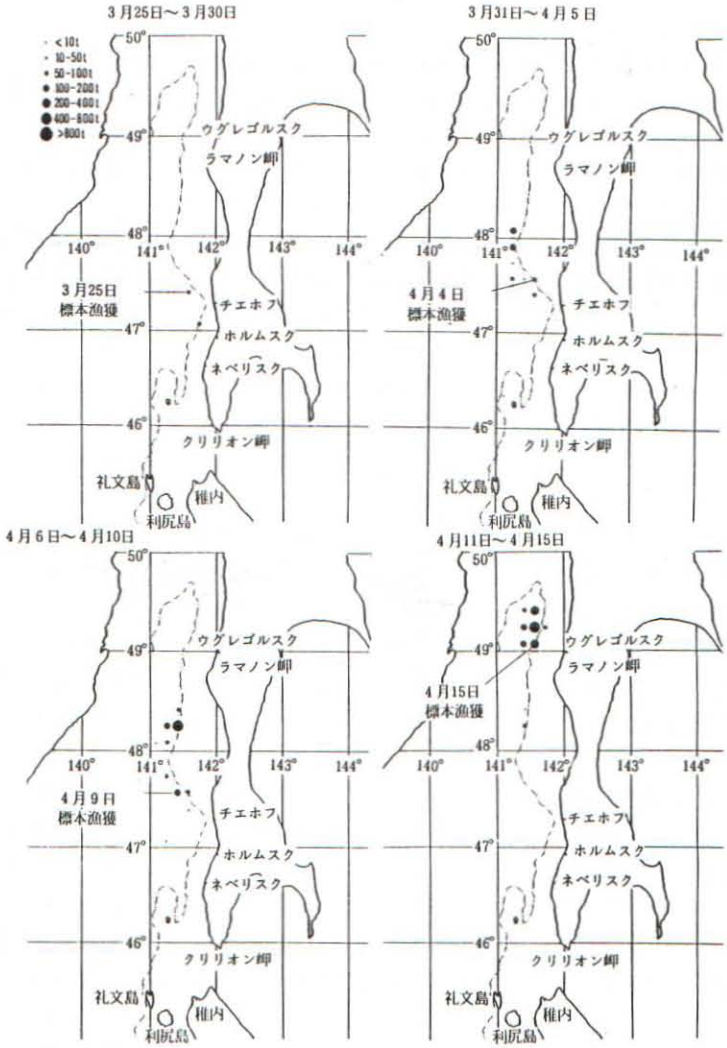


図1　1989年サハリン西海域の旧ソ連漁船のスケトウダラ漁獲量分布推移
前半は6日ごと，後半は5日ごとに分けた。2点破線は200m等深線を示す。

態の肉眼観察を行った。

1992年の稚内港根拠の沖合底曳網漁船の操業は，ロシア200海里経済水域内の着底トロール全面禁止規制のため，コッド網目合90㎜の中層トロール漁法により行われた。この年の操業は，いずれも網口高さが数10ｍで，漁具の下部が約５～10ｍ離底した状態で実施された。当海域に出漁した漁船から，４回（図２）に渡って無差別に100尾ずつ標本を採取し1989年と同様に計測・観察した。

操業期間中，日別の操業位置，漁獲量等の資料を得て，緯度経度とも10分ずつに分けて漁

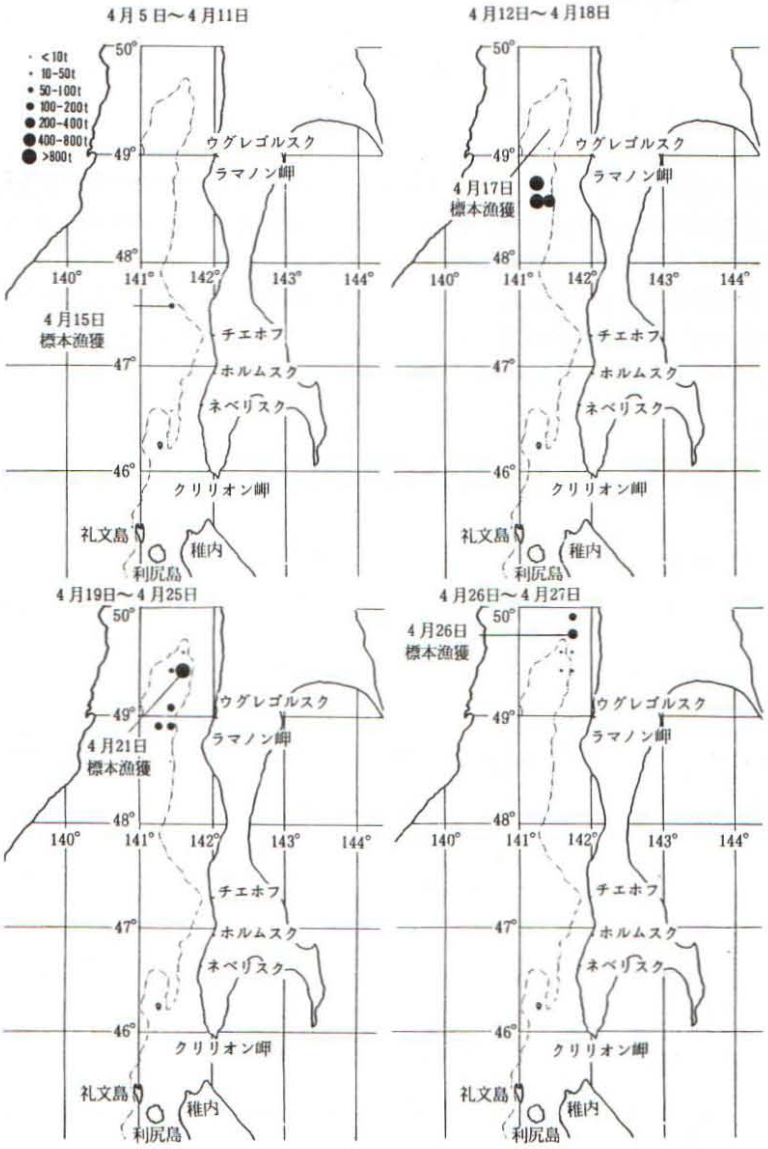


図２　1992年サハリン西海域の沖合底曳網漁船のスケトウダラ漁獲量分布推移
漁期を７日ずつに分けて占めしたが，最後の週は２日で終漁となった。

獲量の分布図とした。得られた標本体長組成と年齢組成を，標本漁獲日の緯度経度10分ごとの漁獲量で加重してサハリン西全体の年齢・体長組成とした。

なお，体長は下顎前端から肉質後端までとした。年齢は，耳石を中心部付近で短軸方向に割断して水中に入れ，暗視野照明で実体顕微鏡により観察して，透明輪紋一本を一歳分として査定した。この際，誕生日を便宜上5月1日とした。脊椎骨の計数は，軟X線による写真撮影によった（尾部棒状骨も計数に含めた）。

また，1989年と1992年に道西で沖合底曳網漁船により漁獲されたスケトウダラも同様に調べ，サハリン西の漁獲物の結果と比較した。

結　果

漁獲量の分布

1989年の旧ソ連漁船によるスケトウダラ漁獲量分布の推移を図1に示す。漁獲量の多い所は，北緯47度50分～48度20分，北緯49度00分～20分の水深200m付近の場所にあった。また，漁獲量の多いところが次第に北上する傾向がみられた。

1992年の沖合底曳網漁船12隻によるスケトウダラ漁獲量分布を各週ごとにまとめて図2に示す。漁獲量の多い所は北緯48度30～50分，同49度20～30分，同49度40～50分の水深200m付近の場所にあった。1989年同様，多く漁獲された場所が週を経るごとに北上してゆく傾向がみられた。

漁獲物の特徴

図3に，1989年3月と4月の旧ソ連漁船からの洋上買魚のスケトウダラと，同年1月と2

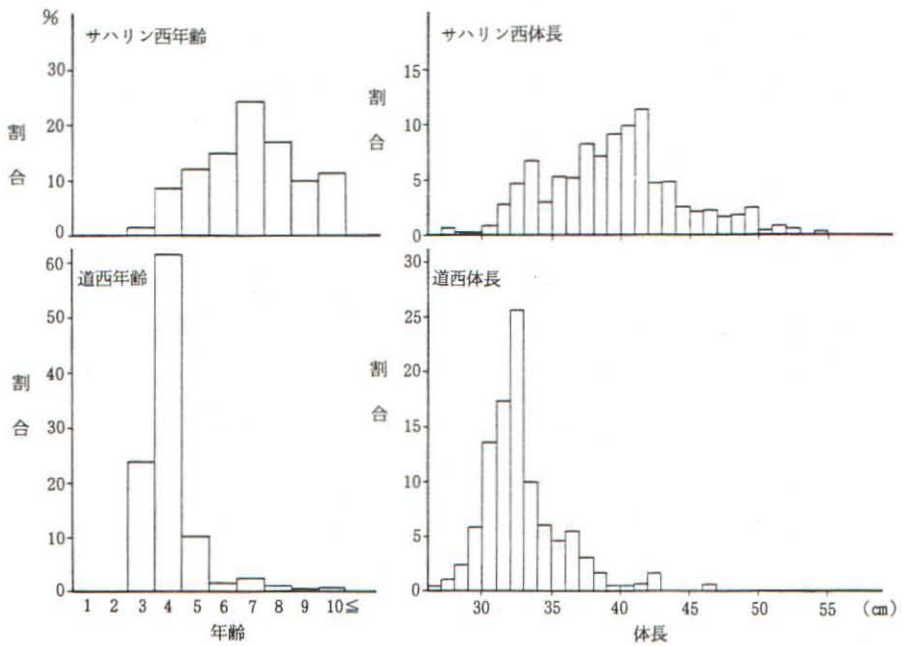


図3　1989年のサハリン西海域と道西日本海のスケトウダラ年齢・体長組成
道西日本海の標本は武蔵堆周辺の2か所の沖合底曳網漁船の漁獲物とした。

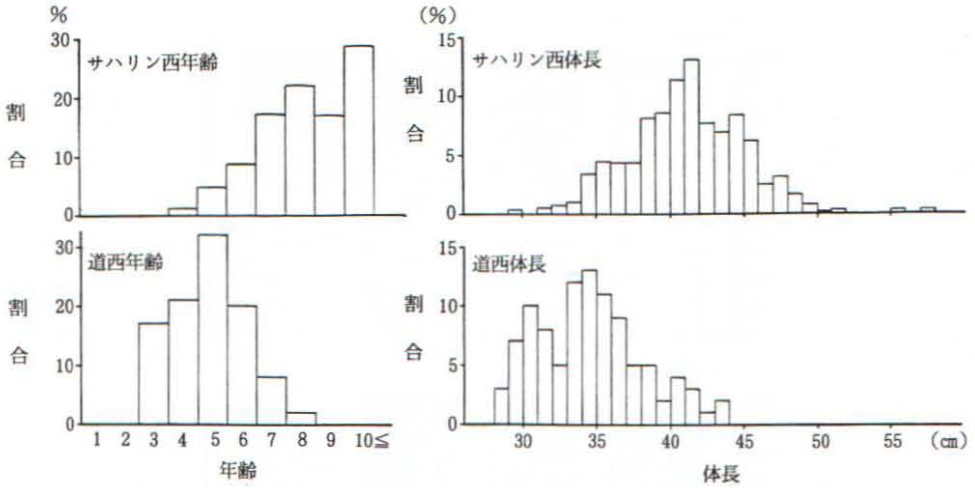


図4　1992年サハリン西海域と道西日本海のスケトウダラ年齢・体長組成
道西日本海の標本は武蔵堆東側の沖合底曳網漁船の漁獲物とした。

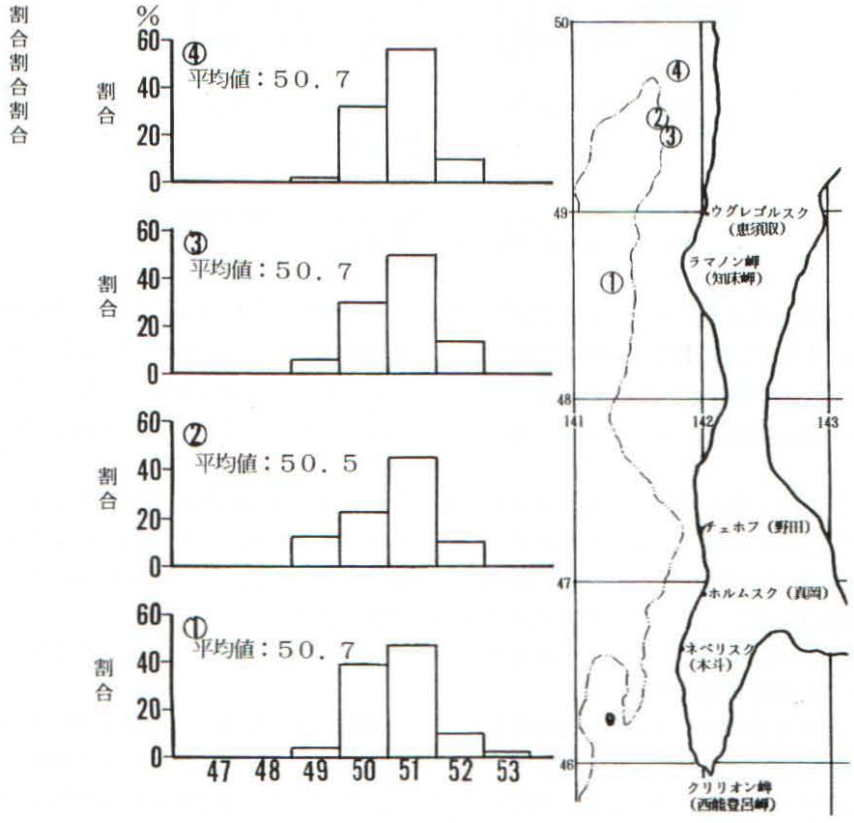


図5　1992年サハリン西海域スケトウダラの脊椎骨組成と平均値
各標本の番号が右図の漁獲位置の番号に対応する

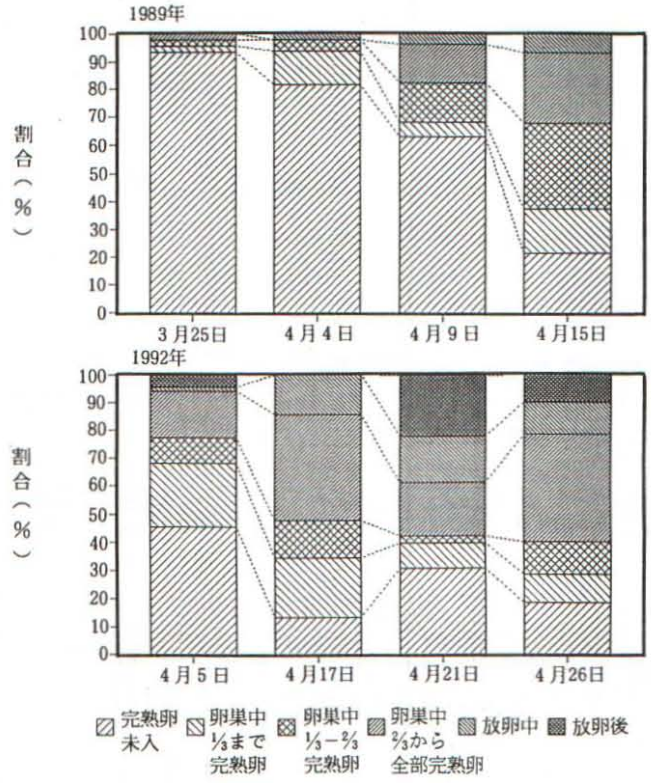


図6　サハリン西海域のスケトウダラ雌の卵巣の各状態の割合
各標本の漁獲位置は図1と図2を参照のこと

月に利尻島南西方向および武蔵堆で沖合底曳漁船によって漁獲されたスケトウダラの年齢組成と体長組成を示す。道西で大部分が初回産卵の4歳が60%近くを占めたのに対して，サハリン西ではより高年齢の個体が多く7歳モードとなった。また，道西では体長のモードが32cmで30cmから35cmが主体だったのに対して，サハリン西では明らかに大型であり41cmがモードとなった。

1992年のサハリン西の漁獲物，沖合底曳網漁船の同年3月初旬の利尻島南西方向海域での漁獲物の年齢組成と体長組成を図4に示す。体長組成のモードが34cm，年齢組成のモードが5歳にある道西に比べて，サハリン西では大型魚が多く，体長組成のモードは41cmにあり，8歳以上の割合が高かった。特に9歳以上の割合の高さがきわだっていた。

図5に1992年の各標本の脊椎骨数組成とその平均値を示す。いずれもモードは51にあり，52の頻度も10%前後を占めていた。

図6に1989年と1992年の卵巣の成熟度推移を示す。漁期が後になるにしたがって完熟卵をもつものの割合が高くなり，成熟の進行がうかがえた。また，1992年の標本では成熟度に一定の進行の様子は認め難いが，4月下旬には放卵中と，放卵後の卵巣萎縮の個体の割合が多くなっていた。

考　察

両年とも漁期間中，漁獲量の多いところが北上する傾向が認められた。1992年の操業では，稚内港を出港した漁船は，主に北上しながら魚群を探索して操業した。従って図2の漁獲量の分布は少なくともある程度の規模の魚群が存在した南限を示すといえる。図1の1989年でも同様と思われる。1992年4月下旬北緯49度20分以北で漁獲された標本を除いて，いずれもそのほとんどが産卵前・中と見られる個体で占められていた。従って，両年に主に漁獲対象になったスケトウダラは，サハリン西を産卵場とするものであり，従来から想定されている，道西で産卵後に回遊して来たもの[1]とは考えられない。

サハリン西と道西の年齢・体長組成は明らかに異なっていた。1992年のサハリン西では8歳以上の割合が高かったが，道西ではほとんど出現していなかった（道西では1983年級群以前・8歳以上の資源量は多くなかったとされる[4]）。1989年では卓越年級の1984年級群[4]（4歳）が道西で目立って多かったのに対して，サハリン西ではこの年級はそれほど多くなく，7歳を中心に高齢のものが多かった。沖合底曳網漁船は道西でもコッド目合90㎜を使用しており，体長約30㎝のスケトウダラでも充分に漁獲できるため，7歳以下（体長約40㎝未満）の漁獲効率が特に悪いとも考えられない。従って，サハリン西と道西の漁獲物の年齢・体長組成の相違は，来遊していた群の違いを示しているといえる。

1992年の道西のスケトウダラ脊椎骨数平均値は，桧山海域で50.2，利尻島南西海域で50.4であった（三宅私信）。1992年のサハリン西海域の平均値は50.7であり，いずれの標本でも10%前後を占めた52のものは道西ではほとんど見られなかった。脊椎骨数等のサハリン西と道西の相違は以前も指摘されていて，これに基づいて北部日本海系統群には道西型とサハリン西型が存在するという見解があり[3]，今回の結果はそれを支持するものである。

1989年のサハリン西の標本では，漁期が後になるに従い完熟卵の割合が多くなっていったが，標本採取が4月中旬までであり，産卵後の個体の割合が少なかった。しかし，1992年4月下旬の標本では，産卵後の割合が増していた。従って，サハリン西においては，産卵盛期は4月中旬以降であると推定される。これに対して，図4に年齢・体長組成を示した1992年3月初旬の利尻島南西の標本では，産卵完了間近の個体が多く（データは示していない），この時が産卵盛期の終わりごろと考えられる。また，天売島周辺の産卵盛期は1月下旬頃とされている[5]。このようにサハリン西と道西では産卵盛期に2ケ月から3ケ月の差があることが示唆された。

これらのことから，サハリン西と道西のスケトウダラは，それぞれ異なる系統群である可能性が高い。また，かつて北見沖合系統群の資源量が増大した時期には，この群れがサハリン西に張り出した結果，大型魚の割合が増加したことが推定されているが[2]，近年のオホーツク海側での資源水準の低下[6-7]からするとこの可能性は少なく，本稿のサハリン西のスケトウダラ群は北見沖合系統群とも異なると思われる。

要　　約

1989年3月から4月と1992年4月に，サハリン西側海域（サハリン西）で漁獲されたスケトウダラについて調べた。その結果は以下のとおりである。

1．1989年と1992年ともに，操業期間中，漁獲量の多いところが徐々に北上して行く傾向があった。

2．1989年は北海道西側日本海（道西）では卓越年級の'84年級群（4歳）が主体だったが，サハリン西では7歳を主体に高年齢で大型が多かった。1992年は道西では3歳から6歳が多かったのに対してサハリン西では8歳以上（'83年級群以前）が多く，やはり大型のものが主体だった。

3．脊椎骨数のモードは51であり，52のものも10%前後を占め，道西より多い傾向にあった。

4．卵巣の成熟の推移から，サハリン西の産卵盛期は4月下旬以降と推定され，これは道西より2カ月から3カ月遅い。

また，これらによりサハリン西と道西のスケトウダラは異なる系統群に属する可能性が高いことが示唆された。

謝　　辞

この報告にあたり，スケトウダラ標本や漁獲統計資料等の提供と聞き取り調査にご協力を頂いた，稚内機船漁業協同組合職員ならびに組合員の方々に感謝する。

引用文献

1）田中富重：北部日本海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究．北水試報．(12)，1-11（1970）

2）辻　敏：北海道周辺のスケトウダラの系統群について．北水試月報．35(9)，1-57（1978）

3）Iwata, M. : Population identification of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the vicinity of Japan. *Mem. of Fac. of Fish. Hokkaido Univ.* 22, 193-258 (1975)

4）北海道立中央水産試験場　函館水産試験場　稚内水産試験場：北部日本海海域のスケトウダラ．北海道周辺海域の底魚類の資源動向（平成4年10月北海道区水産研究所編集・非公開）．5-9（1992）

5）田中富重：北部日本海におけるスケトウダラ産卵群の生活（1．移動回遊についての知見）．北水試月報．25(6)，2-11（1968）

6）Zverkova, L. M. : The study of the reproduction features and the status of stock of "Okhotsk Sea" walleye pollock population *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*(42), 191－195（1993）

7）国広靖志：広域性浮魚類の資源生態研究　スケトウダラ．平成3年度北海道網走水産試験場事業報告書．91-95（1993）

北水試研報　42, 191－195 (1993)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

The study of the reproduction features and the status of stock of "Okhotsk Sea" walleye pollock population*1

Larisa Mihajlovna ZVERKOVA*2

In this paper the results of studies of the "Okhotsk Sea" walleye pollock population (one of the largest in the Northern Pacific) are presented. During the spawning season this population occurs in the Okhotsk Sea north of 50° N. The conditions of pollock stock recruitment were analysed in relation to the currents existing in the Upper Quasi-Uniform Layer, in which pollock eggs predominantly develop. The recruitment of Okhotsk Sea pollock takes place within the extensive system of cyclonic water circulation formed in the Okhotsk Sea north of 50° N during the winter-spring period. The seasonal dynamics of the cyclonic circulation and the dynamics of spawning distribution is presented. The area of reproduction of Okhotsk Sea pollock is a rather closed system, and it appears that intra-annual changes of water circulation patterns are one of the primary reasons causing natural changes in population abundance. Data on the stock dynamics of the Okhotsk Sea population are presented. The abundance of the Okhotsk Sea pollock population is currently decreasing, with maximum harvest reaching as high as 1.5 mln metric tons per year.

In this paper the results of studying walleye pollack inhabiting the Okhotsk Sea north of 50° N. are presented. Here I summarize mainly the results contained in my papers both published, and in print, and written by myself or with the co-authors. The Okhotsk Sea is one of the largest walleye pollock harvesting region with maximum total catch being more than 1.5 mln tons per year. The main portion of the total harvest is taken by fishery fleet to the North of 50th degree N. L. where the range of Okhotsk Sea population is located. In the paper I intend to show : the pollock reproduction features in connection with water dynamics ; and the status of pollock stock as such.

In my opinion, the knowledge of pollack reproduction features, induced by the environmental conditions and water dynamics in particular, is a reliable way of identifying laws controlling the abundance dynamics of the population. This opinion is based on long, up to 2-3 months, plankton life of pollock in Okhotsk Sea involving the

Accepted : September, 24, 1993. Contribution A219 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.
報文番号　A219 (1993年9月24日受理)
＊1　スケトウダラ「オホーツク海」系群の再生産機構と資源動向に関する研究
＊2　Sakhalin Branch of Pacific Institute of Fisheries and Oceanography (SakhTINRO), Komsomolskaya St. 196, Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin, Russian Federation
(ズヴェリコーワ・ラリーサ・ミハイロブナ, ロシア共和国太平洋漁業海洋学研究所サハリン支所, サハリン州, ユジノサハリンスク市)

embryonal and early post-embryonal development periods. This period is critical for pollock from the standpoint of generation's abundance formation, because variation in environmental conditions over specific years may induce changes in the direction and velocity of eggs drift, the area and character of species spread during the embryonal and post-embryonal life, and the availability of food larvae. Through special studies it was established that the main portion of developing eggs accumulates in the upper layer of marine water from 0 to 30-50m in depth[1, 2]. At these horizons of Okhotsk Sea the Upper Quasi-Uniform Layer, or UQL is formed, which is apparently the "cradle" for pollock. With the lower boundary of the Upper Quasi-Uniform Layer taken as a quasi-bottom, the multi-annual water dynamics in the Layer was studied using mathematical modelling method[3].

The necessary oceanographic investigations were conducted by my colleagues—oceanographers from Leningrad (now the Sankt-Petersburg) Hydrometeorological Institute.

The water circulation features are shown in the Fig. 1. As they were identified based on a multi-annual material, we may consider them to reflect the norm (averaged regime) for pollock reproduction conditions. The meteorological macrosystem, namely "the Aleutian low - Siberian high," which exists throughout winter-spring period, induces the extensive closed system-the cyclonic movement of waters in the upper layer of Northern Okhotsk Sea north of 50° N. This kind marine water movement is clearly evident in March and May, that is, during the pollock spawning. In March, the most intensive water movement is observed off western Kamchatka, and in May it is observed in North-central and North-western Okhotsk Sea. From June, the anti-cyclonic circulation starts to form, being especially well evident in August. Now I'd like to compare the established patterns of water circulation in the upper layer of Okhotsk Sea with the spawning regions and the distribution of developing pollock eggs. In March, the spawning of pollock takes place in

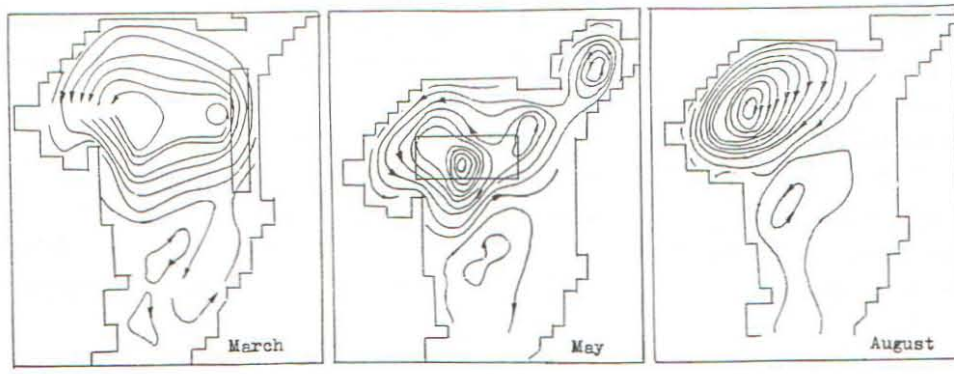


Fig. 1. The pattern of the currents and the pollock spawning region's distribution in the Northern Okhotsk Sea.

the Eastern and North-eastern parts of Okhotsk Sea, within the zone of Eastern component of cyclonic water circulation system. In Apirl the spawning still continues there, but starts to relocate towards the North-central and North-western Okhotsk Sea. In May, the spawning occurs in the North-central and North-western Okhotsk Sea where the intensive cyclonic circulation is formed at that time as can be seen. The results of developing pollock'eggs investigation revealed that their main portion concentrates to the North of 50th degree N. L., within the zone of extensive cyclonic circulation that exists there in the winter-spring period[4] (Fig.2). With all that, in April the especially dense eggs' assemblages were observed in the Eastern Okhotsk Sea, and in May - in the North-central Okhotsk Sea. Through modelling method it was established that eggs and larvae, representing the passive stage in the pollock's life cycle, are rather intensively transported by the currents existing within the Upper Quasi-Uniform Layer[3]. The eggs drift direction is shown in the Fig.3. The drift occurs mainly within the boundaries of population's recruitment region, that is to the North of 50th deg. N. L. It appears therefore that the reproduction of large pollock population inhabiting the Okhotsk Sea north of 50° N. takes place within the relatively colsed cyclonic circulation system. The range of pollock's population spreads over the whole reproduction region, occupying the North-eastern part of the Okhotsk Sea in March-April, and North-central-North-western part in April-May. The system of currents of Upper Quasi-Uniform Layer, within which the embryonal and partly post-embryonal development of pollock occurs, contributes to the extensive drift of eggs and larvae within the reproduction area being sufficiently isolated as such.

The character of currents of the Upper Quasi-Uniform Layer, identified based on the

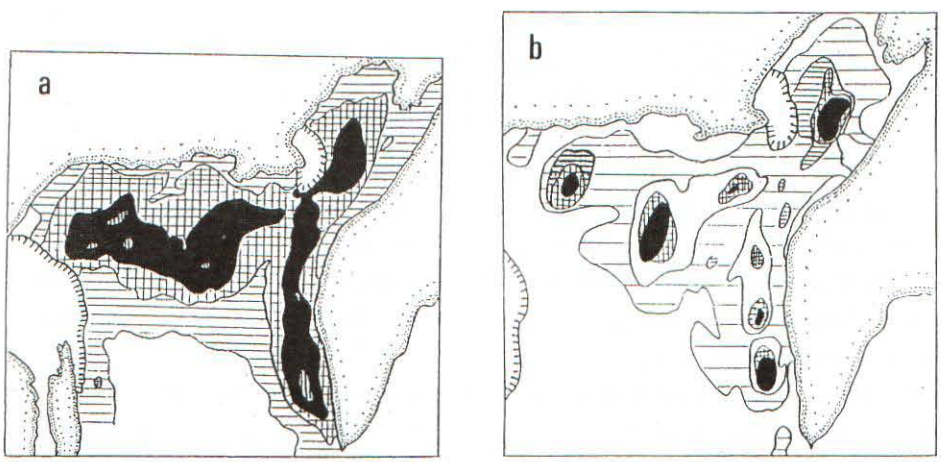


Fig. 2. The distribution of the developing pollock's eggs (The intensity of hatching shows the density of the assemblages.).
a-The general distribution of eggs.
b-Eggs' distribution at the final development stage.

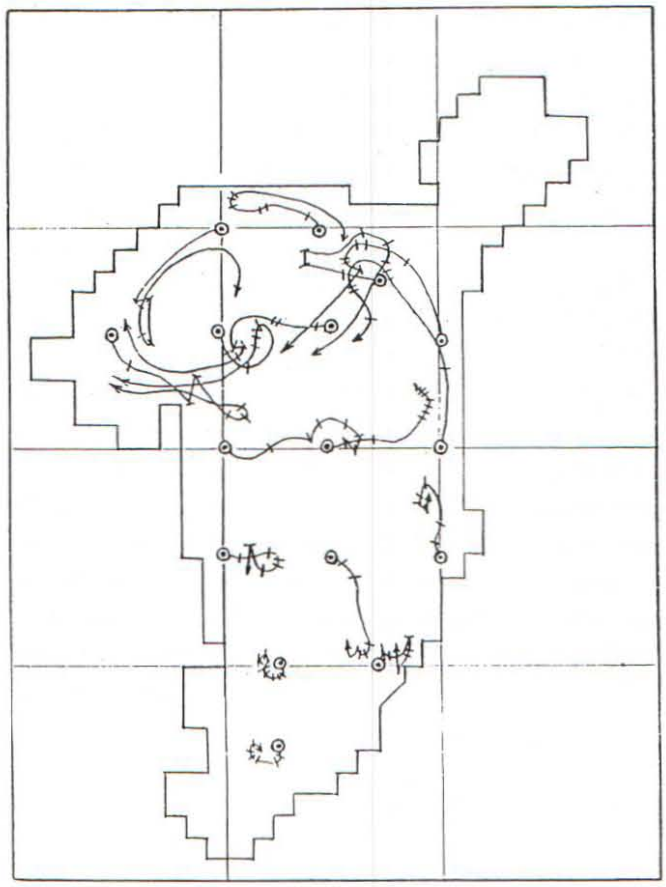


Fig. 3. The pattern of possible drift of the eggs and larvae of pollock.
↑ —The direction of movement.
‡ —The sampling points sampled at month's intervals.
⊙ —The starting point of drift (since February).

averaged multi-annual data, and shown here, reflects the norm or averaged regime of pollock reproduction, as was mentioned above. But this pattern may change in specific year, which would naturally affect the conditions of species reproduction and in the long run-the abundance of generation and stock strength. The future studies will be aimed at investigating these relations.

Within the region described above the reproduction of species and growth of fish during the first years of life cycle occurs only. As to the adult fish, the rearing polloock spread wide throughout the Okhotsk Sea, with part of the fish migrating outside its boundaries.

Using the VPA method we studied the change of stock strength of pollock over nearly the 20 years. The abundance increase was observed in 1973-1975 and 1983-1985, with latter

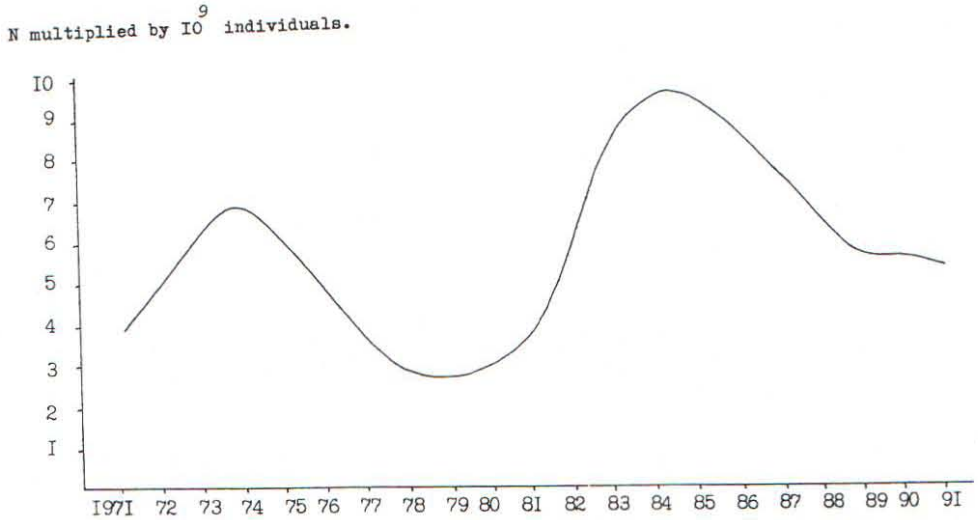


Fig. 4. The changes in the abundance of pollock of the Northern Okhotsk Sea.

being even more great (Fig.4). The marked decrease in stock strength happened in 1977-1980 and is being observed now.

With the decrease of stock strength of pollock taking place nowadays, the conducting of unsupervized and unmanaged pollock harvesting in the central Okhotsk Sea is completely impermissible. The unmanaged harvesting may lead to damaging the reproduction process in the population and stable abundance decrease.

References

1) Gorbunova, N. N. : The propagation and development of pollock. *The Proceedings of IOAN* (Oceanographic Institute of Academy of Science), 22, 132-195 (1954)

2) Kanamaru S., Kitano, Y. and Yoshida H. : On the distribution of eggs and larvae of Alaska pollack in waters around Kamchatka Peninsula. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*,(44), 1-23 (1979) (in Japanese)

3) Zverkova, L. M., Averkiey, A. S., Maslovsky, M. I. and Sustavov, Yu. V. : The calculation of wind circulation in the Okhotsk Sea in relation to the drift of eggs and larvae of harvestable fishes. From the collected parers "The methods for calculation and forecasting of the hydrometeorological processes in the fishery regions of the Ocean". The Leningrad Hydrometeorological Institute, No.112 (1991)

4) Zverkova, L. M. : The Spatio-temporal structure of the region of stock recruitment of the pollock *Theragra chalcogramma* in the northern Okhotsk Sea. *The issues of ichthyology*, 27 (3), 414-420 (1987)

北水試研報　42，197－202（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

Reproduction level of North Japan Sea walleye pollock population off Sakhalin at present*1

Larisa Mihajlovna ZVERKOVA*2

In the 1960-70s, the winter spawned pollock dominated both in the Tatar Strait off Sakhalin and off Hokkaido. At present, however, spawning of the walleye pollock off western Sakhalin is practically non-existant in January-February and now takes place in April-May. The abundance of the North Japan Sea walleye pollock population decreased markedly in recent time. At present abundance levels, the spawning of walleye pollock off Sakhalin and Hokkaido appears to be markedly differentiated in terms of timing and place. The results of studies, performed by the author, suggest that two different groups exist within a common population.

Two walleye pollock reproduction areas are known to exist in the Japan Sea. One of them is located in the western part (Peter the Great and Korean Bays), and another-in the eastern part of the Sea. In this paper I touch upon the walleye pollock inhabiting the eastern Japan Sea. According to Bakkala *et.al.*[1], walleye pollock there were observed from the northern tip of Honshu up to the northern Tatar Strait or 51 deg. N. The results of studies by Zverkova[2], Tanaka[3] and Tsuji[4] indicate that the eastern Japan Sea is inhabited by a common walleye pollock population, which was called the North Japan-Sea population by the author. But according to Dr. M. Iwata[5], the pollock of the eastern Japan Sea consists of two local forms-the western Hokkaido and western Sakhalin ones.

Sakhalin branch of TINRO has conducted research (surveys) into the North Japan Sea population for a number of years now. Until the 1977, i.e.the year of establishment of 200 mile Exclusive Economic Zones, the surveys by SakhTINRO covered the whole range of the population and were made both off Sakhalin and Hokkaido. But since 1977, SakhTINRO surveys of the North Japan Sea population have been conducted within the Russian Economic Zone only (in the Tatar Strait). The catch of pollock on North Japan Sea population for the 20 years' period is shown in the Fig.1. The data on the Japanese catch were taken from the published paper of Dr. S. Tsuji[4] and that for the recent period were reported by Dr. K. Watanabe in Russia-Japan Annual meeting in Fisheries Science. Catches by Japan and Russia differed substantially, with maximum Japanese catch of

Accepted : September, 24, 1993. Contribution A220 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.
報文番号　A220（1993年9月24日受理）
* 1　現在の北部日本海サハリン沖におけるスケトウダラ個体群の再生産レベル
* 2　Sakhalin Branch of Pacific Institute of Fisheries and Oceanography (SakhTINRO), Komsomolskaya St. 196, Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhaline, Russian Federation
（ズヴェリコーワ　ラリーサ　ミハイロブナ，ロシア共和国太平洋漁業海洋学研究所サハリン支所，サハリン州，ユジノサハリンスク市）

more than 250 thou. M/T being obtained in 1975 (this catch included fish caught off Sakhalin and Hokkaido), and that of Russia of 45 thou. M/T obtained in 1964. The highest pollock catches over the recent time (1978-1979) amounted to 23 and thou. T. respectively. In the 1980s a marked decrease in catches took place. We believe that the decrease in the catches of pollock of North Japan Sea population was caused not only by reduced harvesting activity, but also by the change in timing of formation of harvestable (spawning) assemblages ; the change in reproduction level and the change in pollock stock off western Sakhalin. These are the features that I would like to touch upon in this paper, using the material collected over the 4 recent years and material of the previous years for the sake of comparison. I think that the data, discussed below, might be well supported by the results of research of population in question conducted off Japan. The joint analysis of all the material available would enable us to get more complete and objective information on the abundance status of pollock population in question as a whole. Our knowledge of timing of formation of the harvestable (spawning) assemblages and the duration of spawning and its intensity is based on ichthyoplankton surveys that were conducted by means of sampling net of и к с-80 type in the water column of 0-100

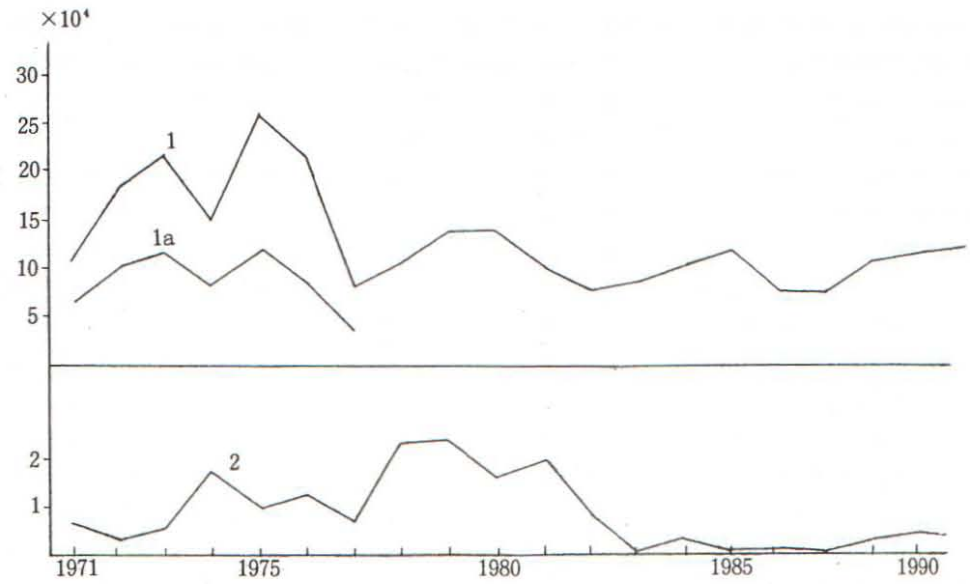


Fig. 1. The catch of walleye pollock of North Japan-Sea population by Russia and Japan in Ton.
1-Japanese catch, 1a-a catch taken off western Sakhalin.
2-Russian catch.
Note : The Japanese catch to 1977 includes catches taken off Hokkaido, Primorie coast of the Japan Sea and 1a.-catches taken off Sakhalin.

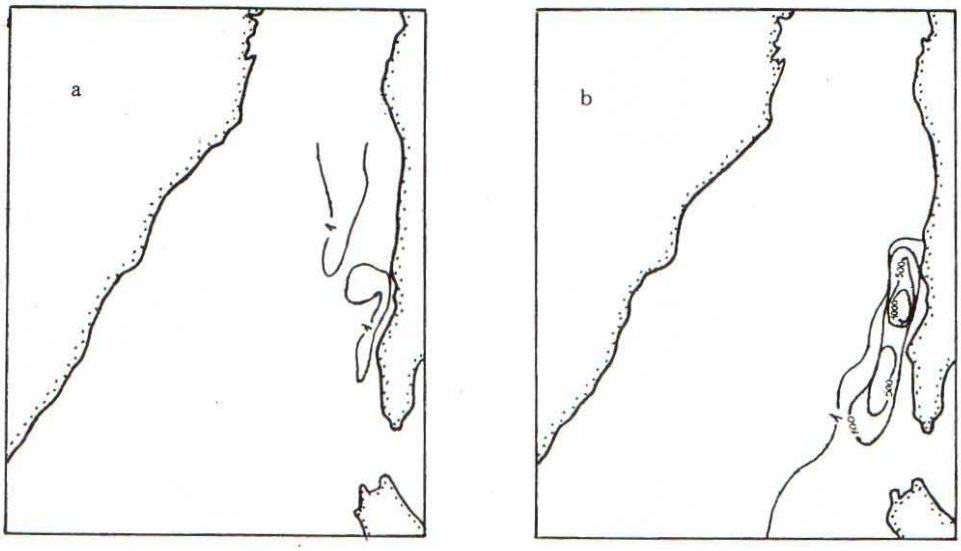


Fig. 2. Distribution of walleye pollock's eggs in the Tatar Strait in number of individuals per square meter.
a.-In March of 1987.
b.-In March of 1968.

m. We carried out 2-3 survey cycles in an observation season with one survey cycle following the other. The surveys conducted in the 1960s showed that the maximum quantity of developing eggs of pollock of population in question was in March then. The abundance of eggs reached more than 1000 individuals per m^2. But ichthyoplankton surveys, conducted in February-March of the present time, have yielded very small quantity of eggs. To support the above-mentioned I provide data on the abundance of developing eggs of pollock for the March of 1968 and that of 1987 (Fig.2.). At present, the substantial increase in the abundance of eggs and hence in that of spawners takes place as late as April, which is contrary to the 1960s. The distribution of the eggs of the first stage of development for the period of 1988-1991 is shown in Fig.3. Note that the first stage of eggs' development is completed upon the appearance of embryonal strip. The distribution of pollock eggs on early stages of development reflects reliably enough the distribution of spawners. Judging by this feature, the main spawning assemblages of pollock off Sakhalin are distributed in the middle and northern areas of the Tatar Strait. In May, the abundance of eggs of first development stage decreases markedly thus pointing out to the completion of the spawning period. Having taken into account the abundance ratio for the eggs of different development stages and the timing (duration) of their development in relation to water temperature[6], we reconstructed the course (dynamics) of spawning process for the pollock in question (Fig.4.). As can be seen, at present, the highest abundance of eggs of first development stage off Sakhalin and hence the mass-scale pollock spawning there occur in April. Using the data on eggs' abundance

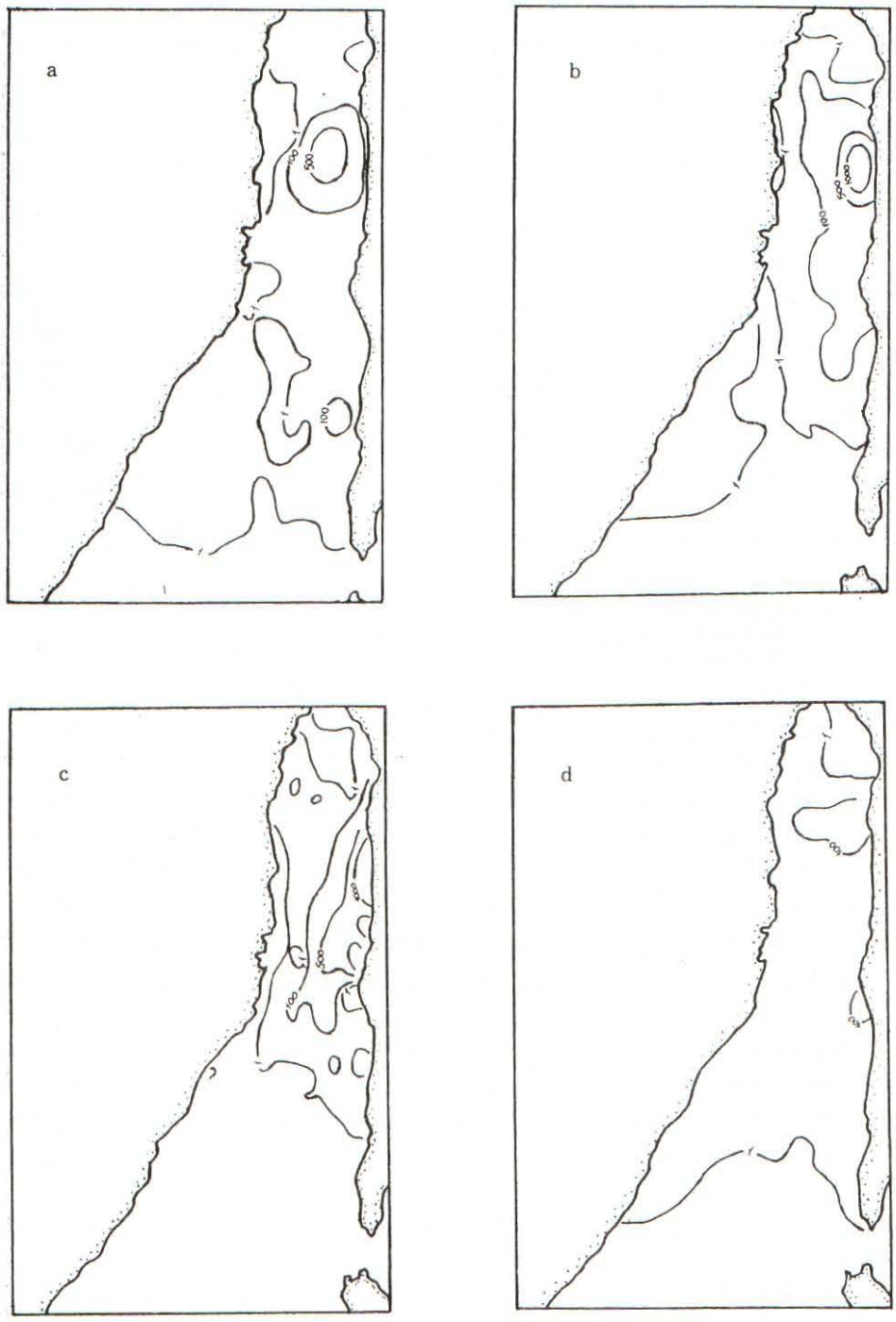


Fig. 3. Distribution of pollock eggs of the first stage of development in the Tatar Strait in number of individuals per square metre.
a.-For 21-30 of April, 1988. b.-For 19-29 of April, 1989.
c.-For 15-25 of April, 1990. d.-For April 25-May 5, 1991.

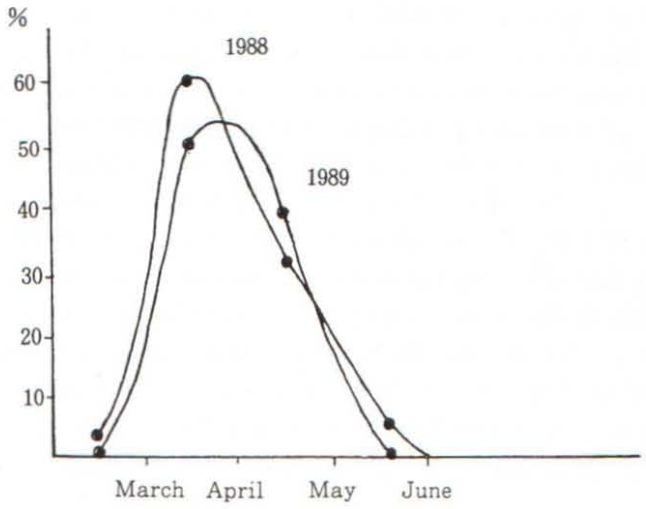


Fig. 4. Dynamics of walleye pollock spawning process in the Tatar Strait.

at the time of spawning, corrected for natural mortality in the process of development by Crossland's method[7], the total abundance of eggs in the spawning period for the 1988-1991 was calculated.

Therefore, as can be seen from above, the spawning of the pollock off western Sakhalin at present takes place later, than in the 1960-70s, namely in April-May. Moreover, at the recent time practically no pollock spawning is observed in February-March, contrary to the 1960-70s when this was just a usual thing. Along with the changed spawning timing, a marked abundance drop in pollock is observed off western Sakhalin over the recent time, as compared with the 1960-70s. At present, the North Japan-Sea pollock, living off Hokkaido and Sakhalin, are markedly differentiated in terms of time and space. The results of research, presented here, encouraged me to make a conclusion that the North Japan Sea pollock population, inhabiting the Japan Sea from Ishikari Bay up to the Tatar Strait consists of the two differentiated subpopulations. One of them could be called winter-spawned and another - spring-spawned. Subpopulation of the winter-time spawning is considered to be distributed off western Hokkaido and western Sakhalin. The spawning in this subpopulation takes place in January-March. The spring spawned subpopulation is considered to be distributed off western Sakhalin. After 1975, the abundance of winter spawned subpopulation considerably decreased. probably due to

Table : The reproduction of pollock in the Tatar Strait.

Years :	The number of eggs during the spawning period multiplied by 10^{12}
1988	29.0
1989	22.4
1990	15.7
1991	9.3

intensive harvesting. Since the 1970-80s practically no spawning of fish of this subpopulation has been observed off western Sakhalin. As a result, the approaches of fish of the population to the western Sakhalin, a place of intensive Russian pollock fishery of the 1960-70s, practically terminated in January-March. In the 1980-1990s, only the spring-spawned subpopulation is observed to spawn off western Sakhalin. It means that harvestable assemblages there form only in April-May at present, much later than they used to be in the 1960-70s. The abundance of subpopulation, spawning in spring, is markedly less than that of subpopulation which spawns in winter. In the 1980-90s, the abundance of the North Japan Sea walleye pollock population as a whole became much lower than that observed in the 1960-70s, thus affecting the total Russian-Japanese catch which also dropped markedly of late. It is not clear enough to-date, could the above-mentioned subpopulations be considered as a common stock at the current status of abundance decline in the North Japan-Sea walleye pollock population.

Literature cited

1) Bakkala, R., Maeda, T. and McFarlane, G. : Distribution and stock structure of pollock (*Theragra chalcogramma*) in the North Pacific Ocean. Bull. Int. N. Pacific Fish. Comm. (45), 3-20 (1986)

2) Зверькова Л. М. : Основные черты биологии и состояния запаса минтая северо-восточной части Японского моря. Диссертация. Южно-Сахалинск, 1975 (неопублик.).

3) Tanaka, T. : Studies on the fishery biology of Alaska pollack in the Northern Japan Sea. *Sci. Rep, Hokkaido Fish. Exp. Stn.* (12), 1-11 (1970) (in Japanese)

4) Tsuji, S. : Alaska pollack population, *Th. chalcogr.*, of Japan and its adjacent waters. I : Japanese fisheries and population studies. *Mer. Beha. Physiol.*, 1989, No.15.

5) Iwata, M. : Population identification of walleye pollack, *Th. chalcogr.* (Pallas), in the vicinity of Japan. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 22 (2), 193-258 (1975)

6) Nakatani, T. and Maeda, T. : Thermal effect on the development of walleye pollock eggs and their upward speed to the surface. *Bull. Japan. Soc. Scien. Fisheries*, 50 (6), 937-942 (1984) (in Japanese)

7) Crossland, J. : The number of snapper, *Crysophys auratus* (Forster) in the Hauraki Gulf., New Zealand, based on eggs surveys in 1974-75 and 1975-76. *Fish. Res. Bull.*, 1980, No.22, p.36.

北水試研報　42，203－213（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

脊椎骨数から見たオホーツク海南西水域のスケトウダラ索餌群の資源構造

石　野　健　吾*

Stock structure of the southwestern Okhotsk Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, during the feeding migration based on the vertebral number

Kengo ISHINO*

The numbers of vertebrae in 22 samples collected from commercial catches were examined to investigate the stock structure of the southwestern Okhotsk Sea walleye pollock during the feeding migration from 1984 to 1986.

Statistical tests successfully detected at least two groups with distinctly different mean number of vertebrae, i. e. a lower count group and a higher count group. One sample contained a intermediate value which was not included in either group.

Comparison of these samples to spawning stocks using mean vertebrae counts suggest that the higher count group belongs to the Western Okhotsk Sea stock, the intermediate count sample belongs to a Nemuro Strait stock, and the lower count group belongs to a Western Hokkaido stock and／or a Nemuro Strait stock.

緒　　言

オホーツク海南西水域（北海道のオホーツク海沿岸からサハリン北東沿岸に至る水域）の日本の200海里内では，索餌群を中心としたスケトウダラ漁業が行われている。その漁獲量は1970年頃から1985年まで10万ｔを越えていたが，1986～1988年には約５万ｔに，また1989～1992年には１～２万ｔにまで激減し，資源水準の著しい低下が見られている。

本水域には北見沖合ストックに加えて，隣接する北海道西岸水域[1-3]や根室海峡[4]からの索餌回遊が推定されているが，索餌群の資源構造はまだ十分に解明されていない。そのため現状では索餌群を単一ストックとみなして資源解析を行っているが，精度の高い資源評価を行うためには索餌群のストック構成を明確にする必要がある。

本報告ではオホーツク海南西水域の日本の200海里内で漁獲されたスケトウダラ索餌群の脊椎骨数の変異を調べ，索餌群の資源構造を検討した。

報文番号　A221（1993年９月24日受理）
*　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station. Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan）

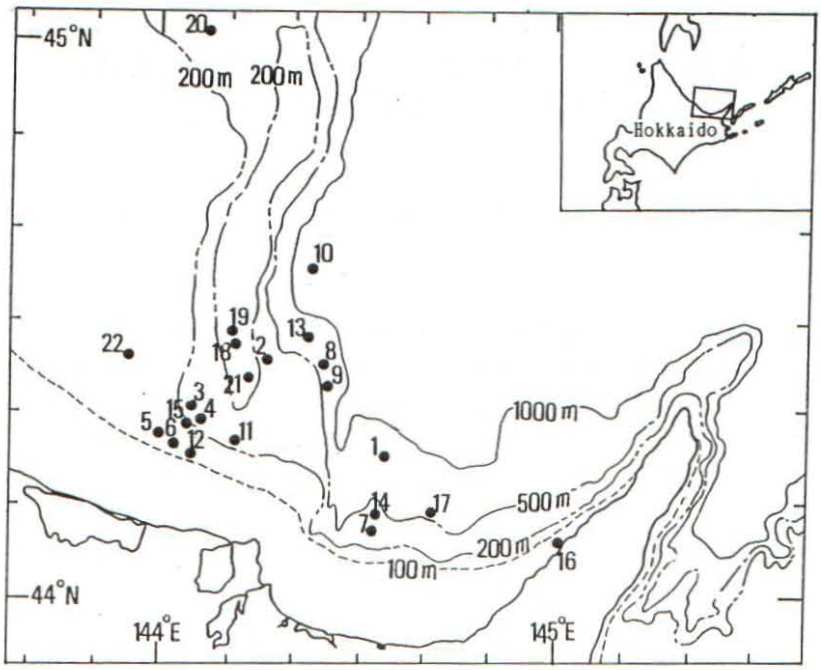


Fig. 1. Map of the southwestern Okhotsk Sea, showing the sampling area. Number is the same as in Table 1.

Table 1. Collection data of the walleye pollock sampled in the southwestern Okhotsk Sea, from 1984 to 1986.

Sample number	Date of fishing	Fishing gears*	Fishing depth(m)	Number of specimens	Standard length(mm)
1	1984.11.27	LL	120	29	mode(480)
2	1984.12.12	LL	83～90	10	mode(410)
3	1985. 7. 3	DS	200	46	220～260**
4	1985. 7. 3	DS	200	43	210～230
5	1985. 7. 3	DS	200	75	170±26***
6	1985. 8. 5	DS	160	82	188±28
7	1985. 9.18	DS	150～200	51	173±33
8	1985.10.15	LL	135～140	49	456±39
9	1985.10.29	LL	140	94	458±46
10	1985.11.20	LL	110	48	461±48
11	1985.11.28	DS	158～199	141	259±46
12	1985.12.23	DS	150～200	73	413±41
13	1985.12.23	LL	120	84	461±32
14	1986. 5.19	OT	200	77	160～240
15	1986. 5.19	DS	130～140	30	170～240
16	1986. 5.20	SN	30	60	110～170
17	1986. 6.11	DS	150～200	100	200～250
18	1986. 7.29	DS	280～300	51	210～320
19	1986. 7.29	DS	280～300	100	100～200
20	1986. 9. 3	OT	230～260	30	280～320
21	1986. 9. 5	DS	260	74	150～200
22	1986. 9. 5	DS	130	82	150～220

* LL ; long-line, DS ; Danish seine, OT ; Otter trawl, SN ; set-net
** range
*** mean±SD

材料と方法

材料は1984年から1986年の間，北見大和堆および網走湾周辺水域で漁獲されたスケトウダラから採取した22標本（計1,429尾）を用いた（Fig.1，Table 1）。各標本は未成魚または非産卵期の成魚から構成されている（以後，索餌群と呼ぶ）。標本は延縄，かけ廻し，オッタートロール，定置網のいずれかで漁獲された。

標本の体長，体重，生殖腺重量を測定した後，軟エックス線装置で撮影（電圧60V，40KVP，電流7mA，照射距離70cm，照射時間45秒）し，フィルム上で脊椎骨数を数えた。腹椎骨と尾椎骨の識別については，完全な血管棘を有する脊椎骨を第1尾椎骨とした。尾椎骨の計数には尾部棒状骨を含めた。腹椎骨数（AV）と尾椎骨数（CV）を加えた値を総脊椎骨数（TV）とした。

資源構造の解析は次の手順で行った。

(1) TV，AV，CVの3形質について，標本間に平均値の差があるかどうか検定（分散分析）を行った。

(2) 分散分析の結果いずれも有意差が認められたので，TV，AV，CVの3形質についてどの標本間に平均値の差があるのかを知るために，多重比較（Duncan's new multiple range test[5]）を行った。

(3) 多重比較の結果，TV，AV，CVのいずれかの平均値の差に基づいて明瞭に区別することのできる，少なくとも2つのグループが存在した。そこでこれら2グループとこれに含まれなかった1標本の所属するストックを明らかにするために，これまでに報告された本水域および隣接水域の産卵群の平均脊椎骨数と比較した。

結　果

1．平均値の均一性の検定（分散分析）

脊椎骨数の変動範囲（最小値～最大値）は，TVでは48～54，AVでは17～20，またCVでは30～35を示した。1つのサンプルの変異幅はTVで3～6，AVで2～4，またCVで3～5であった。またAVの分散はCVのそれに比べて，いずれの標本でも小さかった（Table 2）。

平均値の有意性に基づくストック判別の可能性を検討するためにTV，AV，CVの3形質について，標本の平均値の均一性を検定した。TV，AV，CVのいずれにもF値に有意差が認められた（Table 3）。この結果は本水域のスケトウダラ索餌群にこれら3形質の平均値が有意に異なるグループが存在することを示している。

2．多重比較による平均値の差の検定

そこでTV，AV，CVについてそれぞれどの標本間に平均値の差が生じているかを知るために，平均値の多重比較を行った。

TVの平均値については10個の標本（No.1，2，3，4，8，9，10，11，13，20）が他の11個の標本（No.5，6，7，12，15，16，17，18，19，21，22）との間で，1組（No.2と7）を除く他のすべての組み合わせにおいて有意差を示した。またNo.14は他の多くの標本との間で有意差を示した（Fig.2）。

Table 2. Number of observed fish(n), mean number of total, abdominal and caudal vertebrae, and the variance in twenty two samples.

Sample	Total			Abdominal			Caudal		
number	n	mean	variance	n	mean	variance	n	mean	variance
1	29	51.17	0.7901	29	18.48	0.2594	29	32.69	0.4388
2	10	51.00	0.8972	10	18.50	0.2783	10	32.50	0.7244
3	45	51.04	0.8870	45	18.53	0.2489	46	32.52	0.5538
4	42	51.19	0.5351	43	18.63	0.2802	42	32.55	0.4858
5	75	50.35	0.3928	75	18.04	0.2020	75	32.31	0.3537
6	82	50.23	0.4371	82	18.06	0.1323	82	32.17	0.4413
7	51	50.51	0.5399	51	18.18	0.2693	51	32.33	0.3475
8	49	51.29	0.9631	49	18.71	0.4174	49	32.57	0.7103
9	94	51.32	0.9752	94	18.56	0.3350	94	32.76	0.7069
10	48	51.27	0.8225	45	18.67	0.2667	45	32.62	0.4572
11	141	51.16	0.7748	141	18.56	0.4024	141	32.60	0.5515
12	73	50.32	0.5600	73	18.16	0.2228	73	32.15	0.4927
13	84	51.48	0.8447	84	18.70	0.3757	84	32.77	0.5560
14	68	50.62	0.6773	77	18.30	0.2354	68	32.29	0.6488
15	28	50.29	0.4184	30	18.10	0.1567	28	32.21	0.3113
16	51	50.22	0.4437	60	18.10	0.1567	51	32.12	0.4176
17	100	50.21	0.6459	100	18.10	0.2300	100	32.11	0.4579
18	49	50.20	0.4890	51	18.18	0.2237	48	31.98	0.3537
19	90	50.30	0.5211	100	18.20	0.2400	91	32.10	0.4187
20	29	51.28	0.4757	27	18.48	0.2497	26	32.46	0.4024
21	73	50.15	0.4567	74	18.11	0.1505	70	31.97	0.3706
22	76	50.25	0.5559	82	18.17	0.1660	75	32.08	0.3936

Table 3. Variance analysis in the means of twenty two samples for three numerical characters.

Numerical character	d.f.	F	P
Total vertebrae	21,1365	24.02	0.01>
Abdominal vertebrae	21,1400	14.38	0.01>
Caudal vertebrae	21,1356	9.23	0.01>

AVの平均値については9個の標本（No. 1，3，4，8，9，10，11，13，20）が他の11個の標本（No. 5，6，7，12，15，16，17，18，19，21，22）との間で，すべての組み合わせにおいて有意差を示した（Fig. 3）。

CVの平均値については8個の標本（No. 1，3，4，8，9，10，11，13）が他の8個の標本（No. 6，12，16，17，18，19，21，22）との間で，すべての組み合わせにおいて有意差を示した（Fig. 3）。

これらの結果を総合すると，オホーツク海南西水域のスケトウダラ索餌群には，TV，AV，CVいずれかの平均値の差に基づいて明瞭に区別することのできる少なくとも2つのグループが存在することになる。すなわち脊椎骨数において大きな平均値をもつグループ（No. 1，2，3，4，8，9，10，11，13，20）と，小さな平均値をもつグループ（No. 5，6，7，12，15，16，17，18，19，21，22）である。No.14はどちらにも所属しなかった。

ここでIwata and Hamai[6, 7]にしたがって，原点を便宜的にAVについては18.5，CVについては32.5に固定した座標軸上に各標本を表示した（Fig. 4）。統計的に分離された2つのグループは，AVの軸に沿って見るとそれぞれ18.6と18.1の周囲に形成されていた。また両グループはいずれも未成魚と成魚から構成されていた。

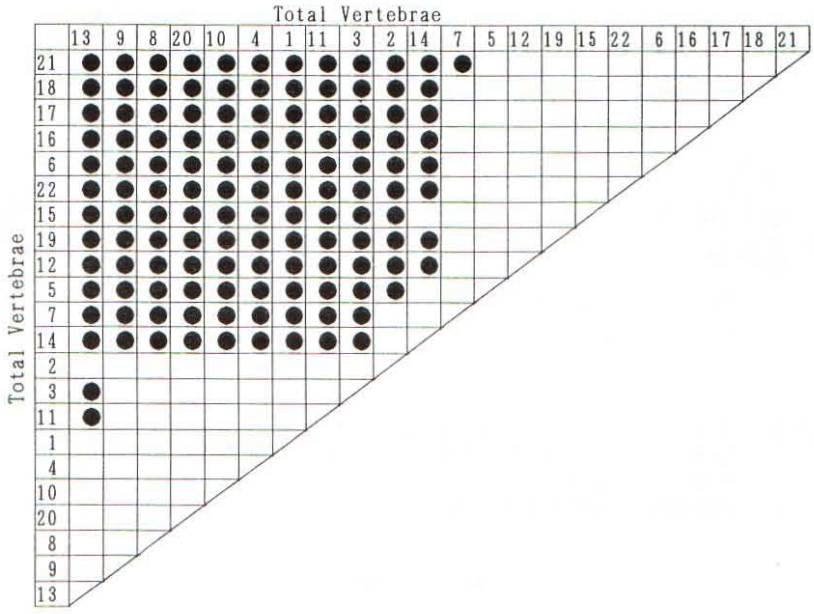


Fig. 2. Significance of differences between the mean total numbers of vertebrae in twenty two samples.
●, Significant at $P<0.05$ level(Duncan's new multiple range test). Figures show the sample number in table 2.

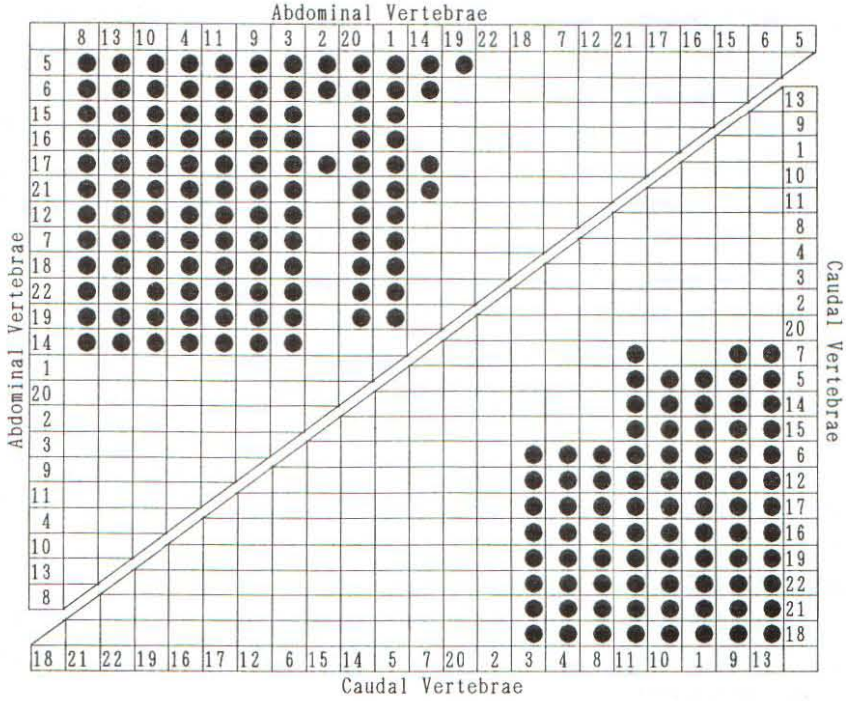


Fig. 3. Significance of differences among means of abdominal and caudal vertebral numbers in twenty two samples.
●, Significant at $P<0.05$ level(Duncan's new multiple range test). Figures show the sample number in table 2.

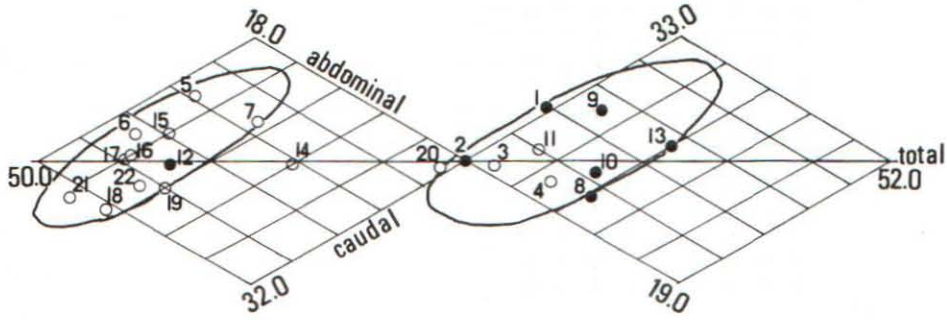


Fig. 4. The means of abdominal and caudal vertebral counts plotted on Cartesian co-ordinates of 60° . The figures show the sample number in table 2. Open circles and solid circles indicate young and adult walleye pollock, respectively.

考　　察

1．ストック判別に脊椎骨数を用いた理由

川崎[8]は系統群を「固有の個体数変動様式をもつ同種の生態学的単位」と定義することを提案しているが，ここではストックをこれと同じ意味に使いたい。

本水域のように複数のストックの混合が推定される個体群のストック構成を解析するには，ストック判別の指標が必要となる。北海道周辺水域のスケトウダラについては次のような知見から見て，脊椎骨数がその指標として重要である。

Iwata and Hamai[6]は北海道周辺水域のスケトウダラの個体群構造の解析に脊椎骨数を使用したが，脊椎骨数には雌雄差が無く，頻度分布が正規性を持ち，その平均値は多くの地方群（local form）間で統計的な差を示すことを明らかにした。彼らは類似した表型的変異をもつ個体のグループを地方群と呼び，それを1つの繁殖集団の中において異なる環境条件に対応して分化しつつある集団として位置づけている。

その後，小谷地・橋本[1]はスケトウダラの地理的分布のほぼ全域にわたり主要な体節的形質（脊椎骨数，胸鰭条数，背鰭条数，尻鰭条数，鰓耙数）を比較し，その中で脊椎骨数が他の形質に比べて分散が小さく，水域による差異が比較的明瞭で，系統群判別に適していることを指摘している。

この他にベーリング海やその周辺水域などではアイソザイム[9]やDNA[10]，寄生虫[11]，耳石含有元素[12]，形態計測値[13]などもストック判別の指標として試みられているが，その有効性については北海道周辺水域でも今後検討する必要があろう。

2．索餌群を構成するストックの推定

オホーツク海南西水域で漁獲されたスケトウダラ索餌群は，脊椎骨数の平均値に統計的な差を示す主に2つのグループに区分され，それらのグループはAV軸に沿ってそれぞれ18.6と18.1の周囲に形成されていた。

Iwata and Hamai[6, 7]は北海道周辺水域のスケトウダラ産卵群を8つの地方群に分類したが，前述と同様のAV-CV座標軸上において1つ地方群の変異が1つの楕円と一致すること

Table 4. Mean number of total vertebrae in spawning pollock.

Waters	Sampling area	Date	Sample size	mean	Reference
Japan Sea	Teuri Is.	1969.12.29	25	49.96	Iwata and Hamai(1972)[6]
	Iwanai	1972. 2. 1	25	49.96	Koyachi and Hashimoto(1977)[11]
	Kumaishi	1970. 2. 5	47	49.98	Iwata and Hamai(1972)
	Mashike	1969. 3.29	46	50.02	Iwata and Hamai(1972)
	Moneron Is.	1969.12. 7	30	50.03	Iwata and Hamai(1972)
	NW Wakkanai	1969.12. 6	29	50.07	Iwata and Hamai(1972)
	Ofuyu	1973. 2.	70	50.114	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Kumaishi	1972. 2. 4	50	50.14	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Kudo	1970. 1.23	49	50.18	Iwata and Hamai(1972)
	Moneron Is.	1969. 3.29	30	50.20	Iwata and Hamai(1972)
	N Wakkanai	1969. 1.17	65	50.23	Iwata and Hamai(1972)
	Kholmsk	1969. 3.26	30	50.23	Iwata and Hamai(1972)
	Kholmsk	1969.12.25	83	50.33	Iwata and Hamai(1972)
Nemuro Strait	Rausu	1988. 2.22	50	50.18	Yoshida(1988)[16]
	Rausu	1969. 4. 8	48	50.19	Iwata and Hamai(1972)
	Rausu	1987.12.17	50	50.22	Yoshida(1988)
	Rausu	1969. 4.21	96	50.23	Iwata and Hamai(1972)
	Nemuro St.	1983. 3. 2	97	50.25	Sano(1983)[14]
	Nemuro St.	1984. 3.21	97	50.28	Sano(1984)[17]
	Nemuro St.	1984. 3.21	99	50.38	Sano(1984)
	Rausu	1988. 3. 9	50	50.42	Yoshida(1988)
	Nemuro St.	1983. 1.20	79	50.49	Sano(1983)
	Nemuro St.	1984. 1. 1	114	50.62	Sano(1984)
	Rausu	1988. 1.29	50	50.72	Yoshida(1988)
	Rausu	1988. 1.12	50	50.78	Yoshida(1988)
East Sakhalin	East Sakhalin	1983. 5. 1	98	51.09	Sano(1983)
	East Sakhalin	1984. 5. 1	100	51.09	Sano(1984)
	East Sakhalin	1983. 5.17	100	51.20	Sano(1983)
	East Sakhalin	1984. 5.14	100	51.24	Sano(1984)
Western Kamchatka	Western Kam.	1970. 1. 2	87	51.90	Iwata and Hamai(1972)
	Western Kam.	1973. 2- 4	101	51.910	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1972. 2- 4	589	51.957	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1974. 2- 4	50	52.000	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1973. 2- 4	390	52.082	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1974. 2- 4	749	52.084	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1972. 2- 4	51	52.137	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1972. 2- 4	140	52.157	Koyachi and Hashimoto(1977)
	Western Kam.	1972. 2- 4	46	52.239	Koyachi and Hashimoto(1977)

を指摘している。このような地方群と座標軸上の楕円との対応関係に従えば，今回区分された18.6のAV軸に沿ったグループは，彼らの示した第3番目の楕円（18.6のAV軸）と良く一致していることから，オホーツク海西部群に属することになる。また18.1のAV軸に沿ったもう1つのグループは，彼らの示した第1番目の楕円の位置（18.0のAV軸）と近い位置に出現していることから，北海道西岸群と羅臼群の両方か，あるいはこのどちらかに所属することになる。

一方，2つのグループの間に位置するNo.14の標本は，彼らの示した第2番目の楕円（18.3のAV軸）に含まれることから，サハリン西岸群に該当することになる。しかしその後，サハリン西岸群が分布するとされる沿海州北部水域には独立した再生産集団が確認されてお

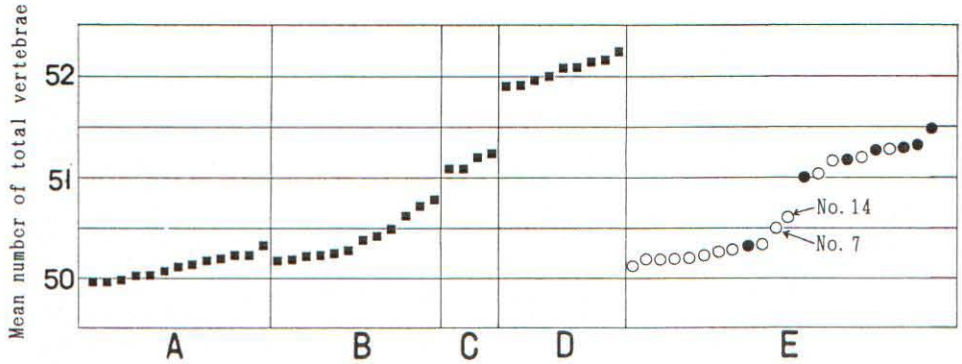


Fig. 5. Comparison of mean number of total vertebrae among five areas. A, Japan Sea ; B, Nemuro Strait ; C, East Sakhalin ; D, Western Kamchatka ; E, Southwestern Okhotsk Sea(present data). ■, adult during the spawning period ; ●, adult during the feeding migration ; ○, young. Sample number as in Table 1.

らず[14]，現在ではこの水域の魚群は北部日本海系群の一部である[15]と考えられるようになっており，その存在は疑問視されている。

そこで今回の標本の由来について，Iwata and Hamai[6]以降に報告されたオホーツク海南西水域およびその隣接水域の産卵群の平均脊椎骨数（Table 4）を含めて比較することにより推定してみよう。Fig. 5 において索餌群と産卵群の対応関係を見ると，No.14の標本は根室海峡の産卵群にのみ対応していることがわかる。これはNo. 7 の標本についても同様である。従って未成魚であるこれら 2 標本は根室海峡の産卵群に由来するものと考えられる。

以上のように脊椎骨数から見ると，今回の索餌群の標本は北見沖合ストック（オホーツク海西岸群）と根室海峡ストック（羅臼群）から構成されているが，この他に北部日本海ストック（北海道西岸群）を含む可能性も残された。

3．本水域の資源構造に関する既往の知見との異同

北海道スケトウダラ研究グループ[18]はオホーツク海南西水域のスケトウダラに異質性をもつ群れが見られることを指摘した。すなわち未成魚に成長や耳石重量の違う群れが認められることや，索餌期の成魚に眼径の違う群れが存在することなどである。しかしその原因については系統群の違いによるものか，同一系統群内の変異によるものか特定できなかった[4]。

しかしその後，標識放流試験によって根室海峡の産卵魚が北見沿岸で索餌期に 4 尾再捕されたことから，根室海峡で産卵活動をした魚群がオホーツク海沿岸へ索餌回遊することが辻[4]によって指摘されている。

一方，橋本・小谷地[1]，佐野[2]は北見沖合で採集した未成魚の平均脊椎骨数に，サハリン東岸の産卵群と北海道西岸や羅臼の産卵群との中間値を示す標本が見られたことから，北見沖合系群と北部日本海系群の混在を推定している。また佐野[3]はオホーツク海南西水域で 4 月下旬に採集したスケトウダラ稚仔魚について，隣接水域の産卵期との関連や宗谷暖流系水の分布域との対応から，北部日本海からの移送を推定している。

このようにこれまでオホーツク海南西水域では北見沖合ストックの他に，北部日本海ストックからの未成魚の回遊や稚仔魚の移送に関する推定と，根室海峡ストックからの成魚の産卵

後の索餌回遊が指摘されていた。今回の索餌群の脊椎骨数の解析結果はこれらに加えて新たに，根室海峡ストックの未成魚がオホーツク海南西水域へ索餌回遊することを示すものと考えられる。

4．今後の課題

脊椎骨数は北見沖合ストックとその他のストックを比較的鋭敏に判別したが，根室海峡ストックと北部日本海ストックの判別は一部の標本を除いてできなかった。今後オホーツク海南西水域のスケトウダラ索餌群のストック構成を完全に解明するためには，これら両ストックの識別手法の開発が不可欠である。

また複数のストックから成る本水域の索餌群の資源評価を行う場合，各ストックの混合率を算出する必要が生じてくるが，この点では標本平均値を使う現在の方法よりさらに精度の高い個体別のストック判別が可能な手法の開発が必要となるかもしれない。

要　　約

1．オホーツク海南西水域の日本の200海里内で，1984～1986年の間に漁獲したスケトウダラ索餌群から22標本の脊椎骨数の変異を調べ，索餌群の資源構造について検討した。

2．標本の腹椎骨数，尾椎骨数および総脊椎骨数を計数し，分散分析と多重比較により，標本間の平均値の差の検定を行った。

3．その結果，腹椎骨数，尾椎骨数，総脊椎骨数のいずれかの平均値の差に基づいて明瞭に区別することのできる少なくとも2つのグループが存在した。すなわち脊椎骨数が大きな平均値をもつグループ（10標本）と，小さな平均値をもつグループ（11標本）である。両グループはいずれも未成魚と成魚から構成されていた。残りの1標本は2つのグループの中間的な平均値を持ち，未成魚であった。

4．これら2グループとこれに含まれなかった1標本の所属するストックを明らかにするために，これまでに報告された本水域および隣接水域の産卵群の平均脊椎骨数と比較したところ，これらの標本は北見沖合ストックの成魚と未成魚，および根室海峡ストックの未成魚から構成されていること，またこの他に北部日本海ストックの成魚と未成魚や，根室海峡ストックの成魚を含む可能性もあることがわかった。

謝　　辞

本論文をまとめるにあたり，貴重なご意見と協力を頂いた北海道スケトウダラ研究グループ会議のメンバーに心から感謝する。北海道立稚内水産試験場の宇藤均　博士，北海道立中央水産試験場の小池幹雄氏，北海道立函館水産試験場の佐野満廣氏には御助言と励ましを頂いた。また水産庁日本海区水産研究所の金丸信一氏には種々の有益なご助言を頂いた。心から謝意を表する。また北海道立中央水産試験場の西内修一氏には統計解析の手法についてご教示頂いた。ここに深謝する。

文　献

1）小谷地栄，橋本良平：スケトウダラの計数的形質の差異についての検討．東北水研報告．38，17-40（1977）

2）佐野満広：宗谷海峡周辺におけるスケトウダラおよびホッケの再生産．沿岸海洋研究ノート．22(1)，40-49（1984）

3）佐野満広：オホーツク海南西水域におけるスケトウダラ卵稚仔の分布．北水試月報．44，105-117（1987）

4）辻　　敏：オホーツク海南西部のスケトウダラ調査について．その9　まとめ．北水試月報．30(6)，1-22（1973）

5）浅川明彦："ダンカンの検定法（QBASIC版）"．パソコンによる資源解析プログラム集(Ⅱ)．中央水産研究所　生物生態部数理生態研究室編，中央水産研究所，1990，258-271．

6）Iwata, M. and Hamai, I. : Local forms of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), classified by number of vertebrae. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38, (10), 1129-1142 (1972)

7）Iwata, M. : Population identification of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the vicinity of Japan. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 22(2), 193-258 (1975)

8）川崎　健：浮魚資源．東京，恒星社厚生閣，1982，327p.

9）Grant, W. S. and Utter, F. M. : Biochemical genetic variation in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, and population structure in the southeastern Bering Sea and the Gulf of Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 1093-1100 (1980).

10）Low, L. : Stock structure and assessment workshop. Proceedings of the international symposium on the biology and management of walleye pollock. Alaska, University of Alaska, 1989, 755-765.

11）Avdeev, V. V. and Avdeev, G. V. : A study of walleye pollock population structure and migration routes using parasitological indicators. Proceedings of the international symposium on the biology and management of walleye pollock. Alaska, University of Alaska, 1989, 569-590.

12）Mulligan, T., Bailey, K. and Hinckley, S. : The occurrence of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the eastern Bering Sea with implications for stock structure. Proceedings of the international symposium on the biology and management of walleye pollock. Alaska, University of Alaska, 1989, 471-489.

13）Dawson, P. : Walleye pollock stock structure implications from age composition, length-at-age, and morphometric data from the central and eastern Bering Sea. Proceedings of the international symposium on the biology and management of walleye pollock. Alaska, University of Alaska, 1989, 605-642.

14）佐野満広：1．スケトウダラ・ホッケ漁場調査．昭和57年度北海道立稚内水産試験場事業成績書．86-97（1983）

15）農林水産技術会議事務局：ベーリング海及びカムチャッカ半島周辺海域のスケトウダラ資源の系統群の解明に関する研究成果報告書．123-138（1979）

16）吉田英雄：昭和63年度スケトウダラ新規加入量資源調査会議資料．1988.

17）佐野満広：1．スケトウダラ・ホッケ漁場調査．昭和58年度北海道立稚内水産試験場事業報告書．92-104（1984）
18）北海道スケトウダラ研究グループ：オホーツク海南西部のスケトウダラ調査について．その5成長．北水試月報．27(2)，370-379（1970）

北水試研報　42，215－228（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

北海道日本海沿岸におけるスケトウダラの年齢組成の地域差とその原因に関する一考察

宇藤　均*1，夏目雅史*2

Regional difference of age-composition of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from the Japan Sea coast of Hokkaido and an interpretation for its cause

Hitoshi UTOH*1 and Masashi NATSUME*2

Fluctuations in commercial catch, size, and the age composition of walleye pollock longline fishery landings from 1978 to 1989 were examined in three spawning grounds, Ishikari Bay, Iwanai Bay and Hiyama region. Patterns in catch, size and age compositon were different among each spawning grounds, especially between the Hiyama region and the other areas. The catch percentage by age of each year class was distinctly different in each spawning ground, especially between the Hiyama region and the other areas. We thought these regional differences were due to changes in availability on a regional scale. We successfully simulated fluctuations in stock abundance, age composition, and other parameters of available stock in Ishikari Bay and Hiyama region using availability as a variable.

はじめに

北海道日本海沿岸に分布するスケトウダラは，武蔵堆と利尻，礼文両島周辺，石狩湾，岩内湾および桧山の各海域を主漁場として，年間8万t前後漁獲される重要な漁業資源である。これらの海域に来遊するスケトウダラは，尾形[1]，岩田[2,3]，辻[3]等の研究によって一つの系統群に属するとされており，資源の評価や予測もこれにしたがって実施されている。しかし，海域によって漁獲量の経年変動に大きな相違がみられ，海域単位の予測が困難な現状にある。すなわち，北海道桧山沿岸域のスケトウダラ漁獲量は1950年代後半から'70年代初期にかけて皆無状態が続き，この間豊漁を続けた後志や留萌等の日本海北部海域と対照的であった[5]（Fig. 1）。しかし，'70年代後半に入ってからは増大しはじめ，最近では逆に北部海域の漁獲量を上回る状態となっている[6]（Fig. 2）。

報文番号　A222（1993年9月24日受理）
*1　北海道立稚内水産試験場（Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan）
*2　北海道立函館水産試験場（Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan）

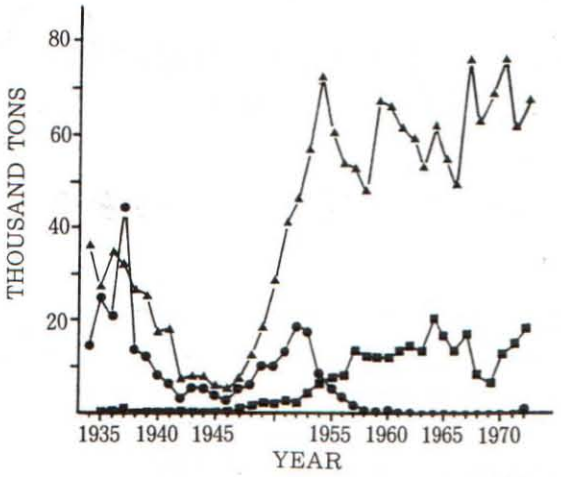


Fig. 1. Changes of annual catch of walleye pollock in three sub-prefectures along the Japan Sea[5]
■ : Rumoi, ▲ : Shiribeshi, ● : Hiyama.

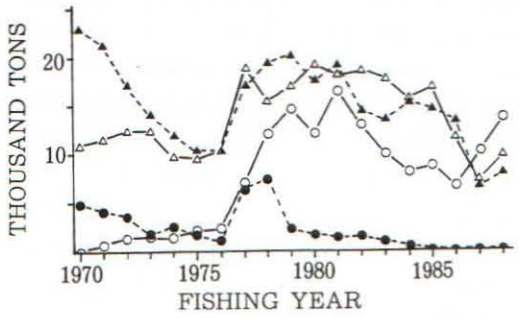


Fig. 2. Changes of walleye pollock catches during the fishing period (November to next March) in four fishing grounds off west Hokkaido[6].
● : Souya region, ▲ : Ishikari Bay, △ : Iwanai Bay, ○ : Hiyama region.

この点について，辻[5]はこれらの海域に来遊するスケトウダラを同一系統群とした上で，各海域の豊区は資源数量水準の高低と，それが環境条件などによってどの産卵場にどれだけ接岸するかという配分の問題の２つによって左右されると論じている。一方，三宅[6]は漁獲量の経年変動にみられる海域間の相違を検討し，１系統群説に疑問を投げかけた。海域による系統群の相違や資源の配分（来遊率）の変動は，漁獲物の体長組成や年齢組成などの資源生物学的特徴にも影響を及ぼすと考えられるが，これまで充分な検討は行われていない。

本報告では，石狩湾と岩内湾及び桧山海域の延縄漁獲物について，過去10カ年前後の漁獲量と体長組成並びに年齢組成の変動を比較検討した結果，明らかな海域間差が認められた。そこで，その要因として来遊率の変動を考え，これを変数としたシミュレーションによって実際の海域間差を再現した。

用いた資料と方法

漁獲物の体長組成や年齢組成は，産卵群と索餌群等の漁獲対象魚群の質や漁具漁法の相違によって異なる。本研究の対象である北海道日本海沿岸のスケトウダラの場合，沖合底曳網漁業は武蔵堆と利尻，礼文島周辺漁場を中心として，産卵群に限らず索餌群や未成魚も漁獲対象としている。その他沿岸漁業の漁獲対象は産卵群であるが，漁場によって漁具漁法が異なっている。宗谷海域では刺し網漁業，石狩湾では刺し網漁業と延縄漁業があり，岩内湾と桧山海域では延縄漁業だけである。そこで，比較を容易にするために，漁場は産卵群を漁獲対象としている石狩湾と岩内湾および桧山海域とし，漁業種類はこれらに共通するスケトウダラ延縄漁業に限った。

資料は，Fig. 3 に示す桧山海域については，函館水産試験場が乙部町と熊石町及び江差町で，石狩湾と岩内湾については，中央水産試験場が余市町と岩内町で，それぞれ水揚げされた漁獲物について実施している魚体測定結果と各海域の漁獲統計資料である。なお，桧山海域は1978年，岩内湾は1980年，石狩湾は1981年からの資料である。魚体測定は漁期間（11～3月）に各月1から2回，銘柄別に数標本（1標本50－100個体）を抽出して実施し，得られた体長組成を銘柄別漁獲尾数で加重して，漁期間の組成を求めた。

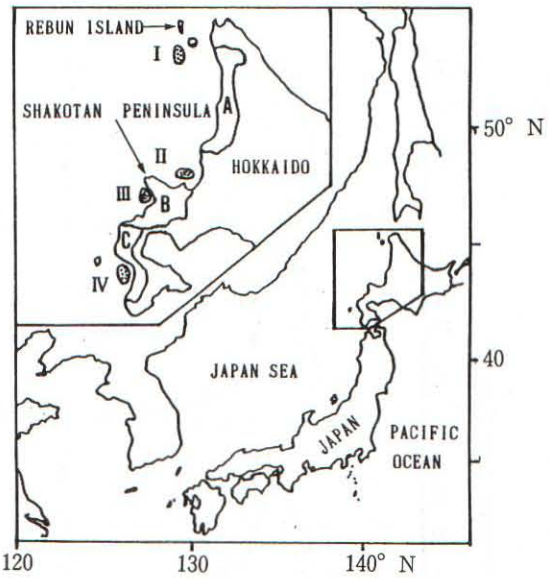


Fig. 3. Coastal fishing grounds of Walleye pollock off west Hokkaido. I : Souya region, II : Ishikari Bay, III : Iwanai Bay, IV : Hiyama region, A : Rumoi, B : Shiribeshi, C : Hiyama sub-prefecture.

年齢組成は，次の方法によって求めた。まず，1989年に武蔵堆海域の沖合底曳網漁獲物の年齢査定を実施し，この結果をBertalanffyの成長式にあてはめて，年齢別平均体長を求めた。これを用いて，北野ら[7]の正規分布解析法によって，各年各海域毎に，その体長組成から年齢組成を推定した。

結　　果

1．漁獲物体長組成の経年変化

1980年以降の海域別体長組成をFig. 4 に示した。この間，'86年まで全体として大型化が，'87，'88年に小型化が認められるが，その様相は海域間で異なっており，岩内湾が中間的な特徴を示している。すなわち，桧山海域の組成は'86，87年まで年々大型化しているのに対して，石狩湾の場合はそれほど顕著な大型化はみられない。桧山海域の主モードは，'80年の350㎜から'84年の400㎜まで移行し，その後も390，400㎜に位置している。しかし，石狩湾ではこの間350，360㎜を前後している。岩内湾は両者の中間か石狩湾に近似している。

石狩湾では1987年に主モードが前年の360㎜から290㎜に移行したが，桧山海域と岩内湾に主モードの移行は認められず，310㎜に副モードが出現するに留まっている。この副モードの頻度は桧山海域よりも岩内湾が高い。後2者では翌年の'88年に主モードの移行が見られるが，その体長は330㎜で，前年の石狩湾の主モードよりも明らかに大きい。また，この年の組成も石狩湾は桧山海域よりも小型魚の頻度が高く，岩内湾は両者の中間的な形状を呈している。

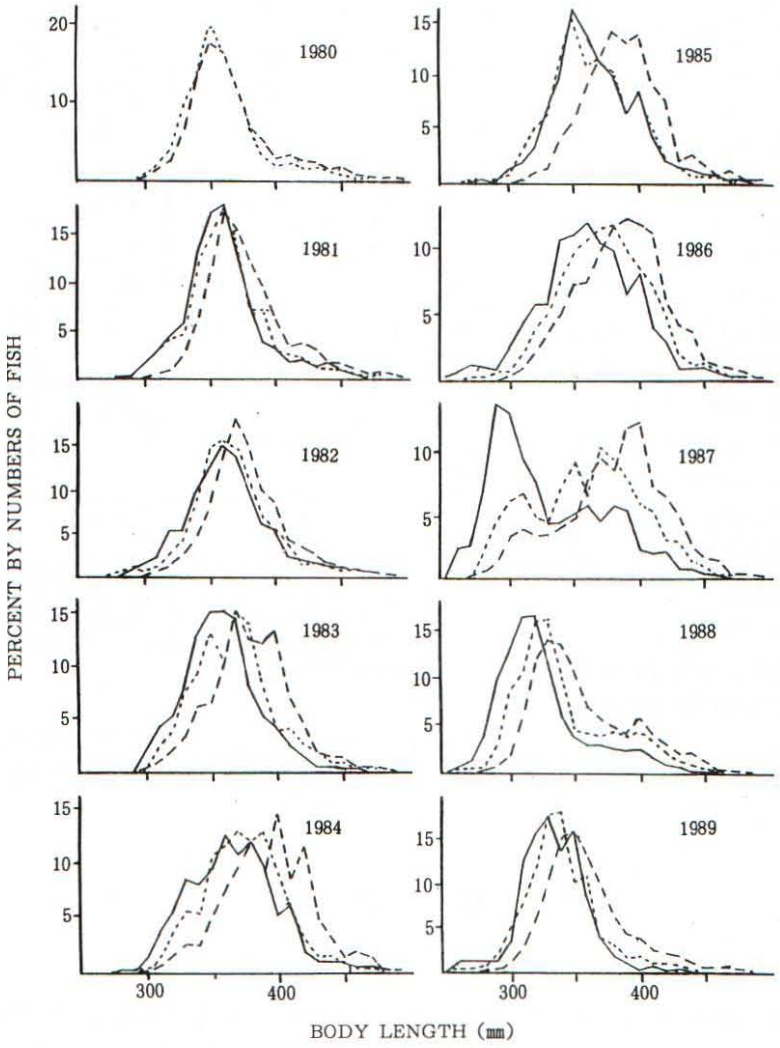


Fig. 4. Body length frequency distributions of walleye pollock longline fishery. －－ : Ishikari Bay, ⋯⋯ : Iwanai Bay, --- : Hiyama region.

2．漁獲尾数と年齢組成の経年変化

Table 1 とFig. 5 に年齢別漁獲尾数，Fig. 6 にその年齢別割合の経年変化を海域別に示した。いずれの変動パターンも海域間で異なっている。漁獲尾数の総計は，桧山海域の場合1981年から1984年にかけて大きく減少した後，1987年から上昇に転じ，それ以前とは逆に岩内湾を上回っている。岩内と石狩湾の漁獲尾数が大きく減少した時期はこれよりも遅れて，1985年から1987年の期間であり，1988年に若干上昇したものの，翌1989年には再び減少している。特に石狩湾の減少が大きい。

年齢別割合（Fig. 6 ）では，4歳以下の魚の割合が調査期間を通じて，石狩湾で最も高く岩内湾，桧山海域の順で低くなっている。更に，石狩と岩内湾の場合，1985，86年までは比較的安定した組成を示しているが，桧山海域の場合'81，'82～'84年の間，年々5歳以下の割

Table 1. Walleye pollock longline fishery catch[1] by age group.

Year		1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
	Age												
	2				32	58	14	0	7	91	132	61	7
	3				633	389	584	327	274	398	1828	1874	291
	4				3065	2287	3383	2870	1910	1723	999	3189	3134
	5				8188	4901	6336	3698	4621	2743	728	664	3342
Ishikari Bay	6				3101	2893	3028	3015	2328	1640	543	413	2260
	7				975	1210	1138	1551	1472	995	261	264	1827
	8				559	520	541	783	744	501	127	142	920
	9				526	534	261	455	458	243	83	75	667
	10				483	485	205	303	185	220	61	48	163
	Total				17562	13277	15490	13002	11999	8554	4762	6730	12611
	2			130	34	19	98	0	64	96	9	227	253
	3			741	1397	1323	433	312	756	475	3118	3888	2046
	4			11733	7154	5928	8693	5369	8512	4244	2807	14185	10165
	5			23564	21108	18802	13588	11352	15369	7649	4525	3700	6557
Iwanai Bay	6			8140	9103	11379	12609	9791	8973	6601	3924	2882	1561
	7			2271	3552	4879	4113	6415	5277	4074	2085	2041	661
	8			1778	1775	2212	2375	2781	2737	2576	1259	1249	376
	9			1857	1560	1585	2110	1552	1304	1417	878	672	214
	10			1187	1351	1388	963	930	778	897	483	555	166
	Total			51401	47034	47515	44982	38502	43770	28029	19088	29399	21999
	2	13	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	506	296	72	26	58	17	6	0	0	1163	584	638
	4	3181	9788	5166	2172	2398	1949	1071	570	918	2489	12836	10509
Hiyama	5	4663	12578	15681	18294	11288	6312	3203	3566	2702	4254	9363	14762
region	6	2818	4139	4105	8572	7263	7833	4779	5851	3774	4361	3822	5893
	7	4222	2793	1825	3151	5069	4033	4118	4760	3389	5298	4080	2528
	8	3415	2313	1362	1732	1086	1212	1694	1450	1021	1571	1042	1457
	9	4322	2619	2027	2980	2111	1338	1843	1359	1249	2100	1977	1445
	10	2345	2280	910	1405	707	524	853	598	404	565	374	592
	Total	25486	36915	31149	38332	29980	23218	17568	18154	13457	21800	34077	37824

1 In 1,000 short numbers.

合が低下し，6歳以上の割合が増大している。年齢別漁獲尾数から，これは特に5歳魚の漁獲尾数の減少に起因していることが分かる。

1987，'88年には資源豊度の高い'84，'85年級群が加入して，石狩湾では3，4歳魚の漁獲尾数が増大したが，5歳以上の漁獲尾数は大きく減少した。その結果，年齢別割合に顕著な若齢化が生じている。一方，桧山海域では4歳魚とともに5歳魚の漁獲尾数も増大している。また，6歳以上の漁獲尾数にも大きな減少はみられず，組成の若齢化も石狩湾ほど顕著ではない。岩内湾は両者の中間的な特徴を示している。

3．年級群単位でみた年齢別漁獲尾数とその割合

Fig. 7 に年齢別漁獲尾数，Fig. 8 に年齢別割合を示した。いずれも1989年漁期までの年別年齢漁獲尾数を並べ替えたものであり，'82年級群以降は年級が新しくなるにしたがって，1齢ずつ高齢時の資料を欠いている。

まず各年級群の総漁獲尾数をみると，石狩と岩内湾の場合，1977，78年級群から1983年級群まで減少しつづけているが，減少の度合は'81年級群以降で大きくなっている。一方，これとは逆に桧山海域の場合は，'79年級群までの減少が大きいが，'80年級群以降の減少は小さく，83年級群から増大に転じている。

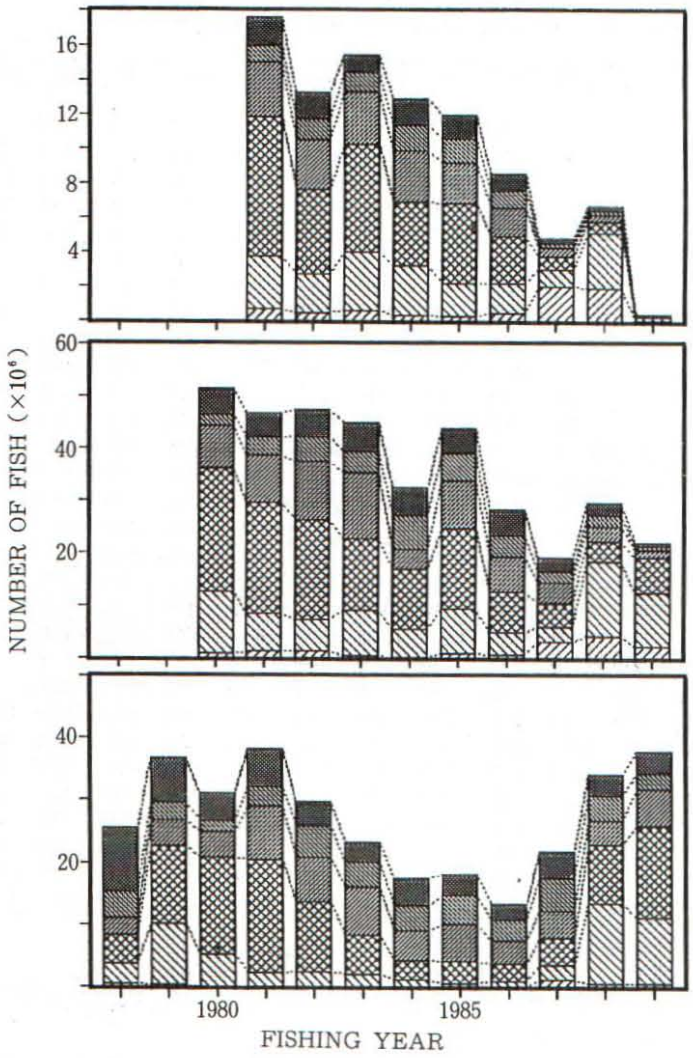


Fig. 5. Walleye pollock longline fishery catch by age group. Top : Ishikari Bay, middle : Iwanai Bay, bottom : Hiyama region. ▨: ≦age 3⁺, : ▧4⁺, : ▩5⁺, : ▨6⁺, : ▧7⁺, : ■≧8⁺

年齢別にみると，石狩と岩内湾の場合，1983年級まで年級が新しくなるにしたがって，より高い年齢時の漁獲尾数から順次大きく減少している。また，'84年級は3，4歳時の漁獲尾数に比較して5歳時の，'85年級は3歳時に比較して4歳時の漁獲尾数が極めて少ない。これを年齢別の割合でみると，年級が新しくなるにしたがって，より高い年齢時から順次漁獲割合が低下し，右上がりの形となっている。

一方，桧山海域ではこれとは逆に，1981年級群まで6歳時以降の漁獲尾数に大きな減少はみられず，5歳以下特に5歳時の減少が著しい。このため，年齢別漁獲割合は年級が新しくなるにしたがって，高齢時の割合が増大している。

考　　察

以上の結果から特徴点を上げると，以下の4点に整理される。

①漁獲量の経年変動パターンが，海域間で異なる。

②年齢組成が海域間で異なる。

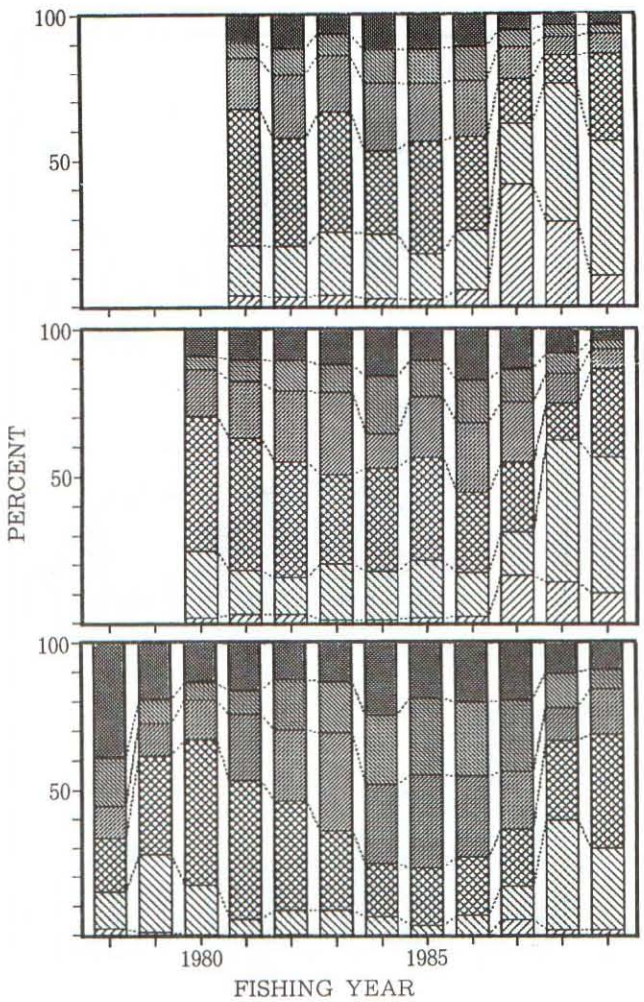


Fig. 6. Age composition of walleye pollock longline fishery. Arrangement and symbols same as figure 5.

③年級群単位にみた，年齢別漁獲割合が経年的に変動している。

④その変動パターンが海域間で異なる。

すなわち，石狩と岩内湾では1986年以降は，それ以前に比べて5歳以上の高齢魚の漁獲が年々減少し，漁獲物が若齢化すると共に，総漁獲量も大きく減少した。一方，桧山海域ではこれに先立つ1982～'84年にかけて，5歳以下の若齢魚の漁獲が年々減少し，漁獲物が高齢化すると共に総漁獲量が大きく減少した。しかし，その後は大きく減少することなく，'87年からは5歳以下の若齢魚の漁獲増大により総漁獲量も大きく増大した。これを年級群単位でみると，石狩と岩内湾では1977年級群以降，年級が新しくなるにしたがって高齢時の漁獲割合が減少したのに対し，桧山海域では'76～'79年級まで逆に若齢時の漁獲割合が減少した。

この様な現象は，岩内湾ではいずれも中間的であったので，対照的な特徴を示した石狩湾と桧山海域の結果を用いて，以下にその発生要因の考察を進める。

これらの現象に関わる要因として，まず資源量と漁獲率Eの二つに限って考える。上記①の漁獲量変動については，これに対応した両海域のEの変動，あるいは発生量変動の異なる母集団の存在を仮定しなければならない。②の年齢組成の相違もまた，発生量変動あるいは年齢構成の異なる母集団を仮定しなければ理解できない。その理由は，両海域に来遊する群の発生量変動あるいは母集団が同一であれば，例えEが両海域で異なった変動をしたとして

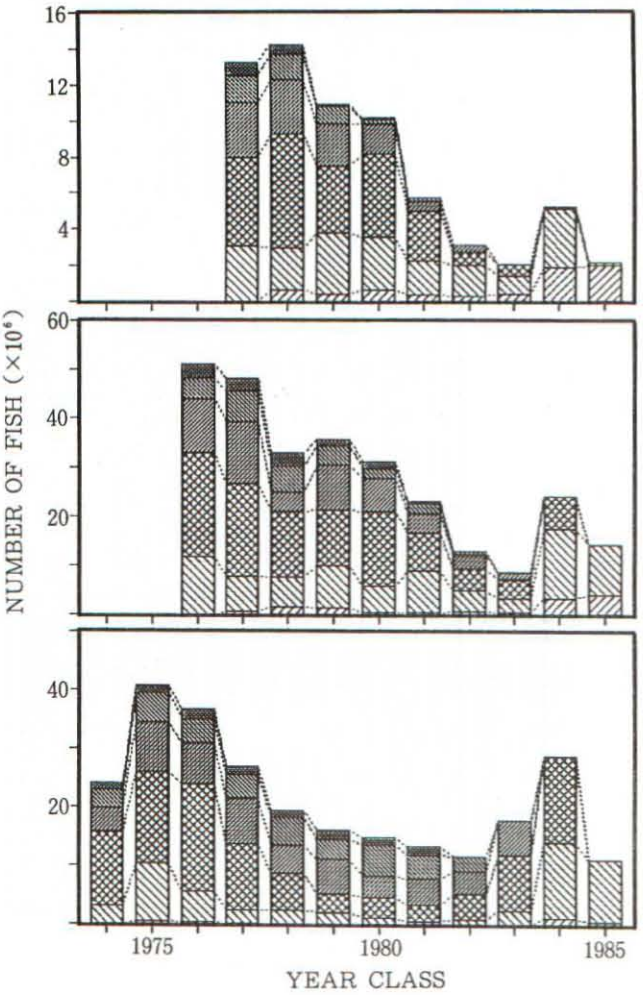


Fig. 7. Walleye pollock longline fishery catch of year chasses 1974-1985 by age group. Arrangement and symbols same as figure 5.

も，その影響は産卵期以外の時期に平均化され，海域間の相違は生じないからである。③と④はEの変動によって生じ，母集団の発生量変動や年齢構成の異同には左右されない。

したがってこれらを統一的に理解するには，母集団の相違と現象に合致するEの変動が必要条件となる。しかし，石狩湾や桧山海域の現象に合うEの変動は考え難い。すなわち③と④については，石狩湾の場合はEの経年的上昇や若齢魚への選択的漁獲の強化を，桧山海域ではこの逆にEの経年的低下や高齢魚への選択的漁獲の強化を仮定しなければならない。このように，資源量とEでは理解できないことが分かる。

そこでもう一つの要因として，辻[5]が考察した来遊率を考え，これが経年的に変化したと仮定すると，それだけで統一的な理解が可能である。

すなわち，両海域のスケトウダラが発生量変動を同じくする母集団に帰属し，両海域のEがそれぞれ一定であったとしても，来遊率がそれぞれ異なった年変動をした場合，①の漁獲量は海域間で異なった経年変動を示す。また，③と④に示す年級群単位の年齢別漁獲割合にみられた経年変動や，海域間の相違も生じる。なお，年齢構成が同一の母集団から来遊する場合，来遊率が違っても海域間で②に示した年齢組成が異なることはない。しかし，年齢によって両海域への来遊率が異なる場合は母集団の年齢構成の相違と同様，年齢組成に相違が

生じる。ここでは，初産魚と経産魚による来遊率の相違を考えた。初産が複数の年齢群にみられ，年齢群によってその頻度が異なれば，年齢による来遊率の相違と同じことになる。

日本海北海道西岸域で産卵するスケトウダラの卵稚仔は，海流によって北側に移送され，積丹半島以北の陸棚上を生育場にしていると考えられている[8]。また，体長30cm未満の若齢未成魚も武蔵堆とその周辺海域を生活の場としているようである[9]。一方，索餌期の経産魚は武蔵堆周辺には少なく，日本海亜寒帯水域に分布していると考えられている[10]。未成魚群を起源とする初産魚と，経産魚の索餌期の生活域が異なるとすれば，各々の産卵回遊経路や海域による来遊率にも相違があるものと考えられる。

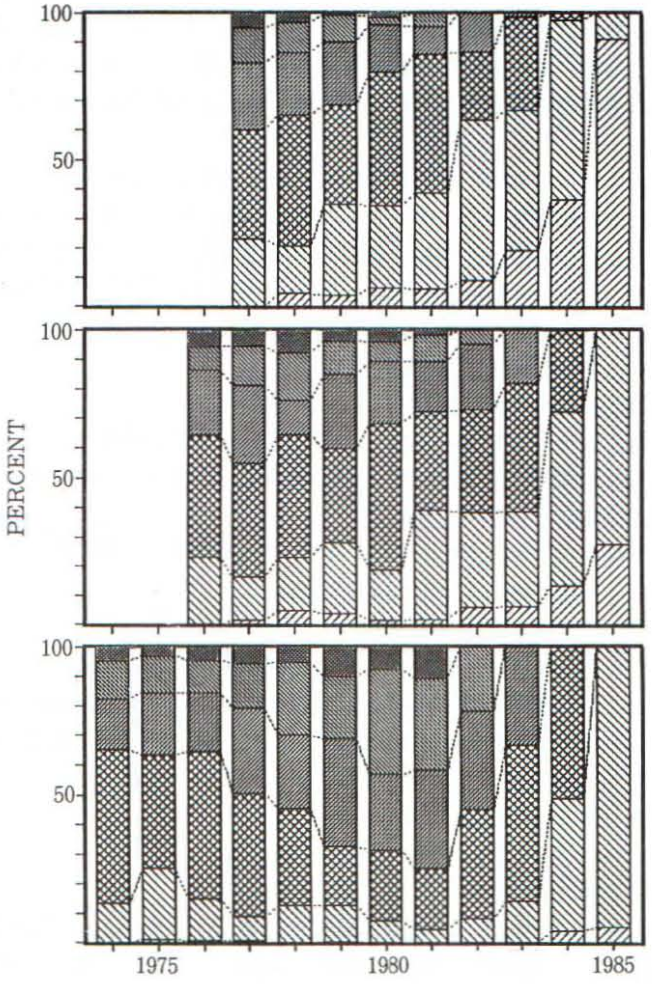


Fig. 8. Walleye pollock longline fishery catch percent of age group in each year classes. Arrangement and symbols same as figure 5.

なお，上記の現象から推定される来遊率の変動は次のように考えられる。漁獲量変動から，1982～84年は相対的に減少が小さかった石狩湾の来遊率がより低下したと考えられる。また，'85年以降は桧山海域の来遊率が増大したか，石狩湾で低下したと考えられる。

また，年級群単位の年齢別漁獲割合については，来遊率が低い状態から年々増大すると，その間に来遊する年級群はより若齢時に低く，高齢時ほど高い割合で来遊することとなり，Eの変化がなくても年齢別漁獲割合は高齢化する。桧山海域の高齢化がこの例，若齢化した石狩湾はこの逆と考えられる。

年別年齢組成は，初産魚と経産魚の来遊率が相対的にどう変化するかによって，相対的に高齢化あるいは若齢化し，海域差をもたらす。したがって，高齢化がより顕著な時期の桧山海域では初産魚の来遊率が経産魚より大きく減少し，相対的に若齢化の生じた時期の石狩湾では初産魚の来遊率の上昇がより大きいか，経産魚の来遊率低下がより大きかったと推定される。

このような推論で，結果に示された現象が生じ得るか否かを確かめるため，次に来遊率を変数とした簡単なシミュレーションを試みた。なお，海域毎のEの詳細が不明なためシミュレーションの対象は漁獲物ではなく，来遊資源とした。また，海域は石狩湾（I）と桧山海域（H）とし，年齢は4～8歳とした。来遊率は初産群と経産群で，それぞれ海域毎に別個に変動するものとし，両海域のEはそれぞれ一定とした。シミュレーションに必要な係数の値と算出方法は以下に示す通りである。

①漁獲加入後の全減少係数Z＝0.586（s＝0.56）

5歳を完全加入年齢とみなし，ここで扱った3海域合計の年級別，年齢別漁獲尾数から対数回帰法で求めた。3海域で5歳以降の資料が揃い，しかも海域間で変動の少ない1976－78年級群の資料を用いた。

②自然死亡係数M＝0.250（s_0＝0.78），漁獲係数F＝0.336

Mに上記の値を与え，ZからFを算出した。

③4歳時漁場への加入率（0.3）

産卵魚として，3海域以外を含む漁場に来遊する魚の同年齢魚全体に占める平均的割合。便宜的に，3海域の資料が揃い，変動の少ない1977－79年級群の資料を用い，次式で求めた。Xが加入率をC_4は4歳時漁獲尾数，C_5は5歳時漁獲尾数を示す。

$C_5/C_4=(X\cdot e^{-Z}+(1-X)\cdot e^{-M})/X$

④4歳時平均生残率S_4＝0.71

$S_4=0.3S+0.7S_0$

⑤各年級群の豊度

便宜的に，10歳までの累積漁獲尾数を豊度の指数とした。10歳までの全年齢時の資料が揃っている1978，79年級群の漁獲尾数を年齢毎に合計し，これと10歳までの累計との比を用いて，他の年級群の10歳までの累積漁獲尾数を推定した。例えば，6歳までの漁獲尾数の資料がある年級の場合，これに'78，'79年級の6歳までの漁獲尾数と総漁獲尾数の比を乗じて求めた。求められた漁獲尾数を1982年級群の値を10とする指数に変えて，各年級群の豊度（資源尾数）とした。

まず，海域毎に下表に示す計算式を用いて，年級群毎の年齢別来遊数を算出し，これを並べ替えて海域毎の年別年齢別来遊数とその合計を算出する計算表を作成した。次に，算出される値の変動が実際の総漁獲尾数や年齢組成等の変動に近似するよう，来遊率を適宜当てはめた。なお，来遊資源尾数の近似に当たっては，あらかじめ海域毎に各年の総漁獲尾数を1981年の値に対する比として表しておき，上記計算表から算出される結果を同処理して対比した。また，基となる1981年の来遊尾数の設定は，両海域への実際の来遊資源尾数が不明であるため，便宜的にFig. 2に示した総漁獲量（石狩湾では刺し網による漁獲量を含む）を参考として，I海域がH海域を上回るようにした。

$PI_{i4}=Pi \cdot 0.3 \cdot AI_{i+4}$

$PI_{i5}=Pi\ (0.3 \cdot S \cdot BI_{i+5}+0.7 \cdot S_0 \cdot AI_{i+5})$

$PI_{i6}=Pi \cdot S_4 \cdot S \cdot BI_{i+6}$

$PI_{i7}=Pi \cdot S_4 \cdot S^2 \cdot BI_{i+7}$

$PI_{i8}=Pi \cdot S_4 \cdot S^3 \cdot BI_{i+8}$

$PH_{i4}=Pi \cdot 0.3 \cdot AH_{i+4}$

$PH_{i5}=Pi\ (0.3 \cdot S \cdot BH_{i+5}+0.7 \cdot S_0 \cdot AH_{i+5})$

$PH_{i6}=Pi \cdot S_4 \cdot S \cdot BH_{i+6}$

i：年級群発生年
t：年齢（4～8）
Pi：i年級4歳時総資源尾数（年級豊度）
PI_{it}：i年級t歳時漁場I来遊数
PH_{it}：同上漁場H来遊数
AI_{i+t}：i年級t歳時（i＋t年）初産魚漁場

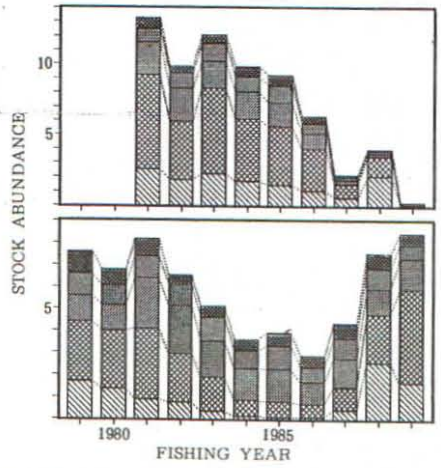


Fig. 9. Simulated available stock abundance by age group. Top : I (Ishikari Bay) region, bottom : H (Hiyama) region. ▨ : age 4^+, ▩ : 5^+, ■ : 6^+, ■ : 7^+, ■ : 8^+.

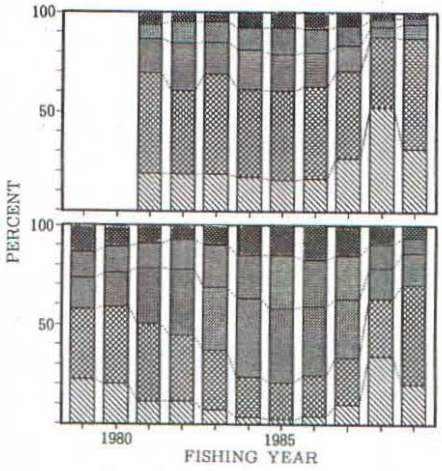


Fig. 10. Simulated age composition of available stock, by numbers of fish. Arrangement and symbols same as figure 9.

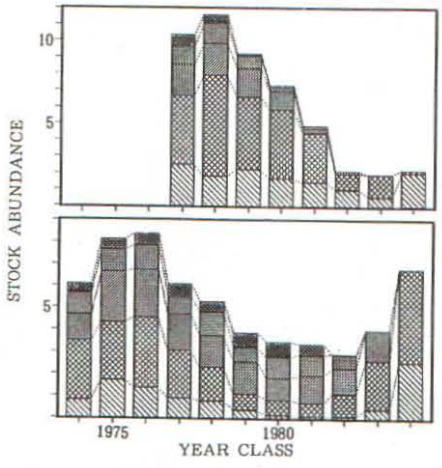


Fig. 11. Simulated available stock abundance of year classes by age group. Arrangement and symbols same as figure 9.

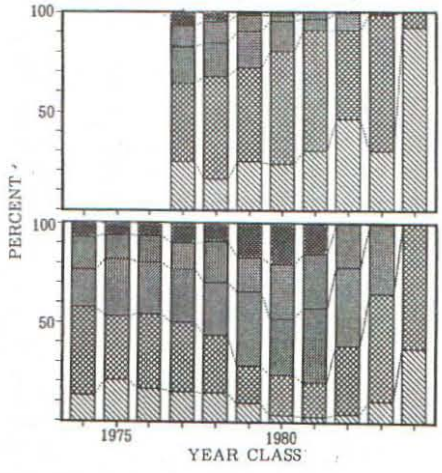


Fig. 12. Simulated available stock abundance percent by age group of year classes. Arrangement and symbols same as figure 9.

Table 2. Availabilities that give suitable simulated results, estimated stock abundance[1] of each year chasses and their calculated available stock abundance[2] by group.

Year		1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989			
		Availability of virgin spawner														
I regon(AI)					0.280	0.201	0.322	0.297	0.313	0.341	0.165	0.195	0.008			
H regon(AH)		0.120	0.194	0.125	0.100	0.084	0.052	0.021	0.020	0.036	0.116	0.242	0.133			
		Availability of repeat spawner														
I region(BI)					0.200	0.166	0.159	0.165	0.187	0.145	0.051	0.050	0.005			
H region(BH)		0.175	0.100	0.133	0.202	0.154	0.137	0.119	0.159	0.131	0.228	0.294	0.290			
Year class		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Stock abundance	1	82	45	30	22	29	36	30	30	23	19	14	10	12	36	42
	Age	Available stock abundance[2] by age group														
	4							2.520	1.812	2.222	1.693	1.441	1.023	0.594	2.048	0.097
I regio	5						6.713	4.136	6.076	4.367	4.155	2.948	0.987	1.378	0.174	
	6					2.306	2.382	1.897	1.968	1.710	1.095	0.284	0.199	0.021		
	7				0.980	1.074	1.274	1.102	1.249	0.743	0.216	0.156	0.010			
	8			0.748	0.456	0.575	0.741	0.699	0.542	0.146	0.118	0.008				
	4				0.792	1.688	1.350	0.900	0.756	0.359	0.120	0.084	0.108	0.418	2.541	1.676
H region	5			2.848	2.700	2.627	3.187	2.152	1.542	0.722	0.713	0.583	1.016	2.178	4.247	
	6		3.131	1.193	1.163	2.329	2.204	1.634	1.413	1.449	0.990	1.269	1.169	1.384		
	7	3.195	1.002	0.888	0.989	0.994	1.098	0.792	1.059	0.671	0.965	0.916	0.646			
	8	1.022	0.746	0.756	0.422	0.495	0.532	0.593	0.490	0.654	0.697	0.506				

1 Abundance index by number of fish at four years old.
2 Abundance index by number of fish.

$PH_{i7}=Pi \cdot S_4 \cdot S^2 \cdot BH_{i+7}$

$PH_{i8}=Pi \cdot S_4 \cdot S^3 \cdot BH_{i+8}$

I 来遊率

AH_{i+t}：同上漁場H来遊率

BI_{i+t}：i年級t歳時（i＋t年）経産魚漁場I来遊率

BH_{i+t}：同上漁場H来遊率

上記⑤で得られた各年級豊度（4歳時資源尾数の指数）と，近似した結果が得られた来遊率及び算出された年級群毎の年齢別，海域別来遊数をTable 2に示した。また，来遊群の年齢別来遊数とその割合，年級群毎の年齢別来遊数とその割合の経年変化を各々Fig. 9－12に示した。それぞれ年齢別漁獲尾数とその割合，及び年級群毎の年齢別漁獲尾数とその割合（Fig. 5－8）に対応している。いずれも3歳魚を除くと，実際の漁獲物の特徴と良く近似している。また，来遊率の変化も先に想定したものとほぼ一致しており，先の推論を支持している。

日本海北海道沿岸に来遊するスケトウダラの系統群については，かつて積丹半島を境に，南北で二分する見解も出されたが，脊椎骨数や生化学的手法を用いた研究により，一つの系統群とされている[1-4]。しかし，漁獲量変動が海域によって異なることから，最近1系統群説に疑問も出されている[6]。

今回得られた結果は，一見系統群の相違を示唆していたが，それでは理解できない現象がみられた。しかし，上述したように来遊率を初産と経産群で別個に考え，それぞれ海域間で異なった年変動をさせることによって，漁獲量変動や年齢組成の相違を含めたいずれの現象も，発生量変動を同じくする母集団内のものとして再現することが出来た。これは，必ずしも異なる系統群の存在を否定するものではないが，すでに述べたように，たとえ系統群が異なっていたとしても，来遊率を考慮しなければ現象を理解することはできない。

なお，ここでは各海域のEを一定と仮定したが，これは現象の主因がEとは考え難いことから，モデルの単純化のためにとった便宜的処置であった。したがって，実際の現象は来遊率と共にEの変動が加わって生起している，と考えるのが妥当であろう。

来遊率の変動は，若齢未成魚の生育場や経産魚の索餌場の変化，更にそれぞれの産卵場への回遊経路の変化等に起因して生じていると考えられ，今後これらに関するより詳細な研究が望まれる。

要　約

1978年から1989年にかけて，北海道日本海沿岸に来遊するスケトウダラ産卵群の延縄漁業による漁獲量および漁獲物体長組成と年齢組成の変化を調べた。

1．漁獲量の経年変動に，海域間特に桧山海域と石狩湾および岩内湾との間に相違がみられ，最近は桧山海域と岩内湾の漁獲量が逆転して前者が上回った。

2．体長組成と年齢組成も，海域間で異なり，特に石狩湾で小型若齢魚の割合が高いのに対して，桧山海域で最も低かった。

3．1981年から1986年の期間，石狩湾と岩内湾の年齢組成は比較的安定していたが，桧山海

域では特に5歳魚が年々減少して，高齢魚の割合が上昇した。1987年以降，豊度の高い年級群の加入によって，各海域共に若齢魚の割合が増加したが，その程度は高齢魚が減少した石狩と岩内湾で大きかった。

4．年級群毎の年齢別漁獲割合は，石狩湾と岩内湾では，年々高齢魚の漁獲尾数とその割合が減少したのに対し，檜山海域の1977～1981年級群では，逆に若齢魚が減少し中でも5歳魚の減少が著しかった。

5．この様な海域間差をもたらした原因として，漁場来遊率の変動とその海域間差が考えられた。そこで，石狩湾と檜山海域を対象として，来遊率を変数としたシミュレーションを実施し，来遊資源の年齢組成や年級群の年齢別来遊割合等を再現した。

謝　辞

本研究に用いた資料の多くは，北海道立中央水産試験場と同函館水産試験場職員により長年蓄積されてきたものである。ここに，資料の収集や魚体測定に従事された諸氏，並びに調査に協力を頂いた関係漁業協同組合および水産技術普及指導所の諸氏に深謝する。また，漁獲量変動に関する図の転載と資料提供を快諾された，元函館水産試験場長辻敏氏および釧路水産試験場三宅博哉氏に深謝する。

参考文献

1）尾形哲男：日本海におけるスケトウダラのPopulation構造の解析．Ⅰ．脊椎骨数の変異について．日水研年報，5，119-125（1959）

2）Iwata, M. and Hamai, I. : Local forms of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), classified by number of vertebrae. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 38(10), 1129-1142 (1972)

3）Iwata, M. : Genetic identification of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) populations of the basis of tetrazolium oxidase polymorphism. *Comp. Biochem. Physiol.*, 50B197-210 (1975)

4）辻　敏：北海道周辺のスケトウダラの系統群について．北水試月報，35(9)，1-57（1978）

5）辻　敏：檜山支庁沿岸のスケトウダラ調査．北水試月報，32(9)，1-20（1975）

6）三宅博哉：北海道西岸日本海におけるスケトウダラ漁獲量の多変量解析と系群構造．日水誌，57(11)，1991-1995（1991）

7）北野　裕，依田　孝：西カムチャッカ沖のホッコクアカエビ資源とその開発過程．北水研報，(43)，1-20（1978）

8）金丸信一：北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性．漁業資源研究会議北日本底魚部会報，(18)，12-23（1985）

9）佐々木正義，夏目雅史：武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラの若年魚の分布．日水誌，56(7)，1063-1068（1990）

10）前田辰昭，高橋豊美，中谷敏邦：北海道檜山沖合におけるスケトウダラ成魚群の分布回遊と産卵場について．北大水産彙報，39(4)，216-229（1988）

北水試研報　42，229－240（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

東北海区のスケトウダラとマダラの資源変動と底層水温

稲田伊史*1，村上眞裕美*2

Fluctuations of walleye pollock and Pacific cod resources and bottom temperature in the waters off the Tohoku region of Japan

Tadashi INADA*1 and Mayumi MURAKAMI*2

Annual fluctuations in abundance, from 1980 to 1990, of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the waters off the Tohoku region of Japan, were analyzed in relation to the movement of an intrusive cold water front (designated as the "Oyashio front"). Mean value of catch per haul by commercial trawlers ("Density index") in the Kinkasan and Johban waters of the Tohoku region, together with the southernmost latitudinal location of the high density area of these cods, were used as indices of abundance. The southernmost location of the 5℃ and 8℃ isotherms at 200 m depth was also used to define the position of the Oyashio front. A comparison of the position of the Oyashio front with the indices of cod abundance resulted in significant correlations. When the Oyashio front extended southward, the density index of walleye pollock in the Kinkasan and Johban waters increased, and the distribution of the high density area spread to the south. For Pacific cod, these correlations are highest when indices of abundance are compared with the position of the Oyashio front from the previous one or two years. Resources in the different waters (Kinkasan and Johban) of walleye pollock are likely to be form the same stock and those of Pacific cod are also the same, since they exhibit very similar patterns of fluctuations in abundance with movement of the Oyashio front.

報文番号　A223（1993年1月25日受理）
東北区水産研究所研究業績　第488A号
本報の要旨は平成3年4月の水産海洋学会シンポジウム，「日本近海における漁業資源の中・長期変動と海洋環境」で発表した（水産海洋研究　56(2)）
＊1　東北区水産研究所八戸支所
青森県八戸市下盲久保25－259
(Tohoku National Fisheries Research Institute, Hachinohe Branch, Shimomekura-kubo 25-259. Same, Hachinohe, Aomori 031, Japan.)
＊2　東北区水産研究所
宮城県塩釜市新浜町3丁目27－5
(Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama-cho 3－27－5, Shiogama, Miyagi 985, Japan.)

Key words : walleye pollock, Pacific cod, resource fluctuation,
bottom temperature, Oyashio front, Tohoku

東北海区に分布する主な底魚類のうち，スケトウダラ（walleye pollock : *Theragra chalcogramma*），マダラ（Pacific cod : *Gadus macrocephalus*）等のタラ類は産卵数が多く，海底に密着して行動することが少なく，また比較的濃密な群を形成し，かつ移動性が大きい[1]という点でカレイ類やメヌケ類等の底魚類とは生態的な特徴がかなり異なっている。東北海区は親潮と黒潮が金華山付近で前線域を形成するという特徴的な海洋構造を有し[2]，タラ類のこうした生態的特性を考慮すると，生息環境の条件として，底層の水温・塩分等の物理的な環境要因が，これらのタラ類の分布域の広がりや資源の変動にかなりの程度の影響を与えているものと考えられる。

また，スケトウダラは浮性卵，マダラは沈性卵という違いはあるが，これら両種は東北海区では比較的沿岸域で冬の12月から２月にかけて産卵する[3]。また，稚仔魚は沿岸域で生育した後，夏から秋にかけて着底し，幼魚は沖合域に移動して漁業に加入するという共通点がある[4]。

スケトウダラの仔魚期の生き残りに対する物理的環境や餌条件の影響については，北海道の噴火湾をフィールドとした研究[5, 6]等，比較的多くの研究がなされている。一方，漁業に加入した後の資源の変動と底層の物理的環境要因の変動との関係については，近年，海洋生態系研究の一環として，「タラと気候変動」の関係について北大西洋で「ＣＣＣ」といわれるプロジェクト研究[7]やカナダ大西洋側でタラ類について「ＦＥＰ」といわれる「漁業生態研究プログラム」[8]が計画ないし実施されている。しかしながら，日本ではまだこうしたプロジェクト研究は見られず，底魚類と底層環境の関係については森脇・小川[9]が日本海西部海域で底部冷水の底魚類に対する影響を論じた研究等が見られる程度である。

東北海区の沖合底びき網漁業（以下，沖底と称する）によるスケトウダラ漁獲量の過去40年間の変動をみると，1968年頃（1,000トン以下）を境にして急激に増加しており，1973年以降最近の10数年間は資源水準としては高水準（３～５万トン）に位置している[10, 11]。他方，三陸近海の水温は1966年以後は低温化傾向を示しており，それに伴い，親潮域の面積が拡大し[12]，かつ親潮第一貫入の南限位置が段階的に南下している[13]。スケトウダラの漁獲量の急増は，この間のスケトウダラに対する漁獲努力量の増大にも起因しているものと考えられるが，親潮の勢力拡大と時間的に符合していることは注目に値する。しかしながら，1975年以前については東北海区の底魚類の漁場別漁獲統計が整備されていなかったため，1968年～73年にかけての漁獲量の急増と海洋環境，特に水温との相関性の詳しい分析を行うことは困難である。

本論文は，東北海区の底魚類のうち大陸棚及び陸棚斜面上部域で優占種であるタラ類について，その中期的な資源変動と底層環境との関係を明らかにするため，1980年～1990年の11年間の東北海区のスケトウダラ・マダラの資源変動と環境指標としての底層水温の変動との関係について資料の解析を行ったものである。

資料と方法

研究の対象とした東北海区は青森県から千葉県に至る本州東方海域である。その中で今回取り扱った金華山海域及び常磐海域は各々宮城県沖の38°Nから39°Nの海域及び福島県と茨城県北部を含めた36.5°Nから38°Nの海域で，冷水性底魚類の分布の縁辺域に相当する（図1）。解析に用いた資料は「資源変動の指標」として，①沖底のＣＰＵＥ（1網当たり漁獲量）の年平均値（緯経度10分升目漁区ごとの年平均ＣＰＵＥを金華山及び常磐の両海域ごとに累計した値）と②高密度域（ＣＰＵＥの大きな漁区）の最南限位置の緯度*を用いた。また，「底層環境の指標」として③200m深水温5℃と8℃の143°E以西の近海における年間最南限位置の緯度を用いた。上記の①および②はスケトウダラ・マダラを主対象に操業している太平洋北区の沖底の1980年から1990年の11年間の太平洋北区漁獲統計資料[10]に基づいており，①は密度指数として，②は分布の南への拡がりを示す指数として採用した。また③は同様に11年間の東北海区漁場海況概報資料を基に作成した月別の200m深の水温水平分布図から読み取り，底層における親潮系水の影響の強さを示す指数として採用した。なお，5℃は通常，表層及び100m深における親潮前線の指標値として用いられている水温であり[15]，8℃は東北海区のタラ類の高密度域の分布限界と考えられる指標値である[4]。ここでは200m深における親潮第1分枝の最南端における5℃及び8℃の等温線の，またはその南端以南に冷水域があれば，その冷水域の5℃及び8℃

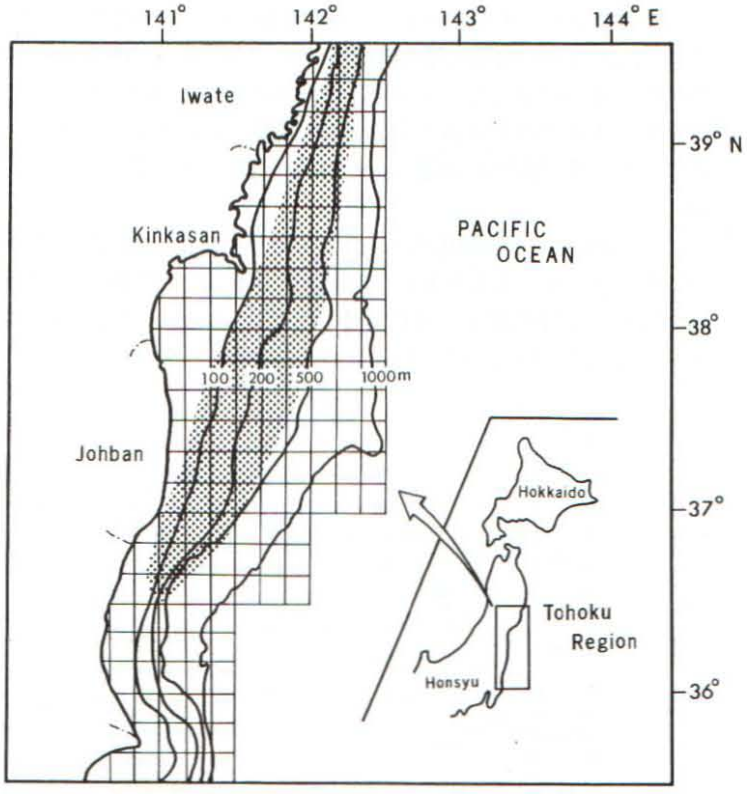


Fig. 1. Map of the Tohoku region, showing the distribution of walleye pollock and Pacific cod (shaded part) in the Kinkasan and Johban waters.

* 漁区別の月平均ＣＰＵＥ分布図から読み取った。
高密度域の最南限位置はＣＰＵＥの大きな値を示す連続した漁区の南端の緯度とした。

の等温線の最南端位置の緯度を読み取った。

本論文では年別の各々の値の経年変化について相関関係を吟味した。

結　果

図2，3に金華山及び常磐海域における沖底によるスケトウダラ・マダラのＣＰＵＥの年平均値（以下，密度指数と称する）の経年変化を示した。

金華山海域ではスケトウダラ・マダラとも1985年に最大の密度指数を示し，この年の以前と以後はやや複雑な変動はあるものの全体として1985年をピークとする山型の経年変化を示し，スケトウダラは1986年以後，マダラは1988年以後に密度指数が小さくなっていた。常磐海域のスケトウダラは1980年以後，急激に密度指数が大きくなり，1983年に最大値を示した。しかし，その後再び急激に小さくなり，1988年以後は非常に小さな値となった。他方，マダラは1980年以後，徐々に密度指数が大きくなり，1985年に最大値を示した後，急激に小さくなった。両種とも山型の経年変化を示したが，最大値を示した年はスケトウダラに較べマダラは2年遅れであった。

図4にスケトウダラとマダラの高密度域の南限位置の緯度の経年変化を示した。スケトウダラの高密度域の南限位置の緯度は1980・1981年には37°N以北にあったが，その後南下し，1984年に36°Nに達した。しかし，1985年以後は再び37°N以北に北上した。マダラは1980・1981年には38°N付近にあったが，その後徐々に南下し，スケトウダラより2年遅れの1986年に最南位置（36°N）に達した。1987年以後は再び北上し，1989年と1990年には37°N付近にあった。

図5に200m深の親潮系水（水温5℃と8℃）の近海における年間最南限位置の緯度の経年変化を示した。5℃と8℃とも1980年以後は徐々に南下し，1984年の異常冷水年に急激に最南位置（5℃で35°N，8℃で34°20'N）に達した。1985年以後は徐々に北上し，1990年には5℃は36°25'Nに，8℃は35°45'Nにあった。

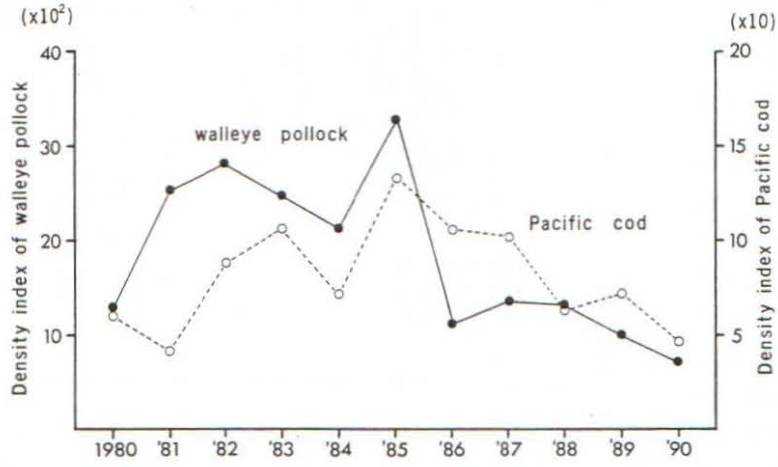


Fig. 2. Annual changes in the density index (annual mean CPUE : kg by haul) of walleye pollock (solid line) and Pacific cod (broken line) in the Kinkasan waters from 1980 to 1990.

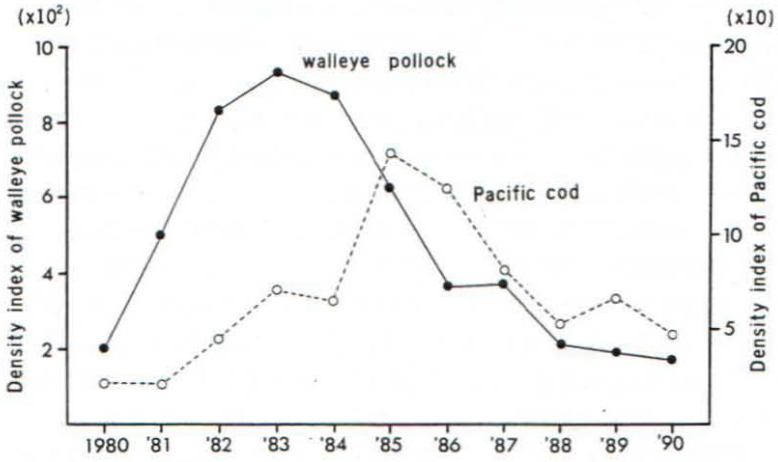


Fig. 3. Annual changes in the density index (annual mean CPUE : kg by haul) of walleye pollock (solid line) and Pacific cod (broken line) in the Johban waters from 1980 to 1990.

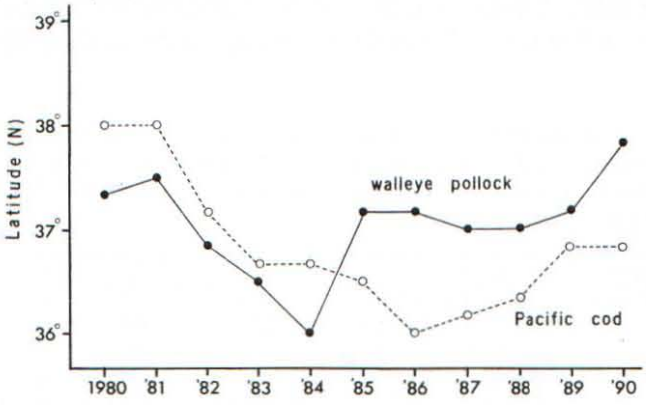


Fig. 4. Annual changes in the southernmost location of the area of high density of walleye pollock (solid line) and Pacific cod (broken line) from 1980 to 1990.

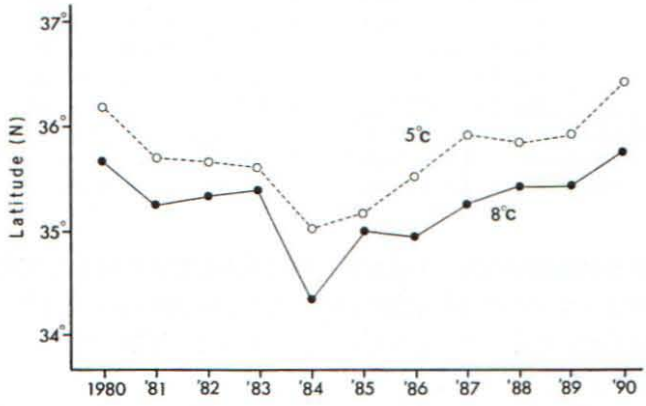


Fig. 5. Annual changes in the Oyashio front index (southernmost location) of the 8 ℃ (solid line) and 5 ℃ (broken line) isotherms at 200m depth from 1980 to 1990.

スケトウダラ・マダラの密度指数の変動と親潮系水の影響の強さとの関係

表1にスケトウダラ・マダラの金華山及び常磐海域の密度指数と200m深の5℃と8℃の南限位置について11年間の資料による相関係数を示した。なお，同じ年どうしの比較の他，1年前と2年前の5℃，8℃の南限位置との相関係数も示した。

図6に金華山海域のスケトウダラとマダラの密度指数と200m深の水温5℃の南限位置で代表した親潮系水の影響の強さとの間の関係を示した。スケトウダラでは1980年以後，1985年までは親潮の影響が次第に強くなり，5℃の最南端位置が南下するに従い密度指数は大きくなり，1985年以後はその逆の関係を示した。マダラについても同様に同じ年の親潮の影響の強さとの相関を吟味したが（表1），それよりも1年前の親潮の影響の強さと比較した時に相関係数（r）が−0.909（1%有意水準）という非常に高い相関を示した。すなわち，親潮系水の影響が強くなると，その1年後に金華山海域のマダラの密度指数が大きくなり，逆に弱くなると1年後に密度指数も小さくなるという明瞭な関係を示した。

図7に常磐海域のスケトウダラとマダラの密度指数と200m深の水温5℃の南限位置の緯度との関係を示した。スケトウダラの密度指数は，金華山海域と同様に，親潮系水の影響の強さとの相関係数（r）が−0.723（1%有意水準）という高い相関を示した。マダラについても金華山海域と同様，1年前の200m深5℃の南限位置との相関を見ると，r＝−0.961（1%有意水準）で，8℃でもr＝−0.901（1%有意水準）と非常に高い相関を示した。

Table 1. Correlation coefficients between the density index (annual mean CPUE : kg by haul) of walleye pollock and Pacific cod in the Kinkasan and Johban waters, and the Oyashio front index (southernmost location of the 5℃ and 8℃ isotherms at the 200m depth).

waters	species	5℃	8℃	n
Kinkasan	walleye pollock	-0.671＊	-0.373	11
	walleye pollock＊[1]	-0.260	-0.306	10
	walleye pollock＊[2]	0.308	0.500	9
	Pacific cod	-0.531	-0.347	11
	Pacific cod＊[1]	-0.909＊＊	-0.858＊＊	10
	Pacific cod＊[2]	-0.365	-0.157	9
Johban	walleye pollock	-0.723＊＊	-0.552	11
	walleye pollock＊[1]	-0.225	-0.044	10
	walleye pollock＊[2]	0.265	0.400	9
	Pacific cod	-0.512	-0.455	11
	Pacific cod＊[1]	-0.961＊＊	-0.901＊＊	10
	Pacific cod＊[2]	-0.622	-0.440	9

Statistically significant at 1% level (＊＊), and 5% level (＊)
＊[1] : compared with the Oyashio front index previous one year.
＊[2] : compared with the Oyashio front index previous two years.

スケトウダラ・マダラの分布域の南への広がりと親潮系水の影響の強さとの関係

表2にスケトウダラ・マダラの高密度域の南限位置と200m深の5℃と8℃の南限位置との間の相関係数を示した。なお同じ年どうしの他，1年前と2年前の5℃，8℃の南限位置との相関係数も示した。

図8にスケトウダラとマダラの高密度域の南限位置の緯度と200m深における水温5℃の南限位置の緯度との関係を示した。スケトウダラは1980年から1984年にかけては親潮系水の

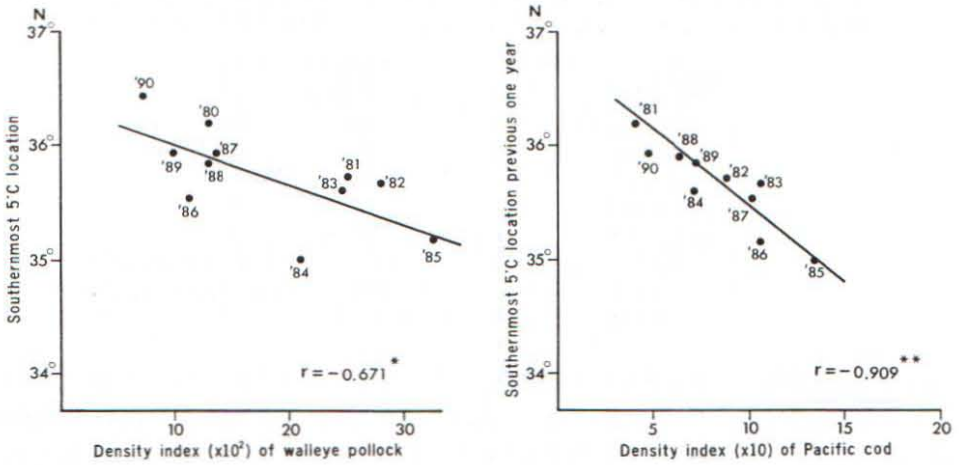


Fig. 6. Correlations of the density index (annual mean CPUE : kg by haul) of walleye pollock (left) and Pacific cod (right) in the Kinkasan waters, with the Oyashio front index (southernmost location of the 5 ℃ at 200m depth) from 1980 to 1990. The density index of Pacific cod is corelated with the 5 ℃ location previous one year. The solid line represents linear regression.
"r" values are statistically significant at the 5 % level (＊), and 1 % level (＊＊).

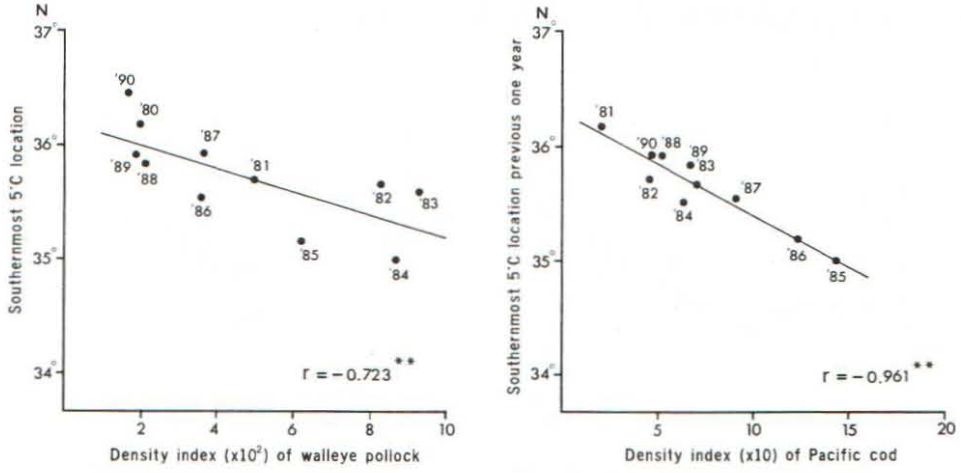


Fig. 7. Correlations of the density index (annual mean CPUE:kg by haul)of walleye pollock(left)and Pacific cod(right)in the Johban waters, with the Oyashio front index(southernmost location of the 5℃ at 200m depth) from 1980 to 1990. The density index of Pacific cod is correlated with the 5℃ location previous one year.
The solid line represents linear regression.
"r" values are statistically significant at the 1 % level (＊＊).

南下とともに分布の南限も南へ拡大し，1985年以後は親潮系水の北上とともに分布の南限も北へ縮小する傾向が見られた。この両者の相関係数（r）は0.711（1％有意水準）で高い相関を示した。8℃との間でもr＝0.686（5％有意水準）であった。同様にマダラについ

Table 2. Correlation coefficients between the southernmost location of the area of high density of walleye pollock and Pacific cod, and the Oyashio front index (southernmost location of the 5 ℃ and 8 ℃ isotherms at 200m depth).

species	5 ℃	8 ℃	n
walleye pollock	0.711＊＊	0.686＊	11
walleye pollock＊[1]	0.220	-0.020	10
walleye pollock＊[2]	-0.050	-0.106	9
Pacific cod	0.286	0.350	11
Pacific cod＊[1]	0.658＊	0.594	10
Pacific cod＊[2]	0.980＊＊	0.890＊＊	9

Statistically significant at 1 % level (＊＊)., and 5 % level (＊)
＊[1] : compared with the Ohashio front index previous one year.
＊[2] : compared with the Ohashio front index previous two years.

ての両者の関係は同じ年ではほとんど相関性がみられなかったが（5 ℃で r =0.286），図 8 に示したように 2 年前の 5 ℃との間では r =0.980（1 %有意水準）で非常に高い相関関係を示した。また，2 年前の 8 ℃との間でも r =0.890（1 %有意水準）で高い相関を示した。すなわち，親潮系水の影響が強くなると，2 年後にマダラは分布域を南へ拡大し，逆に弱くなると 2 年後に分布域が北へ縮小するという明瞭な関係を示した。

以上の結果，底層における親潮系水の影響の強さ（200m深の 5 ℃と 8 ℃の南限位置）の変動とスケトウダラ・マダラの金華山・常磐海域における分布密度と分布域の拡がり（高密度域の南限位置）の変動とが高い相関性のもとで生じること，またマダラでは両者の間に 1 年ないし 2 年の位相のずれが認められることがわかった。

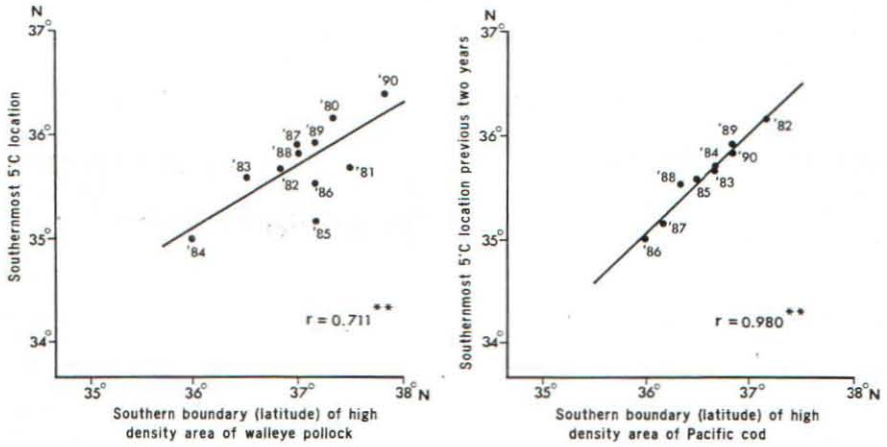


Fig. 8. Correlations of the southernmost location of the area of the high density of walleye pollock (left) and Pacific cod (right), with the Oyashio front index (southernmost location of the 5 ℃ at 200m depth) from 1980 to 1990.
The density index of Pacific cod is correlated with the 5 ℃ location previous two years.
The solid line represents linear regression.
"r" values are statistically significant at the 1 % level (＊＊).

考　　察

スケトウダラ・マダラの分布の縁辺域である金華山・常磐海域で，親潮系水の影響が強い年にはこれら両種は分布域を南へ拡大し，かつ密度も増大するが，弱い年にはこれらの分布域は北へ縮小し，かつ密度も低下する。東北海区では，ボラやスズキ等の沿岸性の魚類で親潮系水の南下接岸による特異現象が断片的に報告されている[16,17]が，沖合域の底魚類について分布域や密度の変化といった現象を環境との関係で分析した例は見られない。これは大部分の底魚類は密度依存型と考えられており，かつ漁獲の影響を受けやすいため，環境の変化と資源の変動の関係が明瞭に現れる前に漁業による間引きにより資源変動が引き起こされるためと考えられる。しかし，東北海区におけるこれらタラ類は1970年以後は資源的に高水準期にあったため，漁獲圧力より自然環境の変化が大きく作用した結果，上記の現象が明瞭に現れたものと考えられる。

金華山・常磐海域のスケトウダラ・マダラが岩手県以北の海域のこれらタラ類と同一の系統群で，水温低下に伴い北方の主分布域の資源量が増大し，それに伴い分布の裾野が南側へ拡大すると仮定すると，岩手県以北のこれらタラ類資源についても金華山・常磐海域のタラ類と同様の分布密度の変化がみられるはずである。そこで岩手県沖・青森県太平洋側海域と金華山・常磐海域のこれらタラ類の分布密度に互いに相関性があるかどうかを吟味した。東北海区では金華山以南と岩手県沖・青森県太平洋側では沖合底びき網漁業の漁法が異なるため，稲田・橋本[18]によるスケトウダラとマダラの漁獲性能比の標準化補正値を用いて岩手県と青森県太平洋側のスケトウダラとマダラの密度指数を計算し，1980年から1990年の11年間について互いの相関を検討した。その結果，岩手県沖及び青森県太平洋側と金華山及び常磐海域のこれらタラ類の密度指数の間にほとんど相関が見られず，逆に金華山と常磐海域のスケトウダラ・マダラの密度指数の間には高い相関が見られた（表３）。このことは金華山と常磐海域のスケトウダラ・マダラ資源は北方のこれらタラ類とは異なる資源変動様式を示す別の独立した系統群であることを示唆しており，また金華山と常磐海域のスケトウダは互いによく似た資源変動様式を示す同一系統群と考えられる。マダラについてもこれら両海域の資源は同一系統群と考えられる。

マダラの密度指数と高密度域の分布範囲が同じ年の水温よりも１～２年前の水温の方が相関が明瞭に現れることについては，岩手県林業水産部[19]が岩手県沿岸におけるマダラの底びき網漁業による漁獲量と異常低水温年であった1974年，1981年，1984年について検討しており，低水温がマダラの漁況に及ぼす影響は明瞭ではないと述べている。しかしながら，低水温の２年後に明らかに漁獲量がピークに達していることが図から読み取ることができる。このことは，こうした時間的な遅れを含む両者の対応関係が常磐海域以外でも生じている可能性を示唆している。この原因の一つとして，マダラ幼魚の漁業への加入機構がスケトウダラとは異なることが考えられる。即ちスケトウダラではその年生まれの０才魚から加入するのに対して，マダラでは１～２才から加入するとすれば，この現象の説明がつくであろう。しかし，スケトウダラ・マダラとも幼魚の沿岸域から沖合への移動という点では同じような生態を有していると考えられており[1]，現実には漁業への加入年令が異なるとは考えにくい。他の原因としては東北海区ではスケトウダラ幼魚はヒメダラと称し，商品価値が高く，いわゆる「ねらい操業」として漁獲されるのに対して，マダラについてはそのようなことがなく，漁獲されても投棄されるか，あるいはスケトウダラ幼魚として扱われるためマダラの０，１

Table 3. Correlation coefficients for density index (annual mean CPUE : kg by haul) of walleye pollock and Pacific cod between the four waters

species	walleye pollock			Pacific cod		
waters	Iwate	Kinkasan	Johban	Iwate	Kinkasan	Johban
Aomori	0.310	0.370	0.391	0.896＊＊	0.021	0.298
Iwate		0.231	0.170		0.118	0.431
Kinkasan			0.789＊＊			0.870＊＊

Statistically significant at 1 % level (＊＊)

歳魚の漁獲量が漁獲統計に正確に現れないことが考えられる（児玉*，私信）。そのため，見かけ上このような1～2年の位相のずれが生じる可能性もあるため，これら両種の幼魚の漁獲実態を把握する必要がある。

一般に種の分布の縁辺域では主分布域におけるよりも生息環境の条件が厳しく，種としての環境に対する適応戦略が顕著に現れる場合が多いと考えられる。Saetersdal and Loeng[20]は北大西洋のタラの一種であるArctic cod（*Boreogadus saida*）について，その分布の北側の縁辺域であるノルウェー北部からバレンツ海にかけての海域では，その摂餌域と加入量の変動が環境の水温変化と深く関連していることを報告している。また，Ellertsenら[21]は北大西洋マダラ（*Gadus morhua*）について，その分布の縁辺域における本種の年級群豊度を決定する要因は産卵ピーク後の2カ月間の卵と仔魚の死亡率であることを指摘している。さらに，近年アメリカ合衆国ではアラスカ湾をモデル水域としてスケトウダラの加入量を決定する生物学的，物理学的なパラメータを探るため，卵から加入に至る過程を環境要因との関係で研究し始めている[22, 23]。

スケトウダラ・マダラは北太平洋に広く分布し，金華山・常磐沖のこれら両種は分布域の南西側の縁辺域にあたることから，北大西洋におけるタラ類と同様，環境の水温が餌条件等を通じて卵・仔魚の死亡に深く関わっているものと考えられる。今後，産卵・生育場における主要な餌とのマッチ・ミスマッチの機構等，再生産から加入に至る過程における減耗要因を明らかにする必要がある。

要　約

1．東北海区のタラ類（スケトウダラ・マダラ）はカレイ類，メヌケ類等の底魚類と異なり，海底に密着して行動することが少ないため，底層水温の影響を受けやすいと考えられる。そこで1980～1990年の11年間のこれらタラ類の資源変動と底層水温の変動の関係について資料の解析を行った。

2．スケトウダラ・マダラの資源変動の指標として①金華山及び常磐海域のＣＰＵＥ（1網当たり漁獲量）の年平均値と②高密度域（ＣＰＵＥの大きな漁区）の南限位置の緯度を，また底層環境の指標として③200m深水温の5℃と8℃の近海における南限位置の緯度を用いた。①はスケトウダラ・マダラの密度指数，②は分布域の南への広がりを示す指数として，また③は底層における親潮系水の影響の強さを示す指数として採用した。

3．金華山及び常磐海域のスケトウダラでは同じ年の①と③の間に，またマダラでは①と1年前の③の間に高い相関がみられた。従って，これらタラ類の分布の縁辺域であるこれ

＊　児玉純一（宮城県水産研究開発センター）

らの海域では密度の変動は底層の親潮系水の影響の強さと高い相関があることがわかった。

4．これらタラ類の分布の南への広がりと親潮系水の影響の強さとの関係は，スケトウダラでは同じ年の②と③の間に，マダラでは②と2年前の③の間に高い相関がみられた。従って，親潮系水の影響の強さとこれらタラ類の分布域の南への広がりの間に高い相関があることがわかった。

5．金華山と常磐海域及び岩手県以北の海域のスケトウダラ・マダラの密度指数の経年変化を比較した。この結果，金華山と常磐海域のタラ類の間で高い相関が見られたが，岩手県以北のものとの間にはほとんど相関が見られなかった。このことから，金華山と常磐海域のスケトウダラは同一の系統群であり，マダラについてもこれら両海域の資源は同一系統群であることが推察された。

6．マダラの分布密度，分布域の南への広がりが親潮の影響の強さと1～2年の位相のずれがあることについて，漁業への加入年令が異なることが考えられるが，むしろ漁船によるマダラ幼魚の漁獲報告が正確に行われていないため，マダラでは1～2年の位相のずれが生じるものと考えられた。

7．スケトウダラ・マダラの分布の縁辺域における資源の変動と底層水温の具体的な関係を明らかにするためには，これらタラ類の再生産から加入に至る過程の生残機構を，物理的環境要因との関係から明らかにする必要がある。

謝　辞

本稿を御校閲下さり，種々有益な御助言を賜った東京大学海洋研究所の中田英昭博士，東北区水産研究所の飯塚景記博士ならびに友定　彰博士に，また水温分布図資料の作成に御協力を頂いた前東北区水産研究所の武藤清一郎氏及び英文の校閲を頂いた New Zealand, Fisheries Research DivisionのGavin D. James 博士と U.S.A., National Marine Fisheries Service のJohn S. Burke 博士に心から感謝申し上げる。

なお，本研究は平成2年度科学技術振興調整費，重点基礎研究課題の一部として実施したものである。

引用文献

1）Cohen, D. M., Inada, T., Iwamoto, T. and Scialbba, N. : Gadiform fishes of the world. FAO Species Catalogue, Vol. 10. *FAO Fish. Syn.* 125(10), 1-442 (1990)

2）川合英夫：本州東岸の自然条件．東北水研研報．25，105-130（1965）

3）落合　明，田中　克：新版魚類学（下）．初版．東京，恒星社厚生閣，1986，1140p.

4）稲田伊史，石戸芳男：金華山～常磐沖におけるタラ類の春・秋の分布様式．漁業資源研究会議北日本底魚部会報．24，113-124（1991）

5）中谷敏邦，前田辰昭：噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ稚魚の分布と移動．日水誌．53(9)，1585-1591（1987）

6）Nakatani, T. and Maeda, T. : Distribution of copepod nauplii during the early life stage

of walleye pollock in Funka Bay and Vicinity, Hokkaido. Proc. Int. Symp. Biol. Magmt. walleye pollock, Anchourage, Alaska, 217-240 (1988)

7) ICES : Report of the ICES study group on Cod stock fluctuations. Cod and Climate Change (CCC). Framework for the study of global ocean ecosystem dynamics. Copenhagen, ICES Demersalfish Committe, 1990, 29p.

8) Smith, P. C., Frank, K. T. and Mahon, R. : General introduction to Southwest Nova Scotia Fisheries Ecological Program (FEP) : 1982-89. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, 2-3 (1989)

9) 森脇晋平，小川嘉彦：日本海南西海域における“底部冷水”の底魚類への影響．東北水研研報，51，167-181（1989）

10) 小谷地　栄：東北海区のスケトウダラ資源について．昭和44年度漁業資源研究会議・底魚分科会，北部ブロック会議議事録．7-20（1970）

11) 金丸信一：スケトウダラの東北海区群と北海道近海群の関係．漁業資源研究会議北日本底魚部会報，22，39-54（1989）

12) 平井光行，安田一郎：100m深水温分布からみた東北近海の経年的な海況変動．東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告．14，184-186（1988）

13) 小川嘉彦：親潮第一貫入南限緯度の変動．東北水研研報．51，1-9（1989）

14) 東北区水産研究所八戸支所：太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料（昭和55年～平成2年）．(1982-1992)

15) 横内克巳，平井光行・稲掛伝三・村上眞裕美・安田一郎・松尾　豊・友定　彰：東北海区漁場漁況概報作成マニュアル．東北ブロック水産海洋連絡会報．21，71-73（1992）

16) 大方昭弘：スズキ稚幼魚の激減．水産海洋研究会報．39，134-135（1981）

17) 久保治良：1984年冬・春期の常磐南部から鹿島灘における生物の特異現象．水産海洋研究会報．46，132-135（1984）

18) 稲田伊史，橋本良平：東北海区における底びき網の漁獲性能の比較．東北水研研報．54，67-72（1991）

19) 岩手県林業水産部：昭和59年（1984年）岩手県沿岸域における異常低水温と水産生物への影響．岩手県普及課資料．39，1984．103p.

20) Saetersdal, G. and Loeng, H. : Ecological adaptation of reproduction in Arctic cod. *In* the Proceedings of the Soviet-Norwegian Symposium on : Reproduction and recruitement of Arctic cod (Godo, O. R. and Tilseth, S., eds), 13-35. Institute of Marine Reseach, Bergen, Norway (1984)

21) Ellertsen, B., Fossum, P., Solemdal, P., Sundby, S. and Tilseth, S. : Environmental influence on recruitment and biomass yields in the Norwegian Sea ecosystem. *In* Large marine ecosystem : Process, and yields. (Sherman K., Alexander, L. M. and Gold, B. D., eds.). 19-35. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C. (1990)

22) NOAA : FOCI, Fisheries-Oceanography Coordinated Investigation, Progress and Plans. U. S. Department of Commerce, 1988, 34p.

23) NOAA : FOCI, Fisheries-Oceanography Coordinated Investigation, Status Report. U. S. Department of Commerce, 1991, 70p.

北水試研報　42，241－250（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

Demersal fish assemblages and macro habitat niche overlaps among gadiform dominant species off Sendai Bay, north Japan*1

Orio YAMAMURA*2, Tadashi INADA*3 and Kenji SHIMAZAKI*2

The analysis of the structure of the domersal fish community off Sendai Bay was made based on a total of 30 trawl samples collected at the depths of 100-500 m. The samples were grouped both by cluster and principal component analyses into three distinct faunal assemblages, more than 70% of which were dominated by one of the following three gadiform species : Threadfin hake *Laemonema longipes*, Pacific cod *Gadus macrocephalus* and walleye pollock *Theragra chalcogramma*. The macro habitat niche overlaps among the three dominant species were generally low : 73 out of 75 of the size class pairs showed overlaps of less than 40% in Schoener's index. A simple comparison of water temperatures and the tolerable temperature ranges of the dominant species suggested some biological interactions between Pacific cod and walleye pollock.

INTRODUCTION

A goal of community ecology is to clarify the mechanism of organization and maintenance of communities. Accordingly, analyses of community structure should be accompanied or followed by studies on interspecific relationships. The structure of offshore demersal fish communities have been studied in various areas extending from tropical (Fager and Longhurst[1] ; Bianchi[2]) to antarctic (Tiedetke and Kock[3]) and arctic (Mito[4]) waters. Most of the studies, however, have only described the patterns of assemblages, and offered little insight to interspecific interaction. This is contrast to the excellent studies on coastal or reef communities (e.g. Sale[5] ; Livingston[6] ; Thorman and Wiederholm[7] ; Norton[8]), in which the mechanism of community organization and maintenance are dealt with.

Such a contrast may be the result of the methodological disadvantages of offshore studies in data collection. In contrast to the coastal environments, where one is able to

Accepted : January 25, 1993. Contribution A224 from Hokkaido Fisheries Experimental Station.(報文番号　A224，1993年1月25日受理)

* 1　仙台湾沖合における底生魚類群集とタラ目優占種の生息場所重複(Contribution No.273 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University : 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第273号)
* 2　Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan.(山村織生，島崎健二：北海道大学水産学部北洋水産研究施設海洋生態学部門)
* 3　Hachinohe Branch, Tohoku National Fisheries Research Institute, Fishery Agency, 25-259 Shimomekurakubo, Hachinohe, Aomori 031, Japan.(稲田伊史：東北区水産研究所八戸支所)

deal with the microhabitat use by species or interference among individual fish through visual observation and fine scale sampling, the methods of sample collection in offshore studies are limited to net sampling which can evaluate only the large scale distribution pattern of organisms. However, the estimation of macro habitat niche overlap is possible even in the offshore community if one employs an adequate sampling scale (e.g.Macpherson[9]) .

The area off the Tohoku region, including the study area, is the southern margin of northern fishes. This area has been the target of intensive fishing activities : in this decade the offshore trawlers in this area have yielded more than 300 metric tons of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* every year. Since 1989, the Tohoku Regional National Fisheries Research Institute established a comprehansive long term sampling program of demersal fishes off Sendai Bay to monitor the year to year fluctuation in fish abundance, and to clarify the causations. In this paper, we separate the research area into a few homogeneous faunal assemblages based on the data collected in the first year of the research program. We then made a simple judgment whether the distribution patterns of the dominant species of the assemblages reflect the ecological interaction among them or merely respond to physical environment.

2. MATERIALS AND METHODS

Data used in this study were obtained from the cruise of R/V TANSHU-MARU 89-02 (May 24/89−June 5/89) , conducted by the Fishery Agency. The study area, shown in Fig. 1 , was the lower continental shelf and the upper continedtal slope off Sendai Bay, northern Japan. It is delineated by the latitudes 37° N and 38° N and 100 m and 500 m isobathes. A stratified random sampling design was utilized based on depths and latitudes. The sampling gear used was a bottom trawling net. Its mesh sizes in the wings ranged from 18mm stretched mesh near the head rope to 90mm near the cod end with a codend liner of 18mm stretched mesh. At each station, a tow of 30 minutes duration at a ship speed of 3.3 kt was made during the daytime. For each tow, catches were identified to species, and the total biomass of each species was weighed on board. At the end of each tow, bottom temperature and salinity were measured using a salinity temperature probe.

As a measure of similarities between samples, we used the similarity index (T) of Schoener[10]:

$$T = 1 - 0.5 \sum_{i} | p_{ik} - p_{ij} |$$

$$= \min \Sigma \, (p_{ik}, \, p_{ij}) \qquad (1),$$

where p_{ik} and p_{ik} are the proportions by weight of species k for pairs of samples i, j. For the calculation of the index, some dominant species were divided into graduated 10cm size classes to take the ontogenetic change of distribution (Macpherson[9]) into account. The species which occurred in only a single sample and pelagic and mesopelagic species were

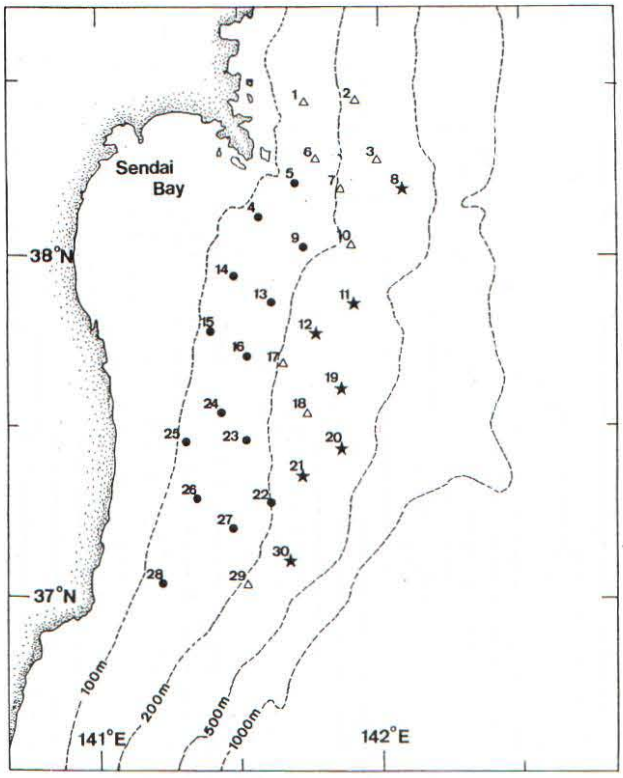


Fig. 1. Chart showing location of the 30 sample collection sites off Sendai Bay during May and June, 1989. Symbols indicate groups separated by the cluster analysis : station group A [●], station group B [△] and station group C [★].

discarded from the data set.

The samples were classified by cluster analysis using CLUST (Tanaka et al.[11]). A group-average sorting method algorithm was used. There are some disadvantages of clustering such as forcing graded series of samples into descrete clusters (Field et al.[12]). Gauch[13] therefore proposed to apply substantially different techniques such as ordination. Accordingly, we also applied principal component analysis using PCA (Tanaka et al.[11]) . The data set was log-transformed to remove skewness (Taylor[14]). The clusters which were clear on the principal component axes were considered to be consistently different in species composition.

Finally, we examined the habitat niche overlaps among size classes of dominant species using Schoener's index. In this case, p_{jk} and p_{ij} in the formula (1) were relative abundances of *k*th and *j*th species at *i*th sample. Following Ross[15], overlap values of more than 0.4 were regarded as considerable.

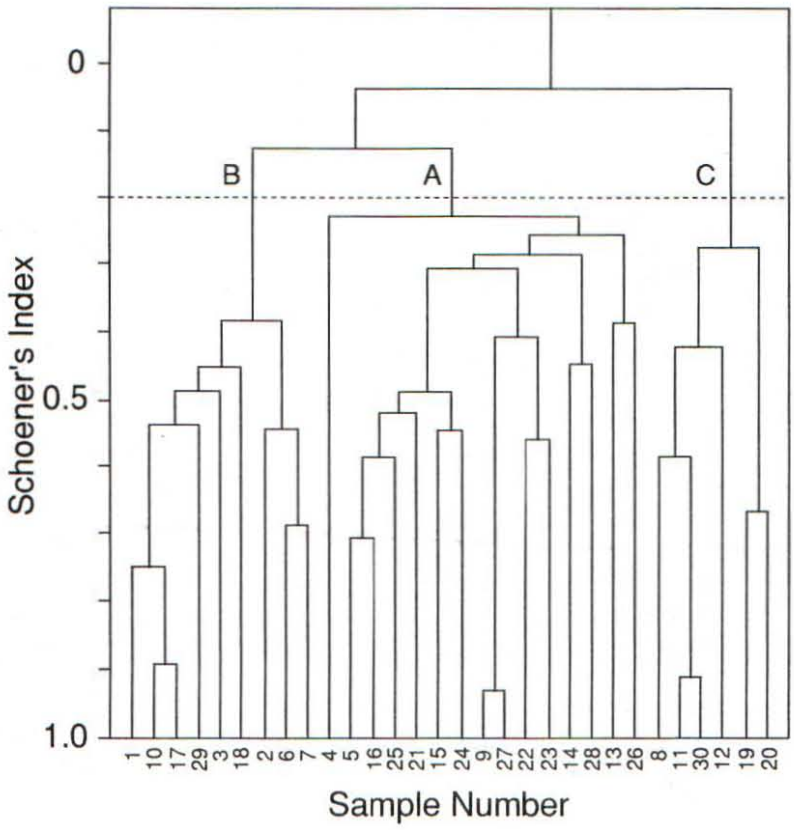


Fig. 2. Dendrogram showing result of the cluster analysis of 30 samples based on species composition.

RESULTS

A total of 11 orders, 28 families, 57 genera and 61 species were identified. From the data set, 11 species which were considered as pelagic or mesopelagic, and 13 species which occurred only in a sample were omitted. Threadfin hake, *Laemonema longipes* was the most abundant (48.9%) in total weight followed by pollock, *Theragra chalcogramma* (22.8%) and Pacific cod, *Gadus macrocephalus* (20.9%). These three northern gadiform species accounted for 92.6% of the total fish biomass. One of the three species was dominant in every sample.

The cluster analysis revealed three groups (A-C) at a 20% level of similarity (Fig. 2). The geographic distribution of the clusters and the species composition of the clusters are shown in Fig. 1 and Table 1, respectively. There was no area of overlap among the clusters. Each cluster was dominated by one of the three dominant gadiform species.

Cluster A comprised samples collected from a wide range of water (106 - 357 m). However, it mainly (thirteen out of fifteen) consisted of samples from the shelf part

Table 1. Species composition of station groups revealed by the cluster snalysis. Three dominant gadiform species are divided into four 10cm size classes. Mean depth and bottom temperature for each station group are also given.

Station group		A	B	C
Depth(m, mean±SD)		161±62	242±56	409±44
Temp. (℃, mean±SD)		6.4±1.3	6.3±1.6	3.3±0.7
Fish Species				
Squalus acanthias		0.39	0.03	-
Hydrolagus barbouri		-	-	1.77
Clupea pallasii		0.44	-	-
Pterothrissus gissu		0.75	0.06	-
Notacanthus chemnitzi		0.18	-	-
Simenchelys parasiticus		0.08	-	-
Physiculus maximowiczi		4.08	1.15	0.14
Laemonema longipes	(-3)	+	1.02	1.24
Laemonema longipes	(-4)	+	0.29	51.01
Laemonema longipes	(-5)	+	0.29	33.72
Laemonema longipes	(5-)	-	-	3.66
Gadus macrocephalus	(-3)	22.61	1.93	-
Gadus macrocephalus	(-4)	10.62	6.04	0.22
Gadus macrocephalus	(-5)	24.08	13.88	1.88
Gadus macrocephalus	(5-)	18.80	2.58	0.87
Theragra chalcogramma	(-3)	0.04	1.44	-
Theragra chalcogramma	(-4)	2.55	27.37	0.05
Theragra chalcogramma	(-5)	3.75	39.31	0.20
Theragra chalcogramma	(5-)	3.86	1.39	-
Caelorinchus macrochir		1.66	0.01	+
Lateolabrax japonicus		0.40	0.02	+
Scombrops boops		0.04	0.01	-
Suruga fundicola		0.04	-	-
Lumpenella longirostrlis		-	-	0.42
Stichaeus grigorjewi		0.39	0.08	-
Allolepis hollandi		+	-	0.12
Zestichthys tanakai		+	0.11	3.23
Sebastes minor		0.06	-	-
Sebastolobus macrochir		-	-	0.89
Hexagrammos otakii		0.76	0.05	-
Hemitripterus villosus		1.60	0.14	-
Cottiusculus schmidti		0.02	+	-
Alcichthys alcicornis		0.45	-	-
Dasycottus setiger		-	-	0.03
Malacocottus zonurus		-	0.12	0.04
Liparis tessellatus		0.60	-	-
Careproctus rastrinus		+	0.02	0.08
Hippoglossoides dubius		0.06	0.41	0.43
Dexistes rikuzenius		0.97	-	-
Clidoderma asperrimum		-	0.11	-
Microstomus achne		0.73	2.12	-

+: <0.01%

(<200 m) of the study area. This cluster was dominated by Pacific cod (76.1%) followed by walleye pollock (10.2%) and Brown hake, *Physiculus maximowiczi* (4.1%).

Cluster B combined samples collected in the intermediate depths spanning over 159-320m. Walleye pollock was dominant this cluster (69.5%), which was followed by Pacific

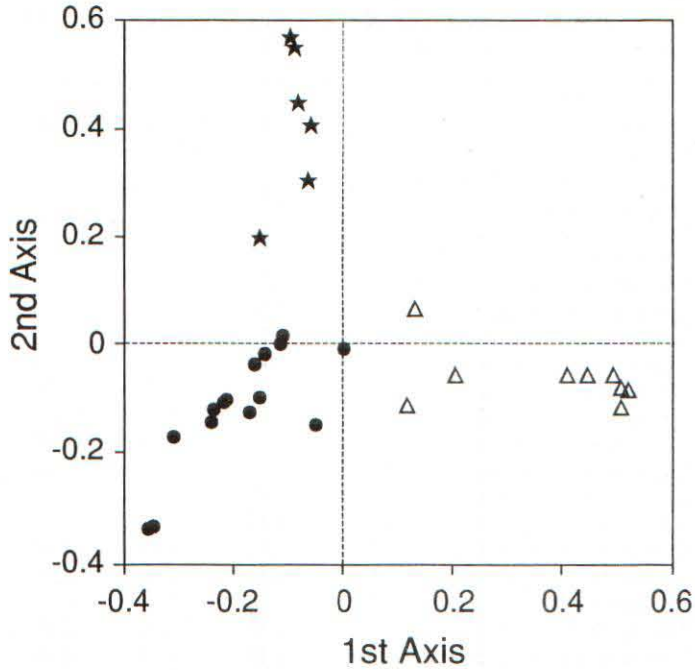


Fig. 3. Ordination plot of 30 samples on the first two axes of principal component analysis. Sample groups suggested by the cluster analysis are coded as station group A [●], station group B [△] and station group C [★].

	TH(≤3)	TH(-4)	TH(-5)	TH(>5)	PC(≤3)	PC(-4)	PC(-5)	PC(>5)	WP(≤3)	WP(-4)	WP(-5)	WP(<5)
TH(≤3)												
TH(-4)	.64											
TH(-5)	.66	.89										
TH(>5)	.06	.06	.14									
PC(≤3)	+	+	+	+								
PC(-4)	.02	.02	.02	-	.40							
PC(-5)	.02	.03	.04	-	.38	.77						
PC(>5)	.01	.02	.03	-	.36	.36	.52					
WP(≤3)	-	-	-	-	.01	.02	-	.03				
WP(-4)	.01	.01	.01	+	.18	.25	.25	.15	.15			
WP(-5)	.05	.01	.01	-	.18	.50	.45	.11	.04	.58		
WP(>5)	.12	+	+	-	.11	.12	.12	.27	-	.06	.11	

■ >0.60
▨ 0.41~0.60
▩ 0.21~0.40
□ ≤0.20

Fig. 4. Matrix of Schoener's index showing intra- and interspecific babitat niche overlaps among 10㎝ size classes of the three dominant fishes based on the 30 samples : TH ; Threadfin Hake, PC ; Pacific Cod, WP ; Walleye Pollock, +;〈0.01%

cod (24.4%).

Cluster C was made up by samples collected at stations deeper than 340 m. The dominant species in this cluster was threadfin hake (89.8%). Jelly eelpout, *Zestichthys tanakai* was second in abundance making up 3.2% of the total biomass.

In the principal component analysis, the first and second principal component axes described 27.6% and 20.9% of the total variation, respectively (Fig. 4). The symbols on the figure show samples that were grouped together by the cluster analysis. The different groups outlined in the cluster analysis are readily apparent on the plot of the two ordination axes (Fig. 4). The groups show no area of overlap. This fact shows that the species composition of the groups are consistently different.

The similarity matrix showing interspecific habitat overlap values among size classes of the three dominant species are given in Fig. 5. Of the 48 interspecific pairs, only two pairs, 401-500mm size class of walleye pollock versus middle sized (301-400mm and 401-500mm) cod, showed significant overlap (0.45 and 0.50, respectively). No pairs of threadfin hake versus Pacific cod or threadfin hake versus walleye pollock showed overlap more than 20%.

Discussion

The study area was separable into the three faunal assemblages (i.e. station groups) by both statistic techniques employed. The groups showed no area of overlap in their geographical distribution, therefore it is acceptable that they indicate disparate faunal assemblages. All the samples were dominated by one out of the three Gadiform species, Pacific cod, walleye pollock and threadfin hake. These species constituted more than 70% of each assemblage in bimass. These facts indicate that the clusters merged reflecting the abundance of dominant species in the samples. Consequently, the clusters A, B and C signify the main habitats of Pacific cod, walleye pollock and threadfin hake, respectively. Therefore the structure of the demersal fish community in the present study is certainly defined by the three dominant species. In other words, the observed distribution pattern of faunal assemblages was established reflecting the low habitat overlaps among dominant species : as shown in Fig. 5 , 46 out of 48 pairs of size classes showed no considerable (<40%) interspecific habitat overlaps.

There are several factors which would promote the observed distribution pattern of dominant species. The possible factors are roughly divided into the following : 1) physical environment - the differences by species in tolerable or preferring ranges of various physical paremeters promote different distribution on pattern; 2) biological interactions - the interacting organisms such as competitor, prey or predator cause unhomogeneous distribution of a species.

We have insufficient data to determine which factor was operative, however, the data on the principal physical parameters, depth and temperature, are available. The

examination of the parameters partly answer the above question. If a pair of species is distributed in physically disparate habitats, then the species are considered to be responding to their physical environments rather than reflecting their interspecific interaction. Oppositely, when a pair of species with low habitat overlap is distributed in the environments of same or similar physical properties, then some factors other than the physical environment are suggested. Although we did deal with temperature, did not deal with depth, because all of the three species are tolerable to the depth range of the present study, 100-500m (e.g. Maeda[16];Ronholt, et al.[17];Bakkala[18];our unpublished data).

The mean water temperatures (±SD) were 6.7±0.9℃, 6.4±1.6℃ and 3.2±0.7℃ for the main habitats (i.e. assemblages) of Pacific cod, walleye pollock and threadfin hake, respectively. Whereas the mean temperatures of habitats for Pacific cod and walleye pollock showed no significant difference, the mean temperature for the threadfin hake's habitat was significantly lower ($P<0.01$, ANOVA). This reflects the relatively low maximum tolerable temperature of threadfin hake : our unpublished data shows this maximum temperature is ca. 4 ℃ while that for Pacific cod and walleye pollock is ca. 8 ℃ or higher (Moiseev[19] ; Westerheim and Tagart[20] ; Inada and Murakami[21]) .

It is therefore inferred that the distribution of threadfin hake in the present study area is determined by water temperature rather than by species interaction. In other words, the onshore impingement of threadfin hake from slope to shelf is prevented by high water temperature (>4 ℃) and is not prevented by the exclusive competition. On the other hand, the mean temperature for the habitats of Pacific cod and walleye pollock were very similar. This fact suggests some interaction between these species as reported from various areas : predation on walleye pollock by Pacific cod (Mito[22] ; Livingston, et al.[23] ; Wakabayashi[24] ; Tokranov and Vinnikov[25] ; Yamamura, et al.[26]), and food niche overlap (Livingston, et al.[23]) which should promote habitat segregation. The diet of both species, which is in the process of examination, will help explain such relationships.

In this study, we have clarified that threadfin hake have slight interaction between Pacific cod and walleye pollock. According to Mills[27], an important part of any difinition of biological community is the interaction of species with other species and their environment. Furthermore, McKelvie[28] claimed "if interactions are inconsequential then communities per se do not exist and species assemblages are random associations". Following their definitions of communities, we propose the two following communities, the lower shelf community and the upper slope community. In the former, biological interaction between Pacific cod and walleye pollock was suggested. This interaction will be elucidated through analysis of trophic relationship. Such information will enhnce comprehension of the mechanism of organization and maintenance of offshore communities.

Acknowledgments

We are grateful to the officers and crew of R/V TANSHU-MARU for their cooperation on the sea. We thank Drs. H. Ogi and Y. Sakurai for their encouragements. This study was supported in part by Grant-in aid (Bio Cosmos Program) from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (BCP 94 - IV- C - 2).

References

1) Fager, E. W. and Longhurst, A. R. : Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 25, 1405-1421. (1968)

2) Bianchi, G. : Demersal assemblages of the continental shelf and upper slope of Angola. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 81, 101-120 (1992)

3) Tiedetke, J. E. and Kock, K. H. : Structure and composition of the demersal fish fauna around Elaphant Island. *Arch. Fish. Wiss.*, 39, 143-169 (1989)

4) Mito, K. : Food relationships in the demersal fish community in the Bering Sea. I. Community structure and distributional patterns of fish species. *Res. Inst. Nor. Pac. Fish., Hokkaido Univ.*, Spec. vol., 205-258 (1977)

5) Sale, P. G. : Maintenance of high diversity in coral reef fishes. *Amer. Nat.*, 111, 337-359 (1977)

6) Livingston, R. J. : Trophic organization of fishes in a coastal seagrass system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7, 1-12 (1982)

7) Thorman, S. and Wiederholm, A. : Seasonal occurrence and food resource use of an assemblage of nearshore fish species in the Bothnian Sea, Sweden. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10, 223-229 (1983)

8) Norton, S. F. : Habitat use and community structure in an assemblage of cottid fishes. *Ecology*, 72:(6), 6 (1991)

9) Macpherson : Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4, 183-193 (1981)

10) Schoener : Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51: (3), 408-418 (1970)

11) Tanaka, Y., Tarumi, T. and Wakimoto, K. eds. : I. Multivariate analyses. Handbooks for statistical analysis by personal computers. Tokyo, Kyoritsu, 1984, 403p.

12) Field, J. G., Clarke, K. R. and Warwich, R. M. : A practical strategy for analysing multispcies distribution patters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8, 37-52 (1982)

13) Gauch, G. H. : Multivariate analysis in community ecology. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1982, 298p.

14) Taylor, C. C. : Nature of variability in trawl catches. *Fish. Bull. U. S.*, 54, 145-166 (1953)

15) Ross, S. T. : Resource partitioning in fish assemblage : a review of field study. *Copeia*, 1989, 352-388 (1986)

16) Maeda, T. : Life cycle and behavior of adult pollock (*Theragra chalcogramma* [Pallas]) in water adjacent to Funka Bay, Hokkaido Island. *Bull. Int. Nat. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 45, 39-65 (1986)

17) Ronholt, L. L., Wakabayashi, K., Wilderbuer, T. K., Yamaguchi, H. and Okada, K. : Ground fish resource of the Aleutian Island waters based on the U. S.- Japan trawl Survey, June-November 1980. *Bull. Int. Nat. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 48, 1-251 (1986)

18) Bakkala, R. G. : Pacific cod of the eastern Bering Sea. *Int. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 42, 157-179 (1984)

19) Moiseev, P. A. : The behavior of the Pacific cod in various zoogeographical areas. *Zool. Zh.*, 39, 558-562 (1960)

20) Westerheim, S. J. and Tagart, J. V. : Bathymetric distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) off British Columbia and Washington State. *Bull. Int. Nat. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 42, 189-199 (1984)

21) Inada, T. and Murakami, M. : Flutuations of walleye pollock and Pacific cod resources and bottom temperature in the waters off the Tohiku Region of Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 42. (in press)

22) Mito : Food relationship among benthic fish populations in the Bering Sea on the *Theragra chalcogramma* fishing ground in October and November of 1972. Master Thesis, Hokkaido University, Hakodate, 135p.

23) Livingston, P. A., Dwyer, D. A., Wencker, D. L.,Yang.,M. S. and Lang, G. M. : Trophic interactions of key fish species in the eastern Bering Sea. *Bull. Int. Nat. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 47, 49-65 (1986)

24) Wakabayashi, K. : Interspecific feeding relationships on the continental shelf of the eastern Bering Sea, with special reference to yellow fin sole. *Bull. Int. Nat. Nor. Pac. Fish. Comm.*, 47, 3-30 (1986)

25) Tokranov, A. M. and Vinnikov, A. B. : Diet of the Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, and its position in the food chain in Kamchatkan coastal. *J. Ichthyol.*, 31, 84-98 (1991)

26) Yamamura, O., Watanabe, K. and Shimazaki, K. : Feeding habits of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, off eastern Hokkaido, north Japan. *Proceedings of the NIPR Symposium on Biology.*, 6, 44-54.

27) Mills, E. L. : The community concept in marine zoology, with comments of continua and instability in some marine communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 26, 1415-1428 (1969)

28) McKelvie, D. S. : Discreteness of pelagic faunal regions. *Mar. Biol.*, 88, 125-133 (1985)

北水試研報　42，251－264（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

コマイの年齢と成長

陳　　二　郎[*1]，桜　井　泰　憲[*2]

Age and growth of saffron cod (*Eleginus gracilis*)

Are-Lang CHEN[*1] and Yasunori SAKURAI[*2]

Age and growth of saffron cod were studied using a total of 2,495 individuals collected from the eastern coast of Hokkaido (Nemuro Bay and Pacific waters) and the Kamchatka Peninsula. Examination of cross sections of the otoliths from 709 individuals showed that the translucent zone was an annual growth ring formed during November and March. Age determination revealed that almost all fish attained first maturity by age 2, including individuals whose growth was fairly slow. The first spawning groups of 2 year olds in eastern Hokkaido was estimated to compose more than 90% of the population.

The Bertaranffy growth equations derived from mean body length (mm) at each age by locality were as follows.

Nemuro Bay　　$L_t=403\ [\ 1-e^{-0.583\ (t\ +\ 0.048)}\ ]$

Pacific waters　　$L_t=375\ [\ 1-e^{-1.167\ (t\ +\ 0.410)}\ ]$

(t : estimated age)

Kamchatka Peninsula　　$L_t=391\ [\ 1-e^{-0.400\ (t\ +\ 2.265)}\ ]$

$t=t'-2$ (t' : estimated age)

It was suggested that the fish in Hokkaido had greater growth rates and lower age at maturity than populations in northern waters.

はじめに

コマイ*Eleginus gracilis*（Tilesius）は，北極海のヨーロッパ方面に生息するnavaga，*E. navaga*とともに，1属2種をなす沿岸性の小型のタラ科魚類であり，マダラ，スケトウダラについで北部太平洋海域沿岸では主要な漁獲対象種になっている。本種の主たる分布域は，北米側ではビューフォート海，チュクチ海，およびベーリング海の沿岸にわたっており，一方アジア側では，ロシアのチュクチ海から千島列島，サハリン周辺海域および日本海のピョートル大帝湾に至る広大な沿岸域に生息している[1-6]。また，日本周辺海域では北海道のオホーツク海側沿岸や根室湾，太平洋側の根室半島から北海道南部の噴火湾に至る沿岸域に分布し

報文番号　A225（1993年1月25日受理）
* 1　函館製網船具㈱（Hakodate Seimo Sengu Co., Ltd., Minato-cho, Hakodate 041, Japan）
* 2　北海道大学水産学部（Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）

ている[7-9]。

これまで，コマイの生物学的特性に関しては，その資源的豊度の高いロシア側の海域において年齢構成，産卵期の長さ，回遊海域，成長，食性，一次生産と資源量の経年変動との関係などが調べられてきた[4,6,10,11]。しかし，本種個体群の生活史についての詳細な研究は極めて乏しく，2～3齢で成熟すること，産卵は沿岸や汽水性の湖沼などにおいて，主に海面が結氷する1月を中心としたごく短い期間内に行われることなど，断片的な知見が得られているにすぎない。また，生物学的あるいは資源学的な解析の基礎となる耳石や鱗による年齢査定の有効性も明確にされていない。

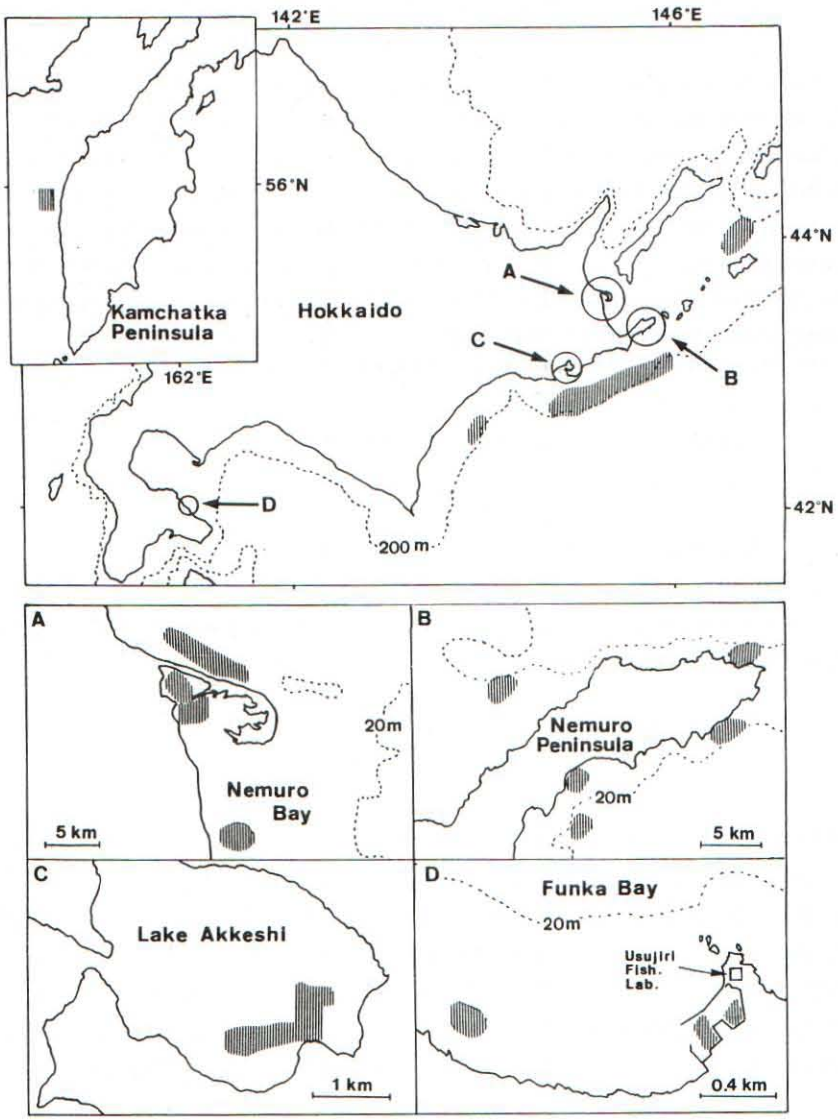


Fig. 1. Locations of sampling areas of Hokkaido and Kamchatka. Stripes indicate sampling areas.

本研究では，コマイの生活史を明らかにすることを最終の目的として，まず，主に道東太平洋および根室湾海域から得られたコマイを用いて，樹脂包埋による耳石薄片法の精度を検討し，その年齢査定法に基づいて年齢構成および成熟年齢を調べ，さらに北米，ロシア海域に分布する個体群について，既往の知見も含めて年齢と成長の関係を比較検討した。

材料と方法

本研究で使用したコマイは，1976年9月にカムチャッカ半島の西岸沖（55°40′N，155°00′E）において，北海道区水産研究所の底魚調査によって採集された83個体，1982年7～10月に噴火湾沿岸の臼尻において，釣りによって採集された幼魚274個体，さらに1979年12月，1984年10月～1987年3月までの主として冬を中心として，道東太平洋から南千島周辺にかけての沖合における底曳網によって採集された542個体，根室半島周辺，野付半島周辺海域および太平洋側の厚岸湖における建網，氷下待網，刺網および釣りによって採集された1,596個体の計2,495個体である（Fig. 1）。

採集したコマイは，実験室に持ちかえり，被鱗体長（以下体長と呼ぶ：BL）を測定した後，開腹して雌雄とそれぞれの未熟，成熟の判別を行った。採集魚のうち709個体から耳石を取り出して，左右の耳石長（長径㎜）と耳石重量（㎎）を測定した後，蒸留水または50%グリセリン中に保存した。

耳石包埋標本の作成には小型の製氷ケースを用いた。ケース内に半透明のポリエステル樹

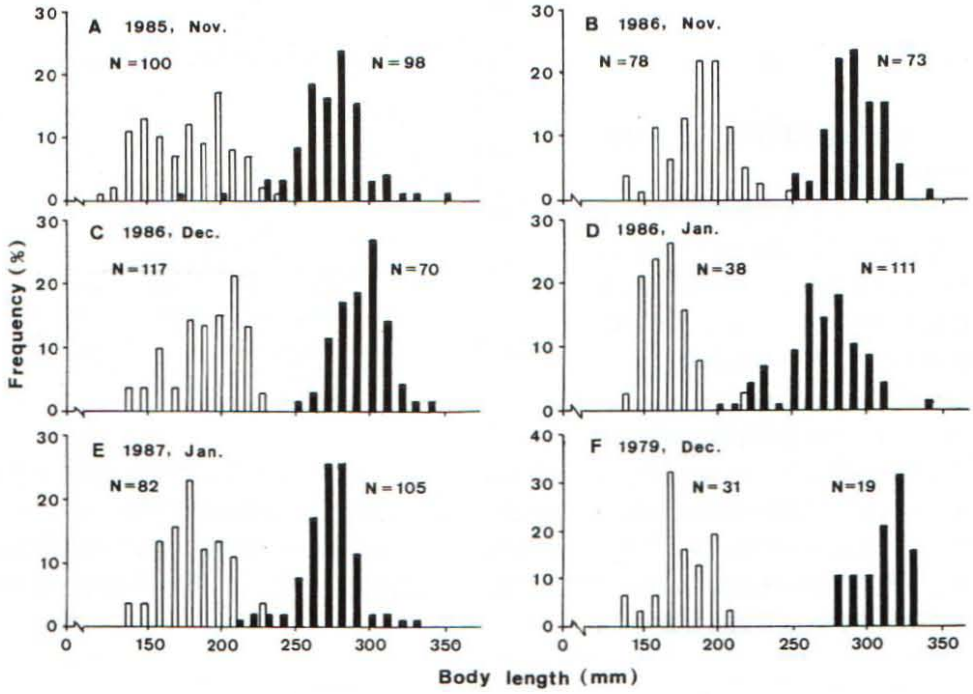


Fig. 2. Frequency distribution of body length of immature (open bars) and mature (solid bars) saffron cod collected from the Nemuro Bay and Lake Akkeshi during winter period.

脂（プラキャストPI）を流し込み，硬化剤（パーメックN）および硬化促進剤（E）を添加し，約40℃の恒温器内で24時間かけて硬化させて土台を作成した。さらに，この上に耳石を並べて，再び樹脂浸漬と高温硬化を前と同じ時間をかけて行ってブロックを作成した。これらブロックは，小型硬組織切断器（マルトーカッターMC101D）にて耳石中央部の短軸方向に0.5－0.7㎜の厚さで切断し，ついで研磨器（マルトーMC101）あるいは水を張った平板な容器内の耐水研磨紙上で，厚さ0.2㎜前後に研磨した。作成した耳石薄片標本をスライドグラスに接着させ，乾燥を防ぐために表面にサラダ油を塗り，実体顕微鏡で暗視野の状態で，耳石輪紋の読み取りを行った。

結　　果

1．体長組成の季節変化からみたコマイの成長

1．1　冬の体長頻度分布

産卵期とその前後の12～3月にかけて漁獲されたコマイは，採集年度や海域に関わりなく，その体長組成は未成熟魚と成熟魚に分かれる明瞭な2峰型から成っていた（Fig. 2）。これらの魚群において，未成魚群の体長モードはいずれも170～210㎜であった。また，成魚群では根室湾海域から採集されたもので260～300㎜（Fig. 2－A～E），同様に太平洋側の厚岸湖で320㎜（Fig. 2－F）と後者の方がやや大きかった。これらの体長モードの中で未成魚群ではほぼ単峰型を示すことから，同一年級群で，かつ1齢魚である可能性が高い。そこで，夏から冬にかけての幼魚の季節的な成長過程を調べた。

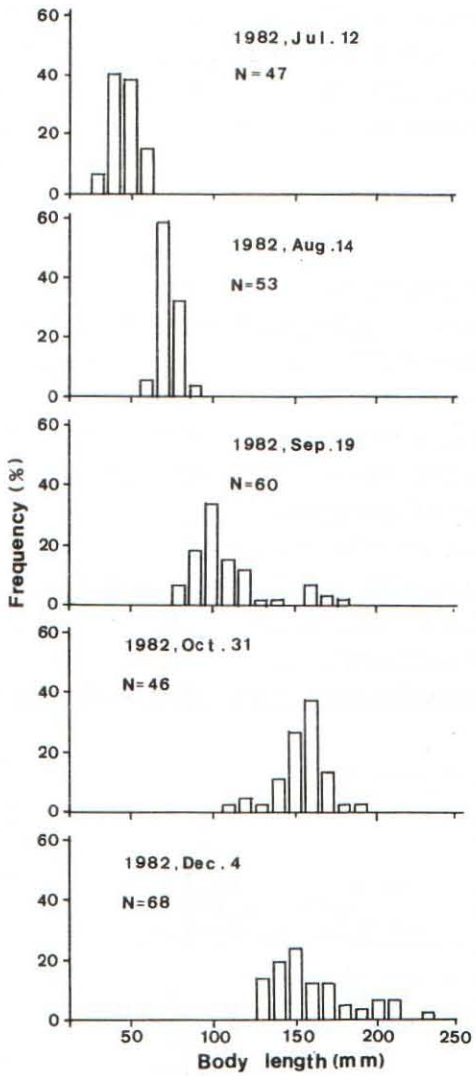


Fig. 3. Frequency distribution of body length for juvenile saffron cod collected from the Funka Bay during 1982.

Table 1. Comparison of weight and length of right and left otoliths in saffron cod.

	Sex	Totoal	Number of individuals(%) L<R	L=R	L>R
Otolith length	Male	123	54(43.9)	12(9.8)	57(46.3)
	Female	209	88(42.1)	26(12.4)	95(45.5)
Otolith weight	Male	121	48(39.7)	9(7.4)	64(52.9)
	Female	204	68(33.3)	33(16.2)	103(50.5)

1．2　夏から冬にかけての幼魚の成長

7月から12月まで，ほぼ1ケ月間隔で噴火湾の臼尻周辺海域から採集した幼魚標本の体長頻度分布をFig. 3に示した。7月上旬にはその年の春に孵化した体長40－50㎜にモードをもつ当歳魚が採集された。これらの幼魚群のモードは8月中旬で70㎜，9月中旬で100㎜，および10月下旬で160㎜と移行し，12月には150－200㎜に達した。また，7月下旬の道東太平洋海域（厚岸湾）および根室湾海域から採集された標本では，幼魚はいずれも体長モード60㎜を示し[8,12]，10月上旬には根室湾で120㎜に達していた[7]。このことから，幼魚の成長に大きな海域差はないとみられる。したがって，冬の未成魚群は1齢魚であると判断された。

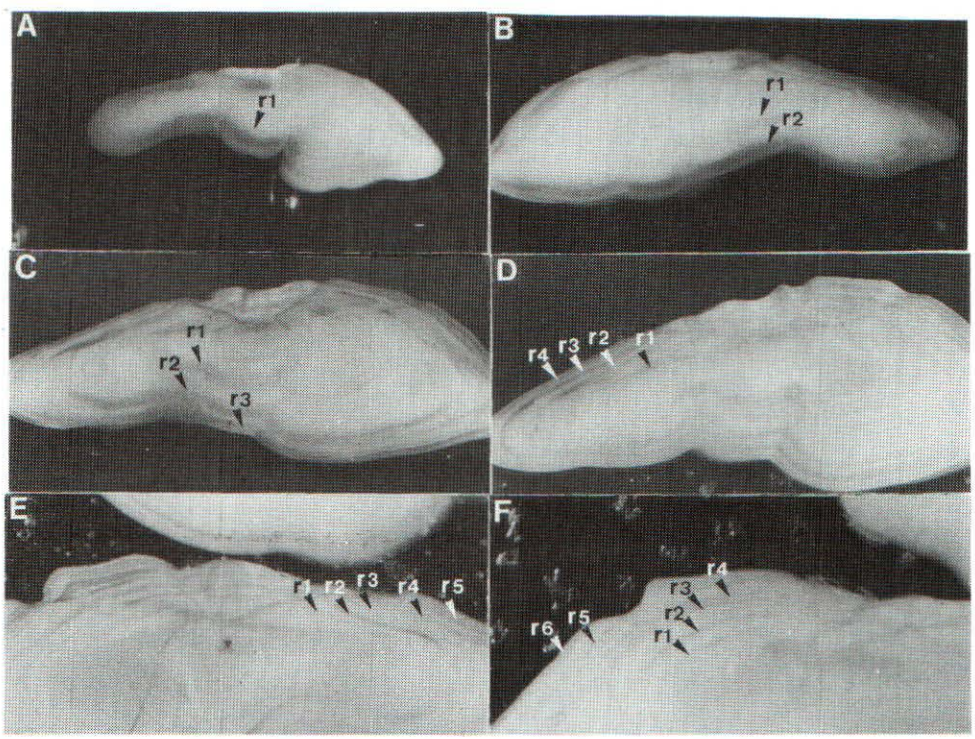


Fig. 4. Sections of the otolith of saffron cod.
A. 1-year-old, BL : 202㎜　B. 2-year-olds, BL : 278㎜
C. 3-year-olds, BL : 354㎜　D. 4-year-olds, BL : 382㎜
E. 5-year-olds, BL : 353㎜　F. 6-year-olds, BL : 367㎜

2．年齢査定

2．1　耳石の相対成長

左右の耳石の相称性について検討するため，両者の形態差を耳石長および耳石重量で比較した（Table 1）。その結果，長さおよび重量とも左右の不相称性はみられなかったため，本研究では年齢査定には左右の耳石を任意に用いた。

2．2　輪紋形成の特徴

2．2．1　未成魚

夏から秋にかけて連続採集された標本の体長組成により，1齢と判断された未成魚の耳石横断面には，いずれも核を中心とした不透明帯の外側に幅が比較的広い透明帯が形成されているのが観察された（Fig. 4－A）。これらの透明帯は，11月末に採集された個体ですでに明瞭に認められていたため，遅くとも夏から秋にかけて形成されるものと判断された。

2．2．2　成魚

Fig. 4－Bに体長範囲250－300㎜の成魚の耳石断面の中から，代表的なものを示した。例示した耳石においては，未成魚個体の耳石断面で観察された透明帯（輪紋ｒ1）が確認され，幅広い不透明帯をはさんで外縁に同心円状に明瞭な透明帯，すなわちｒ2が形成されていた。また，300㎜以上の大型魚の場合，上述した2条の透明帯よりも外縁に，やや幅が狭い透明帯が1条（ｒ3）あるいは2条（ｒ4）形成されているのが観察された（Fig. 4－C，D）。

2．2．3　輪紋形成時期

つぎに，縁辺部における透明帯，不透明帯の出現割合を，1齢以上の個体について周年を

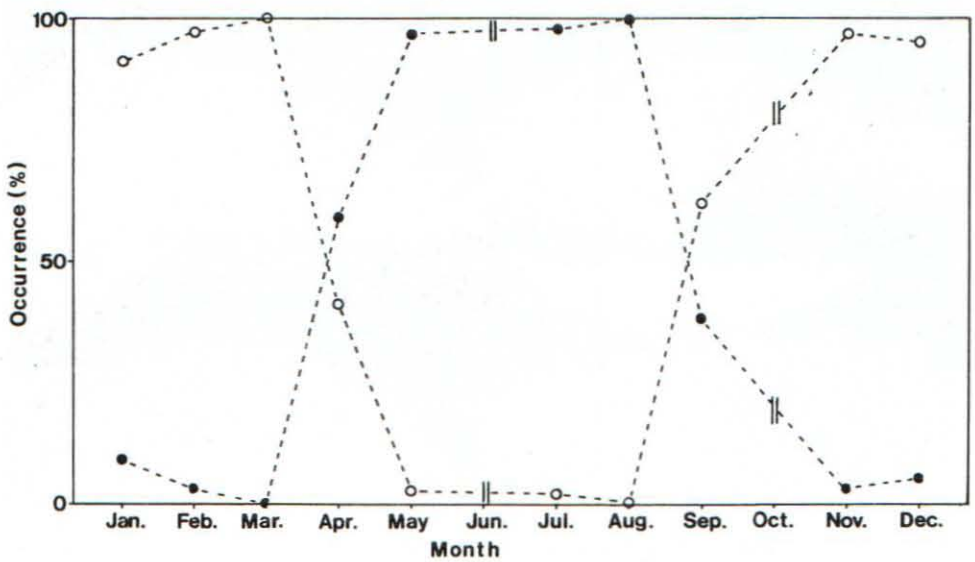


Fig. 5. Seasonal changes in percentage occurrence of otoliths with translucent edges (open circles) and opaque edges (closed circles) for saffron cod.

Table 2. Comparison of maturity and body length between 1-year-old and 2-year-olds saffron cod during winter period.

Age	Maturity	N	Body length (mm) mean	SD	Range
1	Immature	236	194	23	142～249
	Mature	4	225	9	211～234
2	Immature	0			
	Mature	129	282	26	201～351

通して各月ごとに調べた（Fig. 5）。この結果，ｒ1以外の透明帯は11～3月の間に，また不透明帯は7～8月にそれぞれ大部分の耳石の縁辺に出現しており，9～11月および4～5月がそれぞれ透明帯，不透明帯の形成期にあたるとみなされた。このことから，ｒ2以上の透明帯は，毎年秋から冬にかけて形成されることは明らかであり，これらを年輪とみなすことができる。したがって，Fig. 4－B，C，Dに示した個体は，それぞれ2，3，および4齢と判断されるため，以後この基準によって年齢査定を実施した。また，ｒ1とｒ2の間に細い透明帯が認められる個体もあったが，いずれの場合も両輪紋のほぼ中間に形成され，しかも年輪と判断した輪紋に比べて不明瞭であった。このことから，こうした輪紋は春から秋の索餌期間中に何らかの生理的変化により形成された偽輪と推定された。

なお，産卵期を中心とした12～2月に採集された成魚の中には，耳石外縁の透明帯が未形成の個体が若干みられたが，これらは透明帯形成がやや遅れているものと見なし，便宜的に読み取り年齢に1を加えて扱った。

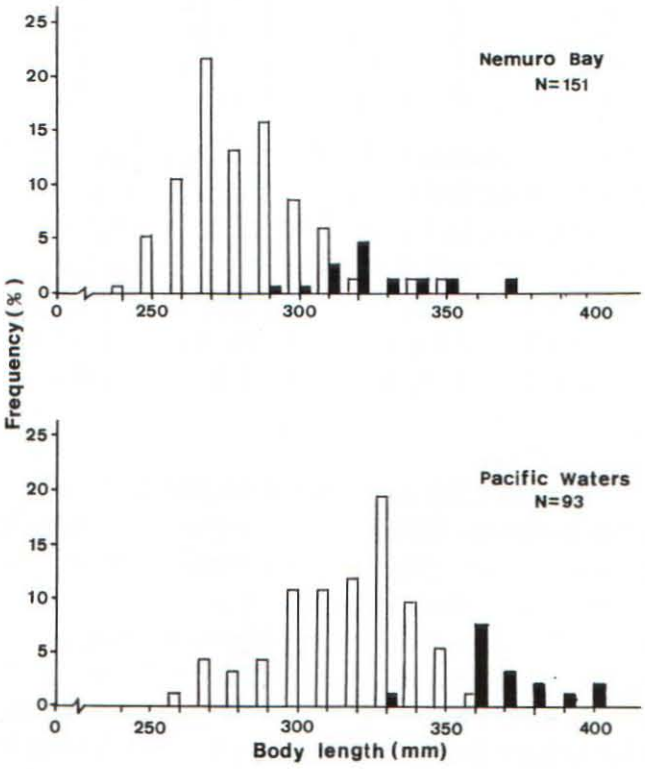


Fig. 6. Frequency distribution of body length for mature saffron cod collected from the Nemuro Bay and Pacific waters during winter period (open bars : 2-year-olds ; solid bars : more than 3-year-olds).

3．コマイの年齢と成長

3．1　成熟体長と成熟年齢

根室湾海域（野付半島北部を含む）における冬の採集

Table 3. Estimated age composition at each body length class for saffron cod collected from the Nemuro Bay and Pacific waters in Hokkaido.

Body length (mm)	Nemuro Bay				Pacific waters			
	2-year-olds		≧ 3-year-olds		2-year-olds		≧ 3-year-olds	
	N	%	N	%	N	%	N	%
200	2	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
210	4	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
220	8	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
230	16	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
240	20	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
250	76	100.0	0	0.0	2	100.0	0	0.0
260	163	100.0	0	0.0	3	100.0	0	0.0
270	172	100.0	0	0.0	13	100.0	0	0.0
280	159	100.0	0	0.0	27	100.0	0	0.0
290	99	95.2	4	4.8	51	100.0	0	0.0
300	75	92.6	6	7.4	84	100.0	0	0.0
310	35	70.0	15	30.0	95	100.0	0	0.0
320	6	23.1	20	76.9	95	100.0	0	0.0
330	0	0.0	13	100.0	87	94.6	5	5.4
340	4	50.0	4	50.0	58	100.0	0	0.0
350	4	50.0	4	50.0	15	42.9	20	57.1
360	0	0.0	3	100.0	4	25.0	12	75.0
370	0	0.0	2	100.0	0	0.0	4	100.0
380	0	0.0	1	100.0	0	0.0	1	100.0
390	0	0.0	1	100.0	0	0.0	4	100.0
400	0	0.0	0	0.0	0	0.0	5	100.0
410	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100.0

個体の中から，1齢および2齢と査定された個体の体長（平均値，標準偏差および範囲）を，未成熟魚と成熟魚に分けてTable 2に示した。この結果，1齢では大部分が未成熟であり，成熟魚は体長200㎜以上の大型個体のごく一部でみられたのみであった。一方，2齢では体長200㎜程度の成長の悪い個体も含めてすべて成熟に達していた。これらのことから，道東海域におけるコマイは，大部分が2齢で成熟に達すると結論された。このように，道東海域では初回成熟年齢がほぼ定まっているため，産卵期以外の時期における未産と経産の判別には，生殖腺組織の観察よりもむしろ耳石で査定された年齢による方がより簡便であると判断された。

3．2　道東海域におけるコマイ繁殖群の年齢構成

ある海域の繁殖群の年齢組成を明らかにすることは，資源変動や再生産力を評価する上で重要である。そこで，これまでの年齢査定結果に基づいて，冬の根室湾および道東太平洋岸に分布するコマイ成魚の年齢構成を調べた。

まず，査定結果より得られた初回産卵魚である2齢魚，および経産卵魚である3齢以上の個体の体長頻度分布を，両海域についてFig. 6に示した。そして，ここから得られた体長階級毎の2齢および3齢以上の個体の比率を，1979年および1984年から1987年の冬に採集された成魚の個体数に重みづけした（Table 3）。この結果から推算された3齢以上の個体の比率は，根室湾海域で8.0%（916個体中73個体），太平洋海域で8.9%（586個体中52個体）であった。したがって，両海域とも産卵群の少なくとも90%以上が2齢の初回産卵魚で占められていると推算された。

Table 4. Observed and calculated body length (mm) by age group for saffron cod collected from the Nemuro Bay and Pacific waters in Hokkaido, and the Kamchatka Peninsula.

Locality	Age	N	Body length (mm)			
			Observed			Calculated
			Mean	SD	range	
Nemuro Bay	1	158	184	27	130〜244	184
	2	157	282	27	201〜358	281
	3	29	331	20	302〜375	335
	4	5	366	18	338〜382	365
Pacific waters	1	126	188	16	141〜222	187
	2	85	316	25	253〜366	316
	3	17	358	25	303〜400	357
	4	3	368	9	360〜378	369
Kamchatka Peninsula	2	1	233			233
	3	47	283	18	250〜328	285
	4	20	311	26	270〜360	320
	5	12	346	21	307〜380	343
	6	2	376	33	353〜399	359
	7	1	367			370

3．3　コマイの成長

根室湾，太平洋およびカムチャッカ海域の各コマイ個体群間の成長を比較検討するため，まず，個体数の多い根室湾，太平洋海域について雌雄の成長差を調べたところ，同一海域では雌雄差は認められなかった（$P>0.5$）。そこで雌雄をまとめて年齢別の平均体長と標準偏差を求め，Table 4 に示した。道東海域の査定個体は12〜3月に得られたもので，しかもこの期間中は，例えば沿岸海域では氷点下と極めて低水温で推移しているため，体成長はほとんど無視できると考え，すべて満年齢で表した。カムチャッカ海域の個体は9月上旬に採られたものであるが，生殖腺がすでに発達を始めていたことから，採集日から冬までの体成長は無視できると判断し，査定された年齢に1を加えて，冬の産卵群の年齢と仮定して表した。

Table 4 の値に基づき，各年齢群の平均体長をWolfordの定差図に当てはめ，極限体長（L_∞），成長係数（K），定数（a）を求め，von Bertaranffyの成長式を導いた。

各成長式は以下の通りである。

根室湾海域：　$L_t = 403\ [\ 1 - e^{-0.583\,(t+0.048)}\ ]$

太平洋海域：　$L_t = 375\ [\ 1 - e^{-1.167\,(t+0.410)}\ ]$

（t＝査定年齢）

カムチャッカ海域：$L_t = 391\ [\ 1 - e^{-0.400\,(t+2.265)}\ ]$

$t = t' - 2$　（t'：査定年齢）

これらの式に基づいて，根室湾，太平洋海域およびカムチャッカ海域における成長曲線をFig. 7 に示した。根室湾，太平洋の両海域では4齢までの個体がほとんどであり，5齢以上の高齢個体は確認されなかった。また，1齢から2齢にかけての成長量は，根室湾では98mm，太平洋海域では128mmと根室湾側で比較的速い傾向がみられたものの，統計的な有意差はみられなかった（$P>0.5$）。

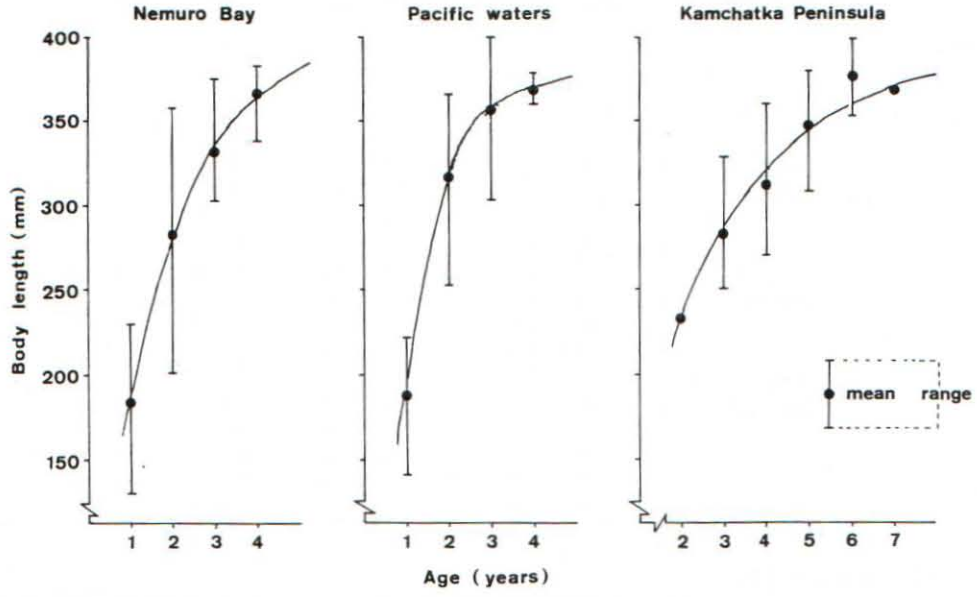


Fig. 7. Growth curves of saffron cod collected from the Nemuro Bay, Pacific waters and the Kamchatka Peninsula.

また，カムチャッカ海域の標本では，輪紋から読み取った年齢は，最高で6齢まで確認されるなど（Fig. 4－E，F），北海道海域に比べて高齢魚の占める割合が高いのが特徴的であった。しかし，例えば満3齢と4齢（加算値）における体長は，それぞれ283㎜および311㎜と比較的小さく，道東海域に比べて成長が遅い傾向がみられた。

考　　察

コマイの年齢形質については，過去に羽賀ら[13]が道東太平洋沖合の底曳網混獲物から採取した鱗と耳石をもとに記述している。この中で，鱗のridge間隔の変化から輪紋が春の体成長が始まる直前に形成されること，さらに耳石の水平断面から観察される透明帯は，基本的には年輪として鱗の粗密な輪紋に対応することが示唆されている。しかし，一般に鱗の輪紋は耳石に比べて読み取りが難しいこと[14]，あるいは高齢魚では年齢を過小評価しやすい[15]などの問題が残るため，本研究では耳石のみを用いた。

これまで，マコガレイ*Limanda yokohamae*[16]，アカアマダイ*Branchiostegus japonicus*[17]，カサゴ*Sebastiscus marmoratus*[18]などの魚類の年齢は，耳石の表面観察により明瞭に判断できることが報告されている。しかし，一般的には高齢化に伴って耳石表面における輪紋構成物質（主にカルシウム）が不均等に沈着するため[14]，タラ科魚類のような大型耳石に対しては断面観察を行うのが普通である[19-21]。コマイ属の例としては，Pokrovskaya[22]がnavagaの耳石切断面を加熱する方法によって（burning method）年輪を読み取っている。この方法はサハリン[23]，オホーツク海およびチュクチ海[3, 10]からのコマイ個体群の年齢査定に適用されているが，加熱の程度によっては年輪同士が不明瞭になったり，後の保存性が悪

いなどの欠点が多い[15]。そこで，本研究では比較的信頼性がある横断面切片の観察により査定を行った。

コマイの耳石断面の観察から，Atlantic cod[24]や，マダラ[20, 21]などでみられるのと同様の同心円状の輪紋構造が，年に1輪ずつ形成されることが明らかとなった。とくに満1齢，満2齢を示すｒ1，ｒ2は極めて明瞭であった。また，本種は他のタラ科魚類よりも低年齢で成熟し，しかも北海道海域に限れば高齢魚の割合が少ないことから，耳石は年齢形質として極めて有効であると結論できる。年齢査定の結果と冬における体長組成の頻度分布から，道東海域のコマイは1年で体長150～200㎜に達し，2年目には根室湾海域で平均で約280㎜，太平洋海域では320㎜に成長し，さらに3年目には根室湾海域で330㎜，太平洋海域で360㎜に達することが示された。この成長速度はカムチャッカ海域に比べて極めて速い。また，道東海域のコマイが産卵に参加するのは2齢からであり，1齢で成熟するのは体長200㎜以上に成長した個体のうちごく一部に過ぎないことが明らかとなった。本種の成熟年齢に関しては，その主要な分布域である北方海域における報告によると，ピョートル大帝湾では2齢個体のうち70～90%が，またオホーツク海のnagaeva湾では同様に2～17%が初回成熟し[4]，さらにベーリング海のNorton Soundでは，大部分が3齢で初成熟するとされている[25]。このうちNorton Soundの繁殖群は，Wolotira et al.[2]の成長式によると，体長は7，8月の時点で3齢の雄で218㎜，雌で231㎜に達している。この知見と本研究での成熟体長を考慮に入れると，本種の成熟に達する体サイズとして体長200～240㎜が1つの目安になると推測される。

また，道東海域における年齢構成は，根室湾側と太平洋海域側とで若干の差はあるものの，産卵群の90%以上は2齢の初回成熟群によって占められており，3齢および4齢の経産魚の占める割合が極めて低い点がこの海域の特徴である。この年齢構成は，西カムチャッカ海域（Fig. 7）を含めてオホーツク海やベーリング海の個体群の50%以上が3～5齢で占められている[3]のと対照的である。Bertaranffyの成長式による各海域の個体群の成長特性に関しては，太平洋海域の個体群で1齢の索餌期に根室湾側よりも成長がやや良い傾向がみられた他は顕著な海域差はないと判断された。

根室半島を隔てた根室湾と太平洋海域の両個体群間の交流の有無については，現時点では情報も少ないため，今後標識放流試験などの調査による解明がまたれる。

これら日本周辺やロシアカムチャッカ以外の北方海域からも，これまでに多くの個体群の存在が報告されている。そこで，これらの知見と本研究の結果を総合して，さらにそれらに年齢構成も加味して年齢と成長の海域間の比較をおこなった（Fig. 8）。ここに示した各々の成長曲線は，これまでの報告に提示された年齢と体長の値にもとづいて計算したものである。これらの比較において，過去の報告における年齢査定法にやや問題は残るが，概して道東海域の個体群が高い成長率を示し，かつ寿命が短いのに対して，北方海域では成長は緩慢でかつ寿命が長い傾向がうかがわれる。これらの傾向と年齢構成および成熟年齢に関する知見を総合すると，道東海域が高い成長率・低年齢成熟タイプで，しかも単一年級群による繁殖集団に位置づけられるのに対して，北方海域のそれは低い成長率・高年令成熟タイプで，しかも複数年級群による繁殖集団で特徴づけられる。こうした生息海域間での成長様式の相違は，各個体群の生活履歴や環境条件によってもたらされると考えられる。Chen[26]は，飼育実験により未成魚の摂食量および成長量は適水温内では比較的高水温で増大することを確かめている。コマイの分布域は極めて寒冷な極域から亜寒帯域にわたっており，その南限に

位置する北海道海域では相対的に索餌期が長いこと，索餌期の生息水温が高いことなどの環境条件が北方の寒冷な海域に比べて成長に対して有利に働いているものと思われる。また，サハリンからカムチャッカに至る各沿岸に分布する個体群でも，成長率にかなりの違いが見られるが，これらの成長差は，各海域のベントス現存量の多寡と密接に関わって生じていることが報告されている[4]。

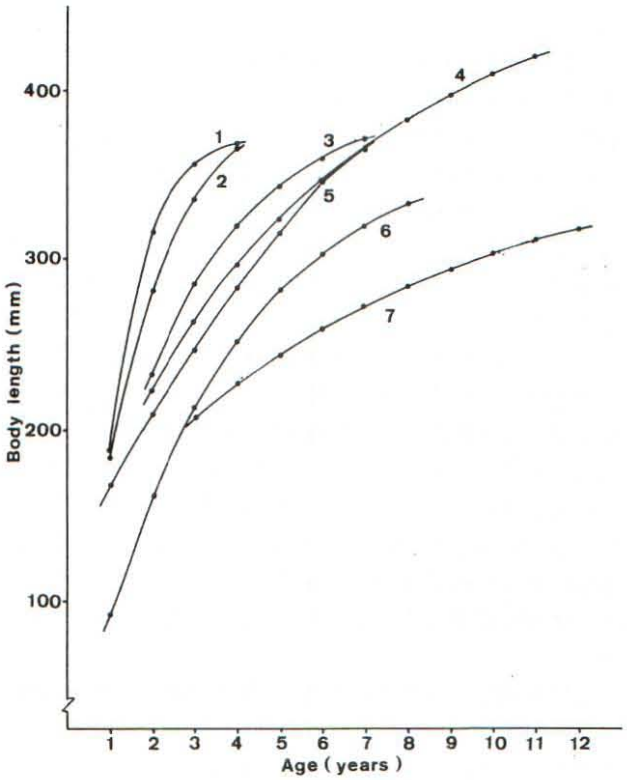


Fig. 8. Age-length relationships for saffron cod collected from various regions of North Pacific coast of U. S., Russia and Japan.
1 : Pacific waters of eastern Hokkaido
2 : Nemuro Bay
3 : Kamchatka Peninsula
4 : Yamsk Bay, Okhotsk Sea[10]
5 : Anadyr Bay[10]
6 : Chukchi Sea[25]
7 : Chukchi Sea[10]

以上のことから，各海域の海況あるいは餌生物量などの生物，物理学的な環境要因の違いが，タラ科魚類の中でも回遊域の限定されているコマイの成長，成熟年令あるいは寿命を含めた個体群特性に反映されていると想定される。

要　約

コマイ耳石による年齢査定結果に基づき，道東海域個体群の成熟年齢と年齢構成を調べ，北方海域からの既往の知見を含めて，各個体群間での年齢と成長の関係を比較検討した。

1．耳石の横断面切片を観察した結果，輪紋が年1輪できることが確認された。したがって，耳石が年齢形質として有効であることが示された。

2．1齢では，成長の良い一部の個体を除いて大部分が未熟であったが，2齢では成長の悪い個体も含めてすべて成熟していた。このことから，道東海域のコマイの大部分は2齢で成

熟すると結論された。

3．年齢査定結果から得られた根室湾，太平洋両海域における2齢および3齢以上の個体の比率を，それぞれの標本の全個体数に重みづけしたところ，両海域共に産卵群の少なくとも90%が2齢の単一年級群で構成されていると推算された。

4．年齢と成長の関係を既往の知見による北方海域の個体群のものと比較した。その結果，道東海域の個体群が高成長率・低年齢成熟タイプで，しかも単一年級群による繁殖集団であるのに対して，北方海域のそれは低成長率・高年齢成熟タイプで，かつ複数年級群による繁殖集団と特徴づけられた。

謝　辞

本研究を通して終始懇切なる御指導と御鞭撻を賜り，本論文の御校閲の労をとられた北海道大学水産学部島崎健二教授，貴重な数々の資料を御提供いただき，採集ならびに耳石標本の作成と年齢査定に際し適切な御助言をいただいた日本海区水産研究所金丸信一氏並びに北海道区水産研究所の皆様方に心から謝意を表する。

標本の採集に際しては，北海道大学水産学部付属臼尻水産実験所嵐田洋悦技官，野村潔技官ならびに高谷ミヤ氏，北海道立中央水産試験場吉田英雄博士，稚内水産試験場鈴内孝行氏，日本栽培漁業協会小浜事業場加畑裕康氏および厚岸事業場職員一同，厚岸漁業協同組合林幸四郎氏，工藤幸男氏，瀬川幹雄氏，根室漁業協同組合佐々木敏行氏，田口定雄氏，野付漁業協同組合宮越充氏ならびに職員の方々に多大な御便宜と御協力をいただいた。ここに記して心から御礼申し上げる。

文　献

1）Ratynski, R. A. : Mid-summer ichthyoplankton populations of Tuktoyaktuk harbour, N. Y. T. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1218, 1-21 (1983)

2）Wolotira, R. J. Jr., Sample T. M. and Martin M. Jr. : Demersal fish and shellfish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea and adjacent waters in the baseline year 1976. Seattle, Northwest and Alaska Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, NOAA. 1-292 (1977)

3）Semenenko, L. I. : Local population and fisheries of saffron cod in northern waters. *Izv. TINRO*, 59, 136-144 (1965) (in Russian)

4）Pokrovskaya, T. N. : Geographic variability in the biology of the navaga. *Trudy Inst. Okeanol.*, 31, 19-110 (1960) (in Russian)

5）Safronov, S. N. : Structure and abundance of Pacific navaga populations in the coastal waters of Sakhalin and Kurile islands. *Ryb. Khoz.*, 6, 32-35 (1981) (in Russian)

6）Kozlov, V. M. : The biology of the navaga and the navaga fishery in the northern part of the Tatar Strait. *Izv. TINRO*, 7, 118-144 (1959) (in Russian)

7）金丸信一：根室湾海域のコマイ（*Eleginus gracilis*）資源の特性．根室湾海域総合開発事業調査報告書．北水研，93-98（1982）

8）金丸信一：道東海域のコマイについて．漁業資源研究会議，北日本底魚部会報．3-13（1980）
9）陳二郎：コマイ未成魚のエネルギー収支．北海道大学大学院修士論文．1984，34p.
10）Semenenko, L. I. : Peculiarities of growth of the Pacific navaga. *Izv. TINRO*, 71, 97-108 (1970) (in Russian)
11）Semenenko, L. I. : Some aspects of the population dynamics and natural reproduction of the Yamsk Bay population of the navaga, *Eleginus gracilis* (Tilesius) of the Sea of Okhotsk. *J. Ichtyol.*, 13, 874-883 (1973)
12）入江隆彦：根室湾水域における魚類の生産構造．昭和56年度根室湾総合開発事業調査報告書．北水研，55-63（1982）
13）羽賀茂，石田昭夫，三上正一，谷野保夫：コマイの年齢と成長について．北水研報．15，23-28（1957）
14）Irie, T. : The growth of the fish otolith. *J. Fac. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, 3, 203-221 (1960)
15）Chilton, D. E. and Beamish R. J. : Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 60, 1-102 (1982)
16）Solomon, G. Sano M., Shimizu M. and Nose Y. : Age and growth of the pleuronectid flounder *Limanda yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 711-716 (1987)
17）林泰行：東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究　II．耳石による年齢と成長の推定．日水誌．42，1243-1249（1976）
18）水江一弘：カサゴの研究　III．カサゴの耳石に顕われる輪紋及びカサゴの成長に就いて．長大水研報．7，1-9（1958）
19）石田昭夫：北海道周辺海域のスケトウダラの年齢査定と耳石にあらわれた形質の海区による差異について．北水研報．11，36-67（1954）
20）桜井泰憲，福田慎作：陸奥湾に来遊するマダラの年齢と成長．青水増研究報告．3，9-14（1984）
21）服部努，桜井泰憲，島崎健二：マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式．日水誌．58，1203-1210（1992）
22）Pokrovskaya, T. N. : The age and growth of the navaga in the Kara Sea. *Trudy Inst. Okeanol.*, 20, 302-314 (1957) (in Russian)
23）Safronov, S. N. : Peculiarities of reproduction and principles of change in the fecundity of Pacific navaga. *Eleginus gracilis*. *J. Ichtyol.* 26, 59-68 (1986)
24）Radtke, R. L. : "Cod fish otoliths : Information storage structure." The propagation of cod *Gadus morhua* L. PART 1. Arendal, Norway, Institute of Marine Research Flodevigen Biological Station, 1984, 273-300.
25）Wolotira, Jr. R. J. : Saffon cod, *Eleginus gracilis* in Western Alaska the resource and its potential. NOAA Tech. Memo. NMFS F／NWC-79, National Marine Fisheries Service, NOAA. 1-119 (1985)
26）Chen, A. : Relation between food-intake and growth of immature saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in captivity. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 40, 228-237 (1989)

北水試研報　42, 265－272 (1993)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

Maturity and reproductive cycle based on the spermatogenesis of male Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan*1*2

Tsutomu HATTORI*3, Yasunori SAKURAI*3
and Kenji SHIMAZAKI*3

The spermatogenesis of male Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, was examined in the waters adjacent to the southern and southeastern coasts of Hokkaido, Japan, by examining histological sections of fish collected between April 1989 and September 1990.

Based on the spermatogenesis, testis maturity was histologically divided into six grades from multiplication phase (I) to spent phase (VI). Characteristics of maturity were described for correlation with gonadsomatic indices. Using this maturity, the reproductive cycle and the age at first maturation of male Pacific cod in the southern coast of Hokkaido were examined. The age at first maturation of some male Pacific cod was estimated to be three years old.

INTRODUCTION

Pacific cod, *Gadus macrocephalus*, is important as a commercial resource and plays an important role in subarctic ecosystems. Some previous studies on female Pacific cod reproduction have been carried out[1-4]. The maturation process and reproduction of male Pacific cod, however, have not been made clear.

In this study, the spermatogenesis and maturity of male Pacific cod were described from fish collected in the waters off the southern coast of Hokkaido, Japan throughout the year because Pacific cod in this region are regarded to be a local population[5]. The annual changes of gonadsomatic index (GSI value) and maturity were examined in confirmation of the efficiency of the maturity.

MATERIALS AND METHODS

Male Pacific cod were mainly collected by angling, bottom trawl net, bottom long-

Accepted : September 24, 1993. Contribution A226 from the Hokkaido Fisheries Experimental Station.
報文番号　A226 (1993年9月24日受理)
* 1　北海道太平洋側海域におけるマダラ雄の精子形成過程に基づく成熟度および生殖周期
* 2　Contribution No.272 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University (北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第272号)
* 3　Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan (服部　努, 桜井　泰憲, 島崎　健二：北海道大学水産学部)

line, bottom gill net and set net in the waters off the southern and southeastern coasts of Hokkaido (including the Tsugaru Straights and Mutsu Bay, Aomori) during April 1989 and September 1990 (Fig.1) . Collections were made at depths from 50 to 300 m on the continental shelf and in shallow bay waters.

Body length (scale-covered length) , total body weight, eviscerated body weight and testis weight were measured and the gonadsomatic indices (GSI_1, testis weight $\times 100/$ total body weight in g ; GSI_2, testis weight $\times 100/$ eviscerated body weight in g) were calculated for 151 male collected. Otoliths were kept in distilled water and then used to determine age by sectioning[6-8]. Age is expressed as 1^+, 2^+,$3^+\cdots$ on the assumption that January 1st was the date of birth of Pacific cod in the waters off the southern coast of Hokkaido[9].

The middle portions of testes from fresh fish were fixed in Bouin's solution. The fixed tissues were embedded in paraffin, sectioned at 6 μm in continuous sections by a standard method and stained with Delafield's haematoxylin and eosin. Prepared sections were observed under a light microscope.

The histological division of spermatogenesis of this species follows the development of germ cells in other gadoid fish as has been reported in saffron cod, *Eleginus gracilis*[10].

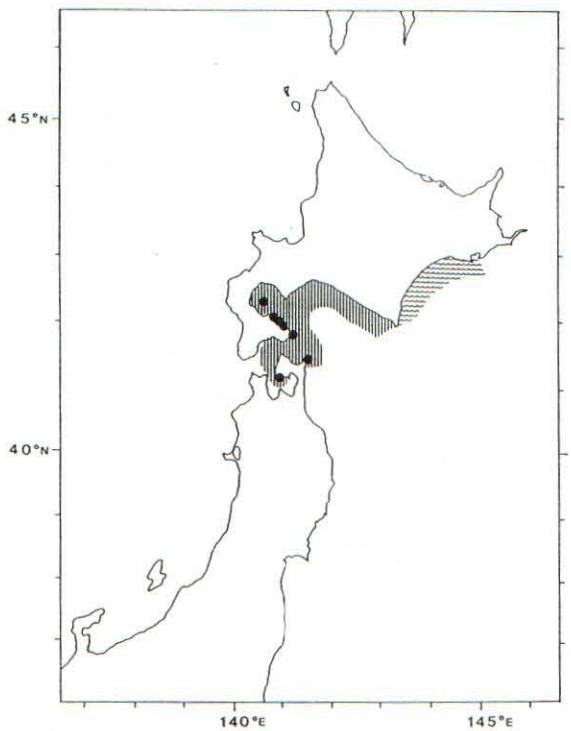


Fig. 1. Sampling areas off the southern coast of Hokkaido. Stripes indicate sampling area including sampling sites denoted by solid circles, and waves indicate sampling area investigated by trawl survey off the southeastern coast.

Table 1. Summary of the stage composition in germ cells on male Pacific cod.

Date	Loc*1.	Body length (mm)	GSI_1	GSI_2	Mat*2.	stage composition*3				
						PSG	SSG	SC	ST	SZ
'89. 4.22	UJ	296	0.07	0.08	I	++	+	−	−	−
'89. 4.22	UJ	538	0.33	0.44	I	+	++	−	−	−
'90. 5.28	KN	671	0.78	0.93	II	+	+	++	−	−
'90. 8. 7	EN	620	2.52	3.03	II	+	+	++	+	−
'90.10. 2	UJ	523	5.62	7.01	III	+	+	+	++	−
'90.10.11	KN	620	16.82	23.33	III	+	+	−	++	−
'90.11.21	KN	528	24.81	34.75	IV	+	+	−	+	++
'90.12.19	EN	636	15.96	27.48	V	+	+	−	−	++
'90. 1.23	EN	690	1.38	1.61	VI	+	+	−	−	(+)

* 1 Location : UJ, off Usujiri ; KN, off Kinaoshi ; EN, off Esan

* 2 Maturity : I , multiplication phase ; II , early maturation phase ; III , mid maturation phase ; IV, late maturation phase ; V , ripe and sperm releasing phase ; VI, spent phase

* 3 Growth stage of germ cells : PSG, primary spermatogonium stage ; SSG, secondary spermatogonium stage ; SC, spermatocyte stage ; ST, spermatid stage ; SZ, spermatozoon

RESULTS

1. Development of testis

The percentage composition of each germ cell with maturation was examined in 50 male Pacific cod (Table 1) . A cyst was formed by germ cells at the same stage, germ cells at various stages, however, were observed in the same lobule.

As shown in Table 1, the germ cells advanced from the secondary spermatogonium stage to the spermatocyte stage and the spermatid stage. When the germ cells developed to the spermatid stage, a few spermatogonia was observed.

The gonads of immature fishes were occupied by younger cells below the secondary spermatogonia throughout the year.

2. State of maturity of male Pacific cod

The germ cells between the spermatogonium stage and the spermatid stage were observed in the testis of the same indivdual (Table 1) . The phase of maturity was divided based on microscopic observations of germ cells. The GSI_1 and GSI_2 values are given in Table 2, and the characteristics of each phase are as follows.

I. Multiplication phase (Fig. 2A)

The germ cells reach from the primary spermatogonium stage to the secondary spermatogonium stage. The number of cells increase. Mean GSI_1 and GSI_2 are 0.34 and 0.40, respectively. Immature fishes have the gonad at this stage throughout the year.

II. Early maturation phase (Fig. 2B)

Spermatocytes are mainly observed in the cysts, and maturation division advances actively. Some individuals with the germ cells at the spermatid stage are observed. Mean GSI_1 and GSI_2 are 1.49 and 1.82, respectively.

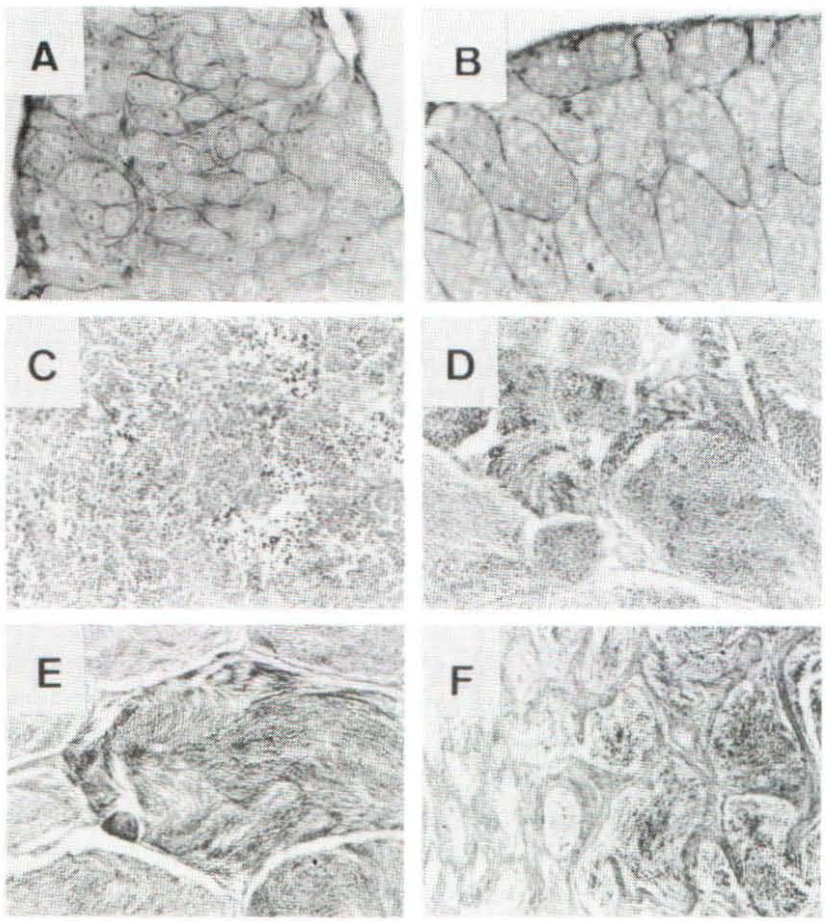


Fig. 2. All figures are photomicrographs obtained from sections through the testis of Pacific cod. All were fixed in Bouin's solution and stained with the Delafield's haematoxylin and eosin preparation. A. Multiplication phase, x400 ; B. Early maturation phase x400 ; C. Mid maturation phase, x200 ; D. Late maturation phase, x200 ; E. Ripe and sperm releasing phase, x200 ; F. Spent phase, x100

Ⅲ. Mid maturation phase (Fig. 2C)

Spermatids are abundant, and the individuals with a few spermatocyte are observed. Mean GSI_1 and GSI_2 are 8.88 and 11.99, respectively.

Ⅳ. Late maturation phase (Fig. 2D)

The testis is occupied by sperm and a few spermatid are observed. Mean GSI_1 and GSI_2 become the highest and are 20.04 and 28.83, respectively. In this stage, the ductus deferens is filled by sperm.

Ⅴ. Ripe and sperm releasing phase (Fig. 2E)

Spermatogonia and sperm are observed. Sperm spirally fill tubulus seminiferus. The sperm in tubulus seminiferus are fairly sparse at the end of spawning season. Mean GSI_1 and GSI_2 are 16.67 and 22.60, respectively and gradually decrease.

VI. Spent phase (Fig. 2F)

The sperm in tubulus seminiferus are sparse, and most of the tubulus seminiferus is empty. Testicular capsule becomes thick, and the edges of lobules contract. Mean GSI_1 and GSI_2 are 1.38 and 1.64, respectively.

3. Reproductive cycle of male Pacific cod

Using the maturity of this study, seasonal changes of GSI value and maturity were examined (Figs. 3, 4). Because GSI_1 was influenced by the change of stomach content weight, GSI_2 (testis weight × 100/ eviscerated body weight) was used in this analysis. Also, age of each individual was used to determine the age at first maturation.

The maturity of male Pacific cod gradually advanced from the multiplication

Table 2. Relation between GSI values (GSI_1 and GSI_2) and maturity of male Pacific cod.

Maturity*	N	GSI_1		
		mean	SD	range
I	39	0.34	0.26	0.07- 1.56
II	33	1.49	0.84	0.42- 3.25
III	35	8.88	5.87	1.33-23.41
IV	9	20.04	5.31	7.32-25.43
V	20	16.67	4.90	6.15-24.86
VI	14	1.38	1.20	0.24- 5.54

Maturity*	N	GSI_2		
		mean	SD	range
I	40	0.40	0.33	0.15- 1.98
II	33	1.82	1.00	0.52- 3.80
III	35	11.99	9.03	1.56-34.25
IV	9	28.83	8.23	9.21-37.22
V	20	22.60	7.85	7.24-37.93
VI	14	1.64	1.41	0.30- 6.50

* Maturity : I, multiplication phase ; II, early maturation phase ; III, mid maturation phase ; IV, late maturation phase ; V, ripe and sperm releasing phase ; VI, spent phase

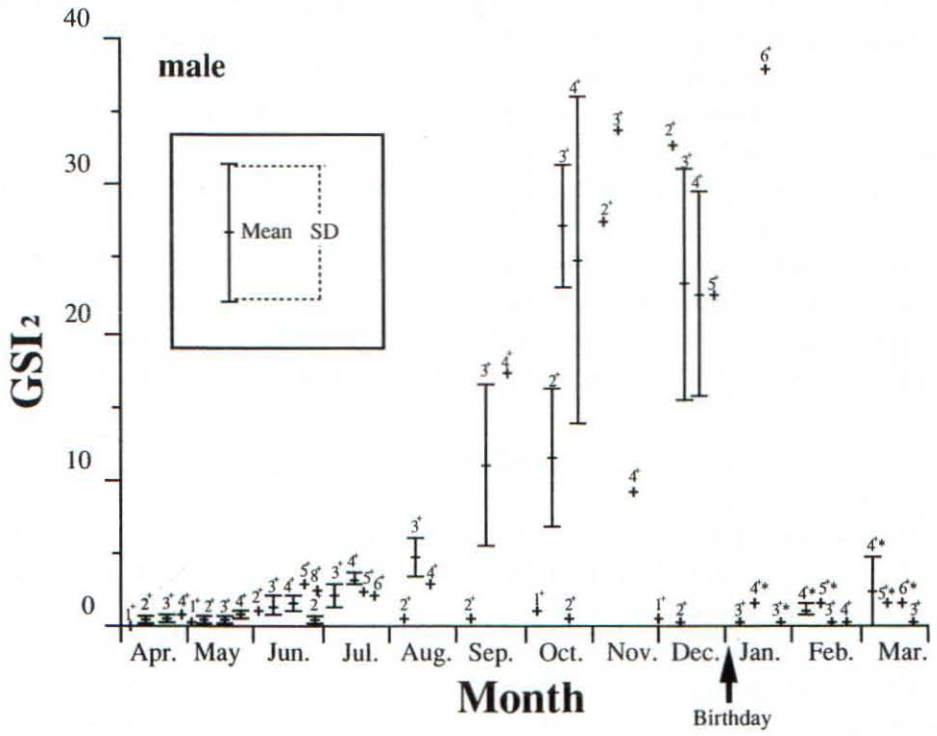


Fig. 3. Seasonal change of GSI_2 values of male Pacific cod off the southern coast of Hokkaido. Asterisks indicate spent fish.

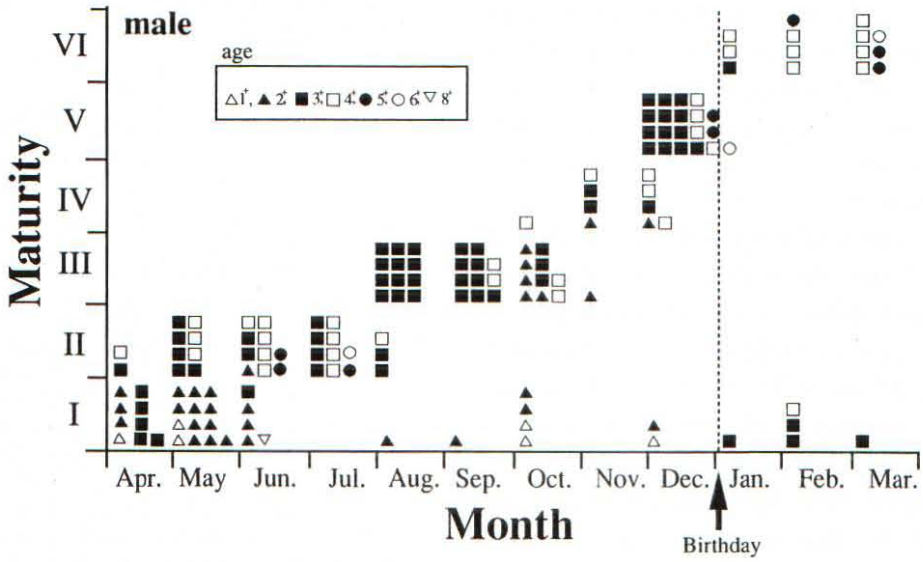


Fig. 4. Seasonal change of maturity of male Pacific cod off the southern coast of Hokkaido.

phase to the mid maturation phase from April through August. In September, The GSI_2 increased to about 10, and the maturity of the individuals at the maturation process was mid maturation phase. After that, the maturity of the adult fishes reached to the late maturation phase from October through November. Mean GSI_2 was the highest. In December, the individuals at the ripe and sperm releasing phase were observed. Mean GSI_2 in December was lower than that of the individuals in November. After January, most adult fishes shifted to the spent phase.

By this analysis, the maturation process of male Pacific cod was made clear. Also, the ripe, spent and immature fishes were observed in 3 age group (2^+ age group before January 1st, and 3^+ age group after January 1st) . In other words, both immature and mature fishes existed in 3 age group, and all fishes in 4 age group would be adults.

DISCUSSION

The samples and data from female fish have been generally used for analysis of the fish reproduction, but males'data have not been used because males'data could not explain the peak and end of spawning season. The studies of female Pacific cod reproduction have been carried out by the maturity based on optical observations and a few histological studies[1, 4]. Studies based on microscopic observations, however, have not been reported for male Pacific cod, so the reproductive characteristics have not been made absolutely clear.

In this study, the maturity based on spermatogenesis was described for correlation with gonadsomatic indices (see Table 2) . Using these criteria, a rough estimate of the division of maturational stage can be made by the morphological measurement without sectioning of gonad, but it was difficult to divide into groups between immature and spent after spawning season using only GSI value. The GSI value of spent fish was higher than that of immature fish, but the range of the GSI of spent fish overlapped with that of immature fish. So the correct division between spent and immature must be carried out by sectioning of gonad.

From the analysis of the reproductive cycle, it appeared that the change of maturity was reflected in the change of GSI value. Using a GSI value, it was hard to distinguish spent fish from immature fish after spawning season, but spent fishes were distinguished from immature fishes by maturity based on spermatogenesis. As mentioned above, the change of GSI value gradually showed the process of male Pacific cod reproduction, but it was difficult to clearly make the distinction between spent and immature fishes. We considered that maturity based on spermatogenesis would be useful for the examination whether spent or immature. Also, it was assumed that the spawning season in the waters adjacent to the southern coast of Hokkaido was during the period of December through January, corresponding to the females'[9]. In this region, the age at first maturation of female Pacific cod was estimated to be four years old[9]. In males, mature and immature fishes were observed in 3 age group. Males become mature fish faster than females in this region. The tendency of precocity was supported by many studies of 50% maturity length of Pacific cod[1,2,11,12]. This phenomenon could be considered as the biological characteristics of Pacific cod.

The microscopic maturity of male Pacific cod showed some biological aspects, reproductive cycle, spawning season and the age at first maturation. Using this method, the data from males would be useful in the examination of Pacific cod biology.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thanks Dr. Haruo Ogi, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, for his suggestion and critical readings of the manuscript. For sampling specimens, the authors are greatly indebted to the staff of Usujiri Fisheries Laboratory and the staff of R/V Ushio Maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University.

REFERENCES

1) Teshima, K. : Maturation of Pacific cod in the eastern Bering Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi,* **51**(1), 29-31 (1985)

2) Miyake, H. and Nakayama N. : Size at maturity and spawning period of the Pacific cod in the Musashi Tai region, Japan Sea. *Hokkaido Suisan Shikenjo Geppo,* 44, 209-216

(1987) (in Japanese) .

3) Foucher, R. P., Tyler A. V., Fargo J. and Gillespie G. E. : Reproductive biology of Pacific cod and English sole from the cruise of the FV BLUE WATERS to Hecate Strait, January 30 to February 11, 1989. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.*,**2026**, 1-85 (1989)

4) Bowden, D. G., Foucher R. P. and Tyler A. V. : A guide to the ovarian histology of Pacific cod. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **1723**, 1-44 (1990)

5) Kawamura, T. and Kokubo S. : On the cod in the Mutsu Bay. *Research report of fisheries resources in the Aomori Prefecture*,**1**, 186-191 (1950) (in Japanese).

6) Chilton, D. E. and Beamish R. J. : Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*,**60**, 1-102 (1982)

7) Sakurai, Y. and Fukuda S. : The age and growth of the spawning Pacific cod in Mutsu Bay. *Sci. Rep. Aquaculture Cent. Aomori Pref.*,**3**, 9-14 (1984)

8) Hattori, T., Sakurai Y. and Shimazaki K. : Age determination by sectioning of otoliths and growth pattern of Pacific cod. *Nippon Suisan Gakkaishi*,**58**(7), 1203-1210 (1992)

9) Hattori, T., Sakurai Y. and Shimazaki K. : Maturation and reproductive cycle of female Pacific cod in waters adjacent to the southern coast of Hokkaido, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*,**58**(12), 2245-2252 (1992)

10) Chen, A. L. : Biological aspects on age, growth and reproduction of saffron cod, *Eleginus gracilis*. 163p. Doctoral thesis, Faculty of Fisheries, Hokkaido University. (1989) (in Japanese) .

11) Moiseev, P. A. : *Cod and flounder of far-eastern seas*. (Translated from Russian by F. R. B. Translation No.119) . (1953)

12) Thomson, J. A. : On the fecundity of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from Hecate Strait, British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.*,**18**, 497-500 (1961)

北水試研報　42，273－282（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

水槽飼育によるスケトウダラ成魚およびコマイ未成魚の胃中の食物通過速度について

吉田英雄[*1]，陳　二郎[*2]，桜井泰憲[*3]

The rate of elimination of food from the stomachs of adult walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and immature saffron cod (*Eleginus gracilis*) in captivity

Hideo YOSHIDA[*1], Are-Lang CHEN[*2]
and Yasunori SAKURAI[*3]

Adult walleye pollock and immature saffron cod were fed with known quantities of foods under different temperatures and stomachs were opened at various time intervals.

The rate of elimination of food from the stomachs increased with increasing temperature and food size. During the first half of digestion, the rate of elimination was greater than at the latter half.

A curvilinear and a straight-line relation was found to describe the quantity remaining in the stomach and time interval after feeding.

Time for 50 and 100 percent of food evacuation from the stomach were calculated.

The stomachs of adult walleye pollock fed on juvenile walleye pollock were empty after 118, 68, 55 hours at 5.4, 8.1, 11.7 ℃, respectively.

はじめに

魚類の食性研究において，胃内容物の時空間的情報価値の吟味や胃内容物の復元を通して，自然環境下における摂食量や摂餌生態を解明するには，飼育実験による餌生物の胃中での消化状況や消化時間に関する知見が非常に重要である。

また，著者ら[1)]は，飼育条件下におけるスケトウダラ成魚の摂食量と成長の実験の中で，1日間隔で食物を与えた場合，個々のスケトウダラの日間摂餌量に4～6日の周期があり，この現象は食物の胃通過時間と関係することを指摘した。

報文番号　A227（1993年9月24日受理）

＊1　北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan）
＊2　函館製網船具㈱研究開発室（Research and Development Dept., Hakodate Seimo Sengu Co., Ltd, Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）
＊3　北海道大学水産学部北洋水産研究施設（Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）

本研究では，スケトウダラ成魚を異なる水温条件下で飼育し，胃中の食物の通過速度（単位時間当りの通過量），通過時間，消化度合についての基礎的知見を得ることを目的としたが，スケトウダラを多く入手することが出来なかったため，同じタラ科魚類のコマイ未成魚を用いて実験の補足とした。

材料と方法

食物の胃通過速度に関する実験に供したスケトウダラ成魚は，1980年および1982年の1～3月にかけて北海道日本海の熊石沖で延縄により採集した体長33～44cm，体重250～520 gの産卵期の盛期および後期の34個体で，雄が大半を占めた。コマイは，1980年4～5月に南茅部町北海道大学水産学部付属臼尻水産実験所周辺の小定置で漁獲された体長20～30cm，体重80～280 gの未成魚53個体を用いた。

実験は，1980年4月30～6月25日および1982年4月12～17日に北海道大学水産学部付属臼尻水産実験所において行った。飼育方法は，吉田・桜井[1]に準拠し，約1 t容量の丸型および角型水槽数器に，各々5～7尾ずつ背部にプラスチック製標識をつけて個体識別した後収容し，手渡しによる投餌で2～3週間の馴致の後，3～5日間餌止めをしてから合計8回の実験を行った（Table 1）。

実験の手順は，大西洋産タラ科魚類（cod）における同様の研究[2, 3, 4]に従い，スケトウダラおよびコマイに重量既知のスケトウダラ幼魚を魚体重の1～13%の範囲で与え，様々な時間間隔で開胃し，薬方紙の上にのせて胃内容物の湿重量を測定した。

同時に消化の進行度合（捕食直後，消化初期，半消化，消化，空胃の5段階）を肉視的に調べた。胃内容物の消化の進行段階は，小林・山口[5]の報告を参考に以下のように区分した。

消化進行段階

1．捕食直後：消化の形跡がほとんど見られない状態

2．消化初期：消化が進み変色しているが，ほぼ原型をとどめ，種類の判別が可能な状態

Table 1. Experimental details of walleye pollock and saffron cod.

Species	Experimental number	Dates	No. of fish	Mean water temperature (range) ℃	Mean average body length (range) mm	Mean average body weight (range) g	Food*
Walleye pollock	1	1980 30 Apr.- 6 May	5	5.4 (4.6- 6.6)	358 (346-368)	316 (251-425)	JW
	2	1982 12-17 Apr.	6	5.8 (4.8- 6.3)	408 (382-444)	453 (375-522)	SF
Theragra chalcogramma	3	1980 13-19 May	12	8.1 (7.4- 9.3)	365 (332-421)	349 (252-506)	JW
	4	1980 13-20 May	8	8.1 (7.4- 9.3)	355 (336-407)	329 (263-462)	BK
	5	1980 3- 5 June	3	11.7 (11.1-12.1)	361 (340-395)	382 (329-486)	JW
Saffron cod	6	1980 13-20 May	17	8.2 (7.4- 9.3)	255 (233-290)	172 (123-272)	JW
	7	1980 3- 6 June	25	11.7 (11.1-12.3)	267 (207-298)	186 (82-284)	JW
Eleginus gracilis	8	1980 23-25 June	11	15.1 (14.8-15.3)	280 (253-309)	188 (132-263)	JW

* JW : Juvenile walleye pollock, SF : Squid flesh (*Todarodes pacificus*), BK : Boiled krill (*Euphausia superba*)

3．半 消 化：体はばらばらになるか，触れると容易にばらばらになる状態で，種類判別は個体毎に不可能な状態
4．消　　化：ほぼ完全に消化され，種類の判別は全く不可能な状態
5．空　　胃：胃中には粘液状のものあるいは骨片等の消化残滓が少量残るか，全く何も残っていない状態

また，スケトウダラでは，餌としてスルメイカ外套筋肉の切り身と煮沸した南極オキアミも用いた。

そして胃中の食物通過速度（1時間当たりの食物通過量）と中間胃内容物重量｛(与えた食物量＋胃内容物残存量）／2｝の関係および食物残存率（胃内容物残存量×100／与えた食物重量）と時間の関係を，スルメイカとコマイで各々3つの温度範囲において求めた。

飼育海水は，自然海水を半ろ過槽に通したもので，汲み上げ海水の水温上昇（4.6〜16.1℃）にあわせて実験を行った。この間の塩分は31.2〜32.7‰であった。

結　　果

(1) 食物通過速度

1時間当たりの食物通過量と中間胃内容物重量の関係をスケトウダラ幼魚を食物として与えた場合でみると（Fig. 1），摂食後やや時間が経過した時点での通過量が大きい傾向が窺えるが，ほぼ放物線によく適合する。スケトウダラとコマイを同じ温度，同じ食物量で比較すると，コマイの方が通過量はやや多いが，体重に対する割合はスケトウダラの方がやや多

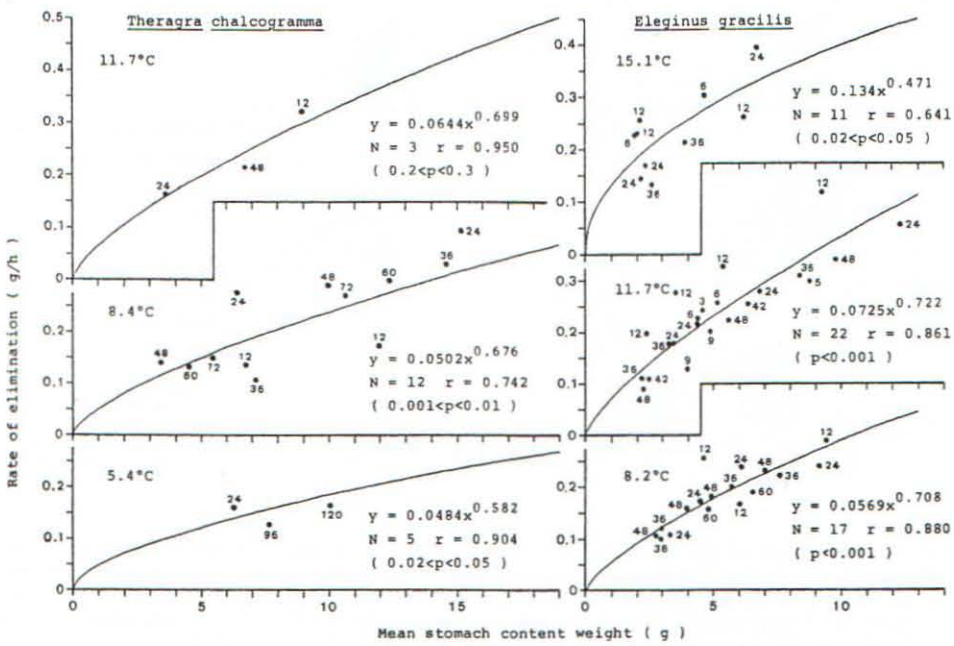


Fig. 1. Relationship between rate of elimination and mean stomach content weight of walleye pollock and saffron cod. Figure shows time after feeding.

い。しかし，胃中の食物量が多い程，通過量は多くなることと，本実験の水温範囲内では水温の上昇と共に通過量が多くなることは両種に共通であった。

(2) 食物残存率と時間の関係

食物残存率Yと時間Xの関係を，直線式（$Y=a+bX$）および曲線式（$Y=a+bX+cX^2$）にあてはめてみた（Fig. 2，Table 2）。5℃前後におけるスケトウダラの場合は，直線式と曲線式は良く一致したが，水温が上昇すると，概して曲線式の方が良く適合した。しかし，曲線式では完全に食物が胃から通過する時間は，水温が高い場合に求められなかった（Table 3）。通過時間は，水温の上昇と共に早まり，直線式から求めた全内容物通過時間は，スケトウダラでは5.4℃で118時間，8.1℃で68時間，11.7℃で44時間，15.1℃で33時間であった。ほぼ同水温の8℃台でスケトウダラとコマイを比較すると，スケトウダラの方が14時間ほど通過時間が長かった。

また，11.1～12.3℃におけるコマイを例にとり，摂食後通過率がほぼ一定となる12時間以降の資料を用いて，初めに与えた食物量がおよそ2倍の差がある2群で，全内容量通過時間を比較した(Fig. 3)。回帰直線式の傾斜は両群間で統計的に差はみられなかったが（0.2＜

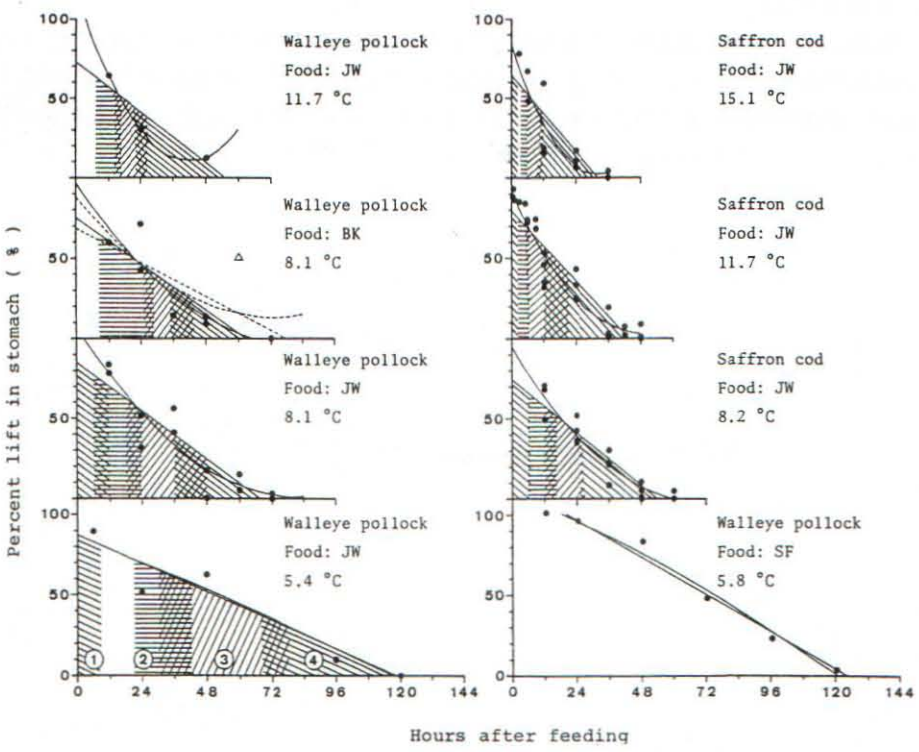


Fig. 2. Percentage of the wet weight of food remaining in the stomach of walleye pollock and saffron cod at different temperature and food in relation to time. Abbreviation as in Table 1. Degree of digestion : ① Almost intact, ② Some broken specimens, indentifiable to species by individuals, ③ Largely broken specimens, flesh still recongizable on body, still identifiable to species partially, ④ Largely liquid, fragments of muscle and vertebrae, unidentifiable to species, ⑤ Empty, or few liquid, traces of vertebrae and otoliths remaining. △ : one specimen fed large size food

Table 2. Experimental details and fitted constants to the equation $Y=a+bX$ and $Y=a+bX+cX^2$ (Y : percent lift in stomach, X : hours after feeding).

Species	Exp. no.	No.of fish	Mean water temp. ℃	Food* (%BW)	Y=a+bX a	b	Correlation coefficient	Y=a+bX+cX² a	b	c	Correlation coefficient
Walleye pollock	1	5	5.4	JW (2.8-13.0)	87.84	-0.747	-0.946 (0.01<P<0.02)	86.94	-0.695	-0.0004	0.946 (0.01<P<0.02)
	2	6	5.8	SF (3.9- 7.6)	118.81	-0.958	-0.990 (P<0.001)	113.13	-0.691	-0.0021	0.992 (P<0.001)
	3	12	8.1	JW (1.4- 7.2)	85.19	-1.259	-0.897 (P<0.001)	107.00	-2.622	0.0162	0.920 (P<0.001)
	4	8	8.1	BK (0.9- 5.5)	68.11	-0.872	-0.661 (0.05<P<0.10)	88.08	-2.075	0.0144	0.689 (0.05<P<0.10)
		7**		BK (0.9- 4.0)	75.22	-1.193	-0.866 (0.01<P<0.02)	92.26	-2.250	0.0159	0.894 (0.001<P<0.01)
	5	3	11.7	JW (1.1- 3.6)	72.54	-1.324	-0.923 (0.2<P<0.3)	117.04	-5.139	0.0618	1.000
Saffron cod	6	17	8.2	JW (3.1- 7.1)	75.20	-1.388	-0.928 (P<0.001)	95.86	-2.850	0.0209	0.950 (P<0.001)
	7	25	11.7	JW (2.0-10.0)	80.89	-1.849	-0.935 (P<0.001)	92.63	-3.727	0.0390	0.965 (P<0.001)
	8	11	15.1	JW (1.0- 6.4)	64.45	-1.983	-0.832 (P<0.001)	86.54	-5.287	0.0831	0.892 (P<0.001)

* JW : Juvenile walleye pollock, SF : Squid flesh (*Todarodes pacificus*), BK : Boild krill (Euphausia superba)
** except one specimen fed large size food

P<0.3)，修正平均値（高さ）間には差がみられ（P<0.005），食物量が半分の群では，およそ8時間通過時間が短くなった。

(3) 餌の違いと通過時間との関係

スケトウダラにおいて，平均水温5.8℃でスルメイカ外套筋肉の切り身，および8.1℃で煮沸した南極オキアミを用いて食物残存率と時間の関係式を求めた（Fig. 2，Table 2）。スルメイカでは，スケトウダラ幼魚の場合と比較して，摂食初期に急激な減少がみられず，全内容量通過時間も4～6時間長かった。南極オキアミでは，餌を多く与えた（体重の5.5%）個体で残存率が高かったが，これを除くと，スケトウダラ幼魚の場合より通過時間は短かった。

(4) 消化度合

Fig. 4に1例としてコマイの11.7℃におけるスケトウダラ幼魚を食物として用いた場合の経過時間と胃中の消化状態を示した。

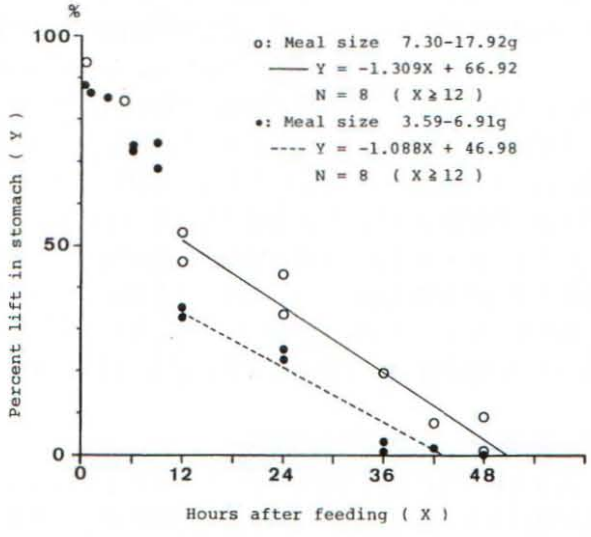


Fig. 3. Percentage of the wet weight of food remaining in the stomach of saffron cod in relation to time according to meal size at 11.1-12.3℃.

Table 3. Number of hours for stomach to empty by 50 percent and 100 percent for walleye pollock and saffron cod.

Species	Exp. no.	Mean water temp.℃	Food*	Hours for 50 percent of food to pass from stomach		Hours for 100 percent of food to pass from stomach	
				$Y=a+bX$	$Y=a+bX+cX^2$	$Y=a+bX$	$Y=a+bX+cX^2$
Walleye pollock	1	5.4	JW	50.7	51.6	117.6	117.0
	2	5.8	SF	71.8	74.8	124.0	120.5
	3	8.1	JW	28.0	25.9	67.7	-
	4	8.1	BK	20.8	21.6	78.1	-
	**		BK	21.1	21.7	63.0	65.9
	5	11.7	JW	17.0	16.2	54.8	-
Saffron cod	6	8.2	JW	18.2	18.6	54.2	60.2
	7	11.7	JW	16.7	13.3	43.8	-
	8	15.1	JW	7.3	7.9	32.5	-

* JW : Juvenile walleye pollock, SF : Squid flesh (*Todarodes pacificus*), BK : Boiled krill (*Euphausia superba*)
** except one specimen fed large size food

肉視的な消化度合は，水温条件を通して，スケトウダラ，コマイとも50%内容量通過の前後において個々の餌生物の種類判別が困難な「半消化」の段階になった（Fig. 2）。

考　　察

(1) 食物通過速度

本研究で扱った食物通過速度は，単位時間当りの胃中における物理的・化学的消化・吸収と腸への排出を合わせた現象として表すことができる。また，スケトウダラの飼育実験結果[1]から得られた飼育水温 4～7 ℃における日間摂食量の約 5 日の周期は，本報告のほぼ同水温の全内容量通過時間（118時間）と一致しており，摂餌要求が胃中の残存量と関係することが明らかになった。

食物通過速度は，消化の進行初期に高く，時間の経過に従い減少した。これは，食物残存率と時間との関係において，50%通過時間は曲線式により良く適合し，100%通過時間を求めるには直線式の方が良いことと一致している。また，食物量が約 2 倍異なる場合に通過時間に差がみられたが，食物量が極端に少ない場合は，さらに通過時間は短くなると思われる。

本実験では食物を断続的に与えた時の食物残存率は調査しなかったが，大西洋産タラ科魚類（cod, haddock, whiting）[2,3]では，断続的に与えた時の残存率は，1 回与えて調べた減少率から推定される残存率より低い値となっている。

そこで，スケトウダラ飼育実験の給餌量の資料[1]と同水温における本実験の食物残存率と時間の関係の直線式から，胃中の残存量を推定した（Fig. 5）。飼育実験による日間摂食量の最大値は体重の11.8%である[1]が，推定された残存量には体重の12～16%のものが見られ，実際の胃通過速度は，断続的に食物を与えた場合，推定値より早くなると考えられる。

(2) 餌の違いと通過時間との関係

スルメイカ外套筋肉の切り身は，スケトウダラ幼魚と比較して，摂食後24～48時間までの減少量は少ない。これは，スルメイカの切り身が，外見的には表面が柔軟になる以外はほとんど変化せず，単に容積が小さくなるといった消化様式を示し，スケトウダラ幼魚のように摂食後48時間前後で個体が分解し始め，汁状を呈するようにはならないためと考えられる。

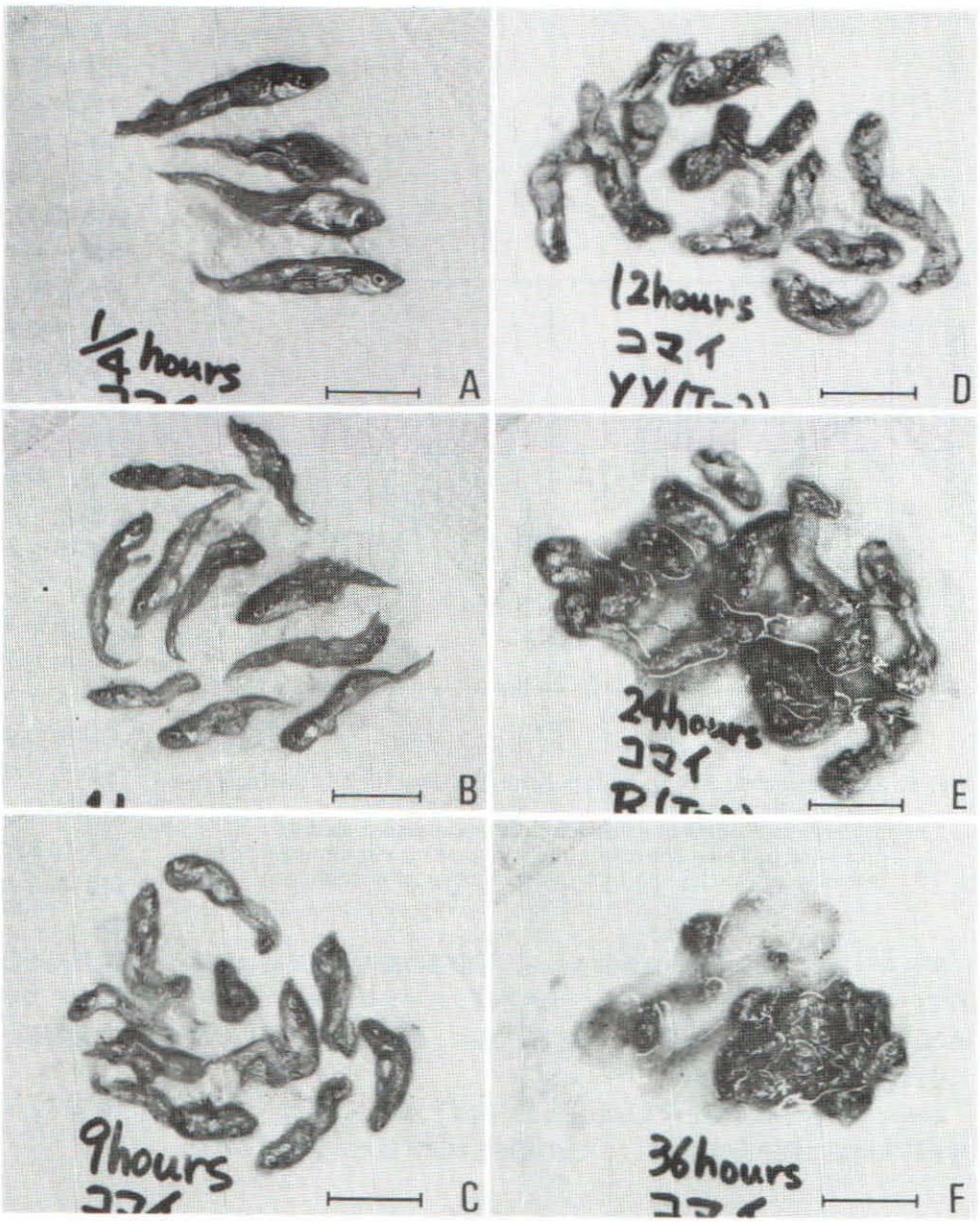


Fig. 4. Digestive state of food (juvenile walleye pollock) in the stomachs of saffron cod at various time intervals after feeding at 11-12℃.
A : 15 minutes (degree of digestion ①), B : 1 hour (②),
C : 9 hours (③), D : 12 hours (③−④), E : 24 hours (④),
F : 36 hours (④−⑤). Abbreviation as in Fig. 2.
Scales indicate 2 cm.

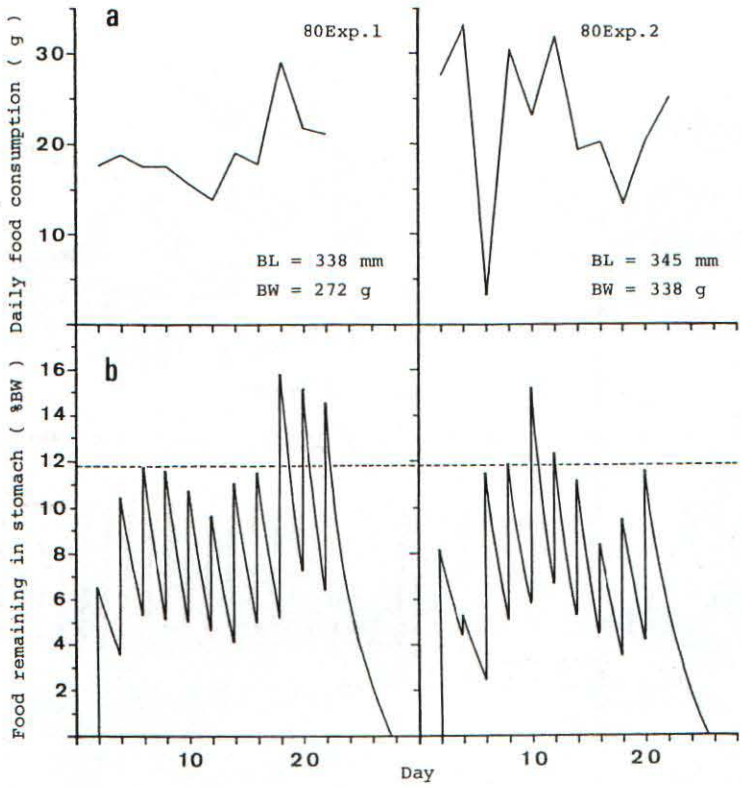


Fig. 5. a. Ingestion rates of walleye pollock in 80 Exp. 1, 2 (data from Yoshida and Sakurai[1]).
b. Predicted course of depletion in stomach based on data presented in Table 2. Broken line indicates maximum ingestion rate of adult walleye pollock under experimental condition[1].

南極オキアミを用いた時，多量に捕食した個体の胃中の残存率が高かった。これは，実験に用いた南極オキアミが煮沸したものであることが影響している可能性があるが，多量に捕食した1個体を除くと，むしろ南極オキアミの方がスケトウダラ幼魚の場合に比べて通過時間が短くなる傾向がみられた。

輿石ら[6]はヒラメ0才魚の食性調査から，甲殻類の胃内消化時間は魚類より早い傾向を認めている。また，Macdonaldら[7]は，大西洋産タラ科魚類（cod）やカレイ類に餌として多毛類，端脚類，二枚貝類をペレット状にして与え，胃通過時間が早いのは多毛類，端脚類，二枚貝類の順であると報告している。

本研究では十分な実験を行えなかったが，南極オキアミ，スケトウダラ幼魚，スルメイカ外套筋肉の順に胃通過時間が短く，既往の知見とほぼ似た結果が得られた。

(3) 消化度合

肉視的な消化度合は，スケトウダラ，コマイとも水温には関係なく，50%内容量通過の前後において，個々の餌生物の種類判別が困難な「半消化」状態となった。この結果は，水温24℃におけるカツオにキュウリウオ科の魚類を捕食させた実験でもほぼ同様な報告[8]がなされており，暖海性，寒海性にかかわらず魚類の胃内容物解析において一つの目安を与えるものと思われる。

(4) 食物通過時間の他魚種との比較

50%胃内容通過時間と水温との関係を大西洋産タラ科魚類のcod, haddock, 本研究の本邦産タラ科魚類のスケトウダラ, コマイそして高温性のマサバ, カツオ, マアジの報告[2,3,4,8]で比較した (Fig. 6)。

実験に用いた食物量が体重の0.8%以下のcodやhaddockではかなり通過時間が短縮されるが, 1%以上 (平均2～3%) の場合を比べると, 本研究のコマイやスケトウダラの値と大きくは違っていない。また, 高温性有胃魚の食物通過時間と比較して, 亜寒帯海洋環境中に生息する魚類の食物通過時間は長い。

従って, 寒海性のタラ科魚類の胃内容物解析に当っての取り扱いは, 消化の進んだものや消化残滓の持つ採集点における情報価値は低いことに留意する必要がある。

要　約

自然環境下における摂食量や摂餌生態を解明する基礎資料を得るために, スケトウダラ成魚とコマイ未成魚を水温 (5.4～15.1℃), 餌の違い (スケトウダラ幼魚, 南極オキアミ, スルメイカ外套筋肉切身) により8実験区に分けて飼育し, 重量既知の餌を

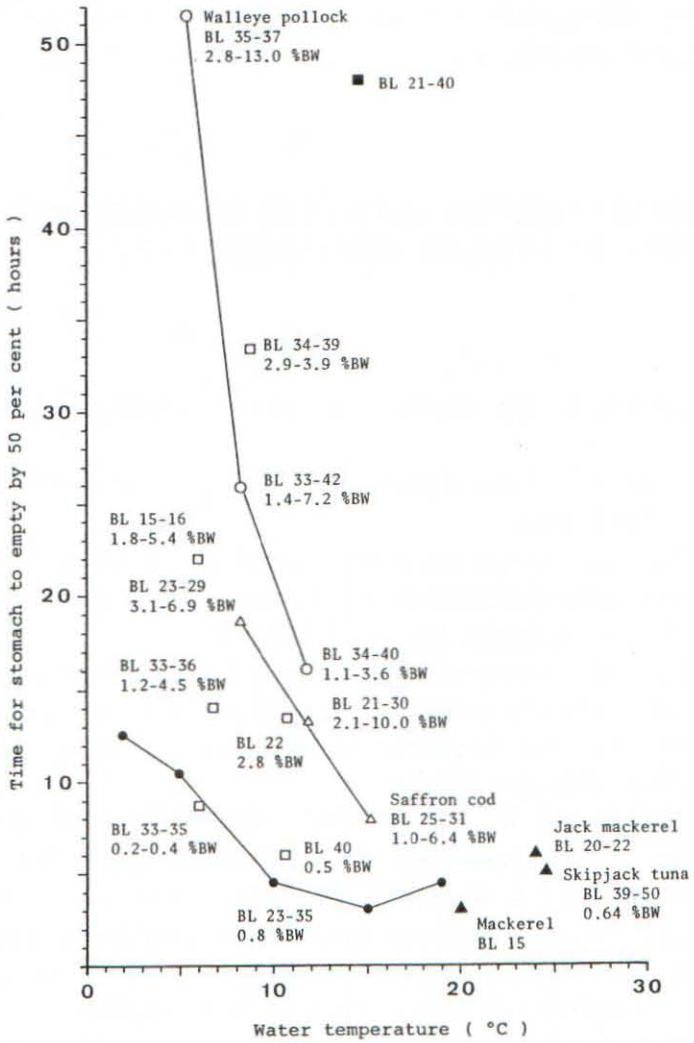


Fig. 6. Relation between time for stomach to empty by 50 per cent and water temperature of mackerel, jack mackerel, skipjack tuna (▲ : Magunuson, 1969), cod (● : Tyler, 1970 ; ■ : Bagge, 1977), haddock (■ : Jones, 1974), saffron cod and walleye pollock (△, ○ : present study).

与えた後様々な時間間隔で開胃することにより，胃中の食物の通過速度（単位時間当り通過量），通過時間，消化度合について調べた。

通過速度は，消化の進行初期に高く，時間の経過に従い減少した。また，水温が高いほど，そして与えた食物の量が多いほど早かった。

食物残存率（胃内容物残存量×100／与えた食物重量）と経過時間との関係は，曲線式と直線式で表せた。50%通過時間は曲線式により良く適合した。しかし，全内容量通過時間を求めるには直線式の方が適しており，餌としてスケトウダラ幼魚を用いた時，スケトウダラ成魚では平均水温5.4℃で118時間，8.1℃で68時間，11.7℃で55時間，コマイ未成魚では8.2℃で54時間，11.7℃で44時間，15.1℃で33時間と算出された。

食物の種類による違いも見られ，通過時間は南極オキアミ，スケトウダラ幼魚，スルメイカ外套筋肉切身の順に早かった。

謝　辞

実験に際し，終始ご協力いただいた北海道大学水産学部付属臼尻水産実験所嵐田洋悦氏，野村潔氏並びに同実験所職員一同に心より謝意を表する。

文　献

1）吉田英雄，桜井泰憲：飼育下におけるスケトウダラ成魚の摂食量と成長．日水誌．50(5)，763-769（1984）

2）Tyler, A. V.: Rates of gastric emptying in young cod. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 27, 1177-1189 (1970)

3）Jones, R.: The rate of elimination of food from the stomachs of haddock *Melanogrammus aeglefinus*, cod *Gadus morhua* and whiting *Merlangius merlangus*. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 35(3), 225-243 (1974)

4）Bagge, O.: Meal size and digestion in cod (*Gadus morhua* L.) and sea scorpion (*Myoxocephalus scorpius* L.). *Meddr Danm. Fish. -og Havunders.* 7, 437-446 (1977)

5）小林　裕，山口裕一郎：東部太平洋赤道海域におけるマグロ類・カジキ類の摂餌生態と釣獲傾向．日水誌．37(2)，83-89（1971）

6）奥石裕一，中西　孝，赤嶺達郎，田中邦三，長沼典子：ヒラメ増殖上の諸問題に関する基礎的研究Ⅲ．ヒラメ0才魚の摂餌日周性．日本海区水研報告．(33)，67-80（1982）

7）Macdonald, J. S., Waiwood, K. G. and Green R. H.: Rates of digestion of different prey in Atlantic cod (*Gadus morhua*), ocean pout (*Macrozoarces americanus*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39, 651-659 (1982)

8）Magnuson, J. J.: Digestion and food consumption by skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Trans. Amer. Fish. Soc.* 98(3), 379-392 (1969)

北水試研報　42，283－294（1993）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

恵山町におけるマダラ人工ふ化の取り組みについて

山内訓司[*1,2]，河野象威[*1]，
酒井優[*1,3]，小林雅行[*1,4]

Artificial propagation of Pacific cod in Esan, southern Hokkaido

Satoshi YAMAUCHI[*1,2], Shoi KONO[*1],
Masaru SAKAI[*1,3] and Masayuki KOBAYASHI[*1,4]

Information on the artificial propagation of Pacific cod conducted by fishermen and other persons concerned with cod propagation was compiled from four fisheries cooperatives in Esan, southern Hokkaido during 1990 to 1993.

The maturing fish for egg take were obtained by set net in the coastal region (Kikonai and Ofune) in January and February.

Artificial fertilization was made by dry method. The fertilized eggs were then transferred into various incubators.

The survival rates after fertilization were 62-97% and hatchabilities were 30-83 %. High survival rates took place using the incubator of box type hatching-jar type.

Total effective temperature from fertilization to first hatching were 73-92 ℃. In 1990 through 1993, 5.5 million yolksac-larvae were released.

はじめに

恵山町におけるマダラの漁獲量は，1982年までは50ｔ前後であったが1983年から増加し，1988～1991年の４年間は1,000ｔ前後を漁獲し，漁獲金額も４～５億円に達した（図１）。1992年には減少したものの，恵山町ではコンブ，スルメイカ，サケに次ぐ重要な水産資源である。

恵山町では町内の４つの漁協の青年部が連携し恵山町漁協青年部「海を育てる会」を1988

報文番号　A228（1993年１月25日受理）

＊１　渡島南部地区水産技術普及指導所（Oshima-nanbu Fisheries Expension Office, Nakahama, Esan, Hokkaido 041-04, Japan）
＊２　現，礼文地区水産技術普及指導所（Rebun Fisheries Extension Office, kabuka, Rebun, Hokkaido 097-12, Japan）
＊３　現，後志北部地区水産技術普及指導所（Shiribeshi-hokubu Fisheries Extension Office, Hamanaka, hokubu Fisheries Extension Office, Hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046, Japan）
＊４　現，留萌南部地区水産技術普及指導所（Rumoi-nanbu Fisheries Extensin Office, Suninoe, Rumoi, Hokkaido 077, Japan）

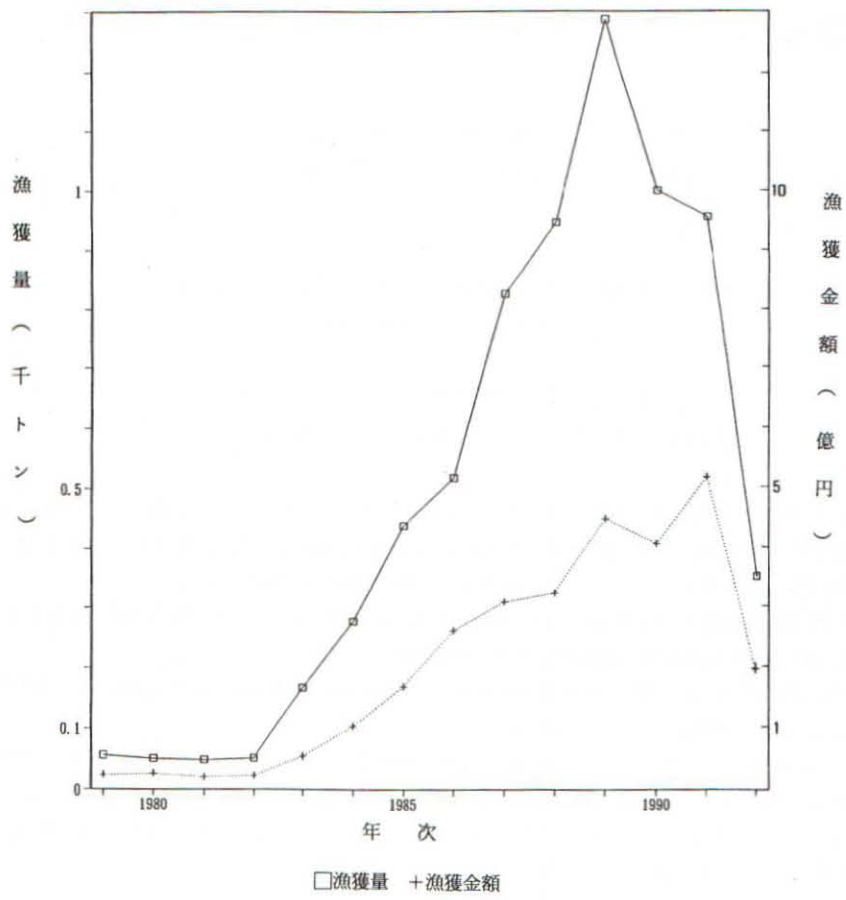


図1　年次別恵山町マダラ漁獲量および漁獲金額

年3月に設立しており，恵山町役場，水産技術普及指導所等との協力体制のもと，資源維持増大を目的として，マダラ人工受精卵およびふ化仔魚放流事業に取り組んできている。

本報では，1990年～1993年の間に取り組んだ事業内容を紹介し，マダラ人工受精卵およびふ化仔魚放流に関して先進地である青森県や石川県での知見と比較検討し，恵山町におけるこの事業の将来展望について考察を加えた。

材料と方法

親魚の確保と人工採卵・受精

恵山町では，マダラは恵山沖で延縄や一本釣りで漁獲されるが，成熟した個体が少なく，また漁獲による傷のため蓄養が難しいので，函館湾木古内沖に例年1月上旬～2月上旬に産卵群として来遊し，定置網で漁獲されるマダラ親魚として主に用いた。一部噴火湾沿岸南茅部町大船沖の定置網に入網したマダラを木直漁協で蓄養，成熟させたマダラも用いた。マダ

ラの人工受精に関する既往の知見[1-4]を参考に，漁獲後陸上水槽に蓄養されていたマダラの中から適当な個体（全長60～90cm）を選び，雌1尾に対して雄1～2尾の割合で，搾出乾導法により，各年2回，計8回の人工採卵・受精を行った。

うち5回は，木古内漁協の陸上水槽で蓄養しているマダラから採卵し，直ちに採卵重量を測定し，人工受精後数分静置してから洗卵を行った。洗卵後数十分静置し，卵を海水を含ませたガーゼにはさんで発泡スチロールの箱かアイスボックスに収容して，恵山町山背泊のウニ採苗施設まで約2時間かけて運搬し，直ちにふ化器に収容した。

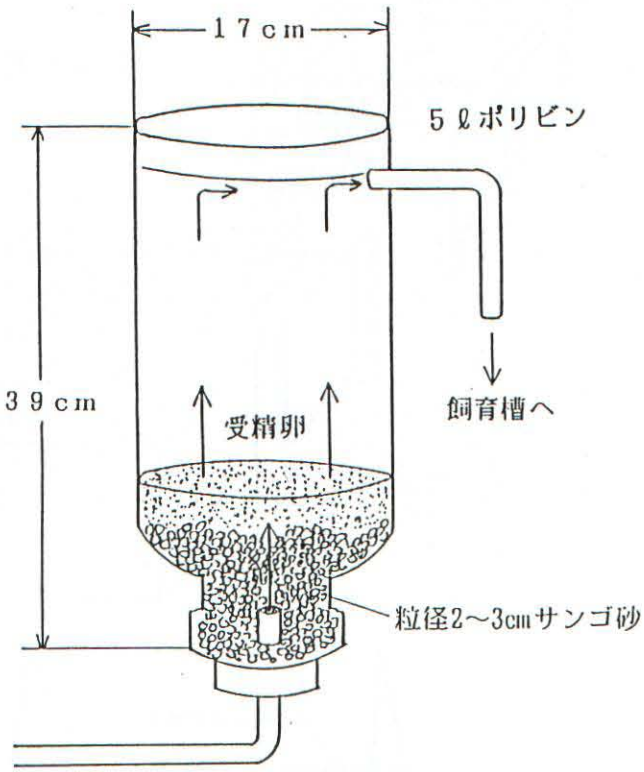


図2　ポリビンふ化器

また1回（1990年の1回目）は，木古内から親魚を北海道大学水産学部臼尻水産実験所へ活魚輸送し，人工採卵・受精後，卵はプランクトンネットに入れて流水で管理し，翌日上記の手法で約1時間かけて運搬した。

残りの2回は，親魚を恵山町まで海水の入ったビニール袋あるいはタンクで活魚輸送（1～2時間）し，人工採卵・受精を行った。

1992年には，卵どうしの付着を防ぐため，受精後の洗卵時に一時的に泥海水を加え，卵の表面に泥粒を付着させた。

卵の管理

卵を収容したふ化器は，町田[1]，塩垣[3]，與世田[4]の報告の容器を参考にして，

①5ℓポリビンを逆さにした手作りポリビンふ化器（図2）
②0.5mm目合ネットを敷いたザルふ化器（図3）
③ガーゼを敷いたザルふ化器（重ねザル：図4）
④0.5mm目合ネットを敷いたサケふ化ボックス増収型ふ化器（図5）
⑤パンライト波板ふ化器（図6）

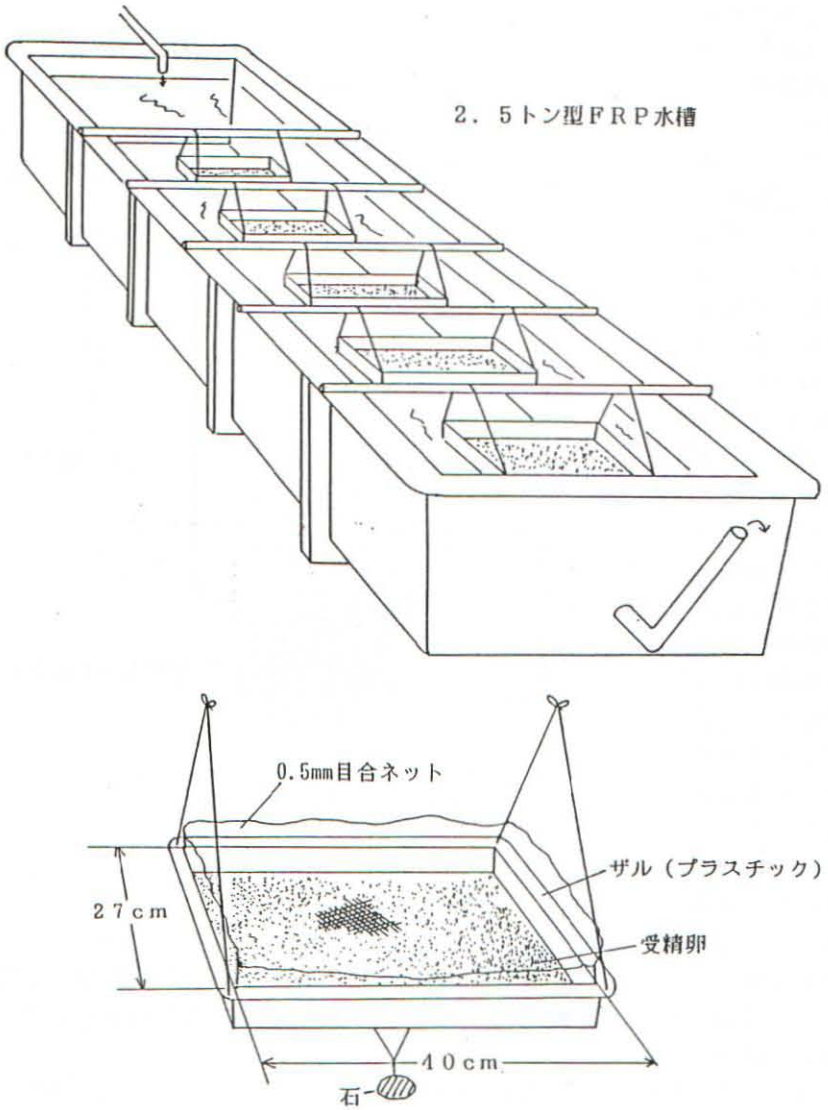


図3　ザルふ化器と設置状況

⑥ハッチングジャー型ふ化器（図7）

の6種類を用い，濾過海水の流水で管理し，原則として毎日水温測定と目視および顕微鏡による卵観察を行った（図8）。

積算水温（℃）は，毎日の水温測定値の和とした。未測定日については，前後の測定日の平均値を用いた。

ふ化率は，次式のように放流日に卵をランダムに抽出し，卵の抜け殻および生存している卵の合計数を抽出した卵数で除して算出した。ふ化尾数は，採卵数とふ化率をかけて算出した。

ふ化率＝（卵の抜け殻数＋生存卵数）／抽出した卵数

ふ化尾数＝ふ化率×採卵数

卵およびふ化仔魚の放流

卵およびふ化仔魚は，最初のふ化を確認した日から２～７日後に，プラスチックコンテナあるいはポリバケツに移し，船で恵山町山背泊前浜に運び，船上から放流した。

放流率は次式のように放流日に水槽内に遊泳している仔魚をランダムにガラス管を用いて海水ごと採取し，計数して算出した。放流率は放流尾数を採卵数で除して求めた。

放流尾数＝抽出した仔魚尾数×（水槽容積／採取した海水容積）

放流率＝放流尾数／採卵数

結　　果

恵山町におる４年間のマダラ人工ふ化放流事業結果の概要を表１にまとめた。

1990年の結果

１回目（１月５日）は，臼尻水産実験所で雌雄各１尾を用いて約124万粒採卵し，人工受精した。受精率は75.9%であった（表１）。翌日卵を運搬し，ポリビンふ化器２個に分け入れ，砂濾過海水の流水で管理したが，卵どうしが付着しあい死卵が増加したので，卵を0.5㎜目合ネットを敷いたザルふ化器４枚に移し，2.5ｔ水槽内で流水で管理した。しかし，ふ化尾数が少ないため，計測せず恵山町山背泊沖南西１マイル（水深36m）に放流した。

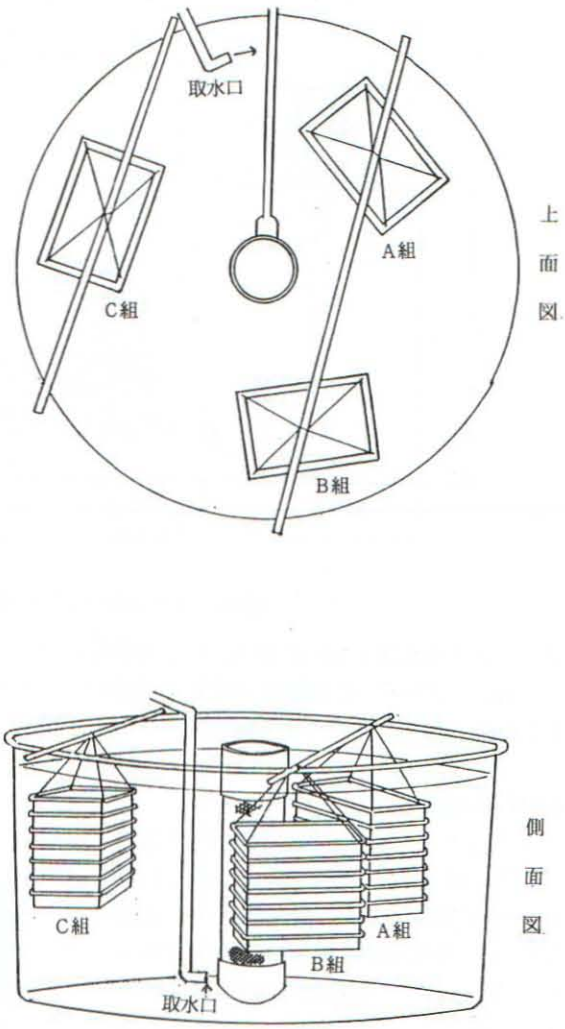


図４　重ねザルふ化器設置状況

水温は，4.6～8.2℃の範囲で推移した（図８）。積算水温は，受精からふ化までの14日間で91.8℃であり，受精から放流までの19日間で119.6℃であった。

２回目（１月23日）は，木古内漁協で雌１尾，雄２尾を用いて人工受精を行い，受精卵を活輸送した。受精率は0.5%と低かった（表１）。卵は0.5㎜目合のネットを敷いたサケふ化

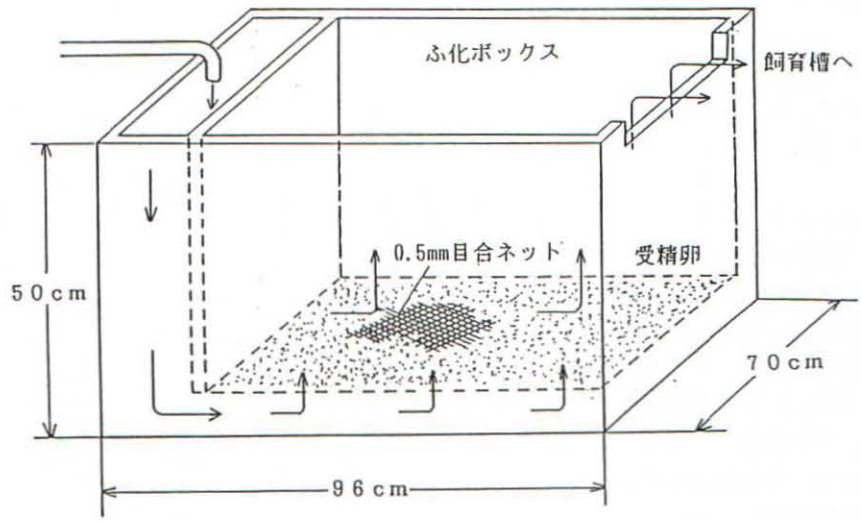


図5　サケふ化ボックス増収型ふ化器

ボックス1台に薄く均一に敷き，流水で管理した。

水温は，2.9～5.6℃の範囲で推移し（図8），受精から8日後に胚体が形成された。受精率が低かったので卵のまま1回目と同じ場所に放流した。

1991年の結果

1回目（1月8日）は，木古内漁協で全長75～89cmの雌2尾，雄3尾を用いて約299万粒を採卵，人工受精後，卵を活輸送した。受精率は2尾平均75.0%であった（表1）。ふ化方法は，1990年と同じサケふ化ボックス1台とザルふ化器4枚を用いた。サケふ化ボックスもネットザルも卵どうしが付着し死卵が多く目立った。ふ化尾数は約125万尾でふ化率41.9%であった。

水温は，8.0～9.7℃の範囲で推移した（図8）。積算水温は，受精からふ化までの9日間で79.4℃であり，受精から放流までの13日間で112.6℃であった。

放流は，恵山町山背泊沖南西1.2マイル（水深50m）で行った。

2回目（1月16日）は，活魚輸送した全長72～73cmの雌1，雄2尾を用いて，

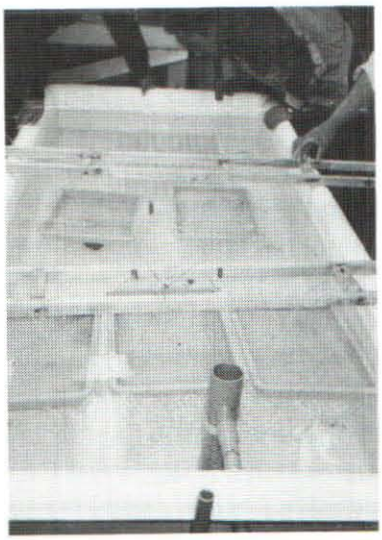


図6　波板とザルの設置状況

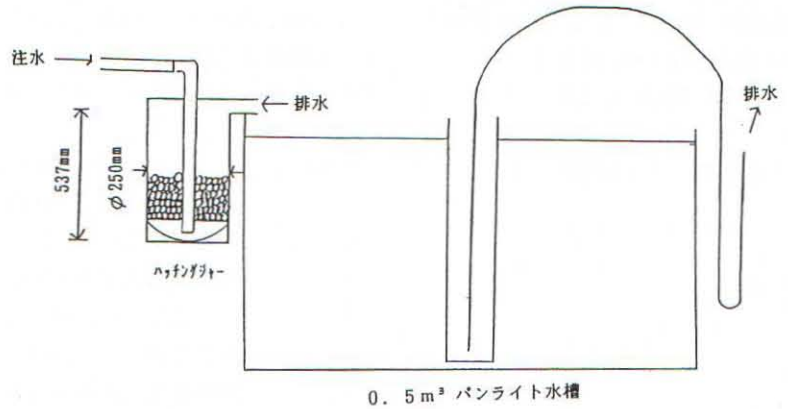


図7　ハッチングジャーふ化器と設置状況

約238万粒を採卵した。受精率は73.8%であった（表1）。人工受精後，卵を波板12枚に付着させ，波板に付着しなかった卵はザルふ化器5枚に収容し，2.5ｔ水槽中で流水を用いて管理した。波板は卵どうしの付着はなかったが，ザルふ化器は1回目同様卵どうしが付着し死卵が多く目立った。ふ化尾数は約139万粒でふ化率58.5%であった。

水温は，7.8〜9.5℃の範囲で推移した（図8）。積算水温は，受精からふ化までの9日間で75.3℃であり，受精から放流までの12日間で99.7℃であった。

放流は，恵山町山背泊沖南西0.88マイル（水深40ｍ）で行った。

1992年の結果

1回目（1月8日）は，活魚輸送した全長66〜72㎝の雌3尾と雄5尾（全長未測定）を活魚輸送し，人工受精を行った。今回は，卵どうしが付着しないように受精後の洗卵時に泥海水を加え，水が透明になるまで洗卵した。その後，2尾分の受精卵をサケふ化ボックスに，残り1尾分の受精卵はガーゼを敷いたザルに収容した。そのザルを6〜7段重ねたものを3組作り，1ｔのパンライト水槽に垂下して流水で管理した。取水口側からA，B，C組とした（図4）。採卵数はサケふ化ボックス約388万粒，ザルふ化器に約179万粒であった。受精率はサケふ化ボックスが88.5%，ザルふ化器が86.5%であった。泥使用により卵どうしの付着はなかった。ふ化尾数とふ化率の算出のための資料は，ザルふ化器の各組の上から2段目のザルから卵をランダムに抽出して求めた。ふ化尾数はサケふ化ボックス約320万尾，ザルふ化器が約60万尾であった。ふ化率はサケふ化ボックスが82.6%であった。ザルふ化器は平均33.5%であったが，A組が71.9%，B組が2.9%，C組が25.4%であり，取水口に一番近いA組のふ化率が一番高かった。放流尾数はサケふ化ボックス約266万尾，ザルふ化器が約18万尾であった。放流率は，サケふ化ボックス68.7%，ザルふ化器9.8%であった（表1）。

水温は，4.9〜6.8℃の範囲で推移した（図8）。積算水温は，受精からふ化までの12日間で73.1℃であり，受精から放流までの19日間で111.3℃であった。

放流は，恵山町山背泊沖南西0.6マイル（水深25ｍ）で行った。放流尾数は，283万尾であった。

2回目（1月20日）は，木古内漁協において全長70～91cmの雌5，雄4尾を用いて約789万粒採卵し，人工受精後，受精卵を輸送した。1回目同様，洗卵時に泥海水を用いた。受精率は65.0%であった（表1）。約2時間の運搬後，ガーゼを敷いたザルふ化器に収容した。そのザルを4～5段重ねたもの6組を1tのパンライト水槽2つに3組ずつ垂下し流水で管理した。しかし死卵が増加したため，6組中5組のザルふ化器の卵は途中からサケふ化ボックスに移した。

ふ化率はサケふ化ボックス29.8%，ザルふ化器17.4%であったが，上から1段目は44.4%，2段目1.8%，3段目3.9%，4段目0.6%，1番下の5段目は36.2%であった。

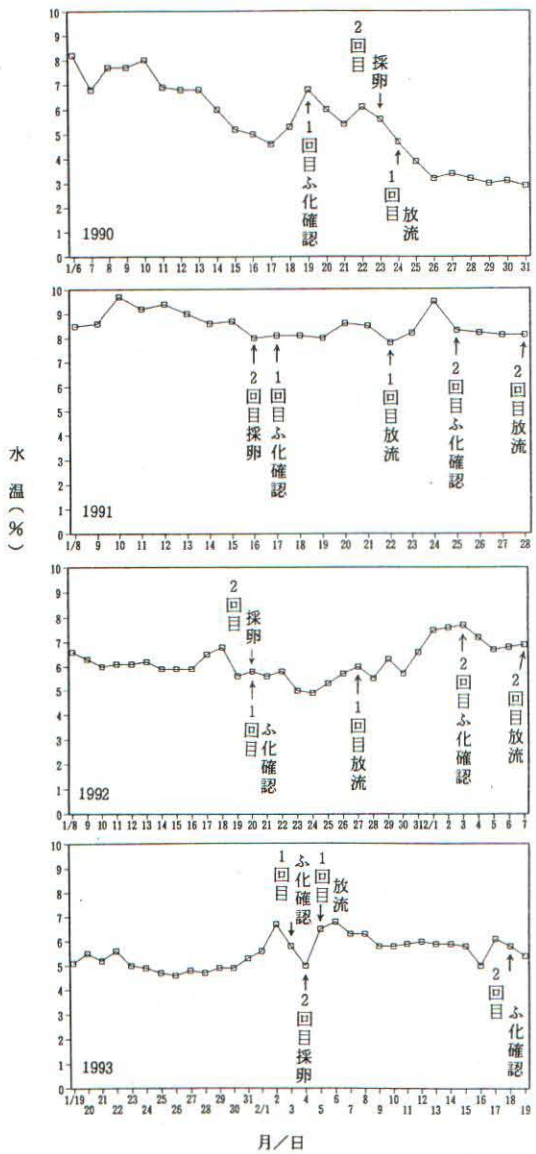


図8　恵山町ウニ採苗施設におけるマダラ人工ふ化時の飼育水温変化（1990～1993年）

水温は，4.9～7.7℃の範囲で推移した（図8）。積算水温は，受精からふ化までの14日間で90.1℃であり，受精から放流までの18日間で117.7℃であった。

放流は，恵山町山背泊沖南西0.3マイル（水深36m）で行った。

放流尾数は，サケふ化ボックスが約214万尾，ザルふ化器が約6万尾であった。放流率は，両方合わせて27.1%であった。

1993年の結果

1回目（1月19日）は，木古内漁協において，全長75cmの雌1尾と雄3尾を用いて約255万粒を採卵し，人工受精後，受精卵を輸送した。約2時間の運搬後，ハッチングジャーふ化器に収容し，流水で管理した。

受精率は96.8%であった（表1）。ハッチングジャー内での卵どうしの付着は見られなかった。

水温は4.7～6.8℃の範囲で推移した（図8）。積算水温は，受精からふ化まで

表1　恵山町におけるマダラ人工ふ化放流事業結果

年	採卵月日	親魚数	全長（㎜）	産地（漁法）	採卵数（万粒）	受精率（%）	ふ化器	飼育水温（℃）	ふ化率（%）	ふ化尾数（万尾）	放流尾数（万尾）	受精後ふ化確認と最初の生産日数（日）	経過温度（℃）	備考
1990	1／5	♀1♂	—	木古内(定置)	124	75.9	ポリビン→ネットザル	4.6～8.2	?	?	?	14	91.8	卵輸送（1日後）
	1／23	♀1♂2	—	〃（〃）	?	0.5	サケふ化ボックス	2.9～5.6	?	?	?	—	—	〃（当日)卵未成熟
1991	1／8	♀2♂3	75～89	木古内(定置)	299	75.0	サケふ化ボックス ネットザル	8.0～9.7	41.9	125	?	9	79.4	卵輸送（当日）
	1／16	♀1♂2	72～73	大船（〃）	238	73.8	波板 ネットザル	7.8～9.5	58.5	139	?	9	75.3	活魚輸送
1992	1／8	♀3♂5	66～72	木古内(定置)	388 179	88.5 86.5	サケふ化ボックス ガーゼザル	4.9～6.8	82.6 33.5（平均） A組71.9 B〃 2.9 C〃25.4	320 60	266 18	12	73.1	活魚輸送 （泥海水使用）
	1／20	♀5♂4	70～91	〃（〃）	789	65.0	ガーゼザル→ふ化ボックス	4.9～7.7	29.8	?	214	14	90.1	卵輸送（当日）
							ガーゼザル		17.4（平均） 1段目44.4 2〃 1.8 3〃 3.9 4〃 0.6 5〃 36.2	?	6			
1993	1／19	♀1♂3	63～79	木古内(定置)	255	96.8	ハッチングジャー	4.7～6.8	61.7	150	49+	15	88.9	卵輸送（当日） 自然放流
	2／3	♀1♂1	64～88	〃（〃）	318	62.8	〃	5.0～6.8	?	?	2	15	77.5	卵輸送（当日）

の15日間で77.5℃，19日目の２月７日には全てふ化しており積算水温107.9℃であった。また，ふ化直前の生卵率は61.7%（約150万尾）であった。

放流尾数は，２月４日時点で約49万尾，放流尾率は19.3%であったが，２月４日以降もふ化し，飼育水槽の排出口からふ化仔魚が漁港に自然放流された。

放流は，恵山町大澗漁港より南東１マイル沖（水深33m）で行った。

２回目（２月３日）も木古内漁協において，全長64～88cmの雌雄各１尾を用いて，約318万粒を採卵し，人工受精後，卵を輸送し，ハッチングジャーふ化器に収容し，流水で管理した。

受精率は62.8%であった（表１）。水温は5.0～6.8℃の範囲で推移した（図８）。積算水温は，受精からふ化までの15日間で88.9℃，17日目の２月19日には全てふ化し，積算水温100.1℃であった。

放流尾数は，２月19日放流時点で約２万尾，放流尾率は0.6%と低かった。放流は，恵山町大澗漁港より１マイル，七つ岩３マイル沖（水深40m）に放流した。

考　　察

受精率について

受精率は，1990年の２回目（0.5%）を除くと，65～97%であった。町田[1]は，卵の熟度が適当であれば，90%以上の受精率が期待できるとしており，1992年の２回目の場合は，採卵時に卵が堅く搾出しにくかったことから，卵が未熟であったため受精率が極端に低かったと考えられる。

また，卵の熟度が適当であれば，親魚を輸送して恵山町で採卵するのも，親魚が漁獲された現地で産卵するのも，受精率にはほとんど差が出ないと思われる。

ふ化率およびふ化器について

ふ化率は，30～83%で，洗卵時に泥海水を使用したサケふ化ボックスおよびハッチングジャーで比較的高かった。概して受精率の高い卵でふ化率が高い傾向がみられた。中野[5]は，マダラ卵の無水輸送でも卵にほとんど影響を与えないと述べている。しかし，本報告の輸送方法では，卵を厚く重ねすぎると卵が変形し，ふ化率の低下の原因となったと考えられ，卵の取り扱いにも注意が必要である。

次に，ふ化器について検討すると，手作りのポリビンふ化器は卵どうしが付着し合い死卵が増えたため，以後使用しなかった。サンゴ砂を敷きつめたことなどから流水量に問題があったと考えられる。

波板は，卵どうしの付着はないが波板に付着しない卵が多い事と，広い場所を必要とするため，施設を効率的に使うには問題がある。

ザルもサケふ化ボックスも当初は卵どうしが付着し，塩カズノコの様な固まった状態になって死んでいく卵が多かった。その後泥使用で卵が付着しなくなり，ふ化率も向上した。しかし，底に敷く0.5mm目合のネットの下にエアーが溜まり，卵が均一に敷けなくなって卵が偏るという問題点が出た。

サケふ化ボックスを用いてマダラ種苗生産試験を行った中田ほか[6]の結果でもふ化率は11

～93%と不安定であり，卵の収容・ふ化方法に問題があると考察している。

ザルを重ねた場合は，取水口に一番近い組のふ化率が一番高く，一番上の段と一番下の段以外はほとんどの卵が死亡した。このことは，流水量が少なかったため，ふ化率が低下したと考えられ，ザル重ね方式は適当なふ化方法でないと判断された。

ハッチングジャーでは，泥海水を使用しなかったが，卵の付着もみられず，大量の卵を収容することが出来た。しかし，４年間の試験で受精率が最も高い卵を使用したにもかかわらず，ふ化率は62%と，サケふ化ボックスやガーゼザルの最も良いふ化率より低かった。今後，ハッチングジャーへの卵の収容数や流量について検討する必要がある。

ふ化までの積算水温について

水温4.6～9.7℃の範囲では，最初のふ化確認は積算水温73.1～91.8℃であった。山本・西岡[7]のマダラの発生実験結果から積算水温を計算すると約87℃となり，本試験結果とほぼ同じ値となった。

また，大多数の卵がふ化するのは積算水温111.3～119.6℃であることから，積算水温120℃でふ化は完了するものと思われる。この数値は，仔魚放流時期の決定の目安になると考えられる。

今後の方向について

４年間の事業で，確認したものだけでも総計550万尾を越えるマダラふ化仔魚放流を行い，技術的にも一定の成果をあげることができた。

しかし，恵山町では，地元で成熟したマダラはほとんど採捕されておらず恵山近海では産卵場がないと思われる。従って，成熟したマダラが採捕できないことは地場産のマダラを用いて安定した人工ふ化を行うことは困難であり，もともとふ化仔魚が成育していくには困難な場所であると思われる。

また，人工受精卵・仔魚放流の効果について確認されていない現状から考えると，今後はふ化仔魚放流だけでなく中間育成等を取り入れ，海域に合ったサイズのマダラ種苗放流に重点をおいた方が良いと考えられる。

一方，恵山町漁協青年部「海を育てる会」はマダラ成魚の標識放流も行っている。今後は，標識尾数を増加するなど生態調査を重視した事業展開が期待される。

要　　約

1990年から1993年にかけて恵山町漁協青年部「海を育てる会」が取り組んだ，マダラ人工受精卵・ふ化仔魚放流事業の概要を報告した。

1．主として木古内沖の定置網で漁獲されたマダラ親魚を用いて，採卵，人工受精し，恵山町ウニ採苗施設で様々なふ化器を使用して飼育管理した後，ふ化仔魚の放流を行った。

2．受精率は62～97%，ふ化率は30～83%であり，洗卵時に泥海水を使用して，卵どうしの付着を防いだサケふ化ボックス型ふ化器とハッチングジャー型ふ化器の成績が良かった。

3．ガーゼザルを重ねたふ化器では，流水量の少ない部分のふ化率が極端に低下した。

4．４年間の総計で550万をこえるふ化仔魚放流を行うことができた。

5．最初のふ化確認は積算水温73～92℃であり，積算水温120℃でほとんどのふ化が終了した。この数値はふ化仔魚放流時期の決定の目安になると思われる。
6．恵山町では，成熟したマダラがほとんど漁獲されないことから，中間育成などを取り入れたこの海域に合ったサイズのマダラ種苗放流ならびに標識放流など生態調査に重点をおいた事業展開が期待される。

謝　　辞

本報告は，恵山町漁協青年部「海を育てる会」が行った，マダラ人工ふ化仔魚放流事業について，渡島南部地区水産技術普及指導所がとりまとめを行った「恵山町マダラ人工ふ化放流事業報告書（1990～1993）」をとりまとめたものである。
本事業を遂行し，本報告のまとめにご理解頂いた，恵山町漁協青年部「海を育てる会」の関係者に心より深謝する。また，マダラふ化技術およびマダラ全般についてご助言頂いた北海道大学水産学部桜井泰憲博士に感謝する。最後に，本報告の公表の機会を与えていただいた北海道スケトウダラ研究グループ会議25周年記念誌事務局に対し謝意を表する。

引用文献

1）町田洋一：マダラの種苗生産．水産の研究．4(4)，46-51（1985）
2）桜井泰憲，吉田英雄：我が国におけるマダラ資源とその生態．水産「技術と経営」．36(1)，40-54（1990）
3）塩垣　優：マダラ卵の新しい孵化法について．青森県水産増殖センターだより．(51)，2（1990）
4）與世田兼三：栽培漁業と新養成技術　37　マダラ種苗生産の現状．水産の研究．11(4)，99-104（1992）
5）中野昌次：マダラの種苗生産．さいばい．(39)，23-27（1986）
6）中田健一，福田慎作，塩垣　優，田村眞通，吉田秀雄：マダラ増殖試験．青水増事業報告．(18)，175-182（1988）
7）山本護太郎，西岡丑三：マダラの発生並びに孵化幼生の飼育．日本海区水産研究所創立三周年記念論文集，301-308（1952）

スケトウダラ調査研究の歴史と問題点

前田辰昭，高木省吾，亀井佳彦
梶原善之，目黒敏美，中谷敏邦

本種の漁業は今世紀の初期に始まり，その研究は漁業より半世紀程遅れた第二次世界大戦後頃からである。1960年代に開発されたスリミ需要の増大に伴い，世界の生産量は600万tに急増し，その資源構造，生活史および資源管理に関する研究が活発になった。本種は底魚とされているが遊魚に近く，外洋域に広く回遊し，資源量の増大期や環境変化に対応して生息域を変化させる。そのため漁況予測には漁獲物解析のみでなく，フィールド研究も必要である。また資源量変動，年級群発生機構の解明および資源管理と生産管理の方法論の研究も重要である。

A202　北水試研報 42　1－14　1993

スケトウダラの初期生活史

中谷敏邦，前田辰昭

北海道南部太平洋海域に分布するスケトウダラは，12月から3月に至る長い期間にわたり噴火湾湾口部から湾外陸棚水域で産卵する。卵は0－7℃で86－98％の高い孵化率が得られるが，－1℃以下では孵化率が低下する。北海道日本海域や噴火湾周辺海域では産卵前期の高水温を除き胚発生の適水温が維持されるが，道東の根室海峡表層域は氷点下の水温となる。このような海域では親魚が200m以深で産卵を行うことにより低水温による減耗が低く抑えられていると考えられる。孵化仔魚の主要餌生物は橈脚類ノープリウスであり，成長とともにコペポダイト期の橈脚類に変化する。噴火湾では橈脚類ノープリウスの分布密度は親潮系水の挙動に支配され，流入時期の年変動は仔魚期の飢餓による死亡率に影響するものと予測される。

A203　北水試研報 42　15－22　1993

タラ科魚類5種の仔稚魚の発育過程（総説）

針生　勤

北太平洋に分布するタラ科魚類，マダラ*Gadus macrocephalus*，コマイ*Eleginus gracilis*，コマダラ（新称）*Microgadus proximus*，スケトウダラ*Theragra chalcogramma*およびホッキョクダラ*Boreogadus saida*の5種について，まず，仔稚魚の発育段階を把握する必要性から，成魚の計数的形質に関する既往の資料をまとめ提示した。また，発育初期における外部および内部形態に関して報告されてきた知見を整理し，種ごとの特徴を提示した。本研究では，発育に伴う体の各部位の成長過程，鰭条の骨化過程および色素胞の分布パターンを追跡した。さらに，これらの形態的変化を種間で比較・検討し，上記5種の識別点を明らかにした。

A204　北水試研報 42　23－36　1993

耳石によるスケトウダラの齢査定について（総説）

西村　明

耳石によるスケトウダラの年齢査定は，処理方法自体は比較的容易だが，偽年齢の出現あるいは高齢魚での年齢表示の不明瞭化のために読輪は必ずしも容易ではない。本総説では，耳石形態に関する最近の知見を紹介し，スケトウダラの年齢および日齢査定方法について，ベーリング海のスケトウダラの耳石で得られた知見をまじえながら論じた。また，耳石日周輪構造を年齢構造と対応させて論じることにより，耳石によるスケトウダラの齢解析における問題点について示した。

A205　北水試研報 42　37－49　1993

スケトウダラの繁殖特性と戦略

桜井泰憲

スケトウダラの成熟過程，生殖周期，産卵過程と産卵行動の生物学的・生態学的側面について，野外調査と飼育実験に基づいて総説した。

本種の生殖腺の発達様式は“部分同時型”であるが，その産卵様式は“多数回産卵型”と規定される。これらの繁殖特性に基づいて，未成魚・成魚・経産卵魚の判別と孕卵数計測のための最適な成熟度の基準について提案した。また，スケトウダラの繁殖特性とその戦略を解明するために有効である飼育実験に関する既往の知見と，現在進行中の集団飼育実験の概要について，飼育魚の採集や実験方法なども含めて紹介した。最後に，本種の繁殖特性とその戦略を他のタラ魚類の知見と比較し，その位置づけを行い，スケトウダラの資源変動と再生産機構との関係の解明に向けた作業仮説を提案した。

A206　北水試研報 42　51－68　1993

日本周辺海域におけるタラ科魚類の寄生虫（総説・文献目録）

長澤和也

本総説では日本周辺海域におけるタラ科魚類3種（マダラ，スケトウダラ，コマイ）の寄生虫に関する知見を整理した。これまでに日本産タラ科魚類から記載されている寄生虫のうち，種名が判明しているものは32種である。本総説では，寄生虫によるタラ科魚類の系群識別と宿主個体群に与える影響評価に関する解説を行った。また，医学的および食品衛生学的に問題となる寄生虫についても記述した。最後に，多くの文献に基づき本邦産タラ科魚類から報告されている寄生虫のリストを，宿主，寄生部位，地理的分布，報告者などの情報とともに示した。

A207　北水試研報 42　69－89　1993

1990－91～91－92年の岩内湾におけるスケトウダラ*Theragra chalcogramma*（Pallas）卵稚仔の分布動向と最近の特徴

八木宏樹，武藤卓志

最近2年間の「泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書（北海道）」にみられる岩内湾におけるスケトウダラ卵稚仔の出現数から，同魚の分布と動向を解析し，過去のデータと比較検討した。

近年，岩内湾のスケトウダラ卵稚仔の出現は1989－90シーズンをピークに減少傾向にある。とくに1991－92シーズンは1987－88シーズンに次ぐ低い出現数を示した。通常スケトウダラ資源の再生産関係については「産卵親魚量とそれからの子孫量との間には数的な関係は薄い」といわれているが，1991－92シーズンは1987－88シーズン生まれ群の加入年にあたっていることから，ここに何らかの関係がある可能性も示唆される。また，出現数の低下と産卵期が早まることの関連についても論議した。

A208　北水試研報 42　91－100　1993

根室海峡におけるスケトウダラ産卵量及び来遊親魚量の推定

佐野満廣，佐々木正義，宇藤　均
小池幹雄，佐々木　彰，大迫正尚

根室海峡において1982年1月から4月にかけて，6回のスケトウダラの卵の分布調査を実施し，卵の現存量，総産卵量，産卵群の資源量を推定した。調査水域は日ロ200海里中間線から日本側水域であった。卵の分布は1月から見られ，2月下旬から増加して3月上旬には15兆粒の現存量のピークを迎えた後，3月下旬にかけて急激に減少していた。現存量の発生段階組成のデータから，産卵後ふ化までの減少係数と1日当たり減少率をそれぞれ，0.209，0.19と算出した。各調査時の現存量から推定された産卵量の累積値として，総産卵量約58兆粒，産卵群の資源量は303,249 t が推定された。

A209　北水試研報 42　101－111　1993

近年の根室海峡におけるスケトウダラ卵分布量の急激な減少（英文）

三宅博哉，浜林啓治，石亀正則，佐野満廣

ネット曳き調査で採集されたスケトウダラ卵の量がその親魚の現存量の指数として適当かどうかを調べるために，1987年から1992年の冬季に根室海峡北部の3～12ヶ所の地点でネット垂直曳きによる卵分布調査を行った。本報告では各調査航海の卵最大調査点現存量（MESA：各調査航海での卵の最大採集量）の年内および年間の変化をみた。

卵の分布量が最大となる時期や地点は各年ともほとんど変わらなかったが，各年の調査点卵最大現存量は1987年から1992年にかけて1／52に急激に減少していた。すけとうだらはえ縄漁業の1日1隻当たり漁獲量の変化も1984年以来減少傾向を示しており，卵現存量の減少はスケトウダラ親魚現存量の減少が主原因であると考えられた。

さらに，こうしたスケトウダラ親魚の減少は，近年根室海峡で操業しているロシアのトロール漁船と日本の漁船による過大な漁獲圧力が大きな要因であると推定した。

A210　北水試研報 42　113－119　1993

スケトウダラ *Theragra chalcogramma*（Pallas）とホッキョクダラ *Boreogadus saida*（Lepechin）の後期仔魚の形態について（英文）

針生　勤，西山恒夫

タラ科2種，スケトウダラ*Theragra chalcogramma*とホッキョクダラ *Boreogadus saida*の体長10～30㎜の後期仔魚における体各部位の成長過程，鰭の形成過程および色素胞の分布パターンを比較した。前肛門長の体長割合が2種の間で明らかに異なり，前者が平均44%，後者が平均48%である。また，肛門の位置は前者が第2背鰭基部よりも前にあるのに対し，後者が第2背鰭基部より後ろにある。体長12～24㎜において尾鰭の骨化過程が2種の間で明確に異なる。背部，体側および腹部における色素胞の分布は前者がまばらであるのに対し，後者が密なパターンを示す。稚魚期に移行する体長はスケトウダラが約21㎜，ホッキョクダラが約25㎜である。

A211　北水試研報 42　121－133　1993

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅰ水平分布と孵化時期

夏目雅史，佐々木正義

北海道北部日本海におけるスケトウダラ稚仔魚の分布を明らかにするため，マルチネットおよびビームトロールネットを用いて，1984年10月から1987年2月まで，ほぼ隔月で周年にわたる調査を行った。稚仔魚は2月から採集され始め，6月にはほとんど採集されなくなった。2月には6，7㎜台，4月には10,12㎜台にモードを持つ仔魚が多数採集され，これらの分布は利尻島，礼文島周辺の陸棚域で多く，武蔵堆周辺の沖合域で少なかった。仔魚の分布と海況との関係から，樺太沿岸水は仔魚のオホーツク海への移送を妨げるものと思われる。また，この海域に分布する仔魚の体長から，孵化盛期は2月下旬から3月上旬であろうと推定される。

A212　北水試研報 42　135－142　1993

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅱ鉛直分布の日周変化とビームトロールネットの採集効率

夏目雅史，佐々木正義

スケトウダラ稚仔魚の鉛直分布の日周変化およびビームトロールネットの採集効率を調べるため，1987年5月下旬に北海道北部日本海で日出前，日中，日没後の1日3回ビームトロールネットによる10,30,50,70ｍ層の層別採集および，ソリネットによる着底採集を行った。稚仔魚は日出前と日中は全長30㎜前後の個体が少数採集されたのに対し，日没後は全長約30～50㎜の固体が多数採集されたことから，ビームトロールネットは約30㎜以上の稚魚に対して日中採集効率が低下するものと予測される。また，全ての海底上曳網採集で稚仔魚がほとんど採集されていないことから，5月下旬，スケトウダラ稚魚はまだ底生生活に移行していないと考えられる。

A213　北水試研報 42　143－148　1993

北海道北部日本海のスケトウダラ稚仔魚の生態－Ⅲビームトロールによる採集適期

夏目雅史，佐々木正義

スケトウダラ稚仔魚に対するビームトロールネットによる採集効率を調べるため，1988年5月中旬に北海道北部日本海で昼夜別の層別採集を行い，稚仔魚の鉛直分布および体長組成について検討し，その採集適期を推定した。

採集された稚仔魚の多くは全長約30㎜以下で主として仔魚期の個体であった。稚仔魚の昼夜間での鉛直分布の変化は小さく，顕著な日周鉛直移動はみられなかった。全長約30㎜以下の稚仔魚に対するビームトロールネットの採集効率は昼夜間で差が小さいものと推定され，当海域でのビームトロールネットを用いた稚仔魚の採集は4月中旬～5月上旬までに行うのが適当と考えられる。

A214　北水試研報 42　149－155　1993

北海道えりも岬以西太平洋海域のスケトウダラ若年魚の分布

佐々木正義，長澤和也

恵山岬から噴火湾沖合を経てえりも岬までに至る北海道南部太平洋海域で委託試験船の底引き網による操業記録や標本をもとに，漁獲率および体長組成の季節変化を調べ，スケトウダラ若年魚の分布を検討した。

漁獲された若年魚の標準体長はおおよそ8～30cmにあり，0～2歳魚と推定された。これらは冬季から春季に主として鵡川沖から恵山岬沖に至る大陸棚上に分布していた。夏季には1歳魚は250m以浅に，2歳魚はそれより深い水域に分布していた。このような年令群による棲み分けは，秋季にも当歳魚や1歳魚において観察された。

A215　北水試研報 42　157－164　1993

根室海峡におけるスケトウダラ産卵群に対する刺し網の網目選択性　第3報　胴周による網目選択性曲線

上田吉幸

根室海峡北部水域の羅臼沖でスケトウダラ産卵群を対象に目合の異なる刺し網を用いた漁獲試験を1985年から1987年にかけて4回行い，胴周による網目選択性曲線を求め，体長による網目選択性曲線と比較した。胴周は成熟度指数と相関が高く，雌雄，成熟度指数および漁獲日の違いにより体長－胴周関係に有為な差がみられた。また，網目選択性曲線は1，2，3月と漁期が進むにつれ胴周の小さい方に偏位した。これは漁期の進行にともない成熟度指数が変化し，魚体のくびれ易さに差が現れたことによるものと考えた。

A216　北水試研報 42　165－175　1993

北海道のエリモ以西太平洋沿岸の定置網で漁獲されたスケトウダラについて

田中伸幸

北海道エリモ以西太平洋沿岸における1985年以降のスケトウダラ定置網漁獲量は，1989年には1985年以降で最も多い14,950ｔとなった。また，スケトウダラ全漁獲量に占める定置網の割合は，1990年には最高の22％を占めた。

定置網と刺し網，底曳き網による漁獲物の体長並びに年齢組成を比較した結果，定置網漁獲物は刺し網漁獲物にくらべて小型であり，両者の間に違いがみられた。

今後，より精度の高い資源解析を行うためには，定置網の漁獲量や漁獲物組成のデータを加味して行う必要がある。

A217　北水試研報 42　177－181　1993

サハリン西海域に来遊するスケトウダラ産卵群の特徴

水野政巳，夏目雅史

従来，道西日本海のスケトウダラと同じ北部日本海系統群として解釈されてきたサハリン西海域のスケトウダラについて資源生物学的解析を行った。1989年と1992年の春季の漁獲統計資料を解析したところ，漁期間中漁獲量の多いところが徐々に北上して行く傾向が認められた。同時期に入手した産卵回遊中のスケトウダラ標本を調べ，群の年齢組成・体長組成・産卵期を，同年産卵期の道西日本海のものと比較・検討した。その結果，サハリン西海域のスケトウダラは，道西日本海に比べて両年とも高年齢で魚体の大きなものが多く，産卵期が2－3ヵ月遅れていると推定され，サハリン西海域のスケトウダラは道西日本海に産卵群として現れるものと別系統群である可能性が高いと思われた。

A218　北水試研 42　183－190　1993

スケトウダラ「オホーツク海」系群の再生産機構と資源変動に関する研究（英文）

ズヴェリコーワ　ラリーサ　ミハイロブナ

北太平洋で最も大きな系群の一つであるスケトウダラ“オホーツク海”系群の卵の分布並びに資源動態と，オホーツク海の上層中に存在する流れとの関係について解析した。

スケトウダラ“オホーツク海”系群の再生産は，冬～春季にオホーツク海の北緯50度以北に形成される，広範囲な左回りのむしろ閉鎖的な海水の循環システムの中に生じている。海水の循環様式の年変化は，個体群豊度を変化させる主要因の一つと思われる。

年間150万tに達するほどの漁獲を行っている現在，スケトウダラ“オホーツク海”系群の資源豊度はさがっている。

A219　北水試研報 42　191－195　1993

現在の北部日本海サハリン沖におけるスケトウダラ個体群の再生産レベル（英文）

ズヴェリコーワ　ラリーサ　ミハイロブナ

1960～70年代においてスケトウダラの冬産卵群はサハリン西方から北海道北方のタタール海全体に生息していた。しかし，現在，サハリン西方沖合のスケトウダラの産卵は，実際には1～2月には観察されず，4～5月に観察される。北部日本海スケトウダラ個体群（population）の発生量（abundance）は最近顕著な減少をみせている。現在の発生量の状況をみてみると，サハリンおよび北海道沖合における産卵は時間的にも場所的にもかなり異なっていることから，著者はこれまで1つの個体群といわれていた北部日本海系群は，実際には異なる2つのグループで構成されているのではないかと推測した。

A220　北水試研報 42　197－202　1993

脊椎骨数から見たオホーツク海南西水域のスケトウダラ索餌群の資源構造

石野健吾

オホーツク海南西水域の日本の200海里内で，1984～1986年の間に漁獲したスケトウダラ索餌群から22標本の脊椎骨数，尾椎骨数および総脊椎骨数を計数し，分散分析と多重比較により，標本間の平均値の差の検定を行った。その結果，腹椎骨数，尾椎骨数，総脊椎骨数のいずれかの平均値の差に基づいて明瞭に区分することのできる2つのグループとこれに含まれない1標本が分離された。これと既報の本水域および隣接水域の産卵群の平均脊椎骨数と比較したところ，これらの標本は，北見沖合ストックの成魚と未成魚，および根室海峡ストックの未成魚から構成されていること，またこの他に北部日本海ストックの成魚と未成魚や，根室海峡ストックの成魚を含む可能性もあることがわかった。

A221　北水試研報 42　203－213　1993

北海道日本海沿岸におけるスケトウダラの年齢組成の地域差とその原因に関する一考察

宇藤　均，夏目雅史

1978年から1989年にかけて，北海道日本海沿岸に来遊するスケトウダラ産卵群の延縄漁業における漁獲量および漁獲物体長組成と年齢組成の変化を調べた。

漁獲量の経年変動に，海域間特に桧山海域と石狩湾および岩内湾との間に相違がみられた。

体長組成と年齢組成も，海域間で異なり，特に石狩湾で小型若齢魚の割合が高いのに対して，桧山海域で最も低かった。

このような海域間差をもたらした原因として，漁場来遊率の変動とその海域間差が考えられた。そこで，石狩湾と桧山海域を対象として，漁場来遊率を変数としたシミュレーションを行い，来遊資源の年齢組成や年級群の年齢別来遊割合等を再現した。

A222　北水試研報 42　215－228　1993

東北海区のスケトウダラとマダラの資源変動と底層水温

稲田伊史，村上眞裕美

東北海区のスケトウダラとマダラの資源変動と底層水温の変動の関係を明らかにするため，1980年から1990年の11年間のこれらタラ類の金華山及び常盤沖における密度指数及び高密度域の南限位置と200m層における親潮系水の5℃及び8℃の南限位置の間の相関を調べた。その結果，スケトウダラでは同じ年のこれらの指数の間に高い正の相関が見られ，またマダラでは分布密度と分布域の南への拡大は1～2年前の親潮系水の強さと高い正の相関を示した。この位相のずれは漁船によるマダラ幼魚の漁獲報告に起因するものと考えられた。以上の結果，東北海区のこれらのタラ類資源は底層における親潮系水の影響の強さと密接な関係をもって変動していることが明らかになった。

A223　北水試研報 42 1　229－240　1993

仙台湾沖合における底生魚類群群集とタラ目優占種の生息場所重複（英文）

山村織生，稲田伊史，島崎健二

仙台湾沖100～500mの水深帯で採集したトロール試料30点を用いて，同海域の底生魚類群集の構造を明らかにした。同群集では3種のタラ目魚類，マダラ，スケトウダラおよびイトヒキダラが優占しており，全ての試料でこれら3種のいずれかが70%以上を占めた。クラスタ分析と主成分分析によって，試料は地理的に不連続な3つの試料群に分離した。即ち，水深200m以浅に分布しマダラが優占する群，水深200～350mに分布しスケトウダラが分布する群，および350m以深に分布する群である。本群集の数量的構造を規定するこれら3種間の生息場所の重複を，Schoenerの指数を用いて10cmきざみの体長群毎に検討したところ，40%以上のニッチ重複を示したのは48の種間ペアのうちマダラ（30-40cm，40-50cm）－スケトウダラ（40-50cm）の2組だけであった。イトヒキダラが他の2種との生息場所が異なったのは，単に本種の生息水温の上限が他の2種よりも低いためであると考えられた一方で，マダラとスケトウダラの間には排他的競合の可能性が示された。

A224　北水試研報 42　241－250　1993

コマイの年齢と成長

陳　二郎，桜井泰憲

道東太平洋海域，根室湾およびカムチャッカ西岸海域で採集された計2,495個体のコマイを用いて，耳石薄片法による年齢査定を行った。耳石縁辺部における透明帯の出現頻度を周年に渡って調べた結果，透明帯は秋から冬にかけて形成される年輪であることが確認された。年輪査定結果より，道東海域のコマイの大部分は2齢で成熟し，かつ産卵群の90%以上は2齢の単一年級群で占められていると判断された。しかし，カムチャッカなどの北方海域では3齢以上の高齢魚の占める割合が多く，かつ道東海域よりも成長，成熟が遅い傾向がみられた。

A225　北水試研報 42　251－264　1993

北海道太平洋側海域におけるマダラ雄の精子形成過程に基づく成熟度および生殖周期（英文）

服部　努，桜井泰憲，島崎健二

1989年4月から1990年9月の間に北海道太平洋側海域から採集したマダラ雄を用い，周年にわたって精子形成過程を調べた。

組織学的観察によって明らかになった精子形成過程に基づき，成熟度を増殖期から放精終了期までの6期に区分した。なお，成熟度を生殖腺重量指数（GSI値）と対応させ，その特徴を記載した。この成熟度を用いて北海道太平洋側海域におけるマダラ雄の生殖周期と初回成熟年齢を調べたところ，一部の個体は満3齢で初回成熟を迎えていた。また，成熟度とGSI値は，周年にわたって明確な対応を示し，成熟度の有効性が裏付けられた。以上の解析から，精子形成過程に基づくマダラ雄の成熟度はマダラの生態を解明する上で有効な手段であり，生物測定データより得られたGSI値のみから，マダラ雄の生理学的成熟状況を推察することが可能となった。

A226　北水試研報 42　265－272　1993

水槽飼育によるスケトウダラ成魚およびコマイ未成魚の胃中の食物通過速度について

吉田英雄，陳　二郎，桜井泰憲

スケトウダラ成魚とコマイ未成魚に重量既知の餌を与え，様々な時間間隔で開胃することにより，胃中の食物の通過速度（単位時間当たり通過量），通過時間，消化度合を調べた。

通過速度は，消化の進行初期に高く，時間の経過に従い減少し，水温が高いほど，そして与えた食物の量が多いほど早かった。

食物残存率（胃内容物残存量×100／与えた食物重量）と経過時間との関係は，曲線式と直線式で表せた。50%通過時間は曲線式により良く適合した。しかし，全内容量通過時間を求めるには直線式の方が適しており，スケトウダラ成魚では平均水温5.4℃で118時間，8.1℃で68時間と算出された。

A227　北水試研報 42　273－282　1993

恵山町におけるマダラ人工ふ化の取り組みについて

山内訓司，河野象威，酒井　優，小林雅行

1990～1993年の冬季に恵山町漁協青年部「海を育てる会」が取り組んだマダラ人工受精・ふ化仔魚放流事業の概要を報告した。

道南海域（木古内・大船沖）の定置網で漁獲されたマダラ親魚を用いて，採卵，人工受精し，恵山町ウニ採苗施設で様々なふ化器を使用して飼育管理した後，ふ化仔魚の放流を行った。受精率は62～97%，ふ化率は30～83%であり，洗卵時に泥海水を使用して，卵どうしの付着を防いだサケふ化ボックス型ふ化器とハッチングジャー型ふ化器の成績が良かった。最初のふ化確認は積算水温73～92℃であり，積算水温120℃でほとんどのふ化が終了した。4年間の総計で550万をこえるふ化仔魚放流を行った。

A228　北水試研報 42　283－294　1993

北 海 道 立 水 産 試 験 場

北 海 道 立 中 央 水 産 試 験 場
(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

046
余市郡余市町浜中町238
(Yoichi, Hokkaido 046, Japan)

北 海 道 立 函 館 水 産 試 験 場
(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

042
函館市湯川町1－2－66
(Yunokawa, Hakodate,
Hokkaido 042, Japan)

北海道立函館水産試験場室蘭支場
(Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries
Experimental Station)

051
室蘭市舟見町1－133－31
(Funami-cho, Muroran,
Hokkaido 051, Japan)

北 海 道 立 釧 路 水 産 試 験 場
(Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)

085
釧路市浜町2－6
(Hama-cho, Kushiro,
Hokkaido 085, Japan)

北 海 道 立 網 走 水 産 試 験 場
(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

099－31
網走市鱒浦31
(Masuura, Abashiri,
Hokkaido 099－31, Japan)

北海道立網走水産試験場紋別支場
(Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries
Experimental Station)

094
紋別市港町7
(Minato-machi, Monbetsu,
Hokkaido 094, Japan)

北 海 道 立 稚 内 水 産 試 験 場
(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)

097
稚内市宝来4－5－4
(Horai, Wakkanai,
Hokkaido 097, Japan)

北海道立栽培漁業総合センター
(Hokkaido Institute of Mariculture)

041－14
茅部郡鹿部町字本別539－112
(Shikabe, Hokkaido 041－14, Japan)

北海道立水産試験場研究報告　第42号

1993年12月14日　発行

編集兼　北海道立中央水産試験場
発行者　〒046 北海道余市郡余市町浜中町238
電話　総合案内　0135(23)7451（総務部総務課）
図書案内　0135(23)8705（企画情報室情報課）
FAX　0135(23)3141
Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046, Japan

印刷所　日 東 印 刷 株 式 会 社
小樽市相生町7番4号
電話　(0134)23-1559番