

北海道立水産試験場研究報告

第 76 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENT STATION

No. 76

北 海 道 立 中 央 水 産 試 験 場

北 海 道 余 市 町

2 0 0 9 年 1 0 月

Hokkaido Central Fisheries
Experiment Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

October, 2009

北海道立水産試験場は、次の機関をもって構成されており、北海道立水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものである。

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場
(Hokkaido Central Fisheries Experiment Station)

046 - 8555
余市郡余市町浜中町 238
(Yoichi,Hokkaido 046 - 8555, Japan)

北海道立函館水産試験場
(Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station)

042 - 0932
函館市湯川町 1 - 2 - 66
(Yunokawa,Hakodate,
Hokkaido 042 - 0932, Japan)

北海道立栽培水産試験場
(Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station)

051 - 0013
室蘭市舟見町 1 - 156 - 3
(Funami-cho,Muroran,
Hokkaido 051 - 0013, Japan)

北海道立釧路水産試験場
(Hokkaido Kushiro Fisheries Experiment Station)

085 - 0024
釧路市浜町 2 - 6
(Hama-cho,Kushiro,
Hokkaido 085 - 0024, Japan)

北海道立網走水産試験場
(Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station)

099 - 3119
網走市鱒浦 1 - 1 - 1
(Masuura,Abashiri,
Hokkaido 099 - 3119, Japan)

北海道立稚内水産試験場
(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station)

097 - 0001
稚内市末広 4 - 5 - 15
(Suehiro,Wakkanai,
Hokkaido 097 - 0001, Japan)

北海道立水産試験場研究報告

第76号

目 次

星野 昇, 高嶋孝寛, 渡野遼雅道, 藤岡 崇

北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造および漁獲動向 1

星野 昇, 三原行雄, 稲村明宏

耳石日周輪解析による北海道後志南部沿岸産イカナゴ稚魚の初期成長 13

吉村圭三, 筒井大輔, 前田圭司, 三戸 充, 芳賀恒介

えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係 21

齊藤節雄, 森 立成, 伊藤慎悟, 鈴木邦夫

クローンヒラメの特性評価

第1報 成長性と耐病性のクローン間比較 31

齊藤節雄, 森 立成

クローンヒラメの特性評価

第2報 性分化と形態形成のクローン間比較 39

馬場勝寿, 宮園 章, 河野象威, 久保田 信

噴火湾におけるヒドロ虫コノハクラゲの養殖ホタテガイ稚貝への共生と防除策 45

上田吉幸, 三原行雄

えりも以西太平洋海域におけるシシャモの深浅移動（短報） 51

吉村圭三, 筒井大輔, 佐藤敦一, 高島信一

親魚年齢によるハタハタの卵径, ふ化仔魚全長及びふ化仔魚耳石径の変異（短報） 55

高谷義幸, 吉村圭三, 吉田秀嗣, 萱場隆昭, 松田泰平, 木村 稔

小型囲い籠に収容したマツカワ種苗の摂餌と栄養状態及び生残（短報） 59

吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平

北海道えりも以西太平洋沿岸域におけるALC標識マツカワの再捕（短報） 63

吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平

マツカワの放流サイズが移動と再捕に及ぼす影響（短報） 67

(2009年10月)

**SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENT STATION**

No.76

CONTENTS

Noboru HOSHINO, Takahiro TAKASHIMA, Masamichi WATANOBE and Takashi FUJIOKA Age-structures and catch fluctuations of Arabesque greenling (<i>Pleurogrammus azonus</i>) in the coastal area of southern Hokkaido, Japan	1
Noboru HOSHINO, Yukio MIHARA and Akihiro INAMURA Early growth of sand eel (<i>Ammodytes personatus</i>) in the south coastal area of Shiribeshi, Hokkaido based on daily growth increments in otoliths	13
Keizo YOSHIMURA, Daisuke TSUTSUI, Keiji MAEDA, Mitsuru SAN-NOHE, Kohsuke HAGA Validation of daily increments in the otolith microstructure of sailfin sandfish, <i>Arctoscopus japonicus</i> , larvae in Erimo, the Pacific coast of Hokkaido	21
Setsuo SAITOH, Tatsunari MORI, Shingo ITO and Kunio SUZUKI Evaluation of traits of clonal lines induced by chromosome manipulation in Japanese flounder (<i>Paralichthys olivaceus</i>) I. Differences in growth performance and disease resistance	31
Setsuo SAITOH and Tatsunari MORI Evaluation of traits of clonal lines induced by chromosome manipulation in Japanese flounder (<i>Paralichthys olivaceus</i>) II. Differences in gonadal sex differentiation and morphological development	39
Katsuhisa BABA, Akira MIYAZONO, Shouji KOHNO and Shin KUBOTA The symbiosis of the bivalve-inhabiting hydroid <i>Eutima japonica</i> in juvenile of Japanese scallop <i>Mizuhopecten yessoensis</i> in Funka Bay: preventive measure against the symbiosis	45
Yoshiyuki UEDA and Yukio MIHARA Migration between inshore and offshore of shishamo smelt (<i>Spirinchus lanceolatus</i>) in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido (Short Paper)	51
Keizo YOSHIMURA, Daisuke TSUTSUI, Nobukazu SATOH, Shin-ich TAKABATAKE Variations in egg size, hatching larvae size and otolith size of sailfin sandfish, <i>Arctoscopus japonicus</i> , correlated with female parent age (Short Paper)	55
Yoshiyuki TAKAYA, Keizo YOSHIMURA, Hidetsugu YOSHIDA, Takaaki KAYABA, Taihei MATSUDA and Minoru KIMURA Feeding, nutritional conditions and survival of juvenile barfin flounder, <i>Verasper moseri</i> , reared in small net cages (Short paper)	59
Hidetsugu YOSHIDA, Yoshiyuki TAKAYA and Taihei MATSUDA Recapture of ALC-marked barfin flounder <i>Verasper moseri</i> in the Pacific waters off southern Hokkaido (Short Paper)	63
Hidetsugu YOSHIDA, Yoshiyuki TAKAYA and Taihei MATSUDA Influence of size at release on migration and recapture of barfin flounder <i>Verasper moseri</i> (Short Paper)	67

(October, 2009)

北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造および漁獲動向

星野 昇^{*1}, 高嶋孝寛^{*1}, 渡野邊雅道^{*2}, 藤岡 崇^{*2}

Age-structures and catch fluctuations of Arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) in the coastal area of southern Hokkaido, Japan.

Noboru HOSHINO^{*1}, Takahiro TAKASHIMA^{*1}, Masamichi WATANOBE^{*2} and Takashi FUJIOKA^{*2}

We investigated the age-structures and catch fluctuations of Arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) caught in principal fisheries of the coastal area of southern Hokkaido in order to understand the resource dynamics. The age-structures of the fish products from the south of Shiribeshi and coastal area around the Matsumae Peninsula included the newly recruited (1-year old) and adult cohorts (2-years and above). In the coastal area around the Kameda Peninsula, fish products consisted of immature fish that were 1-2- years old. The age-structure of the fish products from the Tsugaru Strait had a higher proportion of older fish than those from other areas. The trend of catch fluctuation has been declining since the 1990s in the Matsumae Peninsula area, in contrast to the Shiribeshi area, although the rate of annual catch in both these areas has changed in a similar pattern. The difference in the catch fluctuation trend between the Matsumae Peninsula and Shiribeshi areas may have been due to the unusual recruitment of the 1991 -cohort because of a remarkable change in water temperature during the spawning season after 1990.

キーワード：ホッケ, 耳石, 年齢, 漁獲動向, 水温

まえがき

北海道に分布するホッケ (*Pleurogrammus azonus*) は、主に日本海において、水深30m以浅の岩礁域で秋季に繁殖する。翌年の夏季までに日本海やオホーツク海の沖合に広く分散した個体が、9月頃からオホーツク海や日本海北部の大陸棚上において、沖合底びき網漁業を主体に漁獲され始め、その翌春以降は、オホーツク海から日本海、道南太平洋にかけての沿岸域においても、底建網、まき網、刺し網など様々な漁業で漁獲対象となり、次第に沿岸域で定着性を強める¹⁾。年間の漁獲量は、その多くを占める沖底漁業の動向と連動して10~15万トンで推移しており、とくに、スケトウダラなど多獲性資源の減少が顕著な日本海の水産業にとっては、依存度がきわめて大きくなっている。その一方で、近年、一部の海域・漁業では漁獲量の著しい減少がみられている。このため、

本種の持続的利用をはかるために、詳細かつ的確な資源評価がこれまで以上に求められている。

本種の資源評価については、海域・漁業種間の漁獲量推移の傾向²⁾に基づき、便宜的に日本海を茂津多岬で分割し、後志、石狩、留萌、宗谷、および網走管内の海域と、檜山および渡島管内の海域それぞれに評価を行っている³⁾。しかし、積丹半島西岸から檜山、渡島管内の太平洋沿岸域にかけての北海道南部海域では、1950年代から1990年代にかけて多数回行われた標識放流調査から、広い範囲で魚群の移動が頻繁に行われている⁴⁻⁷⁾ことが明らかで、さらに、本稿で詳記するとおり、各地区の新規加入動向や親魚の漁獲動向は、相互に関連性をもって推移している。また、後志南部から松前半島周辺にかけては沿岸に岩礁域が広がっており、一帯には規模の違いはあるが産卵場が連続的に形成されている。近年、後志南部沿岸で漁獲量の多い年が連続しているにもかかわらず

報文番号A435 (2009年7月2日受理)

* 1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

* 2 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

ず、渡島沿岸の漁獲量は著しく減少している。その背景として、資源構造の変化や水温など海洋環境要因の影響が想定されているが、検討が試みられたことはない。

その理由の一つに、北海道南部海域においては、主要な海域・漁業の漁獲物年齢組成が適切に得られていないことが挙げられる。そのため、年級群の新規加入海域や移動回遊の方向性など、資源の生態的特徴が不明であり、各地の漁獲動向に基づいて資源量の推移を推察することができなかった。地区間の漁獲動向の関連性や特異的な水温推移などがみられていても、その資源生態的な背景まで議論が及ばなかった。

ホッケの年齢は、耳石扁平石の薄片標本から輪紋に基づいて査読可能であることが以前から示されていた⁸⁾が、輪紋形成状況が複雑で査読方法については整理されていなかった。高嶋ら⁹⁾は北海道日本海の資源について査読技術を開発し、北海道南部海域の主要産地の一つである寿都地区の漁獲物年齢組成を、2004年以降、耳石査読により直接推定し成果をあげた。

そこで、本研究では、北海道南部海域におけるホッケ資源の現在までの状況を考察するために、第一の目的として、高嶋ら⁹⁾による寿都地区の漁獲物年齢組成にくわえ、これまで不明であった檜山、渡島管内沿岸域における主な漁業の漁獲物年齢組成を、耳石査読により推定し、新たな知見を得た。第二の目的として、各地区の漁獲動向を整理し、地区間の相互関係や表面水温との関連性について検討した。そして、それらの結果をもとに、1985年以降の北海道南部海域に分布するホッケ資源の状態について考察した。

材料と方法

対象とした北海道南部海域の位置、標本採集地と漁獲統計の集計範囲をFig. 1に示す。

1. 主要漁業の漁獲物年齢組成

一般に、ホッケの沿岸漁業は、春季の索餌群を対象とする「春漁」と、秋季の産卵群を対象とする「秋漁」に典型化される。本研究で対象範囲とした北海道南部海域では、沖合底びき網漁業はなく、後志海域、松前半島周辺海域、奥尻島、亀田半島周辺海域の底建網と、春季に恵山周辺で行われる中型まき網漁業での漁獲量が多い。青森県でも春漁主体に漁獲されているが、北海道南部海域に比べると漁獲量は少ない。また、これらの漁業に比べ漁獲量は少ないが、特徴的な漁業に、松前地区で行われるホッケかご漁業がある。そこで、Table 1に示すとおり、2006年から2007年に、これら主な漁業の盛漁期に漁獲物から銘柄別に標本を採集した。

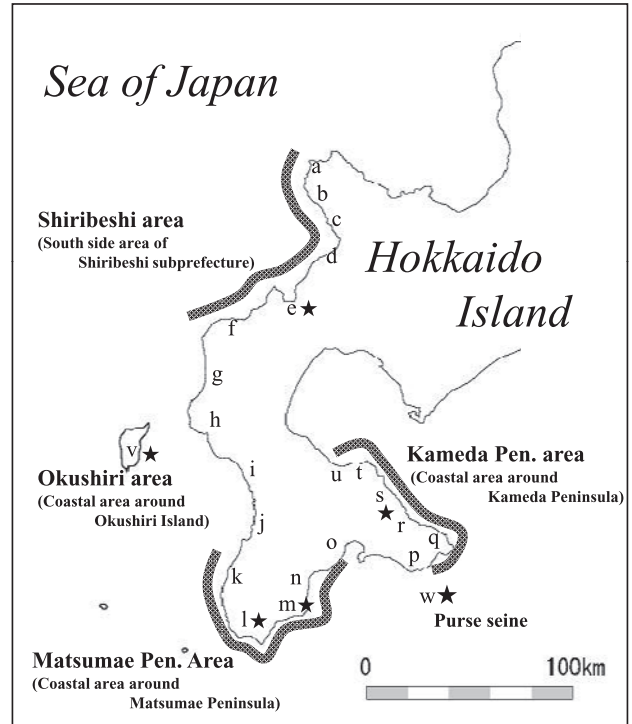


Fig.1 Map of study area in the southern Hokkaido. The star symbols indicate the locations of sampling. a, Syakotan; b, Kamoenai; c, Tomari; d, Iwanai; e, Suttsu; f, Shimamaki; g, Setana-Kitahiyama; h, Taisei; i, Kumaishi; j, Otobe-Esashi; k, Kaminokuni; l, Matsumae; m, Fukushima; n, Shiriuchi-Kikonai; o, Hokuto-Ishizaki; p, Toi-Esan; q, Todohokke; r, Minamikayabe; s, Shikabe; t, Sawara; u, Mori-Osyanabe; v, Okushiri; w, The purse seine in Tsugaru Strait.

Table 1 Sampling information of *P. azonus* used in the age determination by otolith.

Sampling site	Fisheries	Fishing season	Sampling date	Samples(N)
Suttsu	Bottom set net	Spring	11-Apr. 2007	178
Suttsu	Bottom set net	Autumn	5-Nov. 2007	151
Shriuchi	Bottom set net	Spring	8-Jun 2006	215
Matsumae	Bottom set net	Autumn	20-Nov. 2006	208
Sawara	Bottom set net	Spring	25-May 2006	106
Sawara	Bottom set net	Autumn	13-Dec. 2006	45
Okushiri	Bottom set net	Spring	15-May 2007	302
Esan	Middle class purse seine	Spring	9-May 2006	174
Matsumae	Fish pot	Spring	28-May 2007	164
Total				1,543

採集標本は基本測定を行い、原則として体側左側の耳石扁平石を、高嶋ら⁹⁾が寿都地区の漁獲物を対象に行った方法に準じて、スライドガラスにテクノビット樹脂で包埋・接着し、耳石の横断切片を厚さ約0.1mmまで耐水研磨紙(#600)で研磨して、実体顕微鏡により輪紋を観察して年齢を決定した。年齢査定を行った個体は総計1,543個体である。なお、年齢および年級群の表記は、北海道周辺で産卵が概ね終了するとみられる1月1日を全個体のふ化日と仮定し、年齢更新日とした。例えば、2000年の秋に産卵された個体は「2001年級群」、その年級群の2002年1月1日～12月31日までを1歳と記載する。

標本年齢組成を採集地における銘柄別漁獲量で漁獲物組成に引きのばし、漁獲物年齢組成を推定した。

2. 漁獲動向

沿岸各地区の漁獲量を、その年の上半期(春漁; 1～6月)と下半期(秋漁; 7～12月)に分け、4年区ごとの変化として示した(Fig. 2)。地区間で漁業種や着業規模が異なるので、漁獲量の多寡は必ずしも資源の来遊規模を反映するものではないが、上半期、下半期ともに、後志海域、上ノ国および松前を中心とする松前半島周辺海域、奥尻島海域で多く、檜山の北海道本島側では少な

い。南茅部を中心とする亀田半島周辺海域、知内～木古内、まき網でも漁獲量が多い。そこで、本研究では、これら相対的に漁獲量の多い地域範囲をひとまとめにして、Fig. 1に示すとおり、積丹町(余別地区)から島牧村の範囲を「後志海域」、上ノ国町から北斗市にかけての範囲を「松前半島周辺海域」、函館市戸井地区から森町にかけての範囲を「亀田半島周辺海域」とし、各範囲の地区別漁獲量を合計した。加えて、奥尻島海域と中型まき網漁業による漁獲量を対象として、合わせて5つの海域・漁業の漁獲動向として解析した。なお、中型まき網漁業については、海域別の区分は設けず、津軽海峡周辺を主体に漁獲されたものの合計値とした。

漁獲統計値には、北海道水産現勢(電子データ資料)の、時期別かつ漁業種別に細分された漁獲量を集計できる1985年から2008年までを対象範囲として用いた。ただし、2008年については暫定値である。

3. 秋漁期の沿岸水温

日本海南部沿岸域においては、海水温の長期的年変動が上昇傾向にあることがよく知られている^{10, 11)}。そこで、産卵親魚が対象となる日本海南部沿岸の秋漁期における表面水温の変化傾向を把握するために、「北海道沿岸漁場

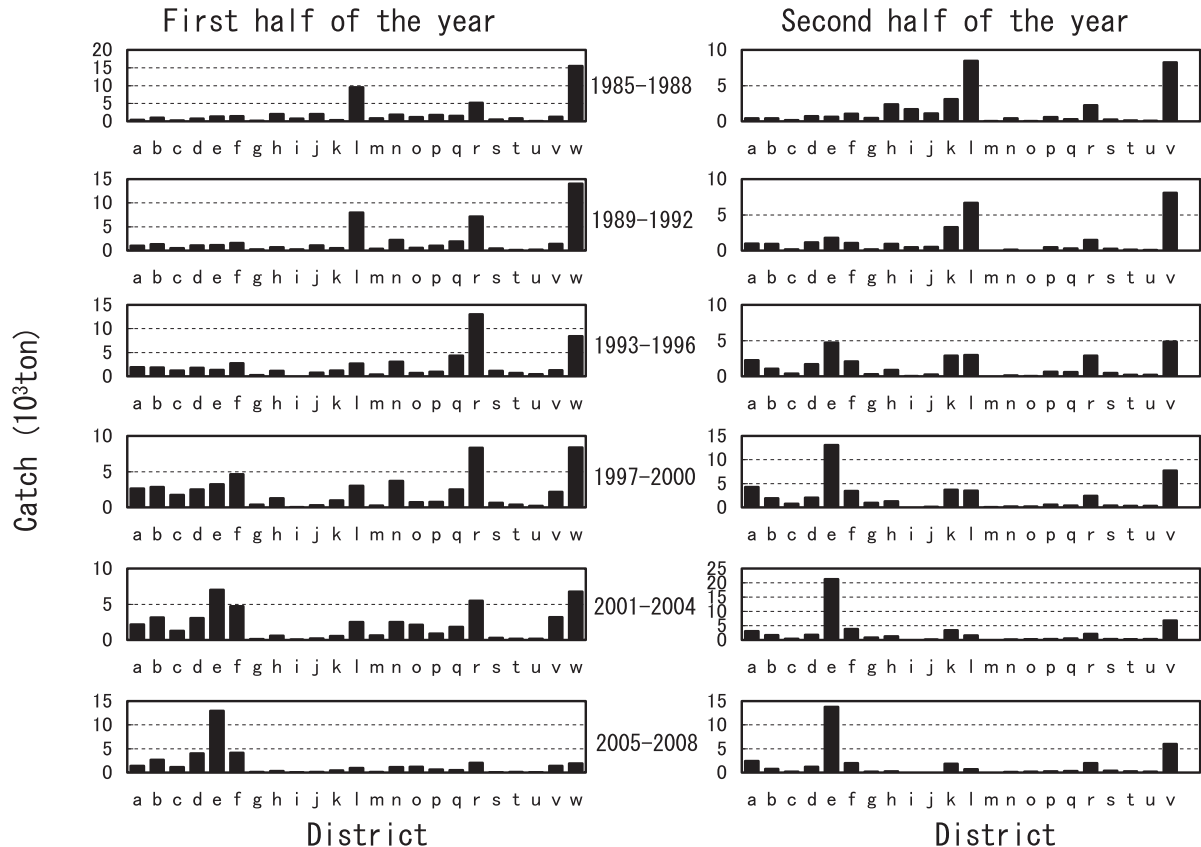


Fig.2 Catch of *P. azonus* by district in the coastal area of southern Hokkaido (cf. Fig. 1).

海況観測取りまとめ（11～37号：社団法人北海道栽培漁業振興公社刊）」¹²⁾の、10～12月の旬別表面水温データを集計した。松前半島周辺海域については、熊石、江差、福島（吉岡）の3地区、後志海域については、神恵内、泊、寿都の3地区の、それぞれ旬別平均値を、両海域の代表値とした。

結果

1. 主要漁業の漁獲物年齢組成

Fig. 3に、推定された主要漁業の漁獲物年齢－体長組成を示す。

後志海域において、最も漁獲量の多い寿都地区における底建網漁業の漁獲物年齢－体長組成は、春漁では270mmと210mmにそれぞれのモードをもつ大小2群で構成された。前者は2歳魚主体でさらに高齢魚も含まれており、後者はすべて1歳（2006年級群）の新規加入資源であった。秋漁では、2006年級群がモード250mm程度に成長し、2歳以上では春漁に比べ高齢魚の割合が著しく下がり、大半が2歳魚で占められていた。

奥尻島海域の春漁における、底建網漁業の漁獲物年齢－体長組成は大小2群で構成され、寿都と比べ体長モードが若干大きいものの、同様の分布であった。ただし、2歳以上の割合が寿都に比べると小さかった。

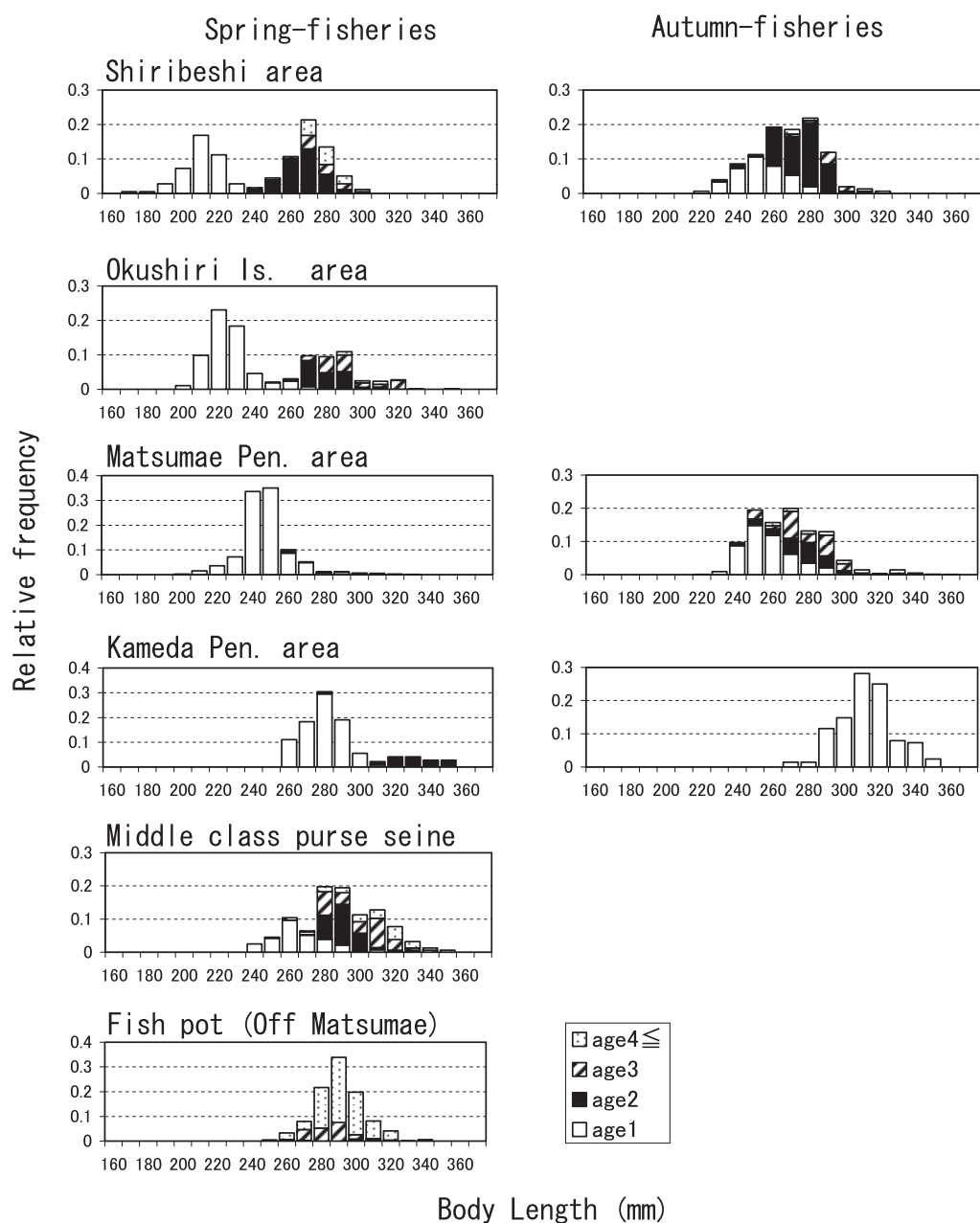


Fig.3 Age-length distributions of *P. azonus* caught in principal commercial fisheries in southern Hokkaido.

松前半島周辺海域における底建網漁業では、春漁では大半が240~250mm台にモードをもつ1歳魚、秋漁では、250mmにモードのある1歳魚と270mmにモードのある2歳魚以上の群で構成されていた。寿都の同時期と比べ、春漁では2歳以上の占める割合が著しく小さいという特徴があり、秋漁でも1歳魚の割合が寿都と比べて大きかった。

一方、亀田半島周辺海域の砂原地区における底建網漁業の年齢-体長組成は、日本海各海域とは著しく異なる特徴があった。春漁が、280mmにモードのある1歳魚群を主体としつつ一部が2歳魚で構成されており、3歳以上は含まれていなかった。秋漁は320mmモードの大型魚で構成され、すべて1歳魚であった。日本海の各海域と比べると、1歳魚の体長は著しく大きいというえに、3歳

以上の個体が存在しないという特異性がみられた。さらに、これらすべては未成魚であった。

恵山周辺で春期に行われる中型まき網漁業では、1歳魚群は260mm台モードであったが、砂原地区と同様に日本海ではほとんどみられない300mmを超える1歳魚が含まれていた。また、280mm台以上のサイズは複数の年齢群で構成されており、最高齢は6歳であった。

松前沖のホッケかご漁業では、他海域の春漁と比べて年齢組成が高齢に偏っている特異な傾向があった。他海域では体長200mm台後半は1~2歳魚が主体となっているのに対し、1歳魚は含まれず、4歳以上の割合が大きかった。

2. 漁獲動向

4海域および中型まき網漁業の漁獲量推移をFig. 4に示す。後志海域と松前半島周辺海域については、5か年

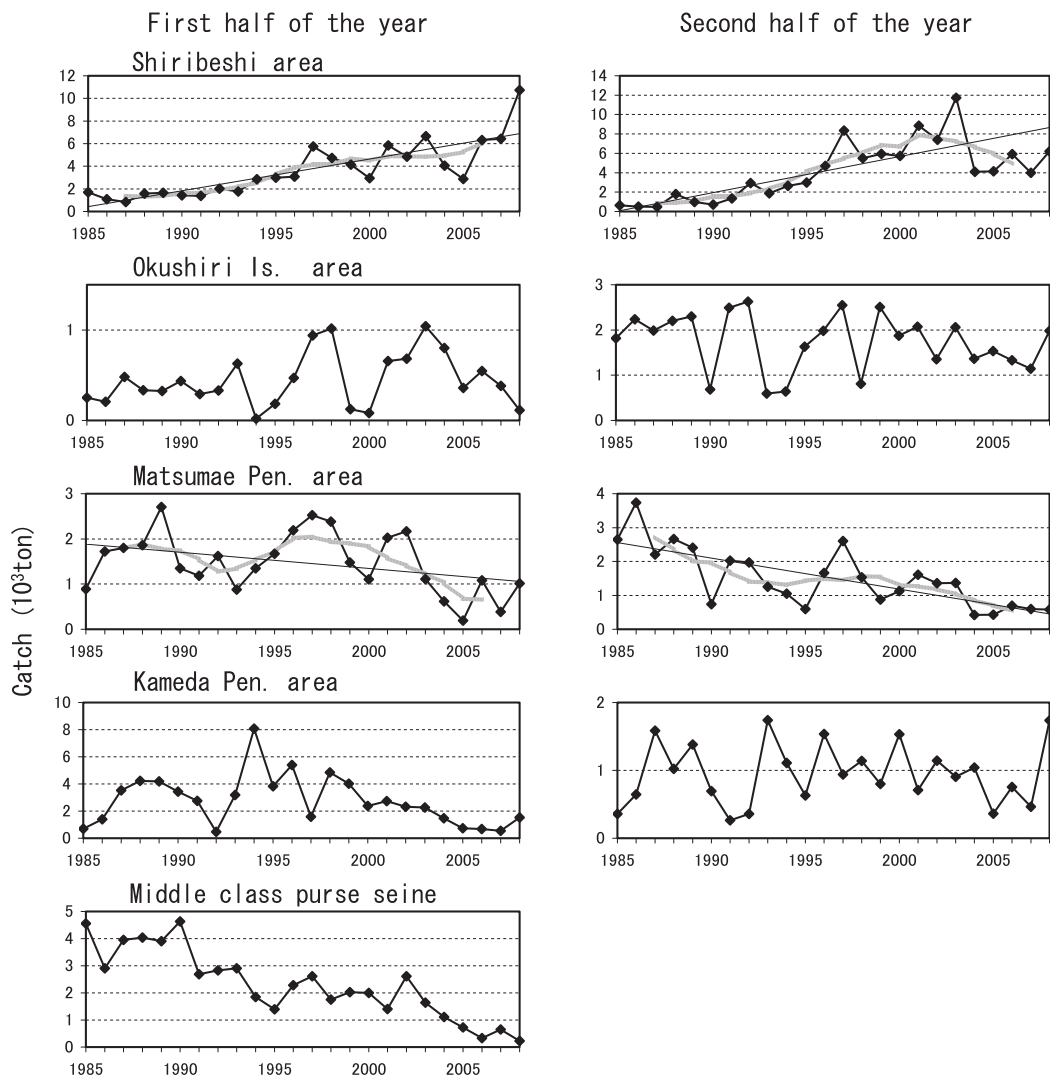


Fig.4 Changes in the catch of *P. azonus* in each study area and middle class purse seine. Bold lines indicate the moving average for five years.

移動平均を併せて示した。後志海域では上半期, 下半期ともに1990年頃から漁獲量が増加のトレンドを呈しており ($p < 0.01$), 上半期漁獲量は2008年に過去最高値となったが, 下半期漁獲量は2004年に急減して以降は5,000トン前後で推移している。松前半島周辺海域では, 上半期, 下半期ともに, 2000年代初めまでは大きく変動しつつも比較的高い水準で推移する時期があったが, 2003年以降は急減して低水準となっている。とくに下半期は後志海域と同様に2004年に急減している。上半期, 下半期ともに1985年以降は減少トレンドを呈している ($p < 0.01$)。亀田半島周辺海域については, 漁獲量の多い上半期の動向は, 1990年代半ば以降, 減少傾向が顕著である。奥尻島海域については, 年変動の幅がきわめて大きく, 上半

期漁獲量には後志海域や松前半島周辺海域と同調した推移傾向もみられるが, 当海域については, 荷受け・流通面での限度があり水揚げ量の調整が行われた年があることから, 漁獲動向から加入量を読み取ることが難しい。まき網については, 漁獲量は亀田半島周辺海域と同様に顕著な減少傾向となっている。なお, 漁獲減の背景には着業隻数の減少がある。

つぎに, 後志海域と松前半島周辺海域について, 両海域で相反する増減のトレンドを除去し, 年間の変動傾向として対比するため, 漁獲量の年間増加率を, 対数差分値 ($\log(C_t) - \log(C_{t-1})$, ただし C_t は t 年の漁獲量) の推移として示した (Fig. 5)。なお, 対照比較として, 道北日本海において沿岸漁獲量の多い海域である利尻・礼文島周辺の漁獲動向も併せて示した。利尻・礼文島周辺の沿岸漁業は刺し網による漁獲量が多いが, 定置類主体の日本海南部海域に条件を合わせるため, 定置類のみを集計した。グラフの配置傾向からも明らかなように, 上半期については, 後志海域と松前半島周辺海域の年間増加率は有意な正の相関関係にあり ($r = 0.57, p < 0.01$), 両海域ともに利尻・礼文島周辺海域とは有意な関係はなかった ($p > 0.05$)。下半期については, 後志海域と松前半島周辺海域では有意な正の相関があり ($r = 0.61, p < 0.01$), 後志海域と利尻・礼文島周辺海域間でも有意な正相関関係があった ($r = 0.59, p < 0.01$)。すなわち, 後志海域と松前半島周辺海域の1985年以降の漁獲動向については, 年間の増減傾向は同じように推移しており, 上半期, 下半期ともに同一の資源変動範囲に含まれているが, 増減のトレンドは異なっていた。

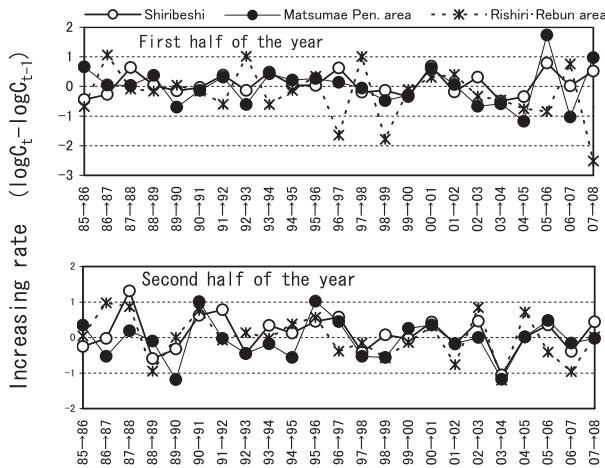


Fig.5 Changes in the rate of annual catch.

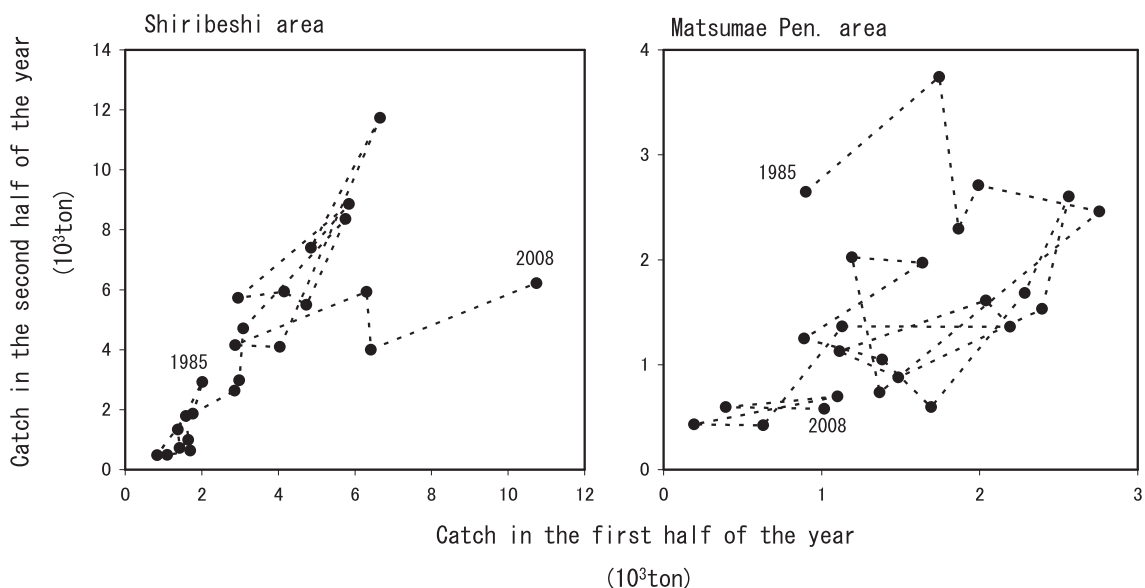


Fig.6 Relationships between the first half catch and the second half catch in a year in the Shiribeshi and Matsumae Pen. areas.

後志海域と松前半島周辺海域について、それぞれの上半期漁獲量と下半期漁獲量の関係をFig. 6に示した。後志海域では、解析対象とした1985年代以降2005年まで、両者の間に強い正の相関がみられている ($p < 0.01$) が、2006年以降はその関係が現れていない。松前半島周辺海域については明瞭な相関関係はみられない ($p > 0.05$)。

産卵期における漁期の変化を把握するため、後志海域と松前半島周辺海域の秋漁について、次式により、漁期の「早い遅い」の傾向を指数 (SI) で表現した。

$$SI = 10 \cdot p + 11 \cdot q + 12 \cdot r$$

ただし、 p , q , r はそれぞれ、10～12月の3か月間の合計漁獲量に対する10, 11, 12月の漁獲量比である。すなわち、 $10 \leq SI \leq 12$ で、SIが大きいほど盛漁期が遅いことを表す、3か月分の平均値である。そのSI値の推移をFig. 7に示す。1990年前後を境に、後志海域では漁期が早くなっており、反対に、松前半島周辺海域では、SIの水準が0.3～0.4、すなわち漁期が10日程度遅くなっている特徴が明瞭に現れている。

3. 秋漁期の水温変化

両海域の秋漁期における表面水温の変化をFig. 8に示した。両海域の水温差は平均約0.9℃であり、年変化は同傾向で推移している。1989年から1990年に水温は著しく上昇し、以降は松前半島周辺海域で1980年代に対し平均1.4℃、後志海域では1.1℃高い水準で推移している。また、10月上旬から12月下旬にかけては、両海域の例年の傾向として、水温が直線的な低下傾向を示すことから、年ごとに10月から12月の旬別水温変化に回帰直線をあてはめ、毎年の水温が10℃、13℃、15℃を下回った日付を推定し、その推移をFig. 9に示した。表面水温が、ホッケの産卵最盛期の水温といわれる13℃¹⁾まで減少する推定日は、1990年前後を境に大きく変化しており、とくに

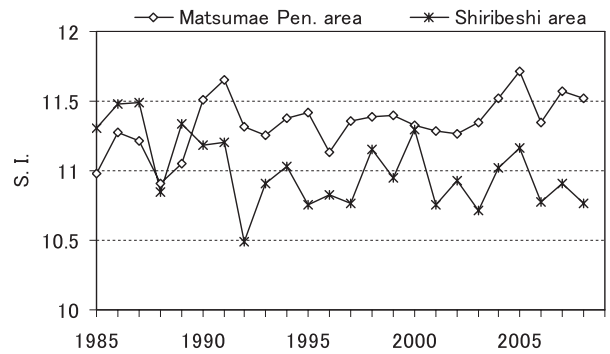


Fig.7 Changes in average fishing season of *P. azonus* in the Matsumae Pen. and Shiribeshi areas.

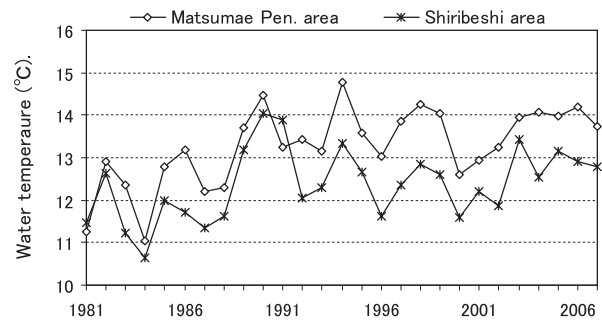


Fig.8 Changes in water temperature in the Matsumae Pen. and Shiribeshi areas. The values show the average from October to December.

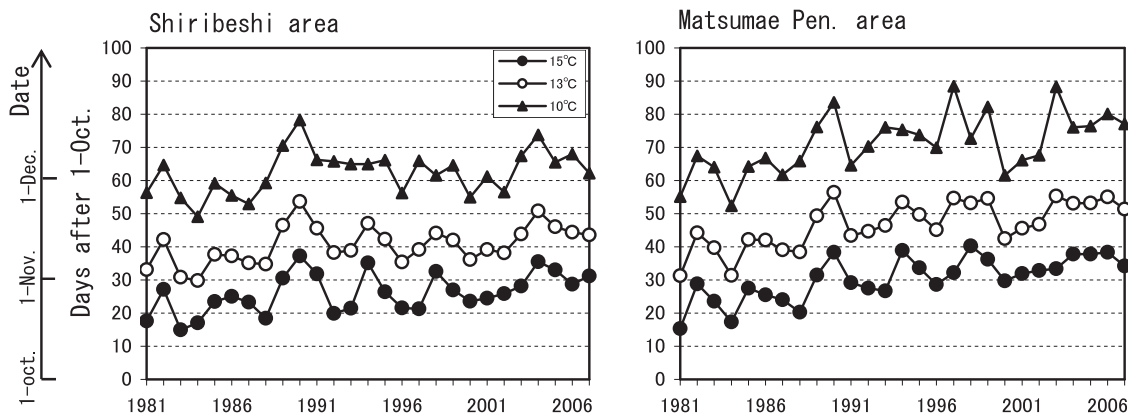


Fig.9 Changes in three dates when the water temperature dropped below 10, 13 and 15 °C, respectively.

松前半島周辺海域では、10日程度遅くなっている。

考察

本研究では、檜山・渡島海域における主要漁業の漁獲物年齢組成を、耳石を用いた年齢査定により把握し、高嶋ら⁹⁾による寿都海域の漁獲物年齢組成とあわせ、北海道南部海域における来遊資源の相互関係を詳しく推論することが可能になった。1年間分の結果ではあるが、中央・函館両水産試験場による漁獲物体長組成のモニタリングの結果と本研究による年齢-体長関係に基づき、過去の年齢組成についても、ある程度推察できる。

1. 資源構造

本研究で対象とした2006～2007年については、後志海域、奥尻島海域、松前半島周辺海域の底建網による漁獲物年齢組成は、いずれも1歳の新規加入群と2歳以上の成魚資源で構成されていた(Fig. 3)。松前半島周辺海域と後志海域では、過去の漁獲物組成も、基本的には1歳とみられる小型魚と2歳以上の大型魚で漁獲物が構成されている。さらに、年間の漁獲動向の増減は概ね同傾向で推移していることが示された(Fig. 5)。これらの結果から、北海道南部の日本海海域には、基本的に、毎年、同一の新規加入資源が1歳期に来遊し、春漁で漁獲対象となった後、広い範囲に展開することで各地の漁業資源となっていると考えられる。

また、後志南部海域では、毎年の上半期漁獲量と下半期漁獲量の関係には、強い正の相関があるのに対し、松前半島周辺では明瞭な相関関係がみられない(Fig. 6)。このことは、後志海域では春漁で漁獲対象となった資源があまり移動することなく、その年の秋漁で引き続いて漁獲対象となっているのに対し、松前半島周辺海域では春漁で漁獲対象となった資源が、当該海域に定着せず、秋漁までに広く分散することを示唆している。過去に行われた標識放流調査でも、松前沖で春に放流したものが道南太平洋から後志海域にいたる広い範囲で再捕されるのに対し、後志海域で春に放流した群では、ほとんどが後志海域や檜山北部で再捕される傾向がある⁶⁾。

一方、砂原地区の漁獲物は、日本海に比べて大型の1歳魚を主体に構成されており、すべてが未成魚であった。武藤¹³⁻¹⁹⁾が1997～2004年について示している、渡島太平洋の上半期の定置網類による体長組成も、例年、250mm前後にモードをもつ体長群と、少数の300mm台個体を基本構成としている。したがって、渡島の太平洋海域に分布する群は、未成魚の索餌群を主体として、春期に来遊した後、秋までに成熟した個体は他海域へ移動し、その年に成熟しなかった一部が、翌春、すなわち2歳期まで残

留し、その後、産卵場のある他の海域へ産卵のため移動すると考えられる。中道²⁰⁾は、亀田半島周辺海域から放流した標識魚の再捕状況と、太平洋と日本海の漁期の違いなどに基づき、亀田半島周辺海域に分布する資源は、一部が地元の小規模な産卵場に由来するものの、その大部分は、檜山、後志の産卵場に依存していると推論している。夏目²¹⁾は、1970年代、80年代の漁獲動向や漁獲物体長組成の推移に基づいて、70年代にみられた太平洋海域の増加傾向が日本海資源の影響を受けたもので、80年代の増加は太平洋側に存在する別資源が寄与した可能性を指摘している。

着業者への聞き取り調査によると、砂原など亀田半島周辺海域の北側では抱卵個体がほとんど漁獲されず、また、胆振、日高方面、あるいは青森県では、亀田半島周辺海域の春季漁獲量の規模に相応する産卵親魚対象の秋漁が存在しない、といった状況がある。これらのことから、太平洋側には日本海側に匹敵するような規模の産卵場は存在しないと考えられる。一方、南茅部付近より津軽海峡側の漁獲物には、経産魚であることを示す残留卵を持つ個体がみられる。さらに、津軽海峡付近のまき網やホッケかご漁業には高齢魚が多く含まれ、亀田半島周辺海域の特徴である体長320mmモードの大型2歳魚が存在していた(Fig. 3)。

以上のことから、北海道南部の海域に分布するホッケの資源構造は次のとおり推論される。主として日本海南部の岩礁域を起源とし、稚・幼魚期(0歳期)に日本海、一部は太平洋の沖合に分布した後、1歳時の春に日本海から津軽海峡、太平洋の沿岸に現れ、漁獲対象となる。一般に日本海と比べ海域生産力が高い太平洋沖に分布した個体は、日本海に比べ新規加入の時点で、体サイズが大きい傾向がある。いずれも1歳期の後半にはほとんどが成熟し、恵山から松前半島周辺にかけての岩礁域、一部は後志方面にも移動して産卵を行う。太平洋においては、成熟しなかった一部が、翌春まで亀田半島周辺海域にとどまり、その後成熟して産卵海域へと移動する。成熟した個体は次第に岩礁域で定着性を強めることで、底建網では漁獲されにくくなり、かご漁業などの漁獲対象となる。本稿では明示できなかったが、松前半島周辺のかご漁業や刺し網漁業で漁獲される産卵親魚、とくに初成熟の1歳魚には、稚・幼魚期を太平洋で過ごした大型群と、日本海で過ごした小型群がみられる可能性が示唆される。ただし、これらの推論は単年の年齢査定結果に基づくものであるため、今後、その妥当性や詳細を、主要な海域・漁業の漁獲物年齢組成のモニタリング、太平洋における稚・幼魚の分布状況の確認などを通じて、検討していく必要がある。

2. 資源状態の変化

以上の資源構造に関する推論に基づき、漁獲量変動の特徴から、北海道南部海域における資源状態の変化を以下のように推察した。

後志海域と松前半島周辺海域の漁獲動向は、年間増加率が同傾向で推移しているにもかかわらず、それらのトレンドは、前者で増加傾向、後者で減少傾向と逆相を呈している (Fig. 4)。その漁獲動向において、きわめて特異的な変化は、1990年下半期の顕著な漁獲減であり、松前半島周辺、奥尻島、後志いずれの海域でも前年より大幅に減少した。この時期に産み出された世代、すなわち1991年級群は1992年に1歳魚として加入し、1992年もしくは1993年の漁獲量の多寡を左右することを踏まえ、各地の動向をみると、1歳魚主体の亀田半島周辺海域では、1992年に著しく減少、2歳魚で加入する傾向の強い松前半島周辺では、1993年の上半期、続く下半期で、やはり著しく減少している。一方、1992年の後志海域では上半期、下半期ともに漁獲量の増加率が大きく、その大半を200mm台前半の体長群、すなわち1991年級群 (1歳魚) とみられる魚群が占めていたことが報告されている²²⁾。1991年級群の第一世代、すなわち1993年級群は、1994年に後志海域に加入し²³⁾、当該海域における上半期のそれまでの最高値を記録している。また、同年は、1歳未満魚主体の渡島太平洋でも著しく漁獲量が増加していることから、1993年級群は高い豊度であったとみられる。松前半島周辺海域においても、上半期の漁獲量は1994年 (1歳時)、1995年 (2歳時) と増加した。

しかし、この時、松前半島周辺海域と後志海域では、下半期漁獲量に明瞭な海域差が生じている。後志海域では、上半期の漁獲増を反映し (Fig. 6)、下半期も1992年を除く平年値を大きく上回ったのに対し、松前半島周辺海域の下半期漁獲量は、1994、1995年と過去最低水準まで減少した。複数年級群が漁獲対象となるまき網漁業 (Fig. 3) でも、漁獲量は大きく減少していることから、このときの松前半島周辺から恵山にかけての成魚資源量は、1歳魚の新規加入量が大きかったにもかかわらず、何らかの要因で大きく減少したと考えられる。

さらに、1993年級群の第一世代である1995年級群は、1996年に亀田半島周辺海域に高豊度に加入したとみられる。後志海域でも1996年に加入するが、成長が悪く、1996年の漁獲重量の増加には寄与せず、成長して体重が増加した翌1997年に2歳魚として漁獲量の大幅増加をもたらしている²⁴⁾。松前半島周辺においても1997年に2歳魚として漁獲増に寄与し、下半期の漁獲量も伸びたことで、親魚資源量は一時的に回復したと推察される。その後、各海域で、1997～99年級群に対する漁獲は伸びず、2000年

にかけて漁獲量は減少した。日本海では2001年以降再び漁獲が増加するものの、その子孫世代が加入した2004年、2005年には漁獲量が急減した。その後、2005年級と2007年級が加入した2006年と2008年には上半期漁獲量が伸びるものの、後志海域に比べ、松前半島周辺海域や亀田半島周辺海域の漁獲増加率は小さかった。そのため、上半期、下半期ともに2000年以降の漁獲水準は、松前半島周辺海域で過去最低の水準に陥る状況となったと考えられる。

以上のことをまとめると、1991年級群が大きな豊度で発生し、後志海域に著しく偏って加入したことを端緒に、後志海域では徐々に親魚量が増加傾向に入る一方で、松前半島周辺では1995年までに親魚量は急減した。後志海域の親魚量の増加を背景に、北海道南部に來遊する資源の年級群豊度は大きくなり、とくに1995年級群はそれまでの最大級規模で発生したとみられ、1990年代後半に各海域・漁業の漁獲量を増加させた。2008年まで、豊度の高い年級群は依然として断続的に発生しているとみられるが、次第に後志海域へ偏重して加入する傾向が強くなっていることで、松前半島周辺や太平洋海域では低い資源水準が続いている状況とみられる。

3. 漁獲動向と水温の関係

日本海南部海域における漁獲動向に地域差がみられるようになった要因を検討するために、産卵期における水温推移の特徴と対比した (Fig. 8, 9)。後志海域と松前周辺海域の間に、トレンドの傾向差をもたらす端緒となった1991年発生年級群が産み出されたのは1990年の秋漁期であるが、上述のとおり漁獲量が急減した特異的な年である。このときの状況について、中道²⁰⁾ は、熱帯低気圧の接近による漁具損壊や、盛漁期に時化が多かったことを、可能性として指摘している。一方、Fig. 8に示したとおり、1989～1990年を境に、両海域の産卵期の表面水温は大きく上昇している。この年代は、レジームシフトにより以降の日本海の水温が著しく高水温で推移するようになり^{10, 11)}、スルメイカ資源などに大きな影響を与えた²⁵⁾、海洋気象環境の転換期と考えられている。ホッケにおいても、産卵が水温10～15℃程度の分布帯の南下と同時進行で行われる¹⁾ ことから、産卵場への来遊時期などに大きな影響が及んでいる可能性が指摘できる。実際に、毎年の水温が一定値を下回る時期は、1990年前後を境に明らかに遅くなっており (Fig. 9)、漁期は1990年前後を境に、松前半島周辺海域では遅く、後志海域では早くなっている (Fig. 7)。

本種の成熟進行に及ぼす水温の影響については報告をみないが、水温低下が成熟の誘発要因となっているとすると、1990年前後の海域水温の上昇は、産卵盛期の遅れ、

相対的に水温の低い海域や水深帯への魚群の偏りなどをもたらした可能性が大きい。これらのことが、底建網などで漁獲されなかった産卵親魚量やふ化した稚魚の分布範囲にも影響することで、1992年の新規加入（1991年級群）が高豊度に、しかも後志海域に著しく偏ったことの要因となった可能性もある。また、春季の海洋環境も新規加入群の来遊状況に影響すると考えられるが、とくに、1990年代前半は、冬季の高水温傾向が顕著となった^{10,11)}ことで、春季ブルーミングの規模にも海域差が生じていたとすれば、毎年発生する年級群の加入が相対的に北に偏ることを助長する要因になりうる。これらは、いずれも今後のホッケ資源研究の課題として挙げられよう。

夏目²⁾が指摘するように、1990年代以降の後志海域の漁獲増加傾向は、留萌～宗谷の沖底漁業を主体とする漁獲量の増加傾向と同調して推移している。さらに、北海道南部の各地に豊漁をもたらした1995年級群は、オホーツク海の底建網漁業にも突発的な漁獲増をもたらし、オホーツク海ではそれ以降の漁獲量水準が大きく上がった。そのため、日本海、さらにはオホーツク海に分布するホッケ資源の動向把握に際しては、後志海域の親魚動向を、より詳細にモニタリングする必要がある。

要約

北海道南部海域におけるホッケの資源状態の推移を把握するために、主要漁業で漁獲されるホッケの年齢組成を耳石の年齢査定に基づいて推定するとともに、各地区の漁獲動向を詳細に検討した。

2006～2007年に、道南の主な漁業で漁獲されたホッケの年齢組成から、日本海では1歳の新規加入群と2歳以上の成魚群、道南太平洋では1歳の未成魚、津軽海峡周辺では、より高齢魚を含んだ資源が漁獲対象となっていることが示された。松前半島周辺海域と後志支庁の南部海域では、年間の増加率変動が同傾向であり、同一の資源変動範囲にあることが示唆されたが、双方の1985年からのトレンドは逆相を呈した。このトレンドの海域差は、1990年の産卵群から産み出された1991年発生年級群が、後志海域に偏って加入したことが端緒となっている可能性が大きいと考えられた。1990年以降はレジームシフトによって、産卵期の水温が高めに推移するようになり、これに伴い、両海域の漁期にも明瞭な変化が現れており、トレンドの海域差をもたらす一因として秋季の水温動態が関与していることが示唆された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、標本採集や漁獲統計の収集の際に、関係漁業協同組合の多数の方々にご協力いただいたことを深謝します。また、北海道各海域のホッケに関する情報提供にご尽力いただいた、北海道立水産試験場のホッケ担当各位に感謝いたします。

本研究で示した体長データの一部には、水産庁の資源調査推進委託事業に係る受託研究によって得られたものを活用した。

文献

- 1) 夏目雅史：“ホッケ”. 新北のさかなたち. 札幌, 北海道新聞社, 2003, 96-201.
- 2) 夏目雅史：ホッケの漁獲量変動から見た道北群と道南群の境界線. 北水試だより. 66, 15-18 (2004)
- 3) 水産庁：平成19年度我が国周辺水域の漁業資源評価（第2分冊）. 836-867 (2008)
- 4) 辻崎久輝, 蒲原八郎：ホッケの研究（Ⅶ）－回遊－. ホッケの研究. 3-18 (1958)
- 5) 北海道立水産試験場：ホッケとその漁業. 漁業指導資料. 2, 49-82 (1953)
- 6) 宮口喜一：後志海域におけるホッケ. 最近のホッケの調査研究. 24-29 (1983)
- 7) 夏目雅史：北海道奥尻島のホッケの移動. 北水試研報. 47, 7-13 (1995)
- 8) 八吹圭三：ホッケの耳石染色法による年齢査定と根室海峡における成長. 北日本底魚部会報. 27, 39-48 (1994)
- 9) 高嶋孝寛, 三橋正基：ホッケ. 平成19年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 21-32 (2008)
- 10) 田中伊織：北海道西岸における20世紀の沿岸水温およびニシン漁獲量の変遷. 北水試研報. 62, 41-55 (2002)
- 11) 田中伊織：本道周辺の海洋環境について. 平成20年度「育てる漁業研究会」講演要旨集. 3-12 (2009)
- 12) 社団法人北海道栽培漁業振興公社：北海道沿岸漁場海況観測取りまとめ. 11-37号 (1982-2008)
- 13) 武藤卓志：ホッケ. 平成10年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 13-17 (1999)
- 14) 武藤卓志：ホッケ. 平成11年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 53-55 (2001)
- 15) 武藤卓志：ホッケ. 平成12年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 44-46 (2002)
- 16) 武藤卓志：ホッケ. 平成13年度北海道立函館水産試

- 験場事業報告書. 58-60 (2003)
- 17) 武藤卓志：ホッケ. 平成14年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 61-63 (2004)
 - 18) 武藤卓志：ホッケ. 平成15年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 68-70 (2005)
 - 19) 武藤卓志：ホッケ. 平成16年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 68-70 (2006)
 - 20) 中道克夫：ホッケ. 平成2年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 62-64 (1991)
 - 21) 夏目雅史：ホッケ. 平成3年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 15-25 (1992)
 - 22) 渡辺安廣：ホッケ. 平成4年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 23-26 (1993)
 - 23) 渡辺安廣：ホッケ. 平成6年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 28-31 (1995)
 - 24) 渡辺安廣：ホッケ. 平成8年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 29-30 (1997)
 - 25) Sakurai Y., Kiyofuji H., Saito S., Goto T. and Hiyama Y. : Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda : Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J. Mar. Sci. 57, 24-30 (2000)

耳石日周輪解析による北海道後志南部沿岸産イカナゴ稚魚の初期成長

星野 昇^{*1}, 三原行雄^{*1}, 稲村明宏^{*2*3}

Early growth of sand eel (*Ammodytes personatus*) in the south coastal area of Shiribeshi, Hokkaido based on daily growth increments in otoliths.

Noboru HOSHINO^{*1}, Yukio MIHARA^{*1} and Akihiro INAMURA^{*2*3}

We investigated hatch date, individual early growth, and the effect of water temperature on the juvenile sand eel (*Ammodytes personatus*) that was caught in the south of Shiribeshi, Hokkaido, using otolith microstructure. The hatching period of *A. personatus*, caught by commercial fishing in the 2008 fishing season, extended for over two months i.e., from March to April. The frequency distribution of hatch dates showed a polymodal form, suggesting that spawning was intense at several points during the 2008 spawning season. A positive correlation was found between the hatch date and individual growth rate. The daily growth curves for each hatch group (i.e., middle March, late March, and early April) were estimated to be $BL=46.7/[1+\exp(-0.05(t-38.3))]$, $40.4/[1+\exp(-0.06(t-29.9))]$, and $41.8/[1+\exp(-0.07(t-28.7))]$, respectively. The daily growth rate was estimated to be 0.5–0.7 mm day⁻¹ based on the growth curves of the 2008 fishing season. Daily growth characteristics depended on the hatch time; this was attributed to the water temperature after hatching. This result suggests that the water temperature in April may have a strong effect on the timing of the fishing season.

キーワード：イカナゴ, 耳石, 日周輪, 成長, 水温

まえがき

北海道の日本海沿岸では、春季にイカナゴの仔・稚魚が漁獲対象となる。後志支庁管内の沿岸域では、4月下旬から6月上旬にかけての短期間に、100～300トンを漁獲する。とくに、島牧村、寿都町が主要な産地であり、地元ではコウナゴ（小女子）と称され、その加工品は地域の特産品となっている。

島牧村、寿都町において漁獲対象となるのは、体長20～40mmの稚魚である。イカナゴの稚魚が光に集まる習性を利用して、夜間に海面を灯火で照らし、蜷集した魚群を敷網で漁獲する。例年、3、4月の異なる時期に集中してふ化した群が漁獲対象となっているとみられ、早い時期にふ化した群が、4月下旬頃から漁獲対象サイズである20mm台に達することで漁期が始まり、その後、後続のふ化群が段階的に漁獲対象サイズに成長すること

で盛漁期となる¹⁾。体長40mm前後になると次第に漁獲されなくなり、主群が40mm前後に達する頃、その年の終漁期となる。

1か月ほどの短い漁期のため、着業者や加工・流通業者にとっては、初漁時期や盛漁期の目安が漁期前の関心事となっているが、漁期は年により大きく異なる。毎年、漁期の早さと4月期の漁場水温との間には、強い負の相関傾向があることが指摘されている¹⁾。したがって、毎年、漁期の予測には、ふ化時期や個体成長の特徴、水温との関係などを把握しておくことが重要である。また、多くの魚種と同様に、本種においても卵から仔・稚魚期における減耗過程は、資源の数量変動に大きく影響する^{2,3)}ため、初期生態に関する知見を得ることは、漁況予測や資源動向要因の解明につながる意義をもつ。

日本におけるイカナゴの研究事例は多く、国内の主要産地である伊勢湾や瀬戸内海、仙台湾などでは資源生態

報文番号A436（2009年7月2日受理）

*1 北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan）

*2 後志南部地区水産技術普及指導所

*3 現所属：渡島南部地区水産技術普及指導所

学的研究が進んでいる。なかでも、耳石微細輪を用いた初期成長に関する研究では、ふ化時期の輪紋の特徴や輪紋の日周性が確認され、仔魚の成長特性などに関する知見が得られている⁴⁻⁷⁾。島牧、寿都海域においても、高柳ら⁸⁻¹⁰⁾が耳石日周輪の観察によって、ふ化時期を2月下旬から4月上旬ごろと推定している。しかし、ふ化日組成の頻度分布や個体成長、水温との関係などについては明らかにされていない。

そこで、本稿では、2008年漁期に島牧、寿都沿岸域で漁獲対象となった2008年発生年級群について、耳石日周輪の解析により得られたふ化時期と個体の成長特性に関して報告する。

材料と方法

研究対象となった2008年は、4月末から5月末までの1か月間が実質的な漁期であった。Table 1に本研究に用いた標本の概要と、Fig. 1に調査海域の位置を示す。漁場となるのはFig. 1に示す海域の水深5～20mの沿岸域である。漁期中、原則として毎日、着業船により漁獲された漁獲物より抽出した漁獲物標本と、漁期前に行った試験調査で得られた標本を用いた。標本は、採集後冷凍したのち解凍して70%アルコールで保存したものから、20尾程度を目安に抽出して供試した。体長は標準体長をデジタルノギスにより0.1mm単位で計測した。

耳石は扁平石を用いた。個体から採取した耳石はスライドガラスに樹脂で接着してラッピングフィルムで研磨し、光学顕微鏡（対物1,000倍）で観察した。Fig. 2に示すとおり、核から最大径に対し直線を引き、最大径、ふ化輪から外側の輪紋数、および輪紋間隔を計測した。なお、ふ化輪の位置は、Tsukamoto et al.⁵⁾などの知見に基づき、核より10 μ m前後の距離にある明瞭で太い輪紋をふ化輪と定めた。

本種の耳石輪紋の日周性は、大美ら⁴⁾により明らかにされているので、ふ化輪から縁辺までにある輪紋数を、その個体の日齢として扱うこととした。ただし、イカナゴの扁平石については、ふ化輪より外側10～20 μ mの範囲にある輪紋が、光学顕微鏡による観察では識別し難い個体が多く、走査型電子顕微鏡による観察が望ましいことが指摘されている^{5,7)}。一方、当海域産のイカナゴについては光学顕微鏡でも観察が可能であることが指摘されている⁹⁾。本研究では、標本総数391個体のうち、光学顕微鏡による観察で、ふ化輪付近にわずかでも識別困難と判断された範囲を持つ個体は224個体であった。そこで、不明瞭範囲を持つ224個体は、次のとおり不明瞭範囲の輪紋数を推定して、明瞭範囲の輪紋数と不明瞭範囲における

Table 1 Sampling information of *Ammodytes personatus* used in this study.

Sampling date	Samples(N)	BL(mm) \pm SD
9-Apr.	51	13.8 \pm 2.8
21-Apr.	18	18.8 \pm 2.4
30-Apr.	18	25.2 \pm 3.9
3-May	22	29.5 \pm 2.6
4-May	20	27.0 \pm 2.5
5-May	14	27.0 \pm 1.9
6-May	16	30.5 \pm 3.0
7-May	22	21.0 \pm 4.2
8-May	18	34.4 \pm 3.8
9-May	20	30.2 \pm 5.2
10-May	23	28.7 \pm 4.7
11-May	18	35.4 \pm 1.5
12-May	16	23.4 \pm 4.3
13-May	19	31.5 \pm 3.4
14-May	21	24.7 \pm 6.1
15-May	17	29.6 \pm 6.2
16-May	17	30.1 \pm 7.8
17-May	20	25.5 \pm 5.5
18-May	12	35.3 \pm 5.0
19-May	9	27.2 \pm 5.3
Total	391	26.1 \pm 7.6

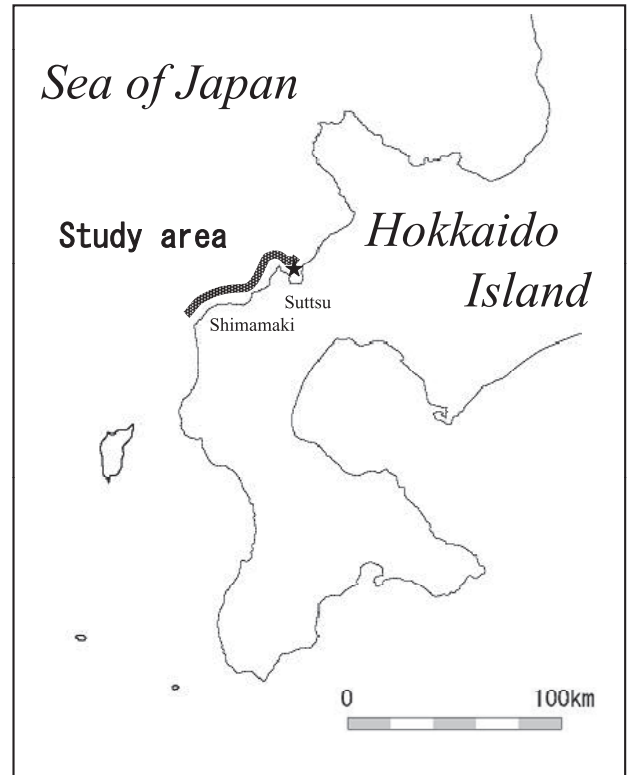


Fig.1 Map of study area in the south of Shiribeshi. The star symbol indicates an observation point for water temperature.

推定輪紋数を合算した値を解析に用いた。まず、明瞭に確認できた最初（最も内側）の輪紋から縁辺までの範囲にある輪紋数を計数し、標本採集日より逆算して当該の輪紋が形成された日を得るとともに、その輪紋からふ化輪までの距離を測定した。次に、すべての輪紋を計数できた167個体分について、例えば、当該の輪紋形成日が4月10日の場合には、Fig. 3に例示するとおり、各個体の4月10日時点で形成された輪紋からふ化輪までの距離と、その間隔範囲において観察される輪紋数の関係をプロットして線形式を得た。その線形式に基づいて不明瞭範囲における輪紋数を推定した。

日周輪とその間隔に基づく成長解析については、全範囲を観察できた167個体のみを対象に行った。

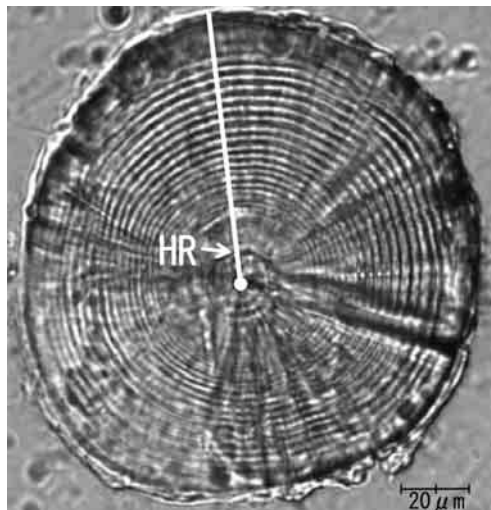


Fig.2 Photograph of sagittal otolith of juvenile sand eel. HR (Hatched Ring) indicates an increment formed at hatch date.

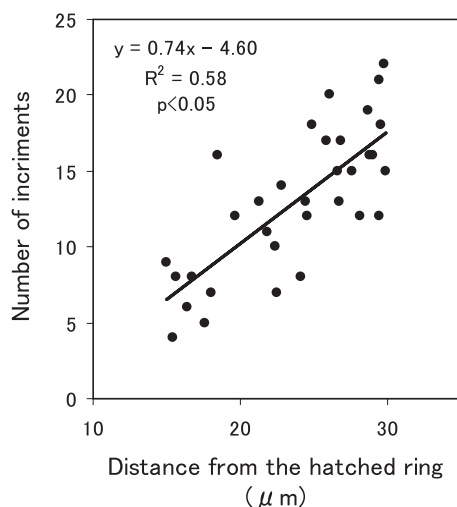


Fig.3 Relationship between the number of increments and the distance from the hatched ring to the increment formed at 10 April.

日間成長と水温との関係を把握するため、Fig. 1に示す位置に水温記録計を設置し、水深2 mおよび20 mの水温を毎時計測し、日毎の平均値を解析に供した。

結果

1. ふ化日組成

ふ化輪から縁辺に至る全範囲で輪紋が観察できた標本167個体と、輪紋の不明瞭範囲を持ち、上記の方法でふ化日を推定した個体224個体分を合わせたふ化日の頻度分布を、Fig. 4に示す。供試した標本のうち、最も早くふ化した個体のふ化日は2月26日、最も遅いものは4月25日と、ふ化期間はおおよそ2か月に及んだ。3月上旬、3月中旬、3月下旬、4月上旬、4月中旬と、おおよそごとに、それぞれモードをもつ多峰の頻度分布を呈した。

標本ごとのふ化日組成に基づき、各標本群の合計重量を、その標本採集日における島牧・寿都町両漁協の漁獲重量で引き伸ばすことで、2008年漁期の漁獲物ふ化日組成を推定した (Fig. 5)。標本組成 (Fig. 4) と同様に、10日程度の間隔でふ化が集中する傾向が認められた。

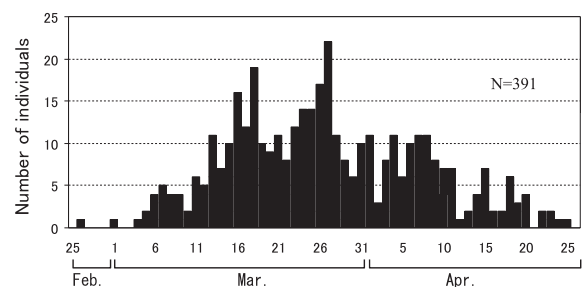


Fig.4 Estimated hatch date distribution of juvenile sand eel samples in this study.

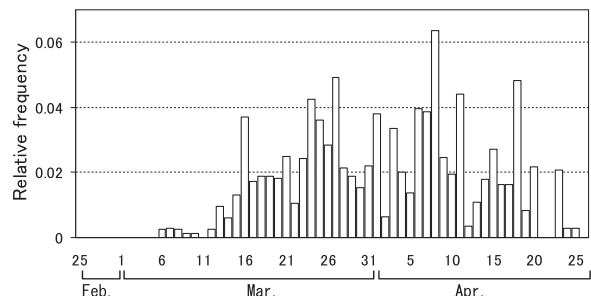


Fig.5 Estimated hatch date distribution of juvenile sand eel caught in 2008 fishing season.

2. 個体の成長

個体ごとに、耳石径と耳石輪紋（日輪）の間隔を計測し、耳石径と体長の関係式に基づき、各日齢時における体長をback-calculation法によって推定した。なお、成長の解析には、すべての輪紋が明瞭に観察できた167個体についてのデータのみを用いた。事前に、同条件での保存状態による体長の縮小率が約92.7%であることを推定したうえで、固定後の測定値を縮小率で割り戻した値を成長の解析に用いた。

一般に、魚類の耳石径と体長は単純な比例関係ではなく、ふ化からの経過時間との相互関係において定まる¹¹⁾。Fig. 6に、各標本の輪紋数（日齢）に対する体長と耳石径の比をプロットしたところ、日齢が経過した個体ほど、耳石径に対して体長は相対的に小さく、その関係は非線形であることが認められた。また、両者の関係は、ふ化時期の前後半で重複範囲の配置傾向にはほとんど違いがなく、ふ化時期による体長-耳石径関係に大きな違いはないと考えられた。そこで、本研究で対象とした稚魚の成長範囲における時間変化に対する耳石径および体長の伸長を、次式で表現した。

$$L_t = at + \frac{l_0}{r_0} R_t \cdot \exp(bt)$$

ただし、 t は日齢、 L_t 、 R_t はそれぞれ t 日齢における体長および耳石径、 l_0 、 r_0 はそれぞれふ化時における体長と耳石径（ふ化輪径）の期待値、 a および b は推定パラメータを示す。 l_0 には既往知見⁴⁻⁶⁾に基づき4.5(mm)を、 r_0 には標本の平均ふ化輪径10.19(μm)を与えた。観測データに対し適合させ a 、 b を推定し、

$$L_t = 0.16t + \frac{4.5}{10.19} R_t \cdot \exp(-0.02t)$$

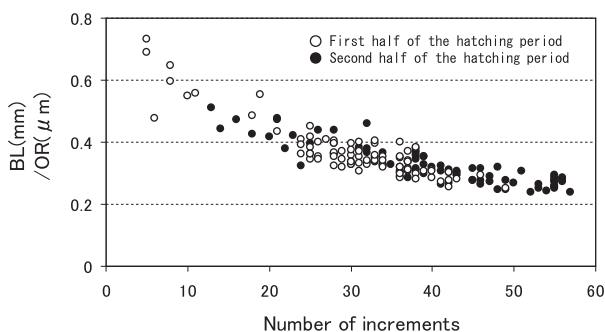


Fig.6 Relationship between the ratio of body length to otolith radius and the number of increments.

を得た。寄与率は0.95であった。上式に基づき、各個体について各輪紋までの距離より、ふ化日からの経過日数に対する体長推移を推定した。

Fig. 7に、各個体のふ化日と10, 20, 30, 40日齢時の推定体長との関係を示す。遅い時期にふ化した個体ほど、20, 30, 40日齢時の推定体長は大きい傾向があり ($p < 0.01$)、10日齢時ではふ化日に応じた差は認められない ($p > 0.05$)。また、ふ化からの経過日数が増えるほど、ふ化日の違いによる推定体長の差は大きくなっている。これらのことから、遅い時期にふ化した個体ほど日間成長量が大きく、その成長差は20日齢以降から明瞭になることが認められた。そこで、成長曲線の推定については、Fig. 4のふ化日組成で、とくに高頻度であった3月11~20日ふ化の群（3月中旬ふ化群）、3月21~31日ふ化の群（3月下旬ふ化群）、4月1~10日ふ化の群（4月上旬ふ化群）の3群に分け、それぞれのふ化群について、各個体で推定された日齢時体長データに対し成長曲線を推定した。イカナゴ稚魚の成長関数は、日下部⁶⁾によってロジスティック曲線の妥当性が示されているので、本研究においてもロジスティック曲線を、各ふ化群の日齢時体長データに対し、重み付け最小自乗法により適合させた (Fig. 8-(a))。推定された成長曲線によると、例えば30mmに達するのに要する日数は、3月中旬ふ化群で50日、3月下旬ふ化群で47日、4月上旬ふ化群で42日であり、各ふ化群

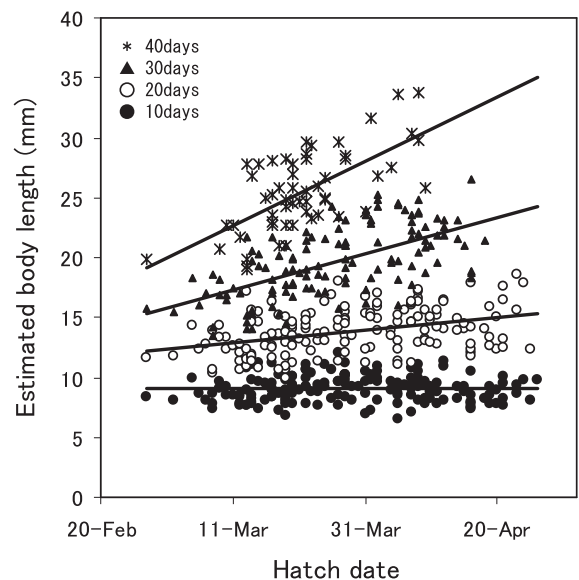


Fig.7 Back-calculated body length at the 10, 20, 30 and 40 days after hatching for each individual.

のふ化日を、それぞれ3月15日、3月25日、4月5日に揃えて図示 (Fig 8-(b)) すると、30mmに達する日付は5月4日頃、5月11日頃、5月17日頃である。さらに、各成長曲線を時間 t で微分し、一日あたりの平均成長量 (日間成長量) として示す (Fig 8-(c)) と、3月中旬ふ化群と3月下旬ふ化群の日間成長量は、4月末頃すなわち漁期の始め頃に約0.6mmの最大値に達し、その後漁期中は0.5mm台で推移している。4月上旬ふ化群は、4月末頃に3月中旬ふ化群と3月下旬ふ化群の日間成長量を上回り、5月4日頃に0.7mmの最大値に達し、以降は次第に低下している。今漁期の盛漁期を5月上旬とすると、その期間の平均日間成長量は、3月中旬ふ化群と3月下旬ふ化群で約0.55mm、4月上旬ふ化群で約0.72mmであった。

3. 水温と成長の関係

2008年の冬季から春季にかけての水温の日変化をFig. 9に示す。2008年の水温は、2月中著しく低く推移したのに対し3月初めには急上昇し、3月末にかけてやや低下して、4月以降は変動しながらも直線的な上昇傾向を示した。遅くふ化した個体ほど成長の速い傾向がある (Fig. 7およびFig. 8) のは、ふ化後の経験水温が、遅くふ化した個体ほど高くなったことが原因と考えられた。そこで、各個体のふ化日からの積算水温が、50℃、150℃、250℃時点での推定体長をプロットしたところ、いずれの時点においても、ふ化日と推定体長の間に相関はみられなかった ($p>0.05$) (Fig. 10)。

考察

1. ふ化時期

2008年漁期の漁獲物について、耳石日周輪から推定されたふ化日は2月末から4月下旬にかけての範囲であった。高柳・石田⁸⁾は1999年漁期の漁獲物53個体について日周輪を観察し、やはり2月下旬から4月下旬の範囲でふ化日組成を得ており、とくに3月上旬から4月上旬にかけての頻度が高いことを報告している。本研究で得られたふ化日組成は多峰型を呈しており、とくに3月中旬、3月下旬、4月上旬にふ化した群の割合が相対的に大きかった。ただし、漁獲物組成 (Fig. 5) については、着業船により組成が大きく異なるため、各標本組成は必ずしもその日の漁獲物全体の体長組成を反映したものではない。そのため、およそ旬毎にモードをもつ複数のふ化群の構成比などについては、実態とは異なる可能性があることを考慮する必要がある。

本州の産地においても耳石日周輪に基づく検討や、ふ化仔魚の採集調査などから、ふ化日組成が得られており、

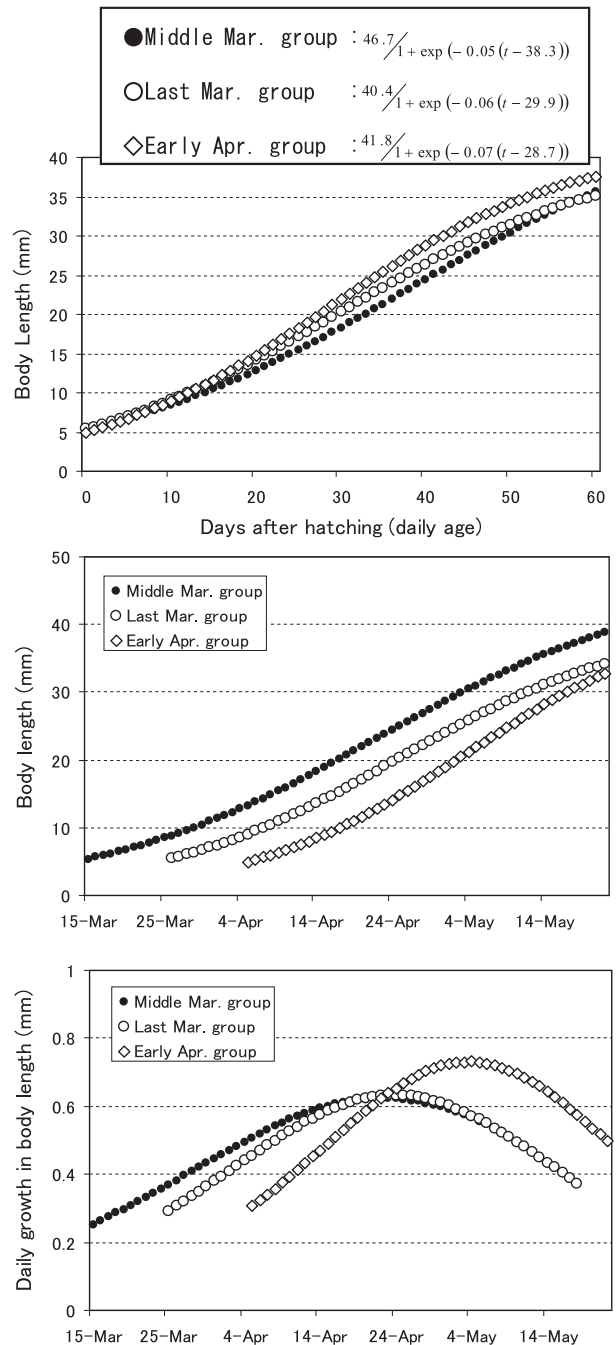


Fig.8 Estimated logistic growth functions for each hatch groups.

Graph (a) The curves to the days after hatching .

Graph (b) The curves to date. The all hatch dates of each group are fixed at 15 March, 25 March, and 5 April, respectively.

Graph (c) Daily growth in body length (Differential equations of each curve) .

伊勢湾や瀬戸内海では1月上旬から2月上旬がふ化期間と推定されている^{16, 18)}。本研究で対象とした後志南部海域のふ化期間は、これら本州産地と比べると遅いといえる。また、これら本州産地のふ化日組成は基本的にひとつのモード群を呈しており、本研究でみられたような多峰型の組成については報告例をみない。後志南部海域のふ化日組成が多峰型、すなわち、ふ化がいくつかの時期に集中して起こる傾向は、2008年漁期に限られたことでなく、例年、2～3のふ化群の存在が、漁期中の体長組成分布の推移から検出されている¹⁾。1955年に行われた研究でも、後志管内余市沖のイカナゴ稚魚の体長組成に、明らかにモードの異なる複数の群が観察されており¹²⁾、これらのことから、当海域においては、例年の傾向として、ふ化がいくつかの時期に集中して行われ、これらが随時、漁獲対象サイズに成長することで漁場が形成されていると考えられる。

ふ化がいくつかの時期に集中するのは、産卵が段階的に集中して行われているためと考えられる。当海域では、1999年の産卵群について、2年魚が71.7%、3年魚が23.9%、4年魚もしくはそれ以上が4.9%という結果が得られている¹⁰⁾。これらの年齢組成は年によって大きく変化すると考えられるが、産卵親魚が複数の年齢群で構成されているとすれば、他魚種で一般的にみられるように、年齢群ごと時期をずらして産卵場へ来遊し、産卵が行われることで、いくつかのふ化群が生じる要因となっていることが考えられる。一方、山田ら¹³⁾は、伊勢湾産のイカナゴ稚魚のふ化飼育研究で得られた結果と、過去に他の本州産地で得られた知見を整理し、産卵期間の幅は海域間で同様であるにもかかわらず、ふ化が長期間にわたって行われる海域や短期間に集中的に行われる海域があ

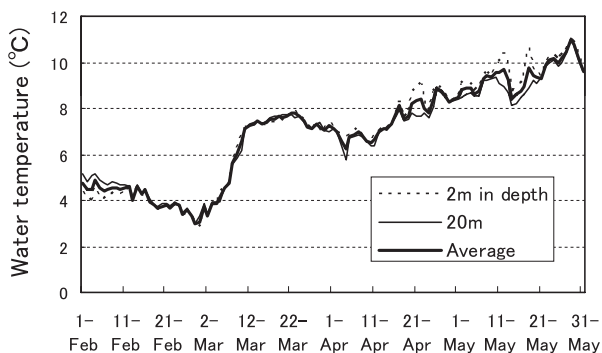


Fig.9 Change in the water temperature in study area.

るなど、本種のふ化期間はきわめて変異に富んでおり、海域環境に応じた適応形質である可能性を指摘している。すなわち、本種については、受精からふ化までに要する期間が、同一の産卵群内でも変異幅が大きく、さらに地域間でも大きく異なっているという可能性がある。したがって、当海域についても、産卵が段階的に行われているだけではなく、ふ化のタイミングが環境条件によって変化していることも考えられるので、ふ化時期の集中傾向の生態的特性については、今後さらなる研究が必要である。

当資源については、親魚の漁獲がほとんどなく、卵の採集調査も行われていないことから、毎年の産卵親魚の来遊状況などについては把握されていない。1999～2000年には島牧沖で刺し網によって親魚の採集試験が行われ、1月下旬～3月上旬にかけて産卵親魚が採集されたことが報告されている¹⁰⁾。1976～1977年には、積丹沖で漁獲されるホッケの胃内容物に含まれるイカナゴ卵の出現状況から、イカナゴの産卵盛期は1月中旬から2月中旬と推定されている¹⁴⁾。漁業者からの情報として、1月下旬から2月中に島牧沖などで親魚の群泳が例年確認されており、イカナゴのものと思われる群来現象も目撃されている。また、3月中旬、3月下旬、および4月下旬ふ化群 (Fig. 4) について、産卵からふ化までの積算水温を、当海域で得られた結果に基づき180日⁹⁾と仮定すると、水

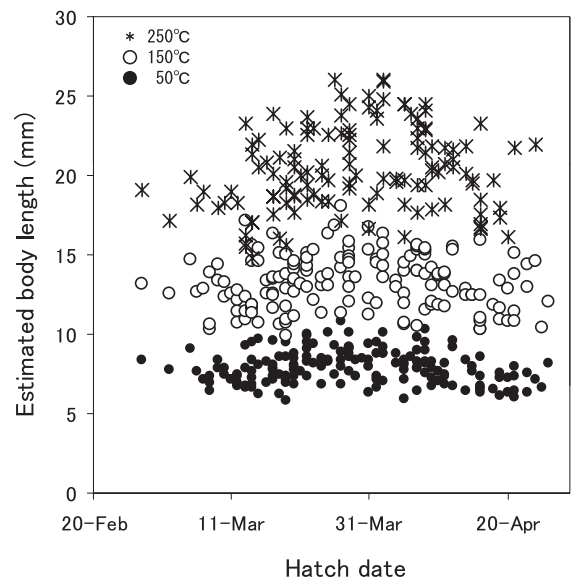


Fig.10 Back-calculated body length at the 50, 150 and 250 cumulative water temperature (°C) after hatching for each hatch date.

温の日変化 (Fig. 9) に基づき、それぞれの産卵期は、2月4日～5日、2月21～22日、3月11～12日頃と推定される。本州産地におけるふ化期間の研究例は多く、水温が高いほどふ化が早まる傾向が報告されている^{13, 15-17)}。これら本州産地におけるふ化期間の産卵場水温は概して10℃以上であるのに対し、当海域では平均5～7℃程度である (Fig. 9)。ふ化までに要する積算水温に海域差がないと仮定すると、当海域のふ化期間は他海域に比べ著しく長いことは明らかである。

2. 日間成長

ふ化群ごとに成長曲線を推定したところ、2008年漁期の盛漁期における平均成長量は、3月中旬ふ化群と3月下旬ふ化群で約0.55mm、4月上旬ふ化群で約0.72mmで、遅い時期にふ化したもののほど成長の速い傾向がみられた。他海域での成長は、東瀬戸内海産で0.64～0.88mm¹⁸⁾、伊勢湾産では0.68～0.85mm⁷⁾と推定されており、当海域産の成長量は比較的小さいといえる。

他の魚類の稚魚に一般的にみられるように、本種においても生存可能範囲においては水温が高い方が、代謝や餌の要求度が高まることで成長量が大きくなることが確認されている⁶⁾。本研究では、遅い時期にふ化した個体ほど成長が速くなる傾向があったことが示された (Fig. 7)。また、個体が経験した積算水温との関係では、ふ化時期の違いによる成長の差がみられなかった (Fig. 10) ことから、海水温が成長に大きく関与する要因の一つであると考えられた。ただし、海域に存在する餌料密度の違いの影響も想定され、これについては今後の課題としたい。

また、3つのふ化群ごとに推定した成長曲線の平均変化率、すなわち一日あたりの成長量は、漁期直前から漁期中にかけて3群の順位が変化する状況がみられた。漁期直前には、成長が指数関数的な増加時期に入っている3月中旬、3月下旬ふ化群の方が、4月上旬ふ化群よりも成長量が大きいが、4月末からは4月上旬ふ化群が指数増加期に入ることによって水温上昇の影響も大きくなり、日間成長量は大きく上回るようになった。例年、漁獲物の体長組成のモード変化に直線を回帰させて日間成長量を推定すると、早くふ化した群の方が大きな値を示す傾向がある¹⁾が、これは、とくに、漁期前半においては、早くふ化した群の成長が指数増加期に入っているのに対して、遅い時期にふ化した群の成長が、直線的な増加期であることによると考えられる。これらのことから、体長組成のモード変化から成長量やふ化時期を推定する際には、注意が必要である。

3. 水温との関係

以上のように、後志南部海域におけるイカナゴの成長速度には海水温が大きく影響すると考えられた。当海域

における春季の水温上昇には大きな年変動がみられる¹⁾ことから、漁期の年変動は漁獲対象サイズに達するのに要する期間の長短によってもたらされる可能性が大きい。3つのふ化群の成長量に明瞭な差が生じるのは、ふ化後20日前後からとみられる (Fig. 7) ことから、3月中旬、下旬のふ化群では、とくに4月期の水温の上昇傾向が、その成長に大きく影響すると考えられる。ただし、ふ化期間における海水温もまた、ふ化時期に大きく影響し、その後の成長傾向とともに操業開始期や漁期の持続期間などを左右すると考えられるので、この点の解析を今後の課題としたい。

要約

後志南部海域におけるイカナゴ稚魚の初期成長の特性を把握するために、耳石日周輪解析によって、ふ化日組成と成長傾向、水温との関係について把握した。

2008年に漁獲されたイカナゴ稚魚のふ化日は、3月、4月の2か月間にわたっていた。ふ化日の頻度分布は多峰型を呈しており、産卵が断続的に行われていることが示唆された。個体の体成長は、ふ化した時期が遅いほど早い傾向があり、3月中旬ふ化群、3月下旬ふ化群、4月上旬ふ化群のそれぞれに推定された成長曲線は、 $46.7 / [1 + \exp(-0.05(t-38.3))]$ 、 $40.4 / [1 + \exp(-0.06(t-29.9))]$ 、 $41.8 / [1 + \exp(-0.07(t-28.7))]$ であった。漁期中の日間成長量は、0.5～0.7mm程度と推定された。

ふ化時期が遅いほど成長が良いのは、10日齢以降に経験する水温が高いことが要因として挙げられ、このことから、毎年4月の水温は、その年の漁期に大きく影響することが示唆された。

謝辞

本研究での標本の採集、測定などに際しては、島牧漁業協同組合、寿都町漁業協同組合、島牧村、寿都町の全面的な協力をいただきました。また、本研究に関わる調査のすべては後志南部地区水産技術普及指導所との共同で進められています。関係各機関の多数の方々に深謝いたします。また、本研究の進行、とりまとめにあたり、北海道立水産試験場の石田良太郎、高柳志朗両氏にご助言をいただきましたことを感謝いたします。

文献

- 1) 星野 昇：イカナゴ、平成18年度北海道立中央水産試験場事業報告書、54-58 (2008)

- 2) Arnott S., A. and Ruxton G.D. : Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 238, 199-210 (2002)
- 3) Wright P.J. and Bailey M.C. : Timing of hatching in *Ammodytes marinus* from Shetland waters and its significance to early growth and survivorship. *Mar. Biol.* 126, 143-152 (1996)
- 4) 大美博昭, 日下部敬之, 斉藤真美 : イカナゴ仔稚魚における耳石輪紋形成の日周性の確認. 大阪府立水産試験場研究報告. 16, 1-5 (2006)
- 5) Tsukamoto Y., Yamada H., and Zenitani H. : Microincrements of otolith of the Japanese sand lance *Ammodytes personatus* during early life stages. *Fish. Sci.* 68, 1158-1160 (2002)
- 6) 日下部敬之, 大美博昭, 斉藤真美 : 耳石日周輪解析による東部瀬戸内海産イカナゴ仔稚魚の成長. 水産海洋研究. 71(4), 263-269 (2007)
- 7) 富山 実, 小松輝久 : 水温が伊勢湾産イカナゴ初期生活史の成長と加入資源量に与える影響. 水産海洋研究. 70(2), 114-121 (2006)
- 8) 高柳志朗, 石田良太郎 : 後志西部海域におけるコウナゴ(イカナゴ稚仔魚)の成長. 北水試だより. 50, 7-9 (2000)
- 9) 高柳志朗, 石田良太郎, 佐野満廣 : 後志西部海域におけるイカナゴ漁業実態調査. 平成11年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 185-202 (2000)
- 10) 高柳志朗, 石田良太郎 : 後志西部海域におけるイカナゴ産卵状況調査. 平成12年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 186-194 (2001)
- 11) Lai H.L., Gallucci V.F., Gunderson D.R. and Donnelly R.F. : "3 Age determination in fisheries: Methods and applications to stock assessment", Stock Assessment New York, CRC Press, 1996, 82-178
- 12) 北片正章 : 北海道周辺におけるイカナゴ (*Ammodytes personatus* GIRARD) の漁業生物学的研究 - II 年齢及び成長について. 北水研報. 16, 39-48 (1957)
- 13) 山田浩且 : 伊勢湾産イカナゴのふ化特性と外部栄養への転換. 日水誌. 64(3), 440-446 (1998)
- 14) 宮口喜一 : 積丹水域におけるイカナゴの産卵について. 北水試月報. 34(9), 1-8 (1977)
- 15) 山田浩且 : "伊勢湾におけるイカナゴ". 魚類の初期減耗研究. 東京, 恒星社厚生閣, 1994, 109-121.
- 16) Yamashita Y. and Aoyama T. : Hatching time, yolk sac absorption, onset of feeding, and early growth of the Japanese sand eel *Ammodytes personatus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51(11), 1777-1780 (1985)
- 17) 井上 明, 高森茂樹, 国行一正, 小林真一, 仁科重己 : イカナゴの漁業生物学的研究. 内海区水産研究所報告. 25, 1-335 (1967)

えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係

吉村圭三^{*1}, 筒井大輔^{*2}, 前田圭司^{*3}, 三戸 充^{*4}, 芳賀恒介^{*4}

Validation of daily increments in the otolith microstructure of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, larvae in Erimo, the Pacific coast of Hokkaido

Keizo YOSHIMURA^{*1}, Daisuke TSUTSUI^{*2}, Keiji MAEDA^{*3},
Mitsuru SAN-NOHE^{*4}, Kohsuke HAGA^{*4}

The otolith microstructure of larval sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, was studied at Erimo, on the Pacific coast of Hokkaido. Compared to the populations in the Sea of Japan, this local population experiences noticeably colder water temperature during eggs and larval stage by the influence of the Oyashio current. We attempted to find an appropriate ageing technique for this population using artificially fertilized eggs in December 2004. We reared larvae from March to May 2005, aged 0 to 60 days and examined at 10-day intervals.

The lapilli provided apparently lower incremental counts to age under optical microscopy (mean \pm SD: -21.1 ± 4.5), in spite of a previous study had recommended as precisely representing daily increments. We hypothesize that the relatively smaller size of lapilli to the body and very cold rearing water temperature resulted in narrower increments. In addition, there were many invisible increments around the hatch check, resulting in considerable counting error.

In the sagittae, regular concentric rings were found and increment counts were closely correlated with age (-2.8 ± 1.9). Again, some increments around the hatch check were difficult to resolve, but the estimated increment deposition rate between 30–60 days was one per day. The sagittae of larger juveniles (N=5: 30.5–35.7mm in TL) exhibited some accessory layers around the edge. However, these increments had regular deposition and it was possible to track growth. We conclude that in this population, the analyses of daily increments should be performed with sagittae, not lapilli.

キーワード：ハタハタ, 耳石, 輪紋数, 日齢, えりも, 日高, 光学顕微鏡, 仔稚魚

緒言

日高系ハタハタは、北海道日高海域に分布し、えりも町沿岸に主産卵場を持つ地域群である^{1–2)}。この系群は、主に産卵群を対象とした刺し網漁業によって、近年では年間100–500トン程度漁獲されており、当地域にとって貴重な冬期の収入源となっている。このため、当地域では、漁業の自主管理に加え、打ち上げ卵塊の回収や人工種苗放流等の積極的な取り組みがなされ、資源の維持・増殖が図られている。これらの取り組みを一層効率的に

進めるためには、日高系ハタハタの生態、中でも資源加入量の変動に重要な影響を及ぼす初期生態を十分に解明し、増殖対策に反映する必要がある。

初期生態の解明には耳石日周輪を用いた日齢解析が有効な手法となる。ハタハタでは、Tsukamoto and Shima³⁾が秋田産人工種苗の耳石について検討し、礫石に形成される輪紋が日周輪であること、また他魚種で一般的に用いられる扁平石では、縁辺部に形成される2次核を中心とする耳石成長 (accessory layers) のために輪紋パターンが乱れ、読輪が困難になることを報告している。ハタ

報文番号A437 (2009年7月2日受理)

*1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan)

*2 北海道総務部 (Hokkaido Government, Department of General Affairs, Sapporo, Hokkaido, 060-8588, Japan)

*3 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido, 097-0001, Japan)

*4 えりも町役場 (Erimo Town Office, Erimo, Hokkaido, 058-0292, Japan)

ハタに関するこれまでの研究は、秋田をはじめとする日本海海域におけるものが多く、太平洋海域に関する知見は少ないのが現状である。しかし、すでにその中でも、日高系を含む北海道太平洋岸に棲息するハタハタは、日本海産ハタハタに対し遺伝的に高度に隔離されていることが指摘されている⁴⁻⁵⁾。また、卵発生期である冬期の水温は、暖流の影響を受ける日本海では比較的温暖であるのに対し、本道太平洋では寒流の影響により、しばしば零度を下回る著しい低温で経過する。加えて、耳石の輪紋形成パターンは、同一魚種においても、成長速度等によって変化することが知られている⁶⁻⁷⁾。以上のことから、日高系ハタハタの日齢解析を試みるに当たり、遺伝的・環境的に大きく異なる本州日本海産の仔稚魚と同様の手法が適用できるのか、改めて検討し、日高系に適した手法を確立しておく必要がある。

そこで、本研究では、日高系ハタハタ仔稚魚の礫石及び扁平石について、輪紋数と日齢の関係、日齢の推定誤差等を検討すると共に、日本海との差異、及び扁平石の使用について考察した。

材料および方法

供試魚および飼育条件

2004年12月3～10日に、北海道えりも町で漁獲されたハタハタから人工的に採卵・受精された卵塊を、えりも町ウニ種苗センターで2005年3月26日まで自然海水の流水下で管理した。卵管理中の水温は $-0.6\sim 7.4^{\circ}\text{C}$ 、平均 2.6°C であった。3月27日にふ化した仔魚約180,000尾を同センター内の3.3 t FRP水槽に収容し、自然海水の流水下で5月26日まで60日間飼育した。飼育期間中の水温は $1.2\sim 6.8^{\circ}\text{C}$ 、平均 3.3°C であった。Fig. 1に、同センターの2004年12月上旬から2005年5月下旬までの取水海水温の推移を旬平均値で示した。陸上水槽では気温の影響を若干受けるものの、飼育水温はえりも町周辺の沿岸水温の実態を概ね反映していた。

仔魚飼育には、餌料として栄養強化したアルテミア幼生、冷凍カイアシ類および市販の配合餌料を与えた。

飼育期間中、ふ化を含めて10日ごとに、30～90尾の仔魚を無作為に採取し、生鮮状態で全長を0.1mm単位で測定した。全長は下顎前端から尾鰭後端までとした。測定後の仔魚を、速やかに70%エタノールで固定し、保存した（以下飼育個体と略す）。

耳石の測定と輪紋の観察

保存された飼育個体の各日齢群について20尾を上限に、原則として体右側の礫石および扁平石を取り出し、耳石径の測定および輪紋の観察に用いた（Table 1）。両耳石

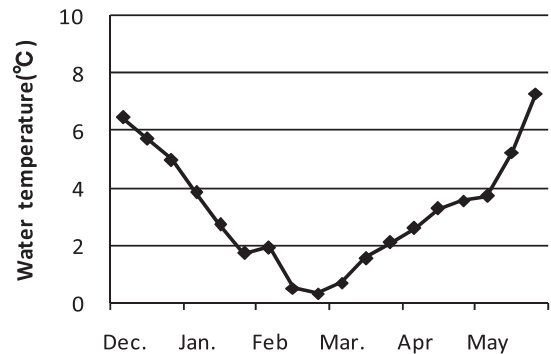


Fig.1 Change in water temperature of Erimo coast from Dec. 2004 to May 2005.

は体外側（凸面）を上にしてスライドガラス上にエナメル樹脂またはエポキシ樹脂を用いて包埋した。ふ化日から20日齢の耳石はそのまま観察に供したが、30～60日齢の耳石は耐水サンドペーパー（1000～2000番）およびラッピングフィルム（ $20\sim 0.3\mu\text{m}$ ）を用いて耳石核が露出するまで研磨したものを標本とした。

また、Tsukamoto and Shima³⁾の扁平石（95日齢）の観察結果と比較するために、2004年6月29日及び2005年6月22日に、えりも町沿岸で採集されたハタハタ稚魚⁸⁻⁹⁾計5個体（全長 $30.5\sim 35.7\text{mm}$ 、平均 33.2mm ）から扁平石を取り出し、耳石研磨標本を作製した（以下採集個体と略す）。

耳石径（核を通る最大径）の計測および輪紋の観察、計数は、100倍の対物レンズを装着した光学顕微鏡下で行った。耳石径の計測は接眼マイクロメータで直接行うか、CCDカメラを経由しモニターに映し出した画像上で、コンピュータソフトACT-1 C for DXM1200C（ニコン株式会社）を用いて行い、いずれも $1\mu\text{m}$ 単位で計測した。

結果

Fig. 2に、ふ化日から10日ごとの飼育個体の平均全長を示した。ふ化仔魚の平均全長は $13.2\pm 0.3\text{mm}$ であった。平均全長は日齢に伴いほぼ直線的に増加し、60日齢では $20.5\pm 0.8\text{mm}$ に達した。

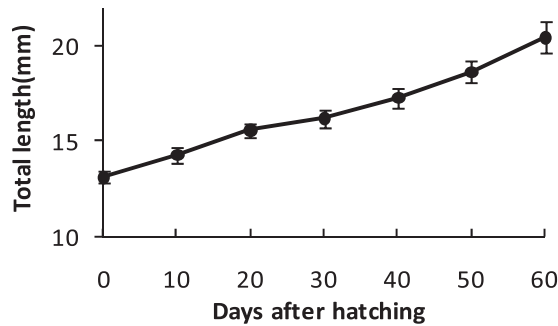


Fig.2 Growth of sandfish larvae hatched and reared in captivity. Error bars indicate SD.

1 礫石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

ふ化日（以下0日齢）の礫石は概ね円形であるが、日齢が増すに伴い、やや角張った楕円形に変化すると共に、不均等な成長により核が中心からやや偏った（Fig. 3-A, C）。

0日齢礫石の耳石径は39～51 μm 、平均45 μm であった。耳石径はほぼ日齢に比例して増加し、60日齢で平均117 μm まで達したが、10日齢の礫石は平均58 μm で20日齢の51 μm よりも大きかった（Table 1, Fig. 4）。平均体長に対する平均耳石径の関係（Fig. 5）は、ほぼ比例関係であったが、20日齢では他の日齢に比べて、全長に対する耳石径が小さかった。

30～60日齢の研磨標本では核を中心とする直径45 μm 程度の同心円位置に、比較的コントラストの強い輪紋が

認められた（Fig. 3-C, E）。これらの輪紋の最大直径を、0日齢耳石径と比較したところ、有意差は認められなかった（ANOVA; $df=64$, $P>0.05$ ）。このことから、これらの輪紋をふ化輪と見なした（Table 1）。なお、10、20日齢でも同様の輪紋が観察されたが、未研磨標本のため焦点が定まり難く、輪紋直径の計測は行わなかった。

ふ化輪の外側5 μm 付近に再びコントラストの強い輪紋が観察される個体が多く（Fig. 3-E）、ふ化輪からこれらの輪紋付近まで、不鮮明な輪紋がやや不規則な間隔で3～6本程度観察された。それより外側には比較的鮮明で規則的な輪紋が観察される個体が多かった（Fig. 3-E）。縁辺付近の輪紋幅は、日齢が増すに伴いやや広くなり、30日齢で0.8 μm 程度、60日齢では1.2 μm 程度であった。

ふ化時点の耳石径の個体差と、その後の成長の関係を把握するため、30～60日齢について、ふ化輪径と耳石径の関係を調べた（Fig. 6）。両者には、30～60日齢のいずれにおいても、明確な関係はみられなかった。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係をTable 2, Fig. 7に示した。輪紋数は日齢に比例して増加し、回帰式 $Y=0.847X-13.88$ が得られた。すべての個体で輪紋数は日齢よりも少なかった。

光学顕微鏡下で計数可能な輪紋が1日1本形成されると仮定した場合、日齢と輪紋数の関係は、原点を通る傾き1の直線となることが期待される。しかし、上式の傾きは有意に1より小さく（ t -test; $df=31$, $P<0.05$ ）、切片は0より大幅に小さかった（ t -test; $df=31$, $P<0.01$ ）。

輪紋数の変動係数（CV）は30・40日齢では19.7～39.0と大きく、個体間のばらつきが大きいことを反映してい

Table 1 The results of otolith measurements.

		Diameter on long axis			Diameter of hatch check		
		Average	Range		Average	Range	
Age in days	N	(μ m)	(μ m)	SD	(μ m)	(μ m)	SD
Lapilli							
0	17	44.7	39–51	3.5	–	–	–
10	20	57.6	49–65	4.2	–	–	–
20	20	51.4	44–60	4.9	–	–	–
30	11	69.1	62–75	5.2	45.5	43–50	2.1
40	14	79.6	73–91	5.0	44.6	41–48	2.6
50	14	91.8	76–107	8.7	43.6	40–55	4.2
60	13	116.8	103–133	8.4	46.0	40–51	3.4
Sagittae							
0	20	93.8	65–110	10.4	–	–	–
10	19	119.3	103–149	10.2	–	–	–
20	20	128.5	102–150	13.7	–	–	–
30	14	165.4	135–183	16.3	97.8	86–113	7.4
40	15	206.6	166–241	22.8	99.9	80–120	9.9
50	11	247.5	179–273	29.8	95.5	74–108	11.0
60	14	323.5	290–380	26.5	96.5	81–110	8.0

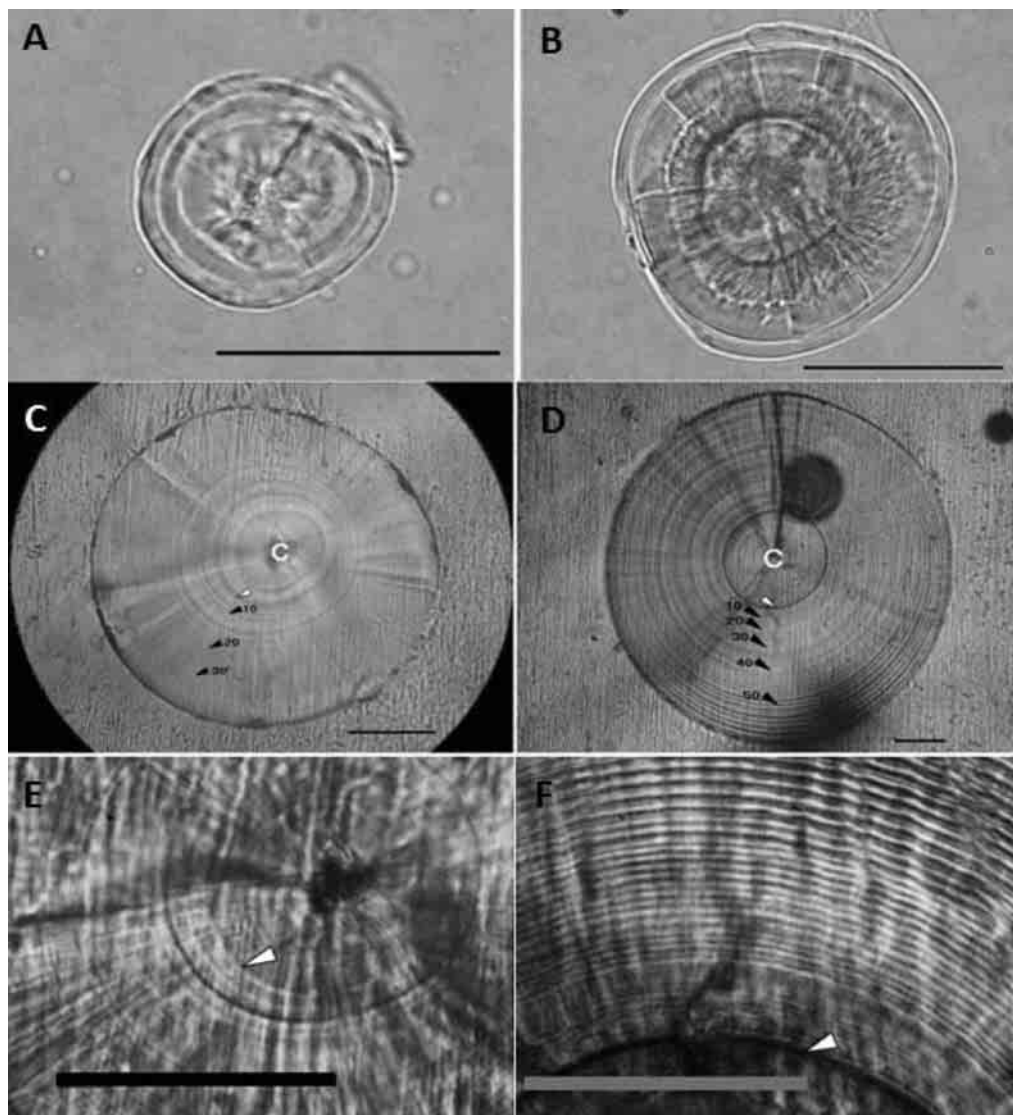


Fig.3 Otolith of larval sailfin sandfish, A:lapillus of 0-day-old, B:sagitta of 0-day-old, C,E:lapillus of 60-day-old, ground preparation, D,F:sagitta of 60-day-old, ground preparation. Open arrows indicate "hatch check". Closed arrows indicate the numbered increments exterior of hatch check. The centers of nucleus are shown as c, Scale bars=50 μ m.

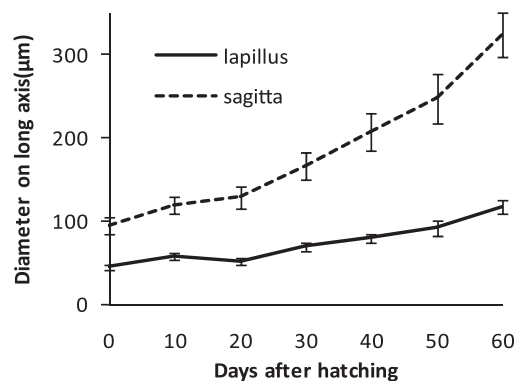


Fig.4 Change in mean diameter on the long axis of lapilli and sagittae, Error bars indicate SD.

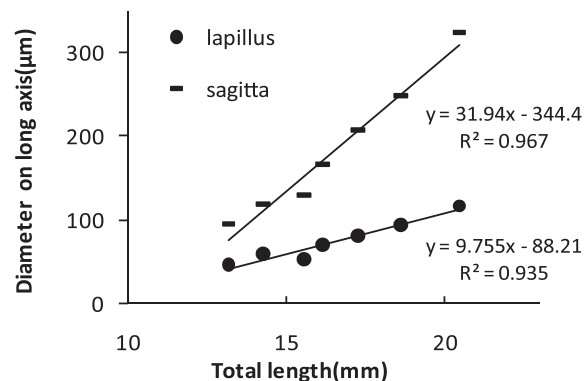


Fig.5 Relationships between the mean total length of the larvae and the mean otolith diameter.

たが、50・60日齢では4.5～6.0と小さかった (Table 2)。

成長の個体差と、計数可能な輪紋数の関係を把握するために、30～60日齢について、耳石径と輪紋数の関係を調べたところ (Fig. 8), 40日齢で有意な正の相関が認められた ($r=0.83$, $df=5$, $P<0.05$)。他の日齢では明確な関係はみられなかった。

2 扁平石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

0日齢の扁平石は概ね円形で、高日齢になるに伴い rostrum (前角) 部分がわずかに突出してくるが、核はほぼ中心に位置した。60日齢までのすべての標本で、縁辺

部にはaccessory layersは観察されなかった (Fig. 3-B, D)。採集個体の扁平石は、核-rostrum方向 (体軸方向) に長軸を持つ楕円形～卵形を基本とするが、背後縁部の1～3カ所に、2次核を中心として扇状に突出するaccessory layersが形成されていた。核は概ね中心に位置した (Fig. 9)。

0日齢扁平石の耳石径は65～110 μm 、平均94 μm であった。耳石径は日齢に比例して増加し、60日齢で平均324 μm に達した (Table 1, Fig. 4)。平均体長に対する平均耳石径の関係は、ほぼ比例関係であったが、礫石と同様に、20日齢では全長に対する耳石径比がやや小さかった (Fig. 5)。採集個体の耳石径は741～909 μm 、平均854 μm

Table 2 The results of otolith Analysis.

						Variation
		Increment count				from actual
Age in days	N	Average	Range	SD	CV(%)	age (days)
Lapilli						
30	6	14.2	11–18	2.8	19.7	–15.8
40	8	17.9	11–32	7.0	39.0	–22.1
50	7	26.7	25–29	1.6	6.0	–23.3
60	11	38.3	34–40	1.7	4.5	–21.7
Sagittae						
30	12	26.9	25–29	1.1	4.0	–3.1
40	15	37.7	32–40	1.8	4.9	–2.3
50	11	47.1	42–51	2.9	6.2	–2.9
60	13	57.1	54–60	1.8	3.1	–2.9

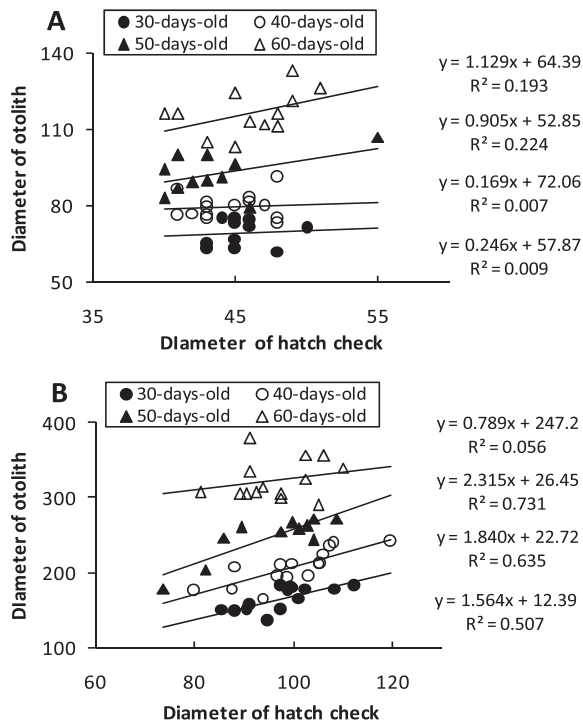


Fig.6 Relationships between the diameter of hatch check and the diameter of otolith, lapilli(A) and sagittae(B).

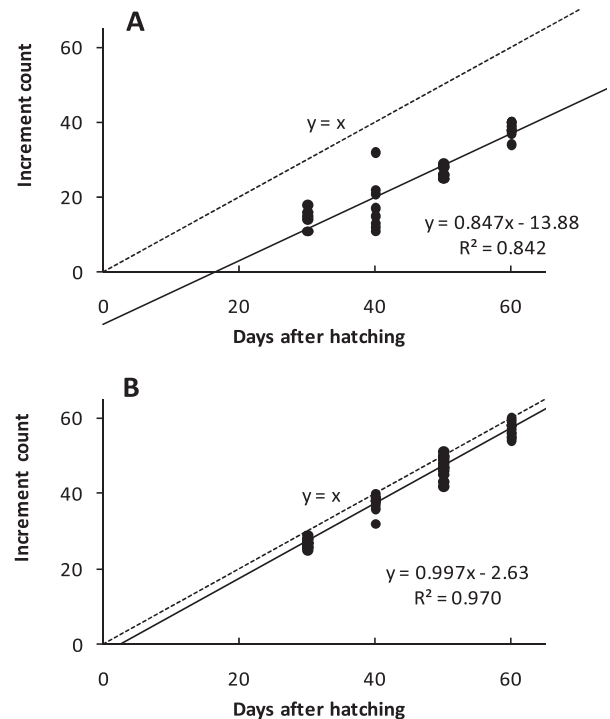


Fig.7 Relationships between age (day) and increment count in lapilli(A) and sagittae(B).

であった (Table 3)。

30~60日齢では核を中心とする直径100 μm 程度の同心円の位置に、コントラストの強い輪紋が認められた (Fig. 3-D, F)。礫石と同様に、これらの輪紋の最大直径を、0日齢耳石径と比較し、有意差が認められなかったため (ANOVA; $\text{df}=73$, $P>0.05$)、これらの輪紋をふ化輪と見なした (Table 1)。採集個体では、核を中心とする直径123~141 μm (平均131 μm) の位置に、コントラストの強い輪紋が認められた (Fig. 9)。これらの輪紋径は、飼育個体のふ化輪径より有意に大きかった (t-test; $\text{df}=58$, $P<0.01$)。

飼育個体では、ふ化輪から外側の輪紋構造は礫石に比べて明らかに鮮明で、縁辺に至るまで規則的であり、計数が容易であった。輪紋幅は、ふ化輪周辺で1.2 μm 程度であったが、縁辺に近づくにつれて広くなり、60日齢の

縁辺付近では3~5 μm 程度であった。採集個体では、飼育個体と同様に、コントラストの強い輪紋より外側に、同心円状の輪紋が規則的に形成されていたが、縁辺に近い部分では、耳石が楕円形に変化することに伴い、短軸方向に比べて長軸方向の輪紋幅がやや広がった。accessory layersでは成長の中心角が変化するものの、輪紋は連続して規則的に形成され、成長過程を縁辺まで追跡することが可能であった。輪紋幅は、コントラストの強い輪紋付近で1.2 μm 程度、縁辺付近の長軸方向で7~9 μm 程度であった。

Fig. 6に、飼育個体のふ化輪径と耳石径の関係を示した。両者の間には30~50日齢で強い正の相関が認められた (30日 齢; $r=0.71$, $\text{df}=13$, $P<0.01$, 40日 齢; $r=0.80$, $\text{df}=14$, $P<0.001$, 50日 齢; $r=0.85$, $\text{df}=10$, $P<0.001$)。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係をTable 2, Fig. 7に示した。輪紋数は日齢に比例して増加し、回帰式

$Y=0.997X-2.63$ が得られた。ほとんどの個体で輪紋数は日齢よりも少なかったが、その程度は礫石よりも小さかった。

上式の傾きは1と有意な差はみられなかった (t-test; $\text{df}=50$, $P>0.05$)。切片は礫石に比べて差は少なかった

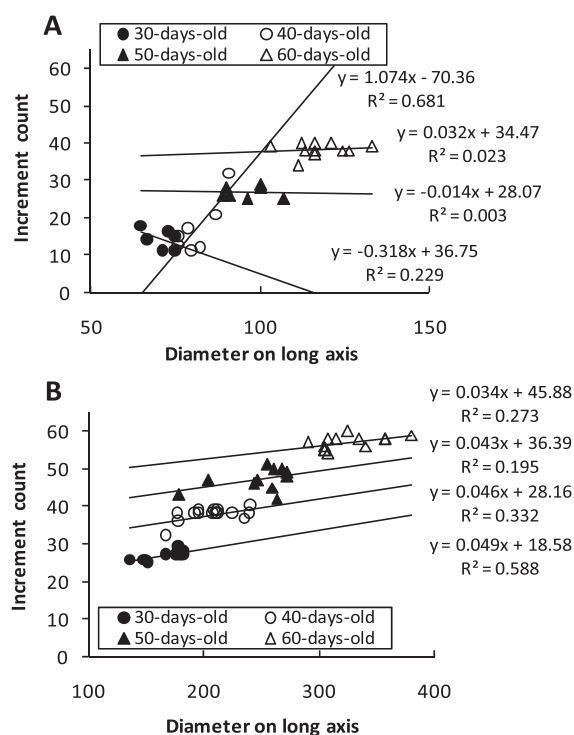


Fig.8 Relationships between otolith diameter and increment count in lapilli(A) and sagittae(B).

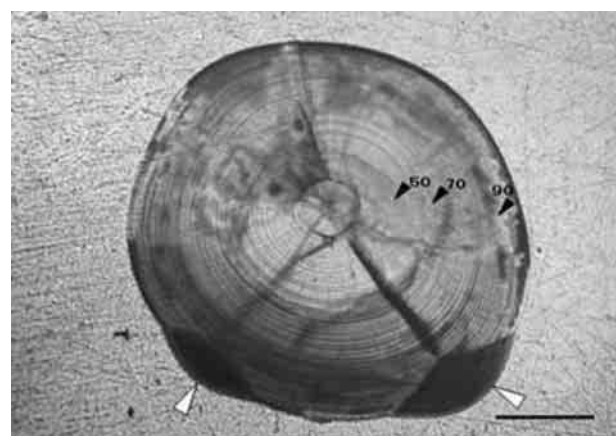


Fig.9 Sagitta of juvenile sandfish(35.7mm in TL). Open arrows show "accessory layers". Closed arrows indicate the numbered increments. Scale bar=200 μm .

Table 3 Sagittae measurements of juveniles.

Date of collection*	N	Total length of juveniles		Otolith diameter on long axis		Increment count	
		Average (mm)	Range (mm)	Average (μm)	Range (μm)	Average	Range
2004.6.29	4	33.0	30.5-35.7	846	741-909	88	75-100
2005.6.22	1	34.3		886		102	

* Collected with beam trawl net at 3-9m depth.

が、0より有意に小さかった (t -test; $df=50$, $P<0.05$)。

30~60日齢の輪紋数の変動係数は、3.1~6.2で、礫石に比べて小さく安定していた (Table 2)。

耳石径と輪紋数の関係をみると (Fig. 8), 30日齢で強い正の相関が、40日齢でも正の相関が認められた (30日齢; $r=0.77$, $df=11$, $P<0.01$, 40日齢; $r=0.58$, $df=14$, $P<0.05$)。

採集個体の輪紋数は75~102, 平均91であった (Table 3)。

考察

1 礫石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

本研究で観察された礫石の形態は、Tsukamoto and Shima³⁾の記述と良く一致した。しかし、0日齢礫石の耳石径は $45 \pm 4 \mu\text{m}$ で、Tsukamoto and Shima³⁾が示した $55.4 \pm 6.4 \mu\text{m}$ よりも有意に小さかった (t -test; $df=56$, $P<0.01$)。ふ化仔魚の平均全長は、本研究では $13.2 \pm 0.3 \text{mm}$ であるのに対し、Tsukamoto and Shima³⁾では $11.9 \pm 0.4 \text{mm}$ であり、耳石径と逆転した関係であった。本研究においても認められたように、魚類では通常、耳石サイズは体サイズと比例関係にあるとされるが¹⁰⁾ (Fig. 5), 成長速度によってサイズ比が変化することも知られている⁶⁻⁷⁾。本研究では、卵期における環境水温が低く、卵期間もTsukamoto and Shima³⁾より約1ヵ月長かったため、成長速度と同様に、発生速度の違いが耳石の体に対するサイズ比に影響した可能性が考えられる。

10日齢の耳石径は20日齢よりも大きかった。エタノール固定後の平均全長は10日齢 $14.0 \text{mm} \pm 0.5$, 20日齢 $14.3 \text{mm} \pm 0.5$ と非常に近かったため、サンプリングの偶然の偏りに起因すると考えられた。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係から得られた直線式は、傾き、切片共に期待される $Y=X$ から大きく外れ、輪紋数は30~60日齢の全標本平均で、日齢よりも21.1少なかった。Tsukamoto and Shima³⁾では、95日齢の礫石で日齢とほぼ同数の、 94.6 ± 7.7 (平均 \pm SD) 本の輪紋が計数されたが、本研究の結果は大きく異なった。原因として挙げられるのは、前述のようにふ化時点の礫石サイズが小さかったことと、ふ化後の飼育水温がTsukamoto and Shima³⁾の9~20℃に比べて1.2~6.8℃と著しく低く、耳石の日間成長量が小さかったと推測されることである。10日齢および20日齢の平均耳石径から0日齢平均耳石径を減じ、2で除して得られた成長部分の幅は、それぞれ6.5, 3.3 μm と推定された。1日1本の輪紋が形成されて

いると仮定すると、推定される平均輪紋間隔は0.2~0.7 μm 程度で、光学顕微鏡の解像限度¹¹⁾以下であるため、すべての輪紋を計数することはできないと考えられる。このことは、30~60日齢の研磨標本において、ふ化輪の外側5 μm 付近までは輪紋が不鮮明で、輪紋幅も不規則であったことと一致した。従って、北海道太平洋海域のように卵期~仔魚期の水温が低い場合、少なくとも20日齢程度までは礫石による日齢推定は困難であると考えられる。

30・40日齢では個体による輪紋数のばらつきが著しく大きかった。原因として、40日齢において耳石径と輪紋数の間に正の相関が認められたように、比較的成長の良い個体では輪紋幅が広く、解像可能な輪紋が多かったことが考えられるが、技術的な問題も無視できない。すなわち、礫石は非常に小さく、特に30・40日齢では摘出、研磨が難しかったため、標本処理が必ずしも均一に行われなかった結果、輪紋の見えやすさにばらつきが生じた可能性も考えられる。一方、50・60日齢では、ばらつきが小さく比較的安定した計数結果となった。日齢に対する差はそれぞれ平均23.3, 21.7で、両者に有意な差はなかった (t -test; $df=16$, $P>0.05$)。今後、十分な数の標本を解析すれば、50日齢以上では輪紋形成に日周期性が認められ、計数できた輪紋数に22~23を加えることにより日齢を推定できる可能性がある。しかし、20以上の誤差を前提とした解析は用途が限られること、環境条件によって誤差が大幅に変化する可能性があること、加えて、標本処理が難しいことから、現時点では日高系ハタハタの日齢解析に、礫石は適した材料ではないと考えられる。

2 扁平石

耳石の形態、サイズと輪紋構造

飼育個体の30~50日齢で、ふ化輪径と耳石径に強い相関がみられた。これらの日齢では、耳石径の40~60%をふ化輪径が占めるため、ふ化サイズの個体差の影響が大きかったと考えられる。耳石径と全長は概ね比例関係にあったことから (Fig. 5), 仔魚の全長も同様に、ふ化時点の個体差に影響されることが示唆される。しかし、本研究では個体別の全長-耳石径関係を把握しておらず、誤差範囲が不明であり、また上述のように両者の関係は条件によって変化する可能性がある。従って、耳石径と全長におけるふ化時点の個体差や両者の対応関係、そして成長に及ぼす影響については今後改めて検討する必要がある。一方、耳石の計測についても検討が必要である。本研究では耳石径を最大径としたが、最大径軸の体軸に対する角度は、個体によって異なることが予想される。30日齢以上の扁平石ではrostrumを概ね識別

できるため, 今後はrostrumを基準に計測部位を定義する必要がある。

Tsukamoto and Shima³⁾では95日齢, 平均全長35.6±2.6mmの稚魚の扁平石の状態が記述され, 耳石直径は1,500±100μmとされている。本研究における採集個体の平均全長は33.2mmでやや小さいが, 平均耳石径は854μmと大幅に小さく, 最も大きな全長35.7mmの個体でも908μmであり, 明らかに差が認められた。全長30~35mm程度のハタハタ稚魚の扁平石は, accessory layersが形成され始めると共に前後方向に伸張し, 成魚の形態に近づく成長段階にあると考えられる。上述のようにaccessory layersは2次核を中心とする突出部であるため, これらの形成によって, 耳石径は形成以前に比べて急激に大きくなる。Tsukamoto and Shima³⁾では, 耳石全周にaccessory layersが形成された状態が示されているのに対し, 本研究の採集個体ではaccessory layersの形成が比較的進んでおらず, 全周にも及んでいない。これらのことから, 同様の全長に関わらず, 両者の耳石径に大きな差が生じたと考えられる。

accessory layersの輪紋形成についてTsukamoto and Shima³⁾では, 不規則で成長過程を追跡することが困難と報告しているが, 本研究の採集個体では縁部まで規則的に形成されており問題なく計数可能であったことから(Fig. 8), 輪紋形成パターンが異なっていると考えられる。

採集個体の核周辺に観察されたコントラストの強い輪紋は, 飼育個体のふ化輪に比べて平均直径が有意に大きかったが, これらの輪紋の外側に微細輪紋が規則的に形成され, 飼育個体と同様の構造であったことから, ふ化輪であると考えられる。飼育個体よりも直径が大きい原因については, 今後検討する必要がある。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係から得られた直線式は, 傾きを1と見なすことができるため, 30日齢以降の輪紋形成は日周的であるといえる。切片は有意に0より小さく, 全標本平均で輪紋数は日齢より2.8少なかった。原因として, ふ化後数日経ってから輪紋が形成される可能性もあるが, 礫石の例からみて, 30日齢以前の部分に, 解像が困難な輪紋が数本存在する可能性が高い。30~40日齢において, 耳石径と輪紋数に正の相関が認められたことは, 比較的成長の遅い個体ほど輪紋間隔が狭く, 計数できない輪紋が多かったためと考えられる。

扁平石では, 礫石に比べて個体による輪紋数のばらつきが大幅に小さく, 30日齢以降の日周性が確認されたことから, 輪紋数に3本を加えれば, 飼育個体で確認され

た60日齢程度までは日齢査定が可能であると考えられる。また, 採集個体では75~102本の輪紋が計数されたことから, さらに100日齢程度までは日齢査定が可能であると見込まれる。加えて, 扁平石は比較的大きいため標本処理が容易であったことも考慮すると, 日高系ハタハタでは日齢査定に礫石ではなく扁平石を用いた方がよいと結論できる。

本研究では扁平石の体に対するサイズ比や輪紋構造についても, Tsukamoto and Shima³⁾と差異が認められたが, 礫石と同様に, 低水温のため成長が緩やかであったことに起因すると考えられる。従って, 日高系同様に仔魚期の水温が低い北海道太平洋海域に分布する釧路系等, 他のハタハタ系群についても, 日齢査定には扁平石を用いるべきであると考えられる。

要約

- 1) 光学顕微鏡で観察された, えりも産ハタハタ耳石の輪紋数は, 日齢に対して, 礫石では平均21.1, 扁平石では平均2.8少ない。
- 2) 礫石の輪紋は日齢推定誤差が大きく, 日齢査定に用いるには実用的でない。扁平石の輪紋を用いれば, 少なくとも60日齢程度まで解析が可能である。

謝辞

(独)水産研究総合センター北海道区水産研究所の西村明博士には, 耳石日周輪観察法についてご指導賜ると共に, 本研究のとりまとめに貴重なご助言を賜った。心よりお礼申し上げる。中央水産試験場の志田修氏, 釧路水産試験場の石田良太郎氏には, 本研究のとりまとめに貴重なご助言を頂いた。えりも町栽培漁業振興協議会, えりも漁業協同組合及び日高地区水産技術普及指導所には, 野外採集等で大変お世話になった。記して深謝する。

文献

- 1) 小林時正, 加賀吉栄: 北海道周辺のハタハタの産卵群の計数形質変異から推定される系統群構造について. 北水研報. 46, 69-83 (1981)
- 2) Kobayashi, T.: Variations in number of Vertebrae of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (STEINDACHNER), correlated with water temperature in period of early development. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 46, 57-67 (1981)
- 3) Tsukamoto, K. and Shima, Y.: Otolith daily increment

- in sandfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 56, 1083-1087 (1990)
- 4) 柳本卓：mtDNAのPCR-RFLP分析によって明らかになったハタハタ集団の地理的文化。日水誌。70(4), 583-591 (2004)
 - 5) Shirai, S., Kuranaga, R., Sugiyama, H., Higuchi, M. : Population structure of the sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae), in the Sea of Japan. *Ichtyol. Res.*, 53, 357-368 (2006)
 - 6) Francis, M. P., Williams, M. W., Pryce, A. C., Pollard, S., Scott, S. G. : Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus*(Sparidae). *Fish. Bull.*, 91 (1), 159-164 (1993)
 - 7) 西村明：耳石日周輪観察のためのマニュアル。漁業資源研究会議, 北日本底魚部会報 (28), 27-32 (1995)
 - 8) 筒井大輔, 吉村圭三, 奥村裕弥：ハタハタ初期生態解明調査。平成16年度函館水産試験場事業報告書, 93-101 (2005)
 - 9) 筒井大輔, 吉村圭三, 奥村裕弥：ハタハタ初期生態解明調査。平成17年度函館水産試験場事業報告書, 95-103 (2006)
 - 10) 渡邊良朗：“年齢形質の有効性検討”。水産動物の成長解析 (赤嶺達郎, 麦谷泰雄編), 東京, 恒星社厚生閣, 1997, 17-27
 - 11) 石田良太郎, 佐々木正義, 高柳志朗：石狩湾ニシン仔稚魚の耳石輪紋数と日齢との関係。北水試研報。62, 129-134 (2002)

クローンヒラメの特性評価 第1報 成長性と耐病性のクローン間比較

齊藤節雄^{*1}, 森 立成^{*2}, 伊藤慎悟^{*3}, 鈴木邦夫^{*4}

Evaluation of traits of clonal lines induced by chromosome manipulation in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)

I. Differences in growth performance and disease resistance

Setsuo SAITOH^{*1}, Tatsunari MORI^{*2}, Shingo ITO^{*3} and Kunio SUZUKI^{*4}

Growth performance by rearing experiment and disease resistance to viral infection test were conducted to characterize the clonal lines in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Six different clonal lines were produced by chromosome manipulation techniques gynogenetically and used as materials. Juvenile clone fish were reared in the same tank under natural water temperature or 14 °C constant water temperature conditions for almost one year. Clear differences of growth performance were observed among the several clonal lines from six months later to the end of the experiment. Fish in no. 82 clonal line represented significantly faster growth compared with the fish of other lines and control group both under natural water temperature condition and 14 °C constant one. Fish in no. 82 clonal line clearly resisted HIRRV virus infection and no fish died during the experimental period, but fish in no. 71 and 77 clonal lines showed as same mortality as control group. The cumulative mortality of no. 72 and 75 clonal lines represented about three times higher than that of control group. These results revealed that these clonal lines may be useful as breeding stock and immunological experimental fish.

キーワード：ヒラメ， クローン， 成長性， 耐病性， ラブドウイルス

はじめに

本道の魚類養殖では冬期間の低水温により成長が停滞するため、本州方面等に比べて販売までに長い年月を要する場合が多い。飼育期間が長くなるとそれだけ生産性が低くなるばかりでなく、飼育中の疾病の発生等の問題も生じる。そのため本道の自然条件下においても成長が良く、かつ病気にも強い優良品種の作出が望まれる。優良形質の遺伝的固定のためには、従来の選抜育種による方法では20世代にも亘る経代が必要であるが、染色体操作技術を基礎としたクローン魚作出法では僅か2世代で固定が可能となる¹⁾。

一般的に養殖品種に求められる特性としては、成長が良く、病気に強く、肉質が良好で、飼料効率が高いこと等が挙げられる。遺伝的に均一なクローン魚を養殖に用

いた場合は、大きさや肉質等において極めてバラツキの少ない、均質な商品を出荷出来る可能性が高い。ヒラメの成長適水温は18℃～21℃²⁾とされているが、本道日本海側の余市町を例にとると、天然水温がこの値を保つ期間は7月から10月までの4カ月間足らず³⁾と極めて短いため、より低水温下での高成長が望まれる。

ヒラメ養殖においても疾病対策は、養殖生産の効率化に不可欠である。ヒラメの感染症⁴⁾として、ウイルス性、細菌性、寄生虫性疾患等があるが、本道では冬期間の低水温のため、細菌性疾患が一度発生しても天然海域において蔓延することは希であり、寄生虫症にしても飼育環境を清浄に保つことである程度予防は可能である。また、水産用医薬品を適正に使用することで、治療することも出来る。これに対してウイルス性疾患の場合は、ウイルス保有親魚を徹底的に排除する防疫以外に対策のないこ

報文番号A438 (2009年7月2日受理)

* 1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

* 3 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)

* 4 北海道立水産孵化場道北支場 (Dohoku Branch, Hokkaido Fish Hatchery, Mashike, Hokkaido 077-0216, Japan)

とが多い。

そこで本研究では, 天然水温及び一定水温条件下 (14℃)でのクローンヒラメの成長をクローン間で比較すると共に, 比較的低水温期に発症し, 死亡率の高いヒラメラブドウィルス病に注目し, 人為感染試験によるウィルス抵抗性のクローン間比較を行った。道立中央水産試験場において, 染色体操作法により作出されたホモ型クローン6系統を用いて, 成長性と耐病性に関する特性比較を目的に飼育試験を行い, 系統間で明瞭な違いが認められたので報告する。

材料および方法

1. 供試魚および仔稚魚の飼育

(1) クローンヒラメの作出

材料として, 森ら⁵⁾で作出したホモ型クローンヒラメ6系統 (71, 72, 75, 77, 82, 83) を用いた (Fig. 1)。中央水試の4t陸上水槽で周年養成していた親魚を取り上げ, 腹部を圧迫することで卵および精子を採取した。個体毎にプラスチックシャーレに採取し, 予め親魚飼育水槽の温度 (14~15℃) に調節したクールボックスに一時的に保存した後, 人工受精させた。受精卵を60Lアクリル水槽に収容し, 15℃の調温海水を通水し孵化させた。ふ化後3日目からは18℃の海水によるウォーターバス方式で水温調節しながら微給水した。

(2) 通常発生魚の確保

2000年に北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所で採卵され, 通常の種苗生産に使用される受精卵を中央水試に輸送した。孵化及びその後の飼育はクローンヒラメと同様の条件とし, 対照魚として用いた。

(3) 仔稚魚の飼育

クローンヒラメ各系統および対照区の孵化仔魚を60Lアクリル水槽中に収容し, 18℃の調温海水でウォーターバスにより水温調節した。通常のワムシ, アルテミア, 配合飼料の餌料系列で給餌し, 飼育試験までの予備飼育を行った。

2. 混合飼育による成長性の評価

(1) 供試魚

クローン系統群4系統 (71, 77, 82, 83) 及び対照区からそれぞれ平均全長約13cm, 平均体重約25gの稚魚30尾ずつ取り上げ, スパゲティ型タグを装着した後, 4t及び2tFRP水槽に収容し, 飼育試験を行った。

(2) 飼育条件

4tFRP水槽では, 天然海水温下で, 2tFRP水槽は, 14℃の飼育水温下で飼育した。飼育水は, 中央水試の

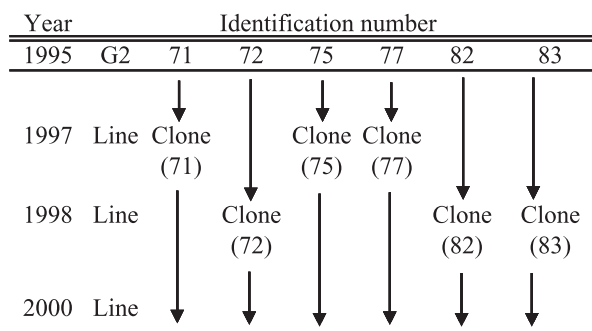


Fig.1 Schematic diagram for the production of mitotic-gynogenetic diploids(G2) and clones(No.71~83).

前浜から揚水した海水を濾過したものを天然海水とし, ヒートポンプで18℃または8℃に調整した海水と天然海水を混合することで14℃に調温した調温海水を用い, それぞれ天然海水区及び14℃区とした。換水率は, 1~2回転/時とした。餌には市販の配合飼料を使用し, 2回/日毎日飽食量給餌した。飼育期間は, 2000年10月から2001年11月までの約1年間とした。

3. 人為感染試験による耐病性評価

(1) 供試魚

2000年に作出したクローンヒラメ5系統 (71, 72, 75, 77, 82) 及び通常発生魚を用いた。平均全長が約7cmに達した時点で, 人為感染試験に供した。

(2) ウィルス液

供試ウィルスとして, 北海道大学大学院水産科学研究院の吉水教授から供与されたHIRRV 8401-H株⁶⁾を用いた。ウィルス液をRTG-2細胞に接種後, 15℃で培養し, 細胞変性効果 (CPE) が全面に広がった時点で培養液を採取し, 培養上清を4℃, 5,000×gで10分間遠心分離した。上清をφ0.45μmのフィルターで濾過後, バイアルチューブに分注し, 試験に供するまで-80℃で保存した。なお, 細胞の培養にはEagleのMEM₁₀を使用した。

(3) 細胞培養

RTG-2細胞の培養は, ストレプトマイシン100μg/mL, ペニシリンGカリウム100単位/mL, 牛胎児血清を10% (v/v) 含み, 7.5% (W/V) 重炭酸ナトリウムでpH7.2に調整後, φ0.22μmのフィルターで濾過したEagleのMEM₁₀で行った。培養温度は20℃であった。

(4) 感染試験

クローン系統及び通常発生魚に対して, 供試ウィルス液を1尾当たり50μL, すなわち10³ TCID₅₀/mLのウィルスを腹腔内注射した。ウィルス接種後, 60Lアクリル水槽中に各クローン系統毎に収容し, 30日間経過観察した。換水率1~2回転/時になるように給水し, 水

温14～15℃に維持し、一日2回稚魚用市販配合飼料を飽食量給餌した。

(5) ウイルス感染価の定量

RTG-2細胞を使い、96ウェルマイクロタイタープレートを用いてTCID₅₀/mLを測定した。

4. 統計処理

成長試験における体重の差については、一元配置分散分析(ANOVA)を行った後、Tukeyの多重比較検定を行った。生残率と人為感染試験における累積死亡率については、 χ^2 検定により有意差検定を行った。

結 果

1. クローンヒラメの成長性形質

(1) 成長

天然海水温区および14℃区の飼育水温の結果をFig. 2に示した。天然水温区では、飼育試験を開始した2000年10月が約18℃で、その後徐々に低下し、2001年2月には5℃まで低下した。その後春から秋まで上昇し、8月には22℃まで達した。飼育試験が終了した2001年11月には、12℃まで低下した。一方、14℃区は、試験期間中を通して、ほぼ14℃一定に保たれていた。

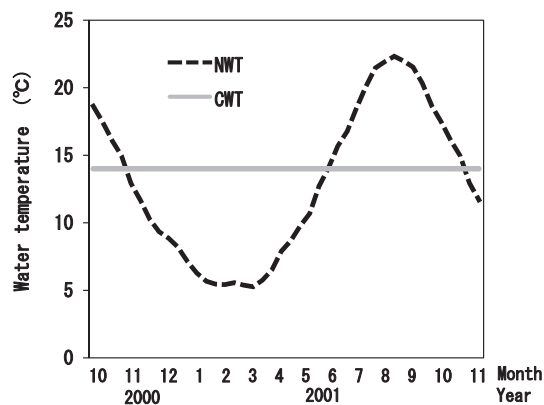


Fig.2 Changes of rearing water temperatures during experimental period.

NWT: Natural water temperature group

CWT: 14℃ constant water temperature group

天然海水温区(Fig. 3)では、飼育開始5カ月目までは冬期間の低水温のため、ほとんど成長せず、体重の差が無かった。その後徐々に差が大きくなり、水温が上昇した9カ月目から13カ月目に急成長が認められ、系統間による増重の違いがより鮮明になった。13カ月目では、82系統が最も高成長($p<0.05$)を示し、次に77系統が続く、83系統と対照区に差が無く、71系統が最も低成長であった。

14℃飼育区(Fig. 4)では、飼育開始から終了まで、対照

区及び各系統共に直線的な成長を示していた。5カ月目から体重に差が生じ始め、9カ月目、13カ月目となるに従い、差がより大きくなった。9カ月目では、82系統が最も体重が大きく、71系統が続く、対照魚とその他の系統では差が無かった。13カ月目の体重では、82系統が有意($p<0.05$)に高成長であった。9カ月目で2番目の成長を示した71系統は、対照区を含むその他の系統と差が無くなっていた。

(2) 生残

生残率に関しては、天然水温区(Fig. 5)では、71系統の生残率が9カ月目から13カ月目に他の系統と比較して、有意($p<0.05$)に低い値となっていた。一方、14℃調温区(Fig. 6)では、生残率の違いが系統間でより明瞭であり、天然海水温区と同様に71系統が最も低い値であり、続いて82系統、83系統が対照区より低い結果であった。最も生残率が高かったのは、天然海水温区と同様に、77系統であった。対照区と比較して、71系統及び77系統は有意差($p<0.05$)が認められた。

2. クローンヒラメのHIRRV耐病性形質

HIRRVの腹腔内接種攻撃法による人為感染試験の累積死亡率の結果をFig. 7に示した。累積死亡率の推移を見ると、ウイルス感染区は82系統を除き、いずれの系統も感染後3日目から死亡が始まり、10日目ではほぼ終息した。また、攻撃区における全ての死亡魚からHIRRVウイルスが検出された。

ウイルス接種30日後の累積死亡率は、対照区が28%であり、クローン系統72, 75がそれぞれ64%, 60%であり、71と77系統がそれぞれ20%, 24%とやや低く、82系統では全く死亡魚がみられず0%であり、系統間で明瞭な違いが認められた。82系統の死亡率は、72系統及び75系統よりも有意($p<0.05$)に低く、また、対照区や71及び77系統と比較しても有意差($p<0.05$)があった。一方、死亡率が高かった72及び75系統は、対照区や71及び77系統の死亡率と比較しても有意差($p<0.05$)が認められた。

考 察

1. 成長形質

ヒラメの成長は、水温条件に大きく左右される。ヒラメの成長最適水温は21℃付近とされ、西日本方面の養殖では約1年で全長40cm, 体重約1kgまで大きくなる²⁾。本研究では、中央水試のある北海道余市町の天然水温と、適水温から幾分低めの14℃の恒温条件で成長を比較した。天然水温ではやはり、西日本方面に比べ月別の年平均水温が低く、ヒラメの成長促進が期待される水温15℃以上となる期間は、6月から11月までの約半年間であった。

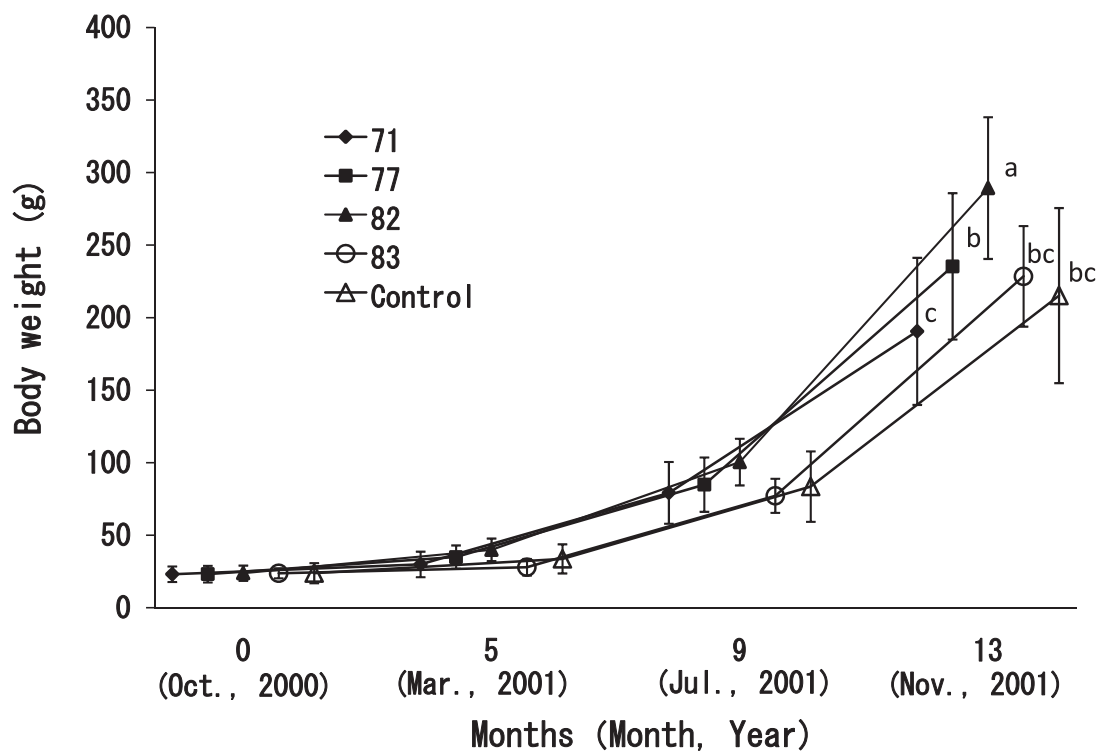


Fig.3 Growth of clone hirame under natural water temperature condition. Different letters represent groups have significant differences among groups ($p < 0.05$). Vertical bars indicate standard deviations of means ($n = 25 \sim 30$).

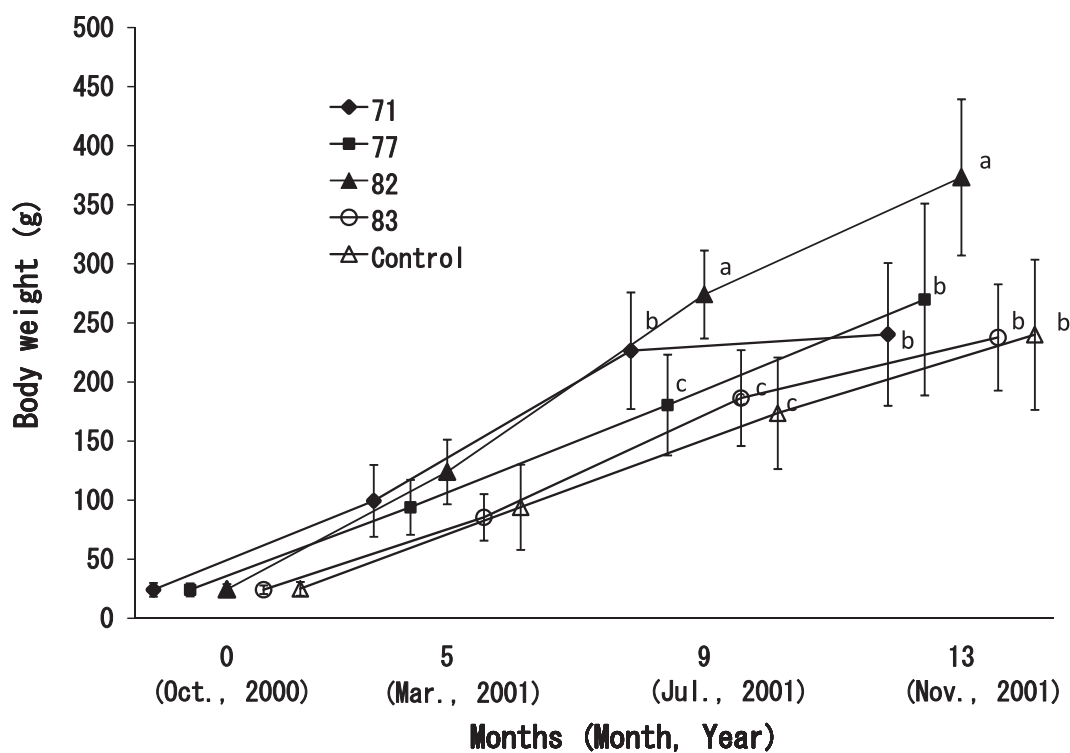


Fig.4 Growth of clone hirame under 14°C constant water temperature condition. Different letters represent groups significant differences among groups ($p < 0.05$). Vertical bars indicate standard deviations of means ($n = 25 \sim 30$).

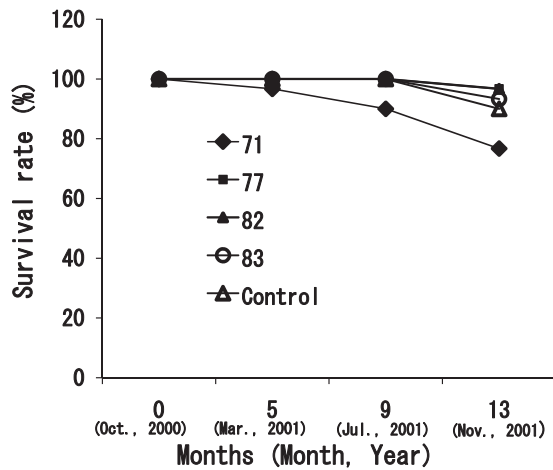


Fig.5 Survival of clone hirame reared under natural water temperature condition.

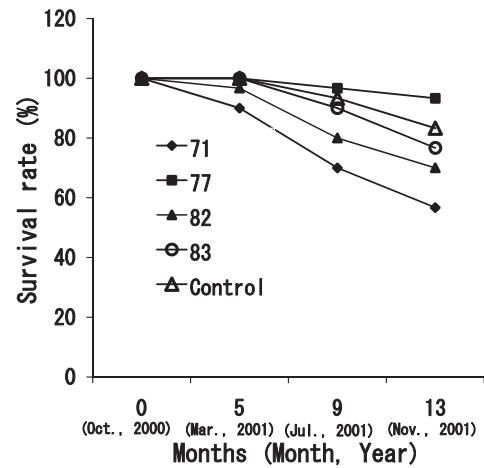


Fig.6 Survival of clone hirame reared under 14 °C constant water temperature condition.

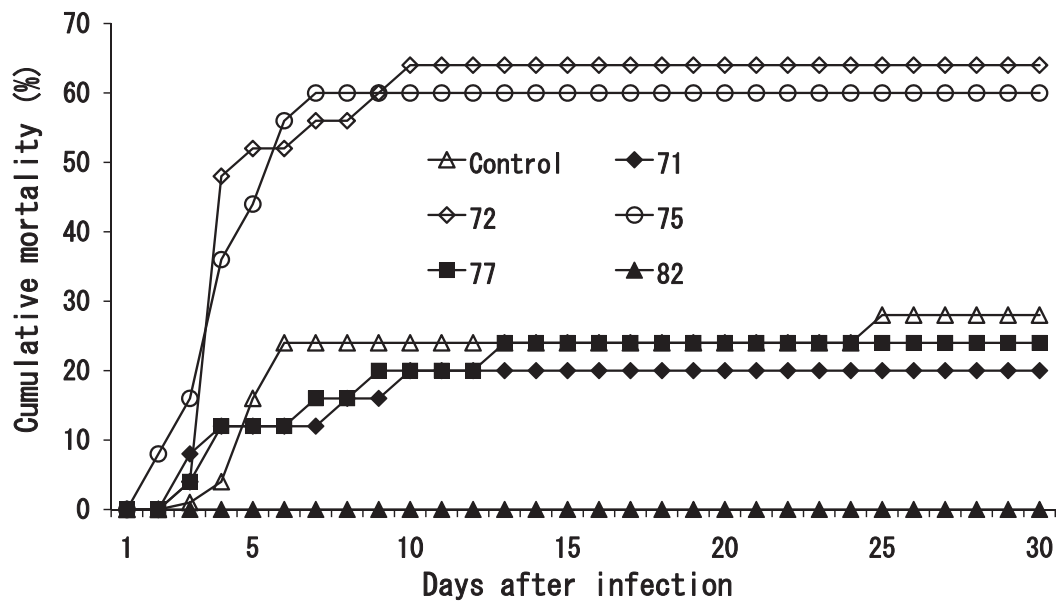


Fig.7 Cumulative mortality of clonal hirame strains infected with HIRRV by intra-peritoneal injection.

しかしヒラメは、水温25℃を超えるとほとんど摂餌しなくなり、夏場は疾病の発生等により、死亡率も高まる。本道では、夏場の高水温期にも25℃を超えることは希であり、むしろ冬場の低水温期に、いかに成長を促すがが養殖生産上の重要な課題である。

天然海水温区では、2000年10月から飼育試験を始め、翌年の3月までの冬期間はほとんど成長しなかった。その後水温が15℃を超えるまでの4カ月間で体重は約2倍

に増え、各系統ともに100gに達した。その後11月までの高水温期の4カ月間で、急激な成長が認められ、82系統では、300g近くまで増重し、最も成長が良好であった。冬期間の低水温のため、1年間の飼育においても体重1kgには達しなかったが、クローン系統間で明瞭な差が認められた。ヒラメの場合、体重500gくらいから雌雄の違いによる成長差が顕著となる⁷⁾が、本研究においては、それ以前の段階までの飼育だったので、各クローン系統の

雌雄比の違いが、群としての成長の差に反映されなかったと考えられた。従って、成長の違いは、系統による特性の違いであると判断された。

一方、生残率に関しては、71系統を除いて、特に大きな差は認められなかった。71系統の死亡魚を調べたところ、トリコジナ等の寄生虫が体表に多数認められた。恐らく寄生虫のため摂餌不振に陥り、他の魚との生存競争に敗れて死亡したものと考えられた。

14℃恒温飼育の場合は、2000年10月以降1年間の飼育において、特に成長停滞は認められず、各系統ともに体重は直線的に増加した。82系統、77系統の順に成長が良好で、他の71、83系統では、対照区とほぼ同様な成長を示していた。一方、生残率に関しては、71系統が天然水温飼育区と同様の傾向を示し、最終的に60%以下にまで低下した。この原因としては、天然海水温区の71系統と同様に、寄生虫による摂餌不振であると考えられた。最も高成長を示した82系統は、2番目に生残率が低かった。成長に関しては、対照区とほぼ同程度であった77系統が最も生残率は高かった。

このように、成長と生残とは相反する特性として保有する系統が多く、実際の養殖現場に適用する際には、複数の優れた形質を併せ持つヘテロ型クローンを用いることが推奨されている⁸⁾。しかし、71系統の様に、明らかに寄生虫に対する抵抗性が低いため、結果的に生残率の低い系統であっても、無菌的な特殊な環境下での養殖の場合には、高い成長を示す（著者未発表）可能性が考えられる。この様な特異な形質を持つクローン系統は、量的形質遺伝子座（Quantitative trait loci: QTL）解析によるDNAマーカーの開発⁹⁾には有効な研究材料になると考えられた。

2. 耐病性形質

ヒラメラブドウイルス病は1984年に兵庫県で海面の生簀内で飼育されていたヒラメに発生¹⁰⁾し、続いて北海道、香川県でも陸上で海水飼育されていたヒラメに発生した魚病である。その症状は体表や鰭、筋肉内に充血や出血がみられ、腹部が膨れ生殖腺が鬱血する。死亡率は数%から90%を超える場合もある。当時ヒラメ病魚から魚類の伝染性造血器壊死症ウイルス（IHNV）に似たウイルスが分離され、その後、近畿、四国地方で飼育されていたクロダイ¹¹⁾、さらに韓国から輸入されたメバル¹²⁾からも同じウイルスが分離されており、感染する魚種の範囲はかなり広いと考えられている。しかし、ヒラメに関しては、現在では、水温調節による対処法により、ほとんど発症例は報告されていない¹³⁾。しかし、他魚種への感染の可能性は十分あり、近年ウイルス性疾患における混合感染事例の報告¹⁴⁾もある

ことから、防疫対策上油断のならない疾病である。

本研究により、82系統の様なHIRRVに対して高い抵抗性を示す系統の存在が明らかとなった。逆に72系統や75系統の様に、対照区よりも格段に高い感受性を示す系統も認められた。従って、これら抵抗性系統、感受性系統を実験材料とすることで、QTL解析研究の実験動物としての利用が考えられる。ヒラメのウイルス性疾患では他にリンホシスチス病があり、既にクローン魚を用いたQTL解析による抵抗性DNAマーカーの開発¹⁵⁾が行われ、マーカー選抜育種への利用が期待されている。一方、遺伝的に均質なクローン魚は、耐病性に関する免疫学的基础研究^{16~19)}においても、研究材料としての重要性が認められている。本研究で得られた82系統は、HIRRV抵抗性を示し、かつ成長性にも優れているため、育種素材としての利用価値が高いと考えられた。

要 約

1. ヒラメ養殖における育種素材としてのクローンヒラメの特性を評価するために、1998年までに作出したクローン系統6系統を用いて、成長性と耐病性に注目した飼育試験を実施した。
2. 成長に関しては、天然水温及び14℃恒温飼育区を設定し、約一年間に亘り混合飼育によるクローン間での比較を行った。天然水温下では、冬期間の成長停滞後、春から秋にかけて急成長した。82系統が最も成長が良く、77、83系統が続く、71系統は対照区よりも悪く最も低い成長であった。一方、14℃恒温区では、各系統共に直線的に成長し、他の系統に比べて82系統のみ有意に良好な成長を示した。
3. HIRRVウイルスを用いた感染実験の結果、抵抗性は、82系統で最も高く、全く死亡が認められなかった。一方、71及び77系統は、対照区とほぼ同様な死亡パターンを示し、72及び75系統は対照区よりも約3倍高い累積死亡率であり、クローン系統による明瞭な違いが認められた。

謝 辞

ヒラメの受精卵を提供して頂いた北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所（現在：伊達事業所）の川下正己所長に感謝いたします。耐病性試験の実施に際し、HIRRVウイルス株を譲渡して下さった北海道大学大学院水産科学研究院の吉水教授に深謝いたします。

本研究の一部は、水産庁の補助事業「地域先端技術共同研究開発促進事業」により実施された。

文 献

- 1) 谷口順彦：“染色体操作の遺伝学的意義”. 水産増養殖と染色体操作(鈴木 亮編). 東京, 恒星社厚生閣, 1989, 104-117.
- 2) 村田 修：“ヒラメ”. 最新海産魚の養殖(熊井英水編). 東京, 湊文社, 2000, 109-130.
- 3) 北海道立中央水産試験場：ヒラメ陸上養殖マニュアル. 余市町, 北海道立中央水産試験場増殖部養殖科, 1992, 22p.
- 4) ㈱日本水産資源保護協会：“ヒラメの病気”. 東京, 日本水産資源保護協会魚類防疫センター, 1988, 34-36.
- 5) 森 立成, 齊藤節雄：クローンヒラメのクローン性の証明と系統判別 第1報 DNAフィンガープリント法による証明と判別. 北水試研報, 67, 81-88 (2004)
- 6) Kimura, T. Yoshimizu, M. and Gorie, S. : A new rhabdovirus isolated in Japan from cultured hirame (Japanese flounder) *Paralichthys olivaceus* and ayu *Plecoglossus altivelis*. *Dis. Aquat. Org.*, 1, 209-217 (1986)
- 7) 田畑和男：ヒラメの染色体操作に関する研究. 兵庫水試研報. 28, 1-134 (1991)
- 8) Yamamoto, E. : Studies on sex-manipulation and production of cloned population in hirame *Paralichthys olivaceus* (Temminch et schlegel). *Aquaculture*, 173, 235-246 (1999)
- 9) 岡本信明, 尾崎照彦：“DNAマーカーを利用した新しい水産育種”. 次世代の水産バイオテクノロジー(隆島史夫編). 東京, 成山堂書店, 2000, 43-53.
- 10) 大迫典久, 吉水 守, 五利江重昭, 木村喬久：HRV (Hirame rhabdovirus: *Rhabdovirus olivaceus*) 感染ヒラメの病理組織学的検討. 魚病研究. 23(2), 117-123 (1988)
- 11) 大迫典久, 吉水 守, 木村喬久：*Rhabdovirus olivaceus* (HRV) 人工感染に及ぼす水温の影響. 魚病研究. 23(2), 125-132 (1988)
- 12) Sano, T. and Fukudo, H. : Principal microbial diseases of mariculture in Japan. *Aquaculture*, 67, 59-69 (1987)
- 13) 吉水 守：“ヒラメのラブドウイルス病”. 魚介類の感染症・寄生虫病(江草周三監修, 若林久嗣・室賀清邦編). 東京, 恒星社厚生閣, 2004, 86-88.
- 14) Nishizawa, T., Kokuwa, Y., Wakayama, T., Kinoshita, S. and Yoshimizu, M. : Enhanced propagation of fish nodaviruses in BF-2 cells persistently infected with snakehead retrovirus (SnRV). *Dis. Aquat. Org.*, 79, 19-25 (2008)
- 15) Fuji, K., Kobayashi, K., Hasegawa, O., Coimbra, MRM., Sakamoto, T. and Okamoto, N. : Identification of a single major genetic locus controlling the resistance to lymphocystis disease in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 254, 203-210 (2006)
- 16) 橋本敬一郎：魚類MHC遺伝子の単離－実験動物としての魚類. 細胞工学. 11(8), 575-582 (1992)
- 17) 中西照幸：“免疫機構に係わる形質発現”. 水産育種に関わる形質の発現と評価(藤尾芳久・谷口順彦編). 東京, 恒星社厚生閣, 1998, 48-54.
- 18) Aoki, T., Nam, B.-H., Hirono, I. and Yamamoto, E. : Sequences of 596 cDNA clones (565, 977bp) of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) leukocytes infected with hirame rhabdovirus. *Mar. Biotechnol.*, 1, 477-488 (1999)
- 19) Nam, B.-H., Yamamoto, E., Hirono, I. and Aoki, T. : A survey of expressed genes in the leukocytes of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, infected with hirame rhabdovirus. *Dev. Comp. Immunol.*, 24, 13-24 (2000)

クローンヒラメの特性評価 第2報 性分化と形態形成のクローン間比較

齊藤節雄^{*1}, 森 立成^{*2}

Evaluation of traits of clonal lines induced by chromosome manipulation in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)

II. Differences in gonadal sex differentiation and morphological development

Setsuo SAITOH^{*1} and Tatsunari MORI^{*2}

Gonadal sex differentiation and morphological development by rearing experiment were conducted to characterize the clonal lines in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Clone fish produced by chromosome manipulation techniques gynogenetically were artificially reared to juvenile stage and examined their sexuality and morphology. Female rates of no. 72, 75 and 82 clonal lines were high values (70.8%, 77.8% and 88.5%) and those of no. 71, 77 clonal lines and control group were almost 50%, but no. 83 clonal line showed the lowest rate (27.1%). Pseudoalbinism on the ocular sides of clonal lines were slightly (0.0~6.0%) observed compared with control group (35.0%), but the ambicoloration on the blind sides of them were recognized severely (57.5~100.0%) except the no. 82 clonal line (2.5%). Severe vertebral fusions (abdominal region 36.3%, caudal region 53.6%) were observed in no. 83 clone fish which body proportions (body height/standard length) were significantly different from other clonal lines. The appearance of no. 83 clone fish showed so-called shortened trunk.

キーワード：ヒラメ， クローン， 性分化、形態形成

はじめに

クローン魚は遺伝的に均一であるため、養殖魚としてバラツキの極めて少ない均質な製品が生産出来る可能性がある。齊藤ら¹⁾においてクローンヒラメ6系統を用いて、成長性と耐病性のクローン間比較を行い明らかな違いが認められ、これらの形質に優れた特性を有する系統の存在が示された。そこで本報告では、クローンヒラメの性分化と形態形成に注目した特性評価を試みた。

ヒラメの場合、雄よりも雌の方が成長が良好であるため、全雌種苗を用いた養殖の有利性が示されている²⁾。しかし雌性発生により遺伝的に全雌種苗を作出しても、必ずしも100%雌の種苗が出来る訳ではないことも既に報告されている³⁾。一方、ヒラメ・カレイ類の種苗において一般的に出現が認められている白化、黒化、眼位異常などの形態異常魚は、商品価値の低下に繋がるため養殖魚とし

て不適であり、出現防除が重要な課題となっている⁴⁾。

本研究では、遺伝的に雌であるクローンヒラメ6系統を用いて、本来の遺伝的性の発現状況を調べると共に、有眼側の白化及び無眼側の黒化並びに体型等に関する形態異常魚の出現状況について調べ、系統間での明確な違いが認められたので報告する。

材料及び方法

1. 供試魚及び仔稚魚の飼育

(1) クローンヒラメの作出

材料として齊藤ら¹⁾と同様にホモ型クローンヒラメ6系統(71, 72, 75, 77, 82, 83)を用いた(Fig. 1)。各系統の親魚から採卵、採精し、人工受精により受精卵を得た。

(2) 通常発生魚の確保

報文番号A439 (2009年7月2日受理)

* 1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

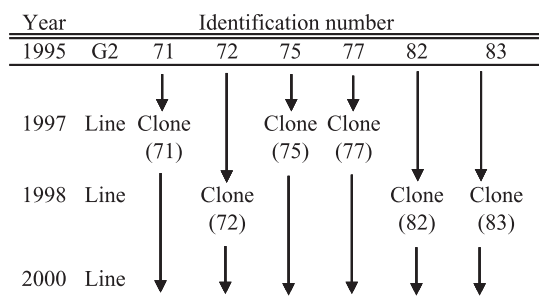


Fig.1 Schematic diagram for the production of mitotic-gynogenetic diploids(G2) and clones(No.71~83).

2001年に北海道栽培漁業振興公社羽幌事業場で採卵され、通常の種苗生産に使用される受精卵を中央水試に輸送し、孵化させた後対照魚として用いた。その後の飼育条件は、クローン魚と同様に設定した。

(3) 仔稚魚の飼育

クローンヒラメ各系統及び対照魚の飼育には60Lアクリル水槽を用い、水温15℃で受精卵を孵化させ、3日後からは、18℃の調温海水でウオーターバスにより水温調節した。通常のワムシ、アルテミア、配合飼料の餌料系列で種苗の育成を行った。

2. 性分化

各クローン系統毎に同一の水温、収容密度、給餌条件で仔稚魚期を飼育し、性分化後の全長50~70mmの段階で各水槽から50尾ずつサンプルを採取し、生殖腺を含む腹部をブアン氏液で固定した。十分固定した後、腹部を解剖して生殖腺取り出し、その形状から雌雄を判別した。

3. 形態形成

(1) 体色

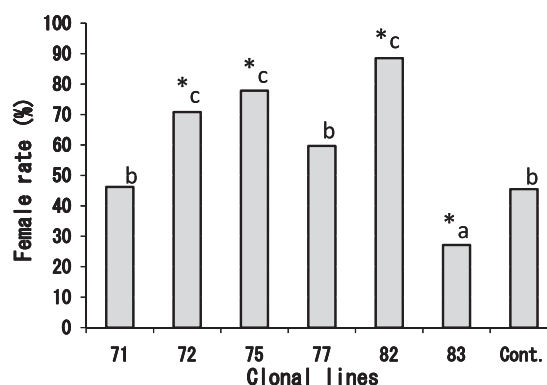


Fig.2 Female rates of clonal lines in Japanese flounder. Different letters on histograms show groups have significant difference among groups ($p < 0.05$). Asterisks indicate significant difference ($p < 0.05$) from theoretical 1 : 1 sex ratio by χ^2 test.

全長120mmの段階で各水槽から50尾ずつサンプルを採取し、有眼側の白化及び無眼側の黒化の状況を調査した。

(2) 体型

体色の状況を調査した魚各50尾について、体長及び体高並びに頭長を測定した。

(3) 脊椎骨

全長100mmの時点で各水槽から70~80尾サンプルを採取し、軟X線撮影装置 (SOFRON:SRO-iM50型) により撮影し、脊椎骨数とその癒合の状態を調べた。

4. 統計処理

雌の比率及び体色異常率は、 χ^2 検定により有意差を調べた。体高/体長比及び頭頂/体長比並びに脊椎骨数の有意差は、一元配置分散分析 (ANOVA) を行った後、Tukeyの多重比較検定により行った。

Table 1 Occurrence frequency of abnormal coloration of clonal lines in Japanese flounder.

Clone	Pseudoalbinism on the ocular side (%)	Ambicoloration on the blind side (%)
71	0.0 ^a	60.0 ^c
72	5.0 ^b	57.5 ^{bc}
75	2.5 ^a	72.5 ^c
77	2.5 ^a	67.5 ^c
82	2.5 ^a	2.5 ^a
83	6.0 ^b	100.0 ^d
Control	35.0 ^c	20.0 ^b

Data are mean \pm standard deviation (n=50).

Different superscripts in the same column indicate groups have significant differences among groups at $p < 0.05$.

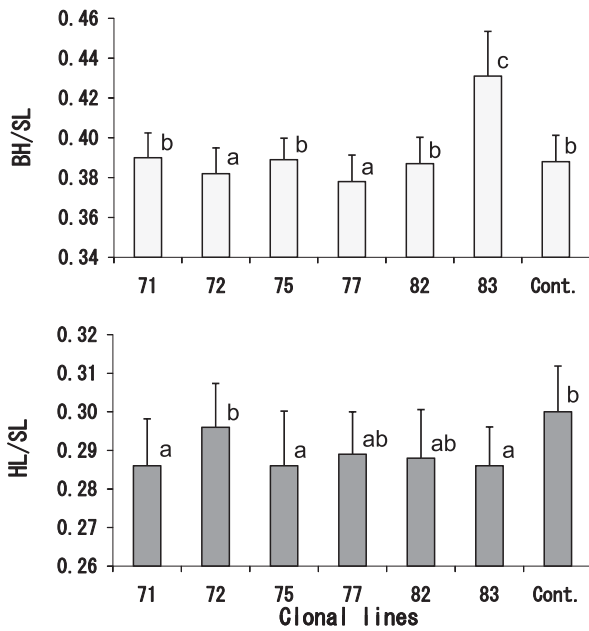


Fig.3 Comparison of BH/SL and HL/SL as a morphological characteristic of clonal lines in Japanese flounder. Vertical bars show standard deviations of the means. Different letters indicate groups have significant difference among groups ($p < 0.05$).
BH/SL: Body height/standard length ratio
HL/SL: Head length/standard length ratio

Table 2 Vertebral number of clonal lines in Japanese flounder.

Clone	Abdominal region	Caudal region
71	10.9 \pm 0.3 ^b	26.6 \pm 0.7 ^c
72	10.8 \pm 0.4 ^b	26.0 \pm 0.8 ^c
75	10.9 \pm 0.2 ^b	24.8 \pm 1.8 ^b
77	11.0 \pm 0.5 ^b	26.7 \pm 0.5 ^c
82	10.8 \pm 0.5 ^b	26.1 \pm 1.0 ^c
83	9.3 \pm 1.6 ^a	23.7 \pm 2.3 ^a
Control	10.8 \pm 0.6 ^b	26.0 \pm 0.7 ^c

Data are mean \pm standard deviation (n=70~80).

Different superscripts in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

結果

1. 性分化

雌の比率 (Fig. 2) は, 82系統が88.5%と最高値を示したが, 75, 72, 77系統の順に率が低下し, 71系統では, 46.2%と対照区の45.5%とほぼ同様であり, 83系統では27.1%と逆に雄の比率の方が高かった。雌の比率において, クローン系統間で明らかな違いが認められたが, 対照区の雌の比率は45.5%であり, 雌雄比はほぼ1:1であった。

2. 形態形成

(1) 体色

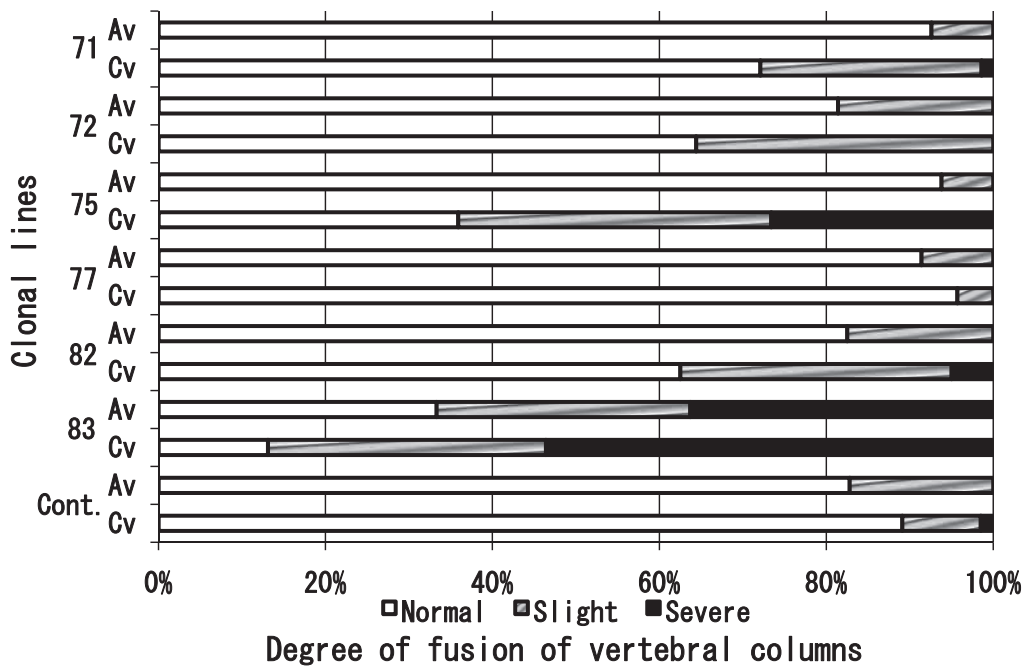


Fig.4 Occurrence frequency of vertebral fusion of clonal lines in Japanese flounder.

Av: Abdominal vertebra

Cv: Caudal vertebra

Normal: No fused vertebra observed

Slight: Only 1 or 2 vertebral fusion observed

Severe: Over 3 vertebral fusion observed

対照区が有眼側の白化率において、35.0%と高かったが、クローン系統では全て6.0%以下であった (Table 1)。一方、無眼側の黒化率は対照区で20%と低く、クローン魚では、82系統を除いて57.5~100%と高い傾向を示した。しかし、82系統のみ2.5%と対照区より低かった。

(2) 体型

体高比 (体高/体長) は、83系統が0.431で他の系統と比較して格段に ($p < 0.01$) 高かった (Fig. 3)。一方、対照区は、0.388であり、71, 75, 82系統とほぼ同様の値であったが、72系統及び77系統は対照魚よりも有意 ($p < 0.05$) に低かった。頭長比 (頭長/体長) は、対照区が、0.300で最も高く、次いで72系統が0.296であった。77系統と82系統は、0.288~0.289でほぼ同じ値であった。これら2系統を除く他の3系統において、対照区に比べて有意 ($P < 0.05$) に小さい値であった。

(3) 脊椎骨

脊椎骨数 (Table 2) は、対照区及び83系統を除くクローン系統の腹椎が平均10.8個なのに対して、83系統が平均9.3個であり、有意に ($p < 0.05$) 低い値であった。尾椎についてもほぼ同様に、83系統のみ有意 ($p < 0.05$) に少なかった。脊椎骨の癒合の状態をみると (Fig. 4)、癒合が3カ所以上起きている重度の個体が特に83系統に多く、腹椎及び尾椎共に約30%~50%の個体で認められた。他の系統では、75系統の尾椎で10%を超える個体で発生していた。一方対照区では、腹椎及び尾椎共に殆ど癒合は認められなかった。

考 察

1. 性分化

第一卵割阻止型雌性発生二倍体の次世代を雌性発生により作出したクローンヒラメは、遺伝的には全て雌 (XX) であるが、100%雌とはならず、高い比率で雄が出現する。この理由は、ヒラメは雄ヘテロ型 (XX-XY型) の遺伝的性決定機構を持ちながら、性分化に水温が影響を与えるためとされている³⁾。本研究では、本来の遺伝的性が発現される18~20℃で飼育した。また、孵化から性分化の完了する稚魚期を、水温以外の条件もほぼ同一の環境条件で飼育したにも拘わらず、雌の比率は、27.1~88.5%と大きな違いが系統間で認められた。従って、これらのことは、親魚の違い、すなわち雌親魚の遺伝的相違が性比に大きな影響を及ぼしていることを示す。一方、対照区の雌の比率は45.5%であり、雌雄比がほぼ1:1であったことから、飼育条件は正常に性分化が促される適正な環境であったと考えられた。

各クローン系統の雌比率を比較すると、82系統では90%近く雌となっており、高成長を期待する養殖用種苗生産においては、この系統が優れていると言える。一方、対照区よりもさらに低い雌比率を示した83系統は、著しく雄化し易い特性を持つ系統と言えよう。雌性発生により作出されたクローンヒラメにおいては、本来は全て雌になるはずであるが、雄に分化する個体が高い比率で出現するロットも多い。雌性発生により作出されたクローンヒラメ集団に出現した雄は、本来の遺伝的性とは逆に分化した、いわゆる偽雄であるが、機能的には雄であるため、クローン集団を世代を超えて維持するためには十分利用価値がある⁵⁾。しかし実際の養殖生産には、成長の良好な雌を使用の方が効率が良いため、雄の出現は極力避けなければならない。従って、雌比率の高い養殖種苗を生産するには、親魚管理の重要性が示唆される。

ヒラメの人工種苗生産・放流は現在全国的に実施されているが、採卵に使用される親魚の遺伝的性、特に偽雄が用いられることによるY遺伝子の消失の可能性が指摘されている⁶⁾。ヒラメの場合、染色体の形態的特徴から遺伝的性を判別することは不可能であることから、近年発展が著しい高感度DNAマーカーによる遺伝的性の判別技術開発が盛んに行われている⁷⁾。性特異的DNAマーカーを利用することで、本来の遺伝的雄、雌を種苗生産用の親魚として使用することが肝要であり、人工種苗の遺伝的多様性のみならず、遺伝的性にも配慮した「健苗」の育成が期待される。

2. 形態形成

本研究においては、クローンヒラメを用いて体色、体型、脊椎骨について調べたが、同一条件下における飼育においても、82系統の様に、ほとんど体色異常魚の出現しない系統が認められ、クローン系統による明らかな違いが示された。一方、体型に関しては、体高/体長の比率では、83系統が他の系統及び対照区に比較して、有意に大きな値を示しており、また脊椎骨の癒合の度合いと相まって、短軀体型となっていた。養殖魚においては、外見により商品価値に大きな差が生じる場合が多く⁸⁾、形態異常魚の出来るだけ出現しないことが、養殖用種苗が持つべき特性として重要である。その意味で82系統は、体色、体型ともに正常であり、養殖魚として求められる外見的特性に適合している系統といえるであろう。脊椎骨異常の最も顕著であった83系統は、前述の性分化においても本来の遺伝的性である雌に分化した割合が最も低かった。生殖腺の性分化は基本的に形態形成であると考えるとき、性分化と組織構築に関与する何らかの共通因子の存在が推察され、非常に興味深い結果であった。

ヒラメ・カレイ類においては、人工種苗生産を行うと、有眼側の白化や無眼側の黒化そして眼位異常などの形態異常魚が高い比率で出現する場合が多い。現在人工種苗生産が盛んに行われているヒラメにおいては、白化個体は養殖用種苗や放流用種苗として価値が低いいため、その発現機構と防除法の確立が求められ、栄養学的、内分泌学的観点から様々な研究が行われてきた⁹⁻¹³⁾。異体類の左右不相称は変態により獲得され、白化魚は両側とも無眼側に、黒化魚は両側とも有眼側に変態したものといわれている。即ち、形態異常は「変態異常」であり、天然における本来の成長・発育段階に沿った育成がなされなかった場合に高率で出現するものとされている¹⁴⁾。一方、異体類の形態形成、特に変態との関連においては、その分子機構の解明も進められている¹⁵⁻¹⁷⁾。本研究で明らかとなった83系統の様に、形態異常の発現し易いクローン魚を実験材料として用いることで、形態形成更には性分化に関する分子機構の解明にも役立つものと考えられた。

体色異常個体は、放流後の生き残りが低いことや、養殖魚としての商品価値を損なうことから、有効な出現防除法の確立が求められてきた。しかし一方で、我が国で全国的に展開されているヒラメの種苗放流による栽培漁業では、放流魚の「無眼側黒化」を天然魚と区別する標識として利用することで、放流効果が算定されてきた¹⁸⁾。したがって、ヒラメの栽培漁業は、無眼側黒化無くしては、あり得なかったという側面も存在する。今後は、ヒラメ栽培漁業の更なる発展のための「モニタリング」手法として、体色異常魚に頼らない、真に有効な「標識法」の開発が望まれる。

要 約

1. ヒラメ養殖における育種素材としてのクローンヒラメの特性を評価するため、性分化と形態形成に着目して飼育試験を行った。クローン系統6系統及び通常発生魚を用いて、仔稚魚期を同一条件で飼育し、雌の比率、有眼側の白化、無眼側の黒化、体型、脊椎骨について調べた。
2. 雌の出現率の比較を行ったところ、82系統の雌の比率が88.5%と最も高く、83系統は27.1%で、対照区の45.5%よりも低い値であった。
3. 体色では、82系統は白化率、黒化率ともに極めて低かった。他の系統では、白化率は対照区よりも明らかに低かったが、逆に黒化率は、有意に高い値であった。
4. 体型については、体高／体長の比率及び脊椎骨癒合の度合いにおいて、83系統が他の系統と比較して有意に値が高く、短軀体型となっていた。

謝 辞

ヒラメの受精卵を提供して頂いた北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所（現在；伊達事業所）の川下正己所長に感謝いたします。本研究の一部は、水産庁の補助事業「地域先端技術共同研究開発促進事業」により実施された。

文 献

- 1) 齊藤節雄, 森 立成, 伊藤慎悟, 鈴木邦夫: クローンヒラメの特性評価 第1報 成長性と耐病性のクローン間比較. 北水試研報. 76, 31-37 (2009)
- 2) 山本栄一: ヒラメの人為的性統御とクローン集団作出に関する研究. 鳥取水試報告. 34, 1-143 (1995)
- 3) 山本栄一: ヒラメの雌性発生および倍数化を利用した育種. 水産育種. 18, 13-23 (1992)
- 4) 青海忠久: “体色異常発現機構”. ヒラメの生物学と資源培養 (南 卓志・田中克編). 東京, 恒星社厚生閣, 1997, 63-73.
- 5) 山本栄一: “バイオテクノロジー”. ヒラメの生物学と資源培養 (南 卓志・田中克編). 東京, 恒星社厚生閣, 1997, 83-97.
- 6) 原田泰志: 野生集団への遺伝的影響の小さい種苗生産・放流方策の数理的研究 (水産育種研究会シンポジウム-天然集団の育種管理-). 水産育種. 27, 15-31 (1999)
- 7) 中山一郎: “性決定と関連するDNA/遺伝子”. 魚類のDNA (青木 宙・隆島史夫・平野哲也編). 東京, 恒星社厚生閣, 1997, 391-413.
- 8) 村田 修: “ヒラメ”. 最新海産魚の養殖 (熊井英水編). 東京, 湊文社, 2000, 109-130.
- 9) Seikai, T.: Reduction in occurrence frequency of albinism in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* hatchery-reared on wild zooplankton. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51, 1261-1267 (1985)
- 10) 三木教立, 谷口朝宏, 浜川秀夫: ヒラメの白化出現に及ぼす脂溶性ビタミン類投与ワムシの効果. 水産増殖. 36, 91-96 (1988)
- 11) Kanazawa, A.: Nutritional mechanisms involved in the occurrence of abnormal pigmentation in hatchery-reared flatfish. *J. World Aquaculture Soc.*, 24, 162-166 (1993)
- 12) Estevez, A., Kaneko, T., Seikai, T., Tagawa, M. and Tanaka, M.: ACTH and MSH production in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae fed arachidonic acid-enriched live prey. *Aquaculture*, 192, 309-319

(2001)

- 13) 竹内俊郎：“ヒラメ体色異常のメカニズムと防除法”. 東京, アクアネット, 1999, 2(10), 48-52.
- 14) 有瀧真人：カレイ類の変態と形態異常. 東京, 月刊海洋, 1995, 27, 732-739.
- 15) Suzuki, T., Oohara, I. and Kurokawa, T.: Hoxd-4 expression during pharyngeal arch development in flounder (*Paralichthys olivaceus*) embryos and effects of retinoic acid on expression. *Zool. Sci.*, 15, 57-67 (1998)
- 16) Suzuki, T., Oohara, I. and Kurokawa, T.: Retinoic acid given at late embryonic stage suppresses sonic hedgehog and Hoxd-4 expression in the pharyngeal area and induces skeletal malformation in flounder (*Paralichthys olivaceus*) embryos. *Develop. Growth Differ.*, 41, 143-152 (1999)
- 17) Hashimoto, H., Mizuta, A., Okada, N., Suzuki, T., Tagawa, M., Tabata, K., Yokoyama, Y., Sakaguchi, M., Tanaka, M. and Toyohara, H.: Isolation and characterization of a Japanese flounder clonal line, *reversed*, which exhibits reversal of metamorphic left-right asymmetry. *Mech. Dev.*, 111, 17-24 (2002)
- 18) 北田修一：“放流効果の評価”. 栽培漁業と統計モデル分析(北田修一著). 東京, (株)共立出版, 2001, 171-206.

噴火湾におけるヒドロ虫コノハクラゲの養殖ホタテガイ稚貝への共生と防除策

馬場勝寿^{*1}, 宮園 章^{*2}, 河野象威^{*3}, 久保田 信^{*4}

The symbiosis of the bivalve-inhabiting hydroid *Eutima japonica* in juvenile of Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* in Funka Bay: preventive measure against the symbiosis

Katsuhisa BABA^{*1}, Akira MIYAZONO^{*2}, Shouji KOHNO^{*3} and Shin KUBOTA^{*4}

To make preventive measures against symbiosis of the bivalve-inhabiting hydroid *Eutima japonica* with cultured juvenile (age zero) scallop *Mizuhopecten yessoensis*, we investigated the ecological relationships between the hydroid, the main host *Mytilus galloprovincialis*, and the juvenile scallop in Funka Bay, Hokkaido, Japan. Interannual variation of the association rate with juvenile scallop was very large; the mean rates were between 9.3 % (2004) and 69.5 % (2006). The period of the inhabitation in the juvenile scallop was from September to February, and the spread and cessation of the inhabitation occurred rapidly within about one and two months, respectively. The peak of medusa bud was July in *M. galloprovincialis*, whereas the inhabitation occurred from beginning of September in the juvenile scallop. The symbiosis probably initiates when the juvenile scallop encounter with the planula larva. Since the hydroid does not inhabit in adult scallop nor age zero *M. galloprovincialis*, high age *M. galloprovincialis*, especially inhabiting at the culture facilities of the scallop, is probably the source of the planula larvae of the hydroid for the inhabitation in the juvenile scallop. Therefore, the cleaning up the facilities after harvest of the scallop is considered to be effective to prevent the inhabitation of the hydroid in the juvenile scallop.

キーワード：コノハクラゲ，二枚貝生息性ヒドロ虫，共生，ホタテガイ，養殖稚貝

日本には、コノハクラゲ (*Eutima japonica*) とカイヤドリヒドラクラゲ (*Eugymnanthea japonica*) の2種のカイヤドリヒドラ類 (二枚貝の中に棲むヒドロ虫) が生息している¹⁾。これらのポリプは二枚貝の軟体部上に生息しており、娘ポリプを芽出する無性生殖によって数を増やす²⁾。これらのカイヤドリヒドラ類のポリプは夏にクラゲ芽を形成し、雌雄異体のクラゲを放出し、有性生殖を行う。*Eutima*属のクラゲは放出された時点では未成熟であり、良く発達した触手と口柄を持つ。このクラゲは餌を捕食しながら海水中で成熟し、精子または卵子を

放出する。一方、*Eugymnanthea*属のクラゲは放出された時点ですでに成熟した生殖巣を持ち、触手と口柄は発達しておらず、海水中で餌を捕ることなく成熟し、精子または卵子を放出する。いずれも、受精後プラヌラ幼生となり、海水中を遊泳し、他の二枚貝に共生することにより生息域を広げる。コノハクラゲは相模湾から道南太平洋と道南日本海および瀬戸内海に生息し、カイヤドリヒドラクラゲは相模湾以南の太平洋岸に生息している。噴火湾はコノハクラゲ分布の太平洋側の北限に位置する。

これら2種は、宿主について厳密な特異性は持たない

報文番号A440 (2009年7月2日受理)

* 1 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, Yunokawa Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Hamanaka Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

* 3 北海道檜山北部地区水産技術普及指導所

(Hokkaido North Hiya District Fisheries Training Center, Setana Honcho, Setana Hokkaido 049-4811, Japan)

* 4 京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所

(Seto Marine Biological Laboratory, Field Science Education and Research Center, Kyoto University, Shirahama Murou, Wakayama 649-2211, Japan)

が明確な趣向性を持つ¹⁾。両者ともムラサキイガイ (*Mytilus galloprovincialis*) を主な宿主としているが, その他にコノハクラゲはエゾイガイ (*Crenomytilus grayanus*), カイヤドリヒドラクラゲはマガキ (*Crassostrea gigas*) にも共生する^{3,4)}。

両者とも主宿主のムラサキイガイの成長等には影響しないとされている^{2,5)}。また, カイヤドリヒドラクラゲはムラサキイガイに寄生する可能性のある吸虫類を好んで捕食するため, 両者の関係は相利共生であるとされている。コノハクラゲのホタテガイ (*Mizuhopecten yessoensis*) への共生はBaba *et. al* (2007) により発見され, この共生はホタテガイの0 齢稚貝期の10月から2月までの限定的な期間にみられる⁶⁾。また, 直接的へい死要因ではないが, 大きなストレスとなり, 成長を阻害する。また, ホタテガイの成貝には共生しない。なお, カイヤドリヒドラ類は食品衛生上問題となったことはなく, ホタテガイが出荷される時期 (成貝や種苗稚貝として) には共生していないことがわかっている。

本研究は主にBaba *et al.* (2007) 以後に行われたものであり, コノハクラゲの詳細な共生時期等を明らかにすると共に, その生態を明らかにし, 共生の防除策を作成することを目的とする。

材料および方法

1. 共生状況年変動

2003~2008年の間, 毎年10月または11月に噴火湾内13~16地区において, 稚貝養成用10段カゴの最上段から30枚の稚貝を採取した (Fig. 1)。稚貝は5%のホルマリンで固定後, 実体顕微鏡下で稚貝軟体部上のコノハクラゲを観察し, 共生部位と共生率を調査した。また, サンプルの一部を実体顕微鏡下で撮影した。

2. 共生開始・終了時期

2006年8月~2007年3月に長万部町静狩地区において,

年変動調査と同様の方法により, 計9回の稚貝サンプリングを行い, 共生率の季節変化を調べた。各調査時に稚貝10個体のポリプ数を数え, ポリプ数の季節変化を調査した。また, ポリプのうちクラゲ芽を持つものの比率 (クラゲ芽保有率) を求め, ホタテガイ稚貝での有性生殖時期を調査した。

3. ムラサキイガイにおける共生率・クラゲ芽保有率

2006年5月~2007年11月に八雲町八雲漁港において, 主宿主であるムラサキイガイを毎月サンプリングし, 共生率とポリプのクラゲ芽保有率の季節変化を調査した。また, 2006年5月に1 齢ホタテガイ上に付着している平均殻高40.0mm (SD=3.9) のムラサキイガイ20個体の共生率を調査した。なお, ムラサキイガイに共生するポリプの計数は困難なため, 計数は行わなかった。

結果および考察

1. コノハクラゲの形態と共生部位

コノハクラゲのポリプは基部に付着器である足盤 (pedal disc), 頭部に触手 (tentacle) を持ち, 足盤近くにクラゲ芽 (medusa bud) を形成する (Fig. 2 a)。コノハクラゲのクラゲの傘縁触手瘤 (perradial tentacular bulb) には黒い色素があり, この特徴でカイヤドリヒドラクラゲと区別できる (Fig. 2 b)。ポリプは足盤でホタテガイの軟体部に付着しており, 主な共生部位は口の周りの唇 (lip)・足 (foot) の基部・唇弁 (labial palp) である (Fig. 2 c)。

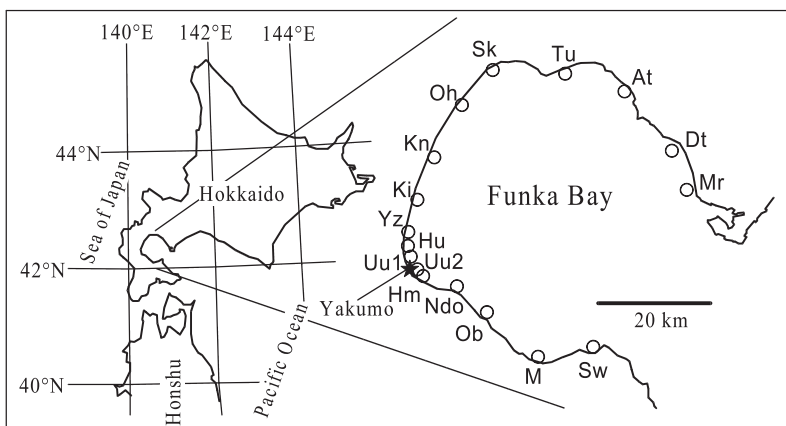
2. 共生状況の年変動

共生率の年変動は大きく, 2003年と2006年に共生率が高かった (Table 1, Fig. 3)。2003年には長万部から八雲にかけて稚貝の大量へい死が見られたが, 2006年には目立ったへい死は報告されておらず, コノハクラゲの共生はへい死要因ではないと判断された。

いずれの年も八雲地区 (黒岩~野田生) にかけて比較

Fig.1 Location of Funka Bay and sampling sites.

(Mr Muroran, Dt Date, At Abuta, Tu Toyoura, Sk Sizukari, Oh Oohama, Kn Kunnui, Ki Kuroiwa, Yz Yamazaki, Hu Hanaura, Uu1 Uchiura1, Uu2 Uchiura2, Hm Hamamatsu, Ndo Nodaoi, Ob Otoshibe, M Mori, Sw Sawara)



的高い共生率が見られた。これは、八雲地区の養殖形態等が要因ではなく、この地区の地形的な特徴が原因と考えられる。つまり、八雲地区は比較的遠浅であり、海水の交換がやや悪い。そのため、クラゲやプランラ幼生が停滞しやすいため、コノハクラゲの共生率が高くなると考えられる。

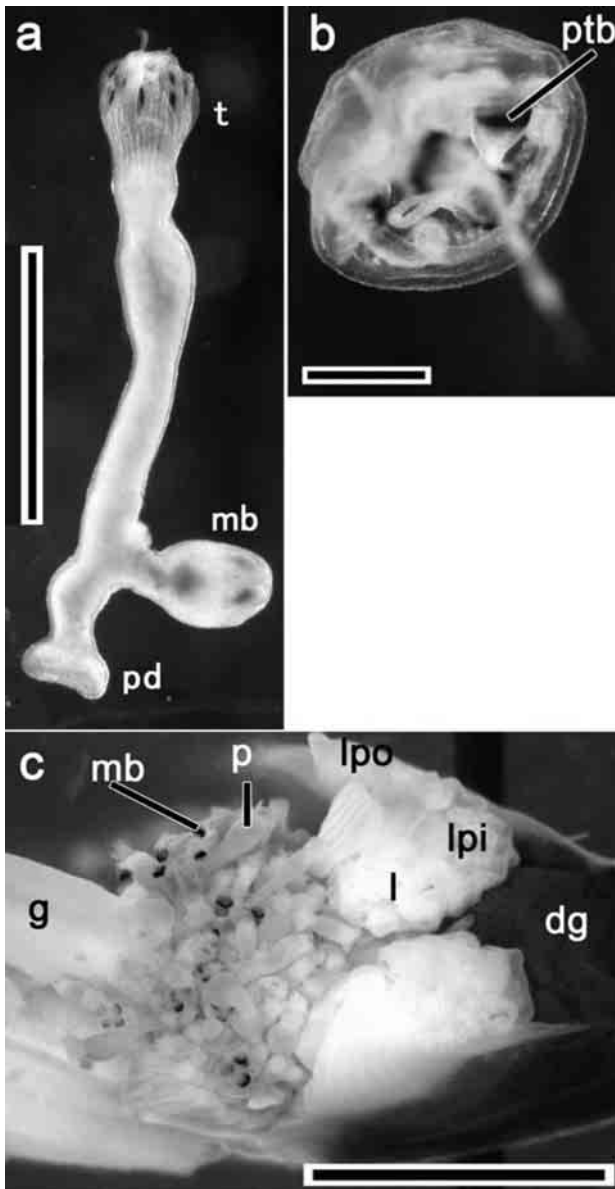


Fig.2 *Eutima japonica*. a polyp, b medusa, c polyp inhabiting a juvenile of Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*. mb medusa bud, p polyp, pd pedal disc, ptb perradial tentacular bulb, t tentacle (of *E. japonica*). dg digestive gland, g gonad, l lip, lpi inner labial palp, lpo outer labial palp (of *M. yessoensis*). Bars are 1mm in a, 0.2mm in b, and 5 mm in c (from Baba *et al.* 2007)

3. 共生状況等の季節変化

コノハクラゲの共生は9月初旬から始まり年明け2月には終了する (Fig. 4 a)。また、共生の拡大は速く、約1か月で0から100%になった。海水中にプランラ幼生が存在すれば、高い確率でホタテガイ稚貝に共生すると考えられる。また、共生率が低下するのも速く、1月から2月の一か月間で、96.7%から6.7%に低下した。ポリプの増殖も速く、9月初旬から11月中旬にかけて稚貝1個当たり平均7.8匹から563.5匹に増加した (Fig. 4 b)。また、11月以降減少し、2月にはほぼいなくなった (平均で稚貝1個当たり2.0匹)。水温の低下が共生率低下とポリプ減少の要因と考えられる。

クラゲ芽を持つポリプの比率 (クラゲ芽保有率) は9月中旬にピークがあり、12月にはほぼ0%となった (Fig. 4 c)。ホタテガイ稚貝におけるポリプのクラゲ芽保有率は最大でも10%程度であり、水温の低下時期とも重なることから、稚貝間での水平感染はほとんどないと考えられる。

4. ムラサキイガイにおける共生率・クラゲ芽保有率

ムラサキイガイにおける共生率は4月と5月が低く (50~70%), その他の月はほぼ90%以上であった (Fig. 5)。クラゲ芽の保有率は7月がピークで26.3% (2006年) と10.3% (2007年) であった。また、2006年5月に採取した1齢ホタテガイに付着していたムラサキイガイの共生率は0%であった。コノハクラゲのクラゲはアルテミア

Table 1 Association rates (%) of *Eutima japonica* with juvenile scallops *Mizuhopecten yessoensis*

Areas	2008	2007	2006	2005	2004	2003
Muroran	0.0	16.7	—	—	—	—
Date	0.0	23.3	13.3	0.0	0.0	0.0
Abuta	3.3	13.3	26.7	0.0	3.3	14.0
Toyoura	13.3	10.0	—	10.3	0.0	5.3
Shizukari	—	30.0	83.3	20.0	3.3	53.1
Oohama	6.7	10.0	43.3	6.7	3.3	55.0
Kunnui	—	13.3	76.7	3.3	3.3	3.4
Kuroiwa	26.7	16.7	53.3	30.0	36.7	60.0
Yamazaki	26.7	70.0	100.0	26.7	36.0	63.2
Hanaura	16.7	6.7	100.0	20.0	13.3	50.0
Uchiura1	3.3	33.3	100.0	13.3	3.6	55.0
Uchiura2	53.3	—	66.7	23.3	14.8	100.0
Hamamatsu	26.7	23.3	100.0	13.3	17.9	65.0
Nodaoi	0.0	10.0	63.3	6.7	—	30.0
Otoshibe	—	6.7	83.3	6.7	0.0	35.0
Mori	0.0	20.0	63.3	0.0	3.3	0.0
Sawara	—	3.3	—	—	0.0	0.0
Mean	13.6	19.2	69.5	12.0	9.3	36.8

を餌に水温20℃で飼育可能であり, 2週間程度で成熟する²⁾。ムラサキイガイにおけるポリプのクラゲ芽保有率のピーク(7月)とホタテガイ稚貝の共生開始(9月)には2か月の差がある。ホタテガイ稚貝とプラヌラ幼生の遭遇は常に起きているわけではなく, プラヌラ幼生が稚貝の養殖場に浮遊してきた時に共生が起きると考えられる。

5. コノハクラゲのホタテガイ稚貝への共生経路

過去の報告^{2,6)}と今回得られた結果から考えられるコノハクラゲのホタテガイ稚貝への共生経路をFig. 6に示した。コノハクラゲはムラサキイガイが主宿主であるが, 小型(0齢)のムラサキイガイには共生しないことがわかっている²⁾。ホタテガイ養殖過程において, 貝殻上に付着している生物は耳吊り作業時(0齢2~5月)に除去されるため, 1齢ホタテガイの貝殻および耳吊りロープ上のムラサキイガイは0齢, 2齢ホタテガイ上のムラ

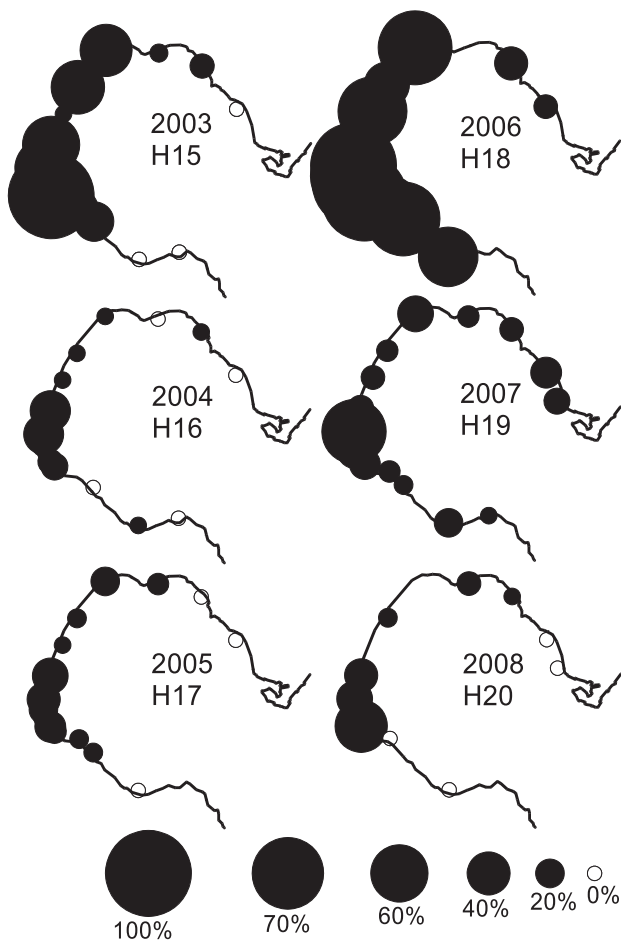


Fig.3 Association rates of *Eutima japonica* with age zero *Mizuhopecten yessoensis* from 2003–2008.

サキイガイは1齢以下と考えられる。2齢ホタテガイ上のムラサキイガイは夏に初めてコノハクラゲの共生を受けるため, その年には共生源(感染源)とはならない。噴火湾のホタテガイ養殖は2齢までなので, 養殖ホタテガイおよびその耳吊りロープ上のムラサキイガイが共生源となることはない。したがって, 共生源としては, 耳吊りロープ以外の養殖施設や岸壁に生息しているムラサキイガイと考えられる。岸壁のムラサキイガイを駆除することは困難であることから, 養殖施設に生息する高齢(2齢以上)のムラサキイガイを除去する事が実行可能なコノハクラゲ共生の防除策となる。コノハクラゲの共生

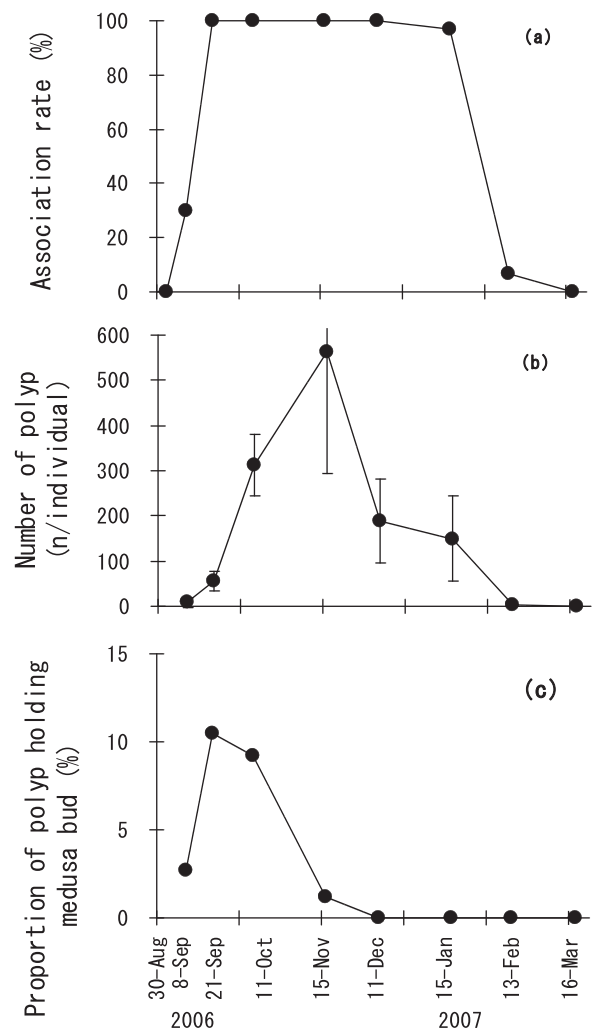


Fig.4 Seasonal changes of *Eutima japonica*. a association rate with age zero *Mizuhopecten yessoensis*, b number of polyp per an age zero *Mizuhopecten yessoensis*, c proportion of polyp which hold a medusa bud.

率が高い八雲地区は岸が砂浜域であるため、岸に生息するムラサキイガイは少ないと考えられ、養殖施設に生息する高齢のムラサキイガイの除去は防除策として特に有効であると推察される。

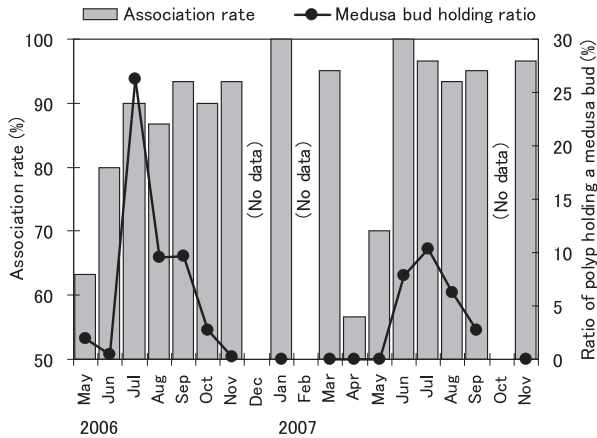


Fig.5 Seasonal changes of association rate and medusa bud holding ratio of *Eutima japonica* with *Mytilus galloprovincialis*.

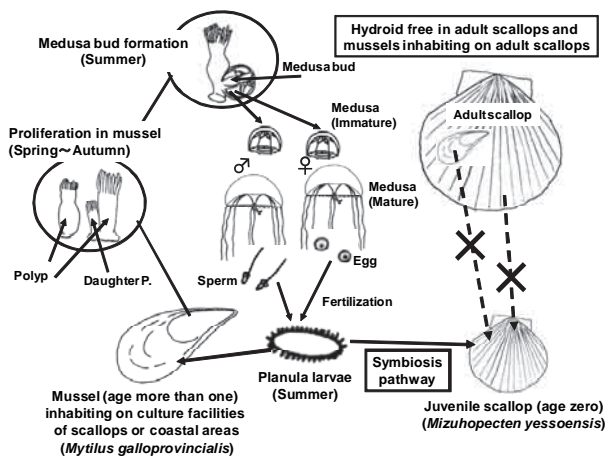


Fig.6 Life cycle of bivalve-inhabiting hydroid *Eutima japonica* and its pathway of the symbiosis with juvenile Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*

謝辞

本研究における野外調査にご協力いただいた胆振地区水産技術普及指導所と渡島北部地区水産技術普及指導所の職員の皆様に感謝します。また、サンプルを快く提供していただいた噴火湾各地の漁業協同組合の職員と漁業者の皆様に感謝します。

文献

- 1) Kubota, S.: Four bivalve inhabiting hydrozoans in Japan differing in range and host preference. *Sci. Mar.* 56, 149-159 (1992)
- 2) Kubota, S.: Studies on life history and systematic of the Japanese commensal hydroids living in bivalves with some reference to their evolution. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI Zool.* 23, 296-402 (1983)
- 3) Kubota, S.: A new form of the bivalve-inhabiting hydrozoan *Eutima japonica* (Leptomedusae, Eirenidae) in Japan. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 38, 73-81 (1997)
- 4) Piraino, S., Todaro, C., Geraci, S. and Boero, F.: Ecology of the bivalve-inhabiting hydroid *Eugymnanthea inquilina* in the coastal sounds of Taranto (Ionina Sea, SE Italy). *Mar. Biol.* 118, 695-703 (1994)
- 5) Baba, K., Miyazono, A., Matsuyama, K., Kohno, S. and Kubota, S.: Occurrence and detrimental effects of the bivalve-inhabiting hydroid *Eutima japonica* on juveniles of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* in Funka Bay, Japan: relationship to juvenile massive mortality in 2003. *Mar. Biol.* 151, 1977-1987 (2007)

えりも以西太平洋海域におけるシシャモの深浅移動（短報）

上田吉幸^{*1}, 三原行雄^{*2}

Migration between inshore and offshore of shishamo smelt (*Spirinchus lanceolatus*) in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido (Short Paper)

Yoshiyuki UEDA^{*1} and Yukio MIHARA^{*2}

キーワード：シシャモ，分布，深浅移動，適水温

まえがき

シシャモは北海道の太平洋沿岸にのみ生息し，えりも以西太平洋海域では苫小牧市から新ひだか町にかけての沿岸で多く漁獲される。中でも大きな遡上河川のあるむかわ町や日高町沿岸は毎年漁獲の中心となっている¹⁾。

漁獲は10～11月にししゃもこぎ網によって河口付近に集まった河川遡上前の産卵群を対象に集中的に行われる。したがって本種の分布については，ししゃもこぎ網の操業時期である10～11月以外は知見が少ない。

事前に漁業によらない分布調査によって資源の質的・量的情報を得ることは，資源管理や漁況予測を行う上で重要である。えりも以東太平洋海域では1978年からししゃもこぎ網による分布調査が漁期前に行われ，それに基づき漁況予測が実施されている²⁾。

えりも以西太平洋海域においても効率的な分布調査の実施を検討するために季節別分布調査および春季分布調査を行った。本報告ではこれらの結果について報告する。

材料および方法

季節別分布調査：シシャモの季節別水深別分布を把握するため，1997年5，8，11月および1998年3，5，9，11月に苫小牧市勇払沖の水深5，10，20，30，40mの5地点で，当業船が使用しているししゃもこぎ網を用いてシシャモを採集した。ししゃもこぎ網の袋網の目合は25mm，曳き網の長さは水深5，10mでは片側約400m，水深20，30mでは約500mで，これを20～30分かけて巻き上げ，異なる

水深でも同様の採集面積となるようにした。また，採集時にアレック社製水温塩分計（メモリーSTD）を使用し，底層水温を測定した。

春季分布調査：春季におけるシシャモの分布を把握するため，1998年5～6月に苫小牧市～新ひだか町の7地区沖合の水深5，10，20，30mの24地点で季節別分布調査と同様の採集方法よりシシャモを採集した。なお，各地区における調査実施時期は，鵡川沖が5月27日，苫小牧・勇払・厚真・新冠沖が5月28日，静内沖が6月6日，厚賀沖が6月17日である（図1）。

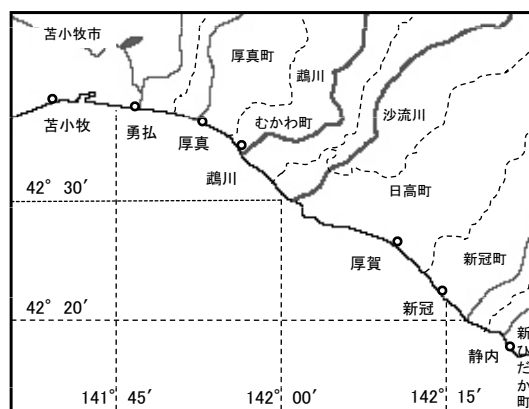


図1 春季分布調査海域および地区名（苫小牧市～新ひだか町沖合）

結果

季節別分布調査：苫小牧市勇払沖で行った調査で得られたシシャモの採集尾数および底層水温を表1に示した。シシャモの分布は周年確認され，1曳き網あたりの採集

報文番号A441（2009年7月2日受理）

*1 北海道立網走水産試験場（Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station. Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan）

*2 北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experiment Station. Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan）

尾数が最も多かった時期は、1997年、1998年ともに5月であった。採集尾数の多い水深は、1997年、1998年の5月ではそれぞれ20mおよび5m、1997年8月、1998年9月では最も沖側の30mおよび40m、1997年、1998年の11月ではそれぞれ10mおよび5m、1998年3月では最も沖側の40mであった。8月、9月と3月では水深が深い沖側で採集尾数が多く、5月と11月では水深の浅い陸側で採集尾数が多かった。採集されたシシャモの体長は40～

表1 季節別分布調査におけるシシャモの水深別採集尾数および底層水温

離岸(マイル)	0.2	0.9	1.9	3.6	4.3
水深(m)	5	10	20	30	40
1997年	486	19	688	51	
5月27日	7.3	5.3	4.2	3.4	
8月8日	0	12	309	426	
	19.8	19.2	7.1	5.8	
11月11日	80	518	97		
	9.5	9.5	9.6		
1998年	31	1	6	11	191
3月18日	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6
5月28日	1,970	245	55	2	
	—	6.8	4.7	3.8	
9月1日	2	19	80	133	437
	20.3	20.2	19.5	15.8	13.3
11月6日	49	3	0	0	1
	10.9	10.5	9.6	9.2	8.8

上段:採集尾数, 下段:底層水温(°C)

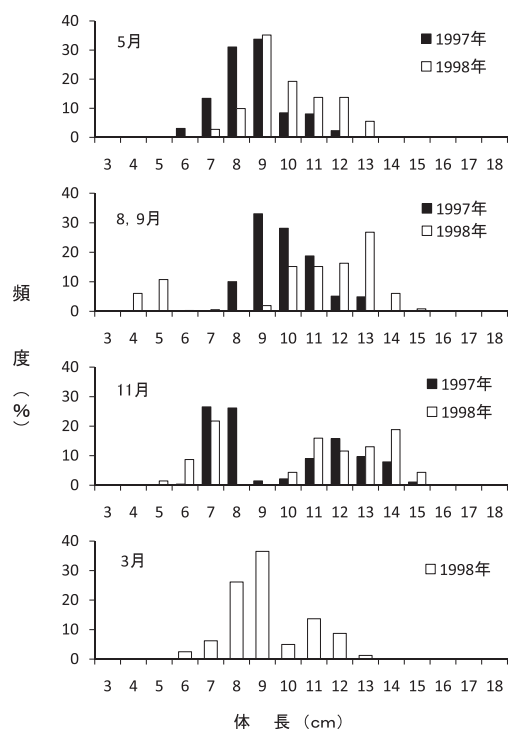


図2 季節別分布調査で採取されたシシャモの体長組成

156mmと広範囲に及び両年とも産卵時期の11月に近くなるほど最大体長が大きくなる傾向が見られた(図2)。

底層水温の範囲は、1997年、1998年の5月では3.4～7.3℃および3.8～6.8℃、1997年8月、1998年9月ではそれぞれ5.8～19.8℃および13.3～20.3℃、1997年、1998年の11月では9℃台および8.8～10.9℃、1998年の3月では0℃台であった。水温範囲は3月で狭く、8月および9月で広がっていた。水深と水温の関係をみると、1997年の11月と1998年の3月を除き、水温は水深の増加に伴い低下する傾向が見られた。

春季分布調査:調査地点別で採集されたシシャモの個体数を図3に、苫小牧市勇払沖で採集されたシシャモの体長組成を図4に示した。苫小牧市から新ひだか町にかけての各地区沖合でシシャモの分布が確認された。1曳き網あたりの採集尾数が全調査地点の平均採集尾数217尾を超える地点数を水深別にみると、水深5mでは勇払、新冠沖の2地点、水深10mでは勇払沖、厚賀、新冠沖の3地点、水深20mでは厚賀沖の1地点であった。また、水深30mにおける採集尾数はいずれの調査地点でも2尾以下であった。水深5、10mの体長組成には9cm台、水深20mでは12cm台にモードが見られた。

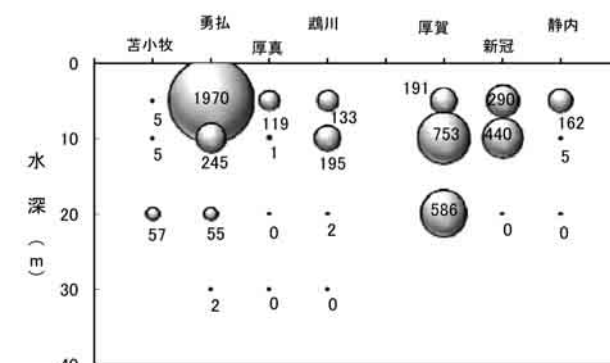


図3 春季分布調査におけるシシャモの地点別採集数 (図中の数字は1曳き網あたり採集尾数を示す)

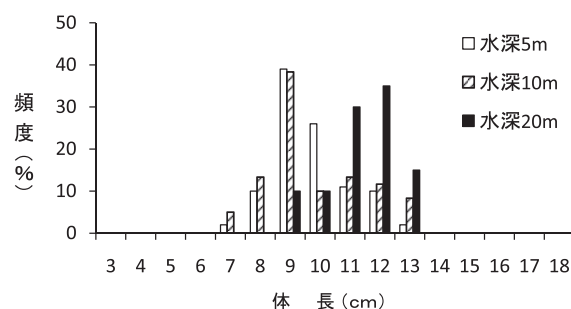


図4 春季分布調査で採取されたシシャモの体長組成 (苫小牧市勇払沖)

考察

季節別分布調査の結果からシシャモは季節により浅深移動することが示唆された。勇払沖の水深別採集尾数と底層水温の関係（図5）を見ると、底層水温は年間を通じて0～20℃の範囲であった。そのうち1曳き網あたり平均採集尾数197尾以上を記録した水温は4～13℃台に見られ、当海域におけるシシャモの適水温と考えられる。シシャモは水温の上昇に伴い5月には水温4～7℃台の浅海域へ移動し、8月、9月にはさらなる水温の上昇によって浅海域の水温が20℃近くなったことから、高水温を回避するために深みへ移動したものと推測された。11月および3月には水温と採集尾数に明瞭な関係がみとめられていないが、水温が下降して8～10℃台になる11月には浅海域に移動し、さらに水温が下降して0℃台になる3月には深みに移動した可能性が考えられる。

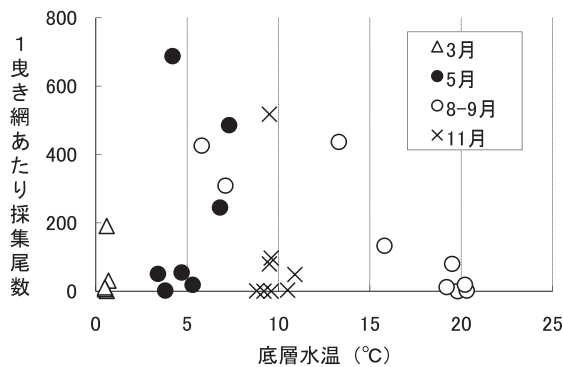


図5 季節別分布調査におけるシシャモ採集尾数と底層水温との関係（苫小牧市勇払沖）

分布調査の実施時期について検討すると、8月、9月では浅海域での水温が高く水深40mよりも深い水深帯の分布を確認する必要がある。一方、5月は採集尾数が年間で最も多く、適水温の分布範囲である浅海域に魚群が集中して分布している。また、春季分布調査においても苫小牧市から新ひだか町沖の浅海域にシシャモが広く分布していることが確認され、水深5m、10mは苫小牧沖を除く6地点で最も採集尾数が多い水深であった。水深20mは苫小牧沖で最も採集尾数が多い水深であり、厚賀沖でも高い分布が認められた。これらの結果から5～6月に水深20m以浅の浅海域で分布調査を行うことによって、魚群の分布を効率的に把握することが可能であると考えられた。

文献

- 1) 筒井大輔，國廣靖志，志田修，佐々木潤：5. 1. 1 シシャモ（えりも以西胆振日高）．北海道立栽培水産試験場 平成18年度事業報告書．122-126（2008）
- 2) 平野和夫：1. 1. 1 シシャモ．北海道立釧路水産試験場 平成18年度事業報告書．1-12（2008）

親魚年齢によるハタハタの卵径，ふ化仔魚全長 及びふ化仔魚耳石径の変異（短報）

吉村圭三^{*1}，筒井大輔^{*2}，佐藤敦一^{*1}，高畠信一^{*1}

Variations in egg size, hatching larvae size and otolith size of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, correlated with female parent age (Short Paper)

Keizo YOSHIMURA^{*1}, Daisuke TSUTSUI^{*2}, Nobukazu SATOH^{*1},
Shin-ich TAKABATAKE^{*1}

キーワード：ハタハタ，仔稚魚，年齢，日齢，卵径，耳石

まえがき

ハタハタは北海道における底びき網や刺し網漁業にとって重要な魚種の一つである。ハタハタは大きな資源変動を示すことが知られ，その要因として仔稚魚期の生残が重要であることが指摘されている¹⁾。ハタハタは雌親魚の体長に伴って卵径が増加する傾向が知られ²⁾，雌親魚の体長は年齢によって大きく異なることから³⁾，高齢雌の卵に由来するふ化仔魚は比較的大きい可能性がある。魚類の仔稚魚期において，体サイズは生残に大きく影響する要因であることから⁴⁾，ハタハタの資源変動要因を検討するためには，雌親魚の年齢とふ化仔魚の体サイズの関係を明らかにする必要がある。

そこで，著者らは苫小牧産ハタハタの雌親魚の年齢別に採卵・人工授精した卵を用いて，卵径及びふ化仔魚全長の親魚年齢による変異を検討すると共に，ふ化日の遅速に伴う全長の変化を検討した。また，得られた結果を耳石日周輪を用いた日齢解析に応用するために，耳石径についても検討した。その結果若干の知見が得られたので以下に報告する。

報告に先立ち，ハタハタ親魚をご提供頂いた苫小牧漁業協同組合，並びに試験にご協力頂いた栽培水産試験場の臨時職員諸氏に深謝する。

材料及び方法

2006年12月5日に苫小牧市地先で刺網により漁獲され

たハタハタ約38尾を水産試験場に搬入し，雌雄，体長，体重及び生殖巣重量をそれぞれ1 mm，1 g及び0.1 g単位で測定した（Table 1）。さらに，雌について耳石輪紋を用いた年齢査定⁵⁾を行い，満1歳魚10尾，2歳魚1尾及び3歳魚3尾を選別した。また，雌の各個体につき，20粒の卵径を万能投影機スクリーン上で0.01 mm単位で測定すると共に，約1 gの卵を抽出して計数し，1粒当たりの平均重量と生殖巣重量から総卵数を算出した（Table 2）。

同日，雌の卵塊を容器にまとめ，雄6尾の精液を加えた。精液が各卵塊の内部まで浸透するように十分に攪拌した後，それぞれの卵塊を海水中で格子に組んだビニールロープの交点に付着させ，硬化した後にロープを抜き取り，貫通卵塊⁶⁾を作成した。作成した卵塊は，1歳魚の卵塊（以下1歳卵）と2～3歳魚の卵塊（以下2歳以上卵）に分け，それぞれ200 L円形水槽内に設置したハッチングジャーに収容し，無調温濾過海水の流水で，ふ化まで管理した。なお，本試験では2歳の親魚が1尾しか得られなかったため，3歳と合わせて扱い，1歳との比較を行った。卵管理中の水温経過をFig. 1に示した。受精翌日の12月6日に一部の卵塊について受精率を測定したところ，概ね80%以上で特に異常は認められなかった（Table 2）。

1歳卵は2007年2月22日，2歳以上卵は2月26日からふ化が始まり，それぞれ3月下旬，3月中旬まで続いた。ふ化開始から終了までの積算水温は約530～650℃であっ

報文番号A442（2009年7月2日受理）

* 1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan)

* 2 北海道総務部 (Hokkaido Government, Department of General Affairs, Sapporo, Hokkaido, 060-8588, Japan)

Table 1 Measurements of sailfin sandfish collected from Tomakomai, southeastern Hokkaido in 5 December 2006. The otolith was used for the age determination

	Full age	N	Body length (mm)		Body weight (g)		Gonad weight (g)	
			Average	Range	Average	Range	Average	Range
Female	1	10	166	154–178	76	62–99	21.4	16.3–26.8
	2	1	211	–	166	–	45.0	–
	3	3	247	216–253	275	177–309	78.6	54.6–91.5
Male	–	18	180	141–207	87	48–144	6.6	1.9–14.2

Table 2 Number of eggs, fertilization rate and egg size in each age of female

Age	N	Number of eggs		Fertilization rate (%)		Egg diameter (mm)	
		Average	Range	Average	Range	Average	Range
1	10	940	360–1,530	81*	56–96	2.80	2.68–2.89
2	1	2,390	–	82	–	2.80	–
3	3	4,370	2,950–5,580	92	89–97	2.90	2.88–2.93

*estimated for four individuals

た。これらのふ化仔魚について、1回当たり12～21尾の標本を、1歳卵から5回、2歳以上卵から2回採取した (Table 3)。採取したふ化仔魚は直ちにMS222で麻酔し、万能投影機のスクリーン上で全長を0.01mm単位で測定した。全長は下顎前端から尾鰭(膜)後端までとした。測定後、一部の仔魚を70%エタノール溶液で固定、保存した。保存した仔魚から扁平石を摘出し、エナメル樹脂を用いてスライドグラス上に封入後、光学顕微鏡の接眼マイクロメータを用いて最大直径 (以下耳石径) を1 μ m単位で測定した。

結果及び考察

本試験に用いた親魚は、噴火湾口周辺を主産卵場とする地域群³⁾に相当すると考えられ、雌の年齢と体長は、これらの地域群の年齢-体長関係³⁾に概ね一致した (Table 1)。また、雌親魚の生殖腺指数 (生殖腺重量/内蔵除去重量 $\times 100$) は年齢に関わらず成熟期の指標とされる40程度²⁾であり、受精率も80%以上であったことから、十分に成熟した状態と考えられた (Table 2)。

Fig. 2に、各雌親魚の体長と平均卵径の関係を示した。

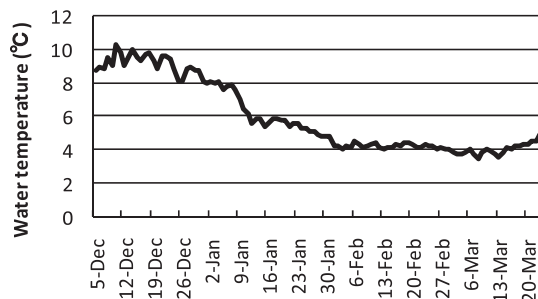


Fig.1 Daily change in water temperature during laboratory experiment, 2006–2007.

平均卵径は2.68～2.93mmの範囲で、体長と有意な正の相関が認められた ($df=13$, $P<0.05$)。このことは、体長に伴い卵径が大きくなる従来の知見²⁾と一致した。親魚の年齢別にみると、2歳以上卵の平均卵径は2.8mm以上であり、1歳に比べて大きな方に偏っていた。2歳以上の標本が少ないことから、1歳卵と2歳以上卵の平均卵径には有意な差はなかったが (t -test; $df=13$, $P<0.05$)、今後標本を増やすことにより、1才卵に比べて2歳以上卵が大きい結果が得られる可能性が高いと考えられる。Fig. 3に、各親魚の卵数 (Table 2) により重

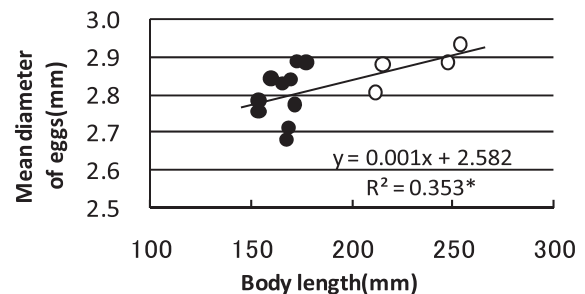
Fig.2 Relationship between the body length and mean egg diameter of the female sandfish. Symbols indicate the age of female, ●:one age, ○:two or three age. *Significant correlation, $P<0.05$

Table 3 Measurements of 0-day-old larvae originated from one and two or three age female eggs

Female age of eggs	Collection date	N	Total length (mm)		Otolith diameter (μ m)	
			Average	SD	Average	Range
1	23-Feb-07	12	12.87	0.41	132	121–132
	28-Feb	12	12.91	0.42	–	–
	9-Mar	21	12.73	0.54	132	107–160
	16-Mar	21	13.10	0.40	–	–
	23-Mar	20	12.94	0.62	139	111–154
	Total	86	12.92	0.50	134	107–160
2–3	28-Feb	12	13.19	0.32	–	–
	9-Mar	15	13.53	0.27	154	133–170
	Total	27	13.38	0.33	154	133–170

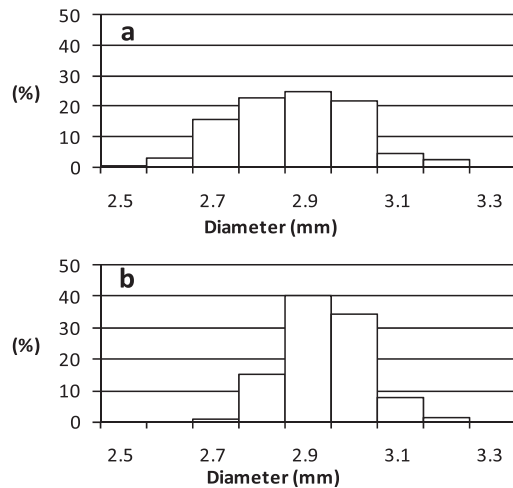


Fig.3 Size-frequency distribution of artificially fertilized eggs, a:one age female, b:two or three age female

みづけた1歳卵と2歳以上卵の卵径組成を示した。両者の分布型には明らかな差が認められた (Kolmogorov-Smirnov検定; $P < 0.01$)。

Table 3 に、1歳卵と2歳以上卵からふ化した仔魚の、各標本採取日（以下ふ化日）における平均全長及び平均耳石径を示した。1歳卵からふ化した仔魚の平均全長は、ふ化期間を通じて12.7～13.1mmの範囲にあり、ふ化日による差は認められなかった (ANOVA; $df=85$, $P > 0.05$)。2歳以上卵からふ化した仔魚の平均全長は、2月23日に13.2mm、3月9日に13.5mmで、後者が有意に大きかった (t-test; $df=25$, $P < 0.01$)。このことは、2歳以上卵の親個体数が少なく、それぞれのふ化日で異なる親魚由来の仔魚を偏って採取したためであると推察される。同一日にふ化した1歳卵と2歳以上卵の仔魚の平均全長を比較すると、2月28日の標本では、それぞれ12.9mm、13.2mmで、2歳以上卵の仔魚が大きかったが、有意差は認められなかった (t-test; $df=22$, $P > 0.05$)。3月9日の標本では、それぞれ12.9mm、13.5mmで、2歳以上卵が有意に大きかった (t-test; $df=26$, $P < 0.01$)。Fig. 4 に、1歳卵と2歳以上卵の仔魚全標本の全長組成を示した。1歳卵と2歳以上卵の仔魚の平均全長はそれぞれ12.9mm、13.4mmで、後者が有意に大きかった (t-test; $df=111$, $P < 0.01$)。以上から、雌親魚の年齢は、ふ化仔魚のサイズ変異をもたらす要因の一つであることが強く示唆されるため、ハタハタの仔稚魚期の生残に影響する要因を検討する場合、雌親魚の年齢についても考慮する必要があると考えられる。

Fig. 5 に、3月9日にふ化した1歳卵及び2歳以上卵の仔魚の全長と耳石径の関係を示した。全長と耳石径には強い相関が認められた ($df=19$, $P < 0.001$)。また、平

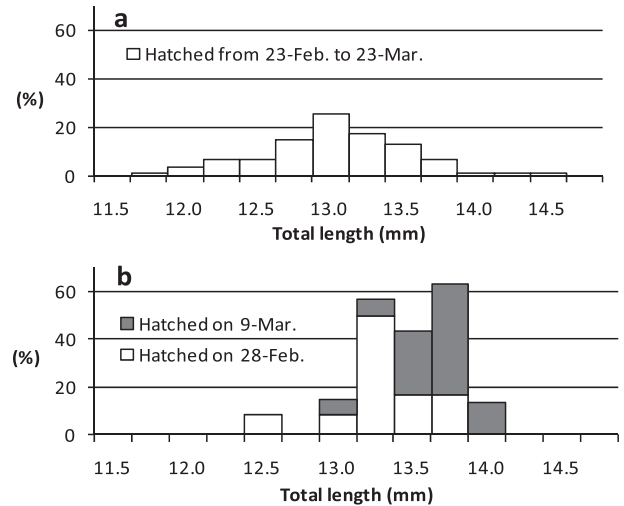


Fig.4 Size-frequency distribution of 0-day-old larvae, a: originated from one age female eggs, b:two or three age female eggs.

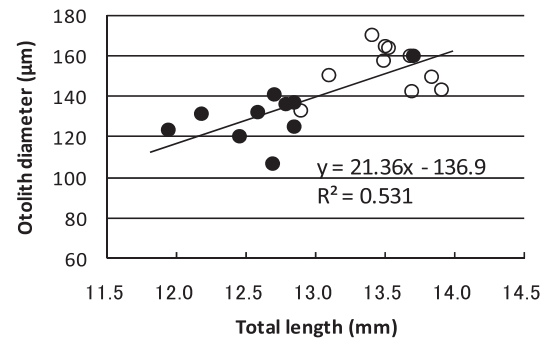


Fig.5 Relationship between the total length and the otolith (sagitta) diameter of 0-day-old larvae. Symbols indicate the origin of larvae, ●:eggs of one age female, ○:two or three age female.

均耳石径は、1歳卵の仔魚は132μm、2歳以上卵は154μmで、後者が明らかに大きかった (t-test, $df=18$, $P < 0.01$)。1歳卵の仔魚の、各ふ化日における平均耳石径 (Table 3) は132～139μmで、全長と同様にふ化日による差は認められなかった (ANOVA; $df=28$, $P > 0.05$)。ハタハタ仔稚魚の耳石には明瞭なふ化輪が観察されることが報告されていることから⁷⁾、仔稚魚の日齢解析において、ふ化輪径からふ化サイズを推定し、さらに雌親魚の年齢との関連についても調査できる可能性がある。今後、観察例を増やし、検討を進める必要がある。

文献

- 1) 石田良太郎, 平野和夫, 森岡泰三: 釧路産卵群ハタハタ資源はどうして変動するのか? 北水試だより, 72, 7-12 (2006)

- 2) 杉山秀樹, 森岡泰三: “ハタハタの生物特性”. ハタハタの生物特性と種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズ 8, 日本栽培漁業協会, 2002, 7-20
- 3) 小林時正: 北海道周辺海域のハタハタについて. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, 16, 79-95 (1979)
- 4) 星野 昇, 西村欣也: “水圏生物種に共通の一般原則: モデルで考える”. 水生動物の卵サイズ (後藤晃, 井口恵一郎編), 東京, 海游舎, 2001, 103-128
- 5) 北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル (丸山秀佳編). 北海道立中央水産試験場, 1996
- 6) 杉山秀樹, 古仲 博, 杉下重雄, 森岡泰三, 長倉義智: “ハタハタの種苗生産に関する調査・研究”. ハタハタの生物特性と種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズ 8, 日本栽培漁業協会, 2002, 21-71
- 7) 吉村圭三, 筒井大輔, 前田圭司, 三戸 充, 芳賀恒介: えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係. 北水試研報. 76, 21-29 (2009)

小型囲い籠に収容したマツカワ種苗の摂餌と栄養状態及び生残 (短報)

高谷義幸^{*1}, 吉村圭三^{*1}, 吉田秀嗣^{*2}, 萱場隆昭^{*3}, 松田泰平^{*1}, 木村 稔^{*4}

Feeding, nutritional conditions and survival of juvenile barfin flounder, *Verasper moseri*, reared in small net cages (Short paper)

Yoshiyuki TAKAYA^{*1}, Keizo YOSHIMURA^{*1}, Hidetsugu YOSHIDA^{*2},
Takaaki KAYABA^{*3}, Taihei MATSUDA^{*1} and Minoru KIMURA^{*4}

キーワード：マツカワ, 減耗, 飢餓, 体成分

まえがき

現在、北海道ではマツカワの資源回復のために人工種苗の放流を進めている。放流魚は、放流環境に適応して生き残った場合に漁獲の対象となるが、現在のところ、その回収率は10%に満たない¹⁾。放流魚の主たる減耗要因としては飢餓と被食が考えられる。飢餓については、本種が絶食状態で数か月以上生残することを室内実験で確認している²⁾が、水温変化や波浪など物理的変動のある天然海域で、飢餓が生き残りに与える影響について調べた事例はない。また、被食については、カジカ類やアイナメによる捕食が厚岸湾³⁾や岩手県^{1,4)}で報告されている。しかし、えりも以西太平洋海域では、魚類が放流マツカワを捕食していた事例は確認されておらず、魚類等の大型動物による捕食の他に減耗要因がある可能性も考えられる。今回、マツカワ種苗を囲い籠に収容して海底面に設置することで、大型の食害生物から保護し、かつ、餌料となる生物が侵入できる環境とした場合の種苗の摂餌状況と生残について観察したので、その概要について報告する。

報告に先だち、調査にご協力をいただいた、いぶり噴火湾漁協豊浦支所、豊浦町役場、胆振地区水産技術普及指導所の関係諸氏に深謝する。

材料及び方法

実験は2004年と2005年の2回実施した。1回目は2004年10月14日に鹿部町の北海道立栽培漁業総合センター^{*5}からマツカワ人工種苗0歳魚（全長範囲65.0–139.5mm, 平均101.9±標準偏差15.1mm）を輸送し、いぶり噴火湾漁協豊浦支所礼文出張所の活魚水槽に収容した。翌日、全長、体重を測定し、個体識別のために供試個体の半数にスパゲティ型の外部標識を有眼側背鰭基部に施した。これらの種苗を100尾（有標識50尾、無標識50尾）ずつ、直径80cm×高さ40cmの円筒形実験籠（目合3cm）5籠に収容し、豊浦町大岸の水深7mの海底（底質：砂）に設置した。なお、この時に籠に収容しなかった87尾を0日目のイニシャルサンプルとした。海底に設置した籠は、設置3日後の10月18日、7日後の10月22日、14日後の10月29日にそれぞれ1個を海底から引き上げ、籠内に生残していた種苗を回収して生残尾数を計数した。なお、設置から21日後の11月5日に籠を回収したところ、前日までの時化により籠内の種苗がすべて死亡していたため実験を終了した。

2回目は2005年10月24日に実験用種苗（全長範囲84.0–150.0mm, 平均118.6±14.6mm）を輸送して、同日、実験籠を海底に設置した。実験方法は1回目と基本的に同様であったが、収容尾数は1籠あたり20尾とし、標識

報文番号A443 (2009年7月2日受理)

*1 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

*2 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

*3 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experiment Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)

*4 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

*5 2006年3月31日に閉場し北海道立栽培水産試験場（室蘭市）に改組

表1 供試魚の全長と標準偏差

経過日数	2004年	2005年
0	103.1±16.7mm (n=87)	115.2±13.6mm(n=20)
2	—	115.1±16.9mm(n=20)
3	106.7±17.5mm(n=100)	—
7	102.4±14.8mm (n=93)	—
8	—	120.4±15.9mm(n=20)
14	101.8±14.4mm (n=97)	—
30	—	118.3±15.7mm(n=13)

表2 供試魚の摂餌個体率, 摂餌量および生残率

経過日数	2004年				2005年		
	摂餌個体率(%)	摂餌量 (mg)*1	生残率(%) 有標識	無標識	摂餌個体率(%)	摂餌量 (mg)*1	生残率(%) 無標識
2	—	—	—	—	10.0	15.7	100
3	0	—	100	100	—	—	—
7	9.7	34.9	86	100	—	—	—
8	—	—	—	—	15.2	21.0	100
14	18.6	31.0	94	100	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	25*2
21	—	—	0	0	—	—	—
31	—	—	—	—	30.8	7.1	87*3

*1: 摂餌していた個体の平均摂餌量

*2: 3籠中2籠は生残率0%, 1籠は20尾中15尾が生残。

*3: 15日目で生存していた15尾中13尾が生残。

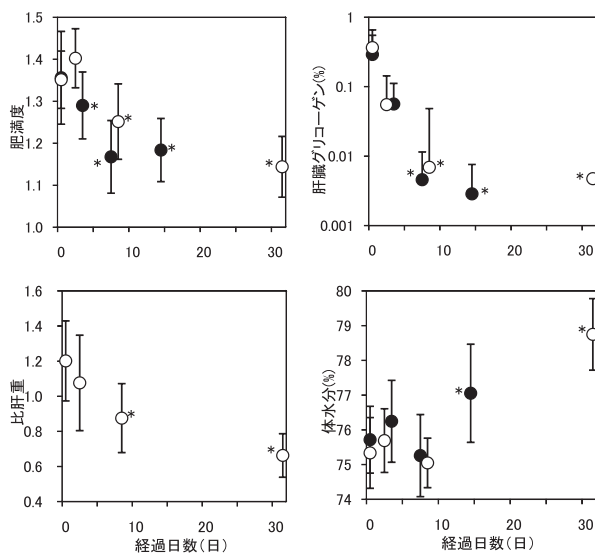


図1 肥満度, 比肝重及び体成分の変化

●: 2004年, ○: 2005年, 縦棒はS.D.

*: 0日時点と比較して有意差あり (Williams検定, $P < 0.005$)

は施さなかった。これを設置2日後の10月26日, 8日後の11月1日にそれぞれ1籠ずつ回収した。その後, 11月7日に時化があり, 翌日の11月8日(15日後)に籠を引き上げたところ, 3籠のうち2籠で全部の種苗が死亡していた。しかし, 残りの1籠で15尾の生存が確認されたため, この籠を礼文港防波堤内側の静穏域に移動して再設置し, 実験開始から31日後の11月24日に回収し, 生残していた13尾の標本を得た。なお, 2回目の実験時には,

ペットボトルを利用したトラップを作成し, トラップ内に人為的に傷をつけたマツカワ種苗2尾を入れて籠の側面(外側)に固定して籠と同時に海底に設置した。これを2日後に引き上げ, 腐肉食性小型甲殻類などの小動物の採集を試みた。

籠内から回収した種苗は, 全長と体重を測定して肥満度を算出した。

$$\text{肥満度} = (\text{体重 g}) \div (\text{全長 mm})^3 \times 10^5$$

また, 胃内容を観察して摂餌個体率を算出し, 胃内容物が見られた場合にはその重量を測定した。

$$\text{摂餌個体率} = \text{摂餌していた個体数} \div \text{観察個体数} \times 100$$

体成分に関する分析は, 以下の項目と方法によった。体水分量は腹腔後端から約1cm幅で躯幹を切り出し, 105℃で約16時間乾燥させて求めた。肝臓中のグリコーゲン量は, 供試個体から肝臓を摘出し, 湿重量を測定した後, Watanabeの方法⁵⁾で抽出して, 臨床用検査キット(グルコースCⅡテストワコー, 和光純薬製)によりグルコースを測定し, これに0.9を乗じて湿試料中の含有量として表した。また, 2005年の標本では, 比肝重を計算した。

$$\text{比肝重} = (\text{肝臓重量 g}) \div (\text{体重 g}) \times 100$$

結果及び考察

表1に実験期間中の供試魚の全長を示した。1回目実験供試魚の開始時及び回収時の平均全長は105mm前後, 2回目実験では120mm前後であり, 実験期間中, 日数が経過しても成長は見られなかった(ANOVA, $P > 0.05$)。

表2に摂餌個体率と摂餌量及び生残率を示した。摂餌個体率は, 籠設置後14日までは20%以下, 31日経過時点でも30%程度であった。海域に放流した種苗を再捕した場合には, 放流10日後で80%が摂餌しており⁴⁾, 籠内での摂餌個体率はこの結果に比して著しく低かった。また, 摂餌していた個体でも胃内容物の平均重量は最大で35mg程度であり, 放流再捕魚(全長70~110mm)の胃内容物重量(200~500mg)⁶⁾よりもかなり少なかった。

これらのことから, 今回の分析に用いた個体は, 籠内でほとんど摂餌しておらず, 実験期間中をほぼ絶食状態で経過したものと思われた。十分な摂餌が行われなかった原因として, 籠容積に対して収容した種苗が多すぎたこと, 実験期間中の餌生物自体が少なかった可能性, 籠網目の遮蔽効果によって餌料となる生物が侵入しにくかったことなどが考えられた。

次に, 肥満度, 比肝重及び体成分の変化を図1に示した。肥満度は実験開始後速やかに低下し, 3~8日目には0日に対して有意差が認められた。比肝重も肥満度と

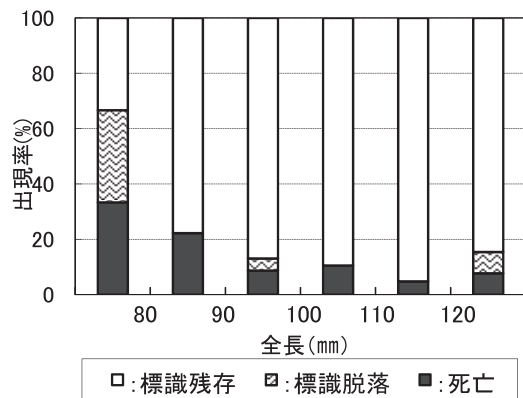


図2 全長段階別に見た標識装着の影響

同様の变化を示し、実験開始8日目には有意に低下した。肝臓グリコーゲン量は比肝重の変化に応答するように実験開始から1週間程度で減少が認められた。一方、体水分量は調べられた項目の中で最も遅れて変化し、実験開始後2週間以上経過してから増加した。マツカワ人工種苗を飼育環境下で飢餓状態にした場合の体成分変化は、肥満度、比肝重、肝臓グリコーゲン量の低下が速やかに進行し、少し遅れて体水分量が増加する²⁾。今回の結果から、天然環境下で摂餌がうまく行えない場合にも同様の变化をすることが確認され、今後、体成分の変化から放流場所の餌料条件を推測できる可能性が示唆された。

今回の実験のように飢餓条件下となった場合でも、籠内の種苗の生残率は、1回目実験の3日後で100%、7日後で93%、14日後で97%と高かった（表2）。また、減耗していたのはすべて標識を施した個体であった。標識を施さなかった2回目の実験では、2日後と8日後の生残率はともに100%であった（表2）ことから、籠内における種苗の減耗は、標識装着時の傷に起因するものと考えられた。ヒラメでは、腐肉食性小型甲殻類が魚体の傷から溶出するグリシンに誘引され⁷⁾、これらを捕食することが室内実験で明らかにされている。今回の実験でも、このような小型甲殻類による捕食が想定されたが、2回目の実験において設置したトラップでは小動物類は採集されなかったため、これらの関与を明らかにすることはできなかった。また、死亡もしくは標識が脱落したのは全長80mm未満の個体で多かった（図2）ことから、小型個体ほど標識装着の影響を強く受けるものと考えられた。

ところで、外傷のない健全個体は、飢餓状態でも死亡することはなかったが、2回の実験とも、時化があった直後の観察において、籠内の種苗がほぼ全数死亡していた。死亡の原因は不明だが、時化によって籠の動揺が長

時間継続したことが一因であると推測される。実験籠内は天然海域ではあり得ない特殊な環境だが、放流種苗が天然海域において時化に遭遇した場合にも、水温の変化や波浪による底面流速の増大、砂の流動などの環境変化に常にさらされることになる。このような環境変動が種苗の直接の減耗要因になる可能性は低いが、今回の実験のように摂餌がうまくいかず飢餓状態であった場合に、環境変動と飢餓が相乗的に働いて減耗要因となりうる可能性がある。今後は、減耗要因として、飢餓、被食の他に環境変動とそれらの相互的な影響について検討していく必要もあろう。

文献

- 1) 北海道、青森県、岩手県、宮城県、福島県、千葉県、鳥取県：平成15年度資源増大技術開発事業報告書 魚類Cグループ（水産庁）、北海道1-30、2004.
- 2) 高谷義幸、川真田憲治：マツカワ人工種苗の飢餓耐性。水産増殖。48(3)。517-522 (2000)
- 3) 渡邊研一、南 卓志：厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の魚類による被食（短報）。日水試。68。214-216 (2002)
- 4) 北海道、青森県、岩手県、宮城県、福島県、千葉県、大阪府：平成14年度資源増大技術開発事業報告書 魚類Cグループ（水産庁）、北海道1-25、2003.
- 5) Watanabe, H., Yamanaka, H. and Yamakawa, H. : Seasonal variations of extractive components in the muscle of disk abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 58 (5). 921-925 (1992)
- 6) 吉田秀嗣、高谷義幸、松田泰平：北海道噴火湾に放流されたマツカワ0歳魚の分布と食性：栽培技研。35(1)。5-10 (2007)
- 7) Ide, K., Takahashi, K., Sasaki, K. and Omori, M. : Predation by scavenging amphipods to injured hatchery-raised juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* under laboratory conditions. *Fish. Sci.* 72, 1209-1214 (2006)

* 4 日本栽培漁業協会事業年報

ている*⁵ (表1)。また、えりも以西海域では、1992年と1993年に津軽海峡の福島町から放流されているほか、北海道立栽培漁業総合センター*⁶で生産された種苗が1998年に噴火湾の虻田町*⁷から放流されている*⁵。これらのことからALC標識を有する1991、1995～1997および2000～2003年級群の放流場所は厚岸町と特定した。また、1993、1998および2004年級群については、一部に二重に染色されたALC標識魚を放流した事例およびALC標識と外部標識とを組み合わせ放流した事例があり、これらの再捕魚の放流場所は前者が厚岸町、後者が十勝支庁管内であると特定した。しかし、1992、1993および1998年級群の一重に染色されたALC標識魚は2か所から放流されているため、放流場所は特定できなかった。なお、この他にALC標識を付していない人工種苗が、1987年以来北海道の太平洋側を中心とする各地から放流されている。

結果および考察

日高太平洋では調査した629尾のうち97尾(15.4%)でALC標識が確認された(表2)。年級群ごとにみると、1992年級群ではALC標識から厚岸町あるいは福島町放流魚と判明した個体は、2～5歳、全長382～636mmで出現し、全体の75.7%を占めていた。また、1993年級群では一重染色されたALC標識を有する厚岸町あるいは福島町放流魚が、2～3歳、全長393～449mmで出現し、5.7%を占めていた。1995～1997年級群および2000～2002年級群については、出現したALC標識個体は全て厚岸町放流魚と特定された。

厚岸町と特定された放流魚は、えりも町、浦河町、様似町および静内町*⁸沖で漁獲された標本から出現し、その出現率は年級群により0～15.5%の範囲で変動していた。年齢は1～6歳が出現し、全長範囲は284～695mmであった。このうち、2002年5月14日に浦河町沖の水深10～20mのさけ定置網で漁獲された個体は、透明卵を保有する産卵直前または産卵中の状態であった。この個体は1996年に厚岸町から放流された6歳魚で、全長

表1 ALC標識を付して放流されたマツカワ種苗

放流年	放流場所	放流尾数	内部標識	外部標識
1991	厚岸町	38,000	ALC(1重)	
1992	厚岸町	14,000	ALC(1重)	
	福島町	8,741	ALC(1重)	
1993	厚岸町	21,560	ALC(1重, 2重)	
	福島町	13,377	ALC(1重)	
1995	厚岸町	2,000	ALC(1重)	
1996	厚岸町	18,156	ALC(1重, 2重)	
1997	厚岸町	6,000	ALC(1重)	
1998	厚岸町	11,800	ALC(1重, 2重)	
	虻田町 ¹⁾	14,764	ALC(1重)	
2000	厚岸町	7,500	ALC(1重, 2重)	
2001	厚岸町	98,000	ALC(1重, 2重, 3重)	
2002	厚岸町	22,000	ALC(1重, 2重)	
2003	厚岸町	15,000	ALC(1重, 2重)	
2004	厚岸町	40,000	ALC(1重, 2重)	
	十勝管内	12,030	ALC(1重)	アンカー型

1) 現 洞爺湖町

表2 日高太平洋でのALC標識個体の出現状況

年級群	ALC標識 放流場所	年齢別個体数（上段：ALC出現個体数，下段：調査個体数）							ALC個体 出現率(%)	
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳		
1992	厚岸, 福島町			19	28	7	2	56	75.7	
				26	36	10	2	74		
1993	厚岸, 福島町			7	3	0	0	10	5.7	
				109	54	11	1	175		
1995	厚岸町		0	1	0		0	1	2.1	
			5	28	13		1	47		
1996	厚岸町		0	6			0	1	8.5	
			24	54			2	82		
1997	厚岸町		2			0		2	9.5	
			19			2		21		
1998	厚岸, 虻田町 ¹⁾				0	0	0	0	0	
					17	8	1	26		
2000	厚岸町		0	7	1		1	*	15.5	
			1	44	12		1	*		
2001	厚岸町		0	2	1	0	*	*	7.0	
			1	33	7	2	*	*		
2002	厚岸町			7	2	*	*	*	15.5	
				32	26	*	*	*		
2003	厚岸町		0	0	*	*	*	*	0	
			16	29	*	*	*	*		
合計		0	2	49	35	7	3	1	97	15.4
		0	66	355	165	33	7	3	629	

1) 現 洞爺湖町

*: 集計時点では、まだ漁獲年齢に達していないことを示す

表3 胆振太平洋でのALC標識個体の出現状況

年級群	ALC標識 放流場所	年齢別個体数（上段：ALC出現個体数，下段：調査個体数）							ALC個体 出現率(%)	
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳		計
1993	厚岸, 福島町					0			0	0
						4			4	
1997	厚岸町						1		1	100
							1		1	
1998	厚岸, 虻田町 ¹⁾				0	0			0	0
					1	3			4	
2000	厚岸町						0	*	0	0
							2	*	2	
2001	厚岸町					0	*	*	0	0
						3	*	*	3	
2002	厚岸町			0	*	*	*	*	0	0
				1	*	*	*	*	1	
合計		0	0	0	0	0	1	0	1	6.7
		0	0	0	2	10	3	0	15	

1) 現 洞爺湖町

*: 集計時点では、まだ漁獲年齢に達していないことを示す

*⁵ 北海道立函館水産試験場資料

*⁶ 現 北海道立栽培水産試験場

*⁷ 現 洞爺湖町

*⁸ 現 新ひだか町

695mm, 体重5,780g, GSI 25.1であった。ALC個体の出現率は1992年級群では75.7%と高く, 1993～2003年級群では15.5%以下と低かった。これは日高太平洋では1993年以後毎年ALC標識を付していない種苗を放流しており, これら種苗が1993～2003年級群の標本中に多数含まれたためと考えられた。

胆振太平洋では15尾中1尾(6.7%)でALC標識が確認された(表3)。これは1997年級群の厚岸町放流魚で, 生殖腺は残留卵がみられる産卵直後の状態で, 2002年6月4日に厚真町沖のさし網で漁獲された全長580mm, 体重2,869g, GSI1.6の5歳魚であった。

噴火湾では1,146尾中4尾(0.3%)でALC標識が確認された(表4)。1998年級群では二重染色されたALC標識を有する厚岸町放流魚が豊浦町沖の標本から1尾出現した。また, 2001年級群では豊浦町および森町沖の標本から厚岸町放流魚がそれぞれ1尾出現し, 2003年級群では森町沖の標本から厚岸町放流魚が1尾出現した。これら厚岸町放流魚の出現率は年級群により0～6.3%の範囲で変動していた。出現年齢は2歳と3歳で, 全長範囲は357～426mmであった。

ALC標識を付した人工種苗は, 厚岸町, 福島町, 虻田町⁷, 広尾町, 大樹町および豊頃町から放流されていたが, えりも以西海域で収集した標本で放流場所まで特定されたのは厚岸町放流魚だけであった。これまで厚岸町放流魚は, アンカータグなど外部標識やALC染色による内部標識を用いた放流試験により, 西方では日高太平洋のえりも町沖まで分布する⁵⁾ことが知られている。しかし, 本報告により, 厚岸町放流魚は, 日高太平洋より西方に位置する胆振太平洋と噴火湾にも出現し, 最も遠くは噴火湾の森町沖まで分布していることが確認された。また, 厚岸町放流魚は, えりも以西海域に1～6歳, 全長284～695mmで出現し, このうち浦河町沖で漁獲された6歳, 全長695mmの個体は産卵直前または産卵中の状態であり, 厚真町沖で漁獲された5歳, 全長580mmの個体は産卵直後の状態であった。このことから, 厚岸町放流魚には, 日高から胆振太平洋にかけての海域で産卵している個体(2尾)がいると推察された。

表4 噴火湾でのALC標識個体の出現状況

年級群	ALC標識 放流場所	年齢別個体数 (上段: ALC出現個体数, 下段: 調査個体数)								ALC個体 出現率(%)
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	計	
1993	厚岸, 福島町					0 10			0 10	0
1995	厚岸町			0 45	0 1				0 46	0
1996	厚岸町		0 38	0 60	0 4				0 102	0
1997	厚岸町		0 34	0 62	0 22				0 118	0
1998	厚岸町		0 29	1 280	0 56	0 1			1 366	0.3
2000	厚岸町		0 22	0 94	0 25		0 1	* *	0 142	0
2001	厚岸町	0 3	0 11	0 118	2 21	0 7	* *	* *	2 160	1.3
2002	厚岸町		0 19	0 93	0 56	* *	* *	* *	0 168	0
2003	厚岸町			1 16	* *	* *	* *	* *	1 16	6.3
2004	厚岸町, 十勝 管内		0 18	* *	* *	* *	* *	* *	0 18	0
合計		0 3	0 171	2 768	2 185	0 18	0 1	0 0	4 1,146	0.3

*: 集計時点では, まだ漁獲年齢に達していないことを示す

文献

- 1) 吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平: 北海道えりも以西太平洋沿岸域におけるマツカワ人工種苗の成長(短報). 北水試研報. 72, 47-49 (2007)
- 2) 吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平: 北海道えりも以西太平洋沿岸域における放流されたマツカワ人工種苗の産卵期と成熟年齢および成熟全長. 水産技術. 1(1), 49-54 (2008)
- 3) 吉田秀嗣, 村上 修: 3-1-1 放流基礎調査事業(マツカワ). 平成18年度 北海道立函館水産試験場事業報告書. 63-70 (2008)
- 4) 高谷義幸, 松田泰平, 吉田秀嗣: マツカワ若齢魚の耳石輪紋の年齢形質としての有効性(短報). 北水試研報. 66, 11-13 (2004)
- 5) 渡辺研一, 鈴木重則, 錦 昭夫: 厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動・成長と放流効果. 栽培技研. 28(2), 93-99 (2001)

マツカワの放流サイズが移動と再捕に及ぼす影響（短報）

吉田秀嗣^{*1}, 高谷義幸^{*2}, 松田泰平^{*2}

Influence of size at release on migration and recapture of barfin flounder *Verasper moseri* (Short Paper)

Hidetsugu YOSHIDA^{*1}, Yoshiyuki TAKAYA^{*2} and Taihei MATSUDA^{*2}

キーワード：マツカワ, 放流全長, 移動, 再捕年齢

まえがき

マツカワは冷水性のカレイ類で、天然の資源量は極めて低い水準にあることから、北海道では人工種苗放流による資源増大を図っている。人工種苗の放流効果やその波及範囲を解明する目的で、日高支庁管内から放流した種苗の移動や放流全長による生残の違いを調べた結果については、本誌第73号¹⁾で報告した。本報告では、その一環として放流全長と移動、および放流全長と再捕年齢との関係について検討した。

材料および方法

供試魚は、北海道立栽培漁業総合センター^{*3}および(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場^{*4}で生産された0歳の人工種苗で、放流前に全個体の全長（1 mm単位）を測

定し、個体識別をするためにスパゲティ型標識を装着した。放流は2回行い、1998年12月15日には日高支庁管内の東部に位置する様似町沿岸から全長 138 ± 19 mm（平均 \pm 標準偏差）の人工種苗19,974尾を放流し、また1999年12月16日には同管内の西部に位置する静内町^{*5}沿岸から全長 138 ± 14 mmの人工種苗19,944尾を放流した（図1）。再捕海域は既報¹⁾の海域別・年齢別再捕尾数の結果を考



図1 マツカワ人工種苗の放流地点

表1 再捕魚の海域別・年齢別の平均放流全長

放流群	再捕海域	0歳再捕魚		1歳再捕魚		2歳再捕魚		3歳再捕魚		4歳再捕魚		5歳再捕魚	
		個体数 (尾)	放流全長* (mm)	個体数 (尾)	放流全長* (mm)	個体数 (尾)	放流全長* (mm)	個体数 (尾)	放流全長* (mm)	個体数 (尾)	放流全長* (mm)	個体数 (尾)	放流全長* (mm)
1998年群	日高太平洋	2	165	117	151	77	144	14	142	2	132	0	—
	その他北海道	0	—	4	158	3	158	3	154	0	—	0	—
	青森～茨城県	0	—	3	170	9	138	2	172	0	—	1	134
1999年群	日高太平洋	8	141	261	142	156	139	6	133	0	—	1	121
	その他北海道	1	169	49	142	99	142	4	140	0	—	1	131
	青森～茨城県	0	—	0	—	28	140	14	138	1	130	0	—

*：放流全長の平均値を示す

報文番号A445（2009年7月2日受理）

*1 北海道立函館水産試験場(Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

*2 北海道立栽培水産試験場(Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

*3 現 北海道立栽培水産試験場

*4 現 (独)水産総合研究センター北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター

*5 現 新ひだか町

表2 再捕魚の年齢別の平均再捕全長

放流群	0歳再捕魚		1歳再捕魚		2歳再捕魚		3歳再捕魚		4歳再捕魚		5歳再捕魚	
	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)	個体数 ^{*1} (尾)	再捕全長 ^{*2} (mm)
1998年群	0	—	89	251	71	348	16	415	2	478	1	518
1999年群	0	—	152	268	222	326	19	401	0	—	2	475

*1：再捕全長が不明および不明確な個体を除く個体数を示す

*2：再捕全長の平均値を示す

慮して、放流海域である「日高太平洋」、日高太平洋を除く「その他北海道」および本州の「青森～茨城県」の3区分とした。なお、標識の詳細や再捕情報の収集方法等については既報¹⁾に記載した。

結果および考察

再捕魚の平均放流全長を再捕海域別・年齢別に表1に示した。同一再捕年齢内で放流海域である日高太平洋で再捕された個体の平均放流全長より大きかったのは、1998年群の1歳ではその他北海道と青森～茨城県、2歳ではその他北海道、3歳ではその他北海道と青森～茨城県で再捕された個体であり、逆に小さかったのは2歳の青森～茨城県で再捕された個体のみであった。また、1999年群において日高太平洋で再捕された個体の平均放流全長より大きかったのは、0歳ではその他北海道、2歳と3歳ではその他北海道と青森～茨城県、5歳ではその他北海道で再捕された個体であり、逆に小さかった海域はなく1歳の日高太平洋とその他北海道で再捕された個体の平均放流全長は同じであった。このように放流海域よりも放流海域外で再捕された個体の平均放流全長の方が大きい傾向が見られたことから、同一群の中では放流全長の大きな個体の方が移動性は強い可能性がある。

供試魚と0～5歳再捕魚における放流全長の組成と平均値を図2に示した。1998年群および1999年群ともに0歳から5歳へと再捕年齢が高くなるに従い、組成は放流全長の大きな方から小さい方へと移行し、平均放流全長は小さくなる傾向が見られた。このことは、若齢で再捕されたものほど放流全長の大きな個体が多く含まれ、高齢で再捕されたものほど放流全長の小さな個体が多く含まれていることを示す。

再捕魚の平均再捕全長を年齢別に表2に示した。再捕報告には再捕全長が記録されていないものや範囲で示されるなど不明確なものが1998年群では25%、1999年群では37%もあり、1998年群では0歳、1999年群では0歳と4歳の再捕全長の記録はなかった。このため、放流全長と再捕全長の関係については検討できなかった。

既報¹⁾では、同一群の中では放流全長の大きな個体の方が生残は良いことを示した。本報告では、同一群の中

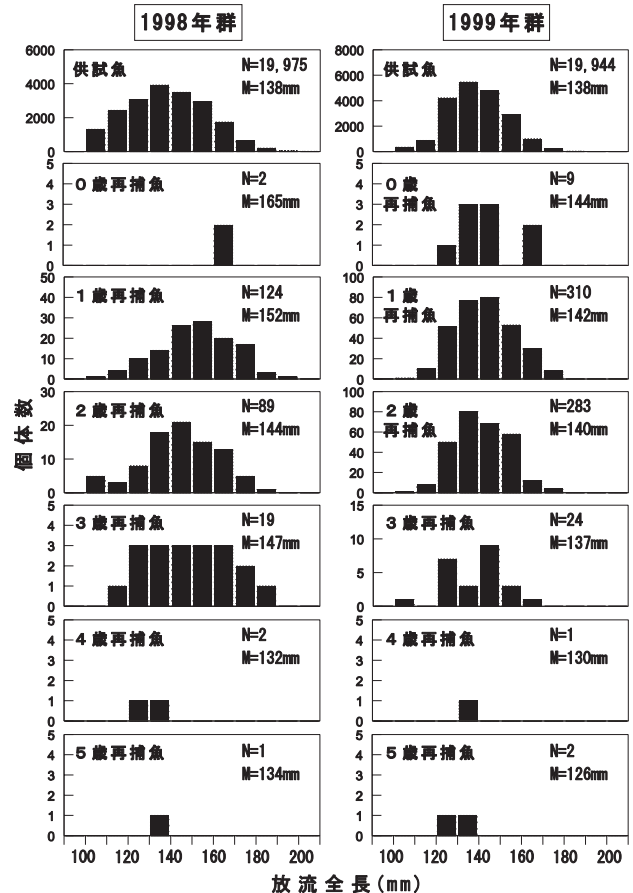


図2 供試魚と再捕魚の放流全長組成

注) 図中のNは個体数, Mは平均放流全長を示す

では放流全長の大きな個体の方が移動性は強い可能性があること、若齢で再捕されたものほど放流全長の大きな個体が多く含まれているという種苗放流にかかわる基礎的な知見が得られた。ただし、0、4、5歳の再捕尾数は各群10尾未満と少なかったため、今後データの蓄積が必要である。

文献

- 1) 高谷義幸, 吉田秀嗣, 松田泰平: 北海道日高海域から標識放流したマツカワの移動と放流時のサイズ(短報). 北水試研報. 73, 49-51 (2008)

北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造および漁獲動向

星野 昇, 高嶋孝寛, 渡野邊雅道, 藤岡 崇

北海道南部海域におけるホッケの資源状態の推移を把握するために, 主要漁業で漁獲されたホッケの年齢組成を推定するとともに, 各地区の漁獲動向を詳細に検討した。

主要漁業の漁獲物年齢組成は, 日本海では1歳の新規加入群と2歳以上の成魚群, 道南太平洋では1歳の未成年魚, 津軽海峡周辺では, より高齢魚を含んだ資源が漁獲対象となっていることが示された。松前半島周辺海域と後志支庁の南部海域では, 年間の増加率変動が同傾向であり, 同一の資源変動範囲にあるが, 双方の1985年からのトレンドは逆相を呈している。このトレンドの海域差は, 1990年の産卵群から産み出された1991年発生年級群が, 後志海域に偏って加入したことが端緒となっている可能性が大きく, その一因としては秋季の水温動態が関与していることが示唆された。

A435 北水試研報 76 1-11 2009

耳石日周輪解析による北海道後志南部沿岸産イカナゴ稚魚の初期成長

星野 昇, 三原行雄, 稲村明宏

後志南部海域におけるイカナゴ稚魚の初期成長の特性を把握するために, 耳石日周輪解析によって, ふ化日組成と成長傾向, 水温との関係について把握した。

2008年に漁獲されたイカナゴ稚魚のふ化日は, 3月, 4月の2か月間にわたっていた。ふ化日の頻度分布は多峰型を呈しており, 産卵が断続的に行われていることが示唆された。個体の体成長は, ふ化した時期が遅いほど早い傾向があり, 3月中旬ふ化群, 3月下旬ふ化群, 4月上旬ふ化群のそれぞれに推定された成長曲線から, 漁期中の日間成長量は, 0.5~0.7mm程度と推定された。ふ化時期が遅いほど成長が良いのは, 10日齢以降に経験する水温が高いことが要因として挙げられ, このことから, 毎年4月の水温は, その年の漁期に大きく影響することが示唆された。

A436 北水試研報 76 13-20 2009

えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係

吉村圭三, 筒井大輔, 前田圭司, 三戸 充, 芳賀恒介

日高系ハタハタの日齢解析技術を確立するために, えりも町で60日齢まで育成された人工種苗を用いて礫石と扁平石の微細輪紋と日齢との関係を調べた。光学顕微鏡で計数された輪紋数は, 日齢に対して, 礫石では平均21.1, 扁平石では平均2.8少なかった。日高系ハタハタでは卵期及び仔魚期の水温が低く, 耳石の日間成長量が小さいため, 特にふ化輪周辺では輪紋幅が狭く, 光学顕微鏡では解像が困難な輪紋が存在するためと考えられた。礫石の輪紋数は, 日齢に対する誤差に加えて個体差も大きく, 日齢推定誤差が非常に大きくなるため, 日齢解析に用いるには実用的ではないと考えられた。扁平石の輪紋数は, 日齢にかなり近く, 30~60日齢では日周性が認められたため, 少なくとも60日齢程度までの日齢解析に用いることができると考えられた。

A437 北水試研報 76 21-29 2009

クローンヒラメの特性評価

第1報 成長性と耐病性のクローン間比較

齊藤節雄, 森 立成, 伊藤慎悟, 鈴木邦夫

クローンヒラメの特性を評価するために, ホモ型クローン(71, 72, 75, 77, 82, 83)6系統を使用し, 成長性と耐病性に注目して飼育試験を行った結果, クローン系統による明瞭な違いが認められた。成長に関しては, 約一年間に亘る混合飼育において, 天然水温下では冬期間の成長停滞後, 春から秋にかけて急成長した。82系統が最も成長が良好で, 77系統と83系統が続く, 71系統は対照区よりも悪く最も低い成長であった。一方14℃恒温区では, 各系統共に直線的に成長し, 他の系統に比べて82系統のみ有意に良好な成長を示していた。HIRRVウイルスを用いた感染実験では, 82系統の抵抗性が最も高く, 全く死亡が認められなかった。一方71系統及び77系統は, 対照区とほぼ同様な死亡パターンを示し, 72系統及び75系統は対照区よりも約3倍高い累積死亡率であった。

A438 北水試研報 76 31-37 2009

クローンヒラメの特性評価

第2報 性分化と形態形成のクローン間比較

齊藤節雄, 森 立成

クローンヒラメの特性を評価するため、ホモ型クローン6系統(71, 72, 75, 77, 82, 83)及び通常発生魚を用いて性分化と形態形成に着目した飼育試験を行ったところ、クローン系統間で明確な違いが認められた。仔稚魚期を同一条件で飼育し、雌の比率、有眼側の白化、無眼側の黒化、体型、脊椎骨について調べた。雌の比率では82系統が88.5%と最も高く、83系統は27.1%で、対照区の45.5%よりも低い値であった。82系統は白化率、黒化率ともに極めて低かった。他の系統では、白化率是对照区よりも明らかに低かったが、逆に黒化率は有意に高い値であった。体高/体長の比率及び脊椎骨癒合の度合いに関して、83系統が他の系統と比較して有意に値が高く、短軀体型となっていた。

A439 北水試研報 76 39-44 2009

噴火湾におけるヒドロ虫コノハクラゲの養殖ホタテガイ稚貝への共生と防除策

馬場勝寿, 宮園 章, 河野象威, 久保田 信

二枚貝中に生息するヒドロ虫コノハクラゲと主宿主ムラサキガイおよびホタテ稚貝の生態学的関係を明らかにし、ホタテ稚貝への共生防除策を策定することが本研究の目的である。北海道噴火湾におけるコノハクラゲのホタテ稚貝への共生率の年変動は大きい(平均69.5~9.3%)。共生期間は9~2月で、共生の蔓延や終息は速く1~2ヶ月程度で起こる。港内に生息するムラサキガイでのクラゲ芽保持率のピークは7月、ホタテ稚貝への共生開始は9月で、約2ヶ月の開きがある。ホタテ成貝には共生しないことから共生源(感染源)はムラサキガイと考えられるが、0齢のムラサキガイには共生しないことから、ホタテの貝殻や耳吊りロープ上のムラサキガイには共生していない。養殖施設等に生息する高齢のムラサキガイが共生源と推測されるため、その駆除が有効な防除策と考えられる。

A440 北水試研報 76 45-49 2009

えりも以西太平洋海域におけるシシャモの深淺移動(短報)

上田吉幸, 三原行雄

えりも以西太平洋海域におけるシシャモ分布調査の実施時期や調査地点を検討するために、1997~1998年に苫小牧市勇払沖で季節別分布調査および1998年に苫小牧市~新ひだか町沖で春季分布調査を実施した。季節別分布調査では、採集尾数と底層水温の関係から水温4~13℃台が当海域におけるシシャモの適水温と考えられ、シシャモは8月、9月には高水温、3月には低水温である浅海域を避けて深みへ移動し、5~6月および漁期である10~11月には適水温である浅みに分布する年2回の深淺移動を行うものと考えられた。春季分布調査では、シシャモは5~6月に苫小牧市~新ひだか町沖の海域で広く分布することが確認され、水深5~20mの地点において採集尾数が多かった。

これらの結果からシシャモ漁期前分布調査は、5~6月に水深20m以浅で行うことによって、効率的に魚群の分布を把握することが可能であると考えられた。

A441 北水試研報 76 51-53 2009

親魚年齢によるハタハタの卵径、ふ化仔魚全長及びふ化仔魚耳石径の変異(短報)

吉村圭三, 筒井大輔, 佐藤敦一, 高島信一

苫小牧産ハタハタの満1歳及び満2~3歳の雌親魚から同一日に採卵・人工授精した卵を用いて、卵径、ふ化仔魚の全長及び耳石径を比較した。両者の卵径組成には差が認められ、2~3歳魚の卵径は1歳に比べて大きい方に偏っていた。ふ化仔魚の全長組成はそれぞれの卵径組成に似ており、ふ化期間を通じた全標本を比較すると、2~3歳魚の卵のふ化仔魚の平均全長は1歳卵の仔魚に比べて大きかった。また、同一日にふ化した仔魚の一部でも平均全長及び平均耳石径に同様の差が認められた。これらのことから、雌親魚の年齢はハタハタのふ化仔魚の大きさの変異をもたらす要因の一つであることが示唆された。

A442 北水試研報 76 55-58 2009

小型囲い籠に収容したマツカワ種苗の摂餌と栄養状態及び生残（短報）

高谷義幸，吉村圭三，吉田秀嗣
萱場隆昭，松田泰平，木村 稔

マツカワ人工種苗を実験籠に収容して海底に設置し、大型捕食者の被食を回避した状況下での種苗の摂餌と生残について調査した。その結果、実験期間中、供試魚はほとんど摂餌しておらず、飢餓状態であった。体成分は、陸上水槽で絶食した場合と同様の変化が見られたことから、天然海域においても体成分の変化から放流場所の餌料環境を推測できる可能性が示唆された。また、実験籠内で死亡していたのはいずれも外部標識を装着した個体で、標識装着による傷が生残に影響を及ぼすと考えられた。さらに、健全な個体は飢餓状態でも死亡することはなかったが、時化の後にはほとんどの個体が死亡していたことから、今後は、減耗要因として飢餓と被食の他に環境変動とそれらの相互関係を検討していく必要もあるだろう。

A443 北水試研報 76 59-61 2009

北海道えりも以西太平洋沿岸域におけるALC標識マツカワの再捕（短報）

吉田秀嗣，高谷義幸，松田泰平

日高太平洋から噴火湾までのえりも以西海域で漁獲されたマツカワの標本を調べたところ、ALCで染色された耳石を有する個体が発見された。ALC標識を付した種苗は厚岸町、福島町、虻田町（現 洞爺湖町）、広尾町、大樹町および豊頃町から放流されていたが、えりも以西海域で収集した標本で放流場所まで特定されたのは厚岸町放流魚だけであった。厚岸町放流魚は、最も西方では噴火湾の森町沖まで分布していることが確認され、日高から胆振太平洋にかけての海域で産卵している個体がいると推察された。

A444 北水試研報 76 63-65 2009

マツカワの放流サイズが移動と再捕に及ぼす影響(短報)

吉田秀嗣，高谷義幸，松田泰平

北海道日高支庁管内からマツカワ人工種苗の0歳魚にスパゲティ型標識を装着して放流した。放流前には全個体の全長を測定し、標識で個体識別することで、再捕された個体の放流時点での全長が明らかになるようにした。再捕魚の放流全長を海域別・年齢別に比較した結果、同一群の中では放流全長の大きな個体の方が移動性は強い可能性があること、若齢で再捕されたもののほど放流全長の大きな個体が多く含まれているという種苗放流にかかわる基礎的な知見が得られた。

A445 北水試研報 76 67-68 2009

2009 年 10 月 30 日発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場

〒 046-8555 北海道余市郡余市町浜中町 238

電話 総合案内 0135 (23) 7451 (総務課)

図書案内 0135 (23) 8705 (企画情報室)

FAX 0135 (23) 3141

Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan

印刷所

(株)総 北 海

札幌市東区北 21 条東 1 丁目 4 番 6 号

電話 (011)731 - 9500
