

北水試研報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish. Res. Inst.

CODEN : HSSKAJ
ISSN : 2185-3290

北海道水産試験場研究報告

第 85 号

SCIENTIFIC REPORT OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES No. 85

北海道立総合研究機構水産研究本部
北海道余市町

2014年3月

Hokkaido Research Organization
Fisheries Research Department

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2014

北海道立総合研究機構水産研究本部の水産試験場は次の機関をもって構成されており、北海道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す。

In addition, the Fisheries Research Department of the Hokkaido Research Organization will now comprise the following seven local Fisheries Research Institutes. The study achievements of these institutes will be published in the “Scientific reports of Hokkaido Fisheries Research Institutes”.

**地方独立行政法人
北海道立総合研究機構
水産研究本部**

(Local Independent Administrative Agency
Hokkaido Research Organization
Fisheries Research Department)

中央水産試験場 (Central Fisheries Research Institute)	046-8555 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
函館水産試験場 (Hakodate Fisheries Research Institute)	042-0932 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)
釧路水産試験場 (Kushiro Fisheries Research Institute)	085-0024 釧路市浜町2-6 (Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)
網走水産試験場 (Abashiri Fisheries Research Institute)	099-3119 網走市鱈浦1-1-1 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
稚内水産試験場 (Wakkanai Fisheries Research Institute)	097-0001 稚内市末広4-5-15 (Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
栽培水産試験場 (Mariculture Fisheries Research Institute)	051-0013 室蘭市舟見町1-156-3 (Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)
さけます・内水面水産試験場 (Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute)	061-1433 恵庭市北柏木町3-373 (Kitakashiwagi-cho, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

北海道水産試験場研究報告

第85号

目 次

高柳志朗, 美坂 正

肉眼観察による北海道沿岸域におけるマナマコの成熟サイズと海域間差の検討 1

野村 溫, 久保徹郎, 志田 修, 板谷和彦, 伊藤 靖, 桜井泰憲

2011年8月と10月の北海道西部日本海において観察されたスケトウダラ幼魚の食性 13

高谷義幸, 佐藤敦一

給餌率を変えて飼育したマツカワ稚魚の瞬間成長率と軸幹の成分との関係 21

三坂尚行, 水野伸也, 安藤大成, 小山達也, 寺西哲也, 小出展久

シロサケ稚魚の成長, 餌料効率, 健苗性に及ぼ錦実油の効果について（英文） 25

宮腰靖之

北海道東部沿岸で漁獲された9歳魚のサケ（短報） 33

春日井 潔, 竹内勝巳, 宮腰靖之, 永田光博

西別川における2006年のサケ稚魚の降河尾数の推定（短報） 37

下田和孝, 川村洋司

網走川支流ドードロマップ川における魚道設置前後のサクラマス産卵床の分布（短報） 41

田中伸幸, 三原栄次, 三原行雄

オホツク海北海道沿岸で行われたケガニ標識放流試験（1964～2008）の概要（資料） 47

注) これまで年度末号に掲載していた、道総研水産研究本部研究職員の各年度「試験研究業績<外部刊行物への発表>」一覧は、
本号から掲載しませんが、道総研水産研究本部のホームページ上で、PDF版の北水試研究報告と併せて掲載いたします。

(2014年3月)

**SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES**
No.85
CONTENTS

SHIRO TAKAYANAGI AND TADASHI MISAKA

Variation in the maturity size of the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus*,
by macroscopic observation, in the coastal waters of Hokkaido, Japan 1

**ATSUSHI NOMURA, TETSUROU KUBO, OSAMU SHIDA, KAZUHIKO ITAYA,
YASUSHI ITO AND YASUNORI SAKURAI**

Feeding habits of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in waters of
the western Hokkaido, Japan Sea in August and October 2011 13

YOSHIOUKI TAKAYA AND NOBUKAZU SATO

Relationships between the specific growth rate and biochemical constituents in the trunk of
laboratory-reared juvenile barfin flounder, *Verasper moseri* 21

**NAOYUKI MISAKA, SHINYA MIZUNO, DAISEI ANDO, TATSUYA KOYAMA,
TETSUO TERANISHI AND NOBUHISA KOIDE**

Effects of cottonseed oil in diets on growth, feed efficiency and health parameters of
chum salmon *Oncorhynchus keta* fry 25

YASUYUKI MIYAKOSHI

Age-9 chum salmon caught in eastern Hokkaido (Short Paper) 33

**KIYOSHI KASUGAI, KATSUMI TAKEUCHI, YASUYUKI MIYAKOSHI AND
MITSUHIRO NAGATA**

Estimation of number of downstream migrating chum salmon fry in
the Nishibetsu River in 2006 (Short Paper) 37

KAZUTAKA SHIMODA AND HIROSHI KAWAMULA

Distribution of masu salmon redd in the Doudoromappu River, a tributary of the Abashiri River,
before and after the construction of fish ways (Short Paper) 41

NOBUYUKI TANAKA, EIJI MIHARA AND YUKIO MIHARA

Overview of tagging experiments (1964~2008) for the hair crab (*Erimacrus isenbeckii*)
off the coast of Hokkaido in southern Okhotsk Sea, Japan (Note) 47

(March, 2014)

肉眼観察による北海道沿岸域におけるマナマコの成熟サイズと海域間差の検討

高柳志朗^{*1}, 美坂 正

¹ 北海道立総合研究機構釧路水産試験場

Variation in the maturity size of the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, by macroscopic observation, in the coastal waters of Hokkaido, Japan

SHIRO TAKAYANAGI^{*1} AND TADASHI MISAKA¹

¹ Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Kushiro, Hokkaido 085–0024, Japan

Variation in the maturity size of the Japanese sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) collected in the coastal waters around Hokkaido, Japan, was assessed. From 2006 to 2009, 2,978 specimens were collected during June and August from 10 localities and examined by macroscopic observation. Differences are found in maturity curves and 50% maturity size (body wall weight) in the different coastal waters. Based on generalized linear mixed model (GLMM) analysis using the obtained maturity for each individual as a response variable, the optimal model divided the 3 coastal waters into the Sea of Japan (including the Tsugaru Strait), the Sea of Okhotsk and the waters of the Nemuro Strait and the Pacific Ocean (Hidaka area). The estimated 50% maturity body wall weight was 97.5 g, 76.1 g, and 64.1 g for each area, respectively.

キーワード：殻重量, 成熟サイズ, 肉眼観察, 北海道, マナマコ

マナマコ *Apostichopus japonicus* は、北海道から九州までの各地に分布し、潮間帯から水深40mまでの砂礫底や岩礁上に生息する (Mitsukuri, 1912)。本種は日本周辺海域における重要な沿岸資源であり、北海道では主に桁曳き網で漁獲され、このほかに潜水器による採取やタモ取りなども行われている。日本全体の漁獲量は1万トン程度であり、都道府県別には北海道、青森県、山口県の順に多い。北海道漁業現勢および北海道水産現勢によれば、北海道におけるマナマコの漁獲量は、1956年以降、323トン(1964年)から2,835トン(2007年)の間で変動しており、近年は2003年に2,090トンに達するなど、急増している (Fig.1)。2011年の北海道内のマナマコ漁獲量を振興局別にみると、宗谷管内で最も多く、次いで渡島、留萌の順となっている。マナマコ漁業がある中で漁獲量が最も少ない根室管内でも27トンの漁獲があり、全国レベルでみると各振興局の生産量は決して少なくない。また、近年の単価高騰により、生産金額(2011年)は全道で105億円を超えるなど、マナマコを対象とした漁業が行われているいすれの海域においても、これまで以上に重要な漁業資源になっている。なお、十勝および釧路管内では、マ

ナマコ漁業はない。

近年の漁獲量増大は、中国における急激な需要増に伴う価格上昇を背景として (廣田, 2011)，漁獲努力量が増大したことによってもたらされたと考えられる (例えば、五嶋, 2012など)。このような漁獲圧の高まりは資源減少をもたらす可能性があることから、特に近年になって漁獲量が急増した海域では、資源状況を正確に把握し、具体的な資源管理方策を実行することが資源の持続的利用を図る上で急務である。

水産資源を維持管理する方法の一つとして、小型個体を保護し、大きく成長してから漁獲する方法があり、繁殖保護の観点から成熟サイズを基準にすることもある (例えば、久保・吉原, 1957など)。北海道日本海沿岸で近年漁獲量が多くなっている石狩湾系ニシンでは、刺し網目合い拡大を導入した未成熟個体を保護するための方策が実施され、一定の効果があることが示されている (山口ら, 2010)。

北海道各地ではマナマコの重さや長さなど、大きさに対する漁獲規制が自主的に設定されている場合が多い。マナマコの成熟サイズについては、生物学的最小形とし

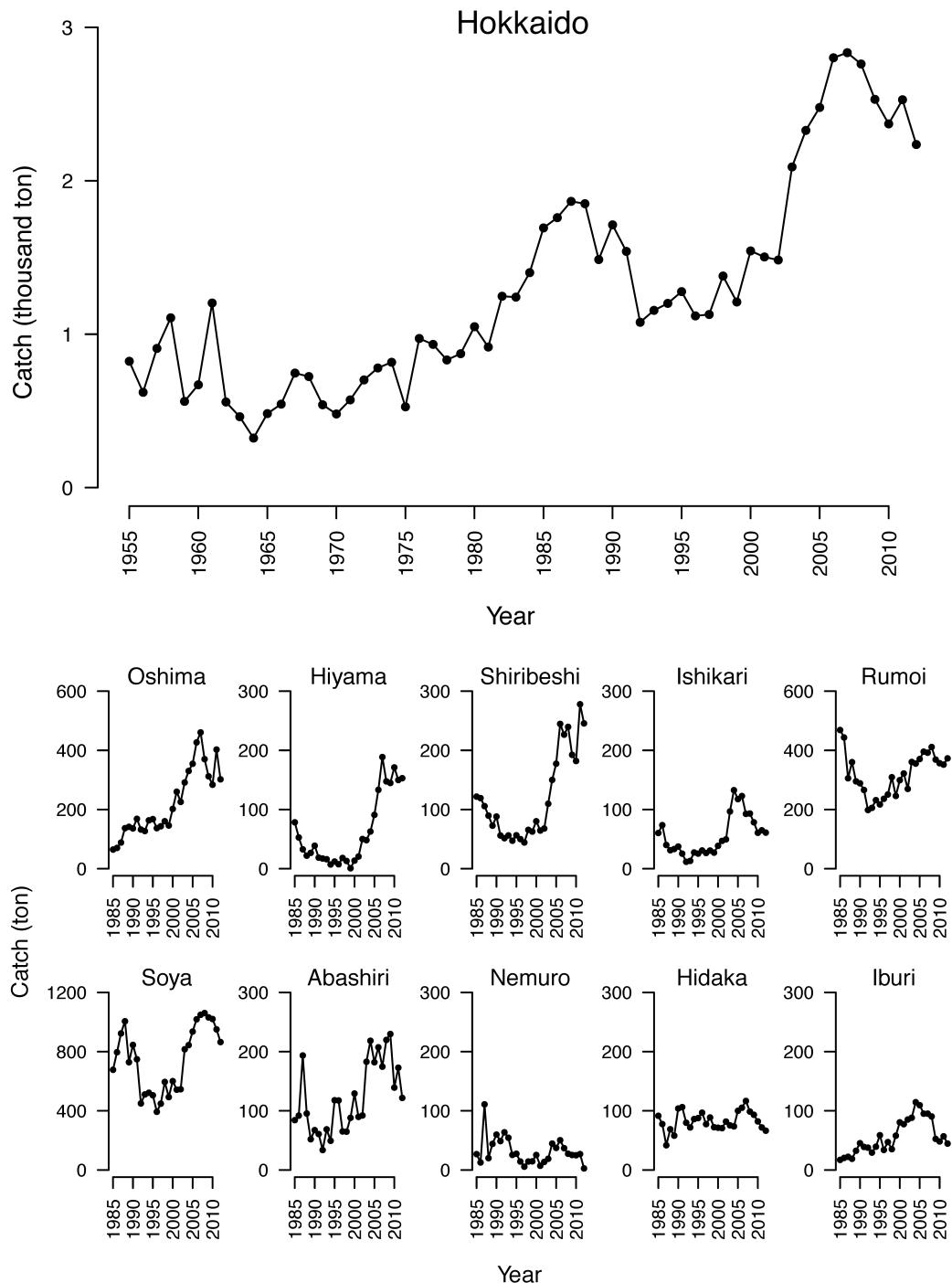


Fig.1 Annual catches of Japanese sea cucumber in Hokkaido and its 10 subprefectures.

Data source, Hokkaido Fishery Statistics (Hokkaido Gyogyo Gensei and Hokkaido Suisan Gensei).

て愛知県三河湾（崔, 1963）、青森県陸奥湾（桐原, 2009）や山形県における成熟開始サイズ（鈴木, 2013）、また50%成熟殻重量として北海道宗谷湾（糞原・清河, 1995）の報告があるが、広く分布する北海道周辺海域を対象とした研究はこれまで実施されていない。

このため、漁獲規制サイズが必ずしも成長や成熟サイズなどの科学的根拠による最適漁獲サイズとして導入されているわけではない。加えて、各漁業協同組合ではそ

れぞれ異なる規制サイズが設定されているが、成熟サイズの海域による差違についての知見がないため、各地で設定されている規制サイズが資源管理方策上妥当なものなのかどうか、現時点では検討することができない。

そこで、北海道におけるマナマコの成熟サイズとその海域間差について、これまでに沿岸各地において成熟サイズを把握するために実施された生物測定データを用い、検討を行った。

材料および方法

生物測定および成熟判定 本稿で用いたマナマコの生物測定データは、2006~2009年に北海道沿岸、北斗市茂辻地、奥尻町稲穂~勘太浜、積丹町、余市町、苦前町、利尻町沓形、稚内市宗谷湾、雄武町、標津町および新ひだか町の10カ所 (Fig.2)において、桁網または潜水によって採集された標本から得られたものである (Table 1)。なお、産卵時期に関する既存の報告 (棄原, 1991)に基づき、6月中旬から8月下旬までの期間に採集された標本の測定・観察結果を使用した。

標本は概ね100個体を上限として、体重、殻重量および生殖腺重量を電子天秤により0.1g単位で測定した。体重を測定する際には、体表の付着物等を取り除き、ペーパータオルなどで水分を拭き取った。また、高谷・川真田 (1996) に従い、生殖腺の肉眼観察により、成長期から成熟期と判定された個体を成熟、未熟期と判定された個体を未成熟と判定した。本研究では高谷・川真田 (1996) が対象とした体重150 g以上の個体とは異なり、それより小さな個体を多く用いたため、肉眼観察による雌雄判定は困難な場合が多くあった。そのため、本稿では雌雄判定データを使用しないこととして、以降の解析は雌雄込みで行った。

各標本採取地における体サイズー成熟関係の推定 10カ所の採取地 (Table 1) における体サイズと成熟割合の関係を一般化線形モデル (GLM: Generalized Liner Model) により推定した。体サイズとしては比較的簡便で計測誤差の少ないとされる殻重量 (崔, 1963) を用い、さらに

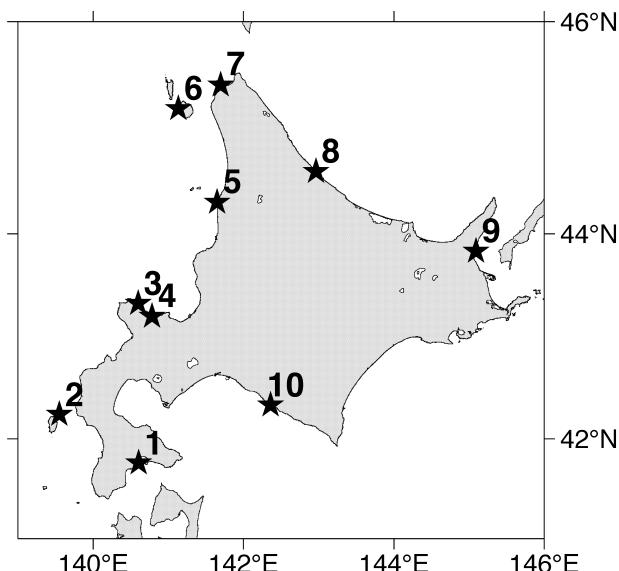


Fig.2 Locations sampled for Japanese sea cucumber specimens.

1. Hokuto Moheji; 2. Inaho and Kantahama, Okushiri;
3. Shakotan; 4. Yoichi; 5. Tomamae; 6. Kutsugata, Rishiri;
7. Soya-Bay, Wakkanai; 8. Oumu, 9. Shibetsu; 10. Shizunai, Shinhidaka.

体重は体長の3乗に比例すること (Yamane and Hamano, 2006) から、解析には殻重量の3乗根 (以下、体サイズ指数とする) を用いた。解析には統計解析環境R version 3.0.2 (R Core Team, 2013) の関数glm()を使用した。GLMでは、応答変数が二項分布に従うことを仮定し、連結関数はロジット関数とした (ロジスティック回帰)。応答変数には個体別に判定した成熟・未成熟の2値データを、説明変数には各個体の体サイズ指数を使用した (式1)。

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

ここで、 p は成熟割合、 x は体サイズ指数、 β_0 、 β_1 はパラメータである。

得られたモデルにより各標本採取地における50%成熟殻重量を推定した。

体サイズー成熟関係における海域差の検討 まず、体サイズと成熟割合の関係における採集地間の差を検討した。10カ所の採取地から任意の2カ所を抽出し、総当たりで45組のデータセットを作成した。これらの各データセットについて、式1のとおり採集地を説明変数としないモデルを帰無仮説、式1に採集地をカテゴリー変数として追加したモデルを対立仮説として、尤度比検定を行った。有意水準は0.05とした。

次に、式1に海域区分をカテゴリー変数として追加したモデル (式2) を用いて、一般化線形混合モデル (GLMM: Generalized Liner Mixed Model) によるロジスティック回帰分析を行った。解析には統計解析環境RのパッケージglmmMLに含まれる関数glmmML()を使用した (Broström and Holmberg, 2011; 久保・粕谷, 2006)。

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + r \quad (2)$$

ここで、 p は成熟割合、 x_1 は体サイズ指数、 x_2 は海域区分、 β_0 、 β_1 、 β_2 はパラメータである。 r は混合モデルにおけるランダム効果で、同日に同所で採取された標本群 (34群) を指定した。

海域区分には、採集地で区分せずひとまとめにした場合 (海域区分変数なし)、10カ所の採取地に区分した場合、尤度比検定の結果に基づいて採集地グループをまとめた場合の3つのモデルについて、各海域区分を説明変数として赤池情報量規準 (AIC) により比較した。

成熟体サイズの推定 GLMMにより AIC最小モデルが得られた海域区分毎に、式2の説明変数から海域区分を除いたモデルを用いて、50%成熟殻重量を推定し、10,000回ブートストラップにより95%信頼区間を求めた。

また、漁業現場等では体重を基準に漁獲サイズを決めている場合がほとんどであることから、殻重量よりも誤差は大きくなると考えられるが、殻重量の代わりに体重

Table 1 Locality, sampling date, sampling method, number of individuals, total body weight, and body wall weight of Japanese sea cucumbers used by this study.

Locality	Sampling date	Method	Number of individuals	Weight (g)	Body wall weight (g)
Hokuto Moheji	2 July 2008	Diving	49	29 - 616	19 - 281
	8 Aug. 2008	Diving	50	46 - 522	32 - 246
	31 July 2009	Diving	80	77 - 514	45 - 238
	26 Aug. 2009	Diving	70	120 - 436	78 - 224
Inaho and Kantahama, Okushiri	7 July 2008	Diving	100	43 - 295	29 - 182
	4 Aug. 2008	Diving	100	22 - 224	14 - 136
	8 July 2009	Diving	100	40 - 338	28 - 191
	3 Aug. 2009	Diving	100	64 - 246	41 - 133
Shakotan	10 Aug. 2009	dredge net	59	78 - 466	56 - 226
Yoichi	9 July 2008	dredge net	99	41 - 471	25 - 248
	24 July 2008	dredge net	100	46 - 473	28 - 246
	7 July 2009	dredge net	99	50 - 310	25 - 162
Tomamae	8 July 2008	dredge net	101	61 - 169	46 - 109
	22 July 2008	dredge net	100	32 - 170	20 - 84
	13 July 2009	dredge net	106	29 - 236	16 - 139
	24 July 2009	dredge net	110	50 - 220	31 - 154
Kutugata,Rishiri	14 July 2008	Diving	50	30 - 376	27 - 227
	16 July 2008	Diving	47	73 - 505	60 - 268
	28 July 2008	Diving	12	91 - 585	86 - 206
	29 July 2008	Diving	44	60 - 367	36 - 301
Soya-Bay,Wakkai	21 June 2006	dredge net	179	63 - 317	52 - 189
Oumu	31 July 2007	dredge net	106	42 - 277	28 - 166
	20 June 2008	dredge net	100	32 - 423	20 - 173
	18 July 2008	dredge net	105	33 - 331	20 - 219
	18 June 2009	dredge net	95	73 - 472	40 - 191
	22 July 2009	dredge net	98	35 - 244	19 - 108
Shibetsu	28 June 2008	dredge net	55	15 - 604	10 - 258
	6 Aug. 2008	dredge net	90	23 - 437	14 - 217
	15 July 2009	dredge net	98	25 - 625	16 - 375
	5 Aug. 2009	dredge net	97	37 - 570	27 - 279
Shizunai,Shinhidaka	16 June 2008	Diving	101	23 - 352	16 - 234
	1 July 2008	Diving	84	43 - 386	29 - 276
	18 June 2009	Diving	94	32 - 345	22 - 194
	7 July 2009	Diving	100	41 - 296	27 - 198

を用いた場合についても、同様の推定を行った。

標本採集海域における水温の検討 水温が成熟体サイズに与える影響を検討するため、特に生息環境としての海水温との関係を検討するため、本稿で使用した標本の採集海域における水温を比較した。生息環境を知るためにには標本採集地において長期間にわたる水温データを用いることが重要である。しかし、標本採集地で長期間、継続的に観測された水温データは存在しないため、北海道栽培漁業振興公社が旬別に取りまとめている「北海道沿岸漁場海況観測取りまとめ」から、採集地に近い水温観

測地点のデータを抽出し、月別に整理した。各水温データは、標本採集地と水温観測地点の所在する総合振興局（または振興局）名で整理した。海域名－標本採集地－水温観測地点の対応は次のとおりである：渡島－北斗市－知内、檜山－奥尻町－奥尻と後志－積丹、余市町－余市、留萌－苦前町－羽幌、宗谷－稚内市宗谷湾と利尻町－沓形、オホーツク－雄武町－紋別、根室－標津町－羅臼、日高－新ひだか町－えりも。なお、これらの観測地において、欠測データがある年月を除き、同年同旬に共通に存在する水温データのみを使用した。用いたデータセッ

トは、1987~2011年の23年間、月別に43~59個、全体で585個であった。

結 果

各採集地における殻重量組成および成熟状況 各採集地で得られたマナマコ標本の殻重量組成を未成熟・成熟個体に分けてFig.3に示す。標本は調査1回あたり概ね100個体を上限として、主に全重量40~200g前後の個体を採集することとしたため、Fig.3に示された殻重量組成は各採集地における母集団の組成を必ずしも反映していると

はいえない。しかし、積丹町を除き、100個体以上の標本が得られていること、また成熟を開始する殻重量階級付近の標本数も少なくとも20個体以上得られていることから、成熟サイズの検討に支障はないものと判断した。

北斗市茂辺地では殻重量範囲19~281gであり、成熟個体は殻重量60g台で出現し、100g台で半数が成熟個体を占め、200gですべての個体が成熟していた。奥尻町では殻重量範囲14~191gであり、成熟個体は50g台で出現し、100g台以上で半数が成熟個体を占め、160gですべての個体が成熟していた。積丹町では殻重量範囲55~226gであ

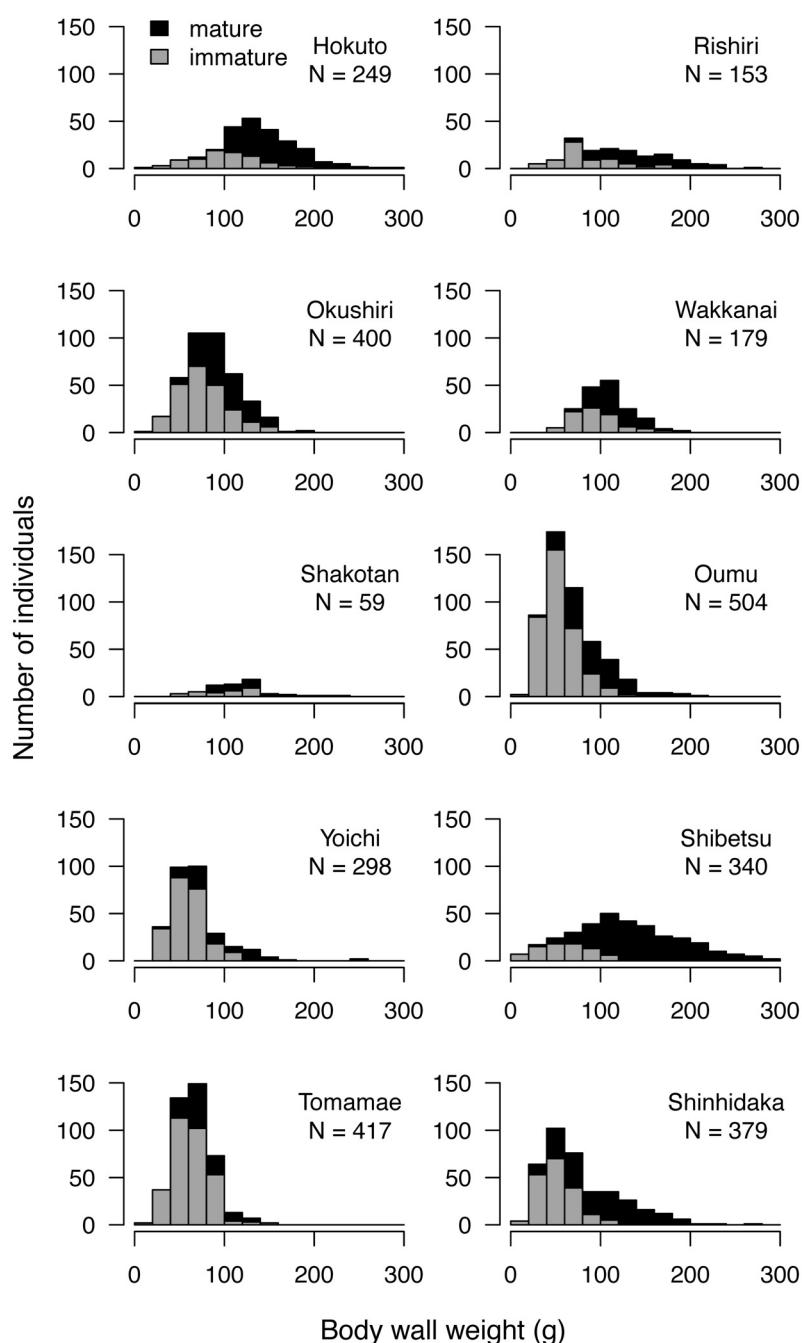


Fig.3 Body wall weight frequency distribution of Japanese sea cucumbers collected from the 10 localities.

り, 成熟個体は80g台で出現し, 120g台以上で半数が成熟個体を占め, 140gですべての個体が成熟していた。余市町では殻重量範囲25~248gであり, 成熟個体は30g台で出現し, 100g台以上で半数が成熟個体を占め, 130gですべての個体が成熟していた。苦前町では殻重量範囲16~154gであり, 成熟個体は40g台で出現し, 100g台以上で半数が成熟個体を占め, 140gですべての個体が成熟していた。利尻町沓形では殻重量範囲27~301gであり, 成熟個体は60g台で出現し, 110g台以上で半数が成熟個体を占め, 230gですべての個体が成熟していた。稚内市では殻重量範囲52~186gであり, 成熟個体は60g台で出現し, 90g台以上で半数が成熟個体を占め, 180gですべての個体が成熟していた。雄武町では殻重量範囲19~219

Table 2 Parameter (β_0 , β_1) and 50% mature body wall weight (SM50) of the size and maturity relationship model (logistic regression) estimated for each locality using GLM.

Locality	β_0	β_1	SM ₅₀ (g)
Hokuto	-16.36	3.42	109.0
Okushiri	-8.70	1.91	94.4
Shakotan	-11.15	2.36	105.9
Yoichi	-11.47	2.51	96.0
Tomamae	-8.04	1.70	106.5
Rishiri	-11.17	2.35	107.1
Wakkanai	-12.18	2.63	98.8
Oumu	-13.91	3.22	80.7
Shibetsu	-12.13	2.93	70.6
Shinhidaka	-9.15	2.27	65.3

Table 3 Likelihood ratio test results indicating differences among localities with respect to the body size and maturity relationship model (p value).

Locality	Hokuto	Okushiri	Shakotan	Yoichi	Tomamae	Rishiri	Wakkanai	Oumu	Shibetsu
Okushiri	0.075	—							
Shakotan	0.884	0.302	—						
Yoichi	0.041	0.244	0.325	—					
Tomamae	0.274	0.148	0.985	0.739	—				
Rishiri	0.932	0.073	0.906	0.186	0.484	—			
Wakkanai	0.120	0.478	0.394	0.627	0.735	0.232	—		
Oumu	0.000*	0.026	0.000*	0.008	0.012	0.000*	0.000*	—	
Shibetsu	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.015	—
Shinhidaka	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.469

*; < 0.001

gであり, 成熟個体は20g台で出現し, 70g台以上で半数が成熟個体を占め, 130gですべての個体が成熟していた。標津町では殻重量範囲10~375gであり, 成熟個体は20g台で出現し, 70g台以上で半数が成熟個体を占め, 120gですべての個体が成熟していた。新ひだか町では殻重量範囲16~276gであり, 成熟個体は20g台で出現し, 70g台以上で半数が成熟個体を占め, 120gですべての個体が成熟していた。

各採集地における体サイズー成熟関係の推定 50% 成熟殻重量には採集地による違いが見られ (Table 2, Fig.4), 北斗市, 積丹町, 苦前町および利尻町では100g台, 奥尻町, 余市町および稚内市では90g台、雄武町で80g台, 標津町および新ひだか町では70g台以下であった。

体サイズー成熟関係における海域間差の検討 体サイズと成熟割合の関係における採集地間の差を検討した結果, 地理的な位置とある程度の対応があった (Table 3)。北斗市から稚内市にかけての採集地間では, 北斗市と余市町の組み合わせにのみ有意差があり, それ以外の組み合わせでは帰無仮説を棄却できなかった。雄武町は, すべての採集地との組み合わせで有意差があった。標津町と新ひだか町は, 両者の組み合わせでは帰無仮説を棄却できなかつたが, 他の採集地との組み合わせでは有意差があった。これらのことから, 体サイズー成熟関係における海域間差の検討には, 北斗市, 奥尻町, 積丹町, 余市町, 苦前町, 利尻町沓形および稚内市から構成される海域, 雄武町海域, そして標津町と新ひだか町から構成される海域の3区分を用いることが妥当であると判断された。

海域区分変数を入れないモデル (model 1), 10カ所の採集地を海域区分変数としたモデル (model 2), 尤度比検定の結果に基づいて, (北斗市&奥尻町&積丹町&余市町&苦前町&利尻町沓形&稚内市), (雄武町), (標津町&新

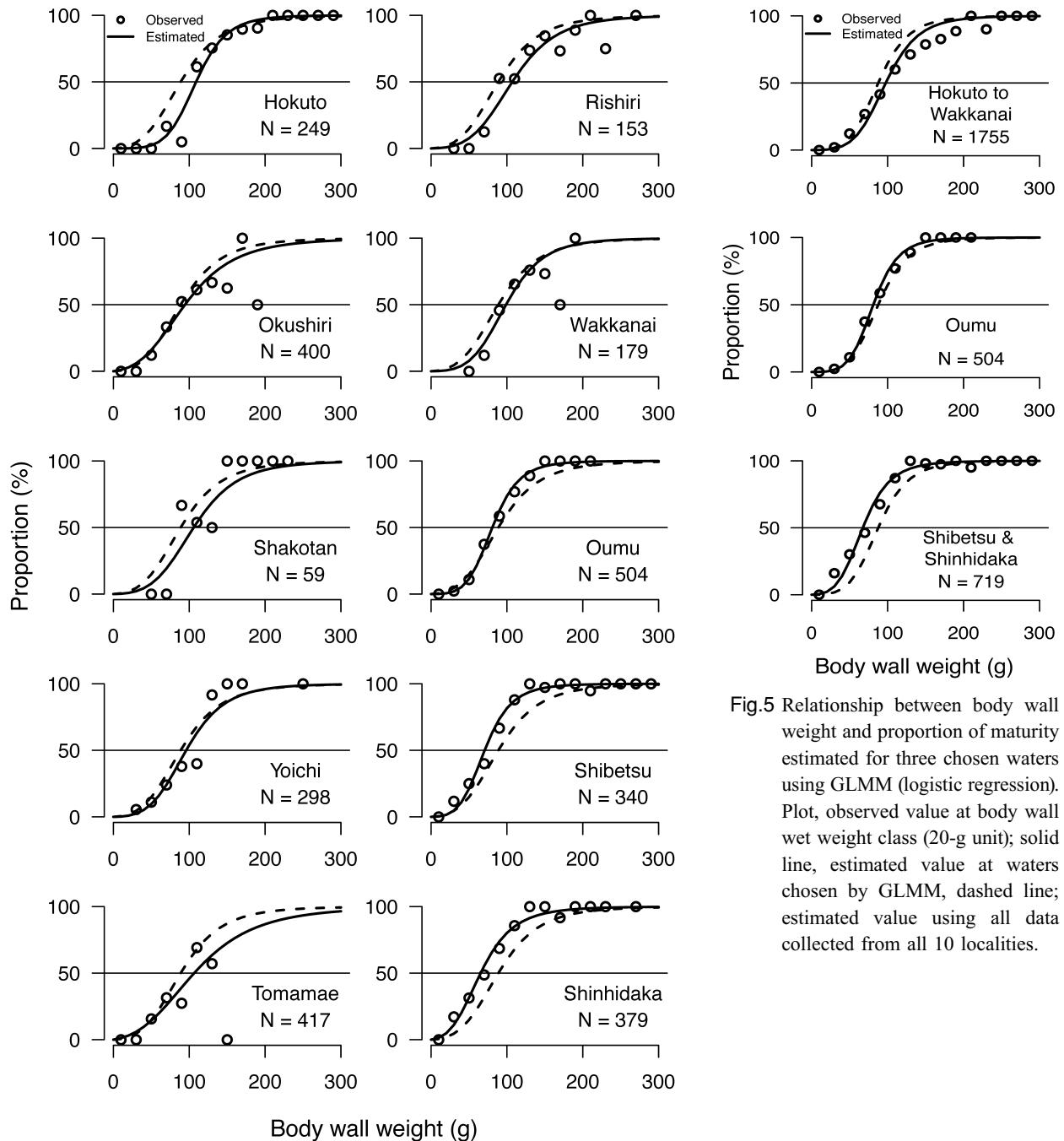


Fig.4 Relationship between body wall wet weight and the proportion of maturity estimated for each locality using a GLM (logistic regression).

Plot, observed value for each body wall wet-weight class (20-g unit); solid line, estimated value at each locality; dashed line, estimated value using all data collected from all 10 localities combined.

ひだか町) の3区分を海域区分変数としたモデル (model 3) について、GLMMによるAICを比較した結果、model 3のAICが最小となった (Table 4)。

成熟体サイズの推定 GLMMにより3海域毎に体サイズと成熟割合の関係を推定し、50% 成熟殻重量及び50% 成熟体重を算出した (Table 5, Fig.5)。50% 成熟殻重量は、北斗市～稚内市では97.5 g (95% 信頼区間: 94.5～100.5 g),

雄武町では81.2 g (76.9～86.2 g), 標津町＆新ひだか町では67.4 g (63.2～71.6 g) であった。また、50% 成熟体重は、北斗市～稚内市では161.2 g (95% 信頼区間: 155.9～166.8 g), 雄武町では146.8 g (137.5～158.8 g), 標津町・新ひだか町では104.7 g (97.9～111.4 g) であった。

標本採集海域における水温の検討 AIC最小モデル (model 3) において成熟サイズの海域間差が認められたことにつ

Fig.5 Relationship between body wall weight and proportion of maturity estimated for three chosen waters using GLMM (logistic regression). Plot, observed value at body wall wet weight class (20-g unit); solid line, estimated value at waters chosen by GLMM, dashed line; estimated value using all data collected from all 10 localities.

いて、月別水温から検討した (Fig.6)。

3つに区分された海域、すなわち渡島（水温観測地：知内）～宗谷（水温観測地：脊形）、オホーツク（水温観測地：紋別）および根室（水温観測地：羅臼）・日高（水温観測地：えりも）に分けて、季節ごとの水温の特徴を以下に示す。オホーツクと根室・日高は、渡島～宗谷に比べ、冬季（12～3月）の水温が低かった。ただし、渡島～宗谷の各観測地間でも相当大きな水温差がみられ、特に留萌で低水温傾向が認められた。また、昇温期である4月では根室、オホーツク、日高の順に低く、渡島～宗谷の観測地間の水温差は小さかった。5月では4月とやや異なり、根室、日高、オホーツクの順に低く、また、これら3ヶ所では、渡島～宗谷との水温差は冬季より小さかった。オホーツクでは5月以降の水温上昇が大きく、それまで高かった宗谷（脊形）の水温とほぼ同じ値を示した。8～9月までの各地の水温変化（昇温）傾向はほぼ同じであり、水温の高低の逆転は基本的には認められない。10

月以降の下降期では、オホーツクで大きい低下がみられ、また根室と日高海域ではほぼ同じ値を示していた。また、根室と日高では各月の水温には少なからず差は認められるが、年間を通じた水温の変化傾向はおおむね一致していた。

以上のことから、成熟サイズでみられた海域区分（標本採集地）を海水温からの特徴との対応付けをすると成熟サイズの最も大きい渡島～宗谷（北斗市&奥尻町&積丹町&余市町&苫前町&利尻町脊形&稚内市）では、他の2つの海域区分に比べ高水温傾向であった。また、比較的成熟サイズの小さいオホーツク（雄武町）と根室・日高（標津町&新ひだか町）では低水温傾向が認められた。さらに、成熟サイズがより小さい根室・日高では、夏季（5～8および9月）の水温は冬季に低水温であったオホーツクに比べ低かった。

Table 4 Division of the coastal waters using GLMM and the AIC of each model.

No.	GLMM structure (combination of waters)	Number of waters	AIC
1	(Hokuto & Okushiri & Shakotan & Yoichi & Tomamae & Rishiri & Wakkai & Oumu & Shibetsu & Shinhidaka)	1	2659.8
2	Hokuto, Okushiri, Shakotan, Yoichi, Rishiri, Tomamae Wakkai, Oumu, Shibetsu, Shinhidaka	10	2661.7
3	(Hokuto & Okushiri & Shakotan & Yoichi & Tomamae & Rishiri & Wakkai), (Oumu), (Shibetsu & Shinhidaka)	3	2651.0

Table 5 Parameter (β_0 , β_1) and 50% maturity size (body wall weight, SM50) in the size and maturity relationship model (logistic regression) estimated for the 3 coastal waters using GLMM.
a: body wall weight, b: total wet weight.

a: body wall weight

Combination of waters	β_0	β_1	SM ₅₀ (g)	SM ₅₀ 95% confidence interval
Hokuto - Wakkai	-13.75	2.99	97.5	94.7 - 100.5
Oumu	-14.89	3.44	81.2	76.9 - 86.2
Shibetsu & Shinhidaka	-11.46	2.82	67.4	63.2 - 71.6

b. total wet weight

Combination of waters	β_0	β_1	SM ₅₀ (g)	SM ₅₀ 95% confidence interval
Hokuto - Wakkai	-12.20	2.24	161.2	155.9 - 166.8
Oumu	-13.30	2.52	146.8	137.5 - 158.8
Shibetsu & Shinhidaka	-11.01	2.33	104.7	97.9 - 111.4

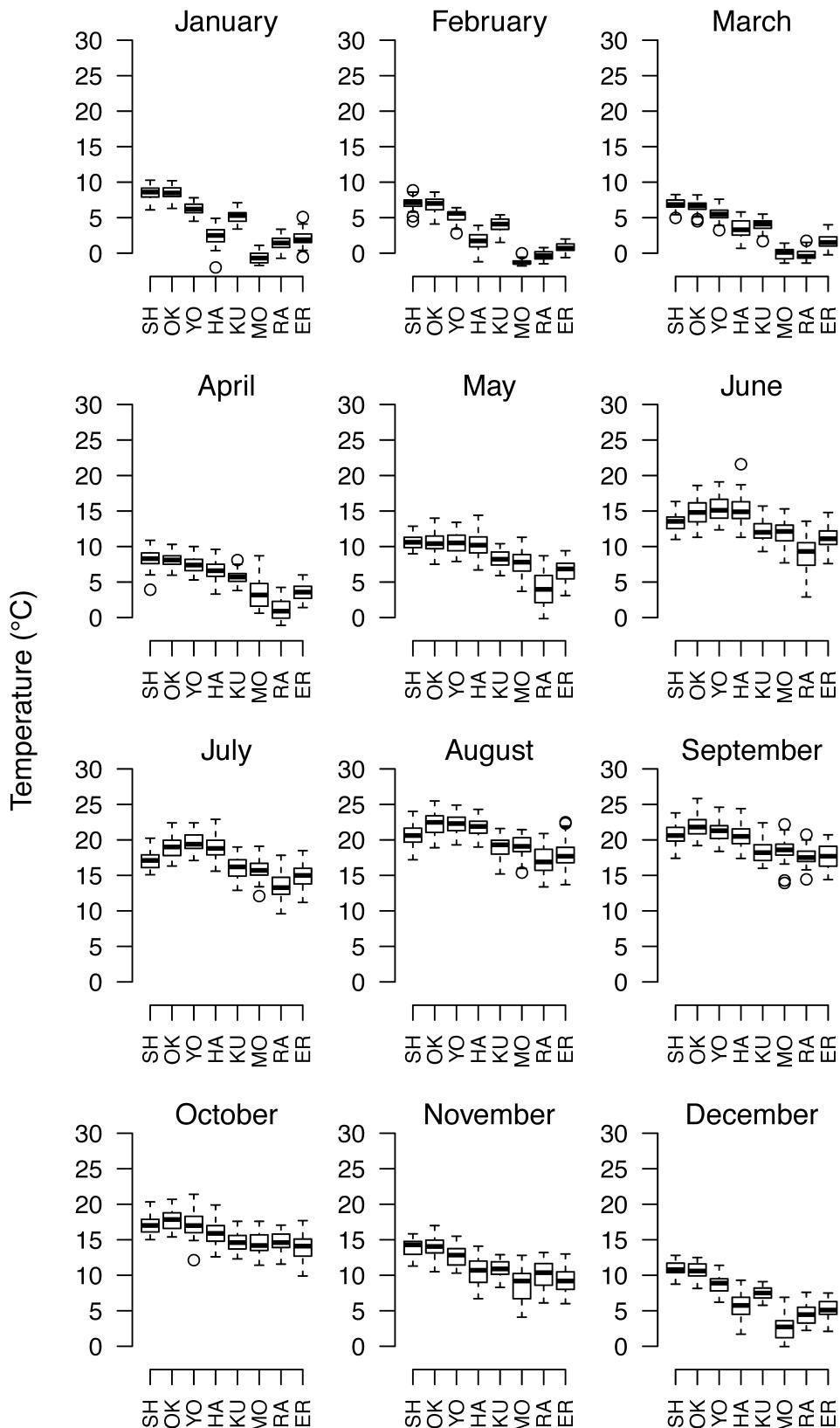


Fig.6 Monthly variation in sea water temperature at 8 stations along the Hokkaido coast, expressed by Tukey's box-and-whisker plots. Rectangle, interquartile range; center line, median; bar, maximum minimum range, except for abnormal values; open circles, abnormal values. Observation stations: SH, Shiruchi; OK, Okushiri; YO, Yoichi; HA, Haboro; KU, Kutsugata; MO, Monbetsu; RA, Rausu; ER, Erimo.

考 察

殻重量と成熟の関係 本研究では、北海道各地におけるマナマコの成熟サイズおよびその成熟サイズの海域間差を検討することを目的としたため、体サイズおよび海域区分を一般化線形混合モデルの固定効果とし、同一海域区分における採集日の異なる標本群はランダム効果として扱った。このため、成長や成熟の進行に伴う体サイズの変化や体サイズによる産卵期の違いが存在する場合には、成熟サイズの推定値に採集時期が影響している可能性がある。また、生息環境の年変化によって成熟サイズが変化することも考えられる。

マナマコの成熟サイズに関連しては、これまで、生物学的最小形として殻重量 58~60g (崔, 1963), あるいは陸奥湾での雌雄別 (それぞれ体重 130g と 87g) の報告 (桐原, 2009) がある。また、山形県においては「外殻重量（開腹し、内臓を全て取り除いた重量）が 100g 前後から成熟がはじまり、150g 以上のものは概ね成熟へ向かう」との調査結果がある (鈴木, 2013)。北海道周辺海域では、宗谷湾で行った生殖巣形成の有無から判断した最小成熟個体は 41.8g, 50% 成熟重量 53.1g であった (棄原・清河, 1995) が、殻重量か体重かを明示していないものの、数値から判断すると殻重量と推察される。本研究で得られた稚内市の 50% 成熟殻重量は 98.8g, また北斗市～稚内市の海域区分で推定された場合には 97.5g, 95% 信頼区間は 94.7~100.5g であり、棄原・清河 (1995) の結果より大きかった。棄原・清河 (1995) との差違は、扱った標本の初期成長や成熟進行過程から産卵期までの年による成長の違い、あるいは観察方法の違いなどが原因となっている可能性がある。

今回の成熟サイズの検討は、簡易的な肉眼観察に基づくものであり、また雌雄を区別して行っていないことから、今後は、生殖腺の組織観察による成熟度判定等の導入によって詳細な分析が必要である。

海域間差の要因 結果で述べたように、区分された3海域の成熟サイズと生息域として代表させた海域の沿岸水温の関係には対応関係が認められることから、両者には関連があることが示唆される。ただし、本研究ではいくつかの標本採集地では水温観測データが存在しなかつたため、標本採集地での成熟サイズと水温との直接の関係を調べることはできなかった。

また、生息水温と成長の関係は本州での断片的な知見 (濱野ら, 1989) があるのみで、関連することが示唆された生息水温が成熟サイズの大小にどのように影響するのか、これまで北海道では全く知られていない。

このように、水温と成長・成熟に関する知見は限られていることから、今後、飼育実験などにより、詳しい分

析が求められる。その際には、今回十分には明らかに出来なかった、水温の季節変化などの海域特性との関連性について、詳しく検討する必要がある。

マナマコの成熟サイズが海域間で異なることに関して、系群あるいは成熟年齢の違いに起因する可能性がある。北海道内には mtDNA や msDNA で判別できる系群は確認できなかったこと (酒井・菅野, 2013) から、系群については、少なくとも現在の知見では成熟サイズの海域間差の要因であると考えることはできない。また、成熟年齢に関しては、これまで年齢形質がみつかっていなかつたため、年齢査定が行われていないのが現状である。しかし、最近年齢形質が発見されたことから (吉村・中島, 2009), その技術を用いた成果が期待される。成熟年齢は水産資源の管理方策を検討する際に最も重要な情報の一つであることから、今後その解明が望まれる。

成熟サイズを漁獲規制サイズの基準とする場合の留意点

まず対象海域とその適用範囲について考える。本研究により、採集地によって成熟と体サイズの関係 (成熟曲線) には違いがあること、また一般化線形混合モデル GLMM によって、3つの採集地区分、すなわち“北斗市～稚内市”, “雄武町”, “標津町＆新ひだか町”を代表とする海域では、それぞれの成熟曲線や成熟サイズを採用することが妥当であると判断された。

このことは、成熟サイズを基準とした漁獲サイズ規制を行う場合は、各海域の成熟サイズに対応した漁獲規制サイズを採用することが重要であることを意味する。2011 年の北海道全体のマナマコ漁獲量 2,568 トンのうち約 77 % を占めるほどの大きな生産海域 (北海道水産現勢による) である津軽海峡と北海道日本海海域において、同一の成熟サイズで表せる可能性が示唆されたことは重要であり、この海域の範囲内での漁獲規制サイズ検討の際に、注意深く考慮すべき事項である。

一方で、オホーツク海や根室海峡、さらには噴火湾を含むえりも以西海域において、今回の研究結果を直ちに導入することは危険である。また、本研究において実施された採集地点と他の地点の間に存在するマナマコ漁場への導入も同様である。今後、標本採集地を増やして、海域区分を詳細に検討できるような調査が必要である。

次に、現在各地で取り組まれている漁獲サイズの規制と資源管理の面から検討を行う。これまでの指導所や漁業協同組合等への聞き取り調査から、各地区あるいは漁業協同組合では漁獲規制サイズ (体重) は 100g を中心として、一部 130g や 150g に設定されているが、中には漁法により、100g より小さいサイズとなっている場合もみられる。本研究により、50% 成熟体重は、北斗市～稚内市では 161g、雄武町では 147g、標津町・新ひだか町では 105

gであった。

このように、現状の漁獲規制サイズは多くの地区あるいは漁業協同組合において50%成熟体重を下回っていると考えられ、成熟サイズの視点でみた場合、各地で行われている漁獲サイズ規制には、まだ改善の余地があると考えられる。特に、本研究で50%成熟体重が最も大きい161gと推定された海域では、資源の悪化が懸念される場合、漁獲量や漁獲努力量の制限などの資源管理措置を含めて、サイズ規制についても早急な検討が必要である。

さらに、成熟サイズと成長や漁期との関連についても検討を加える。留萌や宗谷管内など日本海を中心とするナマコを多獲する海域においては、桁曳き漁業による漁獲が大きい割合を占め、その漁期は6月中旬～8月に設定されている場合が多い。本研究では、産卵盛期に入る前の時期である7～8月を中心に、各海域の産卵期に合わせて、調査時期を設定した。産卵期とマナマコ漁業の漁期が重なる海域では、漁獲サイズ規制を見直す際に本研究結果の成熟サイズは、ほぼそのまま、検討に資することが可能である。しかし、産卵期以外に漁期を設定している場合、漁期が産卵期の前であれば、その間に成長を把握する必要がある。例えば3～4月に漁期が設定され、産卵期が7～8月である場合、その間に成長（増重）が見込まれるので、その成長（増重）分を規制サイズに組み込む必要がある。また、産卵期以降秋から冬にかけて漁期が設定されている場合は、翌年産卵期までの成長量を加味する必要がある。いずれの場合も産卵期の成熟サイズより小さい値を設定しない限り、サイズ規制は資源管理上有効に働くと考えられるが、いずれにしろ、現在知見がほとんどないマナマコの詳しい季節的成長や成長にかかる要因を知ることが不可欠である。

謝 辞

本研究は、北海道が進める「マナマコ資源増大推進事業」の中で、「資源管理対策事業」として平成19～21年度に実施された調査結果を中心に、一部水産技術普及指導所や稚内水産試験場が実施・取得した結果をとりまとめたものである。調査に参加した北海道水産試験場資源管理部および資源増殖部門の研究者、北海道水産林務部資源管理課および水産技術普及指導所の方々には多大なる支援と協力を頂いた。特に、「マナマコ資源増大推進事業」に参画し、あるいは指導普及活動として取り組み、各地において標本採集および生物測定を行った、後志北部、奥尻、渡島中部、胆振、日高静内支所、根室標津支所、網走西部、稚内、利尻および留萌北部の各地区水産技術普及指導所に勤務されていた方々には、この上ないほどの協力を頂いたことに対し、心から感謝を申し上げる。

文 献

- Broström G, Holmberg H. Generalized linear models with clustered data: Fixed and random effects models. *Computational Statistics and Data Analysis* 2011; 55: 3123–3134.
- 五嶋聖治. 第2章生態. 「ナマコ学－生物・産業・文化－(高橋明義・奥村誠一共編)」. 成山堂書店, 東京. 2012; 19–34.
- 濱野龍夫, 網尾勝, 林健一. 潮間帯および人工藻礁域におけるマナマコ個体群の動態. *水産増殖* 1989; 37: 179–186.
- 廣田将仁. ナマコ流通の動態と供給体制の対応に関する考察. *漁業経済研究* 2011; 55: 129–147.
- 桐原慎二. 海鼠の生態と資源管理－2. 青森県水産総合センター増養殖研究所だより 2009; 114: 8–10.
- 木下虎一郎, 渋谷三五郎, 海鼠産卵期調査総括. 北海道産海鼠の産卵期から観た禁漁規制に就いて. *北水試旬報* 1939; 430: 1–6.
- 棄原康裕, 清河進. IV. マナマコ人工種苗生産の確立. 平成元年度稚内水産試験場事業報告書 1990; 168–171.
- 棄原康裕. マナマコの話. 産卵期調査から資源管理まで. *北水試だより* 1991; 14: 1–7.
- 棄原康裕, 清河進. IV. プラザ関連調査研究事業. 1. マナマコ産卵期確認調査. 平成2年度稚内水産試験場事業報告書 1991; 243–245.
- 棄原康裕, 清河進. 3. マナマコ資源管理技術開発試験. 平成5年度稚内水産試験場事業報告書 1994; 219–228.
- 棄原康裕, 清河進. 3. マナマコ資源管理技術開発試験. 平成6年度稚内水産試験場事業報告書 1995; 192–200.
- 小林雅行. 仙法志沖に於けるマナマコ産卵期調査結果について. 利尻島の水産だより 2002; 93: 12.
- 久保伊津男, 吉原友吉. 「水産資源学」共立出版, 東京. 1957.
- 久保拓弥, 粕谷英一. 「個体差」の統計モデリング. 日本生態学会誌 2006; 56: 181–190.
- 丸邦義. 根室支庁管内のマナマコの産卵期と禁漁期の改正. 試験研究は今 1997; 314: 1–2.
- Mitsukuri, K. Studies on Actionpodous Holothurioidae. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 1912; 2: 1–284.
- 岡本健太郎, 山本潤, 佐藤朱美, 峰寛明, 田保知佳. 追直漁港周辺に生息するマナマコの成長式推定の試み. 日本水産工学会学術講演会講演論文集 2008; 20: 235–236.
- 崔相. 「なまこの研究－マナマコの形態・生態・増殖－」海文堂, 東京. 1963.

- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2013.
- 酒井勇一, 菅野愛美. マナマコ放流用種苗生産指針 (2013年). 北海道立総合研究機構栽培水産試験場・東北大大学院農学研究科.
<http://www.fishexp.hro.or.jp/cont/saibai/section/saibai/hg40a70000005li-att/namakoshishin.pdf> (2013.12.09)
- 鈴木裕之. マナマコの産卵期と成熟サイズ
<http://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/147010/images/seika/22seika/2010kensuishi01.pdf> (2013.12.09)
- 高柳志朗, 前田圭司, 佐野稔, 本前伸一. エビかごを用いた海中飼育によるマナマコ成長試験. 北水試だより 2010 ; 80 : 11-15.
- 高谷義幸, 川真田憲治. マナマコの生殖巣発達段階の簡易判定基準. 北水試研報 1996 ; 49 : 23-26.
- Tanaka, Y. Seasonal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1958; 9 (1): 29-36.
- 山口幹人, 瀧谷明郎, 山口宏史, 三宅博哉, 高柳志朗. 石狩湾系ニシンのVPAに基づく種苗放流および資源管理効果の試算. 北水試研報 2010 ; 77 : 21-27.
- Yamane y, Hamano T. New size measurement for the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) estimated from the body length and body breadth. *Fishery Science* 2006; 72: 585-589.
- 吉村圭三, 中島幹二. 北海道産マナマコの石灰環断面に現れる成長線の形成時期及び年齢との関係. 平成21年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 2009 ; 102.

2011年8月と10月の北海道西部日本海において観察されたスケトウダラ幼魚の食性

野村 温¹, 久保徹郎², 志田 修^{*3}, 板谷和彦⁴, 伊藤 靖⁵, 桜井泰憲^{**2}

¹ 北海道大学大学院工学院, ² 北海道大学大学院水産科学研究院, ³ 北海道立総合研究機構中央水産試験場,

⁴ 北海道立総合研究機構稚内水産試験場, ⁵ 漁港漁場漁村総合研究所

Feeding habits of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in August and October 2011

ATSUSHI NOMURA¹, TETSUROU KUBO², OSAMU SHIDA^{*3}, KAZUHIKO ITAYA⁴, YASUSHI ITO⁵ AND YASUNORI SAKURAI^{**2}

¹ Graduate School of Engineering Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060–8628,

² Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato-cho, Hokkaido 041–8611,

³ Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046–8555,

⁴ Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Wakkanai, Hokkaido 097–0001,

⁵ The Japanese Institute of Fisheries Infrastructure and Communities, Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101–0032, Japan

Feeding habits of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* occurring in waters of the western Hokkaido, Japan Sea collected in August and October, 2011 were examined by the stomach contents analysis. The main stomach content items were *Themisto japonica*, *Metridia pacifica* and *Euphausia pacifica*. The monthly analysis showed that the index of relative importance (IRI) of *T. japonica* was high in August and low in October. On the contrary, IRI of *M. pacifica* and *E. pacifica* were high in October. It is observed that IRI of the main stomach content items among the sampling stations were also different.

キーワード：胃内容物, 食性, スケトウダラ, 北部日本海, 幼魚

スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 北部日本海系群は、石川県以北本州西岸、北海道西側、サハリン西岸および北部沿海州にかけて分布する (Tuji, 1989)。本系群の主な産卵場は北部日本海の檜山沖や岩内湾にあり (三宅, 2012), 産出された卵は沿岸に沿って北上する対馬暖流により北へと輸送される (三宅ら, 2008)。その過程で、石狩湾以北の沿岸域の表中層域で仔稚魚期を過ごし (板谷ら, 2009), 幼魚は夏季に雄冬岬沖から礼文島周辺海域に至る大陸棚海域で表層から底層へと生活の場を移すと考えられている (佐々木・夏目, 1990)。

本系群は北海道日本海海域における主要な漁獲対象であり、冲合底びき網漁業と刺し網、はえ縄漁業などで漁獲される。しかし、本海域における漁獲量は、1980年度以降で見ると、1992年度の13.9万トンを最高にその後減少し続けており、近年では資源量、加入量 (2歳魚時点の

資源量) ともに低水準で推移している (山下・千村, 2012)。スケトウダラの生活史初期における減耗は大きく、仔魚の発生と餌生物の分布の重なり (桜井・三宅, 1994) や、稚魚期の餌環境 (中谷ら, 2003) が年級豊度に大きく影響を与える可能性が示唆されている。特に日本海では生活史初期の海洋環境が年級豊度の決定に重要であることが報告されている (Funamoto, 2007; 板谷ら, 2009; 三宅, 2012)。一方、底層生活移行後の幼魚は、瞬間的な死亡率はそれ以前のステージと比較して低いものの、その期間の長さから累積の死亡は大きくなること、生態系の食物網の中で二次生産者と高次消費者を結ぶ重要な役割を果たしていることなど、その重要性が指摘されており (Brodeur and Wilson, 1996)，分布や食性などの生態研究はスケトウダラの年級豊度決定機構の解明だけでなく、海洋生態系研究においても重要な課題と考えられる。北

報文番号 A501 (2013年12月24日受理)

*Tel: 0135–23–8707. Fax: 0135–23–8708. E-mail: shida-osamu@hro.or.jp

**Tel: 0138–40–8861. Fax: 0138–40–8861. E-mail: sakurai@fish.hokudai.ac.jp

部日本海系群のスケトウダラでは、積丹半島以南海域の成魚の食性が調べられているが（小岡ら, 1997; Kooka *et al.*, 1998, 2001），幼魚の食性に関する研究がされた例はない。そこで本研究では、スケトウダラ北部日本海系群における底層生活移行後の幼魚の食性を、胃内容物分析によって明らかにすることを目的とした。

試料（材料）と方法

胃内容物分析に供したスケトウダラ幼魚の標本は、北海道西部日本海の大陸棚海域で実施された稚内水産試験場試験調査船「北洋丸」（総トン数237 t）による、2011年8月24日～9月1日の「スケトウダラ魚群分布調査および道西日本海底魚資源調査（1次）」（以下、8月調査）、2011年10月12日～10月25日の「スケトウダラ産卵群漁期前分布調査、および道西日本海底魚資源調査（3次）」（以下、10月調査）において着底オッタートロールネット（網口高さ3.0 m, 袖先間隔15 m, 内網目合15 mm）により採集した。8月調査は、武藏堆東側海域の2点（SK01, SK02）、留萌沖の4点（SK06～SK09）の計6点（Fig.1）、10月調査は、武藏堆東側海域の1点（AK10）、留萌沖の4点（AK05～AK07, AK09）の計5点（Fig.2）で採集した。曳網は日中7～16時に行い、原則曳網時間は30分、速力を3ktとした。曳網毎に曳網水深および曳網層の水温をネットレコーダFNR80（古野電気株式会社）を用いて記録し、ネットモニターを用いてネットが着底していることを確認しながら曳網した。採集した標本は、船上で計量後、直ちに冷凍して研究室に持ち帰った。

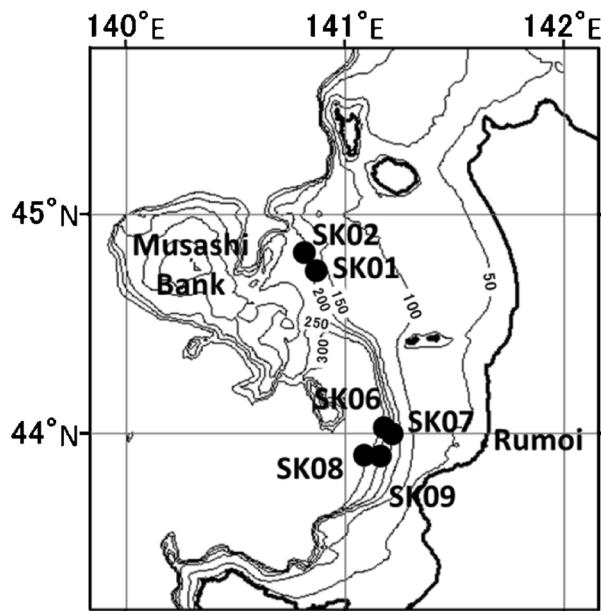


Fig.1 Sampling stations for juvenile walleye pollock using bottom trawl-net in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in August 2011.

スケトウダラ幼魚の標本は、研究室で解凍後、耳石に用いた年齢査定で0歳魚であることを確認し、調査点ごとにランダムに30個体抽出した。抽出した標本は、尾叉長を1mm単位で、体重を0.1g単位で測定した。採集数が30個体未満の場合は全個体計測した。測定後、魚体ごと10%中性ホルマリン溶液で固定した。胃内容物分析は、胃が反転した幼魚を除外し、8月調査で採集された標本158個体、10月調査の121個体の計279個体を行った。胃内容物は、実体顕微鏡を用いて可能な限り種まで同定し、種までの同定が不可能なものは、属や科などの段階の餌項目として識別した。識別後、餌項目ごとに計数し、ろ紙で水分を吸収した後、湿重量を0.0001g単位で測定した。ただし、胃内容物中の識別不可能な粘性の高い物質については分析から除外した。

餌項目ごとに、胃内容物からの個体数割合（N%）、重量割合（W%）、出現頻度（F%）を求めた。これらの値から、餌項目ごとに相対重要度指数（IRI%）（Pinkas *et al.*, 1971）を算出し、月別、体長別、調査点別に比較した。

各餌項目*i*の相対重要度指数（IRI%）は、以下の式から算出した。

$$\text{IRI}_i (\%) = \frac{\{N_i (\%) + W_i (\%)\} \times F_i (\%)}{\sum \{N_i (\%) + W_i (\%)\} \times F_i (\%)} \times 100$$

結果

各調査点の海域、日付、曳網水深および曳網層の水温と、胃内容物分析に供したスケトウダラ幼魚の個体数、平均尾叉長、体重および空胃率をTable.1に示した。曳網

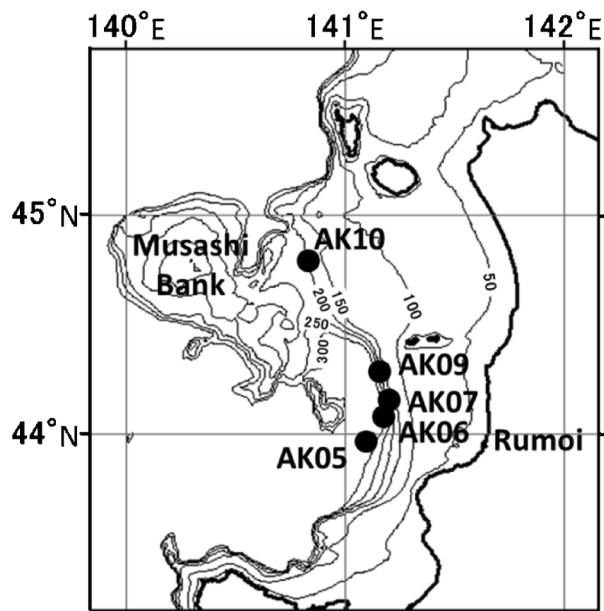


Fig.2 Sampling stations for juvenile walleye pollock using bottom trawl-net in waters of the western Hokkaido, Japan Sea in October 2011.

は、武蔵堆東側海域および留萌沖で合計11回実施し、すべての調査点で幼魚が採集された。調査点の曳網水深は173~334m、曳網層の水温は1.0~6.6°Cであった。8月は水深173~208mの調査点で水温5.1~6.6°C、250~270mで2.4~4.1°C、316mで1.7°C、10月は183~200mで2.6~5.6°C、284mで1.5°C、334mで1.0°Cと、水深にともなって水温は低くなった。また、同程度の水深でも10月のほうが8月よりも水温が低かった。採集されたスケトウダラ

幼魚の尾叉長は8月が75~114mm、体重は2.6~10.5g、10月は78~126mm、2.9~13.6gにあった。調査点によって、平均尾叉長および体重に差が観察されたが、8月より10月の方が尾叉長、体重ともに大きくなっていた。空胃率は、武蔵堆東側海域のSK01で42.9%、AK10で13.8%と高かった。

8月、10月における各餌生物の個体数割合 (N(%))、重量割合 (W(%))、出現頻度 (F(%)) をTable 2に示した。

Table 1 Stomach content analysis data of juvenile walleye pollock sampled in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

Station	Area	Date	Towing depth(m)	Temperature at towing depth(°C)	number of juveniles ^{*1}	Mean fork length(mm) W/SD ^{*3}	Mean body weight(g) W/SD	Percentage of empty stomachs(%)
SK01	EMB ^{*2}	25-Aug	173	6.5	28	88.6±6.7	4.3±0.9	42.9
SK02	EMB	25-Aug	208	5.1	30	91.2±6.7	4.6±1.1	3.3
SK06	Off Rumoi	27-Aug	270	2.4	28	102.1±6.3	6.8±1.3	0
SK07	Off Rumoi	27-Aug	205	6.6	27	98.0±6.1	5.3±1.1	3.7
SK08	Off Rumoi	28-Aug	316	1.7	16	95.0±5.9	5.2±0.9	0
SK09	Off Rumoi	28-Aug	250	4.1	29	91.4±6.5	5.5±1.2	3.4
AK05	Off Rumoi	21-Oct	334	1.0	4	108.8±4.1	7.0±0.8	0
AK06	Off Rumoi	21-Oct	284	1.5	28	108.1±7.3	7.4±1.4	0
AK07	Off Rumoi	21-Oct	199	2.7	30	104.9±11.9	7.2±2.6	0
AK09	Off Rumoi	22-Oct	183	5.6	30	98.8±9.0	5.7±1.4	3.3
AK10	EMB	24-Oct	200	2.6	29	101.3±7.0	6.3±1.5	13.8

*1 equal number of stomach analysed

*2 EMB:the eastern part of Musashi Bank

*3 SD:Standard Deviation

Table 2 Relative ratio (%) of the food items in the diet of juvenile walleye pollock collected in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

	August			October		
	N(%)*1	W(%)*2	F(%)*3	N(%)	W(%)	F(%)
Aetideidae	1.8	0.6	14.6	2.3	0.4	22.3
<i>Neocalanus cristatus</i>	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	2.5
<i>Neocalanus plumchrus</i>	<0.1	<0.1	0.6	0	0	0
<i>Neocalanus</i> sp.	0.6	0.5	10.8	0.8	0.5	14.0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0.2	<0.1	1.3	0.2	<0.1	5.0
<i>Pseudocalanus</i> sp.	0.1	0	3.2	<0.1	0	0.8
<i>Eucalanus bungii</i>	0	0	0	<0.1	<0.1	0.8
<i>Paraeuchaeta</i> sp.	<0.1	<0.1	0.6	0.3	0.4	6.6
<i>Metridia pacifica</i>	44.5	12.3	70.9	73.8	12.7	77.7
<i>Scolecithricella minor</i>	1.2	<0.1	3.2	<0.1	<0.1	0.8
Calanoida	0	0	0	0.2	<0.1	1.7
<i>Inusitatomysis insolita</i>	0.4	3.0	7.6	0.7	3.7	14.9
Mysidae	1.5	4.6	13.3	0.8	3.9	13.2
Cumacea	0.5	3.5	8.2	0.1	0.1	2.5
Tanaidacea	0	0	0	<0.1	0	0.8
<i>Themisto japonica</i>	46.9	66.8	56.3	11.8	11.8	57.0
Physocephalata	0.1	<0.1	1.9	<0.1	<0.1	0.8
<i>Primno macropora</i>	<0.1	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	0.8
Gammaridea	0.4	2.6	7.0	0.4	0.8	7.4
Amphipoda	0.1	<0.1	1.3	0.1	0.1	3.3
<i>Euphausia pacifica</i>	<0.1	3.8	1.3	4.1	50.0	27.3
Euphausiidae	1.4	2.0	18.4	1.7	10.5	24.8
CRUSTACEA	0	0	0	0.2	0.4	5.8
Sagittidae	0	0	0	2.2	4.4	22.3
Number of stomachs examined	158			121		
Number of empty stomachs	14			5		

*1 N(%):Number percentage of individuals, *2 W(%):Wet weight percentage, *3 F(%):Appearance frequency

種まで同定できた餌生物は10種、目・科・属までのものを含めると合計24項目の餌生物が確認された。8月には、ニホンウミノミ *Themisto japonica* (N%)=46.9, W% = 66.8, F% = 56.3), および *Metridia pacifica* (N%)=44.5, W% = 12.3, F% = 70.9) が大きな割合を占めていた。10月には、*M. pacifica* (N%)=73.8, W% = 12.7, F% = 77.7), ツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* (N%)=4.1, W% = 50.0, F% = 27.3), *T. japonica* (N%)=11.8, W% = 11.8, F% = 57.0), および *E. pacifica*以外のオキアミ科Euphausiidae (N%)=1.7, W% = 10.5, F% = 24.8) が大きな割合を占

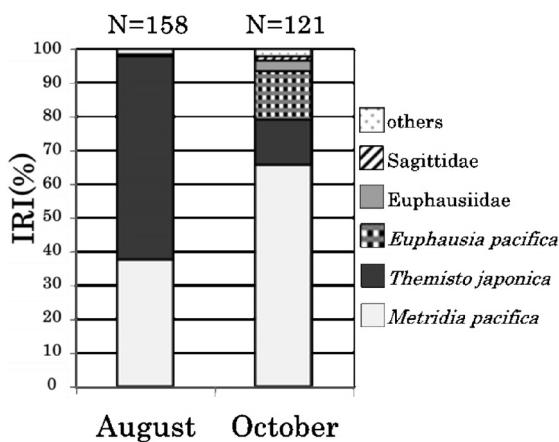


Fig.3 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) in juvenile walleye pollock collected in waters of the western Hokkaido, Japan Sea, in August and October 2011.

めていた。

全調査点の結果を合計し、8月、10月ごとの相対重要度指数 (IRI(%)) による胃内容物組成を Fig.3 に示した。8月は、*T. japonica* (IRI%)=59.8), および *M. pacifica* (IRI%)=37.6) の2種で97.4%と大部分を占めていた。10月は、*M. pacifica* (IRI%)=65.7) が最も高く、*E. pacifica* (IRI%)=14.4) がこれに次いでいた。8月に最も高かった*T. japonica*は13.2%と低下したが、これら3種で93.3%と大部分を占めた。また、10月では *E. pacifica*以外の Euphausiidae が3.0%, 毛顎類 Sagittidae が1.5%を占めた。その他の項目においては、各月とも1%を超えたものはなかった。

IRI(%)を調査点別にみると (Fig.4), 調査点による違いが認められた。ただし、8月ではSK01を除き *M. pacifica* (SK07, SK09) または *T. japonica* (SK06, SK08) の一方か、両種 (SK02) が80~90%以上を占めていた。武藏堆東側海域のSK01は、他の調査点と出現した餌生物が大きく異なり、*Neocalanus sp.*, *Inusitatomysis insolita* およびヨコエビ亜目 Gammaridea が78.2%を占めていた。10月はすべての調査点で *M. pacifica* が34.4%以上の高い値を示したが、8月に高い割合を占めていた *T. japonica* は、AK09 で27.9%を占めた以外はいずれも低い値となった。8月にほとんど観察されなかった *E. pacifica* は、AK06 および AK07 で高い値を示した。また、武藏堆東側海域の AK10 では、他の調査点と異なり、*M. pacifica* 以外に Aetideidae および

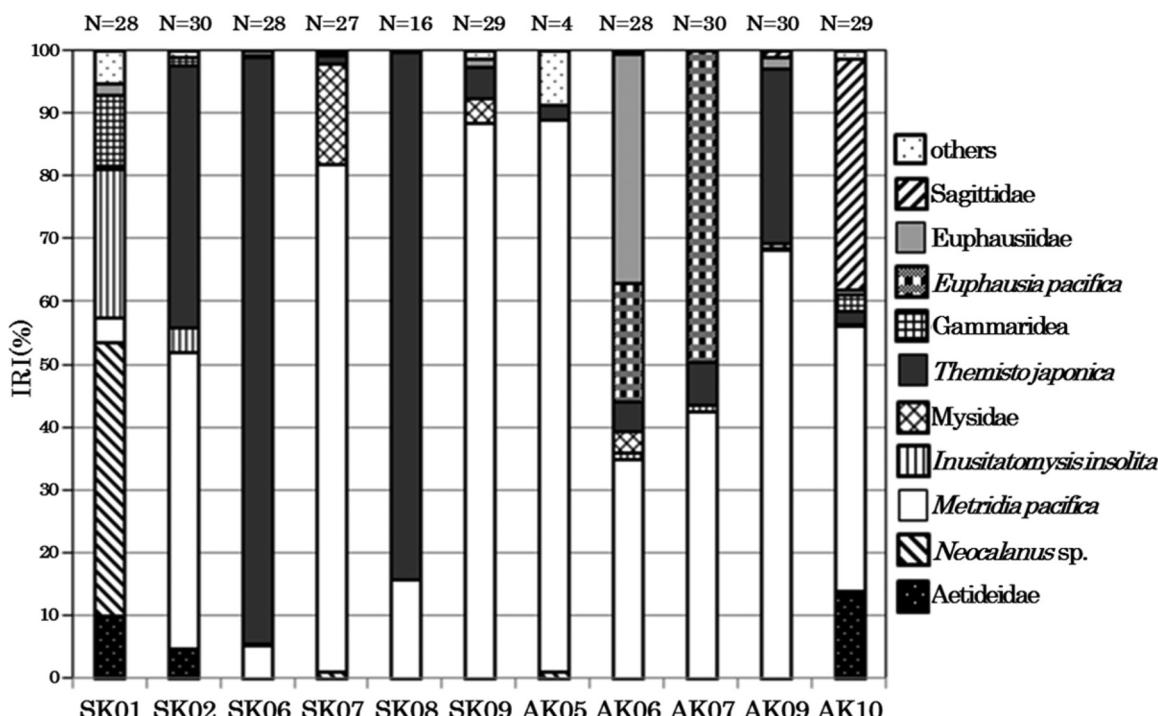


Fig.4 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) of juvenile walleye pollock among sampling stations.

Sagittidaeの割合が高かった。

AK06, AK07での体長階級ごとのIRI(%)を、Fig.5, Fig.6に示した。階級幅は10 mmとしたが、AK07では100 mm以下の個体数が少ないので100 mm以下を一つの体長群とした。これらの調査点では、幼魚の体長が大きくなるにつれて *E. pacifica* を含めたEuphausiidaeのIRI(%)は高くなる傾向が認められた。

考 察

本研究に供したスケトウダラ幼魚は、日中に着底トロール網により採集されたことから、大部分は海底付近に分布していたと考えられる。本研究において、胃内容物から出現した生物種は、カイアシ類、アミ類、端脚類およびオキアミ類等で、その多くが漂泳性 (pelagic) の動物プランクトンであり、北海道東部太平洋海域（道東）海域における Yamamura *et al.* (2002) のスケトウダラ幼魚の胃

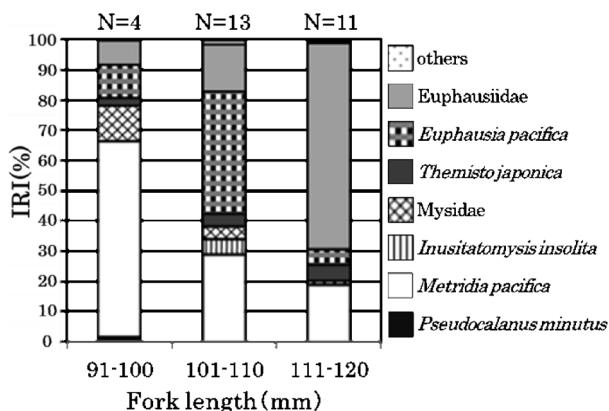


Fig.5 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) among size-classes of juvenile walleye pollock collected from station AK06 in October 2011.

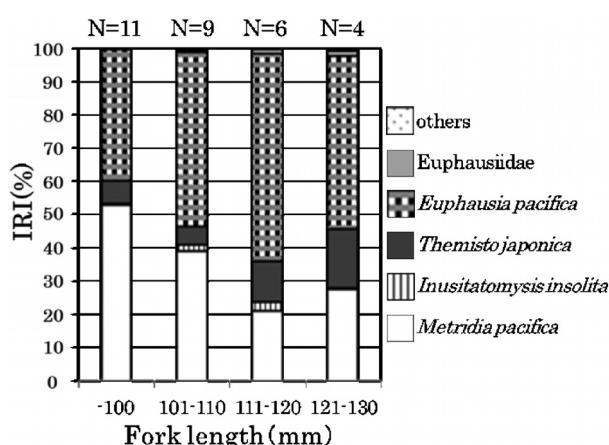


Fig.6 Composition of stomach contents by the index of relative importance (IRI) among size-classes of juvenile walleye pollock collected from station AK07 in October 2011.

内容物分析結果と一致した。かれらは、本種の下顎が上顎より前方に出ている形態的特徴から、漂泳性の動物プランクトンの捕食に適していると考察しており、本研究はこれを支持する結果であった。スケトウダラ幼魚は、日中は海底付近に分布し、夜間に浮上して漂泳性のプランクトンを摂餌する日周鉛直移動を行うことが知られており (Baily, 1989; Brodeur and Wilson, 1996)，摂餌の状態は時間に依存することが考えられる。本研究では、標本の採集は日中の7~16時に行ったが、Yamamura *et al.*

(2002) は消化の速度が遅いこと、消化によって識別不可能な餌がほとんど観察されないことから、採集時刻の影響は少ないと述べており、本研究でも採集時刻の違いは胃内容物組成や重量に大きな影響を与えていないと考えられる。

IRI(%)から判断した2011年の本海域における幼魚の主要な餌種は、8月が *T. japonica* および *M. pacifica*、10月が *M. pacifica*, *E. pacifica* および *T. japonica* であった。スケトウダラは、他のタラ科魚類と同様に日和見的食性 (opportunistic feeder) であると報告されており (Yamamura *et al.*, 2002), 胃内容物組成は分布水域における餌の豊度に依存すると考えられる。嶋田ら (2012) によると、8月および10月の北部日本海の水深0~500m層において採集された大型カイアシ類の中で、*M. pacifica* が個体数、重量組成とも高い割合を占めており、胃内容物分析の結果と一致していた。胃内容物分析の結果によると、*M. pacifica* は両月とも重量割合はそれほど高くないが、個体数割合と出現頻度が高く、多くの調査点で安定して捕食されていた。端脚類の *T. japonica* は、本海域のスケトウダラ成魚においても主要な餌種である (小岡ら, 1997; Kooka *et al.*, 1998, 2001) ことが報告されており、スケトウダラの各成長段階を通じて重要な餌種になっている可能性がある。道東海域では、*M. pacifica*, *T. japonica* とも出現頻度、重量のいずれも各サイズのスケトウダラ胃内容物中に占める割合が低く、重要な餌種とはなっていないことから (Yamamura *et al.*, 2002), これらは北海道日本海陸棚域における特徴である可能性が示唆される。

また、道東海域で重要な餌種とされる *E. pacifica* (Yamamura *et al.*, 2002) は、1個体あたりの重量が大きいため、日本海でも10月の重量割合で最も高い値を示した。しかし、AK06とAK07の2調査点における幼魚の胃内容物では、出現頻度、重量とも高いものの、他の調査点では全く出現しないか (AK05, AK10), わずかに出現した (AK09) のみであった。これらのことから、北海道日本海大陸棚海域では、スケトウダラ幼魚の餌種としての *E. pacifica* の重要度は、道東海域と比較して低い可能性がある。ただし、*E. pacifica* の成体は北太平洋でパッチ状に分

布する（東条ら, 2008）ことが報告されており、その分布が幼魚の分布と一致した場合には、幼魚にとって非常に重要な餌種になると考えられる。

主要な餌種である *T. japonica*, *M. pacifica*, *E. pacifica* の月別変化を見ると、*T. japonica* は8月に個体数割合、重量割合および出現頻度とも高く、IRI(%)は59.8%と、全餌生物中で最も高い値を示した。しかし、10月には個体数割合、重量割合がともに低下し、IRI(%)も13.2%に低下した。これとは逆に、*M. pacifica* のIRI(%)は、8月の37.6%から10月に65.7%に上昇した。*T. japonica* の環境中の豊度は、富山湾において夏季に最大となり、その後冬季にかけて低下するとされている（Ikeda *et al.*, 1992）ことから、このような環境中の分布密度変化に応じて重要度が変化している可能性が示唆される。一方、*M. pacifica* は、2011年の8月から10月にかけて北部日本海でそのバイオマスは大きく変化していない（嶋田ら, 2012）ことから、分布密度が低下した *T. japonica* に変わる餌種として10月に重要度が増したと推察される。

E. pacifica は、道東海域における標準体長200mm未満の未成魚にとって夏季から冬季を通じた最も重要な餌種とされている（Yamamura *et al.*, 2002）が、本研究では10月にのみ主要な餌種として胃内容物に観察された。*E. pacifica* の日本海南部の富山湾におけるバイオマスは夏季の8月に最も高く、その後減少する（井口ら, 1993）。従って、8月に胃内容物中への出現が見られなかった理由として、オキアミの分布がスケトウダラと一致していなかつたか、スケトウダラ幼魚のサイズや遊泳力が3種の主要餌生物の中で最も大型のオキアミを捕食できる能力に達していなかつた可能性が考えられる（Bailey, 1989；Brodeur, 1998）。そこで、各調査点で幼魚の体長サイズと食性を比較したところ、10月のAK06, AK07では、幼魚の体長が大きくなるにつれて、大型の餌生物である *E. pacifica* を含めた Euphausiidae のIRI(%)が高くなる傾向が認められた。スケトウダラ幼魚は、成長に伴う口の大きさや遊泳能力の変化によって餌種を変えることが東部ベーリング海や西部アラスカ湾における研究で報告されている（Bailey, 1989；Brodeur, 1998）。観察例が少ないながら、同様の結果が得られた。

調査点間で胃内容物組成を比較したところ、調査点による違いが観察された。8月、10月とも多くの調査点で主要な餌生物3種のうち、調査点毎に1種または2種が優先していた。一方、8月、10月とも武蔵堆東側の調査点における胃内容物組成が、他の調査点とは大きく異なっている。調査点による胃内容物組成の違いは、道東海域における研究（Yamamura *et al.*, 2002）においても報告されて

おり、餌生物の調査点ごとの分布状況の差が胃内容物に反映されていると考えられる。しかし、本研究ではこの点を確認することができなかつたので、今後、調査点ごとの餌生物の分布と胃内容物の関係を明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり多くの御助言、御指導をいただいた北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物資源科学専攻資源生物学分野資源生態学研究室の皆様、ならびに北海道大学大学院水産科学院の齋藤類氏、鹿野陽太氏、英文校閲をしていただいた Dharmamony Vijai 氏に深く感謝の意を表す。また、標本採集において御協力をいただいた、稚内水産試験場試験調査船「北洋丸」の船長はじめ乗組員の皆様に心より謝意を表す。

本研究は、北海道大学大学院水産科学研究院と北海道立総合研究機構の共同研究「北海道西部日本海海域における底魚類の群集構造に関する研究」に基づき、標本は、北海道立総合研究機構の研究費および水産庁委託の「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」の予算を使用して実施した調査により収集されたものを使用した。また、本研究は財団法人漁港漁場漁村技術研究所からの委託研究「日本海北部系群（武蔵堆周辺海域）における魚類の食性解析」の支援を受けて実施した。厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- Bailey KM. Interaction between the vertical distribution of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the eastern Bering Sea, and cannibalism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1989; 53: 205–213.
- Brodeur RD, Wilson MT. A review of the distribution, ecology and population dynamics of age-0 walleye pollock in the Gulf of Alaska. *Fish. Oceanogr.* 1996; 5 (Suppl. 1): 148–166.
- Brodeur RD. Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska. *Environ. Biol. Fish.* 1998; 51(2): 175–186.
- Funamoto T. Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. *Fish. Oceanogr.* 2007; 16(6): 515–525.
- 井口直樹, 池田勉, 今村明. 富山湾におけるツノナシオキアミ (*Euphausia pacifica* HANSEN) の成長と生活史. 日本海区水産研究所研究報告 1993; 40: 69–81.
- Ikeda T, Hirakawa K, Imamura A. Abundance, population structure and life cycle of a hyperiid amphipod *Themisto*

- japonica* (Bovallius) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan* 1992; 39(1): 1–16.
- 板谷和彦, 三宅博哉, 和田昭彦, 宮下和士. 北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚魚の分布. 水産海洋研究 2009; 73(2): 80–89.
- 小岡孝治, 高津哲也, 亀井佳彦, 中谷敏邦, 高橋豊美. 北部日本海中層に生息するスケトウダラの春季と秋季における食性. 日水誌 1997; 63(4): 537–541.
- Kooka K, Takatsu T, Kamei Y, Nakatani T, Takahashi T. Vertical distribution and prey of walleye pollock in the northern Japan Sea. *Fish. Sci.* 1998; 64(5): 686–693.
- Kooka K, Wada A, Ishida R, Mutoh T, Abe K, Miyake H. Summer and winter feeding habits of adult walleye pollock in the offshore waters of western Hokkaido, northern Japan Sea (Short Paper). *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* 2001; 60: 25–27.
- 三宅博哉. 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究（学位論文）. 北水試研報 2012; 81: 1–56.
- 三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田宏, 渡野邊雅道, 武藤卓志, 中谷敏邦. 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産海洋研究 2008; 72(4): 265–272.
- 中谷敏邦, 杉本晃一, 高津哲也, 高橋豊美. スケトウダラの年級群豊度に与える噴火湾の環境要因. 水産海洋研究 2003; 67(1): 23–28.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson IK. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *California Fish and Game* 1971; 152: 1–105.
- 桜井泰憲, 三宅秀男. 亜寒帯海洋の物理・化学環境変動とスケトウダラの再生産機構の応答（噴火湾をモデル海域とするHUBEC計画の背景）. 海の研究 1994; 3(4): 303–308.
- 佐々木正義, 夏目雅史. 蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布. 日水誌 1990; 56(7): 1063–1068.
- 嶋田宏, 坂口健司, 森泰雄, 渡野邊雅道, 板谷和彦, 浅見大樹. 北海道周辺4海域（道東・道南太平洋, 北部日本海および南部オホーツク海）における動物プランクトンバイオマスおよび種組成の季節変化と年変動. 日本プランクトン学会報 2012; 59(2): 63–81.
- 東条齊興, 清水大介, 安間洋樹, 川原重幸, 渡辺光, 米崎史郎, 村瀬弘人, 宮下和士. 北太平洋西部におけるツノナシオキアミ (*Euphausia pacifica*) の分布特性の定量的空間解析. 水産海洋研究 2008; 72(3): 165–173.
- Tsuji, S. Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.* 1989; 15(3): 147–205.
- Yamamura O, Honda S, Shida O, Hamatsu T. Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2002; 238: 187–198.
- 山下夕帆, 千村昌之. 「平成23年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊」水産庁増殖推進部・独立行政法人水産研究センター, 東京, 2012

給餌率を変えて飼育したマツカワ稚魚の瞬間成長率と軸幹の成分との関係

高谷義幸^{*1}, 佐藤敦一²

¹北海道立総合研究機構中央水産試験場,

²北海道立総合研究機構栽培水産試験場

Relationships between the specific growth rate and biochemical constituents in the trunk of laboratory-reared juvenile barfin flounder, *Verasper moseri*

YOSHIYUKI TAKAYA^{*1} AND NOBUKAZU SATO²

¹ Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

² Mariculture Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan

Relationships between the specific growth rate (SGR) and biochemical constituents in the trunk of juvenile barfin flounder (*Verasper moseri*) were investigated. The juveniles were reared for 25 days under 2 dietary conditions (0.5% and 2% body weight day⁻¹, respectively), to clarify the biochemical constituents, for use as the substitute indicators for SGR. Specifically, we analyzed moisture, crude fat, triglyceride, phospholipid, glycogen, protein, RNA, DNA, and free amino acid levels after feeding. Crude fat, moisture, RNA/DNA ratio, phospholipid/DNA ratio, and protein/DNA ratio exhibited positive linear regressions with SGR. Our results show that these biochemical indicators may be potentially useful as a substitute index for SGR when evaluating the growth rate of released barfin flounders in the field.

キーワード：軸幹, 瞬間成長率, 成分, マツカワ

北海道ではマツカワ (*Verasper moseri*) 資源の増大を目指して人工種苗放流を行っている。2006年からの100万尾放流の成果が表れ、近年、漁獲量が増加しているが、同時に放流海域間で放流魚の回収率や漁獲量に差が見られるといった問題点が顕在化している（村上ら, 2011）。このような放流効果の差は、ヒラメで推測されている（古田ら, 1997; Watanabe *et al.*, 2006）ように放流場所の餌料環境がその一因となって生じていると考えられる。放流場所の餌料環境を推測するための手法として、ネット曳きで餌生物を採集する方法や放流再捕魚の成長から成長率を算出する方法があるが、前者は採集時の一時的な餌料量を知ることしかできないし、後者は一定期間の累積的な摂餌量を評価することが可能だが、個体識別が必要なことからフィールドでの活用が難しい。そこで、一定期間の摂餌状態の累積を反映する生化学的指標で成長率を類推することが有効と考え、前報（高谷・佐藤, 2013）において、飼育条件下で給餌量を変えた場合の成長率と肝臓成分の関係について報告し、成長の良好な個体は栄

養蓄積量が多く、核酸比などの生理活性も高いことを示した。餌料環境の違いによる成長差は同時に筋肉などの軸幹成分とも密接に関係しているため、本研究では、給餌率を変えて飼育した人工種苗の成長と軸幹成分の関係について検討したので、その結果を報告する。

試料および方法

実験には北海道栽培漁業振興公社伊達事業所で2010年4月に生産され、（地独）北海道立総合研究機構栽培水産試験場で育成したマツカワ人工種苗0歳魚（実験開始時平均全長86.2mm、最大91mm～最小81mm、平均体重8.4g、最大10.2g～最小7.1g）を用いた。供試魚は2010年9月22日から無給餌とし、9月24日に全長および体重を測定し、個体識別のためのスパゲッティ型標識を装着して200ℓポリカーボネイト水槽2基に10尾ずつ収容した。実験区は、給餌量を変えた2試験区を設定し、それぞれ収容した種苗の魚体重に対して1日あたり0.5%および2%になるよう市販配合飼料（ヒガシマル社製珊瑚シリーズ）を給餌

した。ただし、給餌は週3~4回、断続的に行ったので、1週間の平均給餌量が設定給餌量になるように1回あたりの給餌量を調整した。飼育期間中は水温調整を行わなかつたので飼育水温は18°Cから16°Cで推移した。10月19日に給餌を行った後は無給餌とし、10月21日にサンプリングして全長、体重を測定して瞬間成長率（Specific Growth Rate, 以下、SGRと表記）を算出（計算式は前報（高谷・佐藤, 2013）参照）し、魚体を-30°Cで凍結保存した。後日、これらを解凍し、内臓囊後端部から内臓部を含まないように尾部に向かって約1cm幅で魚体を切断し（骨、皮、筋肉部を含む、以下、躯幹と表記）、真空凍結乾燥機で乾燥させて水分量を測定した後、ハサミで裁断して乳鉢でよくすりつぶし、一部を分取して適量の冷蒸留水を加えてヒスコトロン（マイクロテック・ニチオン社製）でホモジナイズした。このホモジネートから0.5mlを核酸定量用に、また0.2mlをタンパク質定量用に分取した。残りを真空凍結乾燥し、適量のエタノール・エーテル（3:1, v:v）を加えて混合後に遠心分離し、上澄1mlを分取して重量法によって粗脂肪量を測定した。また、上澄の適量を分取してトリグリセリド（以下TGと表記）とリン脂質（以下PLと表記）の定量に供した。残りは遠心エバボレーターで溶媒を除去した後、2mlの30%KOHを加えて溶解し、グリコーゲンの定量に供した。各成分の定量法は、前報（高谷・佐藤, 2013）と同様である。また、前述の乳鉢ですりつぶした試料の一部を分取し、2%スルホサルチル酸を加えて遊離アミノ酸を抽出し、アミノ酸自動分析装置（L-8900, HITACHI）によって各アミノ酸量を定量した。定量した38成分のうちアスパラギン酸（Asp）、トレオニン（Thr）、セリン（Ser）、グルタミン酸（Glu）、グルタミン（Gln）、グリシン（Gly）、アラニン（Ala）、バリン（Val）、システイン（Cys）、メチオニン（Met）、イソロイシン（Ile）、チロシン（Tyr）、フェニルアラニン（Phe）、トリプトファン（Trp）、ヒスチジン（His）、アルギニン（Arg）、プロリン（Pro）の17成分を糖原性アミノ酸（田川, 1993）として、また、トレオニン（Thr）、イソロイシン（Ile）、ロイシン（Leu）、チロシン（Tyr）、フェニルアラニン（Phe）、トリプトファン（Trp）、リシン（Lys）の7成分をケト原性アミノ酸（糖原性にもなりうるアミノ酸を含む）（田川, 1993）として扱い、これらの合算量を総遊離アミノ酸量で除し、それぞれ糖原性アミノ酸率、ケト原性アミノ酸率とした。

結果

飼育中に水槽からの飛び出し等により死亡した2%給餌区の3尾を除いて、Table 1に実験期間中の各試験における魚体の成長を示した。0.5%給餌区では開始時の平均全長

86.3mm・平均体重8.5gが25日間の給餌終了後には88.5mm・8.9gであり、平均伸長量は2.2mm、平均増重量は0.5gであった。2%給餌区では、平均全長86.1mm・平均体重は8.3gがそれぞれ96.6mm・12.7gに増大した。平均伸長量は10.4mm、平均増重量は4.4gとなり、給餌量の差により成長差のある個体が得られた。SGRは0.5%給餌区で平均0.18%・最小-0.59%～最大0.85%，2%区では1.71%・1.58%～1.84%であった。

肥満度は、0.5%給餌区で実験開始時に平均1.31であり、実験終了時には1.27でほとんど変化がなかったのに対し、2%給餌区では開始時に平均1.29であったのが終了時には1.41となり、給餌率を反映して増大した（Table 1）。

SGRと躯幹成分分析値の関係をFig.1に示した。貯蔵栄養物質に関連する成分として、粗脂肪、TG、グリコーゲン、水分、タンパク質および遊離アミノ酸について比較した結果、SGRと相関が強かったのは粗脂肪（ $r=0.932$ ）、TG（ $r=0.685$ ）および水分（ $r=0.949$ ）であった。遊離アミノ酸（ $r=0.568$ ）はこれらよりやや相関係数が低く、グリコーゲンは成長が良かった2個体で0.04%前後検出された他はほとんど検出されなかった。また、機能的指標として、RNA/DNA、PL/DNA、タンパク質/DNA、糖原性アミノ酸率およびケト原性アミノ酸率を調べたところ、SGRと相関が強かったのは、RNA/DNA（ $r=0.983$ ）、PL/DNA（ $r=0.905$ ）、タンパク質/DNA（ $r=0.600$ ）であり、ケト原性アミノ酸率（ $r=0.565$ ）はこれらよりもやや相関が弱く、個体ごとのばらつきも大きかった。また、糖原性アミノ酸率はSGRとの相関が弱かった。

考察

0.5%給餌区ではマツカワ稚魚の増重はほとんど無く、実験開始時の体重を維持した。一方、2%給餌区では全長、体重、肥満度とも実験開始時よりも増大し、成長量は給

Table 1 Growth performance of *Verasper moseri* juveniles reared for 25 days under 2 dietary conditions (0.5% and 2% body weight day⁻¹, respectively).

Parameters	Dietary group	
	0.5%BW/day	2.0%BW/day
Initial total length(mm)	86.3±2.9	86.1±4.1
Final total length(mm)	88.5±3.5	96.6±4.8
Length gain(mm)	2.2±1.5	10.4±1.8
Initial body weight(g)	8.5±1.0	8.3±1.1
Final body weight(g)	8.9±1.6	12.7±1.9
Weight gain(g)	0.5±1.1	4.4±0.8
Initial condition factor	1.31±0.04	1.29±0.08
Final condition factor	1.27±0.11	1.41±0.05
Specific Growth Rate(%)	0.18±0.44	1.71±0.11

Values indicate mean±standard deviation($n=10$ or 7).

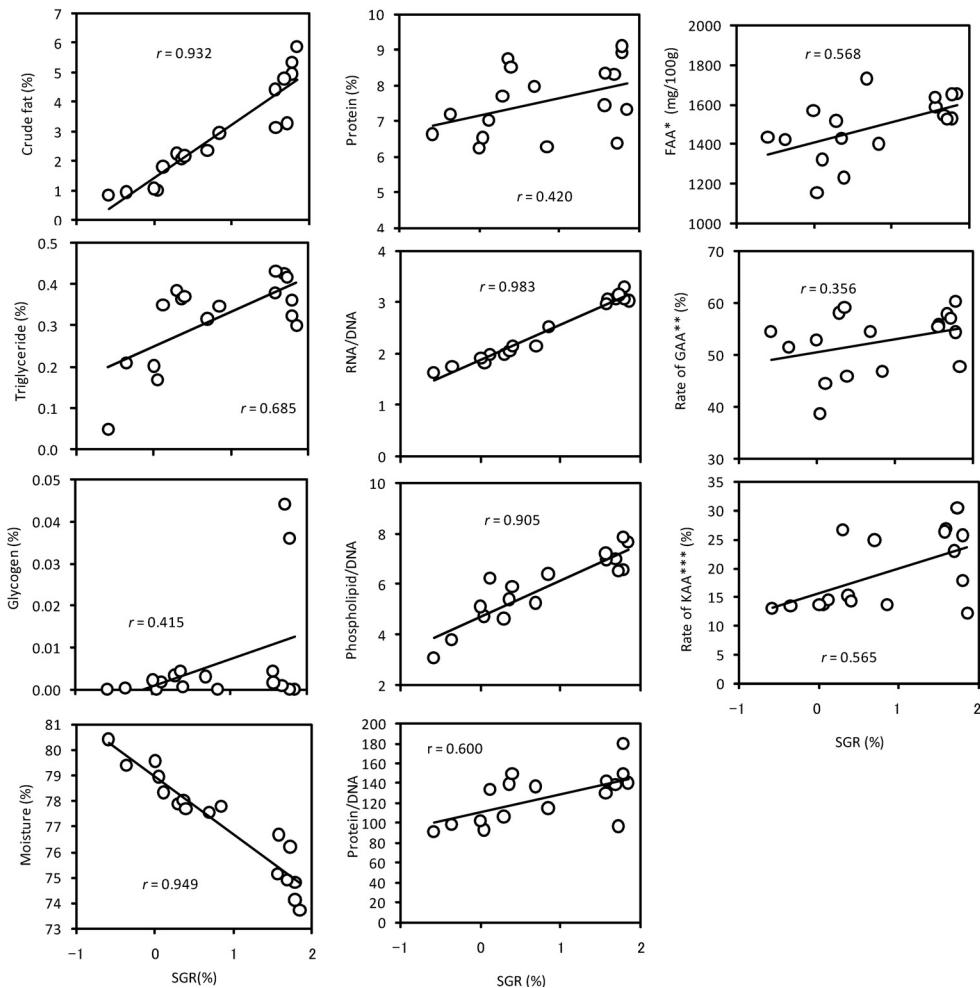


Fig.1 Relationship between the specific growth rate (SGR) and some biochemical constituents in the trunk of *Verasper moseri* juveniles reared for 25 days under 2 dietary conditions.

*FAA = total free amino acid

**Rate of GAA = glucogenic amino acid×100 / FAA

*** Rate of KAA = ketogenic amino acid×100/ FAA

餌量を反映した。このような成長差を生化学的指標で評価するために、前報では肝臓成分を分析して、肥満度、比肝重、RNA/DNA および PL/DNA が指標となる可能性を明らかにした。一方、摂餌によって得られた栄養物質やタンパク質合成能などの生理活性は肝臓内だけでなく、筋肉等の体組織にも変化を与える (Umino *et al.*, 1993) ことから、今回 SGR と軸幹の各成分を比較したところ、いくつかの指標で強い相関が認められた。まず、貯蔵栄養物質に関連する成分では、粗脂肪、TG および水分で強い相関が認められた。脂質成分のうち、主要な貯蔵物質である TG は肝臓中で成長にかかわらず一定割合の貯蔵にとどまった (高谷・佐藤, 2013) のに対し、軸幹では SGR の高い個体で含有率が高くなる傾向が認められた。これは、マツカワが余剰の栄養物質を脂質という形で、肝臓ではなく軸幹に蓄積していることを示している。魚類では、肝臓に栄養蓄積を行う種類と軸幹に蓄積する種類に

大別される (山口, 1991) とされており、マツカワは後者タイプであるといえる。また、通常、貯蔵脂質として一般的である TG よりも粗脂肪の方が SGR との相関係数が大きかったことから、マツカワは、TG 以外の脂質成分を貯蔵栄養として利用している可能性が考えられたが、今回の実験ではその成分を特定することはできなかった。水分は、脂質やタンパク質などが消費された分を補うとされている (山口, 1991) ことから、貯蔵栄養物質の消費を相補的に反映して強い相関が見られたのであろう。遊離アミノ酸量は SGR と一定程度の相関が認められたが、SGR の低い個体を中心としてばらつきも大きく、指標としての有効性については更なる検討が必要である。

機能的指標のうち、RNA/DNA はタンパク合成能の指標として魚類の栄養状態評価に用いられている (中野ら, 1985; Umino *et al.*, 1993)。マツカワ軸幹においても SGR と RNA/DNA の相関は極めて強く、栄養状態をよく指標

すると同時に成長率の指標にもなりうると考えられた。PL/DNAについてもSGRとの相関係数が大きく、指標として利用可能であると思われた。PL/DNAはマツカワ(高谷・佐藤, 2013)やヒラメ(Fukuda et al., 2001)の肝臓でも栄養状態との関係が知られており、マツカワにおいては軀幹成分でも同様の傾向が認められた。PLは細胞膜などの構成脂質として重要である(山口, 1991)が、栄養状態の良い個体でPL/DNAが高くなる原因についてはよくわかっていないことから、今後、栄養状態変化に対するPLの機能などについて詳細な検討が必要となるであろう。タンパク質/DNAはこれらよりも相関係数はやや低かったが一定の傾向が見られた。タンパク質/DNAは細胞の大きさの指標とされており(中野ら, 1985; Umino et al., 1993), RNA/DNAの結果も考えあわせると、SGRの高い個体の軀幹では、筋肉タンパクなどの産生が盛んに行われているものと推察される。今後は、筋肉タンパク量の定量や筋原纖維の数や太さなど組織学的観察による確認も必要となろう。

以上のように、マツカワにおいてSGRと強い相関を示した軀幹成分は、粗脂肪、TG、水分、RNA/DNA、PL/DNAおよびタンパク質/DNAであったが、このうちTGについては粗脂肪で代表できるものとして計5成分を成長率を指標する成分として選定した(Table 2)。特に、粗脂肪、水分、RNA/DNA、PL/DNAの4つの成分は相関係数が極めて高く、指標として有効である可能性が高かった。また、タンパク質/DNAはやや相関が低かったものの指標として使える可能性がある。さらに、遊離アミノ酸とケト原性アミノ酸率については、SGRと一定の相関が認められたもののばらつきも大きいことから、指標とするためには今後さらなる検討が必要であろう。

今後、マツカワの放流にあたっては、これらの指標を使った放流再捕魚の栄養状態・成長評価から、放流場所の餌料環境に見合った放流数を検討することが可能だと考えられる。しかし、前報(高谷・佐藤, 2013)でも指摘したとおり、配合飼料を用いて評価した今回の指標が、質の異なる天然餌料を摂食している放流魚にもそのまま応用できるかどうかについては、実際の放流再捕魚の成

Table 2 Relationship between the specific growth rate (SGR) and the listed parameters of *Verasper moseri* juveniles after the 25th day of the feeding experiment.

Parameters	r	P
Crude fat	0.932	<0.001
Moisure	0.949	<0.001
RNA/DNA	0.983	<0.001
Phospholipid/DNA	0.905	<0.001
Protein/DNA	0.600	0.011

分分析を行うことにより検証していく必要がある。

謝 辞

実験用種苗を提供していただいた北海道栽培漁業振興公社伊達事業所の川下正己所長並びに今 満人主任技師(いずれも当時), 飼育試験に当たり多大なご協力をいたいた道総研栽培水産試験場の関係諸氏, アミノ酸分析をしていただいた道総研釧路水産試験場の麻生真悟研究主幹に厚くお礼を申し上げます。また、本稿のとりまとめに際しては、道総研中央水産試験場の蔵田 護資源増殖部長に貴重なご助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- Fukuda M, Sato H, Shigeta T, Shibata R. Relationship between growth and biochemical indices in laboratory-reared juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*), and its application to wild fish. *Mar. biol.* 2001; 138: 47–55.
- 古田晋平, 渡部俊明, 山田英明, 宮永貴幸. 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の摂餌状態と餌料条件. 日水誌 1997; 63: 886–891.
- 村上 修, 吉村圭三, 吉田秀嗣. 放流基礎調査事業(マツカワ放流) 平成21年度北海道立栽培水産試験場事業報告書 2011; 99–107.
- 中野 広, 安藤義秀, 白旗総一郎. 成長とともにうサケ稚魚の酸性フォスファターゼ活性, 総蛋白質, RNAおよびDNA量の変化. 北水研報 1985; 50: 71–77.
- 田川邦夫. からだの生化学. 宝酒造, 京都. 1993: 127–163.
- 高谷義幸, 佐藤敦一. 給餌率を変えて飼育したマツカワ稚魚の成長率と肝臓成分. 北水試研報 2013; 83: 5–12.
- 高谷義幸, 佐藤敦一, 高畠信一. 生化学的解析によるハタハタ稚魚の成長率評価と天然魚への評価技術の応用. 水産技術 2013; 5: 125–134.
- Umino T, Ohtsu M, Tabata M, Nakagawa H. Some Characteristics of Runty Fish Appearing in Seed Production of Red Sea Bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1993; 59: 952–928.
- Watanabe S, Isshiki T, Kudo T, Yamada A, Katayama S, Fukuda M. Using stable isotope ratios as a tracer of feeding adaptation in released Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish Biol.* 2006; 68: 1192–1205.
- 山口勝巳. 「水産生物学 (山口勝巳編)」東京大学出版会, 東京, 1991.

Effects of cottonseed oil in diets on growth, feed efficiency and health parameters of chum salmon *Oncorhynchus keta* fry

NAOYUKI MISAKA*, SHINYA MIZUNO, DAISEI ANDO, TATSUYA KOYAMA, TETSUO TERANISHI and NOBUHISA KOIDE

Salmon and Freshwater Research Institute, Hokkaido Research Organization, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

Abstract: We evaluated the effects of replacing fish oil in diets with cottonseed oil on chum salmon *Oncorhynchus keta* fry. Chum salmon fry were fed commercial diets supplemented with 0.5% or 2.0% fish oil (0.5FO, 2.0FO) or cottonseed oil (0.5CO, 2.0CO) for two to three months in aquariums in 2005 and 2006 to compare parameters between 0.5FO and 0.5CO, 2.0FO and 2.0CO diet groups, respectively. In 2005, fish fed 0.5CO diet for three months, 2.0CO diet for two and three months showed significantly better growths. Feed efficiencies of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets were almost better both in 2005 and 2006. The ATP contents of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets for two months were significantly increased both in 2005 and 2006. Burst swimming velocities of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets for two months were significantly faster in 2006. Tolerances to fasting were significantly higher in fish fed 2.0CO in 2005, 0.5CO and 2.0CO in 2006. These results suggest that supplementing the diet with cottonseed oil is effective for improving the growth, feed efficiency and health parameters of chum salmon fry.

Keywords: Chum salmon, Cottonseed oil, Growth, Health parameter

Chum salmon *Oncorhynchus keta* is the second most abundant salmon in the North Pacific Ocean and one of the most important species for coastal fisheries in northern Japan. Approximately 1 billion fry have been released since the early 1980s and over 30 million adult fish have returned to the coastal areas of Hokkaido, northern Japan, every year since the mid 1980s (Watanabe, 1999). Unfortunately, the price of adult fish has declined and the total amount of returned adult fish has not increased in Hokkaido recently (Shimizu, 2002). So the cost of rearing chum salmon fry must be reduced. Also, rearing methods to create healthy fry must be developed in order to attain higher return rates to coastal areas as adult fish.

Chum salmon fry are fed artificial diets for a couple of months after emergence in hatcheries of Hokkaido and the cost of the diet for fry is one of the main expenses in the rearing of chum salmon fry. With the decline in the catches of pelagic fish such as pilchard, demands for fish meal as the ingredient of diets in aquaculture have risen recently in Japan (Tacon, 1996). Fish oil is often supplemented to the diet, however, the supply of fish oil is expected to remain static or

dwindle in spite of increasing demand in the future (Higgs and Dong, 2000). So the costs of diets for chum salmon fry are increasing.

Lipids play important roles in the nutrition of fish (Watanabe, 1982) and specifically fatty acids are the favored source of metabolic energy in fish (Sargent *et al.*, 2002). Supplementation of oil to the diets has protein, the main component of fish meal, sparing effect (Lee and Putnum, 1973). One report suggests that supplementation of fish oil to diets is effective for growth in salmonids (Watanabe and Takeuchi, 1976). The replacement of fish oil with vegetable oils in diets has been investigated because vegetable oils are often cheaper than fish oil (Naylor *et al.*, 2000). Many reports suggest that vegetable oils have equal effects compared to fish oil on growth in salmonids (Bell *et al.*, 2001, 2002, 2003). Moreover, supplementation of vegetable oils to diets improves the health of fish as shown by their swimming performance (McKenzie *et al.*, 1998) and resistance to fish pathogens (Bransden *et al.*, 2003).

In the present study, we investigated the effects of replacing fish oil (FO) in diets with cottonseed oil (CO) from

Accepted: 24 December 2013. Contribution A 503 from the Hokkaido Fisheries Research Institutes.

*Tel: 0123-32-2135. Fax: 0123-34-7233. E-mail: misaka-naoyuki@hro.or.jp

the viewpoint of improving the growth, feed efficiency and health parameters of chum salmon fry.

Materials and Methods

Fish

Experiments were conducted in 2005 and 2006. In 2005, chum salmon eggs were artificially fertilized on September 27 in the previous year and fry were fed from January 12. In 2006, eggs were artificially fertilized on October 10 in the previous year and fry were fed from January 10. They were reared in a 60 l volume acrylic tank using running well water until April 1, 2005 and March 10, 2006, respectively. The water temperature ranged from 7.36 to 8.35°C during the experiment.

Design of the experiments

A total of 800 chum salmon fry were divided into 4 experimental groups in each year. Each batch of 200 fish was fed commercial diet supplemented with 0.5% (w/w) or 2.0% fish oil (0.5 FO and 2.0FO), 0.5% or 2.0% cottonseed oil (0.5 CO and 2.0 CO). Commercial diet and FO were provided by Marubeni Nissin Feed (Tokyo, Japan) and Nihon Chemical Feed (Hakodate, Japan), respectively. CO was purchased from Kanto Chemical (Tokyo, Japan). The fatty acid component of FO, CO and lipid in the commercial diet, and the chemical composition of the commercial diet were analyzed by Japan Frozen Foods Inspection Corporation (Tokyo, Japan). Fish were fed every day and the total amount of diet supplied to each group from January 12 to March 10, and from March 11 to April 1 were each 200 g for each group, respectively in 2005. Those from January 10 to February 10, and from February 11 to March 10 were 85 g and 160 g, respectively in 2006. In each group, the number of dead fish was counted and the amount was weighed every day.

Sampling procedure

Fish were sampled on March 10 and April 1 in 2005, and on February 10 and March 10 in 2006. Thirty-six fish were caught randomly from each experimental group and anesthetized in 2-phenoxyethanol solution on each sampling day. The body weight (BW, g) of the captured fish were measured. Five fish from the group were stored at -80°C immediately after measuring for analysis of adenosine triphosphate (ATP) content as described below.

ATP content analysis

The ATP content of fish was measured using the bioluminescent reaction of luciferin to the existence of luciferase and ATP, according to the method described by Maeda (2004). One part of the body sample homogenized using luminometer buffer (in mmol/l MgCl₂ 10, HEPES 25, to pH 7.75 with NaOH) was mixed with one part of luciferase-luciferin (18.5 mg/ml in distilled water; Wako Pure Chemical, Tokyo, Japan), and the luciferin radiation was measured for 5 min using a luminescence reader (BLR-201, Aloka, Tokyo, Japan). The ATP standard (Kanto Chemical, Tokyo, Japan) ranged from 0.1 fmol/l to 10 nmol/l. The ATP content was shown as ATP (pmol) per g BW.

Burst swimming velocity

Fifteen fish were caught randomly from each experimental group on April 1, 2005 and on March 10, 2006. Burst swimming velocity (BV) of fish was measured using the water tunnel apparatus for chum salmon, which was first described by Kobayashi and Ohkuma (1983) and modified by Ohkuma *et al.* (1998). The horizontally-placed swimming chamber received a fixed inflow of water from a header tank from which water overflowed. The water current velocity in the chamber could be easily changed by adjusting the height of the drain pipe. The internal diameter and length of the swimming chamber were 20 mm and 30 cm, respectively. Using polynomial regression analysis, the water current velocity in the chamber was proportional to the height difference between the chamber and the drain pipe, as follows:

$$\text{Water current velocity (cm/s)} = \\ 7.32 \times \text{height difference (cm)}^{0.628}$$

After the fish were housed in the swimming chamber, the water current velocity was immediately changed. The BV was defined as the water current velocity in the swimming chamber into which the fish were swept, and was expressed in centimetres per second.

Tolerance to fasting

Thirty fish were caught randomly from each experimental group on April 1, 2005 and March 10, 2006. They were fasted in the same aquariums used in the experiment with running well water. The number of dead fish was counted every day, and changes in survival rate during the fasting experiment were examined. This experiment was continued until all the fish had died.

Feed efficiency

The feed efficiency (FE) of each group from January 12 to March 10, from March 11 to April 1 in 2005 and from January 10 to February 10, from February 11 to March 10 in 2006 was calculated using the following equation:

$$FE(\%) = BW_i \text{ (g)} / SD \text{ (g)} \times 100$$

In this equation, BW_i and SD mean total increased BW and total amount of supplied diets in each period, respectively. Total increased BW was calculated using the following equation:

$$BW_i \text{ (g)} = (BW_{t1} - BW_{t0}) \times Ns + (BW_d - BW_{t0}) \times Nd$$

In this equation, BW_{t1} and BW_{t0} mean average BW at the end and at the beginning of each sampling period, respectively. Ns means the number of surviving fish at the end of each sampling period. BW_d and Nd mean average BW and the number of deceased fish during each sampling period, respectively.

Statistical analysis

The student *t*-test was used for comparison of BW, ATP content and BV between fish fed 0.5FO and 0.5CO, and between fish fed 2.0FO and 2.0CO diets, respectively in each year. The Kaplan-Meier method followed by the Logrank test was used to determine the difference in the survival rate in the tolerance test to fasting. Results were considered as significant if $P < 0.05$.

Results

Chemical composition of commercial diet and fatty acid compositions of oils and lipid in commercial diet

The chemical composition of the commercial diet is shown in Table 1. Fatty acid compositions of FO and CO and lipid in the commercial diet are shown in Table 2. Fatty acid compositions of FO and lipid in the commercial diet were

Table 1 Chemical composition of commercial diet fed to chum salmon fry

Composition	Weight (%)
Protein	48.1
Lipid	7.7
Carbohydrate	21.0
Ash	13.4
Moisture	9.8

similar; palmitic acid, oleic acid eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) were the main components. Linoleic acid was also one of the main components of lipid fatty acid in the commercial diet. In FO, eicoseneic acid and docosenoic acid were also the main components of fatty acid. About half the amount of fatty acid in CO was linoleic acid.

Growth of experimental fish

The average BWs of fish in each group on the sampling days in 2005 and 2006 are shown in Table 3. Initial BWs (average \pm S.D.) were 0.281 ± 0.04 g on January 12 in 2005 and 0.314 ± 0.05 g on January 10 in 2006. In 2005, the average body weight of fish fed 2.0CO diet on March 10 was significantly larger than that of fish fed 2.0FO diet ($P = 0.002$). On April 1, the average BWs of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets were also significantly larger than those of fish fed 0.5FO and 2.0FO diets, respectively ($P < 0.001$). In 2006, no significant differences in the average BWs of fish between these groups were observed both on February 10 and March 10.

Feed efficiency

FEs of each group in 2005 and 2006 are shown in Table 4. There were no leftover diets after feeding in all groups. The FEs of all fish fed CO diets were better than those of fish fed FO diets in 2005. In 2006, FEs of fish fed CO diets were better than those of fish fed FO diets except the fish fed 0.5 CO diet from January 10 to February 10.

ATP content

The ATP content of fish in each group on the sampling days in 2005 and 2006 is shown in Fig. 1. The ATP content of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets on March 10 was more significantly increased than those of fish fed 0.5FO and 2.0FO diets, respectively both in 2005 and 2006.

Burst swimming velocity

The results of BV of fish in each group conducted in 2005 and 2006 are shown in Fig. 2. In 2005, no differences were observed in the values of BV between the fish fed FO and CO diets. In 2006, the values of BV of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets were significantly higher than those of each fish fed 0.5FO and 2.0FO diets, respectively.

Tolerance to fasting

The changes of survival rate in the tolerance test to fasting

Table 2 Fatty acid composition (%) of fish oil, cottonseed oil, and lipid in commercial diet

	Fish oil	Cottonseed oil	Lipid in commercial diet
Lauric acid (12:0)	N.D. ⁽¹⁾	N.D.	0.1
Myristic acid (14:0)	3.9	0.7	5.9
Myristoleic acid (14:1 n-5)	0.1	N.D.	0.4
Pentadecanoic acid(15:0)	0.3	N.D.	0.5
Palmitic acid (16:0)	10.0	19.7	19.0
Palmitoleic acid (16:1 n-7)	6.8	0.7	7.3
Hexadecadienoic acid (16:2 n-4)	0.5	N.D.	0.7
Hexadecatrienoic acid(16:3 n-3)	0.4	N.D.	N.D.
Hexadecatetraenoic acid (16:4 n-1)	0.9	N.D.	N.D.
Heptadecanoic acid (17:0)	0.2	0.1	0.4
Heptadecenoic acid (17:1 n-8)	N.D.	0.3	0.3
Stearic acid (18:0)	1.9	2.8	5.1
Oleic acid (18:1 n-9)	16.0	23.1	12.9
Linoleic acid (18:2 n-6)	1.0	51.1	11.3
Linolenic acid (18:3 n-3)	0.7	0.4	1.9
Octadecatetraenoic acid (18:4 n-3)	2.2	N.D.	N.D.
Arachidic acid (20:0)	0.1	0.5	0.3
Eicosenoic acid (20:1 n-9)	12.7	0.2	1.6
Eicosadienoic acid (20:2 n-6)	0.2	N.D.	0.3
Eicosatrienoic acid (20:3 n-6)	N.D.	N.D.	0.3
Eicosatetraenoic acid (20:4 n-3)	0.8	N.D.	N.D.
Arachidonic acid (20:4 n-6)	0.6	N.D.	1.3
Eicosapentaenoic acid (20:5 n-3)	11.2	N.D.	11.2
Heneicosapentaenoic acid (21:5 n-3)	0.6	N.D.	0.5
Behenic acid (22:0)	0.1	0.2	N.D.
Dococenoic acid (22:1 n-9)	18.3	N.D.	1.4
Docosatetraenoic acid (22:4 n-6)	0.1	N.D.	N.D.
Docosapentaenoic acid (22:5 n-3)	1.4	N.D.	1.6
Docosapentaenoic acid (22:5 n-6)	0.1	N.D.	N.D.
Docosahexaenoic acid (22:6 n-3)	7.9	N.D.	11.9
Lignoceric acid (24:0)	N.D.	0.1	N.D.
Tetracocenoic acid (24:1 n-9)	0.9	N.D.	N.D.
Others	0.1	0.1	3.8

(1): Not detected

Table 3 Effect of diets containing 0.5 or 2.0% (w/w) supplementary dietary lipid as fish oil (FO) and cottonseed oil (CO) on growth of chum salmon fry in 2005 and 2006

A. 2005		
	Mar. 10	Apr. 1
0.5FO	1.378±0.39	2.052±0.61 ^a
0.5CO	1.477±0.36	2.594±0.61 ^b
2.0FO	1.315±0.32 ^a	2.062±0.58 ^a
2.0CO	1.548±0.30 ^b	2.507±0.41 ^b

B. 2006		
	Feb. 10	Mar. 10
0.5FO	0.728±0.17	1.765±0.43
0.5CO	0.672±0.21	1.768±0.34
2.0FO	0.667±0.16	1.712±0.37
2.0CO	0.701±0.16	1.769±0.40

Body weight expressed as means ± S.D.

Means without a common letter differ between 0.5FO and 0.5CO or 2.0FO and 2.0CO (*t*-test, *p*<0.05)**Table 4** Effect of diets containing 0.5 or 2.0% (w/w) supplementary dietary lipid as fish oil (FO) and cottonseed oil (CO) on feed efficiency (%) of chum salmon fry in 2005 and 2006

A. 2005		
	Jan. 12 - Mar. 10	Mar. 11 - Apr. 1
0.5FO	94.5	42.1
0.5CO	101.4	68.1
2.0FO	86.8	45.6
2.0CO	107.8	59.4

B. 2006		
	Jan. 10 - Feb. 10	Feb. 11 - Mar. 10
0.5FO	95.5	102.4
0.5CO	83.0	108.9
2.0FO	79.7	100.6
2.0CO	89.7	106.8

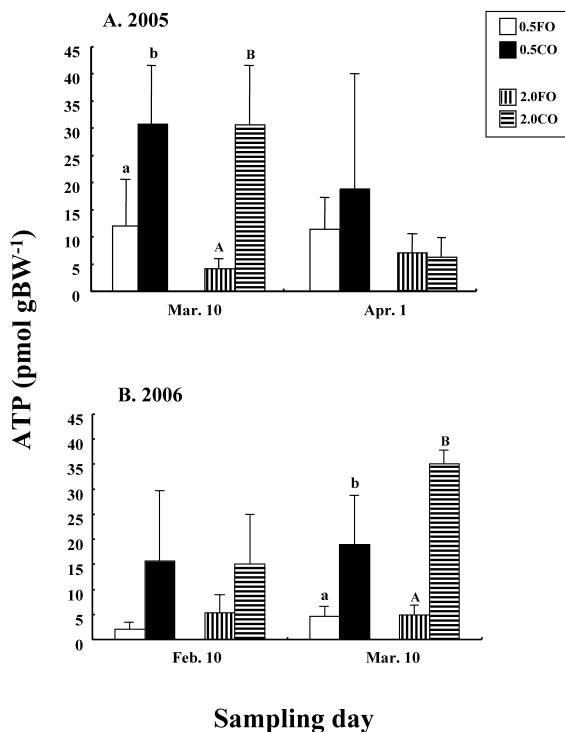


Fig.1 Effects of diets containing 0.5 or 2.0% (w/w) supplementary dietary lipid as fish oil (FO) and cottonseed oil (CO) on ATP content of chum salmon fry in 2005 and 2006. Results expressed as mean \pm S.D. Bars without a common letter differ between 0.5FO and 0.5CO or 2.0FO and 2.0CO ($P < 0.05$).

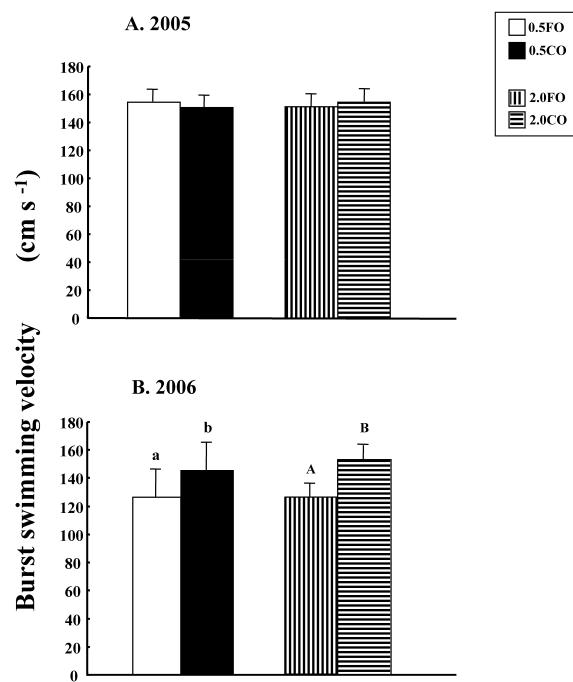


Fig.2 Effects of diets containing 0.5 or 2.0% (w/w) supplementary dietary lipid as fish oil (FO) and cottonseed oil (CO) on burst swimming velocity of chum salmon fry in 2005 and 2006. Results expressed as mean \pm S.D. Bars without a common letter differ between 0.5FO and 0.5CO or 2.0FO and 2.0CO ($P < 0.05$).

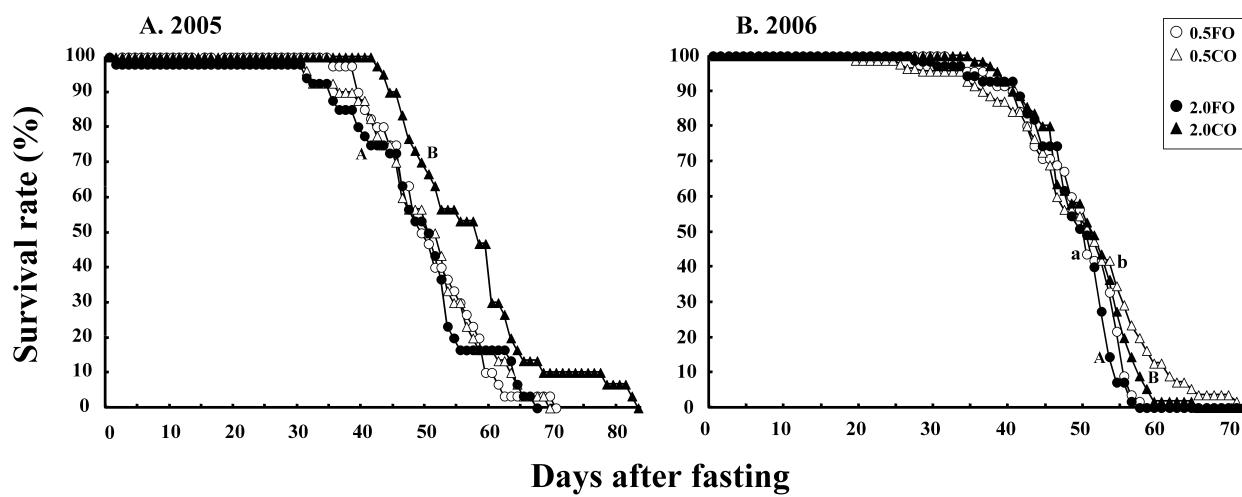


Fig.3 Effects of diets containing 0.5 or 2.0% (w/w) supplementary dietary lipid as fish oil (FO), and cottonseed oil (CO) on survival rate during fasting of chum salmon fry in 2005 and 2006. Lines without a common letter differ between 0.5FO and 0.5CO or 2.0FO and 2.0CO ($P < 0.05$).

conducted in 2005 and 2006 are shown in Fig. 3. In 2005, the survival rate of fish fed 2.0CO diet was significantly higher than that of fish fed 2.0FO diet. In 2006, survival rates of fish fed 0.5CO and 2.0CO diets were significantly higher than those of fish fed 0.5FO and 2.0FO diets, respectively.

Discussion

The weight of fish fed 2.0CO diet on March 10 and 0.5CO, 2.0CO diets on April 1 in 2005 was significantly better than that of fish fed FO diets on each day. The replacement of fish oil with vegetable oil in the diet is reported to show an equal effect on the growth in salmonids (Bransden *et al.*, 2003; Menoyo *et al.*, 2005). But CO has a better effect on the growth of chum salmon fry than FO in the present study. Fish do not synthesize n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid (PUFA), so they must be provided with it in the diet for normal growth (Nicolaides and Woodall, 1962; Castell *et al.*, 1972; Watanabe *et al.*, 1974). In salmonid fish such as rainbow trout *O. mykiss*, n-3 PUFA like linolenic acid, EPA and DHA are more effective in their growth than n-6 PUFA like linoleic acid (Watanabe, 1982). However, Takeuchi *et al.* (1979) suggested chum salmon fry fed the diet supplemented with each of 1% linoleic acid and linolenic acid showed somewhat better growth than those of fish fed the diet supplemented with n-3 PUFA. Although the commercial diet and FO used in this study contain a great amount of n-3 PUFA as EPA and DHA, they contain less n-6 PUFA. Linoleic acid that is highly prevalent in CO might be effective for the growth of chum salmon fry. In contrast, no differences of growth between the CO and FO diet group were observed in 2006. Takeuchi *et al.* (1979) reared chum salmon fry at a water temperature of 15 to 18°C for 7 weeks. In our experiment, the water temperature was relatively low and the rearing period in 2006 was 2 months, shorter than that in 2005. Perhaps the rearing period in 2006 was insufficient in such water temperature to clarify the effect of fatty acid on the growth of chum salmon fry.

Feed efficiencies of the fish fed CO diets were better than those of fish fed FO diets except in fish fed 0.5CO diet from January 10 to February 10 in 2006. In the supplementation experiment of vegetable oil to diet, the appropriate feeding period of diet or supplemented ratio of oil to diet to gain good feed efficiency have not been thoroughly examined to date; however, replacement of FO with canola oil that contains a lot of linoleic acid had a better effect in feed efficiency in rainbow trout for 140 days feeding (Drew *et al.*, 2007).

Feeding of 0.5CO diet for one month might be insufficient from the viewpoint of the feeding period of diet or supplemented ratio of this oil to diet for better feed efficiency in chum salmon fry.

Health parameters such as ATP content, burst swimming velocity and tolerance to fasting of fish fed CO diets showed greater improvement than those of fish fed FO diets. In particular, feeding of 0.5CO and 2.0CO diets for two months is most effective because the ATP content, burst swimming velocity and tolerance to fasting in these groups were all improved in this study. Mizuno *et al.* (2007) suggested a positive correlation between the ATP content and burst swimming velocity in masu salmon *O. masou*. The results observed in this study correlate with that result. ATP produces the metabolic energy as its hydrolysis, and is used for various life activities such as swimming. Swimming performance is an integrated assessment of several physiological processes (Plaut, 2001). Larval striped bass *Morone saxatilis* had slower swimming speed were less responsive to simulated predator attacks than larva had faster swimming speed (Chick *et al.*, 2000). As the chum salmon fry has high ATP content and burst swimming velocity a high survival rate after release is expected. The reason for the effectiveness in the improvement of ATP content and burst swimming velocity of fish fed CO is unclear in this study; however, McKenzie *et al.* (1998) reported that swimming performance increased significantly with higher levels of oleic, linoleic and linolenic acid in diets. They suggested this fact indicates that these mid chain fatty acids are efficiently oxidized and preferred substrates of exercise performance. Perhaps oleic and linoleic acid, which are contained in high amounts in CO, affect the increase of ATP content and burst swimming velocity. Improvement of tolerance to fasting is important for fish because starvation would directly relate to survival in jack mackerel *Trachurus symmetricus* Ayres (Theilacker, 1986) and indirectly in Atlantic herring *Clupea harengus* (Gamble and Hay, 1989). Therefore, feeding of 0.5 CO and 2.0CO diets for two months would be effective for improving the survival rate of chum salmon fry after release. The amount of triglyceride, the main component of neutral fat, in fish affects survival during fasting in masu salmon (Misaka *et al.*, 2004); however, their amounts did not differ among the fish fed FO and CO diets during fasting in this study (data not shown). Therefore the reason for the effects of CO in the improvement of the tolerance to fasting must be investigated.

Cottonseed contains gossypol causing high mortality in sea lamprey *Petromyzon marinus* by intraperitoneal injection (Rinchard *et al.*, 2000). The amount of gossypol is not analyzed in this study, however, the CO used in this study was purified as a chemical reagent to remove impurities including gossypol. The influence of gossypol is therefore considered negligible in this study.

In conclusion, CO supplementation to diet showed more positive effects on growth, feed efficiency and some health parameters in chum salmon fry than FO in this study. Improvement of health parameters such as the ATP content, burst swimming velocity and tolerance to fasting by supplementation of CO suggests that it would be effective for producing healthier chum salmon fry with an expected high survival rate after release. Moreover, vegetable oils are cheaper than fish oil as described above, so replacement of FO with CO might be effective for reducing the cost in rearing chum salmon fry. Therefore, supplementation of 0.5 or 2.0% of CO to the diet for two months is most effective from the viewpoint of cheaper production of healthy chum salmon fry. In future, further investigations are required to clarify the most appropriate feeding period of CO supplemented diet or supplemented ratio of CO to diet in chum salmon fry.

Acknowledgement

We are indebted to Dr. Mitsuhiro Nagata and Mr. Mahito Miyamoto, Salmon and Freshwater Fisheries Institute, for their helpful advice. We also thank the staff at the Hokkaido Salmon Propagation Association for providing the chum salmon eggs. This study was supported by a grant from Hokkaido government.

References

- Bell JG, McEvoy J, Tocher DR, McGhee F, Campbell PJ, Sargent JR. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. *J. Nutr.* 2001;131: 1535–1543.
- Bell JG, Henderson RJ, Tocher DR, McGhee F, Dick JR, Porter A, Smullen RP, Sargent JR. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. *J. Nutr.* 2002; 132: 222–230.
- Bell JG, Tocher DR, Henderson RJ, Dick JR, Crampton VO. Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *J. Nutr.* 2003; 133: 2793–2801.
- Bransden MP, Carter CG, Nichols PD. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. *Comp. Biochem. Physiol.* 2003; 135B: 611–625.
- Castell JD, Sinnhuber RO, Wales JH, Lee DJ. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J. Nutr.* 1972; 102: 77–86.
- Chick JH, Van DenAvyle MJ. Effects of feeding ration on larval swimming speed and responsiveness to predator attack: implications for cohort survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000; 57: 106–115.
- Drew MD, Ogunkoya AE, Janz DM, Van Kessel AG. Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 2007; 267: 260–268.
- Gamble JC, Hay SJ. Predation by the scyphomedusan *Aurelia aurita* on herring larvae in a large enclosure: effects of predator size and prey starvation. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions / Conseil Permanent International pour l'exploration de la Mer* 1989; 191: 366–375.
- Higgs DA, Dong FM. Lipids and fatty acid. In “*Encyclopedia of Aquaculture*” (ed. by R. R. Stickney), A Wiley-Interscience Publication, New York, USA, 2000; pp. 476–496.
- Kobayashi T, Ohkuma K. On the device for stamina measurement of salmon fry. *Scientific Report of Hokkaido Salmon Hatchery* 1983; 38: 41–44. (in Japanese with English abstract)
- Lee DJ, and Putnam GB. The response of rainbow trout to varying protein / energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 1973; 103: 916–922.
- Maeda M. Determination of biological substances using bioluminescent reaction based on luciferase-luciferin. *Rinsho Byori* 2004; 52: 595–603.
- McKenzie DJ, Higgs DA, Dosanjh B, Deacon G, Randall DJ. Dietary lipid composition influences swimming performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in seawater. *Fish Physiol. Biochem.* 1998; 19: 111–122.
- Menoyo D, Lopez-Bote CJ, Obach A, Bautista JM. Effect of

- dietary fish oil substitution with linseed oil on the performance, tissue fatty acid profile, metabolism, and oxidative stability of Atlantic salmon. *J. Anim. Sci.* 2005; 83: 2853–2862.
- Misaka N, Mizuno S, Miyakoshi Y, Takeuchi K, Takami T, N. Kasahara N. Changes of triglyceride and glycogen levels in the liver of underyearling masu salmon *Oncorhynchus masou* during starvation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2004; 70: 168–174. (In Japanese with English abstract)
- Mizuno S, N. Misaka N, Ando D, Torao M, Urabe H, Kitamura T. Effects of diets supplemented with iron citrate on some physiological parameters and on burst swimming velocity in smoltifying hatchery-reared masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Aquaculture* 2007; 273: 185–193.
- Naylor RL, Goldburg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MCM, Clay J, Folke C, Lubchenco J, Mooney H, Troell M. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 2000; 405: 1017–1024.
- Nicolaides N, Woodall AN. Impaired pigmentation in chinook salmon fed diets deficient in essential fatty acids. *J. Nutr.* 1962; 78: 431–437.
- Ohkuma K, Sasaki S, Wada A, Tojima T. Burst swimming speed of chum salmon fry measured with a simple water tunnel apparatus. *Bulletin of the National Salmon Resources Center*, 1998; 1: 45–48. (In Japanese with English summary)
- Plaut I. Critical swimming speed: its ecological relevance. *Comp. Biochem. Physiol.*, 2001; 131A: 41–50.
- Rinchard J, Ciereszko A, Dabrowski CK, Ottobre J. Effects of gossypol on sperm viability and plasma sex steroid hormones in male sea lamprey, *Petromyzon marinus*. *Toxicology letters* 2000; 111, 189–198.
- Sargent JR, Tocher DR, Bell JB. The lipids. In “*Fish Nutrition 3rd ed*” (ed. by Halver JE, Hardy RW), Academic Press, San Diego, US, 2002; pp. 181–257.
- Shimizu I. Factors on short- and long-term changes in wholesale prices of salmon in Hokkaido. *Bulletin of the National Salmon Resources Center* 2002; 5: 13–19. (In Japanese with English summary)
- Tacon AGJ. Feeding tomorrow’s fish. *World Aquaculture* 1996; 27: 20–32.
- Takeuchi T, Watanabe T, Nose T. Requirement for essential fatty acids of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in freshwater environment. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1979; 45: 1319–1323.
- Theilacker GH. Starvation-induced mortality of young sea-caught jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, determined with histological and morphological methods. *Fishery Bulletin* 1986; 84: 1–17.
- Watanabe T, Ogino C, Koshiishi Y, Matsunaga T. Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1974; 40: 493–499.
- Watanabe T, Takeuchi T. Evaluation of pollock oil as a supplement to diets for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1976; 42: 893–906.
- Watanabe T. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 1982; 73B: 3–15.
- Watanabe K. Estimation of survival rate of juvenile chum salmon and evaluation of salmon ranching practice in Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Salmon Resources Center* 1999; 2: 29–37. (In Japanese with English summary)

北海道東部沿岸で漁獲された9歳魚のサケ（短報）

宮腰靖之

北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場

Age-9 chum salmon caught in eastern Hokkaido (Short Paper)

YASUYUKI MIYAKOSHI

Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Eniwa, Hokkaido 061-1433,
Japan

Chum salmon *Oncorhynchus keta* usually mature at two to six years of age (i.e., age 0.1–0.5 in the European system), and recently the existence of age-7 and age-8 chum salmon has been reported. For management of fisheries and enhancement of this species, the Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute examines the age of chum salmon returned to rivers and coastal areas of Hokkaido. An age-9 chum salmon was found in fish caught in the set-net fishery in the Utoro area, eastern Hokkaido, on 12 September 2012. The fish was male, and scales were only sampled but the body size was not measured. From the scale length, fork length of the fish was estimated at 67.5 cm (95% confidence interval: 66.8–68.2 cm). This is the first record of age-9 (age 0.8) chum salmon in Japan.

キーワード：回帰、サケ、年齢、北海道

サケ *Oncorhynchus keta* は通常2~6年の海洋生活を経て、回帰する (Solo, 1991)。サケの成熟年齢は北太平洋全体でみても以前と比べて高齢化する傾向がみられ (Ishida *et al.*, 1988; Hell and Hoffman, 1998), 北海道でも1980年代後半の年級群では高齢化したことが知られている (Kaeriyama, 1998; 帰山, 2004)。小林 (1961) は極めて稀に7年魚が出現することを1960年代の報告の中で記しているが, 1990年代以降には北海道でも8年魚の存在が確認されるようになった (水産庁さけ・ます資源管理センター, 1999–2000; 北海道立水産孵化場, 2002–2003)。

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場では、北海道沿岸に来遊するサケの資源評価のため、沿岸漁獲物や河川で捕獲されたサケの年齢組成調査を実施している (Miyakoshi *et al.*, 2013; さけます・内水面水産試験場, 2013)。その調査のうち、2012年に北海道オホーツク海側ウトロ沿岸で漁獲されたサケの1尾が9年魚と判定されたのでここに報告する。

試料および方法

北海道オホーツク海に来遊するサケの資源評価のため、斜里町ウトロ沿岸 (ルシャ川河口付近に設置された定置網) で漁獲されたサケの鱗を採取して年齢査定を実施した。年齢組成調査は2012年から実施しており、2012年には9月中旬から11月中旬まで、毎旬100尾 (雌雄各50尾) のサケから鱗を採取した (Table 1)。この際、鱗の採取は陸揚げ前の船上で実施し、魚体測定は行わず、背鰭基底部後端の直下、側線よりもやや上の部位から3~4枚の鱗を採取し、アクリル板に挟んで持ち帰った。

採取した鱗は、実験室でアクリル板から剥してシャーレに移して蒸留水に浸し、表面の粘膜、ゴミなどを取り除いた後、ガム (水貼り) テープに貼り付けた。室温で乾燥後、ガムテープの鱗を添付した面と透明塩化ビニル板 (60×120×0.5 mm) を重ね合わせて、ヒーター付プレス機を用いて鱗のレプリカ標本を作製した。レプリカ標本作成時のプレス機のプレートの温度は約70°Cに設定し、圧力8トンで3分間加圧した後、圧力を10トンに増してさらに2分間加圧した。出来上がった鱗のレプリカを万能投

Table 1 Number of chum salmon examined for age in the Utoro area, eastern Hokkaido, 2012

Date	Age-3	Age-4	Age-5	Age-6	Age-7	Age-8	Age-9	Total
12 September	0	42	50	2	0	0	1	95
21 September	0	41	56	1	0	0	0	98
2 October	2	54	41	3	0	0	0	100
19 October	13	63	20	1	0	0	0	97
27 October	19	56	23	2	0	0	0	100
6 November	13	57	28	0	0	0	0	98
17 November	17	61	20	2	0	0	0	100
Total	64	374	238	11	0	0	1	688

影機で50倍に拡大して年齢を査定した。年齢査定の基準は小林（1961）に従った。年齢査定は2者が独立して行い、結果を照合して査定ミスを防ぐようにした。

ウトロ沿岸でのサンプリングでは魚体測定を実施しなかつたため個体の尾叉長は不明であるので、同じくオホーツク海沿岸東部の網走沿岸で漁獲されたサケの尾叉長と鱗径の関係式を用い、尾叉長を推定した。網走沿岸では9月中旬から11月上旬にかけて、陸揚げ時に毎旬100尾（雌雄各50尾）のサケの雌雄を判別後、尾叉長、体重を測定し、鱗を採取した。採鱗部位と採取後の年齢査定の方法はウトロ沿岸と同様とした。鱗径の計測には万能投影機を使用し、鱗を50倍に拡大して中心から鱗の縁辺までの距離を長軸に沿って測定した。

結果

2012年9月12日に測定した100尾のうちの雄1尾が9年魚と査定された。鱗の1枚をFig. 1に示す。平均鱗径は2.96 mm (n=3) であった。

この個体の魚体測定は実施していないので、サイズは不明であるが、同じ年に網走沿岸で漁獲された雄サケの

尾叉長と鱗径の関係 ($FL = 32.45 + 11.83 \times 鱗径, r^2 = 0.42, n = 225, p < 0.01$) から、この個体の尾叉長は67.5 cm (95%信頼区間：66.8～68.2 cm) と推定された。

考察

本研究では2012年に北海道オホーツク海東部ウトロ沿岸で漁獲されたサケの年齢を調べ、9月12日に漁獲された雄の1個体が9年魚と判断された。9歳魚のサケの回帰が確認されたのは本研究がはじめてである。ただし、沿岸での漁獲物であるため、この個体の起源の河川などは不明である。

魚体測定は実施しなかったが、鱗の大きさからこの個体の尾叉長は67.5 cm (95%信頼区間：66.8～68.2 cm) と推定された。サケの魚体サイズは成熟年齢が高いほうが大型である傾向があり、北海道オホーツク海側の河川に遡上した5歳以上の雄では成熟時の平均尾叉長が70 cmを超えることが多い（宮腰ら、2013）。本報告で述べた9歳魚のサケは雄であったが、沿岸で漁獲された個体であるため、第二次性徵に伴う吻部の伸長が十分に発達していないものと思われる。比較として、この年にオホーツ

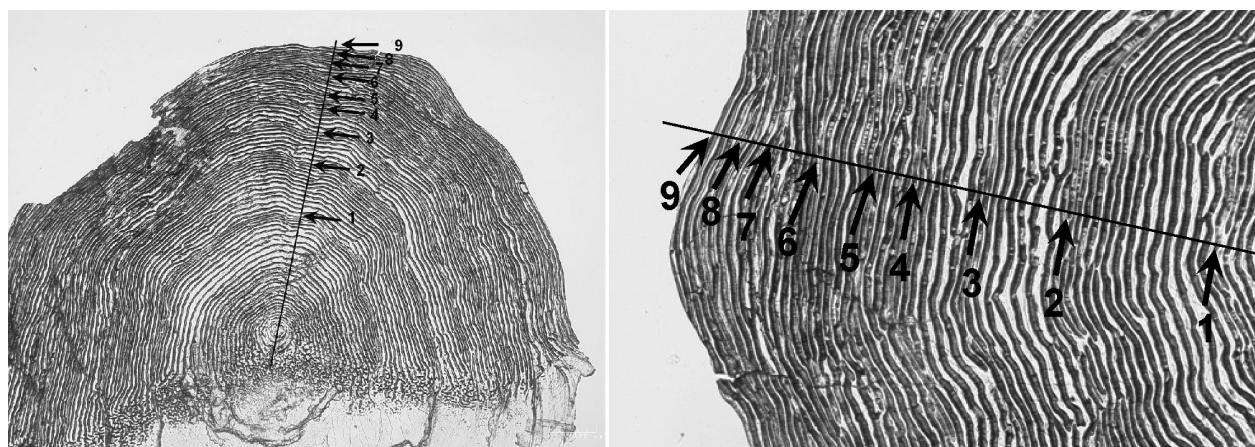


Fig.1 The scale of age-9 chum salmon captured by a set-net in the Utoro area, eastern Okhotsk, on 12 September 2012 (left: whole image, right: enlarged image). Arrows indicate the annuli formed on the scale.

ク海東部網走沿岸で漁獲されたサケの平均尾叉長および範囲を示すと、3年魚が57.5 cm（範囲：51.0～66.6 cm）、4年魚が62.3 cm（52.8～74.4 cm）、5年魚が66.6 cm（55.0～81.0 cm）、6年魚が69.9 cm（65.0～75.0 cm）、全体では63.4 cm（51.0～81.0 cm）であり（未発表資料），本研究で確認された9歳魚の個体はとりわけ大型というサイズではなかった。本個体は再捕時の魚体すら測定していないため、各年齢時点のサイズを逆算することは控えるが、鱗に形成された休止帯の間隔を見ると、4歳以降の成長が極端に悪くなっていることが見て取れる。

最後に、本研究では鱗に刻まれた休止帯の数から年齢組成をしたが、サケの高齢個体の年齢査定の正確さについて耳石など他の組織を使うなどして検証することも必要であろう。

謝 辞

本研究におけるサケの魚体測定や採鱗、年齢査定の作業は、一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会の増川則夫常務理事および職員の皆様、網走漁業協同組合の吉田裕次総務部長および職員と共同で実施しました。これらの皆様に厚くお礼申し上げます。なお、本調査は一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会との共同研究「オホーツク沿岸の海洋環境とサケ資源管理に関する研究」の一環として実施した。

引用文献

Helle J, Hoffman MS. Changes in size and age at maturity of two North American stocks of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) before and after a major regime shift in the North Pacific Ocean. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 1998; 1: 81–89.

北海道立水産孵化場. 平成12～13年度事業成績書. 「サケ

- 資源動態、生物統計調査」. 恵庭市, 2002～2003.
 北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場. 平成23年度事業報告書. 「サケ資源動態、生物統計調査」. 恵庭市, 2013.
- Ishida Y, Ito S, Kaeriyama M, McKinnell S, Nagasawa K. Recent changes in age and size of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific Ocean and possible causes. *Can. J Fish. Aquat. Sci.* 1993; 50: 290–295.
- Kaeriyama M. Dynamics of chum salmon, *Oncorhynchus keta*, populations released from Hokkaido, Japan. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 1998; 1: 90–102.
- 帰山雅秀. サケの個体群生態学. 「サケ・マスの生態と進化（前川光司編）」文一総合出版、東京. 2004；137–161.
- 小林哲夫. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の年齢、成長並びに系統に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1961；16：1–102.
- Miyakoshi Y, Nagata M, Kitada S, Kaeriyama M. Historical and current hatchery programs and management of chum salmon in Hokkaido, northern Japan. *Rev. Fish. Sci.* 2013; 21: 469–479.
- 宮腰靖之, 安藤大成, 藤原 真, 虎尾 充, 隼野寛史, ト部浩一. 北海道オホーツク海側の河川に遡上したサケの魚体サイズの特徴. 北海道水産試験場研究報告 2013；84, 21–29.
- Solo EO. Life history of chum salmon. In: *Pacific salmon life histories* (Groot C. and Margolis, L. eds.), University of British Columbia Press, Vancouver. 1991; 231–309.
- 水産庁さけ・ます資源管理センター. サケ属魚類資源生物モニタリング. *Salmon Database* 1999～2000；7(1)～9(1).

西別川における2006年のサケ稚魚の降河尾数の推定（短報）

春日井 潔^{*1}, 竹内勝巳², 宮腰靖之², 永田光博²

¹北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 道東支場,

²北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場

Estimation of number of downstream migrating chum salmon fry in the Nishibetsu River in 2006 (Short Paper)

KIYOSHI KASUGAI^{*1}, KATSUMI TAKEUCHI², YASUYUKI MIYAKOSHI² AND MITSUHIRO NAGATA²

¹ Doto Research Branch, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-1164

² Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Eniwa, Hokkaido, 061-1433, Japan

Marked chum salmon *Oncorhynchus keta* fry ($n = 104,200$) with a clipped right pelvic fin were released in the upper reaches on 28 April, and were recaptured with a rotary screw trap in the lower reaches of the Nishibetsu River, eastern Hokkaido, northern Japan in 2006. A total of 23 marked fish were recaptured between 5 and 26 days after release. To assess the trap efficiency, chum salmon fry clipped upper the lobe of the caudal fin ($n = 5,970$) were released at the 2 km upper the trap, and seven fish were recaptured; trap efficiency was estimated at 0.13%. Right pelvic fin clipped chum salmon fry that passed the trap site were estimated at 17,167; the rate of recaptured fish against released fish was estimated at 16.5%.

キーワード：降河，再捕，シロサケ，稚魚，西別川

北海道東部根室海区の南部地区では、ふ化場で生産されたサケ稚魚 (*Oncorhynchus keta*) の約4割を西別川から放流している。西別川においては、種苗生産が上流域に位置するふ化場において行われており、放流も主にふ化場から行われている。西別川は流路延長が100km以上あり (Fig. 1)，上流から放流されたサケ稚魚が河口に到達するまでには長い時間を要すると予想される。1963年に虹別ふ化場（現 水産総合研究センター 北海道区水産研究所 虹別さけます事業所）から放流されたサケ稚魚では（小林ら, 1965；小林・原田, 1966），標識魚の再捕状況から、4月の降河盛期には8日前後で降河すると報告された（小林ら, 1965）。ただし、この当時のサケ稚魚の放流は1月から始まり、4月には終了し、また浮上後ただちに無給餌で放流されていた（小林ら, 1965）。したがって、給餌して体重1 g以上に成長した稚魚を3月以降に放流する、現在の放流方法とは様相が大きく異なる。このため、近年の大型サケ稚魚の降河状況が2008～2010年に調べられた（Kasugai *et al.*, 2013）。しかし、この調査では稚魚の

採集にロータリー式スクリュートラップを用いたが、トラップの採集効率は把握されていなかったため、西別川を降河したサケ稚魚の総数や生残率を推定することができなかった。ただし、2006年にはトラップによる稚魚の採集効率を推定するための調査が行われた。そこで本報では、2006年春に実施した西別川におけるスクリュートラップによる稚魚の採集効率とサケ稚魚の推定降河尾数について報告する。

材料および方法

調査に用いたサケ稚魚は、西別川で捕獲された親魚から2005年11月1日に採卵され、奥西別川ふ化場において生産された。2006年4月3日～7日に奥西別川ふ化場において右腹鰓を切除して標識した。4月28日に奥西別川ふ化場の排水路を通じて104,200尾が放流された。放流時の魚体サイズの平均値土標準偏差 ($n = 170$) は、尾叉長が 5.06 ± 0.51 cm, 体重が 1.21 ± 0.40 gであった。

西別川においてサケ稚魚は、上流の4ふ化場（虹別、奥

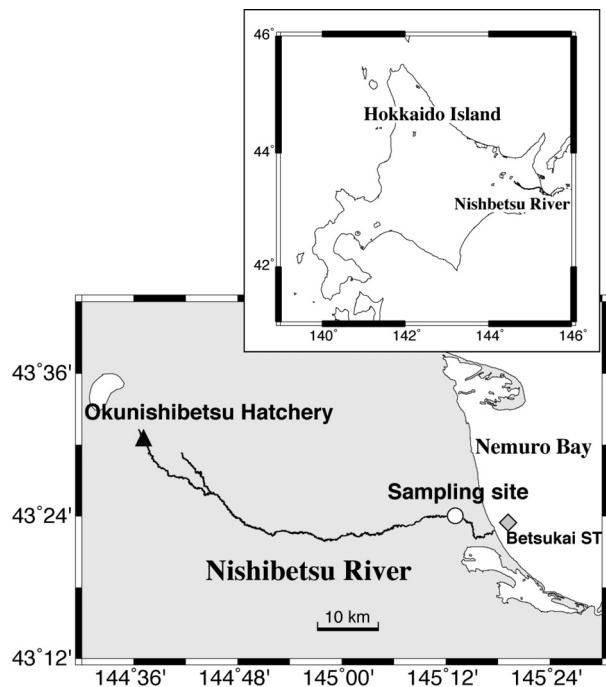


Fig.1 Map of the study area showing the locations of (1) release site (solid triangle) and sampling site (open circle) in the Nishibetsu River; and (2) data logger for sea surface temperature (Betsukai ST: gray rhombus).

西別川、西別川、本別）から3月8日から5月22日にかけて計40,630,000尾が放流された（Fig. 2B）。1回の放流尾数は11,000~613,400尾であった。

サケ稚魚の降河状況を明らかにするため、奥西別ふ化場から90km下流、河口から12km上流に位置する西別川捕獲場のウライ下の河川中央からやや左岸寄りに、ロータリー式スクリュートラップ（E.G. Solutions, Inc., OR, U.S.A；以下、トラップ）を4月8日から7月6日にかけて設置した（Fig. 1）。4月9日の捕獲場における水域の断面積は17.6m²（川幅約30 m, 水位99cm）で、水中でのコーンの断面積は0.88m²なので、水域に占めるコーンの割合は5%であった。

トラップによって採捕された魚類の調査は原則、毎日行った。採捕された魚類はたも網ですくい上げバケツなどに移した後、麻酔（FA100, 田村製薬株式会社, 東京）をかけ、標識の確認と尾数の計数を行った。標識魚はすべて取り上げて持ち帰り、尾叉長および体重を測定するまで冷凍して保存された。計数した魚類の内、標本として持ち帰るもの以外は麻酔から覚めた後に放流した。

西別川では上流の奥西別川ふ化場付近と下流の捕獲場にデータロガー（Tidbid, Onset, US）を設置し、1時間おきに水温を記録した。沿岸域の水温として、西別川河口から約1.5 km沖合に設置された水温観測ブイ（マリンアイ、北翔電子、江別；Fig. 1: Betsukai ST）で1時間ごとに

測定された1 m水深のデータを用いた。

トラップの採集効率を推定するために、5月8日に尾鰭上葉を切除した標識魚5,970尾を捕獲場の約2km上流から放流した。尾鰭切除標識魚の放流時の体サイズの平均値±標準偏差（n = 100）は、体長5.63 ± 0.59 cm、体重1.59 ± 0.43 gであった。トラップの採集効率は標識魚の放流数に対する再捕尾数から推定し、その際、放流から再捕までの間に死亡はないものと仮定し、放流した標識魚はすべてトラップ設置地点を通過して下流へと移動したものと仮定した。

標識魚の降河尾数は、一つのトラップによる部分的な採捕の場合を適用して最尤推定値と95%信頼区間を推定するとともに（Volkhardt *et al.*, 2007: 257p），FORTRANプログラム「BOOTN」（Murphy *et al.*, 1994）を用い、ブートストラップサンプリングを1000回行い、その推定値から平均値と95%信頼区間を求めた。採集効率は、以下の式に基づいて推定し、95%信頼区間を「BOOTN」を用いて標識魚の降河尾数と同様の方法で推定した。

$$\text{採集効率} = (\text{標識魚再捕数} + 1) / (\text{標識魚放流尾数} + 1)$$

結 果

環境の変化

西別川および沿岸域の水温変化をFig. 2Aに示した。上流の奥西別川ふ化場付近では河川水温は8°C前後で、放流時期の3月～6月にかけてはほぼ一定であった。捕獲場においては、4月の下旬以前は上流より水温が低かったが、それ以降は上流よりも高く推移した。西別川河口沖の水温は5°Cに達するのは5月上旬、サケ稚魚が沿岸域に広く分散すると考えられる水温である8°Cに達するのは5月中旬下旬であった。また、サケ稚魚が沿岸域から外洋へと移動し始めるとされる水温である13°Cに達したのは6月下旬から7月にかけてであった。

トラップによるサケ稚魚の採捕状況

サケ稚魚は、トラップを設置した2日後の4月9日からトラップを撤去する7月6日まで採捕された（Fig. 2C）。一日あたりに採捕されたサケ稚魚の尾数は0~3,497尾（平均±標準偏差 = 403.9 ± 674.5尾）であった。トラップでは総計35,135尾のサケ稚魚が採捕された。トラップによるサケ稚魚の採捕は、4月中旬（日平均水温5°C）から増加し始め、4月下旬（同8°C）、5月中旬（同11~13°C）、5月末（同11~13°C）の概ね3つのピークが認められた。6月上旬には数尾にまで減少し、6月下旬から調査を終了した7月上旬までの間は、0か1尾で推移した。

サケ稚魚の採捕が増加し始めたのは、下流の水温が上流の水温を超えた時期に当たり、多くの稚魚の採捕が終

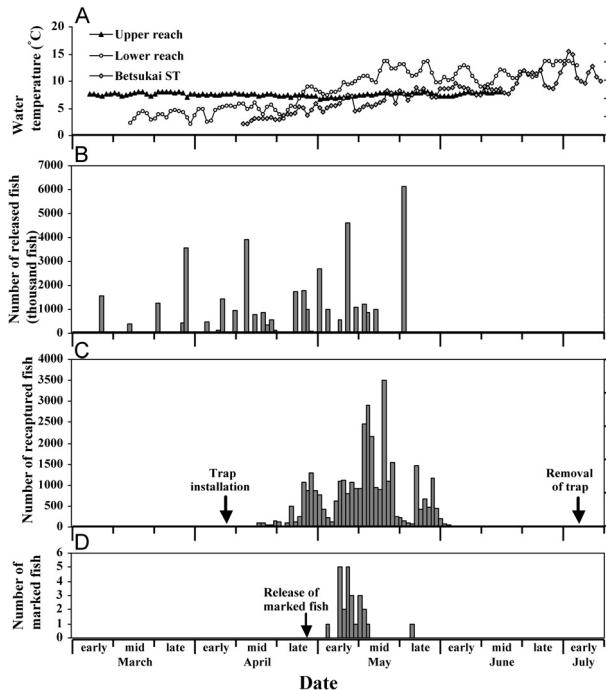


Fig.2 A: Changes in water temperature in the upper and lower reaches of the Nishibetsu River and sea surface temperature at Betsukai ST in 2006; B: number of chum salmon fry released into the Nishibetsu River in 2006; C: number of chum salmon fry recaptured using a rotary screw trap in 2006; D: number of marked chum salmon fry recaptured using the rotary screw trap.

息したのは西別川河口沖の表層水温が8°Cを超えた時に該当した (Fig. 2A, C)。

標識魚の再捕状況

奥西別川ふ化場から放流された右腹鰓切除標識魚は、放流の5~26日後に確認され（大部分は8~18日後），再捕された尾数は23尾であった (Fig. 2D)。捕獲場までの平均到達日数は， 11.6 ± 4.4 日であった。再捕された23尾のうち測定した21尾の平均体サイズは，体長5.15cm，体重1.04g，肥満度7.44であった。

トラップの採集効率を推定するために放流した尾鰓上葉切除標識魚は，放流翌日までに7尾が再捕された。採集効率は0.13% (95%信頼区間: 0.07~0.25) と推定された。

ここで得られた採集効率を用いて，奥西別川ふ化場から放流された右腹鰓切除標識魚の捕獲場での通過尾数を推定したところ，最尤推定値では17,167尾 (95%信頼区間: 4,155~30,179尾)，ブートストラップ推定値では17,245尾 (7,349~37,319尾) であった。放流尾数に対する推定通過尾数の割合（生残率）は，16.5% (最尤推定値: 4.0~29.0%；ブートストラップ推定値: 7.1~35.8%) となった。

調査期間中の採集効率を0.13%で一定と仮定した場合，捕獲場における通過尾数は27,020,000尾 (14,050,000~50,190,000尾) と推定された。放流魚全体の生残率は

66.5% (34.6~123.5%) となり，標識魚より高い割合を示した。

考 察

上流から放流された標識魚と未標識魚の下流での生残率には大きな違いがあった。標識魚が多く発見された5月上旬はトラップによるサケ稚魚の採捕尾数が1日1,000尾以上であったため，標識魚を見落とし，降河尾数を過小評価した結果，生残率が低下した可能性がある。

トラップの採集効率は河川の流量や流速によって変動することが知られている（宮腰ら, 2001；Volkhardt *et al.*, 2007）。本研究では採集効率の推定が1回だけだったので，採集効率調査を行った5月上旬以外では採集効率が異なり，実際の通過尾数は推定通過尾数とは異なっていた可能性もある。流量や流速の環境変動に応じて複数回の採集効率調査を行い，データを集積し，それに基づいて通過尾数を推定する必要がある。

一方，採集効率以外に標識魚の生残率を低下させた要因も考えられる。西別川においては，放流時期が早い稚魚ほど降河に日数を要し，4月上旬以前では20日以上，4月中旬で2週間程度，5月上旬では10日以内で上流のふ化場から下流の捕獲場まで到達する（Kasugai *et al.*, 2013）。また，同じ年では早い時期に放流した稚魚の再捕率（放流尾数に対する再捕尾数の割合）は遅い時期の放流群より低い（Kasugai *et al.*, 2013）。西別川では1960年代においても河川内で再捕されたサケ稚魚が餌不足に陥っている可能性が示唆されている（小林ら, 1965）。西別川においてはトラップで再捕されたサケ稚魚の栄養状態は悪く（水野，未発表データ），長期間河川内に滞在することで栄養状態が悪化し，減耗が大きくなった可能性がある。この仮説の妥当性を示すためには，今後，河川内におけるサケ稚魚の減耗を示すデータを集積する必要がある。

謝 辞

標識作業およびスクリュートラップの設置には，一般社団法人 根室管内さけ・ます増殖事業協会から多大な協力を頂いた。別海漁業協同組合 大橋勝彦氏，小笠原豊氏には調査を手伝って頂いた。試験当時にさけます・内水面水産試験場道東支場に勤務していた鈴木智佐登氏には採集効率推定に用いたサケ稚魚の標識作業を手伝つて頂いた。ここに記して感謝します。

引用文献

- Kasugai K, Torao M, Nagata M, Irvine JM. The relationship between migration speed and release date for chum salmon *Oncorhynchus keta* exiting a 110-km northern

- Japanese river. *Fish. Sci.* 2013; 79: 569–577.
- 小林哲夫, 原田 滋, 阿部進一. 西別川におけるサケ・マスの生態調査 I. サケ稚魚の降海移動並びに成長について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1965; 19: 1–10.
- 小林哲夫, 原田 滋. 西別川におけるサケ・マスの生態調査 II. カラフトマス稚魚の降海移動, 成長, 食性. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1966; 20: 1–10.
- 宮腰靖之, 隼野寛史, 藤原 真, 杉若圭一, 永田光博. ロータリー式スクリュートラップによる野生および放流サクラマスモルトの再捕率の比較. 水産増殖 2001; 49: 445–450.

- Murphy ML, Thedinga JF, Pella JJ. Bootstrap confidence intervals for trap efficiency estimates of migrating fish. Unpublished manuscript, Auke Bay Laboratory, 11305 Glacier Hwy, Juneau, Alaska, 99801–8626. 1994.
- Volkhardt GC, Johnson SL, Miller BA, Nickelson TE, Seiler DE. Rotary screw trap and inclined plane screen traps. In: Johnson DH, Shrier BM, O’Neal JS, Knutzen JA, Augerot X, O’Neil TA, Pearson TN (eds). *Salmonid field protocols handbook: techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations* American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA. 2007; 235–266.

網走川支流ドードロマップ川における魚道設置前後の サクラマス産卵床の分布（短報）

下田和孝*，川村洋司

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Distribution of masu salmon redd in the Doudoromappu River, a tributary of the Abashiri River, before and after the construction of fish ways (Short Paper)

KAZUTAKA SHIMODA* AND HILOSHI KAWAMULA

Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Eniwa, Hokkaido 061-1433,
Japan

We investigated the distribution and number of spawning redds of masu salmon *Oncorhynchus masou* in the Doudoromappu River, a tributary of the Abashiri River in Hokkaido seven years before and after the construction of fish ways. Although the distribution of spawning redds had expanded into the upper reaches of the river, the total number of spawning redds had not increased in one to three years after the construction of fish ways. Four to five years after construction, the total number of spawning redds had increased by 2.6 times as many as that of their parents generations. According to previous reports, the population densities of juvenile fish were high in the year after construction of the fish ways, and the mortalities of eggs were high in the upper reaches of the river. We supposed that expansion of the habitat and spawning area by construction of the fish ways might lead to high mortalities of eggs and juveniles, and increase the number of seaward migration fish and ascending adults.

キーワード：魚道，サクラマス，産卵床

治山ダムや砂防ダムなどの落差を有する河川工作物は、魚類の河川内移動を阻害し、種多様性の低下や回遊性の喪失など様々な影響を及ぼす（森田・山本, 2004）。このため、道内各地の河川では河川工作物への魚道の設置が進められ、その数は1990年代以降急増している（谷瀬ら, 2006）。北海道ではサケ科魚類の遡上を目的とした魚道が多く、なかでも河川と海洋とを行き来する生活史を持つサクラマス *Oncorhynchus masou* は重要な遡上対象魚に位置づけられている（北海道立水産孵化場, 1994）。

道有林を流れる網走川支流のドードロマップ川では2005年から2006年にかけて網走東部森づくりセンター（現オホーツク総合振興局東部森林室）によって2基の床固工に魚道が設置され、その効果について調査が行われた（オホーツク総合振興局ホームページ：<http://www.okhotsk.pref.hokkaido.lg.jp/sr/tsr/>, 2013年9月24日）。この調査では調査

初年度（2006年9月）に魚道未設置の床固工よりも下流で277床のサクラマスの産卵床が確認されたことから、魚道の設置により産卵域が拡大することで産卵床数は400床に増加する見込があると予想し、この値を魚道設置による資源回復の目標に定めた（下田・川村, 2008）。

しかし、魚道設置から3年間（2007～2009年）実施された事後調査では、産卵床の分布範囲が上流へと拡大したことは確認されたものの、産卵床の総数は200床前後で推移し目標に達することはなかった（オホーツク総合振興局ホームページ：<http://www.okhotsk.pref.hokkaido.lg.jp/sr/tsr/>, 2013年9月24日）。本報告では、その後の3年間を含む計7年間（2006～2012年）についてサクラマスの産卵床の分布と数を記載し、魚道設置と産卵床数との関連性について考察した。

試料および方法

河川工作物と魚道の概要 ドードロマップ川には魚類の遡上を妨げる規模の河川工作物が5基設置されている(Fig. 1)。最も下流に位置する昭和44年(1969年)設置の治山ダム(以下, S44治山ダム)は落差約2.0mで、2001年にカラマツ *Larix leptolepis Gordon*材製の魚道が設置された。S44治山ダムの1.8km上流で左岸側から支流のポンドードロマップ川が合流し、ポンドードロマップ川には本流との合流点から約0.1km上流の地点に平成11年(1999年)設置の床固工(以下, H11床固工)がある。H11床固工は落差約1.5mで、2005年末にコンクリート製の魚道が設置された。H11床固工の1.6km上流にも平成13年(2001年)設置の落差約2.0mの床固工(以下, H13床固工)があり、ここには2006年10月にコンクリート製の魚道が設置された。ポンドードロマップ川の最上流部には昭和62年(1987年)設置の治山ダム(以下, S62治山ダム)があり、また本流の上流部にも昭和42年(1967年)設置の床固工(以下, S42床固工)があるが、これらについては2012年9

月時点では魚道未設置である。S62治山ダムは2段構造で、下段の落差は約1.5m、上段の落差は約3.0mである。S42床固工も2段構造で、下段の落差は約0.6m、上段の落差は約3.2mである。

サクラマスの産卵床分布 調査は2006年9月20日、2007年9月18日～19日、2008年9月17日～18日、2009年9月15日～16日、2010年9月15日～16日、2011年9月14日～15日、2012年9月18日～19日に実施した。網走川本流との合流点を基点にドードロマップ川本流の5.9kmと支流のポンドードロマップ川の4.7kmの範囲を治山ダムや床固工を境に5区間に区切り(Fig. 2)，各区間でサクラマスの産卵床を探査し、発見した産卵床の位置をGPS(GARMIN eTrex)で記録した。

産卵床数と漁獲量との対比 サクラマスの漁獲量は年によって増減することから(隼野, 2003)，魚道設置後に産卵床数が増加したとしても魚道設置とは直接関係していない可能性も考えられる。このことを検証するにはドードロマップ川の産卵床数の経年変化を近隣河川のものと

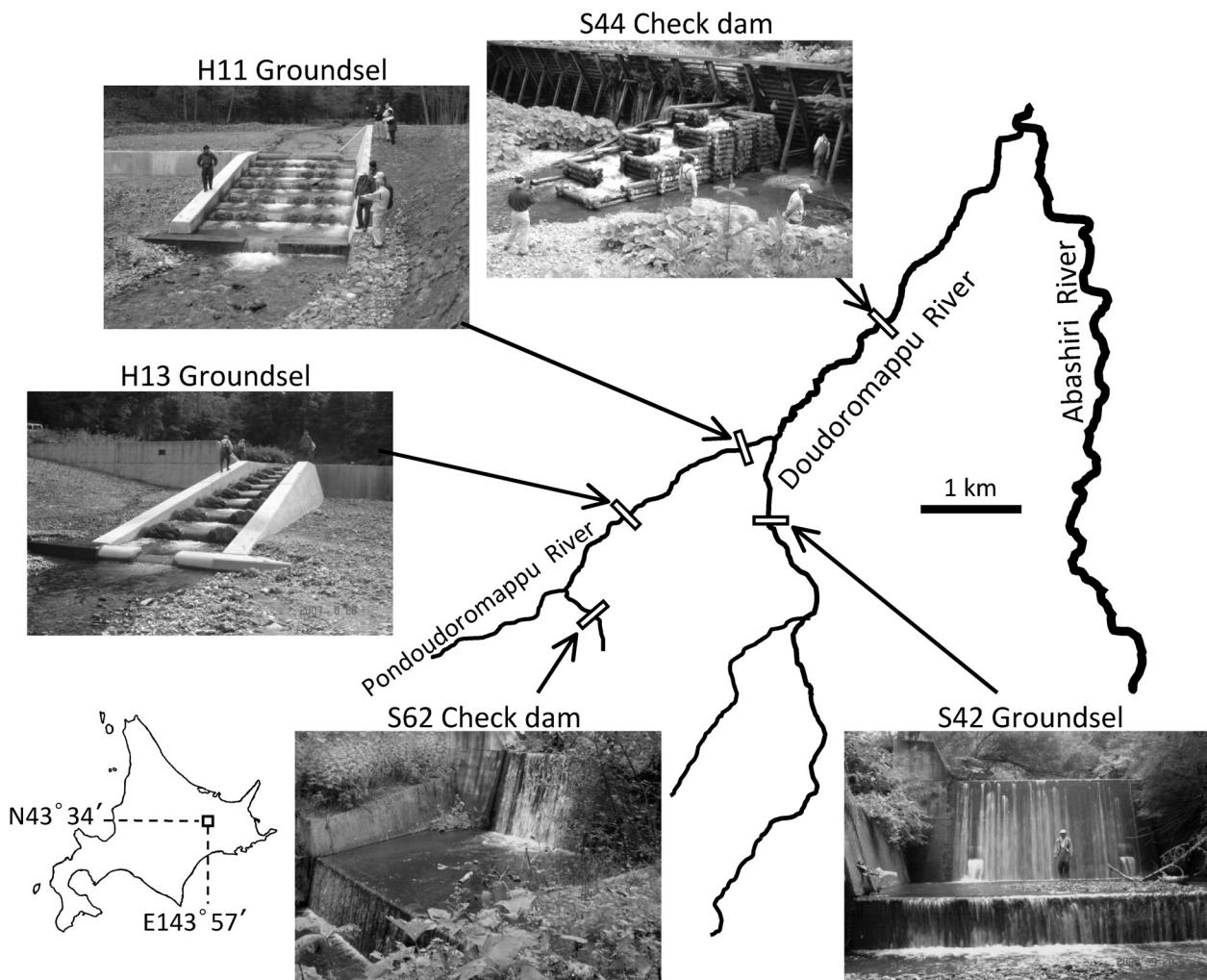


Fig.1 Location of check dams and groundsels in the Doudoromappu River.

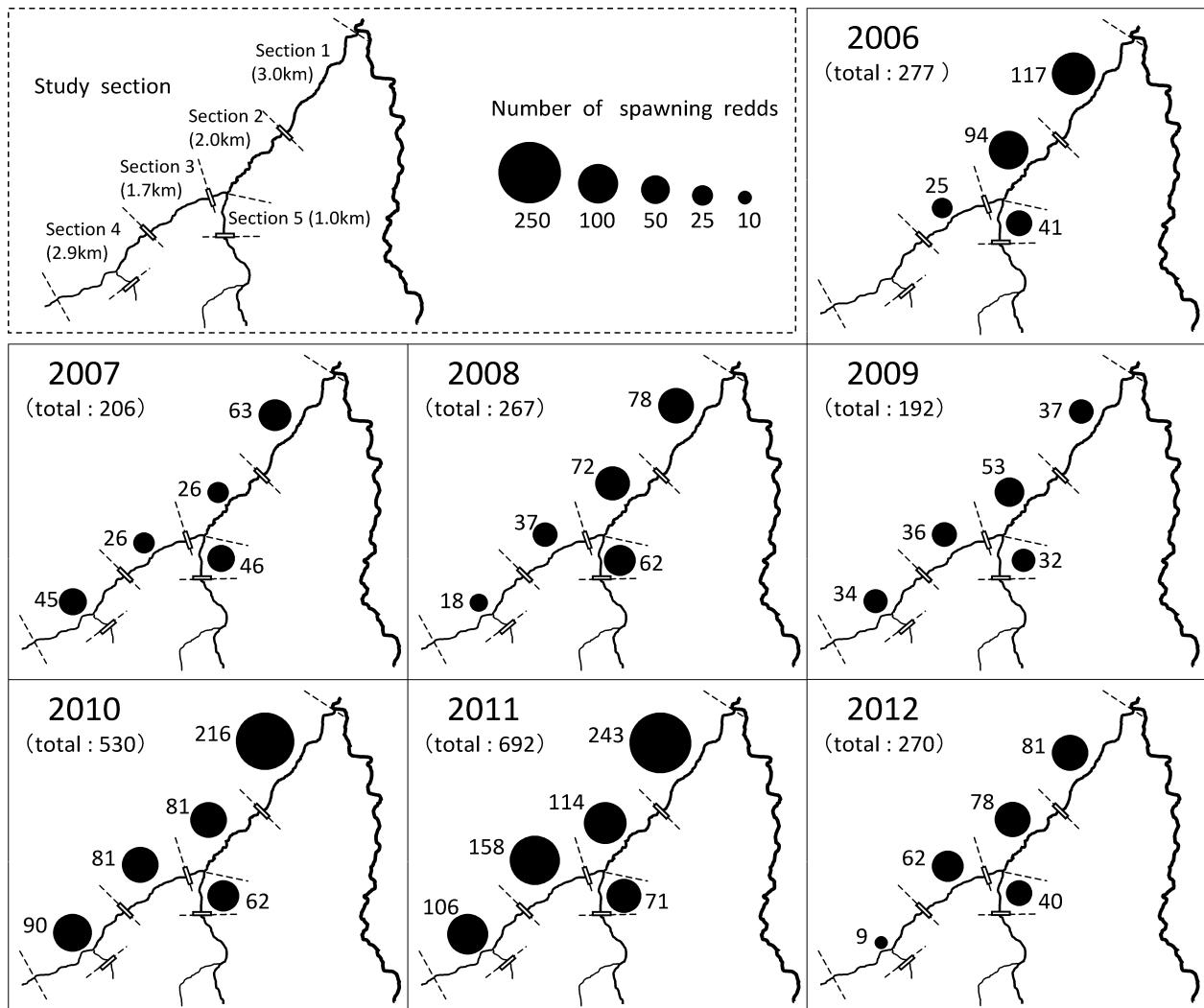


Fig.2 Distribution of the spawning redds of masu salmon in the Doudoromappu River.

比較し、産卵床数の増加がドードロマップ川に特有の現象かどうかが明らかにしなければならない。しかし、近隣河川の産卵床数については本調査では調べておらず、また他機関からの報告も見られないため、本報告ではサクラマスの沿岸漁獲の動向とドードロマップ川における産卵床数の年変化を対比させた。

本報告では漁獲量として5月～7月のオホーツク総合振興局管内における総漁獲量を用いた。これは、過去に道内で行われた標識放流において、放流場所に近い海域での標識魚の発見尾数が5月以降に多くなる傾向があったことから（宮腰、2006），この時期のオホーツク総合振興局管内の漁獲量はオホーツク海東部沿岸河川におけるサクラマスの資源動向を反映していると考えられるためである。また、漁獲量データのうち2006～2010年については、それぞれ北海道立水産孵化場（2008, 2010, 2011）および北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場（2012, 2013）の掲載資料を引用し、2011年および2012

年については北海道立総合研究機構水産研究本部マリンネット北海道市場水揚げ情報管理サブシステム暫定漁業生産高データベースの保存データを集計して用いた。集計対象とした漁業種は他の年の漁獲量データに合わせて沿岸漁業によるものに限定し、これには5月～7月のオホーツク総合振興局管内では小定置網およびその他定置網が該当した。

サクラマスの漁獲統計資料は2007年以降漁獲重量のみ記録されている。2006年以前の漁獲統計資料（北海道立水産孵化場、1999～2008）をもとにオホーツク総合振興局管内で5月～7月に水揚げされたサクラマスの1尾当たりの魚体重を算出したところ、漁獲年による魚体重の差は小さかったことから（1997年～2006年の平均値±標準偏差： 0.915 ± 0.063 kg），漁獲重量の増減は漁獲尾数の多寡と良く対応していると考え、本報告では漁獲重量を産卵床数との対比に用いた。

結果

各調査年における産卵床の分布をFig. 2に示した。魚道完成前の2006年, 産卵床は中・下流の区間1および2に多く形成され, 計277床が確認された。魚道完成後に産卵床はH13床固工上流の区間4でも確認されるようになったが, 産卵床の総数は, 魚道完成から3年間(2007~2009年)は200床前後で推移し2006年の数を上回ることはなかった。2010年には計530床の産卵床が確認され, 翌2011年には692床が確認された。

産卵床数と漁獲量を対比したところ, 2006年から2009年にかけて両者はともに前年比で0.7~1.3倍の変動幅で増減していた。一方, 2010年の漁獲量は前年の1.4倍であったのに対し, 産卵床数の増加割合は2.8倍であった(Fig. 3)。北海道のサクラマスの一般的な生活史(隼野, 2003)を参考にドードロマップ川のサクラマスの生活史を3年と仮定すると, 2010年と2011年の産卵床数は親世代(それぞれ2007年および2008年)と比べていずれも2.6倍に増加したのに対し, 漁獲量の増加は1.1倍(2010年)から1.4倍(2011年)であった。

2012年の産卵床数は前年よりも減少し, 270床にとどまった(Fig. 2)。漁獲量との対比では, 2012年の漁獲量

は親世代にあたる2009年の1.6倍であったのに対し, 産卵床数は1.4倍であった。調査区間毎にみると2012年は特に区間4の産卵床数が他の年と比べて少なかった(Fig. 2)。2012年の産卵床調査の際にH13床固工を確認したところ, 魚道は完成時と同様に通水し遡上可能な状態であったが, 床固工上流の堆砂域では約20mにわたって河川水が伏流し, 増水時を除き堆砂域を通過することが困難な状態となっていた。

考察

本調査を開始した当初, 魚道設置による産卵域の拡大によってドードロマップ川全体で400床の産卵が可能になると予想し, この値を資源回復の目標として設定した(下田・川村, 2008)。本報告の結果によると, 魚道設置から4年以上経過した2010年と2011年に目標値を越える数の産卵床が確認された。産卵床数と漁獲量の年変化を対比したところ, 2006年から2009年にかけては産卵床数の増減は漁獲量の動向と良く一致していたが, 2009年から2010年にかけての産卵床数の増加割合は漁獲量の増加割合と比べ約2倍の伸びを示した。また, 2010年と2011年の漁獲量はそれぞれの親世代の1.1~1.4倍であったのに対し, 産卵床数は親世代と比べていずれも2.6倍であった。これらのこととは, 2010年と2011年における産卵床数の増加が, ドードロマップ川特有の現象であったことを示唆している。ドードロマップ川では魚道の設置以外に河川環境の修復や種苗の放流といった資源増加に繋がるようなことは行われていないため, 産卵床数の増加に魚道の設置が関係していると推察される。

生活史のどの時点で資源が増加したかについては, 別途実施した幼魚の生息密度調査において2010年と2011年に回帰した親魚の年級は幼魚の時点で既に生息密度が高かったことから(下田・川村, 2012), 産卵から幼魚期までの間の生残率が高かったことで降海幼魚数や回帰親魚数が増加し, 産卵床数の増加に繋がったと推測される。幼魚期までの生残率が向上した原因としては, ドードロマップ川では上流域に作られた産卵床で発眼期までの間の卵の生残率が高い傾向があるため(下田・川村, 2008), 魚道設置により産卵域が上流へと拡大したことでの卵の生存率が高まり, 稚魚の発生尾数が増加したと考えられる。また, H11床固工やH13床固工の上流域はサクラマス幼魚の生息密度が高いことから, 生息場としても適していると推察されており(下田・川村, 2012), 魚道設置によりこれらの生息場を利用できるようになったことも生残率向上の一因かもしれない。このほかにも, 魚道設置により産卵域が拡大したことでの卵や幼稚魚の生

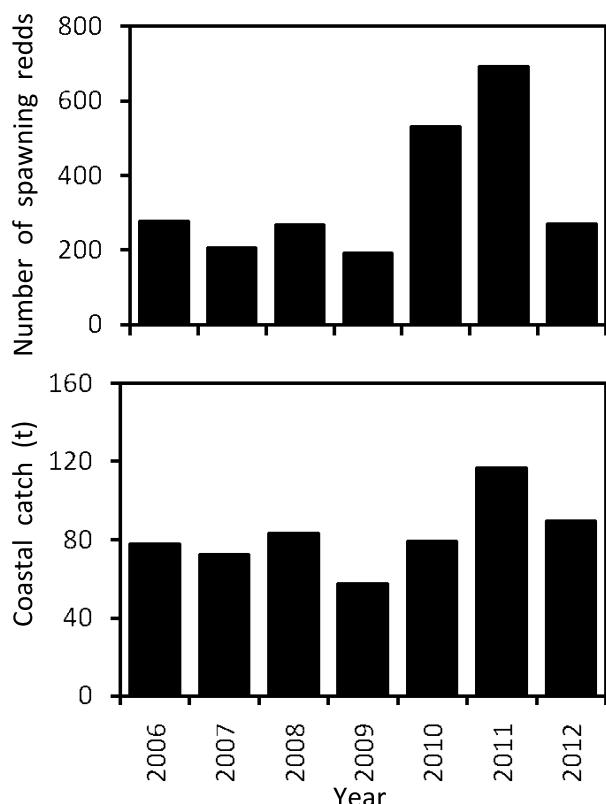


Fig.3 Total number of the masu salmon spawning redds in the Doudoromappu River and total coastal catch from May to July in the area of Hokkaido Government Okhotsk General Subprefectural Bureau.

残率が高まった可能性も考えられる。

一方、2012年の産卵床数は2010年や2011年よりも少なく、目標の400床に達しなかった。ドードロマップ川のサクラマスの生活史を3年と仮定すると、2012年産卵群は2009年産卵群の子世代に当たり、2006年産卵群の孫世代に相当する。したがって、産卵床数は世代間で2006年の277床から2009年の192床、2012年の270床へと推移したことになる。2006年から2009年にかけて産卵床数が減少した原因としては、別途実施した幼魚の生息密度調査において2006年級の0歳時点（2007年6月）での生息密度が他の年級と比較して顕著に低かったことから、産卵から幼魚期までの間に大幅な減耗が起きたと推測され、これには2006年の10月7日～9日にかけて降った総雨量200mm近い降雨による増水によって河床が攪乱され、卵が減耗した可能性が考えられている（下田・川村、2012）。サクラマスではいったん減少した資源が回復するのにどのくらいの期間を要するか明らかにした例は無いが、2012年の産卵床数が2006年とほぼ同数であったことは、降雨被害を受ける前の水準にまで資源が回復するのに3年すなわち1代の世代交代を要したことを示している。

ただし、2010年や2011年の産卵床数が親世代と比べていずれも2.6倍に増加したことと比較すると、2009年と2012年との間での増加率（1.4倍）は低い。漁獲量の動向と対比してみると、オホーツク総合振興局管内における2012年のサクラマスの漁獲量は2009年の1.6倍であったことから、近隣河川の産卵床数もドードロマップ川と同程度に増加しているかもしれない。よって、ドードロマップ川における2009年と2012年の間での産卵床数の増加に魚道の設置が関与しているとは断定し難い。

以上のようにドードロマップ川で実施された魚道整備事業は、サクラマスの産卵域を拡大させ2年級（2010年および2011年回帰群）において産卵床数の増加に寄与したと考えられる。オホーツク総合振興局東部森林室では、よりいっそうの資源増加を目指して2013年3月に本流上流部にあるS42床固工に魚道を設置した（Fig. 4）。S42床固工の上流には産卵可能な水域が流程距離で7km程度残されていたことから、魚道の設置は本河川のサクラマス資源を大幅に増加させる可能性を持っている。オホーツク総合振興局東部森林室では2013年秋に事後調査を開始し、S42床固工の上流と下流でサクラマスの産卵床分布の調査を試みている。同森林室ではこれまでにも道有林を流れる常呂川水系オロムシ川支流のポンオロムシ沢に設置した魚道について同様の方法で事後調査を行い、その結果を公開している（オホーツク総合振興局ホームページ：<http://www.okhotsk.pref.hokkaido.lg.jp/sr/tsr/>、2013年9月24日）。こうした事業主体による独自の事後調査は、魚



Fig.4 The new fish way of S42 goundsel constructed in 2013.

道の効果の把握や維持管理に役立つだけでなく、調査結果が後続の事業において魚道の改良等に直接反映されると期待され、今後多くの機関で実施されることが望まれる。本報告の結果は、魚道の効果がサクラマスの産卵床数の増加として顕在化するには少なくとも1代の世代交代を要することを示しており、事後調査は4年以上継続することが重要であると考えられる。

謝 辞

オホーツク総合振興局東部森林室（旧網走東部森づくりセンター）の虎谷和敏係長（現十勝総合振興局林務課主査）、長山祐治係長（現釧路総合振興局林務課治山係長）、向井秀樹係長、喜多耕一主任（現檜山振興局林務課調整主査）、渡邊正好主任、田中秀司主任および立木祥子技師（現北海道立総合研究機構林業試験場研究職員）には本調査の全般にわたりご尽力いただいた。オホーツク総合振興局経済部林務課、オホーツク総合振興局東部森林室、オホーツク総合振興局西部森林室および北海道水産林務部治山課の方々には調査の実施にあたり多大なご協力をいただいた。各位に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 隼野寛史. サクラマス（ヤマメ）*Oncorhynchus masou masou* (Brevoort). 「新 北のさかなたち（上田吉幸、前田圭司、嶋田宏、鷹見達也編）」北海道新聞社、札幌. 2003; 148–153.
- 平成4年度事業成績書. サケ・マス通路整備事業調査. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 1994; 24–28.
- 平成9～18年度事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 1999～2008.
- 平成20～21年度事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2010～2011.
- 平成22～23年度事業報告書. 北海道立総合研究機構さけ

ます・内水面水産試験場, 恵庭. 2012~2013.
宮腰靖之. 北海道におけるサクラマスの放流効果および
資源評価に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報
告 2006; 60: 1–64.
森田健太郎, 山本祥一郎. ダム構築による河川分断化が
もたらすもの～川は森と海をつなぐ道～. 「サケ・マ
スの生態と進化 (前川光司編)」文一総合出版, 東京.
2004; 281–312.

下田和孝, 川村洋司. 魚道設置によるサクラマス資源の
回復. 北海道の治山林道 2008; 10: 13–16.
下田和孝, 川村洋司. 網走川支流ドードロマップ川にお
ける魚道設置前後の魚類生息密度. 北海道水産試験
場研究報告 2012; 82: 41–50.
谷瀬 敦, 矢部浩規, 山下彰司. 北海道の魚道データベー
スの作成について. 河川技術論文集 2006; 12: 381
–384.

オホーツク海北海道沿岸で行われたケガニ標識放流試験（1964～2008）の概要（資料）

田中伸幸¹, 三原栄次², 三原行雄³

¹北海道立総合研究機構網走水産試験場,

²北海道立総合研究機構稚内水産試験場,

³北海道立総合研究機構水産研究本部

Overview of tagging experiments (1964～2008) for the hair crab (*Erimacrus isenbeckii*) off the coast of Hokkaido in southern Okhotsk Sea, Japan (Note).

NOBUYUKI TANAKA¹, EIJI MIHARA² AND YUKIO MIHARA³

¹ Abashiri Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Abashiri, Hokkaido 099–3119,

² Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Wakkanai, Hokkaido 097–0001,

³ Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046–8555, Japan

キーワード：オホーツク海, ケガニ, 深浅移動, 水平移動, 標識放流

北海道のオホーツク海沿岸海域においてケガニ *Erimacrus isenbeckii* は重要な漁獲対象生物であり、本海域の漁獲量は概ね全道漁獲量の半分以上を占めてきた。北海道のケガニ漁業は、一部の試験操業を除きかご漁法のみで、北海道の水産試験場（以下「水試」と記載）が行う資源調査でも漁業用とは網目合が違うものの同じかごを使って行われている。かご漁法は刺し網や底びき網に比べて漁獲物を痛めにくく、また船上において漁獲直後に商品規格ごと（大・中・小など甲長別の規格サイズ）の選別が容易で規格外のカニを素早く再放流できるなど、資源管理のみならず漁獲物の商品管理の上からも非常に有効な漁法である。また、調査研究においても、移動や成長などの知見を得るために実施する標識放流試験では、漁獲物を弱らせたり傷つけたりせず放流できることが重要であり、この点でかご漁法は優れている。特に本海域での主調査期間は晩春から夏の間であり、船上の気温が比較的高い時期であることから、生息環境と船上の温度差を考えると標識放流は迅速に行う必要がある。本海域の標識放流試験は、ほとんどかご漁獲物を利用して行われてきたため、この問題に適正に対応できているといえる。

本海域におけるケガニ標識放流試験は、古くは北海道区水産研究所と北海道水試が1950年台に行なった例（土

門ら 1956）があるが、再捕数が少なく結果の詳細な解析は行われていない。その後、オホーツク海では1950年台後半から1960年台前半に漁獲量が急激に減少し、1964年に禁漁や減船措置がとられたこともあり、資源回復に向けた適切な資源管理が求められた（山本 1966）。資源評価や管理をする上でケガニの生態を明らかすることは重要であるため、生物生態調査の一環として1964年から網走水試が標識放流試験を行い、オホーツク総合振興局（旧網走支庁）管内の移動（山本 1966）や成長・脱皮周期（山本 1971）に関する知見が得られている。標識放流はその後も継続して行われ、1966年から稚内水試が宗谷総合振興局（旧宗谷支庁）管内でも標識放流試験を開始した。また、標識放流の再捕結果については毎年の稚内水試・網走水試発行の事業成績書・事業報告書にそれぞれ記載してきた。

標識放流試験に対する漁業者の関心の多くは、自分の前浜にいる資源がどういった移動をするのかという部分に集約される。そのため、これまで稚内・網走両水試では、それぞれ担当する宗谷総合振興局管内、オホーツク総合振興局管内について個別に結果を整理し漁業者に報告してきた。しかし、本海域のケガニ資源は連続した同一資源と想定されており（北海道立網走水産試験場、北

報文番号 A507 (2013年12月24日受理)

*Tel: 0152-43-4591. Fax: 0152-43-4593. E-mail: tanaka-nobuyuki@hro.or.jp

表1 標識放流・再捕データの記録例

放流 年度	標識 記号	標識 番号	放流 年月日	放流データ			再捕データ							経過 日数	甲長の 変化 (mm)		
				緯度 (N) 度 分	経度 (E) 度 分	水深 (m)	性別	甲殻 硬度	甲長 (mm)	再捕 年月日	緯度 (N) 度 分	経度 (E) 度 分	水深 (m)	再捕 漁具	甲殻 硬度	甲長 (mm)	
1984	網水C	6306	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	76	1984/7/13	44 38	143 13 *	85	かご	78	3	2
	網水C	6360	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	73	1984/7/13	44 38	143 13 *	85	かご	73	3	0
	網水C	6426	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	78	1984/7/13	44 38	143 13 *	85	かご	78	3	0
	網水C	6369	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	77	1984/7/16	44 38	143 13 *	88	かご	79	6	2
	網水C	6464	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	2	82	1984/7/25	44 38	143 13 *	85	かご	81	15	-1
	網水C	6400	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	74	1984/7/31	44 38	143 15 *	88	かご	-	21	-
	網水C	6467	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	87	1984/7/31	-	-	-	かご	-	21	-
	網水C	6319	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	2	81	1984/8/1	44 38	143 15 *	88	かご	81	22	0
	網水C	6444	1984/7/10	44 37	143 16	87	1	3	77	1984/10/2	44 42	143 12 *	112	沖底	77	84	0

*再捕地点や水深から推定された緯度・水深

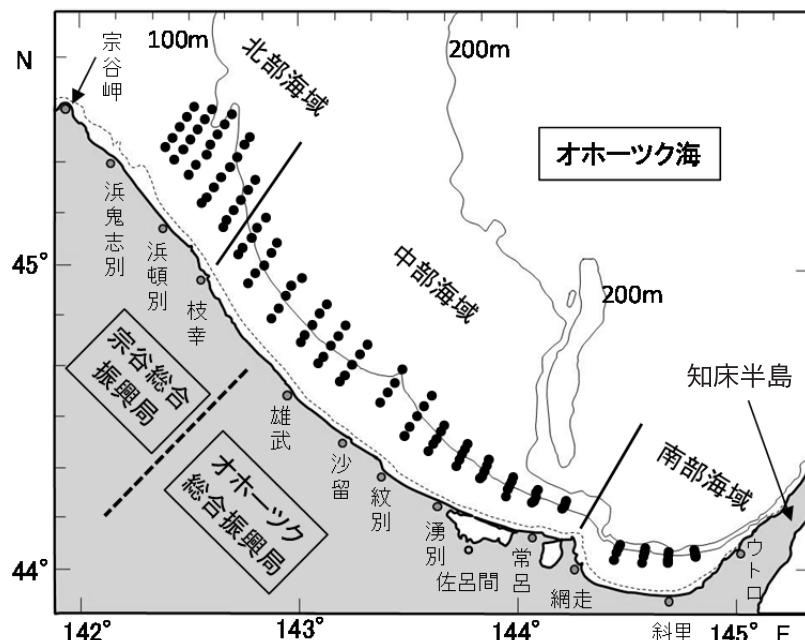


図1 2007年における資源密度調査地点 (●)

海道立稚内水産試験場, 1985; 三原, 2003), その集団構造や分布様式などを考える場合には両管内のデータを総合的に解析する必要がある。また、データを整理する中で、これまで得られた放流・再捕データの中には事業報告書などに未出のデータが存在することが判明した。そこで本資料では、両管内のデータをそれぞれ整理した上で共通のデータベースとして提示することとした。ただし、整理されたデータは膨大な量に上るため、本資料では整理した概要について述べることとし、作成したデータベースは電子ファイルで保存し、網走水試のHPに掲載した (<http://www.fishexp.hro.or.jp/cont/abashiri/section/zoushoku/mf7eo10000000ezz.html>)。

材料および方法

標識放流・再捕結果は、稚内水試では再捕記録カードと標識放流台帳に記録のあったもの、網走水試では標識

放流台帳に記録のあったものを整理し、それぞれを両水試の各年事業成績書・事業報告書に記載された内容と照合した (稚内水試: 昭和45年度事業成績書から記載、網走水試: 昭和40年度事業成績書から記載)。また、両水試保管の測定台帳に記載されていた放流データについては、標識放流台帳と測定台帳の記録についても照合した。表1に整理したデータの一例を示した。記録されていた放流・再捕地点のうち、緯度の記載がなかったものについては、緯度以外の位置情報と水深の記録から緯度を推定した。また、水深の記録がないものについては位置情報から水深を推定した。

標識放流試験は網走水試が1968と1978年に枝幸で放流した例を除きオホツク総合振興局管内で、稚内水試が宗谷総合振興局管内でそれを行った (表2)。また、1995~1998年にかけて網走漁業協同組合が自主放流を行い、その結果を網走水試が取りまとめた例があり、本資料に

表2 各年における放流地点、放流数および再捕数

※稚内水試放流分

放流年	月日	放流地点	放流数			再捕数
			♂	♀	不明	
1966	5/3~6/14	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			312	312 17
1967	5/12~5/27	浜鬼志別、枝幸			1,800	1,800 191
	9/26~9/29*	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			277	277 17
1968	5/17~6/22	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			1,460	1,460 118
	11/21~11/23*	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			180	180 13
1969	4/17~6/10	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			1,500	1,500 139
	9/4*	浜頓別			150	150 8
1970	5/6~6/4	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			2,500	2,500 243
1971	4/14~6/13	浜頓別、枝幸			3,150	3,150 63
	8/24	枝幸			300	300 1
1972	4/28~6/15	浜鬼志別、浜頓別、枝幸			2,600	2,600 18
	8/20	浜鬼志別、枝幸			800	800 1
1973	5/24~7/28	浜鬼志別、枝幸			3,500	3,500 66
1974	5/13~7/18	浜鬼志別、枝幸			1,975	1,975 83
	8/8	浜頓別		1,000		1,000 7
1975	7/13~7/17	浜鬼志別		2,000		2,000 72
1976	7/3~7/9	浜鬼志別		1,800	117	1,917 58
1977	7/7~7/15	浜鬼志別		1,854	41	1,895 2
1978	7/11~7/20	浜鬼志別		1,142	105	1,247 190
1979	7/17~7/21	浜頓別		1,512	53	1,565 46
1980	7/9~7/18	浜頓別		1,445	555	2,000 125
1981	7/11~7/15	浜鬼志別		1,875	125	2,000 98
1982	7/13~7/19	浜頓別		768	64	832 30
1983	7/9~7/24	浜鬼志別		1,622	328	1,950 64
1984	7/16~7/18	浜鬼志別		1,979	20	1,999 46
1985	7/27~7/31	枝幸		2,658	672	3,330 5
1986	7/22	浜鬼志別		595	3	598 1
1992	7/9~7/21	(資源密度調査点)	1	396		397 0
1993	7/9~7/26	(資源密度調査点)		178		178 0
1994	7/13~7/21	(資源密度調査点)	1,072	1		1,073 0
1995	6/15~7/5	(資源密度調査点)		3,020		3,020 6
1996	6/28~7/23	(資源密度調査点)		3,171		3,171 3
1997	6/18~6/28	(資源密度調査点)		2,955		2,955 6
1998	7/17~8/3	(資源密度調査点)		3,378		3,378 13
1999	7/9~8/3	(資源密度調査点)		3,683		3,683 6
2000	6/19~7/22	(資源密度調査点)		3,722		3,722 16
2001	7/1~7/26	(資源密度調査点)		1,629		1,629 1
2002	6/21~7/26	(資源密度調査点)		509		509 2
2003	6/20~7/19	(資源密度調査点)		435	75	510 5
2004	6/20~7/25	(資源密度調査点)		663		663 0
2005	6/15~7/26	(資源密度調査点)		1,237		1,237 3
2006	6/20~7/12	(資源密度調査点)		745	25	770 2
2007	5/14~6/7	(資源密度調査点)		1,164	65	1,229 11
2008	6/17~7/9	(資源密度調査点)		523	155	678 9

* 沖合底びき網の漁獲物を標識放流した。

はその放流再捕結果も含めた（表2）。放流は網走水試が1964年、稚内水試が1966年に開始し、両水試とも1980年代後半～1990年代前半を除いて毎年継続して行い、網走水試では2007年で終了した（表2、表3）。稚内水試では2013年現在も継続中であるが、本資料では2008年までの放流とその再捕結果について整理した。

放流用ケガニの採集には、1967～1969年の9月と11

月に沖合底びき網を使用した例を除き（表2）、かご漁具（大部分はけがにかご、一部タラバガニ用のかご）を使用した。

1965年以降の標識放流試験は、沖合底びき網漁獲物の放流を行った1967～1969年の例を除き、資源密度調査で採集したケガニを用いて行なった。各年の放流地点（表2）は同じではないが、1995年以降では資源密度調査定点

表2 各年における放流地点, 放流数および再捕数(続き)

※網走水試放流分

放流年	月日	放流地点	放流数			再捕数
			♂	♀	不明	
1964	7/20	常呂	355	24		379 58
1965	6/20~7/5	常呂, 網走	823	165		988 43
1966	5/26~6/20	雄武, 紋別, 常呂, 斜里	1,944			1,944 224
1967	5/23~7/15	雄武, 紋別, 常呂, 斜里	2,999			2,999 352
1968	5/9~6/13	枝幸, 雄武, 紋別, 常呂	1,820			1,820 330
1969	5/30~6/6 11/19~11/24	雄武, 紋別 雄武	1,196	51		1,247 132
1970	4/24~6/17 11/20~11/22	雄武, 紋別, 常呂, 網走 雄武	2,196	62		2,258 347
1971	5/29~6/16	雄武, 紋別, 常呂, 網走	2,650			2,650 452
1972	5/28~8/1	雄武, 沙留, 紋別, 常呂, 網走, 斜里	4,677	60		4,737 132
1973	6/3~6/22	雄武, 沙留, 紋別, 常呂, 網走, 斜里	2,700			2,700 273
1974	5/1~6/6	雄武, 沙留, 常呂, 網走	1,898			1,898 377
1975	6/3~6/17	雄武, 紋別, 湧別, 常呂, 網走	1,854	146		2,000 294
1976	6/1~6/24	雄武, 紋別, 湧別, 常呂, 網走	2,280			2,280 587
1977	6/1~6/10	紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	1,198	142		1,340 354
1978	5/13~6/19	枝幸, 紋別, 常呂	748	252		1,000 63
1979	6/8~7/25	雄武, 紋別, 湧別, 常呂 雄武, 紋別, 湧別, 常呂 雄武, 紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	1,918	201		2,119 132
1980	6/11~7/27	雄武, 紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	2,117	562		2,679 144
1981	6/9~7/26	雄武, 紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	2,477	63		2,540 365
1982	7/9~7/29	雄武, 紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	1,851	489		2,340 76
1983	7/12~7/29	雄武, 沙留, 紋別, 湧別, 佐呂間, 常呂	1,964	36		2,000 117
1984	7/10~7/23	沙留, 佐呂間	1,000			1,000 56
1985	7/13~7/19	雄武, 紋別	628			628 0
1995	7/4~7/18 7/17~8/11	(資源密度調査点) 網走・常呂(網走漁協放流)	2,858	28		2,886 58
1996	7/2~7/15 7/8~7/9 7/8~8/12	(資源密度調査点) 常呂, 網走 網走(網走漁協放流)	3,642	954		4,596 107
1997	6/17~7/11 8/22	(資源密度調査点) 網走(網走漁協放流)	4,620	967		5,492 84
1998	7/1~7/16 7/2~7/4 7/2 8/21~8/23	(資源密度調査点) 常呂, 網走 網走 網走(網走漁協放流)	1,828			5,587 155
1999	7/1~7/16	(資源密度調査点)	1,710			2,625 39
2000	6/27~7/7	(資源密度調査点)	315			1,828 40
2001	6/26~7/5	(資源密度調査点)	687			75 1
2002	6/27~7/5	(資源密度調査点)	273			44 6
2003	7/1~7/9	(資源密度調査点)	367			367 0
2004	6/24~6/30	(資源密度調査点)	422			422 2
2005	6/20~6/28	(資源密度調査点)	768			768 9
2006	6/20~6/27	(資源密度調査点)	395			395 7
2007	6/20~6/27	(資源密度調査点)	308			308 5

表3 総合振興局別の放流数、再捕数と再捕率

放流年	宗谷総合振興局管内				オホーツク総合振興局管内				合計	
	1966～1986年				1964～1985年					
	1992～2008年				1995～2007年					
	♂	♀	不明	小計	♂	♀	不明	小計		
放流数	48,157	2,978	20,504	71,639	61,929	4,333	14,946	81,208	152,847	
再捕数	1,276	48	480	1,804	5,318	147	69	5,534	7,338	
再捕率				3%				7%	5%	
放流時に性別が判明していた個体の再捕数	781	23			5,229	143				
雌雄別再捕率	2%	1%			8%	3%				
再捕日の記録が確認された個体数	1,275	48	466	1,789	5,223	147	67	5,437	7,226	
短期再捕(放流年内に再捕)	1,072	44	437	1,553	4,553	138	25	4,716	6,269	
比率	84%	92%	94%	87%	87%	94%	37%	87%	87%	
3～8月放流・3～8月再捕	1,046	44	429	1,519	4,474	138	24	4,636	6,155	
3～8月放流・9～12月再捕	26		5	31	79		1	80	111	
9～12月放流・9～12月再捕			3	3					3	
長期再捕(放流年の翌年以降に再捕)	203	4	29	236	670	9	42	721	957	
比率	16%	8%	6%	13%	13%	6%	63%	13%	13%	
3～8月放流・3～8月再捕	180	3	18	201	668	9	42	719	920	
9～12月放流・3～8月再捕	23	1	11	35					35	
3～8月放流・9～12月再捕					2		2		2	
再捕地点の緯経度を推定できた個体数	811	22	364	1,197	4,248	121	57	4,426	5,623	
短距離再捕(20km未満)	712	20	311	1,043	3,837	82	51	3,970	5,013	
比率	88%	91%	85%	87%	90%	68%	89%	90%	89%	
中距離再捕(20km以上100km未満)	99	2	53	154	407	39	5	451	605	
比率	12%	9%	15%	13%	10%	32%	9%	10%	11%	
長距離再捕(100km以上)					4		1	5	5	
比率					0%		2%	0%	0%	
サハリン南部海域再捕数	5		1	6					6	
再捕地点の緯経度を推定できた個体数	2		1	3					3	

のほぼ全点（116点）または一部で放流を行なった。図1に2007年の資源密度調査定点を示した。放流範囲は本海域のケガニ漁場をほぼ網羅していた。

1986年以前の標識は、主に番号を記入した赤色迷子札に黄色、赤色、青色、白色などのスパゲティチューブを通して甲殻に装着し、1992年以降は稚内水試が番号を記入した黄色のアンカータグまたは水色のスパゲティタグ、網走水試が番号を記入した黄色か青色のスパゲティタグを装着した。装着には主にタグガンを使用した。

結果

放流個体数および再捕個体数

宗谷総合振興局管内では総数71,639個体を放流し、1,804個体が再捕された（表3）。オホーツク総合振興局管内では81,208個体を放流し、5,534個体が再捕された。再捕率は宗谷総合振興局管内が3%、オホーツク総合振興局管内が7%で、オホーツク総合振興局管内の方が若干高かった。全放流数と全再捕数から求めた再捕率は5%であった。また、宗谷総合振興局管内で放流された個体のうち、6個体がサハリン南部海域（アニワ湾周辺）で再捕されたが、他の隣接する海域である宗谷海峡～日本海、根室海

峡～太平洋から再捕された例はなかった。

放流時に雌雄が判明していた個体の放流数と再捕数は、宗谷総合振興局管内の雄が48,157個体中1,276個体（2%）、雌が2,978個体中23個体（1%）、オホーツク総合振興局管内の雄が61,929個体中5,229個体（8%）、雌が4,333個体中143個体（3%）であった。

放流から再捕までの経過期間

再捕個体のうち再捕日の記録が確認された個体について、放流年内の再捕を短期再捕、翌年以降の再捕を長期再捕に分類し、放流・再捕の期間をケガニ漁業の漁期中（3～8月）と漁期外（9～12月）に分けてそれぞれ再捕数を集計した（表3）。

再捕日の記録が確認された個体数を総合振興局別にみると、宗谷総合振興局管内が1,789個体、オホーツク総合振興局管内が5,437個体であった。このうち、短期再捕個体数は宗谷総合振興局管内が1,553個体（87%）、オホーツク総合振興局管内が4,716個体（87%）、長期再捕個体数は、宗谷総合振興局管内が236個体（13%）、オホーツク総合振興局管内が721個体（13%）であり、両管内とも大部分が短期再捕であった。

短期再捕のなかで、ケガニ漁期中に放流され漁期中に

再捕された個体は、宗谷総合振興局管内が1,553個体中1,519個体（98%）、オホーツク総合振興局管内が4,716個体中4,636個体（98%）であり、ケガニ漁期中に再捕された個体が大部分を占めていた。

長期再捕のなかで、ケガニ漁期中に放流され翌年以降のケガニ漁期中に再捕された個体は、宗谷総合振興局管内が236個体中201個体（85%）、オホーツク総合振興局管内が721個体中719個体（100%）であり、長期再捕においてもケガニ漁期中に再捕された個体が再捕の大部分を占めていた。

再捕漁具

再捕個体の再捕漁具別再捕数を集計した。再捕漁具種類の傾向は宗谷・オホーツク両総合振興局で違いがみられなかったため、ここでは両総合振興局の合計値を示した（表4）。

ケガニが再捕された漁具はけがにかごが全体の60%以上を占めた。その他の漁具では刺し網が4.9%，沖合底びき網が1.4%だったが、かごに比べて比率は非常に低かった。また、たこ箱、ほたて桁網、定置網・底建網でも再捕があったが、いずれも比率は1%以下と非常に低かった。

放流・再捕時の甲長組成

再捕個体の放流時と再捕時の甲長記録を基に、放流した総合振興局別および雌雄別にそれぞれ放流個体と再捕個体の甲長組成を求めた（図2）。

放流された雄の甲長範囲は宗谷総合振興局管内では50～129mm台、オホーツク総合振興局管内では40～129mm台であった。再捕された雄の甲長範囲は両総合振興局管内がともに50～99mm台であった。

放流された雌の甲長範囲は宗谷総合振興局管内では60～99mm台、オホーツク総合振興局管内では50～99mmであった。再捕された雌の甲長範囲は宗谷総合振興局管内が60～99mm台、オホーツク総合振興局管内では50～99mm台であった。

移動距離

再捕地点として緯経度を推定できた個体（緯経度の記録があった個体を含む）について、雌雄別に放流地点から再捕地点までの直線移動距離を求め、移動距離によって短距離再捕、中距離再捕、長距離再捕に分けてそれぞれの再捕数を集計した（表3）。短距離再捕は移動距離20km未満、中距離再捕は20km以上100km未満、長距離再捕は100km以上とした。

宗谷総合振興局管内で再捕地点の緯経度を推定できた個体は1,197個体あり、そのうち短距離再捕は1,043個体で再捕位置記録のあった個体数全体の87%を占めた（表3）。長距離再捕はなく、中距離再捕は154個体で全体の13%を占めた。オホーツク総合振興局管内で再捕地点の緯

表4 再捕漁具別の再捕数と比率

漁具種類	再捕数	%
けがにかご	4,595	62.6
刺し網	360	4.9
沖合底びき網	101	1.4
たこ箱	7	0.1
ほたて桁網	19	0.3
定置網・底建網	4	0.1
不明	2,256	30.7
合計	7,342	100.0

表5 放流地点からの移動方向別再捕個体数

20km以上再捕

放流場所	♂		♀		合計	
	西	東	西	東	西	東
北部海域*	16	46	2	0	18	46
中部海域	316	95	36	0	352	95
南部海域	19	1	3	0	22	1

*サハリン海域での再捕を除く

20km未満再捕(0kmは除く)

放流場所	♂		♀		合計	
	西	東	西	東	西	東
北部海域	194	261	2	2	196	263
中部海域	1,669	1,274	51	14	1,720	1,288
南部海域	435	297	5	2	440	299

経度を推定できた個体は4,426個体あり、そのうち短距離再捕は3,970個体で全体の90%を占めた。中距離再捕は451個体で全体の10%，長距離再捕は5個体で1%未満であった。

両管内における雌雄別・距離別の再捕比率を見ると、宗谷総合振興局の雌雄、オホーツク総合振興局の雄では、中・長距離再捕が9～12%，短距離再捕が88～91%と短距離再捕の比率が高かった。オホーツク総合振興局の雌は長距離再捕がなかったものの中距離再捕32%，短距離再捕68%と中距離再捕の比率が比較的高かった。

移動方向

再捕地点として緯経度を推定できた個体（緯経度の記録があった個体を含む）について、放流地点から再捕地点までの移動方向を放流海域毎に東西に分けて、雌雄別に移動距離20km以上と20km未満でそれぞれ集計した。また、海域の区分は浜頓別町から北西側の海域を北部海域、枝幸町から常呂町までの海域を中部海域、網走市から斜里町ウトロまでの網走湾内の海域を南部海域とした（図1）。さらに、北部海域とサハリン南部海域の境界は北

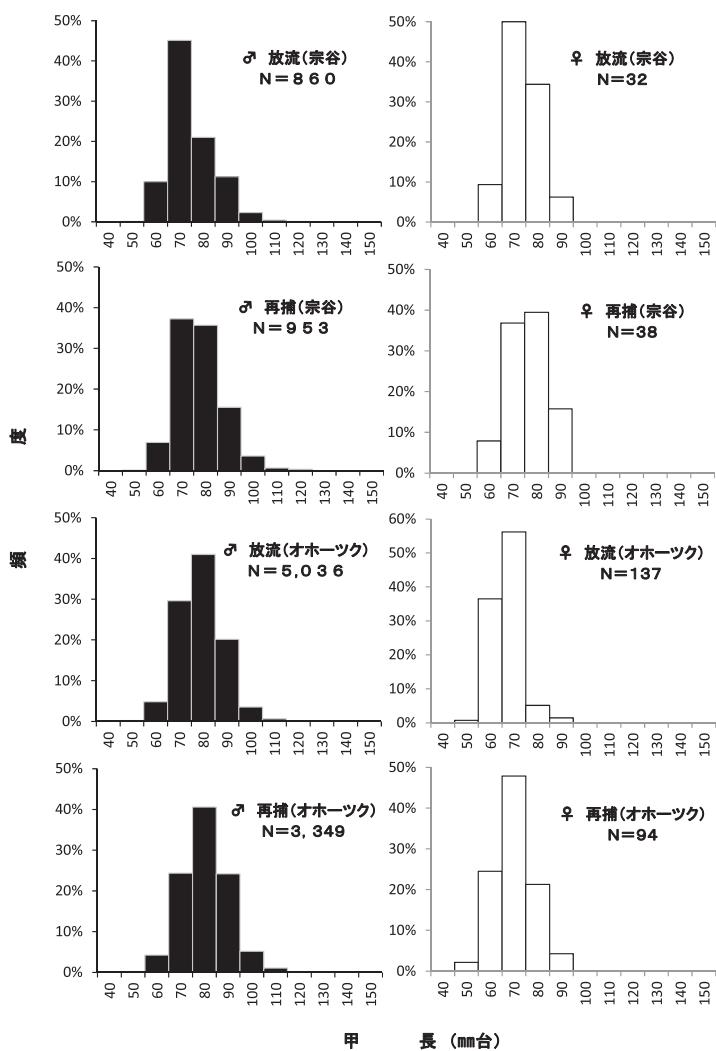


図2 再捕個体の放流時と再捕時の雌雄別甲長組成（宗谷；宗谷総合振興局管内、オホーツク；オホーツク総合振興局管内）

緯度45度45分とし、サハリン南部海域での再捕個体数は北部海域と分けてカウントした。

北部海域で放流された雄ケガニのうち、移動距離20km以上の中・長距離再捕の中で西側への移動は16個体、東側移動は46個体であり、東側へ移動した個体が多くかった（図3、表5）。一方、中部海域では西側移動は316個体、東側移動は95個体、南部海域では西側移動は19個体、東側移動は1個体となっており、両海域とも西側に移動した個体数が多かった。100km以上移動した長距離再捕個体は4個体あり、これらは全て放流地点から西側へ移動し再捕された（図4）。また、移動距離20km未満の短距離再捕においても、海域別に見た移動方向の傾向は20km以上の中・長距離再捕結果と同様であった。

雌ケガニに関して、比較的再捕数が多かった中部海域の結果をみると、20km以上、20km未満の移動とともに西側に移動する個体が多く、雄と同じ傾向がみられた（表

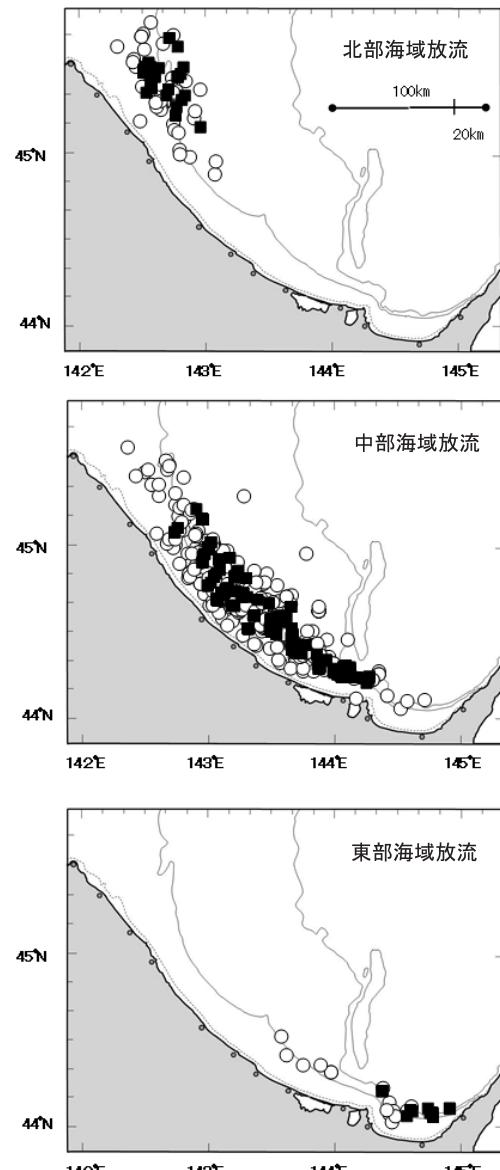


図3 中距離再捕された雄ケガニの放流海域別にみた放流地点 (■) と再捕地点 (○)

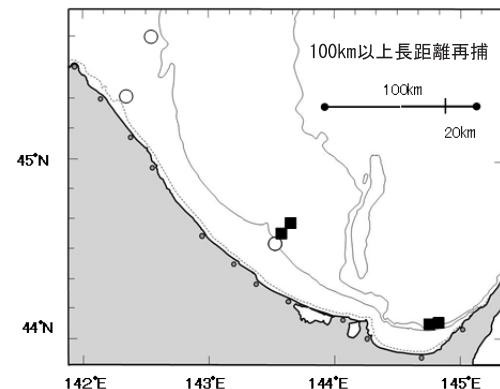


図4 長距離再捕された雄ケガニの放流地点 (■) と再捕地点 (○)

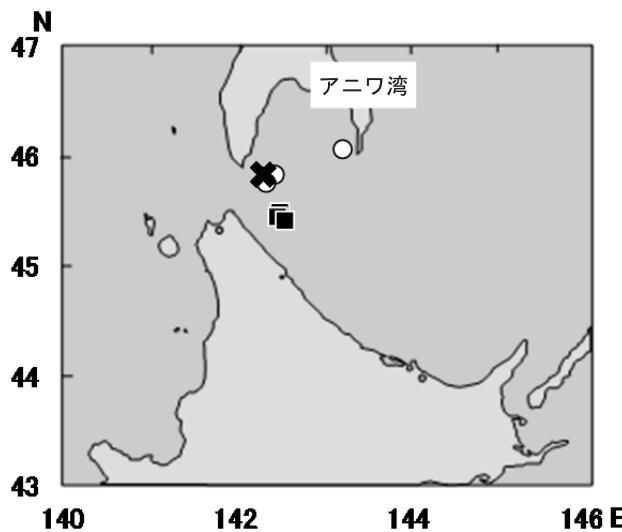


図5 サハリン南部海域（北緯45度45分以北）で再捕された個体の放流地点（■）、再捕地点（○）（Xは二岩の位置を示す）

表6 再捕期間・再捕距離別の再捕個体数および比率

	♂		♀		合計
	個体数	%	個体数	%	
短期再捕－短距離再捕	4,002	81	95	68	4,097
短期再捕－中・長距離再捕	416	8	35	25	451
長期再捕－短距離再捕	468	9	4	3	472
長期再捕－中・長距離再捕	78	2	5	4	83
合計	4,964	100	139	100	5,103

5)。一方、北部・南部海域での再捕数は少なく、これらの海域の傾向を判断することはできなかった。

サハリン南部海域でも6個体（雄5個体、性別不明1個体）の再捕があり、このうち再捕位置の緯経度を特定できたものが3個体（雄2個体、性別不明1個体）であった（表3、図5）。サハリン南部海域で再捕された個体の放流位置は全て北部海域であった。

再捕期間・再捕距離別の再捕個体数

再捕日の記録が確認され、かつ再捕地点の緯経度を推定できた個体について、再捕期間別・再捕距離別の再捕個体数を集計した（表6）。

放流年内に再捕された短期再捕の内、移動距離20km以内の短距離再捕が4,097個体、移動距離20km以上の中・長距離再捕個体は451個体であった。また、放流翌年以降に再捕された長期再捕の内、短距離再捕が472個体、中・長距離再捕個体が83個体であった。

雌雄別に再捕期間と再捕距離の関係をみると、雄では短期再捕－短距離再捕が81%と大部分を占め、それ以外は9%以下と少なかった。一方、雌でも雄と同様に短期再捕－短距離再捕が68%と最も多かったが、短期再捕－中・

長距離再捕も25%を占めており、長期再捕は4%以下と少なかった。

再捕水深

雄ケガニの季節的な深浅移動の傾向をみるために、月別水深別に再捕数を集計し、各月の平均再捕水深を求めた（図6）。雌は再捕数が少なかったため集計しなかった。

北部海域において、3月の平均再捕水深は74mであった。その後、月が進むに連れて徐々に再捕水深が深くなる傾向がみられ、11月には平均再捕水深は92mとなったが、中部、南部海域より水深変化は少なかった。再捕水深帯の幅は再捕期間を通して概ね60~100mの間にあり、他海域より狭かった。

中部海域では、3月の平均再捕水深が62mと北部海域よりも浅めであった。その後、平均再捕水深は徐々に深くなり、6月には88mとなった。7~9月の平均再捕水深は6月とほとんど変わらなかつたが、10月に101mと最も深くなつた。11月には逆に74mまで浅くなつたが、12月には再び96mまで深くなつた。主要な再捕水深帯は3月では40~79m台で、4月は40~99m台、5月が50~119m台、6~10月が90~129m台と時期が進むにつれて深くなる傾向がみられた。11月には水深140m以上と100m以下で再捕され、100m以下の再捕が比較的多くみられた。12月は60~119m台で再捕された。

南部海域では、3月の平均再捕水深が78mであったが、4、5月は3月より浅く65m程度であった。6月には平均再捕水深は95mまで深くなり、その後9月の113mまで徐々に深くなつた。主要な再捕水深帯は3月では50~119m台であったが、4、5月は79m以下の浅い水深帯で再捕が多くなつた。6~9月では再捕水深帯が深部へシフトし、70m以上がほとんどであった。また、10月の再捕水深は33mと154mの2個体のみであったことから、10月の平均再捕水深は算出しなかつた。

考 察

オホーツク海でこれまで標識放流されたケガニの総数は約30年間で15万個体以上であり、全体の再捕率は5%であった（表2、表3）。道南太平洋でも長期に渡り大量の標識放流試験が行われており、その放流総数は約2万個体、再捕率は2%程度（三原・佐々木、1999）であった。本海域における放流数は、総合振興局管内別の放流総数でみてもそれぞれ7万個体以上もあり、本海域の標識放流試験は、北海道全体の中でも最大規模で行なわれた。

再捕期間と再捕距離の関係では、雌は雄に比べて短期間に中・長距離移動をする個体の比率が高かった（表6）。再捕期間と再捕距離の比率に雌雄差があるか検討するため、 χ^2 検定を用いた雌雄別比率の同等性の検定を行なった結果

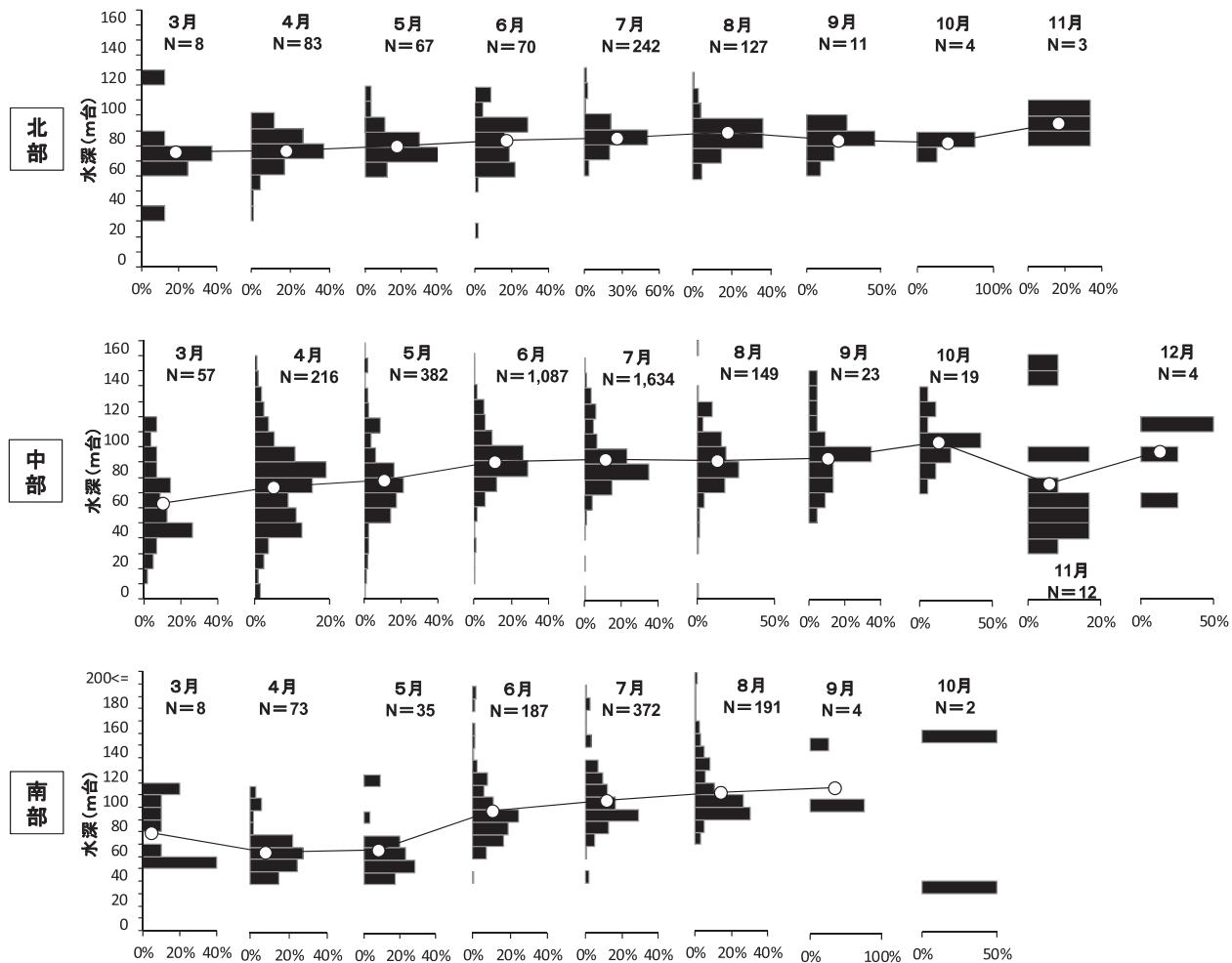


図6 再捕された雄ケガニの海域別にみた月別再捕水深別頻度分布（棒グラフ）と各月の平均再捕水深（○）

果、 $\chi^2=55.4$ ($df=3$)、 $p<0.01$ で雌雄間に有意差がみられた。道南太平洋では、雌の移動距離が雄に比べて長い傾向があり、雌は交尾や幼生の孵出などの生活史に対応して雄より広範囲に移動する可能性が指摘されている（三原・佐々木、1999）。本海域では雌の放流数、再捕数ともに少なく、また、交尾や幼生の孵出場所や水深などに関する雌の生態についての知見もないため、雌に関する標識放流再捕結果を詳細に検討することはできなかった。雌の放流数が少なかった原因として、これまで雄の生態把握が優先されてきたことや、資源密度調査における雌の採集個体数自体が少なかったことが考えられる。また雌の再捕数が少なかった理由は、放流数が少ないと加え、北海道では雌の漁獲が禁止されていることも影響していたと考えられる。

試験対象となった雄の大部分は、放流時の甲長サイズからみて性成熟していたと考えられるため（阿部、1982；三原・佐々木、1999）、ここでは放流・再捕された雄を成体とみなして扱う事とし、以下に本海域における成体雄ケガニの水平移動および季節的な深浅移動について若干

考察する。

放流地点から20km以上移動した成体雄の再捕個体は再捕全体の1割程度と少なく、大部分が放流点付近及びその隣接海域で再捕された。このため、本海域の成体雄は、北部海域も含めて水平方向に大規模な移動をする個体は少ないことが推測された。また、今回、少数ではあるがサハリンのアノワ湾南部にある二丈岩付近やアノワ湾内での再捕も確認された（図6）。一方、本海域と隣接する宗谷海峡を含む日本海や根室海峡、太平洋側では、本海域で放流したケガニが再捕された例はなかった。宗谷海峡内でも1983年からケガニの標識放流が行われているが、宗谷海峡で放流されてオホーツク海で再捕された例もこれまで皆無である（昭和58年度以降の各年稚内水試事業報告書参照）。本海域のケガニ資源はこれまで二丈岩付近まで同一資源とされていたが（北海道立網走水産試験場、北海道立稚内水産試験場、1985），今回の結果からアノワ湾内の資源とも繋がりがあることが考えられた。

深浅移動に関しては、北部、中部、南部各海域において、春季には比較的浅い水深帯で多く再捕され、夏～秋

季には深所で多く再捕されたことから、季節的な深浅移動をすると考えられた（図6）。道東太平洋海域では、春～夏季に浅所にいた成体雄が秋季には浅所の昇温や交尾のため深所に移動し、冬季には再び浅所に移動することが報告されている（阿部、1978）。また、道南太平洋でも、津軽暖流水による昇温に伴って、春～秋季にかけて徐々に浅所から深所に移動し、冬季に再び浅所に移動するが、冬季の移動は水温以外の環境要因やケガニの生理・生態的な要因によると推測されている（佐々木ら、1999；三原、2004）。本海域でも春～秋季における深浅移動の傾向は道東・道南太平洋とほぼ同様であった。本海域では沿岸域を流れる海流が東カラフト海流から宗谷暖流に替わる5月頃から水温が上昇し、宗谷暖流から東カラフト海流に替わる11月頃に降下する（田中、2009）。そのため春から秋にかけてケガニが深所に移動する要因は、宗谷暖流による水温上昇が関係している可能性が高い。本海域では冬季に再捕された例はなく、また、流氷の影響もあり、冬季の各種調査は困難であったことから、この期間の移動要因は推定できなかったが、春季の再捕が浅所で多いことから考えて、成体雄ケガニは冬季間に浅所へ移動したものと考えられた。

北海道オホーツク沿岸海域は、知床半島沿いを除くと北西から南東方向に向かって海岸線が伸びている。従て、移動距離20km以上の中・長距離移動では西側への移動は、一部南西方向への移動もあるものの、基本的には北西方向への移動と考えられ、同様に東側への移動は南東方向への移動と考えられる。山本（1966）は、雄武から網走までの海域におけるケガニの移動に関して、放流地点と隣接海域での再捕が多いことから、地域性が強いものの一部には深浅移動の過程で北上（北西方向）するものもあるとしている。今回の調査結果でも短期再捕、長期再捕ともに大部分が短距離再捕であったこと（表6）や雄ケガニに季節的な深浅移動が確認されたこと（図6）、中部、南部海域では西側（北西方向）への移動が多かったこと（表5）などから、山本（1966）の説が支持された。

北部海域におけるケガニの移動に関して、移動距離や季節的な深浅移動は中・南部と同様な傾向が見られたが、移動方向は東側（南東方向）が多かった（表5）。移動方向について北部～南部海域の間に差があるか検討するため、 χ^2 検定を用いた同等性の検定を行った結果、中・長距離再捕、短距離再捕ともに中部～南部海域間では $p < 0.05$ で有意差が認められなかつたが（中・長距離再捕； $\chi^2 = 3.6$ $df = 1$ 、短距離再捕； $\chi^2 = 1.8$ $df = 1$ ）、北部～中部海域、北部～南部海域間では $p < 0.01$ で有意差がみられた。北部海域と宗谷海峡の間でこれまで移動は確認されていないが、今回サハリン南部では再捕が見られた。北部海域とサハ

リン南部海域は日口中間ラインが設定されており、日本の漁船は現在、サハリン南部海域では操業できない。従つて、サハリン南部海域での再捕数は他の海域に比べ過少であると考えられる。よって、北部海域のケガニの移動方向についてはまだ不明な点があり、今後さらに検討が必要である。

北海道のケガニは現在、一部海域における例外を除いて、けがにかご以外での漁獲は禁止されているため、標識再捕はほぼけがにかご漁業に限られる（表4）。そのため再捕時期もけがにかご漁業期間にほぼ限定される（表3）。また、けがにかご漁業で使用されているかごの網目合いで、甲長が雄より相対的に小さい雌や70mm未満の小型雄を採集することは難しい（図2）。さらに、北海道では雌や80mm未満の雄は漁獲対象外で、所持・販売も禁止されていることから、けがにかご漁業からの再捕報告も少ない。そのため、雌や甲長80mm未満（特に70mm未満）雄の分布や移動を明らかにするためには、けがにかご漁業に依存しない手法を使った時期別の分布調査や海洋環境調査等を行う必要がある。

謝 辞

標識放流試験、ケガニ資源調査に関わったすべての漁業者、漁業協同組合職員、総合振興局職員、水産技術普及指導所職員、および水試職員の方達に謝意を表す。特に、本調査を始められ、主要なとりまとめ結果を残された元網走水試職員の山本正義氏に最大限の敬意を表す。

文 献

- 阿部晃治. ケガニの移動と分布. 釧路水試だより 1978 ; 42 : 7-10
- 阿部晃治. ケガニの脱皮回数と成長. 日水誌 1982 ; 48 (2) : 157-163
- 土門 隆, 鈴木春彦, 山本正義, 森 格, 原田 昭, 館 岡清治. オホーツク海におけるオヽクリガニ（ケガニ）資源調査. 北水試月報 1956 ; 13(7) : 8-23
- 北海道立網走水産試験場, 北海道立稚内水産試験場. 「北海道オホーツク海沿岸域（けがに）」沿岸域漁業管理適正化方式開発調査報告書, 北海道. 1985.
- 北海道立網走水産試験場, 北海道立稚内水産試験場. 「ケガニモニタリングマニュアル（北海道オホーツク海海域）」資源管理型漁業推進総合対策事, 北海道. 1994.
- 三原栄次, 佐々木正義. 標識放流試験からみた道南太平洋の成体ケガニの移動. 北水試研報 1999 ; 55 : 123 -130
- 三原栄次. ケガニ. 「新 北のさかなたち（上田吉幸・前

田圭司・嶋田 宏・鷹見達也編)」 北海道新聞社,
札幌. 2003 ; 380-385
三原栄次. 北海道西部太平洋海域のケガニの水深別分布
と移動. 水産海洋研究 2004 ; 68(1) : 36-43
佐々木正義, 田中伸幸, 上田吉幸. 1991年秋季における
噴火湾及胆振太平洋沿岸域の雄ケガニの分布特性と
海洋構造の関係. 北水試研報 1999 ; 55 : 115-122

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 (社)北海道栽培漁
業振興公社, 札幌. 2009 : 1-12
山本正義. 網走支庁管内におけるケガニ資源について.
北水試月報 1996 ; 23(12) : 15-33
山本正義. 標識放流試験の再捕結果から見たケガニ成長
について. 北水試月報 1971 ; 28(4) : 8-13

肉眼観察による北海道沿岸域におけるマナマコの成熟サイズと海域間差の検討

高柳志朗, 美坂 正

2006年～2009年, 6～8月に北海道周辺沿岸域10ヶ所で採集されたマナマコについて, 肉眼観察による成熟度判定を行い, 体サイズと成熟の関係および海域間差を調べた。成熟曲線や50% 成熟殻重量は, 採集地により差が認められた。そこで, 個体毎の成熟の有無を応答変数とした一般化線形混合モデルを用いて検討したところ, 津軽海峡を含む北海道日本海, オホーツク海, 根室海峡と日高海域の3つに海域を区分する最適モデルが選択され, 推定された50% 成熟殻重量は, それぞれ97.5g, 76.1g および64.1g であった。

A500 北水試研報 85 1-12 2014

給餌率を変えて飼育したマツカワ稚魚の瞬間成長率と軀幹の成分との関係

高谷義幸, 佐藤敦一

マツカワ稚魚の瞬間成長率 (SGR) を生化学的指標で評価するために, 給餌飼育個体を用いて SGR と軀幹の成分分析の関係を調べた。2段階の給餌量でそれぞれ25日間飼育した稚魚の軀幹成分を分析した結果, SGR と強い相関関係が認められた成分は, 粗脂肪量, 水分量, RNA/DNA, リン脂質/DNA およびタンパク質/DNA であった。これらの生化学的指標は放流再捕魚の栄養状態・成長量の評価に活用でき, 放流適地選定などの現場ツールとして利用できる可能性がある。

A502 北水試研報 85 21-24 2014

2011年8月と10月の北海道西部日本海において観察されたスケトウダラ幼魚の食性

野村 温, 久保徹郎, 志田 修,
板谷和彦, 伊藤 靖, 桜井泰憲

北部日本海大陸棚に分布するスケトウダラ幼魚の2011年8月と10月の食性を, 胃内容物分析によって調べた。その結果, 主要な餌種は *Themisto japonica*, *Metridia pacifica*, *Euphausia pacifica* であった。胃内容物の季節変化として, *T. japonica* の相対重要度は8月に高かったが10月に低下し, *M. pacifica* と *E. pacifica* は10月に高かった。また, 調査点間で主要餌生物の相対重要度に違いが観察された。

A501 北水試研報 85 13-19 2014

シロサケ稚魚の成長, 飼料効率, 健苗性に及ぼす綿実油の効果について

三坂尚行, 水野伸也, 安藤大成,
小山達也, 寺西哲夫, 小出展久

浮上後のシロサケ稚魚に0.5又は2.0% の綿実油添加餌料 (CO) を2～3ヶ月間給餌し, 成長、餌料効率並びに健苗性の指標となる項目を解析した。0.5% CO3ヶ月, 2.0% CO2ヶ月及び3ヶ月給餌群で, 魚油添加餌料 (FO) 給餌群より有意に成長が良くなった。またほとんどの測定時において CO 給餌群は FO 給餌群と比較し, 良好的な餌料効率を示した。魚体のATP含量は CO2ヶ月給餌群で FO 給餌群より有意に増加した。瞬発遊泳力は CO2か月給餌群で FO 給餌群に対し有意に大きかった。飢餓耐性試験で 2.0% CO3ヶ月, 0.5% 及び 2.0% CO2ヶ月給餌群が FO 給餌群より有意に良好な生残を示した。これらは餌料への綿実油添加がシロサケ稚魚の成長, 飼料効率, 健苗性の向上に有効であることを示している。

A503 北水試研報 85 25-32 2014

北海道東部沿岸で漁獲された9歳魚のサケ（短報）

宮腰靖之

サケは通常2~6歳魚として回帰し、最近では7歳魚および8歳魚の存在も報告されている。さけます・内水面水産試験場ではサケの資源評価のため、北海道内の河川および沿岸に回帰したサケの年齢査定を実施している。2012年に年齢査定をしたサケのうち、9月12日にオホツク海側ウトロ沿岸で水揚げされた雄の1個体が9歳魚と査定された。鱗のみをサンプリングし、魚体測定は行わなかつたが、鱗の大きさからその個体の尾叉長は67.5 cm (95%信頼区間: 66.8~68.2 cm) と推定された。9歳魚のサケの回帰が確認されたのははじめてである。

A504 北水試研報 85 33-35 2014

網走川支流ドードロマップ川における魚道設置前後のサクラマス産卵床の分布（短報）

下田和孝、川村洋司

網走川支流のドードロマップ川において魚道設置の前後計7年間、サクラマスの産卵床分布を調べた。魚道設置後に産卵床の分布範囲は上流域にまで拡大したが、その総数は魚道設置から3年間は設置前と比べて増加することは無かった。魚道設置から4~5年が経過すると、産卵床数は親世代と比べて2.6倍に増加した。既報によると、産卵床数の増加した年級では稚魚期の生息密度が高かったことや、上流に形成された産卵床では卵の生残率が高い傾向があったことから、魚道設置に伴う産卵場や生息場の拡大は、卵や稚魚の生残率の上昇と降海幼魚数や回帰親魚数の増加をもたらしたかもしれないと推測された。

A506 北水試研報 85 41-46 2014

西別川における2006年のサケ稚魚の降河尾数の推定（短報）

春日井 潔、竹内勝巳、宮腰靖之、永田光博

北海道東部の西別川において、2006年に上流からサケの右腹鰓切除標識魚（104,200尾）を放流し、下流でロータリー式スクリュートラップを用いて再捕を行った。4月28日に放流された標識魚は放流の5~26日後に確認され、23尾が再捕された。トラップの採集効率を把握するためトラップの約2km上流から尾鰓上葉切除標識魚5,970尾を放流し、トラップで7尾が再捕された。トラップの採集効率は0.13%と推定された。右腹鰓切除標識魚の通過尾数は17,167尾と推定され、放流尾数に対する推定通過尾数の割合は16.5%と推定された。

A505 北水試研報 85 37-40 2014

オホツク海北海道沿岸で行われたケガニ標識放流試験（1964~2008）の概要（資料）

田中伸幸、三原栄次、三原行雄

北海道のオホツク海沿岸海域で標識放流されたケガニの放流・再捕記録を整理し、網走水試のHP上に公開した（<http://www.fishexp.hro.or.jp/cont/abashiri/section/zoushoku/mf7eo10000000ezz.html>）。総放流個体数は15万個体以上で、総再捕個体数は7,338個体、再捕率は5%であった。本海域の成体雄ケガニでは、水平方向に大規模な移動をする個体は少ないものの、春は浅所に、夏~秋に深所に移動する季節的な深浅移動が確認された。また、本海域以外の海域における再捕は、サハリン南部海域（アニワ湾周辺）からのみであり、隣接する宗谷海峡～日本海や根室海峡～太平洋ではみられなかった。

A507 北水試研報 85 47-57 2014

水産研究本部図書出版委員会

委員長 寺井 稔
委 員 今井 義弘 木村 稔 宮園 章
夏目 雅史 齊藤 節雄 大久保 進一
事務局 上田 吉幸 坂本 達彦 吉田 英雄

水産研究本部出版物編集委員会

委員長 上田 吉幸
委 員 三宅 博哉 丸山 秀佳 田中 伊織 藏田 護
干川 裕 飯田 訓之 蟹谷 幸司 小出 展久
竹内 勝巳 宮腰 靖之 佐々木義隆
事務局 坂本 達彦 吉田 英雄

北海道水産試験場研究報告 第85号

2014年3月24日発行 ISSN : 2185-3290

編集兼 北海道立総合研究機構水産研究本部
発行者 〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238
電話 総合案内 0135(23)7451 (総務部総務課)
図書案内 0135(23)8705 (企画調整部企画課)
FAX 0135(23)3141
Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan
印刷所 岩橋印刷株式会社
〒063-8580 札幌市西区西町南18丁目1番34号
電話 (011)669-2500

