

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 83 号

### SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES No. 83

北海道立総合研究機構水産研究本部

北海道余市町

2013年3月

Hokkaido Research Organization  
Fisheries Research Department

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2013

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 網走市鱒浦 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83号

## 目 次

### 坂口健司

道東太平洋におけるスルメイカの魚群探知機の反応…………… 1

### 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…………… 5

### 實吉隼人，宮腰靖之，工藤 智，河村 博

暑寒別川における異なるサイズで放流したサケの河川回帰率…………… 13

### 藤原 真，隼野寛史，宮腰靖之

北海道南西部の小河川におけるサクラマススモルトの放流後の河川内滞留尾数…………… 19

### 虎尾 充

網走湖におけるワカサギ*Hypomesus nipponensis*仔魚の湖内分布と発育過程…………… 27

### 星野 昇，高嶋孝寛，山口浩志

石狩湾産ハタハタ仔稚魚のふ化時期（短報）…………… 37

### 宮腰靖之，永田光博，安藤大成，藤原 真，青山智哉

北海道東部網走沿岸におけるサケおよびカラフトマス幼稚魚の魚類捕食者（短報）…………… 41

試験研究業績〈外部刊行物への発表 平成23年度分〉…………… 45

（2013年3月）

# SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES

No.83  
CONTENTS

KENJI SAKAGUCHI

Echoes of Japanese common squid *Todarodes pacificus* off the Pacific coast of eastern Hokkaido ..... 1

YOSHIYUKI TAKAYA, NOBUKAZU SATO

Relationship between growth and biochemical constituents in the liver of laboratory-reared juvenile  
barfin flounder (*Verasper moseri*) ..... 5

HAYATO SANEYOSHI, YASUYUKI MIYAKOSHI, SATOSHI KUDO  
AND HIROSHI KAWAMURA

Body size of juveniles released and its effect on the return rate of chum salmon in Shokanbetsu  
River, Hokkaido, Japan ..... 13

MAKOTO FUJIWARA, HIROFUMI HAYANO AND YASUYUKI MIYAKOSHI

Estimates of residual numbers of hatchery-reared masu salmon smolts stocked into a stream,  
southwestern Hokkaido. .... 19

MITSURU TORAO

Distribution and developmental process of wakasagi, *Hypomesus nipponensis* larvae in Lake Abashiri ..... 27

NOBORU HOSHINO, TAKAHIRO TAKASHIMA AND HIROSHI YAMAGUCHI

Hatching period of sandfish (*Arctoscopus japonicus*) juveniles in Ishikari Bay (Short Paper) ..... 37

YASUYUKI MIYAKOSHI, MITSUHIRO NAGATA, DAISEI ANDO, MAKOTO FUJIWARA  
AND TOMOYA AOYAMA

Fish predators of juvenile chum and pink salmon in coastal waters of Abashiri region, eastern Hokkaido  
(Short Paper) ..... 41

Contribution from the Hokkaido Fisheries Research Institutes:

Papers Presented in other journals or at scientific meetings in fiscal 2011 ..... 45

(March, 2013)



## 道東太平洋におけるスルメイカの魚群探知機の反応

坂口 健司

北海道立総合研究機構水産研究本部

Echoes of Japanese common squid *Todarodes pacificus* off the Pacific coast of eastern Hokkaido

KENJI SAKAGUCHI

Hokkaido Research Organization, Fisheries Research Department, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan

We measured daytime echoes of Japanese common squid *Todarodes pacificus* off the Pacific coast of eastern Hokkaido in 2009 and 2011. We recorded the echoes of squids with approximately 15-25 cm mantle length, occurring at a depth of 15-100 m and temperature of 3-12°C, in the water column over the continental shelf. These echoes, which ranged in height from approximately 10 m to 50 m, were distinguishable from the small echoes of the other marine organisms, which aggregated near the surface and upper layers.

キーワード : echo, *Todarodes pacificus*, エコーグラム, 魚群探知機, スルメイカ, 道東太平洋

重要な水産資源であるスルメイカ *Todarodes pacificus* の来遊量を予測するためのデータは、主に調査船調査で得られている。現状では、1日の調査実施点数は、いか釣りでは1-2点、表層トロールで数点に限られる（山下ら, 2012）。しかし、本種の太平洋での分布は日本沿岸から東経165°付

近までと広い（森, 2008）。その結果、局所的に集群するイカ群を見落としやすい状況にある。この問題を改善する方法の1つとして、調査線上の分布を連続的に把握する計量魚群探知機（以下、計量魚探）の調査がある。

計量魚探の調査では、得られたエコーグラムから対象種の反応を識別する技術や知見が必要となる。エコーグラムの種判別は解析結果の信頼性を左右する重要な要素である。しかし、スルメイカは鰭を持たないために音響反応が弱く（Foote, 1980）、その反応を識別して抽出することは難しい（川端, 2003, 藤野ら, 2010）。本研究では、道東太平洋におけるスルメイカのエコーグラムの反応を、いか釣りによって確認し、その特徴を検討した。

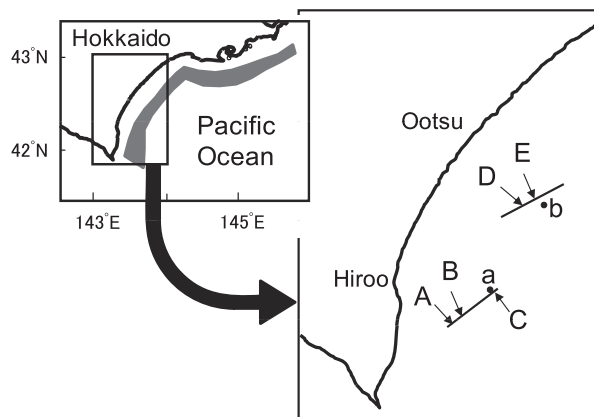


Fig. 1 Survey area and acoustic transect lines off the Pacific coast of eastern Hokkaido. The shaded region indicates the acoustic survey area. Solid lines indicate transect lines off Hiroo and Ootsu in August 2009 and August 2011. Arrows (stations A-E) and black dots (stations a and b) indicate squid jigging points and temperature observation stations, respectively.

Table 1 Research dates and time, locations, and number of jigged individuals off the Pacific coast of eastern Hokkaido, in 2009 and 2011.

Research date	Time	Station No.	Location		No. of jigged individuals
			N	E	
2009. Aug. 24	10:23	A	42°09'	143°31'	4
	11:20	B	42°10'	143°34'	112
	13:17	C	42°14'	143°42'	27
2011. Aug. 21	14:58	D	42°27'	143°47'	20
	15:45	E	42°28'	143°49'	32

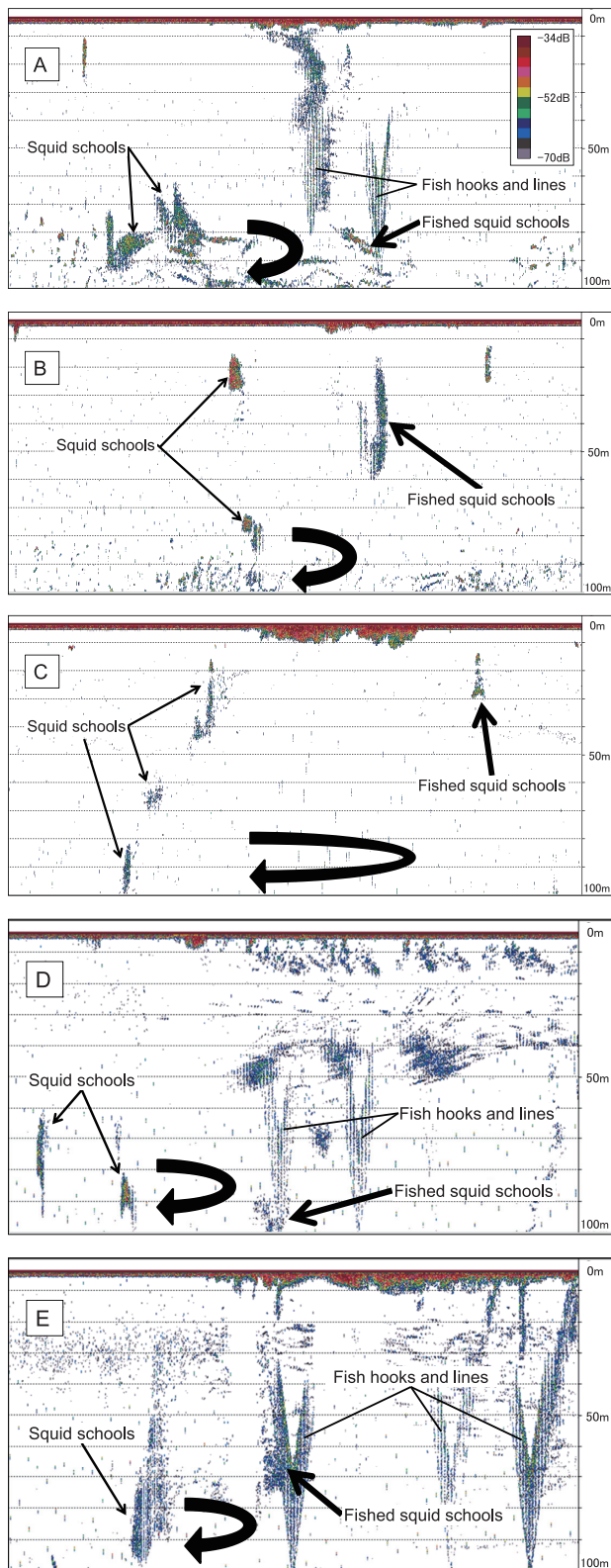


Fig. 2 Echograms of *Todarodes pacificus* fished off the Pacific coast of eastern Hokkaido in August 2009 (A-C) and August 2011 (D and E). Thin arrows indicate squid school echoes occurring during the acoustic survey. Curved arrows indicate periods during which the ship returned and stopped above the echoes. Thick arrows indicate echoes of fished squid schools.

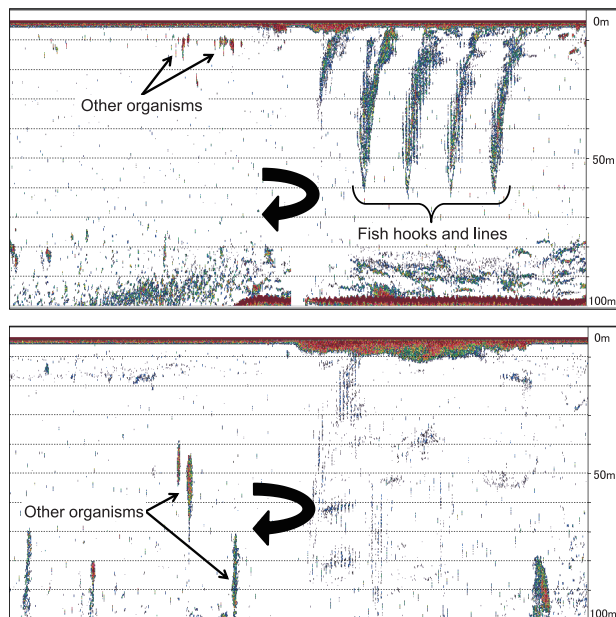


Fig. 3 Examples of echograms recorded during which no squid was caught off the Pacific coast of eastern Hokkaido. Thin arrows indicate echoes of other marine organisms occurring during the acoustic survey. Curved arrows are the same as in Fig. 2.

## 試料及び方法

2009, 2011年の8月下旬に釧路水産試験場試験調査船北辰丸 (216 t) の計量魚探 (Kongsberg社製 EK-60, 38 kHz, ビーム角約7°) を用いて、道東太平洋の大陸棚周辺 (水深 100–300 m) に設定した調査線を5.5–9.0ノットで航行しエコーグラムを収集した (Fig.1, 灰色部分)。調査時刻は6–18時の明るい時間帯とした。計量魚探のパルス長は1.0 ms, 送信周期は1.4 sとし、キャリブレーションは調査の約3ヶ月前に行った。

調査線を航行中に、ほぼ反応がない状態のエコーグラムに何らかの反応が現れる度に、それがスルメイカの反応であるかどうかを確認するために、反応を通過した後、反応の真上に戻って停船し、いか釣りをを行った。いか釣りには、船の右舷に設置した6台の2連式自動イカ釣り機を用いた。仕掛けには、先端の錘の上約9 mの位置から1 m間隔で25本のイカ釣り針を付けた。合計の針数は300針 (25本×2組×6台) とした。仕掛けを降ろす深度は出現した反応の深度に合わせて調節し、最大で深度120 mまでとした。出現した反応1回につき、仕掛けを海中に1–5回降ろし、釣獲の有無を確認した。いか釣り終了後、調査線の航行を再開し、次の反応の出現を待つことを繰り返した。調査線の近くで表面から海底付近までの水温観測を行った (Fig.1 st.a, b)。

釣獲されたスルメイカを冷凍して陸上に持ち帰り、実験

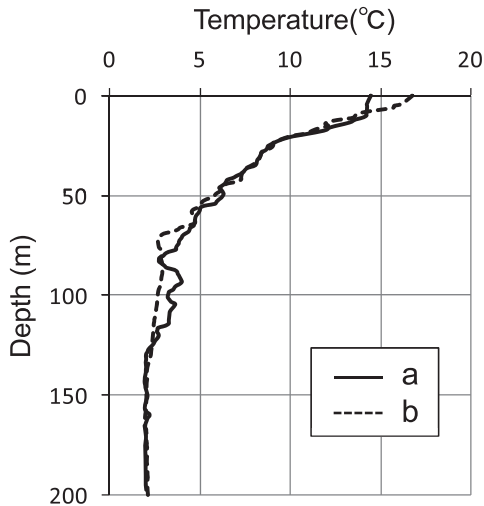


Fig. 4 Vertical profiles of the water temperature at station a (solid line) in August 2009, and station b (broken line) in August 2011. See Fig. 1 for the station locations.

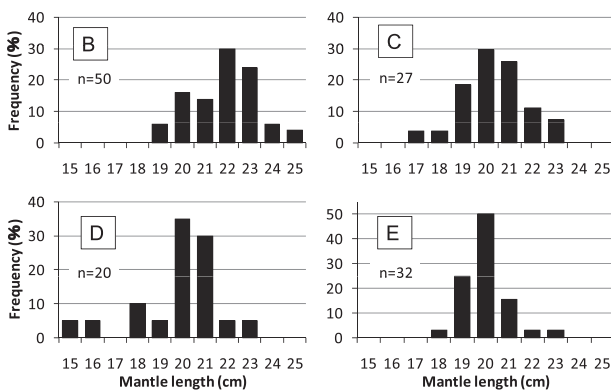


Fig. 5 Mantle length distribution of *Todarodes pacificus* echoes recorded off the Pacific coast of eastern Hokkaido in August 2009 (stations B and C) and August 2011 (stations D and E). See Fig. 1 and Table 1 for the station locations.

室で解凍して外套長を測定した。いか釣りによって本種がまとまって釣れたときのエコーグラムの反応を本種の反応と判断した。本研究では、道東太平洋に設定した調査海域の中で、スルメイカが多く釣れた2009年の広尾沖と2011年の大津沖の調査線上の調査点 (Fig.1, Table 1) におけるEK-60で再生したエコーグラム (スレッシュホールドは-70dB) を用いた。ただし、補助的に用いたカラー魚探による干渉反応がエコーグラム上に見られたため、TSやSVなどの音響反射強度についてはほとんど検討できなかった。

## 結果

2009年は道東太平洋において16ヶ所のエコーグラムの反応に対していか釣りをを行い、4ヶ所でスルメイカが釣れた。2011年は24ヶ所のうち6ヶ所で本種が釣れた。Fig.2のA-Eに、本種がまとまって釣れた2009年の広尾沖のst.A-C、および2011年の大津沖のst.D, Eについて、イカと考えられる反応の出現からいか釣りを行った時のエコーグラムを示した。なお、すべてのエコーグラム全体に多数見られる小さな点状の反応は、カラー魚探の干渉反応である。また、主に釣獲時の海面から深度10 m付近までの赤色の帯状の反応は操船にともなう泡の反応と考えられる。

Aでは深度60-100 mに反応 (細い矢印) が現れ、反応上に戻って停船し (曲線の矢印)、仕掛けを2回降ろした結果、4個体のスルメイカが釣れた。海中に降ろした仕掛けが船体の下に入り込んだため、仕掛けの反応がエコーグラムにV字状に映り、仕掛けがイカ群と考えられる反応 (太い矢印) のある深度80 m付近に達した。

Bでは深度15-25 mと80 m前後に反応が現れ、反応上に戻って仕掛けを深度80 mまで1回降ろしただけで、112個体のスルメイカが釣れた。この時に、反応は深度20-60 mに見られたが、仕掛けの反応も含まれている可能性がある。

Cでは深度15-100 mに3つに分かれた反応が出現し、仕掛けを深度80 mまで降ろし、27個体のスルメイカが釣れた。釣獲時に深度15-30 mに見られたイカ群と考えられる反応は、停船前に同じ深度に出現した反応と形状が似ていた。

Dでは深度60-95 mに2つの反応が出現し20個体のイカが、Eでは深度50-100 mに1つの反応が出現し32個体のイカが釣れた。イカ群と仕掛けと考えられる反応が見られた。

兩年を通じて、深度30 m以浅の表層に現れた小さな反応の集まり (Fig.3上図) を対象に12ヶ所でいか釣りを行ったが、イカは釣れなかった。また、数ヶ所で出現した鉛直方向に15-30 mの細長い反応 (Fig.3下図) でもイカは釣れなかった。

スルメイカの反応が出現した水温は、2009年に反応が出現した深度 (15-100 m) では約3-12°C、2011年の出現深度 (50-100 m) では約3-6°Cであった (Fig.4)。

B-Eで釣れたスルメイカの外套長は、範囲が15-25 cm台、モードが20 cm台 (C-E) と22 cm台 (B) であった (Fig.5)。

## 考察

計量魚探を対象種の分布を把握するためには、対象種の反応を識別するための技術や知見が欠かせない。本研究では道東太平洋におけるスルメイカと考えられるエコー

グラムの反応の例を示した。他海域におけるスルメイカの計量魚探調査（川端，2003，藤野ら，2010）から，本種は38kHzの計量魚探に映ることが示されている。本研究では，反応の真上にある船から，いか釣りの仕掛けを反応の深度を通過するように降ろして釣獲の有無を確認する方法を用いて，本種を確認した。仕掛けを海中に数回降ろすだけで，多い時には数十個体かそれ以上のスルメイカが釣獲された。これらのことから，本研究の種確認は信頼性が高いと考えられる。

8月の道東太平洋の大陸棚周辺における外套長20cm前後のスルメイカの昼間の反応は，深度では15–100 m，水温では3–12℃の範囲に出現した。本種の反応の形状は層状ではなく，高さが10–50 m程度で1つまたは複数の反応の塊として識別可能であった。また，表層の小さい反応の集まりは本種の反応ではないと考えられた。

なお，Echoview（Myriax社製）を用いてst.Eで出現した反応の体積後方散乱強度（SV）の頻度を見たところ，モードは–64から–61dBに見られた。カラー魚探の干渉反応は点状であるため，SVのモードに大きく影響していないと仮定すると，この値は三陸沖のスルメイカについて多く見られたSVである–65から–60dB（川端，2003）とほぼ一致していた。

三陸沖における夏の日中の本種の分布は，主に水深150–250 m前後の海底付近に出現すると報告されている（川端，2003）。本研究での出現深度はこの報告よりも浅く，海底から離れていた。この理由として，本種が道東太平洋の100 m以深にある3℃以下の低水温域を避けている可能性がある。実証的な研究が今後の課題として残された。

これまでに報告されているスルメイカの反応（川端，2003，藤野ら，2010）は，海底付近を広範囲に抽出したものが多かったため，底魚類など他の生物の反応も少なからず含まれることが懸念される。一方，本研究の道東太平洋で得られた反応は，中層の比較的独立した反応として

識別することができた。ただし，この海域の海底付近にもスルメイカが分布するなら，その反応の識別方法について，更なる調査研究が必要である。

本研究によって道東太平洋におけるスルメイカのエコーグラムの反応の特徴の一部が明らかとなった。これらは本種の計量魚探調査を実施して解析を進める糸口になる。さらに精度の高い解析のためには，本種について音響干渉のない計量魚探データを収集し，TSやSVなどの音響特性を種判別や分布量推定に活用する必要がある。

## 謝 辞

本報告をまとめるにあたり，貴重なご意見をいただいた釧路水産試験場の佐藤充氏をはじめとする方々，海上調査に協力を頂いた釧路水産試験場試験調査船北辰丸の乗組員の皆様に感謝する。

## 引用文献

- Foot J. K. Importance of the swimbladder in acoustic scattering by fish: A comparison of gadoid and mackerel target strengths. *J. Acoust. Soc. Am.* 1980; 67: 2084–2089.
- 藤野忠敬, 川端淳, 木所英昭. エコーグラム図鑑—日本周辺で計量魚群探知機により観察される生物種別エコーグラム—. 日本海区水産研究所, 新潟. 2010; 216pp.
- 川端淳. 計量魚探を使った1996–2001年の三陸北部海域におけるスルメイカの現存量推定. 平成14年度イカ類資源研究会議報告. 2003; 77–82.
- 森賢. スルメイカ冬季発生系群の初期生態と資源変動機構に関する研究. 博士論文, 北海道大学, 函館. 2008.
- 山下紀生, 加賀敏樹, 福若雅章. 平成23年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. 「平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC種）第1分冊」水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京. 2012; 593–624.



## 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

高谷義幸<sup>\*1</sup>, 佐藤敦一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構中央水産試験場 <sup>2</sup>北海道立総合研究機構栽培水産試験場

Relationship between growth and biochemical constituents in the liver of laboratory-reared juvenile barfin flounder (*Verasper moseri*)

YOSHIYUKI TAKAYA<sup>\*1</sup> AND NOBUKAZU SATO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido Research Organization, Central Fisheries Research Institute, Yoichi, Hokkaido, 046-8555,

<sup>2</sup>Hokkaido Research Organization, Mariculture Fisheries Research Institute, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan

We examined a range of biochemical constituents in the liver of barfin flounder (*Verasper moseri*) and evaluated the growth rate using a biochemical index. The flounders were reared for 4 weeks under 4 dietary levels (0% body weight per day, 0.5% body weight per day, 1.25% body weight per day, and 2% body weight per day), and measured the total body length and body weight at weekly intervals. Further, the specific growth rate (SGR) was calculated using the equation  $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / d$ , where  $W_0$ ,  $W_t$ , and  $d$  represent the initial body weight, body weight at week  $t$  ( $t = 1-4$ ), and number of days, respectively. We analyzed a range of biochemical constituents, including triglyceride, glycogen, moisture, protein, RNA, DNA, and phospholipid, in the liver after feeding. From these, significant correlations between SGR and several biochemical constituents, namely, RNA/DNA ratio, phospholipid/DNA ratio, condition factor, liver index, and protein/DNA ratio, were shown. Our results indicate that the biochemical constituents represent useful biochemical indices for evaluating the growth rate of released barfin flounders in the field.

キーワード：肝臓，瞬間成長率，成分，マツカワ

北海道では1987年からマツカワ (*Verasper moseri*) の人工種苗放流を行っている。2006年からは一層の資源増大を図るために、えりも町から函館市にかけての北海道太平洋西部海域で年間100万尾の種苗を放流しており、これに伴って同海域全体の漁獲量は増加している(村上ら, 2011)。しかし、同じように多数の人工種苗を放流していても、漁獲量の増加量は地域間で差が生じており、これらの地域では放流場所の餌料量に大きな差があることが明らかにされている(村上ら, 2011)。ヒラメでは放流場所の餌料環境について検討され、餌の多寡が放流魚の生残に関係しているのではないかと推測されている(古田ら, 1997; Watanabe *et al.*, 2006) ことから、マツカワの場合も放流場所の餌料環境が放流魚の生き残りに影響を与え、さらには地域間の漁獲量の差を生じさせる要因の一つになっているものと思われる。

放流場所の餌料環境が良好な場合は、放流魚は速やかかつ十分な量の摂餌が可能であり、結果として速く成長する

ことができる。成長は、餌料生物を捕捉するためや外敵から逃避するための運動能力を高めることとなり、生き残りにには極めて重要なファクターであると考えられる。したがって、放流魚を再捕し、その成長率を評価することができれば、放流場所の適否の判定が可能となり、不適切な場所への無駄な放流を防止することができるなど、効率の良い栽培漁業が展開できる。

稚魚の成長率を推定するための方法として、体成分分析による生化学的指標を用いる手法がある。放流魚が餌として摂取した栄養物質は、魚体内で活動のエネルギーとして消費されると同時に代謝と成長に向けられ、残りは体内に蓄積される。このため、餌を多く食べ多量の栄養物質を体内に取り込むことができた個体は、速く成長するとともに体内にも多くの栄養物質を蓄積している。したがって、放流再捕魚の体型や体成分を調べることで、個体の成長率を推定することが可能となる。ヒラメでは、室内飼育試験で得られた成長率と肝臓中のRNA/DNAやリン脂質/DNA

などの生化学的指標を用いて、天然魚の成長率評価が試みられている (Fukuda *et al.*, 2001) が、マツカワではこのような取り組みは行われていない。そこで、マツカワの成長率を推定するための生化学的指標を作成することを目的に、給餌率を変えて飼育した異なる成長率のマツカワを用い、成長率と肝臓中の成分との関係を調べ、いくつかの項目について指標となりうる可能性を得たので報告する。

## 試料及び方法

北海道栽培漁業振興公社伊達事業所で2008年4月に人工受精により生産され、北海道立栽培水産試験場 (現 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 (実験開始時の平均全長123mm, 最大142mm ~ 最小102mm, 平均体重28.6g, 最大45.9g ~ 最小15.8g) を2008年10月20日から無給餌状態とし、10月23日に全長及び体重を測定するとともに個体識別のためのスパゲッティ型標識を装着して実験水槽に収容した。実験水槽には、200ℓポリカーボネイト水槽4基を用い、それぞれに測定済みのマツカワを40尾ずつ収容した。実験区として、給餌率を変えた4条件を設定し、それぞれ収容した魚の総重量に対して0%, 0.5%, 1.25%, 2%になるように市販配合飼料 (ヒガシマル社製珊瑚シリーズ) を1日1回給餌した。この給餌率は、各週のサンプリングで得られた飼育魚の魚体重をもとに1週間単位で再計算して設定給餌率になるように調整した。飼育水は水温約16℃に調温した海水を掛け流しとした。10月27日から給餌を開始し、11月3日 (1週目), 11月10日 (2週目), 11月16日 (3週目), 11月25日 (4週目) に各水槽から10尾ずつをサンプリングした。なお、肥満度に対する胃内容物重量の影響をなくすため、サンプリング前には2日程度の無給餌期間を設けた。サンプリングした個体は、全長と体重を測定し、伸長量、増重量および (1) 式により瞬間成長率 (Specific Growth Rate, 以下SGRと表記) を算出した。測定後は-30℃で凍結保存し、後日、解凍して分析に供した。解凍したサンプルは再度全長と体重を測定し、解凍後の肥満度を (2) 式により算出した。体測定後は、肝臓を摘出して重量を測定し、比肝重を (3) 式によって算出した。摘出した肝臓は、適量の冷蒸留水を加えて氷冷しながらヒスコトロン (マイクロテック・ニチオン社製) でホモジナイズし、最終的な分析試料中に含まれる組織重量が100~200mg<sup>\*1</sup>になるように冷蒸留水でメスアップした。このホモジネートから0.5mlをSTS法を改変した中野 (1988) の方法によるRNA, DNA定量用に、

また10μlをLowry法 (Lowry *et al.*, 1951) による粗タンパク質定量用に分取し、残りを真空凍結乾燥して水分量を算出した。乾燥後のホモジネートに一定量のエタノール・エーテル (3:1, v:v) を加え、トリグリセリド (以下, TGと表記) およびリン脂質 (以下, PLと表記) を鈴木ら (1994) の方法 (ただしTG定量用のキットはトリグリセリドE-テストワコー, 和光純薬製を用いた) で定量した。この後、遠心エバポレーターで溶媒を除去し、残った沈殿に2mlの30%KOHを加えて溶解し、Watanabe *et al.* (1992) の方法でグルコースを抽出した。これを臨床用検査キット (グルコースCIIテストワコー, 和光純薬) でマイクロプレートを用いて定量し、0.9を乗じることでグリコーゲン量とした。このようにして得られた定量値のうち、タンパク質, RNA, PLをそれぞれDNA量で除してタンパク質/DNA, RNA/DNAおよびPL/DNAを算出した。なお、分析に供した個体のうち、2%給餌区で3週目にサンプリングした1個体 (飼育中に尾びれ欠損のため)、0%給餌区で4週目にサンプリングした2個体 (解剖時に肝臓の萎縮が認められたため) および0%給餌区で3週目にサンプリングした2個体 (分析に失敗したため) は解析から除外した。

$$\text{SGR}(\%) = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / d \cdots (1)$$

$$\text{肥満度} = (W_t / TL_t^3) \times 10^5 \cdots (2)$$

$$\text{比肝重} = (LW_t / W_t) \times 100 \cdots (3)$$

ただし、 $W_0$ : 実験開始時の体重 (g),  $W_t$ : 実験開始からt週目の体重 (g),  $TL_t$ : 実験開始からt週目の全長 (mm),  $d$ : 実験日数 (無給餌日を含む),  $LW_t$ : 実験開始からt週目の肝臓重量 (g)。

**結果の解析と統計検定** 給餌率が成長率に与える影響については、各実験区の平均伸長量と平均増重量を用いて飼育期間別に比較し、平均値の差をTukey-Kramer検定により判定した ( $P < 0.05$ )。成長率と肝臓の各成分の関係については、実験区によらず、各個体のSGRと成分の関係を単回帰分析により判定した。また、各サンプリング週間の回帰直線の傾きの差はF検定 ( $P < 0.05$ ) により検出した。

## 結 果

**給餌率と体成長の関係** 各実験区での実験開始時から終了時までの伸長量をFig.1, 増重量をFig.2に示した。全ての実験区で実験開始1週目には伸長が認められた。その後、0%給餌区ではさらなる伸長は認められなかったのに対し、0.5~2%給餌区では時間の経過とともに伸長量は増加していた。増重量は0%給餌区で1週目までに2g程度減

\*1 マツカワ肝臓を試料とした場合、試料中のグルコース量が15mg/mlを越えるとグルコース定量値が不安定になる (高谷未発表) ため、適宜希釈する必要がある。

少し、その後もマイナスで推移し、減少量は3週目から4週目にかけて増大した。0.5%給餌区ではわずかに増減しながら推移し、最も減少の大きかった1週目と増加量の多かった3週目の間で有意差が見られたものの、その他の期間では有意差は認められなかった。1.25%給餌区と2%給餌区ではともに時間経過につれて増重量が多くなり、伸長量と同様に給餌率を高くすることで体重増が認められた。SGRは0%給餌区では実験開始1週目までの減少が著しく、その後、2～4週目には-0.5%程度の減少であった。0.5%給餌区では1週目までの減少が大きく、その後はSGRの変動はほとんど見られなかった。これらに対し、1.25%給餌区と2%給餌区では、1.25%区の1週目で若干低かったのを除けば、いずれも1週目から1～1.5%程度の増加が持続した(Fig.3)。このように、今回の実験では給餌率の増減により飢餓状態から高成長まで様々な成長率の個体を作り出すことができた。

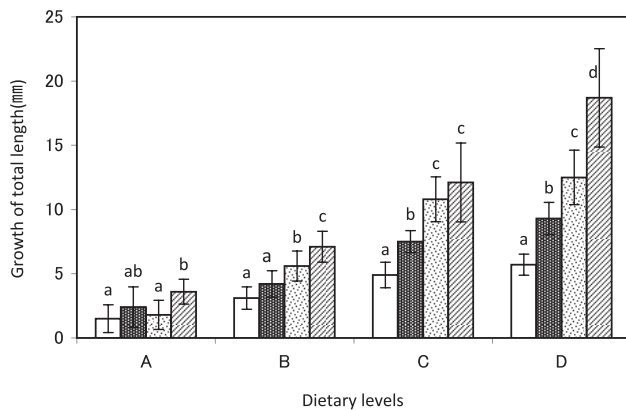


Fig.1 Increase in total body length of *Verasper moseri* juveniles reared under 4 dietary levels for 1-4 weeks (□, 1 week; ■, 2 weeks; ▨, 3 weeks; ▩, 4 weeks). A, B, C, and D represent the weight ratio of diet to body weight per day (A, 0%; B, 0.5%; C, 1.25%; D, 2.0%). Vertical bars indicate standard deviations. Different lower case letters within the same experimental division indicate significant differences at  $P < 0.05$ .

**SGRと肥満度およびSGRと比肝重の関係** SGRと肥満度および比肝重の関係をFig.4に示した。肥満度については1週目から2週目、3週目から4週目にかけてSGRとの回帰直線の傾きが有意に大きくなり、決定係数も3週目を除いては時間の経過とともに高くなっていった。比肝重については3週目までは肥満度と同様に高SGRの個体で高い傾向にあり、飼育期間が長くなるにつれて回帰直線の傾きも小さくなっていったが、4週目では高SGR個体で低下する傾向が見られ、回帰直線の傾きは小さくなった。

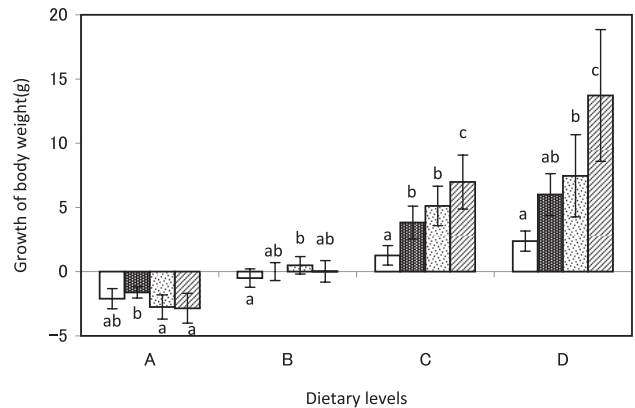


Fig.2 Increase in body weight of *Verasper moseri* juveniles reared under 4 dietary levels for 1-4 weeks (□, 1 week; ■, 2 weeks; ▨, 3 weeks; ▩, 4 weeks). A, B, C, and D are the same as in Fig. 1. Vertical bars indicate standard deviations. Different lower case letters within the same experimental division indicate significant differences at  $P < 0.05$ .

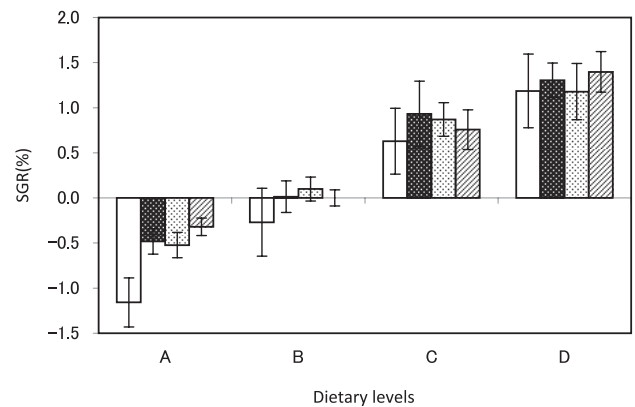


Fig.3 Specific growth rate (SGR) of *Verasper moseri* juveniles reared under 4 dietary levels for 1-4 weeks (□, 1 week; ■, 2 weeks; ▨, 3 weeks; ▩, 4 weeks). A, B, C, and D are the same as in Fig. 1. Vertical bars indicate standard deviations. SGR is given by  $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / d$ , where  $W_0$ ,  $W_t$ , and  $d$  represent the initial body weight, body weight at week  $t$ , and number of days, respectively.

**SGRと栄養物質の蓄積量の関係** SGRと肝臓内の蓄積栄養物質であるTG、グリコーゲンおよび水分の関係をFig.5に示した。TG量はいずれのサンプリング週においてもSGRとの強い関係は認められず、肝臓内には常に0.5～2%程度存在した。グリコーゲン量はSGRがマイナスの個体では検出されることがなかったが、1～3週目のSGRがプラスの個体で1～10%程度検出される場合があった。しかし、その一方で同程度のSGRであってもほとんど検出されない個体も多く、個体間のばらつきが大きかった。また、4週目のサンプルでは1個体を除いて3%以下しか検出されな

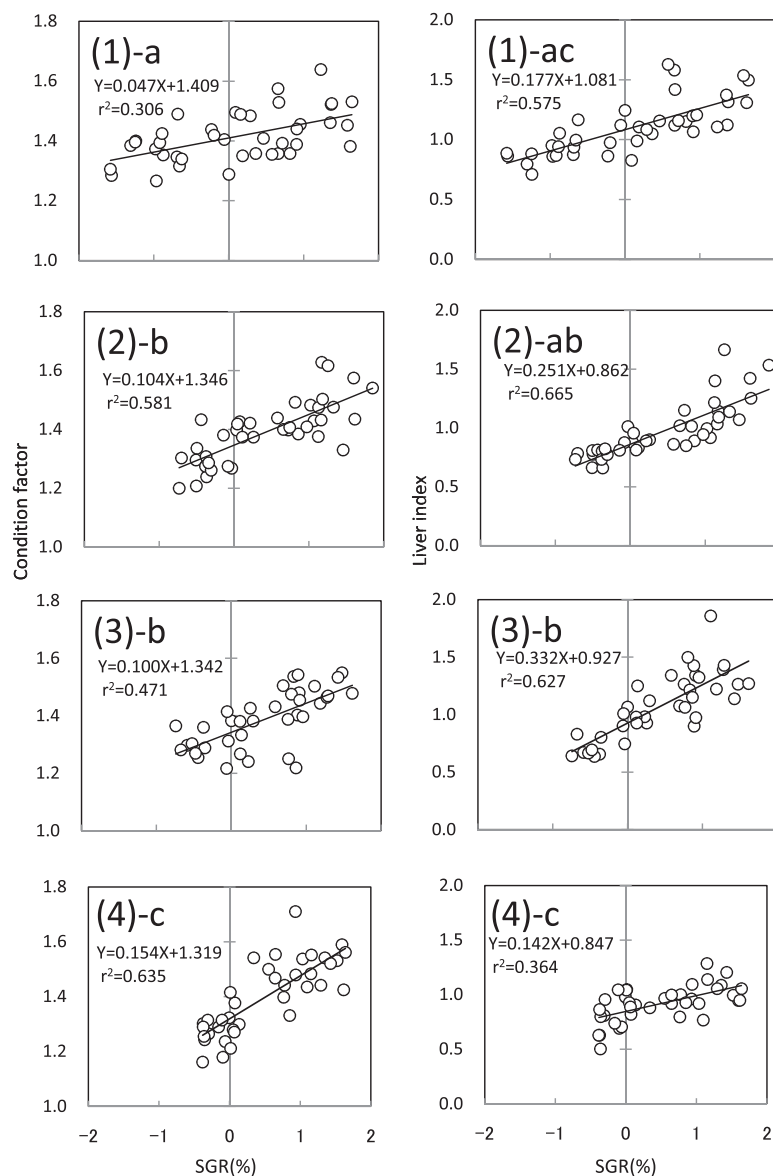


Fig. 4 Relationship between specific growth rate (SGR) and condition factor (left column), and specific growth rate (SGR) and liver index (right column) of *Verasper moseri* juveniles reared for 1-4 weeks. Numbers in parentheses indicate feeding period (weeks). Different lower case letters indicate significantly different regression coefficients at  $P < 0.05$ . Condition factor and liver index are given by  $(W_t/TL_t^3) \times 10^5$  and  $(LW_t/W_t) \times 100$ , respectively, where  $W_t$ ,  $TL_t$ , and  $LW_t$  represent the body weight at week t, total length at week t, and liver weight at week t, respectively.

かった。水分量は、期間を通じて緩い負の相関が見られた。また、4週目では低SGRの個体に比較的高い値を示すものが見られた。

**SGRと機能的指標の関係** SGRとタンパク質/DNA、RNA/DNAおよびPL/DNAの関係をFig.6に示した。タンパク質/DNAは1週目から比較的強い相関が見られ、この傾向は3週目まで継続したが4週目には低SGRの個体で値が上昇することで回帰直線の傾きが小さくなった。RNA/DNAは1週目から強い相関関係が認められ、2週目にかけて回帰直線の傾きが大きくなり、これが3週目にかけて持続した。しかし、4週目には主として高SGR個体の値が低下するこ

とに伴って回帰直線の傾きが小さくなった。PL/DNAは1週目にはばらつきが大きく、決定係数は高くなかったものの2~3週目にかけて決定係数が高くなった。回帰直線の傾きは2週目から3週目にかけて大きくなったが、4週目にはRNA/DNAと同様に小さくなった。

## 考 察

成長率は給餌率を良く反映し、給餌率が高い実験区ほど良好であった。また、この差は飼育期間の経過とともに拡大していた (Fig.1, Fig.2)。絶食とした0%給餌区では増重



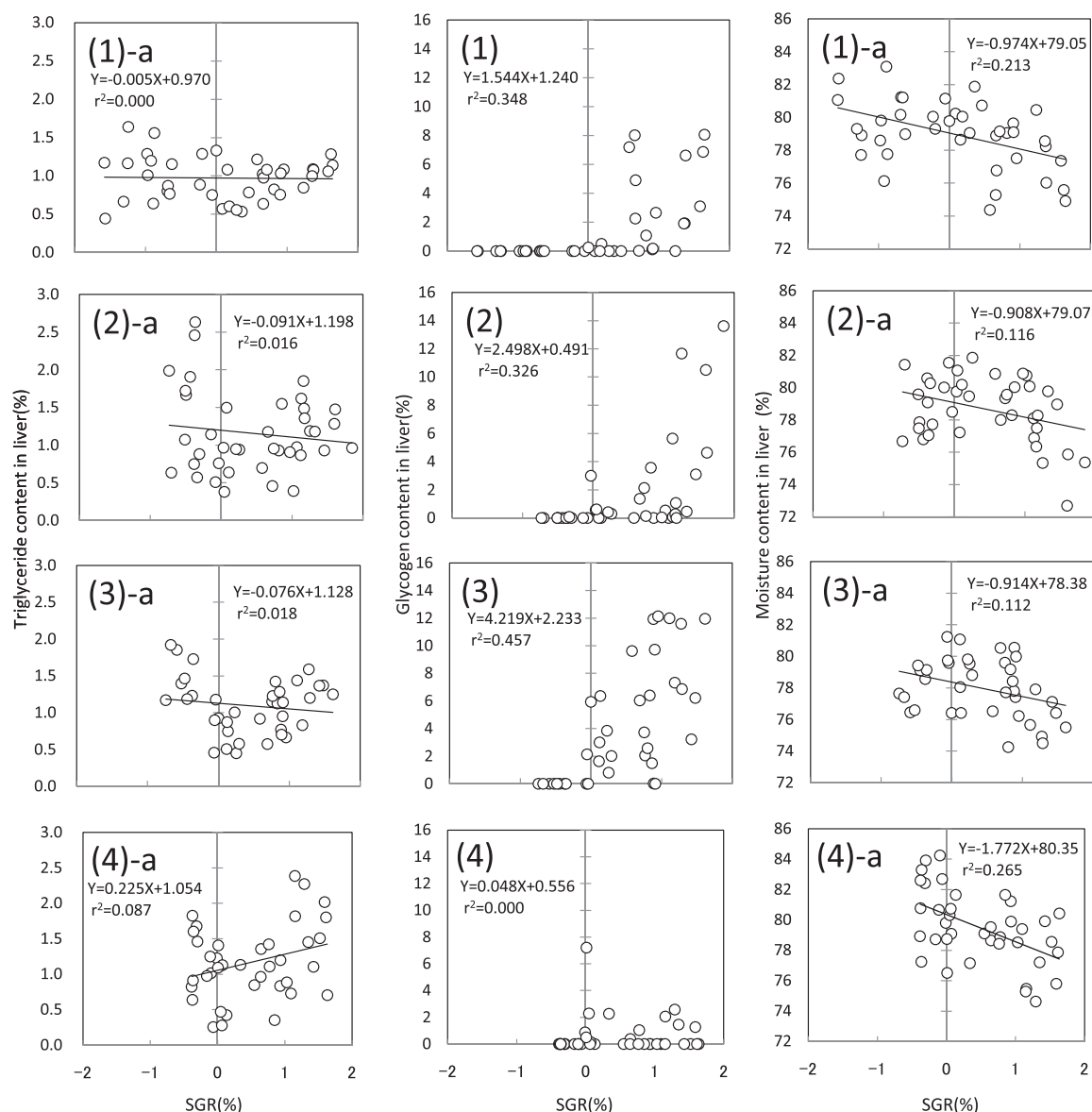


Fig. 5 Relationship between specific growth rate (SGR) and triglyceride (left column), glycogen (middle column), and moisture (right column) contents in the liver of *Verasper moseri* juveniles reared for 1-4 weeks. Numbers in parentheses and lower case letters are the same as those in Figure 4.

は見られなかったが、全長は、1週目までに平均1.5mm伸びていた。同区では、2~4週目でも同程度の伸長量しか見られなかったことから、実験開始から1週目までの間に試験開始前に蓄積していた栄養物質を使って伸長し、その後摂餌による栄養補給がないため伸長が停滞したものと思われる。したがって、マツカワ稚魚の場合、栄養摂取が十分でない状況になってもすぐには成長、とりわけ体の伸長を抑制する方向に代謝を切り替えることはできないものと推察される。SGRは給餌率をよく反映し、各区とも2~4週目の値はほぼ同程度であり、無給餌では-0.5%程度、0.5%の給餌ではほぼ0%であり、それ以上の給餌率では1~1.5%のSGRであった。なお、1.25%給餌区以下の実

験区で1週目のSGRが2~4週目に比べて低かった (Fig.3) のは、実験開始前に1週間程度の無給餌期間があった影響であろう。

肥満度や比肝重といった体型の変化を見ると、肥満度は3週目から4週目にかけて低SGRの個体で低下が見られた。また比肝重は1週目から3週目にかけて徐々に回帰直線の傾きが大きくなっていった。これらのことから、給餌率がこれらの体型変化に影響を与えるには、2~4週間程度の期間が必要だと思われる。ただし、比肝重は4週目には3週目までに比べて回帰式の傾きが小さくなっていった。この点については後述する。

次に、肝臓内での栄養貯蔵物質の量について検討する。

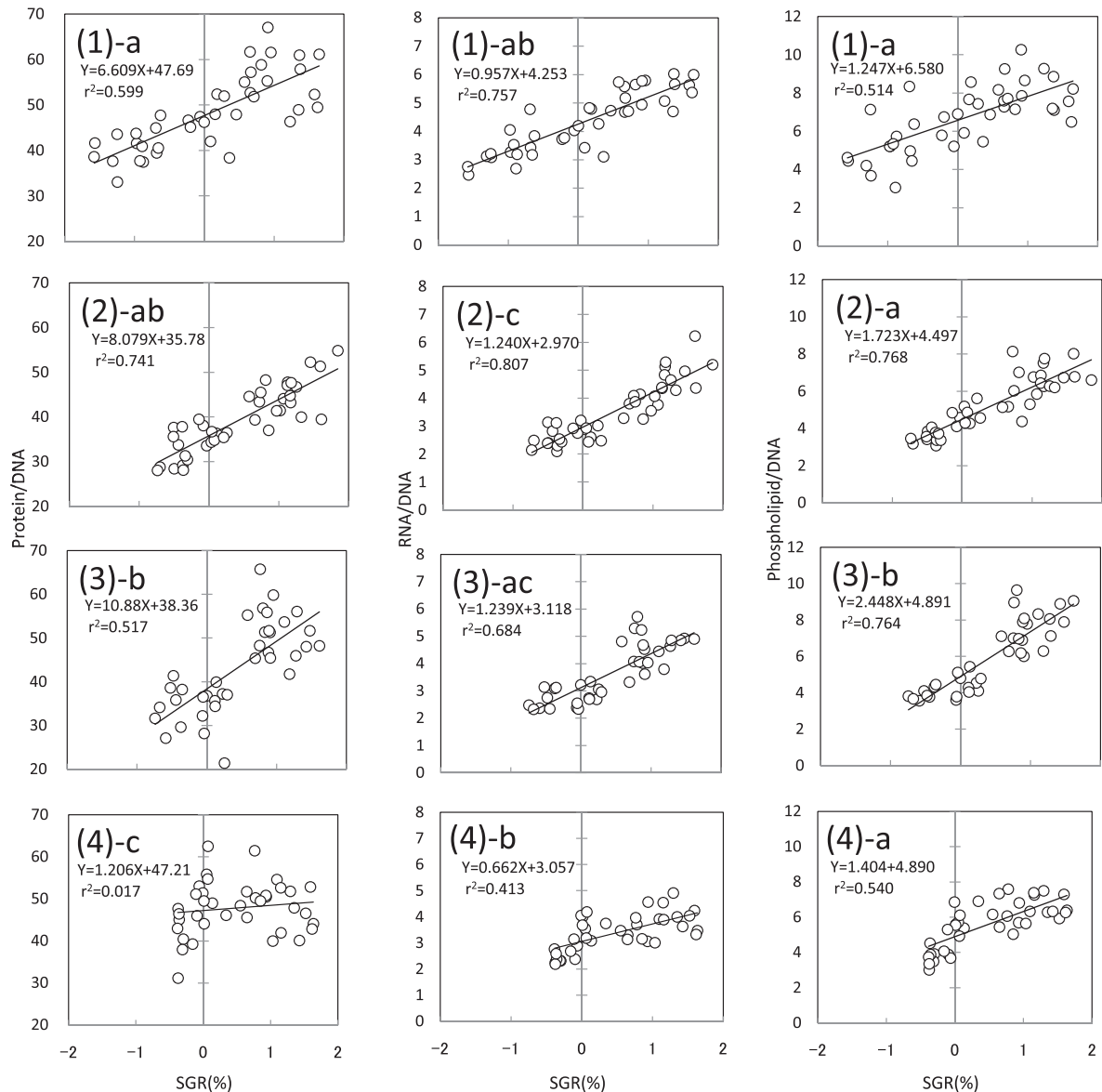


Fig. 6 Relationship between specific growth rate (SGR) and protein/DNA (left column), RNA/DNA (middle column), and phospholipid/DNA (right column) ratios in the liver of *Verasper moseri* juveniles reared for 1-4 weeks. Numbers in parentheses and lower case letters are the same as those in Figure 4.

今回調べた貯蔵物質では、TG量はSGRに関係なく0.5~2%程度でほぼ一定であった。比肝重は3週目まで比較的強い正の相関が認められ、個体の肝臓の総重量は高SGR個体では体重に比べて大きく、低SGR個体のそれは小さくなっている。したがって、1尾の肝臓のTG保有量は成長率の高い個体の方が多いということになるが、成長の優劣によって肝臓内のTG含有割合が変動することはなかった。このことは、マツカワの場合、余剰の栄養物質をTGの形態で肝臓には蓄積しないことを示唆する。魚類では、栄養蓄積を肝臓を中心に行う種類と躯幹に蓄積する種類に大別される(山口ら, 1991)とされており、マツカワは前者のタイプではないのだろう。また、グリコーゲン量は成長率がプラスの個体でしか検出されなかったことから、成長の優劣

を判定する指標となる可能性が考えられたが、一方で高成長率を示した個体であってもほとんど検出されない場合もあり、指標としての利用可能性についてはもう少し検討していく必要がある。肝臓の水分は期間を通じて緩い負の相関があり、回帰直線の傾きは4週目で若干高くなったものの有意差は認められなかった。一般に水分量はタンパク質や脂質などの増減と相補的な変動をすることから、今回分析した項目やそれ以外の成分変化を総合的に反映しているものと考えられるが、回帰式の決定係数はそれほど高い値ではなく、一定の目安程度の指標となろう。

機能的な指標として、細胞の大きさを指標するタンパク質/DNA、タンパク質合成能力を指標するRNA/DNA(中野ら, 1985)およびヒラメ(Fukuda *et al.*, 2001)やハタハ

タ（高谷ら，投稿中）で栄養状態を指標するとされている PL/DNA について見ると，これらはいずれも実験開始1週目からSGRと比較的強い相関を示し2～3週目にかけて持続していた。高成長率の個体では比肝重が増大しており，タンパク質/DNAの増大も見られることから，肝臓の増重は細胞径の増大によるものであろう。タンパク質合成能力の指標とされるRNA/DNAは1週目から3週目までSGRと強い相関を示し，高成長個体の大型化した肝細胞内で活発なタンパク質合成を行っているとは推測される一方，低成長の個体ではこの機能が低下していた。さらに，PL/DNAもほぼ同様の挙動を示したことから，これらのタンパク質合成にかかわる成分値は敏感で正確な良い指標になるものと思われた。

ところで，これらの機能的指標はいずれも3週目まではSGRと強い相関を示していたが，4週目には，前述の比肝重と同様，回帰式の傾きがいずれも小さくなっていた。給餌率は各週のサンプリング個体の体重を用いて補正しているので，魚体重あたりの給餌率は変わっていないが，このような変化はいずれも前週までに比べて栄養状態が悪くなっていることを示している。さらに，グリコーゲン含有率が3週目までに比べて4週目で低い値を示す個体が多かったことも肝臓中の栄養蓄積量の低下を示唆している。一方で，給餌率の高かった実験区では全長，体重とも順調に増加しており（Fig.1,2），肥満度も低下していない（Fig.4）ことから，成長そのものは抑制されていなかった。高SGRの個体でこのような変化が起きた原因については不明であるが，成長や水槽内での飼育密度の低下などにより体内の代謝活性が変化し，それまでに蓄積した栄養物質を積極的に体の増大に向けた結果なのかも知れない。また，低SGRの個体では，今回の結果解析からは除外したが，0%給餌区で肝臓の萎縮した個体が見られていること，水分量の高い個体が出現している（Fig.5）ことなどから，極端に栄養摂取が抑制された場合には，4週間程度（実際の無給餌期間は35日間）で体を維持することが相当困難な状態になり，肝細胞の破壊や吸収が始まっていた可能性が考えられる。いずれにしても，4週目の個体でこのような変化が

起きた原因については，組織学的な観察などにより明らかにしていく必要がある。

以上のような体成長や肝臓中の蓄積成分，機能的指標の変化から餌料率を変えて飼育したマツカワの生理状態を推測する。まず，育成中の稚魚に餌料条件の変化が起きた場合，1週間程度はそれ以前の飼育の状態が残存し，変化後の状況が魚体成分に十分に反映されるには2週間以上の期間を要する。さらに，生息水温が16℃程度で栄養摂取がほとんどない状態が4週間程度継続すると肝臓の水分増加や萎縮などが見られ，飢餓状態を顕著に示す兆候が見られ始める。したがって，放流魚の成長率を評価するための生化学的指標の作成には，実験開始以前の飼育履歴を反映せず，かつ飢餓状態が極度に進んだ状態に至る前までの飼育期間で得られた値を使うのが適当であり，今回の実験では2および3週間目の分析値を用いるのが良いと考えられた。そこで，この期間でSGRとの決定係数が比較的高い成分を選定した結果，決定係数の高い順にRNA/DNA ( $r^2=0.745$ )，PL/DNA ( $r^2=0.710$ )，比肝重 ( $r^2=0.606$ )，タンパク質/DNA ( $r^2=0.553$ ) および肥満度 ( $r^2=0.529$ ) の5つのインデックスを抽出できた（Table 1）。今後は，放流から2～3週間を経過したマツカワを再捕し，その肝臓成分を分析することで，その個体の再捕時点での成長率を推定することができ，ひいては放流場所の餌料環境と各個体の摂餌状況を推測できる可能性がある。

ただし，今回提案のインデックスを放流再捕魚の成長率推定に用いるためにはいくつかの解消すべき問題点が残されている。まず，今回の実験で用いた餌は配合飼料であり，天然で放流魚が摂餌する餌料とは成分が大きく異なると考えられる。とりわけ人工飼育魚は脂質成分の蓄積が天然魚に比べて多い（山口ら，1991）ことから，脂質を指標としたインデックスで成長を評価すると過小になる場合がある（Fukuda *et al.*, 2001；高谷ら，投稿中）。また，今回の実験で4週目の高成長個体に見られたように盛んに成長している場合にはこれらの指標値が比較的低くなる可能性もある。今後は，これらについて検討を進めるとともに肝臓以外の部位についても分析し，インデックスの精度を高めていく必要がある。

## 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），飼育実験にご協力いただいた道総研栽培水産試験場の関係各位に厚くお礼申し上げます。また，データの解析及び本稿のとりまとめに際しては，道総研函館水産試験場の馬場勝寿博士，道総研中央水産試験場の櫻井

Table 1 Relationships between the listed parameters and specific growth rate (SGR) of *Verasper moseri* juveniles in the feeding experiment after 2-3 weeks.

Parameter	$r^2$	$P$
RNA/DNA	0.745	<0.001
Phospholipid/DNA	0.710	<0.001
Liver index	0.606	<0.001
Protein/DNA	0.553	<0.001
Condition factor	0.592	<0.001

泉博士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.

Lowry OH, Rosenburg NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem* 1951 ; 193 : 265–275.

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. 成長にともな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.

中野 広. 稚仔魚研究のための核酸の定量法. *海洋と生物* 1988 ; 54 : 23–26.

鈴木満平, 山下倫明, 藤田盛人, 菊地 弘, 中野 広, オルドニオ リサ. 仔稚魚脂質の微量分析法. *中央水研研報* 1994 ; 6, 1–7.

高谷義幸・佐藤敦一・高島信一 (投稿中)

Watanabe H, Yamanaka H, Yamakawa H. Seasonal variations of extractive components in the muscle of Disk Abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1992 ; 58 : 921–925.

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.

山口勝巳編. 水産生物化学. 東京大学出版会, 東京. 1991.

## 暑寒別川における異なるサイズで放流したサケの河川回帰率

實吉隼人<sup>\*1</sup>, 宮腰靖之<sup>2</sup>, 工藤 智<sup>2</sup>, 河村 博<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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,

<sup>2</sup>北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場, <sup>3</sup>積丹町農林水産課

Body size of juveniles released and its effect on the return rate of chum salmon in Shokanbetsu River, Hokkaido, Japan

HAYATO SANEYOSHI<sup>\*1</sup>, YASUYUKI MIYAKOSHI<sup>2</sup>, SATOSHI KUDO<sup>2</sup> AND HIROSHI KAWAMURA<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Hokkaido Research Organization, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Eniwa, Hokkaido, 061-1433,

<sup>3</sup>Shakotan-cho, Agriculture, Forest and Fisheries Section, Shakotan, Hokkaido, 046-0292, Japan

To investigate the effect of release size of chum salmon *Oncorhynchus keta* juvenile on the return rate in Shokanbetsu River, northern Hokkaido, small and large body size groups of otolith-marked juveniles were released in 1996 and 1997. The mean fork length and body weight of small and large size groups at release were 49.0 mm, 0.95 g and 54.0 mm, 1.32 g in 1996, and were 46.0 mm, 0.77 g and 51.0 mm, 1.09 g in 1997, respectively. The return rates were calculated by cumulative numbers of 3-5 age fish returned to Shokanbetsu River from 1998 to 2001 divided by numbers of fish released. The return rates of small and large size groups released in 1996 were 0.105% and 0.097%, and those released in 1997 were 0.109% and 0.138%, respectively. These results suggest large body size at release is not always effective to increase the return rate of chum salmon.

キーワード：回帰率, サケ, 標識放流, 放流サイズ

現在、北海道では人工ふ化により毎年約10億尾のサケ *Oncorhynchus keta* 稚魚が放流され、最近10年間 (2003~2012年) では3,752~6,058万尾のサケが来遊している。サケの来遊数は1970年代から急激に増加したが、これは1960年代後半から本格的に行われた給餌飼育に依る放流稚魚の健苗性の向上、沿岸環境に合わせた適期放流といった増殖技術の向上 (小林, 2009) と北太平洋の好適環境 (帰山, 2002) によるものと考えられている。しかし、来遊数の増減は地域により差があり、北海道のサケ増殖5海区 (オホーツク海区, 根室海区, 太平洋えりも以東海区, えりも以西海区, 日本海区) においても異なっている (Miyakoshi and Nagata, 2012)。この内、日本海区では来遊数の増加が最も遅く現れ、更にその水準も他の海区に比べて低いレベルで推移してきた (Fig. 1)。

サケの生活史において、稚魚が河川から沿岸に移動した直後の海洋生活初期に大きな減耗が生じる (Healey, 1982;

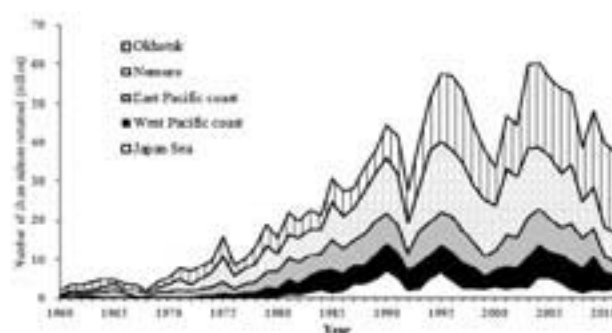


Fig. 1 Number of adult chum salmon returned to five regions of Hokkaido, from 1960 to 2011.

Bax, 1983)。この減耗が親魚の来遊数の年変動や地域間の差に繋がると考えられている。そのためサケ幼魚の沿岸生活期における生態を明らかにする調査研究が行われ、沿岸域での幼魚の分布には体サイズや水温、餌生物等が関



係することが明らかとなった(真山ら, 1982; 入江, 1990)。

北海道の日本海沿岸は降海後のサケ幼魚の保育場となる入江に乏しく, 対馬暖流による水温上昇も早いことからサケ幼魚の育成が不利と考えられる。そこで1995年から1999年にかけて北海道日本海北部地区の増毛沿岸において沿岸環境ならびに幼魚の沿岸生態に関する調査が行われ, これに合わせて増毛沿岸に河口を持つ暑寒別川から稚魚の大量標識放流を行い, 親魚の回帰状況を調査して生残に係る沿岸環境や放流条件について検討した(北海道立水産孵化場, 2000; Kawamura *et al.*, 2000)。

サケの海洋生活初期には新たな環境下での摂餌や捕食者からの逃避への適応から, 遊泳力の高い体の大きな個体が生存に有利と考えられている(帰山, 2002)。前述の暑寒別川からのサケの標識放流において, 1995年級群および1996年級群では放流時の魚体サイズが生き残りに与える効果を明らかにするために, 両年級群の中で放流サイズを違った2群の放流を行った。本報告ではこれらの標識放流群の回帰結果を取りまとめ, 暑寒別川において放流サイズが回帰率に与える影響について検討した。

## 試料および方法

**標識放流** 本研究における標識放流では, 1995年と1996年に北海道日本海北部地区の暑寒別川 (Fig. 2) に回帰したサケから採卵した卵を用いた。両年ともに同じ採卵月日の卵を2群に分けて飼育水温や給餌率を変え, 成長コントロールを行うことにより体サイズの異なる2群を生産した。

標識は発眼卵期にアリザリンコンプレクソン (ALC) を使用した耳石染色で行った。ボックス型孵化器3台を上中下段の1列に配置し, 上段と中段の2台に計120万粒の発眼卵を収容し, 下段には水中ポンプを入れて上段に再び注水し, 200ppmに調整したALC溶液を24時間循環した。浸漬

中の水温上昇と溶存酸素量の低下を防ぐために, 下段に簡易冷却装置の投入とエアレーションを行った。ALCによる耳石標識は積算水温と実施回数を変えて4パターン(一重リング, 二重リング, 一重小リング, 一重大リング)を設定し, 両年の2群を標識した。標識作業, 飼育ともに北海道立水産孵化場増毛支場(当時)で行った。

標識魚の放流は, 1995年級群では10月23日採卵で放流時の平均尾又長が49.0 mm, 平均体重0.95 gの小型群(一重リング) 1,123千尾と平均尾又長54.0 mm, 平均体重1.32 gの大型群(二重リング) 1,138千尾を1996年4月12日に増毛支場の飼育池から放流した (Table 1)。1996年級群では10月21日採卵で平均尾又長46.0 mm, 平均体重0.77 gの小型群(一重小リング) 1,282千尾と平均尾又長51.0 mm, 平均体重1.09 gの大型群(一重大リング) 1,264千尾を1997年4月7日に放流した。両年級群ともに標識放流群間の放流時の平均尾又長, 平均体重は有意に異なっていた (*t*検定,  $p < 0.05$ )。

なお, 標識放流試験を行った2年級における暑寒別川への総放流尾数は1995年級群が13,014千尾, 1996年級群が13,338千尾であった。総放流尾数に対する標識放流尾数の割合は1995年級群の小型群が8.63%, 大型群が8.74%であった。1996年級群では小型群が9.61%, 大型群が9.48%であった。

**回帰調査** 1995年級群が3年魚として回帰する1998年から, 1996年級群が5年魚で回帰する2001年までの10月から11月にかけて旬に1~3回, 暑寒別川で捕獲した親魚の中から採卵の為に使用された雌親魚のうち, 1回あたり約200尾の尾又長を測定し, 採鱗を行った後, 耳石を摘出した。

回収した耳石は蛍光顕微鏡で観察してALC標識の有無を確認した。ALC標識を確認した耳石はエポキシ樹脂で包埋後, 自動刃物研磨機で研磨して標識パターンを確認した。標識パターンと鱗による年齢査定から放流群を確定

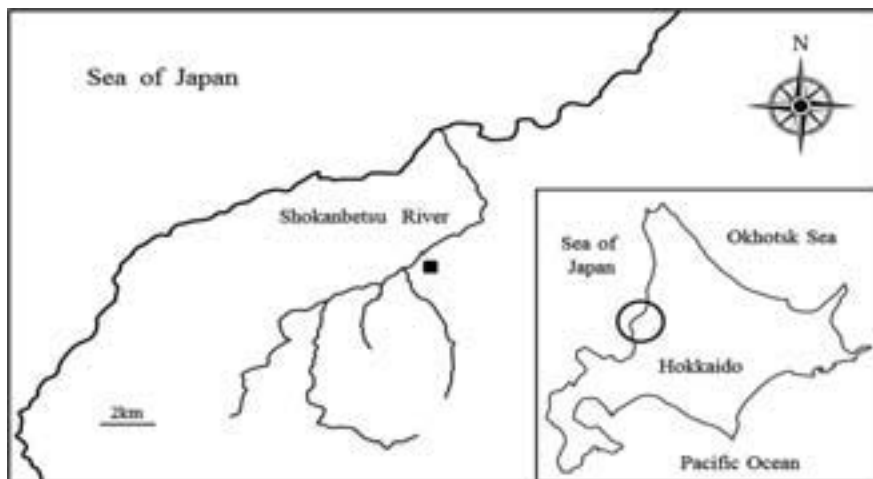


Fig. 2 Location of Shokanbetsu River in Hokkaido, northern Japan. Solid square indicates release site.

Table 1 Data for marked chum salmon released in Shokanbetsu River, 1996 and 1997

Year class	Group	Date of fertilization	Mean fork length (mm)	Mean body weight (g)	Number of fish released (thousand)	Release date
1995	Small size	23 Oct. 1995	49.0	0.95	1,123	April 14, 1996
	Large size		54.0	1.32	1,138	
1996	Small size	21 Oct. 1996	46.0	0.77	1,282	April 7, 1997
	Large size		51.0	1.09	1,264	

Table 2 Number of chum salmon sampled for otolith in Shokanbetsu River

Year class	Year	October			November	Total
		early-	mid-	late-	early-	
1995	1998	315	782	913	105	2,115
	1999	230	961	1,257	594	3,042
	2000	288	297	412		997
1996	1999	230	961	1,257	594	3,042
	2000	288	297	412		997
	2001	198	593	199		990

した。

**河川回帰率の推定** 調査旬毎に標識魚の発見尾数を調査尾数で除し、各標識群の標識率（調査尾数に占める標識魚の割合）を求めた。捕獲の翌旬に採卵することが多かったことから、蓄養期間による捕獲時期と調査時期の差を考慮して各調査旬の標識率を1旬前の雌親魚捕獲尾数に乗じて旬毎の推定標識魚捕獲尾数を算出した。本研究では捕獲以外に暑寒別川に回帰した親魚尾数を把握していないので、捕獲尾数を回帰尾数として扱い、旬毎の推定標識魚捕獲尾数の合計を各標識群の推定回帰尾数とみなした。本研究では採卵に使用された雌親魚のみを調査したので、標識放流魚の性比を1:1と仮定して放流尾数の半数で推定回帰尾数を除し、各標識群の河川回帰率を求めた。

## 結 果

**標識魚の確認** 1995年級群では1998年から2000年にかけて暑寒別川に回帰した3年魚から5年魚の雌親魚の内6,154尾の耳石を調査し（Table 2）、小型群135尾、大型群

132尾を確認した（Table 3）。回帰時の平均尾叉長と標準偏差は小型群で $64.8 \pm 4.1$  cm、大型群で $64.7 \pm 3.7$  cmと差はなかった（ $t$ 検定、 $p > 0.05$ ）。1996年級群では1999年から2001年にかけて雌親魚5,029尾を調査し、小型群85尾、大型群111尾を確認した。回帰時の尾叉長は小型群で $61.9 \pm 4.6$  cm、大型群では $62.2 \pm 5.2$  cmとなり、1995年級群と同様に有意な差はみられなかった（ $t$ 検定、 $p > 0.05$ ）。

**河川回帰率** 各標識放流群における3~5年魚の雌親魚の推定回帰尾数は、1995年級群では小型群が587尾、大型群が551尾であった。1996年級群では小型群が696尾、大型群が869尾となった（Table 3）。結果として雌の河川回帰率は1995年級群では小型群が0.105%、大型群が0.097%であった。1996年級群では小型群が0.109%、大型群が0.138%となり、大型群の河川回帰率が小型群の約1.3倍となった（Table 4）。年級群ごとに $\chi^2$ 検定により回帰率の差の検定を行った結果、1995年級群の2群の回帰率の差は有意ではなかったが（ $\chi^2 = 1.67$ , d.f.=1;  $p > 0.05$ ）、1996年級群の2群の回帰率の差は有意であった（ $\chi^2 = 21.66$ , d.f.=1;  $p < 0.01$ ）。

Table 3 Number of marked female fish captured at Shokanbetsu River and mean fork length

Year class	Group	Age	Number of marked fish recovered	Estimated number of marked fish returned	Fork length (cm)	
					Mean	SD
1995	Small	3	8	94	57.2	2.6
		4	123	440	65.2	3.2
		5	4	53	68.3	12.3
		Total	135	587	64.8	4.1
	Large	3	11	78	57.0	3.0
		4	120	460	65.3	2.9
		5	1	13	74.0	-
		Total	132	551	64.7	3.8
1996	Small	3	35	85	58.5	3.1
		4	44	501	63.5	3.1
		5	6	110	70.7	3.8
		Total	85	696	61.9	4.6
	Large	3	57	135	58.5	2.2
		4	41	500	64.5	3.8
		5	13	234	71.1	2.9
		Total	111	869	62.2	5.2

Table 4 Estimated return rate of marked chum salmon released in Shokanbetsu River

Year class	Group	Number of marked juvenile released (thousand)	Mean weight at release (g)	Total number of marked female recovered (total of 3-5 age)	Estimated number of marked female fish returned (total of 3-5 age)	Return rate *1 (%)
1995	Small	1,123	0.95	135	587	0.105
	Large	1,138	1.32	132	551	0.097
1996	Small	1,282	0.77	85	696	0.109
	Large	1,264	1.09	111	869	0.138

\*1 Return rate (%) = Estimated number of marked female fish returned / ( Number of marked juvenile released / 2 ) × 100

\*2 Chi-square test, d.f.=1,  $P < 0.01$

## 考 察

1995年級群の比較放流試験から、放流時の平均尾叉長が49.0 mm、平均体重0.95 gの小型群と54.0 mm、1.32 gの大型群では河川回帰率に差はみられなかった。一方で1996年級群の試験からは放流サイズが46.0 mm、0.77 gの小型群よりも、51.0 mm、1.09 gの大型群で高い河川回帰率が示され、放流サイズの大型化が回帰率の向上に効果を及ぼす結果となった。両年級群の回帰結果から暑寒別川におい

ては放流サイズの大型化が必ずしも河川回帰率を高める訳ではない事が示された。暑寒別川における放流サイズが生き残りに及ぼす効果について以下のように考察する。

サケの初期生活期について埴山（1986）は、外部形態や骨格形成の観察から尾叉長38～50 mmの時期を稚魚期、50～80 mmの時期を幼魚期前期と区分した。稚魚期には浮上し、内部栄養から外部栄養への転換が生じ、摂餌機能と遊泳機能の基礎が構築される。幼魚期前期には消化管が完成され、各体部分長比が安定し、摂餌機能と遊泳力



が著しく強化される。また、入江（1990）は尾叉長50 mm前後で形態的な変化が起こるのに伴い、港湾や入江といったごく沿岸の海域から沖合へと移動する事を示した。このようにサケは尾叉長50 mm前後で形態、生理、生態の面で大きく変化する。本研究では1995年級群の両群は、概ね幼魚期前期の発育段階に達している一方で、1996年級群の小型群は尾叉長46 mmと稚魚期の発育段階にあった。したがってサイズの違いというよりも発育段階の違いからくる摂餌や遊泳能力の違いが両群の結果の違いを生じさせた要因なのかもしれない。

幼魚期前期の発育段階にあった3群の放流サイズは尾叉長が49～54 mm、体重が0.95～1.32 gの範囲にあり、日本海北部地区においてはこの範囲では大型であっても回帰への効果は現れない可能性も考えられる。これ以上のサイズにおける効果は分からないが、必要以上の大型化は飼育密度（単位体積当たりの飼育重量）の上昇による健康状態への影響（Mizuno *et al.*, 2010）や、長期飼育による放流時期と沿岸での生息適水温期とのずれ等、放流サイズの大型化以外の要因による回帰率の低下も懸念される。現在のサケの増殖事業は、放流サイズの大型化へ進んできた。しかし、本調査で示された様に、大型化が常に回帰率を高めるとは限らない。本考察の放流時の発育段階に加え、放流後の沿岸環境（宮腰ら、2007）や離岸後の環境、飼育環境を始めとする様々な条件が回帰率と関係すると考えられる。そして、これらの条件は海区や地域、飼育施設ごとにも異なると考えられる。今回の様な標識放流を用いた放流群単位での検証についても、海洋環境との相互関係を考慮する必要がある。その上で最適な放流サイズや放流時期を明らかにしていく必要がある。

## 謝 辞

本研究における標識放流群の飼育管理、親魚の回帰調査に尽力された北海道立水産孵化場増毛支場（当時）の職員の皆様に心から感謝を申し上げます。社団法人北海道栽培漁業振興公社の岡田鳳二博士には本原稿に多くの有益な助言をいただきました。厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- Bax NJ. Early marine mortality of marked juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) released into Hood Canal, Puget Sound, Washington, in 1980. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1983; 40: 426–435.
- Healey MC. Timing and relative intensity of size-selective mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during early sea life. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982; 39: 952–957.
- 北海道立水産孵化場. 日本海区さけます回帰率向上対策調査報告書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2000; 146p.
- 入江隆彦. 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. 西水研研報 1990; 68: 1–142.
- 帰山雅秀. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究. 北海道さけ・ますふ化場研報 1986; 40: 31–92.
- 帰山雅秀. 「最新のサケ学」. 成山堂書店, 東京, 2002.
- Kawamura H, Kudo S, Miyamoto M, Nagata M, Hirano K. Movements, food and predators of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) entering the coastal sea of Japan off northern Hokkaido in warm and cool years. *N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull.* 2000; 2: 33–42.
- 小林哲夫. 「日本サケ・マス増殖史」. 北海道大学出版会, 札幌, 2009.
- 真山 紘, 加藤 守, 関 二郎, 清水幾太郎. 石狩川産サケの生態調査－I. 1979年春放流稚魚の降海移動と沿岸滞での分布回遊. 北海道さけ・ますふ化場研報 1982; 36: 1–17.
- 宮腰靖之, 永田光博, 齊藤誠一. 衛星リモートセンシングにより観測したオホーツク海東部地区の春季の沿岸水温とサケの回帰率の関係. 北海道立水産孵化場研報 2007; 61: 1–10.
- Miyakoshi Y, Nagata M. Recent patterns in return rate of chum salmon to different regions of Hokkaido. *N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Tech. Rep.* 2012; 8: 29–31.
- Mizuno S, Hatakeyama M, Nakajima M, Naito K, Koyama T, Saneyoshi H, Kobayashi M, Koide N, Misaka N, Ueda H. Relationship between rearing conditions and health in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry. *Aquaculture* 2010; 58: 529–531.
- 永田光博. サケ類増殖事業の歴史と将来展望. 「サケ学入門（阿部周一編）」, 北海道大学出版会, 札幌. 2009; 19–34.

## 北海道南西部の小河川におけるサクラマススモルトの放流後の河川内滞留尾数

藤原 真\*, 隼野寛史, 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

Estimates of residual numbers of hatchery-reared masu salmon smolts stocked into a stream, southwestern Hokkaido

MAKOTO FUJIWARA\*, HIROFUMI HAYANO AND YASUYUKI MIYAKOSHI

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

In western Hokkaido, recreational fishing for juvenile masu salmon is prohibited in April and May to conserve masu salmon populations. To evaluate the appropriateness of the regulation, a total of 90,062 masu salmon juveniles were stocked in Sannai River on 18 May in 2007, and the number of masu salmon residing in the river was accessed for about 1 month after stocking. The estimated number of fish ( $\pm$  standard error) remaining in the river was 51,516 ( $\pm$  25,606) on 24 May (6 days after stocking), and 15,522 ( $\pm$  6,884) on 31 May, indicating that more than 80 percent of stocked juveniles had migrated seaward by the end of May. Most of the juveniles captured on May 31 had not fully smoltified. These results suggest that the current regulation to conserve the migrating masu salmon smolts in spring is reasonable in our survey area, and most of the smolts emigrate from the river during the period when recreational fishing is closed.

キーワード：禁漁期間，サクラマス，スモルト

北海道のサクラマス *Oncorhynchus masou* は浮上後，河川内で1～3年の河川生活期を過ごしたのち (Hayano *et al.*, 2003)，雌と約5～7割の雄が降海し (杉若・小島, 1979; 1980)，1年間の海洋生活の後，母川へ回帰する生活史を有する (佐野, 1959)。現在，北海道ではサクラマスの人工ふ化放流が行われており，0歳の稚魚 (飼育期間は1～2カ月間)，幼魚 (飼育期間は約半年間)，および1歳のスモルト (降海型幼魚; 飼育期間は約1年間) など異なる発育段階での放流が実施されている。このうち，スモルト放流は，スモルト (通称，ギンケヤマベ) になるまで飼育し，降海時期に合わせて放流できることから河川の生産力による制約が少なく，また，釣獲による減耗も少ない放流方法とされ，稚魚や幼魚放流に比べ，高い回帰効果が期待され (真山, 1992)，実際に高い放流効果も確認されている (宮腰, 2006; 2008)。

サクラマスの降海時期は地域により異なることが知られており (待鳥・加藤, 1985)，北海道では降海中のスモルトを保護する目的から北海道内水面漁業調整規則によ

り，北海道を二つのグループに分け，上川，空知，石狩，後志，桧山，渡島，胆振の各振興局管内では4～5月，日高，十勝，釧路，根室，オホーツク，宗谷，留萌の各振興局管内では5～6月に禁漁期間が設定され，サクラマス幼魚の河川内での採捕が禁止されている。一般に降海期のサクラマススモルトは体表面の銀白化，背鰭や尾鰭突端の黒色化等の特徴とする形態的变化に基づき，前期から後期に分類され，中期以降のスモルトで降下行動を示すとされている (久保, 1980)。このため，スモルト放流では天然魚の降海時期に合わせて中期以降のスモルトを生産して放流し，禁漁期間中に降海して河川内への残留が少ないことが望まれる。しかし，実際には飼育期間中の成長がばらつくなどの理由から，すべての個体が中期スモルト以降までスモルト変態が進んだ状態で放流されるわけではないのが実態である。解禁直後には多くの遊漁者が河川を訪れてサクラマス幼魚を釣るため (安藤・宮腰, 2003)，放流魚のうち禁漁期間中に降海できなかった個体が多い場合には放流効果が大きく低下することが懸念される。

そこで本研究では2007年春に神恵内村サクラマス飼育施設(後志管内神恵内村)で生産され、珊内川へ放流されたスマルトの放流時の相分化と放流後約1カ月間の河川内での滞留尾数を調べ、禁漁期間の妥当性について検証したので報告する。なお、珊内川が位置する後志管内では北海道内水面漁業調整規則により毎年4月1日から5月31日までサクラマス幼魚の釣りが禁止されているが、内水面漁場管理委員会の指示により6月1日から6月15日まで禁漁期間を延長して、遊漁の影響を排除して本研究を実施した。

## 試料および方法

**種苗の飼育および放流** 本研究は北海道西南部を流れる珊内川で実施した (Fig. 1)。珊内川は流路延長8.2km、流域面積23.3km<sup>2</sup>で、日本海に注ぐ小規模河川である。珊内川には神恵内村サクラマス飼育施設(以下、珊内ふ化場)があり、日本海側のサクラマス資源増殖を目的として1997年以降、スマルト放流が実施されている。

本研究の種苗放流では、尻別川に遡上した親魚を起源とし、北海道立水産孵化場森支場(現さけます・内水面水産試験場森試験池)で池中継代したサクラマス親魚(F5)から2005年秋に得た種卵を用いた。発眼卵を珊内ふ化場へ収容し、同施設の河川水で飼育した90,062尾(平均尾叉長13.6cm, 平均体重27.0g)を2007年5月18日に飼育池の池尻より自然降下させた。なお、珊内ふ化場は珊内川河口から約650m上流に位置しており、さらに50m上流にある第2砂防ダムから河川水を導水している (Fig. 1)。5月2日, 5月15, 16日に幼魚180尾を無作為に選んで相判別を行い、放流前の幼魚の相分化の推移を把握した。なお、相判別は久保(1974)の基準に従い、パー(以下、Parrと記す)、銀毛パ

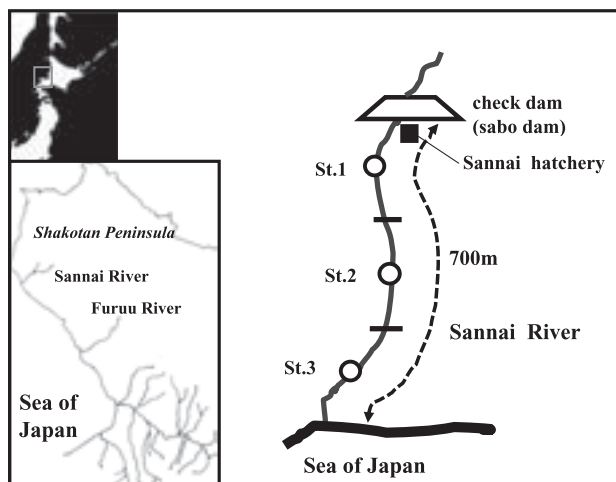


Fig. 1 Map showing the sampling sites and rearing site for masu salmon in Sannai River.

○; sampling sites, ■; rearing site

ー(以下、SP)、前期スマルト(以下、PS)、中期スマルト(以下、MS)以降の4段階に区分した。

**河川内滞留尾数の推定** 珊内川に滞留するサクラマスの個体数を推定するため、Hankin (1984) が示したサンプリング方法を活用し、珊内川の第2砂防ダムより下流の700mの区間に対象範囲を流路延長4mの単位に分割したものと想定し、そのうち3単位を調査定点として抽出した (Fig. 1)。生息尾数および分散は下記の式で計算した (Hankin, 1984)。

$$\hat{N} = \frac{K}{k} \sum_{i=1}^k \hat{N}_i \quad (1)$$

$$\hat{V}(\hat{N}) = \frac{K(K-k) \sum_{i=1}^k (\hat{N}_i - \hat{N})^2}{k(k-1)} + \frac{K \sum_{i=1}^k \hat{V}(\hat{N}_i)}{k} \quad (2)$$

ここで、 $K$ : 対象範囲内の抽出単位の総数

$k$ : 調査定点の数

$N_i$ : 定点*i*での幼魚の生息尾数

(後述の(3)式により推定)

$\bar{N}$ : 幼魚の生息尾数の平均値,

推定値は  $\hat{N} = \sum_{i=1}^k \hat{N}_i / k$  で与えられる。

$V(\hat{N}_i)$ : 定点*i*での幼魚の推定生息尾数の分散

(後述の(4)式により推定)

このように、幼魚の生息尾数は、各調査定点での生息尾数を定点の抽出率で引き延ばすことにより推定した。

各定点では投網とエレクトロフィッシャーの両方を用い、サクラマス幼魚の採捕を2回行った。1回目に採捕した幼魚は2,4-フェノキシエタノールで麻酔し、尾叉長を測定、相の判別を行った。さらに標識として鰭を切除して、麻酔から覚醒させた後に同じ地点に放流した。放流してから2~3時間後に2回目の採捕を行い、採捕した魚は麻酔した後、尾叉長を測定し、鰭切除による標識の有無を確認した。尾叉長の測定は一定点あたり100尾までとし、それ以外の個体は計数のみ実施した。

各定点での幼魚の個体数はPetersen法のChapmanによる修正式 (Ricker, 1975) を用いて推定値 $N_i$ と分散 $V(N_i)$ を次式により計算した。

$$\hat{N}_i = \frac{(\sum M + 1)(\sum C + 1)}{\sum R + 1} \quad (3)$$

$$\hat{V}(\hat{N}_i) \cong \frac{(\sum M + 1)^2 (\sum C + 1) (\sum C - \sum R)}{(\sum R + 1)^2 (\sum R + 2)} \quad (4)$$

ここで、 $M$ は1回目に採捕し標識して放流した尾数、 $C$ は2回目の採捕での全採捕尾数(標識魚および未標識魚の合計)、 $R$ は2回目の採捕での標識魚の再捕尾数である。

各定点では天然魚と放流魚を区別して記録した。この際、尾鰭の上下葉突端や胸鰭突端が擦れて丸くなっている幼魚を放流魚、それらの外観的特徴を有しない幼魚を天然

魚とした。

調査は5月24日、5月31日、6月7日、6月15日の4回実施し、各調査日には異なる鰭標識を施し（5月24日；尾鰭上葉、5月31日；尾鰭下葉、6月7日；脂鰭、6月15日；左胸鰭）、個体の再捕状況が確認できるようにした。

また、調査日毎に各定点の調査面積を求め、(3) 式により推定された生息尾数を調査面積で除すことにより生息密度を求めた。

## 結 果

**放流数と相分化** 放流前の5月2日にはMSが1.1%、PSが44.4%、SPが46.1%、Parrが8.3%を占めた（Fig. 2）。5月15日にはMSが10%、PSが68.9%、SPが15.0%、Parrが6.1%とスモルト化が進んでおり、PS以降が全体の約70%を占める一方、SPとParrの割合は減少した。放流2日前の5月16日には、PS以降の個体を選別してSPとParrは放流用種苗から除外した。選別された幼魚の相分化は、MSが27.8%、PSが72.2%を占めていた。よって、5月18日に珊内川へ放流したサクラマス幼魚90,062尾のうち、MSが25,017尾、PSが65,045尾であった。

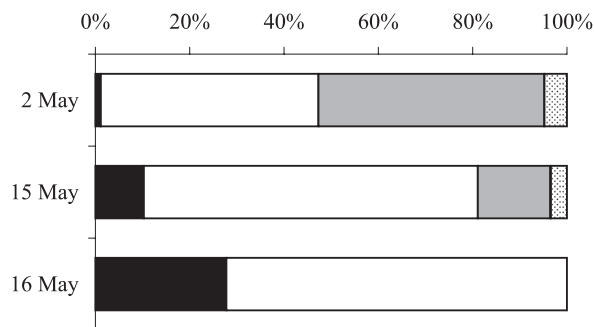


Fig. 2 Phase differentiation of juvenile masu salmon reared in Sannai Hatchery in 2007. In May 16, smolts sorted at phase in excess of pre-smolts were checked.

■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ▒ ; Silvery-Parr, ▤ ; Parr

**生息密度の推移** 放流6日後の5月24日の生息密度は、St.1で0.6尾/m<sup>2</sup>、St.2で10.69尾/m<sup>2</sup>、St.3で32.17尾/m<sup>2</sup>とSt.3で最も高く、下流側の定点ほど高い傾向がみられた（Fig. 3）。放流13日後の5月31日には3定点ともに生息密度が低下し、St.1で0.39尾/m<sup>2</sup>、St.2で2.58尾/m<sup>2</sup>、St.3で6.45尾/m<sup>2</sup>であった。その後、放流20日後（6月7日）、放流28日後（6月15日）と生息密度が低下し、6月15日にはSt.1で0.06尾/m<sup>2</sup>、St.2で1.03尾/m<sup>2</sup>、St.3で2.39尾/m<sup>2</sup>を示した。初回と同様、いずれの調査日にも生息密度は下流側の定点ほど高くな

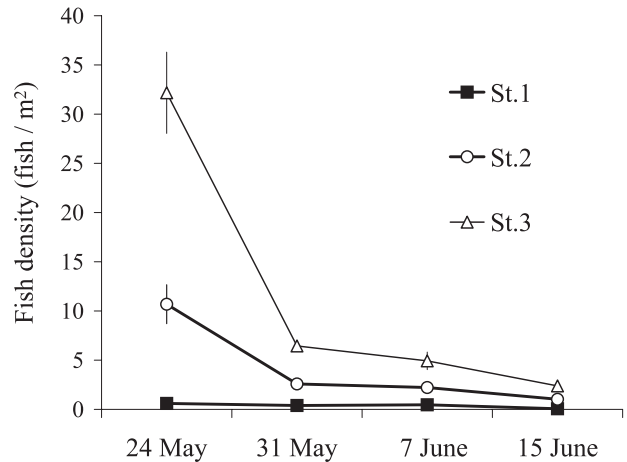


Fig. 3 Estimated fish density of juvenile masu salmon at each sampling station in Sannai River. Vertical bars indicate standard errors.

っていた。

**生息尾数の推定** 外観的特徴から天然魚と判断された個体は、調査期間中に採捕された1,072尾のうち5尾に留まったことから採捕された幼魚はすべて放流魚と仮定して推定した。

調査区間内のサクラマス幼魚の個体数推定値（括弧内は標準誤差）は、放流6日後の5月24日には51,516（± 25,606）尾となり、放流尾数の57.2%が河川内に滞留しているものと推定された（Fig. 4）。放流13日後の5月31日の推定値は15,522（± 6,884）尾に減少し、禁漁期間の終日にあたるこの日までの生息尾数は、放流尾数の17.2%と推定された。その後の生息尾数は、放流20日後の6月7日には11,327（± 3,905）尾（放流尾数の12.6%に相当）、28日後の6月15日には5,436（± 2,673）尾（放流尾数の6.0%に相当）と推定された（Fig. 4）。

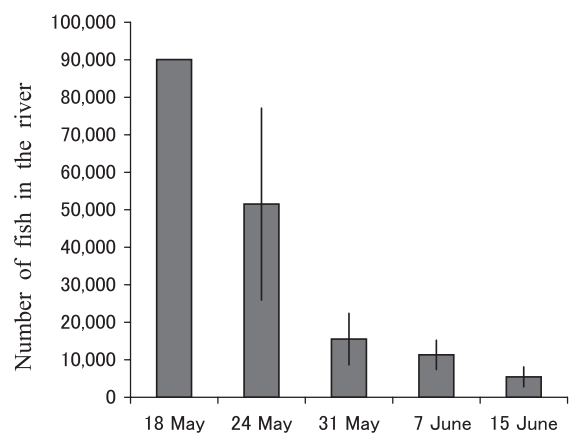


Fig. 4 Estimated number of juvenile masu salmon residing in Sannai River. Vertical bars indicate standard errors.



**幼魚の相分化と生息尾数** 放流6日後(5月24日)に採捕された幼魚を相判別したところ, MSが31.3%, PSが57.9%, SPが8.7%, Parrが2.2%を占め (Fig. 5), 推定された生息尾数51,516尾にこの比率を乗じると, MSが16,099尾, PSが29,809尾, SPが4,466尾, Parrが1,142尾となった。放流13日目(5月31日)に採捕された幼魚ではMSが13%, PSが68.7%, SPが13.4%, Parrが4.9%を占め, MSの比率が低くなり, それ以外の比率が高くなった。この比率を推定された生息尾数に乘じると, MSは2,022尾, PSは10,658尾, SPは2,077尾, Parrは765尾となり, いずれの相の幼魚も少なくなっており, スモルト化の進んだMS, PSの順に減少度合が高い傾向を示した。放流20日後(6月7日)に採捕された幼魚ではMSが47.8%, PSが43.5%, SPが3.3%, Parrが5.4%を占め, 推定された生息尾数に乘じると, MSが5,417尾, PSが4,925尾, SPが369尾, Parrが616尾となり, MSが増える結果となった。放流28日後(6月15日)に採捕された幼魚ではMSが69.1%, PSが20.3%, SPが1.5%, Parrが9.1%を占め, MSの比率がさらに高くなったが, 推定された生息尾数5,436尾に乘じると, MSが3,756尾, PSが1,104尾, SPが82尾, Parrが494尾となり, MSおよびPSの個体数は減少していた。

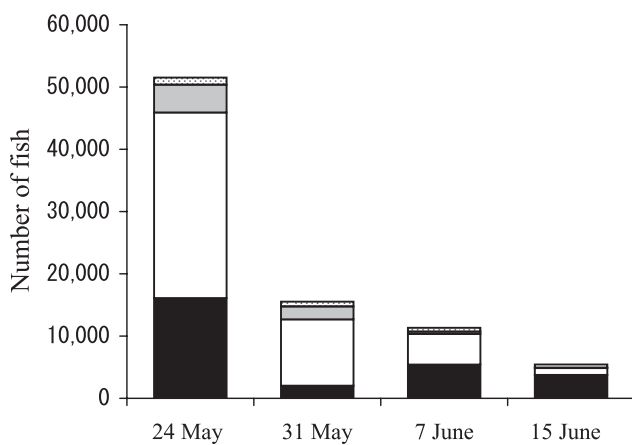


Fig. 5 Phase differentiation of masu salmon juveniles captured in Sannai River in 2007.

■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ▒ ; Silvery-Parr, ▤ ; Parr

**標識魚の出現尾数の推移** 5月31日の調査時の定点での標識再捕調査では, St.1で30尾, St.2で62尾, St.3で95尾の幼魚の尾鰭下葉を切除して放流した (Fig. 6)。これらの幼魚は7日後(6月7日)にはSt.1とSt.2でそれぞれ11尾, St.3で6尾, 放流15日後(6月15日)にはSt.1で2尾, St.2とSt.3でそれぞれ6尾が再捕された。5月31日には多くがPSであったが, 再捕された幼魚の相分化をみると15日後にはSt.1ではMSと判別される幼魚は確認されなかったが, St.2と

St.3ではMSがそれぞれ83.3%と66.7%と高い比率を占めた (Fig. 6)。

**放流前後における幼魚の相と体長** 放流魚および河川内で採捕された幼魚のうち, SP, PS, およびMSと相判別された幼魚の平均尾叉長に各調査日間で差があるかどうかについて相毎に統計処理した。Bartlett法を用いた検定により各相における平均尾叉長の分散は均一でないと判断された ( $p>0.001$ ) ことから, 差の検定にはノンパラメトリック法であるKruskal-Wallis検定を用いた。SPでは調査日間で有意差は認められなかった ( $p>0.05$ , Fig. 7)。一方, PSとMSでは調査日間で有意差が認められた ( $p<0.001$ )。

次に調査日間で有意差が認められたPSとMSについてすべての調査日の平均尾叉長についてSteel-Dwass法を用い, 多重比較検定を行った。PSでは放流時の平均尾叉長(±標準偏差)は, 13.33 (±0.63) cmと5月24日および5月31日の平均尾叉長と差はみられなかったが, 6月7日の平均尾叉長は5月31日のそれより有意に小さく ( $p<0.05$ ), 小型化する傾向がみられた。一方, MSでは5月24日の平均尾叉長は, 放流時の平均尾叉長 (14.34±0.45cm) に比べ, 有意に小さかった ( $p<0.05$ )。なお, すべての調査日において平均尾叉長は, SP, PS, MSの順に大きかった。

## 考 察

本研究では北海道日本海側を流れる珊内川において2007年5月18日にサクラマス幼魚を放流し, 放流後約一カ月間にわたり, 河川内の生息尾数を推定した。放流した90,062尾のうちの河川内に滞留していた幼魚の推定尾数は, 放流6日後(5月24日)には51,516尾(放流尾数の57.2%), 放流13日後(5月31日)には15,522尾 (17.2%) まで減少し, 河川内での死亡がなかったと仮定すると, サクラマスの釣りが解禁となる前にほぼ8割の放流魚が降海したものと判断された。

小林ら (1988; 1991) は珊内川の近隣 (約10km南) に位置する古宇川におけるスモルトの降海盛期は5月上旬から中旬であり, 6月に入るとほとんど採捕されなかったことを報告しており, 本研究を実施した珊内川のサクラマススモルトの降海時期は概ね5月と考えられる。本研究で用いた供試魚は, 尻別川の種苗を起源とする池産サクラマス (F6) であるが, 尻別川におけるサクラマススモルトの降海盛期も5月中下旬と報告されている (真山, 1992)。サクラマススモルトの降海時期は遺伝的関与の強い形質と考えられており (小山・永田, 1995), 珊内川へ放流した幼魚においても種苗の起源である尻別川の降海盛期を反映して5月のうちに幼魚の多くが降海したものと考えられた。一方, 古宇川において尻別川系の池産サクラマスを複数年

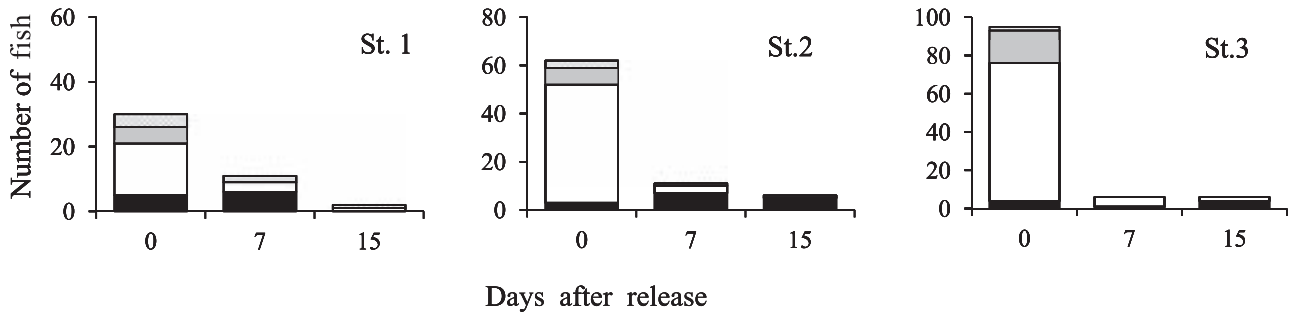


Fig. 6 Number of juvenile masu salmon marked and released on 31 May 2007, and subsequently recaptured at the sampling site.  
 ■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ▒ ; Silvery-Parr, ▨ ; Parr

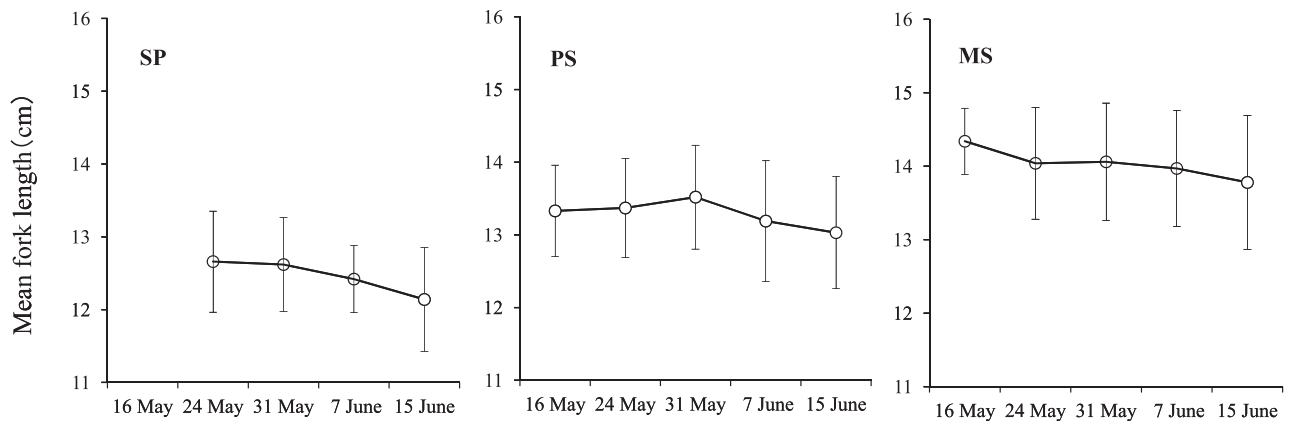


Fig. 7 Mean fork length of juvenile masu salmon recaptured in Sannai River in 2007.  
 Vertical bars represent standard deviation

放流し、それらの降海時期をモニタリングした過去の調査では、6月上旬に降海盛期が認められた事例も報告されている (Koyama *et al.*, 2007)。具体的には、尻別川に遡上した親魚から採卵した稚魚と池産継代した親魚(起源は尻別川に遡上した親魚)から採卵した稚魚を放流し、翌年の降海時期を比較したところ、池産系F4では5月中下旬に降海盛期がみられたのに対してF3とF5では6月上旬に降海盛期が見られ、尻別川遡上系のそれに比べて1~2旬程度遅れた(北海道立水産孵化場, 2001; 2003; 2005)。これらの調査で対象としたサクラマスでは種卵を導入した年や継代回数異なるため、継代飼育における何らかの過程によって放流魚の降海時期に変化が生じた可能性が考えられる (Koyama *et al.*, 2007)。本研究では珊内川に放流した幼魚の多くが5月中に降海したが、池産サクラマスでは継代飼育により降海時期に変化が生じる事例があるので調査結果に基づく検討が必要である。

次に、本研究で採捕された幼魚の相をみると、禁漁期間の最終日にあたる5月31日に河川内に滞留していた幼魚ではPSが68.7%, MSが13.0%とスモルト化の十分進んでいないPSが大部分を占めた。この日の調査で尾鰭下葉を切除

して放流した幼魚187尾のうち、7日後には28尾(標識放流数の15%)が再捕された。15日後には14尾(同7.5%)が再捕され、このうち、約7割がMSであった。このことから、6月1日の解禁以降もスモルト化が進み、降海する幼魚が残っていた可能性もある。ただし、本研究において放流時点でのMSの比率が27.8%と低く、スモルト放流としては必ずしも飼育が順調とは言えなかったことが影響している可能性が高い。本研究を実施した前年の2006年春に珊内ふ化場で生産された幼魚では、5月12日にMSが50%を占めており(未発表データ)、さらにPS以降のスモルトを選別した放流用種苗(5月17,18日に放流)では、MSの割合は94%と高かった。そのため、前年に放流した幼魚では放流後、より速やかに降海した可能性がある。このようなことから判断すると、飼育が順調で、放流時期に合わせて高い比率でMS以降のスモルトを養成できれば、現在の禁漁期間の間に放流魚の多くは降海するものと考えられる。

サクラマス幼魚のサイズに着目し、MSの平均尾叉長の推移をみると、生息尾数が放流数の約50%と推定された5月24日に小型化しており、大型の個体から降海する傾向が示唆された。一方、PSの平均尾叉長をみると放流時と5

月31日までの調査日では差がみられなかったが, 6月7日には小型化する傾向がみられた。この時の相分化をみるとPSの割合が低くなり, 逆にMSの割合が高くなっていた。これについてもPSと判別された幼魚が成長に伴い, MSの段階へ進み, 大型の個体から降海したためと推察された。放流されたスモルトの降海期における河川内での活発な摂餌活動が確認されている(杉若, 1985; 真山, 1992)。スモルト化の進んでいない幼魚が放流された場合には降海するまでの滞留期間が長くなることが予想されるので, 河川内での成長が停滞しないよう, 放流河川の餌料環境についても考慮した上で放流尾数を決める必要があると考えられた。

以上, 本研究では珊内川においてサクラマス幼魚を放流した結果, 禁漁期間である5月末までに放流尾数の約8割が降海した一方, 解禁後まで約2割の幼魚が河川内に残留すると推定された。本研究で用いた放流群は放流時点でスモルト化の比率が高くなかったことから, スモルト化の進んだ幼魚を早期に生産できる場合には残留尾数はさらに少なく抑えることができるものと考えられる。このことから, 珊内川を含む後志管内に設定されている4~5月の禁漁期間は降海型サクラマスの保護の観点からは概ね妥当と判断された。また, スモルト放流では河川内において成長した幼魚が随時降海することが示唆されたことから, 放流後の河川内での摂餌環境も考慮して放流尾数を決定することが重要と考えられた。

## 謝 辞

サクラマスのスモルト生産を担当された神恵内村漁協(現古宇郡漁業協同組合), 神恵内村サクラマス飼育施設の皆様に感謝申し上げます。また, 幼魚の採捕調査に協力頂いた後志支庁水産課(現後志総合振興局水産課), 北海道立水産孵化場(現さけます・内水面水産試験場)さけます資源部の諸氏に感謝申し上げます。社団法人北海道栽培漁業振興公社の真山 紘博士には本原稿に多くの有益な助言をいただきました。厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 安藤大成, 宮腰靖之. 河川下流域に放流されたサクラマススモルトの遊漁による釣獲尾数の推定. 北海道立水産孵化場研報, 2003; 57: 49-53.
- Hankin DG. Multistage sampling designs in fisheries research: applications in small streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1984; 41: 1575-1591.
- Hayano H, Miyakoshi Y, Nagata M, Sugiwaka K, Irvine JR. Age composition of masu salmon smolts in northern Japan. *J. Fish Biol.* 2003; 62: 237-241.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係, 平成11年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2001; 75-76.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係, 平成13年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2003; 65p.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係. 平成15年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2005; 41p.
- 小林美樹, 岩見俊則, 岡田鳳二, 永田光博. サクラマスの生態学的研究 I. 古宇川に放流した池中継代サクラマスの降海行動について. 北海道立水産孵化場研報 1988; 43: 57-64.
- 小林美樹, 岩見俊則, 岡田鳳二. サクラマスの生態学的研究 II. 古宇川に放流した池中継代サクラマスの降海行動について. 北海道立水産孵化場研報 1991; 45: 63-75.
- 小山達也, 永田光博. 池産系, 尻別川系サクラマス及びその交雑魚の降海時期. 北海道立水産孵化場研報 1995; 49: 1-7.
- Koyama T, Nagata M, Miyakoshi Y, Hayano H, Irvine JR. Altered smolt timing for masu salmon, *Oncorhynchus masou* resulting from domestication. *Aquaculture* 2007; 73: 2462-249.
- 久保達郎. サクラマス幼魚の相分化と変態の様相. 北海道さけ・ますふ化場研報 1974; 28: 9-26.
- 久保達郎. 北海道のサクラマスの生活史に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報 1980; 34: 1-95.
- 待鳥精治, 加藤史彦. サクラマス *Oncorhynchus masou* の産卵期と海洋生活. 北太平洋漁業国際委員会研報 1985; 43: 1-118.
- 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報 2006; 60: 1-64.
- 宮腰靖之. 種苗放流効果と資源増殖—北海道のサクラマスを事例として—. 「水産資源の増殖と保全(北田修一, 埴山雅秀, 浜崎活幸, 谷口順彦編)». 成山堂書店, 東京. 2008; 48-65.
- 真山 紘. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報 1992; 46: 1-156.
- Ricker WE. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 1975; 191.
- 佐野誠三. 北日本産サケ属の生態と蕃殖について. 北海道

さけ・ますふ化場研報 1959; 14: 21－90.

杉若圭一，小島 博. 厚田川における降海型サクラマス幼魚に関する研究. 1978年降海群の年齢と生態. 北海道立水産孵化場研報 1979; 34: 25－39.

杉若圭一，小島 博. 厚田川における降海型サクラマス幼

魚に関する研究Ⅱ. 1979年降海群の年齢と生態. 北海道立水産孵化場研報 1980; 35: 45－52.

杉若圭一. スモルト化時期におけるサクラマス幼魚の食性と摂餌生態. 北海道立水産孵化場研報 1985; 40: 69-75.



# 網走湖におけるワカサギ *Hypomesus nipponensis* 仔魚の湖内分布と 発育過程

虎尾 充

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

Distribution and developmental process of wakasagi, *Hypomesus nipponensis* larvae in Lake Abashiri

MITSURU TORAO

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

The spatial distribution and development of wakasagi *Hypomesus nipponensis* larvae were examined to elucidate the early life history of this species in Lake Abashiri, Hokkaido. Wakasagi larvae were collected with a larva-net at nine stations in Lake Abashiri from May to July in 1997-1999. All fish collected were in the larval stage (Phases A-F). From May to early June, a higher density of wakasagi larvae was distributed near the waters around the river entries, which mainly consisted of newly-entered larva into the lake. These larvae soon dispersed throughout the lake because the yolk-sac larva (phase A) was found in the lower section of the lake. Horizontal distributions after their dispersion were highly aggregated, but there was no significant trend for either spatial distribution or developmental phase composition. Presumably, the spread of the larva may be a passive process with the water currents. The larval density was highest in 1997, but the developmental rate was low. Thus, larval density in Lake Abashiri affects their developmental rate.

キーワード : *Hypomesus nipponensis*, 網走湖, 仔魚, 発育速度, 分布密度

ワカサギ, *Hypomesus nipponensis* は琉球諸島と小笠原諸島を除く日本全国の汽水域と淡水域に生息する遡河回遊魚で(白石, 1961; 濱田, 1980; Saruwatari *et al.*, 1997), 内水面漁業および遊漁にとって重要な魚種の1つとなっている(Hamada, 1961; 白石, 1961; 虎尾, 2001)。

ワカサギは本来遡河回遊性の生活史を持つが, 生息環境によって多様な回遊型多型の存在が知られており(浜田, 1953; Arai *et al.*, 2006; Katayama *et al.*, 2007), ワカサギの主要な原産地の1つである網走湖には, 生活史の一時期に海洋沿岸域を利用する遡河回遊型個体群と湖内・河川で生活史を完結する湖内残留型個体群が同所的に存在する(Hamada, 1961; 宇藤・坂崎, 1987)。網走湖産ワカサギは主に流入河川で産卵し, 孵化仔魚は5~6月に直ちに湖へと降河し湖内で成長する(宇藤・坂崎, 1983; 宇藤, 1988; 鳥澤, 1999)。その後, 7~9月に同一個体群から降海する個体が出現する(宇藤・坂崎, 1987; 宇藤, 1988; 鳥澤, 1998)。このような回遊型の分岐要因について, 網走湖内

におけるワカサギの分布密度(鳥澤, 1999)や餌となる動物プランクトンの量(浅見, 2004), 稚魚の栄養状態(虎尾, 2010)が関連すると考えられている。さらに個体の発育段階が稚魚期に達していることが降海個体の条件であることも指摘されている(虎尾, 2010)。

網走湖はまた, 日本における主要なワカサギ生産地の1つであるが, その年間漁獲量は76~460トンと大きく変動している(1981~2007年, 北海道立水産孵化場, 2010)。鳥澤(1999)は網走湖におけるワカサギの漁獲量が仔魚期の分布量とは相関せず, 稚魚期以降の分布密度指数と相関があることを見いだした。このことは, ワカサギ仔魚期の生残率の変動が大きいことを示唆する。ワカサギの仔稚魚期には形態形成と生化学的な発育様式の変化, 食性移行がそれぞれ段階的・同期的に進行する(虎尾, 2012)。そのため, 発育段階の進行は動物プランクトンの発生状況など湖内環境と適合するか否かによって, ワカサギの成長や生残に関わる可能性がある。さらに, 発育段階の進行に伴

う湖内分布の移動の有無は、餌となる動物プランクトンの分布と関連して初期生残に関わる要因となり得る。これらのことから、生活史分岐過程や資源量変動要因の解明において、発育段階の視点から網走湖におけるワカサギ仔魚期の生活様式を明らかにすることは不可欠である。しかしながら、これまでに網走湖内におけるワカサギの発育過程についてはほとんど知見がなく、初期生活期の湖内分布と発育段階の進行についてはわかっていない。

本研究では網走湖におけるワカサギ初期生活期の湖内分布様式と発育過程を検討した。

## 試料及び方法

**ワカサギの採集** 1997～1999年の5月中旬～7月中旬に網走湖内に設定した9地点（St.1～9）でワカサギの採集を行った（Fig. 1）。1997年の5～6月は月に2回ワカサギの採集を行った。1997年は補足的に5～6月の各採集日の間と、7月に湖内3地点（St.1, 2および7）で採集を行なった。1998年は5月中旬と下旬, 6月中旬の計3回, ワカサギを採集した。1999年は5～7月に月2回, 合計6回の採集を行った。採集には稚魚ネット（丸稚Aネット, 口径130cm, 円筒部190cm, 円錐部230cm, 目合い330 $\mu$ m）を使用し、稚魚ネットのリング上端が水面直下に位置するように船外機船に固定し船側約1ノット, 3分間の表層水平曳きを行った。本研究では濾水量を把握していないが、同様の調査によると濾水量は平均して約150m<sup>3</sup>であった（浅見, 私信）。採集した標本は直ちに5%中性ホルマリンで固定した。また、採集時に水温を測定した。



Fig.1 Map showing sampling stations in Lake Abashiri. Solid circles show sampling points.

**ワカサギ仔魚の選別と計測** 計測に用いたワカサギは、採集物から全ての魚類仔稚魚を選別した後、実体顕微鏡下で同定して得た。得られたワカサギは万能投影器を用いて各採集地点につき最大300個体の全長を測定し、虎尾(2010)に基づいて以下の発育段階（phase）に区分した。

Phase A : 孵化から卵黄吸収の完了まで。

Phase B : 卵黄吸収の完了から背鰭鰭条原基の形成直前まで。

Phase C : 背鰭鰭条原基の出現から脊索の屈曲直前まで。

Phase D : 脊索の屈曲開始から尾鰭の湾入直前まで。

Phase E : 尾鰭の湾入開始から鰭条形成の定数化直前まで。

Phase F : 鰭条数が定数に達してから稚魚的体型への移行直前まで。鰓蓋および眼球後方の黒色素の出現を指標とする。

Phase G : 稚魚的体型への以降が進行。後頭部および背部, 尾柄上部の黒色素の出現が指標となる。

Phase H : 稚魚的体型への移行が完了する。側線上あるいは体部腹側黒色素の出現を指標とする

Phase Aは卵黄仔魚期（yolk-sac larva）, Phase B～Cは前屈曲期仔魚（pre-flexion larva）, Phase Dは脊索屈曲期仔魚（flexion larva）, Phase E～Fは後屈曲期仔魚（post-flexion larva）, Phase G～Hは稚魚期（juvenile）に含まれる。

**分布密度** 本研究では網走湖内におけるワカサギの分布密度の指標として、各調査日に湖内9地点で採集した個体数の一曳き網当たり平均値を平均採集尾数として用いた。鳥澤（1999）は平均採集尾数のうち、各調査年において最も高い値を仔魚密度指数（maximum value）として用いており、本研究でもこれに従った。

**発育速度** 網走湖におけるワカサギでは、4月～6月下旬まで断続的な河川からの孵化仔魚の流入が認められる。そのため、湖内での体長組成は多峰型を示し単純に個体の成長速度を求めることは困難である（鳥澤, 1999; 浅見, 2004）。そこで本研究では、年級群としての発育段階の進行速度を求めた。1997～1999年の各年級群について各採集日に最も発育の進んだPhaseの平均全長から湖内加入時（Phase A）の平均全長5.31mmを引いた値を相対全長（Relative total length）とした。また、各採集年の最初の調査日を基準日として、その後の経過日数を相対日数（Relative days）とした。これらの相対日数と相対全長の回帰直線を求め、関係式の傾きを発育速度と定義した。

**分布の均一性検定と発育速度の差の解析** 網走湖内におけるワカサギ分布の一様性について検討するため、各調査地点で採集されたワカサギ個体数について、調査ごとに森下のL指数（伊藤, 1992）を求め、有意に1より大きい点があるかどうかについて、F検定を行った。発育速度について

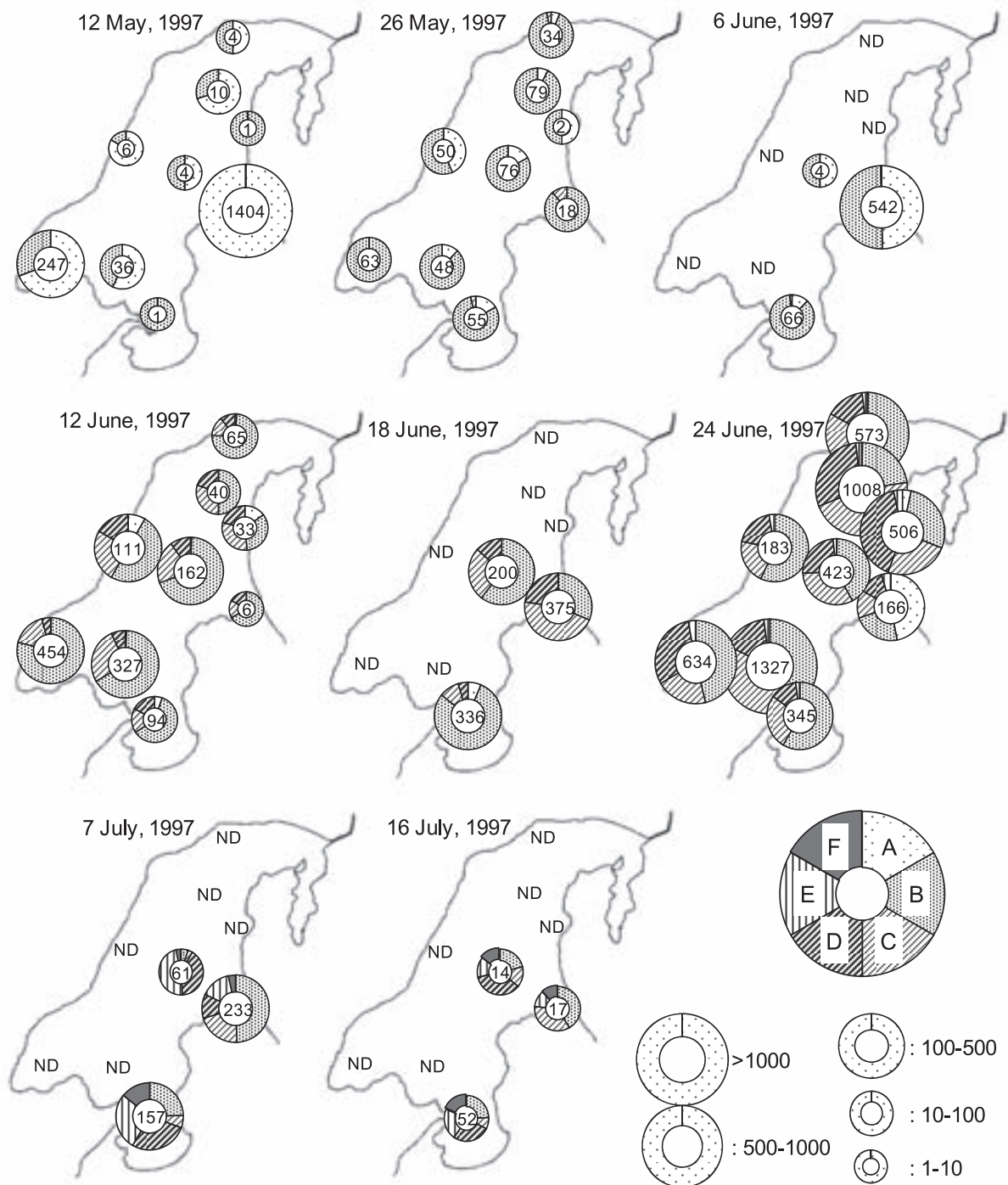


Fig. 2 Seasonal changes in the horizontal distributions as fractions of the developmental phases of *H. nipponensis* larva collected with a larva-net in Lake Abashiri from May to July in 1997. Each figure expresses the number of larvae per haul. ND: no data.

て相対全長と相対日数の比を求め、比較した。1998年は調査回数が少なかったため分析からは除外し、1997年と1999年の2標本間でMann-WhitneyのU検定を行った。

## 結 果

地点別の採集尾数と発育段階組成 Fig. 2に1997年の、Fig. 3に1998～1999年の採集地点別のワカサギ採集尾数と

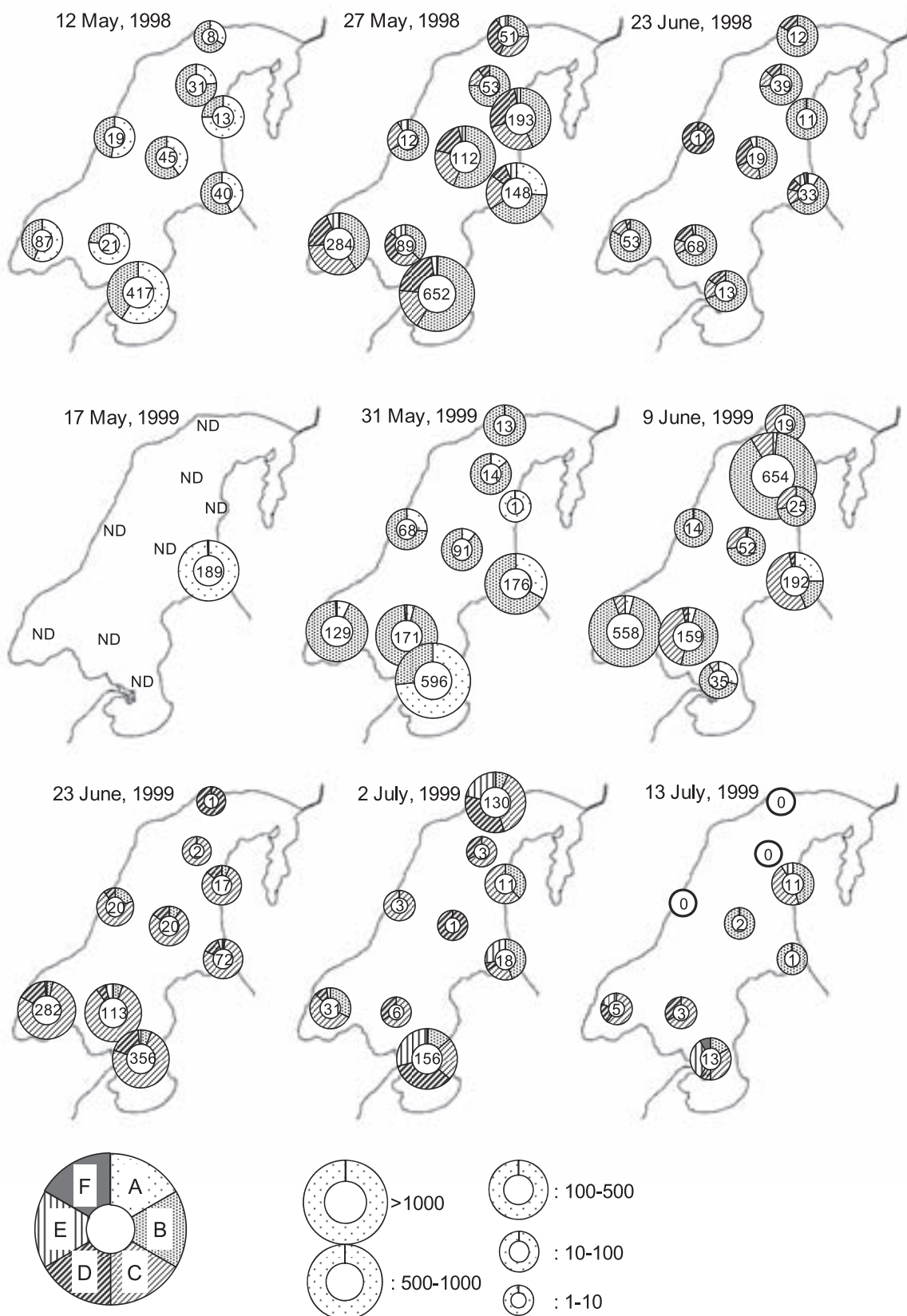


Fig. 3 Seasonal changes in the horizontal distributions as fractions of the developmental phases of wakasagi larva collected with a larva-net in Lake Abashiri from May to July in 1998-1999. Each figure expresses the number of larvae per haul. ND: no data.



Table 1 Number of wakasagi larva collected with a larva-net in Lake Abashiri from 1997 to 1999

Sampling date			Number of larvae collected										
Year	Month	Date	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	Total	Mean
1997	May	12	1,404	1	247	6	4	1	4	36	10	1,713	190
		26	18	55	63	50	34	2	76	48	79	425	47
	Jun.	2	542	66	-	-	-	-	4	-	-	612	204
		12	6	94	454	111	65	33	162	327	40	1,292	144
		18	375	336	-	-	-	-	200	-	-	911	304
	Jul.	24	166	345	634	183	573	506	423	1,327	1,008	5,165	574
		7	233	157	-	-	-	-	61	-	-	451	150
		16	17	52	-	-	-	-	14	-	-	83	28
1998	May	12	40	417	87	19	8	13	45	21	31	681	76
		27	148	652	284	12	51	193	112	89	53	1,594	177
	Jun.	23	33	13	53	1	12	11	19	68	39	249	28
1999	May	17	189	-	-	-	-	-	-	-	-	189	189
		31	176	596	129	68	13	1	91	171	14	1,259	140
	Jun.	9	192	35	558	14	19	25	52	159	654	1,708	190
		23	72	356	282	20	1	17	20	113	2	883	98
	Jul.	2	18	156	31	3	130	11	1	6	3	359	40
		13	1	13	5	0	0	11	2	3	0	35	4

発育段階組成を示した。本調査で採集されたワカサギの発育段階はすべて仔魚期に含まれるPhase A～Fで、Phase G～Hの稚魚期のワカサギは採集されなかった。網走湖内におけるワカサギ仔魚の採集尾数には時期的な偏りが見られ、5月中旬～下旬には、St.1およびSt.2、St.3など流入河川の河口域に位置する湖の南側において採集尾数が多く、湖央部や湖北側での採集尾数はその1/10～1/100程度と少なかった。6月上～中旬以降は地点間での採集尾数にばらつきがあり、特定の水域で多く採集されるなどの傾向は見られなくなった。各年級とも採集尾数が最も多い時期（1997年6月24日、1998年5月27日、1999年6月9日）には全地点で仔魚が採集されたが、3年間通じて、特定の地点で採集尾数が多いという傾向はみられなかった。採集尾数は1997年には7月上旬から下旬にかけて、1998年には6月中旬に各地点で急激に減少した（Table 1）。1999年は特に7月上旬にかけて採集尾数が減少し、特に北側区域の各地点では採集されなくなった。全ての調査において森下の $I_\delta$ 指数は1より有意に大きく（Table 2）、網走湖におけるワカサギ仔魚は一様に分布しているのではなく、集中分布していると判断された。

発育段階組成を見ると、調査開始時期の5月中～下旬には湖の南側でPhase Aが多く、北側の中・下流域でPhase Bが多い傾向がみられた。1997年5月12日には女満別川河口のSt.1で採集された個体の発育段階は全て卵黄を持つPhase Aであった。1999年の調査でも、5月31日にはSt.1とSt.2で採集された個体の発育段階にはPhase Aが多く含まれる一方、北側水域ではPhase Aの組成比は比較的小さくPhase Bが中心であった。全体として、Phase Aが発育段階

Table 2 Morishita's  $I_\delta$  -index of wakasagi larva collected with a larva-net in Lake Abashiri.  $F$ -test is used to test the null hypothesis that the  $I_\delta$  -index value is 1.  $I_\delta$  -index is equal to 1 when the distribution type is random, and is larger than 1 when the distribution type is an aggregated distribution

Sampling date	Number of sampling	Total number of larvae	$I_\delta$	$F$ -value
12 May, 1997	9	1,713	6.24	1121.5 *
26 May, 1997	9	425	1.24	13.8 *
6 June, 1997	3	612	2.39	424.7 *
12 June, 1997	9	1,292	1.98	158.4 *
18 June, 1997	3	911	1.06	27.8 *
24 June, 1997	9	5,165	1.39	252.3 *
7 July, 1997	3	451	1.22	49.4 *
16 July, 1997	3	83	1.37	16.1 *
12 May, 1998	9	681	3.62	223.9 *
27 May, 1998	9	1,594	2.09	217.8 *
23 June, 1998	9	249	1.54	17.8 *
17 May, 1999	1	189	-	-
31 May, 1999	9	1,259	2.52	240.6 *
9 June, 1999	9	1,708	2.48	317.6 *
23 June, 1999	9	883	2.59	176.7 *
2 July, 1999	9	359	2.96	88.9 *
13 July, 1999	9	35	2.22	6.2 *

\*:  $p < 0.05$ 

組成の中心になっている期間は短く、時期が進むと各地点とも発育段階の中心は速やかにPhase Bに移行した。1997年5月26日にはPhase CがSt.1, 2, 5で同時期に採集された。6月12日にはPhase Dが、6月24日にはPhase Eが湖内9地点全域に出現した。6月になると湖全域で比較的均一に仔魚が採集されるようになったが、流入河川に近いSt.1, St.2,

およびSt.3では、他地点に比べて多くのPhase Aが含まれていた。年によってphaseの出現時期の違いはあるが、6月中～下旬になると、湖全域ではほぼ同時発生的にPhase CやDが出現し複数の発育段階が混在するようになった。7月後半になると湖全体の仔魚採集尾数は激減し、1999年では特に湖北側水域の各地点では採集されなくなった。1997年7月7日は3地点のみの採集であるが、いずれの地点でもPhase Fが出現した。この時期にはPhase Aは採集されなかったが、St.1では他の地点より明らかに多くのPhase Bの個体が存在し、また比較的発育段階の若い個体が多かった。

**ワカサギ仔魚の分布密度の時期変化** Fig. 4に1997～1999年の網走湖内9地点におけるワカサギ仔魚の平均採集尾数の推移を示した。ワカサギの採集尾数とピークには年によって違いが見られた。最も多くのワカサギが採集されたのは1997年で、仔魚密度指数（各調査年の平均採集尾数のうち最も高い値）は574尾/曳網であった。1998年と1999年の仔魚密度指数はほぼ同程度でそれぞれ177尾/曳網、190尾/曳網であった。採集パターンを見ると、3年間の調査のうち1997年のみ5月中旬と6月下旬に2度の採集尾数のピークが見られ、他の2年とは異なっていた。1997年7月には3地点のみで採集を行ったが、採集尾数は減少傾向にあり（Table 1）、6月下旬が仔魚密度指数のピークと認められた。1998年の仔魚密度指数のピークは5月下旬、1999年は6月上旬であった。

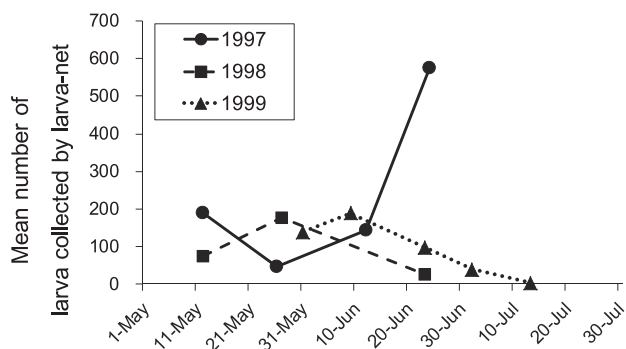


Fig. 4 Changes in the mean value of wakasagi larvae collected with a larva-net at the nine stations in Lake Abashiri.

**発育段階組成と全長の時期変化** 網走湖内で採集されたワカサギの発育段階組成の時期変化をFig. 5に示した。調査を開始した5月中旬のワカサギ発育段階組成は、1997～1999年のいずれの年も卵黄仔魚であるPhase Aが高い比率を占めていた（53～99%）。5月下旬から6月中旬にかけて主要な発育段階はPhase Bへ移行し、Phase Aは急激に減少し6月には各年とも2～9%が含まれるのみで、7月になると全く採集されなくなった。1997年は、6月上旬に再びPhase

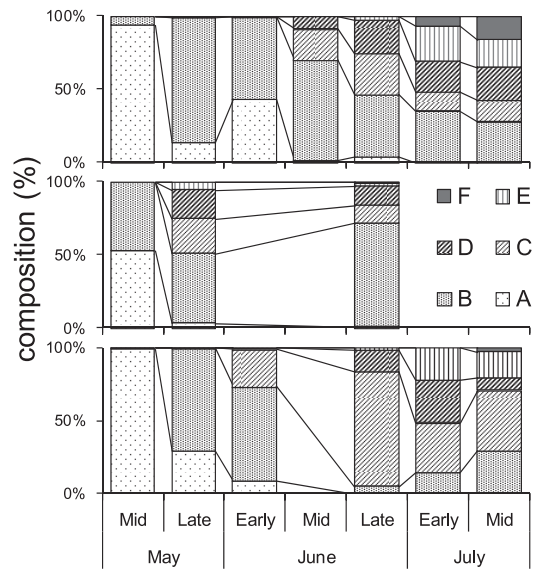


Fig. 5 Developmental phase compositions of wakasagi larvae collected with a larva-net in Lake Abashiri in 1997 (upper), 1998 (middle), and 1999 (low).

Aの組成比が43%と上昇したのち、急激に減少した。1997年と1999年はその後もPhase Bの組成比率が高い状態で推移した。6月下旬以降は新たなphaseが現われるにつれてPhase B～Fの発育段階が混在するようになり、それぞれのPhaseの構成比は均一化した。

年級間で各Phaseの出現時期と体長組成について比較すると（Fig. 6）、いずれの年も調査開始時からPhase AとBが混在し、Phase Cの出現は1997年と1998年には5月下旬、1999年は6月上旬に見られた。Phase Cの出現した旬の平均全長はそれぞれ $9.3 \pm 1.1\text{mm}$ 、 $15.7 \pm 5.0\text{mm}$ 、 $10.5 \pm 0.8\text{mm}$ であった。1998年は5月下旬にPhase Dも出現しており、平均全長は $18.0 \pm 6.4\text{mm}$ であった。1997年と1999年は6月上旬にPhase Dが出現しそれぞれ平均全長は $12.6 \pm 1.3\text{mm}$ 、 $13.6 \pm 0.5\text{mm}$ であった。Phase Eは1997年の6月下旬に $14.9 \pm 1.3\text{mm}$ 、1998年は5月上旬 $18.0\text{mm}$ 、1999年6月上旬に $15.3 \pm 0.7\text{mm}$ で出現した。Phase Fは1997年では7月上旬に $18.4 \pm 1.5\text{mm}$ で出現したのに対して、1999年級群では6月下旬に $23.8\text{mm}$ で出現した。

**発育速度** 1997～1999年の各年級群について、相対日数と相対全長の関係をFig. 7に示した。いずれの年級群とも有意な回帰直線が得られた（1997年級群、 $y=0.257x$ 、 $r^2=0.992$ ；1998年級群、 $y=0.338x$ 、 $r^2=0.863$ ；1999年級群、 $y=0.301x$ 、 $r^2=0.957$ ）。調査回数が少なく検定できなかった1998年を除いて、1997年と1999年級群の発育速度（直線の傾き）を比較すると、1999年の方が有意に高かった（Mann-WhitneyのU検定、 $U=3$ 、 $p=0.0177$ ）。

**水温変動** 1997～1999年の網走湖における表層水温の推

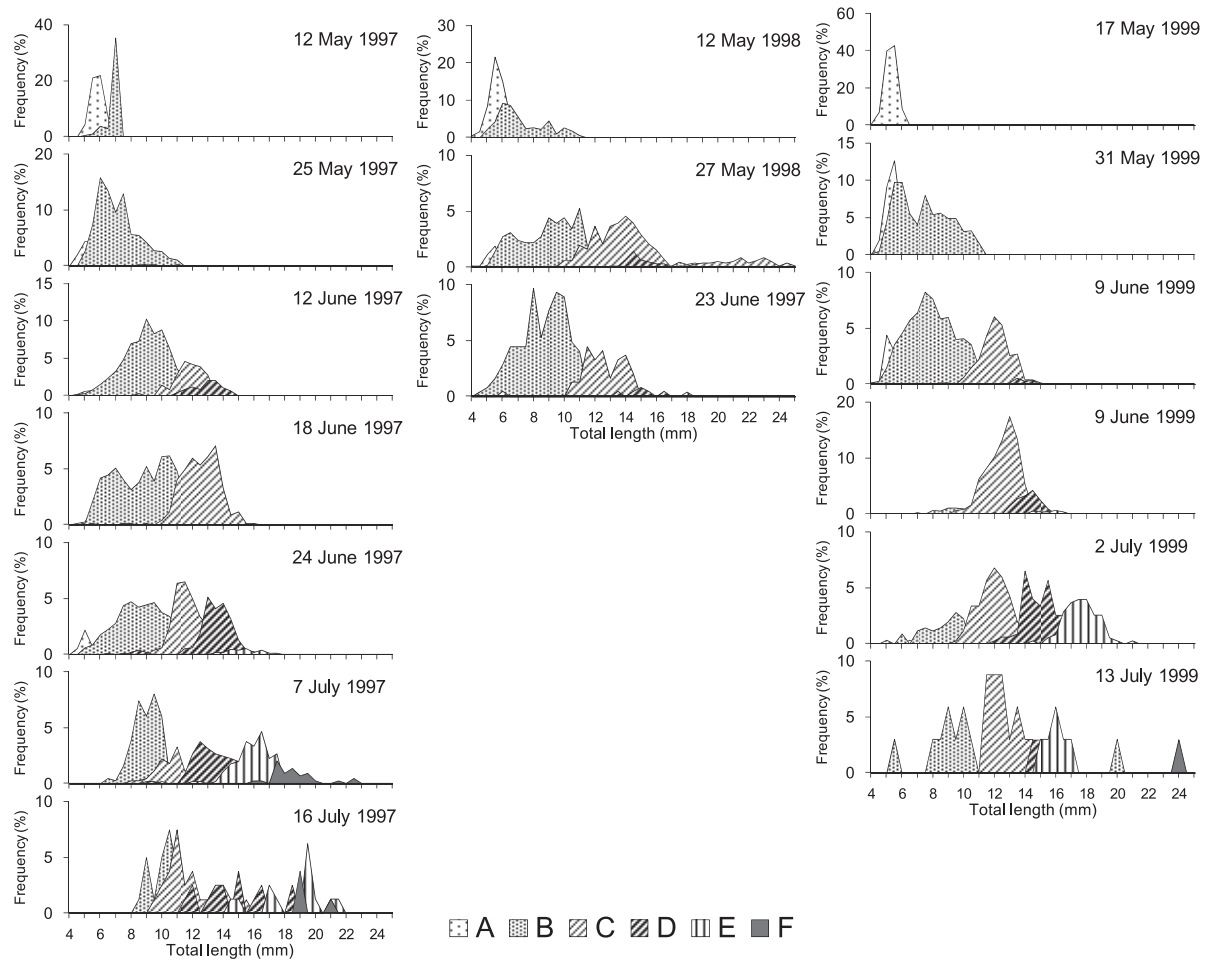


Fig. 6 Total length distributions as fractions of the developmental phases of wakasagi larvae collected with a larva-net in Lake Abashiri. Left column shows 1997, middle is 1998 and right is 1999.

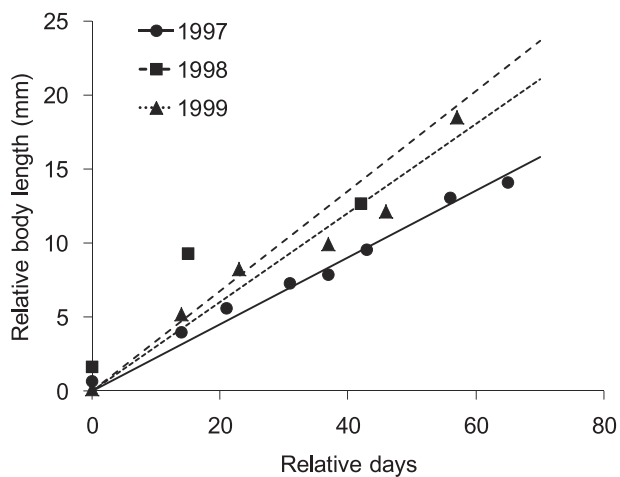


Fig. 7 Relationship between relative days and relative body length for wakasagi larva from Lake Abashiri from 1997-1999. Relative day is considered to be the number of days since day zero for the first survey of each year. The relative body length deducted the initial total length of phase A from the mean total length of the most advanced phase at each survey.

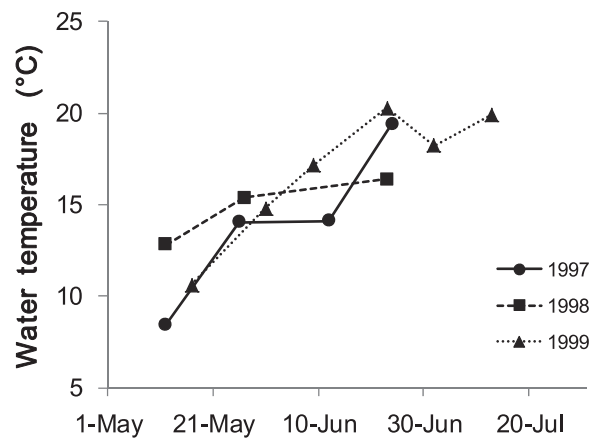


Fig. 8 Seasonal variations of water temperature in Lake Abashiri, from 1997 to 1999. Water temperatures are expressed as average from St.1 to 9 at a depth of 0.2m .

移をFig. 8に示した。1997年の水温変動の特徴として、5月下旬～6月上旬に水温が14℃前後で停滞していた。1998年は調査開始時から水温が高めに推移し、採集を開始した5月中旬に12.8℃、5月下旬に15℃を超えていたが、6月下旬の調査時には16.4℃と他の2年より低めの水温であった。1999年は、調査を開始した5月中旬の10.6℃から5月下旬に15℃近くに水温が上昇し、その後6月上旬には17℃に達し高めに推移した。

## 考 察

網走湖におけるワカサギ仔魚の表層水平分布は、分布初期に河川流入域付近で比較的分布密度の高い水域が形成されていた。5月上～中旬の湖内生活初期には湖の南側(St. 1～3)で仔魚採集尾数が多く(Fig. 2および3)、比較的分布密度の高い水域が形成されていた。これは鳥澤(1998)や浅見(2004)が指摘しているように、網走湖産ワカサギの主要な産卵場が流入河川であり仔魚の加入の多くが流入河川に由来するためと考えられる。これらの採集地点では卵黄を持つPhase Aの構成比が高く(Fig. 2および3; 1997年5月12日, 1998年5月12日, 1999年5月31日など)、発育段階組成からみても、流入河川から孵化後間もない仔魚の加入によって河川流入域に近い水域に高密度の分布水域が形成されていることが裏付けられた。これらの地点においても採集尾数には時期的な変動があることから、流入河川からの仔魚の加入は一時期に集中しているのではなく、5月初旬から6月下旬まで断続的に続いていると考えられる。この傾向はSt. 1において特に顕著であった。これは、女満別川からの加入が断続的かつその期間が長いことを示唆する。一方、網走川流入域に近いSt. 2では比較的分明なピークが見られ、流入河川によって加入パターンが異なる可能性がある。特に、1997年の平均採集尾数の推移を見ると、調査を開始した5月中旬と6月下旬の2度のピークがあり(Fig. 4)、他の2年とは加入パターンが異なっていた可能性がある。また、6月上旬の発育段階組成をみると(Fig. 5)、5月下旬に低下したPhase Aの構成比が上昇していた。地点別の採集尾数と発育段階組成でも(Fig. 2)、6月上旬にSt. 1でPhase Aの個体が多く採集されていることから、この時期に女満別川からの新たな仔魚の加入があったと考えられる。このように網走湖におけるワカサギ仔魚の水平分布には、仔魚の加入状況が大きく影響していた。

流入河川から湖に加入したワカサギ仔魚は速やかに湖内全域に分散すると推察され、その後の時間的・空間的な分布様式には一定の傾向は見られなかった。本研究では、湖口に近いSt. 5やSt. 9においてもPhase Aの個体が採集され

た(Fig. 2および3)。飼育実験によると仔魚が卵黄を保持している期間は長くても孵化後5日以内であることから(虎尾, 2012)、湖内加入後の仔魚の分散は非常に速やかで、湖口付近まで到ると考えられる。湖口に近い調査地点で採集された仔魚が、湖内でふ化した仔魚であることも完全には否定できないが、湖内での産卵は量的には多くないとみられることから(鳥澤, 1999)、河川から降下した仔魚が湖口に近い水域まで分散してきた可能性が高い。諏訪湖におけるワカサギ仔魚の分布調査では、流入した河川水が滞留する湖央部で仔魚が多く採集されたことが報告されている(山岸, 1974)。これは、ワカサギ仔魚の分布が湖内の流れによって大きく制限されることを示唆しており、網走湖においてもワカサギ仔魚の分散には湖流の影響が大きいと考えられる。また、Phase C以降の各phaseの発生は湖内全域で同所的に確認された。これは、網走湖産ワカサギ仔魚期には発育に伴う生息水域の能動的な移動を伴わないことを示唆する。近縁種のアユやシラウオでは発育に伴う生息域の移動が知られており、池田湖産アユは卵黄を持つ間に湖岸の産卵場から湖内全域に分散し、稚魚期になると沖合の浮遊生活から湖岸での生活に移行する(立原・木村, 1991)。また、洶沼産のシラウオや両側回遊性アユでは特定の時期に下流方向への移動が見られる(Saruwatari and Okiyama, 1992; Saruwatari, 1995)。本研究では、湖内分散後に湖内各地点での発育段階組成には差があるものの、一定の方向性は認められなかった。少なくとも仔魚期においては、発育段階の進行に伴う生息域の移行は無いものと考えられる。諏訪湖におけるワカサギ仔魚の分布調査では、詳細な発育段階は不明だが、稚魚期に沿岸帯に接近するとの報告がある(山岸, 1974)。しかし、本研究では稚魚期にあたるPhase G～Hは採集されておらず、稚魚期の分布・移動に関しては検証できなかった。ワカサギ仔魚期の分布を規定する要因について、浅見(2004)は表層の仔魚の分布と水温・塩分・クロロフィルa量および微小動物プランクトン密度などの環境要因との関係を検討したが、特に密接な関係は見られなかったとし、仔魚の遊泳力と湖内の水平方向の流れスケールを考慮するとワカサギ仔魚の水平分布は受動的輸送によると結論している。発育段階の点から水平分布を検討した本研究の結果も、網走湖におけるワカサギ仔魚の水平分布が受動的輸送によるという説を支持する。

網走湖内における仔魚分布密度とそのピークの出現には年変動が見られた。1997年級群では6月24日のピーク時に湖内全域で5,165個体が採集され(仔魚密度指数は574尾/曳網)、分布密度が3年間では最も高かった。1998年と1999年はそれぞれ1,585と1,700個体でほぼ同程度であった(同177尾/曳網, 190尾/曳網)。仔魚採集尾数のピークは、



1997年級群では1998年級群より約1 ヶ月、1999年級群より約2週間遅かった。前述のように、1997年級群では6月上旬に新たな仔魚の加入があったとみられ、これが全体の密度を押し上げたと考えられる。分布密度と水温の間にははっきりとした傾向は見られず、水温が仔魚の加入や生残へ及ぼす直接的な影響は本研究では認められなかった。これまでに網走湖におけるワカサギの仔稚魚期には複数の正規分布からなる体長組成群の存在が指摘されている(鳥澤, 1999)。仔魚の加入直後に比較的単純であった体長組成が、異なる複数の発育段階が混在するようになる過程が確認された(Fig. 6)。網走湖産ワカサギでは河川からの仔魚の加入期間が1 ヶ月以上にわたっており(鳥澤, 1999; 虎尾, 2012)、体長組成・発育段階の異なる集団は加入時期と発育速度の違いによって形成されると推測される。

本研究では相対日数と相対全長の関係から発育速度を検討し、いずれの年級群とも両者に直線で示される有意な正の相関が認められた。1997年と1999年級群の発育速度を比較すると1999年の方が有意に高かった。仔魚分布指数と発育速度の関係を総合すると、1997年級群は仔魚分布密度が高かったが発育速度は低く、1998年と1999年級群は1997年に比べて分布密度は低いが発育速度は高かったといえる。これまでも湖沼におけるワカサギの成長は密度依存的事であることが指摘されている(佐藤, 1954; 川島, 1989; 松本, 1994; 鳥澤, 1999)が、分布密度が発育速度にも影響する可能性も今後十分に検証する必要がある。

網走湖のワカサギ初期減耗については、ワカサギの発育過程と餌となる動物プランクトンの発生状況との対応が注目される(虎尾, 2012)。網走湖における摂餌開始期のワカサギ仔魚にとって輪虫類が重要な餌生物であるが、その現存量は比較的豊富である(浅見, 2004)。その後、ワカサギは体長10mm前後でカイアシ類*Sinocalanus tenellus*等へ食性シフトする(浅見・川尻, 1997)。この体長はPhase C からDへの移行時期と一致しており、ワカサギの形態的・生化学的発育様式が変化する時期と重なる(虎尾, 2012)。浅見(2004)は、ワカサギ仔魚1尾が利用可能な*S. tenellus*の量とワカサギ仔魚が平均体長10mmに達した時期の生残率との間に有意な相関を見いだしており、ワカサギ仔魚の発育と餌資源量のマッチングがその後のワカサギ資源量に影響することを指摘している。本調査におけるPhase C とDの出現時期は5月下旬から6月中旬と幅があり(Fig. 5)、出現旬の平均体長にも違いが見られた(Fig. 6)。5月下旬から6月上旬にかけては餌生物の個体数密度が激減し、この時期の仔魚は餌不足に陥る可能性が指摘されている(浅見, 2004)。この時期の動物プランクトン密度とワカサギの発育過程の進行との対応に注目して今後研究を進める必要がある。また、鳥澤(1999)は、稚魚期の分布指数と

各年級群の総漁獲量にのみ相関が認められたことから、卵から稚魚期に至るまでの減耗率は年変動が大きく、それが資源を決定する大きな要因となっていること、網走湖産ワカサギの資源量は稚魚期にほぼ決定することを指摘している。今後、仔魚期から稚魚期へ移行期の生残過程の検証も合わせて重要な課題となる。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、終始御指導いただいた東京農業大学名誉教授桑原 連博士、元東京農業大学教授(故)鈴木淳志博士に感謝申し上げる。北海道立総合研究機構中央水産試験場浅見大樹博士には水温データを提供していただいた。厚くお礼申し上げる。社団法人北海道栽培漁業振興公社の今田和史氏には原稿に対し貴重なご意見をいただいた。お礼申し上げる。

## 引用文献

- 網走水産試験場. 1.6 ワカサギ. 平成12年度事業成績書. 網走水産試験場, 網走. 2001; 33-42.
- Arai T, Yang J, Miyazaki N. Migration flexibility between freshwater and marine habitats of the pond smelt *Hypomesus nipponensis*. *J. Fish Biol.* 2006; 68: 1388-1398.
- 浅見大樹. 網走湖産ワカサギの初期生活に関する生態学的研究. 北水試研報 2004; 67: 1-79.
- 浅見大樹, 川尻敏文. 網走湖産ワカサギ稚魚(*Hypomesus transpacificus nipponensis*)の胃内容物および摂餌日周性について. 北海道立水産孵化場研報 1997; 51: 45-52.
- 浜田啓吉. ワカサギの生態学的研究Ⅲ. 網走湖産ワカサギに於ける鱗相による年齢査定の不確実性とその原因. 北大水産彙報 1953; 4: 46-53.
- Hamada K. Taxonomic and ecological studies of the genus *Hypomesus* of Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1961; 9: 1-55.
- 濱田啓吉. ワカサギー弱いものは強い. 「日本の淡水生物侵略と攪乱の生態学(川合禎次, 川那部浩哉, 水野信彦編)」東海大学出版会, 東京. 1980; 49-55.
- 北海道立水産孵化場. 網走湖ワカサギ, シラウオ資源動態調査. 平成20年度事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2010; 95-99.
- 伊藤嘉昭. 個体の空間的分布. 「動物生態学(伊藤嘉昭, 山村則男, 嶋田正和著)」蒼樹書房, 東京. 1992; 37-57.
- Katayama S, Saruwatari T, Kimura K, Yamaguchi M, Sasaki T, Torao M, Fujioka T, Okada N. Variation in migration

- patterns of pond smelt, *Hypomesus nipponensis*, in Japan determined by otolith microchemical analysis. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.* 2007; 71: 175–182.
- 川島隆寿. 宍道湖におけるワカサギ及びシラウオの資源変動. 島根水試研報 1989 ; 6 : 69–80.
- 松本洋典. 宍道湖におけるワカサギ資源の変動. 島根水試研報 1994 ; 8 : 171–183.
- 佐藤隆平. ワカサギの漁業生物学. 水産増殖叢書 1954 ; 5 : 1–99.
- Saruwatari T, Okiyama M. Life history of shirauo, *Salangichthys microdon*, Salangidae, in a brackish lake, Lake Hinuma, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1992; 58: 235–248.
- Saruwatari T. Temporal utilization of a brackish water lake, Lake Hinuma, as a nursery ground by amphidromous ayu, *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae) larvae. *Env. Biol. Fish.* 1995; 43: 371–380.
- Saruwatari T, Lopez JA, Pietsch TW. A revision of the osmerid genus *Hypomesus* Gill (Teleostei: Salmoniformes), with the description of a new species from the southern Kuril Islands. *Species Diversity* 1997; 2: 59–82.
- 白石芳一. ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究. 淡水区水産研報 1961 ; 10 : 1–263.
- 立原一憲, 木村清朗. 池田湖における陸封アユ仔・稚魚の成長に伴う分布と食性の変化. 日水誌 1991 ; 57 : 797–804.
- 虎尾 充. 網走湖産ワカサギ *Hypomesus nipponensis* の生活史に関する発育段階的研究. 博士論文, 東京農業大学, 東京. 2001.
- 虎尾 充. 網走湖産ワカサギ降海移動期の発育段階と栄養状態. 北海道立水産孵化場研報 2010 ; 64 : 23–27.
- 虎尾 充. 網走湖におけるワカサギの形態的・生化学的初期発育過程. 北水試研報 2012 ; 81 : 131–140.
- 虎尾 充. ワカサギ孵化仔魚の絶食耐性および網走湖流入河川からの流下生態. 北水試研報 2012 ; 82 : 33–40.
- 鳥澤 雅. 網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構. 北水試研報 1999 ; 56 : 1–117.
- 宇藤 均. 網走湖の湖環境変動と漁業生物. 陸水雑 1988 ; 49 : 293–301.
- 宇藤 均, 坂崎繁樹. 網走湖産ワカサギの生活史第1報. 網走湖におけるワカサギ漁業の歩みと生活史研究の現状. 北水試月報 1983 ; 40 : 147–156.
- 宇藤 均・坂崎繁樹. 網走湖産ワカサギの生活史. 第3報. 降海および遡河移動について. 北水試研報 1987 ; 29 : 1–16.
- 山岸 宏. 諏訪湖におけるワカサギ稚魚の生態について. 諏訪湖の付栄養価の進行とワカサギ漁獲量の関係. 日生態誌 1974 ; 24 : 10–20.

## 石狩湾産ハタハタ仔稚魚のふ化時期（短報）

星野 昇\*, 高嶋孝寛, 山口浩志

北海道立総合研究機構中央水産試験場

Hatching period of sandfish (*Arctoscopus japonicus*) juveniles in Ishikari Bay (Short Paper)

NOBORU HOSHINO\*, TAKAHIRO TAKASHIMA AND HIROSHI YAMAGUCHI

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

Sandfish (*Arctoscopus japonicus*) is one of the most important commercial species occurring in the Ishikari Bay, in the Sea of Japan. We estimated the hatching period of sandfish stock by using the daily growth increments of the sagittal otolith. We showed that the hatching dates occurred from early February to early April, but the start and peak of the hatching periods differed from 2009 to 2012. These variations in the time of hatching may be caused by differences in the water temperature during the embryonic period and differences in the age composition of maternal stock.

キーワード：石狩湾，耳石，仔稚魚，日周輪，ハタハタ，ふ化時期

北海道日本海の石狩湾から留萌地方沖合の海域に分布するハタハタ (*Arctoscopus japonicus*) は主要な漁業資源である。主な産卵場は石狩湾東岸のごく浅い海域で、稚魚は6月中旬頃まで産卵場付近に分布した後、沖合域に移動する（星野，2011a）が、この間の知見はほとんどない。そこで、初期減耗期における生物学的特性を把握するための端緒として、2009～2012年に石狩湾沿岸で採集した稚魚の耳石輪紋から、ふ化時期を推定した。

### 試料及び方法

試料は、2009～2012年の5月末～6月初めに、地曳網（網口幅約4m，袋網目合約3mm）を、水深0.5～1mの等深線に沿って人力で毎分約10mの速度で5分間曳網し採集した。

Table 1 Sand fish juveniles used in this study

Sampling date	Sampling field					
	Atsuta			Ishikari		
	T	L	O	T	L	O
4, Jun., 2009	635	69	23	1,672	57	21
5, Jun., 2010	548	78	20	298	62	21
25, May, 2011	246	70	19	145	41	22
22, May, 2012	256	52	20	1	0	0

T: Total number of samples collected in each survey

L: Number of samples measured standard length

O: Number of samples used for otolith analysis

石狩川河口の東側約2km範囲の3調査点のうち最多採集点の稚魚（以下、石狩採集群）と、厚田川の河口付近の2調査点のうち最多採集点の稚魚（以下、厚田採集群）を供試した（Table1）。なお、2012年の石狩川河口では採集されなかった。

各採集群について、無作為抽出した標本の体長頻度分布を把握し、その一部の標本の耳石輪紋を計数してふ化日を推定した。体長頻度分布と体長に対するふ化日の関係から、ふ化時期の傾向を把握した。

**体長測定** 70%エタノール中に保存していた標本から、一つかみ程度を無作為抽出し、抽出したすべての個体の標準体長をデジタルノギスにより0.1mm単位で計測した。その値を、同じ保存条件で456日間経過させた場合の体長縮小率として事前に求めた0.935で除し、生鮮時の体長に変換して解析した。

**ふ化日の推定** 秋田産（Tsukamoto and Shima, 1990）と陸奥湾産（工藤ら，2012）の稚魚の日齢は、礫石の輪紋を計数することで決定された。一方、吉村ら（2009）はえりも産の飼育仔稚魚について、扁平石と礫石の日周性を確認したうえで、水温の低い海域では礫石の日間成長量が小さくなり、輪紋の計数に支障を来す可能性を指摘し、扁平石の優位性を示した。石狩湾沿岸の冬期間の水温は、本州に比べ著しく低いと考えられたことから、本研究においても扁

平石を用いた。各採集群について体長を計測したのち、その中から三分の一程度を抽出 (Table1) し、すべての個体について体側右側の扁平石を採取した。耳石は凸面 (体外側) を上にしてスライドガラスにエポキシ樹脂で包埋し、固化後に耐水ペーパー (#2000) およびラッピングフィルム (粒度9 $\mu\text{m}$ ) で厚さ約0.1~0.2mmまで研磨した。Euparalを研磨面に塗布し、光学顕微鏡 (対物100倍) のCCDカメラ画像を20inchモニタ上に出力して計測を行った。

耳石には直径100~130 $\mu\text{m}$ 付近に明瞭な輪紋があり、その外側に3~6本の輪紋がやや不明瞭に連続し、次第に輪紋間隔が広がっていく状況が観察された (Fig.1)。これは、吉村ら (2009) がえりも産ハタハタの扁平石について、ふ化仔魚の耳石径との対応から「ふ化輪」と定めた輪紋の特徴に関する記述内容と同様であったことから、本研究でもこの輪紋をふ化輪として扱った。ふ化輪より外側から縁辺にかけての輪紋を計数し、これを日齢に読み替えて採集日から逆算することで個体のふ化日を推定した。また、耳石の中心を通る長径 (以下、耳石径)、中心を通るふ化輪の長径 (以下、ふ化輪径) を1ピクセル単位で計測し実寸長に変換した。

採集現場付近の水温データとして、厚田川河口右岸に位置する厚田港内の表面水温の旬平均値 (北海道栽培漁業振興公社, 2010~2012) を用いた。

## 結 果

体長 ( $X_{\text{mm}}$ ) と耳石径 ( $Y_{\mu\text{m}}$ ) の間には直線関係があった ( $Y=44.6X-363.5$ ,  $r^2=0.929$ , 全標本こみ)。ふ化輪径は94.3~144.5 $\mu\text{m}$ の範囲で、平均は121.9 $\mu\text{m}$ であった。

推定されたふ化日は、2012年が3月8日~4月8日、2011年が2月6日~3月31日、2010年が2月17日~4月3日、2009年が2月9日~3月30日の範囲で推定され、とくにふ化の開始時期に大きな年差があった。

2009年と2011年の採集群の体長頻度分布は、遅い時期に

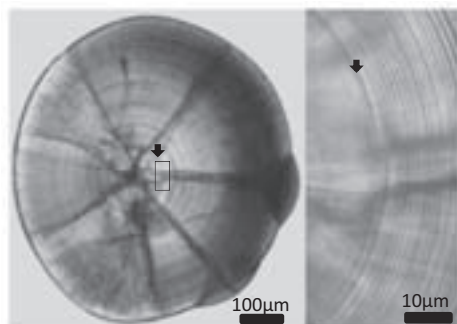


Fig.1 Polished sagittal otolith from a sand fish juvenile in Ishikari Bay (24.1 mm standard length). Arrows indicate hatch check.

ふ化した小型の仔稚魚と早期ふ化の大型稚魚に分かれる傾向があった (Fig.2)。両年ともに早期ふ化・大型稚魚の出現頻度は石狩採集群の方が厚田採集群より高いことが明らかで、2010年についても不明瞭ながらその傾向が認められた (Fig.2)。

## 考 察

ふ化時期には、産卵場の水温推移が大きく影響していると考えられる。この資源の産卵期は、調査海域付近において産卵直前の親魚が11月中旬から12月上旬に漁獲されていることから、概ねその時期と予想される。12月上旬から、ふ化開始時期と推定された2月上旬にかけての厚田港の表面水温 (北海道栽培漁業振興公社, 2010~2012) は、2008

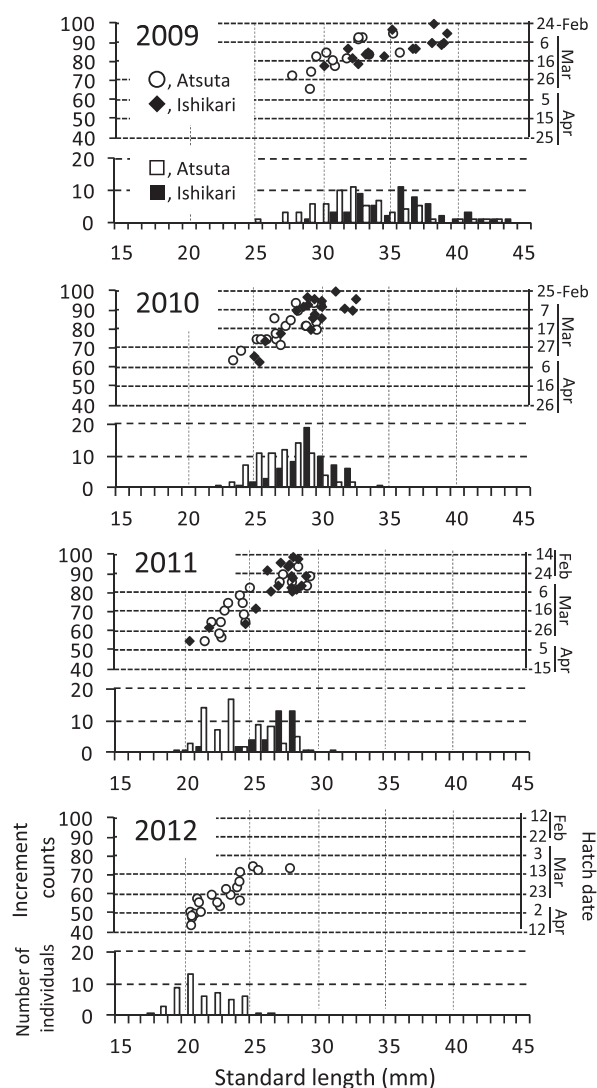


Fig.2 Length-frequency distributions and relationships between standard length and increment counts (hatching date) recorded in each year of the study period.



～2009年が平均5.4℃で推移しているのに対し、2011～2012年は2.9℃と大きな差があった (Fig.3)。産卵場の水温もこれと同程度で推移したと仮定し、12月から各旬平均水温と日数との積を足し合わせると、ハタハタのふ化開始の目安とされる積算水温400～500℃ (森岡, 2002) に達するのは、2008～2009年は2月上～中旬であり、本研究で推定された2009年採集群のふ化開始時期と概ね一致する。これに対し、2012年は同時期までの積算水温が210℃程度であり、卵発生時期の低水温がふ化時期を大幅に遅らせた要因となったと考えられる。

秋田産ハタハタのふ化時期は、本研究で推定された石狩湾産のふ化時期より半月から一月程度早い時期と推定されている (杉山, 2002 ; 工藤ら, 2012)。一方、釧路沿岸の稚魚のふ化時期は、4月中旬から6月上旬と推定されている (石田・平野, 2011)。卵発生時期にあたる1月頃の表面水温の例年値を石狩湾沿岸と比較すると、秋田沿岸では5℃以上高く、釧路沿岸では4～5℃程度低い (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/index.html>) (2013))。このことから、ふ化時期の地域差にも産卵場の水温推移が大きく影響していると考えられる。

また、ふ化時期の年差には親魚の年齢構成の違いも影響している可能性がある。この資源は1歳魚が大半を占める年が多いが、豊度の高い年級群が出現すると、それが2歳となる年には2歳魚主体の年齢構成となる (星野 2011b)。2009年と2011年のふ化時期にはおよそ二度のピークがあったと考えられるが、親魚の年齢構成はいずれも2歳魚の占める割合が大きかった (星野, 2011b)。2歳魚は1歳魚より成熟進行が早く (星野, 2011a)、産卵も早い時期に行われると考えられる。これらのことから、年齢構成の異なる親魚が時期を違えて産卵したことで、ふ化時期に二つのピークが現れた可能性が示唆される。

一方、早期にふ化した体長の大きな稚魚は石狩採集群で多く、遅い時期にふ化した稚魚は厚田採集群で多いという傾向については、上記のような水温や親魚の年齢構成の違いより、採集現場の海域特性の違いによるところが大きい

と考えられる。石狩採集群の採集現場一帯は砂浜域で産卵場となる藻場が無いのに対し、厚田の採集現場の海底は岩や丸石で覆われモク類が点在し、産卵場となっていることが一般に知られている。ハタハタは体長27mm前後で潜砂行動を示すようになり (森岡, 2002)、産卵場から近隣の砂地へと生息域が広がる (杉山, 2002)。このため、石狩川河口付近の採集現場には、その近くの産卵場において比較的早い時期にふ化し、潜砂や遊泳能力をもった比較的大型の稚魚のみが分布している可能性がある。そのために、厚田採集群に比べて早期ふ化・大型稚魚の出現割合が大きくなる傾向があるのではないかと考えられる。

体長に対する輪紋数の関係が、採集年・採集地間で様でない (Fig.2) ことから、ふ化後の成長速度にも年差や採集地間の差があることが示唆される。詳細な検討には、今後、輪紋間隔の計測やback-calculation法に基づく成長履歴の解析を進める必要がある。

## 引用文献

- 北海道沿岸漁場海況速報および取りまとめ. 社団法人北海道栽培漁業振興公社, 札幌. 2010～2012.
- 星野昇. II-1石狩群. 北海道のハタハタ資源. 北海道立総合研究機構水産研究本部, 余市. 2011a; 118pp.
- 星野昇. ハタハタ石狩群における資源変動の特徴. 北水試研報 2011b; 80: 9-16.
- 石田良太郎, 平野和夫. II-4釧路群. 北海道のハタハタ資源. 北海道立総合研究機構水産研究本部, 余市. 2011; 118pp.
- 工藤充弘, 高津哲也, 福井翔太郎, 甲本亮太. 陸奥湾におけるハタハタ稚魚の豊度と成長履歴. 魚類学雑誌 2012; 59(1): 21-35.
- 森岡泰三. IIIハタハタの種苗生産に関する調査・研究. ハタハタの生物特性と種苗生産技術, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 2002; 113pp.
- 杉山秀樹. IIハタハタの生物特性. ハタハタの生物特性と種苗生産技術, 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 2002; 113pp.
- Tsukamoto K, Shima Y. Otolith daily increment in sandfish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1990; 56(7): 1083-1087.
- 吉村圭三, 筒井大輔, 前田圭司, 三戸充, 芳賀恒介. えりも産ハタハタ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係. 北水試研報 2009; 76: 21-29.

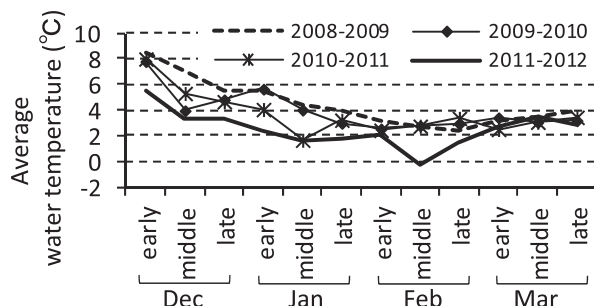


Fig. 3 Changes in surface water temperature at the port of Atsuta.



## 北海道東部網走沿岸におけるサケおよびカラフトマス幼稚魚の魚類捕食者(短報)

宮腰靖之\*, 永田光博, 安藤大成, 藤原 真, 青山智哉

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Fish predators of juvenile chum and pink salmon in coastal waters of Abashiri region, eastern Hokkaido (Short Paper)

YASUYUKI MIYAKOSHI\*, MITSUHIRO NAGATA, DAISEI ANDO, MAKOTO FUJIWARA, AND TOMOYA AOYAMA

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

Stomach contents of fish captured by gillnet, angling, and trawl in the coastal waters of Abashiri region were examined for the presence of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* or pink salmon *O. gorbuscha* in May-June 2003-2005. The following 4 species were recognized as fish predators of juvenile chum and pink salmon in the coastal waters of Abashiri region; masu salmon *O. masou*, pointhead flounder *Hippoglossoides pinetorum*, kurosoi rockfish *Sebastes schlegelii*, and saffron cod *Eleginus gracilis*. In a review paper (Nagasawa, 1998), 9 species were listed as fish predators of chum salmon in Japanese coastal waters, but the latest 3 species were not included. In this paper, we newly add the 3 species, i.e. pointhead flounder, kurosoi rockfish, and saffron cod, as fish predators of juvenile chum or pink salmon.

キーワード: 沿岸, サケ, 被食

魚類や鳥類による捕食は海洋生活初期のサケ属魚類 *Oncorhynchus* spp. の死亡の主要因であると考えられている (Parker, 1968; Hargreaves, 1988; 長澤・帰山, 1995)。しかし, 日本国内の調査によりサケ *Oncorhynchus keta* 幼稚魚の捕食者として明確に記載されているのは, ホッケ *Pleurogrammus azonus*, ヒラメ *Paralichthys olivaceus*, ウグイ *Tribolodon hakonensis*, マルタ *T. brandti*, アブラツノザメ *Squalus acanthias*, スズキ *Lateolabrax japonicus*, カラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha*, サクラマス *O. masou*, アメマス *Salvelinus leucomaenis* の計 9 種にすぎない (長澤・帰山, 1995; 長澤・真山, 1997; Nagasawa, 1998)。最近では北海道沿岸の各地の調査によってサケ幼稚魚を捕食していた魚種が報告され (Asami and Hayano, 1995; Takami and Aoyama, 1997; Kawamura *et al.*, 2000), 徐々に捕食者として記載される魚種が増えつつある。それでもなお, サケ属魚類の捕食者に関する情報はきわめて少なく (長澤・真山, 1997), 各海域においてさらに情報を蓄積することが重要である。

著者らは北海道オホーツク海側の主要な増殖河川の一つである網走川河口周辺の沿岸域で魚類を採捕し, サケあ

るいはカラフトマス幼稚魚の被食について調べたので報告する。

### 試料および方法

オホーツク海側網走沿岸において, 刺網, 釣り, 表層曳網により採捕された魚類の胃の内容物を調べ, サケあるいはカラフトマス幼稚魚の被食の有無を確認した。

刺網による調査は網走市沿岸の鱒浦地先 (水深約 6~7 m の地点) で実施した (Fig. 1)。2003 年は 5 月 23 日, 6 月 6 日, 6 月 13 日, 6 月 25 日の計 4 回, 2004 年は 5 月 26 日, 6 月 9 日, 6 月 17 日の計 3 回, 2005 年は 6 月 8 日と 6 月 16 日の計 2 回実施した。刺網は概ね 16 時に投入し, 翌朝 7 時頃引き揚げた。

釣りによる調査は漁港内に生息する魚類を採捕することを目的とし, 2005 年 5 月 25 日に実施した。網走港内で日没後に疑似餌 (ワームと呼ばれるソフトベイト) を用いた竿釣りにより魚類を採捕した。

刺網および釣りにより採捕した魚はすべて種を同定し, 全長を測定した後, 胃内容物を取り出し, サケあるいはカラフトマス幼稚魚の捕食の有無を確認した。

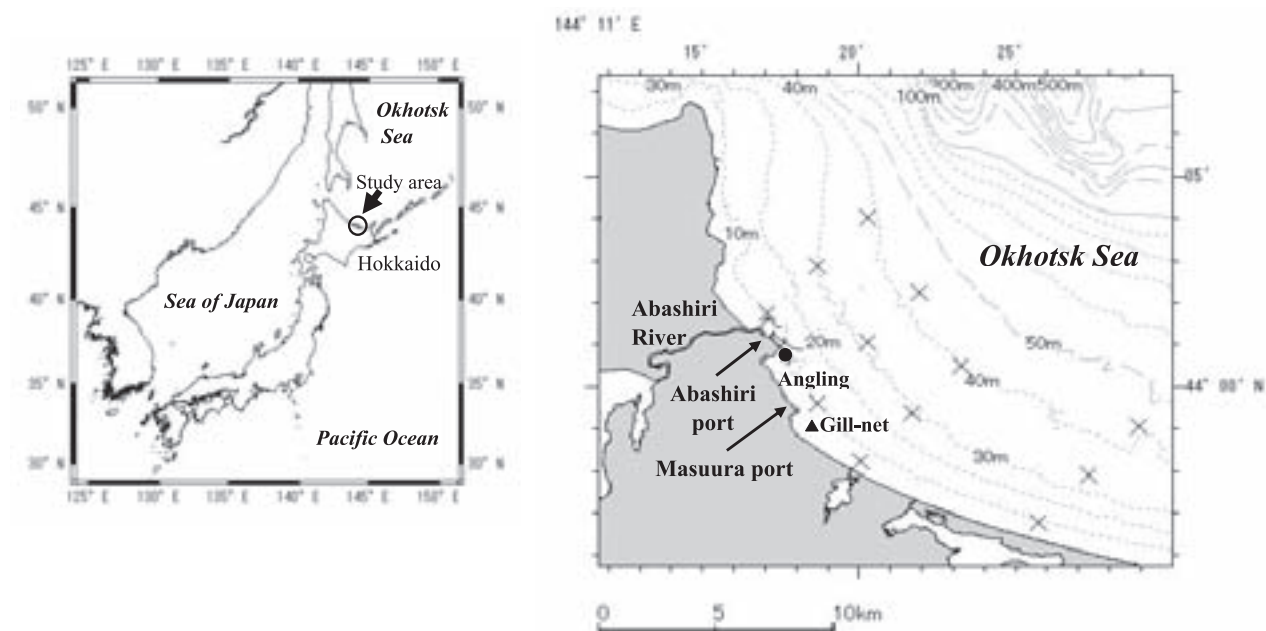


Fig. 1 Location of the fish sampling sites in Abashiri Bay, eastern Hokkaido (×: trawl, ●: angling; ▲: gill-net).

表層曳網による調査は2002～2005年の4月下旬から7月上旬にかけて毎旬1回、網走湾に設定した定点で実施した(Nagata *et al.*, 2007)。各定点では二艘曳により2～3ノットの速度で約20分間曳網した。この調査では2005年の調査で採捕された魚類のうち、サケ、カラフトマス幼稚魚を捕食できると考えられた魚類を開腹し、サケあるいはカラフトマス幼稚魚の捕食の有無を調べた。魚種によっても異なるが、魚類では自身の体長の30～60%以上の体長の魚類を捕食することがあることから(佐々木, 1988; 野田ら, 2010), ここでは全長が概ね13 cm以上の魚類の胃内容物を調べた。

なお、胃の中から得られたサケ科魚類の幼稚魚については、被食された直後の個体以外はサケかカラフトマスのどちらであるかを同定することはできなかったため、サケあるいはカラフトマス幼稚魚と記す。

## 結 果

刺網、釣り、表層曳網で採捕され、胃内容物を調べた魚種のリストをTable 1に示す。胃内容物を調べた23種のうち、サケあるいはカラフトマス幼稚魚を捕食していたのはサクラマス*O. masou*, ソウハチ*Hippoglossoides pinetorum*, コマイ*Eleginus gracilis*, クロソイ*Sebastes schlegelii*の4種であった。このうちサクラマスは1個体(2003年6月6日採捕, 全長51.0 cm, 体重2,014 g)で20尾のサケあるいはカラフトマスの幼稚魚を捕食していた(Table 1)。その他の3種では1個体あたり1～2尾のサケあるいはカラフトマスの幼稚

魚を捕食していた。また、表層曳網(2005年6月8日, 距岸7 kmの定点)で採捕したコマイ(全長16.3 cm, 体重25.2 g)の胃内容物は消化が進んでおらず、カラフトマス1尾(尾叉長3.8 cm, 体重0.28 g)を捕食しているのが確認された。

その他の魚種では、ホッケ, キュウリウオ*Osmerus eperlanus mordax*, カジカ科魚類*Cottidae*, アイナメ属魚類*Hexagrammos* spp. が魚類の幼稚魚を捕食していたが消化が進んでおり、サケあるいはカラフトマスの幼稚魚かどうかを同定することはできなかった(Table 1; 最右列)。

## 考 察

本研究では2002～2005年の5～6月、北海道オホーツク海側東部の網走沿岸で刺網、釣り、表層曳網により魚類を採捕し、それらの魚類によるサケあるいはカラフトマス幼稚魚の捕食の有無を調べた。その結果、サクラマス, ソウハチ, クロソイ, コマイの4種がサケあるいはカラフトマスの幼稚魚を捕食しているのが確認された。Nagasawa (1998)は日本沿岸におけるサケ幼稚魚の魚類捕食者を9種記載しているが、そこにはソウハチ, クロソイ, コマイは含まれていないことから、これら3種については本報告がサケあるいはカラフトマスの魚類捕食者として新たな記載となる。

本研究でサケあるいはカラフトマスの幼稚魚の捕食が確認されたのはいずれも5月下旬あるいは6月上旬で、この時期は調査海域とした網走沿岸域においてサケ, カラフト

**Table 1** Number of fish examined for stomach contents, range of total length, and number of fish with juvenile salmon and other species in stomach

Fish examined (species, genus, or family)		Fishing gear	Number of fish examined	Total length (cm) ( Range )	Number of fish with juvenile salmon in stomach	Number of juvenile salmon in stomach	Number of fish with juvenile fish (species unknown) in stomach
1 Masu salmon	<i>Oncorhynchus masou</i>	Gillnet	3	( 34.0 — 51.0 )	1	20	1
2 White-spotted charr	<i>Salvelinus leucomaenis</i>	Gillnet	6	( 19.0 — 28.6 )			
3 Japanese dace	<i>Tribolodon</i> spp. *	Gillnet	1	( 33.2 )			
4 Pointhead flounder	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	Gillnet	38	( 17.1 — 33.8 )	1	1	
5 Starry flounder	<i>Platichthys stellatus</i>	Gillnet	41	( 10.2 — 31.1 )			
6 Cresthead flounder	<i>Pleuronectes schrenki</i>	Gillnet	195	( 20.5 — 39.3 )			
7 Sand flounder	<i>Pleuronectes punctatissimus</i>	Gillnet	60	( 14.2 — 32.6 )			
8 Brown sole	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	Gillnet	17	( 23.4 — 38.8 )			
9 Stone flounder	<i>Kareius bicoloratus</i>	Gillnet	1	( 22.1 )			
10 Barfin flounder	<i>Verasper moseri</i>	Gillnet	2	( 34.3 — 36.6 )			
11 Arabesque greenling	<i>Pleurogrammus azonus</i>	Gillnet	25	( 15.0 — 40.8 )			1
12 Fat greenling	<i>Hexagrammos</i> spp. *	Gillnet	5	( 22.4 — 42.1 )			3
13 Wolf fish	<i>Anarhichas orientalis</i>	Gillnet	3	( 55.0 — 71.0 )			
14 Sculpin	<i>Cottidae</i> *	Gillnet	66	( 17.1 — 54.4 )			2
15 Crested sculpin	<i>Blepsias bilobus</i>	Gillnet	7	( 15.4 — 25.2 )			
16 Long shanny	<i>Stichaeus grigorjewi</i>	Gillnet	5	( 40.6 — 71.3 )			
17 Threesripe rockfish	<i>Sebastes trivittatus</i>	Gillnet	1	( 25.2 )			
18 Kurosoi rockfish	<i>Sebastes schlegelii</i>	Angling	16	( 15.3 — 22.3 )	3	1 - 2	
19 White-edged rockfish	<i>Sebastes taczanowskii</i>	Angling	1	( 18.8 )			
		Gillnet	2	( 15.8 )			
20 Walleye pollock	<i>Theragra chalcogramma</i>	Gillnet	1	( 25.2 )			
		Gillnet	5	( 26.6 — 37.0 )			
21 Saffron cod	<i>Eleginus gracilis</i>	Trawl	6	( 14.1 — 17.3 )	1	1	
		Gillnet	7	( 16.3 — 23.9 )			3
22 Rainbow smelt	<i>Osmerus eperlanus mordax</i>	Trawl	1	( 18.5 )			
23 Japanese halfbeak	<i>Hyporhamphus sajori</i>	Trawl	3	( 27.5 — 30.0 )			

\* species not identified

マス幼稚魚の分布量が最も多い時期にあたる (Nagata *et al.*, 2007)。網走地区ではサケ、カラフトマスの放流事業が盛んに行われており、稚魚は概ね5月に放流される。サケ、カラフトマスの幼稚魚は降海直後には漁港内に多く分布し、その後6月以降、成長や海水温の上昇とともに沿岸の広い範囲に分布するようになる (Nagata *et al.*, 2007)。サケおよびカラフトマスの増殖を目的とした種苗放流ではまとまった数 (数十万尾～数百万尾) の稚魚が一度に放流されることが多く、高い密度で稚魚が分布する時期や場所に魚食性の魚類が分布する場合には捕食される可能性が高いものと考えられる。本研究において網走港内において実施した釣りによる採捕は、港内に稚魚が高い密度で分布する時期を狙って実施したものであり、実際に採捕されたクロソイ16尾のうち3尾がサケあるいはカラフトマスを食べしているのが確認された。本研究では刺網によって多くの魚種を採捕したが、刺し網を海底に仕掛けたために、表層を中心に遊泳するサケあるいはカラフトマス幼稚魚の捕食者を採集する漁具としては効率が低かったのかもしれない。

本研究を実施する前年に、同じ海域において定置網で漁獲された魚類 (アメマス、サクラマス、コマイ、ナガヅカ、ホッケ、ヌマガレイ、ウグイ属魚類、カジカ科魚類) の胃内容物を調べ、このうちコマイとヌマガレイがサケあるい

はサケに類似した稚魚を捕食しているのが確認された (北海道立水産孵化場, 2004)。この際、コマイは全長22.5～30.0cmの2個体が計7尾の稚魚を捕食しており、ヌマガレイでは全長21～36cmの11個体が計11尾の稚魚を捕食していた (未発表資料)。ただし、定置網で漁獲された魚類では入網した後に捕食した可能性があるため自然条件下とは異なるものと考えられ、本研究で刺網により採捕したヌマガレイ41尾ではサケ、カラフトマスの捕食は確認できなかった (Table 1)。一方、表層曳網で採捕されたコマイではカラフトマスの捕食が確認された。ただし、この場合も曳網中に網の内部でコマイがカラフトマス幼魚を捕食した可能性を完全に否定することはできない。これらのことから、定置網で漁獲された魚種による捕食情報を手掛かりとして、調査に妥当な時期、場所、採集方法などの検討をすることが捕食者の調査には効果的であるものと思われる。

本報告では3種を新たにサケ、カラフトマス幼稚魚の捕食者として記載したが、我が国ではサケ属魚類幼稚魚の捕食者に関する情報は依然として少ない (長澤・埴山, 1995; 長澤・真山, 1997; Nagasawa, 1998)。捕食者を把握することはサケ属魚類の資源変動の評価に重要な要素であると考えられるので、捕食者に関する情報を今後も蓄積することが重要である。

## 謝 辞

本研究は網走地区のサケの回帰率向上を図ることを目的として, 網走漁業協同組合, 網走合同定置漁業, 網走市役所, 網走地区水産技術普及指導所, 北海道網走支庁(現オホーツク総合振興局)と共同で実施した調査の一環として実施しました。現地調査において中心的な役割を担っていただきました道水産技術普及指導所の河村治夫氏, 網走漁業協同組合の吉田裕次氏はじめ, 調査にご協力いただきました皆様に厚くお礼申し上げます。また, 本報告の原稿を読み貴重なお助言をいただいた, さけます・内水面水産試験場前場長の河村 博博士に感謝申し上げます。

## 引用文献

- Asami H, Hayano H. Feeding ecology of juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou* in the coasts of Hokkaido with special reference to stomach contents. *Fish. Sci.* 1995; 61: 590–593.
- Hargreaves NB. A field method for determining prey preferences of predators. *Fish. Bull.* 1988; 86: 763–771.
- 北海道立水産孵化場. サケ回帰率向上対策試験. 平成14年度事業成績書, 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2004; 94–99.
- Kawamura H, Kudo S, Miyamoto M, Nagata M, Hirano K. Movements, food and predators of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) entering the coastal Sea of Japan off northern Hokkaido in warm and cool years. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 2000; 2: 33–41.
- Nagasawa K. Fish and seabird predation on juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Japanese coastal waters, and an evaluation of the impact. *N. Pac. Anadr. Fish*

*Comm. Bull.* 1998; 1: 480–495.

Nagasawa K, Azumaya T, Ishida Y. Impact of predation by salmon shark (*Lamna ditropis*) and daggertooth (*Anotopterus nikparini*) on Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) stocks in the North Pacific Ocean. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 2002; 4: 33–41.

長澤和也, 埴山雅秀. 日本沿岸水域における魚類と鳥類によるサケ幼稚魚の捕食. 北海道さけ・ますふ化場研報 1995; 49: 41–53.

長澤和也, 真山 紘. 日本沿岸域におけるサケ幼稚魚の魚類捕食者の追加とサクラマス幼魚の捕食者としての重要性. 魚と卵 1997; 166: 29–33.

Nagata M, Ando D, Fujiwara M, Miyakoshi Y, Sawada M, Shimada H, Asami H. A shift in pink salmon dominance in the Okhotsk Sea of Hokkaido in relation to coastal environment during early sea life. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 2007; 4: 237–240.

野田 勉, 長倉義智, 熊谷厚志, 青野英明. クロソイの飼育において共食いが発生する条件. 栽培漁業センター技報 2010; 11: 11–13.

Parker RR. Marine mortality schedules of pink salmon of the Bella Coola River, central British Columbia inlet. *J. Fish. Res. Bd Canada* 1986; 25: 757–794.

佐々木文雄. 積丹海域に來遊するサクラマス *Oncorhynchus masou* (BREVOORT) 未成魚について. 「昭和62, 63年度 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究 (マリンランディング計画) プロGRESS・レポート サクラマス (8)」。水産庁北海道さけ・ますふ化場, 札幌. 1988; 191–234.

Takami T, Aoyama T. White-spotted charr predation on juvenile chum salmon in coastal waters in northern Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery* 1997; 51: 57–61.



## 試験研究業績（外部への発表）平成23年度

### 資源管理部門

日本海海域におけるスケトウダラ仔稚魚，未成魚分布調査：板谷和彦（稚内水試），志田 修（中央水試）平成23年度音響資源調査情報交換会要旨集，p.23，2012.3

岩内湾周辺におけるスケトウダラ産卵群の音響推定量と延縄による漁獲量の関係：山崎雄太（北大水），向井 徹（北大院水），志田 修（中央水試），飯田浩二（北大院水）平成23年度音響資源調査情報交換会要旨集，p.22，2012.3

日本海海域におけるスケトウダラ成魚分布調査：志田 修（中央水試），本間隆之（函館水試），板谷和彦（稚内水試）平成23年度音響資源調査情報交換会要旨集，p.21，2012.3

事例調査報告 北海道西岸の石狩湾周辺のニシンについて：山口幹人（中央水試）日本沿岸域における漁業資源の動向と漁業管理体制の実態調査－平成22年度事業報告－ 財団法人東京水産振興会，p.9－22，2011.9

Vertical distribution of walleye pollock juveniles before and after the period of transition for feeding in Funka Bay, Hokkaido, Japan : Yohei Kawauchi, Osamu Shida（中央水試），Hiroya Okumura（水産研究本部），Naoki Tojo, Hiroki Yasuma, and Kazushi Miyashita, J. Mar. Sci. Tech., 19, p.279－286, 2011.9

北海道西部日本海におけるホッコクアカエビに対するえびかごの網目選択性と網目拡大による漁獲量の変化：山口浩志（中央水試），西内修一（栽培水試），高柳志朗（中央水試），宮下和士 日本水産学会誌，77(3)，p.809－821，2011.10

道北日本海の一定点における過去20年間（1990～2009年）のカイアシ類*Neocalanus*属の出現傾向：浅見大樹，高嶋孝寛（中央水試）平成23年度水産海洋学会講演要旨集，p.94，2011.11

ホッケ道北群における再生産モデルの検討：高嶋孝寛，品田晃良，星野 昇，西田芳則（中央水試），前田圭司，板谷和彦，後藤陽子（稚内水試），田中伸幸（網走水試），平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.7，2011.9

北海道日本海沿岸に來遊するトドの餌種組成およびその多様性：後藤陽子，和田昭彦，前田圭司（稚内水試），三橋正基（釧路水試），星野 昇，高嶋孝寛，高柳志朗（中央水試），服部 薫，磯野岳臣，山村織生 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.123，2011.9

計量魚探によるホッケに対する漁況予測調査：板谷和彦（稚内水試），高嶋孝寛，浅見大樹（中央水試）平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.11，2012.3

石狩湾におけるホタテガイ浮遊幼生の滞留と海水交換：西田芳則，浅見大樹（中央水試）平成23年度水産海洋学会講演要旨集，p.9，2011.11

オホーツク海の有毒渦鞭毛藻*Alexandrium tamarense*のブルーム発生とホタテガイの毒化：嶋田 宏，澤田真由美，田中伊織，浅見大樹（中央水試），深町 康 日本水産学会誌，77(3)，p.439，2011.5

道東，道南太平洋，北部日本海，オホーツク海における動物プランクトンバイオマス組成の季節変化と経年変動：嶋田 宏（中央水試）2011年日本ベントス学会，プランクトン学会合同大会講演要旨集，p.118，2011.9

春季の噴火湾内外における沿岸環境と貝毒原因プランクトンの分布動態：嶋田 宏，品田晃良（中央水試），青山智哉，



宮腰靖之（さけます内水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.199, 2012.3

能取湖の低次生産と貧酸素化:品田晃良（中央水試）, 西野康人, 佐藤智希, 菊地隆太, 工藤亮太, 瀬戸鈴代, 松井大宇  
沿岸海洋研究, 49, p.31-35, 2011. 8

海洋環境がホッケ道北系群の加入量に与える影響:品田晃良, 高嶋孝寛, 西田芳則（中央水試）, 前田圭司（稚内水試） 2011  
年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, p.193, 2011.9

利尻島における1年目リシリコンブ現存量変動要因の解明:品田晃良（中央水試）, 川井唯史（稚内水試） 2012年度日本  
海洋学会春季大会講演要旨集, p.203, 2012.3

貧栄養海域におけるDIN添加による海藻類のTNおよび $\delta^{15}\text{N}$ の変化:栗林貴範（中央水試）, 赤池章一（函館水試）, 門谷  
茂, 南川雅男 2011年度日本地球化学会第58回年会講演要旨集, p.258, 2011.9

海藻分析から得られた北海道日本海における100年前の沿岸窒素環境が現在と異なっていた可能性を示唆する科学デー  
タ:栗林貴範（中央水試）, 阿部剛史, 門谷 茂 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.156, 2012.3

栄養塩添加による磯焼け漁場藻場再生調査4ー施肥による栄養塩分布の変化と藻場再生の検証ー:栗林貴範, 品田晃良,  
浅見大樹（中央水試）, 赤池章一, 吉田秀嗣（函館水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.65, 2012.3

オホーツク沿岸域における貝毒発生予測研究:田中伊織, 嶋田 宏(中央水試), 深町 康(北大低温研) 海洋と生物, 33(5),  
p.474-482, 2011.10

餌生物転換期におけるスケトウダラ稚魚の鉛直分布の昼夜変化:川内陽平（北大院環）, 千村昌之（水研セ北水研）, 武  
藤卓志（栽培水試）, 渡野邊雅道（函館水試）, 岩木道郎（北大水）, 山本 潤・宮下和士（北大フィールド科セ） 平  
成23年度日本水産学会北海道支部大会要旨集, B18, 2011.11

根室海峡スケトウダラ来遊時期の変化について:石田宏一（釧路水試） 2012（平成24）年度日本水産学会春季大会講演  
要旨集, p.19, 2012.3

オホーツク海の天然資源の管理について:宮園 章（網走水試） 北海道海洋生物科学研究会シンポジウム「水産資源の  
持続可能な保全・管理」要旨集, p.3, 2011. 6

Otolith microstructure of brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini*: validation of daily ring formation and the occurrence of  
microstructure denoting metamorphosis. Joh, M. (網走水試), Matsuda, T., Satoh, N. (栽培水試), Tanaka, N. (網走水試),  
Ueda, Y. (栽培水試), Fish. Sci., 77(5), p.773-783, 2011.9

Wintering ecology and population management of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Hokkaido : Kaoru Hattori, Yoko Goto,  
Akihiko Wada (稚内水試), Isono Takeomi, Yasunori Sakurai and Orio Yamamura 第2回オホーツク生態系保全日露協力シ  
ンポジウム要旨集, p.10-11, 2011.5

宗谷海峡におけるミズダコの成熟状態の季節変化:佐野 稔（稚内水試）, 坂東忠男, 三原行雄（中央水試） 日本水産  
学会誌, 77(4), p.616-624, 2011.7

北海道日本海沿岸におけるトドによる漁業被害と地域漁業との関係:和田昭彦, 後藤陽子, 前田圭司（稚内水試）, 山村  
織生 日本哺乳類学会2011年度大会プログラム・講演要旨集, p.164, 2011.9

北海道猿払沖からロシアに北上するトド妊娠雌の回遊と潜水行動：高橋菜里，服部 薫，後藤陽子，和田昭彦（稚内水試），中野渡拓也，大島慶一郎，三谷曜子 日本哺乳類学会2011年度大会プログラム・講演要旨集，p.165，2011.9

PRELIMINARY RESULTS OF STUDIES ACCORDING TO THE PROGRAM “COMPARATIVE STUDY BY HRO(FRD) AND SAKHNIRO IN THE KELP *SACCHARINA JAPONICA* FOREST. OCEANOGRAPHY AND ECOLOGY IN THE KELP GROUND”：T. Kawai（稚内水試），D.A.Galanin, Y.Nishida（中央水試），E.M.Latkovskaya, N.Kuribayashi, G.V.Shevchenko, T.G.Koreneva, H.Goda（稚内水試），A.R.Repnikova, O.V.Kusaylo Abstracts of the Fourth International Scientific and Practical Conference ” MARINE COASTAL ECOSYSTEMS. SEAWEEDS, INVERTEBRATES AND PRODUCTS OF THEIR PROCESSING”，p.43，2011.9

北海道日本海沿岸に来遊するトドの餌種組成およびその多様性：後藤陽子，和田昭彦，前田圭司（稚内水試），三橋正基（釧路水試），星野 昇，高嶋孝寛，高柳志朗（中央水試），服部 薫，磯野岳臣，山村織生 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.123，2011.9

北海道北部沿岸域におけるなまこけた網の漁獲効率の推定：佐野 稔，前田圭司（稚内水試），高柳志朗（中央水試），和田雅昭，畑中勝守，菊池 肇，宮下和士 2011年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集，p.101，2011.11

漁業情報を用いた北海道北部沿岸域におけるマナモコの資源量推定：佐野 稔，前田圭司（稚内水試），高柳志朗（中央水試），和田雅昭，畑中勝守，本前伸一，菊池 肇，宮下和士 日本水産学会誌，77（6），p.999－1007，2011.11

ソ連時代から続く日ロ研究交流：夏目雅史，鳥澤 雅（水産研究本部），吉田英雄（稚内水試） 日本水産学会誌，77（6），p.1131－1135，2011.11

北海道オホーツク海沿岸におけるケガニ資源の変動要因：三原栄次（稚内水試），田中伸幸（網走水試），三原行雄，西田芳則，田中伊織（中央水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.187，2012.3

北海道沖日本海えび漕ぎ網漁場における底生水産資源の分布構造：佐野 稔，前田圭司（稚内水試），山口浩志，高柳志朗（中央水試），和田雅昭，新美礼彦，畑中勝守 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.171，2012.3

渡島半島日本海沿岸における海生哺乳類，特に鰭脚類の出現と漁業被害：小林由美，條野真奈美，後藤陽子（稚内水試），服部 薫，桜井泰憲 北海道大学水産科学研究彙報，61（2/3），p.75－82，2011.12

Molecular Phylogeny of a Red-Snow-Crab Species Complex using Mitochondrial and Nuclear DNA Markers :Noriko Azuma, William S. Grant, William D. Templin, Yasushi Kunihiro（栽培水試），Eiji Mihara（稚内水試），Takashi Yanagimoto and Syuiti Abe *Zoological Science* , 28(4), p.286－292，2011.4

（平成22年度分）

ホッケ道北群における低豊度年級群の検出とその発生要因：高嶋孝寛，星野 昇，浅見大樹（中央水試），前田圭司，板谷和彦，後藤陽子（稚内水試），岡田のぞみ（栽培水試），室岡瑞恵，田中伸幸（網走水試） 平成23年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.20，2011.3

北海道日本海におけるハタハタの資源動態について：星野 昇（中央水試） 平成23年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.20，2011.3

## 資源増殖部門

日本海ニシン資源増大の取り組み 1) 種苗放流技術：瀧谷明朗（中央水試） 平成23年度「育てる漁業研究会（北海道におけるニシン資源の現状）」講演要旨集，p.13－19，2012.1

アサリの成長・生残に適した育成場の選定：櫻井 泉，秦 安史（中央水試），中山威尉（北海道庁），前川公彦（サロマ湖養殖組合）・山田俊郎（西村組），桑原久実，齋藤 肇（水研セ水工研），田中良男（東京久栄），2011年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.128，2011.9

ウバガイによる水質浄化効果の便益額算定の試み：櫻井 泉，青山俊生（中央水試），神田謙治（北海道庁），木村哲晃（北海道庁），松浦謙二（根室振興局），平成23年度日本水産工学会学術講演会論文集，p.73－76，2011.11

ホッキガイの濾水活動による水質浄化効果の評価：櫻井 泉，青山俊生（中央水試），神田謙治（北海道庁），木村哲晃（北海道庁），松浦謙二（根室振興局），2011年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集，p.103，2011.11

寒冷地におけるアサリの成育に適した漁場利用に関する研究：櫻井 泉，秦 安史（中央水試），中山威尉（釧路総合振興局），前川公彦（サロマ湖養殖組合），山田俊郎（西村組），寒地技術論文・報告集，Vol.27，p.273－276，2011.11

波浪によるウニ摂餌圧の制御機能を付加したウニ増殖礁の効果：金田友紀，干川 裕，秋野秀樹（中央水試），高橋和寛（栽培水試），第10回全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集，p.75－80，2011.11

ホッキガイの蓄養管理に関する研究：櫻井 泉，青山俊生（中央水試），三小田和宏，三小田吉邦（マルゼン食品），村上寿雄（M2カンパニー），2012年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.198，2012.3

チシマタマガイによるアサリの食害防止フェンスの開発に関する水槽試験：秦 安史，櫻井 泉（中央水試），前川公彦（サロマ湖養殖組合），山田俊郎（西村組），2012年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.206，2012.3

外来種ヨーロッパザラボヤ 一二枚貝養殖漁業における新たな脅威－：金森 誠・馬場勝寿（函館水試），吉田 達（地独青森産技セ），野呂忠勝（岩手水技セ），千田康司（宮城水技総セ） 2011年度日本付着生物学会 総会・研究集会（東京）研究発表要旨集，p.8，2011.5

北海道の噴火湾および日高海域に放流したマツカワ人工種苗の再捕水深：吉田秀嗣（函館水試），高谷義幸（中央水試），松田泰平（栽培水試）水産技術，4(2)，p.39－49，2012.3

噴火湾における球形シャットネラ *Chattonella globosa* の初報告：夏池真史（北大院水），金森 誠・馬場勝寿（函館水試），山口 篤・今井一郎（北大院水） 北海道大学大学院水産科学研究彙報，62(1)，p.9－13，2012.3

北海道噴火湾のホタテガイ養殖に被害を与えたヨーロッパザラボヤ *Ascidella aspersa* のDNA塩基配列による同定：大原 一郎・斉藤憲治・重信裕弥（水研セ中央水研），長谷川夏樹（水研セ北水研），金森 誠・馬場勝寿（函館水試），X.Turon（Center Adv. St. Blanes, Spain），J.Bishop（Lab. Mar. Biol. Assoc., UK），西川輝昭（東邦大・理） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.147，2012.3

北海道の二枚貝養殖漁場に侵入した外来ホヤについて：金森 誠・馬場勝寿（函館水試），西川輝昭（東邦大・理）2012年度日本付着生物学会 総会・研究集会（東京）研究発表要旨集，p.9，2012.3

希少種マツカワおよびその他カレイ目魚類の常磐海域における過去（1986～1999年）の漁獲状況：和田敏広（福島水試），

神山享一（福島水試），萱場隆昭，佐々木正義（釧路水試） 水産増殖，59(3)，p.489－497，2011

低温蓄養による羅臼産エゾバフンウニの出荷時期調整技術の開発：萱場隆昭（釧路水試） 平成23年度水産業関係研究開発推進会議にかかる研究成果情報（水研センターホームページ）

ウニ類の温度馴致技術による出荷時期調整：萱場隆昭（釧路水試），村田裕子 日本水産学会誌，78(1)，p.77，2012.1

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－1，再生産促進を目指した放流マツカワの産卵生態の解明：萱場隆昭（釧路水試），村上 修（栽培水試），吉田秀嗣（函館水試），和田敏裕，神山享一，河邊 玲，澤口小有美，市川 卓，福永辰廣 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.72，2012.3

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－2，標本成熟度調査による放流マツカワの性成熟・産卵生態の解明：萱場隆昭（釧路水試），和田敏裕，神山享一，村上 修（栽培水試），吉田秀嗣（函館水試），澤口小有美，市川 卓 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.72，2012.3

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－3，常磐海域を中心とした東北海域におけるマツカワの漁獲実態：和田敏裕，神山享一，村上 修（栽培水試），佐々木正義（釧路水試），萱場隆昭（釧路水試） 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.73，2012.3

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－4，バイオロギングによる産卵回遊調査：河邊 玲，萱場隆昭（釧路水試），中塚直征，勝又博子，澤口小有美，市川 卓，村上 修，岡田のぞみ（栽培水試），和田敏裕，神山享一 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.73，2012.3

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－5，産卵遊泳の抽出による個体の天然での産卵期推定：勝又博子，萱場隆昭（釧路水試），安田十也，澤口小有美，市川 卓，村上 修，岡田のぞみ，和田敏裕，神山享一，中塚直征，河邊 玲 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.73，2012.3

「幻のカレイ・マツカワ」の産卵生態に関する研究－6，バイオロギングによる放流マツカワの位置推定手法の開発：稲葉藍，安田十也，萱場隆昭（釧路水試），澤口小有美，市川 卓，村上 修，岡田のぞみ（栽培水試），和田敏裕，神山享一，中塚直征，勝又博子，河邊 玲 平成24年度日本水産学会講演要旨集，p.73，2012.3

北海道利尻島における藻場資源の分布とその特徴：秋本 泰，長谷川一幸，田中和弘，松村知明，村田眞司，川井唯史（稚内水試），本家一彦 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.70，2011.9

ロシア・サハリン州と日本におけるガゴメコンブの分布に関する情報：ガラニン ドミトリー，四ツ倉典，川井唯史（稚内水試） Algal Resources，4，p.1－7，2011.9

Elucidation of genetic diversity of *Saccharina japonica* in northern part of Japan based on DNA fragment analyses: Takashi Maeda, Tadashi Kawai（稚内水試），Yoshkazu Fujikawa, Shinji Kiriara, Masahiro Nakaoka and Norishige Yotsukura The 6th Asian Pacific Phycological Forum(APPF 2011)，2011.10

黒い仔魚の体色が変態期に薄れるマツカワの色素胞発現－白い仔魚が着色するヒラメとの比較－：吉川尚樹（京大院農），松田泰平（栽培水試），田川正朋（京大フィールド研セ） 2011（平成23）年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，109項，p.111，2011，9

栽培水試における種苗生産技術開発の現状：齊藤節雄（栽培水試） 育てる漁業，No.452，p.3－7，2011.9

Sex ratio and growth performance of gynogenetic diploid barfin flounder *Verasper moseri*: Tatsunari Mori, Setsuo Saito, Taihei Matsuda (栽培水試), Takaaki Kayaba (釧路水試), Chiharu Kishioka, Zineb Lahrech and Katsutoshi Arai *Aquaculture Sci.*, 59(3), p.375–382, 2011.9

タラバガニゾエア幼生の摂餌生態: 川崎琢真, 田村亮一, 松田泰平 (栽培水試) 日本水産学会北海道支部大会講演要旨集, B03, 2011.11

FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Stichopus japonicus*. : Yuichi Sakai (栽培水試),  
< [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Stichopus\\_japonicus/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Stichopus_japonicus/en) > (2011). 11

マナマコの卵巣に寄生する原虫: 鶴沼辰哉 (北水研), 山野恵祐 (増養殖研), 津田法子 (増養殖研), 澤口小有美 (北水研), 釜石 隆 (増養殖研), 酒井勇一 (栽培水試) 第8回棘皮動物研究集会講演要旨集, p.32, 2011.12

北海道における種苗生産技術開発の現状と今後について: 齊藤節雄 (栽培水試) 豊かな海, No. 26, p.26–29, 2012.3

ドコサヘキサエン酸要求に着目したマガレイの健苗性向上に関する研究: 佐藤敦一 (栽培水試) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.232, 2012.3

再生産促進を目指した放流マツカワの産卵生態の解明: 萱場隆昭 (釧路水試)・村上 修 (栽培水試)・吉田秀嗣 (函館水試)・和田敏裕 (福島水試)・河邊 玲 (長大海セ)・澤口小有美 (水研セ北水研) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.531, 2012.3

標本成熟度調査による放流マツカワの性成熟・産卵生態の解明: 萱場隆昭 (釧路水試)・和田敏裕 (福島水試)・村上 修 (栽培水試)・吉田秀嗣 (函館水試)・河邊 玲 (長大海セ)・澤口小有美 (水研セ北水研) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.532, 2012.3

常磐海域を中心とした東北海域におけるマツカワの漁獲実態: 和田敏裕・神山享一 (福島水試)・村上 修 (栽培水試)・佐々木正義・萱場隆昭 (釧路水試) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.533, 2012.3

バイオロギングによる産卵回遊調査: 河邊 玲 (長大海セ)・萱場隆昭 (釧路水試)・中塚直征 (長大院水環)・勝又博子 (長大院生産)・澤口小有美 (水研セ北水研)・村上 修・岡田のぞみ (栽培水試)・和田敏裕 (福島水試) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.534, 2012.3

産卵遊泳の抽出による個体の天然での産卵期推定: 勝又博子 (長大院生産)・萱場隆昭 (釧路水試)・安田十也 (水研セ西水研)・澤口小有美・市川 卓 (水研セ北水研)・村上 修・岡田のぞみ (栽培水試)・和田敏裕・神山享一 (福島水試)・中塚直征 (長大院水環)・河邊 玲 (長大海セ) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.535, 2012.3

バイオロギングによる放流マツカワの位置推定手法の開発: 稲葉 藍 (長大水)・安田十也 (水研セ西水研)・萱場隆昭 (釧路水試)・澤口小有美・市川 卓 (水研セ北水研)・村上 修・岡田のぞみ (栽培水試)・和田敏裕・神山享一 (福島水試)・中塚直征 (長大院水環)・勝又博子 (長大院生産)・河邊 玲 (長大海セ) 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.536, 2012.3

#### さけます資源部門

春季および初夏の根室湾における海水の鉛直輸送: 小熊幸子, 東屋知範, 門谷 茂, 永田光博 (さけます内水試) 海の



研究, 20(3・4), p.85 – 100, 2011.7

Seasonal variations in and effect of incubation water temperature on vertebral number in naturally spawning chum salmon, *Oncorhynchus keta*: Daisei Ando, Yoshihito Shinriki, Yasuyuki Miyakoshi, Hirokazu Urabe, Ryohei Yasutomi, Tomoya Aoyama, Yoshitaka Sasaki (さけます内水試), and Masamichi Nakajima. Fisheries Science, 77(5), p.709–807, 2011.9

Effects of smolt size and timing of migration on recovery rate of wild masu salmon *Oncorhynchus masou*: Yasuyuki Miyakoshi (さけます内水試) and Sei-ichi Saitoh. Fisheries Science, 77(6), p.939 – 944, 2011.11

Latitudinal variation in the number of pectoral fin rays in juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou masou* on the Sea of Japan side of Hokkaido Island: Daisei Ando, Hirokazu Urabe, Hayato Saneyoshi, Kazutaka Shimoda, Yoshihito Shinriki, Tomoya Aoyama (さけます内水試), and Masamichi Nakajima. Aquaculture Science, 60(1), p.143 – 145, 2012.3

Current hatchery programs and future stock management of chum salmon in Hokkaido, northern Japan: Yasuyuki Miyakoshi, Mitsuhiro Nagata (さけます内水試), Shuichi Kitada, and Masahide Kaeriyama. The 4th International Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching (China) Book of Abstracts, p.66 – 67, 2011.4

音響ビデオによる水中構造物及び水中生物の3次元撮影法について：浅田 昭，卜部浩一，佐々木義隆（さけます内水試） 2011年度海洋音響学会研究発表会講演要旨集, p.59 – 60, 2011.5

越冬期の微生物環境がサクラマス幼魚の生残率に与える影響：卜部浩一，虎尾 充（さけます内水試） 応用生態工学会第15回研究発表会講演集, p.137 – 138, 2011.9

渓流域におけるサクラマス幼魚の越冬に適した微生物環境の分布特性：卜部浩一，宮腰靖之，真野修一，中島美由紀，川村洋司（さけます内水試） 応用生態工学会第15回研究発表会講演集, p.139 – 140, 2011.9

北海道須築川の砂防ダム上下流に分布するサクラマス等魚類：楠田 聡，大森 始，大久保進一（さけます内水試） 応用生態工学会第15回研究発表会講演集, p.161 – 162, 2011.9

北海道日高地方におけるサケの自然産卵：宮腰靖之，卜部浩一（さけます内水試），三島啓雄，高田雅之 応用生態工学会第15回研究発表会講演集, p.165 – 166, 2011.9.

Recent patterns in return rate of chum salmon to different regions of Hokkaido: Yasuyuki Miyakoshi and Mitsuhiro Nagata (さけます内水試) North Pacific Anadromous Fish Commission International Workshop (Canada) Book of Abstracts, p.9, 2011.10

Distribution and abundance of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Nemuro Bay, eastern Hokkaido, Japan: Kiyoshi Kasugai, Mitsuru Torao (さけます内水試), Hiroshi Kakizaki, Hiroshi Adachi, Hiromi Shinhama, Yutaka Ogasawara, Shinji Kawahara, Tsutomu Arauchi and Mitsuhiro Nagata (さけます内水試) North Pacific Anadromous Fish Commission International Workshop (Canada) Book of Abstracts, p.41, 2011.10

Research on straying of pink salmon in Hokkaido: Yasuyuki Miyakoshi, Mitsuru Torao, Makoto Fujiwara and Kiyoshi Kasugai (さけます内水試) The State of the Salmon Pink and Chum Salmon Hatchery Straying Workshop (Canada), 2011.10

シブリング法によるサケ来遊数の漁期前予測の予測誤差：宮腰靖之，永田光博（さけます内水試）平成23年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集, B08, 2011.11

根室湾におけるサケ稚魚の摂餌状況：春日井潔，虎尾 充，永田光博（さけます内水試），岩渕雅輝 平成23年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集，B15，2011.11

北海道東部網走沿岸におけるカラフトマスの海洋初期生活：藤原 真，安藤大成，隼野寛史，宮腰靖之（さけます内水試），嶋田 宏（中央水試） 平成23年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集，B16，2011.11

北海道のサケ資源変動と増殖の課題：宮腰靖之（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.9，2011.12

カラフトマスふ化場魚と野生魚の河川回帰：虎尾 充（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.10，2011.12

根室湾におけるサクラマススモルトの降海状況：春日井潔（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.19，2011.12

北海道東部網走沿岸におけるカラフトマスの海洋初期生活：藤原 真，安藤大成，隼野寛史，宮腰靖之（さけます内水試），嶋田 宏（中央水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.20，2011.12

北海道オホーツク管内における野生サケの分布と遡上数：卜部浩一，宮腰靖之，佐々木義隆，永田光博（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.27，2011.12

見市川におけるサクラマスの河川遡上と自然再生産の現状について：楠田 聡，大森 始，青山智哉，飯嶋亜内，村上 豊，大久保進一，卜部浩一，宮腰靖之（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.28，2011.12

天然さけ・ますのお話し：佐々木義隆（さけます内水試） 第27回北方圏国際シンポジウム公開講座講演要旨集，p.1，2012.2

音響カメラを使ったシロサケ遡上量調査について：佐々木義隆（さけます内水試） 平成23年度音響資源調査情報交換会要旨集，p.14，2012.2

北海道北見管内における野生サケの分布と遡上数：卜部浩一，宮腰靖之，佐々木義隆，永田光博（さけます内水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.20，2012.3

サクラマスの銀化に伴うインスリン様成長因子-Iの変化と鰹 $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ -ATPaseとの関係：下村孝弘，中嶋拓郎，堀越萌李，飯嶋亜内，卜部浩一，水野伸也（さけます内水試），平松尚志，原 彰彦，清水宗敬 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.38，2012.3

形状の異なる河川から放流したカラフトマスの母川選択性の差異：虎尾 充，宮本真人，春日井潔，坂本博幸，小林美樹（さけます内水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.51，2012.3

河川生活期におけるサケ稚魚の摂餌状況：實吉隼人，卜部浩一，春日井潔，宮腰靖之，藤原 真，青山智哉，川村洋司，宮本真人（さけます内水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.62，2012.3

カラフトマスの海洋初期生活期における摂餌生態：藤原 真，安藤大成，隼野寛史，宮腰靖之（さけます内水試），嶋田 宏（中央水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.62，2012.3

北海道石狩川支流におけるサケの自然再生産個体群：宮腰靖之，安藤大成，卜部浩一，神力義仁，安富亮平，佐々木義隆（さけます内水試），高橋昌也 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.63，2012.3

石狩川水系におけるサケの脊椎骨数の特徴：安藤大成（さけます内水試），佐藤俊平，神力義仁，安富亮平，下田和孝

（さけます内水試）、有賀 望，中嶋正道 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.149，2012.3

サクラマス遺伝的多様性と河川内分集団構造：三上高史，佐藤正人，安藤大成（さけます内水試），中嶋正道 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.149，2012.3

## 内水面資源部門

水産研究のフロントから「ヤツメウナギ保全・増殖の国際フォーラムに参加して：楠田 聡（さけます内水試） 日本水産学会誌，77(5)，p.945，2011.9

魚類の生息環境の改善を目的とした河川修復事業の長期的効果：下田和孝，神力義仁，川村洋司（さけます内水試），佐藤弘和，長坂晶子，長坂 有 応用生態工学，14(2)，p.123－137，2011.12

電気ショックボートによる外来魚の駆除調査 外来魚抑制管理技術開発事業報告書～有害外来魚駆除マニュアル及び研究報告～：工藤 智（さけます内水試），独立行政法人水産総合研究センター，p.82－92，2012.3

Artificial propagation of arctic lamprey in Japan: Satoshi Kusuda（さけます内水試） First International Forum on the Recovery and Propagation of Lamprey (U.S.A.)，2011.4

カワヤツメの孵化技術と増殖への試み：楠田 聡，大森 始，竹内勝巳（さけます内水試），応用生態工学会第15回研究発表会講演集，p.17－18，2011.9

卵の粘性除去，孵化率，胚及び孵化仔魚の健苗性に与えるワカサギ卵への緑茶抽出物溶液浴の効果：水野伸也（さけます内水試），川上 優，寺西哲夫，小出展久（さけます内水試），上田 宏 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.126，2011.9

抗シジミベテリン抗体を用いたヤマトシジミの雌雄判別：寺西哲夫，水野伸也，小出展久（さけます内水試），田中 浩，桑田 博，平松尚志，足立伸次 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.136，2011.9

シロザケ稚魚の細菌性鰓病の治療に与える食塩水，食酢水並びに海洋深層水浴の効果：水野伸也，畑山 誠，宮本真人，坂本博幸，小出展久（さけます内水試） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.140，2011.9

サケマス類の遡上親魚の遺骸が河川水に与える影響：中島美由紀（さけます内水試），石川 靖，佐々木典子，安富亮平，下田和孝（さけます内水試），南川雅男 生物地球化学研究会10周年記念セッション要旨集，p.355，2011.10

サケ由来の元素の遡上河川周辺における分布と動態：仁科健二，長坂 有，中島美由紀（さけます内水試） 2011年度日本地球化学会第58回年会要旨集，p.17，2011.11

サケ科及びキュウリウオ科魚類の種苗生産技術向上に関する研究：水野伸也（さけます内水試） 第10回日本農学進歩賞受賞講演会，2011.11

生理学から見た野生魚とふ化場魚との差異：水野伸也（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.11，2011.12

サクラマスにおける細菌性腎臓病の垂直感染防止試験：畑山 誠（さけます内水試） 第5回サケ学研究会講演要旨集，p.23，2011.12

生理学的手法を用いたワカサギ発眼卵の健苗性評価：水野伸也，畑山 誠，真野修一，隼野寛史，小出展久（さけます内水試），川尻敏文，佐々木昇，川上 優，上田 宏 第16回ワカサギに学ぶ会講演要旨集，p.15，2012.1

澱湖における2010年度の調査結果と今後の展望：真野修一（さけます内水試） 第16回ワカサギに学ぶ会講演要旨集，p.17，2012.1

シシヤモ資源を管理するため河川が果たす役割：工藤 智（さけます内水試） 第13回技術者交流フォーラム，2012.1

シジミの増殖事業について：渡辺智治（さけます内水試） 第27回北方圏国際シンポジウム公開講座講演要旨集，p.2-3，2012.2

天塩パンケ沼におけるヤマトシジミの産卵様式：寺西哲夫，水野伸也，小出展久（さけます内水試），守山義昭，田中 浩，大川和之，足立伸次 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.175，2012.3

甲状腺ホルモン受容体遺伝子の発現量を指標としたワカサギ胚の健苗性評価：水野伸也，畑山 誠，真野修一，隼野寛史，小出展久（さけます内水試），川尻敏文，佐々木昇，川上 優，上田 宏 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.181，2012.3

食酢水浴及び海洋深層水浴によるサケ稚魚原虫症の治療：水野伸也，畑山 誠，宮本真人，坂本博幸，小出展久（さけます内水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.182，2012.3

## 加工利用部門

ホタテガイの活力と生体内エネルギー成分の関係：武田忠明，櫻井 泉（中央水試），今村琢磨（道食加研），埜澤尚範（北大院水） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.130，2011.9

麻痺性貝毒プランクトン給餌によるホタテガイ高毒化と部位別毒性について：三上加奈子，武田忠明，嶋田 宏（中央水試） 平成23年度水産利用関係研究開発推進会議 水産利用加工技術部会資料，p.20-20，2011. 11

ウロコメガレイ冷凍すり身の特性：蛸谷幸司，菅原 玲，北川雅彦（中央水試），今村琢磨（道食加研） 平成23年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集，A03，2011.11

道産チジミコンブの時期別成分含量について：小玉裕幸（中央水試），福士暁彦（釧路水試），合田浩朗，川井唯史（稚内水試） 平成23年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集，A06，2011. 11

ウロコメガレイ冷凍すり身の特性：蛸谷幸司，菅原 玲，武田忠明，北川雅彦（中央水試），長谷川一美（布川加工所），今 裕（マルハ橋本商会），船津保宏（酪農大），今村琢磨（道食加研），今野久仁彦（北大院水） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.186，2012. 3

ホッキガイの干出が活力とエネルギー成分に与える影響：武田忠明，櫻井 泉（中央水試），埜澤尚範（北大院水），三小田和宏，三小田吉邦（マルゼン食品），村上寿雄（M2 カンパニー） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.201，2012. 3

11章ヒトデー産出の実態および処理と利用の取り組み：福士暁彦（釧路水試），佐田正蔵，高橋是太郎 農・水産資源の有効利用とゼロエミッション，恒星社厚生閣，p.157-163，2012.9

鯨肉及び脂皮の鯨種別栄養成分・機能性成分調査：佐藤暁之，辻 浩司（網走水試），金子博実，北川雅彦（中央水試），福士暁彦（釧路水試），野俣 洋（水産研究本部） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.95，2011.10

厄介もののヒトデを丸ごと利用－ペットフードや水質浄化材等への利用－：麻生真悟（釧路水試） 2012環境エネルギーセミナー講演要旨，p.2，2012.2

ホタテガイを用いたフレークおよび飯寿しの開発について：成田正直（網走水試） 日本食品科学工学会誌，p.58，277－283，2011.7

日本産水産物のグローバル商品化－サンマ冷凍フィレの品質と保存性－：辻 浩司（網走水試） 水産学シリーズ，170，p.72－89，2011.9

鯨肉及び脂皮の鯨種別栄養成分・機能性成分調査：佐藤暁之（網走水試） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.95，2011.9

ホタテガイ乾貝柱製造における除湿乾燥機と品質の関係：成田正直（網走水試） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.100，2011.9

ホタテガイ貝柱の微細化による性状変化：宮崎亜希子（網走水試） 平成23年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p.100，2011.9

乾貝柱製造における除湿乾燥機と品質の関係について：成田正直（網走水試） 平成23年度水産利用関係研究開発推進会議利用加工技術部会研究会資料，p.22，2011.11

道産タラ類魚肉の冷凍変性抑制に関する基礎的研究－1：佐藤暁之（網走水試） 平成23年度水産利用関係研究開発推進会議利用加工技術部会研究会資料，p.28，2011.11

ホタテガイの飼育塩分制御による呈味性強化：辻 浩司（網走水試） 日本水産学会誌，p.78，76，2012.1

生食用シシャモの原料性状及び製造条件と品質について：佐藤暁之（網走水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.93，2012.3

ホタテガイの赤橙色貝柱の性状について：成田正直（網走水試） 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p.93，2012.3



## 道東太平洋におけるスルメイカの魚群探知機の反応

坂口健司

スルメイカの魚群探知機の反応を識別するために、8月の昼間の道東太平洋におけるスルメイカの反応の特徴を検討した。外套長約15–25 cmのスルメイカ群のエコーグラムの反応は、大陸棚上の深度15–100 m、水温3–12℃に出現した。スルメイカの反応は、高さが約10–50 mで、表層の小さい反応の集まりや層状の反応ではないため、他の生物の反応から区別可能と考えられた。

A486 北水試研報 83 1–4 2013

## 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

高谷義幸, 佐藤敦一

マツカワ稚魚の成長率を生化学的指標で評価するために、肝臓の成分分析を行った。4段階の給餌率で飼育した実験魚を1か月にわたって毎週サンプリングし、瞬間成長率 (SGR) と生化学的指標との関係を調べたところ、相関が高かったのはRNA/DNA, リン脂質/DNA, 比肝重, 肥満度およびタンパク質/DNAであった。また、実験開始から2–3週目の特定の肝臓成分が実験条件下の瞬間成長率を良く反映しているものと判断され、放流再捕魚の瞬間成長率を推定するための指標となりうる可能性が示唆された。

A487 北水試研報 83 5–12 2013

## 暑寒別川における異なるサイズで放流したサケの河川回帰率

實吉隼人, 宮腰靖之, 工藤 智, 河村 博

サケは放流サイズの大型化が海洋生活初期の生残を向上させると考えられている。北海道日本海北部地区の暑寒別川で1995年級群と1996年級群を用い、放流サイズが異なる2群を標識放流し、河川回帰率を調査した。放流時の平均尾叉長および平均体重は1995年級群の小型群が49 mm, 0.95 g, 大型群が54 mm, 1.32 g, 1996年級群は前者が46 mm, 0.77 g, 後者が51 mm, 1.09 gであった。回帰調査は1998–2001年に回帰した3–5年魚の雌を対象とし、採卵時に耳石を回収し標識の有無を確認した。回帰率は1995年級群の小型群が0.105%, 大型群が0.097%, 1996年級群は0.109%と0.138%であった。1996年級群の回帰率は小型群に比べて大型群が約1.3倍の差がみられたが、1995年級群は差がみられず、放流サイズの大型化が常には回帰率を向上させないことが示された。

A488 北水試研報 83 13–17 2013

## 北海道南西部の小河川におけるサクラマススモルトの放流後の河川内滞留尾数

藤原 真, 隼野寛史, 宮腰靖之

本研究では北海道後志管内を流れる珊内川において放流後の河川内でのサクラマス放流魚の滞留尾数を調べ、スモルト降海期の禁漁期間の妥当性を検証した。2007年5月18日に放流した90,062尾の幼魚のうち、河川内に滞留していた幼魚は放流6日後には51,516尾、放流13日後の5月31日には15,522尾と減少し、禁漁期間内に放流魚の約8割が降海したものと推定された。5月末に河川内に滞留している個体の多くはスモルト化の進んでいない個体であった。これらの結果から、後志管内における降海時期のサクラマス幼魚を保護する目的での禁漁期間の設定は妥当なものと判断された。

A489 北水試研報 83 19–25 2013

# 網走湖におけるワカサギ*Hypomesus nipponensis* 仔魚の湖内分布と発育過程

虎尾 充

1997～1999年の5～7月に網走湖内で稚魚ネットを用いてワカサギの採集を行ない、湖内分布と発育様式を検討した。採集されたワカサギは全て仔魚期（Phase A～F）の個体であった。ワカサギ仔魚は発育初期に河川流入域付近に比較的高密度に分布していたが、湖内加入後は速やかに湖内全域に分散すると考えられた。分散後の分布密度や発育段階組成は一様ではなかったが、特定の時期や水域に集中する傾向は見られなかった。仔魚密度指数は1997年級が574個体/曳網で最も高く、1998年と1999年はそれぞれ177個体/曳網と190個体/曳網でほぼ同程度であった。発育速度は1997年級群が最も低かった。

A490 北水試研報 83 27－36 2013

# 石狩湾産ハタハタ仔稚魚のふ化時期（短報）

星野 昇，高嶋孝寛，山口浩志

ハタハタは石狩湾における主要な水産資源である。当資源の初期減耗期への理解を深めるため、2009～2012年に湾内で採集した仔稚魚のふ化時期を耳石の日周輪解析によって推定した。ふ化日は2月上旬から4月上旬にかけての期間と推定されたが、ふ化の開始時期やピークには年によって違いがみられた。この年差は、主に卵発生時期の水温と親魚資源の年齢構成に起因すると考えられた。

A491 北水試研報 83 37－39 2013

# 北海道東部網走沿岸におけるサケおよびカラフトマス幼稚魚の魚類捕食者

宮腰靖之，永田光博，安藤大成，藤原 真，青山智哉

2003～2005年の5～6月、北海道オホーツク海側東部の網走沿岸で刺網、釣り、表層曳網により魚類を採捕し、サケ*Oncorhynchus keta*あるいはカラフトマス*O. gorbuscha*幼稚魚の捕食の有無を調べた。サクラマス*O. masou*、ソウハチ*Hippoglossoides pinetorum*、クロソイ*Sebastes schlegelii*、コマイ*Eleginus gracilis*の4種がサケあるいはカラフトマスの幼稚魚を捕食していた。Nagasawa（1998）は日本沿岸におけるサケ幼稚魚の魚類捕食者を9種記載しているが、ソウハチ、クロソイ、コマイの3種は含まれておらず、これら3種については本報告がサケあるいはカラフトマスの魚類捕食者として新たな記載となる。

A492 北水試研報 83 41－44 2013

第 83 号の編集にあたり、下記の方に原稿の校閲でご尽力いただきました。

ここに記してお礼いたします（敬称略）

眞山 紘

岡田鳳二

河村 博

今田和史

---

北海道水産試験場研究報告 第 83 号

2013 年 3 月 29 日発行 ISSN:2185-3290

編集兼 発行者	北海道立総合研究機構水産研究本部 〒 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	株式会社 総北海 〒 065-0021 札幌市東区北 21 条東 1 丁目 4 番 6 号 電話 011(731)9500

---