

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

CODEN : HSSHEE
ISSN : 0914-6830

北海道立水産試験場研究報告

第 75 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENT STATION

No. 75

北海道立中央水産試験場

北海道余市町

2009年3月

Hokkaido Central Fisheries
Experiment Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2009

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

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experiment Station)	046-8555 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station)	042-0932 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-932, Japan)
北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station)	051-0013 室蘭市舟見町1-156-3 (Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experiment Station)	085-0024 釧路市浜町2-6 (Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station)	099-3119 網走市鱚浦1-1-1 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station)	097-0001 稚内市末広4-5-15 (Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)

北海道立水産試験場研究報告

第75号

目 次

品田晃良，大森 始，多田匡秀，西野康人，佐藤智希

能取湖における風による貧酸素水塊の挙動特性 1

岡田のぞみ，浅見大樹，山口幹人

夏季の石狩川水系および河口周辺におけるシラウオ仔稚魚の分布と摂餌 7

品田晃良

夏季の海洋環境が地まきホタテガイの貝柱歩留と麻痺性貝毒の発生に与える影響（短報）15

高谷義幸，吉田秀嗣，松田泰平，村上 修

北海道えりも以西海域で放流したマツカワの加齢に伴う移動（短報）19

高谷義幸，村上 修，吉田秀嗣，萱場隆昭，松田泰平

マツカワ人工種苗放流再捕魚の性比（短報）23

辻 浩司，佐藤暁之，金子博実，野俣 洋

氷蔵中のサンマの血合肉と普通肉の性状について（短報）25

試験研究業績 ＜外部刊行物への発表 平成19年度分＞29

（2009年3月）

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENT STATION

No.75

CONTENTS

Akiyoshi SHINADA, Hajime OMORI, Masahide TADA, Yasuhito NISHINO and Tomoki SATO Effect of wind power on behavior of hypoxic water in Lake Noto	1
Nozomi OKADA, Hiroki ASAMI and Motohito YAMAGUCHI Distribution and feeding habits of shirauo, <i>Salangichthys microdon</i> , in the Ishikari River system and adjacent nearshore areas, western Hokkaido	7
Akiyoshi SHINADA Effects of summer water temperature and food concentration on the growth of bottom cultured Japanese scallop <i>Mizuhopecten yessoensis</i> and the outbreak of paralytic shellfish poisoning (PSP), in the coastal area of northeastern part of Hokkaido, Japan. (Short Paper)	15
Yoshiyuki TAKAYA, Hidetsugu YOSHIDA, Taihei MATSUDA and Osamu MURAKAMI Migration of hatchery-reared barfin flounder <i>Veraspar moseri</i> with their age in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido, Japan. (Short paper)	19
Yoshiyuki TAKAYA, Osamu MURAKAMI, Hidetsugu YOSHIDA, Takaaki KAYABA and Taihei MATSUDA Sex ratio of released and recaptured barfin flounder <i>Verasper moseri</i> in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido, Japan. (Short paper)	23
Koji TSUJI, Akiyuki SATO, Hiromi KANEKO and Hiroshi NOMATA Changes in the quality between the dark and white muscle of Pacific saury, <i>Cololabis saira</i> , during storage in ice. (Short paper)	25
Contribution from the Hokkaido Fisheries Experiment Station : Papers Presented in other journals or at scientific meetings in fiscal 2007	29

(March, 2009)

能取湖における風による貧酸素水塊の挙動特性

品田晃良^{*1}, 大森 始^{*2}, 多田匡秀^{*1}, 西野康人^{*3}, 佐藤智希^{*3}

Effect of wind on behavior of hypoxic water in Lake Notoro

Akiyoshi SHINADA^{*1}, Hajime OMORI^{*2}, Masahide TADA^{*1},
Yasuhito NISHINO^{*3} and Tomoki SATO^{*3}

Effect of wind on behavior of hypoxic water was examined to prevent fishery damages in Lake Notoro from 18 to 27 September 2007. Vertical and horizontal distributions of water temperature, salinity and dissolved oxygen were investigated. Wind data was obtained from the web site of the Meteorological Agency. Although average wind velocities were less than ca. 4 m s^{-1} until 24 September, it became more than 6 m s^{-1} from 25 to 26 September. The hypoxic water was observed at bottom of shallow station on 18 and 20 September, and then it disappeared at all stations after 25 September. These results coincide with information reported by numerical simulation, which indicated deep water lifted due to less than 4 m s^{-1} of average wind velocity and the stratification was destroyed when wind velocity was more than 6 m s^{-1} . Therefore, wind might have strong effect on behavior of hypoxic water in Lake Notoro. We analyzed year-to-year variation of average wind velocity in summer from 1998 to 2007. This analysis indicates that the probability, which is days under 4 m s^{-1} of average wind velocity continues for more than 50 days, is very low. The monitoring of average wind velocity could be one of the useful index to precaution against behavior of hypoxic water.

キーワード：ホタテガイ，貧酸素水塊，風

まえがき

オホーツク海沿岸に位置する能取湖は，周囲32 km，面積58.4 km²，最大水深23.1 m のほぼ楕円形の湖であり，北東側にオホーツク海に通じる湖口を持っている¹⁾。能取湖は，ホタテガイ種苗生産で年間5億円程度の生産がある。この理由として，1974年に湖口が開口され外海水の特徴が強くなったこと，半閉鎖的環境であるのでホタテガイ浮遊幼生が高密度で存在することが挙げられている²⁾。

能取湖におけるホタテガイ種苗生産は，採苗器に付いた殻長10 mm ほどの稚貝を網籠に収容して，3～14 m の水深帯で中間育成を行い，翌春に1 齢貝を出荷する工程で行われる。しかし，近年，深い水深帯に垂下された網籠を中心に斃死する個体が増加する傾向がある。この

要因として夏季に湖内最深部を中心に形成される貧酸素水塊の上昇が考えられている³⁾。よって，貧酸素水塊の発生や挙動が予察できれば，ホタテガイ種苗に対する漁業被害を低減できる可能性がある。

瀬戸ら³⁾は，能取湖において数値シミュレーションにより潮汐や風に伴う水塊の挙動特性を推察した。それによると， 4 m s^{-1} 未満の南風により底層水が水深12 m 圏まで上昇すること， 6 m s^{-1} 以上の南風で鉛直混合が促進されることを示された。しかし，現場データでの検証は行われていない。本研究は，2007年9月に能取湖で発生した貧酸素水塊と網走地方気象台の風速データを比較することにより，瀬戸ら³⁾が示した数値シミュレーション結果を検証することを目的とした。

報文番号 A429 (2009年1月20日受理)

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

*2 北海道立水産孵化場 (Hokkaido Fish Hatchery, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

*3 東京農業大学生物産業学部 (Faculty of Bio-industry, Tokyo University of Agriculture, Abashiri, Hokkaido 099-2493, Japan)

材料および方法

調査は, 2007年9月18日から27日にかけて能取湖に設置した4定点で行い(Fig. 1), 水温, 塩分および溶存酸素濃度の鉛直分布を測定した。これらの測定は, 能取湖で初観測された青潮の原因究明の一環として緊急的に行われたので, 調査日毎に異なる測器が使用されている(Table 1)。日平均風速(平均風速)と日最大風速の風向(風向)は, 網走地方気象台のデータを使用した(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)。

貧酸素水塊の定義に関しては, 門谷⁴⁾が $2.9 \sim 4.3 \text{ mg L}^{-1}$, 柳⁵⁾が $0.036 \sim 3.6 \text{ mg L}^{-1}$ と定義しているが, 本研究ではホタテガイ稚貝の生存が困難になると実験的に示されている 2 mg L^{-1} 以下の水塊を貧酸素水塊とした³⁾。

貧酸素水塊の発生を予察する指標として, 能取湖で鉛直混合が発生しないと考えられている平均風速(4 m s^{-1} 未満)³⁾が続いた日数を用いた。1998年から2007年までの10年間の7月から9月の平均風速を用いて頻度分布を作成

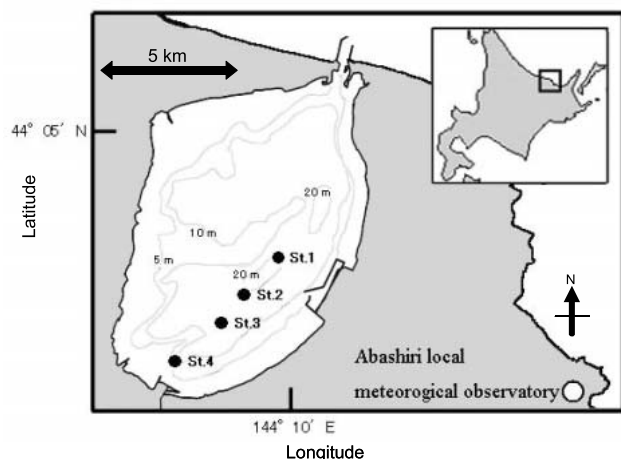


Fig. 1 Study area and location of the observation stations (●) and Abashiri local meteorological observatory (○).

Table 1 Summary of sampling dates, stations and measurement devices. The difference of measurement devices is caused by urgent matters.

Date	Stations	Measurement Devices
18-Sep	1, 2, 3	**ACT20-D (Alec. Electronics Inc.), †U-22XD (HORIBA, Ltd.)
20-Sep	1, 2, 3, 4*	**Compact-CTD (Alec. Electronics Inc.), †YSI model 58 (YSI/Nanotech Inc.)
25-Sep	1*, 3*, 4*	‡YSI model 58 (YSI/Nanotech Inc.)
27-Sep	4*	‡YSI model 58 (YSI/Nanotech Inc.)

*Salinity is no data. **For temperature and salinity.

†For dissolved oxygen. ‡For temperature and dissolved oxygen.

後, チェビシェフの不等式により風速 4 m s^{-1} 未満が連続する日数が30日以上, 40日以上, 50日以上となる確率を推定した。

結果

2007年9月15日から30日までの日平均風速(平均風速)と日最大風速の風向(風向)を Fig. 2に示した。平均風速は15日から24日まで約 4 m s^{-1} 以下であったが, 19日と22日は 4 m s^{-1} を僅かに上回っていた。その後, 25日から26日にかけて 6 m s^{-1} を超えた。風向は, 18日から21日には南寄り(南西か南南西)であったが, 平均風速が 6 m s^{-1} を上回った25日から26日にかけては北北西であった。

9月18日, 20日および25日における St. 1から St. 4までの水温, 塩分および溶存酸素濃度の断面図を Fig. 3に示した。平均風速が 4 m s^{-1} 程度で, 風向が南寄りだった18日と20日は, 等温, 等塩分および等溶存酸素濃度線が St. 1から St. 4にかけて上昇していた。貧酸素水塊は, 18日の全調査点の底層と20日の St. 3の底層で観測された。平均風速が 6 m s^{-1} を超えた25日には, St. 4の溶存酸素濃度を除くとはほぼ全層均一であり, 27日には St. 4で水温(18°C)と溶存酸素濃度(7.0 mg L^{-1})が全層均一であった。

1998年から2007年における7月から9月の平均風速を Fig. 4に示した。2007年は7月下旬から9月中旬までの52日間, 平均風速が 4 m s^{-1} を超えることは無かった。これは, 1998年からの10年間で最も長い期間であった。平均風速が 4 m s^{-1} 未満が続いた日数の平均値は6.3日, 標準偏差は8.6日であった。チェビシェフの不等式により, 平均風速が 4 m s^{-1} 未満が連続する日数が30日以上, 40日以上, 50日以上となる確率はそれぞれ, 14%以下, 7%以下, 4%以下と推定された。

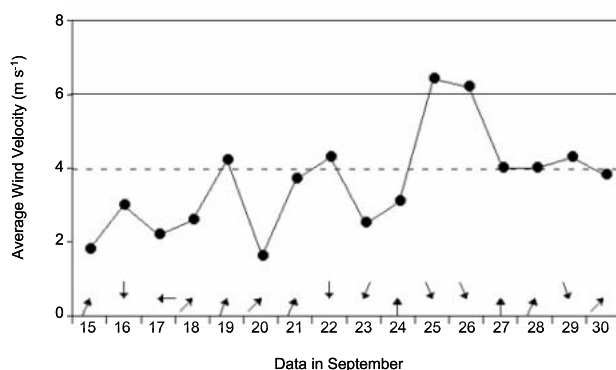


Fig. 2 Temporal variations of average wind velocity and wind direction at Abashiri local meteorological observatory on 15–30 September 2007. Solid and broken lines indicate 6 m s^{-1} and 4 m s^{-1} of wind velocity, respectively. Arrows indicate wind direction.

考察

1. 数値シミュレーション結果の検証

瀬戸ら³⁾は、夏季の能取湖において南風の強弱が水塊の挙動に与える影響を数値シミュレーションで解析している。その結果、 4 m s^{-1} 未満の南風により底層水が水深12 mまで上昇すること、 6 m s^{-1} 以上の南風で鉛直混合が促進されることが示されている。

本調査期間で 4 m s^{-1} 程度の南寄りの風が吹いたのは9月18日から21日であった(Fig. 2)。水塊は、9月18日に湖心部であるSt.1から南端のSt.4にかけて、等温、等塩分および等溶存酸素濃度線の上昇が観測された(Fig. 3)。さらに、20日には貧酸素水塊(2 mg L^{-1} 以下)がSt.4の底層(10m)付近まで上昇していた。平均風速が 6 m s^{-1} 以上の風は、9月25日から26日にかけて発生した(Fig. 2)。25日以降の水塊は、水温、塩分および溶存酸素濃度とも全層ほぼ均一となっており(Fig. 3)、鉛直混合があったことを示唆している。これらの結果は、風向が南北逆であるという相違はあるものの、瀬戸ら³⁾が示した数値シミュレーション結果がある程度正しいことを示している。

2. 貧酸素水塊発生の予察

貧酸素水塊は、底層付近の水塊における酸素収支の結果発生する。すなわち水塊の酸素消費速度が酸素生産速度と水平・鉛直方向からの酸素供給速度の和より大きい

場合に、水塊の溶存酸素濃度が減少して貧酸素水塊が発生する⁵⁾。このうち、底層への酸素供給の大部分は鉛直拡散によってもたらされると考えられている⁶⁾。そして、燧灘⁷⁾や洞海湾⁸⁾では風による鉛直混合が底層の溶存酸素濃度を上昇させることが確認されている。

瀬戸ら³⁾は、能取湖で鉛直混合が発生するためには 6 m s^{-1} 以上の風が必要で、 4 m s^{-1} 未満では発生しないことを示している。本研究でも、平均風速が 4 m s^{-1} 程度の条件では明確な鉛直混合は観測されておらず、かつ、底層には貧酸素水塊が存在していた(Fig. 3)。2007年は、 4 m s^{-1} 未満の平均風速が52日間連続しており、これは過去10年間の平均値(6.3日)を大きく上回るものであった。これらの結果は、能取湖では平均風速が 4 m s^{-1} 未満の日が続くと鉛直混合が弱くなり、底層への酸素供給が減少して貧酸素水塊の発生に繋がる可能性を示唆している。

1998年から2007年までの平均風速データから(Fig. 4)、夏季(7から9月)に平均風速が 4 m s^{-1} 未満の日が連続した日数を解析した。その結果、能取湖では平均風速が 4 m s^{-1} 未満という状態が1カ月以上連続する状況は希であり、1カ月に1度程度は風による鉛直混合があると考えられる。2007年は、平均風速が 4 m s^{-1} 未満の日が52日間連続したので、鉛直混合による底層への酸素供給が弱まり貧酸素水塊が大規模に発生したのであろう。よって、能取湖において平均風速が 4 m s^{-1} 未満の日が連続する日数を注視することは、貧酸素水塊の発生を予察する指標

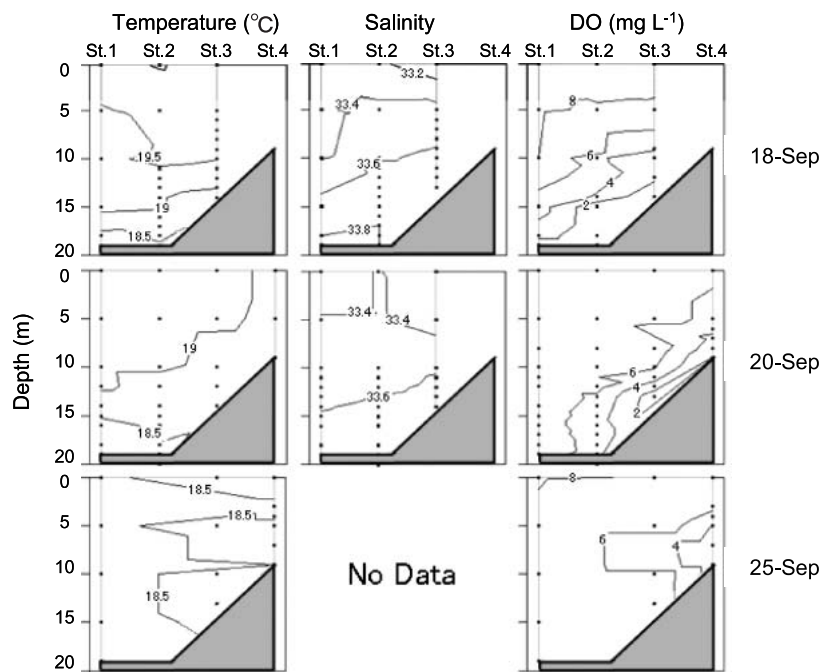


Fig. 3 Vertical and horizontal distribution of water temperature, salinity and dissolved oxygen (DO) of Lake Notoro on 18-25 September 2007.

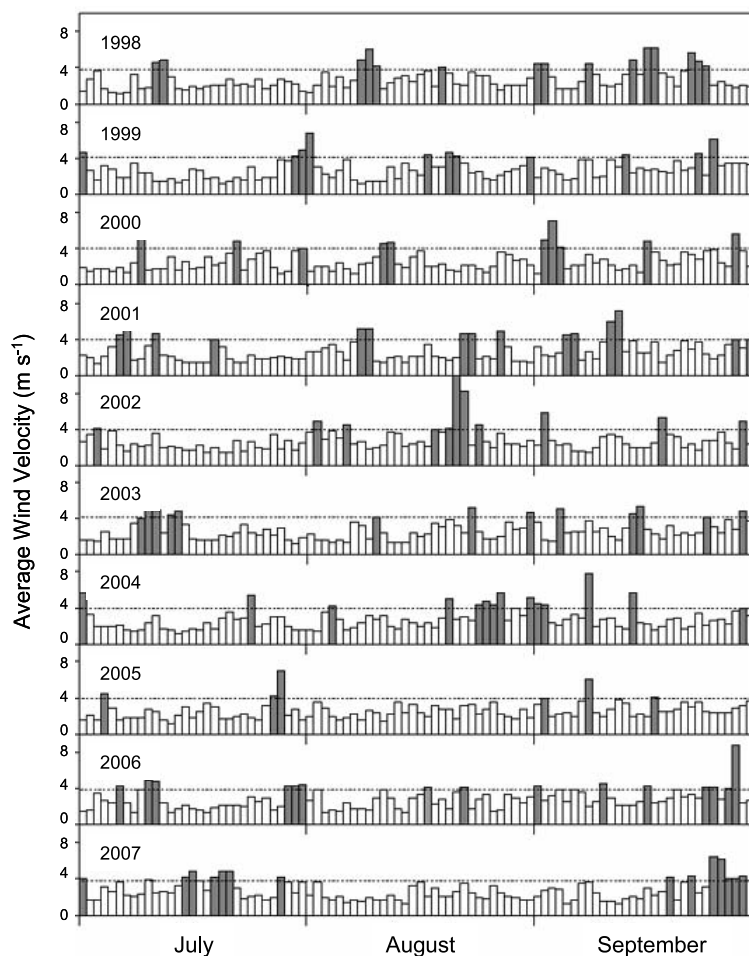


Fig. 4 Time series of average wind velocity at Abashiri local meteorological observatory from July to September in 1998 to 2007. The white and grey bars represent under and over 4 m s^{-1} of wind velocity, respectively. Broken lines indicate 4 m s^{-1} of wind velocity.

になる可能性がある。

鉛直方向からの酸素供給速度の減少要因としては、弱風の他、日射、降雨、外洋水の流入による成層構造の強化が考えられる⁸⁻¹²⁾。また、酸素消費速度の上昇要因として、有機物の増加¹³⁾、底生生物による呼吸の増加¹⁴⁾が考えられる。これらの要因についての評価も将来の課題となる。能取湖において貧酸素水塊による漁業被害を低減させるためには、平均風速の推移を注視しながら、現場観測を併用して貧酸素水塊の形成と挙動を監視する必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、観測の実施にご助力頂いた西網走漁業協同組合の川尻敏文氏、並びに網走地区水産技術普及指導所東部支所の皆様に感謝いたします。

文献

- 1) 北海道新聞社：北海道大百科事典下巻．札幌，北海道新聞社，1981，1122p.
- 2) 蔵田 護，西浜雄二：能取湖における海洋条件の季節変化．北水試研報．29，17-24（1987）
- 3) 瀬戸雅文，金子和恵，新居久也：能取湖に形成される貧酸素水塊がホタテガイに及ぼす影響．海洋開発論文集．20，1049-1054（2004）
- 4) 門谷 茂：“瀬戸内海の水質”．瀬戸内海の自然と環境．神戸，神戸新聞総合出版センター，1998，100-129.
- 5) 柳 哲雄：貧酸素水塊の生成・維持・変動・消滅機構と化学・生物的影響．海の研究．13，451-460(2004)
- 6) 山口創一，経塚雄策：諫早湾における貧酸素水塊の形成機構．海の研究．15，37-51（2006）
- 7) Takeoka, H., Ochi T. and Takatani K. : The anoxic water mass in Hiuchi-Nada Part2. The heat and

- oxygen budget model. *J. Oceanogr. Soc. Japan.* 42, 12-21 (1986)
- 8) 東 輝明, 山田真知子, 門谷 茂, 広谷 純, 柳 哲雄: 過栄養な内湾洞海湾における貧酸素水塊の形成過程とその特性について. 日本水産学会誌. 64, 204-210 (1998)
 - 9) Ochi, T. and Takeoka H.: The anoxic water mass in Hiuchi-Nada Part1. Distribution of the anoxic water mass. *J. Oceanogr. Soc. Japan.* 42, 1-11 (1986)
 - 10) 高橋鉄哉, 藤原建紀, 久野正博, 杉山陽一: 伊勢湾における外洋系水の進入深度と貧酸素水塊の季節変動. 海の研究. 9, 265-271 (2000)
 - 11) 堤 裕昭, 堤 彩, 高松篤志, 木村千寿子, 永田紗矢香, 佃政則, 小森田智大, 高橋 徹, 門谷 茂: 有明海奥部における夏季の貧酸素水発生域の拡大とそのメカニズム. 海の研究. 16, 183-202 (2007)
 - 12) 堤 裕昭, 岡村絵美子, 小川満代, 高橋徹, 山口一岩, 門谷 茂, 小橋乃子, 安達貴浩, 小松利光: 有明海奥部海域における近年の貧酸素水塊および赤潮発生と海洋構造の関係. 海の研究. 12, 291-305 (2003)
 - 13) 神園真人, 江藤拓也, 佐藤博之: 周防灘南西部の浅海域下層における酸素収支. 海の研究. 5, 87-95 (1996)
 - 14) 大島 巖: 有明海湾奥部での貧酸素水塊形成要因についての一考察. 海の研究. 14, 459-462 (2005)

夏季の石狩川水系および河口周辺におけるシラウオ仔稚魚の分布と摂餌

岡田のぞみ^{*1}, 浅見大樹^{*1}, 山口幹人^{*2}

Distribution and feeding habits of shirauo, *Salangichthys microdon*, in the Ishikari River system and adjacent nearshore areas, western Hokkaido

Nozomi OKADA^{*1}, Hiroki ASAMI^{*1} and Motohito YAMAGUCHI^{*2}

Larvae and early juveniles of shirauo, *Salangichthys microdon*, inhabiting the Ishikari River system and its adjacent nearshore areas exhibit two migration patterns: some of them reside in the estuary–sea area while others migrate upstream toward the oxbow lake. To evaluate the importance of the oxbow lake as a feeding ground after the upstream migration, the feeding habits of shirauo were examined in August 2001. Shirauo preyed selectively on a type of cladoceran (*Diaphanosoma brachyurum*) in the oxbow lake and on some copepods (*Paracalanus parvus*, *Pseudodiaptomus marinus*, etc.) in the estuary and nearshore waters. Surveys on the distribution of zooplankton have revealed that cladocerans are much more abundant in oxbow lakes, while the densities of cladocerans and prey copepods are low in the sea area. We concluded that the oxbow lake of the Ishikari River was a better feeding ground for shirauo larvae and early juveniles migrating in the summer.

キーワード：シラウオ，三日月湖，枝角類

まえがき

石狩川下流域および河口周辺沿岸域に分布するシラウオ *Salangichthys microdon* Bleeker は、刺網や地曳網漁業の重要な漁獲対象の一つである。石狩川水系のシラウオは、春に主産卵場である石狩川河口域の浅瀬でふ化した後、石狩川本流を遡上して三日月湖に進入し秋に降海する群と、ふ化後遡上せずに河口から沿岸域に留まる群に分かれる¹⁾。三日月湖に遡上したシラウオは、沿岸域よりも体長が大きい傾向があり²⁾、この要因としてふ化日の違いなども考えられるが、三日月湖が索餌場として好環境にあることも一因としてあげられる。シラウオ仔稚魚の食性についての知見は少なく、青森県小川原湖でカイアシ類 *Sinocalanus tenellus* と枝角類 *Bosmina coregoni* を主に摂餌しているという報告³⁾があるが、石狩川周辺水域では、過去に三日月湖内のプランクトン相が調べられているものの^{4,5)}シラウオの食性に関する知見はない。そこで、本水域におけるシラウオの2つの回遊パターンの資源的・生態的重要性についての比較検討の一環として、三日月

湖と沿岸域および河口におけるシラウオ仔稚魚の食性と餌環境を調査した。

材料と方法

調査は石狩湾湾奥部に注ぐ石狩川の下流域および河口周辺沿岸域で行われた (Fig. 1)。下流域に存在する三日月湖は、1918年～1931年にかけて行われた本流の直線化工事により形成されたもので、全長は約20km、水深7～8mであり、黒萩・長内⁶⁾の調査によると富栄養湖であると言える。三日月湖は茨戸川と真勲別川とからなり、伏古川、創成川、発寒川が流入し、志美運河によって本流とつながっている。また、三日月湖と石狩湾新港との間に放水路が存在するが、水門は通常閉ざされている。石狩川本流の下層には塩水楔が形成されているが、その塩水楔の三日月湖内への進入は通常認められない。ただし、条件によっては、三日月湖の下層で塩分4程度が観測される年もある²⁾。

2001年8月5日、8月20日、9月3日、9月17日に、三

報文番号 A430 (2009年1月20日受理)

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

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

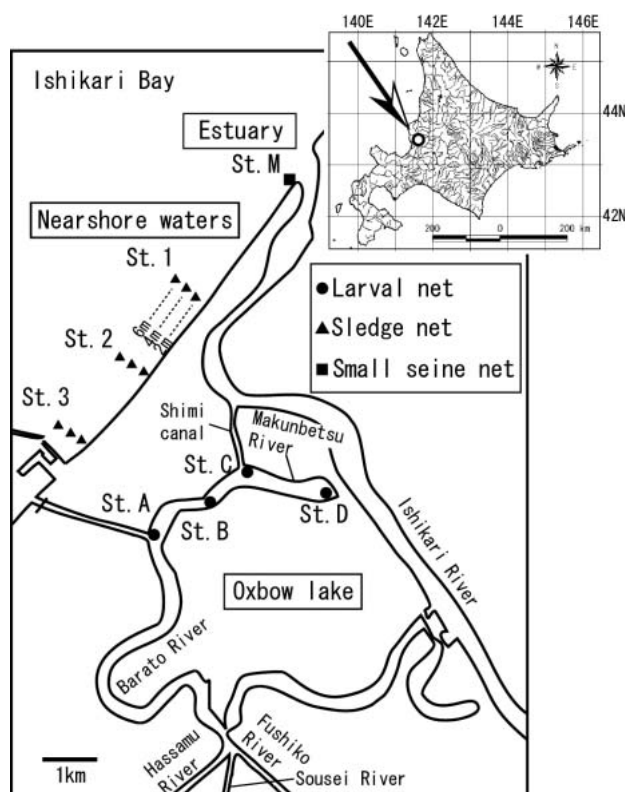


Fig.1 Map of the Ishikari River system and adjacent nearshore areas, western Hokkaido, showing the sampling locations.

The three net types used for the collection of shirauo are indicated in the figure.

日月湖内の St.A~D では丸稚ネット(口径1.3m, 側長4.5 m, コッドエンドの網地 GG54), 河口の St.M では小型地曳網(全幅約7 m, コッドエンド約5 mm 目合), また沿岸域の St.1~3 ではそりネット(幅1.5m, 高さ0.4m, コッドエンド約5 mm 目合)をそれぞれ用いてシラウオ仔稚魚を採集した。ただし9月17日には, 三日月湖での調査は行わなかった。丸稚ネットは, 表層を船外機船によって原則として速度約2ノットで5分間曳網し, そりネットも着底させて同様に曳網した。小型地曳網は, 袖網の端に各1名がつき, 水深約1 m の場所を岸と平行に人力で5分間曳網した。採集した仔稚魚は約5%海水ホルマリン, 4%パラフォルムアルデヒド, または Davidson's 溶液で固定し, 後日全個体について肉体長(吻の前端~肉質部の後端)を測定した。また, 一部標本については体重を測定し, 肥満度(Condition factor; CF)を以下の式で算出した。

$$CF = (\text{体重 mg}) / (\text{肉体長 mm})^3 \times 10^6$$

8月10日に採集した仔稚魚の一部について, 消化管を解剖針で摘出後に切開し, 内容物の同定と計数を行った。また8月10日に環境中のプランクトンの採集を, 三日月

湖(4地点), 河口(1地点, 水深3.5m), 沿岸域(3地点, 水深6 m)の計8地点において行った。採集には北原式プランクトンネット(口径30cm, 側長100cm, 網地 NXX 13)を用い, 水底直上から鉛直曳きを行った。標本は採集後すぐに約5%海水ホルマリンで固定し, 実験室に持ち帰った後, 種の同定と個体数計数を行った。なお, 本研究では主に摂餌されていた輪虫類, 枝角類, カイアシ類のみを対象とした。濾水率は100%と仮定し, ネットの口径と採集深度から濾水量を求め, 1 m³当たりの個体数を求めた。また, 消化管内容物組成と環境中の動物プランクトン組成からイブレフの選択性指数(E)を以下の式で算出した⁶⁾。

$$E_i = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$$

r_i : 動物プランクトン*i*種の消化管内容物中に占める割合

p_i : 動物プランクトン*i*種の環境中に占める割合

結果

Table 1 に各採集日, 各水域において採集されたシラウオ仔稚魚の個体数を示した。三日月湖では8月20日に, 河口では8月10日に, また, 沿岸域では9月3日にもっとも多く採集された。沿岸域ではどの採集地点でも, 水深の浅い地点での採集が, 深い地点より多かった。

Fig. 2 に採集された仔稚魚の肉体長組成を示した。8月10日の肉体長モードは三日月湖で34mm, 河口域で32mm, 沿岸域で30mm であった。平均値は, 三日月湖が沿岸域よりも有意に大きかった(*t*検定, $p < 0.01$)。9月3日の三日月湖における肉体長のモードは42mm と46mm であったのに対し, 沿岸域では34~40mm であった。また9月17日には, 河口で40mm, 沿岸域で34mm のモードが見られ, 三日月湖の9月3日のモードよりも小さかった。このように各採集水域における平均肉体長は, 三日月湖で大き

Table 1 Number of shirauo samples collected at each sampling station.

Sampling area	Sampling gear	Station	Aug 10	Aug 20	Sep 3	Sep 17
Oxbow lake	Larval net	St.A	2	1	3	-
		St.B	7	7	0	-
		St.C	2	5	11	-
		St.D	54	340	59	-
Estuary	Small seine net	St.M	502	5	1	13
Nearshore waters	Sledge net	St.1	2(m)	0	1	11
			4(m)	0	0	0
			6(m)	0	0	1
		St.2	2(m)	14	0	2
			4(m)	4	0	7
			6(m)	2	0	0
		St.3	2(m)	1	0	23
			4(m)	0	0	0
			6(m)	0	0	0
			2(m)	0	1	11
			4(m)	0	0	0
			6(m)	0	0	1

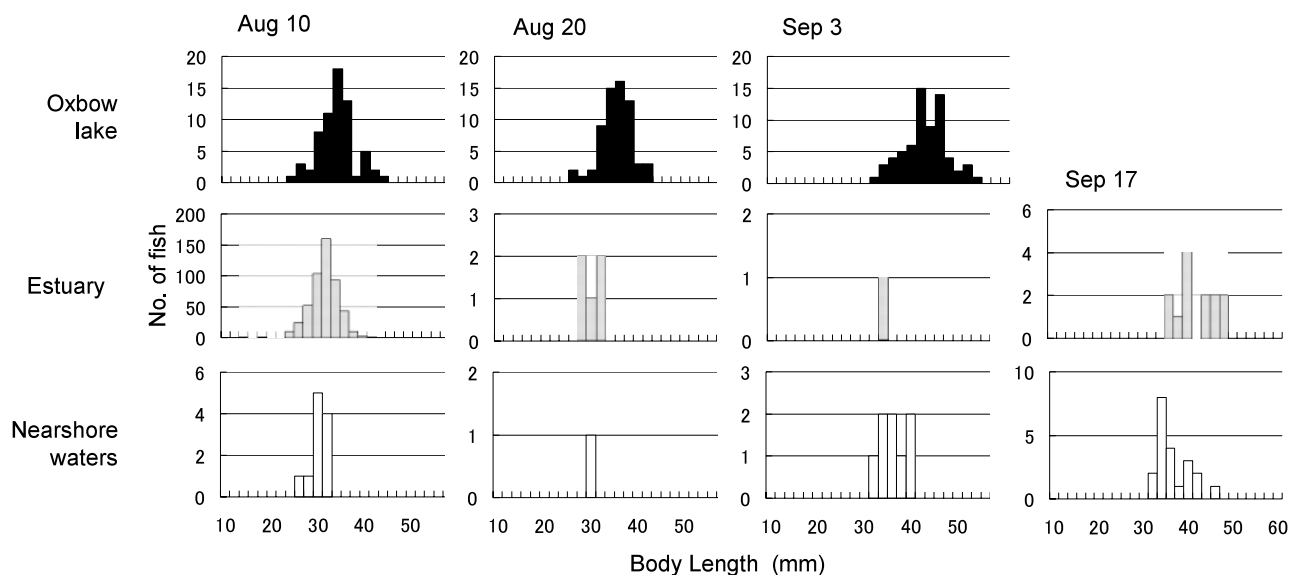


Fig. 2 Frequency distributions of the body length of shirauo collected from the three areas. Body lengths were measured from the tip of the snout to the ends of the tail muscles.

いように見受けられた。また平均肥満度は、8月10日では、河口、三日月湖、沿岸域の順に高かったが、それ以降は三日月湖の方が他採集水域よりも高かった(Table 2)。

8月10日にネット採集された枝角類、カイアシ類、輪虫類の個体群密度を Fig. 3に示した。動物プランクトンの個体群密度は三日月湖では $12.3 \sim 38.8 \times 10^4$ 個体/ m^3 であったのに対して、河口域と沿岸域では $0.7 \sim 2.2 \times 10^4$ 個体/ m^3 と少なかった。三日月湖では輪虫類とカイアシ類の比率がそれぞれ42.7~60.3%, 30.4~42.8%と高いが、枝角類も9.3~18.7%見られた。一方、河口と沿岸域ではカイアシ類が95%以上と優占していた。Table 3に8月10日に採集された動物プランクトンの種別個体群密度と組成を示した。三日月湖では、輪虫類の *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna* sp., *Schizocerca diversicornis*, 枝角類の *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum* が優占していた。カイアシ類では、Cyclopoida のコペポダイト期やカイアシ類のノープリウス期が多かった。河口では、

目立って多い種は認められなかった。また沿岸域では、カイアシ類のノープリウス期を除くと、カイアシ類の *Acartia omorii* のコペポダイト期が多かった。

8月10日に採集された標本の消化管内容物の種組成を Table 4に示した。三日月湖内の St. D では淡水産種の枝角類 *D. brachyurum* が多く摂餌されていた。St. B では St. D 同様 *D. brachyurum* が多かったが、輪虫類やカイアシ類も摂餌していた。それに対し河口で採集された個体の胃内容物は、海産種のカイアシ類 *Paracalanus parvus* 成体とそのコペポダイト期のはほぼ単一種で占められていた。沿岸域の St. 2 (水深 2 m) では、カイアシ類の卵の他にカイアシ類 *Pseudodiaptomus marinus* やアミ類幼体が、また、St. 2 (水深 4 m) では *P. marinus* の他に *P. parvus* や *Acartia steueri* などのカイアシ類がそれぞれ摂餌されていた。St. 3

Table 2 Condition factor of shirauo samples collected from the three areas.

Date	Sampling area	No. of samples	Condition factor		
			Mean	S.D.	Range
Aug 10	Oxbow lake	65	2.57	0.36	1.90~3.72
	Estuary	449	2.66	0.41	1.17~3.90
	Nearshore waters	19	2.26	0.76	1.06~3.37
Aug 20	Oxbow lake	63	2.56	0.40	1.85~4.70
	Estuary	5	2.33	0.27	2.04~2.73
	Nearshore waters	1	2.38		
Sep 3	Oxbow lake	12	2.49	0.23	2.25~2.92
	Estuary				
	Nearshore waters	13	2.01	0.20	1.63~2.33

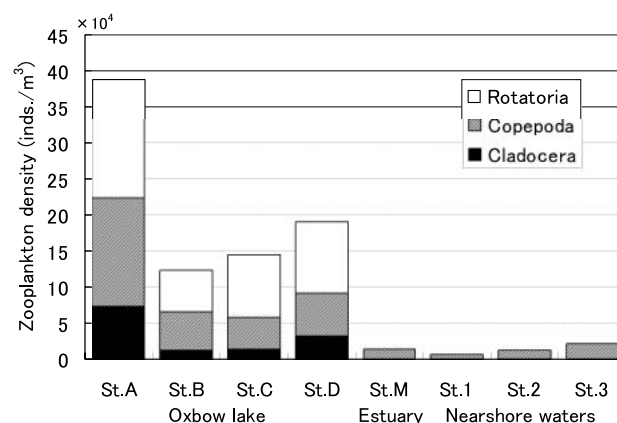


Fig. 3 Abundance (inds./ m^3) of zooplankton (Rotatoria, Cladocera, and Copepoda) collected at each sampling station on August 10, 2001.

Table 3 Abundance (inds./m³) and taxonomic composition (%) of zooplankton (Rotatoria, Cladocera, and Copepoda) collected at each sampling station on August 10, 2001.

Sampling area		Oxbow lake			Estuary			Nearshore waters		
Station	Species	St.A	St.B	St.C	St.D	St.M	St.1	St.2	St.3	
ROTATORIA total		165,382 (42.7)	57,660 (47.0)	86,624 (60.3)	99,269 (52.4)	0 (0.0)	170 (2.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	
<i>Brachionus angularis</i>		1,117 (0.3)		1,456 (1.0)	1,793 (0.9)					
<i>B. calyciflorus</i>		90,513 (23.3)	25,925 (21.1)	26,934 (18.8)	49,634 (26.2)					
<i>Schizocerca diversicornis</i>		25,701 (6.6)	4,023 (3.3)	10,191 (7.1)	13,871 (7.3)		170 (2.5)			
<i>Keratella cochlearis</i>		2,235 (0.6)	4,470 (3.6)	4,368 (3.0)	6,700 (3.5)					
<i>K. sp.</i>		1,117 (0.3)		2,912 (2.0)	5,379 (2.8)					
<i>Asplanchna sp.</i>		33,523 (8.6)	16,538 (13.5)	24,022 (16.7)	6,275 (3.3)					
<i>Diurella stylata</i>		2,235 (0.6)	447 (0.4)	2,184 (1.5)	1,321 (0.7)					
<i>Trichocerca spp.</i>		3,352 (0.9)	3,576 (2.9)	2,184 (1.5)	4,010 (2.1)					
<i>Polyarthra vulgaris</i>		3,352 (0.9)	1,788 (1.5)	5,823 (4.1)	8,068 (4.3)					
<i>Filinia longiseta</i>		2,235 (0.6)	447 (0.4)	5,096 (3.5)	1,321 (0.7)					
<i>F. terminalis</i>				728 (0.5)	896 (0.5)					
<i>Collotheca sp.</i>			447 (0.4)	728 (0.5)						
CLADOCERA total		72,634 (18.7)	12,515 (10.2)	13,345 (9.3)	32,177 (17.0)	0 (0.0)	57 (0.8)	85 (0.7)	0 (0.0)	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		7,450 (1.9)	2,980 (2.4)	3,640 (2.5)	10,002 (5.3)					
<i>Bosmina coregoni</i>		37,993 (9.8)	7,152 (5.8)	8,735 (6.1)	16,089 (8.5)					
<i>B. longirostris</i>		22,349 (5.8)	894 (0.7)		3,114 (1.6)					
<i>Bosminopsis deitersi</i>		4,470 (1.2)	1,341 (1.1)	728 (0.5)	425 (0.2)					
<i>Leptodora kindtii</i>		372 (0.1)	149 (0.1)	243 (0.2)	2,548 (1.3)		57 (0.8)	85 (0.7)		
<i>Podon polyphemoides</i>										
<i>Evadne spinifera</i>										
COPEPODA total		149,737 (38.6)	52,445 (42.8)	43,676 (30.4)	58,080 (30.6)	13,248 (100.0)	6,511 (96.6)	11,918 (99.3)	21,656 (100.0)	
<i>Paracalanus parvus</i>						453 (3.4)	113 (1.7)	453 (3.8)	170 (0.8)	
<i>P. parvus</i> (copepodite)						1,019 (7.7)	170 (2.5)	283 (2.4)	255 (1.2)	
<i>Clausocalanus pergens</i>						113 (0.9)				
<i>C. pergens</i> (copepodite)						340 (2.6)	170 (2.5)			
<i>Pseudodiaptomus sp.</i> (copepodite)							170 (2.5)			
<i>Eurytemora affinis</i>		372 (0.1)	447 (0.4)		283 (0.1)		170 (2.5)	283 (2.4)	764 (3.5)	
<i>E. affinis</i> (copepodite)		10,057 (2.6)	5,364 (4.4)	2,912 (2.0)	1,321 (0.7)					
<i>Acartia omorii</i>										
<i>A. omorii</i> (copepodite)										
<i>Sinocalanus tenellus</i> (copepodite)		1,117 (0.3)				679 (5.1)	113 (1.7)	283 (2.4)	85 (0.4)	
<i>Oithona similis</i>										
<i>O. spp.</i> (copepodite)						1,019 (7.7)	113 (1.7)	368 (3.1)	85 (0.4)	
<i>Oncaea media</i>						1,359 (10.3)		821 (6.8)	170 (0.8)	
<i>Thermocyclops hyalinus</i>		9,685 (2.5)	1,937 (1.6)	728 (0.5)	2,831 (1.5)	113 (0.9)	113 (1.7)			
Cyclopoida										
<i>Cyclopoida</i> (copepodite)										
<i>Hemicyclops spp.</i> (copepodite)		88,278 (22.8)	23,690 (19.3)	13,103 (9.1)	29,488 (15.6)					
<i>Microsetella norvegica</i>										
<i>Harpacticoida</i>										
<i>Harpacticoida</i> (copepodite)										
Nauplius of Copepoda (nauplius)		40,228 (10.4)	21,008 (17.1)	26,934 (18.8)	23,260 (12.3)	340 (2.6)	113 (1.7)	85 (0.7)	11,720 (54.1)	
						6,454 (48.7)	4,416 (65.5)	6,681 (55.7)		
total		775,506 (100.0)	245,242 (100.0)	287,291 (100.0)	379,052 (100.0)	26,497 (100.0)	13,475 (100.0)	24,006 (100.0)	43,312 (100.0)	

Table 4 Numerical composition of prey organisms in the gut content of shirauo collected at each sampling station on August 10, 2001.

Sampling area Station	Oxbow lake		Estuary		Nearshore waters			
	St.D	St.B	St.M	St.M	St.2(2m)	St.2(4m)	St.3(2m)	
No. of fish examined	9	1	15	4	4	4	1	
Mean of SL (mm)	31.1		31.5	26.4	27.2			
Range of SL (mm)	26.8–37.3	34.7	25.1–35.4	24.4–27.4	14.4–32.2		29.3	
Mean of food No./fish	22.4		12.4	13.3	6.0			
Range of food No./fish	1–40	50	0–54	0–44	0–16		27	
No. of empty stomach	0		1	1	2			
No. of feeding individuals	8		14	3	2			
Stomach contents								
ROTATORIA								
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.5							
<i>Schizocerca diversicornis</i>		2.0						
<i>Anuraeopsis fissa</i>		2.0						
<i>Keratella cochlearis</i>	0.5	6.0						
<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>tecta</i>		12.0						
<i>Asplanchna</i> sp. (cf. <i>sieboldi</i>)	0.5	6.0						
Rotatoria (egg)		6.0						
CLADOCERA								
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	93.1	36.0						
<i>Bosminopsis deitersi</i>	0.5	4.0						
<i>Leptodora kindtii</i>								
Cladocera (damaged)	2.5							
COPEPODA								
<i>Paracalanus parvus</i>			91.4		4.2			
<i>P. parvus</i> (copepodite)			8.6		4.2			
<i>Clausocalanus</i> sp. (copepodite)					4.2			
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>				17.0	20.8		14.8	
<i>P. marinus</i> (copepodite)				1.9			3.7	
<i>Eurytemora</i> sp. (copepodite)	0.5							
<i>Acartia steueri</i>								
Calanoida (damaged)				3.8	4.2			
<i>Thermocyclops hyalinus</i>		2.0			12.5		11.1	
Other Cyclopida (copepodite)		22.0						
Copepoda (nauplius)	0.5					4.2		
Copepoda (egg)	1.5	2.0		71.7	41.7		70.4	
MYSIDACEA								
Mysidacea (young)				5.7				
ISOPODA								
Isopoda (young)						4.2		
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Table 5 Ivlev's electivity index for shirauo that fed on zooplankton species at each sampling station on August 10, 2001.

Sampling area Station	Oxbow lake		Estuary		Nearshore waters			
	St.D	St.B	St.M	St.M	St.2(2m)	St.2(4m)	St.3(2m)	
No. of fish examined	9	1	15	4	4	4	1	
Food items								
ROTATORIA								
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-0.94							
<i>Schizocerca diversicornis</i>		0.36						
<i>Anuraeopsis fissa</i>		1.00*						
<i>Keratella cochlearis</i>	-0.63	0.70						
<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>tecta</i>		1.00*						
<i>Asplanchna</i> sp. (cf. <i>sieboldi</i>)	-0.61	0.21						
Rotatoria (egg)	-							
CLADOCERA								
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.93	0.96						
<i>Bosminopsis deitersi</i>	0.56	0.85						
<i>Leptodora kindtii</i>								
COPEPODA								
<i>Paracalanus parvus</i>			0.95		0.39			
<i>P. parvus</i> (copepodite)			0.24		0.57			
<i>Clausocalanus</i> sp. (copepodite)					1.00*			
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>				1.00*	1.00*		1.00*	
<i>P. marinus</i> (copepodite)				0.25			0.12	
<i>Eurytemora</i> sp. (copepodite)	0.07							
<i>Acartia steueri</i>					1.00*			
Calanoida (damaged)					-		-	
<i>Thermocyclops hyalinus</i>		0.63						
Other Cyclopida (copepodite)	-0.90	0.60						
Copepoda (nauplius)	-0.67	-0.42				-0.73		
Copepoda (egg)					-	-	-	
MYSIDACEA								
Mysidacea (young)				1.00*				
ISOPODA								
Isopoda (young)								

*: Species not collected by plankton sampling.

(水深 2 m) は St. 2 (水深 2 m) とほぼ同様の種組成であった。空胃率は沿岸域 33.3%, 河口 6.7%, 三日月湖 0% の順に高かった。また平均摂餌個体数も, 河口・沿岸に比べ, 三日月湖で多い傾向が見られた (Table 4)。

イブレフの選択性指数から, 各採集地点における摂餌選択性を検討した (Table 5)。三日月湖において, シラウオ仔稚魚は枝角類 *D. brachyurum* に対して 0.9 を超える正の選択性を示していた。河口で多く摂餌されていた *P. parvus* 成体の選択指数も 0.95 と高かった。

考察

本水域のシラウオ仔稚魚は, 三日月湖では枝角類を, 河口・沿岸域ではカイアシ類を主に摂餌していることが明らかになった。また夏季の三日月湖では枝角類が優占している点が, 河口・沿岸域とは異なった特徴である。淡水性枝角類の増殖は水温に強く依存し, 水温の上昇につれて増殖速度が増大し⁷⁾, 好条件では 2~3 日で世代交代を繰り返す⁸⁾。また 1961 年の調査でも, 三日月湖では夏から秋にかけて枝角類が優勢となり, *D. brachyurum* は 7~9 月にかけて出現した⁵⁾。一方本調査の石狩湾沿岸河口域では, 枝角類の出現がほとんど認められなかった。また, 石狩湾では夏季に動物プランクトンの現存量が最も少なくなることが知られている⁹⁾。すなわち夏季の三日月湖では, 沿岸河口域では見られない淡水性枝角類の増加という大きな特徴を持つ。これらのことから, シラウオの索餌場としては, 沿岸河口域に比べ三日月湖が優れていると推定された。三日月湖のシラウオ仔稚魚の空胃率は低く, 摂餌個体数が他水域に比べ多かったことから, シラウオにとって三日月湖の餌環境は良いと考えられる。

三日月湖では枝角類 *D. brachyurum* が選択的に摂餌されていた。同じ枝角類の *B. coregoni* の方が環境中に多く出現していたが, シラウオの消化管中には認められなかった。シラウオ成体の摂餌行動を観察した結果, シラウオは体を S 字状に曲げつつ, 頭を上方に向け, 餌 (アルテミア幼生) に対して飛びつくようにして捕食していた²⁾。このことはシラウオ成魚が視覚捕食者であることを示している。一般に視覚捕食者である魚類は, 環境中でサイズの大きいものから摂餌するため¹⁰⁾, シラウオ仔稚魚も視覚捕食者であるとする, *B. coregoni* よりサイズの大きい¹¹⁾ *D. brachyurum* の方が摂餌の対象となりやすいのであろう。また同様に体サイズの違いから, 輪虫類よりも枝角類の選択性の方が高いと推測される。一方, 本研究では, プランクトンネットで採集されなかったにもかかわらず, 消化管内容物中に観察された種がいくつか認められた (カイアシ類 *P. marinus*, *A. steueri*, アミ類幼体)。

今後は, 本水域における動物プランクトンの採集方法をさらに検討する必要がある。

三日月湖ではこれまでの報告のとおり, 体長の大きい個体が見られ, 8 月から 9 月にかけての体長モードの変化の幅も他採集水域に比べ大きかった。この体長差はふ化日の違いによってもたらされている可能性もある。しかし, 耳石の Sr:Ca 比を調べた結果から, 遅くとも 8 月までには石狩川遡上群と沿岸残留群が分岐すると考えられており¹⁾, 8 月から 9 月にかけての体長モードの変化の違いは, 各採集水域の餌環境を反映した成長速度の差によってもたらされたと考えられる。これらをより詳細に明らかにするためには, 今後耳石日周輪解析などによる仔稚魚のふ化日と成長の検討に取り組むべきである。

シラウオは, 以前は遡河回遊魚であるとされてきたが近年の研究では, 小川原湖や茨城県酒沼¹²⁾に見られるように汽水域内で生活史を完結するパターンや, 網走湖¹³⁾のように湖内残留群と冬季に降海する群が同所的に存在するパターンなど, 回遊パターンはバリエーションに富んでいることが分かってきた。石狩川水系のシラウオは, 河口域でふ化した後, 河口周辺にとどまる群が存在する一方で, 夏期にはほぼ淡水の三日月湖に遡上するという, 他の水系には見られない回遊パターンを示している²⁾。シラウオは卵やふ化仔魚の塩分耐性の範囲が非常に広く¹⁴⁻¹⁶⁾, また産卵親魚の塩分耐性も同様に高いことから¹⁷⁾, 淡水, 海水の双方に適応できる広塩性魚である。その生理的特徴により, 本研究で明らかになったように高成長が望めるほぼ淡水に近い三日月湖を索餌場として利用することが可能であったことが, 本水系における遡上回遊パターンの発達に結びついたものと推測される。今回明らかになった三日月湖におけるシラウオの餌生物の分布状況から, 三日月湖へ遡上回遊することが本水域のシラウオにとって生態的に有利な回遊パターンであると考えられる。このことは, 資源管理方策を考える上で重要な手がかりになるものと思われる。

謝辞

本調査を行うにあたり, ご理解とご協力いただいた石狩漁業協同組合 (当時) の鈴木隆夫氏, 新明正英氏に感謝申し上げます。また調査にご協力いただいた石狩地区水産技術普及指導所 (当時) の児玉勉所長をはじめとする職員の皆様に感謝いたします。

文献

- 1) Yamaguchi, M., Katayama, S. and Omori, M. :

- Migration pattern of shirauo *Salangichthys microdon* Bleeker, in the Ishikari River system and adjacent nearshore sea area, Japan, as estimated by otolith microchemistry analysis. *Fish. Sci.* 70(4), 546–552 (2004)
- 2) 山口幹人：石狩川下流域および沿岸域に分布するシラウオの資源生態学的研究. 北水試研報. 70, 1–72 (2006)
 - 3) 三浦雅大：小河原湖におけるシラウオの資源生態学的研究. 東北大学修士論文, 1992, 38p.
 - 4) 元田茂：北海道湖沼誌. 水産試験. 5(1), 1–96(1950)
 - 5) 黒荻尚, 長内稔：石狩川古川の陸水学的研究 I 石狩古川の水利条件とプランクトン相の季節変化. 水産試験. 18, 123–146 (1963)
 - 6) Ivlev, V. S. (児玉康雄, 吉原友吉訳)：魚類の栄養生態学—魚の摂餌についての実験生態学. 鳥取, たたら書房, 1955, 261p.
 - 7) Hanazato, T. and Yasuno, M. : Effect of temperature in the laboratory studies on growth, egg development and first parturition of five species of Cladocera. *Jpn. J. Limnol.* 46, 185–191 (1985)
 - 8) Horne, A. J. and Goldman, C. R. (手塚泰彦訳)：陸水学. 京都, 京都大学学術出版会, 1999, 638p.
 - 9) 小島守之：北海道石狩湾産プランクトン調査 昭和50年夏季および秋季の動物プランクトン生体現存量. 北水試研報. 19, 1–11 (1977)
 - 10) Brooks, J. L. and Dodson, S. I. : Predation, body size, and composition of plankton. *Science*. 150, 28–35(1965)
 - 11) 水野寿彦, 高橋永治編：日本淡水動物プランクトン検索図説(改訂版). 東京, 東海大学出版会, 2000, 551p.
 - 12) Saruwatari, T. and Okiyama, M. : Life history of shirauo *Salangichthys microdon* ; Salangidae in brackish lake, Lake Hinuma. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 58(2), 235–248 (1992)
 - 13) Arai, T., Hayano, H., Asami, H. and Miyazaki, N. : Coexistence of anadromous and lacustrine life histories of shirauo, *Salangichthys microdon*. *Fish. Oceanogr.* 12(2), 134–139 (2003)
 - 14) 雨宮育昨：陸封されたる「わかさぎ」及び白魚の卵発生と海水濃度の関係. 水産学会報. 3(3), 192–195 (1921)
 - 15) 遊佐多津雄：シラウオ *Salangichthys microdon* 初期生活の特性. 日本水産学会東北支部会報. 37, 39(1987)
 - 16) 榎本義正：シラウオの人工ふ化飼育予備実験. 水産増殖. 11(4), 211–216 (1963)
 - 17) 猿渡敏郎：“シラウオ—汽水域のしたたかな放浪者”. 川と海を回遊する淡水魚. 東京, 東海大学出版会, 1994, 74–85.

夏季の海洋環境が地まきホタテガイの貝柱歩留と麻痺性貝毒の発生に与える影響（短報）

品田晃良*

Effects of summer water temperature and food concentration on the growth of bottom cultured Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* and the outbreak of paralytic shellfish poisoning (PSP), in the coastal area of northeastern part of Hokkaido, Japan. (Short Paper)

Akiyoshi SHINADA*

キーワード：ホタテガイ，貝柱歩留，麻痺性貝毒，オホーツク海，海洋環境

まえがき

北海道北東部の沿岸海域では，輪採制の地まきホタテガイ漁業が行われている¹⁾。地まきホタテガイ漁業は，1年間中間育成した稚貝を放流して3年後に漁獲を行う工程を，複数の海区でそれぞれ別の年に繰り返し行うものである。本漁業は，種苗生産技術および放流技術などの技術革新により安定性，生産性とも高水準にある²⁾。

その一方で，地まきホタテガイ漁業は経済的損失の要因となる不安定要素を2つ抱えている。1つは，一時的に貝柱歩留（全重量に占める貝柱重量の割合）が悪くなる現象である。貝柱歩留は，夏季に年間の最高値を示すことが明らかとなっているが，春季の餌不足によって貝柱歩留が平年値に達しない場合がある^{3,4)}。もう1つの不安定要素は，麻痺性貝毒の発生による出荷規制である。麻痺性貝毒は夏季に発生することが明らかとなっており，発生の要因としては原因プランクトンを含む沖合水がホタテガイ漁場に接岸することによると考えられている⁵⁾。しかし，その現象を証明した現場データは少ない。よって，貝柱歩留が悪くなったり，麻痺性貝毒が発生する要因を明らかにして対策を立てることは，地まきホタテガイ漁業を安定させる上で重要である。

これまでの研究は，年変動が大きい春季の海洋環境と地まきホタテガイの成長に注目してきた^{3,4)}。しかしながら，夏季の海洋環境は春季に比べ年変動が小さく，その影響を検出し難いことから，地まきホタテガイの成長や

麻痺性貝毒の発生との関連については解析が行われていなかった。本研究は，長年のモニタリングによりデータが蓄積された紋別海域の地まきホタテガイについて，夏季の海洋環境が，貝柱歩留と麻痺性貝毒の発生に与える影響を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

調査は，1992年から2007年に北海道北東部に位置する紋別漁場で行った(図1)。ホタテガイ試料(4年貝)は，7月から9月にかけて月2回の頻度で水深約40mからホタテ桁網により採集して，40個体について全重量と貝柱重量の測定を行った。

海洋観測は，ホタテガイ試料の採集とほぼ同時に行われ，底層水温は，STD（アレック電子：AST-1000）で測定した。底層クロロフィル *a* 測定用試水は，バンドン採水器で水深約40mから採水して，GF/C フィルターでろ過したのち分析まで凍結保存した。クロロフィル *a* の抽出は，*n*, *n*-ジメチルホルムアミド (DMF) で行い，蛍光光度計（ターナー デザイン社：Model10-AU）を用い Welschmeyer 法⁶⁾で濃度を測定した。本研究では，植物プランクトンを主な餌と考え，その色素であるクロロフィル *a* 濃度を餌濃度の指標とした。

麻痺性貝毒の発生年は，4 MU g⁻¹（可食部）を一度でも超えた年とした。なお，4 MU g⁻¹（可食部）は，北海道がホタテガイの出荷を自主的に規制する基準値である。

夏季の海洋環境（7月から9月の平均値）が貝柱歩留（7月から9月の平均値）と、麻痺性貝毒の発生に与える影響については回帰分析を行った。パラメータは一般化線形モデルにより推定した。

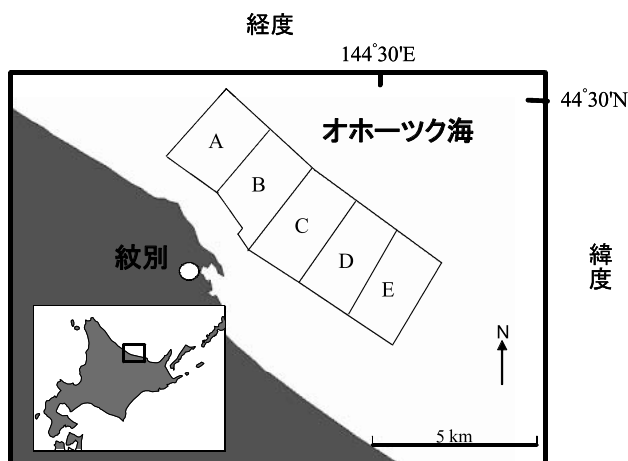


図1 調査地点

結果

夏季の底層水温および餌濃度と貝柱歩留の関係を図2-3に示す。底層水温と貝柱歩留については負の相関が認められたが、底層餌濃度と貝柱歩留は顕著な相関が認められなかった。モデル選択をAICを用いて行ったところ、説明変数として底層水温を用いたモデルが選択された（表1）。

夏季の底層水温および餌濃度と麻痺性貝毒発生の関係を図2に示す。麻痺性貝毒が発生した年（発生年）は、発生しなかった年（未発生年）に比べ底層水温が低い傾向にあった。一方、底層餌濃度については発生年と未発生年で顕著な違いは認められなかった。モデル選択をAICを用いて行ったところ、説明変数として底層水温を用いたモデルが選択された（表2）。

考察

1. 夏季の水温と貝柱歩留の関係

貝柱歩留は、夏季の餌濃度とは明確な関係が認められなかったが、底層水温と負の相関があった（図2，表1）。蔵田ら⁷⁾は、サロマ湖の垂下養成ホタテガイ（2年貝）の同化効率を室内実験で測定した。その結果、6～8月にかけて水温が12℃から19℃に上昇した時、同化効率が15ポイント低下することを示した。同化効率は一般に餌濃度の上昇により低下する⁸⁾。しかし、蔵田⁷⁾の実験では、

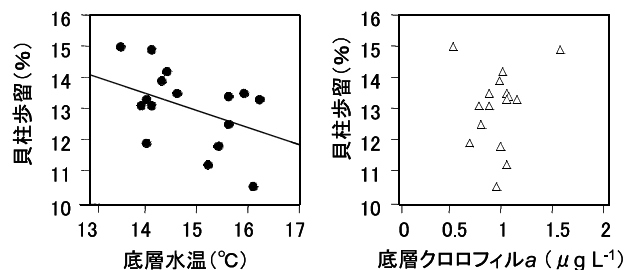


図2 底層水温と貝柱歩留(左)、底層餌濃度と貝柱歩留(右)の関係

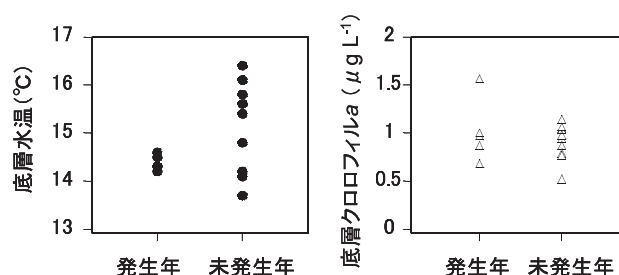


図3 麻痺性貝毒発生年と未発生年の底層水温（左）および底層餌濃度（右）の関係

表1 夏季の貝柱歩留データに対する3つのモデルの当てはめ結果

モデル	切片 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	AIC
独立	13.1 (0.31)	—	55.2
底層水温	23.3 (5.00)	-0.68 (0.33)	53.0
底層餌濃度	12.2 (1.41)	0.88 (1.44)	56.8

表2 麻痺性貝毒の発生データに対する3つのモデルの当てはめ結果

モデル	切片 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	AIC
独立	0.79 (0.54)	—	21.9
底層水温	-24.2 (14.6)	1.69 (1.00)	19.4
底層餌濃度	2.58 (2.54)	-1.85 (2.53)	23.3

水温上昇と共に呼吸量と排泄量の上昇が見られている。よって、水温上昇は同化効率低下の一つの要因になるかもしれない。

以上より、夏季における地まきホタテガイの同化効率は、底層水温の影響を受け増減する可能性が示唆された。この結果は、餌濃度の変動が小さい夏季において底層水温が貝柱歩留に影響を与える可能性を示している。

2. 夏季の水温と麻痺性貝毒発生の関係

本海域における麻痺性貝毒原因プランクトンは *Alexandrium tamarense* と考えられている⁵⁾。*A. tamarense* は夏季の沖合水に多く存在する場合があります、沖合水が沿岸に接岸して地まきホタテガイが *A. tamarense* を摂餌して毒化することが、麻痺性貝毒の発生機構と考えられている⁵⁾。また、沖合水は、沿岸を流れる宗谷暖流に比べ低温である⁹⁾ので、底層水温が低下する要因の一つとして、沖合水の接岸が考えられる。よって、本研究で得られた夏季の底層水温が低い年に麻痺性貝毒が発生し易いという現象は(図3、表2)、前述の麻痺性貝毒の発生機構を支持すると考えられる。

3. 貝柱歩留と麻痺性貝毒発生の関係

漁業者の間では、麻痺性貝毒の発生年と貝柱歩留が良い年が重なる場合が多いことから、麻痺性原因プランクトンを摂餌すると貝柱歩留が良くなるという意見がある。しかし、貝柱歩留と夏季の餌濃度に明確な関係が認められないことから、夏季における地まきホタテガイの貝柱歩留は餌濃度の影響を受けていないと考えられる(図2)。つまり、麻痺性貝毒の発生と貝柱歩留の良いことには直接の因果関係はないことが示唆される。ただし、本研究で餌濃度の指標として用いた底層クロロフィル *a* 濃度は、植物プランクトンを主な餌と考えた指標である。よって、今後のより詳細な検討が望まれる。

謝辞

本稿を終わるに当たり、野外調査及び測定にご協力頂いた紋別漁業協同組合、網走地区水産技術普及指導所の方々に謹んでお礼申し上げます。なお、本研究は北海道が北海道はたて漁業振興協会より受託している「ホタテガイ成長モニタリング調査」の一部である。

文献

- 1) 蔵田 護：“73.ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* (Jay)”. 新北のさかなたち. 北海道, 北海道新聞社,

2003, 290-295.

- 2) 西浜雄二：オホーツクのホタテ漁業. 北海道, 北海道大学図書出版刊行会, 1994, 218p.
- 3) 品田晃良, 栗原康裕, 宮園 章：北海道オホーツク海側沿岸域における地まきホタテガイの成長不良年の予測. 北水試研報. 69, 123-128 (2005)
- 4) 品田晃良：地まきホタテガイの成長不良に対する水温および餌濃度の影響. 日本ベントス学会誌. 61, 41-44 (2006)
- 5) 品田晃良：夏季の北海道オホーツク海沿岸海域における *Alexandrium tamarense* の増殖制限因子. 北水試研報. 69, 117-121 (2005)
- 6) Welschmeyer, N.A. : Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.* 39, 1985-1992(1994)
- 7) 蔵田 護, 干川 裕, 西浜雄二：サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量. 北水試研報. 37, 37-57 (1991)
- 8) 勢村 均：イタヤガイ成貝における餌料プランクトンの種および濃度と濾水速度, 消化率, 同化速度との関係. 日水誌. 61, 673-678 (1995)
- 9) 山口幹人：オホーツク海南西海域における10年間(1983～1992)の海況の平均像. 北水試研報. 40, 1-19(1993)

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

に少なくなった。これは、当歳魚放流の結果^{1,2)}と同様であり、外部標識の脱落等が原因であると考えられた。

次に、加齢に伴う再捕場所の変化を見るため、各放流群の月ごとの再捕場所と再捕尾数を図2に示した。

1歳の10月に噴火湾で放流したA群と12月に日高で放流したB群は、2歳での報告がほとんどであり、再捕場所は放流場所である日高～噴火湾がほとんどであったが、B群の一部は6～8月にかけて道東の十勝～根室で再捕された。

2歳で放流した群のうち、5月に噴火湾で放流したD群は放流場所内での再捕が多かったが、6月と8月に日高で放流したE群は放流場所内での再捕のほかに9～11月にかけて東側に隣接した十勝へ移動した個体も比較的多く見られ、3歳時にも同様の場所での再捕が続いた。10～12月に噴火湾で放流したC群では12～6月にかけて放流場所周辺と本州の青森県～茨城県で再捕される個体が多かった。また、放流翌々年の3月と5月にも福島県と宮城県でそれぞれ1尾が再捕された。

3歳で放流された群のうち、5月に日高で放流したG群では放流場所内での再捕のほかに5～10月にかけて道東の十勝～根室へ移動する個体が見られた。また、1月と2月には宮城県及び茨城県での再捕もわずかなが見られた。11～2月に噴火湾で放流されたF群では1～7月に本州の青森県～茨城県へ移動する個体が比較的多く見られた。また、翌年の7月には道東の釧路で1個体が再捕された。

4歳の11～12月に噴火湾で放流したH群は再捕個体数が少なく詳しいことはわからなかった。

5歳の5月に噴火湾で放流したI群は6～9月にかけて放流場所から東へ移動し、胆振及び日高で再捕された。また、7月には道東の釧路で1尾が再捕された。

以上の結果から、マツカワの年齢別、季節別の移動について次の通り想定した。マツカワを北海道えりも以西太平洋沿岸に放流した場合、2歳秋までは主として放流場所周辺に分布する。2歳冬以降は、引き続き放流場所にとどまる個体のほか、広範囲に移動する個体が見られ始め、3歳以降も同様の傾向が続く。また、このような広範囲への移動は季節的な傾向を伴い、夏～秋にかけては放流場所から東側へ、冬～春にかけては放流場所から南側、とりわけ本州太平洋沿岸に分布を広げていくものと考えられた。

ただし、今回の結果はあくまで標識再捕報告結果から得られたものである。再捕報告は漁業者からのものがほとんどであり、再捕されるかどうかは当該海域の漁業活動と密接に関係する。今後は、これら漁業の実態もふまえながら、より詳細な解析をしていく必要がある。

文献

- 1) 吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平: 北海道噴火湾から標識放流したマツカワの移動と放流群別再捕率(短報). 北水試研報, 73, 47-48 (2008)
- 2) 高谷義幸, 吉田秀嗣, 松田泰平: 北海道日高海域から標識放流したマツカワの移動と放流時のサイズ(短報). 北水試研報, 73, 49-51 (2008)

表1 えりも以西海域における1齢以上のマツカワ標識放流と再捕結果

海域	放流群	放流No.	放流日	放流時の状況			年齢別再捕尾数(尾)					合計 (尾)	再捕率 (%)
				年齢	場所	尾数(尾)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳		
噴火湾	A	1	2000年10月6日	1	豊浦	100	7	10	0	0	0	17	17.0
	C	2	2000年10月6日	2	豊浦	30	-	6	1	0	0	7	23.3
		3	2000年10月13日			78	-	14	2	0	0	16	20.5
	F	4	2001年12月6日	3	豊浦	50	-	-	11	4	0	15	30.0
	D	5	2002年5月14日	2	砂原	127	-	32	0	0	0	32	25.2
	C	6	2002年11月6日	2	豊浦	40	-	10	0	0	0	10	25.0
	F	7	2002年11月6日	3	豊浦	49	-	-	10	0	0	10	20.4
	H	8	2002年11月6日	4	豊浦	10	-	-	-	1	2	3	30.0
	C	9	2003年12月6日	2	豊浦	60	-	12	9	1	0	22	36.7
	H	10	2003年12月6日	4	豊浦	20	-	-	-	4	0	4	20.0
	F	11	2005年1月18日	3	豊浦	100	-	-	7	13	0	20	20.0
		12	2005年2月3日		伊達	100	-	-	4	22	0	26	26.0
	I	13	2006年5月17日	5	伊達	200	-	-	-	-	40	40	20.0
日高	B	14	2003年12月12日	1	静内	200	0	12	0	0	0	12	6.0
		15			様似	200	1	7	1	0	0	9	4.5
	E	16	2004年6月17日	2	浦河	50	-	0	1	0	0	1	2.0
		17	2004年8月25日		様似	177	-	23	7	0	0	30	16.9
	G	18	2005年5月15日	3	えりも	200	-	-	24	1	0	25	12.5
1歳魚放流(No.1,14,15)				小計	500		8	29	1	0	0	38	7.6
2歳魚放流(No.2,3,5,6,9,16,17)				小計	562		-	97	20	1	0	118	21.0
3歳魚放流(No.4,7,11,12,18)				小計	499		-	-	56	40	0	96	19.2
4歳魚放流(No.8,10)				小計	30		-	-	-	5	2	7	23.3
5歳魚放流(No.13)				小計	200		-	-	-	-	40	40	20.0
全放流魚				合計	1,791		8	126	77	46	42	299	16.7

[illegible]

図2 マツカワ標識放流魚の再捕状況

マツカワ人工種苗放流再捕魚の性比（短報）

高谷義幸^{*1}, 村上 修^{*1}, 吉田秀嗣^{*2}, 萱場隆昭^{*1*3}, 松田泰平^{*1}

Sex ratio of released and recaptured barfin flounder *Verasper moseri* in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido, Japan (Short paper)

Yoshiyuki TAKAYA^{*1}, Osamu MURAKAMI^{*1}, Hidetsugu YOSHIDA^{*2},
Takaaki KAYABA^{*1*3} and Taihei MATSUDA^{*1}

キーワード：マツカワ，人工種苗，再捕魚，性比

まえがき

マツカワは冷水性の異体類で，天然資源が極めて少ない。このため北海道では，本種の人工種苗放流を行っており，徐々に漁獲量が増大しつつある。異体類の人工種苗は，生産時の飼育環境によって雌雄比が偏る傾向があり，本種も雄の割合が高くなる場合が多い¹⁾。また，多くの異体類と同様に雌雄で成長差があり，雌の方が成長が良い²⁾。資源を増加させるためには，人工種苗放流魚が天然で産卵することが必要であるし，漁業という観点からも高成長である雌の個体数が多い方が有利である。近年見られる本種の漁獲増は，ほぼすべてが人工種苗によるため，放流時の性比が漁獲物の性比に反映されるかどうかを知ることは，今後の種苗放流計画を策定する上で重要である。そこで，これまで行われた人工種苗の放流時の性比と漁業によってそれらが再捕されたときの性比を調べた。

報告に先立ち，放流及び漁獲物調査にご協力をいただいた，えりも以西栽培漁業振興推進協議会の会員各位並びに関係地区水産技術普及指導所の諸氏に深謝する。

材料及び方法

マツカワ人工種苗は北海道太平洋沿岸各地および岩手県で放流されているが，ここではえりも以西太平洋海域の噴火湾と日高について，放流時の性比と再捕魚の性比を調べた。

放流時の性別は，1998～2003年に種苗生産されたものについて，各地の中間育成施設で飼育したものを飼育群別に各々50尾程度サンプリングし，生殖腺を目視で観察して判別した。この性比に各飼育群の放流数を乗じて海域ごとに合算し，噴火湾海域および日高海域の放流群の性比とした。ただし，性比不明の放流群については集計から除外した。

再捕魚の性別は，噴火湾内は1999～2007年度に豊浦漁協（現いぶり噴火湾漁協）において，また日高海域は2001～2007年度に門別漁協，静内漁協，新冠漁協（いずれも現ひだか漁協），浦河漁協，荻伏漁協，様似漁協（いずれも現日高中央漁協），冬島漁協，えりも町漁協（いずれも現えりも漁協）で漁獲された個体について，生殖腺の目視観察により判別した。年齢は，標識または耳石輪紋³⁾の観察によって査定した。なお，放流時性比を調査した1998～2003年以外の年級群および標識等によって明らかに噴火湾及び日高以外からの放流魚であると判別された個体は解析から除外した。

結果及び考察

放流時の性比と再捕魚の性比を表1に示した。

噴火湾で放流した種苗の性比は，ほとんどの年で雄の比率が高く，最も高い年で84%が雄であった。また，雄率が50%を下回ったのは2001年級群のみであった。1998～2003年の間に生産，放流された人工種苗の合計の性比は，このような放流群の性比をよく反映し，雄66%，雌34%

報文番号 A433 (2009年1月20日受理)

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

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

*3 現所属：北海道立釧路水産試験場

表1 放流時の性比と再捕魚の性比

噴火湾海域											
種苗 生産年	性別	放流尾数 (尾)	放流時 の性比	再捕魚の年齢別漁獲尾数(尾)						再捕魚 の性比	
				1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計	
1998	♂	51,803	66%	11	139	34	1	0	0	185	67%
	♀	26,767	34%	14	74	3	0	0	0	91	33%
	不明	207									
1999	♂	35,252	80%	0	10	14	2	0	0	26	76%
	♀	8,953	20%	0	6	2	0	0	0	8	24%
	不明	5,868									
2000	♂	34,588	74%	8	35	15	0	0	0	58	85%
	♀	12,326	26%	0	7	3	0	0	0	10	15%
	不明	10,874									
2001	♂	33,312	49%	0	55	9	0	0	0	64	86%
	♀	34,955	51%	0	10	0	0	0	0	10	14%
	不明	10,579									
2002	♂	43,978	69%	2	35	42	1	0	*	80	80%
	♀	20,097	31%	2	8	8	2	0	*	20	20%
	不明	0									
2003	♂	7,550	84%	0	7	0	0	*	*	7	64%
	♀	1,438	16%	0	3	1	0	*	*	4	36%
	不明	0									
合計	♂	206,483	66%	21	281	114	3	0	0		
	♀	104,536	34%	16	108	16	0	0	0		
	不明	27,528									

日高海域											
種苗 生産年	性別	放流尾数 (尾)	放流時 の性比	再捕魚の年齢別漁獲尾数(尾)						再捕魚 の性比	
				1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計	
1998	♂	15,968	69%	-	-	17	1	0	0	18	95%
	♀	7,281	31%	-	-	0	1	0	0	1	5%
	不明	509									
1999	♂	21,183	78%	-	19	9	2	0	0	30	91%
	♀	5,992	22%	-	3	0	0	0	0	3	9%
	不明	0									
2000	♂	16,887	59%	0	8	7	0	0	0	15	44%
	♀	11,961	41%	1	17	0	0	0	1	19	56%
	不明	0									
2001	♂	25,196	62%	0	27	5	1	1	0	34	89%
	♀	15,366	38%	0	1	0	1	2	0	4	11%
	不明	0									
2002	♂	34,244	75%	0	20	20	0	0	*	40	78%
	♀	11,444	25%	0	4	2	4	1	*	11	22%
	不明	827									
2003	♂	9,130	59%	13	20	6	2	*	*	41	68%
	♀	6,262	41%	3	8	5	3	*	*	19	32%
	不明	0									
合計	♂	122,685	68%	13	94	58	4	0	0		
	♀	58,389	32%	4	33	2	2	0	1		
	不明	1,336									

*：集計時点でまだ漁獲されていないことを示す。

であった。日高で放流した種苗は、調査した6年間のすべてで雄率が半数を超えていた。雄率が最大だったのは1999年級群の78%であった。放流魚合計の性比は雄68%、雌32%であり、噴火湾放流群と大きな違いはなかった。

再捕魚は噴火湾で563尾、日高では235尾の標本が得られた。噴火湾海域ではすべての年級群で雄率が50%を上回っていた。日高海域でも同様に雄率が高かったが、2000年級群だけは雄率が44%であり、調査した群の中で唯一雌の割合の方が高くなっていた。放流時の性比と再捕魚の性比に20ポイント以上の差があったのは、噴火湾海域で2001、2003年級群、日高海域では1998、2001年級群であった。このうち、噴火湾2003年級群は、再捕尾数の合計が11尾であり、少数の標本しか得られなかったため、また、日高1998年級群では3歳魚以上でしか調査が実施されていないため、放流時性比との乖離が大きかったと考えられた。噴火湾2001年級群については、放流場所が噴火湾口の室蘭であり、湾外へ移出した個体が相当数あったと思われること、さらに再捕魚の調査場所である豊浦において性比不明の放流群が1万尾程度あり、これらが

原因となって放流時と再捕魚の性比が大きく異なっていたと考えられたが、日高2001年級群については原因は不明であった。

このようないくつかの例外はあるが、全体として放流時の性比と再捕魚の性比は比較的よく対応していた。マツカワは、放流後は放流場所周辺で漁獲される場合が多く、2歳までは80%が放流海域で漁獲される^{4,5)}。今回の解析に用いた漁獲物は2歳魚が主体であり、海域間移動の影響があまり大きくないと考えられる⁶⁾ことから、再捕魚の性比は放流時の性比をよく反映したのであろう。漁業資源としてマツカワを見た場合、前述したように、高成長や親資源としての期待から雌の個体数が多い方が有利である。一方、雌雄比率は魚種固有の繁殖戦略と深く関わると考えられるが、本種のように天然資源がほとんど無い魚種では適切な性比を知ることは困難である。したがって、雄の割合が高い現在の状況を改善すべきかどうかは現時点では判断できない。しかし、本種のように種苗放流によって漁業資源が形成されている魚種において、放流時の性比がそのまま維持されるとしたら、資源全体の性比は人為的にコントロールされることとなる。このため、放流魚の性比は放流時の基礎的データとして正確にモニタリングしておくべきであろう。

文献

- 1) 萱場隆昭：北海道におけるマツカワ種苗生産研究．北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状．技術資料 No.5，北海道立水産試験場，4-35（2005）
- 2) 吉田秀嗣，高谷義幸，松田泰平：北海道えりも以西太平洋沿岸域におけるマツカワ人工種苗の成長（短報）．北水試研報，72，47-49（2007）
- 3) 高谷義幸，松田泰平，吉田秀嗣：マツカワ若齢魚の耳石輪紋の年齢形質としての有効性（短報）．北水試研報，66，11-33（2004）
- 4) 吉田秀嗣，高谷義幸，松田泰平：北海道噴火湾から標識放流したマツカワの移動と放流群別再捕率（短報）．北水試研報，73，47-48（2008）
- 5) 高谷義幸，吉田秀嗣，松田泰平：北海道日高海域から標識放流したマツカワの移動と放流時のサイズ（短報）．北水試研報，73，49-51（2008）
- 6) 高谷義幸，吉田秀嗣，松田泰平，村上修：北海道えりも以西海域で放流したマツカワの加齢に伴う移動（短報）．北水試研報，75，19-21（2009）

氷蔵中のサンマの血合肉と普通肉の性状について（短報）

辻 浩司*, 佐藤暁之*, 金子博実*, 野俣 洋*

Changes in the quality of the dark and white muscle of Pacific saury, *Cololabis saira*, during storage in ice (Short Paper)

Koji TSUJI*, Akiyuki SATO*, Hiromi KANEKO* and Hiroshi NOMATA*

キーワード：サンマ，血合肉，K 値，乳酸，pH

まえがき

近年，北海道におけるサンマの生産量は10万トン以上で推移し，消費者の水産物に対する高品質・高鮮度志向が強まるなかで，生鮮サンマの品質評価に関する試験が実施され^{1,2)}，道東の産地では漁業者，加工業者がより高鮮度な出荷の取り組みを始めている。

しかし，サンマの国内消費は生鮮が主体であり，約23万トンの生産量で需要と供給がほぼ均衡し，生産量の増加は魚価の低下を招くことから，新たな需要開拓が求められている。

サンマは発達した血合肉を有しており，マイワシやマサバなどとともに赤身魚と呼ばれている。赤身魚は筋肉組織に占める血合肉の割合が高いことから，利用用途を検討するうえで血合肉の性状を把握することが重要である。マイワシやマサバ血合肉の特性に関してはこれまでに報告されているが³⁻⁵⁾，サンマ血合肉に関する知見は極めて少ない。

そこで，サンマのワンフローズン（1回凍結）フィレや冷凍すり身製造技術を開発するうえでの基礎的知見として，生鮮サンマ氷蔵中の血合肉と普通肉のATP関連化合物や乳酸量などの変化について比較検討した。

材料及び方法

1. 試料

2007年10月16日に釧路沖で漁獲され，船上で発泡箱（海水－氷中）に梱包されたサンマを水試に搬入し，5℃で3日間貯蔵した。貯蔵中のサンマを毎日，3尾取り出し，体重，体長（肉体長）と尾藤ら⁶⁾の方法により硬直指数を

測定した後，三枚に卸し，皮と皮下脂肪を除き，血合肉と普通肉をメスとピンセットを用いて分離，採取し，試料とした。

2. 実験方法

ATP 関連化合物の抽出は，試料 2 g に 6 % 過塩素酸溶液 20 mL を加えてホモジナイズし，ろ液を水酸化カリウム溶液で中和後，50 mL に定容した。ATP 関連化合物の測定は，5℃で一晩保管した試料液を 0.45 μm のフィルターに通じ，Matsumoto ら⁷⁾の方法に準拠し，高速液体クロマトグラフ（島津社製：LC-10Ai）で，アデノシン 3 リン酸（ATP），アデノシン 2 リン酸（ADP），アデニル酸（AMP），イノシン酸（IMP），イノシン（HxR），ヒポキサンチン（Hx）を定量し，K 値は下記の計算式で求めた。

$$K \text{ 値}(\%) = \frac{\{(\text{Hx} + \text{HxR}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx})\} \times 100}$$

乳酸の定量は，ATP 関連化合物の測定で用いた試料液を水酸化カリウム溶液で pH10 に調整し，酵素法（F-キット／L-乳酸：J. K. インターナショナル社製）で行った。pH は，試料を 9 倍量の蒸留水でホモジナイズ後，ガラス電極による pH メーターで測定した。

結果及び考察

供試サンマの体重および体長は，それぞれ 130 g～182 g，29.5 cm～32.0 cm であり，硬直指数は氷蔵 1 日までは 100 % を維持し，その後約 80 % まで低下した（Table 1）。なお，氷蔵中の魚体温は -1.4℃ で推移した。

普通肉の ATP 関連化合物の総量は，平均で 10.8 μmol / g であったのに対し，血合肉では 5.5 μmol / g と少なかっ

Table 1 Weight, length and rigor index of Pacific saury used for analysis

Storage day	Body weight (g)	Body length (cm)	Rigor index (%)
0	145.5	31.4	100.0
	141.2	30.7	100.0
	136.1	30.2	100.0
1	130.8	29.5	100.0
	153.7	30.4	100.0
	158.1	30.8	100.0
2	149.4	31.2	87.8
	154.4	29.5	85.9
	181.6	32.0	66.0
3	149.7	29.5	76.8
	172.4	31.0	80.7
	153.9	30.9	84.4

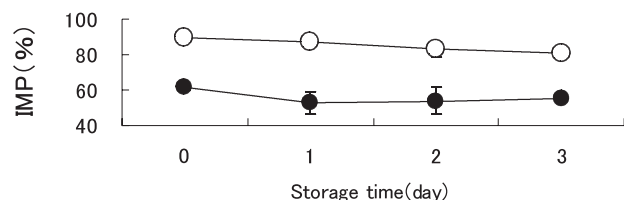


Fig. 1 Changes in percentage of IMP in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 $\text{IMP}(\%) : (\text{IMP}/(\text{ATP}+\text{ADP}+\text{AMP}+\text{IMP}+\text{HxR}+\text{Hx})) \times 100$
 ●, Dark muscle ; ○, White muscle. Each point indicates mean of 3 samples and vertical bars represent standard deviation.

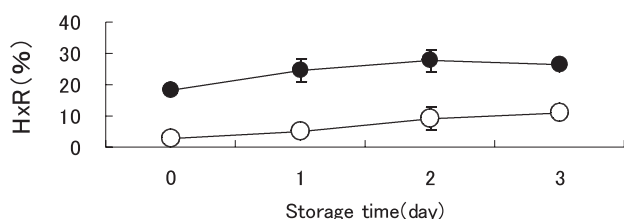


Fig. 2 Changes in percentage of HxR in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 $\text{HxR}(\%) : (\text{HxR}/(\text{ATP}+\text{ADP}+\text{AMP}+\text{IMP}+\text{HxR}+\text{Hx})) \times 100$
 Refer to the legend of Fig. 1 for details.

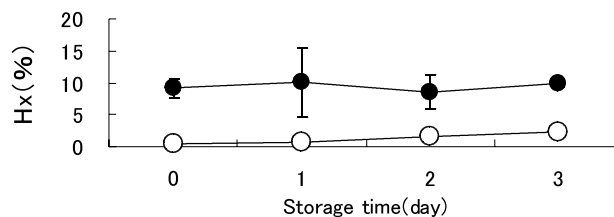


Fig. 3 Changes in percentage of Hx in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 $\text{Hx}(\%) : (\text{Hx}/(\text{ATP}+\text{ADP}+\text{AMP}+\text{IMP}+\text{HxR}+\text{Hx})) \times 100$
 Refer to the legend of Fig. 1 for details.

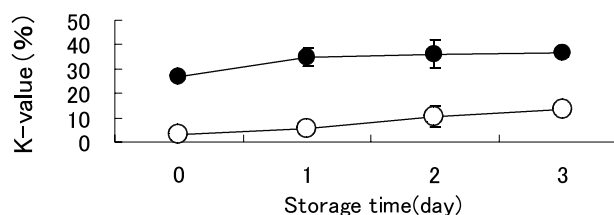


Fig. 4 Changes in the K-value in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 Refer to the legend of Fig. 1 for details.

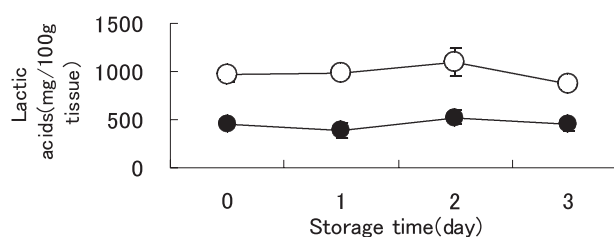


Fig. 5 Changes in the Lactic acid in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 Refer to the legend of Fig. 1 for details.

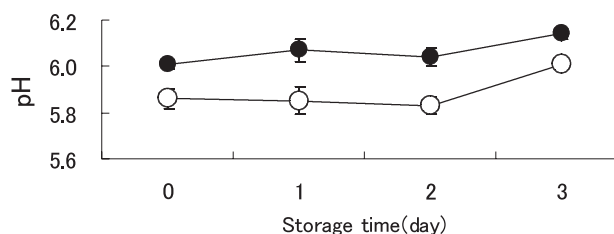


Fig. 6 Changes in the pH in the dark and white muscle of Pacific saury during storage in ice.
 Refer to the legend of Fig. 1 for details.

た。氷蔵中の ATP 関連化合物の変化は、普通肉、血合肉ともに IMP の減少と HxR, Hx の増加がみられたが、ATP 関連化合物総量に対する IMP の割合は普通肉で、HxR および Hx の割合は血合肉で、それぞれ貯蔵初期から高い値を示した (Fig. 1, 2, 3)。これにより貯蔵期間中の K 値は、普通肉では 3 % から 13 % へ上昇したのに対し、血合肉では貯蔵開始時から高い値であり、27 % から 36 % と上昇した (Fig. 4)。

小島ら^{8,9)}は、マサバで同様の結果を得ており、血合肉中では IMP 分解酵素の活性が普通肉と異なるものと推察している。また、村田ら¹⁰⁾は、ハマチの普通肉と血合肉を氷蔵し、血合肉の風味低下が速いことを呈味テストで確認している。

氷蔵中の乳酸量は、普通肉のおよそ 800~1,000mg/100g に対し、血合肉では 300~500mg/100g と約 1/2 の値で推移した。また、血合肉の pH は普通肉に比べ高く推移し、乳酸量とは逆の傾向を示した (Fig5, 6)。

サンマの血合肉は、筋肉中に占める割合が約 40 % にも達し¹¹⁾、風味に関与する IMP の含量や分解、筋肉たんぱく質の変性に影響する乳酸量や pH の変化が普通肉と大きく異なることから、今後、サンマを原料とした新たな製品の検討に当たっては、これらの特徴を考慮した製造技術の開発を進める必要がある。

文献

- 1) 辻 浩司, 野俣 洋, 金子博実, 佐藤暁之, 信太茂春: 生鮮水産物鮮度保持対策事業. 平成18年度釧路水産試験場事業報告書, 188-189 (2008)
- 2) 辻 浩司, 野俣 洋, 臼杵睦夫, 金子博実: 生鮮サンマの品質評価. 平成18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, 16-17 (2006)
- 3) 橋本周久, 渡部終五: 血合肉の特性. 「多獲性赤身魚の有効利用 (水産学シリーズ35)」, 東京, 恒星社厚生閣, 1981, 33-44
- 4) 橋本周久, 山口勝巳, 渡部終五: 血合肉の特性. 多獲性赤身魚の高度利用技術開発研究に関する総合報告書, 63-71 (1982)
- 5) 須山三千三: 魚類血合肉の生化学と有効成分. 多獲性魚利用拡大推進事業報告書, 26-38 (1998)
- 6) 尾藤方通, 山田金次郎, 三雲泰子, 天野慶之: 魚の死後硬直に関する研究 - I. 東海水研報, 89-96 (1983)
- 7) Matsumoto, M. and Yamanaka, H.: Post-mortem biochemical changes in the muscle of kuruma prawn during storage and evaluation of the freshness. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1145-1149 (1990)
- 8) 小島 渥, 土井敏男, 小野達也: 血合肉中におけるイノシン酸の分解とその酵素活性. 日水誌, 54, 283-288 (1988)
- 9) 小島 渥, 富田公彦: マサバ普通肉中のイノシン酸分解に及ぼす血合肉の影響. 日水誌, 54, 289-292 (1988)
- 10) Murata, M. Sakaguchi, M. Shimizu, T. and Eguchi, H.: Changes in flavor profile in boiled muscle extracts of Yellowtail stored in ice. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 697 (1990)
- 11) 野俣 洋, 辻 浩司: サンマのグローバル商品化のための高鮮度・高効率加工技術の開発 (2) 国際的嗜好に適応した商品創出. 「サンマのグローバル商品化のための高鮮度・高効率加工技術の開発」研究成果報告書, 26-27 (2008)

試験研究業績（外部刊行物への発表）平成19年度

海洋環境部門

Distribution and growth of juvenile chum salmon in the Abashiri Bay, western Hokkaido, in relation to sea surface temperature：宮腰靖之，藤原 真，安藤大成（水産孵化場），嶋田 宏，澤田真由美（中央水試），浅見大樹（稚内水試），永田光博（水産孵化場道東支場） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Technical Report 7, 21-22, 2007.4

Distribution and growth of juvenile pink salmon in the coastal waters of eastern Hokkaido determined with otolith-marking：藤原 真，宮腰靖之，安藤大成（水産孵化場），嶋田 宏，澤田真由美（中央水試），浅見大樹（稚内水試），永田光博（水産孵化場道東支場） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Technical Report 7, 37-39, 2007.4

Seasonal and annual changes of oceanographic condition during early ocean life of chum salmon in the coastal waters of Okhotsk Sea, eastern Hokkaido：澤田真由美，嶋田 宏（中央水試），浅見大樹（稚内水試），佐藤 一（栽培水試），宮腰靖之，安藤大成，藤原 真（水産孵化場），永田光博（水産孵化場道東支場） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Technical Report 7, 75-77, 2007.4

Influence of physical parameters on zooplankton variability during early ocean life of juvenile chum salmon in the coastal waters of eastern Hokkaido, Okhotsk Sea：浅見大樹（稚内水試），嶋田 宏，澤田真由美（中央水試），佐藤 一（栽培水試），宮腰靖之，安藤大成，藤原 真（水産孵化場），永田光博（水産孵化場道東支場） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Bulletin No.4, 211-221, 2007.4

Influence of coastal seawater temperature on the distribution and growth of juvenile chum salmon, with recommendations for altered release strategies：永田光博（水産孵化場道東支場），宮腰靖之，安藤大成，藤原 真（水産孵化場），澤田真由美，嶋田 宏（中央水試），浅見大樹（稚内水試） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Bulletin No.4, 223-235, 2007.4

A shift in pink salmon dominance in the Okhotsk Sea of Hokkaido in relation to coastal environments during early sea life：永田光博（水産孵化場道東支場），安藤大成，藤原 真，宮腰靖之（水産孵化場），澤田真由美，嶋田 宏（中央水試），浅見大樹（稚内水試） NPAFC（北太平洋遡河性魚類委員会）Bulletin No.4, 237-249, 2007.4

Occurrence and detrimental effects of the bivalve-inhabiting hydroid *Eutima japonica* on juveniles of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* in Funka Bay, Japan：relationship to juvenile massive mortality in 2003：Baba, K.（函館水試），Miyazono, A.（中央水試），Matsuyama, K., Kohono, S., Kubota, S. Marie Biology 151, 1977-1987, 2007.6

北海道噴火湾の底泥における有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium* spp. シストの鉛直分布：宮園 章（中央水試），仁科健二（道立地質研） 日本プランクトン学会報, 54(2), 85-91, 2007.8

夏季北海道オホーツク海沿岸における *Alexandrium tamarense* を含んだ沖合表層水の輸送機構：嶋田 宏, 澤田真由美（中央水試），浅見大樹（稚内水試），田中伊織（中央水試），深町 康（北大低温研） 2007年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 145, 2007.9

オホーツク海における海鳥分布と衛星で観測されたクロロフィル a・海面水温の関係：濱原和広，長 雄一，高柳志朗（稚内水試），斉藤誠一 2007年度日本海洋学会秋季大会, 2007.9

春季のオホーツク海の極く沿岸域におけるオキアミの卵および幼生の消長：浅見大樹（稚内水試），嶋田 宏，澤田真

由美（中央水試）、佐藤 一（栽培水試）、岩渕雅輝、安藤大成、宮腰靖之（水産孵化場）、永田光博（水産孵化場道東支場） 2007年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会講演要旨集，185，2007.9

養殖ホタテガイ付着物から検出された下痢性貝毒について：伊藤貴行、小泉駿介（京都大）、高坂祐樹（青森増養研）、馬場勝寿（函館水試）、宮園 章（中央水試）、今井一郎（京都大学） 2007年度水産海洋学会講演要旨集，2007.11

ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* 稚貝のトリグリセライド含有量と干出ストレス耐性との関係：宮園 章（中央水試）日本水産学会誌，73(6)，1109-1111，2007.11

【道南のいきもの】ホタテガイ：宮園 章（中央水試） Oshimanography，14，29-30，2007.11

北海道渡島半島西岸を南下して津軽海峡に流入する流れ(3)：田中伊織、澤田真由美、中多章文（中央水試） 日本海沿岸域における海況モニタリングと波浪計測に関する研究集会研究報告，124-138，九州大学応用力学研究所，2007.12

北海道噴火湾における *Dinophysis* 属の消長および下痢性貝毒・脂溶性貝毒成分含有量の経時・経年変化(短報)：宮園 章（中央水試）、鈴木敏之（東北水研）、馬場勝寿、菅原理恵子（函館水試） 日本プランクトン学会報，55(1)，25-28，2008.1

水産海洋地域研究集会 第38回北洋研究シンポジウム 近年の噴火湾における海洋環境と漁業資源の変動 ホタテガイ生産の変動 8. ホタテガイ養殖漁業の変化：宮園 章（中央水試） 水産海洋研究，72，46-47，2008.2

噴火湾のホタテガイ養殖における採苗の豊凶と環境および母貝の成長不良の関係：馬場勝寿(函館水試) 水産海洋研究，72，48-49，2008.2

宗谷暖流を横切って沖合の有毒プランクトンを沿岸域に輸送する一つのメカニズムのアイデアを補強しそうなデータ(2)：田中伊織、宮園 章、西田芳則（中央水試）、深町 康（北大低温研） 衛星観測システムの海洋生態系研究及び水産業の利用のための基盤技術に関する共同研究 平成19年度共同研究発表会成果報告書，16-23，水産総合研究センター・宇宙航空研究開発機構，2008.3

Seasonal variation of the oceanic state in the sea to the east of Hokkaido (II)：永田 豊（MIRC（日本水路協会海洋情報研究センター））、小熊幸子（北水研）、相川公洋、長瀬桂一（根室市水産研）、田中伊織、中多章文（中央水試）、夏目雅史（釧路水試） Proceedings of the 23rd International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice，75-78，2008.2

道東海域の海況の季節変化（II）：永田 豊（MIRC（日本水路協会海洋情報研究センター））、小熊幸子（北水研）、相川公洋、長瀬桂一（根室市水産研）、田中伊織、中多章文（中央水試）、夏目雅史（釧路水試） 2007年度「第6回ハナサキ・プログラム・ワークショップ」開催報告書，18-27，2008.3

Seasonal variation of the oceanic state in the sea to the east of Hokkaido (II)：永田 豊（MIRC（日本水路協会海洋情報研究センター））、小熊幸子（北水研）、相川公洋、長瀬桂一（根室市水産研）、田中伊織、中多章文（中央水試）、夏目雅史（釧路水試） Proceedings of SakhNIRO/Nemuro Joint Workshop for Report and Discussion on Progress in FY 2007 and Future Plan of Joint Study on Hanasaki Crab，19-30，2008.3

北海道南西部日本海における無機栄養塩およびクロロフィル a 濃度の中長期変動：栗林貴範、嶋田 宏、澤田真由美、田中伊織（中央水試） 2008年度日本海洋学会春季大会講演要旨集，159，2008.3

2007-08年における噴火湾底質の季節変化：奥村裕弥、赤池章一（函館水試）、宮園 章（中央水試）、工藤 勲、磯田

豊 2008年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 208, 2008.3

夏季北海道オホーツク海沿岸における麻痺性貝毒発生予測の試み：嶋田 宏，澤田真由美（中央水試），浅見大樹（稚内水試），田中伊織（中央水試），深町 康（北大低温研） 2008年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 291, 2008.3（ポスター発表）

定期海洋観測19年間（1989-2007）の水温・塩分トレンドからみた北海道周辺の海況特性：宮園 章，西田芳則，田中伊織（中央水試） 2008年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 316, 2008.3（ポスター発表）

北海道檜山海域におけるスケトウダラ産卵適水温帯および漁獲深度の年変動：渡野邊雅道（函館水試），武藤卓志（原子力環境センター） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 17, 2008.3

北海道オホーツク海沿岸における麻痺性貝毒発生予測の試み：嶋田 宏，澤田真由美，田中伊織（中央水試），浅見大樹（稚内水試），深町 康（北大低温研） 平成19年度東北ブロック水産業関係研究開発推進会議海区水産業部会・分科会報告書, 44-45, 東北区水産研究所, 2008.3

資源管理部門

近年，急激に増加した日本海ニシン資源と環境変動：石田良太郎（釧路水試），高柳志朗（稚内水試），田中伊織，石野健吾，瀧谷明朗（中央水試），渡辺良朗（東大海洋研） 水産海洋学研究, 71(2), 147-149, 2007.5

耳石微量成分分析によって推定されたワカサギの多様な回遊パターン（英文）：片山知史（中央水研），猿渡敏郎（東大海洋研），木村和彦（宮城大），山口幹人（中央水試），佐々木 剛（東京海洋大），虎尾 充（道庁孵化場道東支場），藤岡 崇（函館水試），岡田のぞみ（稚内水試） 水産海洋研究, 71(3), 175-182, 2007.8

網口サイズと曳網速度による採集効率の変動：板谷和彦（中央水試） 日本水産学会誌 73(5), 929-930, 2007.9

計量魚群探知機による冬季の北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* 未成魚の分布：志田修（栽培水試），三宅博哉，金田友紀（中央水試），石田良太郎（釧路水試），宮下和士（北大フィールドセンター） 日本水産学会誌, 74(2), 152-160, 2008.3

知床世界遺産一海を守る漁業を考える：桜井泰憲，埴山雅秀（北大院水），石田良太郎（釧路水試） 日本水産学会誌, 74(2), 290, 2008.3

Effect of towing speed and net mouth size on catch efficiency in framed midwater trawls：板谷和彦（中央水試），藤森康澄，清水 晋（北大院水），小松輝久（東大海洋研），三浦汀介（北大院水） Fisheries Science 73(5), 1007-1016, 2007.10

Effects of sampling errors on abundance estimates from virtual population analysis for walleye pollock in northern waters of Sea of Japan：山口宏史（中央水試），松石 隆（北大水） Fisheries Science 73(5) 1061-1069, 2007.10

スケトウダラ日本海系群一仔稚魚に対する計量魚探を用いた資源調査－：板谷和彦（中央水試） 水産海洋学会誌 71(4), 283-284, 2007.11

プランクトンとマイクロネクトンの同時採集のためのズボン式フレームトローラー小目合網地によるオキアミ類のサイズ選択性－：藤森康澄，山下由起子，阿部真之（北大院水），板谷和彦（中央水試），向井 徹（北大院水） 水産工

学, 44(3), 197-204, 2007.11

ハンディ GPS プロッタを用いたミズダコ資源分布図の作製の試み：佐野 稔(稚内水試), 坂東忠男 海洋水産エンジニアリング, 2007(10), 15-21, 2007.

Genetic Variation and Population Structure of Hair Crab (*Erimacrus isenbeckii*) in Japan Inferred from Mitochondrial DNA Sequence Analysis：東 典子(北大院水), 國廣靖志(函館水試), 佐々木潤(栽培水試), 安永倫明(釧路水試), 三原栄次(稚内水試), 三原行雄(中央水試), 陳 徳姫(江陵生命科学大), 阿部周一(北大院水) Marine Biotechnology, 10(1), 39-48, 2008

Revision of the Cottid Genus *Astrocottus* Bolin (Perciformes: Cottoidei), with the Description of a New Species from Northern Japan: Osamu Tsuruoka (北大院水), Shuka Maruyama (釧路水試), Mamoru Yabe (北大院水) Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. A, Suppl. 2, 25-37, 2008, 03

採捕試料を用いた食性解析：後藤陽子(釧路水試) トド資源調査事業報告書 独立行政法人水産総合研究センター 平成18年度水産庁委託事業 国際資源調査等推進対策事業, 57-77, 2007.9

漁船の航跡データを用いたミズダコ資源分布図の作成の試み：佐野 稔(稚内水試) 第12回ベルーガ会議, 2007.8

ミトコンドリア DNA CO1によるケガニの集団遺伝学的解析：東 典子(北大院水), 國廣靖志(函館水試), 佐々木潤(栽培水試), 安永倫明(釧路水試), 三原栄次(稚内水試), 三原行雄(中央水試), 陳 徳姫(江陵生命科学大), 阿部周一(北大院水) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 12, 2007.9

雌雄で成長差のある魚類に対する資源解析と評価—ソウハチ北海道北部系群—：板谷和彦, 山口宏史(中央水試), 山口浩志(稚内水試), 松石 隆(北大院水) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 20, 2007.9

ハタハタ刺網の網目選択性を用いた漁獲物の年齢別雌雄比の評価：若山賢一, 藤森康澄(北大院水), 石田良太郎, 平野和夫(釧路水試) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 20, 2007.9

石狩湾系ニシンにおける初回産卵年齢の成熟割合年変化：高柳志朗(稚内水試), 石田良太郎(釧路水試), 山口幹人(中央水試) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 21, 2007.9

1982年から2006年までの宗谷海峡におけるミズダコの資源変動：佐野 稔(稚内水試) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 152, 2007.9

北海道北部産マガレイの耳石輪紋径に基づく「育ち群」判別：4歳までの「育ち群」の分布と成長：岡田のぞみ(稚内水試), 板谷和彦(中央水試), 室岡瑞恵, 城 幹昌(網走水試), 下田和孝(道孵化場) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 158, 2007.9

日本水産学会水産環境保委員会研究会・ミニシンポジウム 「海を守り, 食を保障する持続的漁業—海洋保護区と自主管理型漁業」 知床世界遺産—海を守る漁業を考える：桜井泰憲, 帰山雅秀(北大院水), 石田良太郎(釧路水試) 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 234, 2007.9

GIS を用いた宗谷海峡の漁場利用図の作成：佐野 稔(稚内水試) 北海道 GIS データベース研究会, 2007.11

漁期中の大型サンマの太り具合：夏目雅史(中央水試) 第56回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 162-165, 2008.2

北海道における資源管理の現状と問題点：鳥澤 雅（中央水試） 第39回北洋シンポジウム 水産資源サステナビリティ学と海洋生態系，9，2008.3

日本海，根室海峡におけるスケトウダラの資源変動と環境変動：石田良太郎（釧路水試），三宅博哉（中央水試），八吹圭三（北水研） 北洋研究シンポジウム 水産資源サステナビリティと海洋生態系要旨集，10，2008.3

道西日本海におけるホッケ雌の成熟率：高嶋孝寛，星野 昇，板谷和彦，三橋正基（中央水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，8，2008.3

底魚類の捕食に由来するスケトウダラ着底後幼魚自然死亡量の推定：山村織生，小岡孝治，本田 聡（北水研），石田良太郎（釧路水試） 平成20年度日本水産学会春期大会講演要旨集，39，2008.3

北海道オホーツク海沿岸におけるケガニの成長：三原栄次（稚内水試），田中伸幸（網走水試），三原行雄（中央水試），西内修一（網走水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，219，2008.3

2006年に北海道太平洋沿岸に来遊したスルメイカの発生時期：佐藤 充（中央水試），坂口健司（釧路水試），澤村正幸（函館水試） イカ類資源研究会議報告（平成19年度），40-43，2008.3

平成19年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題） 1060 資源動向要因分析調査 スケトウダラ太平洋系群 道東養育場におけるスケトウダラ稚魚・幼魚の分布と餌料環境：西村 明，平川和正（北水研），石田良太郎（釧路水試），宮下和士（北大フィールドセンター） 平成19年度資源動向要因分析調査報告書，14-15，2008.3

資源増殖部門

Interannual variability in hatching period and early growth of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Pacific coastal area of Hokkaido：志田 修（栽培水試）他4名 Fisheries Oceanography16(3)，229-239，2007.4

Interannual fluctuations in recruitment of walleye pollock in the Oyashio region related to environmental change：志田修（栽培水試）他6名 Deep-Sea Research II 54，2822-2831，2007.10

北海道噴火湾に放流されたマツカワ0歳魚の分布と食性：吉田秀嗣（函館水試），高谷義幸，松田泰平（栽培水試）栽培漁業技術開発研究 35(1)，5-10，2007.10

北海道余市湾で2006年8月に放流した人工種苗ヒラメの放流サイズの生残と成長：石野健吾，瀧谷明朗（中央水試）平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，170，2007.9

エゾアワビ放流種苗の再生産効果について：干川 裕，高橋和寛，津田藤典，金田友紀（中央水試），原 素之（養殖研） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，37，2007.9

石川県の砂浜海岸に生息する2種のオフエリアゴカイ：川原 英（石川県潮間帯研究会），美坂 正（釧路水試），坂井恵一（のと海洋ふれあいセンター）のと海洋ふれあいセンターだより能登の海中林 NO.27，5-6，2007.10

北海道・東北海域（種多様性の低い海域）の音響モニタリング 1 スケトウダラ太平洋系群：志田 修（栽培水試）水産海洋研究 71(4)，282-283，2007.11

Genetic variation and population structure of hair crab (*Erimacrus isenbeckii*) in Japan inferred from mitochondrial DNA sequence analysis：國廣靖志，佐々木潤（栽培水試）他6名 Marine Biotechnology 10(1), 39-48, 2008.1

ナマコ放流技術の現状と課題：赤池章一，吉田秀嗣（函館水試）平成19年度育てる漁業研究会「ナマコの栽培漁業について」講演要旨集，41-51，2008.1

D～EステージにおけるマガレイのDHA要求量：佐藤敦一，高谷義幸（栽培水試）他1名平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集 120，2008.3

北海道のアワビ放流漁場における人工種苗の再生産評価：原 素之（養殖研），干川 裕（中央水試）平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，153，2008.3

航空写真がとらえた藻場の変遷：赤池章一，吉田秀嗣（函館水試），川井唯史（稚内水試），秋野秀樹（原子力環境センター），八木宏樹，富山 優 磯焼け対策全国協議会シンポジウム「藻場を見守り育てる知恵と技術」講演要旨集，4，2008.3

水産工学部門

NORTHWARD EXTENSION OF GEOGRAPHIC RANGE OF THE SEA URCHIN *HEMICENTROTUS PULCHERRIMUS* IN HOKKAIDO, JAPAN：吾妻行雄（東北大院），干川 裕（中央水試）Journal of Shellfish Research, 26(2), 629-635, 2007.

河口域に流下した落葉が海産ヨコエビ *Anisogammarus pugettensis* に果たす役割（英文）：河内香織（埼玉大院），櫻井 泉（中央水試），柳井清治（道工大）水産海洋研究，71(4)，255-262，2007.

魚類分布の定量的表現による魚礁の効果範囲の推定と考察：山内繁樹（中央水試），峰 寛明（（株）エコニクス），櫻井 泉，金田友紀（中央水試），横山善勝（前 中央水試）水産工学，44(3)，175-183，2008.

人工海底マウンド漁場における魚礁効果の算定方法について：峰 寛明（（株）エコニクス），山内繁樹（中央水試），横山善勝（前 中央水試），櫻井 泉（中央水試），藤井淳夫（（株）エコニクス）海洋開発論文集 第23巻 369-374，2007.

ホタテ貝殻を活用したホタテ地まき漁場造成について：吉野真史，伊藤 靖，酒向章哲（（財）漁港漁場漁村技術研），櫻井 泉（中央水試），西田芳則（稚内水試），新山伸二（水産庁）海洋開発論文集 第23巻 943-948，2007.

石油精製副産物である硫黄を活用した水産増殖資材（レコサル藻礁）についての評価：武田史絵，村上俊哉（（株）エコニクス），太田義高（新日本石油(株)），櫻井 泉（中央水試），山本 潤（寒地土木研），山下成治（北大院）海洋開発論文集 第23巻 441-446，2007.

北海道における単位魚礁の構造別漁獲試験結果に基づく蜆集魚類の主成分分析：山内繁樹（中央水試），峰 寛明（（株）エコニクス），金田友紀（中央水試），横山善勝（前 中央水試）平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，111，2007.9

振動流下におけるキタムラサキウニの密度とコンブ摂食量の関係：金田友紀，干川 裕，櫻井 泉，山内繁樹（中央水試）平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，246，2007.9

アワビ *Haliotis discus* における分集団構造：原 素之（養殖研），中林信康（秋田県水産振興センター），廣瀬 充（福島県水試），小坂善信（青森県水研センター），松橋 聡（青森県栽培センター），干川 裕（中央水試），菅谷琢磨（養殖研），関野正志（東北区水研），池田 実（東北大院農） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，38，2007.9

増殖礁の石材の凹凸がキタムラサキウニの摂餌に与える影響：金田友紀，干川 裕（中央水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，178，2008.3

底生藻類をアサリの餌料として供給する技術の開発：福田裕毅，櫻井 泉，中山威尉（中央水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，167，2008.3

エゾアワビの成熟過程におけるピテロジェニン mRNA 量の変動：松本才絵，山野恵祐（養殖研），干川 裕（中央水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，225，2008.3

振動流下でのマナマコ人工種苗の付着力：中島幹二，合田浩朗（稚内水試），櫻井 泉（中央水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，249，2008.3

人工魚礁における魚類分布の定量表現による魚礁の効果範囲の推定：山内繁樹（中央水試），峰 寛明（（株）エコニクス），横山善勝（前 中央水試），金田友紀（中央水試） 平成19年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，179-182，2007.

漁獲効率と魚類の生態を考慮した，人工魚礁の増集効果の算定方法についての一考察：峰 寛明（（株）エコニクス），山内繁樹，櫻井 泉（中央水試），横山善勝（前 中央水試） 平成19年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，183-186，2007.

人工海底マウンド漁場整備における総合的建設事業コストの算定について：東 健一（（株）アッシュクリート），清田 健（（株）エコニクス），古屋温美（（有）マリンプラニング），山内繁樹（中央水試），浅川典敬（水産庁），長野 章（はこだて未来大学） 平成19年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，195-198，2007.

貝殻を利用した漁場造成技術開発試験～流れに対する貝殻の安定性評価～：櫻井 泉（中央水試），酒向章哲（（株）アルファ水工），伊藤 靖（（財）漁港漁場漁村技術研） 平成19年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，109-112，2007.

エゾアワビ放流種苗の再生産への貢献：干川 裕（中央水試） 東京大学海洋研究所共同利用研究集会 「アワビ類栽培漁業の検証と今後の展望」

流速データが語る藻場の分布：金田友紀（中央水試） 磯焼け対策全国協議会シンポジウム「藻場を見守り育てる知恵と技術」

海底パイプラインから生じる振動がケガニ・マガレイに与える影響：福田裕毅（中央水試） 第11回北日本ベントス談話会

加工利用部門

2軸型エクストルーダーを用いたスケトウダラすり身の組織化：北川雅彦，飯田訓之（釧路水試），佐伯宏樹（北大院水） 日本水産学会誌，73(5)，905-915，2007.5

皮および骨を含む魚肉のエクストルージョン・クッキングによる組織化と加工過程におけるアミノ酸および脂肪酸組

成の変化：北川雅彦，飯田訓之，信太茂春（釧路水試），岸村栄毅，佐伯宏樹（北大院水） 日本水産学会誌，74(1)，55-60，2008.1

Feasibility Study on the Water Solubilization of Spawned out Salmon Meat by Conjugation with Alginate Oligosaccharide. : HIROFUMI TAKEDA, TOSHIYUKI IIDA（釧路水試），AKIRA OKADA, HAYATO OTSUKA, TOSHIO OHSHITA, ERI MASUTANI, SHIGERU KATAYAMA AND HIROKI SAEKI Fisheries Sci., 73(4)，924-930，2007.8

ウニの高品質化と衛生管理による安全供給技術の開発：三上加奈子，木村 稔（中央水試），吉水 守，笠井久会（北大院水）（財）北水協会 平成18年度水産学術研究・改良補助事業報告 106-111，2007.9

超高压処理による冷凍クジラ肉の解凍硬直抑制効果：金子博実，佐藤暁之，辻 浩司，野俣 洋（釧路水試），安永玄太，藤瀬良弘，畑中 寛（日鯨研），荻原光仁，舟橋 均（共同船舶） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，46，2007.9

短期蓄養による北海道産貝・エビ類の呈味性向上試験：辻 浩司，野俣 洋，金子博実（釧路水試） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，59，2007.9

濃縮海洋深層水での短期蓄養によるラウスバイの呈味性変化：辻 浩司，菅原 玲，宮崎亜希子，佐藤暁之，野俣 洋（釧路水試），渡邊 徹，山石秀樹（羅臼町），菊池八起，石亀正則（羅臼漁協），湊屋 稔（らうす海洋深層水） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，59，2007.9

アルギン酸オリゴ糖修飾したシロザケ筋肉タンパク質の安定性：武田浩郁（釧路水試），岡田 晃，大下敏夫（北海道三井化学），岸村栄毅，佐伯宏樹（北大院水） 平成19年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，177，2007.9

海洋深層水を用いた貝類等の短期蓄養技術の開発に関する基礎試験－Ⅰ：菅原 玲，辻 浩司，宮崎亜希子，金子博実，佐藤暁之，野俣 洋（釧路水試）他 第11回海洋深層水利用学会全国大会講演要旨集，17，2007.10

濃縮海洋深層水での短期蓄養によるホタテガイの呈味性変化：菅原 玲，辻 浩司，佐藤暁之，野俣 洋（釧路水試）他 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，82，2008.3

道東沿岸で混獲されるキヒトデ *Asterias amurensis* とニッポンヒトデ *Distolasterias nipon* の原料特性：麻生真悟，宮崎亜希子，北川雅彦，飯田訓之（釧路水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，82，2008.3

塩水ウニ製造工程の衛生学的調査と流通時の品質保持について：三上加奈子，木村 稔（中央水試），笠井久会，吉水 守（北大院水） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集，101，2008.3

石狩湾系ニシンの栄養状態と卵質：福士暁彦，小玉裕幸（中央水試），伊藤慎悟，高柳志朗（稚内水試） 平成20年度日本水産学会春季大会講演要旨集 122，2008.3

サイレージ貯蔵条件による貯蔵中のオリゴ糖等生成技術の開発：小玉裕幸，福士暁彦（中央水試） 平成19年度水産バイオマスの資源化技術開発委託事業報告書 61-65，2008.3

能取湖における風による貧酸素水塊の挙動特性

品田晃良, 大森 始, 多田匡秀, 西野康人, 佐藤智希

能取湖において数値シミュレーションで示されている貧酸素水塊の挙動と風力の関係を検証するため, 2007年の9月下旬に現場観測を行った。平均風速は9月24日まで約 4 m s^{-1} 以下であったが, 25日から26日にかけて 6 m s^{-1} を超えた。水温, 塩分および溶存酸素濃度の断面図は, 18日と20日に等温, 等塩分および等溶存酸素濃度線が最深部から岸にかけて上昇していたが, 25日以降にはほぼ全層均一となった。これらの結果は, 4 m s^{-1} 未満の南風により底層水が水深12m まで上昇すること, 6 m s^{-1} 以上の南風で鉛直混合が発生することを示した数値シミュレーション結果をほぼ再現していた。1998年から2007年までの風速データを解析した結果, 7月から9月にかけて平均風速が 4 m s^{-1} 未満の日が45日以上連続する確率は非常に低いことが示された。平均風速データを注視することは, 貧酸素水塊の発生を予察する指標になる可能性がある。

A429 北水試研報 75 1-5 2009

夏季の海洋環境が地まきホタテガイの貝柱歩留と麻痺性貝毒の発生に与える影響 (短報)

品田晃良

夏季の底層水温と餌濃度が, 地まきホタテガイの貝柱歩留と麻痺性貝毒の発生に与える影響について解析を行った。

底層水温が高い年には, 貝柱歩留は低くなる傾向が認められた。これは, 夏季における地まきホタテガイの同化効率が, 底層水温の影響で増減することに関係すると考えられた。麻痺性貝毒の発生に関しては, 発生年の底層水温が発生しなかった年に比べ低い傾向にあった。本海域では, 麻痺性貝毒原因プランクトンの *Alexandrium tamarense* が多く存在する低温の沖合水が沿岸域に接岸することによって, 麻痺性貝毒が発生すると考えられている。今回の結果は, この仮説を支持するものであった。

A431 北水試研報 75 15-17 2009

夏季の石狩川水系および河口周辺におけるシラウオ仔稚魚の分布と摂餌

岡田のぞみ, 浅見大樹, 山口幹人

夏季の石狩川周辺水域の三日月湖と河口および沿岸域において, シラウオ仔稚魚の分布と食性, 餌環境を調査した。本水域のシラウオ仔稚魚は, 三日月湖では枝角類 *Diaphanosoma brachyurum* を, 河口・沿岸域ではカイアシ類 (*Paracalauns parvus*, *Pseudodiaptomus marinus*, etc.) を主に摂餌していることが明らかになった。環境中の動物プランクトンを調べた結果, 三日月湖では沿岸河口域では出現しない淡水性枝角類が多かったが, 河口沿岸域では枝角類やカイアシ類の密度は低かった。夏季の三日月湖では枝角類が増加していることから, シラウオ仔稚魚の索餌場としては, 沿岸河口域に比べ三日月湖が優れていると推定された。このことが, 日本周辺の他水域では見られない三日月湖への遡上という回遊パターンの発達に結びついたと考えられる。

A430 北水試研報 75 7-13 2009

海道えりも以西海域で放流したマツカワの加齢に伴う移動 (短報)

高谷義幸, 吉田秀嗣, 松田泰平, 村上 修

マツカワ放流魚の3歳以降での移動状況を調べるため, 1~5歳魚を標識放流した。放流は2000~2006年にかけて, 噴火湾内と日高沿岸において18回行われ, 放流尾数は合計1,791尾であった。2006年11月までに299尾の再捕報告があり, 再捕率は16.7%であった。これらについて再捕年齢, 再捕時期, 再捕場所別に集計した結果, マツカワは2歳秋までは放流場所周辺場所に分布し, 2歳の冬以降は放流場所に分布する個体のほかに広範囲に分布を拡大するものが増えてくるものと思われた。また, 季節的な移動の傾向も見られ, 春~冬にかけては北海道太平洋沿岸に分布し, 冬~春には本州太平洋沿岸に南下する個体が多くなるものと思われた。

A432 北水試研報 75 19-21 2009

マツカワ人工種苗放流再捕魚の性比（短報）

高谷義幸，村上 修，吉田秀嗣，萱場隆昭，松田泰平

噴火湾と日高で放流されたマツカワ人工種苗の性比と同沿岸で漁獲された再捕魚の性比を放流年級群別に比較した。放流時の性比は，噴火湾では調査期間中の1年を除いて，また日高ではすべての調査年で雄が多かった。これらと再捕魚の性比を比較したところ，一部の例外を除いておおむね対応しており，やはり雄率が高かった。本種は天然資源がほとんど無いため，適正性比は不明だが，再捕魚の性比が放流時の性比を良く反映すること，また，本種の資源が種苗放流によって形成されていることを考えると，放流種苗の性比は的確に把握しておく必要があると考えられた。

A433 北水試研報 75 23-24 2009

氷蔵中のサンマの血合肉と普通肉の性状について（短報）

辻 浩司，佐藤暁之，金子博実，野俣 洋

サンマの筋肉中に占める血合肉の割合はマイワシやマサバよりも高く，約40%にも達し，利用用途を検討するうえで血合肉の性状を把握することは重要である。そこで，氷蔵中の生鮮サンマから経時的に血合肉と普通肉を採取し，ATP 関連化合物や乳酸量などの変化について検討した。ATP 関連化合物の総量に対するイノシン酸の割合は普通肉で，イノシン，ヒポキサンチンの割合は血合肉で氷蔵初期から高い値を示し，これにより K 値は普通肉より血合肉で高く推移した。また，普通肉に比べ血合肉の乳酸量は少なく，逆に pH は高い傾向を示した。

A434 北水試研報 75 25-27 2009

2009年3月31日発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場

〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238

電話 総合案内 0135(23)7451 (総務課)

図書案内 0135(23)8705 (企画情報室)

FAX 0135 (23) 3141

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

印刷所

岩橋印刷(株)

〒063-8580 札幌市西区西町南18丁目1番34号

電話 (011)669-2500
