

北海道立水産試験場研究報告

第 72 号

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENT STATION
No.72

北海道立中央水産試験場

北海道余市町

2007年3月

Hokkaido Central Fisheries
Experiment Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2007

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

北海道立水産試験場

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

北海道立水産試験場研究報告

第72号

目 次

奥村裕弥, 吉村圭三, 宮園 章, 稲村明宏, 木戸和男, 磯田 豊

台風の通過に伴う津軽暖流水の流入と噴火湾奥部静狩での沿岸環境の急変について 1

佐藤 充, 坂口健司

2001・2002年に北海道オホーツク海沿岸海域へ来遊したスルメイカの発生時期について 9

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本 卓

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法 - I

体表粘液片の短期培養技術を用いたトリコジナ類の淡水耐性力の検討 15

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本 卓

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法 - II

淡水浴によるトリコジナ駆虫効果とマツカワ稚魚の淡水耐性 23

秋野雅樹, 武田忠明, 今村琢磨

シロザケ肉色の品質評価に関する研究 31

櫻井 泉, 柳井清治, 伊藤絹子, 金田友紀

河口域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価 37

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） 47

試験研究業績 〈外部刊行物への発表 平成17年度分〉 51

(2007年3月)

**SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION**

No. 72

CONTENTS

Hiroya OKUMURA, Keizou YOSHIMURA, Akira MIYAZONO, Akihiro INAMURA, Kazuo KIDO and Yutaka ISODA

Inflow event of the Tsugaru Warm Water due to the assage of Typhoon and rapid change in the costal environment at Shizukari, located in the bay-head of Funka Bay 1

Toru SATO and Kenji SAKAGUCHI

Hatching date of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido in 2001 and 2002. 9

Takaaki KAYABA, Taihei MATSUDA and Takashi SUGIMOTO

Parasiticidal treatment against the fish-pathogenic protozoan *Trichodina* sp., an ectoparasite on the body surfaces of cultured barfin flounder, *Verasper moseri*. – I

Freshwater tolerance of *Trichodina* sp. as determined by a short-term incubation of epidermal mucous secretions from infected fish. 15

Takaaki KAYABA, Taihei MATSUDA and Takashi SUGIMOTO

Parasiticidal treatment against the fish-pathogenic protozoan *Trichodina* sp., an ectoparasite on the body surfaces of cultured barfin flounder, *Verasper moseri*. – II

Parasiticidal effects of fresh water on *Trichodina* sp. and the tolerance of juvenile barfin flounder to freshwater exposure. 23

Masaki AKINO, Tadaaki TAKEDA and Takuma IMAMURA

Studies on the quality evaluation of chum salmon *Oncorhynchus keta* flesh color. 31

Izumi SAKURAI, Seiji YANAI, Kinuko ITO and Tomonori KANETA

Quantitative evaluation of a food chain that originates from leaf litter in a river mouth 37

Hidetsugu YOSHIDA, Yoshiyuki TAKAYA and Taihei MATSUDA

Growth of hatchery-reared barfin flounder *Verasper moseri* in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido.
(Short Paper) 47

Contribution from the Hokkaido Fisheries Experimental Station:

Papers Presented in other journals or at scientific meetings in fiscal 2005 51

(March, 2007)

台風の通過に伴う津軽暖流水の流入と 噴火湾奥部静狩での沿岸環境の急変について

奥村裕弥*, 吉村圭三^{*2}, 宮園 章*, 稲村明宏^{*3}, 木戸和男^{*4}, 磯田 豊^{*5}

Inflow event of the Tsugaru Warm Water due to the passage of Typhoon and rapid change in the costal environment at Shizukari, located in the bay-head of Funka Bay

Hiroya OKUMURA*, Keizou YOSHIMURA^{*2}, Akira MIYAZONO*,
Akihiro INAMURA^{*3}, Kazuo KIDO^{*4} and Yutaka ISODA^{*5},

Funka Bay is one of the popular scallop breeding grounds in Hokkaido. Funka Bay Summer Surface water (Fs), which is transformed from the Oyashio water in early summer and higher temperature and lower salinity than the underlying Oyashio water, occupied the upper layer in the Bay. Usually during August to September, the Tugaru Warm water (TW) originated from Kuroshio and of higher temperature and salinity than the Oyashio water, enters into the bay. In 2003 summer, fishermen working near the bay-head of bay at Shizukari reported that curiously clear water appeared at the sea surface and many scallop's juveniles were dead. We suppose that death of scallop juveniles is attributed to rapid environmental change accompanied with inflow of TW, and to investigate the environmental change in the bay accompanied with TW inflow, we carried out hydrographic observation by a ship and mooring instruments in 2004. When Typhoon 0416 passed near Hokkaido in 31 August 2004, the salinity and temperature off Shizukari locating in the head of the bay were rapidly changed and strong north-westward current flowed across the coastline was observed. In 1 September 2004, the current speed off Shizukari amounted to maximum, 50cm/sec and mean speed during 31 August to 1 September was about 20cm/s corresponding to the speed at which TW could flow form the mouth of the bay to the head of the bay. When Typhoon 0418 passed in 8 September 2004, similar rapidly environmental change could be observed. TW reached to Shizukari shore in 13 September and flowed westward across the shore at the scallop-breeding zone. At that time, vertical sections at Yakumo and Otoshibe also showed that TW flowed at the depth deeper than the scallop-breeding zone. It is inferred that such a rapid inflow of TW occur after severe weather condition like a Typhoon, and that the basin water which has a temperature-salinity characteristic similar to TW and is low in oxygen concentration, has possibility to contain harmful substances such as hydrogen sulfide.

キーワード：台風, 津軽暖流水, 潜流, ホタテガイ養殖, 噴火湾

報文番号 A408 (2007年2月16日受理)

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

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

*3 渡島北部地区水産技術普及指導所 (Fisheries Technical Office Northern area of Oshima subprefecture, Hokkaido, 049-2313, Japan)

*4 北海道立地質研究所 海洋地学部 (Department of Marine Geoscience, Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido, 047-0008, Japan)

*5 北海道大学大学院水産科学研究院 (Graduate School of Fisheries Science, Hokkaido University, Hokkaido, 041-0821, Japan)

まえがき

噴火湾は特徴的な水塊交替と湾固有の水塊形成が行われることがよく知られている海域である¹⁾。春には、沿岸親潮水と親潮系水が流入し、冬季に形成された重い冬季噴火湾水が底層に滞留する²⁾。春季から夏季にかけて河川水による表層の低塩分化と日射等による昇温により、高温・低塩分な固有水である夏季噴火湾表層水が生成され、湾内に時計回りの渦が発達する³⁾。初秋には、中層に暖かく高塩分な津軽暖流水（以下、暖流水とする）が流入することで湾内水が高塩分化し、海面冷却によって鉛直混合が始まる。冬季には冷却が進んでより重い冬季噴火湾水が形成される⁴⁾。

これまで噴火湾での水塊交替メカニズムとして、反時計回りに地球自転が作用する回転系密度流として流入することが知られている^{5,6)}。気象擾乱に伴う流入メカニズムとしては親潮系水の流入時に、風により形成される渦対が海水交換に重要である事が示唆されている⁷⁾。しかしながら、暖流水の流入について、気象擾乱に伴う流入にふれた記述はこれまでなく、そのメカニズムも知られていない。

暖流水の流入時期は台風等の強い気象擾乱が見られる時期である。2003年9月には、台風14号通過後に湾奥の静狩地区を中心としたホタテガイ稚貝の大量斃死が発生し、ホタテガイ養殖業に多大な影響を与えた。このとき、ホタテガイ養殖業者から台風の通過に伴い「透明な水」と呼ぶ透明度の高い海水が沿岸域に現れること⁸⁾、ホタテガイ稚貝の斃死する水深と位置があることを聞かされた。

2003年に発生したホタテガイ稚貝の大量斃死が最も早く始まりかつ被害が最も大きかった長万部町静狩地区で、強い気象擾乱の通過時に生じる沿岸域での環境変化を、2004年に定期的な沿岸域の海洋観測と沖合域の海洋観測、自記式係留観測機器の観測よって調査した。

これらの調査によって得られた観測記録から明らかとなった気象擾乱による暖流水の流入現象について報告する。

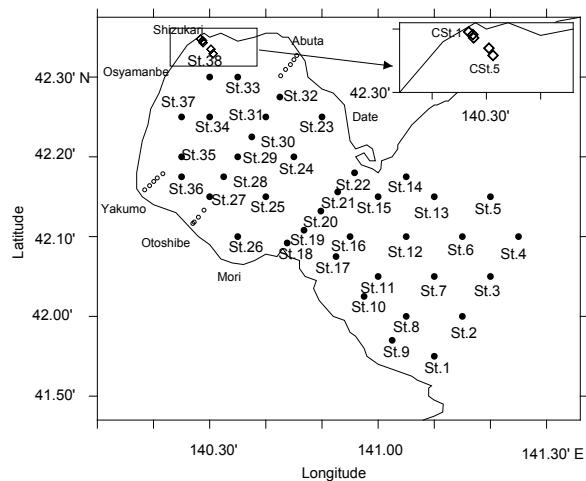


Fig. 1 Location of observation points
◇: coastal observation points, ●: ship observation points
○: coastal environmental observation points

材料及び方法

断面調査

Fig.1に示した静狩地区の水深10m, 20m, 30m, 40m, 50m地点をCSt.1からCSt.5とし、2004年8月25日、9月1日の2回にわたり断面観測を実施した。各調査では各観測点でSTD (AST-1000M, アレック電子, 神戸) によって水温・塩分の鉛直分布を観測した。

渡島北部水産技術普及指導所（渡島北部）と胆振地区水産技術普及指導所（胆振地区）はSTDによる沿岸環境調査を実施している。渡島北部は9月17日に落部地先距岸0.5, 1, 2, 3マイルで、9月13日に八雲地先距岸1, 2, 3, 4, 5マイルで、9月14日には静狩地先CSt.1から5で観測を実施した。胆振地区は9月13日に洞爺湖町虻田地先距岸1, 2, 3, 4, 5マイルの5点で観測を実施した。これらで得られた観測記録も沿岸域の環境を把握するために用いた。

全湾観測

8月19日は用船によって、湾内のSt.14～38の観測点について、STDによる水温・塩分の鉛直分布を観測した。9月13日は函館水産試験場試験調査船金星丸によって、観測点全点について、CTD (SBE-9, SeaBird Electronics

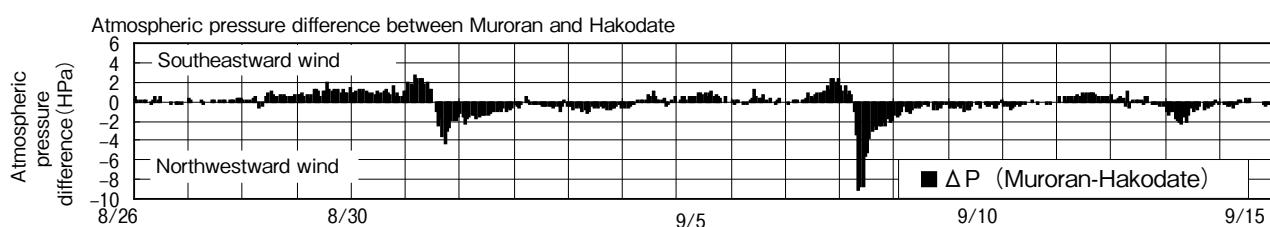


Fig. 2 Temporal change of atmospheric pressure difference between Muroran and Hakodate. Positive value indicate southeastward wind. Negative value is indicated northwestward wind.

Inc., USA) による水温・塩分の鉛直分布を観測した。

係留観測と気象データ

経時的な環境変化を把握するため、自記式観測機器による係留観測を8月23日から12月7日の期間実施した。CSt.2の水深15m、CSt.4の水深15mと30mに電磁式流向流速計(ACM16M-332、アレック電子、神戸)を設置し、毎時の流向・流速の他に水温・塩分・濁度の各項目を測定した。

観測と同期間の室蘭地方気象台と函館海洋気象台との毎時の観測データを気象庁ホームページから引用し、海面気圧差を湾軸方向に吹く風の指標として用いた。

結果

観測期間中に噴火湾近傍を強い気象擾乱が通過した。Fig.2に示した函館と室蘭の気圧差から台風16号接近時には南東向き成分が生じており、室蘭では東から南東にかけて平均8m/secの風が吹いた。台風の通過と共に急激に北西向き成分に変化した。これは室蘭の風の状況とよく一致していた。台風18号では、特に台風が通過した9月8日には20m/secを超える南南西の風と平均で10mを超える西風が観測されている。これらの気象擾乱の通過に伴う環境変化について以下に示す。

水温、塩分、流れの時系列変化

静狩のCSt.2水深15mとCSt.4水深15m及び30mに設置した自記式観測機器の水温、塩分の時系列記録をFig.3に示し、毎時の流れをステイックダイアグラムとしてFig.4に示した。

水深15mに設置した各観測機器は、台風16号の接近によって南東向き成分が強くなる8月28日から水温が上昇すると共に塩分値が低下し、通過後に塩分値が33.5まで急激に上昇した。水温・塩分値とも次の台風が接近する9月6日まで33.5程度、18°C以上に維持された。CSt.4の30mでは、8月26日から31日にかけて水温が14°Cから18°Cまで徐々に上昇した。塩分値は8月28日まで33.4を上回るが、それ以降31日にかけて32.5まで低下した。台風の通過後の9月1日に33.5まで急激に上昇し、9月6日まで塩分値が維持された。観測された流れも南東向き成分が強い28日から渡島側からの流れが卓越しているが、台風通過後の北西向き成分になるとCSt.4の下層から上層、CSt.2の上層の順に流向が沖から岸に向かう流向に転じた。特にCSt.4の下層では、50cm/sec近い流れが観測された。

9月8日以降の台風18号通過時も台風16号と同様な傾向を示し、水深15mの各点では塩分が低下、水温が上昇すると共に渡島側からの流れが卓越し、台風通過後数日

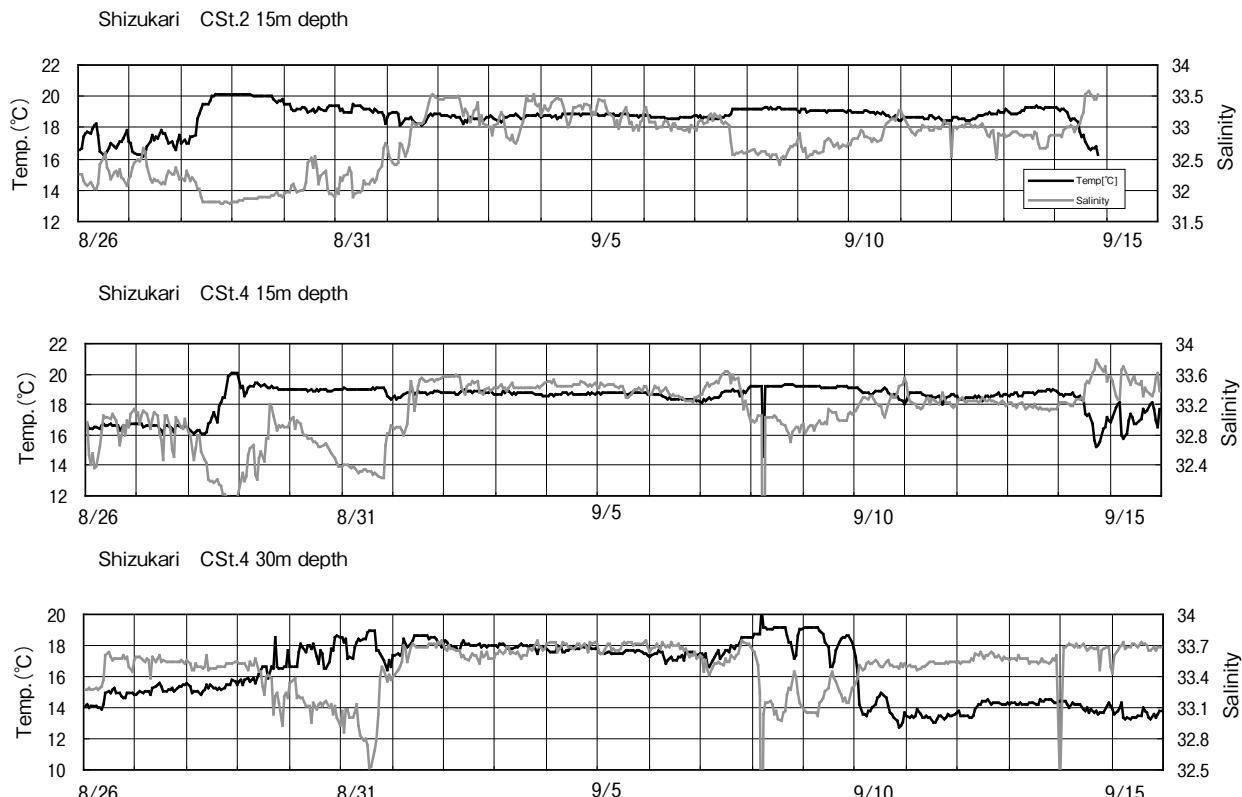


Fig. 3 Time series of salinity and temperature measured at CSt.2 and CSt.4 in Shizukari during 26 August to 15 September. Measured depths were 15m depth in CSt.2, 15m and 30m depth in CSt.4.

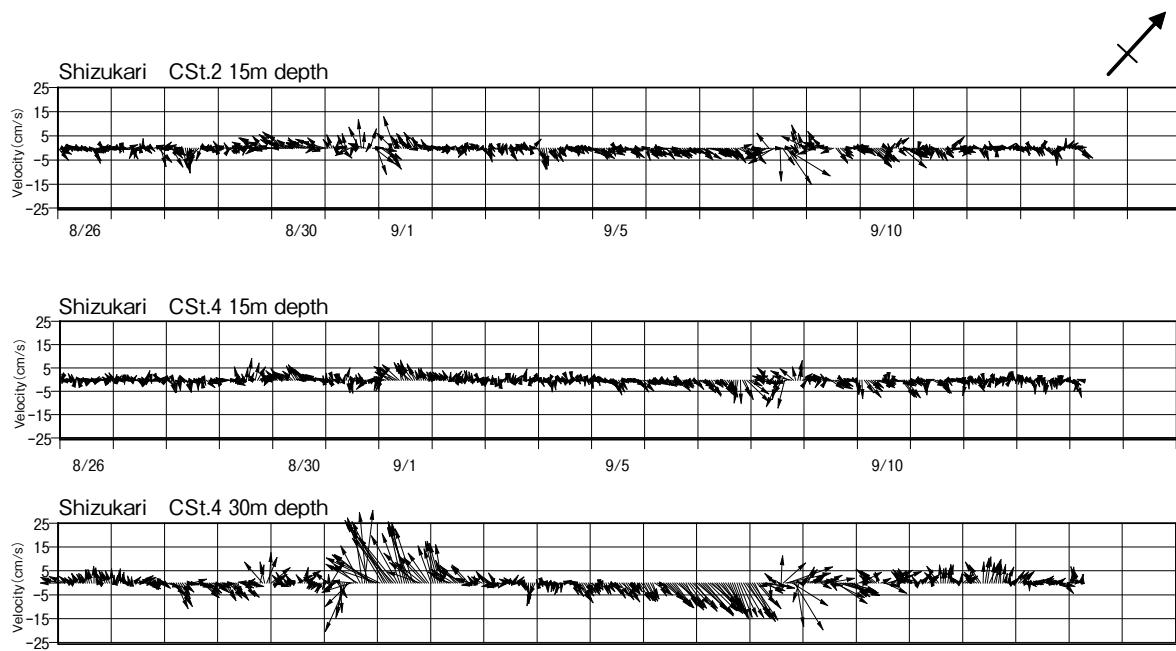


Fig. 4 Stick diagram of current vector at Shizukari during 25 August to 15 September 2004.

で水温・塩分共に台風接近以前の値まで回復し、塩分変化共に流向が等深線に沿う方向から陸に向かう方向に変化した。CSt.4の30mでは温帯低気圧の通過後に塩分の上昇とともに水温が12℃台まで急激に低下し、その後13~14℃台で推移した。

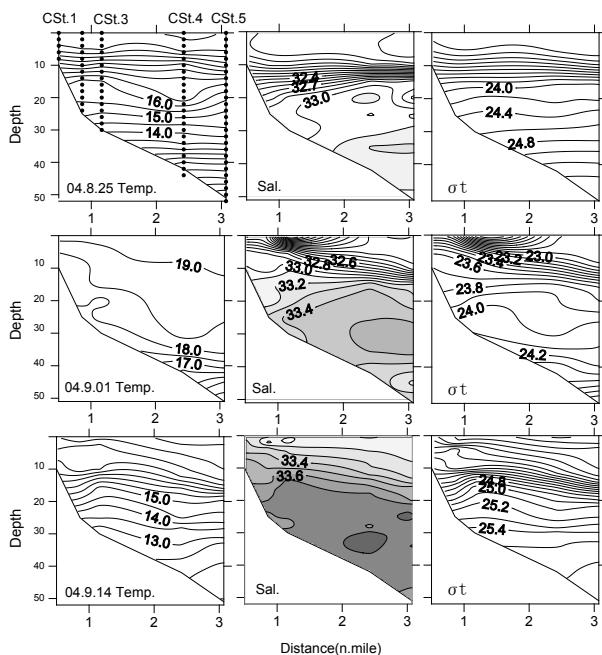


Fig. 5 Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$),salinity and sigma-t (kg/m^3) across the coast line at Shizukari on 25 August, 1 and 14 September 2004. Shaded area contour indicate over 33.1 until 34.0.

断面観測（沿岸環境調査資料を含む）

静狩地先の水温・塩分・密度の鉛直断面図をFig.5に示した。8月25日時点では、表層水に覆われておらず、高温・低塩分な環境下にあった。33.0の等塩分線の深度が水深20m付近、33.1の等塩分線の深度は約35mであった。

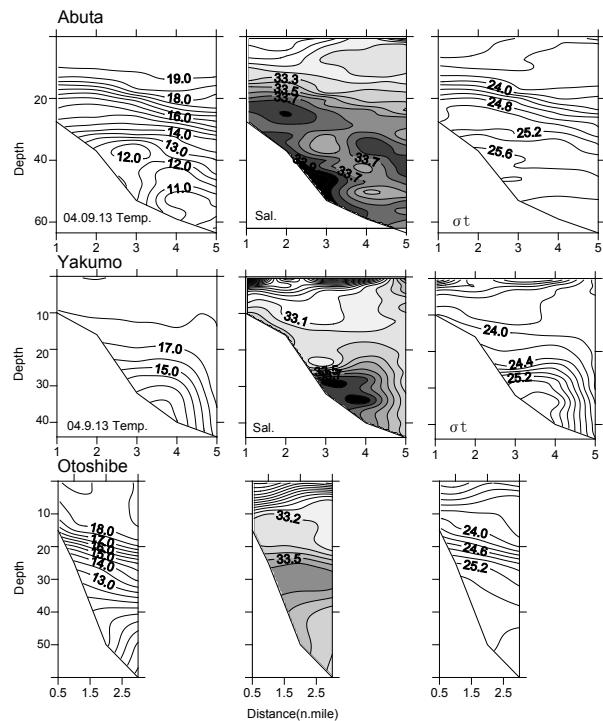


Fig. 6 Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$),salinity and sigma-t (kg/m^3) across the coast line at Abuta, Yakumo and Otoshibe. Shaded area indicate over 33.1 until 34.0.

等温線・等密度線共にはほぼ水平であり、連続成層の状態であった。台風16号通過後の9月1日では、表層では混合による等温層が40m付近まで及びその下層に水温躍層が存在する。水温は40m付近まで18°C台であった。塩分断面は前回の調査に比べて大きく変化し、津軽暖流水に相当する33.6以上の高塩分な海水が30m付近を中心に分布した。塩分躍層・密度躍層共に岸に向かって深度が浅くなる形状であった。9月14日には、水温は鉛直方向に連続成層しており、15°Cの等温線が1回目の観測と同様な水深20m付近に位置した。塩分断面では、これまで

の調査で見られた塩分躍層は無く40m付近を中心に、岸近く水深10m付近まで塩分33.7以上の暖流水が広く分布した。密度断面では、これまでの調査で見られなかった25.4kg/m³以上の密度の海水が分布しており、密度躍層は岸に向かって浅くなる形状であった。

虻田地区・八雲地区・落部地区の鉛直断面図をFig.6に示した。台風通過後の9月13日の虻田地区での鉛直断面図では、水温8°C以上、塩分33.6以上の暖流水が20m以深に広く分布した。塩分33.8以上の海水は岸に近い20m付近と30~50m付近の海底に沿うように分布した。

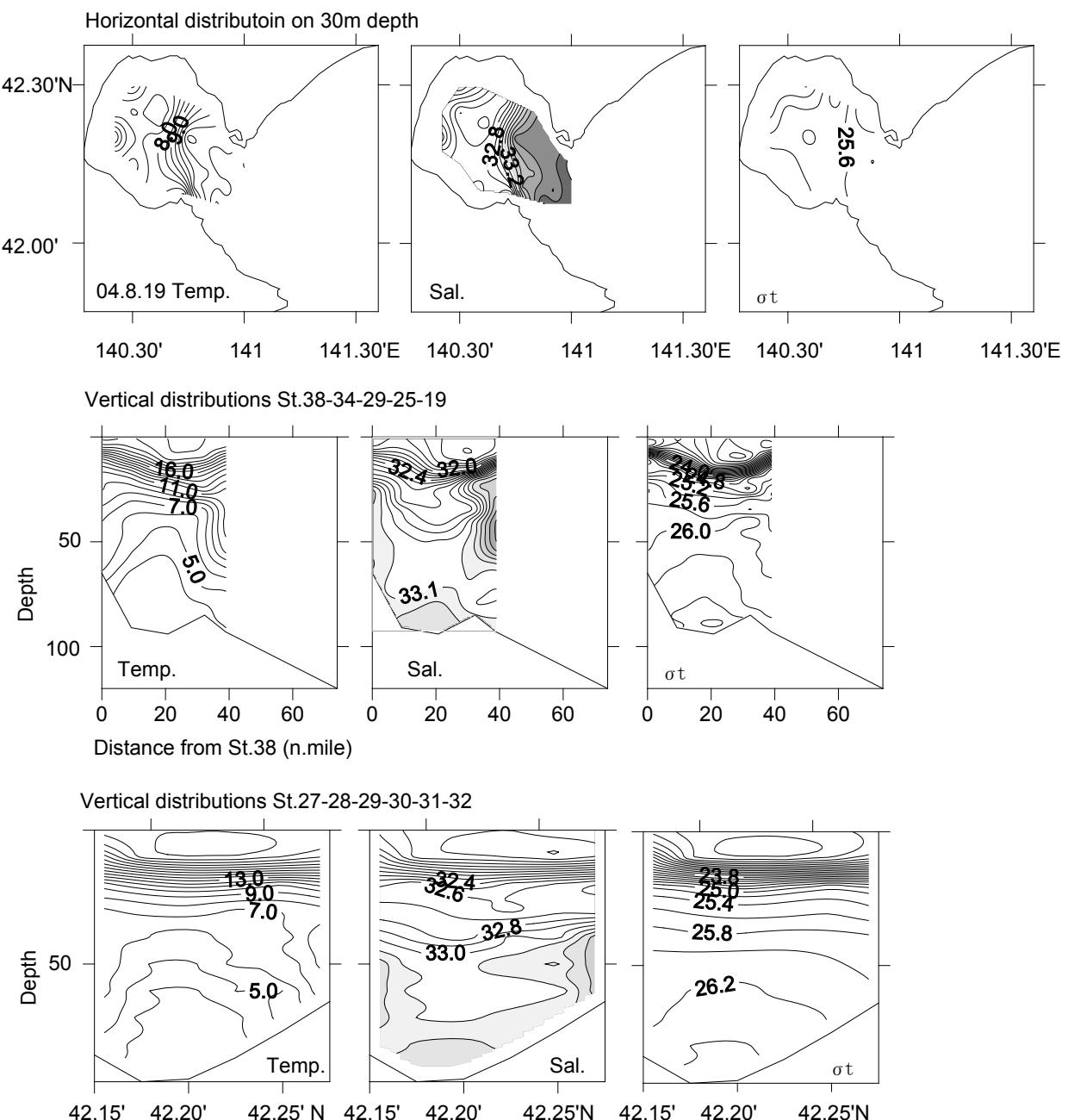


Fig. 7 Horizontal distribution and Vertical section of temperature (°C), salinity, Sigma-t (kg/m³) upper figure horizontal distribution at 30m depth, middle figure vertical distributions along Bay Axis, lower figure is vertical section across Bay Axis from Otoshibe to Abuta.

八雲地区の鉛直断面図では、距岸3~4mile付近の海底付近に周りとは異なる水温11~13°C・塩分33.4~33.7の海水が存在していた。密度でも25.6kg/m³を上回っており、等密度線が閉じたドーム状の形状であった。落部地先での断面観測でも水深30m付近を中心にして、33.5以上の高塩分水が分布した。水温は11~13°Cの範囲で、八雲地区の断面で現れた海水と水温・塩分値が一致した。

全湾観測

8月の30m平面分布図と湾軸に沿う南西方向鉛直断面図と湾中央部を横断する北西方向の鉛直断面図をFig.7に示した。平面図から北側（胆振側）から噴火湾内への暖流水の流入がすでに始まっており、湾口から湾内に向かって水温・塩分フロントが存在した。湾軸方向の断面では、湾口の水温塩分フロントが水深70mまで及び、等

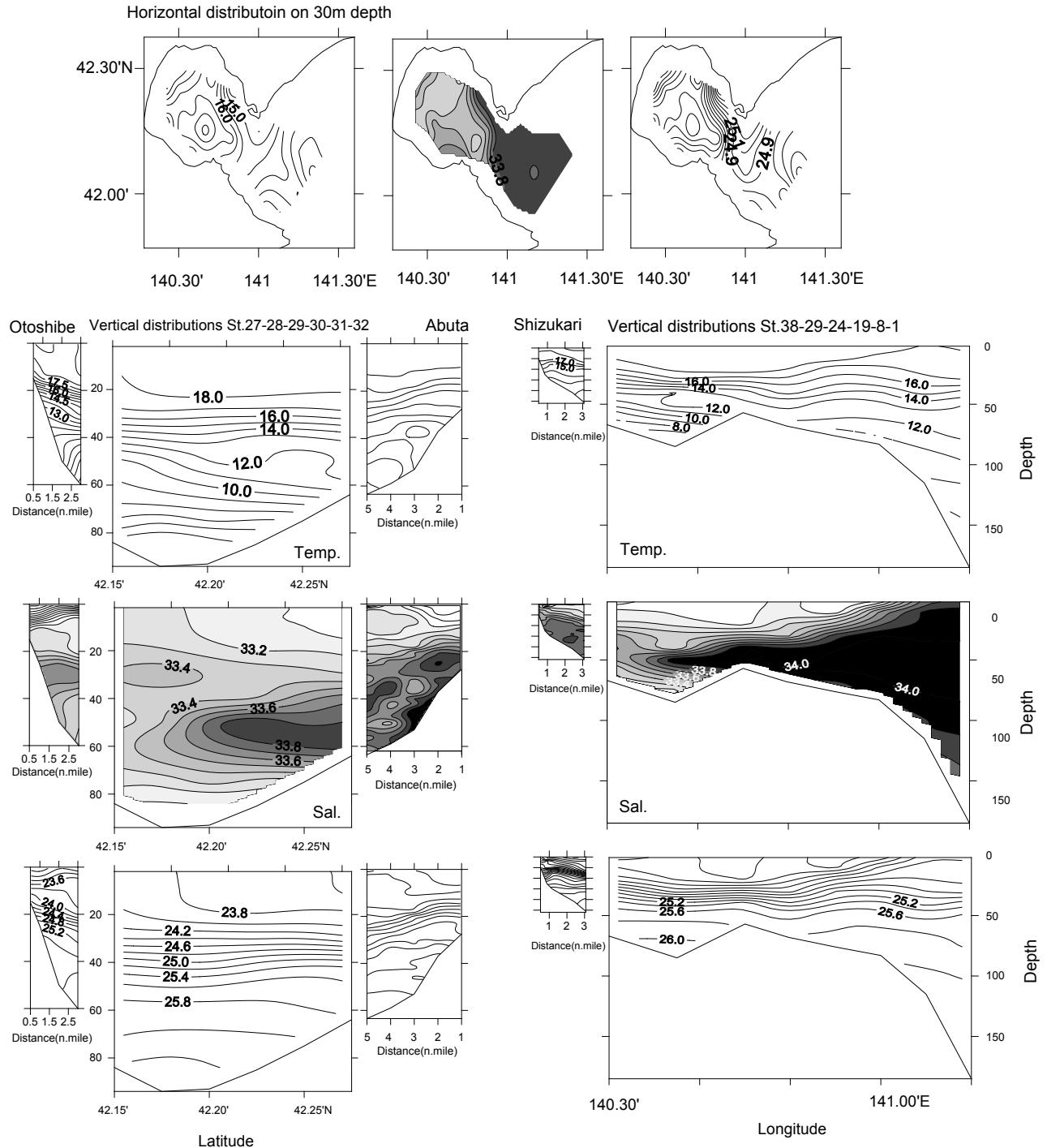


Fig. 8 Horizontal distributions of temperature(°C), salinity, Sigma-t(kg/m³) at Finka bay at 30m depth in September 2004 (top), and vertical distributions of same factors along two sections, including coastal sections shown in the former figures.

温線・等塩分線共に湾奥で水深が浅くなる形状であった。特に塩分では33.1の等塩分線が20m以浅まで達していた。湾中央部を横断する鉛直断面図から湾内に流入した暖流水は胆振側水深50m付近に偏在した。

9月13日に観測した湾内の水深30m平面図、湾中央部を横切る鉛直断面図、湾軸方向の鉛直断面図をFig.8に示した。湾を横切る断面図には、ほぼ同時期の9月中旬に観測した落部地先、虻田地先の鉛直断面図を沿岸域の海洋構造を補うため併せて示し、静狩地先の断面図を湾軸方向の沿岸域の海洋構造を補うため併せて示した。平面図から湾口から湾内に向かって暖流水が反時計回りに胆振側から流入していることと、同心円上の等密度線から夏期噴火湾表層水が渦運動していることがわかる。水深50mを中心として流入している暖流水は水温13℃、塩分33.6以上であり、同様な水温・塩分を示す海水が渡島側沿岸部と胆振側沿岸部の水深30m付近に存在する。

湾軸方向の断面では、等温線の舌状の形状から湾口から湾内中層に暖流水が貫入しており、同様な高塩分水が湾奥岸近くに存在した。

考 察

噴火湾では、春の沿岸親潮の流入や陸水の流入などにより秋まで湾内の表層水の塩分値が低下する。湾内の表層水の塩分値が増加するのは暖流水の流入と冷却による鉛直混合進む秋以降である。そのため、冷却が進んでいない8月から9月にかけての沿岸域での高塩分化は暖流水の流入を意味する。

Fig.3に示した水温・塩分記録では、Fig.2に示した台風の接近に伴う南東向きの成分の増加によって、噴火湾内の表層を覆う夏期噴火湾表層水（高温・低塩分）が湾奥に集められ厚みが増す^{9,10)}ため、高温・低塩分化した。しかし、北西向きの成分に転じた8月31日後半から一気に塩分値が33.5以上まで上昇した。塩分上昇は、CSt.4の下層が最も早く、次にCSt.4の上層、最後にCSt.2の値が上昇する。このことは、沖側下層から岸に向かって暖流水が流入したことを示している。台風18号通過時も温帯低気圧通過時にも同様の変化が生じており、気象擾乱の通過に伴って沿岸部に暖流水が供給されることがわかる。

Fig.4に示した静狩地先の流れの記録から、Fig.2に示した南東向き成分の時は、胆振側に向かう弱い流れが生じており、台風通過後北西向き成分の増加と共に渡島側の岸に向かう強い流れが生じた。8月31日から9月1日にかけての岸に向かう流れの2日間の平均流速が21cm/secであり、流程では30kmを上回る。これは湾口部から湾奥までの距離に相当し、2日間で海水が湾口部から湾

奥まで到達できる事を示している。各気象擾乱の通過時の流速を見てみると、台風16号通過時には50cm/sec近い流れが見られているが、台風18号は20cm/sec程度、温帯低気圧通過時では10cm/sec程度の流れとなり、湾内水と密度差が大きい早い流入時期のイベントほど強い流れが伴う可能性がある。

この流入イベントは次のように解釈される。まず、湾の長軸方向の風が卓越する噴火湾¹¹⁾では南東向きの成分の応力によって表層水である夏期噴火湾表層水が湾奥に蓄積されて、気象擾乱が通過して北西向き成分となると、湾奥に蓄積された表層水が岸を右手に見て渡島側に移動する^{9,10)}。その補償流として沖側の中層以深の湾内水が沿岸部に供給される。それによって、ホタテガイ養殖が行われている沿岸域で気象擾乱通過毎に表層水から暖流水への水塊変化が発生する。

暖流水の流入時の湾内の水温・塩分環境は湾外の暖流水に対して低温・低塩分であり、そのため湾口部の混合や水平拡散により暖流水が沈降していくことが考えられる。Fig.8に示した湾軸方向の断面では、流入した暖流水の下面の等塩分線の間隔が広がることから暖流水が沈降していることを示している。大谷らは¹⁾水平拡散が底層水の水塊交替に重要であることを指摘しており、この流入イベントでは中層以深に分布する暖流水が補償流として沿岸に供給されることから、水平拡散により噴火湾底層水の一部が暖流水に取り込まれて、噴火湾底層水を含む暖流水が沿岸部に供給される可能性もある。噴火湾底層水は初秋最も低酸素であり¹²⁾、堆積物あるいは低酸素由来の有害物質（例えはH₂S）を含んでいる可能性も考えられる。噴火湾底層水の塩分値は33.4程度あり、塩分値だけで暖流水との判別は困難である。ホタテガイ稚貝の斃死を引き起こす「透明な水」は、透明度の高い海水であり、気象擾乱通過後に生じることから、暖流水である可能性が高い。しかし、外海水由来である暖流水が斃死を引き起こすとは考えがたく、噴火湾底層水の関与が疑われる。

静狩地先に流入した暖流水は噴火湾の沿岸域の虻田沖、八雲沖、落部沖のホタテ養殖施設下層で潜流として存在していた。これは、暖流水の流入量の増加（大規模なイベント）によって分布水深が変化し、流入イベントが広範な海域に及ぶ可能性がある。

今後、今回の観測と同時に観測した溶存酸素、栄養塩、クロロフィルaのデータから、沿岸域での詳細な環境変化について検討をすると共に、生物的なストレスとの関連や表層水の発達による流入イベントの発生の違いを明らかにしていく必要がある。

要 約

1. 風応力によって湾奥に堆積した表層水（夏期噴火湾水）が風応力の低下により、移流することにより、湾奥沿岸部に暖流水が供給される。その流速は 20cm/sec（2日間平均値）を上回る。
2. 沿岸部への暖流水の供給により水温・塩分環境が大きく変化する。この変化は、気象擾乱通過毎に発生する。
3. ホタテガイの斃死原因となった「透明な水」は噴火湾底層水が関与する可能性がある。

謝 辞

この調査を実施するに当たり、御協力いただいた栽培水産試験場河野象威主任普及指導員、利尻地区水産技術普及指導所坂本樹則所長、胆振地区水産技術普及指導所の新田専門普及員、野又専門普及員をはじめ皆様、調査補助や海況について助言をいただいた長万部漁業協同組合青年部の皆様に感謝致します。

そして、採水などの船外作業やより良い観測をするために助力いただいた試験調査船金星丸の乗組員の皆様に感謝致します。

文 献

- 1) 大谷清隆・木戸和男, 噴火湾の海洋構造, 北大水産学部彙報, 31, 84-114 (1980)
- 2) 大谷清隆, 噴火湾の海況変動の研究Ⅱ噴火湾に流入・滞留する水の特性, 北大水産彙報, 22, 58-66 (1971)
- 3) 大谷清隆・秋葉芳雄・吉田賢治・大槻知寛, 噴火湾の海況変動の研究Ⅲ親潮系水の流入・滞留期の海況, 北大水産学部彙報, 22, 129-142 (1971)
- 4) 大谷清隆・秋葉芳雄・伊藤悦郎・小野田勝, 噴火湾の海況変動の研究Ⅳ津軽暖流水の流入・滞留期の海況, 北大水産学部彙報, 22, 221-230 (1971)
- 5) 大谷清隆, 噴火湾の物理環境, 沿岸海洋研究ノート 19, 68-80 (1985)
- 6) 三宅秀男・川北倫正・柴沼成一郎・齋藤誠一, 親潮流入時における噴火湾湾口部の海洋構造と流れについて, 水産海洋研究61, 123-133 (1997)
- 7) 高橋大介・木戸和男・西田芳則・三宅秀男, 冬季の噴火湾における季節風による湾内循環について, 海と空80-3, 125-138 (2004)
- 8) 伊藤義三, 1995年噴火湾養殖ホタテガイ稚貝の斃死について(速報), 北水試だより, 31, 32-33 (1995)
- 9) 大谷清隆・出口良二, 渡島半島東岸の沿岸湧昇 I 北大水産学部彙報, 32, 77-96 (1981)
- 10) 大谷清隆, 短時目吹く風によって生じる沿岸湧昇, 沿岸海洋研究ノート, 23, 155-165 (1986)
- 11) 三宅秀男・柴田耕一郎・檜垣直幸, 噴火湾の循環流について, 海と空 74, 13-23 (1998)
- 12) 米田義昭, 噴火湾における酸欠原因の解明に関する沈降粒子と堆積物の研究, 財団法人北水協会水産学術・改良事業報告, 26-30 (2001)

2001・2002年に北海道オホーツク海沿岸海域へ来遊したスルメイカの発生時期について

佐藤 充^{*1}, 坂口健司^{*2}

Hatching date of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido in 2001 and 2002.

Toru SATO^{*1} and Kenji SAKAGUCHI^{*2}

Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, migrate to the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido from the Japan Sea and the Pacific Ocean. But migration of the autumn hatching group from the Japan Sea is not clear in how much it is. Then, statolith increment analysis was applied to 380 specimens of the squid in the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido in 2001 and 2002, in order to estimate ages and population structure. Samples were extracted so that the fishing season might be reflected, and mantle length was measured. Mantle length modes of the extracted specimens were 22cm and 23cm. The hatching month of main fishing season was presumed to be March-April. Migration of the autumn hatching group was not founded in the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido in 2001 and 2002. There were later hatching groups in 2002 than 2001.

キーワード：スルメイカ, 平衡石, 日齢, オホーツク海沿岸

はじめに

スルメイカは、北海道において重要な漁業資源である。北海道周辺のスルメイカ漁場としては、日本海および太平洋沿岸があるが、オホーツク海沿岸海域（以下、オホーツク海沿岸）でも漁獲対象となっている。根室海峡を含むオホーツク海沿岸の漁獲量は、不漁期であった1970年代から1980年代を除いて、北海道全体の1割前後を占め、多い年では4割にもなる。オホーツク海沿岸に来遊するスルメイカの漁況予測を行うためには、その来遊機構や群構造を明らかにする必要がある。

スルメイカは、周年産卵をしているが、その中でも秋季から冬季に発生した群が多く、産卵時期や分布回遊の違いから、秋季発生系群と冬季発生系群に分けられる^{1,2)}。オホーツク海沿岸のスルメイカは、日本海と太平洋から来遊するが、大きさや成熟状態から、太平洋由来の冬季

発生系群が主体であると考えられていた^{3,4)}。しかし、根室海峡で漁獲されたスルメイカ標本の多元素分析を行った結果では、日本海由来と推定された⁵⁾。オホーツク海沿岸で主体となる群は、年によって変化し、日本海由来が主体となる年もあるのではないかとする考えも示されている⁶⁾。

6月～9月にかけての漁期前半に、北海道西部日本海（以下、道西日本海）に分布するスルメイカは、平衡石の日周輪解析による発生日の直接推定結果から、11月～12月発生と推定された^{7,9)}。これまで、6月～9月に道西日本海で標識放流したスルメイカが、オホーツク海沿岸で再捕されている¹⁰⁻¹⁶⁾。しかし、再捕個体の発生時期は明らかになっていない。もし、6月～9月に道西日本海に分布するスルメイカがオホーツク海へ十分な加入をするのであれば、オホーツク海沿岸において秋季発生系群

報文番号 A409 (2007年2月16日受理)

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

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

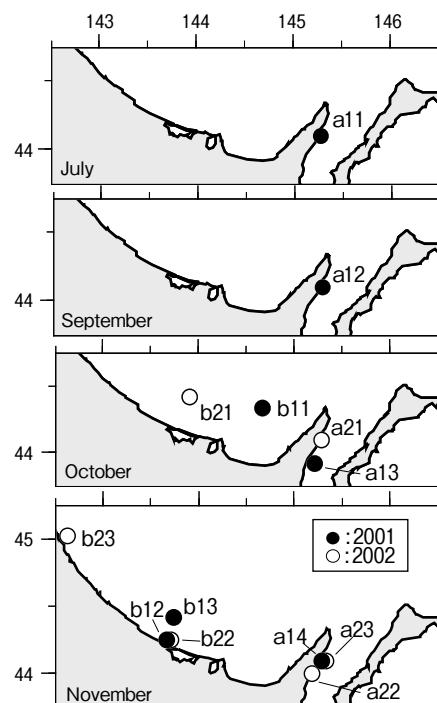


Fig. 1 Map showing the sampling stations during July-November, 2001 and October-November 2002.

が分布の主体となることも考えられる。一方、2001年の北海道北部オホーツク海沿岸で採集したスルメイカは、日周輪解析の結果、2月～5月発生と推定された⁹⁾。これらのことからオホーツク海沿岸全体の発生時期も北部と同じなのか、あるいは秋季発生系群の来遊があるのかを検証する必要がある。そこで、本報告では、知床岬を境に、根室海峡と知床岬から宗谷岬にかけた沿岸海域(以下、知床～宗谷沿岸)に海域分けをし、海域別に分布するスルメイカの発生時期を調べることで、この海域に来遊するスルメイカの群構造を明らかにすることを目的とした。

材料及び方法

発生時期を推定するために用いた標本は、2001年および2002年に、定置網および底びき網そして釧路水産試験場試験調査船北辰丸(216トン)を用いた釣りで漁獲されたスルメイカである。オホーツク海沿岸で採集した標本を、それぞれ採集群A(根室海峡)、B(知床～宗谷沿岸)とした(Fig.1, Table 1)。オホーツク海沿岸における漁期は、7月から12月であるが、主漁期は10月から11月であるため(Fig.2)，主漁期を反映するように標本を採集した。

漁獲した標本は、外套長を1mm単位で測定し、1cm単位の外套長組成にまとめた。銘柄別に分かれた漁獲標本については、銘柄別の外套長組成を漁獲箱数で引き延

Table 1 Collection record of the samples used for age determination of Japanese common squid in the Okhotsk Sea off the coast of Hokkaido during 2001-2002.

Group	Sample number	Sampling date	Sampling gear	Measured specimens	Aged specimens
A	a11	Jul.25,2001	set net	100	40
	a12	Sep.18,2001	set net	198*	38
	a13	Oct.16,2001	jig	60	32
	a14	Nov.6,2001	set net	114*	40
	a21	Oct.15,2002	set net	183*	25
	a22	Nov.6,2002	set net	206*	28
B	a23	Nov.23,2002	set net	188*	27
	b11	Oct.12,2001	jig	60	31
	b12	Nov.13,2001	set net	47	15
	b13	Nov.19,2001	trawl	100	31
	b21	Oct.18,2002	trawl	100	26
	b22	Nov.8,2002	set net	100	27
	b23	Nov.23,2002	set net	80	20

* stratified sample

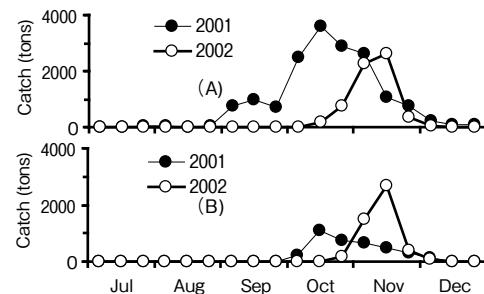


Fig. 2 Catch of Japanese common squid by ten days period during 2001-2002. (A)Nemuro straits, (B)Okhotsk Sea.

ばし、漁獲物全体の外套長組成を求めた。外套長を測定した各標本の外套長階級から、比例計算により標本ごとに15～40個体を選び、日齢解析を行った。

日齢の解析は、中村¹⁷⁾および坂口¹⁸⁾の手法を参考に、選んだ個体から平衡石を摘出し、スライドグラスに固定した状態で表面を研磨後、倍率100倍の油浸対物レンズを用いた光学顕微鏡にCCDカメラを取り付け、モニター上で行った。平衡石の輪紋を3度計数し、その平均値を日齢とした。漁獲日から日齢を引いた値を発生日とした。解析結果は、採集群別、旬別にデータを取りまとめた。

結 果

外套長組成

根室海峡で採集した採集群Aの外套長組成(Fig.3)を見ると、2001年の7月(a11)では範囲が16～21cmでモードが18cm、9月(a12)では範囲が16～25cmでモードが21cm、10月～11月(a13-a14)では範囲が16～32cmでモードが23cmであった。2002年については、10月～11月(a21-a23)に採集した標本の外套長組成の範囲が15～31cmで、10月のモードが22cm、11月のモードが23cmであった。

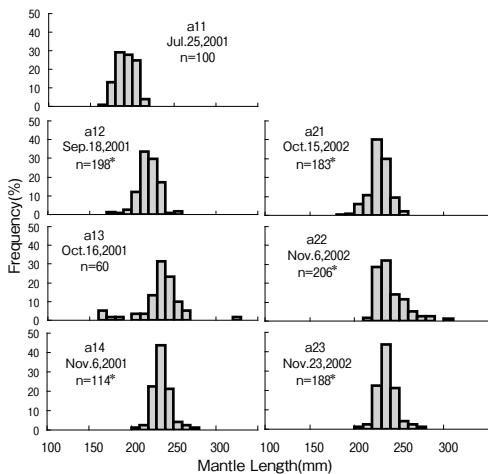


Fig. 3 Mantle length distributions of Japanese common squid in the Nemuro straits during 2001-2002.
*stratified sample

2001年については、7月から9月そして10月～11月と採集時期が遅くなるほど外套長組成が大きくなっていた。主漁期の10月～11月での外套長組成のモードは、2001年では22cm、2002年では22cmと23cmであった。

知床～宗谷沿岸で採集した採集群Bの外套長組成(Fig.4)を見ると、2001年10月～11月(b11-b13)では、範囲が20～28cmでモードが22cmと23cmであった。一方、2002年の10月～11月(b21-b23)では、範囲が19～27cmでモードが22cmと23cmであった。2001年と2002年で共に、主漁期の外套長組成のモードが22cmと23cmで、根室海峡と同じ傾向を示した。

発生時期

根室海峡で採集した採集群Aの発生時期(Fig.5)の

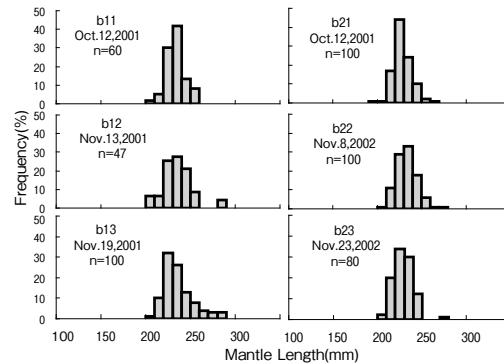


Fig. 4 Mantle length distributions of Japanese common squid in the Okhotsk Sea during 2001-2002.

範囲を見ると、2001年7月(a11)の標本では1月中旬から2月下旬で、2月上旬にピークが見られた。9月(a12)に採集した標本の発生時期の範囲は、2月中旬から3月下旬で、3月中旬にピークが見られた。10月(a13)に採集した標本の発生時期の範囲は、2月下旬から5月上旬で、ピークが3月下旬に見られた。11月(a14)に採集した標本の発生時期の範囲は、2月中旬から4月中旬で、ピークが4月上旬に見られた。2002年の10月(a21)に採集した標本の発生時期の範囲は、2月下旬から5月上旬で、4月中旬にピークが見られた。11月(a22-a23)に採集した標本の発生時期の範囲は3月上旬から5月中旬で、4月中旬と下旬にピークが見られた。2001年7月に採集された標本の発生時期は、主漁期である10月～11月に採集した標本の発生時期よりも早くなっていた。漁

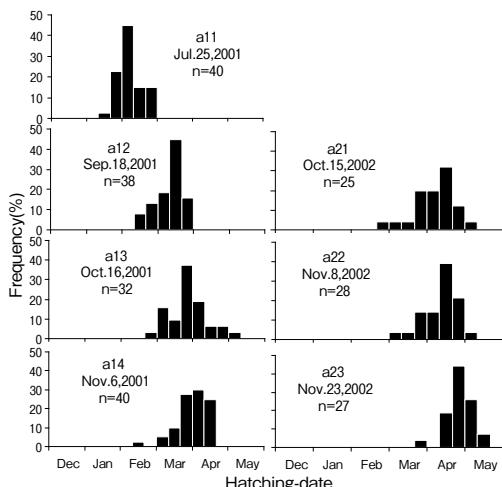


Fig. 5 Estimated hatching date distributions of Japanese common squid in the Nemuro straits during 2001-2002.

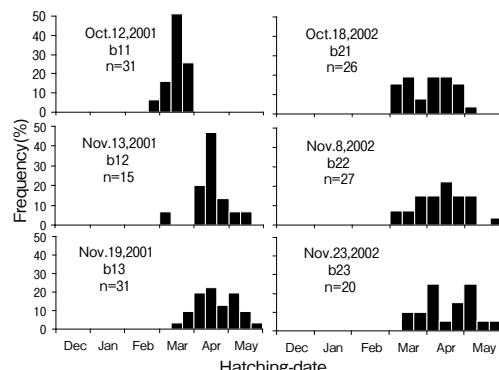


Fig. 6 Estimated hatching date distributions of Japanese common squid in the Okhotsk Sea during 2001-2002.

期に入った9月から11月にかけても、採集時期が遅いほど、発生時期のピークが遅くなる傾向があった。10月～11月採集標本で2001年と2002年の発生時期を比較すると、2002年の方が^{2001年よりも}発生時期のピークが若干遅くなっていた。

知床～宗谷沿岸で採集した採集群Bの発生時期（Fig. 6）の範囲を見ると、2001年10月（b11）の標本では、2月下旬から3月下旬でピークが3月中旬に見られた。11月（b12-b13）に採集した標本の発生時期の範囲は、3月上旬から5月下旬でピークが4月中旬に見られた。2002年10月（b21）に採集した標本の発生時期の範囲は、3月上旬から5月上旬で、はっきりとしたピークが見られなかった。11月（b22-b23）に採集した標本の発生時期は、3月上旬から5月下旬で、はっきりとしたピークが見られなかった。漁期を通じて、2002年は2001年ほど明瞭なピークが見られなかった。2001年10月では確認できなかった4月発生群が、2002年10月には来遊していた。

考 察

2001・2002年の10月～11月に根室海峡と知床～宗谷沿岸で採集したスルメイカの外套長組成のモードは、22～23cmであった。2001年のオホーツク海沿岸北部でも同様の結果になっており⁹⁾、2001・2002年の10月～11月にオホーツク海沿岸全体に分布したスルメイカの主群は、ほぼ同じ大きさであったと考えられる。

一方、2001・2002年に根室海峡と知床～宗谷沿岸で採集した標本の発生時期は、1月から5月であった。これまでオホーツク海沿岸に8月から12月に来遊するスルメイカの発生時期は、1月から4月発生と考えられてきた⁴⁾。今回の調査で、2001・2002年に来遊しているスルメイカは、仮説に近い発生群であることがわかった。また、主漁期の10月～11月に採集したスルメイカの発生時期は、3月から4月発生が主体であった。2001年のオホーツク海沿岸北部も同様の結果であり⁹⁾、2001・2002年の10月～11月にオホーツク海沿岸全体に分布したスルメイカの主群は、3月から4月発生であったと考えられる。

今回の調査対象とした2001・2002年にオホーツク海沿岸で採集したスルメイカでは、秋季発生群は確認できなかった。2001年～2002年に道西日本海で、6月～7月に行われた標識放流調査において、オホーツク海沿岸域での再捕はなかった^{19,20)}。2001・2002年には、日本海から秋季発生のスルメイカはほとんど来遊していないかったと考えられる。道西日本海で過去から継続して毎年行っている標識放流調査でも、オホーツク海沿岸での再捕例は少ない¹⁰⁻¹⁶⁾。また、これまでに確認された道西日本海で放流された標識スルメイカのオホーツク海沿岸での再捕

時期は、9月から10月上旬と主漁期よりも早い時期が多く、その時期のオホーツク海沿岸では漁獲量も少ない。これらのことから、オホーツク海沿岸へは年によって日本海から秋季発生群が来遊するが、その量は少ないのでないかと考えられる。

オホーツク海沿岸に分布するスルメイカの発生時期を旬別に比較すると、2002年は、2001年よりも4月発生群の来遊が早く、根室海峡および知床～宗谷沿岸共に、遅い発生群が主体となっていた。道東太平洋²¹⁾の10月～11月でも、2002年は2001年よりも4月発生の来遊が早い傾向が見られる。

オホーツク海沿岸では、スルメイカの資源水準によって、スルメイカの大きさが変化することが報告されている²²⁾。また、今回の報告でも、年によって発生時期に違いがあった。資源水準の変動によって、スルメイカの大きさだけでなく、発生時期も変動するのか、この海域の来遊群構造を明らかにするためにも、長期的なモニタリングが必要と考える。

要 約

2001・2002年に北海道オホーツク海沿岸海域へ来遊したスルメイカの発生時期について調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1 2001・2002年にオホーツク海沿岸海域の主漁期に来遊するスルメイカの発生時期は3月から4月であった。
- 2 2001・2002年にオホーツク海沿岸へ秋季発生群の来遊は確認できなかった。
- 3 2001年よりも2002年に来遊したスルメイカの方が遅い発生群が多かった。

謝 辞

本報告をまとめにあたり、貴重な助言とご高闇を賜り、標本採取にご協力いただいた北海道立栽培水産試験場の佐藤一主任研究員に感謝いたします。平衡石日齢解析をご指導いただいた、独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所の中村好和支所長に感謝いたします。

文 献

- 1) 新谷久男：スルメイカの資源. 水産研究叢書. (16). 東京, 日本水産資源保護協会, 1967, 60pp
- 2) 木所英昭, 森賢, 後藤常夫, 木下貴裕：我が国におけるスルメイカの資源評価・管理方策について. 水産資源管理談話会報. 30, 18-35 (2003)
- 3) 新谷久男, 村田守：オホーツク海域におけるスルメ

- イカの分布と回遊、スルメイカ漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究。農林水産技術会議事務局、107-114 (1972)
- 4) 村田守、石井正、大迫正尚：オホーツク海におけるスルメイカの生態学的研究。オホーツク海に関する総合研究報告書。科学技術庁研究調整局、157-160 (1981)
- 5) 市橋秀樹、中村好和、クルンタチャラム カンナン、津村昭人、山崎慎一：組織中元素濃度を用いたスルメイカ系群識別の試み。イカ類資源研究会議報告(平成8年度)。遠洋水産研究所、19-25 (1998)
- 6) 中村好和、森賢：1996年の道東・南部千島太平洋並びにオホーツク海でのスルメイカとアカイカの分布と回遊。北水研報、62、63-82 (1998)
- 7) 坂口健司、中田淳、高柳志朗：道西日本海に来遊するスルメイカの発生時期と成長の年変化、イカ類資源研究会議報告(平成12年度)。遠洋水産研究所、69-74 (2002)
- 8) 坂口健司、三橋正基：2002年の北海道南部海域に分布したスルメイカの発生時期。2004年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集、28P (2004)
- 9) 坂口健司、中田淳：2001年の北海道北部海域におけるスルメイカの日齢と群構造。水産海洋研究、70(1), 16-22 (2006)
- 10) 稚内水産試験場：スルメイカ漁場調査。昭和43年度稚内水産試験場事業報告書、32-34 (1969)
- 11) 稚内水産試験場：スルメイカ漁場調査。昭和45年度稚内水産試験場事業報告書、45-50 (1971)
- 12) 高昭宏、田村真樹：イカ類漁場調査。昭和62年度中央水産試験場事業報告書、34-40 (1988)
- 13) 鷹見達也、吉田英雄、佐々木文雄、土門和子：スルメイカ。平成3年度中央水産試験場事業報告書、45-68 (1991)
- 14) 田中伊織、夏目雅史：イカ類。平成4年度函館水産試験場事業報告書、57-85 (1994)
- 15) 中田淳、吉田英雄、佐々木文雄、土門和子：スルメイカ。平成4年度中央水産試験場事業報告書、65-73 (1993)
- 16) 中田淳：スルメイカ。平成6年度中央水産試験場事業報告書、76-88 (1995)
- 17) 中村好和：平衡石によるいか類の日齢査定方法。特定水産資源評価技術開発調査成果集1. いか類、小型浮魚類日齢査定マニュアル。中央水産研究所、1-17 (2000)
- 18) 坂口健司：スルメイカの平衡石の採取および輪紋計数マニュアル。技術資料No.4. 釧路水産試験場、60pp (2005)
- 19) 坂口健司、高柳志朗：スルメイカ。平成13年度中央水産試験場事業報告書、59-68 (2002)
- 20) 坂口健司、高柳志朗：スルメイカ。平成14年度中央水産試験場事業報告書、63-70 (2004)
- 21) 佐藤充、坂口健司：2001-2002年に北海道東部海域へ来遊したスルメイカの発生時期について。2005年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集、55P (2005)
- 22) 佐藤充：オホーツク海沿岸海域のスルメイカについて。イカ類資源研究会議報告(平成14年度)、42-45 (2003)

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法－I 体表粘液片の短期培養技術を用いたトリコジナ類の淡水耐性力の検討

萱場 隆昭*, 松田 泰平*, 杉本 卓*

Parasiticidal treatment against the fish-pathogenic protozoan *Trichodina* sp., an ectoparasite on the body surfaces of cultured barfin flounder, *Verasper moseri*. - I

Freshwater tolerance of *Trichodina* sp. as determined by a short-term incubation of epidermal mucous secretions from infected fish.

Takaaki KAYABA*, Taihei MATSUDA* and Takashi SUGIMOTO*

The purpose of this study was to develop a new and clean protocol for the control of *Trichodina* sp. infections on cultured barfin flounder, which could replace the use of a formalin bath. Firstly, in order to examine the environmental tolerance of *Trichodina* sp. in detail, short-term incubation of *Trichodina* sp. was established. Epidermal mucous secretions harbouring parasites were collected from the body surface of infected barfin flounder, smeared on a slide glass, and immersed in filtered seawater. Incubations were done at 3 different temperatures (5 °C, 15°C and 20°C), each of which yielded a high rate of live parasites (42.5–83.3 %) after 8 hours, suggesting that *Trichodina* sp. could readily survive under these culture conditions. Secondly, using this culture system, the effects of immersion of parasites in fresh water or in 25% or 50% sea water on vitality of *Trichodina* sp. were examined. The rate of surviving parasites after incubation in fresh water decreased sharply and reached 0 % by 30 minutes of incubation; immersion in partial sea water did not cause a distinct reduction in vitality of parasites. Indeed, successive observations on the morphology and vitality of parasites immersed in fresh water indicated that immersion for at least 30 minutes was essential for inducing the parasite to burst and die. Accordingly, it is suggested that a freshwater bath of infected barfin flounder for 30 minutes may prove very suitable as a new parasiticidal method against *Trichodina* sp. infection in an aquaculture environment.

キーワード：マツカワ， トリコジナ， 短期培養， 淡水浴

はじめに

マツカワ *Verasper moseri* は北海道における重要な栽培漁業対象種である。種苗生産技術の発展によって種苗の安定供給が可能となり、これまで太平洋およびオホーツク海沿岸の海域協議会では放流用種苗の中間育成が盛んに行われてきた¹⁾。また、本種は養殖魚としても注目されており、道内数ヶ所の漁業協同組合では試験的に海中養殖を実施している²⁾。このように近年になってマツカワの飼育は道内各地で幅広く行われるようになった。

一方、同時に感染症や寄生虫病の発生も懸念され、防疫対策を早急に整備することが強く望まれている³⁾。

ヒラメ、マダイ、トラフグなど海産魚類の養殖現場において、原虫類纖毛虫門のトリコジナ (*Trichodina* 属) による被害が数多く報告されている^{4–6)}。魚類寄生性のトリコジナ類はドーム型で、下面の付着盤中央の歯状体環と周囲の纖毛によって体表や鰓組織に付着する (Fig.1)。寄生を受けた魚では上皮が著しく損傷とともに粘液を多量に分泌して衰弱が進む。マツカワの中

報文番号 A410 (2007年2月16日受理)

* 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan),
e-mail: kayabat@fishexp.pref.hokkaido.jp

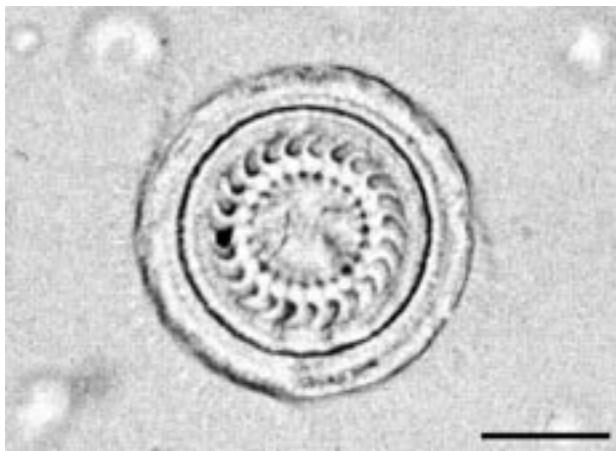


Fig. 1 Photograph of *Trichodina* sp. collected from the body surface of cultured barfin flounder.
Bar = 30 μm .

間育成や親魚養成過程でも、トリコジナ症が高い頻度で発生する。罹患したマツカワには粘液過多や体表のうっ血、鰓先端のただれなど外観上の障害が認められる。また、大増殖すると摂餌減退や狂奔遊泳による水槽外への飛び跳ねが生じるため、飼育管理上の大きな問題となっている。

これまでトリコジナ類の駆虫法として、ホルマリンによる薬浴が対症療法的に行われてきた。マツカワでも濃度100ppmのホルマリン海水浴（1時間）によって完全に駆虫できることが明らかである。しかし、近年、薬事法の改正によって未承認医薬品である本剤を飼育魚へ使用することが全面禁止となり、現在、使用できるトリコジナ類駆虫剤は開発されていない⁷⁾。そのため、効果的であり、且つ、環境面や食品衛生面でも安全な駆虫方法を早急に開発することが望まれている。

一般に、有害微生物を同定しその性状を検査する上で、生体外で単離培養できる実験系は極めて有効である。多くの魚病原因ウイルスや細菌、さらに一部の原虫ではそれぞれに適した魚類培養細胞や人工培地が開発されており、診断法や治療薬の開発に役立っている^{8,9)}。一方、トリコジナ類を継代的に培養できる培養系は未だ開発されていない。そのため、トリコジナ類の薬剤耐性や駆虫方法を検討する際には、罹患魚を実際に種々の薬剤液中に浸漬し、その効果を判定する方法が試行されている。しかし、この方法は対象魚に多大なストレスを与えるものであり、希少種であり、且つ、高価なマツカワにとっては好ましくない。そこで、本研究ではトリコジナに寄生されたマツカワから体表粘液を採取し、粘液片とともに寄生しているトリコジナを短期間培養できるかどうかについて調べた。さらにその培養系を用い、トリコジナに対して有効な殺虫方法や条件、中でも淡水浸漬の影響

について詳細に検討した。

材料及び方法

1. 供試魚および体表粘液片の培養手法

実験には北海道立栽培漁業総合センターで種苗生産し、親魚として養成したマツカワ人工養成魚（満1歳）を用いた。2004年9月に8 t FRP水槽で飼育していた250尾のうち20尾を無作為に取り上げて体表を検鏡した。その結果、全個体トリコジナの寄生を受けており、その寄生数は体表5 mm四方内あたり72～218虫体であった。そのため、以下の全実験にはこの水槽内で飼育されている個体を使用した。

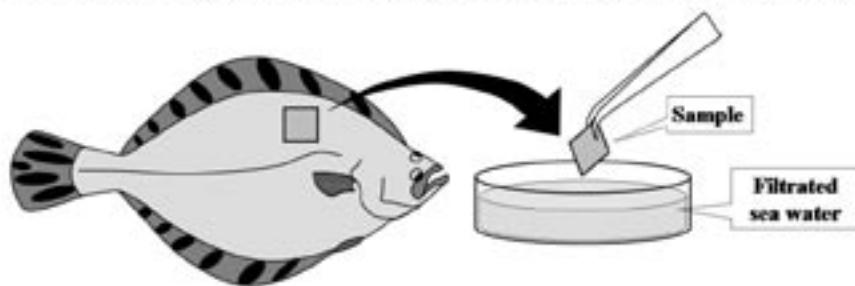
Fig.2に体表粘液片の培養法の概略図を示した。まず、トリコジナの寄生を受けたマツカワを無作為に一尾取り上げ、有眼側背部の体表粘液片（粘液、表皮、鱗などを含む）を約1 cm²分メスで搔きとった。採取した粘液片をろ過滅菌した海水で軽く洗浄した後、5 mm四方の格子が刻まれたスライドグラス上に塗布した。さらに粘液片が完全に浸るよう培養溶媒を2 ml滴下した。これらを湿度100%となるように設定したモイスチャーチャンバー内に静置し、その後、恒温器内でインキュベートした。

2. 培養温度とトリコジナの生存との関係（培養適温範囲の把握）

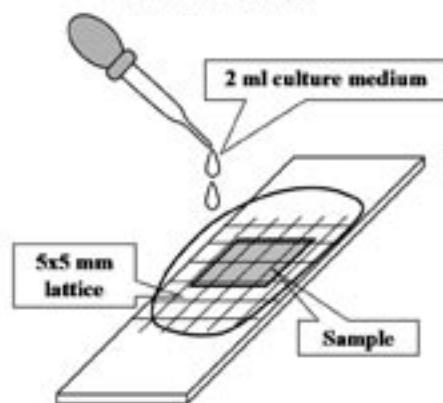
トリコジナを良好な状態で維持できる培養温度について調べた。トリコジナの寄生を受けているマツカワ1歳魚から体表粘液片を採取し、それらを滅菌ろ過海水で培養した。本実験では3群の培養シリーズを設け、それぞれ5°C, 15°Cおよび20°Cに設定した恒温器内でインキュベートした。インキュベート開始から30分後、1時間後、3時間後、6時間後、8時間後、24時間後および48時間後に顕鏡し（各群3粘液片ずつ）、格子内に観察されたトリコジナの総数（以下、トリコジナ数と略す）を計数した。また、観察したトリコジナのうち、繊毛運動が認められた虫体の比率（運動虫体率）を算出した。

3. 淡水浸漬によるトリコジナ殺虫効果

トリコジナの運動性や生存に及ぼす淡水浸漬の影響について調べた。スライドグラスに塗布した体表粘液片にろ過海水（対照区）、水道水（100%水道水区）、水道水とろ過海水が3:1の割合になるように混ぜ合わせた希釈水道水（75%水道水区）、またそれらを1:1で混合した希釈水道水（50%水道水区）を滴下し、15°Cでインキュベートした。尚、使用した水道水は鹿部町の飲用净水（硬度24, 塩化物イオン6.3mg/L, 蒸発残留物80mg/L）

Step 1 : epidermal mucous secretions were collected and washed in filtrated sea water.

Step 2 : Sample was smeared on a slide glass divided into 5x5 mm squares and immersed in culture medium.



Step 3 : sample slides were kept in chambers and incubated under specific treatment regimes.

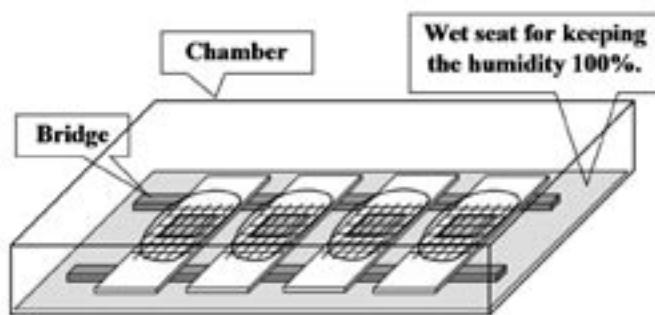


Fig. 2 Schematic illustration of the short-term incubation protocol of epidermal mucus secretions collected from cultured barfin flounder infected with *Trichodina* sp.

である。さらに従来トリコジナ駆虫に使用されていたホルマリン海水(200ppm)、さらにスズキ目・フグ目魚類のハダムシ駆虫剤である過酸化水素製剤マリンサワーSP30(200ppm)で培養する実験区も設け、淡水浸漬区との比較を行った。いずれもインキュベート開始から15分後、30分後、1時間後および2時間後に顕鏡し(各群3粘液片ずつ)、トリコジナの形態変化を観察とともに運動虫体率を求めた。

4. 短期培養実験を用いた淡水浴の有効処理時間の検討

淡水浸漬時間とトリコジナの形態および運動活性との関連性について調べた。体表粘液片を塗布したスライドグラスを4群設定した。第一群は対照区とするため、ろ過海水に浸漬して60分間インキュベートした(SW60min区)。一方、残りの群にはすべて無希釈の水道水を滴下した。その内、第二群は水道水に浸漬したまま60分間培養したが(FW60min区)、第三群および四群においては、それぞれ水道水で15分間、または30分間浸漬した後に溶媒をろ過海水に切り替えた(FW15min区およびFW30min区)。インキュベート開始から5分、10分、15分、

20分、30分および60分後に顕鏡し、トリコジナの形態変化を継時的に観察するとともに、運動虫体率を求めた。

5. 統計学的解析

統計学的手法によって培養前後間のトリコジナ数および運動虫体率の差を検定した。前者の有意差判定に際しては一元配置分散分析(ANOVA)を行った後、Tukey法により多重比較を実施した(ただし、等分散と認められないデータの場合にはKruskal-Wallis検定で処理)。また、比率データである後者に関しては、山田・北田¹¹⁾の方法に従って逆正弦変換し、等分散性を確認した後にTukey法により多重比較を実施した。

結 果

1. 培養温度とトリコジナの生存との関係(培養適温範囲の把握)

Fig.3に各温度下でインキュベートしたトリコジナの総数と運動虫体率を示した。培養開始前の平均トリコジナ数は124.3±53.9であり、そのうち約8割の虫体で活発な纖毛運動が認められた。いずれの温度区でも培養8時

間後までトリコジナ数、運動虫体率とともに培養開始前と明確な変動が認められなかった ($p > 0.05$)。一方、24時間および48時間後に再び観察したところ、5°C区ではまだ活発に運動しているトリコジナが観察できたが、15°C区および20°C区においてはほぼ全てのトリコジナが死滅していた。これらの区では培養海水中に細菌（未同定）が大量に繁殖しており、細菌は特に死亡したトリコジナの周囲に集中していた。

2. 淡水浸漬によるトリコジナ駆虫効果

Fig.4およびTable 1に、ろ過海水、水道水、希釈水道水(75%および50%水道水)、過酸化水素製剤およびホルマリン海水下でインキュベートしたトリコジナの運動虫体率を示した。ろ過海水で培養した対照区においては、実験期間を通して運動虫体率が70.0~94.0%と高いままであった。これに対し、水道水で培養した実験区では、培養15分後、運動虫体率が7.9%まで急減し、30分後にはほぼ全てのトリコジナの運動が停止した。水道水中におけるトリコジナの形態変化について観察した結果、浸漬後、トリコジナは著しく膨張し、扁平な円盤型から釣り鐘型へと変化した。さらに30分経過すると体液が漏出し、

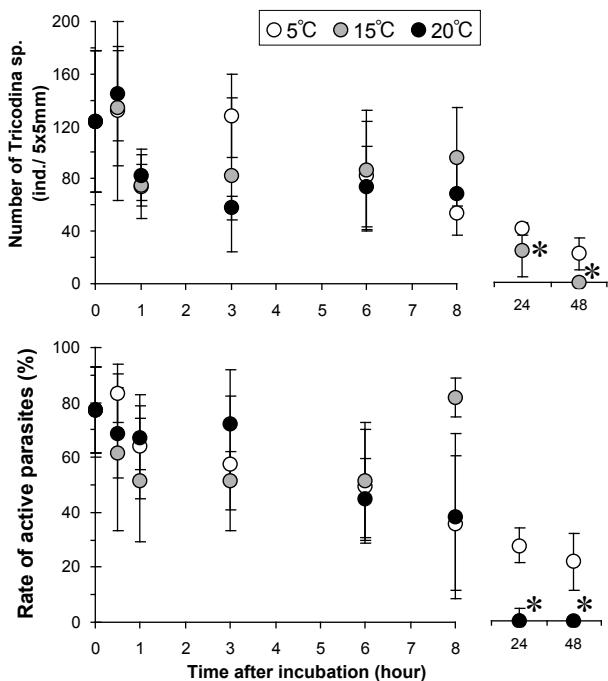


Fig. 3 Relationship between incubation temperature and vitality of *Trichodina* sp. collected from cultured barfin flounder.

Panels show the number of parasites (ind./ 5 x 5 mm; top) and the percentage of active parasites (bottom) in epidermal mucus secretions after incubation in filtered sea water at 3 different temperatures, respectively. Each bar indicates standard deviation. * indicates significant difference to the initial value of each incubation group ($P < 0.05$).

虫体が破裂した (Fig.5A)。

75%希釈水道水で培養した場合、運動虫体率は一時約40%程度まで低下したが、その後徐々に増加し、60分後には培養開始時と同レベルとなった。また、50%希釈水道水で培養した区では、実験期間を通してトリコジナの形態および運動虫体率に変化は認められなかった。

マリンサワーSP30で培養した実験区において、トリコジナの運動活性には全く影響が認められなかった。これに対し、ホルマリン海水で培養した場合、運動虫体率は浸漬直後から急速に低下し、15分後で0%となった。また水道水で培養した場合と異なり、ホルマリン海水中では虫体の膨張が認められず、培養開始前と同じ形態のまま運動を停止していた (Fig.5B)。

3. 短期培養を用いた淡水浴の有効処理時間の検討

Fig.6およびTable 2に水道水浸漬時間別の培養実験の結果を示した。ろ過海水でインキュベートした対照区では、培養期間を通して運動虫体率が82.2~96.6%と高いままであった。一方、水道水に浸漬した3実験区(FW60min区, FW30min区およびFW15min区)においては、培養開始後、徐々に運動虫体率が低下し、15分後には約10%となった。60分間水道水で培養したFW60min

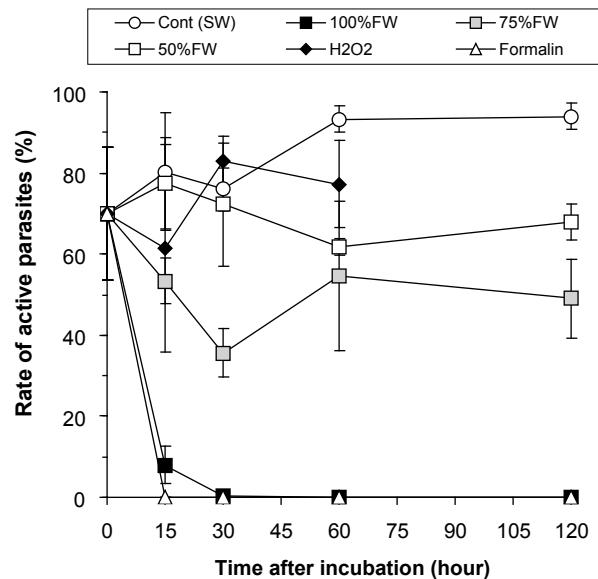


Fig. 4 Changes in relative abundance of active *Trichodina* sp. after incubation in a range of media. Bars represent standard deviation.

White circle: Incubation with filtered sea water (Cont); Black square: Incubation with undiluted fresh water (100%FW); Gray square: Incubation with 75 % fresh water which was diluted with sea water (75%FW); White square: Incubation with 50 % fresh water which was diluted with sea water (50%FW); Black diamond: Incubation with hydrogen peroxide (H_2O_2); White triangle: Incubation with formalin (Formalin).

Table 1 Effects of immersion in fresh water, partial sea water, hydrogen peroxide and formalin on vitality of *Trichodina* sp. collected from the body surface of cultured barfin flounder.

Time after incubation (minutes)	Rate of active parasites (Mean ± SD %)					
	Sea water (Control)	Fresh water 100%	Sea water 25% Fresh water 75%	Sea water 50% Fresh water 50%	Marinsour 200ppm in sea water	Formalin 200ppm in sea water
0	70.0 ± 16.4	70.0 ± 16.4 ^a	70.0 ± 16.4 ^a	70.0 ± 16.4	70.0 ± 16.4	70.0 ± 16.4 ^a
15	80.3 ± 14.5	7.9 ± 6.7 ^b	53.4 ± 5.7 ^{ab}	77.5 ± 11.3	61.4 ± 25.5	0.0 ^b
30	76.0 ± 5.2	0.2 ± 0.4 ^b	35.6 ± 6.0 ^b	72.2 ± 15.7	82.9 ± 6.2	0.0 ^b
60	93.3 ± 3.2	0.0 ^c	54.6 ± 18.4 ^{ab}	61.7 ± 2.1	77.2 ± 10.7	0.0 ^b
120	94.0 ± 3.2	0.0 ^c	49.1 ± 9.7 ^{ab}	67.9 ± 4.6	No data	0.0 ^b

Different letters indicate significantly different treatment means at each incubation time at the 0.05 level.

区、また30分間水道水で培養した後に海水に置換したFW30min区においては、その後も運動虫体率が低値のままであり、実験終了時に生存しているトリコジナはほとんどいなかった。これに対し、15分間のみ水道水で培養したFW15min区では、海水に置換後、運動虫体率が徐々

に増加し、実験終了時は約40%の虫体で活発な運動性が認められた。また、本実験においてトリコジナの形態変化を経時観察した。その結果、FW15min区では水道水浸漬によってトリコジナは一時膨張したが、15分後海水に戻すと通常の扁平な円盤形に戻り再び活発に運動した(Fig.7)。これに対し、FW30min区においては30分間の水道水浸漬によって虫体が破裂したために海水に戻しても元の形状に戻れず死滅した。

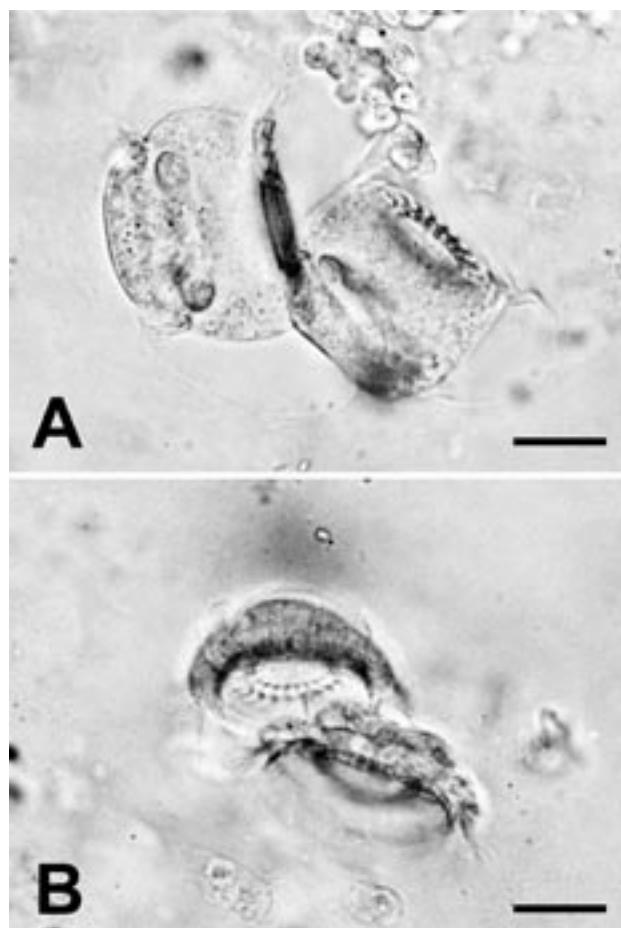


Fig. 5 Photograph of *Trichodina* sp. incubated with (A) fresh water or (B) formalin solution (200 ppm) for 30 minutes. Bar = 30 μ m.

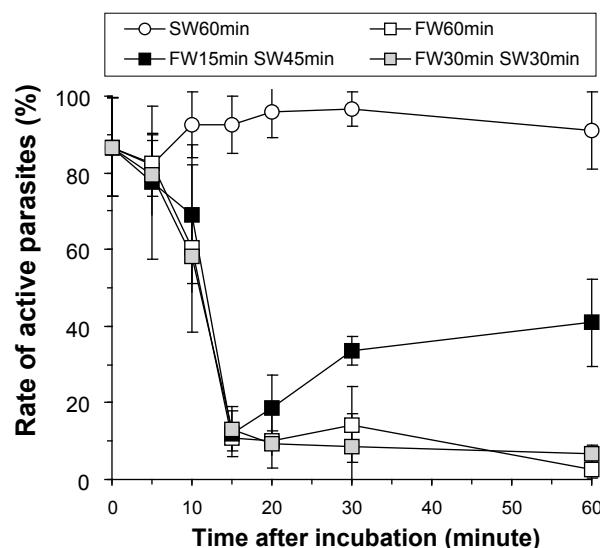


Fig. 6 Relationship between incubation time and relative abundance of active *Trichodina* sp. during culture in different media.

White circle: Incubation with filtered sea water for 60 minute (SW60min); White square: Incubation with fresh water for 60 minute (FW60min); Black square: Incubation with fresh water for 15 minute, and with sea water for 45 minute (FW15min SW45min); Gray square: Incubation with fresh water for 30 minute, and with sea water for 30 minute (FW30min SW30min).

Table 2 Effects of medium and duration of incubation on vitality of *Trichodina* sp. collected from barfin flounder under the culture conditions.

Time after incubation (minutes)	Rate of active parasites (Mean ± SD %)			
	Sea water 60min (Control)	Fresh water 60min	Sea water 15min Fresh water 45min	Sea water 30 min Fresh water 30min
0	86.6 ± 12.8	86.6 ± 12.8 ^a	86.6 ± 12.8 ^a	86.6 ± 12.8 ^a
5	82.2 ± 8.3	82.4 ± 8.2 ^a	77.4 ± 20.0 ^{ac}	79.4 ± 10.4 ^a
10	92.5 ± 8.5	60.3 ± 21.8 ^a	69.2 ± 18.1 ^{acd}	58.2 ± 9.4 ^a
15	92.4 ± 7.4	10.9 ± 3.3 ^b	11.9 ± 6.0 ^b	13.2 ± 5.8 ^b
20	96.1 ± 6.8	10.2 ± 7.1 ^b	18.6 ± 8.8 ^b	9.5 ± 3.3 ^b
30	96.6 ± 4.4	14.4 ± 7.8 ^b	33.5 ± 3.8 ^{bd}	8.5 ± 8.9 ^b
60	91.1 ± 10.0	2.7 ± 2.3 ^b	40.9 ± 11.3 ^{bc}	6.7 ± 2.1 ^b

The value with different letter are significantly different at 0.05 level within each incubation time.

考 察

マツカワに寄生したトリコジナを 5℃, 15℃ および 20℃ に調温したる過海水中でインキュベートした。その結果、培養 8 時間まではいずれの温度条件下でも、形態および運動性に変化がみられず、活発な活動が認められた。一方、24時間以上培養を継続した場合、5℃区では生存した虫体が確認できたが、より高水温条件下では全虫体が死滅した。これらの培養海水中には細菌が著しく増殖していたため、細菌による水質悪変が死滅した原因と推測される。従って、本研究で示した培養法は長期培養には不向きであるが、水質変性が生じない短期間、少なくとも 8 時間以内であれば広い温度範囲でトリコジナを生存させることが可能だと考えられる。一般に飼育魚の薬浴を行う場合、薬剤液への浸漬時間はできる限り短くするように心がける。疾病原因や対象種にもよるが、淡水浴、塩水浴、薬剤浴の浸漬時間は通常数分～2 時間程度である。上述したように、本培養法は 2 時間程度であればトリコジナをほぼ正常な状態のまま保持できる。従って、駆虫法を検討する際、供試魚を直接浸漬して試行錯誤的に薬浴条件を探るよりも、この培養法を活用し、トリコジナの薬剤耐性や有効浸漬時間等を事前に調べておく方が効率的と考えられる。

本実験において環境（培養）温度とトリコジナの生存との関係を調べたが、培養 8 時間まで観察した限り、両者に明確な相互関係は認められなかった。24時間以上培養した場合、5℃区でのみトリコジナの生存が確認されたが、これは 5℃ が生存適温なのではなく、低温下では細菌の増殖が抑制されたためだと推測される。トリコジナ症の発生と環境温度との関係については魚種によって様々である。ヒラメ^{5,12)}では主に 5～6 月と 9～10 月（水温 20～25℃）に多発するが、一方、養殖トラフグ¹³⁾で

は寄生に季節性は認められない。マツカワで周年の寄生状況を調査した例は無いが、本結果からトリコジナはマツカワの主な生息水温（5～20℃）全てにおいて増殖できる可能性が高い。従って、本症の発生には周年の水温変動というより、飼育環境の悪化や宿主の抵抗力の低下などが引き金となっているかもしれない。

これまでトリコジナ類の駆虫にはホルマリン（マダイ¹⁴⁾）、過酸化水素水（ヒラメ、未発表）、マラカイトグリーン（トラフグ⁶⁾）等が有効だと報告されている。しかし、いずれも環境面、衛生面上、使用は避けるべきであり、安全な駆虫法が必要である。一方、コイ科魚類に寄生する淡水性トリコジナには 2% の塩水浴が有効だと報告もある^{15,16)}。そのため、環境水と浸透圧が異なる溶媒に浸漬することでトリコジナを駆虫できる可能性がある。

そこで本研究ではマツカワに寄生するトリコジナに対し淡水浸漬の有効性について調べた。トリコジナを水道水下で培養したところ、虫体は徐々に膨張し、繊毛運動も微弱となった。浸漬 30 分後には破裂し、ほぼ全虫体が死滅した。これらの結果は、水道水浸漬がトリコジナに大きなダメージを与えることを明確に示しており、駆虫方法として淡水浴の有効性を強く支持している。一方、海水を混ぜ希釀した水道水下では、トリコジナを殺虫するには至らなかった。このことから、本種に寄生するトリコジナは環境塩分の低下に対して比較的強く、運動性を失活させるには無希釀の淡水へ浸漬することが不可欠と考えられる。そのため、実際に淡水浴を行う際には、浸漬溶媒にできるだけ海水が混入しないように留意し、殺虫効果を維持することが重要といえよう。

水道水浸漬の殺虫作用について詳しく調べるため、従来駆虫に用いられてきたホルマリン海水浴の殺虫効果と比較した。その結果、ホルマリン海水に浸漬した場合、

トリコジナは即座に運動を停止し、わずか15分で明瞭な殺虫効果が認められた。また、興味深いことに本剤で死滅したトリコジナには膨張や破裂は認められず、形態は円盤型のままであった。これらの結果は、ホルマリン浸漬と水道水浸漬はいずれも殺虫効果を有するものの、それぞれの作用機序は大きく異なることを示唆している。おそらく、速効性である前者はトリコジナの生理機能に直接的に作用する。他方、後者は浸透圧の変化によって生理機能を徐々に低下させて殺虫に至ると推察された。そのため、(速効性である)淡水浴で駆虫を図るには、トリコジナの淡水耐性能について詳細に調べ、確実に殺虫できる有効浸漬時間を明らかにする必要がある。

トリコジナの淡水耐性能を調べるために、水道水浸漬時間別の培養実験を行った。15分間水道水に浸漬した場合、虫体は膨張し纖毛運動が停止した。しかし、この時点で海水へ置換すると虫体は元の円盤形へと戻り、再び活発

に運動することがわかった。従って、運動が停止した段階ではトリコジナは仮死状態にあり、環境によっては回復すると推察される。一方、虫体が破裂するまで水道水浸漬を続けた場合、その後海水に置換してもトリコジナの運動は再開しなかった。この結果からトリコジナを確実に殺虫するには、虫体の破裂が確認できるまで淡水浸漬を行うことが重要なポイントといえる。本実験結果から判断して、殺虫(虫体の破裂)に必要な淡水浸漬時間は30分間であると考えられた。

以上、マツカワ体表粘液片の培養実験から、ホルマリン海水浴に変わって効果的に、且つ、安全にトリコジナを駆虫するためには、水道水による淡水浴を(供試魚の飼育水温で)30分以上実施することが有効と推察された。従って、今後、このデータに基づいて罹病魚の淡水浴を試し、駆虫効果を確認する必要がある。また、海産魚であるマツカワにとって淡水への浸漬は大きなストレスと

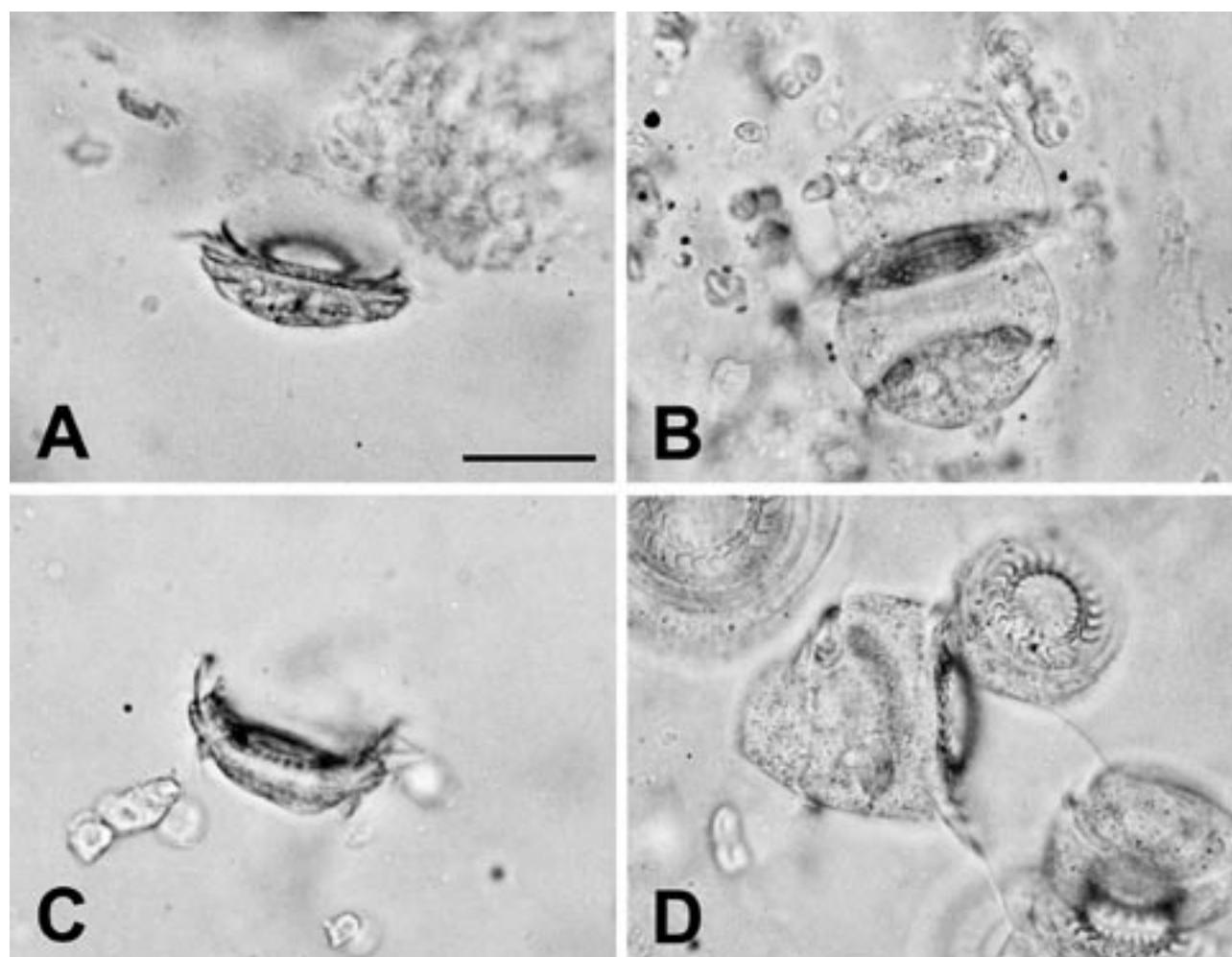


Fig. 7 Morphological changes in *Trichodina* sp. incubated in different media and for different durations.
A: Before incubation; B: *Trichodina* sp. immersed in fresh water for 15 minutes (from FW15minSW45min group); C: *Trichodina* sp. immersed in sea water for 15 minutes after prior immersion in fresh water for 15 minutes (from FW15minSW45min group); D: *Trichodina* sp. immersed in fresh water for 30 minutes (from FW30minSW30min group) Bar = 30 μm

なる。そのため淡水浴が供試魚の生理機能にどの程度ダメージを与えるのか（淡水耐性）を明らかにするとともに、ストレスを与えないスムーズな作業性についても検証する必要があろう。これらに関しては次報で詳述する。

要 約

マツカワに寄生被害を及ぼす原虫トリコジナ類の駆虫方法を探る手段として、体表粘液の簡易培養法の開発を試みた。さらに、この培養法を活用し、トリコジナの環境耐性を調べ、以下の知見を得た。

1. トリコジナ感染魚から採取した体表粘液片をろ過海水に浸漬し、種々の温度下（5～25℃）で簡易的に培養した。その結果、いずれの培養環境下でもトリコジナは最低8時間活力を維持したまま生存できることがわかった。従って、本培養法はトリコジナの環境耐性を調べる上で有効と考えられた。
2. 体表粘液片の培養法を活用し、トリコジナの運動性や生存に及ぼす水道水、または50%および75%希釈水道水浸漬の影響について調べた。その結果、海水が混入した溶媒下では殺虫効果は認められなかつたが、水道水に浸漬すると、その運動性は急速に失活することがわかった。
3. 淡水浸漬時間とトリコジナの運動性との関係について調べた。その結果、30分以上浸漬することによって虫体の破裂を促し確実に殺虫できることがわかつた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、数々の有益なご助言をいただいた北海道立中央水産試験場魚類防疫科 西原豊研究員に深く感謝します。また、本稿の英文を校閲していただくとともに、有意義なご助言をいただいたNew Zealand Otago大学M. Lokman博士に感謝申し上げます。

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. 北海道立水産試験場技術資料. 5, 4-35 (2005).
- 2) 森立成：“北海道におけるマツカワ養殖研究”. 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状. 北海道立水産試験場技術資料. 5, 36-39 (2005).
- 3) 三浦宏紀：“北海道におけるマツカワ病理研究”. 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状. 北海道立水産試験場技術資料. 5, 40-42 (2005).
- 4) Imai, S., Inouye, K., Kotani, T., and Ogawa K.: Two trichodinid species from the gills of cultured tiger puffer, *Takifugu rubripes*, in Japan, with the description of new species. *Fish Pathol.*, 32, 1-6 (1997).
- 5) 井上潔：“ヒラメ・トリコジナ症”. 魚病図鑑（畠井喜司雄、小川和夫、広瀬一美編），東京、緑書房，1988, 68.
- 6) 塩満捷夫：“トラフグ・トリコジナ症”. 魚病図鑑（畠井喜司雄、小川和夫、広瀬一美編），東京、緑書房，1988, 75.
- 7) 農林水産省消費・安全局衛生管理課：“水産用医薬品の使用について 第18報”. 養殖業者の皆様へ. 2004, 1-20.
- 8) 吉水守、木村喬久、西澤豊彦：“日本国内で保管保存されている魚類由来株化細胞”. 動物細胞工学ハンドブック（日本動物細胞工学会編），東京、朝倉書店，2000, 319-334.
- 9) 飯田貴次：“感染症の診断法と病原体の分離・培養法-細菌学的検査法”. 魚病学概論（室賀清邦、江草周三編），東京、恒星社厚生閣，1996, 148-151.
- 10) Yoshinaga, T., and Nakazoe, J.: Effects of light and rotation culture on the in vitro growth of a ciliate causing the scuticociliatosis of Japanese flounder. *Fish Pathol.*, 32, 227-228 (1997).
- 11) 山田作太郎、北田修一：“分散分析”，生物資源統計学. 東京、成山堂, 2003, 93-121.
- 12) 水野芳嗣：病魚の簡易診断法-ヒラメの疾病を例として-. 養殖3月号 (1990).
- 13) Ogawa, K. and Inoue, K.: Parasites of cultured tiger puffer (*Takifugu rubripes*) and their seasonal occurrences, with descriptions of new species of *Gyrodactylus*. *Fish Pathol.*, 32, 7-14 (1997).
- 14) (社) 日本資源保護協会. 昭和58年度魚病対策技術研修（ブリ・マダイ）研修要領. (1984).
- 15) 細谷久信：“コイ、ニシキゴイ・トリコジナ症”. 魚病図鑑（畠井喜司雄、小川和夫、広瀬一美編），東京、緑書房，1988, 203.
- 16) Van Duijn Jnr, C.: “Skin parasites and infections”, Diseases of fishes. London, Iliffe books, 1973, 7-91.

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法－Ⅱ 淡水浴によるトリコジナ駆虫効果とマツカワ稚魚の淡水耐性

萱場 隆昭*, 松田 泰平*, 杉本 卓*

Parasiticidal treatment against the fish-pathogenic protozoan *Trichodina* sp., an ectoparasite on the body surfaces of cultured barfin flounder, *Verasper moseri*. - II

Parasiticidal effects of fresh water on *Trichodina* sp. and the tolerance of juvenile barfin flounder to freshwater exposure.

Takaaki KAYABA*, Taihei MATSUDA* and Takashi SUGIMOTO*

Short-term incubation of *Trichodina*- harbouring epidermal mucous secretions from barfin flounder in fresh water for over 30 minutes was previously shown to be effective for killing of this protozoan ectoparasite. In the present study, the *in situ* parasiticidal effects of freshwater baths on *Trichodina* sp. were further investigated. Infected barfin flounder were bathed in fresh water for different durations, i.e., 0 (control), 15 and 30 min, and the parasite density on the body surface was monitored until 28 days after bathing. In groups exposed to freshwater for 15 min and over, parasite densities decreased to near-zero the following day, whereas high parasite loads were seen in control groups throughout the experimental term. In the group bathed in fresh water for only 15 min, the parasite density increased gradually from 14 days post-exposure. The density eventually reached a very similar value to that observed before bathing, because a few parasites could survive the freshwater bathing regime. In contrast, in the group bathed in fresh water for 30 min, the parasite density remained at 0 % even by 28 days after exposure, and re-establishment of *Trichodina* sp. never occurred. These results show that freshwater exposure should last for at least 30 minutes to ensure that all *Trichodina* sp. on the body surface are killed, which coincides with previous culture experiments. Such treatment was further shown to not affect the survival of juvenile barfin flounder when experimentally reared in fresh water for 6 hours, although mortality linearly increased beyond that duration. These results thus prove that freshwater baths for 30 min of duration, sufficient to eliminate on *Trichodina* sp., is not harmful to barfin flounder. Therefore, the use of freshwater baths for 30 min is an effective and clean method for preventing cultured barfin flounder from *Trichodina* sp. infection.

キーワード：マツカワ， トリコジナ， 淡水浴， 淡水耐性

はじめに

種苗生産技術の発展によってマツカワ *Verasper moseri* 人工種苗の安定供給が可能となり、現在、道内各地で放流種苗の中間育成や海中養殖が盛んに実施されている^{1,2)}。一方、マツカワ稚魚および成魚の飼育過程において、原虫類纖毛虫門のトリコジナ *Trichodina* 属による寄生被

害が頻繁に報告されている³⁾。従来、トリコジナ類の駆虫方法として、ホルマリンによる薬浴が行われてきた。しかし、近年、薬事法の改正によって未承認医薬品である本剤を飼育魚へ使用することが全面禁止となり、使用できるトリコジナ駆虫剤がないのが現状である⁴⁾。そのため、今後、効果的であり、且つ、環境面や食品衛生面

報文番号 A411 (2007年2月16日受理)

* 北海道立栽培水産試験場 (Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan) ,
e-mail: kayabat@fishexp.pref.hokkaido.jp

でも安全な駆虫方法を早急に開発する必要がある。前報にて、著者らはトリコジナの寄生を受けたマツカワの体表粘液を簡易的に培養し、短期間（約8時間程度）であれば粘液中に寄生したトリコジナを培養環境下でも生存させることができることを証明した。さらに、この実験系を用いてトリコジナの駆虫条件を調べた結果、水道水に30分間浸漬することによりトリコジナを完全に殺虫できることを明らかにした。そのため、今後、培養実験で明らかとなった条件にしたがってマツカワの淡水浴を試し、その駆虫効果を検証する必要がある。

生物が生命活動を維持する上で、体内環境を一定の生理範囲内に保つことは不可欠であり、体液中のイオン濃度や浸透圧は内部環境を規定する極めて重要な因子である。体液浸透圧より高張な環境下で生活する海産魚は、海水を飲んで腸から水分のみを積極的に吸収し、同時に鰓や腎臓を介して能動的にイオンを排出することにより体内浸透圧を保持している⁵⁾。こうした生理機構を持つ海産魚が淡水環境で適応できないのは当然であり、淡水下へ移した場合、多大なダメージを受けることは容易に想像できる。そのため、淡水浴によって寄生虫の駆除を試みる場合、淡水浸漬が寄生虫に及ぼす影響のみならず、対象魚の淡水耐性能についてもよく知る必要がある。

そこで本研究では、まずトリコジナの寄生を受けたマツカワを用いて淡水浴を実施し、その駆虫効果について詳細に調べた。さらに、マツカワの淡水耐性能について調べ、マツカワの生理機能の面から適切な淡水浴条件を判断した。併せて、得られた知見に基づいて効率的な淡水浴作業システムを考案し、その有効性を検証した。

材料及び方法

1. 供試魚

実験には北海道立栽培漁業総合センターで種苗生産し、親魚として養成したマツカワ人工養成魚（満0歳および1歳）を用いた。淡水浴実験には、8t FRP水槽で飼育していた1歳魚450尾（平均全長32.4cm体重464.6g）を使用した。2004年9月、この飼育群から20尾を無作為に取り上げて体表を検鏡したところ、体表5mm四方内における寄生数は100～297虫体であり、全個体トリコジナの寄生を受けていることがわかった。また、マツカワの淡水耐性に関する実験には、同年4月に人工授精を行い4t FRP水槽で12月まで養成した0歳魚（平均全長13.4cm）を使用した。養成水温は、供試魚が全長3cmを超えるまでの間は14°Cとし、その後実験開始までは地先汲み上げ海水の水温とした。また、週6日間市販の配合飼料を飽食になるまで給餌した。

2. 淡水浴によるトリコジナ駆虫効果の検証

淡水浴によるトリコジナ駆虫効果について調べた。トリコジナの寄生が確認されたマツカワ1歳魚群から9尾（全長30.5～35.0cm）を無作為に選出した。それらの鰓蓋に体外標識を装着して個体識別できるようにした後（Fish 1～9）、前報と同様の方法で体表粘液片（粘液、表皮、鱗などを含む）を採取し、実験開始前における寄生状況を把握した。Fish 1～3においては、水温16°Cに設定した水道水に30分間浸漬して淡水浴を施した（淡水浴30分区）。一方、Fish 4～6においては、前区と同様の方法で淡水浴を行ったが、水道水への浸漬時間は15分間とより短く設定した（淡水浴15分区）。また、Fish 7～9においては、対照区とするため、ろ過海水が入った100ℓ水槽に移し30分間浸漬した。水道水、またはろ過海水へ浸漬中は純酸素を通気し、酸欠が生じないように留意した。いずれの区も浸漬処理後は、ろ過海水を通水した0.5t水槽に収容し28日間飼育した。浸漬処理の15分後、30分後、1日後、7日後、14日後、22日後および28日後に全実験魚から体表粘液片を採取し、トリコジナの形態を観察するとともに、体表5mm四方内に観察されるトリコジナ虫体数（以下、トリコジナ寄生数と称す）を求めた。さらに観察したトリコジナのうち纖毛運動が認められた虫体の比率（運動虫体率）を算出した。

3. マツカワ稚魚の淡水耐性能

淡水環境下におけるマツカワ稚魚の生存能力を調べるために、24時間の淡水飼育実験を行った。マツカワ0歳魚（全長14.5～21.0cm）を50尾ずつろ過海水または水道水（水温16°C）が入った200ℓ水槽に収容して24時間飼育した（それぞれ2水槽ずつ設定）。実験期間中、通水は行わなかったが、エアコンプレッサーによる空気と純酸素を連続的に通気し、さらに6時間おきに飼育水50%分を交換した。実験開始後、供試魚の遊泳行動を観察するとともに、5分後、15分後、60分後、3時間後、6時間後、12時間後、18時間後そして24時間後に死亡魚を計数して生残率の変化を調べた。

また、淡水浴が各器官の形態や生理的性状に及ぼす影響を調べるために、水道水、または海水に浸漬した0歳魚を5尾ずつ定時的にサンプリングし、ヘマトクリット値を比較するとともに、組織変化を観察した。尾部静脈からシリンジで採血した後、毛細管法によりヘマトクリット値を測定した。さらに皮膚、鰓、腎臓および腸を摘出してブアン氏液で固定し、常法にしたがってパラフィン切片を作成した。ヘマトキシリソ・エオシン染色を施し、組織構造の変化を観察した。

4. 淡水浴によるトリコジナ駆虫実証試験

中間育成や養殖が行われている飼育現場でトリコジナの駆虫を行う場合、より多くの魚を迅速に処理できる作業システムが必要である。そこで、これまでの実験で明らかとなった駆虫条件に基づいて効率よく淡水浴を実施できる作業フローを考案し、その有効性を検証した。実験にはマツカワ1歳魚450尾を用い、人員3人で作業を行った。まず、感染魚15~20尾をたも網で取り上げ(Fig.1a,b)、水道水を溜めた100 ℥コンテナ型水槽(第1淡水浸漬槽)に移し15分間浸漬した(Fig.1c,d)。その後、第1淡水浸漬槽から魚を取り上げて別の100 ℥コンテナ型水槽(第2淡水浸漬槽)へ移し、さらに15分間淡水浴を行った(Fig.1e,f)。淡水浴中は純酸素を連続的に通気し、併せて淡水浴によって発生した粘液片や泡をソフトネットで随時除去した(Fig.1g,h)。また浸漬する水道水

の汚濁(海水の混入等)を防ぐため、約30~40尾分の駆虫が終了した時点での浸漬槽内の水道水を交換した。合計30分間の淡水浴が完了した後は、供試魚を取り上げ、ろ過海水を通水した駆虫済み水槽へ収容した(Fig.1i)。今回は第1および第2淡水浸漬槽を2組用意して並行して作業を実施し、全個体の駆虫が終了するまで上記の作業を繰り返した。作業完了後、駆虫の可否を確認するとともに、供試魚へのダメージ(外部形態の変化、活力低下の有無など)や全作業時間を把握した。

5. 統計学的解析

統計学的手法によって培養開始前後間の単位面積当たりのトリコジナ寄生数および運動虫体率の差を検定した。前者の有意差判定に際しては一元配置分散分析(ANOVA)を行った後、Tukey法により多重比較を実施

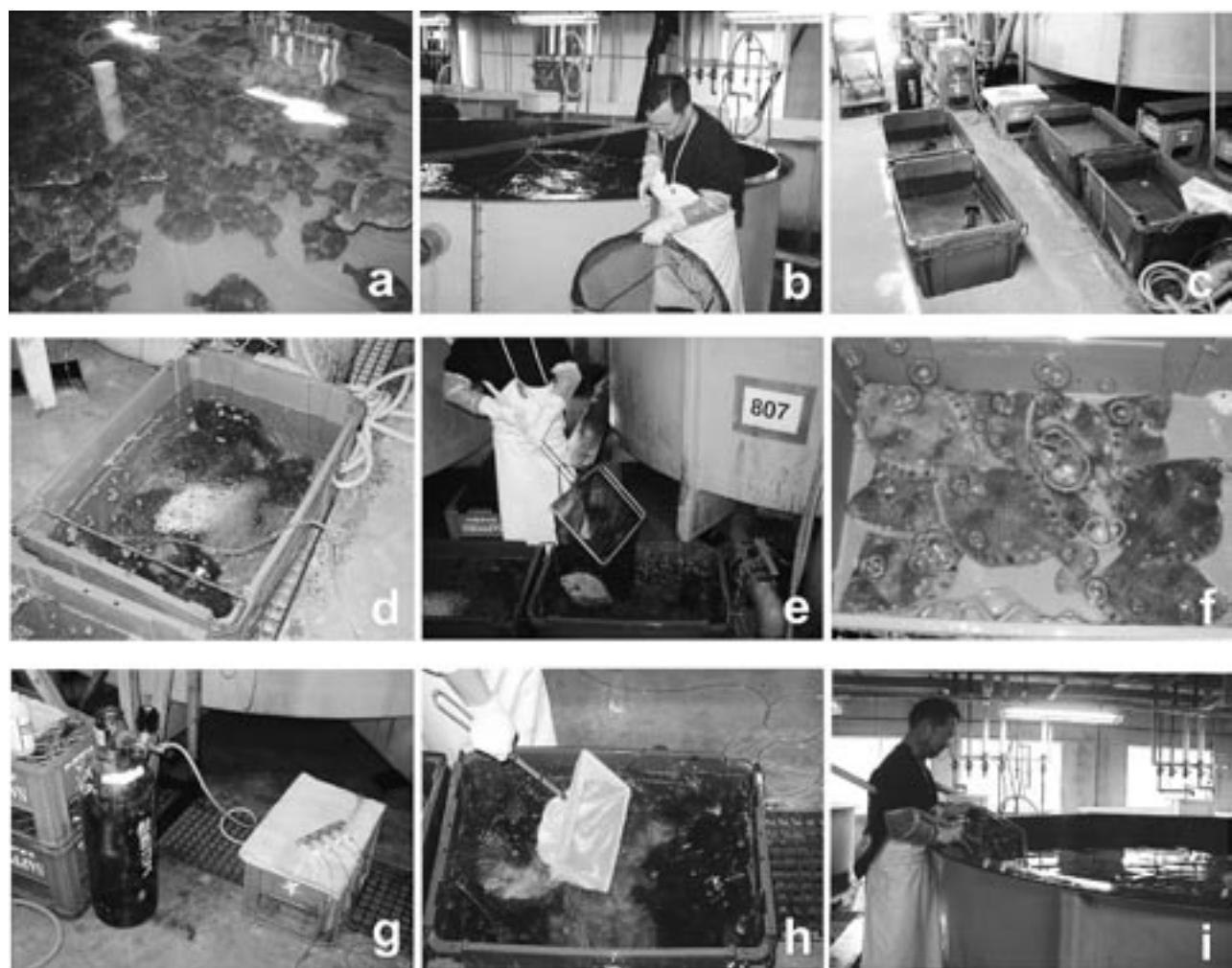


Fig. 1 Photographs of freshwater-immersed barfin flounder infected with *Trichodina* sp.

a: barfin flounder infected with *Trichodina* sp., b: infected fish with *Trichodina* sp. were caught for fresh water immersion, c,d: infected fish placed in fresh water, and bathed for 15 minutes, e,f: infected fish were transferred to a second tank and in fresh water bathed for an additional 15 minutes, g: oxygen was provided during bathing treatment, h: mucous secretions were constantly removed from the body surface with a net, i: fish was removed from bathing tank to a clean rearing tank after bathing treatment.

した（ただし、等分散と認められないデータの場合には Kruskal-Wallis検定で処理）。また、比率データである後者に関しては、山田・北田⁶⁾の方法に従って逆正弦変換し、等分散性を確認した後にTukey法により多重比較を実施した。

結 果

1. 淡水浴によるトリコジナ駆虫効果の検証

水道水に浸漬した状況（最長30分）でのマツカワ1歳魚の行動を観察した。どの個体も浸漬直後は激しく動き回ったが、すぐに落ち着き、静かに鰓蓋を動かしながら着定した。淡水浸漬から約5分経過すると、体表から粘

Table 1 Effects of fresh water baths on the density of *Trichodina* sp. (in 5x5 mm skin surface) on the body surface of barfin flounder.

Tested fish	Days after bathing treatment							
	0 min (Initial)	15 min	30 min	1 day	7 day	14 day	22 day	28 day
Bathing in sea water for 30 minutes								
(Control)								
Fish.1	114	119	169	150	83	77	159	115
Fish.2	111	67	60	82	141	107	178	67
Fish.3	72	29	119	115	86	120	142	124
Average	99.0	71.7	116.0	115.8	103.3	101.2	160.3	116.2
Bathing in fresh water for 15 minutes								
Fish.4	168	15	2	1	2	6	25	135
Fish.5	167	9	4	2	2	3	48	133
Fish.6	197	41	15	1	1	2	24	64
Average	177.3	21.7 *	7.0 *	1.2 *	1.6 *	3.9 *	32.2 *	110.4
Bathing in fresh water for 30 minutes								
Fish.7	38	1	1	0	0	0	0	0
Fish.8	100	0	1	1	0	0	0	0
Fish.9	144	14	5	0	0	0	0	0
Average	94.0	5.0 *	2.3 *	0.1 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *

* indicates significant difference to initial value (P<0.05)

Table 2 Effects of fresh water baths on vitality of *Trichodina* sp. parasitizing on the body surface of barfin flounder.

Tested fish	Days after bathing treatment							
	0 min (Initial)	15 min	30 min	1 day	7 day	14 day	22 day	28 day
Bathing in sea water for 30 minute								
(Control)								
Fish.1	79.8	95.0	98.8	94.8	92.9	98.1	98.3	98.9
Fish.2	82.0	95.5	98.3	91.3	89.5	95.5	96.7	99.0
Fish.3	79.2	96.6	93.3	95.3	86.8	98.4	97.5	98.0
Average	80.3	95.7	96.8	93.8	89.7	97.3	97.5	98.6
Bathing in fresh water for 15 minute								
Fish.4	100.0	6.7	13.1	66.7	100.0	100.0	96.5	98.5
Fish.5	84.4	0.0	8.8	38.9	88.9	93.3	96.5	97.6
Fish.6	93.6	7.3	16.5	33.3	66.7	88.9	100.0	93.8
Average	92.7	4.6 *	12.8 *	46.2 *	85.2	94.1	97.7	96.6
Bathing in fresh water for 30 minute								
Fish.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fish.8	98.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fish.9	97.2	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Average	98.4	2.3 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *	0.0 *

* indicates significant difference to initial value (P<0.05)

液片が徐々に剥がれ、それらは水面上に浮いた。粘液片をネットでくい検鏡したところ、これらの中にはトリコジナが多数観察された。淡水浴終了後に供試魚を海水中に戻したところ、全個体活発に遊泳し、30分間の淡水浴では活力低下やへい死は認められなかった。

Fig.2およびTable 1に単位面積あたりのトリコジナ寄生数の変化を示した。淡水浴を行わなかった対照区の場

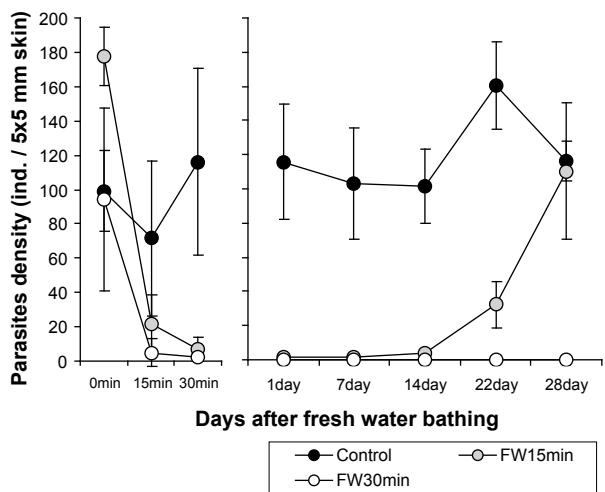


Fig. 2 Changes in the density of *Trichodina* sp. (ind./in 5x5 mm skin) on the body surface of barfin flounder after exposure to fresh water for different durations.
Control: fish bathed in filtered sea water for 30 minutes, FW30min: fish bathed in fresh water for 30 minutes, FW15min: fish bathed in fresh water for 15 minutes.
Each bar indicates standard deviation.

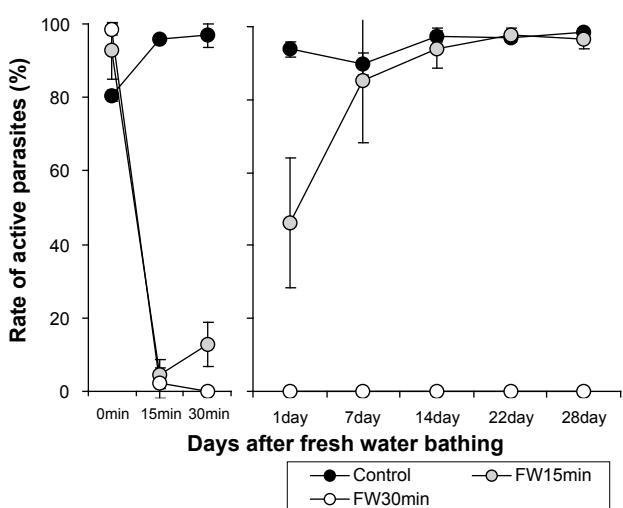


Fig. 3 Relative abundance of active parasites on the body surface of barfin flounder bathed in fresh water for different durations.
Control: fish bathed in filtered sea water for 30 minutes, FW30min: fish bathed in fresh water for 30 minutes, FW15min: fish bathed in fresh water for 15 minutes.
Each bar indicates standard deviation.

合、平均寄生数は71.7～160.3虫体と、実験期間を通して高いままであった。これに対し、淡水浴を行った実験区（淡水浴30分区および淡水浴15分区）では、いずれも淡水浸漬後、トリコジナ寄生数が急激に減少した。淡水浴30分区の場合、寄生数は浸漬30分後に0となり、また、淡水浴から約1ヵ月経過した時点においても体表上にトリコジナは全く観察されなかった。一方、淡水浴15分区においては、淡水浴の翌日、寄生数が2虫体以下とごくわずかまで低下したが、2週間経過した頃から徐々に増加し始め、28日後には実験開始前とほぼ同レベルにまで達した（64～135虫体）。これらの運動虫体率を調べたところ、淡水浴30分区では、淡水浴によってトリコジナの運動が完全に停止し、その後も回復することはなかった。これに対し、淡水浴15分区では、トリコジナ寄生数は大幅に減ったものの、残存しているトリコジナの中には活動しているものが多く、運動虫体率は実験期間を通して高かった（Fig.3およびTable 2）。

2. マツカワ稚魚の淡水耐性能

Fig.4に淡水飼育実験におけるマツカワ0歳魚の生残率の変化を示した。淡水に浸漬した直後、実験魚は激しく泳ぎ回ったが、すぐに落ち着いて着底した。浸漬3時間後までの間、稚魚の活力は高く、振動などの外部刺激に対して鋭敏な反応を示した。しかし、6時間後になると、活力が低下した個体が増加し、中には死亡するものも認められた。死亡数は、その後直線的に増加し、生残率は12時間後で約50%，18時間後で約30～40%となり、24時間後に生き残った個体はほとんどいなかった。

Fig.5に淡水飼育環境下におけるマツカワのヘマトクリット値の変化を示した。実験期間中、対照区のヘマトクリット値はやや変動したもの、29.2～40.1%の範囲

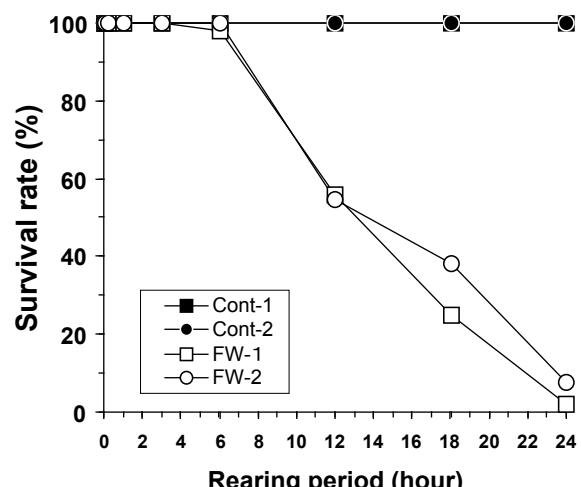


Fig. 4 Survival rate of juvenile barfin flounder under rearing conditions with varying salinities

を推移していた。一方、淡水飼育区においては、淡水浸漬後、ヘマトクリット値が徐々に増加する傾向がみられ、浸漬30分以後は40%をこえ、対照区を大きく上回った。また、実験魚の活力が低下する6時間以後、採取した血液を遠心分離したところ、採血した全個体において溶血

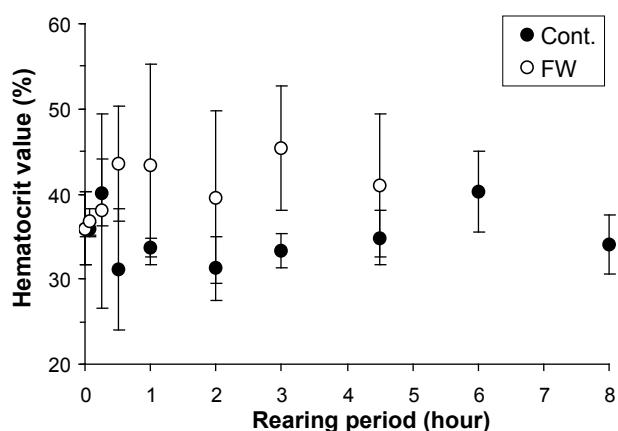


Fig. 5 Changes in hematocrit values of juvenile barfin flounder under rearing conditions with varying salinities

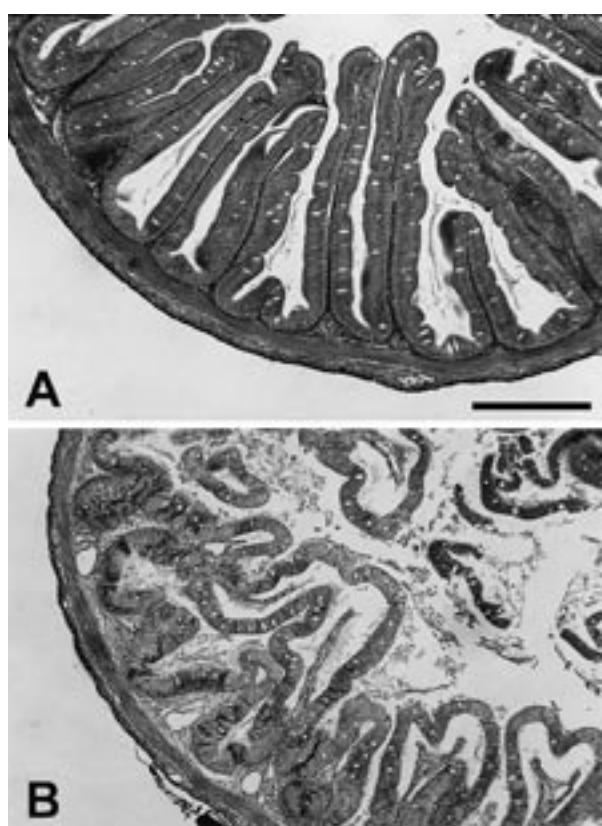


Fig. 6 Histological observations of intestine from juvenile barfin flounder under rearing conditions with varying salinities.

- A: intestine from juvenile barfin flounder reared in sea water for 18 hours (Control).
- B: intestine from juvenile barfin flounder reared in fresh water for 18 hours. Bar = 300 μ m

し、ヘマトクリット値を求めることができなかった。

皮膚、鰓、腎臓および腸について淡水浸漬前後の組織構造を比較した。その結果、皮膚、鰓および腎臓に関しては実験期間を通して形態上の変化は認められなかつた。一方、腸においては淡水浸漬時間が長くなるにつれて腸管粘膜の上皮細胞と固有層との剥離が顕著になった。活力が著しく低下した18時間後、淡水飼育区のほぼ全ての個体では腸管粘膜の破損が認められた (Fig.6)。

3. 淡水浴によるトリコジナ駆虫実証試験

Table 3にマツカワ1歳魚450尾に実施した淡水浴でのトリコジナ駆虫結果を示した。淡水浴実施前における単位面積当たりの寄生数は205.0虫体であったが、淡水浴を行った翌日は0.2虫体となり、ほぼ完全に駆虫することができた。さらに1週間および3週間後に再度検査したが、トリコジナの寄生は全く認められず、再感染は起きていなかつた。全作業に要した時間は、作業準備も含め約4時間であった。駆虫作業によって死亡した個体はほとんどなく（淡水浴後1週間以内に死亡した個体は2尾）、供試魚の活力は良好であったが、中には鰓の先端部が網すれによってうっ血した個体も認められた。

Table 3 Parasiticidal effects of freshwater baths on *Trichodina* sp. parasitizing on cultured barfin flounder.

Days after bathing in Fresh water for 30 minute	No. of parasites on the skin surface ($5 \times 5 \text{ mm}^2$)	Rate of active parasites (%)
Before bathing in fresh water (Initial)	205.0 \pm 113.3	92.3 \pm 3.7
1 day	0.2 \pm 0.4	0.0
7 day	0.0	0.0
21 day	0.0	0.0

考 察

トリコジナの寄生を受けたマツカワに15分間、または30分間淡水浴を施し、駆虫効果とその後の寄生状況を比較した。その結果、淡水浴を30分間実施した場合、完全に駆虫することができ、淡水浴から28日経過した時点でも再感染は認められなかつた。一方、淡水浴を15分間とした場合、処理後ごく低レベル（1～2虫体／体表 $5 \times 5 \text{ mm}^2$ ）まで駆虫できたが、14日後から徐々に増殖し再感染が生じた。これらの結果は、マツカワに寄生するトリコジナに対して淡水浴は有効であるが、その効果は浸漬時間と密接に関わることを示している。前報の培養実験で、トリコジナを淡水に浸漬すると膨張し30分の浸漬によって破裂すること、また、破裂前に海水下に移すと再び運動を開始することが明らかになつてゐる。今回の結果はトリコジナの淡水耐性能を明確に再現しており、

15分間の淡水浴では完全に殺虫するには至らず、回復したわずかな虫体が増殖源となって再感染を引き起こしたと考えられる。従って、トリコジナを駆虫し、且つ、再感染を防ぐためには、確実に殺虫して増殖源を絶つことが必須条件である。30分間（以上）の淡水浴が最適な方法だといえよう。

また、本実験で供試魚を淡水中に浸漬したところ、体表から粘液片が剥離し、それらは水面に浮上した。この粘液片を顕鏡したところ、中には多数のトリコジナが認められた。一般に魚類の体表粘液は、遊泳時の摩擦や物理的損傷を緩和する効果がある他、付着した微生物の洗浄、電解質の通過制御（浸透圧調節）など様々な役割を有する⁷⁾。マツカワも体表や鰓表面を粘液で覆うことによって外部寄生生物の攻撃から身を守る。一方、海産魚であるマツカワを淡水に浸漬した場合、その刺激によって新たな粘液が分泌され、同時に、これまで体表を覆っていた古い粘液はトリコジナごと体から剥離する。即ち、淡水浴はトリコジナに対して直接的な殺虫効果があるとともに、粘液層の再生を促し寄生虫を体表から除去する効果（体表の洗浄効果）も有すると推察される。そのため、淡水浴を行う場合、再感染が生じないように浮上した粘液片を隨時ネット等で除去することが重要であり、駆虫後に収容する水槽内にはできるだけ混入しないように留意する必要があろう。

24時間の淡水飼育実験を行い、マツカワの淡水耐性能について調べた。その結果、本種0歳魚の場合、約3時間程度であれば淡水下でも生理的恒常性を保つことができるが、より長期になると耐性の限界をこえ死亡することが明らかになった。現在のところ、淡水に浸漬するなどのような生理障害が生じるのかは証明できない。供試魚のヘマトクリット値を継続的に調べたところ、淡水飼育個体は対照群に比べてヘマトクリット値が高かった。また興味深いことに、活力が著しく低下する6時間後、血液は採取できたものの遠心分離を行うと全個体の血液サンプルが溶血し、血球と血清成分と分離することができなかった。現段階でこの現象を説明できないが、少なくとも長時間、淡水で飼育したことによって血液の質的性状（血球内浸透圧やイオンバランス等）に何らかの変化が生じたことが示唆される。また、各器官の構造変化を組織学的に調べたところ、18時間以上淡水で飼育した個体では腸粘膜の崩壊像が認められた。一般に、体液よりも高張な環境下で生息する海産魚は、浸透圧保持のため、海水を飲んで腸から水分のみを積極的に吸収し、同時に鰓や腎臓を介して能動的にイオンを排出する⁵⁾。一方、浸透圧バランスが正反対である淡水中では、イレギュラーな作用を連続的に強いられたため腸組織が崩壊し、

結果として体液浸透圧を保持できなくなったのかもしれない。淡水浸漬がマツカワの生理機構に及ぼす影響については今後、より詳しく調べる必要があろう。

一方、本実験において、マツカワを淡水に浸漬しても約3時間程度であれば活力は低下せず、死に至ることは無いことが確認できた。前述したように、マツカワに寄生したトリコジナを確実に殺虫するには最低30分間の淡水浴が必要である。今回提唱した方法（30分間の淡水浸漬）はマツカワが生理的恒常性を保てる範囲内であり、駆虫効果、そしてマツカワの淡水耐性力の両面から判断しても適切な駆虫方法といえよう。

これまでの実験から淡水浴によってトリコジナを駆虫するポイントとして、①水道水を使用し、水道水は隨時交換すること（殺虫効果の維持）、②最低30分間水道水に浸漬すること（完全な殺虫）、③水面に剥離した粘液片を隨時ネットで除去し、処理後の水槽に混入させないよう心掛けること（再感染の防止）、④ハンドリングや水交換など作業を円滑に進めること（ストレスの軽減）が重要と考えられた。そこで、これらの条件を満たし、効率よく淡水浴を実施できる作業フローを考案してその有効性を検証した。トリコジナが寄生しているマツカワ1歳魚450尾に淡水浴を施した結果、完全に駆虫することができ、淡水浴から3週間経過した時点においても再感染は認められなかった。駆虫作業によって死亡した個体もなかったことから、今回、提唱した手法は効果的、且つ、安全に駆虫できる方法として有効性が高いといえる。全作業に要した時間は準備も含めて約4時間であったが、今後、作業人数や工程を工夫することによって、さらに効率よく駆虫可能となるだろう。また、改良すべき点として、今回の被験魚の中には鰓の先端部がうっ血した個体もみられた。前述したように、淡水浴を行った場合、これまで体を保護してきた古い粘液層が剥離する。そのため、淡水浴の直後、被験魚は物理的衝撃に対して脆弱な状態にあると推察される。今回、材質が堅く、網目が粗い（10mm）網で魚の取り上げや移動を行ったため、網ずれが生じたと考えられるが、一方、こうした外傷は細菌感染などの二次災害に繋がる危険性がある。そのため、柔らかいネットでハンドリングを行う等、今後も技術改良が必要であろう。

以上の結果、マツカワに寄生したトリコジナを効果的に、且つ、安全に駆虫できる方法として、淡水浴の有効性が明らかになった。本手法は水道水を浸漬溶媒とすることから、従来のホルマリン薬浴と違い安全であり、また実際の飼育現場でも簡便に実用できる点で有用である。また、本研究を通して、本種は淡水下でも比較的長時間生理的恒常性を保持できることが明らかになっ

た。その反面、淡水浴は粘液の剥離が伴うため高頻度で施行することは好ましくないことも示唆された。魚類に寄生するトリコジナ類に関しては未だ知見が乏しいが、他魚種では、飼育環境を整えて魚の抗病性を高めると、トリコジナの寄生を受けても増殖には至らないことが指摘されている^{8,12)}。従って、マツカワのトリコジナ寄生に対する適切な対応手段として、“飼育魚にストレスを与えない適正な環境を整備し、自己免疫を高めること”と、“寄生状況を定期的にモニターし、大量増殖が生じた際には淡水浴を行って駆虫すること”が重要といえよう。

要 約

前報の培養実験において、人工養成マツカワに寄生被害を及ぼす原虫トリコジナ類に対する有効な殺虫方法（30分間以上淡水に浸漬すること）が明らかとなった。そこで、本研究では淡水浴によるトリコジナ駆虫効果を実験的に確認するとともに、マツカワの淡水耐性について調べた。

1. トリコジナに感染したマツカワ1歳魚に淡水浴を施し、淡水浴後の寄生状況を経時的に調べた。その結果、15分間淡水浴を行った場合、寄生数は一時的に減少したものの、2週間後、再び著しく増加した。一方、淡水浴を30分間行った場合、淡水浴から4週間経過しても寄生数はゼロのままであり、完全に駆虫することができた。
2. マツカワの淡水耐性を把握するため、当歳魚を24時間淡水中で飼育し、生残率および生理機能の変化を調べた。その結果、本種の稚魚は、約3時間程度であれば淡水中でも生理的な恒常性を保つことができ、生存可能であることがわかった。
3. ホルマリン浴に替わる効果的、且つ、安全なトリコジナ駆虫方法として、30分間の淡水浴が適切と考えられた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、数々の有益なご助言をいただいた北海道立中央水産試験場魚類防疫科 西原豊研究員に深く感謝します。また、本稿の英文を校閲して顶いたとともに、有意義なご助言をいただいたNew Zealand Otago大学M. Lokman博士に感謝申し上げます。

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. 北海

- 道立水産試験場技術資料. 5, 4-35 (2005).
- 2) 森立成：“北海道におけるマツカワ養殖研究”. 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状. 北海道立水産試験場技術資料. 5, 36-39 (2005).
- 3) 三浦宏紀：“北海道におけるマツカワ病理研究”. 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状. 北海道立水産試験場技術資料. 5, 40-42 (2005).
- 4) 農林水産省消費・安全局衛生管理課：“水産用医薬品の使用について 第18報”. 養殖業者の皆様へ. 2004, 1-20.
- 5) 金子豊二：“第11章 浸透圧調節・回遊”. 魚類生理学の基礎（会田勝美編），東京，恒星社厚生閣，2002, 215-232.
- 6) 山田作太郎, 北田修一：“分散分析”, 生物資源統計学. 東京, 成山堂, 2003, 93-121.
- 7) 飯田貴次：“第2章 魚類の生体防御”. 魚病学概論(室賀清邦, 江草周三編), 東京, 恒星社厚生閣, 1996, 9-20.
- 8) Urawa, S.: *Tricodina truttae* Mueller, 1937 (Ciliophora: Peritrichida) on juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) : pathogenicity and host-parasite interactions. *Fish Pathol.*, 27, 29-37 (1992).
- 9) 井上潔：“ヒラメ・トリコジナ症”. 魚病図鑑（畠井喜司雄, 小川和夫, 広瀬一美編），東京，緑書房，1988, 68.
- 10) 塩満捷夫：“トラフグ・トリコジナ症”. 魚病図鑑（畠井喜司雄, 小川和夫, 広瀬一美編），東京，緑書房，1988, 75.
- 11) 小川和夫：“第V章 原虫症 5. トリコジナ症”. 魚介類の感染症・寄生虫病（若林久嗣, 室賀清邦編），東京，恒星社厚生閣，2004, 303-304
- 12) Urawa, S.: The pathobiology of ectoparasitic protozoans on hatchery-reared pacific salmon. *Sci.Rep.Hokkaido Salmon Hatchery*, 50, 1-99 (1996).

シロザケ肉色の品質評価に関する研究

秋野雅樹*, 武田忠明*, 今村琢磨*

Studies on the quality evaluation of chum salmon *Oncorhynchus keta* flesh color.

Masaki AKINO*, Tadaaki TAKEDA* and Takuma IMAMURA*

Chum salmon flesh color is the most important factor in respect of quality. The present flesh color evaluation is discriminated with the subjective method. However, in order to be anxious about the incorrect discrimination by a judgment person's individual variation, it is desirable to evaluate flesh color by the objective method. It becomes important to set up the valuation basis reliable for that purpose. When a salmon processor actually discriminates flesh color grades in a disposal plant, the discrimination standard of the high accuracy adapted to visual evaluation of a fillet color is needed. Therefore, in this study, it was investigated how the difference in the form of a chum salmon sample would affect color measurement values. Based on the result, we made the objective valuation basis corresponding to subjective evaluation from CIELAB color system values in a fillet, and established the discrimination standard for chum salmon flesh color.

キーワード：シロザケ，表色系，CIE LAB，色相，色差，カロテノイド，サーモンカラーチャート，判別分析

まえがき

シロザケ（秋サケ）*Oncorhynchus keta*の身肉は、カロテノイドであるアスタキサンチンを含有することから鮮やかなサーモンカラーを呈することを特徴としている。サケのカロテノイドに関する研究は、成分組成、代謝機構、筋肉組織中の細胞内分布など数多く報告されている^{1,2)}。

カロテノイド由来であるその肉色は品質面から重要視され、赤みの強いもの程、高値で取引される。商業上、シロザケの肉色判別は主に色知覚で表す主観的方法（色知覚（視覚）による方法）で行われているが、判定者の個人差に基づく判別誤認等が懸念されることから客観的な方法（測色計による方法）による判別が望まれている。サケ加工現場での肉色の等級判別は、フィレ色の主観的評価に則した高い精度の判別基準が必要とされる。

そこで本研究では、シロザケ肉色を客観的評価として数値化するために、試料形状の違いが測色値に及ぼす影響を把握するとともに、カロテノイド量と測色値の関係について調べた。その結果を基に、フィレ状態で測色し

たときのCIELAB表色系値から主観的評価に対応した客観的評価基準を作成し、シロザケ肉色判別基準の設定を行った。

材料及び方法

1. 実験試料

平成17年9月から10月に北海道石狩市、斜里郡斜里町ウトロ、沙流郡日高町の沿岸で漁獲された婚姻色の発現度合いの異なるシロザケ60尾を試料とした。試料は、魚体をフィレマシンにより裁断した後、氷詰めして産地から輸送（24時間以内）された。肉色の測定は試料到着後、直ちに行なった。カロテノイド測定用の試料については、真空包装し遮光状態で分析に供するまで-25°Cで保存した。

2. 主観的方法による肉色評価

魚体の脊鰭付け根から頭部に向かい約10cm以内の脊肉部の肉色を北海道漁業協同組合連合会のサーモンカラーチャート（Fig.1）（以下、SCCと略す）を使用して、

目視により測色した。SCCによる数値20未満をホワイト, 20以上23未満をピンク, 23以上をレッドの3等級に判別した。



Fig. 1 Salmon color chart.
Hokkaido federation of fisheries cooperative associations.

3. 客観的方法による肉色評価

3.1. 分光測色計による肉色の測定

3.1.1. フィレ測定

主観的方法により肉色評価した部位に対して、分光測色計CM-2500d（コニカミノルタ社製）の計測部位（ターゲットマスク）を直接押し当てて測色した。

3.1.2. ミンチ肉測定

主観的方法により肉色評価した部位を切り取り、皮、血合い肉、骨を取り除きオスターブレンダーにより粉碎した。粉碎した試料、約20gをプラスチックセルCM-A132（20mm）（コニカミノルタ社製）に詰めて分光測色計CM-2500dで測色した。

測定条件：照明受光光学系 d/8 (SCE), 測定径 8 mm, D65光源, 10° 視野, L*a*b*表色系及びL*C*h表色系, 1検体につき3回測定を行い、その平均値を使用した。

3.2. カロテノイド量の測定

肉色測定後の各粉碎試料5gにアセトン20mlを加え、ホモジナイズ後、遠心分離（3,000rpm, 10分間）した。これを上澄液が着色しなくなるまで繰り返し、集めた上澄液の溶媒を除去し、エーテルで分液ロートに移した。これに水を加えて分配し、水洗を数回した後、エーテル部分を除去してアセトンで定容し、477nmの吸光度を測定した。カロテノイド量は、吸光度にアスタキサンチン吸光係数 $E_{1\text{cm}}^{1\%}=2,200$ を乗じてアスタキサンチン量に換算して算出した。

結果

1. 試料形状の違いが分光測色値に及ぼす影響

フィレ測定及びミンチ肉測定で測色した各試料60尾の分光反射率の平均値をFig.2に、CIELAB表色系色度図をFig.3に示した。分光反射率の比較では、530nm以上の波長でミンチ肉測定の反射率が高くなる傾向が認められた。明度指数（L*）及びクロマティクネス指数（a*, b*）の平均値は、いずれもフィレ測定（L*=42.08

± 3.94 , a*= 11.59 ± 3.73 , b*= 13.26 ± 2.15 ）よりミンチ肉測定（L*= 45.45 ± 3.26 , a*= 15.69 ± 4.41 , b*= 21.11 ± 3.17 ）で高い値を示した。またフィレ測定とミンチ肉測定での色差（ ΔE^{ab} ）の平均値は10.20であった（Table 1）。フィレ測定のa*とb*の相関係数が0.7179であるのに対し、ミンチ肉測定の相関係数は0.9289と高かった。カロテノイド量とa*の関係については、フィレ測定（r=0.9076）よりもミンチ肉測定（r=0.9426）で高い相関を示した（Fig.4）。

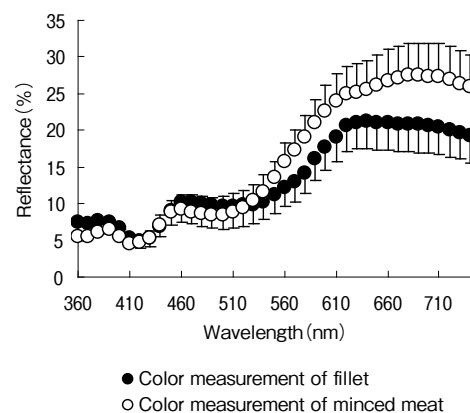


Fig. 2 Spectral reflectance of chum salmon muscle.
Values indicate the average of 60 samples.
Bars indicate standard deviation of 60 samples.

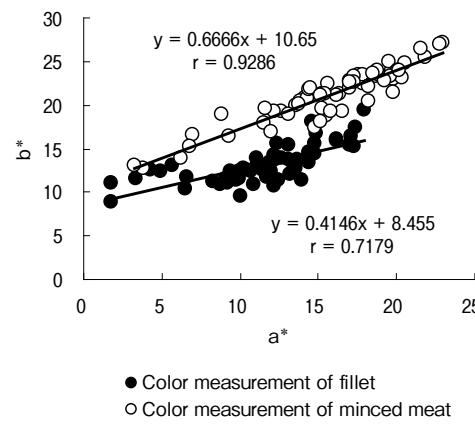


Fig. 3 CIELAB chromaticity diagram of the chum salmon muscle.

Table 1 CIELAB values and color difference of chum salmon muscle.

	L*	a*	b*	ΔE^{ab}
Color measurement of fillet	42.08 ± 3.94	11.59 ± 3.73	13.26 ± 2.15	10.20 ± 3.66
Color measurement of minced meat	45.45 ± 3.26	15.69 ± 4.41	21.11 ± 3.17	

Values represent the mean±standard deviation of 60 samples.

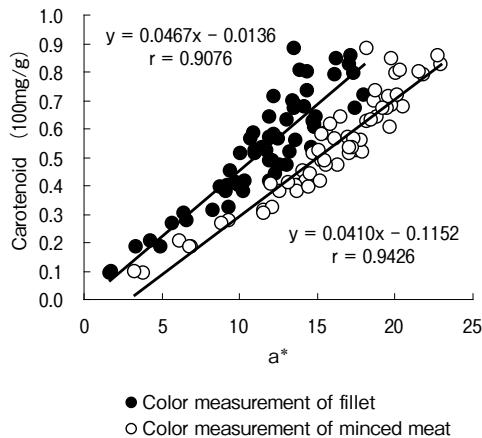


Fig. 4 Relationship between a^* and carotenoid concentration of chum salmon muscle.

2. CIELAB表色系 (a^*) によるシロザケ肉色の等級判別

肉色を主観的評価により3等級に判別した各試料60尾のフィレ測定での a^* をFig.5に示した。説明変数を a^* とする線形判別関数による判別分析を行った結果、ホワイト等級とピンク等級及びピンク等級とレッド等級の境界値は、それぞれ $a^*=8.20$, 12.81であったため判別基準をホワイト等級： $a^*<8$, ピンク等級： $8 \leq a^* < 13$, レッド等級： $13 \leq a^*$ とした。

そして主観的評価での判別結果を正当値として、これら a^* の判別基準から客観的評価を行った結果、判別的中率は、ホワイト等級とピンク等級の判別で97.1%, ピンク等級とレッド等級の判別で74.5%であった。また全体での判別的中率は、76.7%であった(Table 2)。

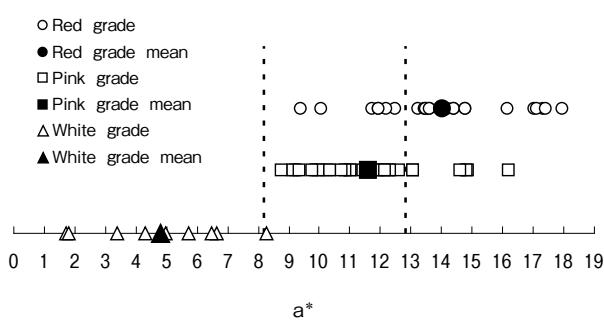


Fig. 5 The a^* of the chum salmon muscle by three grades.

Table 2 Results of discriminant analysis.

Red grade or pink grade	Pink grade or white grade	Total
Discrimination by a^* 74.5%(38/51)	97.1%(34/35)	76.7%(46/60)

Numbers in parenthesis indicates (correct discrimination / total samples).

3. レッド等級とピンク等級判別のための客観的指標値の検索

肉色を主観的評価によりレッド等級とピンク等級に判別した試料51尾のSCC値とフィレ測定での各表色系値、 L^* , a^* , b^* , C^* (彩度), h (色相角), a^*/b^* 及びカロテノイド量との相関係数をTable 3に示した。SCC値との相関は、 h , a^*/b^* で高く、それぞれ-0.7869, 0.7855であった。 a^* やカロテノイド量の相関も比較的高く、それぞれ0.5822, 0.6800であった。 L^* , b^* , C^* との相関は、それぞれ-0.1501, 0.1164, 0.3794と低かった。

Table 3 Correlation coefficient with SCC value of chum salmon muscle of pink and red grades.

L^*	a^*	b^*	C^*	h	a^*/b^*	Carotenoid concentration
-0.1501	0.5822	0.1164	0.3794	-0.7869	0.7855	0.6800

4. CIELAB表色系 (a^* , b^*) によるシロザケ肉色の等級判別(レッド等級, ピンク等級)

肉色を主観的評価によりレッド及びピンク等級に判別したレッド等級とピンク等級に判別した試料51尾のCIELAB表色系色度図をFig.6に示した。レッド等級とピンク等級について、説明変数を a^* , b^* とする線形判別関数 $Z=2.467(a^*) - 2.133(b^*) - 2.633$ を算出した。得られた線形判別関数からレッド等級とピンク等級の判別分析を行った結果、判別的中率は92.2%であった。また、全体での判別的中率は、91.7%となった(Table 4)。

考 察

カロテノイド色素は動物から植物、微生物にまで広く分布している長鎖の共役二重結合からなるポリエン構造を特徴とする一群の色素の総称名であり、黄～橙～赤

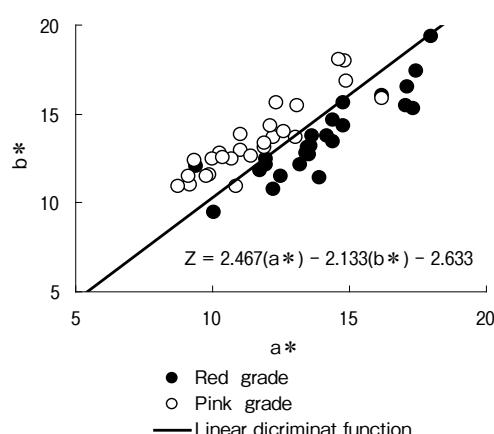


Fig. 6 CIELAB chromaticity diagram of the chum salmon muscle of pink and red grades.

Table 4 Results of discriminant analysis.

	Red grade or pink grade	Total
Discriminatio by linear discriminant function	92.2% (47/51)	91.7% (55/60)
Numbers in parenthesis indicates (correct discrimination / total samples).		

色をしている。これらの色素から作り出される色相をCIELAB表色系で表現するためには、クロマティクネス指数（ a^* , b^* ）の大小とその比率が重要となる。

そのためサケ肉色を発現させるカロテノイド量は、 a^* , b^* との相関が高いと考えられる。フィレ測定とミンチ肉測定を比較した場合、 a^* と b^* の相関が後者で高く、サケ筋肉中のカロテノイド量を推定するには身肉を均質化して測色する手段が有効と考えられる。実際に a^* とカロテノイド量の関係は、ミンチ肉測定の方が高い相関を示した。

しかし、身肉の粉碎により分光反射率が変化するため、得られる表色系値は、フィレ測定とミンチ肉測定では異なり、その色差は、色違いのクレームとなる範囲 ($\Delta E^* ab > 3$) であった。

以上のことから、フィレ肉色とミンチ肉色の違いが明らかとなった。実際のシロザケ肉色判別では、フィレ状態での肉色の評価が必要であり、その主観的評価と高い相関を持つ客観的評価基準が求められる。

羽田野ら⁴⁵⁾は、シロザケ肉色の a^* は、シロザケの品質を最も良好に反映している指標であると考えており、 a^* を利用した肉色判別基準を提案し、ホワイト等級で $a^* < 10$ 、ピンク等級で $10 \leq a^* < 14$ 、レッド等級で $14 \leq a^*$ と設定している。

本研究においても、シロザケ肉色等級を a^* から評価するための判別基準を設定した。線形判別分析より、 a^* の判別基準をホワイト等級で $a^* < 8$ 、ピンク等級で $8 \leq a^* < 13$ 、レッド等級で $13 \leq a^*$ とした。その判別基準は、羽田野らが提案する数値と近似し、ほぼ同様の傾向であった。本研究での基準値が少し低めに設定されたのは、使用した計測器、光源、視野等の違いによる影響と考えられた。

この判別基準による判別精度は、ホワイト等級とピンク等級では高かったが、ピンク等級とレッド等級では少し低めであった。羽田野らは、レッド等級の下限に一方的に境界線を引くことには問題はあるが、格付けの曖昧さが生む諸問題の解決の糸口として境界を定めたことを述べている。本研究では、格付けをさらに明確にするためには、レッド等級とピンク等級の判別精度を向上させる必要があると考えられた。

そこで、レッド等級とピンク等級の試料のSCC値と各

表色系値の相関関係を調べた結果、 a^* よりも h , a^*/b^* で相関が高かった。このことからレッド等級とピンク等級を判別する際、赤方向を示す a^* を単独で使用するよりも、色相差を表現できる h や a^* と b^* の比率等を指標値として利用する方が、主観的評価との整合性が向上する可能性が示唆された。 a^*/b^* や h の値は色素量を推定するのにも有効であり、Mooreはラズベリーで、そしてIglesiasらはリンゴを対象に果皮中のアントシアニン量との相関が高いことを報告している^{6,7)}。

CIELAB表色系色度図からみて、ピンク等級よりレッド等級での色相角が小さくなる傾向が認められたことから、2群の線形判別分析を行った結果、先に記述した線形判別関数： $Z = 2.467 (a^*) - 2.133 (b^*) - 2.633$ 、レッド等級： $Z > 0$ 、ピンク等級： $Z < 0$ によってレッド等級とピンク等級を良好な精度で判別することが可能となった。また今回はデータを示していないが、レッド等級とピンク等級の判別については、 h や a^*/b^* を指標とした評価でも良好な結果を得ている。

以上の結果から、フィレ状態でシロザケ肉色判別の客観的評価をCIELAB表色系から設定する場合、ホワイト等級とピンク等級の判別には a^* を、ピンク等級とレッド等級の判別には色相差を利用する事が有効であると考えられる。

現在、食品業界において色の品質管理は、重要な課題の一つである。今後、色を数値化（定量化）して品質保証をすることは、さらに重要性を増すと考えられる。実際に色を数値化したコミュニケーションツールであるCIELAB表色系は、1976年に国際照明委員会（CIE）で規格化され、日本でもJIS（JISZ8729）において採用されている。シロザケ肉色の判別についても評価基準を設け品質保証することが重要になる。

要 約

婚姻色の発現度合いの異なるシロザケ60尾を試料とし、視覚的評価に則した客観的なシロザケ肉色判別基準をCIELAB表色系から設定した。

1. シロザケ魚肉をミンチ状にして測色することにより、カロテノイド量と a^* の相関が高まったが、均質化することで分光反射率が変化したため、フィレ肉色とミンチ肉色に色差が生じることが明らかとなつた。
2. フィレ測定の結果からCIELAB表色系 a^* を説明変数とする線形判別関数での判別分析を行い、サケ肉色の等級判別の判別基準をホワイト等級で $a^* < 8$ 、ピンク等級で $8 \leq a^* < 13$ 、レッド等級で $13 \leq a^*$ と設定した。

3. 主観的評価を正当値とした場合、この判別基準での全体の判別的中率は76.7%であり、ピンク等級とレッド等級での判別的中率の精度は74.5%と低かった。
4. レッド等級とピンク等級試料のSCC値とフィレ測定の表色系値の相関は、*h*, *a*/b**でそれぞれ-0.7869, 0.7855と高く、主観的評価に色相差が影響すると考えられた。
5. ピンク等級とレッド等級試料についてフィレ測定でのCIELAB表色系 *a**, *b**を説明変数とする線形判別関数: $Z = 2.467 (a*) - 2.133 (b*) - 2.633$, レッド等級: $Z > 0$, ピンク等級: $Z < 0$ での判別分析を行った結果、ピンク等級とレッド等級の判別的中率は92.2%まで改善し、全体の判別的中率も91.7%となり精度が向上した。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、貴重な御指導と御助言を頂いた北海道大学大学院教授高橋是太郎博士に厚く御礼申し上げる。また試料のシロザケの提供及びブナ度合い判別に際し協力して頂いた北海道漁業組合連合会販売事業部部長本田勝実氏、瀧波憲二氏に深謝する。

文 献

- 1) 松野隆男, 勝山政明, 永田誠一: 魚類のカロテノイドに関する比較生化学的研究-XIX. 日水誌, 46, 879-884 (1980)
- 2) Ando,S. and Hatano,M. : Metabolic Pathway of Carotenoids in Chum Salmon *Oncorhynchus Keta* During Spawning Migration. *Comp.Biochem.physiol.* 87, 411-416 (1987)
- 3) Henmi,H.,Iwata,T.,Hata.,M., and Hata,M.:Studies on the Carotenoids in the Muscleof Salmons I. Intracellular Distributionof Carotenoids in the Muscle. *TohokuJ.Agr.Res.* 37, 101-111 (1987)
- 4) 羽田野六男, 高橋是太郎, 大西あゆみ, 亀山喜明: 産卵回帰シロサケの体表色の画像処理による品質判定. 日水誌, 55, 1427-1433 (1989)
- 5) 羽田野六男, 高橋是太郎, 座間宏一: 産卵シロサケの諸性状と品質の関係について. 日水誌, 53, 479-486 (1987)
- 6) Moore,PP.:Estimation of Anthocyanin Concentration from Color Meter Measurements of Red Raspberry Fruit. *HortScience*, 32, 135 (1997)
- 7) Iglesias,I.,Graell,J.,Echeverria,G. and Vendrell,M.: Orchard Cooling with Overtree SprinklerIrrigation to

Improve Fruit Color of 'Delicious' Apples. *HortScience*, 35, 1207-1208 (2000)

河口域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価

櫻井 泉^{*1}, 柳井清治^{*2}, 伊藤絹子^{*3}, 金田友紀^{*1}

Quantitative evaluation of a food chain that originates from leaf litter in a river mouth

Izumi SAKURAI^{*1}, Seiji YANAI^{*2}, Kinuko ITO^{*3} and Tomonori KANETA^{*1}

In the mouth of the Gokibiru River on the west coast of Hokkaido, Japan, we have described a food chain that extended from an amphipod *Anisogammarus pugettensis* to young crest-head flounder *Pleuronectes schrenki* and was dependent on leaf litter piled on the bottom. This study examined annual production of the animals to evaluate the food chain in the river mouth in addition to population dynamics and food habit of *A. pugettensis*. Population of *A. pugettensis* had 2-3 cohorts throughout the year and the annual production was evaluated to be 2.1g-C/m²/yr. The amphipod preferred dead leaves of maple *Acer mono* and alder *Alnus hirsuta* to macro algae of *Ulva pertusa* and *Laminaria religiosa* as foods, and derived 31% of foods from leaf litter. The annual production of *P. schrenki* less than 1 year in age was 0.4g-C/m²/yr and the flounder derived 25% of foods from leaf litter through *A. pugettensis*. Therefore, the rate of leaf litter that contributed to the production of *A. pugettensis* and *P. schrenki* were estimated to be 0.008 and 0.0004% of the annual litter accumulation, respectively.

キーワード：河口域, 森・川・海, クロガシラガレイ, ヨコエビ, 落ち葉, 生物生産, 食物連鎖

はじめに

近年, 森林が持つ「魚つき林」機能に関心が集まっている。魚つき林の機能には、木陰の提供, 急激な出水や濁水の防止および栄養物質の供給などが挙げられ¹⁾, 全国各地で魚を育む森づくり事業が進められている²⁾。また, 水産資源に配慮した森林の整備は, 海に面した狭義の魚つき林のみならず, 内陸部河岸の森林や源流部の水源林まで広げて行う必要があることが指摘されている³⁾。しかし, 魚を増やすためには何が必要なのか, どのような樹種をどのように造成すれば効果的なのか, そもそも森林を増やせば本当に魚が増えるのかといった疑問に答えるだけの知見の蓄積は十分ではない。

北米では, 1970年代から落葉広葉樹林帯を流れる森林溪流において水生動物群集による落ち葉の利用実態が研

究されており⁴⁾, その中で落ち葉が水生動物を支える重要なエネルギー源になっていることが明らかにされている。さらに, 落ち葉の影響は河口・沿岸域にまで及ぶことも示唆されているが⁵⁾, その実態については不明である。

こうした背景の中で, 著者等は, 北海道濃尾川の河口域に形成される落ち葉の堆積場（以下, 落ち葉だまりと表記）を対象として, 落ち葉が水生動物の生息に及ぼす影響を調査した⁶⁾。その結果, 落ち葉だまり内にはトンガリキタヨコエビ *Anisogammarus pugettensis* を主体とする端脚類群集が年間を通して認められ, これがクロガシラガレイ *Pleuronectes schrenki* の当歳魚の主要な餌になっていることを明らかにした。また, 本河口域に流入する落ち葉の年間堆積量を推定したが, そのうちのどの

報文番号 A413 (2007年2月16日受理)

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

*2 北海道工業大学 (Hokkaido Institute of Technology, Teine, Sapporo, Hokkaido 006-8585, Japan)

*3 東北大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Aoba, Sendai 981-8555, Japan)

くらいたがトンガリキタヨコエビやクロガシラガレイの生物生産に寄与しているのかについては、検討しなかった。

トンガリキタヨコエビは、北米西海岸やカムチャツカ半島～サハリン沿岸の潮間帯～潮下帯にも広く分布する寒海性の端脚類であり^{7,9)}、北米沿岸では本種がサケ科幼魚の重要な餌になっている¹⁰⁾。このため、本種の食性、生息至適塩分および成長速度が実験的に明らかにされてきたが¹¹⁾、個体群動態や生物生産については不明な点が多く残されている。

一方、クロガシラガレイは、北海道～青森県、朝鮮半島東岸、沿海州、タタール海峡、サハリンおよび千島列島沿岸に広く分布するカレイ科の魚類であり¹²⁾、北海道では重要な漁業資源となっている。したがって、両種を中心とした落ち葉だまり内の食物連鎖を定量評価することは、水産資源に配慮した森林整備計画の策定に寄与するだけでなく、河口域での魚類保育場整備を検討する上でも有益と考えられる。

以上を踏まえ、本研究ではトンガリキタヨコエビの個体群動態や食性を調べるとともに、本種とクロガシラガレイの生物生産量を推定した。さらに、落ち葉からトンガリキタヨコエビを経てクロガシラガレイ当歳魚に移行する有機物量の割合を試算したので、その結果を報告する。

材料及び方法

1. 調査域の概要

調査対象とした濃昏川は、北海道石狩市厚田・浜益の両区境を流れる2級河川であり、その河口は日本海に面している(Fig.1)。河口の南側は砂浜とコンクリート護岸が300mほど続くが、その先は岩礁地帯に変わる。また、

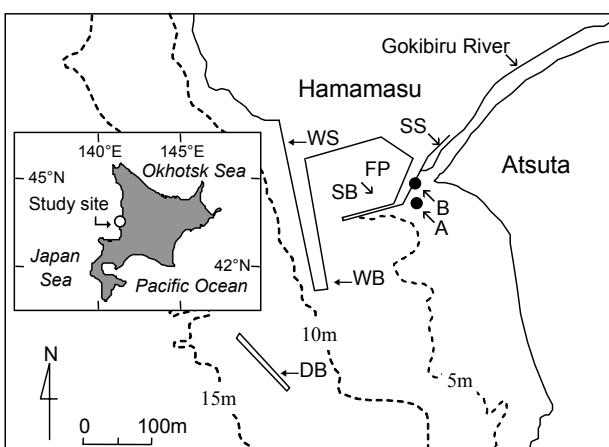


Fig. 1 The study area around the Gokibiru River mouth, on the west coast of Hokkaido, Japan. Solid circles indicate the sampling stations. DB: Detached breakwater, FP: Fishing port, SB: South breakwater, SS: South shore protection, WB: West breakwater, WS: West shore protection.



Fig. 2 Photograph of leaf litter that has accumulated at the mouth of the Gokibiru River.

河口の北側には総延長約330mの防波堤を持つ濃昏漁港が建設されているほか、河口沖の水深12～13mには総延長100mの外防波堤も造成されている。

河口域の海底勾配は比較的陥しく、汀線～水深15mまでの平均勾配は約1/25である。底質は概ね砂泥質で構成されるが、部分的に岩盤の露出が認められる。また、河口部から西防波堤までの範囲には、年間を通して4～200mに及ぶ落ち葉だまりが認められる⁶⁾ (Fig.2)。

2. ヨコエビの採集と生物生産量の推定

濃昏川河口域に生息するトンガリキタヨコエビの個体群動態を明らかにするため、2000年12月～2002年1月の間に計13回、落ち葉だまりが常在するSt.A (水深3.2m)において本種の定量採集を実施した。採集にはコアサンプラー（採集面積0.03m²）を使用し、SCUBA潜水により3～5回の採集を行った。採集物の中からトンガリキタヨコエビを選別した後、これを70%エタノールで固定し、後日、全個体数、抱卵個体数、体長および湿重量を計測した。体長と湿重量の計測数については100個体を上限とし、計測個体をサンプル中からランダムに抽出した。湿重量を計測したトンガリキタヨコエビを60°Cの恒温器内で約1日乾燥させ、乾重量を求めた後、粉末状に擦り潰し、炭素含有量を分析した。分析には元素分析計(EA1112, ThermoFinnigan社)を用いた。なお、本種は1個体では上記分析の所要量(約1mg)に満たないため、3～5個体を込みにして1試料とした。

次に、トンガリキタヨコエビの生物生産を明らかにするため、年間生産量P (g-C/m²/yr) および平均生物量B (g-C/m²) を体長組成の推移から推定された年級群ごとに算出した。算出には以下の式を用いた。

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (N_i + N_{i-1})(W_i - W_{i-1})$$

$$B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i W_i$$

ここで、 N_i および W_i はそれぞれ*i*回目の採集時の個体数密度 ($/m^2$) および平均個体重量 (g-C)、 n は調査回数である。

さらに、生息場所の水温条件を把握するため、St.Aの近傍に沈設されている消波ブロック上 (St.B: 水深1.8m) に自記式水温計 (Stow Away Tidbit data logger) を取り付け、2001年4月～2002年3月の水温を1時間間隔で記録した。

3. ヨコエビの食性解析

トンガリキタヨコエビの食性を明らかにするため、炭素・窒素安定同位体比分析および摂食実験を行った。

安定同位体比分析には、元素分析計 (EA1110, CE Instrument社) と質量分析計 (DELTA plus, Finnigan MAT社) を使用し、前処理として60°Cの恒温器内で約1日乾燥させ、粉末状に擦り潰した後、1N塩酸を数滴加えて脱炭酸塩処理を施した試料を供した。なお、分析に必要な試料量 (約1mg) を確保するため、先述の炭素含有量分析と同様、3～5個体を込みにして1試料とした。

トンガリキタヨコエビの餌候補として、落ち葉および大型海藻類の炭素・窒素安定同位体比を上記と同様に分析した。これは、落ち葉だまりの構成物を事前に調べたところ、落ち葉を含む森林起源物質が湿重量比で95%以上を占め、残りをホソメコンブ*Laminaria religiosa*やアナアオサ*Ulva pertusa*といった大型海藻類の碎片が占めていたからである。分析には、トンガリキタヨコエビとともにコアサンプラーで採集された落ち葉、およびホソメコンブとアナアオサの碎片を使用し、トンガリキタヨコエビと同様の前処理を施した。

得られた安定同位体比については、標準物質 (炭素: Pee Dee Belemnite, 窒素: 大気中の窒素) からの千分偏差 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ (‰) として、以下の式により算出した。

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{\text{STD}}}{R_{\text{sample}}} - 1 \right) \times 1000$$

ここで、 R_{STD} および R_{sample} は、それぞれ標準物質および試料の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ あるいは $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ である。

一方、摂食実験には、2001年11月にSt.Aで採集されたトンガリキタヨコエビを用いた。また、餌には、濃畠川源流域で採集したイタヤカエデ*Acer mono*とケヤマハンノキ*Alnus hirsuta*の落ち葉、およびSt.A周辺で採集したホソメコンブ (1年目) とアナアオサを使用した。供試個体を採集時の水温条件 (約15°C) に調温した13Lスチロール水槽内に無給餌で2週間飼育した後、以下の手

順で実験を行った。まず、500mLスチロール容器3個に15°Cの濾過海水を満たし、この中に落ち葉と海藻の小片 (2cm × 2cm) を各種1枚ずつ入れた後、供試個体を3個体ずつ投入した。そして、これらの容器を15°Cに保持した恒温培養器に安置し、2～3日間隔で小片を取り出して、これをデジタルカメラで撮影後、その画像をパソコンコンピュータに取り込んで小片の面積を推定し、実験開始時に対する小片の残存率を算出した。なお、小片の面積推定には、LIA32 for Windows 95 ver. 0.371 beta 1 (フリーソフト) を用いた。また、実験中は、3～5日間隔で飼育水の交換を行った。

4. クロガシラガレイの生物生産量の推定

著者等は、2001年6月～2002年5月にSt.Aの落ち葉だまりにおいて、クロガシラガレイの当歳～1歳魚が採集されたことを報告した⁶⁾。本研究では、これらの標本を用いてクロガシラガレイの生物生産量を推定するため、トンガリキタヨコエビの摂食が確認された2001年11月～2002年5月の標本について、胃内容物を摘出した個体を60°Cの恒温器内で約1日乾燥させ、乾重量を求めた。そして、有眼側中央部から体側筋を摘出し、これを粉末状に擦り潰した後、炭素含有量を前述の元素分析計により分析し、先述の式を用いて年間生産量 P (g-C/m²/yr) および平均生物量 B (g-C/m²) を算出した。

結 果

1. ヨコエビの個体群動態と食性

2000年12月～2002年1月に本河口域で採集されたトンガリキタヨコエビについて、抱卵個体の割合の月別変化をFig.3に示した。抱卵個体は、2000年12月～2001年1月、2001年6月～9月中旬および2001年11月～2002年1月には10%以下であったが、2001年5月および9月下旬～10月にはそれぞれ57.1%および45.5～54.5%に上昇した。

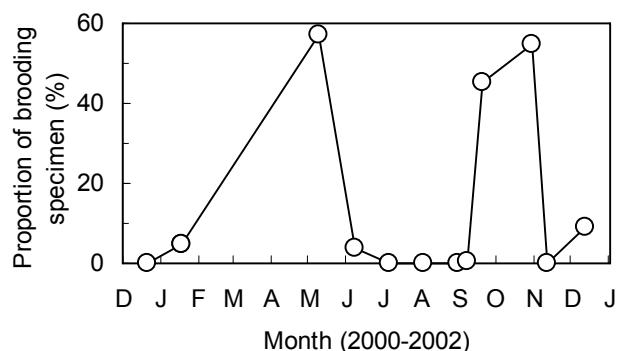


Fig. 3 Monthly changes in proportion of brooding *Anisogammarus pugettensis* between December 2000 and January 2002. Specimens include male and female.

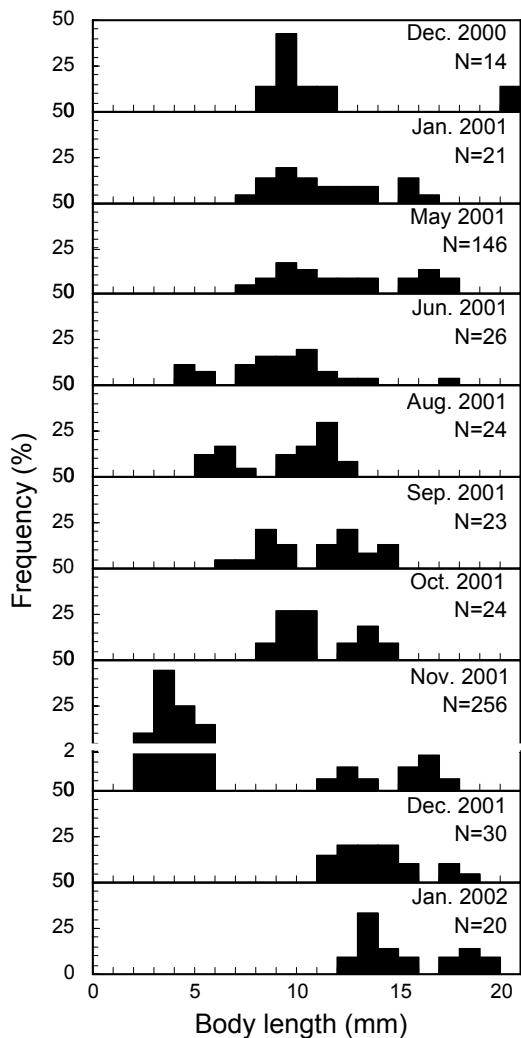


Fig. 4 Body length distributions of *Anisogammarus pugettensis* collected between December 2000 and January 2002. N represents number of specimen.

トンガリキタヨコエビの体長組成の月別変化をFig.4に示した。また、本種の平均体長BLを発生群ごとに計算したのがFig.5である。2000年12月に採集された9 mmにモードを持つ8~11mm群（II群と表記, BL=9.3mm）は、2001年1月から6月まではモードの変化がなく、8~13mm群として認められたが、その後は明瞭なモードの移行がみられ、8月には9~12mm群（BL=10.5mm）、9月には11~14mm群（BL=12.4mm）、10月には12~14mm群（BL=13.0mm）、11月には15~17mm群（BL=15.8mm）、12月には17~18mm群（BL=17.3mm）および2002年1月には17~19mm群（BL=17.8mm）に成長した。2001年6月には5 mmにモードを持つ5~6 mm群（III群と表記, BL=4.4mm）が新たに出現し、この群は8月には6~8 mm（BL=5.8mm）、9月には6~9 mm（BL=8.0mm）、10月には8~10 mm（BL=9.3mm）、11月には11~13 mm（BL=12.1mm）、12月には11~15 mm

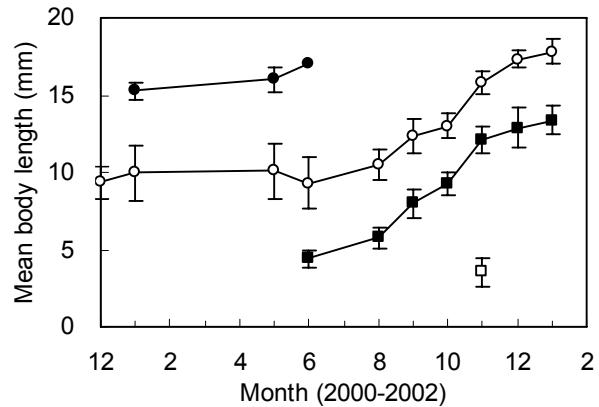


Fig. 5 Monthly changes in body length of *Anisogammarus pugettensis* collected between December 2000 and January 2002. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. ●, ○, ■ and □ represent cohort I, II, III and IV, respectively.

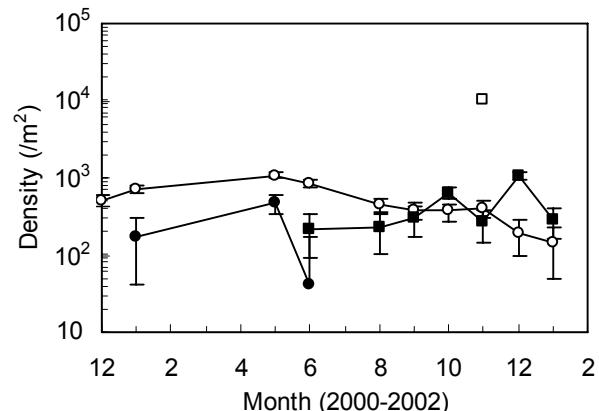


Fig. 6 Monthly changes in density of *Anisogammarus pugettensis* collected between December 2000 and January 2002. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. ●, ○, ■ and □ represent cohort I, II, III and IV, respectively.

(BL=12.9mm) および2002年1月には12~15mm (BL=13.4mm) に成長した。なお、2001年1月には15mmにモードを持つ15~16mm群（I群と表記, BL=15.3mm）が採集され、5月には15~17mm群 (BL=16.0mm)、6月には17mm群 (BL=17.0mm) として認められたが、8月以降は採集されなかった。また、2001年11月には3 mmにモードを持つ2~5 mm群（IV群と表記, BL=3.6mm）が高い頻度で出現したが、12月以降は採集されなかった。

トンガリキタヨコエビの生息密度を発生群別に示した（Fig.6）。I群では5月~6月に顕著な密度低下が認められた。II群では5月~8月と11月~12月に密度の低下がみられたが、III群では12月に一時的な密度の上昇が認められた。

トンガリキタヨコエビの $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ を落ち葉および海藻碎片の値と併せてTable 1に示した。本種の $\delta^{13}\text{C}$ は落ち葉より高く、海藻碎片より低い値を示した。また、本種の $\delta^{15}\text{N}$ は、落ち葉および海藻碎片に比較して高い値を示した。

トンガリキタヨコエビによるイタヤカエデ、ケヤマハンノキ、アナアオサおよびホソメコンブの摂食状況を、実験開始から10日後の各小片の残存率としてFig.7に示した。イタヤカエデとケヤマハンノキが最も速く摂食され、残存率は平均10%を示した。アナアオサも比較的速く消費され、残存率は平均33%を示したが、ホソメコンブはほとんど摂食されなかった。

2. ヨコエビとカレイの生物生産量

II群およびIII群のトンガリキタヨコエビを対象として、年間生産量、平均生物量および回転率(P/B)を算

Table 1 Summary of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of *Anisogammarus pugettensis* and components of litter pile.

Item	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	-19.5 ± 1.0	7.1 ± 1.6
Leaf litter	-27.1 ± 2.2	2.5 ± 1.9
Macro algae	-14.2 ± 0.0	6.8 ± 2.7

Each value represents mean ± standard deviation.

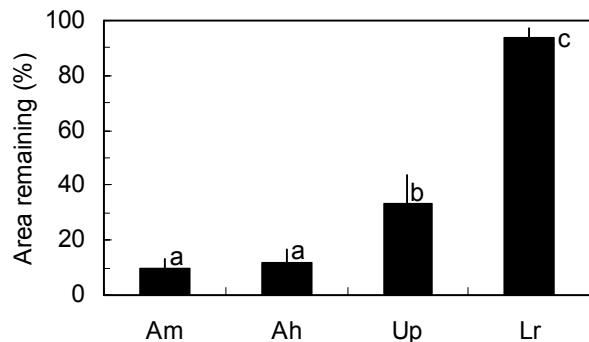


Fig. 7 Comparison of percentage of leaf and algal area remaining by feeding of *Anisogammarus pugettensis*. Am and Ah represent dead leaves of maple *Acer mono* and alder *Alnus hirsuta*, respectively. Up and Lr represent macro algae *Ulva pertusa* and *Laminaria religiosa*, respectively. Each bar shows mean value after 10 days of feeding. Vertical lines extending from the top of each bar indicate standard deviation. Values identified with the same roman letter are not significantly different (Tukey's HSD test: P<0.05).

Table 2 Annual production (P), biomass (B) and turn over ratio (P/B) of *Anisogammarus pugettensis* and *Pleuronectes schrenki*.

Species	P (g-C/m ² /yr)	B (g-C/m ²)	P/B
<i>Anisogammarus pugettensis</i> (II)	1.24	0.80	1.56
<i>Anisogammarus pugettensis</i> (III)	0.87	0.57	1.53
<i>Pleuronectes schrenki</i>	0.42	0.22	1.92

出した(Table 2)。年間生産量および平均生物量ともII群のほうがIII群に比べて高い値を示したが、回転率は両群ともほぼ同値となった。

2001年11月～2002年5月に落ち葉だまり内で採集されたクロガシラガレイ当歳魚の年間生産量および平均生物量は、それぞれ0.4g-C/m²/yrおよび0.2g-C/m²と算出された(Table 2)。

考 察

1. ヨコエビの個体群動態

北アメリカのクレセント海岸に生息するトンガリキタヨコエビでは、性比がほぼ1:1と報告されている¹¹⁾。また、当海岸では周年にわたってトンガリキタヨコエビの抱卵個体が認められており、年間を通して繁殖活動が行われている可能性が示唆されている¹¹⁾。

本研究ではトンガリキタヨコエビの雌雄を判別しなかったが、上記個体群と同様に性比を1:1と考えれば、5月と10月には雌の全個体が抱卵していることになる。このことから、濃屋川河口域における本種の繁殖期は5月と10月の年2回と推察される。

なお、本河口域のトンガリキタヨコエビがクレセント海岸の個体群のように周年繁殖していないかった理由については不明であるが、海産無脊椎動物の繁殖期間を決める要因として、一般には親個体群の成熟に影響を及ぼす水温や餌条件が考えられ、これらの差が両海域にはあるのかもしれない。

トンガリキタヨコエビの個体群構造を体長組成に基づいて検討した結果、本個体群には年間を通して常に2～3の発生群が認められ、これらをI～IVの4発生群に区分することができた。このうち、III群は2001年6月、IV群は同年11月に初めて出現したことから、それぞれ2001年5月および10月の繁殖期に親個体群へ加入した発生群と推定される。III群より1世代前のII群は、2001年1月にはすでに平均体長が9mmに達しており、本種の成長が12月～5月に停滞することを考慮すると、2000年10月に加入した発生群とは考え難い。また、III群では加入から8か月後(2002年1月)には平均体長13mmに達していることから、II群は2000年5月に加入した発生群と考えるのが妥当である。さらに、I群は2001年1月の平均体長が15mmであること、および2002年1月のII群およびIII群の平均体長がそれぞれ18mmおよび13mmであることから、1999年5月あるいは10月に加入した発生群である可能性が高い。

ところで、2001年10月産のIV群は、加入後2か月目以降には採集されなかった。また、上述の発生群推定では、2000年10月産の発生群も存在する可能性の低いことが示

唆されたことから、本河口域のトンガリキタヨコエビ個体群では産出された仔虫が必ずしも親個体群への加入に成功するとは限らず、その傾向は10月産の発生群で強いことが推察される。

このように親個体群への加入の成否が発生群によって異なる事例は他の端脚類でも観察されており、例えばドロクダムシの一種*Corophium volutator*ではゴカイ類による捕食^{13,14)}や攪乱¹⁵⁾および寄生虫の感染¹⁶⁾、*Dyopedos monacanthus*では底生魚類による捕食や親個体による保育期間の長さ¹⁷⁾が加入の成否を決定付ける要因とされている。

本研究では加入の成否に影響を及ぼす要因について検討しなかったが、トンガリキタヨコエビの生息域は波当たりの弱い静穏域に形成されることを考えると⁸⁾、本河口域を含む北海道日本海沿岸では11月から2月にかけて北西風が強く、高波浪に曝されることから¹⁸⁾、物理的な海底攪乱の増加が加入後間もない発生群の死亡に影響を及ぼしたと考えられる。また、本河口域のトンガリキタヨコエビは11月から6月にかけてクロガシラガレイ当歳魚に捕食されることから⁶⁾、10月産の発生群は5月産に比べて長期間にわたる捕食圧に曝されていると考えられる。カレイ類による捕食が底生動物の年間生産量のほぼ半分を消費し、沿岸や内湾における底生動物の群集構造を劇的に変える事例^{19,20)}も報告されていることから、クロガシラガレイによる捕食も10月産の発生群の加入を阻害したのかもしれない。

ところで、本河口域のトンガリキタヨコエビでは、各発生群の成長が12月～5月に停滞し、6月～11月に顕著となる傾向がみられた。水温によるトンガリキタヨコエビの成長効率（摂食した餌重量に対する体増重量の百分率）の差を比較した飼育実験によると、10°Cでは19～24%であるのに対して、20°Cでは31～34%になることが示されており¹¹⁾、本種の成長は水温に依存していること

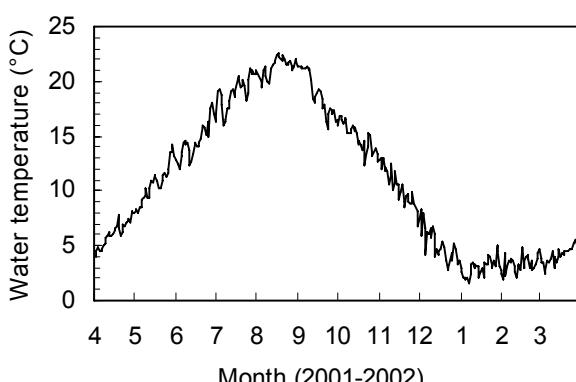


Fig. 8 Monthly changes in daily mean water-temperature in the vicinity of litter pile between April 2001 and March 2002.

が推察される。2001年4月～2002年3月における落ち葉だまり近傍の日平均水温をみると（Fig.8）、5月～10月は10°C以上にあるが、11月中旬には10°C、12月上旬には5°Cを下回り、以後4月までは3～5°Cを推移している。トンガリキタヨコエビは、水温5°C以下になると成長が停滞するものと考えられる。

2. ヨコエビの食性

トンガリキタヨコエビは、パルプ工場付近の小枝、樹皮および木片が堆積する場所に大量にみられ、これらの堆積物を付着基質や餌として利用している可能性が示唆されている⁸⁾。また、本種は、底生珪藻類、緑藻類、紅藻類および魚肉なども摂食する雑食者と見なされているが¹¹⁾、海藻類よりも落ち葉を好んで摂食することが今回の実験で判明した。これらのことから、本河口域において本種が落ち葉だまりに生息しているのは、落ち葉を餌としているためと考えられる。

生物体内的安定同位体比は個体の生息環境に関連する様々な情報を反映しており、この特性を利用した食物網の解析が数多く行われている²¹⁻²³⁾。このうち、炭素安定同位体比は栄養段階が1つ上がっても値の上昇は1%程度である場合が多く²²⁻²⁵⁾、窒素安定同位体比は栄養段階が1つ上がるごとに約3%の上昇が認められる^{21,26)}。

本研究では、この性質を利用し、落ち葉だまりに生息するトンガリキタヨコエビの食性を推定した。その結果、本種は、窒素安定同位体比の値が落ち葉や海藻碎片より高く、炭素安定同位体比の値が落ち葉と海藻碎片の中間に位置したことから、落ち葉と海藻碎片の両方を摂食している可能性が示唆された。また、トンガリキタヨコエビによる摂食が報告されている底生珪藻類については、安定同位体比を分析しなかったものの、落ち葉だまり直下の底質上や落ち葉表面に繁茂していることが十分推察される。

そこで、トンガリキタヨコエビは、炭素および窒素安定同位体比が自身の値よりそれぞれ1および3‰低い同位体比を持つ落ち葉、海藻碎片および底生珪藻類の混合物を摂食しているものと仮定し、次式により各々の餌に対する摂食比率（それぞれ f_1 , f_2 および f_3 ）を推定した。

$$\begin{aligned} C &= f_1 C_1 + f_2 C_2 + f_3 C_3 + 1 \\ N &= f_1 N_1 + f_2 N_2 + f_3 N_3 + 3 \end{aligned}$$

ここで C および N はヨコエビ、 C_1 および N_1 は落ち葉、 C_2 および N_2 は海藻碎片、 C_3 および N_3 は底生珪藻類のそれぞれ $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ であり、 $f_1 + f_2 + f_3 = 1$ とする。底生珪藻類の安定同位体比については、既往の分析値（ $\delta^{13}\text{C} = -16.85$ 、 $\delta^{15}\text{N} = 4.45$ ²⁷⁾を引用した。

計算の結果、トンガリキタヨコエビは底生珪藻類の利用率が最も高く、海藻碎片の利用率も加算すれば、餌の69%が海起源の有機物であると推定された（Table 3）。しかし、残りの31%については落ち葉から得ていると考えられ、本種は餌の大部分を海起源の有機物に依存しているものの、陸起源の有機物からも栄養の一部を得ていることが示唆された。なお、落ち葉の利用率が海藻碎片よりも高かったことは、前述の摂食実験の結果とも一致している。

ところで、陸上植物にはリグニンやセルロースなど海産動物にとって分解しにくい有機物が多く含まれており、これらは河口域に生息する動物の栄養源にはなっていないとする見解が示されている²⁸⁻³⁰⁾。しかし、河床に堆積した落ち葉は、タンニンなどの有機化合物が溶出し、細菌類や真菌類が表面を覆った後、水生昆虫類や端脚類などの破碎食者に摂食されることが報告されている^{31,32)}。河口域に堆積した落ち葉も、類似の過程を通して端脚類に摂食されているものと推察される。

ただし、河床に生息する破碎食者は、栄養分のほとんどを落ち葉自体ではなく、その表面を被覆している微生物から得ていることが報告されている^{33,34)}。トンガリキタヨコエビについても、落ち葉表面に付着する底生珪藻類や微生物から栄養分を得るために、落ち葉を摂食しているものと考えられる。

Table 3 Food utilization rate of *Anisogammarus puggettensis* to leaf litter, fragment of macro algae and benthic diatom.

Item	Food utilization rate
Leaf litter	0.31
Macro algae	0.09
Benthic diatom	0.60

3. 年間生産量と有機物の流れ

トンガリキタヨコエビの年間生産量は、Ⅱ群では1.2g-C/m²/yr、Ⅲ群では0.9g-C/m²/yrと推定された。このように発生群によって生産量に差がみられたのは、Ⅱ群のほうがⅢ群よりも生息密度が高かったためであり、年間生産量を平均生物量で除した回転率は両群ともほぼ同じ値となった。また、本種の寿命は、1999年5月あるいは10月に加入した可能性の高いⅠ群が2001年6月を最後に採集されなくなったことから、20~25月と推定される。

先述のように、濃曇川河口域の本種個体群には年間を通して2~3の発生群が出現し、特に6月と11月を除く月は2つの発生群に限定された。したがって、Ⅱ群とⅢ群の年間生産量を合計した値2.1g-C/m²/yrが本河口域に

おけるトンガリキタヨコエビ個体群の生産量を表すものと考えられる。さらに、落ち葉に対するトンガリキタヨコエビの摂食比率は31%と推定されたことから、本種は0.7g-C/m²/yrの生産量を落ち葉に依存していると推察される。

トンガリキタヨコエビの年間生産量を河口域に生息する他の端脚類と比較すると、ハマトビムシの一種 *Pseudorchestidea brasiliensis* では0.3g-乾重/m²/yr³⁵⁾、モバヨコエビの一種 *Ampithoe valida* では0.43g-乾重/m²/yr³⁶⁾ と報告されており、濃曇川河口域におけるトンガリキタヨコエビの生物生産が極めて高いことが理解できる。また、*P. brasiliensis* では回転率が2.16~2.30で寿命が12~21月³⁵⁾、*A. valida* では回転率が5.98~12.41で寿命が7~9月³⁶⁾ と推定されており、いずれもトンガリキタヨコエビより高回転率で短命である。一般に、高回転率で短命な個体群ほど生産量は高くなるが、本河口域におけるトンガリキタヨコエビの高い生物生産は、落ち葉を含む豊富な餌料環境によって支えられているのかもしれない。

濃曇川河口域におけるクロガシラガレイ当歳魚の年間生産量は、0.4g-C/m²/yrと試算された。また、本河口域においてクロガシラガレイ当歳魚の胃内容物中におけるトンガリキタヨコエビの湿重量組成は、平均82%と推定されている⁶⁾。そこで、これを摂食比率と仮定すると、本河口域のクロガシラガレイ当歳魚は0.3g-C/m²/yrの生産量をトンガリキタヨコエビに依存していることになる。また、トンガリキタヨコエビの落ち葉に対する摂食比率は31%と推定されたことから、当歳魚の年間生産量の25%に相当する0.1g-C/m²/yrが落ち葉に由来するものと推定される。さらに、本河口域に流入する落ち葉の堆積量は25.8kg-C/m²/yrと推定されていることから⁶⁾、落ち葉に依存したトンガリキタヨコエビおよびクロガシラガレイの年間生産量は、本河口域に流出・堆積した落ち葉の量のそれぞれ0.008%および0.0004%に相当するものと試算される。

ただし、カレイの消化吸収率は餌の種類によって異なると考えられるので、胃内容物組成は厳密には餌の摂食比率を反映しているとはいえない。今後は、炭素・窒素安定同位体比を分析することによって、今回用いた摂食比率の検証を行う必要がある。

本研究により、河口域に流出・堆積する落ち葉がトンガリキタヨコエビを経てクロガシラガレイ当歳魚の生物生産に至る有機物の流れを定量的に示すことができた。これより、森林、とりわけ渓畔林は、溪流を通じて落ち葉を河口域に供給することによって沿岸域の二次生産の一部を支えているものと考えられた。

要 約

北海道濃屋川河口域の落ち葉だまりに生息するトンガリキタヨコエビの個体群動態および食性を調べ、本種とクロガシラガレイ当歳魚の生物生産量を推定するとともに、落ち葉からヨコエビを経て当歳魚に移行する有機物量の割合を試算した。得られた結果は、以下のとおりである。

1. トンガリキタヨコエビの繁殖期は5月と10月の年2回であり、個体群は2~3の発生群で構成されるほか、成長は6月~11月に顕著となり、12月~5月に停滞する傾向がみられた。
2. トンガリキタヨコエビは、海藻類よりも落ち葉を好んで摂食するとともに、餌の31%を落ち葉に依存していることが示唆された。
3. トンガリキタヨコエビの生物生産量は $2.1\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ と推定され、その31%に当たる $0.7\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ を落ち葉に依存していることが示された。
4. クロガシラガレイ当歳魚の生物生産量は $0.4\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ と推定され、その25%に当たる $0.1\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ を落ち葉に依存していることが示された。
5. トンガリキタヨコエビおよびクロガシラガレイ当歳魚の生物生産に寄与する落ち葉の割合は、それぞれ0.008%および0.0004%と試算された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、茨城大学理学部地球生命環境科学科の森野浩博士にはヨコエビ類の同定をご教示いただきました。また、北海道立林業試験場の長坂晶子博士には渓流内の貯留有機物の動態に加え、本研究全般にわたって有益なご助言をいただきました。ここに記して深くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 飯塚 肇:魚附林の研究. 東京, 日本林業技術協会, 1951, 132p.
- 2) 柳沼武彦:森はすべて魚つき林. 東京, 北斗出版, 1999, 246p.
- 3) 長崎福三:システムとしての森-川-海. 人間選書 218, 農村漁村文化協会, 1998, 224p.
- 4) Bisson, B.A. and Bilby, R. E.: Organic matter and trophic dynamics. In, Naiman, R.J. and Bilby, R.E. (eds.) , River ecology and management, New York, Springer-Verlag, 1998, 373-392.
- 5) Maser, C. and Sedell, J. R.: From the forest to the sea: The ecology of wood in streams, rivers, estuaries, and oceans, Florida, St. Lucie Press, 1994, 200p.
- 6) Sakurai, I. and Yanai, S.: Ecological significance of leaf litter that accumulates in a river mouth as a feeding spot for young cresthead flounder (*Pleuronectes schrenki*). *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.*, 70, 105-113 (2006)
- 7) Bousfield, E. L.: Ecological investigations on shore invertebrates of the Pacific Coast of Canada, 1955. *Natl. Mus. Can. Bull.*, 147, 104-115 (1957)
- 8) Waldichuck, M. and Bousfield, E. L.: Amphipods in low-oxygen marine waters adjacent to a sulphite pulp mill. *J. Fish. Res. Board Can.*, 19, 1163-1165 (1962)
- 9) Kussakin, O. G., Sobolevskii, Y. I. and Blokhin, S. A.: A review of benthos investigations on the shelf of the northeastern Sakhalin. Vladivostok, Sakhalin Energy Investment Company, 2001, 91p.
- 10) Levings, C. D.: Intertidal benthos of the Squamish estuary. *Fish. Res. Board Can. MS Rep.*, 1218, 60 (1973)
- 11) Chang, B. D. and Parsons, T. R.: Metabolic studies on the amphipod *Anisogammarus pugettensis* in relation to its trophic position in the food web of young salmonids. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 243-247 (1975)
- 12) 西内修一:クロガシラガレイ 漁業生物図鑑 北のさかなたち (長澤和也, 鳥澤 雅編), 札幌, 北日本海洋センター, 1991, 206-207.
- 13) Ronn, C., Bonsdorff, E. and Nelson, W. G.: Predation as a mechanism of interference within infauna in shallow brackish water soft bottoms; experiments with an infauna predator, *Nereis diversicolor* O. F. Muller. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 116, 143-157 (1988)
- 14) Jensen, K. T. and Andre, C.: Field and laboratory experiments on interactions among an infaunal polychaete, *Nereis diversicolor*, and two amphipods, *Corophium volutator* & *C. arenarium*: effects on survival, recruitment and migration. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 168, 259-278 (1993)
- 15) Olafsson, E. B. and Persson, L. E.: The interaction between *Nereis diversicolor* O. F. Muller and *Corophium volutator* Pallas as a structuring force in a shallow brackish sediment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 103, 103-117 (1986)
- 16) Meisner, K. and Bick, A.: Population dynamics and ecoparasitological surveys of *Corophium volutator* in coastal waters in the Bay of Mecklenburg (southern Baltic Sea). *Dis. Aquat. Org.*, 29, 169-179 (1997)
- 17) Thiel, M.: Population biology of *Dyopedos monacanthus* (Crustacea: Amphipoda) on estuarine soft-bottoms: importance of extended parental care and

- pelagic movements. *Mar. Biol.*, 132, 209-221 (1998)
- 18) 櫻井 泉, 林 浩之, 桑原久実: 北海道島牧村沿岸のバカガイ漁場における底質環境とマクロベントス群集. 日本水産学会誌, 67, 687-695 (2001)
- 19) MacKinnon, J. C.: Analysis of energy flow and production in an unexploited marine flatfish population. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30, 1717-1728 (1973)
- 20) Levings, C. D.: Analyses of temporal variations in the structure of a shallow-water benthic community in Nova Scotia. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 60, 449-470 (1975)
- 21) Minagawa, M. and Wada, E.: Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1135-1140 (1984)
- 22) Hains, E. B. and Montague, C. L.: Food source of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios. *Ecology*, 60, 48-56 (1979)
- 23) Rau, G. H., Mearns, A. J., Young, D. R., Olson, R. J., Schafer, H. A. and Kaplan, I. R.: Animal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. *Ecology*, 64, 1314-1318 (1983)
- 24) Hains, E. B.: Stable carbon isotope ratios in the biota, soils and tidal water of a Georgia Salt Marsh. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 4, 609-616 (1976)
- 25) Fry, B. and Parker, P. L.: Animal diet in Texas seagrass meadows: $\delta^{13}\text{C}$ evidence for the importance of benthic plants. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8, 499-59 (1979)
- 26) Schoeninger, M. J. and DeNiro, M. J.: Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 625-639 (1984)
- 27) 水産庁研究部研究課, 全国沿岸漁業振興開発協会: 沿岸浅海域生産構造評価高度化事業報告書(平成8年度). 134-158(1997)
- 28) Simenstad, C. A. and Wissmar, R. C.: $\delta^{13}\text{C}$ evidence of the origins and fates of organic carbon in estuarine and nearshore food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 22, 141-152 (1985)
- 29) Deegan, L. A. and Garritt, R. H.: Evidence for spatial variability in estuarine food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 147, 31-47 (1997)
- 30) Cividanes, S., Incera, M. and Lopez, J.: Temporal variability in the biochemical composition of sedimentary organic matter in an intertidal flat of the Galician coast (NW Spain). *Oceanol. Acta*, 25, 1-12 (2002)
- 31) Petersen, R. C. and Cummins, K. W.: Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology*, 4, 343-368 (1974)
- 32) Subercropp, K. F., Godshalk, G. L. and Klug, M. J.: Changes in the chemical composition of leaves during processing in a woodland stream. *Ecology*, 57, 720-727 (1976)
- 33) Anderson, N. H. and Sedell, J. R.: Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. *Annual Review of Entomology*, 24, 351-377 (1979)
- 34) Fenchel, T.: Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass *Thalassia testudinum*. *Limnol. Oceanogr.*, 15, 14-20 (1970)
- 35) Cardoso, R. S. and Veloso, V. G.: Population biology and secondary production of the sandhopper *Pseudorchestidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 142, 111-119 (1996)
- 36) Pardal, M. A., Marques, J. C., Metelo, I., Lillebo, A. I. and Flindt, M. R.: Impact of eutrophication on the life cycle, population dynamics and production of *Ampithoe valida* (Amphipoda) along an estuarine spatial gradient (Mondego estuary, Portugal). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 196, 207-219 (2000)

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）

吉田秀嗣^{*1}, 高谷義幸^{*2}, 松田泰平^{*2}

Growth of hatchery-reared barfin flounder *Verasper moseri* in the Pacific coastal waters off southwestern Hokkaido. (Short Paper)

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

キーワード：マツカワ，えりも以西太平洋，成長，雌雄差

まえがき

マツカワは、冷水性の大型カレイで、天然魚の資源量は極めて低い水準にある。また、本種は成長が良く、単価が高いことから、北海道では栽培漁業対象種として、日本海側を除く各地から人工種苗が放流されている。その効果により、北海道南西部の日高から噴火湾に至るえりも以西太平洋沿岸での漁獲量は、10トンを超えるまでに増加した¹⁾。放流された人工種苗は、北海道太平洋沿岸では、1歳の秋～冬に全長30cm, 2歳の秋～冬に40cm, 3歳の秋に50cmに成長することが知られている^{2,3)}。しかし、これは雌雄込みの成長であり、天然海域で雌雄別に成長を明らかにした報告はない。一方、陸上施設で飼育された人工種苗は、ふ化後17ヶ月、平均全長29cmで成長の雌雄差が生じ、それ以後では雌に比べ雄の成長が鈍るとされている⁴⁾。そこで本報告では、天然海域に放流されたマツカワ人工種苗について、雌雄の成長に差が生じる時期を検討するとともに、雌雄別の成長を明らかにした。

材料及び方法

成長解析には、1994～2005年にえりも以西太平洋沿岸で漁獲され、今回の解析に適さないと判断した個体を除いた雄1,063尾、雌290尾から得られた年齢及び全長データ

を用いた。解析から除いたデータの種類とその理由は以下のとおりである。まず、マツカワは1歳秋から漁獲に加入するが、漁獲初期は成長の良い大きな個体に偏って漁獲されている可能性があるため、2歳未満のデータは解析から除外した。また、当海域のマツカワ人工種苗は、生まれた年の冬までに0歳で放流しているが、一部の個体については飼育を継続して1歳以上で放流している。1歳以上で放流された種苗は、冬期間の加温飼育等により、0歳放流種苗より成長が促進されているため、外部標識から1歳以上で放流された種苗と判明したデータは使用しなかった。さらに、サイズを指定して選択的に収集した標本についても、解析データからは除外した。年齢は、外部標識が装着されていたものについては、標識から特定し、外部標識が装着されていないものについては、高谷ら⁵⁾の方法に従い、耳石の輪紋数から推定した。なお、年齢基準日は、人工種苗の採卵時期が3～4月なので、4月1日とした。成長の雌雄差は、毎月に雌雄の全長間に差があるかをMann-WhitneyのU検定を用いて調べた。なお、検定は雌雄ともにデータ数が4個以上ある場合に実施した。成長式は、von Bertalanffy式を用いて、月別の平均全長から非線形最小二乗法により、雌雄別に求めた。なお、成長式のパラメータ値は、MS-Excelのソルバーを用いて推定した⁶⁾。

報文番号 A414 (2007年2月16日受理)

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

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

結果及び考察

解析に使用した雌雄別の標本数と平均全長を表1に示した。標本の収集は、漁業の影響を受けるため、月毎の標本数は一定ではなく、特に1~4月及び8~9月の標本は少なかった。また、雄は4歳まで、雌は6歳までの標本を得たが、高齢になると標本数は少なかった。さらに、放流時の性比の偏りを反映して、標本数は雄の方が多かった。

まず、成長に雌雄差が生じる時期について検討した。月毎に全長を雌雄で比較すると、その雌雄差は3歳の6月までは認められず、その後、3歳の7~11月まではデータ数が少なく比較できなかつたが、3歳の12月では雌の方が有意に大きかった(Mann-Whitney's U test, $P < 0.05$)。このことから、成長は雌の方が良く、その雌雄差は3歳の7月から12月までの間に生じると推察された。

次に、マツカワ人工種苗の雌雄別の成長式を以下に記し、その成長曲線を図1に示した。

$$\text{雄: } Lt = 619 (1 - e^{-0.301(t+0.166)})$$

$$\text{雌: } Lt = 870 (1 - e^{-0.246(t-0.417)})$$

表1 解析に用いたマツカワ人工種苗の標本数と月別平均全長

年齢	月	雄		雌		<i>t</i> 検定	
		個体数	全長(mm)	個体数	全長(mm)		
2	5	17	306	11	307	n.s.	
	6	211	304	95	311	n.s.	
	7	65	311	24	316	n.s.	
	8	9	328	2	361	—	
	9	3	345	1	375	—	
	10	23	349	4	333	n.s.	
	11	156	382	30	379	n.s.	
	12	234	394	60	384	n.s.	
	1	14	363	5	365	n.s.	
	3	4	400	0	—	—	
	5	35	358	7	364	n.s.	
	6	102	362	17	381	n.s.	
3	7	4	380	2	385	—	
	8	1	423	1	448	—	
	9	1	416	0	—	—	
	10	13	427	1	486	—	
	11	38	438	3	542	—	
	12	110	432	7	459	$P < 0.05$	
	1	2	410	1	488	—	
	4	5	467	1	574	—	
	6	8	439	2	491	—	
	7	2	430	0	—	—	
	8	1	472	1	555	—	
	10	1	470	2	553	—	
4	11	1	489	1	598	—	
	12	8	481	4	593	$P < 0.05$	
	5	6	0	—	580	—	
	12	0	—	6	630	—	
	6	12	0	—	1	670	—
	合計		1,063		290		

注)表中の「n.s.」は有意差が認められなかったことを示す。

ここで、 t は年齢、 Lt は t 歳時の全長(mm)を示す。極限全長は雄で619mm、雌で870mmと推定された。これら成長式から求めた年齢毎の全長は、2歳で300mm弱、3歳で400mm前後であり、4歳以上では雌の方が顕著に大きく、4歳の雄で442mm、雌で510mm、5歳の雄で488mm、雌で588mmと計算された(表2)。

本研究により、マツカワ人工種苗の成長は、天然海域でも雌の方が雄より良いことが確認された。しかし、成長に雌雄差が生じる時期は、陸上飼育でのふ化後17ヶ月⁴⁾と比較すると、天然海域では39~44ヶ月(3歳7~12月)であり、天然海域の方が22~27ヶ月遅いと推察された。これは陸上で飼育された人工種苗は、飽食量の餌料を与えられ、成長が停滞する冬期間には天然海水を加温して飼育されている⁴⁾など、天然海域より成長が促進されているためと考えられた。

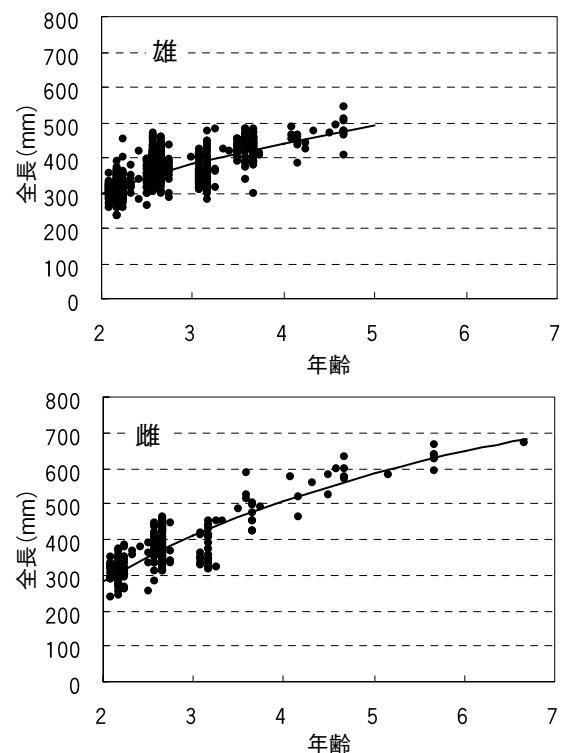


図1 von Bertalanffy式によるマツカワ人工種苗の成長
(上図: 雄、下図: 雌)

表2 成長式から得られたマツカワ人工種苗の雌雄別全長

年齢	全長(mm)	
	雄	雌
2	296	281
3	380	409
4	442	510
5	488	588
6	650	—

文 献

- 1) 吉田秀嗣, 高谷義幸: (1) マツカワ. 平成16年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 141-146 (2006)
- 2) 北海道ほか: 北海道（ヒラメ, マツカワ）. 平成7～11年度放流技術開発総括報告書 異体類. 北海道 1-22 (2000)
- 3) 渡辺研一, 鈴木重則, 錦 昭夫: 厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動・成長と放流効果. 栽培技研. 28 (2), 93-99 (2001)
- 4) 森 立成, 斎藤節雄, 杉本 卓, 萱場隆昭: マツカワ人工魚の成長の雌雄差. 北水試研報. 56, 137-141 (1999)
- 5) 高谷義幸, 松田泰平, 吉田秀嗣: マツカワ若齢魚の耳石輪紋の年齢形質としての有効性（短報）. 北水試研報. 66, 11-13 (2004)
- 6) 五利江重昭: MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖. 49 (4), 519-527 (2001)

試験研究業績（外部への発表） 平成17年度

海洋環境部門

有毒渦鞭毛藻*Alexandrium tamerense*個体群のマイクロサテライトマークによる多型解析：長井 敏，鈴木雅巳，浜口昌巳，松山幸彦，板倉 茂（瀬戸内海水研），練 春蘭（東大アジア生物研），**嶋田 宏（中央水試）**，加賀新之助（岩手水技セ），山内洋幸（宮城水産セ）「DNA多型」，13，東洋書店，2005

北海道水試のデータ発掘：**田中伊織（中央水試）** 水産海洋研究 69 (3), 235-236, 2005.8

噴火湾における低次生産過程と貝毒プランクトンの中長期変動：工藤 勲（北大院水），**宮園 章（函館水試）**，**嶋田 宏（中央水試）**，磯田 豊（北大院水） 沿岸海洋研究 43 (1), 33-38, 2005.8

Fluctuations of Zooplankton Community during Early Ocean Life of Chum Salmon in the Coastal Waters of Eastern Hokkaido, Okhotsk Sea：浅見大樹（稚内水試），佐藤 一（網走水試），**嶋田 宏**，澤田真由美（中央水試），宮腰靖之，安藤大成，永田光博（水産孵化場） NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission) Technical Report No.6, 54-56, 2005.9

Horizontal distribution of toxic *Alexandrium* spp. (Dinophyceae) resting cysts around Hokkaido, Japan：**嶋田 宏（中央水試）**，**宮園 章（函館水試）** Plankton Biol.Ecol. 52 (2), 76-84, 2005

北海道東オホーツク海沿岸域におけるシロサケ稚魚沿岸滞泳期の動物プランクトンの変動：**浅見大樹（稚内水試）**，**嶋田 宏**，**澤田真由美（中央水試）**，**佐藤 一（網走水試）**，宮腰靖之，安藤大成，藤原 真，永田光博（水産孵化場） パイセス年次総会講演要旨，2005.11

噴火湾におけるニューラルネットワークを利用した麻痺生貝毒予測手法について：**宮園 章（函館水試）** 他4名 平成17年度水産海洋学会研究発表大会要旨集，201, 2005.12

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（2）：**田中伊織**，**中多章文**，**澤田真由美（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報告，1-21，九州大学応用力学研究所，2006.1

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：**田中伊織**，**大槻知寛（中央水試）** 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17年度共同研究発表会成果報告書，25-32，水産総合研究センター・宇宙航空研究開発機構，2006.3

漂流ブイによる冬季北海道日本海沿岸域の流動観測：**中多章文**，**田中伊織**，**澤田真由美（中央水試）** 2006年度日本海洋学会春季大会要旨，209, 2006.3

松前西方の流れ：**田中伊織**，**澤田真由美**，**中多章文（中央水試）** 東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研報 30, 42-43, 2005

資源管理部門

エビジャコとマコガレイ稚魚に対する小型ソリネットの採集効率：**城 幹昌（網走水試）** 他 日本文部省水産学会誌 71 (2), 172-177, 2005.4

北海道噴火湾におけるケガニの甲長に基づく資源評価と資源管理：**三原栄次**，**山口宏史（稚内水試）**，上田祐司，松

石 隆 日本水産学会誌 71 (6), 935-941, 2005.11

資源評価担当者から見た漁業資源の管理-II スケトウダラ資源評価の現状と今後の課題：志田 修（函館水試室蘭支場） 日本水産学会誌 71 (6), 1022-1026, 2005.11

ソウハチに対する刺網の網目選択性：若山賢一，藤森康澄（北大院水），板谷和彦，村上 修（中央水試），三浦汀介（北大院水） 日本水産学会誌 72 (2), 174-181, 2006.3

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 1. 2001年級の特徴を探る (1) 成長・成熟・分布域などの特徴とその変化：高柳志朗，田中伸幸（稚内水試），三宅博哉（中央水試） 水産海洋研究 69 (2), 107-109, 2005.5

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 3. 豊度決定要因としての生活環境-石狩川河口域周辺の海洋構造と餌生物の時空間的分布-：佐々木正義，石田良太郎（釧路水試），高畠信一（栽培センター），高柳志朗（稚内水試） 水産海洋研究 69 (2), 115-118, 2005.5

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 4. 耳石から稚魚期の成長・生活履歴を探る-石狩湾ニシン稚魚の孵化日・成長と年級群豊度から：石田良太郎，佐々木正義（釧路水試），高畠信一（栽培センター），干川 裕（中央水試），浅見大樹，高柳志朗（稚内水試） 水産海洋研究 69 (2), 118-119, 2005.5

2001年の北海道北部海域におけるスルメイカの日齢と群構造：坂口健司（釧路水試）外 水産海洋研究 70 (1), 16-22, 2006.2

Otolith microstructure and daily increment validation of marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*) : Joh, M (網走水試) 他 Marine Biology 147, 59-69, 2005.5

トドを巡る現状と生態調査について：和田昭彦（稚内水試），桜井泰憲，磯野岳臣 ワイルドライフ・フォーラム 10(2), 39-45, 2005.6

Seasonal variations of plankton food web structure in the coastal water off Usujiri southwestern Hokkaido, Japan : Akiyoshi Shinada (網走水試) Journal of Oceanography, 61 (4), 645-654, 2005.8

サクラマスの生活史ステージの進展に伴う安定同位体比の変化：下田和孝（稚内水試），中島美由紀，伊藤富子，河内香織，柳井清治，伊藤絹子 日本生態学会誌 55 (2), 371-376, 2005.8

北海道日本海のスケトウダラ資源の変動：三宅博哉，田中伊織（中央水試） 月刊海洋 38 (3), 187-191, 2006.2

そりネットによるソウハチ稚魚の分布密度推定：板谷和彦（中央水試），藤森康澄（北大院水） 平成17年度日本水産学会講演要旨集, 2005.04

スケトウダラ稚魚に対する音響資源調査の試み：板谷和彦，三宅博哉（中央水試），田中伸幸（網走水試），宮下和士（北大SFC） 平成17年度日本水産学会講演要旨集, 2005.04

2001に北海道東部海域へ来遊したスルメイカの発生時期について：坂口健司（釧路水試）外 平成17年度日本水産学会講演要旨集 186, 2005.4

宗谷海域におけるミズダコの成育段階：佐野 稔，板東忠男，三原行雄（稚内水試） 平成17年度日本水産学会講演

要旨集, 2005.4

Annual fluctuations in recruitment of walleye pollock in Oyashio region related to environmental changes : 志田 修 (函館水試室蘭支場) 第1回ESSAS (Climate Variability and Sub-Arctic Marine Ecosystems) 国際シンポジウム要旨集, 68, 2005.5

Steller's sea lion in Hokkaido Island: current status and research activities. : Yamamura.O., K.Hattori, T.Isono, Y.Goto, A.Wada (稚内水試) and Y.Sakurai. Abstracts of the plenary, symposium, poster and oral papers presented at Ninth International Mammalogical Congress (IMC 9) ., p.137-138. roles of mammalogy on coexistence of wild mammals and human. July 31-August 5, 2005. Sapporo, Hokkaido, Japan (ポスター発表), 2005.8

北海道日本海のスケトウダラ資源の変動 : 三宅博哉 (中央水試) 平成17年度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集, 13-14, 2005.11

根室海峡に来遊するトドの食性とその年変化 : 後藤陽子, 鳥澤 雅 (釧路水試) 外 平成17年度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集, 53, 2005.11

2001-2002年に北海道東部海域へ来遊したスルメイカの発生時期について : 佐藤 充 (中央水試), 坂口健司 (釧路水試) 2005年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 55, 2005.12

稚魚の計量魚探調査-スケトウダラ仔稚魚に対する計量魚探を用いた資源調査 : 板谷和彦, 三宅博哉 (中央水試), 田中伸幸 (網走水試), 貞安一廣, 宮下和士 (北大SFC) 平成17年度水産工学関係シンポジウム講演要旨集, 2006.01

石狩湾系ニシン仔魚期の成長速度と年級群豊度の関係 : 石田良太郎, 佐々木正義 (釧路水試) 外 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集, 19, 2006.3

石狩湾系ニシンの資源管理手法の検討 : 石田良太郎 (釧路水試) 外 平成18年度日本水産学会大会講演要旨, 19, 2006.3

道東周辺海域におけるケガニの分布特性と海洋構造の関係について : 安永倫明 (釧路水試) 平成18年度日本水産学会講演要旨集, 23, 2006.3

水産資源の持続的利用 知床半島周辺海域の漁業と水産資源 (陸棚) : 石田良太郎, 鳥澤 雅 (釧路水試) 外 水産海洋地域研究集会 第37回北洋研究シンポジウム 知床世界遺産 氷縁生態系の保護管理と持続的漁業 講演要旨集 7, 2006.3

水産資源の持続的利用 知床半島周辺海域の漁業と水産資源 (沿岸) : 西内修一 (網走水試) 水産海洋地域研究集会 第37回北洋研究シンポジウム 知床世界遺産 氷縁生態系の保護管理と持続的漁業 講演要旨集 8, 2006.3

ケガニってどんなカニ?-知っているようで知らないケガニのはなし- : 安永倫明 (釧路水試) おさかなセミナーくしろ2005北の海に生きるカニたち 3-6, 2005.8

採捕試料を用いた食性解析 : 後藤陽子 (釧路水試) 平成16年度水産庁委託事業 國際資源調査等推進対策事業 トド資源調査 事業報告書, 54-61, 2005.9

2002年の北海道南部に分布したスルメイカの発生時期 (要旨) : 坂口健司 (釧路水試) 外 平成16年度イカ類資源研

究会議報告, 41-42, 2005.12

資源増殖部門

3.コンブ・ワカメ：名畠進一（中央水試） “貝類・甲殻類・ウニ類・藻類” 森勝義編 恒星社厚生閣, 35-55, 2005

16.マツカワ：森 立成（中央水試） 水産増養殖 システム1 海産魚 熊井英水編 恒星社厚生閣, 285-289, 2005.10

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 1. 2001年級の特徴を探る(2)産卵場と産卵数：干川 裕, 高橋和寛, 津田藤典（中央水試）, 赤池章一（稚内水試）, 瀧谷明郎（中央水試） 水産海洋研究 69 (2), 110-111, 2005.5

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 2. 豊度はいつ決定されるのか？ (1) 放流種苗ニシンの動態：石野健吾（中央水試），高畠信一（栽培センター） 水産海洋研究 69 (2), 112, 2005.5

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 2. 豊度はいつ決定されるのか？ (2) 石狩川河口周辺域におけるニシン稚魚の分布と量的動向：高畠信一（栽培センター），石野健吾（中央水試），佐々木正義（釧路水試） 水産海洋研究 69 (2), 113-114, 2005.5

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 風蓮湖ニシンの資源変動とその要因：堀井貴司（釧路水試） 水産海洋研究 69 (2), 122-123, 2005.5

北海道日本海寿都海域で標識放流されたクロソイ人工種苗の再捕結果：佐々木正義（釧路水試），西内修一（網走水試），外（他機関所属と共同） 栽培技研 33 (1), 21-26, 2005.8

Distribution and migration of pink salmon juveniles in the coastal waters of eastern Hokkaido, Okhotsk Sea. : Ando, D., Y.Miyakoshi, M.Nagata, M.Fujiwara, N.Hoshino and H.Asami (稚内水試). NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission) Technical Report No.6, 71-73, 2005.9

Relation between the distribution of juvenile chum salmon in the coastal waters of eastern Hokkaido and water temperature as determined by experimental releases of otolith-marked juveniles. : Nagata, M., Y.Miyakoshi, D.Ando and H. Asami (稚内水試). NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission) Technical Report No.6, 74-77, 2005.9

Development of microsatellite markers for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) and their application to a population genetic study : Sato,M., Kawamata,K. (稚内水試), Zaslavskaya,N., Nakamura,A., Ohta,T., Nishikiori,T., Brykov,V. and Nagshima,K. Marine Biotechnology 7, 713-728, 2005.10

Estimation of age composition from length data by posterior probabilities based on a previous growth curve: application to *Sebastes schlegelii* : K.Baba (函館水試), M.Sasaki (釧路水試) et al. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 62, 2475-2483, 2005.11

ヒラメ雌×マツカワ雄雑種における三倍体作出とそのDNA量フローサイトメトリーおよび多型DNAマークによる確認：齊藤節雄（栽培センター）他3名 水産育種 35 (1), 25-33, 2006.1

Genetic variation of hair crab (*Erimacrus isenbeckii*) inferred from mitochondrial DNA sequence analysis (ミトコンドリアDNA塩基配列解読によるケガニの遺伝的変異解析) : N.Azuma, Y.Kunihiro, J.Sasaki, Y.Nozawa, **E.Mihara, Y.Mihara, T.Yasunaga** (稚内水試) and S.Abe, Fish Genetics and Breeding Science (水産育種) 35 (1), 35-42, 2006.2

市販イカ内蔵ミールのクロソイ稚魚用飼料としての有効性：佐藤敦一（栽培センター）他2名 日本水産学会誌 72 (3), 401-407, 2006.3

Aquaculture performance of triploid barfin flounder *Verasper moseri*:齊藤節雄（栽培センター）他3名 Fish. Sci. 72 (2), 270-277, 2006.3

Relationships between release season and feeding performance of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* : In situ release experiment in coastal area of Wakasa Bay, Sea of Japan : Y.Tanaka, H.Yamaguchi (稚内水試), O.Tominaga, T.Tusaki and M.Tanaka. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 330 (2), 511-520, 2006.3

北海道日本海沿岸における水温変動とウニ類稚仔の発生状況：干川 裕（中央水試）月刊海洋 38 (3), 205-209, 2006.3

大型人工種苗を用いたエゾアワビ親貝集団の形成と当歳貝密度の変化：干川 裕, 高橋和寛, 津田藤典（中央水試）平成17年度日本水産学会大会講演要旨集, 215, 2005.4

北海道, 噴火湾におけるホタテガイ養殖許容量推定モデルによる養殖生産構造の検討：宮園 章（函館水試）他1名 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集, 238, 2005.4

ニューラルネットによる噴火湾ホタテガイ採苗豊凶の環境からの予測：馬場勝寿（函館水試）他1名 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集, 238, 2005.4

北海道におけるホタテガイの環境収容力とは?-適正養殖法の開発と問題点について-オホーツク海沿岸：品田晃良（網走水試）2005年日本プランクトン・日本ベントス学会合同大会講演要旨集, 7, 2005.9

北海道におけるホタテガイの環境収容力とは?-適正養殖法の開発と問題点について-噴火湾：宮園 章（函館水試）2005年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集, 8, 2005.9

希少種マツカワにおける染色体操作育種と性統御：森 立成（中央水試），齋藤節雄（栽培センター），岸岡稚青，荒井克俊（北大水） 第6回水産育種研究会講演要旨集, 15, 2005.9

Did release size, growth rate, and morphological abnormalities have influences on survival of Japanese flounder juveniles released in Yoichi Bay, Hokkaido, in August 2004? : 石野健吾（中央水試），高畠信一（栽培センター）第6回異体類国際シンポジウム要旨集, 4-P-21, 2005.10

Sex ratio and growth performance of gynogenetic diploid barfin flounder:森 立成（中央水試），齋藤節雄（栽培センター），岸岡稚青，荒井克俊（北大水）第6回異体類国際シンポジウム要旨集, 5-P-04, 2005.10

北海道日本海沿岸における水温変動とウニ類稚仔の発生状況：干川 裕（中央水試）平成17年度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集, 17, 2005.11

体成分からみた石狩湾系ニシンの栄養状態：福士暁彦，佐藤暁之，阪本正博，高柳志郎（稚内水試）平成17年度日

本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集, 31, 2005.11

ミトコンドリアDNA塩基配列に基づくカニ類の分子集団遺伝的アプローチ：東 典子，國廣靖志（函館水試），佐々木 潤（函館水試室蘭支場），野澤 靖，三原栄次，三原行雄，安永倫明（稚内水試），阿部周一 平成17年度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集, 40, 2005.11

A shift of pink salmon dominance in Hokkaido from even- to odd-numbered years in relation to coastal environments during the early life : Mitsuhiro,N., Y.Miyakoshi, D.Ando and H.Asami (稚内水試) 2005 NPAFC-PICES Joint Symposium "The Status of Pacific Salmon and their Role in North Pacific Marine Ecosystems", Abstract 25p, 2005.11

Results from otolith-marking experiments designed to improve stocking strategies based on the spatial distribution of juvenile chum salmon in relation to coastal seawater temperature. : Mitsuhiro,N., Y.Miyakoshi, D.Ando and H.Asami (稚内水試) . 2005 NPAFC-PICES Joint Symposium "The Status of Pacific Salmon and their Role in North Pacific Marine Ecosystems", Abstract 30p, 2005.11

衛星リモートセンシングを用いた水温観測によるサケ稚魚放流時期の評価：宮腰靖之，齊藤誠一，松岡 敦，高田雅之，浅見大樹（稚内水試），藤原 真，永田光博 平成17年度水産海洋学会講演要旨集, 110, 2005.12

Improved culture technique for edible sea urchins, *Storngylocentrotus intermedius* larvae: Yuichi Sakai and Yasuko Konda (栽培センター) Abstracts, 2006 Annual meeting of National Shellfish Association, 2006

石狩湾系ニシンの産卵時期の年変動について：干川 裕，高橋和寛，津田藤典（中央水試） 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集, 18, 2006.3

ミトコンドリアDNA塩基配列に基づくカニ類の分子集団遺伝学的アプローチ：東 典子，國廣靖志（函館水試），佐々木 潤（函館水試室蘭支場），三原栄次，三原行雄，安永倫明（稚内水試），阿部周一 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集, 123, 2006.3

Genetic relationship between two *Ammodytes* species and their population structure (イカナゴにおける集団遺伝構造) : T.Yanagimoto, T.Gao, Z.Han, Y.Chen, N.Tanaka, K. Shimoda (稚内水試), M.Tomiyama, Y.Sakurai, 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集, 249, 2006.3

マツカワ *Verasper moseri* 雌性発生二倍体を用いたマイクロサテライト-動原体地図：齊藤節雄（栽培センター）他5名 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集, 733, 2006.3

マツカワ人工種苗の安定供給に向けて-種苗量産技術の実証と応用-：萱場隆昭（栽培センター） 平成17年度育てる漁業研究会講演要旨, 2006

アマモ類主要種の分布実態調査：赤池章一，合田浩朗（稚内水試） 水産庁委託 生物多様性に配慮したアマモ場造成技術開発調査事業 アマモ類の遺伝的多様性の解析調査 平成17年度報告書, 23-24, 2005.10

沿岸域の藻場における基礎生産の定量評価の試み：赤池章一，合田浩朗，瀧谷明郎（稚内水試） リモートセンシング及びGISを活用した資源・環境評価と産業応用に関する研究報告書, 51-69, 2006.3

北海道の沿岸藻場の現状と今後：赤池章一（稚内水試） リモートセンシング及びGISを活用した資源・環境評価と産業応用に関する研究報告書, 214-215, 2006.3

エゾアワビ当歳稚貝量に及ぼす親貝密度の影響：干川 裕，高橋和寛，津田藤典（中央水試），町口裕二（水産庁）
水産総合研究センター研究報告別冊 5, 119-126, 2006.3

クロソイ人工種苗の津軽海況及び渡島東部太平洋海域における放流効果について：馬場勝寿（函館水試） 育てる漁業.
No394. 2006.3

加工利用部門

干しほたて貝柱：今村琢磨（網走水試紋別支場） 全国水産加工品総覧（光琳），93-96, 2005.6

地域性ニシンの卓越発生メカニズム解明に迫る 2. 豊度はいつ決定されるのか？（3）稚魚の成長に伴う体成分変化について：福士暁彦（中央水試） 水産海洋研究 69（2），114-115, 2005.5

電解海水を用いた蓄養によるウニ内臓からの*Vibrio parahaemolyticus* 除菌効果について：木村 稔，三上加奈子，
干川 裕，森 立成（中央水試），笠井久会，吉水 守（北大院水） 日本水産学会誌 72（1），1-6, 2006.1

アルギン酸オリゴ糖修飾による産卵回帰シロサケ筋肉の水溶化と貯藏性：武田浩郁（釧路水試）外 平成17年度日本
水産学会大会講演要旨集，160, 2005.4

市民公開講座-水産物の腸炎ビブリオ対策-：木村 稔（中央水試） 第4回日本機能水学会学術大会講演要旨集, 72,
2005.10

体成分からみた石狩湾系ニシンの栄養状態：福士暁彦，佐藤暁之（中央水試） 平成17年度日本水産学会東北・北海
道合同支部大会講演要旨集，31, 2005.11

未低利用藻類に含まれる脂溶性有効成分の濃縮技術について：佐藤暁之，福士暁彦（中央水試） 平成17年度日本水
産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集，64, 2005.11

ミンククジラ赤身肉の成分および肉質について：武田浩郁，金子博実，辻 浩司，野俣 洋（釧路水試） 平成17年
度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集，71, 2005.11

シャーベット海水氷を用いたスケトウダラの冷却について：成田正直，西 紘平，坂本正博（中央水試），田上久夫，
内藤政治（小樽機船組合） 平成17年度日本水産学会東北・北海道合同支部大会講演要旨集，72, 2005.11

ミンククジラ赤身肉の成分および肉質について：武田浩郁，金子博実，辻 浩司，野俣 洋（釧路水試） 水産利用
関係試験研究推進会議利用加工技術部会研究会，24-25, 2005.12

沖合底びき網漁獲物の鮮度保持について：成田正直，西 紘平，坂本正博（中央水試），田上久夫（小樽機船組合），
原口聖二（北水開発協会） 水産利用関係試験研究推進会議利用加工技術部会，50, 2005.12

シャーベット海水氷を用いたソウハチガレイの鮮度保持について：成田正直，西 紘平，坂本正博（中央水試），田
上久夫（小樽機船組合） 日本食品工学会北海道支部大会講演要旨集，23, 2006.2

サケ・マス山漬け製造工程中の成分変化について：姥谷幸司，武田忠明，小玉裕幸，武田忠明，秋野雅樹，今村琢磨
(網走水試紋別支場) 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集，226, 2006.3

ホタテガイ生鮮貝柱の品質保持技術について：武田忠明，秋野雅樹，今村琢磨（網走水試紋別支場）他 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集，230，2006.3

魚類由来コンドロイチン硫酸の機能と利用：今村琢磨，武田忠明（網走水試紋別支場） 農林水産技術研究ジャーナル 28 (6), 18-23, 2005.6

ホタテガイ卵巢から得られる紫外線吸収アミノ酸：姥谷幸司（網走水試紋別支場）他 農林水産技術研究ジャーナル 28 (6), 33-37, 2005.6

活魚・鮮魚用トレーサビリティシステム技術の開発：山中英明（上海水産大学），木村 稔（中央水試） 海洋水産エンジニアリング 12, 52-60, 2005.12

フコキサンチン・フコステロールの効率的抽出・濃縮技術の開発：佐藤暁之，福士暁彦（中央水試），山内和夫，袴田佳美（海洋水産システム協会） 水産バイオマスの資源化技術開発事業報告書，18-25, 2006.2

水産工学部門

北海道における冬季のアサリの生残に及ぼす地温低下の影響：中山威尉，福田裕毅（中央水試） 寒地技術論文・報告集 21, 368-373, 2005.12

間隙水中の溶存硫化物がアサリに与える影響について：福田裕毅，中山威尉（中央水試） 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集，224, 2005.4

北海道日本海沿岸のガラモ場に生息する葉上動物群集の季節変化：櫻井 泉（中央水試） 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集，225, 2005.4

基質表面粗度とウガノモク幼胚の付着量：金田友紀（中央水試） 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集，229, 2005.4

海底地形の変動に対するアサリ稚貝の行動と減耗：櫻井 泉（中央水試） 平成17年度水産工学関係試験研究推進特別部会水産基盤整備分科会報告書，17-20, 2005.10

間隙水の溶存硫化物がアサリに与える影響について：福田裕毅，中山威尉（中央水試） 第10回北日本ベントス談話会講演要旨集，8, 2005.12

潮流の向きが養殖ホタテガイの成長に及ぼす影響：櫻井 泉（中央水試） アクアネット 2005.11, 24-27, 2005.11

森林が河口域の水産資源に及ぼす影響：櫻井 泉（中央水試） 平成17年度北海道水産土木技術研修会資料，13-23, 2006.1

アサリの成長に及ぼす生息密度の影響：中山威尉，福田裕毅（中央水試），秦 安史，阿部英治（釧路水試） 平成18年度日本水産学会大会講演要旨集，101, 2006.3

台風の通過に伴う津軽暖流水の流入と噴火湾奥部静狩での沿岸環境の急変について

奥村裕弥, 吉村圭三, 宮園 章,
稻村明宏, 木戸和男, 磯田 豊

噴火湾で2003年にホタテガイ稚貝の大量斃死が生じた噴火湾奥部長万部町静狩地区で2004年度に実施した調査から、以下のことが明らかとなった。台風接近時の南東風成分では、表面の夏期噴火湾水が湾奥に堆積する。台風通過後の北西風時には、湾奥に堆積した海水が渡島側に流れ去ると共に、その補償流として中層以深に分布する津軽暖流水が湾奥沿岸部に移流する。これによって、沿岸部の水温・塩分が短時間で変化する。湾奥に流入した津軽暖流水は渡島沿岸の水深40m付近を中心に潜流として分布した。これは、台風などの気象擾乱の通過による沿岸環境の変化が湾奥部だけでなく、広範囲な海域で生じることを示す。

A408 北水試研報 72 1-8 2007

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法—I
体表粘液片の短期培養技術を用いたトリコジナ類の淡水耐性力の検討

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本 卓

マツカワ体表に寄生する原虫トリコジナ類の環境耐性力を調べるため、体表粘液の短期培養を試みた。トリコジナ感染魚から採取した体表粘液片をろ過海水に浸漬し、種々の温度下で簡易的に培養した。その結果、いずれの培養環境下でもトリコジナは最低8時間活力を維持したまま生存できることがわかった。そこで、この培養系を活用し、トリコジナの淡水耐性について詳細に調べた。粘液片を水道水下で培養したところ、トリコジナは浸透圧の急変によって著しく膨張し、浸漬15分後にはほとんどの虫体が運動を停止した。さらに、30分以上浸漬すると、虫体が破裂し完全に死滅することが明らかとなった。このことから、マツカワに寄生するトリコジナの駆虫方法として淡水浴が有効であると推察された。

410 北水試研報 72 15-22 2007

2001・2002年に北海道オホーツク海沿岸海域へ来遊したスルメイカの発生時期について

佐藤 充, 坂口健司

北海道オホーツク海沿岸海域には、日本海と太平洋からスルメイカが来遊するが、日本海からの秋季発生群の来遊量がどの程度なのか明らかになっていない。そこで、群構造を明らかにするために、2001・2002年に北海道オホーツク海沿岸海域に来遊したスルメイカの発生時期を調べた。漁期を反映するようにスルメイカ標本を採取し、得られた外套長組成を反映するように、平衡石解析個体を選び、平衡石の輪紋を計数して発生時期を推定した。採取した標本の外套長モードは22cmと23cmであった。主漁期の標本の発生時期は、3月～4月と推定された。2001・2002年の北海道オホーツク海沿岸海域に秋季発生群の来遊は確認できなかった。2001年よりも2002年の方が発生時期が遅かった。

A409 北水試研報 72 9-13 2007

マツカワの体表に寄生したトリコジナ類の駆虫方法—II
淡水浴によるトリコジナ駆虫効果とマツカワ稚魚の淡水耐性

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本 卓

前報の培養実験において、マツカワに寄生被害を及ぼす原虫トリコジナ類に対する有効な殺虫方法（30分間以上淡水に浸漬すること）が明らかとなった。そこで、この知見に基づき淡水浴による駆虫効果について検証した。感染魚に淡水浴を施し、その後の寄生状況を調べた結果、15分間浸漬した場合、寄生数は一時的に減少したが、2週間後再び著しく増加した。一方、淡水浴を30分間行った場合、4週間経過しても寄生数はゼロのままであり、完全に駆虫することができた。また、マツカワ当歳魚を24時間淡水で飼育して淡水耐性能を調べた。その結果、本種は約3時間程度であれば淡水中でも生存できることがわかった。以上の結果、ホルマリン浴に替わる効果的、且つ、安全なトリコジナ駆虫方法として、30分間の淡水浴が適切と考えられた。

A411 北水試研報 72 23-30 2007

シロザケ肉色の品質評価に関する研究

秋野雅樹, 武田忠明, 今村琢磨

シロザケ肉色は、品質面で最も重要なファクターであるが、現在の肉色評価は主観的方法で判別されている。しかし、判定者の個人差による誤判別が懸念されるため、客観的方法で肉色を評価することが望ましい。そのためには信頼できる評価基準を設定することが重要となる。実際にサケ加工業者が処理場において肉色の等級判別を行う場合、フィレ色の視覚的評価に即した高い精度の判別基準が必要とされる。そのため本研究では、シロザケ試料の形状の違いがどのように測色値に影響を与えるかを調べた。その結果を基に、フィレ状態で測色したときのCIELAB表色系値から主観的評価に対応させた客観的評価基準を作成し、シロザケ肉色判別基準の設定を行った。

A412 北水試研報 72 31-35 2007

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）

吉田秀嗣, 高谷義幸, 松田泰平

1994～2005年にえりも以西太平洋沿岸で漁獲された雄1,063尾、雌290尾の人工種苗から得られた年齢及び全長データを用いて、雌雄別の成長を調べた。その結果、成長は雌の方が雄よりも良く、その雌雄差は3歳の7月から12月の間に生じると推察された。また、成長式として、von Bertalanffy式に当てはめた結果、雄では $L_t = 619 (1 - e^{-0.301(t+0.166)})$ 、雌では $L_t = 870 (1 - e^{-0.246(t-0.417)})$ という式が得られた。

A414 北水試研報 72 47-49 2007

河口域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価

櫻井 泉, 柳井清治, 伊藤絹子, 金田友紀

北海道濃尾川河口域の落ち葉だまりに生息するトンガリキタヨコエビの個体群動態および食性を調べ、本種とクロガシラガレイ当歳魚の生物生産量を推定するとともに、落ち葉からヨコエビを経て当歳魚に移行する有機物量の割合を試算した。その結果、トンガリキタヨコエビの繁殖期は5月と10月の年2回であり、個体群は2～3の発生群で構成されるほか、成長は6月～11月に顕著となり、12月～5月に停滞する傾向がみられた。また、トンガリキタヨコエビの生物生産量は $2.1\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ と推定され、その31%に当たる $0.7\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ を落ち葉に依存していることが示された。さらに、クロガシラガレイ当歳魚の生物生産量は $0.4\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ と推定され、その25%に当たる $0.1\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ を落ち葉に依存していると考えられた。これより、トンガリキタヨコエビおよびクロガシラガレイ当歳魚の生物生産に寄与する落ち葉の割合は、それぞれ0.008%および0.0004%と試算された。

A413 北水試研報 72 37-45 2007

北海道立水産試験場研究報告 第72号

2007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

(株)須田製版

〒063-8603 札幌市西区二十四軒2条6丁目1-8

電話 (011) 621-1000
