

北海道水産試験場研究報告

第 103 号

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES No.103

北海道立総合研究機構水産研究本部

北海道余市町

2023年3月

Hokkaido Research Organization
Fisheries Research Department

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2023

北海道立総合研究機構水産研究本部は次の機関をもって構成されており、北海道水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものです。

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

**地方独立行政法人
北海道立総合研究機構
水産研究本部**

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

中央水産試験場 (Central Fisheries Research Institute)	046-8555 余市郡余市町浜中町238 (Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
函館水産試験場 (Hakodate Fisheries Research Institute)	040-0051 函館市弁天町20-5 函館市国際水産・海洋総合研究センター内 (Benten-cho, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan)
釧路水産試験場 (Kushiro Fisheries Research Institute)	085-0027 釧路市仲浜町4-25 (Nakahama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan)
網走水産試験場 (Abashiri Fisheries Research Institute)	099-3119 網走市鱒浦1-1-1 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
稚内水産試験場 (Wakkanai Fisheries Research Institute)	097-0001 稚内市末広4-5-15 (Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
栽培水産試験場 (Mariculture Fisheries Research Institute)	051-0013 室蘭市舟見町1-156-3 (Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)
さけます・内水面水産試験場 (Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute)	061-1433 恵庭市北柏木町3-373 (Kitakashiwagi-cho, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

北海道水産試験場研究報告

第103号

目 次

浅見大樹

網走湖における動物プランクトン優占種の出現状況…………… 1

浅見大樹

網走湖における甲殻類プランクトン3種の鉛直分布…………… 9

板谷和彦，辻 浩司，成田正直，蛸谷幸司

後志地区で漁獲されるホッケの脂質含量の季節変化および魚体長や肥満度との関係…………… 19

(2023年3月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES
No.103
CONTENTS

HIROKI ASAMI

Occurrence of dominant zooplankton in a brackish lake, Lake Abashiri, eastern Hokkaido in 2017..... 1

HIROKI ASAMI

Vertical distributions of three dominant crustacean plankton in a brackish lake, Lake Abashiri,
eastern Hokkaido, in 2017..... 9

KAZUHIKO ITAYA, KOHJI TSUJI, MASANAO NARITA and KOHJI EBITANI

Seasonal changes in lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) captured in
Shiribeshi area and their relationship with the body length and condition factors 19

(March, 2023)

網走湖における動物プランクトン優占種の出現状況

浅見大樹*

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Occurrence of dominant zooplankton in a brackish lake, Lake Abashiri, eastern Hokkaido in 2017

HIROKI ASAMI*

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

Zooplankton investigations were conducted in a brackish lake, Lake Abashiri from May to November 2017. Two stations were established at the shore (St. 8) and central (St. 9) area. Total abundances of zooplankton fluctuated from 0.6 to 4.1×10^5 inds./m³ at St. 8 and, from 0.7 to 8.3×10^5 inds./m³ at St. 9. The abundance of zooplankton communities such as Rotifera, Cladocera, and Copepoda reached maximum in June at both the stations and Rotifera being the dominant taxon. Cladocera dominated only in summer. The dominant species throughout the investigations were fresh-water *Brachionus* spp., *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*, and brackish water *K. cruciformis* in Rotifera; fresh-water *Bosmina longirostris* and *Diaphanosoma brachyurum* in Cladocera; and brackish water *Sinocalanus tenellus* in Copepoda. In particular, the dominance of *Brachionus* spp. and *B. longirostris* was characteristic of previous reports prepared in the middle of 1990s. These results might be due to the low-salinity environments in 2017.

キーワード：網走湖，低塩分，動物プランクトン，優占種

網走湖は周囲長43 km, 面積32 km², 平均水深6.8 m, 最大水深16.5 mのオホーツク海沿岸域に点在する海跡湖の一つである。網走湖の北東には、全長7 kmの流出河川である網走川があり、オホーツク海と繋がっている。網走湖はヤマトシジミ (*Corbicula japonica*)、ワカサギ (*Hypomesus nipponensis*)、シラウオ (*Salangichthys microdon*) などの水産資源が豊富で、北海道はもちろん、全国のなかでも重要な内水面漁業の生産の場として著名な湖沼である。特に、網走湖産ワカサギから得られる種卵は全国各地の湖沼や人工湖に供給されており、種卵供給湖沼として大きな役割を担っている。

網走湖は大正末期までは淡水湖であったが、地形の変化により海水が網走川を通じて湖内に逆流することにより、湖の底層には徐々に海水が滞留してきた（中尾1984）。このため、表層水と底層水の混合が起こりにくくなり、極めて強固な密度躍層が周年発達し、網走湖はこの密度躍層以浅のみが循環する部分循環湖である（大槻

・多田1983）。表層水は上流域から流入する栄養塩類や強風時には底層水からも栄養塩類が供給されることにより、典型的な富栄養状態となっている（三上2000）。一方、底層水は貧酸素状態にあり、生物に有害な硫化水素を多量に含んでいるため、その容積の変化が漁場環境に大きな影響を及ぼしている。表層と底層の境界を塩淡水境界層と呼び、塩淡水境界層は2003～2005年には海水の侵入が多くなる冬季に深度2～3 mまで上昇するようになった。このため、国土交通省は、底層水が表層へと湧き上がる青潮の発生を抑制するために、堰によって海水の侵入を防ぎ、塩淡水境界層の深度を6～7 mに維持する目的で、2013年3月に網走川に可動堰を建設した。この結果、塩淡水境界層の上昇は人為的に抑制されるようになった。

本研究で対象とする網走湖の動物プランクトンはワカサギやシラウオなどの餌生物として重要であるため、これまで多くの報告があり（例えば、元田・石田1948, 1949, 1950, 石田1951, 1952, 黒萩1970, 浅見1997, 2004など）、三

上(2000)により環境の変遷と動物プランクトンの出現の変化についてレビューされている。一般に、湖沼の動物プランクトンの出現状況は環境変化によって大きく影響を受けるが(花里2000, 築地ら2004), 本湖沼における動物プランクトンの調査研究は1990年代の半ばを最後に見当たらない。著者は2017年に西網走漁業協同組合の協力の下、網走湖の動物プランクトンを調査する機会を得た。本研究は、近年の網走湖において、動物プランクトンの種組成や出現量などの季節変化を明らかにするものである。そして、優占して出現した動物プランクトンを過去の知見と比較し、その変化に関与する環境要因を考察することを目的とした。

材料と方法

調査は網走湖の湖岸(St. 8, 水深約4.5 m)および湖央(St. 9, 水深約16.5 m)の2定点において、2017年5~11月までの間に月1回の頻度で合計7回行った(Fig.1)。定点名は鳥澤(1999)に従い、網走水試が1981年から現在まで用いているワカサギ資源調査の定点名とした。プランクトンの採集には濾水計を装着した口径30 cm, 側長120 cm, 網目幅0.1 mmのプランクトンネットを用いて、St. 8では水深4 mから、St. 9では水深8 mからの鉛直曳きを行って採集した。標本は採集後、船上で直ちに、標本容積の約2%に相当するホルマリン原液を注入して固定した。プランクトンの採集時にはCTD(JFEアドバンテックASTD102)により水温、塩分および溶存酸素量を観測した。観測は両地点ともに表面から底層までとしたが、St. 8では観測日によって底層での観測深度が異なった。St. 9

では取得したCTDデータの内、塩淡境界層以浅の0~8 mまでの観測値を用いた。

動物プランクトンの標本は実験室に持ち帰った後、24時間静置後、目盛り付きメスシリンダーに移し、これから1/10の比率で標本を採取し、プランクトン計数板に収容して、実体顕微鏡および生物顕微鏡で可能な限り種別に計数した。動物プランクトン群集での優占種を各採集日毎の出現種数および各種の出現個体数(個体/m³)を総和し、下式から算出した1種当たりの出現個体数(平均値)より高い値を示した種として定義した(細川ら1968)。

$$\text{優占種} N_i > (1/S) \sum_{i=1}^S N_i$$

ただし、 N_i :第*i*番目の個体数、 S :出現数

なお、本研究ではカイアシ類のキクロプス目については、*Paracyclopina nana*の成体および*Ergasilus* sp.の他は一括してキクロプス目コペポダイト(cyclopoid copepodites)として計数した。また、ノープリウスについては、カイアシ類のカラス目に属する*Sinocalanus tenellus*のみ区別して計数したが、その他のノープリウスは一括した。

結 果

水理環境 Fig.2に、2017年5月から11月までの湖岸部定点St. 8と湖央部定点St. 9の水温、塩分、溶存酸素量について示した(ただし、St.8の6月には溶存酸素量は欠測)。St. 8の水温は各月ともに表面から底層に向かい緩やかに減少した。表面水温は、5月に13.0℃であったが、その後徐々に上昇し、7月には21.8℃と20℃を超え、8月には22.8℃と最高水温に達した。その後は9月までに徐々に

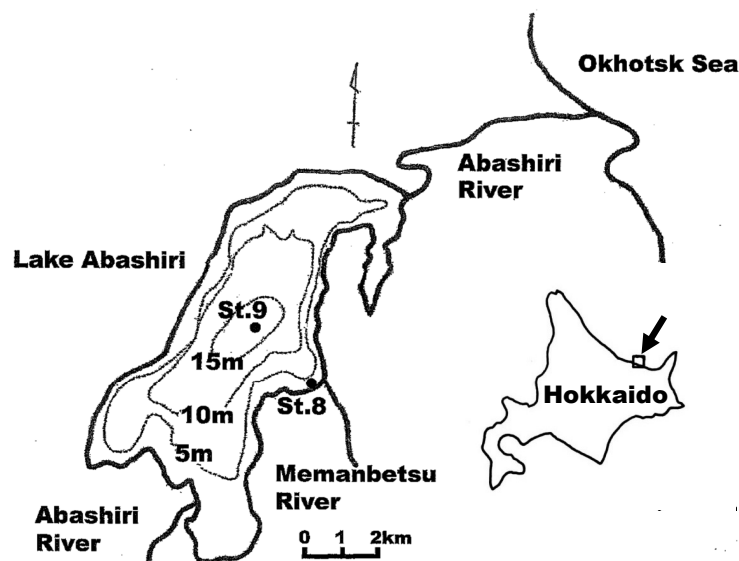


Fig.1 Lake Abashiri and sampling stations

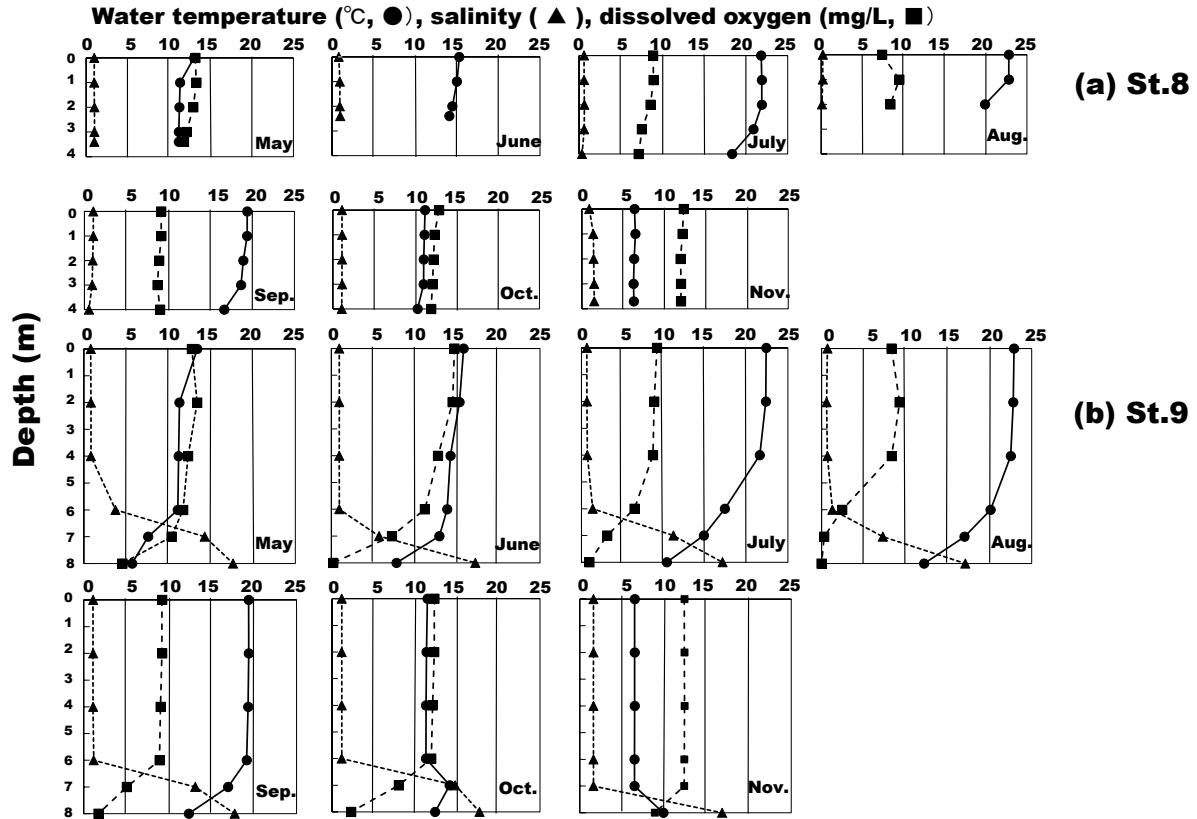


Fig.2 Vertical profiles of water temperature (°C), salinity and dissolved oxygen (mg/L) at St. 8 and St. 9 from May to November in 2017

下降し19.4℃となった。水温は10月以降は急激に下降して11月には全層で6.3～6.5℃となった。塩分は各月ともに鉛直的に均一な値を示した。塩分は5月には全層で1.0であったが、その後8月までは1.0以下で推移した。9月には再び0～2 mで1.1まで増加し、それ以降11月の表面を除き再び1.0以上となった。溶存酸素量も表面から底層までほぼ均一な値を示した。溶存酸素量は8月の7.4～9.5 mg/Lから5月の11.8～13.3 mg/Lまで変動し、明らかな低酸素状態は認められなかった。

St. 9での水温は各月ともに表面から水深7 mまで緩やかに下降したが、6～8 mにかけて急激に変化する傾向が認められた。表面水温は、調査期間を通じて、11月の6.5℃から8月の22.9℃まで変動した。5月には13.4℃だったが、それ以降昇温し、8月には22.9℃と最高水温に達した。9月には19.4℃となり11月までには急激に下降し6.5℃となった。St. 9での塩分は11月を除いて、表面から6 mまではほぼ均一だったが、7 m以深では急激に増加した。11月には7 m以深で塩分は急激に増加した。塩分が概ね均一な層では5月から6月には1.0の塩分であったが、7月から8月には1.0以下となった。しかし、9月以降再び1.0以上となり、11月には1.6と年最高の値を示した。溶存酸素量は各月ともに表面から緩やかに減少し、6 mから8 mにかけて急激

に減少した。

動物プランクトン総個体数密度および分類群組成 すべての分類群を対象に求めた動物プランクトンの総個体数密度はSt. 8では $0.6 \sim 4.1 \times 10^5$ 個体/ m^3 (平均 2.2×10^5 個体/ m^3)、St. 9では $0.7 \sim 8.3$ 個体 $\times 10^5$ 個体/ m^3 (平均 3.2×10^5 個体/ m^3)まで変動した (Fig.3)。両地点ともに、動物プランクトン総個体数密度は5月に最も少なく、6月に最大となり、その後減少するものの9月に再び増加した。両地点ともに動物プランクトンは、輪虫類、枝角類およびカイアシ類の3分類群で構成されていた。St. 8では調査期間を通じて輪虫類の個体数組成はほぼ50%以上を占めた(5月の45.8%～6月の77.8%)。枝角類は7～11月にかけて出現し、7月には12.4%、8月には20.6%、9月には16.0%を占めた。しかし、10月には1.7%まで減少し、11月には0.6%を占めるに過ぎなかった。カイアシ類は周年を通して18.5～54.1%を占め、5月と11月にその組成率は増加した。St. 9では、8月を除き輪虫類が約60%以上を占めた。その中でも6月は86.6%、11月は85.9%を占めるまでに至った。枝角類はSt.8と同様に7～11月にかけて出現し、特に8月には動物プランクトン群集中で58.9%を占める第1優占群となった。しかし、その後はその組成比は急激に減少し11月には全体の0.7%まで減少した。カイアシ類は周年を通して、

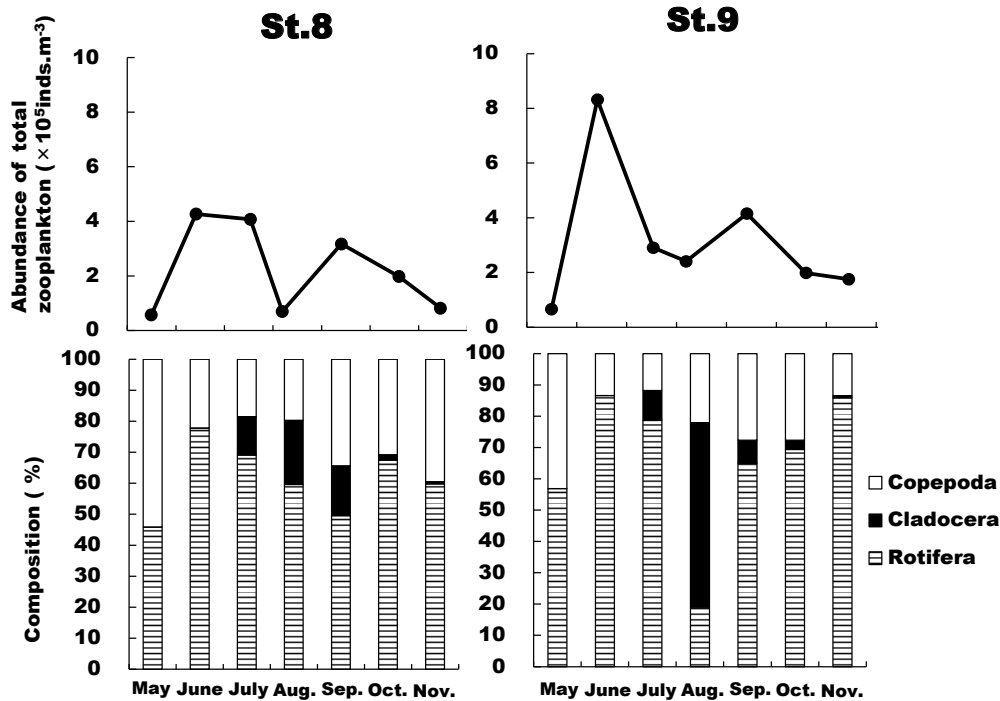


Fig.3 Seasonal changes in abundance of total zooplankton (upper) and numerical taxonomic composition (lower) at St. 8 and St. 9 from May to November 2017

Table 1 List of species at St. 8 and St. 9 from May to November in 2017 Closed circles (●) indicate the dominant species.

St.8		St.9	
Habitat	Species	Habitat	Species
Rotifera		Rotifera	
●F	<i>Brachionus angularis</i>	●F	<i>Rotaria neptunia</i>
●F	<i>Brachionus calyciflorus</i>	●F	<i>Brachionus angularis</i>
F	<i>Brachionus quadridentatus</i>	●F	<i>Brachionus calyciflorus</i>
F	<i>Brachionus urceolaris</i>	F	<i>Brachionus quadridentatus</i>
F	<i>Keratella cochlearis</i>	F	<i>Brachionus urceolaris</i>
●B	<i>Keratella cruciformis</i>	F	<i>Keratella cochlearis</i>
●F	<i>Keratella quadrata</i>	B	<i>Keratella cruciformis</i>
F	<i>Notholca aquinata</i>	●F	<i>Keratella quadrata</i>
F	<i>Lepadella</i> sp.	F	<i>Notholca aquinata</i>
F	<i>Asplanchna</i> sp.	F	<i>Lepadella</i> sp.
F	<i>Synchaeta</i> spp.	F	<i>Asplanchna</i> sp.
●F	<i>Filinia longiseta</i>	F	<i>Synchaeta</i> spp.
		●F	<i>Filinia longiseta</i>
Cladocera		Cladocera	
●F	<i>Bosmina longirostris</i>	●F	<i>Bosmina longirostris</i>
●F	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	●F	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
Copepoda		Copepoda	
●B	<i>Sinocalanus tenellus</i>	●B	<i>Sinocalanus tenellus</i>
B	<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	B	<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>
F	<i>Ergasilus</i> sp.	F	<i>Ergasilus</i> sp.
B	<i>Paracyclops nana</i>	B	<i>Paracyclops nana</i>
UN	cyclopoid copepodite	UN	cyclopoid copepodite
UN	Ectinosomatidae	UN	Ectinosomatidae
UN	other copepod nauplii	UN	other copepod nauplii

F: Fresh water species

B: Brackish water species

UN: Unknown

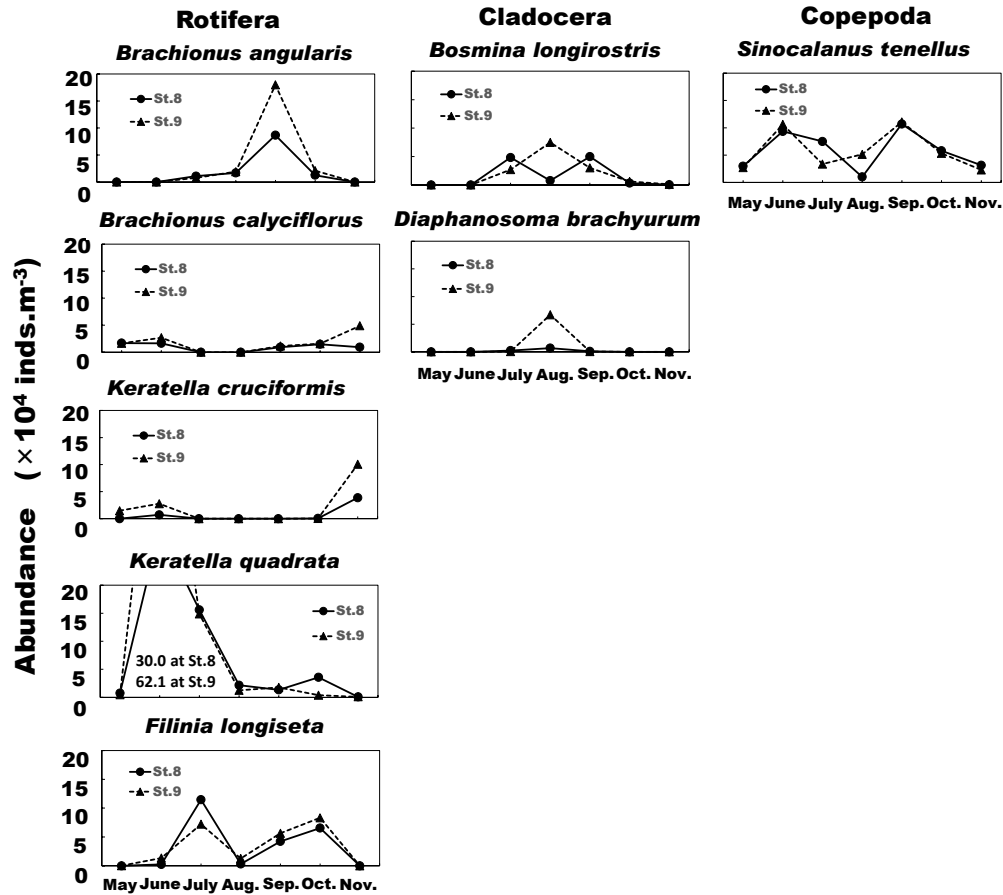


Fig. 4 Seasonal changes in abundance of eight dominant species at St. 8 and St. 9 from May to November 2017

11.8%～43.1%まで変動し、その組成比は5月に最大となった。周年を通して各分類群の組成率の平均は、St. 8では輪虫類61.3%、枝角類7.3%、カイアシ類31.3%、St. 9では輪虫類65.9%、枝角類11.4%、カイアシ類22.7%であった。両地点ともに、動物プランクトンは輪虫類が約60%を超え最も優占する傾向があった。また、枝角類は夏季の一時期に優占動物プランクトンに加わり、カイアシ類の組成率は輪虫類と枝角類の組成率に影響を受けて変動した。

動物プランクトン出現種および優占種 Table 1に、本調査で出現した種を未同定種も含めて示した。出現した種は輪虫類が最も多く13種、枝角類2種、そしてカイアシ類は*Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Paracyclops nana*の他、*Ergasilus* sp. キクロプス目カイアシ類とノープリウス、ハルパクチコイダ目のEctinosomatidaeを含み7分類群に分類された。両地点ともに出現した種はほぼ同様であり、異なったのはSt. 9で輪虫類の*Rotaria neptunia*が出現したがSt. 8では出現しなかったことだけであった。出現した種の内、輪虫類の*K. cruciformis*、カイアシ類の*S. tenellus*, *P. inopinus*, *P. nana*, 以外はほとんどが淡水性種であった（山路1982, 水野

1993, 水野・高橋 2000, 長澤ら 2007)。

周年を通して、優占種として以下の8種が挙げられた。すなわち、輪虫類の*Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Keratella cruciformis*, *K. quadrata*, *Filinia longisetata*の5種、枝角類の*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*の2種、そしてカイアシ類の*Sinocalanus tenellus*であった (Table 1)。このうち、輪虫類の*Keratella cruciformis*とカイアシ類の*Sinocalanus tenellus*の2種は汽水性種である。

優占種の個体数密度の季節変化 Fig. 4にはこれら優占種各種の個体数密度の季節変化を示した。輪虫類は5月には密度は低かったが両地点で*B. calyciflorus*が 1.7×10^4 個体/ m^3 の密度で出現した。St. 9では*K. cruciformis*が 1.5×10^4 個体/ m^3 、6月には 2.8×10^4 個体/ m^3 の密度で出現した。*K. quadrata*は6月にSt. 8で 30.0×10^4 個体/ m^3 、St. 9で 62.1×10^4 個体/ m^3 の最大密度で急激に増加した。この高密度は7月まで続いた。さらに7月には*F. longisetata*が増加しSt. 8で 11.5×10^4 個体/ m^3 、St. 9で 7.2×10^4 個体/ m^3 となった。輪虫類の個体数密度は両地点で8月にはどの種も著しく減少した。しかし、9月には*B. angularis*が両地点で急激に増加し、その密度はSt. 8で 8.7×10^4 個体/ m^3 、St. 9で 18.0×10^4 個体/ m^3 となった。さらに、*B. angularis*に加えて*F. longisetata*

も再び増加した。*F.longiseta*の増加は10月まで続きその密度はSt. 8で 6.5×10^4 個体/ m^3 , St. 9で 8.5×10^4 個体/ m^3 となった。11月には5月に出現した*B.calyciflorus*と*K. cruciformis*の2種が特にSt.9で増加した。枝角類は主に夏季の7～9月にかけて個体数が増加した。*B.longirostris*はSt. 8で7月と9月にそれぞれ、 4.8×10^4 個体/ m^3 および 5.0×10^4 個体/ m^3 となった。St.9では8月に 7.5×10^4 個体/ m^3 と明瞭なピークをつくった。*D.brachyurum*は8月にSt. 9で明瞭なピークを作り、その密度は 6.7×10^4 個体/ m^3 となった。優占種8種の中でカイアシ類の*S.tenellus*は周年を通して、ほぼ 1.0×10^4 個体/ m^3 以上の密度で出現し常に動物プランクトン群集の中で卓越する種であった。その季節変化は両地点共に同様であり6月と9月にピークが観察され、6月にはSt. 8で 9.4×10^4 個体/ m^3 , St. 9で 10.6×10^4 個体/ m^3 , 9月にはSt. 8で 10.7×10^4 個体/ m^3 , St.9で 11.1×10^4 個体/ m^3 に達した。

考 察

網走湖の水温と塩分はSt. 8では4 m以浅, St. 9では6 m以浅ではほぼ一様であり、両地点ともに大きな違いはなく、水平的にはほぼ均一な水温和塩分の構造がうかがえる。一方、鉛直的にはSt.9では水深6 mから塩分は急激に上昇し、6～7 m,あるいは7～8 mに顕著な塩分躍層が観測された。溶存酸素量も6 m以深で急激に減少した。Fig.5に1994～1996年および比較のために、2017年の5～11月までの4ヵ年にわたる網走湖における湖心部での表面水温和表面塩分の季節変化を示した（資料は浅見1997, 2004）。2017年の水温和塩分は6.5～22.9℃, 塩分は0.6～1.6であり、これは水温3.1～22.7℃および塩分0.8～1.4であった1996年と

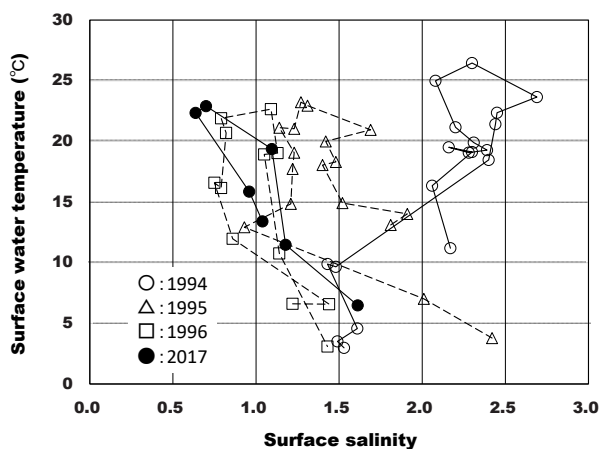


Fig.5 Seasonal changes of surface water temperature and salinity at St. 9 from May to November between 1994 and 1996. Data collected in 2017 were imposed in figure

類似したものだった。2017年の塩分境界層は5～10月は6～7 m, 11月は7～8 mの間であった。1994年と1995年は5～6 m, 1996年は5～8月は5～6 m, 9月以降は6～7 mにあった（浅見2004）。このように、2017年の水理環境は低塩分かつ塩分境界層の低下という特徴があり、これは前述のように網走川に設置された可動堰により塩分環境が抑制されている結果と見ることができる。

三上（2000）は過去に実施された網走湖における動物プランクトンの調査研究結果をもとに網走湖の動物プランクトンの優占種に関する研究報告をレビューしている。ここでは、三上（2000）の報告に加えて、さらに詳しく優占種と塩分環境との関係について検討した。ただし、過去の文献では塩分を塩素イオン濃度で記述しているものもあったので、これらは以下により塩分値に換算した（「汽水域の科学」講師グループ 2001）。すなわち、

$$S = 1.80655 \times Cl \times 0.001 \quad (S \text{ は塩分, } Cl \text{ は塩素イオン濃度 (mg/L)})$$

汽水性カイアシ類の*Sinocalanus tenellus*は1938年の調査で既にその出現が確認されている（Hada 1940）。*S. tenellus*の優占は2017年にも観察された。本種の出現は少なくとも1938年から現在まで継続している。本種はワカサギの重要な餌生物であることから（浅見2004）、今後も本種の出現状況には注視していくことは重要である。*S. tenellus*が動物プランクトン群集中で卓越することは汽水湖の宍道湖でも知られ（山根ら1988, 上1997, 中村1998）、その最高出現密度は本研究と同等の 10^5 個体/ m^3 のレベルに達する（上 1997）。1986年から1996年までの宍道湖の表面の平均塩分は3月の3.8から12月の8.9, 年平均は6.1である（中村1998）。益子（1954）によれば、本種は一般には塩素量500～5000 mg/L（塩分に換算して0.9～9.0）の水域に普通に出現し、時にこれ以上或いはこれ以下にも多数観察されることもあるという。網走湖の塩分は宍道湖のそれよりも低いが、その最高出現密度は宍道湖のレベルに匹敵することから、低塩分でも*S. tenellus*は充分に出現できると考えられる。

輪虫類や枝角類については、黒萩（1970）が報告しているように、1964年3月～1965年7月までの調査によれば、表面の塩分が1.1～1.2であった1964年には、汽水性の輪虫である*K. cruciformis*が豊富に出現していたが、塩分が0.1～1.0まで低下した1965年には*K. cruciformis*は減少し、替わって淡水性の輪虫である*Polyarthra* sp., *Filinia longiseta*が優勢になったことを報告している。さらに、宇藤ら（1984）によれば、1982年と1983年の2ヵ年にわたり、網走湖の最深部定点で5～11月まで月1回の頻度で動物プランクトンの調査を実施した結果、表面塩分が1.3～2.2であった1982年には淡水性の輪虫である*K. quadrata*や*F. longi-*

seta, 淡水性枝角類の*D. brachyurum*なども出現していたが、表面塩分が2.1~4.5まで上昇した1983年には、淡水性種の出現は皆無かあるいは出現したとしても極めて少なかったことを報告している。また、浅見（1997）は表面塩分が約1.4~2.7であった1994年と、0.9~2.4であった1995年には淡水性輪虫類の*K. quadrata*と*F. longiseta* が優勢であったことを観察している。このように、網走湖で優占する動物プランクトン、中でも輪虫類の優占は塩分の影響を受けていることが挙げられる。輪虫類の中でも優占して出現する*K. quadrata*と*F. longiseta*は淡水性の種類であるが、浅見（1997）が観察したように塩分が約3までは出現する一方、1983年に宇藤ら（1984）がこれら2種は出現しなかったと報告しているように、塩分が約3を超えると優占が認められなくなると考えられる。

優占した動物プランクトンについて、2017年の調査結果と近年の報告（浅見1997, 2004および一部未発表資料）を比較すると、2017年の調査結果で最も特徴的だったのは、以下の二点である。一つ目には淡水性輪虫類*Brachionus*属の優占である（Table 2）。1990年代半ばの結果では、本種は優占種として出現することがなかった。*Brachionus*属は1994年7月に 0.7×10^3 個体/m³、1995年10月に 0.1×10^3 個体/m³の極くわずかに出現したが、より低塩分であった1996年の6~9月まで、優占には至らなかったものの $0.1 \sim 4.0 \times 10^3$ 個体/m³の密度で出現した（浅見未発表資料）。さらに過去の知見について見ると、本種は塩分が1以下であった1947年には出現の記録がある（元田・石田1948）。さらに、表面塩分が1.1~1.2であった1964年には本種の出現は認められなかったが、表面塩分が0.1~1.0であった1965年には卓越までは至らなかったものの出現の記録がある（黒萩1970）。これらのことから、*Brachionus* 属の出現は低塩分時に認められることが過去の調査結果の共通した現象であると言える。二つ目の特徴は、淡水性枝角類*Bosmina longirostris*の優占が挙げられる。本種は表

面塩分が約1.0~2.7であった1994年と1995年には全く出現しなかったが、塩分が0.6~1.6とより低塩分だった1996年には7~9月にかけて $0.3 \sim 5.2 \times 10^3$ 個体/m³の密度で出現が認められた（浅見1997, 2004および一部未発表資料）。さらに過去には、元田・石田（1948）によれば、表面塩分が1以下の低塩分であった1947年の夏季に本種の増加を観察している。また、黒萩（1970）は1964年のプランクトン調査の結果、塩分が汽水化した1964年には、*B. longirostris* は消失したことを報告している。これらのことから、2017年のこれら2属の優占は低塩分環境によるものと考えられる。*Brachionus*属や*Bosmina longirostris*はワカサギ仔稚魚の重要な餌生物でもある（山岸1974, 堀・位田1977, 竹内1982, 浅見2004）。浅見（未発表）は2017年のワカサギ稚魚の胃内容物に、時に大量の*Bosmina longirostris*を観察している。このことから、*Bosmina longirostris*の優占はワカサギにとっては良好な餌環境と考えられる。

今回得られた2017年の結果は、塩分環境の変化が動物プランクトンの優占種を変化させることを示している。今後、大きな塩分環境の変化が認められた時は、動物プランクトンの出現状況を把握することは、網走湖の環境監視の一つとして重要であろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、調査に御協力をいただいた西網走漁業協同組合の佐々木昇常務、川尻敏文参事、他職員の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

浅見大樹. 網走湖における動物プランクトンの季節変動および年変動. 北海道立水産孵化場研究報告 1997; 51: 31-43.

Table 2 Comparison of dominant species between the present and past studies.

Taxa	2017	1994 ^{*1}	1995 ^{*1}	1996 ^{*2}
Rotifera	<i>Brachionus</i> spp. (F)			
	(<i>B. angularis</i>)			
	(<i>B. calyciflorus</i>)			
	<i>Keratella cruciformis</i> (B)	<i>Keratella cruciformis</i>	<i>Keratella cruciformis</i>	
	<i>Keratella quadrata</i> (F)	<i>Keratella quadrata</i>	<i>Keratella quadrata</i>	<i>Keratella quadrata</i>
	<i>Filinia longiseta</i> (F)	<i>Filinia longiseta</i>	<i>Filinia longiseta</i>	<i>Filinia longiseta</i>
Cladocera	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (F)	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		
	<i>Bosmina longirostris</i> (F)			
Copepoda	<i>Sinocalanus tenellus</i> (B)	<i>Sinocalanus tenellus</i>	<i>Sinocalanus tenellus</i>	<i>Sinocalanus tenellus</i>

*1; Asami (1997)

*2; Asami (2004), unpublished data

F: Fresh water species

B: Brackish water species

浅見大樹. 網走湖産ワカサギの初期生活に関する生態学的研究. 北海道立水産試験場研究報告 2004 ; 67 : 1-79.

築地由貴, 植田真司, 近藤邦男, 清家泰, 三田村緒佐武. 青森県汽水湖尾駁沼における動物プランクトンの出現特性. 陸水学雑誌 2004 ; 65 : 215-223.

Hada Y. Hydrographical observations and plankton studies of some brackish water lakes on the Okhotsk Sea coast of Hokkaido in winter. *Trans. Sapporo. Nat. Hist. Soc.* 1940 ; 16 : 147-174.

花里孝幸. 特集 : 地球温暖化と陸水環境 総説 地球温暖化と湖のプランクトン群集. 陸水学雑誌 2000 ; 61 : 65-77.

堀直, 位田俊臣. ワカサギの人口種苗生産技術の開発に関する研究- I 仔魚が摂餌可能な餌の大きさなどについて. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告 1977 ; 14 : 11-19.

細川隆英, 加藤陸奥雄, 北沢右三, 野村健一, 田口亮平, 鳥居西蔵. 「新編生態学汎論」. 養賢堂, 東京. 1968.

石田昭夫. 湖沼甲殻類プランクトンの定量採集と水平分布についての二三の観察. 水産孵化場試験報告 1951 ; 6 : 181-190.

石田昭夫. 網走湖の研究 浅い湾内での甲殻類プランクトンの昼夜移動の観察. 水産孵化場報告1952;7: 127-131.

「汽水域の科学」講師グループ. 「汽水域の科学 中海・宍道湖を例として」. 高安克己編. たたら書房, 米子市. 2001.

黒萩尚. 網走湖におけるプランクトンの遷移. 北海道さけますふ化場研究報告 1970 ; 24 : 101-124.

益子帰来也. 半鹹水橈脚類に関する一考察. 日本生態学会誌 1954 ; 4 : 13-16.

三上英敏. 網走湖の陸水学的特徴と長期的環境変化. 「湖沼環境の変遷と保全に向けた展望 (高村典子編)」国立環境研究所研究報告2000 ; 153 : 5-33.

水野寿彦. 「日本淡水プランクトン図鑑」. 保育社, 大阪. 1993.

水野寿彦・高橋永治. 「日本淡水動物プランクトン検索図説」. 東海大学出版会, 東京. 2000.

元田茂, 石田昭夫. 網走湖の研究特にプランクトン層に就いて (第一報). 水産孵化場試験報告1948 ; 3 : 1-12.

元田茂, 石田昭夫. 網走湖の研究特にプランクトン層に就いて (第二報). 水産孵化場試験報告1949 ; 4 : 1-9.

元田茂, 石田昭夫. 夏季網走湖に於ける甲殻類プランクトンの昼夜垂直移動の観察. 水産孵化場試験報告 1950 ; 5 : 105-112.

長澤和也, 海野徹也, 上野大輔, 大塚攻. 魚類寄生虫またはプランクトンとして出現する日本産ニセエラジラミ科カイアシ類の目録 (1895-2007年). 日本生物地理学会報 2007 ; 62 : 43-62.

中村幹雄. 宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* Primeと環境との相互関係に関する生理生態学的研究. 島根県水産試験場研究報告1998 ; 9 : 1-192.

中尾欽四郎. 網走湖の湖環境変遷. 北海道の自然 1984 ; 24 : 30-40.

大槻知寛, 多田匡秀. 網走湖の環境について. 北水試だより1984 ; 23 : 1-8.

竹内勝巳, 沖野外輝夫. 諏訪湖におけるワカサギ (*Hypomesus transpacificus* f. *nipponensis*) の成長と食性. 環境科学の諸断面-三井教授還暦記念論文集-. 土木工学社1982 ; 17-22.

鳥澤雅. 網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構. 北海道立水産試験場研究報告 1999 ; 56 : 1-117.

宇藤均, 小林喬, 坂崎繁樹, 黒萩尚. 網走湖産ワカサギ生態調査. 網走水試昭和58年度事業報告書1984 ; 144-176.

上真一. 汽水域における動物プランクトンの特徴. 沿岸海洋研究1997 ; 35 : 49-55.

山岸宏. 諏訪湖におけるワカサギ稚魚の生態について. 諏訪湖の富栄養化の進行とワカサギ漁獲量の関係. 日本生態学会誌1974 ; 24 : 10-21.

山路勇. 「日本海洋プランクトン図鑑. 増補改訂版」. 保育社, 大阪. 1982.

山根恭道, 後藤悦郎, 川島隆寿, 鈴木博也, 小川絹代. 中海・宍道湖漁場環境基礎調査定期観測調査について. 昭和61年度島根県水産試験場事業報告1988 ; 207-222.

網走湖における甲殻類プランクトン3種の鉛直分布

浅見大樹*

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Vertical distributions of three dominant crustacean plankton in a brackish lake, Lake Abashiri, eastern Hokkaido, in 2017

HIROKI ASAMI*

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

The vertical distributions of crustacean plankton, namely, two cladocerans of *Bosmina longirostris* and *Diaphanosoma brachyurum*, and one copepod, *Sinocalanus tenellus*, were investigated at a central station in a brackish lake, Lake Abashiri, from June to November 2017. Zooplankton samples were spaced 2 m apart from 0 to 6 m distance, and another at 7 m using Van Dorn bottle. The boundary layers between fresh and salt-water were observed at 6 - 8 m depth from the salinity profiles throughout the investigations. In addition, the dissolved oxygen decreased sharply in these boundary layers. The individual densities of *B. longirostris* and *D. brachyurum* increased from mid-July to early August, and dense distributions of these species were observed in the boundary layer. At the same time, large number of *S. tenellus* adults was simultaneously concentrated at this boundary. The factors of this vertical distribution in relation to the boundary layer in summer were thought to be the light environment and avoidance of feeding by smelt juveniles.

キーワード：網走湖，鉛直分布，塩淡水境界層，甲殻類プランクトン

網走湖はヤマトシジミ (*Corbicula japonica*)，ワカサギ (*Hypomesus nipponensis*)，シラウオ (*Salangichtys microdon*) などの水産資源が豊富で、北海道はもちろん、全国的にも重要な内水面漁業の生産の場として著名な湖沼である。特に、網走湖産ワカサギから得られる種卵は全国各地の湖沼や人工湖に供給されており、種卵供給基地として重要な役割を担っている。

網走湖は大正末期までは淡水湖であったが、地形の変化により海水が網走川を通じて湖内に逆流し、湖の底層には徐々に海水が滞留してきた (中尾1984)。このため、表層水と底層水の混合が起こりにくくなり、極めて強固な密度躍層が周年発達し、網走湖はこの密度躍層以浅のみが循環する部分循環湖である (大槻・多田1984)。底層水は貧酸素状態にあり、表層と底層の境界は塩淡水境界層と呼ばれ、この独特な鉛直的な水塊構造が網走湖の最大の特徴である。このような特徴を持つ網走湖で、動物プ

ランクトンがどのような鉛直分布をしているかは興味を引くところである。

多くの動物プランクトンは鉛直的に一様な分布を示すことはない (安楽1979)。また、海洋、湖沼を問わず、動物プランクトンは昼夜で分布を変える日周鉛直移動を行うことも古くから知られており、多くの研究がある (例えば元田1972の総説)。網走湖において、動物プランクトンの鉛直分布を知ることは湖沼の栄養動態を論ずる際に重要であるとの考えのもと、動物プランクトンの鉛直分布に関する一連の調査研究が1950年前後に実施されている (元田・石田1949, 1950, 石田1951, 1952)。そして、網走湖の動物プランクトンの鉛直分布は塩淡水境界層が深く関与し、この層に多く分布する傾向があることが明らかにされている。一方、1950年前後は塩淡水境界層の深度は現在よりも深く、現在の網走湖の水塊構造とは異なる。このため、網走湖の動物プランクトンの鉛直分布も過去と

は異なることが充分考えられる。著者は2017年に西網走漁業協同組合の協力の下、網走湖の動物プランクトンの季節変化を調べる機会に恵まれた（浅見2023）。そして、甲殻類プランクトンとして優占して出現する3種、すなわち枝角類の*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, カイアシ類の*Sinocalanus tenellus*を挙げた。これらの種はいずれもワカサギの餌生物として重要であることが知られている（浅見 2004）。本研究では、これらの甲殻類プランクトンの日中の鉛直分布とその要因について考察した。

材料と方法

調査は網走湖の湖央(St. 9)の一定点において2017年6～11月までの間に、6月には月1回、7～8月には月2回、9～11月までには月1回の頻度で合計8回行った(Fig. 1)。定点名は鳥澤(1999)に従い、網走水試が1981年から現在まで用いているワカサギ資源調査の定点名とした。採集時間帯はどれも概ね午前中であった。プランクトンの鉛直分布を調べるために6 L容量のバンドン採水器を用いて、各深度から4回、合計20 Lの湖水を採水した後、40 μm の網目のプランクトンネットを用いて濾過することにより甲殻類プランクトンを採集した。採水深度は0, 2, 4, 6, 7 mとした。標本は採集後、船上で直ちに、標本容積の約2%に相当するホルマリン原液を注入して固定した。プランクトンの採集時にはCTD (JFEアドバンテックASTD102)により水温、塩分および溶存酸素量を観測した。水温と塩分は取得したデータの内、塩淡水境界層以浅の0～6 mまでの2 m間隔および7, 8 mの観測値を用いた。さらに、透明

度板により透明度の観測、および0, 2, 4, 6, 7 mの各層からバンドン採水器によりクロロフィルa分析のための湖水を採水した（ただし、8月7日は欠測）。採水した湖水は、クーラーバッグに収容して実験室まで運んだ。

動物プランクトンの標本は実験室に持ち帰った後、標本全量を目盛り付きメスシリンダーに移し、これから1/2～1/4の比率で標本を採取し、プランクトン計数板に収容して、実体顕微鏡および生物顕微鏡で種別に計数した。本研究で対象とした種は、枝角類の*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, カイアシ類の*Sinocalanus tenellus*の3種とした。*Sinocalanus tenellus*についてはノープリウス、初期コペポダイト (C1-3)、後期コペポダイト (C4-5) および成体 (C6) まで発育段階別に計数した。個体数は1 m^3 当たりの値に換算した。

クロロフィルa量は湖水100 mLをGFFフィルターで濾過後、暗所に冷凍保存し、後日、メタノールでクロロフィルaを抽出し、蛍光光度計(Turner Designs, 10-AU Fluorometer)で分析した。

結果

水理環境 Fig. 2 (a)に、調査時の水温、塩分、溶存酸素量の鉛直分布の季節変化を示した。また、Fig. 2 (b)にはクロロフィルa量の鉛直分布の季節変化を示した。さらに、付表1 (Appendix 1) にこれらの観測値を示した。水温は各調査日ともに表面から6あるいは7 mまで緩やかに下降したが、6～8 mあるいは7～8 mにかけて急激に変化した。表面水温は、調査期間を通じて11月15日の6.5 $^{\circ}\text{C}$ から8月7日の22.9 $^{\circ}\text{C}$ まで変動した。表面水温は6月29日に19.2 $^{\circ}\text{C}$ と既

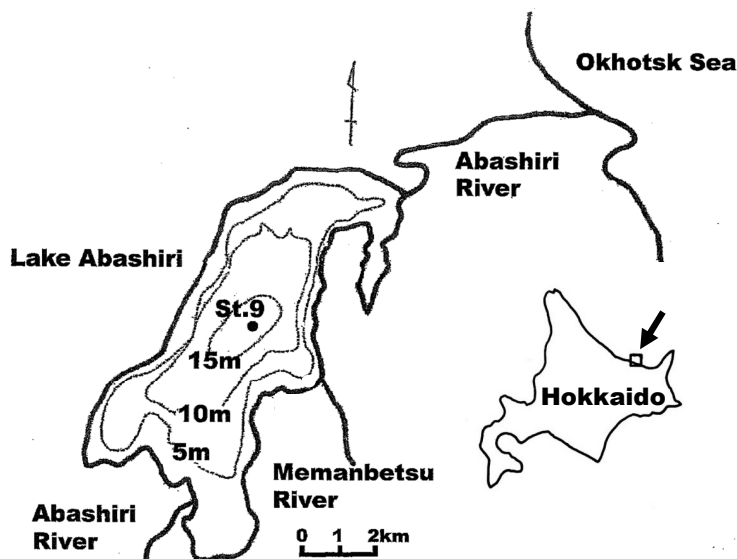


Fig. 1 Lake Abashiri and sampling station (St. 9) from June to November 2017

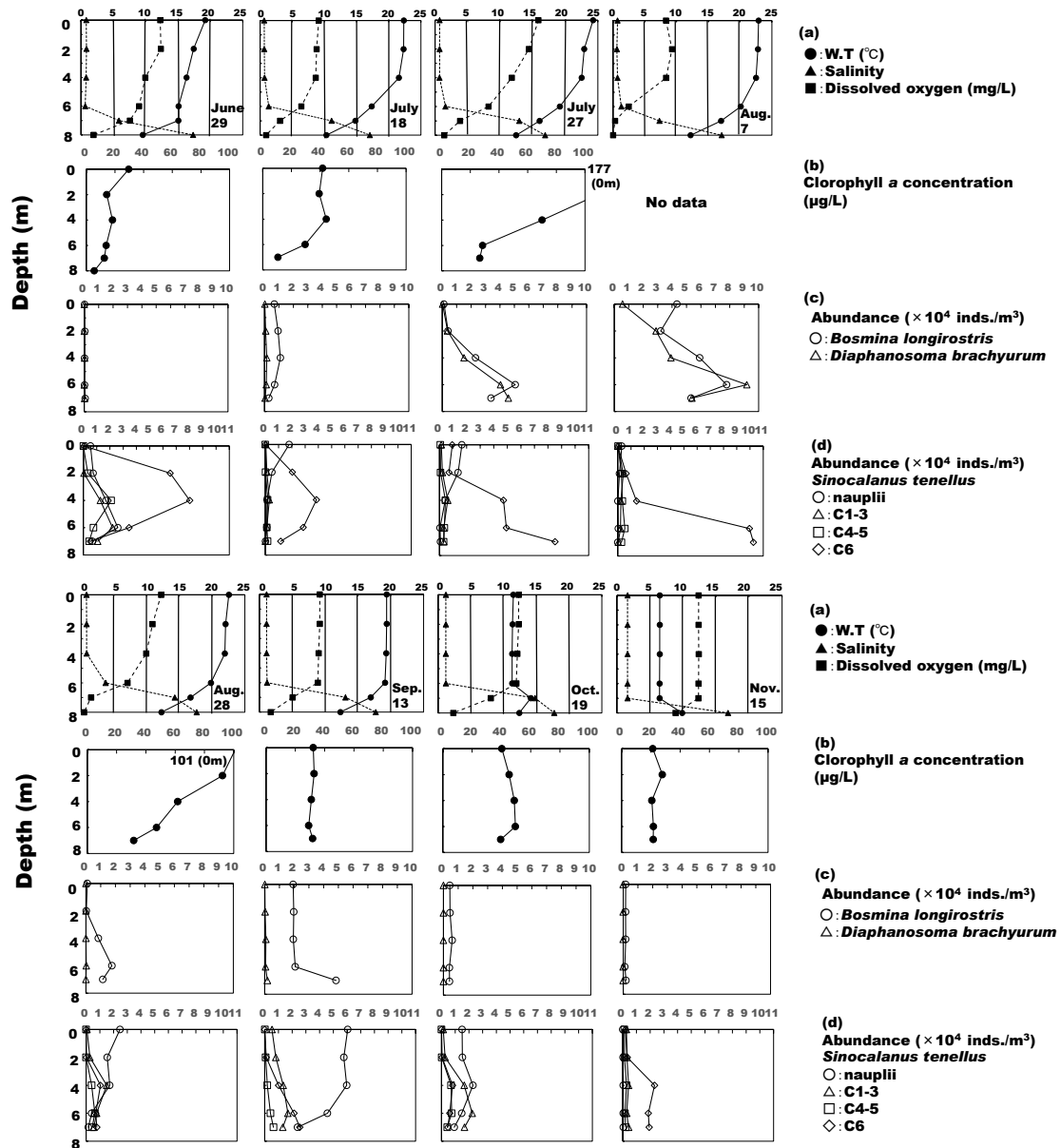


Fig.2 Vertical profiles of (a) water temperature (°C), salinity and dissolved oxygen (mg/L), (b) chlorophyll a concentration, (c) abundances of *Bosmina longirostris* and *Diaphanosoma brachyurum*, (d) nauplii, copepodites and adults of *Sinocalanus tenellus*

に20℃近かった。そして、8月にかけて昇温し、8月7日には22.9℃に達した。それ以降9月13日には19.4℃となり、11月までには急激に下降し6.5℃となった。塩分は、11月15日を除いて、0～6 mまでほぼ均一だったが、7 m以深では急激に上昇した。11月15日には8 m以深で塩分は急激に上昇した。塩分が概ね均一な層では6月下旬から8月下旬にかけてはほぼ1.0以下であった。しかし、9月以降1.0以上となり、11月15日には1.6と年最高の値を示した。溶存酸素量は11月を除いて各調査日ともに表面から緩やかに減少し、6～8 mにかけて急激に減少した。11月15日には7～8 mにかけて約12 mg/Lから9 mg/Lとなった。表面の溶存酸素量は8月7日の8.3 mg/Lから7月27日の15.9 mg/Lまで変動

した。表層(0～4 m)の溶存酸素量は周年を通じて約8～16 mg/Lの範囲にあった。クロロフィルa量は9月から11月までは鉛直的にほぼ均一であったが、それ以外の調査日には表層から深度が深くなるにつれて減少した。表面のクロロフィルa量は11月15日の21.3 μg/Lから7月27日の177.0 μg/Lまで変動し、クロロフィルa量は周年を通じて高濃度であった。透明度は、7月27日と8月28日の約30 cmから6月29日と11月15日の約150 cmまで変動した(Fig.3)。透明度は7～8月の夏季に浅くなる傾向があった。透明度の2倍を有光層とした結果、有光層は約0.5 mから3.0 mであり、夏季に浅く春季と秋季に深くなった。

甲殻類プランクトン各種の鉛直分布 Fig.2 (c) (d)に甲

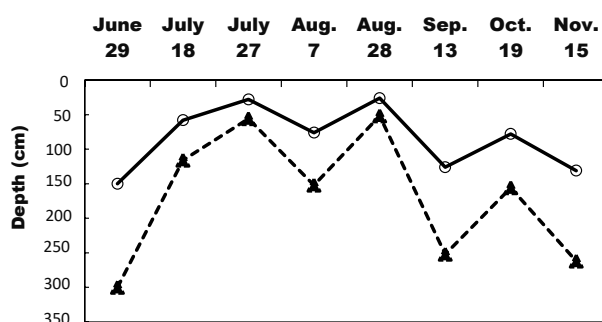


Fig.3 Seasonal changes of transparent (○) and euphotic layers (twice the transparent depth, ▲) at St. 9 from June to November 2017

殻類プランクトン各種の鉛直分布を示した。また、付表2と3 (Appendix 2, 3) には数値を示した。6月29日, まだ低密度だった*B. longirostris*は0~7 mまで $0.02 \sim 0.06 \times 10^4$ 個体/ m^3 , *D. brachyurum* は $0.00 \sim 0.02 \times 10^4$ 個体/ m^3 と極く低密度で一様に分布した。7月18日には, *B. longirostris*は表面の 0.7×10^4 個体/ m^3 から水深4 mの 1.1×10^4 個体/ m^3 まで徐々に増加し, 7 mの 0.3×10^4 個体/ m^3 まで緩やかに減少した。*D. brachyurum* は*B. longirostris*よりも低密度ではあるが, *B. longirostris*と同様に0~4 mまで徐々に増加し, 7 mまで再び減少した。7月27日には両種ともに0 mと2 mでは 1.0×10^4 個体/ m^3 以下であったが, それ以深では急激に増加し, *B. longirostris*は6 mで 5.1×10^4 個体/ m^3 , *D. brachyurum*は6~7 mで $4.0 \sim 4.6 \times 10^4$ 個体/ m^3 に達した。8月7日には密度はさらに増加し, *B. longirostris*は0~2 mで $3.2 \sim 4.3 \times 10^4$ 個体/ m^3 , それ以深では急激に増加し, 6 mで 7.8×10^4 個体/ m^3 の最大密度に達した。さらに, 7 mでも 5.3×10^4 個体/ m^3 の高密度を維持していた。*D. brachyurum* も同様に深度が深くなるほど増加し, 0 mで 0.6×10^4 個体/ m^3 , 4 mで 3.9×10^4 個体/ m^3 , 6 mでは 9.2×10^4 個体/ m^3 と急激に増加した。7 mでは若干減少するが 5.4×10^4 個体/ m^3 の密度を維持した。8月28日には両種ともに密度は大きく減少し, *B. longirostris*は0~2 mまで $0.02 \sim 0.09 \times 10^4$ 個体/ m^3 , 4 m以深では若干増加し, 6 mで 1.8×10^4 個体/ m^3 となった。*D. brachyurum* は大きく密度を減じ, 6 mで 0.02×10^4 個体/ m^3 が分布したに過ぎなかった。9月13日には*B. longirostris*の密度はやや回復し, 0~6 mまで約 2.0×10^4 個体/ m^3 の密度で一様に分布し, 水深7 mでは 4.8×10^4 個体/ m^3 と増加した。*D. brachyurum*は依然として0~7 mまで一様に低密度であった。10月以降は両種ともに低密度で一様に分布した。このように, 両種ともに個体数が急激に増加した7月27日から8月7日には, 6~7 mに顕著に濃密に分布した。これ以降*D. brachyurum* は個体数密度は大きく減少し, *B. longirostris*は8月下旬と9月中旬には6~7 mに多く分布した。

6月29日, *S. tenellus*のノープリウスと初期コペポダイトは表面から6 mにかけて増加し, 6 mでノープリウスは 2.6×10^4 個体/ m^3 , 初期コペポダイトは 2.2×10^4 個体/ m^3 となった。後期コペポダイトも表面から深度とともに増加し, 4 mで 2.1×10^4 個体/ m^3 となった。成体も後期コペポダイト同様に2~4 mにかけて $6.5 \sim 8.0 \times 10^4$ 個体/ m^3 となり4 mで分布量は最大となった。7月18日にはノープリウスは0~2 mにかけて $0.5 \sim 1.8 \times 10^4$ 個体/ m^3 であったが, それ以深は深度とともに減少した。初期コペポダイトおよび後期コペポダイトは個体数を減じ, ほぼ水柱一様に分布した。成体は, 2~6 mにかけて多く分布し, 6月同様, 4 mで 3.9×10^4 個体/ m^3 と最大となった。7月27日には, ノープリウスは0~2 m, 初期コペポダイトおよび後期コペポダイトも4 m以深に多い傾向があった。成体は0~2 mまでは約 1.0×10^4 個体/ m^3 以下であったが, 4~7 mにかけて急激に増加し, 特に7 mでは 8.5×10^4 個体/ m^3 の最高密度に達した。8月7日, ノープリウスは0~2 m, 初期コペポダイトは2 mで比較的多かった。後期コペポダイトは4 m以深にかけて増加し, 6 mで 0.5×10^4 個体/ m^3 となった。成体は0~2 mまではほぼ 1.0×10^4 個体/ m^3 以下であったが, 4 m以深で急激に増加し, 6~7 mにかけて約 10.0×10^4 個体/ m^3 と顕著に増加した。8月28日, ノープリウスは再び増加し, 表面で多くそれ以深では徐々に減少した。初期コペポダイトおよび後期コペポダイトは4 m以深で多く, それぞれ, 4 mで 1.5×10^4 個体/ m^3 , 6 mで 0.6×10^4 個体/ m^3 と最も多かった。成体の個体数密度は大きく減少し, 4 mで 1.0×10^4 個体/ m^3 となった。9月13日, ノープリウスは表面で 6.1×10^4 個体/ m^3 と周年で最も多く, 4 m以深で減少した。初期コペポダイトおよび後期コペポダイトは4 m以深で増加し, 初期コペポダイトは6 mで, 後期コペポダイトは7 mで増加した。10月19日にはノープリウスは4 mで若干多かったが, ほぼ一様に分布した。初期コペポダイトと後期コペポダイトは4 m以深で個体数が増加し, 水深4~6 mで, 初期コペポダイトは $1.7 \sim 2.2 \times 10^4$ 個体/ m^3 , 後期コペポダイトは $0.4 \sim 0.7 \times 10^4$ 個体/ m^3 であった。成体も4~6 mで若干多かったものの, ほぼ一様に分布した。11月15日には, ノープリウスは低密度でほぼ水柱一様に分布した。同様に, 初期および後期コペポダイトも4 m以深で若干個体数は多かったものの, ほぼ水柱一様に分布した。成体は4 mで 2.3×10^4 個体/ m^3 , それ以深でも約 1.9×10^4 個体/ m^3 の密度で分布した。このように, 調査期間を通じて*S. tenellus*のノープリウスは6月29日に6 mに多く分布した以外は, ほぼ0~4 mに分布した。ノープリウス以外は, より深層に分布する傾向があった。すなわち, 初期コペポダイトおよび後期コペポダイトはともに6月以外, それぞれ2~4 m以深および4 m以深に多く分布した。成

体は6月には4 mに多かったが、それ以外は後期コペポダイト同様に4 m以深に多く、特に7月27日と8月7日には6～7 mに濃密に分布した。

考 察

本研究で鉛直分布を詳しく観察した枝角類2種は夏季、7月下旬から増加し始め8月上旬に最高密度となり、その後、*B. longirostris*は徐々に、*D. brachyurum*は急激に減少した。そして、この増加時期には水深6～7 mに濃密に分布した。両種ともにこの最大密度の分布層は塩淡境界層の6～7 mに一致した。元田・石田（1949）は網走湖の湖心において、各層2 m間隔で水深14 mまで、これら2種の鉛直分布を6～11月まで観察している。示されている図表を見ると、この時の塩淡境界層（ここでは変水層と呼んでいる）は8～10 mであり、8 m以深で急激に塩素量が増加していた。7～9月の水温は0～8 mで概ね20～25℃の範囲にあった。*B. longirostris*は7月に最も多く、その最大の分布水深は6 mにあった。*D. brachyurum*は7～8月にかけて増加し、その分布水深は7月には4 m、8月には8 mであった。これらの結果と今回の観察結果を比較すると、*B. longirostris*は必ずしも本研究で見られたようにその増加時期には塩淡境界層には分布していない。また、*D. brachyurum* についても、8月には塩淡境界層に最高密度があったが、7月にはそれ以浅の4 mに極大があった。これらのことから今回の結果では、枝角類はその増加時期に塩淡境界層に分布するという特徴がより顕著に観察された。

本研究で*S. tenellus* については、発育段階毎の鉛直分布は異なっており、ノープリウスは表層あるいは水柱一様に分布する傾向があったが、6月のみノープリウスが6 mに多く分布した。この時、成体の分布は4 mに極大があった。*S. tenellus*は同種のノープリウス幼生を摂食する共食いの習性が飼育下で知られている（Hada 1991）。ノープリウスが6 mに分布したのは、同種間で共食いを避ける行動を示唆しているのかもしれない。成体を含みコペポダイトは概して、より深層に分布する傾向があった。成体は7月下旬（7月27日）から8月上旬（8月7日）には枝角類同様に、6～7 mの塩淡境界層に濃密に分布した。元田・石田（1949）によれば、ノープリウス幼生は観察していなかったが、コペポダイトも成体も概ね4 m以深に多く、特に成体は変水層（塩淡境界層）（8～10 m）に多く分布する傾向があったことを報告している。これらのことから、本研究で観察した*S. tenellus*の日中の鉛直分布の特徴は当時と変わらないものと考えられる。

本研究で観察された最大の特徴は、7月下旬から8月上

旬にかけて*B. longirostris*, *D. brachyurum* および*S. tenellus*の成体が顕著に塩淡境界層に分布したことである。元田・石田（1949）は*S. tenellus*が変水層に多いのは有機物の蓄積が多く、これを利用しているとの考えを示唆しているが、本研究のクロロフィルa量の結果では少なくとも植物プランクトンは多くない。また、透明度から推定して塩淡境界層には光はほとんど届いていないものと推察される。

甲殻類プランクトン3種が塩淡境界層に濃密に分布した7月下旬から8月上旬にかけては表層から約4 mまでは約20℃以上の水温があり、6～7 mでは約16～20℃であった。これら3種は表層の高水温環境を避けたことも考えられる。Hanazato and Yasuno（1985）は、*B. longirostris*と*D. brachyurum*を含む数種のミジンコ類を実験室内で15～30℃の5℃間隔で飼育した結果、*D. brachyurum*は30℃でよく成長し、*B. longirostris*は30℃では成長しなかったが、それ以下の温度では成長したことを報告している。網走湖で*D. brachyurum*は水温20℃以上で大增殖したことも観察されている（浅見1997）。また、水温5～30℃の間の6段階の水温での*S. tenellus*の成長速度はノープリウスもコペポダイトも水温の上昇とともに指数関数的に上昇することが知られている（Kimoto et al. 1986）。これらのことから、より低水温がこれらの種を塩淡境界層に分布させたことは考えにくい。

ところで、元田・石田（1950）は、網走湖の呼人湾の水深7 mの地点で、1974年8月24日午前5時から25日午前5時の一昼夜にわたり、1時間おきに水深0, 1, 2, 4, 6 mの各層からプランクトン定量採集器でプランクトンを採集し、*B. longirostris*, *D. brachyurum*, *S. tenellus*の日周鉛直移動を調べた。その結果、3種ともに朝方に6 mまで最も著しく下降し、また、午後は午前よりも分布層が浅くなった。夕刻暗くなったときには急激に上昇して夜間は水柱均等に分布した。そして、夜間の各種の採集量は日中のそれよりも極めて多かったため、日中は採集を行わなかった湖底直上に分布していると考えた。そして、この日周鉛直移動の要因として、光の刺激が関係し、朝方に光の刺激を受けるとこれを逃れ、夕刻、光の刺激から解放されると負の走地性を生じ、夜間になり暗黒が続くと走地性が消失して重力に無関係の分布をするかと考察している。光環境は動物プランクトンの日周鉛直移動のタイミングに影響する最も重要な環境要因として考えられている（斎藤 2002）。今回観察した塩淡境界層での3種の濃密な分布は光環境が関与しているかもしれないが、今後は日夜を通した観測が必要である。

さらに、石田（1951）は、網走湖呼人湾の水深が2 m前後の極く浅い水域で、1950年7月11日の午前6時から翌日の午前5時まで1時間おきに0 mと1 mからプランクトン

定量採集器で動物プランクトンを採集した結果, *S. tenellus*の成体とコペポダイトは夜間に表面で多く採集されたとしている。そして, その要因を光環境の他, 魚などの捕食者と被捕食者との関係から考察することの必要性を示唆している。湖沼の甲殻類プランクトンは捕食者から逃避するために鉛直的に分布水深を変化させることが多くの研究によって知られている (例えば, Zaret and Suffern 1976)。カナダ, プリチーシュコロンビアの湖沼域に分布する植食性枝角類*Bosmina*は, 視覚捕食者のいない湖沼では日周鉛直移動を行わないが, 視覚捕食者であるベニザケ稚魚等が表層に分布する環境では日周鉛直移動を行う (Levy 1990)。網走湖において, これら甲殻類プランクトンの重要な捕食者はワカサギである。ワカサギは春季から夏季にかけて仔魚から稚魚となり, 餌生物をこれまでの輪虫類から枝角類やカイアシ類の甲殻類プランクトンへとシフトさせ, 急激に成長する (浅見 2004)。浅見・伊藤 (2003) は, 網走湖において*S. tenellus*の個体群動態を調べた結果, 夏季8月以降, 後期コペポダイトと成体の死亡速度が大きくなることを明らかにし, この要因をワカサギによる捕食と考えた。このことから, 夏季のこれら甲殻類プランクトンの顕著な塩淡境界層での分布は, ワカサギの捕食から逃避した可能性も考えられる。元田・石田 (1950) が観察したように, これら3種は日周鉛直移動を行い, ワカサギは甲殻類プランクトンの浮上や下降のタイミングに遭遇することによってこれらを捕食しているのかもしれない。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 調査に御協力をいただいた西網走漁業協同組合の佐々木昇常務, 川尻敏文参事, 他職員の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 浅見大樹. 網走湖における動物プランクトンの季節変動および年変動. 北海道立水産孵化場研究報告 1997 ; 51 : 31-43.
- 浅見大樹・伊藤和雄. 網走湖におけるカイアシ類 *Sinocalanus tenellus* (Kikuchi)の個体群動態と生産量の見積もり. 日本プランクトン学会報, 2003 50(2) : 67-78.
- 浅見大樹. 網走湖産ワカサギの初期生活に関する生態学的研究. 北海道立水産試験場研究報告 2004 ; 67 : 1-79.
- 浅見大樹. 網走湖における動物プランクトン優占種の出現状況. 北海道水産試験場研究報告 2023 ; 103 : 1-8.
- 安楽正照. プランクトン研究ノート (1) 動物プランクトンの微細分布 <研究の歴史>. 海洋と生物 1979 ; 1 (5) : 66-72.
- Hada A. Effect of cannibalism on the laboratory cultured population of the brackish-water copepod *Sinocalanus tenellus*. *Bull. Plankton Soc. Japan*. 1991 ; 38(1) : 43-52
- Hanazato T, Yasuno M. Effect of temperature in the laboratory studies on growth, egg development and first parturition of five species of Cladocera. *Jpn. J. Limnol.* 1985 ; 46 : 185-191.
- 石田昭夫. 湖沼甲殻類プランクトンの定量採集と水平分布についての二三の観察. 水産孵化場試験報告 1951 ; 6 : 181-190.
- 石田昭夫. 網走湖の研究 浅い湾内での甲殻類プランクトンの昼夜移動の観察. 水産孵化場報告1952;7: 127-131.
- Kimoto K, Uye S, Onbe T. Growth characteristics of a brackish-water calanoid copepod *Sinocalanus tenellus* in relation to temperature and salinity. *Bull. Plankton Soc. Japan*. 1986 ; 33(1) : 43-57.
- Levy, D. A. Reciprocal diel vertical migration behavior in planktivores and zooplankton in British Columbia lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1990 ; 47, 1755-1764.
- 元田茂. 動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について. 日本海洋学会誌 1972 ; 28, 278-292.
- 元田茂, 石田昭夫. 網走湖の研究特にプランクトン層に就いて (第二報). 水産孵化場試験報告1949 ; 4 : 1-9.
- 元田茂, 石田昭夫. 夏季網走湖に於ける甲殻類プランクトンの昼夜垂直移動の観察. 水産孵化場試験報告 1950 ; 5 : 105-112.
- 中尾欽四郎. 網走湖の湖環境変遷. 北海道の自然 1984 ; 24 : 30-40.
- 大槻知寛, 多田匡秀. 網走湖の環境について. 北水試だより1984 ; 23 : 1-8.
- 斎藤宏明. 特集 海産生物の行動と周期性 動物プランクトンの日周鉛直移動の適応意義 海洋と生物 2002;143 (vol. 24 no. 6) : 499-504.
- 鳥澤雅. 網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構. 北海道立水産試験場研究報告 1999;56:1-117.
- Zaret TM, Suffern JS. Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnol. Oceanogr.* 1976 ; 21 : 804-813.

Appendix 1 Seasonal and vertical values of water temperature, salinity, dissolved oxygen and chlorophyll *a* concentration at St. 9 from June to November 2017

W.T. (°C)

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	19.2	22.4	24.3	22.9	22.6	19.4	11.5	6.5
2	17.4	22.3	22.9	22.8	22.0	19.4	11.4	6.5
4	16.3	21.6	22.5	22.5	21.9	19.3	11.3	6.5
6	15.1	17.4	19.2	20.1	19.8	19.1	11.3	6.5
7	15.1	14.8	16.1	17.0	16.7	17.0	14.1	6.5
8	9.5	10.3	12.4	12.2	12.3	12.3	12.4	9.9

Salinity

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.8	0.6	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.6
2	0.9	0.6	0.7	0.6	0.8	1.1	1.2	1.6
4	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.6
6	0.7	1.3	1.6	1.3	3.7	1.2	1.2	1.6
7	5.9	11.1	12.9	7.3	14.3	13.1	14.8	1.6
8	17.3	17.1	16.9	17.1	17.6	17.7	17.7	16.8

DO (mg/L)

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	12.3	9.1	15.9	8.3	12.2	9.2	12.3	12.4
2	12.3	8.8	14.4	9.3	10.9	9.2	12.3	12.4
4	9.9	8.6	11.8	8.3	9.9	9.0	12.1	12.4
6	9.0	6.4	8.2	2.5	7.1	8.9	11.9	12.4
7	7.5	3.1	3.8	0.3	1.5	5.1	8.0	12.3
8	2.0	0.9	1.4	0.0	0.4	1.7	2.3	8.9

Chl.a (µg/L)

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	29.6	41.8	177.0	No data	101.0	32.2	40.3	21.3
2	14.3	39.4	109.0	NO data	92.3	32.8	45.3	27.8
4	18.3	44.3	70.1	NO data	61.7	30.9	48.8	20.7
6	13.9	29.6	28.6	NO data	47.3	29.1	49.5	21.7
7	12.6	10.6	26.6	NO data	31.7	31.8	39.5	21.6

Appendix 2 Seasonal and vertical abundance of *Bosmina longirostris* and *Diaphanosoma brachyurum* at St. 9 from June to November 2017***Bosmina longirostris* ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.02	0.68	0.12	4.34	0.09	1.93	0.43	0.17
2	0.04	0.94	0.40	3.21	0.02	1.97	0.45	0.16
4	0.02	1.10	2.31	5.91	0.84	1.94	0.59	0.17
6	0.02	0.70	5.06	7.78	1.76	2.07	0.40	0.11
7	0.06	0.30	3.38	5.32	1.14	4.84	0.41	0.19

***Diaphanosoma brachyurum* ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.00	0.02	0.02	0.57	0.00	0.01	0.00	0.00
2	0.00	0.08	0.37	2.89	0.00	0.03	0.00	0.00
4	0.02	0.16	1.51	3.93	0.00	0.08	0.00	0.00
6	0.00	0.12	4.04	9.18	0.02	0.06	0.00	0.00
7	0.02	0.04	4.58	5.38	0.00	0.18	0.00	0.00

Appendix 3 Seasonal and vertical abundance of nauplii, C1-3 copepodites, C4-5 copepodites and C6 (adults) at St. 9 from June to November 2017

***Sinocalanus tenellus* nauplii ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.54	1.80	1.65	0.30	2.47	6.05	1.51	0.01
2	0.74	0.50	1.37	0.13	1.54	5.77	1.53	0.03
4	1.70	0.14	0.42	0.01	1.72	5.98	2.30	0.04
6	2.60	0.12	0.04	0.04	0.40	4.57	1.48	0.04
7	0.68	0.02	0.07	0.00	0.16	2.39	0.93	0.05

***S. tenellus* copepodite C1-3 ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.00	0.04	0.13	0.01	0.06	0.53	0.13	0.27
2	0.04	0.12	0.21	0.42	0.27	0.81	0.26	0.31
4	1.28	0.30	0.61	0.24	1.50	1.35	1.66	0.43
6	2.20	0.12	0.31	0.20	0.76	1.69	2.24	0.29
7	1.08	0.00	0.32	0.04	0.56	1.32	1.68	0.43

***S. tenellus* copepodite C4-5 ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.02	0.01	0.12
2	0.34	0.02	0.08	0.28	0.00	0.07	0.02	0.13
4	2.10	0.18	0.43	0.35	0.40	0.19	0.70	0.28
6	0.76	0.12	0.36	0.54	0.64	0.42	0.74	0.16
7	0.44	0.18	0.31	0.28	0.44	0.64	0.42	0.22

***S. tenellus* C6 ($\times 10^4$ inds./m³)**

Depth (m)	June 29	July 18	July 27	Aug. 7	Aug. 28	Sep. 13	Oct 19	Nov. 15
0	0.05	0.02	0.94	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20
2	6.54	2.04	0.70	0.64	0.02	0.11	0.04	0.33
4	8.02	3.86	4.72	1.42	1.04	1.01	0.81	2.32
6	3.44	2.86	4.93	9.96	0.70	2.14	0.60	1.87
7	0.52	1.16	8.52	10.26	0.78	2.56	0.47	1.93

後志地区で漁獲されるホッケの脂質含量の季節変化および魚体長や肥満度との関係

板谷和彦^{*1}, 辻 浩司², 成田正直³, 蛸谷幸司⁴

¹北海道立総合研究機構函館水産試験場, ²北海道立総合研究機構中央水産試験場,

³国立研究開発法人産業技術総合研究所, 元北海道立総合研究機構中央水産試験場,

⁴北海道立総合研究機構釧路水産試験場

Seasonal changes in lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) captured in Shiribeshi area and their relationship with the body length and condition factors

KAZUHIKO ITAYA¹, KOHJI TSUJI², MASANAO NARITA³ and KOHJI EBITANI⁴

¹ Hakodate Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido 040-0051*

² Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido, 046-8555*

³ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, *Koriyama, Fukushima, 963-0298*

⁴ Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido, 085-0027, Japan*

Seasonal changes in the lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) captured in Shiribeshi area were examined. Lipid content was higher in males than in females in all months. And lipid content was low in winter, increased in spring, peaked in summer, and then rapidly decreased in females, but remained high in males until October. In addition, lipid content was correlated with the condition factor, and it was thought that the lipid decreased as maturation progressed. Lipid content of large fish (body length more than 320 mm) that thought to be more than 3 years old tend to be lower than that of smaller ones. Therefore, to catch high-lipid fish, it is important to target aged-one or -two fish from May to July for females and from May to October for males.

キーワード：季節変化, 脂質, 雌雄差, 体長, 肥満度, ホッケ

北海道周辺のオホーツク海から道央日本海にかけて分布するホッケ (*Pleurogrammus azonus*) の道北群の漁獲量は, 1985年の3.7万トンから増加して1998年には20万トンに達した (Fig.1)。その後の漁獲量は, 2008年までは10万トン以上を維持してきたが, 2009年以降大きく減少し2015年には1.6万トンにまで低下した。2020年時点では3.0万トンとやや回復している。これは2012年の秋から北海道が取り組んできた資源管理の効果とされている (森田ら, 2021; 板谷ら, 2021)。

水揚げ金額は1990年以降長期間にわたり40億円前後で推移し, 漁獲量が20.6万トンと最高値となった1998年においても49億円に留まっている。その後, 漁獲量は減少するが水揚げ金額の変動は小さく40億円前後を維持し,

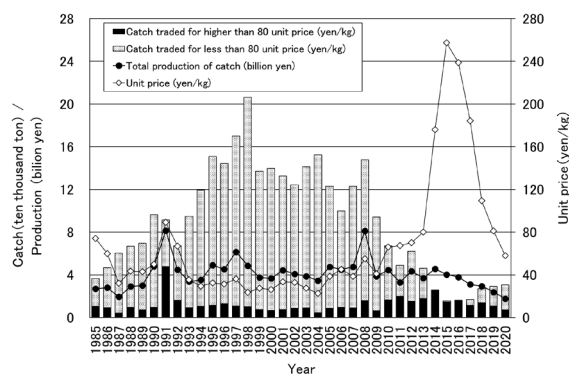


Fig.1 Catch of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) in the Sea of Japan and Sea of Okhotsk divided by traded values (higher or less than 80 yen/ kg), production of catch and average unit price.

漁獲量が1.6万トンと1998年の10分の1以下にまで減少した2015年でも40億円であった。

漁獲量を取り扱い単価別にみると、80円/kg以上で取引された数量は1991年を除けばどの年も1万トン前後で推移し、漁獲量が多かった時代はそのほとんどが80円/kg以下で取引されていた。単価80円/kg以下で取引された漁獲物の大部分はすり身原料として加工市場に供給され、この背景には200海里排他的経済水域設定によるスケトウダラ漁獲の減少が影響したと考えられている（廣吉・甫喜本，2008）。

2010年以降は漁獲量の減少にともない単価80円/kg以下で取引された数量は減少し、2014年にはついに皆無となった。漁獲量全体の平均単価は2010年以降上昇し、2015年には257円/kgと高騰し、ホッケを扱う加工業界では原材料確保の面では苦難を強いられたと考えられる。その後の平均単価は2016-2019年の4年間で239円/kgから81円

/kgに急落した。一方、2020年の漁獲量は2015年の2倍にまで回復したが、平均単価は58円/kgに留まり水揚げ金額は減少した。近年の平均単価が下落した理由として、漁獲量が激減し単価が急騰した2014-2017年の間に、ホッケに対する需要が低下してしまった可能性がある。このことは、北海道のホッケ資源の管理や漁業の将来計画を策定する上で、需要喚起や流通を支える対策も重要であることを示している。

ホッケのすり身以外の加工品として開き干しがあるが、北海道産ホッケに代わりキタノホッケ（シマホッケ）がアラスカやロシアから輸入され加工品原料として席卷してきた（廣吉・甫喜本，2008）。キタノホッケは現地でドレス加工された上で冷凍原料として輸入される。この流通形態は国内における生鮮流通より供給量が安定するため、キタノホッケは加工原料としての優位性が高い。これに対し、北海道産のホッケは様々な地区、漁法、季節

Table 1 Lipid content, body length, sampling date, and number of female arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) collected in sampling areas and fishing gears

Sampling date	Sampling area	Fishing gear	Female Number	Body length(mm)			Lipid content(%)			
				Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	SD
2019/4/1	Otaru	Danish Seine	10	275	- 375	311	1.3	- 5.1	2.4	1.1
2019/4/4	Shimamaki	Bottom setnet	4	279	- 284	282	2.0	- 4.8	3.7	1.1
2019/5/15	Otaru	Danish Seine	8	281	- 313	294	3.0	- 10.0	6.2	2.2
2019/5/16	Iwanai	Bottom setnet	16	212	- 312	257	1.4	- 10.0	6.4	2.5
2019/5/27	Furubira	Gill net	8	297	- 322	306	5.3	- 12.6	7.8	2.3
2019/7/11	Shakotan	Gill net	24	270	- 339	304	3.8	- 11.0	7.4	1.9
2019/10/7	Furubira	Gill net	24	285	- 351	309	1.0	- 8.1	4.2	1.7
2019/10/17	Otaru	Danish Seine	8	286	- 320	302	0.3	- 4.3	2.3	1.2
2019/11/22	Suttsu	Bottom setnet	8	275	- 308	295	0.5	- 6.5	1.8	1.9
2019/11/26	Otaru	Danish Seine	16	186	- 347	252	0.0	- 6.9	1.7	1.7
2020/1/13	Otaru	Danish Seine	16	192	- 341	250	0.2	- 3.4	1.2	1.0
2020/2/13	Iwanai	Gill net	8	270	- 326	303	0.1	- 2.5	1.3	0.8
2020/2/26	Otaru	Danish Seine	8	282	- 306	298	0.0	- 2.1	0.7	0.7
2020/3/26	Suttsu	Bottom setnet	8	256	- 310	286	0.4	- 5.0	3.1	1.4
2020/5/7	Otaru	Danish Seine	16	196	- 366	270	1.9	- 9.7	5.4	2.3
2020/5/15	Shimamaki	Bottom setnet	8	301	- 336	314	0.2	- 6.3	3.8	1.7
2020/5/28	Furubira	Gill net	16	313	- 350	327	2.5	- 9.9	6.8	2.2
2020/6/8	Yoichi	Gill net	16	282	- 345	317	2.8	- 8.9	5.6	2.2
2020/6/23	Yoichi	Gill net	16	293	- 331	318	3.1	- 9.1	5.8	1.5
2020/7/9	Yoichi	Gill net	24	290	- 334	311	3.9	- 8.9	6.4	1.3
2020/7/20	Yoichi	Gill net	16	301	- 344	318	2.8	- 7.5	5.2	1.2
2020/8/4	Yoichi	Gill net	16	307	- 336	320	2.5	- 8.2	5.1	1.6
2020/8/19	Yoichi	Gill net	16	294	- 349	319	2.6	- 10.5	5.9	2.0
2020/9/1	Yoichi	Gill net	16	296	- 356	321	1.6	- 7.4	4.9	1.7
2020/9/16	Yoichi	Gill net	16	306	- 341	321	1.3	- 5.8	3.9	1.4
2020/9/17	Otaru	Danish Seine	8	307	- 334	322	2.5	- 10.3	6.1	2.9
2020/10/1	Yoichi	Gill net	16	303	- 351	318	0.6	- 9.1	3.2	1.8
2020/10/13	Yoichi	Gill net	16	305	- 347	321	0.7	- 4.0	2.5	1.0
2020/10/20	Otaru	Danish Seine	8	301	- 335	314	0.4	- 3.2	2.0	0.8
2020/11/3	Yoichi	Gill net	16	310	- 341	323	0.2	- 4.6	1.8	1.2
2020/11/12	Suttsu	Bottom setnet	8	298	- 324	315	0.7	- 5.1	2.1	1.3
2020/11/19	Shimamaki	Bottom setnet	8	290	- 325	307	0.2	- 2.3	1.4	0.7
2020/12/9	Suttsu	Bottom setnet	8	283	- 328	308	0.1	- 1.5	0.6	0.4
Total			430	186	- 375	305	0.0	12.6	4.3	2.7

Table 2 Lipid content, body length, sampling date, and number of male arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) collected in sampling areas and fishing gears

Sampling date	Sampling area	Fishing gear	Male	Body length(mm)			Lipid content(%)			
			Number	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	SD
2019/4/1	Otaru	Danish Seine	8	275	348	309	0.4	12.0	4.4	3.4
2019/4/4	Shimamaki	Bottom setnet	4	266	286	274	2.5	6.4	4.0	1.5
2019/5/15	Otaru	Danish Seine	8	268	301	285	2.4	11.9	8.0	2.5
2019/5/16	Iwanai	Bottom setnet	16	209	295	255	1.5	10.4	6.0	2.3
2019/5/27	Furubira	Gill net	8	291	322	299	5.5	13.7	9.8	2.9
2019/7/11	Shakotan	Gill net	24	268	323	295	5.6	12.7	9.2	1.8
2019/10/7	Furubira	Gill net	26	272	316	293	4.9	12.0	7.5	2.0
2019/10/17	Otaru	Danish Seine	8	278	296	285	2.4	7.5	5.1	1.4
2019/11/22	Suttsu	Bottom setnet	8	256	284	271	0.4	6.4	3.0	1.7
2019/11/26	Otaru	Danish Seine	16	181	296	245	0.9	11.5	5.0	3.1
2020/1/13	Otaru	Danish Seine	16	180	302	235	0.6	7.7	3.0	2.1
2020/2/13	Iwanai	Gill net	8	273	312	297	0.4	5.6	2.2	1.5
2020/2/26	Otaru	Danish Seine	8	265	301	281	0.3	9.3	4.6	2.7
2020/3/26	Suttsu	Bottom setnet	8	265	305	283	1.6	9.7	4.9	2.9
2020/5/7	Otaru	Danish Seine	16	209	316	260	2.8	10.1	6.2	1.5
2020/5/15	Shimamaki	Bottom setnet	8	291	325	312	0.4	10.6	5.8	3.5
2020/5/28	Furubira	Gill net	9	290	315	306	6.7	13.1	10.5	1.7
2020/6/8	Yoichi	Gill net	16	285	326	304	5.6	11.0	8.6	2.2
2020/6/23	Yoichi	Gill net	16	291	326	308	3.6	11.1	7.7	2.1
2020/7/9	Yoichi	Gill net	24	282	320	300	3.1	13.0	8.7	2.5
2020/7/20	Yoichi	Gill net	16	294	326	310	6.1	11.3	8.9	1.5
2020/8/4	Yoichi	Gill net	16	296	323	308	4.3	12.9	8.6	2.4
2020/8/19	Yoichi	Gill net	16	291	331	311	4.1	12.4	7.4	2.3
2020/9/1	Yoichi	Gill net	16	291	333	309	4.4	13.5	8.4	2.2
2020/9/16	Yoichi	Gill net	16	292	337	307	3.4	9.9	7.0	2.1
2020/9/17	Otaru	Danish Seine	8	293	312	302	2.5	12.4	7.1	2.6
2020/10/1	Yoichi	Gill net	16	291	331	310	1.3	8.5	4.8	2.1
2020/10/13	Yoichi	Gill net	16	294	332	312	3.8	11.4	7.2	1.9
2020/10/20	Otaru	Danish Seine	8	261	298	282	0.7	4.4	2.5	1.3
2020/11/3	Yoichi	Gill net	2	290	302	296	2.1	3.6	2.9	0.8
2020/11/12	Suttsu	Bottom setnet	8	271	306	292	1.1	6.2	3.0	1.5
2020/11/19	Shimamaki	Bottom setnet	8	260	291	279	2.2	6.0	3.8	1.1
2020/12/9	Suttsu	Bottom setnet	8	281	302	289	0.7	3.2	1.3	0.8
Total			409	180	348	291	0.3	13.7	6.5	3.1

において漁獲され、各産地市場を通じて主に鮮魚で流通するため、キタノホッケより流通量が安定しない。また、年間を通じて漁獲されることで季節による肉質の変化という面でもキタノホッケよりも品質の安定性に劣ると考えられる。しかしながら、北海道産のホッケは水揚げ地区によっては知名度が高く（辻，2005）、高単価を保ったまま全国展開できると考えられる。

ホッケ一夜干しの美味しさを決める最も強い要因として宮崎ら（2014）は官能評価試験から脂の乗りを挙げており、加工業界の現場からは脂の乗ったホッケの安定供給が求められている。これまで、日本海におけるホッケの季節による成分変化についての報告はあるが（小野塚，1980）、月ごとの標本数が少なく魚体サイズが季節により大きく異なるため、魚体サイズと成分との関係は分析されていない。また、40年以上を経過した知見であり、現

在までの海洋環境や資源状態の変化により栄養蓄積や産卵期が変化していることも想定されるため、新たに調べる必要がある。

そこで本研究では、漁獲の主産地のひとつである後志地区で漁獲されたホッケについて、様々な時期やサイズの脂質含量を調べ、脂質含量が雌雄、体長、肥満度および成熟状態とどのように関係しているのかを明らかにし、加工向け原料としての利用拡大を目指した漁業再編のための検討資料とすることを目的とした。

試料及び方法

脂質分析には、2019年4月から2020年12月にかけて後志管内で沖合底びき網（小樽地区）、刺し網（余市地区、古平地区、積丹地区）、底建網（岩内地区、寿都地区、島牧

地区)により漁獲されたホッケを標本とした (Table 1, 2)。これらの内訳は、雌430個体、雄409個体であった。毎月1回程度の標本調査を基本とし、脂質含量上昇のピークの詳細を把握するために、2020年には5-11月には月に2回の頻度で実施した。漁獲日もしくは翌日に生鮮状態で魚体測定した。測定項目は体重 (g)、体長 (mm)、生殖腺重量 (g)、および内臓除去重量 (g) とした。魚体測定後に各銘柄から雌雄各8個体を抽出し、各々を脂質含量の測定に用いた。脂質含量は魚体背側の可食部より試料を採取し、ソックスレー抽出器 (前田, 1975) により測定した。すなわち、採取した試料に無水硫酸ナトリウムを加えて脱水した後、これを円筒ろ紙に充填しソックスレー抽出器に挿入してジエチルエーテルにより脂質を抽出・回収した。

脂質含量について肥満度との関係を雌雄別に分析した。魚体の肥満度CFは、摂餌した胃内容物重量や生殖腺重量の影響を受けないように、内臓を除去した体重EBWと体長BLをもとに下記の式で計算した。

$$CF = EBW / BL^3 \quad (1)$$

成熟状態と脂質含量の関係をみるために、生殖腺の発達状況を確認した。魚類では一般的に生殖腺発達状況や生殖周期をみるための熟度指数として、生殖腺重量GWを内臓除去重量EBWで除した生殖腺指数GSIが用いられる (隆島・羽生, 1989)。本研究でも同様に下記の式でGSIを求めた。

$$GSI = GW / EBW \quad (2)$$

結 果

脂質含量および肥満度の月別変化 脂質含量の月別変化を雌雄別にFig. 2に示した。脂質含量は雌では0.0-12.6%、雄では0.3-13.7%の範囲の値となり、雌雄すべての標本の中央値は5.3%であった。脂質含量を月別に見ると、1月と2月には雌雄ともに中央値は4%未満と低いが、雄では変動の範囲が雌よりも広い。3月と4月には雌雄ともに上昇しはじめ、5月には雌雄ともにそれぞれの中央値は全体の中央値 (5.3%) を超えた。その後、雌雄ともに7月がピークとなり、雌では8月以降に低下傾向を示したが、雄では10月まで高い値を維持し11月から大きく低下した。雌雄とも11月には脂質含量の中央値は4%を下まわるようになり、12月には雌が0.6%、雄が0.9%と最も低い値となった。雌雄で比較すると、全体的に雄のほうが雌よりも高い値で推移し、月別の平均値は3月を除いて雄のほうが有意に高かった (t 検定, $p < 0.05$)。

肥満度の月別変化をFig. 3に示した。肥満度は雌では

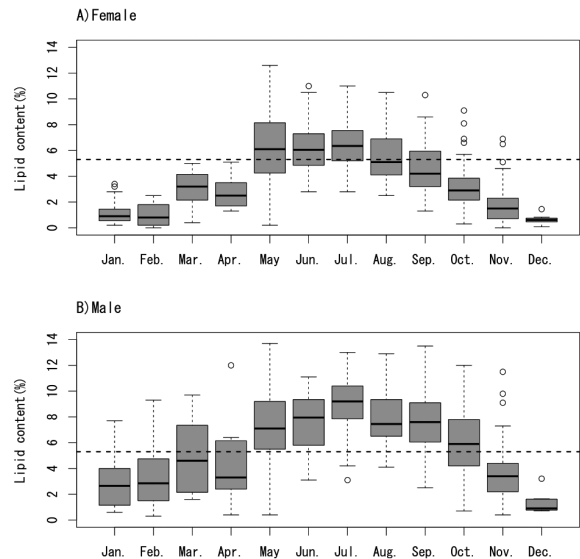


Fig. 2 Monthly change of lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) collected from April 2019 to December 2020. The upper and lower lines of box indicate 75 and 25 % of the data, respectively, and whiskers indicate minimum and maximum points of each group. The bold line in the box shows the median value of the data. Circles indicate outliers. The dotted lines indicate 5.3%, which is the median of all lipid data.

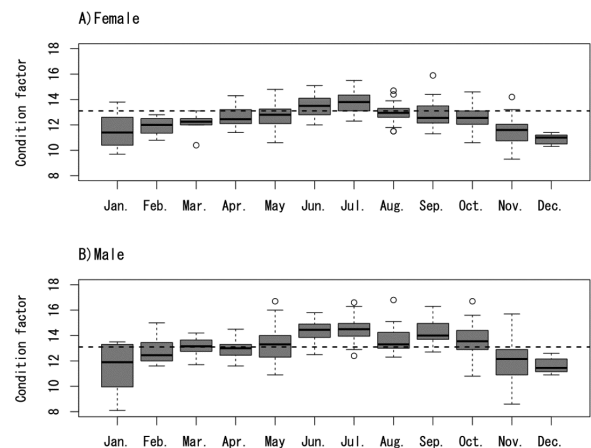


Fig. 3 Monthly change of condition factor of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) collected from April 2019 to December 2020. The upper and lower lines of box indicate 75 and 25 % of the data, respectively, and whiskers indicate minimum and maximum points of each group. The bold line in the box shows the median value of data. Circles indicate outliers. The dotted lines indicate 13.0, which is the median of all condition factor data.

9.3-15.9、雄では8.1-16.8の範囲の値となり、雌雄込みのすべての標本の中央値は13.1であった。肥満度は、雌よりも雄が年間を通じて高く、脂質含量と類似した季節変

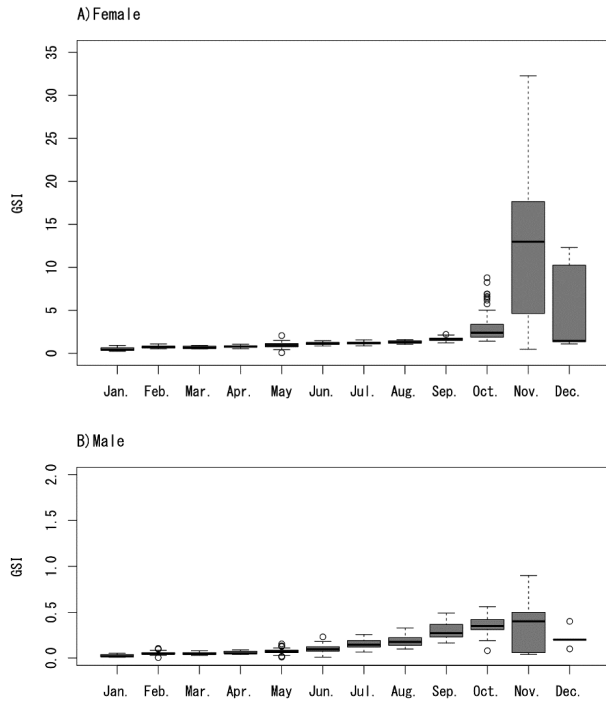


Fig.4 Gonad somatic indices (GSI) of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) by month. The box indicates 75 and 25 %, and whiskers indicate minimum and maximum points of each group. The bold line in the box shows the median value of the data. Circles indicate outliers.

化を示した。1月と2月の肥満度は雌雄ともに低く、夏にかけて上昇した。雌では7月にピークを示してから徐々に低下、雄では10月まで高い値を維持したのち低下した。

測定標本の雌雄別の生殖腺指数の推移をFig.4に示した。生殖腺指数の中央値は雌雄ともに5月までは低い値であった（雌：1.0、雄0.1）。雌雄ともに6-9月にかけて緩やかに上昇した後、雌では10月以降急激に上昇し、11月に中央値がピーク（13.0）に達した。雄では10月以降も緩やかな上昇を示し、11月に中央値がピーク（0.4）となった。

体長と脂質含量との関係 体長と脂質含量との関係について雌雄別に2ヶ月ごとにFig.5に示した。ここで、点の分布の特徴から体長180-220 mmと260 mm以上の二群がみとれるが、前者は1-4月では1歳のいわゆる「ローンクボッケ」と5月以降では「春ボッケ」、11月以降では0歳にあたる小型群、後者は1-6月では主に2歳以上、7月以降では1歳および2歳以上にあたる中・大型群に相当する（高嶋，2016）。前者の小型群は1-4月には脂質含量が5.3%以下の個体がほとんどだが、5月以降は上昇し5.3%を超える個体が現れた。

ここで、開き干しの原料として需要があると考えられる体長260 mm以上の中・大型群に絞り、年間を通じて雌雄区別せずに体長と脂質含量との関係をみたところ有意

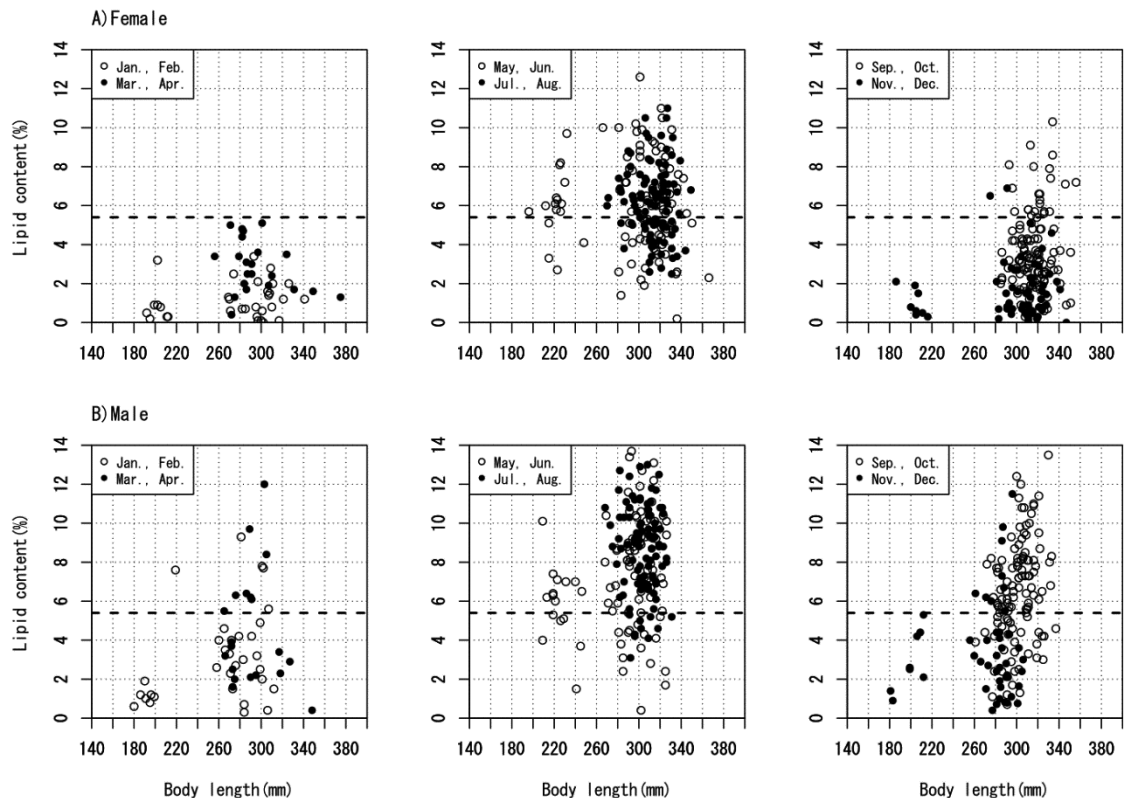


Fig.5 Relationship between body length and lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) for each month. The dotted lines indicate 5.3%, which is the median of all lipid data.

な相関はみられなかった ($p > 0.05$)。Fig. 5のうち、脂質含量が高くなる5-8月に絞り込んでも、体長と脂質含量との有意な相関はみられず、体長300 mm付近で脂質含量が高い個体が多くみえる。そこで、5-8月の標本について体長階級別の脂質含量と、すべての標本の中央値である5.3%を上回る個体数の割合をTable 3にまとめた。体長階級260-290, 290-320 mmでの脂質含量は最大値が12.7%, 13.7%, 平均値が7.3%, 7.4%, 脂質含量が5.3%を超えた個体の割合は82%, 78%となり、他の階級よりも高い値

Table 3 Summary of lipid contents of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) and percentage of individuals above the median of lipid content of all samples (5.3%) by length class collected from May to August

Body length class (mm)	Lipid content (%)			Number of fish for each lipid class		Percentage of individuals above 5.3%
	min	max	mean	<5.3%	5.3%<	
<200	5.7	5.7	5.7		1	100%
200-230	2.7	10.1	6.0	6	17	74%
230-260	1.5	9.7	5.8	3	5	63%
260-290	1.4	12.7	7.3	9	40	82%
290-320	0.4	13.7	7.4	49	172	78%
320-350	0.2	11.0	6.6	30	59	66%
350<	2.3	5.1	3.7	2		0%

を示した。体長320 mm以上では脂質含量が5.3%を超える個体の割合66%となり、体長350 mm以上では、標本数が2個体と少ないが脂質含量はそれぞれ2.3%と5.1%と低い値となり、5.3%を超えることはなかった。

肥満度と脂質含量との関係 肥満度と脂質含量との関係について雌雄別にFig. 6に示した。雌雄ごとに全期間をまとめた場合、肥満度と脂質含量の間には、それぞれ有意な正の相関があった(雌: $p < 0.05$, $r = 0.60$, 雄: $p < 0.05$, $r = 0.67$)。また、2ヶ月ごとに分けた場合では雄の5-6月を除いて両者には有意な正の相関がみられた($p < 0.05$)。2か月ごとの推移をみると、1月と2月は雌では肥満度が13.1未満かつ脂質含量が5.3%未満の個体がほとんどだったが、雄では肥満度が低くても脂質含量が5.3%より高い個体がいくつかみられた。3月以降、雌雄とも肥満度、脂質含量の双方が増加し、7月と8月では雌に比べて雄では肥満度、脂質含量ともに高く、ほとんどの個体で肥満度が13.1以上かつ脂質含量が5.3%以上となった。この後、9月と10月には、雄に比べて雌では肥満度、脂質含量ともに低くなり、11月と12月になると雌雄ともにほとんどの個体で1月と2月と同様に肥満度が13.1以下、脂質含量が5.3%以下の低い値となった。しかし、雄では11月と12月においても一部で高肥満度かつ高脂質含量の個体もみられた。

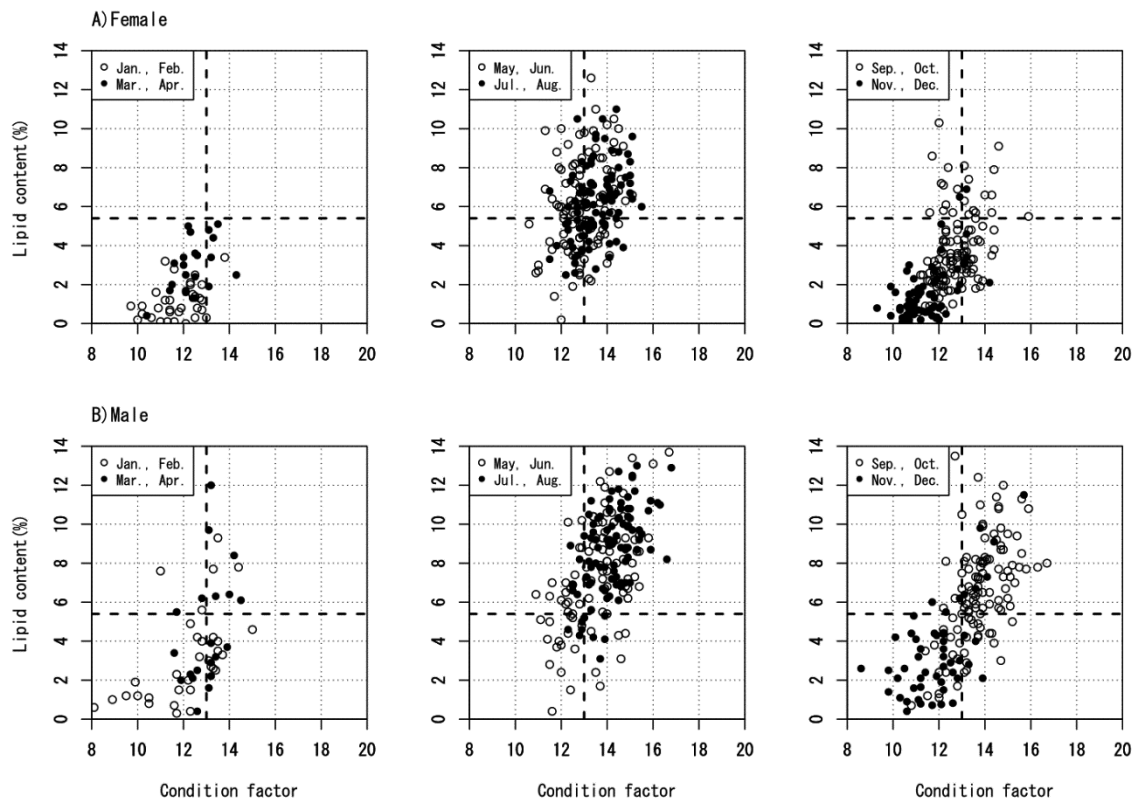


Fig. 6 Relationship between condition factor and lipid content of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) for each month. The vertical and the horizontal dotted lines indicate the median of the condition factors and lipid contents, respectively.

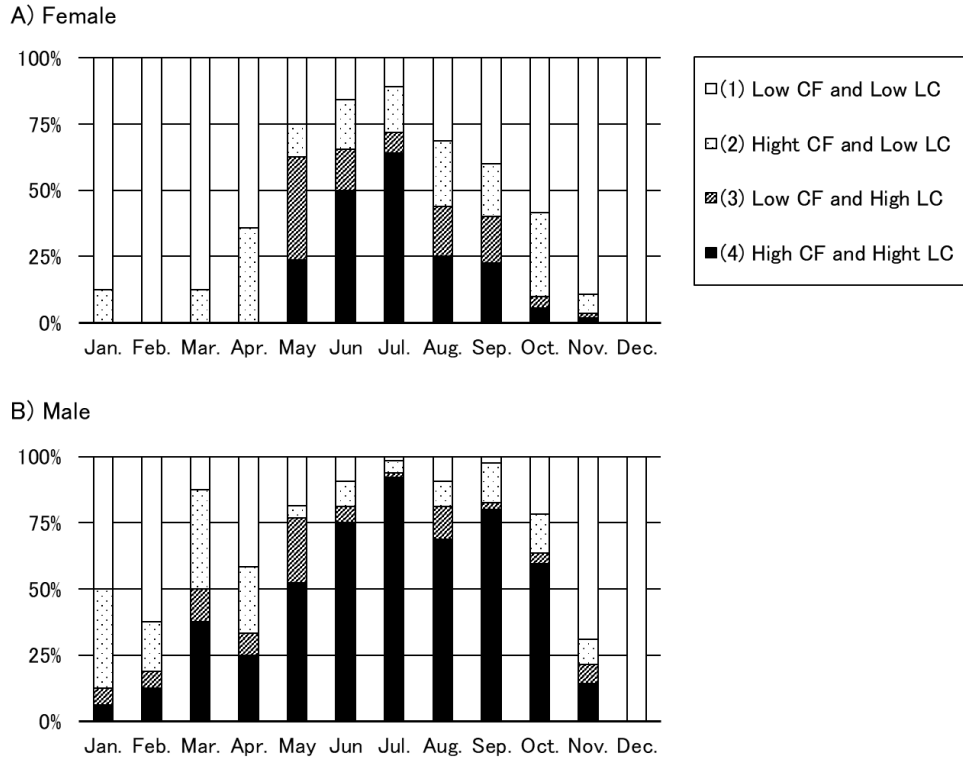


Fig.7 Monthly changes in category percentages classified by the median of lipid content and condition factor of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*). Classified into the following four categories, (1) low CF (condition factor) and low LC (lipid content), (2) high CF and low LC, (3) low CF and high LC, (4) high CF and high LC.

Fig.6の散布図について肥満度の中央値13.1と脂質含量の中央値5.3%で4つの象限に区切り、それぞれに分布する個体の割合を雌雄別、月別に集計してFig.7に示した。左下の象限を(1)低肥満度・低脂質、右下を(2)高肥満度・低脂質、左上を(3)低肥満度・高脂質、右上を(4)高肥満度・高脂質とした。

雌では1-4月には(3)と(4)の高脂質の割合は0%であった。(3)と(4)を足し合わせた割合が50%を超えた期間は5月から7月まで3か月間であり、8月には40%以下となり、10月以降は10%に満たないまでに低下した。12月には(4)の個体は見られなかった。

雄では12月を除く周年で(4)の個体は観察され、3月には(4)の個体の割合は25%に達した。5月には(4)の割合は顕著に増加しピークの7月には92%に達した。(3)と(4)を足し合わせた割合が50%となる高脂質の割合が高い期間は6か月間と雌よりも長くなった。12月の分類がすべて(1)となったが、これは12月の標本調査は産卵場近隣での漁獲物だったことが原因と考えられる。

考 察

本研究により、後志管内で漁獲されたホッケの脂質含

量の特徴として、年間を通じて雌よりも雄のほうが高いこと、冬に低く春に上昇、夏の7月にピークとなり、その後は雌ではすぐに低下、雄では10月にかけて維持したのち、11月に低下する明確な雌雄別の季節特性があることがわかった。

脂質含量の月別変化と肥満度や生殖腺指数の推移を見比べると、雌の生殖腺指数が増加した10月には脂質含量と肥満度が低下したことから、脂質の季節変化は成熟の進行に大きく関係していると考えられる。多くの魚類では成熟の進行にともなって脂質を卵巣に移行することが知られている(隆島, 1974)。ホッケでは8月には卵母細胞における卵黄形成が開始されるため(Takashima *et al.*, 2016)、この時期から卵巣への栄養分の供給が顕著になることで雌の脂質含量が低下しはじめたと考えられる。近年の後志海域のホッケの産卵期は11月初旬から12月初旬と観察されており(坂口ら, 2022)、雌では産卵期の3ヶ月前から卵形成にともなって筋肉内の脂質を卵巣に移行すると考えられる。

一方で、雄では10月まで比較的高い脂質含量を維持していた。これは、ホッケの雄ではGSIは雌に比べて小さく(Fig.4)、精巣の発達に雌ほど栄養分を必要としないと考えられる。その結果、産卵期近くまで脂質の状態で

エネルギーが蓄積され、それらが産卵期のなわばり争いや、生み出された卵を孵化まで護る生態 (Munchara and Markevich, 2003) に貢献していると考えられる。ホッケ仔魚の孵化は近年の道北海域では12月頃から始まり1月がピークとされている (鈴木ら, 2016)。雄は成熟期の脂質の消費を抑えることで、2か月前後に及ぶ卵保護行動により消費されるエネルギー源として脂質を利用しているのであろう。一方、1月でも雄では脂質含量が6%を超える個体が確認された。これは、何らかの理由で繁殖行動に参加しなかった雄については、蓄積した脂質の消費が相対的に少ないことにより冬でも高い脂質含量を保つためと考えられる。

5-8月の標本において体長と脂質含量の間に正の相関が見られず、体長260-320 mmといった中型の魚体で脂質含量が高くなった。この体長範囲のホッケは年齢と成長式 (高嶋ら, 2013) から判断すると2歳を主体に3歳以上で構成されることが考えられる。また、成長式には雌雄差があり雌のほうが大きくなることから (高嶋ら, 2013)、体長320 mm以上の大型のホッケは3歳以上の雌が主体とみて良いだろう。したがって、体長320 mm以上の大型のホッケで脂質含量が低くなるのは、雌の割合が高くなることも理由のひとつとして挙げられる。

近年、ホッケ資源は低迷し資源回復まではある程度期間を要することに加え、資源加入の再生産関係が好転しない状況では、過去のような若齢主体に大量に漁獲する漁業形態は資源管理上リスクが非常に高い。したがって、資源の収益的な有効活用が求められ、これには脂質含量の高い群を漁獲し高価格で取引されることが重要となる。開き干し原料向けに脂の乗りの良いホッケを選ぶには、Fig. 7やTable 3に示したように、雌雄や体長による脂質含量の違いを考慮しつつ漁期を絞り込むことが効果的で、雌では5-7月、雄では5-10月に漁獲することが肝要である。8月以降の雄の選別については、ホッケは産卵期が近くなる夏季以降、雄では明確な婚姻色を呈することから、婚姻色を指標とした選別も有効と考えられる。

良好な加工原料の条件として一定量の安定供給が重要だが、脂質含量の低いホッケを含まない品質の安定についても要求される (廣吉・甫喜本, 2008)。主に開き干しの加工原料として脂質含量の高いホッケを選択的に活用して高単価を期待するならば、脂質含量の低い個体を除外できる出荷形態を検討すべきである。例えば、漁業現場で簡便に利用できる魚体形状から肥満度を判別する技術や雌雄選別法が今後必要になってくるであろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、脂質分析および官能評価のデータとりまとめに多大なご協力をいただいた中央水産試験場、連順子研究補助員に深謝します。本研究では、生物測定調査の一部は水産庁委託「水産資源調査・評価推進委託事業」の一環として行われた標本を用いた。

引用文献

- 廣吉勝治, 甫喜本憲. 北海道のホッケ生産と加工-産地サイドからの調査報告と提起. 水産振興 2008;42(9): 1-44.
- 板谷和彦, 鈴木祐太郎, 秦安史. ホッケ (道央日本海～オホーツク海域). 2021年度資源評価書. 北海道周辺における主要魚種の資源評価. 北海道立総合研究機構. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>
- 前田安彦編著. 初学者のための食品分析法. 1975;46-51.
- 宮崎亜希子, 成田正直, 佐藤暁之, 清水茂雅, 辻 浩司. 道産ホッケの用途に応じた安全・高品質化技術の開発. 平成26年度道総研網走水産試験場事業報告書 2014; 58-87.
- 森田昌子, 境 磨, 千葉 悟, 濱津友紀, 山下夕帆, 市野川桃子, 岡村 浩. 令和3年度ホッケ道北系群の資源評価. 2022; オンライン
<https://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202142.pdf>
- Munchara H, Markevich A. Spawning behavior of Japan Sea Greenling, *Pleurogrammus azonus*, off the Bol'shoi Pelis Island, Peter the Great Bay, Russia. *Bull. Fish. Sci. Hokkaido Univ.* 2003; 54(3): 67-72.
- 小野塚馨. 本道日本海海域におけるホッケ肉の特性, 第1報, 漁期による一般成分の変化. 北水試月報 1980; 37, 127-133.
- 坂口健司, 高嶋孝寛, 鈴木祐太郎. 北海道寿都町沿岸の日本海におけるホッケの産卵期と水温環境. 北海道水産試験場研究報告 2022; 101: 1-9.
- 鈴木祐太郎, 城幹昌, 藤岡崇. 北海道沖日本海で採集されたホッケ仔稚魚の成長の年変動と水温の関係. 平成28年度水産海洋学会大会講演要旨集 2016; P37
- 隆島史夫, 羽生功. 4. 生殖周期とその調節. 「水族繁殖学」緑書房, 東京. 1989; 103-131.
- 隆島史夫. 8. 成熟と物質代謝. 「水産学シリーズ6魚類の成熟と産卵 (日本水産学会編)」恒星社厚生閣, 東京. 1974; 76-87.
- 高嶋孝寛, 星野昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和士, 耳石断

面観察によるホッケ道北群の年齢査定法と年齢-サイズ関係. 日本水産学会誌 2013 ; 79 : 383-393.

高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の評価手法構築に関する研究. 博士論文, 北海道大学, 2016.

Takashima T., Okada N., Asami H., Hoshino N., Shida O., Miyashita K. Maturation process and reproductive biol-

ogy of female Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan, off the west coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2016 ; 82 : 225-240.

辻浩司. ホッケの脂質について. 釧路水試だより 2005 ; 86 : 13-15.

網走湖における動物プランクトン優占種の出現状況

浅見大樹

網走湖において動物プランクトンの出現状況を調査した。動物プランクトンは、輪虫類、枝角類およびカイアシ類で構成され、輪虫類は淡水性の*Brachionus*属2種、*Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*, 汽水性の*K. cruciformis*, 枝角類は淡水性の*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, カイアシ類は汽水性の*Sinocalanus tenellus*が優占した。特に、*Brachionus*属2種と*B. longirostris*の優占が特徴的であり、低塩分環境が関係したと考えられた。

A612 北水試研報 103, 1-8 (2023)

網走湖における甲殻類プランクトン3種の鉛直分布

浅見大樹

網走湖で優占する甲殻類プランクトン3種、枝角類の*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, およびカイアシ類の*Sinocalanus tenellus*の鉛直分布を湖央地点で調べた。*B. longirostris*と*D. brachyurum*は個体数密度が増加した7月中旬～8月上旬にかけて、塩淡水境界層に濃密に分布した。また、*S. tenellus*の成体も同時期に塩淡水境界層で顕著に個体数密度の極大が観察された。夏季のこの塩淡水境界層での甲殻類プランクトンの濃密な分布は、光環境要因の他にワカサギなどの魚類捕食者からの逃避の可能性も考えられた。

A613 北水試研報 103, 9-17 (2023)

後志地区で漁獲されるホッケの脂質含量の季節変化および魚体長や肥満度との関係

板谷和彦, 辻 浩司, 成田正直, 蛸谷幸司

後志海域のホッケの脂質含量を季節別に調べたところ、脂質含量はどの月も雌よりも雄で高いことがわかった。脂質含量は冬に低く、春に上昇し、夏の7月にピークとなり、その後、雌ではすぐに低下するが、雄では10月にかけて高い値を維持し11月に低下した。このように、ホッケの脂質含量には明確な雌雄別の季節特性があることがわかった。また、脂質含量は肥満度と関係しており、夏に向けて脂質を体内に蓄え肥満度が大きくなり、雌では成熟の進行とともに雄よりも早く脂質含量が低下すると考えられた。脂質含量の高いホッケ原料を得るには、雌では5-7月に、雄では5-10月に漁獲すること、同じ時期でも肥満度が高い個体を選ぶことが肝要である。

A614 北水試研報 103, 19-27 (2023)

水産研究本部図書出版委員会

委員長 中多 章文

委員 高嶋 孝寛 萱場 隆昭 武田 忠明 板谷 和彦
美坂 正 奥村 裕弥 高畠 信一 佐野 稔
楠田 聡

事務局 隼野 寛史 加藤 健司 小宮山健太

水産研究本部出版物編集委員会

委員長 隼野 寛史

委員 高嶋 孝寛 山口 浩志 萱場 隆昭 金田 友紀
武田 忠明 渡邊 治 畑山 誠 下田 和孝
楠田 聡 安藤 大成

事務局 加藤 健司 小宮山健太 (作業補助：鈴木 裕)

北海道水産試験場研究報告 第103号

2023年3月3日発行 ISSN:2185-3290

編集兼
発行者 北海道立総合研究機構水産研究本部
〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238
電話 総合案内 0135(23)7451 (総務部総務課)
図書案内 0135(23)8705 (企画調整部企画課)
FAX 0135(23)3141
Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan
印刷所 株式会社 総北海 札幌支社
〒065-0021 札幌市東区北21条東1丁目4番6号
電話 011(731)9500