

北海道立水産試験場研究報告

第 39 号

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 39

北海道立中央水産試験場

北海道余市町

1992年10月

Hokkaido Central Fisheries
Experimental Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

October, 1992

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 Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-133-31 (Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町2-6 (Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱚浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町7 (Minato-machi, Monbetsu, Hokkaido 094, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan)

北海道立水産試験場研究報告

第 39 号

目 次

西浜雄二, 干川 裕

サロマ湖における底泥の粒度組成と有機炭素含有率の分布…………… 1- 9

堀井貴司, 田村真樹, 大槻知寛

1989年3月におけるオホーツク海北海道沿岸の海況と珪藻類分布…………… 11-19

渡辺安廣

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成熟と産卵…………… 21-34

山口幹人, 本間隆之

寄生虫の寄生状況からみたサンマの

オホーツク海への来遊経路推定の試み…………… 35-44

櫻井 泉, 宮本建樹, 蔵田 護

苫小牧および静内におけるホッキガイの産卵期について…………… 45-52

水島敏博

ホッケイエビの個体群構造の季節変化…………… 53-63

試験研究業績

外部刊行物への発表, 平成3年度分…………… 65-70

(1992年10月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 39

CONTENTS

Yuji NISHIHAMA and Hiroshi HOSHIKAWA	
Distribution of grain-size composition and organic carbon content of bottom deposits in Lake Saroma, Hokkaido	1- 9
Takashi HORII, Masaki TAMURA and Tomohiro OHTSUKI	
Oceanographic condition and diatoms distribution in the Okhotsk Sea coast of Hokkaido in March, 1989	11-19
Yasuhiro WATANABE	
Maturity and spawning of Tanner crab, <i>Chionoecetes bairdi</i> RATHBUN, in the Pacific coast of southern Hokkaido	21-34
Motohito YAMAGUCHI and Takayuki HONMA	
Parasitological study of the migration route of the Pacific saury, <i>Coloabis saira</i> , to the Okhotsk Sea	35-44
Izumi SAKURAI, Tateki MIYAMOTO and Mamoru KURATA	
Breeding season of the Japanese surf clam <i>Pseudocardium sybillae</i> in Tomakomai and Shizunai, southwest Hokkaido	45-52
Toshihiro MIZUSHIMA	
Seasonal changes in the distribution and population structure of <i>Pandalus kessleri</i>	53-63
Contributions from the Hokkaido Fisheries Experimental Station :	
Papers Presented in other journals or at scientific meetings in fiscal 1991	65-70

(October, 1992)

サロマ湖における底泥の粒度組成と有機炭素含有率の分布

西浜雄二^{*1}, 干川 裕^{*2}

Distribution of grain-size composition and organic carbon
content of bottom deposits in Lake Saroma, Hokkaido

Yuji NISHIHAMA and Hiroshi HOSHIKAWA

The distribution of grain-size composition and organic carbon content of bottom deposits collected from 147 locations in Lake Saroma, Hokkaido, was examined in 1988, and compared with the data of 1965. The area of sandy and lower organic carbon deposits increased, but the area of silty and higher organic deposits decreased since 1965. Scallop culture in Lake Saroma developed extensively during the same period. That silt and organic carbon components were brought from shallower areas and sedimented in deeper areas by increased current owing to change of the location of the lake mouth in 1929 is considered the reason for these changes.

サロマ湖の湖口は1929年まで湖の東端の錨沸にあり、湖口は晩秋から早春まで漂砂によって閉塞されていた。春から秋にはオホーツク海とつながっていたが、その水路は水深に比較してやや長かったので、湖水と外海水との交換量は小さく、湖水は汽水性であり、水質は富栄養化していた¹⁾。1929年4月に西湖盆北側の砂州のやや中央近くに新しく湖口が開削され(現湖口)、その後、この湖口は周年、閉塞することがなくなり、反対に錨沸の湖口は全く閉塞してしまった。

現湖口によるオホーツク海との海水交流は、湖口が錨沸にあった時代に比べて著しく増大したので、サロマ湖の水質条件はほぼ外海と同様になり¹⁾、そのため夏季の最高水温が低下したことが原因となって、カキの自然繁殖が抑制されることになった。反対に、ホタテガイ稚貝の発生がみられるようになった。その後、天然採苗、種苗放流、母貝の保護等、ホタテガイ増養殖への努力が営々として続けられてきた^{2, 3)}。

サロマ湖における垂下養成ホタテガイの生産は1966年に始まった。生産量は順調に増大し続け、1979年には最高8,600 tに達した。その後、1981~1984年に生産量は一時3,700 tにまで減少したが、1988~1990年には平均6,700 tに回復した。この生産量は養殖許容量調査の結果に基づいて規制された条件下におけるものである。サロマ湖では2 齢貝の養殖生産の

報文番号 A191 (1992年10月13日受理)

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

* 2 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan)

ほかに、約6億個体のホタテガイ種苗(1齢貝)が生産されており、オホーツク海沿岸における種苗放流ホタテガイ漁業の基盤となっている。

ホタテガイ垂下養殖が開始された1966年以降、養殖規模の拡大に伴って、莫大な量の貝の糞や、養殖器材への付着物が枯死して湖底に沈積し続けたであろうと推定される。1974年に湖の広い区域で渦鞭毛藻の赤潮が起きたこと⁴⁾にみられるように、特に東湖盆では水質の悪化が著しかった。その後、1978年に第二湖口が開削され、外海との海水の交換が促進されることになったが、1981~1984年ころには垂下養成2齢貝が大量にへい死した⁵⁾。このような背景のもとに、サロマ湖の底質に関する関心が漁業者および関係者の間で高まり、浚渫等による底質改善の必要が話題にされるようになった。しかし、これらの根拠は漁業活動を通じた局所的な観察に基づくものであり、湖内全域にわたる底質調査は1965年以降、実施されてこなかった。

ホタテガイ養殖によるサロマ湖の底質変化を知るためには、養殖が大規模に開始される以前の状況と比較することが必要である。幸いにも、1965年(昭40)に大島ら⁶⁾によってサロマ湖内160地点の底泥の粒度分布や有機炭素量の分布が詳細に調査されていたので、23年後の1988年に、同様の調査を行ってその間の底質の変化を比較検討することができた。

調査地点および分析の方法

1988年10月にサロマ湖の底質調査のため、147地点において採泥を行った。採泥地点は原則として緯度線05分、経度線45秒間隔の交点であるが、浅いために調査船「みちしお」(6.5 t)が航行できない地点、あるいは高密度のアマモや礫底のため採泥不能の地点を除いた

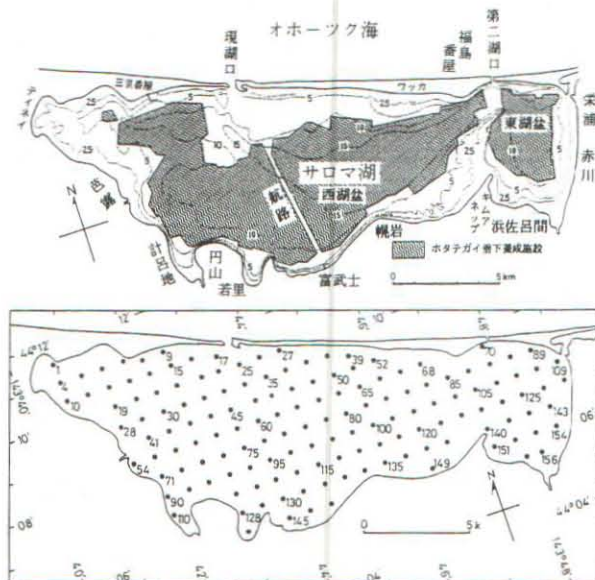


図1. サロマ湖の等水深線、ホタテガイ養殖施設区域、および採泥地点

等水深線は国土地理院による地図(1976)を写したものである。施設の位置は航空写真から作図した図(1984)を改変したものである。下図の湖内の数字は採泥地点番号を示す。番号は5分間隔の緯度線に沿って、西から東への順に付されているが、欠番もある。

(図1)。地点の位置測定にはデッカを用いた。

採泥にはスミス・マッキンタイヤー採泥器(1/10 m^2)を用いた。採泥器を船上にひきあげた後、表面の水を流出させてから、タッパー容器(110×78×28 mm)をできるだけ水平に押しつけて表面の泥を採取し、凍結保存した。後日、解凍した試料中の生物体、貝殻、小石(4 mm 以上)をピンセットで除去し、その約半分を粒度組成分析用、残りの一部を有機炭素量分析用試料とし、さらに残りを予備として再凍結した。

粒度分析には湿式ふるい分け法を用いた⁷⁾。特に、粒度組成が二頂分布を示した場合には、予備の試料を用いて再度、分析して確認した。有機炭素量を分析するために(無機の炭素塩を除去するために)、塩酸添加による脱炭酸処理⁸⁾をした。CNコーダー(ヤナコMT600型、オートサンプラー付き)で各試料約300 mg の炭素量を各2回、測定した。得られた値を脱炭酸処理前の乾泥当たりに換算した。大島ら⁶⁾の結果と比較するために、脱炭酸処理をした14試料を用いてチューリン法⁹⁾による炭素量分析を行い、CNコーダーによる値との関係式を求めた。

結果と考察

1. 粒度分布

1) シルト含有率

1965年の底質の状況と比較するために、大島ら⁶⁾にならって、底泥のシルト・粘土含有率が①25%以下、②25~80%、および③80%以上の3区分に分けて、図2に示した。①~③はそれぞれ、①砂、②シルト質砂、砂質シルト、砂・シルト・粘土、③シルト質粘土、粘土質シルトに相当する。

シルト・粘土含有率が25%以下の主分布域は、北部の砂州沿岸、テイネイ、キムアネップ〜幌岩、および赤川であり、湖の縁辺の浅い地域に限られている。現湖口および第二湖口の近くには湖口潮汐三角州が発達している。シルト・粘土含有率が80%以上の主分布域は、西湖盆の福島番屋〜円山と、東湖盆の深い区域である。ただし、キムアネップ東側、若里、三里番屋〜テイネイでは岸近くまでシルト含有率が高い。また、西湖盆での分布域が北方砂州と平行ではなく、東西方向にのびていることが特徴的である。

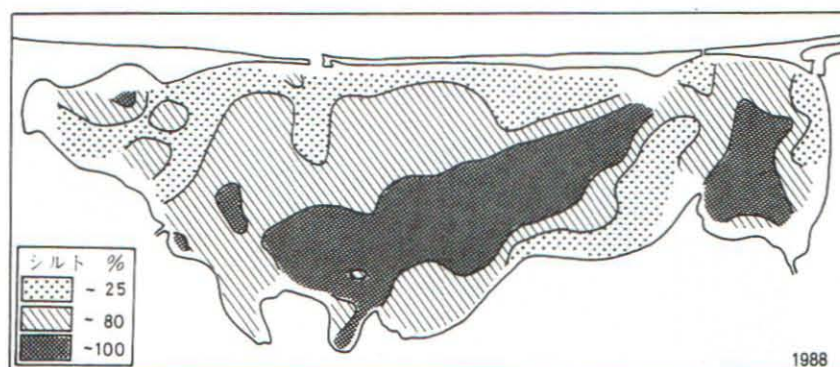


図2. サロマ湖底泥のシルト分含有率の分布

2) 1965年との比較

図2 (1988年) および1965年の図 (大島ら⁶⁾ 図7) を用いて、シルト含有率で3区分した各面積の百分率を求め、表1に示した。シルト・粘土含有率が25%以下の区域の面積はほとんど同じであるが、25~80%の区域は1988年の方が広がっているのに対し、80%以上の区域は減少している。このことは、中間の水深域のシルト分がより深い区域に移送されたことを意味している。

表1. サロマ湖底泥の粒度組成分布の変遷

調査年	単位: % (面積)		
	シルト含有率		
	~25	25~80	80~
1965	26.6	33.7	39.7
1988	27.3	44.3	28.4

1965年の調査で用いられたサロマ湖湖底地形図では、中央部に19mの等水深線図が描かれているが、本調査では水深 (T.P.) 17m以上の地点は8地点であり、そのうちの2地点が18.0mであった。このことから、シルト分の再移送によって最深部の区域が1965年に比べて狭くなったと推定される。

また、1965年には西湖盆と東湖盆の含有率80%以上の区域がつながっているのに対し、1988年にはキムアネップ~福島番屋間で切れていることが特徴である。このことは1978年に通水した第二湖口に伴う潮流の変化に対応する堆積物の移動によるものであり、第二湖口付近での底質の粗粒化が認められる。

3) 粒度組成

中位粒径を1 (ファースケール) 以下 (粗砂~礫)、1~4 (中砂~極細砂)、および4以上 (シルト以下) の3区分に分けて、図3に示した。大島ら⁶⁾ はふるい分け法と比重法を併用して粘土質まで区分しているのに対し、本調査ではふるい分け法だけを用いたので、シルト以下を細分していない。

汀線域では中位粒径1以下である。中位粒径4以上の主分布域は、西湖盆では福島番屋から芭露にかけて、東湖盆では中央部である。淘汰係数が1.0~1.5の主分布域は東西両湖盆とも、それぞれ中央部の深い区域であるが、部分的に海岸線近くまで達している。淘汰係数が

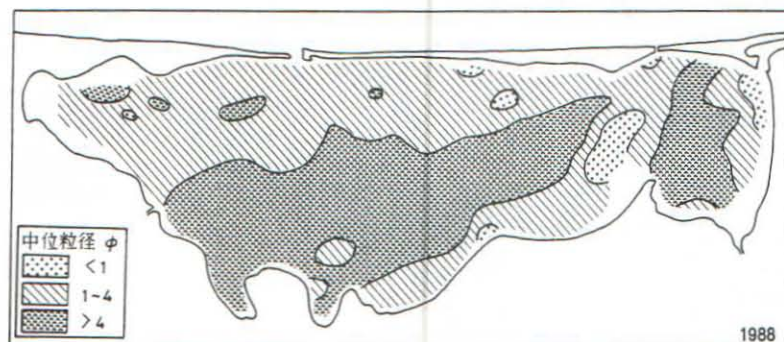


図3. サロマ湖底泥の中位粒径の分布

数字はファースケールである。<1は粗粒砂以上を、1~4は中粒砂~細粒砂を、>4はシルト以下を示す。

1.5～3.0の主分布域は、三里番屋と計呂地を結ぶ線の西側、現湖口周辺、および福島番屋と幌岩を弧状に結ぶ区域である。淘汰係数が3以上の区域は点在しているにすぎない。そのうち、4以上（淘汰が極度に悪い）のところは現湖口の南東と南西方向に等距離に点在している。歪度係数が 1 ± 0.1 の区域は東西両湖盆の深いところを中心に広がっている。係数が1.1以上あるいは0.9以下の分布域は汀線付近に点在している。

1988年の中位粒径の分布を1965年の状況（大島ら⁹⁾図9）と比較すると、東西両湖盆にある中位粒径4以上（シルト以下）の区域が、1965年にはつながっているのに対し、1988年にはキムアネップ～福島番屋間で切れていることが大きな相違点である。このことはシルト含有率の分布の場合と同様に、第二湖口開削が海底環境の変化に大きく影響を及ぼしたことを示している。

2. 有機炭素量

1) 有機炭素含有率の分布

脱炭酸処理した試料をCNコーダーで測定した底泥の有機炭素含有率の分布を1%未満、1～2%、2～2.5%、2.5%以上の4区分に分けて図4に示した。底泥中の有機炭素含有率が1%未満の底質の主分布域は、北方砂州～芭露、キムアネップ～富武士、および赤川である。1～2%の主分布域は湖中央部を東西に帯状に広がり、計呂地～富武士では岸近くまで達している。また、この分布域は東湖盆の北半分まで続いている。2～2.5%の区域は、東湖盆の南西部を占めているほかに、点在している。2.5%以上の区域は極めて狭い。炭素含有率が1%以上の底質の分布域は、第二湖口付近を除き、中位粒径が4（ファイスケール）以上（シルト）の分布域とほぼ一致している。

2) 1965年との比較

有機炭素の分析が1965年の調査ではチューリン法であったが、1988年の調査ではCNコーダー法であった。そのため、まず両法を比較した。両者の関係は次式で表された。

$$\text{チューリン法相当値} = 0.91 \times \text{CNコーダーによる値} + 0.042$$

$$(n=14, r^2=0.98, p<0.001)$$

炭素量が極めて少ない場合を除けば、チューリン法ではCNコーダーによる場合のほぼ91%が検出される。この値は小椋⁹⁾の記述とほぼ同じである。

CNコーダーによる測定値を上式によってチューリン法測定値に換算し、炭素含有率の分

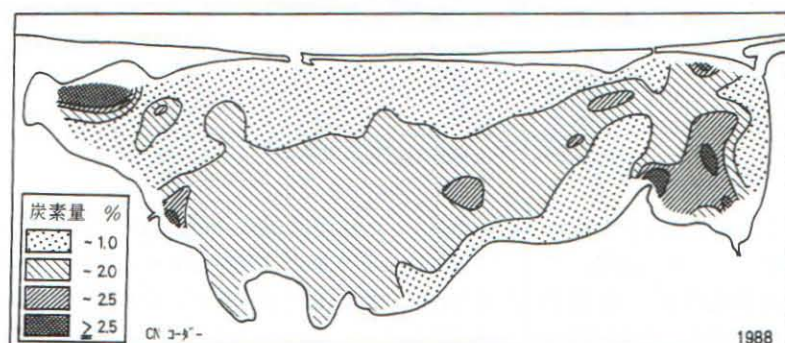


図4. サロマ湖底泥の有機炭素含有率の分布

分析方法：脱炭酸処理，CNコーダー，採泥地点数：147地点。

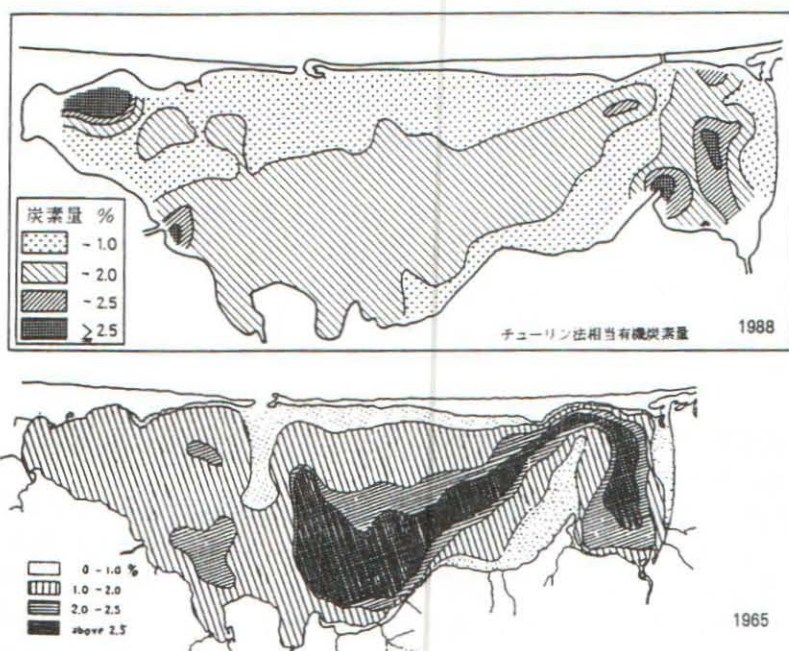


図5. サロマ湖における1965年と1988年の有機炭素含有率分布の比較
 上図(1988年): 図4に用いた測定値をチューリン法相当に換算して作図したものである(本文参照)。下図(1965年): 大島ら1966の図15を引用した。

布図(図5)を描いて、1965年の状況(大島ら⁹⁾図15)と比較した。1965年に比べて、1988年には炭素含有率が1%以下の区域が北方砂州側で広がっていること、その区域が第二湖口付近でつながっていること、および炭素含有率が2.0%以上の区域が全体として減少しており、特に西湖盆の中央部で無くなっていることが特徴的である。

表2. サロマ湖底泥の有機炭素含有率分布の変遷

調査年	単位: % (面積)			
	有機炭素含有率 ~1.0	~2.0	~2.5	≥2.5
1965	14.4	51.8	16.1	17.7
1988*	38.8	55.7	3.2	2.3

*チューリン法相当の値に換算した(本文参照)。

図5から、有機炭素含有率の4段階の区分に相当する湖底面積の百分率を表2に示した。炭素含有率1~2%の面積は1965年には52%、1988年には56%であり、ほぼ同様であった。しかし、炭素含有率1%未満の面積は1965年には14%であったが、1988年には39%に増加したのに対し、炭素含有率2.0%以上の面積は1965年には34%であったが、1988年には6%に減少した。これらのことは、有機炭素含有率を指標すると、湖底が全体として1965年よりも

浄化されたことを示している。

しかしながら、潜水者の観察によれば、深い区域の湖底に降りると、黒い腐泥（新生堆積物）が舞い上がり、視界がほとんどなくなるということである。1965年よりも有機物含有率がやや低くなったとはいえ、湖の深い区域では腐泥の多いことは事実であろう。この腐泥は底質としてまだ固定されていないものである。

なお、東西両湖盆の境界付近が清浄になったことは、第二湖口の通水（1978）に伴う潮流の変化によるものであろう。

3. 底質の変遷

1965年（昭40）と1988年の底質の状況を比較すると、1988年にはシルト質砂の区域が広くなり、逆にシルト・粘土質の区域が減少していた。また、有機物含有率の低い区域が増加し、高い区域が減少してきた。サロマ湖では1966年ころからホタテガイ垂下養殖が大々的に行われてきたにもかかわらず、湖底表面の底質は逆に浄化されたようにみえる。このことについて、湖と外海を結ぶ湖口の変遷の観点から考察する。

湖口は1929年（昭4）以前には湖の東北端の鑛沸にあった¹⁾。湖口がその位置にあった3,000年にも及ぶ期間、西湖盆の湖水は極度に閉鎖的状态にあったと推察される⁶⁾。そのような環境では湖内の潮流は極めて弱かったであろうから、プランクトンやアマモの半分解物や河川からの懸濁物は、湖の比較的浅い区域にも広く沈積していたであろうと推測される。

そのような長い経過の後、1929年に湖口が現在の位置に移った。このことは、西湖盆への外海水の流入と湖内の広い区域の潮流を著しく高めることになった¹⁾。このことによって、湖の浅い区域のシルトや沈殿した有機物は、一部は外海に運び去られ、一部は潮流によって湖の深い区域に集められることになり、西湖盆の浅い区域の底質は浄化の方向に変化し始めたと思われる。

ホタテガイ垂下養殖はこのような時期に始まったと考えられる。さらに、1978年には第二湖口が通水し、その湖口付近に当たる東西両湖盆の境界周辺が浄化の方向に変化し始めた。

西湖盆において有機沈積物が最深部に再集積され始めたことによって、その区域の有機物含有率が高くなると予想されるが、本調査で明らかになったように、実際には、逆に低くなっている。このことは次のように解釈される。最深部への有機物の再集積は、同時にシルト・粘土質の集積を伴うので、底泥の表面付近の乾燥重量当たりの有機物含有率は低くなることになる。

このことは柱状試料を鉛-210法によって年代測定した研究によって明らかにされている¹⁰⁾。西湖盆の中央部における堆積速度が1932年を境に増大していること、炭素含有率の鉛直分布が1927年ころから減少し、1965年ころまで続き、その後1982年まで増加していることが示された。1927～1932年は現湖口が開削された前後に当たり、また1965年はホタテガイ垂下養殖が開始される直前の時期に当たる。そして、1927～1965年の炭素含有率の減少は堆積速度の増大によると推定されている。

なお、上述の報告では、1982年時点までの炭素含有率の増加がホタテガイ養殖の開始と関連づけられているが、そのことは東湖盆では顕著であるが、西湖盆では明らかではない。西湖盆中央部では1982年時点で炭素含有率が増加しているが、その値は1927年以前の値と同程度である。

ホタテガイ垂下養殖によって飛躍的に増大したであろう糞等の有機物の大部分は湖内に留

まるであろう。それらのうち、酸化分解が追いつかない余剰の有機物が最深部に堆積し続けていると推測される。しかし、現湖口開削以降の湖口潮流の増大による深部へのシルト分の集積がまだ継続されていることによって、湖底表面の炭素含有率は西湖盆では低く抑えられているのであろう。それゆえ、湖底面がホタテガイ養殖が始まる前よりも浄化されたとはいえ、そのことは、現在の湖の浄化能力が垂下養殖による有機物の負荷を十分に上回っていることを意味しない、ということになる。本調査の調査方法が底質の平面調査であったために、湖全域の浄化能力と有機物負荷との関係には言及できない。

サロマ湖では1974年に赤潮が発生したが、第二湖口の完成以降、局所的なものを除いて、赤潮の発生はない。ただし、8月末～9月に渦鞭毛藻 *Prorocentrum micans* が大增殖することはしばしばある¹³⁾。また、西湖盆の最深部における近年の水質は、夏季に底層部で貧酸素状態になること¹⁴⁾を除いて、外海的である。現在のところ、大型底生動物の分布域が湖の周辺部に限られていることを除いて、漁業上の被害はない。しかし、湖が盆状をしているので、最深部への有機物の集積は今後とも続くことになる。それゆえ、従来から実施されてきた、養殖貝および養殖器材への付着物を陸上で処分すること、また河川からの懸濁物の流入を抑制すること等、湖の環境保全への努力は今後とも続けられるべきであろう。

要 約

- ① サロマ湖の底質がホタテガイ垂下養殖によってどのように変化したかを知るために、1988年にサロマ湖全域147地点において、底泥の粒度組成と有機炭素含有率を調査した。
- ② シルト質含有率が80%以上の区域は東西両湖盆の最深部に広く分布していた。また、芭露川河口付近とティネイ付近にもみられた。
- ③ 有機炭素含有率は湖底の大部分において乾燥泥当たり2%未満であった。2%以上の区域は東湖盆の南半分と、西湖盆の最深部、芭露川河口付近、およびティネイ付近に点在していた。
- ④ ホタテガイ垂下養殖が大規模になる以前の1965年の状況と比較すると、1988年には砂質域が広くなり、シルト・粘土質域が減少していた。また、有機炭素含有率が低い区域が増加し、高い区域が減少していた。
- ⑤ 底質の平面分布が1965年に比べて浄化の方向にあったことは、1929年の現湖口開削による湖内潮流の増大によって、特に西湖盆では1965年以降にもシルト分や有機沈積物が湖の浅い区域から深い区域に移送され続けていることによるのであろう。

謝 辞

本調査はサロマ湖養殖漁業協同組合の要請によるものであり、現地での採泥に当たっては同組合調査船「みちしお」並びに網走中部地区水産技術普及指導所のご協力をいただいた。また、本研究で比較の対象とした1965年の調査を実施した、工業技術院地質調査所大嶋和雄博士にご検討いただいたことに対して謝意を表する。

引用文献

- 1) 高安三次, 五十嵐彦仁, 近藤賢蔵: 水産調査報告, 第34冊: 湖沼調査(サロマ湖). 北海道水産試験場, 1934, 63 P.
- 2) 木下虎一郎: ホタテガイの増殖に関する研究. 札幌, 北方出版社, 1949, 106 P.
- 3) ホタテガイ研究グループ: 最近のホタテガイ調査からえられた知見について. 北水試月報 19 (11), 368-379 (1962)
- 4) 清河 進, 菊地和夫: サロマ湖に発生した *Gonyaulax* 属 2 種による赤潮について. 北水試月報, 32 (9), 21-28 (1975)
- 5) 常呂漁業協同組合編: 常呂漁業協同組合40年誌. 常呂, 常呂漁業協同組合, 1989, 905 P.
- 6) 大島和夫, 渡辺 浩, 佐竹俊孝, 塩沢孝之, 小原昭雄, 丸 邦義: 北海道サロマ湖の生態学的研究: 形成史と底質について. 北水試報, 6, 1-32 (1965)
- 7) 水野篤行: 水質底質調査入門. ラテイス, 1968, 214 P. (地下の科学シリーズ)
- 8) 小椋和子: “有機物分析 有機炭素および窒素”. 沿岸環境調査マニュアル [底質・生物編]. 日本海洋学会編. 東京, 恒星社厚生閣, 1986, 57-59.
- 9) 土壤養分測定法委員会編: 土壤養分分析法. 東京, 養賢堂, 1980, 120-124.
- 10) 菊地和夫, 野沢 靖, 松本英二: 堆積物からみたサロマ湖の環境変化について. 北水試報 26, 11-24 (1984)
- 11) 多田匡秀, 西浜雄二: サロマ湖水質環境調査. 昭和62年度北海道網走水試事業報. 209-213 (1988)

1989年3月におけるオホーツク海北海道沿岸の 海況と珪藻類分布

堀井貴司*¹・田村真樹*²・大槻知寛*³

Oceanographic condition and diatoms distribution in
the Okhotsk Sea coast of Hokkaido in March, 1989

Takashi HORII, Masaki TAMURA and Tomohiro OHTSUKI

The winter from 1988 to 1989 had the smallest drift ice season in scale in the history of its observation on the Okhotsk Sea coast of Hokkaido where we had carried out the oceanographic observation. We obtained the informations about the oceanographic condition and diatoms ; floristic composition and distribution. It was observed that the Soya warm current was changed in quality due to the cooling effect of the Okhotsk Sea water and that the Okhotsk Sea water had already begun to have an inter-cool structure. We found 32 species in 12 genus of diatoms including unreference ones. Among them, *Thalassiosira nordenskoeldii* was the dominant species. Next came *Chaetoceros decipiens* and *Ch. atlanticus*. In this study, it was found that the mixed layer of the Okhotsk Sea water and the Soya warm current water was rich in diatoms. They were numerous in number of individuals and species, and the diversity was high. It suggested that each independent water mass was poor in diatoms.

著者らは例年であれば流氷に覆われるために観測が不可能である1989年3月にオホーツク海北海道沿岸域の海洋観測を実施する機会を得た。本調査は3月期オホーツク海というだけでなく、本海域での例年とは異なった状況下での観測としても注目された。

札幌管区気象台および函館海洋気象台¹⁾によれば、1988年から1989年にかけての冬、北海道沿岸への流氷の到来は平年よりもかなり遅く、オホーツク海側の全ての気象管署で、流氷初日、流氷接岸初日ともにこれまでの遅い記録を更新し、網走では流氷接岸を記録しなかった。枝幸、雄武、紋別では平年より2ヶ月ほど遅い3月下旬に流氷接岸初日を迎え、3月終わりから4月始めにかけて、オホーツク海側の気象管署で流氷終日となった。

報文番号 A192 (1992年10月13日受理)

- * 1 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)
- * 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan)
- * 3 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan)

オホーツク海北海道沿岸の流氷期の海況については、宗谷暖流に関する一連の研究²⁻⁶⁾、流氷下にアンデラー流速計を設置しての報告^{6, 7)}、第一管区海上保安本部による観測報告^{8, 9)}などがあるが、著者らの知る限り3月の広域的な観測報告はほとんどない。さらに、本調査を行った年は「いつも来るべき時期に流氷が来なかった年」であったが、この異常年の流氷状況に関する報告¹⁰⁾はなされているが、当時の海況等の詳細な部分についての報告はされていない。

本観測は3月16日早朝から17日まで行われたが、その後の低気圧の発達の結果、流氷は3月21日に枝幸、雄武に、26日には紋別にて遅い接岸をし、その5~10日後には離岸していわゆる“海明け”となった。ここでは、流氷接岸直前の3月のオホーツク海北海道沿岸の海況と植物プランクトン、特に珪藻類の種組成、分布に関しての若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

海洋観測は北海道立中央水産試験場所属試験調査船おやしお丸(237t)によって、1989年3月16~17日にオホーツク海北海道沿岸で実施された(Fig. 1)。各観測点ではCTDによる水温、塩分の観測を行い、紋別沖の3点(St. 7, 9, 10)では双子式の北太平洋標準プランクトンネット(NORPAC標準ネット、口径45cm、側長180cm、目合0.33mmおよび0.10mm)の鉛直曳きによるプランクトン採集を行った(Table 1)。また、紋別沖のSt. 7~12ではナンセン採水器によって栄養塩分析用海水を採取した。得られたプランクトン試料は採集後直ちに3%中性ホルマリン海水で固定、保存された。そのうち、0.10mm目合(NXX13網)で採集された標本を顕微鏡観察に供し、種の同定後、その各々について細胞数を計測した。

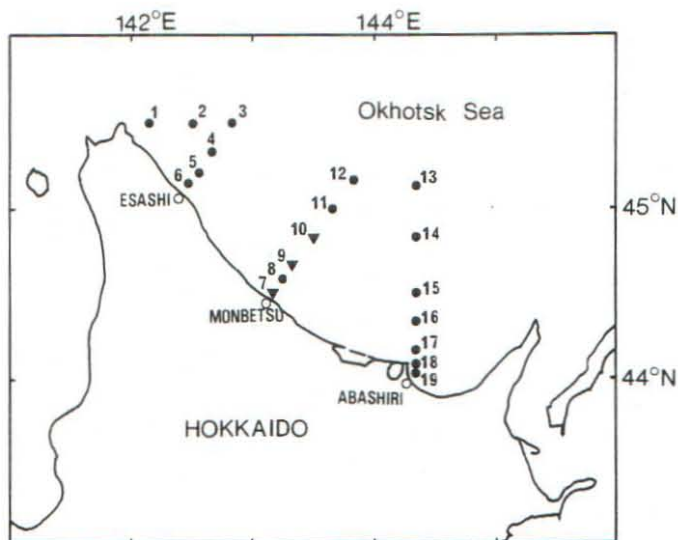


Fig. 1. Location of the station in the Sea of Okhotsk off Hokkaido in March, 1989. Triangles indicate plankton sampling station by NORPAC net. Numerals indicate station number.

結果および考察

1. 海況

水温、塩分の水平分布をFig. 2, 3に示す。表面水温は宗谷沿岸域では 3°C 台であったが、紋別以南では沿岸域でも 0°C 以下、沖合域では -1°C 以下で、表面水温からみると本海域は冬季の状態そのものを示していた。50m層では 3°C 台の暖水が紋別沖付近まで南下していたが、紋別沖合域～網走沖にかけては -1°C 以下を示していた。塩分は枝幸～紋別沖合表層域では32.4～32.6前後を示す低塩分水が舌状に分布しており、網走沖は沿岸から沖合にかけて32.6～32.7であった。50m層沖合域では32.6～32.7と比較的低塩分であった。宗谷海峡東側から紋別沿岸域の表面～50m層には水温分布に対応した34.0の高塩分水があり、岸に沿って南下していた。100m層では32.6以下の低塩分水の存在は認められず、紋別沖で33.9近い高塩分を示していた。

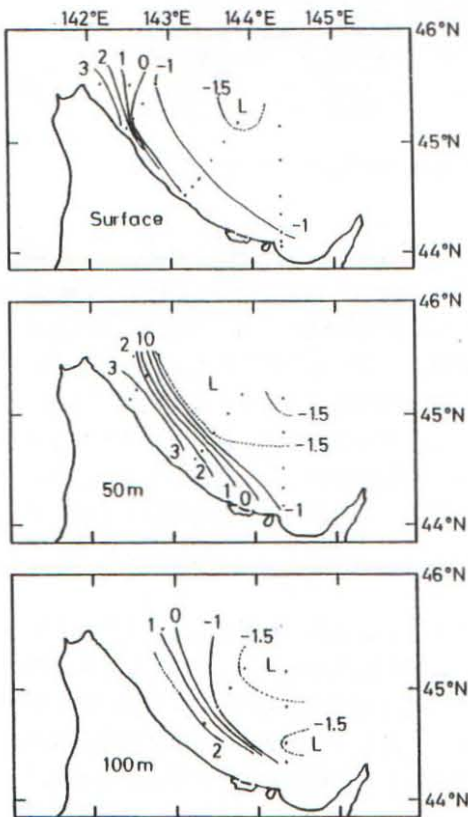


Fig. 2. Temperature ($^{\circ}\text{C}$) distribution in March, 1989.

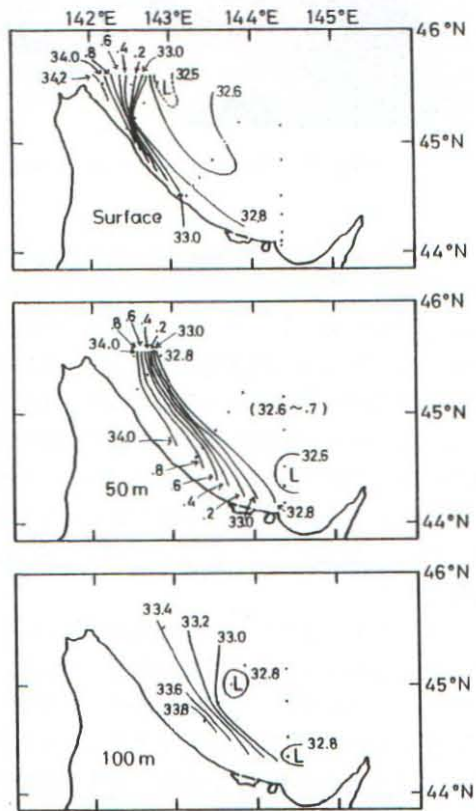


Fig. 3. Salinity distribution in March, 1989.

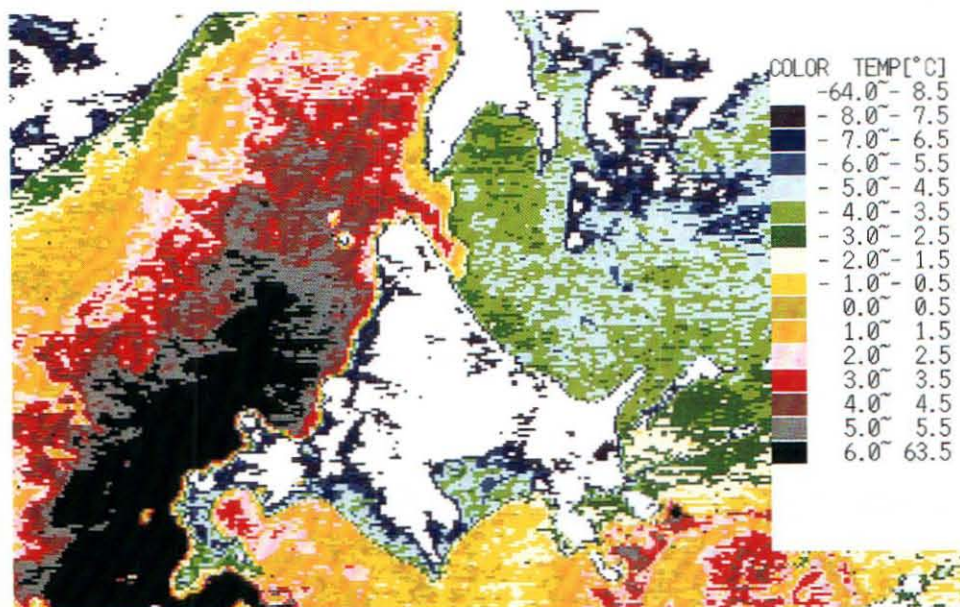


Fig. 4. Temperature distribution by satellite "NOAA" in March, 1989.

本観測海域を含む広範な海域の水温分布から水温帯の連続性を確認するために、本調査と同時期に得られた海洋気象衛星NOAAの画像をFig. 4に示す。温度補正にはSt. 1の表面水温を用いたので、St. 1から遠く離れた海域の水温表示は絶対温度を示す数値としての信ぴょう性には欠けるが、総体的な水温分布は本図に反映されていると考えられる。これによると、対馬暖流と考えられる高水温帯のほとんどは北海道日本海海域からサハリン西側へと北上して行くが、その一部は分枝として宗谷海峡を抜けてオホーツク海に入り、1～3℃を示す水温帯となって沿岸沿いに枝幸沖まで南下しており、本観測結果とよく対応していた。サハリン東沖にある紺～白の部分が流水群であると推察され、北海道からは70海里以上も離れていた。Fig. 2の沖合-1.5℃以下の水温帯はその北側でさらに低温となって流水群へと続くと考えられる。

プランクトン採集を行った紋別沖観測点の北東ラインの水温、塩分の断面図をFig. 5に示す。沿岸域の水深30m以深には塩分33.6以上、中心部では33.8～33.9を示す高塩分水が存在していた。水温は1～2℃台に冷やされているが周辺部に比べ相対的には高温となっており、変質された宗谷暖流水であると考えられた。このように1989年には宗谷暖流水は枝幸沖までは表層に現れているが、枝幸以南では潜流となって網走沖まで沿岸に沿って南下していた。紋別沖北東ラインの宗谷暖流断面積は $1.66 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、1968, 1969年の3月期の断面積³⁾と比較すると宗谷暖流の勢力は当時とほぼ同等であったと言える。沖合20～40海里の50m以浅の表層には32.5台の低塩分水が存在していたが、これはオホーツク海固有の表層水で、その下層に、より低温でやや高塩分な中冷水構造がすでに形成されていた。また、距岸20海里の宗谷暖流水の表層沿岸域には水温0℃前後、塩分32.6～32.9程度の宗谷暖流水とオホーツク海固有水との混合水域が認められた。

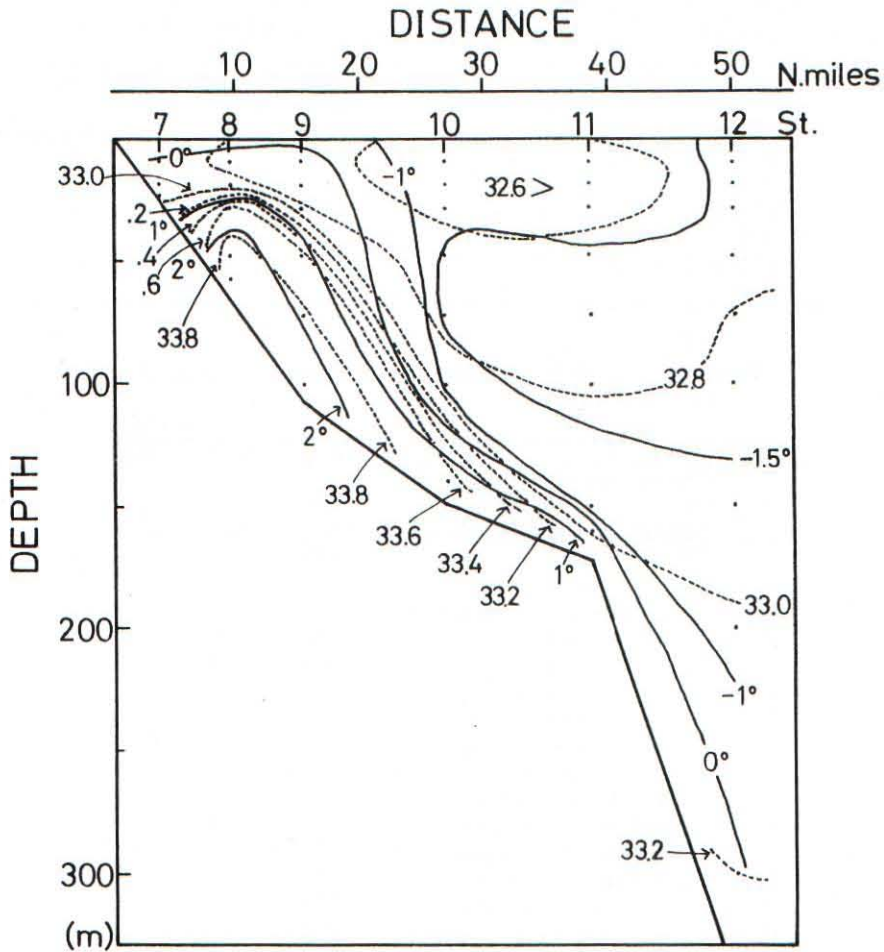


Fig. 5. Temperature and salinity section across the north-east line off Monbetsu (St. 7-12). Thick line indicates bottom, thin lines do temperature ($^{\circ}\text{C}$) and broken lines do salinity.

以上の様なことから、本調査時の海況は表層ではまだ冬季の状態だが、海洋構造は藤井ら¹¹⁾の言う“海あけ期～海あけ期後半”の状態を示していた。

2. 珪藻類の種組成と分布

Table 1 にプランクトンネット垂直曳きのデータを、Table 2 に珪藻類の出現種類ごとの細胞数の計測結果を示す。出現種数は種まで同定できなかったものも含めて12属32種で、特に *Thalassiosira nordenskiöldii* の細胞数が最も多かった。

Table 1. Data on plankton diatoms collected by vertical hauls with a NORPAC net (NXX13) in Okhotsk Sea in March, 1989.

Station No.	Position	Date	Hour	Depth of water (m)	Length of wire (m)	Angle of wire (°)	Estimated depth of haul (m)	Estimated volume of water filtered (m ³)
7	44°33' N 143°20' E	3.16	21:56	32	30	30	26	7.5
9	44°40' N 143°20' E	3.16	23:55	106	100	32	85	25.7
10	44°50' N 143°30' E	3.17	01:57	148	140	32	119	32.7

Table 2. List of plankton diatoms species with number of each sampling point.

No.	species	(number/m ³)		
		St. 7	St. 9	St.10
1	<i>Stephanopyxis nipponica</i>		12	
2	<i>St. spp</i>	1949		
3	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	98577	5242	
4	<i>Th. decipiens</i>	1023		
5	<i>Th. gravida</i>	1023		
6	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	463	189	
7	<i>Cos. radiatus</i>	926	341	
8	<i>Cos. gigas</i>	146	8	
9	<i>Cos. stellaris</i>		48	
10	<i>Cos. centralis</i>		4	
11	<i>Cos. oculus iridis</i>		4	
12	<i>Cos. megalomma</i>		8	
13	<i>Rhizosolenia setigera</i>	73		
14	<i>Rh. hebetata f. hiemalis</i>	146	28	
15	<i>Rh. hebetata f. semispina</i>	1413	373	
16	<i>Bacteriastrum varians</i>		4	
17	<i>Chaetoceros atlanticus</i>	3070	1501	54
18	<i>Ch. borealis</i>	195	92	
19	<i>Ch. concavicornis</i>	1096	349	
20	<i>Ch. convolutus</i>	2363	369	272
21	<i>Ch. decipiens</i>	16178	1810	
22	<i>Ch. compressus</i>	268		
23	<i>Ch. subsecundus</i>		20	
24	<i>Ch. debile</i>	292		
25	<i>Biddulphia longicruris</i>	268		
26	<i>Thalassiothrix longissima</i>	317	52	
27	<i>Fragilaria oceanica</i>	1145		
28	<i>F. spp</i>	3387	470	
29	<i>Navicula cancellata</i>	24		
30	<i>N. sp</i>	49		22
31	<i>Denticula seminae</i>	1998	104	
32	<i>Pleurosigma sp</i>	73		

Table 2 から, 全般的に珪藻類は出現種数, 総細胞数ともに沿岸で多く沖合で少ないという傾向が見られた。地点別にみると, St. 7 は出現数25, 総細胞数 1.36×10^6 で珪藻類が3観測点の中でも最も豊富であった。その中でも *Th. nordenskiöldii* と *Chaetoceros decipiens*

の2種が細胞数 10^4 台で卓越しており、*Th.nordenskioldii*がこの群集の優占種として位置づけられた。St. 9ではSt. 7に比べ出現種数21種、総細胞数 1.1×10^4 と一桁低かった。*Th.nordenskioldii*は細胞数 5×10^3 でSt. 7に比べると1/20程度であるが、この群集の優占種としての地位を占め、次いで*Ch.decipiens*, *Ch.atlanticus*が卓越していた。St.10ではSt. 7およびSt. 9に比べて種数、総細胞数とも極端に少なく、3種類のみが確認され、その中でも*Ch.convolutus*が出現種の中心になっていた。

各々の群集構造を比較するために出現総細胞数と種数、3種類の多様度指数(Shannon-Weaver関数 H' 、Pielouの均等性指数 J' 、全情報量 NH')をTable 3に示した。St. 7, 9に比べSt.10では出現細胞数、種数が極端に少なく、群集構造も非常に単純であった。St. 7とSt. 9とでは、出現細胞数、群集の繁栄度を表す NH' はSt. 7のほうがいずれも一桁高く、St. 7は珪藻類がもっとも豊富であると言える。これら3観測点で得られた各標本を木元の重複度指数 $C\pi$ で比較すると、St. 7とSt. 9との間で0.9032、St. 9と10との間が0.1000となり、St. 7とSt. 9で得られた標本は同一群集から採集されたものであり、St.10の標本は前2者とは異なる群集から採集されたと考えられた。

Table 3. The number of species(S), Total number of individual(N), Shannon-Weaver function(H'), measurement of evenness(J'), and total diversity(NH') of diatoms community of each sampling point.

	St. 7	St. 9	St.10
S	25	21	3
N	136462	11028	348
H' (bit)	1.7290	2.5344	0.9168
J'	0.3723	0.5770	0.5974
NH'	235944	27949	329

Table 1の曳網深度とFig. 5の水温塩分の鉛直断面図によると、標本はSt. 7では宗谷暖流系水とオホーツク海固有水との混合水域から、St. 9では混合水と宗谷暖流系水から、St.10ではオホーツク海固有水からそれぞれ採集されたと考えられる。St. 7とSt. 9からの標本は同一群集から採集されたものと考えられるので、1つの群集が全く異なった環境にまたがって存在したとは考え難く、St. 7とSt. 9とに共通してあった混合水にこの群集が分布していたと考えられた。渡辺¹²⁾は、北海道オホーツク海側ではクロロフィルaは4月の宗谷暖流水、沿岸水、オホーツク海表層水との混合水で最も高くなると報告しており、今回の調査結果は珪藻類の分布であったが、その傾向と一致した。St. 7とSt. 9から得られた標本間での出現種数、総細胞数の相違は、St. 9での採集が2水塊にまたがって行われたために見かけ上少なくなったことによると推察された。多様度指数からSt. 7よりSt. 9の方がより複雑な群集構造を示したのは、St. 7で*Th.nordenskioldii*が極めて大量に出現したためであり、この種が表層沿岸域に偏った分布をしていた可能性を示唆している。

3. リン酸塩の分布

Table 4に紋別沖北東ライン上の観測点(St. 7~12)におけるリン酸塩の分析結果を示す。宗谷暖流系水(St. 9の30~100m層)中には約 $1.0 \mu\text{g at}/\ell$ 以下、混合水域(St. 7, St. 8, St. 9の0~20m層)中には $1.4 \sim 1.6 \mu\text{g at}/\ell$ 、オホーツク海固有水(St.10~12)

中には約 $1.5\sim 2.0\mu\text{g at}/\ell$ のリン酸塩が含まれていた。また、オホーツク海固有水ではリン酸塩濃度は水深が深くなるにしたがって高くなる傾向が認められた。渡辺ら¹³⁾は4~12月には中冷水で栄養塩濃度が最も高いと述べているが、リン酸塩濃度がオホーツク海固有水の30m以深に形成された中冷水構造内で高い傾向を示した本調査結果と一致した。

Table 4. Phosphate concentration at each station (St. 7~12)
across north-east line off Monbetsu.

Depth (m)	$\mu\text{g at}/\ell$					
	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12
0	1.45	1.57	1.59	1.67	1.73	1.44
10	1.48		1.56	1.67		1.79
20	1.48		1.58	1.74		1.64
30			0.95	1.78		1.67
50			1.09	1.69		1.70
75			0.95	1.81		1.76
100			0.91	1.93		1.86
125				1.98		

要 約

1：流水接岸時期が観測史上最も遅かった1989年の流水接岸直前にオホーツク海北海道沿岸で海洋観測を行い、3月の海況と珪藻類の種組成、分布に関する知見を得た。

2：調査海域にはオホーツク海固有水とともに冷却により変質した宗谷暖流水が認められた。オホーツク海固有水はすでに一部中冷水構造をもっており、オホーツク海特有の層重構造を示していた。

3：紋別沖3観測点から12属32種の珪藻類が出現した。その中でも*Thalassiosira nordenskiöldii*が優占種として出現し、次いで、*Chaetoceros decipiens*, *Ch. atlanticus*が卓越していた。

4：オホーツク海固有水と宗谷暖流水との混合水では、珪藻類は種数、細胞数ともに豊富で複雑な群集構造をしていたが、オホーツク海固有水と宗谷暖流水には珪藻類は乏しいことが示唆された。

5：リン酸塩は、宗谷暖流水中ではほぼ $1.0\mu\text{g at}/\ell$ 以下と低かったが、オホーツク海固有水中には 1.5 以上で $2.0\mu\text{g at}/\ell$ 近く含まれており、オホーツク海固有水では水深が深くなるにしたがって高濃度になる傾向が認められた。

文 献

- 1) 札幌管区气象台, 函館海洋气象台: 昭和63年12月~平成元年5月 海氷業務報告, 1989, 15p.
- 2) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸における海況変動の研究I. 低温科学物理編, 26, 351-361 (1968)
- 3) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸における海況変動の研究II. 低温科学物理編, 28, 261-279 (1970)
- 4) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸における海況変動の研究III. 低温科学物理編, 29, 213-224

(1971)

- 5) 青田昌秋：宗谷暖流の研究. 低温科学物理編. 33, 151-172 (1975)
- 6) 青田昌秋, 河村俊行：北海道オホーツク海沿岸の冬季海況について. 低温科学物理編. 37, 93-105 (1978)
- 7) 青田昌秋, 河村俊行：北海道オホーツク海沿岸の冬季の海況についてⅡ. 低温科学物理編. 38, 135-142 (1979)
- 8) 第一管区海上保安部：海洋概報 4 オホーツク海南西海域. 1983, 37 P.
- 9) 青田昌秋, 永田豊, 稲葉栄生, 松山優治, 小野延雄, 金成誠一：海洋の動態 (梶浦欣二郎編), 恒星社厚生閣, 1985, 164-187
- 10) 加納裕二：今冬のオホーツク海の流水状況. 水産海洋研究. 53(3), 337-338 (1989)
- 11) 藤井浄, 阿部深雪, 米沢千鶴子：オホーツク海南西地域の海洋構造特性. 昭和51~53年度特別研究促進調整費 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, 139-141 (1981)
- 12) 渡辺智視：道北海域における海洋環境特性. 水産海洋研究. 53(1), 47-52 (1989)
- 13) 渡辺智視, 佐々木正義, 田中祐志, 夏目雅史, 佐藤一：オホーツク海南西域における水塊構造とクロフィルaの季節変化. 日本海洋学会春季大会講演要旨集. 159-160 (1986)

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの 成熟と産卵

渡 辺 安 廣*

Maturity and spawning of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN, in the Pacific coast of southern Hokkaido

Yasuhiro WATANABE

Maturity and spawning of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, were examined in Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido. The samples were collected with gill nets or traps during February-November 1984 (except June and September) and February 1986-June 1987. The carapace width (CW) at which 50% of females exhibited orange ovaries was estimated to be 69mm. The CW at which 50% of females and males were mature was estimated to be 84 and 113mm, whereas the onset of maturity was estimated to be 70 and 75mm CW, respectively. Primiparous females extruded their eggs between July and September or January and May, while multiparous females extruded the eggs between January and May. Egg-hatching occurred in both females between January and May. The number of eggs per brood decreased from an average of 234,000 eggs to 151,000 eggs between the stages just after the egg extrusion and the appearance of embryonic eyes. Mean length of uneyed eggs was 0.50mm, while that of eyed eggs was 0.65mm, the latter being significantly larger than the former.

は じ め に

オオズワイガニ *Chionoecetes bairdi* RATHBUN は、東部ベーリング海からアリューシャン列島、アラスカ湾から北米オレゴン沖、カムチャッカ半島西岸、北見沖、北海道太平洋沿岸に分布する¹⁻⁵⁾。

本種は、ベーリング海、アラスカ湾で産業重要種となっている。日本近海では、同属のズワイガニ *C. opilio* (O. FABRICIUS) とベニズワイ *C. japonicus* RATHBUN は重要な漁獲対象種であるが、オオズワイガニは漁獲の対象となっていなかった。しかし、1983年から道南太平洋沿岸、噴火湾内でカレイ刺し網に小型のカニ(甲幅40~50mm)が混獲され始め、その後カニの成長に伴い漁獲量が急増し、1986年、1987年にはそれぞれ2,300 t、1,400 tに達したが、1988年、1989年には100 t以下に激減した。このように、道南太平洋海域のオオズワイガニは一時的な増大を示し、消失してしまったかに見えたが、1990年には再び855 t

報文番号 A193 (1992年10月13日受理)

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

まで漁獲量が増加した。

日本近海でのオオズワイガニの研究は、分布に関するものがわずかにあるだけで^{3, 5)}、生態に関する知見は極めて少ない。本報告は、1984年から1987年の間に大量出現した群の生態調査から、成熟と産卵に関する資料を取りまとめたものである。

材料と方法

材料は、1984年2月から11月（6, 9月を除く）と1986年2月から1987年6月にかけて Fig. 1 に示す道南太平洋海域で刺し網とケガニかごで漁獲されたものである。この海域では、オオズワイガニのかごによる漁業は禁止されており、ケガニかごによる漁獲物はケガニ資源調査時に漁獲されたものである。

全標本について甲幅（棘を除く最大幅）、体重を計測し、あわせて甲殻状態の観察を行った。雄ではこの他に左の鉗脚長節長を測定し、雌では腹部の外部形態、腹肢付着卵（以下外卵という）の有無と発眼状態を調べた。なお、雄の鉗脚が再生により正常でないものは除いた。雌の標本から20～50尾を無作為に取り出し、外卵重量と卵巣重量を計り、それらの色彩も調べた。甲殻状態は、鰓域を指で押して容易にへこむ個体を軟甲とし、甲殻の色が暗褐色系でへこまない個体を硬甲とした。また、脱皮直前で旧甲殻の内面に新甲殻が形成されているカニを伊藤⁶⁾にならい“フタカワガニ”とした。外卵は、胚発生が進んだ褐色系から黒色系の発眼卵と未発達でオレンジ色系の未発眼卵に区分した。卵巣は、Hilsinger⁷⁾にならい白色系のものを未熟、オレンジ色系を熟度が進んだものとして区分した。

外卵数の計数は、1984年4月と10月の標本で行い、外卵を約10%のホルマリンで固定した後、そこから0.1gの卵塊を取り出し、これに含まれる全卵数を数え、これをもとに全体の外卵数を推測した。卵径の測定は、1984年4月の未発眼卵と1987年5月の発眼卵で行い、ホルマリンで固定後、万能投影機を用いて0.05mmまで計測した。

成体と未成体の区分は、雌ではHilsinger⁷⁾が報告した腹部の外部形態（成体では腹部の幅が広い）と外卵の有無により行った。また雄では、Brown and Powell⁸⁾、Somerton⁹⁾に従い甲幅と鉗脚長の相対成長に出現する性成熟に伴う不連続をもとに成体と未成体とを判別した。

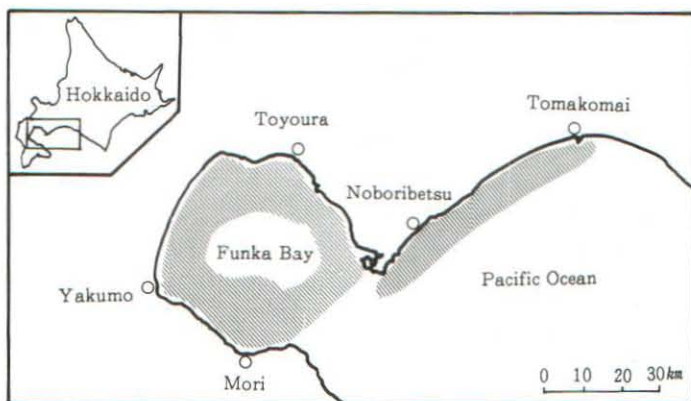


Fig. 1. Map showing study area, Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido.

結 果

1. 卵巣が成熟する大きさ

オオズワイガニ雌は、成体に達する時に最終脱皮（成熟脱皮）を行い、生殖門が開き初めて交尾が可能となる¹⁰⁾。この最終脱皮直後に交尾と産卵が行われるが、卵巣の成熟はこの脱皮以前の未成体期で始まる⁷⁾。未成体雌で熟度が進んだオレンジ色系の卵巣を持つ個体は、Fig. 2 Aに示すように甲幅60mmから出現し、全ての個体の卵巣が成熟する甲幅は86mm以上である。つぎに、Somerton⁹⁾に従い甲幅階級（5mm間隔）毎に熟度の進んだ卵巣を持つ個体の割合（%）をLogistic式（ $y = 100 / (1 + e^{x p(a + b x)})$ ）に適合させて50%甲幅（個体数の50%がその状態となる甲幅）を求めると、69mmと推定される（Fig. 2 B）。

2. 成体の大きさ

雌が成体に達する最小甲幅は70mmであり、前述した手法で成体雌の50%甲幅を求めると84mmと推定される（Fig. 3）。なお、雌の最大未成体は甲幅96mmであり、最小成体と最大未成体との間には26mmの甲幅差がある。

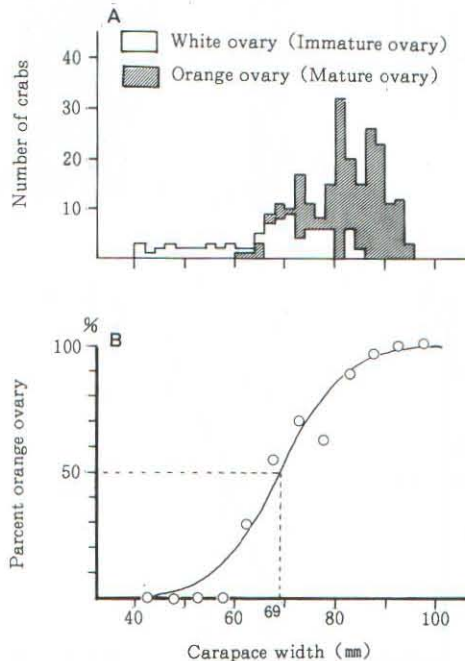


Fig. 2. Relation between carapace width and ovary maturity(A), and relationship between carapace width and percent orange ovary for immature female Tanner crabs in January-March 1984, 1986, and 1987(B). Dotted liens indicate the carapace width corresponding the 50% level of orange ovary appearance on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent orange ovary wihtin 5 mm carapace width intervals.

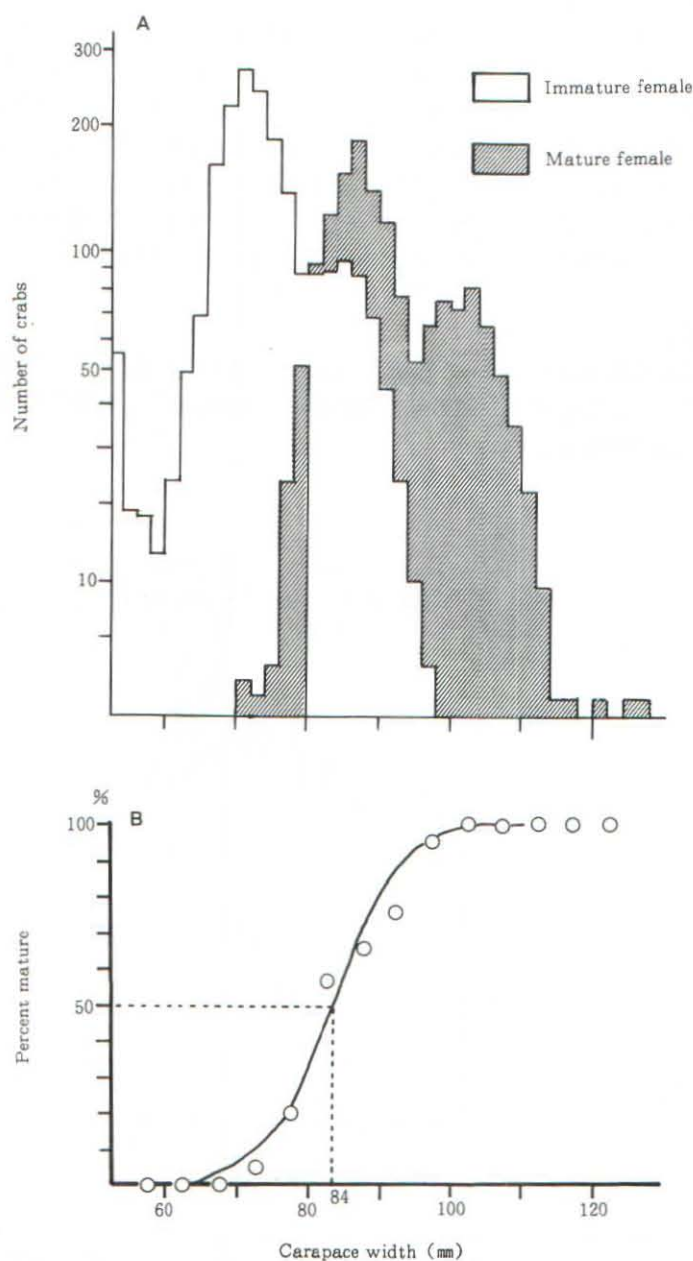


Fig. 3. Carapace width composition of female Tanner crabs from February to November 1984 and February 1986 to June 1987(A), and relationship between carapace width and percent mature for females(B). Dotted lines indicate the carapace width corresponding the 50% maturity level on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent mature within 5 mm carapace width intervals.

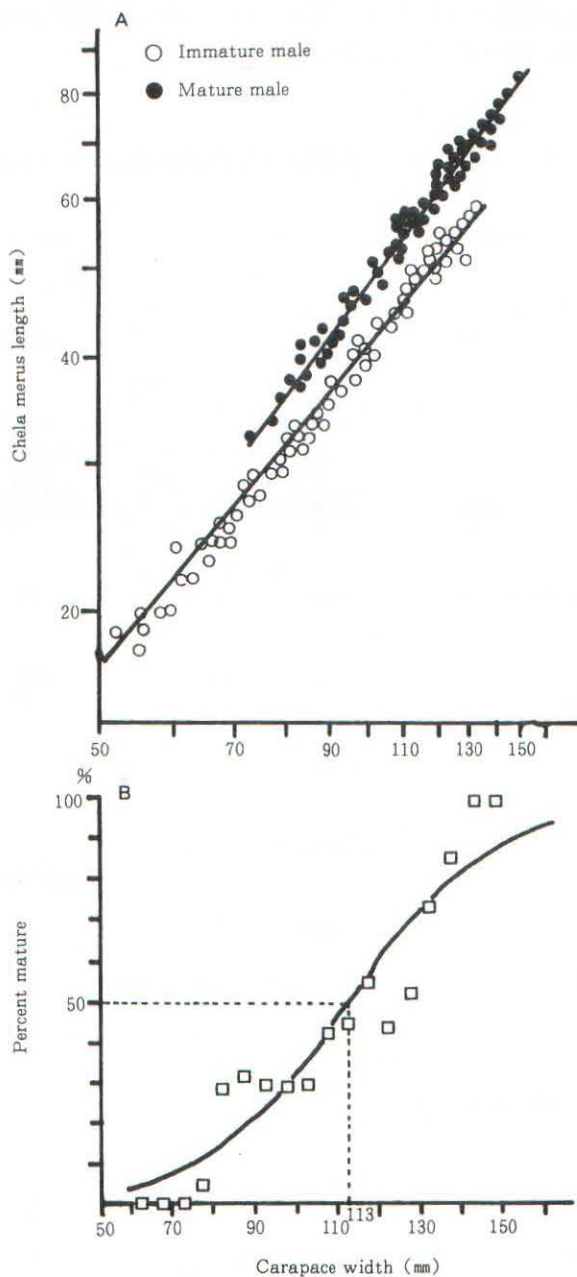


Fig. 4. Relative growth in chela merus length against carapace width(A), and relationship between carapace width and percent mature for male Tanner crabs from February to November 1984 and February 1986 to June 1987(B). Dotted lines indicate the carapace width corresponding the 50% maturity level on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent mature within 5 mm carapace width intervals.

雄の最小成体は、Fig. 4 A に示す甲幅と鉗脚長節長の関係から甲幅75mmであり、成体に達する50%甲幅は113mmと推定される (Fig. 4 B)。最大未成体の甲幅は133mmで、最小成体との甲幅差は58mmであり、雌のその差よりかなり大きい。

3. 生殖腺指数 (GI) の季節変化

未成体雌の場合は、Fig. 3 A に示すようにその甲幅組成に複数のモードが認められ、標本

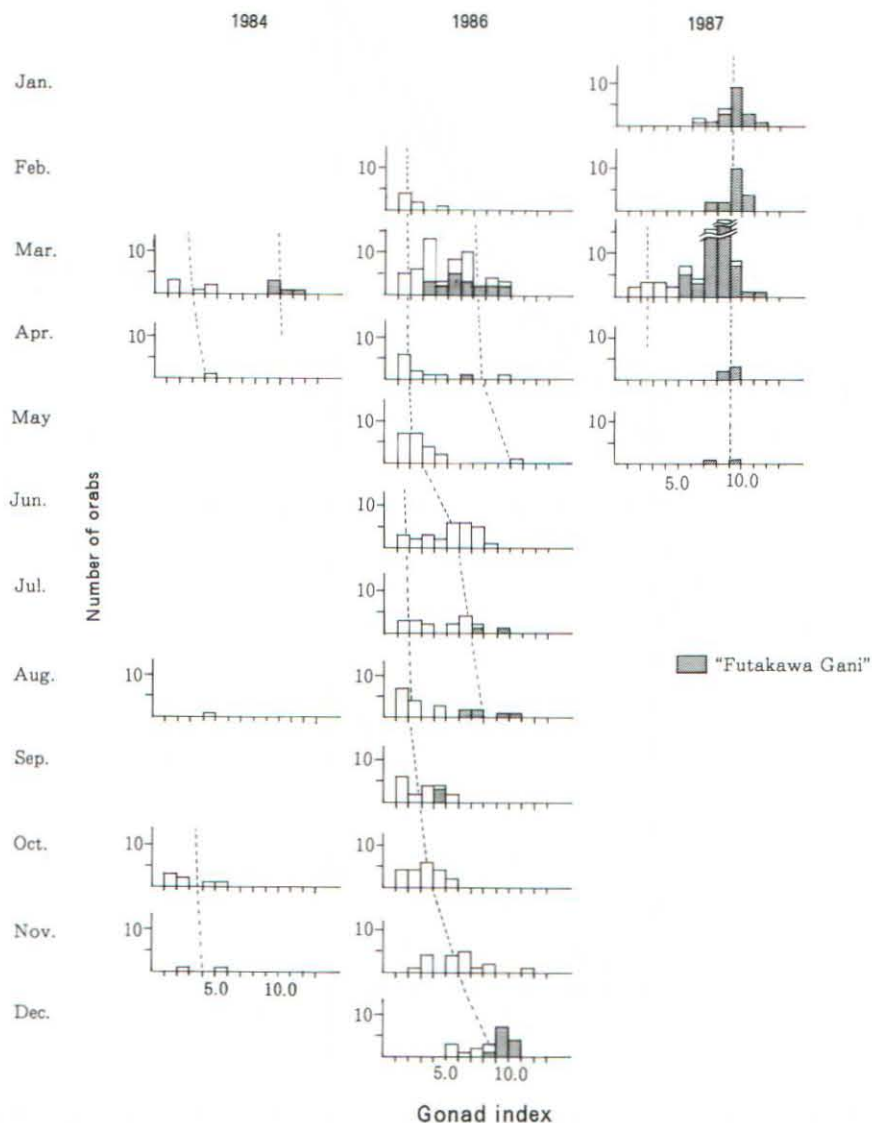


Fig. 5. Monthly change of gonad index of immature female Tanner crabs from February to November 1984 and February 1986 to June 1987. "Futakawa Gani" is female just before the final molt into the adult stage. Dotted lines indicate the mean of gonad index.

の中に複数の齢期群が含まれており、成体へ移行しない個体もある。これらの個体の卵巣は成熟しないと考えられる。したがって、白色系の卵巣は季節の推移に伴う変化が判然としないので除き、熟度がさらに進行すると考えられるオレンジ色系の卵巣の生殖腺指数 ($GI = \text{卵巣重量} \times 100 / (\text{体重} - \text{外卵重量})$) の月別組成をFig. 5に示した。3月から8月までは低GI群 ($GI < 5.0$) と高GI群 ($GI \geq 5.0$) の2群が認められる。1986年2月にGIの平均値が2.2の低GI群は5月まではその値が大きく増大しない。6月の高GI群は、平均値

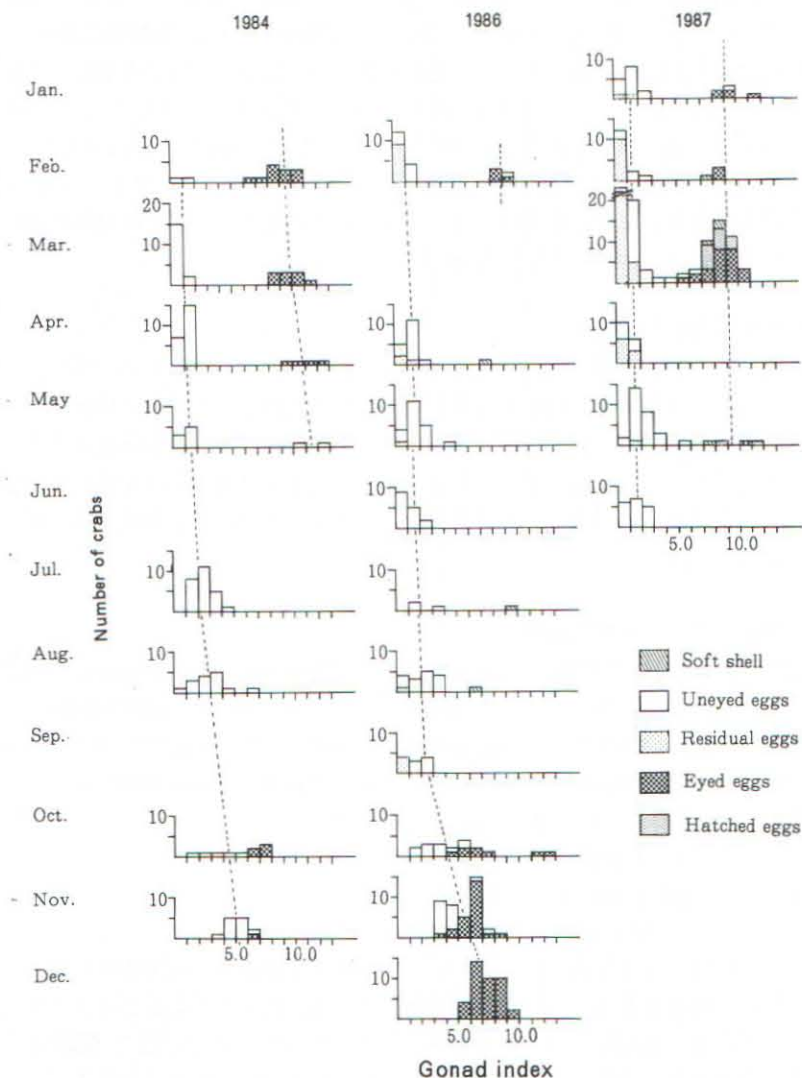


Fig. 6. Monthly change of gonad index of mature female Tanner crabs of the following stages from February to November 1984 and February 1986 to June 1987 : soft shell, females just after final molt and just before spawning ; uneyed eggs, females which carry eggs without conspicuous dark eyes ; eyed eggs, females which carry eggs with dark eyes ; residual eggs, females which have residual eggs in the spent ovaries ; hatched eggs, females which have empty egg cases attached to the pleopods. Dotted lines indicate the mean of gonad index.

が5.9と前月より大きく低下し、個体数も増加することから、低G I群のG I値が急増したものと考えられ、7月、8月には平均値7.0まで高くなる。同年6月の低G I群（平均G I値=1.8）は10月まではあまり増大せず、それ以降急増し12月には最高値（平均G I値=9.0）に達し、5月までそれが持続する。この様に、未成体雌のG I値の変化には7月、8月に高くなる場合と12月から5月にかけて高い値に達する場合の2通りが認められる。しかも、この両時期に最終脱皮直前と考えられる“フタカワガニ”の個体も出現している。

成体雌では抱卵個体に着目すると、1月から5月の生殖腺指数（G I）の値には2群が認められる（Fig. 6）。卵巣が成熟した高G I群は主に発眼卵を抱卵した個体であり、また低G I群の多くは産卵直後の明るいオレンジ色の未発眼卵を抱卵し、白色の萎縮した卵巣内に残留卵を有する個体である。2月の平均1.0前後の低G I群は5月、6月ころまでほとんどG I値が増加しないが、それ以降増大し10月ころから5.0以上の高G I群に移行し、1月に平均9.0の最高値に達し5月までその値を維持し、6月以降出現しなくなる。また、最終脱皮直後の産卵直前と考えられる軟甲個体は、2月から5月と7月、8月に見られる。なお、この個体のG Iの値は6.0～9.0である（Fig. 6）。

4. 腹肢付着卵（外卵）の発生

季節の推移に伴う外卵の発生段階別出現状況を Table 1 に示した。未発眼卵は12月を除く各月で見られるが、産卵直後と判断されるもの（白色の萎縮した卵巣内に残留卵がある）は1月から5月までと8月、9月に認められた。この1月から5月の産卵直後と考えられる雌の一部と8月、9月のそれは軟甲個体である。胚発生の進んだ発眼卵は10月から出現し5月まで見られ、1月以降はふ化間近いものである。ふ化後の空の卵殻を腹肢に持つ個体は2月から5月に認められる。

5. 腹肢付着卵（外卵）の数と卵径

外卵の抱卵数は、4月の未発眼卵で8～33万粒の範囲であり、平均23.4万粒（甲幅86～121mm）である。10月の発眼卵は9～23万粒の範囲で、平均15.1万粒（甲幅84～115mm）である。外卵の抱卵数は甲幅の増大とともに増加する傾向が認められる（Fig. 7）。したがって、抱卵数と甲幅の関係をHaynes *et al.*¹³⁾に従って両対数式で表すと次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{未発眼卵} \quad \log_e y &= -7.1483 + 2.2108 \log_e x \\ (r &= 0.653, n = 33, P < 0.001) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{発眼卵} \quad \log_e y &= -11.1135 + 3.0159 \log_e x \\ (r &= 0.946, n = 20, P < 0.001) \end{aligned}$$

ここで、 y は抱卵数、 x は甲幅である。次に、未発眼卵と発眼卵の抱卵数の差について共分散分析法を用いて検討すると、両回帰式の回帰係数には有意な差があるとは言えない（ $F = 4.882$, $P > 0.05$ ）が、回帰切片は有意差があり（ $F = 20.395$, $P < 0.001$ ）、発眼卵の抱卵数は未発眼卵のそれよりも少なく、抱卵数は10月の発眼期までに約25%減少する。

卵径は、未発眼卵で平均0.50mm（ $SD = 0.042$ ）、発眼卵で平均0.65mm（ $SD = 0.017$ ）あり、発眼卵の方が有意に大きい（ $t = 15.48$, $df = 49$, $P < 0.001$ ）。

Table 1. Percent of each developmental stage (uneyed, eyed, and hatched) of external eggs attached to pleopods of female crabs in January-December, 1984, 1986, and 1987. Numbers in parentheses denote percent of females which have residual eggs in their spent ovaries : H, hard shelled females ; S, soft shelled females.

Date	Individuals observed	Uneyed eggs		Eyed eggs	Hatched eggs
		(H)	(S)		
1984 Feb.	15	13		87	
Mar.	51	78		22	
Apr.	66	86		14	
May	22	86		4	10
Jul.	30	100			
Aug.	22	100			
Oct.	11			100	
Nov.	13			100	
1986 Feb.	29	86(17	28)	14	
Mar.	46	100(37	)		
Apr.	21	100(19	)		
May	31	100(	3)		
Jun.	74	100			
Jul.	20	100			
Aug.	27	100(	4)		
Sep.	21	100(	14)		
Oct.	31	68		32	
Nov.	140	37		63	
Dec.	88			100	
1987 Jan.	46	89(7	2)	11	
Feb.	110	42(14	5)	57	1
Mar.	313	90(28	6)	12	8
Apr.	43	100(51	5)		
May	77	94(10	)	3	3
Jun.	52	100			

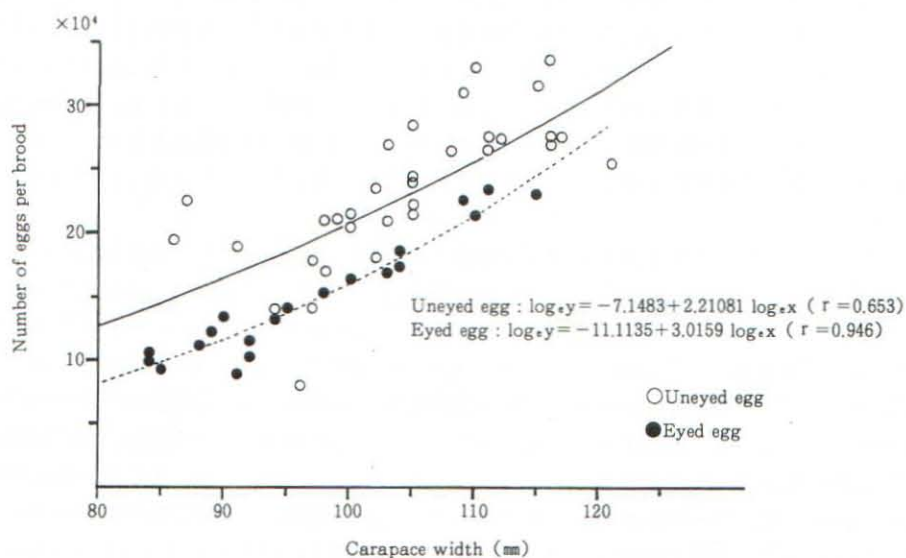


Fig. 7. Regression of brood size against carapace width of Tanner crabs in Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido in April (uneyed egg) and October (eyed egg) 1984.

考 察

1. 成体に達する大きさ

クモガニ科 (Majidae) のカニは、一般に雌雄とも明らかな形態的变化を伴う成熟脱皮があり、それは最終脱皮でもあり、雌はこの脱皮までは生殖門の構造上交尾・産卵が不可能である¹²⁾。オオズワイガニの雌も同じ成熟脱皮を行い、この脱皮が繁殖活動の開始を意味する。しかし、オオズワイガニでは多くのクモガニ科のカニと異なりこの脱皮前に卵巣が成熟し始める⁷⁾。そして、この脱皮直後に交尾・産卵が行われる。したがって、卵巣が成熟し始める年齢と繁殖可能となる(成体に達する)年齢には差異があり、その大きさも異なる。また、この脱皮が最終脱皮であるため、雌は成体に達すると成長が止まる。

道南太平洋では卵巣が成熟し始める甲幅は60mmからで、その50%甲幅は69mmで、未熟な卵巣を持つ最大甲幅は85mmである。アラスカ湾では卵巣の成熟は甲幅55mmから認められ、50%甲幅は68mmであり¹³⁾、両海域とも大きな差はない。道南太平洋の雌が成体に達する最小甲幅は70mmで、その50%甲幅は84mmで、最大未成体は甲幅96mmになっており、アラスカ湾とほぼ同じ大きさ(各々甲幅73mm, 甲幅83mm, 甲幅98mm)である¹³⁾。

また、雄が成体に達する50%甲幅は113mmで、ベーリング海の甲幅109~117mm¹⁴⁾、アラスカ湾の甲幅110mm⁸⁾とほぼ同じである。雄では、最小成体(甲幅75mm)と最大未成体(甲幅133mm)の甲幅差が58mmあり、成体に達する甲幅範囲は広い。Donaldson *et al.*¹³⁾が報告した年齢と成長の関係によると、この甲幅差は3年齢・3歳の幅に相当する。

2. 産卵とふ化

初めての産卵(以下初産卵という)の時期は、未成体雌の生殖腺指数(GI)が7月、8月と12月から5月に高くなり、成熟脱皮直前の個体も同時期に出現する(Fig. 5)こと、さらに産卵まもないオレンジ色の未発眼卵を抱卵し萎縮した卵巣内に残留卵を持つ軟甲個体は8月、9月と1月から5月に見られる(Table 1)ことから、8月、9月にかけてと1月から5月の2期あると推定される。2回目以降の産卵(以下経産卵と呼ぶ)は、抱卵成体雌のGI値が1月から5月に最高に達する(Fig. 6)こと、産卵直後と思われるオレンジ色の未発眼卵を抱卵する硬甲個体が1月から5月に出現することから、1月から5月に行われると考えられる。

アラスカ湾のオオズワイガニの経産卵個体の産卵期は5月、6月で、初産卵個体のそれは経産卵個体よりも早い12月末から5月初めであると報告されている^{7, 15)}。日本海のズワイガニの初産卵の時期は、経産卵の時期(2月から4月)と異なり9月、10月と報告されている⁶⁾。また、桜井他¹⁶⁾は道東太平洋のケガニも初産卵が10月、11月、経産卵が3月から5月に行われると述べている。いずれの例も初産卵個体の産卵期は経産卵個体のそれと時期的に差異がある。しかし、道南太平洋のオオズワイガニの初産卵個体の産卵期は、経産卵個体のそれと異なる8月、9月およびそれと同じ1月から5月の2回見られ、前述した例と相違がある。松浦⁷⁾は、ベーリング海のオオズワイガニの飼育実験などで初産卵の時期が2月から4月および6月、7月に観察されたと述べており、道南太平洋のオオズワイガニ同様初産卵個体の産卵期が2回あることを示唆している。ただ、道南海域の成体雌には大型と小型が認められ(Fig. 3 A)、8月、9月に産卵する個体は小型で成体に達したものが多く、大型で

成体となったものは少ないことから、この初産卵の時期に見られる相違は成体に達する大きさとの関連性を示唆しているものと推察される。

ふ化期は、ふ化間近い発眼卵が1月から5月に認められ、またふ化済みの卵殻を腹肢に付着させている個体が2月から5月に出現していることから、1月から5月と考えられる。したがって、経産卵個体の抱卵期間は1年にわたるものと推定される。初産卵個体のそれは、1月から5月に産卵するものでは1年間と考えられるが、8月、9月に産卵するものでは4～9か月または1年4～9か月の両方考えられる。本種は2回目以降の産卵はふ化直後に行われるため⁷⁾、抱卵期間は卵巣の成熟期間と一致することになる。Fig. 6を見ると、10月から12月にかけてGI値が1.0未満の未熟な卵巣をもつ個体が認められず、8月、9月に産卵した個体は11月、12月にかけて卵巣が急激に発達し1月から5月に再び産卵することも考えられるので、4～9か月の抱卵期間の可能性が示唆される。しかし、1月から5月に産卵した個体の卵巣の成熟に1年を要すること、アラスカ湾のオオズワイガニ¹⁵⁾や日本海のズワイガニ¹⁸⁾では初産卵個体の抱卵期間が1年半であること、またケガニ (*Erimacrus isenbeckii*)¹⁹⁾、タラバガニ (*Paralithodes camtschatica*)²⁰⁾、アブラガニ (*P. platypus*)²¹⁾、ハナサキガニ (*P. brevipes*)²²⁾の抱卵期間が約1年またはそれ以上であると推定されていることから、本種の4～9か月の抱卵期間には疑問が残る。さらに、ズワイガニでは成体雌の成熟段階別の“すみわけ”が示唆されており²³⁾、10月から12月に卵巣が未熟で未発眼卵を抱卵する個体を採集できなかった可能性も否定できない。したがって、どちらの抱卵期間を考えるにしても明確な証拠を欠き、今後明らかにする必要がある。なお、8月、9月に産卵する初産卵個体の抱卵期間は経産卵個体のそれと差異がある。このことは、日本海のズワイガニやアラスカ湾のオオズワイガニでも見られるが不明な点が多く、今¹⁰⁾が述べているように外卵の発生過程、ふ化に要する積算水温および生息環境の水温などに詳しく検討する必要がある。

3. 腹肢付着卵(外卵)の数と卵径

道南太平洋でのオオズワイガニの外卵の抱卵数は、未発眼卵で平均23.4万粒(8～33万粒)、発眼卵で平均15.1万粒(9～23万粒)であった。アラスカ湾では、未発眼卵で平均16.9万粒(3～32万粒)、発眼卵で平均13.3万粒(2～31万粒)であり⁷⁾、ベーリング海では未発眼卵の抱卵数が平均15.1万粒(7～40万粒)と報告されている¹¹⁾。そして、いずれの海域でも甲幅が大きくなるに従い抱卵数が増大する。同じ大きさの個体を比較すると道南太平洋の抱卵数はアラスカ湾のそれよりも多い。しかし、ベーリング海のそれとは同程度と考えられる。抱卵数は初産卵個体と経産卵個体とは異なることが知られており²⁴⁾、アラスカ湾との抱卵数の差はこれらの個体の割合の差異に起因するとも考えられるが、現在のところ不明である。同属のズワイガニの抱卵数(未発眼卵)は多くの個体で3～8万粒(甲幅70～79mm)で²⁵⁾、またベニズワイのそれは2～8万粒(甲幅50～90mm)であり²⁶⁾、オオズワイガニ抱卵数よりもかなり少ない。短尾類(*Brachyura*)では、背甲内の体腔容積が抱卵サイズ(brood size)を制限する²⁷⁾ため、甲幅が大きく、後述するように小型卵を持つオオズワイガニが大きな繁殖能力を持つものと考えられる。

抱卵数が卵発生との進行とともに減少することは、ズワイガニ²⁸⁾やタラバガニ²⁹⁾でも報告されており、Hilsinger⁷⁾はアラスカ湾のオオズワイガニの抱卵数の減少の原因について異常胚の死亡と卵殻内の寄生虫の捕食によるものと述べている。アラスカ湾のタラバガニではこの寄生虫により抱卵数が低下し、ある海域では加入量の減少の一因ともなっている³⁰⁾ため、

今後寄生虫による卵死亡にも着目していく必要がある。

オオズワイガニの卵径は、未発眼卵で平均0.50mm、発眼卵で平均0.65mmであり、多くの十脚類 (Decapoda) で報告されている³¹⁾ ように胚の発育に伴う増大傾向を示すと考えられる。これらの卵径はアラスカ湾 (未発眼卵平均0.53mm, 発眼卵平均0.66mm)¹⁾ や南東ベーリング海 (未発眼卵平均0.56mm)¹¹⁾ で報告されていたものと同じ大きさである。他のズワイガニ属と比較すると、道南太平洋のズワイガニは平均0.67mm (SD=0.034)*, 日本海のベニズワイは0.58~0.88mm, 平均0.68mm³²⁾ と推定されており、いずれも未発眼卵であるが、オオズワイガニよりも大型である。

要 約

1984年から1987年にかけて道南太平洋海域に大量出現したオオズワイガニの成熟と産卵について検討し以下の結果を得た。

1. オオズワイガニの卵巣が成熟する最小甲幅は60mmで、その50%甲幅は69mmである。
2. 雌が成体に達する最小甲幅は70mm, その50%甲幅は84mmであり、雄のそれは各々甲幅75mmと甲幅113mmと推定された。
3. 産卵期は、卵巣の熟度指数などから経産卵では1月から5月、初産卵では8月、9月と1月から5月の2期と推定された。
4. ふ化期は腹肢付着卵の発生状態などから1月から5月と推定された。
5. 抱卵期間は1月から5月に産卵する雌については1年と推定されたが、8月、9月に産卵する初産卵雌では4~9か月と1年4~9か月の両方の可能性が考えられた。
6. 抱卵数は、未発眼期で8~33万粒 (平均23.4万粒), 発眼期で9~23万粒 (15.1万粒) であり、卵発生の進行とともに減少する。卵径は前者で平均0.50mm, 後者で平均0.65mmである。

文 献

- 1) Garth, J. S.: Brachyura of the Pacific Coast of America. Oxyrhyncha. *Allan Hancock Pacif. Exp.* 21, 148-161 (1958)
- 2) Hosie, M. J. and Gaumer, T. F.: Southern range extension of the Baird crab (*Chionoecetes bairdi* RATHBUN). *Cal. Fish. Game.* 60, 44-47 (1974)
- 3) Igarashi, T.: A list of marine decapod crustaceans from Hokkaido, deposited at the Fisheries Museum, Faculty of Fisheries, Hokkaido University. III. Brachyura. *Fish. Mus., Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 13, 1-18 (1970)
- 4) Fujita, H., Kawasaki, S. and Takeshita, T.: The occurrence of Baird crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN, in the waters off western Kamchatka. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 15, 91-99 (1977)

* 渡辺 (未発表資料)

- 5) 武田正倫, 林 浩之: 道東太平洋岸産の異尾, 短尾甲殻類の生物地理. 日本生物地理学会会報. 45 (7), 51-59 (1990)
- 6) 伊藤勝千代: 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 I: 初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について. 日水研報告. 17, 67-84 (1967)
- 7) Hilsinger, J. R.: Aspects of the reproductive biology of female snow crab, *Chionoecetes bairdi*, from Prince William Sound and the adjacent Gulf of Alaska. *Mar. Sci. Commun.* 2, 201-225 (1976)
- 8) Brown, R. B. and Powell, G. C.: Size at maturity in the male Alaskan tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, as determined by chela allometry, reproductive tract weights, and size of precopulatory males. *J. Fish. Res. Board Can.* 29, 423-427 (1972)
- 9) Somerton, D. A.: A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 1488-1494 (1980)
- 10) Adams, A. E. and Paull, A. J.: Male parent size, sperm storage and egg production in the crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae). *Int. J. Invert. Reprod.* 6, 181-187 (1983)
- 11) Haynes, E., Karinen, J. F., Watson, J., and Hopson, D. J.: Relation of number of eggs and egg length to carapace width in the brachyuran crabs *Chionoecetes bairdi* and *C. opilio* from the southeastern Bering Sea and *C. opilio* from the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Can.* 33, 2592-2595 (1976)
- 12) Hartnoll, R. G.: The biology of spider crabs: a comparison of British and Jamaican species. *Crustaceana.* 9, 1-16 (1965)
- 13) Donaldson, W. E., Cooney, R. T. and Hilsinger, J. R.: Growth, age and size at maturity of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* M. J. RATHBUN, in the northern Gulf of Alaska (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana.* 40, 286-302 (1981)
- 14) Somerton, D. A.: Regional variation in the size of maturity of two species of Tanner crab (*Chionoecetes bairdi* and *opilio*) in the eastern Bering Sea, and its use in defining management subareas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 163-174 (1981)
- 15) Donaldson, W. E. and Adams, A. E.: Ethogram of behavior with emphasis on mating for the Tanner crab *Chionoecetes bairdi* RATHBUN. *J. Crust. Biol.* 9, 37-53 (1989)
- 16) 桜井基博, 山代昭三, 尾身東美, 阿部晃治: "II-4-(2) カニ". 釧路のさかなと漁業. 釧路市, 1972, 146-152 (釧路叢書, 13)
- 17) 松浦修平: "6. ズワイガニ". エビ・カニ類の種苗生産 (平野礼次郎編). 東京, 恒星社厚生閣, 1988, 76-91 (水産学シリーズ, 71)
- 18) 今 攸: ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. FABRICIUS) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部付属佐渡臨海実験所特別報告. 第2集, 1-64 (1980)
- 19) 吉田 裕: 北鮮産有用蟹類の生殖に就いて 1: ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT). 水産研究誌. 35(8), 4-12 (1940)
- 20) 丸川久俊: たらばがに調査. 水産試験場報告. 4, 1-152 (1933)
- 21) 笹川康雄: 西部ベーリング海のアブラガニ資源に関する研究-I: 産卵周期. 日水誌. 39 (10), 1031-1037 (1973)
- 22) 佐藤 栄, 阿部芳吉: 「ハナサキガニ」の産卵数に就いて. 北水試旬報. 481, (1941)

- 23) 山崎 淳, 生田哲郎, 西広富夫, 内野 憲 : 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究-Ⅲ : 成熟・産卵にともなう雌ガニの分布. 京都海洋センター研報. 9, 17-22 (1985)
- 24) Somerton, D. A. and Meyers, W. S. : Fecundity differences between primiparous and multiparous female Alaskan tanner crab (*Chionoecetes bairdi*). *J. Crust. Biol.* 3, 183-186 (1983)
- 25) 伊藤勝千代 : ズワイガニの卵の熟度についての 2, 3 の考察. 日水研報告. 11, 65-76 (1963)
- 26) 伊藤勝千代 : 日本海におけるベニズワイの成熟と産卵, とくに産卵周期について. 日水研報告. 27, 59-74 (1976)
- 27) Hines, A. H. : Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar. Biol.* 69, 309-320 (1982)
- 28) 今 攸 : ズワイガニに関する漁業生物学的研究-Ⅳ : 卵巣内卵数および抱卵数. 日水誌. 40(5), 465-469 (1974)
- 29) 竹下貢二, 松浦修平 : 北太平洋のトラバガニー I : 生殖と成長. 栽培技研. 18, 35-43 (1989)
- 30) Kuris, A. M., Biau, S. F., Paul, A. J., Shields, J. D. and Wickham, D. E. : Infestation by brood symbionts and their impact on egg mortality of the red king crab, *Paralithodes camtschatica*, in Alaska : geographic and temporal variation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, 559-568 (1991)
- 31) Wear, R. G. : Incubation in British decapod Crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *J. mar. bio. Ass. U. K.* 54, 745-762 (1974)

寄生虫の寄生状況からみたサンマのオホーツク海への 来遊経路推定の試み

山口幹人*¹, 本間隆之*²

Parasitological study of the migration route of the Pacific saury,
Cololabis saira, to the Okhotsk Sea

Motohito YAMAGUCHI and Takayuki HONMA

Prevalence, mean intensity and relative density of *Pennella* sp., *Caligus macarovi*, *Irona melanosticta*, *Bomolochus* sp. and *Rhadinorhynchus* sp. on and in the medium-sized Pacific saury, *Cololabis saira* (24.0 cm $\leq$ knob length < 29.0 cm) were studied in the western North Pacific Ocean and Okhotsk Sea in 1990 and 1991.

The values of each index in the Okhotsk Sea from September to November were similar to those between 150°E and 155°E from May to July in 1990 and between 145°E and 150°E in 1991 in the western North Pacific Ocean, suggesting that medium-sized sauries migrated to the Okhotsk Sea from these areas in the western North Pacific Ocean.

緒 言

秋期, オホーツク海北海道沿岸域にはサンマが来遊し, 棒受網(一部刺網)で漁獲されている。その来遊量の年変動は大きく, 漁獲量も最高63,383 t (1977年)から最低0.04 t (1991年)まで変動している¹⁾。そのため漁業上, 来遊量を正確に把握し, 精度の高い来遊予測を行うことが求められている。

来遊予測のためには, 来遊途中の資源量を把握することが必要であり, その前提条件として来遊経路の把握が重要である。来遊経路については, これまでに春から夏にかけて太平洋を北上したものの一部が7月下旬~8月中旬ころに千島列島南西部周辺海域, 主に国後水道を通してオホーツク海に入ったものと推定されている²⁻⁴⁾。しかし, 千島列島南西海域に達するまでの北上経路についての詳細は不明であった。

一方, サンマについて, その寄生虫の寄生状況が系群や分布水域によって異なり, 寄生状況の調査が系群判別や回遊の推定に有効である可能性が示唆されている⁵⁾。

そこで, 1990年と1991年の5~7月に北西太平洋で採集されたサンマと同年の9~11月にオホーツク海で採集されたサンマの寄生虫の寄生状況を比較することによって, オホーツク

報文番号 A194 (1992年10月13日受理)

* 1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, yoichi, Hokkaido 046, Japan)

* 2 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)

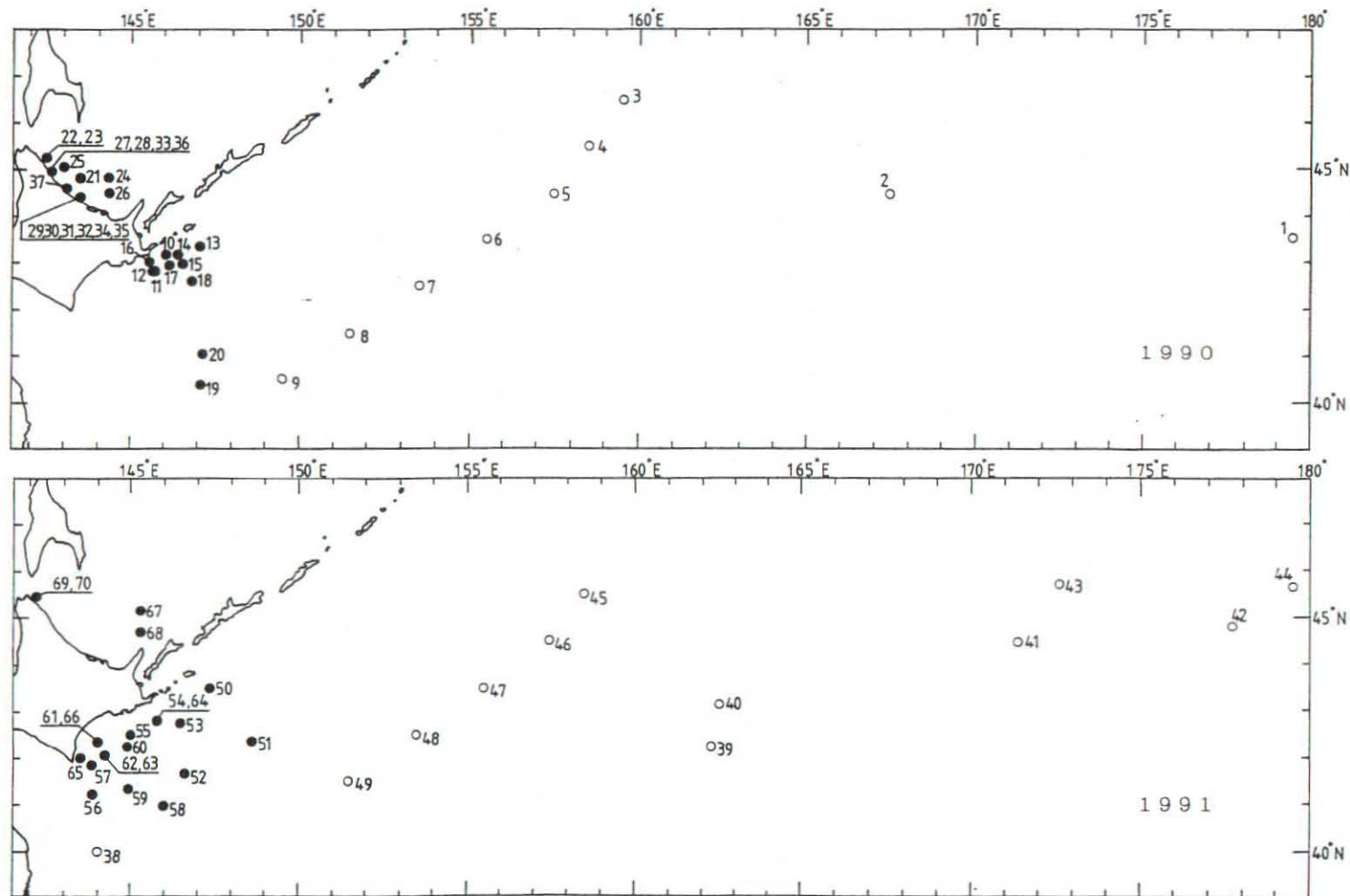


Fig. 1. Sampling locations of *Cololabis saira* in 1990 and 1991.
 ○ : From May to July. ● : From August to November.
 Numerals represent the numbers of sampling locations given in Tables 1 - 2.

海への来遊経路の一部である太平洋における北上経路の解明を試みた。また、比較対象として8月以降に道東太平洋海域の漁場で採集されたサンマについても同様の調査を行った。

材料および方法

1990, 1991年の5~7月の北西太平洋および8~11月のオホーツク海と道東太平洋の70点 (Tables 1, 2 Fig. 1) で刺網および棒受網によって採集されたサンマについて、寄生虫の有無および個体数を調査した。調査した寄生虫は長澤⁵⁾が紹介した魚体表面に寄生するサンマヒジキムシ (*Pennella* sp.) とサンマウオジラミ (*Caligus macarovi*)、鰓腔内に寄生するサヨリヤドリムシ (*Irona melanosticta*) とエラジラミ類 (*Bomolochus* sp.) の4種に、消化管内に寄生する鉤頭虫類 (*Rhadinorhynchus* sp.) を加えた5種である。

Table 1. Sampling date, locations, number of medium-sized sauries examined, and prevalence, mean intensity and relative density of *Pennella* sp.(P), *Caligus macarovi*(C), *Irona melanosticta*(I), *Bomolochus* sp.(B) and *Rhadinorhynchus* sp.(R) in 1990.

Region	No	Date	Location	Number of examined	Prevalence(%)					Mean intensity					Relative density				
					(P)	(C)	(I)	(B)	(R)	(P)	(C)	(I)	(B)	(R)	(P)	(C)	(I)	(B)	(R)
Western Pacific	1	18 Jun.	43°33' N 179°27' E	86	0.0	0.0	1.2	2.3	91.9	—	—	1.00	1.00	7.63	0.00	0.00	0.01	0.02	7.01
	2	25 Jun.	44°29' N 167°28' E	26	0.0	0.0	0.0	0.0	88.5	—	—	—	—	6.52	0.00	0.00	0.00	0.00	5.77
	3	18 Jul.	46°30' N 159°30' E	15	0.0	6.7	0.0	20.0	86.7	—	1.00	—	1.00	5.08	0.00	0.07	0.00	0.20	4.40
	4	19 Jul.	45°30' N 158°30' E	20	0.0	0.0	0.0	35.0	70.0	—	—	—	1.14	4.36	0.00	0.00	0.00	0.40	3.05
	5	20 Jul.	44°30' N 157°30' E	12	0.0	0.0	0.0	41.7	83.3	—	—	—	1.40	4.30	0.00	0.00	0.00	0.58	3.58
	6	21 Jul.	43°30' N 155°30' E	21	0.0	0.0	4.8	42.9	33.3	—	—	1.00	1.67	3.71	0.00	0.00	0.05	0.71	1.24
	7	22 Jul.	42°30' N 153°30' E	2	0.0	0.0	0.0	100	50.0	—	—	—	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.50
	8	23 Jul.	41°30' N 151°30' E	19	0.0	21.1	5.6	41.2	31.6	—	1.50	1.00	1.71	1.50	0.00	0.32	0.05	0.71	0.47
	9	24 Jul.	40°30' N 149°30' E	19	0.0	52.6	36.8	68.4	47.4	—	1.00	1.43	1.62	2.11	0.00	0.53	0.53	1.11	1.00
South-eastern waters of Hokkaido	10	27 Aug.	43° 7' N 146°10' E	29	0.0	3.4	10.3	58.6	27.6	—	1.00	1.00	2.41	1.88	0.00	0.03	0.10	1.41	0.52
	11	1 Sep.	42°50' N 145°40' E	29	0.0	6.9	3.4	69.0	24.1	—	1.00	1.00	1.70	1.29	0.00	0.07	0.03	1.17	0.31
	12	1 Sep.	42°48' N 145°37' E	10	0.0	10.0	10.0	50.0	10.0	—	1.00	1.00	1.20	1.00	0.00	0.10	0.10	0.60	0.10
	13	4 Sep.	43°24' N 147° 3' E	30	0.0	13.3	6.7	80.0	46.7	—	1.25	1.00	2.17	3.00	0.00	0.17	0.07	1.73	1.40
	14	11 Sep.	43°10' N 146°25' E	30	0.0	3.3	6.7	43.3	0.0	—	1.00	1.00	1.38	—	0.00	0.03	0.07	0.60	0.00
	15	27 Sep.	43° 2' N 146°30' E	30	0.0	10.0	6.7	26.7	50.0	—	1.00	1.00	1.50	2.13	0.00	0.10	0.07	0.40	1.07
	16	11 Oct.	42°58' N 145°35' E	27	0.0	0.0	3.7	88.9	40.7	—	—	1.00	2.00	2.36	0.00	0.00	0.04	1.78	0.96
	17	16 Oct.	42°55' N 146° 9' E	28	0.0	3.6	0.0	71.4	75.0	—	1.00	—	2.30	1.95	0.00	0.04	0.00	1.64	1.46
	18	23 Oct.	42°38' N 146°50' E	30	3.2	3.3	0.0	73.3	63.3	1.00	1.00	—	2.09	1.53	0.03	0.03	0.00	1.53	0.97
	19	29 Oct.	40°25' N 147° 7' E	30	0.0	6.7	6.7	56.7	50.0	—	1.00	1.00	2.12	2.20	0.00	0.07	0.07	1.20	1.10
	20	7 Nov.	41° 3' N 147°12' E	28	0.0	3.6	0.0	64.3	60.7	—	1.00	—	2.56	2.00	0.00	0.04	0.00	1.64	1.21
Total of region				301	0.3	5.6	4.7	62.5	42.5	1.00	1.06	1.00	2.05	2.05	0.00	0.06	0.05	1.28	0.87
Okhotsk Sea	21	5 Sep.	44°50' N 143°30' E	9	0.0	22.2	33.3	22.2	0.0	—	1.00	1.00	2.00	—	0.00	0.22	0.33	0.44	0.00
	22	25 Sep.	45°10' N 142°30' E	2	0.0	50.0	50.0	100	50.0	—	1.00	1.00	1.50	4.00	0.00	0.50	0.50	1.50	2.00
	23	25 Sep.	45°13' N 142°33' E	60	0.0	21.7	10.0	60.0	43.3	—	1.08	1.00	1.67	1.73	0.00	0.23	0.10	1.00	0.75
	24	26 Sep.	44°50' N 144°20' E	39	0.0	10.3	2.6	38.5	38.5	—	1.00	1.00	1.67	2.27	0.00	0.10	0.03	0.64	0.87
	25	26 Sep.	45° 0' N 143° 0' E	21	0.0	14.3	4.8	52.4	38.1	—	2.00	1.00	1.27	2.88	0.00	0.29	0.05	0.67	1.10
	26	27 Sep.	44°30' N 144°20' E	39	0.0	2.6	5.1	61.5	30.8	—	2.00	1.50	1.75	2.17	0.00	0.05	0.08	1.08	0.67
	27	28 Sep.	44°55' N 142°40' E	49	0.0	14.3	2.0	30.6	34.7	—	1.57	1.00	1.53	2.88	0.00	0.22	0.02	0.47	1.00
	28	5 Oct.	44°55' N 142°40' E	40	0.0	22.5	15.0	52.5	30.0	—	1.33	1.00	1.52	2.17	0.00	0.30	0.15	0.80	0.65
	29	5 Oct.	44°22' N 143°25' E	15	0.0	13.3	26.7	53.3	33.3	—	1.00	1.25	1.38	2.40	0.00	0.13	0.33	0.73	0.80
	30	10 Oct.	44°24' N 143°22' E	22	0.0	27.3	13.6	72.7	27.3	—	1.00	1.00	1.94	1.67	0.00	0.27	0.14	1.41	0.45
	31	10 Oct.	44°19' N 143°39' E	41	0.0	19.5	12.2	75.6	34.1	—	1.25	1.00	2.39	1.57	0.00	0.24	0.12	1.80	0.54
	32	11 Oct.	44°14' N 143°44' E	22	0.0	18.2	4.5	77.3	31.8	—	2.00	3.00	2.59	1.71	0.00	0.36	0.14	2.00	0.55
	33	17 Oct.	44°55' N 142°40' E	35	0.0	11.4	8.6	20.0	42.9	—	1.25	1.00	1.29	1.73	0.00	0.14	0.09	0.26	0.74
	34	24 Oct.	44°22' N 143°25' E	44	0.0	27.3	4.5	86.4	18.2	—	1.25	1.00	2.58	2.13	0.00	0.34	0.05	2.23	0.39
	35	24 Oct.	44°22' N 143°25' E	32	0.0	25.0	3.1	84.4	25.0	—	1.25	1.00	2.11	1.75	0.00	0.31	0.03	1.78	0.44
	36	31 Oct.	44°55' N 142°40' E	41	0.0	14.6	22.0	53.7	24.4	—	1.50	1.00	1.41	1.40	0.00	0.22	0.22	0.76	0.34
	37	15 Nov.	44°30' N 143°15' E	27	0.0	55.6	7.4	85.2	18.5	—	1.67	2.50	2.61	1.60	0.00	0.93	0.19	2.22	0.30
Total of region				538	0.0	19.5	9.5	58.6	31.4	—	1.35	1.14	1.96	2.02	0.00	0.26	0.11	1.15	0.64

Table 2. Sampling date, locations, number of medium-sized sauries examined, and prevalence, mean intensity and relative density of *Pennella* sp.(P), *Caligus macarovi*(C), *Irona melanosticta*(I), *Bomolochus* sp.(B) and *Rhadinorhynchus* sp.(R) in 1991.

Region	No.	Date	Location	Number of examined	Prevalence(%)					Mean intensity					Relative density				
					(P)	(C)	(I)	(B)	(R)	(P)	(C)	(I)	(B)	(R)	(P)	(C)	(I)	(B)	(R)
Western North Pacific	38	15 May	40° 0' N 144° 0' E	12	0.0	58.3	66.7	66.7	0.0	—	2.00	1.25	1.38	—	0.00	1.17	0.83	0.92	0.00
	39	15 Jun.	42° 15' N 162° 17' E	18	0.0	0.0	5.6	27.8	94.4	—	—	1.00	1.90	5.00	0.00	0.00	0.06	0.50	4.72
	40	16 Jun.	43° 9' N 162° 32' E	47	2.1	4.3	4.3	31.9	76.6	1.00	1.00	1.00	1.40	4.22	0.02	0.04	0.04	0.45	3.23
	41	23 Jun.	44° 28' N 171° 24' E	11	0.0	0.0	0.0	72.7	100	—	—	—	1.38	3.91	0.00	0.00	0.00	1.00	3.91
	42	29 Jun.	44° 49' N 177° 41' E	20	0.0	0.0	0.0	58.0	100	—	—	—	1.27	9.25	0.00	0.00	0.00	0.74	9.25
	43	30 Jun.	45° 43' N 172° 36' E	32	0.0	0.0	3.1	56.3	96.9	—	—	1.00	1.11	6.35	0.00	0.00	0.03	0.63	6.16
	44	5 Jul.	45° 41' N 179° 31' E	30	0.0	0.0	0.0	33.3	96.7	—	—	—	1.50	7.07	0.00	0.00	0.00	0.50	6.83
	45	23 Jul.	45° 30' N 158° 30' E	21	9.5	0.0	4.8	61.9	100	1.00	—	1.00	1.62	3.71	0.10	0.00	0.05	1.00	3.71
	46	24 Jul.	44° 30' N 157° 30' E	36	0.0	11.1	11.1	55.6	27.8	—	1.50	1.00	1.50	2.00	0.00	0.17	0.11	0.83	0.56
	47	25 Jul.	43° 30' N 155° 30' E	11	0.0	9.1	0.0	63.6	63.6	—	1.00	0.00	1.57	2.29	0.00	0.09	0.00	1.00	1.45
South-eastern waters of Hokkaido	48	26 Jul.	42° 30' N 153° 30' E	3	0.0	66.7	66.7	66.7	33.3	—	1.00	2.00	3.00	1.00	0.00	0.67	1.33	2.00	0.33
	49	27 Jul.	41° 30' N 151° 30' E	2	0.0	100	0.0	5.9	0.0	—	1.00	—	1.00	—	0.00	1.00	0.00	0.71	—
	50	18 Aug.	43° 30' N 147° 24' E	3	0.0	0.0	0.0	100	0.0	—	—	—	2.00	—	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
	51	27 Aug.	42° 22' N 148° 39' E	6	0.0	0.0	33.3	100	33.3	—	—	1.50	2.00	1.00	0.00	0.00	0.50	2.00	0.33
	52	2 Sep.	41° 40' N 146° 36' E	1	0.0	100	100	100	0.0	—	1.00	1.00	2.00	—	0.00	1.00	1.00	2.00	0.00
	53	9 Sep.	42° 45' N 146° 30' E	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	54	18 Sep.	42° 44' N 145° 47' E	3	0.0	0.0	0.0	66.7	100	—	—	—	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
	55	26 Sep.	42° 30' N 145° 0' E	1	0.0	0.0	100	0.0	0.0	—	—	1.00	—	—	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	56	26 Sep.	41° 14' N 143° 53' E	1	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—
	57	30 Sep.	41° 50' N 143° 50' E	3	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—
Total of region	58	2 Oct.	41° 0' N 146° 0' E	16	0.0	6.3	6.3	56.3	53.3	—	1.00	1.00	1.33	1.50	0.00	0.06	0.06	0.75	0.80
	59	4 Oct.	41° 22' N 144° 55' E	3	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—
	60	8 Oct.	42° 15' N 144° 55' E	17	0.0	5.9	17.6	100	29.4	—	1.00	1.00	1.65	2.00	0.00	0.06	0.18	1.65	0.59
	61	15 Oct.	42° 15' N 144° 0' E	20	0.0	5.0	5.0	80.0	75.0	—	1.00	1.00	2.63	2.33	0.00	0.05	0.05	2.10	1.75
	62	23 Oct.	42° 5' N 144° 15' E	17	0.0	0.0	11.8	76.5	76.5	—	—	2.50	2.08	2.77	0.00	0.00	0.29	1.59	2.12
	63	23 Oct.	42° 3' N 144° 16' E	17	0.0	0.0	11.8	76.5	41.2	—	—	1.50	2.31	2.00	0.00	0.00	0.18	1.76	0.82
	64	1 Nov.	42° 50' N 145° 50' E	12	0.0	0.0	8.3	75.0	41.7	—	—	1.00	1.89	1.60	0.00	0.00	0.08	1.42	0.67
	65	4 Nov.	42° 0' N 143° 30' E	3	0.0	0.0	0.0	100	50.0	—	—	—	1.33	4.00	0.00	0.00	0.00	1.33	2.00
	66	15 Nov.	42° 20' N 144° 0' E	20	0.0	5.0	20.0	90.0	35.0	—	1.00	1.00	2.00	2.71	0.00	0.05	0.20	1.80	0.95
	Total of region			144	0.0	3.5	12.5	80.3	48.2	—	1.00	1.28	1.99	2.17	0.00	0.03	0.16	1.60	1.04
Okhotsk Sea	67	18 Sep.	45° 10' N 145° 20' E	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	68	18 Sep.	44° 40' N 145° 20' E	1	0.0	0.0	100	100	0.0	—	—	1.00	1.00	—	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
	69	6 Oct.	45° 30' N 142° 5' E	40	0.0	37.5	40.0	77.5	0.0	—	1.07	1.19	2.23	—	0.00	0.40	0.48	1.73	0.00
	70	6 Oct.	45° 30' N 142° 2' E	23	0.0	34.8	43.5	78.3	4.3	—	1.00	1.30	1.89	1.00	0.00	0.35	0.57	1.48	0.04
Total of region				66	0.0	35.4	41.5	76.9	1.5	—	1.04	1.22	2.08	1.00	0.00	0.37	0.51	1.60	0.02

オホーツク海に來遊するサンマは中、小型サンマが中心であり、漁業的には中型サンマ(24.0cm≤肉体長<29.0cm)が重要視されている。またサンマヒジキムシなどは体長が大きいほど寄生率が上がることが知られている^{6, 7)}。従って今回はサンマの体長による寄生状況の差をなくして比較するために中型サンマについて比較、検討を行った。

比較、検討の指標として、Margolis *et al.*⁸⁾の定めた以下の3つの指標を用いた。また、指標の計算は全採集点ごとに行うと同時に9月以降のオホーツク海および8月以降の道東太平洋漁場については海域全体についても計算した。

寄生率 (prevalence : %) = (被寄生尾数 / 検査尾数) × 10²

平均寄生数 (mean intensity) = 総寄生虫数 / 被寄生尾数

相対寄生数 (relative density) = 総寄生虫数 / 検査尾数

結 果

調査した中型サンマ（1990年：1,059尾, 1991年：452尾）の寄生状況を採集点別（海域別）にTable 1と2に示した。

また、オホーツク海と道東太平洋における寄生状況の比較の基準とするため、5～7月の北西太平洋における採集点の経度と寄生状況の関係を指標別にFig. 2～4に示した。なお、採集尾数の少なかったSt. 7, 48, 49の3点については作図から除いた。

1. サンマヒジキムシ

サンマヒジキムシについては、1990年10月の道東太平洋、1991年6, 7月の北西太平洋でわずかに寄生がみられたのみであった。

2. サンマウオジラミ

北西太平洋において、1990年、1991年とも西方ほど寄生率（Fig. 2）と相対寄生数（Fig. 4）が高い傾向がみられたが、平均寄生数（Fig. 3）については顕著な差は認められなかった。また、1990年と1991年の海域全体の寄生率がオホーツク海においては19.5%と35.4%で、道東太平洋の5.6%と3.5%に比べて高い値となっていた。

3. サヨリヤドリムシ

サンマウオジラミと同様に、北西太平洋において両年とも西方ほど寄生率（Fig. 2）と相対寄生数（Fig. 4）が高い傾向がみられた。また、1991年のオホーツク海において海域全体の寄生率が41.5%、相対寄生数が0.51と、1990年の同海域や両年の道東太平洋よりも高い値となっていた。

4. エラジラミ類

北西太平洋において、1990年には西方ほど各指標とも高い傾向が認められたが、1991年は調査海域全体で高い値となり、経度による差は認められなかった（Fig. 2～4）。

オホーツク海と道東太平洋では、1990年の海域全体の寄生率が58.6%と62.5%であったのに対して、1991年はそれぞれ76.9%, 80.3%と高く、また相対寄生数についても1990年より1991年の方が高い値となっており、北西太平洋における両年の結果の傾向と合致していた。なお、前記の3種類と比べて、オホーツク海と道東太平洋における採集点別の各指標にばらつきが多い傾向がみられた。

5. 鉤頭虫類

鉤頭虫類はサンマウオジラミ、サヨリヤドリムシ、エラジラミ類の3種類とは逆に、北西太平洋において東方ほど各指標の値が高い傾向が両年とも認められ、特に他の寄生虫では経度による差が小さかった平均寄生数、相対寄生数においても顕著な差がみられた（Fig. 2～4）。また、1991年のオホーツク海での海域全体の寄生率、平均寄生数、相対寄生数がそれぞれ1.5%, 1.00, 0.02と、1990年の同海域および両年の道東太平洋よりもかなり低い値であった。なお、エラジラミ類と同様に、オホーツク海と道東太平洋における採集点別の各指標にばらつきが多い傾向がみられた。

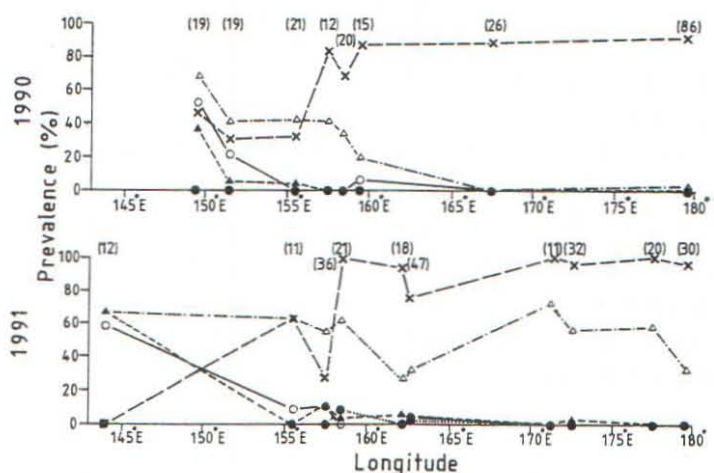


Fig. 2. Relationship between longitude of sampling locations and prevalence of five parasites in the western North Pacific Ocean from May to July in 1990 and 1991.
 ● : *Pennella* sp. ○ : *Caligus macarovi*
 ▲ : *Irida melanosticta* △ : *Bomolochus* sp.
 × : *Rhadinorhynchus* sp.
 () : Number of fish ($24\text{cm} \leq \text{knob length} < 29\text{cm}$) examined at each location.

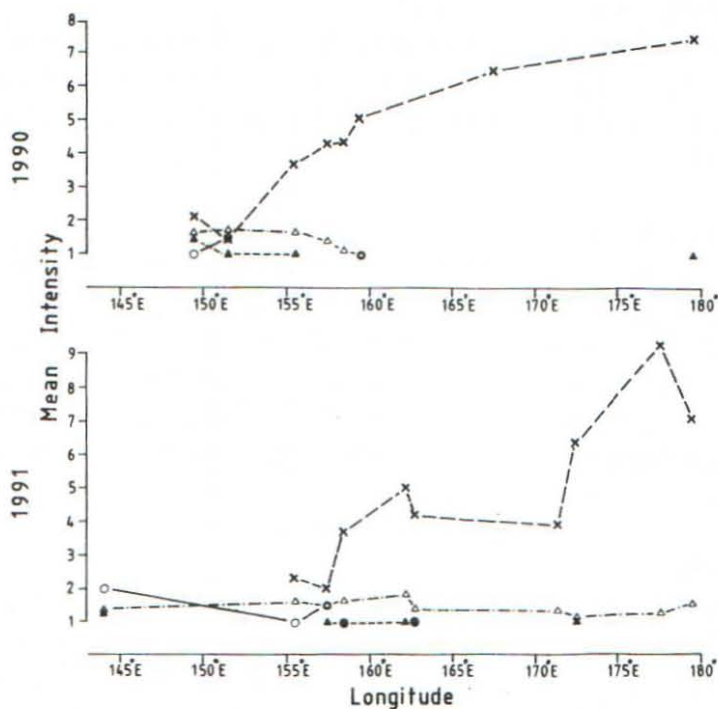


Fig. 3. Relationship between longitude of sampling locations and mean intensity of five parasites in the western North Pacific Ocean from May to July in 1990 and 1991.
 ● : *Pennella* sp. ○ : *Caligus macarovi*
 ▲ : *Irida melanosticta* △ : *Bomolochus* sp.
 × : *Rhadinorhynchus* sp.

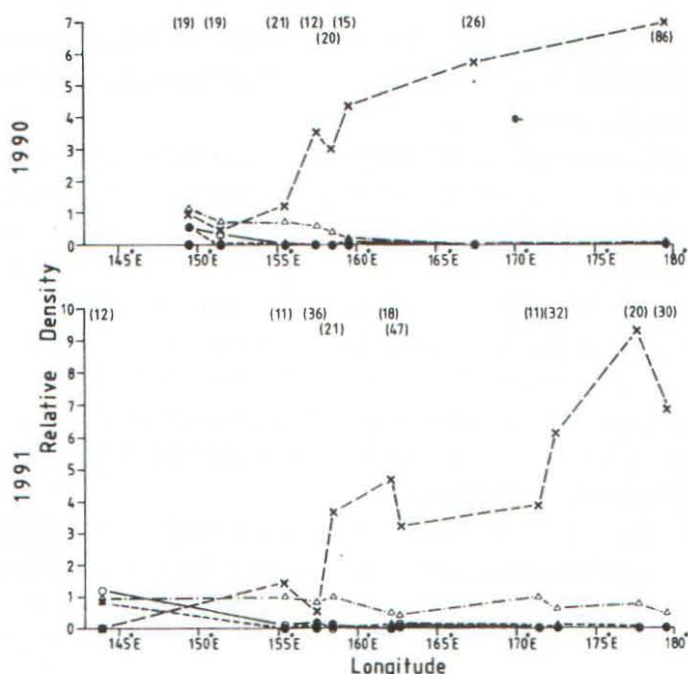


Fig. 4. Relationship between longitude of sampling locations and relative density of five parasites in the western North Pacific Ocean from May to July in 1990 and 1991.

- : *Pennella* sp. ○ : *Caligus macarovi*
 ▲ : *Irua melanosticta* △ : *Bomolochus* sp.
 × : *Rhadinorhynchus* sp.
 () : Number of fish ($24\text{cm} \leq \text{knob length} < 29\text{cm}$) examined at each location.

考 察

1. 日本海からの来遊について

今回は中型サンマの太平洋からオホーツク海への来遊経路を推定する目的で寄生虫の寄生状況の調査を行った。しかし、オホーツク海へは太平洋の他に日本海からもサンマが来遊することが知られている^{4, 9)}。その量については1977年に150トン前後と推定されている¹⁰⁾。

日本海のサンマの特性として、大型魚（肉体長 $\geq 29\text{cm}$ ）もしくは稚仔魚が中心であることと⁹⁾、中型サンマを含めて成熟が進んでいること^{8, 11, 12)}の2点が挙げられる。

これに対して、オホーツク海に來遊するサンマは例年中、小型魚が中心であり、1990、1991年も同様であった。また今回の調査では、成熟が進んだサンマは1990年9月5日に採集された13尾中の4尾のみ（Table 1では除いた）で漁期中にはみられなかった。これらから今回オホーツク海で採集された中型サンマについては、太平洋から來遊したものと判断した。

2. 寄生状況の比較

2.1. オホーツク海と北西太平洋

1990年9～11月のオホーツク海におけるサンマウオジラミの寄生状況（Table 1）を同年6～7月の北西太平洋の各採集点の寄生状況（Table 1, Fig. 2～4）と比較すると、オホー

ツク海における寄生率は20%前後、平均寄生数は1~1.5、相対寄生数は0~0.5の採集点が多く、北西太平洋の151°30'E(寄生率=21.1%, 平均寄生数=1.5, 相対寄生数=0.32)における寄生状況に近いと思われた。

以下、同じ様に1990年における各寄生虫の寄生状況を比較すると、サヨリヤドリムシの寄生状況もサンマウオジラミと同様に、151°30'Eにおける寄生状況に近いと思われた。エラジラミ類の寄生状況は海域全体での数値をみれば、149°30'Eもしくは151°30'Eに近いとみられたが、採集点別にみると、160°E付近の採集点の寄生状況に近いと思われる点もあった。鉤頭虫類については北西太平洋の155°30'E以西に近い寄生状況と思われた。

1991年の寄生状況(Table 2)を比較すると、9~10月のオホーツク海でのサンマウオジラミとサヨリヤドリムシの寄生率は、5~7月の北西太平洋の(Table 2, Fig. 2~4)144°Eのそれよりも低く、155°30'Eよりも高い。また、その間の傾斜を考慮すると、145°E~150°Eに相当すると思われた。同様にオホーツク海の鉤頭虫類の寄生状況は、北西太平洋の144°Eと151°30'Eのそれに近いと思われた。

以上を総合すると、9~11月にオホーツク海に來遊した中型サンマの寄生状況は1990年については6~7月の北西太平洋の150°E~155°Eに分布した中型サンマのそれに近く、1991年については1990年よりも西方の145°E~150°Eのものに近いと判断できる。従って、北西太平洋のそれらの海域に分布した中型サンマがオホーツク海に來遊したことが示唆される。

2.2. 道東太平洋漁場と北西太平洋

1990年8~11月の道東太平洋の漁場における寄生状況をみると、サンマウオジラミとサヨリヤドリムシについては同年6~7月の北西太平洋における151°30'E以東のそれに近いと思われた。同様にエラジラミ類については寄生率の値から159°30'E以西の、鉤頭虫類は平均寄生数と相対寄生数の値から155°30'E以西の採集点に近いと思われた。

1991年8~11月についてみると、サンマウオジラミの寄生状況は、同年北西太平洋の155°30'E以東の採集点のそれに近いと思われ、サヨリヤドリムシの寄生状況は、道東太平洋漁場全体でみれば155°30'E以東の採集点に近いと思われた。ただサヨリヤドリムシの道東太平洋漁場における寄生状況については採集点別にみると155°30'E以西の寄生状況に近いと思われるものもあった。鉤頭虫類の寄生状況については157°30'E以西の採集点に近いと思われた。

以上から、道東太平洋の漁場に來遊した中型サンマの寄生状況は1990年については、北西太平洋の150°E~160°Eの間のそれに相当し、1991年については155°E~160°Eのものに相当していると思われた。

従って、1990年に道東太平洋の漁場に來遊した中型サンマは、同年にオホーツク海に來遊したものよりも広い海域を北上したものが中心であり、1991年についてはオホーツク海に來遊したものより東方海域を北上したものであったことが示唆される。

3. 來遊経路の経年変化と來遊資源量

オホーツク海への來遊量の指標となるCPUE(1隻1晩当たりの漁獲量)は1990年が5.97 t, 1991年が0.04 tであり、漁獲量はそれぞれ2,400 tと0.04 tと大きく異なっていた¹⁾。前記のように1990年と1991年の太平洋からオホーツク海への來遊経路が異なっていたとすれば、來遊経路の変化が來遊量の変化の一因となった可能性も考えられる。しかし、この関係を明

らかにするためには、太平洋における中型サンマの北上群量自体の経年変化を含めて、今後の資料の蓄積を待たなければならないであろう。

4. 寄生状況の比較による来遊経路推定の問題点

今回、北西太平洋海域における寄生虫の寄生状況を比較の基準として用いたが、その寄生虫の地理的分布は年々変化することが知られている^{6, 13, 14)}。従って、今後こういった試みのためには、比較の基準となる海域の寄生虫の寄生状況を年ごとに調査することが前提となる。

また、基準となる海域（北西太平洋）から比較対象となる海域（オホーツク海、道東太平洋漁場）へ、サンマが来遊する間に新たな寄生や脱落が生じることも考えられ、今後検討すべき課題と思われる。

その他、今回体長による寄生状況の差をなくすために中型サンマに関しての比較を行った。しかし、Watanabe *et al.*¹⁵⁾によればサンマの成長速度はかなり速いことが示唆されており、今後、基準となる海域と比較対象海域の間における成長を考慮することも必要であろう。

要 約

1990, 1991年の両年に5～7月の北西太平洋海域と、8～11月のオホーツク海および道東太平洋の漁場で採集された中型サンマに対する寄生虫の寄生状況を比較し、来遊経路の解明を試みた。

①1990年9～11月にオホーツク海で採集された中型サンマに対する寄生状況は、同年6～7月の北西太平洋海域の150°E～155°Eに分布した中型サンマのそれと類似し、同様に1991年については145°E～150°Eの寄生状況に類似した。

②1990年8～11月に道東太平洋の漁場で採集された中型サンマに対する寄生状況は、同年6～7月の北西太平洋海域の150°E～160°Eにおける寄生状況に類似し、1991年については155°E～160°Eのそれに類似した。

③以上より、1990年のオホーツク海へは北西太平洋の150°E～155°Eに分布した中型サンマが、1991年には145°E～150°Eに分布したそれが来遊し、1990年の道東太平洋漁場には150°E～160°Eに分布した中型サンマが、1991年には155°E～160°Eに分布したそれが来遊したことが示唆された。

謝 辞

今回、調査計画の策定から報告をまとめるまで全般的に御指導下さいました、水産庁遠洋水産研究所の長澤和也博士に深謝申し上げます。

標本を提供して下さいましたオホーツク海ならびに道東海域の漁業者各位、標本採集に協力して下さいましたオホーツク海さんま漁業調整協議会、枝幸漁業協同組合、宗谷漁業協同組合、厚岸漁業協同組合および枝幸地区水産技術普及指導所の職員各位に感謝申し上げます。また調査に御協力下さいました北鳳丸（北海道教育庁）、開運丸（青森県水産試験場）、いわき丸（福島県水産試験場）、第2ちば丸（千葉県水産試験場）の各調査船の方々に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 山口幹人, 山岸吉弘: サンマ資源調査. 平成3年度網走水試事業報. (印刷中)
- 2) 福原 暁, 小島伊織: 本道オホーツク海サンマ漁況の一般型と昭和30年の概要. 北水試月報. 13(9), 3-11(1956)
- 3) 小林 喬, 若生 充, 内藤政治: サンマの生活に関する研究(第I報): 秋生まれ系統群の成魚の集合特性について. 北水試報. 9, 1-45(1968)
- 4) 北片正章, 和田時夫, 高 幸子: オホーツク海域におけるサンマの回遊に関する研究. 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, 154-156(1981)
- 5) 長澤和也: サンマに寄生する甲殻類について. 魚病研究. 19(1), 57-63(1984)
- 6) 長澤和也, 石田享一, 中村 悟: 1983年に問題となったサンマヒジキムシについて. 北水試月報. 41(6), 221-236(1984)
- 7) Nagasawa, K., Imai, Y. and Ishida, K.: Distribution, abundance, and effects of *Pennella* sp. (Copepoda: Pennellidae), parasitic on the saury, *Cololabis saira* (Brevoort), in the western North Pacific Ocean and adjacent seas, 1984. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*. 40(5), 35-42(1985)
- 8) Margolis, L., Esch, G. W., Holmes, J. C., Kuris, A. M. and Schad, G. A.: The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American society of parasitologists). *J. Parasitol.* 68(1), 131-133(1982)
- 9) 若生 充: 1977年に来遊した日本海系サンマ群の二, 三の特性について. 北水試月報. 35(6), 1-12(1978)
- 10) 北海道立網走水産試験場: 昭和52年度サンマ資源全国調査報告と総括 II その他の海区 1. オホーツク海. 第27回サンマ研究討論会議事録. 東北水研, 68-74(1978)
- 11) 小林 喬, 若生 充, 内藤政治: サンマの生活に関する研究(第III報) 北海道日本海海域に来遊する春生まれ系統群の産卵期の集合特性. 北水試報. 12, 13-24(1970)
- 12) 川口哲夫: 日本海北上サンマの成熟について. 日本海サンマ共同調査報告集. 日水研, (1963)
- 13) 本間隆之, 今井義弘: 1990年に再び発見されたサンマヒジキムシについて(短報). 北水試研報. 37, 67-69(1991)
- 14) Nagasawa, K., Imai, Y. and Ishida, K.: Long-term changes in the population size and geographical distribution of *Pennella* sp. (Copepoda) on the saury, *Cololabis saira*, in the Western North Pacific Ocean and adjacent Seas. *Hydrobiologia*. 167/168, 571-577(1988)
- 15) Watanabe, Y., Builer, J. L. and Mori, T.: Growth of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northeastern and northwestern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 86(3), 489-498(1988)

苫小牧および静内におけるホッキガイの産卵期について

櫻井 泉^{*1}, 宮本建樹^{*2}, 蔵田 護^{*3}

Breeding season of the Japanese surf clam
Pseudocardium sybillae in Tomakomai and Shizunai,
southwest Hokkaido

Izumi SAKURAI, Tateki MIYAMOTO
and Mamoru KURATA

The annual reproductive cycle and breeding season of the Japanese surf clam *Pseudocardium sybillae* in Tomakomai (42°37' N, 141°36' E) and Shizunai (42°20' N, 142°22' E) were studied histologically. On the basis of cytological characteristics and relative amount of germ cells, maturation of the gonad was classified into recovery stage (female; August-September, male; September-October), early growing stage (female; October-January, male; November-January), late growing stage (February-March), maturing stage (April-the middle of May), spawning stage (the latter part of May-the beginning of July), and spent stage (Female; the middle of July-the latter part of July, male; the middle of July-August). From histological observations and seasonal changes in the gonad index (gonad and mid-gut gland weight $\times 100$ / soft-body weight), the breeding season of the clam in Tomakomai occurs from the latter part of May to the beginning of July, and based on the seasonal changes in the gonad index only, that in Shizunai, occurs from the beginning of June to the latter part of July. As a simple and easy method for surmise of the breeding season of the clam, it is helpful for estimate the breeding season by the method of the gonad indices are calculated using the weight of gonad and mid-gut gland put together. Water temperatures during the breeding season was varied from about 10 to 15°C.

報文番号 A195 (1992年10月13日受理)

- * 1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan)
- * 2 北海道原子力環境センター (Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan)
- * 3 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)

は じ め に

ホッキガイ (和名ウバガイ) *Pseudocardium sybillae* は、北海道および東北地方沿岸の浅海砂泥底に生息する漁獲対象の二枚貝であり、北海道では1988~1990年の間に年間約4,200~5,000 t が漁獲されている。

北海道におけるホッキガイの産卵期は、生殖巣の肉眼観察によって、1934年に厚岸で調べられたのを皮切りに¹⁾、道東海域^{2, 3)}、上磯⁴⁾、室蘭⁴⁾および小樽⁵⁾において調査されている。1970年には、生殖巣の組織学的観察によって、八雲におけるホッキガイの生殖周期が明らかにされ^{6, 7)}、その後この手法により網走⁸⁾、大樹⁹⁾および豊富¹⁰⁾における本種の産卵期が調べられている。最近では、生殖巣指数の変化によって、ホッキガイの産卵期を推定した報告もみられる^{11, 12)}。

このように、ホッキガイの産卵期に関する研究は数多くみられ、現在、これらの知見に基づいて本種の禁漁期が決められている。ところが、胆振東部および日高海域におけるホッキガイの産卵期は、今のところ明らかにされていない。このため、これらの海域では、近隣海域の資料を基にホッキガイの禁漁期を決めており、地元海域の産卵期に基づいた禁漁期の設定が望まれている。そこで著者等は、苫小牧および静内におけるホッキガイの産卵期を明らかにするとともに、苫小牧における本種の生殖周期を調べたので、その結果を報告する。

材料と方法

本研究には、苫小牧 (42°37' N, 141°36' E) および静内 (42°20' N, 142°22' E) 沿岸の水深5~10m域において、それぞれ1990年3月~1991年3月および1990年5~9月の間に原則として毎月1回、噴流式桁網 (桁幅1.2m, 網目合90mm) によって採集されたホッキガイを用いた。このうち、供試個体として毎回殻長75mm以上の30個体を無作為に抽出し、それぞれ殻長、全重量、殻重量および軟体部総重量 (湿重量) を測定した。次に、軟体部から外套膜、鰓および閉殻筋を取り除いた後、体部を切開して生殖巣および内臓塊を摘出した。ところで、ホッキガイの生殖巣は、雌雄ともに内臓塊を覆った状態で存在するため、これらを迅速かつ正確に分離することはできない。そこで、本研究では生殖巣と内臓塊を合わせた重量を便宜上、生殖巣重量として測定し、これを生殖巣指数の算出 (生殖巣重量×100/軟体部総重量) に用いた。

苫小牧で採集された個体については、重量計測後の生殖巣を10%ホルマリン海水で固定し、十分に水洗した後、中央部約5mm幅の組織を摘出し、通常のパラフィン包埋法により厚さ5~8μmの連続切片を作製した。これにマイヤーの酸性ヘマラウンとエオシンで二重染色を施して組織学的観察を行った。

1990年3月~1991年3月の苫小牧沿岸の水温については、北海道開発局苫小牧港湾建設事務所が10m層で観測している資料を用いた。また、1990年3月~1991年3月の三石沿岸の水温については、北海道栽培漁業振興公社編「養殖漁場海況速報」第672~710号の表面水温度の観測値を引用した。

結 果

1. 生殖巣発達過程の区分

高橋ら^{6, 7)}の区分に準じて、苦小牧におけるホッキガイの生殖巣発達過程を組織学的に観察した結果、回復期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期および放出終了期の6段階に区分することができた。なお、高橋らの区分では回復期、放出期および放出終了期の名称を、卵巣についてはそれぞれ回復期、産卵期および放卵終期、精巣についてはそれぞれ休止期、放精期および放精終期としているが、本研究では両者の名称を統一した。

2. 生殖周期

苦小牧における各生殖巣の発達区分に属する個体の割合を月別に整理してFig. 1に示した。

雌では、3月にはすべての個体が成長後期に属し、4月には成長後期および成熟期の個体が約半数ずつ観察された。5月には約80%の個体が成熟期に達した。5月下旬に採集された個体から放出期の個体の割合が増加し、6月にはそれらの個体が約60%を占めた。その後、放出期の個体は、7月上旬まで観察された。7月中旬には大部分の個体が放出終了期へ移行し、8月および9月には60%以上の個体が回復期に属した。10月から1月にかけては、成長前期の個体が卓越し、2月には大部分の個体が成長後期に移行した。

一方雄では、3月にはすべての個体が成長後期に属し、4月および5月には80%以上の個体が成熟期に達した。雌同様、5月下旬に採集された個体から放出期の個体の割合が増加し、6月にはこれらの個体が約60%を占めた。その後、放出期の個体は、雌と同様に7月上旬まで観察された。7月中旬から8月にかけては、放出終了期の個体が卓越し、9月および10月には全個体の80%以上が回復期に属した。11月から1月にかけては、成長前期の個体が卓越し、雌と同様に2月には大部分の個体が成長後期へ移行した。

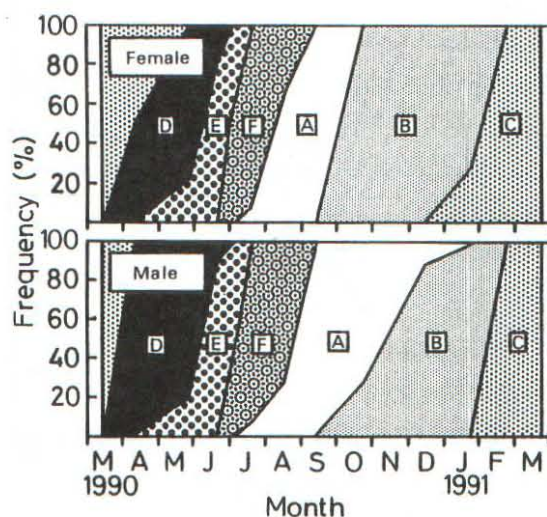


Fig. 1. *Pseudocardium sybillaе*. Diagram showing relative proportion (%) of germ cells in different stages : recovery (A), early growing (B), late growing (C), maturing (D), spawning (E) and spent (F) stages.

3. 生殖巣指数の変化

苫小牧および静内における各採集日の生殖巣指数を雌雄別に比較したところ、有意差は認められなかったので (t -検定, $P > 0.05$), 雌雄を合わせて全個体の生殖巣指数の平均を求め、その月別変化をそれぞれFig. 2-AおよびFig. 3-Aに示した。

苫小牧におけるホッキガイの生殖巣指数は、3月～4月に21.6から27.4に上昇した後、5月下旬までほとんど変化しなかった。その後、指数は7月下旬に8.0に減少した後、12月までほとんど変化しなかった。1月以降、指数は上昇し(12.1)、3月には24.8になった。

静内におけるホッキガイの生殖巣指数は、5月下旬～6月上旬に34.6から32.3に若干減少した後、急激に減少し、7月下旬には8.9になった。

4. 水温の変化

苫小牧海域の10m層における1990年3月～1991年3月までの水温の月別変化をFig. 2-Bに示した。最低水温は3.0℃(1990年3月)であり、最高水温は20.2℃(9月)であった。水温の上昇は4月(5.6℃)から始まり、6月には10℃、7月には15℃を越え、9月(20.2℃)をピークに下降した。

静内から南東方向に約10km離れた三石海域における1990年3月～1991年3月までの表面水温の月別変化をFig. 3-Bに示した。最低水温は-1.9℃(2月下旬)であり、最高水温は18.9℃(9月上旬)であった。水温の上昇は3月下旬(3.8℃)から始まり、6月上旬には10℃、7月中旬には15℃になり、9月上旬(18.9℃)をピークに下降した。

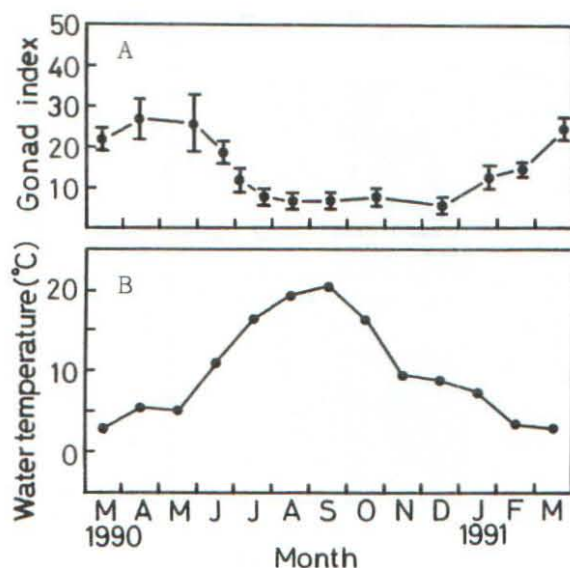


Fig. 2. *Pseudocardium sybilla*. A : Mean monthly gonad index in Tomakomai. Vertical bars represent standard deviations, B : Monthly changes in seawater temperature at 10m depth layer in Tomakomai (Based on data from Hokkaido Development Agency).

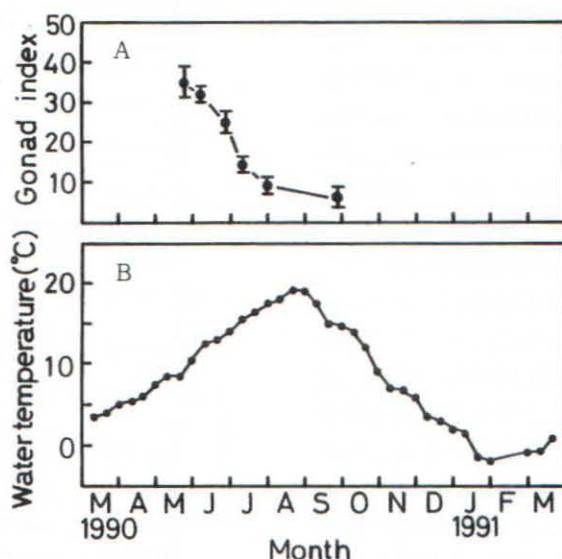


Fig. 3. *Pseudocardium sybilla*. A : Mean monthly gonad index in Shizunai. Vertical bars represent standard deviations, B : Monthly changes in sea surface temperature in Mitsuishi (Based on data from Hokkaido Aquaculture Development Authority).

考 察

本研究から、苦小牧におけるホッキガイの生殖巣発達過程は、雌では10月、雄では11月から成長前期に入り、雌雄ともに2月～3月に成長後期を経て、4月には成熟期へ移行し、5月下旬～7月上旬に放出期を迎えることが明らかとなった。また、放出期後の生殖巣発達過程は、放出終了期を経て、雌では8月、雄では9月に回復期へ移行した。したがって、苦小牧におけるホッキガイの産卵期は、5月下旬～7月上旬であり、6月がその最盛期と考えられる。この時の水温は約10～15℃であり、これは当海域における水温上昇期であった。

一般に生殖巣指数は、個体の全重量や軟体部総重量等に占める生殖巣重量の割合として表され、配偶子の放出に伴う指数の減少によって産卵期を推定するのに用いられている。ところが、ホッキガイの生殖巣と内臓塊を迅速かつ正確に分離することは難しいので、本研究では生殖巣と内臓塊を合わせた重量を用いて指数を求めた。その結果、苦小牧における指数の減少期と組織学的にみた生殖巣発達過程の放出期はほぼ対応しており、このような方法で求めた指数の減少期もホッキガイの産卵期を反映しているといえる。したがって、今後のホッキガイ産卵期推定法としては、生殖巣と内臓塊を合わせた重量を用いて指数を求めるのが簡便な方法として有効である。そこで、静内におけるホッキガイの産卵期を指数の減少期から推定すると、6月上旬～7月下旬となり、この時の水温は苦小牧と同様に約10～15℃であった。ただし、指数の値は5月下旬～6月上旬にも減少しているが、この時の値は苦小牧における指数の最大値よりも大きく、さらには生殖巣に外見上の変化が認められなかったことから考えて、この間は産卵期に含まれないと判断した。

海産無脊椎動物の性成熟を支配する要因としては、水温、塩分、餌料条件および光周期等

が知られている^{13, 14)}。中でも水温との関係についての報告は多く、例えばエゾアワビ *Haliotis discus hannai* では、積算水温と成熟の関係が実験的に明らかにされている¹⁵⁾。ホッキガイの成熟と水温の関係では、種苗生産過程における親貝養成時の水温管理について報告されている¹⁶⁾。また、ホッキガイの産卵誘発法として、飼育水温の上昇による温度刺激が用いられている¹⁷⁾。このように、ホッキガイの成熟および産卵には水温の関与が予想されるので、これまでに報告された北海道沿岸における本種の産卵期とその時期の水温を、今回得られた結果とあわせてFig. 4に示した。地域により産卵期間の長さには差がみられるものの、北海道沿岸におけるホッキガイの産卵期は、水温が概ね10～15℃の間にあることがわかる。さらに、水温が10℃を越える時期は地理的に連続しており、これと同様の連続性は、ホッキガイの産卵期にも認められた。このことから、ホッキガイの産卵には水温が大きく関与しており、産卵期は各地域の水温変化に規定されているものと思われる。

北海道海面漁業調整規則によると、ホッキガイの禁漁期間は、苫小牧を含む胆振支庁管内では5月1日～6月30日、静内を含む日高支庁管内では6月1日～8月31日である。一方、本種の産卵期は、苫小牧では5月下旬～7月上旬、静内では苫小牧よりやや遅れ6月上旬～7月下旬であった。産卵期を保護する立場から、今回および過去の結果に基づいてホッキガイの禁漁期間を判断すると、胆振支庁管内では5月16日～7月15日、日高支庁管内の静内およびその隣接海域では6月1日～7月31日が妥当と考えられる。

要 約

苫小牧および静内沿岸におけるホッキガイの生殖周期および産卵期を調べた結果、以下のことが明らかになった。

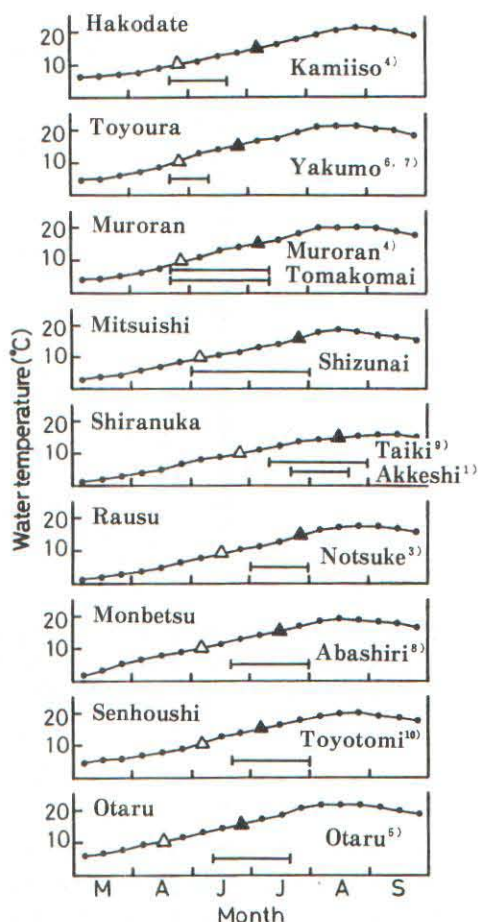


Fig. 4. *Pseudocardium sybillae*. Relationship between seawater temperature (Based on data from Hokkaido Aquaculture Development Authority) and the breeding season of the clam (horizontal bars). △ and ● represent 10 and 15°C, respectively.

1. 生殖巣の発達過程を組織学的に観察した結果、苫小牧におけるホッキガイの生殖周期は、回復期（雌：8～9月，雄：9～10月）、成長前期（雌：10～1月，雄：11～1月）、成長後期（2～3月）、成熟期（4～5月中旬）、放出期（5月下旬～7月上旬）および放出終了期（雌：7月中旬～下旬，雄：7月中旬～8月）の6段階に区分された。
2. 生殖巣指数の計算に内臓塊を含む生殖巣重量を用いる方法は、簡便なホッキガイの産卵期推定法として有効であると判断された。
3. 生殖巣の発達過程および生殖巣指数の変化から、苫小牧および静内におけるホッキガイの産卵期は、それぞれ5月下旬～7月上旬および6月上旬～7月下旬と推定された。
4. 苫小牧および静内におけるホッキガイの産卵期の水温は、両地域とも約10～15℃の範囲にあった。

謝 辞

本報告にあたり、本文を校閲していただいた北海道大学水産学部助教授五嶋聖治博士に深く感謝申し上げる。また、標本の採集および測定にご協力していただいた日高西部地区水産技術普及指導所の坂本富蔵所長（現檜山南部地区水産技術普及指導所）ならびに職員各位、調査の遂行にご協力していただいた苫小牧漁業協同組合および静内漁業協同組合の関係者各位に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 木下虎一郎，佐久間 守：昭和8年に於ける厚岸産ほっき貝の産卵期調査。北水試旬報。233，8－9（1934）
- 2) 木下虎一郎，佐久間 守：昭和9年に於ける帆立貝，鮑及北寄貝の産卵期調査。北水試旬報。272，1－3（1935）
- 3) 木下虎一郎，渋谷三五郎：釧路，根室，千島国産北寄貝の産卵期から見た現行禁漁期間の考察。北水試旬報。414，307－310（1939）
- 4) 木下虎一郎，渋谷三五郎：室蘭および上磯産北寄貝の産卵期。北水試旬報。457，4－5（1940）
- 5) 寺井勝治，黒田久仁男：小樽市銭函産ホッキガイの産卵期と軟体部の肥満ならびにその他の化学成分の変化について（第一報）。北水試月報。12（7），10－13（1955）
- 6) 高橋延昭，高野和則：ウバガイの生殖周期に関する組織学的研究－Ⅰ：精巣の季節的变化。日水誌。36（4），337－344（1970）
- 7) 高橋延昭，山本喜一郎：ウバガイの生殖周期に関する組織学的研究－Ⅱ：卵巣の季節的变化。日水誌。36（4），345－352（1970）
- 8) 桶作博之，柳田克彦：網走市地先浅海におけるホッキガイの産卵期について。網走，網走漁業協同組合，1970，1－18。
- 9) 高丸禮好：十勝海域におけるホッキガイの産卵期について。北水試月報。33（6），1－8（1976）
- 10) 川真田憲治：“Ⅳ－1 貝類増殖試験”。昭和59年度稚内水試事業報。1984，172 P。
- 11) 川村一廣，尾身東美，宮本建樹：特定海域沿岸漁場等開発事業推進調査報告書（石狩地区：生物学的調査）。北海道栽培漁業振興公社。1985，27－82。

- 12) 林 忠彦, 垣内政宏, 高橋和寛: 特定海域沿岸漁場等開発事業推進調査報告書(白老地区: 生物学的調査). 北海道栽培漁業振興公社, 1985, 308-332.
- 13) Giese, A. C.: Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates, *Annu. Rev. Physiol.* 21, 547-576 (1959)
- 14) 隆島史夫, 羽生 巧: 水族繁殖学. 東京, 緑書房, 1989, 325-409.
- 15) 菊地省吾, 浮 永久: アワビ属の採卵技術に関する研究 第1報: エゾアワビ *Haliotis discus hannai* INO の性成熟と温度との関係. 東北水研研報. 33, 69-78 (1974)
- 16) 中川義彦, 森 立成, 高杉新弥: "V 貝類種苗培養技術開発試験 2. ホッキガイ". 昭和63年度北海道栽培漁業総合センター事業報. 1989, 30-36.
- 17) 伊藤義三, 西川信良, 小原昭雄: ホッキガイ浮遊幼生の飼育について 1: 飼育密度と成長(予報). 北水試月報. 30 (11), 14-17 (1973)

ホッケイエビの個体群構造の季節変化

水 島 敏 博*

Seasonal changes in the distribution and population structure of *Pandalus kessleri*

Toshihiro MIZUSHIMA

The distribution and population structure of *Pandalus kessleri* in Notsuke Bay of eastern Hokkaido were studied from June to November 1981. The results obtained were summarized as follows.

1. The population of *P. kessleri* consist of four age groups, viz. 0⁺, 1⁺, 2⁺, 3⁺ in June.
2. The density of 0⁺ and 1⁺ *P. kessleri* was the highest on the shoreside in spring. After summer, these shrimp dispersed to offshore.
3. The density of *P. kessleri* decreased from 26.0 ind./m² in June to 3.4 ind./m² in November. On the other hand, the biomass of the shrimp was constant (4 to 6 g wt/m²) in the course of investigation except October.
4. Correlation between young *P. kessleri* and *Zostera marina* density showed positive.
5. The spatial distribution of the 0⁺ group was highly concentrated, whereas the 2⁺ group showed uniform distribution.

は じ め に

ホッケイエビはアマモ場などの藻場に生息し、北海道東部の野付湾やサロマ湖では重要な産業種の一つとなっている。これまで、ホッケイエビについては、その生活史や成長などに関する研究が多く¹⁻⁷⁾、個体群の変動や構造に関する研究^{8, 9)}は少ない。

野付湾でのホッケイエビ資源は変動が大きく¹⁰⁾、その安定化が望まれている。最近、資源管理型漁業の推進が盛んに論議されているが、資源の管理を図るためには、その基礎として、対象種の個体数変化と空間分布の変動の実態、さらには対象個体群の増減を左右する要因は何かを明らかにしておく必要がある。

筆者はそうした観点から、ホッケイエビ個体群の動態についての研究を進めているが、今回は本種の年齢別の生息密度の季節変化や個体群組成など個体群構造の季節変化について調

査し、いくつかの知見が得られたので報告する。

材料と方法

調査は野付湾の湾東奥部の禁魚区となっている、通称裸島の周辺に調査区を設け (Fig. 1), 1981年6月から11月にかけて6回、並びに1982, 1983年8月に行った。調査区は汀線から沖に向けて200m, 汀線に平行に120mの2.4haで、その中にFig. 1に示したように沖出し50m, 汀線と平行に40mの面積200㎡からなる12の区画を設定した。

ホッケイエビの年齢別の密度分布を明らかにするため、エビの採集を各区画の中心域において、そり付き桁網 (桁の幅1m, 高さ0.5mのそりの部分にキャンバス布地を張り、その後部に1mm目合の網地3mをつけたもの) を20m曳網する定量曳によって行った。曳網面積は20㎡に相当する。採集したホッケイエビは船上で直ちに10%ホルマリン海水で固定し、後日、測定に供した。

ホッケイエビの調査区域内における年齢別の生息数の推定は密度面積法で求めた (ただし、桁網の採集効率100%と仮定した)。

6, 8, 10月にアマモの密度分布を調べた。アマモの採集は各区画の中心域で一辺25cmの方形枠を用い、SCUBA潜水で1点2回の坪刈り (坪刈り面積1/8㎡) によった。

次に、調査域の海底地形と水深を知るため、汀線から沖に向けて各区画の中心を通る3本の調査線上 (T-T', S-S', R-R') を音響測深機によって測深した。汀線から沖に向けての水深の勾配は緩やかで、沖出し200mでの水深は1.5~1.8mであり、その間にはアマモが濃密に分布していた。

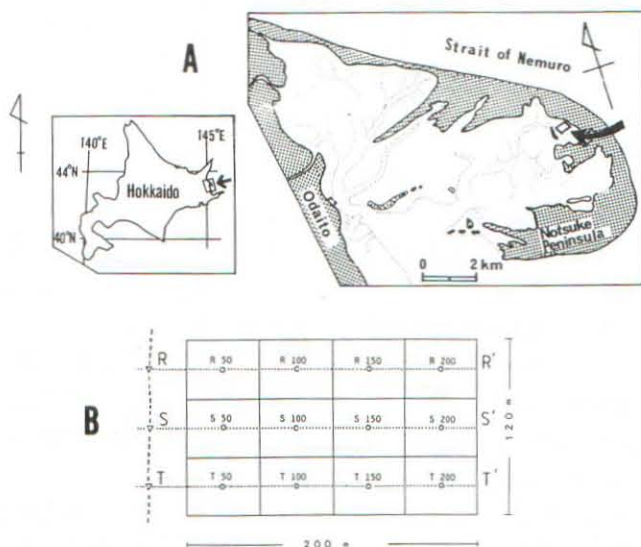


Fig. 1. A : Maps of Hokkaido showing the location of Notsuke Bay. Arrow shows the surveyed area.

B : Blocking of the surveyed area for density distribution of *Pandalus kessleri* and *Zostera marina*.

結 果

(1) 体長組成と年齢組成

1981年6月から11月にかけて、全区画で採集したホッケイエビの各月の体長組成をFig. 2に示した。6月上旬の体長組成では体長5~10mmにモードをもつふ出直後の幼生（以下の体長は各群のモードを示す）、45~50mmの未成熟群、75~80mmの性転換群、そして100~105mmの雌群が存在する。これらの群は経時的に体長の大きい方に移行しており、この間の成長を示している。

本種の成長には2型があり、通常タイプと早熟タイプとがあるが、この調査域では通常タイプの1群のみが存在する⁷⁾。このタイプは性相と年齢とが一致することから、6月のふ出幼生は当歳(0⁺)、未成熟群は1歳(1⁺)、性転換群は2年(2⁺)、雌群は3歳(3⁺)に相当する。なお、7月以降は雌群は個体数が少なく、また性転換群との判別が難しいことから、本報告では7月以降は2歳群として扱うことにする。従って産卵期直前の8月中旬の採集個体は平均体長25~30mmの未成熟群(当歳)、60~65mmの雄群(1歳)、85~90mmの雌群(2歳、一部3歳)が存在する。

(2) 年齢別生息密度および分布の季節変化

汀線から同じ距離にある3区画での年齢別のホッケイエビの出現傾向には大きな差がないので、ここではその3区画毎の平均生息密度を算出し、その季節変化をFig. 3に示した。

当歳群：例年では6月上旬にはふ出をほぼ終えている時期であるが⁸⁾、この年はふ出が遅れ、6月7日でもふ出率が50%前後とまだ抱卵中の雌も多かった。そのため6月上旬の幼生の個体数は沖出し100mの地点の一部に10尾/㎡台と高い点が見られた他は2~7尾/㎡のところを占め、6月下旬よりも密度は低くなっている。

6月下旬では汀線側に高密度域が形成され、1㎡当り10~12尾の地点が多く見られた。中央部で8尾/㎡前後、沖側では2~3尾/㎡であった。7月の密度分布も6月下旬とほぼ同様の傾向を示し、6、7月は、汀線側で密度が高く、沖側にかけて顕著な密度の勾配が見られた。8月には10尾/㎡を超える高密度のところは見られなくなり、沖出し50~100mは6~8尾/㎡台となっている。また、最も沖側での密度が4尾/㎡台とこれまでの中では最大の密度となっている。

10月、11月は密度が大きく低下し、5尾/㎡を超えるところはない。また、8月以前に比べると沖出しに伴う密度の勾配は小さくなった。

1歳群：6月上旬は汀線側で密度が高く、1㎡当り4尾台であったが沖側では低下し、1尾/㎡台であった。7月は大部分が1~2尾/㎡台であり、等密度的な分布となった。それが8月になると、汀線側より沖側での密度が高くなった。10月、11月には0.5尾/㎡台に低下するとともに密度の勾配は観察されず、ほぼ、均一的な分布を示した。

2歳群：6月上旬では当歳群や1歳群に比べると密度が大幅に低下し、各月とも1歳群の1/10程度である。6月上旬は0.1~0.3尾/㎡台が多く、7月、8月とも同様であるが、最も沖側での密度がやや高くなっている。10月、11月には密度が0.05から0.20尾/㎡のところを占め、分布の偏りは特に見られない。

3歳群：6月上旬は0尾の区画も多くみられるものの、全般的に0.1~0.15尾/㎡の密度で、沖出しに伴う変化もほとんどない。

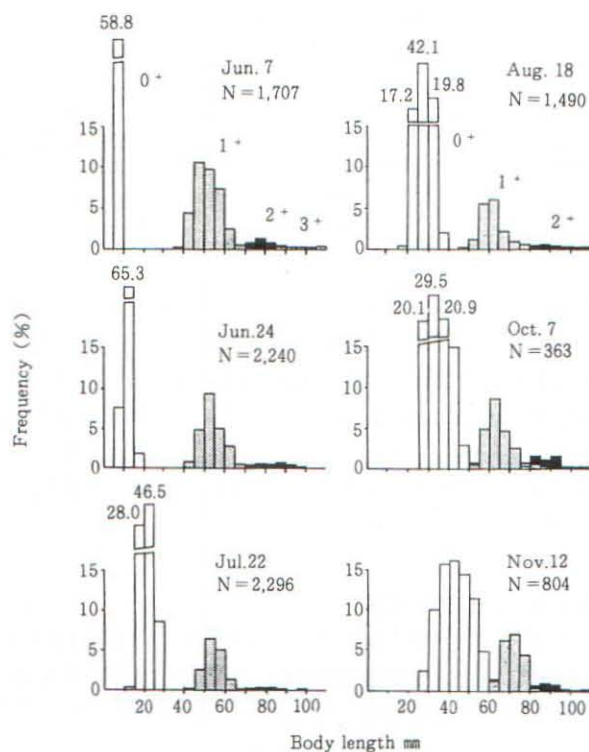


Fig. 2. Frequency distribution of body length of *Pandalus kessleri* from June to November in 1981.
0+, 1+, 2+ and 3+ show age group classes.

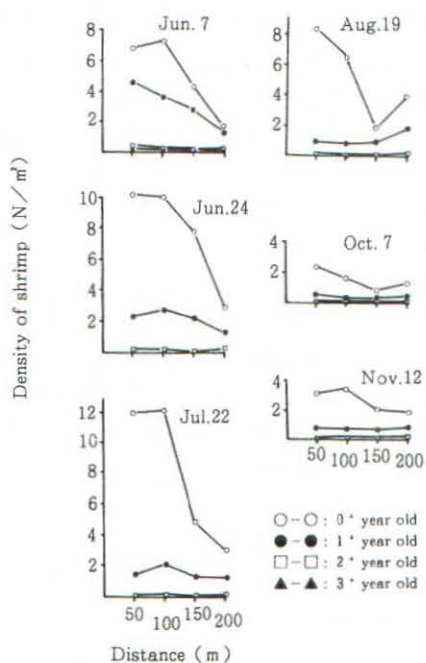


Fig. 3. Changes of the density of *P. kessleri* by distance in 1981.

Table 1. Monthly changes of estimated number and survival rate of *Pandalus kessleri* each year class in surveyed area in 1981.

	0 year old		1 year old		2 year old		3 year old		Total Number
	Number	Survival rate %	Number	Survival rate %	Number	Survival rate %	Number	Survival rate %	
Jun. 7	543,600	100	70,300	100	5,400	100	1,800	100	621,100
Jun. 24	185,700	34.2	52,608	74.8	4,400	81.5	300	16.7	243,008
Jun. 22	192,600	35.4	35,800	50.9	2,400	44.4			230,800
Aug. 19	125,100	23.0	27,700	39.4	2,100	38.9			154,900
Oct. 17	48,720	9.0	9,840	14.0	2,112	39.1			60,672
Nov. 13	61,800	11.4	16,800	23.9	2,000	37.0			80,600

(3) 各年級群の生息数と生残率の推定

調査区全域の月別、年齢別の生息推定数とそれをもとにして算出した生残率をTable 1に示した。6月上旬の3歳群(雌)の生息数は1800尾と推定された。この年は前述のように、例年よりふ出が遅れ、ふ出率もまだ低かった。ホッカイエビの卵のふ出率はほぼ100%に近いので、ふ出幼生数については、ここでは雌の体長と抱卵数の関係⁶⁾から1雌当りの平均抱卵数(302個)を算出し、先に推定した雌数を乗じることによって求めた。これよりふ出幼生数は約54万尾と推定された。その後、当歳群は月の経過と共に減少し、11月には6.2万尾となった。6月から11月までの生残率は11.4%と推定された。

1歳群は6月上旬には7.0万尾であったのが徐々に減少し、11月に1.7万尾になった。同じく生残率は23.9%を示した。

2歳群は6月に5.4千尾だったのが8月に2.4千尾に減少したがそれ以降は安定し、11月でも2千尾とあまり変化していない。生残率は37.0%である。ただし、これらの生残率は今回の調査では調査域内外の逸散、移入の状況が把握されていないので見かけ上の数値となる。

3歳群は6月上旬には1800尾だったのが下旬には300尾と1/6に減少した。

調査区内のホッカイエビの全推定生息数の月別の変化は、6月上旬での62.1万尾が8月には大きく減少して15.5万尾、11月には8万尾となった。

(4) 個体群組成の変化

ホッカイエビの各月の年齢別平均密度より個体群組成(個体数および現存量)の月別変化をFig. 4に示した。1㎡当りの平均個体数は、図の上段に示したように、6月上旬が26.0尾と最も多く、それ以降は経時的に減少し、11月には3.4尾/㎡になった。個体数組成をみると、当歳群の占める割合が高く、75~80%を占めており、1歳群は各月とも10~20%を占め、2歳群以上は1%~4%以下と低い。

一方、個体群の現存量の季節変化は、最大が11月の6.7 g/㎡、最小が10月の3.2 g/㎡であるがその他の月はコンスタントに4~5 g/㎡を維持している。現存量のなかでの組成比は、6月から8月までは1歳群の占める割合が圧倒的に高く60%以上を占め、ついで2歳群が15~30%を占める。個体数組成では卓越していた当歳群は、6月では1%以下であったのが個体の成長と共に次第に高くなり、11月には37%を示した。

個体群組成の年変化について、1981、1982、1983年の8月に調査した各年齢別の密度と個体群組成をTable 2に示した。それによると、各年の2歳および1歳群は年によって多少の密度差はあるものの極端な違いはない。特に1981年と1983年とは、1983年の当歳群の密度が

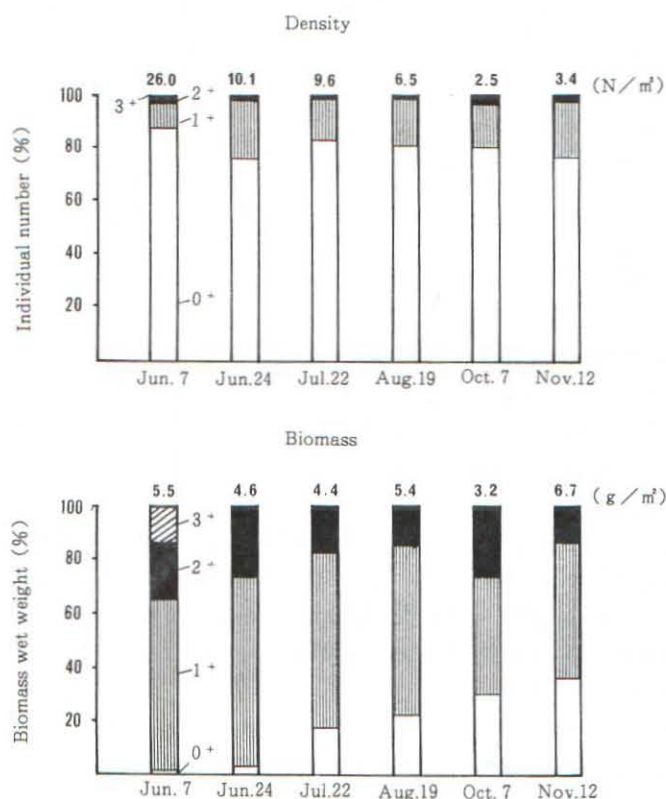


Fig. 4. Seasonal changes of population composition in density (upper) and standing biomass (lower) of *P. kessleri* on average.

0+, 1+, 2+, 3+ indicate age group, respectively.

やや低い点を除いては組成も極めて近似している。しかし、1982年は当歳群の密度が大幅に低く、そのため個体群全体の密度も1981年の約2分の1に低下した。従って、組成比では1歳群が他の年よりも2倍以上となる結果を示した。これは、当歳群の密度の年変化によって年齢構造も大きく変化することを示している。

Table 2. Annual variation in the density and population composition of *Pandalus kessleri* in August from 1981 to 1983 at Hadakajima area.

Age	0+	1+	2+	Total
	ind./m² (%)	ind./m² (%)	ind./m² (%)	ind./m² (%)
1981.8.18	5.21 (80.0)	1.15 (17.8)	0.09 (1.4)	6.45 (100)
1982.8.18	1.56 (50.0)	1.43 (45.8)	0.13 (4.2)	3.12 (100)
1983.8.6	3.53 (79.3)	0.80 (18.0)	0.12 (2.7)	4.45 (100)

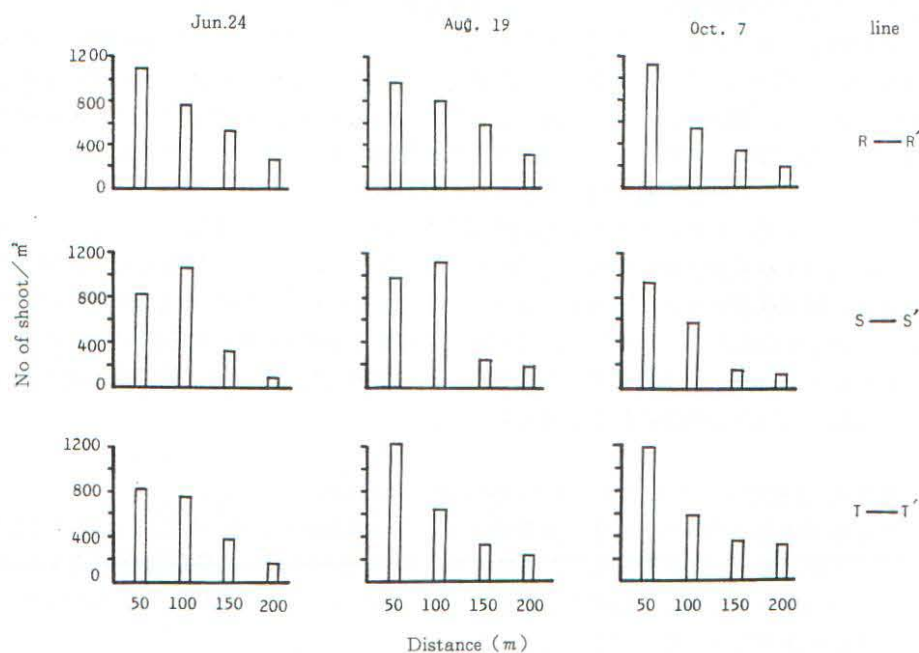


Fig. 5. Changes of the density of *Zostera marina* in 1981.

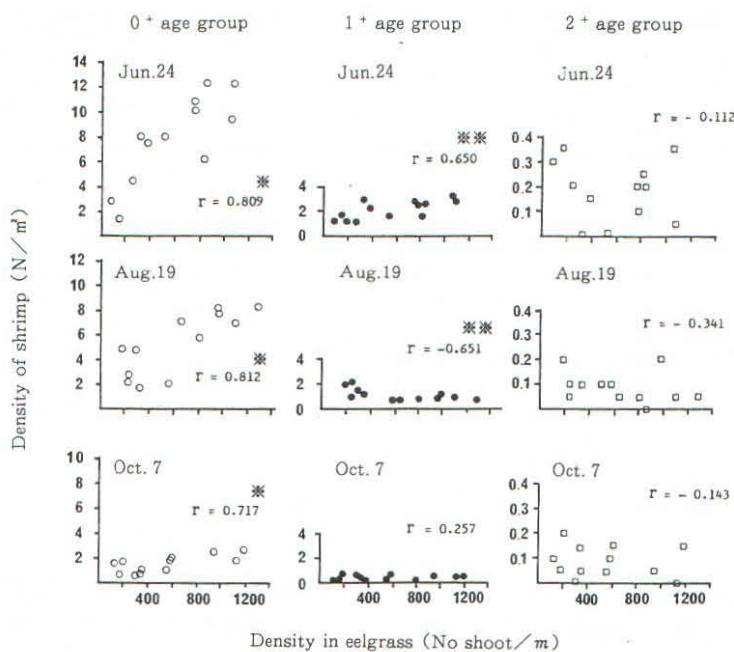


Fig. 6. Relationship between the density of eelgrass and that of *P. kessleri* by age group.

* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$

(5) アマモ密度の季節変化とホッケイエビ生息密度との関係

各月の調査区におけるアマモの成育密度をFig. 5 に示した。6月の沖出し50m地点では820～1080株/㎡、100mで760～1060株/㎡と高密度であった。150mでは320～520株/㎡と密度は大きく低下し、200mでは80～260株/㎡とさらに低くなった。このようにアマモの密度は汀線側の水深の浅い方で高く、沖側ほど低くなる傾向があり、密度の勾配が顕著に現れている。なお、月による密度の変化はあまり大きくなかった。

次に、6月、8月、10月の季節毎の各区画(計12区画)でのアマモの密度とホッケイエビの各年齢群別の生息密度との相関関係をFig. 6 に示した。6月および8月のエビ当歳群とアマモ密度との相関係数は共に0.81前後と高い正の相関がみられ、10月でも相関係数が0.72、1歳群の6月で0.65とホッケイエビの成長に従って次第に係数は小さくなるもののまだ正の相関がみられた。しかし、1歳群の8月には逆に負の相関となっている。その後1歳の10月および2歳群では両者の相関が見られなくなった。

(6) 森下の Iδ 指数によるホッケイエビの分布集中度の判定

ホッケイエビの各年齢群の分布集中度を判定する一つの方法として、ここでは森下の Iδ 指数¹³⁾により検討する。各月の年齢別の指数値をTable 3 に示した。当歳群は各月ともかなり高い集中分布度を示した。1歳群も当歳群に近い状況であった。しかし、2歳群は季節によって分布様式が異なり、集中度は低くなった。

Table 3. The distributional pattern of each age shrimp by index of dispersion, MORISITA's Iδ.

Date	Jun. 7	Jun. 24	Jul. 22	Aug. 19	Oct. 7	Nov. 13
0 year old	1.28	1.18	1.26	1.22	1.08	1.10
1 year old	1.17	1.08	1.04	1.11	1.15	1.03
2 year old	1.21	1.13	0.83	0.91	0.97	1.01
3 year old	1.02					

$$I\delta = \frac{n}{N(N-1)} \frac{\sum_{i=0}^n (x_i - 1)}{n}$$

$I\delta < 1$: Regular distribution
 $I\delta = 1$: Random distribution
 $I\delta > 1$: Contagious distribution

n = number of quadrats taken at random

N = total number of individuals from all quadrats

xi = number of individuals in each size group

考 察

本種の分布の特徴として、前報⁹⁾で全ての発育段階のものが同一場所に生息することを明らかにした。しかし、今回は主に網目の大きい打瀬網によるサンプリングの結果によったため、当歳群を中心とした若齢群に対する量的な評価は十分とはいえなかった。今回は網目の小さい桁網で採集したのでふ出直後の幼生から大型の雌まで定量的に捕捉できたものと思わ

れる。

今回の調査結果から、ホッケイビの密度は、年齢別にもまた季節的にもかなり大きく変化した。すなわち、当歳群は6月の22.5尾/㎡から11月の2.6尾/㎡へ減少し、同様に1歳群は3.0尾/㎡から0.7尾/㎡へ、2歳群は0.3尾/㎡から0.08尾/㎡へと減少した。また、個体数組成では各月とも当歳および1歳群で95%以上を占めた。野付湾での夏漁（6月から7月）の漁獲対象サイズとなるのは2歳群以上なので、全個体数のわずか5%以下のものを漁獲対象にしていることになる。

ホッケイビの分布の特性として、当歳群での7月において、密度の高い汀線側と低い沖側とでは4倍近い差がみられたように、春季から夏季にかけ若齢群での沖出しに伴う密度の勾配が大きいためにあげられる。ただし、8月だけは沖側にも高密度になり、なかでも1歳群で顕著であった。秋季以降は密度の勾配が緩くなり、等密度的な分布の広がりをみせた。密度の勾配が小さくなる原因については、密度の高い汀線側での減耗が大きいためか、あるいは沖側に逸散して低下したことによるのかは今回の調査では明らかにできなかった。その後、1984年7月に、大潮時の満潮時と翌日の干潮時にホッケイビの分布調査を行ったところ、当歳群では干潮時に満潮時よりも沖側に分布をシフトしている傾向がみられている（Fig. 7）。したがって、1潮汐の間でも移動のあることが示唆され、経時的に分散する可能性の大きいことが想定される。

各年齢群の生残率は高齢群ほど高かったが、今回の調査では前述のように、逸散、移入の実態が十分把握されていないので、各々の生残率がどの程度実態を反映しているのかは明らかでない。ただし、ふ出幼生から3歳の雌に至るまでの通算の生残率（ R ）を推定すると、 $R = 1 \times 0.11 \times 0.24 \times 0.37 = 0.0098$ となる（数値は各年齢群の生残率）。仮に1雌当たり300尾の幼生が産出されると2.9尾の3歳の雌が残ることになる。理論的には1尾残れば個体群の平衡が保たれることになる。本調査区は禁漁区なので漁獲による減耗はない。一般漁場では2歳以上になると漁獲減耗が大きく作用するが、生残率の評価については今後、分散、移動と減耗要因の解明を含めた詳細な調査が必要である。

森下のIδ指数による分布の集中度をみると、当歳、1歳の若齢群ほど集中度が高く、2歳群になると6月を除いては集中分布を示さなくなる。それはアマモ密度とも関連がありそうである。アマモ密度とホッケイビの幼生密度とには正の相関のあることが知られているが¹²⁾、今回の結果から、エビの成長に伴って相関度が次第に低下している。その要因としては、ホッケイビの发育段階による生活空間の利用の違いが考えられる。ホッケイビのアマモ場内での分布を潜水調査で観察すると、幼生はアマモの葉身上で頭部を下にして生息しているが、雌のように大型個体になると、アマモの基部や底面での枯死、堆積した葉上などをほふくしている場合が多くなる。向井¹³⁾によれば、ツノモエビなどの

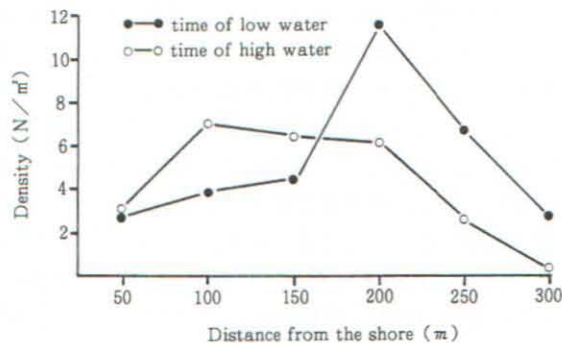


Fig. 7. Change of the distribution of 0+ year old *P. kessleri* at the time of high and low water in 14-15, July, 1984.

葉上性のモエビが魚に捕食されるのは、モエビ類が隠れがであるアマモ葉上から離れて泳ぎだす際に最も高いと推測している。ホッケイエビの場合もふ出直後から7月ころまでアマモの密度の高い汀線側に12尾/㎡を超える高密度で生息するのは隠れ場としての機能に相応しいものと考えられる。しかし、アマモの密度に対する依存度はホッケイエビの成長に伴って薄れる傾向があるように思われる。

Table 4. Water temperature (°C) of Hadakajima area in August and October in 1984.

Distance(m)	50	100	150	200	250	300
1984. 8. 5	24.0	23.6	23.4	23.8	22.0	21.3
1984.10.20	7.8	7.6	7.6	7.4	7.2	7.2

なお、8月に最も沖側でホッケイエビの密度が高くなるのは、水温との関係が考えられる。本調査時の水温観測のデータがないため1983年の8月および10月の水温のデータをTable 4に示した。本調査とは沖出し距離が異なるが、沖側にかけて水温の傾斜がみられる。ホッケイエビは8月には水深が浅く、アマモの密度が高いため高水温になる汀線側を避けて、相対的に水温が低い沖側に移動したためと思われる。夏季になると、高水温に対する耐性もエビの分布に作用することが想定される。

ホッケイエビの生息密度は当歳、1歳群の減少によって季節的に大きく変化するものの、現存量については10月に若干低下した点を除くと、4～6 g/㎡で季節的にあまり大きな変化はない。藻場は水界のなかでは生産力の高い地域とされているが、ホッケイエビに対して野付湾のアマモ場がどの程度の収容力を有するのか興味をもたれる。

要 約

野付湾の湾東奥部のアマモ場において、1981年6月から11月にかけて、ホッケイエビ個体群の構造とその変化を調べた。

1. 春の6月にはふ出幼生(当歳)、未成熟(1歳)、性転換(2歳)、雌(3歳)の4群、9月には未成熟群(当歳)、雄(1歳)、雌(2歳以上)の3群が存在する。

2. 距岸距離別のホッケイエビの分布は、当歳群では春～夏季に汀線側での分布が極めて高く、沖側への密度の勾配が強く、秋季には緩やかになった。高齢化するほど等密度的な分布を示した。ただし、夏季の高水温時には各年齢群とも最も沖側での密度が上昇した。

3. ホッケイエビの個体群組成の季節変化は、個体数では当歳群が各月とも75～80%を占めて優占し、1歳群は11～21%、2歳群1～3%、3歳群は0.3%(6月のみ)で大きな変動はない。一方、現存量では6月から8月までは1歳群が60%以上を占め、2歳群は10～20%台で推移した。6月には1%であった当歳群は11月には36%に増加した。

4. 調査区域内のホッケイエビの全生息推定個体数は6月上旬には約62万尾から11月には8万尾へと減少した。年齢別の見かけの生残率は当年群が11.4%、1年群23.9%、2年群は37.0%と推定された。

5. 森下の分布集中度指数I_δによるホッケイエビの年齢別、月別の分布集中度は、当歳、1歳群は集中度が高いが、2歳群では低かった。

6. ホッケイエビの生息密度とアマモの成育密度との関係は、当歳群では正の相関がみられたが、2歳群では相関がみられなくなった。

謝 辞

本調査を進めるに当たり、御協力をいただいた野付漁業協同組合、根室北部地区水産技術普及指導所の関係各位に謝意を表します。

文 献

- 1) 久保伊津男：ホッケイエビの生態学的研究。日水誌。16(12), 71-80(1951)
- 2) Aoto, T : Sexual phases in the prawn, *Pandalus kessleri* Czerniavsky, with special reference to the reversal of sex. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool.* 11(1), 1-20(1952)
- 3) 柏木正章：山田湾産ホッケイエビの生態学的研究-I：成長および抱卵期間について。日水誌。40(7), 635-642(1974)
- 4) 柏木正章：山田湾産ホッケイエビの生態学的研究-II：エビの成長に伴う性の発達ならびにその転換について。日水誌。40(10), 985-992(1974)
- 5) 尾身東美：野付湾におけるエビ類、特にホッケイエビに関する調査。栽培漁業開発調査資料：野付・根室湾栽培漁業開発調査第1報。北海道開発局, 1972, p. 73-86 (北海道開発計画調査, 調445)
- 6) 水島敏博, 尾身東美：野付湾産ホッケイエビの産卵期, ふ出期, ならびに産卵行動。北水試月報。36(4), 7-17(1979)
- 7) 水島敏博, 尾身東美：野付湾におけるホッケイエビの成長と性相-特に成長の二型について。北水試報。24, 15-27(1982)
- 8) 久保伊津男, 森下恵一：野付湾産ホッケイエビの漁業, 資源, 繁殖保護。資源科研。33, 32-46(1954)
- 9) 水島敏博：野付湾ホッケイエビの成長に伴う分布と密度の変化。北水試報告。29, 25-35(1987)
- 10) 水島敏博, 高谷義幸：野付湾ホッケイエビの資源変動とその要因。日本水産学会北海道支部例会要旨集(1989)
- 11) Morisita, M. : Measuring of dispersion of individuals and analysis of the distributinal pattern. *Mem. Fac. Sci. Kyusyu. Univ. Ser. E. (Biol.)* 2, 215-235(1959)
- 12) 水島敏博：ホッケイエビの幼生密度とアマモ密度との関係。北水試月報。42(1, 2), 14-25(1985)
- 13) 向井 宏：アマモ葉上性モエビ類のかくれがをめぐる競争と捕食者の役割。日本ベントス学会誌。39, 9-14(1990)

試験研究業績

＜外部刊行物への発表 平成3年度分＞

海洋部門

1. 海域情報(1990). 北海道周辺海域(海洋生物): 小島守之(中央水試)水産海洋研究 55(3) 284-286 1991
2. 春の忍路湾沿岸におけるサイズ別クロロフィルa量: 鹿又一良・小島守之(中央水試)1991年度日本海洋学会春季大会講演要旨集 303-304 1991
3. 動物プランクトン(懸濁物捕食者)とその周辺・食性論: 小島守之(中央水試)1991年度日本海洋学会春季大会講演要旨集 343 1991
4. 海の小さな生き物の捕食行動ープランクトンから幼魚までー: 小島守之(中央水試)月刊海洋 24(2) 96-101 1992
5. オホーツク海沿岸におけるホタテガイの成長と海洋条件: 西浜雄二(中央水試)第4回全道はたて漁業研修会レポート 北海道はたて漁業振興協会 19-30 1991
6. 北海道沿岸の漁場環境ーホタテガイを中心としてー: 西浜雄二(中央水試)第23回北洋研シンポジウム「北海道周辺海域における栽培漁業環境の現状と問題点」講演要旨集 8 1992
7. 北海道の海, 川, 湖: 大槻知寛(網走水試)北のさかなたち 北日本海洋センター 1991

漁業資源部門

1. 漁業資源特集① マイワシ資源の行方: 三原行雄(釧路水試)海, 魚, 生活 49 2-3 1991
2. 道東沖合の漁期前調査に基づくサンマ漁況予測について: 今井義弘・本間隆之(釧路水試)第40回サンマ研究討論会報告 171-176 1991
3. 1990年に発見されたサンマヒジキムシ: 本間隆之・今井義弘(釧路水試)第40回サンマ研究討論会報告 177-182 1991
4. 寄生虫相からみたサンマのオホーツク海への来遊経路: 山口幹人(網走水試)・本間隆之(釧路水試)第41回サンマ資源研究会議 1992
5. 体長組成の分解による日本海武蔵堆海域のマダラの年齢と成長: 三宅博哉(釧路水試)漁業資源研究会議北日本底魚部会報 24 15-22 1992
6. 利尻・礼文及び武蔵堆周辺水域におけるスケトウダラ稚仔魚の分布: 夏目雅史・佐々木正義(函館水試)日本水産学会講演要旨集 78 1992
7. 北部日本海スケトウダラ産卵群の年齢組成に見られる地域差とその原因: 宇藤 均(函館水試)漁業資源研究会議北日本底魚部会報 24 31-40 1991
8. 北海道西岸日本海におけるスケトウダラ漁獲量の多変量解析と系群構造: 三宅博哉(釧路水試)日本水産学会誌 57(11) 1991-1995 1991
9. Anomalous Undersized Otoliths from Walleye Pollock *Theragra chalcogramma*: 三宅博哉(釧路水試)日本水産学会誌 58(2) 361 1992
10. 漁業資源特集② 羅臼のスケツ資源の行方: 三宅博哉(釧路水試)海, 魚, 生活 48 6-8

1991

11. 漁業資源特集⑤ 日本海スケトウ資源と利用：夏目雅史（函館水試）海, 魚, 生活 49 10-12 1991
12. 漁業資源特集⑦ 道南スケトウ漁業と資源：田中伸幸（函館水試室蘭支場）海, 魚, 生活 49 15-16 1991
13. 漁業資源特集③ ホッケの生態と資源：渡辺安廣（中央水試）海, 魚, 生活 49 6-7 1991
14. ヒラメの資源動向：石野健吾（函館水試）北海道周辺海域の魚族資源シンポジウム講演要旨集 13-17 1991
15. 漁業資源特集① ヒラメの漁業管理：富永 修（中央水試）海, 魚, 生活 48 4-5 1991
16. 噴火湾におけるアカガレイ成魚の生活年周期：横山信一（網走水試）ほか4名 日水試 57(8) 1469-1476 1991
17. アカガレイの資源動向：横山信一（網走水試）北海道周辺海域の魚族資源シンポジウム講演要旨集 8-12 1991
18. 漁業資源特集④ 日本海のホッコクアカエビ：三橋正基（中央水試）海, 魚, 生活 49 8-9 1991
19. ケガニ幼生孵出時における親ガニの行動：上田吉幸（函館水試）日本水産学会講演要旨集 1992
20. ケガニの種蒔：宇藤 均（函館水試）海洋と生物 13(6) 1991
21. ケガニのメスの性フェロモンの存在と性フェロモンによるオスの反応：佐々木 潤（釧路水試）平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1991
22. ケガニ（*Erimacrus isenbeckii* (Brandt)）における精子競争の回避戦略：佐々木 潤（釧路水試）1991年度日本甲殻類学会大会講演要旨集 1991
23. ケガニ（*Erimacrus isenbeckii* (Brandt)）における性フェロモンの分泌腺（？）について：佐々木 潤（釧路水試）1991年度日本甲殻類学会大会講演要旨集 1991
24. ケガニの配偶行動—知られざるオス間の競争：佐々木 潤（釧路水試）育てる漁業 223 2-8 1991
25. ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) の配偶行動（予報）：佐々木 潤（釧路水試）漁業資源研究会議北日本底魚部会報 24 41-54 1991
26. ケガニかごの網目選択性について：西内修一（網走水試）水産技術と経営 37(7) 13-21 1991
27. カニの生態と利用 ケガニ：西内修一（網走水試）食の科学 165 44-50 1991
28. 噴火湾およびその周辺海域におけるケガニメガロッパ期幼生の分布：高柳志朗（稚内水試）平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨 東京都 1991
29. Southward migration of the Japanese flying squid from northern Japanese waters : 鷹見達也（中央水試）・鈴内孝行（稚内水試）1991年国際頭足類シンポジウム要旨集 東海大学 清水 53 1991
30. 北海道西部日本海におけるスルメイカ交配個体の南下移動：鷹見達也（中央水試）日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 3 1991
31. 外套膜が短いスルメイカ：鷹見達也（中央水試）イカ類資源・漁海況検討会議研究報告（平成2年度）北水研 12-14 1991
32. 漁業資源特集⑥ スルメイカ資源：鷹見達也（中央水試）海, 魚, 生活 49 12-14 1991
33. 北海道東部海域におけるスルメイカの漁獲量と生物学的特徴の長期変動：中田 淳（函館水試）国際頭足類シンポジウム 1991
34. 6月道南日本海に分布するスルメイカの北上移動—特に道北海域への北上移動：夏目雅史・中田

- 淳(函館水試)平成3年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 日本海区水産研究所(印刷中)
35. Changes in growth and maturity of Japanese flying squid related to differences in stock size in the Tsugaru Strait, northern Japan. : 高柳志朗(稚内水試) 1991年国際頭足類シンポジウム「頭足類の漁業生物学における最近のシンポ」ポスターセッション発表要旨 清水市 1991
 36. 漁業資源特集② ミズダコの資源管理: 佐藤 一(稚内水試) 海, 魚, 生活 49 4-5 1991
 37. カワヤツメ, シイラ, イカナゴ, アイナメ, マフグ, ミズダコ, ヤナギダコ: 佐藤 一(稚内水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 38. ネズミザメ, アブラツノザメ, マイワシ, シシャモ, マダラ, コマイ, スケトウダラ, マサバ, ホテイウオ: 吉田英雄(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 39. メガネカスベ, ハタハタ, ナガヅカ, ウマヅラハギ, マンボウ: 前田圭司(稚内水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 40. ニシン, マアナゴ, キュウリウオ, チカ, トクビレ: 丸山秀佳(稚内水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 41. ワカサギ, イトウ, ニジマス, イトヨ, キタノトミヨ(イバラトミヨ), スナガレイ, マガレイ, クロガシラガレイ, クロガレイ, ケガニ: 西内修一(網走水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 42. アユ, ウグイ, フナ, ゲンゴロウブナ, コイ, ホッケ, ハナサキガニ, シャコ: 鳥澤 雅(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 43. シラウオ, クロマグロ, ホッコクアカエビ, ホッケイエビ, トヤマエビ: 三橋正基(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 44. オシロココマ, アメマス, カワマス, サンマ, ケムシカジカ, ツマグロカジカ, トゲカジカ, ヤリイカ, スルメイカ, アカイカ: 中田 淳(函館水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 45. ブラウントラウト, サクラマス(ヤマメ), カラフトマス, サケ(シロザケ), ギンザケ, マスノスケ, ベニザケ(ヒメマス), シマガツオ: 長澤和也(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 46. キアンコウ, ヒラメ, オヒョウ, アカガレイ, ソウハチ, マツカワ, アサバガレイ, ヌマガレイ, ヒレグロ, ババガレイ: 富永 修(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 47. ヤナギノマイ, エゾメバル, オオサガ, クロソイ, キチジ, タラバガニ, ズワイガニ, ベニズワイガニ: 渡辺安廣(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 48. 北海道の淡水魚・海水魚: 前田圭司(稚内水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 49. 北海道産魚類リスト: 前田圭司・丸山秀佳(稚内水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
 50. ソ連の水産研究 43 オホーツク海外洋域の軟体頭足類 一般的分布と動物地理学: 高 昭宏(釧路水試) 水産の研究 10(3) 77-79 1991
 51. ソ連の水産研究 44 インド洋の有望漁業対象 マグロ類およびカジキ類: 高 昭宏(釧路水試) 水産の研究 10(4) 85-88 1991
 52. ソ連の水産研究 45 極東海域におけるズワイガニの再生産およびポピュレーション構造形成: 高 昭宏(釧路水試) 水産の研究 10(5) 85-88 1991
 53. ソ連の水産研究 46 南極水域におけるオキアミ類幼生の一般的分布特性: 高 昭宏(釧路水試) 水産の研究 10(6) 82-84 1991
 54. ロシアの水産研究 47 インド洋の有望漁業対象 外洋性イカ類: 高 昭宏(釧路水試) 水産の

研究 11(1) 99-101 1992

55. ロシアの水産研究 48 スケトウダラの肝臓からの医療用油脂の抽出：高 昭宏（釧路水試）水産の研究 11(2) 77-79 1992

増 殖 部 門

1. 道東沿岸域における栄養塩濃度の季節変化：田中勝久・佐藤芳和・角田富男（釧路水試）北水研報告 55 161-172 1991
2. 噴火湾周辺におけるマヒ性貝毒原因プランクトンの最近の出現傾向：水島敏博（函館水試）ほか 日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 1991
3. 噴火湾におけるホタテガイ浮遊幼生の分布特性：水島敏博（函館水試）ほか 日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 1991
4. 胎生魚クロソイの初回成熟過程：齋藤節雄・高野和則・会田賀彦・草刈宗晴（栽培センター）1991年度日本水産学会春季大会講演要旨集 1991
5. 北海道における魚類の養殖と栽培漁業について：高丸禮好（栽培センター）育てる漁業研究会講演・発表要旨 1992
6. 噴火湾における養殖ホタテガイへの付着生物とその季節変化：蔵田 譲（函館水試室蘭支場）ほか 日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 1991
7. 苫小牧におけるウバガイ幼稚貝の密度変化について：櫻井 泉（函館水試室蘭支場）日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 1991
8. 苫小牧におけるウバガイおよびバカガイの分布特性：櫻井 泉（函館水試室蘭支場）東京大学海洋研、大槌研究センターシンポジウム 1992
9. 忍路湾におけるエゾバフンウ稚仔の資源変動：中多章文・吾妻行雄（中央水試）平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集 78 1991
10. キタムラサキウニの摂餌活動に関する研究Ⅰ、摂餌量と同化量の季節的变化：吾妻行雄・中多章文・松山恵二（中央水試）平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集 205 1991
11. キタムラサキウニの摂餌活動に関する研究Ⅱ、天然域における摂餌量：吾妻行雄・松山恵二・中多章文（中央水試）平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集 206 1991
12. キタムラサキウニ栄養細胞中に見られた特殊顆粒：吾妻行雄（中央水試）ほか1名 平成3年度日本水産学会東北支部例会講演要旨集 48 1992
13. 北海道日本海沿岸における磯焼け対策とキタムラサキウニの増殖：吾妻行雄（中央水試）平成3年度アワビ増殖技術問題研究会議事録 10-14 1992
14. 北海道西岸における栽培漁場環境ーウニ・アワビを中心としてー：西川信良・中多章文（中央水試）23h 北洋研究シンポジウム講演要旨集 1992
15. 北海道産コンブ類の生活型と形態の特徴：佐々木 茂（函館水試）日本藻類学会（第16回）講演要旨 藻類 40 1992
16. ホソメコンブの末枯れ型と両生型、及び地方変異の種苗移植による比較：船野 隆（栽培センター）水産増殖 39(1) 83-89 1991
17. ホソメコンブと残留マコンブ、残留リシリコンブの種苗移植による比較：船野 隆（栽培センター）水産増殖 39(1) 91-95 1991
18. エゾアワビ、ヒメエゾボラ、タイラギ、マガキ、ナガガキ、ヤマトシジミ：干川 裕（栽培センター）

北のさかなたち 北日本海洋センター 1991

19. ホタテガイ, ウバガイ, バカガイ, サラガイ, アサリ: 蔵田 譲(函館水試室蘭支場) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
20. エゾバフンウニ, キタムラサキウニ, マナマコ, マボヤ: 吾妻行雄(中央水試) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
21. 北海道産有用無脊椎動物リスト: 吾妻行雄(中央水試)・蔵田 譲(函館水試室蘭支場)・千川 裕(栽培センター) 北のさかなたち 北日本海洋センター 1991

加工・利用部門

1. 水産物を原料としたエクストルージョン・クッキングについて 2. コンブ: 信太茂春(函館水試) 水産の研究 10(6) 72-76 1991
2. 水産物を原料としたエクストルージョン・クッキングについて 1. マイワシ: 北川雅彦(釧路水試) 水産の研究 10(5) 52-56 1991
3. 水産物を原料としたエクストルージョン・クッキングについて 3. ブナザケ: 北川雅彦(釧路水試) 水産の研究 11(1) 90-98 1992
4. 膜リアクター技術によるイワシ煮汁からの天然調味料製造: 大堀忠志・蛭谷幸司・高橋玄夫(釧路水試) MRC News No. 7 6-10 1991
5. 水産加工における膜利用技術の現状: 大堀忠志(釧路水試) 食品工業 34(24) 25-32 1991
6. 加熱処理中のタンパク質の変性-高温・高圧下の変性-: 飯田訓之(釧路水試) 水産加工とタンパク質の変性制御(水産学シリーズ84) 34-39 1991
7. 高温高圧処理中の魚肉における脂質と魚肉蛋白の相互作用: 飯田訓之・北川雅彦・信太茂春・船岡輝幸・木田健治(釧路水試) 平成2年度水産物健康性機能有効利用開発研究の成果の概要 343-352 1991
8. 魚貝類の未低利用卵の加工試験: 加藤健仁(中央水試) 平成3年度食品加工関係試験研究合同成果発表会要旨集 25-27 1992
9. 塩かずのこの褐変防止について: 臼杵睦夫(中央水試) 第10回水産加工技術セミナー講演資料6-7 1992
10. イワシ煮汁からの天然調味料製造試験(3): 大堀忠志・蛭谷幸司・高橋玄夫(釧路水試) 第2回水産利用加工研究推進全国会議資料 83-86 1991
11. ホタテ干貝柱製品の成分および色調: 武田忠明(網走水試) ほか 第2回水産利用加工研究推進全国会議資料 1991
12. キンコの加工に関する研究: 船岡輝幸(釧路水試) 第2回水産利用加工研究推進全国会議資料 11-14 1991
13. スケトウダラ冷凍すり身製造工場の排水処理に関する調査: 坂本正勝(中央水試) ほか 中央水産研究所研究報告4 57-68 1992

そ の 他

1. 北海道の水産業：過去, 現在, 未来：田近博道（中央水試）北のさかなたち 北日本海洋センター 1991
2. 北海道の水産研究：佐野満廣（中央水試）北のさかなたち 北日本海洋センター 1991

サロマ湖における底泥の粒度組成と有機炭素含有率の分布

西浜雄二, 千川 裕

1988年にサロマ湖全域147地点において、底泥の粒度組成と有機炭素含有率の分布を調査し、1965年の状況と比較した。1965年以降、ホタテガイ養殖が大規模に発展したにもかかわらず、この間に砂質域が拡大してシルト域が減少し、また有機物含有率の低い区域が増加して高い区域が減少した。湖底表面が全体として浄化されたようにみえるこの変化は、シルト分や有機炭素の深部への集積が、ホタテガイ養殖の規模が拡大された以降も、1929年の現湖口開削による湖内潮流の増大によって継続されていることによる、と推測された。

A 191 北水試研報 39 1-9 1992

1989年3月におけるオホーツク海北海道沿岸の海況と珪藻類分布

堀井貴司, 田村真樹, 大槻知寛

観測史上最も小規模な流氷期となった1988～1989年の冬季の流氷接岸直前にオホーツク海北海道沿岸で海洋観測を行い、3月の海況と珪藻類の種組成、分布に関する知見を得た。調査海域にはすでに一部中冷水構造を持ったオホーツク海固有水とともに冷却によって変質された宗谷暖流系水が認められた。紋別沖3観測点から12属32種の珪藻類が出現し、*Thalassiosira nordenskoeldii* が優占種として出現、次いで、*Chaetoceros decipiens*, *Ch. atlanticus* が卓越していた。本調査時期には、オホーツク海固有水と宗谷暖流系水の混合水域では珪藻類は種数、細胞数ともに豊富で複雑な群集構造をしていたが、宗谷暖流系水、オホーツク海固有水には珪藻類が乏しいことが示唆された。

A 192 北水試研報 39 11-19 1992

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成熟と産卵

渡辺安廣

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成熟と産卵について検討した。卵果が成熟する最小甲幅は60mmで、その50%甲幅は69mmである。雌が成体に達する最小甲幅は70mmで、その50%甲幅は84mmであり、雄のそれは各々甲幅75mm、甲幅113mmであった。産卵期は経産卵雌では1月から5月、初産卵雌では1月から5月と8月、9月の2期と推定された。ふ化期は両雌とも1月から5月と考えられた。抱卵数は未発眼卵期で平均23.4万粒、発眼卵期で平均15.1万粒であり、卵径は前者で平均0.50mm、後者で0.65mmであった。

A 193 北水試研報 39 21-34 1992

寄生虫の寄生状況からみたサンマのオホーツク海への来遊経路推定の試み

山口幹人, 本間隆之

1990年および1991年に、5～7月の北西太平洋海域および9～11月のオホーツク海の中型サンマ(24cm≤肉体長<29cm)の寄生虫の寄生状況を調査した。調査した寄生虫はサンマヒジキムシ、サンマウオジラミ、サヨリヤドリムシ、エラジラミ類、鉤頭虫類の5種類である。

その結果、オホーツク海で採集された中型サンマの寄生虫の寄生状況は、1990年には北西太平洋海域の150°E～155°Eに類似し、1991年には145°E～150°Eに類似した。以上より、5～7月に北西太平洋のこれらの海域に分布した中型サンマがオホーツク海に来遊したことが示唆された。

A 194 北水試研報 39 35-44 1992

苦小牧および静内におけるホッキガイの産卵期について

櫻井 泉, 宮本建樹, 蔵田 護

苦小牧におけるホッキガイの生殖周期を組織学的に明らかにするとともに、内蔵魂を含む生殖巣重量を用いて苦小牧および静内における本種の生殖巣指数を算出した。その結果、生殖周期は回復期（雌：8～9月、雄：9～10月）、成長前期（雌：10～11月、雄：11～1月）、成長後期（2～3月）、成熟期（4～5月中旬）、放出期（5月下旬～7月上旬）および放出終了期（雌：7月中旬～下旬、雄：7月下旬～8月）の6段階に区分された。このうち、放出期（産卵期）は生殖巣指数の減少期と対応しており、指数の計算に内蔵魂を含む生殖巣重量を用いる方法は、本種の簡便な産卵期推定法として有効であると判断された。これより、静内における本種の産卵期は、6月上旬～7月下旬と推定された。さらに、本種の産卵期の水温は、両地域とも約10～15℃の範囲にあった。

A195 北水試研報 39 45-52 1992

ホッケイエビの個体群構造の季節変化

水島敏博

野付湾の湾東奥部で、1981年6月～11月にかけて、12の格子状の調査区（1調査区200㎡）を設定し、ホッケイエビの年齢別生息密度、分布ならびに個体群組成の季節変化など調べた。

個体数の密度は6月の26.0尾/㎡から3.4尾/㎡に低下するが、個体数組成では当歳、1歳群の両群で各月とも95%以上を優占する。現存量では各月とも4～6g/㎡（10月を除く）であるが、1歳群がコンスタントに50～60%を占めた。密度面積法による生息推定数から算出した当歳、1歳、2歳群のみかけの生残率は各々11.4%、23.9%、37.0%であった。ホッケイエビの分布の特性として、当歳群は春季から夏季にかけては汀線側に高密度に集中分布し、アマモの密度と正の相関が認められた。一方、各年齢群とも秋季には沖側に分散するとともに、成長に伴ってアマモ密度との相関は低下した。

A196 北水試研報 39 53-63 1992

北海道立水産試験場研究報告 第39号

1992年10月30日 発行

編集兼 北海道立中央水産試験場

発行者 〒046 北海道余市郡余市町浜中町238

電話 0135(23)7451 代

FAX 0135(23)3141

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

印刷所 日東印刷株式会社

小樽市相生町7番4号

電話 (0134)23-1559番
