

略 名
北 水 試 報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish. Exp. St.

北海道立水産試験場報告

第 6 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 6

北海道立水産試験場

(昭和 41 年 10 月)

(October, 1966)

北海道立水産試験場報告

第 6 号

目 次

大島和雄・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—…………… 1

三上正一・田村真樹

北海道日本海海域におけるヒラメの系統群について

1. 1964年に実施したヒラメの標識放流試験結果……………33

川村一広

キタムラサキウニの年令形質と成長について……………56

佐藤照彦

水産製品のカビに関する研究 第15報 防黴剤の効果的使用法について

(2) ソルビン酸と塩化ナトリウム併用による防黴効果について……………62

(昭和41年10月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 6

CONTENTS

OHSHIMA Kazuo, WATANABE Hiroshi

- SATAKE Toshitaka, SHIOZAWA Takayuki, OBARA Akio, and MARU Kuniyoshi:
Ecological study of Lake Saroma, Hokkaido. 1

MIKAMI Shoichi and TAMURA Masaki :

- Studies on the population of "Hirame" flounder
(*Paralichthys olivaceus* T. & S.) of the Japan Sea Coast of Hokkaido.
1. Result of the tagging experiment made in 1964. 33

KAWAMURA Kazuhiro :

- On the age determining character and growth of a sea urchin
strongylocentrotus nudus. 56

SATO Teruhiko :

- Studies on fungi isolated from Manufactured marine products.
XV. Effective usage of antifungal materials.
(2) Effect of combinations of sorbic acid and
sodium chloride to the growth of fungi. 62

(October, 1966)

北海道サロマ湖の生態学的研究 —形成史と底質について—

大 島 和 雄* 渡 辺 浩* 佐 竹 俊 孝*
塩 沢 孝 之* 小 原 昭 雄** 丸 邦 義**
(* 北海道大学理学部地質学鉱物学教室)
(** 網 走 水 産 試 験 場)

Ecological Study of Lake Saroma, Hokkaido.

Kazuo OHSHIMA*, Hiroshi WATANABE*, Toshitaka SATAKE*
Takayuki SHIOZAWA*, Akio OBARA,** and Kuniyoshi MARU.**

**Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University*

***(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)*

Saroma lake is situated in the north-eastern part of Hokkaido facing the Okhotsk Sea. It is separated from the open sea by the narrow sand bar of ENE-WSW trend (Fig. 2).

We researched the ecological environment for the culture of scallop, oyster and larvae, mainly the properties of bottom materials and topography of the lake in August, 1965.

The results may be summarized as follows.

1. The paleogeography of Saroma lake in Pleistocene and Holocene time is discussed by based on the topography, bottom materials and distribution of shell banks (Fig. 3).
2. Bottom materials were sampled at 160 statics (Fig. 1), the mechanical analysis of which determined in detail (Fig. 7, 9, 11 & 13). Further organic carbon and total nitrogen were analyzed (Fig. 15 & 19). As a result of mechanical analysis, sorting coefficients range from 1.3 to 6, skewness less than 0.9. Organic carbon contents range from 0.2 to 3.8% and total nitrogen contents from 0.08 to 0.33%. The ratio of organic carbon to nitrogen is about 10.
3. The relationship between distribution of benthic fauna, substrate and water depth summarized in Table 5. As a result, the area of well breeding-ground of scallop is above than 65 km² in the lake.

目 次

緒 言

I 調査作業および方法

II サロマ湖周辺および湖底地形

III サロマ湖形成史

IV 水質概説

V 底 質

A 粒度組成

1. 試料の調製と分析法

2. 分析結果の表示法
3. 粒度分布
4. 粒度分布に対する考察

B 有機物

1. 試料の調製と分析法
2. 平面的分布
3. 地形との関係
4. 粒度組成との関係
5. 垂直的分布
6. 有機物における底質の特徴

VI 湖底生物

VII まとめ

文 献

緒 言

貝類・海藻類などの浅海水族資源変動状態を明らかにすることは、資源の合理的な管理ならびに増殖技術開発のために必須の資料である。そのため、北海道立網走水産試験場では、オホーツク海沿岸のホタテ貝を主とした資源調査を、1951年以来、行なってきた。また、北海道大学理学部地質学鉱物学教室堆積グループでは、1961年以来、堆積学的、古生物学的諸現象解析のための基礎資料をえるために、北海道有珠湾、厚岸湖および厚岸湾において、一連の調査研究を行なってきた。今回の共同研究の目標は、網走水試におけるサロマ湖の水質および湖内底生生物の詳細な資料を基にして、いまだ詳しく調査されたことのない底質を検討し、サロマ湖の堆積環境ならびに生態環境を明らかにすると共に、浅海増殖に対する指針をえることにあ

る。サロマ湖の湖沼学的調査は、昭和3、4、6年の3年間にわたって、高安ら（1934）によって行なわれた。この調査期間中の昭和4年（1929）に、旧来の湖口鎔沸に変えて、新たに湧別町字三里に湖口を人為的に開削した。そのご、鎔沸にあった湖口は全く閉塞したが、新湖口は閉塞することなく今日に及んでいる。その間の水質変化、生物相の変化および当時の測深結果は、現在なお、ホタテガイ、カキ、ノリなどの養殖・増殖事業に対する基本的な生態環境資料として利用されている。この高安らの貴重な仕事を受継いで、網走水試が観測事業を続けている。その結果の一部は、小原昭雄ら（1964）によって、報告されている。その結果を以下要約する。

(1) 旧湖口時代は塩分量が低く (Cl^- ; 12~14 g/l), 湖水の注排、交流も頗る悪く、そのためテイネイ方面の水質は、黄褐色を呈するほどの悪水であったが、湖口変更後は、湖水の交流もよく、塩分量も高く (Cl^- ; 18 g/l) なり、全般的に見て外海水と変わらなくなった。

(2) 旧湖口時代には、夏季に強固な停滞水層が発生したが、現在では周年を通じて、強固な停滞水層は認められない。

サロマ湖の生物調査は、高安ら（1934）によって行なわれて以来、木下ら（1936）によって、詳しく調査された。木下は、湖口変更後の湖内におけるホタテ稚貝の発生に注目し、その稚貝採苗および養殖について研究を行なった。このホタテ稚貝採苗は昭和11年（1936）より企業化され、北海道唯一の採苗地として、近年ますます大規模に事業化されている。網走水試では、1951年以来、このホタテ稚貝採苗事業の基礎調査として、発生・成長状況および成貝の年令構成について検討している。

以上のような資料を基礎にして、次のような研究テーマを設定した。

1. ホタテガイおよびカキなどの水産資源増・養殖の基礎資料となる生態環境を明らかにする。
2. 化石軟体動物群集解析のための基礎資料である現生軟体動物群集組成および分布と底質との関係を明らかにする。

3. 内湾性堆積環境をその形成史と底質および地形より明らかにする。

以上、いまだ研究は途上にあるが、初年度の調査、実験結果をここに報告する。

野外調査にあたって、ご協力いただいた猿瀾湖養殖漁業協同組合、常呂漁業協同組合、および吉田重夫猪股鉄男の両氏に厚くお礼申し上げます。

I 調査作業および方法

採泥点および測深点は、fig. 1 のように、1 km² に1点の割合に、160点設けた。採泥作業は、昭和40年8月3日～21日まで、19日間、重力式柱状採泥器を用いて、攪乱させない化学分析用の試料と、粒度分析用の試料を採泥した。採泥現場において、底質の色、臭気、肉眼的粒度組成および底生生物を観察した。同時に、測深を行ない、また水質を水温・比重・pH・溶存酸素について検討した。

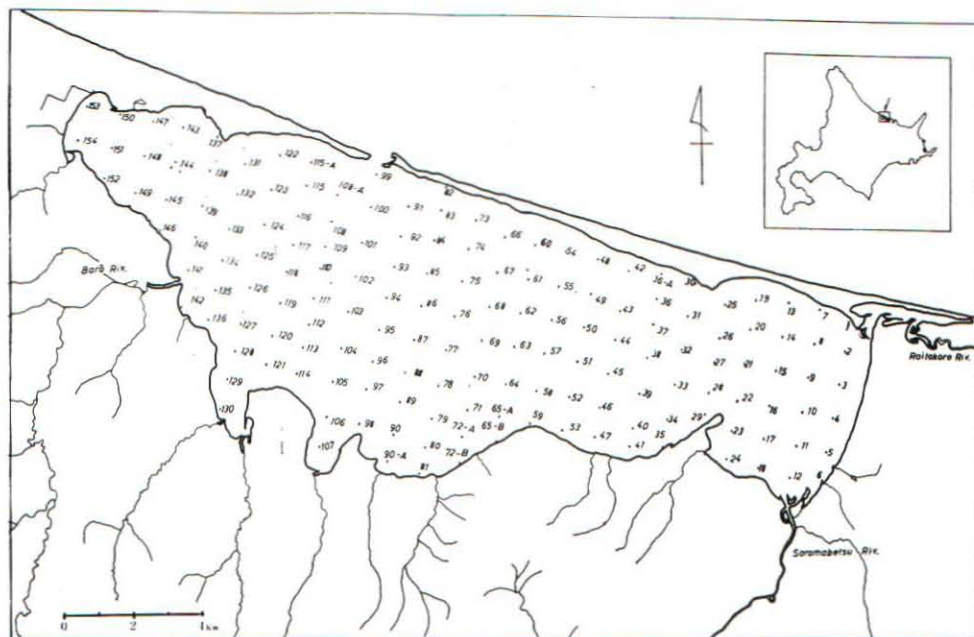


Fig. 1. Sampling and observation locations at Saroma lake in 1965.

底質の分析は、北海道大学教養部堆積実験室で行なった。粒度分析は、JIS A 1204 に準拠して、比重計法および篩分法を用いた。有機炭素はチューリン法、全窒素はケルダール法によって分析した。

生物調査は、網走水試の事業報告を基にしたが、採泥作業期間および9月29、30の両日のドレッジによっても検討した。

II サロマ湖周辺および湖底地形

サロマ湖は北海道東部、オホーツク海沿岸に位置し、周囲 91.09 km、面積 151.2 km² を有するわが国最大の鹹水湖である。

その周辺の地形は、オホーツク海沿岸の砂丘地帯、サロマ湖湖岸および小河川下流部に沿う低湿地帯（沖積地）、サロマ湖東方および西方に典型的にみられる段丘地帯、それに南部を占める山地地帯に区分できる。

山地地帯は、北見国南部にひろがる丘陵性の山地の一部で、その東縁部に相当する。全体として標高 200

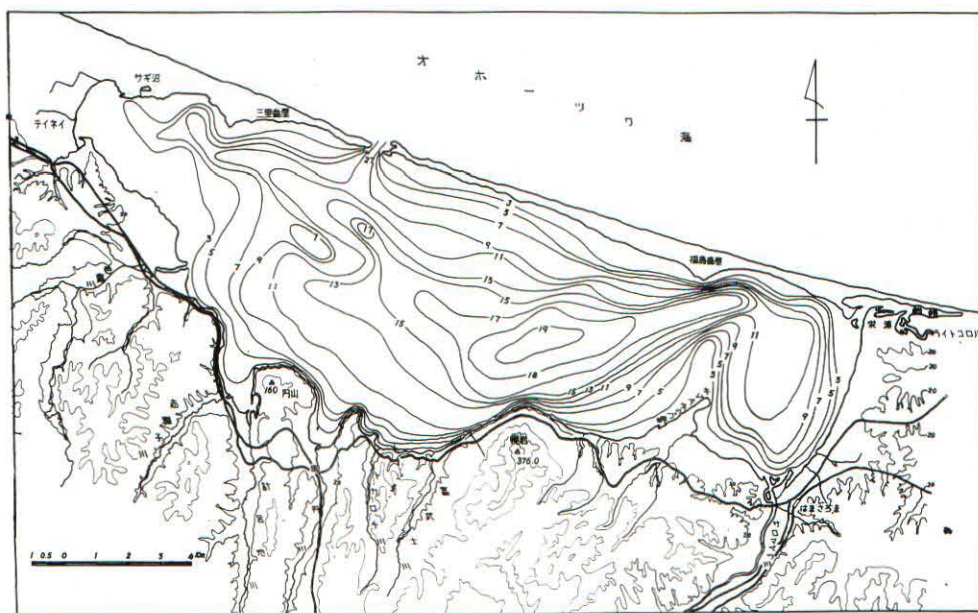


Fig. 2. The bathymetric chart of Saroma lake.

～400 m の、起伏に富んだ地形を呈する。稜線の高度は西に向ってしだいに低くなり、西部では標高 200 m 前後となって段丘地帯にとりかこまれている。現在、サロマ湖に注ぐ主要河川である佐呂間別川、芭露川はいずれも蛇行しながら緩流する。このほかにも、床丹川、富武士川、トカロチ川、計呂地川などの小河川があって、サロマ湖に注いでいる。これらの河川流路は、地質構造に著しく支配されていて、主要断裂帯に沿い、または地層の配列方向に一致し、傾斜方向を指示する。海岸段丘地帯と、地域南半の山地地帯との間には、顕著な海岸段丘がある。この段丘面は、上・下 2 段に分けられ、現海面からの高さは、それぞれ約 20 m、約 7.5 m である。この海岸段丘に連続、移行する河岸段丘が、おもな河川に沿って発達する。

サロマ湖北部の砂州を構成する砂丘地帯は、高度 3～16 m、その幅は数百メートルで、場所によってかなり異なる。また、福島番屋付近では、砂丘の内側に段丘が認められる。その上はミズナラの原生林で覆われ、湖岸よりには湿地が発達している。

サロマ湖湖底地形は、等深線図 (fig. 2) に見られるように、キムアネップから福島番屋にかけての浅部を境いにして特徴を異にする東西の湖盆に分かれる。

東側は最大水深 12 m で、南北性の延長軸の深部を有する起伏の乏しい湖盆である。それに対して、西側は最大水深 19.5 m で、東西性の深部の延長軸を有し、その深部は福島番屋沖の水道部へと伸びている。西側の湖盆は幌岩～円山へかけての湖岸沿いの急傾斜と、湖口付近の複雑な地形を除いては起伏が乏しい。とくにテイネイから芭露沖にかけては 3 m ほどの顕著な平坦面が認められる。

以上の基本的な湖底地形は、高安ら (1934) の報告とあまり変わらない。しかし、新湖口は昭和 4 年の人為的掘削以来、侵蝕によって水深 25 m ほどにも達している。また、キムアネップ岬沖の干出していた浅瀬は波浪によって侵蝕され現在は水没している。

III サロマ湖形成史

浅海水族資源増・養殖およびその合理的管理に対する基本的な指針を得るためには、サロマ湖の現在環境のみならず、その生態環境の変遷を湖の形成史とともに理解する必要がある。何故なら、昭和 4 年の湖口

変更による水質変化、それにとまう天然カキの衰滅とホタテガイの繁殖、さらには新湖口掘削計画の当否などの問題は、湖の形成史を理解することなくしては解決できない。

オホーツク海沿岸形成史については、湊正雄、北川芳男(1954)によって述べられているのみである。

筆者らは、測深・採泥・陸上試料採集および底質の室内実験中に、いくつかの問題点解決の糸口をつかんだ。

1. 湖全体が、キムアネップ〜福島番屋を境いにして、東西全く異なった湖底地形を呈する。東側の最深部の延長方向が南北性であるのに対して、西側では東西性である。

2. キムアネップ〜福島番屋間の水道部の深所地形が、昭和4年の三里番屋新湖口掘さく後の地形に類似している。

3. オホーツク海沿岸の湖沼群の最深部が、サロマ湖；-19 m, 能取湖；-21 m, 網走湖；-16 m でほぼ一致し、常呂沿岸岩床地帯の水深-20~-30 m に近似している。

4. 湖内には、水深 3 m に平坦面が広く発達し、この平坦面からの柱状採泥試料に泥炭および圧縮固化された粘土が見られる。

5. 砂丘とされていた福島番屋付近の海拔 15 m 周辺には、上部から 3 m 以上も粘土層によって覆われている。この粘土は、対岸の段丘粘土によく類似するものである。

6. 湖西岸のティネイ付近一帯には、圧縮固化した白色粘土層が、2 m 以上の厚さを有し、沖積世の泥炭などを狭んでいない。

7. 朝日トコロ貝塚より、カキ・ハマグリ・アカニシなどの暖海性貝類が多数出土する。

8. 常呂平野土佐付近の海拔 4 m の地点で、地表下 2 m に、化石カキ礁が点在する。

以上の事実のほか、サロマ湖沿岸町村の飲料水調査のためのボーリング、電気検層の資料が、伊藤政夫、小原常弘(1956)、河田英、二間瀬洸(1956)によって報告されている。遺跡調査については、駒井和愛ほか(1959)の詳しい報告があるほか、1965年8月の網走湖女満別の湖底遺跡調査によって、新知見がもたらされた。

前記の事柄を基にして、サロマ湖の古地理を復元するとともに、サロマ湖形成の歴史を具体的にしてみる(第1表および第3図参照)。

I 沖積世早期 (B. P. 10,000~7,000) (fig. 3-I)

沖積世早期には、洪積世 Würm の氷期が終って、気候は徐々に温暖化していった。気候変化にともなうて、海水準も -100 m 前後から、-20~-40 m の高さ(現在より平均気温で数度低い状態)にまで上昇してきたことは、汎世界的に見られる現象である。

このころのオホーツク海海水準も、常呂沿岸に発達する -20~-30 m の岩床地帯やサロマ湖、ノトロ湖、網走湖の -20 m 前後の最深部などから、-20~-30 m の位置に、平坦面ができるほどに、停滞していたと考えられる。このころの復元図 (fig. 3-I) に示すように、サロマ湖は、芭露川、佐呂間別川などの氾濫原または低湿地の状態にあったであろう。さらに湖各所の底質中に見られる泥炭や洪積粘土の分布から、現在の湖のかなりの部分を低位段丘が覆っていたことがわかる。

そのご再び海水準が上昇し、河川に沿って海水の侵入が進んでいったのであろうが、この時代の海水準はまだ現在の海水準よりも低かった。このことは1965年8月の網走湖湖底遺跡調査によって、現在の湖水面より、やや低い浅瀬から住居跡や、縄文早期の土器が発見されたことからもうなづける (site 1)。このころのサロマ低湿地帯の湖沼には、ヌマガイ、シジミなどしか生息しなかったであろう。

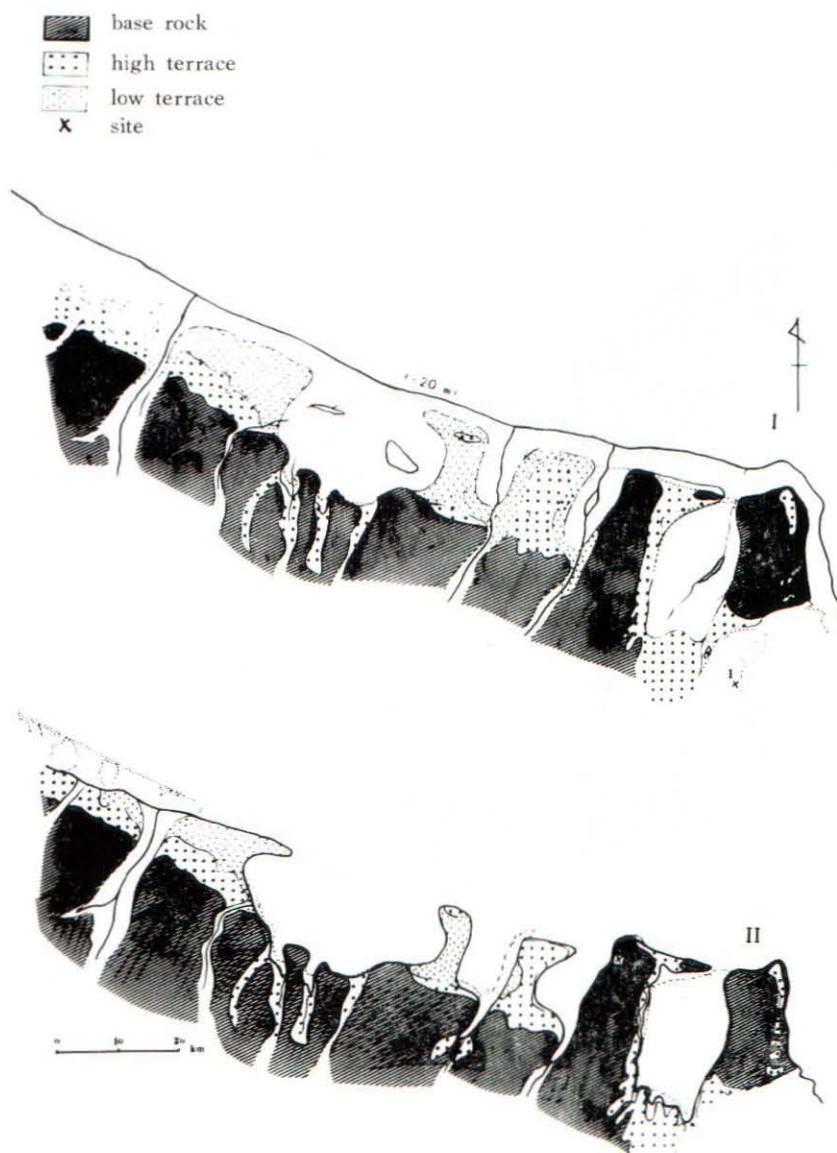
II 沖積世前〜中期 (B. P. 7,000~4,000) (fig. 3-II)

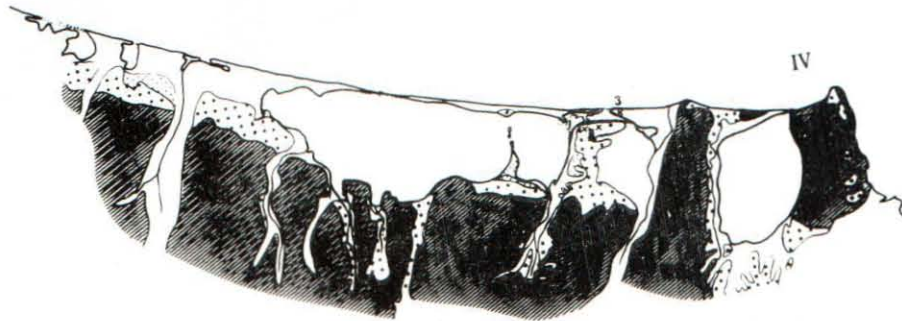
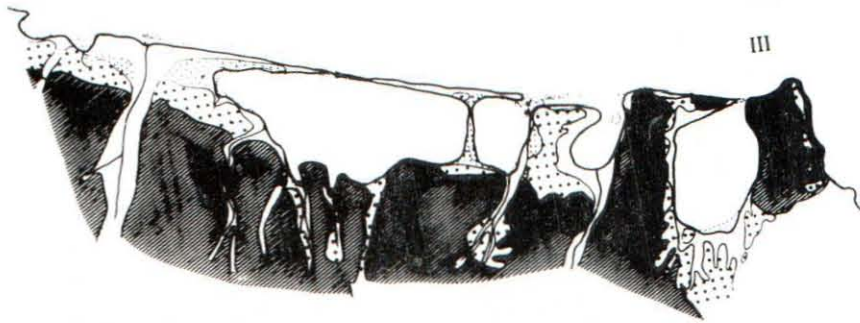
温暖化がさらに進み、房総半島ではサンゴ礁が形成されるほどに暖くなつて来た。この温暖化の影響は、オホーツク海沿岸にまで及んだことは、朝日トコロ貝塚より出土するハマグリ、アカニシ、カキなど暖海系カイ類より知ることができる。この温暖化にともなうて、海水準は上昇したが、その上昇量は、朝日トコロ

Table 1. The geological history of Saroma lake.

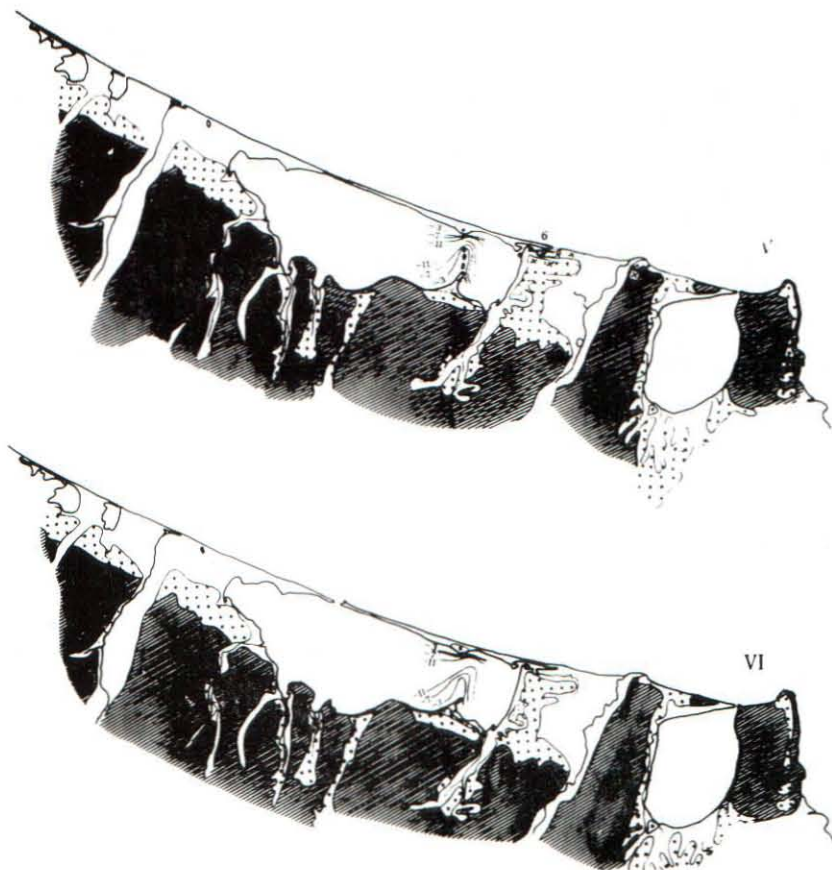
geolo- gic age	cultural history	paleogeography	change in sea level	biofacies
Holocene	B.P. 0 Tokoro-chyashi	cut a new mouth of lake (1929)	+ ← 0 -	scallop
	1000 Satsumon culture: Satsumon pottery Sakaeura No.1 No.2 Pit dwellings on Gifu terrace (C ¹⁴ B.P.1610 ± 110)	Saroma lake Tokoro plain separation of Raitokoro riv. from Tokoro- riv.		oyster bank
	2000	separation of Kimuanepu-spit formation of Fukushima pass		
	3000	Saroma east and west lake Tokoro lake Notoro lake formation of sand-dune		
	4000 Tosa fossil oyster bank Asahi-tokoro site (C ¹⁴ B.P.4150 ± 400)	formation of bay-mouth bar		warm marine mollusc (oyster, clam, whelk)
	5000 Jomon culture: Hokuryu pottery Koyu-mori pottery	Saroma east bay Saroma west bay Tokoro bay Notoro bay	3 ± 1m	cold marine mollusc (scallop, Spisula)
	6000			penetration of oyster and whelk
	7000 The bottom site of Abashiri lake Oshigata- mon pottery			
	8000			
	9000			
Pleistocene	10000	Saroma Marsh formation of rock plain along Tokoro shore-line (-20 ~ -30m)	-20 ~ -30m	

Fig. 3. Paleogeographical map of Saroma lake. (I-VI)





III. Paleo-Saroma lake stage (B. P. 4,000-3,000)
IV. Original Saroma lake stage (B. P. 3,000-1,000)
(× late Jomon site)



V. Recent Saroma lake stage (B. P. 1,000-A. D. 1929)
(× Satumon site)

VI. Recent Saroma lake stage (A. D. 1929-)

貝塚（海拔 15 m, site 2）よりは低く、常呂平野土佐にみられる海拔 2 m の化石カキ礁から、地盤変動がないとすると、ほぼ 3 m ぐらいの海水準上昇があったと推定される（縄文海進）。沖積世早期に比べると、30 m 以上の海水準上昇のために、サロマ湖、常呂平野、ノトロ湖は、段丘の岬を突出したリアス式海岸になり、軟弱な段丘堆積物は侵蝕され内湾、湾口に堆積していった。

このころ、トコロ川河口付近は、カキ、アカニシ、アサリなどの内湾性貝類の繁殖に好適な環境を作っていたことは、朝日トコロ貝塚（C¹⁴; B. P. 4,150±400）の規模からも、うなづける。このころに入って来たカキが、昭和15年ぐらいまで繁殖を続けていたのである。

古地理図（fig-3, II）は、もっとも海水準の上昇した B. P. 5,000~4,000 年を想定して描いたものである。

III 沖積世中～後期（B. P. 4,000~3,000）（fig. 3-III）

縄文海進による海水準の上昇が、現在の海水準へと低下していく過程で、砂州は形成されていった。すなわち、海進時の海蝕によって侵蝕された低湿地および段丘堆積物は、湾流によって運搬され、北西から流れてくる沿岸流と湾流の打ち当たる湾口付近に徐々に堆積していった。海水準の低下にともなう、成長してきた砂州は、海面上に露出するようになった。この砂州の成長によって、サロマ湾はサロマ湖へと変化していったのであろう。しかし砂州は直ぐに閉塞するには至らず、ところどころで外海に連絡する水路があったものと考えられる。

古サロマ湖は、現在の福島番屋とキムアネツ岬を結ぶ西側の湖盆と東側の湖盆にわかれていた。この時期にはとくに東側の湖盆においては供給量の多い佐呂間別川によって埋積が進み、西側の湖盆よりずっと浅くなった。

この海退にともなう、砂州の内側では陸水の影響が大きくなるとともに、湖内各所にできた浅瀬は、カキの繁殖にますます好適な環境となった。

IV 沖積世後期（B. P. 3,000~1,000）（fig. 3-IV）

海面は現在の高さに、ほぼ一定していたが、西側の古サロマ湖の湖面は、融雪期に数メートルも上昇し、これまで、湾流や波浪によって侵蝕され、狭くかつ低くなっていた福島番屋～キムアネツ段丘の一部（現水道部深所）が切られた。この様子は、旧湖口時代の融雪期に、自然に湖口が掘削された様子に似たものであろう。水道部の水深が 18 m にもなったのは、昭和4年に現湖口を人為的に掘削した後、湖口は潮流によって侵蝕され、現在では 23~25 m の深さになっていることから類推される。

この時以来の湖内環流の変化が、トコロ川の筧沸河口付近での流速を一層弱めたために、しだいに埋積が進んでライトコロ川（かれたる川）へと変化していった。水道部が形成された後も段丘はさらに侵蝕されて、細い岬はところどころで切れ、さらには湖面下に没して浅瀬を作り、カキの繁殖には、ますます好条件となっていた。

この当時の遺跡としては、筧沸の湖岸に沿って、数千個の堅穴群（擦文土器 C¹⁴; B. P. 1610±110）がある。（site 3, 4）

このころには、トコロ平野はトコロ川の堆積物の供給によって湖の埋積が進み、トコロベツ（沼のある川）と呼ばれる状態となった。

V 現世（B. P. 1,000~昭和4年）（fig. 3-V）

サロマ湖は、湖口付近の埋積が進んで筧沸に小さな水道部をもつ汽水湖となった。当時は、沿岸流によって湖口付近に砂の堆積が進み、秋には湖口は閉塞し、融雪季の増水にとまらぬ湖水面の上昇によって、湖口が自然に掘削されるという状態がくり返えされていた。明治入殖以来、湖口掘削は毎年人為的に行なっていたといわれている。

湖口が狭いために、湖水の循環は悪く、夏季には強固な停滞水層が生じていた。とくに、テイネイ方面の湖奥の水域では、停滞水が広く分布していた。しかしながら、湖水と外洋水との循環が悪いために、サロマ湖の水温は、水温成層のある湖沼型の水温分布を示し、夏季には、中層以上の水温は、カキの産卵適水温に

まで上昇することが可能であった。その結果、サロマ湖は外洋水温の低い沿岸湖であるにもかかわらず、主要な天然カキの生産地であった。カキは、かろうじて生存できたが、ハマグリ、アカニシなどは減っていった。

このころには、縄文海進によってつくられたオホーツク海沿岸の多くの内湾は、海退の過程を通じて潟湖へと移行し、さらには注入河川の供給物質量の差によって、海岸平野、湿地、潟湖へと、それぞれ変化していった。

VI 現在（昭和4～40年）（fig. 3-VI）

昭和4年4月17日（常呂村史，1937），融雪による湖面水位が上昇しているとき、湧別町三里番屋に新湖口を掘さくした。新湖口は、昭和7年ころまでは、5mほどの水深であったが、砂州の下部の粘土層が侵蝕された後は、深さが急に増して、現在では23～25mに達している。

この新湖口掘削によって、湖水と外洋水との交換が活発になって強固な停滞水層は一掃された。しかし水温は夏季においても、オホーツク海海水温とほとんど差がなくなったために、カキの産卵適水温にまで上昇することがなくなり、天然カキは衰滅していった。一方、寒海系のホタテガイの産卵および成長には非常に好適な環境となった。とくにホタテガイの発生環境としては、稚貝採苗が企業化できるほどによくなった。

現在、サロマ湖の海水出入状況はよく、夏季に最深部に小さな停滞水域が形成されるだけである。しかしこの2、3年前から、湖口前面の潮汐流と沿岸流の衝突する域に砂堆が発達し、船舶航行の障害となっている。このような砂堆の形成は、将来の湖口閉塞を暗示するものであり、新湖口掘削地点選定に対して、その選定の指針になるものであろう。

IV 水質概説

サロマ湖の水質に関しては、昭和4年の高安らの調査以来、現在までに非常に多くの調査がなされ、その結果、多くの資料が公表されている。これらの中には旧湖口時代の水質および、湖口変更時の水質変化についての貴重な資料がある（昭和7年高安三ほか、湖沼調査サロマ湖、北水試）。また、近年においては網走水試の調査資料が公表されている。調査項目は、水温、塩分濃度、溶存酸素、pH、比重、栄養塩類などである。これらについては、ここに詳細は述べないが、今度の調査結果を総合すると、現在のサロマ湖の水質の概略は次のように表わすことができる。

- (1) 塩素量は18 g/l以上で、外洋水との差異はほとんどない。
- (2) 夏期においても無気帯の発達は見られない。（ただし、水深の大きなところでは底質表層に硫化水素の発生がみとめられる。このことから、底層水に数センチメートルの層を成した無気帯の存在はあり得る。）
- (3) 湖沼型の水温成層は存在しない。

今度の調査でおこなった測定、分析結果については、その一部を第2表に掲載しておく。

V サロマ湖の底質

A. 粒度組成

1. 試料の調整と分析

試料の採取には、重力式柱状採泥器および丸川式採泥器を用いた。採取した柱状試料のうちで肉眼観察で一部粒度組成に変化の認められたものについては、現場で試料を上・下に区分して実験室に持ち帰った。

分析に際して、まず採取試料を110°Cで乾燥し、泥質のものは約30 gr、砂質泥は約60 gr、砂は100～120 grをそれぞれ秤量して分析試料とした。

分析方法は、土質試験法（JIS A-1204）を基本として、まず、0.0725 mm（200メッシュ）以下のものについて比重計法で分析を行ない、残りの0.0725 mm以上のものについては乾燥後、篩別法でおこなった。なお、礫を多く含む試料は、他の試料と比較するうえで、誤差が大きくなるため、分析の対象から除外されている。また、貝殻片を含むものは、できるだけ貝殻を除去したものを分析試料とした。

2. 分析結果の表示法

個々の試料の粒度組成の特徴を明確にして試料相互の比較をするために、分析結果を統計学的に処理して

Table 2. Water properties of Saroma lake.

Data	Location	Depth	Temp. of water	pH	Disolved O ₂	Cl ⁻	Current velocity
1965. 8. 3	12	0 m 7.5	°C 16.5	8.22	cc/l 4.34	16.40 g/l 18.68	cm/sec
8. 6	15	0	17.6	8.25		18.18	0
		3	17.4	8.25			0
		6	17.4	8.15			0
		12	17.0	8.17			0
"	19	0	17.9	8.35	5.42 3.86		10.0
		3	16.9	—			0
		6	16.5	8.28			
		14	15.3	8.20			
8. 5	32	0	17.8	8.39	5.32 4.99		—
		3	17.5	—			0
		6	17.4	8.39			
		13.3	16.8	8.30			0
"	37	0	17.6	8.43	5.38 4.69	18.68 18.80	—
		3	17.2	—			7
		6	16.3	8.43			
		17.5	15.1	8.34			
"	38	0	17.4	8.45	5.81 3.10		—
		3	17.3	—			13
		6	16.9	8.45			0
		16.5	14.9	8.45			0
8. 9	50	0	19.6	8.25	5.86 3.90		—
		3	19.4	8.30			10
		6	17.4	8.30			
		17.8	14.8	8.00			0
"	51	0	19.9	8.31	5.68 2.28		
		3	19.7	—			
		6	17.2	8.28			
		10 18.8	16.4 14.7	— 8.00			
8.10	64	0	20.2		5.91 1.79		—
		3	19.6				3
		6	17.3				
		10 18.9	16.6 14.5				

粒度組成の特徴を数値で表現した。このたびの分析結果については、従来、堆積学で用いられている TRASK の表示法にしたがった。以下、この表示法について簡単に説明する。

分析結果は、粒径累積曲線として片対数グラフに表わした (fig. 4)。各々の累積曲線上で、細粒なものから加算して、25%、50%、75%に当る粒径値をそれぞれ Q_3 , Md, Q_1 として、これらの値から粒径中央値 (Md ϕ), 淘汰係数 (So) および歪度係数 (Sk) を計算により求めた。

2-a) Md ϕ : 粒径中央値

粒径累積曲線の50%に当る粒径値を、粒径中央値 (Md) という。粒径中央値は mm 単位で表示する代わりに、 ϕ 値で表示した。岩石が風化作用によってしだいに小さな粒子になる時には、もとの粒子の大きさの $\frac{1}{2}$ に分割されて小さくなるという考え方から、Wentworth は粒径を ϕ (ファイ) 値で表示することを提唱した。 ϕ 値は次の式から求められる。 $\phi = -\log_2 \varepsilon$ (ε =粒径, mm) すなわち、 $\varepsilon = 1/2^\phi$ である。また、堆積学においては、砂、シルト、粘土などの分類はこれらの考え方をもとにした Wentworth の分類を用いている。

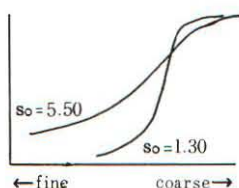


Fig. 4. Size composition of sediments represented by cumulative curves.

この分類は、水産学で用いられているものとは多少の差異がある (Table 3)。

2-b) S_o : 淘汰係数

淘汰係数は統計学でいう標準偏差である。すなわち、 $S_o = \sqrt{Q_1/Q_3}$ として示される。淘汰係数は、累積曲線の傾き、すなわち、試料の粒子の「そろい具合」を示すものである。 $S_o=1$ に近い値をとるものは、25~75%間の粒子が非常に狭い粒径域を占めることを示している。このように粒子がそろっている状態を、淘汰良好という。

Table 3. Classification of sediment by grain size.

ϕ scale	8		4	3	2	1	0	-1
mm	1/256		1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
Classification by Wentworth	clay	silt	very fine sand	fine sand	medium sand	coarse sand	very coarse sand	granule

2-c) S_k : 歪度係数

分析結果を頻度曲線に表わしたとき、頻度曲線の標準正規分布曲線からの歪み具合を示す係数を、歪度係数という。歪度係数は、 $S_k = \sqrt{Q_1 \cdot Q_3 / Md^2}$ から求められる。 $S_k=1$ は、頻度曲線が中央粒径値を境として左右対称であることを示し、粒度組成が標準正規分布することを示している。 $S_k>1$ は、粒径中央値よりも粗粒な粒径域において淘汰が悪いことを示している。 $S_k<1$ は、粒径中央値よりも細粒な粒径域において淘汰が悪いことを示している (fig. 5)。歪度係数は、淘汰係数によって淘汰が悪いことを示されたものが、粗粒と細粒のいずれの粒径域において淘汰が悪いかを明らかにするわけである。

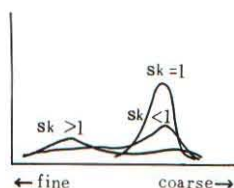


Fig. 5. Examples of size frequency curves.

3. 粒度分布

3-a) シルト・粘土含有量

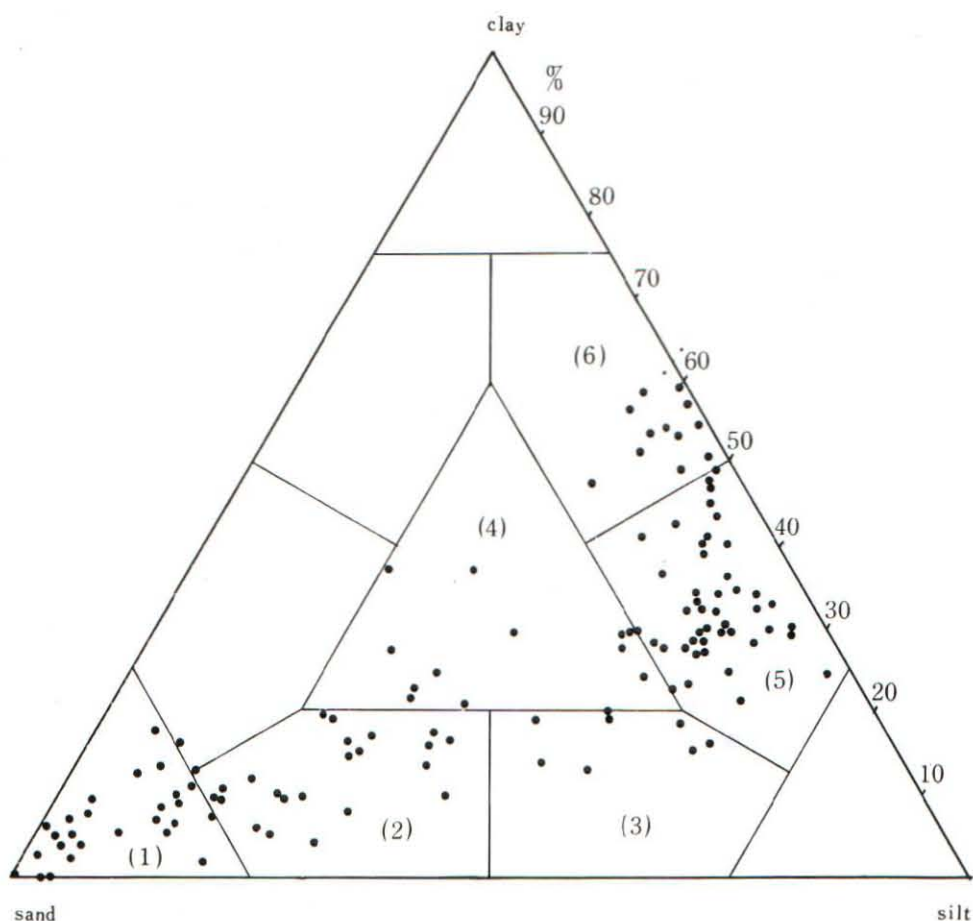
fig. 6 は、粒度分析の結果を砂、シルトおよび粘土を三成分とする三角図表にプロットしたものである。この図に示されるように、

サロマ湖の底質は砂含有量 (重量%) に10%未満から100%までの幅広い変化がみられる。砂の含有量より、本湖の底質は大きく三つに区分される。すなわち、砂含有量75%以上のもので Shepard の分類において「砂」と呼ばれるもの、砂含有量75~20%で「シルト質砂」、「砂質シルト」、「砂・シルト・粘土」と呼ばれるもの、および砂含有量20%以下で「シルト質粘土」、「粘土質シルト」と呼ばれるものの三つである。

以上の三区分をシルト・粘土含有量で表現すると、それぞれ、シルト・粘土含有量 1)25%以下, 2)25~80%, 3)80%以上となる。シルト・粘土含有量分布図 (fig. 7) は、これらの三区分で表わした。また、シルト・粘土含有量と水深との相関図をfig. 8 に示す。

以下、シルト・粘土の分布を分布図 (fig. 7) と相関図 (fig. 8) により説明する。

1) シルト・粘土含有量が25%以下の主分布域は、北部の砂州沿岸 (約 7 m 以浅)、テイネイ (約 3 m 以浅) とキムアネップ岬沿岸 (約 7 m 以浅) の地域である。しかし、例外的に、湖北部の砂州沿岸の Loc. 55, 75, 84, 85, 100 の地点においては 7 m 以上の水深を示し、Loc. 75 においては、水深は 12 m にも達する。また、シルト・粘土含有量25%以下の分布域内でも、渚および水深 2 m 以浅のところにおいては、



(1) sand (2) silty sand (3) sandy silt
(4) sand-silt-clay (5) clayey silt (6) silty clay

Fig. 6. Mechanical composition shown by sand, silt and clay components.

シルト・粘土はほとんど含まれていない。

2) 25~80%の分布域は、25%以下の分布域よりも深い、湖の中心部に近い地域である。例外的に、計呂地の湾部 (Loc. 129, 130), 床丹の湾部 (Loc. 106, 107), 富武土川の河口から幌岩にいたる湖岸 (Loc. 90-A, 80, 65-B) およびキムアネッ岬東端からサロマベツ川にいたる湖岸 (Loc. 23, 24) においても、25~80%のシルト・粘土含有量をもつ底質が分布している。

北部の砂州沿岸の 2) の分布域は湖の南部と比較すると、概して、シルト・粘土含有量は少なく、大部分が30~50%の含有量を示す。計呂地と床丹の湾部においては、シルト・粘土含有量は50~80%のものが多く、また、湾部の水深は、北部の分布域に比較して浅い。

3) 80%以上の分布域は湖の中心部より、やや南側に寄っている。分布域は湖の最深部 (Loc. 51, 57) を中心として、サロマベツ川の河口から芭露川の河口まで、湖の東西に分布が広がっている。この主分布域から孤立して、三里番屋沖の Loc. 116 付近、およびサギ沼沖からテイネイの湖岸にかけて、80%以上の分布域が存在する。これらの分布域の大部分は 11 m 以深の水深を有する。また、幌岩沖とキムアネッ岬以東の 3), の分布域においては、夏季に停滞水域が発達し、硫化水素が発生していることが少なくない。

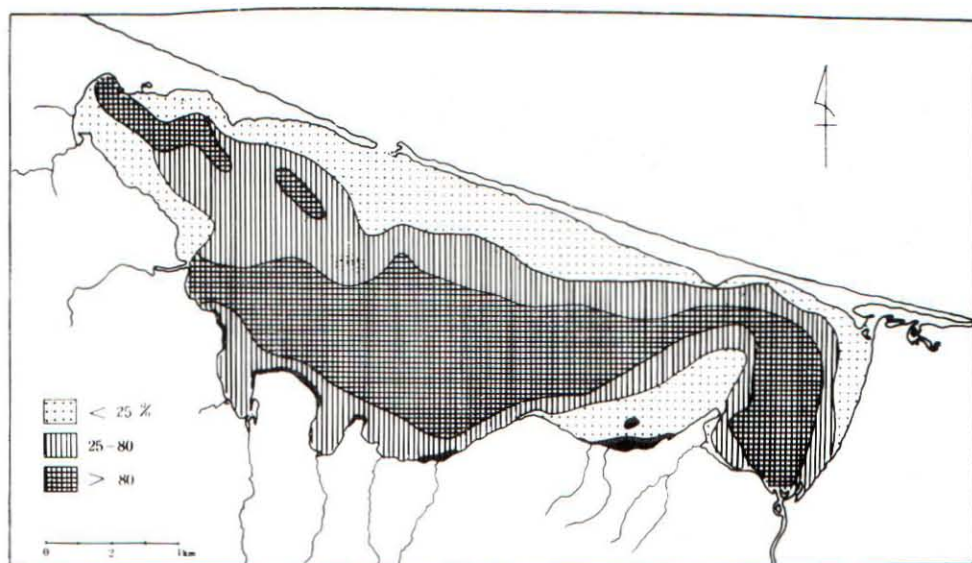


Fig. 7. Distribution patterns shown silt-clay contents.

3) の分布域で、例外的に水深の浅いところは、サロマベツ川河口 (Loc. 11, 12) と芭露川の河口 (Loc. 135, 141, 142) 付近および、サギ沼沖からテイネイに至る地域である。これらの地域においては、水深は 8 m 以浅である。

以上のように、概観すると、サロマ湖においては湖岸から湖の中心部に向かってシルト・粘土含有量は増している。

3-b) 粒径中央値 ($Md\phi$)

分布図 (fig. 9) は、粗砂以上 ($Md\phi < 1$)、中砂～極細砂 ($Md\phi = 1 \sim 4$)、粗シルト～中シルト ($Md\phi = 4 \sim 6$) および、細シルト以下 ($Md\phi > 6$) の 4 区分で表わした。

fig. 10 に示されるように、シルト・粘土含有量と粒径中央値とは、密接な相関関係があるために、粒径中央値の分布はシルト・粘土含有量の分布に近似している。

粗砂の分布域は、湖北部の砂州沿岸、キムアネツおよび幌岩沿岸に限られる。これらの地域は、シルト・粘土含有量でみると 10% 以下の地域で、シルト以下の細粒物質をほとんど含まないところも少なくない。

$Md\phi = 1 \sim 4$ すなわち、砂の分布域においては、シルト・粘土含有量の増加にともなって粒径中央値は、中砂・細砂・極細砂へと漸移している。

$Md\phi > 6$ の分布域は、シルト・粘土含有量 80% 以上の分布域にほぼ一致する。

3-c) 淘汰係数 (So)

淘汰係数による分布図 (fig. 11) は、 $So = 1.0 \sim 1.5$, $1.5 \sim 3.0$, $3.0 \sim 4.0$ および 4.0 以上の 4 区分で表わした。

$So = 1.0 \sim 1.5$ の値をとる淘汰の良いものは、湖沿岸に分布する粗砂および中砂である。

$So = 1.5 \sim 3.0$ の値をとる普通の淘汰を示す地域は、粒径中央値 1～4 の中砂～極細砂の分布域にほぼ一致している。 $So > 4$ の非常に淘汰の悪いものは、湖の中心部に広く分布している。この分布は、 $Md\phi > 6$ のシルトの分布域にほぼ一致する。fig. 12 に示されるように、 $Md\phi > 4$ の細粒物質は、 $So > 3$ で表わされるように淘汰は悪い。

3-d) 歪度係数 (Sk)

Sk による分布図 (fig. 13) は、 $Sk = 1.0 \pm 0.1$ と $Sk < 0.9$ の 2 区分で表わした。

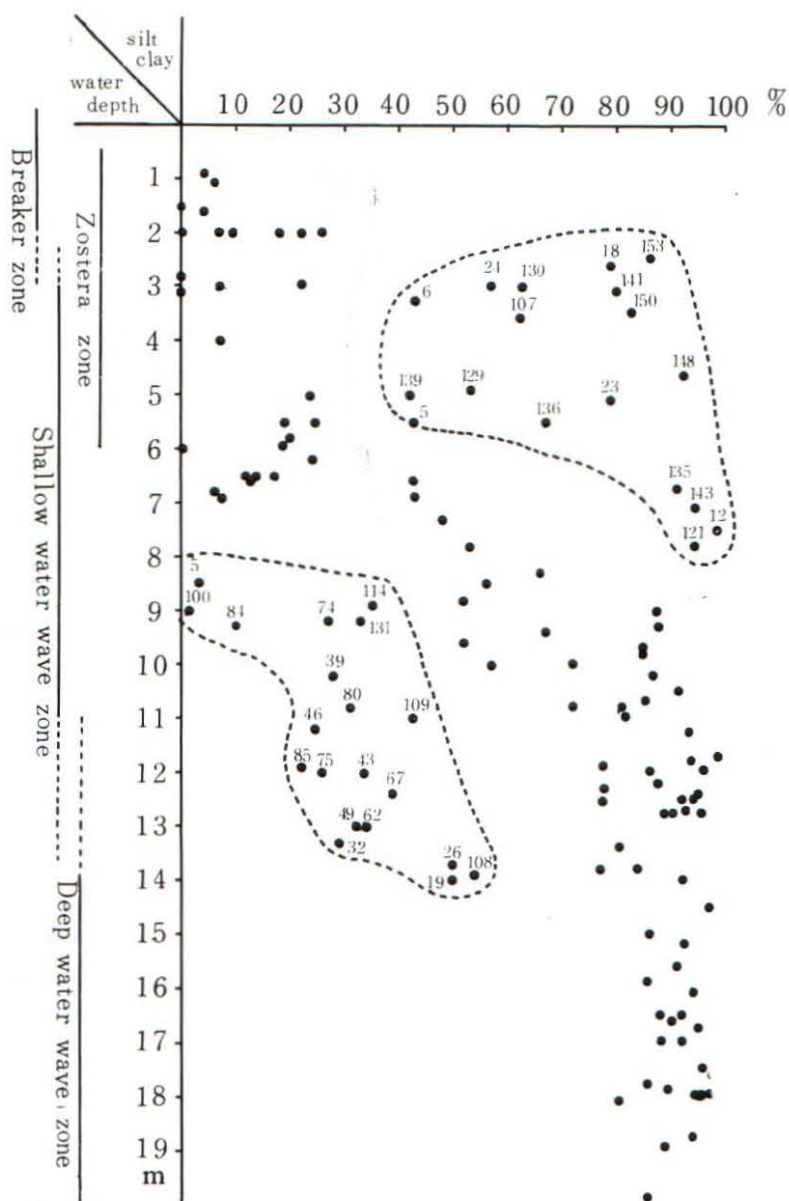


Fig. 8. Relation of water depth to silt-clay contents

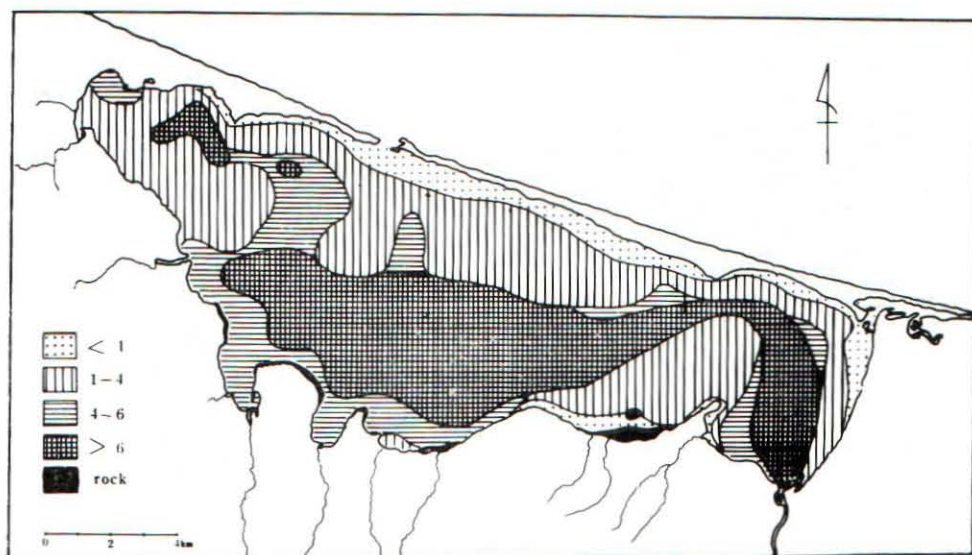


Fig. 9. Median diameter distribution patterns shown in phi-scale measures.

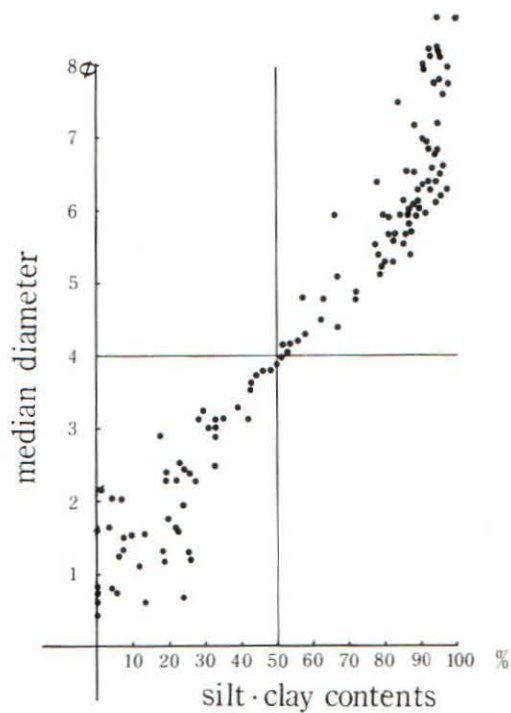


Fig. 10. Relation of median diameter to silt-clay contents.

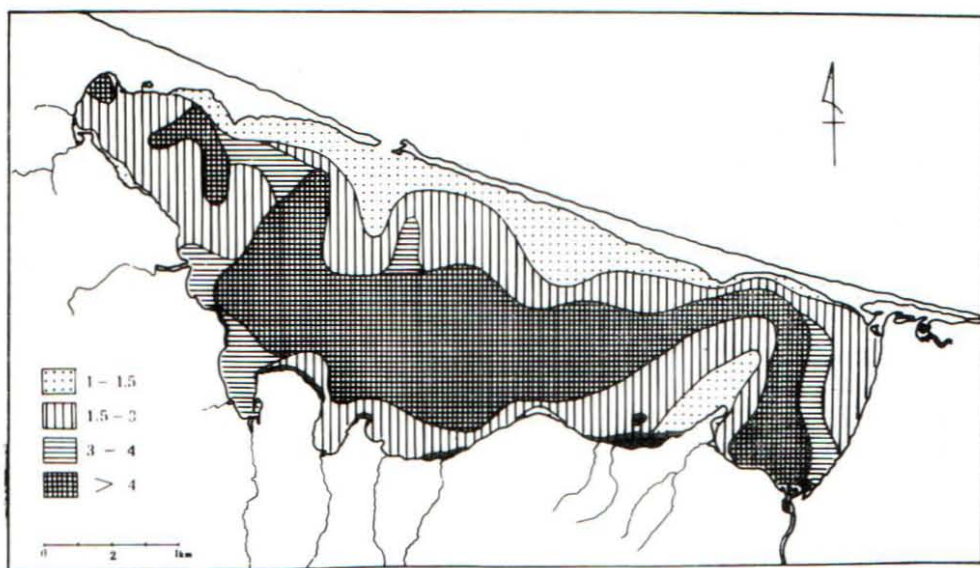


Fig. 11. Sorting coefficient distribution pattern.

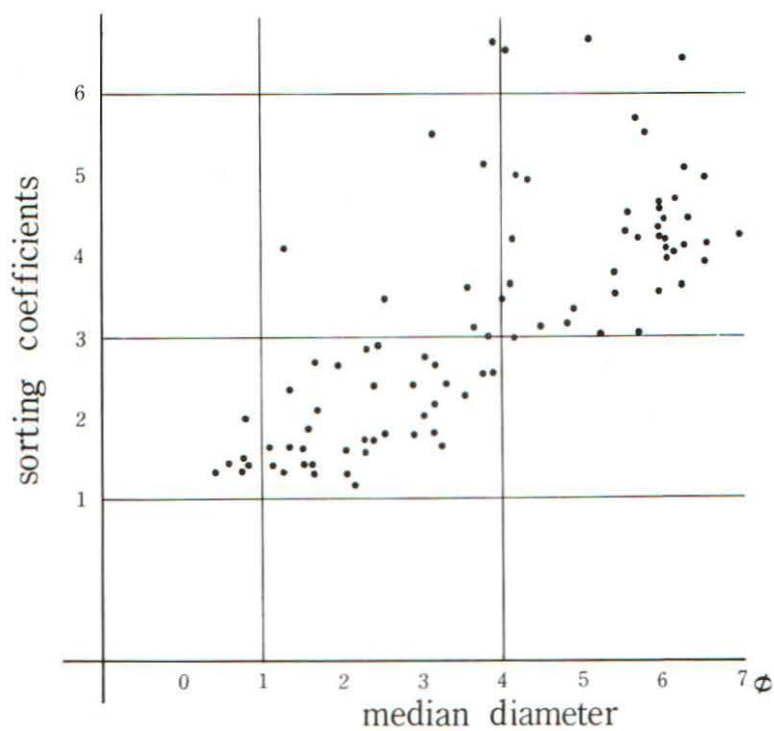


Fig. 12. Relation of sorting coefficient to median diameter.

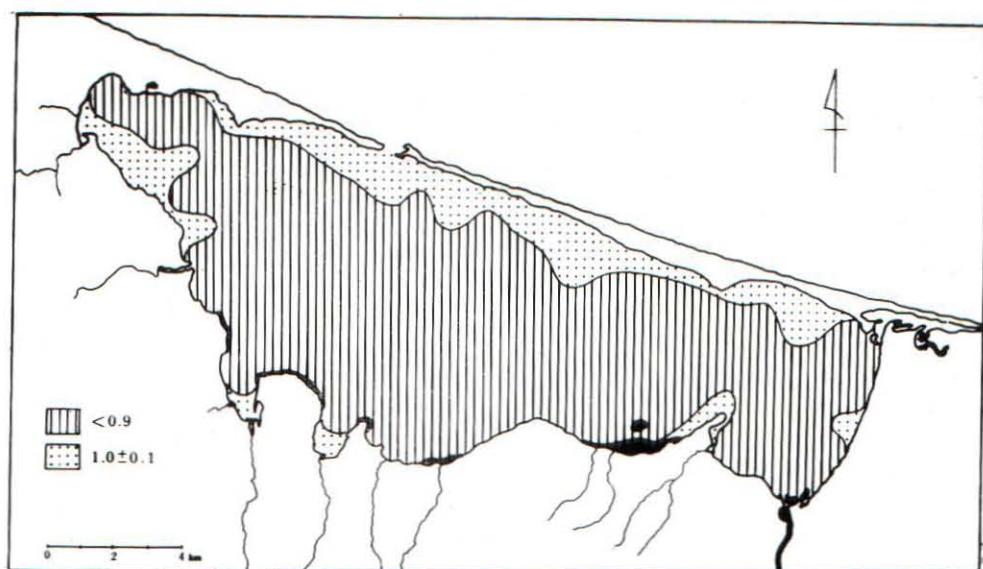


Fig. 13. Skewness coefficient distribution pattern.

$Sk=1.0\pm0.1$ の値で示される正規分布をとる粒度組成のものは、北部の砂州沿岸、ティネイの沿岸とキムアネップ岬沿岸および東部沿岸に限られている。これらの地域には、シルト・粘土含有量が少なく、淘汰が良好な粗砂および中粒砂が分布する。これらの地域以外では、 $Sk<0.9$ で示されるように、細粒物質域において淘汰が悪い状態を示している。 $Sk<0.9$ の分布域内では、 $Sk=0.78\sim0.26$ と幅広い変化がみられる。

4. 粒度分布に対する考察

先にのべた事柄から、サロマ湖の底質の粒度組成および、粒度分布の特徴を要約し、その特徴の原因となっているサロマ湖の堆積要因について考察を加えてみる。

湖底堆積物の粒度組成は、河川や湖口からの水流によってもたらされる供給物質の性質(粒度組成)と、その湖内環流や波浪によって運搬され、堆積する過程においての選択淘汰を反映していると考えられている。サロマ湖内に供給される物質は、後背地、流入河川の河床勾配、流量などから考えて、細粒物質が大部分を占めていると思われる。また、供給量はあまり多いとは考えられない。(昭和3年～6年、高安ほか、河川状況調査) 湖内への物質の供給源としては、河川の他に湖口からの潮流が考えられる。外海から湖内に侵入する潮流の性質として、細粒物質の供給はほとんど考えられない。また、狭い湖口を通過する時に、湖口付近の洗掘をおこなって粗粒物質を湖内に運搬する。この場合、潮流は狭い湖口から湖内に入ることによって流速は急激に減少するために、潮流がもっていた粗粒物質は湖口周辺に沈積するであろう。そのために粗粒物質が現在、供給されているところは極く狭いところに限られていると考えられる。その他に物質の供給営力として、冬季に湖全体を覆う氷がある。結氷期における流水の接岸および、融氷期における氷の離岸によって、湖岸一帯は侵蝕をうけ、侵蝕された物質は流水となった氷に含まれて運搬されることが予想される。

これまでののべた種々の営力によって湖内に運搬された物質は、湖内環流の流速の大小および、波浪による水の攪乱の規模によって、沈積する粒子とさらに運搬される粒子とに選択淘汰される。波浪の営力は一般に、物質を移動運搬する能力はないが、細粒物質を浮遊させ、その沈降を抑制する働きをする。このような営力のために、一般に波浪の強い浅海においては、細粒物質の分布が非常に稀である。また、波浪の営力の規模は、水深と密接な関係をもち、水深が増すほど波浪による水の攪乱が小さくなることが知られている。

サロマ湖において、細粒物質の分布が深部の等深線とはほぼ一致した型をとることは、逆にサロマ湖において粒度分布の型を制約している大きな要因は波浪であるといえることができる。このような観点から、水深と底質中の silt-clay 含有量の関係を fig. 8 に示した。次に fig. 8 について説明する。砕波帯というのは磯波のような海浜を洗掘する波の生ずるところである。砕波は他の波浪と異なっており、積極的に物質を運搬する力、侵蝕する力をもっている。海浜の砂は概して、粒子のよくそろった砂で構成されているのは、砕波による活発な淘汰作用によるものと考えてよい。このような砕波の生ずる水深においては、淘汰のよい粗粒物質が分布している。水深が増すと波は浅海波型、さらに深海波型へと移行し、波浪の営力は、silt 以下の細粒物質の沈積を抑制する作用しかもたなくなる。また水深の増加によって水の攪乱の規模は漸減する。そのために水深が増すほど底質の silt-clay 含有量は増加している。深海波は水の攪乱が湖底までは及ばない型の波である。そのために深海波帯となる限界水深よりも深い底層においては、細粒物質は自由落下し、堆積することが可能となる。この限界水深は、サロマ湖では、13~14 m であると思われる。このように、サロマ湖においては大部分の堆積物の粒度組成、分布は水深と波浪の関係から説明される。また、サロマ湖は水深が浅いにもかかわらず細粒物質の分布が広く、かつ水深との相関関係がみられることは、外海における海流のような強い流れが存在しないこと、砂州によって外海の沿岸流、波浪が妨げられること、湖内に発生する波浪の規模が小さいことによる。しかしながら、fig. 8 には、波浪との関係からは充分説明されない組成をもつもの、また、矛盾を生ずるものも少なくはない。水深と含泥率の相関関係から、はずれるものは大きく二つのグループにわけられる。第1は高い含泥率をもち、水深の浅いところに分布するもの。第2は、含泥率が低く、水深の深いところに分布するものである。第1のグループのうちで、サロマベツ川、芭露川の河口付近の細粒堆積物は 3 m 以浅のところに分布する。これはとくに、水深と波浪との関係から考えると矛盾するところである。従来、河口堆積物に細粒物質が多いのは、淡水から海水に移行する際のコロイド粒子の凝析（塩析）作用が主要因子と考えられていたが、凝析作用を silt size まで拡大することには疑問があらう。また、これらの細粒物質の多量の堆積を説明するのに、供給源に近いものであると考えることは、細粒物質の堆積機構を全く無視したものであり、先の矛盾を解決する答とはならない。これらの分布については今のところ、合理的な解釈をすることはできない。第2グループのうちで、湖口付近の深部の粗粒物質については、湖口開削当時、潮流によってこの付近が侵蝕されたこと、現在も潮流が最も強いところであるために細粒物質が沈積できない流体環境であることから説明される。しかしながら、その他の地域、とくにキムアネツ岬周辺の広い砂の分布は、潮流による運搬堆積の結果であるとは説明できない。また、キムアネツ岬沿岸、およびティネイの 3~5 m 水深の広い砂の分布も、波浪と水深の関係から考えて、現在の営力に対して安定した堆積物であることは説明されたが、現在の湖内環流および河川によって、そこに運搬されてきているとは考えられない。これらの砂の粒度組成は先に述べたように、北の砂州の粒度組成と非常に近似していることから、これらの砂の分布について北の砂州の砂の堆積当時の営力と類似した営力を考えることができる。北の砂州は主として沿岸流によって運搬された砂で構成されていると考えられるから、キムアネツ岬、およびティネイ方面の砂は、北の砂州形成以前すなわち、サロマ湖が海湾として存在した時代の湾内環流によって運搬され堆積したと考えることができる。しかし、この時に、これらの粗粒物質の供給源として、付近に供給量が多かったと思われる河川がないことから、段丘堆積物が徐々に侵蝕されて供給物質となったことが考えられる。すなわち、現在、ティネイ、キムアネツに分布する小さな低位段丘が当時は、もっと広く海につき出ており、それが湾内環流や波浪によって侵蝕され、運搬されたと考えられる。（Ⅲ・サロマ湖形成史参照）現在見られる広い砂の分布は、このような湾内環流によって淘汰をうけて残った、段丘堆積物の粗粒物質の一部であると考えるのが最も妥当であろう。

B. 有機物

1. 試料の調製と分析法

分析に用いた試料は、粒度分析用試料のうち、とくに表層部（0~3 cm の部分）のものである。また、重力式採泥器で採取した柱状試料については、fig. 14に示すように、0~2 cm, 8~10 cm, 18~20 cm および、28~30 cm の各層を分析の対象とした。

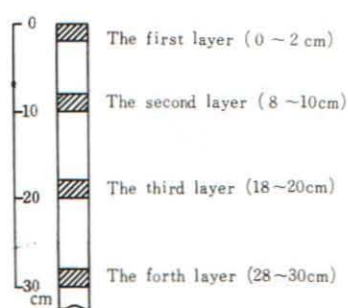


Fig. 14. The analysis sample situation of columnar sample.

分析に際して、まず試料を 50°C で 12~15 時間乾燥させ、次いでこれを砕き、100 メッシュのフルイを通過したものを分析用試料とした。なお、試料中の貝殻片および植物体（根、葉）はできる限り除去した。

分析は、有機炭素については、チューリン法、全窒素についてはマイクロ・ケルダール法に基づき行なった。

2. 平面的分布

分析の結果、有機炭素の分析値は 0.2~3.8%，全窒素については、0.08~0.33%の幅を有した。有機炭素量と全窒素量との間には相関関係が認められ、全窒素量の分布が、有機炭素による分布と非常に似ているので、全窒素による分布図は省略した。

有機炭素分布図 (fig. 15) は、上記の分析値を 1.0% 以下、1.0~2.0%、2.0~2.5%、2.5% 以上の単位で区分して表わした。

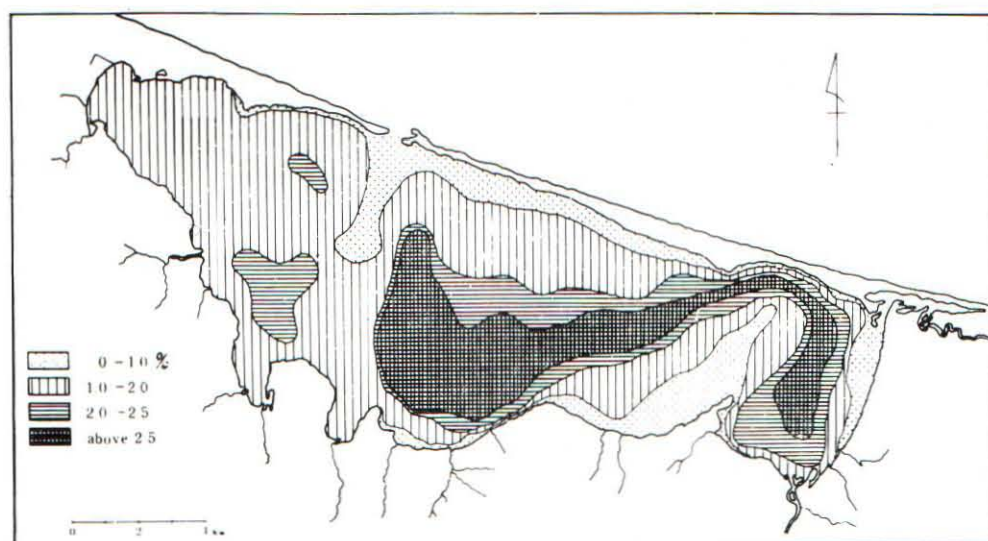


Fig. 15. Distribution of organic carbon contents (%).

有機炭素量の分布状態は、湖口と円山の東側をほぼ境いとして、西側（芭露地区 Loc. 103-A 以上の地域）と東側（柴浦地区—Loc. 1~25, 幌岩地区—Loc. 26~107）とでは、大きな差異が認められる。すなわち、東側の柴浦、幌岩地区では、湖の周囲から中心部（深部）に向かい、有機炭素量は増加する傾向が見られる。これに対し、西側の芭露地区は、1.0~2.0%の有機炭素量分布が優勢で、東側での湖底地形との関連で示されるような分布状態は見られない。

有機炭素量 1.0% 以下の分布域は、湖口から砂州に沿う地域、南岸の幌岩からキムアネツ岬沖の浅部に至る地域および、柴浦地区の東岸部である。これらの地域のうち、湖口付近および、砂州沿岸では、湖に入りする潮流や風波の動きが激しい。

有機物含有量の高い底質の分布は、2.5% 以上の有機炭素分布域で示される。幌岩地区では、中央部の 17 m 以深域を中心とする範囲が、ほぼこれに相当する。しかしながら、この分布域内においても、有機炭素の集積量に相異が認められる。すなわち、17 m 以深域の強い硫化水素臭を発する底質については、2.5~2.9

％の有機炭素含有量を示すが、一方この範囲より西側の底質（水深 12～17 m, Loc. 71, 78, 87, 89, 93, 96.）では、有機炭素量3.0～3.8％にもおよんでいる。

この2.5％以上の有機炭素分布域は、柴浦地区に延び、ここにおいては水深 11 m 以深域がほぼこの分布域に相当する。この分布域内の底質中の有機炭素量は、2.5～2.7％であり、また採取試料のうち Loc. 9, 10, 16 においては、強い硫化水素臭を確認した。

分布図における1.0～2.0％および、2.0～2.5％分布域は、以上述べたような地域に対する漸移部である。

3. 地形との関係

有機炭素量分布図 (fig. 15) より、有機物の集積状態は、湖底地形と関連を有することが示された。この関係をより明らかにするため、fig. 16に有機炭素量と水深との相関図を示す。

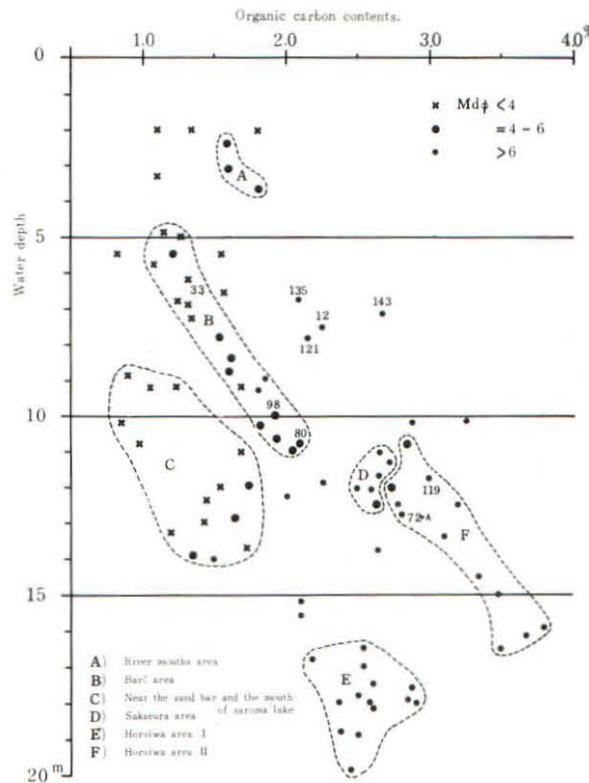


Fig. 16. Relation of water depth to organic carbon contents.

これによると、柴浦・幌岩地区の湖岸、湖口付近、砂州沿岸および、芭露地区における水深 10 m 以浅域では、有機炭素含有量は2.0％以下である。しかし、水深 5～10 m の Loc. 12（佐呂間別川河口）、Loc. 121, Loc. 135（芭露川河口）および、Loc. 143 では、2.0％を越える。また、有機炭素分布図においては地形との関連性で示されなかった芭露地区のものについても、有機炭素量は水深の増加と共に増す傾向がみられる。

水深 10～15 m の範囲では、有機炭素量は、0.8～3.5％の幅を有するが、これらを地域的に見ると、ほぼ2.0％を境にして2分される。すなわち、2.0％以下のものは、湖口付近および砂州に沿う地点のものである。これに対し2.0％以上の範囲のものは、主として柴浦地区の 11 m 以深域および、幌岩地区の中央深部より西寄りの地点のものである。

水深 15 m 以深域のものは、幌岩地区の中央深部のものであり、有機炭素量も Loc. 71, 87, 94 を除けば全て 2.0~3.0% の範囲に限られている。

サロマ湖水域を有機炭素の分布状態より、柴浦、幌岩、芭露の 3 地区に分けたが、上記の有機炭素量と水深との関係より、有機物量は各地区においても水深と相関した分布を示すことが明らかにされた。また、柴浦地区 (11 m 以深域) および、幌岩地区 (17 m 以深域) 最深部の硫化水素臭を発する底質中の有機物量は非常に多く、両地域が有機物の高集積域である。

4. 粒度組成との関係

fig. 16 (水深との相関図) より、有機炭素含有量が粒径中央値 (Md ϕ) により、大きく区分されよう。すなわち、粒径中央値 6 ϕ (0.015 mm) 以下では有機炭素量は 2.0 % 以下、6 ϕ 以上では 2.0 % 以上である。このような有機物量と粒度組成との相関係をより明らかにするため、粒度組成を代表する値としてシルト・粘土含有量を取り、その相関関係を第 17 図に示す。

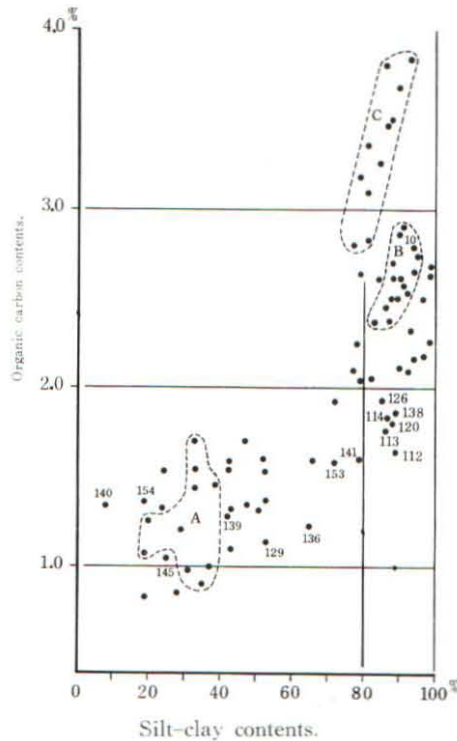


Fig. 17. Relation of organic carbon to silt-clay contents.

- A) Near the sand bar and the mouth of Saroma lake
- B) Horoiwa area I (the central part, deeper than 17 m)
- C) Horoiwa area II (the western part of the central deep)

この相関図より、両者の関係は、次のようである。有機炭素含有量 1.0 % 以下ではシルト・粘土含有量は 40 % 以下、また、2.0 % 以上ではシルト・粘土含有量は 80 % 以上である。しかしながら、南部の芭露から幌岩にかけての水深 7~13 m の地点 (Loc. 112, 114, 120, 126, 138) では、有機炭素量 2.0 % 以下であるが、シルト・粘土含有量は 80 % 以上にもおよぶ。

相関図における有機炭素含有量 2.0 % 以下のものは、湖口付近および砂州沿岸域、キムアネツ岬沖の浅所、芭露地区の底質により代表されている。これらの地域における両者の関係は次のようである。すなわち、シルト・粘土含有量 20~40 % の湖口付近および砂州沿岸の底質では、有機炭素含有量は 0.9~1.75 %

である。また、芭露地区の水深 5 m 以深の底質においては、有機炭素含有量 1.0~1.6 % に対し、シルト・粘土含有量は、Loc. 140, 145, 154 では 15~25 %, また Loc. 129, 136, 139, 141 では 40~80 % と、有機炭素含有量に対するシルト・粘土含有量の幅は広い。

有機炭素含有量 2.0 % 以上のものは、幌岩地区と栄浦地区の中央深部域、幌岩地区の中央深部より西寄りの地域および、南部の芭露から幌岩に至る水深 7~13 m の地点のものである。これらの地域のうち、幌岩地区の中央深部域のものおよび、この地域より西側の 3.0 % 以上の有機炭素分布域の底質については、シルト・粘土含有量の増加に伴い、有機炭素量は増す傾向を示す。

相関図 (fig. 17) においては、全体としては相関関係が認められるが、上に記したような環境条件の異なる地域での両者の関係の相異より、有機物の集積という点で有機炭素量 2.0 % 以上の範囲が、とくに粒度組成 (シルト・粘土含有量) と密接な関係を有すると思われる。

5. 垂直的分布

堆積物中における有機物の垂直的变化につき検討するため、fig. 18 に示す 41 地点より柱状試料を採取し、それらの採取試料に対し、fig. 14 に示した各部分つき有機炭素、全窒素量の分析を行なった。その分析結果のうち、幌岩地区および栄浦地区のものを fig. 19 に示す。

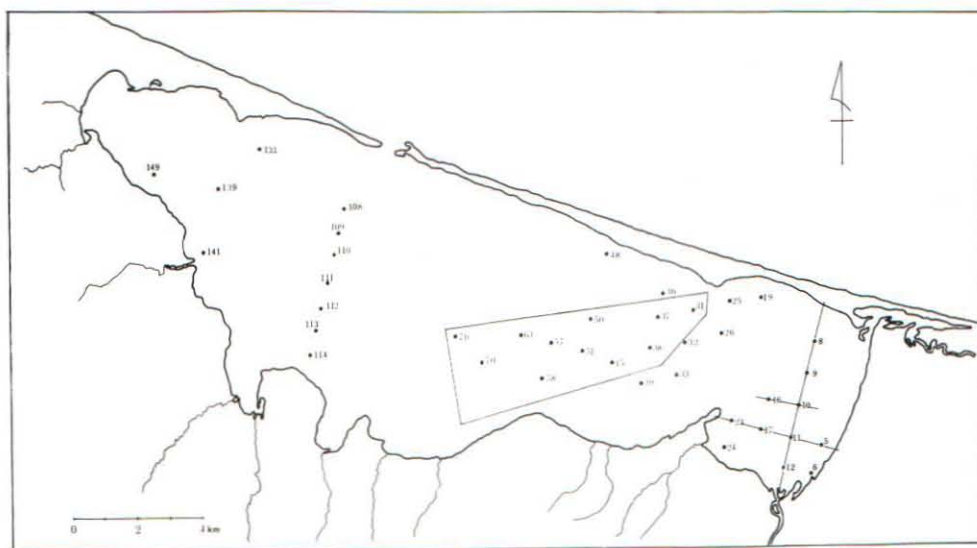


Fig. 18. Sampling locations of columnar sediments.

fig. 19 に示した幌岩地区の柱状試料は、肉眼的観察では垂直方向にもほぼ均一なシルト~砂質シルトで、上部より 10~15 cm では暗黒色で強い硫化水素臭を発する。これらの柱状試料では、有機炭素量は深さと共に増加するが、全窒素量はほとんど変化は見られず、ほぼ一定である。

栄浦地区における水深 10 m 以深域の柱状試料 (Loc. 8~12, 16) では、有機炭素量は第 2 層 (8~10 cm) で減少し、第 3 層 (18~20 cm) では増加する。また全窒素量は、Loc. 10, 16 を除くと、第 2 層では、第 1 層より若干減少している。

fig. 19 には示されていないが、芭露地区の柱状試料 (Loc. 111~114) では、有機炭素量は第 2 層で増加し 2.0 % 以上にもなるが、第 3 層では第 2 層より減少の傾向を示す。また、Loc. 149 の柱状試料において、粗粒砂下表層より 14 cm の所に厚さ 10 cm 以上の泥炭層が認められた。この泥炭層の有機炭素含有量は、9.1 % 以上である。

これまで、海成堆積物における有機物の垂直方向での分布の研究は、Emery and Rittenberg (1952).

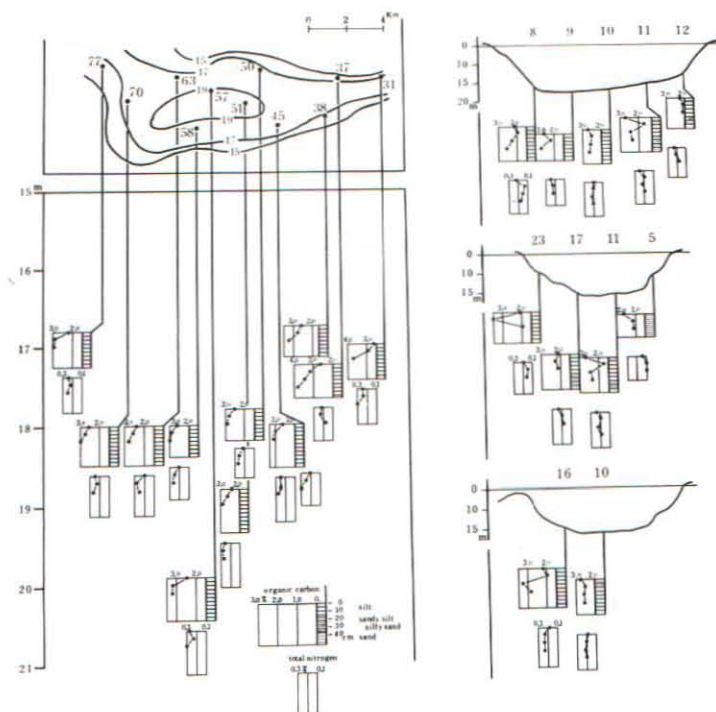


Fig. 19. Distribution of organic carbon and total nitrogen content in columnar sediments.

Starikova (1956), Rittenberg et al (1963) らによりなされている。これらの結果では、有機炭素量は、一般には下部に向かい減少することが堆積物下 1 m 以内の範囲で大きいことが示されている。また、この有機炭素量の垂直方向での減少については、微生物の生息状態、間隙水中のアンモニア態窒素の増加、堆積物表層下での pH の急激な変化、堆積物中のアミノ酸や糖類などの有機化合物の定性的・定量的な分布状態などから有機物の分解をおもな原因としている。このほか堆積物の続成過程における有機物の自生鉱物形成への関与などの点からも検討がなされている。

しかしながら、fig. 16 で示されているような栄浦地区（水深 11 m 以深域）と幌岩地区（17 m 以深域）の柱状試料における有機炭素量の変化の相異につき言及できる資料は得ていないが、一つの可能性として過去の環境の急激な変化がその要因としてあげられよう。サロマ湖の湖口が、かつて鏝沸にあり、湖がこの水路を通じてのみ外海と通じていた当時の栄浦地区は、他の地区にくらべ水の流通は良かったと言えよう。しかし、昭和 4 年 4 月人為的に現在の湖口を開いた結果、旧湖口は全く閉塞してしまい、湖の才理環境も一変して現在に至っている。もしこのような湖全域におたる環境の急激な変化が、上記 2 地域における柱状試料の有機炭素量の変化に反映されているとすると、現在、物質の供給が常時認められないような条件下の栄浦地区において、約 30 年間にほぼ 10 cm 以下の無機物質の沈積量はうなづかれよう。以上の諸点についての詳細な検討は今後にまわしたい。

6. 有機物における底質の特徴

最初に有機物の分布より、サロマ湖の堆積環境を芭露地区と幌岩地区、栄浦地区とに大きく分けたが、このような区分は有機炭素量、底質の粒度組成、水深などとの関係より、一層明確になったといえよう。すなわち、芭露地区は、1.0~2.0% の平均した有機炭素量分布域であるが、有機炭素量は水深と相関関係を有することが示された。しかし、本地区は水深 5 m 以浅域が広く発達し、全体的に好氣的な環境であるが、そ

の割には有機炭素量は多く、また、粒度組成との関係においても、シルト・粘土含有量80%以上でありながら、有機炭素含有量2.0%以下の底質の分布も認められる。このような相異をもたらすものとして、とくにこの地域に広く発達するアマモ帯が考えられる。すなわち、アマモが底質中への有機物の供給源として主役をなし、このような環境下における底質の特徴を有機炭素量が示していると思われる。

幌岩地区および栄浦地区における有機炭素量の分布は、粒径中央値および、シルト・粘土含有量分布と非常に類似し、また水深とも相関関係を有し、堆積盆の形態をとるものである。とくに有機炭素量2.5%以上の分布域は、両地域の中央深部に一致し、その底質のシルト・粘土含有量は80%以上である。また、このような地域の底質は、硫化水素を発生しており、水質分析の結果、底層水中の溶存酸素量も減少していることより還元的な環境下にあると言える。本湖における底質中の有機炭素の高集積域は、このような環境域と一致し、有機物の保存条件としての一端がうかがわれるのであるが、幌岩地区（水深12~17m）の有機炭素量3.0%以上の分布域については、現在の環境下での説明は充分にしつこくしないので、ここでの考察はさしひかえたい。この外、河口付近（Loc. 12, 107, 135, 141, 153）の底質は、水深8.0m以浅でも、シルト・粘土含有量は80%以上（Loc. 107では62.9%）、有機炭素量も1.6~2.3%と多いことが示された。

以上、サロマ湖の堆積環境を底質中の有機炭素量に基づく有機物量より考察したが、有機炭素量に反映されていると考えられる底質中での有機物の存在形態、またその環境条件下における抵抗度などについての検討は不充分である。これらの点については、柱状試料における有機炭素量の分布の相異により示された、環境の急変が有機炭素量に反映されている可能性、またこれに関連する栄浦地域と幌岩地区の堆積環境としての相異についての問題と合わせて今後充分に検討を加えたい。

VI. 生物調査

サロマ湖における生物調査は、高安ら（1934）にはじまって、木下（1934）、伊藤（1965）によって報告されている。これまで、軟体動物はTable 4に示すようなものが採集されている。水産資源としては、昭和9年ごろまでは、カキが本湖における最も重要なものであったが、昭和4年の湖口切り替え後には、漸次ホタテガイが増加し、昭和15年ごろには、生産高においてもその地位が入れ代わった。この事実を、単なる塩分濃度の変化だけに説明を求めることは、現在の環境でも佐呂間別川、芭露川河口などの水質域の存在などがあるってむずかしい。この事実を、合理的に理解するためには、サロマ湖軟体動物群集が、サロマ湖の生態環境変遷とともに、如何に適応してきたものであるかを、具体的に認識することが必要になる。

そのためには、サロマ湖形成の主要な要因である縄文海進による暖海系生物相の侵入が、現在の寒海系生物群集に移り変わっていった過程を、貝塚・遺跡の自然遺物から検討することも必要である。たとえば、形成史の項においても記したように、朝日トコロ貝塚より出土する暖海系のハマグリ・アカニシなどが減っていく中で、サロマ湖のカキだけが、なぜ昭和9年まで主要漁獲対象となりうるほどに繁殖していたかに、問題解決への糸口がある。すなわち、サロマ湖という閉じられた環境における湖水は、水温・溶存酸素などの因子が、夏季には、水深にしたがって成層し、中層以上の水質が、暖海であった旧時の環境を維持して、カキの産卵適水温（23℃以上）にまで、上昇することができた。しかし、昭和4年の湖口変更によって、湖水温が、外海（オホーツク海）の海水温と同様になるとともに、外海水と同じような水質域になったために、残存動物であったカキは減っていった。それに代わって、ホタテガイによって代表される寒海系の動物群集によって、サロマ湖の生物相は占められるようになった。

サロマ湖およびオホーツク海沿岸の重要な水産資源であるホタテガイを、合理的に管理するために、1954年以来、網走水試においては、桁網引きによる底生動物の定量的な調査を行ってきた。1964年10月に行なった湖内29地点における桁網1台引き（約648m²）の調査結果と、1965年7月採泥試料の分析結果は、Table 5に示すとおりである。

1. ホタテガイ

湖内におけるホタテガイの生息数は、648m²当り0~430個体と、その生息密度は生息地によって大きな差異がある。その分布は、1954、1964年の調査結果、fig. 20, 21に示すとおりである。分布図に示す湖東

Table 4. The mollusk from Saroma lake.

Gastropoda 腹足類

1. *Littorina* (*Ezolittorina*) *squalida* (Broderip et Sowerby) エゾタマキビ
2. *L. brevicula* (Philippi) タマキビ
3. *Batillaria cuningii* (Crosse) ホソウミニナ
4. *Neptunea arthritica* (Bernardi) ヒメエゾボラ
5. *Ophiodermella miyatensis* (Yokoyama) クリイロフタマンチ
6. *Homalopoma amussitatum* (Gould) エゾサンショウガイ
7. *Neritrema sitkana* (Philippi) クロタマキビ
8. *Boreotrophon elegantula* Dall エゾツノオリイレ
9. *Hinia* (*Reticunassa*) *fratercula hypolia* (Pilsbry) アオモリムシロ
10. *Epheria decorata* (A. Adams) コウダカチャイロタマキビ
11. *Mitrella tenuis* (Gaskoin) コウダカマツムシ

Pelecypoda 斧足類

12. *Ennucula tenuis* (Montagu) コグルミガイ
13. *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) ウチムラサキ
14. *Macoma incongrua* (v. Martens) ヒメシラトリガイ
15. *M. calcareo* (Gmelin) ケショウシラトリガイ
16. *M. tokyoensis* (Makiyama) ゴイサギ
17. *Arca boucardi* (Jousseaume) コベルトフネガイ
18. *Glycymeris yessoensis* (Sowerby) エゾタマキガイ
19. *Crenomytilus grayanus* (Dunker) エゾイガイ
20. *Modiolus modiolus* (Linné) エゾヒバリガイ
21. *Musculus laevigatus* (Gray) ハブタエタマガイ
22. *Chlamys* (*Swiftopecten*) *swifti* (Bernardi) エゾキンチャク
23. *Patinopecten* (*Mizuhopecten*) *yessoensis* (Jay) ホタテガイ
24. *Crassostrea gigas* (Thunberg) マガキ
25. *Felaniella usta* (Gould) ウソシジミ
26. *Cadella lubrica* (Gould) トバザクラ
27. *Clinocardium californiense* (Deshayes) エゾイシカゲガイ
28. *C. ciliatum* (Fabricius) コケライシカゲガイ
29. *C. uchidai* (Habe) ホソスジイシカゲガイ
30. *Callista* (*Ezocallista*) *brevisiphonata* (Carpenter) エゾワスレ
31. *Callithaca* (*Protocallithaca*) *adamsi* (Reeve) エゾスノメ
32. *Mactra sinensis carneopicta* (Pilsbry) エゾバカガイ
33. *Nuttallia olivacea* (Jay) イソシジミ
34. *Panomya arctica* (Lamarck) チシマガイ
35. *Chlamys farreri nipponensis* (Kuroda) アズマニシキ
36. *Hiatella flaccida* (Gould) キヌマトイガイ
37. *Mya japonica* (Jay) キタノオオノガイ
38. *Panope japonica* (A. Adams) ナミガイ
39. *Thracia itoi* (Habe) フクレスエモノガイ
40. *Penitella chishimana* (Habe) チシマカモメガイ
41. *Tapes* (*Amygdalum*) *philippinarum* (A. Adams et Reeve) アサリ
42. *Laternulla limicola* (Reeve) ソトオリガイ

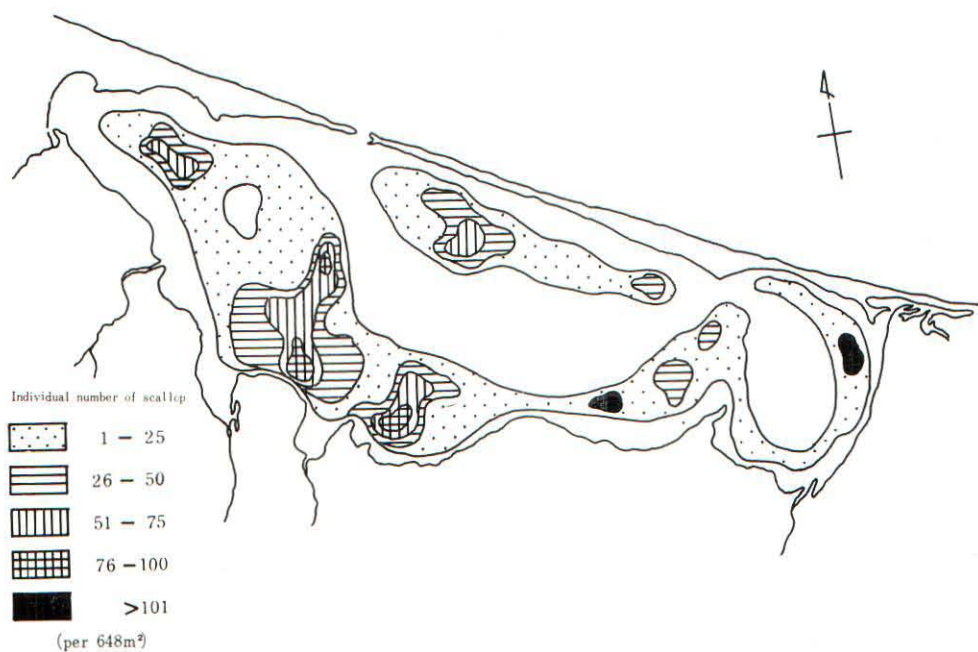


Fig. 20. Distribution of individual number of scallop (*Patinopecten yessoensis* (Jay)) in 1954.

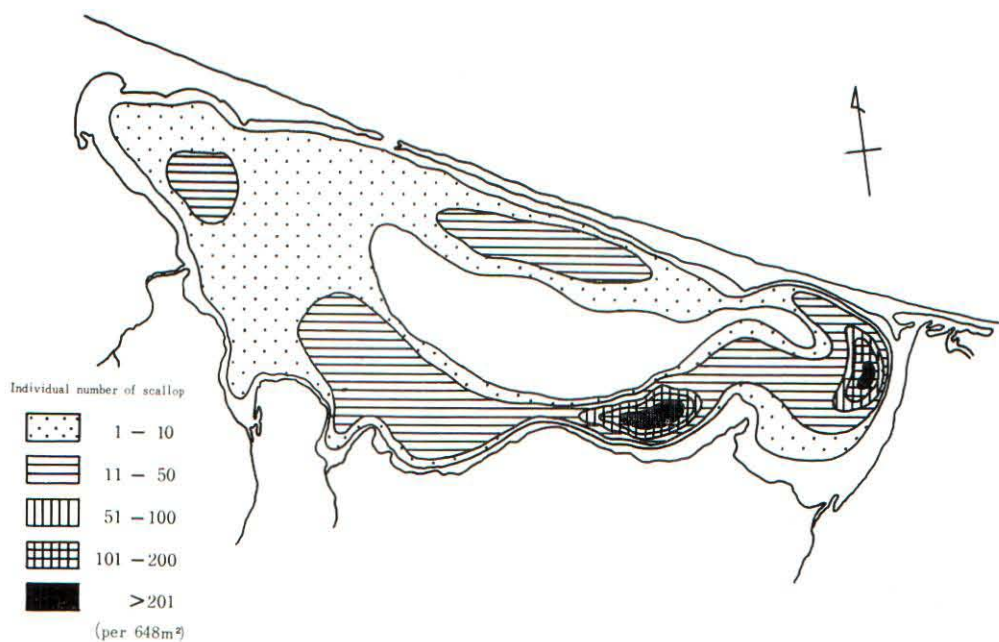


Fig. 21. Distribution of individual number of scallop. in 1964.

Table 5. Relation of benthic fauna to water depth and substratum.

Location No.	depth (m)	org-c contents (%)	silt clay contents (%)	median diameter (ϕ)	sorting coefficient	skewness coefficient	oyster	scallop	sea mussel	sea urchin	sea star	sea anemone	sea cucumber
3	6	0.27						242		4	26		5
8	6		11.5	1.10	1.64	1.02		83	33	20	10		
10	10	2.72	94.0	6.40	3.38	0.97		34	18	4	17		
11	12	2.65	99.0	8.70	—	—		11	50	2	22		2
15	13~12		96.5	7.60	—	—		6	12		56	4	
17	8~7		24.5	2.45	2.89	0.32		431		149	36		
19	9~8		50.0	4.00	6.66	0.93		48		23	72		
22	8							23	80	50	47		
32	7~5	1.21	29.0	3.26	1.67	0.86		14		35	83		3
33	4~3	1.33						38		39	25		
36	9~6	2.99	67.0	4.40	2.32	0.63	2	9	4	1	12		
40	7~6	0.96						241	7		70	3	
42	4	0.80	3.0	1.65	1.35	1.03		20	15	2	26		
45	12~10	2.61	84.0	5.97	4.60	0.80	1	15		11	66		
47	4	1.54	24.5	0.67	8.42	0.67		275			86		
53	7~5	0.55	0	0.77	1.51	1.01		13		41	121	50	1
60	7	1.25	27.0	2.30	2.87	0.66	2	21	71	6	110		
71	13~12	3.49	88.5	6.17	—	—		30			43	37	
88	13	2.63	77.5	5.57	4.51	0.63		32			96	16	
91	7~6	1.08	1.0	2.15	1.17	0.99	5	3	66	14	99		
106	8	1.59	66.0	5.97	—	—		47	18		74		2
108	10	1.37	53.5	4.16	3.00	0.84		3	1	3	259		
114	7	1.83	87.0	5.72	2.65	0.84	3	46			42		
120	12	1.80	88.0	7.18	—	—		14			112	21	
121	10	2.16	95.0	6.85	—	—		3			15		
123	8	2.71	93.5	6.30	3.67	0.62		3	124			49	
124	9	1.85	88.0	6.55	5.00	0.80	2	16	64			41	
134	7~6	1.32	44.0	3.75	2.55	0.70	4	7	87	4	53		
149	6~4	1.11	25.5	2.40	2.40	0.75	2	34	33	19	13		

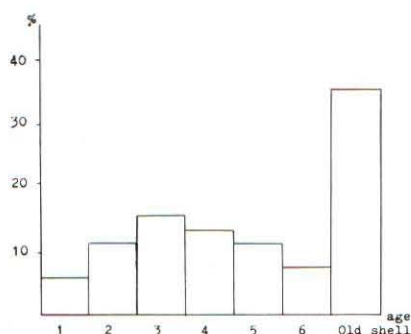


Fig. 22. Age-distribution of scallop at Saroma lake in 1964.

側の高密度の地域は、ホタテガイ資源保護水域として、過去10数年間禁漁にしていた区域である。

湖内におけるホタテガイ全体の年齢組成は、fig. 22に示すように老令化が著しい。これは保護水域内のホタテガイの老令化が反映しているものである。

生息密度をもとにして、ホタテガイ漁場を便宜上、上、中、下に区分して、水深および底質との関係を見ると Table 6 のようになる。この生息密度を、外海漁場のものと比較してみると（外海における桁網によるホタテガイの入網率は、湖内における操業より低いであろうが）最上漁場とされているところで、2,000 m² 当りおよそ500個体の生息数である。これを、湖内におけるホタテガイ生息個体数を約6.5倍して換算してみると、湖内における生息密度が非常に高いことがわかる。湖内では漁場と見られる比較的泥質の環境でも、外海の上漁場と同程度の生息密度である。この中漁場以上の生息環境は、水深4~11 m、泥分含量80%以下、有機炭素含有量2%以下の底質区である。このような条件を満足する底質区の面積を計算すると、最低で65 km² はある。この底質区において648 m² 当り約200個体のホタテガイの生息が可能であるとすると、この区域だけでも、6,000 トンのホタテガイが養殖できるであろう。

サロマ湖は、ホタテガイの生産地として重要であるばかりではなく、本邦における唯一の天然稚貝の採苗地としても重要である。稚貝の発生状況は、Table 7 に示すように、1960年以降あまりよい状態にはないがその原因および対策については、網走水試において鋭意究明中である。

2. カ キ

旧湖口時代には、カキが最も主要な漁獲対象であった。しかし、三里番屋に新湖口が掘削されたために

Table 6. Substratum character of scallop fisheries.

	well fishery	moderate fishery	bad fishery
Individual number of scallop	more than 100	100~40	less than 40
depth (m)	4 ~ 8	6 ~ 9	4 ~ 13
silt clay contents (%)	less than 25	10~80	less than 10 or more than 80
median diameter (φ)	less than 2 (corse sand)	4 (fine sand)	6 (silt)
organic carbon contents (%)	0.5~1.5	1.5~2.0	more than 2.5

Table 7. Yearly variation of rudimentary scallop production at Saroma lake

	Individual number of scallop larvae			Individual number of larvae per one raft
	minimum	maximum	average	
1958	0	321	58.6	937,600
1959	0	188	31.2	499,200
1960	0	34	0.4	6,400
1961	0	67	10.3	164,800
1962	0	18	0.048	768

銚沸旧湖口付近のカキ礁のカキが多数斃死したという報告がある（常呂村史，昭和12年）。だが，サロマ湖における天然カキの漁獲高（Table 8）を見ると，昭和3年から7年へと漁獲高は増加の傾向にあるが，昭和10年を境にして極度に減少し，昭和17年には19.3トンの漁獲高にとどまった。

Table 8. The yearly take of oyster at Saroma lake.

	1928	1929	1931	1932	1938
Tokoro	950.0	863.0	833.0	1175.0	28.5
Saroma	41.3	603.0	424.0	201.3	49.5
Shimoyūbetu	55.5	45.0	1140.0	694.0	484.0
total	1046.8	1511.0	2397.0	2070.3	562.0

この事実は，新湖口の開削と同時にカキが衰滅したのではなく，新湖口開削によって，栄養塩に富んだ外海水が流入し，カキの育成に非常に好適な条件となった。しかし，夏季においても湖水温はオホーツク海海水温とほとんど変わらず，カキの産卵適水温まで上昇することは，ほとんどなくなった。旧湖口時代には夏季には強固な停滞水層が発達するような環境で，上中層の水温は産卵適水温まで上昇していたため，縄文海進とともに，オホーツク海まで侵して来たカキが，辛うじて残存生物として繁殖をつづけてきたのである。それゆえ，この特殊な環境を復元することなくしては，カキの産卵を可能ならしめることはむずかしい。しかし，養殖地としては好条件であるので，松島より種ガキを購入し，垂下式養殖を行なっているが，充分環境に適応した養殖法である。

その他の貝類資源としては，イガイが繁殖し，近年では漁獲の対称となっている。アサリ，アカザラガイ，オオノガイなども生息するが，漁獲の対称とはしていない。

VII ま と め

生態環境としての地形および底質を詳しく検討し，その結果を底生生物分布との相関関係で検討した。その調査結果を以下に要約する。

- (1) 水深図（fig. 2）を作成するなかで，現在の地形が如何にして形成されてきたかを，沖積世における変遷において明らかにした。
- (2) 底質粒度分析結果より，淘汰係数（So），粒径中央値（Mdφ），歪度（Sk）および泥分含量を求め，各々の値によって分布図（fig. 7，fig. 9～13）を作った。その結果，Soは1.3～6の間にあって，So<3のものは砂質堆積物に多く，So>3のものは泥質堆積物に多い。湖は泥分含量分布図にも示されるように泥質堆積物が広く分布する。
- (3) 底質の粒度分布は，現在の営力である波浪および潮汐流によってのみ形成されないことがわかり，サロマ湖形成過程の営力がキムアネップ，テイネイおよび北岸の砂州に反映されていることがわかった。
- (4) 底質中の有機物は，有機炭素量，全窒素量について検討した。有機炭素量は0.2～3.8%の間にあり，全窒素量は0.08～0.33%の間にある。
- (5) 有機炭素量の平面分布より，湖の堆積環境は，栄浦，幌岩地区および芭露地区の二つに区分される傾向が示された。
- (6) 底質柱状試料における有機炭素量の変化の相違が栄浦地区と幌岩地区の深部の試料において認められ，かつての堆積環境の急激な変化が反映されていることがわかった。
- (7) 水深および底質と底生動物分布との関係を第5表にまとめ，その結果，本湖にはホタテガイ養殖適地が最低 65 km² あることがわかった。

- [8] 動物群集の変遷を湖の形成過程を明らかにすることによって、合理的に説明した。とくに、天然カキの衰滅の原因について明らかにした。

文 献

- 道立水試網走支場 (1954) : 有用貝類の増殖に関する試験報告 (内海)
- 土質学会編 (1961) : 土質試験法解説 (第1集)
- Emery, K. O. and Rittenberg, S. C. (1952): Early diagenesis of California basin sediments in relation to origin of oil *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* **36**
- 伊藤 潔 (1962) : オホーツク海沿岸の貝類, 北海道研究報告
- 伊藤政夫・小原常弘 (1956) : 湧別町字東地下水調査報告 北海道地下資源調査報告 (15)
- 木下虎一郎・諫早隆夫 (1934) : 北海道産貝類目録 (第1報) 北海道水産試験場
- 木下虎一郎 (1934) : 帆立貝の知識 北海道水産試験場
- 木下虎一郎・清水二郎・渋谷三五郎 (1942) : 帆立貝漁場潜水調査結果 (予報) 北水試月報 **1** (6)
- 木下虎一郎・渋谷三五郎 (1941) : 佐呂間湖表面における帆立貝仔虫と腹足類仔虫の個体数の昼夜並に潮候変化 (予報) 北水旬報 (497)
- 木下虎一郎・清水二郎・渋谷三五郎 (1944) : 海扇漁業に於ける佐呂間湖の搖籃的意義 (第1報) 北水月報 **1** (5)
- 木下虎一郎 (1951) : 北海道浅海増殖害敵生物編 水産科学叢書 第7輯
- 黒田和雄 (1964) : 5万分の1地質図市説明「サロマ湖・三里番屋」北海道開発庁
- 駒井和愛 (1961) : オホーツク沿岸・知床遺跡調査 東京大学文学部
- 河田 英・二間瀬冽 (1956) : 佐呂間市街地付近地下水調査報告 北海道地下資源調査報告 (15)
- 三宅泰雄・北野康 (1911) : 水質化学分析法 地人書院
- 永井莊七郎 (1957) : 水理学 コロナ社
- 日本海洋学会編 (1961) : 海洋観測指針
- 小原昭雄他 (1952) : ホタテガイ種苗確保調査 北海道網走水試 (ガリ刷)
- 小原昭雄他 (1954) : 有用貝類の増殖に関する試験報告 (1954) 北海道網走水試 (ガリ刷)
- 大島和雄 (1963) : 北海道有珠湾の生態学的研究 (第1報) 北水研報 (27)
- 小原昭雄他 (1964) : 昭和39年度網走水試事業報告書
- 小原常弘・二間瀬冽 (1959) : 湧別町芭露川流域の地下水 北海道地下資源調査報告 (22)
- Rittenberg, S. C. et al (1963): Biogeochemistry of sediments in experimental Mohole. *Jour. of Sed. Petro.* **33**
- 西条八束 (1957) : 湖沼調査法 古今書院
- 佐竹俊孝 (1966) : 北見国サロマ湖の底質と底棲動物群集 北大理 地鉱卒論 (未公表)
- 塩沢孝之 (1966) : 厚岸湖および湾の底質について 北大理 地鉱修士論 (未公表)
- Twenhofel, W. H. (1939): Treatise on Sedimentation Vol. 1 Dover Pub. Inc.
- 高安三次・五十嵐彦仁・近藤賢蔵 (1934) : 湖沼調査「サロマ湖」北海道水産試験場 水産調査報告 (34)
- 田中正午・市川善吉・上川慶蔵・田中清秋 (1951) : サロマ湖のホタテガイ調査 道立水産試験場網走支場 (ガリ刷)
- 田中正午 (1951) : サロマ湖の游泳ならびに底棲動物 道立水試網走支場 (ガリ刷)
- 田中正午ほか (1952・'53) : ホタテガイ種苗確保調査 道立水試網走支場
- 田中正午・小原昭雄 (1964) : サロマ湖における生物並びに環境要因の現状について 道立網走水産試験場

北海道日本海海域におけるヒラメの系統群について

1. 1964年に実施したヒラメの標識放流試験結果

三上正一・田村真樹

(中央水産試験場)

Studies on the Population of "Hirame" Flounder (*Paralichthys olivaceous* T. & S.) of the Japan Sea Coast of Hokkaido.

1. Result of the tagging experiment made in 1964.

Shoichi MIKAMI and Masaki TAMURA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

This report is a result of the tagging experiment for "Hirame" flounder made by our research boat "Kinsei-Maru" (35.0 ton) extending from June to August of 1964 in the Ishikari Bay region and a neighbouring area of Cape Ofuyu. In this experiment, 271 individuals were tagged in total and 82 ones have been recovered up to this time.

According to previous knowledges, it seems to be, at least, three or four independent populations such as the northern Japan Sea population (having their distributional range mainly northward from the Shakotan Peninsula), the southern Japan Sea population (having it mainly southward from the above), the Okhotsk Sea population (having it mainly in Esashi area), and the Pacific population (may be included some local ones) are existent in the waters around the Hokkaido.

The taggings were made only for the spawning groups which appear to be with comparatively high independency in their yearly life cycle for the purpose of verification of our hypothesis on the northern Japan Sea population of this flounder. And also, we investigated through the experiment how the tagged fishes from the spawning groups are recovered during the successive periods in their yearly life cycle.

As a result, it became clear that the spawning groups almost remove northward after the spawning and extend their distributional range gradually. Thereafter, each migrative group belonging into the ashore-migrate period, the dispersal period, and the pre-spawning period are intermingled each other, but they back again to their own spawning grounds in the spawning period. Thus, spawning groups tagged at Ishikari Bay and Ofuyu area are different each other in view point of their migrative process. And also, judging from the distributional condition of juveniles and youngs, it is the most reasonable to presume that there are two distinct populations within the so-called northern Japan Sea population which has been regarded as a single population consists of fishes with the same mode of life.

1. ま え が き

ヒラメは北海道沿岸の各地に分布し、漁獲量は全道で毎年1,500～2,000トン内外である。これは全道の水産物漁獲量の0.2%にも満たないが、魚価の高いことと沿岸域に生息しているので、沿岸刺し網漁業、トラ引き漁業、その他の沿岸漁業ならびに底建て網漁業にとって重要な魚種である。ここ二、三年来、襟裳以西太平洋海域の漁獲が急増したが、漁獲の過半数は日本海海域によってしめられている。日本海海域では、松前、岩内、余市、増毛周辺、稚内、オホーツク海域の枝幸周辺が漁場となり、漁期も北にいくほどおそく

なっている傾向がある。このように広い海域にわたって漁期・漁場の移動があるので、ふるくから「このヒラメはどこからくるのか」ということに漁業者の関心がむけられていた。

当初、水産孵化場で回遊経路調査のため神恵内（岩内付近）で1952～1954年にわたって標識放流試験が行なわれた。それによれば、再捕された魚は、おもに放流場所よりあまり移動せずに漁獲され、残りの大半はやや北方でとられたが積丹半島をこえることはなかった。しかしながら尾数はわずかではあったが南下し、長距離移動のものは津軽海峡の知内、さらに海峡をこえて太平洋岸の尾札部での漁獲が報告されている¹⁾²⁾³⁾。石狩湾のヒラメについては、水産普及員の人達を中心にして石狩湾標識放流調査協議会がつくられ、水産孵化場と共同で石狩湾を中心にヒラメの標識放流がなされたのは1956年から1957年にかけてであった。その結果は、いずれも大半は放流場所付近でとれたが長距離移動のものは神恵内の場合とは逆に北方に延び天売島付近にも及んでいると報告されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。その後、放流場所をさらに北に選び留萌管内で1958～59年に調査が行なわれた。この調査では、北上したもの、南下したものに分かれ、南下したものは石狩湾へ、さらに積丹半島をこえて寿都にもみられるようになった。このことによって積丹半島以北および以南のヒラメには若干の交流が行なわれていることが想像されるが、積丹半島以南のヒラメが積丹半島をこえて北上するかどうかの問題を究明することが今後残された研究課題であるとされた⁷⁾。

筆者らは、ヒラメを調査するにあたり、従来の知見を整理し⁸⁾、これを基礎として、生活様式を異にする（発育段階、生活年周期の発現様式の区別）系統群⁹⁾¹⁰⁾を、積丹半島以南を主たる生活領域とするもの、以北に主たる生活領域をもつもの、オホーツク海域の枝幸周辺に生活領域をもっているものと仮設し、それぞれ南部日本海系統群、北部日本海系統群、オホーツク海系統群とした。このような仮設をたしかめるためには、各系統群の固有の生活様式を明らかにすることが必要である。ここでは、標識放流の素材を用いて、主として成体の移動、回遊の過程で、産卵群がひきつづく生活年周期の各段階で、どのような集合分散の特性をしめすかということを考察した。

謝 辞

この試験研究には、多くの人達の協力によってなされたが、とくに漁具の仕立て、標識放流試験など諸種の作業に協力された金星丸乗組員各位に、また再捕にご協力をいただいた多くの漁業者、普及員各位ならびに漁協組職員各位に心から感謝の意を表します。

調査にあたって諸種のご便宜をはからっていただいた増毛漁協組・余市漁協組に深く謝意を表します。

本調査の方法論上の展開のためのご助言をいただき、また原稿のご校閲をいただいた東海区水研佐藤栄部長に感謝の意を表します。

終始討論くださった沿岸調査のグループの諸氏に謝意を表します。

2. 調査の経過と方法

1964年6月中旬より8月上旬にわたり、当場所属の調査船金星丸（35トン）により、石狩湾海域、雄冬岬周辺海域において標識放流試験を行なった。放流魚は、調査船で刺し網漁業を行ない（目合いは主として144 mm ないし 150 mm）留網一日で漁獲したものを用いた。この方法で得られた魚は、ほとんどが放流に適していた。

漁獲された魚は、ただちに体長を測定し、あらかじめ用意してあったスパゲティチューブにプラスチックの赤色板（直径 1 cm）をとりつけたものを背縁部（担鰭骨をおおっている肉質部）中央に針でとおし、輪をつくり結着し放流した。放流したものは、271尾（1966年6月30日までに82尾の再捕があった。）であった。放流点は第1図に示した。

また、放流魚がどの生活年周期にあるかを調査するために、余市、増毛において漁獲されたもの、および金星丸の漁獲物の一部を測定した。

放流魚の再捕は、各漁協組、漁業者、普及員に協力をもとめ、標識番号、漁場位置、漁具の種類および、可能なかぎり体長、体重、雌雄、熟度の観察を報告していただいた。

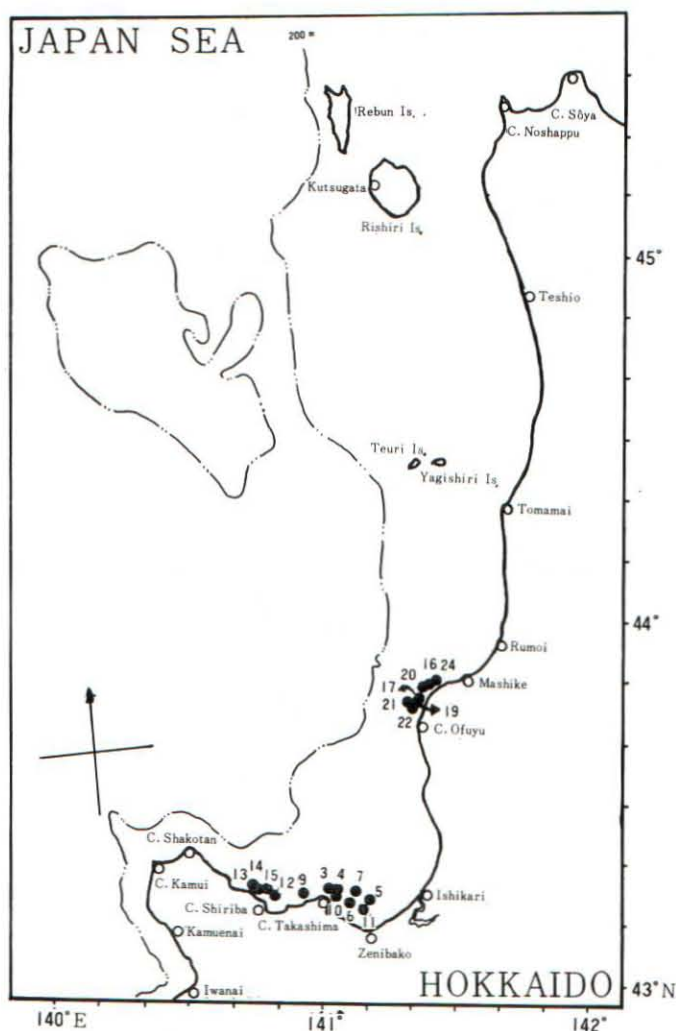


Fig. 1. Map of tagging place. Each number indicates tagging station.

3. 放流魚および再捕魚の性状

回遊は発育段階・生活年周期という生活様式を異にする各段階の継起からなりたつものであり、それぞれの段階が固有の集合様式をもっていることは、近年の研究において明らかにされつつある⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

この研究では放流および再捕された魚が、系統群の移動、回遊の過程で生活年周期のどこに位置づけられ、どのような集合特性をもっていたかを問題とするために、まず北部日本海系統群の回遊過程における生活年周期の段階区分に対応する生活様式の特性を考察した。すなわち、ヒラメの成魚の回遊の過程には運動形態を異にするいくつかの段階があって、まず成熟過程の変化からみると産卵群と産卵前期の群とが区別できる。また摂餌の様式の変化から接岸期、分散期および産卵前期の群を区別することができる（第2、第3図）。そして各段階の生活様式、とくに集合特性は次のような特性がみられる。

1) 接岸期の群

この群は一般には11～1月にわたって現われ、餌はカレイ類の幼魚、カジカ類、カタクチイワシ、イカナ

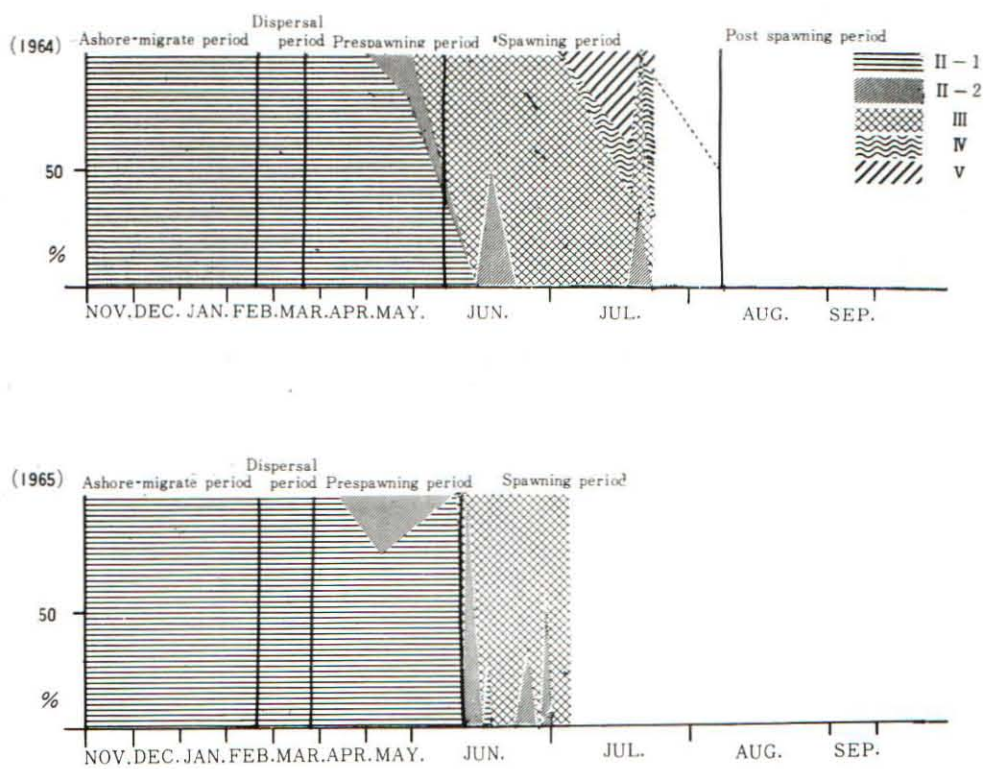


Fig. 2. Process of ovarian maturity in yearly life cycles.

- II-1 Invisible eggs
- II-2 Visible eggs
- III Matured eggs
- IV Spawning
- V Spawn out

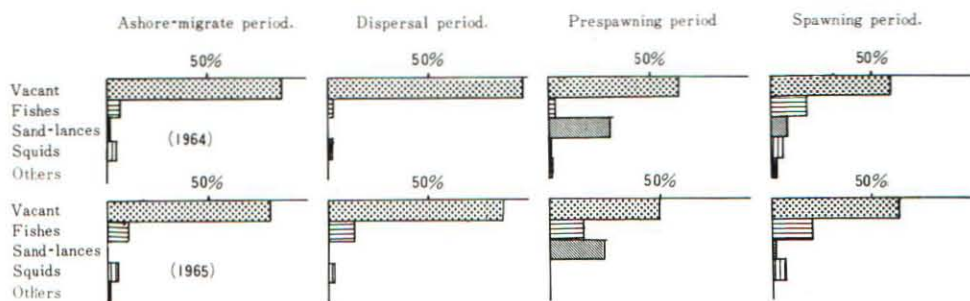


Fig. 3. Variation of food composition in each yearly life cycle.

どの雑食性をしめしている。その集合様式を分布の面からみると、他の生活年周期に比べて割合に沖の方に分布し、漁獲分布に現われる反当り尾数は高い。体長範囲は30~45 cm のものでしめられ、産卵群にみられるような大型のものは漁獲されない。性比は群れによって多少異なるが全体としては、ほぼ 1 : 1 であ

る。石狩湾海域のものは、沖合いの方に密度の高い群れをつくるが、雄冬岬周辺海域のものは、沿岸よりに濃密な群をつくる傾向がある（第4図）。

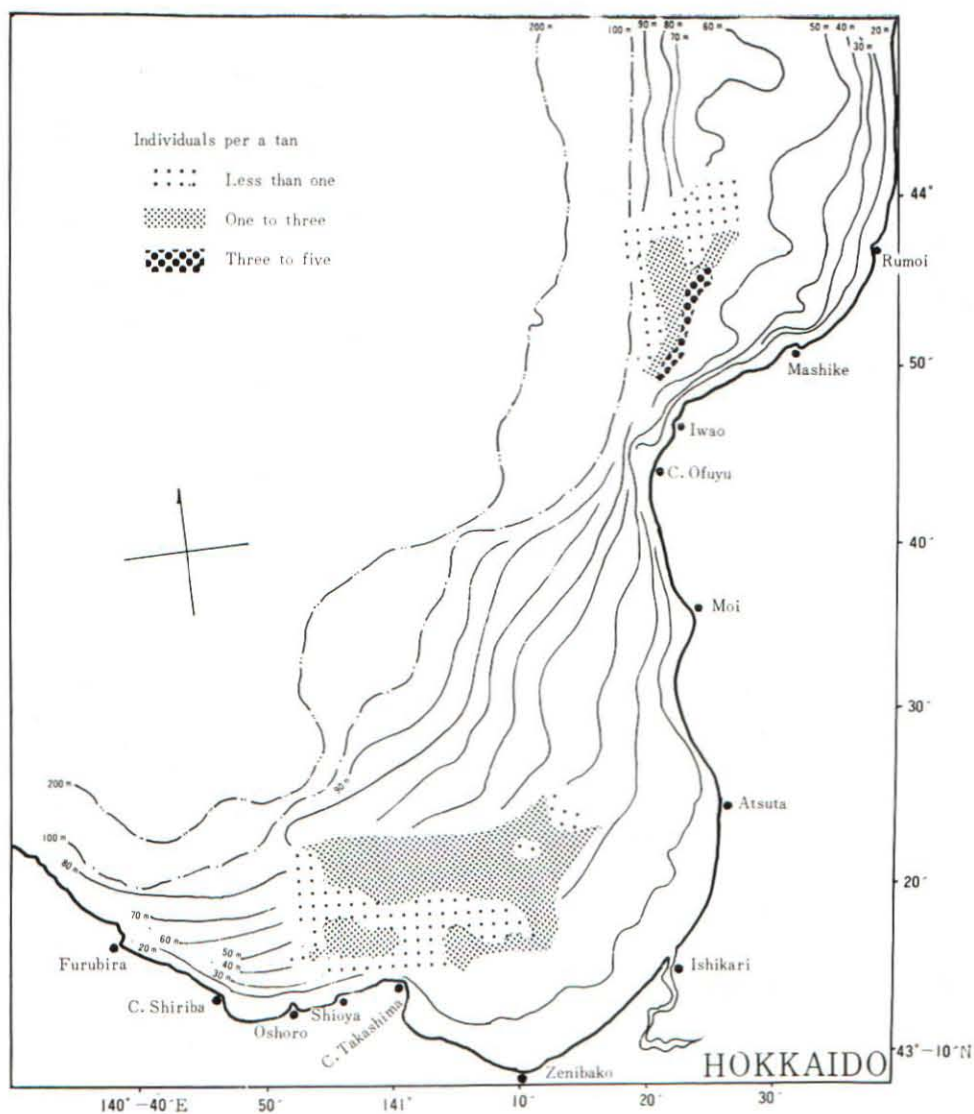


Fig. 4. Relative abundance of "Hirame" flounder in the ashore-migrate period of 1964 (indicated by individuals per a tan).

2) 分散期の群

この群は一般には2～4月にわたって現われ、ほとんど摂餌をしていない。接岸期にくらべて漁獲分布に現われる分布密度は急激に低下する。これは、魚群の運動の緩漫化および前期における密集からの疎開を反映すると思われる(第5図)。

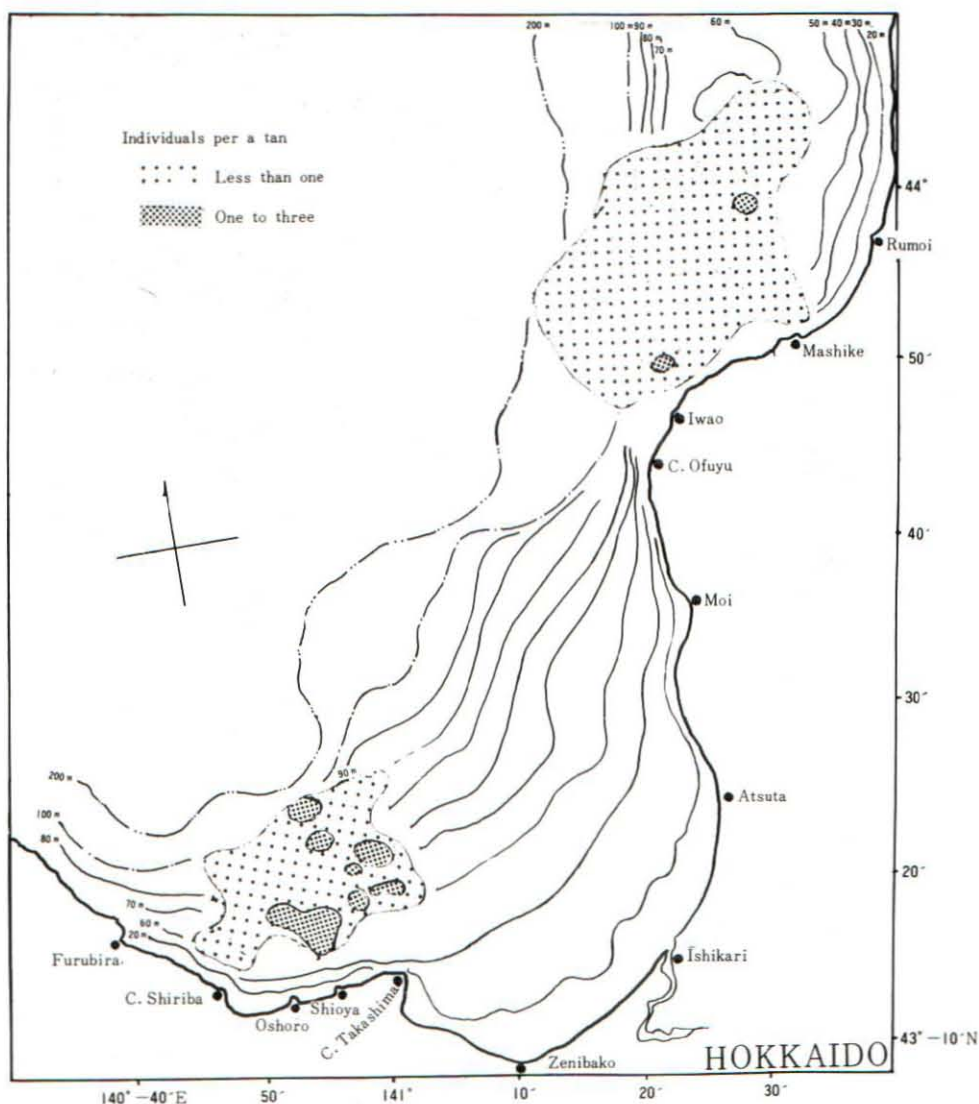


Fig. 5. Relative abundance of "Hirame" flounder in the dispersal period of 1964 (indicated by individuals per a tan).

3) 産卵前期の群

この群は一般には4～6月に現われ、もっぱらイカナゴの成魚（俗にオオナゴ）を摂餌している。かなり広範囲に分布し、産卵域に近い沖合いに、比較的密度の高い分布域があらわれてくる（第6図）。

4) 産卵期の群

この群は一般には6～8月に現われ、熟卵をもったヒラメが群全体の半分以上になったときから、放卵後

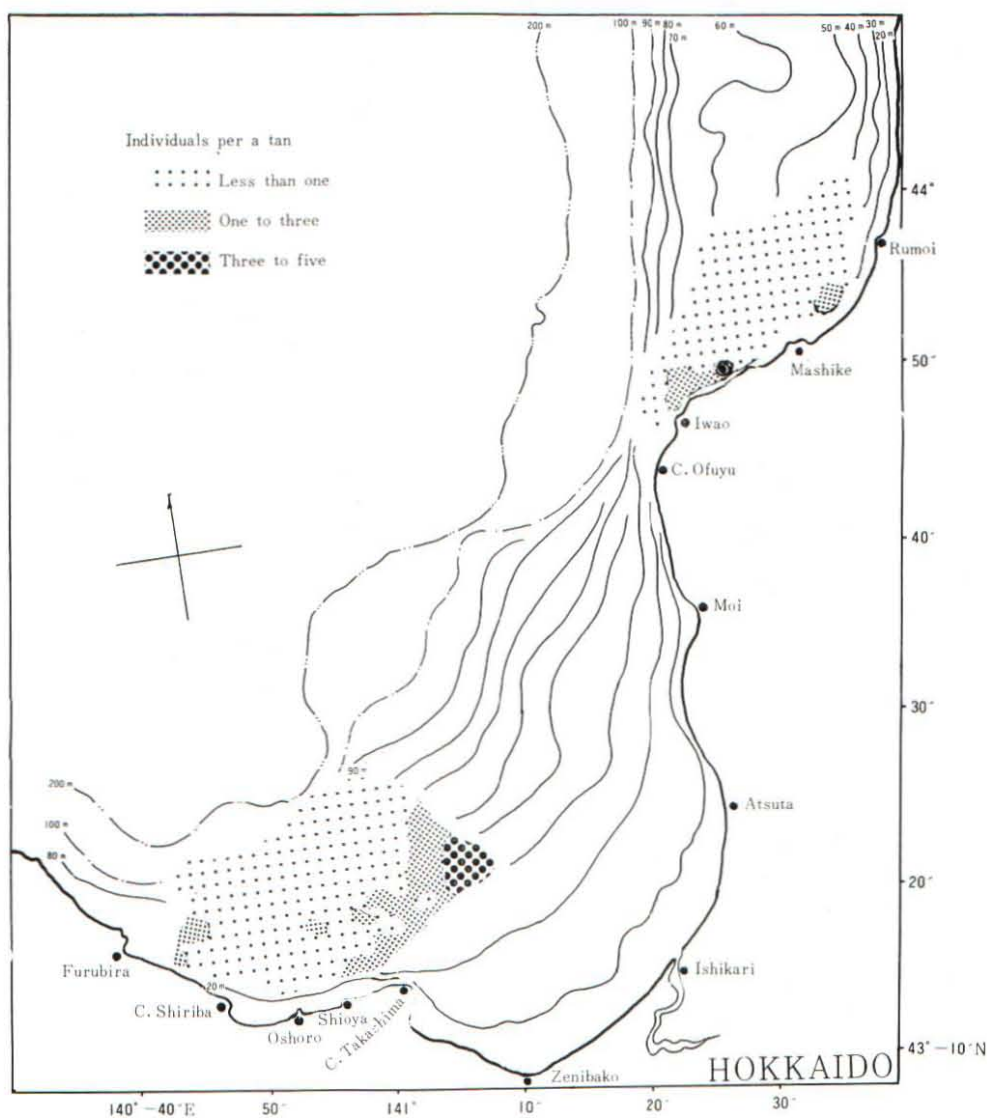


Fig. 6. Relative abundance of "Hirame" flounder in the pre-spawning period of 1964 (indicated by individuals per a tan).

のものが半数以上になったときまでの期間を産卵期とする。この期の群は餌も底生性魚類に移行し、多様な種で構成されている。1964年の産卵期は6月7日から8月10日までであった。この期に入ると、沖合いの分布域が縮少し、漁獲分布からみると水深20~50 mの浅い水域に濃密な群がみられる。移動、回遊の過程でもっとも接岸してくるときである。体長範囲は30~80 cmと幅が大きく、小型の魚体は雄であり、雌は他の期の群よりも大きいものがふえてくる。性比は他の生活年周期にくらべて雄の割合が増加している(第7図)。

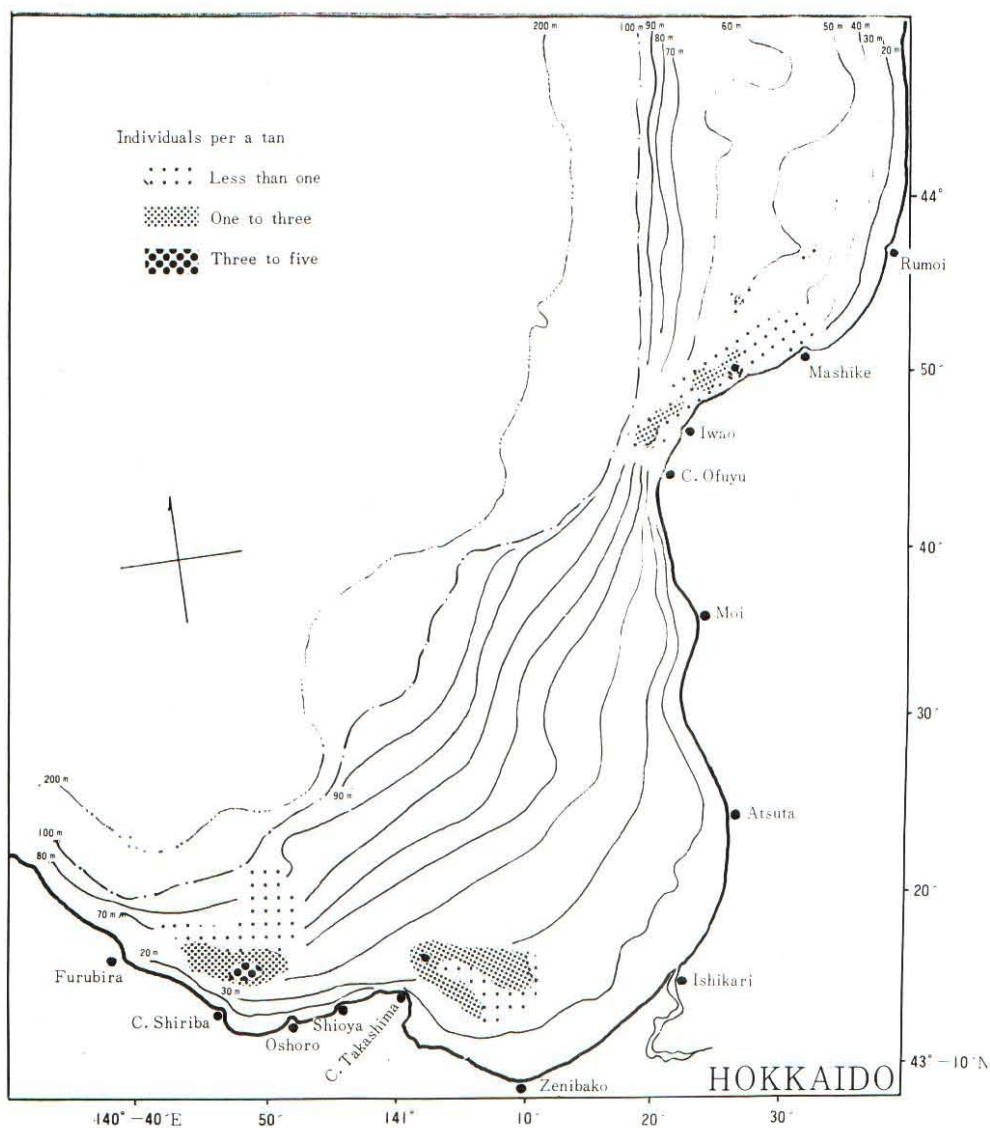


Fig. 7. Relative abundance of "Hirame" flounder in the spawning period of 1964 (indicated by individuals per a tan).

5) 産卵後期の群

この群は一般には8～10月に現われ、漁獲分布からみると産卵を終えると広く分散するようである。

次に放流魚の体長組成を第8図に示した。ヒラメは雄と雌では成魚に達する体長が異なり、雄では30 cm、雌では37 cm 前後である。標識放流試験では、放流時に雌雄の判別が困難であるので、体長30 cm 以下を未成魚30 cm 以上を成魚として扱った。第9図は再捕された魚の標識番号から放流時の体長にもどして示したものである。ここで問題になるのは、体長30～37 cm のものであるが、この時期に漁獲されるものは雌は極めて少なく、大部分は成熟雄であるので、放流したものは上述のように成魚として扱った。

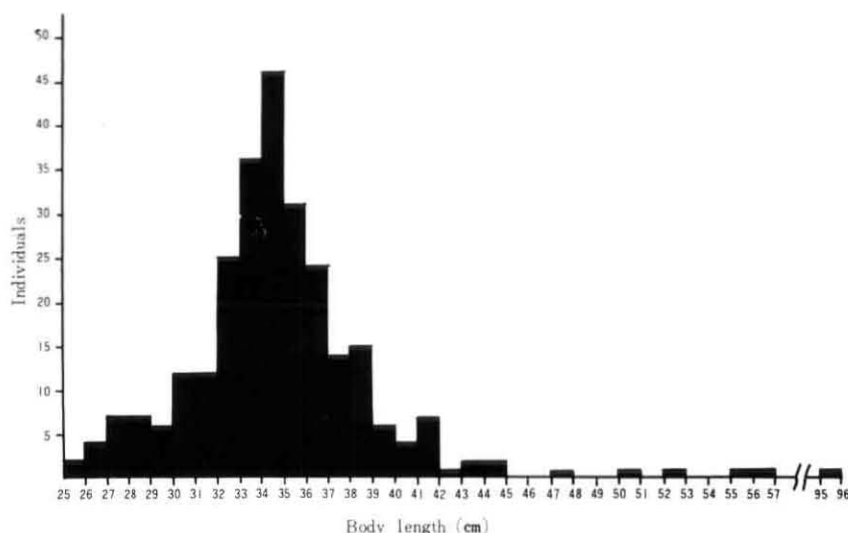


Fig. 8. Body length composition of all tagged fishes.

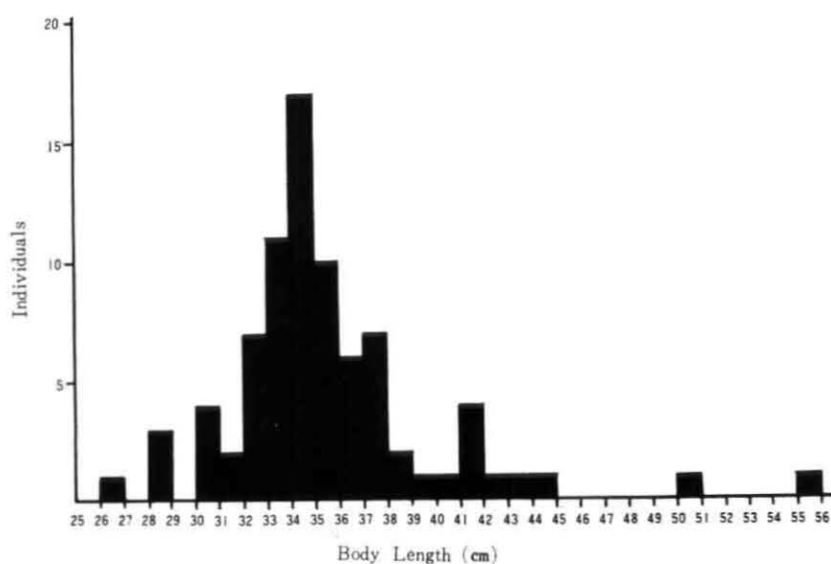


Fig. 9. Body length composition of the recaptured specimens,
Shown by it at the tagging was made.

以上の考察を根拠として放流した魚は、主として産卵群の範囲を中心にしたものと考えることができる。

4. 再捕の経過および考察

第1図にしめした放流点で放流された魚が再捕されたときは、放流点の番号をそのまま再捕地点につけ、移動、回遊の経過をしめした(第10～17図)。また、再捕についての一覧表を付表にしめした。

産卵群として放流したものが、ひきつづく産卵期、産卵後期、接岸期、分散期、産卵前期の群としてどのように再捕されていったかを考察すると次の如くである。

1) 1964年産卵期の群について

第1図にしめした放流点で標識された魚は、さらに沿岸の浅所に移動し、そのご、北上の傾向をもっている。増毛沖で再捕された放流点4のものは、放精後の個体であった(第10図)

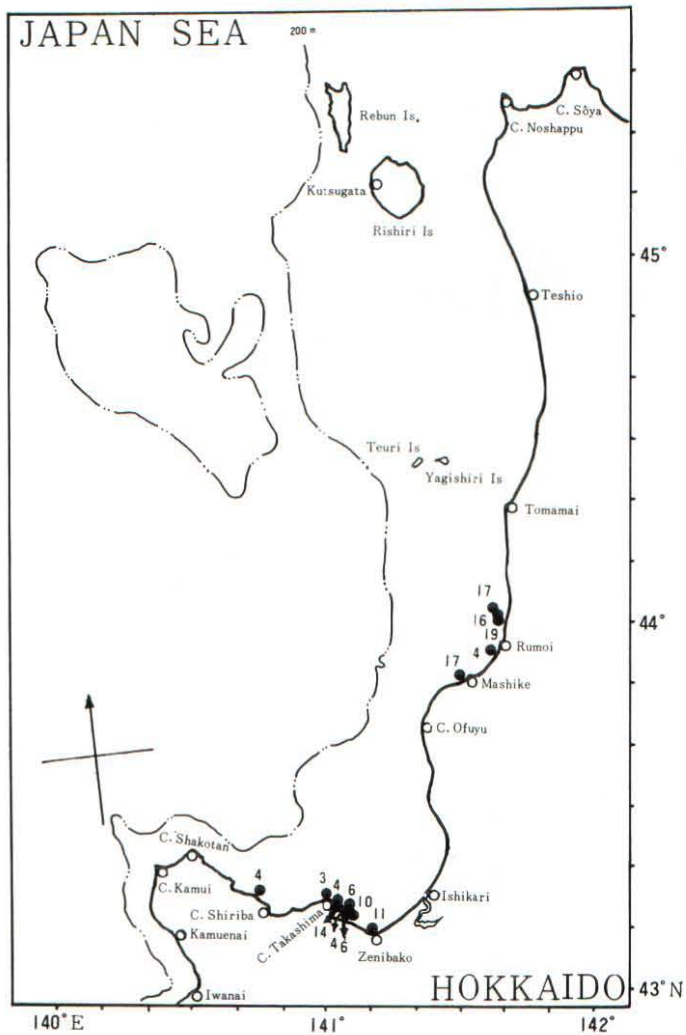


Fig. 10. Recapturing of the tagged fishes during the spawning period of 1964.

2) 1964年産卵後期の群について

石狩湾海域で放流した魚の再捕はみられなかったが、雄冬岬周辺海域で放流した魚は、ほとんど北上し、礼文水道で1尾、さらにオホーツク海域の目梨泊（枝幸）で再捕された。礼文水道の1尾は雌で、一本釣りで再捕された（第11図）。

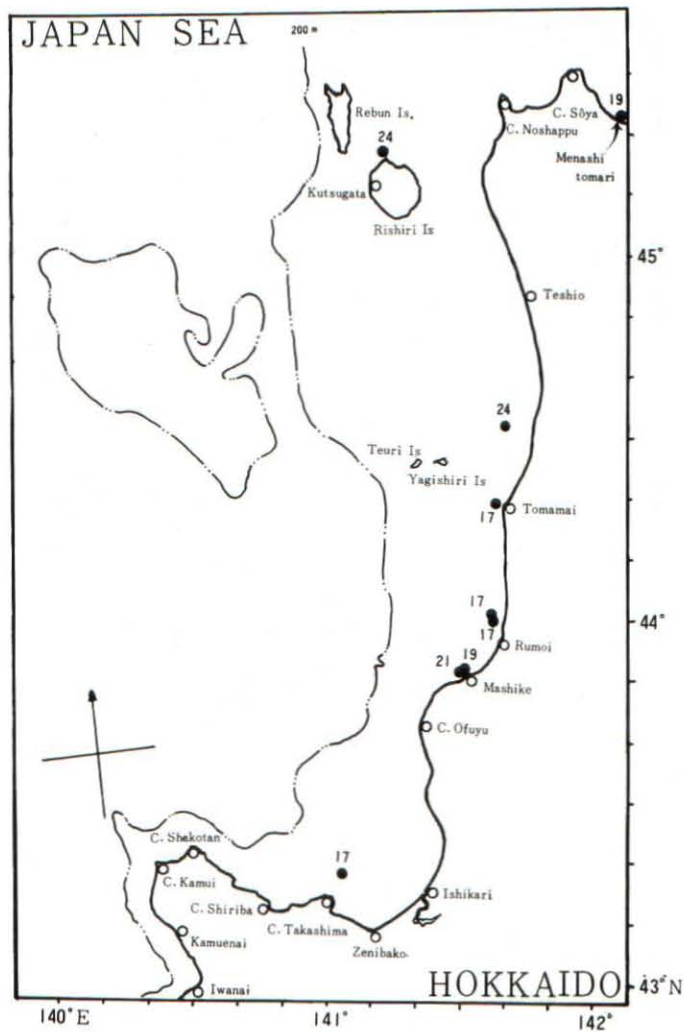


Fig. 11. Recapturing of the tagged fishes during the post-spawning period of 1964.

3) 1964年接岸期の群について

石狩湾で放流した産卵群が雄冬岬周辺海域へ、また雄冬岬で放流した産卵群が石狩湾海域へ、それぞれ生活領域を拡大している。とくに雄冬岬で放流したものが南下し、そこでは両海域のものがいりまじっている。また、石狩湾海域で放流したものが積丹半島をこえて、神恵内の底建て網で再捕されている（第12図）。

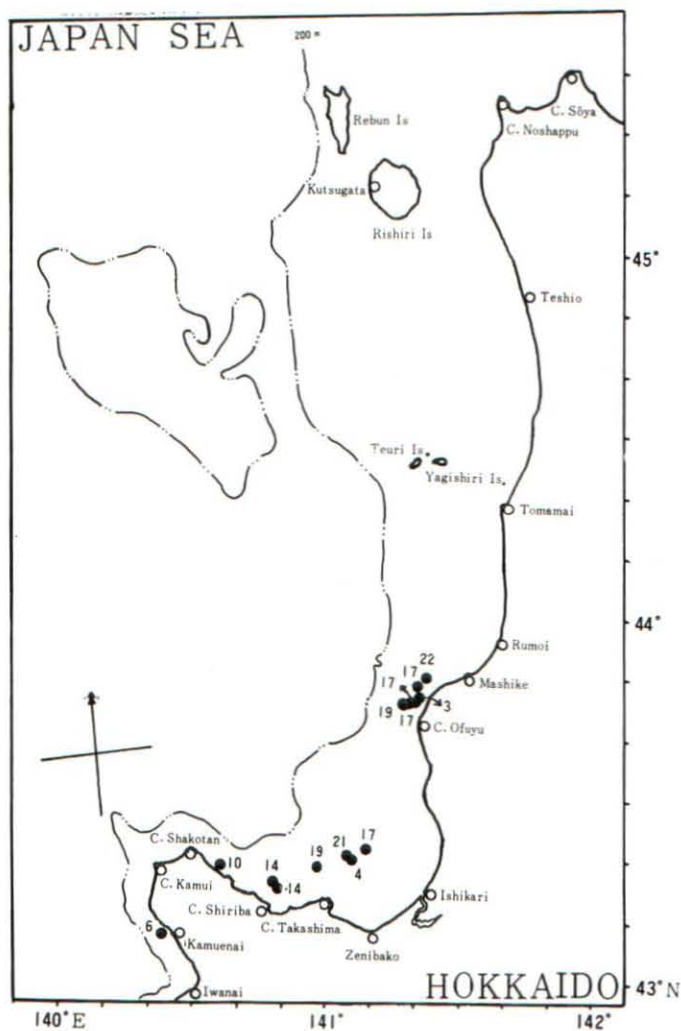


Fig. 12. Recapturing of the tagged fishes during the ashore-migrate period of 1964.

4) 1965年分散期の群について

雄冬岬周辺海域での再捕はみられなかったが、石狩湾では、雄冬および石狩湾両海域で放流したものが、互いにいりまじり、分布域も沖合いの方にひろがっている（第13図）。

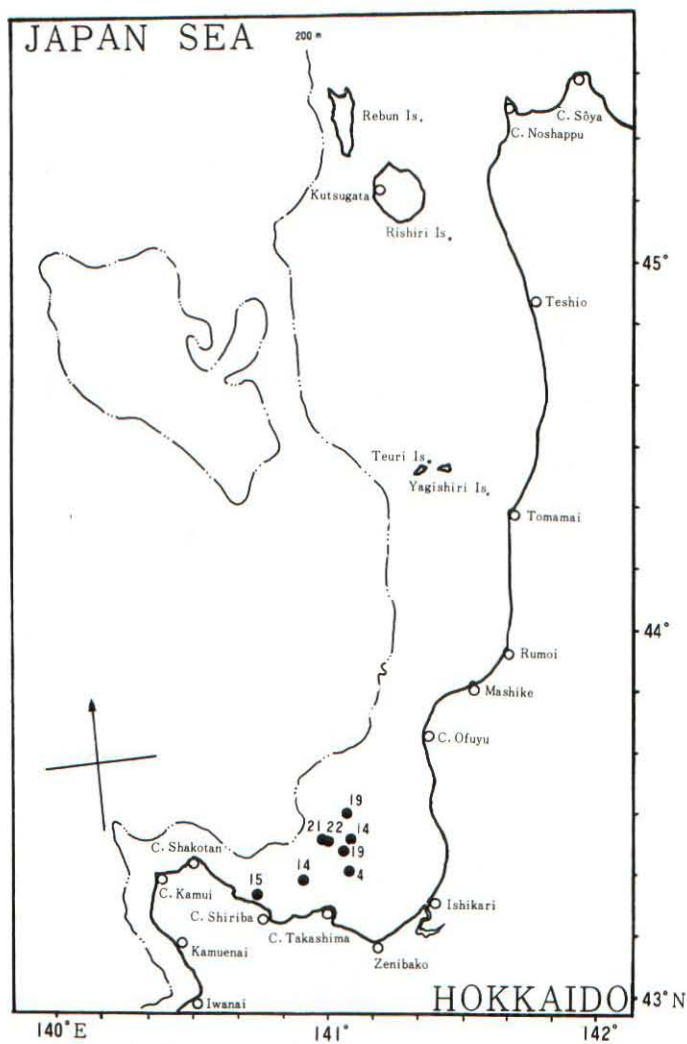


Fig. 13. Recapturing of the tagged fishes during the dispersal period of 1965.

5) 1965年産卵前期の群について

石狩湾では、両海域で放流したものがいりまじっているほか、石狩湾で放流した魚が、積丹半島付近で1尾、底建て網で再捕された（第14図）。

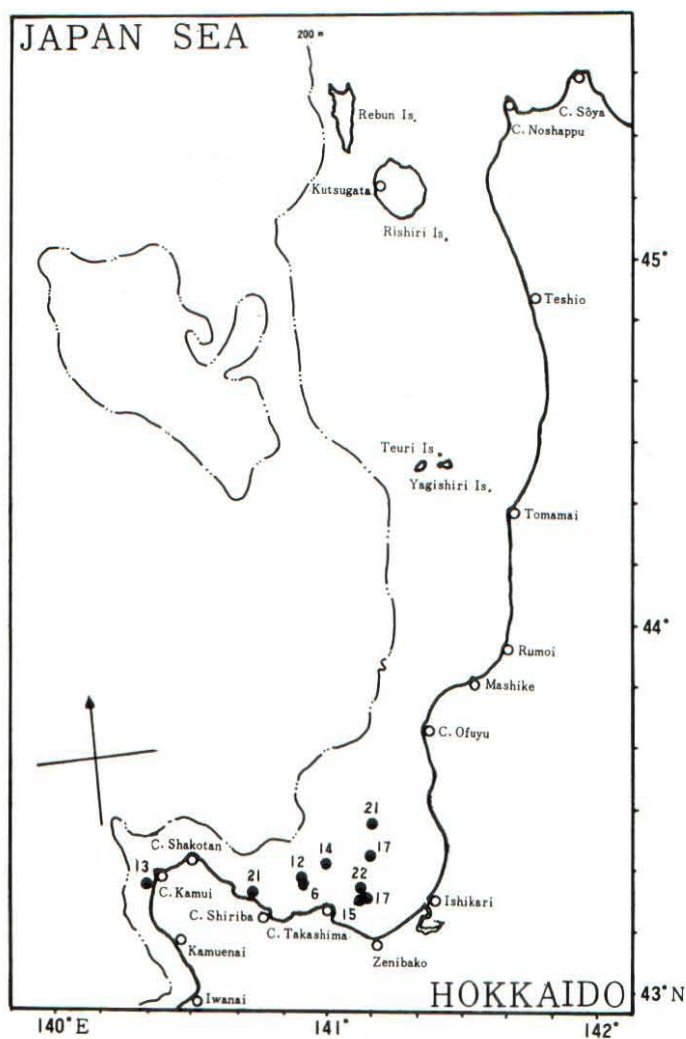


Fig. 14. Recapturing of the tagged fishes during the pre-spawning period of 1965.

7) 放流時に若魚期であったものについて

石狩湾海域で放流した若魚期のものは（放流時の体長 285 mm, 286 mm），翌年（1965年）同海域で1尾は雄，1尾は雌（再捕時の体長約370 mm）が産卵群として再捕された（第16図）。

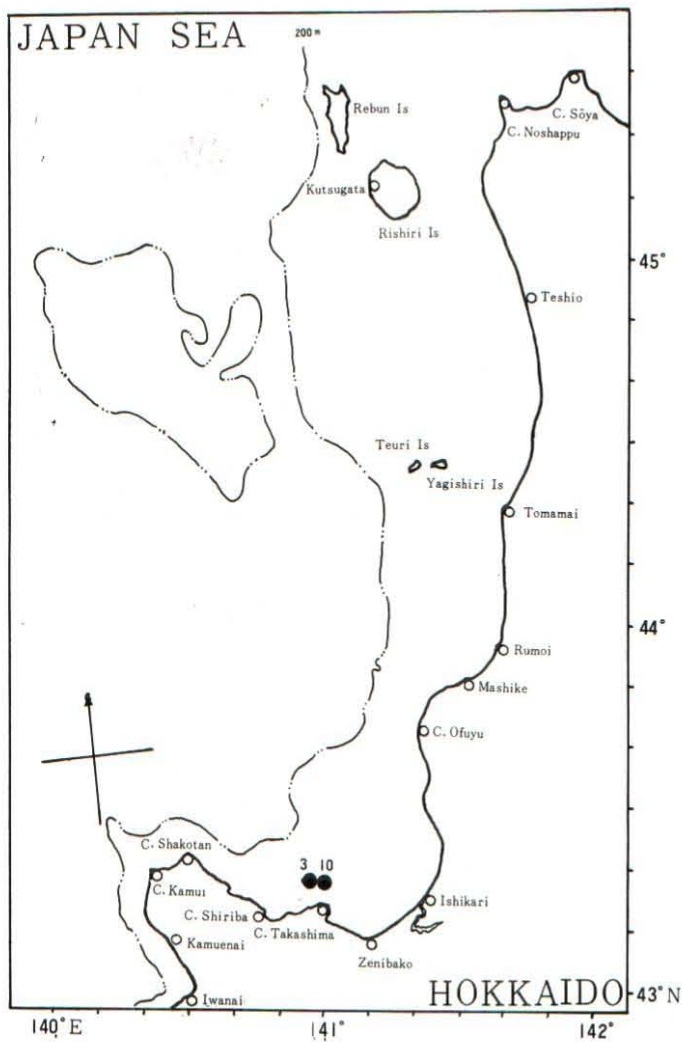


Fig. 16. Recapturing of individuals which were young when the tagging had been made.

8) 1生活年周期を経過したものについて

1生活年周期を経過したものが9尾再捕された（接岸期6尾，分散期1尾，産卵期2尾）。石狩湾では，雄冬および石狩湾の両海域で放流したものがいりまじりあって接岸期，分散期に再捕された。しかし産卵期には，それぞれ放流された産卵域に来遊している（第17図）。

また，再捕率は現在までに平均30.2%をしめし，群れによっては再捕率54%と放流魚の半数以上も再捕されている。

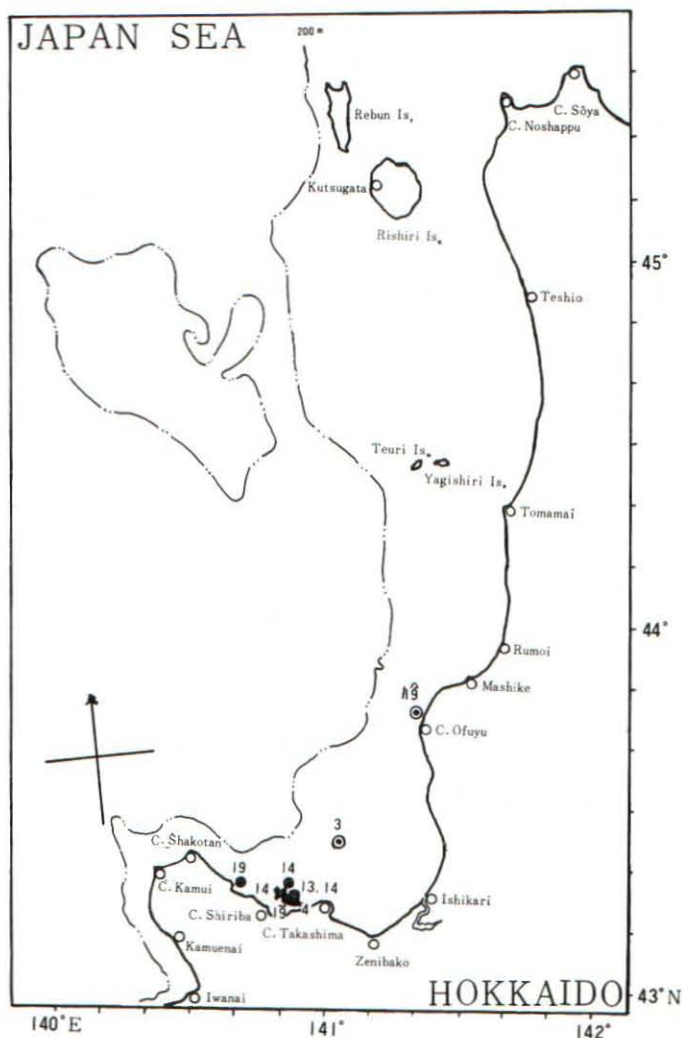


Fig. 17. Recapturing of the tagged fishes over one yearly life cycle.

- Ashore-migrate period
- × Dispersal period
- ⊙ Spawning period

以上、この標識放流試験結果から、各生活年周期の群の生活様式についての妥当性を確かめながら、その内容をより具体的なものとして捉えることができた。すなわち、石狩湾および雄冬岬周辺海域の産卵群は、放流後さらに沿岸域に來遊し、産卵を行ない、その後はほとんどが北上の傾向をしめしている。産卵期中に、石狩湾で放流したものが増毛沖で1尾再捕された。これは放精後の個体であって、放流時点より接岸し、産卵を終了して北上したものと思われる。ひきつづく産卵後期の群は、漁獲の主要な対象にならないので、その生活の状態についてはわからない点が多くあるが、再捕の結果から広く分散するようである。この時には、石狩湾および雄冬岬周辺の両海域のものが部分的に混合している。そのご南下して接岸期の群となり、ひきつづく分散期、産卵前期の群は、両海域のものは、ほぼ半数近くずつ再捕されていることから、互いに生活領域を拡大して地理的には混合しあっているものと思われる。しかし、次の産卵期に入ると、群は両海域の魚の混合から一変して、それぞれもとの放流地点（産卵域）に來遊している。これらの過程をつうじて、石

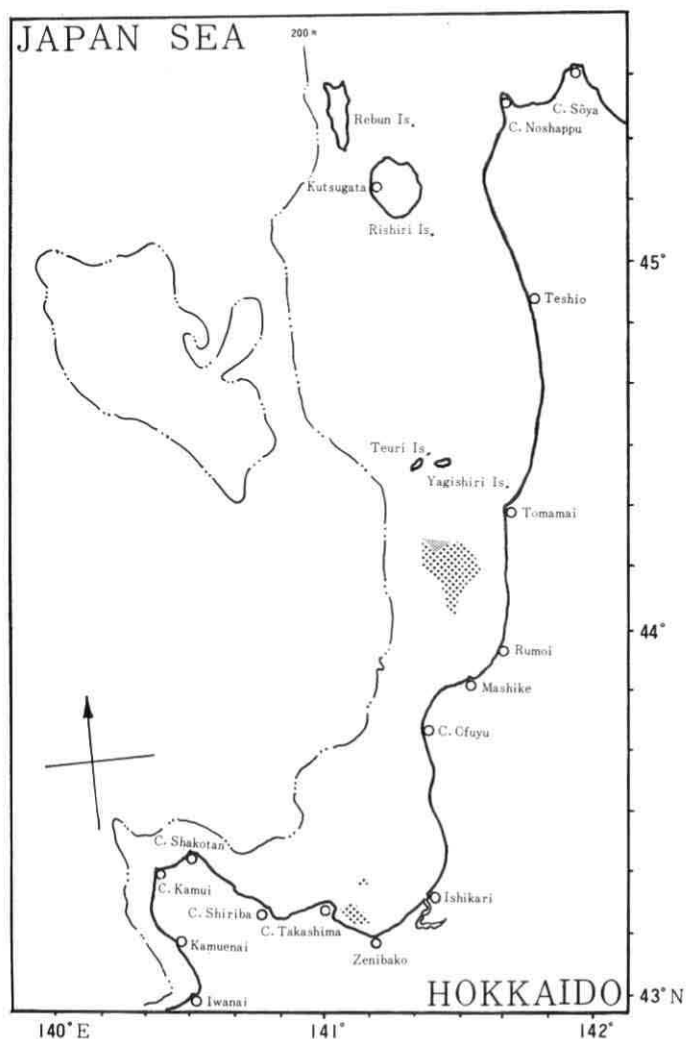


Fig. 18. Distribution of juveniles of "Hirame" flounder in 1962.

 Less than 30 individuals per an unit
 More than 30 individuals per an unit

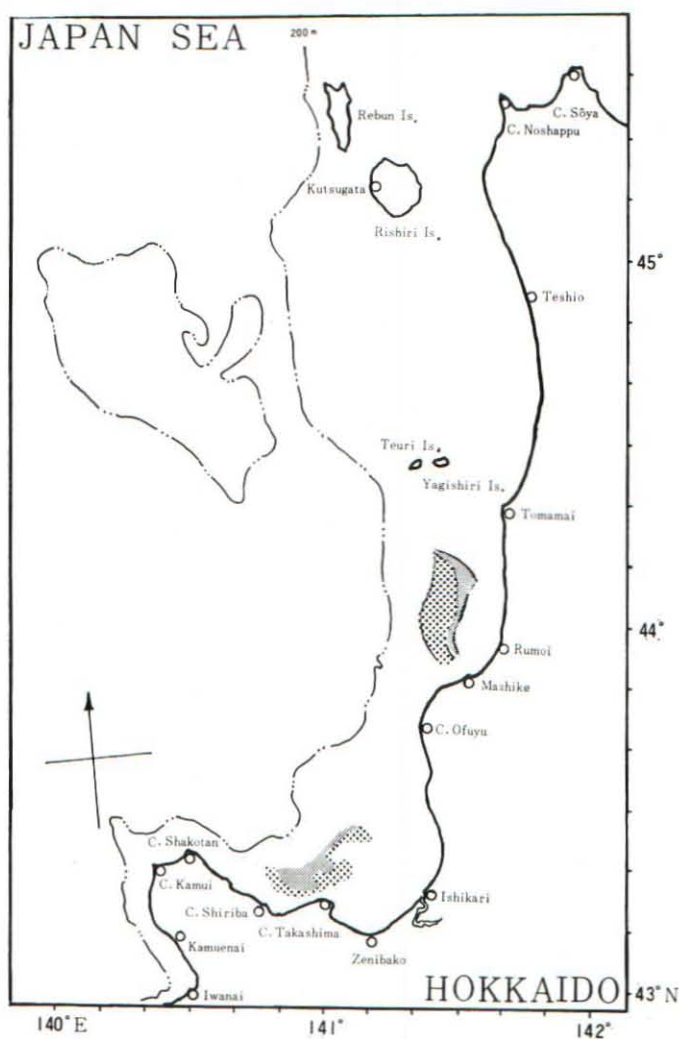


Fig. 19. Distribution of youngs of "Hirame" flounder in 1962.

[Dotted pattern] Less than 30 individuals per an unit
 [Solid grey pattern] More than 30 individuals per an unit

狩湾および雄冬岬両海域で産卵する群にはちがいがあられる。

そこで、発育段階、具体的には幼魚期、若魚期の分布の状態を検討した(第18, 19図)。これは1962年に金星丸で底引き網によって、石狩湾海域で2～3月に、雄冬以北の海域では4～6月に調査したものである⁸⁾。

幼魚期(この期の特性は、餌の構成が異なっている。成魚では主として魚類を摂餌しているが、この期ではソデガイ、ヒトデ幼体等がみられる。)の分布は、石狩湾海域では、産卵域周辺の水深20～30mのところであるが、雄冬以北の海域では、産卵域とかけはなれた地域に生息している。

若魚期では、雄冬以北の海域は、幼魚期のものと共生する傾向をしめし、石狩湾海域では水深40～60mの砂泥質のところに多くみられる。

このように幼魚期、若魚期においても、石狩湾を主生活領域とするもの、雄冬以北を主生活領域とするもの

のがあると推測される。

以上のべたことから、北部日本海に生活するヒラメは、その個体発生の過程で生活様式を等しくする一つの系統群として考えられてきたが、余市および増毛の産卵群が移動、回遊の過程でしめす生活様式からみると、余市系統群、増毛系統群の二つがあると推定した方が妥当であると考ええる。

5. 要 約

1) いままでの知見で得られている生活年周期の各段階における集合様式から、標識放流した魚は産卵群であると考えた。

2) 産卵群の集合様式と、その後ひきつづいておこる集合様式の段階的变化と再捕魚との関係について述べた。

3) 北部日本海に生息するヒラメは、従来の知見を整理した結果、一つの系統群と仮設して、産卵群を対象に標識放流試験を行なった。その結果、産卵後期、接岸期、分散期、産卵前期の群は、石狩湾および雄冬岬周辺の両海域のものが混合しあっているが、産卵期には、それぞれ放流された産卵域で再捕されている。

また、幼魚期、若魚期の分布の状態を考察した結果、前の仮説は修正されて、余市系統群、増毛系統群とする方が妥当であると推定した。

文 献

- 1) 北海道立水産孵化場 (1952~1954) : 昭和27年, 昭和28年, 昭和29年各事業成績書
- 2) 大東信一・金田正・安川雅夫 (1952) : 北海道日本海沿岸 (古宇岩内海区) における鮮標識放流結果 (第一報) 魚と卵 昭和27年 (9)
- 3) 北海道立水産孵化場鹹水係 (1953) : 北海道日本海沿岸 (古宇岩内海区) に於ける鮮標識放流結果 (第二報) 魚と卵 昭和28年 (12)
- 4) 北海道立水産孵化場・石狩湾鮮標識放流調査協議会 (1956) : 昭和31年度 石狩湾鮮標識放流調査結果 (第1報) ガリ刷
- 5) ———— (1957) : 昭和32年度 石狩湾鮮標識放流調査結果 (第2報) ガリ刷
- 6) 大東信一 (1958) : 北海道日本海沿岸 (石狩湾) における鮮標識放流結果 (第3報) 魚と卵 9 (3)
- 7) 北海道立水産孵化場・石狩湾鮮標識放流調査協議会 (1960) : 昭和33・34年 留萌管内におけるヒラメ標識放流結果 (35.6.25現在) ガリ刷り
- 8) 三上正一・田村真樹・飯塚篤・大原正司 (1964) : 昭和26~28年度 沿岸水族幼稚魚生態調査報告 北海道立水産試験場
- 9) 佐藤 栄 (1962) : 水産資源研究の理論と実践における諸問題 (第2報のためのノート) ガリ刷
- 10) ———— (1964) : 魚の生活 (主体とその環境との関係) の研究について 水産海洋研究会報 5
- 11) ———— (1965) : 魚の生活の研究における問題点 ミチューリン生物学研究 1 (1)

付表 ヒラメ標識放流試験における再捕結果 (1966年6月30日現在)

Appendix table. Result of tagging experiment of "Hirame" flounder in 1964.

放 流 点	放 流			再 捕					
	Tagging			Recapture					
	年月日	場 所	尾 数	年月日	場 所	経過 日数	漁 具	率 (%)	
3	1964. 6. 14	高島岬 NE $\frac{1}{4}$ N 1.6カイリ	14	1964. 6. 19	小樽赤岩沖 0.5カイリ	5	雑はえなわ	35.7	
				1964. 11. 9	ケマフーレ川発電所沖 1.5カイリ	148	雑 刺 し 網		
				1965. 6. 12	小樽赤岩沖 1.5カイリ	363	カレイ刺し網		
				1965. 6. 19	石狩灯台真沖 12カイリ	370	カレイ刺し網		
				1966. 6. 11	日和山灯台 NNE 10カイリ	727	カレイ刺し網		
4	1964. 6. 16	高島岬 NE/N $\frac{1}{4}$ N 1.6カイリ	35	1964. 6. 18	祝津沖	2	カレイ刺し網	31.4	
				1964. 6. 19	小樽第2防波堤沖 136m	3	小 定 置		
				1964. 6. 20	朝里川沖 2 km	4	カレイ刺し網		
				1964. 7. 1	余市汐見町前浜 水深 30 m	15	カレイ刺し網		
				1964. 8. 1	阿分 N $\frac{1}{4}$ E 1.5カイリ	46	カレイ刺し網		
				1964. 11. 27	日和山灯台 NE/N 7カイリ	164	カレイ刺し網		
				1965. 3. 5	余市 ENE 13カイリ	262	カレイ刺し網		
				1965. 6. 15	豊浜沖 2 km	364	カレイ刺し網		
				1965. 6. 15	小樽赤岩沖 N/E 5.5カイリ	364	カレイ刺し網		
				1965. 7. 17	塩谷沖 N 1.8カイリ	396	カレイ刺し網		
				1965. 12. 10	塩谷窓岩沖	542	カレイ刺し網		
5	1964. 6. 18	銭函E $\frac{1}{4}$ N 3.6カイリ	6					0	
6	1964. 6. 19	高島岬 S/E $\frac{1}{4}$ E 3.4カイリ	20	1964. 7. 4	朝里沖 1 km	15	カレイ刺し網	25.0	
				1964. 7. 12	朝里沖 2 km	24	カレイ刺し網		
				1964. 12. 24	神恵内キナウシ沖 水深 53 m	188	底 建 て 網		
				1965. 4. 4	日和山灯台 NW 6.3カイリ	289	カレイ刺し網		
				1965. 5. 31	余市沖	347	カレイ刺し網		
7	1964. 6. 19	高島岬E/N 4.3カイリ	10	1965. 3. 13	余市沖	267	カレイ刺し網	10.0	
9	1964. 6. 24	高島岬W $\frac{1}{2}$ N 3.3カイリ	3					0	
10	1964. 6. 26	高島岬 NE/E $\frac{1}{2}$ E 1.7カイリ	10	1964. 7. 14	朝里沖 1.5 km	18	雑 刺 し 網	30.0	
				1965. 6. 14	日和山灯台 N 5.3カイリ	353	カレイ刺し網		
				1965. 6. 17	日和山灯台 N 3カイリ	376	カレイ刺し網		
11	1964. 6. 27	銭函N $\frac{1}{2}$ W 4.1カイリ	5	1964. 7. 6	銭函沖 800 m	10	雑 刺 し 網	20.0	
12	1964. 6. 30	尻場崎 NE $\frac{1}{4}$ E 1.4カイリ	10	1965. 3. 23	塩谷 N 4カイリ	267	カレイ刺し網	30.0	
				1965. 6. 12	尻場崎沖 (魚礁付近)	348	カレイ刺し網		
				1965. 6. 28	古平セタカムイ沖 700 m~800 m	282	カレイ刺し網		
13	1964. 7. 1	尻場崎 NW/N $\frac{1}{4}$ N 2.7カイリ	10	1965. 5. 20	積丹町大字神岬沖 水深 47 m	323	底 建 て 網	20.0	
				1965. 12	塩谷窓岩沖合	518	カレイ刺し網		
14	1964. 7. 2	尻場崎 N/W $\frac{1}{4}$ W 1.7カイリ	20	1964. 12. 23	尻場崎 NE/N 3.5カイリ	174	カレイ刺し網	50.0	
				1965. 1. 15	尻場崎 NE 11カイリ	198	カレイ刺し網		
				1965. 3. 15	塩谷 N 4カイリ	256	カレイ刺し網		
				1965. 3. 22	日和山灯台 NNE 11.5カイリ	263	カレイ刺し網		

放 流 点	放 流			再 捕				
	Tagging			Recapture				
	年月日	場 所	尾 数	年月日	場 所	経過 日数	漁 具	率 (%)
14	1964. 7. 2	尻場崎 N/W $\frac{3}{4}$ W 1.7カイリ		1965. 5. 14	日和山灯台 N 6.5カイリ	316	カレイ刺し網	
				1965. 6. 15	古平丸山崎 NNE 2.5 km	348	カレイ刺し網	
				1965. 8. 16	島野町親子別沖 1 km	400	底 建 て 網	
				1965. 12.	塩谷沖 3 km	517	カレイ刺し網	
				1966. 1. 4	尻場崎 NE 3カイリ	549	カレイ刺し網	
				1966. 4. 23	忍路カブト崎 NNW 1.5カイリ	720	は え な わ	
15	1964. 7. 3	尻場崎 N/E $\frac{1}{4}$ E 1.7カイリ	14	1965. 3. 20	ワツカケ沖 1.5カイリ	260	カレイ刺し網	14.3
				1965. 5. 31	日和山灯台 E 5カイリ	302	カレイ刺し網	
16	1964. 7. 22	歩古丹NW $\frac{3}{4}$ N 1.5カイリ	8	1964. 7. 27	臼谷沖 2 km	5	底 建 て 網	12.5
17	1964. 7. 23	岩尾 NW $\frac{1}{2}$ N 1.4カイリ	26	1964. 7. 29	臼谷 NW 2.5カイリ	6	へ ら 引 き	53.8
				1964. 8. 5	増毛町別莉沖	13	底 建 て 網	
				1964. 8. 15	臼谷沖	23	底 建 て 網	
				1964. 8. 25	臼谷沖	33	底 建 て 網	
				1964. 10. 14	有明沖 (苫前) 2 km	83	テンテン釣り	
				1964. 10. 28	小樽赤岩沖 NW 4.5カイリ	97	カレイ刺し網	
				1964. 11. 20	雄冬岬 N/W 3カイリ	120	カレイ刺し網	
				1964. 11. 23	日方泊崎 NW 2カイリ	123	カレイ刺し網	
				1964. 11. 27	雄冬岬 N 3カイリ	127	カレイ刺し網	
				1964. 12. 10	日和山灯台 NE 10カイリ	140	カレイ刺し網	
				1965. 4. 14	日和山灯台 NE 10カイリ	265	カレイ刺し網	
				1965. 5. 31	日和山灯台 5カイリ	312	カレイ刺し網	
				1965. 6. 15	鬼鹿港 NW 1カイリ	326	テンテン釣り	
				1965. 6. 23	増毛港 W $\frac{1}{2}$ S 6カイリ	335	カレイ刺し網	
19	1964. 7. 27	岩尾 W/N $\frac{3}{4}$ N 1.6カイリ	21	1964. 7. 31	臼谷沖 2 km	4	カレイ刺し網	52.4
				1964. 9. 29	増毛港 W/S $\frac{1}{2}$ S 200 m	64	カレイ刺し網	
				1964. 10. 14	目梨泊沖 (北見枝幸)	79	テンテン釣り	
				1964. 11. 9	小樽赤岩沖 2カイリ	105	カレイ刺し網	
				1964. 11. 20	雄冬岬 N/W 3カイリ	116	カレイ刺し網	
				1964. 11. 26	美国黄金崎 N 1カイリ	122	カレイ刺し網	
				1965. 3. 13	余市 ENE 21カイリ	229	カレイ刺し網	
				1965. 3. 14	余市 NE 21カイリ	230	カレイ刺し網	
				1965. 10.	塩谷沖 3 km	432	カレイ刺し網	
				1965. 11.	古平丸山崎 NE 2 km	462	カレイ刺し網	
				1966. 6. 15	岩尾沖		カレイ刺し網	
20	1964. 7. 28	歩古丹 W/S $\frac{1}{4}$ S 2.2カイリ	4	1965. 6. 18	天狗岳沖 水深30 m	325	カレイ刺し網	25.0
21	1964. 7. 29	雄冬村 SW $\frac{1}{4}$ S 2.3カイリ	29	1964. 8. 17	増毛町別莉古茶内地先 水深 24 m	19	底 建 て 網	24.1
				1964. 8. 23	増毛別莉村二つ岩沖 200 m	25	テンテン釣り	
				1964. 11. 21	日和山灯台 NE/N $\frac{1}{2}$ N 7カイリ	115	カレイ刺し網	
				1965. 3. 2	余市 NE 15カイリ	216	カレイ刺し網	

放 流 点	放 流			再 捕				
	Tagging			Recapture				
	年月日	場 所	尾 数	年月日	場 所	経過 日数	漁 具	率 (%)
21	1964. 7. 29	雄冬村 SW $\frac{1}{4}$ S 2.3カイリ		1965. 4. 1	日和山灯台 NE/N 15カイリ	246	カレイ刺し網	
				1965. 4. 5	湯内ローソク沖	250	カレイ刺し網	
				1965. 6. 30	岩尾クズレ沖 水深 37m	336	カレイ刺し網	
22	1964. 7. 30	雄冬村 SW/S $\frac{1}{4}$ S 2カイリ	13	1964. 12. 4	増毛町 W 4.5カイリ	128	カレイ刺し網	23.0
				1965. 3. 2	余市 NE 15カイリ	215	カレイ刺し網	
				1965. 5. 19	日和山灯台 E/N 9 km	293	は え な わ	
24	1964. 8. 5	歩古丹 NW/N 1.6カイリ	13	1964. 9. 20	初山別沖 8 km	46	一 本 釣 り	15.3
				1964. 10. 18	礼文水道	74	一 本 釣 り	

キタムラサキウニの年令形質と成長について

川 村 一 広

(中央水産試験場)

On the Age Determining Character and Growth of a Sea Urchin,
Strongylocentrotus nudus.

Kazuhiro KAWAMURA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

The author has carried out a study on the character of the pigment rings found in the genital plates as a way of age determination and also on the growth of the test diameter of *Strongylocentrotus nudus*.

The results obtained are as follow :

1. The pigment rings in the genital plates are constituted by three different colour zones as purple, green, and white, and those rings with annual circulations. Among of them, the purple one is the most distinct and formed during the winter season from November to March. Therefore, the age of *S. nudus* can be shown by numbers of the purple pigment rings.

2. The correlation between the test diameter (x) and that of the fifth genital plate (y) may be represented by the next formula. $y = 0.051 x$.

3. The relations between age and the test diameter of examined sea urchins at Yoichi are : one year 16.4 mm; two years 35.6 mm; three years 46.2 mm; four years 54.3 mm; five years 62.6 mm, respectively.

Deutler (1926), Moore (1935) はある種のウニでは殻に色素が年周期的変化を示して規則的に沈着し、殻にみられる色素帯が年令形質として使用できることを明らかにした。久米 (1929) はアカウニ、ムラサキウニ、コンダカウニ、パフンウニ、ラッパウニなどの殻に色素帯が明瞭に現われることを報告したが、それが年令形質として使用できるかどうか明らかにしていない。著者 (1966) は浦河町東栄産キタムラサキウニの年令と大きさの関係を生殖板にみられる色素帯の数から推定した。しかし、生殖板の色素帯の特性とその年周期変化についてはまだ報告していない。著者は1958年以来、余市産キタムラサキウニの生殖板の色素の形成過程および年令と大きさについて研究をおこない若干の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先きだち、研究材料の採集に協力していただいた小林嘉広氏、出口吉男氏に感謝の意を表す。

材 料 と 方 法

1958年10月より1959年11月まで毎月1回、余市沿岸のキタムラサキウニ (殻径40~70 mm) 20~30個体を採集して、生殖板^{註)}の色素帯の形質とその年周期変化を調べた。また、1965年8月25日から9月3日にかけて殻径16.4~73.6 mm のウニ 234 個体を採集し、ウニの年令と大きさの関係について調べた。

註) Onoda (1931) によれば、ウニの生殖板は発生の過程で変態時からすでに形成されているが、歩帯板や間歩帯板はウニの成長とともにその数が増加する。このため歩帯板や間歩帯板の色素帯によって年令を推定することはその板の形成時期が明らでない限り危険である。その点、生殖板は年令を推定する上で最も良い条件を備えているといえる。

生殖板の色素帯を観察する方法は Moore (1935) のそれと原理的に同じで次のとおりである。ウニの頂上系(生殖板、眼板を含む)を殻から取り、棘を取り除き殻の水平面を外側と内側から砥石で厚さ0.2~0.7 mm まで研磨し、脱水し、トロールで透徹し、スライドガラスにカナダバルサムで封入してプレパラートを作製した。また一部の個体の生殖板の横断面の標本も作製した。生殖板の色素帯は顕微鏡で観察した。5つの生殖板のうち第2生殖板はたくさん穴があり、色素帯も不鮮明なので観察の対象から外した。標本作製する上で注意すべき点はすでに Moore がくわしく述べているので省略する。

キタムラサキウニの一年目の個体を天然で大量に採集するのは一般に困難であり、余市では1個体しか採集できなかった。一年ウニの大きさを確かめるために1964年7月23日に有珠湾の垂下養殖カキに付着していたウニを15個体採集した。ウニを採集した筏は前年7月に設置したもので満一年経過している。木下ら(未発表)によれば有珠沿岸のキタムラサキウニの産卵期は年1回で9月下旬~11月中旬であるから、採集したウニが前年秋に発生した1年目のウニであることは確かである。

結 果

1. 生殖板にみられる色素帯とその年周期変化

生殖板の水平面は Fig. 1 に、横断面は Fig. 2 に示した。

キタムラサキウニの殻の外皮はすべて紫黒色をしているが、殻の内部は紫、緑、白の三色の縞になっている。生殖板の中心部には Primitive, Post-metamorphic plate があり、つづいて色素の沈着していない部分が少しあるが、すぐに紫色の色素帯になる。紫色の部分は鮮明ではほぼ均一な色調を示す場合が多い。つづいて緑色の色素帯に移るが両者の境界は非常にはっきりしている。緑色の色素帯は次第に薄くなり、ほとんど白色に近くなる。緑色から白色への変化は連続的で境界のはっきりしない場合が多い。それから周辺にむかって紫、緑、白の変化が規則的に繰り返される。紫色の色素帯の幅は第1輪では変化が多いが、第2輪からは外側のものほど狭くなっている。一般に第7~8輪以上になるとほとんど区別できなくなることが多い。また、紫色の色素帯は途中で非常に狭い無色の溝で2分されていることが時々観察される (Fig. D)。

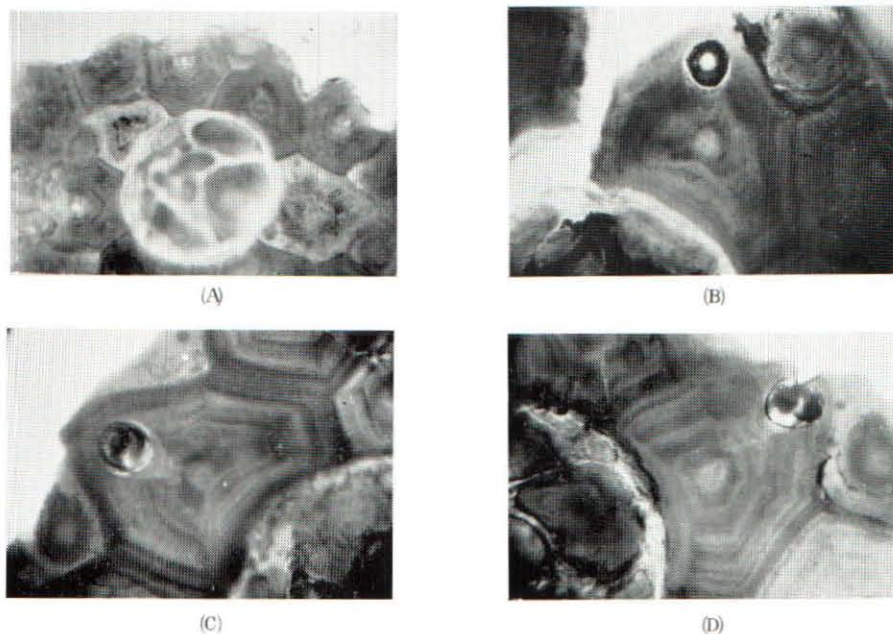


Fig. 1. Horizontal section of genital plate. Showing ages as one (A), two (B), three (C), and four (D) years-old.

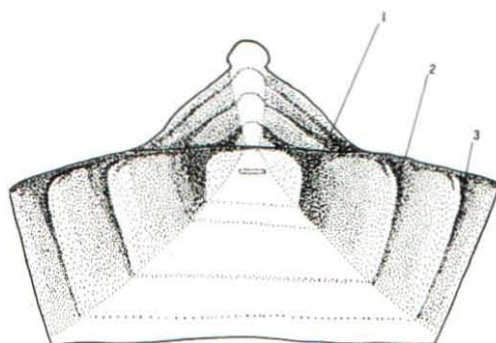


Fig. 2. Vertical section of the genital plate.

1. First purple zone. 2. Second purple zone. 3. Third purple zone.

この原因はわからないが、二枚貝などでよくいわれる障害輪のようなものかもしれない。水平面の色素帯の形は内から周辺部にむかって相似形をしており成長しても生殖板の形がほとんど変化しないことを示していると思われる。色素帯はまた大疣の内部にもみられる。

生殖板の横断面 (Fig. 2) からみると、色素帯は板の内側の面にはほとんどみられない。また、色素の沈着は周辺に近いものほど板の内部に深く入っているが、板の外側では表層のみである。これらの点から、板の成長は主として、板の側面と内面にむかっておこなわれ、外面の方向にはほとんどおこなわれていないと考えられる。また、色素の沈着は板の外面と側面からおこなわれていると推定される。

生殖板の周辺部に紫色の色素帯がみられる個体の比率の季節変化を (Fig. 3) に示した。紫色の色素帯の形成は11月から始まり、4月までに終る。4月から10月までの間に緑色、白色の部分が形成されるが、大まかにいって、緑色の部分は春から夏にかけて、白色の部分は夏から秋にかけて形成される。これらの色素帯が年周期をもって形成されること、有珠の養殖カキに付着していたウニはすべて紫色の色素帯が一つしか形成されていなかったことなどから、色素帯の数が年令形質として使用できることは明らかである。

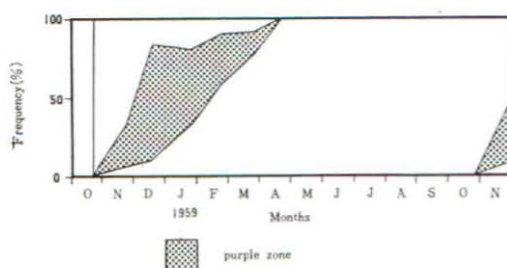


Fig. 3. Seasonal change of the occurrence of purple colour ring in the outmost zone of genital plate.

2. 殻径と第5生殖板の直径との関係

5つの生殖板はそれぞれ形が異なり比較左右相称の形をしているのは第2および第5生殖板である。第2生殖板は前述のように色素帯の観察には適当でないで、第5生殖板の直径と殻径の関係を調べた。Fig. 4にみられるように両者の関係は直線的であり、 $y = 0.051x$ (x = 殻径, y = 第5生殖板の直径)の式で示すことができる。

生殖板の形はウニの大きさによってほとんど変化がみられないこと、生殖板の色素帯は年周期をもって形成されることなどから、生殖板のそれぞれの色素帯に囲まれる部分の直径を測定することによって、その個

体の歴史的な成長過程を大まかに推定できるであろう。

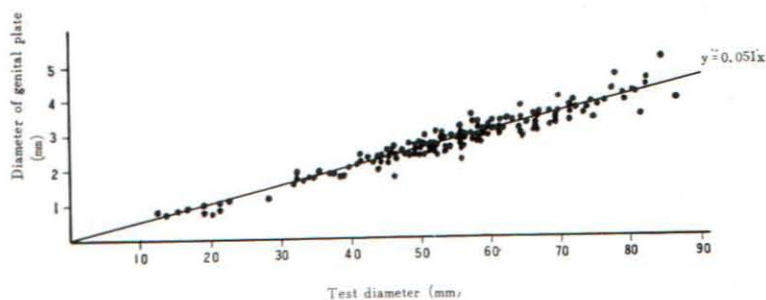


Fig. 4. Relation between the diameter of fifth genital plate and the test diameter.

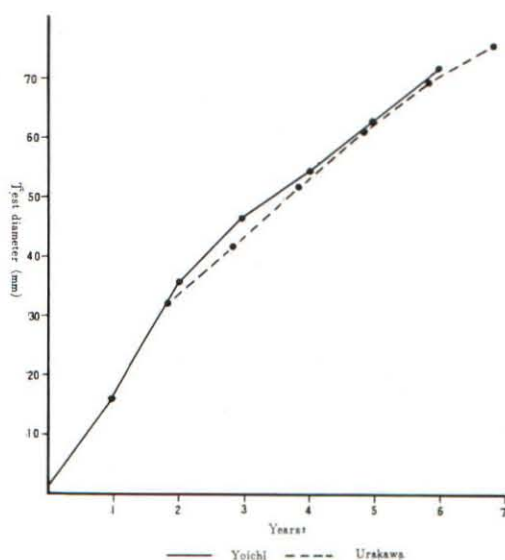


Fig. 5. Growth curve of *S. nudus*.

3. 年令と殻径との関係

余市産キタムラサキウニの調査個体数 234 のうち、193 個体について色素帯の数を確認し、年令を推定することができた。年令と殻径との関係について Table 1 および Fig. 5 に示した。また、色素帯に囲まれた部分の直径と殻径との関係から各年級群の年令と殻径の関係について Table 2 に示した。

1 年ウニは 1 個体のみで殻径 16.4 mm である。有珠の養殖カキに付着していたウニの大きさは殻径 9.8~23.4 mm の間で平均 17.9 mm である。また、余市産ウニの各年級群の満 1 年の大きさの平均値は 17.1~18.0 mm の範囲にあり、キタムラサキウニの満一年の大きさは一般的にいて、殻径 15~20 mm ぐらいであろう。2 年ウニ以上の大きさの平均値は 2 年 35.7 mm, 3 年 46.2 mm, 4 年 54.3 mm, 5 年 62.6 mm, 6 年 71.9 mm, となっている。6 年ウニは 2 個体しかないなのでこの数値は信頼できない。年間の成長量は 1 年目 16.4 mm, 2 年目 19.4 mm, 3 年目 10.5 mm, で 4 年以後は約 8 mm ぐらいになっている。各年級群の成長量をみると 1964 年には 1965 年よりも成長が良かったと推定される。

Table 1. Test diameter and body weight of *S. nudus* in each year class.

years	examined number	test diameter (mm)	body weight (g)
1	1	16.4	3
2	18	35.7±2.8	21±4
3	80	46.2±3.2	44±9
4	73	54.3±3.5	68±11
5	19	62.6±3.3	99±14
6	2	71.9	120

Table 2. Test diameter of each year class of *S. nudus*, estimated by the diameter of pigment rings in the genital plates.

year bred year	1962	1963	1964	1965
1961	1.71±1.8	36.1±2.8	49.0±2.8	54.3±3.5
1962		17.4±3.7	36.6±3.5	46.2±3.2
1963			18.0±2.5	35.7±2.8
1964				16.4±4

考 察

Deutler (1926), Moore (1935) は *Echinus esculentus*, *Colobocentrotus atratus* などのウニの殻の色素について報告しており、色素の沈着部位、沈着状態の周期的変化の規則性などはキタムラサキウニとほとんど同じである。*Echinus esculentus* では夏に色素が最も多く沈着するが、キタムラサキウニでは冬に最も多い。*Echinus esculentus* の産卵期は春であり、キタムラサキウニの産卵期は秋であるから、産卵期後に両種とも色素の沈着が多いことでは一致している。

Deutler, Moore は殻への色素の沈着は食物の種類と摂餌活動の変化に対応して変化すると述べている。キタムラサキウニの食物と摂餌活動の周期的変化についてはこれまでに研究されていない。Fuji (1962, 1963), 川村, 林(1965)のエゾバフンウニに関する研究によれば、摂餌活動、生殖巣の発達、殻の成長などは相互に関連し合いながら周期的に変化する。摂餌活動は産卵期後冬から春にかけて活発になり、冬の間は摂られた栄養は主として殻の成長にむけられ、春になると生殖巣の発達にむけられるようになる。夏になると摂餌活動は低下し、生殖巣の量的発達、殻の成長もほとんど停止してしまう。Fuji (1960), 木下ら (未発表), 著者ら(未発表)の研究によれば、キタムラサキウニの生殖巣の発達の年周期変化は基本的にエゾバフンウニと同じであるから、摂餌活動、殻の成長などの周期的変化もエゾバフンウニと似ていると想像されるが、こんご明らかにする必要がある。なお、紫色の色素帯の形成される時期の生殖巣の発育段階は産卵後回復期に当る。

Moore (1935, 36) は *Echinus esculentus* では46~79%の個体で色素帯から年令を判定することができた。余市産キタムラサキウニでは82%, 東栄産ウニでは8年以上の老令の個体を除き90%以上年令を判定することができた。*Echinus esculentus* の色素帯の不明瞭な個体は海藻が年中豊富で餌料条件のよい場所に多くみられた。余市産ウニの場合には、河口に近く、海藻の生育状態のあまりよくない場所に、色素帯の不明瞭な個体が多かった。Moore (1963) は *Lytoechinus variegatus* では、年令形質として使用できる色素帯を見出すことができなかった。著者もエゾバフンウニについて、相当数の標本を作って調べたが、色素帯の明瞭な個体はきわめて少なかった。ウニの殻に沈着する色素とその周期的変化は、ウニの種類によって、また、同一種であっても、生活条件の相異によって異なるものと考えられる。

久米 (1929) はアカウニの間歩帯、歩帯、頂上系の色素帯についてくわしく報告し、成長と年令の関係に

については、「この生長条帯（色素帯）が海胆の年令といかに関係するかの問題については興味あることではあるが決定は困難である。冬期光線を受くこと少なく、採食に乏しき折に無色の条帯が出現し、春期夏期において豊富なる生活をなす時に色彩ある条帯の出現を見ることが可能であれば、生長条帯は明らかに年輪である。」と述べている。久米はアカウニのほかムラサキウニ、コンダカウニ、パフンウニ、ラツパウニでも明瞭な色素帯のみられることを確認しており、これらのウニの色素帯の形成の季節変化を研究すればキタムラサキウニと同様の結果が得られる可能性があると考えられる。

著者（1966）は東栄産キタムラサキウニの年令と大きさの関係について報告した。余市産ウニは東栄よりも若干成長が早い傾向もみられる（Fig. 5）。しかし調査時期が異なるので正確な比較はできない。キタムラサキウニの成長の季節変化についてはまだ明らかにされておらず、こんご発育段階、生活周期に対応して成長の実態を明らかにすることが必要である。

摘 要

1. 余市産キタムラサキウニをおもな材料として、生殖板にみられる色素帯の特性、ウニの年令と大きさについて研究した。
2. 生殖板の色素帯は紫色、緑色、白色の三色に分られ、紫色の部分が最も鮮明である。色素帯の変化は年周期を示し、紫色の部分は11～3月の間に形成され、色素帯の数によってウニの年令を示すことができる。
3. 第5生殖板の直径と殻径との関係は $y = 0.051x$ （ x = 殻径、 y = 第5生殖板の直径）の式で示すことができる。
4. 余市産キタムラサキウニの年令と殻径との関係は次のとおりである。

1年—16.4 mm, 2年—35.7 mm, 3年—46.2 mm, 4年—54.3 mm, 5年—62.6 mm

文 献

- Deutler, F. (1926): Über das Wachstum des Seeigelskeletts.
Zool. Jahrb. Abt. Anat. u. Ontog. der Tiere., Bd. 48, Heft, 2, 119-200
- Fuji, A. (1960): Studies on the biology of the sea urchin.
III. Reproductive cycle of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*.
Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 11 (1) 1-14
- (1962): Studies on the biology of the sea urchins.
V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*.
Jour. Jap. Ecol. Assoc., 12 (5) 181-186
- 富士 昭, (1963): ウニ増殖に関する研究.
日本水産学会昭和38年度秋季大会シンポジウム議事録 127-136
- 川村一広 (1966): 浦河町沿岸のキタムラサキウニの生態と資源管理に関する2・3の考察 本報告 (5)
- 川村一広・林忠彦 (1965): エゾパフンウニの摂餌成長成熟におよぼす水温の影響について
北水試月報 22 (3) 22-45
- 久米又三 (1929): 海胆類の骨格の生長について 理学界 27 (3) 17-21
- Moore, H. B. (1935): A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. part II. Jour. Mar. Biol. Assoc., 20 (1) 109-128
- (1937): A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. part III. *ibid.*, 21, 711-719
- et al (1963): Biology of *Lytechinus variegatus*. Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, 13 (1) 23-53
- Onoda, K. (1931): Notes on the development of *Heliocidaris crassispina* with special reference to the structure of the larval body. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B, 7, 103-134

水産製品のカビに関する研究
第15報 防黴剤の効果的使用法について

(2) ソルビン酸と塩化ナトリウム併用による防黴効果について

佐 藤 照 彦

(函館水産試験場)

Studies on Fungi Isolated from Manufactured Marine Products.*

XV. Effective usage of antifungal materials.

(2) Effect of combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of fungi.

Teruhiko SATŌ

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

The effects of combination of sorbic acid and sodium chloride to the growth of fungi which isolated from the manufactured marine products and having the resistibility to sorbic acid and sodium chloride were tested in vitro. The results obtained are summarized as follow :

1. By speceis, somewhat differences were found in their resistibility against sorbic acid, sodium chloride and combinations of both chemicals. But use of combinations is more effective than individual use of those two chemicals.

2. The almost tested fungi were inhibited by a combination of 250 p.p.m. of sorbic acid and 0.5-1.5 mol of sodium chloride. Namely, *Asp. niger* was inhibited by 250 p.p.m. of the former and 1.5 mol of the latter, *Asp. glaucus* was by 250 p.p.m. and 1.0 mol, *Muc. sp.* was by 250 p.p.m. and 0.5 mol, *Trichoderma sp.* was by 250 p.p.m. and 1.5 mol, and *Pen. sp.* was by 333 p.p.m. and 2.0 mol respectively.

3. There are some species of fungi which can be grown up in high consistency of sorbic acid, but growth of those fungi was controled by use of a combination of sodium chloride and sorbic acid in low consistency.

4. As an antifungal method to the artificial seasoned marine products, it is more desirable to increase the amount of sodium chloride in use together with sorbic acid.

結 言

著者は前報¹⁾において、防黴剤と糖類あるいは無機塩類の併用による防黴増強効果について検討した。その結果糖類より無機塩類、なかでも塩化ナトリウムとソルビン酸との併用により、塩化ナトリウムの滲透圧とソルビン酸の防黴効果の和より大きい、相剩的な防黴増強効果が認められた。

本試験においては、さき²⁾³⁾にイカくん製品およびその他の製品などより分離したカビのうち、水産調味製品に発生が多くみられかつ、ソルビン酸に抵抗の強いと思われるカビを供試カビとして、塩化ナトリウムとソルビン酸併用によるカビ発育におよぼす影響および発育阻止濃度について検討を加えたので、その結果について報告する。

* The title of this series was changed as this from this time.

試 験 方 法

1. 培地の作製

基本対照培地は蔗糖20%添加 Czapek Agar 培地とした。

試験培地は(1) ソルビン酸区培地—ソルビン酸(ソルビン酸カリを用い、ソルビン酸量に換算)をそれぞれ段階的に 1/4,000, 1/3,000, 1/2,000, 1/1,000 を基本対照培地に添加した。

(2) 塩化ナトリウム区培地—塩化ナトリウムをそれぞれ段階的に 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mol を基本対照培地に添加した。

(3) 塩化ナトリウム, ソルビン酸併用培地—試験培地(1), (2) のソルビン酸と塩化ナトリウム量を組み合わせ、それぞれ段階的に基本対照培地に添加した。

2. 供試カビ

麹汁(Bllg 10) 寒天斜面培地に接種し、27°Cで1週間培養した *Asp. niger*, *Asp. glaucus*, *Pen. sp.*, *Muc. sp.*, *Trichoderma sp.* の各胞子をもって供試カビとした。

3. 試験方法

基本対照培地および試験培地を直径 9 cm のシャーレに注入し、冷却凝固させた扁平培地に、あらかじめ1週間培養した供試カビの胞子を1白金線摂取し、3線あて劃線塗抹して27°Cの恒温器中で湿度に留意し、1週間培養したのちカビ発生の有無および発育状態について観察検討した。

試験結果および考察

基本対照培地, ソルビン酸区培地(基本対照培地にソルビン酸 1/4,000~1/1,000 添加), 塩化ナトリウム区培地(基本対照培地に塩化ナトリウム 0.5~2.0 mol 添加)およびソルビン酸と塩化ナトリウム併用培地(基本対照培地にソルビン酸 1/4,000~1/1,000 と塩化ナトリウム 0.5~2.0 mol を組合せ添加)などの扁平培地に供試カビ胞子を劃線塗抹して、カビ発生の有無および発育状態の良否について観察検討した結果は第1~5表のとおりである。

Table 1. Inhibitory action of the combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of *Asp. niger*.

Concentration of sodium chloride (mol)	Concentration of sorbic acid				
	0	1/4,000	1/3,000	1/2,000	1/1,000
0	+++	+++	+++	+++	+++
0.5	+++	+++	+++	++	+
1.0	+++	+	±	±	—
1.5	+++	—	—	—	—
2.0	++	—	—	—	—

Table 2. Inhibitory action of the combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of *Asp. glaucus*.

Concentration of sodium chloride (mol)	Concentration of sorbic acid				
	0	1/4,000	1/3,000	1/2,000	1/1,000
0	+++	++	+	±	—
0.5	+++	+	—	—	—
1.0	+++	—	—	—	—
1.5	+++	—	—	—	—
2.0	+++	—	—	—	—

Table 3. Inhibitory action of the combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of *Pen. sp.*

Concentration of sodium chloride (mol)	Concentration of sorbic acid				
	0	1/4,000	1/3,000	1/2,000	1/1,000
0	++	++	++	+	+
0.5	++	++	+	+	+
1.0	++	+	+	+	±
1.5	++	+	±	±	—
2.0	+	—	—	—	—

Table 4. Inhibitory action of the combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of *Muc. sp.*

Concentration of sodium chloride (mol)	Concentration of sorbic acid				
	0	1/4,000	1/3,000	1/2,000	1/1,000
0	+++	+++	+++	+++	+++
0.5	++	—	—	—	—
1.0	±	—	—	—	—
1.5	—	—	—	—	—
2.0	—	—	—	—	—

Table 5. Inhibitory action of the combinations of sorbic acid and sodium chloride to the growth of *Trichoderma sp.*

Concentration of sodium chloride (mol)	Concentration of sorbic acid				
	0	1/4,000	1/3,000	1/2,000	1/1,000
0	+++	+++	+++	+++	+++
0.5	+++	+++	+++	+++	+
1.0	++	±	—	—	—
1.5	+	—	—	—	—
2.0	—	—	—	—	—

(1) *Asp. niger*

第1表によると *Asp. niger* はソルビン酸および塩化ナトリウムに強い抵抗がみられる。すなわち、単にソルビン酸あるいは塩化ナトリウムを添加した培地においては、それぞれ本試験最高濃度の培地に良好な発育状態を示している。しかし両者の併用培地において、かなり発育が抑制または阻害されるのがみられる。ソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.5 mol 併用培地で発育は阻害され、ソルビン酸 1/3,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 併用培地で発育不良となり、1.5 mol の併用で阻害される。ソルビン酸 1/2,000 併用区では同じ傾向にある。ソルビン酸 1/1,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 併用培地で発育は阻害される。ソルビン酸の低濃度との併用においては、塩化ナトリウム 1.5 mol 以上で発育はみられない。

(2) *Asp. glaucus*

第2表によると *Asp. glaucus* はソルビン酸に対して割合に抵抗性は弱い、塩化ナトリウムに強い抵抗性がみられる。ソルビン酸培地では 1/2,000 添加で発育は不良になり、1/1,000 添加で発育は阻害されている。塩化ナトリウム培地において、2.0 mol 添加で発育は抑制されず良好な生育状態がみられる。ソルビン酸と塩化ナトリウム併用培地において、ソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 添加培地で発

育は阻害され、またソルビン酸 1/3,000 以上の添加培地では塩化ナトリウム 0.5 mol 添加で発育はみられなく阻止されている。

(3) *Pen. sp.*

第3表によると *Pen. sp.* はソルビン酸および塩化ナトリウムに強い抵抗性がみられる。すなわち、本試験最高濃度であるソルビン酸 1/1,000 あるいは塩化ナトリウム 2.0 mol 培地において正常な発育をしている。しかし、ソルビン酸と塩化ナトリウム併用培地においては、ソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 2.0 mol 添加培地で発育は抑制されるが、なお発生がみられる。ソルビン酸 1/3,000 と塩化ナトリウム 1.5 mol 添加培地では発育を抑制され、塩化ナトリウム 2.0 mol の併用培地で発育は阻害されるのがみられる。ソルビン酸 1/2,000 と塩化ナトリウムの併用培地においては、ソルビン酸 1/3,000 と塩化ナトリウム併用培地と同じ傾向にある。ソルビン酸 1/1,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 添加併用培地において *Pen. sp.* は発育を阻害されている。

(4) *Muc. sp.*

第4表によると *Muc. sp.* はソルビン酸に対して抵抗性がみられるが、塩化ナトリウム培地の 1.0 mol 添加濃度で発育は不良になり、1.5 mol 添加濃度で発育は阻害されている。ソルビン酸と塩化ナトリウム併用によって、本試験の範囲で発育はすべて阻害され併用による影響が大きくみられる。

(5) *Trichoderma sp.*

第5表によると *Trichoderma sp.* はソルビン酸に対してはなほ強い抵抗性がみられる。塩化ナトリウムにも割合に耐性がみられるが、2.0 mol 添加濃度において発育は阻害される。ソルビン酸と塩化ナトリウム併用培地において、ソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 添加培地で発育は不良になり、塩化ナトリウム 1.5 mol 添加併用培地で発育は阻害される。ソルビン酸 1/3,000 あるいは 1/2,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 添加併用培地で発育は大きく抑制され、塩化ナトリウム 1.5 mol 添加併用培地で発育は阻止される。ソルビン酸 1/1,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol 添加併用培地で発育は阻害され生育はみられない。

以上の結果よりカビの種類により、ソルビン酸、塩化ナトリウムおよび両者の併用によるカビの発育におよぼす影響は異なるが、これらを単独使用した場合より、併用することによって単独使用の濃度より低濃度で供試カビの発育は抑制、かつ阻害されるのがみられる。

ソルビン酸と塩化ナトリウムの併用培地において、ソルビン酸と塩化ナトリウムのカビ発育阻止最低濃度との関係を検討すると第6表のとおりである。

Table 6. The lowest concentration for the inhibitory action of additives combined by sorbic acid and sodium chloride to the growth of fungi.

Species	Concentration of Additives	
	Sorbic acid	Sodium chloride
<i>Asp. niger</i>	1/4,000	1.5 mol
<i>Asp. glaucus</i>	1/4,000	1.0
<i>Pen. sp.</i>	1/3,000	2.0
<i>Muc. sp.</i>	1/4,000	0.5
<i>Trichoderma sp.</i>	1/4,000	1.5

この結果よりほとんどの供試カビはソルビン酸 1/4,000 添加濃度と塩化ナトリウム 0.5~1.5 mol 添加濃度範囲内で発育は阻止されている。すなわち *Asp. niger* はソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.5 mol, *Asp. glaucus* はソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.0 mol, *Muc. sp.* はソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 0.5 mol, *Trichoderma sp.* はソルビン酸 1/4,000 と塩化ナトリウム 1.5 mol 添加濃

度でそれぞれ発育は阻害された。*Pen. sp.* はソルビン酸 1/3,000 と塩化ナトリウム 2 mol 添加併用により発育は阻害され、他の供試カビより抵抗性がみられたが、やはり塩化ナトリウムの併用によりソルビン酸の防黴効果を増強する作用が大きくみられた。

さきに著者ら⁴⁾は食塩に対して強い耐性を示すカビは *Aspergillus* 属と *Penicillium* 属であり、*Mucor* 属はこれらのカビに比べて弱く、Fung Imperfecti はこの両者の中間にあたり、大部分は弱い耐性を示すが、中には著しく強い耐性を示すカビがみられることを認めている。また、著者⁵⁾は各種水産製品より分離したカビの各浸透圧における発育状態をみると、ほとんどのカビが好浸透圧性か、耐浸透圧性の発育状態のものが多く、塩化ナトリウムに抵抗性の強いことを認めている。一方、著者ら⁶⁾はイカくん製品より分離したカビについて、ソルビン酸系防黴剤の発育におよぼす影響について検討した結果、*Aspergillus* 属のカビに比較して *Penicillium* 属のカビは抵抗性が強く、*Mucor* 属、Fungi Imperfecti は両者の中間的な耐性をもつカビと考えられるが、このうちに強い耐性を示すカビ (*Trichoderma sp.*) を認めている。

これらの結果より防黴剤のみによってカビの発生を防止するには、かなりの高い濃度が要求され、またカビの種類によっては相当高濃度の使用においても発育を阻止されないカビもある。防黴剤の効果的な使用方法として、食品を酸性に保持する必要性も報告されているが、防黴剤の効果をさらに増強させる方法として浸透圧の影響および糖類、無機塩類などの影響について検討した結果、前報¹⁾に述べたごとく塩化ナトリウムはソルビン酸の防黴効果を増強する作用が認められ、ソルビン酸に強い耐性のあるカビに対して塩化ナトリウムの併用により、ソルビン酸の低濃度で発育を抑制および阻害することを認めた。

一般に水産調味製品においては、食塩の添加量の多少のちがいはあるが使用されている。しかし製品に発生生育するカビは浸透圧に耐性のあるカビが多くみられる⁵⁾ので、少量の食塩および糖類の使用による浸透圧のある程度の上昇は、かえってこれらのカビの生育を良好にする傾向がある。したがって食塩によるソルビン酸の防黴効果の増強には、食塩を多くするとともに、これが直接強く感触のないように甘味および化学調味料を適切に使用することが必要と思われる。

要 約

前報¹⁾においてソルビン酸の防黴効果は、塩化ナトリウムとの併用により著しい増強効果が認められたので、本報においてはソルビン酸あるいは塩化ナトリウムに抵抗性のあるカビ5種 (*Asp. niger*, *Asp. glaucus*, *Pen. sp.*, *Muc. sp.*, *Trichoderma sp.*) を供試カビとし、基本培地 (蔗糖20%添加 Czapek Agar 培地) にソルビン酸 1/4,000 ~ 1/1,000 を段階的に加えた培地、塩化ナトリウム 0.5~2.0 mol を段階的に加えた培地および両者の濃度を組み合わせて段階的に加えた培地を用い、27°Cの恒温器に1週間培養し供試カビの発育におよぼす影響および発育阻止濃度についてさらに検討を加えた。えられた結果について要約すると次のとおりである。

(1) カビの種類により、ソルビン酸および塩化ナトリウムまたは両者併用のカビ生育におよぼす影響は異なるが、これらを単独に使用した場合に比較して、塩化ナトリウムとソルビン酸の低濃度の併用において供試カビの発育は抑制かつ阻害された。

(2) 供試カビのほとんどは塩化ナトリウム 1.5 mol 添加することにより、ソルビン酸 1/4000 添加でその発育は阻止された。しかし、*Pen. sp.* は塩化ナトリウムを 2 mol 添加によってもソルビン酸 1/4,000 で阻止されず、1/3,000 の添加濃度で発育は阻止された。

(3) ソルビン酸に対して著しく強い耐性のある供試カビにおいても塩化ナトリウムを相当量併用する場合には、ソルビン酸の低濃度で発育は阻止された。

(4) 水産調味製品の防黴方法の一つとして、ソルビン酸の使用とともに食塩含量の増加をはかることが考えられる。

文

献

- 1) 佐藤照彦 (1966) : 本報告 (5) 45
- 2) 佐藤照彦・奥田行雄 (1963) : 本報告 (1) 61
- 3) ———・———— (1964) : 本報告 (2) 79
- 4) 奥田行雄・佐藤照彦 (1963) : 本報告 (1) 37
- 5) 佐藤照彦 (1965) : 本報告 (3) 93
- 6) 奥田行雄・佐藤照彦 (1963) : 北水研報 (27) 67

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)	余市町 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	函館市湯川町1の2 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	釧路市浜町16 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	網走市北11東1 (1-Higashi, 11-Kita, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	稚内市宝来通り5 (Hōrai-Dōri, Wakkanai, Hokkaido, Japan)

昭和41年10月25日印刷

昭和41年10月31日発行

北海道余市町
編集兼 北海道立中央水産試験場
発行者

札幌市南2条西6丁目

印刷者 山 藤 国 八

札幌市南2条西6丁目

印刷所 山藤印刷株式会社