

## サロマ湖における水塊変動\*

柴沼成一郎\*\*・梶原 昌弘\*\*・三宅 秀男\*\*

### Water Characteristics in Lake Saroma\*

Seiichiro SHIBANUMA\*\*, Masahiro KAJIHARA\*\* and Hideo MIYAKE\*\*

#### Abstract

Seasonal changes of physical and chemical characteristics of waters in Lake Saroma and the Okhotsk Sea were investigated for four years during 1988-1991. The lake water was significantly affected by changes of water masses in the Okhotsk Sea as well as by climatic changes and by a discharge from rivers into the lake. It was also indicated that the fluctuations of temperature and salinity were higher in the lake water than in the Okhotsk Sea water. Both periods from August to September and January to March, the lake water was stable and formed characteristic water masses being homogeneous in space. We call those waters as "Summer water in Lake Saroma" and "Winter water in Lake Saroma" respectively.

#### 1. はじめに

サロマ湖は北海道北東部に位置し、オホーツク海に面した面積 151.7 km<sup>2</sup>、周囲 92 km、最大水深 19.5 m、平均水深 8.7 m の我が国最大の汽水湖である。現在この湖は、Fig. 1 に示すように第 1 湖口(通称現湖口)、第 2 湖口の 2 つの湖口によってオホーツク海とつながっている。

このサロマ湖は古くから多種多様な生物資源の漁場として利用されてきたが、同時に養殖漁場としても利用されてきた。歴史的にみると、現湖口が開削される以前の 1920 年代までは湖水の塩分が低く、かつ夏季に水温が上昇することから、マガキの養殖が主に営まれていた(北海道栽培漁業振興公社, 1985)。当時サロマ湖のオホーツク海への開口部は、常呂寄りに流入するライトコロ川の流入域である鑑沸に位置していた。しかし、秋季に漂砂によって湖口が閉塞するため、春季には人為的に掘削を行い再び開口していた(大島,

1971)。そこで湖口を通年確保して湖水循環の改善を図るため、1929 年 4 月にスピッツに人為的な幅 200 m、水深 5~7 m の水路を掘削し、Fig. 1 に示した現湖口を開口させた。これによって湖内水の水温はオホーツク海とほぼ同程度まで低下し、塩分も増加した(高安ら, 1934, 黒田, 1964)。さらに湧別寄りの西湖盆にみられた低溶存酸素水も解消された。このような湖水環境の変化は、マガキの養殖からホタテガイの養殖へと、適応する生物相にも変化をもたらした。サロマ湖の漁業は、以後現在までホタテガイの養殖が主流を占めてきている。しかし 1974 年頃からサロマ湖に赤潮の発生が見られ、ホタテガイにも変形貝が発生するようになった(北海道栽培漁業振興公社, 1985)。さらに、サロマ湖の東西 2 つの湖盆の最深部では、湖底堆積物中の間隙水が還元状態を示すようになった(渡辺, 1969)。サロマ湖の湖水交換量は、現湖口の 1 潮時における湖水通過量でみても、サロマ湖全体の湖水容積の 5~6% にすぎないため、特に湖奥部域に当たる東湖盆で水質悪化が予想された(北海道, 1969)。そこで、常呂寄りの福島番屋付近に第 2 湖口が計画され、1978 年 12 月開削された。この第 2 湖口開口により、赤潮やホタテガイの変形貝の発生は見られなくなった。また底層における溶存酸素量も飽和状態近くまで改善され(菊池・野沢, 1979)、ホタテガイの養殖は現在まで安定した生

1994 年 7 月 27 日受理

\* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績 277 号 Contribution No. 277 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University

\*\* 北海道大学水産学部 Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido, 041, Japan.

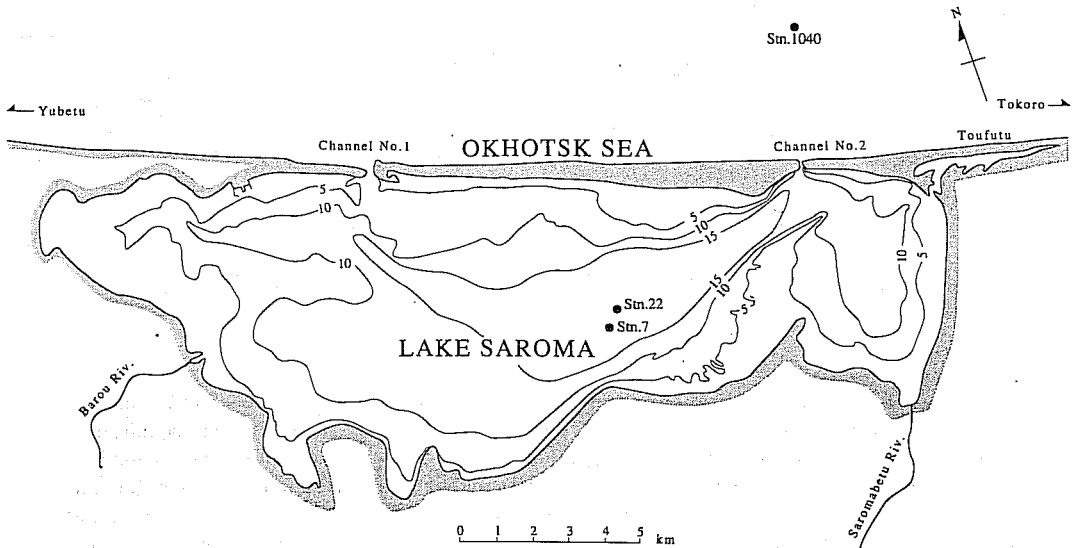


Fig. 1. Location of stations in Lake Saroma with bathymetry in meters. At Stn. 22 self-recording thermometers were moored at depths of 3 m and 6 m and at Stn. 7 temperature and salinity were monthly measured with a STD. Additional station 1040 was also fixed out of the lake.

産量を保っている。

このように、サロマ湖には人為的改修が加えられてきた。改修に伴うサロマ湖水の変化に対する科学的調査は、1928年高安ら(1934)によって現湖口開削前後の水温、塩分、栄養塩、浮遊生物を含む棲息生物の調査が、さらに1930年代には木下ら(1938)によって水温と海水比重の観測が行われたものの、以降1960年代前半まで調査の報告例はない。1960年代に入ると、漁場としてのサロマ湖の適性を水質及び底質から探ろうとする調査が実施された(黒田, 1964, 近江ら, 1968, 北海道, 1969)。1974年前後に発生した赤潮を契機に、1975年からサロマ湖におけるホタテガイ養殖の許容量を推定するため総合調査が行われた(富士, 1979)。さらに1978年に掘削された第2湖口開口後のホタテガイ養殖の許容量を見直すため、底質、自然棲息生物の種や資源量の調査が行われてきた(富士, 1986, 北海道栽培漁業振興公社, 1984, サロマ湖養殖漁業協同組合, 1985, 1987, 1988, 西浜, 1989a, 1989b, 西浜ら, 1989, 梶原ら, 1988a, 1988b)。しかしこれらの調査・研究はいずれも限定された期間に行われたものであり、通年の観測、また湖全域についての調査は少なかった。

現在サロマ湖はオホーツク海と2つの湖口でつながれているが、そのためオホーツク海の水塊変動の影響を受け易い。さらに湖には10余りの河川が流入してい

るため、河川水の影響を無視することはできない。また水深が浅いため、気温、風等の気象変動によっても、湖水の混合・拡散が影響される。そこで、我々はサロマ湖水の物理的・化学的な変動を捉えるため、季節変動を考慮した通年の測定を実施した。このような湖水の長・短期変動の把握は、サロマ湖のホタテガイ養殖に対する的確な許容量算定の基礎資料を与えることにもなるであろう。

## 2. 観測及び方法

通年の水温変動を捉えるため、Fig. 1に示したサロマ湖最深部のStn. 22に、自記記録式水温計(離合社製RMT5221型)を1987年1月から1991年12月に至る4年間設置し、測定を行った。設置水深は成層期の水温躍層を考慮し、表層から3mと6mの深さである。測温間隔は、12月から3月までの冬季期間が60分、他期間は20分に設定した。また水塊区分を行うため、Fig. 1のStn. 22に近接したStn. 7で、1988年から1991年にかけて毎月1回(冬季期間を除く)の水温、塩分の鉛直分布観測を行った。測定はメモリー式STD(アレック社製AST-1000及び3000型)を用い、深度0.5m間隔で実施した。一方、サロマ湖と2つの水路でつながり、サロマ湖の湖水に直接影響を与えていると考えられるオホーツク海の水塊変動を捉えるため、Fig. 1に

示したサロマ湖第2湖口沖約2海里に位置する水深40 mのStn. 1040において、1989年4月から10月、並びに1990年4月から12月までの期間、ほぼ毎日上記のメモリー式STDを用い、深度0.5 m間隔で水温、塩分の鉛直分布を測定した。

### 3. 結果

#### 春季の水塊構造

サロマ湖内のStn. 7における1988年4月~11月、1989年4月~9月、1990年4月~11月、1991年6月~11月の4年間の水温、塩分の鉛直経時変化をFig. 2に示した。4月~5月の春季には、融氷水と融雪水により増加した河川水の影響を受け、欠測した1991年を除き各年ともに表層には $31.5 \text{ psu} >$ の低塩分水が出現している。しかし水深10 m以深には水温 $5^\circ\text{C} >$ 、塩分 $32.0 \text{ psu} <$ の水塊が存在する。この水塊は後述するように、冬期間サロマ湖全域を占有する水塊に比較して水温で $4\sim 6^\circ\text{C}$ 、塩分で $0.5 \text{ psu} \sim 1.0 \text{ psu}$ 高くなっている。これは宗谷暖流水の影響を受けたオホーツク海の水塊(青田・河村, 1979)と同じ特性を示している。

#### 夏季の水塊構造とオホーツク海の宗谷暖流水流入

サロマ湖内の水塊変動は、水路でつながれているオ

ホーツク海の水塊変動に強く左右される。そこでFig. 3に第2湖口沖のオホーツク海のStn. 1040における1989年4月~11月、1990年4月~11月の水温及び塩分の鉛直経時変化を示した。この両年の4月と5月の測定結果を比較すると、1989年には1990年に比べ明らかに水温も塩分も低くなっている。これはオホーツク海における宗谷暖流水の勢力が、1990年に比べ弱かったためと考えられる。5月下旬から7月下旬にかけて、水温は $5\sim 9^\circ\text{C}$ から約 $18^\circ\text{C}$ にまで急激に上昇し、塩分も $33.8 \text{ psu} <$ に増加する。これは宗谷暖流水がこの時期オホーツク海へと活発に流入するためである(青田, 1979)。Fig. 4(a)~(d)は、湖内のStn. 22の水深3 mと6 mにおける水温の経時変化、並びに常呂における日平均気温の経時変化を1988年、1989年、1990年、1991年についてそれぞれ示したものである。これらの水温、気温の変動、並びにFig. 2の湖内の鉛直経時変化から明らかのように、湖内水の水温は5月下旬から7月上旬にかけて気温の上昇に伴って表層から昇温し、成層化が進行する。一方、塩分はFig. 2から明らかのように、底層から上層へと増加してくる。7月中旬になると水温、塩分の変動速度は急速に弱まってくる。しかし詳細にみると、1988年、1989年、1990年、

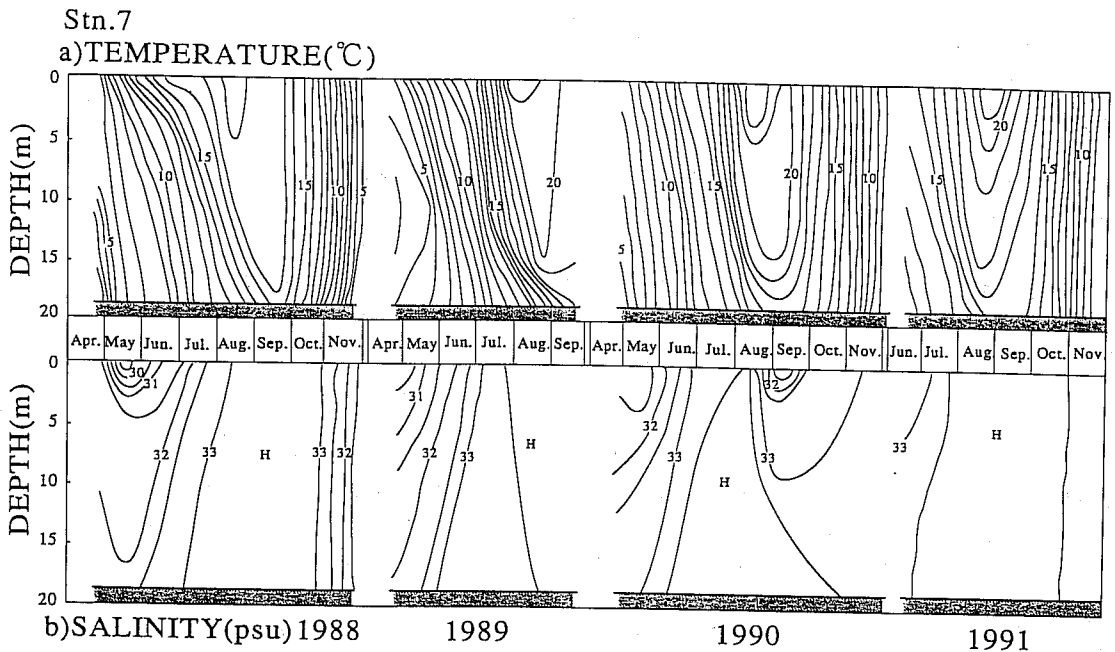


Fig. 2. Time-dependent sections at Stn. 7 in Lake Saroma in 1988, 1989, 1990 and 1991. (a) ; Temperature, (b) ; Salinity

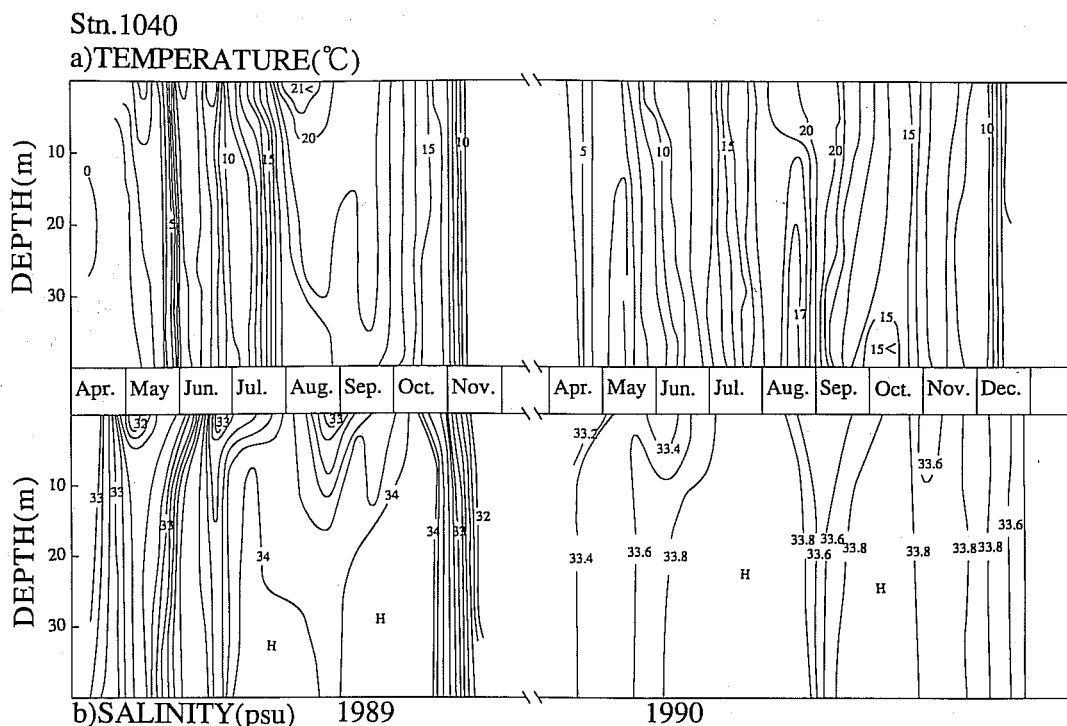


Fig. 3. Time-dependent sections at Stn. 1040 in the Okhotsk Sea in 1989 and 1990. (a); Temperature, (b); Salinity

1991年の水温・塩分分布には若干年変動が存在し、1988年は他の年度に比べ低水温、低塩分に推移している。しかし全般的な傾向として、7月中旬になるとサロマ湖の水温は15°C前後に昇温し、塩分も高くなる。しかも、共に鉛直的にほぼ均一となり、1989年、1990年、1991年の7月中旬には表層から水深10mまで水温15°C<、塩分33.0 psu<を示している。8月になるとさらに昇温し、塩分がほぼ一律な33.5 psu<で、弱い温度成層を持った水塊を形成する。そして8月中旬には、Fig. 4(a)~(d)に見られるようにサロマ湖水は最高水温を記録する。

#### 秋季の水塊構造

サロマ湖の水温は、9月中旬を境に表層から底層まで一様に低下傾向をたどる。しかし塩分はFig. 2に見られるように、夏季から10月下旬まで33.0 psu<の高い値を維持している。なお、1990年9月初旬の表層にみられる低塩分水は、8月下旬と9月上旬の2度にわたって局部的、かつ集中的に降った雨の影響である(気象協会北海道本部, 1990)。10月下旬になると、水柱全体で塩分低下が始まり、特に1988年にはその傾向が明

瞭にみられる。1989年は欠測のため不明であるが、1990年、1991年は、低下の傾向にあるものの、11月下旬でもなお33.0 psu<の高塩分水が湖内に滞留していた。このように、塩分低下にも年変動がみられた。

#### 結氷期の水塊構造

12月になると気温低下はさらに進行し、Fig. 4(a)~(d)に示したように、中旬には氷点下となる。サロマ湖の水温も、この気温低下の影響に加え、オホーツク海の表層低塩分水の流入によってさらに低下する。12月下旬になると、全層にわたって水温は0°C>となる。1月中旬には、さらに低下が進行して水温は約-1.6°Cの最低水温を記録する。この間12月下旬には結氷が始まり、2月には湖内全域が氷で覆われる。氷の下の湖内水の冷却は一層強まり、全層が約-1.6°Cの水温となって鉛直的に均一な安定した水塊を形成する。3月になるとオホーツク海では流水が去る。1988年のFig. 4(a)及び1991年のFig. 4(d)に明瞭に示されているように、この3月にはサロマ湖内の水温は一時的に深度3mより6mの方が高くなる。これは、水温の上昇したオホーツク海水が、サロマ湖内へ底層から流入した

サロマ湖における水塊変動

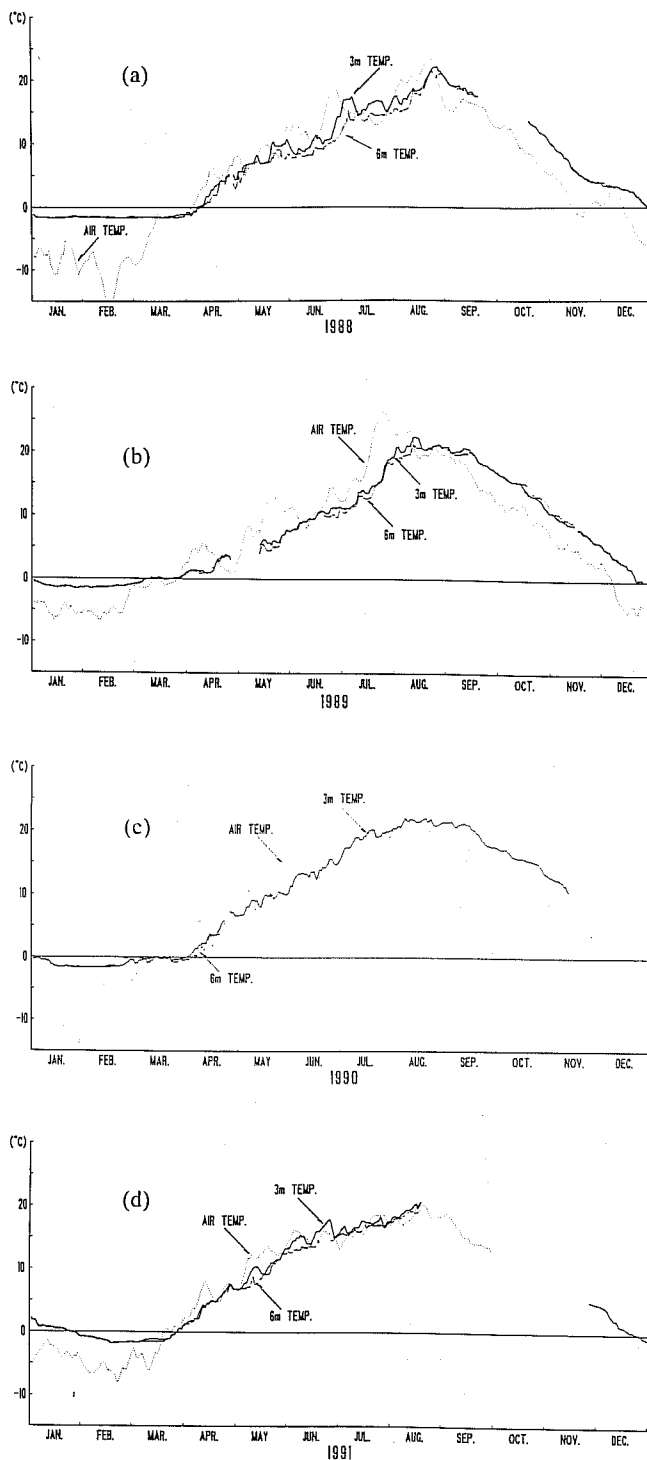


Fig. 4. Annual changes of water temperature at depths of 3 m (—) and 6 m (---) at Stn. 7, and those of air temperature (···) at Tokoro (AMEDAS), observed in 1988 (a), 1989 (b), 1990 (c) and 1991 (d).

ことを示している。湖面を覆っていた氷は、気温の上昇と昇温した湖内水の両面から暖められ、急激に溶解する。

4. 考 察

サロマ湖内の水温や塩分の変動は大きく、湖内水は単に湖口を流し出入するオホーツク海水だけでなく、気象条件や河川水の流入などの影響を強く受けて複雑な変化をしていると考えられる。Fig. 5はサロマ湖のStn. 7における3 m, 15 m層の水温、塩分値を月毎の変化として図示したT-Sダイアグラムである。3 m層と15 m層とを比較してみると、各年ともに4月から8月にかけては常に3 m層で水温が1.0~5.0°C高く、一方塩分は1.5~0.8 psu低くなっている。この両層の水温と塩分の差は4月、5月、6月には大きいですが、夏季に向かうにつれ徐々に小さくなり、8月には両層ともに近似した水温、塩分値に収斂する。

Fig. 6はオホーツク海のStn. 1040における水温、塩分値を、Fig. 5と同様に月毎のT-Sダイアグラムとし

て示したものである。サロマ湖と同様オホーツク海でも、気象条件や流入する水塊の影響を受け、塩分に大きな年変動がみられる。1989年6月の表層の塩分が極端に低くなっているのは、降雨に伴う陸水の影響によるものである。また、1989年5月に全層で塩分が低いのは、既に述べたように1989年、1990年の宗谷暖流水の勢力を反映したものであろう。同様に1989年11月にも全層で塩分が低いですが、これはオホーツク海の宗谷暖流水の勢力が衰え、代わって表層低塩分水（青田, 1968）が出現したためであろう。なお、1990年には12月になってから表層低塩分水が出現している。しかしオホーツク海の水温、塩分の変動幅は、サロマ湖内と比較し全般的傾向として共に小さい。オホーツク海における春季の3 m層の塩分は15 m層に比べてサロマ湖と同様低いが、その差は4月には約0.5 psuである。しかし、これら気象条件の変化や水塊の流入過程による変化を除けば、オホーツク海のStn. 1040における3 m層と15 m層の水温、塩分値にはほとんど差は見られない。5月以降オホーツク海の15 m層の塩分値は、サロマ湖の15 m層と比較して、常に0.1~1.0 psu高い

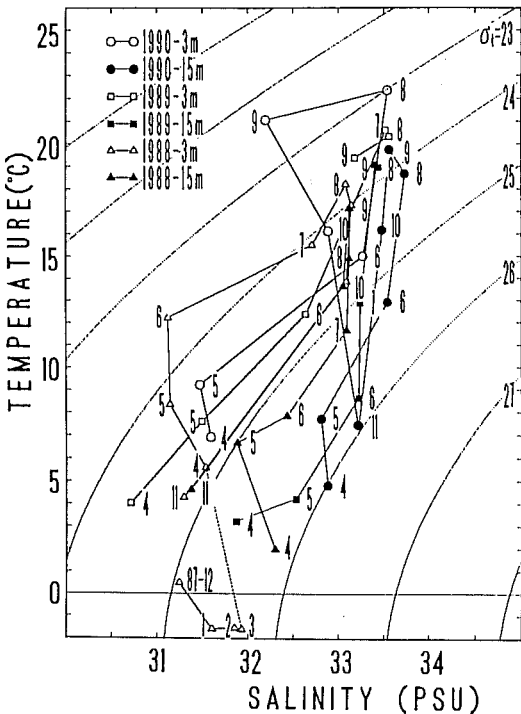


Fig. 5. Seasonal changes of temperature and salinity in T-S diagrams at Stn. 7 in Lake Saroma in 1988-1990. Number shows each month.

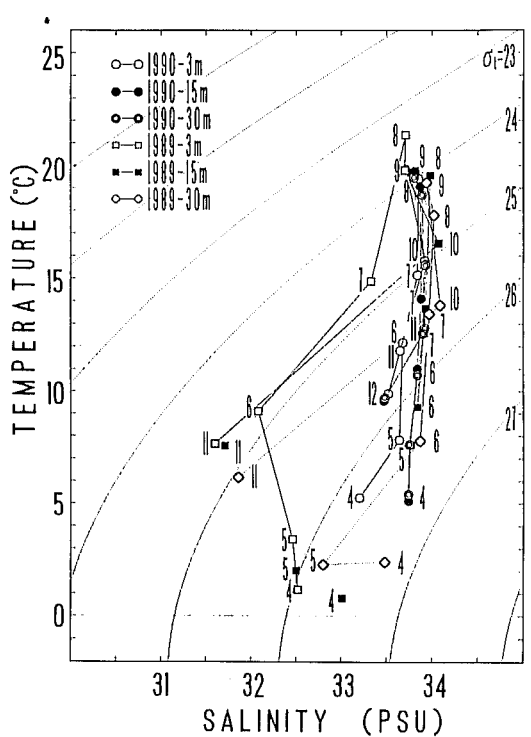


Fig. 6. Seasonal changes of temperature and salinity in T-S diagrams at Stn. 1040 in the Okhotsk Sea in 1989 and 1990.

Table 1. Sigma-t differences between stations and between depths.

Date of Measurements		$\Delta\sigma_t$			
Saroma	Okhotsk	S: 15 m-S: 3 m	O: 15 m-O: 3 m	O: 3 m-S: 3 m	O: 3 m-S: 15 m
Apr. 28, 1988		0.95			
May 19, 1988	May 30, 1988	0.82	0.91	0.69	-0.13
Jun. 24, 1988	Jun. 21, 1988	1.73	0.54	1.75	0.02
Jul. 15, 1988	Jul. 14, 1988	1.07	0.44	0.62	-0.45
Aug. 13, 1988	Aug. 9, 1988	0.78	0.15	0.21	-0.57
Sept. 17, 1988		0.02			
Oct. 18, 1988		0.01			
Nov. 22, 1988		0.03			
Apr. 23, 1989	Apr. 15, 1989	1.00	0.33	1.70	0.70
May 21, 1989	May 16, 1989	1.22	0.53	1.08	-0.14
Jun. 24, 1989	Jun. 15, 1989	1.09	0.98	0.59	-0.50
Jul. 31, 1989	Jul. 15, 1989	1.57	0.69	0.31	-1.26
Aug. 19, 1989	Aug. 10, 1989	0.20	0.68	-0.17	-0.37
Sept. 19, 1989	Sept. 15, 1989	0.30	0.09	0.29	-0.01
Oct. 17, 1989	Oct. 17, 1989	0.01	0.01	0.03	0.02
Apr. 27, 1990	Apr. 27, 1990	1.27	0.39	1.39	0.12
May 19, 1990	May 20, 1990	1.28	0.16	1.76	0.48
Jun. 30, 1990	Jun. 30, 1990	0.63	0.06	0.89	0.26
	Jul. 14, 1990		0.25		
Aug. 8, 1990	Aug. 9, 1990	1.12	0.31	0.90	-0.22
Sept. 6, 1990	Sept. 6, 1990	1.37	0.29	1.30	-0.07
Oct. 9, 1990	Oct. 8, 1990	0.44	0.01	0.88	0.44
Nov. 29, 1990	Nov. 28, 1990	0.01	0.00	-0.08	-0.09

S: 15 m-S: 3 m, O: 15 m-O: 3 m; Difference between depths at a station in Lake Saroma (S) and in the Okhotsk Sea (O).

O: 3 m-S: 3 m; Difference between stations in the Okhotsk Sea and in Lake Saroma at the 3-m depth.

O: 3 m-S: 15 m; Difference between stations at different depths, i.e., between the 3-m depth at a station in the Okhotsk Sea and the 15-m depth at a station in Lake Saroma.

値を示す。しかし、春季の低い塩分値が夏季から秋季にかけて最高値に達し、再び冬季に低下し始めるというサイクルは、サロマ湖とオホーツク海で共通している。特にサロマ湖水が成層している春季から8月中旬までの期間、オホーツク海の15 m層とサロマ湖の15 m層の塩分の変化傾向が一致している。これはオホーツク海の水塊が、0.1~1.0 psu 塩分の低いサロマ湖の水塊の下に流入し、鉛直的に徐々に拡がっていることを示唆している。

Table 1は、サロマ湖(S)とオホーツク海(O)について、それぞれ3 m層と15 m層の鉛直的な密度差 S: 15 m-S: 3 m, O: 15 m-S: 3 m 及びオホーツク海とサロマ湖の3 m層の水平的な密度差 O: 3 m-S: 3 m,

及び3 m層と15 m層の水平的な密度差 O: 3 m-S: 15 mを示したものである。なお、オホーツク海とサロマ湖では若干測定日にずれがあり必ずしも一致していない。サロマ湖における鉛直的な密度差は、1988年では9月以降、1989年では8月以降、及び1990年では11月に小さい値を示している。つまりこの時期のサロマ湖水は、鉛直に混合されているか、ないしは弱い成層状態にあったことを示している。一方、オホーツク海における鉛直的な密度差は、サロマ湖の同時期の値に比べ全般的に低い値を示している。云うまでもなくこの小さな密度差は、オホーツク海の3 m層と15 m層の水温、塩分値に差がなかったことによるものである。オホーツク海の3 m層とサロマ湖の15 m層との密

度差 (O: 3 m-S: 15 m) は, 1988 年 6 月, 1989 年の 4 月と 10 月, 1990 年の 4~6 月及び 10 月に正の値を示している。一方, 1988 年 7~8 月, 1989 年 5~9 月, 1990 年 8~9 月に負の値を示している。この密度差が正の時は, オホーツクの表層水がサロマ湖の下層に流入していることを示しており, 負の時は, オホーツク海の表層水がサロマ湖の 15 m 層より上に流入していることを示している。すなわち, 春季から夏季にかけて塩分が高く密度の大きいオホーツク海水は, 湖口からサロマ湖の下層に流入するが, 夏に向かい徐々に塩分差が小さくなるにつれ, 15 m 層より上層に流入して拡がることを示唆している。8~9 月になると, サロマ湖の塩分は鉛直的に差がなくなる (Fig. 2)。この時期の水温は鉛直的な差が 4°C 以下となり, 既に述べたように弱い水温成層の状態を示す。このように夏季から秋季にかけて, サロマ湖の特性はオホーツク沿岸水の特性と殆ど等しくなる。これはオホーツク海の 3 m 層とサロマ湖の 3 m 層との密度差 (O: 3 m-S: 3 m) が小さいことから明らかである。このようにして形成された水塊は, 湖水特性の年変動が大きいサロマ湖においても毎年恒常的に観測されるものであり, 特徴的な水塊として夏季サロマ湖水と呼称することにする。

秋季から冬季にかけてサロマ湖水は, Fig. 4(a)~(d) 及び Fig. 5 で示したように, 流入するオホーツク海の水塊交代に加え, 気温低下の影響を受けて変質してくる。12 月から 1 月にかけて, 水温は全層で氷点下となり, 塩分は表層低塩分水の流入にともなって 31.5~32.0 psu に低下する。通常, 12 月下旬~3 月中旬には湖水表面が結氷するため風の影響は遮断され, 気温低下の影響も受け難くなる。そのため, 結氷下のサロマ湖水は水温・塩分の安定した水塊を形成することになる。そこでこの特徴的な水塊を, 冬季サロマ湖水と呼称することにする。

このようにサロマ湖水の特性は, 湖水に流入する河川水量, オホーツク海の水塊交替, また気象変化に左右されて大きな年変動を伴っていた。しかし, これらの年変動の中であって, 夏季並びに冬季には恒常的に安定した水塊である夏季サロマ湖水, 冬季サロマ湖水を形成していた。

## 5. 謝 辞

最後に, 本研究の調査についてはサロマ湖養殖組合加藤参事並びに藤芳研究部長, 常呂漁業協同組合の藤原博氏並びに青年部の方々にご協力を頂きました。心

からお礼を申し上げます。

## 文 献

- 青田昌秋 (1968) 北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究 1. 低温科学 物理編, 26, 351-361.
- 青田昌秋 (1979) オホーツク北海道沿岸海域の海況変動. 沿岸海洋研究ノート, 17, 1-11.
- 青田昌秋・河村俊行 (1979) 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.
- 富士 昭 (1979) ホタテガイ養殖からみた沿岸海域の環境収容力. 沿岸海洋研究ノート, 17, 44-49.
- 富士 昭 (1986) オホーツク海域におけるホタテガイ資源の評価と管理. 日本水産資源保護協会, 40 pp.
- 北海道 (1969) 西網走地域浅海漁場開発調査報告書, 1-20, 25-31.
- 北海道栽培漁業振興公社 (1984) サロマ湖環境調査報告書, 31-39, 162-179.
- 北海道栽培漁業振興公社 (1985) サロマ湖環境調査報告書, 84-96.
- 梶原昌弘・藤芳義裕・川北倫正・三宅秀男・宮本義憲 (1988a) 秋季サロマ湖の湖底環境. 北大水産彙報, 39, 34-44.
- 梶原昌弘・川北倫正・三宅秀男・藤芳義裕・宮本義憲 (1988b) 春季サロマ湖の湖底環境. 北大水産彙報, 39, 275-285.
- 菊池和夫・野沢 靖 (1979) 藻類増殖試験 サロマ湖環境調査. 昭和 54 年度北海道立網走水産試験場事業報告書, 145-149.
- 木下虎一郎・中島由太郎 (1938) 北海道佐呂湖に於ける水温, 比重の観測結果について. 陸水学雑誌, 8, 279-291.
- 気象協会北海道本部 (1990) 北海道の気象, 34(8)~(10).
- 黒田久仁彦 (1964) サロマ湖環境調査. 北海道浅海増殖適地調査報告書第 8 集, 28-44, 北海道.
- 西浜雄二 (1989a) サロマ湖大型底棲動物調査. 昭和 62 年度網走水産試験場事業報告, 189-195.
- 西浜雄二 (1989b) 道東海域における貝毒プランクトンの分布動態に関する研究. 昭和 62 年度網走水産試験場事業報告, 24-36.
- 西浜雄二・蔵田 護・多田匡秀 (1989) サロマ湖・能取湖・網走沖におけるクロロフィル量の季節変化. 水産海洋研究, 53, 52-54.
- 近江彦栄・田村 正・富士 昭・中尾 繁 (1968) 鹹水湖サロマ湖の冬季間における環境の研究. 北大水産彙報, 19, 209-217.
- 大島和雄 (1971) 北海道サロマ湖の後氷期の地史. 地調月報, 22, 23-35.
- サロマ湖養殖漁業協同組合 (1985) サロマ湖ホタテガイ資源量調査報告書, 22 pp.
- サロマ湖養殖漁業協同組合 (1987) サロマ湖ホタテガイ資源量調査報告書, 16 pp.
- サロマ湖養殖漁業協同組合 (1988) サロマ湖ホタテガイ資源量調査報告書, 14 pp.
- サロマ湖養殖漁業協同組合 (1988) サロマ湖大型底棲動物



## サロマ湖における水塊変動

- 調査報告書, 79 pp.
- 高安三次・五十嵐彦仁・近藤賢蔵 (1934) 水産調査報告 湖沼調査 (さろま湖), 63 pp, 北海道水産試験場.
- 渡辺 浩 (1969) 北海道の内湾・潟・湖底質中の有機物 — サロマ湖・厚岸湾 —. 地質学雑誌, 75, 209-223.