



Title	春季サロマ湖の湖底環境
Author(s)	梶原, 昌弘; KAJIHARA, Masahiro; 川北, 倫正 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 39(4), 275-285
Issue Date	1988-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24010
Type	departmental bulletin paper
File Information	39(4)_P275-285.pdf



春季サロマ湖の湖底環境*

梶原 昌弘**・川北 倫正**・三宅 秀男**
藤芳 義裕***・宮本 義憲****

Bottom Water Environments of the Brackish Lake Saroma in Spring*

Masahiro KAJIHARA**, Michimasa KAWAKITA**, Hideo MIYAKE**,
Yoshihiro FUJIYOSHI*** and Yoshinori MIYAMOTO****

Abstract

Lake Saroma is covered with ice in winter, which in 1987 drifted out into Okhotsk Sea on April 14th and 15th. To clarify the effect of ice on the lake environment, current meters and thermo-salino meters were moored and time-series measurements of particle-size distribution, and dissolved and particulate organic matter were carried out on May 13th at St. 2 the same observation site used last autumn and on May 15th at St. 1 near the center of the lake.

Total particle-volume concentrations in spring were about 1.5 times those of autumn, being particularly high near the lake bottom. This might have been caused by the ice, which prevents mixing and wind stirring of the lake water: consequently, suspended matter can be easily deposited in winter. Concentrations of particulate organic matter in spring were as high as those in winter, showing no apparent seasonal variation. Volume mean diameter of particles in subsurface water in spring was about $6\ \mu\text{m}$ larger than that in autumn. This might be the result of an increase in detritus and flocculent particles in the water after a phytoplankton bloom in April.

The distributions of temperature, salinity, and dissolved and particulate organic matter near the bottom indicated that St. 1 in the central part of the lake was a site of a poor water-exchange compared to St. 2. The depth-time distributions of dissolved and suspended matter changed in accordance with the scalar speed of the water movement, a tendency also found in autumn.

はじめに

ホタテ養殖漁場としてのサロマ湖の環境変化を把握する上で、懸濁態及び溶存態物質の物質循

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第 197 号
(*Contribution No. 197 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries Hokkaido University*)

** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設
(*Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries Hokkaido University*)

*** サロマ湖養殖漁業協同組合
(*Lake Saroma Aquaculture Cooperation*)

**** 北海道開発局土木試験所
(*Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Bureau*)

環の機構を知ることは極めて重要である。物質の負荷経路は、河川を含む陸水及び二つの湖口からの外海水の流入が大きいことはいうまでもないが、湖底からの負荷も考慮しなければならないだろう。従来サロマ湖で実施されてきた湖水調査の多くは、湖底に注目することなく湖水全域としての空間的且つ時間的な変動現象を把握することに重点がおかれていた。そこで前報¹⁾では秋季サロマ湖の湖底環境に主眼をおき、調査船を固定して時系列測定を実施し、その結果について報告した。この秋季の湖水は充分混合され、鉛直的な水温や塩分の変動は僅少で安定していた。しかし下層の懸濁態物質は周期的な流れの変動に対応し、湖底から周期的にまき上っているのが観察された。また溶存態物質濃度の変動も、同様に流れの変動に対応していた。

さて、サロマ湖の湖面は冬期間水で覆われる。この様に湖面が封じられたサロマ湖は、湖面が開いている時とは異った物理環境におかれるため、冬期間の湖水内の物質循環過程も異っているものと考えられる。そこで春季開水後のサロマ湖において、物理量・化学量の時系列測定を実施し、その環境変化について秋季と比較検討した。

測定方法

測定点は図1に示した。採水・測定は春季の植物プランクトン bloom 後の昭和62年5月13日 09^h00-18^h00 に秋季と同じく第2湖口近くの St. 2 で、また15日には湖中央部の St. 1 (水深18m) で実施した。この5月15日の測定は、シケのため 08^h30-13^h30 で中止した。これらの測定点では調査船を係留し、30分間隔で濁度計 (Martek model XMS) による透過光の測定、および7lバンドン採水器による1時間々隔の採水を鉛直的に行った。得られた試水の一部 300 ml は、Coulter Counter TA-II を用いた懸濁粒子の粒径分布の測定に供した。測定はバクテリアによる粒子の変質を避けるため、採水後数時間以内に終了するように行った。使用したアパーチャーは 100 μm で、測定した粒径巾は 1.58~40.3 μm である。また試水 1000 ml は Whatman GF/C フィルターでろ過・乾燥して実験室に持ち帰り、CHN 元素分析計 (日立) による懸濁態有機物質の分析に供した。さらに栄養塩の分析用として、100 ml のポリビンに各々2本ずつ採水し、凍結して実験室に持ち帰った後 Auto Analyzer (Technicon) によって分析を行った。一方各々の測定点では、湖底から 1 m, 3 m, 6 m, 8 m, 12 m, 15 m の高さに流速計並びに ATC-8000 型メモリー式水温・塩分計 (アレック電子) を鉛直的に配置し、水温・塩分および湖流の測定を行った。

測定結果

今回係留した流速計列は、湖底から 1 m および 8 m 上の計器が不調でデータが信頼できなかった。他の 4 台の流速計から得られた測定結果をみると、St. 1, St. 2 の両測定点でともに 3 m, 6 m,

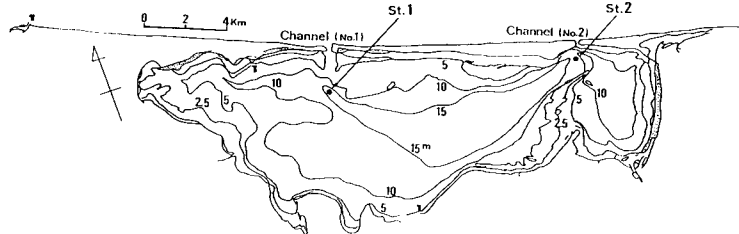


Fig. 1. Map of sampling stations and bathymetry in lake Saroma.

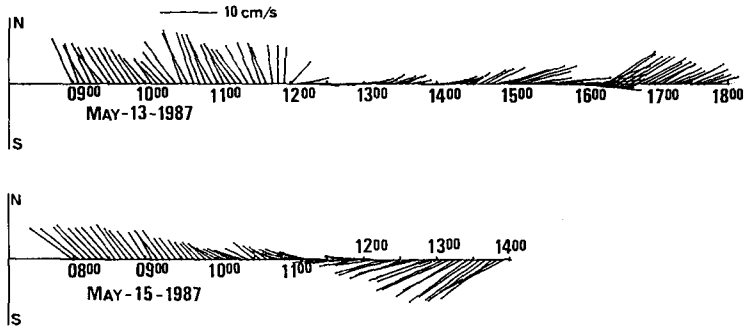


Fig. 2. Stick diagrams 6 m above the bottom.

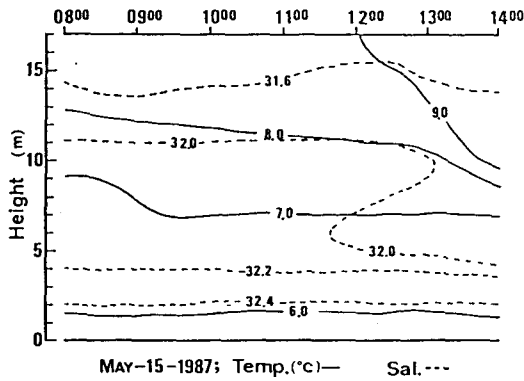
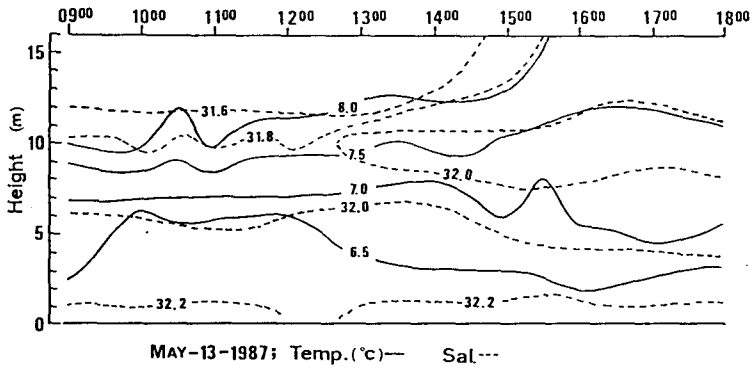


Fig. 3. The depth-time distributions of temperature and salinity.

10 m 層の流向が上層の 15 m と逆向きであった。このような傾向が両測定点で常に存在するか否かについては、前報の秋季の表層の流速測定結果が信頼できなかったため不明である。この報告では湖底環境の変動を重視しているので、5月13日 (St. 2) および15日 (St. 1) の流速の測定結果の内、代表的に湖底から6 mの結果を選び図2に示した。

さて、昭和62年には4月14~15日に湖内の氷が外海へと流出した。従ってこの測定は開水後約1ヶ月後に実施したことになる。図3は水温および塩分濃度の経時変化であるが、既に際だった融氷水や融雪水の影響は認められない。しかし上層はやや河川水の影響を受け、一般的に低温・低塩分である。また鉛直的には成層している。5月13日09^h~15^hの表層にやや水温の高い低塩分水の張り出しが認められる。この時の流向は下層で北向きの成分が卓越するものの、表層は既に述べた様に南向きの成分が強い。この表層の流向は外海から湖内への流入方向に相当する。しかし高温・低塩分であることから、この張り出しは明らかに停滞していた湖内水によるものと考えられる。即ち前報の測定結果と同様に、この St. 2 付近には環流の形成が示唆される。一方、St. 1 の湖中央部では12^h以後に9^oCの水温が出現する。St. 2 と同様にこの測定点でも表層と下層の流向は逆であり、この時間帯の表層水は北向きが卓越して流れている。従ってこの温暖な水は、湖の内奥部から流れてきたものであろう。

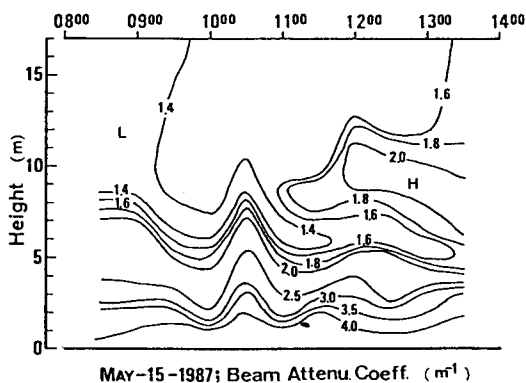
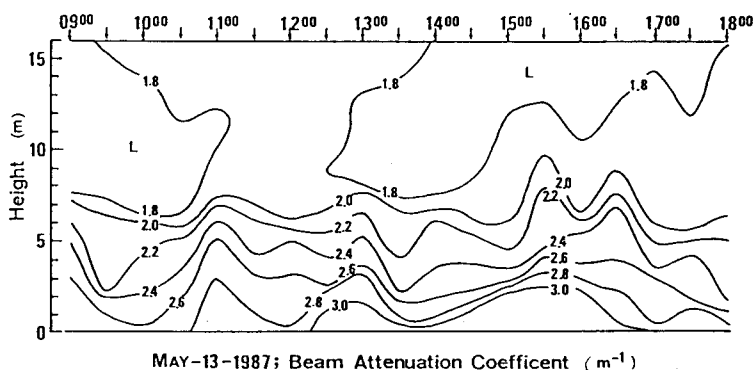


Fig. 4. The depth-time distributions of beam attenuation coefficient.

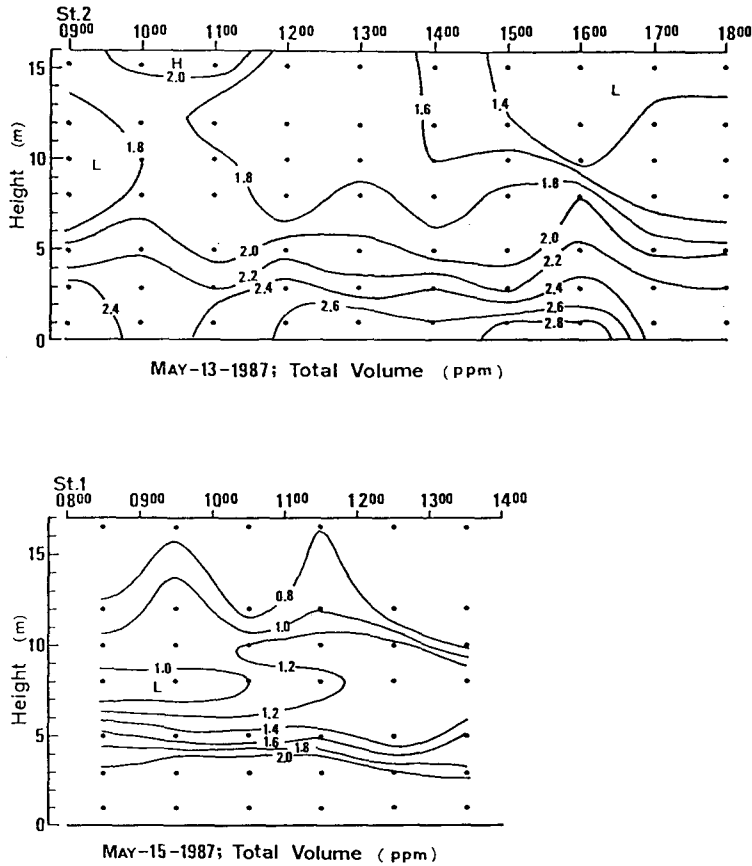


Fig. 5. The depth-time distributions of particle volume.

図4は濁度計によって測定された海水中の透過光 T から光束消散係数 (Beam attenuation coefficient: $\alpha = \ln 1/T$) を計算し、その経時変化を示したものである。湖底に近い下層に、周期的な高濁度層の巻き上りが観察される。図2と比較検討してみると、流れのスピード変化に対応していることが判るが、詳細については後述する。また、St. 2の上層では図3の張り出しの時間帯とほぼ一致した時間帯で値が高い。これは環流で運ばれて来た湖内水の濁りに原因したものであろう。同じ様な傾向はSt. 1にもみられる。一方、外海から流入したと考えられる水の光束消散係数はやや低い。図5は粒径巾 $1.58 \sim 40.3 \mu\text{m}$ の総粒子体積濃度の経時変化である。St. 1およびSt. 2の総粒子体積濃度の経時変化は、ともに光束消散係数の経時変化とほぼ一致している。即ちこの光束消散係数の変動は、主として懸濁態物質の分布によってもたらされたことを示している。図6, 7は有機炭素 (POC), 有機窒素 (PON) の経時変化である。分布型は基本的には、懸濁態物質が関与する光束消散係数や総粒子体積濃度の分布に類似している。

次に溶存態物質の経時変化として、図8, 9, 10にそれぞれアンモニア ($\text{NH}_4\text{-N}$), シリケート ($\text{SiO}_4\text{-Si}$), リン酸塩 ($\text{PO}_4\text{-P}$) の測定結果を示した。これら溶存態物質の経時変化も懸濁態物質の分布と同様の傾向を示している。

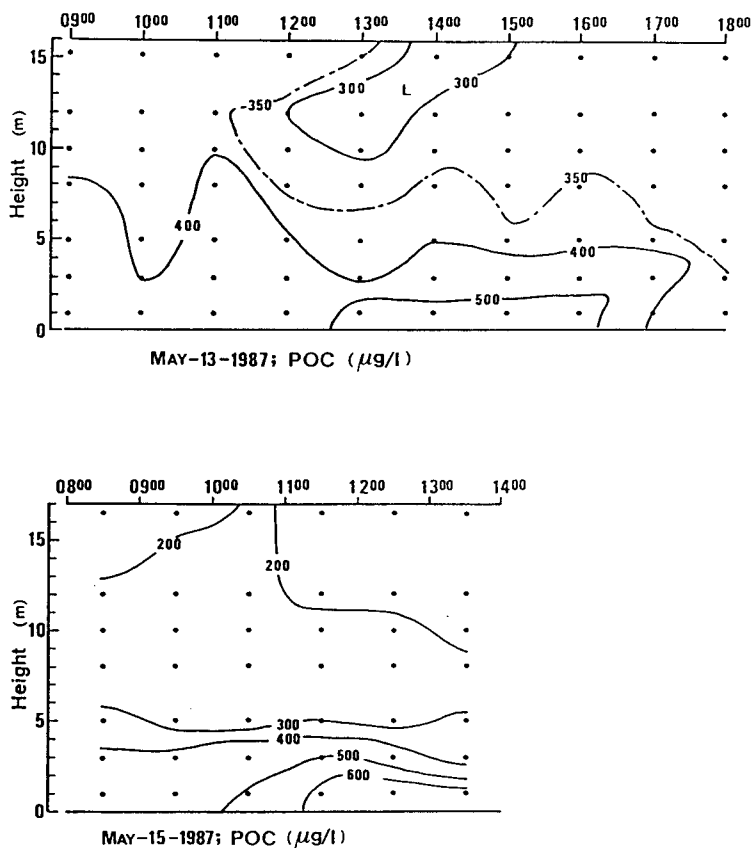


Fig. 6. The depth-time distributions of particulate organic carbon.

考 察

季節的な変動

秋季に測定を行った第2湖口近くのSt. 2について、開氷後の春季との環境変化について検討してみる。

秋季(9月)の湖水は鉛直的に混合され、水温の最小・最高値の差は約 1.5°C にすぎなかった¹⁾。春季の水温絶対値が秋季に比べ低いことはいうまでもないが、表層水は太陽熱によって若干上昇し、緩やかな水温躍層を形成し成層している。そして湖内水は滞留中に日射の影響をより受けるため、流入する外海水に比べ水温はやや高くなっている。なお、測定時間帯での水温の最小・最大値の差は約 3.4°C であった。秋季に湖内を占めていた宗谷暖流水は、春季に東サハリン寒流水並びに河川水が影響した低塩分水に替わるため^{2,3)}、約 $1.0\sim 1.8\text{S}$ ほど塩分濃度が低くなっている。

物質分布としての総粒子体積濃度は、秋季に比べると春季では全般に高く約1.5倍に増加している。そのため光束消散係数、つまり濁度も非常に高くなっている。この懸濁態物質の濃度が特に春季の底層で高いのは、主として冬期間の湖面の結氷が影響したものであろう。サロマ湖の水は冬期間でも二つの湖口で外海とつながっており、その点では開氷時と変わらない。しかし冬期

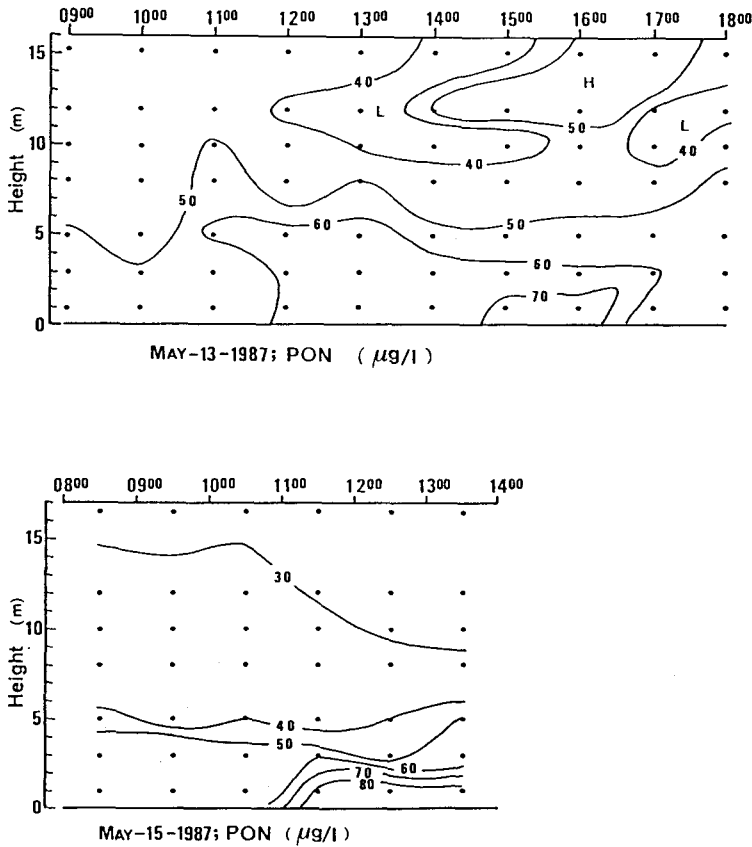


Fig. 7. The depth-time distributions of particulate organic nitrogen.

間の湖面の結氷は、風による湖底のじょう乱を遮断する。そのため、冬期間に湖底に供給堆積されたホタテ貝のフン粒を含む懸濁物質の外海への流出は、開水時に比べ少なくなると考えられる。さらに開水後に出現する植物プランクトンのブルームの影響や、春季の河川水等の陸水によって運ばれた懸濁物質も影響しているであろう。懸濁態有機物質濃度は春季も秋季も高いが、時期的には大きな差はない。次に、懸濁粒子の体積平均粒径 D_v ($D_v = \sum N_i \cdot D_i^3 / \sum N_i \cdot D_i^2$) を比較してみる。上層についてみても、春季には $16-18 \mu\text{m}$ と秋季に比べ約 $6 \mu\text{m}$ 大きくなっている。ここで N_i は粒径 D_i 粒子の個数である。測定されている懸濁粒子は、非生体粒子ばかりではなくプランクトン等の生体粒子も計測されている。植物プランクトンのブルームはこの測定時期にほぼ終りに近づいているが⁴⁾、秋季に比べるとその現存量は依然多かったと考えられる。しかし濁度や平均粒径に影響を及ぼしているのは、これら生体粒子ではなく、むしろブルームに伴って増加したデトリタスとその凝集粒子であろう。次に溶存態物質についてみると、春季と秋季との顕著な違いはシリケートの分布である。春季にはその濃度が激減しているが、これは開水後のブルームの影響によるシリケートの消費の結果を表わしている。一方、アンモニアは若干高く、リン酸塩は低くなっている。

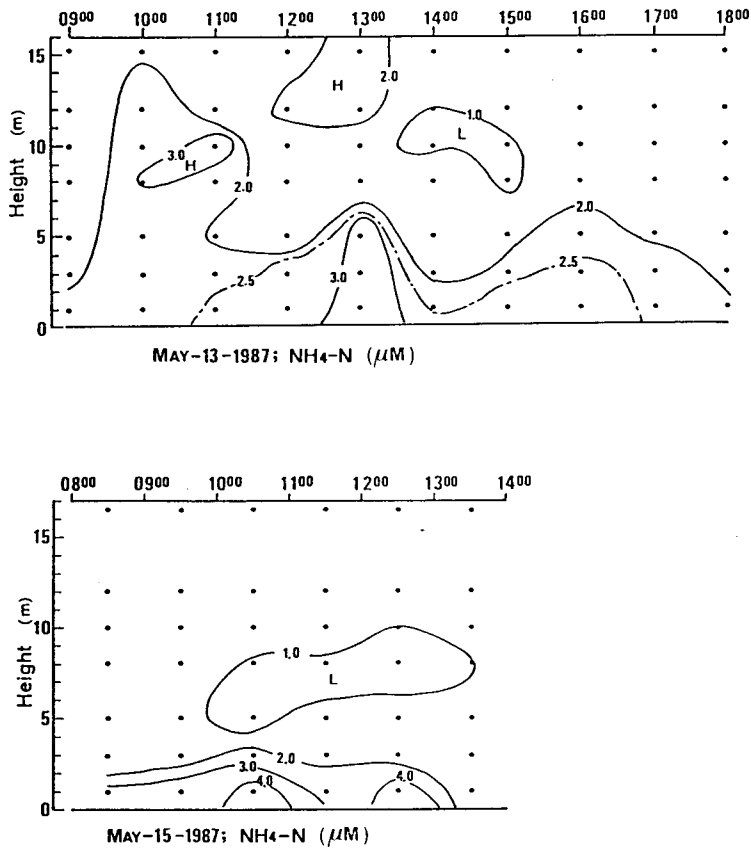


Fig. 8. The depth-time distributions of $\text{NH}_4\text{-N}$.

地理的な物質分布の違い

懸濁態および溶存態物質の経時変化から、湖中央部の St. 1 と第 2 湖口近くの St. 2 の地理的な物質分布の違いについて検討してみる。

底層の水温は St. 1 が St. 2 に比べ僅かに低く、一方塩分濃度は St. 1 で高い。これは湖中央部の St. 1 の底層水の交換が湖口近くの St. 2 に比べて悪く、未だ結氷期の影響を僅かに残していることを示している。この様に底層水の交換が悪いため、結氷期に沈降、堆積した湖底堆積物の影響もまた St. 2 に比べ多く残っていると考えられ、従って、そのまま上りを示す光束消散係数の値も大きい。しかし総粒子体積濃度は St. 1 の底層でむしろ小さい。これは粒子の測定粒径巾が $1.58 \sim 40.3 \mu\text{m}$ に限定されており、必ずしも湖水中の懸濁粒子の総量を意味していないためである。懸濁粒子中に占める有機物質の割合が、両測点で等しいと仮定するならば、 $1 \mu\text{m}$ 以上の全粒子を捕捉している懸濁態有機物質の濃度が St. 1 の底層で明らかに高いことから、総量も恐らく高いものと推測される。また溶存態物質も、St. 1 の底層で高くなっている。

梶原ら：春季サロマ湖の湖底環境

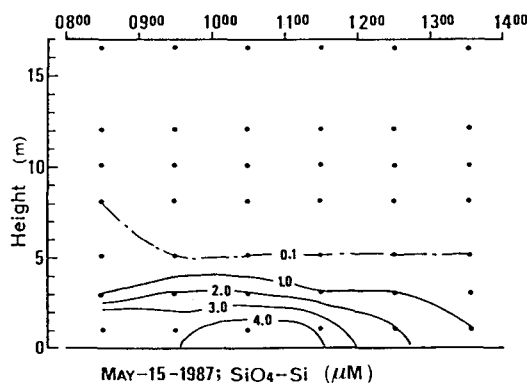
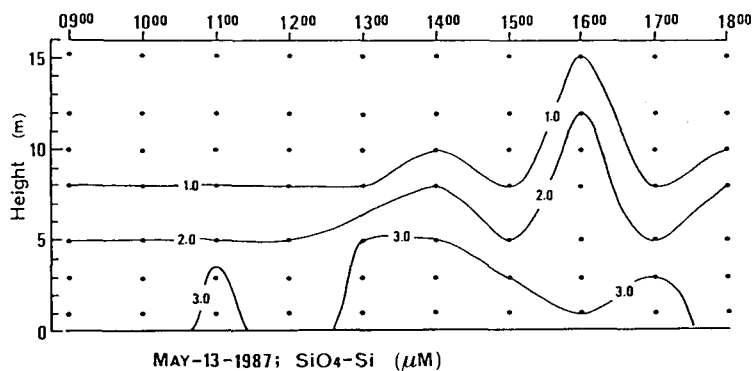


Fig. 9. The depth-time distributions of SiO₄-Si.

Table 1. Phase lags of the semidiurnal component μ_2 of equation (1), calculated for May 13 at St. 2.

Height(m)	Speed	α	TV	Dv	PON	POC	SiO ₄ -Si	PO ₄ -P	NH ₄ -N
1	88.4	84.6	84.6	91.6	82.9	81.7	83.0	84.1	86.8
3	97.0	84.6	98.5	78.5	84.4	104.2	88.2	95.6	86.2
6	90.4	85.1	83.1	90.2	89.8	90.4	85.8	108.1	84.4
8	—	81.9	88.5	124.1	112.4	81.1	86.0	87.6	85.4
10	86.9	91.7	86.5	99.9	99.8	87.8	82.6	89.1	75.6
12	97.3	86.8	108.7	84.3	93.3	89.8	93.7	87.2	90.3
15	88.5	98.1	82.6	87.7	90.9	87.7	93.4	93.3	82.0
mean	90.2	89.0	87.2	97.2	92.1	89.5	87.0	93.1	83.9
SD	4.0	6.6	5.4	15.2	10.7	7.8	3.8	7.7	4.1

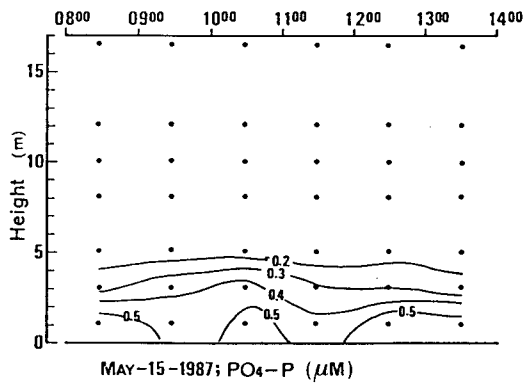
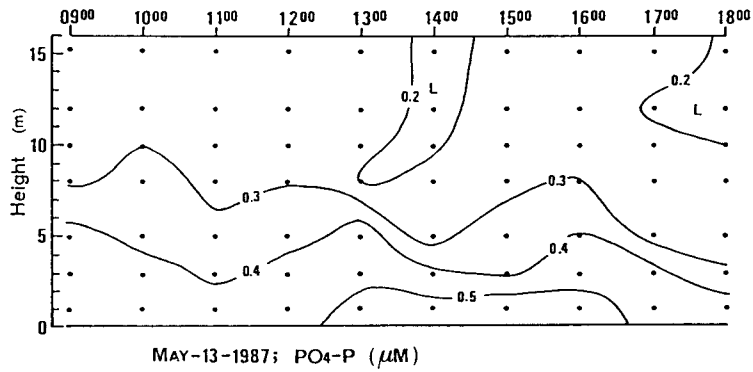


Fig. 10. The depth-time distributions of PO₄-P

Table 2. Phase lags of the semidiurnal component μ_2 of equation (1), calculated for May 15 at St. 1.

Height (m)	Seed	α	TV	Dv	PON	POC	SiO ₄ -Si	PO ₄ -P	NH ₄ -N
1	89.6	75.1	83.9	86.0	89.9	90.6	88.9	89.5	89.7
3	90.1	91.1	90.2	90.9	93.3	90.6	87.9	89.4	90.4
6	90.0	92.7	90.6	90.5	91.0	82.8	91.1	98.9	89.7
8	—	89.6	81.9	88.7	86.5	93.8	85.9	85.9	81.8
10	—	89.1	90.8	89.5	88.9	91.2	65.4	93.1	92.9
12	—	89.9	86.9	90.8	90.1	90.4	65.4	89.0	88.6
15	89.8	80.0	90.1	90.3	90.2	88.9	65.4	90.2	104.4
mean	89.9	86.8	87.8	89.5	90.0	89.8	78.6	90.9	91.1
SD	0.2	6.6	3.6	1.7	2.1	3.4	12.4	4.1	6.8

流れのスピードによる物質分布の依存性

春季サロマ湖における懸濁態や溶存態物質の経時変化は、測定結果で述べた様に基本的には流れの変動に対応する傾向を示していた。そこでこれらの傾向をさらに明確に把握するため、測定値の調和解析を行い流れの変動と比較してみる。ここで変動量 A は、測定の時間々隔と長さを考慮し、周期成分として1日および半日周期からなる次の周期変動で表わされるものとする。

$$A = A_0 + A_1 \cos(\sigma t - \mu_1) + A_2 \cos(2\sigma t - \mu_2) \quad (1)$$

ここで A_0 は流れにおいては恒流成分、また化学成分等についてはこの調和解析を行う時間範囲での定数、 A_1 、 A_2 および μ_1 、 μ_2 はそれぞれ1日周期、半日周期の振幅並びに位相である。なお、ここで $\sigma = 360^\circ/25 \text{ h}$ である。

しかし、ここで得られている測定値は、調和解析を行うには時間的にその長さが不十分である。測定を行った時刻の巾を考慮すると、半日周期の位相を除いては信頼性がない。そこで有意義と考えられる半日成分の位相の計算結果のみ表1および表2に示した。なお流れについても、用いた資料は他の測定値と時間の長さは揃えている。これらの表から、明らかに流れの位相と懸濁態や溶存態物質の位相がほぼ一致しているのが判る。このような傾向は1日周期にも成り立つと推測されるので、湖底近くの物質分布の時間変動は流れのスピード変化に対応しているものと考えられる。

終に、栄養塩類の分析に御協力を戴いた海洋化学講座松永勝彦教授並びに戸屋健治技官に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 梶原昌弘・藤芳義裕・川北倫正・三宅秀男・宮本義憲 (1988). 秋季サロマ湖の湖底環境. 北大水産集報, **39**(1), 34-44.
- 2) 青田昌秋 (1975). 宗谷暖流の研究. 低温科学物理編, **33**, 151-172.
- 3) Takizawa, T. (1982). Characteristics of the Soya Warm Current in the Okhotsk Sea. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan* **38**, 281-292.
- 4) 西浜雄二・蔵田 護・多田匡秀 (1988). 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. 水産海洋研究会報 (印刷中).