

サロマ湖の冬季結氷下の流況特性

武内 智行*・藤 芳義裕**

1. はじめに

サロマ湖は北海道北東部オホーツク海沿岸に位置するわが国最大の汽水湖で、面積は約 152 km²、最大水深は 19.6m である。外海とは湖の西部に位置する第1湖口（昭和4年開口）と東部の第2湖口（昭和53年開口）の2つの湖口を通じて海水交流が活発に行われており、湖内水の塩分濃度は外海水とほぼ同じである。冬季には両湖口付近を除いて全面結氷する。

サロマ湖ではホタテ貝養殖などの大規模な集約的栽培漁場としての湖面利用が行われており、これらの養殖施設は冬季結氷下も湖内に設置されている。しかし、これまで結氷下の水理調査はほとんど実施されておらず、養殖ホタテ貝が結氷下のどのような水理条件下で生息しているかが不明であった。また、道内の他の海跡湖におい

ても結氷下の水理調査はほとんど行われておらず、その水理特性や水理条件の実態解明が待たれていた。ここでは、結氷前の降温期、解氷後の融雪出水期をも含めたサロマ湖の冬季流況調査を実施して、その流況特性を把握することを目的とした。

2. 調査内容

調査地点は図-1、表-1 に示す 10 地点である。各地点とも 2 層観測とし、上層は水面下 3m、下層は水面下 4m と底面との中間位置（測点により異なり 6~10.5m）とした。観測間隔は NCII のみ 20 分、他は 10 分とした。調査期間は昭和 62 年 12 月（結氷前）から 63 年 4 月（解氷後）までの約 4 ヶ月半である。途中、2 月と 3 月（測点 3 では 3 月のみ）に回収と再設置を行った。

観測項目は原則として流向・流速・水温・塩分とし、

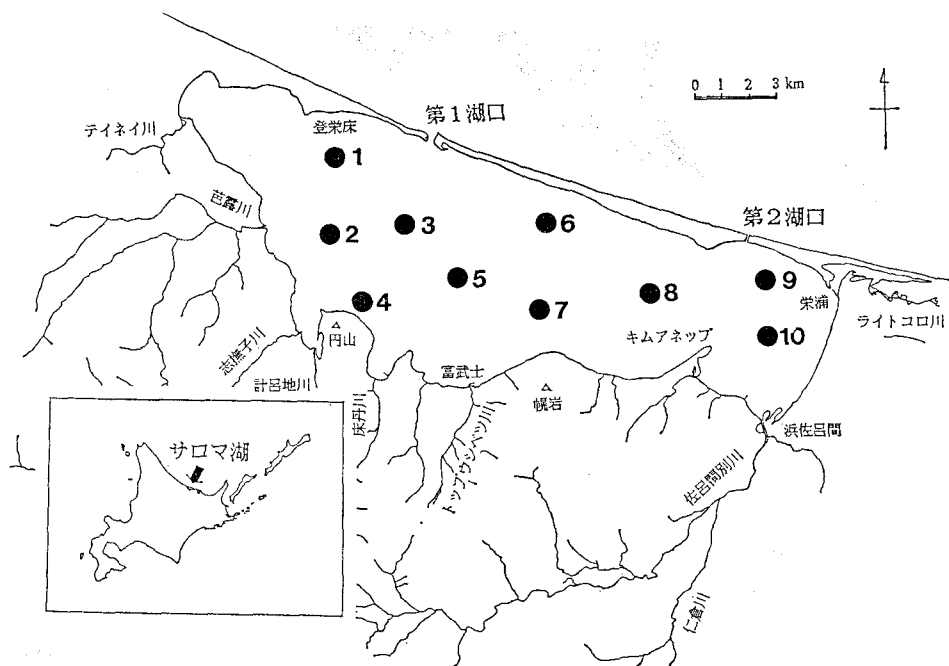


図-1 サロマ湖冬季流況調査地点位置図

* 正会員 農博 北海道開発局開発土木研究所

水産土木研究室 室長

** サロマ湖養殖漁業協同組合 調査部長

表-1 サロマ湖冬季流速データ測得状況 (昭和62年12月～昭和63年4月)

測点番号	緯 度 (北 緯)	経 度 (東 経)	全 水 深 (m)	設置深度(m)		使用計器機種名		測 得 率(%)	
				上 層	下 層	上 層	下 層	上 層	下 層
1	44.1735	143.7457	11.0	-3.0	-7.5	PRCM	RCM4S	98	98
2	44.1432	143.7457	10.0	-3.0	-7.0	NC 2	RCM4S	39	99
3	44.1463	143.7753	10.0	-3.0	-7.0	RCM4S	RCM4S	85	60
4	44.1207	143.7555	8.0	-3.0	-6.0	NC 2	NC 2	69	68
5	44.1213	143.8018	13.0	-3.0	-8.5	NC 2	NC 2	63	19
6	44.1472	143.8455	9.0	-3.0	-6.5	NC 2	NC 2	51	69
7	44.1208	143.8338	17.0	-3.0	-10.5	MTCM4	MTCM6	99	0
8	44.1243	143.8877	17.0	-3.0	-10.5	RCM4S	MTCM6	88	0
9	44.1295	143.9397	11.0	-3.0	-7.5	MTCM5	NC 2	99	69
10	44.1092	143.9415	11.0	-3.0	-7.5	RCM4S	ACM4M	99	53

注) 測得率は実際の設置期間 (131～133日間) にはならず, 133日間連続観測したものととして算出。

できる限り水温・塩分センサー付の流向流速計を使用した。一部についてはそれができなかったため水温塩分計または水温計で補足し、それもできない場合は水温・塩分は省略した。流速計は RCM4S, PRCM, ACM4M, MTCM4, 同5, 同6, NCII の7機種、水温塩分計は ACT 8000, 水温計は RMT を使用した。このうち RCM4S 1台については塩分センサーが、NCII 全てについては水温・塩分センサーがついていない。また、ACM4M と MTCM6 のみが電磁流速計、他はロータ型かインペラー型の流速計である。

なお、サロマ湖においてこれほどの規模 (流速計 20 台、水温塩分計 4 台、水温計 4 台を使用) の、また 4 ヶ月半 (131～133日) にも及ぶ長期の流況調査は他の季節においても行われておらず、これが初めてである。

3. 調査結果

3.1 測得状況

測得状況は表-1 に示す通りである。なお、ここに示した測得率は、流向・流速データについて最長調査日数 133 日間の連続観測を行ったものととして算出した値である。したがって、各測点の実際の設置期間を基準として求めた値よりも若干小さい値である。また、水温・塩分の測得率はこれと同じかそれ以上である。計器の入れ替えや最大連続記録可能期間 (NCII では 30 日間) を超えて設置したことによる若干の欠測や計器のトラブルに起因する欠測が一部にあったが、測得率は 20 台中 85% 以上 8 台 (うち 98～99% が 6 台)、50% 以上 85% 未満 8 台、50% 未満 4 台となっている。平均的には 69% であるので、概して良好な測得状況であったと考えられる。

なお、流速の測定方法が機種毎に異なるので、データの統一をはかるため、以下の記述では原則として 1 時間平均データを使用した。また、本調査期間におけるサロ

マ湖の全面結氷は昭和63年2月5日、全面解氷は4月13日であった (網走中部地区水産技術普及指導所観測資料による)。

3.2 流 速

a) 表-2 は全面結氷後の2月6日以後30日間の測得流速の最大・平均値を示したものである。結氷下の流速は湖口を通じての流入の影響を比較的大きく受ける測点 (測点 1, 3, 9) を除くと、ロータ型やインペラー型の流速計 (初期感度 3 cm/s 程度) ではほとんど感知できなかった。感知されても時々であった。しかし、電磁流速計を使用した測点 10 下層では、結氷下においても 3 cm/s 以下の低流速ではあるが、ほとんど常時測得されている (図-2)。したがって、結氷下においても微弱ではあるが流れのあることがわかる。

b) 第1湖口から真直に湖内に入った測点3では、結氷下においても湖口からの流入時に強い流れ (図-3 において最大約 58 cm/s) が観測されたが、流出時には低流速となり感知されないことも多い。これは流入時と流出時とで湖内の流況パターンが異なることによるものと

表-2 結氷下の測得流速の最大・平均値 (cm/s)
(昭和63年2月6日から30日間)

測点番号	上 層		下 層	
	最 大	平 均	最 大	平 均
1	5.5	1.0	5.3	0.7
2	0.0	0.0	1.6	0.0
3	36.1	6.3	40.7	6.3
4	1.7	0.1	0.8	0.2
5	2.4	0.4	0.0	0.0
6	0.4	0.1	3.9	0.2
7	0.9	0.0	—	—
8	0.1	0.0	—	—
9	12.8	1.0	14.2	0.7
10	0.0	0.0	2.7	1.5

考えられ、次章にて考察する。

c) 結氷下でほとんど流速が感知されなかった測点でも、結氷前や解氷後の時期には、いずれの測点においても流速は感知された。たとえば、図-4 は測点10上層の例であるが、4月に入って解氷し始めると結氷下で感知されなかった流速が再び感知されるようになってきている。なお、測点によっては3月中旬ないし下旬から数cm/s以上の流速が時おり感知されている。

3.3 水温・塩分

a) 観測期間中の水温・塩分の変化についての一例を図-5に示す。12月と1月には、水温は低下するが塩分はさほど変化せず32‰程度である。最も寒い2月には水温はほぼ一定で $-1.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 前後であるが、塩分は徐々に $0.5 \sim 0.8\text{‰}$ 程度高くなる。3月になると水温が上昇するとともに塩分は若干低くなる。

b) 4月になると水温はますます上昇し、塩分は融雪出水や融氷のため、平均的には低い方に変動していく。上層(水面下3m)では30‰またはそれ以下にまで低下する。一方、下層での塩分の低下は上層に比べると極めてわずかであって、融雪出水等の影響は下層にはほとんど及んでいないものと考えられる。(なお、図-5において2月の部分に一部不連続があるのは欠測のためである)。

4. 考 察

4.1 流 速

a) 測点3における流入時と流出時の流速のちがいに

ついて考察してみる。Takeuchiら(1988)が1層モデルによる流況シミュレーションにて明らかにした結果によると、サロマ湖において、外海の潮位変動のみによって生ずる湖内の流れは、流入時には両湖口から湖内へは噴流的な流れとなっており、そこでの流速は大きい。その両側の環流域や湖奥での流速は極めて小さい。一方、流出時にはポテンシャル流的な流れとなり、湖内の全方向から湖口に集まる。したがって、流入時に大きな流速がみられたところでも流出時の流速は相対的に極めて小さな流速となる部分がある。

結氷下のサロマ湖内の流れは、結氷のため風の影響を受けず、また成層もほとんど形成されていないので、以上の結果とはほぼ同じものになると考えてよいであろう。

したがって、測点3のような地点では流入時にかなり大きな流速が観測されても、流出時には回転翼型の流速計の感度以下の低流速となって感知されないことも多いと考えられる。なお、他の季節の観測においても測点3のような地点では流出時の流速が流入時のそれよりも相対的にかなり小さいことの多いことが明らかになっている(北海道栽培漁業振興公社, 1982; 武内ら, 未発表)。

b) 湖内の流動環境に影響する因子のうち、結氷下とその他の時期とで基本的に異なるのは、第1には風であり、第2には密度成層であろう。結氷下で流速がほとんど感知されなかった測点においても結氷前と解氷後には流速がほぼ常時感知されたことは、湖内の流動に与える風や成層の影響を改めて認識させる結果といえよう。

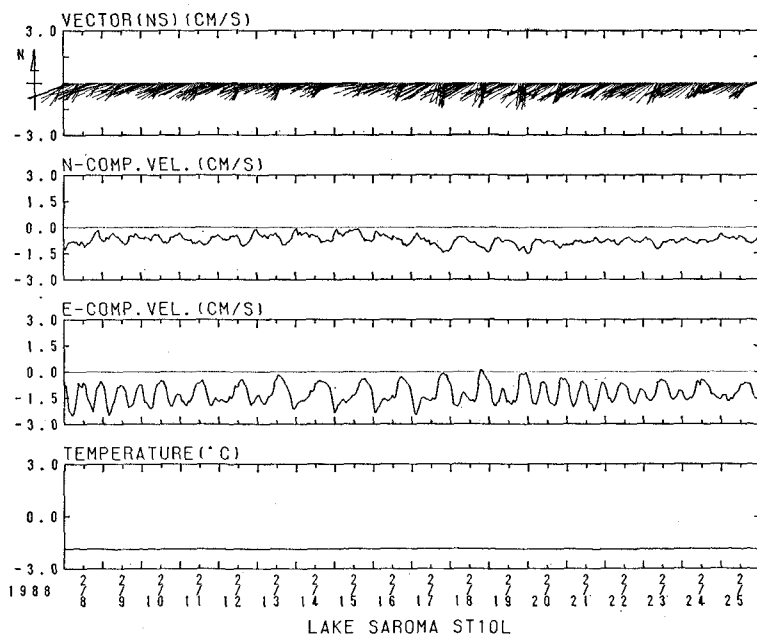


図-2 流速と水温の経時変化(測点10下層、結氷下の電磁流速計による測得例)

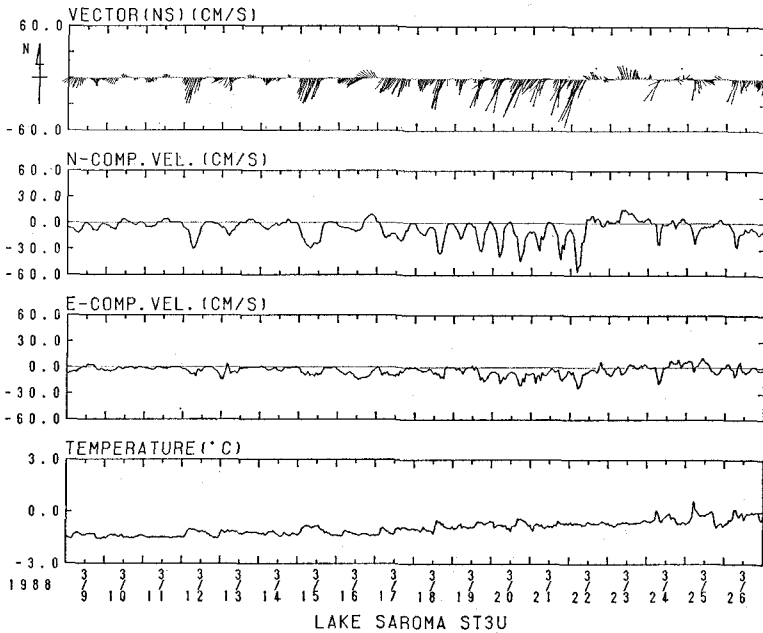


図-3 流速と水温の経時変化 (測点3上層, 結氷下でも湖口の影響を大きく受ける地点)

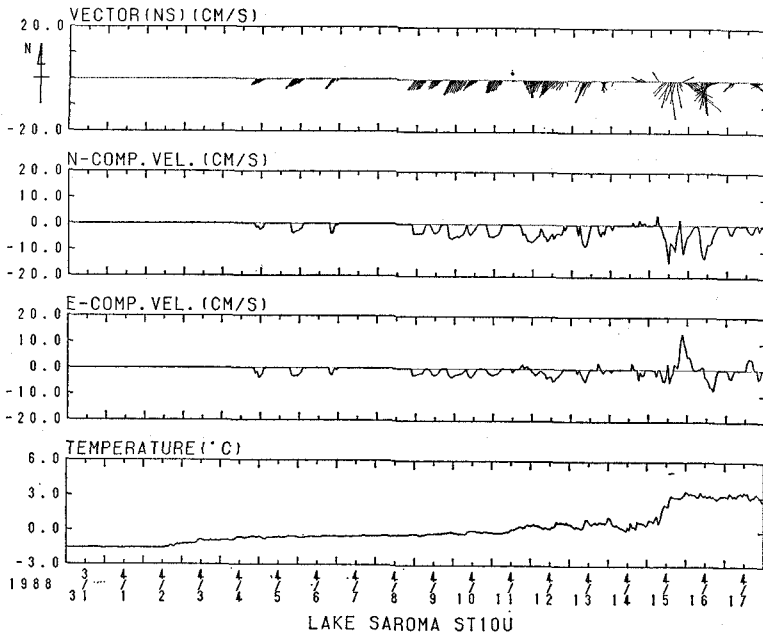


図-4 流速と水温の経時変化 (測点10上層, 解氷前後)

4.2 水温・塩分

a) 2月に塩分濃度の上昇する現象が認められたが、この現象は塩分を測得したいずれの測点においても生じていることから、器差によるものとは考えにくい。サロマ湖は冬季においても2つの湖口を通じてオホーツク海との活発な海水交流を行っていることから、この現象は

オホーツク海でも冬季に流水や結氷の経時変化に伴って塩分上昇のあることを示唆するものと考えられる。

たとえば、海水ができる時にいくばくかの塩分がブラインとして海水中に放出され、その結果対流層内の海水の塩分は増大することが知られている(田畑, 1976)。また、サロマ湖内富武士沖 600m 地点の水深 5m 層の昭

和50年1～4月の水温・塩分観測結果（北海道区水産研究所(1975)）によれば「塩分は1月中旬の31.6‰から、2月の32.0‰をへて、3月の32.5‰へと漸次高くなる。このことは（中略）湖内と交流するオホーツク海沿岸水自体がこの時期に次第に高塩分化することによるものであろう。」と報告されている。

しかし、オホーツク海での冬季流氷下の流況や水温・塩分については宗谷暖流の消長の把握を主目的とした調査はなされた例がある（田畑, 1979）が、流氷や結氷そのものの経時変化との関連での沿岸水の調査はほとんど行われていないようである。なお、北海道立網走水産試験場が行ったサロマ湖の既往の資料については、観測間隔が冬季では隔月程度であり、結氷下で塩分が若干高くなっている例もあるが、そうでない例もある。

b) 4月の融雪出水や融氷による塩分低下は水面下3mまで及んでいることが確認されたが、下層では認められなかった。したがって、これは上層の限られた層内での現象と考えられる。しかし、その厚さについては地点により異なると思われるので、今後さらに検討する必要がある。

5. おわりに

以上、昭和62年12月から63年4月にかけて行ったサロマ湖の冬季流況調査結果の概要と若干の考察を述べた。本調査結果はサロマ湖のみならず、道内の海跡湖の冬季流況を検討する上での貴重な資料になり得るものと考えられる。

今後は、冬季流況についてより詳細に考察するとともに、他の季節における観測結果との相互比較を通して、風や成層が湖水の水理環境に与える影響等についても考察を深めていきたいと考えている。

最後に、厳しい冬の困難な条件下での現地調査は地元養殖漁協組合員ほか調査にあたられた関係各位の絶大な

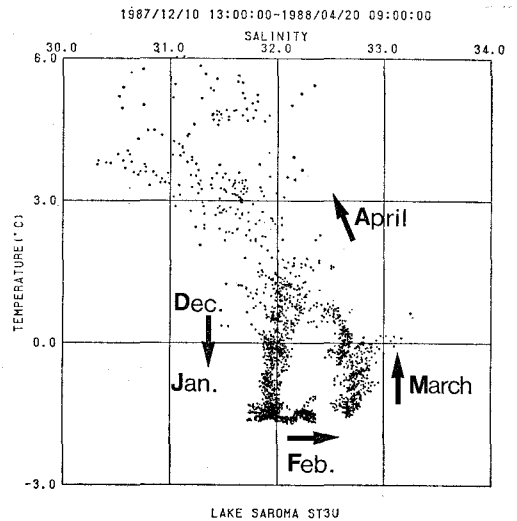


図-5 水温・塩分分散図（測点3上層）

る協力によって実施されたことを付記し、ここに深謝する。なお、本研究の一部は国立機関公害防止等試験研究費によるものである。

参考文献

- 田畑忠司 (1975): 沿岸海洋開発と流水, 水工学シリーズ 75—B—8, 土木学会, p. 8.
- 田畑忠司 (1979): 沿岸海域における流水の運動予測の研究, 科研費自然環境災害特別研究研究成果, No. A—54—1, pp. 64—65.
- 北海道区水産研究所 (1975): 流水災害に関する特別研究報告書, 科学技術庁研究調整局, p. 263.
- 北海道栽培漁業振興公社 (1982): サロマ湖環境調査報告書, pp. 49—53.
- Takeuchi, T., T. Sakata and Y. Fujiyoshi (1988): Seasonal variations of physical and chemical conditions of Lake Saroma, Proc. 9th IAHR Ice Symp., Vol. 2, pp. 400—409.