

昭和基地周辺の湖沼の水質

日向野良治*

Chemical Features of the Lake Waters around Syowa Station

Ryoji HIGANO*

Abstract: Limnological studies were conducted near Syowa Station during the summers 1967-68, 1968-69.

Water temperature, pH, chlorinity, dissolved oxygen, nutrient salts and evaporated residues were determined and correlations among those compounds were studied, obtaining the results as follows.

1) The ratios of chlorinity in snow to that in pond water were 10 to 10^3 and concentration may have occurred before the snow flowed into the pond.

2) Relation between salinity and chlorinity in the lake and pond waters resembled that in the sea water.

3) There were extremely low concentrations of nutrient salts in the lake and pond waters with the exception of silicate and ammonium salt.

4) According to the analytical results of pond water the origin of most silicate in the pond water was ascribed to the erosion of rocks around.

5) The atomic ratio of phosphate-P to inorganic total nitrogen ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$) has 1:12 in the pond water collected in the Skallen district, where organic activity was observed on the bottom of the pond.

6) Composition of bubbles sampled from the bottom of a pond was almost the same as that of the air, but it was 5% greater in oxygen and 4% less in nitrogen than that of the air.

要旨: 1967-68, 1968-69年の夏季に昭和基地周辺の湖沼について、栄養塩類を中心に調査した結果をまとめた。

湖沼水等について、水温、pHの測定、塩素量、溶存酸素、栄養塩、蒸発残留物等を分析し、これら相互間の解析を行った。

結果を要約すると次の通りである。

1) 塩素量では、雪と湖沼水の間には、 $10-10^3$ 倍の差があり、水分の濃縮は、池に注ぐ前に起こることもありうる。

2) 塩分と塩素量の間には、海水と類似の関係がみられた。

3) 栄養塩については、ケイ酸塩とアンモニウム塩以外は極めて低濃度であった。

4) 塩分濃度、pHなどの関係から、ケイ酸塩は、主として岩石からの溶解による。

* 海上保安庁水路部. Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, 3-1, Tsukiji 5-chome, Chuo-ku, Tokyo 104.

- 5) スカーレン地域の湖沼水のリンと窒素の原子数比は 1 : 12 で生物の影響がある。
- 6) 湖底より発生していた気泡の組成は、酸素を 5 % 多くした大気の組成に等しかった。

1. はじめに

昭和基地周辺の露岩地形は起伏に富み、氷食湖や多くのプール水が凹地に存在する。これらの湖沼水に含まれる塩分濃度は、極めて広範囲に分布し、その組成も複雑である (菅原・鳥居, 1959; SUGAWARA, 1961; YAMAGATA *et al.*, 1967)。

本報告では、従来詳細な調査のなかった湖沼 (図 1) 中の栄養塩類の分析を主体としたものである。

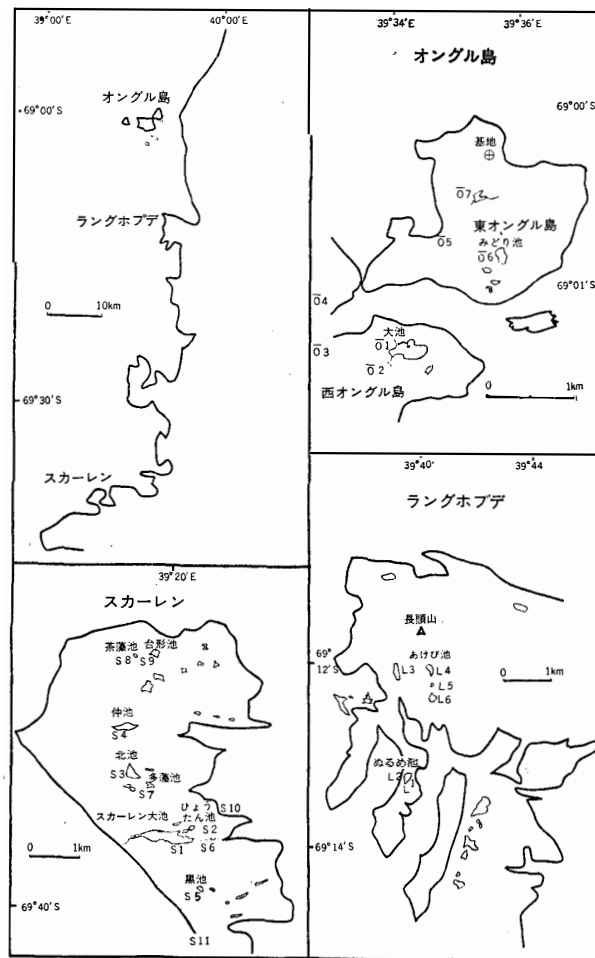


図 1 昭和基地周辺の湖沼等の位置図

Fig. 1. Location of lakes and ponds around Syowa Station.

2. 調査の概況

湖沼の形状、深度、流出口の高さ、底や周囲の状況等の目視観測（表 1）と共に試料水の採取を行い、水温、pH、塩素量、溶存酸素量、リン酸塩、ケイ酸塩、硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニウム塩および蒸発残留物の測定を行った。図 3、表 5 は、これら相互の関係を解析したものである。

また、湖沼周辺の積雪（表 4）やその融解による流下沢水、あるいは積雪の下の水を採取して塩素量の測定を行い、湖沼水と比較した。

湖底に気泡が発生するところでは、これら気体の成分分析を行い、生物の光合成の影響を明らかにした。

試料水の採取は、岸からポリエチレン製ポンプを用い（場合によりゴム管を連結した）、貯水びんに直接採取する方法を用いた。

表面下の試料水については、底に 760 g の鉛板を付けた 0.5 l のポリエチレンびんを所定の地点に投入し、たこ糸を強く引くことによってびんのゴム栓を抜き、その場の試水を採取した。深度は、1 l ポリびんの浮きまでの距離で調節した。

測定については、水温、pH 測定および溶存酸素の固定等は現地で行い、その他は、試水を日陰の雪の中に保存した後、ヘリコプターで観測船に持ち帰り、ただちに分析した。

分析法は、主として STRICKLAND and PARSONS (1960) に従い、記録式光電比色計（液層 40 mm）を用いた。

湖沼の底に発生していた気泡の分析には、ガスクロマトグラフ（大倉 Model 1100）を用いた（条件、カラム 3 mmφ×2 m、モレキュラシーブ 13 A、常温、TCD、感度は空気 50 μl で full scall, 分解能 2%）。

3. 観 察

試料を採取した図 1 の中の湖沼についての目視概況を表 1 に示した。

湖沼周辺の岩盤は、スカーレン、ラングホブデ、オングル島の順にその風化が進んでいる。スカーレンでは、夏の融氷期には露出した岩の表面に、氷河や氷河水により浸食された痕跡が観察され、また、表面下 1-2 cm で、層状に剝離した片麻岩がかなり広い地域にみられた。ラングホブデでは、地形の起伏が特に激しく、風下に相当するところの石英質岩は、比較的滑らかな表面を見せている（St. L-3 付近）が、その他ではオングル島の場合と

表1 湖沼等の目視観測値
Table 1. Visual observation of lakes and ponds.

露岩地域	湖沼の仮名	St. No.	最大深度	最大長	最大幅	水面の高 海拔	水面の 高さ m	表面積	容 量	水面から 流出口ま での高さ	周囲および底質	観測年月
西オングル島	大 池	1 2 3	5	5×10^2	5×10^2	10	5×10^4	5×10^4	0.5 m	砂, 礫, 岩, 雪, 花崗 片麻岩	1969-1- 8	
東オングル島	みどり池	A, B	1	2×10^2	1×10^2	25	2×10^4	1×10^4	1	"	1- 7	
"	水汲み沢	2	1.5×10^2	1×10^2			1.5×10^4	1×10^4	人工堰 (ドラム缶)	"	"	
ラングホブデ	ぬるめ池	1 2	7	3×10^2	1.5×10^2	1	4×10^4	1×10^5	0.5	"	1-25	
"	あけび池	3	2	45×10^2	1.5×10^2	-4	5×10^4	5×10^4	50	北岸に黒砂あり 周囲は岩で底に長方形 の池としてみえる	1-26	
"	三島池	4	0.4	8×10	3×10	55	2.4×10^3	9.6×10^2	0.5	周囲の岩に晶出した塩 がみえる	"	
"	三島池の下流	5	0.4	6×10	3×10	53	2×10^3	6×10^2	0.5	"	"	
"	わに口池	6	0.3	1.5×10^2	7×10	30	1×10^4	2×10^3	0	"	"	
スカーレン	スカーレン大池	1	10	1×10^3	2×10^2	10	1×10^5	2×10^5	0.5	礫, 周囲に泡多し	2- 3	
"	ひょうたん池	2	0.4	1×10	7	15	1×10^2	2×10^2	0	底はラン藻が繁茂ひょ うたん形のプール	"	
"	北 池	3	2	3×10^2	1×10^2	50	3×10^4	2×10^4	30	礫, 岩, 北側結氷	2- 4	
"	仲 池	4	2	3×10^2	1×10^2	30	2×10^4	1×10^4	1	砂, 礫	2- 5	
"	黒 池	5	0.5	1×10	1.7×10	50	2×10^2	1×10^2	>10	底部はラン藻のため黒 色の岩からなる	2- 3	
"	東入江の沢	6	0.2	3×10	1.5×10	2	1×10^3	1×10^2	0	礫, 緑の植物あり	"	
"	多藻池	7	0.4	7×10	3×10	70	2×10^3	5×10^2	5	底にラン藻の堆積 1 m以上	2- 4	
"	茶藻池	8	0.3	2×10	1×10	100	1×10^3	2×10^2	5	底にラン藻の堆積 0.5 m 以上	2- 5	
"	台形池	9	1~2	1×10^2	7×10	60	7×10^3	3×10^3	2	礫, 南, 東側雪の懸崖 水温分布複雑	"	

同様に、岩石は、風化残留物に富んだ残骸を残した特徴ある多孔質の表面となっている。

湖沼の形状は、大池、ぬるめ池のように半月状に湾曲したものもあるが、大部分は大陸氷河の方向に長軸を持っている（短軸/長軸が1/5-1/2）。湖底には氷河碎屑岩が堆積している。そのため池の面積に比較して深度が浅い。また、夏季は、表面の氷が融け寒暖差や風による混合のため、ぬるめ池のような塩湖を除き、多くの湖沼は完全循環湖である。

西オングル島の大池の例を表2および図2に示す（塩分が100 ppm程度であれば、0-4°Cの水温変化に基づく密度差だけで対流が起こる）。

湖沼の水位の変化は、面積、降雪量、蒸発量、積雪の融解の速さおよび漏洩量で決るが、西オングル島の大池やスカーレン大池では、1968年1月末から1969年1月末の1年間に約0.5 m水位の低下がみられた。これは、1969年1月の残雪量が少なかったことから、流域の降雪量が少なかったものと思われる。

生物については、水中には肉眼で検出可能なプランクトンはみられなかったが、湖底にラン藻が繁茂しているものもあった。ちょうど、サンゴ礁が上に上に成長してきたように、スカーレン地域の湖沼には、ラン藻の死滅した堆積層が60 cmのものと1 m以上のものが発

表2 西オングル島大池の水質（1968年1月23日）

Table 2. Water quality of Lake Ô-ike (pond lies at West Ongul Island).

測点 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
Temp. °C	8.5	8.0	7.4	7.0	7.2	6.8	6.9	7.0	7.1	7.4	7.8	7.4
Cl ppm	76	76	75	75	75	74	75	75	75	75	75	75
DO ml/l	8.13	8.32	8.28	8.34	8.35	8.34	8.35	8.29	8.42	8.40	8.42	8.33

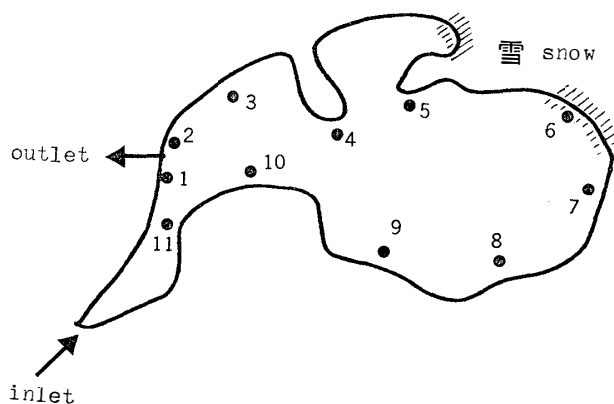


図2 大池の測点図

Fig. 2. Location of observation station at Lake Ô-ike (pond).

見された。

試料の採取地点は、図 1 中に地域毎に番号で示した。

オングル島では、大池 \bar{O} -1、大池に流れ込む沢水 \bar{O} -2、幅 40 cm 深さ 20 cm の雪融水の小川 \bar{O} -3、雪溪の下にある深さ 30-50 cm の池水 \bar{O} -4、岩のり程度の緑の植物のあった

表 3 オングル島，ラングホブデ，スカーレン露岩地域の湖沼等の水質
Table 3. Water quality of lakes and pools around Ongul, Langhovde and Skallen district.

地域	No.	項目 湖沼の仮名 単位	水温	塩素量	ケイ酸塩	リン酸塩	三態素	pH	酸素量	生物
			°C	ppm	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$		ml/l	
オングル	1	大池	6.2-9.0	83.5	19	0.00	0.45	7.14	8.59 -8.82	
	2	大池入口の沢	2.2	60.9	21	0.00	0.46	7.22	8.13	
	3	西オングルの小川	0.1	60.5	10	0.10	0.98	6.44		
	4	西オングル雪溪の下	1.5	39.8	14	0.02	1.02	6.89		
	5	東オングルの沢	5-16	80.3	15	0.53	1.95	6.48		+
	6	みどり池	7.0-13	78.2 -86.1	19-23	0.17 -0.23	0.66 -0.77	7.00 -7.06	8.53 -8.82	
	7	水汲み沢	9.3	193	13	0.13	0.64			
ラングホブデ	1	ぬるめ池表層	8.5	5645	8	0.12	0.19 -0.24	7.97	8.11 -8.13	?
	2	ぬるめ池底層	12.0	21600	10	0.15	0.31	8.04 -8.16		?
	3	あけび池	8.2 -8.9	3360 -3830	126 -193	0.09 -0.17	0.43 -0.74	8.27 -8.30	8.23 -8.25	++
	4	三島池	12.8	875	101	0.13	0.41	8.14	7.48	
	5	三島の下流	12.3	1430	101	0.17	0.66	8.17	7.58	
	6	わに口池	12.0	691	92	0.13	0.72	8.10	7.53	+
スカーレン	1	スカーレン大池	6.8	56.5	106	0.02 -0.06	0.62 -0.92	7.90	8.64 -8.69	+
	2	ひょうたん池	9.0	72.0	85	0.13	2.06	7.17	8.24	++
	3	北池	4.5	20.7	24	0.02 -0.08	0.33 -0.60	6.98 -7.00	8.82	
	4	仲池	6.3	12.7	27	0.02	0.43	7.66	8.81	
	5	黒池	6.3	9.7	40	0.02	1.20	7.47	9.01	++
	6	東入江の沢	10.6	311	158	0.29	2.11	8.80	8.32	
	7	多藻池	4.5	128	143	0.06	1.42	8.00	9.06	+++
	8	茶藻池	16.5	68.3	142	0.08	1.16	8.62		+++
	9	台形池	9.4-10.4	10.7	29	0.04	0.71	7.63	8.36	+
	10	東入江(海)	2.9	5900	31	0.23	1.71	7.86	9.11	
	11	氷河水	0.0	1.0				7.95	9.31	

沢 \bar{O} -5, みどり池 \bar{O} -6 および昭和基地の飲料用水池 (水汲み沢) \bar{O} -7 である。

ラングホブデでは, 付近の岩の上から見ると, 底層の深部の湾曲も分るぬるめ池 L-1, L-2, この塩湖の東側は海面より 0.5 m 高い程度で, 海面が少し上がれば海水が湖に流入できる。長頭山 (378 m) の南南西約 1 km に, 周囲が岩ですりばち状になり, その底にある長方形で水深 1-2 m の池 (あけび池) L-3, この池から 1 つ山を越えた約 0.8 km 東にある池で, 少し水位が下がると三つの島ができる池 L-4, この池の水面上 80 cm の高さで, 周囲の岩に食塩の析出がみられた。この池の下流の小さい池 L-5, さらにその下流のわにが口を開いたような形の水深の浅い池 L-6 で採水した。

スカーレンでは, 半島を東西に切るようなスカーレン大池 (S-1) は, 他の池の配置の説明の基準として考えることができる。大池の東端の上流に, ひょうたん形の池 S-2 があり, 大池の西端から約 1.2 km 北方にある池 S-3, さらに 1 km 北方にある池 S-4, 大池の東端から, ほぼ南へ 1 km の所にある黒色の地衣類が底一面に着生している池 S-5, 大池から東の海岸へ出る途中は河原のようであったが, そこの浅い池 (S-6) は露出した石に海鳥のふんがみられた。大池の中央から約 1 km 北にある池 S-7 は, 水深約 0.3 m で底にラン藻が繁茂し, 下層の死滅層は 1 m 以上存在した。これと似た池が, 半島の北端近くにあり, 死滅層が 60 cm の池 S-8, この池から約 0.4 km 東にあって, 北岸および東岸が雪でおおわれた台形の池 S-9, さらに参考のため, 半島の東の入江の海水 S-10, および氷河水 S-11 を採取した。

4. 分析結果とその考察

4.1. 水 温

水量の多い池では水温 5-10°C であった。しかし, ぬるめ池は高塩分で, 密度の飛躍層 (塩分の効果) がみられ, 底層で水温は 12°C を示した。水量の少ない池では, 天候に左右されるのであろうが, 水温は 10-15°C の範囲の広い水温を示していた。

4.2. 塩 素 量

オングル島では, 水汲み沢を除き塩素量 100 ppm 以下であった。水汲み沢では 193 ppm で飲料用としてはやや塩素量が多く, 明らかにまずい水であった。ラングホブデでは, 塩素量 0.69-21.6‰ で, ぬるめ池を除けば他は 3.4-3.8‰ であった。ぬるめ池では, 表層の塩素量は低いが, 3 m 以深では海水よりわずかに高い塩素量であった。スカーレンでは, 塩

表 4 湖沼周辺の雪の塩素量 (ppm)

Table 4. Chlorinity in snow lain around lake and ponds.

地 域	湖 沼 名	湖沼位置 No.	塩素量 (ppm)
オ ン グ ル	大 池 北 東 側	Ō - 1	1.4
"	" 南 西 側		21.4
"	みどり池 北 西 側	Ō - 6	5.2
"	" 南 東 側		2.3
ラ ン グ ホ ブ デ	ぬるめ池 東 側	L - 1	0.7
"	" 西 側		0.5
ス カ ー レ ン	スカーレン大池 北 側	S - 1	1.2
"	" 南 東 側		0.6
"	北 池 西 側	S - 3	1.5
"	仲 池 北 側	S - 4	0.8
"	氷 河 水	S -11	1.0

素量は 10 - 360 ppm で、水量の豊富な池では低く（大池では 60 ppm，他は 20 ppm 以下），生物の多い池は比較的高い塩素量（70 - 130 ppm）を示した。

雪の塩素量については、表 4 に示すように、主要な湖沼の周囲に堆積した雪では 0.5 - 21 ppm を示したが、大部分は 1 ppm 程度であった。一方、これらの雪の融解した水が池に流入する前の、大池の入口の沢や、西オングル島の小川や積雪の下、あるいはスカーレン大池

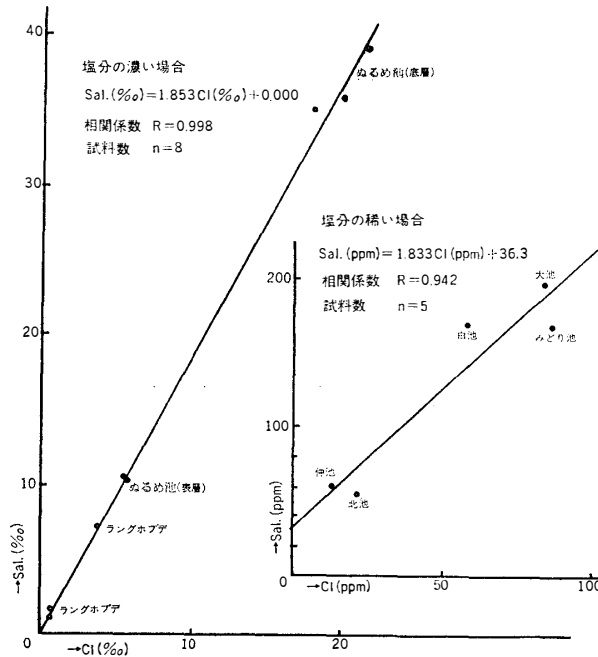


図 3 湖沼水の塩素量と塩分との関係

Fig. 3. Relation between chlorinity and salinity of lake and pond waters.

の上流であるひょうたん池等の塩素量をみても、堆積した雪の塩素量よりはるかに高く、むしろ、流入しようとしている池水の塩素量に近いことから、積雪が融けて池に流れ込む際、すでに濃縮されていると考えられる場合もある。

湖沼水の塩素量と積雪のそれとの比は、オングルやスカーレンでは $10 - 10^2$ であり、ラングホブデでは約 10^3 であった（ぬるめ池を除く）。

湖沼水の一部は、東京に持ち帰り、蒸発残留物を測定した。また、一部は、千葉工業大学村田貞雄氏により、金属や硫酸塩の分析がなされた。これらから、総塩分と塩素量との関係を求めると、高塩分水については、 $\text{Sal. (\%)} = 1.853 \text{Cl} + 0.000$ 、低塩分水では、 $\text{Sal. (\%)} = 1.833 \text{Cl} + 0.036$ と海水の場合と比較して、極めてそれに近い関係がみられた（図 3）。

4.3. pH

西オングル島の小川の pH の 6.4 からスカーレンの東入江の沢の 8.8 あるいは、茶藻池の 8.6 までの約 2 pH 幅の変化があったが、地域的に特徴があり、オングル島では 7 付近、ラングホブデでは 8、スカーレンでは 7-8.5 であった。pH と化学成分との対応をみると、塩素量、リン酸塩、無機性三態窒素濃度との相関は低いが、ケイ酸塩濃度とは高い相関がみられた（表 5）。なお、pH と $\log. [\text{Si}]$ との相関についても同じように高い相関がみられた。

表 5 栄養塩相互および pH との関係。R：相関係数，n：資料数

Table 5. Correlations among nutrient salts and between nutrient salts and pH.

関係項目	オングル	ラングホブデ	スカーレン	全体
p と ΣN	R=0.05, n=9	R=0.39, n=10	$\Sigma\text{N} = 11.6p + 0.43$ R=0.85, n=9	R=0.05, n=29
Si と pH	$\text{pH} = 0.061\text{Si} + 5.87$ R=0.83, n=9	$\text{pH} = 0.0015\text{Si} + 8.01$ R=0.86, n=10	$\text{pH} = 0.0092\text{Si} + 7.00$ R=0.83, n=11	$\text{pH} = 0.0072\text{Si} + 7.22$ R=0.65, n=30
ΣN と pH				R=0.08, n=30
p と pH				R=0.05, n=30

4.4. 栄養塩類

水量の豊富な池では、ケイ酸塩、アンモニウム塩を除き、他の栄養塩はほとんど含まれていなかった。

4.4.1. 無機性三態窒素塩

硝酸塩、亜硝酸塩およびアンモニウム塩の三態窒素塩の中、大部分がアンモニウム態（80-90%、濃度で $0.1 - 1.9 \text{NH}_4\text{-N } \mu\text{g-at/l}$ ）で、硝酸塩、亜硝酸塩の含有量は少ない（平均

値として、オングル島では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 16%、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 7.1%、ラングホブデでは、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 4-37%、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 7.7%、スカーレンでは、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 6.5%、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 2.1%)。

4.4.2. リン酸塩

リン酸塩がほとんど存在しない池から、沢水の $\text{PO}_4\text{-P}$ $0.5 \mu\text{g-at/l}$ までかなりの幅があるが、水量の豊富な池では、オングル島のみどり池、水汲み沢で高く ($0.1-0.2 \mu\text{g-at/l}$)、ラングホブデでも同程度であった。これは、本州南方の沿岸水域の表層水なみの濃度である。スカーレンでは、水量の豊富な池で非常に低く、生物の多い池では $0.1 \mu\text{g-at/l}$ 程度まで検出されている。リン酸塩濃度と他の栄養塩濃度との関係では、ケイ酸塩との相関は低いが、スカーレンにおいて、窒素塩との間に高い相関が認められた (表 5)。これは、平均的の海洋プランクトンの P, N 組成比の 1:16 より低く、ラン藻の死滅分解の際の放出比に関連するものと思われる。

4.4.3. ケイ酸塩

ケイ酸塩は、オングル島では低く $20 \mu\text{g-at/l}$ 以下であったが、ラングホブデでは $100 \mu\text{g-at/l}$ 以上で非常に高かった。しかし、ぬるめ池では $10 \mu\text{g-at/l}$ で、この地域ではまれにみる貧ケイ酸水であるので、この湖水の滞留時間はあんがい短いものと思われる。

スカーレンでは、湖沼によってケイ酸塩濃度に大幅な変化 ($10-100 \mu\text{g-at/l}$) がみられる。

全体として、ケイ酸塩と他の栄養塩の濃度や塩素量との相関は低いが、pH とケイ酸塩濃度との相関は高い。このことから、ライト谷のバンダ湖の場合 (YAMAGATA *et al.*, 1967) とは様子が異なり、ケイ酸塩の大部分は、海水や生物起源ではなく、岩石の浸食によるものと思われる。

この地域の岩石と水との相互作用を知る手掛りとして、スカーレン大池の南岸の花崗片麻岩を粉碎して蒸留水で洗い、さらに新しい蒸留水に 25°C 以下で 20 日間浸漬し、溶存ケイ酸 (SiO_2) として 13.2 ppm を得た (表 6)。なお、このケイ酸に当量の金属酸化物も 10 ppm 程度は溶出していたはずであるが、実際の蒸発残留分測定では 70 ppm と多く、さらに検討する必要がある。

表 6 池の周囲の岩石 (花崗片麻岩) の溶解テスト

Table 6. Solubility test of metamorphic rock sampled around a lake for 20 days.

試料	蒸発残渣	比色ケイ酸	SiO_2 としての濃度
岩石粉末 11 g/ $\text{H}_2\text{O} \cdot 100 \text{ ml}$	70 ppm	220 $\mu\text{g-at/l}$	13.2 ppm
0 g/ $\text{H}_2\text{O} \cdot 100 \text{ ml}$	7.5 ppm	4.5 $\mu\text{g-at/l}$	0.27 ppm

5. 湖底の気泡の組成

湖底の気泡については、これまで多くの観測者の注意をひきながらその分析はなされていない。

水深の浅い池で、底にラン藻の繁茂している場合、このラン藻には必ず多くの気泡が付着している（これは、生物が自身を守る防寒用のコートの役割も果していると思われる）。

今回分析した試料は、スカーレン大池の西側下流の水深 30 cm のラン藻に付着していた気泡で、船上のガスクロマトグラフで分析した結果、大気に似た組成のガスであったが酸素が 5 % 多く、窒素が 4 % 少ない気体であった。これは、プールの水温が上昇して空気が過飽和になり、ガスとして遊離する場合、葉緑素を持つ生物の光合成にともなう放出酸素を核として発生するためと思われる。

6. おわりに

この調査は、1968年に、第8次南極地域観測隊鳥居鉄也越冬隊長の指揮する野外調査に参加の機会を与えられ、さらに1969年1-2月の野外調査に参加することができたので、それらの観測結果を整理したものである。

南極地域の野外調査は、地形の起伏が激しく、その作業には多大の労力が必要である。この調査のため危険も省みず試料採取、水温測定、試料や器具の運搬等で第10次観測隊海洋担当の猿渡了己隊員の協力を受けた。ここに、鳥居鉄也教授および猿渡了己氏に深謝します。

文 献

- STRICKLAND, J. D. H. and PARSONS, T. R. (1960): A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, **125**, 185 p.
- 菅原 健・鳥居鉄也 (1959): 東オングル島池水の化学組成について. 南極資料, **7**, 53-55.
- SUGAWARA, K. (1961): Chemistry of ice, snow and other water substances in Antarctica. Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.), **11**, 116-120.
- YAMAGATA, N., TORII, T. and MURATA, S. (1967): Report of the Japanese summer parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965. V. Chemical composition of lake waters. Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.), **29**, 53-75.
- YAMAGATA, N., TORII, T., MURATA, S. and WATANUKI, K. (1967): Report of the Japanese summer parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963-1965. VII. Chemical composition of pond waters in Ross Island with reference to those in Ongul Island. Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.), **29**, 82-89.