

昭和基地付近の露岩地域に存在する湖沼の ホウ素含有量について

村山 治 太*

Boron Contents of the Antarctic Lakes near Syowa Station

Haruta Murayama*

要旨： リュツォ・ホルム湾東岸（東南極大陸・プリンスオラフ海岸）の露岩地域に存在する湖沼49から得られた試料水76について、溶存するホウ素の量をメチレンブルー吸光光度法により測定した。最小値は定量限界 (4×10^{-3} mg/l) 以下であり、最大値は34 mg/l であった。ホウ素量は塩化物イオン量と強い正の相関を示し、海水に対する濃縮係数は 0.34~1.79 であった。これら湖沼水中の溶存成分は、その供給源の大部分が海洋であると考えられているが、海岸からの距離が近い露岩地域の湖沼水では、風送塩の生成・運搬過程でのホウ素の分別・濃縮などの効果は、ほとんど見られなかった。

1. はじめに

南極大陸の露岩地域には多くの湖沼が存在するが、低温のために塩類の折出条件が、中・低緯度の乾燥地域と異なり、湖沼の溶存成分や濃度に時異な現象がみられることが報告されている（鳥居他, 1973）。昭和基地のあるリュツォ・ホルム湾東岸にも露岩地域があり、地形・地質については、すでに日本南極地域観測隊によって調査され、多くの成果が発表されているが、湖沼水については断片的な報告しかなされていなかった（菅原他, 1959; 南他, 1961; SUGAWARA, 1961; 目黒, 1962; 綿拔, 1962; 杉村1971）。

第13次~16次日本南極地域観測隊に、地球化学担当隊員が各1名ずつ参加して昭和基地で越冬し、その成果が南極地球化学シンポジウム（1976年7月28・29日、国立極地研究所主催）で発表されて、昭和基地を含むリュツォ・ホルム湾東岸の露岩地域の、湖沼水についての知識が急増した（日向野, 1977; 平林他, 1977; 村山, 1977; 佐野他, 1977a, b; WATANUKI *et al.*, 1977）。この他に平林他（1976）による同地域の湖沼水についての報告がある。筆者は前記シンポジウムの後で、リュツォ・ホルム湾東岸の露岩地域に存在する49の湖沼を含む76試料について、ホウ素を測定したのでここにその結果を報告する。

2. 試料について

ホウ素測定用試料は全て、筆者が第13次日本南極地域観測隊に参加し、昭和基地で越冬した際採取したものをを用いた。

2.1. 試料採取地点

採取地域は、日の出岬、東・西オングル島、ラングホブデ、ブレイドボーグニッパ、スカルブネス、スカーレンである。これら地域の位置関係を図1に、各地域で試料水を

* 化学教室 (Dept. of Chemistry)

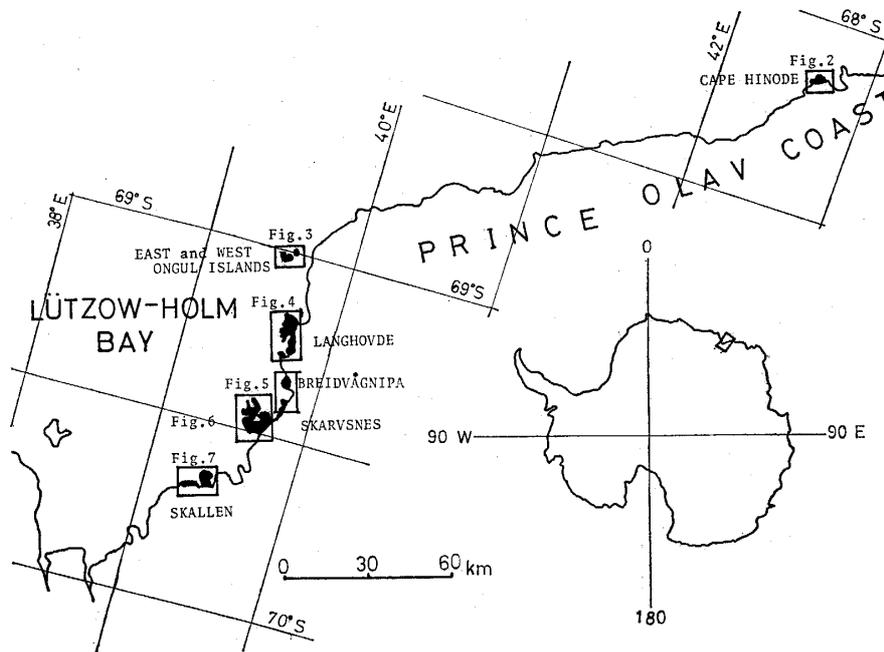


図 1. 調査地域指示図.

Fig. 1. Locality map of Lützow-Holm Bay, East Antarctica.

採取した湖沼を図 2-7 に示す。いずれも国土地理院発行の地形図を基にして、筆者が縮小・図化したものである。

2.2. 試料採取時期および採取方法

日の出岬地区： 1972年1月4日～7日。湖沼はいずれも結氷していなかったため、湖岸から採水した。

東・西オングル島： 適時日帰りで行なった。

前記以外の地区： 1972年9月末から12月初めに KC 型雪上車を利用して、10日～2週間の旅行を4回行ない採取した。各湖沼毎の採水年月日は表1-9に示す。日の出岬および東オングル島の2つを除いて、調査対象とした湖沼は全て結氷していた。アイスドリルを使用して直径 11 cm の穴をあけ、北原式 B 号採水器を用いて、原則として氷下 50 cm および底より 50 cm 上の、2層の湖沼水を採取した。

3. ホウ素の測定法について

公定法の一つである、JIS-K0102 工場排水試験法-58 (1971) に基いて、メチレンブルー吸光度法を用いた。試料水に硫酸とフッ化水素酸を加えて、ホウ素をテトラフルオロホウ酸イオン (BF_4^-) とし、これにメチレンブルーを加えて生成した錯体を、1,2-ジクロロエタンで抽出し、検量線法により定量した。この方法による定量範囲はホウ素 0.0001～0.001 mg/15 ml である。検量線を図 8 に示す。

実際に試料水を測定する場合、定量範囲より濃度の高い試料水は、ホウ素を含まない蒸留水でうすめればよいが、定量限界以下の試料についても、おおよその値を知りたかったので、次のような操作を試みた。

内海他 (1965) の研究を参考にして、試料水を 3.3 倍 (50 ml) とり、添加する試薬の量も 3.3 倍 (硫酸, フッ化水素酸, メチレンブルーをそれぞれ 10 ml) にして、約 3 倍

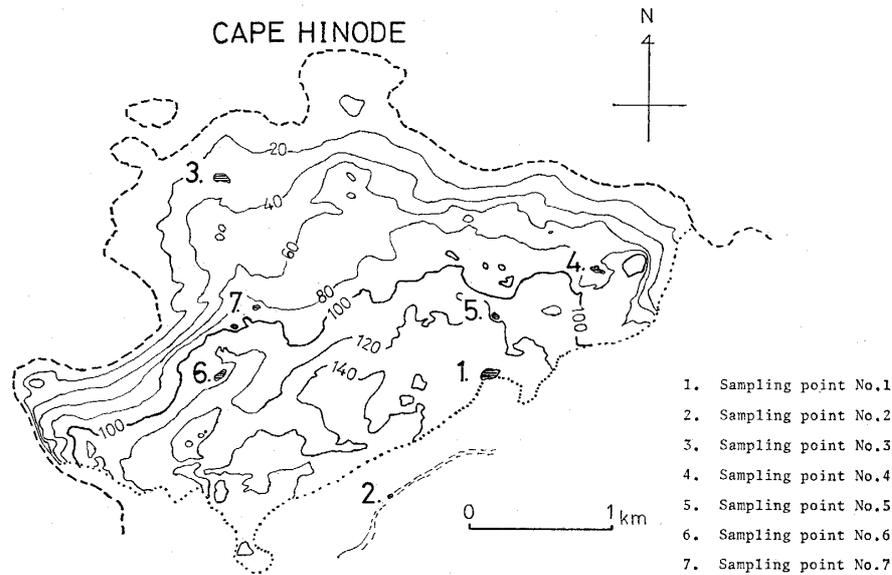


図 2. 日の出岬地区

Fig. 2. Locality map of Cape Hinode.

表-1 日の出岬地区湖沼のホウ素量

Table 1. Boron Contents of lakes at Cape Hinode.

池 の 名 前	No. 1*	No. 2*	No. 3*	No. 4*	No. 5*	No. 6*	No. 7*
採水年月日	'72.1.7	'72.1.7	'72.1.5	'72.1.6	'72.1.6	'72.1.4	'72.1.4
採水位置 (m)	岸	岸	岸	岸	岸	岸	岸
pH	7.0	8.6	7.4	7.7	7.3	9.0	8.8
全蒸発残留物 (mg/l)	1.5×10	6.2×10	8.5×10	9.2×10	1.60×10^2	2.42×10^2	6.95×10^2
塩化物イオン (mg/l)	2.0	<0.5	3.0×10	4.3×10	7.1×10	1.07×10^2	3.65×10^2
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	$<4 \times 10^{-3}$	7.1×10^{-3}	8.9×10^{-3}	1.5×10^{-2}	2.0×10^{-2}	6.5×10^{-2}
濃縮係数	—	—	0.94	0.82	0.84	0.74	0.70

* 印は仮称

の濃縮効果を期待した。検量線を図9に示す。

4. 測定結果

測定結果を表1-9に示した。標準化されている測定法によって、図8の検量線を用いて定量したのが31試料、公定法を改良した方法により、図9の検量線より定量したのが19試料、そして残りの26試料については 0.0002 mg/50 ml 以下で、定量値を得ることができなかった。

なお各湖沼についての一般的性状 (氷厚・深さ・水温・電導度・比重—塩湖のみ—・EDTA硬度・Na・K・Ca・Mg・ SO_4^{2-} ・海岸からの距離・海面からの高さ・長径・短径・面積など) については、別に筆者が報告しているので参照されたい (村山, 1977)。表1-9に示した濃縮係数 [(B/Cl) 試料水/(B/Cl) 海水] を求めるための海水の標準値は小山他 (1972) の値を用いた。

図 3. 東・西オングル島地区

Fig. 3. Locality map of East and West Ongul Islands.

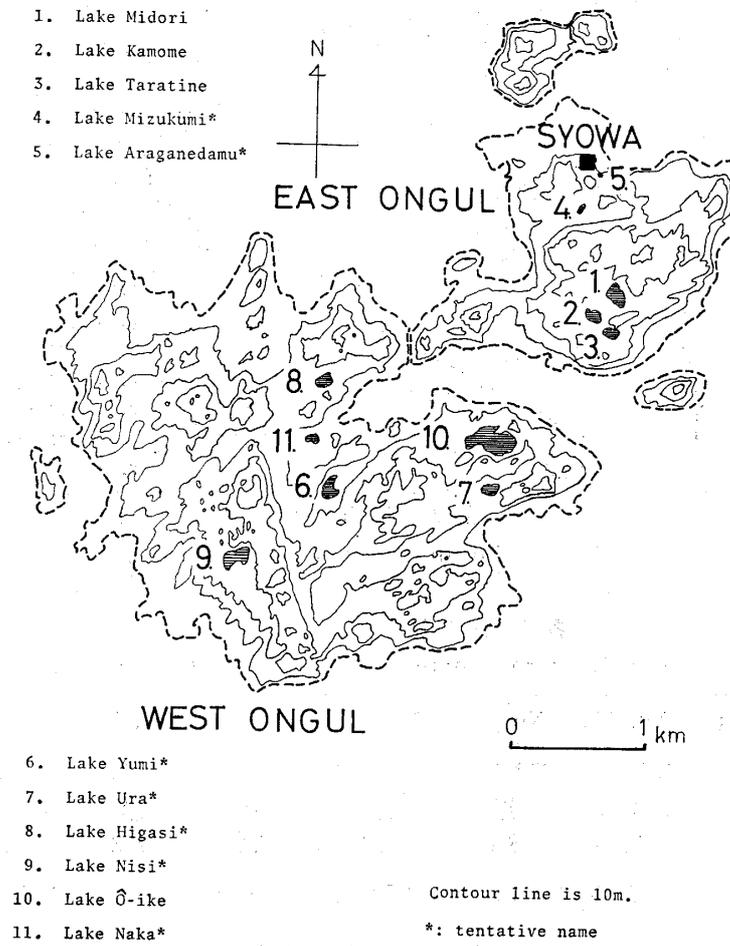


表-2 東オングル島地区湖沼のホウ素量

Table 2. Boron Contents of lakes at East Ongul Island.

池 の 名 前	みどり池	かもめ池	たらちね池	水汲池*	荒金ダム*
採水年月日	'72.3.23	'72.3.23	'72.3.24	'73.1.31	'73.1.31
採水位置 (m)	0.6	1.0	0.35	岸	岸
pH	6.5	7.2	7.8	6.8	6.7
全蒸発残留物 (mg/l)	7.1×10	2.20×10^2	4.29×10^3	2.13×10^2	1.45×10^2
塩化物イオン (mg/l)	1.73×10	4.53×10	2.05×10^3	8.44×10	5.99×10
ホウ素 (Bとし て) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	9.9×10^{-3}	2.9×10^{-1}	1.2×10^{-2}	8.7×10^{-3}
濃縮係数	—	0.86	0.56	0.56	0.57

* 印は仮称

表-3 西オングル島地区湖沼のホウ素量
Table 3. Boron Contents of lakes at West Ongul Island.

池 の 名 前	弓池*		裏池*	
採水年月日	'72. 3. 14		1972. 3. 7	
採水位置 (m)	5.3	0.5	10.5	
pH	7.4	7.3	6.6	
全蒸発残留物 (mg/l)	7.0×10	1.32×10^2	3.2×10	
塩化物イオン (mg/l)	7.7	3.07×10	3.80×10	
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	7.2×10^{-2}	8.6×10^{-2}	
濃縮係数	—	0.93	0.89	

池 の 名 前	東池*	西池*	大池	中池*	
採水年月日	'72. 3. 15	'72. 3. 15	1972. 11. 18	'72. 3. 14	
採水位置 (m)	4.5	5.5	2.0	10.5	4.2
pH	6.8	6.6	6.8	6.9	7.1
全蒸発残留物 (mg/l)	2.07×10^2	5.3×10	2.69×10^2	2.66×10^2	4.49×10^2
塩化物イオン (mg/l)	3.60×10	5.70×10	1.20×10^2	1.25×10^2	3.41×10^2
ホウ素 (Bとし て) (mg/l)	8.8×10^{-3}	1.0×10^{-2}	2.9×10^{-2}	2.9×10^{-2}	7.7×10^{-2}
濃縮係数	0.97	0.69	0.96	0.92	0.89

* 印は仮称

5. 結果の検討と考察

昭和基地付近の露岩地域の湖沼水の水質は、平林他 (1976) および村山 (1977) によって報告されているように、その溶存成分の組成比が海水に近いものが多い。そこで縦軸に塩化物イオン量を取り、横軸にホウ素量をとって、両対数方眼紙にプロットしてみたのが図10である。図10で明らかなように、きれいな正の相関を示している。図10で実線は海水の標準値を通る傾き 45° の直線で、点線はホウ素量 $0.0002 \text{ mg}/15 \text{ ml}$ (即ち $1.3 \times 10^{-2} \text{ mg}/\text{l}$) を示す。点線の下側で実験値が実線をはさんでばらついているのは、精度を犠牲にした改良法による実験誤差と考えているが、点線の上側では2点(スカーレン大池)を除いて、全て実線より右に位置している。ただし、最も離れているあけび池でも濃縮係数は 0.34 であり、又、唯一の例外であるスカーレン大池でも濃縮係数は 1.79 である。即ち海水の濃縮・希釈線(実線)からあまり離れていない。

風送塩の安定度順序について SUGAWARA が日本国内の降水について求め、オングル島の池水については日本国内での安定度順序と異なっていたという報告がある(SUGAWARA, 1961)。又、MUTO (1956) と内海他 (1967) はそれぞれ別々に、我国における降水や河川水中のホウ素と塩化物イオンの測定値を報告しているが、その結果からホウ素の濃縮係数を求めてみると、降水で 30~170、河川水で 220 にもなる。いずれも塩化物イオンに比べてホウ素が濃縮されていることになる。

昭和基地付近の露岩地域は海洋に近く、最も遠い湖沼でも直線距離で 2.5 km しか離れていない。そのため海水飛沫が直接ドライフォールアウト(dry fallout)となって湖沼付近に堆積し、融水によって洗い流されて流入するために、風送塩としての分別が進

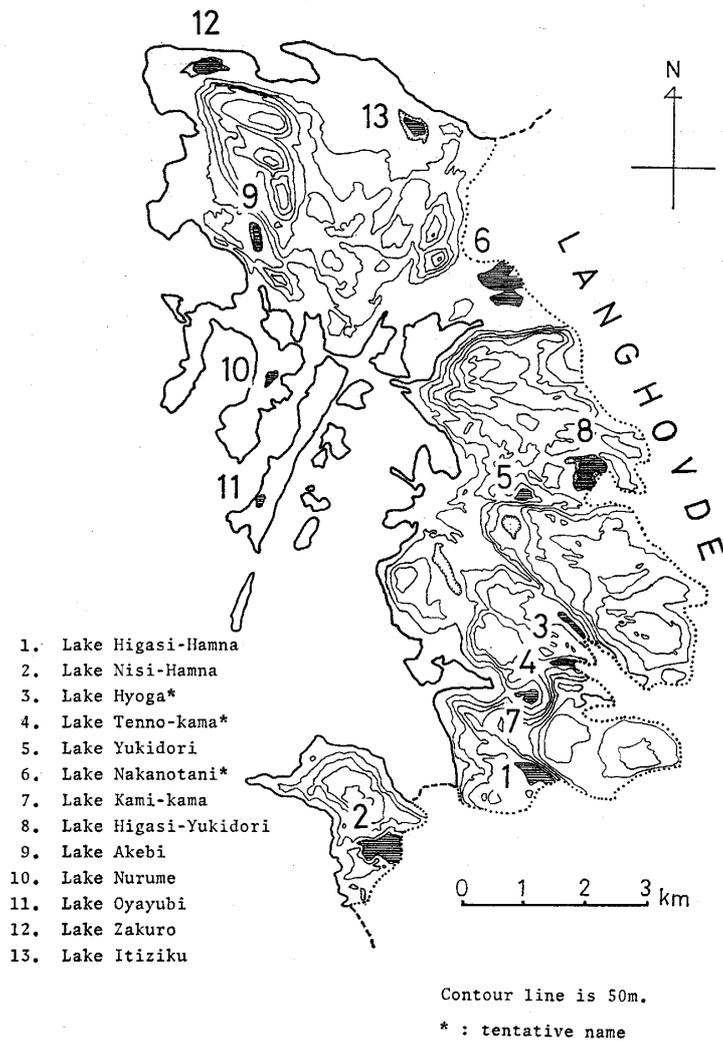


図 4. ラングホブデ地区

Fig. 4. Locality map of Langhovde.

表-4. ラングホブデ地区淡水湖のホウ素量

Table 4. Boron Contents of fresh lakes at Langhovde.

池 の 名 前	東ハムナ池		西ハムナ池		氷河池*		天の釜*
採水年月日	1972. 11. 25		1972. 10. 4		1972. 9. 30		'72. 11. 24
採水位置 (m)	3.0	22.0	2.5	15.5	2.0	4.5	2.0
pH	6.3	6.7	8.3	7.9	8.6	9.0	7.5
全蒸発残留物 (mg/l)	1.2×10	2.1×10	2.5×10	3.0×10	3.3×10	2.8×10	3.9×10
塩化物イオン (mg/l)	2.2	2.7	7.8	6.8	8.1	7.7	6.8
ホウ素 (Bとし て) (mg/l)	<4×10 ⁻³						
濃縮係数	—	—	—	—	—	—	—

(to be continued next page)

Table 4. (continued)

池 の 名 前	雪鳥池		中の谷池*		上釜	東雪鳥池	
採水年月日	1972.11.23		1972.10.4		'72.11.24	1972.11.23	
採水位置 (m)	2.0	6.0	2.5	17.0	2.0	2.5	15.5
pH	8.2	8.4	7.8	7.5	9.0	9.0	8.9
全蒸発残留物 (mg/l)	4.9×10	4.7×10	7.0×10	1.17×10^2	1.29×10^2	1.74×10^2	1.83×10^2
塩化物イオン (mg/l)	1.08×10	1.04×10	2.5×10	4.0×10	2.3×10	5.2×10	5.3×10
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	$<4 \times 10^{-3}$	5.6×10^{-3}	9.4×10^{-3}	5.9×10^{-3}	7.2×10^{-3}	7.5×10^{-3}
濃縮係数	—	—	0.89	0.92	1.01	0.55	0.56

* 印は仮称

表-5. ラングホブデ地区塩湖のホウ素量

Table 5. Baron Contents of salin lakes at Langhovde.

池 の 名 前	あけび池		ぬるめ池	
採水年月日	1972.10.7		1972.10.7	
採水位置 (m)	2.0	5.0	1.5	16.0
pH	7.7	7.9	7.6	7.3
全蒸発残留物 (mg/l)	1.68×10^4	1.69×10^4	3.68×10^4	5.79×10^4
塩化物イオン (mg/l)	8.6×10^3	7.7×10^3	1.9×10^4	2.9×10^4
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	7.4×10^{-1}	7.6×10^{-1}	4.4	6.7
濃縮係数	0.34	0.39	0.92	0.91

池 の 名 前	親指池		ざくろ池		いちじく池
採水年月日	1972.10.5		1972.10.6		'73.2.8
採水位置 (m)	1.5	5.0	1.0	4.1	0.2
pH	7.3	7.2	7.3	7.1	6.8
全蒸発残留物 (mg/l)	1.07×10^5	1.07×10^5	2.18×10^5	2.32×10^5	4.01×10^5
塩化物イオン (mg/l)	5.4×10^4	5.3×10^4	1.2×10^5	1.3×10^5	2.1×10^5
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	1.2×10	1.3×10	1.8×10	2.0×10	4.4×10
濃縮係数	0.88	0.97	0.59	0.61	0.64

* 印は仮称

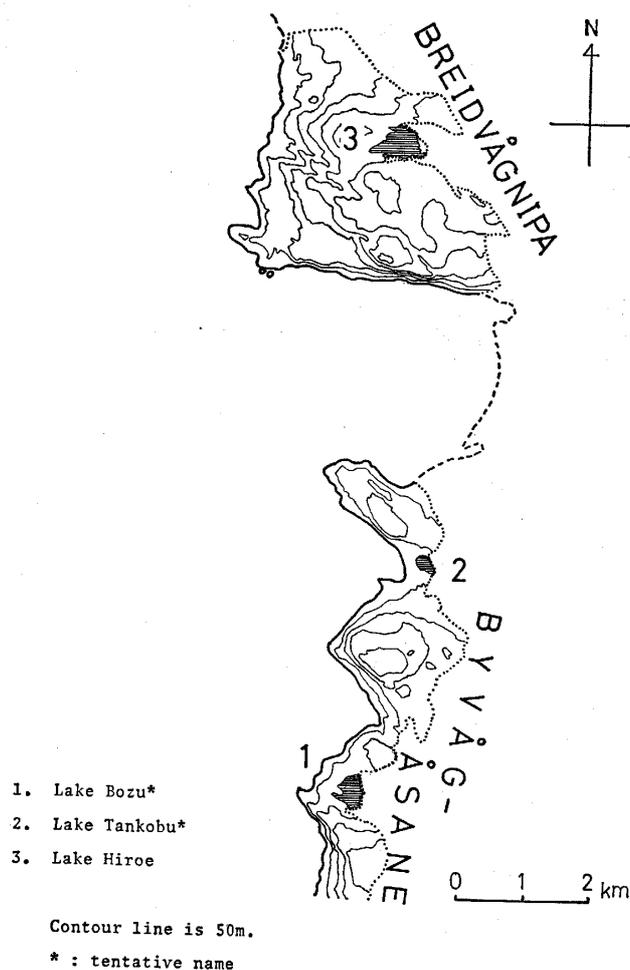


図 5. ブレイドボークニッパ地区

Fig. 5. Locality map of Breidvågnipa.

表-6. ブレイドボークニッパ地区湖沼のホウ素量

Table 6. Boron Contents of lakes at Breidvågnipa.

池 の 名 前	ぼうず池*		たんこぶ池*		広江池	
採水年月日	1972. 11. 15		1972. 11. 14		1972. 11. 22	
採水位置 (m)	3.5	17.0	2.5	13.0	2.5	8.5
pH	6.2	6.6	6.7	6.5	6.4	6.4
全蒸発残留物 (mg/l)	7	4	9	5	1.4×10	1.2×10
塩化物イオン (mg/l)	2.2	1.3	2.1	2.1	2.9	3.2
ホウ素 (Bと して) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$					
濃縮係数	—	—	—	—	—	—

* 印は仮称

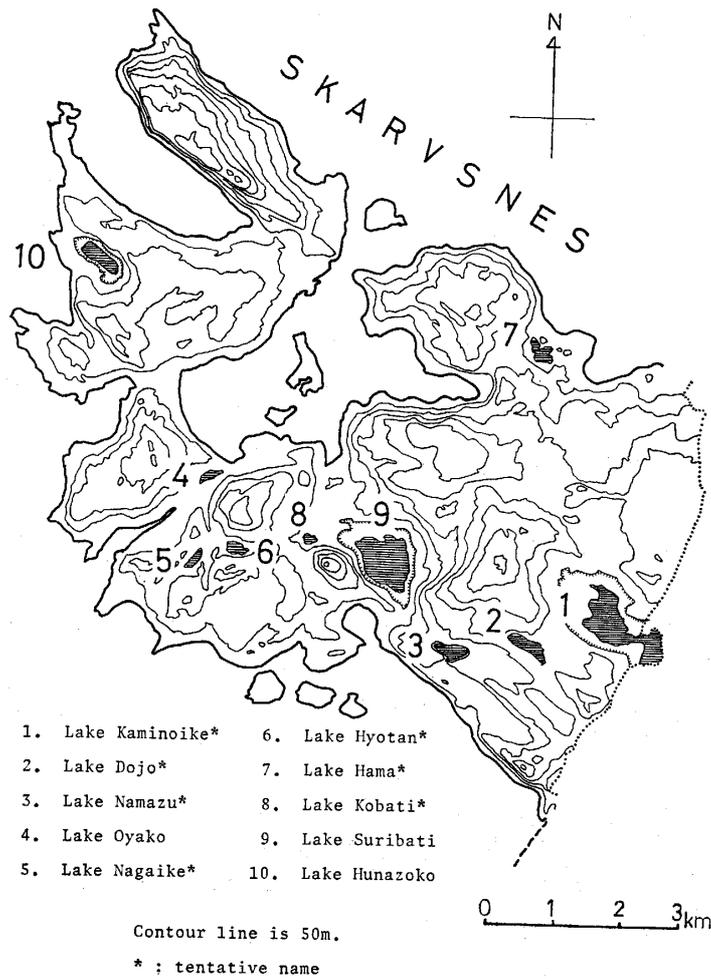


図 6. スカルプスネス地区
Fig. 6. Locality map of Skarvsnes.

まないものと考えられる。海岸からの距離が遠い大陸の氷雪面に達した風送塩は、大陸氷河によって運ばれ、直接海に入るものが多い。露岩地域の湖沼のうち大陸氷河の融水が直接流入しているものは、含有成分の絶対量が極めて少なく、全ての湖沼でホウ素は測定限界以下であった。

濃縮係数が 0.5 以下の湖沼はあけび池（ラングホプデにある塩湖）だけであるが、この池は別報で筆者が指適しているように（村山，1977），池を囲む稜線の最も低い鞍部の標高が約 50 m で、水面は鞍部より 50 m 以上もさがっている（標高-4 m）。含有成分組成も海水と異なり、淡水に近い組成の湖沼水が、長い年月を経て濃縮され、現在に至ったものと考えている。あけび池以外にも湖沼水の濃縮が進んでいると考えられているものでは、ホウ素の濃縮係数が 0.5~0.8 になった（日の出岬-No. 6, No. 7；東オングル島-たらちね池，水汲池，荒金ダム；ラングホプデ-東雪鳥池，ざくろ池，いちじく池；スカルプスネス-ひょうたん池，浜池，小鉢池，すりばち池，舟底池；スカーレン-X池）。これらの池は現在大陸氷河の融水は流入していない。

以上の結果から、リュツォ・ホルム湾東岸の露岩地域に存在している湖沼群では、風送塩の生成・運搬過程における分別作用より、湖沼に集められてから後の濃縮過程での

表-7. スカルブネス地区淡水湖のホウ素量

Table 7. Boron Contents of fresh lakes at Skarvsnes.

池の名前	神の池*		どじょう池*	
採水年月日	1972.10.23		1972.10.25	
採水位置 (m)	2.0	11.0	2.0	4.5
pH	8.9	8.3	9.5	9.5
全蒸発残留物 (mg/l)	1.8×10	2.1×10	6.2×10	1.38×10^2
塩化物イオン (mg/l)	3.7	1.3	1.2×10	1.7×10
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	$<4 \times 10^{-3}$	$<4 \times 10^{-3}$	$<4 \times 10^{-3}$
濃縮係数	—	—	—	—

池の名前	なまず池*		親子池	
採水年月日	1972.10.25		1972.10.27	
採水位置 (m)	2.0	19.0	2.0	7.5
pH	9.6	9.4	8.4	8.4
全蒸発残留物 (mg/l)	1.33×10^2	1.52×10^2	8.36×10^2	8.79×10^2
塩化物イオン (mg/l)	3.1×10	3.6×10	3.7×10^2	4.0×10^2
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-2}	8.5×10^{-2}	8.9×10^{-2}
濃縮係数	1.27	1.10	0.91	0.88

* 印は仮称

表-8. スカルブネス地区塩湖のホウ素量

Table 8. Boron Contents of saline lakes at Skarvsnes.

池の名前	長池*		ひょうたん池*		浜池*
採水年月日	1972.10.27		1972.10.26		1972.10.21
採水位置 (m)	2.0	9.0	2.0	9.5	2.5
pH	8.6	8.6	8.6	8.8	7.3
全蒸発残留物 (mg/l)	1.50×10^3	1.64×10^3	1.86×10^3	1.73×10^3	1.82×10^4
塩化物イオン (mg/l)	7.4×10^2	7.8×10^2	9.7×10^2	8.5×10^2	8.6×10^3
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	1.6×10^{-1}	1.7×10^{-1}	1.7×10^{-1}	1.5×10^{-1}	1.1
濃縮係数	0.85	0.86	0.69	0.70	0.51

池の名前	小鉢池*		すりばち池		舟底池	
採水年月日	1972.10.26		1972.11.11		1972.10.27	
採水位置 (m)	2.0	8.5	5.0	30.0	1.0	8.5
pH	8.0	8.0	7.6	7.1	7.0	6.9
全蒸発残留物 (mg/l)	2.79×10^4	2.79×10^4	1.61×10^5	2.33×10^5	2.44×10^5	2.57×10^5
塩化物イオン (mg/l)	1.5×10^4	1.5×10^4	9.0×10^4	1.3×10^5	1.3×10^5	1.4×10^5
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	2.3	2.1	1.7	2.4	2.5	2.6
濃縮係数	0.61	0.55	0.74	0.73	0.76	0.73

* 印は仮称

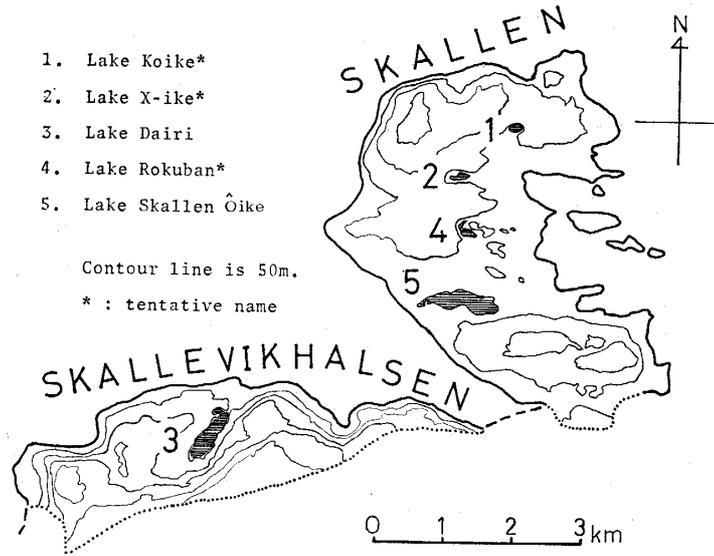


図 7. スカーレン地区

Fig. 7. Locality map of Skallen.

表-9. スカーレン地区湖沼のホウ素量

Table 9. Boron Contents of lakes at Skallen.

池 の 名 前	甲池*		X池*	
採水年月日	1972. 11. 7		1972. 11. 6	
採水位置 (m)	2.0	5.5	2.0	7.5
pH	9.4	8.7	9.3	9.2
全蒸発残留物 (mg/l)	8.1×10	8.5×10	1.17×10^2	1.04×10^2
塩化物イオン (mg/l)	2.5×10	2.3×10	4.3×10	2.6×10
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	6.6×10^{-3}	6.9×10^{-3}	5.0×10^{-3}	4.2×10^{-3}
濃縮係数	1.04	1.19	0.46	0.64
池 の 名 前	大理池	6番池*	スカーレン大池	
採水年月日	'72. 11. 8	'72. 11. 8	1972. 11. 7	
採水位置 (m)	0.8	2.0	2.0	8.5
pH	8.2	8.3	9.0	8.6
全蒸発残留物 (mg/l)	1.08×10^2	1.21×10^2	2.41×10^2	2.13×10^2
塩化物イオン (mg/l)	7.4	4.8×10	8.5×10	8.6×10
ホウ素 (Bとして) (mg/l)	$<4 \times 10^{-3}$	9.6×10^{-3}	3.1×10^{-2}	3.9×10^{-2}
濃縮係数	—	0.79	1.44	1.79

* 印は仮称

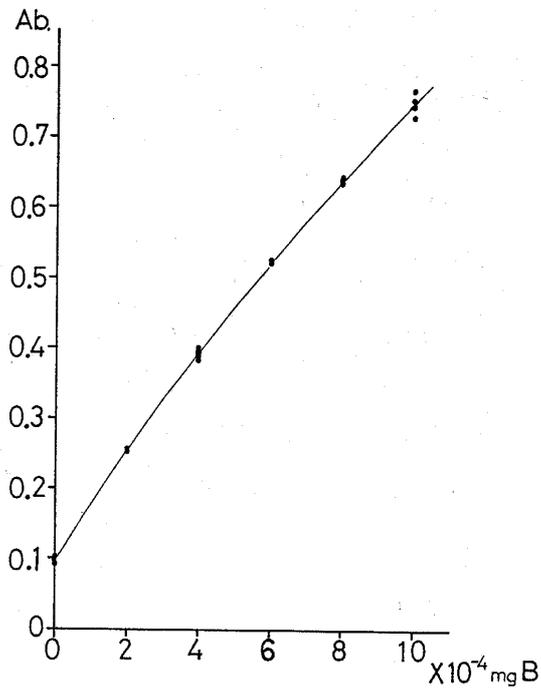


図 8. 公定法による検量線 (JIS-K0102. 58.)
 Fig. 8. Calibration curve by the standard Method. (JIS-K0102. 58.)

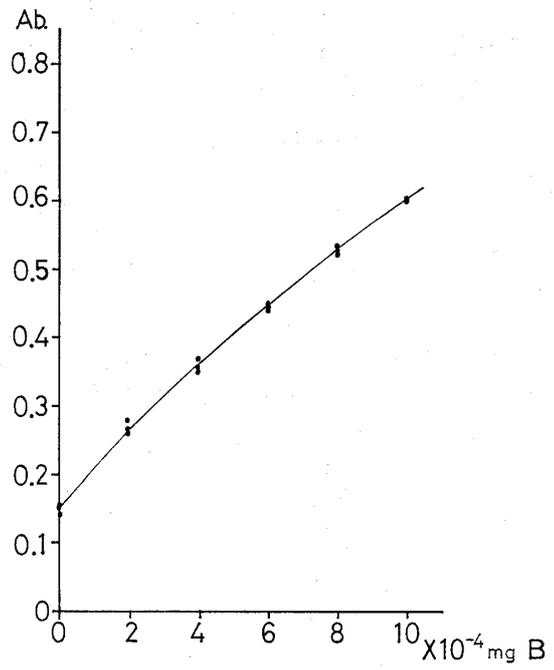


図 9. 改良法による検量線
 Fig. 9. Calibration curve by improved Method.

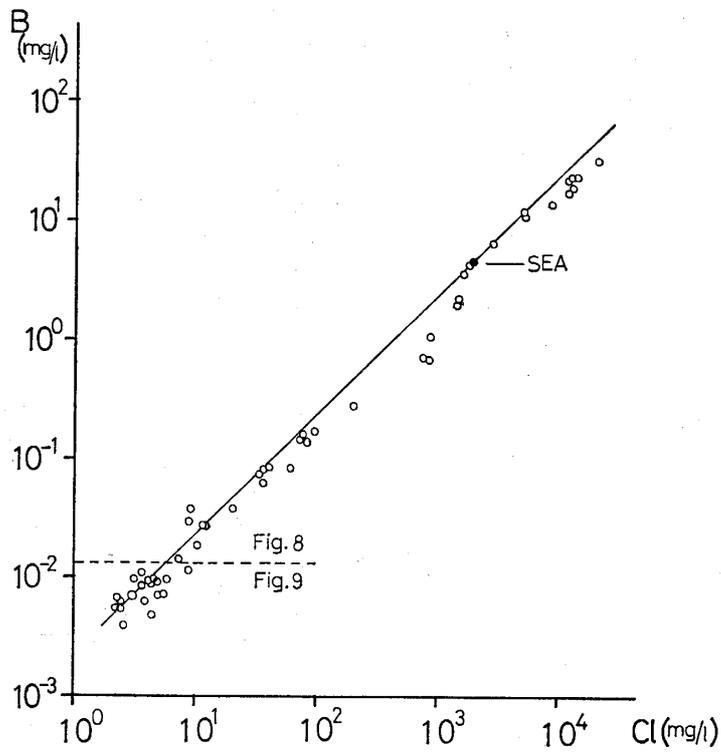


図 10. ホウ素と塩化物イオンとの関係
 Fig. 10. Relationship between Boron and Chloride ion.

作用により、ホウ素と塩化物イオンとの存在割合がすこし変わりはじめていると思われる湖沼も存在していると結論した。なお湖沼毎の生物活動の大小とホウ素含有量或いは濃縮係数との間に、特定の関係を見つけることはできなかった。

6. 参 考 文 献

- 日向野良治 (1977): 昭和基地周辺の湖沼の水質。南極資料, 58: 32-42.
- 平林順一・小坂丈予 (1976): 南極プリンスオラフ沿岸に分布する湖沼水の水質について。南極資料, 57: 56-72.
- 平林順一・小坂丈予 (1977): 昭和基地周辺の塩湖の水質の由来と変化。南極資料, 58: 93-107.
- JIS-K0102 工場排水試験法 (1971): 日本規格協会, 160-161.
- 小山忠四郎・半田暢彦・杉村行勇 (1972): 湖水・海水の分析。講談社, 230p.
- 目黒 熙 (1962): 南極地域海岸線付近の露岩地帯の池及び風化物について。南極資料, 14: 44-47.
- 南 英一・松本利松・小坂丈予 (1961): 南極オングル島付近のパドルの水質。南極資料, 11: 122-127.
- 村山治太 (1977): 昭和基地付近の露岩地帯に存在する湖沼の一般的性状について。南極資料, 58: 43-62.
- MUTO S. (1956): Distribution of Boron in Natural Waters. Bull. Chem. Soc. Japan, 29: 532-536.
- 佐野方昂・中井信之・鳥居鉄也 (1977a): ぬるめ池の2層構造について。南極資料, 58: 63-68.
- 佐野方昂・中井信之・鳥居鉄也 (1977b): ぬるめ池の微量金属の鉛直分布。南極資料, 58: 108-115.
- 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.
- 杉村行勇 (1971): スカルプスネスの塩水湖。極地, 13: 10-12.
- 鳥居鉄也・山泉 登 (1973): オアシス。南極, 楠 宏他編, 共立出版, 282-330.
- 内海 喻・伊藤舜介・磯崎昭徳 (1965): 極微量のホウ素の抽出光度定量法。日本化学雑誌, 86: 921-925.
- 内海 喻・磯崎昭徳 (1967): 天然水中のホウ素の抽出吸光光度定量。日本化学雑誌, 88: 545-549.
- 綿拔邦彦 (1962): 第6次南極地域観測隊地球化学部門報告。南極資料, 18: 45-49.
- WATANUKI, K., TORII, T., MURAYAMA, H., HIRABAYASHI, J., SANO, M. and ABIKO, T. (1977): Geochemical Features of Antarctic Lakes. Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.), 59: 18-25.