

南極・ドライバレー地域の湖沼水の ホウ素含有量について

村山 治 太*

Boron Contents of Lake Waters in the Dry Valleys Region, Antarctica

Haruta MURAYAMA*

Abstract: In the 1981-1982 austral summer, geochemical research was carried out at the Dry Valleys region of South Victoria Land, Antarctica. 48 kinds of water samples were collected from the Lake Vanda and Boney, Don Juan Pond and the Labyrinth area. Boron and chloride ion containing in lake or pond waters were determined with the methylene-blue absorptimetry and silver nitrate titration. Enrichment coefficients of boron were compared with the Copenhagen water. The values of those of lakes or ponds near the terminus of continental glacier were larger and far from the glacier were smaller.

1. はじめに

降水や降雪中のホウ素・塩化物イオン比を海水と比較すると、数十倍～数千倍ホウ素に富んでいると報告されている(菅原, 1948; MUTO, 1956; 内海他, 1967)。南極大陸の露岩地帯(無氷雪地帯)にも多くの湖沼が存在し、大陸氷河や降雪の融水を貯えているが、これらの湖沼が蒸発・濃縮される時の温度が中・低緯度の乾燥地帯より低く、塩類の析出条件が異なるために、湖沼水の溶存成分や濃度などに特異な現象がみられることが報告されている(鳥居他, 1973)。筆者は昭和基地(東南極大陸・プリンスオラフ海岸)付近の、海岸から数キロメートル以内に存在する湖沼の水76試料のホウ素・塩化物イオン比を測定した結果、いずれも海水とほぼ等しいが、蒸発・濃縮のやや進んでいると考えられる一部の湖沼では、わずかにホウ素が乏しいことを報告した(村山, 1979)。1981-1982年の南極の夏のシーズンに、ドライバレー地域(西南極大陸・ビクトリアランド)の、海から数十キロメートル以上離れた21の湖沼を調査し、48点の水試料を採取(うち8点は1983-1984年に鳥居他が採取)し、ホウ素と塩化物イオンを測定したので、ここにその結果を報告する。なお、水試料採取地点の地理学的状況、湖沼水の一般的性状等については1981-1982年ドライバレー調査報告(村山他, 1983)を参照されたい。

* 横浜国立大学教育学部化学教室

* Department of Chemistry, Faculty of Education, Yokohama National University, 156, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240.

2. 試料採取地点の概略

試料採取地点を図1に示す。ドライバレー地域は、南極最大の露岩地帯マクマード・オアシス（東西 80 km, 南北 150 km）の中央部に位置し、およそ $77^{\circ}15'S$ から $77^{\circ}45'S$, $160^{\circ}20'E$ から $163^{\circ}10'E$ の範囲にまたがっている。西の内陸高原から東方のロス海に向かって三つの大きな谷（北から順にビクトリア谷・ライト谷・テイラー谷）が東西に走るほか、たくさんの小さな谷が存在する。これらの谷は典型的なU字谷で、一年を通じてほとんど積雪がみられない。谷底は起伏がかなり大きく、一面に氷河堆積物（モレーン）で覆われており、基盤までの厚さは 100 m を越えるところもある。モレーンの内部には永久凍土が存在する (MCGINNIS et al., 1971; NAKAO et al., 1972)。

ラビリンス (Labyrinth) 地区はライト谷の西端・大陸氷河の末端付近に位置し、海拔 1000 m に近い高地である。東西 4 km, 南北 5 km の起伏に富んだ地形で、直径数 m ~ 数十 m の小さい池が多数存在する。池は永久凍土の上であり、深さは数十 cm ~ 数 m である。

バンダ湖はライト谷の中央よりやや西に位置し、湖面の大きさは $5.6\text{ km} \times 1.4\text{ km}$ ・深さ 66.7 m で、夏期でも縁辺部をのぞき、3.5~4 m の氷に覆われている。東側からオニックス川が流入しているが、湖水は表層を除いて密度成層をしている (YAMAGATA et al., 1967)。水温は深さとともに上昇し、底層近くで $+25^{\circ}\text{C}$ を示す。

ドン・ファン池はラビリンス地区とバンダ湖の中間に位置し、新鉱物「南極石 (Antarctite)」の発見 (TORII et al., 1965) により有名になった、ドライバレー地域でただ一つの不凍湖である。大きさは $0.7\text{ km} \times 0.7\text{ km}$ であるが、深さは 10 cm 程度しかない。

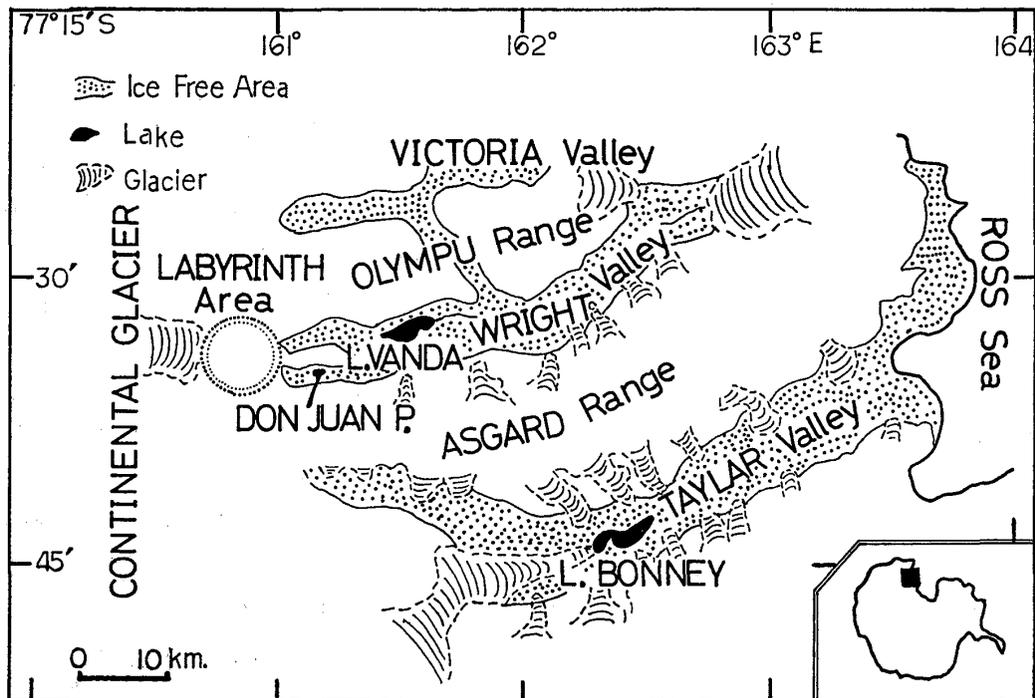


図1. 試料採取地点

Fig. 1. Locality map of the Dry Valleys, South Victoria Land, Antarctica.

現在の池水は塩化カルシウムを主成分とするが、トンプソンによる海水の低温濃縮の実験でも最後に残るのは塩化カルシウム溶液であった (THOMPSON et al., 1956) ため、湖沼水が低温濃縮された最後の姿の一例と考えられている。

ボニー湖はテイラー谷の中央よりやや西に位置し、湖の西端はテイラー氷河の末端に接していて、夏期にはかなりの氷河融水の供給を受けている。湖面の大きさ 4.8 km × 0.77 km・深さ 34.7 m の東湖と 2.6 km × 0.84 km・深さ 30 m の西湖とは幅 40 m、深さ 11 m の狭い水路でつながっている。夏期に湖岸近くで数 m の幅の開水面が見られる他は、厚さ 3.4~4.3 m の氷に覆われている。湖水はバンダ湖と同様に密度成層をしているが、水温の鉛直分布は中層に極大値を示す (YAMAGATA et al., 1967)。

3. 測定法

塩化物イオンとホウ素の測定は公定法の一つである、工場排水試験方法 JIS K 0102-1981 -35 と -47 に準拠して行った (JIS K 0102-1981)。以下にその概略を記す。

塩化物イオンの測定は硝酸銀滴定法で行い、指示薬にはフルオレセインナトリウム (ウラニン) 溶液を使用した。

ホウ素の測定はメチレンブルー吸光光度法で行った。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。

4. 測定結果

測定結果および海水と比較したホウ素の濃縮比 (塩化物イオンを基準として) を表 1~3 および図-2 に示す。海水の標準値は小山の値 (小山他, 1972) を用いた。

表 1. 湖沼水のホウ素・塩化物イオン含有量と海水を基準とした濃縮係数 (ラビリンス地区)

Table 1. Contents of boron and chloride ion containing in the lake water, and enrichment coefficients compared with the Copenhagen water (Labyrinth Area).

Lake name (tentative)	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients	Lake name (tentative)	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients
L-12	0.0502	0.008	6.3	L-18-2	0.0025	0.0047	7.4
L-10	0.140	0.13	3.7	L-18-1	0.0044	0.0083	7.5
L-7-1	0.392	0.46	4.6	L-17	0.0075	0.0083	4.4
LB-1	0.818	0.77	3.7	L-20	0.0863	0.063	2.9
LB-2	1.35	0.90	2.7	L-24	0.0579	0.059	4.0
L-15	5.02	2.5	1.9	L-22-1	0.221	0.13	2.3
L-7-2	5.41	3.0	2.2	L-22-2	12.1	5.3	1.7
L-11	5.95	2.4	1.6	L-19	28.4	14	1.9
L-14	10.7	6.0	2.2	(1983-1984, Collected by TORII)			
B-1	16.7	8.2	1.9				
L-9-1	38.7	25	2.6				
L-4	50.0	28	2.2				
L-9-2	52.7	26	1.9				

(1981-1982)

表2. 湖沼水のホウ素・塩化物イオン含有量と海水を基準とした濃縮係数
(バンダ湖とドン・ファン池)

Table 2. Contents of boron and chloride ion containing in the lake water, and enrichment coefficients compared with the Copenhagen water (Lake Vanda and Don Juan Pond).

Lake Vanda (depth m)	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients	Don Juan Pond	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients
5	0.287	0.034	0.48	Main Pond	268	2.07	0.03
12.5	0.303	0.035	0.48	Puddle	349	2.67	0.03
20	0.504	0.057	0.44				
40	0.507	0.058	0.44				
50	3.05	0.17	0.22				
55	23.1	1.3	0.22				
60	49.3	2.5	0.20				
62.5	63.9	3.0	0.19				
65	74.2	4.0	0.21				
66.5 (Bottom)	81.3	4.6	0.23				

表3. 湖沼水のホウ素・塩化物イオン含有量と海水を基準とした濃縮係数
(ボニー湖)

Table 3. Contents of boron and chloride ion containing in the lake water, and enrichment coefficients compared with the Copenhagen water (Lake Bonney).

East Lobe (Depth m)	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients	West Lobe (Depth m)	Cl ⁻ (g/l)	B (mg/l)	Enrichment coefficients
5	0.529	0.18	1.3	5	0.560	0.23	1.6
10	5.71	1.3	0.91	10	6.03	1.5	0.99
15	39.6	8.0	0.79	15	57.9	21	1.4
20	129	28	0.87	20	65.6	21	1.3
25	162	41	0.99	25	82.2	22	1.1
30	169	42	0.99	30	82.5	26	1.3
34.5	178	42	0.95	30.5	86.7	21	0.99
34.7 (Bottom)	185	33	0.71	(Bottom)			

5. 考 察

図-2のグラフからラビリンス地区のホウ素・塩化物イオン比はややばらつくものの、ボニー西湖、ボニー東湖、バンダ湖、ドン・ファン池がそれぞれ同じ直線上に並び、傾きも海水の濃縮・希釈線と平行になっていることが明らかである。同じ直線上に並ぶ点は、濃度の低いところで直線より上にずれている。このことから以下の結論を考えた。

1) ラビリンス地区の湖沼は全て海水の濃縮・希釈線より左側に位置している。降水や降雪中のホウ素・塩化物イオン比が海水と比べて、ホウ素に富んでいるという報告から、これらの湖沼の水は、氷河融水が濃縮されつつある段階と考えた。そして、濃度の低い湖沼水より、濃度の高い湖沼水の方が海水の濃縮・希釈線に近づいているのは、蒸発・濃縮の進む過程での分別が起こっているためと解釈した。

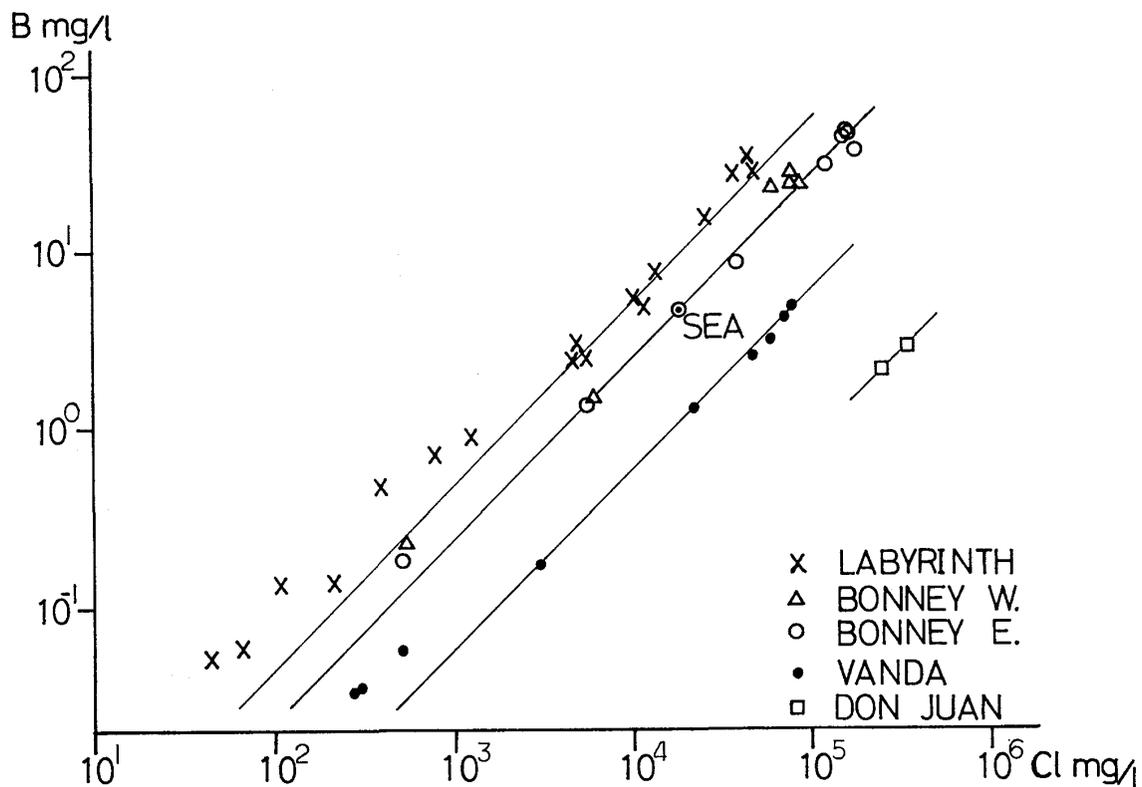


図2. 湖沼水中のホウ素と塩化物イオンの関係

Fig. 2. Correlations of boron and chloride ion containing in lake or pond waters.

2) ボニー西湖の方がボニー東湖より、海水と比したホウ素・塩化物イオン比が僅かに大きい。このことは現在のボニー湖が西湖の西で大陸氷河と接しており、相対的にホウ素に富んだ氷河融水の流入が続いていることから、その影響が西湖に現われていることを示している。

3) ボニー湖もバンダ湖もそれぞれ異なった蒸発・濃縮の履歴を持つが表面付近の湖水は現在も大量の氷河融水の流入が続いており、その希釈作用の程度が濃縮・希釈線からのずれとなって現れている。

4) ドン・ファン池は低温下での蒸発・濃縮の最終的な姿の一つの例であり、ホウ素・塩化物イオン比は海水とは大きく異なっている。

6. 謝 辞

ラビリンス地区の湖沼水試料のうち、1983-1984年の試料は、鳥居鉄也博士からいただいた。鳥居鉄也博士はじめ1983-1984年ドライバレー調査隊の皆様に深く感謝します。

7. 文 献

- JIS K 0102 (1981): 工場排水試験方法—35 および—47. 日本規格協会, 99 および 144-145.
 小山忠四朗・半田暢彦・杉村行勇 (1972): 湖水・海水の分析, 講談社, 230.
 MCGINNIS, L.D. and JENSEN, T.E. (1971): Permafrost Hydrogeologic Regimen in two

- ice-free Valleys, Antarctica from Electrical Depth Sounding. *Quaternary Research*, **1**, 389-409.
- 村山治太 (1979): 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, 横浜国立大学理科紀要, 第二類, 第二十六輯, 57-69.
- 村山治太・由佐悠紀・松本源喜・鳥居鉄也 (1983): 1981-1982 年ドライバレー地域調査報告, 南極資料, **79**, 134-144.
- MUTO, S. (1956): Distribution of Boron in Natural Waters. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **29**, 118-122.
- NAKAO, K., NISHIZAKI, Y. and NAKAYAMA, K. (1972): Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1971-1972, XI. Sedimentary Structure near the Saline Lakes in Three Ice-Free Valleys, Victoria Land, Antarctica, Inferred from Electrical Depth Sounding. *Antarct. Rec.*, **45**, 89-104.
- 菅原 健 (1948): 降水の化学, *科学*, **18**, 485-492.
- THOMPSON, T.G. and NELSON, K.H. (1956): Concentration of Brines and Deposition of Salts from Sea Water under Frigid Conditions. *Am. J. Sci.*, **254**, 227-238.
- TORII, T. and OSSAKA, J. (1965): Antarcticite: A New Mineral, Calcium Chloride Hexahydrate, Discovered in Antarctica. *Science*, **149**, 975-977.
- 鳥居鉄也・山県 登 (1973): オアシス, 南極, 楠宏他編, 共立出版, 282-330.
- 内海 喩・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.
- 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. *Antarctic Rec.*, **29**, 53-75.