

## ぬ る め 池 の 2 層 構 造 に つ い て

佐野方昂\*・中井信之\*\*・鳥居鉄也\*\*\*

### On the Two-Layer Structure in Lake Nurume, Antarctica

Masataka SANO\*, Nobuyuki NAKAI\*\* and Tetsuya TORII\*\*\*

**Abstract:** It was found that Lake Nurume has the structure composed of two water layers differing in chemical composition. Concentrations of major dissolved components in the upper layer are nearly the same as those of sea water and the lower layer has 1.5 times greater major ion concentration than sea water. Formation of this two-layer structure can be ascribed to the following processes. The major ion concentration and chemical composition of the pond water and the geographical position of Lake Nurume, suggest that the lower layer was made by concentration of the original pond water which was sea water in the past, and then sea water flowed into the pond to make the upper layer.

**要旨:** 南極ラングホブデ地区、ぬるめ池の主要溶存塩類の鉛直分布から、同池は、水深約 10 m を境にして、海水とはほぼ同じ主要溶存塩類濃度の上層と、海水濃度の約 1.5 倍の下層からなっていることが見出された。この 2 層構造の成因を考察し、主要溶存塩類の濃度、組成、地理的条件から、下層は、湖水が濃縮して形成され、その後、海水の流入によって上層が生成されたという過程が推定された。

### 1. は じ め に

南極昭和基地周辺の露岩地帯に存在する塩湖は、小規模ながらもそれぞれ特色ある主要溶存塩類の鉛直分布を示している。

現在の鉛直分布を決定している要因として、湖水の起源、湖盆形態、過去の水理条件などが考えられ、逆に、溶存塩類の鉛直分布から、湖が過去にこうむった作用、置かれた環境を推定しうるものと考えられる。また、同地域の湖沼は、人為作用も皆無に等しく、水系としても比較的単純なため、上に記したような湖の歴史を知る上で、好都合である。

\* 愛知県公害調査センター. Aichi Environmental Research Center, 7-6, aza Nagare, Tsujimachi, Kita-ku, Nagoya 462.

\*\* 名古屋大学理学部. Faculty of Science, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464.

\*\*\* 千葉工業大学. Chiba Institute of Technology, Tsudanuma 2-17-1, Narashino 275.

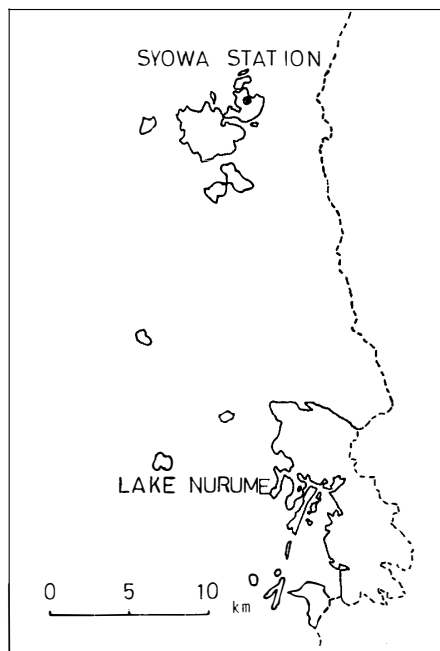


図 1 めるめ池の位置  
Fig. 1. Location of Lake Nurume.

ぬるめ池は昭和基地の南，約 30 km ラングホブデ地区中指岬の中間に位置し（図 1），径 200 m 最大水深 15 m ほどの小湖である．本湖の特徴は，顕著な二層構造を有することにより，この二層構造の成因について，考察を加えてみた．

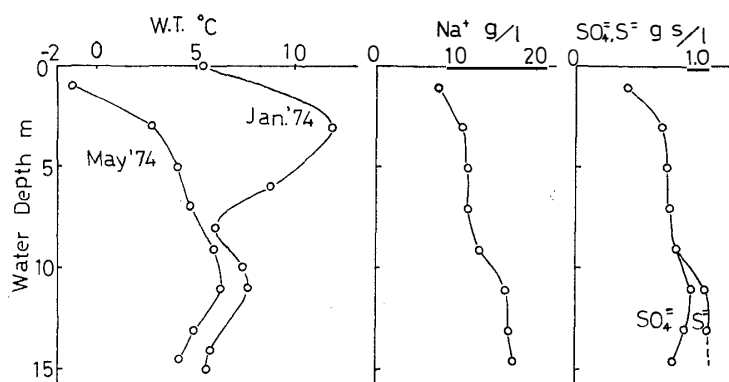
## 2. 調査時の状況

1974 年 1 月には，池表面全体にわたって解氷し，池の東側一端から少量溢出していた．海水面と池水面の比高は，池水面が数 10 cm 高い程度であった．同年 5 月，10 月の調査時には，池全面にわたって氷結し，その氷厚は，それぞれ 40 cm，120 cm であった．しかし，水位の変動はわずかであった．

## 3. 2 層構造の確認

同年 5 月の池心における  $\text{Na}^+$  と全硫黄（ $\text{SO}_4^{2-} + \text{S}^0 + \dots$ ）（硫黄化合物  $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{H}_2\text{S}$  などはすべて  $\text{S}$  としての重量で表現する）の鉛直分布（図 2）から，

- 1) 水深 3 m までの漸増層
- 2) 水深 3 m から 7 m までのほぼ濃度一定な層
- 3) 水深 7 m から 11 m までの漸増層

図 2 ぬるめ池の水温  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4=$ ,  $\text{S}^=$  の垂直分布Fig. 2. Vertical profiles of water temperature,  $\text{Na}^+$  and  $\text{SO}_4=$ ,  $\text{S}^=$  in Lake Nurume.

4) 水深 11 m から 14.5 m までの濃度がほぼ一定な層の 4 層に区分されよう。第 1 層は、第 2 層と融雪水の混合水と考えられる。第 2 層の  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4=$  濃度は、海水のそれとほぼ等しい。第 3 層は第 2 層と第 4 層の混合帯と考えられる。第 4 層の  $\text{Na}^+$ , 全硫黄濃度は、海水の約 1.5 倍である。全層を通じて、 $\text{Na}^+$ /全硫黄の値は海水のそれとほぼ等しい。そこで、ぬるめ池は、大別して、上記第 2 層と第 4 層の 2 層構造

表 1 1967 年と 1974 年におけるぬるめ池の主要溶存塩類濃度  
(1967 年のデータは、鳥居他による)

Fig. 1. Major ion concentration in Lake Nurume in 1967 and 1974.

Oct. 1967 g/kg (after TORII et al., 1969)

Depth (m)	Na	K	Ca	Mg	Cl	$\text{SO}_4$
5	10.4	0.46	0.41	1.15	17.14	2.38
10	13.5	0.58	0.66	1.63	24.43	3.41
15	15.1	0.66	0.77	2.00	29.90	3.81

Depth (m)	Na/Cl	K/Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	$\text{SO}_4/\text{Cl}$	$\text{SO}_4/\text{Na}$
5	0.61	0.027	0.024	0.067	0.14	0.23
10	0.55	0.024	0.027	0.067	0.14	0.25
15	0.51	0.022	0.026	0.067	0.13	0.25
Sea water	0.54	0.023	0.021	0.067	0.14	0.26

May 1974 g/l

Depth (m)	1	3	5	7	9	11	13	14.5
Na	7.7	10.9	11.6	11.6	13.0	16.2	16.7	17.2
$\text{SO}_4=$ , $\text{S}^=$	1.30	2.16	2.29	2.37	2.52	3.26	3.32	(2.46)
$\text{SO}_4/\text{Na}$	0.17	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20	—

を有するものと考えられる。このことは、鳥居他、村山、平林の 1967, 1972, 1973 年の調査でも同様な結果を得ている（表 1）。水温の季節変化から生じる 唯一の循環期と考えられる 1 月（1974 年）の調査時にも、水深約 10 m 以深で強い硫化水素臭を放ち、水温の鉛直変化も水深約 10 m 以深でその後の 5 月、10 月のそれとほとんど変化しなかったことから、水温の変化による 2 層構造の消滅は生じていなかったと考えられる（図 2）。そこで、この 2 層構造は少なくとも 1967 年以来存続しているものと推定された。

#### 4. 考 察

以上のように、ぬるめ池に 2 層構造が存在するとして、次にその成因について 2, 3 考察を加えてみる。

- 1) 大気あるいは上層水から下層水への主要溶存塩類の供給はほとんどないと考えられる。
  - 2) 地下水、湖底堆積物から下層水への主要溶存塩類の供給は、周囲の地質が先カンブリア系であることと、湖底堆積物中の Na 濃度からみて、過去、露岩地帯が出現した時期以後無いものと思われる。
  - 3) このように、現状のままでは、下層水への主要溶存塩類の供給は考えられない。
- そこで、過去に、池水の濃縮が生じたことが推定される。ぬるめ池付近には、池面が海水面より低く、海から分離されたのち、濃縮されて溶存塩分濃度が高くなったとされている舟底池、ざくろ池などが存在することから、過去の池水濃縮は不可能ではない。
- 4) 池水の濃縮によって下層水が形成された後、上層水の供給が必要であるが、その可能性として、①降雪による涵養、②海水の流入、が地理的条件から考えられる。

①の場合は、集水面積の狭さを考慮すれば、あまり期待できない。②の海水の流入はぬるめ池水面と海水面の差は 1 m 以内であり、夏期には、池岸の一部から池水が溢出していたことから、ごくわずかな海面の相対的変動によって起こりうると考えられる。それはともかくとして、1974 年 5 月と 10 月に得られた水深のデーターから概算して、

$$\text{池の全体積} = 2.5 \times 10^5 \text{ m}^3$$

$$\text{水深 10 m 以浅（上層）の体積} = 2.0 \times 10^5 \text{ m}^3$$

$$\text{水深 10 m 以深（下層）の体積} = 0.5 \times 10^5 \text{ m}^3$$

という結果を得た。これを基にして、次のようなモデルを考えてみた（図 3）。

モデル 1：現在のバックアイス帯縁の海水中  $\text{Na}^+$  濃度を初期濃度として、現在のぬるめ池下層水中の  $\text{Na}^+$  濃度にまで濃縮されたとすると、濃縮層の体積は  $1.4 \times 10^5 \text{ m}^3$  となる。

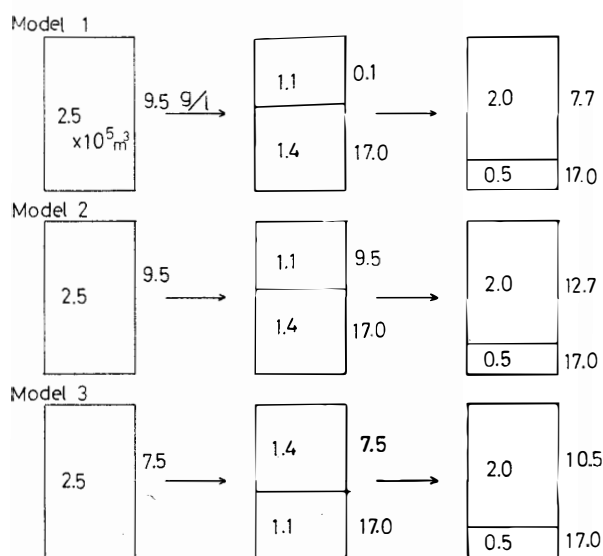


図 3 ぬるめ池の2層構造生成モデル

Fig. 3. Models of two-layer structure of Lake Nurume.

これに、融雪水 ( $\text{Na}^+$  濃度は  $0.1 \text{ g/l}$  と推定 (SUGAWARA, 1961)) が流入し、風のかく乱も加わって下層水を削り取って、上層が形成されたとすると、上層水の  $\text{Na}^+$  濃度は  $7.7 \text{ g/l}$  となる。

モデル 2：モデル 1 の融雪水の代わりに、海水 ( $9.5 \text{ g Na}^+/\text{l}$ ) が流入し、そのとき下層を削ったとすると、上層水は  $12.7 \text{ g Na}^+/\text{l}$  となる。この場合、流入した海水の量が問題となる。

モデル 3：現状に合致する初期濃度をこのモデルから求めてみると、 $7.5 \text{ g Na}^+/\text{l}$  となる。以上のモデルは、diffusion の影響などを考慮しない、ごく大雑ばなものであるが、このモ

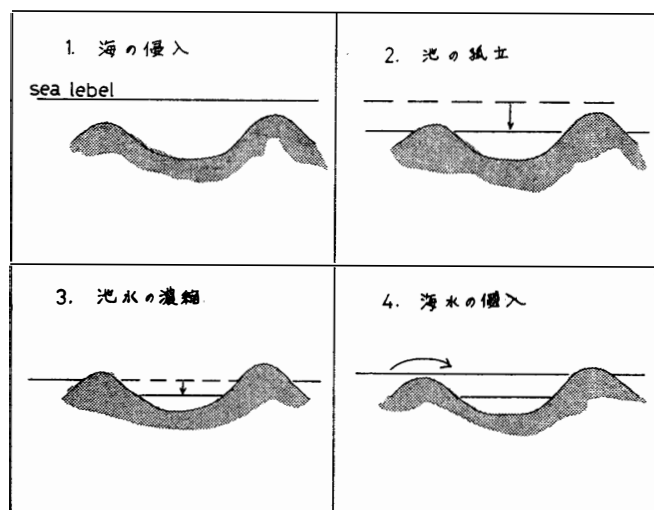


図 4 ぬるめ池の2層構造生成過程 (模式図)

Fig. 4. Process of two-layer construction at Lake Nurume (schematic).

デルから推察すると、池水（起源は海水）の濃縮とその後の海水の流入といった過程が、最も確からしいと考える。

ぬるめ池の2層構造の生成過程をまとめてみると（図4）、氷河の後退後の海の侵入→海水面の変動による池の孤立→池水の濃縮→海水の侵入といった事件が想定される。しかしながら、これはあくまでも一仮説であり、同位体を用いた研究、堆積物の分析などによる確証を得ることと、他の部門の研究（たとえば、吉田、1971）との対比が是非必要であろう。

この報告を書くにあたり、貴重なご示唆を下された国立極地研究所吉田栄夫教授に感謝致します。

## 文 献

- 鳥居鉄也・村田貞雄・小坂丈予・山県 登（1969）：南極プリンス・オラフ沿岸の湖沼の研究（1），2，3の塩水池の化学組成と *evaporite* について．地球化学討論会講演要旨集，1969，62.
- SUGAWARA, K. (1961): Chemistry of ice, snow and other water substances in Antarctica. *Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.)*, **11**, 116–120.
- 吉田栄夫（1971）：東南極プリンス・オラフ海岸の隆起汀線と塩湖．現代の地理学，古今書院，93–118.