上甕島貝池の成層状態と海水の流出流入

松 山 通 郎

Stratified Condition of Lake Kaiike on Kamikoshiki Island with Reference to Inflow and Outflow of Seawater

Michiro MATSUYAMA

Abstract

This study aims to compare the distributions of chlorinity, water temperature, dissolved O_2 and H_2S in Lake Kaiike in the two periods, April, 1976–February, 1977 and April, 1984–January, 1985. Lake Kaiike is stratified, the seawater layer is covered by less saline water, and the deeper layer contains a significant amount of H_2S . During the former period, outflow of seawater from the lake lasted long, and the chlorinity of the surface water was low at 6.6–9.9‰. Some characteristic features of the well stratified condition such as accumulation of dissolved O_2 up to 254% saturation, and high temperature up to 38.9°C, were noted in the upper layer during the spring and summer. Seasonal change in temperature of the bottom layer was limited. During the latter period, inflow of seawater into the lake was prolonged due to a general trend toward low precipitation. Chlorinity of surface water rose to a level of 8.1–15.3‰, and less saline water mass was frequently observed in the middle and deeper layers probably due to direct intrusion of surface water. Change of the stratified condition of the lake in the two periods was discussed with reference to annual cycle of inflow and outflow of seawater.

1. はじめに

鹿児島県上甕島北岸の貝池（面積, 0.15 km²; 最大深度, 11.6 m）は隣の湖（なまこ池, 鎌崎池）とともに一本の細長い礫州によって海から隔てられている。これらは以前海岸線の凹部であったが、縄文海進期にそれらを横切るように礫州が海面下に堆積し、その後の海退によってその上部は水面上にあらわれ、凹部が閉塞してきた湖である（荒巻ら, 1976）。これらの湖には程度の差はあるが礫州内部を通して海水が流入し、また湖水はその内部を通して海へ流出する。とくに、貝池は流入した海水の層を低塩分水が覆って成層し、幾つかの特色ある現象を呈している。

これらの湖の研究は神戸海洋気象台の1934年6～7月の調査に始まる（神戸海洋気象台, 1935）。これは湖群（上甕島須口池, 平良島平良池を含む）の測深, 塩分・水温・溶存酸素・ H_2S ・無機栄養塩類の測定, および浮遊生物の同定を含み、当時としては高い水準のものであった。同気象台は1938年3月と8月に同様の調

査を行なった（神戸海洋気象台, 1941）。とくに、この時に観測したなまこ池と貝池の湖面の時間的変化を安井・篠田（1938, 1939）、日高（1938）、日高ら（1939）が報告している。その後長らくこれらの湖は研究されなかった。1972年から1975年に専修大学地理学グループはこれらの湖をとりまく環境、とりわけ礫州の地形学的調査と湖群の水文学的調査を行なった（荒巻ら, 1976）。これは湖の水質、あるいは生物群集までには深く立ち入ったものではないが、湖群の形成を含めそれらの地理的環境を理解する上で重要な内容を持っている。筆者は1975年から貝池の調査を始め、その湖沼学的特長、光合成細菌の湖内生態系上の重要性、各種光合成細菌の分離、それら細菌の培養条件下での生長の解析などを行なっている（MATSUYAMA, 1977, 1978a, 1979, 1980, 1981a, b, 1982, 1983, 1984, 1985 松山, 1985; MATSUYAMA and SHIROUZU, 1978）。

ここで筆者が比較的頻りに貝池を訪れた1976年4月～翌年2月、および1984年4月～翌年1月までの2期間中の貝池の塩素量・水温・溶存酸素・ H_2S の

分布を比較し、それらから推察される成層状態の変化と貝池の海水の流出流入の関係を考察した。

2. 方 法

観測は湖心よりやや礫州側の最深部に近い所にアンカーで固定したブイを設置し、そこを定点として行なった。採水には北原式採水器、測温には電気温度計(東邦電探, ET-3 型)を使用した。塩素量は試水を 100-ml 瓶に満たし、研究室に持ち帰り、MOHR の硝酸銀滴定で測定した。なお、硝酸銀溶液はそのつど標準海水で標定した。溶存酸素は現場で WINKLER 法により滴定した。 H_2S は試水に $CdCO_3$ 懸濁液を加えて CdS として固定後、研究室に持ち帰り、ヨウ素滴定により測定した。

3. 結 果

Figure 1 に 1976 年 4 月～翌年 2 月、および 1984 年 4 月～翌年 1 月までの 2 期間中の貝池の塩素量の分布を示す。前期間中、塩素量 10‰ 以下の低塩分水が常に 2.5 m 以浅を覆っていた(1976 年 7 月の表面の塩素量 6.58‰ は 1934 年神戸海洋気象台の観測以後の表面塩素量中で最低)。その反面、深層を 18.5‰ 以上の塩素量をもつ水が占めていた(1976 年 8 月の 9 m の塩素量 18.84‰ は全観測中で翌年 8 月 10 m の 18.88‰ に次いで高い)。一方、後期間中の塩素量の分布で

は上層の塩素量は増加し(1985 年 1 月の表面塩素量は 15.28‰ 全観測中の表面塩素量で最高)、その反面、深層の塩素量は低下し(1984 年 4 月の 10 m の塩素量は最深部での全観測中で最低)、さらに塩素量 18.5‰ 以上の水は 8 月から 11 月にかけて 8 m 以深に出現しているにすぎない。この 2 期間中の表面および深層の塩素量は神戸海洋気象台の 1934 年以後の全観測中で最高および最低の値を含むとともに、表面と深層の塩素量の鉛直差も最大(1976 年夏)から最小(1985 年冬)に変化した。すなわち、貝池の塩素量の分布はおおよそこの両端内を変動すると考えられる。さらに、1984 年 4 月～翌年 1 月までの後期間で顕著なことは 4 m から 8 m にかけて突然周囲より著しく低塩分な水塊が頻ぱんに出現していることである。

Figure 2 は 2 期間中の水温の分布を示す。貝池の特色の一つである夏期を中心として 2 m から 4 m にかけての塩分躍層に著しい高温帯が 2 期間とも出現している。この高温帯は既に神戸海洋気象台(1935, 1941), 荒巻ら(1976)によって報告されているが、1976 年 8 月 3 m の水温 38.9°C は全観測中で最高である。1984 年夏では最高水温を示す深さは 4 m に下降し、34.7°C にとどまっている。1976 年 4 月、5 月、および 7 月の 4 m から 6 m にかけての温度勾配と、この間の各深さの温度上昇率から McEWEN (1929), HUTCHINSON (1957) に従ってこの深さの水の鉛直

Fig. 1. Vertical distribution of chlorinity in Lake Kaiike in the two periods, April 1976–February 1977 (left), and April 1984–January 1985 (right).

Fig. 2. Vertical distribution of temperature in Lake Kaiike in the periods, April 1976–February 1977 (upper), and April 1984–January 1985 (lower).

Fig. 3. Vertical distributions of dissolved O_2 and H_2S in Lake Kaiike in the periods, May 1976–February 1977 (left), and April 1984–January 1985 (right). Figure in rectangle indicates concentration of dissolved O_2 .

渦動拡散係数を求めた。それらは $0.0001 \sim 0.0006 \text{ g} \cdot (\text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1})$ の範囲内にあり、きわめて小さかった未発表)。同様に小さい鉛直渦動拡散係数は1984年春から夏にかけても求められるであろう。春から夏にかけ表層を低塩分水が覆い、その直下に高温帯が形成されることによって水の鉛直混合はさらに抑制されると考えられる(高温帯そのものは鉛直的な塩分差にもとづく水の鉛直混合の抑制によって形成されるが、温度上昇にともなう水の密度低下によって水の鉛直混合はさらに抑制されると考えられる。なお、著しい高温帯の出現した1976年8月においても σ_t は表面から深層に向けて一方的に増加し、高温帯での σ_t の鉛直的逆転は認められない。このことは冬期表層水温が著しく低下する時においても同様である。 σ_t の鉛直的逆転は中・下層に頻ぱんに出現する低塩分水塊において認められる)。

しかし、この高温帯はその後弱まり、やがて消失する。ここで注目されるのは1977年2月表面水温は 4.9°C と低下しているのかかわらず、2.5 m以深で

は水温は深さとともに上昇し、10 m で 18.4°C で、夏期の深層水温より大きく低下していない。一方、1985年1月水温は表面から4 m まで $7.5 \sim 7.6^\circ\text{C}$ と前者と比較して高いにもかかわらず、4.25 m から10 m まで一様で 11.4°C と著しく低下している(冬期の観測は限られるが、それらの中で最低)。さらに1984年4月～翌年1月までの期間中の深層水温の季節変化の幅は拡大し、深層の最高水温は1976年4月～翌年2月までの深層の最高水温より $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 低下している。

Figure 3 は2期間中の溶存酸素と H_2S の分布を示す。両期間ともに4 m から6 m にかけて溶存酸素は消失し、かわって H_2S があらわれる。ここで注目されるのは1976年5月から8月に2 m から3 m に著しく高い溶存酸素量の蓄積である(5月2 m の溶存酸素量は飽和度 254% に達する)。これに対して、1984年4月～翌年1月までの期間中の溶存酸素は表面から4 m までほぼ均等に分布し、飽和していた。 H_2S は1976年5月～翌年2月までの期間中5 m 以深の深さをほぼ直線的に増加し、その季節変化は小さい傾向があるの

Fig. 4. Total chloride content of Lake Kaiike (integral of chlorinity from surface to bottom taken into consideration of lake morphometry) and monthly precipitation at Nakakoshiiki (3.5 km northwest of the lake) during 1975 and 1984. Total chloride content and precipitation in January 1985 were also shown.

に対して、1984年4月～翌年1月までの期間中 H_2S は鉛直的にも季節的にも大きく変化し、とくに1984年4月、 H_2S 量は下層全体著しく低下し、 $3 \text{ mg S} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下であった(全観測中で最低)。これに先立つ冬は例年になく寒く、上甕村役場(貝池の南西3.5 km)での気象観測によると1984年1月から3月までの月間平均気温は過去10年間と比較し $2.1 \sim 2.5^\circ\text{C}$ 低かった。したがって、この間全層混合、あるいはそれに近い状況が起きていたかもしれない。しかし、6月 H_2S 量は急速に増加し、8月、9月に6 mで $15 \text{ mg S} \cdot \text{l}^{-1}$ 以上に達している。貝池下層が多量の H_2S を含み、強い還元状態にあることは貝池が成層しているということばかりでなく、 H_2S 層上端に密集分布する化学合成細菌・光合成細菌(bacterial plate)によっても形成維持されている(松山, 1985)。後で述べるように、2期間中の貝池成層状態の変化にかかわらず、 H_2S 上端が比較的一定した位置に存在するのはbacterial plateそのものによる影響を強く受けているものと考えられ

る。なお bacterial plate の肉眼的な赤紫色の濃さ、そこでの炭酸同化量は1984年4月～翌年1月までの期間中のように5 mから6 mと比較的深い所に位置する方がより顕著である(MATSUYAMA and SHIRO-UZU, 1978; MATSUYAMA, 1981)。

Figure 4に筆者が1975年以後観測した27回の塩素量の分布を湖盆形態を考慮して表面から最大深度まで積分した値(これを総塩素量と呼ぶことにする)と、上甕村役場でのこの間の月間降雨量を示す。なお観測最深度9 m、あるいは10 m以深の塩素量は9 m、あるいは10 mの塩素量で代表させた。これによって生ずる誤差はそれ以深の容積が全容積に比較してきわめて小さいので、充分無視できる。総塩素量は各観測時期によって大きく変化している。しかし、少なくとも1976年4月～翌年2月、および1984年4月～翌年1月までの2期間中の総塩素量を比較すると、後期間が多く、また前期間中では10月まで減少するのに対し、後期間では8月以後一方的に増加している。総塩

Fig. 5. Anomaly of chlorinity of the longitudinal section of Lake Kaiike from the inmost shore (A) to the gravel bar (A') (29 October 1976). Anomaly of chlorinity was expressed as difference between actual chlorinity and averaged chlorinity from various points of the lake at the same depth (shown in right hand). Figure in parenthesis indicates number of the points, where chlorinity was determined.

素量と降雨量を全般的に比較すると、月間降雨量が約 200 mm を越えると総塩素量は減少し、降雨量がそれ以下であると総塩素量は増加する 逆比例の傾向がある。なお 1975 年から 1984 年までの間の平均月間降雨量は 190 mm である。

4. 考 察

1984 年 4 月～翌年 1 月までの期間中、中・下層に周囲より著しく低い塩素量(および σ_t)をもつ水塊が頻ぱんに出現している (Fig. 1)。このような水塊は周囲の水との塩素量差に大小の違いがあるが、1975 年以後の 27 回の観測中 17 回出現し、とくに冬期の観測では例外なく出現していた。この低塩分水塊は表面近くの水が風などの攪乱作用によって中層に深に水塊ごとにもぐりこんだためと考えられる。Fig. 5 に前報 (MATSUMURA, 1978a) に示した 1976 年 10 月 29 日の貝池西端最奥部 (A) から東端の礫州 (A') に至る長軸線上の 7 点 (定点を含まない) の各深さの塩素量のアノマリーを示す。ここでアノマリーとは同時に観測したこれらを含めた 15 点での各深さの平均塩素量からの隔りである。前日、貝池には強風が吹いた (上飯村役場で観測によると北西の風で、平均風速は $8 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$)。両端から負のアノマリーをもつ水がおちこみ、中央部

で結合し、さらに礫州側を深層まで達している。とくに、著しく負のアノマリーを持つ水塊が中央部 2 m～4 m と、これより礫州側の 5 m に出現している。各観測点の塩素量 (および σ_t) は 9 m を除いて深さとともに増加しているが、この分布は 3 m から 5 m の間の塩分躍層が水平的には必ずしも強固なものでなく、風などの攪乱作用によっては表層の水塊がそれを突抜け、中・下層にもぐりこむ可能性を示している。貝池が強い季節風に長期間さらされ、表面水温の低下する冬に同様の多くの点での塩素量分布の観測を行なえば、より鮮明に表層水のもぐりこみを把握できるのではないだろうか。

Figure 3 に示した 1976 年 5 月～翌年 2 月、および 1984 年 4 月～翌年 1 月までの 2 期間中の上層での溶存酸素と下層での H_2S の分布は対照的である。前期間、春から夏にかけ上層に溶存酸素の著しい蓄積があり、下層中を H_2S は深さとともにほぼ直線的に増加し、その季節変化は小さい。一方、後期間中、溶存酸素は表面から 4 m 附近まで均質に分布し、その季節変化は小さいのに対し、下層の H_2S は鉛直的にも季節的にも大きな変化している。さらに、深層水温の季節変化の幅は後期間大きくなっている。

先に述べたように、この 2 期間中の表面および深層

Fig. 6. Change of total chloride content of Lake Kaiike and monthly precipitation at Nakakoshiki. Change of total chloride content was expressed as monthly mean increase (+) or decrease (–) during the months indicated as figures hyphenated under symbol.

の塩素量, さらにその鉛直差は貝池でこれまでに観測された塩素量分布の変動範囲の両端を示していることを考慮すると, この溶存酸素および H_2S の 2 期間中の対照的分布は貝池の成層状態の違いを反映しているのではないだろうか. 前期間中, 貝池の表面塩素量は低く, 深層との塩素量の差は大きく, よく成層していたのに対して, 後期間中, 表面塩素量は増加し, 深層との差は縮まり, 成層状態は弱まり, 上下層内での水の混合が促進されたと考えられる. しかし, 前期間でも冬には表面と深層との塩素量の差は縮まり, 表層水のもぐりこみと考えられる中・下層での低塩分水塊の出現があり, 成層状態の一時的弱まりが観察されるときにも, 後期間中の 4 月から 8 月にかけて 3 m から 4 m には高温帯が出現し, この間成層状態の強まりが認められ, この両期間中の成層状態はある変動範囲の両端内を連続的に変化していると考えるのが適切であろう.

ここで比較的短い時間間隔で求めた総塩素量の増減から貝池への海水の流入, 表面低塩分水としての流入していた海水の湖外への流出について考えてみよう.

Figure 6, Table 1 に 1976 年 4 月～翌年 2 月, 同年 6 月～10 月, 1978 年 11 月～翌年 2 月, および 1984 年 4 月～翌年 1 月までの間の 13 回の総塩素量の各期間中の増減と, 上甕村役場での各期間中の降雨量を示

した. なお, 総塩素量の増減, 降雨量ともに一カ月間平均値に換算した. 一般に梅雨を中心とする多降雨期に総塩素量は減少し, 貝池に流入していた海水が表面低塩分水として湖外へ流出するのが卓越し, 夏から秋にかけ降雨量の低下にともない総塩素量は増加し, 湖内への海水の流入が卓越していることを示している. さらに, 秋から冬にかけ低降雨量にもかかわらず再び総塩素量は低下し, 流入していた海水の流出が卓越することを示している. Figure 6 に矢印で示した貝池での海水の流出流入についての年間のサイクルが想定される. したがって, 夏から秋にかけての貝池への海水の流入の動向は年間の貝池内の総塩素量で表現される海水の量を大きく決定すると考えられる.

1976 年 4 月～翌年 2 月, および 1984 年 4 月～翌年 1 月までの 2 期間中の総塩素量の増減と降雨量の関係を見ると, 前期間の 7 月から 9 月にかけても多量の降雨が続く (Fig. 4), この間貝池への海水の流入が抑制されたと考えられる. 一方, 1984 年 4 月～翌年 1 月までの 5 期間中 4 期間で総塩素量は増加し, 長期にわたり貝池へ海水が流入したと考えられる. しかし, この 2 期間中の深層塩素量そのものをみると (Fig. 1), 前期間中の方が塩素量は高く, しかも総塩素量が最も大きく低下する 7 月から 8 月にかけて深層塩素量は増加し, 18.5‰ 等塩素量線は 5 m 附近まで上昇してい

Table 1. Monthly precipitation at Nakakoshiki (X), monthly mean sea level at Nagasaki (Y), and change of total chloride content of Lake Kaiike (Z). Sea level was expressed as height above the least level during November 1978 and February 1979 (272 cm above the datum line of Nagasaki tidal station).

Period	X Precipitation (mm·month ⁻¹)	Y Mean sea level (cm)	Z Change of total chloride (× 10 ⁶ kg·month ⁻¹)
1976—1977			
16 Apr.—20 May	203	14	—0.28
20 May—11 July	303	23	—0.16
11 July—26 Aug.	368	28	—0.44
26 Aug.—29 Oct.	328	30	—0.07
29 Oct.—1 Feb.	78	2	+0.06
2 June—26 Aug.	302	33	+0.01
26 Aug.—26 Oct.	107	35	+0.68
1978—1979			
2 Nov.—14 Feb.	126	0	—0.15
1984—1985			
26 Apr.—12 June	245	13	+0.08
12 June—24 Aug.	286	27	—0.16
24 Aug.—14 Sep.	90	30	+0.87
14 Sep.—1 Nov.	71	30	+0.38
1 Nov.—14 Jan.	61	3	+0.07

る。この時貝池全体としては流入していた海水の湖外への流出が卓越するが、深層には海水が新しく流入していたことがわかる。逆に、貝池への海水の流入が卓越していた後期間では深層塩素量は一般に低く、18.5‰等塩素量線の上方面へのひろがりは限られている。

貝池は一般の感潮湖とは異なり、海水の流入口（礫州）とは別に表面水は溝を通して容易になまこ池へ流出する（一部は礫州を通して直接海へ流出すると思われるが）。したがって、降雨が続いても長期にわたり湖面が上昇することはない（鵜崎池では降雨によって湖面は著しく上昇し、礫州上部を越えて直接海へ流出することがある）。貝池は降雨時、あるいはその直後以外海面の変化に呼応する湖面の変化がある。安井・篠田（1938, 1939）は1938年3月（Fig. 6から貝池への海水の流入はこの時期限られていたと考えられる）貝池湖面が海面の短周期的変化（半日～1日の干満変化）に呼応して0.2～1.0 cm変化することを観測している。また荒巻ら（1976）は1973年8月4日から9日にかけて湖面はほぼ直線的に約15 cm低下し、これがより長周期的な海面変化によって引き起こされたと報告している。したがって、貝池は常に海水が流入する状況のもとにあると考えられる（海水の流入量が湖内に流入していた海水の表面低塩水としての流出量を卓越するか否かは別として）。とくに、降雨量の低下する夏から秋にかけて多量に流入する海水は季節風の強化、表面からの冷却も加わって上層水と混合し、その塩素量を増加させ、塩素量の鉛直勾配を弱め、水の鉛直混合を促す役割を持つのではないだろうか。

貝池への海水の流入の季節的動向は海面の季節的变化によっても影響されると考えられる。ここで先に述べた各観測期間中の総塩素量の増減（Table 1のZ）に対する降雨量（X）、および平均海面（Y）の重回帰分析を行なった。貝池外側の海面のこの間の観測はないので、貝池に近く、これを中間とする長崎と枕崎各検潮所の1976年以後の潮位記録（長崎海洋気象台、未発表）を調べた。両点間には潮位の季節変化について本質の違いが認められなかったので、貝池外側の海面の季節変化を長崎の月間平均潮位で代表させた。さらに、期間中の最低潮位（1978年11月～翌年2月までの月間平均潮位で、長崎検潮所基準面上272 cm）を基準においた。Zに対するXYの寄与率は84%で、 $X \cdot Y$ 個々の標準回帰係数は-0.94, 0.72で、Xが若干大きく影響しており、

$$Z = -0.0031X + 0.0021Y + 0.232$$

の関係式を得た。

このことから、各観測期間中の貝池の総塩素量の増減（貝池全体としての海水の流出流入）はその間の降雨量と海面の高低に大きく影響されていることがわか

る。Figure 6で想定した貝池の海水の流出流入の年間のサイクルは確かに存在すると考えられる（Fig. 6には海面の高低は示していないが、月間平均海面は8月～9月に最高、1～2月に最低で、その差は約43 cm）。秋から冬にかけての低降雨量にもかかわらず表面低塩水としての流入していた海水の流出が卓越するのは海面の低下と、風などの湖水の攪乱、あるいは、それまでに流入した海水による水の鉛直混合の促進によって、表面塩素量が増加し、表面水としての流入していた海水の湖外への流出が効果的に進むためと考えられる。

先に述べたように、1976年4月～翌年2月までの期間の分布に比較し、1984年4月～翌年1月までの期間中の表面塩素量の増加、深層塩素量の低下、上層での溶存酸素の単調な分布、下層での H_2S の鉛直的季節的大きな変化、深層水温の季節変化幅の拡大、表層水のもぐりこみと考えられる中・下層での低塩分水塊の頻ばんな出現は後期間中の全般的な降雨量の低下によって、春から夏にかけて十分な表層低塩分層が形成されないままその後の長期にわたる海水の流入を迎え、上下層内、あるいは部分的に両層間にわたる水の混合が引き起こされたためではないだろうか。

貝池と同じような感潮湖である福井県水月湖は1934年以前、海水の流入は限られていたにもかかわらず、20 m 附近の塩分躍層から最大深度34 mまでの水温は年間を通してほぼ一定に保たれ、 H_2S は14 m以深を深さとともにほぼ直線的に増加し、その季節変化は小さかった。同年古い水路（嵯峨隧道）の修復とそれまでの排水路（浦見川）の浚渫によって多量の海水が流入し始め（総塩素量は約4倍に増加）、先に述べた安定した成層状態は大きく破壊され、下層の H_2S が頻ばんに上層へあらわれ、多量の魚類の弊死を引き起こした（MATSUYAMA, 1973, 1978b）。これらのことは感潮湖に何らかの原因によって海水の流入が活発化、あるいは長期化すると、それまで形成された成層状態は部分的にも破壊され、弱まることを意味している。

貝池の1976年4月～翌年2月、および1984年4月～翌年1月までの2期間中の上下層間の塩素量、溶存酸素、 H_2S および深層水温の季節変化幅についての対照的分布は両期間中の長崎での月間平均潮位の季節変化の動向に本質的な差は認められないことから、この2期間中の降雨量の変化が貝池の海水の流出流入サイクルに変化をもたらし、さらにそれを通して貝池成層状態に影響し、引き起こされた現象と考えられる。したがって、貝池を特長づける成層状態の動向は降雨量と海面の高低によって引き起こされる年間の海水の流出流入サイクルと密接な関係を持っていると考えられる。

摘 要

筆者が貝池を頻ぱんに訪れることのできた 1976 年 4 月～翌年 2 月, および 1984 年 4 月～翌年 1 月までの 2 期間中の貝池の塩素量, 水温, 溶存酸素, H_2S の分布を比較した. 貝池は流入した海水の層を低塩分水が覆って成層し, 下層は多量の H_2S を含む. 前期間中, 貝池からの表面低塩分水としての流入していた海水の流出は長期にわたり, 表面塩素量は 6.6~9.9‰と低かった. 成層状態の発達にともなう幾つかの特色, すなわち, 上層には春から夏にかけ飽和度 254% に達する溶存酸素の蓄積, 38.9°C に達する高温帯が観察され, また深層水温の季節変化の幅は小さかった. 一方, 後期間では降雨量の全般的低下によって貝池への海水の流入は長期にわたり, 成層状態は弱まった. 表面塩素量は 8.1~15.3‰と増加し, 表面水のもぐりこみと考えられる低塩分水塊が中・下層に頻ぱんに出現し, 深層水温の季節変化幅は拡大した. この 2 期間中の成層状態の変化を貝池の年間の海水の流出流入サイクルの動向との関連で考察した.

謝 辞

本稿をまとめるにあたり総塩素量増減に対する降雨量, 海面の高低の重回帰分析は長崎大学水産学部松宮義晴助教授を, また総塩素量を求める計算は同学部海洋環境学研究室野内直美さんを煩わした. 貝池の観測には多くの同学部学生諸君が積極的に参加した. 皆様に厚く感謝する.

文 献

- 荒牧 孚・山口雅功・田中好國 (1976): 鹿児島県, 上甕島における甕四湖の水文地形学的研究. 専修自然科学紀要, 9: 1-80.
- 日高孝次 (1938): 甕島海風池の水位に就て. 海と空, 18: 206-208.
- 日高孝次・安井善一・篠田政吉 (1939): 甕島湖群の水位観測 (第 2 報). 海洋時報, 11: 801-810.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): A treatise on limnology, v.1. Wiley.
- 神戸海洋气象台 (1935): 甕島湖群湖沼観測報告. 海洋時報, 8: 163-199.
- 神戸海洋气象台 (1941): 第二, 三回甕島湖群観測報告. 海洋時報, 13: 286-317.
- MATSUYAMA, M. (1973): Changes in the limnological features of a meromictic Lake Suigetsu during the years, 1926-1967. J. Oceanog. Soc. Japan, 29: 131-139.
- MATSUYAMA, M. (1977): Limnological features of Lake Kaiike, a small coastal lake on Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture, Japan. Jpn. J. Limnol., 38: 9-18.
- MATSUYAMA, M. (1978a): Stratified condition of Lake Kaiike, a small coastal lake on Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture. Jpn. J. Limnol., 39: 97-102.
- MATSUYAMA, M. (1978b): Limnological aspects of meromictic Lake Suigetsu: its environmental conditions and biological metabolism. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ., 44: 1-66.
- MATSUYAMA, M. (1979): On the purple sulfur bacterium, *Chromatium* sp., densely populating the mid-depth of Lake Kaiike, Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture. Jpn. J. Limnol., 40: 20-28.
- MATSUYAMA, M. (1980): Some considerations on the dense population of a purple sulfur bacterium, *Chromatium* sp., at the mid-depth of Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 41: 84-94.
- MATSUYAMA, M. (1981a): Comparative aspects of a small coastal lake, Kaiike, on Kamikoshiki Island, Southern Kyushu, Japan. Verh. Internat. Verein. Limnol., 21: 979-986.
- MATSUYAMA, M. (1981b): Three coastal lakes on Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture. Jpn. J. Limnol., 42: 52-57.
- MATSUYAMA, M. (1982): A dense community of ciliates of the Trachelocercidae family around the bacterial plate at the mid-depth of Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 43: 280-284.
- MATSUYAMA, M. (1983): A phototrophic bacterium of the Chromatiaceae family isolated from the mid-depth of Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 44: 6-20.
- MATSUYAMA, M. (1984): Characteristics of a phototrophic bacterium isolated from the bacterial plate of Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 45: 158-164.
- MATSUYAMA, M. (1985): A gas-vacuolate phototrophic bacterium isolated from the bacterial plate of Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 46: 192-198.
- 松山通郎 (1985): 鹿児島県上甕島貝池にみられる特異な有機物生産. 生物科学, 37: 14-23.
- MATSUYAMA, M. and E. SHIROZU (1978): Importance of photosynthetic sulfur bacteria, *Chromatium* sp. as an organic matter producer in Lake Kaiike. Jpn. J. Limnol., 39: 103-111.
- McEWEN, G. F. (1929): A mathematical theory of the vertical distributions of temperature and salinity in water under the action of radiation,

conduction and evaporation, and mixing due to the resulting convection. Bull. Scripps Inst. Oceanog. tech. Ser., 2: 197-306.

安井善一・篠田政吉 (1938) : 甕島湖群の水位観測(第一報). 海と空, 18: 197-205.

安井善一・篠田政吉 (1939) : 甕島湖群の水位観測(第一報). 海洋時報, 11: 791-796.

(著者: 松山通郎, 長崎大学水産学部, 852 長崎市文教町 1-14; Michiro MATSUYAMA, Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki, 852)

1985 年 3 月 5 日 受付

1985 年 4 月 12 日 受理