

佐渡島加茂湖の水質と底質環境

加茂湖自然環境調査研究グループ¹

Water quality and bottom environment of Lake Kamo, Sado Island, northeast Japan

Research Group for Natural Environment of Lake Kamo¹

Abstract: The lagoon Kamo Lake is located in the north-eastern part of Kuni-naka Plain, Sado Island, Japan. The lagoon is separated from Ryotsu Bay by a sand bar where Ryotsu Town is situated. It is filled with marine water except for the thin surface parts, because there is a narrow waterway which was made artificially between the lagoon and sea in the northern site. The water and sediment of Lake Kamo were examined on August 28-30, 1996 and August 22 - 24, 1997. The lagoon is divided into three areas, outer, central and inner areas. The lagoon water was divided into two or three different layers based on water temperature, salinity and so on. Salinity values of the lake water is nearly equal to the sea water except near river mouth and in the surface layer during heavy rain. Generally, there is a jumping layer of salinity about 3m in depth. The salinity of the deep layer is higher than in the surface layer. In 1996, the temperature of the surface layer water was a little lower than the middle layer water where an inversion layer of water temperature was formed. The temperature of the deep layer water gradually decreased downward. In 1997, the inversion layer was not seen in the middle layer. In 1996, supersaturated water-soluble oxygen was distributed over wide areas and water-soluble oxygen was detected just above the bottom. On the other hand, there was no or less water-soluble oxygen layer in 1997. The transparency of lake water is 4 - 5m in general and decreases toward the coastal line. The lagoon sediments are mainly composed of gray or black mud except for the marginal part of the lake where gravels and sands are distributed. The muddy sediments of central and inner areas everywhere are black-colored with sulfuretted hydrogen smell. Many kinds of marine planktonic and benthic biota were found in the lagoon in 1996.

Key words: Kamo Lake, lagoon, water quality, bottom sediment, natural environment

¹ 事務局 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050 新潟大学理学部地質科学教室 小林巖雄

Office address: C/O Iwao Kobayashi, Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

執筆者 福沢仁之・Nguyen Van Lap・本間博昭・神蔵勝明・小林巖雄・中原巧志・高安克己・立石雅昭

Authors: Hitoshi Fukusawa, Nguyen Van Lap, Hiroaki Honma, Katsuaki Kanzo, Iwao Kobayashi, Koushi Nakahara, Katsumi Takayasu and Masaaki Tateishi

調査参加者 大地秀武・畠山美緒・伊藤隆一・加門俊行・兼子高志・加藤克己・尾湯照一・尾湯恒雄・小川雄一・土屋富男・渡辺朝子・山田昭夫・山口弘海・山田俊之

Survey participants: Hidetake Ohchi, Mio Hatakeyama, Ryuichi Ito, Toshiyuki Kamon, Takashi Kaneko, Katsumi Kato, Teruichi Ogata, Tsuneo Ogata, Tomio Tsuchiya, Asako Watanabe, Akio Yamada, Hiromi Yamaguchi and Toshiyuki Yamada



第1図 加茂湖の風景
両津市ドンデン山中腹から左手に両津湾、右手に加茂湖、両津市街をのせる砂州を望む。

Fig.1 Panorama-view of Lake Kamo from halfway up the Mt. Donden, Ryotsu City.

Ryotsu Bay is in the left and Lake Kamo in the right side; the urban area of Ryotsu City on the sand bar is in between them.

まえがき

現在、加茂湖（第1図）は自然景観資源としてのほか、カキの養殖地として、また沿岸漁業地として活用されている。加茂湖の湖沼学的調査は、水産業を振興するために国・県による調査（新潟県，1969）、及び加茂湖にかかわる自然・文化の総合調査が県教育委員会（1981）によって実施された。このほか、加茂湖の自然環境調査は、永原（1967）をはじめ、1972年から1975年にわたる加茂湖自然環境調査グループ（1976，1977a，1977b）、相川高校化学部・渡辺剛忠（1976）、相川高等学校化学部・加茂湖自然環境調査グループ（1978）のほか、加茂湖の生物相に関する研究は岩田（1968）、本間ほか（1974）、伊藤ほか（1982）などによって行われた。また、加茂湖の形成史・海水準変動にかかわる研究は、Sato and Kumano（1985，1986）、松木ほか（1987）によって始まり、小林ほか（1993）、Nguyen and Kobayashi（1997）によって行われた。1960年代から1970年代にかけては、環境問題が全国的に注目されるなか、加茂湖の水質（富栄養化）、カキの成育の問題などが起こり、新潟県は加茂湖の湖水の水質回復のために、海水や淡水の導入（1972～1974年）をはかる水質改善のための施策も取られた。

本調査は研究代表者高安克己による基盤研究（A）「海跡湖堆積物からみた汽水域の環境変化—その地域性と一般性—」の分担研究として、1996,1997年の二年間にわたって行われた。この調査によって加茂湖の水質及び底質の現状を把握し、加茂湖形成後の古環境変遷を考察する基礎資料とすること、また今後の環境変化を予測する既存資料とすることに

ある。本論では、2年間の夏に実施した調査の概要を報告する。

加茂湖の概要

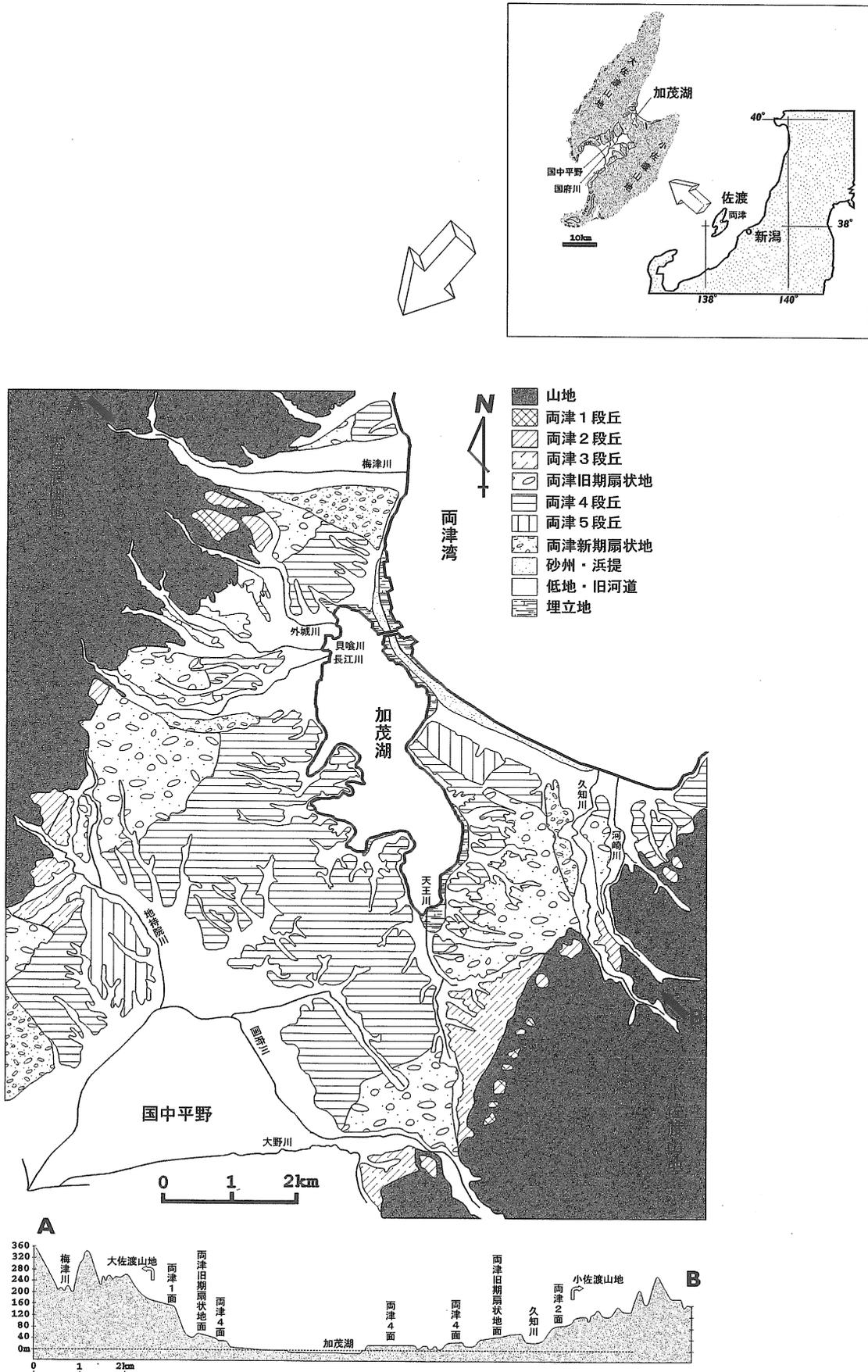
加茂湖（第2図）は新潟県両津市と新穂村にまたがり、両津市街をのせる砂州を境にして両津湾に隣接する潟湖（海跡湖）である。湖は北西側にある幅約30mの水路で両津湾に連絡しており、海水がこの水路を通して潟に流出・流入している。この水路は洪水対策の一貫として1901年から掘削工事が始まり、1907年に完工された（新潟県教育委員会，1981；松木ほか，1987）。水路が掘削される以前は、発達した砂洲によって海と隔てられた湖で、潟から海への流出口は存在していたが、洪水の後などには広く開口され、海水が潟内に侵入していたものと考えられる。江戸時代の絵図（第3図）には、現在の両津港付近に狭い水路があり、橋がかけられている様子が描かれている。

加茂湖の周辺には、北西側に大佐渡山地が、南東側には小佐渡山地がそれぞれ北東から南西方向にはしり、国中平野側におけるこれらの山麓には数段の段丘（佐渡国中平野団体研究グループ，1966；国中層団体研究グループ，1995）が発達している。さらに、湖岸の周辺は段丘のほか、扇状地、砂州・浜堤、沖積低地によってとり囲まれている。

湖の北東にあたる両津市夷から同市原黒にかけて、長さ2km、幅200～400mの砂州が北西—南東方向にのび、両津湾と加茂湖をへだてている。加茂湖に流入する大小の河川は、13を数え、流域面積は全体で54.3km²である。大佐渡山地に源を発する長江川、貝喰川、外城川など、主な河川は湖の北西側にあり、扇状地性の沖積地を形成している。また、湖の奥にあたる南端には小佐渡山地に源を発する天王川が流入している。これらからの河川水の流入量は融雪・洪水時以外には湖水に著しく影響を与えるほどのものではない。

調査方法

加茂湖における自然環境調査は、1996年8月29日から同8月31日までの3日間、及び1997年8月22日から24日までの3日間の計2回実施した。調査項目および測定などに用いた機材はつぎの通りである。1) 水質調査においては、メリディアン インスツルメンツ ファーイースト社製 YSI-model 85, TPX-90I 東興化学研究所製 pH 測定装置を用いて、水温、溶存酸素量、塩分、pHを湖面から0.5m



第2図 加茂湖周辺の地形 (国中層団研究グループ, 1995)

Fig.2 Topographic map around Lake Kamo (after Kuninaka Formation Research Group, 1995)



第3図 江戸時代の絵図
「佐渡奉行巡村絵図」(江戸中期), 県立佐渡高校舟崎文庫所蔵
Fig.3 Old map of Lake Kamo drawn in the middle of Edo Era (18 C.)

ごとに湖底まで測定した。このほか、透明度板によって透明度を測定した、2) 堆積物調査においては、エックマン式採泥器を用いて湖底から堆積物を採取し、現場で粒度、色調、臭気を観察した。3) 堆積物とともに引き上げられた生物や貝殻等を採取した、4) プランクトンネットを用いて浮遊性生物を

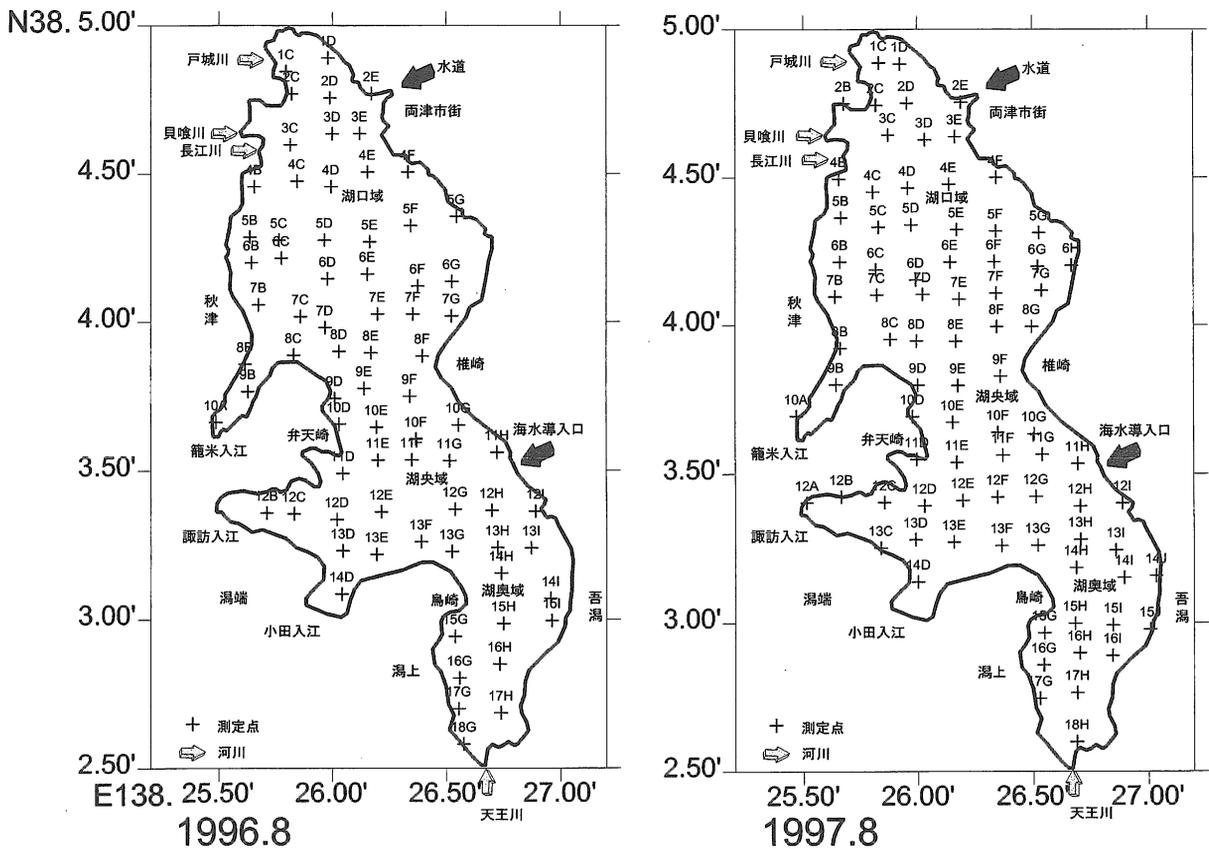
採取した。

測定点は、1996年では74箇所、1997年では83箇所であり(第4図)、調査船は加茂湖漁業協同組合所有の「かもこ丸」及び伊藤隆一所有の「さざなみ丸」である。

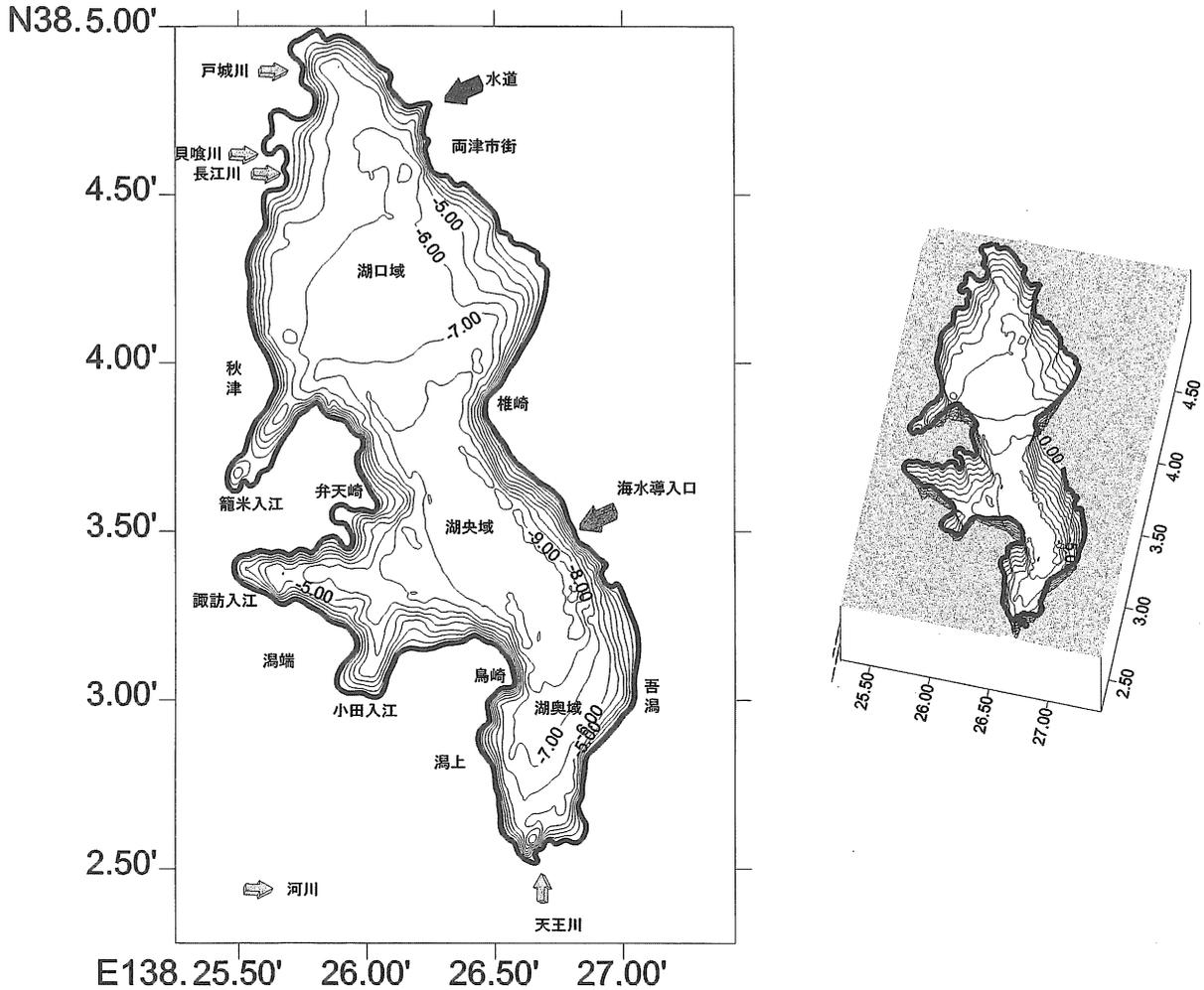
湖の形と湖底地形

加茂湖は南北に長く約9.8km、東西で最大1.7kmの広がりを持ち、湖岸線の長さは17.2km、面積は4.955km²である。西岸には小規模の入り江があり、湖岸線が東側に比べ複雑である。本論では椎崎と樹崎を結ぶ線の北側にあたる水域を湖口域とし、その線より南側を湖央域、さらに鳥崎より南側の潟上方向の入り江を湖奥域と呼ぶことにする。湖央域には西へ向かう入り江(諏訪・小田入江)があり、さらに湖は潟上方向の湖奥域へと伸びる。

1996年に測定した結果から描いた湖底の地形は、これまで知られてきたものとは大きく変化していないようである。第5図に示される湖底は沿岸部



第4図 試料採取地点
Fig.4 Map showing the sampling points.



第5図 湖底地形図
Fig.5 Bathymetrical map.

で急に深くなり、中央域では水深約 5m を境にほぼ平坦な平底型をなす。湖中央域では湖の長軸方向に沿って深い所がある。最大水深、9.5m は 12G 地点で測定された（潮位補正は行われていない）。湖の平底部は湖口域で水深 5～8m、湖中央域で水深 7～9m、湖奥域で水深 5～7m であり、河川流入の大きい湖口域は相対的に浅い。流入河川がほとんどない湖中央域は堆積速度のもっとも遅い地域とみなされる。沿岸域をとりまく湖の急傾斜帯の面積は 2.61km²、沖合いの緩傾斜帯の面積は 2.345km²である。

加茂湖の湖水

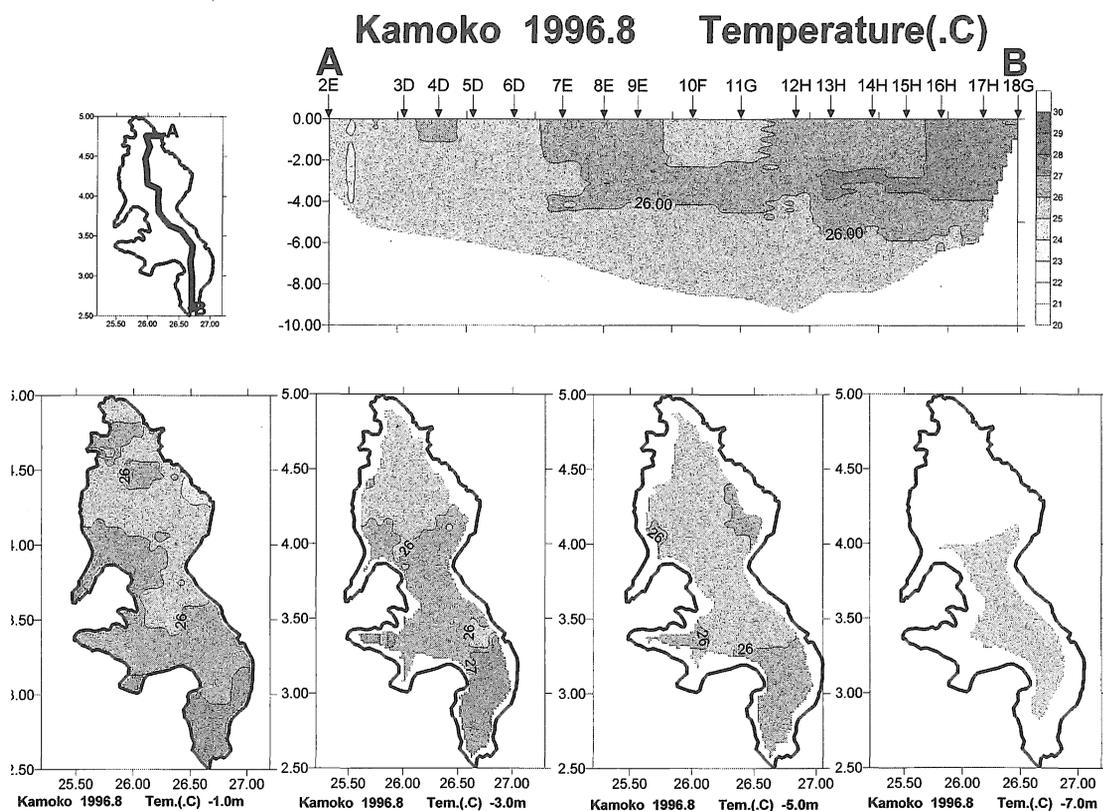
2年間の夏期に測定した湖水の水温、塩分、pH、

溶存酸素量、透明度についてつぎに述べる。なお、各項目の南北断面の分布図及び深度別分布図は、パーソナルコンピュータのソフト、エクセルで集計した数値をもとに、サーファー、イラストレーターのソフトを使用して作図された。

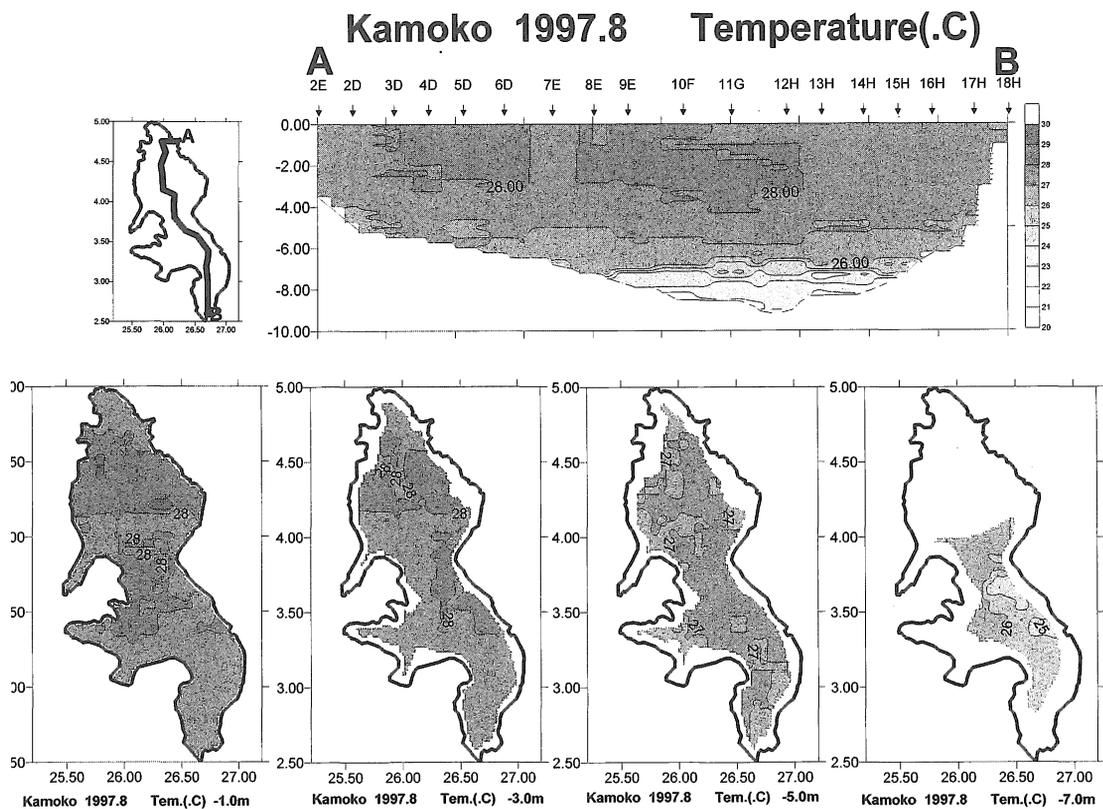
A. 水温分布

第6, 7図はそれぞれ 1996年, 1997年における湖の南北断面の水温分布・深度別水温分布図である。第8図は水温変化の説明図である。

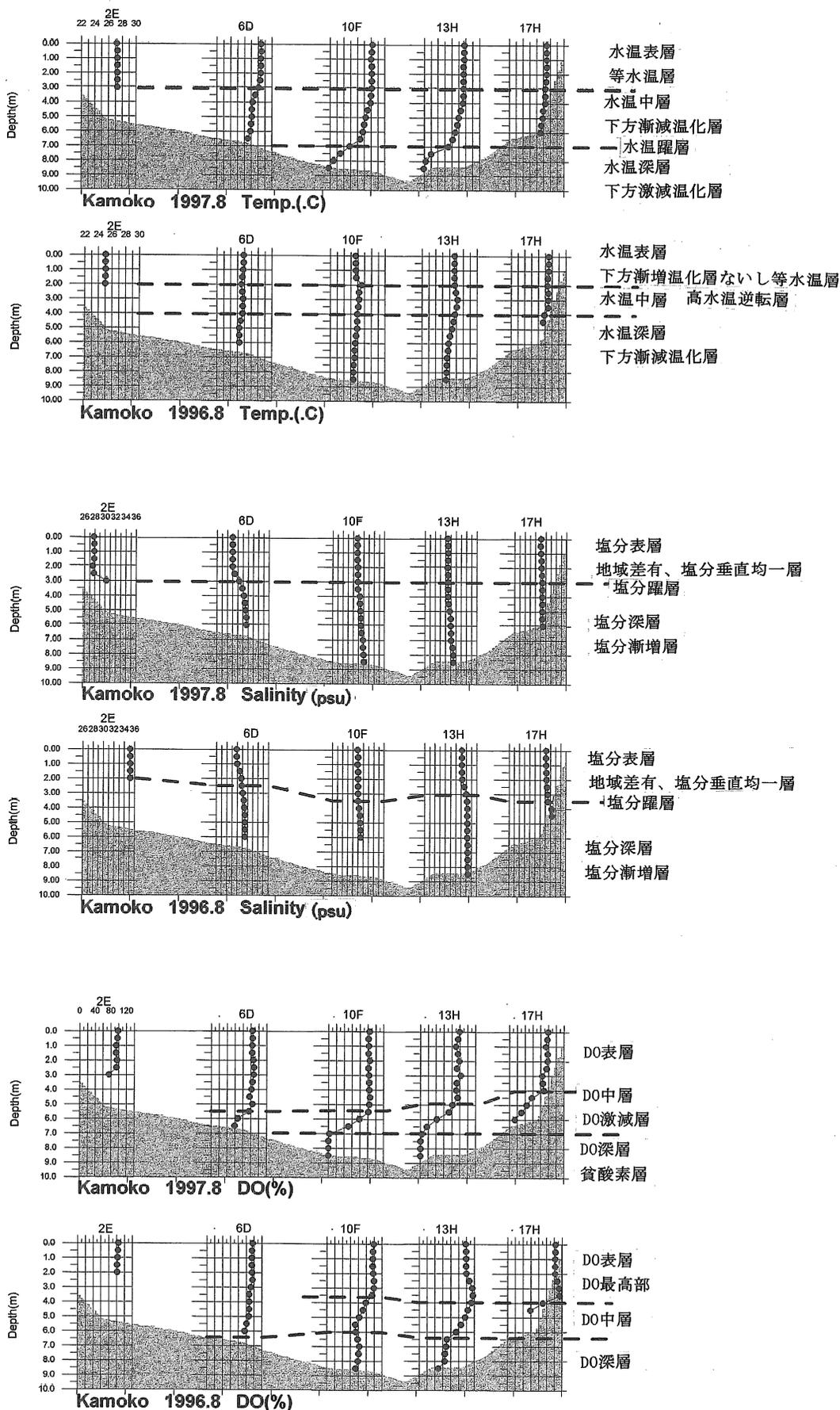
1996年の測定では、地点 10A の水深 0m で水温の最高値 27.88℃を記録した。一方水温の最低値は地点 2E の水深 2.0m で 25.04℃であった。水温は一般に湖口域で低く、河川の流入が大きいとみられる最北部では約 25℃であったのに比べ、湖奥域で高く、約 28℃を示した。



第 6 図 1996 年における湖の南北断面の水温分布・深度別水温分布図
 Fig.6 Distribution of water temperature in each depth and its north-south profile in 1996.



第 7 図 1997 年における湖の南北断面の水温分布・深度別水温分布図
 Fig.7 Distribution of water temperature in each depth and its north-south profile in 1997.



第8図 湖水の水温、塩分、溶存酸素量の変化説明図

Fig.8 Vertical change of water temperature, salinity and dissolved oxygen in several points.

1997年の測定では、地点6Fの水深0~2.5mで水温の最高値29.1℃を記録した。一方水温の最低値は地点12Fの水深9.35mで21.6℃であった。水温は湖口域から湖奥域にかけてほぼ同じ水温分布を示した。

第6, 8図に示されるように、1996年には、水温の垂直的分布から3層が識別された。すなわち表層から水深約2mまで、水深約2~4mの間と、それ以深である。それぞれ水温表層、水温中層、水温深層とする。水温表層では水温が水深とともにわずかに増加する(下方漸増温化層)か、あるいはほとんど変わらない(等水温層)。水温中層では水温が上下の層より高い(高水温逆転層)。それ以深の水温深層では、水温が湖底に向かって漸減していく(下方漸減温化層)。中層は表層に対して水温の逆転層を形成しており、湖水は循環している。水温は湖口、湖央、湖奥域で異なる。湖口域は相対的に低水温であり、河川水の影響がみられる。湖口域の南部においては表層の水温が東側でより低い。湖央域は相対的に中間の水温で、逆転層が形成されている。湖奥域は相対的に高水温で、逆転層が明瞭である。水温の水平的変化の特徴としては、湖奥域および西側の入り江で相対的に高水温を示す。湖の3地域を比べると、水温は水深約2mまでは各地域で水深ごとに異なるようであるが、水深3m以深になると同様な垂直的分布パターンを示す。

1997年には、水温の垂直的分布から3層が識別された(第7, 8図)。すなわち表層から水深約3mまで、水深約3~7mの間と、それ以深である。それぞれ水温表層、水温中層、水温深層とする。水温表層では水温が水深とともにあまり変化せず、さらに水温の高い水塊が湖口と湖央域にみられる(等水温層)。水温中層では水温が下方に向かって低下する(下方漸減温化層)。水深7m付近に2℃の差がある水温躍層があり、それ以深の水温深層では、水温が湖底に向かって急激に減少している(下方激減温化層)。水温の逆転層は水温表層に一部みとめられるが、そのほかの広い部分では下方に向かって水温が低下している。

1997年の水温は、1996年に較べて、湖全体でやや高く、かつ同じような水温分布傾向を示しているが、水温差が7℃と大きい。また、1997年では夏期の水温成層が観測時まで続いていたといえるが、逆転層が湖央域の表層にわずかに生じていた。

B. 塩分分布

第9, 10図はそれぞれ1996年, 1997年における湖の南北断面の塩分分布・深度別塩分分布図である。第8図は塩分変化の説明図である。

1996年の測定では海に連絡する水道付近の地点2Eで塩分35.2psuの最高値を記録し、さらに湖水の大半は海水からなることが確認された。第8, 9図を

みると、水深2~4mに塩分躍層が認められ、塩分表層と塩分深層に分かれる。躍層は湖央・湖奥域で顕著に現れ、前者で約2~3m、後者で約3~4mに形成されている。湖口域では塩分躍層がみとめにくく、漸移している。4m以深の塩分深層の湖水は34psuと海水に同じ塩分であり、かつ深層に向かって漸増している(塩分漸増層)。2~3m以浅の塩分表層では地域による変化が認められる。水道付近には海水の強混合型の混合形態がみられる。湖奥域では河川水が表層をながれ、弱混合型の混合形態がみられる。湖口域の北西側と南東側にも淡水の流入を示す低塩分水が現れている。とりわけ、湖口域南東側の低塩分域が低水温域に重なることは注目される。塩分の逆転層は水道周辺に存在している。

1997年の測定では湖央域の深部で塩分が32psuの最高値を記録し、湖口域の北部はほかの地域に較べて30psu以下の塩分である。第8, 10図の南北方向の塩分分布図をみると、湖口域で水深3m付近に明瞭な塩分躍層が認められ、塩分表層と塩分深層とが識別される。また、2m以浅において海水の強混合型の形態が現れている。湖央・湖奥域では30~32psuとなり、塩分深層で塩分が漸増している(塩分漸増層)。

1996年度に比較すると、1997年には2~3m以浅で水道付近から南に向かって塩分が増加する傾向がみられる点は前年度と異なる。両年とも2~3m以深では全域にわたって塩分が深度とともにわずかながら増加し、海水程度の塩分を保持している。1997年は観測前の大雨の影響によるとみられるやや低塩分海水が広く認められる。

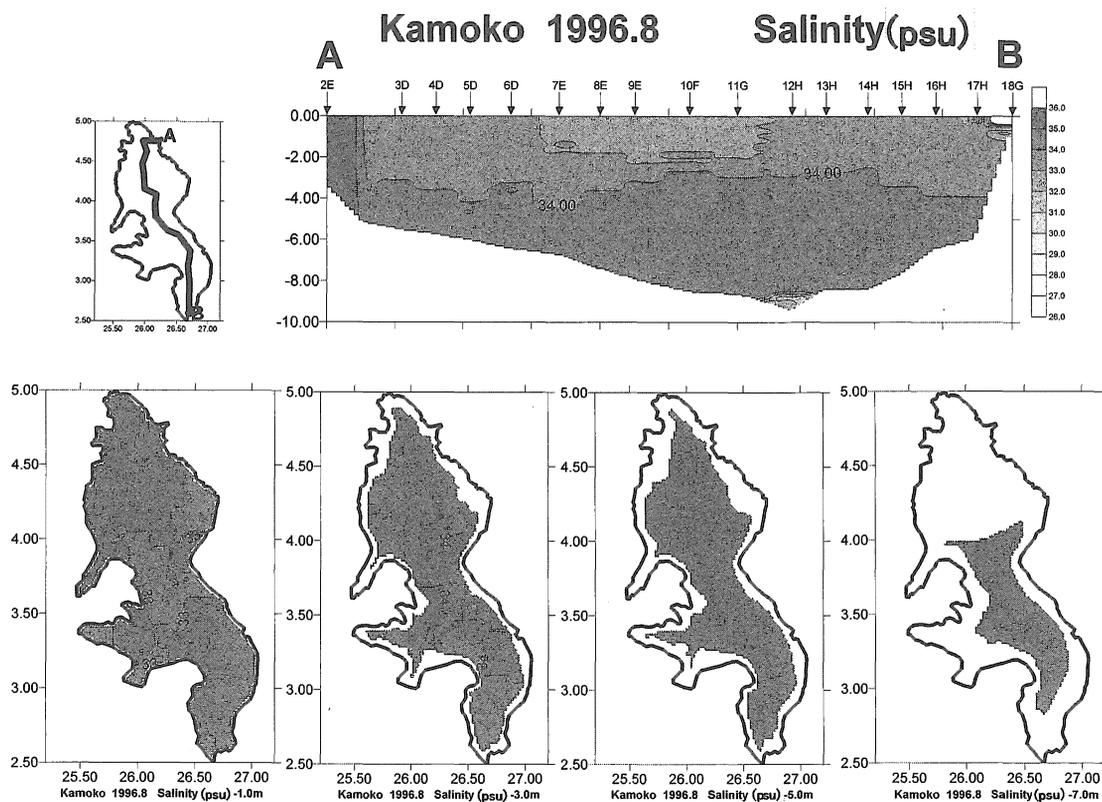
C. pH分布

第11, 12図はそれぞれ1996年, 1997年における湖の南北断面のpH分布・深度別pH分布図である。

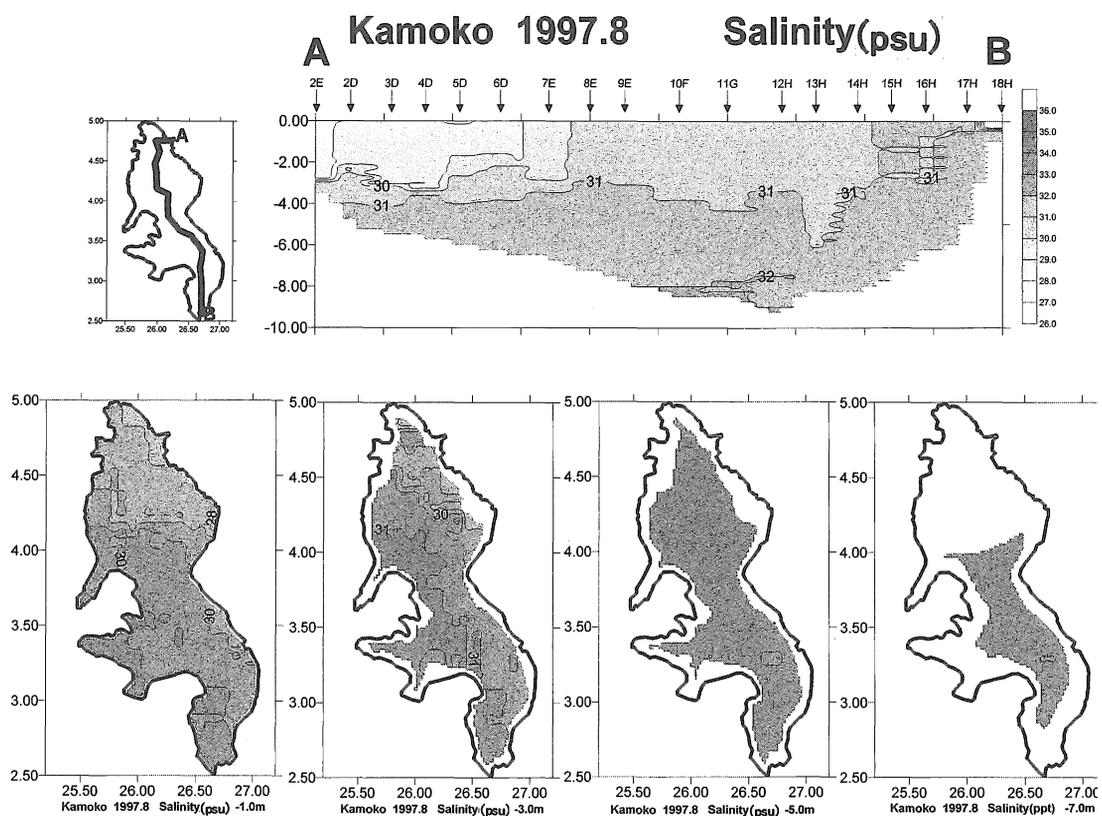
1996年の測定では、pH8.0~7.8で海水と同じ値を示した。また、地点10Gにおいては、表面水が最低のpH値7.38が測定された。

pH値分布の垂直変化をみると、一般に水深約2m以浅では場所により異なり、水深2~6mではpH8.00~7.9である。6m以深でpH値がやや低下する。湖口域では北半と南半では異なり、前者ではpH値が表層で低く、中・深層では高くかつ均一である。後者は表層から深層までpH8と均一かつ高い値を示す。湖央域は表層と深層で低く、水深2~6mで高い。湖奥域は中層で高く、4m以深で低下する。pHと塩分・水温とは必ずしも一対一で対応していない。

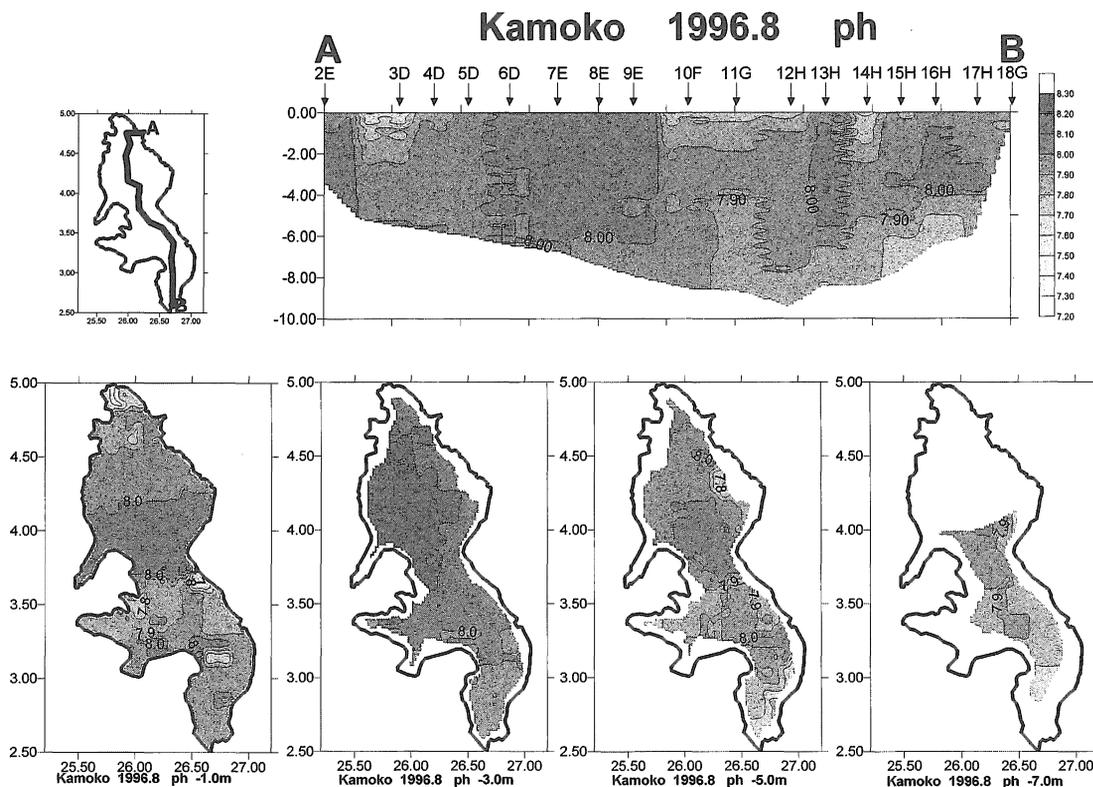
1997年の測定では、pH8.1~8.0の地域が大半である。pH値分布の垂直変化をみると、水深約6m以深では湖央域でpH7.9以下となり、pH7.3まで低下した。湖奥域では南へ向かうほどpH値が低下する傾向がみられ、pH値は7.9~7.3に下がる。



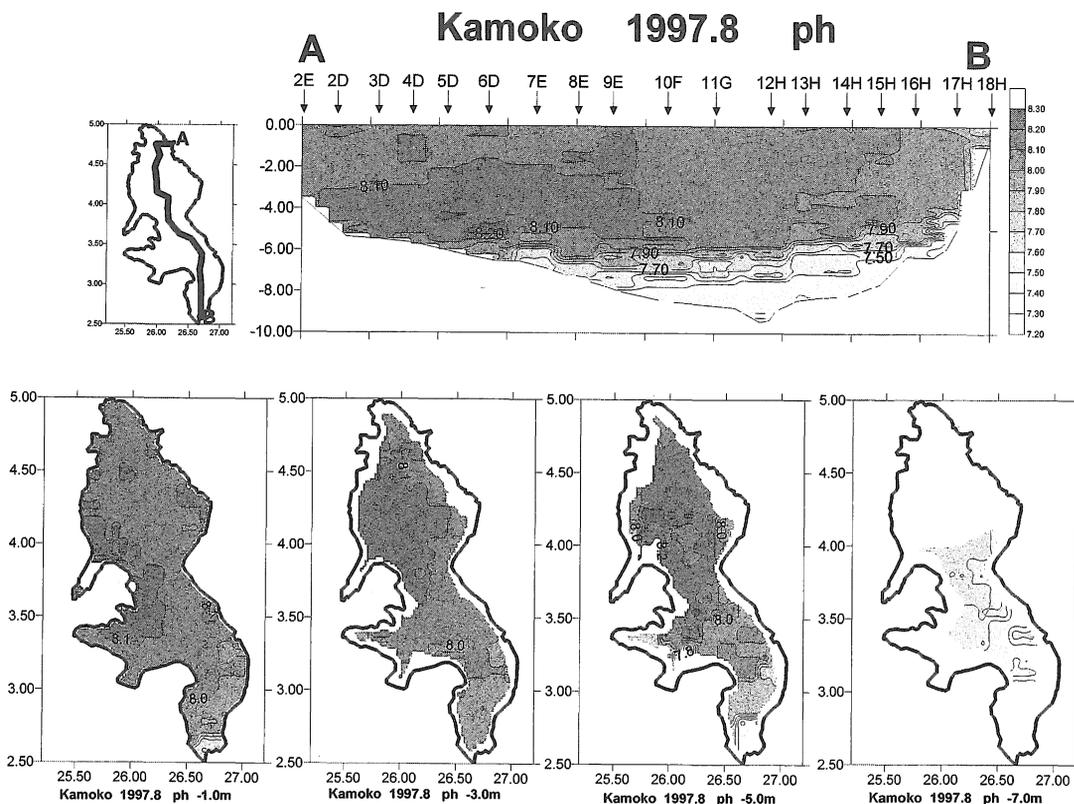
第9図 1996年における湖の南北断面の塩分分布・深度別塩分分布図
 Fig.9 Distribution of salinity in each depth and its north-south profile in 1996.



第10図 1997年における湖の南北断面の塩分分布・深度別塩分分布図
 Fig.10 Distribution of salinity in each depth and its north-south profile in 1997.



第 11 図 1996 年における湖の南北断面の pH 分布・深度別 pH 分布図
Fig.11 Distribution of pH in each depth and its north-south profile in 1996.



第 12 図 1997 年における湖の南北断面の pH 分布・深度別 pH 分布図
Fig.12 Distribution of pH in each depth and its north-south profile in 1997.

D. 溶存酸素量分布

第 13, 14 図はそれぞれ 1996 年, 1997 年における湖の南北断面の溶存酸素量分布・深度別溶存酸素量分布図である。第 8 図は溶存酸素量変化の説明図である。

1996 年の測定では、溶存酸素量が湖奥域を除いて高く、湖水の 2/3 は 100%を越える状態である。湖口域は湖底付近まで 100%に近い。南北垂直断面(第 8, 13 図)でみると、約 4m, 7m をそれぞれ境に溶存酸素量の垂直的变化が見いだされるので、溶存酸素表層、中層、深層とする。湖央域の溶存酸素表層は溶存酸素量が 120%であり、それ以深の中層では溶存酸素量が漸減する。しかし、多量の溶存酸素は湖底まで存在する。湖奥域では水深約 4m 以深で急激に減少し、約 40~25%になるが、水深 3~4m 付近に最高値を示す層がある。貧・無酸素層は湖奥域の一部の湖底付近に存在する。しかし、今回の調査では溶存酸素がほとんどの地域で湖底まで確認された。

1997 年の測定では、1996 年と同様に溶存酸素表層、中層、深層が確認される(第 8 図)。表層では溶存酸素量が湖口から湖奥域にかけて水深約 5~6m 以浅で 100~80%である。これより深い溶存酸素中層ではかなり急激に減少する(溶存酸素激減層)。湖央・湖口域にみられるように、溶存酸素深層の水深 7m 以深で数%という貧・無酸素状態に近くなる(貧・無酸素層)。

両年を比較すると、1997 年は前年に比べて深層域で極度に溶存酸素が減少していることが確認された。1996 年には浮遊性珪藻が大量に繁茂し、かなり深層まで溶存酸素が存在していた。一方、1997 年では浮遊性の珪藻の繁茂が確認されなかったことに符号するようである。1997 年では水温の逆転が表層域にみられ、さらに塩分は深層ほど大きく、深層までおよぶ湖水の循環がまだまだ起きていないようである。

E. 透明度

透明度の測定結果を第 15 図に示す。1996 年の調査では、透明度が湖口域の北半分の中央域で、5m 以上と大きく、ここは水道からの海水が直接流入する地域である。一方、椎崎一弁天崎を結ぶ地域と潟上地先で小さい。湖央・湖奥域においても 4m 以上の地域が西側に広がる。1997 年の調査では、透明度の最大値が 5.3m で湖口域の南部 7F 地点で測定された。透明度は湖の中央域で大きく、湖岸に向かって減少する傾向にある。

透明度 4m 以上を示す水域は面積の半分に達し、一般に透明度は湖の中央域で大きく、湖岸に向かって減少している。

加茂湖の堆積物

2 回の調査から湖底堆積物は湖岸域などの一部を除いて軟泥からなる(第 16 図)。砂あるいは砂礫の堆積物としては椎崎や鳥崎地先に径 5~20cm の円礫をふくむ中~細砂が、また、両津市街地・吾潟付近、および主要河川の三角州地域には細砂・砂泥が分布する。軟泥の多くは暗灰色を示し、暗黒色を示すものは少ない。泥の臭気(第 17 図)は、湖口域で無臭気からやや臭気を伴う程度のもが多く、一部湖口域の南西側で硫化水素臭が確認された。湖央・湖奥域の多くでは硫化水素臭を放つ軟泥が分布する。無臭気の地域は 1996 年に比較して 1997 年になると拡大している点が注目された。

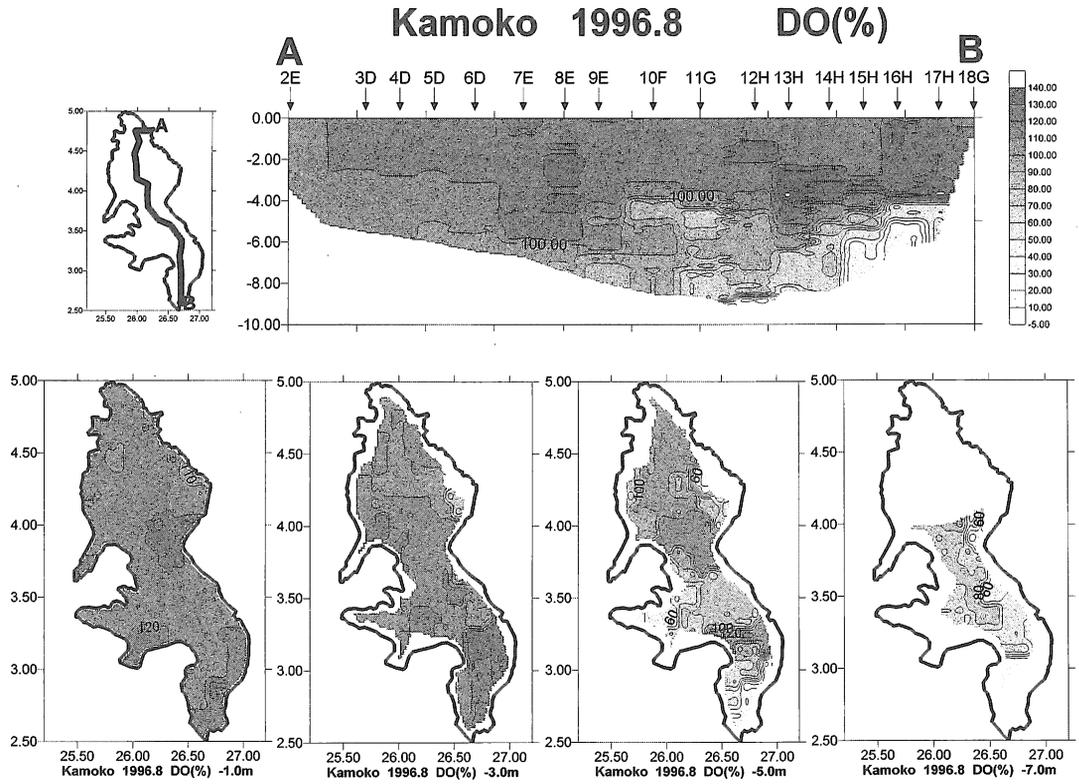
底 生 生 物

エックマン式採泥器で得られた生物から、分布の概要を述べる(第 18 図)。1996 年には、沿岸域にはアマモが繁茂する地域があり、沿岸部のアマモ帯として生物の繁殖上重要な場所を形成している。しかし、1997 年では、一部の地域を除いてアマモの多くが枯れ死していた。また、1996 年の調査では、水深数 m の深さまでジズモ類が繁殖している場所が多く、エビ・貝類等の大型底生生物が湖口域の南半部、さらに湖奥地域でも確認された。底生生物を確認できなかった地域は湖口域の北半部、湖央・湖奥域の深部であった。一方、1997 年の調査では湖口の北部で大型生物を確認したが、平底域の多くの地域で大型生物を採集できなかった。

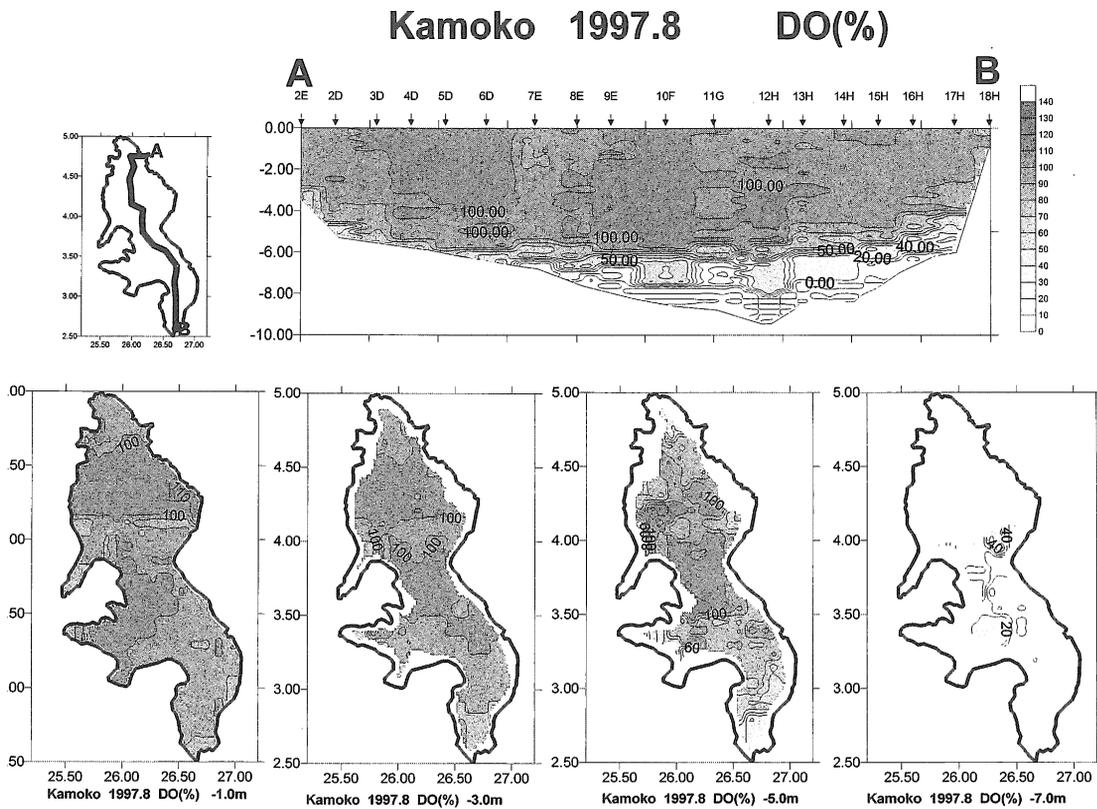
調査結果のまとめ

2 年にわたる調査結果は、つぎの諸点にまとめられる。

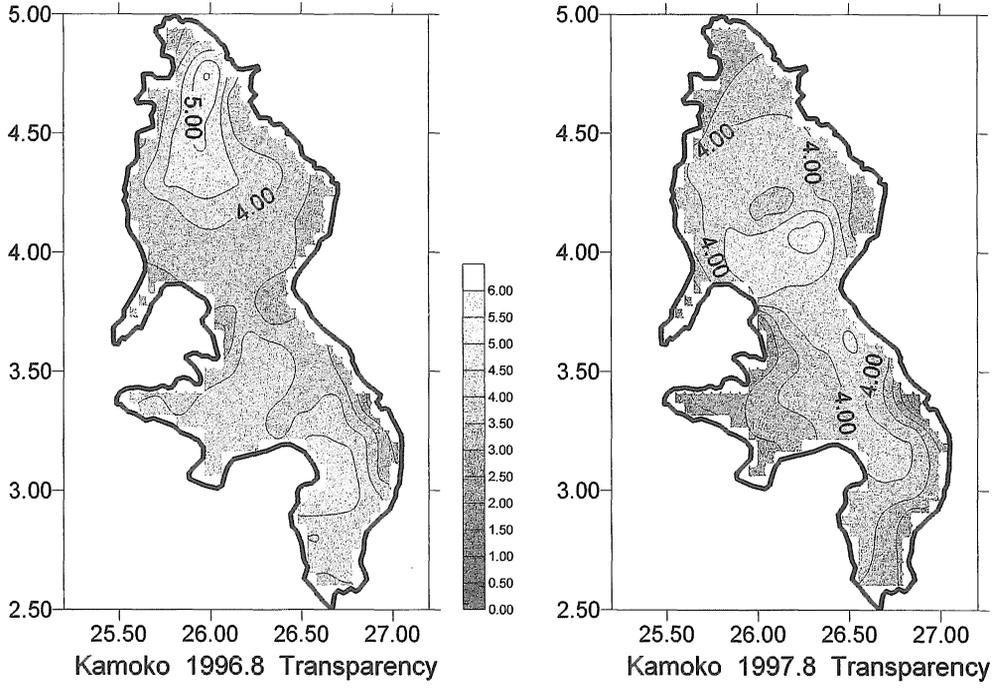
- 1) 湖水はごく一部で河川からの流入による淡水との混合(弱混合型)をみるほかは、海水に近い塩分をほぼ保持している。水道口における海水は強混合型で湖水と混じり合う。大雨あるいは洪水は加茂湖の表層から中層の水質に大きな影響を与える。また、アマモなど大型植物にも影響を与えるようである。
- 2) 湖形から区分される、湖口、湖央および湖奥域に対応して、水温、塩分、溶存酸素量などの分布は異なることがわかる。
- 3) 湖水は、水温分布によって大きく表層、中層、深層に区分され、その他の項目の測定値からも表層、漸移部をへて深層へと移行する。
- 4) 1996 年の調査では、水温が表層と中層との間で



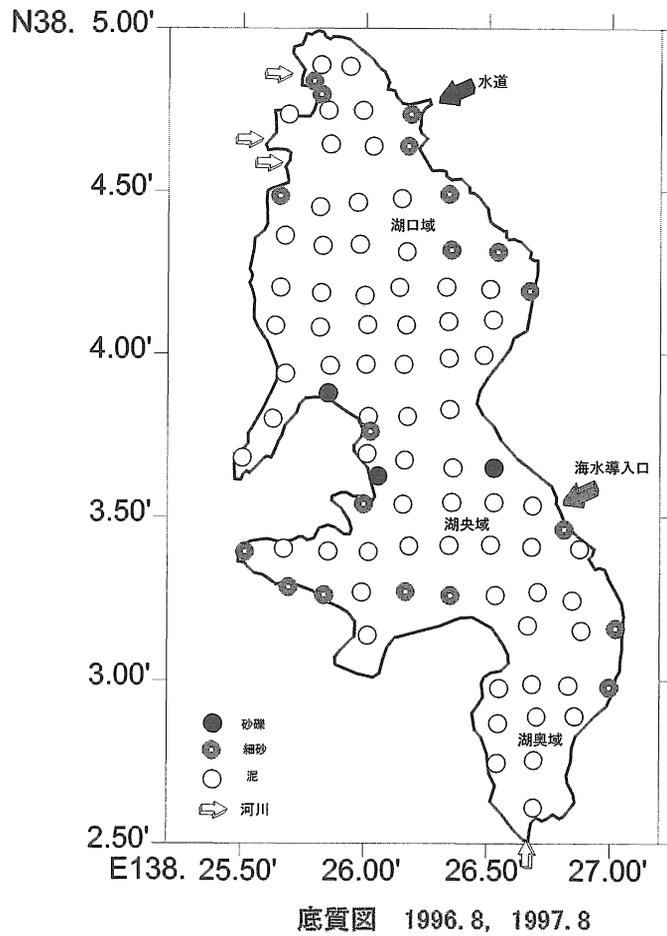
第 13 図 1996 年における湖の南北断面の溶存酸素量分布・深度別溶存酸素量分布図
Fig.13 Distribution of dissolved oxygen in each depth and its north-south profile in 1996.



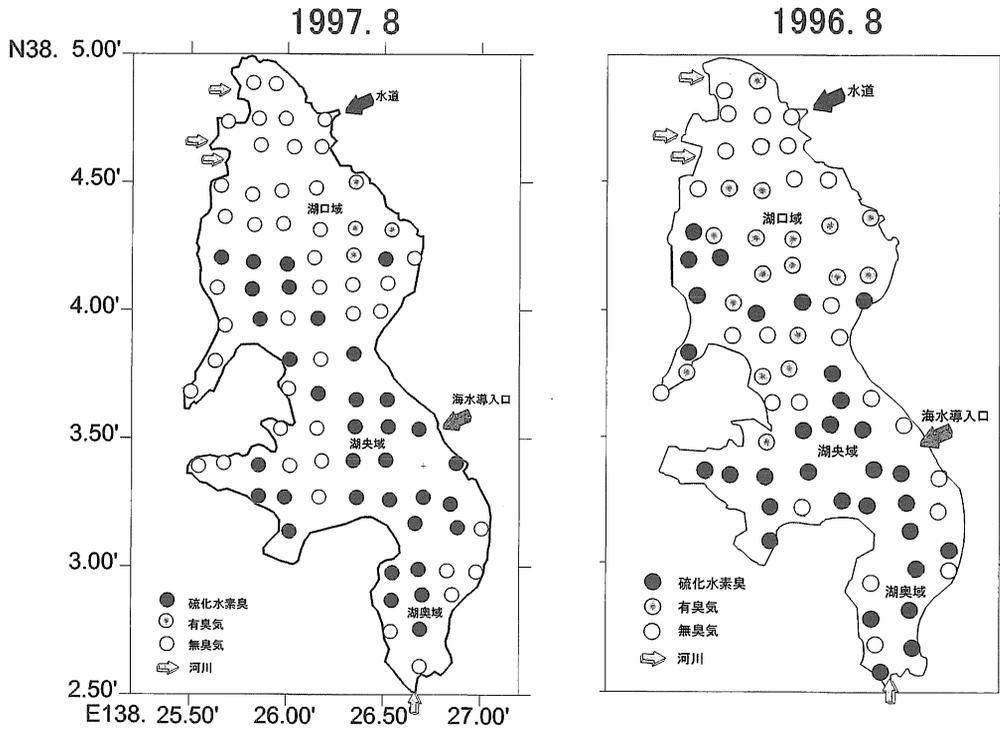
第 14 図 1997 年における湖の南北断面の溶存酸素量分布・深度別溶存酸素量分布図
Fig.14 Distribution of dissolved oxygen in each depth and its north-south profile in 1997.



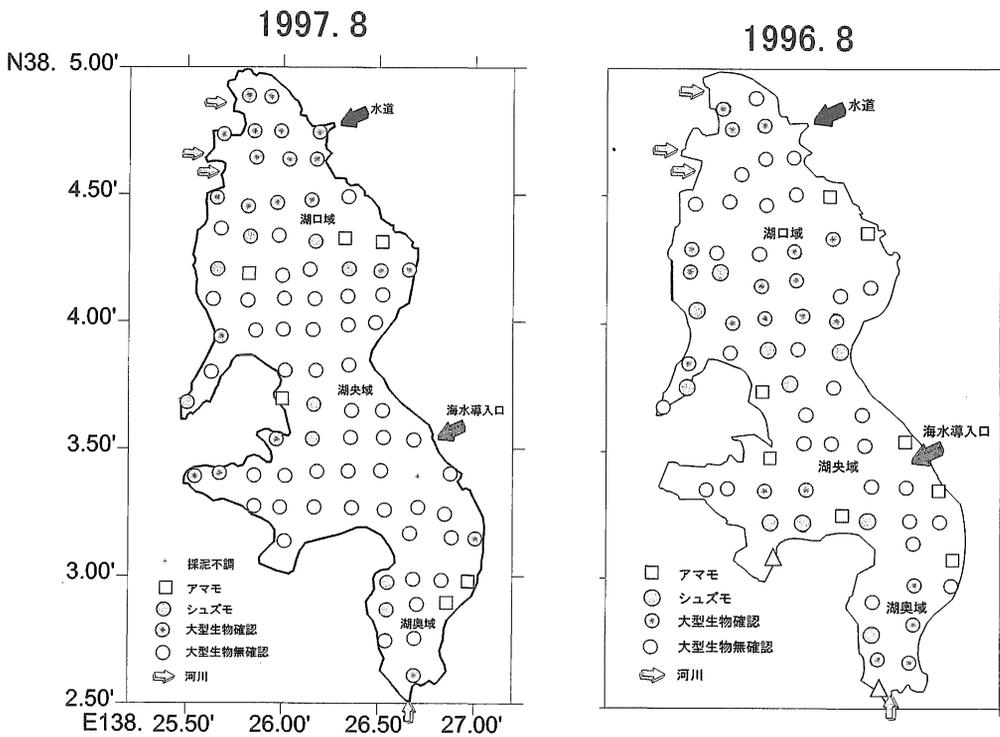
第 15 図 透明度分布図
Fig.15 Distribution of the water transparency.



第 16 図 底質図 (1996)
Fig.16 Distribution of the bottom sediment type.



第 17 図 堆積物の臭気分布図 (1996, 1997)
 Fig.17 Distribution of the smell type of bottom sediment.



第 18 図 底生生物分布図 (1996, 1997)
 Fig.18 Distribution of the bottom biota.

逆転しており、湖水が循環しているとみられる。1997年の調査では、秋口といえ夏期の成層状態が続いていたようである。

5) 1996年では、溶存酸素量が100%を越える地域があり、これは珪藻プランクトン・緑藻類・アマモなどの植物が大量に繁茂していたためとみられる。溶存酸素はほとんどの地域で湖底まで存在していたが、湖奥よりでは水深約3~4mでわずかに増加しそれ以深では数10%に減少した。一方1997年では、湖央・湖奥域の深層部で酸素欠乏層が形成されていた。これは大雨の影響か、湖水循環がまだ発生する状態にいたっていないためかも知れない。年変化を観測する必要がある。

6) 湖水の表層は水深約2~3m以浅で、気温の影響による水温、河川水・雨水の流入量の増減による水温・塩分等の変化が著しい部分である。湖水の中層は水温逆転層(1996年)として識別された層で、これが現れない時期もある。さらに、その他の項目でも急変化層として識別される。湖水の深層は水深約6m以深で、湖水の循環が停滞する時期には溶存酸素欠乏層や高塩分層を形成することがある。

7) 透明度は従来の調査と大きく隔たることはなかった。

8) 底質の大まかな分布は20年程前のものと大きく変わっていない。表層の泥については、以前よりも硫化水素臭を放つ泥が分布する地域は縮小している。

9) 水深6~7m以深は生物の生存に取って不適当な状態になることが多いと予想されるし、カキの養殖可能な水深といわれる深度に符合している。

おわりに

2年にわたる調査により、夏期末における湖水の状態を把握することができたが、1年間の季節的な変動について今後の観測が是非とも必要である。さらに、年毎の変動も現れるようであり、湖水の年次的調査を行い、加茂湖の変動特性を把握することも重要である。今回は水質特性の調査に留まっているが、今後湖水の水収支、微量化学成分をはじめ、また加茂湖の生態学的調査は今後の具体的な課題である。さらにカキ養殖の増産につながる基礎資料をまとめることも重要であろう。

加茂湖の利用・開発の計画が今後なされるであろうが、潟湖の総合的調査に基づいて、自然状態の保護とその利用を図る必要がある。加茂湖の自然環境と調和した施策の作成に寄与したい。

謝辞

この論文を書くにあたり、常日頃ご指導、ご援助

をいただいていたつぎの方々に、厚くお礼申し上げます。両津市、加茂湖漁業協同組合、同組合長尾潟恒雄氏、加茂湖を考える会、興和(株)鴨井幸彦氏、新潟県立佐渡高等学校長渡辺剛忠氏、新潟県立佐渡高等学校舟崎文庫。

引用文献

- 相川高校化学部・渡辺剛忠(1976)昭和47年3月、7月における加茂湖の底質について—とくに有機炭素、窒素含有量からみた—。松崎庚一教授追悼論文集:65-72。
- 相川高等学校化学部・加茂湖自然環境調査グループ(1978)昭和49年7月から昭和50年6月における加茂湖の底質、水質について—加茂湖自然環境調査報告その4—。斎藤良二郎先生退職記念誌:93-98。
- 本間義治・北見健彦・伊藤正一(1974)加茂湖(佐渡島)の動物相—予報。動物分類学会誌,10:63-73。
- 伊藤正一・本間義治・北見健彦(1982)加茂湖(佐渡島)の動物相続報I。日本生物地理学会会報,37:37-43。
- 岩田伸(1968)加茂湖の表層のたい積物中の珪藻種組成について。新潟県教育センター研究集録,1集:85-92。
- 加茂湖自然環境調査グループ(1976)昭和47年3月における加茂湖の水質、底質について—加茂湖自然環境調査報告その1—。佐渡博物館館報,25:12-17。
- 加茂湖自然環境調査グループ(1977a)昭和47年7月における加茂湖の水質、底質について—加茂湖自然環境調査報告その2—。佐渡博物館研究報告,7集:175-181。
- 加茂湖自然環境調査グループ(1977b)昭和48年4月、8月における加茂湖の自然環境調査結果について—加茂湖自然環境調査報告その3—。新潟大地盤災害研年報,3:67-78。
- 国中層団体研究グループ(1995)佐渡加茂湖周辺の上部更新統。日本第四紀学会1995年大会要旨集:138。
- 小林巖雄・神蔵勝明・鴨井幸彦・渡辺剛忠(1993)佐渡島加茂湖の自然環境とその歴史。地質学論集,39:89-102。
- 松木保・本間義治・堀江正治(1987)珪藻遺骸群集からみた加茂湖(佐渡島)の古環境。佐渡博物館研究報告,9集:67-76。
- 永原正信(1967)加茂湖における水質および底質の季節変化。日水研報告,18:109-125。

- Nguyen, V. L. and Kobayashi, I.,(1997) Diatom flora and paleoenvironment of Late Pleistocene and Holocene deposits of Lake Kamo, Sado Island, central Japan. *Sci. Rep. Niigata Univ., Ser.E(Geology)*, 12 :51-83.
- 新潟県 (1969) 浅海漁場開発調査事業報告書 (加茂湖漁場). 新潟県, 225p.
- 新潟県教育委員会 (1981) 佐渡加茂湖. 新潟県文化財調査年報第 20, 195p.
- 佐渡国中平野団体研究グループ (1966) 佐渡国中平野の第四系—新潟県の第四系そのⅦ. 新潟大学高田分校研究紀要, 11 : 147-205.
- Sato, H. and Kumano, S.,(1985) The succession of diatom assemblages and Holocene sea-level changes during the Last 6,000 years at Sado Island, central Japan: the Holocene development of Lake Kamo-ko I. *Jpn. J. Limnol.*, 46 :100-106.
- Sato, H. and Kumano, S., (1986) The succession of diatom assemblages and Holocene sea-level changes during the Last 6,000 years at Sado Island, central Japan: the Holocene development of Lake Kamo-ko II. *Jpn. J. Limnol.*, 47 :177-183.