

# バイカル湖での化学過程

杉山雅人\*・木邑奈美・張田裕之助

【要旨】 1995、1998、1999年の3回に渡って、バイカル湖の栄養塩と主要・微量元素の分布を調査した。その結果、多量の化学成分が河川からバイカル湖に負荷されていることが分かった。これらの多くは懸濁粒子として存在し、沿岸部での水質を支配していた。一方、沖域では栄養塩やいくつかの金属元素の分布に、生物活動の影響が色濃く現れていた。これらの溶存態濃度の鉛直分布は海洋でのものと類似の傾向を示し、深度とともに濃度が増加した。懸濁態濃度が極大となる水深は、クロロフィル-aが最大値を示す水深と一致した。沖域の表水層における自生懸濁画分中のC:N:P比はRedfield比に近かった。しかし、湖水表面のC/P比とN/P比はともにRedfield比より高く、バイカル湖の生物生産は基本的にリン制限にあると判断された。

## 1. 緒言

バイカル湖は数多くの陸水学的特徴を有する他には類を見ない好適な湖沼学研究の対象である。また、1600 mを超える世界に最たる水深を持つ巨大湖であることから、これまでは水塊の大きさが格段に異なるために比較研究の行われることが少なかった湖沼学と海洋学を結ぶ接点となる可能性を秘めた貴重な水圏科学のフィールドでもある。

ロシア東部に位置するバイカル湖は約3000万年前にできたとされる世界最古の湖である(森野浩・宮崎信之, 1994)。現在でも毎年幅2 cm、水深6 mmの割合で拡大していて、世界最大を誇る貯水量は地球上の全淡水の20%に相当する。日本最大である琵琶湖と比べるとバイカル湖の姿が瞭然となる(表1)。

バイカル湖は巨大であるために水の交換がきわめて遅く、その平均滞留時間は300

年を超える。しかし、強い表面吹送風が誘発する深層水湧昇や初春のサーマルバーの出現による表層水の沈降などにより、実質的な深層水の交換速度は10年を下回るとも言われる(Weiss et al., 1991)。

バイカル湖の湖齢の長さは豊富な固有種と古くて厚い堆積層につながっている。固有種は1000を超える。その代表であるバイカルアザラシは世界唯一の淡水アザラシである。湖底堆積層の厚みは4000~6000 mに及ぶ。そこには湖の誕生以来の環境変動が層序として残っている。

バイカル湖は優れた水質にある。一般に湖沼は年月を経るにつれ富栄養化するが、この湖の水はその湖齢にもかかわらず極めて清澄である。最大透明度の記録は40 mを超え、今でもこれに近い値がたびたび測定される。

しかし、この湖でも人為的汚染による水質悪化が進んでいる。栄養塩濃度からすれ

\* 京都大学総合人間学部 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

表1 バイカル湖と琵琶湖の諸元.

	バイカル湖 <sup>a</sup>	琵琶湖 <sup>b</sup>
南北の長さ (km)	639	63
最大幅 (km)	80	23
最大水深 (m)	1,643	104
平均水深 (m)	730	41
表面積 (km <sup>2</sup> )	46,000	674
容積 (km <sup>3</sup> )	23,000	28
流入水量 (km <sup>3</sup> /y)	71	5.2
年齢 (万年)	3,000	400
固有種 (種)	1,000	50

<sup>a</sup>森野・宮崎 (1994). <sup>b</sup>藤永・堀 (1982).

表2 バイカル湖と琵琶湖における化学成分 (mmol/l).

	バイカル湖 <sup>a</sup>	琵琶湖 <sup>b</sup>
Ca <sup>2+</sup>	402	274
Mg <sup>2+</sup>	126	85
Na <sup>+</sup>	155	233
K <sup>+</sup>	24	40
Cl <sup>-</sup>	12	224
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	57.4	71
アルカリ度	1093	550
SiO <sub>2</sub>	45.3	11.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6.33	7.3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.45	0.17

<sup>a</sup>Weiss et al. (1991); Falkner et al. (1991); Gurulev (1994). <sup>b</sup>藤永・堀 (1982); 田中 (1992); Sugiyama et al. (1992).

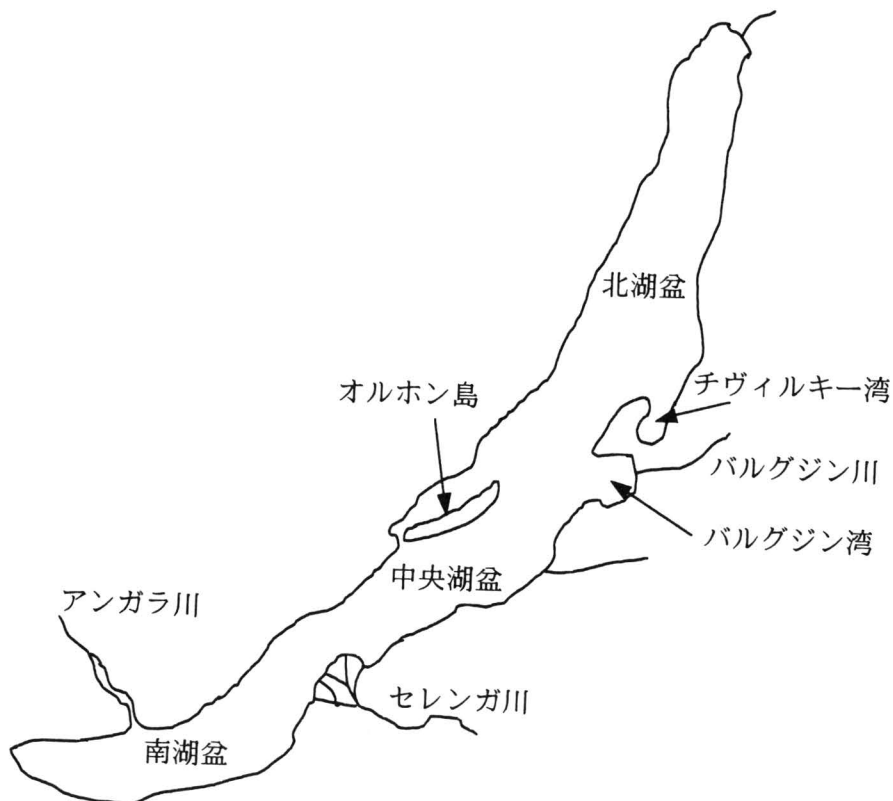


図1 バイカル湖.

ばバイカル湖はすでに富栄養の状態にあるとの指摘もある (Watanabe and Drucke, 1999)。周辺の工場や農地からの汚水の流入に加えて、近年の急速なバイカル湖の観光資源化がその原因となっている。

本研究はバイカル湖での栄養塩と主要・微量元素の分布を詳しく調査して、この湖における化学過程の特徴を明らかにしようとしたものである。

## 2. バイカル湖の諸元

バイカル湖は東経104～110度、北緯51～56度に位置し、地勢的に北・中央・南の3つの湖盆に分けられる (図1)。湖の最深地点 (水深1,643 m) は中央湖盆のオルホン島沖にある。北および南湖盆の最大水深はそれぞれ900 m、1,410 mである。集水域は556,000 km<sup>2</sup>で、これは日本の国土面積の1.5倍に当たる。流入河川336本の中で最大のものはセレンガ川であり、これによって流入水の50%が供給されている。一方、流出河川はアンガラ川のみである (森野浩・宮崎信之, 1994)。

バイカル湖は春と秋に湖水が鉛直循環する2回循環湖である。例年12月から4月にかけてバイカル湖の湖面は凍結する。氷の厚さは年によっては1 mを超える。5月になると春期鉛直循環が始まり、6月には水温は鉛直方向に4℃で均一となる。7月から湖は夏期成層期に入る。8月には表面水温は10数℃に達する。9月になると秋期鉛直循環が始まり、11月には再び水温は4℃で均一となる。その後は、冬期成層期となり、12月には再び湖面が凍結する。

鉛直循環と成層に加えて、バイカル湖での湖水の流動にとって重要となるのが深層水湧昇とサーマルバーの形成である。湖面に強風が吹くと、湖岸への表層水の吹送が

起こる。これに伴って、反対湖岸では深層水が表層へと湧昇する。また、湖面が凍結するバイカル湖では、初春にはその氷が溶けて沖域では水温2～3℃の湖水が形成される。一方、暖かい河川水の混じった沿岸域では水温5～7℃の水が存在している。両者が混合すると最大密度4℃の水が生成し、湖水は下方に沈降して二つの水塊の間に境界 (フロント) が形成される。この境界面がサーマルバーと呼ばれるものである。

バイカル湖の主要成分と栄養塩の濃度は表2のような値にある。琵琶湖と比較するとバイカル湖の水はCa・Mg・アルカリ度の値が高く、Na・K・硫酸イオン・塩化物イオンのそれが低い特徴をもつ。これは琵琶湖に比べれば集水域に堆積岩地帯が多いことに起因している。しかし、硬水に分類されるほどには湖水の硬度は高くない。リン酸・硝酸・ケイ酸の濃度は表層で低く、深度とともに増加する分布を示す (Weiss et al., 1991)。これは外洋海域と同様に、<表層での生物による摂取・固化>—<表層から深層への生物粒子の沈降>—<深層での分解・溶出>によるものと考えられるが、先述したサーマルバーの形成による高濃度の栄養塩を含む河川水の沈降の影響も無視できないとされる。

## 3. 試料の採取と分析

### 3.1 湖水の採取

バイカル湖での調査は1995年8月、1998年7月、1999年7～8月に行った (表3)。湖水をニスキン採水器で採取したのち、孔径0.2 μmのヌクレポアフィルターあるいはWhatman製GF/Fフィルターを用いてろ過した。

表3 試料採取地点.

採水年	水域	地点番号	採水月日	北緯	東経	水深 (m)
1995 年	中央湖盆	95-13	8月 6日	52° 57' 36"	107° 04' 15"	1500
	バルグジン川	95-B0	8月 8日	53° 25' 29"	108° 59' 40"	1
	北湖盆	95-44	8月 11日	54° 30' 40"	108° 39' 57"	820
	南湖盆	95-59	8月 15日	51° 57' 59"	105° 39' 27"	1320
1998 年	南湖盆	98-1	7月 26日	51° 48' 50"	104° 41' 59"	
	中央湖盆	98-2	7月 27日	53° 12' 30"	107° 46' 20"	1630
	バルグジン湾	98-B0	7月 28日	53° 26' 47"	108° 58' 27"	8
		98-B1	7月 28日	53° 26' 37"	108° 51' 23"	30
		98-B2	7月 28日	53° 27' 34"	108° 48' 51"	50
		98-B3	7月 29日	53° 27' 29"	108° 46' 17"	104
		98-B4	7月 29日	53° 27' 24"	108° 43' 18"	200
		98-B5	7月 29日	53° 26' 30"	108° 39' 00"	500
		98-B6	7月 29日	53° 25' 43"	108° 36' 50"	1100
	チヴィルキー湾	98-B7	7月 29日	53° 23' 57"	108° 20' 58"	1600
		98-C1	7月 30日	53° 44' 53"	109° 07' 10"	10
		98-C2	7月 30日	53° 47' 21"	109° 06' 42"	20
		98-C3	7月 30日	53° 48' 55"	109° 06' 42"	50
		98-C4	7月 30日	53° 49' 45"	109° 06' 01"	100
		98-C5	7月 30日	53° 52' 19"	109° 07' 01"	500
	1999 年	南湖盆	98-C6	7月 30日	53° 56' 22"	109° 09' 02"
バルグジン川 バルグジン湾		99-S1	7月 28日	51° 41' 11"	104° 27' 56"	
		99-0	8月 1日	53° 25' 29"	108° 59' 40"	1
		99-1	8月 1日	53° 25' 35"	108° 59' 20"	1
		99-2	8月 1日	53° 26' 26"	108° 58' 53"	1
		99-3	8月 1日	53° 28' 31"	108° 57' 39"	1
		99-4	8月 1日	53° 29' 30"	108° 50' 26"	32
		99-5	7月 31日	53° 28' 21"	108° 47' 30"	100
	99-6	7月 31日	53° 24' 36"	108° 40' 40"	740	

### 3. 2 試料の分析

#### 3. 2. 1 溶存態濃度

孔径0.2 μmのヌクレポフィルターでろ過した湖水を試水とした。超高純度の硝酸を加えて0.01 mol/l 硝酸酸性にして保存した。Mg・Ca・Sr・Ba・Si・Fe・Mnの測定は、Sugiyama et al. (1992)の方法によった。V・Mo・Alの測定には、それぞれSugiyama and Hori (1992)、川久保ら(1997)、重松ら(1970)の方法を用いた。WとPは、それぞれ誘導結合プラズマ質量分析法、青色リンモリブデン法によって測定した。

#### 3. 2. 2 懸濁態濃度

湖水をろ過して、ろ紙上に捕捉された粒子に含まれるものを懸濁態とした。C・Nの測定に用いた試料は、Whatman製GF/Fフィルターでろ過した。試料の分析は、CHNアナライザーで行った。

金属元素とPの測定は、0.2 μmヌクレポフィルターでろ過した試料を用いて、既報の方法(杉山, 1996)に従った。

Siの分析にも0.2 μmヌクレポフィルターでろ過した試料を用いた。ろ紙とともに懸濁物質を白金るつぼにとり、1,2-ジクロロエタンを0.5 ml加えてろ紙を溶かした。90℃で1時間加熱してろ紙の内容物

を乾燥させた後、灼熱してろ紙を灰化した。残渣に10%炭酸ナトリウム溶液を4ml加えた後、加熱乾燥した。残渣を灼熱・熔融して試料を分解した。残渣に塩酸を加えて溶かした後、誘導結合プラズマ発光分析法によってSiを定量した。

### 3. 2. 3 クロロフィル-aならびにフェオ色素の濃度

Whatman製GF/Fフィルターにより湖水をろ過して、植物色素定量用の試料を得た。Suzuki and Ishimaru (1990)の方法に従ってクロロフィル-a (Chl-a) とフェオ色素 (Pheo) を測定した。

## 4. 分析結果と考察

### 4. 1 河口-沿岸域での化学成分の分布

1998年と1999年にはバルグジン川河口からバルグジン湾沖域にかけて化学成分の分布を調査した。特に、1999年にはバルグジン川下流での試料も採取したので、ここではその結果を中心に議論する。すべての分析結果を附表I～VIに示した。

#### 4. 1. 1 Al・Ti・Fe・Mnの分布

Fe・Mnの溶存態濃度はバルグジン川下流(St. 99-0)からその河口域(St. 99-1～99-5)、バルグジン湾沖域(St. 99-6)に向かって急減した。河川から高濃度のFe・Mnが供給されているが、河口域でこれらは速やかに沈殿生成して除去されることが分かる。Al・Tiの濃度は誘導結合プラズマ発光分析法での直接測定では、その濃度を正確に求めることはできなかった。しかし、ルモガリオン蛍光法で測定した1998年のSt. 98-B0からSt. 98-B7の結果は、AlもFe・Mnと同様に沖域よりも河口域で濃度が高い傾

向にあった。しかし、この元素はFe・Mnとは異なり、自然水中で酸化・還元を受けて元素が沈殿と溶解を繰り返すようなことはない。また、表層水のpHは沿岸から沖域にかけてほぼ同じ値をとっているため、沈殿生成による濃度減少よりは湖水による河川水の希釈が影響して濃度低下が起こっているものと推測される。

懸濁態の濃度はSt. 99-0からSt. 99-2で値が格段に高かった。バルグジン川から高濃度の濁流が湖に流入していたためである。

湖水や河川水中の懸濁物質はその生成の起源から、主に3つの成分に分けることができる(杉山, 1996)。すなわち

(i)アルミノケイ酸塩を主成分とするものであって、集水域の土壌や湖底の堆積物に由来する地殻起源の粒子

(ii) MnやFeの水和酸化物あるいは炭酸カルシウムなどに代表されるような、水域の内部で生成した自生鉱物

(iii) プランクトンやその遺骸・糞粒を主成分とする生物起源の粒子

である。このうち地殻起源粒子は主として対象とする水域の外(集水域)に供給源を持つ外部起源の粒子である。Alはこの地殻起源粒子(外部起源粒子)の主要成分である。またpHが中性の水域では、この元素は地球化学的にも生物化学的にも不活性であるとされ、溶解・析出といった反応に殆ど与からない。このため、地殻起源粒子の指標としてよく利用される(Brewer et al., 1980; Sugiyama and Hori, 1994)。Alに比べれば外部起源粒子に含まれる量は少ないが、Tiもしばしば同様の目的に用いられる。そこで懸濁物質の起源と構成を調べるために、懸濁態の各種元素濃度とAl濃度との相関を求め、その結果を図2(Fe・Mnの結果のみ)に示した。Fe・Tiの濃度はAl濃

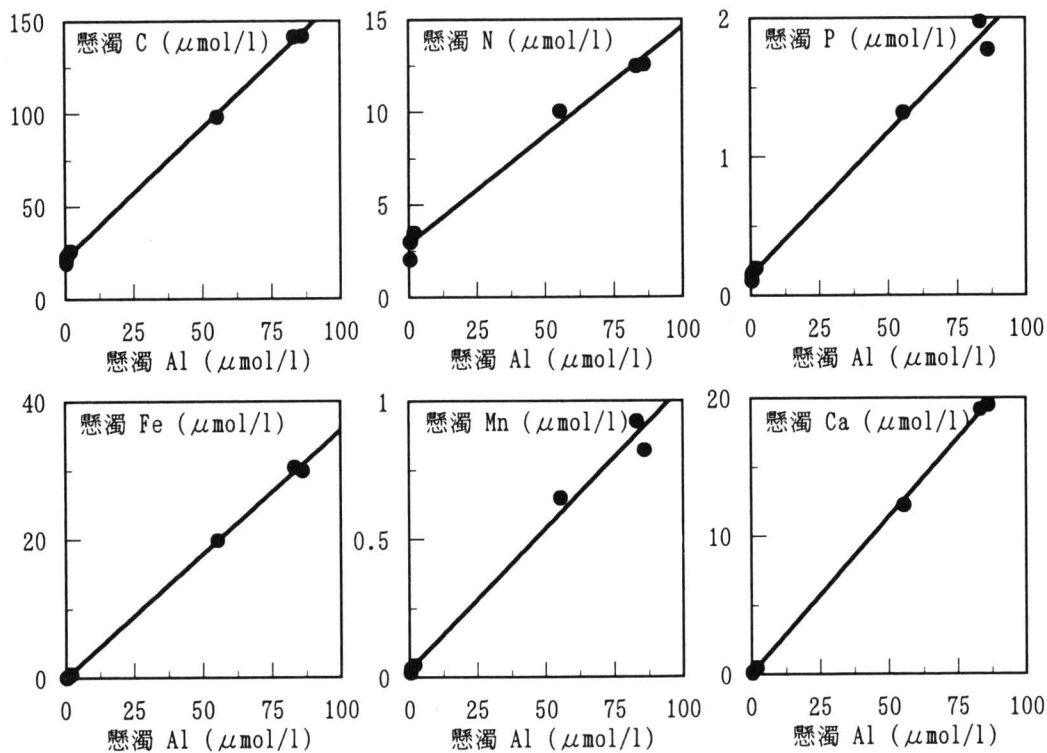


図2 バルグジン湾での懸濁体元素濃度と懸濁態 Al 濃度の相関 (1999年).

図中の直線は最小二乗法により求めた一次回帰直線である.

度と良い直線相関にあって、その回帰直線の縦軸切片もほぼ原点の近くにあった。また、上述したように St. 99-2 から St. 99-3 にかけてこれらの元素濃度は急減し、St. 99-4 ~ St. 99-6 では St. 99-0 のその 1/200 ~ 1/500 に過ぎなかった。したがって、これらの元素は地殻起源粒子の形をとった懸濁態として河川から湖に向けて大量に運び込まれるが、それらの粒子は河口域や沿岸のごく近傍で沈積してしまい、沖域への影響は小さいと考えられる。

Mn も Al と良い直線関係にあるが、Fe や Ti に比べ、縦軸切片は少し原点をはずれていた。このことは Mn は Al・Fe・Ti に比べて沖域での濃度減少の割合が小さいことに由来している (附表 VI)。すなわち沖域で

この元素の分布には、湖の内部で生成した自生の水和 Mn 酸化物の影響が現れているものと考えられる。

#### 4. 1. 2 Chl-a・Pheo・C・N・P・Si の分布

生物活動に関連して分布の形態が変わる Chl-a・Pheo・C・N・P・Si の分布も懸濁態に関するものについては上述の Al のそれとよく似た傾向を示した。すなわち、St. 99-2 から St. 99-3 にかけて濃度が急減した。Al 濃度との相関はいずれも直線関係にあったが (その中の C・N・P の結果を図 2 に示した)、Si を除き Fe や Ti に比べて大きな縦軸切片を有していた。しかし、この大きな切片は、河川からの流入粒子によるものではなく、沖域での生物活動により自生

したものと考えられる。したがって、C・Nなどの元素についても、河川から懸濁態としての大量の供給があるが、その影響は沿岸域のみに限られるとしてよい。一方、沖域での懸濁粒子には湖の中で生産された成分の寄与が大きいと考えられる。

溶存態の分布はP・Siともに河川・河口域で高く沖域で減少する傾向にあった。これらの分布については次項でアルカリ土類元素の分布と併せて詳しく議論する。

#### 4. 1. 3 Mg・Ca・Sr・Baの分布

懸濁態の分布はこれまでに述べてきた全ての成分で見られたのと同じ傾向にあった。すなわちSt. 99-0～St. 99-2の河川・河口域で濃度が高く、St. 99-3になると急減し、St. 99-4～St. 99-6の沖域の濃度はSt. 99-0の数百分の1であった。Alとの相関もすべての元素について原点を通る良い直線関係にあった(Caの結果のみ図2に示した)。したがって、これらの懸濁態の分布は基本的に地殻起源粒子の動きによって支配されていると言える。

懸濁態の分布がどの成分についてもほぼ同じ傾向を示したのに対し、溶存態のそれには生物活動に関連するP・Siを含めて元素による違いが現れた。Si・Ca・BaではSt. 99-0を除きSt. 99-1からSt. 99-6に向かう河口から沖域にかけての方向で濃度が減少した。これとは逆にMgでは同方向にそって濃度が増加した。一方、Srの濃度はどの地点でもほぼ一定であった。Pは沖域に比べ河川や河口域で高い傾向にあったが、Siなどの分布とは一致しなかった。各種元素の溶存濃度と溶存態Ca濃度との相関を調べてみると、Si・Mg・BaはCaと良い直線関係にあった。すなわち河口から沖域にかけてこれらの元素の濃度は、河川水と沖域湖

水の単純な混合によって決定されていることが分かる。一方、P・Srにはこのような傾向はなかった。Srは他の元素に比べて河口から沖域にかけてほとんど濃度が変化しないためである。一方、Pは生物活動の影響を受けて溶存濃度が変化しているためと考えられる。

#### 4. 2 地殻起源粒子中の元素濃度比

第3.1.1節で述べたように、懸濁態Al濃度はアルミノケイ酸塩を主成分とする地殻起源粒子ひいては外部起源粒子の濃度の指標になる。したがって、外部起源粒子中の平均的な元素/Al濃度比と懸濁態Al濃度が分かるなら、それぞれの元素の全懸濁態濃度に対する外部起源粒子の寄与を見積もることができる(Brewer et al., 1980; Sugiyama and Hori, 1994)。ここではSt. 99-0～St. 99-2での懸濁態元素のほとんどすべてが地殻起源粒子によると仮定して、それらの濃度からバルグジン川を経て湖に流入する粒子中の元素/Al比を求めた。その結果を表4に示した。

地殻起源粒子中の元素/Al濃度比のもう一つの求め方は、湖水中の懸濁態濃度の分析値をもとにして、着目する元素の濃度とAl濃度との直線相関を用いる方法である(Sugiyama and Hori, 1994)。図3にはその代表例として1995年調査の中央湖盆でのMg・Feについての結果を示した。図の縦軸にはMg・Feの懸濁態濃度を、横軸にはAlのそれを目盛っている。同図には、得られた全分析値を、pHが一定で(附表I)生物生産による水質への影響が少ないと考えられる250 m以深の深層とそれ以浅の2つに分けて表示した。図から明らかなように、Fe・Mgともに深層中の懸濁態濃度はAl濃度と良い直線関係を示した。したがっ

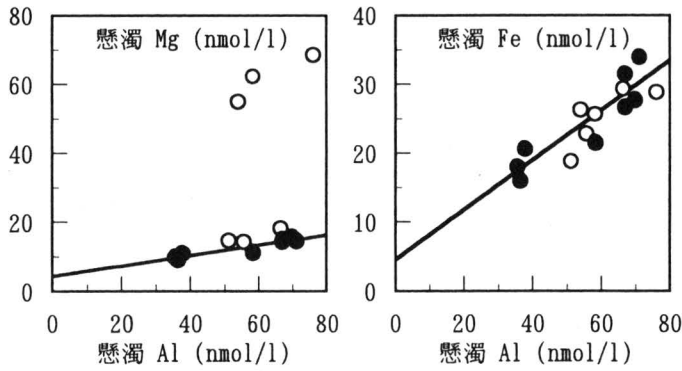


図3 中央湖盆 (St. 95-13) での懸濁態元素濃度と懸濁態 Al 濃度の相関 (1995 年).  
○ : 水深 250 m 以浅  
● : 水深 250 m 以深.  
図中の直線は最小二乗法により求めた一次回帰直線である.

表4 懸濁物質中の元素 / Al 比 (mol/mol).

元素	バルグジン川	南湖盆	中央湖盆	北湖盆	地殻	
Ba	2.52	5.95	4.20	2.45	1.02	( $\times 10^{-3}$ )
C	17.0	-	-	-	0.05	( $\times 10^{-1}$ )
Ca	2.27	3.02	2.02	1.76	3.39	( $\times 10^{-1}$ )
Cu	3.23	-	4.85	-	2.84	( $\times 10^{-4}$ )
Cr	5.72	-	-	-	6.31	( $\times 10^{-4}$ )
Fe	3.58	3.42	3.61	2.00	3.31	( $\times 10^{-1}$ )
Mg	2.62	1.52	1.49	1.33	3.14	( $\times 10^{-1}$ )
Mn	1.07	3.44	3.47	-	0.57	( $\times 10^{-2}$ )
N	15.7	-	-	-	0.05	( $\times 10^{-2}$ )
Ni	1.61	-	-	-	4.19	( $\times 10^{-4}$ )
P	2.26	21.0	17.9	-	1.11	( $\times 10^{-2}$ )
Pb	3.63	-	-	-	0.20	( $\times 10^{-4}$ )
Si	3.48	-	-	-	3.29	( $\times 1$ )
Sr	2.04	2.59	1.91	1.23	1.41	( $\times 10^{-3}$ )
Ti	3.11	2.21	3.83	2.33	3.91	( $\times 10^{-2}$ )
V	8.54	-	-	-	8.69	( $\times 10^{-4}$ )
Zn	8.47	174	-	-	3.51	( $\times 10^{-4}$ )

地殻中での元素 / Al 比は Taylor(1964)による平均元素存在度から算出した.



て、同層では地殻起源粒子が懸濁物質の主要成分を占めていると考えられるので、この回帰直線の傾きを地殻起源粒子中の元素/AI濃度比とすることができる。こうして1995年調査の結果をもとに南・中央・北の各湖盆で得た濃度比を、Taylor (1964) によって求められた地殻中の平均元素存在度から計算した濃度比とともに表4に示した。

C・N・P・Pb・Znを除いては表に掲げた5つの値は互いによく一致していて、これらの値をバイカル湖に流入する地殻起源粒子の元素/AI濃度比として用いることが妥当であることが分かる。C・Nについては、バルグジン川で得られた値は、地殻中の値より遥かに高い。これは集水域からのすなわち外部起源の有機物粒子による影響と考えられる。また、南・中央湖盆でのP、バルグジン川でのPbならびに南湖盆でのZnの値が、その他の値に比べ高くなっているのが分かる。これは地殻起源以外の粒子の影響あるいは分析誤差によるものと判断される。

#### 4. 3 沖域での鉛直分布

図4と図5にそれぞれ1999年調査におけるバルグジン湾 (St. 99-6) と南湖盆 (St. 99-S1) の沖域での主な化学成分の鉛直分布を示した。懸濁態の分布については全懸濁態濃度に加えて湖の内部で自生したと考えられる画分 (自生懸濁画分: 先の区分で自生鉱物と生物起源粒子がこれにあたる) の濃度も併せて示した。この自生画分懸濁態濃度は次のようにして求めた。

表4に示した地殻起源粒子の元素/AI濃度比と懸濁態AI濃度から、地殻起源画分の懸濁態濃度を算出した。全懸濁態濃度からこの地殻起源画分濃度を差し引いて得た値

を自生画分懸濁態濃度とした。St. 99-6での濃度の算出にはバルグジン川で得られた元素/AI濃度比を用いた。St. 99-S1での濃度の算出には、C・N・Si・Pについてはバルグジン川での元素/AI濃度比を、それ以外の元素については南湖盆でのそれを用いた。後に述べる1995年・1998年のP濃度の算出についても同様にした。

#### 4. 3. 1 Al・Ti・Fe・Mnの分布

地殻起源粒子の動きを直接に反映する懸濁態Alの分布はバルグジン湾St. 99-6および南湖盆St. 99-S1のどちらでも、表層で高く、中層で減少し、深層に向けて再び高くなる傾向を示した。この分布はバイカル湖に比べて水深が浅い琵琶湖においてもよく見られるものであり、温度成層によって河川からの懸濁物の負荷が主に表水層に限られることと、底層水の攪乱がもたらす湖底堆積物の再懸濁による湖底高濁度層の出現によっている (杉山, 1996)。Tiの分布も、この元素の持つ地球化学的・生物化学的に不活性な性質を反映して、Alとよく似た傾向を示した。当然ながらこの元素では自生懸濁画分の濃度は目立った特徴を示さなかった。2つの地点でのAl・Tiの濃度を比較すると、やはり、より沖域に位置しているSt. 99-S1での濃度の方がAl・Tiともに低い値を与えていた。これらの元素の分布が地殻起源粒子の影響を大きく受けていることがよく理解できる。

Feの分布にはTiのそれとは異なり、自生懸濁画分に2地点間で共通の特徴的な傾向が見られた。すなわちこの元素の濃度はSt. 99-6では水深5 mに、St. 99-S1では水深25 mに極大を持ち、表水層で高く深水層で低い分布にあった。これらの分布は後述するChl-aや自生懸濁画分Cのそれとよ

く似ていた。この原因が生物によるFeの取り込みによるものか、あるいはFeの水和酸化物の生成が生物粒子表面で起こることによるものかは、今回の結果からだけでは判断できないが、Feの動態を考える上でこの結果は極めて興味深い。

自生懸濁画分のMnは湖のごく表面で高く、どちらの地点でも15 m以深ではほぼ一定の値を示した。また、Feとは異なりど

の水深でも全懸濁Mnの大部分が自生画分で占められていることが分かる。湖の中でMnの酸化・析出が活発に起こっていることが示唆される。

#### 4. 3. 2 Chl-a・Pheo・C・N・P・Siの分布

バルグジン湾、南湖盆のどちらにおいても、Chl-aと自生懸濁画分のC・N・Pは水

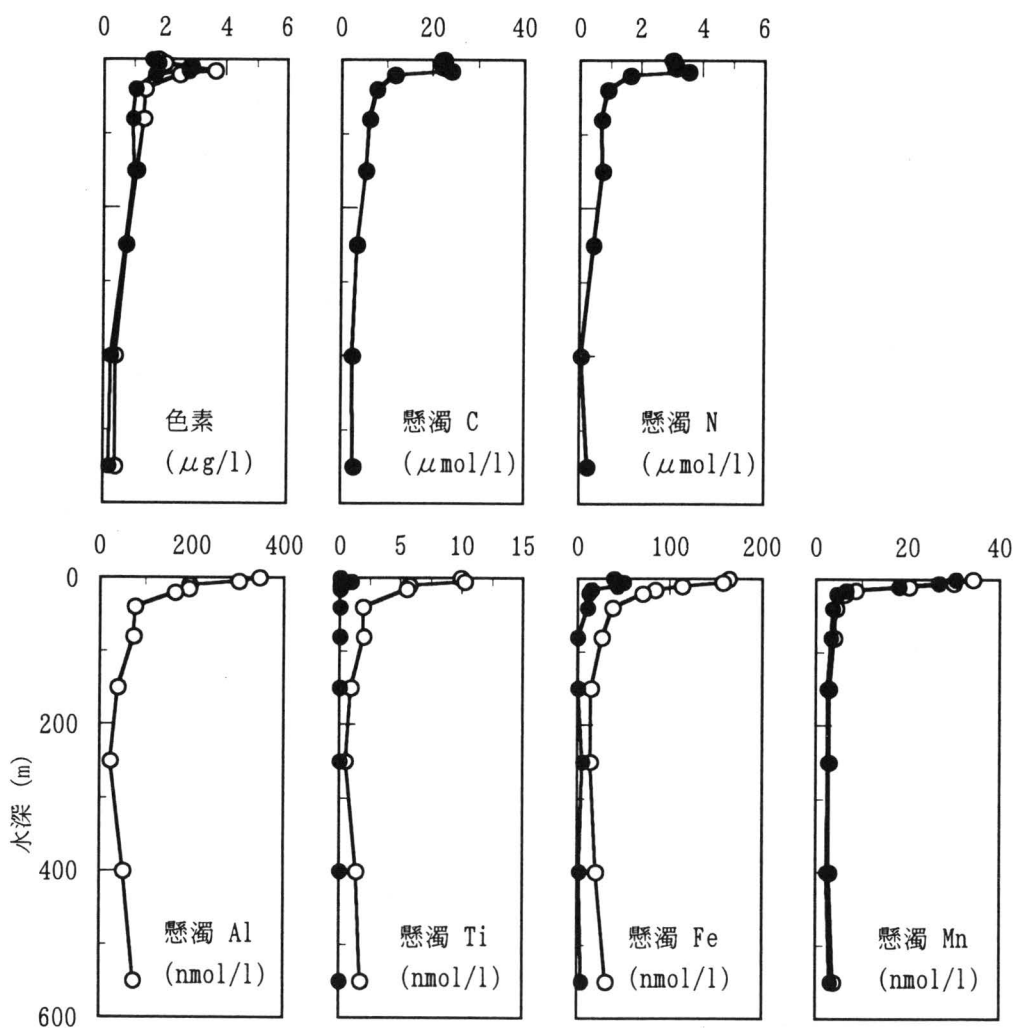


図4-1 バルグジン湾 St. 99-6での化学成分の鉛直分布 (1999年).

色素の分布の●はChl-a濃度を、○はChl-a+Pheo濃度を、また、懸濁態分布の●は自生画分濃度を、○は全濃度を示している。

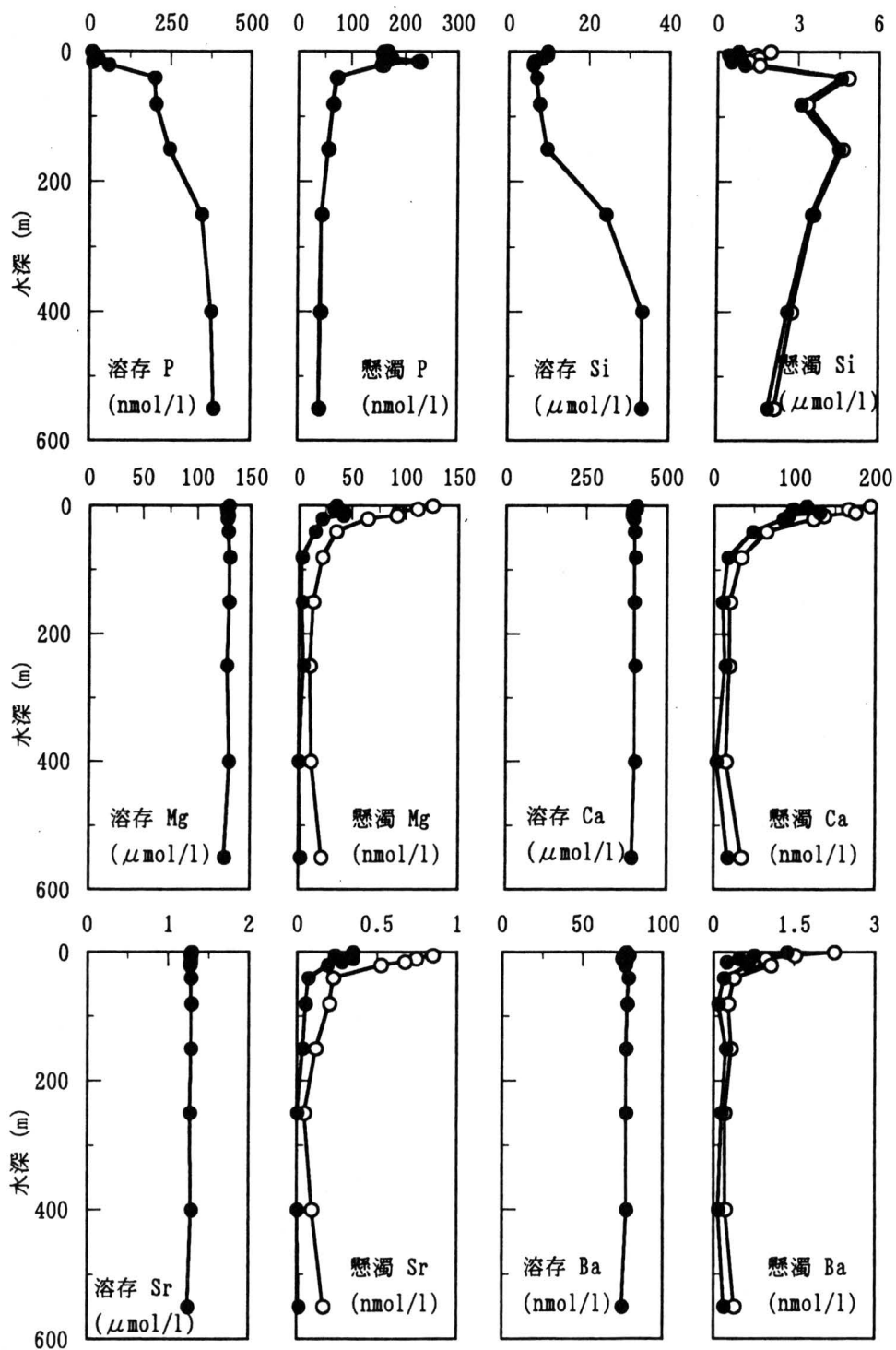


図 4 - 2 バルグジン湾 St. 99-6 での化学成分の鉛直分布 (1999 年)。  
 色素の分布の●はChl-a濃度を、○はChl-a+Pheo濃度を、また、懸濁態の分布の●は自生画分濃度を、○は全濃度を示している。

深10~15mに極大値を持ち、それ以深では急減するという極めてよく似た分布を示した。このことは、これらの成分の挙動が生物活動の影響を強く受けていることを示唆している。溶存態Pは表層では涸渇していたが、深度とともにその濃度が増加した。この結果は自生懸濁画分Pの深層での濃度増加と見事に呼応していた。Pの分布

が外洋海域と同じく<表層での生物による摂取・固化>-<表層から深層への生物粒子の沈降>-<深層での分解・溶出>という生物地球化学的過程によって支配されていることが如実に示されている (Bruland, 1980; Weiss et al., 1991)。

Redfieldら (1963) によれば、栄養塩の分布から求めた外洋海域での植物プランク

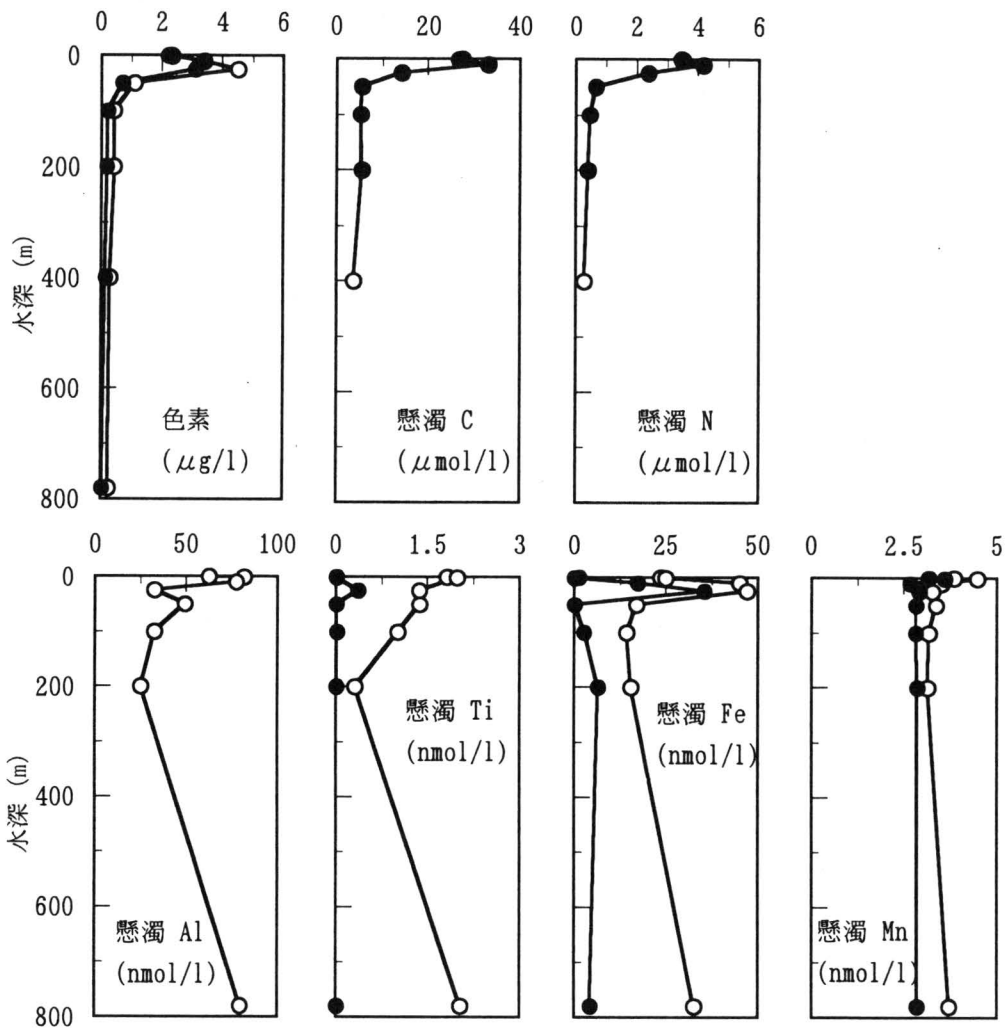


図5-1 南湖盆 St. 99-S1での化学成分の鉛直分布 (1999年)。

色素の分布の●はChl-a濃度を、○はChl-a+Pheo濃度を、また、懸濁態の分布の●は自生画分濃度を、○は全濃度を示している。

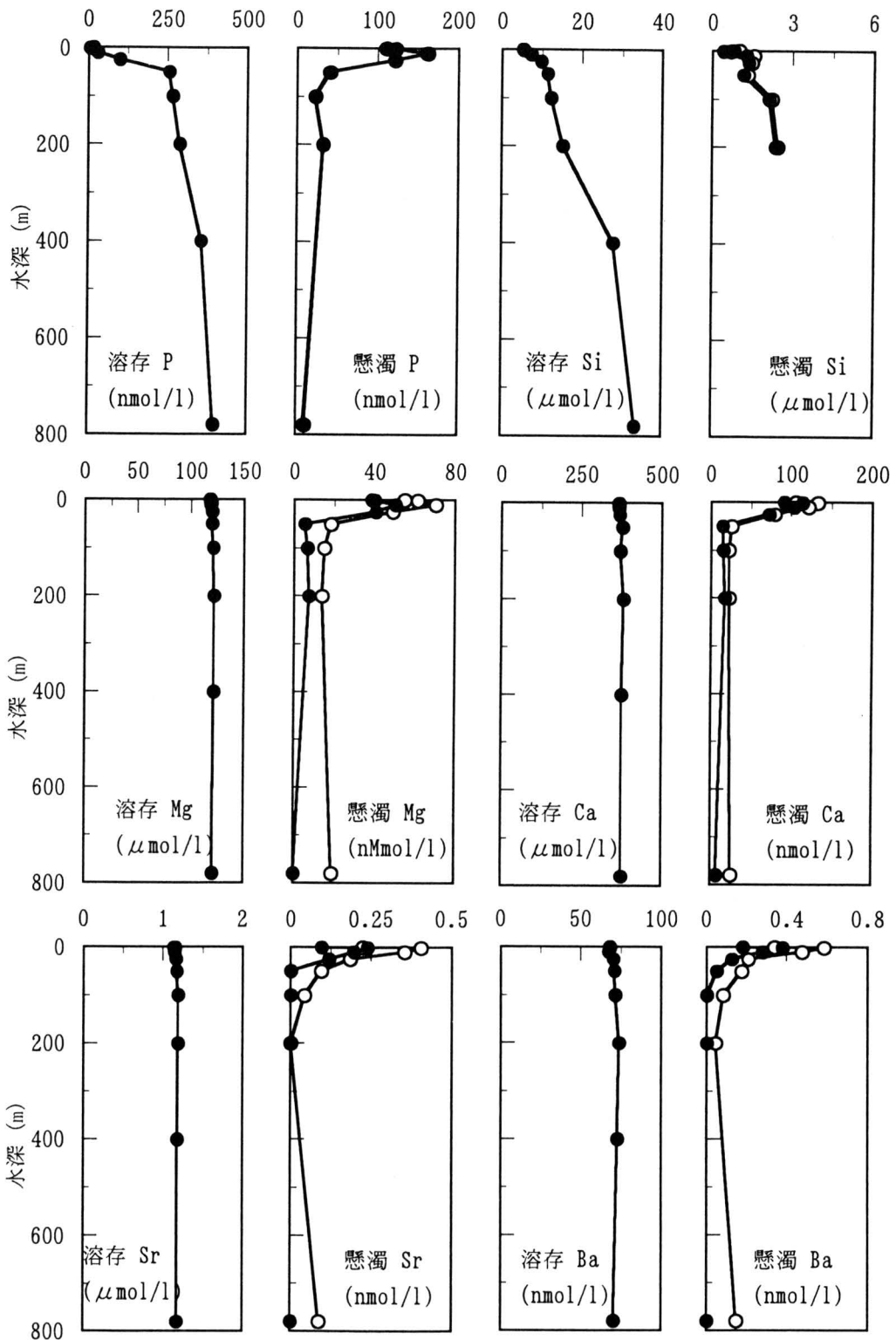


図 5 - 2 南湖盆 St. 99-S1 での化学成分の鉛直分布 (1999 年).  
 懸濁態の分布の●は自生画分濃度を、○は全濃度を示している.

表5 自生懸濁画分中のC/P, N/P, C/N比 (mol/mol).

採水地点	水深 (m)	C/P	N/P	C/N
バルグジン湾 St. 99-6	0	138	18.8	7.4
	5	138	19.4	7.1
	10	130	18.3	7.1
	15	106	15.7	6.8
	20	74	10.5	7.1
	40	108	12.6	8.5
	80	95	10.8	8.7
	150	96	13.3	7.2
	250	78	10.2	7.7
	400	58	1.0	59.9
550	68	6.7	10.3	
南湖盆 St. 99-S1	0	250	31.6	7.9
	1	221	29.0	7.6
	10	205	25.9	7.9
	25	117	19.7	6.0
	50	138	16.1	8.5
	100	240	20.4	11.7
	200	171	12.0	14.2
Redfield 比		106	16.0	6.6

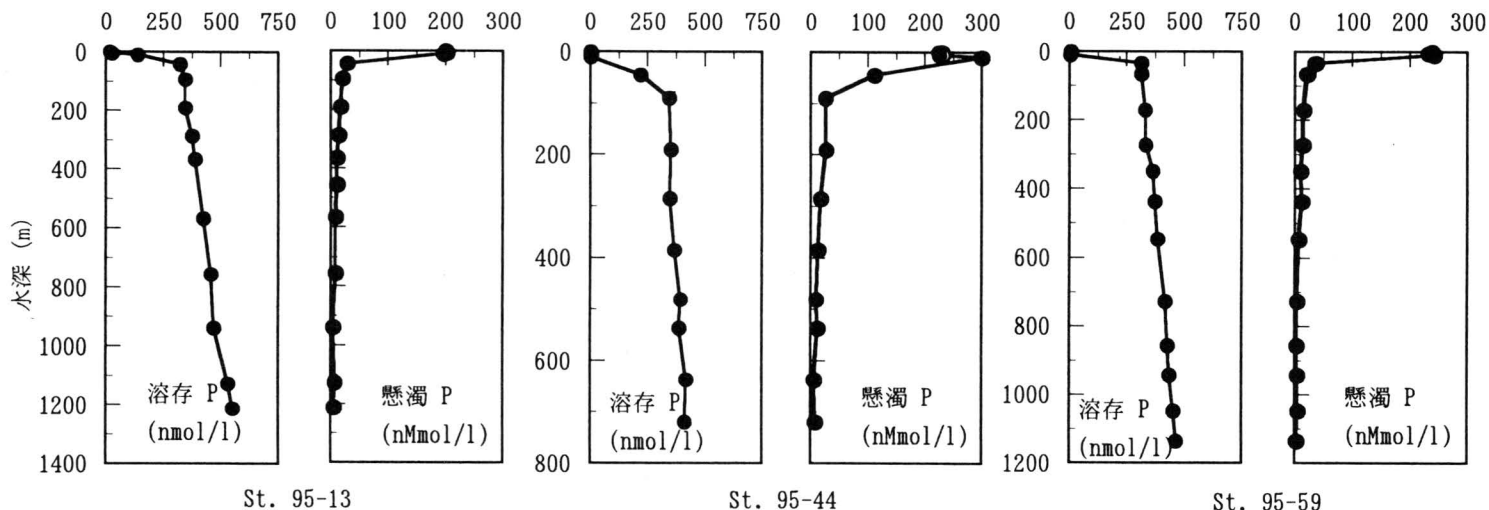
トン中のC:N:P平均組成比はC:N:P = 106:16:1とされる。表5には自生懸濁画分の濃度から求めた各水深でのC/P・N/P・C/Nそれぞれの値を示した。バルグジン湾15m層や南湖盆25m層ではRedfield比にとても近い値が得られた。これらの結果は、前述した方法によって自生懸濁画分濃度を求めることが妥当であること、またC・N・Pの自生懸濁画分は主に生物起源の粒子によって構成されていること、を示している。

地点や水深の違いによる元素組成比の比較からは、C/P・N/Pのどちらもが、バルグジン湾より南湖盆で、中層域より表層で高い値を示していた。これは溶存P濃度の涸渇と対応していて、これらの水域になるほ

ど生物生産がPによってより厳しく制限されていることが分かる。

図6と図7にはそれぞれ1995年調査と1998年調査で得られた沖域でのPの鉛直分布の様子を示した。St. 98-2の結果を除いてどの水域でも、上述した1999年調査での結果と同様の分布にあった。定常的に夏期成層期のバイカル湖ではこのような分布が形成されていることがわかる。こうしたPの分布が春季ならびに秋期の循環期および冬期成層期にどのように変化するのは、地球化学的にもまた化学成分の分布から見た湖水の物理構造の観点からも極めて興味深い。今後の検討課題の一つである。

一方、1998年調査でのSt. 98-2の分布は、

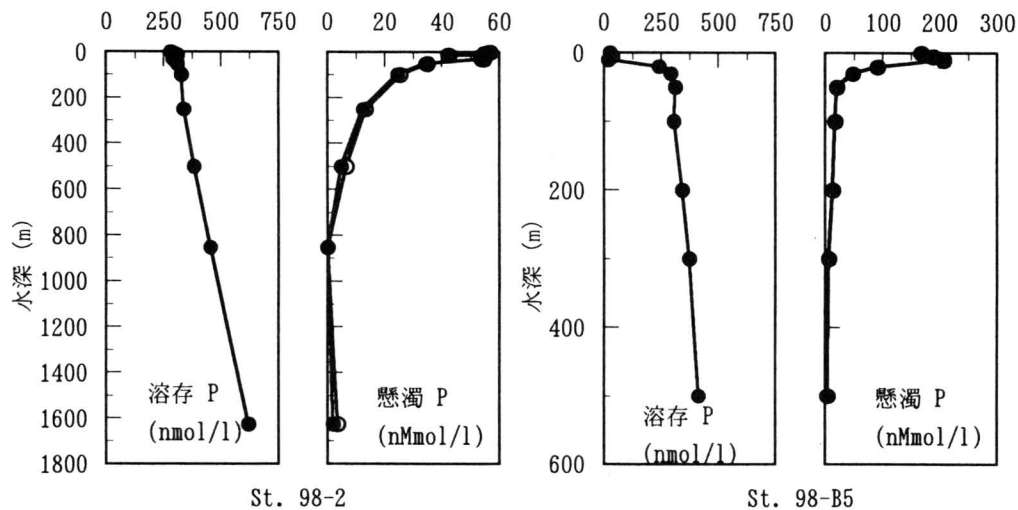


St. 95-13

St. 95-44

St. 95-59

(16)



St. 98-2

St. 98-B5

図6 (上) 沖域でのPの鉛直分布 (1999年).  
 懸濁態の分布の●は自生分画濃度を、また、○は全濃度を示している.

図7 (左) 沖域でのPの鉛直分布 (1999年).  
 懸濁態の分布の●は自生分画濃度を、また、○は全濃度を示している.

これまでに述べたものとはかなり異なっていて、表層でのPの涸渇が起こっていない。同様の分布はSt. 98-1やSt. 98-B7でも見ることができる。これらの地点に共通しているのはPの涸渇が起こっている他の地点に比べて表層の水温やpHが低いことである。これは1998年の調査時には湖岸を西から東に渡る表面吹送風が強く、表層水が東岸に吹き寄せられ、その補償として西岸でP濃度が高く水温とpHが低い深層水の湧昇が起こったことによると考えられる。こうしてもたらされた深層水が湖での生物生産にどのような影響を与えているのかも興味を持たれる問題である。

Siの分布はC・N・Pのそれとは少し異なっていた。溶存態SiはPのそれと同様に深度とともに増加したが、表層では涸渇しておらず、また濃度増加の傾向もPに比べて緩やかであった。特にバルグジン湾では0～150 mまではほぼ均一な値を示した。自生懸濁画分の分布もPが10～15 m層で極大を示したのに対し、Siはそれよりさらに深い40～80 m (St. 99-6) で濃度が増加した。これはC・N・Pが主に有機物からなる生物の軟組織に含まれるのに対し、Siはケイ藻の殻などの硬組織に含まれることに起因している。このためSiはC・N・Pよりも生物起源粒子から分解・溶出しにくく、水深方向での溶存態の濃度増加は緩やかになり、懸濁態の存在は深い水域にまで及ぶことになる。

#### 4. 3. 3 Mg・Ca・Sr・Baの分布

どの元素についても自生懸濁画分の分布は、表層で高く50m以深では急激に減少するというC・N・Pのそれとよく似た傾向を示した。これらの元素にもやはり生物起源粒子の影響が大きいことがわかる。しか

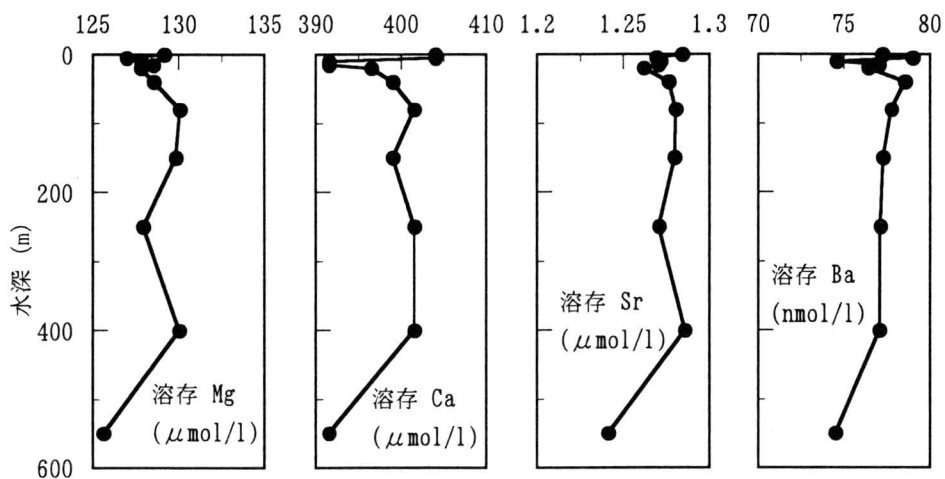
し、アルカリ土類元素はMn酸化物に吸着しやすいことが報告され、特にBaはその影響を受けることが知られている (Sugiyama et al., 1992)。したがって、バルグジン湾では水和酸化物に由来すると考えられる自生懸濁画分のMnが表層で高い濃度にあるので、この影響も考慮されなくてはならない。P・Siも含め詳細な動態を明らかにするには、今後、自生懸濁画分を生物起源と鉱物起源とに分けるといった工夫が必要とされる。

PやSiと同様に懸濁態濃度の分布には生物活動の影響が顕著であるのに対し、アルカリ土類元素の溶存態濃度には図4、図5を見る限りPやSiのような傾向は現れていない。これはアルカリ土類元素の懸濁態と溶存態の濃度比、言い換えれば生物要求量と溶存量との比がPやSiに比べて格段に小さいことによっている。溶存している量は多いが、生物に取り込まれる量は少ないので、溶存態濃度にはあまり変化が現れないのである。しかし、図8のように濃度目盛を変えて変化の領域を拡大してみると、わずかではあるが表層から深層に向けての濃度増加が起こっていることが分かる。この傾向はSt. 99-6よりもさらに湖岸から遠い位置にあって、河川や沿岸域の影響を受けにくく水塊の鉛直安定性も強いSt. 99-S1で、より顕著に現れていた。このような分布は外洋海域では報告されているものの (Sugiyama et al., 1984)、湖沼での例は知られておらず、陸水域でのアルカリ土類元素の動態を海洋域との比較に立って考える上で注目される事例である。

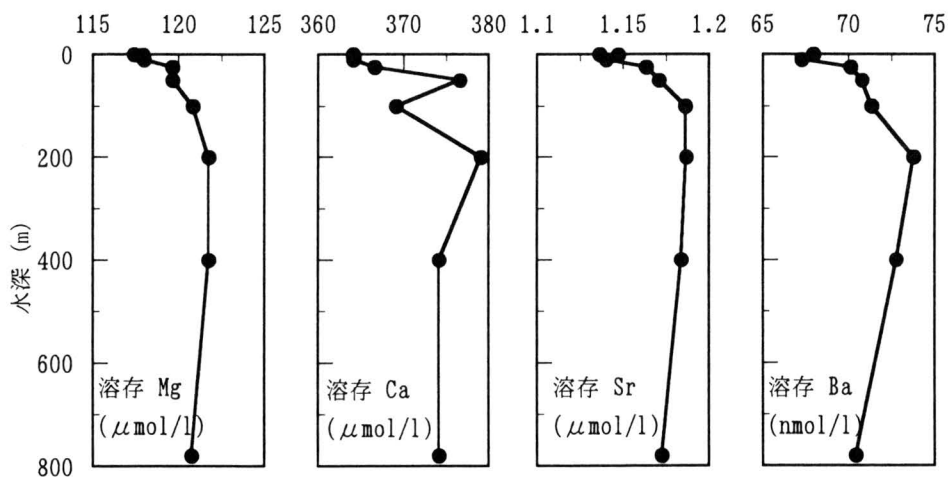
#### 4. 3. 4 Mo・V・Wの分布

1998年調査でのSt. 98-B7における溶存態Mo・V・Wの鉛直分布を図9に示した。





バルグジン湾 St. 99-6



南湖盆 St. 99-S1

図8 沖域でのアルカリ土類元素の鉛直分布 (1999年)。

いずれの元素も表層から深層まで均一であることが分かる。琵琶湖などの中栄養湖や富栄養湖におけるこれらの元素の鉛直分布は特徴的であることが知られている (Sugiyama, 1989; Harita et al., 2001)。生物生産の増大に伴う表層湖水のpH上昇が沿岸堆積物や水中懸濁物からのVとWの脱離や溶解を引き起こすのである。このため、夏期成層期でのV・Wの濃度は表層で高く、温度躍層で急減して、深層では低くて均一であるという分布を示す。一方、Mo

ではこのような反応は起こらず、表層から深層までほぼ一定の濃度にある。

図9に示すようにバイカル湖では琵琶湖でのような分布が見られない。これはこの湖が貧栄養湖に属することによっている。すなわち、生物生産が琵琶湖ほどには活発でなく表層湖水のpHはそれほど上昇しないためである。また、バイカル湖のように急峻な湖岸斜面を持つ巨大な湖では、沖域での懸濁粒子量が少なく、表層水量に対する浅層湖底面積 (沿岸堆積物量) の割合が小

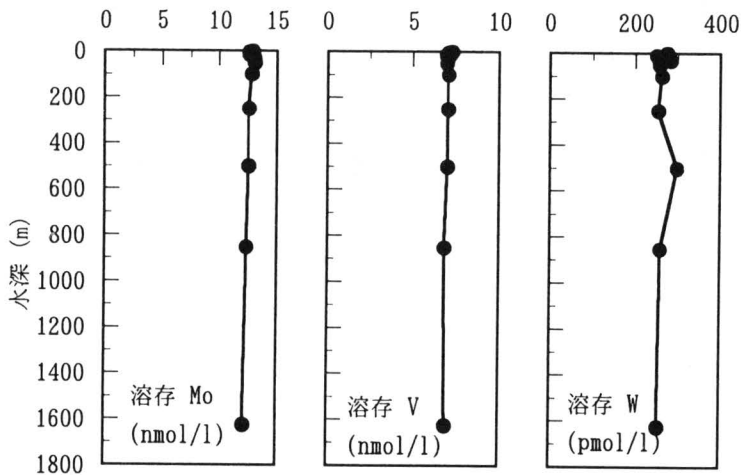


図9 沖域（中央湖盆 St. 98-2）での Mo・V・W 鉛直分布（1998年）。

さいことも影響していると考えられる。

## 5. おわりに

バルグジン川からバルグジン湾沖域にかけての各種化学成分の分布は、特に懸濁態成分が河川から湖に大量に供給されていることを示していた。しかしこの影響は沿岸のごく近傍に限られていて、沖域へのそれは小さかった。今後は、この懸濁態成分が沿岸域で沈積した後、湖の中でどのような役割を果たしているのかについての検討が必要とされる。

河川からの溶存態成分の供給の程度は、河川水と湖水との濃度関係が影響して元素によってさまざまに異なっていた。PやSiなどの生物に利用されやすい元素は、湖水中の濃度に比べ河川水中の濃度が格段に高く、河川からの供給が重要であることを示していた。これらの負荷量の詳しい把握が望まれる。

沖域での各種成分の分布を見ると、バイカル湖が琵琶湖などの湖沼に比べてはるかに巨大であることが幸いして、この湖では

元素の分布、特に懸濁態濃度の分布に対して、湖内部で起こる地球化学的・生物化学的過程の影響が顕著に現れることが分かる。これは、バイカル湖が水平・鉛直の両方向ともに長大であるために、沖域では地殻起源粒子（外部起源粒子）の影響がとても小さくなること、水塊の鉛直安定性が優れているために地球化学的・生物化学的過程の影響の時間的蓄積が大きいことによる。このために、他の湖沼では見ることが難しかったアルカリ土類元素の分布に対する生物活動の影響までもがはっきりと現れていたのである。このことは、バイカル湖が湖沼での物質循環の機構を体系的に捉える場として非常に有用であるばかりでなく、海洋域を含めた比較水圏科学の研究水域としても極めて重要であることを示している。

## 謝辞

この研究を遂行するにあたり、バイカル湖での調査について、ご指導とご協力をい

ただいたロシア科学アカデミー陸水学研究所のバレンチン・V・ドュリュケル副所長、オレグ・A・チモーシュキン室長、東京都立大学大学院理学研究科渡辺泰徳教授、総合地球環境学研究所和田英太郎教授ほかすべての方々に深く感謝いたします。

### 参考文献

- Brewer, P. G., Y. Nozaki, D. W. Spencer and A. P. Fleer (1980): Sediment trap experiments in the deep North Atlantic: isotopic and elemental fluxes. *J. Mar. Res.*, **38**: 703-728.
- Bruland, K. W. (1980): Oceanographic distribution of cadmium, zinc, nickel, and copper in the north Pacific. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **47**: 176-198.
- Harita, Y., N. Kimura, T. Hori and M. Sugiyama (2001): Geochemical cycle of trace oxyanions regulated by the solid-water interaction. *Proc. 9th Intern. Conf. Conserv. Manag. Lakes*, in press
- 川久保進, 萩原清志, 岩附正明 (1997): 接触反応を利用する天然水及び水道水中の極微量モリブデンの吸光光度定量, *分析化学*, **46**: 381-385.
- Falkner, K. K., C. I. Measures, S. E. Herbelin, J. M. Edmond and R. F. Weiss (1991): The major and minor element geochemistry of Lake Baikal. *Limnol. Oceanogr.*, **36**, 413-423.
- 藤永太一郎, 堀智孝 (1982): 琵琶湖の環境化学. p.230. 日本学術振興会.
- Gurulev, S. A. (1994): The face of Baikal 2. Water, p. 24, Name, Irkutsk.
- 森野浩, 宮崎信之 編 (1994): バイカル湖. p. 267. 東京大学出版会.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards (1963): The influence of organisms on the composition of sea water. *The Sea*, Vol. 2: 26-77, Interscience, New York.
- 重松恒信, 西川泰治, 平木敬三, 長野憲子 (1970): 天然水中の微量アルミニウムの分析 - オルトフェナントロリンによる鉄マスキング-ルモガリオンけい光法-. *分析化学*, **19**: 551-554.
- Sugiyama, M. (1989): Seasonal variation of vanadium concentration in Lake Biwa, Japan. *Geochem. J.*, **23**: 111-116.
- 杉山雅人 (1996): 水中懸濁物質の多元素同時定量. *分析化学*, **45**: 667-675.
- Sugiyama, M., M. Matsui and E. Nakayama (1984): Direct determination of barium in sea water by inductively coupled plasma emission spectrometry. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **40**: 295-302.
- Sugiyama, M., T. Hori, S. Kihara and M. Matsui (1992): A geochemical study on the specific distribution of barium in Lake Biwa, Japan. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**: 597-605.
- Sugiyama, M. and T. Hori (1992): Air-segmented continuous-flow analysis for vanadium based on a catalytic reaction with Bindschedler's green leuco base. *Anal. Chim. Acta*, **261**: 189-196.
- Sugiyama, M. and T. Hori (1994): Geochemical behavior of barium in the vicinity of a  $MnO_2/Mn^{2+}$  redox front in a eutrophic lake. *Japanese J. Limnol.*, **55**: 27-37.
- Suzuki, R. and T. Ishimaru (1990): An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N,N-dimethylformamide. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **46**: 190-194.

- 田中正明 (1992): 日本湖沼誌, p. 530, 名古屋大学出版会.
- Taylor, S. R. (1964): Abundance of Chemical elements in continental crust: A new table. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **28**: 1273-1286.
- Watanabe, Y. and V. V. Drucker (1999): Phytoplankton blooms in Lake Baikal, with reference to the lake's present state of eutrophication. Ancient lakes: Their cultural and biological diversity (H. Kawanabe, G. W. Coulter, and A. C. Roosevelt, eds.), pp. 217-225. Kenobi Prod.
- Weiss, R. F., E. C. Carmack and V. M. Koropalov (1991): Deep-water renewal and biological production in Lake Baikal. *Nature* **349**, 665-669.
- 

[英文要旨]

## Chemical Processes in Lake Baikal

M. Sugiyama, N. Kimura and Y. Harita  
Faculty of Integrated Human Studies, Kyoto University,  
Yoshida-Nihonmatsu-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

Distribution of nutrients and major and trace elements in Lake Baikal was measured in 1995, 1998 and 1999. The results showed that a large quantity of chemical matter, especially as suspended particles, was loaded into this lake through Barguzin River. However, this effect was limited to the littoral area. In the offshore area, biological activity greatly affected the distributions of nutrients and some elements. Vertical distribution profiles of the dissolved state of these elements increased with depth and showed a similar pattern as observed in the pelagic ocean. Those of particulate state showed a peak at the same depth that chlorophyll-a concentration became maximal. The C:N:P ratio in the autogeneous fraction of particulate matter in the epilimnion was quite close to the Redfield ratio. However, C:P and N:P ratios at the surface of the pelagic area were higher than those of the Redfield ratio. These results suggested that the biological production in this lake was under the phosphate limitation.

---

## APPENDICES

(To be continued)

附表I バイカル湖での各種化学成分の  
溶存態濃度 (1995年).

地点	透明度 m	水深 m	水温 ℃	pH	Ba nmol/l	Ca μmol/l	Mg μmol/l	Na μmol/l	P nmol/l	Si μmol/l	Sr μmol/l	Y pmol/l		
95-13	5.5	0	16.2	7.8	76.9	392	128	149	15	28.8	1.27			
		5	15.9	7.8	77.5	389	126	148	25	28.6	1.28			
		10		7.6	76.9	389	128	148	138	31.1	1.28			
		42	4.0	7.4	78.2	392	128	152	322	31.4	1.29			
		94	3.8	7.4	77.6	392	128	148	345	31.1	1.29			
		191	3.7	7.3	77.2	389	128	150	344	31.7	1.28			
		287		7.2	77.4	392	127	148	375	32.6	1.29			
		365	3.5	7.2	76.9	389	127	145	387	33.7	1.28			
		456		7.2	77.0	389	127	145	260	34.6	1.29			
		567	3.4	7.2	76.8	392	128	147	423	36.8	1.29			
		756		7.2	75.6	389	129	150	456	41.1	1.29			
		939	3.3	7.2	75.3	392	128	145	468	45.5	1.28			
		1127		7.2	73.8	392	127	147	529	53.8	1.28			
		1212		7.2	73.1	392	127	145	550	57.5	1.28			
95-14	4.5	0	13.9	7.7	75.6	357	114	135	nd	36.7	1.17	107		
		5	14.0	7.7	75.4	352	114	137	4	36.3	1.16	76		
		10		7.7	76.5	379	122	146	nd	33.8	1.24	53		
		45	5.0	7.4	77.1	387	127	150	216	33.1	1.27	139		
		90		7.4	76.3	392	128	146	343	33.3	1.27	54		
		190	3.8	7.4	76.6	389	126	149	351	33.3	1.27	50		
		285		7.3	76.5	389	126	150	346	33.5	1.27	52		
		385	3.5	7.3	75.9	384	126	150	366	34.3	1.27	47		
		481		7.3	76.7	382	124	151	393	35.1	1.27	51		
		537	3.5	7.3	76.2	384	125	152	387	36.5	1.27	52		
		637	3.5	7.3	76.3	382	126	150	417	40.0	1.26	53		
		720	3.4	7.3	75.7	384	126	150	411	40.8	1.27	47		
		95-59	4.0	0	10.4	7.7	76.4	392	127	145	5	24.8	1.26	
				5	10.3	7.7	77.4	394	127	147	6	24.7	1.28	
10	8.3			7.6	76.8	389	126	148	3	25.0	1.28			
33	4.0			7.4	77.2	392	128	143	312	25.3	1.26			
66				7.4	77.9	397	128	148	313	25.4	1.30			
171	3.7			7.4	78.2	399	129	145	330	26.8	1.30			
273	3.6			7.3	78.4	399	128	150	332	27.7	1.31			
349	3.6			7.3	78.2	397	128	149	363	29.6	1.31			
436				7.3	78.1	399	129	150	372	31.0	1.31			
546	3.4			7.3	77.7	399	130	145	384	34.0	1.31			
728				7.3	77.0	401	129	144	417	38.3	1.30			
857	3.4			7.3	76.9	399	129	147	427	40.1	1.31			
943				7.3	77.2	397	128	150	435	42.5	1.31			
1048	3.4			7.3	76.4	394	128	147	453	45.4	1.29			
1136	3.4	7.3	76.1	397	128	145	464	48.1	1.30					
95-B0		0			89.5	424	128	151	15	41.3	1.38			

nd: 検出限界以下.

附表II バイカル湖での各種化学成分の  
懸濁態濃度 (1995年).

地点	水深 m	Al μmol/l	Ba pmol/l	Ca nmol/l	Cu nmol/l	Fe nmol/l	Mg nmol/l	Mn nmol/l	Ni nmol/l	P nmol/l	Sr pmol/l	Ti nmol/l	Zn nmol/l	
95-13	0	58.0	300	171	0.4	25.7	62.4	4.82	0.6	200	487	1.71	0.9	
	5	75.9	359	180	1.3	28.9	66.6	6.06	0.7	203	717	6.10	2.5	
	10	53.7	230	111	0.6	26.4	55.1	2.73	0.8	197	340	1.78	3.6	
	42	51.0	347	29.4	0.2	18.9	14.8	2.19	0.3	29.0	120	3.02	0.8	
	94	66.2	563	45.6	0.2	29.4	18.4	2.48	0.2	20.9	167	2.67	2.5	
	191	55.4	159	42.1	0.1	22.9	14.5	3.31	0.2	17.4	138	2.18	0.8	
	287	66.8	276	40.0	0.2	26.7	15.0	3.16	0.3	14.2	158	2.17	1.2	
	365	70.9	227	37.0	0.2	34.0	14.7	2.66	0.7	11.6	162	2.17	0.5	
	456	69.8	223	40.3	0.2	27.7	15.6	2.67	0.5	11.0	165	2.10	1.1	
	567	66.7	306	41.1	0.2	31.5	14.5	2.34	0.5	8.5	165	3.85	1.1	
	567	58.1	197	33.3	0.2	21.5	11.3	1.79	0.4	8.3	143	1.80	1.4	
	939	37.6	127	34.6	nd	20.6	11.0	1.53	0.3	4.0	105	1.52	0.6	
	1127	35.5	113	34.6	0.1	18.0	10.0	1.54	0.7	6.9	92	1.23	1.6	
	1212	36.3	112	28.9	0.1	16.1	9.1	1.58	0.4	5.3	106	1.04	0.5	
95-44	0	269	1160	240	0.3	228	114	23.3	1.0	229	802	7.54	2.0	
	5	261	1190	219	1.2	216	108	22.9	1.4	230	771	6.95	4.5	
	10	97.7	737	224	0.6	85.6	98.0	9.15	0.8	299	595	4.18	16.0	
	45	37.0	416	76.1	nd	24.4	35.2	3.50	0.2	112	197	1.30	1.3	
	90	44.2	344	44.3	nd	29.1	17.4	2.88	nd	25.8	128	1.57	0.9	
	190	52.2	255	37.4	0.1	31.9	16.6	3.31	0.3	26.8	135	1.83	0.6	
	285	31.7	150	34.5	nd	24.6	12.2	2.91	nd	16.7	84	0.97	0.8	
	385	51.5	262	41.7	nd	30.8	15.2	3.30	0.1	12.8	153	2.73	1.2	
	481	35.2	366	40.1	nd	26.4	11.8	2.97	0.3	9.5	115	1.75	1.3	
	537	73.8	462	40.6	nd	26.3	13.5	2.93	0.4	12.3	169	2.37	0.6	
	637	75.9	251	45.9	nd	37.6	19.0	2.47	0.8	5.8	160	2.18	2.0	
	720	73.9	289	46.8	nd	37.0	20.0	2.51	0.5	7.7	127	2.67	0.8	
	95-59	0	45.7	340	216	0.2	24.0	78.7	4.99	1.1	239	501	3.06	1.3
		5	62.6	250	210	0.2	14.9	74.6	4.45	0.8	232	566	1.28	1.6
10		31.8	446	180	0.1	14.1	71.2	4.30	0.6	242	392	1.55	2.8	
33		164	445	58.4	0.3	57.7	36.0	5.28	0.1	37.0	237	5.15	0.9	
66		128	294	46.2	0.4	47.4	27.2	4.66	0.5	22.6	166	4.31	2.1	
171		78.9	320	39.7	nd	30.1	18.0	3.88	nd	15.8	144	2.67	1.0	
273		91.3	480	37.0	0.2	29.7	17.1	3.90	0.3	14.7	214	2.47	1.3	
349		76.0	193	30.0	nd	33.8	15.6	3.91	0.1	10.7	141	2.25	1.0	
436		70.8	194	32.4	nd	28.9	16.2	4.01	0.0	12.7	111	2.03	1.4	
546		66.4	206	29.8	nd	29.7	14.4	3.70	0.1	7.0	106	2.44	1.2	
728		52.0	168	30.9	0.1	21.9	13.1	3.05	nd	4.6	98	1.85	0.6	
857		45.3	123	20.3	0.1	18.2	10.3	2.53	nd	3.6	85	1.55	0.4	
943		56.8	143	24.9	nd	20.9	12.5	2.87	0.3	4.3	88	1.76	0.7	
1048		57.9	169	22.7	nd	23.9	13.0	3.19	0.2	5.1	74	3.04	1.4	
1136	78.9	226	32.1	nd	34.7	17.3	4.05	nd	3.5	101	2.68	1.3		
95-B0	0	618	2080	369	nd	340	201	65.4	0.4	340	1940	17.1	1.5	

nd: 検出限界以下.

附表III バイカル湖での各種化学成分の溶存態濃度 (1998年).

地点	透明度 m	水深 m	水温 °C	pH <sup>1</sup>	溶存酸素 mg/l (%)	電導度 μS/cm	Al nmol/l	Ba nmol/l	Ca μmol/l	Fe nmol/l	K μmol/l	Mg μmol/l	Mo nmol/l	Na μmol/l	P nmol/l	Si μmol/l	Sr μmol/l	V nmol/l	W pmol/l
98-1		0	7.8	7.5 (8.9)	11.42 (99.1)	129	0.01	76.5	396	0.03	24.2	131	13.1	163	135	21.3	1.32	6.96	239
		2.5	7.3	7.4 (8.7)	11.64 (99.8)	121	0.01	75.5	400	0.03	23.8	130	12.7	160	135	20.9	1.32	6.68	232
		5	7.3	7.4 (8.7)	11.60 (99.4)	120	0.01	76.1	397	0.03	23.4	130	12.8	156	135	21.1	1.31	6.68	241
		8	7.2	7.4 (8.7)	11.49 (98.2)	120	0.01	79.5	403	0.05	23.1	130	12.8	163	135	21.3	1.32	6.51	262
		10	7.6	7.5 (8.7)	11.89 (102.7)	120	0.01	76.7	406	0.03	23.0	131	12.7	159	135	21.6	1.33	6.74	220
		15	7.2	7.4 (8.6)	11.73 (100.3)	120	0.01	77.2	406	0.05	23.8	131	12.8	160	145	21.9	1.34	6.76	228
		20	7.2	7.4 (8.6)	11.76 (100.5)	120	nd	77.1	406	0.07	23.6	130	12.4	160	130	20.8	1.33	6.78	245
		30	6.8	7.4 (8.5)	11.81 (99.9)	120	nd	77.8	408	0.07	24.5	131	12.8	172	161	22.1	1.33	6.65	231
98-2	12.0	0		7.2			0.01	78.2	399	0.01	24.6	130	12.8	159	282	31.8	1.32	7.22	273
		5		7.2			nd	78.5	398	0.00	23.8	130	12.6	159	291	32.0	1.33	7.04	
		10		7.2			0.01	77.7	396	0.01	23.0	130	12.8	155	295	32.1	1.33	7.13	249
		12.5		7.2			0.01	77.4	397	nd	22.8	129	12.7	156	309	32.5	1.34	6.96	273
		15		7.2			nd	78.0	404	nd	23.1	129	12.6	156	291	32.7	1.36	6.94	253
		30		7.2			nd	77.8	409	nd	23.3	130	13.0	155	291	32.8	1.34	6.98	282
		50		7.2			nd	79.6	412	nd	23.4	131	13.0	158	309	32.6	1.37	6.94	256
		100		7.2			nd	78.7	410	nd	23.5	130	12.8	157	327	32.1	1.34	7.04	262
		250		7.4			nd	78.8	406	nd	23.5	131	12.6	156	336	31.3	1.36	7.02	254
		500		7.2			0.01	78.5	406	nd	23.6	130	12.5	156	382	33.6	1.35	6.98	298
		852		7.1			0.01	77.4	408	nd	23.5	129	12.4	159	453	43.3	1.35	6.81	258
1625		7			0.01	71.6	402	nd	23.4	128	12.1	156	618	61.8	1.35	6.89	253		
98-B0	2.4	0	14.9	7.4 (8.6)	9.07 (92.7)	133	0.11	105	461	0.33	22.2	117	12.4	136	95	57.5	1.38	12.8	375
		5	14.5	7.6 (8.6)	9.70 (91.7)	126	0.09	99.5	444	0.23	22.7	118	12.2	138	54	49.9	1.36	11.4	336
		7	13.4	7.5 (8.7)	9.87 (97.7)	122	0.04	87.0	409	0.02	22.9	124	12.8	148	23	34.4	1.34	8.99	295
98-B1	6.0	0	13.4	7.4 (8.7)	9.72 (96.2)	122	0.03	89.3	416	0.02	23.2	126	12.7	163	27	34.0	1.36	8.82	297
		5	13.4	7.5 (8.7)	9.65 (95.5)	122	0.03	85.2	411	0.03	23.3	124	12.6	146	9	33.7	1.33	8.93	289
		10	12.8	7.4 (8.7)	10.00 (97.6)	120	0.10	82.5	406	0.02	23.6	125	12.1	145	27	31.8	1.33	8.51	250
		15	10.5	7.3 (8.5)	10.56 (97.8)	120	0.02	81.5	408	0.01	23.7	128	12.7	150	136	31.5	1.32	7.53	245
		20	8.7	7.3 (8.5)	11.21 (99.5)	119	0.01	78.5	405	0.02	23.6	130	12.9	151	181	28.9	1.31	7.02	240
		30	7.8	7.4 (8.4)	11.17 (96.9)	119	0.01	78.9	399	0.02	23.3	130	12.8	148	272	30.1	1.32	7.32	247
98-B2	5.2	0	11.7	7.6 (8.9)	10.89 (103.7)	119	0.02	78.8	405	0.03	23.4	129	12.8	150	36	27.3	1.32	7.11	285
		5	11.7	7.6 (9.0)	10.87 (103.5)	119	0.02	77.7	398	0.03	23.1	126	12.3	144	36	26.6	1.30	6.60	257
		10	11.6	7.6 (8.9)	10.86 (103.2)	119	0.01	79.2	410	0.02	22.7	130	12.9	145	41	27.1	1.33	7.00	263
		20	9.4	7.5 (8.7)	11.42 (103.0)	119	0.01	82.5	418	0.01	23.7	132	12.7	156	64	26.4	1.37	6.77	242
		30	7.2	7.3 (8.5)	11.75 (100.4)	120	0.01	79.0	410	0.02	23.7	132	12.7	150	254	28.8	1.33	7.28	262
		40	6.2	7.2 (8.4)	11.77 (98.1)	120	0.02	78.9	407	0.02	23.1	131	12.6	150	263	29.5	1.34	6.86	233
		48	6.0	7.2 (8.3)	11.61 (96.3)	120	0.01	79.0	408	0.02	23.7	131	12.7	150	272	29.9	1.34	7.10	257
98-B3	5.5	0	12.7	7.6 (8.8)	10.20 (99.4)	123	0.03	84.3	418	0.03	23.2	127	12.6	148	25	31.3	1.36	8.32	254
		5	11.2	7.6 (8.5)	10.45 (98.4)	120	0.02	80.8	405	0.03	22.5	129	12.8	149	nd	27.3	1.35	7.60	260
		10	11.2	7.6 (8.7)	10.51 (98.9)	120	0.02	79.6	400	0.04	23.2	130	12.8	151	9	26.3	1.35	7.82	257
		20	9.7	7.4 (8.8)	10.91 (99.2)	120	0.01	78.9	401	0.01	22.9	131	13.1	151	36	25.0	1.34	7.00	269
		30	7.2	7.4 (8.7)	11.78 (100.7)	120	0.02	81.8	398	0.01	23.3	130	13.0	157	172	28.0	1.34	7.13	234

附表 III (続)

地点	透明度 m	水深 m	水温 °C	pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/l (%)	電導度 μS/cm	Al nmol/l	Ba nmol/l	Ca μmol/l	Fe nmol/l	K μmol/l	Mg μmol/l	Mo nmol/l	Na μmol/l	P nmol/l	Si μmol/l	Sr μmol/l	V nmol/l	W pmol/l
98-B3		50	5.5	7.3 (8.5)	11.78 ( 96.4)	120	0.01	77.6	400	0.01	23.4	130	12.7	150	272	27.9	1.33	7.47	266
		75	5.1	7.2 (8.4)	11.84 ( 95.9)	121	0.01	76.1	398	0.01	23.7	129	12.8	149	318	28.9	1.32	7.14	266
		100	6.3	7.2 (8.3)	11.75 ( 98.9)	120	0.01	77.2	403	0.01	23.7	131	12.8	151	319	29.4	1.34	7.13	233
98-B4	5.5	0	11.6	7.7 (9.0)	10.70 (101.7)	120	0.01	76.9	396	0.01	23.9	129	12.6	150	25	26.4	1.33	7.14	255
		10	9.4	7.6 (8.4)		120	0.02	74.8	394	0.01	23.3	129	12.6	147	18	25.8	1.33	7.25	260
		200	6.0	7.2 (8.8)	11.63 ( 96.4)	120	0.01	78.3	408	nd	23.5	132	12.8	156	338	32.0	1.36	7.06	255
98-B5	5.0	0	11.7	7.6 (9.0)	10.84 (103.2)	120	0.02	74.5	396	nd	23.1	128	12.9	150	27	26.8	1.32	7.08	277
		5	11.6	7.6 (8.9)	10.78 (102.4)	119	0.01	75.9	387	nd	23.3	127	12.7	148	36	25.9	1.31	6.90	255
		10	10.3	7.6 (8.8)	10.85 (100.0)	119	0.01	75.3	394	nd	22.9	130	13.2	148	19	26.2	1.32	7.04	272
		20	6.0	7.4 (8.4)	11.87 ( 98.4)	121	nd	77.4	399	nd	23.8	131	13.1	149	240	29.4	1.35	7.06	264
		30	5.4	7.2 (8.3)	11.55 ( 94.3)	120	0.01	77.9	395	nd	23.5	130	12.7	147	290	29.4	1.33	7.01	241
		50	5.0	7.2 (8.4)	11.66 ( 94.2)	121	0.01	77.4	394	nd	23.4	130	13.1	147	310	29.5	1.34	7.00	246
		100	5.1	7.2 (8.4)	11.56 ( 93.2)	121	0.01	78.3	399	nd	23.4	131	13.2	149	305	30.1	1.35	7.01	254
		200	5.0	7.2 (8.3)	11.42 ( 92.3)	121	0.01	78.4	398	0.01	22.9	130	13.0	150	341	31.2	1.35	7.43	251
		300	5.2	7.2 (8.3)	11.15 ( 90.6)	120	0.01	77.0	396	nd	23.4	130	12.9	148	372	33.2	1.33	7.10	260
		500	5.0	7.2 (8.2)	11.02 ( 89.1)	120	0.01	78.2	398	nd	24.0	130	12.9	151	412	37.1	1.33	7.06	247
98-B6	5.3	0	12.0	7.6 (8.9)	11.90 (114.1)	122	0.01	77.7	389	0.01	23.5	128	12.7	145	27	27.1	1.31	7.02	275
		10	10.8	7.6 (8.9)	11.16 (104.1)	119	0.01	77.2	390	nd	23.4	129	13.1	149	54	27.5	1.33	6.93	286
		1000	5.5	7.2 (8.1)	10.42 ( 85.3)	120	0.01	74.5	390	0.01	23.1	129	12.9	145	493	51.0	1.34	7.02	253
98-B7	10.0	0	11.6	7.5 (8.7)	11.90 (113.1)	122	0.01	77.7	398	0.01	22.3	130	12.9	148	152	29.8	1.33	7.00	270
		10	8.8	7.4 (8.6)	12.17 (108.2)	119	0.01	77.0	393	0.02	22.7	128	12.8	147	172	29.4	1.33	7.07	260
		1600	5.7	7.2 (8.0)	9.89 ( 81.4)	118	0.00	72.1	397	0.01	22.4	130	13.1	148	601	71.5	0.87	6.80	219
98-C1	6.0	0	13.0	7.6	9.88 ( 96.9)	121	0.02	74.2	388	0.02	22.0	125	13.0	154	30	24.6	1.29	6.80	264
		8	8.8	7.7	11.91 (105.9)	119	0.01	77.6	400	0.01	22.4	128	12.6	151	9	28.5	1.34	6.53	235
98-C2	5.3	0	14.3	7.6	9.99 (100.8)	118	0.02	72.9	384	0.03	21.7	125	13.0	151	18	23.5	1.28	7.14	258
		21	10.4	7.6	11.28 (104.2)	119	0.01	78.3	396	nd	22.1	128	12.9	151	10	29.1	1.34	6.73	273
98-C3	5.2	0	12.2	7.7	11.10 (106.9)	120	0.01	79.4	403	0.02	22.9	127	12.5	150	19	28.7	1.31	7.43	290
		10	10.9	7.7	11.27 (105.4)	119	0.01	81.1	411	0.01	22.8	129	12.5	162	17	29.5	1.33	7.07	256
		50	6.0	7.4	11.85 ( 98.3)	120	0.01	76.7	402	nd	22.5	129	12.4	156	308	32.2	1.34	6.51	250
98-C4	5.5	0	12.0	7.8	11.04 (105.9)	119	0.01	79.5	407	0.02	20.9	126	12.4	159	17	28.9	1.31	7.50	257
		10	11.0	7.8	11.10 (104.0)	120	0.01	79.3	409	0.01	22.2	127	12.3	151	18	29.0	1.33	6.84	308
		100	5.9	7.2	11.83 ( 97.9)	119	nd	79.0	410	0.03	22.7	130	12.6	157	334	33.7	1.34	7.26	280
98-C5	5.5	0	13.3	7.7	10.74 (106.0)	122	0.01	80.5	412	0.05	22.5	127	12.5	152	20	29.3	1.32	8.45	287
		10	11.3	7.6	11.25 (106.2)	119	0.01	80.4	411	nd	22.4	127	12.0	155	11	28.3	1.34	6.58	234
		500	6.1	7.3	11.20 ( 93.1)	119	0.01	78.6	405	nd	23.1	130	12.4	152	413	44.4	1.34	6.57	244
98-C6	13.5	0	7.4	7.4	12.24 (105.2)	120	0.01	77.9	407	nd	22.4	129	12.2	162	258	29.6	1.34	6.25	266
		10	5.8	7.3 (8.5)	12.27 (101.2)	119	nd	77.7	398	0.01	22.4	127	12.5	151	251	29.1	1.33	6.38	254
		750	5.3	7.3 (8.3)	10.96 ( 89.3)	120	0.01	77.7	401	nd	22.6	129	12.2	155	422	47.7	1.33	6.33	259

pH<sup>a</sup>: 比色法 (電極法). nd: 検出限界以下.

附表IV バイカル湖での各種化学成分の懸濁態濃度 (1998年).

地点	水深 m	Al nmol/l	Ba pmol/l	Ca nmol/l	Cu nmol/l	Fe nmol/l	K nmol/l	Mg nmol/l	Mn nmol/l	Ni nmol/l	Na nmol/l	P nmol/l	Sr pmol/l	Ti nmol/l	V nmol/l	Zn nmol/l
98-1	0	78.2	408	97.8	0.4	27.0	89.2	52.3	4.18	nd	33.8	122	364	2.22	0.5	1.0
	2.5	91.0	380	94.4	1.2	26.3	78.0	52.1	4.40	nd	24.4	138	399	2.29	1.2	0.4
	5	57.2	606	55.1	nd	25.4	113	43.7	4.30	nd	33.2	171	134	1.28	nd	0.1
	8	80.5	578	50.7	0.3	25.5	90.6	39.9	4.28	nd	25.1	155	219	1.87	0.5	1.0
	10	62.2	738	48.5	nd	25.0	127	46.1	4.52	nd	42.4	191	130	1.22	nd	0.5
	15	71.0	780	43.5	nd	25.7	74.6	37.1	4.61	nd	15.5	131	165	2.06	0.1	0.2
	20	57.0	917	47.9	nd	22.0	103	40.3	4.39	nd	25.9	172	150	1.18	nd	0.2
	30	78.1	693	43.2	nd	26.7	78.1	39.2	4.68	nd	20.8	138	167	1.61	0.1	0.2
	98-2	0	33.6	175	29.8	nd	17.0	31.0	17.5	2.42	nd	16.8	56.9	66	1.03	nd
5		50.1	262	17.9	1.4	18.1	25.6	14.5	2.42	nd	7.3	55.7	124	1.12	0.6	7.5
10		31.0	178	27.8	nd	15.7	33.6	15.6	2.28	nd	238	55.0	45	1.01	nd	2.7
12.5		21.1	126	16.7	nd	14.5	25.1	13.3	2.17	nd	22.7	42.4	5	0.38	nd	2.9
15		46.8	232	17.9	0.2	17.0	29.4	15.7	2.55	nd	19.4	55.1	102	0.88	0.3	1.6
30		42.4	211	20.9	0.2	17.6	24.0	15.2	2.56	nd	7.6	54.5	87	1.42	0.2	3.1
50		34.3	151	15.2	nd	16.6	18.3	13.4	2.32	nd	44.4	35.0	44	0.64	nd	3.9
100		38.9	161	19.2	0.1	17.3	11.4	11.2	2.28	nd	13.2	25.2	61	0.94	nd	2.9
250		40.9	125	27.3	nd	20.0	10.8	11.1	2.23	nd	10.2	13.3	43	0.96	nd	6.8
500		82.3	191	12.8	0.4	28.7	10.1	13.3	2.77	nd	23.7	6.7	111	1.87	0.4	1.1
852		27.9	42	20.8	nd	16.1	7.0	11.2	2.02	nd	138	nd	18	0.52	nd	2.4
1625		72.1	237	9.0	0.4	28.6	10.2	10.3	9.80	nd	28.9	3.6	117	1.29	0.6	0.3
98-B0	0	6040	16100	1380	5.0	2810	1150	1590	178	0.6	1540	436	12700	199	9.4	7.3
	5	7140	16200	1500	1.2	2990	1240	1660	151	nd	1700	412	13500	204	6.2	5.4
	7	7810	19200	1900	1.3	2740	1450	2050	122	1.2	2240	340	17200	259	6.6	5.9
98-B1	0	594	1670	183	nd	404	169	170	42.3	nd	166	215	1260	17.2	0.4	1.4
	5	561	1560	154	0.3	312	150	152	39.2	nd	162	196	1160	15.7	1.1	1.4
	10	687	1790	195	nd	361	168	190	37.0	nd	182	173	1410	19.4	nd	2.0
	15	583	1450	144	0.0	290	123	154	28.0	nd	164	125	1100	16.8	nd	0.7
	20	588	1080	124	0.6	276	121	147	19.1	nd	159	122	1130	24.6	1.3	2.0
	30	1430	3060	275	1.1	557	292	335	23.8	nd	438	178	2560	40.9	1.9	1.6
98-B2	0	161	907	113	nd	108	70.9	68.1	13.6	nd	47.4	187	544	4.34	nd	0.9
	5	158	889	98.0	0.4	93.2	67.7	59.9	12.9	nd	26.8	193	514	3.67	0.5	0.4
	10	158	837	101	nd	84.7	73.2	62.5	12.4	nd	37.3	190	449	3.47	0.1	0.2
	20	223	703	73.7	0.2	87.6	92.3	65.1	9.56	nd	39.2	169	366	4.64	0.5	0.1
	30	113	256	41.5	nd	47.9	42.8	34.2	5.22	nd	21.8	79.4	183	2.28	nd	nd
	40	344	943	62.0	0.2	134	93.3	78.8	8.33	nd	81.2	88.5	539	11.1	0.4	0.6
	48	807	1780	153	0.5	306	149	179	16.2	nd	184	79.3	1340	23.3	1.1	0.6
	98-B3	0	490	1490	184	nd	304	140	145	34.8	nd	125	214	1060	14.8	nd
5		582	1480	159	0.6	268	156	162	25.2	nd	133	209	1190	15.7	1.2	1.1
10		548	1290	166	nd	257	155	162	22.4	nd	145	196	1090	15.8	nd	1.0
20		189	459	101	nd	81.7	126	75.5	9.07	nd	58.0	169	424	3.92	nd	0.0
30		118	339	41.0	0.2	51.9	57.7	38.3	4.79	nd	29.2	92.9	250	2.89	0.5	0.8



附表 IV (続)

地点	水深 m	Al nmol/l	Ba pmol/l	Ca nmol/l	Cu nmol/l	Fe nmol/l	K nmol/l	Mg nmol/l	Mn nmol/l	Ni nmol/l	Na nmol/l	P nmol/l	Sr pmol/l	Ti nmol/l	V nmol/l	Zn nmol/l
98-B3	50	118	327	43.2	nd	58.1	30.4	40.2	4.81	nd	41.8	34.9	162	3.13	nd	nd
	75	162	505	37.7	nd	67.3	37.3	40.8	5.39	nd	38.1	28.8	208	4.38	nd	0.5
	100	291	671	50.2	0.2	108	61.8	62.3	6.25	nd	85.5	27.0	427	7.95	0.4	0.5
98-B4	0	133	573	84.0	0.1	71.5	61.7	51.0	11.1	0.6	27.0	170	503	3.06	0.3	0.3
	10	139	1500	106	0.3	72.6	85.5	60.5	8.64	nd	24.0	185	385	3.89	0.5	6.5
	200	238	567	46.8	nd	86.6	53.2	53.9	8.05	0.9	62.2	27.3	340	6.09	nd	2.8
98-B5	0	82.3	407	105	nd	56.8	54.2	54.1	8.86	nd	29.3	168	287	1.81	nd	nd
	5	127	837	115	nd	57.7	62.7	56.1	8.29	nd	30.3	189	499	2.87	0.3	0.7
	10	84.1	828	74.6	nd	45.5	109	53.4	7.85	nd	41.6	206	247	1.58	nd	0.1
	20	28.6	326	32.3	nd	21.5	47.1	27.4	3.17	nd	10.2	91.0	27	0.50	nd	nd
	30	27.8	145	23.7	nd	21.5	30.4	19.9	3.00	nd	8.6	47.8	nd	0.22	nd	nd
	50	23.9	61	18.3	nd	27.3	12.9	12.0	3.06	0.2	149	20.1	nd	0.26	nd	0.1
	100	31.7	98	13.7	nd	16.9	13.5	10.7	2.94	nd	8.3	16.7	32	0.46	nd	0.2
	200	48.6	114	16.5	nd	23.2	13.4	14.0	3.05	nd	7.3	12.6	54	1.53	nd	0.2
	300	71.8	159	17.8	nd	29.0	13.7	18.0	3.32	nd	24.1	5.7	79	1.58	nd	0.0
	500	82.6	162	19.6	nd	35.2	17.4	21.3	4.31	nd	16.9	3.2	78	1.86	nd	0.1
98-B6	0	67.4	595	84.9	nd	47.5	44.4	41.8	7.34	1.3	15.9	164	327	1.28	nd	0.6
	10	72.7	666	66.0	nd	35.3	75.2	41.5	6.56	0.2	513	171	270	1.60	0.2	0.6
	1000	37.2	41	10.8	nd	17.6	9.8	9.7	1.88	nd	11.2	0.8	nd	0.45	nd	0.1
98-B7	0	40.6	115	44.3	1.0	21.7	74.8	34.2	2.58	nd	20.4	126	149	0.89	nd	2.1
	10	21.0	196	41.3	nd	13.1	82.7	33.7	2.76	nd	270	144	83	0.20	nd	0.3
	1600	119	1210	27.5	nd	51.4	24.2	21.9	10.7	nd	140	4.7	168	2.52	nd	1.3
98-C1	0	152	570	163	nd	137	108	97.3	15.8	nd	35.2	190	1220	5.70	nd	2.0
	8	175	714	109	nd	108	148	102	9.12	6.9	52.8	251	460	5.40	nd	0.6
98-C2	0	184	543	165	nd	135	117	99.3	17.2	nd	121	186	1060	5.84	nd	0.5
	21	569	1420	228	nd	305	247	237	12.9	nd	174	344	1170	19.1	nd	2.3
98-C3	0	107	468	153	nd	72.0	86.0	72.2	12.3	nd	55.0	159	541	3.43	nd	1.1
	10	129	479	105	nd	88.4	160	85.9	14.6	nd	81.2	275	399	3.26	nd	0.7
	50	102	313	35.3	nd	55.4	39.1	34.6	4.95	nd	28.9	62.3	175	2.32	nd	nd
98-C4	0	88.7	473	95.5	0.4	58.0	87.5	55.4	12.6	nd	24.4	165	386	2.20	0.7	1.2
	10	112	451	86.8	0.3	69.1	137	68.9	14.2	nd	62.9	243	384	2.92	0.4	0.6
	100	122	267	46.6	nd	64.2	41.1	39.3	4.57	nd	274	34.2	167	2.96	nd	1.8
98-C5	0	108	479	106	nd	87.4	64.9	64.6	16.6	nd	38.2	175	599	2.33	nd	0.3
	10	119	479	92.1	0.3	69.8	124	76.7	12.3	nd	47.7	229	398	3.06	0.6	0.3
	500	67.8	196	14.7	nd	28.2	10.5	14.1	3.15	nd	13.3	4.4	101	1.23	0.2	0.7
98-C6	0	18.2	123	30.9	nd	16.0	22.8	17.7	1.44	nd	12.2	59.7	83	0.13	nd	0.3
	10	29.8	200	28.5	nd	15.4	36.5	19.7	2.13	nd	172	76.0	100	0.94	0.1	0.3
	750	71.0	199	15.6	0.2	28.7	11.9	14.2	4.03	nd	127	4.4	108	1.27	0.3	0.4

nd: 検出限界以下。

附表 V バイカル湖での各種化学成分の溶存態濃度 (1999 年).

地点	水深 m	Ba nmol/l	Ca μmol/l	Fe μmol/l	Mg μmol/l	Mn μmol/l	P nmol/l	Si μmol/l	Sr μmol/l
99-S1	0	67.9	364	nd	117	nd	14	5.2	1.14
	1	67.9	364	nd	118	nd	4	5.3	1.15
	10	67.2	363	nd	118	nd	27	7.2	1.14
	25	70.1	366	nd	120	nd	98	9.7	1.16
	50	70.8	376	nd	120	nd	254	11.3	1.17
	100	71.3	370	nd	121	nd	265	12.2	1.19
	200	73.7	379	nd	122	nd	287	15.1	1.19
	400	72.8	373	nd	122	nd	355	27.7	1.18
700	70.4	373	nd	121	nd	395	33.2	1.17	
99-0	0	123.6	457	1.78	89	0.1	215	112.2	1.23
99-1	0	134.5	500	2.04	90	0.1	32	117.6	1.30
99-2	0	117.6	454	1.19	101	0.1	358	80.5	1.26
99-3	0	89.9	410	0.24	115	nd	15	33.6	1.23
99-4	0	76.1	409	0.24	128	nd	4	11.9	1.27
	50	78.6	400	0.06	127	nd	115	5.2	1.25
99-6	0	77.2	405	0.02	129	nd	4	9.5	1.28
	5	79.0	403	nd	127	nd	15	9.5	1.27
	10	74.5	393	nd	128	nd	23	8.2	1.27
	15	77.0	392	nd	129	nd	7	6.1	1.27
	20	76.4	396	nd	128	nd	57	5.9	1.26
	40	78.6	400	0.02	129	nd	198	6.8	1.28
	80	77.8	402	nd	130	nd	203	7.5	1.28
	150	77.3	400	nd	130	nd	245	9.5	1.28
	250	77.1	402	nd	128	nd	346	24.3	1.27
	400	77.1	401	nd	130	nd	377	33.4	1.29
550	74.5	392	nd	126	nd	385	33.3	1.24	

nd: 検出限界以下.

附表 VI バイカル湖での各種化学成分の懸濁態濃度 (1999年).

地点	水深 m	chl-a μg/l	Pheo μg/l	Al nmol/l	Ba pmol/l	C μmol/l	Ca nmol/l	Cu nmol/l	Cr nmol/l	Fe nmol/l	Mg nmol/l
99-S1	0	2.21	0.10	62.4	337	27.3	105	0.2	0.2	23.4	54.6
	1	2.29	0.04	81.6	584	26.6	132	1.1	1.9	24.8	61.2
	10	3.38	nd	77.2	475	33.0	121	0.7	1.9	44.8	70.2
	25	3.08	1.42	32.3	208	14.1	79.0	nd	0.4	46.9	48.9
	50	0.69	0.40	49.2	175	5.5	25.1	0.5	0.8	16.9	18.0
	100	0.21	0.21	32.3	82	5.2	22.1	nd	0.5	14.2	14.9
	200	0.18	0.24	25.0	45	5.4	22.5	nd	nd	15.4	13.8
	400	0.14	0.15			3.6					
	700	0.03	0.21	79.3	147		25.0	0.1	0.9	32.6	18.9
99-0	0	6.81	3.50	83100	214000	142	19200	24.7	47.6	30400	21900
99-1	0	8.15	2.93	55200	140000	98.4	12300	21.7	34.5	19900	13900
99-2	0	6.63	3.06	86000	212000	142	19500	26.1	46.2	29900	22900
99-3	0	1.71	0.30	1710	4400	26.0	510	0.3	11.4	620	483
99-4	0	1.47	0.06	181	799	19.7	137	0.4	6.1	106	78.6
99-5	0	1.31	0.12	163	1010	23.4	168	0.6	3.4	102	84.1
	50	2.08	0.02	106	2420	10.1	86.3	0.8	4.1	37.7	46.0
99-6	0	1.60	0.19	346	2240	22.4	193	0.4	1.7	163	125
	5	1.79	0.19	301	1510	22.1	166	nd	2.9	157	111
	10	2.79	0.06	195	967	22.3	175	0.7	5.2	112	92.8
	15	2.77	0.85	193	724	24.0	136	1.1	5.1	83.9	91.4
	20	1.68	0.79	163	1060	11.7	123	0.6	3.2	70.1	63.9
	40	1.05	0.30	75.9	376	7.7	64.9	nd	2.8	37.7	34.7
	80	0.95	0.36	73.8	268	6.2	33.6	0.9	2.4	26.0	21.6
	150	1.00	0.09	39.8	325	5.3	20.1	0.7	1.6	14.5	13.2
	250	0.72	0.03	23.3	209	3.5	19.3	nd	1.4	13.8	10.4
	400	0.25	0.14	51.8	215	2.5	15.2	0.7	1.4	20.3	11.5
	550	0.20	0.21	74.5	377	2.8	34.1	nd	1.9	30.9	21.1

地点	水深 m	Mn nmol/l	N μmol/l	Ni nmol/l	P nmol/l	Pb nmol/l	Si nmol/l	Sr pmol/l	Ti nmol/l	V nmol/l	Zn nmol/l
99-S1	0	3.83	3.44	nd	110	nd	1.00	222	1.81	nd	2.2
	1	4.46	3.49	nd	122	nd	0.67	405	1.97	0.4	2.1
	10	3.49	4.16	nd	162	nd	1.53	354	4.67	0.2	3.3
	25	3.24	2.37	nd	121	nd	1.46	184	1.36	nd	1.1
	50	3.35	0.64	nd	40.2	nd	1.33	94	1.37	0.2	0.7
	100	3.16	0.44	nd	22.1	nd	2.22	42	1.01	nd	0.5
	200	3.12	0.38	nd	31.9	nd	2.44	0	0.30	nd	0.6
	400		0.26				4.88		nd		nd
	700	3.69		nd	10.1	nd		88	2.02	nd	1.2
99-0	0	929	12.5	13.8	1980	29	312	174000	2660	71.3	72.0
99-1	0	651	10.1	9.6	1320	23	187	110000	1650	49.3	45.2
99-2	0	823	12.6	12.6	1770	29	282	175000	2670	71.0	72.9
99-3	0	46.0	3.51	nd	198	nd	7.76	3770	53.1	0.6	3.9
99-4	0	18.6	2.08	nd	110	nd	1.23	479	5.27	nd	0.9
99-5	0	20.2	3.02	nd	151	nd	1.24	685	4.75	nd	1.4
	50	5.43	1.27	nd	105	3	5.74	477	2.72	0.2	4.3
99-6	0	34.1	3.02	nd	166	1	1.95	1050	9.89	0.2	1.6
	5	29.9	3.09	nd	164	nd	1.41	847	10.2	nd	18.8
	10	20.1	3.12	0.4	173	nd	1.51	742	5.69	0.6	0.7
	15	8.55	3.53	0.2	228	1	1.14	670	5.49	0.7	1.2
	20	6.16	1.64	0.2	158	nd	1.55	521	16.9	0.4	25.0
	40	4.32	0.90	nd	72.2	nd	4.85	222	1.87	nd	0.4
	80	3.95	0.71	nd	65.8	1	3.33	201	1.95	0.6	0.9
	150	2.87	0.74	0.5	56.0	nd	4.64	116	0.91	0.5	0.3
	250	2.82	0.45	nd	44.4	nd	3.57	45	0.49	nd	0.2
	400	2.81	0.05	nd	42.6	nd	2.78	91	1.35	0.3	0.2
	550	3.80	0.27	nd	40.3	nd	2.15	163	1.72	nd	0.1

nd:検出限界以下.