

資 料

広島県内における中小規模湖沼水中の溶存無機成分

橋本 敏子 井澤 博文

Disolved Inorganic Matters in Middle and Small Scale Lakes  
in Hiroshima Prefecture

TOSHIKO HASHIMOTO, HIROHUMI IZAWA

(Received Oct. 30, 1994)

はじめに

広島県内の湖沼は大部分、ダム湖、農業用ため池など人工の湖沼であり、このうち比較的規模の大きい13湖沼については水質常時監視計画により毎月水質調査が実施されている。これらの湖沼については、過去20年にわたって大量のデータが蓄積され、水質の現状及びこれまでの推移が把握されている[1]。それ以外の中小規模の湖沼については、広島県が平成元年度に調査を行い、有機汚濁、窒素、燐などを中心とした水質の把握を行っている[2]。しかし、溶存無機成分等についてはこれまで報告がないため、湖沼の基本的な情

報把握が困難な状況にある。

そこで、今回溶存無機成分を中心に調査を行い、湖沼水質の現状を把握するとともに地域別特徴などについて検討したのでその結果を報告する。

調査方法

今回は、広島県の主要湖沼のうち、公共用水域常時監視湖沼を除く28湖沼について調査を実施した。調査対象湖沼（以下、対象湖沼という。）の主要諸元[2-3]を表1に、それらの位置を図1に示す。

採水は、各湖沼ごとに主として堰堤中央部の表層に

表1 対象湖沼の主要諸元 [2-3]

湖沼 No.	湖 沼 名	貯水容量 (千m <sup>3</sup> )	最大 (平均) 水深 (m)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	利水状況
1	飯ノ山ダム貯水池	1,790	14 ( 4.9)	2.9	発電
2	三高ダム貯水池	226	14 ( 8.7)	2.2	上水道
3	鹿川ダム貯水池	112	12 ( 5.6)	1.1	上水道
4	柳迫ダム貯水池	28	9.0( 7.0)	0.2	上水道, 農業
5	黒瀬ダム貯水池	1,160	28 ( 6.1)	2.4	農業
6	観音谷ダム貯水池	11	11 ( 4.7)	2.0	上水道
7	田房ダム貯水池	126	12 ( 3.7)	1.2	上水道, 農業, 工業
8	松子山ため池	264	6.8( 4.2)	0.8	上水道, 農業
9	奈良池	16	4 ( 2.0)	0.085	上水道, 農業
10	奥山池	31	15 ( 8.0)	0.69	農業
11	大山下池	25	13 ( 6.0)	0.73	農業
12	新道ダム貯水池	2.7	6.5( 3.0)	0.13	上水道
13	岩谷ダム貯水池	2.7	6.5( 2.7)	0.12	上水道
14	大浦第二ダム貯水池	2.0	9.0( 2.5)	0.35	上水道
15	内浦ダム貯水池	4.5	8.0( 3.5)	0.14	上水道
16	釜谷ダム貯水池	2.2	13 ( 1.4)	0.16	上水道
17	久山田ダム貯水池	754	14 ( 6.0)	3.6	上水道
18	栗原ダム貯水池	312	13 ( 8.4)	1.7	上水道, 農業
19	八日谷ダム貯水池	361	19 ( 6.9)	4.6	上水道, 農業
20	御調ダム貯水池	5,040	45 ( 15 )	54	治水
21	龍泉寺ダム貯水池	1,016	30 ( 12 )	4.7	上水道, 農業
22	服部大池	650	12 ( 3.6)	24	農業
23	熊野ダム貯水池	914	27 ( 9.7)	5.0	上水道, 農業
24	目谷ダム貯水池	1,308	23 ( 14 )	8.1	農業
25	国兼池	1,060	不明( 4.2)	0.58	農業, 漁業
26	上野池	188	不明( 1.7)	0.28	農業, 漁業
27	明賀ダム貯水池	42	17 ( 5.2)	1.3	上水道
28	高暮ダム貯水池	39,658	62 ( 21 )	157	発電, 漁業

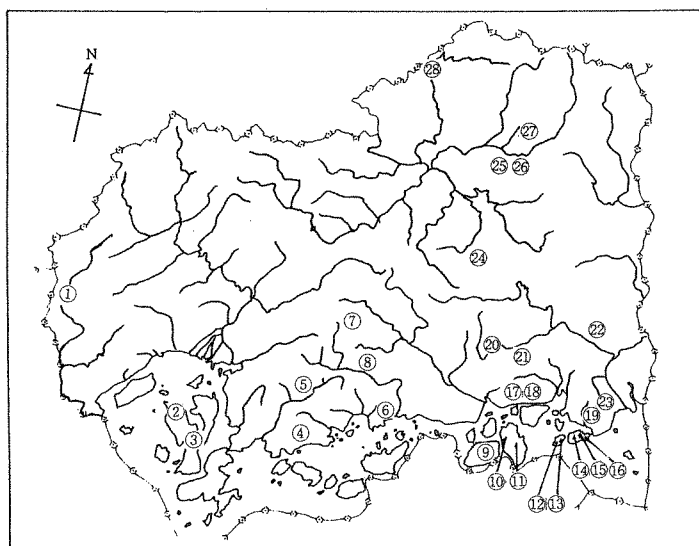


図1 調査対象湖沼の位置図（広島県，中小規模28湖沼）

注) ○印内の番号は湖沼番号を示す。湖沼名は表1を参照のこと。

において1989年8月，11月，1990年2月の計3回行った。うち，5湖沼については採水の都合で2回の調査であったので79試料についての分析結果をとりまとめた。

検査項目及び検査方法は，pHは東亜電波社製pH計（HM-20B型），アルカリ度（pH4.8酸消費量）は規格[4]15.1，硫酸イオン（ $\text{SO}_4^{2-}$ ），塩素イオン（ $\text{Cl}^-$ ），硝酸イオン（ $\text{NO}_3^-$ ）は，横河電気社製イオンクロマトアナライザー（IC-200型），カルシウムイオン（ $\text{Ca}^{2+}$ ），マグネシウムイオン（ $\text{Mg}^{2+}$ ），アルミニウムイオン（ $\text{Al}^{3+}$ ）は，ICP発光分析計（SEIKO

SPS1200A型），ナトリウムイオン（ $\text{Na}^+$ ）及びカリウムイオン（ $\text{K}^+$ ）は炎光分析（ジャーレルアッシュ社製AA-781型），アンモニウムイオン（ $\text{NH}_4^+$ ）はテクニコン社製オートアナライザーIIによった。

## 結果と考察

### 1. 溶存無機成分の測定結果

対象湖沼の溶存無機成分の測定結果を表2に示した。また，各成分について湖沼の濃度別分布を図2に示した。

表2 対象湖沼の溶存無機成分含有量（広島県中小規模湖沼，1989，1990）

湖沼 No.	湖沼名	調査回数	pH	アルカリ度 meq/l	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/l	$\text{Cl}^-$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ mg/l	$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	$\text{Na}^+$ mg/l	$\text{K}^+$ mg/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{Al}^{3+}$ mg/l
1	飯ノ山ダム貯水池	3	6.3	0.07	2.2	3.2	0.31	0.59	0.18	3.1	0.37	0.09	0.08
2	三高ダム貯水池	2	7.2	0.17	6.9	5.0	0.56	3.0	0.96	5.6	0.65	0.03	<0.02
3	鹿川ダム貯水池	2	8.7	0.47	22	6.7	3.8	13	1.7	11	1.4	0.03	<0.02
4	柳迫ダム貯水池	3	9.1	0.62	17	10	0.21	11	1.2	11	1.2	0.03	<0.02
5	黒瀬ダム貯水池	3	6.8	0.19	5.1	3.3	0.63	1.9	0.56	4.7	0.69	0.05	0.06
6	観音谷ダム貯水池	3	7.1	0.19	11	6.9	0.54	2.6	0.66	8.2	1.0	0.03	0.02
7	田房ダム貯水池	3	7.0	0.29	3.1	3.6	1.3	2.9	0.59	5.5	0.72	0.03	0.06
8	松子山ため池	3	7.0	0.12	2.9	3.3	0.42	0.68	0.30	4.1	0.59	0.04	0.13
9	奈良池	3	8.9	1.4	79	11	14	34	8.6	13	5.1	0.25	0.02
10	奥山池	3	7.4	0.41	29	13	1.1	7.4	2.6	13	1.3	0.08	0.19
11	大山下池	3	8.3	0.50	29	9.7	0.23	8.2	2.3	12	1.4	0.11	<0.02
12	新道ダム貯水池	3	6.7	0.19	24	9.3	3.9	4.0	2.1	11	1.0	0.03	0.11
13	岩谷ダム貯水池	3	6.4	0.20	45	11	9.3	3.2	2.1	13	1.0	0.02	0.07
14	大浦第二ダム貯水池	3	6.8	0.30	28	9.7	4.7	7.3	2.4	11	0.71	0.05	0.13
15	内浦ダム貯水池	2	6.7	0.54	30	12	3.3	13	2.8	13	0.74	0.21	0.03
16	釜谷ダム貯水池	3	7.1	0.35	27	10	4.9	9.1	2.7	10	0.82	0.02	0.19
17	久山田ダム貯水池	3	7.5	0.40	14	13	0.30	6.0	1.0	8.5	1.6	0.10	<0.02
18	栗原ダム貯水池	3	7.6	0.50	14	9.3	0.79	7.4	1.7	9.2	1.6	0.07	<0.02
19	八日谷ダム貯水池	3	7.7	0.67	25	9.5	2.1	10	3.3	11	1.1	0.03	0.06
20	御調ダム貯水池	3	7.8	0.50	7.5	11	1.2	8.8	1.3	7.0	2.2	0.08	<0.02
21	龍泉寺ダム貯水池	3	7.5	0.19	6.5	3.8	0.16	2.4	0.51	4.7	1.4	0.08	0.02
22	服部大池	2	8.1	0.83	16	9.3	1.6	12	2.4	9.2	1.6	0.02	0.02
23	熊野ダム貯水池	3	7.6	0.54	25	9.7	1.2	8.9	2.9	11	1.1	0.03	0.02
24	目谷ダム貯水池	3	7.2	0.38	3.9	5.3	0.55	4.6	0.84	5.9	1.4	0.06	0.03
25	国兼池	3	7.1	0.26	14	28	0.33	6.9	1.6	14	1.0	0.04	<0.02
26	上野池	3	7.3	0.41	10	5.2	0.23	7.0	1.4	5.2	1.1	0.03	0.02
27	明賀ダム貯水池	3	6.8	0.13	3.3	3.4	0.12	1.2	0.41	4.0	0.68	0.02	0.24
28	高暮ダム貯水池	2	7.5	0.18	4.3	5.0	0.56	2.3	0.66	4.9	0.73	0.02	<0.02

中小湖沼水の無機容存成分

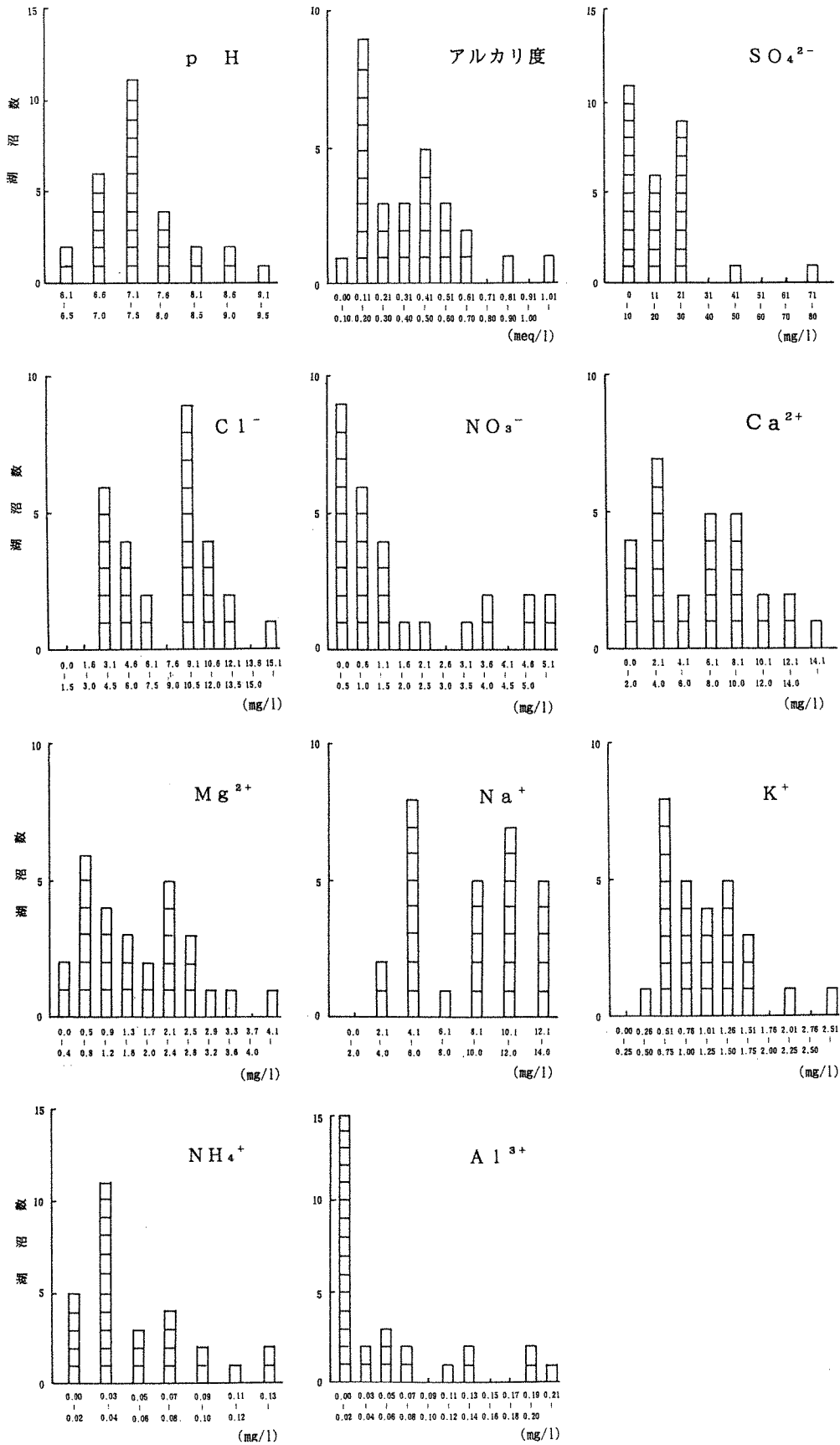


図2 湖沼の濃度別分布  
(広島県中小規模28湖沼, 3回測定平均, 1989, 1990)

### 1. 1 pH

対象湖沼のpHは、6.3-9.1の範囲にあり、酸性湖沼（環境庁が定めたpH5.5以下の湖沼[5]）は存在しなかった。最も数値が高いのは湖沼④柳迫ダム貯水池（以下「④柳迫」と表示する。他の湖沼についても同様）、最も数値が低いのは①飯ノ山であった。pH5.6-6.5の弱酸性は2湖沼（7.1%）、pH6.6-7.5の中性は16湖沼（57%）、pH7.6-8.5の弱アルカリ性は6湖沼（21%）、pH8.6以上のアルカリ性は4湖沼（14%）であった。昭和58年から昭和61年にかけて環境庁が実施した北海道から鹿児島県までの15県130湖沼対象の酸性雨調査（陸水影響調査）[5]では酸性湖12%、弱酸性の湖10%、中性の湖55%、弱アルカリ性の湖19%、アルカリ性の湖3.7%の分布パターンであり、これと比較すると、ややアルカリ側に多く分布していた。

地域別にみると、北部は低く、東部はやや高い傾向にあった。しかし、pHは通常、植物プランクトンの炭酸同化作用によって高くなることが知られており[6]、広島県内の河川や湖沼においても昼間にpH9~10となる[7]現象がしばしばみられる。従って、今回の調査のみでpHの地域的な特徴や湖沼酸性化の程度等についてこれ以上の検討はできなかった。

### 1. 2 アルカリ度

アルカリ度は、自然界では雨水が地中に浸透し、水と土や岩石との反応の結果供給されるもので、その起源は大部分は土壌中で行われる生物の呼吸作用や腐植質のバクテリアの分解作用で発生する二酸化炭素に起因するものであるといわれている[8]。湖沼に酸性雨が流入した場合は、まずアルカリ度が消費され、アルカリ度が消費されつくした時点においてpHが酸性側に傾くことから、アルカリ度は湖沼酸性化の重要な指標であり、アルカリ度0.2meq/l以下の湖沼は酸性化されやすいといわれている[5]。アルカリ度は、主にHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の量を示すが、pH8.4以上の湖沼ではCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>も存在する。そのため、pH8.4とpH4.3のアルカリ度を測定し、それらを区別するようになっている[9]。

対象湖沼のアルカリ度は0.074-1.4meq/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。酸性化されやすいとされる0.20meq/l以下は10湖沼（35%）であった。アルカリ度0.21-0.40meq/lは6湖沼（21%）、0.41-0.60meq/lは8湖沼（29%）、0.61meq/l以上は4湖沼（14%）であった。これは、酸性雨調査（陸水影響調査）[5]の

アルカリ度測定結果では0.05meq/l以下が13%、0.05-0.20meq/lが31%、0.21-0.40meq/lが31%、0.41meq/l以上が25%であり、これと比較すると、アルカリ度が高い方へ傾いた分布パターンといえる。

### 1. 3 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

湖沼の酸性化は、主に石炭及び石油等化石燃料の燃焼により発生する硫黄酸化物、窒素酸化物が大気中で酸化されH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HNO<sub>3</sub>となり降水と共に河川及び湖沼に流入することに起因しており、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は湖沼へ流入したのち植物プランクトンへの吸収などの生物活動により変化するのに対して、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は流入後あまり変化しないため、湖沼酸性化の最も重要な原因物質として知られている[8]。

対象湖沼のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は、2.2-79mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。ほとんどの湖沼が0-30mg/lの濃度範囲にあり、31mg/l以上は2湖沼（⑨奈良、⑬岩谷）しかなかった。地域別にみると、東部島しょ部に高濃度のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を示す湖沼が多かった。

### 1. 4 Cl<sup>-</sup>

対象湖沼のCl<sup>-</sup>は、3.2-28mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑳国兼、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。湖沼数のピークが3.1-7.5mg/lと9.1-13.5mg/lにみられ、それぞれ12湖沼（43%）、15湖沼（54%）であった。地域別にみると、東部島しょ部、東部の芦田川、藤井川流域の湖沼で高い傾向がみられ、他は低い傾向にあった。

### 1. 5 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と同様に湖沼の酸性化に影響を及ぼす成分とされているが、土壌への吸着性が弱く[10]、一端水圏に入ると地下水に流出する可能性が高いため、メトヘモグロビン血症の原因物質として地下水汚染が憂慮されている成分である[11]。しかし、湖沼や海域では植物プランクトンへの取り込みがあり、特に春~秋にかけては、0.1mg/l未満となるところも多くみられる[7]。

対象湖沼のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、0.12-14mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは㉑明賀であった。地域別にみると、東部島しょ部で高い濃度を示す傾向にあった。

### 1. 6 Ca<sup>2+</sup>

Ca<sup>2+</sup>は、Mg<sup>2+</sup>と同様に一般的には、土壌などから

溶出し、Ca-HCO<sub>3</sub>型、Mg-HCO<sub>3</sub>型になって湖沼中に流入する。Ca<sup>2+</sup>濃度が2.5mg/l以下である湖沼は酸性雨に対し敏感であるといわれている[8]。

対象湖沼のCa<sup>2+</sup>は、0.59-34mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。各湖沼は、ほぼ0.59-13mg/lの範囲で均等に分布しているが、⑨奈良だけは他の湖沼での最高濃度13mg/l(③鹿川、⑬内浦)の2.6倍もの数値を示した。Ca<sup>2+</sup>濃度が2.5mg/l以下の湖沼は、①飯ノ山、⑤黒瀬、⑧松子山、⑫龍泉寺、⑰明賀、⑲高暮の6湖沼であった。地域別にみると、②三高を除いて東部及び東部島しょ部が高い傾向にあった。

1. 7 Mg<sup>2+</sup>

対象湖沼のMg<sup>2+</sup>は、0.18-8.6mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。0-2.8mg/lに25湖沼(約90%)があった。⑨奈良は他の湖沼の最高濃度3.3mg/l(⑬八日谷)の2.6倍の数値を示した。地域別にみると、東部島しょ部が高い傾向にあった。

1. 8 Na<sup>+</sup>

対象湖沼のNa<sup>+</sup>は、3.1-14mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑮国兼、最も濃度が低いのは①飯ノ山であった。4.1-6.0mg/lに8湖沼(約30%)、8.1-14mg/lに17湖沼(約60%)があった。地域別にみると、東部島しょ部で高い傾向がみられた。

1. 9 K<sup>+</sup>

対象湖沼のK<sup>+</sup>は、0.37-5.1mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは①飯

ノ山であった。0.26-1.75mg/lに26湖沼(約93%)があり、⑨奈良のほかに⑳御調(2.2mg/l)が濃度が高かった。地域別にみると、東部が高く、中部が低い傾向にあった。

1. 10 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

対象湖沼のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は0.02-0.25mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは⑨奈良、最も濃度が低いのは⑬岩谷、⑳明賀、㉘高暮の3湖沼であった。

1. 11 Al<sup>3+</sup>

アルミニウムは、上水取水場などで一般的に使用されるほか、自然界では緩衝能が極端に低くなった土壌から降雨により溶出することが知られており、酸性雨の陸水影響を考慮する上で重要な物質であるとされている[8]。

Al<sup>3+</sup>は0.02未満-0.24mg/lの範囲にあり、最も濃度が高いのは㉗明賀、最も濃度が低いのは0.02mg/l未満で10湖沼あった。0.02mg/l以下が15湖沼(約54%)であった。

2 成分間の相互関係

2. 1 成分間における相関マトリックス

各湖沼につき8月、11月、2月の3回のデータ(79試料)をもとにして、各成分間の相関係数を求め、表3に示した。

pHはアルカリ度、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>と高い相関があった。また、アルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>にはそれぞれ相互に高い相関がみられた。このことはCa<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>は主として重炭酸塩、硫酸塩型で湖沼に供給されていることを示唆している。すなわち、降雨により土壌粒

表3 湖沼水における成分間の相関関係(広島県中小規模28湖沼, 79試料, 1989, 1990)

	pH	アルカリ度	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
pH	1.00										
アルカリ度	0.52	1.00									
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.28	0.64	1.00								
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01	0.44	0.79	1.00							
Cl <sup>-</sup>	0.16	0.26	0.35	0.13	1.00						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.12	0.51	0.40	0.33	0.11	1.00					
K <sup>+</sup>	0.56	0.69	0.61	0.52	0.17	0.54	1.00				
Na <sup>+</sup>	0.25	0.48	0.70	0.41	0.74	0.20	0.30	1.00			
Ca <sup>2+</sup>	0.55	0.91	0.76	0.59	0.31	0.55	0.82	0.53	1.00		
Mg <sup>2+</sup>	0.35	0.83	0.86	0.69	0.32	0.55	0.75	0.61	0.92	1.00	
Al <sup>3+</sup>	-0.34	-0.28	-0.04	-0.21	-0.17	-0.08	-0.15	-0.10	-0.17	-0.06	1.00

有意水準 10%=0.19, 5%=0.22, 1%=0.29

子に吸着しているCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>が溶脱し湖沼中に流入していることが考えられる。K<sup>+</sup>については、水上ら[12]が、樹間流等によって多く供給されるとしているが、これらを考慮にいれた考察も必要である。このほか、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>はNa<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とも高い相関関係を示した。Cl<sup>-</sup>はNa<sup>+</sup>と高い相関を示した。これらの起源は、風送塩や食品、尿尿など人間活動に伴う汚濁によるものと考えられる。

### 2. 2 湖沼における成分間の特徴

それぞれの湖沼の8月のデータをもとにして、高い相関関係のあったアルカリ度（主にHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>のグループとCl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>のグループに分け、陽イオンと陰イオン（単位はmeq/l）の均衡状態をみたのが図3, 4である。ただし、⑬内浦については8月は採水しなかったため11月のデータを用いた。図中の対角線は陰イオン（y軸）と陽イオン（x軸）の同ミリグラム当量を表す。

図3のアルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の合計量とCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>の合計量（以下、それぞれ（アルカリ度+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）、（Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>）と表す。）との関係及び図4のCl<sup>-</sup>とNa<sup>+</sup>の関係をあわせてみると、大部分の湖沼において（Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>）にくらべて（アルカリ度+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）が高く、Na<sup>+</sup>にくらべてCl<sup>-</sup>が低かった。また、表3

のようにSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がNa<sup>+</sup>と高い相関を示したことから、各成分はCa-HCO<sub>3</sub>型、Mg-HCO<sub>3</sub>型、Ca-SO<sub>4</sub>型、Mg-SO<sub>4</sub>型で湖沼へ供給されるものが多いが、Na-SO<sub>4</sub>型の供給も考えられた。しかし、⑰久山田、⑳御調、㉑目谷、㉒国兼の4湖沼は、（アルカリ度+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）と（Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>）がほぼ同当量、Na<sup>+</sup>よりCl<sup>-</sup>が高いまたは同当量であることから、Na-SO<sub>4</sub>型での供給はほとんどないと考えられる。

次に、（Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>）との関係をアルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>別々に、東部島しょ部（⑨奈良～⑯釜谷）と他の地域に分けて図5, 6に示した。東部島しょ部は（Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>）に対してSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>アルカリ度、その他の地域ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup><アルカリ度となっており明らかな地域差がみられた。

### 2. 3 主要3成分の地域特性

対象湖沼の陰イオン、陽イオンそれぞれについて、主要3成分の組成割合について三角マトリックスで示し、それを東部島しょ部とその他の地域にグループ分けしたのが図7, 8である。

陰イオン（アルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>）は、特にCl<sup>-</sup>が他の湖沼にくらべて非常に高い㉒国兼を除いた場合、東部島しょ部以外の湖沼はアルカリ度の陰イオンに占める割合が32-68%、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>14-42%、Cl<sup>-</sup>16-44%の

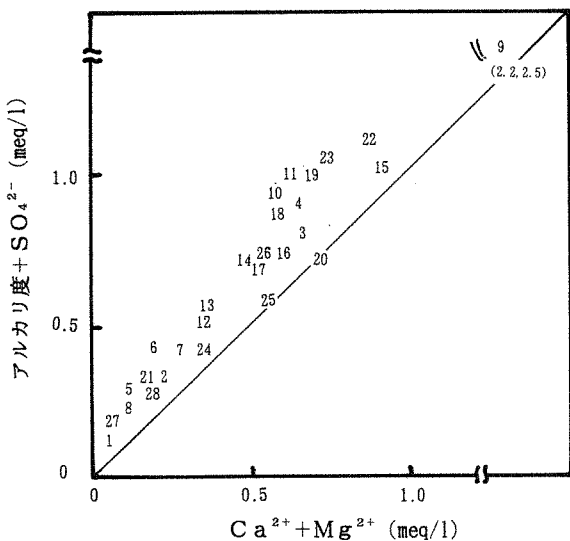


図3 広島県内中小規模湖沼におけるアルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の合計量とCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>の合計量との関係（1989）  
注）○図中の番号は湖沼番号を示す。  
○対角線はアルカリ度、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の合計量とCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>の合計量との同ミリグラム当量を表す。

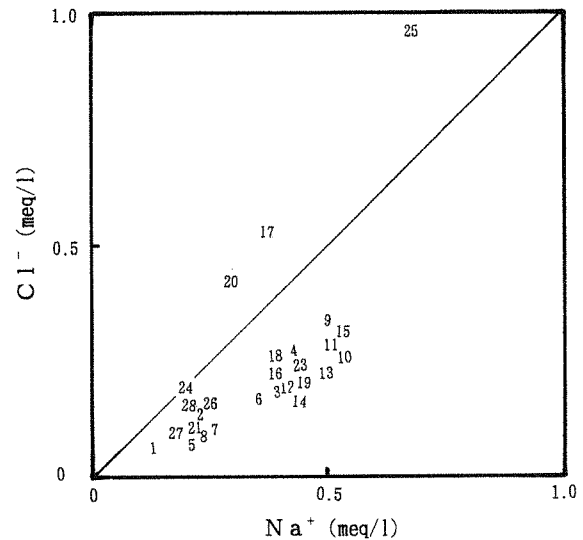


図4 広島県内中小規模湖沼におけるCl<sup>-</sup>量とNa<sup>+</sup>量との関係（1989）  
注）○図中の番号は湖沼番号を示す。  
○対角線はCl<sup>-</sup>量とNa<sup>+</sup>量との同ミリグラム当量を表す。

中小湖沼水の無機容存成分

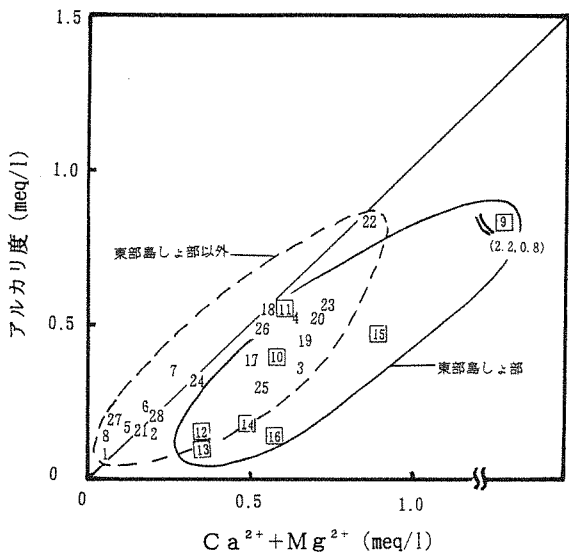


図5 広島県内中小規模湖沼におけるアルカリ度と  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の合計量との関係 (1989)

注) 〇中の番号は湖沼番号を示す。  
 (□で囲んだ番号の湖沼は、県東部島しょ部の湖沼を示す。)  
 〇対角線はアルカリ度と  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の合計量との同ミリグラム当量を表す。

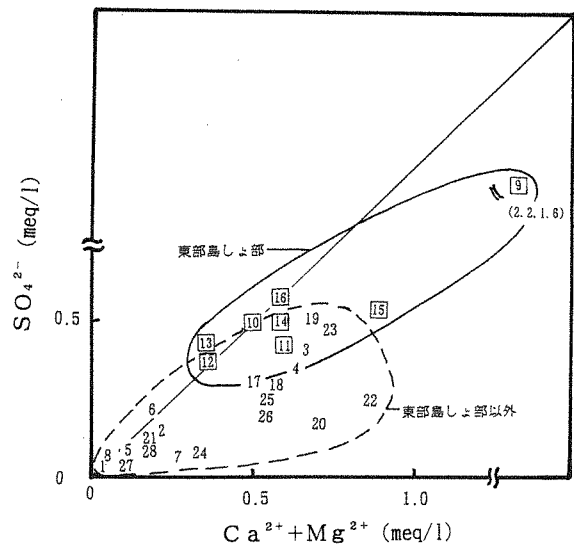


図6 広島県内中小規模湖沼における  $\text{SO}_4^{2-}$  量と  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の合計量との関係 (1989)

注) 〇中の番号は湖沼番号を示す。  
 (□で囲んだ番号の湖沼は、県東部島しょ部の湖沼を示す。)  
 〇対角線は  $\text{SO}_4^{2-}$  量と  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の合計量との同ミリグラム当量を表す。

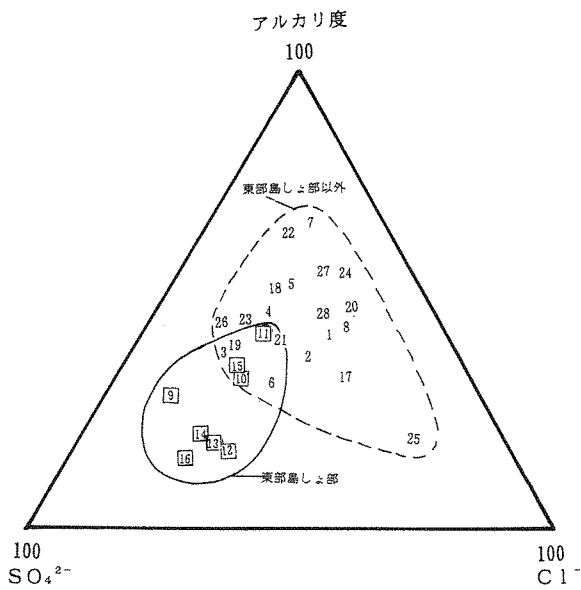


図7 広島県内中小規模湖沼における陰イオン主要3成分の含有割合 (単位; %, 1989)

注) 〇中の番号は湖沼番号を示す。  
 (□で囲んだ番号の湖沼は、県東部島しょ部の湖沼を示す。)

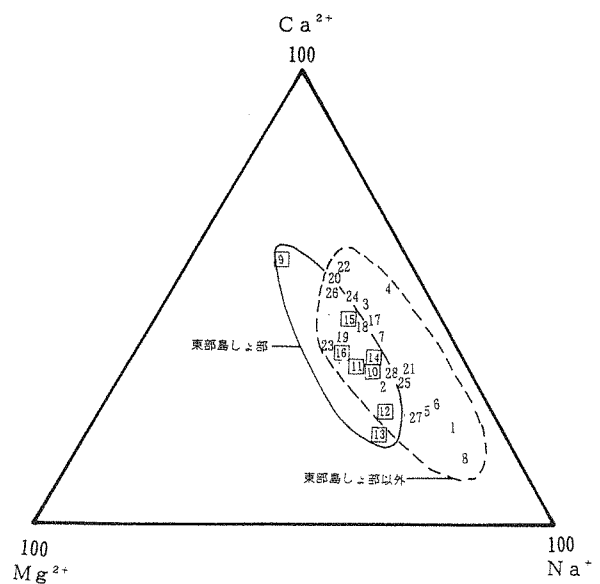


図8 広島県内中小規模湖沼における陽イオン主要3成分の含有割合 (単位; %, 1989)

注) 〇中の番号は湖沼番号を示す。  
 (□で囲んだ番号の湖沼は、県東部島しょ部の湖沼を示す。)

範囲にあるのに対して、東部島しょ部では、アルカリ度 14-44%、 $\text{SO}_4^{2-}$  34-62%、 $\text{Cl}^-$  12-27% の範囲にあった。このように、東部島しょ部は他の地域と比較して、明らかに  $\text{SO}_4^{2-}$  が高く、アルカリ度が低い含有率を示す傾向にあることがわかった。

次に、陽イオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) の特徴をみると、 $\text{Mg}^{2+}$  含有率は、東部島しょ部は 18-22%、他の地域は 8-21% で、 $\text{Mg}^{2+}$  が 18% 以上である 10 湖沼のうち 7 湖沼を占める東部島しょ部が他の地域にくらべて  $\text{Mg}^{2+}$  の含有率が高いという明らかな結果を示した。

以上、対象湖沼について、地域別の特徴を陰イオンと陽イオンそれぞれの主要 3 成分組成割合でみた場合、東部島しょ部の湖沼は他の地域の湖沼と比較して  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  が高く、アルカリ度が低い特徴をもっていることがわかった。

## まとめ

広島県内の中規模湖沼水について 1989 年 8 月、11 月、1990 年 2 月の 3 回 (79 試料) にわたり採水し、溶存無機成分を測定した結果、次のことがわかった。

- 1) 対象湖沼でそれぞれの成分について平均値を求めたところ、最も高い水質を示した湖沼は、ほとんどの成分で⑨奈良池であり、pH では④松子山ため池、 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  では⑤国兼池であった。最も低い水質を示したのは、ほとんどの成分で①飯ノ山ダム貯水池であり、 $\text{NO}_3^-$  では 27 明賀ダム貯水池、 $\text{NH}_4^+$  では⑬岩谷、⑳明賀、㉘高暮ダム貯水池であった。 $\text{Al}^{3+}$  では 10 湖沼において 0.02mg/l 以下であった。
- 2) 全試料について成分間における相関関係をみたところ、アルカリ度 (主に  $\text{HCO}_3^-$ )、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  に相互高い相関がみられた。 $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$  との間にも高い相関関係がみられた。
- 3) 陰イオンと陽イオンの量的バランスからみると、湖沼に流入する各成分の形態は  $\text{Na}-\text{SO}_4$  型が考えられなかった 4 湖沼を除いて、ほとんどの湖沼では  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型、 $\text{Mg}-\text{HCO}_3$  型、 $\text{Ca}-\text{SO}_4$  型、 $\text{Mg}-\text{SO}_4$  型、 $\text{Na}-\text{Cl}$  型、 $\text{Na}-\text{SO}_4$  型で湖沼に流入していることが推測された。
- 4) 陰イオン、陽イオンについて湖沼別に主要 3 成分の組成割合の特徴をみたところ、東部島しょ部の湖沼は、他の地域の湖沼と比較して  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  が高く、アルカリ度が低い特徴をもっていることがわかった。

## 謝 辞

今回の調査は、平成元年度に広島県が実施した湖沼調査時に同時に採水した試料について分析を行ったものである。当調査にご協力いただいた各管轄保健所の関係各位に深謝致します。

## 文 献

- 1) 広島県環境センター：公共用水域の水質測定結果報告書 (BOD, COD に係る経年変化), (1991), 28, 29, 38, 44, 45, 47, 84, 95, 105, 119, 138, 160, 176.
- 2) 広島県：ひろしまの湖沼—湖沼水質環境管理指針— (1991), 101.
- 3) 広島県：湖沼富栄養化防止に関する技術資料 (第二部；広島県内の湖沼) (1989), 86-175.
- 4) 日本規格協会：工場排水試験方法 (JISK0102) (1985), 28-29.
- 5) 日本水質汚濁研究協会：昭和 62 年度環境庁委託業務結果報告書，酸性雨対策調査 (陸水影響調査)，(1988), 39-113.
- 6) 小泉清明：生態学への招待 (5) 川と湖の生態，共立出版，東京 (1971), 24-30.
- 7) 広島県保健環境センター：平成 5 年度公共用水域の水質測定結果，(1994), 41, 156.
- 8) 日本水質汚濁研究協会：昭和 58 年度環境庁委託業務結果報告書，陸水の酸性化による影響及び機構解明調査—文献調査—，(1984), 58-109.
- 9) 日本薬学会編：衛生試験法注解，金平出版，東京 (1990), 939-940.
- 10) 岡崎秀夫：土壌肥沃度論，農山漁村文化協会，東京 (1976), 127.
- 11) Walton G. : Survey of literature relating to infant methemoglobinemia due to nitrate contamination well water, Am. J. Publ. Health, 31, 986-996 (1951)
- 12) 水上和子，高野利市：酸性雨による樹木への影響—屋敷林内外における降水成分調査—，全国公害研究会誌，15, 51-55 (1990) .