

酸性化モニタリングのための湖沼調査

阿賀 裕英

要 約

湖沼酸性化の早期発見を目的としたモニタリング対象湖沼を検出するため、道内7湖沼の水質について概況調査を行った。その結果、酸緩衝能に乏しいうえ、イオン濃度が低くて酸性雨の影響を判別しやすい湖沼として、登別市の橋湖と鹿追町の駒止湖の2湖沼を見出した。これら2湖沼の酸緩衝能は、現在、酸性化モニタリングを行っている蘭越町のコックリ湖や、環境省が酸性化モニタリングを行っている湖沼の中でも特に酸緩衝能の低い3湖沼と同等であり、酸性化モニタリングを行う必要性が認められた。

Key words: 酸性雨、湖沼、酸緩衝能、橋湖、駒止湖、国立公園

1 はじめに

酸性雨による湖沼の酸性化については、1960年代頃から北欧や北米地域で深刻な被害が頻発した。一方、日本では、少なくとも1983年度から2002年度の20年にわたり、欧米と同程度かそれ以上の酸性雨が降り続けているが¹⁾ (平均pHは全国4.77に対し、北海道では札幌4.82、野幌4.90、利尻4.89、落石岬4.89と若干高い²⁾)、顕著な被害例は今のところ報告されていない。これは一般に、日本の土壤の酸緩衝能、ひいては湖沼の酸緩衝能が比較的大きいためと考えられている。しかし一部には酸緩衝能に乏しい湖沼も存在し、今後、東アジア諸国の経済発展に伴い、酸性雨原因物質排出量の増加も予想されることから、影響が顕在化する可能性もある。そのため、湖沼酸性化の早期発見、早期対策に備えて酸緩衝能に乏しい湖沼をモニタリングしておく必要がある。

陸水の酸緩衝能として代表的な指標はアルカリ度で、これが0.200meq/l以下の陸水は酸性雨に対する感受性が高いと報告されている³⁾。当センターでは現在、アルカリ度が0.030meq/l前後しかない蘭越町のコックリ湖(ニセコ積丹小樽海岸国立公園に属する)でモニタリングを行っており、酸性化の兆候が疑われるデータが得られつつあることのほか⁴⁾、道内には他にも酸緩衝能に乏しい湖沼が潜在している可能性があることを報告してきた^{5,6)}。このため、筆者は湖沼概況調査を実施し、新たに酸緩衝能に乏しい2湖沼を見出したので、環境省がモニタリングを行っている湖沼との比較も交えて概説する。

2 調査対象湖沼の選出と概要

酸緩衝能に乏しい湖沼の探索にあたっては、調査対象湖沼として以下の3事項に着目し、7湖沼を選出した。

- ① 文献⁷⁾や過去の調査データ等から、アルカリ度が低いこと。アルカリ度のデータがない場合は、pHが低いこと(pHが低いと、一般にアルカリ度も低い)。
- ② 集水域土壤の酸緩衝能が低いとみられること。
- ③ 山岳地帯にあること(耐性の低い土壤が分布することが多く、土壤層厚も薄いため、陸水の酸緩衝能も小さいことが多い⁸⁾)。

以下に、選出した7湖沼の概要を記す。

オコタンペ湖

千歳市西部、恵庭岳の西隣に位置し、支笏洞爺国立公園の特別保護地区に指定されている。標高599m、最大水深21.0m、面積0.40km²の淡水湖である。流入河川は複数見られ、流出河川はオコタンペ川の本川である^{7,9)}。

集水域の表層地質は主に安山岩質岩石からなり、土壤は暗色系褐色森林土-ポドゾル化土壤からなる¹⁰⁾。これら土壤の耐酸性区分は、6段階でそれぞれ4番目、3番目の弱さに分類される¹¹⁾ことから、集水域土壤の酸緩衝能は中程度であるとみられる。

しかしながら、湖水のpHは1986年のデータで6.0と低く⁷⁾、湖水の酸緩衝能は低いと予想される。

魚類は、放流魚のヒメマスが生息するほか、サケとヒメマスの交雑種の移植放流も試みられた記録がある¹²⁾。

新中野ダム

函館市西部の亀田川上流部に設けられた総貯水量334万

m³、湛水面積0.18km²、利用水深24.6mの多目的ダムである¹³⁾。

集水域の表層地質は火山角礫岩、凝灰角礫岩からなり、土壌はくろぼく土からなる¹⁴⁾。くろぼく土の耐酸性区分は6段階で5番目の弱さに分類される¹¹⁾ことから、集水域土壌の酸緩衝能は高めであるとみられる。

しかしながら、湖水のpH、アルカリ度は、1994年のデータ¹⁵⁾でそれぞれ6.98、0.102meq/l、1999年のデータ¹⁶⁾でそれぞれ7.0、0.129meq/lと、アルカリ度が低い。

魚類は未確認である。

笹流ダム

函館市西部の亀田川支流、笹流川に設けられた総貯水量60万6千m³、湛水面積0.076km²、利用水深13.6mの多目的ダムである¹³⁾。

集水域の表層地質は泥岩からなり、土壌は新中野ダムと同様である¹⁴⁾ことから、集水域土壌の酸緩衝能は高めであるとみられる。

しかしながら、湖水のpH、アルカリ度は、1992年のデータ¹⁷⁾でそれぞれ7.1、0.045meq/l、1997年のデータ¹⁸⁾でそれぞれ6.7、0.093meq/lと、アルカリ度がかなり低い。

魚類は未確認である。

真簾沼

札幌市南東部の空沼岳中腹に位置し、支笏洞爺国立公園に属する標高1060m、面積0.08km²の小さな淡水湖である¹⁹⁾。

集水域の表層地質は安山岩質岩石からなり、土壌はオコタンベ湖と同様である¹⁰⁾ことから、集水域土壌の酸緩衝能は中程度であるとみられる。

魚類は未確認である。

万計沼

同じく空沼岳中腹に位置し、支笏洞爺国立公園に属する標高910m、面積0.03km²の小さな淡水湖である。流出河川は万計沢川の一本が存在する¹⁹⁾。

集水域の表層地質、土壌は、真簾沼と同様であり¹⁰⁾、集水域土壌の酸緩衝能は中程度であるとみられる。

魚類はオショロコマが生息している²⁰⁾。

橋湖

登別市の北東に位置し、支笏洞爺国立公園に属するとともに、日本では珍しい私有湖となっている。標高400m、水深(最大13.8m、平均6.0m)、面積0.07km²の小さな淡水湖で¹⁹⁾ 流入・流出河川はない。

集水域の表層地質は安山岩質岩石からなり、土壌は褐色森林土-粗粒火山放出物未熟土壌からなる¹⁰⁾。これら土壌の耐酸性区分は、6段階でそれぞれ3番目、2番目の弱さに分類される¹¹⁾ことから、集水域土壌の酸緩衝能は低めで

あるとみられる。

魚類はニジマス、ヒメマス、鯉が生息している^{21,22)}。

駒止湖

鹿追町の北東に位置し、大雪山国立公園に属する。標高855m、水深(最大5.0m、平均1.6m)、面積0.04km²の小さな淡水湖で、流入・流出河川はない⁷⁾。

集水域の表層地質は安山岩質岩石からなり、土壌は高山性岩屑土壌-岩石地からなる²³⁾。高山性岩屑土の耐酸性区分は6段階で最弱に分類され¹¹⁾、岩石地の酸緩衝能はそれより低いとみなせることから、集水域土壌の酸緩衝能は非常に低いとみられる。

湖水のpHは、1983年および1985年のデータから5.7~6.2と低い。また、魚類は生息していない⁷⁾。

3 調査方法

各湖沼の調査実施日を表-1、調査地点を図-1に示す。オコタンベ湖については、北東部にある最深地点(地点1)、南部(地点2)、西岸中央部の最大流入河川(地点3)の3地点について調査を行った。また、新中野ダムについては流入河川水(地点1)を、その他の湖沼は湖岸から表層水(全て地点1と標記)を採取した。採水後、直ちに水温、電気伝導度(以後、ECと略記)、pHを測定した。

表-1 調査実施日

湖沼名	調査実施日
オコタンベ湖	2002年10月24日
新中野ダム	2002年5月21日
笹流ダム	2002年5月21日
真簾沼	2002年9月16日
万計沼	2002年9月16日
橋湖	2002年11月10日
	2003年11月1日
	2005年6月4日
	2006年5月13日
駒止湖	2006年9月26日

アルカリ度測定用以外の試水はガラス繊維濾紙(Whatman,GF/F)を用いて濾過を行って実験室に持ち帰り、溶存金属分析用の試水はさらに硝酸酸性として分析に供した。クロロフィル-a(以後、Chl-aと略記)の測定は、現地で試水100mlを濾過したガラス繊維濾紙(Whatman,GF/F)を持ち帰り、分析に供した。アルカリ度は硫酸滴定、Na⁺,K⁺,Ca²⁺,Mg²⁺は原子吸光光度法、溶存態アルミニウム(以後、D-Alと略記)は電気加熱原子吸光光度法、NO₃⁻,NO₂⁻,NH₄⁺,リン酸態リン(以後、PO₄-Pと略記)はそれぞれカドミウム-銅カラム法、ジアゾ化法、インドフェノール法、モリブデン青法、SiO₂はモリブデン青法、溶存有機態炭素(以後、DOCと略記)は燃焼-非

調査結果を、2004年のコックリ湖の調査データ、および過去の文献値が存在するものについてはそれらも合わせて表-2に示した。

4.1 オコタンベ湖、新中野ダム、笹流ダム

オコタンベ湖は2002年の調査で、pHが流入河川（地点3）も含めて6.00~6.08と低く、アルカリ度は地点1の深層（20m）を除いて0.050meq/l以下と極めて低かった。また、 SO_4^{2-} 濃度は日本の降水中平均濃度（2.64mg/l、 $19.2 \mu\text{mol/l}=1.84\text{mg/l}$ ）^{24, 25)}と比較して39.51~46.27mg/lと非常に高かった。

水質の文献値は1930年からのデータがあり、1930年における地点4の表層水においても46.29mg/lの SO_4^{2-} 濃度が観測され、1931年の地点1や地点5のpHは、2002年よりかなり低い4.9~5.0が観測されている。オコタンベ湖の東に隣接する恵庭岳は活火山であることから、水源が火山性の温泉等による影響を受けているものとみられる。

また、各調査で地点の違いは一部見られるが、一連のデータから、pHやアルカリ度が高くなっていく傾向と同時に、栄養塩（ NH_4^+ 、 NO_3^- 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）、Chl-a、CODの増加や透明度の低下傾向も認められ、酸性化が緩和し、生物生産活性が高まっていることも伺えた。

新中野ダム流入河川や笹流ダムは、2002年の調査でpHがそれぞれ6.59、6.15と低めで、アルカリ度がそれぞれ0.118meq/l、0.058 meq/lと笹流ダムで特に低かった。また、 SO_4^{2-} 濃度はともに18mg/l以上とかなり高かった。新中野ダムの上流域には、かつて赤沼鉱山（褐鉄鉱）が操業していたほか、これらのダムの上流域周辺には、硫黄鉱床の生成に関係あると思われる変質帯が認められる雁皮山や庄司山があることから²⁶⁾、水源がこれら地質の影響を受けているものと推測される。

以上の3湖沼については、酸性雨の主要成分である SO_4^{2-} が、温泉や鉱山等による影響を受けている可能性が高いことから、酸性雨による影響を効果的にモニタリングすることは

難しいと判断された。

4.2 真簾沼、万計沼

真簾沼はアルカリ度が0.180meq/lで、前記した酸性雨に対する感受性の判断基準値0.200meq/lを若干下回るが、調査した湖沼の中では高い方であり、pHは7を上回ってい

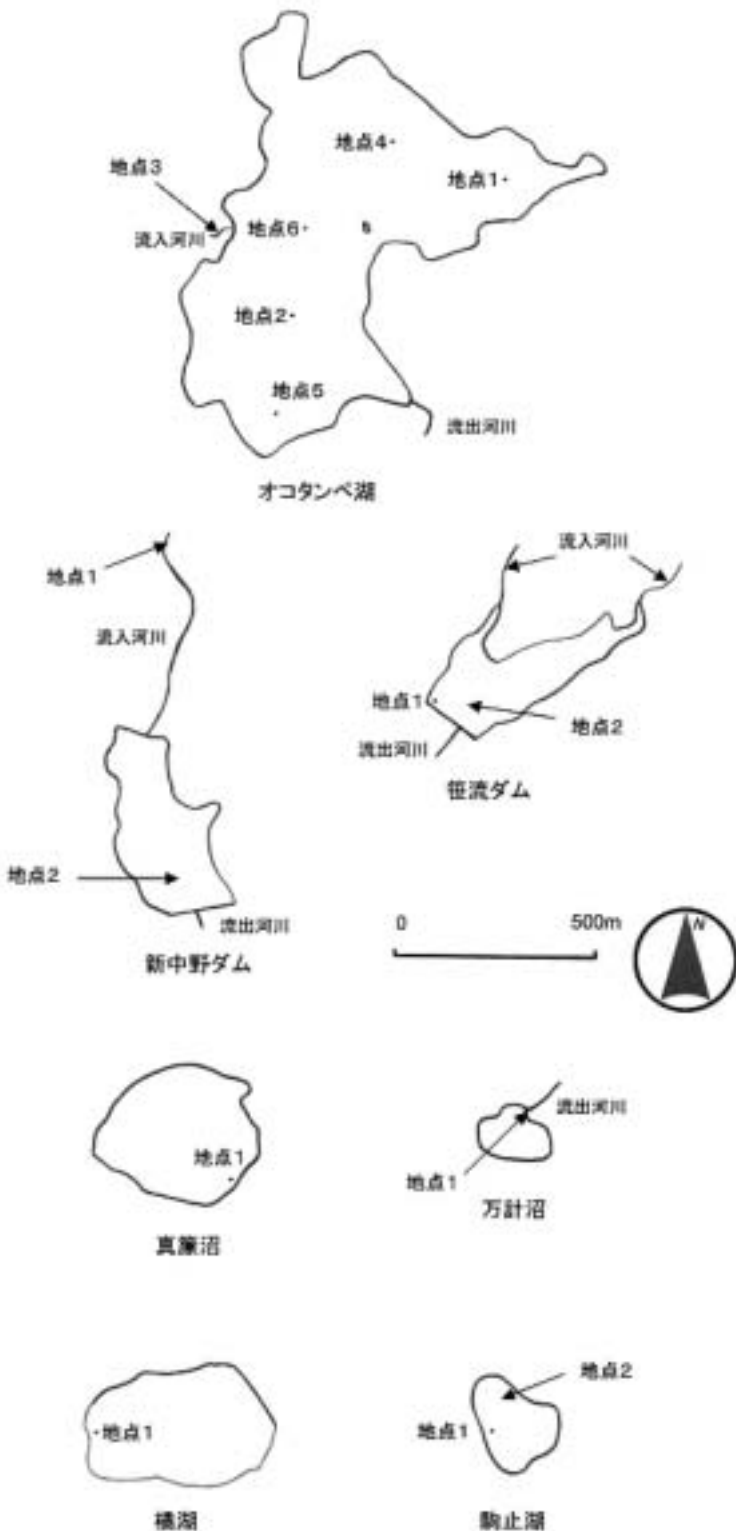


図1 各湖沼の調査地点図

分散形赤外線ガス分析法、 Cl^- 、 SO_4^{2-} はイオンクロマトグラフ法、Chl-aはメタノール抽出-蛍光光度法により測定した。

4 結果と考察

表一-2 湖沼調査結果

市町村名	湖沼名	年月日	地点名 (水深/m)	透明度 (m)	水温 (℃)	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{m}$)	7日移動 (meq/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	chl-a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	DOC (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	D-Al (mg/l)	COD (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	備考		
蘭越町	コックリ湖	2004/5/27	最深地点(0)	—	18.0	6.04	5.04	0.025	4.02	0.38	10.51	<0.01	5.99	0.52	0.97	0.86	1.76	1.23	<0.01	<0.001	0.01	—	1.89	—		
		2004/8/24	最深地点(0)	—	21.6	5.93	4.79	0.026	3.77	<0.04	10.13	<0.01	5.81	0.57	0.88	0.77	1.56	1.98	<0.01	<0.001	0.01	—	0.51	—		
		2004/11/24	最深地点(0)	—	4.8	6.05	5.09	0.017	4.10	<0.04	11.92	<0.01	6.89	0.61	0.92	0.87	6.04	1.79	<0.01	<0.001	<0.01	—	1.55	—		
千歳市	オコタンベ湖	1930/9/21	地点4(0)	—	15.3	≤5.40	—	—	46.20 ^{注4}	—	5.40	0.07 ^{注3}	—	—	11.33 ^{注1}	2.73 ^{注2}	—	—	—	0.002 ^{注5}	—	—	—	19.0	文庫より引用	
		—	地点4(19)	—	11.5	≤5.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.002 ^{注5}	—	—	—	13.5	—	
		—	地点3	—	10.4	5.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.001 ^{注5}	—	—	—	22.0	—	
		1931/8/31	地点1(0)	—	17.8	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.004 ^{注5}	—	—	—	16.5	文庫より引用	
		—	地点1(21)	—	10.5	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.003 ^{注5}	—	—	—	14.7	—	
		—	地点5(0)	—	17.3	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24	—	—	
		1973/10/9	地点6(0)	11.2	12.3	5.35	—	0.024 ^{注6}	37.33	0.35	7.40	<0.01	—	—	—	13.28	—	—	—	—	0.007	—	0.24	19.8	文庫より引用	
		—	地点6(10)	—	11.8	5.35	—	0.024 ^{注6}	37.42	0.09	7.61	<0.01	—	—	—	13.57	—	—	—	—	0.001	—	0.5	19.6	—	
		1986/7/28	地点1(0)	7.0	—	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7	—	—	—	0.5	—	—	文庫より引用
		—	地点2(0)	7.0	—	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6	—	—	—	1.5 ^{注6}	—	—	—
2002/10/24	地点1(0)	5.6	10.1	6.04	12.90	0.049	46.27	0.75	2.57	0.02	3.95	0.48	3.95	0.48	13.81	2.27	0.98 ^{注6}	0.64	0.02	0.005	0.02	1.8 ^{注6}	21.7	—		
—	地点1(20)	—	8.4	6.08	13.68	0.131	45.43	0.29	2.77	0.28	4.01	0.50	4.01	0.50	15.32	2.52	0.80 ^{注6}	0.90	0.02	0.005	0.03	1.9 ^{注6}	19.9	—		
—	地点2(0)	5.2	10.0	6.06	12.81	0.046	46.13	0.77	2.55	0.02	3.95	0.49	3.95	0.49	14.17	2.40	1.10 ^{注6}	0.70	0.02	0.007	0.02	<0.5 ^{注6}	21.1	—		
—	地点3	—	7.6	6.00	11.32	0.038	39.51	1.23	2.46	<0.01	3.78	0.47	3.78	0.47	11.63	2.17	—	0.41	0.03	0.009	0.06	1.2	23.41	—		
1994/9/8	地点2(0)	4.4	19.5	6.98	9.60	0.102	—	<0.02	8	0.06	—	—	—	—	—	—	0.67	—	<0.02	<0.003	—	1.2	27.0	文庫より引用		
—	地点1	—	18.9	7.03	9.86	0.046	—	<0.02	7	0.01	—	—	—	—	—	—	1.1	—	<0.02	<0.003	—	1.3	28.7	—		
1999/8/23	地点2(0)	3.00	18.4	7.0	6.69	0.129	—	0.35	4	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	<0.02	0.007	—	3.3	12	文庫より引用		
—	地点1	—	15.1	6.9	6.94	0.134	—	0.62	4	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	<0.02	<0.003	—	—	11	—		
2002/5/21	地点1	—	9.8	6.59	7.45	0.118	18.55	0.33	4.46	<0.01	4.84	0.84	4.84	0.84	4.99	1.32	—	0.76	0.02	0.013	0.17	0.6	27.1	—		
1992/6/23	地点2(0)	6.8	19.2	7.1	6.8	0.045	—	0.10	9.1	0.05	—	—	—	—	—	—	0.48	—	<0.01	<0.001	—	1.0	17.1	文庫より引用		
—	地点2(10)	—	14.7	7.1	6.8	0.076	—	0.38	7.8	0.05	—	—	—	—	—	—	0.50	—	<0.01	<0.001	—	2.0	16.4	—		
1997/10/27	地点2(0)	2.0	9.9	6.7	4.54	0.093	11.0	0.31	7	<0.06	—	—	—	—	—	—	0.43	—	<0.02	<0.003	—	1.9	15	文庫より引用		
—	地点2(10)	—	9.5	7.1	4.52	0.093	11.2	0.35	7	<0.06	—	—	—	—	—	—	0.36	—	<0.02	<0.003	—	—	15	—		
2002/5/21	地点1(0)	—	13.6	6.15	7.45	0.058	18.08	0.31	6.28	<0.01	5.48	0.90	5.48	0.90	4.18	1.38	—	0.52	0.02	0.006	<0.01	3.09	19.5	—		
2002/9/16	地点1	—	15.8	7.30	2.87	0.180	1.48	0.15	2.13	<0.01	2.10	0.38	2.10	0.38	2.37	0.54	2.83	1.46	<0.01	0.001	0.02	0.55	9.46	—		
2002/9/16	地点1	—	11.2	8.36	4.95	0.347	1.59	0.60	2.61	<0.01	3.02	0.79	3.02	0.79	4.27	1.04	2.10	0.49	<0.01	0.002	<0.01	—	19.9	—		
2002/11/10	地点1(0)	—	4.5	6.61	1.94	0.045	2.08	0.09	2.90	0.02	1.98	0.28	1.98	0.28	0.68	0.25	—	1.11	<0.01	0.002	<0.01	—	2.49	—		
2003/11/1	地点1(0)	—	11.6	6.76	1.79	0.035	1.98	0.04	2.70	<0.01	1.90	0.27	1.90	0.27	0.67	0.25	1.79	1.24	<0.01	0.001	<0.01	—	1.96	—		
2005/6/4	地点1(0)	—	13.4	6.27	2.06	0.025	2.38	0.30	3.39	0.02	2.12	0.27	2.12	0.27	0.75	0.29	1.17	1.01	<0.01	<0.001	<0.01	—	1.74	—		
1983/7/17	地点1(0)	—	10.4	6.09	2.09	0.031	2.25	0.25	3.20	0.05	2.44	0.32	2.44	0.32	0.77	0.34	1.31	0.85	<0.01	<0.001	<0.01	2.9	0.09	—		
1985/10/8	地点2(0)	3.3	—	5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—		
—	地点2(0)	>4.0	—	6.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	文庫より引用	
2006/9/26	地点1(0)	—	16.0	5.81	1.13	0.017	2.11	<0.04	1.03	0.02	0.77	0.27	0.77	0.27	0.71	0.16	0.27	1.60	<0.01	<0.001	0.05	—	1.52	—		

—はデータなし

注1) 文庫のCaO換算値をCa²⁺値に換算

注2) 文庫のMgO換算値をMg²⁺値に換算

注3) 文庫のNH₃換算値をNH₄⁺値に換算

注4) 文庫のSO₃換算値をSO₄²⁻値に換算

注5) 文庫のP₂O₅換算値をPO₄-P値に換算

注6) 文庫の総アルカリ度 (CaCO₃ ppm) をアルカリ度 (meq/l) に換算

表一3 平成16年度 酸性雨陸水モニタリング調査 集計表 (年平均値) 30 より主要部分抜粋
陸水モニタリング

県名	湖沼名	地点名	年4回必須項目													年1回必須項目					年1回選択項目	
			水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	アルカリ度 (meq/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Chl-a (µg/L)	DOC (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	COD (mg/L)		
山形県	今神御池	湖心表層	18.7	6.5	4.1	0.066	3.9	<0.1*	6.9	<0.03**	5.3	0.42	0.57	2.5	-	<0.01**	<0.05**	0.04*	2.9**			
栃木県	刈込湖	湖心表層	15.9	6.8	3.1	0.14	5.68	0.39	0.72	<0.10**	2.93	0.52	2.17	4.7	1.64	<0.10**	<0.015**	-	-			
長野県	雄池・雌池 (双子池)	雄池表層*3	15.0	7.03	1.85	0.115	1.48	0.90	0.42	<0.02**	1.05	0.25	2.07	0.27	1.00	0.006	<0.003**	0.018	1.23			
		雌池表層*3	17.1	5.75	0.684	0.022	1.25	<0.05**	0.39	<0.02**	0.30	0.16	0.36	0.09	1.04	1.35	<0.001**	<0.003**	0.027	2.06		
新潟県	山居池	湖心表層	15.3	6.88	8.80	0.114	4.54	<0.03**	18.76	<0.01**	11.81	1.20	1.70	9.0	1.6	<0.02**	<0.03**	<0.01**	-			
石川県	大島池	湖心表層	18.2	6.44	4.20	0.116	1.47	0.18	6.78	<0.05**	4.48	0.97	1.31	17.65	1.84	<0.10**	<0.03**	<0.02**	4.53			
福井県	夜叉ヶ池	湖心表層	17.9	5.32	1.83	0.022	1.70	0.59	2.67	0.04	1.60	0.37	0.52	25.8	1.2*	<0.01**	0.003	0.05	3.0			
岐阜県	伊自良湖	湖心表層	18.7	7.17	4.05	0.145	4.79	1.88	2.34	0.12	2.15	0.23	2.71	2.4	1.1	<0.02**	<0.03**	-	-			
京都市	沢の池	池中央部表層	17.4	5.70	1.70	0.021	1.43	<0.06**	2.86	<0.04**	1.51	0.19	0.50	2.1	1.9	<0.03**	<0.05**	0.085	1.7			
香川県	永富池	湖心表層	16.6	7.11	8.37	0.40	7.51	2.41	5.28	0.07	6.95	0.85	6.52	6	-	0.01	<0.01**	0.037	4.0			
島根県	蟠竜湖	N0.2(湖心)表層	19.2	7.10	10.7	0.165	3.96	0.160	23.0	0.05	14.0	1.84	1.05	3.6	3.3	<0.003**	<0.003**	0.02	4.8			
		N0.3 表層	19.0	6.95	10.6	0.170	4.11	0.143	22.7	0.04	13.6	1.81	1.08	3.6	3.2	<0.003**	<0.003**	0.01	4.5			
山口県	山の口ダム	湖心表層	18.0	6.51	5.75	0.101	4.47	0.65	9.72	<0.01**	7.11	0.95	1.20	1.4	1.1*	<0.02**	<0.02**	0.01	-			

・表示桁数は原則各自治体報告書通りとした。
 ・測定値が定量下限値未満の場合は0とみなし、年平均値は計算された。また、計算した平均値が定量下限未満の場合は、定量下限未満とした。

- *1: 年1回測定値
- *2: 年2回測定値
- *3: 年3回測定値
- *4: 定量下限未満の値
- *5: 年4回実施
- *6: 9月のデータ

た。

万計沼はアルカリ度が0.345meq/lで、pHは8を上回っていた。

以上の2湖沼については、2章で述べたように集水域土壌の酸緩衝能は中程度であるが、山岳地帯のため、土壌層厚が薄くて湖水の酸緩衝能が低い可能性が懸念された。しかし現在のところ、湖水の酸緩衝能はある程度保たれていると考えられる。したがって、1章で触れたコックリ湖ほど酸性化の懸念される湖沼ではなく、モニタリングの必要性も高くはないと判断された。

4.3 橋湖、駒止湖

橋湖は、これまで4回行った調査では、pHが6.09~6.76で、5月や6月の春の調査時に6.09~6.27の低めの値を示した。また、アルカリ度は0.025~0.045meq/lと極めて低かった。2章で述べたように、橋湖は集水域土壌の酸緩衝能が低いとみられるほか、火口湖¹⁹⁾のために集水域面積が非常に小さく、降水の大部分は土壌との接触をあまり受けずに、あるいは直接、湖に入るとみられ、このように酸緩衝能に乏しい水質が形成されていると考えられる。また、調査した年が異なるが、11月より5、6月のSO₄²⁻、NO₃⁻濃度が高く、pHやアルカリ度が低くなっており、積雪中に蓄積した酸性沈着物が融雪により短期集中的に負荷され、一時的に僅かながら酸性化が生じているものと推察された。

次に駒止湖について見ると、2006年の調査でpHは5.81と低く、アルカリ度は0.017meq/lと極めて低かった。2章で述べたように、集水域土壌の酸緩衝能が非常に低いとみられることから、酸緩衝能に乏しい水質が形成されていると考えられる。

さらに橋湖と駒止湖の双方に関しては、ECがそれぞれ1.79~2.09mS/m、1.13mS/mと非常に低く、SO₄²⁻をはじめ、特に高い濃度を示すイオンはないことから、温泉や鉱山等の影響はほとんどないとみられる。

以上の点から、橋湖や駒止湖は酸性雨による酸性化が懸念されるとともに、その影響を判別しやすい湖沼でもある。したがって、酸性化の早期発見、早期対策に備えたモニタリングを行う必要があると判断さ

れた。なお、既にモニタリングを行っているコックリ湖も、海塩由来成分以外はイオン濃度が低く、同様な湖沼である。

4.4 環境省が酸性化モニタリングを行っている湖沼との比較

環境省は、酸性雨の沈着状況および影響の経年的変化といった長期的なトレンドの検討を行うためには、長期的モニタリングが不可欠との観点から、「酸性雨長期モニタリング計画」を平成14年3月に策定し、平成15年度より「長期モニタリング」を開始している。平成16年度の報告書で、生態影響調査は、主として国立公園をはじめとした生態系を保護すべき地域の調査に重点を置くこととなったと報告されており²⁷⁾、陸水モニタリングの対象に選出された湖沼は表-3の12湖沼となっている。

このうち、アルカリ度が0.050meq/l以下と極めて低いうえ、温泉や鉱山等の影響はほとんど考えられない湖沼は、雌池、夜叉ヶ池、沢の池の3湖沼であり、酸性化モニタリングを行う必要性が特に高い湖沼とみなされる。すなわち、これら3湖沼と同様な湖沼である道内のコックリ湖、橋湖、駒止湖は、酸性化モニタリングを行う必要性が国内においても特に高い湖沼と判断される。

5 結論

道内7湖沼の概況調査の結果、現在、酸性化モニタリングを行っているコックリ湖に加えて、橋湖や駒止湖もアルカリ度が0.050meq/l以下と極めて低く、イオン濃度も低いことから、酸性雨による酸性化が懸念されるとともに、その影響を判別しやすい湖沼であることが判明した。環境省のモニタリング対象湖沼の中に北海道の湖沼はないが、アルカリ度が0.050meq/l以下のものは12湖沼のうち3湖沼であり、モニタリングの必要性が国内でも特に高い湖沼とみなされる。橋湖や駒止湖は国立公園内の貴重な生態系の一部でもあり、酸性化モニタリングが必要であると判断された。

また、環境省が酸性化モニタリングを行っている湖沼のうち、岐阜県の伊自良湖では、流入河川や湖水のアルカリ度が0.100meq/l以上あるが、酸沈着量が国内で特に多い地域という実態もあり、流入河川や湖水、周辺土壌の酸性化が疑われるデータが得られつつある³¹⁾。道内では伊自良湖ほど酸沈着量の多い地域は認められていないが、酸性雨による湖沼生態系への影響を的確に把握するためには、酸性沈着物のモニタリングはもちろんのこと、集水域土壌、水生生物なども含めた総合モニタリングを行うことが重要である。

6 謝辞

一部の湖沼の現地調査にあたり、当センターの諸氏にご協力を頂きました。この場をお借りして深謝いたします。

参考文献

- 1) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書 概要版（平成16年6月（2004））pp.27-30.
- 2) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書 概要版（平成16年6月（2004））pp.5.
- 3) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書（平成16年6月（2004））pp.139.
- 4) 阿賀裕英：北海道環境科学研究センター所報31（2004）93.
- 5) 阿賀裕英、野口泉、三上英敏、五十嵐聖貴、藤田隆男、坂田康一：北海道環境科学研究センター所報27（2000）46.
- 6) 阿賀裕英、野口泉、藤田隆男、坂田康一：北海道環境科学研究センター所報28（2001）112.
- 7) 北海道公害防止研究所：北海道の湖沼（1990）.
- 8) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書（平成16年6月（2004））pp.207.
- 9) 高安三次、五十嵐彦仁：陸水学雑誌5（1935）117.
- 10) 国土庁土地局：土地分類図01（北海道Ⅰ）（1975）.
- 11) 環境庁：酸性雨の土壌への影響予察図（1984）.
- 12) 田中正明：日本湖沼誌（名古屋大学出版会、1992）pp.166
- 13) 北海道広域利水調査会：北海道のダム1986（1986）.
- 14) 国土庁土地局：土地分類図01（北海道Ⅴ）（1978）.
- 15) 北海道環境科学研究センター：平成6年度湖沼等環境保全基礎調査（湖沼環境監視調査）報告書（1995）.
- 16) 北海道環境科学研究センター：平成11年度湖沼等環境保全基礎調査（湖沼環境監視調査）報告書（2000）.
- 17) 北海道環境科学研究センター：平成4年度湖沼等環境保全基礎調査（湖沼環境監視調査）報告書（1993）.
- 18) 北海道環境科学研究センター：平成9年度湖沼等環境保全基礎調査（湖沼環境監視調査）報告書（1998）.
- 19) 大木隆志：北海道 湖沼と湿原 水辺の散歩道（北海道新聞社、2000）.
- 20) 北海道：第2回自然環境保全基礎調査 湖沼調査報告書（1979）.
- 21) <http://www.city.noboribetsu.hokkaido.jp/spa/sub12.html>
- 22) <http://www.htb.co.jp/archives/archives03.html>
- 23) 国土庁土地局：土地分類図01（北海道Ⅱ）（1976）.

- 24) 日本化学会：季刊 化学総説14 陸水の化学（1992）
pp.71.
- 25) 環境省：平成16年度酸性雨調査結果 湿性沈着モニタ
リング結果
[http://www.env.go.jp/earth/acidrain/monitoring/
h16/data/03.xls](http://www.env.go.jp/earth/acidrain/monitoring/h16/data/03.xls).
- 26) 北海道開発庁：5万分の1地質図幅説明書 東海（札
幌－第81号）（1969）pp20-26.
- 27) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりま
とめ報告書（平成16年6月（2004））pp.199, pp205,
pp209.
- 28) 環境庁自然保護局：国立公園湖沼水質調査報告書（第
3集）（1973）.
- 29) 北海道環境科学研究センター：平成14年度湖沼等環境
保全対策調査報告書（2003）.
- 30) 環境省：平成16年度酸性雨調査結果 陸水モニタリン
グ結果
[http://www.env.go.jp/earth/acidrain/monitoring/
h16/data/11.xls](http://www.env.go.jp/earth/acidrain/monitoring/h16/data/11.xls).
- 31) 環境省酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合とりま
とめ報告書（平成16年6月（2004））pp.147, pp164-
168.

Lakes survey for acidification monitoring

Hirohide Aga

Abstract

The selected seven lakes in Hokkaido were surveyed on the water quality to find the monitoring sites aimed at early detection of lake acidification. As the result, two lakes, the Lake Tachibana in Noboribetsu City and the Lake Komadome in Shikaoi Town, were found that they are poor in acid buffering capacity, and easily detectable in effects of acid deposition due to their low ionic concentrations. The acid buffering capacities of these two lakes are as low as those of the Lake Kokkuri we are monitoring now and the three lakes whose acid buffering capacities are especially low among the lakes in the acidification monitoring program of the Ministry of Environment. Thus it was recommended that the acidification monitoring at new two lakes should be also started.