



Title	北海道における積雪成分の分布図
Author(s)	野口, 泉; 加藤, 拓紀; 酒井, 茂克 他
Description	第6回衛生工学シンポジウム (平成10年11月5日 (木) -6日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 調査事例 . P7-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 6, 235-240
Issue Date	1998-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7356
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-7-1_p235-240.pdf



7-1 北海道における積雪成分の分布図

野口 泉, 加藤拓紀, 酒井茂克, 岩田理樹, 秋山雅行, 大塚英幸, 坂田康一, 松本 寛
(北海道環境科学研究センター)

1. はじめに

酸性雨は、主に化石燃料の燃焼に由来する二酸化硫黄、窒素酸化物などが硫酸、硝酸となって降水に含まれ、あるいは直接ガスやエアロゾルとして沈着する現象である。これらの大気汚染物質は、発生源から数百キロ、時には数千キロも遠く離れた地域にまで輸送されることから、酸性雨は国境を越える問題、いわゆる地球環境問題の一つに挙げられる。そのため、関東地方などと比べて発生源のそれほど多くない北海道においても酸性雨の実態を把握し、その影響を検討することが重要となっている。

北海道などの積雪寒冷地では、雪が降る期間が長く、その量も多いため、雨のみではなく酸性雪についても検討する必要がある。雪の場合は、落下速度が遅いため、大気中の汚染物質を取り込みやすいこと (Takahashiら、1996)、春先まで積雪として蓄えられ、春先の雪解け時期には、濃縮された酸性度の強い融雪水が短期間に流出することが報告されている (Johannessenら、1978)。そのため、北海道と同様に積雪寒冷地である北欧では、融雪水中の酸性物質の負荷 (アシッドショックと呼ばれる) による陸水生態系への影響がみられ、魚類の減少などを引き起こしたことが報告されている (Likensら、1979)。また我が国でも、積雪中の酸性物質によって広葉樹とその菌根が影響を受け、森林の枯損が起こっている可能性が示唆されている (小川、1996)。

酸性雪の調査研究は、降水調査としてかなり多くのデータが蓄積されてはいるが、融雪水として流出する積雪成分は、降雪に含まれる成分のみでなく、積雪表面に直接沈着するガスやエアロゾル成分も含んでいる。そのため、融雪水の生態系に対する影響を検討する上では、積雪

中に蓄積している成分を把握する必要がある。

国内における積雪中の酸性物質の広域分布としては、荒木ら(1987)と石井ら(1992)が報告しているが、長期にわたる報告はない。我々は、長期的変動も含めた積雪成分の分布状況を明らかにし、さらにその陸水生態系への影響の可能性について検討を行ったので報告する。

2. 調査方法及び解析方法

1988、1992及び1996年の主に2月に積雪成分の分布調査を行った。調査地点を図1に示す。調査地点は、広域分布に偏りをもたらず可能性の高い都市部を除き、田園地域、都市後背地などを選択した。

積雪試料は、ステンレススチールパイプ (断面積 20cm^2) を用い、全層を一括採取した。試料は重量測定後、室温で溶解、メンブランフィルター (ポアサイズ $0.2\mu\text{m}$) でろ過を行った。化学分析の項目は、pH (ガラス電極)、電気伝導率 (電気伝導率計)、硫酸イオン、硝酸イオン、塩化物イオン (以下 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- : イオンクロマトグラフ)、アンモニウムイオン (以下 NH_4^+ : オートアナライザー)、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、及びカリウムイオン (以下 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ : 原子吸光) である。非海塩由来成分は、ナトリウムを基準に海塩組成比を用いて海塩由来の割合を算出し、残りを非海塩由来成分 (以下nss-と略す。) とした。積雪水量は、山田ら (1982) の報告に従い、7日間の移動日平均気温がはじめて 0°C を超えた日を融雪開始日として、根雪開始日から融雪開始日までの積算降水量を道内153局の気象観測所のデータから算出し、その値とした。

分布図の作成に当たっては、積雪水量及び H^+ 、 NO_3^- 、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 NH_4^+ 、 $nss-Ca^{2+}$ 濃度について、3次元スプライン法を補間法として用いた。各メッシュは、およそ8km×8kmの解像度である。なお、成分蓄積量は、メッシュ毎に各成分濃度と積雪水量を乗じて算出した。

3. 結果及び解析

(1) 積雪成分の挙動

積雪水量及び積雪中の H^+ 、 NO_3^- 、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 NH_4^+ 、 $nss-Ca^{2+}$ の濃度分布をそれぞれ図2~7に示す。一般に降水成分濃度は、降水量の多い場合は低いですが、本調査では、いずれの年においても積雪水量の多い日本海側の地域で、 H^+ 、 $nss-SO_4^{2-}$ 濃度が高かった。これらの地域は発生源が少なく、また冬期の主風向は北西であるため内陸の他地域からの発生源の影響も受けにくいことから、 H^+ 、 $nss-SO_4^{2-}$ 高濃度現象の原因として、長距離輸送された大気汚染物質の影響が考えられた(北村、1991; Noguchiら、1996)。一方、 NO_3^- 、 NH_4^+ 及び $nss-Ca^{2+}$ 濃度については、明確な地域的特徴は認められなかった。また成分蓄積量の分布は、いずれの成分についても日本海側で多い傾向がみられた。

成分の平均蓄積量を表1に示す。各調査年の成分の平均蓄積量の間には、以下の関係がみられた。

1988年
: $nss-Ca^{2+} > nss-SO_4^{2-} > NH_4^+ > H^+ > NO_3^-$

1992年
: $nss-SO_4^{2-} > nss-Ca^{2+} > H^+ > NH_4^+ > NO_3^-$

1996年
: $nss-SO_4^{2-} > H^+ > NO_3^- > NH_4^+ > nss-Ca^{2+}$

1988年には最も蓄積量の多かった $nss-Ca^{2+}$ は経年的に大きく減少し、1996年には最も蓄積量の少ない成分となった。それに対して、 H^+ 蓄積量は増加し、1996年には $nss-SO_4^{2-}$ について蓄積量が多かった。 $nss-SO_4^{2-}$ と NH_4^+ は蓄積量の減少が認められたが、大きな順位の変動はなかった。 NO_3^- は蓄積量の変化はほとんどなかったが、1996年には $nss-SO_4^{2-}$ 、 H^+ について蓄積量

が多くなった。これら成分蓄積量の長期的変動傾向は成分濃度についても同様であった。

積雪中の $nss-Ca^{2+}$ 濃度及び沈着量の減少と H^+ 濃度及び沈着量の増加は、スパイクタイヤの使用禁止によって大気中アルカリ道路ダストが減少したことに起因していると考えられる。1990年以前は、北海道ではほぼ100%の割合でスパイクタイヤが使用され、高濃度のアルカリ道路ダスト(アスファルト粉じん)現象が観察されていた。アスファルト舗装は11%の石灰が添加されており、この石灰は道路表面では大気中の CO_2 により $CaCO_3$ に変わる。道路近傍のアスファルト粉じんは、3%程度の炭酸カルシウムを含んでおり、水溶性成分の90~96%は炭酸カルシウムである。

一方、 $nss-SO_4^{2-}$ と NH_4^+ 濃度の減少については、札幌の降水調査でも同様の傾向が観測されているが、その原因についてはまだ不明である。

(2) 積雪成分による陸水影響

融雪水の陸水への影響に関しては、土壌の緩衝能力、積雪の状況、融雪の状況などによって大きく異なることが報告されている(Hans, M. Seip, 1982など)。これらの要因を的確に把握することは現段階では困難であるが、既存のデータから、融雪水による湖沼のpH低下の可能性について検討した。

湖沼のアルカリ度は1992年から1995年に測定された値を用い、湖沼の酸中和能力をアルカリ度と湖沼の体積(ダム湖の場合は有効貯水量)から算出した。また酸流入量(H^+ 流入量)を1992、1996年の積雪中 H^+ 平均蓄積量(湖沼に最も近いメッシュ値を用いている)と湖沼の集水域面積から算出した。

湖沼の酸中和能力と融雪水として流入する H^+ 流入量の関係を表2に、湖の位置を図8に示す。

日本海側の中央部、小樽近郊の2つの湖沼で、 H^+ 流入量が湖沼のアルカリ度の容量を上回る場合が認められ、これらの湖沼では、雪解け水によって湖沼水のpH低下が起こる可能性が考えら

れた。現在我々は、これらの地域で1997年度より酸性沈着物による陸水影響に関する調査を実施している。

4. まとめ

積雪寒冷地である北海道では酸性雪問題は重要であり、特に酸性物質が濃縮されて流出する融雪水の影響が最も懸念される場所である。そのため、本報告では北海道における積雪成分の分布などについて検討を行った。その結果、長距離輸送されたと考えられる大気汚染物質の影響によって、日本海側で硫酸イオン、水素イオン濃度が高く (pHが低く)、積雪水量も多いことから、春先にはこれらの地域で酸性度の高い融雪水が流出することが考えられた。また、1992年以降はアスファルト粉じんの影響が小さくなり、水素イオンの蓄積量が増加しているため、融雪水の酸性度はより高くなっていると考えられた。そこで、融雪による酸 (H^+) 流入量と湖沼水の酸中和能力を比較したところ、日本海側の中央部の湖沼で融雪水による湖沼水のpH低下の可能性が考えられた。

参考文献

- Johannessen, M. and Henriksen, A., "Chemistry of Snow Meltwater: Changes in Concentration During Melting", *Water Resource Research*, 14, 615-619 (1978)
- Likens, G. E., Wright, R. F., Galloway, J. N. and Butler, T., "Acid Rain", *Sci. Am.*, 241, 4, 39-47 (1979)
- Noguchi, I., Kato, T., Akiyama, M., Otsuka, H. and Matsumoto, Y., "The Effect of Alkaline Dust Decline on The Precipitation Chemistry in Northern Japan", *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 2357-2362 (1995)
- Noguchi, I., Oshio, T., Matsumoto, M., Morisaki, S., Oohara, M., Tamaki, M., Hiraki, T., Fukuzaki, N., Kamiyama, K., "Distributions of Precipitation Components in Japan", *Proceeding of International Conference on Acid Deposition in East Asia*, Taipei, Taiwan, 194-203 (1996)
- Seip, H. M., "Acid Snow Snowpack Chemistry and Snowmelt", *Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems*, Plenum Press, 77- 94 (1980)
- Takahashi, T., Endoh, T., Muramoto, K., Nakagawa, C. and Noguchi, I.: "Influence of The Growth Mechanism of Snow Particles on Their Chemical Composition", *Atmospheric Environment*, 30, 1683-1692 (1996)
- 荒木邦夫, 加藤拓紀, 田淵修二, 野口 泉, 高橋英明, 坂田康一, 青井孝夫: 「酸性雪に関する研究(Ⅲ)」, 北海道公害防止研究所報, 15, 73-80 (1988)
- 石井吉之, 秋田谷英次, 野村 睦: 「北海道内の広域積雪調査-1992年2月-」, 低温科学 物理編, 51, 資料集, 9-22 (1992)
- 小川 真: 「ナラ類の枯死と酸性雪」, 環境技術, 25, 603-611 (1996)
- 北村守次: 「北陸地区における酸性雨現象の実態」, 公害と対策, 27, 150-153 (1991)
- 山田知充, 若浜五郎: 「北海道の山岳地帯における積雪分布特性」, 昭和54~56年度北海道大学特定研究経費研究成果報告書, 29-41 (1982)

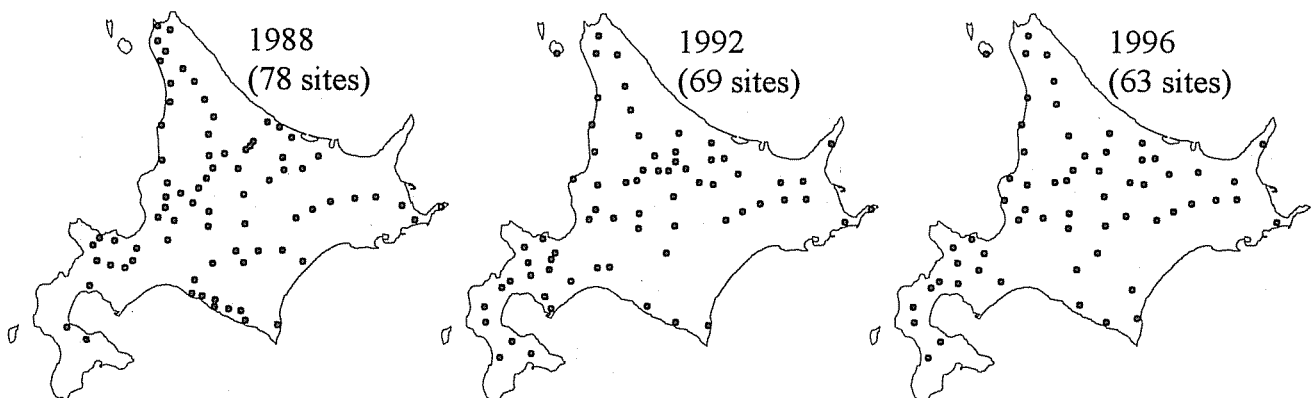


図1 積雪試料採取地点

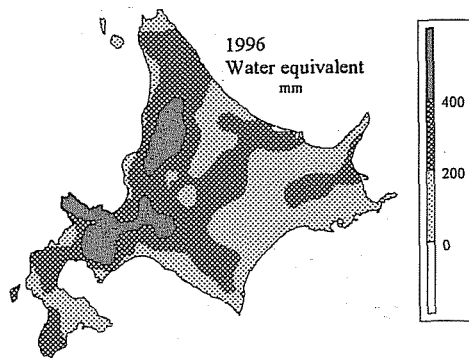
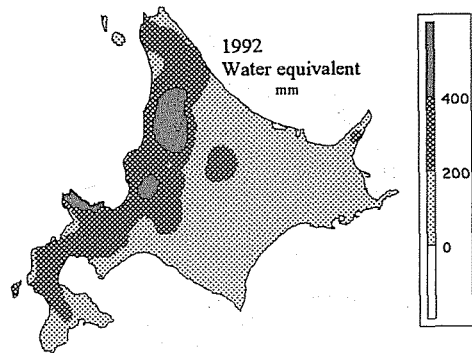
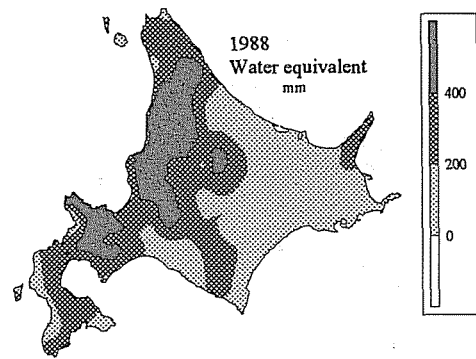


図2 積雪水量の分布

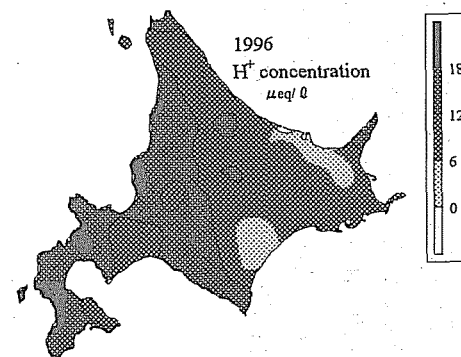
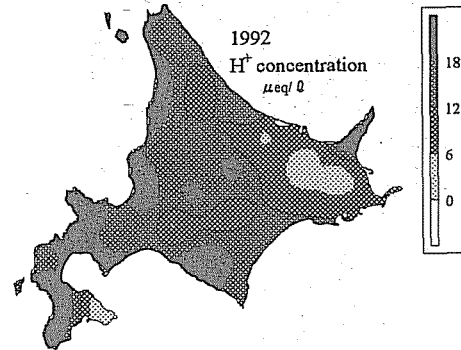
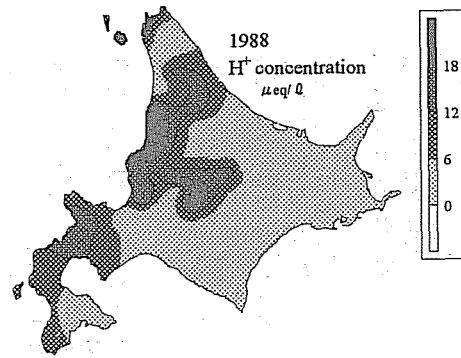


図3 水素イオン濃度の分布

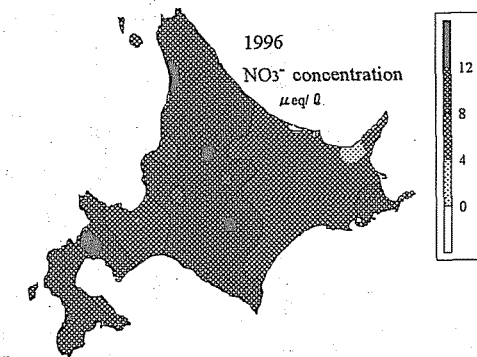
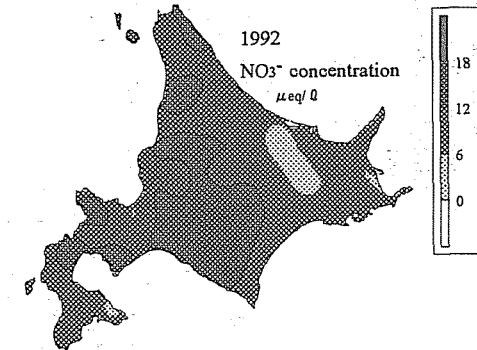
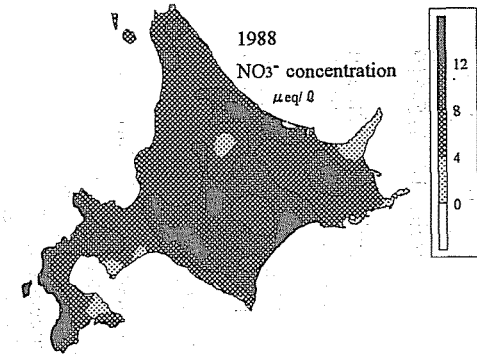


図4 硝酸イオン濃度の分布

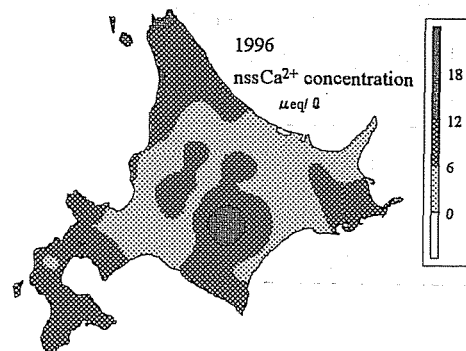
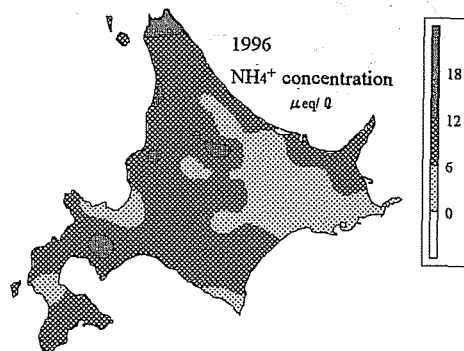
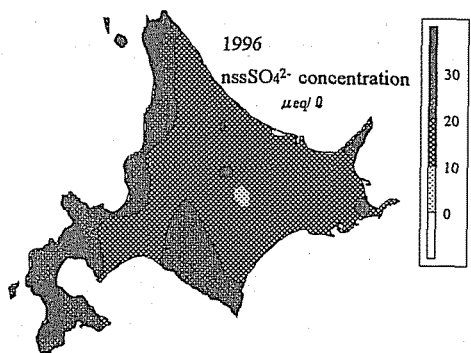
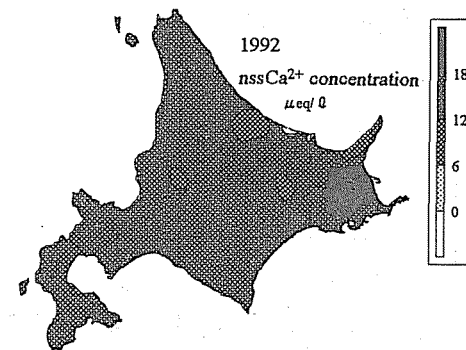
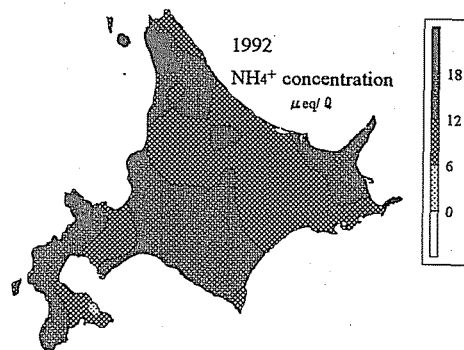
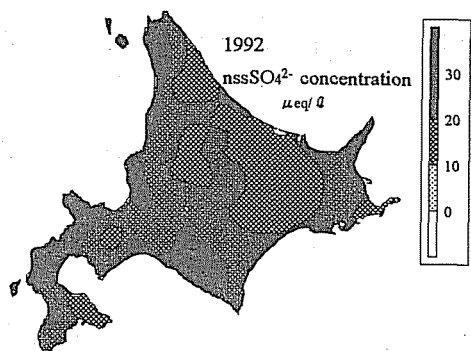
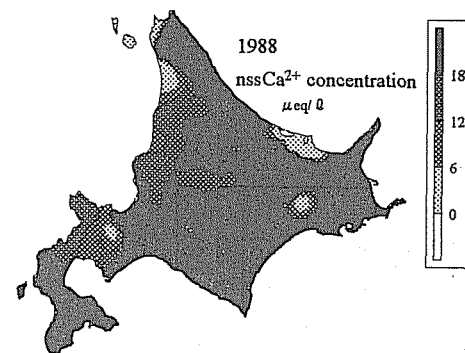
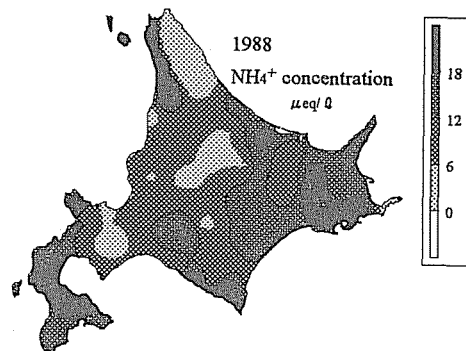
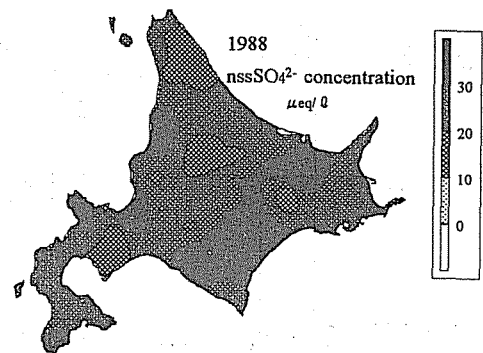


図5 非海塩由来硫酸イオン濃度の分布

図6 アンモニウムイオン濃度の分布

図7 非海塩由来カルシウムイオン濃度の分布

表1 積雪成分蓄積量の平均値

	H ⁺	NO ₃ ⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	nss-Ca ²⁺
	meq./m ² /yr (%)	meq./m ² /yr (%)	meq./m ² /yr (%)	meq./m ² /yr (%)	meq./m ² /yr (%)
1988	2.11 (100)	1.98 (100)	7.00 (100)	3.07 (100)	9.83 (100)
1992	3.08 (147)	2.11 (107)	4.94 (70)	2.46 (80)	3.57 (36)
1996	2.82 (134)	1.98 (100)	4.64 (66)	1.83 (60)	1.55 (16)

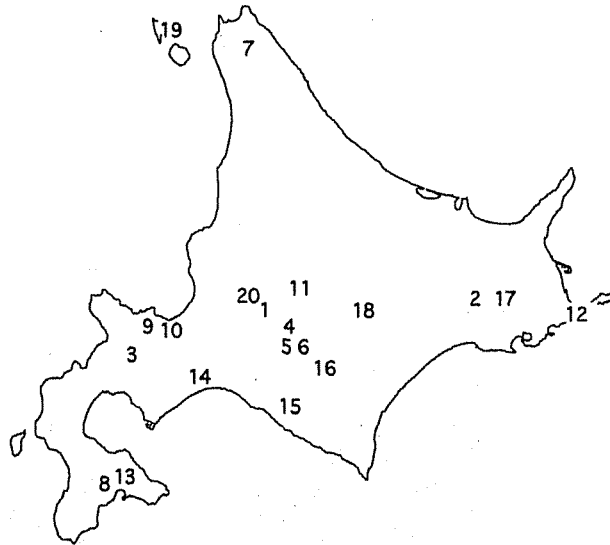


図8 対象湖沼の位置

表2 湖沼の酸中和能力と融雪水として湖沼に流入するH⁺流入量の比較

No.	湖沼名	集水面積 km ²	湖沼体積 m ³	湖沼			積雪		ANC-H ⁺ 流入量 Keq.
				pH	アルカリ度 μeq/l	ANC Keq.	H ⁺ 蓄積量 meq/m ²	H ⁺ 流入量 Keq.	
1	桂沢ダム	298.7	92700	7.12	551	51114	3.8	1135	49979
2	パンケ湖	45	67600	7.20	610	41236	1.5	68	41169
3	双葉ダム	63.4	10450	6.88	276	2884	10.2	647	2238
4	滑水の沢	4.9	860	6.56	303	261	4.5	22	239
5	旭第一ダム	7.7	325	6.52	583	189	4.5	35	155
6	旭第二ダム	6.5	334	6.89	636	212	4.5	29	183
7	北辰ダム	24.6	6700	7.35	353	2365	3.66	90	2275
8	笹流ダム	32.5	3800	5.00	45	171	1.1	36	135
9	常盤ダム	23	500	7.12	194	97	6.7	154	-57
10	奥沢ダム	17.9	470	6.51	204	96	5.8	104	-8
11	美唄ダム	24.6	1500	6.70	730	1095	3.7	91	1004
12	牧の内ダム湖	5	750	8.43	1080	810	0.2	1	809
13	新中野ダム湖	17.5	3340	6.00	101	337	1.1	19	318
14	錦大沼	1.05	634	7.33	701	444	1.6	2	443
15	新冠ダム湖	310.7	145000	7.62	515	74675	2.8	870	73805
16	岩知志ダム	644	5040	7.70	679	3422	2.5	1610	1812
17	摩周湖	13.5	2700000	7.80	799	2157300	0.8	11	2157289
18	然別湖	52.04	193000	7.76	519	100167	2.2	114	100053
19	久瀬湖	9.08	2104	7.80	675	1420	2.4	22	1398
20	宮島沼	4.65	600	8.70	461	277	4.8	22	254

*) 湖沼のアルカリ度とpHは1990-1994年に測定された。積雪のH⁺蓄積量は1992と1996年の平均である。
ANC(酸中和能力)=アルカリ度×湖沼体積, H⁺流入量=積雪のH⁺蓄積量×集水面積である。