

図5 降雪水のpH及びnss SO₄²⁻、NO₃⁻の経時変化

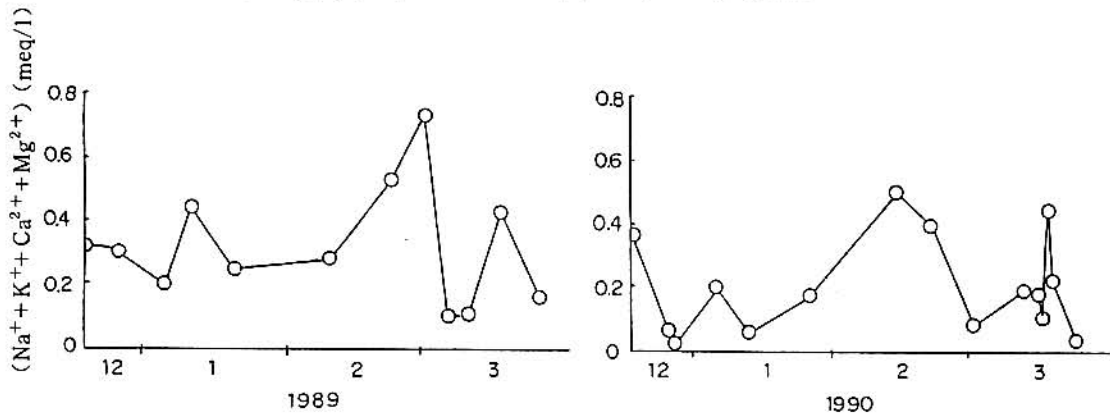


図6 ベースカチオンの経時変化

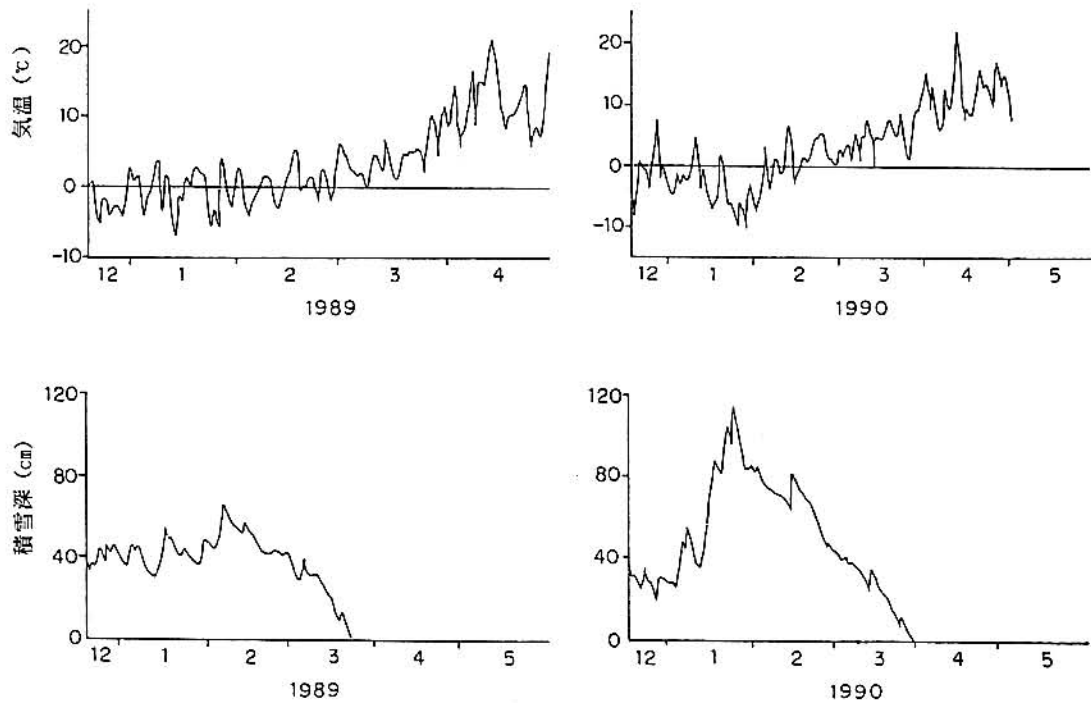


図7 積雪深の経時変化

解析を行うことによって理解されるが、その手法は難解であり、ここでは簡易的にライシメーター法で行った。先ず、図7に示すように、1989年は暖冬で日平均気温は厳冬期の1~2月でもプラスの気温になることが見られた。気温がほぼプラスになるのは2月末からである。図7の積雪深(美唄市のアメダスデータ)をみると、急激に雪解けが始まる時期と気温がプラスになる時期はよく対応している。しかし、それ以前の冬期間中に突発的に気温が高くなることや雨が降ることが原因となり、雪解けが生じているパターンも見られる。また、土壌の温度も全期間で最低2℃程度で気温の上昇と類似パターンを示し土壌表面は凍結しない。ライシメーターによる融雪水の濃度変化の例としてSO₄²⁻の経時変化を図8でみると、12月と2月下旬に大きな放出がある。さらに、積雪水中のH⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻の放出過程(1990年)を図9でみると、12月26日~3月1日及び3月1日~3月22日に大きなイベントがある。前者は降雨に関係し、後者は融雪期に関係している。後者の場合、3月1日から約40%の融雪で70%程度のH⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻イオンが放出されており、北欧、北米の結果と類似している。融雪によって積雪中の化学成分濃度が減少するのは、融雪時に雪粒子が巨大粒子化する過程で、不純物を析出すると考えられるが¹⁸⁾、土壌が凍結していないこと、さらに冬期間に降雨があり寒暖が繰り返されたことから成層した雪柱での水の動きは複雑であり物理化学的な現象を特定することは困難であった。

3) 河川水の酸性化

河川に達するまでの雪中の各イオン濃度の変化をみるため、降雪水と融雪水及び河川水を比較した結果を表1に示す。降雪水の調査期間中の平均濃度をみると、pH5.3(1989)と5.2(1990)の酸性を示す。一方、降雪水と融雪水及び河川水を比較すると、融雪水のCa²⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻の濃度は低いが、他のイオンは同程度である。

また、河川水はNH₄⁺が低い以外、pHをはじめ各イオン濃度は高くなっている。また、表2の土壌の溶出試験から

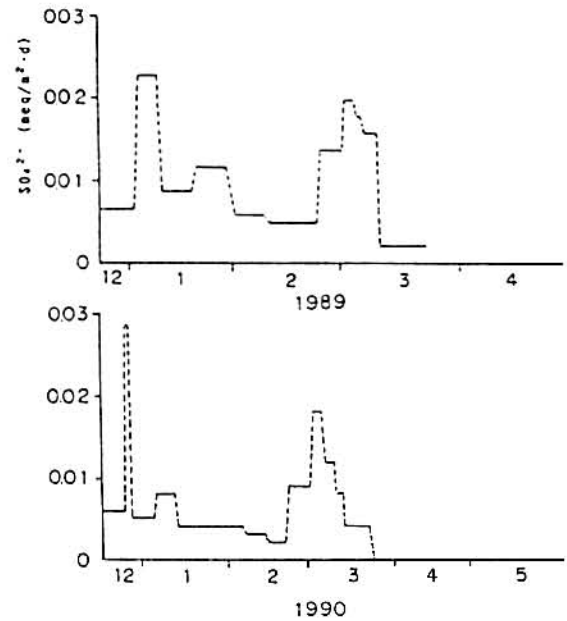


図8 融雪水のSO₄²⁻の経時変化

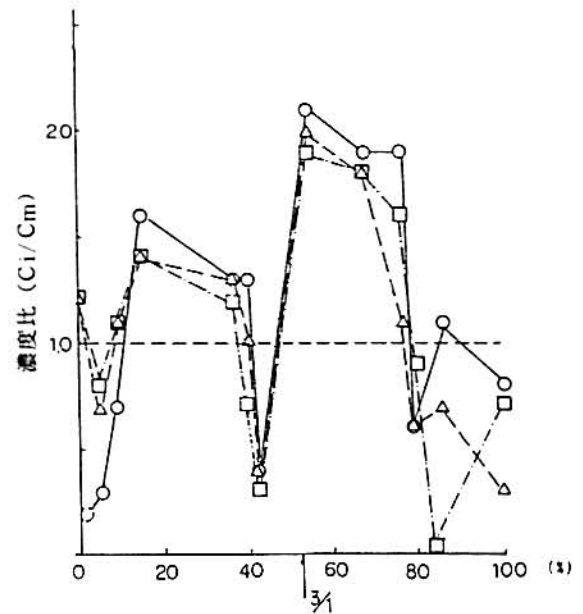


図9 H⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻の放出過程

表1 降雪水濃度と融雪水及び河川水の濃度比

		pH	Na (mg/ℓ)	K (mg/ℓ)	Ca (mg/ℓ)	Mg (mg/ℓ)	NH ₄ (mg/ℓ)	SO ₄ (mg/ℓ)	NO ₃ (mg/ℓ)	Cl (mg/ℓ)
降雪水濃度	1989	5.31	3.47	0.46	1.60	0.50	0.51	4.24	2.05	6.68
	1990	5.71	2.64	0.31	0.50	0.36	0.43	2.80	0.97	4.93
融雪水/降雪水	1989	4.79	1.24	0.96	0.40	1.00	0.81	0.75	0.80	1.30
	1990	4.96	0.83	0.94	0.68	0.86	0.43	0.65	0.77	0.82
河川水/降雪水	1989	6.48	1.56	1.89	2.49	3.82	0.73	1.26	0.76	1.47
	1990	6.93	2.19	2.52	7.88	5.69	0.09	2.07	1.54	1.94

(pHは測定値)

表2 土壌溶出試験による降雪前と降雪後との濃度比

	pH	Na (mg/ℓ)	K (mg/ℓ)	Ca (mg/ℓ)	Mg (mg/ℓ)	NH ₄ (mg/ℓ)	アルカリ度 meq/ℓ	SO ₄ (mg/ℓ)	Cl (mg/ℓ)	NO ₃ (mg/ℓ)
降雪前濃度	7.56	1.45	2.70	1.36	0.40	0.08	0.06	1.07	1.48	3.47
降雪後/降雪前	7.60	0.28	0.59	0.22	0.20	0.11	0.48	0.27	0.13	0.15

(pHは測定値)

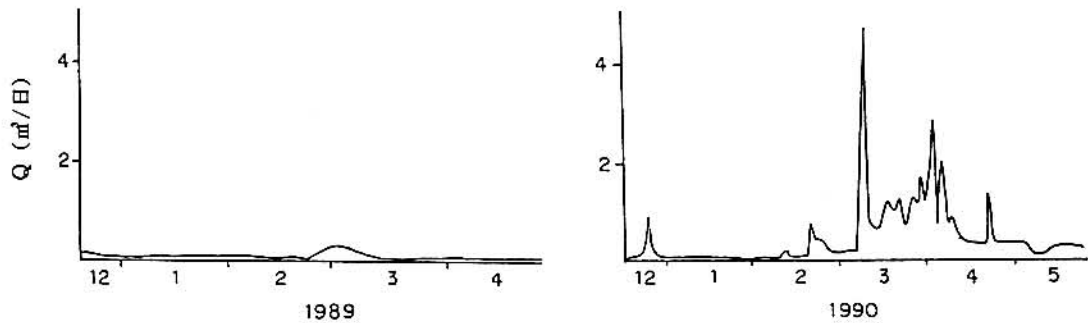


図10 河川流量の経時変化

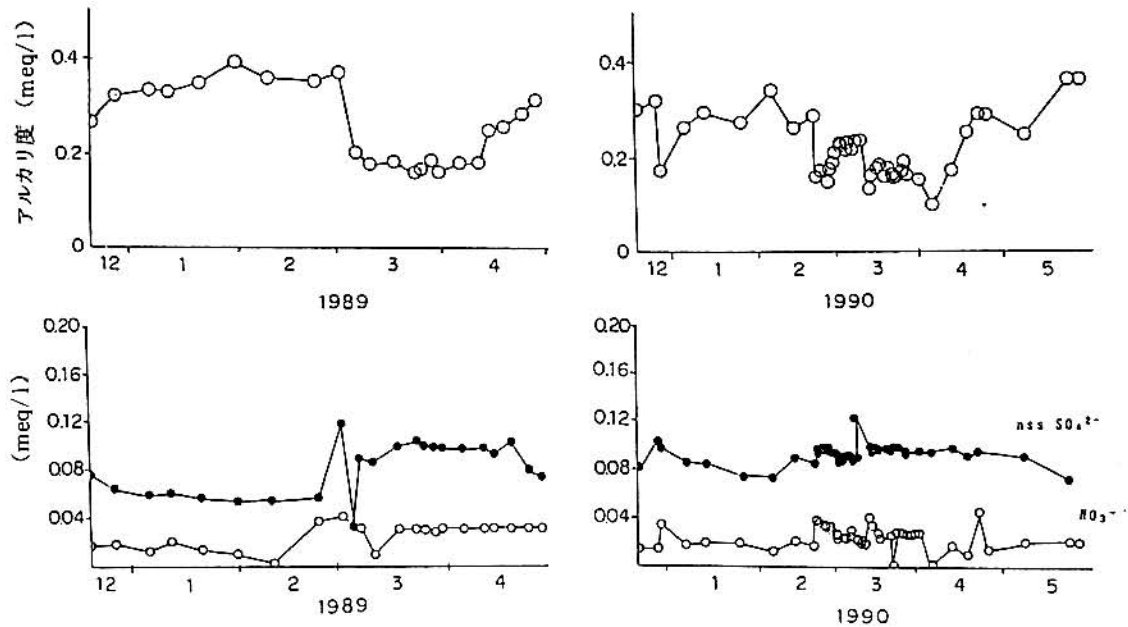


図11 アルカリ度、nss SO₄²⁻、NO₃⁻の経時変化

降雪前の土壌に比較して降雪後の土壌では各イオンの濃度が低くなっている。このことから、融雪水と土壌の接触によって溶出した各成分が河川水中の各イオン濃度を高したものと考えられる。

融雪水が流れると、河川流量が図10のように3月以降急激に増加する。各イオンの成分の中でアルカリ度、nss SO₄²⁻、NO₃⁻の経時変化を図11でみると、融雪がはじまるとともにアルカリ度が減少し、春期になると回復している。1990年の結果では、アルカリ度は積雪期初期の1/3の0.1meq/l程度まで減少している。融雪期には酸性成分が増加するが、その際、中和反応により一次的にアルカリ度が減少する。しかし、流量増加に伴って化学成分を希釈することも同時に起こっている（冬期の初期と雪解け期の終わった春期はアルカリ度、ベースカチオンは高い）。アルカリ度の減少は希釈効果とベースになるnss SO₄²⁻による中和及び土壌から供給されたNO₃⁻による中和が要因になっていると考えてよい。その内、融雪水由来の硫酸が直接的にアルカリ度を低下させるよりは、むしろ硝酸によるアルカリ度の低下が優先していると考えられる。この現象は北欧では硝酸によるAcid shockとして知られている。

4) 土壌の緩衝能力

集水域の地質は、古第三記の砂岩・泥岩の互層からなり、ち密で非常に堅硬である。現地踏査によっても斜面の表層の風化殻はせいぜい50cm程度である。土壌は数cmの腐植層に覆われている程度で、その下層は粘土層である。植生は広葉樹が疎らにあり、大半が笹で覆われている。また、この集水域の地温データ及び浸透性を調査した結果から、水は35cm以深には浸透していないことが知られている。

(地下資源所報告私信)

酸性雨の影響に対する土壌の緩衝能力は、非生物的要因である地質や土壌の化学的相互作用と生物活性による酸性物質等の消去に関係している。

前者の場合、酸性水が土壌に触れると、酸性物質は土壌によって中和される。それと同時に土壌は酸性化される。一般的には酸中和能の機構⁹⁾は、

- 1) 炭酸塩・重炭酸塩による中和
- 2) 交換性塩基による中和 (交換性H⁺、Al³⁺の増加)
- 3) 二次鉱物による中和 (SO₄²⁻、NO₃⁻の吸着、Al³⁺の溶出)
- 4) 岩石および造岩鉱物の風化に伴う塩基の放出

であるが、この集水域では2)と3)の過程を経ていると考えてよい。

pH 5 以上で緩衝能が高い土壤が集水域に分布している場合には、酸性水の H^+ は土壤中で交換性塩基に置換され、河川の酸性化は妨げられる。pH 4 以下の土壤が集水域に分布している場合には、酸性水の H^+ は Al^{3+} に置き換えられ、河川水の酸性化は促進される。当実験区の土壤はpH が中性付近であり緩衝能力はある程度高い。しかし、土壤の透水性が低いことや腐植土の厚さが薄いことから、酸性成分の供給が多い場合にはさらにアルカリ度が減少することも考えられる。この場合は土壤との相互作用が少ない北欧、北米の例に近く、酸性化が進行する現象が現れている。しかし、生物活動が活発になる5月以降は植物・微生物等の働きにより土壤のアルカリ度(重炭酸塩)が増加に向かうことが知られている²⁾。つまり、土壤は温度が高くなる春期から秋期にかけて植物・微生物等の働きと物理的、化学的な岩石の風化が進みベースカチオン、重炭酸等の酸性水を抑制する成分が毎年繰り返し堆積し、回復していることが重要なポイントである。

5 結 語

東明池実験区の融雪期において積雪中の酸性物質は春期の初期に流出し河川水のアルカリ度を低下させるが負の値までは達しない。透水性が悪い薄い土壤にも拘らず現時点では酸性化していないことから、北海道に大半分布している厚い土壤の地域では緩衝能が高いことが示唆された。今後、陸水の酸性化を考える上で重要な地質・土壤・植生の分布についてもその実態を把握し考察を行っていく予定である。

参 考 文 献

- 1) Acidification Today and Tomorrow: Swedish Ministry of Agriculture Environment '82 Committee (1982)
- 2) Acid Precipitation-Effects on Forest and Fish Final report of the SNSF-Project 1972-1980: Oslo, April (1981)
- 3) Japan Environment Agency: Acid Precipitation in Japan -The Report of Phase I Survey-; January (1990)
- 4) 野口泉, 他: 北海道公害研究所報, **15**, 39 (1988)
- 5) 北海道地下資源調査所: 北海道の地質と資源 (1984)
- 6) 1982 Stockholm Conference on Acidification of the Environment: Environ. Sci. Technol., **17**, No.1 (1983)
- 7) Dean S. Jeffries: Snowpack Storage of Pollutants, Release during melting, and Impact on Receiving Waters, Acid Precipitation Volume 4, Advances in Environmental Sciences, Springer-Verlag, 107~132 (1990)
- 8) Hans M. Seip: Acid snow-Snowpack Chemistry and Snowmelt; Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems, Edited by T. C. Hutchinson and M. Havas, Plenum Press, 77~94 (1980)
- 9) 吉田稔, 他: 酸性雨の土壤による中和機構; 土肥誌, **59**, 413~415 (1988)

Survey of the effects of acid precipitation on surface water acidification in Hokkaido

—Chemistry of a small stream in mini-catchment during spring snowmelt—

Koichi SAKATA, Ryuji FUKUYAMA and Hitoshi YAMANE

Abstract

Several surveys were conducted to evaluate the present extent of acidification on terrestrial ecosystem in Hokkaido to examine surface water susceptible to acidification by acid precipitation.

On this study, deposited snow, meltsnow, and stream water in the mini-catchment were investigated.

The results are as follows;

- 1) Total depositions of sulphur of 1989 and 1990 in the mini-catchment area were 0.33 and 0.41 gS/m² · yr, respectively.
- 2) Field experiments indicated that about 70% of the pollutants was released when the first 40% of the snow melted. The very first meltwater may have concentrations about twice those in bulk snow.
- 3) Springtime reduction in alkalinity and base cations in surface water occurred due to simple dilution and differential release of snowpack pollutants such as sulphate and nitrate. Reduction in alkalinity may be caused by thin and impermeable soil in the mini-catchment.