

福井工業大学 正員 宇治橋康行
 金沢大学工学部 正員 高瀬信忠
 石川県庁 大井秀紀

1. 緒言

近年、酸性雨による環境・生態系への影響が地球環境問題の一つとして注目されている。北欧や北米では酸性化した雪から融雪初期に多量の汚染物質が流出する、いわゆる”Acid Shock”による被害も報告されている。北陸などのわが国の日本海側は世界でも有数の多雪地帯であり、冬期の降水量が2,000mmを越え、積雪水量も1,000mmを越えることはまれではない。したがって、降積雪の酸性化の実態と積雪の消長過程に伴うこれら化学成分の堆積・流出過程を明らかにすることは重要である。

本研究は、野外観測・調査をもとに酸性雪の化学成分とその堆積・流出過程の実態を明らかにするとともにその算定モデルを構築することを目的として行ったものである。

2. 調査地点および調査方法

野外調査は、石川東南部に位置する白山山麓尾口村(地点No.1, 標高465m)および白峰村白峰高原の2地点(地点No.2, 標高666mおよび地点No.3, 標高960m)の計3地点で行った。

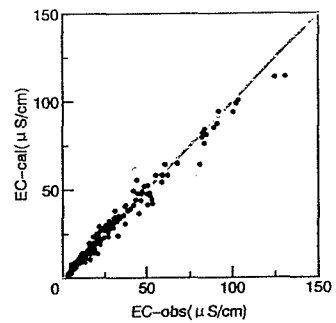
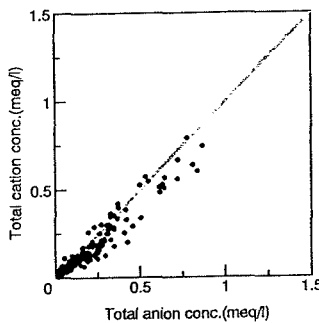
積雪試料の採取はほぼ1週間おきに行い、積雪の層構造を考慮しながら表層から約10cmおきに採雪し、同時に積雪断面観測を行った。また、気象観測は地点No.1, No.3において行った。

測定した化学成分は、酸性雨に対し環境庁で一般的に行っている化学成分の測定項目のうち、pH, EC, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻の10項目である。

3. 野外調査結果と考察

図-1, 図-2は、全陽イオンと全陰イオン濃度の関係およびECの計算値と測定値の関係をそれぞれ示したものであり、図からイオンの収支はほぼ取れていることが分かり、ここで測定した8種類のイオンが主化学成分であることが分かる。

3地点で採取した新雪のpHの平均値は4.49~4.66, 全体の平均値は4.60であり日本各地で観測された酸性雨のpHの範囲にあり、石川県で観測された酸性雨のpHの平均値に



ほぼ等しく、かなり酸性化した雪であるといえる。図-3は、各地点で採取した降雪の主要な化学成分の平均濃度を示したものである。図から海塩由来のNa⁺, Cl⁻が主成分となっていることが分かる。このことは日本海側での降雪機構を考えれば当然のことともいえる。また、降雪の酸性化にはnss-SO₄²⁻が最も寄与し、次いでNO₃⁻となっている。各観測点別に見ると、総イオン濃度は標高が高くなるほど、海岸線から遠くなるほど小さくなり、海塩由来

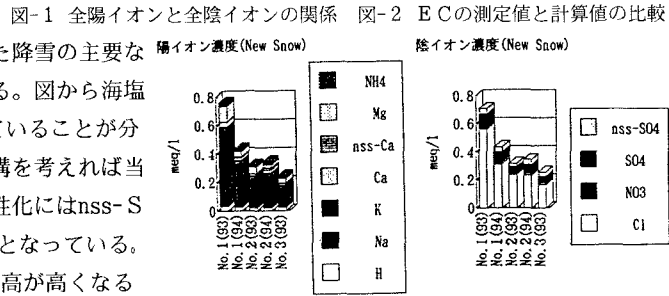


図-3 新雪の化学成分

の成分の割合も小さくなるが、逆に NO_3^- 、 SO_4^{2-} などの酸性化物質の割合は高くなる事が分かる。

図-4は地点No.1における3月2日、9日の積雪の層構造とpH、ECおよび主要な化学成分の分布を示したものである。この期間の積雪層からの融雪流出量は73.4mmであり、積雪相当水量の13.3%であった。これに対し、この間の SO_4^{2-} 量は1.942meqから0.868meqに、 Cl^- 量は8.508meqから3.602meqに減少し、全イオン量の55.2%および57.6%が流出し、全層平均濃度よりはるかに高い濃度の融雪水が流出したと考えられる。これは、3月2日に最上層にあったイオン濃度の高い新雪が融解しただけでなく、融解水が下層に浸透流下した際に下層の雪粒子の表面付近にあったイオンを溶脱したためであると考えられる。同様な現象は他の時期や観測地点においても度々観測された。欧米の寒冷積雪地と異なり、北陸のような暖地では冬期に降雪とその融解が繰り返し起こり、そのたびに化学成分の溶脱が生じる。すなわち、弱い”Acid Shock”が度々起こるといえる。

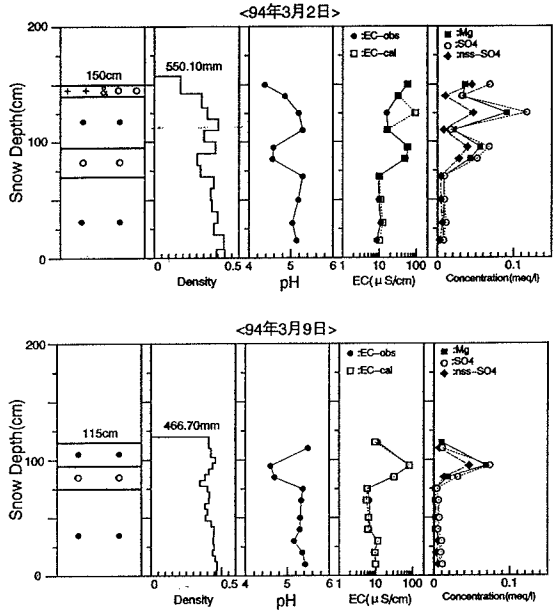


図-4 積雪の消長に伴う化学成分の変動

4. 積雪の消長過程に伴う化学成分の変動の推定

積雪の消長過程のシミュレーションには著者等がこれまで開発してきた日単位の積雪モデルを用い、融雪水の浸透流下に伴う各積雪層のイオン濃度は観測結果に基づき次式で推定することとした。

$$R_{i,j} = C_{0,i} W_{eq,i} - C_{0,i}^{af} (W_{eq,i} - M_s), \quad C_{0,i}^{af} = \left\{ c_1 - c_2 \exp\left(\frac{M_s}{W_{eq,i}}\right) \right\} \times C_{0,i}$$

ここに、 $R_{i,j}$ ：流出イオン量、 $C_{0,i}$ ：第*i*層のイオン濃度、 $W_{eq,i}$ ：第*i*層の相当水量、 M_s ：融雪水量、 $c_1 (= 1.6)$ 、 $c_2 (= 0.6)$ ：定数である。図-5に SO_4^{2-} の積雪内容存量の経時変化の推定値と測定値の比較を示す。両者はよく一致しているといえる。

5. 結語

野外観測とその結果に基づき白山山麓での酸性雪の化学成分の実態とその堆積・移動過程を明らかにするとともにそのモデル化を行い主要化学成分の経時変化を再現することができた。本研究は文部省科学研究補助金一般研究(B)（課題番号：04452232、代表 宇治橋康行）の補助のもとに行われたものである。

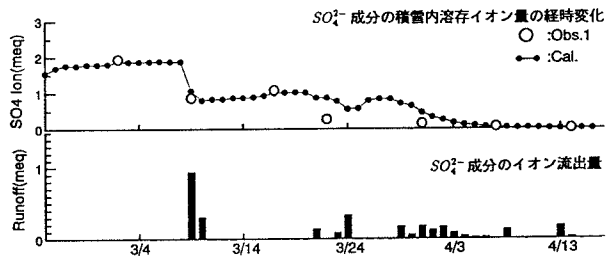


図-5 SO_4^{2-} の経時変化の推定値と測定値の比較

【参考文献】Yasuyuki Ujihashi et al.: Distributed Snow Cover Model for a Mountainous Basin., Snow and Ice Covers, IAHS Publication No.223,1994.