

II-463

水に浸った雪粒子からのイオン成分の放出過程

長岡技術科学大学 学生員 山下 久美子

富山県立大学 正員 川上 智規

1. はじめに

積雪は融雪初期に融雪水中にイオン成分を濃縮することは古くから知られており¹⁾²⁾、春先の融雪初期に河川や湖沼の一時的なpHの低下をもたらす。一方、そのメカニズムに関しては、一般に、積雪が外気温の変化により融解、凝固を繰り返す際に雪粒子の外側に濃縮されたイオン成分が殻を被った様な構造で蓄積し、次にそれらが融解する際にイオン濃度の高い融解水が生じるためとされている³⁾。しかしながら、積層中の雪粒子は高度な断熱状態に保たれていると考えられる事から、必ずしも融解、凝固を繰り返すとは言えない。本研究では、イオン成分の濃縮のメカニズムを、水に浸った雪粒子の粗大化に伴う溶存イオン成分の放出過程に求めた。

2. 実験方法

雪試料を0℃に保った蒸留水中に浸し、系全体を0℃の断熱状態に保った上で、雪から蒸留水中に放出されるイオン成分を測定した。実験装置を図-1に示す。発泡スチロールの容器に雪と水を入れ内部を0℃に保ち、更にその容器全体を庫内温度を0℃に保った冷蔵庫の中に入れ、恒温槽とした。蒸留水は500 mlをプラスチック容器に入れ、0℃とするために恒温槽の中に一昼夜放置した。一方雪試料は、新雪を-20℃で約1ヶ月間保管した試料を用い、実験開始直前に、-5℃まで温度を上昇させた。

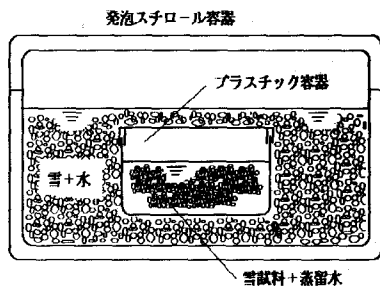


図-1 実験装置

この雪試料を上記の0℃の蒸留水中に投入し、恒温槽内で断熱状態に保ち、雪から蒸留水中に放出されるイオン成分の経時変化を、実験開始10分後、1時間後、4時間後、8時間後、24時間後、48時間後に測定した。また同時に雪粒子を顕微鏡写真にとり、粒径を測定した。粒径は1サンプルにつき約200個の粒子のFeret径を測定した。

3. 結果

3-1 雪粒子から水へのイオンの移行

雪粒子から水側へ移行した硫酸イオンならびに塩素イオンの割合を図-2に示す。雪の投入後10分後にはすでに、硫酸イオンで92%、塩素イオンでは66%のイオン成分が蒸留水側に放出された。その後も時間の経過とともに雪粒子側から水側へイオン成分が移行した。実験に用いた雪は過去に融解-凍結のサイクルを経験したことのないものであり、イオン成分の放出には雪粒子の外側に高濃度のイオンを含む殻は必要が無いことがわかる。さらに、実験に用いた雪は、-5℃のものを用いたことから、蒸留水に投入した際には融解ではなく、むしろ蒸留水が雪粒子の表面に凍結したものと考えられることから、イオン成分の放出には、雪の融解そのものも必要なく、雪粒子と水が接触することにより直ちに引き起こされる現象であり、融雪水中のイオン成分の濃縮は、積雪上部より流下してきた融雪水に接触した下層の雪粒子よりイオン成分が放出された結果であると考えられる。

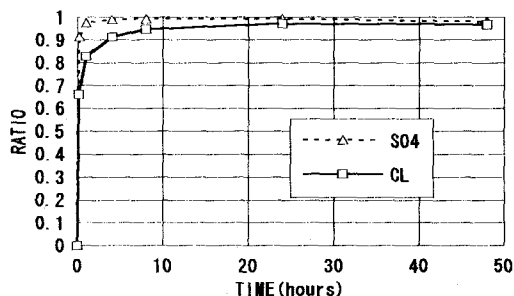


図-2 雪粒子から水側へ移行したイオンの割合

3-2 雪粒子径と雪粒子中のイオンの関係

蒸留水に浸した1時間後の雪粒子の顕微鏡写真を図-3に示す。雪粒子は蒸留水に浸した直後より球形化が進行している。雪粒子の平均体積の経時変化を図-4に示す。時間に比例して雪粒子の体積は増加し対馬⁴⁾の結果と一致した。雪粒子は系全体が断熱状態にあるため、全体の体積は変化しないが、平均粒子径が次第に大きくなっていくことから、水に浸した雪粒子は粒径の小さなものは消失し、より大きな粒子に移行しているものと考えられる。水は凍結する際には結晶格子から不純物を排斥するため、雪粒子の粗大化に伴う、小粒子の融解と同時に進行する大粒子への凍結の過程でイオンの排斥が起きていると考えられる。小粒子の融解により放出されたイオンが大粒子への凍結の過程で完全に水側に排斥されると仮定すると、その排斥速度 Wt が次のようにして求めることができる。

$$Wt = Ct \cdot Ut \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$Ut = \frac{dNt}{dt} \cdot Vt \cdot \rho \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに Wt : 時間 t における排斥速度

Ct : 時間 t における雪粒子中のイオン濃度

Ut : 時間 t における雪粒子の融解凍結速度

Nt : 時間 t における雪粒子の個数

Vt : 時間 t における雪粒子の体積

ρ : 雪粒子の密度

初期値として水浸10分後の雪粒子中のイオン濃度を用い、式(1), (2)より排斥速度を求め、その後の雪粒子中の塩素イオン濃度を逐次計算にて求めた結果を図-5に示す。実測値と計算値の傾向は一致し、雪粒子の粗大化が主なイオン放出のメカニズムであることを示しているが、計算値より測定値の方が粒子からの排斥速度が大きい結果となっており、このことは、硫酸イオンに関してはより顕著であった。雪粒子の粗大化以外にもイオン放出のメカニズムが存在することを示唆しているが、今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 杉浦吉雄: 融雪時における雪の化学組成の変化について, 雪氷, 第16巻 第6号, pp. 13, 1954
- 2) Johanessen, M. & A. Henriksen : Chemistry of Snow Meltwater: Changes in Concentration During Melting., Water Resources Research, Vol 14, No. 4, pp. 615-619, 1978
- 3) S. C. COLBECK, A Simulation of the Enrichment of Atmospheric Pollutants in Snow Cover Runoff., Water Resources Research, Vol 17, No. 5, pp. 1383-1388, 1981
- 4) 対馬勝年: 水に浸った雪の粗大化, 雪氷, 第40巻 第4号, pp. 155-165, 1978

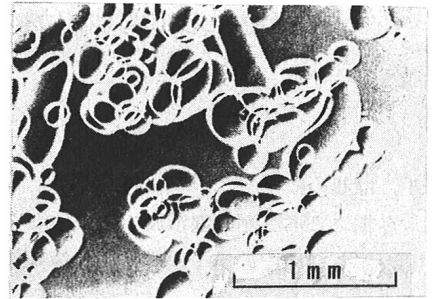


図-3 水浸1時間後の雪粒子

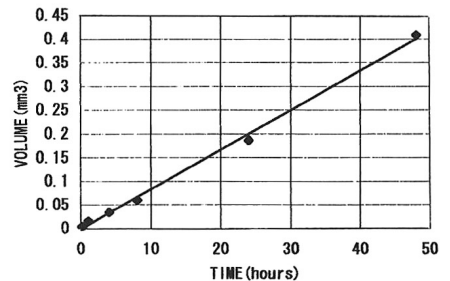


図-4 雪粒子の平均体積

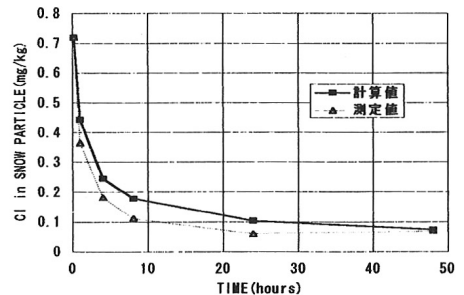


図-5 雪粒子中の塩素イオン