

降雪粒子の酸性化機構

高橋 庸哉（北教大）・遠藤 辰雄（北大低）・村本健一郎・中川千枝（金沢大）

1. はじめに

降雪粒子を酸性化する機構としては降雪粒子への酸性ガスの吸着やエアロゾルの捕捉及びRiming前の過冷却雲粒への酸性ガスの吸収・反応やエアロゾルの捕捉が考えられる。

Parungo et al. (1987)はコロラドで雪結晶が降る場合のpHは5.5より大きいことを観測し、氷の結晶格子に異物が極めて入り込みにくい性質のためと考えた。一方、濃密雲粒付雪結晶の場合には5.0より小さく、雪の酸性化は酸性物質を取り込んだ過冷却雲粒の捕捉によると考えられた。Collett et al. (1991)は雲粒捕捉の割合が増加するとイオン濃度が増加することを見いだした。これに対して、雪結晶による酸性ガスの取込みに関する室内実験によって、 SO_2 の取込みは雪結晶の成長時や疑似液体層が存在する0℃付近で著しく、 H_2O_2 の存在で強められることが示された (Mittra et al.; 1990, 1992)。また、 HNO_3 も取込まれやすいことが指摘されている。

本研究の目的は降雪粒子の酸性化機構をその観測から解明しようとするものであり、降雪粒子の成長様式（気相成長及び雲粒捕捉成長）による違いを論ずる。

2. 観測方法

1992年1～2月に石狩湾周辺で降雪雲の発生・発達機構に関する集中観測が行われたが、これに併せて石狩町美登位で降雪粒子

を採取した。観測点は札幌の北北西20kmに位置し、周囲には人家等は殆どない。採取は1時間内外の間隔で行い、あられが含まれている場合には採取後直ちにあられとその他（雪結晶・雲粒付雪結晶・雲粒付雪粒）にふるい分けた。融解後、pH・導電率測定及び化学分析（ SO_4^{2-} ・ NO_3^- ・ Cl^- ・ NH_4^+ ・ Ca^{2+} ・ Mg^{2+} ・ K^+ ・ Na^+ ）を行った。降雪粒子に関しては次の事項を連続的に観測した：

a)降雪粒子の形態； b)降雪粒子の大きさ・落下速度・空間数密度； c)降雪強度。また、レーダ・ソーダや雲粒子ゾンデなどのデータを参照した。

3. 結果と考察

a. 気相成長の場合

図1は雲粒捕捉が殆どない雪結晶・雪片が観測された場合のpH及び含まれる化学成分濃度の時間経過を示したものである。雪結晶形は樹枝雪片や交差角板などであった（図2参照）。雲粒が寄与していない場合でもpH4.0～4.3と強い酸性を呈した。nss- SO_4^{2-} と NO_3^- を比較して、後者の方が多く取り込まれていた。 NH_4^+ が殆ど含まれていないことから、硝酸塩エアロゾルの形で取り込まれるのではなく、 HNO_3 ガスの吸着によると考えられる。しかし、pH値を NO_3^- 濃度だけでは説明できなかった。図3は Cl^-/Na^+ 当量濃度比を示したものである。 Na^+ はすべて海塩起源とすると海水と比べて Cl^- は約3倍となっている。実測のpH値はnss-Cl

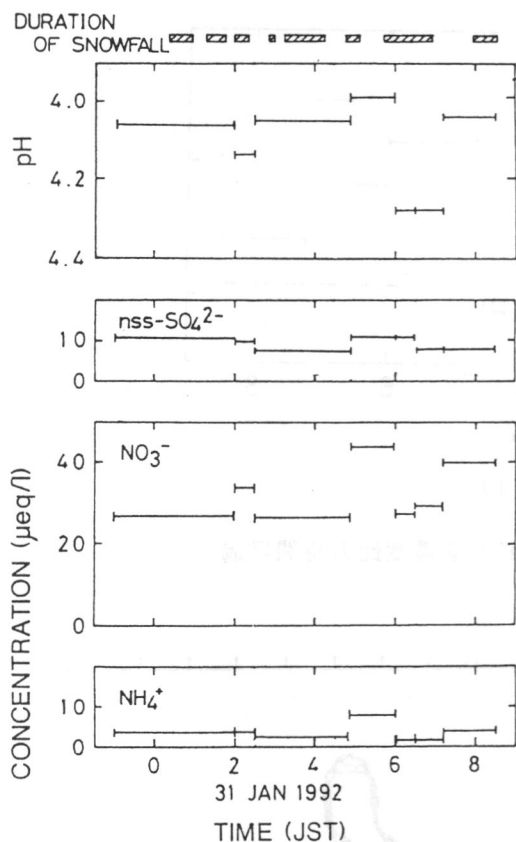


図1 気相成長が卓越した場合のpH及び含まれる化学成分濃度の時間経過

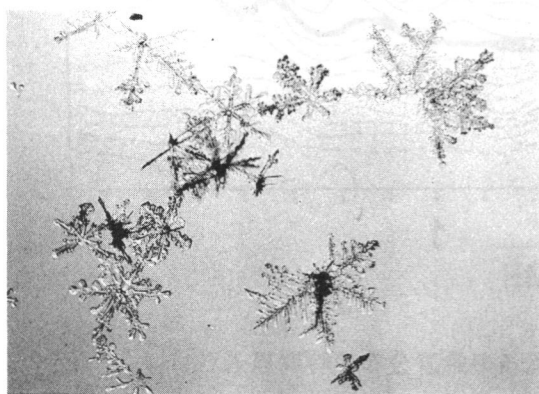
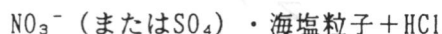
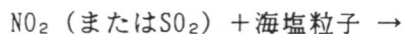


図2 観測された降雪粒子の例（雪片；1月31日08:22）

$^{-1}$ を考慮することによって説明することができた。 nss-Cl^{-1} の起源については次の2つが考えられる：

(1) 海塩粒子が酸性ガスと反応して、塩化水素ガスを放出する場合



(2) 陸上起源（発生源：清掃工場など）

図4はこの時のドップラ・レーダVAD法による水平風速鉛直分布の時間経過を示したものである。下層300m程では陸風（東風）が吹いており、それより上層では北西風が吹いている。清掃工場は南側に存在するが、風上側近傍にはないので(1)の可能性の方が高いと推定される。

b. 雲粒捕捉成長の場合

図5はふるいによりあられとその他に分離した場合のpH及び含まれる化学成分濃度を示したものである。あられの方が強い酸性を示した。しかし、 NO_3 濃度はその他の方が高かった。これは、その他の方が落下速度が遅く、 HNO_3 ガスに晒される時間が長いと考えられる。また、雲粒の寄与がない場合と比較して、 nss-SO_4^{2-} が多く取り込まれていた。この場合に、ドップラ・レーダVAD法で求めた風向の鉛直分布はほぼ北西で、都市汚染物質の影響より汚染物質の長距離輸送の可能性が高い。

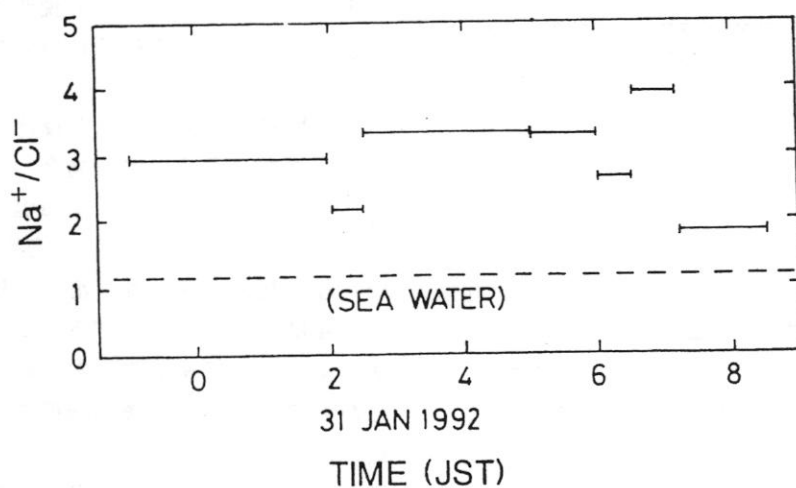


図3 図1と同時刻での $\text{Cl}^{-1}/\text{Na}^{+}$ 当量濃度比の時間経過

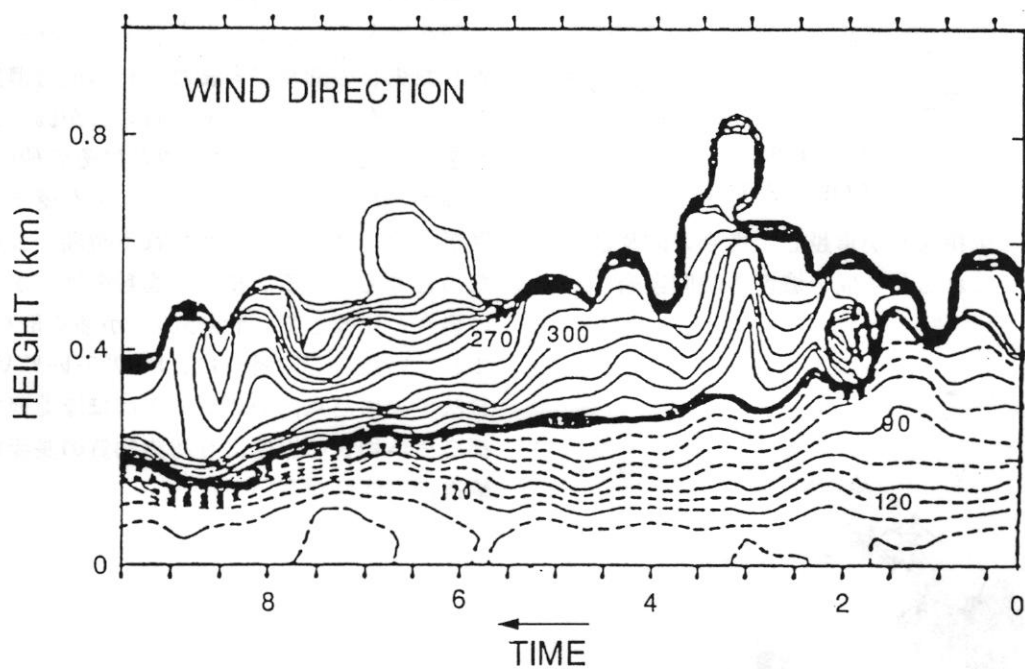


図4 図1と同時刻での水平風速の鉛直分布の時間経過

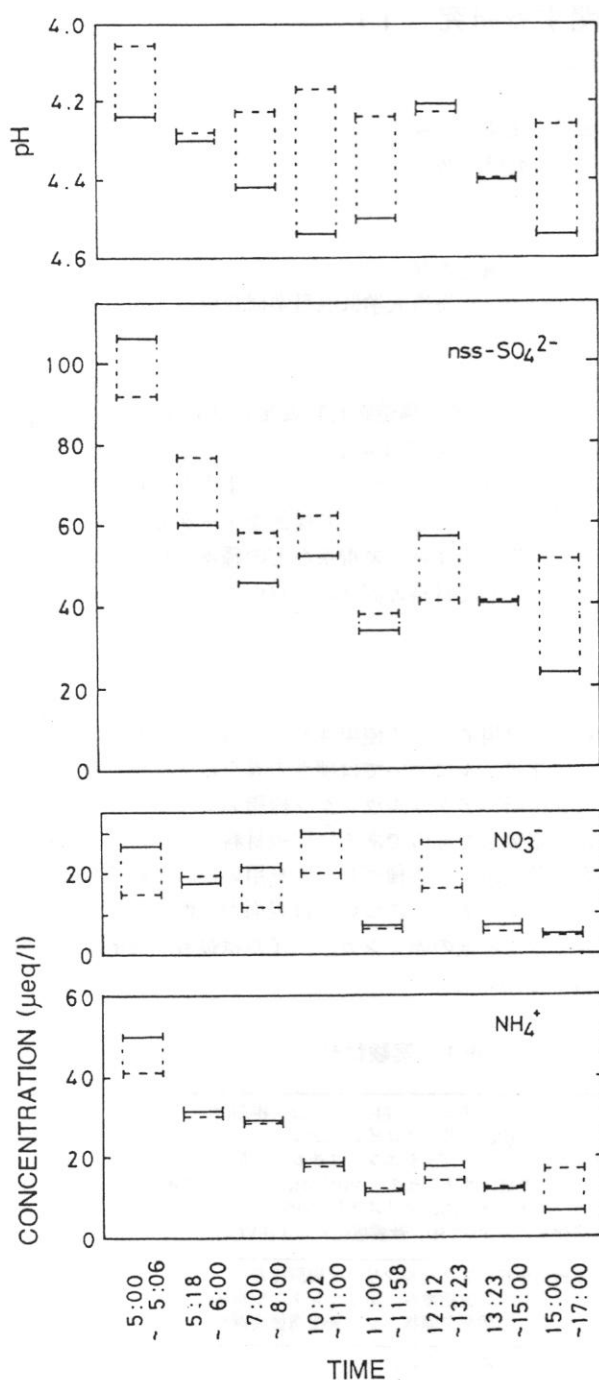


図5 ふるいにより分別されたあられ（点線）とその他（実線）のpH及び含まれる化学成分濃度

4. まとめ

降水の酸性化機構を解明するために、降雪粒子を採取し、pH測定や化学分析を行った。気相成長・雲粒捕捉成長の場合ともpH4.0~4.5程の酸性を示した。気相成長では NO_3^- を取込みやすく、雲粒捕捉成長では SO_4^{2-} も取り込まれていた。また、 nss-Cl^- の寄与も無視できない場合があることがわかった。

謝辞： 試料分析では金沢大学環境保全センターの御支援を頂いた。また、レーザ解析データは北大・低温研の佐藤晋介・牛山朋来氏に提供頂いた。