

2012年の空知地方などの豪雪とその化学成分

Heavy snow in Sorachi region and its ion components in 2012"

野口泉, 山口高志 (北海道立総合研究機構 環境科学研究センター)

Izumi NOGUCHI, Takashi YAMAGUCHI

1. はじめに

降雪／積雪中の大気汚染物質およびその影響を評価するため、北海道立総合研究機構・環境科学研究センターでは、1988年より4年毎に全道で積雪調査を実施してきた (Noguchi et al., 2001; 野口ら, 2005; 山口ら, 2009)。空知地方を中心に積雪が多かった2012年(2011-2012年冬)も調査年であり、2月中旬～3月上旬に全道62か所で調査を行った。

2. 調査方法

積雪試料は、内部がなめらかなステンレスのパイプ(厚さ2mm, 長さ1m, 採取面積20cm²)を用いて採取した(図-1参照)。先端はテーパを切り、積雪にスムーズに進入できるようにしてある。採取にあたっては、ゾンデまたはステンレス製の棒により、周囲の積雪深を測定し、大きなばらつきがないことを確認してから地表面まで掘って垂直の積雪断面を作り、雪氷調査法(1991)に従って表層雪質や氷板の有無、最深層の硬度を調べた後、積雪試料を採取した(図-2参照)。

なお、サンプラーの温度が高いと内部に積雪試料が凍着するため、雪堀中に内部に雪が入らないよう蓋をしてから雪を被せて冷却しておく。積雪の採取にあたっては、採取面から1m以内の適切な



図-1 積雪採取器

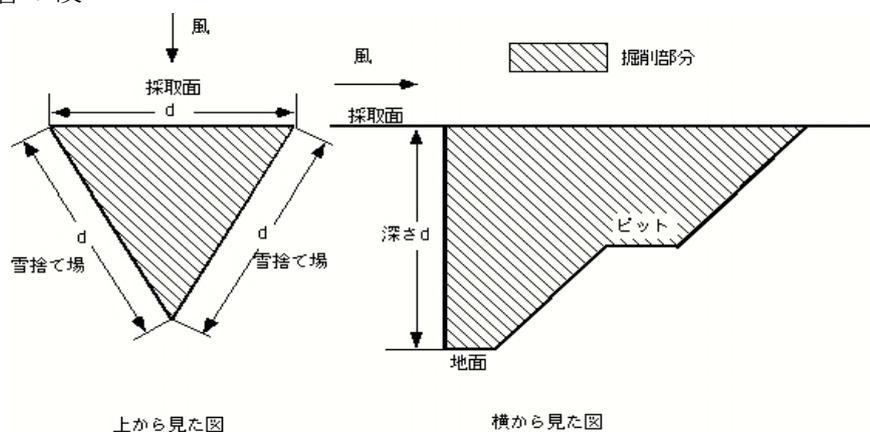


図-2 積雪採取時の掘削方法

深度にステンレスへらを挿入し、へらに当たるまでサンプラーを上部から垂直に差し

込み，そのままへらで蓋をした状態で傾けて倒し，採取した雪が滑り落ちない程度に傾けた後，採取口の試料状態を視認する。汚れ，異物の混入がないことを確認した後，洗浄済みのポリ袋に採取した試料を入れる。サンプラー内部の試料が落ちないときは，木槌でサンプラーを叩く，あるいはシリコンゴム付きの棒で掻き落とす。雪の層が深い場合は，これを繰り返す，全層の試料を一括採取した。また積雪試料量が少ない場合は，全量で 1kg 以上となることを目安に数回採取を繰り返した。試料を入れたポリ袋は 2 重にして密閉し，直射日光を避け，クーラーボックスなどで実験室まで輸送した。実験室に運ばれた試料は，室温で融かし，ろ過後，分析に供した。

分析は，積雪水量測定後，電気伝導率 (TOA CM-30V 使用) および pH (TOA/DKK HM-30M 使用) を測定する試料と 2.5 μm のメンブランフィルターでろ過したイオン分析用試料に分け，陽イオンはイオンクロマトグラフ Dionex IC-1500，陰イオンは IC-2000 にて分析した。なお，分析手順などは Technical Manual for Wet Deposition Monitoring in East Asia (2000) に従った。

3. 結果および考察

降水中の汚染物質の量は，①汚染物質排出量，②汚染物質の輸送過程，③汚染物質の沈着過程の変動により影響を受ける。大気汚染対策としては，①の制御を行うこととなるが，そのためには②や③の影響を除外した評価を行う必要がある。

積雪中の汚染物質は降雪後の大気中のガスおよび粒子の沈着（乾性沈着）の影響も受けるが，都市部などの一部を除いては降雪の寄与が大きい。降雪中の汚染物質の取り込みは，

雲での取り込み（レインアウト），落下中の取り込み（ウォッシュアウト）に分けられる。前者の場合，降水量が多くともあまり汚染物質の濃度低下が起こらず，沈着量は降水量に比例して大きくなる。一方，後者の場合は降水量が多くなると反比例して汚染物質の濃度低下が起こるが，沈着量はあまり変わらない。この関係は次に示すように係数 a を用いて説明される。

$$D \propto R^a$$

ここで，D:沈着量，R:降水量，a:汚染物質の取り込みに関する係数

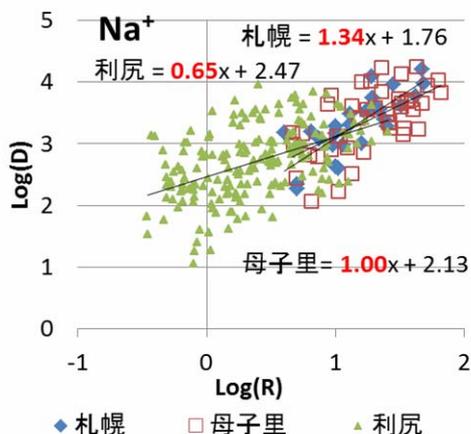


図-3 降雪中 Na⁺ の場合の a 値 (傾き)

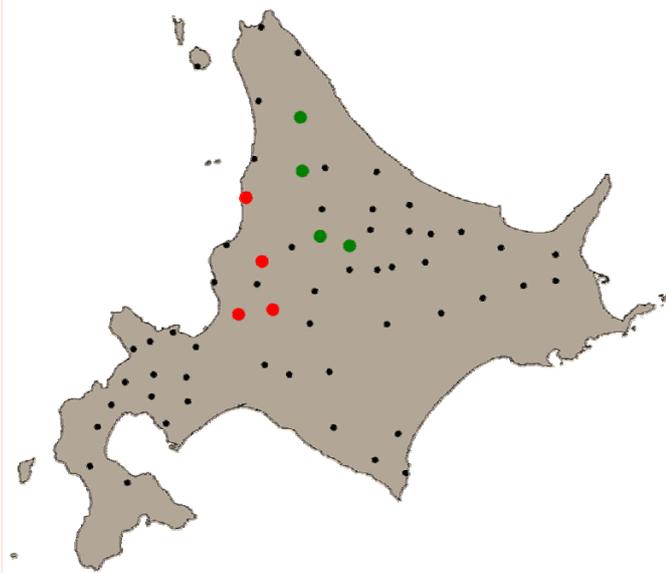


図-4 2012 年調査地点

- : 2004, 2008 と比べて 2012 年の積雪水量が多かった地点
- : 2004, 2008 と比べて積雪水量の変動が小さかった地点

この関係は、図-3 に示す降雪中のナトリウムイオン (Na^+) ように a が大きい場合はレインアウトの寄与が大きいと判断される。化石燃料の燃焼などに由来する非海塩由来硫酸イオン (nss-SO_4^{2-}) の係数 a については、Barrie(1985)は 0.635, 藤田ら(1990)は 0.666 を報告している。

降雪量の変化に伴う成分濃度の挙動について、2004 および 08 年と比べて 2012 年に降雪量が多かった地点 (●) と積雪水量の変動が小さかった地点 (●) に分けて検討を行った (図-4 および 5 参照)。その結果、降雪の場合と同様に Na^+ などの海塩はレインアウトの寄与が大きいと考えられた。

土壌/黄砂/道路ダスト由来の非海塩由来カルシウムイオン (nss-Ca^{2+}) は積雪水量が少ない 2008 年に濃度が高く、沈着量も多い。これは、ウォッシュアウトの寄与が大きく、さらに雪が少ない場合は土壌や道路ダストの供給量が増大する等の影響があったと考えられた。

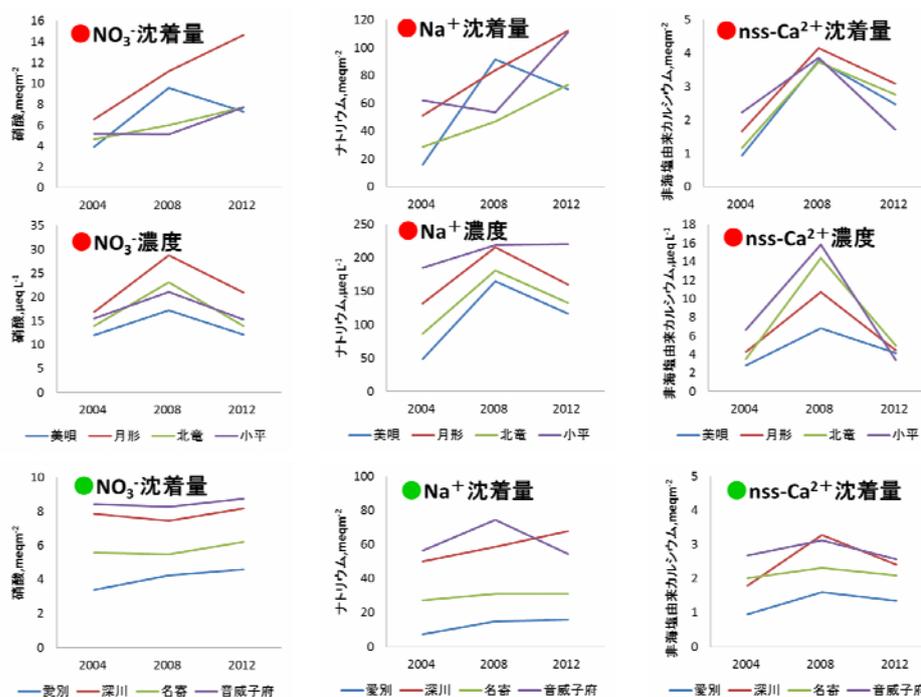


図-5 積雪深, 積雪水量と主なイオン成分の沈着量と濃度

化石燃料の燃焼などに由来する nss-SO_4^{2-} および硝酸イオン (NO_3^-) は 1:1 の比例関係より少ないが、沈着量は積雪水量とともに増加する傾向が見られ、レインアウト、ウォッシュアウト両方の影響が伺えた。一方で、積雪水量の変動の小さい●の地点での沈着量は nss-SO_4^{2-} は減少、 NO_3^- は微増傾向を示した。これら中国などの発生源の影響が伺われる成分の傾向は、図-6 に示すとおり、いずれも 2008 年より 2012 年は濃度が低下した。この原因は積雪水量の変動の影響によるものであり、前述した nss-SO_4^{2-} の減少、 NO_3^- の微増という長期傾向は継続している状況にあると判断された。

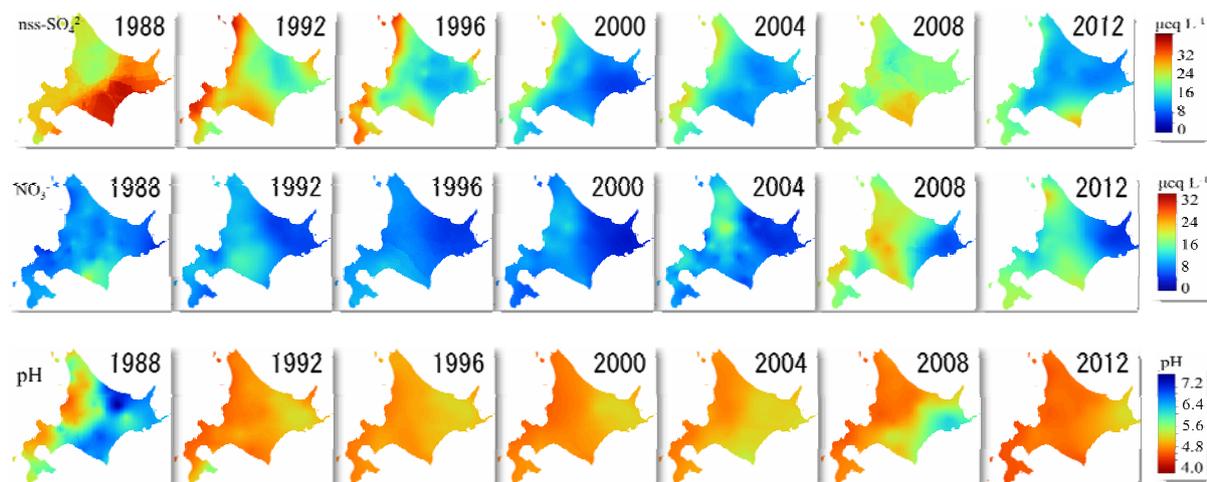


図-6 nss-SO₄²⁻, NO₃⁻濃度および pH 分布図

5. おわりに

酸性雪では濃度指標である pH がよく用いられる。2012 年の pH は、図-6 に示すように最も低く、雪の酸性度は最も高かったと判断される。しかし、pH は酸と塩基のバランスで決定されるものであり、塩基成分の挙動も重要となる。このように、汚染物質の変動傾向を的確に判断するには、降水量/積雪量以外にも様々な要因を考慮する必要があり、まだ検討すべき課題は多い。

【参考文献】

- 1) Noguchi, I., Kato, T., Sakai, S., Iwata, R., Akiyama, M., Otsuka, H., Sakata, K., Aga, H., Matsumoto, Y., 2001: Snow Cover Components in Northern Japan, *Water, Air and Soil Pollution*, **130**, 421-426.
- 2) 野口泉, 酒井茂克, 岩田理樹, 秋山雅行, 大塚英幸, 有末二郎, 濱原和広, 山口勝透, 姉崎克典, 阿賀裕英, 田中敏明, 加藤拓紀, 2005: 北海道における積雪成分の分布 (1988, 1992, 1996, 2000 及び 2004 年), 北海道環境科学研究センター所報, **31**, 65-73.
- 3) 山口高志, 野口泉, 阿賀裕英, 岩田理樹, 上野洋一, 秋山雅行, 大塚英幸, 酒井茂克, 永洞真一郎, 山口勝透, 丹羽忍, 尾原裕昌, 田中敏明, 姉崎克典, 濱原和広, 2009: 北海道における積雪成分の長期変動 (1988-2008 年), 北海道環境科学研究センター所報, **35**, 61-68.
- 4) 日本雪氷学会北海道支部編, 1991: 雪氷調査法, 29-45.
- 5) The Second Interim Technical Scientific Advisory Group Meeting of Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, 2000; *Manual for Wet Deposition Monitoring in East Asia*, 1-67.
- 6) Barrie, L. A., 1985: Scavenging ratio, wet deposition, and in-cloud oxidation: An application to the oxides of sulphur and nitrogen, *Journal of Geophysical Research*, **90**, 5789-5799.
- 7) 藤田慎一, 高橋章, 1990: 九州北西海域における硫酸塩の洗浄比とその季節変化, 大気汚染学会誌, **25**, 227-231.