

降雪中非海塩由来成分の経年変動

野口 泉

要 約

降雪中の非海塩由来成分の経年変動を評価する目的で、冬期の札幌(1983~1991年度)、苫小牧東部、苫小牧(1986~1991年度)における降雪を採取した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 全ての地点で、pHは低下、 H^+ 濃度、降水量は増加の傾向がみられた。
- (2) 札幌で、 NO_3^- 濃度、降水量は増加の傾向がみられた。
- (3) 全ての地点で、 NH_4^+ 濃度、降水量は増加の傾向がみられた。
- (4) 全ての地点で、 $nssSO_4^{2-} \cdot nssCa^{2+}$ 濃度、降水量は増加の傾向がみられた。

1 はじめに

欧米などでは酸性降下物による被害が年々進行しており、酸性降下物に関する種々の予測についての研究がなされている。例えば欧州では、21世紀には1億5,500万 m^3 の森林が酸性降下物の被害を受け、その被害額は毎年300億ドルにのぼるだろうと言われている¹⁾。このような予測をするためには、酸性降下物による湖沼、土壌、植物等への影響に関するメカニズムの解明と同時に、過去から将来にわたる酸性降下物の濃度や降水量を求めることも必要となる。この時、将来の予測を行う場合においても、過去からの経年変動を把握することは大変重要である。このようなことから、北海道における酸性降下物の長期的経年変動について検討を行うこととした。本報では、札幌などにおいては夏期に比べて冬期の酸性降下物量が2倍以上を示すことがしばしばあり、年降水量に対する降雪中成分の降水量の寄与はかなり大きいこと、さらに降雪の場合、春先のアシッドショックが懸念されるなど、北海道における酸性降下物の中でも最も重要な問題のひとつであること²⁾、また非海塩由来成分は、人為発生源に由来する割合が多く、pHの決定因子であり、降水の酸性化及びその抑制の原因物質であることから、降雪中非海塩由来成分の経年変動を中心に報告する。

2 調 査

降雪の調査は環境庁方式の雪採取器を用い、環境庁の酸性雨調査マニュアルに従って行った。調査地点は図1の通りで、札幌は、札幌市の住宅地域に位置する北海道環境科学研究センターの屋上



図1 調査地点

で、苫小牧東部は、苫小牧市郊外に位置する苫小牧地方環境監視センターの屋上で、苫小牧は、苫小牧市中心部の苫小牧市環境監視センターの大気汚染測定局の屋上でそれぞれ採取している。降雪の採取期間は、札幌では1983年度から、苫小牧東部、苫小牧では1986年度からそれぞれ1991年度までの12~2月の3カ月間である。降雪成分の測定は、pHはガラス電極法、ECは導電率計、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- はイオンクロマト法、 NH_4^+ はインドフェノール法、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は原子吸光法によって行った。

なお、非海塩由来の SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 等の成分を求めるについては、いずれの地点においても代表的な海塩由来成分である Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 間の相関係数は大きく、これらの成分の組成比も海塩組成比に近いことから、 Na^+ をすべて海塩由来と仮定して、海塩組成比から算出した。また濃度が低く、

降水量の少ない非海塩由来の K^+ などを除き、 H^+ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、非海塩由来の SO_4^{2-} ($nssSO_4^{2-}$)、非海塩由来の Ca^{2+} ($nssCa^{2+}$)の5成分を非海塩由来成分とした。

3 結 果

3.1 成分濃度

降雪中非海塩由来成分濃度の平均値を図2に、降水量とpH、非海塩由来成分濃度の経年変動を図3に、また、その年変化割合を表1に示す。なお、年変化割合は降水量、pHあるいは濃度を縦軸に、調査年度を横軸に取った場合の回帰直線の傾きである。

各成分濃度の平均値をみると、いずれの地点でも陽イオン過多であり、その傾向は、苫小牧で顕著であった。また、いずれの地点でも $nssCa^{2+}$ 、 $nssSO_4^{2-}$ が大きな割合を示しており、ついで NH_4^+ 、 NO_3^- 、 H^+ の順であった。全非海塩由来成分の濃度の合計は、苫小牧で高く、札幌の2.7倍、苫小牧東部の2.8倍であった。

降水量の経年変動と年変化割合をみると、降水量は、いずれの年度とも札幌で最も多く、苫小牧東部の2.9倍、苫小牧の2.4倍であった。また、札幌、苫小牧東部では、変動はみられるが、ほぼ

表1 非海塩由来成分濃度の年変化割合

地 点	降水量 mm	pH	H^+ $\mu eq/\ell$	NO_3^- $\mu eq/\ell$	NH_4^+ $\mu eq/\ell$	$nssSO_4^{2-}$ $\mu eq/\ell$	$nssCa^{2+}$ $\mu eq/\ell$
札 幌	3.61	-0.05	1.31	0.49	4.05	-2.21	-7.42
苫小牧東部	6.07	-0.09	2.32	-1.28	0.48	-7.31	-6.42
苫小牧	16.03	-0.16	0.22	-1.72	2.97	-43.09	-33.17

横ばいであり、苫小牧では、より変動が大きく、全体的にはやや増加する傾向がみられた。

pHの経年変動と年変化割合をみると、pHは、札幌、苫小牧東部では、いずれの年度とも5.6以下を示し、特に1989年度以降は5.0以下と、低下する傾向がみられた。苫小牧では、いずれの年度とも5.6以上を示していたが、1988年度までは6.2以上を示していたのに対して、1989年度以降は6.1以下と、札幌、苫小牧東部と同様に低下する傾向がみられた。また、pHの年変化割合は、苫小牧で減少の割合が大きいが、 H^+ 濃度の年変化割合は、苫小牧東部、札幌、苫小牧の順に増加の割合が大きかった。

NO_3^- 濃度の経年変動と年変化割合をみると、 NO_3^- 濃度は、札幌では濃度が低いが、やや増加する傾向がみられ、苫小牧東部、苫小牧では、札幌より濃度が高かったが、変動が大きく、全体的には減少する傾向がみられ、1988から1989年度にかけて大きく減少し、その後は増加していた。

NH_4^+ 濃度の経年変動と年変化割合をみると、 NH_4^+ 濃度は、全体的にはいずれの地点でも増加する傾向がみられたが、苫小牧東部、苫小牧では、変動が大きく、1988から1989年度にかけて大きく減少し、その後は増加していた。

$nssSO_4^{2-}$ 濃度の経年変動と年変化割合をみると、 $nssSO_4^{2-}$ 濃度は、いずれの地点でも減少する傾向がみられ、苫小牧では、札幌、苫小牧東部に比べて減少の割合が著しかった。

$nssCa^{2+}$ 濃度の経年変動と年変化割合をみると、 $nssCa^{2+}$ 濃度は、 $nssSO_4^{2-}$ 濃度と同様に、いずれの地点も低下する傾向がみられたが、苫小牧では変動が大きく、1988から1989年度にかけて大きく減少しており、全体的にも減少の割合は著しかった。

いずれの地点においても、1988年度以前と比較して1989年度以降で各成分濃度が大きく変化している場合がみられ、札幌では H^+ 濃度が上昇、苫小牧東部では、 NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度が減少、苫小牧では、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 $nssSO_4^{2-}$ 、 $nssCa^{2+}$ 濃度の減少がみられた。

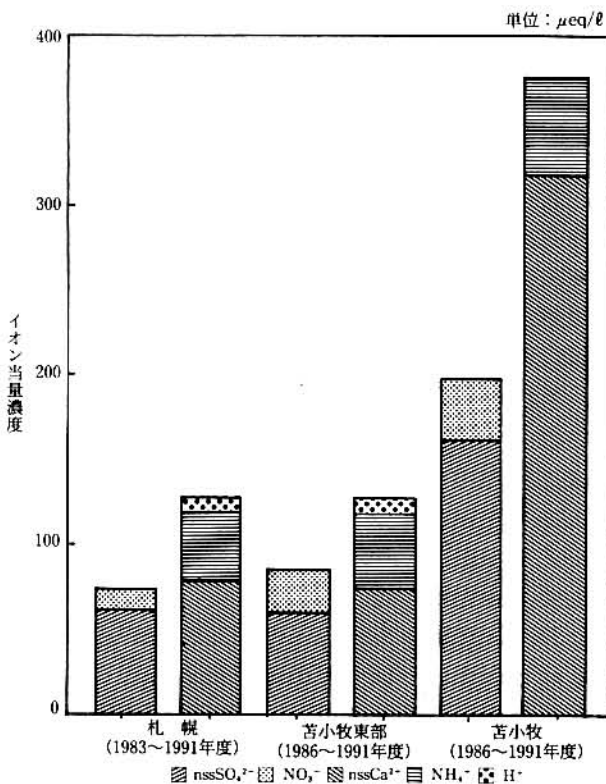


図2 非海塩由来成分濃度の平均値

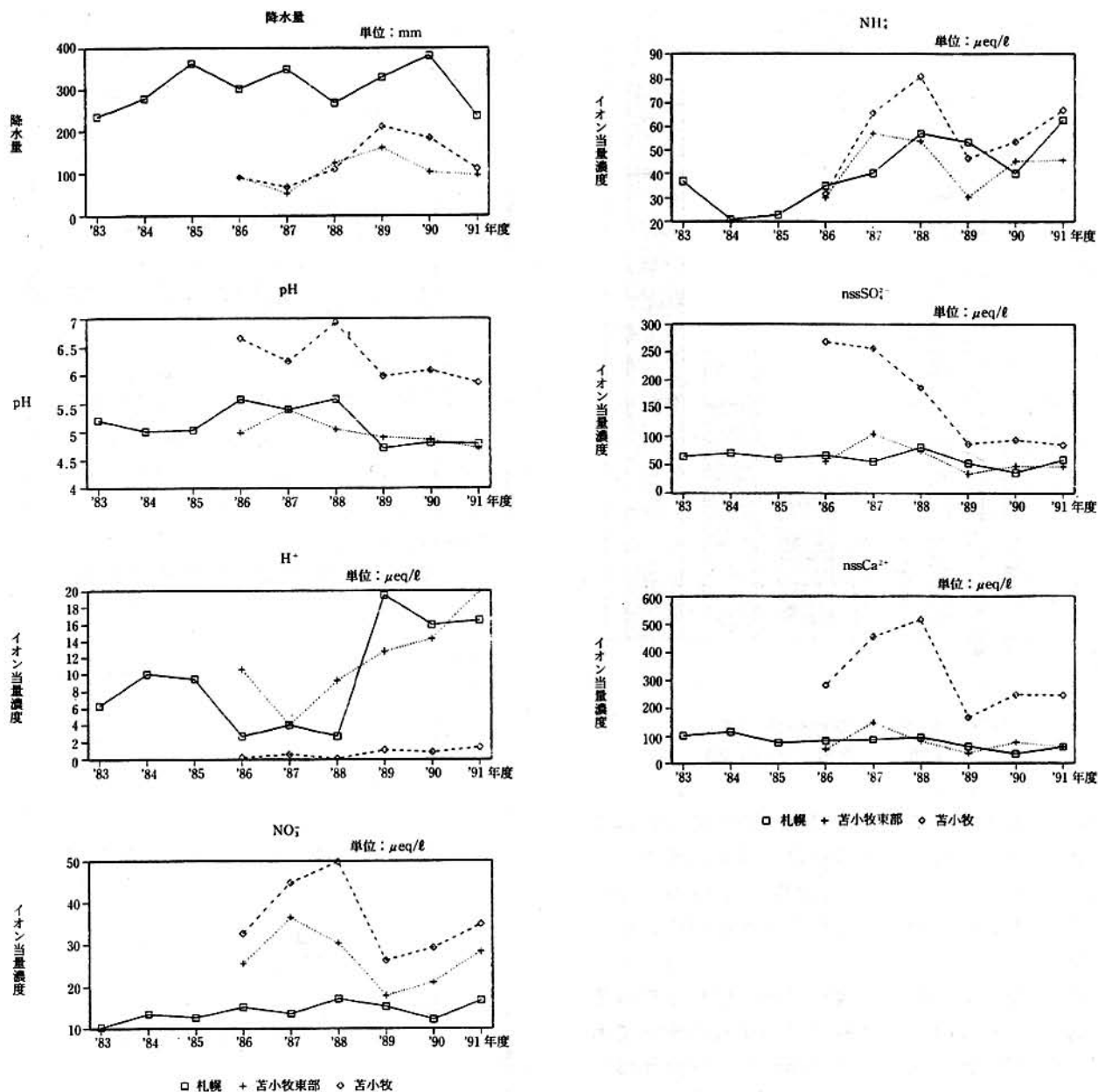


図3 降水量と pH, 非海塩由来成分濃度の経年変動

3.2 成分降下量

降雪中非海塩由来成分降下量の平均値を図4に、非海塩由来成分降下量の経年変動を図5に、またその年変化割合を表2に示す。なお、年平均割合は、降下量を縦軸に、調査年度を横軸に取った場合の回帰直線の傾きである。

成分降下量の平均値をみると、いずれの地点も陽イオン過多であり、その傾向は苫小牧で最も大きく、ついで札幌、苫小牧東部の順であった。またいずれの地点でも nssCa^{2+} 、 nssSO_4^{2-} が大きな割合を示しており、ついで NH_4^+ 、 NO_3^- 、 H^+ の順であった。全非海塩由来成分の降下量の合計は、札幌、苫小牧で高く、それぞれ苫小牧東部の3.0

表2 非海塩由来成分降下量(30日あたり)の年変化割合

地点	H ⁺ $\mu\text{eq}/\text{m}^2$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{eq}/\text{m}^2$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{eq}/\text{m}^2$	nssSO ₄ ²⁻ $\mu\text{eq}/\text{m}^2$	nssCa ²⁺ $\mu\text{eq}/\text{m}^2$
札幌	144.4	56.6	434.9	-183.9	-656.5
苫小牧東部	89.5	19.6	109.5	-74.9	17.9
苫小牧	11.2	65.6	329.7	-1093.5	-96.8

倍、3.4倍であった。

H⁺降下量の経年変動と年変化割合をみると、H⁺降下量は、全体的にはいずれの地点でも増加する傾向がみられ、札幌では1986~1988年度は少なかったが、1989年度以降は大きく増加しており、苫小牧東部、苫小牧に比べて変動が大きかった。