



Title	北海道における酸性雪：非海塩由来成分の長期変動を中心として
Author(s)	野口, 泉
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木）北海道大学学術交流会館）．3 測定・評価．3-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 75-80
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7425
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-3-2_p75-80.pdf



3-2

北海道における酸性雪

—非海塩由来成分の長期変動を中心として—

野口 泉（北海道環境科学研究センター）

1. はじめに

北歐や北米では、湖沼・河川の酸性化などの酸性降下物による生態系への被害が起こっていることはよく知られている。積雪のみられる地域における湖沼・河川の酸性化においては、春先の雪解け初期に酸性度の強い融雪水によって急激に陸水のアルカリ度の減少あるいはpHの低下がみられる。¹⁾これはアシッドショックと呼ばれる一時的な現象であるが、これによって破壊された生態系は直ちには回復せず、酸性降下物に対する緩衝能力も低下したままとなるので、湖沼・河川の酸性化が一気に進む場合が少なくない。これらのことから、当センターでは北海道における酸性雪についての調査研究を進め、これまでも報告してきた。¹⁻⁶⁾本報では降雪中の非海塩由来成分の長期変動を中心に、今までに得られた知見について報告する。

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降雪の採取を行った。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ヵ月間

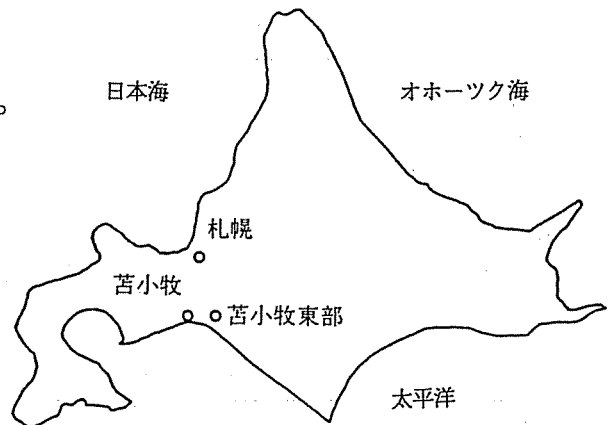


図1 調査地点

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、陰イオンはイオンクロマト法、 NH_4^+ はインドフェノール法、他の陽イオン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+} 等の成分降下量は、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、降下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-} (nss SO_4^{2-})、非海塩由来の Ca^{2+} (nss Ca^{2+})の5成分を非海塩由来成分とした。

3. 結果

採取期間中の降水量、pHおよび非海塩由来成分降下量の経年変動を図2に示す。

降水量の経年変動をみると、降水量はいずれの年度とも札幌で最も多く、札幌の平均降水量は苫小牧東部、苫小牧のそれぞれ2.9倍、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。

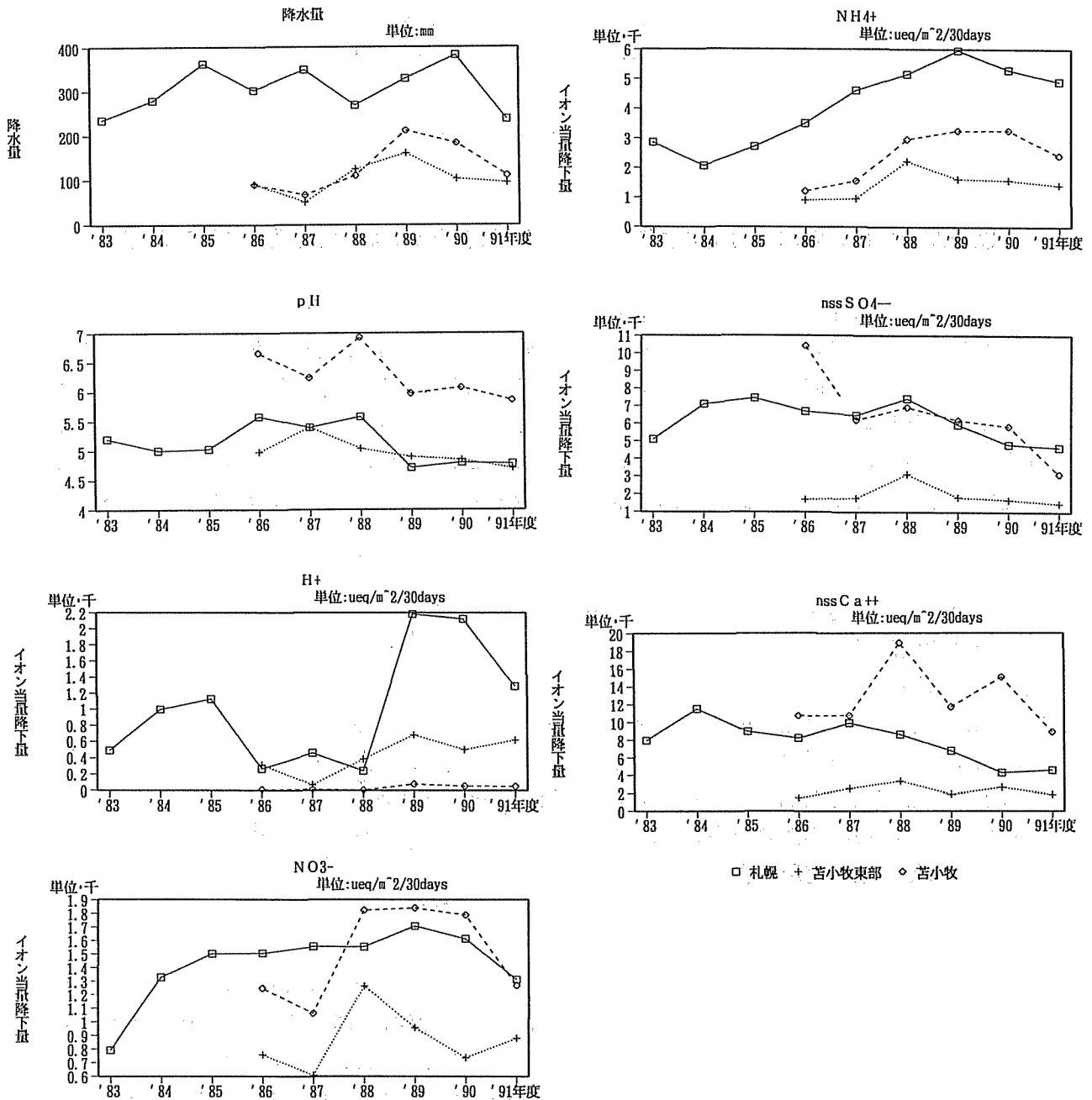


図2 降水量，pHおよび非海塩由来成分降下量の経年変動

pHの経年変動をみると、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。

H⁺降下量の経年変動をみると、H⁺降下量は、全体的にはいずれの地点においても増加する傾向がみられ、札幌では、1989年度以降に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。

NO₃⁻降下量の経年変動をみると、NO₃⁻降下量は、全体的にはいずれの地点においても増加する傾向がみられたが、札幌では1989年度以降、苫小牧東部、苫小牧では1988年度以降は減少していた。

NH₄⁺降下量の経年変動をみると、NH₄⁺降下量は、全体的にはいずれの地点においても増

加する傾向がみられたが、札幌では1989年度以降、苫小牧東部では1988年度以降は減少していた。

nssSO₄²⁻降下量の経年変動をみると、nssSO₄²⁻降下量は、いずれの地点においても減少する傾向がみられ、苫小牧ではその傾向が著しかった。

nssCa²⁺降下量の経年変動をみると、nssCa²⁺降下量は、札幌、苫小牧では減少する傾向がみられ、札幌ではその傾向が著しく、苫小牧では変動が大きかった。また、苫小牧東部では、ほぼ横ばい状態であった。

いずれの地点においても、1988年度前後を境にしていくつかの成分の降下量の経年変動に増減の変化がみられた場合が多かった。札幌では1987年度以降nssCa²⁺降下量が減少し、1988年度以降はpHが減少、H⁺降下量が大きく増加、nssSO₄²⁻降下量が減少し、さらに1989年度以降はNO₃⁻、NH₄⁺降下量が減少している。苫小牧東部では1988年度以降pHが低下し、1989年度以降はNO₃⁻、NH₄⁺、nssSO₄²⁻降下量が減少している。苫小牧では測定開始年度からnssSO₄²⁻降下量は減少し、1988年度からはH⁺、nssCa²⁺降下量が減少し、その後pHが低下、NO₃⁻、NH₄⁺降下量が横ばいから減少している。

4. 考察

降雪中非海塩由来成分降下量の経年変動と酸性降下物の基となる大気汚染物質であるSO₂、NO₂、浮遊粒子状物質（SPM）濃度の経年変動との関係について検討を行った。

札幌と苫小牧におけるSO₂、NO₂、SPM濃度の経年変動を図3に示す。なお、いずれも各年度の12～2月の大気中濃度の平均値を示している。また苫小牧東部については、同一地点における大気汚染物質の測定データがなかったため、比較はできなかった。

降雪中のNO₃⁻降下量と大気中のNO₂濃度の関係を見ると、札幌ではNO₃⁻降下量は全体的に増加しており、NO₂濃度の経年変動も増加する傾向がみられた。これらは、自動車台数の急激な増加などの影響を受けていることが考えられた。苫小牧でもNO₃⁻降下量は変動が大きかったが、全体的に増加の傾向がみられ、NO₂濃度は横ばい～やや増加の傾向がみられた。これらは、札幌同様自動車台数の増加などの影響を受けていることが考えられた。苫小牧地域においては、窒素酸化物への固定発生源や航空機からの寄与が考えられるが、その排出量は自動車による割合がより大きいと考えられた。⁷⁾

降雪中のNH₄⁺降下量はいずれの地点においても増加する傾向がみられ、この原因とし

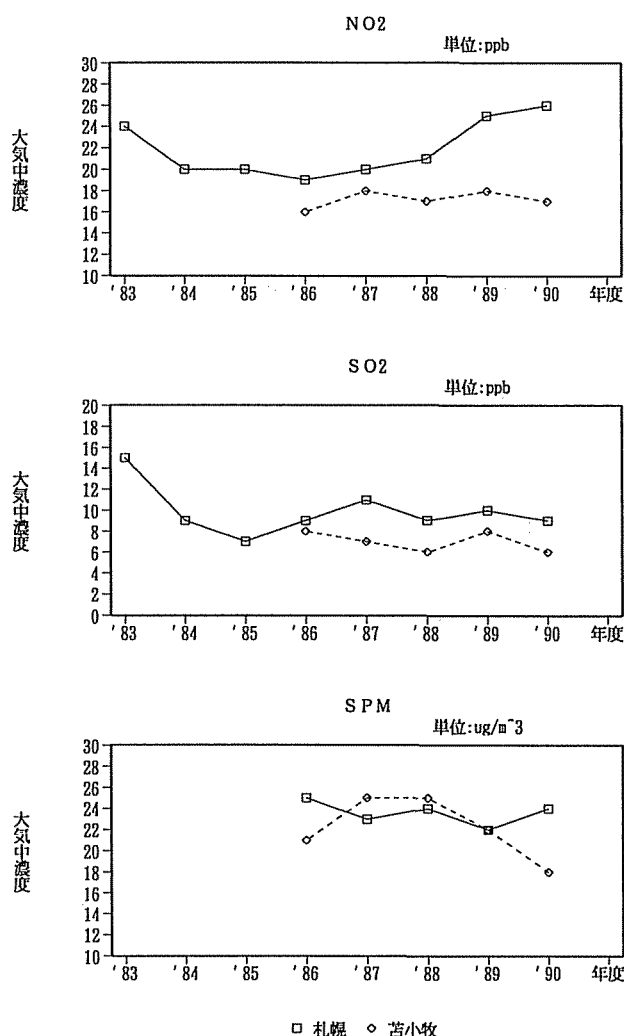


図3 大気汚染物質濃度の経年変動 (12～2月の平均値)

ては、調査時期が冬期であり、低温で積雪があるので土壌などからの発生源は無視できることから、 NO_3^- 同様、自動車台数の増加などが考えられた。⁸⁾しかし、その排出および沈着の挙動などについてはまだ不明の点が多く、さらに検討が必要である。

降雪中の nssSO_4^{2-} 降下量は、いずれの地点においても減少する傾向がみられ、特に苫小牧でその傾向は著しかった。 SO_2 濃度の経年変動は、全体的には、札幌、苫小牧ではともに減少する傾向がみられたが、札幌では1984年度以降は若干の変動はあるが、ほぼ横ばい状態であり、苫小牧でも、 nssSO_4^{2-} 降下量の減少傾向に比べて減少の割合は小さかった。これらのことから、降雪中の nssSO_4^{2-} 濃度、降下量の減少の原因を解明するためには、 SO_2 などのガス状物質だけでなく、長距離輸送を考慮し、粒子状物質中の SO_4^{2-} 濃度などについての知見も必要であると考えられた。

降雪中の nssCa^{2+} については、札幌、苫小牧では、濃度、降下量とも減少する傾向がみられ、特に苫小牧で、その傾向が顕著であった。一方、苫小牧東部では、濃度は減少しているが、降下量はほぼ横ばいであった。1986年度以降のデータのみであるが、大気中のSPM濃度の経年変動についてみると、札幌、苫小牧とも減少する傾向がみられ、特に1988年度以降に苫小牧で大きく減少していた。これは、苫小牧における降雪中の nssCa^{2+} 濃度、降下量の減少と対応しており、その原因としては、降雪中の nssCa^{2+} は粒子状物質として降水に取り込まれると考えられることから、スパイクタイヤ対策によってアスファルト粉じんの発生が抑えられたことなどが考えられた。

降雪中の H^+ 降下量の経年変動をみると、 H^+ 降下量は、全体的にはいずれの地点においても増加する傾向がみられ、pHはいずれの地点においても低下の傾向にあった。pHの決定に大きな影響を与える因子は、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 nssSO_4^{2-} 、 nssCa^{2+} の4成分であり⁴⁾、これらの成分の挙動から、降雪中のpHの低下、 H^+ 降下量の増加は nssCa^{2+} 降下量の低下と関連があると考えられた。また nssCa^{2+} 降下量の低下がアスファルト粉じんの減少に起因するとすれば、東北地域においても同様の傾向がみられることが考えられた。

全国公害研協議会北海道・東北支部では、同地域における広域的な酸性雨・雪の調査を昭和62年度から平成3年度までの5年間、それぞれ梅雨期、降雪期に行っている。⁹⁾連続して調査を行った地点の平均降下量の経年変動を検討した結果、降雪期のみ図4に示すように、 nssCa^{2+} 降下量の減少と H^+ 降下量の増加が対照的な変動を示している。北海道・東北地域における降雪中の nssCa^{2+} の冬期発生源としては、土壌については、積雪で覆われている地域が多いためその寄与は小さいと考えられ、他に黄砂、またはアスファルト粉じんなどの人為発生源からの寄与が考えられる。

黄砂の降下量は年 $4\text{ t}/\text{km}^2$ 程度であり¹⁰⁾、組成的にはCaの含有量は4~7%であることから年最大降下量は $14\text{ meq}/\text{m}^2$ 程度と考えられる。一方、平成3年度に全公研協議会で行った全国酸性雨協同調査結果¹¹⁾では、図5に示すように nssCa^{2+} 降下量のバックグラウンド値を推定しており、これによると本州中部を除いて黄砂由来の最大値以上の nssCa^{2+} 降

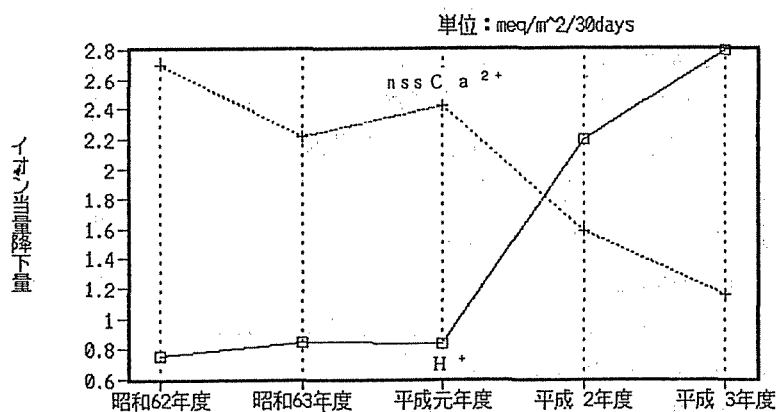


図4 降雪期 nssCa^{2+} と H^+ 降下量の経年変動⁹⁾

下量がみられ、東北ではさらにその3倍以上の降下量となっている。またこれらの地域は、1～3月期に $nssCa^{2+}$ の降下量が多いことが分かっており、これは黄砂の寄与が最も大きいと考えられる時期である3、4、5月と若干異なっている。¹⁰⁾また筆者らは、北海道においては濃度、降下量の地域差が大きいこと、北海道における冬期 $nssCa^{2+}$ 濃度、降下量のバックグラウンド値が小さいことから、黄砂の影響は小さいと考えられることを報告している⁵⁾。これらのことから、広域的な冬期 $nssCa^{2+}$ 降下量減少の原因は、量的にも、時的的にも黄砂の挙動の変化では説明は難しいと考えられる。

一方、アスファルト粉じんについては、その対策としてスパイクタイヤの規制が行われてきており、札幌市におけるスパイクタイヤ装着率の変化をみると、自主規制が始まった

1989年度は60%、法的規制が始まった1991年度は20%とここ数年で大きく減少している。同時に、これに伴って、大気中の浮遊粉じん、浮遊粒子状物質濃度は減少してきており、それらに対するアスファルト粉じんからの寄与も小さくなってきている¹²⁾。これらのスパイクタイヤの規制は、東北地域においても同様の時期に進められており、降雪中の $nssCa^{2+}$ 降下量の減少はアスファルト粉じんの減少による影響を受けていることが考えられる。

5. おわりに

アスファルト粉じんは粒径が大きいため、長・中距離を運ばれにくく、山間部においてはその降下量は少ないことが考えられ、直ちにすべての山間部で、都市部ほどのアスファルト粉じんの減少によるpHの低下、 H^+ 降下量の増加が起こるとは限らないと考えるが、風向、風速などの気象条件によっては、山間部でもアスファルト粉じんの影響を大きく受けていた地域も考えられる。そのような地域では、降雪および積雪のpHの低下、 H^+ 降下量(蓄積量)の増加が起こる可能性があり、春先の雪解け時に高濃度の酸性物質が陸水系に流入することも考えられる。これらのことから、今後は酸性降下物の指標などになっているpH、 H^+ 、 NO_3^- 、 $nssSO_4^{2-}$ 、あるいは土壌の酸性化の重要な指標である NH_4^+ の他に、 $nssCa^{2+}$ についても、検討する必要があると考える。

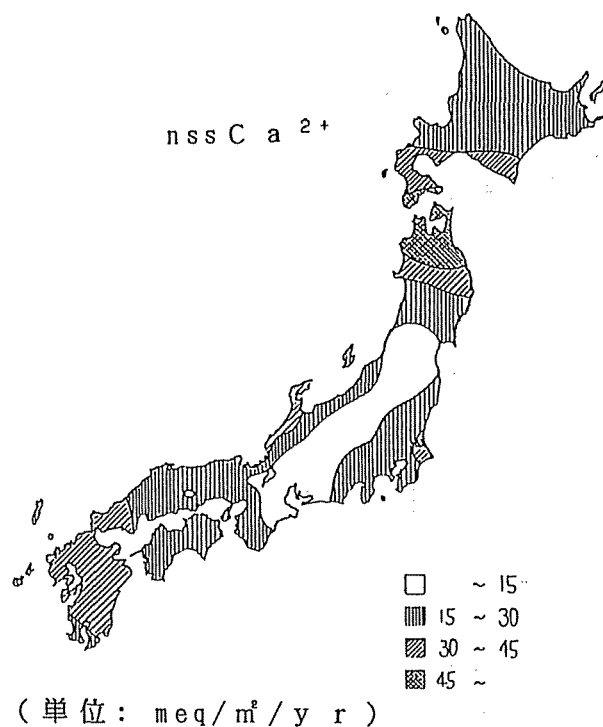


図5 $nssCa^{2+}$ の年降下量¹¹⁾

参考文献

- 1) 坂田康一：北海道の酸性雨陸水影響予察調査，第19回環境保全・公害防止研究発表会講演集，13，1993
- 2) 荒木邦夫，他：酸性雪に関する調査研究（第1報），北海道公害防止研究所報，12，59～63，1985
- 3) 荒木邦夫，他：酸性雪に関する調査研究（第2報），北海道公害防止研究所報，13，69～78，1986
- 4) 荒木邦夫，他：酸性雪に関する調査研究（第3報），北海道公害防止研究所報，15，73～80，1988
- 5) 野口 泉：北海道の清浄地域における酸性雪，全国公害研会誌，16，106～109，1991
- 6) 野口 泉：降雪中非海塩由来成分の経年変動，寒地技術シンポジウム講演論文集，159～164，1992
- 7) 野口 泉：未発表
- 8) 平田房雄，他：降水成分へ及ぼす高速道路等の影響，第32回大気汚染学会講演要旨集，391，1991など
- 9) 全国公害研協議会，北海道・東北支部，酸性雨調査研究部会：北海道・東北ブロック酸性雨合同調査解析報告書，1993
- 10) 名古屋大学水圏科学研究所編集：大気水圏の科学 黄砂，1991
- 11) 全国公害研協議会酸性雨調査研究部会：平成3年度 酸性雨全国調査報告書，1993
- 12) 大塚英幸，他：札幌市における大気中浮遊粉じんへのアスファルト粉じん寄与率の算定，日本分析化学会北海道支部1993冬期研究発表会講演要旨集，51，1993