

庄内地域における大気中浮遊粒子及び降水の現況

— 東北公益文科大学における2002年調査結果 —

大歳 恒彦

1. はじめに

庄内は豊かな自然に恵まれた大気環境の清浄な地域であり、近年大都市に共通の自動車排ガスや騒音などにも、一般的にはあまり悩まされることもない。しかし、我が国には春先に大陸からの黄砂が訪れ、また、同様に広域的な現象である酸性雨については、全国的に酸性の雨が降っていることが知られており、庄内地域についても、どのような状況にあるのかを知ることは地域の環境を評価する上で重要である。

ここでは、このように概ね良好と考えられる庄内地域の大気環境の現況について、東北公益文科大学における2002年の1年間の降水や大気中浮遊粒子の調査を通じて考察した。

2. 調査方法

大学構内（酒田市飯森山）において大気中浮遊粒子及び降水のサンプリングを2002年1月から12月にかけて行なうとともに、その測定を下記のとおり実施した。

2-1 大気中浮遊粒子のサンプリングと測定

大学校舎3階屋上（地上約10m）において、大気中浮遊粒子のサンプリングを毎月1～2回、数日間ずつ行なった。また、黄砂の時期には集中的に毎日のサンプリングを行なった。使用した装置、フィルター及び大気中浮遊粒子の粒径特性などについては、表1のとおりである。サンプリング用フィルターはサ

ンプリングの前と後に秤量し、その差から浮遊粒子の重量を求めた後、吸引流量で割って大気中濃度を算出した。

表 1 大気中浮遊粒子のサンプリング方法

装 置	フ ィ ル タ ー	粒 径 特 性	流 量
10 μ mカット式ローポリウムエアサンプラー(新宅製)	石英繊維製フィルター(47mm径)	粒子径10 μ m以下の粒子	毎分約20リットル
NLK-60 (東京ダイレック製) サンプラー及びNILE多段フィルタホルダー	孔 径0.4と8 μ mの ポリカーボネート製フィルター (47mm径)	粒子径10 \sim 2 μ m及び粒子径2 μ m以下の2種類の粒子	毎分約17リットル
ハイポリウムエアサンプラー* (柴田科学製)	石英繊維製フィルター(8 \times 10インチ)	粒子径約数10 μ m以下の粒子	毎分約1m ³

注) *ハイポリウムエアサンプラーについては黄砂時のみ使用した。



写真 1 大気中浮遊粒子のサンプリング (大学校舎3階にて)

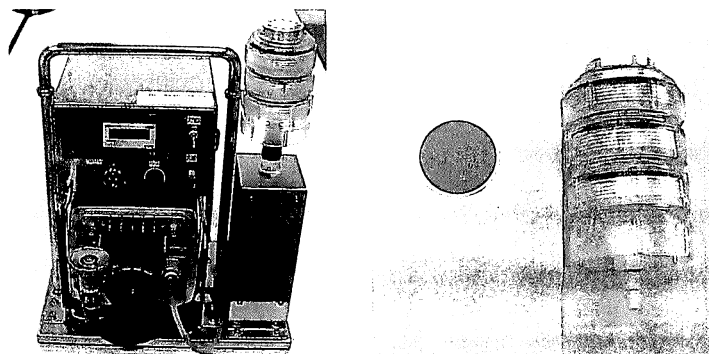


写真 2 NLK-60サンプラー(左)とNILE多段フィルタホルダー(右)

2-2 降水のサンプリングと測定

大学校舎2階屋上（地上約7m）において、降水（雪を含む）がある時のみにポリプレン製容器を用いて試料を集める「イベントサンプリング」法によりサンプリングした。

集めた降水の測定項目として、pH及びイオン成分について調べた。

- ① pH測定：pH電極法（メトラー製MP-120pHメータ）、又は簡易測定法（シバタ製シンプルパックpH36など）による。
- ② イオン成分測定：陰イオン（塩化物イオン Cl^- 、硝酸イオン NO_3^- 、硫酸イオン SO_4^{2-} など）について、イオンクロマトグラフ（ダイオネックス製DX-120）を用いて定量した。

2-3 気象観測データ

調査期間中の酒田候候所（酒田市亀ヶ崎）の日別気象観測データについて、気象庁ホームページ¹⁾を検索し、つぎの項目について整理した。

使用した気象観測データ：雨量、風向、風速など

3. 調査結果

3-1 大気中浮遊粒子

粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下及び粒径別にサンプリングした大気中浮遊粒子については、同じ月内の試料の濃度を算術平均して、月平均値を求めた。また、黄砂時にサンプリングした浮遊粒子については日毎の濃度を求めた。年間を通じた粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子濃度の平均値は $0.029\text{mg}/\text{m}^3$ であったが、図1に示すように3月及び4月には通常の濃度と比べて数倍から10倍の高い濃度となり、黄砂などによる影響と考えられた。粒子径が $10\mu\text{m}$ から $2\mu\text{m}$ までの粗大粒子と $2\mu\text{m}$ 以下の微小粒子の濃度の割合を示す図2から明らかなように、浮遊粒子濃度が高い時には粗大粒子の割合が大きくなっていることが特徴である。特に4月の黄砂期間中には粗大粒子が微小粒子の10倍以上となっていることがわかる。このことは、黄砂などの粒子径が比較的大きいことを示すものと考えられる。

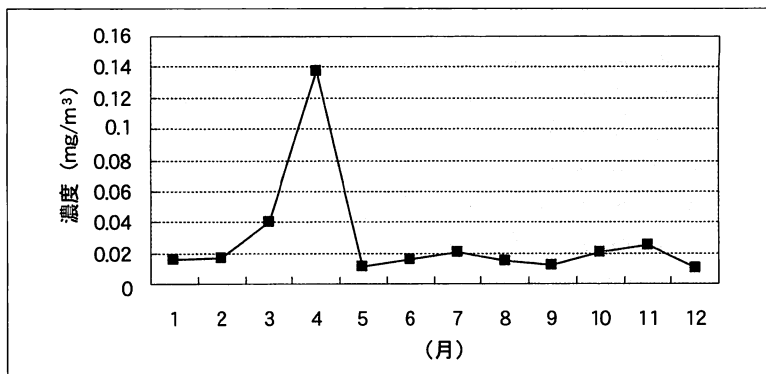


図1 粒径10 μ m以下の浮遊粒子濃度

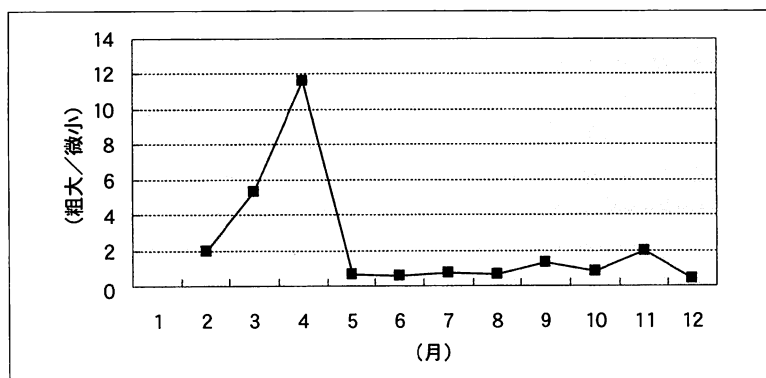


図2 粗大粒子と微小粒子の比率

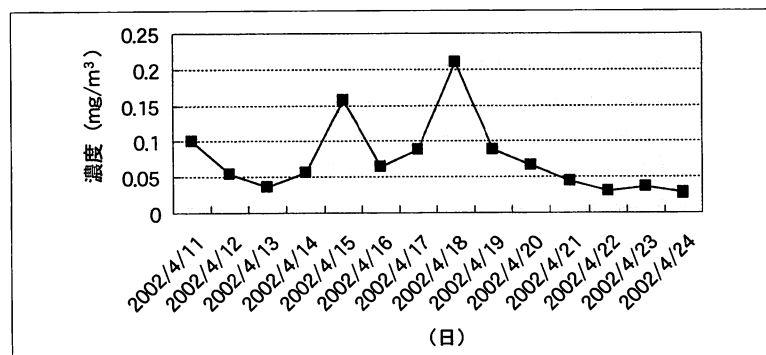


図3 黄砂期間中の浮遊粒子の濃度変化

注) 黄砂期間中は粒子径が数10 μ m以下の粒子 (ハイボリウムエアサンプラー) について測定した。

黄砂がやってきた4月中に2週間連続して粒子径が数 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子濃度の変動を測定したところ、図3に示すように4月15日及び18日の2つの大きなピークがあり、期間中も毎日に濃度が激しく変動していることがわかった。黄砂などの浮遊粒子は比較的短期間のうちに濃度が変動している現象であることを示唆するものと考えられる。

3-2 降 水

降水のpH及びイオン成分は試料ごとに測定し、月毎に雨量(気象データ使用)による荷重平均値を求めた。図4に示した酒田測候所の降水量データでは2002年の年間降水量は2,258mmであった。これは例年と比べて降水量の多い年であり、特に11月の降水量が年間で最も多かったのが影響しているものと考えられる。年度前半のイオン成分濃度と2月及び8月のpH値は得ることができなかったが、これらを除いた年間の平均値はpH4.8、塩化物イオン濃度(Cl^-) 8.9mg/l、硝酸イオン濃度(NO_3^-) 0.8mg/l、硫酸イオン濃度(SO_4^{2-}) 2.4mg/lであった。図5に示すように、pHの値は全体に変動は少ないものの、春季に高く、冬季に低い傾向があり、特に黄砂とともに降った雨では中性に近いものがあり、高濃度の浮遊粒子が降水の中性化に寄与しているものと推察された。一方、陰イオンのうち塩化物イオン及び硫酸イオンの濃度は秋季から冬季にかけて著しく上昇し、これが降水の酸性化に大きく影響しているものと考えられた。図6に示したように、秋季から冬季にかけては北東よりの季節風が卓越し、例えば5月及び8

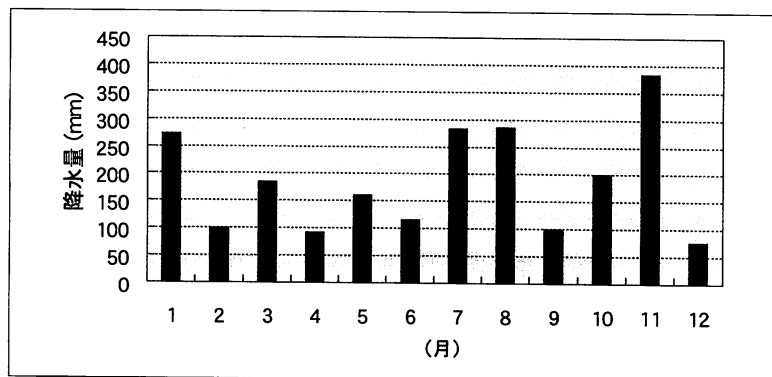


図4 月別降水量(酒田測候所)

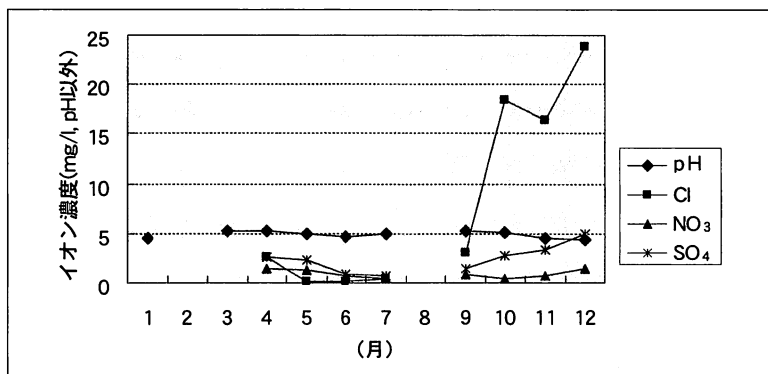


図5 降水成分の変化

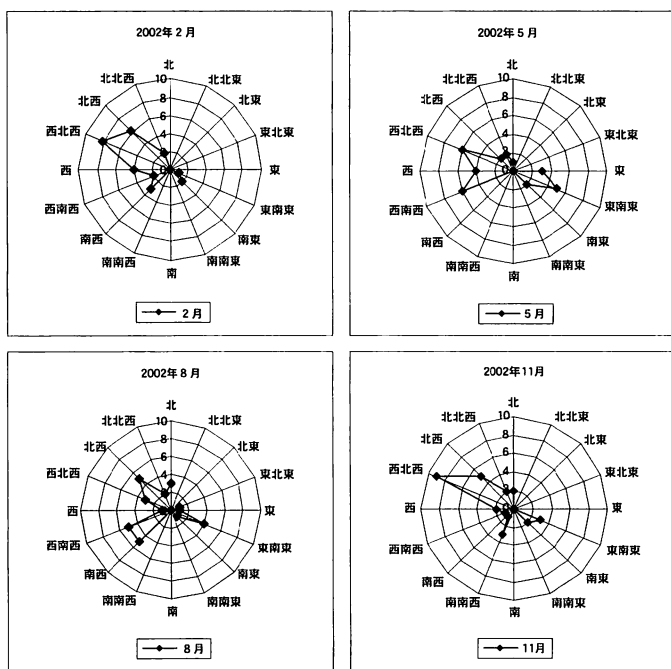


図6 季節ごとの風向頻度（酒田測候所）

月の平均風速はともに約3.5m/秒であったのに対して、2月には4.8m/秒、11月には5.3m/秒と強い風が吹き、日本海からの影響を大きく受けて降水中の海塩濃度が高くなるのが原因と考えられる。

4. 考 察

4-1 大気中浮遊粒子について

東北地方の日本海沿岸には比較的大きな砂丘が多く、それは冬から春にかけての北西の季節風が、砂を飛ばして砂丘をつくるためといわれており²⁾、大学のある酒田市は冬の季節風が特に強いところである。このため、大気中浮遊粒子にも海岸部からの飛砂の影響が少なからずあるものと考えられる。しかし、飛砂のピークは毎年12～1月といわれ、4月に見られた浮遊粒子の高濃度は、中国から韓国にかけて4月上旬に襲った、ここ10年間で最も激しい黄砂³⁾による影響が大きいものと考えられる。実際、2000年以降、中央アジア地域では今までに例のない頻度と強さで砂あらしが発生し、またその大型砂あらしに伴って生じる莫大な黄砂が中国大陸を経由して東アジア地域に輸送されている⁴⁾。柳澤ら⁵⁾も鶴岡及び山形市の観測結果から春季に突発的に濃度が上昇する浮遊粒子中のカルシウムイオンを黄砂粒子の影響であると推測している。

全国の自治体で実施している粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質（SPM）の測定は、 β 線吸収法などの自動測定器で連続的に行われている。庄内地域では、酒田若浜、酒田光が丘、酒田上田、遊佐、余目武道館、鶴岡西新斎の6局で測定している。平成12年度の測定結果では、いずれの測定局でも4月から8月にかけて $0.020\sim 0.030\text{mg}/\text{m}^3$ 程度の比較的高い濃度となっているが、9月以降は $0.020\text{mg}/\text{m}^3$ 以下となり⁶⁾、庄内地域6局の年間平均値は $0.020\text{mg}/\text{m}^3$ である。これは、山形県内の置賜地域、最上地域の平均値とほぼ同様で、山形広域地区（山形、天童、上山）の $0.025\text{mg}/\text{m}^3$ よりも低い値である⁷⁾。本報告の年平均値は $0.029\text{mg}/\text{m}^3$ であったが、特に濃度の高かった4月を除けばこれら自治体による過去の環境モニタリングデータと同様の結果が得られたと考えられる。庄内地域におけるこれらのSPM濃度は東北地方における一般的な値と考えられ、東京都のような大都市圏のように、環境基準値である日平均値 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ をしばしば越える局があったり、一般環境大気測定局の年平均値が $0.045\text{mg}/\text{m}^3$ （47局の平均）⁸⁾というような状況にはほど遠い清浄な環境といえることができる。

近年、粒子径の小さい浮遊粒子（例えばPM2.5であらわされる粒子径 $2.5\mu\text{m}$

以下の粒子)濃度と健康影響との関連が問題となっている⁹⁾。都市部ではディーゼル排気などの影響でPM10に占めるPM2.5の割合は70%以上に高くなるのが普通であるが、本調査では3月、4月の粗大粒子の多くなる時期を除いても、粗大と微小粒子の割合はほぼ同量であり、微小粒子の濃度も 0.01mg/m^3 を越えることがほとんどない低濃度であったので、粒子径分布の点からも、庄内地域では問題が少ないものと考えられる。

4-2 降水について

平成10～12年度の3年間にわたり、全国48地点において実施された第4次酸性雨対策調査の結果によると、降水の年度ごとの全国平均値は $\text{pH}4.72\sim\text{pH}4.90$ の範囲にあり¹⁰⁾、本調査の結果である平均値 $\text{pH}4.8$ はほぼ全国並の降水の酸性度の値といえることができる。イオン成分の調査については、欠測の期間も長いため、定量的な信頼性はないが、秋季から冬季にかけては海塩由来と考えられる塩化物イオン及び硫酸イオン濃度が上昇し、降水への海洋からの影響が大きくあらわれることがわかった。大学は海岸から約1kmの近い場所にあることから、庄内地域のなかでも海洋の影響を受けやすいといえる。一方、第4次酸性雨対策調査の山形県における唯一の測定地点である尾花沢は、内陸に位置するが、3年間の調査の平均値である $\text{pH}4.83$ は本調査の結果とも一致するもので、庄内地域の沿岸部と内陸との間に降水の酸性度としてはほとんど差がないことを示す一例と考えられる。

5. ま と め

本調査により、つぎのことが明らかになった。

- ・大気中浮遊粒子について、環境基準が定められている粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下のものの濃度は庄内地域の自治体による測定（平成12年度、 0.020mg/m^3 ）とほぼ同じかやや高めの値が得られた。また、春季に大陸からの黄砂などによって浮遊粒子の濃度が上昇し、その際には比較的大きな粒子の濃度が高くなった。最近特にその健康影響が注目されている微小粒子の比率及び濃度は都市部の

ものと比べて低い清浄なものと考えられる。

- ・降水について、酸性度の指標であるpHの平均値はpH4.8であり、第4次酸性雨対策調査における全国の調査結果の年平均値の範囲に入り、山形県内陸の測定地点の酸性度ともほぼ一致した。また、秋季から冬季にかけて北西の季節風の影響を受けて海塩成分である塩化物イオンや硫酸イオン濃度が上昇し、海洋の影響を大きく受けている。
- ・このように、庄内地域における環境の特徴の一つとして、大気中浮遊粒子及び降水ともに大陸や日本海の影響を色濃く受けているものであった。

6. 謝 辞

調査は本学奨励研究の一環として実施した。新潟薬科大学応用生命科学科及川紀久雄教授をはじめ、調査実施にあたり、ご指導ご協力いただいた方々に心より感謝申し上げます。また、学生の安達稔、佐藤佳奈枝の両君にはデータ整理で協力いただいた。あわせて感謝申し上げます。

7. 引用文献

- 1) 気象庁ホームページ (<http://www.data.kishou.go.jp/>)、酒田測候所の観測データ
- 2) 酒田の自然(第2版)、酒田市教育委員会(2002)
- 3) 中国情報局、<http://www.news.searchina.ne.jp/>、2002年4月10日版
- 4) 全浩、中国における黄砂研究について、第43回大気環境学会年会講演要旨集、p68-73(2002)
- 5) 柳澤文孝、田中俊平、小谷卓、山形県山形市と鶴岡市で採取したエアロゾルの起源、エコテクノロジー研究、6(2) p31-38(2000)
- 6) 山形県環境保全センター、平成12年度大気環境測定結果 p62-64(2001)
- 7) 山形県文化環境部、平成13年版山形県環境白書 p10-12(2002)
- 8) 東京都環境局、東京都環境白書2000(2000)
- 9) 横山栄二・内山巖雄編、入門 大気中微小粒子の環境・健康影響、(財)日本環境衛生センター(2000)
- 10) 環境省・酸性雨対策検討会、第4次酸性雨対策調査取りまとめ(2002)