

秋田県中央部における大気汚染物質の特徴について

秋田工業高等専門学校 佐藤 悟

1. はじめに

環境問題、特に大気汚染問題は最も人々の興味を引く話題の一つであり、それに対する意識もますます高いものになっている。ここ秋田県は人口密度が他県に比べ比較的小さく、また主要産業に占める工業の構成比率も低いため、これまで特に深刻な大気汚染問題が生じることは希であったが、近年の産業構造とライフスタイルの変化は、本県の現状に大きな影響を与えつつある。また大気汚染問題はいまやグローバルな問題であり、中国大陸方面から飛来したと思われる汚染物質による、いわゆる越境公害も数多く報告されている。ここでは秋田県内に複数箇所設置されている自動大気測定局のデータを基に、各種大気汚染物質濃度の特徴と挙動について、主に時系列解析と各種気象要因との関連から評価し、さらに越境公害の可能性について報告するものである。

2. 観測データ

秋田県内には、約 30 カ所の一般大気観測局と自動車排気ガス測定局が設置され、1 時間のインターバルでそれぞれ 8~13 項目の大気汚染物質を測定している。年間データ総数は約 200 万以上に及び、これらから秋田市近郊における測定局を中心に、2005 年度の硫黄・窒素酸化物を主に取り上げ考察した。なお解析に併用する気象項目(風向・風速・降水量)については、測定局に最も近い地点のアメダス時間データを用い、高層大気の流れと風速については、秋田地方気象台での観測データ(1日2回観測)を用いた。

3. 降雨との関係

大気汚染物質の濃度変化には、これまで多くの研究で報告されているように、短期的な変化を与える人為・物理的要素と、長期的な緩やかな変化を与える自然要素の二つが存在し、それぞれは時間・空間的に複雑に関わりながらその時々の濃度に特徴を与えている。図-1は、一例として日本

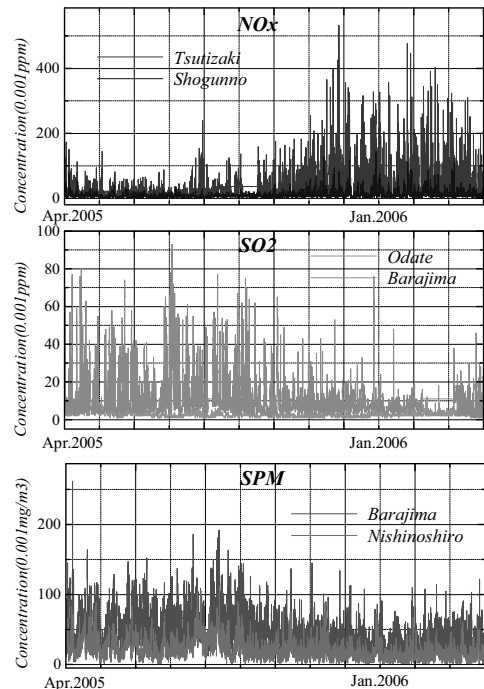


図-1 大気汚染物質濃度変化

海までおよそ 1km、秋田市土崎地点と将軍野地点における NO_x の挙動について上段に示した。これによると、各家庭で暖房器具を使用する 10 月下旬より徐々にその濃度は増加し、これに続く 11 月から 2 月にかけてそのピークを迎え、以後 3 月には減少傾向に転じている。他地点の硫黄酸化物や SPM（浮遊粒子状物質）も同時に示した。短期的な変化には、風や降雨を原因とするものあり、後者は特に Washout 現象と呼ばれ、降雨後に大気が清浄になる様子を誰もが経験するところである。また同時に、風による大気汚染物質の移流拡散の結果、大気が清浄化することもよく知られている。

図-2 は 1 年間すべての降雨前後における汚染濃度の減少量を縦軸に、また横軸には降雨量と降雨強度をそれぞれ県内代表地点別に、3 種の汚染物質を対象に比較したものである。これによると、右側に示す降雨強度と Wash Out 効果の程度は NO_x で特に顕著であり、これに次いで硫黄酸化物であった。また SPM では、降雨による濃度減少は少なくかつ不定であり、さきの 2 種の汚染物質ほど明瞭な傾向は認められなかった。また左側に示す降雨量との関係では、先の降雨強度の場合とほぼ同じ傾向であった。当初両者には特徴の違いが現れるものと予想したが、一般に降雨強度が強い場合には、降雨量も多くなるケースが一般的であるためと思われた。

図-3 は、縦軸に降雨により低下した汚染物質濃度の累計を、また横軸には降雨量の同じく累計を 1 年間について示した累積積積曲線である。ここで、曲線の傾きは Wash Out 効果の程度を示している。これによると、Wash Out 効果の程度はここに示した汚染物質間の比較では NO_x > SPM > SO₂ となった。また NO_x に注目すると、交通量が多い秋田市内の山王地点と土崎地点では、他の 2 地点よりも傾きは大きく、Wash Out 効果は強く働くことも分かる。また、後半にはその傾きを増したが、これは降雪による Wash Out 効果である。同じ重量の水が地表へと降下する際、結晶となりその比表

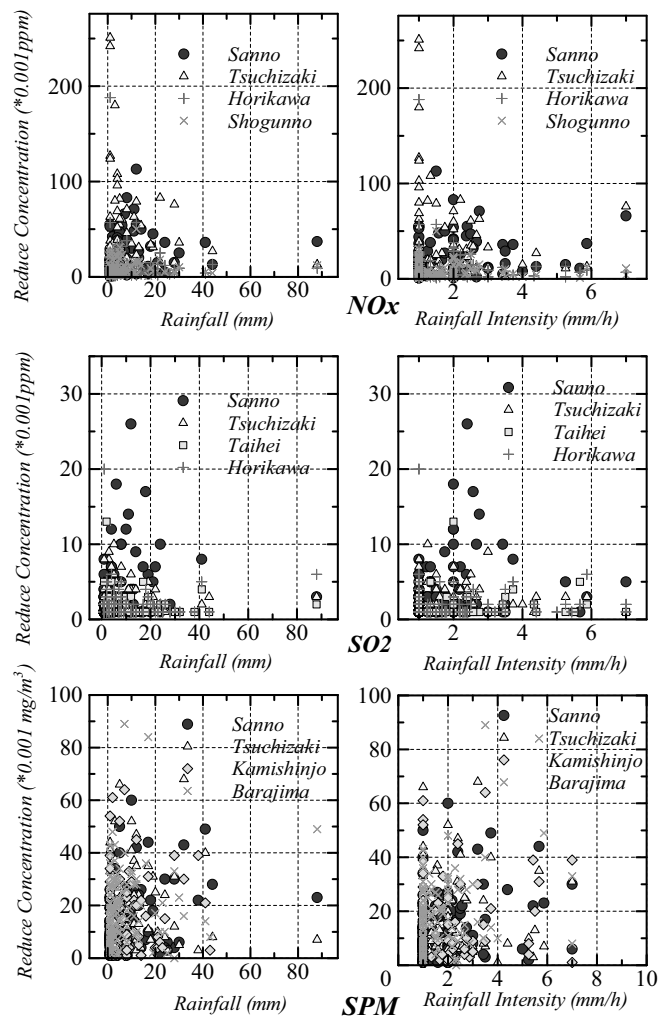
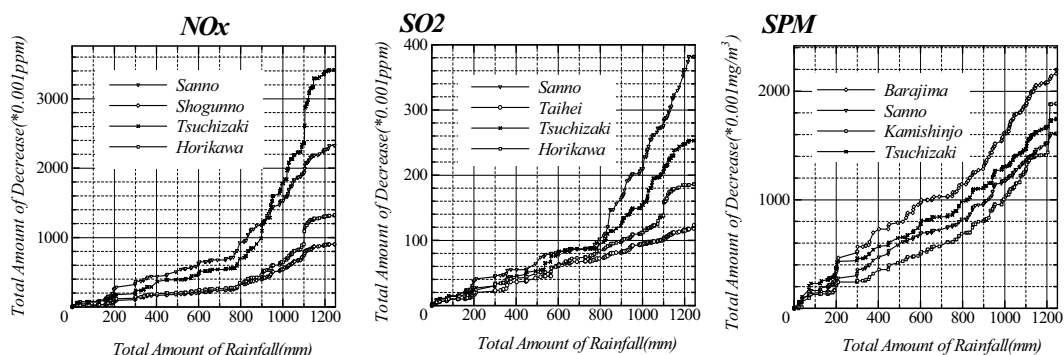


図-2 降雨による Washout 効果



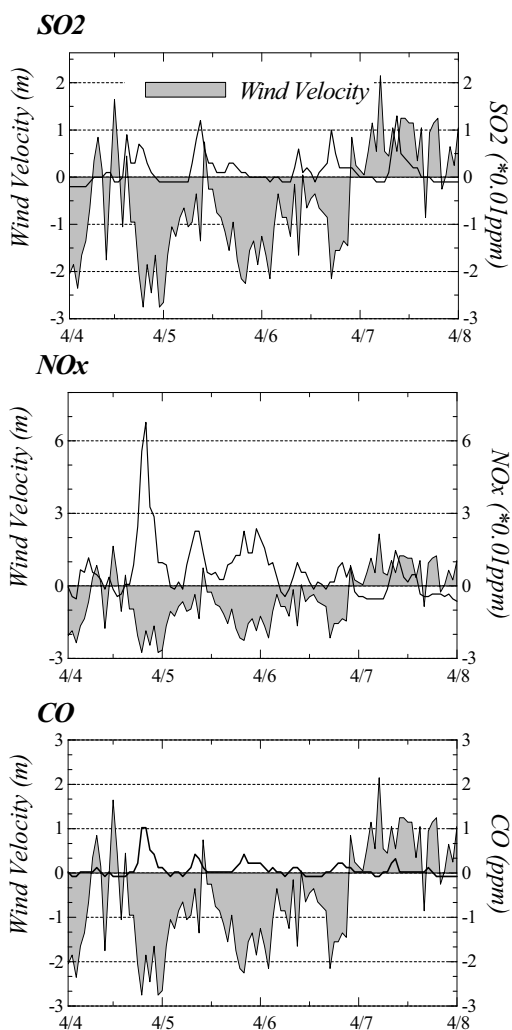
図－3 Washout 効果の比較 (年間)

面積を大きくした「雪」の形態が、より多くの汚染物質を取り込むことは当然であろう。この傾向は SO_2 にもみられたが、SPM は特に顕著ではなかった。

4. 風速との関係

図－4 は秋田市内中央部に位置する将軍野における SO_2 と NO_x 、さらには CO について、大気自動観測所からの時間データに見る各濃度の減少量について、その直前の風速値とともに、無降雨期間であった4月4日から8日までの4日間の時間データを対象に、各時系列変化を示したものである。図中において、ハッチ部は風速を示し、折れ線は各大気汚染物質濃度の減少量である。なお、ここでは風向については考慮しないものとした。これによると両者には非常に良好な相関関係が現れた期間があり、風速の増加とともに各大気汚染物質の濃度が低下する様子が示されている。なお4月7日の1日間を見ると、各汚染物質に共通した現象として、風による除去効果が明瞭でない様子が現れるが、これには風向の影響や週末に伴う自動車利用数の急激な増加など、風速だけを唯一の説明因子とした説明では不十分であることを示している。

図－5 は秋田県男鹿半島、海岸線に面した船川における浮遊粒子状物質(S.P.M.)の同様な減少量について、風速値の累積とともに、夕刻6時にお



図－4 風速と大気汚染物質の関係

ける 2005 年度半年間の変化を示したものである。ここで S.P.M. は、その挙動が他の大気汚染物質と比較して不明な点が多いことが知られているが、これにはその起源が地表面など広く面源を由来とするためや、自らの自重により地表へと降下する作用が生じるなどの理由によるためであり、他の窒素酸化物などと比較して明らかにその特徴は異なる。この図を見ると、風速とその減少量は決して一様ではなく、急激に増減する期間が現れている。これには他の気象要素の影響が反映したものとも考えることもできるが、この傾向は他の大気汚染物質でもほぼ同じ時期、同様な現象を示した。この原因についてはその

時々の各要素を取り上げ、詳細な検証が必要であると考えられるが、ここでの目的である風速、風向を唯一の説明要因として扱う手法で説明することは困難であった。

同様な観点から、図-6 には秋田県北部、海岸線に近い西能代と松山地点における硫黄・窒素酸化物について、それぞれの観測濃度とその時の風速を両軸にとり、その関係を示したものである。風速の増加と共に、特に窒素酸化物についてその濃度の減少は著しく、この傾向は硫酸酸化物でも同様であった。図中には直線近似した結果を示したが、むしろ両対数上で良好に近似できるものが多く、その傾向は SPM を除くほぼ全ての項目について共通であった。

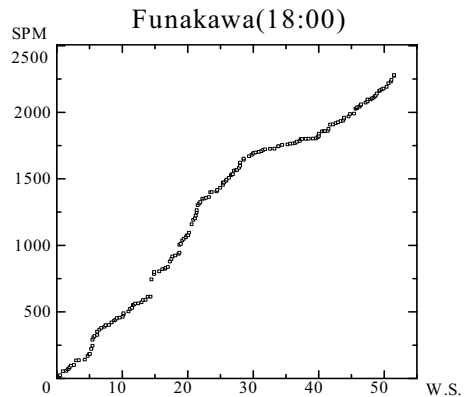


図-5 風速と SPM 除去の関係

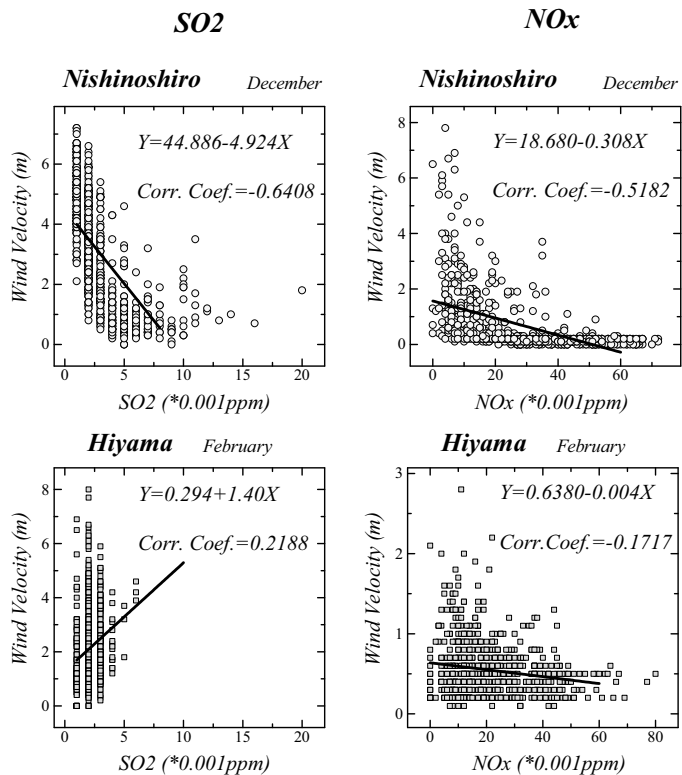


図-6 風速と大気汚染物質濃度の関係

5. 高層風と大気汚染物質

大気汚染物質は工場などの排出源を離れた後、その大部分が高層へと移動滞留し、その後には偏西風により移動すると言われる。秋田県はその西側を日本海に面し、季節変化、特に秋から冬にかけて西側から吹き付ける季節風が、その頻度と風速の両者について大幅に増加する地

域である。日本海を越えた先には中国大陸と朝鮮半島が位置し、両地域ともに近年めざましい工業発展を遂げつつある。そのため中国などでは深刻な酸性雨や大気汚染が大きな社会問題となっている。

図-7は風向別に風速値を累計し、それぞれの風向別に過去10年間を比較したものである。これによると、本県では特に北西方向を中心とした日本海方向からの風、いわゆる季節風による影響が年間を通じて非常に大きい状況が分かり、さらにその傾向は年度による変化もない様子が明らかである。

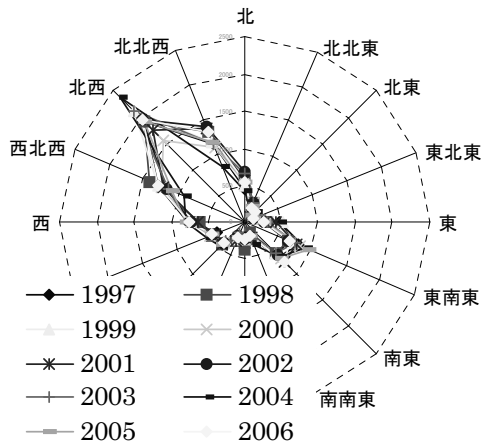


図-7 風向別発生頻度（風速の累計）

一般に高層風（偏西風）は年間を通じてその風向と風速に大きな変化はなく、常に安定した地球規模の大気運動の一つとして捉えられている。図-8は、秋田市における高層大気の年間風向頻度を方位角で示したものである。これによると、高度5000m付近においては主に方位角270度前後の、いわゆる西風が吹き付ける割合が非常に多いことが確認できる。

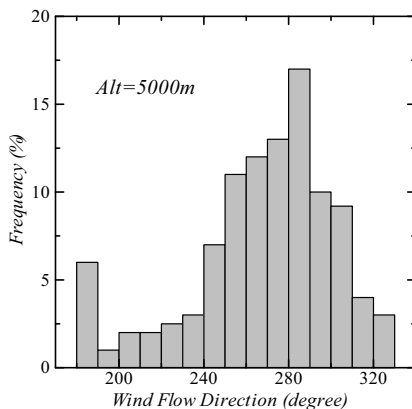


図-8 高度5000mの風向頻度

また同様に、表-1は高度6000mまでの高層風が示す風速について、それぞれを相関行列として示したものである。これによると、上空方向への風速の特徴は、その相関係数は特に高層になるほど無関係となる傾向が強いこと、さらには高度4000m程度より高層ではその挙動は安定する様子が分かる。

なおここには示さないが、平均風速は高層に向かうにつれ極端に増加し、量的に大量な偏西風を受けている秋田の様子が推察されるこのような環境におかれた本県の大気汚染の特徴を検討するため、一例として図-9左に、日本海より内陸側へおよそ10kmに位置する秋田県能代市檜山地点において観測されたNOxについて、その変化に含まれる周期成分をパワースペクトルで示した。檜山地点は県

表-1 高度別風速の相関行列

高度	0m	200m	500m	1000m	2000m	3000m	4000m	5000m	6000m
0m	1.000								
200m	0.158	1.000							
500m	0.764	0.197	1.000						
1000m	0.661	0.207	0.873	1.000					
2000m	0.213	0.089	0.614	0.747	1.000				
3000m	0.201	0.093	0.490	0.598	0.962	1.000			
4000m	0.226	0.088	0.502	0.584	0.926	0.963	1.000		
5000m	0.199	0.077	0.285	0.314	0.733	0.769	0.804	1.000	
6000m	0.231	0.110	0.407	0.440	0.817	0.865	0.917	0.803	1.000

内全ての観測地点で、いずれの測定項目についてその平均濃度が最も小さく、県内では大気汚染の程度が最も軽微な地点である。ここでは年間の観測データから人為的活動の影響を極力除外するため、その影響をほぼ無視できる時間帯として深夜午前3時を選択し検討した。この図では当該時間帯の年間に現れる周期成分について示している。同様に、図-9右には高度5000m付近での同年風速変化に現れる周期成分を、同様な手法で1年間を示したものであるが、これによると、両者には非常に類似した周期成分が、特に長い周期成分となるものに複数ピークとして現れていることが分かる。また、同様な検討を硫酸化物についても試みたが、ほぼ同じ傾向のスペクトルピークが現れた。これらのピークの出現と高層風が持つ変動との類似性は人為的な活動とは無縁なものと考えられ興味深い。このように、変化パターンにはいくつかの類似性が現れる事実は、地表面で観測されている数種の大気汚染物質濃度に、バックグラウンド濃度として特徴を与えていることが予想された。

6. さいごに

以上、ここでは秋田県における大気汚染物質の挙動について降雨

と風速を主な説明要因とし、その特徴について報告した。また同時に、高層風との関連性についても言及した。大気汚染物質の変動特性にはこれ以外にも地理的特性や風向も大きく関わり不明な点も多いが、これらについては今後の課題として取り上げていく予定である。

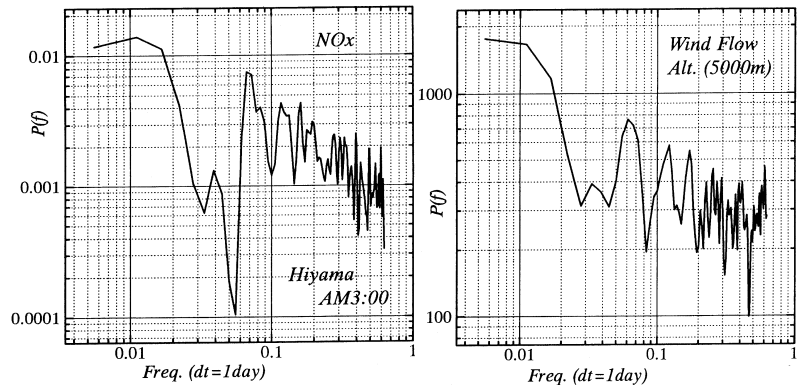


図-9 高層風と窒素酸化物にみる周期成分の類似性

参考文献

- 1) 大橋唯太、澤上平護：岡山平野で発生する海風収束と大気汚染濃度の関係、岡山理科大学総合情報学部、Naturalistae 13: pp.19-26, 2009
- 2) 大島新一、佐藤 悟：秋田県中央部における大気汚染の特徴について、秋田工業高等専門学校特別研究論文、2004
- 3) 木野村達哉、石井義裕、入江健太：アメダスデータによる広島地域における夏季風向・風速場に関する研究、土木学会第62回年次学術講演会、pp.215-216
- 4) 佐藤悟：秋田県における大気汚染物質の挙動と高層風との関連について、土木学会第62回年次学術講演会、pp.315-316
- 5) 気象庁ホームページ：http://www.jma.go.jp/jma/index.html