

びわ湖  
視点  
論  
点

## 窒素の循環からみた環境問題

### 自然起源と人為起源の窒素化合物

生物にとって窒素は、欠かすことのできない栄養源です。大気中の窒素分子は組成の約8割を占めますが、ほとんどの生物は、窒素を大気から直接取り込むことはできません。自然界では、限られた微生物が窒素固定をすることにより、大気から窒素を生態系に組み込んできましたが、その量はごくわずかであったため、窒素は植物の成長の制限要因でした。

人類がアンモニアの合成に成功した後は、肥料を生産して、容易に食料を得ることができるようになりました。また、自動車等により、大気中の窒素分子を酸化した窒素酸化物が大量に排出されるようになりました。文明の発達とともに、食料や移動手段を手に入れましたが、人為起源の窒素化合物が大量に発生しています。これにより、光化学オキシダントや粒子状物質（PM2.5等）の生成、酸性雨、人工物の腐食、河川や湖水の富栄養化等の環境問題が生じています。

### 窒素の循環と環境問題

窒素化合物が引き起こす環境への影響について、もう少し詳しく説明します（図5）。

工場や自動車から窒素酸化物が排出され、光化学オキシダントやPM2.5等の二次粒子が生成されます。大気中の様々な窒素化合物は、ガスや粒子の状態に地上に沈着（乾性沈着）し、雨が降ることにより雲や雨に溶け込んだ物質が降下（湿性沈着）します。農地や畜産からも窒素化合物が排出され、河川や地下水に流れ込みます。森林生態系においては、大気から供給される窒素化合物が必要量を上回ると、河川に流出

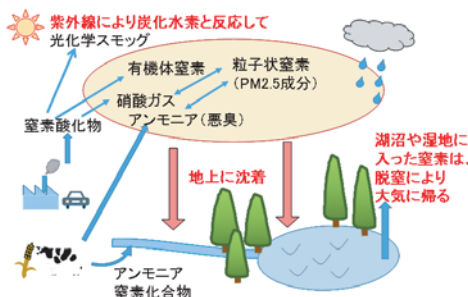


図5 環境中の窒素循環

し、下流域の酸性化や富栄養化を引き起こします。

都市で大気中に排出された大気汚染物質は、風によって移されながら化学反応して、都市から離れた郊外でも光化学オキシダントやPM2.5等の二次粒子を生成し、地上に沈着します。国外から越境移流する場合もあります。またこのように、都市で大気中に排出された窒素酸化物や地域で大量に投与された窒素肥料は、琵琶湖流域に窒素負荷をもたらします。

### 琵琶湖流域河川と雨--窒素の比較

今津と大津の雨水中硝酸イオン降下量と河川全窒素濃度の経年変化を図6に示しました。

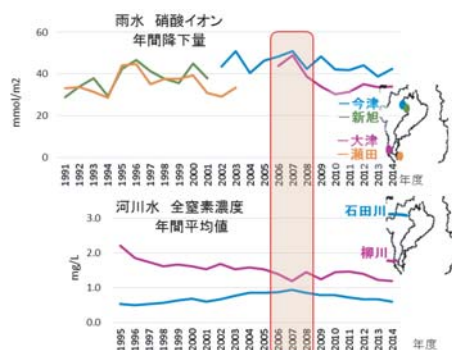


図6 雨水中硝酸イオン降下量と河川全窒素濃度の経年変化

雨水の硝酸イオン降下量は2007年度頃にピークを示しています。一方、河川水の窒素濃度は、県北西部の石田川が硝酸イオン降下量と同じ傾向を示すのに対し、県南西部の柳川では関連性が見られません。この河川の挙動の違いは、全窒素濃度がもともと低い河川では、大気からの影響を大きく受けるのに対し、都市部河川などでは下水道整備など大気以外の変動要因が大きいためと考えられます。イオン降下量は、中国における排出量の推移とも関係があると報告されています。

今後は、越境移流や大気から森林、河川、琵琶湖への影響を考慮した総合的な視野にたった研究を進めていく必要があります。

環境監視部門 三田村 徳子

# びわ湖みらい

## トピックス

### 私たちをとりまく大気の話

#### 大気環境問題のこれまでと今（図1）

ばいじん、硫酸酸化物、窒素酸化物などを原因とした公害問題は、法整備を進めるとともに監視や規制を中心とした対策が功を奏して、現在においては全体としてかなり改善されてきました。とはいえ、その中のひとつである光化学オキシダント（光化学スモッグの原因物質）については、今だに環境基準を超過し光化学スモッグ注意報を発令する状況が続いています。また、近年、アスベストによる健康被害の顕在化、ベンゼンなど低濃度ではあるものの長期間吸い続けることにより発ガン等のリスクが認められる物質への対策、微小粒子状物質（以下、「PM2.5」と表記）の健康影響への問題への対応など、新たな課題が次々に出てきています。アジア諸国の経済発展に伴いアジア地域で発生した大気汚染物質が気流に乗って日本へ流れてくる越境汚染の問題も生じています。さらには、オゾン層破壊や地球温暖化などのグローバルな地球環境問題との関連も考える必要があり、大気環境問題はますます多様化・複雑化しているところです。

#### 大気を見つめる目

このような中、環境行政の関連機関（当センター、県の行政部局、国、市町など）が連携しながら、大気汚染防止法のもとで大気環境の監視と規制等による排出抑制対策を進めて

います。大気環境行政における当センターの役割は監視・モニタリングと解析研究であり、現在、主な事業として下記のことを行っています。

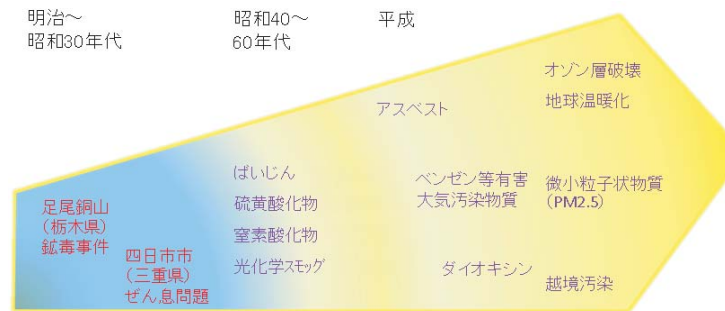
- 大気自動測定局による常時監視調査  
測定局数 9局

**測定項目**  
窒素酸化物、浮遊粒子状物質、PM2.5、光化学オキシダント、二酸化硫黄、一酸化炭素、炭化水素類、風向、風速

- 移動測定車による調査
- 有害大気汚染物質調査
- 湿性・乾性沈着量調査
- アスベスト調査
- 規制対象事業所排ガス調査

今回のセンターニュースでは、近年特に懸念されているPM2.5に関連する調査内容を「研究最前線」で紹介するとともに、「視点論点」では、化合物の種類が多く、大気中で様々な形に変化する窒素をテーマとして、環境や生態系への影響について説明しています。

環境監視部門 服部 達明



公害国会  
大気汚染防止法制定

自動車排ガス  
規制大幅強化

地域的な問題

より広域的な環境問題

図1 大気環境問題の変遷

## 研究最前線 滋賀県の大気って、本当にきれいなのか？

RESEARCH FRONT LINE

### 1 はじめに

私たちをとりまく大気は、目に見えない様々な物質によって汚染されています。その原因は、工場や自動車の排出ガスといった人間活動によるものだけでなく、火山の噴火や森林から出る物質など、自然界から発生しているものもあります。

このような汚染物質は、さまざまに絡み合って人や自然に影響を与えます。たとえば、黄砂はもともと砂漠の砂が巻き上げられて日本に運ばれてくる自然現象ですが、大陸の工業地帯を通過する際に汚染物質を吸着することにより、人為的な汚染となって日本に影響している可能性も指摘されています。また、酸性雨は、自然の雨に窒素酸化物や硫酸酸化物が溶け込むことで、自然本来の雨よりpHが

低くなったものです。そして、光化学スモッグの原因である光化学オキシダントは、その成因物質の1つである炭化水素が石油精製など人為由来で発生するもののほか、森林の木々が放出するテルペン類も大きな要因となっており、こうしたことも光化学オキシダント対策を困難にしています(図2)。

現在では、人間活動によって直接排出される物質についてはほぼ環境基準を達成していますが、二次生成(大気中の化学反応で生成すること)の比率が高い光化学オキシダントとPM2.5については滋賀県を含め全国的にも基準への達成率が低い状況にあります。

ここでは、ごく最近大気環境基準が設定されたPM2.5についてもう少し詳しく紹介します。



図2 わたしたちをとりまく大気

①火山ガスには硫酸酸化物やPM2.5などが含まれており、風により遠方まで運ばれます。②工場・自動車からの排出ガス(ばいじん・窒素酸化物など)③酸性雨(雨に硫酸酸化物や窒素酸化物が溶け込んだもの)④森林から発生するテルペン類なども大気の大気汚染原因になります。⑤黄砂など越境移流⑥地球温暖化(CO<sub>2</sub>・メタンなど)→水田や私たちの日常生活も排出源になっています。

### 2 微小粒子状物質(PM2.5)とは

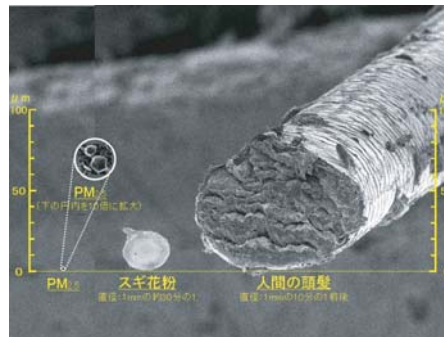


図3 PM2.5の大きさ(写真は東京都環境局ホームページより引用)

PM2.5は、図3のとおり、花粉症を引き起こすスギ花粉と比べてもはるかに小さく、肺の奥深くまで入り込むことから、人への健康影響が懸念されています。

粒子状物質の環境基準は、以前から、より粒径の大きな粒子まで含んだ浮遊粒子状物質(SPM)について定められていました。SPMは、人為起源のほかに黄砂などの土壌粒子や、海塩粒子など自然起源の発生源が大きな割合を占めることも多いのですが、PM2.5は、その多くが人為的な原因で発生していると考えられています。また、SPMとPM2.5は同時に高濃度となることが多いのですが、SPMのみ、またはPM2.5のみが高濃度となる場合もあり、SPMとPM2.5の生成機構が異なることを示しています。

PM2.5粒子には、粒子の形で放出されるもの(一次粒子)と、空気中で様々な化学物質が反応し合って生成するもの(二次粒子)とがあり、人為起源の発生だけでなく、自然起源の発生もあります。

ところで、PM2.5や光化学オキシダントについては、中国をはじめとする大陸からの影響が大きく報道されていますが、中国では依然として日本の環境基準をはるかに超える汚染が観測されています(環境省ホームページからリアルタイムデータを確認することができます)。このような汚染物質は気象条件によっては日本へ飛来し、特に西日本では大きな影響を受けることがあります(このことを「越境汚染」といいます)。また、大陸からの越境汚染が大きく懸念されているものの、国内からの発生も地域的には大きな汚染原因となっていることがわかってきました。

### 3 県・センターの取り組み

このように複雑な挙動を見せるPM2.5について、発生源の推定や生成メカニズムを解明するため、また、健康影響に関する知見を得るため、本県を含め全国で、PM2.5の濃度を測定するだけでなく、粒子を構成する成分(金属類やイオン成分など)の調査を行っています。今後は、多環芳香族(PAH)のような有害物質などについても調査を行うことを検討しています。

具体的には、国立環境研究所と地方環境研究所が実施している共同研究「PM2.5の環境基準超過をもたらす地域的/広域的汚染機構の解明(平成28年度:51機関)」に当センターも参画し、全国的な視野から本県の地域特性を解析しようと調査研究を行っています。そして、本県が独自に構築した大気シミュレーションモデルを用いて、PM2.5の近隣府県からの移流状況と大陸からの越境汚染について気象条件と関連づけて解析を進めています。(解析事例は、センターニュースNo.23(2016.3)の研究最前線で紹介しています。)

このような調査研究と並行して、滋賀県では、日々観測を行っているPM2.5データ(図4)をホームページで公開するとともに、注意喚起の指針値(環境基準の2倍:日平均値70 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)を超えるような高濃度が予想される場合は、「しらしがメール」やびわ湖放送(BBC)のデータ放送などを活用して速やかに注意喚起を行っています。

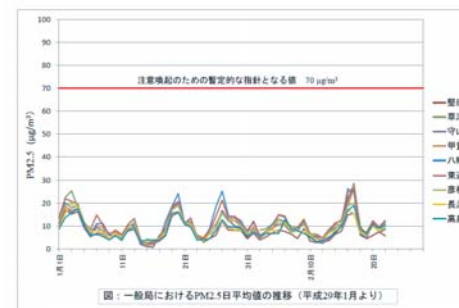


図4 県ホームページで公開しているPM2.5日平均値グラフ

環境監視部門 居川 俊弘