

# 『大気汚染のメカニズム解明と環境濃度予測手法の開発』

## ～ フィールド観測とモデル化 ～

執筆者名 水野 建樹

所属名 資源環境技術総合研究所

### 要旨

公害が大きな社会問題であった 1960 年代に大気環境改善のための環境濃度予測手法に関する研究開発に携わり、以後、大気汚染メカニズムの解明、大気乱流・拡散の観測と解析、大気汚染濃度予測モデル開発などに取り組んだ。特に初冬の高濃度汚染のメカニズム、SPM の挙動の解明などに携わり、「大気の流れ」という自然現象と「大気汚染」という人間の営みの関係に関して新たな知見を得ることができ、幾ばくかでも環境改善への貢献ができたのではないかと考える。拙文は、当時の大気汚染に関わる社会的背景と著者や当時研究室を同じくした研究者集団がどのように研究を進めてきたかを簡単にまとめたものである。

### 1. はじめに

現在、環境問題と言えば地球規模での影響が危ぶまれている地球温暖化による環境への影響や、PM2.5 のように汚染物質の長距離輸送による広域的な影響への関心が高く、かつて代表的な環境問題の一つであった硫黄酸化物や窒素酸化物による大気汚染は片隅に追いやられた感がある。身近な「公害問題」が目立たなくなった現在、長い間大気汚染研究にかかわってきた筆者にとっては、多少自虐的表現ではあるが「環境汚染の専門家は自分の仕事が無くなるのが究極の目標である」ことにもなっており、社会的には喜ばしいことではある。もちろん、大気汚染の克服は多くの国民の環境保全意識の向上、政府や自治体による公害政策の実施、それらを支えた各種の対策技術開発の結果であることは言をまたない。その中で、微力ながら大気汚染対策の一環としてかつて我々が携わった予測技術開発の調査研究の取組とあらましについて述べることにする。

### 2. 大気環境に関わる社会状況と研究開発の進展

戦後の高度成長期である 1960 年代には、大規模な工業地域が各地に出現し、住民は気管支炎などに悩まされるなど社会的に大きな問題となった。いわゆる「公害」の多発であり深刻化である。そこで、通商産業省（現在の経済産業省）は大規模工業開発地域での公害防止を図るため、産業公害総合事前調査を開始した。現環境省の前身である環境庁もまだ設立されていない 1965 年のことである。産業公害総合事前調査は現在の環境アセスメ

ントの先駆けと位置づけられるものであるが、大気汚染も海洋汚染もいずれも予測手法が確立されたものがなかったため、通商産業省に属する資源技術試験所の組織が改編され、公害対策技術開発に向けた研究部が設けられた。当時の所長は鈴木俊夫氏、部長は松本敬信氏（後に工業技術院長）、大気拡散に関する研究課長として服部久雄氏（後に長岡技術科学大学教授）が当たり、そこに若手の研究者として横山長之氏（後に公害資源研究所長）、北林興二氏（後に資源環境技術総合研究所長）、林正康氏等が加わり本格的な研究が始まった。研究室発足 2 年後には筆者もそこに配属され、その後も若い研究者が加わって 1970 年代は大気乱流・拡散に関する研究では国内で最も活発な活動をする研究室となった。

公害対策に向けた政策として、我が国では 1967 年から 68 年にかけて公害基本法、大気汚染防止法が整備され、汚染物質の排出基準・環境基準等が設けられた。また、大規模工業地域には二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）の総量規制、さらには二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）の総量規制という枠組みで排出抑制が図られた。この一連の動きの中で当研究所の研究者が中核となって環境アセスメントに向けた技術開発がすすみ、その後国内で広く適用されていった（表 1）。

産業公害総合事前調査そのものは 1986 年度までに大気に関しては大分、水島、鹿島地域等全国 89 地域で行われている。大気汚染対策に向けてなされてきた多くの技術開発の中で、汚染予測手法に関する進展の概要と著者自身がかかわった研究についてエピソードを交えていくつか紹介したい。

表 1 わが国の大気汚染・社会状況、大気汚染予測手法開発の推移

| 年代                              | 大気汚染とそれを取り巻く社会的状況  | 『大気拡散・汚染予測技術』の進展   |
|---------------------------------|--|--|
| 1955～<br>1964<br>(主に昭和 30 年代)   | 高度成長期前半<br>石炭から重油へ燃料転換<br>産業公害型大気汚染の深刻化<br>(SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> など)<br>全国各地で公害問題起こる<br>ばい煙規正法（略称）制定<br>産業公害総合事前調査開始                       | 『大気拡散・汚染予測技術』の進展<br>産業公害対策へ風洞を活用した模型実験による環境濃度予測手法の導入<br>大気乱流観測、拡散実験による科学的基礎知識の集積進む<br>ガウス分布型拡散式を活用したシミュレーションモデルの適用開始（SO <sub>2</sub> 対応） |
| 1965<br>～<br>1974<br>(昭和 40 年代) | 高度成長後半<br>公害対策基本法制定（併せて大気汚染防止法制定、NO <sub>2</sub> や SO <sub>2</sub> 等の排出基準・環境基準設定）<br>高濃度光化学 O <sub>x</sub> 頻発<br>環境庁発足<br>固定発生源 SO <sub>2</sub> 総量規制開始 | 化学反応を考慮した NO <sub>2</sub> の予測手法導入<br>大気乱流立体観測による混合層メカニズム解明<br>夏季の光化学 O <sub>x</sub> 長距離輸送現象解明へ   |
| 1975～                           | 安定成長期：石油危機   | 産業公害総合事前調査環境濃度予測手法   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1984<br>(昭和 50<br>年代)                     | 産業公害型から都市型の大気汚染<br>に変化<br>NO <sub>2</sub> 、SPM 問題が浮上<br>焼却場ダイオキシンへの関心<br>自動車排出 NO <sub>x</sub> 規制始まる   | マニュアル（通産省）発刊<br>初冬季の都市域高濃度 SPM、NO <sub>x</sub> 気象学的<br>原因の解明進む<br>窒素酸化物総量規制マニュアル（環境庁）<br>発刊<br>光化学 O <sub>x</sub> シミュレーションの開発に着手 |
| 1985～<br>1994<br>(昭和 60<br>年代～平<br>成 6 年) | 経済成長期からバブル期へ。<br>SO <sub>2</sub> は全国で環境基準以下に<br>都市型大気汚染（NO <sub>2</sub> , SPM）や<br>光化学 O <sub>x</sub> 依然高止まり<br>自動車 NO <sub>x</sub> 法制定<br>環境基本法制定                     | SPM の組成解明へ。<br>SPM: 広域観測による初冬季二次粒子を<br>含む SPM 濃度シミュレーション開発   |
| 1995<br>以降<br>(平成 10<br>年代～)              | 環境影響評価法制定<br>有害大意汚染物質対策強化<br>自動車 NO <sub>x</sub> ・PM 法制定<br>VOC 排出規制（O <sub>x</sub> 対策）<br>NO <sub>2</sub> , SPM 濃度とも大部分環境基準<br>以下に低下<br>PM2.5 環境基準設定<br>中国等からの越境汚染問題。 | 低煙源工場拡散モデル公開（経産省）<br>高濃度 PM2.5 シミュレーション（現在もモ<br>デル開発途上）<br>CFD による予測手法アセスメントマニユア<br>ル化（大気環境学会）<br>汚染物質の中長距離輸送現象再現のための<br>数値解法進展中 |

注：NO<sub>x</sub> とは NO（一酸化窒素）と NO<sub>2</sub>（二酸化窒素）の混合物をいう。

O<sub>x</sub>：オキシダント

SPM：浮遊粒子状物質、粒径 10 μ 以下の粒子

PM2.5：粒径 2.5 μ 以下の微粒子

VOC：揮発性有機化合物

### 3. 大気環境濃度予測手法

#### 3.1 風洞による大気拡散シミュレーション

汚染物質排出量と環境濃度と関係を把握する目的で、産業公害対策として最初に導入された予測手法は「風洞による大気拡散シミュレーション手法」である。この手法は、建物や地形の幾何学的形状、風速分布と乱流分布や汚染物質の排出条件などについて、いくつかの物理的「相似則」に基づいて、実際の拡散を風洞中に模擬的に再現させるものである。多くの煙突がある地域では煙突ごとに地上の濃度平面分布を調べ、それらを重ね合わせることで、ある地域の重合濃度分布を求める。工場配置や煙突高さ、排出条件などを変えて検討することができるのが利点である。風洞が用いられた最も大きな理由は、環境濃度の数値計算手法がまだ確立されていなかったことと、当時のコンピュータは容量がまだ

十分ではなかったことにある。また、風洞中の気流は大気乱流を再現する上で限界があること、現実の大気の流れと拡散に関する知識も不足していたことから、精度の高い濃度予測には大気乱流と拡散に関する知見を集積し、それらの関係を数式で表すことが必須となってきた。

### 3.2 数値計算による大気拡散シミュレーション

現在わが国の大気汚染アセスメントに使われている一般的な環境濃度予測・評価手法の簡単なスキームを図1に示す。汚染物質の排出により環境中の濃度がどれ程上昇するかを推定し、環境目標値等を勘案して排出量を抑える図式である。図中の「大気拡散シミュレーションモデル」の精度を如何に向上させるかが研究上の核の部分である。

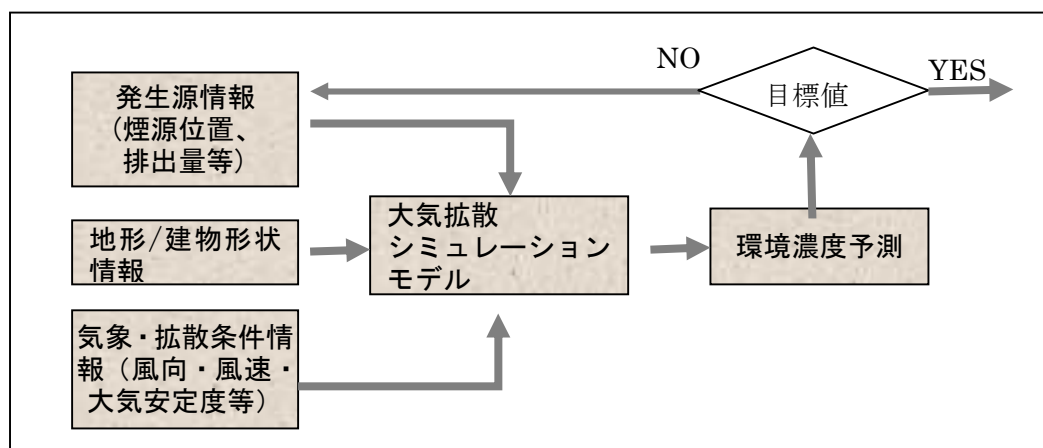


図1 大気環境アセスメントに用いられている環境濃度予測・評価スキーム

### 3.2 フィールドでの乱流観測

“フィールド”とは、ここでは実験室内のような閉じられた空間ではなく実際に我々が生活している環境をいう。フィールドでの大気の運動によって汚染物質が拡散するので環境濃度を予測する上で地表から数百mの高さまでの大気の運動を把握することは欠かせない。しかし、通常、大気の運動は乱流であり、日射などの熱的影響や地形・地物の影響によっても極めて複雑に変化する。乱流による物質の拡散を統計的手段で数式化することを拡散の数値モデル化という。このモデル化によって汚染物質の発生量と環境濃度の因果関係が定量的に評価することが可能となり、アセスメントに活用できる。そのため、研究では、まずは大気乱流の特性を知ること、そして乱流と拡散の関係を統計的に整理することが課題となる。

大気乱流の特性を調べるためには乱流の精密な測定が必要となる。しかし、1960年当時の風速計では風速が1m/s以下のように弱くなると、風速計の回転が止まってしまい測定できず、また短周期の細かい風速変動にも追従できない。そのため、我々が知りたい弱い

風速での乱流変動を捕まえることができない状況にあった。この状況を一変させたのが超音波風速温度計である。従来の風速計は風車やカップなどを用い回転数で測るのであるが、この風速計は音波のドップラー効果を活用した風速計であり、稼働部分がないため従来の測器に比べて極めて細かな風速変動も測定可能となるなど、画期的な計測装置であった<sup>1)</sup>。また、超音波風速温度計は流速変動と同時に温度変動も計測できるというまさにフィールドでの乱流現象の解明には打って付けの計測器であった。当時、超音波を利用した乱流計測装置の研究が国内外で始まっていたが、最初に実用化までこぎつけたのが光田寧氏（当時京都大学部防災研究所教授）を中心とした国内の研究グループである。超音波を用いた乱流計はその後改良され、小型になり現在では室内での微細な乱流計測など多方面で使用されている。

超音風速計は、地上付近の乱流観測だけでなく、高い鉄塔に取り付けられたり、飛行機に搭載されたり、高度 100m 以上の上空の乱流観測にも大きな力を発揮してきた。国内で行われた超音波風速計による最初の上空の乱流観測は、埼玉県川口市にあった NHK 第二放送用の高さ 313 メートルの鉄塔を用いたものである。今ではその鉄塔は完全に撤去され跡形もないが、横山長之氏等はその細い鉄塔の 313m（先端）、180m、90m、45m、20m の 5 か所に超音波風速温度計を取り付けて乱流観測を始めた。大気境界層という地上から数百 m までの間で、高さ方向にこのようなきめ細かな観測をすることは当時世界でもほとんど例が無い。この観測結果や後の飛行機を用いた上空の乱流観測から横山氏等は日中に発達する大気乱流の構造を解析し混合層モデル、続いて中立層での乱流構造モデルを発表している<sup>2,3)</sup>。それ以前は地上から数十 m 程度まで（接地境界層という）を対象とした Monin-Obukhov 相似則が下層大気の大気乱流構造を理解する上での理論的根拠であったが、熱的に形成されるもっと背の高い対流混合層についてはフィールドでの乱流観測結果が少なく、具体的な乱流構造に関するモデルを提示した横山氏等の功績は大きかったといえよう。

余談であるが、当時、著者はこの観測結果を用いて乱流のランダムな変動をある側面から解析をすることになった。乱流変動の出現頻度が必ずしも正規分布にならないことに興味を持ち、変動速度分布の歪度（偏り具合）や尖度（鋭さ）と大気安定度の関係を調べていた。当時、大気乱流に関する著者自身の知識がまだまだ乏しかったこともあり、乱流の特性をみるためには既存の統計的手段で解析するしかないと考えていた。しかし、後になってわかったことであるが、記録紙に残された乱流のアナログデータには新しい概念を導入しなければ解釈できない多くの情報が含まれていた。例えば、大気が不安定なとき、つまり地表面が太陽で熱せられ対流が盛んになったときには、背の高い上昇気流が生じて地上付近の空気は狭い領域で一気に上空に運ばれている様が、また、その上昇流を補完するように弱い広域的な下降流が存在することが記録紙上のアナログデータは如実に示されていた。1970 年当時の筆者には混合層のモデル化は全く考えつかなかったことではあるが、鉄塔での観測結果について既成概念に捉われず視点を変えて眺めていたら乱流の組織構造

が見えて面白い研究になっただろう・・・と今では思う。

教訓・・・データが得られても既存の考え方に捉われていては、その奥に潜んでいる真の姿をみることはできない。視点を変える勇気が必要。

### 3.3 フィールドでの拡散実験

予測手法の開発に向けてフィールドでの拡散実験も頻繁に行った。拡散実験とは、実際の大気環境中で物質がどのように移流・拡散するかを捉え、発生量と濃度との関係を定量的に把握するための実験である。この実験の先行事例は米国原子力発電所で行われた実験であり、実際の煙の代わりにトレーサー物質として軽くて細かい蛍光粒子を噴霧し、ローターと呼ばれる回転する針に粘液をつけて捕獲、後で紫外線をあてて粒子の数を数える。この方法は準備と観測、データ整理に大変手間のかかる方法でもあることから、しばらくして SF<sub>6</sub>（今では温室効果気体として使用が制限されている）をトレーサーとして大気中に拡散させ、観測地点でエアバッグに捕集、後に分析計で分析、濃度を測る方法へと変わった。全国各地の大規模工業開発予定地域では、産業公害総合事前調査の一環として仮想煙源から 10 km 程度の範囲を対象にエアトレーサー実験が行われている。これら大規模な拡散調査・研究の成果は公害資源研究所の研究報告<sup>4)</sup>としてまとめられている。

### 3.4 大気汚染の気象学的解析

#### 3.4.1 初冬期の広域大気汚染

1970 年代の後半になると、排出規制法の整備や SO<sub>2</sub> 除去設備の普及、制度化された環境アセスメントなどにより、わが国の大気汚染の状況は一変した(先述の表 1)。大気汚染も SO<sub>2</sub> から NO<sub>x</sub> (NO と NO<sub>2</sub> の混合気体)や SPM へと変わってきた。NO<sub>x</sub> は車の排気ガスや煙突の燃焼過程で発生し大気中で拡散する。過また、SPM は粒径 10 μm 以下の微小な粒子であり、自然起源によるものと人為起源（燃焼過程等）によるものがある。これらの汚染物質の濃度は、晩秋から初冬にかけて、つまり 11 月～12 月に極めて高い濃度となっているのが特徴的であった。特に風のほとんど無い夕方には都市内だけでなく郊外でも、どんよりとして視界が極めて悪い状態になり、今ではほとんど聞かれなくなった「スモッグ」で覆われていた。そこで、我々の研究室では晩秋から初冬のこの高濃度汚染の発生原因を調べることにした。

調査は自治体や環境庁の常時監視測定局、気象庁の AMeDAS データなど既存の汚染データを解析するだけでなく、関東平野の広範囲に直接汚染濃度地点・気象観測地点を設け、詳細な調査を数年にわたって実施した。我々が直接手を下して行った大規模なフィールド調査には、東京湾を横断する連絡船上で海上の濃度分布測定や、都内の 100m を越す高層ビルの屋上や筑波山の頂上に観測点を設けて徹夜で行った気象・濃度の観測もある。

このような調査の結果、初冬の高濃度の原因の一つは、気団の移動、つまり高気圧や低気圧とそれに伴う前線の移動が広域的な濃度変化に密接にかかわっていたことが明瞭とな

った。初冬季には数日程度の周期で濃度変化が起きており、NO<sub>x</sub> も SPM も高濃度となるのは大陸から張り出した高気圧が太平洋上に移動した後で低気圧が近づいているときであった。次は、なぜそのような気象状態で高濃度汚染が起きるのかの理由を知ることである。

当時、大気汚染の気象学的原因の一つとしてよく知られていたのは高気圧に覆われてよく晴れた夜間に起こる放射冷却による接地逆転層の影響である。逆転層とは地上付近が冷えるために高さ 100m 程度の間で上空ほど気温が高くなる現象である。このような気象状態になると、上下方向に空気が混ざりにくいため、地上付近から出た汚染物質は上空に拡散せず、結果として地上付近は高濃度となる。ところが我々の調査で得られた結果は、高濃度は必ずしも高気圧圏内で起こらないことを示しており、その理由が何かは全く不明であった。気象データを用いて既存の統計学的解析手法なども活用して原因を調べてみたが原因につながりそうな手がかりが得られなかった。とりあえず現象を理解する目的で広域の高濃度の発生状況と気流の関係を視覚的に捉えてみることにした。すると、関東地方の気流分布から一つの特徴的なパターンが浮かび上がってきた。低気圧が西から近づいているとき、関東南部、特に房総半島に極めて強く暖かい南西風が吹き、関東内陸部は冷たくほとんど無風状態となっているパターンである。このとき内陸地域で高濃度となっていたのである。さらに調べると、このような気象状態の出現には関東西部に連なっている山々が関わっていたことがわかってきた。これをわかりやすく図示したものが図 2 である<sup>5)</sup>。

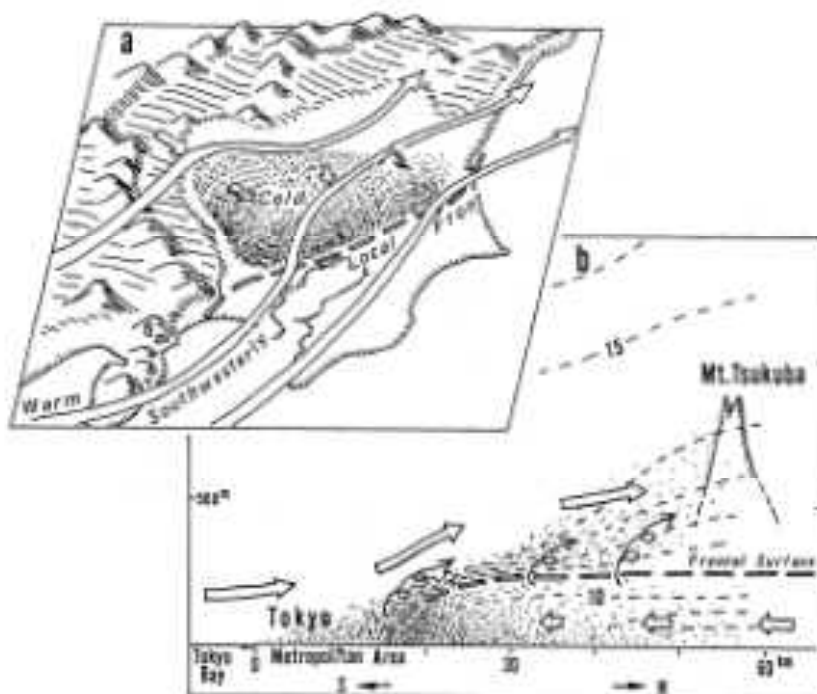


図 2 関東地方広域高濃度大気汚染発生メカニズム<sup>5)</sup>  
(高濃度出現時の代表的気流パターンの一つ)

低気圧が近づくと温暖前線の南側は相対的に暖かい空気に覆われる。その空気塊が関東に近づき南西風が吹き始めると、この風は西側の山岳部にブロックされ、下流側に位置する関東内陸部の上空を滑るように流れてしまい、その下には冷えた空気塊がとどまっている。山岳の影響が小さい関東の海岸付近は地上付近まで暖かい南西風が吹くため、東京はじめ関東内陸部の空気は上と横からブロックされ、動けなくなってしまう。その結果、汚染物質は逃げ場が無くなり関東広域で高濃度が出現していたのである。このような状況は短くとも半日、長ければ2日程は続く。その後、この気象条件以外にもいくつかの典型例があることがわかってきた。数百 km にもわたる広域の地形が、局所的な汚染と密接に関係していたのである。広域の地形と汚染に関するこのような高濃度出現現象は関東に限らず他の地域でも当てはまることであり、その後、他の研究者による解析でも広域の地形との関係が報告されている。

### 3.4.2 SPM への湿度影響

汚染の広域調査によって得られたもう一つの大きな成果は、SPM 濃度に与える湿度の影響である。以前から SPM への湿度影響は調べられてはいたが、実際のフィールドでの解析事例はほとんど報告されていなかった。初冬季の NO<sub>x</sub> と SPM の大気中の濃度の変化パターンは極めてよく似ているが、これは両者の主な発生源がともに煙突排ガスや自動車排ガスであることにも一因がある。しかし、大気中の濃度変動をよく調べると、両者の変化パターンが日によって異なる場合があり、その違いが主に1月～2月であることから大気の湿度に関係しているらしいと見当がついてきた。そこで、研究所内に仮設の観測小屋を建て、湿度と SPM 濃度の観測を行った。β線吸収方式の SPM 濃度計の吸入口上流側空気を加温したり、当時新しく開発されたが公的には未公認の水晶振動子を用いた微粒子測定器も用いて、SPM に対する湿度の影響を細かく調べた。結果として環境中の SPM は吸湿性、水溶性があり、湿度が高くなると膨潤して重量濃度が高くなることがわかった。そのため、SPM 濃度測定上の問題として水分の影響をどう評価するか、SPM 濃度シミュレーションでは水分影響をどう盛り込むかという問題が生じた。湿度影響を考慮するために筆者等は環境アセスメントのための簡単で実用的な推定式を提案することができた<sup>6)</sup>。この研究は、後に PM<sub>2.5</sub> の測定の際の湿度コントロールにつながったと考えている。

2016年現在、PM<sub>2.5</sub> が環境基準を満たさない地域がまだ多く残されている。PM<sub>2.5</sub> は、主に燃焼に伴って生じる一時粒子と、気体であったものが環境中で粒子に変わる二次粒子から構成されている。高濃度 SPM の対策は PM<sub>2.5</sub> 対策であることは1980年代に SPM 高濃度解析により既に我々が提案していたものであるが<sup>7)</sup>、特に微小粒子は疫学上問題であることが指摘されたことにより2009年に環境基準が設定された。

### 3.4.3 火山による SPM(PM<sub>2.5</sub>)への影響

環境中での SPM の挙動を調べている中で得られた奇妙な現象についても若干述べてお



きたい。PIXE (Particle Induced X-ray Emission:粒子線励起 X 線) 法という微量の粒子状物質濃度を測定する手法を活用して、関東広域で SPM 濃度を数日間に渡って連続的に観測していたとき、硫酸イオンに起因すると思われるイオウ成分の粒子濃度が深夜関東広域でほとんど同じタイミングで急上昇し、数時間後にやはり同じタイミングで下降する結果が得られた。原因として、粒子の捕集方法や粒子成分の分析上の問題などを検討したが、何ら異常は無く全く見当がつかなかった。そのため、このデータは疑問符を付けたまま数年間、机の中にしまっておいた。その後、大気環境学会での発表で九州地方の SPM 観測で桜島からの火山ガスを観測したとの報告があったとき「関東で観測された S (イオウ) 分の粒子も桜島が原因かもしれない」と思い、過去の気象データを用いて関東を起点として発生源の位置まで遡るバックトラジェクトリー法やと桜島の爆発記録をもとに桜島を起点として粒子を追跡するラングランジュ法を用いてイオウの挙動を解析した<sup>8)</sup>。その結果は、まさに桜島から出た SO<sub>2</sub> が途中で粒子化し硫酸イオンとなって関東まで到達し広がっていたことを示していた (図 3)。

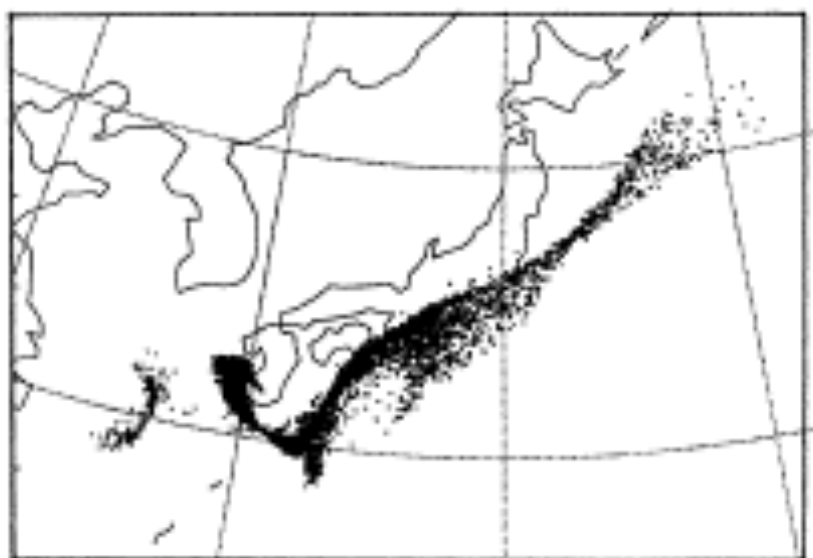


図 3 桜島爆発によるイオウ (PM<sub>2.5</sub>) の拡散シミュレーション  
(関東地方での観測結果を説明)

今では冬から春にかけて中国大陸から PM が偏西風に乗って日本まで到達する現象は、気流と拡散の数値シミュレーションでも再現され、PM<sub>2.5</sub> 予報に使われている。しかし、その当時は列島を縦断するような汚染物質の長距離輸送については観測事例もほとんどない頃であったことから、メディアからも興味深い事例として受け止められた。最近、関東地方の PM<sub>2.5</sub> には桜島の影響があると気象庁が発表したが、20 年以上も前に既にその現象は把握されていたことに触れられていないのは残念である。

教訓: 予想もしないデータが得られ、その原因を調べあげてもどうしてもわからない場合、

データを捨てずに温めておくことも重要。あるヒントから新たな発見につながる可能性がある。

#### 4. 開発成果の普及の経緯

1970年代、我々が大気乱流と拡散の研究を実施していた頃、研究発表の主な場は国内では日本気象学会であった。当時、大気汚染に関する情報交換の場として大気汚染全国協議会（1959年発足）が活動していたが、この研究会には同じ分野の研究者が皆無であり、大気汚染メカニズムの研究はもっぱら気象の専門家が担っていたからである。ただし、気象学会でも大気汚染に関するテーマはマイナーな分野であり、大気拡散に関連する論文もほとんど無い状況であった。そのため、公害資源研究所（現在の産総研）で独自に隔月に発刊していた雑誌「公害」を活用し、我々の研究室では年に1回～2回、研究成果を大気拡散特集号として発表した。この雑誌は、最新の研究結果をまとめる上で非常に役に立った。論文の内容は玉石混交ではあったが、他の研究機関で小規模でしか行っていない大気乱流・拡散の研究を我々の研究室で集中的に実施した結果であることから、他の研究機関からも注目され、国内の大気環境研究者の論文にも頻繁に引用された。「公害」に発表した論文を原石として推敲を加え、大気環境学会誌やさらには欧文誌に発表した論文も多数ある。また、研究室で得られた一連の研究成果は、先述の産業公害総合事前調査用マニュアル（通商産業省）<sup>9)</sup>、窒素酸化物総量規制マニュアル（環境省）<sup>10)</sup>、浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル（環境省）<sup>11)</sup>などにも活用され、現在の大気環境アセスメントに広く利用されている。

大気汚染として国内ではPM2.5と光化学Ox問題が依然として残っているものの、これらの物質の制御は簡単ではない。PM2.5には日本列島のみならず中国大陸が、Oxはさらには地球規模での物質移動も関わっていることが指摘されている。これらは地球温暖化とも関連していることから、今後とも折に触れマスメディアで話題になるであろう。

#### 5. まとめ

高度成長期の真只中、公害が大きな社会問題となっていた時代に入所して以来、四半世紀以上に渡り大気環境改善のための環境濃度予測手法に関する研究開発に携わった。この間、大気乱流の観測・解析、汚染メカニズムの解明、汚染予測モデル開発などに取り組んできた。特に大気拡散や初冬の高濃度汚染のメカニズム、SPMの挙動の解明などに携わり、「大気の流れ」という自然現象と「大気汚染」という人間の営みの関係に関して新たな知見を得ることができたことは、大気環境改善に向けて幾ばくかでも寄与したのではなかったかと思う。

なお、7.に掲げた資料等は全て公開されている。

## 6. 謝辞

思い起こすとフィールドでの調査研究には同じ研究室の諸先輩や同僚、他研究室・他研究所の多くの研究者、事務方等々、実に多くの方々のご協力・ご尽力無しに遂行できなかったことを痛感します。ここに改めてご協力いただいた皆様に感謝する次第です。

## 7. 参考文献・資料等

- 1) 光田寧:超音波風速温度計とその大気境界層研究への応用、天気 18、8、377-385(1971)
- 2) Yokoyama, O., M. Gamo and S. Yamamoto : On the turbulence quantities in the atmospheric mixing layer. J. Meteor. Soc. Japan, 55. 182-192 (1977)
- 3) Yokoyama, O., M. Gamo and S. Yamamoto : Turbulence quantities in the neutral atmospheric boundary layer. J. Meteor. Soc. Japan, 55, 312- 318 (1977)
- 4) 公害資源研究所報告第 15 号:工業技術院公害資源研究所大気汚染質の拡散に関する研究 (1979)
- 5) Yoshikado, H., T. Mizuno and S. Shimogata : Terrein- induced air stagnation over the southern Kanto plain in early winter, Boundary-Layer Met., 68, 159-172 (1994)
- 6) 水野建樹, 兼保直樹: 水分影響を考慮した浮遊粒子状物質濃度シミュレーション, 大気汚染学会誌, 29. 340-350 (1994)
- 7) 水野建樹: 都市部における SPM 問題と提言、第 33 回大気汚染学会予稿集 (1992)
- 8) 水野建樹, 田中ちえ, 藤村満: 関東平野で観測された粒子状硫黄濃度の事例解析 桜島からの長距離輸送の影響、大気環境学会誌 31. 20-29 (1996)
- 9) 通商産業省立地公害局編: 産業公害総合事前調査における SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> に係る環境濃度予測手法マニュアル、産業公害防止協会 (1982)
- 10) 環境庁大気保全局大気規制課編: 窒素酸化物総量規制マニュアル, 公害研究対策センター (1993)
- 11) 環境庁大気保全局大気規制課監修: 「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」、浮遊粒子状物質対策検討会、東洋館出版 (1997)

## 略歴 水野建樹 (MIZUNO Tateki)

- 1968 3. 東京都立大学大学院理学研究科修士課程修了
- 1968 4. 工業技術院資源試験所入所
- 1973 9. ペンシルバニア州立大学 (米国) 科学技術庁長期派遣
- 1980 3. 工業技術院公害資源研究所公害第一部第一課長
- 1991 3. 工業技術院公害資源研究所首席研究官
- 1994 6. 工業技術院資源環境技術総合研究所環境予測部長

- 1998 3. 工業技術院資源環境技術総合研究所次長
- 2001 4. 独立行政法人産業技術総合研究所東北センター所長
- 2003 4. 一般社団法人未踏科学技術協会研究主幹
- 2005 4. 財団法人日本気象協会参与

学位

- 1978 9. 理学博士（東北大学）

表彰

- 1969 環境賞（共同）
- 1989 産業公害優秀論文賞（共同）
- 1991 大気環境学会賞
- 2014 瑞宝中綬賞

受理日：2017年1月18日