

概況

当社における大気環境研究の現状と今後の展望

箕浦宏明

The General Situation of Atmospheric Environment

Hiroaki Minoura

1. 大気中の汚染物質の挙動と研究アプローチ

大気汚染と言う問題が社会に出から半世紀近くになるうとしている。しかしながら、環境は一向に改善されないばかりか問題はますます細分化され、個々の要素が複雑に影響を及ぼし合う状況になってきている。例えば、自動車から排出されたガスは、道路形状を始めビル群の立地環境によってさまざまな方向から流れてくる風（ビル風）により移流と拡散を受け、かつ工場・事業所、一般家庭からの排出ガスと相互に混ざり合い、さらに太陽光による光化学反応をしながら変質する。よって、自動車排ガスが大気環境に及ぼす影響を研究するには、拡散や化学反応などの個々の過程を詳細に調査するとともに、沿道あるいは都市環境全体への影響を把握する2面性が要求される。

これまで沿道や都市を中心とした大気汚染物質の挙動は、地方自治体ごとに継続的に測定され、地域的な特性や経年変化に関する解析が進められてきた。その結果、都市大気の実態が明らかになるに従い、沿道から排出される自動車排ガスの大気への影響が問題視されるようになった。しかし、沿道は車種の構成やビルの形状、他の発生源の影響によりさまざまな形態を示すため、大気汚染が著しい個々の交差点での解析が可能となっても、“沿道では一般環境に比べ汚染濃度が高い”以上に沿道の環境を論じることが難しかった。さらに着目する視点を沿道から都市全体に広げたとしても、自動車が大気に及ぼす影響は“郊外に比べ都市域での影響が大きい”と言う結論にしか到達しえなかった。

本特集では、沿道から広域に至る大気汚染の実態を、Fig. 1に示す個々の大気汚染の過程に沿っ

た研究成果として紹介し、さらにそれらの統合を目指した大気環境シミュレーションに関する研究によって、現在どこまで科学的な解釈が可能となったかを言及したい。

まず第一に、沿道および工場を含めた都市全体での大気汚染の特徴を把握する必要がある。「都市と沿道の大気環境」では、沿道における自動車排ガスの実態や都市環境への影響を示し、問題を提起する。ここでは、主に自治体が常時監視した大気環境データを基に、自動車との係わり合いを明らかにする。

大気中のオゾンは、燃焼過程で生成する NO_x と炭化水素（HC）から光化学反応を経て生成される物質で、光化学スモッグの原因であるオキシダントの主成分である。従って、自動車排ガスの関与は無視できない。また、オゾンは、目や鼻喉粘膜に刺激を与えるばかりか発癌原因とも懸念される有害物質で、国内の環境基準は1時間平均濃度が60ppb以下と定められている。そのため、大気中での変質挙動を観測したり、計算から予測する研究が国内外で盛んに行われている。

地上付近や沿道で、オゾンは、燃焼排ガス等から放出されたNOと即座に反応するため、高濃度のNOを含む汚染気塊が移流してくると、濃度が急激に低下するなど、短い時間スケールでの濃度変動が顕著である。これらの解析のためには、オゾンや NO_x の濃度を短時間計測し、気流場と関連付けの解析が必要となる。一方、都市周辺部では生成反応の時間スケールも数時間のオーダーと長くなるため、前者とは異なる解析が必要である。従って、この場合の挙動解析には後で示す大気環境シミュレーションが活用されている。従来、地上付近や沿道における気流場と関連付けた汚染物

質の解析では、ストリートキャニオンモデルに代表されるように、汚染物の移流・拡散が中心で、化学反応については未着手であった。また、観測も、限られた期間のみを研究対象としたため、地上付近の汚染物質挙動の全体像をつかむことができなかった。「汚染大気的光化学反応」では、大気中の NO_x やオゾンを実タイムで計測する装置を用い、気象状況や光化学反応によって短時間に变化するガスの濃度を、1992年以来連続観測して得られたデータを基に解析した結果を紹介する。すなわち、地上付近のオゾンの生成について、高い時間分解能で連続観測することから得られる種々の特徴を示すとともに、光化学反応研究を通じたオゾン生成挙動を示す。

大気汚染物質には、 NO_x や SO_2 、オキシダント等のガス状物質以外に、粒子 (SPM) がある。特に、粒子径の小さい微小粒子 ($\text{PM}_{2.5}$) は、1980年代後半から新たに注目され始めた汚染物質である。当社は、粒径ごとの粒子濃度とそれらの日変化や季節変化の把握、および、粒子の組成分析から発生源の調査に至る実態調査を開始し、学会のオピニオンリーダーとなっている。「SPMの挙動

解析」では、呼吸器疾患や発癌性の観点からも大気中での挙動を把握することが切望されている微小粒子の生成について報告する。

SPMは、最初から粒子で排出される一次粒子と、始めはガス状態で大気に出てその後化学反応により粒子化する二次粒子とに分けられる。一次粒子は、風による移流・拡散等の物理作用を主に受ける。二次粒子は物理作用に加え、硫酸や硝酸とアンモニア等との塩（無機二次粒子）を生成したり、炭化水素HCが光化学反応を経て有機二次粒子を作るなど、物質により異なった化学作用を受ける（異なる化学反応経路を取る）。そのため、二次生成粒子の大気中での挙動解析は一層複雑となる。無機二次粒子については、SPM研究の延長として、1998年にガスと無機粒子の熱平衡モデルを完成するに至った。しかし、有機二次粒子については組成の複雑さや粒子の多様性のため、観測からの解析は困難であった。そのため、1995年よりスモッグチャンバーを作製し、代表的なHCと NO_x による光化学反応を模擬した粒子生成実験を開始して、有機二次粒子の生成モデルを完成しつつある。この点に関する詳細は、「有機二次粒子

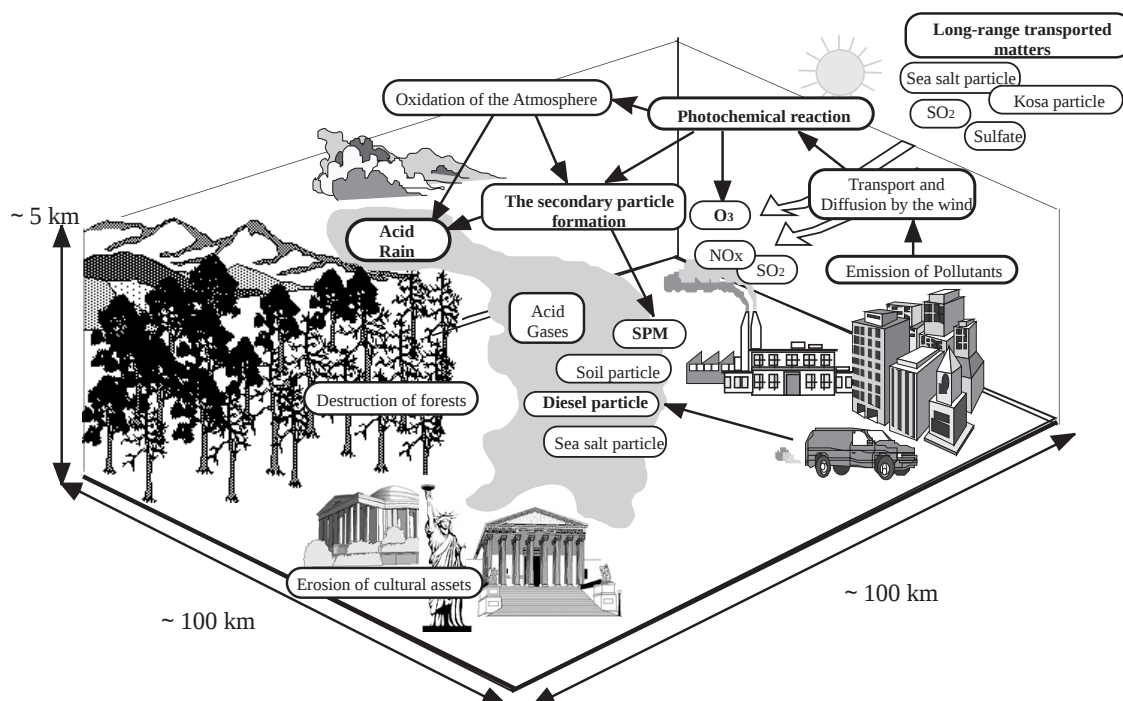


Fig. 1 Illustration of air pollution and descent of an acid ion/particle accompanied with precipitation.

生成モデル」において論じる。

大気中で光化学反応を経て生成したオゾンや、酸性ガス、粒子などは、最終的に地上に降下・沈着する。これらの生成物が雨に取りこまれて沈着する現象が酸性雨である。わが国の酸性雨は、中国や東南アジアの影響を受けた広域の大気汚染として注目されているが、都市域での酸性雨にはローカルな大気汚染の影響を強く受けているものもある。「酸性雨」では、自動車排気に関係の深い硝酸イオンについて、1991年から開始した観測結果を基に、大気中でのイオン沈着の特徴とそのモデル化を報告する。

以上の研究報告では、大気汚染の実態把握を主眼として観測から得られる物質の挙動を解析し、あるものはモデル化により自動車への影響を間接的に捕えてきた。しかし前述した NO_x 、 O_3 、SPM、硝酸イオンの沈着（酸性雨）に関する挙動は、いずれも断片的な現象であるので、それらを統一的に解析するには大気環境を包括するモデルが必要である。個々の過程で得られた観測事実は、大気モデルを通じて相互の影響を把握することが可能となり、逆に、観測で裏付けされた大気モデルはその予測精度を上げることができる。大気環境を予測する大気モデルは米国で先進的に開発されており、当社では、米国加州大気資源局(CARB)が開発した大気質予測モデルCALGRIDを1993年に導入し、汚染物質の発生から移流・拡散、光化学反応を統一してシミュレートすることを可能とした。その後、カリフォルニア工科大が開発したCITモデルや米国EPAが承認したUAM等も相次いで導入し、個々のモデルの持つ特徴を明らかにした。さらに、UAMを用いた米国加州の大気質予測を通して自動車及ばず影響を解析し、経済効果の高い排気対策を提案するなどの成果を上げてきた。「大気環境シミュレーション」では、それに関する研究内容を紹介する。

2. 今後の大気環境研究

国内における大気環境研究は、従来から言われている NO_2 やSPM、 O_3 等の環境基準濃度未達成が、依然として解決すべきテーマである。近年ではさらに、粒径が 2.5μ 以下のPM2.5と呼ばれる微小粒

子を始め、ベンゼンやアルデヒド類などの未規制有害物質や、環境ホルモン等、微量物質の健康影響が注目されてきている。これらの物質の大気中の濃度や挙動の把握が急がれるとともに、発生源の特定や発生量の推定などのデータ解析と大気中の濃度予測が可能なモデルの開発が必要である。

大気環境に及ぼす影響の評価を自動車の排ガスに特化しても、未解明な情報は多い。たとえば、路上を走行する車両は、車種や車齢、および改造や部分的に故障を有するなど様々であるので、解明するにはそれらの車両1台1台から出される排気ガス（エミッション）の量と質を推定する必要がある。さらにそれらの車両群が、渋滞や信号・坂道等の走行環境により車速やエンジン負荷を変えるため、排出されるエミッションも時間と空間とでさまざまな質と量に変化する点、等を包括して把握する必要がある。すなわち、自動車エミッションの情報に加え、これらの車両の社会での使われ方など、今後解明すべき問題は多い。

今日、国内において大気環境モデルから計測予測するには、自動車や工場・事業所等からの排出データを豊富に利用できる米国と異なり、入力データの整備から開始しなければならない。国立環境研究所や通産省資源環境技術総合研究所等では、独自の発生源データを準備しオゾンや NO_2 濃度の予測を実施している。当社においても、自動車工業会を中心に1995年からデータ整備に関する調査を開始し、1997年には関東地方のオゾンや NO_2 等のガス状物質の濃度予測と自動車影響の把握とを、ある程度の精度で可能とした。しかし、上記のPM2.5等の微小粒子の挙動把握のためには、二次粒子生成に関する問題を解決しなければならず、炭化水素組成や粒子状物質の粒径情報を含めた詳細なエミッションインベントリーの作成や二次粒子生成モデルの開発と大気モデルへの組み込みが必要である。すなわち、その地域の交通量や平均車速等々のエミッションデータや、工場・事業所等からのエミッションをどのように算出するか、地域全体の消費燃料や排気質のデータベースの精度が評価のポイントとなる。

粒子については、既に述べたように呼吸器疾患

や発癌性の観点から、粒子生成モデルを組み込んだ大気環境シミュレーションによる挙動把握が切望されている。先進国であるアメリカでも研究段階である。日本は米国に比べ湿度が高いため、水蒸気とともに凝集する二次粒子の生成がより顕著である。これらの二次粒子生成モデルを大気質予測モデルに組み込む作業は、通産省プロジェクトであるJCAPで緒についたばかりである。今後は、無機・有機の二次粒子生成モデルを組み込んだ大気質粒子モデルの開発が中研に課せられた使命となる。

さらにこの大気質粒子モデルを検証するためには、広範囲での同時観測が不可欠であり、これまでの国内研究では資金と人的資源の両面で困難であった。しかし、二次粒子生成過程の検証も含め、JCAPに参画した多くの研究者と研究資金により、関東圏を中心として本モデルの検証が1999年から実施されつつある。地上観測を始め、航空機やレーザーレーダ等のリモートセンサ、ゾンデ等の複合化された観測法は、今後の総合観測のスタンダードとなり得る点で評価されており、今世紀中には、ガスと粒子を含む大気質予測技術が確立すると期待されている。

豊田中央研究所における大気環境研究は30年近く継続され、時代と共に異なるニーズに応え研究成果を修めてきた。本特集では、これまでの大気環境研究の歴史の中での一握りの成果しか紹介できないので、必要に応じて参考文献等を参照して

いただくことで、ご容赦いただきたい。1970年に大気汚染実態調査研究を開始することで当社における大気環境研究の糸口とした故梅原半二元所長を始め、諸先輩、ならびに、研究の推進にご支援を頂いた棚沢正澄主査らトヨタ自動車株式会社の担当各位に感謝致します。

参考文献

- 1) 梅原半二, ほか大気調査グループ: "名古屋市内大気汚染実態調査報告第1報 測定ならびに沿道汚染の平均的傾向", 豊田中央研究所研究報告, TR-9(1974), 129
- 2) 梅原半二, ほか大気調査グループ: "名古屋市内大気汚染実態調査報告第2報 広域分布ならびに拡散についての調査", 豊田中央研究所研究報告, TR-10(1974), 16
- 3) 藤谷義保: "特集: 大気汚染の実態とその対策 - NO_xを中心に 名古屋市内大気汚染実態調査概要", 豊田中央研究所R&Dレビュー, 13-1(1977), 2
- 4) 伊藤康夫: "大気汚染予測モデル", 豊田中央研究所R&Dレビュー, 17-3(1982), 1

(1999年11月1日原稿受付)

著者紹介



箕浦宏明 Hiroaki Minoura

生年: 1956年。

所属: 反応制御研究室。

分野: 大気環境計測と解析に関する研究。

学会等: 日本気象学会, 大気環境学会, 日本エアロゾル学会会員。
理学博士。