

SR-26-'98

環境負荷の構造変化から見た都市の大気と水質問題の把握と
その対応策に関する研究

Studies on Understanding and Countermeasures of Air and Water Pollution in the Urban Area
by the Structural Changes of Environmental Load

平成5～8年度
FY 1993～1996

特別研究「環境負荷の構造変化から見た都市の大気と水質問題の把握とその対応策に関する研究」

(期間 平成5～8年度)

特別研究責任者：内藤正明（平成5～6年度）

森田昌敏（平成7～8年度）

特別研究幹事：若松伸司

報告書編集担当：若松伸司・上原 清・森口祐一・稲森悠平・西村 修

序

本報告書は平成5年度から8年度の4年間にわたって実施した特別研究「環境負荷の構造変化から見た都市の大気と水質問題の把握とその対応策に関する研究」の成果を取りまとめたものである。この研究においては関東や関西を中心とした我が国の大都市地域の環境問題の中でも特に大きな問題となっている大気汚染と水汚染を環境負荷の構造変化との関連で捉え、その実態把握と改善対策に関する検討を行った。

大気に関しては沿道大気汚染から広域大気汚染を相互に関連する現象として統一的に把握・評価する手法を検討した。研究手段としてモニタリングデータ解析、風洞実験、フィールド観測、数値計算モデル解析を用いた。研究の結果、大都市域においては都市域の拡大と自動車の増加による発生源の拡大により大気汚染が広域化していること、これに伴って光化学大気汚染などの二次生成大気汚染の高濃度発生地帯が、都心から郊外に移動してきていることが明らかとなった。

水質に関しては、生活様式の変化や多様化による排水や廃棄物の質や量の変化の水圏生態系の水質汚濁、富栄養化に及ぼす影響評価と効果的対策手法を検討した。研究手段として水質問題の実態解明、水質問題の将来予測、水環境負荷削減技術、水環境改善対策導入の効果の評価解析を用いた。研究の結果、環境負荷の構造変化等により水域の窒素、リンの濃度およびその比率の増加により有毒アオコが増大する傾向にあること、このため生活排水対策として小規模をはじめ高度処理施設の導入が必要であること、また、その場合省エネ、省コスト、水環境再利用を旨とした更なる研究が重要なことが明らかとなった。

このように、我が国の大都市域における大気と水質問題は今、新しい課題に直面しており今後、さらに研究と監視を継続的に行って行かなければならないことが示された。本研究の成果が、今後の都市環境研究の発展に役立てば幸いである。

本研究を進める上で、研究所外の多くの方々からご助言とご支援を戴いた。ここに深く御礼申し上げます。

平成10年3月

国立環境研究所

所長 石井吉徳

目 次

大気編	1
1 研究の目的と経緯	3
1.1 研究の背景と目的	3
1.2 研究の構成	3
1.3 本研究で得られた成果の概要	3
2 研究の成果	5
2.1 沿道大気汚染と地域大気汚染	5
2.1.1 風洞実験によるストリートキャニオン内部流れに及ぼす安定度の影響の解析	6
2.1.2 ストリートキャニオン内部の汚染物質拡散に及ぼす大気安定度の影響	11
2.1.3 関西地域における春季大気汚染	14
2.2 広域大気汚染	22
2.2.1 トレンド解析	22
2.2.2 関東地域における夏季大気汚染	23
2.3 モデルによる解析	24
2.3.1 モデルの概要	24
2.3.2 モデルを用いた環境負荷の変化と環境濃度の解析	25
2.4 総括及び研究展望	26
2.4.1 本特別研究の研究成果のまとめ	26
2.4.2 今後の展望と研究課題	28
[資 料]	
I 研究の組織と研究課題の構成	31
1 研究の組織	31
2 研究課題と担当者	31
II 研究成果発表一覧	33
1 誌上発表	33
2 口頭発表	38

水質編	45
1 研究の目的と経緯	47
1.1 研究の目的	47
1.2 研究の構成	47
1.3 本研究で得られた成果の概要	48
2 研究の成果	49
2.1 水質問題の実態解明	50
2.1.1 湖沼における藍藻類の優占化の解析	50
2.1.2 富栄養化湖沼における有毒物質 Microcystin の挙動の解明	56
2.1.3 富栄養化がトリハロメタン生成能に及ぼす影響の解明	57
2.2 水質問題の将来予測	60
2.2.1 生活排水における発生および排出負荷の将来予測	60
2.2.2 藍藻類の増殖特性からみた優占種の予測に関する実験的検討	66
2.3 水環境負荷削減技術開発および水環境改善対策の効果の評価	69
2.3.1 生活排水の循環式変則合併処理浄化槽による高度処理	69
2.3.2 生活排水の嫌気好気生物膜法による高度処理	76
2.3.3 リン負荷削減技術の対費用効果および環境改善効果の試算	80
2.4 総括および研究展望	84
[資料]	
I 研究の組織と研究課題の構成	87
1 研究の組織	87
2 研究課題と担当者	88
II 研究成果発表一覧	89
1 誌上発表	89
2 口頭発表	90

大 氣 編

1 研究の目的と経緯

1.1 研究の背景と目的

都市機能の一極集中や地価の高騰などによる都市の社会、経済的变化や物理的变化は、産業構造や都市構造の変化に大きな影響を及ぼしている。たとえば、都心におけるサービス産業を中心とした第3次産業の増加や都市への過度の人口集中による高人口密度地域の都市周辺部へのスプロール化、交通、物流の都市域内密度の増大等が顕在化している。一方、都市住民のライフスタイルや生活の質及び生活パターンは快適性の指向により増々エネルギー多消費型になりつつある。

このような都市構造変化、生活様式の変化は環境負荷の構造を大きく変えている。たとえば都市域のスプロール化は通勤距離を増大させ、このことにより自動車交通量の増加や交通渋滞が発生している。また都市に向けての物流の増加は自動車の車種変化をもたらし、大型ディーゼル貨物車の混入率の増加とこれによる窒素酸化物汚染、粒子状物質汚染が大きな社会問題となっている。このように大気汚染、騒音の問題はさらに深刻になっている。都市域の拡大やエネルギー消費の増大は都市気候にも影響を及ぼし、ヒートアイランド等の問題が生じている。

環境負荷の構造変化に伴う地域の環境要因の悪化を早急に食い止め、改善に向かわせることが急務である。原因等が複雑化している都市環境問題を解決して行くためには、発生源の個別的な対策のみならず地域問題として総合的な対策を講じる必要がある。そのためには都市環境問題の現状を様々な面から定量的に正確に把握し、現状の改善方策等を見いだしていくための科学的知見の蓄積が必要である。本研究においては、このような観点から環境負荷の構造変化が都市環境に及ぼす影響の把握とその対応策に関する研究を行った。具体的には大都市圏を中心とした地域における環境負荷の構造変化の実態解明並びに環境要因の中でも特に緊急の対策を必要とする大気問題の改善に関する研究を行い、交通問題、都市大気環境問題に対する新たな対応策とその評価を明らかにすることを目的とした。

1.2 研究の構成

都市の大気汚染は沿道大気汚染から広域大気汚染まで

広い範囲に及んでおり、それぞれのスケールの現象が相互に関連しているため、統一的な把握が必要である。このため、沿道大気汚染に関する風洞実験並びに広域交通環境シミュレーションシステムの構築並びに広域大気汚染と局地大気汚染の関連性解析に関する体系的な研究を行った。具体的なフィールドとして関西地域における春季広域大気汚染のモデル評価、関東地域における夏季の広域光化学大気汚染の解析に関する総合的な研究を実施した。

1.3 本研究で得られた成果の概要

(1) 沿道大気汚染と関西地域における春季高濃度大気汚染に関する研究

都市内において二酸化窒素の濃度が最も高くなるのは沿道周辺地域である。市街地の道路は建物に取り囲まれていることが多いため、複雑な気流が形成される。このストリートキャニオン内での大気環境の評価にあたっては、沿道をとるより広い地域の大気環境の状況を知る必要がある。フィールド観測により安定度によって濃度のレベルが大きく異なっていることがわかったが、様々な大気安定度によるストリートキャニオン内での濃度分布をフィールド観測により調査することは、極めて困難であるため風洞実験を行った。風洞による実験においても安定度を变化させた時の流れと濃度の観測は、実験技術上の困難さから、これまでほとんど成功していなかったが、レーザー流速計を用いた実験技術を確立したことにより最新の実験結果を得ることができた。安定度が変化することによりストリートキャニオン内での流れ場が大きく変化し、これに伴ってよどみ域内での濃度分布や上層からの空気を取り込みの様子が著しく異なること、また、このときの沿道上層でのオゾンの濃度によりストリートキャニオン内でのNO₂の濃度は大きく変化することがわかった。関西地域においては、4月にNO₂の濃度が高くなる傾向がある。このことを解明するために航空機を用いたフィールド観測とモデルによる評価を行った。観測時には地上でNO₂の濃度が上昇したが、このとき上空で80 ppb以上のO₃が出現していた。一方、3000 m以上の上空においても60 ppb程度のO₃が認められており、成層圏から対流圏へのO₃の沈降が観

測された。また観測期間中の気象条件は、移動性高気圧の影響による沈降性の逆転が認められ、晴天で最高気温が25°C以上となり光化学反応が起こりやすい条件となっていた。このようなバックグラウンドオゾンと光化学オゾンの寄与を知るためにモデルを用いた解析を行った。その結果、関西地域での春季のNO₂高濃度には光化学オゾンと成層圏オゾンがほぼ同等に寄与していることが明らかとなった。またNO₂の生成要因別寄与に関しては、大阪地域内において発生したNOがNO₂に酸化されることによる寄与が最も大きいことがわかった。

(2) 関東地域における夏季大気汚染に関する研究

関東地域における夏季大気汚染の動態解明はこれまでも多数行われており、局地風循環と光化学オゾンやエアロゾルの分布の間には密接な関係があることが知られている。しかし山岳地域や海上での挙動に関しては十分な知見が得られていなかった。特に山梨県や、静岡県などの西部山岳地域、並びに太平洋上での動態解明が大きな課題となっていた。そこで東京都大島空港を基地として航空機観測を実施した。観測の結果、これまでに知られていなかった広域大気汚染機構を見いだした。洋上の極めて広い範囲にわたり100~280 ppbの高濃度のO₃が観測されたが、大島の气象台における観測では前日から南風が継続していた。メソ気象モデルを用いて解析した結果によれば、南系の風は海上の200~300 m程度の層に限定されており、これより上層では北~西系の風が吹いている。このことから日中に南からの海風により内陸に輸送された汚染空気が内陸の山岳付近で上層に取り込まれ、北系の上層風で太平洋上まで輸送されたものであることがわかった。このような広域な汚染空気の循環現象は、今回初めて明らかにされたものである。

(3) 光化学大気汚染のトレンドと大気環境負荷に関する研究

光化学大気汚染経年変化を明らかにするために、その原因物質であるNO_xとNMHC(非メタン炭化水素)濃

度の経年変化を解析した。大気汚染測定局のデータによれば1978年から1994年にかけてNMHCは減少、NO_xは1985年頃から増加となっていた。環境大気中におけるNO_xとNMHC濃度の経年変化に関しては、関西地域においても同様な傾向が認められた。環境での測定値の変化が発生源の変化を反映していると考え、モデルによりO₃の出現動態の解析を行った。解析の結果では、NMHCの発生源が減少しNO_xが増加すると、O₃の最高値は少し増大する。また、その増加量にはそれ程大きな変化はないが、最高O₃濃度が出現する時刻は大きくずれて、遅い時刻にシフトすることがわかった。夏季においては海風が侵入するため、都心地域で発生した大気汚染物質は時刻とともに内陸地域へと運ばれる。このため最高O₃濃度の出現時刻が遅くなることは、最高O₃濃度の出現地域が内陸部に移ることに対応する。データ解析の結果によれば日々のオキシダント最高値の出現率が、北関東地域、及び京都・奈良地域で増加していることがわかった。この傾向は前述のモデルシミュレーションの結果と整合していた。

今回の研究においては、沿道大気汚染から広域大気汚染にわたる様々なスケールの都市大気汚染現象を総合的・体系的に評価するための各種の手法を検討した。また日本の大都市地域における大気環境問題の現状をフィールド観測やモデルシミュレーションにより解析、評価した。研究の結果、東京や大阪などの大都市地域における大気汚染は依然として深刻であることがわかった。都市大気汚染の主要な発生源は自動車であるが、自動車単体の対策効果が、発生総量の増大により打ち消されており、このためNO₂や光化学オキシダントの高濃度の出現地域は広域化の傾向にある。今回の観測では、春季、夏季ともに広域にわたる汚染物質の移流や循環が確認されており、都市スケールの大気環境を扱うにあたって、より広いスケールの中での理解が必要であることが示された。