

環境研究総合推進費による PM2.5 に関する主な研究の概要について

○PM2.5 排出抑制策における中長期的課題（「中間取りまとめ」より抜粋）

短期的課題と並行して、総合的な対策に取り組む上での基礎となる現象解明や情報整備、対策効果の定量的予測・評価を可能とするシミュレーションの高度化等に関する以下の課題に取り組み、その進捗状況に応じて追加的な対策を検討する。

- 1) 二次生成粒子（特に、二次生成有機粒子）の生成能に関する科学的知見の充実に踏まえ、PM2.5 やオキシダント生成能の高い VOC を対象とした排出抑制対策を検討する。

→上記課題 1) については、推進費研究

「PM2.5 予測精度向上のためのモデル・発生源データの改良とエアロゾル揮発特性の評価」（平成 26 年度～平成 28 年度、菅田 誠治（国環研）」（別添 1）

「有機マーカーに着目した PM2.5 の動態把握と正値行列因子分解モデルによる発生源寄与評価等（平成 26 年度～平成 28 年度、熊谷 貴美代（群馬県環境研）」（別添 2）

等により対応した。

- 2) 固定発生源からの一次生成粒子について、凝縮性ダストを考慮した適切な測定方法の開発や排出実態の解明を進め、排出抑制対策を検討する。

→上記課題 2) については、推進費研究

「燃焼発生源における希釈法による凝縮性一時粒子揮発特性の評価法の確立（平成 27 年度～平成 29 年度、藤谷 雄二（国環研）」（別添 3）

「革新的モデルと観測・室内実験による有機エアロゾルの生成機構と起源の解明（平成 30 年度～平成 32 年度、森野悠（国環研）」（別添 4）

等により対応した。

- 3) 発生源情報を整備し、観測データを用いたレセプターモデルの解析や高度化されたシミュレーションモデルの解析に利用して、寄与割合の高い発生源を推定し、効果的な対策を検討する。

→上記課題 3) については、推進費研究

「PM2.5 予測精度向上のためのモデル・発生源データの改良とエアロゾル揮発特性の評価」（平成 26 年度～平成 28 年度、菅田 誠治（国環研）」（再掲：別添 1）

「有機マーカーに着目した PM2.5 の動態把握と正値行列因子分解モデルによる発生源寄与評価等（平成 26 年度～平成 28 年度、熊谷 貴美代（群馬県環境研）」（再掲：別添 2）

「大気中の二次汚染物質に対する発生源寄与推計と対策立案に資する規範的モデルの確立（平成 28 年度～平成 30 年度、茶谷 聡（国環研）」（別添 5）

「革新的モデルと観測・室内実験による有機エアロゾルの生成機構と起源の解明（平成 30 年度～平成 32 年度、森野悠（国環研）」（再掲：別添 4）

「大気汚染対策効果評価のためのシミュレーション支援システムの研究開発（平成 31 年度～平成 33 年度、菅田 誠治（国環研）」

等により対応した。



1. 研究課題名：

PM2.5 予測精度向上のためのモデル・発生源データの改良とエアロゾル揮発特性の評価

2. 研究代表者氏名及び所属：

菅田誠治（独立行政法人国立環境研究所）

3. 研究実施期間：平成 26～28 年度

4. 研究の趣旨・概要

平成 25 年初頭以来、微小粒子状物質（PM2.5）には強い関心が向けられ、数値計算による正確な予測が望まれている。しかし、現在の数値モデルでは、有機エアロゾルの過小や、硝酸塩エアロゾルの過大等が指摘されている。

本研究は、半発性有機炭素（SVOC）による二次生成有機エアロゾル（SOA）生成の最新の計算スキームである揮発性基底関数（VBS）モデルを PM2.5 予測モデルに導入し、SVOC および SOA の揮発特性パラメータの改良と、排出量データの改良により、PM2.5 予測計算の精度を上げる。

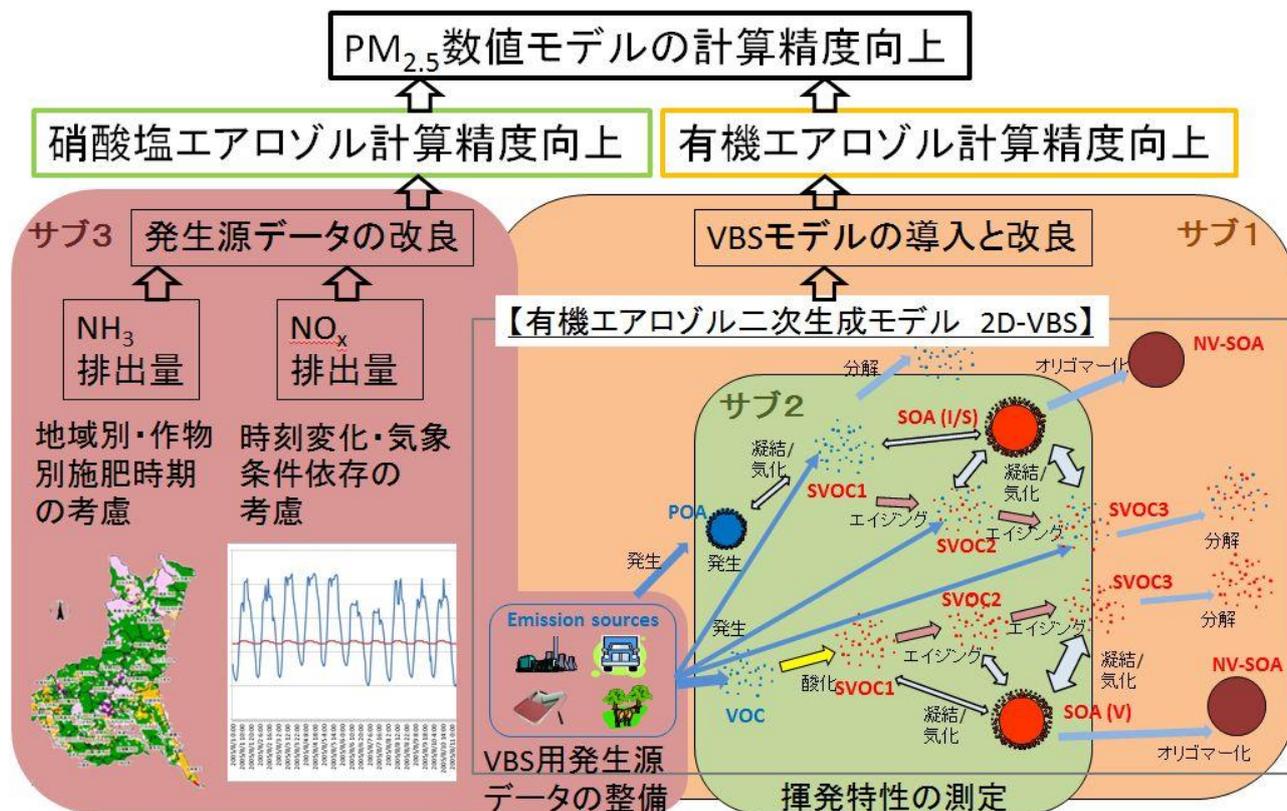
これらにより、PM2.5 の数値予測による再現精度が向上し、注意喚起の判断材料として活用する等の環境政策への貢献が期待できる。

5. 研究項目及び実施体制

- ① 有機エアロゾル揮発特性の計算手法の精緻化による PM2.5 予測モデルの改良
（（独）国立環境研究所）
- ② 有機エアロゾルの揮発特性および化学性状に関する実験的研究
（（独）国立環境研究所）
- ③ 窒素化合物インベントリ改良および有機エアロゾルの揮発特性データ構築
（一般財団法人日本自動車研究所）

6. 研究のイメージ

5-1408 PM_{2.5}予測精度向上のための
モデル・発生源データの改良とエアロゾル揮発特性の評価



【5-1408】PM2.5 予測精度向上のためのモデル・発生源データの改良とエアロゾル揮発特性の評価 (H26～H28 累計予算額 154,734 千円)

研究代表者 菅田 誠治 (国立研究開発法人国立環境研究所)

1. 研究実施体制

- (1) 有機エアロゾル揮発特性の計算手法の精緻化による PM2.5 予測モデルの改良
(国立研究開発法人国立環境研究所)
- (2) 有機エアロゾルの揮発特性および化学性状に関する実験的研究 (国立研究開発法人国立環境研究所)
- (3) 窒素化合物インベントリ改良および有機エアロゾルの揮発特性データ構築
(一般財団法人日本自動車研究所)

2. 研究開発目的

本研究は、最新の有機エアロゾル二次生成スキームの導入と改良、および、関連排出量の更新により、PM2.5 予測モデルの精度を向上させることが目的である。具体的には、半挥发性有機炭素 (SVOC) による二次生成有機エアロゾル (SOA) 生成の予測精度向上のため、最新の計算スキームである揮発性基底関数 (VBS) モデルを PM2.5 予測モデルに導入する。そのうえで、SVOC および SOA の揮発特性パラメータの改良と、排出量データの改良により、PM2.5 予測計算の精度を上げる。

これらにより、PM2.5 数値予測の大きな誤差要因である有機エアロゾルと硝酸塩エアロゾルの再現精度が向上され、より定量的な PM2.5 予測結果を注意喚起の判断材料として活用する等による環境政策への貢献が期待できる。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

不均一反応で生成すると考えられる大気中二次生成有機エアロゾル (SOA) 中のダイマー等低揮発性物質は、これまでにその存在は示唆されながらその SOA 揮発特性への影響は分かっていなかった。本研究では、間接的な従来法よりも正確に SOA の揮発特性を評価するため、SOA 粒子を加熱測定、希釈測定、および組成分析することにより SOA の揮発特性を直接的に評価し、その実測データを基に、VBS モデルを含め従来の SOA モデルではほとんど考慮されていない不均一反応による低揮発性物質生成の影響を数値モデル化するとともに、モデルパラメータを評価した。

これらにより、SOA の蒸発特性を再現するうえでオリゴマーの速い生成と遅い分解を考慮することが不可欠であることなど、SOA の基礎的な物理化学特性の新たな側面を定量的に理解するとともに、今後 PM2.5 の長距離輸送を正確にモデリングするうえで必要な SOA モデルの改良項目を示した。

(2) 環境政策への貢献 (研究代表者による記述)

<行政が既に活用した成果>

環境省が主催する微小粒子状物質 (PM2.5) 発生源寄与割合推計に関する検討会において、PM2.5 の発生源寄与を推計するにあたり、本推進費研究において修正された VBS モデルが活用されるとともに、本推進費研究で実施した PM2.5 濃度のモデル再現性評価結果が参考情報として活用された。環境省が主催する PM2.5 排出インベントリ及び発生源プロファイル検討会において、本推進費研究において検討された NOx 排出量推計手法が採用され、PM2.5 排出インベントリに活用された。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究で開発した VBS モデルを組み込んだ大気モデルは今後行政に活用される可能性が高い。VBS

を組み込んだモデルは、都市部では観測値を5分の1程度に過小評価する可能性がある等、予測精度はまだ十分とは言えないが、以前のモデルに比べて格段に有機エアロゾルの予測精度が改善している。さらに高精度なモデルが求められる場合、モデルの改良点として不均一反応による低揮発性成分の生成の考慮が重要であるという本研究で提供された知識が活用されることが見込まれる。

また、本研究で検討した排出量データの精度向上は、大気モデルの再現性向上に寄与すると考えられる。また、大気汚染物質排出インベントリデータ管理システムは、現状、極めて複雑な排出インベントリ構造の理解に役立ち、発生源の分類方法の見直しや、データ構造の整理に貢献するものと考えられる。

4. 委員の指摘及び提言概要

PM2.5 予測数値モデルの問題点である有機エアロゾルの過小評価と硝酸塩エアロゾルの過大評価を改善するために、半揮発性 VOC のエイジング反応、凝縮性ダストの排出、半揮発性 VOC のオリゴマー生成などを考慮するとともに、NO_x 排出量の時刻変化やアンモニアの時空間分布の改良などを行ってモデルを精緻化し、優れた成果を上げている。得られた成果が既に検討会などで活用されているのも評価に値する。

固定発生源における凝縮性ダストの濃度や成分などを測定、評価する手法が未確立であり、種々の発生源について得られているデータが少ない現状では、行政が求めるレベルの成果にはまだなっていないと思われる。

学会誌にて発表した論文が2014年、2015年であり、数的にもさびしい。

5. 評点

総合評点：A



1. 研究課題名：
有機マーカに着目した PM2.5 の動態把握と
正值行列因子分解モデルによる発生源寄与評価

2. 研究代表者氏名及び所属：
熊谷 貴美代（群馬県衛生環境研究所）

3. 研究実施期間：平成 26～28 年度

4. 研究の趣旨・概要

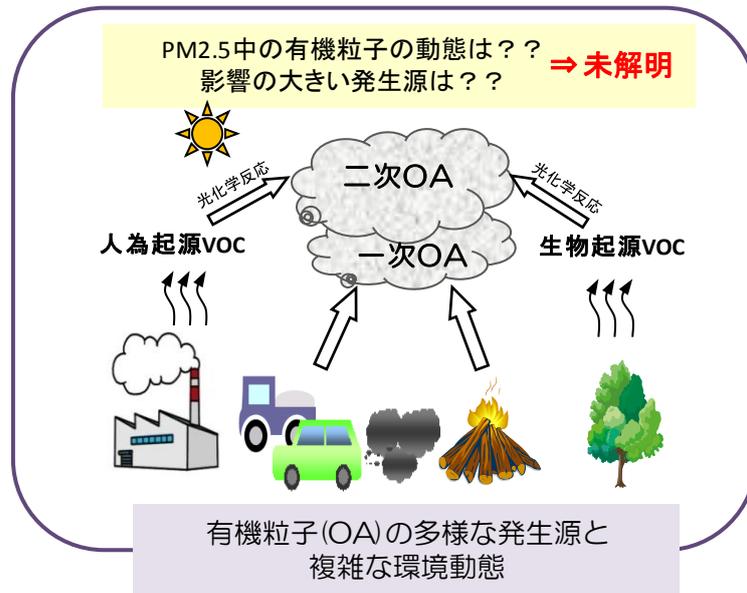
微小粒子状物質（PM2.5）の環境基準達成率は低く、多くの地域で基準を超過している。PM2.5 の発生源は多岐にわたるため、効果的な対策のためには発生源の寄与割合を求めることが必要である。

本研究では、PM2.5 の主要成分であり解明の遅れている有機粒子について、大気中の動態および主要発生源の寄与に関する新たな知見を得ることを目的とする。個々の発生源の指標となる有機マーカ成分に着目したフィールド観測を実施し、得られたデータを正值行列因子分解モデル（因子分析を応用したリセプターモデル）で解析することによって、発生源寄与評価を行う。これにより、PM2.5 発生源対策に関する政策的な議論に科学的知見を提供することができる。また本研究では、地方自治体が実施している PM2.5 モニタリング調査に適応可能な有機マーカ成分の観測・解析手法の提案も目指しており、地方環境対策への貢献も期待される。

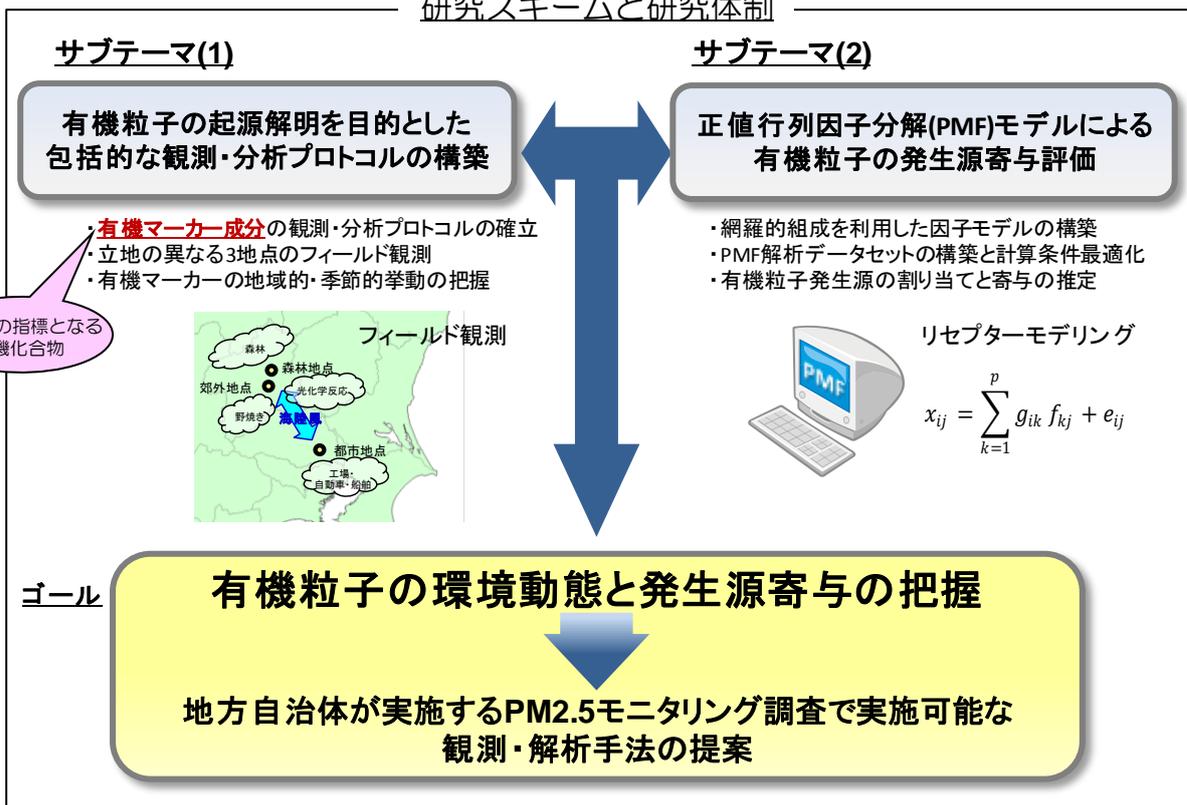
5. 研究項目及び実施体制

- (1) 有機粒子の起源解明を目的とした包括的な観測・分析プロトコルの構築
（群馬県衛生環境研究所）
- (2) 正值行列因子分解 (PMF) モデルによる有機粒子の発生源寄与評価
（公立大学法人高崎経済大学）

6. 研究のイメージ



研究スキームと研究体制



PM2.5削減対策への貢献

【5-1403】有機マーカーに着目したPM_{2.5}の動態把握と正値行列因子分解モデルによる発生源寄与評価 (H26~H28 累計予算額 23,877 千円)

研究代表者 熊谷 貴美代 (群馬県衛生環境研究所)

1. 研究実施体制

- (1) 有機粒子の起源解明を目的とした包括的な観測・分析プロトコルの構築 (群馬県衛生環境研究所)
- (2) 正値行列因子分解 (PMF) モデルによる有機粒子の発生源寄与評価 (高崎経済大学)

2. 研究開発目的

効果的なPM_{2.5}の低減対策を立案するためには、各種発生源の寄与割合を把握することが必要であるが、特に有機粒子 (OA) に関しては環境動態や発生源寄与について未解明な点が多い。OAの起源探索に言及した先行研究を概観すると、寄与評価に資するいくつかの有用なマーカー成分が提案されている。本研究では、有機マーカー成分に着目したフィールド観測と、リセプターモデルによる発生源解析を融合させた研究フレーム (図1) により、OAの動態および発生源寄与に関する新たな知見を得ることを目的とした。さらに、本研究では、有機マーカー成分を含むPM_{2.5}の観測・解析手法を全国の自治体に普及すべく、地方自治体が行う『微小粒子状物質に係る常時監視成分分析調査』の枠組みの中で実施可能な有機マーカー成分の観測・分析プロトコル、およびそれらを用いたリセプターモデリングの確立も目指した。

サブテーマ (1) では、大気フィールド観測をメインとし、PM_{2.5}中の有機マーカー成分の多成分分析法の確立、立地環境の異なる3地点における有機マーカーを含むPM_{2.5}観測データセットの取得、有機粒子を中心としたPM_{2.5}各種成分の挙動に関する地域的、季節的特徴の把握を目的とした。また、有機マーカー成分を含むPM_{2.5}の観測・解析手法のマニュアル化も目指した。

サブテーマ (2) では、サブテーマ (1) で得られた観測データを基に構築した解析データセットに対して、正値行列因子モデルを適用し、有機エアロゾルの発生源セクターへの割り当てと寄与の定量的な評価を目的とした。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

本研究において、これまで知見が十分に得られていなかったPM_{2.5}中の有機粒子に関して、関東の都市、郊外、森林における各種有機マーカー成分の季節的、地域的な特徴を明らかにした。例えば、都市および郊外地点では、バイオマス燃焼の影響が寒候期を中心に大きくなることが明らかとなった。また都市地点においては、調理や自動車などの有機マーカーが相対的に高いという特徴が見られた。暖候期では、SO₄が増加する傾向にあり、ジカルボン酸組成の違いから関東内陸 (本研究における森林、郊外地点) の方が粒子のエイジングが進行した状態であることが分かった。イソプレン由来BSOAは暖候期に増加する傾向があり、特に森林地点においてはその傾向が顕著であることが明らかとなった。α-ピネン由来BSOAと併せて、自然由来の二次生成有機粒子が無視できない割合で存在することが示された。

これまでの研究では、PM_{2.5}中の有機粒子 (OA) の発生源寄与について定量的に評価を行うことが困難であったが、本研究では有機マーカー成分を加えたリセプターモデリングによって、バイオプライマリー (BPOA)、モノテルペン由来BSOA、イソプレン由来BSOA、調理、都市ローカルOA、バイオマス燃焼等の複数の発生源寄与を定量的に評価することができた。フィールド観測とリセプターモデリングを組み合わせたPM_{2.5}の発生源寄与評価に関する研究例は国内では非常に少なく、本研究で確立した手法は全国の他の地域に応用が可能である。

本研究で得られたPM_{2.5}観測データセットと、発生源寄与解析で得られた寄与濃度データは、有機

粒子の予測精度の向上が課題とされているシミュレーションモデルの精緻化に資する学術的価値を有している。

(2) 環境政策への貢献（研究代表者による記述）

<行政が既に活用した成果>

本研究で確立したPM2.5中の有機マーカー多成分測定法については、これまでに学会発表の他、全国の地方環境研究所職員が参加する研究発表会、国立環境研究所と地方環境研究所のⅡ型共同研究などの場を通じて情報発信をしてきており、複数の地方環境研究所において本手法の導入検討が始められている。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究で得た都市、郊外、森林地点におけるPM2.5中の有機マーカー成分の観測結果は、観測地点や季節によって有機粒子の化学的性状・発生源は一様ではないことを示しており、今後のPM2.5モニタリング調査のあり方を検討する際に有用な情報になり得る。

本研究では、PM2.5質量濃度の8~9割を12の発生源に割り当てることができた。BPOAやBSOA、バイオマス燃焼、調理など有機粒子に関する発生源についての寄与率を評価することが出来たことは大きな成果である。特に、有機粒子(OA)の発生源寄与率に着眼すると、次のような特徴が認められた。前橋の春季、秋季、冬季ではバイオマス燃焼の影響が大きく、最も有機粒子濃度に影響を与えていた。赤城の春季および夏季ではイソプレン由来BSOAの寄与濃度が顕著に高かった。さいたまの暖候期では都市部ローカルOAの影響が、寒候期ではバイオマス燃焼の影響が特徴的であった。PM2.5中のOAに関与する発生源の寄与割合は、前橋では39%、赤城では46%、さいたまでは41%に相当することから、PM2.5質量濃度の低減にはOA関連発生源への対策が有効であると結論付けられた。以上の成果は、我が国における今後のPM2.5低減策を立案する上での基礎資料となる。

本研究で作成した有機マーカー多成分測定マニュアルは、各地方自治体で実施されている大気汚染常時監視調査(PM2.5成分調査)に適用できる手法であり、地方環境研究所の既存の設備で実施可能なものである。これにより、本研究の観測・発生源寄与解析手法が全国の地方自治体に普及すれば、有機粒子に関する知見が集積され、今後のPM2.5発生源対策のあり方、対策効果の予測などの検討がより密に展開していくことが期待される。

4. 委員の指摘及び提言概要

これまで十分な実測データが得られていない有機エアロゾル成分の測定法を確立し、マニュアルにまとめた点は高く評価できる。有機マーカーを加えることで、PMFによる起源推定もより精緻になったのは重要な成果である。地環研による研究成果として高く評価できる。

一方で、OA以外の起源が半分以上を占めているので、PM2.5の効果的な削減対策を提言するには、全体のうち、制御可能な発生源を特定することが必要ではないか。多くの口頭発表があるが、論文としての誌上発表が望まれる。

5. 評点

総合評点：A

1. 研究課題名：

燃焼発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発特性の評価法の確立

2. 研究代表者氏名及び所属：

藤谷雄二

(国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク研究センター)



3. 研究実施期間：平成 27～29 年度

4. 研究の趣旨・概要

燃焼発生源からガス状物質が大気中に排出された直後に大気との混合冷却により新たに粒子化する成分である凝縮性ダストを研究対象とする。近年の凝縮性ダストの主成分は有機物であり、一次粒子の未把握の発生源として、また、二次有機エアロゾル（微粒子）の前駆物質の発生源として凝縮性ダストの把握が急務となっているが、その測定手法が確立されていない。

本課題では、燃焼発生源における微粒子の個数濃度および主成分の希釈に対するリアルタイム応答性や微粒子・ガスの有機成分を明らかにし、凝縮性ダストの測定法を確立する。

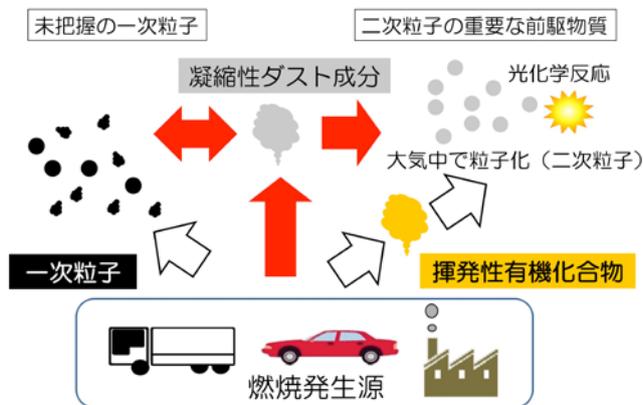
本研究の推進により、PM_{2.5}の予測精度の向上、未把握の凝縮性ダストの対策策定に貢献できる。

5. 研究項目及び実施体制

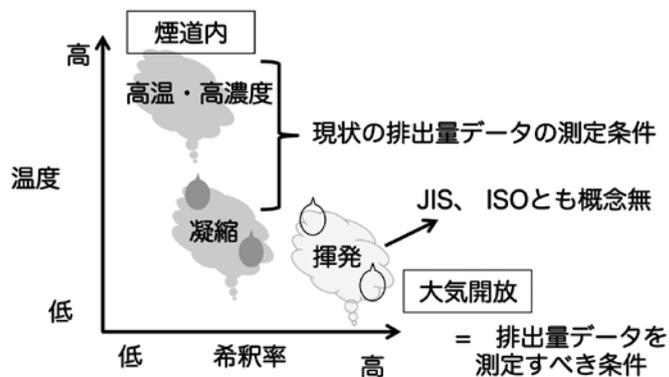
1. 希釈法および組成情報からの一次発生源の揮発性分布の導出 (国立環境研究所)
2. 発生源における粒子およびガス状成分の捕集 (日本環境衛生センター)
3. 粒子およびガス状成分の有機物の網羅的分析 (東京都環境科学研究所)

6. 研究のイメージ

燃焼発生源における凝縮性ダストの環境中挙動



燃焼発生源の粒子状物質の排出係数測定の実状

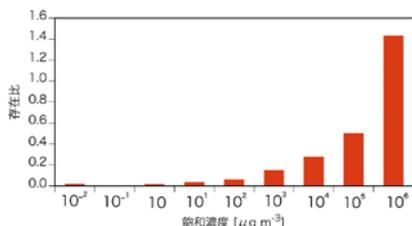


現状では粒子状物質の排出係数は、大気中での凝縮分、再揮発分が未考慮

凝縮性ダストの測定法の開発が急務

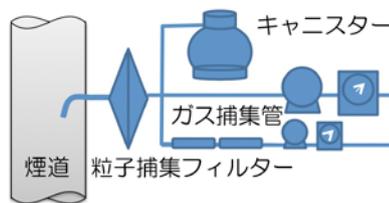
サブテーマ 1 国立環境研究所

希釈法および組成情報からの一次発生源の揮発性分布の導出



サブテーマ 2 日本環境衛生センター

発生源における粒子およびガス状成分の捕集



サブテーマ 3 東京都環境科学研究所

粒子およびガス状成分の有機物の網羅的分析

凝縮性ダストの測定法の提言

凝縮性ダスト成分の大気中の挙動の解明や大気中 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度予測の精緻化につながる

【5-1506】 燃焼発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発特性の評価法の確立
(H27-29 109,208 千円)

研究代表者 藤谷 雄二 (国立研究開発法人国立環境研究所)

1. 研究実施体制

- (1) 希釈法および組成情報からの一次発生源の揮発性分布の導出 (国立研究開発法人国立環境研究所)
- (2) 発生源における粒子およびガス状成分の捕集 (一般財団法人日本環境衛生センター)
- (3) 粒子およびガス状成分の有機物の網羅的分析 (公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所)

2. 研究開発目的

凝縮性ダストは測定条件によって凝縮量が変化するため、凝縮性ダストの凝縮量を測定するのみでは汎用的な情報が得られない。一方、最新の大気モデルの入力データとして活用されている揮発性分布とは、各排出物質を、そのものが持つ揮発性(飽和濃度)で分類した上で、一定の飽和濃度の範囲でグルーピングし、飽和濃度グループ(揮発性ビン)毎の物質の排出係数を粒子とガスを合わせた総量で表現する。そのため各揮発性ビンでの排出係数は粒子ガス分配に左右されないという特徴を持つ。そこで、本課題は燃焼発生源における凝縮性ダストを含めた一次有機エアロゾルの排出係数を揮発性分布で表現することとし、揮発性分布を得るための方法を確立して手法の提言を目的とする。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

本研究では揮発性分布の導出に関して、複数の新規手法を開発した。すなわち、精緻法として、各希釈倍率において、粒子およびガスを高感度のオンライン測定装置で測定し、揮発性分布を得る方法、あるいは粒子相、ガス相に存在する様々な有機物を同時にフィルタ、吸着材、キャニスタ等で採取し、有機物の成分分析結果と有機物のもつ飽和蒸気圧の情報を組み合わせて揮発性分布を得る方法、である。さらには国際的にも一般廃棄物焼却炉や A 重油燃焼による浄化槽汚泥焼却乾燥炉の排気についての揮発性分布が初めて得られた。

(2) 環境政策への貢献

燃焼排出源由来の凝縮性ダストは PM2.5 等に含まれる一次粒子の未把握の発生源としてだけでなく、SOA の前駆物質として大きく寄与していると考えられている。ISO 25597 では凝縮性ダストの測定法が規定されているものの、その方法で得られる情報は、

最新の大気質モデルの発生源データとして不十分である。また、凝縮性ダストを含めた揮発性分布の測定法は確立されていないことから明らかなように、国内では一次発生源の揮発性分布の情報は全く整備されていない。したがって、凝縮性ダストは、従来の排出インベントリや大気質モデルの発生源データとしても考慮されていないため、PM2.5 排出量推計や PM2.5 濃度予測とそれに基づく対策策定のスキームから全く抜け落ちている部分である。本研究により、凝縮性ダストを含む揮発性分布の取得法が確立されたが、今後、本研究で確立した手法を実際の燃焼発生源に適用し、凝縮性ダストに関するデータを蓄積していくことが必要である。

本研究で開発した精緻法と簡易法の今後の適用および使い分けについて提言する。固定発生源は国内に約 20 万施設存在するが、施設、業種、燃料種、排出低減化対策（後処理装置）の項目で大別できる。その中でも特に燃料種類が燃焼起源の成分プロファイルに影響する項目として挙げられ、国内では燃料種は約 30 種に分類される（平成 25 年度 PM2.5 排出インベントリおよび発生源プロファイル策定委託業務報告書）。従って、精緻法は、費用はかかるが、低濃度でも適用可能であり、必要な範囲の分布が得られることから、一通りの燃料種に適用する必要があると考えられる。一方、簡易法は、適用濃度範囲が限られ、求まる揮発性ビンの範囲は限られるものの、費用は精緻法に比べて抑える事ができる。よって上記の項目に関わらず、簡易法はできるだけ多くの発生源で測定し、精緻法で得られた揮発性分布の各燃料種発生源の代表性やばらつきを得るために実施する必要がある。あるいは、自治体等の調査で、希釈・冷却して凝縮性ダストを捕集する場合もあると考えられるが、凝縮量とともに捕集時の試料空気温度を併記することが最低限望まれる。これらの情報により、揮発性分布の検証用のデータとして使用することが可能になる。さらには、このようなデータの集約化・共有化をする実効性のある仕組みを作る必要もあると考えられる。

以上の方法を通じ、排出インベントリの精緻化を通して大気モデルによる PM2.5 の予測精度が向上することが期待され、未把握の凝縮性ダストを含めた粒子状物質対策の施策に貢献することが可能となる。

直接的な貢献としては、環境省水・大気環境局「平成 28 年度 PM2.5 排出インベントリおよび発生源プロファイル策定検討会」において委員、行政に対して本推進費の成果、進捗を報告した。さらに、平成 28 年度および平成 29 年度の環境省水・大気環境局「ばい煙排出抑制対策に関する検討会」において、委員、行政に対して本推進費の成果、進捗を報告した。また、中央環境審議会大気・騒音振動部会微小粒子状物質等専門委員会「短期的・中長期的課題に関する検討・実施状況」において、本研究課題で提案した案が報告された。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

環境省の業務や自治体の立ち入り調査において、本研究で確立した精緻法や簡易法を実施推進することが見込まれる。

4. 委員の指摘及び提言概要

揮発性分布を求めるために複数の手法を比較検討して有用な知見を得ている。特に簡易法の有効性を示した点は重要である。排出源（燃料）によって揮発性分布が異なる、一般廃棄物焼却炉では排出係数は著しく低いながら凝縮性ダストの生成率が相対的に大きいなどを解明した点も評価できる。実際の排ガスには硫黄、窒素を含む無機化合物、金属成分なども含まれ、凝縮性粒子生成メカニズムの解明には一層の研究が必要である。大気モデルの精緻化にどの様に貢献ができたのか、などに言及があるとさらに良かった。

5. 評点

総合評点：A

【課題番号】 5-1801

【研究課題名】 革新的モデルと観測・室内実験による有機エアロゾルの生成機構と起源の解明

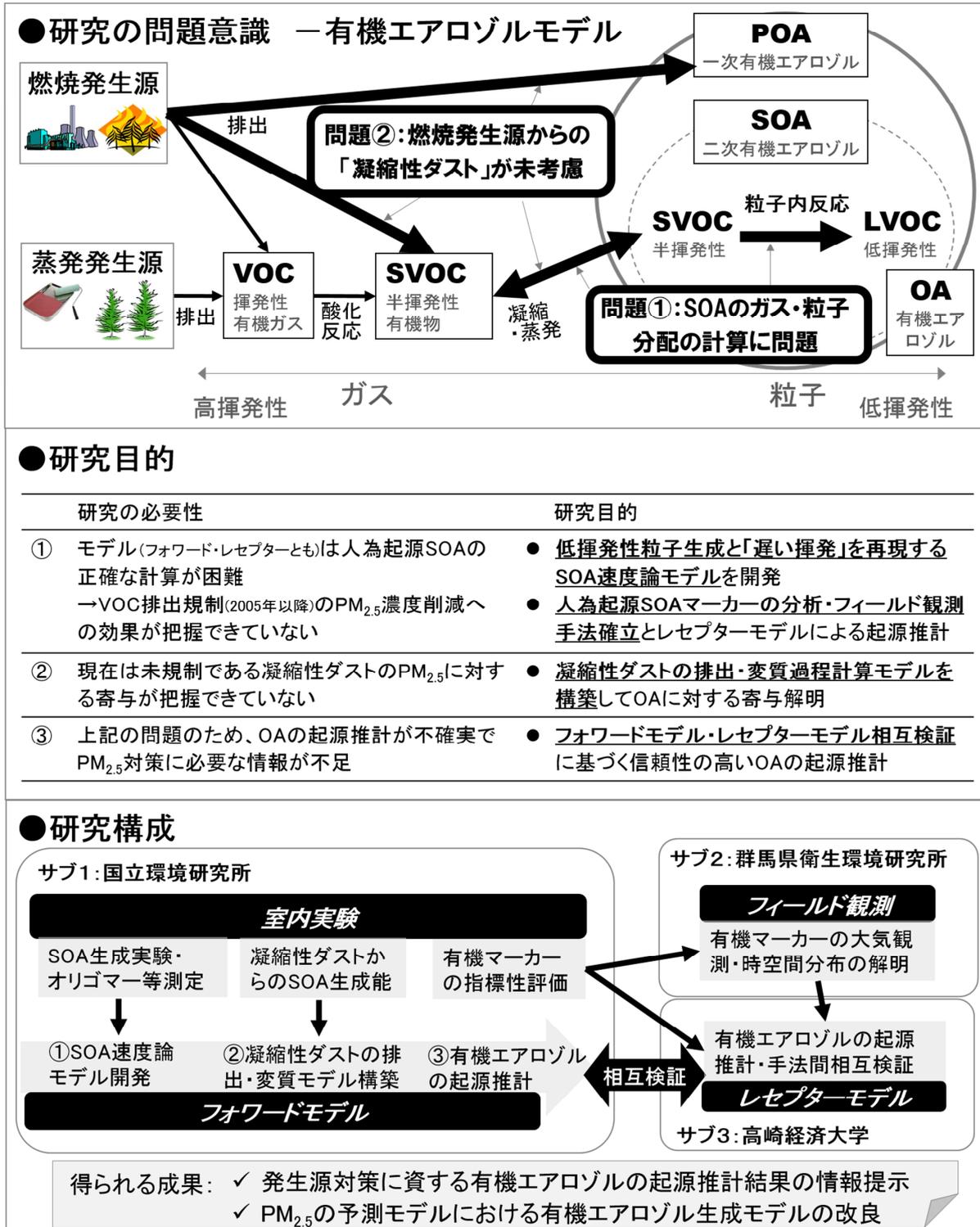
【研究期間】 平成30年度～平成32年度

【研究代表者（所属機関）】 森野悠（国立研究開発法人国立環境研究所）

研究の全体概要

本研究では、PM_{2.5}の中でも特に動態・発生源が未解明でモデル予測の困難な有機エアロゾルに着目し、室内実験・フィールド観測に基づいて、有機エアロゾルの生成機構と起源解明を可能とする革新的な有機エアロゾルモデルを開発する。第一に、二次有機エアロゾル(SOA)の生成時と蒸発時とでガス粒子分配が異なる履歴効果を再現するために、オリゴマー生成等を考慮した速度論モデルを開発する。現在のガス粒子平衡モデルではSOAの蒸発速度を大きく過大評価しているが、新たに速度論モデルの開発・導入することで、SOA寿命の再現性を向上させる。第二に、現在のモデルで考慮されていない凝縮性ダスト(煙道ではガス態で排出直後に粒子化する成分)の排出量データとその変質過程をモデルに導入する。燃焼発生源での排出源調査の測定条件を精査して、蒸気圧ごとの凝縮性ダストの排出量データを推計するとともに、チャンバーでの凝縮性ダスト酸化実験を基にその変質過程をモデル化・検証する。第三に、人為起源SOAの有機マーカールを含む大気観測を行い、そのデータを基にレセプターモデルによって有機エアロゾルの起源を推計して、フォワードモデルにおける有機エアロゾルモジュールの検証・高度化につなげる。人為起源SOAの有機マーカールは、これまでほとんどレセプターモデルで利用されていないが、ここ数年で有機酸やアルコールなどいくつかの指標成分が提案されている。これらの分析・観測手法を確立するとともに、チャンバーを用いたSOA生成実験で指標性を評価して、起源推計に利用する成分を絞り込む。これらの取り組みにより、特にこれまで推計が困難だった揮発性有機化合物(VOC)規制対象発生源や固定燃焼発生源の有機エアロゾルに対する寄与を推計可能とする。

革新的モデルと観測・室内実験による有機エアロゾルの生成機構と起源の解明





1. 研究課題名：

大気中の二次汚染物質に対する発生源寄与推計と
対策立案に資する規範的モデルの確立

2. 研究代表者氏名及び所属：

茶谷 聡（国立研究開発法人国立環境研究所）

3. 研究実施期間：平成 28～30 年度

4. 研究の趣旨・概要

大気中の微小粒子状物質（PM_{2.5}）と光化学オキシダント（Ox）の濃度は、多くの地域で環境基準を超過しており、有効な濃度低減策が求められている。

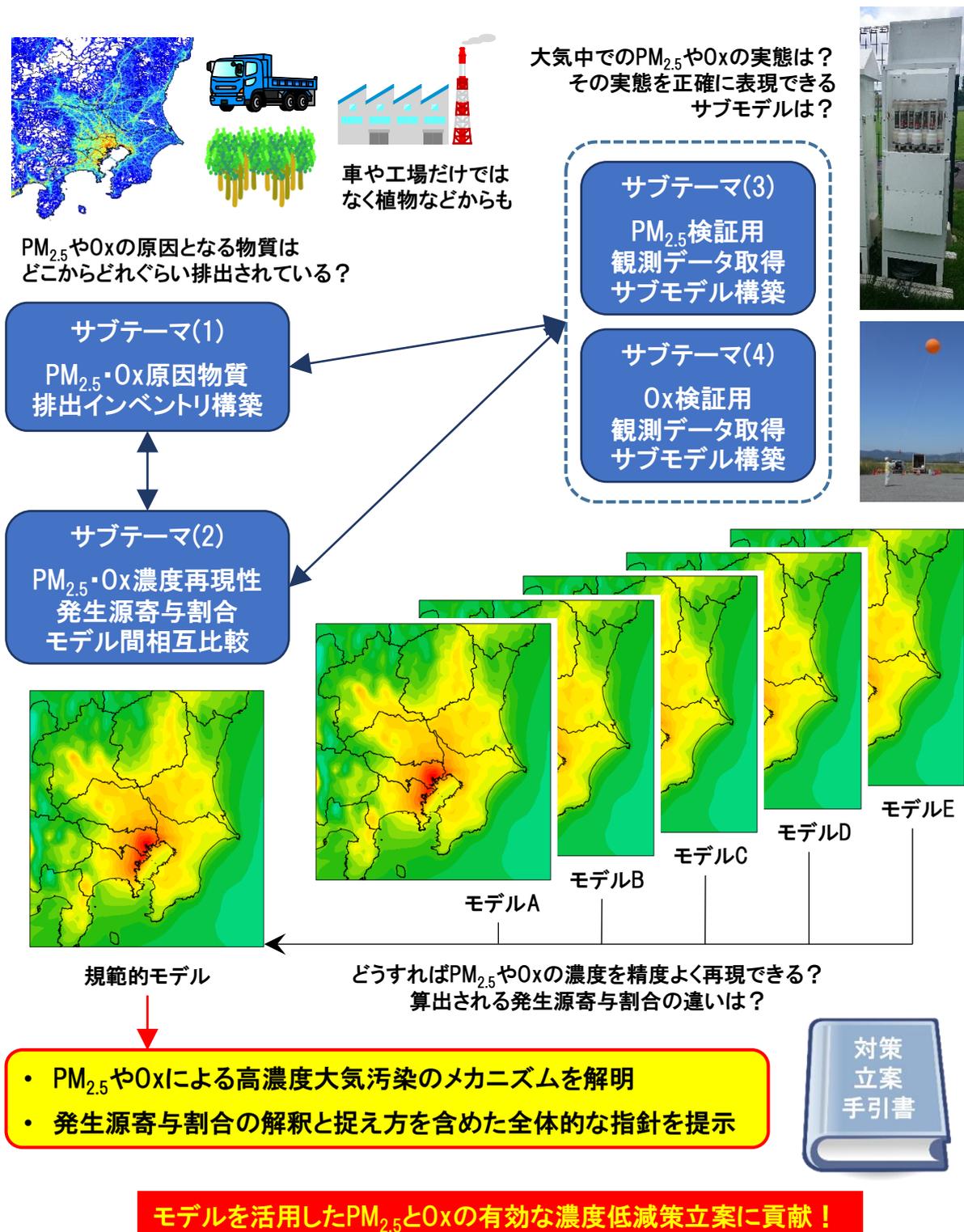
本研究では、大気中での複雑な光化学反応を経て二次的に生成される PM_{2.5} と Ox について、その物理化学的挙動を表現できる数値モデルの検証・改良・実行に必要なデータを揃えた上で、国内のモデル研究者を一堂に集め、複数のモデル間で相互比較を行うことにより、規範的なモデルを確立させる。

それにより、PM_{2.5} と Ox の有効な濃度低減策の立案に不可欠な、高濃度大気汚染のメカニズムの解明と、信頼性の高い発生源寄与割合の推計に貢献する。

5. 研究項目及び実施体制

- ①モデルの推計精度向上と対策効果の評価に資する排出インベントリの開発
（国立環境研究所）
- ②モデル間相互比較に基づく発生源寄与割合の総合的・統合的評価手法の開発
（神戸大学）
- ③PM_{2.5} および関連ガス成分の地表面フラックスの精密測定とモデル化
（電力中央研究所）
- ④Ox 高濃度事象の立体構造把握及びモデル不確実性評価を対象とした観測研究
（明星大学）

6. 研究のイメージ



【5-1601】大気中の二次汚染物質に対する発生源寄与推計と対策立案に資する規範的モデルの確立 (H28~H30)

研究代表者 茶谷 聡 (国立研究開発法人国立環境研究所)

1. 研究開発目的

本研究では、国内外のモデル研究者が広く参加するモデル間相互比較を通して、二次汚染物質による高濃度大気汚染のメカニズムの解明と、有効な対策への的確な情報源となり得る発生源寄与割合の推計に資する、信頼性の高い規範的なモデルを確立することを目的とする。そのために、サブテーマ (1) では、モデルへの重要な入力データである排出インベントリについて、モデル間相互比較結果を踏まえて独自に構築や改良を行い、使いやすい標準的なデータベースとして確立させる。サブテーマ (3) では、ガス状・粒子状硝酸塩の乾性沈着速度の精密測定、湿潤粒子表面における硫酸塩不均一生成の評価、粒子組成の日内変動のデータ取得を行い、モデルによる $PM_{2.5}$ 、特に既往研究で課題として指摘されている無機粒子濃度の再現性向上を実現する。サブテーマ (4) では、モデルで計算される Ox 濃度に大きく影響する、陸域混合層内における Ox の鉛直拡散ならびに海域における Ox 存在量と陸域への輸送を定量化するための観測を実施し、モデルによる Ox 濃度の再現性向上を実現する。各サブテーマの成果を踏まえて、サブテーマ (2) でモデル間相互比較を行い、複数のモデルによる二次汚染物質の濃度再現性の相違の原因を解明して、規範的なモデルの確立に結びつける。さらに、二次汚染物質の発生源寄与割合についても相互比較も行った上で、モデルによる結果の妥当性や不確かさ、ならびに有効な対策立案に向けた捉え方を明確にする。

2. 研究の進捗状況

サブテーマ (1) では、サブテーマ (2) で実施するモデル間相互比較に提供するために、環境省業務等の既存の最新の排出インベントリデータを集約・加工し、全国3次メッシュ別排出インベントリを構築した。また、各種のデータ変換を行い、モデル計算用入力データファイルを出力するツールを作成し、モデル間相互比較の対象期間全日の入力データファイルを整備した。さらに、最新の高解像度植生分布データベースを整備し、日本国内の植物起源 VOC 排出インベントリを新たに構築した。サブテーマ (2) では、サブテーマ (1) より提供される排出量データを用いて推計される二次汚染物質の濃度再現性について、複数の大気質モデルによる相互比較を行った。その結果により、モデルが観測濃度を表現できない事象やモデル設定間の差が大きいことが判明した。この結果に基づき、要追加観測項目について検討した。さらに、モデルの最適な設定、モデルとインベントリの要改良箇所を吟味しているところである。サブテーマ (3) では、関東地方において $PM_{2.5}$ 主要成分に係るガス状・粒子状物質の地表面フラックスを測定するとともに、モデルの検証に使用する短時間の濃度変動データを取得した。また、不均一生成と乾性沈着に関するサブモデルの開発に着手した。サブテーマ (4) では、横浜国立大学にてオゾンゾンデ観測を、伊豆諸島・新島において海域を対象とした O_3 濃度の連続測定を実施した。観測終了後、得られたデータを対象に大気質モデルの試算を実施し、その精度を確認した。いずれも概ね計画通り順調に推移しているものの、モデル間相互比較においては非常に多くの計算結果が寄せられており、その解析はまだ不十分な状況にある。今後、さらなる解析を進めることにより、より有益な知見が得られることが期待される。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

環境省の「第四次環境基本計画」や「微小粒子状物質の国内における排出抑制策在り方に係る中間取りまとめ」において、対策効果の定量的予測・評価を可能とするシミュレーションモデルの高度化が課題として掲げられている。サブテーマ (3) と (4) で蓄積された観測データは、常時監視局では得られない観点で、二次汚染物質とその原因物質の大気中での挙動を明らかにしたものであり、モデルによる濃度再現性の向上に資するものである。特に、粒子組成の日内変動のデータ取得は、環境

省が 2017 年度から全国 10 ヶ所で行う PM_{2.5}組成の連続測定に先駆けて行ったものであり、今後、モデルの検証や改良に対するデータの有用性を明らかにしていく予定である。排出インベントリは、モデルで直接使用できるデータ形式で揃えることにより、環境省等の各業務で個別に行われている排出量入力データの作成作業を大幅に軽減させることが可能となる。また、モデル間相互比較の計算結果は、環境省業務で適用されているシミュレーションのベンチマークとして資するものであり、実際に「平成 28 年度微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 発生源寄与割合推計に関する検討業務」では、本研究の入力データや計算結果との整合性の確認が行われ、モデルの妥当性の検証に役立てられた。また、日本がパートナー国として参加している短寿命気候汚染物質削減のための気候と大気浄化の国際パートナーシップ (CCAC) の科学諮問パネル専門家ワークショップ「Metrics for Evaluating and Reporting on Black Carbon and Methane Interventions」では、本研究の成果を踏まえたインベントリに関する取り組みや課題について発表し、関係国に成果を主張することができた。

4. 委員の指摘及び提言概要

最新のインベントリを基にしたモデル間の比較検証は、今後の PM_{2.5} やオゾンの対策に有用と考えられ、着実に進めていただきたい。4 つのサブテーマによる研究が統合されて、対策立案等に具体的かつ効果的に利用されるようにまとまることを期待したい。具体的には、“対策立案に資する”の意味を明確にして進めてほしい。また、今後、本研究のどこに新規性があるか、を明確にしてほしい。

5. 評点

総合評点 : A