

**【5-1801】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(2018~2020)**  
研究代表者 森野 悠 (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、PM<sub>2.5</sub>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有機エアロゾルモデルを開発する。第一に、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(サブ1)。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粒子(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(サブ1)。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粒子の排出量データを推計するとともに、フロー反応装置での凝縮性粒子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(サブ1、2および3)。人為起源SOAの有機マーカは、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。さらに、一次有機エアロゾル(POA)とSOAの有機マーカを実大気で観測し、レセプターモデルを用いて有機エアロゾルの起源推計を実施して、POA・SOA別にフォワードモデルを検証・改良する。

## 2. 研究の進捗状況

・サブテーマ1：人為起源SOAの分子マーカの候補をリストアップし、チャンバー実験による検討を開始した。現在、チャンバー実験の大部分は終了するとともに、有機成分分析を進めて、SOAマーカの指標性評価を進めている。また、ボックスモデル上において動力学的な凝縮・蒸発過程、ダイマー生成・分解過程、粒子内拡散過程、粒子サイズ変化などを計算可能なSOAモデルを構築するとともに、最適化によるパラメータ推計モジュールを導入して、SOA蒸発過程の支配要因を解析した。合わせて、固定燃焼発生源の排出調査データを基に、凝縮性粒子の排出係数を整理し、その排出量を推計した。これらの研究はいずれも当初計画通りに進捗している。

・サブテーマ2：既往研究で確立した誘導体化-GC/MSによる有機マーカ分析法を応用し、新たに人為起源SOAマーカ(2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸など)を対象に加えて分析手法を確立した。また夏季・秋季にプレ観測を実施し、実試料を用いた分析検討を行った。夏季の光化学大気汚染に伴うSOAマーカの増加を捉えることができた。冬季には都市(東京都江東区)・郊外(群馬県前橋市)・森林(群馬県赤城山)において本観測を実施し、昼夜別に大気試料を採取した。これらの研究はいずれも当初計画通りに進捗している。

・サブテーマ3：有機指標成分の選択など、レセプターモデルの解析条件について検討するとともに、化学質量収支モデル(CMB)に入力する発生源プロファイルを新たに構築した。また、サブテーマ(2)から提供されたプレ観測のデータを用いて、上記発生源プロファイルの妥当性を評価するとともに、CMBに基づく起源推計を実施した。なお、当初計画では、冬季の本観測データを基に起源推計を実施する予定だった。ただ、夏季のプレ観測期間にPM<sub>2.5</sub>高濃度イベントが頻発したことから、PO了承のもとでプレ観測データの解析を優先し、結果としてPM<sub>2.5</sub>高濃度イベントの起源推計が可能となった。この解析対象データの変更を除いて、本サブテーマの研究も計画通りに進捗している。

### 3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- 環境省のPM2.5対策に係るばい煙排出抑制対策等検討会において、本研究で実施した凝縮性粒子の排出量推計結果が先行研究例として用いられており、凝縮性粒子に関するデータ解析や政策検討に役立てられた。
- 環境省と国立環境研究所による大気汚染予測シミュレーションモデルにおける高度化業務において、本研究成果である有機エアロゾルモデルについての技術的知見を提供し、大気汚染予測システム(VENUS)の改良に貢献した。
- 行政による常時監視業務の一環として、PM2.5成分分析調査が実施されており、PM2.5による汚染実態の把握と対策のための発生源解析が実施されている。本研究ではVOC規制の対象である固定蒸発発生源起源のSOA(人為起源SOA)の有機指標成分の分析手法を開発し、その指標性を明らかにして、今後の調査項目に加えることを提案する。この成果は、今後の正確なPM2.5発生源解析の実現に貢献するとともに、成果を活用することでVOC規制のPM2.5対策としての有効性評価が可能となることを見込まれる。
- 本研究で実施したSOA蒸発速度の正確なモデル化、凝縮性粒子の排出インベントリ構築、人為起源SOAマーカーの提案と実態調査、CMB用発生源プロファイルの新規構築などの成果は「微小粒子状物質の国内における排出抑制策の在り方について 中間とりまとめ(中央環境審議会 微小粒子状物質等専門委員会、2015)」で明示されている中長期的課題(SOA生成能に関する科学的知見の充実やSVOC排出実態の解明に基づくPM2.5抑制対策の検討、レセプターモデルやシミュレーションモデルによる起源推計に基づく効果的なPM2.5対策の検討)の解決に直接貢献するものである。

### 4. 委員の指摘及び提言概要

発生源寄与推計のためのCMBモデルの作成につながる取り組みであり、必要なデータの収集・解析など、進捗していると判断できる。蒸発モデリングでは、湿度の効果が明示されており、今後、観測結果との比較検討を期待する。研究成果がどのように役立つのかについての見える化も期待する。研究の重要性、有用性、発生源対策の必要性などに関して、多くのセクター、ステークホルダーからの理解を得るために、有機エアロゾルがPM2.5全体量に占める割合や有害性等も含めた国民との科学・技術対話の実施を望む。更に、行政活用の観点から、どのような解析が必要かを見直して進めてほしい。

### 5. 評点

総合評点：A