

【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 (2016～2018 118,168 千円)

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
(国立研究開発法人国立環境研究所)
- (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)
- (3) PM_{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
(一般財団法人電力中央研究所)
- (4) O_x 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)

2. 研究開発目的

大気中の二次汚染物質濃度を効率よく低減させるためには、濃度に対する寄与の大きい発生源の原因物質の排出量を削減するのが有効である。そのためには、二次汚染物質濃度に対する発生源の寄与割合を明らかにする必要がある。本研究では、国内外のモデル研究者が広く参加する大気質モデル間の相互比較を通して、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に加えて、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をより正確に推計できる、信頼性の高い規範的なモデルを確立し、有効な対策立案に資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、粒子組成の日内変動のデータ取得、湿潤粒子表面における硫酸塩不均一生成の評価を行い、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二次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O_x濃度に大きく影響する、陸域混合層内におけるO_xの鉛直拡散ならびに海域におけるO_x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O_x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、それをモデルならびに設定や入力データなどの改良に反映させることにより、規範的なモデルを確立させる。さらに、モデルで計算される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をどのように理解し有効な対策立案に生かせばよいかという考え方を明確にする。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

・モデル間相互比較における汚染物質濃度再現性の検証結果と科学的な知見に基づき、大気質モデルによる汚染物質濃度の再現性を向上させるべく、必要な改良を排出インベントリに加えることができた。特に、植物起源 VOC 排出インベントリと業種別・燃料別・施設種別固定発生源排出インベントリについては、本研究で日本国内のデータを独自に解析して構築した詳細なインベントリであり、より精度の高いモデル計算に有用であるとして、学術論文として認められている。

・気象モデルならびに大気質モデルの異なるバージョン、化学反応メカニズム、入力データ、種々の設定間の比較を通して、これらの差異が PM_{2.5} やオゾン濃度に与える影響量を明らかにすることができた。これは、モデルによる二次汚染物質濃度の予測精度向上を進める際に何に着目すればよいかを示す、重要な科学的知見となり得るものである。化学反応メカニズムの影響については、学術論文としても認められている。

・最近開発された炭素成分の自動連続装置により、粒子状炭素成分濃度について 1 時間値の観測データセットが得られたことで、これまできわめて限定的であった日内変動や空間分布について、実態の把握と大気質モデルの検証が行えるようになった。

・硫酸塩生成における鉄とマンガンの触媒反応、SO₂ の乾性沈着過程、硫酸塩の湿性沈着過程など、PM_{2.5} 中の硫酸塩濃度の再現性を改善するための具体的な方針が得られ、学術論文としても認められた。また、それに沿って開発したサブモデルは、より精度の高い計算の実行に寄与するものである。

・オゾン濃度の鉛直分布や海域での状況など、オゾンの高濃度化のメカニズムを解明するために有用な観測データを得ることができた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

・環境省の揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリ検討会の下に設けられたインベントリ検討 WG に検討委員として参画し、本研究での知見を踏まえて、WG での未把握 VOC 発生源の検討に貢献した。

・未把握 VOC 発生源の検討や NH₃ 排出量推計の見直しなどについては、環境省の PM_{2.5} 排出インベントリ及び発生源プロファイル業務における検討項目に反映されている。

・本研究で構築された排出量データは、環境省からの委託により国立環境研究所が運用している大気汚染予測システムの Visual atmospheric Environment Utility System (VENUS) への入力データとして活用されている。

・本研究の成果を踏まえた排出インベントリに関する取り組みや課題について、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で発表し、関係国に成果を主張することができた。

- ・環境省の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 解析ワーキンググループにおいて、本研究で導出された標準モデル設定に準じた構成で大気質モデルによる計算が行われ、PM_{2.5}成分別濃度の自動測定結果の解析に活用された。
- ・環境省の光化学オキシダント調査検討業務から、本研究で導出された標準モデル設定や入力データなどに関するヒアリングを受けており、大気質モデルを用いた今後の検討に生かされる見込みである。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究は、大気中の二次汚染物質濃度に対する発生源寄与割合をより正確に推計できる規範的な大気質モデルを確立させること、ならびにモデルによる結果の妥当性や不確かさをどのように理解し有効な対策立案に生かせばよいかという考え方を明確にすることを通して、有効な対策立案に資するのを目的として取り組んできた。それに対して、行政が活用できる以下のような知見を得ることができた。

- ・モデル間相互比較の結果に基づいて本研究で構築、改良した排出インベントリにより、モデルによる二次汚染物質濃度の再現性向上と、発生源寄与割合のより正確な推計を実現することができる。環境省の PM_{2.5} 排出インベントリ及び発生源プロファイル業務における排出インベントリの構築と改良にも貢献しうる。
- ・本研究で構築した排出量データは、温室効果ガス排出インベントリとの整合性を意識しており、国連気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) で議論されている短寿命気候汚染物質 (Short-lived Climate Pollutant, SLCP) を含めた排出インベントリの整備にも貢献しうる。
- ・本研究で整備した排出量データの変換ツールやそのために必要な係数類を利用することにより、行政による大気質モデルを使用した対策検討業務 (以下、「対策検討業務」と表現する) において、労力を大幅に軽減させることができる。
- ・時間分解能の高い粒子成分濃度や上空や海域におけるオゾン濃度の観測データと解析結果は、常監局からは得られないものであり、対策検討業務におけるモデルのより詳細な検証と、環境省が実施している PM_{2.5} 成分自動測定の検証、解析、活用などへの有用な参考情報になり得る。
- ・国内外の大気質モデル研究者の知見を集約して提示した、二次汚染物質濃度の再現性を向上させるための現段階での最良の規範的モデル設定により、発生源寄与割合のより正確な推計を実現することができる。対策検討業務におけるモデル設定を決定するための労力も大幅に軽減しうる。
- ・複数の異なるモデル設定による二次汚染物質濃度のばらつきは、対策検討業務におけるモデルの計算結果の妥当性を判断するためのベンチマークとして機能しうる。

・複数の異なるモデル設定により一貫して示された、オゾンの過大評価、硝酸塩の過大評価（冬季の高濃度時には過小評価の場合もあり）、有機粒子の過小評価は、現状の大気質モデルによる限界と理解すべきものである。対策検討業務においてこれらの問題解決に労力を費やすのは効率的ではなく、発生源寄与割合を評価する際にこれらの問題点を考慮に入れて結果を判断することが求められる。

・オゾンや硝酸塩などの一部の二次汚染物質について、発生源寄与（濃度に対する当該発生源の起因分）と発生源感度（当該発生源の排出量が増えた場合の濃度の変化）に大きな違いが生じる。発生源感度は、NO_xのタイトレーションによるオゾン濃度の減少や、アンモニア排出量の変化による硝酸塩濃度の変化など、発生源寄与には決して現れない情報を有するものであり、有効な対策検討に有用である。

・複数の異なるモデル設定による二次汚染物質濃度に違いが生じる場合においても、発生源感度の割合は比較的整合していることから、信頼性の高い情報として対策の検討に利用されることが望まれる。

・本研究で得られた知見をとりまとめた規範的モデルの手引書の策定を進めている。大気質モデルの使い方だけでなく、モデルによる計算結果の適切な解釈や政策立案への考え方と指針などの内容が含まれており、モデルユーザーだけでなく、対策検討業務に大気質モデルを利用する行政担当者に対しても有用な情報を提供しうる。

4. 委員の指摘及び提言概要

PM_{2.5}、オキシダントの両者について排出インベントリとモデルのもつ課題・問題点を俯瞰し、モデルの高度化、精緻化と排出インベントリの改良に大きな成果を挙げ、論文や学会への発表も期待以上のものがある。しかし、研究課題に挙げた「対策に資する規範的モデルの確立」という観点から見るとまだ十分には達成できたとはいえず、社会実装への道筋を明らかにするという課題が残された。

5. 評点

総合評点：A