

PM2.5 に関する近年の科学的知見について

平成 31 年 3 月に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で整理した、PM2.5 対策に係る検討・実施スケジュールでは、現在進めているシミュレーションモデルの高度化に向けた取組を継続して進め、2021 年度頃には高度化したシミュレーションモデルを使用して、これまでの対策効果を評価し、必要に応じ、追加的な排出抑制策を検討していくこととしている。

本資料では、シミュレーションモデルの高度化に向けた取組として、環境研究総合推進費（以下「推進費」という。）で進められている国内の大気質シミュレーションモデルの高精度化を目的とした研究課題を示す。

1. 国内のシミュレーションモデルの精度向上に係る推進費の概要と進捗状況

1.1. 【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

研究代表者 森野 悠（国立研究開発法人国立環境研究所）

研究期間 2018 年度～2020 年度

（1）概要

本研究では、PM2.5 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粒子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粒子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 の有機マーカー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。

(2) 研究の全体概要図

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



(3) 研究の進捗状況

・サブテーマ1：オリゴマー生成等を考慮した速度論モデルの開発、凝集性ダストの排出・変質モデルの構築及びフォワードモデルにおける SOA モジュールの高度化

人為起源 SOA の分子マーカー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 マーカー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。

・サブテーマ2：人為起源 SOA の有機マーカーを含む大気観測

既往研究で確立した誘導体化-GC/MS による有機マーカー分析法を応用し、新たに人為起源 SOA マーカー (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 マーカー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。

・サブテーマ3：レセプターモデルを用いた SOA の起源推計

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 PM2.5 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 PM2.5 高濃度イベントの起源推計が可能となった。

1.2. 【5-1802】2020 年船舶燃料油硫黄分規制強化による大気質改善効果の評価

研究代表者 櫻井 達也 (明星大学)

研究期間 2018 年度～2020 年度

(1) 概要

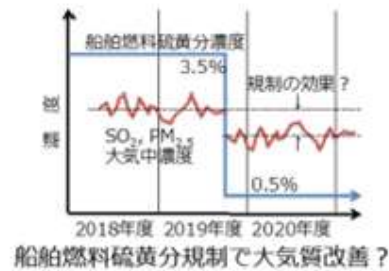
本研究では、2020 年の船舶燃料油硫黄分規制強化による PM2.5 汚染の改善効果と船舶寄与濃度を定量的に評価する。2020 年の規制強化前後に、船舶排ガスの影響が強いと予想される瀬戸内地域をモデル地域として、二次生成物質を含めた長期・広域的評価と一次汚染物質による短期・局所的評価を実施し、これらのデータの解析と数値シミュレーションを通じて、船舶排出物質が蓄積・変質して瀬戸内海沿岸部の PM2.5 に影響する過程を解明する。更には、同規制強化による PM2.5 汚染の改善程度を定量的に評価したうえで、同規制強化後の発生源寄与評価に基づき、2020 年以降の PM2.5 対策の方向性を示すことを目指す。

(2) 研究の全体概要図

- 全国的にPM_{2.5}汚染改善の兆しも、瀬戸内地域は依然として環境基準未達成
- 2020年船舶燃料硫黄分規制強化で、船舶排出の多い瀬戸内も改善？



PM_{2.5}環境基準達成率は、瀬戸内地域で低い
(環境省 平成27年度 大気汚染の状況より)



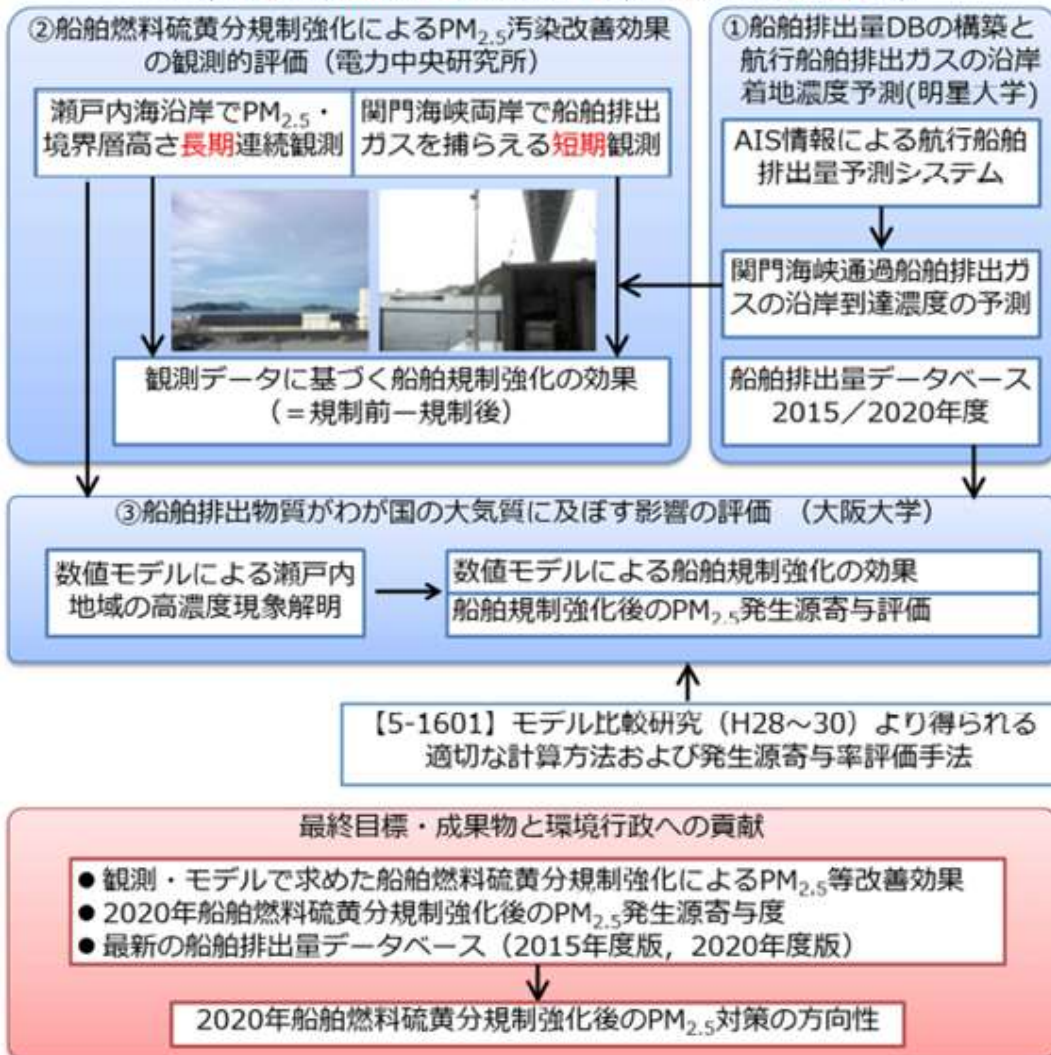
船舶燃料硫黄分規制で大気質改善？

規制強化の始まる2020年1月を挟む期間に長期連続と短期集中の調査を行い、観測とモデル解析から、瀬戸内地域におけるPM_{2.5}や沿岸大気質の改善効果进行评估



GLIMMS-AQ

Study on **Global Limit for Marine Fuels Sulphur** to better **Air Quality**



(3) 研究の進捗状況

・サブテーマ1：船舶排出量DBの構築と航行船舶排出ガスの沿岸着地濃度予測

航行船舶、停泊船舶、並びに漁船を対象とした船舶排出量データベースの作成を目的としている。本年度は計画通り、航行船舶を対象とした排出量データの推計を実施し、精度の高いデータベースを構築するに至った。

・サブテーマ2：船舶燃料油硫黄分規制強化によるPM2.5汚染改善効果の観測的評価

瀬戸内海におけるPM2.5の長期平均的な濃度の変化を観測するための長期連続観測と、沿岸に到達した船舶排出ガスの濃度を測定する短期集中観測を行った。長期連続観測は当初、香川高等専門学校詫間キャンパスの1地点のみで実施する計画であったが、弓削商船高等専門学校の協力も得ることができ、結果、燧灘・備後灘を挟む両岸の2地点にて連続観測を実施できることとなった。観測は2018年10月より開始しており、データの取得状況は順調である。短期集中観測は、関門海峡の最狭部である早鞆の瀬戸の沿岸において、2018年9月20日～10月4日の期間で実施した。船舶など付近の発生源の影響を強く受けたものとみられる局所的短期的な濃度上昇が確認されたものの、SO₂及びNO_x濃度にレンジオーバーの測定値があったこと、またCO₂濃度の変化が不明瞭であったことなどから、次回の短期観測に向けて測定精度の改善を検討する必要があると考えられた。

・サブテーマ3：船舶排出物質が日本の大気質に及ぼす影響の評価

瀬戸内地域における過去のPM2.5高濃度事例を対象に、非定常三次元オイラー型気象・大気質モデルによるシミュレーションを実施し、その再現性評価を行った。また、船舶燃料油硫黄分規制の効果と規制強化後の発生源寄与を評価に向け、発生源寄与評価手法の相互比較に着手している。今後、サブテーマ1で構築された船舶排出データベースを用いて、サブテーマ2の観測期間を対象に、気象・大気質モデルによるシミュレーションを実施し、瀬戸内地域における船舶排出の影響の解明をさらに進める。

1.3. 【5-1903】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

研究代表者 菅田 誠治（国立研究開発法人国立環境研究所）

研究期間 2019年度～2021年度

(1) 概要

本研究では、これまでの大気質モデル、知見や排出インベントリ等の蓄積を生かして、ユーザーインターフェースを介した簡便な選択や指定に基づいて国内外の各種インベントリをモデルレディの排出量データに変換し、モデルの計算設定ファイルを自動生成するシミュレーション支援システムを開発する。

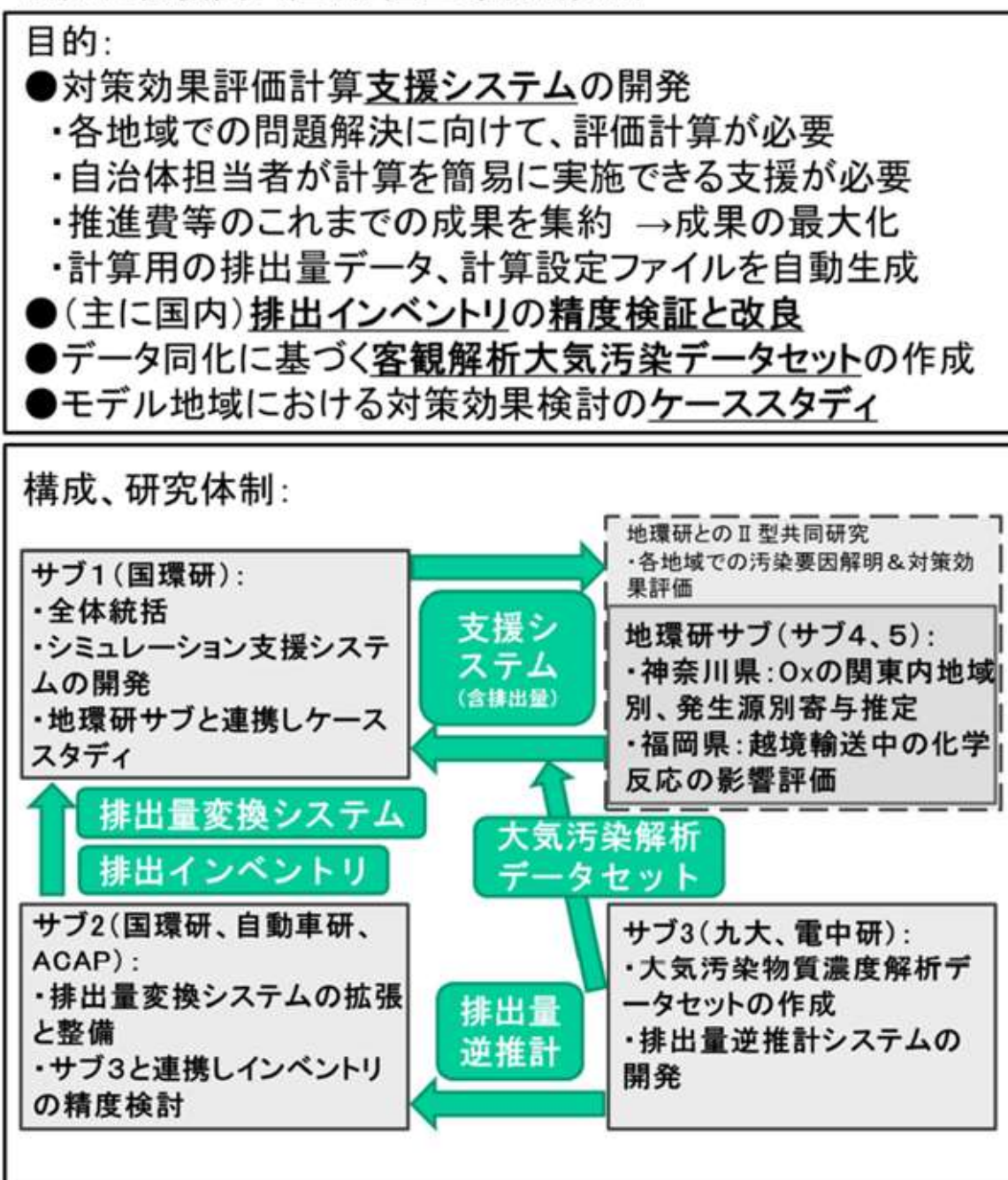
シミュレーション支援システムの開発と並行して、大気環境常時監視データ等の地上観測データや衛星観測データをデータ同化するシステムを開発した上で、O_xやPM2.5濃度について大気汚染物質濃度解析データセットを作成する。また、地上観測データや衛星観測データに基づいて日本国内

の NOx 排出量に対する逆推計システムを開発することで、国内 NOx 排出量の精度を検証し、改良を行う。また、複数の自治体による数値シミュレーションを用いたケーススタディを実施し、シミュレーション支援システムの検証・実証も兼ねつつ、それぞれの地域における大気汚染問題を解決するための施策検討に資する研究を行う。

(2) 研究の全体概要図

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

研究代表機関: (国研) 国立環境研究所



(3) 研究の進捗状況

・サブテーマ1：シミュレーション支援システムの開発

関係者とともにシミュレーション支援システムの仕様について検討を行い、サブテーマ2から排出量変換システムの提供を受け、シミュレーション支援システムの開発を進め、初期版完成まで7割程度進んでいると考えられる。また、サブテーマ4、5とそれぞれ共同実施する大気汚染対策効果評価研究について相談・検討を行った。

・サブテーマ2：排出量変換システムの拡張と整備、インベントリの精度検討

領域化学輸送モデルが必要とする全ての発生源の排出インベントリについて、モデルへの入力データファイルに変換するための係数データを全て取り揃え、単一のツールでデータの変換を行えるようになった。

中国を対象に、排出インベントリと逆推計結果との比較を行い、両者の差異の原因について議論できるようになった。

・サブテーマ3：大気汚染物質濃度解析データセットの作成、排出量逆推計システムの開発

2次元変分法を用いた大気汚染物質解析システムの開発を行った。2016年および2017年を対象にPM_{2.5}の解析実験を行った。観測値を用いた検証の結果、作成した客観解析データは重相関係数が0.81-0.90という良好な結果を得た。

TROPOMIで観測された大気微量気体のデータの整備を行い、サブテーマ2から提供された排出インベントリおよび化学輸送モデルの結果との比較・検討を行った。

・サブテーマ4：O_xの関東内地域別・発生源別寄与推定

ワークステーションを導入し、気象データ及び排出量データの準備を行い、計算環境を構築した。関東地域を中心に2010～2018年度に発生した光化学オキシダント高濃度日を整理し、解析対象とする高濃度事例を抽出した。大気汚染物質排出量総合調査及びPRTRデータをもとに、発生源解析の対象とする地域と業種を選定した。PM_{2.5}濃度の年次推移を検討し、また、高濃度オキシダント発生時の濃度計算を開始した。

・サブテーマ5：越境輸送中の化学反応の影響評価

長崎県対馬および福岡県糸島に高時間分解能の自動測定器を設置し、HNO₃観測を開始した。得られたデータについて精度を検証し、正確な観測データ取得のため、装置の改良を行った。改良後は、安定したデータが得られている。

2. 令和2年度以降の推進費の活用

令和2年度以降において追加的な対策の検討を進めていくためにも、以下のとおり、上記の推進費の成果を活用していくこととしている。

- ・ 【5-1801】で得られる規範的モデルで組み込まれていない有機エアロゾルの凝縮や揮発による大気中での挙動や凝縮性粒子の生成過程に関する知見をシミュレーション設定に組み込み、モデルに反映させる。
- ・ 排出量データには、環境省のPM2.5等大気汚染物質排出インベントリで整備された国内の排出量データに加えて、【5-1802】で作成される日本近海の船舶排出量データを利用する。
- ・ 【5-1903】で作成されるシミュレーション支援システムにより、地方公共団体が地域ごとの大気汚染対策の効果評価等を行いながら政策を推進することが可能となる。

【課題番号】5-1903

【研究課題名】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

【研究期間】令和元年度～令和3年度

【研究代表者（所属機関）】菅田 誠治（国立研究開発法人国立環境研究所）

研究の全体概要

近年、東アジアと国内の大気汚染状況は、劇的な変化を示している。国内のPM2.5平均濃度は2014年度以降減少傾向にありつつも未だ環境基準を超える高濃度が観測される一方で、光化学オキシダントは全国で環境基準達成率がほぼゼロである状況が続いており両者の対策が求められている。これらには中国での排出量変化が大きく影響していると考えられるが、国内の大気汚染状況は強い地域性を持つことから、自治体等による地域毎の対策が必要である。また、気候変動適応法に伴い、気候変動が大気汚染に及ぼす影響についても地域毎の検討が求められている。

これらの検討に際して必要な手法の一つが数値シミュレーションである。大気汚染に係るシミュレーションについては環境研究総合推進費により大気質モデル精度改良の取組みの蓄積があり、また、規範的な大気質モデルの利用法に関する知見が集積されている。また、環境省の委託調査によって排出インベントリ等のデータ整備が進められてきた。しかし、これらの成果は自治体等が簡便に利用できる形としては整備されておらず、シミュレーションに至るまでには幾つかの障壁がある。例えば排出インベントリは、用いるモデルにあわせて物質を細分配し、また、数値シミュレーションの格子構造にあわせた変換が必要である。

本研究は、これまでの大気質モデル、知見や排出インベントリ等の蓄積を生かして、ユーザーインターフェースを介した簡便な選択や指定に基づいて国内外の各種インベントリをモデルレディの排出量データに変換し、また、モデルの計算設定ファイルを自動生成するシミュレーション支援システムを開発する。

シミュレーション支援システムの開発と並行して、大気環境常時監視データ等の地上観測データや衛星観測データをデータ同化するシステムを開発した上で、光化学オキシダントやPM2.5濃度について大気汚染物質濃度解析データセットを作成する。また、地上観測データや衛星観測データに基づいて日本国内のNO_x排出量に対する逆推計システムを開発することで、国内NO_x排出量の精度を検証し、改良を行う。また、複数の自治体による数値シミュレーションを用いたケーススタディを実施し、シミュレーション支援システムの検証・実証も兼ねつつ、それぞれの地域における大気汚染問題を解決するための施策検討に資する研究を行う。

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

研究代表機関：(国研)国立環境研究所

目的：

- 対策効果評価計算支援システムの開発
 - ・各地域での問題解決に向けて、評価計算が必要
 - ・自治体担当者が計算を簡易に実施できる支援が必要
 - ・推進費等のこれまでの成果を集約 → 成果の最大化
 - ・計算用の排出量データ、計算設定ファイルを自動生成
- (主に国内) 排出インベントリの精度検証と改良
- データ同化に基づく客観解析大気汚染データセットの作成
- モデル地域における対策効果検討のケーススタディ

