

【S-12-3】数値モデルによる気候・環境変動評価と影響評価（2014～2018 255,085千円）
研究代表者 竹村 俊彦（九州大学）

1. 研究実施体制

- (1) 数値モデルを用いたエアロゾルによる気候変動の評価（九州大学）
- (2) 数値モデルを用いた短寿命微量気体による気候変動の評価（名古屋大学）
- (3) 短寿命大気汚染物質による気候変動に伴う健康へのインパクト評価（京都大学）
- (4) 短寿命大気汚染物質による気候変動に伴う農業へのインパクト評価（茨城大学）
- (5) 短寿命大気汚染物質による気候変動に伴う水循環変動の評価
（国立研究開発法人海洋研究開発機構）
- (6) 短寿命大気汚染物質・雲・降水相互作用に伴う領域気候変動の評価（近畿大学）

2. 研究開発目的

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）などにおいて、人為起源エアロゾル全体の地球平均放射強制力は負であると評価している。したがって、コベネフィットを目指した単純な人為起源エアロゾル関連排出量の削減は、地球温暖化を加速する可能性があることに留意する必要がある。このことを踏まえて、本研究課題では、標準的な排出量インベントリから排出量を増減させたデータを与えて、エアロゾル気候モデル MIROC-SPRINTARS および化学気候モデル MIROC-CHASER によるシミュレーションを実施する。その結果を解析し、SLCPs 関連排出量の変化に対する気象場の感度を定量的に評価する。このシミュレーションの基本部分は、国際的なモデル相互比較プロジェクトのプロトコルに準拠しているため、国際的な研究コミュニティーにも広く貢献するものでもある。

健康影響評価では、SLCPs の濃度変化による健康へのインパクトを評価するために、SLCPs のうち特に健康影響が懸念されるPM2.5とオゾンの長期曝露による健康影響に関する疫学知見を整理統合し、非線形性も含めた曝露-反応関数を作成する。その上で、PM2.5およびオゾン濃度のシミュレーション結果に基づき、健康影響評価を行う。農作物収量影響評価では、SLCPs が作物収量に及ぼす影響について、対流圏オゾンによる直接的影響に加え、SLCPs による気候変動を介した間接的影響も含めて統合的に評価する。評価の高精度化のために、水稲収量モデル MATCRO の全球モデル化およびオゾン影響プロセスの導入を行う。

以上の研究をベースとして、エアロゾル気候モデル・化学気候モデル両者が含まれる MIROC-ESM を用いて、S-12プロジェクトで新たに開発するSLCPsに関する複数の排出量シナリオに沿った将来予測シミュレーションを実施する。その結果を、気候変動・健康影響・農作物収量影響の観点から解析し、SLCPs の削減効果を定量化して、大気汚染および地球温暖化の緩和策を検討する際の科学的な情報を統合的に提供することが、本研究課題の最終目的である。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

これまで、SLCPs の気候影響の定量的評価について、計算機リソースに制約があったり数値モデルが未熟であったりしたため、海洋モデルを結合して統合的なフィードバックを考慮した評価を行うことが困難であった。しかし、本研究課題では、テーマリーダーおよびサブテーマリーダー自身が着実に開発してきた数値モデルを利用することで、主要な人為起源エアロゾルである硫酸塩とBCやオゾンについて、大気海洋結合系において非常に多くの感度実験を通じた気候影響の定量的理解が可能となった。シミュレーション結果の解析を行うことにより、例えば、BC排出量削減による地球温暖化緩和が従来想定されていたよりも小さいことをメカニズムとともに解明したことは、科学的に新しい知見の代表例であり、中間評価においても委員からの評価が高かつ

た。この研究成果は Scientific Reports 誌に掲載され、それに伴うプレスリリースも行った。また、オゾン削減のために NOx 排出量を削減すると、メタンの増加により地球温暖化を誘引してしまう可能性が示され、メタン排出量削減を含めた複合的な対策の必要性を指摘した。PM2.5 とオゾンによる健康影響評価については、暴露-健康影響関係の精緻化によって高精度の推定が可能となったほか、死亡時年齢を考慮した損失生存年数や、死亡数減少による経済的便益という新たな指標を提示することができた。農作物収量評価については、オゾン影響およびエアロゾルによる直達・散乱日射変化を高精度で考慮できる、これまでにない全球作物モデルを構築することができた。

ただし、SLCPs は大気中での寿命が短い故に、長寿命温室効果気体よりも地域的な科学的評価を詳細に行うことによって、より価値のある科学的知見を生み出すことができるようになる。SLCPs の定量的影響評価自体が国際的にも始まったばかりのフェーズであるため、S-12 プロジェクトにより進展した全球的な影響評価について、今後は、直接的な災害をもたらす得る極端現象を含めて、地域規模の定量的影響評価に発展させて、行政等の多方面においてより活用しやすい研究成果を創出していく必要がある。

(2) 環境政策への貢献

<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>

本研究課題のシミュレーション結果は、S-12 プロジェクトのテーマ 2 および 4 を中心として作成された SLCPs 最適削減パス探索ツール (http://www-iam.nies.go.jp/aim/data_tools/S12/) の基本データとして利用されている。このツールは、今後の気候変動および大気汚染に関わる適応・緩和策策定において活用されるために作成したものである。また、S-12 プロジェクトでは、本研究課題の成果を含めて「SLCP 削減施策に関する提言」としてパンフレットを作成した。これを利用して、気候変動・大気汚染対策に活用できる新しい知見の普及に引き続き取り組むとともに、日本国内だけではなく、英語版（作成中）を利用して国際的に活用されるように活動を継続する。

本研究課題の研究成果を公表した論文は、IPCC 第 6 次評価報告書 (AR6) に引用される予定であり、SLCPs に関する今後の国際的取り組みに影響を与えるものである。また、テーマリーダーによる以下の国際的活動を通して、本研究課題で得られた成果を普及させた。関連する国際的取り組みにて活用されることが期待される。

- アジアの越境大気汚染に関するセミナーへのパネリスト参加（主催：日米研究インスティテュート/Wilson Center、2015 年 11 月） * 米国議会関係者に対するレクチャー
- 気候と大気浄化の国際パートナーシップ (Climate and Clean Air Coalition; CCAC) の Science Policy Dialogue での講演 (2018 年 4 月)
- 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 短寿命気候強制因子に関する専門家会合 (Expert Meeting on Short-Lived Climate Forcers) 出席 (2018 年 5 月) * IPCC の選出により出席
- Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-Based Solutions 執筆

4. 委員の指摘及び提言概要

従来の予想と異なり、硫酸エアロゾルと BC の気候感度が大きく異なり、BC の放射強制力は小さいこと、およびそのメカニズムを示したことは大きな成果である。また、NOx を削減すると OH が減少し結果的に CH₄ が増加し温暖化が促進されるという結果により、” SLCP やその前駆体

を削減すれば良い” という考えに一石を投じたことは大きな成果である。

モデルとシミュレーションを活用した予測結果として、SLCP 同士の相互作用によって温暖化に及ぼす効果が複雑なトレードオフの関係にあることを明らかにしており、複雑な現象が体系的に把握され、SLCP やその前駆体を合理的、戦略的に削減することの必要性を示した成果は高く評価できる。一方、健康と農業への影響に関するサブテーマは、いずれも文献データをベースにしたものであり、どこまでの信頼度があるか疑問が残る。この成果を基に対策提言を行うに当たっては、実測データによる何らかの検証が必要であるので、継続的な検討を期待する。

5. 評点

総合評点：S