

## 【S-12-4】統合運用システムの構築（2014～2018 107,434千円）

研究代表者 芳村 圭（東京大学）

### 1. 研究実施体制

（1）統合運用システムの構築（東京大学）

### 2. 研究開発目的

S-12 課題では、大気質変化事例の構造解析と評価システムの構築（テーマ 1）、統合評価モデルの改良とそれを用いた将来シナリオの定量化（テーマ 2）、数値モデルによる気候・環境変動評価と影響評価（テーマ 3）、統合運用システム、NICAM-Chem の開発（テーマ 4）、環境影響評価と気候変動対策の推進（テーマ 5）の 5 つのテーマの活動を行う。本報告はテーマ 4 についてのものであり、短絡的な削減策にばかり注目が行きがちな SLCP に関して、その気候影響を特に地球規模での水循環の観点から調べるため、モデル開発とそれらを用いたシミュレーション及び解析を行うことを目的とする。より具体的には、次世代に向けた大気化学輸送モデルである NICAM-Chem の整備及び、領域シミュレーションの精度向上のための地表面過程の高度化を行う。

以上を踏まえ、本概要の 3. 研究開発方法と 4. 研究結果及び考察の項では、1) SLCP の気候影響に関する解析、2) NICAM-Chem の開発、3) SLCP 排出変化による水資源・水災害への影響評価手法の確立及び実施について述べる。

### 3. 本研究により得られた主な成果

#### (1) 科学的意義

MIROC-SPRINTARS 気候モデルの結果を全球エネルギー収支の観点から詳細に解析し、黒色炭素と硫酸塩では気候影響のメカニズムが本質的に異なることを見出した。特に、これら 2 つの大気汚染物質は異なる光学特性を持つために大気層/地表面の放射強制力の内訳が異なり、そのことが気候応答の顕著な違いをもたらしていることを解明した。また、その特徴の違いがもたらす全球エネルギー収支変化の全体像を提示し、全球平均の地上気温と降水量の応答をその中に位置づけて理解した。これによると、黒色炭素は短い時間スケールで降水量を顕著に変化させる一方、硫酸塩は長い時間スケールでの降水量の気候変化をもたらすことがわかり、これら 2 つの大気汚染物質は地球規模の水循環に対して顕著に異なる影響を及ぼすことが示唆された。また、このエネルギー収支の全体像の中で特に不確実性の大きい雲・降水過程の応答の理解に資するために、雲を解像する NICAM-Chem モデルに基づいて領域規模から全球規模での大気汚染の大気への影響をシームレスに計算できるモデルシステムを開発し、それによる SLCP 削減シナリオ実験実施を可能とした。本研究ではさらに、黒色炭素と硫酸塩の排出量増減が陸域水循環へ与える影響を、陸域オフラインモデルシミュレーションを使って調べた。陸域オフラインモデルシミュレーションとは、地表面での気温・風速・湿度・気圧・放射などを陸域モデルのみに与え、陸域の水・熱輸送・河川流量等の挙動をシミュレートするもので、CO<sub>2</sub> などによる地球温暖化将来予測研究において、よく用いられている手法である。その結果、①BC と SO<sub>2</sub> の増加は共に全球降水量を減少させ、BC では特に流出量減少に効果が出やすいこと、②降水量及び流出量の地域分布では減少と増大が入り混じり、その分布は BC と SO<sub>2</sub> で大きく異なること、③BC 排出を制限することで全球での水資源のストレスが緩和する可能性があること、④BC と SO<sub>2</sub> 共に排出を抑制しても推進しても洪水暴露人口は増大することが示された。

#### (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>

まず、黒色炭素の排出削減による地球温暖化の緩和効果は限定的である可能性が高いことを示した。主にテーマ4の成果により、ブラックカーボン(BC)の排出量削減による地上気温の低下は、これまで考えられているよりも小さいことがわかってきた。これは、BC削減による太陽光吸収の減少がもたらす大気不安定化に伴って、雲・降水の変化など「速い応答」の調節機能が働くためである。これにより、太陽光の散乱・吸収によるエネルギー変化(瞬時放射強制力)に対する地上気温変化の感度は、硫酸塩と比較してBCは小さくなる。ただし、BCや硫酸塩の気候に対する影響は地域性が非常に強いので、行政は地域ごとの定量的影響評価について引き続き研究調査を支援すべきである。

さらにテーマ4では、S-12の他のテーマとの連携によって、大気汚染物質の排出の把握、その結果を反映するSLCPの排出に関する技術選択AIMモデルの拡張、それを用いてSLCP排出に関する将来シナリオを探索するシステム、それをさらに気候モデルと組み合わせて気候影響を評価するシステムを開発した。その際詳細な領域計算から全球的な影響評価までをシームレスに行う必要があるため、テーマ4では計算格子を柔軟に設定できるNICAM-Chemを実用的に稼働できるように整備し、世界最高解像度での全球計算を実施可能にした。行政はこれらの最先端のシステムを今後活用して、よりよいシナリオ作りを行うべきである。

また、SLCPの水循環への影響は多大であり、SLCP削減効果はこの観点でも評価する必要があることを明らかとした。BCや硫酸塩の前駆気体であるSO<sub>2</sub>の排出量が増減すると、気温や降水量が変化することにより、大洪水に晒される人口が増加する可能性があることを示した。BCの変化は地上気温に対する感度は小さいものの、降水量は顕著に変化するためである。近年顕著に増加しつつある洪水・熱波などの極端現象や、農作物収量、途上国での健康に対してSLCPが及ぼす影響の評価については、国際的にも研究事例が非常に乏しいのが現状である。SLCPが地球の大気や表層のエネルギー収支に及ぼす量や、エアロゾルが雲・降水生成に不可欠な物質であることを考えると、行政はSLCPの総合的な環境影響評価を今後定量的に実施していかなければならない。

以上の成果は、S-12全体で作成した「SLCP削減施策に関する提言」に記載した。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

気候システム全体の中で、特に水循環システムに着目して、その影響を解析しようとして、モデルを改良最適化することに成功し、BCや硫酸エアロゾルが水循環に与える影響を評価した。BCや硫酸エアロゾルが降水に与える影響がかなり解明されたことは大きな成果である。水資源賦存量の変化を通じて世界の各地域で影響を精緻に議論するには、まだ分析の精度が粗く、信頼性も乏しい現状であるが、研究そのものの重要性と困難な課題に挑戦して成果を挙げている。

今後の課題として、予測された結果の検証方法の検討を期待する。

#### 5. 評点

総合評点：A