

## 研究課題名：大気汚染物質による環境・気候への影響評価

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター 五藤大輔  
共同研究者：国立環境研究所地域環境研究センター 永島達也  
九州大学応用力学研究所 竹村俊彦・道端拓朗  
名古屋大学大学院環境学研究科 須藤健悟・大西貴都・Ha Thi Minh Phuc・  
松田涼樹・府中雄大  
海洋研究開発機構 ビッグデータ活用予測プロジェクトチーム 関谷高志  
近畿大学総合社会学部 中田真木子  
株式会社中電シーティーアイ 長谷川晃一  
ソウル大学校自然科学大学 朴 祥緒  
東京都市大学環境情報学研究科 Karkour Selim

実施年度：平成 28 年度～令和元年度

### 1. 研究目的

本研究課題では、全球規模の大気汚染物質輸送モデルと様々な排出シナリオを用いて、大気海洋応答を通じた大気汚染物質あるいは短寿命気候汚染物質 (SLCP) の環境・気候影響を評価している。使用した排出シナリオは、環境省推進費 S-12 プロジェクトで作成される社会経済シナリオや国際研究プロジェクトで作成されたシナリオなどである。このようなシナリオを施策として実現した場合に、気候モデル MIROC を用いて起こり得る環境・気候影響の科学的な根拠を提示することを第一の目的とする。MIROC ベースのモデルは過去の複数課題で精緻化されてきたが、観測で得られている大気汚染物質および関連する雲場の空間構造を再現するのは未だに難しく、継続したモデル改良が必要であり、これを第二の目的とする。また、MIROC とは異なる力学コアである非静力学正 20 面体大気モデル NICAM をベースにした大気汚染物質シミュレーションも行い、MIROC とのマルチモデルによる比較を行うことで、大気汚染物質の分布の再現性を検証することを第三の目的とする。本年度は、特に第二の目的に挙げたモデル (MIROC) 改良に関する報告を行う。

### 2. 研究計画

本年度は、まずエアロゾル・雲の相互作用の再現性を改善することを目指す。特に、雲は地球の気候を決定する上で非常に重要な物理量であるが、全球気候モデル (Global Climate Model; GCM) において雲をより良く再現するためには、効果的なパラメタリゼーション等のモジュール精緻化が求められている。このような状況下で、近年では GCM においても精緻化された雲・降水スキームが導入され、モデルで計算される雲・降水の再現性が向上している (例えば Gettelman et al., 2015)。しかし我が国で開発されているモデルの 1 つである現行の MIROC6 では、降水 (降雨・降雪) は診断変数として取り扱われており、更なる改善の見込みがある。そこで MIROC6 に降水を予報変数として取り

扱い (予報型降水スキーム)、モデルで再現される雲・降水の再現性向上を試みる。また、他のモジュールに関する改良として、MIROC のエアロゾルモジュールである SPRINTARS (MIROC-SPRINTARS) で取り扱っている鉱物性粒子の光学情報を更新し、そのモデル再現性を評価する。さらに、全球化学輸送モデル MIROC-CHASER を用いて、雲による紫外線散乱が大気化学場に与える影響を調べる。

### 3. 進捗状況

図 1 は、予報型降水スキームの導入に関連する主要な物理量の相互作用を示している。今回の改良では、従来は診断変数であった降雨・降雪の質量混合比および数濃度混合比を予報変数として取り扱い、降水の放射効果も陽に計算するスキームを MIROC6 に導入した。特に、雲水から降雨および降雪への変換と、雲氷から降雪への変換を陽に計算しており、この過程を導入したことによって、降雨と降雪のモデル再現性だけでなく、雲水と雲氷の再現性が向上することが確かめられた。たとえば図 2 には、診断型と予報型の降水スキームによって計算された雲量の結果を示しているが、今回導入した予報型降水スキームの結果がより観測に近くなったことが確かめられた。GCM に共通するバイアスの一つに、雲量が少なすぎるバイアスが知られているが、今回導入した予報型降水スキームでは特に上層雲に顕著な改善が見られ、全雲量自体も観測に近づく結果が得られた。

さらに、MIROC-SPRINTARS の鉱物性粒子の光学情報を更新した。データ更新に関しては、世界各地の砂漠でサンプルされた鉱物性粒子の解析によって導出された粒子の複素屈折率 (Di Biagio et al., 2017; 2019) を新しく導入した。その結果、全球年平均値として計算された鉱物性粒子の放射強制力が  $-0.39\text{Wm}^{-2}$  となった。

これに対して、MIROC-SPRINTARS で従来から利用していた複素屈折率を用いると、鉍物性粒子の放射強制力は $-0.37\text{Wm}^2$ であったため、結果的には大きな差異が見られなかった。しかし、波長別の情報が必要な過程（例えば化学反応過程）には鉍物性粒子の領域別光学特性の違いを加味することは重要であることが示唆された。

その他、全球化学輸送モデル MIROC-CHASER を用いて、雲による紫外線散乱が大気化学場に与える影響を調べた結果は本発表で触れる予定である。

#### 4. 今後の計画

MIROC6 に導入された予報型降水スキームを用いて、気候影響評価のための数値実験に着手し、大気汚染物質と雲の相互作用に関する解析を進める。また、様々な改良されたモジュールを統合して、モデル全体の改善を目指し、大気汚染物質による環境・気候への影響評価をより高精度に行うために、エアロゾル・雲・降水の相互作用に関連したモジュールの改良を継続して行う。

#### 5. 計算機資源の利用状況（2018年10月1日～2019年11月30日）

実行ユーザ数: 14

CPU 時間 v\_deb: 510.48 hours, v\_32cpu: 84,572.55 hours, v\_96cpu: 3,065,762.89 hours, v\_160cpu: 371,702.73 hours, 計: 3,522,548.64 hours

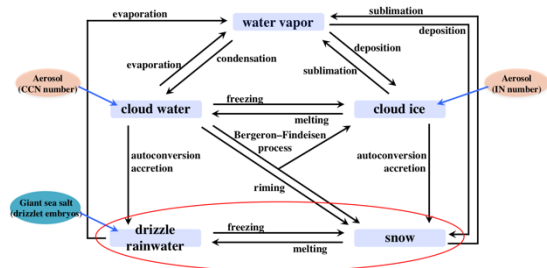


図 1 予報型降水スキームの導入に関連するキーとなる物理量の相互作用の模式図。赤丸で示した変数が今回新しく導入したもので、drizzle rainwater（降雨）と snow（降雪）を表す。

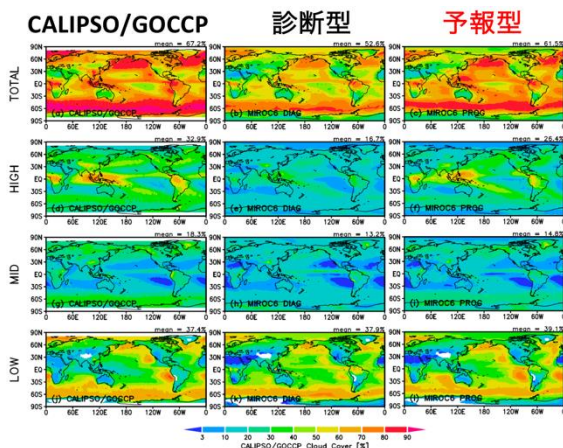


図 2 全層および各層（上層、中層、下層）における雲量の全球分布図。衛星ライダー CALIPSO (CALIPSO/GOCCP) で観測されたものと、従来の MIROC6 (診断型) および予報型降水スキーム導入による新 MIROC6 (予報型) によって計算されたもので、衛星シミュレーター COSP を介した比較である。モデル解像度は T85 (1.4 度) である。