

## 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  
 海洋研究開発機構 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

実施年度：平成 28 年度～平成 30 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の環境・気候影響を評価する。使用する排出シナリオは、環境省推進費 S-12 プロジェクト（以後、S-12 と呼ぶ）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を想定している。こうした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十分に精緻化されているので、このモデルを用いて大気汚染物質の全球分布・長距離輸送、および気候影響に着目した数値実験を行い、大気汚染の三次元構造に関する定量的な理解を向上させること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。

### 2. 研究計画

本年度は国際研究プロジェクトで一般的に利用されている将来シナリオである RCP シリーズを用いて、1960 年から 2100 年までのエアロゾルおよび短寿命気体の大気汚染物質の放射強制力の時系列応答を調べた。従来まではエアロゾル単体あるいは短寿命気体単体での放射強制力の長期実験を行ったが、本年度は双方の効果を取り入れた新しい長期実験を行った。用いた気候モデルは MIROC-CHASER である。この結果は国際研究プロジェクトである CCMi (Chemistry-Climate Model Initiative) へも提出しており、国際的なモデル相互比較研究に役立てられる。

また昨年度に引き続き、短寿命気体汚染物質 (SLCP) の削減により、気温がどの程度変化するかを調べるために、MIROC を用いて大気海洋結合計算を行った。

昨年度の成果では、温室効果のある対流圏オゾン ( $O_3$ ) の代表的な前駆物質である一酸化窒素 ( $NO_x$ ) に着目した。その結果、 $NO_x$  の排出量を単独で減少させると、温室効果ガスであるメタンが増加してしまうため、温暖化抑制策としての  $NO_x$  排出のコントロールは効果的ではない可能性が強く、 $NO_x$  排出削減については一酸化炭素やメタンの削減と同時に実施する必要性があることが提示された。そこで本年度は、このメタンの影響を見積もるために、対流圏オゾン前駆気体である  $NO_x$ 、一酸化炭素 ( $CO$ )、揮発性有機化合物 (VOC) の人為起源由来の排出量を全て 0 にし、メタンの応答を加味した場合とそうでない場合とで、気温変化を見積もった。

その他、SLCP の気温応答には雲を介した影響が大きいことが昨年度の研究で示されたこともあり、本年度は MIROC の雲-降水スキームの改良も行った。また、NICAM を用いた研究では、昨年度は MIROC と同程度の低分解能 (200-300km グリッド) でエアロゾルシミュレーションを行い、NICAM と MIROC のモデル相互比較を行った。本年度は NICAM のみを用いて、分解能の違い (200km vs. 14km グリッド) による結果との比較を行った。NICAM の成果に関しては、報告会にて結果を提示する。

### 3. 進捗状況

図 1 は、1960 年から 2100 年までのエアロゾルと対流圏オゾンの放射強制力の時系列変化を示しており、3 つの異なる排出シナリオ (RCP2.6、RCP6.0、RCP8.5) を用いて、MIROC-CHASER でシミュレーションした結果である。まずエアロゾルの直接効果放射強制力に注目すると、2010 年以降はほぼ横ばいとなっており、RCP6.0 シナリオでは負値がやや大きくなっていることがわかった。これは、2010 年以降で放出量が減少する  $SO_2$  に伴う硫酸塩エアロゾルの減少と、放出量が増加する  $NH_3$  に伴う硝酸塩エアロゾルの増加が相殺されたことが主要要因と考えられる。一方、対流圏オゾンの放射強制力はシナリオによって 2100

年にかけての増減が異なっており、これらの変化はメタンの排出量増加と温暖化に伴う雷由来の NOx 生成の増加が影響していると考えられる。

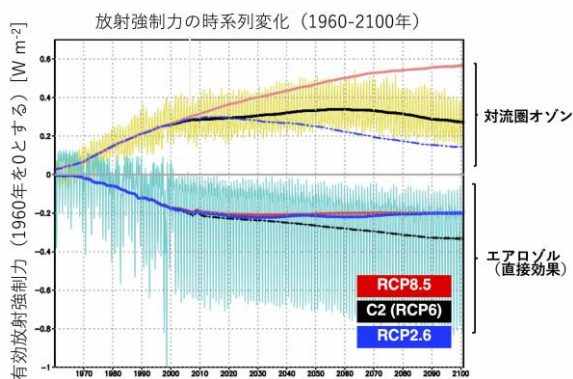


図1. エアロゾル直接効果と対流圏オゾンの全球平均放射強制力の1960年から2100年までの時系列変動(1960年を基準とした)。用いたシナリオはRCP2.6、RCP6.0、RCP8.5である。

次に、オゾン前駆気体である NOx、CO、VOC の削減に伴う気温影響の効果において、メタンの応答有無による変化を、大気海洋結合系で調べた。その結果、メタンの応答を無視すれば、オゾン前駆気体の人為起源分を削減することによって対流圏オゾンが減少し、全球平均地表気温が-0.16K となった。しかし、メタンの応答を考慮することで、オゾン前駆気体の人為起源分の削減に伴い、中間体である OH ラジカル量も変化し、結果的にメタンが増加し、全球平均地表気温が+0.04K となった。この結果は、オゾンの前駆気体の人為起源物質の排出量を0にしても、地球温暖化の削減パスにならないことを示している。

また、本発表では、MIROC の雲-降水スキームの改良成果も報告する。本年度は、雨水の質量混合比と数濃度を新たに予報変数とした 2 モーメント予報型降水スキームを導入することで、層積雲に伴うドリズルの再現が可能になった(図2)。報告会ではその他の改良された成果も紹介したい。

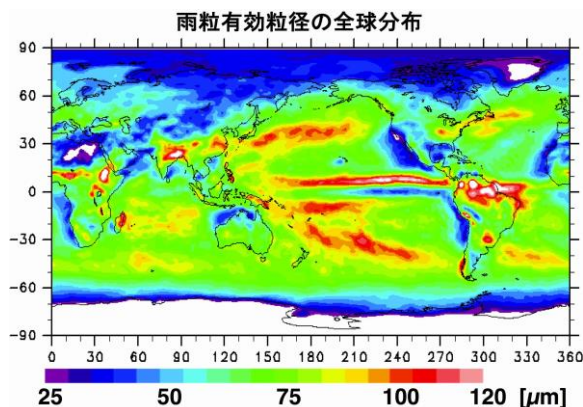


図2. 雨粒有効半径の年平均全球分布図。

#### 4. 今後の計画

S-12 では現在、環境省とも協力をして SLCP 削減シナリオを作成している。本研究では、S-12 で作成したシナリオを用いて、全球気候実験を行い、シナリオに対する SLCP の変化および気温や降水量などの応答を調べる。最終的には、SLCP 削減パスに関する科学的知見を発信したい。また、モデル改良は継続して行い、より現実的な応答を考慮できるモデル構築を目指す。さらに、NICAM も併用することによって SLCP の雲応答に着目することで、新しい科学的知見を得る。また、NICAM は GOSAT2 によるリトリバルにも利用される可能性があるため、GOSAT でも利用されている MIROC とのモデル比較研究を行い、両モデルの差を把握したい。

#### 5. 昨年度終了研究課題名

大気汚染物質による環境・気候への影響評価  
(代表：五藤大輔)

#### 6. 計算機資源の利用状況(2016年10月1日～2017年11月30日)

実行ユーザ数: 9  
CPU 時間 v\_deb: 276.67 hours, v\_32cpu: 40,345.74 hours, v\_96cpu: 256,121.90 hours, v\_160cpu: 527,839.46 hours, 計: 824,583.77 hours