

研究課題名：短寿命気候強制因子の変化に伴う気候・地域環境への影響評価

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・打田純也
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・Ha Thi Minh Phuc・松田涼樹・
府中雄大・Hossain Mohammed Syedul Hoque・中田裕太・何彦峰
東京大学大気海洋研究所 鈴木健太郎
東京大学大学院理学系研究科 堀田陽香・Chiu-Tung Cheng
海洋研究開発機構地球表層システム研究センター 関谷高志
株式会社中電シーティーアイ 長谷川晃一
Ulsan National Institute of Science and Technology 朴祥緒
東京都市大学環境情報学研究科 Karkour Selim

実施年度：令和2年度～令和4年度

1. 研究目的

本研究課題では、大気中のPM_{2.5}などの微粒子（エアロゾル）や光化学オキシダントであるオゾンのような地球の放射収支・水循環に影響を与え、その大気寿命が比較的短い大気汚染物質（特に、短寿命気候強制因子:SLCFs）量の変化による気候および地域環境の変化を評価することを大きな目的とする。このために、全球・領域規模の複数モデルを用いて、SLCFsの組成ごと・地域ごとの気温・降水量のような気候変化を定量的に評価することで、将来の気候変動に対するSLCFsの影響を社会に発信することを目指す。また、本目的を達成するために、数値シミュレーションで用いる気候モデル(MIROC-SPRINTARS、MIROC-ESM、NICAM-Chem)の継続的な改良・検証が必要となることから、モデル改良も本課題の主目的に位置付ける。

2. 研究計画

昨年度まで取り組んできた課題「大気環境物質による環境・気候への影響評価」ではSLCFsの全球規模での気候・環境影響評価を行ってきたが、本課題では時空間局在化が大きいSLCFsの地域毎での気候・環境影響評価を行う。SLCFsを取り扱う数値モデルの改良・検証に関しては、人工衛星や地上観測等の複数の観測情報との検証を通じて、SLCFsおよび関連する物質の三次元構造の再現性を向上させる。本年度は、SLCFsを取り扱ったMIROC-ESMモデルの改良および検証を報告する。また、雲を解像することができるNICAM-Chemモデルを利用して、SLCFs排出量変化に対する気候応答を評価し、MIROCモデルで得られた応答との類似点・相違点を明らかにする。その他、国際プロジェクトに貢献するための数値実験も実施する。

3. 進捗状況

まず、SLCFsの時空間分布に深く関わるオゾン等の紫外線による光解離反応と雲との関連性に着目し、対流圏の大気化学場に対して、雲が光解離過程を介してどのような役割を演じているか、全球化学輸送モデルMIROC-ESMと観測データ・再解析データを組み合わせることで、定量的な推定・検証を行った。その結果、モデルは衛星観測データや再解析データに見られる総雲量や雲放射強制力の全球分布を概ね良く再現していた。しかし、下層雲量については、高緯度域でモデルが過大評価する傾向がみられた。

さらに、雲の光解離定数への影響有無の感度実験を行ったところ、雲の存在はOH濃度を地表面付近で減少させ、帯状平均で場所によっては約20%以上も減少させるとともに、上部対流圏では帯状平均で場所によっては約20%増加させることが示された(図1)。これは主に低中層雲による太陽光の散乱・反射効果を反映した結果と考えられ、先行研究とも整合的である。大気の酸化能力の指標でもある全球平均OH濃度は、雲の存在により約17%増加することが示された。このOH濃度の増加は、雲の放射影響だけでなく、一部はCH₄の減少によるフィードバックを含んでいる可能性がある。また、対流圏オゾン濃度は地表面付近で約4%減少し、上部対流圏では約5%増加した。これは、この領域におけるNO_x濃度の変動を反映した結果と考えられる。また、航空機観測データを用いた検証では、モデルでの雲の観測再現性が高い方が、より正確にOHやオゾン濃度を再現することも示された。

以上により、雲の存在による光解離過程への影響は全球大気化学場、特に OH 濃度場を大きく左右することが定量的に示された。OH は CH₄ や一酸化炭素、CFCs 等、気候やオゾン層に影響を及ぼす重要物質の濃度を支配しているため、雲分布の変動がこれらの物質分布を大きく変化させ、気候・大気環境変動に付加的な影響を及ぼす可能性が本研究結果から示唆される。

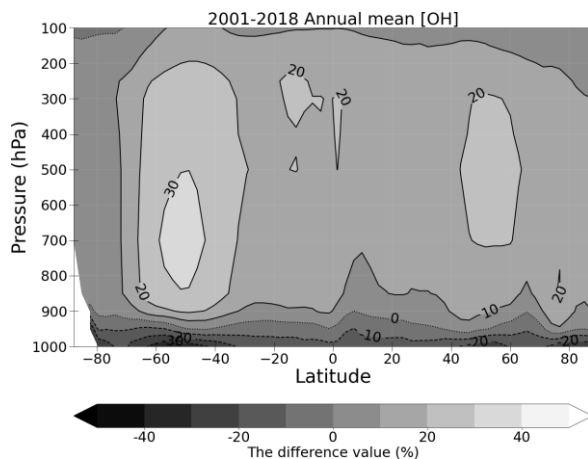


図 1. 2001 年から 2018 年までの 18 年間に対する東西平均 OH 濃度変動 (%)。

表 1. 大気海洋結合モデル MIROC-SPRINTARS (MIROC) と全球雲解像モデル NICAM-Chem (NICAM) で計算された全球年平均でのエネルギー収支 (BC を 10 倍にした実験)。TOA (大気上端) での瞬時放射強制力の値を -1.0 とし、その他の放射フラックス変化量は相対的な値として示している。ATM は大気、SFC は地表面を表している。

MIROC			NICAM		
TOA	ATM	SFC	TOA	ATM	SFC
瞬時強制力					
-1.0	+2.85	-1.85	-1.0	+3.09	-2.09
速い応答 (晴天)					
-0.2	-0.45	+0.25	-0.09	-0.47	+0.38
速い応答 (曇天)					
-0.3	-0.3	~0	-0.89	-0.53	-0.36
速い応答 (顕熱あるいは降水)					
	-1.45	+1.45		-1.25	+1.25
速い応答 (潜熱)					
	-0.65	+0.65		-0.74	+0.74

その他、本年度は NICAM-Chem 雲解像モデルを用いて、ブラックカーボン (BC) および SO₂ の SLCFs の排出量変化に対する応答実験に取り組み、大気海洋結合モデル MIROC の結果との初期的な比較を行った。その結果、MIROC を用いて得られた先行研究 (Suzuki and Takemura, 2019) の結果と、SO₂ に関しては概ね整合的な結果が得られたが、特に BC の変化に対する応答に関して (表 1) は、曇天での放射フラックスの変化が MIROC とは大きく異なった。このことは、雲の取り扱いが SLCFs の気候応答に及ぼす影響が大きいことを示唆している。

[参考文献]

Suzuki K., and T. Takemura (2019) Perturbations to global energy budget due to absorbing and scattering aerosols, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **124**, 2194-2209, doi:10.1029/2018JD029808

4. 今後の計画

昨年度報告した最新版 MIROC によって計算された予報型の雲シミュレーション結果を、MIROC-ESM モデルにナッジングする実験を実施し、気候モデル中の雲表現の違いが大気化学場にどの程度の影響をもたらすのかを検証する。また、NICAM-Chem を用いた SLCFs 排出量変化に対する気候・環境影響評価に関しては、NICAM 自体に搭載された雲モデルの違いによる変化に着目して、SLCFs 変化に対する応答を評価し、MIROC 気候モデルとの類似点・相違点を明らかにする。

5. 昨年度終了研究課題名

大気環境物質による環境・気候への影響評価

6. 計算機資源の利用状況 (2020 年 4 月 1 日～11 月 30 日)

実行ユーザ数: 19

VE 時間積 v_debug: 182.76 hours, v_normal: 193,516.90 hours, 計: 193,699.67 hours, (全体の VE 時間積に対する占有率: 21.7%)