研究課題名：広域大気汚染構造の理解と対策評価に関する研究

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター　永島達也
共同研究者：九州大学応用力学研究所　竹村俊彦
名古屋大学大学院環境学研究科　須藤健悟・井上忠雄・関谷高志
国立環境研究所地域環境研究センター　五藤大輔
株式会社中電シーティーアイ制御システム部　長谷川晃一・榊原篤志
海洋研究開発機構地球環境変動領域　渡邉真吾

実施年度：平成 25 年度～平成 27 年度

1.　研究目的

全球規模の化学・エアロゾル輸送モデルを用いて、オゾン・エアロゾル（PM2.5）の東アジア域におけるローカルな汚染、遠隔領域からの汚染、成層圏からの流入などの寄与を評価し、大気汚染の重層的な構造に関する定量的な理解を進める。更に、我が国を中心に東アジアの近隣諸国における、真に有効な大気汚染対策の構築に資するため、各種対策シナリオの大気質改善効果および気候変化の緩和効果を評価して、対策シナリオ構築へのフィードバックを行う。

2.　研究計画

全球規模の対流圏・成層圏大気化学・エアロゾルモデル（地球システム統合モデル：MIROC-ESM-CHEM）。を用いて、前年度までに行ってきた近未来（2030 年）の大気質・気候影響変化予測のシナリオ実験の結果をより詳しく解析すると共に、その結果を参考にしてリバイズされた将来シナリオを用いた実験を行い、同シナリオの評価を行う。また、MEROC-ESM-CHEM の改善を更に進めるために、計算結果と観測データとの比較を引き続き進め、エアロゾル等の再現性に関する検証を深化させる一方、異なる空間分解能を設定した計算を行い、その効果を検証する。

3.　進捗状況

昨年度に行った 2030 年を対象とする近未来の大気質・気候変化の予測シナリオ実験の結果について、領域規模の化学輸送モデルを用いてダウンスケールし、東アジアの大気質への影響に関して詳細な解析を行った。日本域の PM2.5 に関しては、オゾンでは状況の悪化をもたらすと評価されたシナリオ（CLE シナリオ）であっても、年平均、日平均の環境基準（それぞれ 15μg/m^3、35μg/m^3）がほぼ達成される、という結果となった。しかし、中国東部や朝鮮半島では、中庸なシナリオ（450ppm シナリオ）であっても十分な改善が図られず、東アジア全体の大気質を改善させるためには、より強力な対策を行う必要性が示唆された。そこで、東アジアにおける大気汚染物質前駆体の発生量を更に押さえた近未来シナリオを、450ppm シナリオをベースとして作成し（450cntr シナリオ）、その大気質・気候への影響を評価する実験を行った。年平均した地表におけるオゾンと PM2.5 の濃度変化を、2005 年想定の実験からの差を取って評価すると、450cntr シナリオでは、450ppm シナリオに対して東アジア域で大幅な大気質の改善が図られていることが分かる（図 1）。中国域で平均すると、年平均オゾンの変化量は、450ppm シナリオでは微増であったところが、450cntr シナリオでは減少に転じ、同じく PM2.5 でも、減少量が 450ppm シナリオの場合に比べて 3 倍程度に増えていることが分かった。

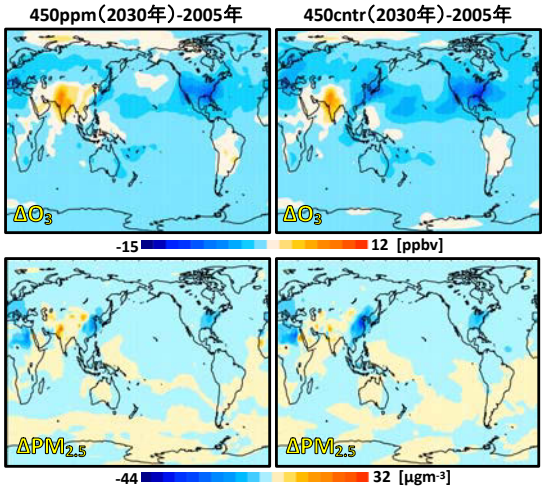

図 1　年平均した地表オゾン（上段）、地表 PM2.5（下段）の現状シナリオとの差。左：450ppm シナリオ、右：450cntr シナリオ。

4.　今後の計画

450cntr 実験の結果を、放射強制力の観点から解析するとともに、ダウンスケールして東アジアの大気質への影響を評価する。また、MIROC-ESM-CHEM を、100 km程度のより高い空間分解能の設定で実行し、大気化学成分の再現性の向上に関して検証を行う。

5.　計算機資源の利用状況（2013 年 6 月～11 月）

実行ユーザ数: 7　CPU 時間 v_deb: 54.741 hours, v_cpu: 0 hours, v_8cpu: 17,656.408 hours, v_16cpu: 83,309.79 hours, 計: 101,022.804 hours

6. 昨年度終了研究課題のまとめ

6.1. 昨年度終了研究課題名

広域大気汚染物資の発生源別寄与率解析と気候影響評価

6.2. 昨年度終了研究課題の目的

全球規模の対流圏化学輸送モデルおよび成層圏・対流圏の化学過程とエアロゾル過程が結合した地球システム統合モデルを用いて、東アジア域のローカルな大気汚染、遠隔領域からの輸送、成層圏からの流入などの個別の寄与、すなわち大気汚染の構造を定量的に明らかにする。これにより、大気汚染物質の削減策による大気質改善効果を評価する。更に、そうした大気汚染防止策の温暖抑止効果に関して定量的な評価を行う。

6.3. 昨年度終了研究課題の成果概要

全球規模の対流圏・成層圏大気化学・エアロゾルモデル（地球システム統合モデル：MIROC-ESM-CHEM）を用いて、現状（2005 年）相当の短寿命気候強制因子（Short-lived Climate Forcers：SLCFs; オゾンやエアロゾルなど）前駆物質エミッションを与えた実験と、2030 年を想定した 3 種類（①現状政策（Current Legislation：CLE）、②二酸化炭素換算濃度 450ppm 安定化（450ppm）、③最大限削減（Maximum Feasible Reduction：MFR））の将来シナリオ実験を行い、各シナリオによる将来影響の違いを評価した。

年平均した地表オゾン濃度は、現状（2005 年）と比較した場合、CLE シナリオでは、中国やインドを中心に最大で 5～10ppbv 程度増加する一方、北米や欧州では前駆物質の減少によって著しい減少が見られた。このような傾向は 450ppm シナリオでもほぼ同様であった。日本においては、両シナリオともオゾン減少という結果になっている。一方、MFR シナリオでは、全球的なオゾン減少となった。PM2.5 に関しては、CLE や 450ppm シナリオにおいて、インド周辺で増加が大きく、北米と欧州で顕著に減少する傾向はオゾンと共通であるが、東アジアにおいては、オゾンの場合と異なり、CLE シナリオでも中国東部の中心域で濃度が減少し、更に 450ppm シナリオでは華北平原において最大で約 30%もの減少が見られた。ただし、減少するとはいえ、中国域で平均した場合の年平均 PM2.5 濃度は、450ppm シナリオにおいても、日本の環境基準(15μg/m^3)を超過しており、一層の削減が必要であることが分かった。更に、このような全球規模モデルによる将来の大気質変化の評価結果を、領域規模の化学輸送モデルでダウンスケールしより詳細に解析した。図 2 は、地表オゾンの日最高 8 時間平均値が、米国環境保全局（EPA）の基準である 75ppbv を超過する日数をシナリオごとに示したものである。日本域に注目すると、CLE シナリオでは基準超過日数が西日本を中心に増加する一方、450ppm シナリオでは、超過日数が大幅に減少している。日本における地表オゾンの年平均値は、両シナリオで共に減少しており、大気質の改善効果を評価する場合には、年平均値でみるか、汚染の程度を示す指標でみるかによって結果が異なることが分かった。

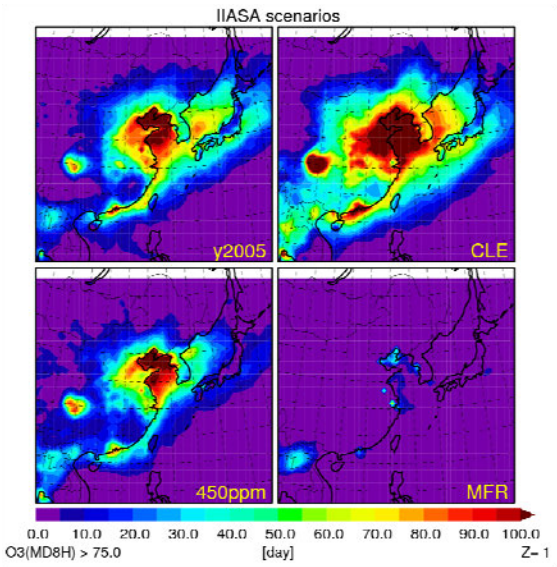

図 2　地表オゾンの日最高 8 時間平均値が 75ppbv を超過する日数の分布。

このように計算された SLCFs 量の変化による全球平均した放射強制力の変化をみると、SLCFs 前駆物質の削減量が大きな MFR や 450ppm シナリオでは、オゾンやメタンなどの温室効果気体濃度の減少により正の放射強制力が減少するが、一方でそうしたシナリオでは、太陽光を散乱する硫酸塩エアロゾルや有機炭素エアロゾルの量が減ることによって負の放射強制力が減少し、オゾン・メタン・エアロゾルを合わせた、SLCFs 全体による放射強制力の変化はあまり大きくはならなかった。しかし、これにエアロゾルの間接効果の変化による放射強制力の変化を加えると、SLCFs 全体として、大きな正の放射強制力を引き起こすという結果となっており、SLCFs の削減によって温暖化が逆に促進される可能性を示唆する結果となった

6.4. 昨年度までの計算機資源の利用状況

実行ユーザ数: 8　CPU 時間 1 ノード未満：1,539.601 hours, 1 ノード:348,031.820 hours, 2 ノード:149,938.836 hours, 計：499,510.257 hours