

研究課題名：広域大気汚染物質の発生源別寄与率解析と気候影響評価

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター 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

実施年度：平成 24 年度～平成 24 年度

1. 研究目的

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。

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）を用いて、現状（2005 年）相当の大気汚染物質（エアロゾルやオゾン前駆気体）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））のシナリオ実験を行い、各シナリオによる放射強制力の変化を評価する。また同時に、東アジアにおける大気質の変化についても評価し、気候変化、大気質変化の両面から各シナリオの検討を行う。なお、大気質に関して評価を行う対象は、主にオゾン及びエアロゾル（PM2.5）を想定している。

3. 進捗状況

水平分解能 T42（格子長≒300 km）の MIROC-ESM を用いて、2005 年相当+2030 年相当 3 シナリオ、の合計 4 種の実験を行った。温暖化や大気汚染に対する特段の対策を考慮しない CLE シナリオでは、2005 年に比べて大気汚染物質の放出量に大きな変化はなく、地球温暖化緩和のための有効なシナリオとして頻りに引き合いに出されている 450ppm シナリオでは、多くの大気汚染物質において全球積算した放出量が 1 割ほど小さくなっている。一方、MFR シナリオでは、二酸化炭素の放出量が 2005 年に比べて 1/3 以下になるなど、大気汚染物質の削減量が非常に大きく見積もられている。下図に各シナリオで計算された、全球平均した放射強制力の 2005 年からの変化を示した。450ppm や

MFR シナリオでは、メタン（CH₄）やオゾン（O₃）の減少によって負の放射強制力（冷却効果）が現れているが、一方でエアロゾルの減少に伴う冷却効果の減少も著しく、これによる正の放射強制力がかなり大きくなっている。これらが互いに打ち消しあい、CH₄、O₃、エアロゾルを合わせた短寿命気候強制要素（SLCFs）による正味の直接的な放射強制力は大きな値にはなたないが、エアロゾルの間接効果が減ることによる正の放射強制力まで含めると 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。

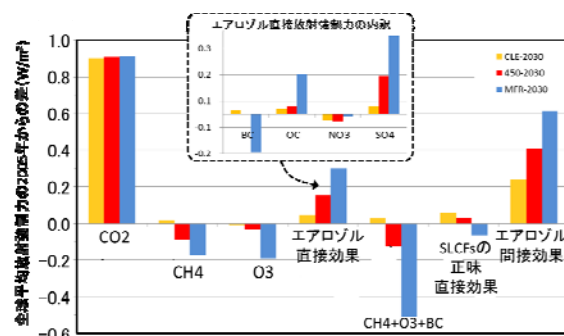


図 各シナリオにおける放射強制力の変化 (2030-2005)

4. 今後の計画

今回示された SLCFs の削減策による正の放射強制力の強化は、エアロゾルが減少することによって冷却効果が失われる事が原因であった。しかしそうした効果の定量的な評価には、多くの不確実性があり、それらを考慮した上で、各シナリオの検討を行う必要がある。エアロゾルの光学特性パラメータに関する依存性を調査したり、間接効果の取り込み方による違いを評価するなど、が次のステップとして考えられる。また、各シナリオの東アジア大気質への影響評価を進める予定である。

5. 計算機資源の利用状況（2012 年 4 月～9 月）

実行ユーザ数: 8, CPU 時間 1 ノード未満: 16 hours, 1 ノード: 14,990 hours, 2 ノード: 50,642 hours, 計 65,648 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

広域大気汚染物質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

今年度と同様。

6.3. 昨年度終了研究課題の成果概要

本課題では、対流圏化学輸送モデル CHASER、対流圏エアロゾル輸送モデル SPRINTARS、地球システム統合モデル MIROC-ESM の 3 モデルを用いて、広域大気汚染とその気候影響に関する研究を行った。以下に得られた代表的な成果を列記する。

(1) 日本の地表オゾンに関する発生源別寄与率の長期変化の評価

CHASER を用いたタグ付きトレーサー実験を 1980 年から 2005 年の 26 年間について行い、日本の地表オゾンに関する発生源別寄与率の長期変化を評価した。モデルは、同期間で観測された日本域での地表オゾン増加トレンドを過小評価気味ではあるが再現し（観測：0.32ppbv/年、モデル：0.23ppbv/年）、この日本の地表オゾン増加トレンドに対する、オゾンの各発源領域からの寄与の長期変化の特徴は以下のようにまとめられた。年平均した寄与は、日本、成層圏、自由対流圏、遠方の北半球中緯度（北米、欧州等）の順番に大きく、それらに続くのが、欧州・北米、中国であるが、この両者の大小関係は、26 年間で大きく変化した。すなわち、1980 年代では欧州・北米>中国であるが、1990 年代の半ばには両者の寄与はほぼ等しくなり、その後は中国>欧州・北米、となった。計算された日本の地表オゾン増加率に対する、各発源領域起源オゾンの増加トレンドの比を計算すると、この 26 年における地表オゾンの増加トレンドに関しては、中国の上空で作られたオゾンの増加が最も大きく寄与しており、増加トレンドの約 40%はこれで説明出来ることが分かった。また、日本国内及び朝鮮半島で作られたオゾンにも増加傾向があり、それぞれ 1 割程度の寄与を示している事が分かった。

(2) 手法の相違による地表オゾンの発生源別寄与率評価の違い

CHASER による発生源別寄与率評価を二つの手法（タグ付トレーサー法、エミッション感度法）を用いて行い、その結果を詳しく比較した。特に、東アジア

の地表オゾンに対する、遠方領域（欧州や北米）起源の寄与に関して解析を行った結果、両手法による寄与の評価結果には、季節ごとに若干の違いが見られるものの、概してほぼ同じような値を示すことが分かった。しかし、例えば欧州起源オゾンの寄与に関して、タグ付きトレーサー法による評価（欧州内で生成されたオゾン）とエミッション感度法による評価（欧州で排出されたオゾン前駆気体から生成されたオゾン）の共通する部分、つまり、欧州で排出されたオゾン前駆物質から欧州内で生成されたオゾンの割合は季節によって異なっており、秋・冬の寒候期にはその共通部分が約 7 割を占めるものの、夏には 4 割と半分以下になっていた。この結果から、両手法による地表オゾンの推定値は同じような値を示すものの、その中身は大きく異なり得ることが示された。

(3) MIROC-ESM を用いた短寿命気候影響物質の放射強制力評価

MIROC-ESM を用いて、1850 年と 2000 年相当のエアロゾルやオゾン前駆気体エミッションを与えた実験を行い、この間の放射強制力を評価した。この際、土地利用形態の変化（森林→農地など）による植物起源の揮発性有機化合物のエミッション変化とそれに伴う二次有機エアロゾル（SOA）の変化も考慮に入れている。計算の結果、オゾン（O₃）や黒色炭素粒子（Black Carbon: BC）による大気の加熱、硫酸塩や硝酸塩などの吸湿性エアロゾルによる冷却が顕著であることが分かった（直接+間接効果合計で全球平均約-1.5W/m²）。また、土地利用変化に伴う SOA の変化はインド・中国などのアジアや北米で顕著な加熱を示し、全球平均への寄与も+0.5W/m² という比較的大きな値となった。また、O₃ と BC による放射強制力への寄与を合わせると、全球平均で二酸化炭素による加熱効果の約半分に達すると見積もられた。]

(4) その他

SPRINTARS や MIROC-ESM を用いて、各種のモデル相互比較プロジェクト（AeroCom、HTAP、ACCMIP）のプロトコルに準拠した数値実験を行い、提出されたデータは数多くの論文で利用され、解析されている。

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: 7 hours, 1 ノード: 40,264 hours, 2 ノード: 59,270 hours, 計: 99,541 hours.