

「脱炭素技術導入に伴う大気汚染物質削減効果の試算とヒト健康リスク評価(3年目)」

成果報告書(概要)

国立研究開発法人産業技術総合研究所 秦 寛夫

(共同研究者:水嶋教文(産総研), 井原智彦(東大), 戸野倉賢一(東大))

【研究の背景と目的】 気候変動対応に係るカーボンニュートラル社会の実現に向けて, 風力や太陽光発電, CO₂ の直接空気回収 (DAC) 等の技術開発や, 水素を含む代替燃料の導入, 新車のゼロエミッション規制の導入など, 様々な施策検討が行われている. 本研究ではゼロエミッション化の推進とそれに伴うヒートアイランド (Urban Heat Island: UHI) の緩和, 気候変動による大気中の O₃ と PM_{2.5} 濃度に与える影響について, 大気シミュレーションを用いて実施している. 最終年度では, ①全球大気化学輸送モデルによる全球気候変動の O₃ 濃度への影響評価と領域境界条件の設定と, ②最新の UHI 推計モデルを組み込んだ領域化学輸送モデルによる O₃ 濃度と UHI の関係について検討した.

【成果の概要】

1. 全球大気質シミュレーション

後述の領域化学輸送モデルによる UHI と大気汚染に関する評価を実施するにあたり, モデルの初期境界条件を設定する必要がある. そこで全球化学輸送モデル GEOS-Chem を用いて現在と 2060 年将来の大気汚染シミュレーションを実施し, 領域化学輸送モデルの初期境界条件作成のための計算と結果の妥当性や速度論的な解析を行った. 手法等に関する詳細は, 現在論文投稿中のプレプリントから参照可能である (10.22541/essoar.175376684.46371482/v1). 気候変動シナリオとしては SSP1-1.9 と SSP2-4.5 を用い, 将来排出量は CMIP6 の試算値を用いた. 計算期間は 2016-2019 年(現在)と 2058-2061 年(将来)とした.

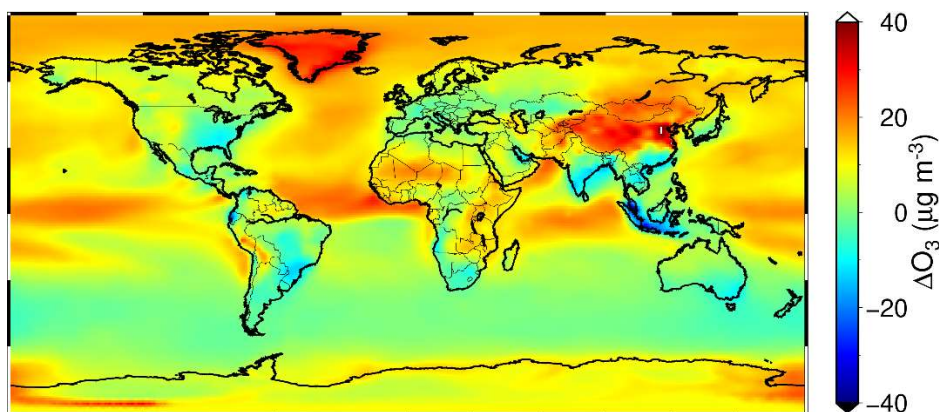


Figure 1: SSP1-1.9 シナリオのベースケースに対する O₃ 濃度の変化

現在と将来の O₃ 濃度変化の試算結果の例として, SSP1-1.9 シナリオにおける計算結果を Fig. 1 に示す. O₃ 濃度は全球で上昇することが示唆された. SSP1-1.9 は, 最も厳しい気候変動対策を導入した場合のシナリオであり, よって O₃ の前駆体である VOC や NO_x 等の人為起源排出量は削減される. 一方で気候変動に伴う生物起源の VOC や NO_x の排出量が増加することに加え, 粒子排

出の減少に起因する紫外線強度の増加により、光化学反応サイクルが促進されることで、全体として O_3 が増加する。 HO_x サイクルに対する各種化学・気象要因の感度解析を実施したところ、生物起源の O_3 の前駆体排出量の増加や紫外線強度の増加以外に、気温上昇に伴う光化学反応速度の増加が O_3 濃度の増加に大きく寄与することを示した。

2. ヒートアイランドによる大気汚染への影響の評価

UHI による大気汚染への影響を領域気象モデル WRF と化学輸送モデル GEOS-Chem の結合モデルである WRF-GC で実施した。 UHI の試算には、Takane *et al. Geosci. Medel Dev.* (2024) で開発されている SLUCM-BEM を WRF に組み込んだ。 この SLUCM-BEM は外気温により使用量が変化する空調機排熱の計算に特化しており、都市域で自動車と並び重要な排熱減である建物排熱をオンラインで算出するモデルである。 このモデルに別途、自動車排熱を固定値として入力することで、都市排熱を表現している。 解析対象期間は2019年7-9月、計算対象領域は東北・関東・中部・近畿を含む750 km 四方、グリッド解像度は5 km とし、解析対象は関東とした。 計算対象領域の初期・境界条件には GEOS-Chem の計算結果を用いた。

夏季における UHI の有無による O_3 濃度の変化(UHI 有りから UHI 無しの差し引き)を Fig. 2 に示す。 UHI により 2.0 ppb 以上 O_3 生成への寄与が生じることがわかった。 この結果は既往の観測研究とも一致する。 UHI を考慮することで物質の対流が促進され、 NO_x 濃度が減少したことで NO タイトレーション効果が緩和されたこと、気温変化に伴う O_3 生成サイクルの反応速度定数が増加したことが、 O_3 の増加の要因と考えられる。 気候変動に伴う空調機の使用量の増加は、UHI を増加させる。 本結果は UHI 増加に起因する大気汚染の悪化を示唆しており、気候変動の対応策と適応策の双方から検討していくことが重要である。

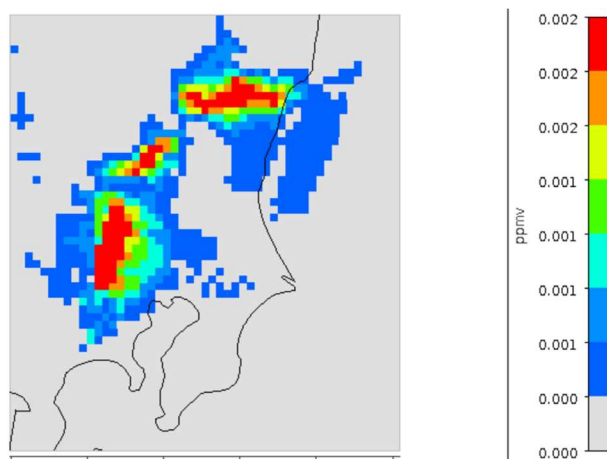


Figure 2: 人工排熱の有無による O_3 濃度変化

【謝辞】本研究の助成を頂いた一般財団法人環境対策推進財団に謝意を表します。 SLUCM-BEM の大気モデルへの適用にあたり、国立環境研究所の高根雄也博士にモデルの導入方法やプログラムの改良方法をご指導頂きました。 大気モデル計算値と観測値の比較や、気象場の再現性比較、UHI の有無による O_3 等の大気汚染物質濃度への影響の解析を東京大学4年生の竹内透斗さんにご協力頂きました。 これらの方々にも謝意を表します。