

課題番号：5-2105

体系的番号：JPMEEERF20215005

「対策によるオゾン濃度低減効果の裏付けと標準的な将来予測手法の開発」



課題代表者：茶谷 聡（国立環境研究所）

研究実施期間：令和3年度（2021年度）～令和5年度（2023年度）

研究体制

サブテーマ1：茶谷 聡（国立環境研究所）

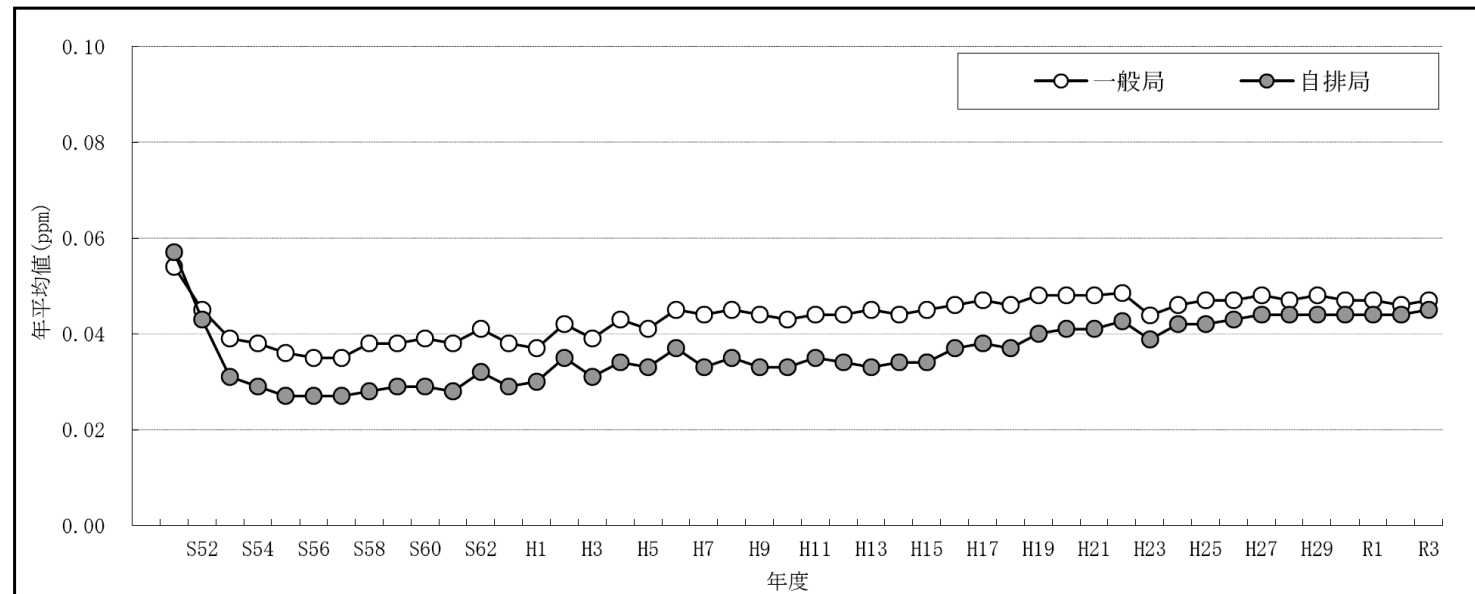
サブテーマ2：嶋寺 光（大阪大学）

サブテーマ3：入江 仁士（大阪大学）

サブテーマ4：板橋 秀一（電力中央研究所）

1. はじめに(研究背景等)

- 大気中の光化学オキシダント(主にオゾン)の濃度は、近年はほぼ横ばいで推移しており、環境基準の達成率は極めて低い水準にある
- オゾンの有効な濃度低減策を立案するためには、原因物質(NO_x とVOC)の排出量との複雑な関係を表現できる大気質シミュレーションが有用



光化学オキシダント（昼間の日最高1時間値）の年平均値の推移（環境省）

2. 研究開発目的

- 対策によるオゾン濃度の低減効果を大気質シミュレーションで評価するための標準的な手法を開発する
- 地上・衛星計測により現在まで蓄積されてきている実際の大気質の経年変化に基づき、評価手法の有効性を科学的に裏付ける

3. 研究目標及び研究計画

□ 全体目標

■ アウトプット

大気質シミュレーションを用い、対策等による原因物質の排出量の変化に伴う過去の実際のオゾン濃度の経年変化を表現できることが科学的に裏付けられた、対策効果の評価手法を開発する

■ アウトカム

今後の行政による対策立案における対策効果の標準的な評価手法として確立させ、対策によるオゾン濃度の確実な低減に貢献する

4. 研究開発内容

サブテーマ1

各種要因による排出量の変化を
整合的に反映させた長期排出
インベントリを新たに開発

↑ 要因の反映

データ
提供

サブテーマ2

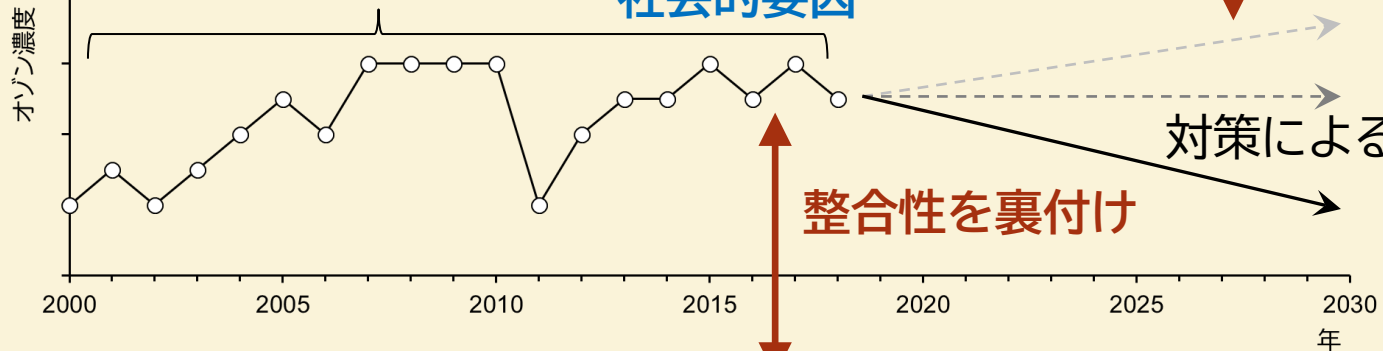
大気質シミュレーションに基づき、
オゾン濃度の経年変化の再現性と
各要因の影響を裏付けし、
対策効果の標準的な評価手法を確立

【濃度変化要因】

- ①VOC自主的取組
- ②自動車排ガス対策
- ③固定燃焼発生源対策

整合性を裏付け

- ④越境輸送
- ⑤気象条件
- ⑥COVID-19等の社会的要因

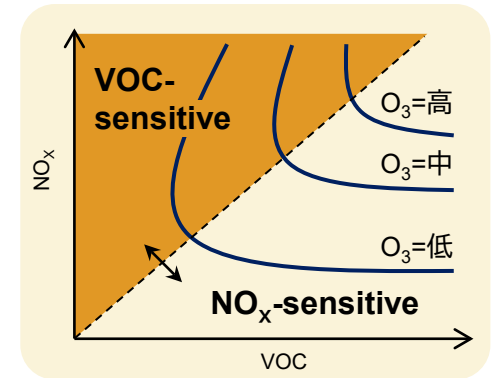


対策効果予測の
標準的な手法を
開発

整合性を裏付け

サブテーマ3・サブテーマ4

地上分光計測(3)と衛星計測(4)に基づき、NO_xとVOCに対する
オゾン生成の依存性(オゾン感度レジーム)を検証



オゾン感度レジーム

ホルムアルデヒド
(HCHO)とNO₂の比
(FNR=HCHO/NO₂)で判定

FNR < 1.0 : VOC-sensitive

FNR > 2.0 : NO_x-sensitive

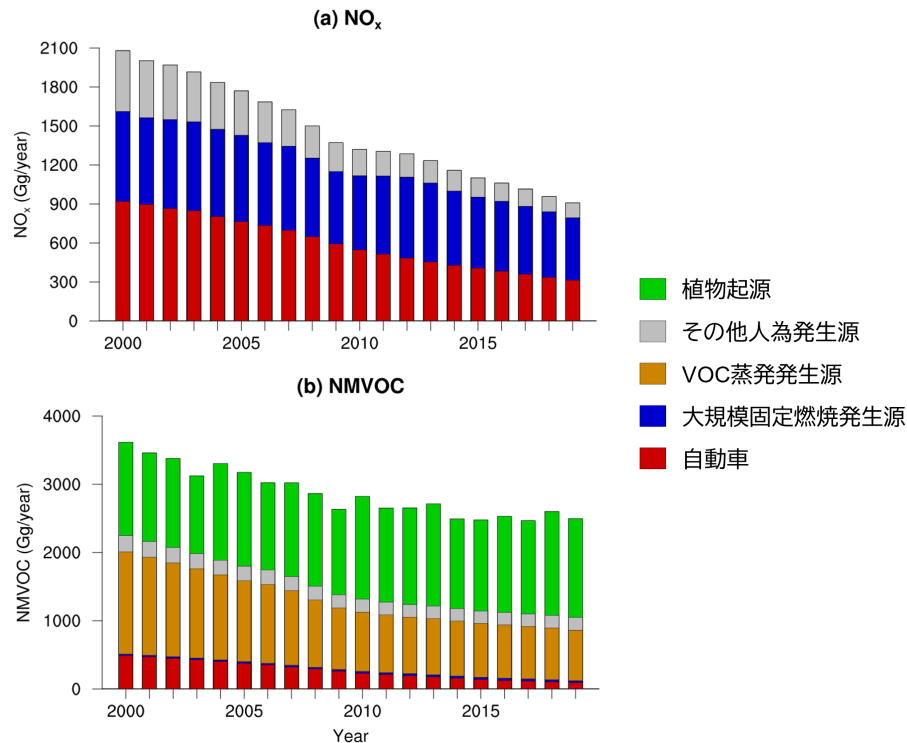
3. 研究目標及び研究計画

4. 研究開発内容

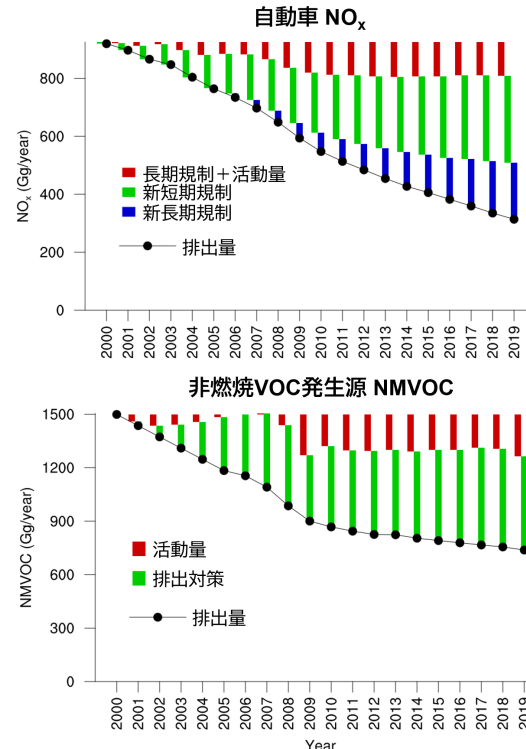
- サブテーマ1「対策効果を表現可能な長期排出インベントリの開発」
 - 過去の対策や社会要因等による原因物質排出量の経年変化を明示的かつ整合的に表現する長期排出インベントリを開発する
- サブテーマ2「長期大気質シミュレーションに基づく対策効果評価手法の確立」
 - 長期大気質シミュレーションを実行し、オゾン濃度の経年変化との整合性を裏付けることにより、標準的な対策評価手法として確立させる
 - これまでの対策によるオゾン濃度低減効果を定量化し、手法の有効性と対策のあり方を示す
- サブテーマ3「地上分光計測に基づいた排出対策効果の検証」
 - 地上分光計測に基づくHCHO、NO₂、オゾンの長期連続データセットを構築し、オゾン濃度低減に対するNO_xとVOCの排出削減の有効性を定量的に検証する
- サブテーマ4「衛星計測に基づいた排出対策効果の検証」
 - 衛星計測によるNO₂とHCHOの鉛直積算濃度から、オゾン感度レジームの時空間的な変動を解明することで、オゾン濃度低減に対するNO_xとVOCの排出削減の有効性を定量的に検証する

5. 結果及び考察(サブテーマ1)

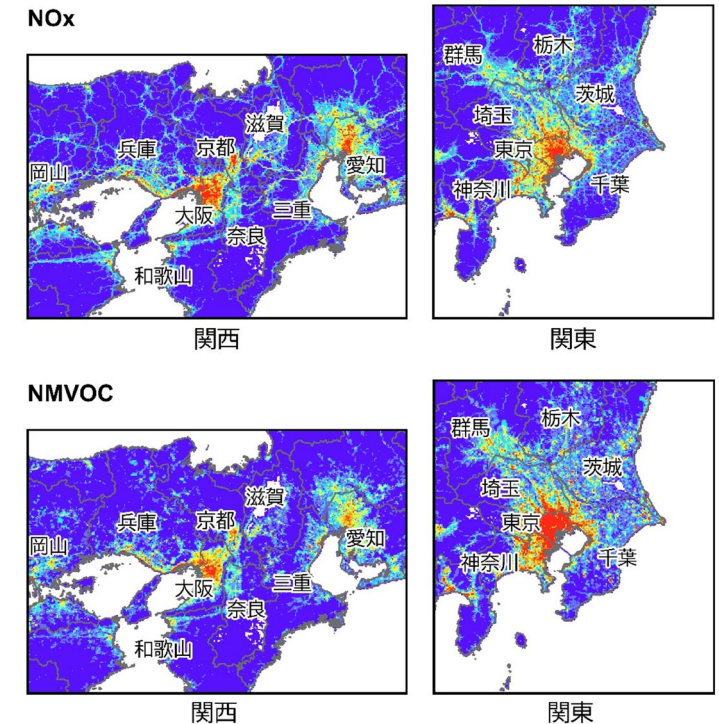
- 国内外的全発生源を対象に、過去の対策などによる2000年以降の経年変化を明示的かつ整合的に表現する高解像度の排出インベントリを新たに構築
- 大気質シミュレーションの入力データに変換しサブテーマ2に提供



2000年以降の日本国内の
排出量の経年変化



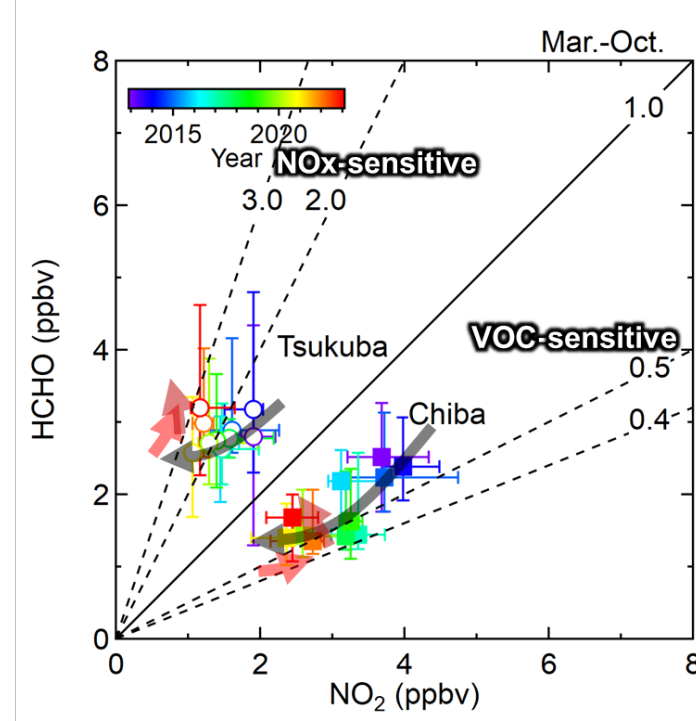
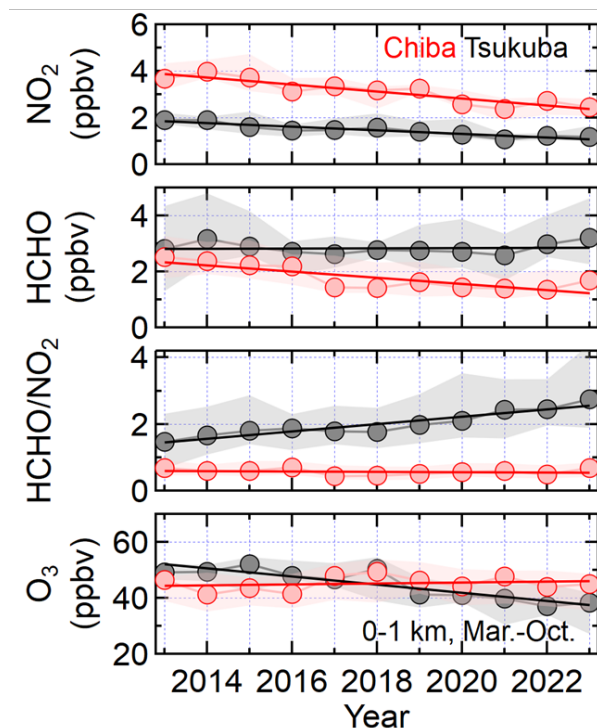
2000年以降の排出量の
経年変化要因



排出量の空間分布

5. 結果及び考察(サブテーマ3)

- 2013年から都市域(千葉)と郊外(つくば)において実施している地上分光計測を継続し、11年間にもおよぶ長期連続データセットを確立
- オゾン感度レジームの経年的・空間的な傾向を直接明確化



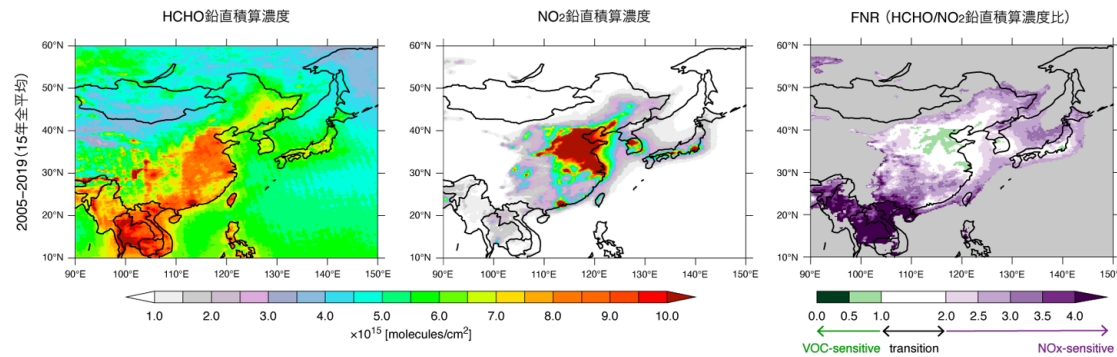
オゾン感度レジームの傾向

- 都市域ではVOC-sensitive
- 郊外では NO_x -sensitive
- FNRの違いが既往研究と整合
- 経年的にVOC-sensitiveから NO_x -sensitiveに遷移

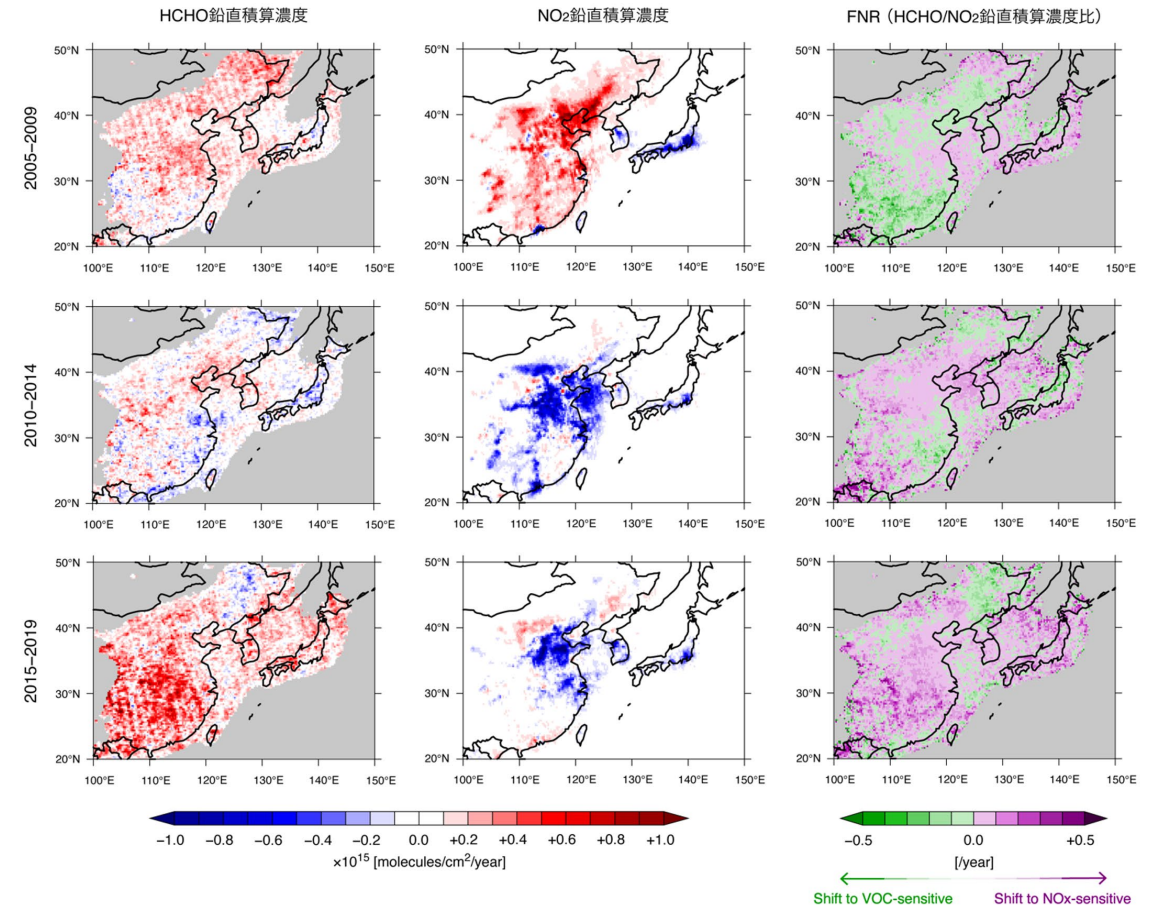
地上分光計測で得られた濃度の経年変化と相関

5. 結果及び考察(サブテーマ4)

- 衛星計測データから得られたオゾン感度レジームはサブテーマ3とも整合
- 人為起源だけではなく植物起源の排出量の影響により、オゾン感度レジームが東アジアスケールで NO_x -sensitive に遷移する傾向
- 地上濃度と積算濃度の関係を明確化



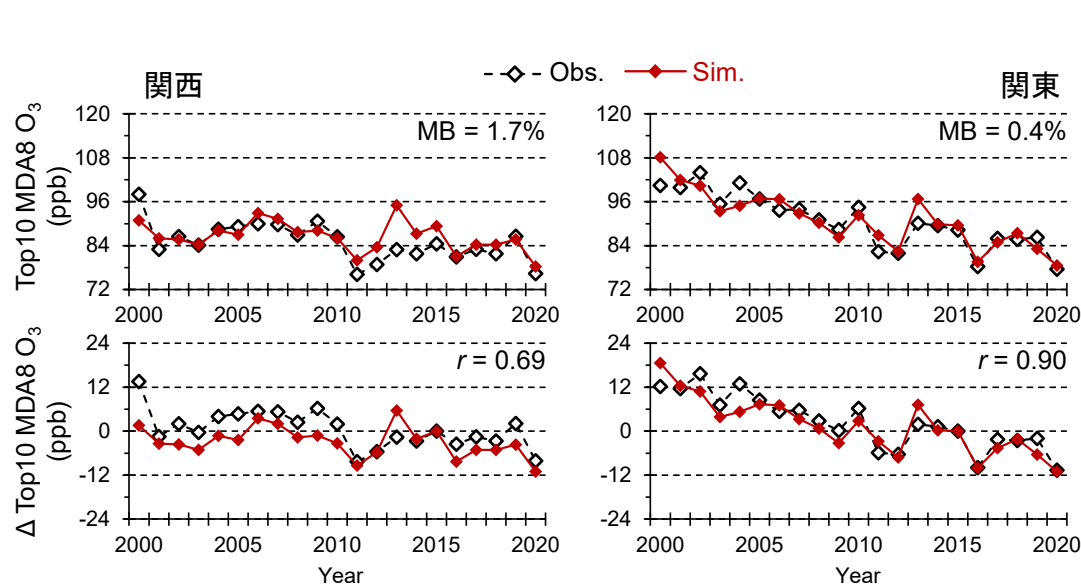
HCHO、 NO_2 積算濃度とFNRの空間分布



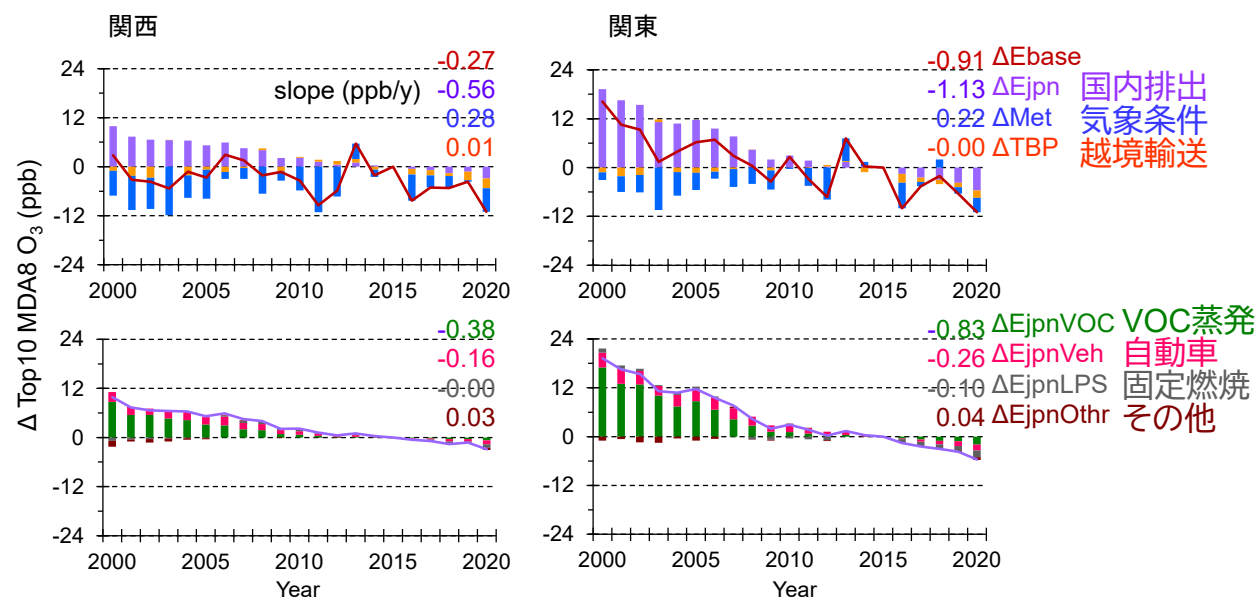
5年毎のHCHO、 NO_2 、FNR経年変化の空間分布

5. 結果及び考察(サブテーマ2)

- 2000年以降を対象とする長期大気質シミュレーションにより、オゾン濃度(特に高濃度＝年間上位10日平均)の経年変化を良好に再現
- 計算されたオゾン感度レジームの傾向はサブテーマ3、4と整合
- オゾン濃度の経年変化に対する諸要因の寄与を明確化



年間上位10日平均オゾン濃度と
全期間平均に対する偏差の経年変化



年間上位10日平均オゾン濃度(対2015年偏差)
に対する各要因の寄与

5. 結果及び考察(全体)

- 対策効果の標準的な評価手法 ←過去の濃度変化を再現できることを実証
 - 年間上位10日平均のオゾン濃度計算値の変化分で対策効果を評価
 - 留意点
 - 気象条件の年々変動の影響が大きく、代表性の確認が必要
 - 越境輸送の影響が大きい日を除くし、国内対策の効果を適切に評価
- 今後の対策のあり方
 - これまでの対策により、高濃度のオゾンは効果的に低減
 - VOC-sensitiveからNO_x-sensitiveに遷移する傾向
 - NOタイトレーションの抑制によるオゾン平均濃度の上昇は不可避

6(1). 目標の達成状況

□ 全体目標

■ アウトプット

大気質シミュレーションを用い、対策等による原因物質の排出量の変化に伴う過去の実際のオゾン濃度の経年変化を表現できることが科学的に裏付けられた、対策効果の評価手法を開発する

■ アウトカム

今後の行政による対策立案における対策効果の標準的な評価手法として確立させ、対策によるオゾン濃度の確実な低減に貢献する



- 高濃度オゾンに着目した評価手法を確立し、過去の対策などによる排出量の変化に伴うオゾン濃度の経年変化を表現できることを実証
- COVID-19の影響による特異的な変化についても有効性を実証 など

「目標を上回る成果をあげた」と評価

6(1). 目標の達成状況

- サブテーマ1：目標を上回る成果をあげた
 - COVID-19の影響による特異的な排出量の変化を表現
 - 日本を代表する排出インベントリとして、国際共同研究プロジェクトにおける組み込み
- サブテーマ2：目標を上回る成果をあげた
 - 過去の大気汚染物質濃度の変化を評価できる貴重なデータとしての長期大気質シミュレーション計算結果の活用
- サブテーマ3：目標を上回る成果をあげた
 - 目標期間と地点を超える長期連続データセットの確立
 - 計測濃度の特異的な変化からCOVID-19や地球沸騰化の影響を明確化
- サブテーマ4：目標を上回る成果をあげた
 - 地表面近傍と鉛直積算濃度を対応づける比は時空間的に一様であることを明確化
 - COVID-19の影響による排出量の変化に加えて気象条件や時間スケールによる影響を明確化

6(2). 環境政策等への貢献

- 行政等に既に貢献した成果
 - 環境省の検討会や政策対話における成果の展開
- 行政等に貢献することが見込まれる成果
 - 本研究で確立した対策の標準的な評価手法の活用
 - 過去の対策による高濃度オゾンの低減効果の裏付け
 - 対策による排出削減を評価するための長期排出インベントリの構築
 - 対策効果を評価するためのオゾン感度レジームの活用
 - 全入出力データの公開によるシミュレーションの活用支援
 - IPCCによる短寿命気候強制因子(SLCF)排出インベントリ構築への貢献

7. 研究成果の発表状況

成果の種別	件数
査読付き論文	19
査読付き論文に準ずる成果発表(人文・社会科学分野)	0
その他誌上発表(査読なし)	4
口頭発表(国際学会等・査読付き)	17
口頭発表(学会等・査読なし)	61
知的財産権	0
「国民との科学・技術対話」の実施	8
マスコミ等への公表・報道等	4
研究成果による受賞	3
その他の成果発表	1

7. 研究成果の発表状況

□ 主な査読付き論文

- 北山響, 茶谷聡 (2023). 自動車排出ガス規制による大気汚染物質の排出量削減効果の評価. 土木学会論文集, 79 (5), 22-00216.
- Chatani, S., Kitayama, K., Itahashi, S., Irie, H., Shimadera, H. (2023). Effectiveness of Emission Controls Implemented Since 2000 on Ambient Ozone Concentrations in Multiple Timescales in Japan: An Emission Inventory Development and Simulation Study. Science of the Total Environment, 894, 165058.
- Crippa, M., Chatani, S., et al. (2023). The HTAP_v3 Emission Mosaic: Merging Regional and Global Monthly Emissions (2000-2018) to Support Air Quality Modelling and Policies. Earth System Science Data, 15 (6), 2667-2694.
- 北山響, 茶谷聡 (2023). 排出量の時間変動・月変動・COVID-19パンデミック時の変動を評価するための活動量の周期変動解析. 大気環境学会誌, 58 (6), 87-98.
- Li, M., Chatani, S., et al. (2024). MIXv2: A Long-Term Mosaic Emission Inventory for Asia (2010–2017). Atmospheric Chemistry and Physics, 24, 3925-3952.

7. 研究成果の発表状況

□ 主な査読付き論文

- Irie, H., S. Itahashi, et al., Continuous multi-component MAX-DOAS observations for the planetary boundary layer ozone variation analysis at Chiba and Tsukuba, Japan from 2013 to 2019, Progress in Earth and Planetary Science, 8, 31, 2021.
- Damiani, A., H. Irie, et al., Peculiar COVID-19 effects in the Greater Tokyo Area revealed by spatiotemporal variabilities of tropospheric gases and light-absorbing aerosols, Atmos. Chem. Phys., 22, 12705-12726, 2022.
- Damiani A., H. Irie, et al., Air quality and urban climate improvements in the world's most populated region during the COVID-19 pandemic, Environmental Research Letters, 19, 3, 2024.
- Itahashi, S., Irie, H. (2022). Surface and Aloft NO₂ Pollution over the Greater Tokyo Area Observed by Ground-Based and MAX-DOAS Measurements Bridged by Kilometer-Scale Regional Air Quality Modeling. Progress in Earth and Planetary Science (PEPS), 9, 15.
- Itahashi, S., Irie, H., Shimadera, H., Chatani, S. (2022). Fifteen-Year Trends (2005-2019) in the Satellite-Derived Ozone-Sensitive Regime in East Asia: A Gradual Shift from VOC-Sensitive to NOx-Sensitive. Remote Sensing, 14, 4512.

7. 研究成果の発表状況

- 領域化学輸送モデルCMAQの普及を行っているCommunity Modeling and Analysis System (CMAS) Centerと共催で国際会議を開催
- アジア内外から121名が参加し、成果の発信と有益な研究交流の機会を提供

