

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 9 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03616

研究課題名（和文）光化学オキシダント感度レジーム指標に対する大気質モデルの妥当性評価

研究課題名（英文）Validation of air quality model to indicator ratios for ozone formation regimes

研究代表者

速水 洋（Hayami, Hiroshi）

早稲田大学・理工学術院・教授（任期付）

研究者番号：70371359

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：環境基準達成率がきわめて低い光化学オキシダントの対策において、原因物質の排出量削減と大気濃度は数値モデルで関係づけられる。このとき、モデルはオゾン濃度とともに感度（原因物質排出量に対するオゾン濃度の変化）について妥当であることが求められる。本研究では、この感度を表す指標を構成する成分を夏の関東地方の2地点において実測した。その結果、各種指標はオゾン濃度が約80 ppbを超える有効となり、新宿は揮発性有機化合物が、加須は窒素酸化物がオゾン生成に強く影響することがわかった。また、どちらが強く影響したかは、過酸化水素と硝酸の濃度比により見分けられることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光化学オキシダントの環境基準達成率はほぼゼロであり、高濃度対策は喫緊の課題とされている。しかしながら、対策の検討に必要な数値モデルは実際の濃度を十分な精度で再現できないのが現状である。対策の方向性を示すには、原因物質である不揮発性有機化合物と窒素酸化物の排出量をどのように削減していくかが重要である。そのため数値モデルは原因物質排出量の削減による大気中オゾン濃度の変化率（＝感度）を間違えてはならない。本研究は、そのための検証データを提供するとともに、感度を表す指標に対するモデルの妥当性を評価したものであり、光化学オキシダント対策の検討において重要な知見を提供した。

研究成果の概要（英文）：Numerical models are used to relate atmospheric concentrations of photochemical ozone with emission reductions of its precursors in consideration of mitigation of photochemical ozone, of which attainment ratios are quite low. Here, the models are required to have sufficient adequacy in prediction of response (of the ozone concentration perturbed by the precursor emissions) in addition to atmospheric concentrations. This study conducted campaigns to measure concentrations of indicator species for the responses at two sites in summertime Kanto. As results, previously suggested indicators worked well under higher ozone concentrations over 80 ppb, and Shinjuku and Kazo are more influenced by emissions of VOCs and NOx, respectively. It was also found that the regimes were associated with ratios of hydrogen peroxides to nitric acid.

研究分野：大気環境科学

キーワード：光化学オキシダント 感度レジーム 過酸化物 総反応生窒素酸化物 関東地域 数値シミュレーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地表付近の大気中オゾン(O₃)はその強い酸化力により、人体や植物に影響を及ぼすおそれがある。そのためわが国では環境基準を定め、光化学オキシダント(Ox)の濃度を監視している。ここで、現在は測定器のほとんどが紫外吸光法によるO₃計であることから、OxはすなわちO₃であるが、以降基本的に「Ox」を使用するものとする。現時点で環境省から公表されている最新の常時監視測定結果 (http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h30/index.html) によると、2018年度のOxの環境基準達成率は一般環境大気測定局で0.1%、自動車排出ガス測定局で0%であり、依然としてきわめて低い状態が続いている。これまでもOxの原因物質である窒素酸化物(NOx)と揮発性有機化合物(VOC)の排出対策が進められ、その効果はある程度認められている(星・石井, 2013)。にもかかわらず依然として上述のような状況にあることから、光化学オキシダント調査検討会(2017)は現状を分析し、数値モデルによるシミュレーション計算によりNOxとVOCの排出量削減によるOx濃度の変化(感度)を推計した。ここでいう感度とは、モデルで計算されたある基準年のOx濃度に対する、モデルで計算された排出削減後のOx濃度の比であり、レスポンスファクター(RF)と記されている。

$$RF = (\text{排出削減後のモデル計算値}) / (\text{基準年のモデル計算値})$$

そして、このRFを実測濃度に掛けることで、排出削減後の濃度を予測している。

$$\text{排出削減後の環境濃度} = RF \times \text{基準年の実測濃度}$$

この方法で重要なのは、モデルによる濃度と感度の妥当性である。OxやNOxの濃度に対するモデルの妥当性検証は一般に行われるが、感度について検証されることはまずない。そのため光化学オキシダント調査検討会(2017)はモデルに関する課題として、濃度の再現性向上とともに、感度の妥当性の検証を挙げている。

図1は、原因物質排出量とOx最高濃度の関係を表す概念図である。現状が の場合、VOC排出量を削減するとOx濃度は低下するが(), NOx排出量を削減してもOx濃度はほとんど変化しないか増加してしまう()。また、現状が の場合はNOx排出量を削減するとOx濃度が低下するが(), VOC排出量を削減してもOx濃度はほとんど変化しない()。の感度を示す状態(いわゆるレジーム)をVOC律速(VOC-limited/sensitive)といい、の感度を示す状態をNOx律速(NOx-limited/sensitive)という。つまり排出削減によるOx濃度の感度は、現状が図1のどこに位置するかにより変わってくる。Ox感度の妥当性検証は、Ox感度のレジームを正しく判定して初めて可能となる。

Ox感度レジームを判定する指標として、O₃生成に係わる様々な物質の濃度比が提案されている(Sillman and He, 2002など)。具体的には、非メタン炭化水素類/NOx濃度比、O₃/NOy濃度比、過酸化水素/硝酸濃度比などである。ここで、NOyは総反応性窒素酸化物であり、NOxとNOz(NOx酸化物;硝酸, 亜硝酸, パーオキシアセチルナイトレートなど)の総称である。この指標に関する研究は国内でもいくつか取り組まれており、常時監視データの解析(神成,

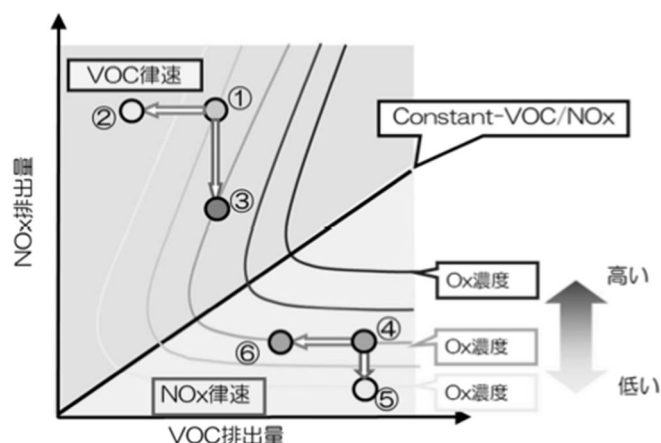


図1 Ox感度レジームの概念図

光化学オキシダント調査検討会(2017)より

2006) や数値モデルによる推計 (Kiryama et al., 2015) などがある。井上ら (2010) は、Ox 対策で重要なのはその場の「瞬間感度 (instantaneous sensitivity)」よりも気塊の履歴を含む「累積感度 (accumulative sensitivity)」であるとし、関東地域の Ox 濃度レベルに適した累積感度レジームの指標として過酸化物質 / 総硝酸濃度比とオゾン / 総硝酸濃度比が有効とした。そしてこのうちオゾン / 総硝酸濃度比を夏の関東地域で測定し、数値シミュレーション結果は観測によるレジーム判定にほぼ整合すると報告した。この井上ら (2010) はおそらく国内で唯一、指標を実測してモデルと比較した研究であるが、その比較は定性的に留まっている。

2. 研究の目的

以上の議論を踏まえ、未だ解決しない Ox 問題の対策検討に資するため、Ox 感度レジームの指標に対するモデルの妥当性検証を主目的に据えた研究をここに提案する。

Ox 感度レジームの研究は国内外で行われているが、それらは Ox 感度レジームそのものを観測もしくはモデルから判定しようとするものである。これはたいへん重要なテーマであるが、排出削減後の Ox 濃度を予測するには、モデルと観測で判定された Ox 感度レジームが一致することが大前提である。これを、おそらくわが国で唯一試みたのが井上ら (2010) である。その井上ら (2010) でも観測は 1 回 2 時間 × 1 日 2 回 × 3 日間、指標はオゾン / 総硝酸濃度比のみであり、評価も定性的であった。Ox 感度レジームの指標について観測とモデルを定量的に比較しようとする研究は、これまで行われていなかった。

本研究では、Ox 感度レジームの指標を網羅的に実測する。具体的には、O₃/NO_y, O₃/NO_z, O₃/HNO₃, H₂O₂/HNO₃, 過酸化物質/HNO₃, H₂O₂/NO_z, 過酸化物質/NO_z, H₂O₂/NO_y, 過酸化物質/NO_y, ホルムアルデヒド/NO₂ などである。そして、気象と大気質の数値モデルにより再現計算を行い、観測で得られた各種指標に対するモデルの整合性を明らかにする。この比較検証を行うことで、Ox 感度レジームに対するモデルの誤差が初めて示される。これにより予測の誤差を示しつつ、Ox 対策を検討できるようになる。

指標成分の濃度測定は既往法を活用する。過酸化物質とホルムアルデヒド、総硝酸、VOC は、それぞれ確立された手法 (ミストチャンバー法、フィルタパック法、固体吸着法) により採取し、分析する。総硝酸については、粗大粒子 (ここでは微小粒子状物質 PM_{2.5} より大きな粒子とする) を分粒捕集した後段でガスと微小粒子 (PM_{2.5} 相当) を捕集する。一般に硝酸の移動速度はガス・微小粒子間で速く、生成した後の硝酸はガスまたは微小粒子として存在すると考えられる。また、ガス、微小粒子、粗大粒子とでは地表面への沈着速度が大きく異なる。そのため、Ox 高濃度地点に到達するまでに沈着により除去された硝酸の量を評価するには、硝酸の濃度を形態別に把握する必要がある。これらの理由により、総硝酸はガス、微小粒子、粗大粒子の三態に分別捕集する。NO_x と NO_y については、研究分担者 (和田) が実証試験中の LED を用いた新たな測定法を本格的な観測に初めて採用する。従来は NO₂ と NO_y を別々に測定する必要があったが、この測定法により 1 台の NO_x 計で NO, NO₂, NO_y の連続自動計測が可能になる。

上述の測定手法は、PM_{2.5} や酸性物質の実態把握など、本研究とは異なる目的の下で実用されたものである。そのため本研究のために高価な高精度装置を新たに導入・開発する必要がない。また、いずれの手法も簡便かつ低廉なため、多点同時観測が可能となる。気塊は移動距離 (時間) とともに NO_x 律速側にレジームが移行するので、観測地点を気塊の移動方向に配置すれば、Ox 感度レジームの変化をラグランジェ的に捕らえられることが期待される。

3. 研究の方法

本研究では、Ox 感度レジームの指標を実際に測定し、その再現計算を通じて Ox 感度レジームの指標に対するモデルの妥当性を評価するものである。

近年、注意報レベル (120 ppb 以上) の高濃度は関東地域に多く出現している。そのため観測地点は、VOC 律速が予想される都心 (新宿) と、注意報レベルの高濃度の出現頻度の高い郊外 (加須) の 2 地点とする。関東地域における注意報レベルの高濃度は夏季に集中していることから、観測時期は夏季とする。具体的な日程は、既往研究を参考に関東地域で Ox が高濃度になる気象パターンが予想される期間とする。測定項目と方法は表 1 にまとめた。他に気象要素を測定し、常時監視局やアメダス局のデータも収集して解析に活用する。

表 1 測定項目と方法

測定項目	方法
O ₃	紫外吸光法 (日本サーモ Model 49i / ダイレック 1100)
NO _x , NO _y , NO _z	化学発光法 (日本サーモ Model 42C-TL を改造)
HNO ₃ , 総硝酸	フィルタパック捕集 + イオンクロマト分析
H ₂ O ₂ , 過酸化物質	ミストチャンバー捕集 + 高速液体クロマト分析
ホルムアルデヒド	DNPH カートリッジ捕集 + 高速液体クロマト分析
VOC	固体吸着捕集 + ガスクロマトグラフィー質量分析

4. 研究成果

(1) レジーム指標成分の観測結果

レジーム指標を測定するための夏季特別観測を 2022 年 7 月 21 日～26 日と 2023 年 7 月 19 日～27 日に実施した。場所はいずれも東京都新宿区（早稲田大学西早稲田キャンパス）と埼玉県加須市（埼玉県環境科学国際センター）である。測定項目はオゾン（日本サーモ 49i）、NO/NO₂/NO_y/NO_z（日本サーモ 42iTL を改造；和田ら，2018）、過酸化水素（ミストチャンバー法捕集 + HPLC 分析）；渡辺ら，2018）、HCHO/CH₃CHO（DNPH 捕集 + HPLC 分析）、VOC（固体吸着捕集 + 加熱脱着 GC 分析）である。オゾンと NO_y 等は連続運転で 1 時間値を取得したが、過酸化水素、アルデヒド類、VOC は日中 4 回程度（9、12、15、17 時）、各 30 分間程度捕集した。

2022 年観測期間中の新宿におけるオゾン最高濃度は 7 月 23 日の 136 ppb であったが、レジーム指標を構成する過酸化水素やアルデヒド類の測定値が得られなかった。この日以外のオゾン濃度は 80 ppb に満たず、光化学生成が活発とはいえなかった。加須でも 7 月 21 日に 94 ppb、25 日に 91 ppb を記録したが、それ以外の日には 80 ppb に達しなかった。

一方の 2023 年は 7 月 25～27 日に関東各地に光化学スモッグ注意報が発令され、各日の最高濃度は 25 日 161 ppb（武蔵野市関前局）、26 日 167 ppb（同）、27 日 143 ppb（久喜市久喜局）に達した。この三日間のオゾン濃度分布の経時変化を見ると（図示なし）、25 日と 26 日はともに 13 時台に千葉県東京湾奥部や北多摩で高く、15 時台には埼玉県南部に移動し、17 時台にはさらに北上している。27 日は 13 時台から埼玉県南部で高く、15 時台に同北部から群馬県・栃木県の南部に移動している。オゾンの高濃度域が関東平野を北上する現象は古くから知られており、25～27 日はその典型的なパターンといえる。この三日間の測定結果を図 2 に示す。加須でのオゾン濃度は新宿より 1～2 時間遅れてピークを迎え、鋭く高い。これは、汚染気塊の北上と熟成（エージング）を示唆する。日没後のオゾン濃度は加須より新宿で下がり方が鈍く、夜間の濃度は新宿のほうが高い。

新宿における NO_y の日中の濃度ピークはオゾンより早い。加須ではオゾンとほぼ同時である。加須の NO_y は日中より夜間の方が高く、夜間はほぼ NO_x により占められる。NO_z は両地点ともオゾンと濃度の挙動が一致する。過酸化水素濃度はオゾンよりやや遅れて濃度が上昇し、全般的に加須のほうが新宿よりやや高い。ホルムアルデヒド濃度もオゾンよりやや遅れて濃度上昇するが、量地点の濃度レベルは同程度である。

(2) 各種レジーム指標の妥当性

ここでは、Sillman and He (2002；以下、S&H) が数値シミュレーションを実施して検討された各種レジーム指標と、2023 年の観測結果を比較する（図 3）。O₃/NO_y は、オゾンが約 80 ppb を超えるとレジームごとに一定の範囲を取る傾向にあり、新宿は VOC 律速領域、加須は NO_x 律速領域にあることがわかる。O₃/NO_z もオゾンが約 80 ppb を超えると一定の範囲に収まる。新宿のレジームは VOC 律速から NO タイトレーションの領域にあり、加須は NO_x 律速領域にある。

FNR (= HCHO/NO₂) は人工衛星観測でも得られるレジーム指標であり、ゆえに広域的な評価にも用いられる（たとえば、井上ら，2010）。観測結果から FNR を求めると、オゾンが約 80 ppb 以上の範囲で新宿は 1 以下となって VOC 律速領域に、加須はほぼ 2 以上で NO_x 律速領域に相当した（図 5）。また、NO_z/NO_y 比はオゾン濃度と挙動がきわめてよく一致した（図 6）。

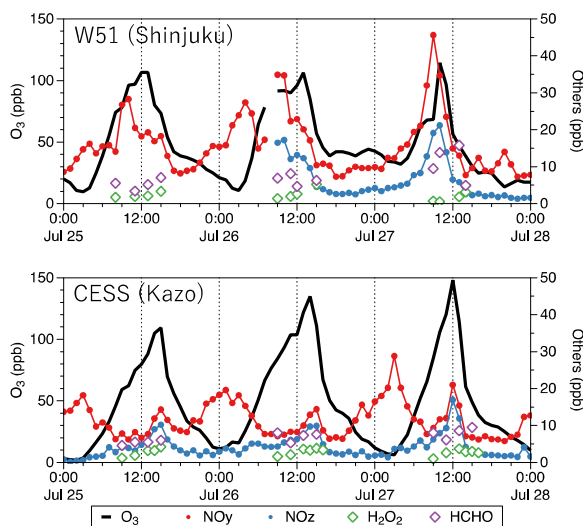


図 3 2023 年 7 月 25～27 日のオゾンおよび
レジーム指標成分の濃度の推移
(上：新宿，下：加須)

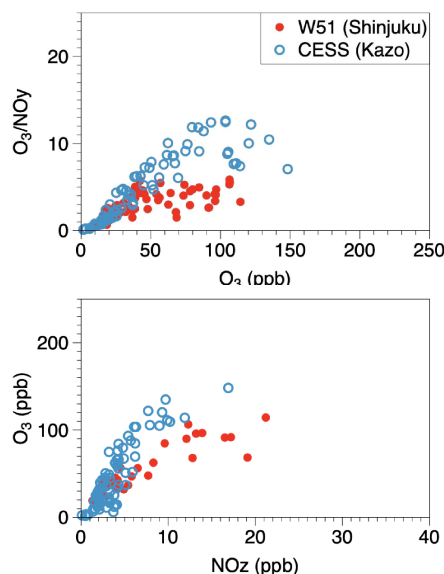


図 4 S&H に重ね合わせた観測による
レジーム指標

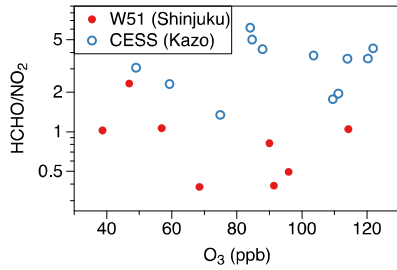


図5 FNR (= HCHO/NO₂) とオゾン濃度の関係
 FNR > 2 : NOx 律速
 FNR < 1 : VOC 律速

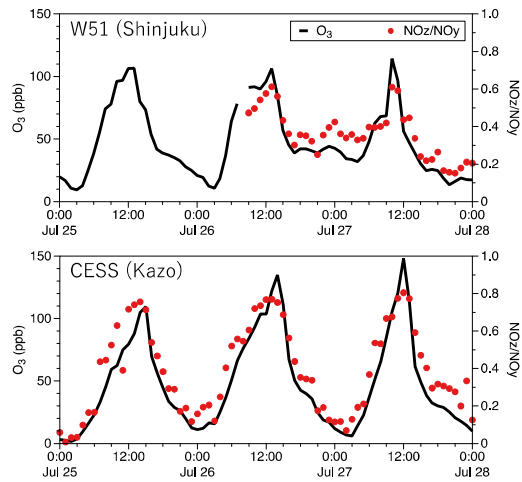


図6 NOz/NOy とオゾン濃度の経時変化

(3) オゾン生成と感度レジーム指標の関係

1に述べたように、光化学オキシダント対策の検討で知りたいのは累積感度である(井上ら, 2010)。しかし、目の前にあるオゾンがどこで、どちらのレジームで生成されてきたものを観測から見分けることはできず、数値モデルで推測するしかない。大気質モデル CAMx (Comprehensive Air Quality Model with Extensions) は米国 RAMBOLL 社が開発・公開する。これに付随する解析機能のひとつである OSAT (Ozone Source Apportionment Technology) は、NOx 律速下と VOC 律速下で生成したオゾン(以下、O3N と O3V)を追跡・積算することで、オゾンに対する NOx と VOC の発生源寄与を推定する。OSAT では、過酸化水素と硝酸の生成速度比が 0.35 未満で生成したオゾンを O3N, 0.35 以上で生成したオゾンを O3V に振り分けている。この O3N および O3V とレジーム指標との間に何らかの関係が見出せれば、観測されたレジーム指標からオゾンの累積感度を推測できる可能性がある。そこで、観測結果を対象に CAMx/OSAT による再現計算を行った。計算領域の設定や入力データは、国内比較計算プロジェクト J-STREAM (Chatani et al., 2018) に準じた。CAMx はバージョン 7.1 で、反応スキームは CB6 とした。気象データは、数値気象モデル WRF v4.3 により作成した。

図7に、CAMx で得られたオゾン濃度、O3N/O3V 比、H₂O₂/HNO₃ 比の分布を示す。オゾン濃度は埼玉県北東部から茨城県南西部で高く、その領域は O3N/O3V 比が 1 以下、すなわち VOC 律速下で生成したオゾンが NOx 律速下で生成したオゾンより多かった。その領域の H₂O₂/HNO₃ 比は 0.1 前後であった。すなわち、この比を測定することで、高濃度域におけるオゾンが VOC 律速と NOx 律速のどちらで生成したかを推測できる。

参考文献

Chatani et al. (2018) Atmosphere 9, 19.
 井上ら (2010) 大気環境学会誌 45, 195-204.
 神成 (2006) 大気環境学会誌 41, 220-233.
 Kiriya et al. (2015) J. Jpn. Soc. Atmos. Environ., 55, 8-15.
 Sillman and He (2002) JGR, doi:10.1029/2001JD001123
 渡辺ら (2018) 雪氷 80, 531-539.
 和田ら (2018) 分析化学 67, 333-340.

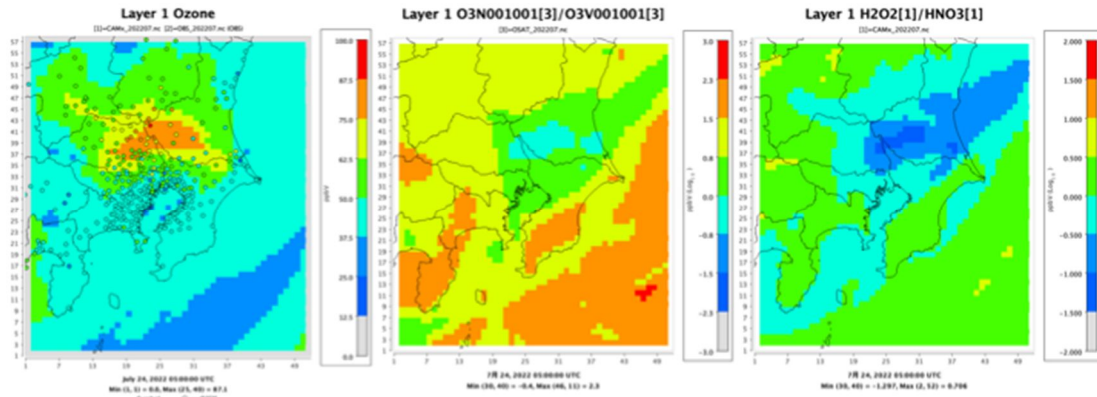


図7 CAMx/OSAT で計算したオゾン濃度(左)、O3N/O3V 比(中)、H₂O₂/HNO₃ 比(右)の分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Watanabe Koichi, Ji Jiujiu, Harada Hideyuki, Sunada Yutaro, Honoki Hideharu	4. 巻 233
2. 論文標題 Recent Characteristics of Fog Water Chemistry at Mt. Tateyama, Central Japan: Recovery from High Sulfate and Acidity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Water, Air, and Soil Pollution	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11270-022-05778-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Koichi, Satoh Hirohito, Maki Teruya	4. 巻 18
2. 論文標題 Continuous Measurements of Microbial Particles in Central Japan Using a Real Time Viable Particle Counter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 104~109
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2022-017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡辺幸一, 長村遥, 千村勘二, 茶谷通世, 三辻奈波, 牧ちさと, 中西彩水
2. 発表標題 北陸地方における上空大気中の過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定 ()
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一, 増田竜之, 森藤孝太郎, 中西彩水, 牧ちさと, 三辻奈波, 茶谷通世
2. 発表標題 融雪期の山岳域における積雪中の化学成分の特徴
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一, 長村遥, 茶谷通世, 三辻奈波, 牧ちさと, 中西彩水, 千村勘二
2. 発表標題 富山県上空における過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定,
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一, 中西彩水, 牧ちさと, 三辻奈波, 茶谷通世, 増田竜之, 森藤孝太郎
2. 発表標題 山岳域における霧水および積雪中の化学成分の特徴
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一
2. 発表標題 ヘリコプターを利用した上空大気観測ー過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定を中心にー
3. 学会等名 第11回航空機観測セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一
2. 発表標題 回転翼航空機を利用した上空の大気化学観測
3. 学会等名 2022年度「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺幸一, 牧輝弥, 保坂健太郎, 北和之
2. 発表標題 リアルタイム浮遊菌カウンタによる微生物粒子の計測 -一般大気中および林内における観測-
3. 学会等名 第14回大気バイオエアロゾルシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺幸一
2. 発表標題 立山における霧水、降水、積雪中の化学成分に関する調査報告
3. 学会等名 中部山岳国立公園における生物多様性保全に向けた気候変動等への適応に関するコンソーシアム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺幸一
2. 発表標題 ヘリコプターを利用した上空大気観測-光化学オキシダント関連物質の測定-
3. 学会等名 第12回無人航空機の活用による極地観測の展開
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤颯人, 和田龍一, 定永靖宗, 加藤俊吾, 大河内博, 森樹大, 三浦和彦, 小林拓, 鴨川仁, 皆巳幸也, 松見豊, 梶野瑞王, 松本淳, 米村正一郎, 速水洋, 畠山史郎
2. 発表標題 富士山頂および富士山5合目太郎坊におけるNO、NO2、NOy濃度の同時計測
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤颯人, 和田龍一, 定永靖宗, 加藤俊吾, 大河内博, 三浦和彦, 小林拓, 皆巳幸也, 鴨川仁, 松本淳, 米村正一郎, 松見豊, 梶野瑞王, 速水洋, 畠山史郎
2. 発表標題 富士山太郎坊における越境汚染の通年観測手法の開発検討
3. 学会等名 第16回富士山成果報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋立, 大河内博, 土屋裕, 速水洋, 宮崎あかね
2. 発表標題 首都圏小規模森林域における大気中揮発性有機化合物がPM2.5濃度に及ぼす影響(2)
3. 学会等名 第30回環境化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 速水洋, 大河内博, 和田龍一, 渡辺幸一, 米持真一
2. 発表標題 関東地域におけるオゾン生成と感度レジーム指標の関係
3. 学会等名 第63回大気環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Watanabe K, Yang L., Nakamura S., Otani T., Mori K.
2. 発表標題 Measurements of hydrogen peroxide and formaldehyde concentrations over Toyama Prefecture in central Japan
3. 学会等名 16th IGAC Conference
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 中村賢, 大谷拓也, 森絢三朗, 荒木幸洋, 加藤咲
2. 発表標題 2020年夏季の西之島噴火活動による北陸地方の大気環境への影響：上空のエアロゾル粒子および微量気体成分の計測
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 姫玖玖, 中村賢, 大谷拓也, 森絢三朗
2. 発表標題 寒候期の富山県上空における過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定
3. 学会等名 2021年度北信越支部総会および研究発表会・製品発表検討会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 牧輝弥, 保坂健太郎, 北和之, 五十嵐康人
2. 発表標題 植物園林内におけるリアルタイム浮遊菌カウンタによる微生物粒子の計測
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 中村賢, 大谷卓也, 長村遥, 増田竜之
2. 発表標題 北陸地方における上空大気中の過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定 ()
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 姫玖玖, 中村賢, 大谷卓也, 長村遥, 増田竜之
2. 発表標題 富山県上空における過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2021・千葉-オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 姫玖玖, 中村賢, 大谷拓也, 長村遥, 増田竜之
2. 発表標題 富山県における地上および上空の過酸化水素とホルムアルデヒド濃度の測定 ()
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 森絢三郎, 荒木幸洋, 加藤咲
2. 発表標題 立山における霧水・降水の化学成分の特徴: 火山噴煙由来の影響について
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一, 楊柳, 中村賢, 大谷卓也, 長村遥, 増田竜之, 千村勘二, 森藤孝太郎, 中澤暦
2. 発表標題 ヘリコプターを利用した富山県上空の過酸化水素およびホルムアルデヒド濃度の測定
3. 学会等名 第26回大気化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺幸一
2. 発表標題 ヘリコプターを利用した富山県上空の大気観測－微量気体成分とエアロゾル粒子個数濃度の測定－
3. 学会等名 2021年度「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takamasa Yada, Hiroshi Okochi, Mitsuo Dairiki, Hiroshi Hayami, Naoya Katsumi, Yukiya Minami, Hiroshi Kobayashi, Kazuhiko Miura, Shungo Kato, Ryuichi Wada, Masaki Takeuchi, Kei Toda, Shinichi Yonemochi, Toyoaki Arai, Sota Fukushima, Yukiko Dokiya, Shiro Hatakeyama
2. 発表標題 Long-term observation of acidic gases and aerosols in the upper atmospheric boundary layer and in the free troposphere on Mt. Fuji (5)
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢田崇将, 大河内博, 大力充雄, 速水洋, 勝見尚也, 皆巳幸也, 小林拓, 三浦和彦, 加藤俊吾, 和田龍一, 竹内政樹, 戸田敬, 米持真一, 荒井豊明, 福島颯太, 土器屋由紀子, 畠山史郎
2. 発表標題 富士山体を利用した大気境界層上層および自由対流圏における酸性ガスおよびエアロゾルの長期観測(4)
3. 学会等名 第62回大気環境学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田龍一, 定永靖宗, 加藤俊吾, 大河内博, 森樹大, 三浦和彦, 小林拓, 鴨川仁, 皆巳幸也, 松見豊, 梶野瑞王, 松本淳, 米村正一郎, 速水洋, 土器屋由紀子, 畠山史郎
2. 発表標題 富士山南東麓森林域におけるNOx酸化物質(NOz)の特徴の解明
3. 学会等名 第62回大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大河内 博 (Okochi Hiroshi) (00241117)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
研究分担者	渡辺 幸一 (Watanabe Koichi) (70352789)	富山県立大学・工学部・教授 (23201)	
研究分担者	和田 龍一 (Wada Ryuichi) (90566803)	帝京科学大学・生命環境学部・教授 (33501)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	米持 真一 (Yonemochi Shinichi) (90415373)	埼玉県環境科学国際センター・研究推進室・副室長 (82405)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------