

大気化学研究

Archives of Atmospheric Chemistry Research

第 46 号

日本大気化学会

Japan Society of Atmospheric Chemistry

目次

総説

トピックス:「COVID-19 と大気化学」—

Article No.

大気中の CO ₂ 観測は COVID-19 の影響を捉えたか?	遠嶋 康德	046A01
COVID-19 ロックダウンが大気環境に残した爪痕	宮崎 和幸	046A02
大気化学から見るウイルスの空気媒介感染	竹川 暢之	046A03

第 17 回日本大気化学会奨励賞受賞記念論文

数値モデルと観測の統合解析に基づく越境大気汚染の変調に関する研究の推進	板橋 秀一	046A04
--	-------	--------

会員からのお知らせ

IGAC 2021-ECR Collaboration and Networking Capacity Building Workshop Participation Report	DENG Yange	046N01
IGAC 2021 Virtual Conference における Japan National Committee Session 開催の報告	持田 陸宏	046N02
『雨もキノコも鼻クソも大気微生物の世界』刊行について	牧 輝弥	046N03

学会からのお知らせ

大気化学討論会開催報告		
竹谷文一, 金谷有剛, 宮川拓真, 関谷高志, 滝川雅之, 朱春茂, Prabir Patra, 伊藤彰記, 川名華織, 木名瀬健, 栗栖美菜子, 関本奏子, 関山剛, 岩本洋子, 石戸谷重之		046N04
JPGU 大気化学セッションのお知らせ	内田里沙, 坂本陽介, 岩本洋子, 石戸谷重之	046N05
第 17 回日本大気化学会奨励賞の選考結果について	日本大気化学会 運営委員会	046N06
会員集会プログラム	日本大気化学会 運営委員会	046N07
運営委員会議事録	日本大気化学会 運営委員会	046N08

記事のご投稿について

論文や記事のご投稿をご検討されている方は、事前に本誌編集委員または日本大気化学会運営委員までご相談下さい。

大気化学研究編集委員:

山地一代(共同編集長), 宮崎雄三(共同編集長), 八代尚, 大畑祥

日本大気化学会運営委員(第12期, 2021年7月1日から):

金谷有剛(海洋研究開発機構), 石戸谷重之(産業技術総合研究所), 入江仁士(千葉大学), 岩本洋子(広島大学), 内田里沙(日本自動車研究所), 加藤俊吾(東京都立大学), 齋藤尚子(千葉大学), 坂本陽介(京都大学), 関山剛(気象研究所), 竹川暢之(東京都立大学), 竹谷文一(海洋研究開発機構), 宮崎雄三(北海道大学), 山地一代(神戸大学)

大気中の CO₂ 観測は COVID-19 の影響を捉えたか？

Did atmospheric CO₂ observations detect influences of the COVID-19?

遠嶋康徳^{1*}

大気観測によって人為起源温室効果ガスの排出量を把握することは、パリ協定で約束された排出削減を検証するためにも重要な課題となっている。そのため、衛星観測も含めた大気観測網の充実が図られてきた。そうした中、2020年に新型コロナウイルス感染症(COVID-19)によって引き起こされたパンデミックによって世界の社会・経済活動は制限され、化石燃料消費量に伴う二酸化炭素(CO₂)排出量も急激に減少したと予想された。こうした状況は、COVID-19の影響によるCO₂排出量の減少を実際の大気観測は捉えることができたのか？という問いを我々研究者に投げかけることになった。本稿では、COVID-19が様々なスケールでの大気中CO₂濃度に及ぼした影響を考察し、そうした変化の検出を目指した大気観測や、大気観測に基づく排出量変化の推定結果についてまとめる。

1. はじめに

2019年12月に中国・武漢で最初に確認された新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は瞬く間に世界中に拡大し、2020年3月11日に世界保健機関(WHO)はパンデミックを宣言するに至った。各国は感染拡大阻止のために、大規模な都市封鎖(ロックダウン)や移動の制限、ワクチン接種等の対策を進めているが、感染終息にはまだ時間が必要な状況である。ところで、COVID-19拡大阻止のための対策により社会・経済活動が一時的に制限されたため、化石燃料起源CO₂の排出量が減少したと推定された[Le Quéré et al., 2020, 2021; Liu et al., 2020]。これらの各種社会・経済活動指標に基づく推定では、全世界の化石燃料起源CO₂(FFCO₂)の日排出量は2020年2月と4月に減少のピークを見せ、前年と比較して2月には約10%、4月には約20%の減少となった。2月の減少ピークは主に中国のロックダウンに起因するものであり、4月のそれは世界にCOVID-19が拡大した影響を反映したものであった。その後、FFCO₂排出量は徐々に回復傾向を示すが、2021年

開始時はまだ2019年のレベルには達していないと推定されている。

ところで、現在大気中CO₂濃度の精密観測は世界各地で実施され、地上での観測だけでなく船舶や航空機、さらに近年では人工衛星を用いることで地球をくまなく観測する体制が整ってきた[例えば Nakazawa, 2020]。こうした大気観測と大気輸送モデルや陸域生物圏および海洋のプロセスモデルを組み合わせた解析が実施されるようになり、地球表層における炭素循環の理解が飛躍的に高まった[例えば Friedlingstein et al., 2020]。一方、2015年末に採択されたパリ協定では、全球平均気温上昇幅を産業革命前と比べて2°Cより充分低く抑え、可能な限り1.5°Cを目指すために今世紀後半までに人為的な温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにすることが合意された。こうした状況を反映し、各国が約束した排出削減量を検証するための科学的な知見をもたらすことも大気観測に期待されるようになった。つまり、単に大気中の濃度増加をモニターするだけでなく、国別・地域別に排出量の削減量を客観的に検証することも大気観測のミ

ーションに加えられるようになった。こうした中で発生した COVID-19 パンデミックは、ロックダウン等に起因する CO₂ 排出量の減少を大気観測でとらえることができたのか、さらにその排出量の変化を定量的に推定できたのか、という問題を研究者に投げかけることになった。

そこで、本稿では COVID-19 による FFCO₂ 排出量の変化によって引き起こされた大気中 CO₂ 濃度変化を捉えるための試みを、グローバル、ローカル、リージョナルの 3 つのスケールについて紹介する。

2. グローバルな影響の検出と炭素循環

COVID-19 の影響により 2020 年の全世界の FFCO₂ 排出量は 2019 年 (9.95 PgC) に比べて 0.7 ± 0.4 PgC 減少したと推定された [Le Quéré et al., 2021]。1 Pg の炭素が大気中に CO₂ として放出され均一に混ざったとすると 0.47 ppm の濃度増加になるので、COVID-19 による FFCO₂ の減

少によってバックグラウンド大気中の CO₂ 濃度は影響がない場合に比べて 0.3 ± 0.2 ppm 低いことになる。また、FFCO₂ の減少が主に北半球で生じたとすると、南北半球間のガス交換の時定数 (交換に要する時間スケールともいえる) が約 1 年であることから、北半球で観測される濃度減少は上記の最大 2 倍となる可能性がある。

そこで、2020 年に観測された大気中 CO₂ 濃度が過去 20 年間の変化と比べてどれほど異なるかを、NOAA/GML(Global Monitoring Laboratory)による観測に基づく CO₂ 濃度の全球平均値およびマウナロアでの観測結果、さらに国立環境研究所 (国環研) による波照間での観測結果について調べた。最初に各時系列の 2000~2020 年のトレンド (長期的変化傾向) を 2 次関数で近似し、各月の平均値からこのトレンドを差し引く。こうして求められたトレンド除去後の季節変化について、過去 20 年間 (2000~2019 年) の平均値と標準偏差、さらに 2020 年の季節変化を図 1 にプロットした。各月の標準偏差は全球平均で 0.4~0.5 ppm、マウナロアで 0.3~0.7 ppm、波照間で 0.6~0.7 ppm であった。したがって、高々 0.6 ppm の変化を検出することはかなり難しいと考えられる。実際に、2020 年の季節変化を見ると、波照間の 1 月の値を除いていずれも過去 20 年間の変動内に収まっており、観測だけから COVID-19 に起因する変化を検出することが困難であることが分かる。

ところで、大気中の CO₂ 濃度の年々変動は主に自然吸収源、すなわち陸域生物圏および海洋の CO₂ 吸収量の年々変動に起因すると考えられる。Global Carbon Project がまとめた過去 20 年間 (2000~2019 年) のグローバルな年間炭素収支を図 2 に示す [Friedlingstein et al., 2020]。図には FFCO₂ 排出量、大気中への蓄積量、海洋による吸収量、正味の陸域生物圏による吸収量がプロットされている。なお、大気蓄積量は

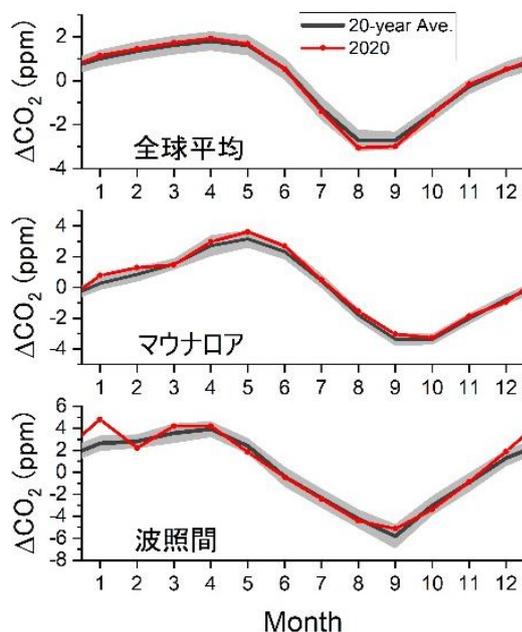


図 1 過去 20 年間 (2000~2019 年) の月平均値に基づく平均的な季節変動 (黒線) と変動幅 (灰色領域, 1σ) および 2020 年の季節変動 (赤線)。(上) 全球平均濃度, (中) マウナロア, (下) 波照間の季節変動をそれぞれ示す。なお、それぞれの月平均値から 2 次式で表されるトレンド成分が除去されている。

NOAA/GML の大気観測に基づくもので、陸域・海洋の吸収量はそれぞれ複数の陸域生態系モデルおよび海洋の生物地球化学モデルの推定結果の平均値となっている。また、図中の残差は FFCO₂ 排出量から大気蓄積量と海洋・陸域生態系吸収量を差し引いた残りを表し、主にモデルによる陸域生物圏や海洋の吸収量推定値の不確かさを表す指標となっている。それぞれのトレンドを 2 次式で近似し、トレンドからの残差の標準偏差を計算すると、FFCO₂ で 0.12 PgC·yr⁻¹、大気蓄積で 0.78 PgC·yr⁻¹、海洋吸収で 0.09 PgC·yr⁻¹、陸域生物圏吸収で 0.62 PgC·yr⁻¹、残差で 0.51 PgC·yr⁻¹ であった。大気蓄積量(すなわち大気中濃度)の変化は主に陸域生物圏吸収量の年々変化に起因することは、例えば植物が大気 CO₂ のうち炭素安定同位体の「軽い」¹²C を ¹³C より吸収しやすい性質があることを反映した同位体の観測結果から示唆されている[例えば Nakazawa *et al.*, 1993]。図 2 を見ると陸域生態系モデルも、正方向の変動が吸収すなわち大気

中の CO₂ を減らす方向に働くことから、大気蓄積量の変動をかなりの程度説明していることが分かる。したがって、海洋だけでなく陸域生物圏の炭素吸収量を正確に推定できれば、大気観測から COVID-19 の影響を検出することも可能になる。しかし、炭素収支の残差の年々変動が 0.51 PgC·yr⁻¹ であることや、陸域生態系モデル自体の不確かさ(0.9 PgC·yr⁻¹) を考えると、トレンドの中から COVID-19 のシグナルを検出することは現時点ではかなり困難である。バックグラウンドの大気観測から FFCO₂ 排出量の変化を正確に見積もるためには、陸域生物圏や海洋の炭素循環モデルのさらなる精緻化が必要である。

3. 都市大気観測によるローカルな影響の検出

都市は人口が集中し交通や住居、産業活動等で多くのエネルギーを消費するため、人為起源 CO₂ の約 70% を排出していると推計されている[Churkina, 2016]。このことから、大気観測に基づいて都市からの CO₂ 排出量を把握する取り組みの重要性は高まっている。都市における境界層内(季節や時刻により変動するが温帯域では地上からおおよそ 1 km 以内の地表影響を受けやすい層)での CO₂ 観測では、近傍の排出源の影響を受けないバックグラウンド大気の観測とは異なり CO₂ 排出源の近傍であるため非常に高濃度かつ大きな変動が見られる。したがって、COVID-19 の影響で FFCO₂ 排出量が減少すれば都市で観測される CO₂ 濃度の変動も、その割合に応じて減少することが予想される。しかし、都市での CO₂ 濃度は、FFCO₂ 排出量だけでなく境界層高度や都市大気の「換気」のされやすさにも強く影響され、こうした要素は地域スケールの気象条件の違いにも依存する。さらに、都市から排出される CO₂ の影響を除いたバックグラウンドの変動もあるため、FFCO₂ 排出量の変化を濃度変動から切り出すことは必ずしも容易ではない。

地域スケールの気象条件の違いの重要性を示す

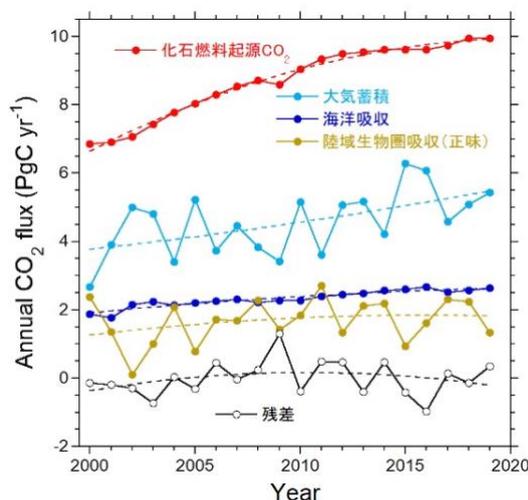


図 2 グローバルカーボンプロジェクト(GCP)による地球表層における 2000 年から 2019 年の炭素収支の時系列 [Friedlingstein, *et al.*, 2020]。赤丸は化石燃料起源 CO₂ 排出量、水色は大気蓄積量、青および黄土色はそれぞれ複数の海洋および陸域生態系モデルによって推定された炭素吸収量の平均値を表す(吸収が正)。白抜き黒は化石燃料起源放出量から大気蓄積量と海洋及び陸域生態系吸収量を差し引いた残差(残差)を表す。破線はそれぞれの時系列を 2 次式で回帰計算した結果。

例として Zeng *et al.* [2020]は中国の北京および成都での CO₂ 濃度の観測結果を示している。すなわち、気象の変動が激しい北京では COVID-19 によるロックダウン前後での CO₂濃度変動の違いが不明瞭だが、気象の変動が穏やかな成都ではロックダウン期間中に CO₂ 濃度変動が前後の期間と比べて明瞭に減少したことを紹介している。一方, Liu *et al.* [2021]は北京の 4 つの環状道路(最大外周 99 km)において車載観測装置を用いて CO₂ 濃度の測定を, ロックダウン前, ロックダウン期間中, ロックダウン後に実施した。さらに, 環状道路内に位置する気象観測用タワー(高度 80 m)で観測された CO₂ 濃度を, 地域スケールの気象の変動を反映したバックグラウンド大気の CO₂ 濃度として用い, 環状道路で観測された濃度から差し引くことで気象変動の影響を取り除いた。このようにして求められた CO₂ 濃度増加分について平均すると, ロックダウン期間中はロックダウン前と後に比べてそれぞれ 41 ppm および 26 ppm 低いことを見いだした。このように, 気象変動の影響を取り除くことができれば, 都市における CO₂ 濃度観測から COVID-19 の影響を捉えることが可能となる。

一方, 濃度変化だけでなく都市からの FFCO₂ 排出量の変化を直接観測する試みも報告されている。Sugawara *et al.* [2021]は東京・代々木の東海大学にあるタワーの地上 52m の地点で微気象学的手法(渦相関法)を用いて CO₂ フラックスを測定し, 最初の緊急事態宣言下の 2020 年 4~5 月の CO₂ フラックスがそれ以前の同時期に比べて 20±3%減少したことを明らかにした(図3上段)。さらに, 彼らはタワーの上下 2 地点で観測される CO₂ と酸素(O₂)の濃度から求められる鉛直方向の濃度差の比($\Delta O_2/\Delta CO_2$, 図3の上から 2 段目)を用いて CO₂ フラックスを起源毎に分類した [Ishidoya *et al.*, 2020]。その結果, フラックスの減少は主にガソリン燃焼に由来し, 住宅での消費が多い都市ガスは反対に微増傾向にあったことを明らかにした(図3の上から 3, 4, 5 段目)。なお, 代々木における CO₂ フラックスや O₂ 観測については寺尾・

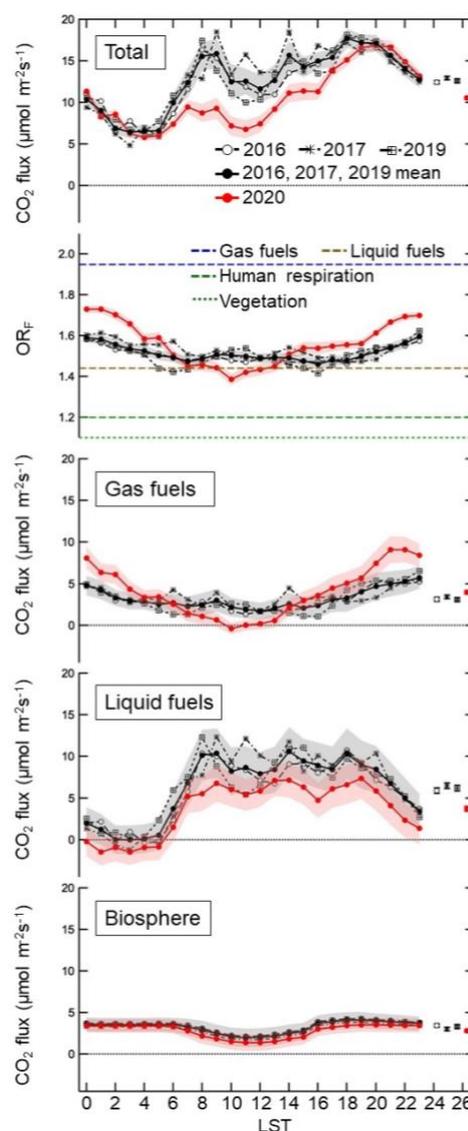


図 3 2016, 2017, 2019 及び 2020 年の 4~5 月における代々木でのタワー観測に基づく CO₂ フラックス等の日変化の比較。上から, 全 CO₂ フラックス, O₂:CO₂ 比, ガス消費によるフラックス, ガソリン消費によるフラックス, 生物圏(植物+人間)からのフラックス。図の右端にプロットされた記号は, 各 CO₂ フラックスの日平均値を表す (Sugawara *et al.* [2021]の Fig. 3 を転載。文字の大きさを改変。)

石戸谷[2021]による総説に詳しい解説があるので参照されたい。

一方, サンフランシスコ湾岸地帯では, 低価格 CO₂ センサーを地表付近で多点展開するネットワーク (BEACO2N, [Shusterman *et al.*, 2016])から得られた CO₂ 観測結果を, ラグランジアン型大気輸送モデルを用いて逆計算解析することで詳細(空間分解能

1km 以下)な地表面からのフラックスを求めた[Turner et al., 2020]。その結果, COVID-19 の影響で屋内退避指示が出された期間に人為起源 CO₂ 放出量が 30%減少したこと, そしてその減少が主に交通量の減少に起因するものであることを明らかにした。なお, ここで各発生源セクターの識別は空間的なフラックス分布の違いとして把握されている。

4. 地域スケールにおける影響の検出

ここでは国レベルを含む数百×数百km以上の領域, いわゆる地域(リージョナル)スケールの領域からのCO₂排出量の変化を捉えることができたかについて検証する。こうしたスケールでの大気観測としてまず思いつくのが人工衛星による気柱平均CO₂濃度(XCO₂)の観測である。例えば 2020 年 2 月に中国のFFCO₂の排出量が 30%減少したとして, 大気輸送モデル(NICAM-TM, [Niwa et al., 2011])を用いてXCO₂を計算したところ, その減少量は高々0.8ppmにしかならないと予測された[Tohjima et al., 2020]。現在観測が行われている GOSAT や OCO-2 によるXCO₂の測定精度が 1ppm に達していないことを考慮すると, その検出がいかに困難であるかが分かる。Chevallier et al. [2020]は OCO-2 で得られた 2020 年

2 月から 5 月にかけて観測されたデータを解析し, 雲による影響を取り除かなければ COVID-19 の影響を検出することは難しいと結論している。また, Buchvitz et al. [2021]では GOSAT と OCO-2 による中国東部のXCO₂から, 様々な解析によってFFCO₂の影響によるシグナルを取り出し, 2019 年 10 月から 2020 年 5 月までのFFCO₂によるXCO₂の増加分の月平均値がそれ以前の年の月平均値からどれだけ変化しているかを調べた。その結果, 2020 年 3 月と 4 月はそれ以前に比べて 10±10%減少しているとしたが, その変化はあまり明瞭ではなく, 現時点では XCO₂による検出はかなり困難であると結論している。なお, ここでは詳しく紹介しないが, 衛星による NO₂ の測定と CO₂/NO_x比を用いて中国のロックダウン前後の CO₂ 放出量の変化を推定した研究が報告されており, 直接 CO₂ を測定するより高い精度での推定が実現している [Zheng et al., 2020]。

一方, Tohjima et al. [2020]では中国の風下での大気観測から CO₂ 排出量減少の影響を検出するとともに, 大気輸送モデルを使った解析によってその排出量の変化量を推定した。ここでは少し詳しくその内容を紹介する。

国環研は石垣島の南方約 20kmに位置する波照

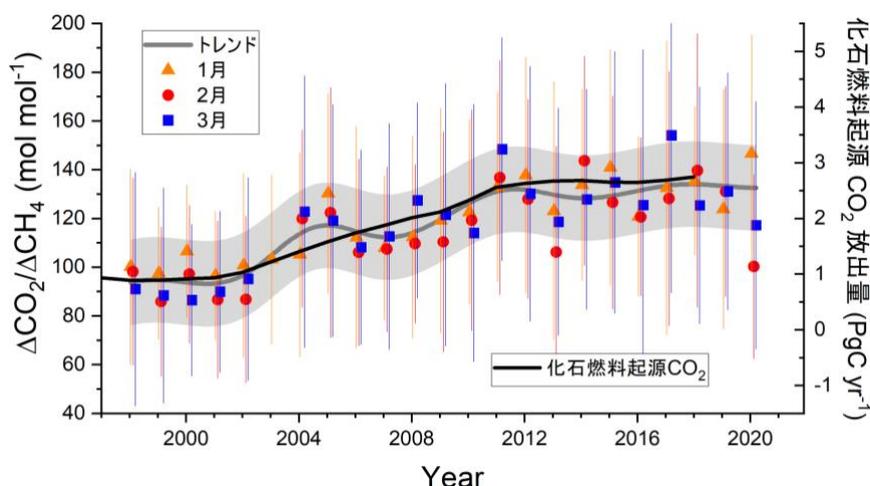


図 4 波照間での大気観測に基づく $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の月平均値の時間変化。橙, 赤, 青色のシンボルおよび縦棒はそれぞれ 1, 2, 3 月の平均値および標準偏差を表す。また, 灰色曲線は変動比のトレンド(1, 2, 3 月の平均値に基づく)を, 付随する灰色陰影部はトレンド曲線からの変動範囲(95%区間)を表す。黒実線は国際原子力機関(IEA)が推定した中国における化石燃料消費による CO₂ 放出量の推定値を表す。(Tohjima et al. [2020]の Fig. 2 を改変)。

間島 (24.06°N, 123.81°E) において 1990 年代中頃から大気中の温室効果ガスの現場観測を実施している。晩秋から初春にかけて東アジアモンスーンの影響により波照間島には主に大陸から大気塊が輸送され、大陸から放出される CO₂ や CH₄ の影響を受けた高濃度の CO₂ や CH₄ がしばしば観測される。波照間で観測される高濃度イベントでは両者は非常に似た時間変化を示し、その変動比 ($\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$) は風上の排出源における放出量比を反映していることが予想された。なお、変動比の計算は次のように行った。24 時間の時間窓内の CO₂ と CH₄ の相関プロットを作成し、回帰直線の傾き、相関係数 (R)、CO₂ の標準偏差 ($1\sigma_{\text{CO}_2}$) を計算する。この計算を、時間窓を 1 時間ずつ移動させながら全データについて実施し、R および $1\sigma_{\text{CO}_2}$ について基準 ($R>0.7$, $1\sigma_{\text{CO}_2}>0.1$ ppm) を満たす傾きについて月平均値や 30 日の移動平均を計算する。実際、冬季の観測結果を調べたところ、中国経済の著しい成長によって FFCO₂ 排出量が急増した 2000 年代に $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比が増加したことが分かった (実際には $\Delta\text{CH}_4/\Delta\text{CO}_2$ 比の減少として報告) [Tohjima et al. 2014]。そこで、COVID-19 による FFCO₂ 排出量の急減を $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の減少として捉えることができるのではないかと期待された。

1998 年から 2020 年までの観測に基づいて上記の方法で計算された 1~3 月の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の月平均値を図 4 に示す。既に述べたように変動比は 2000 年代に明瞭な増加傾向を示した後、2011 年以降はほぼ一定の値を示したことが分かる。図 4 には中国における化石燃料消費量の推定値もプロットされているが、 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化傾向と似ていることが分かる。そして、2020 年の 2 月の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比を見ると、過去 10 年間に見られた変動の幅 (図中の灰色部分) を越えて減少したことが分かった。

さらに詳しく $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化を調べるために、図 5 に 2019 年 12 月から 2020 年 3 月にかけての $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の 30 日移動平均値を示す。図中には比較のために $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の 30 日移動平均値の過去 9 年間 (2011~2019 年) の平均値と標準偏差も同時にプロットした。 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比は 2020 年 1 月末から急減し、2 月中頃に最低値を示し、その後 4 月初旬にかけてゆっくりと過去 9 年間の平均値に近づくことが分かった。この変化を、Le Quéré et al. [2020] の手法を用いて推定された中国からの FFCO₂ 排出量の変化と比較すると (図中青線)、 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化とよく一致を示すことが分かった。このことは、波照間で観測された $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化が主に中国

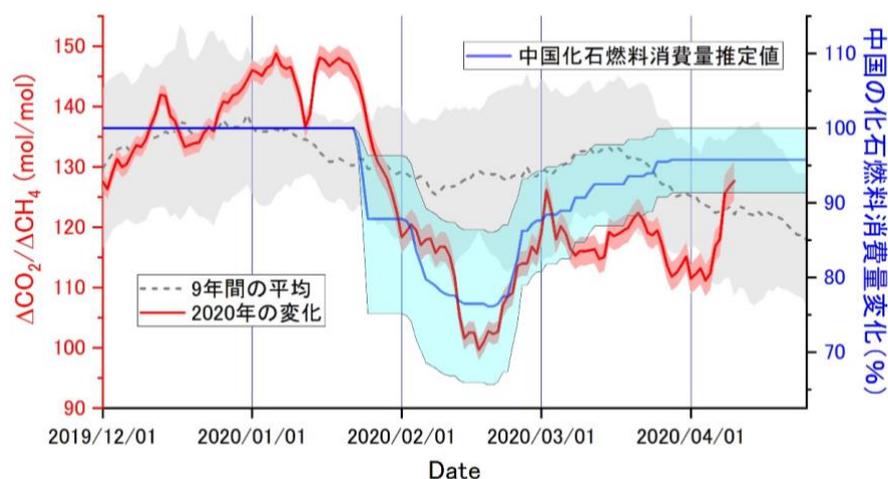


図 5 2019 年 12 月から 2020 年 4 月までの $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化 (30 日間移動平均, 赤線), および過去 9 年間 (2011 年~2019 年) の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の平均値および変動範囲 (1σ) を灰色破線および灰色陰影部で表す。比較のため、Le Quéré et al. [2020] の研究に基づいて推定された中国における化石燃料起源 CO₂ 放出量の変化および推定範囲を青線および水色陰影部で表す。(Tohjima et al. [2020] の Fig. 3 を改変)。

からの FFCO₂ の排出量減少に起因するものであることを示唆するものと考えられた。

そこで、波照間で 2020 年 2 月と 3 月に観測された $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の減少と中国の FFCO₂ 排出量の変化の関係を調べるために、大気輸送モデル (NICAM-TM) を用いて波照間での CO₂ と CH₄ を再現し、観測およびモデル計算に基づく $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比を比較した (図 6)。なお、モデル計算で用いた CO₂ および CH₄ のフラクスマップの詳細については元論文を参照していただきたいが、FFCO₂ のフラクスマップについては 2018 年のフラックスを、CH₄ のフラックスについては 2017 年のフラックスを繰り返し用いた。中国の FFCO₂ のフラックスにファクターを乗じて何通りか変化させた場合、中国からの FFCO₂ 排出量と $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 変動比には直線関係が見られ、実際に観測された $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の減少量を当てはめることで排出量の変化を推定した。その結果、中国の FFCO₂ の排出量は 2 月に 30±12%、3 月に 19±15% 減少したと推定された。なお、推定では中国からの FFCO₂ のフラックス分布や CH₄ の放出量は一定であ

ったと仮定しており、こうした仮定の及ぼす影響については今後さらに検討してゆく必要がある。

5. おわりに

COVID-19 感染拡大によって全世界の 2020 年の FFCO₂ 排出量は 7%程度減少したが、これをバックグラウンドやリージョナルスケールでの大気観測から検出し、さらに排出量の評価にまで結びつけることは容易ではないことが分かった。これは、一つには CO₂ の大気中の寿命が長いため、FFCO₂ の排出量の変化が引き起こす濃度変化が相対的に小さいことに起因する。一方、都市大気は排出量の変化の影響を直接受けるため、気象要素の影響を除去したりモデルで推定したりすることで、都市大気観測は排出量を推定するために有効であることが示された。都市は FFCO₂ 排出の大部分を占めることから、その排出量を正確に把握することは今後の FFCO₂ 排出量削減効果を検証するためにも非常に重要となる。しかし、都市大気の観測では推定できる範囲が限定的になるデメリットもあり、今後観測の大規模ネットワーク化が課題となると思われる。

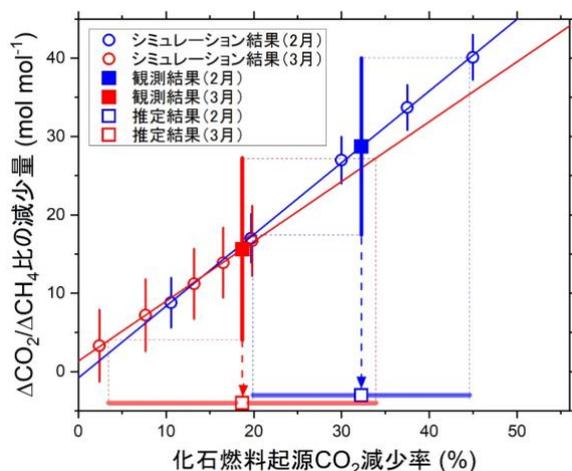


図 6 2020 年 2 月および 3 月の中国における化石燃料起源 CO₂ 放出量減少率の推定。丸印は大気輸送モデルによる計算で求められた化石燃料起源 CO₂ 減少率と波照間における $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比との関係を表し、青は 2 月、赤は 3 月の結果に相当する。計算で求められた両者の関係に、観測結果 (青四角: 2 月, 赤四角: 3 月) を当てはめることで、中国からの放出量が推定できる。(Tohjima et al. [2020] の Fig. 4 を改変)。

謝辞

NOAA/GML の Pieter Tans 博士および Ed Dlugokencky 博士には大気中 CO₂ 濃度の全球平均値および Mauna Loa での観測値の使用を認めていただいた。データは NOAA/ESRL/GML のウェブサイト (<https://www.gml.noaa.gov/ccgg/trends/>, 2021 年 9 月) から取得した。国立環境研究所の向井人史博士からは波照間での CO₂ 濃度観測値を提供していただいた。本研究の一部は環境省地球環境保全等試験研究費 (環 1951)、独立行政法人環境再生保全機構環境研究総合推進費 (JPMEERF21S20802) による支援を受けて行った。

参考文献

Buchwitz, M., et al. (2021), Can a regional-scale reduction of

- atmospheric CO₂ during the COVID-19 pandemic be detected from space? A case study for East China using satellite XCO₂ retrievals, *Atmos. Meas. Tech.*, 14, 2141-2166, doi.org/10.5194/amt-14-2141-2021.
- Chevallier, F., et al. (2020), Local anomalies in the column-averaged dry air mole fractions of carbon dioxide across the globe during the first months of the coronavirus recession. *Geophys. Res. Lett.*, 47, e2020GL090244, doi.org/10.1029/2020GL090244.
- Churkina, G. (2016), The role of urbanization in the global carbon cycle, *Front. Ecol. Evol.*, 3, 144, doi.org/10.3389/fevo.2015.00144.
- Friedlingstein P., et al. (2020), Global carbon budget 2020, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 3269-3340, 2020, doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020.
- Ishidoya, S., et al. (2020), O₂:CO₂ exchange ratio for net turbulent flux observed in an urban area of Tokyo, Japan, and its application to an evaluation of anthropogenic CO₂ emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 5293-5308. doi.org/10.5194/acp-20-5293-2020.
- Le Quéré, C., et al. (2020), Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement, *Nat. Clim. Change*, doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x.
- Le Quéré, C., et al. (2021), Fossil CO₂ emissions in the post-COVID-19 era, *Nat. Clim. Change*, 11, 197-199, www.nature.com/articles/s41558-021-01001-0.
- Liu, D., et al. (2021), Observed decreases in on-road CO₂ concentrations in Beijing during COVID-19 restrictions, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 4599-4614, doi.org/10.5194/acp-21-4599-2021.
- Liu, Z., et al. (2020), Near-real-time monitoring of global CO₂ emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic, *Nat. Commun.*, 11, 5172, doi.org/10.1038/s41467-020-18922-7.
- Nakazawa, T., Morimoto, S., Aoki, S. & Tanaka, M. (1993), Time and space variations of the carbon isotopic ratio of tropospheric carbon dioxide over Japan, *Tellus 45B*, 258-274.
- Nakazawa, T. (2020), Current understanding of the global cycling of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B*, 96, doi.org/10.2183/pjab.96.030.
- Niwa, Y., Tomita, H., Satoh, M. & Imasu, R. (2011), A three-dimensional icosahedral grid advection scheme preserving monotonicity and consistency with continuity for atmospheric tracer transport, *J. Meteorol. Soc. Japan* 89, 255-268.
- Shusterman, A. A., et al. (2016), The Berkeley Atmospheric CO₂ Observation Network: initial evaluation, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 13449-13463, doi.org/10.5194/acp-16-13449-2016.
- Sugawara, H., et al. (2021), Anthropogenic CO₂ emissions changes in an urban area of Tokyo, Japan, due to the COVID-19 pandemic: a case study during the state of emergency in April-May 2020, *Geophys. Res. Lett.*, 43, e2021GL092600. doi.org/10.1029/2021GL092600.
- 寺尾有希夫, 石戸谷重之, (2021), 大都市における温室効果ガスと関連物質の大気観測, *大気化学研究*, 045A01, https://jpsac.org/publications/aacr.
- Tohjima, Y., et al. (2014), Temporal changes in the emissions of CH₄ and CO from China estimated from CH₄/CO₂ and CO/CO₂ correlations observed at Hateruma Island. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 1663-1677, doi:10.5194/acp-14-1663-2014.
- Tohjima, Y., et al. (2020), Detection of fossil-fuel CO₂ plummet in China due to COVID-19 by observation at Hateruma, *Sci. Rep.*, 10, 18688, doi.org/10.1038/s41598-020-75763-6.
- Turner, A. J., et al. (2020), Observed Impacts of COVID-19 on Urban CO₂ emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 47, e2020GL090037, doi:10.1029/2020GL090037.
- Zeng, N., et al. (2020), Global to local impacts on atmospheric CO₂ caused by COVID-19 lockdown, arXiv:2010.13025.
- Zheng, B., et al. (2020), Satellite-based estimates of decline and rebound in China's CO₂ emissions during COVID-19 pandemic, *Sci. Adv.*, 6, eabd498,

doi.org/10.1126/sciadv.abd4998.

原稿受領日: 2021 年 10 月 25 日

掲載受理日: 2021 年 11 月 24 日

著者所属:

1. 国立環境研究所 地球システム領域

* 責任著者:

Yasunori Tohjima <tohjima@nies.go.jp>

COVID-19 ロックダウンが大気環境に残した爪痕

Atmospheric Fingerprints of COVID-19 Lockdowns on Global Air Quality

宮崎和幸^{1*}

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に対応した世界規模のロックダウンにより、大気汚染物質である窒素酸化物 (NO_x) の排出量は地球全体で少なくとも 15%, 欧州や北米では 18-25% 減少した。排出量の減少により地球全体の対流圏のオゾン総量は 2% 減少し、大気汚染のみならず地球の放射バランスにも顕著な影響を及ぼした。この短期間に生じた急激な変動から得られた知見は、これまで検証が難しかった大気汚染物質と気候システムとの相関関係について、定量的に評価できるものであり、今後の大気汚染物質削減と気候変動への適切な対応の両立 (コベネフィット) を目指す環境政策に重要な参考情報となる。

1. はじめに

大気汚染は深刻な健康被害をおよぼす。大気汚染物質の排出量を制御し、大気汚染による健康リスクを減らすために、これまでに世界の多くの国で環境政策が実施されてきている。しかし、大気汚染状況は中～長期的な気候の変化の影響など様々な要因により複雑に変化するため、人間活動と大気汚染の関係は必ずしも明らかではない場合が多い。そのため、施された環境政策の量的影響には不明な部分が多く、政策が効果的であったか否かの判断を困難にしている。COVID-19 のパンデミック中には、ウイルスの拡散を抑制する目的でロックダウンが多くの国で実施され、人間活動に急激な変化をもたらした [Chinazzi *et al.*, 2020], CO₂ などの排出量に大きな変化を与えた [Le Quéré *et al.*, 2020; Forster *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020]。パンデミック中に多くの国で報告された大気汚染の急速な変化では、気候変動などの複雑な要因を考慮する必要がないため、人間活動と大気汚染を結びつけるメカニズムを理解する上で貴重な情報となることが期待できる。本研究 [Miyazaki *et al.*, 2021;

Laughner *et al.*, 2021] では、衛星観測データ、地上観測データ、数値モデルを組み合わせ利用し、COVID-19 の感染拡大を遅らせるために施された世界的なロックダウンが、地球全体の大気汚染物質の排出削減と大気汚染、さらには気候システムへおよぼす影響を調査した。

2. 窒素酸化物 (NO_x) 排出量の減少

本研究では、アメリカ航空宇宙局 (NASA) および欧州宇宙機関 (ESA) などによる地球観測衛星からの大気組成の観測データの分析とジェット推進研究所 (JPL) / 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) で開発されたデータ同化システム [Miyazaki *et al.*, 2020a; 2020b; 2020c] を使用して、ロックダウンによる影響を定量的に評価した。窒素酸化物 (NO_x) は主に工場や火力発電所、燃料自動車等から排出される主要な大気汚染物質のひとつである。2010～2019 年の 10 年間と 2020 年の NO_x の排出量の推移を世界の各地点について詳細に比較することで、ウイルス拡散防止のために世界的に実施されたロックダウンによる影響を定

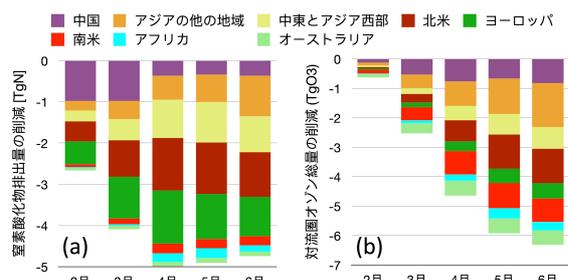


図 1 ロックダウンに伴う(a)窒素酸化物排出量の削減量, (b)全球対流圏オゾン総量の削減量。単位はそれぞれ, TgN, TgO₃ で, 月平均値をそれぞれの領域について示す。(a)には, NASA による衛星観測などを組み合わせた推定から, ロックダウンによる排出量への影響を定量的に評価した結果を示す。(b)には, 推定された排出量削減情報を用いた化学気候モデル MIROC-CHASER による計算から, 各地域での排出削減の影響を個別に評価した結果を示す。

量的に評価した。その結果, ロックダウンを適用し始めたわずか数か月の後に, NO_x の排出量が世界全体で 15%減少したことを示した(図1)。また, 排出削減の範囲とタイミングを詳しく追跡し, ロックダウン条件が厳しくなるほど, 排出量の削減が大きくなることを実証した。

たとえば, 2 月初旬の中国の極端なロックダウンにより, 数週間以内に中国の一部の都市で NO_x 排出量が 50%減少した。米国, イタリア, フランスなどでは, 2020 年の春後半には排出量の低下は 25%に達した。時系列を見ると, 中国の NO_x 排出量は, 1 月下旬から 2 月下旬にかけて急速に減少し, これは中国の最

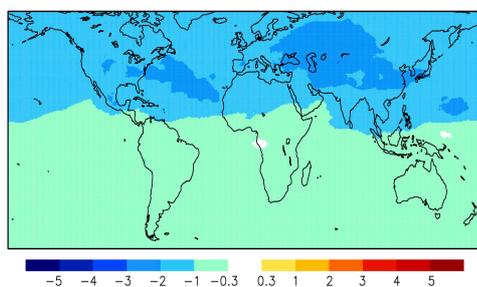
初のロックダウンに対応する。その後, 3 月と 4 月は通常のレベルまで急速に回復した。5 月には, 一部の地域で 2 回目のロックダウンが行われたことに対応して, 排出量が再び減少に転じた。イタリアでは, 早期にロックダウンを実施したことで, 2 月下旬から 5 月上旬にかけて, 他の欧州諸国に先駆けて大幅な排出量削減を実現した。アメリカでは, ほとんどの州が 3 月下旬に緊急の外出禁止令を発表した。推計された排出量は, 2 月下旬から 3 月上旬にかけて減少し, 4 月と 5 月には最大で約 25%の削減となり, その後, 6 月には緩やかに回復した。

3. 対流圏オゾンへの影響

これまでに, ロックダウンなどの感染症対策は人間活動を大きく抑制し, 主に大都市において大気汚染物質の排出量を急速に削減させていることについて, いくつか報告がなされている。一方, 地球全体でどれほど減少したか, さらにはその気候システムへの影響は詳細に見積もられていなかった。

本研究では, 海洋研究開発機構のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を用いた化学気候モデル MIROC-CHASER [Sudo et al., 2002; Watanabe et al., 2011]による計算から, パンデミック中の NO_x の減少が地球全体のオゾンを一時的に急激に減少させることを明らかにした。NO_x の排出量の減少により, 2020

(a) モデル計算



(b) CrISによる衛星観測

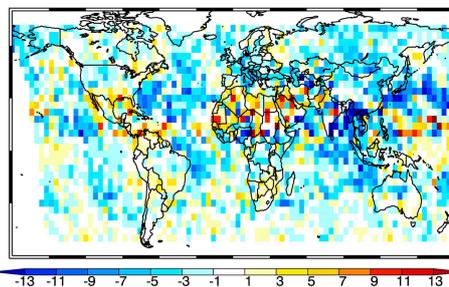


図 2 自由対流圏(およそ高度 5km)における全球オゾン分布のロックダウンによる変化量(単位は ppb)。(a)数値モデルを用いて, 2020 年の気象条件を与え, NO_x 排出削減がおよぼした影響を評価した結果。赤色は増加, 青色は減少を示す。全球に渡ってオゾン濃度は減少しており, 特に北半球の中緯度で大きな減少がある。(b)衛星観測 CrIS によるオゾン濃度の 2019 年から 2020 年の変化量を示す。赤色は増加, 青色は減少。2020 年に森林火災の影響を受けて濃度が増加した一部の熱帯域を除いて, 地球上のほとんどの領域でオゾンは減少しており, 数値モデルによる計算(a)と大まかに一致する。これは, ロックダウンによる上空におけるオゾン変動が衛星観測により測定可能であることを示す初めての結果である。

年 6 月までに、対流圏上空のオゾン濃度は最大で 5 ppb 減少すると推定した。世界の対流圏のオゾン総量の減少量は 6 TgO₃ と見積もられ、存在量全体の 2% にもおよんでいるという推定結果を得た。この短期間での変化量は小さなものと思われるかもしれないが、通常の大気汚染を抑制する政策を続けた場合 (IPCC RCP2.6 シナリオ) の 15 倍にもおよぶ急激なオゾンの減少であることを示した。また、この減少は温室効果気体でもある対流圏オゾンの大気放射の働きを通して、地球の熱のバランスにも大きな変化をもたらすことを指摘し、更なる気候影響評価の研究に取り組んでいるところである。

対流圏上空のオゾン濃度は最大で 5 ppb 減少したと数値モデルを用いた解析から見積もられ、この推定は NASA の衛星観測とよく一致することを示した (図 2)。衛星観測を用いて地球システム変動を評価する際には、得られた観測情報の特性や不確定性を注意深く考慮することが必要である。プロセスの理解に基づく算出と最新の衛星観測との高いレベルでの良い一致が得られた本結果は、近年ますます高精

度化を遂げる衛星観測の多様な応用への有用性を実証するもので、今後の衛星観測ミッション推進にも役立つことが期待される。

オゾン応答の地理的・季節的な変化を明らかにするため、各地域の NO_x 排出量削減の影響を個別に考慮したモデルシミュレーションを実施した。排出削減量の変動だけでなく大気化学プロセスの特性を反映して、各地域における排出量削減が地球全体のオゾン総量に与える影響は地域・時間により大きく異なる (図 3)。世界の各地域におけるロックダウンによる全球オゾンへの影響は、ロックダウンが発生した地域の局所的な気象条件に加えて、グローバルな大気循環による遠隔的な影響を受ける。この結果は、ロックダウンがいつ、どこで発生したかが、大気組成への影響を判断する上で非常に重要であることを示す。

ある一定の排出削減があった場合にどの程度オゾン量が減少するのかの目安であるオゾン生成効率 (OPE) は、太陽光の到達や気温などの気象条件によって大きく変化する。オゾン生成効率は、北半球の多くの地域よりも熱帯や南半球亜熱帯で大きく、北半

窒素酸化物排出量の変化 → 全球オゾン総量の変化

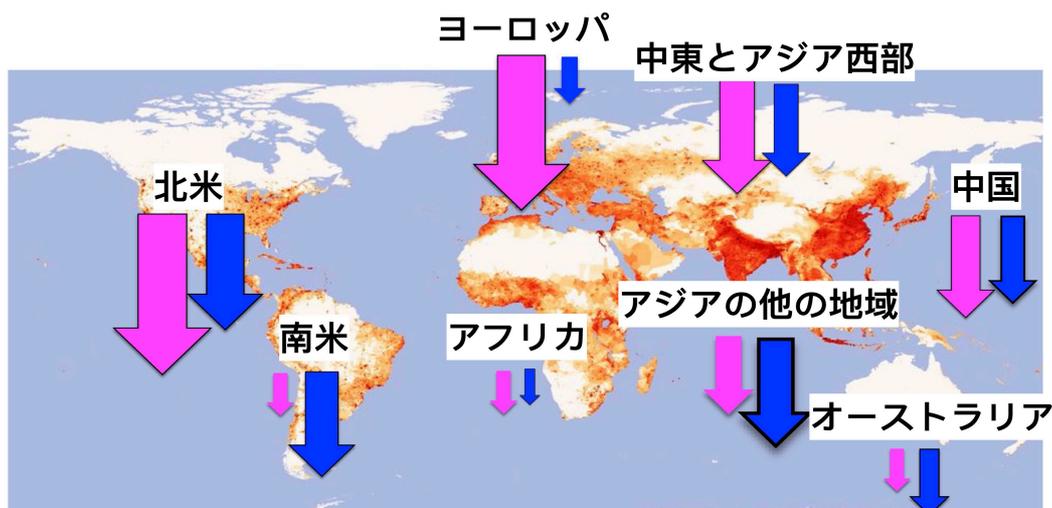


図 3 ロックダウンに伴う各地域での NO_x 排出量の変化量 (ピンク) とそれによる全球オゾン総量の変化量 (青)。2020 年 2 月から 6 月の平均値の地理分布を矢印で示す。下向きの矢印はロックダウンに伴い減少した量を示す。全球オゾン総量の変化量を NO_x 排出量の変化量で除して算出されるオゾン生成効率は、ヨーロッパや北半球中緯度で小さく、熱帯や南半球で大きい様子を示している。地球全体のオゾン量および気候システムに対する世界的なロックダウンの影響を理解する上で、対策がいつどこで発生したかを考慮することが重要であることを示唆している。

球中緯度では2月から6月にかけて2~3倍に増加した。その結果、地球全体のオゾン総量の減少に対して、3月には中国を含むアジアや南米による寄与が大きかったが、5月から6月には中国以外のアジアや南北アメリカによる寄与が大きいことが明らかとなった。アジアによる影響は、3月中旬から顕著に現れ始め、5月から6月には熱帯地方から両半球の中緯度地域まで影響が広がる(図4)。このパターンは、熱帯地方で暖かい空気が上空へ運ばれ、南北に広がっていく様子や、アジアモンスーンによって運ばれる様子を反映している。この結果は、アジアにおける人間活動が地球環境に大きな影響を与えていることを示唆する。この短期間に生じた急激な変動から得られた知見は、これまで検証が難しかった大気汚染物質と気候システムとの相関関係について、定量的に評価できるものであり、今後の大気汚染物質削減と気候変動への適切な対応の両立(コベネフィット)を目指す環境政策に重要な参考情報となることが期待される。

4. 今後の展望

COVID-19 ロックダウンは、NO_x 排出量の削減が地球の大気にどのような影響を与えるかについて重要な示唆を与えた。これらの影響は世界中で一様ではなく、排出削減を行う場所や季節によって異なる。これまでの研究では、ロックダウンが地表の大気汚染におよぼす影響が多く調査されてきた。本研究は、複雑な大気プロセスを通して世界各地での排出量減少の効果が複雑に重なり合い、地球規模で気候システムに甚大な影響を及ぼしていることを初めて詳細に実証した。NO_x 排出量および対流圏オゾンは、世界経済が元通りに戻れば再び上昇することも考えられる。しかしながら、本研究による知見は、NO_x 排出量とオゾンの生成を引き起こすメカニズムを理解する上で貴重な情報を提供する。さらに、大気汚染物質は温室効果気体とも強く関連するため、本研究による知見は複雑な気候システムの将来の予測改善にもつながる。大気汚染を効果的に改善しつつ、急激な気候変動を緩和するためには、本研究で示されたよ

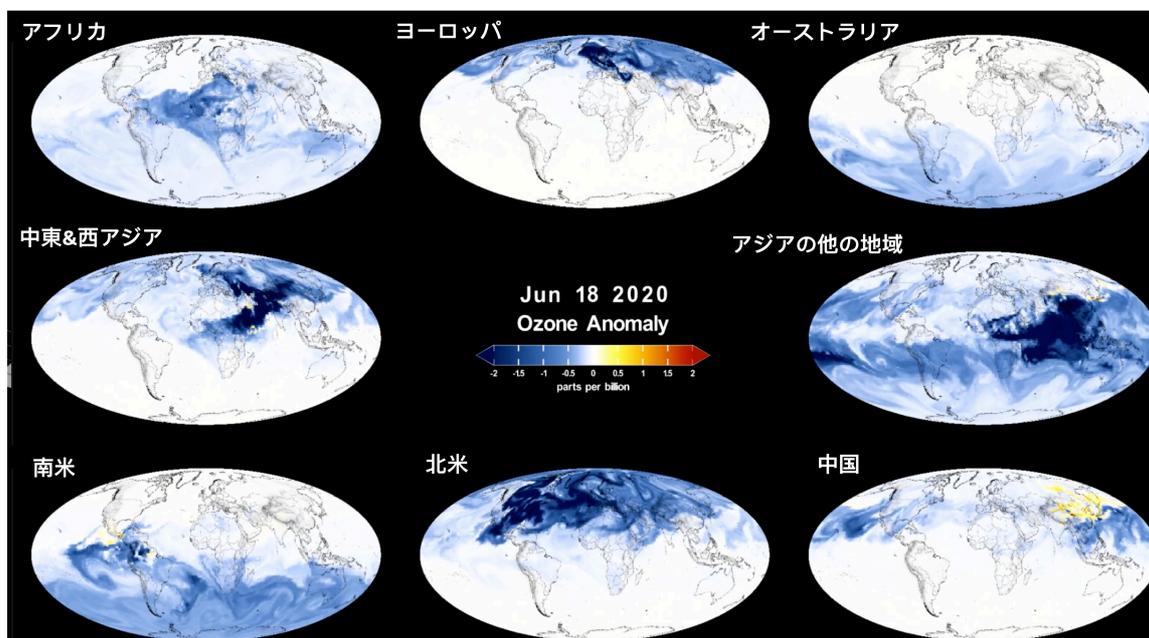


図4 2020年6月18日における自由対流圏(およそ高度5km)における全球オゾン分布のロックダウンによる変化量。各地域でのNO_x 排出量削減の影響を個別に考慮したモデルシミュレーションによる結果を示す。黄色および赤色は増加、青色は減少。各地域での排出量減少に対応するオゾンの減少は、局所的な影響と大気輸送の結果として遠方からの影響の両方を含み、明確な空間パターンを示す。例えば、北米の排出量削減によって、ユーラシア大陸上空の幅広い領域でオゾンは減少する。南米の排出量削減による影響は、南半球の中緯度偏西風に沿って現れる。ヨーロッパとオーストラリアが与える影響は、緯度30度の高緯度側に限られる。アジアの排出量による影響は、熱帯から両半球の中緯度まで広がる。

うな排出量と大気組成の間の複雑な関係を慎重に考慮する必要があることを示しており、コベネフィットを目指す政策立案への貴重な情報を提供することが期待できる。

参考文献

- Chinazzi, M., et al. (2020), The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak, *Science*, 368(6489), 395–400.
- Forster, P. M. et al. (2020). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nat. Clim. Chang*, 10, 647–653.
- Laughner, J. L. et al. (2021). Societal shifts due to COVID-19 reveal large-scale complexities and feedbacks between atmospheric chemistry and climate change, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 118(46), e2109481118, doi: 10.1073/pnas.2109481118.
- Le Quere, C. et al. (2020), Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement, *Nat. Clim. Chang*, 10(7), 647–653.
- Liu, Z. et al. (2020), Near-real-time monitoring of global CO₂ emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic, *Nat. Commun.*, 11, 5172.
- Miyazaki, K. et al. (2020a), Updated tropospheric chemistry reanalysis and emission estimates, TCR-2, for 2005-2018, *Earth Syst. Sci. Data*, 12(3), 2223-2259.
- Miyazaki, K. et al. (2020b), Air Quality Response in China Linked to the 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Lockdown, *Geophys. Res. Lett.*, 47(19), e2020GL089252, doi: doi.org/10.1029/2020GL089252.
- Miyazaki, K. et al. (2021), Global tropospheric ozone responses to reduced NO_x emissions linked to the COVID-19 worldwide lockdowns, *Sci. Adv.*, 7(24), eabf7460, doi: 10.1126/sciadv.abf7460.
- Miyazaki, K., Bowman, K. W., Yumimoto, K., Walker, T., & Sudo, K. (2020c), Evaluation of a multi-model, multi-constituent assimilation framework for tropospheric chemical reanalysis, *Atmos. Chem. Phys.*, 20(2), 931-967, doi: doi.org/10.5194/acp-20-931-2020.
- Sudo, K., Takahashi, M., Kurokawa, J., & Akimoto, H. (2002), Chaser: A global chemical model of the troposphere, 1. Model description, *J. Geophys. Res.*, 107(D17), 4339, doi: 10.1029/2001JD001113.
- Watanabe, S. et al. (2011), MIROC-ESM 2010: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments, *Geosci. Model Dev.*, 4, 845–872, doi: 10.5194/gmd-4-845-2011.

原稿受領日: 2021 年 11 月 30 日

掲載受理日: 2021 年 12 月 8 日

著者所属:

1. NASA ジェット推進研究所

* 責任著者:

Kazuyuki Miyazaki

<kazuyuki.miyazaki@jpl.nasa.gov>

大気化学から見るウイルスの空気媒介感染

Airborne transmission of viruses viewed from atmospheric chemistry

竹川 暢之^{1*}

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の原因ウイルスである SARS-CoV-2 は、主に呼吸器由来の飛沫を介して排出される。飛沫およびその水分が蒸発して生成する飛沫核の間には、物理的・化学的な観点で明確な境界はない。飛沫・飛沫核を粒子の発生源別カテゴリーの一つと捉えた上で、大気化学分野で確立されている大気観測・室内実験・数値モデルのフレームワークが空気媒介感染の問題に適用しうるか議論する。

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、我々の活動のあらゆる側面で甚大な変化を引き起こした。COVID-19 の原因ウイルスである SARS-CoV-2 の動態に関しては短期間に多くの研究成果が発表されているが、本稿執筆時の 2021 年 11 月の段階においても、感染状況を予測し制御できるレベルの理解には至っていないように思われる。

世界保健機関 (WHO) 等の公式文書では、飛沫感染 (droplet transmission) は「粒径 5 μm より大きい液滴粒子 (飛沫) による感染」、空気感染 (airborne transmission) は「飛沫から水分が蒸発して生成する粒径 5 μm より小さい粒子 (飛沫核) による感染」と定義している [Siegel et al., 2007; WHO, 2020a]。すなわち、飛沫のうち 100 μm 程度以上のものを除けば、飛沫・飛沫核ともにエアロゾルの一部である。なお、定義文には「飛沫感染は近距離で起こる感染」、「空気感染は遠距離でも起こる感染」のように感染経路と距離を関連付ける記述が含まれるが、この点については後述する。

2020 年 3 月当初の段階では、WHO は SARS-CoV-2 の感染経路は主に接触感染と飛沫感染であるという見解を示していた [WHO, 2020a]。2020 年 7 月には Morawska と Milton によって空気感染同

様の対策を求める提言がなされ、私自身もエアロゾル分野の研究者としてその内容に同意し署名をした [Morawska & Milton, 2020]。その後、様々な研究者からの提言を踏まえて WHO の見解も変化してきた [WHO, 2020b]。2021 年 2 月には、接触感染は主要な感染経路ではなく、執拗に消毒を行うことに疑問を呈する提言も出されている [Lewis, 2021]。米国疾病対策予防センター (CDC) も、2021 年 4 月に接触感染は主要でないという見解を示している [CDC, 2021]。このため、世界的に見れば接触感染・飛沫感染を中心とした対策から、飛沫感染・空気感染に重きを置いた対策にシフトしている。実際、室内環境を中心として、清浄な空気のある方を見直す提言も多く見られるようになっている [Starr, 2021]。また、室内環境における感染制御に関して、いわゆる社会的距離のような単純な概念ではなく、曝露量と曝露時間を考慮したガイドラインの重要性も提唱されている [Bazant & Bush, 2021]。

一方、世の中に氾濫する数多の情報を目にするたびに、エアロゾルという言葉やその大気中での挙動が多分に誤解されていると感じた。2012 年に PM_{2.5} 問題が顕在化したときにもエアロゾルという言葉が社会的に広く知られたが、その際も PM_{2.5}

という特殊な有害物質があるような誤解があったと記憶している。エアロゾルの本質的な部分を短い文章で解説することは難しく、また査読を経ない情報発信は客観性を欠く危険性があると考えた。このため、エアロゾルと飛沫感染・空気感染に関する知見を体系化することを目的として、日本エアロゾル学会誌上に解説記事を寄稿した[竹川, 2021a]。その続編として、同誌上に呼吸器由来の飛沫の蒸発過程に関する解説記事も寄稿した[竹川, 2021b]。

本稿では上記の各解説記事の内容を一部引用しつつ、大気化学が当該問題に対して成しうる学術的貢献を議論することを目的とした。本稿では COVID-19 関連の論文だけでなく、それより以前のインフルエンザ関連の論文もレビューに含めている。なお、本稿のタイトルの意図については次節で述べる。

2. 飛沫と飛沫核：曖昧な境界条件

大気の一諸現象において、多くの場合は境界条件がはっきりしない。SARS-CoV-2 が飛沫という個人差の大きい発生源由来であること、飛沫・飛沫核の挙動は周囲の大気環境により支配されることを考えると、感染経路を考える上で境界条件が曖昧となることは容易に想像される。私自身が前述の解説記事を執筆する段階でまず疑問に思ったのは、飛沫感染と空気感染の境界はどこにあり、またそこで線引きをすることが妥当なのかどうかという点である。解説記事で述べた詳細は本稿では割愛するが、飛沫感染と空気感染(あるいは飛沫と飛沫核)を区分し、どちらか一方が起こる・起こらない、のような二極化で論じることは難しいという点を強調したい。また、ウイルス学の研究者が述べている通り、空気感染の原義である *airborne* はあくまで媒体となる流体を示しているに過ぎない[西村, 2020]。例えばコレラのように水を介するものは *waterborne* である。したがって、「結核は空気感染するがインフルエンザは空気感染しない」のように細菌やウイルスの感染力の強さと感染経路を単純に結びつけることは適切ではない。

なお、このような曖昧さについては既に 2002-2003 年 SARS(原因ウイルス SARS-CoV-1)の研究でも示されている。Roy と Milton は、SARS-CoV-1 の感染経路に関して“*Airborne transmission of communicable infection - the elusive pathway*”というタイトルの論文を発表している[Roy & Milton, 2004]。この論文は、呼吸器由来の飛沫が原因となる空気媒介感染において、感染経路の特定が難しいことを述べたものであり、COVID-19 から 15 年以上前に同じコロナウイルスの問題に関してそのような見解があったことは特筆すべき点である。

冒頭で述べた通り、世界的には接触感染・飛沫感染中心の対策から飛沫感染・空気感染に重きを置いた対策にシフトしている。さらに、飛沫感染を必要以上に強調する根拠についても疑問が呈されている[Wang *et al.*, 2021]。飛沫感染・空気感染の定義文には、「飛沫感染は近距離で起こる感染」、「空気感染は遠距離でも起こる感染」のように、曖昧な形で距離の概念が含まれることは先に述べた。近距離の意味は、大きな飛沫が到達できる範囲ということであるが、現実には距離が近ければ飛沫・飛沫核のいずれも濃度も高くなることに注意が必要である。さらに、1~2 m で落下するような大きさの飛沫は力学的には呼吸器に吸引されにくい。このため、感染リスクに対する飛沫と飛沫核の寄与を推定することは容易ではない。

これはあくまで推測であるが、感染症学の定義においては、距離の方が粒径より優先的な概念ではないかと推測される。すなわち、疫学調査では人と人の距離は把握できるが粒径情報は分からない。一方、室内実験等によって大きい飛沫は近距離にしか到達しないことが分かっていたため、近距離で感染リスクが高いことが濃度ではなく粒径と強く関連付けられた可能性がある。このため、飛沫感染と空気感染の違いに必要以上の意味を持たせてしまったのかもしれない。

以上の通り、飛沫感染と空気感染はともに空気を

媒体とする (airborne) 感染であり、物理的・化学的な意味で明確な境界はない。本来は空気感染と総称する方が科学的には合理性がある。しかしながら、飛沫感染と空気感染が対照的な事象のように認識されている現状では、空気感染の用語だけでは一方のみを指しているような誤解を生じる。このため、本稿のタイトルは「空気媒介感染」とした。学術的に広く認可されていない名称を用いることはやや憚られるが、airborne transmission の本来の意味を表す上では許容範囲と考えている。最近では、論文等でも“aerosol transmission (エアロゾル感染)” という名称が用いられる場合もあるが、エアロゾルを正しく理解せずに使用することでさらに誤解を拡大する可能性があるため、私は控えたほうがよいと考える。

飛沫・飛沫核をダストや海塩粒子のように粒子の発生源別カテゴリーの一つと捉えたとき、大気化学分野で確立されている大気観測・室内実験・数値モデルのフレームワークが空気媒介感染の問題に適用しうるか次節以降で議論する。

3. 大気化学における観測・室内実験・モデルの役割

大気中の化学物質の濃度変動のメカニズムを理解する上で大気観測・室内実験・数値モデルの三位一体の取り組みが重要であることは言うまでもない (図 1 上)。大気観測データは誤差の範囲で「事実」を与えるものであり、物事を思考する出発点になると同時に、数値モデルの検証をする上でも欠かせない。一方、モデルで各種プロセスを表現する上では室内実験データが不可欠である。個々の室内実験データは単純系で取得されたものが多く、複雑な大気現象を再現しきれないことはありうるが、経験則に依らない普遍的な理解を得る上では非常に重要である。なお、モデルを検証するための観測データは必ずしも時間的・空間的に十分な範囲をカバーしているとは限らず、また対象成分そのものの観測が難しい場合もある。その際は、トレーサーとなる成分との比較や沈着量と

の整合性評価を通じて間接的に検証を行う。いずれにせよ、観測・室内実験・モデルの連携は大気化学で長い歴史を持つ重要なフレームワークである。

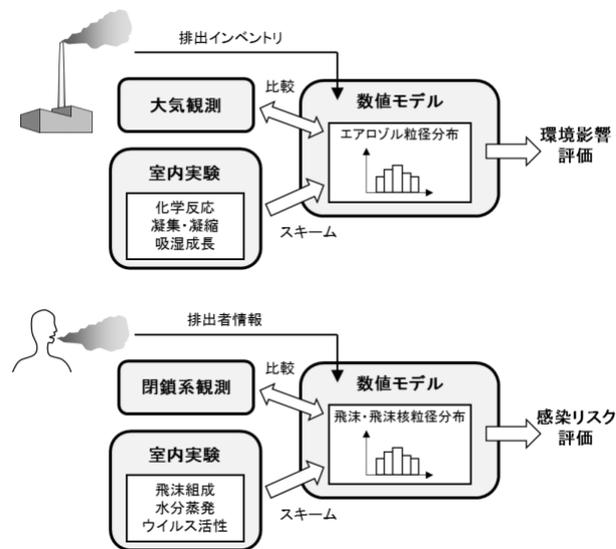


図 1(上)大気化学における観測・室内実験・モデルの連携 (エアロゾルの例)。既に研究フレームワークとして確立している。(下)空気媒介感染における観測・室内実験・モデルの連携可能性。

4. 空気媒介感染における観測・室内実験・モデルの役割

COVID-19 をはじめとする空気媒介感染を考える際には、飛沫・飛沫核によって輸送されるウイルスの粒径別濃度が重要と考えられる。感染者との距離が近い場合にウイルス濃度が高くなるのは当然であるが、閉鎖空間で換気量がウイルス発生量に対して不十分であればやはりウイルス濃度は高くなる。これは都市域で空気が滞留する際に汚染物質の濃度が増大することと原理的には同じである。COVID-19 関連の研究によれば、飛沫・飛沫核の粒径が大きいほど粒子 1 個あたりに含まれるウイルス量は多くなる傾向があるが [Anand & Mayya, 2020], その一方で重力落下や慣性衝突による寿命は短くなる。これらの特性は連続的に変化し、かつ呼吸器への粒子沈着効率は粒径に対して強い依存性を持つ。空気媒介感染の

スクを評価するには、上記の様々な点を複合的に考慮する必要があり、大気化学現象との類似点は多い。

では、前節で述べたフレームワークは空気媒介感染でもうまく機能するだろうか(図 1 下)。私は原理的に可能であり、しかも実現すれば大変有用であると考えているが、現時点では幾つかの障壁がある。この点を以下で議論したい。

まず空間スケールに関して、大気化学で扱う都市・領域・全球スケールと、感染症で問題となる閉鎖系の空間スケールには大きな乖離がある。これに関連し、対象とする時間スケールも大きく異なる。ただし、室内環境の気流解析手法は確立されているため、少なくとも力学的な観点からは時間・空間スケールの違いは本質的な問題ではないと考えられる。

空間内あるいは表面のウイルス濃度の観測には、大気化学における観測と同様にオフラインとオンライン分析の二つのアプローチがある。オンライン分析に関する統一した定義はないが、ここではおおむね 1 時間以内の時間分解能でその場分析が行われるものをオンライン分析と呼ぶ。オフライン分析については、フィルターに捕集した大気試料や表面拭き取り試料を PCR 分析する方法が有用であり、既に SARS-CoV-1 や SARS-CoV-2 で報告例がある[e.g., Booth *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2020]。オンライン分析については、少なくとも査読付論文として科学的に評価を受けた方法はないものと認識している。人間からの排出のトレーサーとして、CO₂ 濃度や粗大粒子数濃度をモニタリングする方法もある[Bhangar *et al.*, 2016; Peng & Jimenez, 2021]。これらは十分ではないものの、オフライン分析と併用することで有用な情報となりうる。この点には大気化学との間にアナロジーがある。

次に室内実験について、病原性ウイルスを含む飛沫の輸送過程・水分蒸発過程やウイルス不活化に関する研究の歴史は長く、多くの研究報告例がある[Wells, 1934; Edward *et al.*, 1943; Yang & Marr, 2012]。いわゆる 2 m の社会的距離の根拠もこのような研究に基づくものである。ただし、現実の飛沫は多成分混

合系であり、水分蒸発速度を理論的に解釈することは難しい。さらに、ウイルス不活化の実験では、相対湿度依存性に関して必ずしも整合的な結果が得られていない[Yang & Marr, 2012; Lin *et al.*, 2020]。ウイルスを扱う点では、大気化学の室内実験よりも再現性や普遍性のある知見を得るのが難しいかもしれない。このような困難があるものの、数値モデルでウイルスの挙動を再現する場合には室内実験データが欠かせない。この点も大気化学との間にアナロジーがある。

最後に数値モデルについては、考慮するプロセスに応じていくつかのアプローチがある。最も単純なものは飛沫の水分蒸発に伴う粒径変化の時間発展をボックスモデルとして解くものであり、重力落下して地面に到達するまでを考慮する[Yang & Marr, 2011]。この際に、室内実験により得られたウイルス不活化の時間発展を入れることで、感染リスクの評価を行うこともできる。より高度な計算としては、数値流体解析によって飛沫・飛沫核の 3 次元運動を追跡する手法がある[Feng *et al.*, 2020; Shao, *et al.*, 2021]。前述の通り室内環境の気流解析手法は確立されており、飛沫の水分蒸発やウイルス不活化過程を現実的に即して再現することが重要となる。ただし、このような計算は仮想的な空間におけるリスク評価(高濃度になりやすい場所の推定)を主目的としたものである。大気化学モデルのように、現実の世界を模擬し、観測データによって検証した例は、少なくとも調べた範囲では見つからなかった。これは、大気化学で扱う時間・空間スケールでは平均的な排出インベントリを仮定できるのに対し、狭い閉鎖系空間では個々の発生源(人間)の特性が極めて強く反映されるため、定量的な比較が難しいことが大きな理由かもしれない。

このような不確実性があることを理解した上で、空気媒介感染のモデルを構築し、観測・室内実験・モデルの三位一体構造を機能させることは、大気化学コミュニティが学術的に貢献できる部分かもしれない。大気化学では、インバージョンやデータ同化をはじめとした解析手法が確立されており、離散的な観測デ

一タから発生源プロフィールや各種メカニズムの妥当性を解明するための研究蓄積がある。また、エアロゾルや雲を粒径別に表現し、その微物理過程を経験則によらず陽に計算できるモデルも開発されている。

どのようなモデルでも、初期段階では単純化され過ぎて現実をうまく再現しない可能性があるが、検証を繰り返す過程で精緻化されてゆくものである。これを COVID-19 の対策として行うのはやや時機を逸しているが、将来的に同様の感染症が流行する場合への備えとして行う価値はあると考えられる。

5. まとめ

SARS-CoV-2 が「新型」コロナウイルス (“novel” coronavirus)として広く認識されたのは 2020 年 1 月である。WHO により、主要な感染経路は接触感染と飛沫感染であるという見解がかなり早い段階で示された。その後、研究者からの様々な提言を受けて訂正が行われ、当初の見解とはかなり異なる状況になっている。新しく見出された現象について、研究が進む過程で知見が更新され、各種見解が変わること自体は不思議ではない。一方で、新型であり未知のものであるはずのウイルスについて、なぜ早々に主要な感染経路(接触感染・飛沫感染)が特定されたのか、その根拠については私が調べた範囲では分からなかった。もし WHO の当初の見解で Roy と Milton の SARS に関する論文[Roy & Milton, 2004] をはじめとして過去の研究が慎重に考慮されていたとすれば、このパンデミックの経過も異なるものになっていただろうか。

本稿を含め、COVID-19 を契機として 3 報の和文解説記事を執筆したが、歴史に学ぶことの重要性、さらには歴史に学んだ上で将来に備えることの重要性を強く認識するとともに、欧米を中心とした長い研究の歴史に改めて敬服した。特に、3 報の解説記事で数多く引用している論文の著者である Linsey Marr は COVID-19 問題が顕在化する以前からインフルエンザなどの研究で地道な基礎研究を積み重ねてきてい

る。Marr はかつてマサチューセッツ工科大学で Mario Molina のもとで大気化学の研究を行っていた。そのためか、私が調べたウイルス関連の各種文献と比べて、大気化学者でも理解しやすい内容が多いと感じた。また、Aerodyne 社エアロゾル質量分析計の研究で個人的に旧交がある Jose Jimenez も COVID-19 関連の研究に参画し情報発信している。このように、海外では大気化学者が積極的に COVID-19 問題に貢献している。COVID-19 がいずれ終息した後は関連研究も下火になってしまうかもしれないが、将来に向けて大気化学コミュニティとして基礎研究を継続し、適切な情報発信をすることは重要であろう。

参考文献

- Anand, S. & Y. S. Mayya (2020), Size distribution of virus laden droplets from expiratory ejecta of infected subjects, *Sci. Rep.*, 10, 21174, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78110-x>.
- Bazant, M. Z., and J. W. M. Bush (2021), A guideline to limit indoor airborne transmission of COVID-19, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 118, e2018995118, <https://doi.org/10.1073/pnas.2018995118>.
- Bhargar, S., et al. (2016), Chamber bioaerosol study: Human emissions of size-resolved fluorescent biological aerosol particles, *Indoor Air*, 26, 193–206, <https://doi.org/10.1111/ina.12195>.
- Booth, T. F., et al. (2005), Detection of airborne severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units, *J. Infect. Dis.*, 191, 1472–1477, <https://doi.org/10.1086/429634>.
- Centers for Disease Control and Prevention (2021), Science brief: SARS-CoV-2 and surface (fomite) transmission for indoor community environments, 5 April, 2021, <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/science-and-research/surface-transmission.html>. Accessed 16 November 2021.

- Edward, D. G. ff., W. J. Elford, & P. P. Laidlaw (1943), Studies on air-borne virus infections: I. Experimental technique and preliminary observations on influenza and infectious ectromelia, *J. Hyg., Camb.*, 43, 1–10.
- Feng, Y., T. Marchal, T. Sperry, & H. Yi (2020), Influence of wind and relative humidity on the social distancing effectiveness to prevent COVID-19 airborne transmission: A numerical study, *J. Aerosol Sci.*, 147, 105585, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105585>.
- Lewis, D. (2021), COVID-19 rarely infects through surfaces. So why are we still deep cleaning? *Nature*, 590, 26-28, <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00251-4>.
- Lin, K., C. R. Schulte, & L. C. Marr (2020), Survival of MS2 and Φ6 viruses in droplets as a function of relative humidity, pH, and salt, protein, and surfactant concentrations, *PLoS ONE*, 15, e0243505, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243505>.
- Liu, Y., et al. (2020), Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals, *Nature*, 582, 557–560, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
- Morawska, L. & D. K. Milton (2020), It is time to address airborne transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19), *Clin. Infect. Dis.*, 71, 2311–2313, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>.
- 西村 秀一 (2020), 感染伝搬様式の再確認 – エアロゾル感染; 空気感染, *臨床とウイルス*, 48, 214–223.
- Peng, Z. & J. L. Jimenez (2021), Exhaled CO₂ as a COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities, *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 8, 392-397, <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00183>.
- Roy, C. J., & D. K. Milton (2004), Airborne transmission of communicable infection - the elusive pathway, *N. Engl. J. Med.*, 350, 1710–1712, <https://doi.org/10.1056/NEJMp048051>.
- Shao, S., et al. (2021), Risk assessment of airborne transmission of COVID-19 by asymptomatic individuals under different practical settings, *J. Aerosol Sci.*, 151, 105661, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105661>.
- Siegel, J. D., E. Rhinehart, M. Jackson, L. Chiarello (2007), Health care infection control practices advisory Committee: guideline for isolation precautions: Preventing transmission of infectious agents in health care settings, *Am. J. Infect. Control*, 35, S65-S164, <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.10.007>.
- Starr, D. (2021), The air investigator, *Science*, 373, 612–615, <https://doi.org/10.1126/science.373.6555.612>.
- 竹川 暢之 (2021a), エアロゾルと飛沫感染・空気感染, *エアロゾル研究*, 36, 65–74, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jar/36/1/36_65/_pdf.
- 竹川 暢之 (2021b), 呼吸器由来の飛沫の水分蒸発過程, *エアロゾル研究*, 36, 231–236.
- Wang, C. C., et al. (2021), Airborne transmission of respiratory viruses, *Science*, 373, eabd9149, <https://doi.org/10.1126/science.abd9149>.
- Wells, W. (1934), On air-borne infection: Study II. droplets and droplet nuclei, *Am. J. Epidemiol.*, 20, 611-618, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a118097>.
- World Health Organization (2020a), Modes of transmission of virus causing COVID-19: Implications for IPC precaution recommendations: scientific brief, 27 March 2020, WHO/2019-nCoV/Sci_Brief/Transmission_modes/2020.1. Accessed 03 January 2021.
- World Health Organization (2020b), Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions: scientific brief, 09 July 2020, WHO/2019-nCoV/Sci_Brief/Transmission_modes/2020.3. Accessed 03 January 2021.
- Yang, W. & L. C. Marr (2011), Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity, *PLoS ONE*, 6, e21481, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021481>.
- Yang, W., and Marr, L. C. (2012), Mechanisms by Which Ambient Humidity May Affect Viruses in Aerosols, *Appl. Environ. Microbiol.*, 78, 6781–6788, <https://doi.org/10.1128/AEM.01658-12>.

原稿受領日: 2021年11月18日

掲載受理日: 2021年12月25日

著者所属:

1. 東京都立大学 大学院理学研究科 化学専攻

*** 責任著者:**

Nobuyuki Takegawa <takegawa@tmu.ac.jp>

数値モデルと観測の統合解析に基づく越境大気汚染の変調に関する研究の推進

Promotion of research on the modulation of trans-boundary air pollution based on integrated analysis of numerical models and observations

板橋秀一^{1*}

世界的にみて中国の人為起源排出量は大きな割合を占めており、その風下に位置する日本は、越境大気汚染の影響を受けます。私が越境大気汚染の研究に取り組み始めた 2010 年ごろには、SO₂ 排出量は減少傾向に転じた可能性があったものの、他の排出量は依然として増加の一途をたどるものと考えていました。しかし、ここ 10 年間で中国の排出量は目まぐるしく変化し、東アジアの大気質は劇的に改善されてきています。本稿では、数値モデルと観測を統合的に解析することで見出されてきた越境大気汚染の変調に係る研究について紹介をさせていただきます。

1. はじめに

この度は日本大気化学会奨励賞を受賞し、大変光栄に思うと同時に、この賞の名に恥じぬように今後も研究に精進していくことを強く思い改めた次第です。私は大学院修士課程からモデル研究に取り組み始めましたが、最初に本学会(前身の大気化学研究会)に参加したときには、モデル研究の肩身が狭い印象を受けたのをとてもよく覚えています。大気化学研究におけるアプローチのひとつであるモデル研究に、本学会での活動も通じながら、微力ではありますが貢献していきたいと存じます。さて、本奨励賞の対象テーマである越境大気汚染ですが、私が大学院修士課程に入学した 2008 年から現在まで、研究を始めた当初に私自身が想像していたものを絶するほど、劇的に変化をしてきており、これからも変化していくものと思います。本稿では、越境大気汚染に係る研究について、関連する主要論文とともに紹介をさせていただきます。

2. 越境大気汚染に係る発生源寄与評価

数値モデルは、発生・輸送・反応・沈着のさまざまな過程を経て時間変化する大気汚染物質の動態を物理・化学法則に基づいて数学的に記述をしたもので、任意の 3 次元空間における大気汚染物質の分布などが表現可能です[鶴野ら, 2021]。東アジアスケールで捉える必要のある越境大気汚染の問題に対しても、適切な研究アプローチの一つであると考えられます。私は米国環境保護庁がオープンソースとして公開している Community Multiscale Air Quality (CMAQ) モデル[U.S. EPA, 2021]等を東アジア領域(東アジア～わが国の都市スケール)の大気環境研究に応用した研究を進めてきました。

空間分布の 3 次元的な把握に加え、数値モデルの魅力的な点として、どの発生源が、どこにどれほどの寄与をもつか(越境大気汚染の場合には、中国の日本への寄与はどれほどか)という発生源寄与評価が可能ながあります。そのための手法として、大学院博士後期課程においては、モデルが大気汚染

物質の濃度の時間発展を解くのと同時に、排出量に対する感度を計算可能な直接感度解析法をもとに、硫酸塩(SO_4^{2-})や光化学オキシダント(O_x)の寄与評価を実施してきました[Itahashi et al., 2012a; Itahashi et al., 2013]。発生源寄与評価は、時間スケールとして短期間の高濃度イベントに着目することも重要ですが、一方では、大気環境基準として年平均値も定められているように、季節・年平均といった長期的な評価を行うことも重要となります。上述した直接感度解析法は計算コストが大きいので、反応過程に線型性を仮定したトレーサー法による寄与評価の妥当性の検証[Itahashi et al., 2015a]を進め、 SO_4^{2-} に対しては通年かつ中国を省別にまで細かくした発生源寄与評価 [Itahashi et al., 2017a]や、大気中濃度だけでなく乾性・湿性沈着量にも寄与評価を拡張すること [Itahashi, 2018]を進めてきました。これらいずれの研究からも、わが国の大気環境(大気中濃度および沈着量)に対しての越境大気汚染の影響の大きさを指摘してきました。

さて、モデルによる発生源寄与評価の結果ですが、たとえ、モデルで濃度そのものをよく再現できていたとしても、それは寄与評価結果までを担保するものとはなりません[Cohan & Napelenok, 2011]。そのため、濃度以外の視点からモデルを多角的に検証する必要があります。例えば、 SO_4^{2-} の場合には、 SO_2 から SO_4^{2-} への酸化率の指標となる $F_s = \text{SO}_4^{2-} / (\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-})$ は、観測される実大気とモデル内の計算過程における SO_4^{2-} への酸化過程を適切に表現できているかを判断可能な指標となります[Itahashi et al., 2019a]。このほか、発生源に特有の情報をもつ元素濃度や濃度比は発生源を特定するのに有用であり、例えば V は石油燃焼、Mn は鉄鋼工業の指標で、V/Mn 比は発生源の影響により大きく変わります[日置ら, 2009]。辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーションでは、船舶由来の V 濃度が大きく[Shimada et al., 2017]、カスケードインパクトで計測された V/Mn 比とモデルで推計した船舶由来の寄与濃度はよく対応

することを示しました[Itahashi et al., 2017b]。このようなモデル検証を通じて、濃度に加えて発生源寄与評価結果への信頼性を高めることとともに、現状のモデルでいまだ十分ではない要素を明らかとしていく必要があると考えています。

3. 越境大気汚染の変調

越境大気汚染に係る中国の排出量とわが国の大気質の変化の対応関係を見ていくには、長期的なトレンド解析も必要とされます。そのために、面的な分布が得られる衛星計測データの利活用もあります。例えばエアロゾルに関しては、消散係数を地表面から大気上端まで鉛直積算したエアロゾル光学的厚さ (Aerosol Optical Depth; AOD) が利用できます。日本周辺海域の AOD_f (fine-mode AOD; 微小粒径に対する AOD) の 2000-2010 年までのトレンドを見たところ、どの領海においてもちょうど 2005 年あたりをピークに増加・減少のトレンドが明瞭であることがわかりました。衛星計測からは AOD_f としての情報に限られますが、一方でモデルからは計算されたエアロゾル濃度から AOD_f を算出可能です。このことから日本周辺海域の AOD_f の主体が SO_4^{2-} であることがわかり、この 2005 年のピークは中国の SO_2 排出量のピークに対応することを示しました[Itahashi et al., 2012b]。この研究を開始したときには、当時の排出量の情報からは中国の排出量が減少傾向に転じているとは思っていませんでしたので、大変驚いたとともに、大気環境に係るさまざまなデータを見る必要性を痛感しました。

このように SO_2 に関しては 2005 年からの減少傾向が考えられましたが、例えば NO_x については、衛星計測による NO_2 カラム量の中国華北平原における解析結果は 2000-2010 年ではほぼ倍増しており[Itahashi et al., 2014a]、依然として深刻な大気汚染状況がありました。そして、2013 年 1 月にはいわゆる激甚大気汚染として[鶴野ら, 2013]、メディア等を通じて広く国民に周知されることとなります。しかし、ここからの中国の排出量変化は目まぐるしいものでした[Zheng et

al., 2018]。大気汚染防止アクション・プランなどの政策が急激なペースで進められ、中国国内の PM_{2.5} 濃度は 2013 年から 2017 年までの 5 年間で 3 割以上も減少するに至りました[Zhang et al., 2019]。わが国の PM_{2.5} 濃度の大気環境基準達成状況については、2010 年度から 2014 年度までは 30%前後でしたが、2015 年度から 70%を超えるようになり、最新の 2019 年度では 99%となりました。この 10 年間のわが国の PM_{2.5} 汚染状況の改善には、中国の大気環境改善が大きく影響を及ぼしたと考えられています[鶴野ら, 2017]。なお、上述した AOD_f の解析からも、2015 年以降の急激な PM_{2.5} 環境基準達成率の向上には、大陸からの越境輸送の低減が影響している可能性が大きいことを示しています[板橋, 2018; Itahashi et al., 2021a]。

このように PM_{2.5} 濃度が減少し、大気質が改善していく傾向の中でも、懸念されることがあります。それが越境大気汚染の変調という点です。従来より、東アジアの PM_{2.5} の主要成分は SO₄²⁻でしたが、中国の SO₂ 排出量削減は極めて迅速で、現在はピーク時の 2005 年の約 1/3 にもなっており、世界最大の SO₂ 排出国はインドと推計されています[Li et al., 2017]。中国の NO_x 排出量も 2011 年を境に減少に転じました[Itahashi et al., 2019b]が、SO₂ の削減と 5 年ほどの差がありました。このような観点を含めて、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)の観測データを基に、東アジアの降水中の化学組成について 2001 年から 2015 年まで経年変化を解析しました[Itahashi et al., 2018]。結果からは、降水中の酸性物質が SO₄²⁻ から硝酸塩(NO₃⁻)にシフトしていることが示されました。また、モデル計算を通じて、中国の SO₂ と NO_x の排出量変化を加味しないと、東アジアスケールの降水化学の経年変化は説明できないことを明らかとしました[Itahashi et al., 2014b; 2015b]。降水成分に加えて、長崎県福江島におけるエアロゾル化学成分計測結果とモデル計算からも、PM_{2.5} の構成比率また濃度について、SO₄²⁻ から NO₃⁻ への経年的な変調の傾向

が見られています[Uno et al., 2020]。以上のことから、中国の排出量の劇的な変化に伴い、越境大気汚染が改善傾向にある中で、PM_{2.5} の構成成分に変調が現れ始めたことを明らかとしました。

これから窒素汚染が深刻な問題となることは注視していく必要があります。従来はローカル汚染の指標として NO₃⁻ が考えられていましたが、高時間分解能での観測を可能としたエアロゾル化学成分連続自動分析装置(ACSA)やデニューダ・フィルターパック法などとモデル計算結果からは、冬季の九州において越境輸送される NO₃⁻ が示されています[Itahashi et al., 2017c]。窒素循環については、すでにプラネタリー・バウンダリー(地球の限界)の閾値を超えている危険性が大きいと懸念されている[Rockström et al., 2009] ため、大気中濃度に加えて地球表層への沈着量も評価していく必要があります。そのためには NO₃⁻ の微小・粗大粒径別の検証が重要であり、福江島や白鳳丸による海洋上の観測データが利用可能な 2002-2004 年を対象に東アジアスケールの窒素負荷量を推定することに取り組みました[Itahashi et al., 2016]。収支解析からは、中国から越境する酸化態窒素の約半分が東シナ海・黄海・日本海などの東アジア縁辺海域に沈着していることを示し、また、微小・粗大粒径の NO₃⁻ とガス状硝酸(HNO₃)がほぼ同程度に寄与していました。解析対象年を 2010 年に更新し、アジア域のダスト計算も含めた推計を行ったところ、酸化態窒素は主として砂漠域と縁辺海上で、還元態窒素は砂漠域を除く陸上と外洋で主たる窒素負荷の要因でした[Itahashi et al., 2021b]。NO_x 排出量の変化に関わらず上述の 2 例の窒素負荷解析で酸化態窒素負荷量が大きく変わらなかったことは興味深い結果の 1 つであり、窒素負荷の長期的なトレンドを解明していきたいと考えています。

4. おわりに

個々人の研究者は、それぞれの目的のもとにモデル研究を進めていますが、個人やグループでの研究

にも限界があるもので、モデル研究者が一堂に会するモデル相互比較研究を通じて、新しい視野からモデルを見ることも、モデル開発や研究の進展の有用な手段となります[例えば, 山地ら, 2021]。国内のモデル比較研究(J-STREAM)[Chatani et al., 2018]では、現状のモデルが有する冬季の SO_4^{2-} の過小評価の問題に対して、 SO_2 の NO_2 による液相酸化過程の導入[Itahashi et al., 2019c]や SO_2 のクリーギー中間体との反応過程の検討・導入[Itahashi et al., 2021d]といった化学反応過程に注目をした研究に着手を始めました。また、アジア域モデル比較研究(Model Inter-Comparison Study for Asia; MICS-Asia)に参加できたことも、とても有意義でした。第3期においては沈着量評価に係る成果をとりまとめ [Itahashi et al., 2020a; 2021c; Ge et al., 2021], さまざまなモデルを見ていても窒素沈着の再現性は最も難しく、また、モデル間のばらつきも大きいことがわかりました。窒素負荷の正確な評価のためには不確実性の低減が必要であり、一層の研究の推進が必要と考えられます。また、越境大気汚染の問題に対し、実質的な政策にまで結びつけていくには、日中韓の国際協働が必須であり、その点にまで貢献したいと思っています。

モデルの不確実性を小さくし、再現性を向上させるには、新しいモデル計算のフレームワークも必要となると思います。従来まで、一般的に領域モデルの境界条件には、全球モデルの出力値を利用してきました。そのために、鉛直分解能や特に VOC 等の化学種、また、粒径分布などの点で境界条件作成に不整合を伴っており、何らかの仮定が必要でした。米国留学中には、領域モデルのポーラステレオ図法を北極点におくことで、北半球スケールを解像できる計算に取り組み、大陸間輸送にも研究対象を拡張しました[Itahashi et al., 2020b; 2020c; 2021e]。この半球スケールモデルを利用すれば、北半球からわが国の都市域までを一つの領域モデルの計算でシームレスにつなげることが期待できます。この点も、これからの展開を図っていきたいと考えているところです。

謝辞

修士・博士後期課程の指導教官で、現在でもさまざまな場面で研究を楽しくご一緒させていただいている鶴野伊津志九州大学名誉教授には、心からの御礼を申し上げます。先生の研究に憧れて、先生のような研究がしたいと思い、今まで進んできました。少しでも近づけるように、一層日々の研究に励みたいと思います。速水洋早稲田大学教授には、モデル研究者として観測研究にも目を向ける重要性を説いていただきました。両者を自分の手で行うことはまだまだですが、いずれはそのような広い研究ができる研究者になりたいと思っています。米国留学においては、ノースカロライナ州立大学(現 ノースイースタン大学) Yang Zhang 教授に快く受け入れていただき、多忙の中ご指導をいただきました。ここでは、日頃よりお世話になっているすべての方々のお名前を挙げるができずに申し訳ございません。研究者を志してから今日まで、本当に多くの方々に支えられて今があることに感謝したいと思います。なんらかのきっかけから、みなさまとの新しい研究などに発展ができれば、大変おもしろく、また有意義に思っております。今後ともご指導・ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

参考文献

- Chatani, et al. (2018), Overview of Model Inter-Comparison in Japan's Study for Reference Air Quality Modeling (J-STREAM), *Atmosphere*, 9, 19.
- Cohan, D. S. & S. L. Napelenok (2011), Air quality response modeling for decision support, *Atmosphere*, 2, 408-425.
- 日置正ら (2009), 松山, 大阪, つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染特性の解析, *大気環境学会誌*, 44, 91-101.
- Ge, B. et al. (2020), Model Inter-Comparison Study for Asia (MICS-Asia) phase III: multimodel comparison of reactive nitrogen deposition over China, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 10587-10610.

- Itahashi, S., I. Uno & S-T. Kim (2012a), Source contributions of sulfate aerosol over East Asia estimated by CMAQ-DDM, *Environ. Sci. & Tech.*, 46, 6733–6741.
- Itahashi, S. et al. (2012b), Interannual variation in the fine-mode MODIS aerosol optical depth and its relationship to the changes in sulfur dioxide emissions in China between 2000 and 2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 2631–2640.
- Itahashi, S., I. Uno & S-T. Kim (2013), Seasonal source contributions of tropospheric ozone over East Asia based on CMAQ-HDDM, *Atmos. Environ.*, 70, 204–217.
- Itahashi, S., I. Uno, H. Irie, J. Kurokawa & T. Ohara (2014a), Regional modeling of tropospheric NO₂ vertical column density over East Asia during the period 2000-2010: comparison with multisatellite observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 3623–3635.
- Itahashi, S., I. Uno, H. Hayami & S. Fujita (2014b), Modeling investigation of controlling factors in the increasing ratio of nitrate to non-sea salt sulfate in precipitation over Japan, *Atmos. Environ.*, 92, 171–177.
- Itahashi, S., H. Hayami & I. Uno (2015a), Comprehensive study of emission source contributions for tropospheric ozone formation over East Asia, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 331–358.
- Itahashi, S., I. Uno, H. Hayami & S. Fujita (2015b), Variation of the ratio of nitrate to non-sea salt sulfate in precipitation over East Asia with emissions from China, *Atmos. Environ.*, 118, 87–97.
- Itahashi, S., H. Hayami, I. Uno, X. Pan & M. Uematsu (2016), Importance of coarse-mode nitrate produced via sea salt as atmospheric input to East Asian oceans, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 5483–5491.
- Itahashi, S., H. Hayami, K. Yumimoto & I. Uno (2017a), Chinese province-scale source apportionments for sulfate aerosol in 2005 evaluated by the tagged tracer method, *Env. Poll.*, 220, 1366–1375.
- Itahashi, S. et al. (2017b), Model estimation of sulfate aerosol source collected at cape Hedo during an intensive campaign in October–November, 2015, *Aerosol and Air Qual Res.*, 17, 3079–3090.
- Itahashi et al. (2017c), Nitrate transboundary heavy pollution over East Asia in winter, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 3823–3843.
- Itahashi, S. (2018), Toward synchronous evaluation of source apportionments for atmospheric concentration and deposition of sulfate aerosol over East Asia, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 2927–2953.
- Itahashi, et al. (2018), A 15-year record (2001-2015) of the ratio of nitrate to non-sea-salt sulfate in precipitation over East Asia, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 2835-2852.
- 板橋秀一 (2018), 人口衛星による日本周辺域でのエアロゾル光学的厚さの長期観測, *エアロゾル研究*, 33(2), 77-83.
- Itahashi, S., S. Hatakeyama, K. Shimada & A. Takami (2019a), Sources of high sulfate aerosol concentration observed at Cape Hedo in spring 2012. *Aerosol Air Qual Res.*, 19, 587–600.
- Itahashi, S. et al. (2019b), Inverse estimation of NO_x emissions over China and India 2005-2016: contrasting recent trends and future perspectives, *Environ. Res. Lett.*, 14, 124020.
- Itahashi, S., K. Yamaji, S. Chatani & H. Hayami (2019c), Differences in Model Performance and Source Sensitivities for Sulfate Aerosol Resulting from Updates of the Aqueous- and Gas-Phase Oxidation Pathways for a Winter Pollution Episode in Tokyo, Japan, *Atmosphere*, 10, 544.
- Itahashi, S. et al. (2020a), MICS-Asia III: overview of model intercomparison and evaluation of acid deposition over Asia, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 2667–2693.
- Itahashi, S., R. Mathur, C. Hogrefe & Y. Zhang (2020b), Modeling stratospheric intrusion and trans-pacific transport on tropospheric ozone using hemispheric CMAQ during April 2010 –Part 1: Model evaluation and air mass characterization for stratosphere-troposphere transport, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 3373–3396.
- Itahashi, S., R. Mathur, C. Hogrefe, S. L. Napelenok & Y. Zhang

- (2020c), Modeling stratospheric intrusion and trans-pacific transport on tropospheric ozone using hemispheric CMAQ during April 2010 –Part 2: Examination of emission impacts based on the higher-order decoupled direct method, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 3397–3413.
- Itahashi, S., T. Sakurai, H. Shimadera, S. Araki & H. Hayami (2021a), Long-term trends of satellite-based fine-mode aerosol optical depth over the Seto Inland Sea, Japan over two decades (2001-2020), *Environ. Res. Lett.*, 16, 064062.
- Itahashi, S. et al. (2021b), Nitrogen burden from atmospheric deposition in East Asian oceans in 2010 based on high-resolution numerical modeling, *Env. Poll.*, 286, 117309.
- Itahashi, S. et al. (2021c), Insights into seasonal variation of wet deposition over southeast Asia via precipitation adjustment from the findings of MICS-Asia III, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 8709–8734.
- Itahashi, S., R. Uchida, K. Yamaji, S. Chatani (2021d), year-round modeling of sulfate aerosol over Asia through updates of aqueous-phase oxidation and gas-phase reactions with stabilized Criegee intermediates, *Atmos. Environ.: X*, 12, 100123.
- Itahashi, S., R. Mathur, C. Hogrefe & Y. Zhang (2021e), Incorporation of volcanic SO₂ emissions in the Hemispheric CMAQ (H-CMAQ) version 5.2 modeling system and assessing their impacts on sulfate aerosol over the Northern Hemisphere, *Geosci. Model. Dev.*, 14, 5751–5768.
- Li, C. et al. (2017), India is overtaking China as the world's largest emitter of anthropogenic sulfur dioxide, *Sci. Rep.*, 7: 14304.
- Rockström et al. (2009), A safe operating space for humanity, *Nature*, 461, 472-475.
- Shimada et al. (2017), Concentrations of metallic elements in long-range-transported aerosols measured simultaneously at three coastal sites in China and Japan, *J. Atmos. Chem.*, doi:10.1007/s10874-017-9366-8.
- U.S. EPA (2021), CMAQ: The Community multiscale Air Quality Modeling System. <https://www.epa.gov/cmaq>, last access 1 December 2021
- 鶴野伊津志ら (2013), 何故 2013 年冬季の中国で PM_{2.5} が高濃度になったか?, *大気環境学会誌*, 48, 274-280.
- 鶴野伊津志ら (2017), PM_{2.5} 越境問題は終焉に向かっているのか?, *大気環境学会誌*, 52, 177-184.
- 鶴野伊津志, 弓本桂也, 板橋秀一 (2021), 大気環境モデリング, 森北出版, ISBN 978-4-627-29101-0
- Uno, I. et al. (2020), Paradigm shift in aerosol chemical composition over regions downwind of China, *Sci. Rep.*, 10: 6450.
- 山地一代, 茶谷聡, 板橋秀一, 嶋寺光 (2021), 都市大気の数値モデルシミュレーション, *大気化学研究*, 45, 045A04.
- Zhang, Q. et al. (2019), Drivers of improved PM_{2.5} air quality in China from 2013 to 2017, *Proc. Natl Acad. Sci.*, 116, 24463–24469.
- Zheng, B. et al. (2018), Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 14095-14111.

原稿受領日: 2021 年 12 月 6 日

掲載受理日: 2021 年 12 月 14 日

著者所属:

1. 一般財団法人電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部

*** 責任著者:**

Syuichi Itahashi <isyuichi@criepi.denken.or.jp>

IGAC 2021 – ECR Collaboration and Networking Capacity Building Workshop Participation Report

Yange Deng^{1*}

1. Introduction

The global pandemic caused by COVID19 has greatly changed our work and life styles as well as our conference styles. The planned 2020 IGAC conference in Manchester, UK turned out to be the 2021 IGAC virtual conference. The 2021 IGAC Early Career Short Course (ECSC), which aims to provide an opportunity for Early Career Researchers (ECR) to learn career skills and to build a network among peers, was also held in a virtual way.

The theme of the ECSC was “ECR Collaboration and Networking Capacity Building”. It was hosted on Zoom combined with the use of Mural (<https://www.mural.co/>) interactive whiteboard space, which enabled members to create an output together through the flexible use of plenaries and breakout groups. It consisted of three connected progressive sessions with time in between to allow members to reflect on the topics asynchronously.

The workshop put us in the collaborative winning of the future 2031 Nobel Prize award. “This award is for the accelerated efforts to understand and demonstrate how atmospheric chemistry can be used to both achieve zero carbon emissions and improve global air quality.” We were asked to imagine ourselves as leading scientists of this amazing global collaboration. Before the workshop, we studied the usage of Mural individually and did a preliminary self-introduction on the Mural noticeboards.

2. Getting to Know You and Exploring Atmospheric Chemistry – Session 1

This session was started with an introduction plenary and included three breakout discussions. In this session, all breakout groups was assigned randomly to help us to get to know one another. Breakout #1 asked us to reflect on what made this winning collaboration so fresh and different? Breakout #2 asked us to discuss our priority for innovation and research in 2021. What questions did we start to explore? And what new possibilities did we start to consider? Breakout #3 asked us to generate “what if” questions/themes that we could research that might help us make progress towards net zero carbon emissions. Finally, we summarized and categorized the proposed “what if” possibilities in a plenary. All the main ideas from our discussions were reflected on the Mural whiteboard. We were able to reflect on the “what if” ideas and to add comments or new ideas until the third session.

3. Discovering the Secrets of Successful Collaborators and How to Develop Your Career as One – Session 2

In this session, we explored how to make sure we were in the Nobel Prize winning collaboration. Firstly, each breakout group were asked to add 3 things that good collaborators do to understand the situation and group and “get in” to a collaboration. Our sharing generated in together 5 topics: sharing common interests, making contact, being brave, identifying what YOU can offer, and identifying what THEY can offer. We further discussed the possible options for each topic. We also reflected on “what makes me want to work with someone or talk to them again?” and “where we

think we are?”. Ideas to the former question included: try to make discussions move forward, be ready to listen to others, be organized, get places on time, take initiative, be patient and open to ideas, be respectful to others’ ideas, share knowledge, be willing to teach and learn, be cordial and friendly, have knowledge in the area, and have a good work ethic.

After that, time was given for us to reflect on the skills and actions shown by those who are part of successful collaborations and our own contributions. Then, each of us were asked to pick 2 things to do to help ensure we were moving towards being in a position to be in this amazing collaboration that is about to form. In the following breakout group discussions, each person shared one of their two action plans and received some feedback from others about the approaches which one could take. To offer feedback or ideas, we were suggested to start with “I’m wondering if ...”. Finally, in a Mural area named “peer support”, we posted what we need for support from peers or what we can offer to peers to move forward our action plan. People were looking for help to stick to the plan, to start and continue working consistently to acquire a new skill, to be more organized in collaborations, to accept self-shortcomings and work upon improving it, to be clearer and simpler, to get rid of the frustration due to mistakes and start afresh with great enthusiasm, to overcome fear and anxiety to finish the thesis on time, as well as to listen to others more carefully. Most of those requests were answered by people who offered help or by comments from other members.

4. Exploring Potential – Session 3

In this session, based on the “what if” possibilities developed in the first session, we were further given an opportunity to share our ideas for potential research challenges/topics and start to identify common themes

which could be merged and developed further. We were then grouped according to the research topics that we were interested in. In the breakout groups, members contributed ideas to the research topic on Mural by answering the following questions: 1) what is the big ambition? 2) what scientific challenges are being addressed? 3) how does this idea help us to jump ahead? What is innovative about it? 4) what might be the very first steps to get this moving with a low budget? And 5) what can you contribute? The research topics we discussed included: stopping global warming at 1.5 °C, air quality with smoke events, effective ways to prevent the fires, cloud aerosol and monsoon variability, Halogen chemistry model, every community had access to local air quality data, a network of sensors that can measure even difficult species (e.g., radicals), real time data from all locations around the globe, higher spatial resolution of air quality in urban locations, and more opportunities for undergraduates to get research experience.

5. Feedbacks from attendees

At the end of each session, we were asked to use three words to describe the session. The most frequently used words were interesting, refreshing, interactive, fun learning, freedom, teamwork, helpful, engaging, contributing, thought-provoking, brainstorming, and great discussion with great people, etc.

6. Reflections – two months later

As with other peers, I also think the workshop was interactive, interesting, and helpful. What impressed me most is one comment on how to listen to others more carefully. The comment was: sometimes in collaborations people listen with the main aim of seeing what they can say in response rather than truly hearing what someone is suggesting! This is what I sometimes

do! I would have taken many suggestions from others if I had listened correctly! Another idea which I think great is to make the entry barrier for newcomers to existing research structures lower, e.g., providing more opportunities for undergraduates to get involved in research. Moreover, I and Renu from the India National Physical Laboratory established contact through this workshop. I believe many other connections among the participated members have also been established.

著者所属:

1. 国立環境研究所

* 責任著者:

Yange Deng <deng.yange@nies.go.jp>

IGAC2021 Virtual Conference における Japan National Committee Session 開催の報告

持田陸宏^{1*}

2021年9月12日から17日まで、第16回のIGAC Scientific Conference にあたる IGAC2021 Virtual Conference がオンラインで開催された。第16回の会議は当初、2020年9月にManchesterで開催される予定であったが、コロナ禍において1年遅れてオンライン形式で開催となった。IGAC2021では、IGACの各アクティビティやワーキンググループごとにセッションが設けられ、これらのセッションの一つとして、日本学術会議・IGAC 小委員会からなる Japan National Committee (JNC) のセッションが設けられた。本稿では、セッション運営に関わったJNCメンバーとして、当該セッションの概要を報告する。

JNCセッションは、IGAC2021における各セッションの中で最初に開催され、ほかには、Mango, ACAM, GEIA, Americas Working Group, ANGA, MAP-AQ, AMIGO, Southern Hemisphere Working Group, China Working Group, TOAR-II, CCMI, CATCH, PACES の各セッション、さらに COVID のスペシャルセッションが設けられた。これらのセッションでは合わせて500件を超える発表の登録があり、そのうちJNCセッションを主セッションとする発表の登録は17件であった。また、JNCセッションと関連する発表として、AMIGO, CATCH, CCMI, COVID, Southern Hemisphere, GEIA, MANGO, MAP-AQ, PACES を主セッションとする発表の登録があった。Zoomを利用したJNCの口頭セッションでは、ポスター発表の概要について、“GOSAT-GW and international collaboration”, “Asian regional air pollution and international collaboration”, “Lightning talks from ECS”の3つのカテゴリで紹介が行われた。限られた時間の概要紹介ではあったが、

ライブ感の高い雰囲気の中、各発表の内容に加え、その研究に取り組む方々の存在をしっかりと感じられる場となった。

IGAC2021では、口頭発表をビデオ形式で視聴するほか、Gatherのサービスにアクセスし、仮想空間に設けられたポスター会場に出向くことで各ポスター発表にアクセスする形式が取られた。昔のコンピュータRPG風の画面の中で国際会議場のマップを自由に動き、目的のポスターの場所に行って発表者とビデオで会話することができた。また、他の参加者も会場におり、近づいてビデオ会話をすることもできた。ポスター発表のコアタイムは、3つに区分され、発表ごとにいずれかのコアタイムが割り振られた。オンラインの国際会議の悩ましい点として時差の問題があり、9月13~17日の期間に毎日設けられたコアタイムの多くの時間枠は、日本において深夜の時間帯であった。発表者、また発表を聴く参加者ともに、時間帯を負担に感じる場合があったことと思う。

IGAC2021では、若手研究者を対象として各セッションの発表に対して表彰があり、JNCセッションからは、国立環境研究所のAstrid Müllerさんが、“How well can satellite derived XCO₂ determine seasonal and interannual changes of CO₂ over oceans? Evaluation by integrated ship and aircraft observations”の発表(主となるセッションはAMIGO)に対してEarly Career Poster Presentation Awardが授与された。また、Honorary Mentionsとして、金沢大学の犬野耕平さんと国立環境研究所の藤縄環さんが選出された。また、JNCセッションに関連する発表の中から、東京工業大学/国立極地研究所の石野咲子さん

が、CATCH のセッションにおいて“Oxidation of methanesulfonate into sulfate at inland Antarctica evidenced by ^{17}O -excess signature”の発表に対して Early Career Poster Presentation Award が授与され、日本からの若手研究者の発表が高い評価を受ける結果となった。

IGAC2021 では、Gather を採用してコミュニケーションを促す工夫がなされていたが、やや残念なことに、私がログインしていたポスター発表のコアタイムの時間には、会場に出向いている参加者は発表件数と比較してそこまで多くなかった。コロナ禍が続く中、多くの参加者が既にオンライン形式の会議に慣れていたと想像するが、対面形式で行われるポスター発表の熱気にはまだまだ及ばなかったと思う。Gather を通してポスター発表者と情報・意見交換を行う場は整っていたが、登録者の参加意識について考えさせられる面があった。

2022 年の 9 月には、今度は iCACGP と IGAC の合同の会議が開催される予定である。個人的には、対面での交流が可能となることを祈っているが、どのような形式にせよ、大気化学分野の中心的な国際会議として最新の成果に触れることのできる刺激的な場となることが期待される。当会議は海外の研究者との交流を広げ、また日本の大気化学研究のプレゼンスを示す良い機会であり、皆様には、当会議への参加について是非検討いただければと思う。

著者所属:

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所

*** 責任著者:**

Michihiro Mochida <mochida@isee.nagoya-u.ac.jp>

『雨もキノコも鼻クソも 大気微生物の世界』刊行について

牧輝弥^{1*}

【書籍名】

雨もキノコも鼻クソも 大気微生物の世界

執筆 牧輝弥

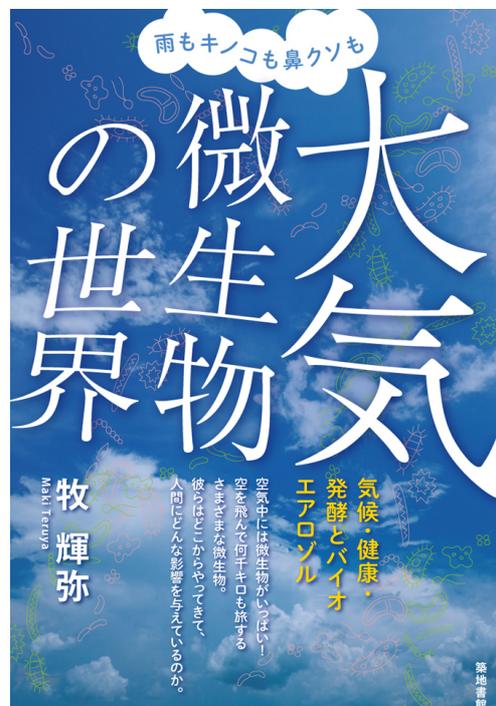
ISBN978-4-8067-1627-3

理工図書(本体 1,800 円)

築地書館株式会社

鼻クソを顕微鏡で観察してみると微生物の塊が見られる。空気中を漂う微生物を吸い込むと鼻の粘膜に捕らえられ、鼻クソになるようだ。そのため、多くの微生物が気管に到達せず、我々の健康が守られている。このように太古から鼻は微生物が侵入するのを防いでくれてきたにもかかわらず、大気中を浮遊する微生物が本格的に研究され始めたのは 2000 年代になってからになる。

研究が盛んになる直前に、著者の研究グループも、大気微生物をバイオエアロゾルと称し、東アジアを黄砂によって長距離輸送される微生物の研究に着手した。大気中を浮遊する微生物は、ヒトや動植物の健康へ影響を及ぼし、雲形成する氷晶核としても働いているため、大気を長距離移動する微生物の研究は、公衆衛生学的にも気象学的にも意義がある。また、従来に比べ数十万倍の遺伝子配列を解読できる次世代シーケンサーが登場し、膨大な未知な微生物種が大気中から見つかり、研究に追い風が吹いた。しかし、決して順風満帆なわけではなく、黄砂の健康被害ばかり論じたためか、中国サイドから砂漠への立ち入り禁止を命じられる危機にも陥ったが、大気微生物で作った納豆で和解除し難局を乗り切った。今では、観測地を黄砂が生じる砂漠から森林、都市、洞窟へと拡張拡充し続けている。本書では、こうした著者の研究取り組みをエッセイ風に紹介しつつ、大気



微生物の学術的知見をまとめている。また、高校生や大学学部生でも馴染みやすいように、各セクションは映画やアニメ、小説などの話題ではじめ、フランクな感じにした。ただし、その話題のネタはやや古くマニアックでもあるため、インターネットなどで探索しつつ、ネタそのものにも興味を持ってもらえると嬉しい。

様々な異分野研究者に登場いただいているのも本書の特徴である。多くの方は微生物を中心に研究されているわけでないが、大気微生物に関心を持ってくださっている。誰もが日常的に接触する空気中の微生物を吸引し鼻クソとして蓄えているので(どんなエライ先生でも)、大気微生物を放っておけないのだろう。鼻がムズムズしてきた方、本書を手にとっていただきたい。

1. 近畿大学

* Teruya Maki <makiteru@life.kindai.ac.jp>

第 26 回大気化学討論会開催報告

竹谷文一^{1*}, 金谷有剛¹, 宮川拓真¹, 関谷高志¹, 滝川雅之¹, 朱春茂¹,
Prabir Patra¹, 伊藤彰記¹, 川名華織¹, 木名瀬健¹, 栗栖美菜子¹,
関本奏子², 関山剛³, 岩本洋子⁴, 石戸谷重之⁵

第 26 回大気化学討論会は海洋研究開発機構・横浜市立大・気象研究所が LOC を担当し、2021 年 11 月 9 日(火)~11 日(木)に 2 日半の日程で開催されました。本年度も新型コロナウイルス感染拡大防止の観点からオンラインでの開催となりました。開催形式は昨年度と同様に Slack をベースに Zoom を併用する方式で実施しました。

口頭発表は Zoom での発表に加えて、口頭発表後にも議論ができるように、Slack でのチャット議論、各セッション終了後の休憩時間には、口頭発表専用のブレイクアウトルームでの引き続きの議論が行われました。ポスター発表では、昨年度と同様に 1 分ポスター概要紹介と Slack 上のチャット形式での議論に加え、今年度は Zoom ブレイクアウトルームでファイルを共有し、発表者は聴講者と顔を合わせながら直接話をして議論するという対面開催に近い雰囲気で行われました。いずれも質の高い発表で、活発な議論が行われました。

参加登録者数は、171 名（学生 45 名含）とオンライン疲れが懸念される中、昨年度とほぼ同じ

の多くの方の申し込みがありました。口頭発表が 30 件（うち、ロング 4 件・ショート 26 件）、ポスター発表が 32 件と、多岐にわたる研究内容の議論が今年度も行われました。また、今年度の討論会では、初日に特別セッション「大気化学の将来構想」と題し、大気化学に関わる様々な分野のコアメンバーから今後 10 年での大気化学研究に関する将来構想の発表が 6 件、行われました。さらに、今回の試みとして、オンラインではありますがナイトセッションを実施しました。ナイトセッションでは、同日に行われた特別セッション「大気化学の将来構想」の議論の続きを中心テーマとし、お酒も飲みながらざっくばらんに若手からシニアまで夜遅くまで議論を深められていました。

2 日目は午後の会員集會に引き続き、2021 年度の日本大気化学会奨励賞の授賞式および受賞講演が行われ、金谷会長と受賞者である板橋秀一会員があたかも同じ場所にいるような授賞式の様子が映し出されました（写真 2）。2 日目の夜のオンラインでの懇親会での歓談は少人数のグル



写真 1 2021 年度の討論会 Slack の画面



写真 2 2021 年度日本大気化学会奨励賞授与式の様子(左:板橋秀一会員, 右:金谷会長)

ープで行われ、主催者の裁量で何人かの参加者は話の途中でも勝手に別のグループに飛ばされるなど、終始、和やかな(?)ムードで行われました。また、オンラインビンゴ大会なども行われ、夜遅くまで、交流が行われました。

最終日の閉会式(写真3)には学生優秀発表賞の紹介があり、以下の3名の方が受賞されました(写真4)。おめでとうございます。今後のご活躍を願っております。受賞者紹介時に、受賞後の一言を頂くのを失念していました。大変申し訳ございません。後日、受賞後の一言を頂きましたので、この場で紹介させていただきます。

大野健さん(千葉大学)

この度は学生優秀発表賞を授与していただき誠にありがとうございます。日頃ご指導をいただいております入江准教授や研究室の皆様へ深く感謝しております。今後も研究室メンバーと切磋琢磨しながら研究をしていきます。

梶川友貴さん(筑波大学)

この度は学生優秀発表賞を頂きまして、誠にありがとうございます。ご指導・ご協力下さった先生方や研究室の方々に感謝しつつ、今回の受賞を励みにより一層精進致します。

関英人さん(千葉大学)

私の発表を選んでいただきありがとうございます。大気討論会への参加は今回が最後になりますので、今回学生賞を受賞できたことがとても嬉しいです。

今年度の大気化学討論会はオンライン開催でかつ参加費無料ということで実施されました。気軽に参加できる利点はある一方、本討論会は時には温泉地で合宿形式をとり、短期集中で濃く・密な・深い議論をする場としてこれまで実施されてきました。今後の状況次第ではありますが、このような場を引き続き得られるようにしていければと思っています。

最後になりましたが、不手際等も多々ありま

したが、本討論会は、日本大気化学会運営委員会、プログラム委員会の皆様、昨年度 LOC 千葉大学の齊藤様、入江様、海洋研究開発機構の事務スタッフ、参加者の皆様のご協力なしには開催・運営できませんでした。この場を借りてお礼申し上げます。



写真3 第26回大気化学討論会閉会式での写真撮影



写真4 大気化学討論会学生優秀発表賞受賞者(後日、個々で撮影していただきました)
左:大野健さん(千葉大学),中央:梶川友貴さん(筑波大学),右:関英人さん(千葉大学)

アンケート結果について

大会終了後に実施したアンケート調査では、80 名以上の方からご回答を頂きました。ありがとうございます。回答に協力して下さった参加者の多くが今回の討論会に満足しているようでした(図 1)。口頭発表では討論の時間がもう少しあってもよいのではというご意見もいただきました。また、本年度実施した Zoom のブレイクアウトルームを使用した個々のポスター発表や口頭発表後の議論場の設定に関しては、より対面に近い状況での議論ができることから好評でした。一方で、昨年度のポスター発表で利用された Slack のチャット形式に関して、もう少し議論の場として盛り上がりもよかったのではという意見もあり、Zoom と

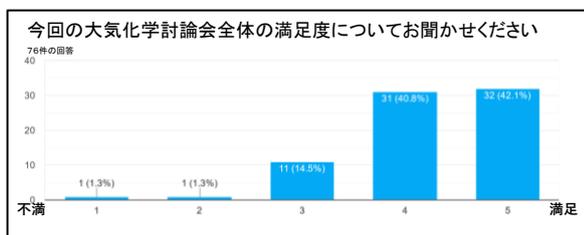


図 1 2021 年度大気化学討論会の満足度

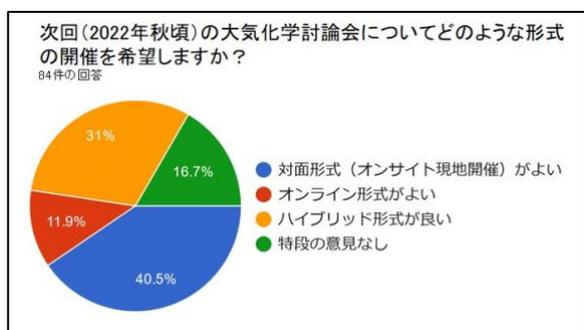


図 2 来年度の討論会の希望開催形式について

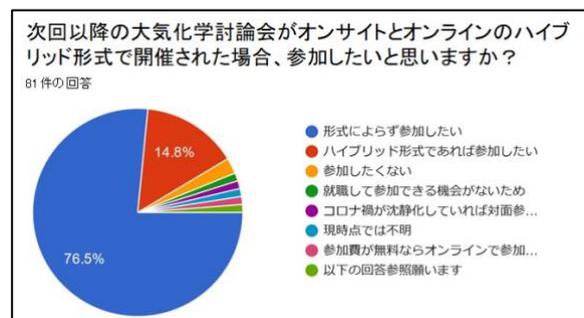


図 3 来年度以降の討論会の参加について

Slack の両者併用のバランス調整の難しさが表れていました。

今後の討論会の在り方として、従来の対面形式での議論や交流を望む声やライフワークバランスがとりやすいというオンサイトとオンラインのハイブリッド形式を期待する声もありました(図 2)。一方で、形式にこだわらず、本討論会には参加を望まれる方も多い結果が得られました(図 3)。今後の見通しは不明瞭ですが、状況次第で開催形式を模索する必要があると考えられました。

大会実行委員: 竹谷文一(主担当)・金谷有剛・宮川拓真・関谷高志・滝川雅之・Prabir Patra・朱春茂・伊藤彰記・川名華織・木名瀬健・栗栖美菜子(海洋研究開発機構), 関本奏子(横浜市立大学), 関山剛(気象研究所)

プログラム委員: 岩本洋子(広島大学, 主担当), 内田里沙(日本自動車研究所), 石戸谷重之(産業技術総合研究所), 坂本陽介(京都大学)

著者所属:

1. 海洋研究開発機構
2. 横浜市立大学
3. 気象研究所
4. 広島大学
5. 産業技術総合研究所

* 責任著者:

Fumikazu Taketani <taketani@jamstec.go.jp >

日本地球惑星科学連合 2022 年大会 (JpGU2022) での 大気化学セッション開催のお知らせ

内田里沙^{1*}, 坂本陽介^{2,3,4}, 岩本洋子⁵, 石戸谷重之⁶

1. JpGU 2022「大気化学セッション」

日本大気化学会では、1) 地球惑星科学分野全体に開かれた形で研究集会を実施すること、2) 他分野との交流を促進することを目的として、日本地球惑星科学連合大会において 2007 年から大気化学セッションを毎年開催してきました。これまで当該セッションには口頭・ポスター発表合わせて平均 50 件程度の申し込みがあり活発な議論が行われてきました。

日本地球惑星科学連合 2022 年大会 (JpGU2022) においても大気化学セッションが採択され、従来通り開催されることとなりました。以下、重要な点を抜粋してお知らせします。

2. 日程および予稿投稿

JpGU2022 は、現地開催およびオンライン開催のハイブリッド方式での開催が予定されています。ハイブリッド期間では、現地会場・オンライン両方で Zoom ライブ中継による口頭セッション、それに加えて、現地ポスター発表 (オンライン中継はありません) も実施する予定とされています。オンラインポスターセッションにおいては、オンラインにてビデオ会議システムを用いてポスターの発表・議論を行っていただけるよう計画されています。なお、大会は完全オンライン開催となる可能性もあります。その場合は、プログラムはそのままですべてオンラインにて発表となります。

「大気化学セッション」は口頭およびポスター発表を実施する予定です。各セッションの口頭コマ数は前年の投稿数を元に仮配分され、その後、実際の投稿数により微調整されます。2021 年 12 月に開催セッションおよびコマ割が公開され、大気化学セッションとし

て、5 月 27 日 (金) に口頭 4 コマ (9:00~17:00) が仮配分され、現地ポスター発表も同日に設定されました。また、大気化学セッションのオンラインポスターセッションは、5 月 29 日 (日) (コアタイム 11:00~13:00) に設定されました。

記

名称: 日本地球惑星科学連合 2022 年大会
会期: 2022 年 5 月 22 日 (日) ~ 6 月 3 日 (金)
ハイブリッド期間: 5 月 22 日 (日) ~ 27 日 (金)
オンラインポスターセッション:

5 月 29 日 (日) ~ 6 月 3 日 (金)

開催方式: ハイブリッド方式 (現地 + オンライン)
現地会場: 幕張メッセ

予稿投稿: 2022 年 1 月 12 日 (水) ~ 2 月 17 日 (木)
(早期投稿締切: 2 月 3 日 (木))

大会 WEB サイト:

http://www.jpгу.org/meeting_j2022/

3. 発表言語および招待講演

大気化学セッションにおける発表言語については、「J」区分、すなわち、スライド・ポスター表記および口頭発表の言語は英語または日本語を発表者が選択可としております。しかしながら、大気化学セッションでは、外国人研究者を含めた多様な参加者が発表内容を理解できるよう、スライドおよびポスターは英語で作成いただきますよう、よろしくお願いいたします。

JpGU2022 においても、昨年度に引き続き、大気化学の周辺・境界領域や、近年特に注目されている分野の研究者による招待講演を実施する予定です。皆様の新たな研究の展開にご活用いただけますと幸い

です。

本記事が公開される頃には、予稿原稿投稿受付が開始されていることと思います。日本大気化学会として、大気化学に関連する研究を盛り上げるためにも、皆様からの積極的な発表申込みをお願い申し上げます。(日本大気化学会 運営委員会 (プログラム担当：内田里沙，坂本陽介，岩本洋子，石戸谷重之))

著者所属：

1. 日本自動車研究所 環境研究部
2. 京都大学 地球環境学堂
3. 京都大学 人間・環境学研究科
4. 国立環境研究所
5. 広島大学 大学院統合生命科学研究科
6. 産業技術総合研究所 環境創生研究部門

*** 責任著者：**

Risa Uchida <urisa@jari.or.jp>

第17回日本大気化学学会奨励賞の選考結果について

受賞者氏名:板橋 秀一(電力中央研究所)

受賞研究課題名:数値モデルと観測の統合解析に基づく越境大気汚染の変調に関する研究の推進

受賞理由:大気化学研究において、微量気体とエアロゾルを同時に含めた化学輸送モデルは不可欠な研究ツールであり、高精度の領域スケールモデルによるアジア域の大気化学現象の解明は重要な研究テーマである。日本での大気微量成分濃度は風上に位置する中国の排出変動の影響を受ける。近年、中国でのSO₂およびNO_xの排出量は減少傾向に転じているが、SO₂はNO_xよりも排出削減率が大きく、これら酸性物質の中和に関わるNH₃の排出量は増加傾向にある。このように最近20年間で中国の排出量は劇的に変化し、我が国の大気環境を取り巻く状況も大きく変化してきた。そのため数十年スケールの観測データとモデル結果を統合することでエアロゾル組成の変動をより正確に表現し、大気環境の変動要因を解明することが重要である。

板橋秀一氏は、領域化学輸送モデルCMAQを気象モデルWRFと結合させ、2000年初頭から最近まで20年間のモデル解析による、アジア域のエアロゾルを含む大気環境の変動に関する研究で以下の成果を挙げてきた。

第一に、硫酸塩(S)と硝酸塩(N)の湿性沈着量は対象領域内の排出量変化と降水量変動の影響を受けるが、両者の比は降水変動の効果を相殺できることを利用し、EANET観測網とCMAQを用いた長期のモデル計算結果と比較・解析することで、N/S比が2000年代後半に急増したことを示した。これにより、降水の酸性成分の主体が従来のSからNへと経年的にシフトしていることを明らかにした。

第二に、2010年代始めからの越境大気汚染の経年的変化について、反応性窒素のソースリセプター

解析から、我が国や縁辺海域へ越境する窒素負荷の影響を定量的に評価した。越境輸送されるHNO₃とローカルに排出されるNH₃が反応して生じる西日本の硝酸塩汚染や、硝酸態窒素の沈着には粗大粒子(海塩・ダスト)が関わるプロセスの寄与が大きいことをモデルと観測から統合的に明らかにした。

第三に、新型コロナウイルス蔓延防止を目的とした経済・産業活動の停止による排出削減の影響について、モデル解析から硫酸塩・硝酸塩濃度の大きな変動を日本で初めて示し、東アジアでの大気質変動について今後も研究を継続する必要性を示した。板橋氏は、アジア域のモデル相互比較実験MICS-Asia国際研究プロジェクト、米国EPAのCMAQモデルの半球展開版H-CMAQの検証・開発にも重要な貢献をしている。

以上のように、板橋氏は領域化学輸送モデルと観測データを融合させた東アジア域の大気環境解析に一貫して取り組んできた。その成果は越境大気汚染の変調の解明に向けた重要な貢献をし、国内外で高く評価されている。以上の理由により、日本大気化学学会は、板橋氏が同賞にふさわしい実績と将来性を有するものと認める。

(日本大気化学学会運営委員会)



板橋秀一氏

日本大気化学会会員集会プログラム

日時：2021年11月10日（水）13:10-13:50

場所：Web 会議による開催

冒頭：金谷会長より挨拶

- 1) 第12期日本大気化学会運営委員の紹介
- 2) 会員報告
- 3) 第26回大気化学討論会の開催状況
- 4) JpGU2022での大気化学セッション
- 5) 男女共同参画・人材育成の活動について
- 6) 大気化学研究誌について
- 7) 「大気化学の将来構想」について
- 8) その他

（日本大気化学会 運営委員会）

第 21-23 回日本大気化学会運営委員会議事録

第 21 回日本大気化学会運営委員会

(大気化学研究会より通算 52 回)

日時：2021 年 7 月 1 日 (木) 9:30-12:30

場所：Web 会議による開催

出席者：(第 11 期) 内田理沙, 江口菜穂, 齋藤尚子, 関山剛, 金谷有剛, 竹川暢之, 谷本浩志, 中山智喜, 永島達也, 山地一代, 森本真司, (第 12 期から新規) 石戸谷重之, 入江仁士, 岩本洋子, 加藤俊吾, 坂本陽介, 竹谷文一, 宮崎雄三 (敬称略, 五十音順)

欠席者：(第 11 期) 豊田栄, 廣川淳

第 11 期・12 期の運営委員の合同開催とした。谷本前会長より, 第 11 期活動の総括を含めた挨拶があった。引き続き, 以下の報告・審議を行った。

1) 第 12 期運営委員会役員選挙に関する報告

第 11 期選挙管理委員長の竹川委員から選挙管理業務および投票結果について報告があった。今回は初めてのインターネット投票であり, そのための細則変更などを伴ったが, 実施において大きな問題は生じなかった。会長選挙および会長以外の運営委員選挙ともに, 投票率は 6 割程度であった。今回は不測の事態を見込んで選挙期間を 1.5 ヶ月程度確保したが, 次回選挙も同様の方式であれば期間は 1 ヶ月程度に短縮できると見込まれる。なお, 会員登録メールアドレス不備のため案内メールが届かないという事例があり, 今回は個別に対応した。会員への選挙情報・結果の通知方法を含めて, 次回選挙への課題や申し送り事項に関する意見交換が行われた。

2) 第 26 回大気化学討論会について

今回の LOC を担当する海洋研究開発機構の竹谷委員から準備状況について報告があった。2021

年 11 月 9-11 日の日程でオンライン開催とすることが承認された。今後, ホームページの整備や発表・参加申込など具体的な準備を進める。

3) 第 11 期・第 12 期の委員会構成と引き継ぎ

第 12 期では表彰推薦 WG と将来構想 WG を新設するとともに, 選挙制度 WG を廃止した。第 12 期の委員会構成を以下のように決定した。第 11 期・第 12 期の各委員でグループに分かれて引継事項について確認を行った後に, 全体会で情報共有を行った。第 11 期では, 運営委員会の活動全体を俯瞰できる年間スケジュール表を作成しており, 学会の安定運用に資するものとしてこれを第 12 期に引き継いだ。

第 12 期委員会構成 (敬称略, *は運営委員外)

幹事会：金谷, 竹川, 関山, 竹谷

年会・プログラム委員会：岩本, 内田, 石戸谷, 坂本

表彰委員会：宮崎, 石戸谷, 齋藤

選挙管理委員会：内田, 加藤, 山地

学会誌編集委員会：山地, 宮崎, 八代*, 大畑*

情報・広報委員会：入江, 関山, 関谷*, 池田*

男女共同参画・人材育成委員会：(女性支援) 齋藤, 山地, 大森*, 江口*, (人材育成) 岩本, 坂本, 高島*, 坂田*, 石野*

推薦 WG：加藤, 金谷, 宮崎

将来構想 WG：金谷, 持田*

事務局アドバイザー：谷本*, 永島*, 町田*

監事：森本*

4) その他

大気化学討論会の時期あるいはその前に次回運営委員会を開催する予定とした。

以上

第 22 回日本大気化学会運営委員会

(大気化学研究会より通算 53 回)

日時：2021 年 10 月 7 日 (木) 13:00-15:15

場所：Web 会議による開催

出席者：入江 仁士, 岩本 洋子, 内田 里沙, 加藤 俊吾, 金谷 有剛, 齋藤 尚子, 関山 剛, 竹川 暢之, 竹谷 文一, 宮崎 雄三, 山地 一代 (敬称略・五十音順)

欠席者：石戸谷 重之, 坂本 陽介

金谷会長より第 12 期の活動開始にあたって挨拶があった。引き続き、以下の報告・審議を行った。

1) 会員会計に関する報告・確認事項

会員会計担当幹事の竹谷委員より、新規入会者を含む会員数の推移や会費納付状況について報告があった。また、海外在住会員の会費納入方法や賛助会員の取り扱い等に関する検討事項が提起された。会員会計担当の負担が大きくなることから、可能な範囲で事務局へ作業分担を行う方向性について意見交換がなされた。

2) 第 26 回大気化学討論会の準備状況

LOC の竹谷委員より、大気化学討論会の申込状況について報告があった。Slack をベースに Zoom で開催する点、および 1 日目の将来構想特別セッションの後にさらに議論を深めるためのナイトセッションを設ける旨が説明された。また、プログラム担当の岩本委員より、セッション編成状況について報告があった。

3) 2021 年度奨励賞の選考過程

表彰担当の宮崎委員より、選考状況について報告がなされた。今回は多数の応募者があったが、厳正な審査の結果、受賞者 1 名を選出した旨が報告された。一方、業績リスト書式の統一など、募集要項において明確化すべき点があることなどが提起された。将来を担う若手研究者の応募を奨励するための方策を含めて、様々な観点から意見

交換がなされた。

4) 学会からの意見等の発出に関する取扱い案

金谷会長より、日本学術会議の任命問題を含めて外部からの意見発出要請が増えていることから、そのような問い合わせへの対応方針について問題提起がなされ、幹事会としての案が示された。本案を基本ルールにしつつ、判断の難しい案件についてはその都度運営委員会で議論することが確認された。

5) 「大気化学研究」の進捗状況

学会誌編集担当の山地委員より、第 46 号 (2021 年度冬号) の編集状況について報告がなされた。第 47 号 (2022 年度夏号) の内容について意見交換を行うとともに、編集作業 (最終段階) の外部業務委託についても検討がなされた。

6) 2022 年 JpGU の準備状況

プログラム担当の内田委員より、2022 年 JpGU の準備状況について報告がなされた。幕張メッセにおける現地開催とオンラインのハイブリッド形式が検討されているが、コロナの状況によっては完全オンラインの可能性のある旨が説明された。大気化学セッションについては、例年通りのスコープおよび使用言語「J」での申請を行うことが了承された。

7) その他

学会予算の使途について意見交換がなされた。上述の編集作業を含めて、必要な部分は外注費として支出する方向性が確認された。また、情報・広報担当の入江委員より学会 HP の運用状況について報告があり、意見交換が行われた。また、男女共同参画学協会連絡会担当の齋藤委員より、当連絡会への対応状況について説明がなされた。

以上

第23回日本大気化学会運営委員会

(大気化学研究会より通算54回)

日時：2021年11月4日(木) 16:00-17:50

場所：Web会議による開催

出席者：石戸谷 重之，入江 仁士，岩本 洋子，内田 里沙，加藤 俊吾，金谷 有剛，齋藤 尚子，坂本 陽介，関山 剛，竹川 暢之，竹谷 文一，宮崎 雄三，山地 一代(敬称略・五十音順)

欠席者：なし

金谷会長より，翌週の気化学討論会に向けて挨拶があった。引き続き以下の報告・審議を行った。

1) 会員集会資料の確認

大気化学討論会の会員集会の資料に関して各担当から紹介がなされ，内容について意見交換が行われた。会員報告，大気化学討論会の開催状況，JpGU2022での大気化学セッション，男女共同参画・人材育成の活動，大気化学研究誌，大気化学の将来構想についての報告の後，日本大気化学会奨励賞授与式を行う方針が確認された。授与式については，受賞者の紹介に加えて受賞理由も示すことになった。賞状授与は録画した動画により行う。また，受賞者の連絡・公表等に関して，各委員の役割や段取りが確認された。

2) プログラム編成に関する申し送り事項

プログラム担当の岩本委員より，プログラム編成作業やLOCとの連携について申し送り資料を作成している旨が報告された。学生表彰については，奨励賞とは別に各委員の役割や段取りを設けて運用することが確認された。

3) 男女共同参画・人材育成委員会の活動

男女共同参画学協会連絡会担当の齋藤委員より，当連絡会にオブザーバ参加する旨が報告された。年会費は1万円である。また，当連絡会のアンケートへの協力依頼がなされた。

4) 予算使途の検討について

学会誌編集担当の山地委員より，学会誌の編集作業の一部を外部業務委託した場合の参考見積として3万円/号が提示された。予算枠としては支出可能なので，次号で試行的に委託する方針とした。

金谷会長より，学会HPの英語化に支出する可能性について提案がなされた。広報担当の入江委員より，現状の英語化で当面は十分である旨が説明された。さらに英語化を推進する必要があるかどうかは運営委員会で検討する。

金谷会長より，事務局への作業分担の拡充について提案がなされた。その試行として事務局に運営委員会への出席を一度依頼することになった。

金谷会長より，将来構想の冊子体印刷費を支出する案が示された。ただし，製本代は安価とは言えないため，当面は電子版のみの発行として，冊子体は引き続き検討することとなった。

5) 来年度の気化学討論会について

現地開催の可能性について議論がなされた。現時点では予測が難しく，また予約会場をキャンセルする場合の費用も懸案事項である。オンライン開催にも一定のメリットはあることから，大気化学討論会後の会員アンケートの意見分布を見た上で，改めて議論することとなった。

6) その他

JpGU共催セッションや表彰の英語表記について意見交換を行った。また，討論会LOCとして竹谷委員から積極的な参加が呼びかけられた。

以上

(日本大気化学会 運営委員会)

編集後記

COVID-19の問題が広く認識され始めてから2年以上が経過した本誌編集時点においても、日本ではオミクロン株による「第6波」の最中にあり、先を見通すことが難しい状況が続いています。今号では、トピックスとして「COVID-19と大気化学」をテーマに、計3編の総説記事をご寄稿頂きました。経済活動の低下に伴う温室効果気体や大気汚染物質の排出量の減少に関する話題から、ウイルスの空気媒介感染に関する話題まで、大気化学分野が研究対象とする領域の広さと深さ、社会との繋がりを改めて感じます。全ての著者の皆様と査読を引き受けて頂いた皆様に、改めてお礼申し上げます。

今号から新しい編集委員により本誌の編集・発行を行っております。今後も学会員の皆様の重要な情報発信・情報共有の場として本誌をご活用頂けるよう努めて参りますので、引き続きご支援賜りますようお願い申し上げます。(SO)

大気化学研究 第46号 (2022年1月31日 発行)

編集兼発行：日本大気化学会

編集委員：山地一代(共同編集長)、宮崎雄三(共同編集長)、八代尚、大畑祥

連絡先：〒162-0801 東京都新宿区山吹町358-5 アカデミーセンター 日本大気化学会事務局

電話：03-5389-6237

FAX：03-3368-2822

電子メール：jpsac-post@bunken.co.jp

ホームページ：<https://jpsac.org/publications/aacr/>

《本誌掲載著作物の転載を希望される方へ》

本誌に掲載された著作物を転載される場合は、上記までご連絡ください。無断での二次使用や勝手な加工はお控えください。