

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03589

研究課題名(和文) 赤外分光法による大気中イソプレンの動態と大気質への影響の長期変動に関する研究

研究課題名(英文) Studies on long-term variations of the isoprene distribution in the troposphere and its effects on air quality using infrared spectroscopy

研究代表者

長濱 智生 (Nagahama, Tomoo)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授

研究者番号：70377779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：赤外分光法による太陽光吸収スペクトル観測から大気中の揮発性有機化合物の1/3を占めるイソプレン濃度を解析する手法を新たに開発し、15年以上に及ぶ観測データから大気中イソプレンと大気汚染物質の濃度を解析してそれらの関係と要因解明を行った。波長11 $\mu$ m帯の吸収スペクトル観測データからリトリーバル解析によりイソプレncラム量を求めることに成功し、季節変動、長期トレンド、突発的な増加現象を新たに見出した。また、イソプレンとその酸化で生成されるホルムアルデヒドの相関解析から、突発増加時にイソプレン大気寿命が通常の5-10倍長くなっていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、赤外分光観測データからイソプレncラム量の解析手法が初めて確立できた。これにより国際観測ネットワークとして世界20か所以上で行われている高分解能赤外分光計を用いた太陽光吸収スペクトル観測データから、長期にわたるイソプレncラム量の時間変動を得ることが可能となった。赤外域にはイソプレンだけでなく大気汚染に関連する微量分子のスペクトルが多数存在するため、世界各地でイソプレンと大気汚染物質の長期にわたる動態を同時に把握することが可能となり、イソプレンから大気汚染物質への変質量について定量的な理解と全球の大気質評価と将来予測の精緻化に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：We developed a novel method to analyze isoprene concentration, which accounts for 1/3 of volatile organic compounds in the atmosphere, from solar absorption spectrum observations by infrared spectroscopy. We also analyzed the concentration of isoprene and air pollutants in the atmosphere from over 15 years of observation data to elucidate their relationship and factors. We determined the isoprene column amount from absorption spectrum observation data in the 11- $\mu$ m wavelength band by retrieval analysis and newly discovered seasonal variations, long-term trends, and sudden increase phenomena. Moreover, correlation analysis of isoprene and formaldehyde produced by its oxidation revealed that the isoprene lifetime was 5-10 times longer than usual during the sudden increase.

研究分野：中層大気科学

キーワード：イソプレン 赤外分光法 対流圏オゾン 大気汚染物質 長期変動 リトリーバル解析

## 1. 研究開始当初の背景

人口が集中する都市域とその周辺において、大気汚染物質の増加による「大気質」の低下は住民の健康影響を引き起こす深刻な社会問題であり、それらを抑制して「大気質」を保全することは、住民の生活環境を効果的に保全しつつ生活の質も向上させる「持続可能な社会発展」の取り組みの一つとして今日的な課題である。

大気汚染物質の中でも対流圏オゾンはその代表的な物質である。同時に、対流圏オゾンは非常に強い酸化力を持つ水酸基ラジカル(OH)の源でもある。対流圏オゾンは日中、炭化水素と窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)との化学反応過程により大気中で生成される。そのため「大気質」の保全においては、炭化水素等のオゾン関連物質の抑制と大気中への排出管理が重要な役割を果たす。大気中の炭化水素は、多くが揮発性有機化合物(VOCs)として排出され、その約1/3がイソプレンである。イソプレンの存在する大気環境によって「大気質」に与える影響が大きく異なる。そのため、様々な地域での大気汚染の理解にはイソプレンの動態に関する詳細な知見が不可欠である。

これまでに、イソプレンに関する様々な観測とモデルシミュレーション研究が行われてきた。観測値に対して北半球では正のバイアス(モデルが過大評価)、南半球では負のバイアスがあり、また地域や季節ごとに異なるバイアスの存在が明らかになっている。大気中のイソプレンの動態に関する我々の知見は、未だ十分ではない。

## 2. 研究の目的

このような背景のもとで、本研究課題の核心をなす学術的「問い」は、境界層から自由対流圏までを含む大気中のイソプレンの動態はどのようなもので、対流圏オゾン等の大気汚染物質の生成・消滅過程にどのような影響を与えているか、である。さらに、イソプレンと大気汚染物質との濃度の関係は長期的に安定か、もし変化するならば要因は何か、である。

そこで、本研究の目的は赤外分光法による太陽光吸収スペクトル観測から大気中のVOCsの1/3を占めるイソプレン濃度を解析する手法を新たに開発し、過去20年以上に及ぶ観測データから大気中のイソプレンと大気汚染物質の濃度を解析してそれらの関係と要因について化学輸送モデルも活用して解明することである。

## 3. 研究の方法

本研究では、日本の都市域とその周辺及び清浄地域において地上設置高分解能FTIRによる太陽光赤外吸収スペクトル観測データから、イソプレンと対流圏オゾン、窒素酸化物、ホルムアルデヒド等の大気汚染物質の平均気柱混合比(カラム混合比)を同時解析し、大気中のイソプレンと大気汚染物質の長期にわたる動態を明らかにする。さらに、ラグランジュ型化学輸送モデルを用いたシミュレーションと実測値との比較を通じてイソプレンと大気汚染物質の濃度変動の関係と要因に関する我々の理解の精緻化を行う。

具体的には、(1)高分解能FTIRを用いて取得された太陽光吸収スペクトルデータから、最新の分光実験で得られた赤外分光パラメータを用いて、逆問題解析(リトリーバル解析)によりイソプレンの平均カラム混合比を得る手法を新たに確立する。(2)新しい解析手法を用いて、陸別、つくば、母子里、名古屋に設置された高分解能FTIRで観測された太陽光吸収スペクトルから、イソプレンと対流圏オゾン、窒素酸化物、ホルムアルデヒド等の平均カラム混合比を同時に解析し、各成分の短期から長期に及ぶ時間変動の詳細を明らかにする。同時に、これらのデータと人工衛星等の他の手法によるデータとを比較し、本解析データの検証を行う。(3)最新のイソプレンを含む化学反応過程及びエアロゾル形成過程を組み込んだラグランジュ型化学輸送モデルによる各観測地点上空及び周辺でのシミュレーションを行い、観測結果との比較から清浄な地域(陸別、母子里)と都市域及びその周辺(名古屋、つくば)でのイソプレンの動態の違いとそれが大気汚染物質に与える影響についての知見を得る。

## 4. 研究成果

(1)地上太陽光赤外吸収スペクトルを用いたイソプレン平均カラム混合比解析手法の確立

我々研究グループは、これまで日本国内3か所(陸別、つくば、母子里)で地上設置高分解能フーリエ変換型赤外分光器(FTIR)を運用し、波長3~15 $\mu\text{m}$ の範囲の太陽光吸収スペクトルを0.0035 $\text{cm}^{-1}$ の波数分解能で1990年代から継続して観測を行っている。

赤外領域には二酸化炭素やオゾン等、大気環境に直接関与する様々な大気微量分子の吸収スペクトルが存在する。この中で、イソプレンは熱赤外領域(波長11 $\mu\text{m}$ 前後)に吸収スペクトルを持つ。近年、NASA/JPLグループによりイソプレンスペクトルの温度依存性や圧力広がり情報を含む詳細な疑似分光パラメータが公開され<sup>[1]</sup>、赤外分光スペクトルから大気中のイソプレンカラム量を定量解析する環境が整った。

そこで本研究では、高分解能FTIRで観測された太陽光吸収スペクトルからイソプレンカラム量のリトリーバル解析を行う手法の開発を行った。開発には、実観測データとして北海道陸別町

で名古屋大学宇宙地球環境研究所と国立環境研究所が運用する高分解能 FTIR (Bruker IFS120/5HR) で得られた太陽光吸収スペクトルのうち波長  $11\ \mu\text{m}$  帯(波数  $900\text{cm}^{-1}$ )のデータを使用した。リトリーバル解析には高度分布解析ソフト SFIT4 を用いた。放射伝達の計算においては、微量分子の分光パラメータはイソプレンに関しては NASA/JPL グループによる疑似分光パラメータ、他の微量分子については HITRAN2020 を用いた。気温・気圧の高度分布は観測日当日の NCEP Reanalysis 日平均データを用いた。また微量成分の初期推定値には WACCM による 1980 年から 2040 年までのシミュレーションの陸別上空における平均高度分布を用いた。ただし、二酸化炭素と水蒸気に関しては吸収量が大きく、また時間変動も大きいので、観測スペクトルを用いて事前解析し、その値を初期推定値とした。

解析はイソプレンスペクトルを含む波数幅の異なる 2 つのプロトコルで行った。一つは波数領域  $890.5\text{-}897.0\text{cm}^{-1}$  の狭帯域、もう一つは波数領域  $891.6\text{-}917.0\text{cm}^{-1}$  の広帯域である。広帯域のほうが水蒸気等の干渉を取り除くことが容易なため、目的とするイソプレンカラム量の解析確度向上が期待できる反面、波数点数が多くなるためデータ当たりの計算時間が長くなる。両者ともに、解析波数領域内に存在する CFC-12, HCFC-142b,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  と同時にイソプレンの高度分布を求め、それを積分してカラム量を得た。

陸別で取得された 1995 年以降の全データを解析した結果、イソプレンカラム量は  $(1\text{-}8) \times 10^{15}$  moles  $\text{cm}^{-2}$  で、季節変動については、どちらのプロトコルにおいても、夏期に最大、冬期に最小となり、これまでの知見と矛盾しない結果が得られた。陸別は都市から離れた森林域であることから、この結果は地上赤外太陽光吸収スペクトルからバックグラウンドレベルのイソプレンカラム量の観測が可能であることを示している。

次に、2 つの解析プロトコルによる季節変動を比較したところ、狭帯域の値は広帯域の約 1/2 で、7-8 月の極大に加えて広帯域には見られない 3-4 月にもサブピークが見られた。一方で、誤差解析は広帯域のほうが狭帯域より約 5 倍大きい。また、人工衛星 Suomi NPP/CrIS で観測されたイソプレンカラム量の気候値<sup>[2]</sup>と比較すると、季節変動は広帯域のものに近いが、値は狭帯域のものに近いことがわかった。また、水蒸気の干渉の影響は広帯域、狭帯域で大きな差はないこと、データ当たりの計算時間が広帯域の場合は狭帯域の 10 倍以上必要であることもわかった。これらの結果から、地上高分解能 FTIR を用いたイソプレンカラム量の解析においては、狭帯域プロトコルのほうが適していると判断した。

狭帯域プロトコルを用いて、2018 年以降につくばで取得されたスペクトルデータについても同様の解析を行った。得られたイソプレンカラム量の時間変動は、陸別と異なり不規則な季節変動と減少トレンドが現れた。これは従来の知見とは大きく異なることから、解析プロトコルの問題と考えられる。原因として、つくばは緯度が低く、水蒸気が多いため、水蒸気スペクトルの干渉の影響が十分には除去できていないことが考えられる。今後、極域から熱帯域まで観測地点を展開する国際観測ネットワーク (NDACC) での標準観測として展開するためには、気温や水蒸気量など観測地ごとに環境が大きく異なるため、この問題を解決することが不可欠である。今後、狭帯域プロトコルで水蒸気吸収部分を除外する最適化をおこなってイソプレン解析に最適な解析プロトコルの検討を進める。

## (2) 高分解能 FTIR 観測によるイソプレン、ホルムアルデヒド等カラム混合比の時間変動解析

15 年以上の長期に及ぶデータの解析から、陸別上空でのイソプレン、対流圏オゾン、ホルムアルデヒド等大気汚染物質の時間変動を求めた。観測されたイソプレンカラム量から、季節変動、長期トレンド、突発的な増加現象などの時間変動を得た (図 1)。イソプレンの季節変動は、ホルムアルデヒドと同様に、夏期に最大、冬期に最小となり、これまでの知見と矛盾しない結果が得られた。また、月平均の変動幅 (1 ) から 5 倍以上超過してイソプレンカラム量が増加する

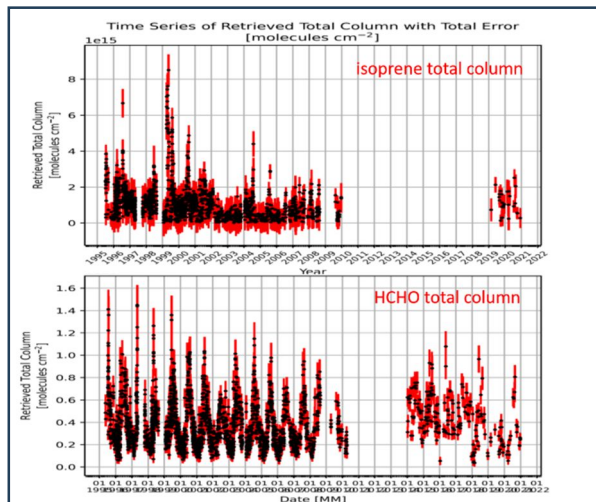


図 1 : 陸別上空のイソプレン (上) 及びホルムアルデヒド (下) のカラム全量の時間変化

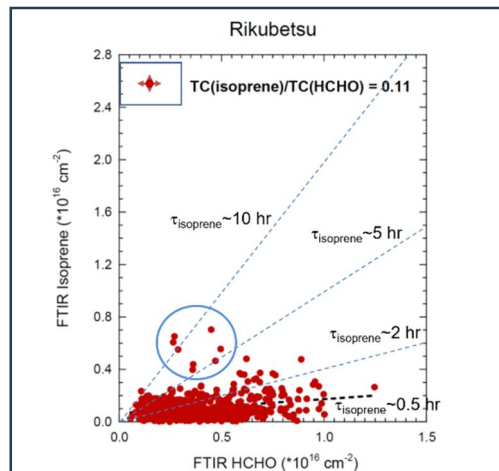


図 2 : 陸別上空のイソプレンとホルムアルデヒドカラム全量の相関。青丸は 1999 年 3 月の増加イベントを表す。点線はイソプレン消失寿命を表している。

突発的増加イベントを9つ見出した。特に、1999年3月の増加イベントは約1か月間継続する特異なものであった。イソプレンとそれから生成されるホルムアルデヒドのカラム量の相関解析から、1999年3月のイベント時には短寿命(1時間未満)であるイソプレンの実効的な消失時間( $t_{isoprene}$ )が5-10時間程度と約5-10倍長くなっていることがわかった(図2)。このことは観測地点近傍のイソプレン放出量が増大しているもしくは遠方からの輸送の影響を受けている可能性を示唆する。

### (3)イソプレン解析手法を応用した HCFC-22 及び HFC-23 カラム量解析の実現と排出量の推定

イソプレンカラム量の解析手法の開発を通じて、微弱な赤外吸収スペクトルから微量分子のカラム量を求める手法の改良を行うことができた。これまで解析が困難だった微量分子に適用することで、これらの時間変動を求めることができるようになった。我々は、生産・排出が規制されているフロン関連ガスの HCFC-22、HFC-23 に着目し、イソプレンと同様の解析手法を適用して、そのカラム量と平均モル分率の時間変動を求め、全球的な年間排出量を推定した。回帰直線によるトレンド解析から、陸別での HCFC-22 の年間増加率は2つの期間(2000年~2009年と2019年~2022年)でそれぞれ(+5.4±0.1) ppt/yr、(-0.1±1.7) ppt/yr、HFC-23 はそれぞれ(+1.0±0.1) ppt/yr、(+1.7±0.7) ppt/yr であった。トレンドから求めた HCFC-22 の各期間の年間推定排出量はそれぞれ(306±2) Gg/yr、(85±23) Gg/yr と近年減少していて、モントリオール議定書による規制効果が表れていることが確認された。本成果は国際共同研究として行われ、現在論文を投稿中である<sup>[3]</sup>。

### (4)ラグランジュ型化学輸送モデルによる観測地点上空におけるシミュレーション

我々是对流圏から中間圏まで取り扱うことができるラグランジュ型化学輸送モデルの開発を進めてきた。このモデルは粒子ボックスの流跡線を、中間圏を含む気象場再解析データ上でラグランジュ型輸送拡散モデルによって求め、同時に粒子ボックス内での化学反応をボックスモデルにより求めるものである。ラグランジュ型輸送拡散モデルとしては FLEXPART を用い、MERRA-2 気象場再解析データを入力データとして利用できるように拡張し、地表から高度約 80 km まで流跡線解析を可能とした。粒子ボックスの位置は15分ごとに求めた。また、化学反応のボックスモデルとして58種の化学物質と156種の化学反応式からなる中性分子反応と77種の化学物質と263種の化学反応によるイオン分子反応を、化学反応計算ソフトウェア KPP を用いて計算を行い、ボックス内の各分子の濃度をそれぞれ10秒および0.1秒ごとに求める。

本研究では、これに加えてイソプレン化学反応及びエアロゾル生成等の対流圏化学反応を新たに組み込んでモデルの改良を行った。次に、事例研究として1999年3月に陸別上空で見られたイソプレンカラム量の増加イベントの再現を試みた。しかし、シミュレーションではイソプレンカラム量の増加は再現できず、また季節変化に関しても観測値の1/4以下となった。全般的にイソプレンカラム量が過少であることから、モデル内のイソプレン消失反応を過大に評価している可能性が高いと考えられる。

### (5)名古屋での高分解能 FTIR 装置の整備

名古屋に設置してある高分解能 FTIR で観測を開始するために必要な準備を進めた。しかし、COVID-19 の影響でメーカー技術者の派遣計画に遅延が生じ、2022年10月に FTIR 装置の He-Ne レーザー、ランプ冷却装置、真空ポンプ等の消耗品の交換が完了した。さらに、装置内部の光学系の調整を行うことができた。しかし、その後予期せぬ制御通信系の障害が発生し、引き続きメーカーの協力の下で対応を進めたが、研究期間内に観測を開始することができなかった。

また、FTIR 装置の波数分解能を評価するために、N<sub>2</sub>O ガスセルを用いた装置関数計測の準備を行った。N<sub>2</sub>O ガスセルは長さ2cmで内部にN<sub>2</sub>Oを低圧(1hPa)で封入してある。このガスセルによる吸収スペクトルの線幅は、装置の波数分解能よりも小さいため、測定スペクトルから装置関数を求めることができる。そこで、陸別の高分解能 FTIR を用い、内部光源を用いてガスセルによる吸収スペクトルを測定し、装置関数を求めたところ、これまで HBr ガスセルで測定した結果と一致し、理想的な特性に近い性能であることがわかった。今後、名古屋の装置が稼働した後に、名古屋でも定期的に測定を行い、性能が維持されているかどうかの確認を行う予定である。

### (6)今後の展望

我々の提案するイソプレンカラム量の解析プロトコルは、観測地点の環境の影響を受ける可能性があることわかった。我々は、極域から熱帯域まで観測地点を展開する NDACC で標準解析プロトコルとすることを目指している。そのため、水蒸気量などの環境が大きく異なる場所においても、安定してイソプレンカラム量を求めることができる解析プロトコルとすることが不可欠である。そこで、我々はオーストラリア及びベルギーの研究機関と協力し、彼らの観測データを提案予定の解析プロトコルで解析を行い、問題点を明らかにする取り組みを開始した。1年程度をめどに、問題点の洗い出しとプロトコルの修正を行い、改訂した解析プロトコルを国際共同提案として NDACC に提案する。

名古屋に設置した高分解能 FTIR に関しては、メーカーとの協力により装置内部の電子部品の調査を行い、原因が電源部品劣化による電圧リップルであることがわかったため、交換品を発注している。今後、メーカーの協力のもとで立ち上げを行って、都市域の大気微量成分の観測を始める。

<引用文献>

- G. C. Toon, et al., Pseudo Linelists, <https://mark4sun.jpl.nasa.gov/pseudo.html>  
K. C. Wells, et al., JGR-Atmos., 127, e2021JD036181, doi:10.1029/2021JD036181, 2022  
M. Zhou, et al., GRL, submitted, 2024

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 H.-A. Kwon, G. Gonzalez Abad, C. R. Nowlan, H. Chong, A. H. Souril, C. Vigouroux, A. Rohling, R. Kivi, M. Makarova, J. Notholt, M. Palm, H. Winkler, Y. Te, R. Sussmann, M. Rettinger, E. Mahieu, K. Strong, E. Lutsch, S. Yamanouchi, T. Nagahama, J. W. Hannigan, M. Zhou, I. Murata, M. Grutter, et al. (I. Morino)	4. 巻 10
2. 論文標題 Validation of OMPS Suomi NPP and OMPS NOAA 20 Formaldehyde Total Columns With NDACC FTIR Observations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth and Space Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022EA002778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Muller, J.-F., Stavrakou, T., Oomen, G.-M., Opacka, B., De Smedt, I., Guenther, A., Vigouroux, C., Langerock, B., Aquino, C. A. B., Grutter, M., Hannigan, J., Hase, F., Kivi, R., Lutsch, E., Mahieu, E., Makarova, M., Metzger, J.-M., Morino, I., Murata, I., Nagahama, T., Notholt, J., Ortega, I., Palm, M., et al.	4. 巻 24
2. 論文標題 Bias correction of OMI HCHO columns based on FTIR and aircraft measurements and impact on top-down emission estimates	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 2207 ~ 2237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-24-2207-2024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ortega Ivan, Gaubert Benjamin, Hannigan James W., Brasseur Guy, Worden Helen M., Blumenstock Thomas, Fu Hao, Hase Frank, Jeseck Pascal, Jones Nicholas, Liu Cheng, Mahieu Emmanuel, Morino Isamu, Murata Isao, Notholt Justus, Palm Mathias, Rohling Amelie, Te Yao, Strong Kimberly, Sun Youwen, Yamanouchi Shoma	4. 巻 11
2. 論文標題 Anomalies of O3, CO, C2H2, H2CO, and C2H6 detected with multiple ground-based Fourier-transform infrared spectrometers and assessed with model simulation in 2020: COVID-19 lockdowns versus natural variability	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Elem Sci Anth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1525/elementa.2023.00015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Vandenbussche S., Langerock B., Vigouroux C., Buschmann M., Deutscher N.M., Feist D.G., Garcia O., Hannigan J.W., Hase F., Kivi R., Kumps N., Makarova M., Millet D.B., Morino I., Nagahama T., Notholt J., Ohyama H., Ortega I., Petri C., Rettinger M., Schneider M., Servais C.P., Sha M.K., Shiomi K., Smale D., et al.	4. 巻 14
2. 論文標題 Nitrous Oxide Profiling from Infrared Radiances (NOPIR): Algorithm Description, Application to 10 Years of IASI Observations and Quality Assessment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1810 ~ 1810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14081810	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sha, M. K., Langerock, B., Blavier, J.-F. L., Blumenstock, T., Borsdorff, T., Buschmann, M., Dehn, A., De Maziere, M., Deutscher, N. M., Feist, D. G., Garcia, O. E., Griffith, D. W. T., Grutter, M., Hannigan, J. W., Hase, F., Heikkinen, P., Hermans, C., Iraci, L. T., Jeseck, P., et al. (Morino, I., Nagahama, T.)	4. 巻 14
2. 論文標題 Validation of methane and carbon monoxide from Sentinel-5 Precursor using TCCON and NDACC-IRWG stations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 6249 ~ 6304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-14-6249-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hannigan, J. W., Ortega, I., Shams, S. B., Blumenstock, T., Campbell, J. E., Conway, S., Flood, V., Garcia, O., Griffith, D., Grutter, M., Hase, F., Jeseck, P., Jones, N., Mahieu, E., Makarova, M., De Maziere, M., Morino, I., Murata, I., Nagahama, T., Nakijima, H., Notholt, J., Palm, M., Poberovskii, A., et al.	4. 巻 127
2. 論文標題 Global Atmospheric OCS Trend Analysis From 22 NDACC Stations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 1 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD035764	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 長濱智生、水野亮、中島拓、村田功、森野勇
2. 発表標題 名古屋に設置された高分解能FTIR装置による都市域大気組成モニタリング観測
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 Tomoo Nagahama, Akira Mizuno, Tac Nakajima, Isao Murata, Isamu Morino, Hideaki Nakajima
2. 発表標題 A new urban observation site in Nagoya, Japan
3. 学会等名 NDACC/IRWG-TCCON-COCCON Annual Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoo Nagahama, Isao Murata, Isamu Morino
2. 発表標題 Long-term variation of isoprene column amount measured with high-resolution FTIR at Rikubetsu, Japan
3. 学会等名 NDACC/IRWG-TCCON-COCCON Annual Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 I. Murata, T. Nagahama, H. Nakajima, I. Morino
2. 発表標題 Retrieval of methane isotopes at 3 and 8 micron regions from the spectra observed at Tsukuba, Japan
3. 学会等名 NDACC/IRWG-TCCON-COCCON Annual Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉本一郎, 長濱智生, 森野勇
2. 発表標題 高分解能FTIR観測による陸別上空のHCFC-22、HFC-23カラム量の再解析
3. 学会等名 第28回大気化学討論会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 長浜智生、森野勇、村田功
2. 発表標題 高分解能FTIRによるイソプレンカラム量解析と時間変動
3. 学会等名 第28回大気化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村田功、長濱智生、森野 勇、中島英彰
2. 発表標題 つくばFTIR観測で捉えたHCFC-22の減少
3. 学会等名 第28回大気化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 I. Murata, I. Morino, H. Nakajima
2. 発表標題 Description of the NIES FTIR observing system at Tsukuba, Japan: candidate for qualification as NDACC instrument
3. 学会等名 TCCON/COCCON/NDACC 2022 Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田功、長浜智生、中島英彰、森野勇
2. 発表標題 FTIR観測によるメタン同位体導出
3. 学会等名 第27回大気化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長濱智生, 森野勇, 村田功
2. 発表標題 地上高分解能FTIRによる太陽光吸収スペクトルからのイソプレンカラム量解析手法の研究
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 長濱智生, 村田功, 森野勇
2. 発表標題 陸別高分解能FTIRによるイソプレンカラム量の長期変動解析
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大気圏環境変動研究室 <a href="https://skx1.isee.nagoya-u.ac.jp/">https://skx1.isee.nagoya-u.ac.jp/</a> 名古屋大学宇宙地球環境研究所 <a href="https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/">https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/</a>
--

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	村田 功  (Murata Isao)  (00291245)	東北大学・環境科学研究科・准教授    (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	森野 勇  (Morino Isamu)  (90321827)	国立研究開発法人国立環境研究所・地球システム領域・室長    (82101)	

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			
米国	National Center for Atmospheric Research	Jet Propulsion Laboratory		
ベルギー	BIRA-IASB			
中国	Chinese Academy of Sciences			
オーストラリア	University of Wollongong			