

令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：82101

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0016

研究課題名（和文）海洋観測データの統合化と大気化学モデルによる海洋起源有機ガスの全球収支と影響解析

研究課題名（英文）Analysis of global budget and atmospheric impacts of oceanic volatile organic compounds with integrated observations and chemistry-transport modeling

研究代表者

谷本 浩志 (Tanimoto, Hiroshi)

国立研究開発法人国立環境研究所・地球システム領域・副領域長

研究者番号：30342736

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,400,000円

渡航期間： 4ヶ月

研究成果の概要（和文）：我々がこれまで主に太平洋における観測で蓄積してきた大気中および海洋表層における低分子の揮発性有機化合物（VOC）を対象にして観測データベースを作成した。これにより、太平洋における南北両半球間のVOCの海水濃度、大気濃度、大気海洋間フラックスを算出した。また、他国の研究者によって得られたデータとも合わせて、特にアセトンとDMSについて、全球収支に及ぼす海洋の役割の理解を深める国際共同研究として推進し、国際コミュニティの研究活動にも貢献した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

揮発性有機化合物(VOC)は大気中における光化学反応の燃料となる重要な成分であり、海洋は放出源または吸収源として、VOCの全球的収支に大きな役割を果たすと考えられているが、海水中のVOCは観測例がこれまで非常に少なく、それゆえ気候変動や大気質における海洋の重要性や役割の理解大きな不確実性を伴っていた。本研究で、実観測データに基づく新たな知見が得られ、モデルの改良につながる結果が得られたことは、今後の地球システムモデル開発に貢献する成果であり、将来予測の高精度化につながる意義がある。

研究成果の概要（英文）：We have made a database of low-molecular volatile organic compounds (VOCs) in air and seawater in the open oceans, based on the observation data we have obtained in our past research cruises in the Pacific. With the atmospheric and marine concentrations of VOCs, air-sea fluxes are calculated and characterized for different areas of the open oceans. In addition, combining with the data obtained by other groups, global chemistry-transport model analyses were made with a focus on the global budget and the role of oceans, as an international community's joint efforts.

研究分野：大気化学

キーワード：大気化学 海洋有機物 硫化ジメチル 地球観測 モデリング

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

## 1. 研究開始当初の背景

揮発性有機化合物(VOC)は大気中における光化学反応の燃料となる重要な成分であり、海洋は放出源または吸収源として、VOCの全球的収支に大きな役割を果たすと考えられている。しかしながら、海水中のVOCは、大気中のVOCと比較して技術的に困難なため観測例がこれまで非常に少なく、それゆえ、大気と海洋の間のVOCの交換や、大気中VOCの収支における海洋の重要性や役割の理解は依然として不十分で、大きな不確実性を伴っている。そのため、我々は、海水中VOCの極微量濃度を計測できる高感度観測技術の開発を行い、研究船に搭載して実海洋環境下における観測を行ってきた。こうした研究開発は、同時期に世界の研究者でも行われ、海水中VOC濃度の観測データが徐々に蓄積されてきている。一方、グローバルモデルでも、大気と海洋の物質交換のシミュレーションができるようになってきた。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、これまで私たちが蓄積してきた海洋観測データを、他国の研究者によって得られたデータとも統合することで様々な海域における海洋表層溶存VOCデータベースを作成し、それをグローバル大気化学輸送モデルに組み込むことで、VOCの全球収支に及ぼす海洋の役割および環境影響に関する理解を深めることを目的にした。

## 3. 研究の方法

### (1) 質量分析計によるVOCの計測

我々は、プロトン移動反応質量分析法(Proton Transfer Reaction-Mass Spectrometry: PTR-MS)を気液平衡器と組み合わせて、高感度・高時間分解能(1分の時間分解能で少なくとも10種類以上の溶存VOCを0.05 nmol/L程度の検出下限で計測)で海水中に溶存しているVOCを計測する技術を開発し、これまで観測データを蓄積してきた。

PTR-MSは、ガス状の試料を捕集や前処理をすることなくそのままイオン源に導入して、プロトン親和力等を利用してイオン化し、質量分析する計測装置である。装置は、水蒸気から試薬イオンを生成するイオン源、プロトン移動反応を起こすドリフトチューブ、イオンを質量選別する質量分析計から構成される。イオン源では、試薬ガスとして導入される水蒸気を直流放電することによってヒドロニウムイオン( $H_3O^+$ )を得る。下流のドリフトチューブでは、導入された試料気体とヒドロニウムイオンの化学反応が起こり、VOCにプロトンが移動することでVOC $\cdot H^+$ としてイオン化される。我々はこれまで、DMSの他に、海洋表層水中のメタノール $CH_3OH$  ( $m/z$  33で検出。以下同様)、アセトニトリル $CH_3CN$  (42)、プロピレン $C_3H_6$  (43)、アセトアルデヒド $CH_3CHO$  (45)、エタノール $C_2H_5OH$  (47)、メタンチオール $CH_3SH$  (49)、アセトン $CH_3C(O)CH_3$  (59)、イソブレン $C_5H_8$  (69)の検出・定量に成功しており、本研究ではこれらの観測データを用いた。

### (2) データベースの作成と解析

本研究では、硫化ジメチル(DMS)、アセトン、アセトアルデヒド、メタノールといった低分子のOVOCを対象にして、我々がこれまで蓄積してきた海洋観測データを中心にして、海洋大気および海洋表層に溶存するVOC濃度のデータベースを作成した。その後、データベースをもとに海洋から大気へのVOCフラックスを計算し、モデルを用いてVOCの収支に及ぼす海洋の役割および環境影響に関する理解を深めた。

こうした海洋観測データの統合化と大気化学モデルによるモデル解析により、(1)南北両半球の大洋におけるVOCの海水濃度、大気濃度、大気海洋間フラックスに関して、観測とモデルの整合性を確認および検証し、その地域性(緯度方向や経度方向の濃度勾配)や季節性(クライマトロロジー)の知見を得て、変化の要因を海洋起源および陸域起源の寄与の両面から解析した。

続いて、特に大気海洋間フラックスに関して、南北両半球における大洋について、地域性や季節性を考慮して年間収支を算出した。さらに、海洋から放出されたVOCの光分解による大気酸化能への影響や、陸起源VOCの海洋吸収による生物化学循環への影響を調べ、VOCの大気海洋交換のモデル化において、より良いパラメタリゼーションに関する知見を得て、今後の地球システムモデルの開発に貢献する。

そのため、北海や大西洋、南シナ海など、我々が観測してこなかった太平洋以外の海域における大気および海洋データを保有する専門家と情報共有や意見交換を行った。また、VOCの大気海洋交換過程のモデル化については、大気化学輸送モデルの専門家と情報交換および意見交換を行なった。モデルによる大気濃度の検証に使う航空機観測による大気データを保有する専門家と情報共有や意見交換を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 大気・海洋VOCデータベースの作成

我々がこれまで主に太平洋における観測で蓄積してきた大気中および海洋表層における低分子のVOCを対象にして観測データベースを作成した。これにより、太平洋における南北両半球間のVOCの海水濃度、大気濃度、大気海洋間フラックスに関して、観測データによる空間的範囲を確認した。また、他国の研究者によって得られたデータとも合わせて、全球収支に及ぼす海洋の役割の理解を深める国際共同研究として推進した。

まず、低分子VOCの地域性(緯度方向や経度方向の濃度勾配)や季節性(クライマトロロジー)

に関する知見を得た。また、観測された動態や変動の要因を海洋起源および陸域起源の寄与の両面から考察し、特に大気海洋間フラックス（海洋が VOC を放出しているか吸収しているか）に関して、太平洋について年間収支を算出した。また、低分子の VOC のうち、特にアセトンと DMS については、国際共同研究として研究を推進、国際コミュニティの研究活動にも貢献した。

## (2) モデルを用いた VOC の大気海洋交換の解析

アセトンは大気中で最も濃度が高い含酸素有機化合物の一つである。海洋は大気中アセトンの濃度を制御する要因の一つとして考えられているが、海洋から大気へのフラックスは定量的に不確実性が大きい。そこで、我々の観測データと欧米の他の研究グループが得て来た海洋観測データを統合し、現状で入手できる範囲での海洋観測濃度の世界データセットとして、それをもとに全球化学輸送モデルを用いたグローバルなアセトンの収支の理解およびモデリングの改良を行った。まず、2種の全球化学輸送モデルを用いてアセトンのグローバルな収支を評価した。一つのモデルは、データに基づくマシンラーニングと結合した、大気と海洋の間のアセトンの双方向フラックスを計算できるオンライン交換スキームを持ち、用いられているマシンラーニングアルゴリズムは、全球でこれまで得られてきた海水中濃度の観測データによって改良されているものである。もう一つのモデルは、やはり全球でこれまで得られてきた海水中濃度を用いるものの、海水中濃度を固定値として海洋から大気へのフラックスを計算するものである。これら2種の異なるモデル結果を、世界各地において各季節で得られた航空機観測の大気濃度データと比較したところ、2つのモデルとも大洋上においてアセトンの高度分布をよく再現していた。また、海洋は大気のアセトン濃度を非常に強く制御しており、特に熱帯と亜熱帯の海洋は海洋が大気に対して正味で発生源となっている一方、高緯度の海洋は吸収源となっていることが分かった。モデルの面では、アセトンの人為起源の排出インベントリデータは北半球で過小評価であること、陸上生物起源のインベントリモデル及びアセトンを二次的に生成する酸化スキームは過大評価であることが推測された。以上より、アセトンの大気濃度における海洋の役割は大きいことが示唆されるとともに、モデルにおける改良点が明らかとなった。

大気中で最も濃度が高い含硫黄有機化合物であり、海洋生物に起源を持つ DMS については、以下の成果が得られた。

サンゴ礁は DMS の大きな発生源であることが知られていたが、サンゴ礁から大気中に放出される DMS の気候システムにおける役割は定量的に理解されていなかった。具体的には、サンゴ礁からの DMS の発生は、現在化学コミュニティによって使われている気候学的なデータセットやモデルに明確に含まれているわけではなく、それゆえ、サンゴ礁が局地的または地域的な気候に及ぼす役割は不確実なままであった。これまでの研究からは、珊瑚礁起源の DMS は、全球または地域的な規模における長期的な気候強制力に対する影響は大きくないことが報告されていた。本研究では、これまで不明であった、日々の時間スケールにおけるエアロゾルや雲の形成における珊瑚礁起源の DMS の役割について、WRF-Chem 領域化学輸送モデルを用いて取り組んだ。オーストラリアのグレートバリアリーフで行った海水中 DMS 濃度データを用いて、表層海水の DMS 濃度の気候値を修正し、モデルに入れて大気中濃度を計算したところ、大気中 DMS の観測データをよく再現した。海水中 DMS 濃度と大気への放出フラックスを計算した結果、グレートバリアリーフ及びそのラグーンから、年間あたり 0.03-0.05 Tg の DMS が大気中に放出されていることが推定された。全球では熱帯域のサンゴ礁から 0.08 Tg の DMS が放出されているという推定値になり、局所的な放射バランスに影響しうることが推測された。しかしながら、硫酸エアロゾルやエアロゾルの数密度には影響がなく、また、直接的または間接的なエアロゾル効果も見られなかった。この解釈として、グレートバリアリーフはクイーンズランド沿岸の人間活動の近傍に位置するため、サンゴ礁による DMS 放出の影響が局地的なエアロゾルの量を変化させる影響を観測することは容易ではないため、と考えられた。

とはいえ、DMS は大気への重要な硫黄の供給源であり、海洋上のエアロゾルや雲の生成にとって重要な役割を果たしう。自然起源の供給源は、エアロゾルがグローバルな放射強制力や気候に及ぼす影響を推定する上で大きな不確実性を持つ要因となっており、エアロゾルを生成しうる海洋の DMS 発生源について理解を深める重要性には変わりがない。そこで、今後、熱帯域のサンゴ礁の値として世界的な DMS データベースに組み込む重要性が認識された。

## (3) マイクロレイヤーにおける VOC 生成の評価

海洋由来 VOC が生成する場所として考えられているものの一つが、海表面に形成される厚さ 1 mm 以下の微薄層「マイクロレイヤー」である。マイクロレイヤーは、海面に浮かぶため、そこで生成した VOC は直接大気に放出される。マイクロレイヤーは、海洋細菌などの微生物と微生物由来の有機物などが濃縮した層であり、微生物のホットスポットとして物質循環や生物多様性の重要性を持つため、活発な微生物活動や、高濃度の有機物の光化学反応によって、多種の VOC が盛んに放出されていることが予想される。しかし、マイクロレイヤーにおける VOC 生成過程やその放出量の情報は、やはり観測の困難さから、これまで断片的で、非常に限られていた。そこで、学術研究船白鳳丸 KH-23-3 次航海において、北太平洋亜熱帯域でマイクロレイヤーの試料を採取し、プロトン移動反応 - 飛行時間型質量分析計 (PTR-ToF-MS) を用いて VOC の分析を行った。VOC の主要な生成過程である海洋微生物の代謝活動と太陽光照射による有機物の光化学反応に注目して、それぞれの生成過程から放出される VOC を網羅的に把握し放出速度を解析したと

ころ、培養実験ではアセトアルデヒド、アセトン、DMS、イソプレンと推定される VOC を観測できた。

DMS については、従来、亜熱帯域の表層海水中の DMS 濃度は他の海域に比べて低く、大気への放出量も低く見積もられているが、今回観測されたように、マイクロレイヤーで DMS が生成し、直接大気へ DMS が放出されている場合、亜熱帯海域の DMS 放出量は従来の見積りよりも数倍高い可能性があることが示された。また、本実験から、マイクロレイヤーにおける DMS 増加は、その約 80% が微生物活動による生成であることが示唆された。アセトアルデヒドについては、マイクロレイヤーでの増加は、同様に約 80% が微生物活動による生成であることが示唆された。これらから、マイクロレイヤーでは微生物活動が VOC の主な生成過程であることが示唆された。細菌の代謝活動がアセトアルデヒドを生成することから、マイクロレイヤーでは高い活性をもつ微生物がアセトアルデヒドを活発に生成したことが示唆された。アセトンについては、光化学反応が約 60~70% を占めていたことから、DMS やアセトアルデヒドと異なり、マイクロレイヤーでの主要な生成過程は溶存有機物(DOM)の光化学反応であった。しかし、下層海水と比べると、微生物活動による生成の割合はマイクロレイヤーの方が高く、マイクロレイヤーでは微生物活動もアセトンの生成に寄与していることが示唆された。これまで、海洋表層のアセトンの生成過程は光化学反応に焦点が当てられ、微生物は分解者として認識されてきたが、本研究により、マイクロレイヤーでのアセトン生成には微生物活動も考慮する必要があることが示唆された。

一方、イソプレンについては、マイクロレイヤーでの顕著な生成は確認されなかった。マイクロレイヤーに含まれる脂肪酸の光化学反応によって、イソプレンが放出される可能性があるが、本研究では、太陽光下での培養中に容器内でイソプレンが酸化され消失したため、濃度増加を計測できなかった可能性があり、この点は、今後、実験条件を改善することで再評価を試みる必要がある。

亜熱帯域において、DMS、アセトアルデヒド、アセトンの海洋から大気への放出に関して、マイクロレイヤーでの生成が重要であることが見出された。特に、マイクロレイヤーに生息する豊富な微生物が活発な VOC 放出に寄与していることが示唆された。今後、マイクロレイヤーの溶存 VOC の観測データも蓄積してゆき、モデルに組み込んで評価することで、さらなる大気中 VOC の収支の理解や気候影響の理解の向上が見込まれる。

#### (4) 微生物(バクテリア)による VOC 生成の評価

海洋表層から大気中に放出されることがわかっている VOC のうち、酸素を含む揮発性有機化合物は海水中 DOM に太陽光が当たり生成すると考えられている。一方、そのメカニズムは明らかになっていないと言え、特に海洋バクテリアが果たす役割には不明な点が多い。そこで、海洋バクテリアの代謝により生成した DOM に光照射を行うことで、OVOC の生成または分解プロセスを評価した。生成したバクテリア由来の DOM は発色性有機物またはアミノ酸及びフミン様の蛍光性有機物であり、それらからアセトアルデヒド、アセトン、メタンチオール、DMS、ジチオギ酸、ジメチルジスルフィドの OVOC が生成することが分かった。このうちアセトアルデヒドにはバクテリアの増殖期に顕著な生成が観察され、バクテリア由来の有機物がアセトアルデヒドの発生源として重要である可能性が強く示された。これまで世界各国の研究者により行われてきた海洋表層水の VOC 観測からは、アセトン及びアセトアルデヒドが検出されて濃度データが蓄積されてきているが、本実験解析の結果はグローバルな濃度分布やその濃度変動に対する理解を深める結果となった。

#### (5) 海洋溶存有機化合物の新たな計測手法の開発

本研究では、海洋溶存有機化合物の観測データを革新的に増やすための議論も多くなった。海洋溶存有機化合物の計測手法は長らく、海洋におけるその場化学分析は、電気化学的センサーや溶液中の発光や蛍光を利用した光化学センサーが主となってきたが、測定対象が限定されることが多い、他の化学物質による阻害が起きることがある、あるいは感度が低い、という難点がある。それゆえ、質量分析計による海洋化学計測が急速に進展しつつある。質量数分解能が高く化合物の同定力に優れる飛行時間型質量分析計(TOF-MS)を用いると、VOC 成分をより正確に区別できる利点がある。また、検出可能な分子量の上限が高いので、これまで四重極型質量分析計では検出が困難または不能であった VOC (分子量 100 以上) の検出が可能になり、VOC を網羅的に検出できるだけでなく、大気へ放出後エアロゾルになりやすい半揮発性 VOC の同定が可能になる。

質量分析計の小型化かつ省電力化が可能になれば、定期貨物船に搭載でき、研究船による研究航海観測よりも様々な海域における海洋表層溶存 VOC の系統的観測が可能になる。また将来的に、海洋工学の技術である係留ブイや、遠隔操作無人探査機や自律型無人潜水機に搭載可能な真空技術が開発されれば、海洋表層における 24 時間定点観測や、深度分布などの観測が可能になる。海底付近の連続計測ができるようになれば、海洋資源等の探索にも役立つ可能性が拓けてくる。世界ではこのような試みも始まっており、海洋表層から深海までの様々な海洋環境条件で、VOC のマップが描かれる時代が来るだろう。今後のさらなる技術的進展と様々な応用が期待される。

特に、硫黄を含む揮発性有機化合物について、海水中濃度が最も多い硫化ジメチルについてはその生成・消失メカニズムが多く研究されてきたが、その代謝過程で生成するメタンチオールについて、プロトン移動反応質量分析計による大気・海水濃度の測定が進んでおり、硫化ジメチル

に加えて、データの蓄積と統合化によるグローバルな濃度分布、濃度変動、フラックスの導出と、モデリングによる気候影響や硫黄循環の解析が必要である、との議論を進めた。そのためにも、海水中濃度測定のためにプロトン移動反応質量分析計と組み合わせる並行器の技術革新が必要であり、これまでのバブリング式並行器に加えてライン混合式並行器を開発していく重要性、硫化ジメチル及びメタンチオールの前駆物質の連続測定の重要性も認識された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Fiddes Sonya L., Woodhouse Matthew T., Utembe Steve, Schofield Robyn, Alexander Simon P., Alroe Joel, Chambers Scott D., Chen Zhenyi, Cravigan Luke, Dunne Erin, Humphries Ruhi S., Johnson Graham, Keywood Melita D., Lane Todd P., Miljevic Branka, Omori Yuko, Tanimoto Hiroshi, et al.	4. 巻 22
2. 論文標題 The contribution of coral-reef-derived dimethyl sulfide to aerosol burden over the Great Barrier Reef: a modelling study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 2419 ~ 2445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-22-2419-2022	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 Mueller Astrid, Tanimoto Hiroshi, Sugita Takafumi, Machida Toshinobu, Nakaoka Shin-ichiro, Patra Prabir K., Laughner Joshua, Crisp David	4. 巻 21
2. 論文標題 New approach to evaluate satellite-derived XCO <sub>2</sub> over oceans by integrating ship and aircraft observations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 8255 ~ 8271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-21-8255-2021	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 Butz Andre, Hanft Valentin, Kleinschek Ralph, Frey Matthias Max, Mueller Astrid, Knapp Marvin, Morino Isamu, Agustí-Panareda Anna, Hase Frank, Landgraf Jochen, Vardag Sanam, Tanimoto Hiroshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Versatile and Targeted Validation of Space-Borne XCO <sub>2</sub> , XCH <sub>4</sub> and XCO Observations by Mobile Ground-Based Direct-Sun Spectrometers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frsen.2021.775805	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 W. Siyuan, Apel E., Schwantes R., Bates K., Jacob D., Fischer E., Hornbrook R., Hills A., Emmons L., Pan L., Honomichi S., Tilmes S., Lamarque J. F., Yang M., Marandino C., Saltzman E., Bruyn W., Kameyama S., Tanimoto H., Omori Y., et al.	4. 巻 125
2. 論文標題 Global Atmospheric Budget of Acetone: Air Sea Exchange and the Contribution to Hydroxyl Radicals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD032553	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jackson R. L., Gabric A. J., Matrai P. A., Woodhouse M. T., Cropp R., Jones G. B., Deschaseaux E. S. M., Omori Y., McParland E. L., Swan H. B., Tanimoto H.	4. 巻 126
2. 論文標題 Parameterizing the Impact of Seawater Temperature and Irradiance on Dimethylsulfide (DMS) in the Great Barrier Reef and the Contribution of Coral Reefs to the Global Sulfur Cycle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JC016783	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 Tanimoto Hiroshi, Oanh Nguyen Thi Kim, Naja Manish, Lung Shih-Chun Candice, Latif Mohd Talib, Yu Liya, Salam Abdus, Cambaliza Maria Obiminda, Hien To Thi, Hlaing Ohnmar May Tin, Lestari Puji, Janz Hiranthi, Khokhar Muhammad Fahim, Adhikary Bhupesh, Keywood Melita, Wang Tao, Crawford Jim, Lawrence Mark, Melamed Megan	4. 巻 10
2. 論文標題 Atmospheric chemistry research in Monsoon Asia and Oceania: Current status and future prospects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 APN Science Bulletin	6. 最初と最後の頁 126-131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.30852/sb.2020.1246	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 Facchini, M. C., C. George, A. Saiz-Lopez, H. Tanimoto	4. 巻 64
2. 論文標題 SOLAS-IGAC Workshop: Influence of coastal pollution on marine atmospheric chemistry: effects on climate and human health	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IGAC news	6. 最初と最後の頁 7-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 谷本浩志, 坂田昂平, 大森裕子, 亀山宗彦, 猪俣敏	4. 巻 66
2. 論文標題 海洋生物と大気化学のリンケージ: プロトン移動反応質量分析法が拓く新展開	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan	6. 最初と最後の頁 118-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5702/massspec.S18-21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jones Graham, Curran Mark, Deschaseaux Elisabeth, Omori Yuko, Tanimoto Hiroshi, Swan Hilton, Eyre Bradley, Ivey John, McParland Erin, Gabric Albert, Cropp Roger	4. 巻 123
2. 論文標題 The Flux and Emission of Dimethylsulfide From the Great Barrier Reef Region and Potential Influence on the Climate of NE Australia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 13835 ~ 13856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD029210	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 Mueller Astrid, Tanimoto Hiroshi, Sugita Takafumi, Patra Prabir K., Nakaoka Shin-ichiro, Machida Toshinobu, Morino Isamu, Butz Andre, Shiomi Kei	4. 巻 17
2. 論文標題 Ship- and aircraft-based XCH <sub>4</sub> over oceans as a new tool for satellite validation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 1297 ~ 1316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-17-1297-2024	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 Deng Yang, Tanimoto Hiroshi, Ikeda Kohei, Kameyama Sohiko, Okamoto Sachiko, Jung Jinyoung, Yoon Young Jun, Yang Eun Jin, Kang Sung-Ho	4. 巻 24
2. 論文標題 Shipborne observations of black carbon aerosols in the western Arctic Ocean during summer and autumn 2016?2020: impact of boreal fires	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 6339 ~ 6357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-24-6339-2024	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 谷本浩志	4. 巻 14
2. 論文標題 生物と化学を介した海洋と大気つながり	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地球惑星科学連合ニュースレター誌 (JGL)	6. 最初と最後の頁 13 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -



〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Royston Uning, Yuko Omori, Hiroshi Tanimoto
2. 発表標題 The interplay between the marine atmospheric boundary layer VOCs and the surface ocean bacteria and bacterial-derived surfactants cycles: A laboratory and field studies
3. 学会等名 8th hybrid SOLAS Open Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大森裕子, 高橋俊輝, 濱健夫, 猪俣敏, 谷本浩志
2. 発表標題 海洋細菌による揮発性有機化合物の生成に関する実験的解析
3. 学会等名 日本惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷本浩志, 猪俣敏, 坂田昂平, 大森裕子, 亀山宗彦
2. 発表標題 プロトン移動反応質量分析法による大気および海洋における揮発性有機化合物の観測的研究
3. 学会等名 第67回質量分析総合討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tanimoto, H., Y. Omori, S. Inomata, T. Iwata, S. Kameyama
2. 発表標題 Air-sea exchange and budget of sulfur and oxygen-containing organic compounds in the Pacific Ocean
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Omori, Y., T. Takahashi, H. Tanimoto, S. Inomata, S. Wada
2. 発表標題 Quantification of microbial and photochemical production of oxygenated volatile organic compounds in coastal seawater
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakata, K., M. Kurisu, H. Tanimoto, A. Sakaguchi, Y. Takahashi
2. 発表標題 Organic carbon in sea spray aerosol: The role in iron and CLAW hypothesis
3. 学会等名 SOLAS Open Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷本浩志
2. 発表標題 生物と化学を介した海洋と大気をつなぐを探る
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 2018年大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷本浩志
2. 発表標題 太平洋における揮発性有機化合物の大気海洋間交換の観測とモデリング
3. 学会等名 寒冷圏大気-海洋間の生物地球化学的相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大森裕子, 谷本浩志, 猪俣敏
2. 発表標題 EI-PTR-MSシステムを用いた北太平洋亜寒帯域における海表面VOCs濃度分布の観測
3. 学会等名 第67回質量分析総合討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Royston Uning, Yuko Omori, Shigeki Wada, Hiroshi Tanimoto
2. 発表標題 Light irradiation on bacterial-derived dissolved organic matter (DOM) as a source of low molecular weight organic compounds: A laboratory study
3. 学会等名 日本惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Hajime Akimoto and Hiroshi Tanimoto	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 1190
3. 書名 Handbook of Air quality and Climate Change	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	エモンズ ルイーザ  (Emmons Louisa)	国立大気研究センター・大気化学観測モデリング研究部・室長	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	クレボー キャシー  (Clerbaux Cathy)	宇宙・大気観測研究所・TROPO・グループリーダー	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ローレンス マーク  (Lawrence Mark)	先進持続可能性研究所・先進持続可能性研究部・部長	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ユー リヤ  (Yu Liya)	シンガポール国立大学・都市環境工学部・准教授	

## 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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	マライス エロイース  (Marais Eloise)	ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン・地理学部・准教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ファッチーニ マリア・クリスティーナ  (Facchini Maria Cristina)	国立大気・気候科学研究所・大気・気候科学部・部長	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ランバート ジャン・クリストファー  (Lambert Jean-Christopher)	王立宇宙・超高層大気研究所・大気データシナジー部・室長	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	シモ ラフェル  (Simo Rafael)	スペイン海洋科学研究所・海洋研究部・教授	

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	アーノルド ステファン  (Arnold Stephen)	リーズ大学・地球環境学部・准教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	クロフォード ジェームス  (Crawford James)	国立航空宇宙局・科学研究部・上級研究員	

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			
フランス	宇宙・大気観測研究所			
ドイツ	先進持続可能性研究所			
シンガポール	シンガポール国立大学			
英国	ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン	リーズ大学		
イタリア	国立大気・気候科学研究所			
ベルギー	王立宇宙・超高層大気研究所			
スペイン	スペイン海洋科学研究所			
米国	国立大気研究センター	国立航空宇宙局		