

令和元年6月20日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H01732

研究課題名(和文)次世代質量分析技術開発による海洋表層溶存有機ガスのグローバル観測と動態解析

研究課題名(英文)Global observations of volatile organic compounds dissolved in surface ocean with novel mass spectrometry development

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・地球環境研究センター・室長

研究者番号：30342736

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、揮発性有機化合物(VOC)の海水中濃度や大気海洋間フラックス観測が行われるようになってきたが、技術的困難さゆえに観測例が非常に少なくスナップショット的で、VOCの収支における海洋の役割は大きな不確実性を伴っていた。本研究では、海洋表層に溶存するVOCの次世代観測技術として、極微量濃度を計測できる高い感度を維持しつつ小型なプロトン移動反応質量分析計の開発を行った。船舶プラットフォームにおける総合性能評価および太平洋における大気中・海水中VOCの濃度変化観測を行なうとともに、太平洋におけるVOCの大気海洋間フラックスと収支の算出を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋は、放出源または吸収源として、揮発性有機化合物(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。本研究開発により、質量分析計を海洋観測プラットフォームに搭載した現場観測が可能になり、今後、様々な海域における溶存VOCの系統的観測が可能になるとともに、VOCの収支に及ぼす海洋の役割およびその生物化学プロセスに関する理解を革新的に深まることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Volatile Organic Compounds (VOCs) are important trace gases that act as a fuel of photochemistry in the troposphere. The oceans play a key role in controlling a global budget of VOCs either as a source or a sink. Recent technological advancement enables us to make observations of seawater concentrations and air-sea exchange rate of VOCs. However, there is still a large uncertainty in our understanding of the role of global oceans, due to very limited observations. We customized a proton transfer reaction - time-of-flight mass spectrometer, and coupled with an air-sea equilibrator that can be deployed at a variety of marine observation platforms. The system was tested on a ship and overall evaluation was made. This will enable us to make systematic observations of VOCs dissolved in the ocean surface with a variety of marine platforms including research and commercial vessels.

研究分野：大気化学

キーワード：硫化ジメチル 揮発性有機化合物 海洋観測 質量分析計

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海水中に溶存する揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compound, VOC) は、その多くが海洋生態系を起源として生成し、極微量濃度でありながら海洋生物化学システムにおいて重要な役割を果たすとともに、海洋表層から大気への放出を経て気候システムに大きく影響を及ぼすなど、地球環境変動に重要な役割を担っている。

1980年代後半以降、海水中の植物プランクトンから生成して大気中に放出された後、光化学反応により硫酸塩を経て雲になることで地球の気候に影響する硫化ジメチル (CH_3SCH_3 , dimethyl sulfide, DMS) が研究者の興味を惹き、多くの研究がなされてきた。2000年前後から、アセトンやアセトアルデヒドといった含酸素揮発性有機化合物 (Oxygenated Volatile Organic Compound, OVOC) も海洋表層のマイクロレイヤーにおける光化学反応や生物活動で生成・消失することが知られ、研究が行われてきた。例えば、アセトンはその光分解で HOx ラジカルを生成し、大気の酸化能に寄与することが知られていたが、2000年代以降これら OVOC の野外観測が進み、大気中に普遍的に存在していることが明らかになるにつれて、その生成・消失メカニズムや、全球的な収支、地球環境における役割に興味を寄せられている。

一方で、VOC は陸域にも起源がある上、溶解度が高いものは海洋に取り込まれるなど、海洋は放出源にも吸収源にもなりうるため、海洋の役割とそのメカニズムは理解されていない。例えば、アセトンのフラックス観測は大気海洋間の濃度差を用いたバルク法では海洋が正 (発生源) となるにも関わらず、直接法である渦相関法では負 (吸収源) となるなど、海域や季節、手法により放出源なのか吸収源なのかといった情報さえも正反対の結果が得られている [Williams et al., 2004; Marandino et al., 2005; Taddei et al., 2009]。最近のグローバル化学輸送モデルでは、OVOC の発生源として大気中での二次生成以外に陸上生物や人間活動、海洋表層における生成が考えられているが、海洋がアセトンの放出源となるか吸収源となるかは海域・季節によって変化する可能性が示唆されている [Fischer et al., 2012]。従って、現時点ではこれら VOC の観測的知見が圧倒的に不足しており、特に海洋における海水中濃度およびフラックスの系統的な観測情報 (季節変化、広域分布など) が必要である。

観測的知見が不足している理由として、フィールドに持ち出し可能で、十分に高性能 (高感度と高時間分解能) なセンサー技術がないことが挙げられるが、近年、世界のいくつかのグループによりオンライン質量分析計による海洋観測が試みられ、その性能と有効性が実証されつつある。日本で唯一取り組んでいる我々のグループは、これまで海洋起源溶存 VOC の高感度・高時間分解能計測手法として、平衡器インレット-プロトン移動反応質量分析法 (Equilibrator Inlet - Proton Transfer Reaction - Mass Spectrometry, EI-PTR-MS) を開発して研究航海に参加して運用し、大気・海洋観測の技術・経験を蓄積してきた [Kameyama et al., 2009, 2010]。これまで DMS の他、 CH_3OH ($m/z=33$ で検出。以下、同様)、 CH_3CN (42)、 C_3H_6 (43)、 CH_3CHO (45)、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (47)、 CH_3SH (49)、 $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_3$ (59)、 C_5H_8 (69) の検出および定量に成功している。我々の手法は他と比較して同程度以上の性能である上、複数の VOC を同時に計測可能であることは、他の手法にはない特徴である。一方、可搬性に劣っているため小型化が課題となっていた。

Williams et al. (2004), *Geophys. Res. Lett.*, 31, L23S06; Marandino et al. (2005), *Geophys. Res. Lett.*, 32, L15806; Taddei et al. (2009), *Environ. Sci. Technol.* 43, 5218-5222; Fischer et al. (2012), 39, L01807; Kameyama et al. (2009), *Anal. Chem.*, 81, 9021-9026; Kameyama et al. (2010), *Mar. Chem.*, 122, 59-73

2. 研究の目的

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るが、海洋は放出源または吸収源として、それら 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。最近では硫化ジメチル以外の VOC も海水中濃度や大気海洋間フラックスの観測が行われるようになってきた。しかし、技術的困難さゆえに観測例が非常に少なくスナップショット的で、VOC の収支における海洋の役割は大きな不確実性を伴っている。本研究では、海洋表層に溶存する VOC の「次世代」観測技術として、極微量濃度を計測できる高い感度を維持しつつ、定期貨物船などの海洋観測プラットフォームに搭載しうるほど小型な質量分析技術の開発を行った。これにより、様々な海域における溶存 VOC の系統的観測を可能にし、VOC の収支に及ぼす海洋の役割およびその生物化学プロセスに関する理解を革新的に深めることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、海洋表層に溶存する VOC を対象に、専用実験室・設備がない定期貨物船や、将来的にさらにスペースや電源状況が限られたブイなどの海洋観測プラットフォームを用いた系統的な観測を可能にする技術を確認するため、飛行時間型質量分析計 (Time of Flight Mass Spectrometry, TOF-MS) を用いて EI-PTR-MS 法を発展させて、高感度・高時間分解能を維持しつつ小型化・省電力化に取り組んだ。

本研究で用いた基盤技術の PTR-MS は、ガス状の試料をそのままイオン化して、プロトン親和力の高い VOC をオンライン検出する分析計である。例えば、プロトン親和力が 198.6 kcal/mol の DMS は次のように検出される。



イオンの検出には小型 TOF-MS を用いた。TOF-MS は質量数分解能が良いため化合物の同定に優れており、VOC 成分をより正確に区別できる。また、検出可能な質量数に上限がないので、これまで四重極質量分析計では検出できなかった質量数の大きな 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 の同定が可能になった。具体的には、高感度・小型・省電力タイプのプロトン移動反応イオン化・飛行時間型質量分析システム(Mini-PTRMS)を新しく設計・製作し、実験室および船舶における試験と改良を行った。船舶では、実際の航海において海水および大気中における DMS をはじめとする VOC のオンライン測定を行った。設備や電源がととのった実験室ではない船舶環境において、Mini-EI-PTRMS が正確に動作するか、期待される性能が発揮されるかを確認した。

4. 研究成果

(1) プロトン移動反応イオン源および高感度・小型質量分析システムの設計・製作

高感度を維持しつつ小型化・省電力化すべく TOF-MS に基づくシステムをカスタマイズ設計し、製作した。具体的には、ドリフトチューブ方式の反応チャンバーを用いて、30-300 Td 程度の範囲で電場強度を変え、分子イオンの開裂およびクラスターの生成を制御しうるようにした。気体サンプル流量は標準状態換算で毎分 50-800 cc 程度の範囲で可変であり、連続導入が可能であるようにした。検出系は、質量数測定範囲が 1-10,000 amu の範囲、質量分解能が m/z 60 以上において 1,500 以上であるように、直交加速リフレクトロン飛行時間型質量分析計によるイオン計数検出を採用した。寸法は、船舶への搬入の容易化のため、外寸が概ね長さ 55cm 以内、幅 50cm 以内、および高さ 45cm 以内であるように製作した。以上の装置により、分子量 180 程度の揮発性有機化合物に対し、検出感度が 100 cps/ppbv となり、1 分積算による検出下限が 10 pptv となった。TOFMS を用いているため、未知の VOC 成分の検出・探査もできる可能性を保持している。また、これまで使用してきた水蒸気の水ホカソード放電による PTR イオン化を主に採用したが、水蒸気以外の試薬として、一酸化窒素や酸素分子を用いた化学イオン化を行うことができるように設計・製作した。

その後、Mini-EI-PTRMS の実験室における動作確認および性能試験を行った。こうした一連のテストにより、海水および大気中における DMS をはじめとする VOC のオンライン測定に向けて活用できる目処がたつた。また、Mini-EI-PTRMS と組み合わせて使用する、気体・液体間の平衡器システムについて小型化を行った。平衡器内面の液体や気体と接する箇所材質の検討を行い、ガラスでなくても有機物の測定にコンタミネーションなく使用可能な結果を得た。

(2) 海洋観測プラットフォームにおける Mini-EI-PTRMS の総合性能評価

学術研究船「白鳳丸」の KH-17-3 研究航海(北太平洋横断航海: 日本 コディアック バンクーバー、2017 年 6 月 23 - 8 月 9 日)に参加し、Mini-EI-PTRMS 装置を搭載して、海洋観測の現場において、実海洋環境条件下で試験を行うことにより実証試験とした。具体的には、船舶の微振動、揺れ(ピッチングやローリング)が装置の感度・精度・安定性に及ぼす影響を調べた他、バイオフィウリングの影響を確認するなど、船上でしかできない装置・システムの性能試験を行った。海水測定では海水を約 2 L/min で連続的に平衡器に供給し、平衡器内でガス抽出した VOC 濃度を船上にて Mini-EI-PTRMS で連続測定した。大気測定はデッキに設置した吸引口からポンプで研究室内に空気を引き込み Mini-PTRMS で連続測定した。その結果、現場での性能として、分子量 180 amu 程度までの揮発性有機化合物を約 10 種類検出でき、海水および大気中における DMS をはじめとする VOC のオンライン測定に向けて活用できることが実証された。

(3) 太平洋における大気中・海水中 VOC の濃度変化観測

北太平洋において表層海水中 VOC の連続観測を行なった結果、研究航海を通してメタンチオール (MeSH)、DMS、イソプレンなど、分子量が 100 以下の VOC が検出された一方で、分子量が 100 以上となる VOC はモノテルペンを除きほとんど検出されなかった。そのため、海洋表層から放出される VOC の二次有機エアロゾルや雲凝結核の生成には、現在知られている VOC 種の寄与が大きいことが明らかとなった。北太平洋における空間分布は DMS と MeSH、イソプレンとモノテルペンのそれぞれで類似しており、特に表層海水中のクロロフィル a 濃度が高い東部北太平洋において DMS および MeSH の濃度が高くなる傾向があり、東部北太平洋の DMS 濃度の最大値はおよそ 8.5 nmol/L であった。一方、西部北太平洋における DMS の濃度は西部で最大 4 nmol/L 程度であり、これらの濃度は先行研究と整合的であった。イソプレンおよびモノテルペンは日本沿岸部および東部北太平洋では検出されたものの、北緯 47 度ラインにおける東経 160 度から西経 160 度間ではほとんど検出されなかった。日本沿岸域における表層海水中のイソプレン濃度の平均値は 10.6 pmol/L (0-68.7 pmol) であった。表層海水中のイソプレン濃度の観測結果の違いは植物プランクトンのブルームの有無が大きな要因であると考えられた。表層海水中の植物プランクトン濃度が高い東部北太平洋ではアラスカ湾沿岸域などでは 20 pmol/L 程度のイソプレンが検出されたが、同海域全体の傾向としては海水中のイソプレン濃度が PTRMS の検出限界以下であることが多かった。東部北太平洋における海水中のイソプレン濃度の報告値は極めて少ないが、本研究と同様に極めて低いイソプレン濃度が報告されており、東部北太平洋域

における海洋からのイソプレンの放出量は多くないことが予想された。また、同海域では散発的に海水中のイソペン濃度が 200 pmol/L 近くまで上昇することがあり、そのタイミングでクロロフィル a の濃度も上昇する結果が得られた。同様の傾向がイソプレンを構成単位として持つモノテルペンにおいても見受けられており、海水中のイソペンやモノテルペンはクロロフィル a の濃度変化に非常に敏感に呼応する可能性があることが示唆された。このように Mini-EI-PTRMS を用いることにより海水に含まれる VOC に関する定量および定性分析が効率的に行えるだけでなく、イソペンなどに見られた局所的なホットスポットの検出が可能であることが明らかとなった。

海水中の VOC が大気中に放出された後に化学反応過程を経て雲凝結核である硫酸アンモニウム (DMS に由来) や二次有機エアロゾル (イソペンなどに由来) を生成することが知られているため、同航海では、ハイボリウムエアサンプラーに搭載可能なカスケードインパクターに対し、PTFE フィルターを用いた高時間分解能かつ高粒径分画を持つエアロゾルサンプリング法の検討も併せて行った。正規の石英フィルターとセルロースフィルターではそれぞれのフィルターに含有される金属および有機物の濃度が高く、同一のフィルターから両成分の分析を行うことが困難であったが、本研究で開発した手法ではフィルターからの有機物および金属の汚染を最小限に抑え、両成分の同時分析が可能になった。

(4) 太平洋における VOC の大気海洋間フラックスの算出

微気象学的手法の一つである傾度法 (Gradient flux method: GF 法) と PTR-MS を組み合わせた観測システム (PTR-MS/GF 法) を用いた、太平洋域亜熱帯域から亜寒帯域までの海域における DMS 放出量の実計測データをまとめ、DMS 固有のガス交換係数を求めるとともに、その評価を行った。まず、海洋直上大気 (高度 5 cm ~ 14 m) の DMS 濃度の鉛直分布から、亜熱帯域においても亜寒帯域においても DMS 濃度は高度とともに減少しており、海洋が常に DMS の放出源であることが確認できた。幅広い風速条件 (0.5 ~ 11 m/s) における DMS 放出量のデータを見直したところ、DMS 放出量は風速に依存して増加する傾向がみられ、別の独立な観測手法と整合的であった。さらに、海洋微生物の活動が活発な海域では顕著に高い DMS 放出量が確認され、海洋表層の活発な生物活動により DMS が多く生成され、海表面 DMS 濃度が高くなった結果、海洋から大気への放出量が多くなったことが示唆された。PTR-MS/GF 法から算出したガス交換係数は従来法による推定範囲内となり、従来のガス交換係数の推定値が DMS に対しても有効に適用できることが確認できた。

(5) 太平洋における VOC の大気海洋間収支の算出

これまで航海における海洋観測の結果をまとめ、現在まで非常に限られていた生物代謝が関与する VOC の生成・消費メカニズムや分布・フラックスに関する解析を行った。DMS、イソペン、アセトンについて、南北太平洋における大気および海洋観測データをコンパイルし、北太平洋の亜寒帯および亜熱帯、赤道海域、南太平洋の亜熱帯の 4 海洋プロバンスについてフラックスおよび年間の交換量を算出したところ、DMS については、南北太平洋全ての海域で海洋から大気へ放出されていること、そのフラックスおよび放出量はこれまでの推定値の範囲とよく一致した。また、イソペンについても、DMS と同様に、全ての海域で海洋から大気への放出が確認されたが、その放出量は DMS の数%であり、海洋の発生源は陸上生態系による大気への放出よりは小さいことが明らかになった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

1. 谷本浩志, 坂田昂平, 大森裕子, 亀山宗彦, 猪俣敏, 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, *J. Mass Spectrom. Soc. Japan*, 66(3), 118-122, 2018. (査読有り)
2. Sakata, K., M. Kurisu, H. Tanimoto, A. Sakaguchi, M. Uematsu, C. Miyamoto, Y. Takahashi, Custom-made PTFE filters for ultra-clean size-fractionated aerosol sampling for trace metals, *Marine Chem.*, 206, 100-108, 2018. (査読有り)
3. Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, K. Ikeda, T. Iwata, S. Kameyama, M. Uematsu, T. Gamo, H. Ogawa, K. Furuya, Sea-to-air flux of dimethylsulfide in the South and North Pacific Ocean as measured by Proton Transfer Reaction-Mass Spectrometry coupled with the Gradient Flux (PTR-MS/GF) technique, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, doi:10.1002/2017JD026527, 2017. (査読有り)
4. Ueda, S., K. Miura, R. Kawata, H. Furutani, M. Uematsu, Y. Omori, and H. Tanimoto, Number-size distribution of aerosol particles and new particle formation events in tropical and subtropical Pacific Oceans, *Atmos. Environ.*, 142, 324-339, 2016. (査読有り)
5. Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, S. Wada, K. Thume, G. Pohnert, Enhancement of dimethylsulfide production by anoxic stress in natural seawater, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 4047-4053, doi:10.1002/2015GL063546, 2015. (査読有り)
6. Cui, Y., S. Suzuki, Y. Omori, S.-K. Wong, M. Ijichi, R. Kaneko, S. Kameyama, H.

Tanimoto, and K. Hamasaki, Abundance and distribution of dimethylsulfoniopropionate degradation genes and the corresponding bacterial community structure at dimethyl sulfide hotspots in the tropical and subtropical Pacific Ocean, *Appl. Environ. Microbiol.*, 81(12), 4184–4194, doi: 10.1128/AEM.03873-14, 2015. (査読有り)

[学会発表](計 27 件)

1. 谷本浩志, 猪俣敏, 坂田昂平, 大森裕子, 亀山宗彦, 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, 第 67 回質量分析総合討論会, 2019 (invited).
2. 坂田昂平, 栗栖美菜子, 谷本浩志, 坂口綾, 高橋嘉夫, 大気中における溶液平衡化学反応: エアロゾル中の金属元素の溶解性の制御要因としての重要性, GEOTRACES-Japan の現状と今後の展開, 千葉, 2019.
3. Tanimoto, H., Y. Omori, S. Inomata, T. Iwata, S. Kameyama, Air-sea exchange and budget of sulfur and oxygen-containing organic compounds in the Pacific Ocean, SOLAS Open Science Conference 2019, Sapporo, 21-25 April, 2019.
4. Omori, Y., T. Takahashi, H. Tanimoto, S. Inomata, S. Wada, Quantification of microbial and photochemical production of oxygenated volatile organic compounds in coastal seawater, SOLAS Open Science Conference 2019, Sapporo, 21-25 April, 2019.
5. Sakata, K., M. Kurisu, H. Tanimoto, A. Sakaguchi, Y. Takahashi, Organic carbon in sea spray aerosol: The role in iron and CLAW hypothesis, SOLAS Open Science Conference 2019, Sapporo, 21-25 April, 2019.
6. Tanimoto, H., K. Oanh, M. Naja, M. G. Lawrence, M. L. Melamed, Atmospheric Chemistry Research and International Collaborations: The International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project and the IGAC Monsoon Asia and Oceania Networking Group (MANGO), ICACCA2018, Kuala Lumpur, Malaysia, 26-28 March, 2018 (invited).
7. 谷本浩志, 生物と化学を介した海洋と大気をつなぐを探る, JpGU 西田賞スペシャルレクチャー, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張, 2018 (invited).
8. Tanimoto, H., Lawrence, M. G., Melamed, M.L., 大気化学研究と国際連携のこれまで、現在、そしてこれから, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張, 2018.
9. Tanimoto, H., 地球大気化学国際協同研究計画 (IGAC): 大気化学研究と国際連携, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張, 2018.
10. 坂田昂平, 栗栖美菜子, 谷本浩志, 坂口綾, 武市泰男, 高橋嘉夫, Enhancement of iron solubility by organic matters in sea spray aerosol, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張, 2018.
11. Sakata, K., H. Tanimoto, M. Kurisu, A. Sakaguchi, Y. Takahashi, New perspectives for the air-sea interactions of bioactive trace metals: Applying X-ray spectroscopy and geochemical modeling to size-fractionated marine aerosols, iCACGP-IGAC 2018 国際会議, 高松, 2018.
12. 坂田昂平, 栗栖美菜子, 武市泰男, 坂口綾, 谷本浩志, 高橋嘉夫, 海塩粒子中の有機物と鉄の大気化学反応が鉄の溶解性に与える影響, 2018 年度地球化学会年会, 沖縄, 2018.
13. 坂田昂平, 栗栖美菜子, 谷本浩志, 坂口綾, 武市泰男, 高橋嘉夫, 海塩粒子中の有機物が鉄エアロゾルの溶解性に与える影響, 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, 札幌, 2018.
14. 谷本浩志, 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, 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, 札幌, 2018.
15. 西岡 純, 鈴木光次, 宮崎雄三, 谷本浩志, 他全航海関係者, 親潮域における春季植物プランクトン増殖に関わる海洋 - 大気間の生物地球化学, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017 年 5 月 20 日 - 25 日.
16. Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, S. Okamoto, Y. Miyazaki, J. Nishioka, Marine and atmospheric observations of volatile organic compounds during early spring in the Oyashio region, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017 年 5 月 20 日 - 25 日.
17. 谷本浩志, 亀山宗彦, 大森裕子, 飛行艇を用いた大気海洋化学観測に関する考察, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 幕張, 2017 年 5 月 20 日 - 25 日.
18. 坂田昂平, 谷本浩志, 猪俣敏, 高橋嘉夫, 大森裕子, 坂口綾, 為則雄祐, 大気-海洋間における有機硫黄の相互作用に関する研究, 第 23 回大気化学討論会, 高松, 2017 年 10 月 2-4 日.
19. 坂田昂平, 栗栖美菜子, 坂口綾, 谷本浩志, 高橋嘉夫, 太平洋上におけるエアロゾル中の微量金属の空間および粒径分布: クリーンサンプリング法の開発とその応用, 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会, 東京, 2017.
20. Melamed, M.L., M. G. Lawrence, H. Tanimoto, Atmospheric Chemistry Research and International Collaborations: Challenges facing the International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project, 2017 Joint IAPSO-IAMAS-IGA Assembly, Cape Town, South Africa, 27 August - 1 September, 2017 (invited).

21. 亀山宗彦, 谷本浩志, 猪俣 敏, 大森裕子, 笹野大輔, 石井雅男, Bui Thi Ngoc Oanh, 吉川久幸, 大気海洋境界層における微量気体動態の把握 - 新規実験系を用いたアプローチ -, 日本地球化学会第 63 回年会, 大阪, 2016 年 9 月 14-16 日 (invited).
22. Tanimoto, H., Y. Omori, S. Inomata, T. Iwata, S. Kameyama, Air-sea exchange and budget of sulfur and oxygen-containing volatile organic compounds in the Pacific Ocean, American Geophysical Union 2015 Fall Meeting, San Francisco, 14-18 December 2015 (invited).
23. 大森裕子, 谷本浩志, 猪俣敏, 和田茂樹, K. Thume, G. Pohnert, 無酸素ストレスによる DMS 生成の促進, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, AAS21-P11, 幕張, 2015 年 5 月 24 日-28 日.
24. 猪俣敏, 谷本浩志, オンサイト質量分析法を用いた大気環境研究, 第 63 回質量分析総合討論会, つくば, 2015 年 6 月 17 日-19 日.
25. Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, S. Wada, K. Thume, G. Pohnert, Enhancement of dimethylsulfide production by anoxic stress in natural seawater, SOLAS Open Science Conference, Kiel, 7-11 September, 2015.
26. Tanimoto, H., Y. Omori, S. Inomata, T. Iwata, S. Kameyama, Air-sea exchange and budget of sulfur and oxygen-containing volatile organic compounds in the Pacific Ocean, SOLAS Open Science Conference, Kiel, 7-11 September, 2015.
27. 谷本浩志, 秋元肇, 中澤高清, 小池真, 近藤豊, 河村公隆, 松見豊, 高橋けんし, 日本における地球大気化学研究のこれまでとこれから, 第 21 回大気化学討論会, 東京, 2015 年 10 月 19-21 日.

〔図書〕

1. 谷本浩志, 大気汚染と気候変動, 現代化学, 2019 年 3 月号, 48-51, 2019.
2. Sakata, K., Y. Takahashi, A. Sakaguchi, M. Kurisu, H. Tanimoto, Organic matters in sea spray aerosol: their role as a driving force of atmospheric chemistry in the marine boundary layer, SOLAS Event Report, 12, 7-8, 2019.
3. 谷本浩志, 生物と化学を介した海洋と大気をつながり, 日本地球惑星科学連合ニュースレター誌 (JGL), 14(1), 2018.
4. 谷本浩志, 秋元肇, 中澤高清, 小池真, 近藤豊, 河村公隆, 松見豊, 高橋けんし, 日本における地球大気化学研究のこれまでとこれから, 地球環境, 20, 151-162, 2015.
5. 植松光夫, 武田重信, 野尻幸宏, 谷本浩志, 生物がつなぐ海洋と大気間の物質循環と気候影響, 地球環境, 20, 195-202, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究協力者

猪俣 敏 (INOMATA, Satoshi)

国立研究開発法人国立環境研究所・環境計測研究センター・反応化学計測研究室・室長
研究者番号: 8 0 2 7 0 5 8 6

大森 裕子 (OMORI, Yuko)

国立大学法人筑波大学・生命環境系・水圏生態学研究室・助教
研究者番号: 8 0 6 1 3 4 9 7

坂田 昂平 (SAKATA, Kohei)

日本学術振興会・特別研究員 (PD)
国立研究開発法人国立環境研究所・地球環境研究センター・地球大気化学研究室・共同研究員
研究者番号: 8 0 8 0 5 3 1 7