

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：22701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05179

研究課題名(和文) 暗流励起アルゴンを用いたアンビエント質量分析法の開発

研究課題名(英文) Development of ambient ionization mass spectrometry using dark current discharge with argon gas

研究代表者

関本 奏子 (Sekimoto, Kanako)

横浜市立大学・生命ナノシステム科学研究科(八景キャンパス)・准教授

研究者番号：40583399

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：アンビエント質量分析法の1つであるリアルタイム直接分析法(DART)は、“その場”計測手法として近年盛んに利用されている。産学の両面でDARTの実用・応用性が高まる一方、DARTの基本要素である(i)高価で継続利用が困難なヘリウムと(ii)高電力を要する持続放電の使用改善が求められているが、いずれも最適な代替案の選定や実用化には至っていない。本研究ではDARTの改良法を追究した結果、ニードル電極に低電力を印加することで発生する非持続放電「暗流」で励起されたアルゴン(安価で入手しやすい希ガス)が、DARTと同等の計測性能を発揮することを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で見出された「暗流励起アルゴン」によるイオン化は、アンビエント質量分析法の1つであるリアルタイム直接分析法(DART)の問題を抜本的に解決する、安価で・低電力で・どこでも継続的に計測できる質量分析法の要素技術を提供するものである。

研究成果の概要(英文)：Direct analysis in real time (DART) is one of ambient ionization mass spectrometry. Although DART has been performed with a great amount of success in various fields, use of helium gas and glow discharge (classified with self-sustaining discharge) causes limitations for utility. In this study, a novel ionization technique using argon gas and atmospheric pressure dark current discharge (classified with non-self-sustaining discharge) has been developed. This technique has ionization efficiency and mechanism comparable to those of conventional DART.

研究分野：質量分析学

キーワード：質量分析 アルゴン 暗流 DART(リアルタイム直接分析法) アンビエントイオン化

1. 研究開始当初の背景

環境学や医学、食品衛生学に利用されている機器分析化学の分野では、今日、ppb レベル以下の極微量試料を高感度に・前処理無しで・“その場 (in situ)” 計測が可能なアンビエント質量分析法 (Ambient MS) の開発が盛んに行われている。Ambient MS の先駆けの 1 つとして、リアルタイム直接分析法 (Direct analysis in real time; DART) がある¹⁾。本法では、大気圧グロー放電によって励起されたヘリウムガスと大気成分 (主に H₂O) のペニングイオン化反応を起点として、加熱気化された試料 (M) を (脱) プロトン化し、そこで生成されるプロトン付加分子 [M+H]⁺ や脱プロトン分子 [M-H] を質量分析する。DART は 2005 年に発表・市販化されて以来、コンクリート材料から匂い成分など固・液・気体状の様々な試料の直接分析に利用され、高感度分析のための技術開発も盛んに行われている。このような DART に対する関心や需要が産学の両面から高まる一方、“その場” 計測手法としての利便性や汎用性の観点から以下の問題が指摘されている。

- 問題点 (i) ヘリウムの使用：ヘリウムは高価かつ近年入手が困難で、継続的に使用することが難しい。また、ヘリウムの質量は 4 と軽くターボ分子ポンプで排気できないため、特殊な排気系を別途必要とする。これにより、質量分析計の大型化・高額化を招く。
- 問題点 (ii) グロー放電の使用：励起ヘリウムを生成するために使われるグロー放電は、発光を伴う持続放電の一種である。DART において持続放電を作り出すためには、5 kV または 10 μA 程度以上の高電力が必要となり、DART 使用時には常に高電力を確保しなければならない。

上記の問題点から、当該分野では、試料のプロトン付加分子および脱プロトン分子を安価に・低電力で・どこでも継続的に計測できる“DART の改良版”の開発が求められている。問題点 (i) の解決策としては、質量が大きく安価な希ガスであるアルゴンをヘリウムの代替ガスとして用いた DART の実用化研究が行われてきた。しかし、DART のガス種をヘリウムからアルゴンに切り替えると、試料由来のイオン強度は 1000 分の 1 以下に激減し、イオン化性能は極めて悪くなる。また、励起アルゴンによる試料のイオン化過程は励起ヘリウムによるそれとは異なるため、DART ユーザーにとって、マスペクトルの解釈が複雑化するという問題が生じていた。例として、L-チロシン (Tyr) を既存のヘリウム DART とアルゴン DART で正イオン化した際に得られたマスペクトルを図 1 a と b に示す。ヘリウム DART ではチロシンのプロトン付加分子 ([Tyr+H]⁺) が 10⁴ オーダーで観測されているのに対し、アルゴン DART ではチロシンの分子イオン (Tyr⁺) が 10¹ オーダーでしか観測されない。一方、問題点 (ii) の解決策は現在までに打ち出されていない。

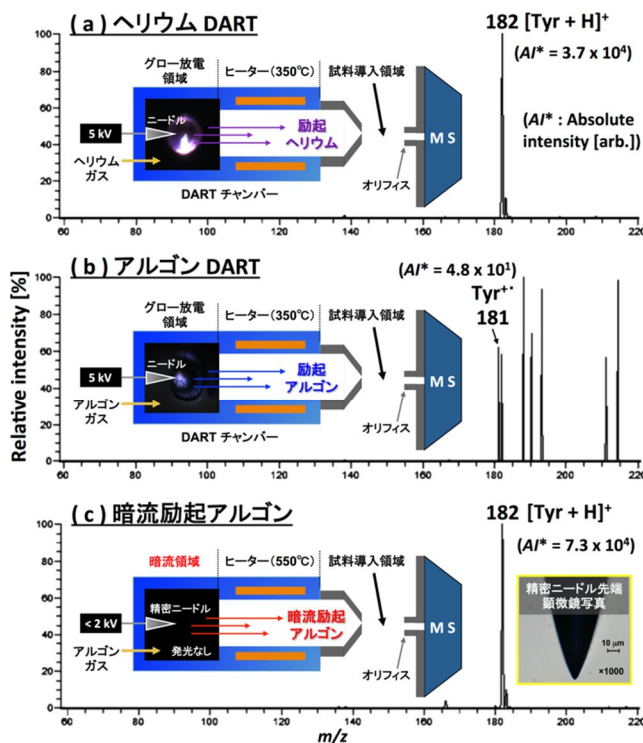


図 1. L-チロシン (Tyr; C₉H₁₁NO₃, M_r 181) を (a) 既存のヘリウム DART, (b) アルゴン DART, および (c) 暗流励起アルゴンによって正イオン化した際に得られたマスペクトル。

申請者はこれまで、大気圧放電イオン化質量分析における化学反応論と技術開発を専門とし、DART を用いた研究も行ってきた。DART に関する上記の背景や自身が実際に DART を扱う中で、「DART の問題点 (i) と (ii) の両方を根本的に解決する方策は何か」という問いを抱き、自身の過去の研究で確立した特殊な放電用ニードル電極とアルゴンをを用いて放電実験を実施していた。試行錯誤の末、本問いの抜本的解決策になり得る新規の放電イオン化現象、すなわち暗流励起アルゴンによるイオン化 (以下 Ar-DCD と呼ぶ) を発見し、本研究課題にてそのイオン化特性を調べることとした。

2. 研究の目的

本研究では、Ar-DCD のイオン化特性を調べ、DART のイオン化性能（生成する試料イオンの種類と量）を維持しながら、DART の問題点（1 に記載した問題点 (i) と (ii)）を克服する新規の Ambient MS 用イオン化法の確立を目的とした。

3. 研究の方法

本研究で用いた Ar-DCD 実験システムを図 1 c に示す。マススペクトルの測定には、LCQ イオントラップ型質量分析計（Thermo Fisher Scientific）と LCMS-2020 四重極型質量分析計（島津製作所）を用いた。アルゴンガス（純度>99.99%）は、DART-SVP（IonSense）内で 500°C のヒーターによって加熱された後、2.0 L/min の流速で試料のイオン化部に流された。暗流放電用のニードル電極には、先端形状が放物面として近似されるニードル（志賀昆蟲普及社）を使用した。本ニードルの先端曲率半径は約 1 μm であった。ニードルへ印加した直流電圧は ±2 kV 以下であった。試料には、アニソールやベンゼン、*n*-ペンタデカン、α-アミノ酸等の有機化合物を用いた。

4. 研究成果

本研究では Ar-DCD のイオン化特性を調べ、その結果は主に以下の 3 点にまとめられる。

(1) Ar-DCD によるバックグラウンドイオンの生成

アルゴン DART (DART 内のグロー放電有り + アルゴンの状態) では、バックグラウンドイオンは何も観測されなかった (図 2 a)。しかし、電流値が 0.2-1 μA 程度の暗流放電を追加すると突然イオンが現れた (図 2 b)。さらに、DART 内のグロー放電を切っても同等のイオン量が観測され (図 2 c)、その量は既存のヘリウム DART に匹敵した (図 2 d)。この現象は、正負の両イオンモードで見られた。

Ar-DCD で観測される主な正のバックグラウンドイオンは、ヘリウム DART と同様に、オキシニウムイオンを核とした水クラスター $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ や酸素分子イオン O_2^+ であった (図 3 a)。酸素分子のイオン化エネルギー (12.1 eV) を考慮すると、当該暗流放電で励起されるアルゴンは、 $^3\text{P}_2$ (11.6 eV) や $^3\text{P}_0$ (11.7 eV) の準安定状態よりも高い準位 (例えば、14.1-14.3 eV を有する $5s\ ^3\text{P}_1$ や $5s\ ^1\text{P}_1$ の共鳴状態) に励起されたことが示唆される。これは、共鳴状態のアルゴン

(Ar^*_{res}) によって O_2 や H_2O の分子イオンが生成されることを述べた過去の報告^{2,3)}や、(3) に述べるベンゼンの結果とも矛盾がない。したがって $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ は、 Ar^*_{res} 、 O_2^+ 、 H_2O^+ 、 H_2O などを介した以下の逐次反応 (R1~R7) によって生成したと考えられる。

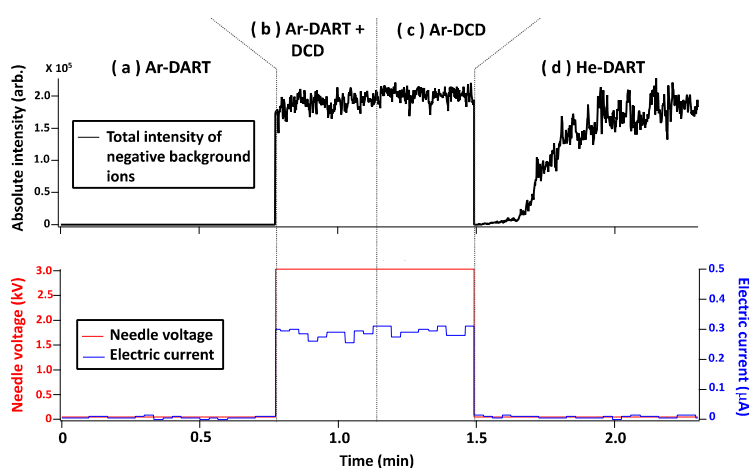
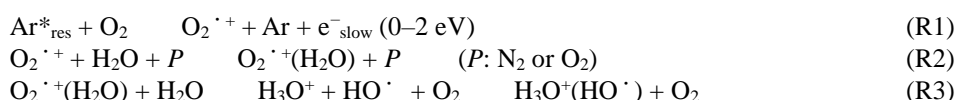


図 2. 負のバックグラウンドイオン強度、ニードル電圧、電流の変化。
(a) アルゴン DART, (b) アルゴン DART + DCD, (c) Ar-DCD, (d) ヘリウム DART

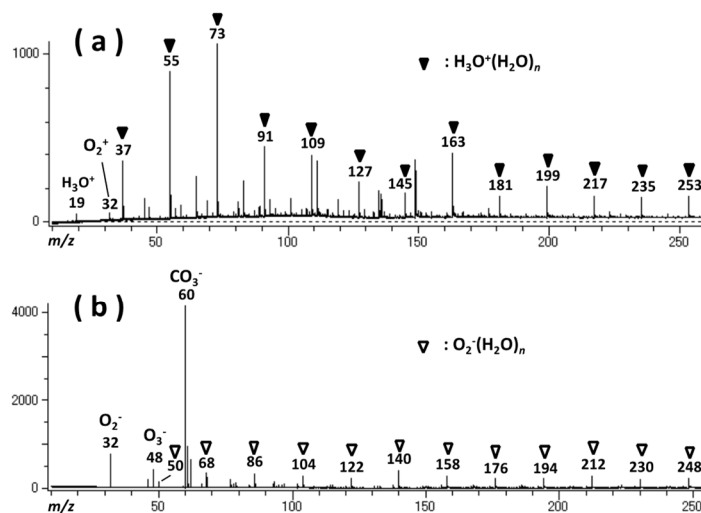
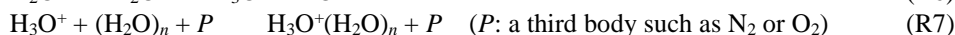
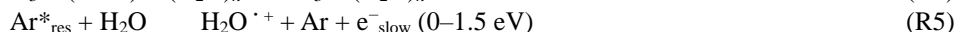
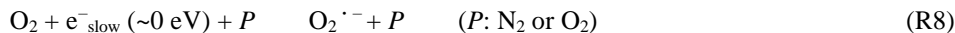


図 3. Ar-DCD で観測されるバックグラウンドイオンのマススペクトル。(a) 正イオン, (b) 負イオン



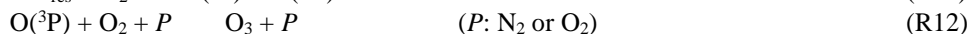
一方、負のバックグラウンドイオンとしては主に、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ を核とした水クラスター $\text{O}_2^{\cdot-}(\text{H}_2\text{O})_n$ や $\text{CO}_3^{\cdot-}$ が観測された(図3b)。 $\text{O}_2^{\cdot-}$ は、過剰な運動エネルギーを持たない電子(e^-_{slow})が O_2 に付着することで生成する(R8)。 e^-_{slow} は反応R1やR5のペニングイオン化によって生成する。



$\text{CO}_3^{\cdot-}$ は、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ からとオゾン(O_3)への電荷転移で生成した $\text{O}_3^{\cdot-}$ と CO_2 の反応によって生成する(R9, R10)。

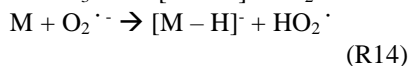


O_3 は Ar^*_{res} と O_2 の反応(R11, R12)によって生成すると考えられる。



(2) Ar-DCDにおける試料のイオン化

Ar-DCDによる試料のイオン化効率とその特性は、既存のヘリウムDARTと同等であった。図1cには、L-チロシンをAr-DCDで正イオン化した際に得られたマススペクトルを示す。ここで観測されたチロシン(Tyr)に由来するイオン種はプロトン付加分子 $[\text{Tyr} + \text{H}]^+$ のみ、かつその絶対強度は 10^4 オーダーで、既存のヘリウムDARTのイオン化性能(図1a)と同等であった。負イオンの場合もヘリウムDARTと同様、試料は主に脱プロトン分子としてイオン化された。(1)で述べたAr-DCDのバックグラウンドイオンを考慮すると、試料(M)のプロトン付加分子または脱プロトン分子は主に、 H_3O^+ または $\text{O}_2^{\cdot-}$ を介して生成すると考えられる(R13, R14)。



一方試料がアルカン(Alk)の場合は、ヒドリド脱離や酸化反応によって生成する $[\text{Alk} + \text{O} - 3\text{H}]^+$ や $[\text{Alk} + \text{O} - 3\text{H}]^-$ が観測された。試料のイオン化の詳細については、文献4)を参照されたい。

(3) 暗流励起アルゴンのエネルギー

(1)で述べた通り、Ar-DCDで励起されるアルゴンは14 eV以上の共鳴状態のエネルギーを有することが示唆された。これが正しいか否かを判断するために、Ar-DCDでベンゼンを正イオン化した。その結果、電子イオン化法によって出現エネルギーが14.1~14.2 eVと求められているフラグメントイオン(例えば C_6H_5^+ や C_5H_4^+)が観測され、共鳴状態のアルゴンのエネルギーと一致することが分かった⁴⁾。

このような研究成果を基に、現在はAr-DCDを用いた新規アンビエントイオン源の製品化に向け、エーエムアル株式会社と産学連携研究を進めている(図4)。今後も継続して本研究を進め、製品化を目指していく予定である。



図4. プロトタイプのAr-DCDイオン源。(エーエムアル社製)

<参考文献>

- 1) R.B. Cody, J.A. Laramée and H.D. Durst, Versatile new ion source for the analysis of materials in open air under ambient conditions, *Anal. Chem.*, 77, 2297-2302 (2005).

- 2) G.S. Hurst, T.E. Bortner and R.E. Glick, Ionization and excitation of argon with alpha particles, *J. Chem. Phys.*, 42, 713-719 (1965).
- 3) C.E. Melton, G.S. Hurst and T.E. Bortner, Ionization produced by 5-MeV alpha particles in argon mixtures, *Phys. Rev.*, 96, 643-645 (1954).
- 4) K. Sekimoto, M. Sakakura, H. Hike, T. Kawamukai, T. Shiota and M. Takayama, Atmospheric pressure dark-current argon discharge ionization with comparable performance to direct analysis in real time mass spectrometry, *Mass Spectrom.*, 8, A0075 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Sekimoto Kanako, Koss Abigail R.	4. 巻 56
2. 論文標題 Modern mass spectrometry in atmospheric sciences: Measurement of volatile organic compounds in the troposphere using proton transfer reaction mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 e4619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jms.4619	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 A. Akherati, Y. He, M. Coggon, A. Koss, A. Hodshire, K. Sekimoto, C. Warneke, J. de Gouw, L. Yee, J. Seinfeld, T. Onasch, S. Herndon, W. Knighton, C. Cappa, M. Kleeman, C. Lim, J. Kroll, J. Pierce and S. Jathar	4. 巻 54
2. 論文標題 Oxygenated Aromatic Compounds are Important Precursors of Secondary Organic Aerosol in Biomass-Burning Emissions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 8568 ~ 8579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.0c01345	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 Cappa Christopher D., Lim Christopher Y., Hagan David H., Coggon Matthew, Koss Abigail, Sekimoto Kanako, de Gouw Joost, Onasch Timothy B., Warneke Carsten, Kroll Jesse	4. 巻 20
2. 論文標題 Biomass-burning-derived particles from a wide variety of fuels: Part 2: Effects of photochemical aging on particle optical and chemical properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 , 8511-8532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-2020-137	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 Roberts James M., Stockwell Chelsea E., Yokelson Robert J., de Gouw Joost, Liu Yong, Selimovic Vanessa, Koss Abigail R., Sekimoto Kanako, Coggon Matthew M., Yuan Bin, Zarzana Kyle J., Brown Steven S., Santin Cristina, Doerr Stefan H., Warneke Carsten	4. 巻 20
2. 論文標題 The nitrogen budget of laboratory-simulated western U.S. wildfires during the FIREX 2016 FireLab study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 8807-8826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-2020-66	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 Christopher Y. Lim, David H. Hagan, Christopher D. Cappa, Matthew M. Coggon, Abigail R. Koss, Kanako Sekimoto, Joost de Gouw, Carsten Warneke and Jesse H. Kroll	4. 巻 19
2. 論文標題 Secondary organic aerosol formation from biomass burning emissions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 12797-12809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-12797-2019	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 M.M. Coggon, C.Y. Lim, A.R. Koss, K. Sekimoto, B. Yuan, J.B. Gilman, D. Hagan, V. Selimovic, K.J. Zarzana, S.S. Brown, J.M. Roberts, M. Muller, R.J. Yokelson, A. Wisthaler, J. Krechmer, J. Jimenez, C. Cappa, J.H. Kroll, J. de Gouw and C. Warneke	4. 巻 19
2. 論文標題 OH-chemistry of non-methane organic gases (NMOG) emitted from laboratory and ambient biomass burning smoke: evaluating the influence of furans and oxygenated aromatics on ozone and secondary NMOG formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 14875-14899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-14875-2019	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 Asaki Kagoshima, Kanako Sekimoto and Mitsuo Takayama	4. 巻 30
2. 論文標題 Intramolecular hydrogen transfer from the alpha-carbon (Ca) and backbone amide nitrogen (Nb) to form c- and y-ions in negative-ion CID of peptide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Society for Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 1592-1600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13361-019-02245-z	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 Kanakano Sekimoto, Motoshi Sakakura, Hiroshi Hike, Takatomo Kawamukai, Teruhisa Shiota and Mitsuo Takayama	4. 巻 8
2. 論文標題 Atmospheric pressure dark-current argon discharge ionization with comparable performance to direct analysis in real time mass spectrometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 A0075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5702/massspectrometry.A0075	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 -

1. 著者名 Kanao Sekimoto, Daisuke Fukuyama and Satoshi Inomata	4. 巻 55
2. 論文標題 Accurate identification of dimers from a-pinene oxidation using high-resolution collision-induced dissociation mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 e4508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jms.4508	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 関本 奏子	4. 巻 6
2. 論文標題 大気圧化学イオン化の原理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 262-266
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 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 -

1. 著者名 Demetrios Pagnonins, Kanao Sekimoto and Joost de Gouw	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 A library of proton-transfer reactions of H3O+ ions used for trace gas detection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Society for Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 1330 ~ 1335
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 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 Zarzana Kyle J., Selimovic Vanessa, Koss Abigail R., Sekimoto Kanao, Coggon Matthew M., Yuan Bin, Dub? William P., Yokelson Robert J., Warneke Carsten, de Gouw Joost A., Roberts James M., Brown Steven S.	4. 巻 18
2. 論文標題 Primary emissions of glyoxal and methylglyoxal from laboratory measurements of open biomass burning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 15451 ~ 15470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-15451-2018	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 Sekimoto Kanako, Koss Abigail R., Gilman Jessica B., Selimovic Vanessa, Coggon Matthew M., Zarzana Kyle J., Yuan Bin, Lerner Brian M., Brown Steven S., Warneke Carsten, Yokelson Robert J., Roberts James M., de Gouw Joost	4. 巻 18
2. 論文標題 High- and low-temperature pyrolysis profiles describe volatile organic compound emissions from western US wildfire fuels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 9263 ~ 9281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-9263-2018	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 Atsuko Ueda, Yukiumi Kita, Kanako Sekimoto and Masanori Tachikawa	4. 巻 None
2. 論文標題 Ab initio investigations of stable geometries of the atmospheric negative ion NO ₃ -(HNO ₃) ₂ and its monohydrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Methods and Applications of Quantum Systems in Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 193-202
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 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 Koss Abigail R., Sekimoto Kanako, Gilman Jessica B., Selimovic Vanessa, Coggon Matthew M., Zarzana Kyle J., Yuan Bin, Lerner Brian M., Brown Steven S., Jimenez Jose L., Krechmer Jordan, Roberts James M., Warneke Carsten, Yokelson Robert J., de Gouw Joost	4. 巻 18
2. 論文標題 Non-methane organic gas emissions from biomass burning: identification, quantification, and emission factors from PTR-ToF during the FIREX 2016 laboratory experiment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3299 ~ 3319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-18-3299-2018	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 Stockwell Chelsea E., Kupc Agnieszka, Witkowski Bart?omiej, Talukdar Ranajit K., Liu Yong, Selimovic Vanessa, Zarzana Kyle J., Sekimoto Kanako, Warneke Carsten, Washenfelder Rebecca A., Yokelson Robert J., Middlebrook Ann M., Roberts James M.	4. 巻 11
2. 論文標題 Characterization of a catalyst-based conversion technique to measure total particulate nitrogen and organic carbon and comparison to a particle mass measurement instrument	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 2749 ~ 2768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-11-2749-2018	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7件（うち招待講演 1件／うち国際学会 4件）

1. 発表者名 K. Sekimoto, M. Coggon, G. Gkatzelis and C. Warneke
2. 発表標題 Parameterization of volatile organic compound emissions from western US wildfires
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関本 奏子
2. 発表標題 北米西部の山火事で発生する揮発性有機化合物の地球イメージング
3. 学会等名 第68回質量分析総合討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sekimoto, D. Fukuyama and S. Inomata
2. 発表標題 Accurate identification of dimers from alpha-pinene oxidation using high-resolution collision-induced dissociation mass spectrometry
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関本 奏子
2. 発表標題 大気圧負極性コロナ放電によるイオン生成の制御と応用
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 Kanao Sekimoto, Abigail R. Koss, Jessica B. Gilman, Vanessa Selimovic, Matthew M. Coggon, Kyle J. Zarzana, Bin Yuan, Brian M. Lerner, Steven S. Brown, Carsten Warneke, Robert J. Yokelson, James M. Roberts and Joost de Gouw
2. 発表標題 High- and low-temperature pyrolysis profiles describe volatile organic compound emissions from western US wildfire fuels
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium and 15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Teruhisa Shiota, Kanao Sekimoto, Motoshi Sakakura, Hiroshi Hike, Takatomo Kawamukai, Mitsuo Takayama
2. 発表標題 Development of a new ambient ionization mass spectrometry using dark current discharge with argon gas
3. 学会等名 The 66th ASMS Conference on Mass Spectrometry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関本 奏子, 坂倉 幹始, 比毛 浩, 川向 孝知, 塩田 晃久, 高山 光男
2. 発表標題 暗流励起アルゴンを用いたアンビエント質量分析法の開発
3. 学会等名 第66回質量分析総合討論会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 関本 奏子 (監修)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日経サイエンス社	5. 総ページ数 127
3. 書名 日経サイエンス 2020年8月号・別冊240 (山火事の見えない脅威 机上観測があぶり出す健康被害)	

1. 著者名 Kanao Sekimoto	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 292
3. 書名 “Direct Analysis in Real Time”, Ambient Ionization Mass Spectrometry in Life Sciences	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>HP掲載：横浜市立大学理学部・関本奏子准教授が、2019年度日本質量分析学会 奨励賞を受賞 https://www.yokohama-cu.ac.jp/news/2019/191021_sekimoto_kanako.html</p> <p>HP掲載：大気汚染物質を生成する「ホンモノ」と生成しない「ニセモノ」を見分ける https://www.yokohama-cu.ac.jp/news/2020/202004sekimoto_JMS.html, http://www.nies.go.jp/whatsnew/20200409/20200409.html</p> <p>新聞掲載：日経産業新聞（2020年9月11日朝刊）「森林火災、大気汚染に懸念」にて研究紹介</p>

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
---------------------------	-----------------------	----

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	米国立海洋大気庁 地球システム調査研究所	コロラド大学	モンタナ大学	他10機関