

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05884

研究課題名(和文)氷床コア中の硫酸・硝酸の三酸素同位体組成を用いた過去80年間の大気酸化力の復元

研究課題名(英文)Triple oxygen isotopic analysis of ice core sulfate/nitrate for reconstruction of past atmospheric oxidative capacity

研究代表者

服部 祥平(Hattori, Shohei)

東京工業大学・物質理工学院・助教

研究者番号：70700152

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,700,000円

研究成果の概要(和文)：三酸素同位体組成(D170値)は、大気中での生成される硫酸や硝酸の反応過程を追跡する上で有効な指標である。本研究では、アイスコア試料に適用可能な三酸素同位体組成分析法を開発・最適化し、可能な限り分析過程を自動化した。この手法を、北極グリーンランド南東ドーム(SE-Dome)アイスコアに適用し、1958年から2015年までの約60年間のD170値の変動を復元した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1970年代以降のSO₂やNO_xの排出規制に関わらず、大気エアロゾル及びその主要無機成分である硫酸・硝酸エアロゾル濃度の減少が鈍化するフィードバック機構が知られている。本研究では、アイスコア中のエアロゾル物質の三酸素同位体組成分析により、過去の大気酸化過程が排出抑制に応じて変化していたことを発見し、エアロゾル濃度現象の鈍化を引き起こすメカニズムを提唱した。

研究成果の概要(英文)：Triple oxygen isotopic analysis is useful tool to elucidate formation pathways for atmospheric sulfate and nitrate. In this study, we develop new system measuring triple oxygen isotopic compositions of several sulfate/nitrate samples including cryospheric samples. By using this method, we investigated the triple oxygen isotopic compositions of sulfate and nitrate preserved in ice core drilled at SE-Dome, Greenland.

研究分野：安定同位体地球化学

キーワード：三酸素同位体組成 大気酸化力 アイスコア グリーンランド 硝酸 硫酸 エアロゾル 化学輸送モデル

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、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

大気は、自然もしくは人為起源から排出される様々な微量ガスを酸化することにより、地球上の生物地球化学サイクルに重要な役割を果たしている。この大気の酸化能力(= 大気酸化力)は、その名目上、ヒドロキシルラジカル(OH[·])の全体的な量として定義される。窒素酸化物(NO_x)、オゾン(O₃)、過酸化水素(H₂O₂)、ペルオキシラジカル(HO₂[·], RO₂[·])、反応性ハロゲン(Cl[·], BrO[·]など)といった他の酸化剤も大気酸化力を規定する重要な役割を果たしている。また、各酸化剤が互いの濃度へ影響を与えて合っていることも重要であり、例えば、O₃はOHの前駆体として作用し、OHによるCH₄の酸化はRO₂の供給源となっている。大気酸化力は、一酸化炭素(CO)やO₃のような大気汚染物質の寿命の制限要因となる他、粒子状物質の形成に寄与するため、大気質に影響を及ぼす。主に化石燃料燃焼に由来するNO_x(=NO+NO₂)の排出は、対流圏のO₃とOHの両方の生成を促進し、化石燃料の燃焼に由来するCOや農業活動やその他生物活動に由来するCH₄といった還元型炭素種の寿命は、このO₃やOHとの反応に依存している。このように、人間活動に伴う大気酸化力の変化を理解し、大気参加力の将来予測を正確に行うことは重要である。このため、大気酸化力の深い理解、とりわけ過去から現在にかけての動態を復元することは重要である。しかし、大気酸化体の多くは反応性が高く、不安定であるため直接の濃度観測は難しい。さらに不安定であるため過去の地球に記録として残りづらく、氷床コアや体積物などに情報が記録・保存がされづらい。このような大気酸化体の動態・変遷に関する直接的・観測的な知見は乏しさが、大気酸化力の実態把握や将来予測の足かせとなっている。

2. 研究の目的

酸素には¹⁶O、¹⁷O、¹⁸Oの3種の同位体が存在する。地球上のほとんどの物質における¹⁷Oの比率は、質量依存分別($\delta^{17}\text{O} = 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$)に従うため、 $\delta^{17}\text{O}$ 値は $\delta^{18}\text{O}$ 値の関数として取り扱える。しかし、大気中のオゾン(O₃)生成は、この法則に従わず¹⁷Oを特異的に濃縮する(質量非依存分別(Mass-independent fractionation, MIF))。このため、¹⁷Oの濃縮度合いを三酸素同位体組成($\Delta^{17}\text{O} = \delta^{17}\text{O} - 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$)として取り扱った場合、O₂やH₂Oは $\Delta^{17}\text{O}$ 値がほぼ0‰であるのに対し、O₃の $\Delta^{17}\text{O}$ 値は約25‰(末端のO原子は約36‰)と高い(引用)。 $\Delta^{17}\text{O}$ 値は通常の反応では変化せず保持され、大気中でO₃からO原子を受け取る酸化体や酸化生成物にO₃由来の高い $\Delta^{17}\text{O}$ 値の異常が引き継がれる。このため、大気中SO₄²⁻・NO₃⁻の $\Delta^{17}\text{O}$ 値には、O₃が関与した酸化体(O₃, H₂O₂等、 $\Delta^{17}\text{O} > 0\text{‰}$)と、それ以外の酸化体(OH, RO₂等、 $\Delta^{17}\text{O} \sim 0\text{‰}$)の寄与が反映される。大気中のSO₄²⁻生成では、関与した酸化剤が異なる $\Delta^{17}\text{O}$ 値を有するため、各酸化過程によって $\Delta^{17}\text{O}$ 値が異なる。大気中のNO₃⁻生成では、NO酸化とNO₂酸化の2段階で関与する酸化剤の $\Delta^{17}\text{O}$ 値によってNO₃⁻の $\Delta^{17}\text{O}$ 値が変化する。本研究では、大気エアロゾル試料やアイスコア中のSO₄²⁻・NO₃⁻の $\Delta^{17}\text{O}$ 値を分析可能な研究手法を開発することを目標とした。

3. 研究の方法

3-1 手法の確立

SO₄²⁻の $\Delta^{17}\text{O}$ 値・ $\delta^{34}\text{S}$ 値、NO₃⁻の $\Delta^{17}\text{O}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値の全てが分析可能な分析装置の確立を行ってきた。前処理に関しては試料導入や固相抽出を現有するリキッドハンドリングシステムによって自動化を行った。

この他に、簡便にするための手法を確立し、その成果を発表してきた。

3-2 試料への応用

本研究では、グリーンランド南東部(N67°11, W36°22) 標高3170mで平成27年5月22-27日に掘削された氷床アイスコア(SE-Dome コア)を主な対象とした。SE コアは全長90.45m

で推定年代は 1959-2015 年であり、過去から現在までの約 60 年間の記録を保存している。この地域は涵養量が高いため、コア中に含まれる化学成分、特に硝酸が沈着後の変化を受けづらい。また、地域的に欧州の人為起源物質を保存している。特に前半は化石燃料等の人為起源増大期にあたり、1975 年以降の全球的な排出抑制期に当たっている。

4. 研究成果

4-1 手法確立

硝酸(NO_3^-)の安定同位体組成は、脱窒菌法(Sigman et al., 2001)によって NO_3^- を一酸化二窒素(N_2O)に変換した後、放電分解法によって N_2O を窒素(N_2)と酸素(O_2)に分解し安定同位体比質量分析計を用いて分析する手法を確立した(Hattori et al., 2016)。脱窒菌培地に対する試料導入をリキッドハンドラーにより自動化し、簡便に多試料への適用を可能とした。また、 N_2O の導入、ガスクロマトグラフによる分離、放電分解、安定同位体分析も自動化することで、液体窒素を補充するのみで 1 試料平均 23 分程度で分析が可能な分析手法を開発した。

図 1 に硝酸試料の導入量(60~120 nmol)に対する $\Delta^{17}\text{O}$ 値の変化を示す。 N_2O に由来する O_2 はサファイヤ製の放電管内の酸素原子と酸素同位体交換を生じるため、値がその量に応じて変化することが明らかとなった。これを補正するため、実試料の応用時には導入量(Peak area より換算できる)に応じた補正を行うことが必要である。結果として繰り返し精度 0.3‰ で分析可能な手法を開発した。

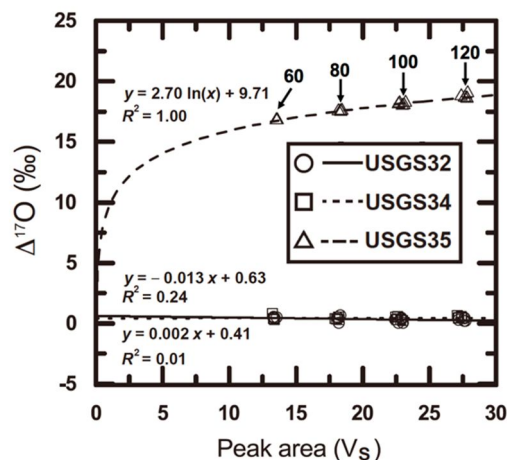


図 1. 同位体既知の標準試料を分析した場合の ^{17}O 値の測定値の量依存性 (Hattori et al. 2016 より抜粋)

硫酸(SO_4^{2-})は、イオンクロマトグラフ法により他イオンから分離した後、硫酸銀(Ag_2SO_4)へ変換し、これを熱分解することによって発生する O_2 の安定同位体組成を分析することで SO_4^{2-} の $\Delta^{17}\text{O}$ 値を分析した。図 2 に示したのは、Surf- α , β , ϵ という $\Delta^{17}\text{O}$ 値の異なる硫酸ナトリウム試料をワシントン大学、東京工業大学で比較した結果である(Ishino et al. 2017)。比較の結果、日米の 2 研究グループでキャリブレーションが取れた他、データの相互比較が可能であることが明らかとなった。

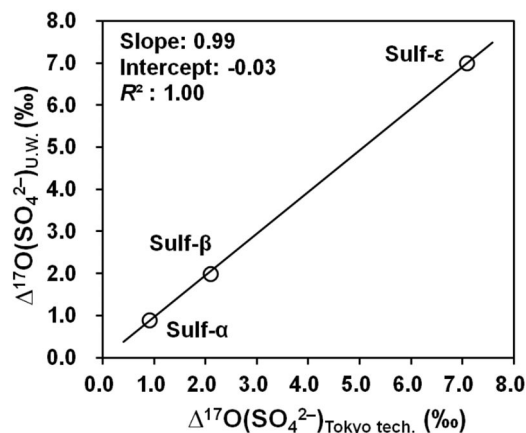


図2. 東工大とワシントン大学での ^{17}O 値の測定値の比較(Ishino et al. 2017)

4-2 試料への適用

本研究では北極グリーンランド南東ドーム(SE-Dome)アイスコアから 1958 年以降の過去 60 年のエアロゾル動態を復元した。特に SE-Dome コアのエアロゾル物質の復元から、1970 年以降の SO_2 や NO_x の排出抑制にも関わらず、SE-Dome 中の NO_3^- や SO_4^{2-} の量の現象は緩やかであり、 NO_3^- では顕著に高止まっていることが明らかとなった(Lizuka et al. 2018)。なお、グリーンランド SE-Dome コアは、南極とは異なり NO_3^- の沈着後の分解が極めて少ないことが、グリーンランドの他地域(Summit)よりも SE-Dome の方が NO_3^- の $\delta^{15}\text{N}$ 値が 5‰程度低い要因であったことから示唆された。

また、SE-Dome コアから 1958 年以降の過去 60 年の SO_4^{2-} の $\Delta^{17}\text{O}$ 値を分析し、過去 60 年間で 0.7‰程度上昇していた。この SO_4^{2-} の $\Delta^{17}\text{O}$ 値の上昇は、 SO_2 の液相における O_3 酸化の寄与の増加を示す初めての観測的証拠といえる。 SO_4^{2-} の $\Delta^{17}\text{O}$ 値の液相 O_3 酸化は強い pH 依存性を有するため、大気酸性度が 1970 年代以降に低下(= 雲 pH が上昇)したことより O_3 酸化の寄与による SO_4^{2-} 生成が高まったことに起因すると考えられる。この雲 pH の上昇は、 SO_2 や NO_x の排出量低下だけでなく、近年産業・農畜産活動の両方から増加しているアンモニア(NH_3)も寄与している。さらに、 NH_3 放出の増加は今後も継続することが予測される。このため、 NH_3 排出がもたらす大気酸性度の変化や、これによる SO_4^{2-} 生成過程の変化・総生成速度上昇を考慮し、正しい気候変動の将来予測や大気汚染の緩和策を講じる必要があることが示唆された。

本研究期間には、 NO_3^- の $\Delta^{17}\text{O}$ 値も復元した。過去 60 年間で目立った変化は見られなかったが、冬に高く夏に低いという季節変動を繰り返していることが明らかとなった。この他、氷床コアの前段階である大気エアロゾルに同手法を適用した研究で成果をあげた(Ishino et al. 2017; 2019)、グリーンランドとは対照的に涵養量の低い南極における NO_3^- の沈着後の分解による同位体変化を昭和基地からドームふじ周辺において観測した (Noro et al. 2018)。これらは上述した氷床コアの同位体記録を解釈することに有用であった。

4-3 全球大気化学輸送モデルによる硫酸生成過程の解明

本研究では GEOS-Chem3 次元大気化学輸送モデルを用い、v12.5 の大気場に硫酸の各生成過程が有する $\Delta^{17}\text{O}$ 値を反映させ、対流圏硫酸エアロゾルが有する $\Delta^{17}\text{O}$ 値を計算した。図 3 に示したのは、2012 年における全球の対流圏硫酸エアロゾルの $\Delta^{17}\text{O}$ 値の年間平均値を示したものである。このモデルにおいて、人為起源排出量を 1960, 1972, 1986, 1999, 2012 年と変化させて計算し、4-2 で示した SE-Dome で観測された過去 60 年間の $\Delta^{17}\text{O}$ 値と比較し

た。この結果、GEOS-Chem モデルにおいても過去 60 年間の $\Delta^{17}\text{O}$ 値が上昇し、その要因が雲 pH の変動によるものであることが明らかとなった。

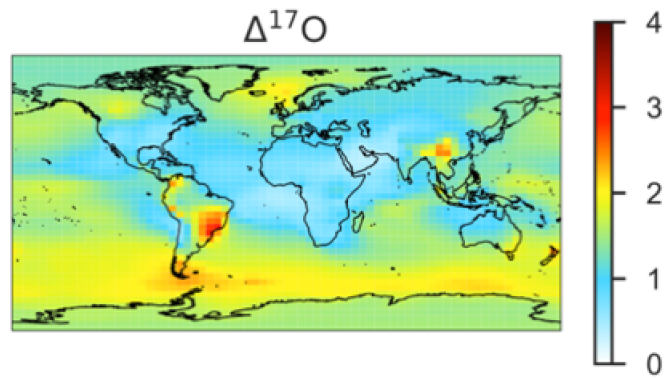


図 3. GEOS-Chem による対流圏硫酸エアロゾルの $\Delta^{17}\text{O}$ 値の地理的分布 (2012 年の年間平均値)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Geng L., Savarino J., Caillon N., Gautier E., Farquhar J., Dottin III J. W., Magalhaes N., Hattori S., Ishino S., Yoshida N., Albarade F., Albalat E., Cartigny P., Ono S., Thiemens M. H.	4. 巻 未定
2. 論文標題 Intercomparison measurements of two 33S-enriched sulfur isotope standards	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Analytical Atomic Spectrometry	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8JA00451J	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 Kazuki Kamezaki, Shohei Hattori, Enno Bahlmann, Naohiro Yoshida	4. 巻 12
2. 論文標題 Large-volume air sample system for measuring 34S/32S isotope ratio of carbonyl sulfide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Technique	6. 最初と最後の頁 1141-1154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-12-1141-2019	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 Gautier E., Savarino J., Hoek J., Erbland J., Caillon N., Hattori S., Yoshida N., Albalat E., Albarede F., Farquhar J.	4. 巻 10
2. 論文標題 2600-years of stratospheric volcanism through sulfate isotopes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08357-0	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 Fu-Jun Yue, Si-Liang Li, Cong-Qiang Liu, Khan M.G. Mostofa, Naohiro Yoshida, Sakae Toyoda, Shohei Hattori, Xiao-Long Liu, Shi-Lu Wang	4. 巻 8
2. 論文標題 The spatial variation of nitrogen cycle in subtropical stratified dam lake in SW China, elucidated by nitrous oxide isotopomer and nitrate isotopes,	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inland Waters	6. 最初と最後の頁 186-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/20442041.2018.1457847	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 Ogawa, T., Hattori, S., Kamezaki, K., Kato, H., Yoshida, N., Katayama, Y.	4. 巻 32
2. 論文標題 Isotopic Fractionation of Sulfur in Carbonyl Sulfide by Carbonyl Sulfide Hydrolase of <i>Thiobacillus thioparus</i> TH115	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Microbes and Environments	6. 最初と最後の頁 367-375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1264/jsme2.ME17130	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 Geng, L., Savarino, J., Savarino, C., Caillon, N., Cartigny, P., Hattori, S., Ishino, S., Yoshida, N.	4. 巻 32
2. 論文標題 A simple and reliable method reducing sulfate to sulfide for multiple sulfur isotope analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 333-341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/rcm.8048	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 Iizuka, Y., Uemura, R., Fujita, K., Hattori, S., Seki, O., Miyamoto, C., Suzuki, T., Yoshida, N., Motoyama, H., Matoba, S.	4. 巻 123
2. 論文標題 A 60 year record of atmospheric aerosol depositions preserved in a high accumulation dome ice core, southeast Greenland.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res. Atmos.	6. 最初と最後の頁 574-589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/2017JD026733	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 Noro, K., Hattori, S., Uemura, R., Fukui, K., Hirabayashi M., Kawamura K., Takenaka N., Yoshida, N.	4. 巻 52
2. 論文標題 Spatial variation of isotopic compositions of snowpack nitrate related to post-depositional processes in eastern Dronning Maud Land, East Antarctica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 e7-e14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.2343/geochemj.2.0519	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 Ishino, S., Hattori, S., Savarino, J., Jourdain, B., Preunkert, S., Legrand, M., Caillon, N., Barbero, A., Kuribayashi, K., and Yoshida, N.	4. 巻 17
2. 論文標題 Seasonal variations of triple oxygen isotopic compositions of atmospheric sulfate, nitrate, and ozone at Dumont d'Urville, coastal Antarctica	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 3713-3727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-17-3713-2017	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 Hattori, S., Savarino, J., Kamezaki, K., Ishino, S., Dyckmans, J., Fujinawa, T., Caillon, N., Barbero, A., Mukotaka, A., Toyoda, S., Well, R., Yoshida, N.	4. 巻 30
2. 論文標題 Automated system measuring triple oxygen and nitrogen isotope ratios in nitrate using the bacterial method and N ₂ O decomposition by microwave discharge	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 2635-2644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcm.7747	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

[学会発表] 計32件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 25件)

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Becky Alexander, Qianjie Chen, Akinori Yamada, Naohiro Yoshid, Michel Legrand, Joel Savarino
2. 発表標題 Spatio-temporal variations of 17O excess of sulfate over Antarctica: reconciling observations and modeling
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium/15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Joel Savarino, Michel Legrand, Emmanuelle Albalat, Francis. Albarede, Susanne Preunkert, Bruno Jourdain, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Seasonality in sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate and its implications for atmospheric sulfur cycles in East Antarctica
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Joel Savarino, Qianjie Chen, Jingyuan Shao, Naohiro Yoshida, Becky Alexander
2. 発表標題 Do hypohalous acids play important roles on sulfate formation in the Antarctic atmosphere?
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀崎和輝、服部祥平、Enno Bahlmann、吉田尚弘
2. 発表標題 大容量大気濃縮システムを用いた実大気中硫化カルボニルの硫黄同位体比測定
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 香首、服部 祥平、松木 篤、石野 咲子、鈴木 希実、亀崎 和輝、豊田 栄、吉田 尚弘
2. 発表標題 能登半島における大気硫酸エアロゾルの三酸素同位体組成の観測
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Kamezaki, Shohei Hattori, Enno Bahlmann, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2018年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部 祥平、 亀崎 和輝、 小川 貴弘、 片山 葉子、 吉田 尚弘
2. 発表標題 硫化カルボニルの生物地球化学循環と安定同位体比を用いた動態解析
3. 学会等名 第70回日本生物工学会大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Kamezaki, Shohei Hattori, Enno Bahlmann, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Development of a large volume sampling system for measuring stable isotope analysis of carbonyl sulfide
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP QS/15th IGAC SC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maarten Krol, Kazuki Kamezaki, Shohei Hattori, Naohiro Yoshida, Elena Popa, Linda Kooijmans, Huilin Chen
2. 発表標題 Carbonyl Sulfide: new ways of Observing
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP QS/15th IGAC SC, in Takamatsu, Kagawa, Japan, 25th to 29th of September 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部 祥平、 飯塚 芳徳、 植村 立、 鈴木 希実、 鶴田 明日香、 石野 咲子、 藤田 耕史、 的場 澄人、 吉田 尚弘
2. 発表標題 氷床コアの硫酸の三酸素同位体組成から復元する過去60年間の大気酸化過程の変遷
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会, 2018, 2018, ,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mang Lin, Shohei Hattori, Nozomi Suzuki, Xiufeng Yin, Qianggong Zhang, Shichang Kang, Mark H Thiemens, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Do oxygen isotopic anomalies in atmospheric nitrates vary along nitrate formation altitudes?
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shohei Hattori, Asuka Tsuruta, Yoshinori Iizuka, Koji Fujita, Ryu Uemura, Sumito Matoba, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Nitrogen isotope of nitrate in Arctic ice core records past anthropogenic energy shift
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP QS/15th IGAC SC, in Takamatsu, Kagawa, Japan, 25th to 29th of September 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mang Lin, Shohei Hattori, Nozomi Suzuki, Shichang Kang, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Determination of $\delta^{18}O$, $\delta^{17}O$, and $\delta^{15}N$ in atmospheric nitrates: First steps towards a deeper understanding of the nitrogen cycle over the Tibetan Plateau.
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP QS/15th IGAC SC in Takamatsu (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部 祥平、鶴田 明日香、飯塚 芳徳、植村 立、的場 澄人、吉田 尚弘
2. 発表標題 A 60-year record of isotopic compositions of nitrate preserved in the high-accumulation dome ice core, South East Greenland
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 野呂 和嗣、服部 祥平、植村 立、福井 幸太郎、平林 幹啓、川村 賢二、本山 秀明、吉田 尚弘、竹中 規訓
2. 発表標題 Isotopic constrains on post-depositional processing of snow nitrate in eastern Dronning Maud Land, East Antarctica.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Shohei Hattori, Ryu Uemura, Kazushi Noro, Kotaro Fukui, Motohiro Hirabayashi, Norimichi Takenaka, Joel Savarino, Kenji Kawamura, Hideaki Motoyama, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 The triple isotopic composition of oxygen for sulfate and nitrate in surface snow in a latudinal transect in East Antarcica
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Joel Savarino, Michel Legrand, Susanne Preunkert, Bruno Jourdain, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 A year-round observation of sulfur isotopic compositions of atmospheric sulfate at Dumont d'Urville, coastal Antarctica
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Joel Savarino, Michel Legrand, Susanne Preunkert, Bruno Jourdain, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Seasonal variations of multiple isotopic compositions of atmospheric sulfate and nitrate at coastal Antarctica
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Sakiko Ishino, Shohei Hattori, Joel Savarino, Bruno Jourdain, Susanne Preunkert, Michel Legrand, Nicolas Caillon, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Investigation of oxidation chemistry in the Antarctic atmosphere using triple oxygen isotopic compositions of sulfate, nitrate and ozone
3. 学会等名 The 6th International Education Forum of ACEEES (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 SHOHEI HATTORI, ASUKA TSURUTA, YOSHINORI IIZUKA, RYU UEMURA, SUMITO MATOBA, NAOHIRO YOSHIDA
2. 発表標題 A 60-Years Record of Nitrogen and Oxygen Isotopic Compositions of Nitrate in High-Accumulation Dome Ice Core Collected at South East Greenland
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 服部祥平
2. 発表標題 硝酸と硫酸の安定同位体分析の雪氷化学への応用 - 過去の大気酸化環境の復元を目指して
3. 学会等名 雪氷化学分科会(雪氷学会) (招待講演)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 S. Hattori, A. Tsuruta, Y. Iizuka, K. Fujita, R. Uemura, S. Matoba, N. Yoshida
2. 発表標題 Reconstruction of nitrate isotopes preserved in high-accumulation dome at South East Greenland
3. 学会等名 Fifth International Symposium on Arctic Research (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Shohei Hattori and Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Application of stable isotope measurements of nitrate/sulfate for atmospheric/cryospheric studies
3. 学会等名 The Eighth Symposium on Polar Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Shohei Hattori, Asuka Tsuruta, Yoshinori Iizuka, Koji Fujita, Ryu Uemura, Sumito Matoba, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 Reconstruction of nitrogen isotopic composition of nitrate preserved in high-accumulation dome at South East Greenland
3. 学会等名 International Symposium on Isotopomers 2018 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 S. Hattori, R. Uemura, K. Fukui, M. Hirabayashi, H. Motoyama, J. Savarino, N. Yoshida
2. 発表標題 The triple isotopic composition of oxygen for sulfate and nitrate in surface snow in a latitudinal transect in East Antarctica
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Isotopomers (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Lei Geng, Joel Savarino, Shohei Hattori, Sakiko Ishino, Naohiro Yoshida
2. 発表標題 A new method of reducing sulfate to sulfide for multiple sulfur isotope analysis
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Isotopomers (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ishino, S., Hattori, S., Savarino, J., Jourdain, B., Preunkert, S., Legrand, M., Caillon, N., Barbero, A., Kuribayashi, K., Yoshida, N.
2. 発表標題 Multiple isotope analyses of atmospheric sulfate and nitrate at Dumont d'Urville, coastal Antarctica
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Isotopomers (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hattori, S., Kamezaki, K., Ishino, S., Nyu, T., Savarino, J., Sadanaga, Y., Matsuki, A., and Yoshida, N
2. 発表標題 Seasonal Variations of Triple Oxygen Isotopes of Atmospheric Nitrate and Sulfate at Noto Peninsula
3. 学会等名 Goldschmidt2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Geng, L., Savarino, J., Hattori, S., Ishino, S., and Yoshida, N.
2. 発表標題 A New Fluorination Line for Multiple Sulfur Isotope Analysis
3. 学会等名 Goldschmidt2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ishino, S., Hattori, S., Savarino, J., Jourdain, B., Preunkert, S., Legrand, M., and Yoshida, N.,
2. 発表標題 Investigation of unique oxidizing capacity of the Antarctic atmosphere based on O-MIF signatures in atmospheric sulfate and nitrate
3. 学会等名 Goldschmidt2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kamezaki, K., Hattori, S., Furutani, H., Miki, Y., Iwamoto, Y., Ishino, S., Uematsu M., and Yoshida, N.
2. 発表標題 Triple oxygen isotopic compositions of atmospheric nitrate and sulfate in the Pacific Ocean boundary layer
3. 学会等名 Goldschmidt2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shohei Hattori, Kazuki Kamezaki, Takahiro Ogawa, Sakae Toyoda, Yoko Katayama, and Naohiro Yoshida.
2. 発表標題 Sulfur isotopic analysis of carbonyl sulfide and its application for biogeochemical cycles
3. 学会等名 European Geoscience Union (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>地球規模の寒冷化を引き起こす大規模噴火記録を復元 https://www.titech.ac.jp/news/2019/043465.html 日刊工業新聞 東工大など、過去の巨大火山噴火特定 地球規模の寒冷化要因 https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00505937 北極の硝酸エアロゾルはNOx排出抑制に関わらず高止まり https://www.titech.ac.jp/news/2018/040385.html 申請者Website https://sites.google.com/site/shohatoshp/ 南極大気の世界をひも解く新たなアプローチ 硫酸と硝酸の三酸素同位体組成の変動から http://www.titech.ac.jp/news/2017/037722.html Isotopic makeup of atmospheric sulfate and nitrate https://www.eurekalert.org/pub_releases/2017-03/tiot-im032217.php Isotopic makeup of atmospheric sulfate and nitrate https://phys.org/news/2017-03-isotopic-makeup-atmospheric-sulfate-nitrate.html</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
研究協力者	飯塚 芳徳 (Iizuka Yoshinori)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	石野 咲子 (Ishino Sakiko)		
研究協力者	植村 立 (Uemura Ryu)		
研究協力者	サバリノ ジョエル (Savarino Joel)		
研究協力者	アレクサンダー ベッキー (Alexander Becky)		
研究協力者	吉田 尚弘 (Yoshida Naohiro)		