

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01275

研究課題名(和文) 二酸化炭素の全球循環とその気候応答の解明

研究課題名(英文) Elucidation of global carbon cycle and its climate response

研究代表者

青木 周司 (AOKI, Shuji)

東北大学・理学研究科・学術研究員

研究者番号：00183129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：地球規模で観測した大気におけるCO<sub>2</sub>濃度およびO<sub>2</sub>濃度の経年変化データを基に、人為起源CO<sub>2</sub>放出量のデータを利用して、2001年から2020年までの人為起源CO<sub>2</sub>の大気残留率と海洋および陸上生物圏への吸収割合を求めたところ、それぞれ $44 \pm 0.3\%$ 、 $33 \pm 6\%$ 、 $23 \pm 6\%$ であった。一方、それとは独立にCO<sub>2</sub>濃度とその炭素同位体比の観測データから求めた海洋および陸上生物圏への吸収割合が、前者から求めた結果と誤差の範囲内で一致することが確認された。陸上生物圏への吸収量はエルニーニョ現象によって大きく年々変動をすることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化石燃料消費によって大気に大量に放出された二酸化炭素が海洋と陸上植物によってどのくらい吸収され、大気にどのくらい在留するかを正確に求めることは、今後の地球温暖化予測にとって重要な課題である。本研究ではそれらをCO<sub>2</sub>濃度とO<sub>2</sub>濃度観測から求める方法と、CO<sub>2</sub>濃度とその炭素同位体から求める方法を用いて解析したが、2つの独立した手法から得られた結果が誤差の範囲で一致したことから、信頼性が高い結果が得られたと結論づけられる。

研究成果の概要(英文)：Global scale observations of CO<sub>2</sub> concentration, the carbon isotopic ratio ( $\delta^{13}C$ ) of CO<sub>2</sub>, and oxygen concentration ( $\delta(O_2/N_2)$ ) in the atmosphere have been made since 2001. Based on the observed secular trends of CO<sub>2</sub> concentration and  $\delta(O_2/N_2)$  as well as anthropogenic CO<sub>2</sub> emission data, the average uptake rates of the anthropogenic CO<sub>2</sub> during 2001-2020 among the atmosphere, the terrestrial biosphere and the ocean were estimated to be  $44 \pm 0.3\%$ ,  $33 \pm 6\%$  and  $23 \pm 6\%$ , respectively. By using the observed CO<sub>2</sub> and  $\delta^{13}C$ , the corresponding CO<sub>2</sub> uptakes were in good agreement with the former method within the estimated error ranges. The terrestrial biospheric CO<sub>2</sub> uptake showed large interannual variability in association with El Niño events.

研究分野：大気物理学

キーワード：二酸化炭素 酸素 炭素同位体 陸上生物圏 海洋

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球表層のCO<sub>2</sub>収支を考える場合、化石燃料消費によるCO<sub>2</sub>放出量はエネルギー統計を基に、また大気残留CO<sub>2</sub>量は大気観測から求めることができるので、海洋と陸上生物圏による正味のCO<sub>2</sub>吸収量をいかに正確に推定するかが、全球炭素循環の解明にとって鍵となる。これらの吸収量について信頼性の高い値を得るためには、CO<sub>2</sub>濃度に加え、CO<sub>2</sub>の $\delta^{13}\text{C}$ や大気中O<sub>2</sub>濃度を同時解析することが、特に有効である。CO<sub>2</sub>が大気-海洋間と大気-陸上生物圏間で交換された場合、前者ではCO<sub>2</sub>濃度1ppmの変化に対し $\delta^{13}\text{C}$ は-0.001‰の変化しか生じないが、後者ではそれより50倍も大きな変化を生じることが知られている。また、大気中O<sub>2</sub>濃度は大気-海洋間でCO<sub>2</sub>が交換されても何の影響も受けないが、化石燃料消費や大気-陸上生物圏間のCO<sub>2</sub>交換によってO<sub>2</sub>濃度はCO<sub>2</sub>濃度の変化に対しそれぞれ1.4倍および1.1倍の割合で変化する。このような特性を利用することにより原理的には海洋と陸上生物圏のCO<sub>2</sub>吸収を分離して評価できる。しかし、CO<sub>2</sub>収支を求める際にCO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ を組み合わせる解析方法を用いた場合、同位体非平衡の効果を考慮する必要があるが、この効果は直接観測から求めることができないので、陸上生物圏によるCO<sub>2</sub>吸収量に不確定さが生じる。一方、近年の温暖化に伴って海洋から経年的にO<sub>2</sub>が大気に放出されていると考えられているが、その量を直接観測から求めることはできないので、CO<sub>2</sub>濃度とO<sub>2</sub>濃度を組み合わせる方法では、海洋のCO<sub>2</sub>吸収量に不確定さが生じる。そこで、CO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ とO<sub>2</sub>濃度を同時に組み合わせる解析すれば、それぞれの方法が内包する不確実性を相殺し、推定精度を格段に上げることができると考えた。

### 2. 研究の目的

本研究では、関連する多要素の長期データを総合的に解析することにより、人為起源CO<sub>2</sub>の全球収支を高精度で定量的に明らかにし、さらに温暖化によってその放出源や吸収源がどのように変化しているかを明らかにすることを目的とする。そのため、CO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ を組み合わせる手法とCO<sub>2</sub>濃度とO<sub>2</sub>濃度を組み合わせる手法とを併用した解析方法を採用し、人為起源CO<sub>2</sub>の全球収支を求める。

### 3. 研究の方法

本研究は、日本-オセアニア間および日本-北米間を航行するコンテナ船や日本上空およびシベリア上空を飛行する航空機を利用し、また北極ニーオルスン基地、北極チャーチル基地、南極昭和基地などを利用した系統的な大気採取と試料分析を本格化させ、広域にわたる大気中のCO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub>濃度および $\delta^{13}\text{C}$ のデータを蓄積する。さらに、昭和基地とニーオルスン基地でのCO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub>濃度連続観測も継続して実施する。その結果を利用して、スケールを統一した地球規模のデータセットを作成する。このように得られたCO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ 、O<sub>2</sub>濃度の時系列観測データを用いてCO<sub>2</sub>と<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>に関する連立収支式を解き、海洋および陸上生物圏による人為起源CO<sub>2</sub>吸収量とその年々変動を高い確度で評価する。さらに、CO<sub>2</sub>吸収量の年々変動について、エルニーニョ現象などによる炭素循環と大気輸送場の変化の観点から検討する。

### 4. 研究成果

(1) CO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ (CO<sub>2</sub>)およびO<sub>2</sub>濃度( $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ )の広域観測  
地球規模変動を把握するため、南極昭和基地と北極スバル諸島ニーオルスン基地においてグラブサンプリング法を用いた地上観測をおこなうとともに、日本上空および日本-欧州間の航空機、日本-北米および日本-ニュージーランドを往復するコンテナ船などの機動力を利用した大気採取を継続実施した。これら北極から南極までの広域にわたる大気試料を東北大学の研究室で分析し、2001年以降のCO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の分布と変動を明らかにした。その結果、対流圏下部では、CO<sub>2</sub>濃度は北半球高緯度に向かって高く、南半球ではほぼ均一な緯度分布を示し、 $\delta^{13}\text{C}$ は北半球高緯度に向かって低く、南半球ではほぼ均一な緯度分布を示した。CO<sub>2</sub>濃度は全球的な経年増加、 $\delta^{13}\text{C}$ は全球的な経年減少が観測されたが、それらの増加率や減少率には明瞭な年々変動が見られた。北半球では対流圏全層にわたって夏に低濃度、冬に高濃度となる明瞭なCO<sub>2</sub>濃度の季節変化が見られたが、 $\delta^{13}\text{C}$ についても夏に極大値、冬に極小値となる季節変化が見られた。日本付近の対流圏におけるCO<sub>2</sub>濃度と $\delta^{13}\text{C}$ との季節変化成分の関係は1990年代では-0.046‰/ppmであったが、その変化率が経年的に小さくなってきたことが明らかになった。このことから、季節変化は主にC3植物によって引き起こされているが、近年はC4植物の影響が強まっている可能性が示唆される。CO<sub>2</sub>濃度の経年変化成分に対する<sup>13</sup>Cの経年変化成分の変化率は、-0.015‰/ppm前後の値が得られたが、2000年以降では日本付近の対流圏下層で変化率が小さくなる傾向が見られた。これは、近年中国において同位体的に重い化石燃料である石炭の消費量が急増したことによるものである可能性が高い。  
O<sub>2</sub>濃度( $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ )については、一般的なグラブサンプリング法では十分な精度が確保できないため、専用のサンプリング容器を製作し、南極昭和基地と北極ニーオルスン基地および航空機を用いた日本上空の観測に限った観測を2001年に開始し、現在まで継続した。全ての観測サイト

において $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ は経年減少したが、経年減少率は2012年頃を境にして約2割程度大きくなったことが明らかになった。また、季節に依存する陸域生態系の活動や大気-海洋間の $\text{O}_2$ 交換に起因する明瞭な季節変化も全ての観測サイトで確認された。 $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ の年平均値は、北半球における大量の化石燃料消費を反映して、南半球より北半球で低くなっており $\text{CO}_2$ 濃度とは対照的な緯度分布を示した。さらに、主に地表の人間活動による $\text{O}_2$ 消費により、日本上空の $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ の年平均値は高度とともに増加することが明らかになった。

(2)  $\text{CO}_2$ 濃度と $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ および $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ 等の国際比較実験への参加

国際気象機関が主宰する第7回標準ガス国際比較実験(WMO/IAEA-7<sup>th</sup> RoundRobin)に参加し、国際巡廻されてきた標準ガスの $\text{CO}_2$ 濃度、 $\delta(\text{O}_2/\text{N}_2)$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 等の分析を2021年度に実施し、取りまとめ機関であるNOAAに報告した。それらの国際比較結果は今後公開される。

(3) データ解析と大気モデルによるシミュレーション

観測された $\text{CO}_2$ 濃度と $\text{O}_2$ 濃度の経年変化データを元に、統計データとして公表されている世界の化石燃料消費量を収支式に適用して、2001年から2020年までの期間の人為起源 $\text{CO}_2$ の大気残留率と海洋および陸上生物圏への吸収割合を評価した。その結果、大気残留率と海洋および陸上生物圏への吸収割合はそれぞれ $44 \pm 0.3\%$ 、 $33 \pm 6\%$ 、 $23 \pm 6\%$ であった。なお、温暖化による海洋からの $\text{O}_2$ 放出は、他の研究者による研究から得られた結果を用いた。一方、 $\text{CO}_2$ 濃度と $\delta^{13}\text{C}$ を組み合わせて人為起源 $\text{CO}_2$ の収支を解析した。この場合、 $\delta^{13}\text{C}$ の非平衡の取り扱いが鍵となるが、本研究ではBox diffusionモデルを用いた経時変化する非平衡炭素同位体フラックスを採用することにより、上記の $\text{CO}_2$ 濃度と $\text{O}_2$ 濃度の組合せから求めた $\text{CO}_2$ 収支と誤差の範囲内で一致することが明らかになった。また、大気インバージョンモデルを用いて大気-陸上生物圏間および大気-海洋間の $\text{CO}_2$ フラックスの経年変化を解析した結果、後者に比べて前者が大きいことや、前者がエルニーニョ現象の発生と非常に良く相関しており、特に熱帯域の寄与が大きいことが明らかになった。さらに、北半球高緯度域の陸域生態系の $\text{CO}_2$ 吸収が2000年以降強まっている可能性も示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Chandra, N., P. K. Patra, J. S. H. Bisht, A. Ito, T. Umezawa, N. Saigusa, S. Morimoto, S. Aoki, G. Janssens-Maenhout, R. Fujita, M. Takigawa, S. Watanabe, N. Saitoh, and J. G. Canadell	4. 巻 99
2. 論文標題 Emissions from the Oil and Gas Sectors, Coal Mining and Ruminant Farming Drive Methane Growth over the Past Three Decades	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Meteorol. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 309-337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2021-015	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 Oyabu, I., K. Kawamura, T. Uchida, S. Fujita, K. Kitamura, M. Hirabayashi, S. Aoki, S. Morimoto, T. Nakazawa, J. P. Severinghaus, and J. Morgan	4. 巻 15
2. 論文標題 Fractionation of O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> and Ar/N <sub>2</sub> in the Antarctic ice sheet during bubble formation and bubble-clathrate hydrate transition from precise gas measurements of the Dome Fuji ice core	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Cryosphere	6. 最初と最後の頁 5529-5555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/tc-15-5529-2021	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 Kawamura, K., T. Umezawa, S. Sugawara, S. Ishidoya, K. Ishijima, T. Saito, I. Oyabu, S. Murayama, S. Morimoto, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 5
2. 論文標題 Composition of firn air at the North Greenland Ice Core Project (NGRIP) site	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Palar Data Journal	6. 最初と最後の頁 89-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20575/00000030	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 Buizert, C., T. J. Fudge, W. G. Roberts, E. J. Steig, S. Sherriff-Tadano, C. Ritz, E. Lefebvre, J. Edwards, K. Kawamura, I. Oyabu, H. Motoyama, J. Chappellaz, S. Aoki, T. Nakazawa et al.,	4. 巻 372
2. 論文標題 Antarctic surface temperature and elevation during the Last Glacial Maximum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1097-1101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abd2897	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 Morimoto, S., S. Takebayashi, D. Goto, G.Hashida, and S. Aoki,	4. 巻 -
2. 論文標題 Shipboard observations of atmospheric oxygen in the Southern Ocean during the 2017-2018 austral summer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar 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) 10.1016/j.polar.2021.100691	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 Fujita, R., S. Morimoto, S. Maksyutov, H.-S. Kim, M. Arshinov, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 125
2. 論文標題 Global and regional CH4 emissions for 1995-2013 derived from atmospheric CH4, d13C-CH4 and dD-CH4 observations and a chemical transport model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res., Atmospheres	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) 10.1029/2020JD032903	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 Morimoto, S., D. Goto, S. Murayama, R. Fujita, Y. Tohjima, S. Ishidoya, T. Machida, Y. Inai, P. K. Patra, S. Maksyutov, A. Ito, and S. Aoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatio-temporal variations of the atmospheric greenhouse gases and their sources and sinks in the Arctic region	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polar 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) 10.1016/j.polar2020.10553	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 Oyabu I, K. Kawamura, K. Kitamura, R. Dallmayr, A. Kitamura, C. Sawada, J. P. Severinghaus, R. Beaudette, A. Orsi, S. Sugawara, S. Ishidoya, D. Dahl-Jensen, K. Goto-Azuma, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 13
2. 論文標題 New technique for high-precision, simultaneous measurements of CH4, N2O and CO2 concentrations, isotopic and elemental ratios of N2, O2 and Ar, and total air content in ice cores by wet extraction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atmos. Meas. Tech.	6. 最初と最後の頁 6703-6731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-13-6703-2020	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 Belikov, D., S. Sugawara, S. Ishidoya, F. Hasebe, S. Maksyutov, S. Aoki, S. Morimoto, and T. Nakazawa	4. 巻 19
2. 論文標題 Three-dimensional simulation of stratospheric gravitational separation using the NIES global atmospheric tracer transport model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-5349-2019	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 Inai, Y., T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, K. Katsumata, S. Morimoto, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 19
2. 論文標題 Seasonal characteristics of trace gas transport into the extratropical upper troposphere and lower stratosphere	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 7073-7103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-19-7073-2019	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 -

1. 著者名 Fujita, R., S. Morimoto, T. Umezawa, K. Ishijima, P. K. Patra, D. E. J. Worthy, D. E. J., D. Goto, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 123
2. 論文標題 Temporal variations of the mole fraction, carbon, and hydrogen isotope ratios of atmospheric methane in the Hudson Bay Lowlands, Canada	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 4695-4711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017JD027972	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 Inai, Y., S. Aoki, H. Honda, H. Furutani, Y. Matsumi, M. Ouchi, S. Sugawara, F. Hasebe, M. Uematsu, and M. Fujiwara	4. 巻 184
2. 論文標題 Balloon-borne tropospheric CO2 observations over the equatorial eastern and western Pacific	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 24-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2018.04.016	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 Hasebe, F., S. Aoki, S. Morimoto, Y. Inai, T. Nakazawa, S. Sugawara, C. Ikeda, H. Honda, H. Yamazaki, Halimurrahman, N. Komala, F. A. Putri, A. Budiyo, M. Soedjarwo, S. Ishidoya, S. Toyoda, T. Shibata, M. Hayashi, N. Eguchi, N. Nishi, M. Fujiwara, S.-Y. Ogino, M. Shiotani., T. Sugidachi	4. 巻 JUNE 2018
2. 論文標題 Coordinated upper-troposphere-to-stratosphere balloon experiment in Biak	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 B. Am. Meteor. Soc.	6. 最初と最後の頁 1213-1230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/BAMS-D-16-0289.1	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 Ishidoya, S., S. Sugawara, Y. Inai, S. Morimoto, H. Honda, C. Ikeda, Y. Tomikawa, S. Toyoda, D. Goto, S. Aoki, and T. Nakazawa	4. 巻 e857
2. 論文標題 Gravitational separation of the stratospheric air over Syowa, Antarctica and its connection with meteorological fields	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Atmos Sci Lett.	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asl.857	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 -

[学会発表] 計21件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 石戸谷重之, 丹羽洋介, 坪井一寛, 森本真司, 遠嶋康徳, 後藤大輔, 青木周司, 村山昌平, 青木伸行, 石島健太郎, 亀崎和輝, 松枝秀和
2. 発表標題 大気ポテンシャル酸素の季節変動に対する 南北半球間大気輸送の影響
3. 学会等名 大気化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ikumi Oyabu, Kenji Kawamura, Tsutomu Uchida, Shuji Fujita, Kyotaro Kitamura, Motohiro Hirabayashi, Shuji Aoki, Shinji Morimoto, Takakiyo Nakazawa, Jeffrey P. Severinghaus, Jacob D. Morgan
2. 発表標題 Fractionation of O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> and Ar/N <sub>2</sub> in the Antarctic ice sheet from precise gas measurements of the Dome Fuji ice core - Constraining permeabilities of O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> and Ar in the ice sheet with a simple diffusion model -
3. 学会等名 The 12th symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Matsuura, Shinji Morimoto, Gen Hashida, Tomomi Takamura, Shin-ichiro Nakaoka and Shuji Aoki
2. 発表標題 Variations of partial pressure of CO <sub>2</sub> in the surface seawater
3. 学会等名 The 12th symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大藪幾美, 川村賢二, 内田努, 藤田秀二, 北村享太郎, 平林幹啓, 青木周司, 森本真司, 中澤高清
2. 発表標題 ドームふじ氷床コアにおけるO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> とAr/N <sub>2</sub> の分別
3. 学会等名 JSSI & JSSE Joint Conference, 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石戸谷重之, 菅原敏, 青木周司, 森本真司, 本田秀之, 豊田栄, 遠嶋康徳, 後藤大輔, 石島健太郎, 長谷部文雄, 丹羽洋介, 青木伸行, 村山昌平, 飯島一征, 吉田哲也
2. 発表標題 成層圏大気重力分離と空気年齢の新たな応用; 海洋貯熱量変動評価における重要性
3. 学会等名 大気球シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mahito Yasuda, Shinji Morimoto, Shuji Aoki, Ryo Fujita, and Taku Umezawa
2. 発表標題 Temporal and spatial variations of the mole fraction, carbon and hydrogen isotope ratios of atmospheric methane in the western Pacific region
3. 学会等名 JpGU 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Morimoto, Daisuke Goto, Shohei Murayama, Ryo Fujita, Yasunori Tohjim, Shigeyuki Ishidoya, Toshinobu Machida, Kazuhiro Tsuboi, Yoichi Inai, Prabir K. Patra, Shamil Maksyutov, Akihiko Ito and Shuji Aoki
2. 発表標題 Studies on variations of atmospheric greenhouse gases in the ArCS project 2015-2019
3. 学会等名 極域科学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅原敏, 青木周司, 森本真司, 本田秀之, 豊田栄, 石戸谷重之, 後藤大輔, 梅澤拓, 長谷部文雄, 石島健太郎, 飯嶋一征, 吉田哲也
2. 発表標題 マルチクロックトレーサーによる大気年代推定 (B20-04 結果速報)
3. 学会等名 大気球シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shogo Akai, Shinji Morimoto, Li Wei, Daisuke Goto, Shuji Aoki
2. 発表標題 In-situ observation of atmospheric N2O and CO concentrations at Syowa Station, Antarctica
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 Shigeyuki Ishidoya, Satoshi Sugawara, Shinji Morimoto, Daisuke Goto, Yasunori Tohjima, Kentaro Ishijima, Dmitry Belikov, Fumio Hasebe, Kazuhiro Tsuboi, Shohei Murayama, Nobuyuki Aoki, Shuji Aoki, Takakiyo Nakazawa
2. 発表標題 Atmospheric Gases and Isotopes as Passive Tracers of Climatic Processes
3. 学会等名 AGU fall meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoichi Inai, Toshinobu Machida, Hidekazu Matsueda, Yousuke Sawa, Kazuhiro Tsuboi, Keiichi Katsumata, Shinji Morimoto, Shuji Aoki, Takakiyo Nakazawa, Ryo Fujita
2. 発表標題 Selection bias of quasi-fixed-point observations in the ExUTLS and its impact on the seasonal record
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Kawamura, Ikumi Oyabu, Shuji Aoki, Takakiyo Nakazawa, Ayako Abe-Ouchi, Fuyuki SAITO
2. 発表標題 Accurate chronology and climatic reconstruction around MIS 11 (interglacial period ~400,000 years ago) from Dome Fuji ice core, Antarctica
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yosuke Niwa, Akihiko Ito, Toshinobu Machida, Motoki Sasakawa, Yasunori Tohjima, Yukio Terao, Taku Umezawa, Shinji Morimoto, Shuji Aoki, 他
2. 発表標題 Global inverse analysis of CH <sub>4</sub> fluxes using NICAM-TM 4D-Var
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤井章吾、森本真司、李偉、後藤大輔、青木周司
2. 発表標題 レーザー分光法による大気中N <sub>2</sub> OおよびCO <sub>2</sub> 濃度連続観測システムの開発と南極・昭和基地における大気観測への応用
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	菅原敏, 青木周司, 森本真司, 稲飯洋一, 本田秀之, 豊田栄, 石戸谷重之, 後藤大輔, 梅澤拓, 長谷部文雄, 石島健太郎
2. 発表標題	マルチクロックトレーサーによる大気年代の推定
3. 学会等名	大気球シンポジウム
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Shogo Akai, Shinji Morimoto, Li Wei, Daisuke Goto, Shuji Aok
2. 発表標題	Development of a continuous measurement system for atmospheric N <sub>2</sub> O and CO concentrations and its application to in-situ observation at Syowa Station, Antarctica
3. 学会等名	極域科学シンポジウム
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	菅原敏, 石戸谷重之, 青木周司, 森本真司, 中澤高清, 稲飯洋一, 本田秀之, 豊田栄, 長谷部文雄, 池田忠作, 後藤大輔
2. 発表標題	熱帯成層圏大気重力分離とその数値シミュレーション
3. 学会等名	日本気象学会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	R. Fujita S. Morimoto <sup>1</sup> , S. Ishido <sup>2</sup> , Y. Tohjima <sup>3</sup> , K. Ishijima <sup>4</sup> , S. Aoki <sup>1</sup> and T. Nakazawa
2. 発表標題	Measurements of <sup>13</sup> C and <sup>14</sup> D of atmospheric CH <sub>4</sub> in the northern North Pacific and the Arctic Ocean and interpretation of Arctic CH <sub>4</sub> sources
3. 学会等名	IGAC (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Taku Umezawa, Satoshi Sugawara, Kenji Kawamura, Takanori Sugiyama, Prabir K. Patra, Kentaro Ishijima, Takuya Saito, Shinji Morimoto, Shuji Aoki and Takakiyo Nakazawa
2. 発表標題 Past variations of atmospheric methane and its isotope ratios reconstructed from firn air and ice core measurements
3. 学会等名 IGAC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinji Morimoto, Ryo Fujita, Shuji Aoki, Daisuke Goto and Takakiyo Nakazawa
2. 発表標題 Temporal variations of the mole fraction and carbon isotope ratio of atmospheric methane observed at Ny-Alesund, Svalbard and Syowa Station, Antarctica
3. 学会等名 IGAC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Takebayashi, S. Morimoto, D. Goto, G. Hashida, Y. Inai and S. Aoki
2. 発表標題 In-situ continuous observations of atmospheric O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> ratio and CO <sub>2</sub> concentration on-board "SHIRASE" in the Southern Ocean
3. 学会等名 極域科学シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 阿保敏広、青木周司、ほか28名	4. 発行年 2019年
2. 出版社 成山堂書店	5. 総ページ数 270
3. 書名 南極読本	

〔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
研究 分 担 者	森本 真司  (MORIMOTO Shinji)  (30270424)	東北大学・理学研究科・教授    (11301)	

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