

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01963

研究課題名(和文) 氷期における海洋大循環・海洋物質循環の変動メカニズムに関する研究

研究課題名(英文) Modeling the global ocean circulation and biogeochemical cycles in the glacial climate

研究代表者

岡 顕 (Oka, Akira)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：70396943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,900,000円

研究成果の概要(和文)：現在とは大きく異なる気候状態であった氷期には、海洋大循環の変動によって大規模な気候変動が引き起こされていた。その変動の仕組みを正確に理解することは、将来の気候変動を考える上でも重要である。本研究では、氷期における海洋大循環についての再現シミュレーションを実施するとともに、海洋物質循環モデルを用いた古海洋データとの直接比較によりモデル結果の検証を行う。これまでにない精度で氷期の気候・海洋状態を再現することを通じて、氷期における海洋大循環・海洋物質循環の大規模変動メカニズムを具体的かつ定量的に理解することを目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋大循環は熱輸送および炭素循環に重要な役割を持ち、その変動は地球の気候に大きな影響を与える。実際に、現在とは大きく異なる気候状態であった氷期には、海洋大循環の変動によって(近年の観測機器によるデータのみからは知りえない)大規模な気候変動が引き起こされていたことがさまざまな古気候記録から明らかになってきた。その変動の仕組みを正確に理解することは、将来の気候変動を考える上でも重要である。本課題では、応募者らがこれまでに開発・改良を重ねてきたさまざまな数値モデルを組み合わせた研究を展開し、氷期における海洋大循環・海洋物質循環の大規模変動メカニズムを具体的かつ定量的に理解するための研究を実施した。

研究成果の概要(英文)：During the glacial period, the climatic conditions were very different from those of today and large-scale climate change was caused by changes in the ocean general circulation. It is important to accurately understand the mechanism of these changes in order to consider future climate change. In this study, we will reproduce the ocean general circulation during the glacial period and validate the model results through direct comparison with paleoceanographic data using an ocean biogeochemical cycle model. By reproducing glacial climate and ocean conditions with unprecedented accuracy, we aim to gain a concrete and quantitative understanding of the mechanisms of large-scale changes in ocean general circulation and ocean material circulation during glacial periods.

研究分野：気候科学・海洋物理学

キーワード：氷期気候変動 海洋大循環 海洋炭素循環 海洋物質循環

様式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋深層は、数十年以上の長期気候変動を考える上で最も重要な要素である。現在の気候においては、北大西洋高緯度域での沈み込みを起点とした全球をつなぐ海洋循環(大西洋深層循環)が駆動しており(図1)、その熱輸送を通じてヨーロッパ付近の気候を温暖に保つなど地球の気候に大きく影響している。現在のような大西洋深層循環は必ずしも普遍的なものではなく、気候が異なればその循環は現在のものとは大きく変わることが考えられる。よって将来の気候変動において、とくに長期の気候変動を考えるうえで、大西洋深層循環の変化のメカニズムを理解することが欠かせない。しかしながら、大西洋深層循環は1000年程度の時間スケールをもつが、それを直接記録する長期観測データは存在せず、また現状の観測についても海洋深層は最も観測が困難な場所であることから、大西洋深層循環の全容やその変動のメカニズムについては、いまだ不明な点が多い。一方、そのような大西洋深層循環の変動について、古気候・古海洋分野からの地質データにより、近年になって次々と新しい知見が集まってきている。とくに、約2万年前の最終氷期最盛期(LGM)を中心に、氷期気候における大西洋深層循環の変化・変動を記録したデータは近年数多くの報告があり、データの蓄積が目覚ましい。それらのデータ(具体的には、海底堆積物中の炭素同位体比・Pa231/Th230比・Nd同位体比など)によると、LGMでは大西洋深層循環は現在に比べて浅く弱い循環であったことが示唆されており、海洋の炭素循環や物質循環の変化を通じて、当時の大気二酸化炭素濃度を定めるうえでも重要な役割を果たしていたと考えられている。一方で、データの解釈にもさまざまな見方があり、LGMの大西洋深層循環は現在よりも浅くなるが、現在と同程度の強さだったと主張する研究もある(Lippord et al. 2012, Nature Geoscience など)。また、氷床コアのデータから、氷期は平均的に現在よりも寒冷な気候であったことに加えて、急激な温暖化イベント(DO イベント)が何度も起こっていたことが分かっている。近年の研究により、DO イベントは大西洋深層循環の変動(現在とは異なる循環へのモード遷移)により引き起こされたと考えられるようになってきた(Ramstorf 2002, Nature; Brook and Buizert 2018, Nature など)。ここ数年のあいだに、気候モデルにおいてDO イベントを再現するという試みもなされ始めてきているが、その急激さや温暖化の振幅を十分に再現することは現状の気候モデルを用いても容易ではなく、変動のメカニズムの理解についても十分ではない。また、氷床コアのデータには、LGMから現在にかけての大気中二酸化炭素濃度の変化も記録されており、氷期間氷期サイクルに同調して100ppm程度の大きな変動を繰り返していたことも分かっている。大気二酸化炭素濃度変動と海洋大循環・炭素循環の変動は密接につながっていると信じられているが、そのメカニズムの詳細についてもよく分かっていないのが現状である。

2. 研究の目的

氷期の海洋大循環・海洋物質循環の再現を目指す本研究において、氷期のなかでも最も注目が高くデータの蓄積も最も多い時期である今から約2万年前のLGMを研究の中心のターゲットとする。研究代表者はこれまでに、LGMに関して大気海洋大循環モデル・海洋大循環モデル(Oka et al. 2012 など)や、海洋炭素循環モデル(Oka et al. 2009; Kobayashi and Oka 2018 など)を用いた研究実績があるが、本課題ではそれらの土台をもとに、さまざまな古海洋データを直接的に活用することで、氷期の海洋大循環・海洋物質循環をこれまでになく精度で定量的に再現することを目指す。具体的には、「実験 海洋大循環モデル・簡易気候モデルを用いたLGMのシミュレーション」をベースとして、「実験 大西洋深層循環の指標となるPa231/Th230比やNd同位体比のシミュレーション」および「実験 海洋炭素循環によるLGMのシミュレーション」を併用して実施する。

3. 研究の方法

実験 では、研究代表者がこれまでに行ってきたLGM実験の結果に加え、PMIP(古気候モデル比較プロジェクト)においてデータが提供されているさまざまな機関での気候モデルによるLGM実験の結果を利用した海洋大循環モデル実験や簡易気候モデルMIROC-liteによる実験なども実施し、できるだけ数多くのさまざまなLGM実験を複数実施する。そのうえで、それらの実験の結果をもとにそれぞれで実験を行い、LGM実験の再現性を複数の古海洋データで検証する。複数のモデル結果とデータとの比較を通じて、データと整合するモデル結果の特徴を抽出することで、LGMの海洋循環についての定量的・具体的な描像を得ることを目指す。実験 については、2つの目的がある。1つは、これまでの古海洋研究でも広く用いられてきた炭素同位体比についてのシミュレーションを行い、Pa231/Th230比やNd同位体比と合わせて、大西洋深層循環の指標として活用することである。2つ目の目的としては、海洋深層循環が海洋炭素循環へ与える影響を評価することである。さきに述べたように、氷床コアのデータから、LGMにおける大気中二

【1 研究目的、研究方法など(つづき)】

酸化炭素濃度は現在に比べて 100ppm 程度低かったことが分かっているが、現状の気候モデル・地球システムモデルではその要因を定量的に説明することができていない。その一因として、氷期の南大洋深層における物理場の再現性が不十分である可能性 (Kobayashi, Abe-Uchi, and Oka, 2015) などが指摘されており、それらの定量的な評価を行う。

4. 研究成果

実験 1 に関連した成果として、簡易気候モデル MIROC-lite を用いて氷期の多重解構造を調べるためのヒステリシス実験を行い、現在気候には見られない "cold mode" と呼ばれる弱い大西洋深層循環モードが氷期の熱的な気候条件において現れることを示し、その内容を Ando and Oka (2021) にて公表した。また、海洋大循環モデルの結果から、南大洋のゆっくりとした昇温が大西洋深層循環モード遷移やそれに伴う氷期の急激な気候変動を起こしうることを示し、南大洋での温度条件が大西洋深層循環の熱的閾値を超える際に重要な要素となりうることを指摘した。それらの内容は論文 Oka et al. (2022) にて公表した。

実験 2 に関連した成果として、Pa231/Th230 の全球モデルシミュレーションに関する論文 Sasaki et al. (2022)、Nd 同位体比のシミュレーションのベースとなる希土類元素に関する全球モデルシミュレーションの結果を報告した Oka et al. (2021) の成果があった。231Pa/Th230 比については、LGM 条件での実験も実施し、指導学生の修士論文として結果をまとめた。

実験 3 に関連した成果として、海洋炭素循環モデルを用いたさまざま LGM シミュレーションを行い、LGM での大気 CO2 濃度低下において、氷河性ガスが重要な役割を果たしていることを示した論文 Yamamoto et al. (2019)、南大洋での成層化・氷河性ガスの効果が炭酸塩補償プロセスを促進させることで LGM における大気 CO2 濃度低下が再現できるとともに、炭素同位体比や溶存酸素分布などの海洋化学トレーサー分布についても定量的に再現することが可能となることを示した論文 Kobayashi et al. (2022) など、本研究において実施したさまざまな研究成果について論文を公表することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 S. Sherriff-Tadano, A. Abe-Ouchi, and A. Oka	4. 巻 17
2. 論文標題 Impact of mid-glacial ice sheets on deep ocean circulation and global climate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climate of the Past	6. 最初と最後の頁 95-110
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/cp-2020-75	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 A. Oka	4. 巻 7
2. 論文標題 Ocean carbon pump decomposition and its application to CMIP5 earth system model simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	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） 10.1186/s40645-020-00338-y	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 AH MacDougall et al. [A.Oka listed in 21th author]	4. 巻 17
2. 論文標題 Is there warming in the pipeline? A multi-model analysis of the Zero Emissions Commitment from CO2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 2987-3016
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/bg-17-2987-2020	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 岡 顕	4. 巻 39
2. 論文標題 大西洋深層循環のモデリング（特集 海洋物理学の今）	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ながれ(日本流体力学会誌)	6. 最初と最後の頁 270-275
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 A. Yamamoto, A. Abe-Ouchi, R. Ohgaito, A. Ito, and A. Oka	4. 巻 15
2. 論文標題 Glacial CO2 decrease and deep-water deoxygenation by iron fertilization from glaciogenic dust	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Climate of the Past	6. 最初と最後の頁 981-996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/cp-15-981-2019	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 Y. Nakamura and A. Oka	4. 巻 75
2. 論文標題 CMIP5 model analysis of future changes in ocean net primary production focusing on differences among individual oceans and models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 441-462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-019-00513-w	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 Sasaki Yusuke, Kobayashi Hidetaka, Oka Akira	4. 巻 15
2. 論文標題 Global simulation of dissolved 231Pa and 230Th in the ocean and the sedimentary 231Pa/230Th ratios with the ocean general circulation model COCO ver4.0	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 2013 ~ 2033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-15-2013-2022	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 -

1. 著者名 Ando Taigo, Oka Akira	4. 巻 48
2. 論文標題 Hysteresis of the Glacial Atlantic Meridional Overturning Circulation Controlled by Thermal Feedbacks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL095809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL095809	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 Kobayashi Hidetaka, Oka Akira, Yamamoto Akitomo, Abe-Ouchi Ayako	4. 巻 7
2. 論文標題 Glacial carbon cycle changes by Southern Ocean processes with sedimentary amplification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabg7723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abg7723	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 Oka Akira, Abe-Ouchi Ayako, Sherriff-Tadano Sam, Yokoyama Yusuke, Kawamura Kenji, Hasumi Hiroyasu	4. 巻 2
2. 論文標題 Glacial mode shift of the Atlantic meridional overturning circulation by warming over the Southern Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00226-3	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 Sherriff-Tadano Sam, Abe-Ouchi Ayako, Oka Akira, Mitsui Takahito, Saito Fuyuki	4. 巻 17
2. 論文標題 Does a difference in ice sheets between Marine Isotope Stages 3 and 5a affect the duration of stadials? Implications from hosing experiments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climate of the Past	6. 最初と最後の頁 1919 ~ 1936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/cp-17-1919-2021	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 -

1. 著者名 Lhardy F., Bouttes N., Roche D. M., Abe Ouchi A., Chase Z., Crichton K. A., Ilyina T., Ivanovic R., Jochum M., Kageyama M., Kobayashi H., Liu B., Menviel L., Muglia J., Nuterman R., Oka A., Vettoretti G., Yamamoto A.	4. 巻 36
2. 論文標題 A First Intercomparison of the Simulated LGM Carbon Results Within PMIP Carbon: Role of the Ocean Boundary Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Paleoceanography and Paleoclimatology	6. 最初と最後の頁 e2021PA004302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021PA004302	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 Oka Akira, Tazoe Hirofumi, Obata Hajime	4. 巻 77
2. 論文標題 Simulation of global distribution of rare earth elements in the ocean using an ocean general circulation model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 413 ~ 430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-021-00600-x	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36件(うち招待講演 3件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 H. Kobayashi, A. Oka, A. Yamamoto, A. Abe-Ouchi
2. 発表標題 Glacial ocean carbon cycle changes caused by enhanced stratification in the Southern Ocean and iron fertilization from glaciogenic dust
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kobayashi, A. Oka
2. 発表標題 A modeling study of early diagenesis using an ocean sediment model
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Oka
2. 発表標題 lobal distribution of the ocean vertical diffusivity derived from an ocean tracer inverse model approach
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 曾根田哲也、岡顕
2. 発表標題 海洋大循環モデルを用いたLGMにおける潮汐混合の変化が大西洋子午面循環に及ぼす影響の見積もり
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Ando, A. Oka
2. 発表標題 Bi-stable regime and mode transitions of the Atlantic Meridional Overturning Circulation in the glacial climate
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林英貴、岡 顕、山本彬友、阿部彩子
2. 発表標題 堆積過程の増幅を伴う南大洋の変化が氷期の海洋炭素循環に及ぼす影響
3. 学会等名 海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 曾根田哲也、岡顕
2. 発表標題 最終氷期最大期と現在における潮汐混合の変化に対する大西洋子午面循環の応答
3. 学会等名 海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡 顕、小畑元、田副博文
2. 発表標題 海洋大循環モデルによる希土類元素濃度全球分布の再現
3. 学会等名 海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安藤大悟、岡顕
2. 発表標題 氷期気候における大西洋子午面循環のモード遷移メカニズム
3. 学会等名 海洋学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kobayashi, A. Oka, A. Yamamoto, A. Abe-Ouchi
2. 発表標題 glacial ocean carbon cycle changes caused by enhanced stratification in the Southern Ocean and iron fertilization from glaciogenic dust
3. 学会等名 PMIP meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Oka, Sam Sheriff-Tadano, Ayako Abe-Ouchi, Yusuke Yokoyama, Kenji Kawamura, Hiroyasu Hasumi
2. 発表標題 the role of thermal threshold of the Atlantic meridional overturning circulation in glacial abrupt climate changes
3. 学会等名 PMIP meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡 顕
2. 発表標題 Inversion of the ocean vertical diffusivity from steady-state tracer distributions by using an adjoint method
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡 顕
2. 発表標題 氷期における大西洋深層循環の数値シミュレーション
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Sasaki, H. Kobayashi, A.Oka
2. 発表標題 Simulation of global distribution of dissolved ^{231}Pa and ^{230}Th in the ocean and sediment $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ ratio by using an ocean general circulation model
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kobayashi and A. Oka
2. 発表標題 鉛直拡散係数の成層依存性を考慮した海洋大循環モデルによる氷期海洋炭素循環シミュレーション
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡 顕、外川一記
2. 発表標題 氷期大西洋深層循環における風応力および海面熱境界条件の役割
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡 顕、中村有希
2. 発表標題 CMIP5モデル結果解析による地球温暖化が海洋基礎生産に与える影響の定量的評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤大悟、岡 顕
2. 発表標題 簡易気候モデルを用いた氷期気候における大西洋深層循環の変動に関する研究
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤大悟、岡 顕
2. 発表標題 簡易気候モデルを用いた現在気候および氷期気候における大西洋子午面循環の多重解構造の比較
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kobayashi and A. Oka
2. 発表標題 Response of atmospheric pCO ₂ to glacial changes in the Southern Ocean amplified by carbonate compensation
3. 学会等名 European Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Sasaki, H. Kobayashi, A.Oka
2. 発表標題 Simulation of global distribution of dissolved ²³¹ Pu and ²³⁰ Th in the ocean and sediment ²³¹ Pu/ ²³⁰ Th ratio by using an ocean general circulation model
3. 学会等名 13th International Conference on Paleoceanography (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kobayashi, A.Oka, and A.Abe-Ouchi
2. 発表標題 Response of atmospheric pCO ₂ to glacial changes in the Southern Ocean amplified by carbonate compensation
3. 学会等名 13th International Conference on Paleoceanography (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ando, A. Oka, A. Abe-Ouchi
2. 発表標題 A study on the variability of the deep ocean circulation during glacial climate with a climate model of intermediate complexity
3. 学会等名 13th International Conference on Paleoceanography (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Sasaki, H. Kobayashi, A.Oka
2. 発表標題 Simulation of global distribution of dissolved ^{231}Pa and ^{230}Th in the ocean and sediment $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ ratio by using an ocean general circulation model
3. 学会等名 Ocean Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kobayashi and A. Oka
2. 発表標題 Response of atmospheric pCO_2 to glacial changes in the Southern Ocean amplified by carbonate compensation
3. 学会等名 Ocean Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kobayashi, A. Oka, A. Yamamoto, A. Abe-Ouchi
2. 発表標題 Modeling the ocean carbon cycle during the last deglaciation
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林英貴、岡頭、山本彬友、阿部彩子
2. 発表標題 南大洋の塩分成層の強化と鉄肥沃化が氷期の海洋化学トレーサー分布に及ぼす影響
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植木優、小林英貴、岡顕
2. 発表標題 氷期における海洋循環の定量的理解に向けた231Pa/230Th比の数値シミュレーション
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曾根田哲也、岡顕
2. 発表標題 最終氷期最大期と現在における潮汐混合の変化に対する大西洋深層循環の応答(2)
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安藤 大悟、岡 顕
2. 発表標題 最終氷期最盛期における海面境界条件の変化が大西洋子午面循環に与える影響の評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安藤 大悟、岡 顕
2. 発表標題 最終氷期最盛期における海面境界条件の変化が大西洋子午面循環に与える影響の評価
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ando, T., Oka, A.
2. 発表標題 Evaluation of the roles of surface flux changes in the Atlantic meridional overturning circulation during the last glacial maximum
3. 学会等名 14th International Conference on Paleoceanography, Bergen, Norway (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林英貴、岡頭、山本彬友、阿部彩子
2. 発表標題 氷期の海洋炭素循環変動に対する南大洋の物理的・生物地球化学的過程の影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林英貴、岡頭、小長谷貴志、阿部彩子
2. 発表標題 最終退氷期における海洋炭素循環モデリング (2)
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 英貴、岡 頭、小長谷 貴志、阿部 彩子
2. 発表標題 最終退氷期における海洋炭素循環の過渡応答
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kobayashi, H., A. Oka, A. Yamamoto, and A. Abe-Ouchi
2. 発表標題 Glacial carbon cycle changes by Southern Ocean processes with sedimentary amplification
3. 学会等名 14th International Conference on Paleoceanography, Bergen, Norway (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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

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