

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04251

研究課題名(和文) 氷期-間氷期における北太平洋亜熱帯モード水の挙動とその役割

研究課題名(英文) Dynamics and roles of North Pacific Subtropical Mode Water during the glacial-interglacial period

研究代表者

高柳 栄子 (Takayanagi, Hideko)

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号：40729208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、北西太平洋中緯度に分布する北太平洋亜熱帯モード水に注目し、琉球列島周辺に分布する表層堆積物中に含まれる腕足動物*Basiliola lucida*の地球化学データから、過去約3万年間(最終氷期から現在)の亜熱帯モード水の物理・化学的性質の時間変化について検討した。その結果、最終氷期から現在にかけて、亜熱帯モード水の水温は変化せず、全炭酸は増加傾向にあることが示された。これは、亜熱帯モード水が気候変動に対して負のフィードバック機構として作用していることを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、亜熱帯モード水が「移流する」という性質を活かし、従来とは異なるアプローチで最終氷期から現在のモード水の水温および全炭酸の時間変化の復元を行った。その結果、過去の亜熱帯モード水の動態を詳細にかつ再現性高く復元することができ、同亜熱帯モード水が気候変動に対して負のフィードバック機構として作用していることを実データから示唆することができた。本成果は、北西太平洋の亜表層(水温躍層を含む)におけるデータの空白域補う役目も果たし海洋の動態を様々な時間スケールで理解するという観点で、学術的・社会的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the North Pacific Subtropical Mode Water (NPSMW) distributed in the mid-latitudes of the Northwest Pacific Ocean, and investigated the temporal changes in the physical and chemical properties of the subtropical mode water over the past 30,000 years (from the last glacial period to the present) based on geochemical data of the brachiopod *Basiliola lucida* in surface sediments distributed around the Ryukyu Islands. The results indicate that the temperature of the NPSMW remained constant between the Last Glacial Maximum and the present, while the total carbonate content of the NPSMW showed an increasing trend. This suggests that the subtropical mode water might play a role as a negative feedback system against climate change.

研究分野：炭酸塩堆積学・地球化学、古気候学、古海洋学

キーワード：北太平洋亜熱帯モード水 氷期 間氷期 琉球列島 腕足動物 炭素同位体比 酸素同位体比

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

各大洋には、固有の物理・化学的性質をもった海水が海域ごとに分布しており、水塊と呼ばれている。本研究で注目している北太平洋亜熱帯モード水（以後、亜熱帯モード水と記す）とは、北西太平洋亜熱帯循環域の水深 100 m～400 m に広く分布する主要な表層水塊の 1 つであり、水温の鉛直勾配の極小層（1.5°C/100m 以下）ないしは等温・等密度層として特徴付けられる。亜熱帯モード水は、黒潮・黒潮続流の南方に発達した厚い冬季混合層（200～300 m 程度）が主な起源となり、春季以降に海面水温が急激に上昇する際に混合層が蓋をされることで形成される。大気強制から隔離された海洋中層域の亜熱帯モード水は、形成当時の海水特性（水温・塩分）を保持したまま黒潮再循環の流れによって南西方向に移流する。その分布の西端は南西諸島まで到達するといわれている。近年、アルゴフロート等の展開に伴う観測データの増大や海洋大循環モデルの発展などにより、亜熱帯モード水は、1. 海水温が最近 100 年間で約 1°C 上昇し、水温上昇率が全球平均の約 2 倍の速度に相当すること、2. 多量の大气 CO<sub>2</sub> を吸収・蓄積していること、3. 亜熱帯貧栄養海域において栄養物質のリザーバーとなっていることなど、大気強制による熱・塩分・溶存酸素・栄養塩・人為 CO<sub>2</sub> を海洋内部（海洋中層域）に輸送・固定する役割を果たしていることが明らかとなってきた。亜熱帯モード水が北西太平洋表層～中層を占める範囲（体積）は大きいと想定される。よって、亜熱帯モード水の形成・分布・組成の時間変化を過去に遡って詳細に復元し、その変動の実態把握と気候・物質循環への影響の評価をすることは、海洋の長期的なフィードバック機構のメカニズムを理解する上で必要不可欠である。しかし、亜熱帯モード水の経年変化と変動メカニズムについて検討している先行研究が取り扱っている時間の長さは最長で約 100 年程度（1920 年～現在）であり、数十年以上の時間スケールをもつ気候変動下での亜熱帯モード水の挙動と、それらが気候・物質循環に与える影響の程度についてはほとんど理解されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、琉球列島周辺海域に分布する過去約 2 万年間（最終氷期～現在）の炭酸塩堆積物とその含有化石を用い、その化石群集と地球化学データを統合することで、① 琉球列島中層域の水塊構造および海水の物理・化学的性質（水温・塩分・pH・炭酸系化学平衡など）の時間変化を復元し、亜熱帯モード水の分布・組成が氷期 - 間氷期にどのように変化したのかを明らかにすること、② 同亜熱帯モード水の変化が気候・炭素循環・栄養塩循環などに与える影響を定量的に見積もり、数十～数千年スケールの気候変動・物質循環における海洋中層域の役割を評価することを目的とする。

また、海洋堆積物中に含まれている殻は化石化する過程で様々な形態になる。本研究で用いる琉球列島周辺の表層堆積物中に含有する *Basilioia lucida* 化石の状態を分析した結果、主に 1) 腹殻（ventral valve: Vv）・背殻（dorsal valve: Dv）が揃った合併試料、2) 腹殻または背殻のみが採取された離弁試料、3) 殻が破損し、殻の一部のみが採取された破片試料の 3 つに区分され、2) もしくは 3) の殻が全体の大多数を占めることが明らかになった。*B. lucida* の古環境指標としての有用性を検討した Takayanagi et al. (2013) は、同殻の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値には同一殻内での値の不均質性がみられることを報告し、古環境復元に有用な殻の部位を提示しているが、同研究では *B. lucida* の腹殻のみを扱っているため、背殻のみの離弁試料もしくは破片試料が古環境の復元に適しているかどうかを現時点では判断することができない。また、どのオーダーのサンプリング方法（例えば、mm オーダー、バルクなど）を採用するのが平均的な海洋環境の復元に最適か、についても現生試料を用いて検討する必要がある。そこで、竹島沖周辺より採取された現生 *B. lucida* の合併試料を複数個体用い、同殻の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値とそれらの生息域周辺の海洋観測データとの比較から、1) 合併試料から分離した腹殻と背殻が類似した骨格記録（ $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値）を有しているか、2) どのサンプリング方法が、生息域周辺の平均的な海洋環境（海水温・塩分、溶存無機炭素の  $\delta^{13}\text{C}$  値など）を復元するのに適しているのかを検討する。そして、得られた結果に基づき、琉球列島周辺より採取された *B. lucida* 化石を用いた古海洋環境復元に最適なサンプル処理法を確立すること、また、背殻のみの離弁試料もしくは破片試料が同研究で使用可能かどうかを判断することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 【現生試料を用いた分析方法の検討】

豊潮丸（広島大学生物生産学部所有）の南西諸島航海（2015 年 5 月 18 日～30 日）における竹島沖東部海域でのドレッジ調査（2015 年 5 月 20 日、水深 124 m の地点で実施）にて採取された生体試料の中から 14 個体（合併：腹殻 14 殻、背殻 14 殻）を選定し、研究試料として用いた。半割をしていない *B. lucida* 6 個体は、腹殻と背殻をそれぞれ全殻用いた場合（＝バルク試料）の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値の違いやばらつきを検討するため、両殻の 1 次層をそれぞれマイクロドリ

ルで取り除き、メノウ乳鉢・乳棒で全殻を粉末化した。一方、半割した *B. lucida* 8 個体は、殻のバルク試料と部位ごとの  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値を比較するため、各腹殻・背殻を、それぞれ、半割試料を殻頂から殻端に向けて 5 分割した試料（部位 1~5）と半割試料全て（=バルク試料に相当：部位 6）の計 6 試料に分けて粉末を作成した。粉末化した試料は、東北大学にある炭酸塩自動前処理装置（Carbonate Device Kiel-III；ThermoQuest）と同位体比質量分析計（DeltaV Advantage；Thermo Fisher Scientific）を用い、炭素・酸素同位体比分析を行った。測定精度は、それぞれ、 $\delta^{13}\text{C}$  が  $\pm 0.02\%$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  が  $\pm 0.03\%$ であった。

#### 【準化石を用いた海洋環境復元】

琉球列島周辺の水深約 200~400 m で採取された腕足動物化石 *B. lucida* を研究試料として用いた。試料は超純水中で超音波洗浄後、殻を半分に切断し、片方を同位体分析用、もう片方を放射性炭素同位体年代測定用として用いた。粉末化した試料は、東北大学にある炭酸塩自動前処理装置（Carbonate Device Kiel-III；ThermoQuest）と同位体比質量分析計（DeltaV Advantage；Thermo Fisher Scientific）を用い、炭素・酸素同位体比分析を行った。測定精度は、それぞれ  $\delta^{13}\text{C}$  が  $\pm 0.02\%$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  が  $\pm 0.04\%$ であった。放射性炭素年代測定は、東京大学大気海洋研究所の横山祐典教授の研究室に依頼した。得られた結果は、ベイシアン年代モデルと補正曲線 Marine20 を用いて暦年代を算出した。琉球列島の  $\Delta R$  値は  $23 \pm 40$  とし、地域的なリザーバー効果を補正した。

## 4. 研究成果

### 【現生試料を用いた分析方法の検討の結果】

*B. lucida* の合弁試料の腹殻・背殻より得られた  $\delta^{13}\text{C}$  値・ $\delta^{18}\text{O}$  値の差異は十分に小さかった。よって、離弁試料で背殻のみが採取されている場合でも、古環境復元を行うための研究試料として利用できると考えられる。また、腹殻・背殻の各部位および殻全体の  $\delta^{13}\text{C}$  値・ $\delta^{18}\text{O}$  値の個体間の差は小さかった。また、*B. lucida* の  $\delta^{13}\text{C}$  値は、部位 3~6 と殻全体より得られた試料が高い確度・精度で海水の  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  値を反映しており、過去の海水中の溶存無機炭素の炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ ）の復元に適していることが明らかになった。これは、採取された試料が破片であっても、同破片の部位が部位 3~6 のいずれかであれば、古環境復元に利用可能であることを示している。また、部位 6（殻半分）と殻全体の  $\delta^{13}\text{C}$  値は同じ値を示した。一方、*B. lucida* の  $\delta^{18}\text{O}$  値は、部位ごとの値の違いがほとんどなく、殻の一部を分析に用いても殻全体の値を反映していることが明らかになった。また、部位 6（殻半分）と殻全体の  $\delta^{18}\text{O}$  値は同じ値を示した。よって、Takayanagi et al. (2013) が導出した *B. lucida* の温度換算式を用いれば、どのサンプリング方法（殻全体、殻を半割した部位 6、部位 1~5）であっても、さらには、いかなる部位の破片であっても、過去の海水温・塩分を確度・精度よく復元できると考えられる。

以上の知見を総合し、化石試料が 1) 合弁試料、2) 離弁試料、3) 破片試料だった場合に分けて *B. lucida* 化石のサンプリング方法を検討すると、試料の状態が 1) および 2) だった場合は、殻を半割して、殻の半分を同位体分析用試料に、もう半分を  $^{14}\text{C}$  年代測定用試料にすることが推奨される。一方、試料の状態が 3) だった場合は、殻の部位 1 および 2 を除いた殻の部位を部分的に同位体分析用試料にサブサンプリングし、その残りを  $^{14}\text{C}$  年代測定用試料にするのが最適なサンプリング方法であると考えられる。

### 【準化石を用いた海洋環境復元の結果】

*B. lucida* 化石の炭素・酸素同位体比を分析した結果、*B. lucida* 化石の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値の範囲は、それぞれ、 $2.05\%$ ~ $4.61\%$ 、 $-0.13\%$ ~ $2.16\%$ であった。*B. lucida* 化石の放射性炭素（ $^{14}\text{C}$ ）年代を分析した結果、*B. lucida* 化石の  $^{14}\text{C}$  年代の範囲は、現在（modern）~約 29,500 cal year BP（最終氷期）であった。

*B. lucida* の  $\delta^{18}\text{O}$  値を用いて最終氷期~現在の亜熱帯モード水の水温変化を復元した。海水温の復元は、Takayanagi et al. (2013) が導出した *B. lucida* の地質温度計 ( $T(^{\circ}\text{C}) = 18.51 - 3.27 \times (\delta^{18}\text{O}_{\text{BL}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{SW}})$ ) を用いて算出した。氷床量の変化に伴う生息水深の  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SW}}$  値の時間変化は LR04 カーブを用いて補正した。その結果、最終氷期~後氷期、完新世、1950 年以降の亜熱帯モード水の水温は、それぞれ  $16.9\sim 19.0^{\circ}\text{C}$ （水深 149~261 m）、 $14.4\sim 19.1^{\circ}\text{C}$ （水深 199~397 m）、 $16.2\sim 17.8^{\circ}\text{C}$ （水深 252~317 m）となり、先行研究で観測された北太平洋亜熱帯モード水の水温  $14\sim 20^{\circ}\text{C}$ （水深 100~400 m：Masuzawa, 1969；Suga et al., 1997）と調和的であった。また、同一水深での水温の変化はほとんどなかった。これは、亜熱帯モード水の水温は少なくとも過去約 3 万年間はあまり変化しなかったことを示している。

Takizawa et al. (2017) の算出方法に従い、*B. lucida* の  $\delta^{13}\text{C}$  値から最終氷期~現在の亜熱帯モード水の全炭酸を復元した。その結果、*B. lucida* の  $\delta^{13}\text{C}$  値から推定された最終氷期~後氷期、完新世、1950 年以降の亜熱帯モード水の全炭酸は、それぞれ  $1414\sim 1746 \mu\text{mol}/\text{kg}$ （水深 149~261 m）、 $1635\sim 1919 \mu\text{mol}/\text{kg}$ （水深 199~397 m）、 $1948\sim 2064 \mu\text{mol}/\text{kg}$ （水深 252~317 m）となり、最終氷期~現在に向けて全炭酸が上昇傾向にあり、特に近年の増加が顕著であることが示された。また、1950 年以降の復元結果は、Oka et al. (2015) が報告している 2002~2013 年の亜熱帯モード水の全炭酸の観測結果（ $1995\sim 2025 \mu\text{mol}/\text{kg}$ ）と調和的であった。前述した亜熱帯モード水の水温が過去 3 万年間を通じて変化していなかった点を考慮し、全炭酸の変化が大気  $\text{CO}_2$  濃

度の変化と密接に関係しているのか、それとも、下位の中層水と関係しているのかを今後検討する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Fujioka Hiroshi, Takayanagi Hideko, Yamamoto Koshi, Iryu Yasufumi	4. 巻 6
2. 論文標題 The effects of meteoric diagenesis on the geochemical composition and microstructure of Pliocene fossil Terebratalia coreanica and Laqueus rubellus brachiopod shells from northeastern Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary 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） 10.1186/s40645-019-0289-7	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 Miyata Jun, Takayanagi Hideko, Ishigaki Akimasa, Hirano Naoto, Shiokawa Satoshi, Nishimura Akira, Nakazawa Tsutomu, Ishikawa Tsuyoshi, Nagaishi Kazuya, Tokuyama Hidekazu, Ishiwatari Akira, Iryu Yasufumi	4. 巻 29
2. 論文標題 Tectonic implications of carbonate deposits on the eastern slope of the Hahajima Seamount in the collision zone between the Izu?Bonin Arc on the Philippine Sea Plate and the Ogasawara Plateau on the Pacific Plate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12368
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/iar.12368	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 Bassi Davide, Braga Juan C., Owada Masato, Aguirre Julio, Lipps Jere H., Takayanagi Hideko, Iryu Yasufumi	4. 巻 7
2. 論文標題 Boring bivalve traces in modern reef and deeper-water macroid and rhodolith beds	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/s40645-020-00356-w	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 Thuy Thi Nhu Ha, Takumi Maekawa, Hideko Takayanagi, Yasufumi Iryu	4. 巻 30
2. 論文標題 Spathian to Aegean (upper Lower Triassic to lower Middle Triassic) carbon isotope stratigraphy constrained by the conodont biostratigraphy of carbonates on top of a midoceanic seamount formed in the Panthalassic Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12391
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 Hironobu Harada, Tatsuki Tsujimori, Keitaro Kunugiza, Katsuyuki Yamashita, Shogo Aoki, Kazumasa Aoki, Hideko Takayanagi, Yasufumi Iryu	4. 巻 30
2. 論文標題 The 13C- 180 variations in marble in the Hida Belt, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12389
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 Kodama, S., Takayanagi, H., Yoshii, K., Ha, T. T. N., Asami, R., Abe, O., and Iryu, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Carbon and oxygen isotope records of Tridacna squamosa shells from two different latitudes in the Ryukyu Islands	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Paleontological Research	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) 10.2517/2020PR003	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 Bassi Davide, Aftabuzzaman Md., Bolivar-Ferliche Monica, Braga Juan Carlos, Aguirre Julio, Renema Willem, Takayanagi Hideko, Iryu Yasufumi	4. 巻 169
2. 論文標題 Biostratigraphical and palaeobiogeographical patterns of the larger porcelaneous foraminifer Austrotrillina Parr, 1942	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Micropaleontology	6. 最初と最後の頁 102058 ~ 102058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marmicro.2021.102058	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 Lee E. Y., Kominz M., Reuning L., Gallagher S. J., Takayanagi H., Ishiwa T., Knierzinger W., Wagreich M.	4. 巻 68
2. 論文標題 Quantitative compaction trends of Miocene to Holocene carbonates off the west coast of Australia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Australian Journal of Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 1149 ~ 1161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08120099.2021.1915867	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 Asami Ryuji, Hondo Rikuto, Uemura Ryu, Fujita Masaki, Yamasaki Shinji, Shen Chuan-Chou, Wu Chung-Che, Jiang Xiuyang, Takayanagi Hideko, Shinjo Ryuichi, Kano Akihiro, Iryu Yasufumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Last glacial temperature reconstructions using coupled isotopic analyses of fossil snails and stalagmites from archaeological caves in Okinawa, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-021-01484-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 Cahyarini Sri Yudawati, Pfeiffer Miriam, Reuning Lars, Liebetrau Volker, Dullo Wolf-Chr., Takayanagi Hideko, Anwar Iwan Pramesti, Utami Dwi Amanda, Garbe-Sch?nberg Dieter, Hendrizon Marfasran, Eisenhauer Anton	4. 巻 11
2. 論文標題 Modern and sub-fossil corals suggest reduced temperature variability in the eastern pole of the Indian Ocean Dipole during the medieval climate anomaly	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-021-94465-1	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 Auer Gerald, Petrick Benjamin, Yoshimura Toshihiro, Mamo Briony L., Reuning Lars, Takayanagi Hideko, De Vleeschouwer David, Martinez-Garcia Alfredo	4. 巻 262
2. 論文標題 Intensified organic carbon burial on the Australian shelf after the Middle Pleistocene transition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quaternary Science Reviews	6. 最初と最後の頁 106965 ~ 106965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quascirev.2021.106965	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 Aftabuzzaman Md., Yomogida Kazuki, Suzuki Shota, Takayanagi Hideko, Ishigaki Akimasa, Machida Shiki, Asahara Yoshihiro, Yamamoto Koshi, Hirano Naoto, Sano Shin Ichi, Chiyonobu Shun, Bassi Davide, Iryu Yasufumi	4. 巻 30
2. 論文標題 Multi approach characterization of shallow water carbonates off Minamitorishima and their depositional settings/history	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	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) 10.1111/iar.12400	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 Reuning Lars, Deik Hanaa, Petrick Benjamin, Auer Gerald, Takayanagi Hideko, Iryu Yasufumi, Courtillat Margot, Bassetti Maria Angela	4. 巻 69
2. 論文標題 Contrasting intensity of aragonite dissolution and dolomite cementation in glacial versus interglacial intervals of a subtropical carbonate succession	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sedimentology	6. 最初と最後の頁 2131 ~ 2150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sed.12985	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 Cruz Salmeron Andros Daniel, Takayanagi Hideko, Wakaki Shigeyuki, Ishikawa Tsuyoshi, Miyajima Toshihiro, Wakaki Hitomi, Itaki Takuya, Iryu Yasufumi	4. 巻 9
2. 論文標題 Characterization of water masses around the southern Ryukyu Islands based on isotopic compositions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary 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) 10.1186/s40645-022-00503-5	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 Hallenberger Maximilian, Reuning Lars, Takayanagi Hideko, Iryu Yasufumi, Keul Nina, Ishiwa Takeshige, Yokoyama Yusuke	4. 巻 9
2. 論文標題 The pteropod species <i>Heliconoides inflatus</i> as an archive of late Pleistocene to Holocene environmental conditions on the Northwest Shelf of Australia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary 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) 10.1186/s40645-022-00507-1	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 -



〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Iryu, Y. and Takayanagi, H.
2. 発表標題 Brachiopod-based paleoenvironmental reconstruction What can we know?
3. 学会等名 The 2019 Annual Meeting of the Geological and Geophysical Society of Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayanagi, H., Tochigi, T., Asami, R., Shinjo, R., Itaki, T., and Iryu, Y.
2. 発表標題 Trace element concentrations of sub-tropical modern brachiopod <i>Basiliola lucida</i> collected off Okinawa-jima, Japan
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 Andros Daniel Cruz Salmeron, Hideko Takayanagi, Shigeyuki Wakaki, Hitomi Uchimura Wakaki, Takuya Itaki, Tsuyoshi Ishikawa, Yasufumi Iryu
2. 発表標題 Carbon, oxygen and neodymium isotope characterization of recent benthic foraminifers around Okinawa-jima, southwestern Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古俣 利明、辻森 樹、高柳 栄子、井龍 康文
2. 発表標題 蛇紋岩に伴う炭酸塩岩の安定同位体地球化学：糸魚川 - 青海地域の累帯組織を示す方解石岩酸素・炭素同位体組成キャラクタリゼーション
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田 浩伸、辻森 樹、梶座 圭太郎、山下 勝行、高柳 栄子、井龍 康文
2. 発表標題 Mass transport during carbonate-silicate rock interaction in a collisional orogen: C-O-Sr isotope study of drill core samples from the Hida Belt, Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大澤 果那、大路 樹生、高柳 栄子、Pedro Marenco、三村 耕一、Sersmaa Gonchigdorj、小野寺 香乃
2. 発表標題 Chemostratigraphy and paleoenvironmental reconstruction of the Ediacaran-Cambrian section in Khubsugul Group, northern Mongolia
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 及川 一真、高柳 栄子、新城 竜一、遠藤 一佳、吉田 真明、井龍 康文
2. 発表標題 Variations in carbon and oxygen isotope composition and trace element concentrations of the modern brachiopod shells collected off Okinoshima
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 HA, Thuy Thi Nhu、前川 匠、高柳栄子、井龍 康文
2. 発表標題 三畳系田穂層の田穂川部層に記録された 上部オレネキアン階~下部アニシアン階にかけての安定炭素同位体比層序
3. 学会等名 日本古生物学会第 170 回例会
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Takayanagi, H., Tochigi, T., Asami, R., Shinjo, R., Itaki, T., Iryu, Y.
2 . 発表標題 Trace element concentrations of sub-tropical modern brachiopod <i>Basiliola lucida</i> collected off Okinawa-jima, Japan
3 . 学会等名 JpGU 2019
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nishio, T., Takayanagi, H., Asami, R., Shinjo, R., Yamamoto, K., Iryu, Y.
2 . 発表標題 Inter-specific variations in trace element concentrations of modern brachiopod shells collected from Otsuchi Bay, Japan
3 . 学会等名 JpGU 2019
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takayanagi, H., Wakaki, S., Ishikawa, T., and Iryu, Y.
2 . 発表標題 New insights into Quaternary paleoceanography in the eastern Indian Ocean
3 . 学会等名 The International Joint Graduate Program in Earth and Environmental Sciences, Tohoku University (GP-EES) and JSPS-DFG Japanese-German Graduate Externship for Research on Deep Earth Volatile Cycle (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nakamura, W., Oji, T., Hayashi, S., Ando, Y., Takayanagi, H., and Iryu, Y.
2 . 発表標題 Oxygen isotope ratio of fossil <i>Crenomytilus grayanus</i> from the lower Miocene Akeyo Formation of the Mizunami Group
3 . 学会等名 The 2019 Annual Meeting, The Palaeontological Society of Japan
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Brandolese, V., Takayanagi, H., Bassi, D., Ha, T. T. N., Iryu, Y., Posenato, R.
2. 発表標題 Sclerochronology and stable isotope records ( 180) of Lower Jurassic lithiotid bivalves from the Trento Platform (Southern Alps, Italy)
3. 学会等名 5th International Sclerochronology Conference ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oikawa, K., Takayanagi, H., Endo, K., Yoshida, M., Iryu, Y.
2. 発表標題 Intraspecific and gender variations in carbon and oxygen isotope composition of modern brachiopod shells collected off Okinoshima
3. 学会等名 The 169th Regular Meeting The Palaeontological Society of Japan
4. 発表年 2020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
研究分担者	井龍 康文  (Iryu Yasufumi)  (00250671)	東北大学・理学研究科・教授   (11301)	
研究分担者	横山 祐典  (Yokoyama Yusuke)  (10359648)	東京大学・大気海洋研究所・教授   (12601)	
研究分担者	若木 仁美  (Wakaki Hitomi)  (20817043)	高知大学・海洋コア総合研究センター・短期研究員   (16401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	石川 剛志  (Ishikawa Tsuyoshi)  (30270979)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・研究所長    (82706)	
研究分担者	板木 拓也  (Itaki Takuya)  (30509724)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究グループ長    (82626)	
研究分担者	若木 重行  (Wakaki Shigeyuki)  (50548188)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・研究員    (82706)	

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