

令和 6 年 10 月 2 日現在

機関番号：84501

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03609

研究課題名（和文）中期更新世初期の気候変動を探る 湖沼堆積物の高精度編年に基づく古環境総合解析

研究課題名（英文）Revealing the paleoclimate during the early middle Pleistocene by the high-resolution multi-proxy analyses of the paleo-lake sediments around Lake Biwa

研究代表者

加藤 茂弘（Kato, Shigehiro）

兵庫県立人と自然の博物館・その他部局等・研究員

研究者番号：50301809

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,600,000円

研究成果の概要（和文）：琵琶湖西岸の喜撰川に分布する古琵琶湖層群堅田層からKT1、KT2、KT3の3本のボーリングコアを採取した。テフラ分析により識別、対比した5層のテフラとコアに挟在する厚い砂礫層を鍵層としたコア間対比により、3本のコアで約87～70万年前をカバーする連続堆積物が得られた。古地磁気分析からはKT1コアの深度約35mとKT2コアの深度約55mにMB境界の上限を確認し、花粉分析からはその上位に最温暖期が確認された。MB境界の上限は酸素同位体層序のMIS19.2にあるため、この違いは、MIS19のピーク（MIS19.3）の認定において花粉分析に基づく気候層序と古地磁気層序の間にある年代的なずれを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近畿地方内陸部の代表的な第四紀層である古琵琶湖層群において、最新の地磁気逆転層準である松山 - プリュンヌ（MB）境界を確立し、MB境界における古地磁気変動の詳細を一部ではあるが示すことができた。MB境界においては、地磁気弱化による気候の冷涼化が大阪湾1700mコアを用いた研究で指摘されていた。本研究では、陸成層である古琵琶湖層群堅田層でもMB境界前後の気候変動に酸素同位体層序で示される地球規模の気候変動とのずれが確認され、中緯度地域の気候に対する地磁気変動の影響を支持する結果が得られた。これは、現在の地球温暖化に影響する要因の一つとして地磁気を評価する必要性を示すものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Three drilling cores (KT1, KT2 and KT3) were obtained from the Katada Formation of the Kobiwako Group distributed along the Kisen River along the west coast of Lake Biwa. Using the Kisen, B, Bi-I, Im-I and Im-II tephra identified in these cores by tephra analysis and the thick sand beds in the KT1 and KT2 cores as key markers, among-core correlations were completed to prove the temporally continuous sediments covering the 0.87 to 0.70 Ma in age. As for the core sediments, paleomagnetic analysis shows that the upper limit of the Matuyama-Brunhes (MB) boundary was inferred in the KT1 and KT2 cores at about 35-m and 55-m depths, respectively. However, pollen analysis clarified the warmest period just above the upper limit of the MB boundary, which is proven at MIS19.2 in the marine isotope stratigraphy. This difference suggests the delay in recognizing the peak of MIS19 (MIS19.3) in the climatostratigraphy based on pollen analysis compared to the magnetostratigraphy.

研究分野：自然地理学

キーワード：松山 - プリュンヌ境界 古地磁気層序 気候層序 テフラ分析 花粉分析 古琵琶湖層群堅田層 大阪層群 上総層群

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

前期更新世末～中期更新世初期は、中期更新世の気候遷移（MPT）期を含み、重要な古気候学的な意義を持つ。MPT 期には 4 万年周期から 10 万年周期の気候への転換が生じ、それには氷床規模の増大や大気 - 海洋 - 氷床間での二酸化炭素の交換が重要な役割を果たしたとされる。MPT 期はまた、最新の地磁気反転期である松山・ブリュンヌ（MB）境界を含む。MB 境界においては、地磁気強度の弱体化が宇宙線強度を増大させ、それにより増大した雲量が日射量を減少させて（日傘効果）気候が冷涼化したことや、それが 10 万年周期への転換に影響した可能性が指摘されている。しかし、気候の冷涼化は大阪湾北部で掘削された東灘 1700m コアから示されたのみであり、日本の他地域とりわけ内陸部において、MB 境界で同様の気候変動が生じたかどうかを検証する必要性があった。

近畿地方内陸部においては、約 45 万年前以降の時代をカバーする琵琶湖湖底堆積物の高精度分析から、気温の年較差や夏季・冬季降水量などの変動を示す古気候指標に基づいて 2 万年周期が卓越することが示されている。そして、アジアモンスーン強度の変動が比熱の差に起因する大陸 - 海洋間の温度傾度に制約されるため、その影響が強い気候指標は、年平均の日射量分布を左右する 10 万年周期が表れにくいという仮説が提案されていた。約 45 万年前以降は 10 万年周期の気候が確立した後の時代であり、その移行期にあたる MPT 期において地球規模の気候変動とアジアモンスーンの制約が、実際の気候変動にどのように表現されているかを明らかにすることは、興味深い課題であった。

一方、この時代の古環境変動を検討する際には、それを記録する大阪層群や古琵琶湖層群の堆積場や後背地となった近畿三角帯の地殻変動（六甲変動）と、それに伴う地形変化の検証も重要でされている。例えば、約 80 万年前までに暖温帯南部の植物群が絶滅し、冷温帯以北の植物群が出現する古植生変化の要因を、地球規模の寒冷化だけでなく、六甲変動により急峻な山地が成立したことに求める見解も提示されていた。琵琶湖周辺地域でも、約 100 万年前に堅田層の堆積が、約 45 万年前に現湖底堆積物の堆積が、それぞれ始まるなど、地殻変動に画期が認められている。したがって、花粉分析などから復元された気候変動の正しい解釈には、このような近畿三角帯の地殻変動や地形発達を理解を深めることも必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、近畿三角帯の地殻変動や地形発達を理解を深めつつ、1) 地球規模の気候変動とアジアモンスーンの制約が、前期更新世末～中期更新世初めの MPT 期の気候変動にどのように表現されているかを明らかにし、2) MB 境界において、磁気強度の弱体化に伴う気候の冷涼化が近畿三角帯の内陸部でも同様に生じたかを検証することを目的とする。

MPT 期の気候変動については、深海底コアや南極氷床コア、バイカル湖などの湖底堆積物、鍾乳石などの研究から、気候メカニズムやその要因を含めて新知見が次々と報告されている。しかし、この時代を対象として陸域で高時間分解能、高精度の気候変動を復元した研究は数少ない。日本列島ではアジアモンスーン変動が気候変動と密接に関係しており、そこでの古気候記録は、ヨーロッパや北米など氷床変動の影響が強い地域との比較を通して MPT 期の気候変動の特色を強調できるほか、偏西風などを媒介とした気候の広域リンクの有無とその性質を解明する鍵となる。最終間氷期以降（酸素同位体ステージ MIS1～5）の時代については 1990 年代以降に、ヤンガードリアスやハインリッヒ・イベントなどを対象に気候の広域リンクに関する研究が著しく進展したが、時間分解能の問題もあって、MPT 期における気候の広域リンクの証拠は得られていなかった。

2017 年には、房総半島の上総層群国本層から採取された MB 境界を含む定方位コア（TB2 コア）の十～百年スケールの高精度分析から、約 76～79 万年前の MIS19 に数百年周期の急激な気候や海洋の変動が生じており、それらが北大西洋の深海底コアから得られていた急激な古水温変動と時間的にリンクしている可能性を示した。陸域の堆積物から MPT 期の気候変動を詳細に分析する研究は、堆積年代や堆積速度、細粒層を主とする層相など堆積物の特徴に強く制約されるため、大阪層群、古琵琶湖層群、

上総層群という好適な地層を対象とする本研究は、この分野で多くの新知見を生みだすことが期待できる。さらに本研究は、内湾、湖沼、浅海底という異なる環境下の堆積物を広域テフラにより対比、編年するため、各地で示された気候変動の広域性や関連性を直接的に議論できるという独自性を持つ。

MB 境界における磁気強度の弱化に起因する気候の冷涼化は、東灘 1700m コアの分析から初めて地質学的に示された。気温や降水量の季節変動の復元からは、日傘効果が冷涼化の有効なメカニズムとして働いた可能性が指摘されている。このような地質学的な証拠は世界的に稀少であり、異なる堆積環境にある内陸の湖沼堆積物から同様な気候変動が明らかにされれば、冷涼化がより確実となり、日傘効果の重要性も強調される。冷涼化の検証と冷涼化メカニズムの解明は、磁気強度が弱まりつつある近未来の地球温暖化の予測や対策を進める際にも重要である。

近畿三角帯における鮮新世末以降の地殻変動は、日本列島周辺のプレート運動と密接に関係し、とりわけフィリピン海プレートの沈み込みと中央構造線活断層帯との関連で重要である。近畿三角帯における堆積盆地の移動と活断層運動の推移を明らかにしていくことから、MPT 期の気候変動だけでなく、測地的に認識された現在の「新潟 - 神戸歪集中帯」の地史的な意味とその将来について、新たな知見が得られることが期待される。

3 . 研究の方法

琵琶湖西岸に分布する堅田層の約 73 ~ 88 万前 (MIS18 ~ 22 に相当) の地層を対象として、定方位コアを含むオールコアをボーリング掘削により採取し、主に花粉分析に基づき千年スケールの気候復元を行う。とくに MB 境界を挟む約 77 ~ 79 万年前の層準では百 ~ 数百年スケールの気候復元を行う。気候復元の結果を天文 (地球軌道) 要素との関係から検討し、アジアモンスーン強度の変動を明らかにする。後者については、東灘 1700m コアや琵琶湖湖底堆積物の分析から降水量変動がアジアモンスーン強度の良い指標であると指摘されているため、とくに降水量の指標となる花粉要素に注目する。MB 境界における冷涼化は、百 ~ 数百年スケールの気候復元から検証する。

本研究で採取するコア堆積物は、広域テフラと MB 境界を鍵層として東灘 1700m コアや国本層 TB2 コアと対比できる。これにより冷涼化層準を、前者で明らかにされた磁気強度の弱化層準や後者で示された MIS19 の酸素同位体比変動と比較し、磁気強度の弱化と冷涼化の同時性を明らかにする。さらに、内湾と湖沼域という異なる環境下での冷涼化の現われ方について比較、検討する。また、MB 境界を含む中国の黄土高原や東ヨーロッパのレス堆積物の古地磁気変動を明らかにするとともに、粒度変化などの古気候指標の変動を明らかにし、MB 境界における古地磁気変動と古気候変動との関係を示すとともに大阪湾 1700m コアや堅田層コアとの比較を進める。

本研究ではコア堆積物の高精度な年代モデルの構築が重要である。年代モデルは、古地磁気測定とテフラ分析に基づき、広域テフラの噴出年代および MB 境界やそれに先行する短い正磁極イベントの年代を用いて作成する。年代モデルとコア堆積物の層相を考慮して数百 ~ 千年間隔で試料を採取し、花粉分析を進める。年代モデルの構築に広域テフラ (アズキ、バイオタイト (Bi-I), 国本層上部の Ku1 テフラに対比される今熊 テフラ) の高精度の噴出年代が必要なため、2 万年以下の誤差 (2σ) で年代が得られるジルコン U-Pb 年代測定を行う。これらのテフラは、酸素同位体比曲線上での位置を明らかにすることからも噴出年代を絞り込む。

堅田層のコア堆積物の層相変化や粒度変化に基づき、後背山地の傾斜増加などの断層隆起に起因する地形変化を推定する。また堅田丘陵周辺の地形・地質調査を行い、琵琶湖西岸における約 100 万年前以降の堆積場の移動に関する追加情報を得る。近畿三角帯北西の若狭湾沿岸では、中期更新世末に沈降域から隆起域に転換している可能性が高く、後背地の地形変化を考えるうえで参考になる。このため、海成段丘層などの中部更新統に挟在するテフラの検出と広域テフラとの対比を進め、海成段丘層中の貝化石の ESR 年代測定を試みる。

4. 研究成果

4-1. 古琵琶湖層群堅田層およびその採取コアのテフラ層序と対比・編年

琵琶湖西岸に分布する古琵琶湖層群堅田層において、喜撰テフラ (Kisen), B 火山灰 (B), バイオタイト テフラ (Bi-) の上位から新たに 2 層のテフラを発見し、下位から順に、大阪層群の今熊 テフラ (Im-) と今熊 テフラ (Im-) に対比した。これら 5 層のテフラの岩石記載的特徴や火山ガラスの主成分・微量成分の分析に基づいて、Kisen が大阪層群アズキテフラ (Azuki) に、B 火山灰が大阪層群狭山テフラ (Sayama) に、Im- が八甲田国本テフラ (Ku-1) に、それぞれ対比された。Bi- と Im- はジルコン結晶を用いた U-Pb 年代測定を行い、それぞれ 0.800 ± 0.009 Ma と 0.709 ± 0.014 Ma の年代値を得た。これらの結果により、堅田層、大阪湾 1700m コアおよび上総層群国本層の間で、MB 境界を含む約 87 ~ 70 万年前の地層をテフラ層序により直接対比することが可能となった (図 1)。

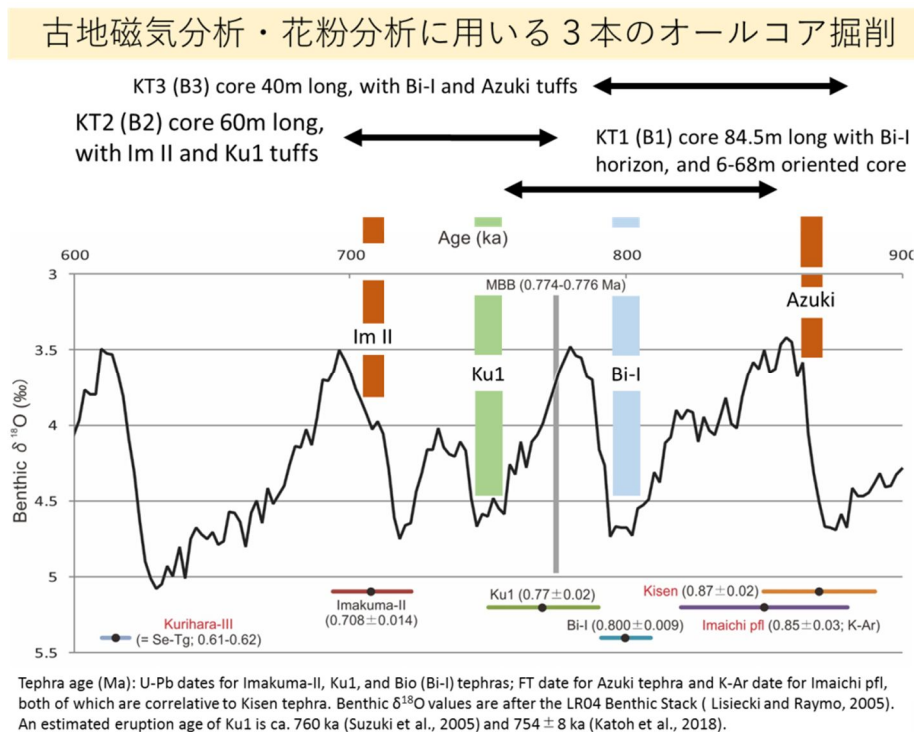


図 1 古琵琶湖層群堅田層に挟在する約 70 ~ 90 万年前のテフラと MB 境界、および 3 本の掘削コアの層序対比

喜撰川沿いでは MB 境界を含む層準を対象にオールコア掘削を行い、定方位コアを含むコア長 84.5m の KT1 コアと、コア長約 60m および約 40m のコア (KT2 コア・KT3 コア) を採取した。肉眼観察やテフラ分析および火山ガラス分析の結果から、KT3 コアで Kisen, B 火山灰, Bi- の 3 層のテフラを、KT2 コアで Im- と Im- の 2 層のテフラを識別、対比し、KT1 コアでは深度 63m に Bi- テフラ降灰層準を認定した。これらのテフラと KT1 コアと KT2 コアに挟在する厚い砂礫層を鍵層としたコア間対比により、3 本のコアで約 87 ~ 70 万年前をカバーする連続堆積物を得ることができた (図 1)。

4-2. 堅田層コアの古地磁気層序・気候層序とその比較

KT1 ~ KT3 コアでは約 1 ~ 2m 間隔以下で試料を採取し、古地磁気分析と花粉分析を進めた。KT1 コアの深度約 35m と KT2 コアの深度約 55m に MB 境界の上限を確認し、その直上では安定した正帯磁と相対的に強い地磁気強度が復元でき、従来の研究と一致する結果を得た。さらに KT1 コアでは Bi- の約 10m 上位に正帯磁層準が確認された (図 2)。花粉分析では Kisen 直上でアカガシ亜属花粉が産出する温暖期を見出し、MIS21 のピーク層準に対比できる。Bi- 直下から MB 境界上限に至る層準は針葉樹花粉

が卓越する寒冷な気候を示し，MIS20～MIS19 初期に対比される．Bi- 上位の正帯磁層準は MIS20 に対比される寒冷期に含まれ，Pre-cursor に対比される可能性が考えられる．MB 境界直上の相対的に強い地磁気強度が復元される層準は，明らかに MIS19 の温暖化のピークを含み，さらに上位層準では冷涼化が進む．MB 境界は海洋同位体層序において MIS19.2 付近に位置するとされることから，堅田層においても花粉分析に基づく気候層序と古地磁気層序の間に年代的なずれが生じていることが明らかになった．

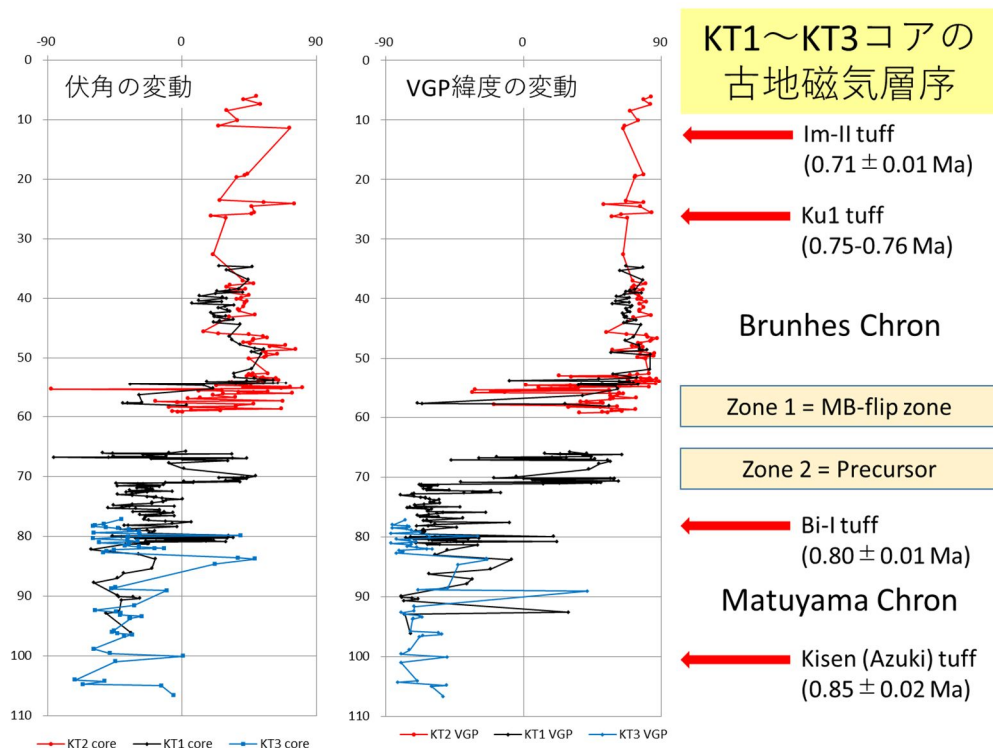


図2 KT1～KT3 コアから復元された古琵琶湖層群堅田層における約 87～70 万年前の古地磁気変動

MB 境界前後の古地磁気や古気候の変動を広域的に比較するため，中国の黄土高原や東ヨーロッパのレス堆積物の研究を進めた．黄土高原のレス堆積物では MB 境界において粒径が増大していたことから，冬季モンスーンの強化が確認され，地磁気弱化にともなう雲量の増加により日射量が減少する日傘効果の影響を反映している証拠と推定された．MB 境界における古地磁気変動とともに，水月湖湖底堆積物に記録されたラシャンブ・エクスカッションなどを例として，地磁気逆転の詳細構造やそのメカニズムに関する研究を進めた．

4-3．近畿地方北部の第四紀の地殻変動

花粉分析に基づく古気候変動の復元では，BM 境界以降の琵琶湖周辺山地，とくに湖北山地の地形変化を考慮する必要がある．このため琵琶湖から若狭湾にかけての湖北地域における中期更新世以降の地殻変動を検討した．琵琶湖の西岸から北岸域では，堅田層の層相や層厚の変化から約 40～50 万年前以降に断層運動が活発化したことが確認された．一方で，若狭湾東部の三方五湖低地では断層運動による沈降は 20 万年前以降に始まったと考えられた．丹後半島では最も発達の良い海成段丘の M1 面が MIS5e に形成されたことが，その海成層中の貝化石の ESR 年代測定によって明らかになった．本地域では M1 面の上位に 1 ないし 2 面の海成段丘が分布し，MIS7 以降に隆起運動が活発化したことが推定された．このような琵琶湖以北の近畿地方北部における地殻変動の開始期や平均変位速度を考慮すると，MB 境界前後において近畿地方北部の標高は全体として現在よりも 100～200m は高く，一方で琵琶湖の西側から北側の山地の標高は 500m 以上低かった可能性が高いと考えられる．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Tanaka, I., Marko, A., Okamura, Y., Hyodo, M., Strickson, E.C., Falkingham, P.L.	4. 巻 91
2. 論文標題 A re-analysis of Chibanian Pleistocene tracks from VERTESSZOLOS, Hungary, employing photogrammetry and 3D analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annales Societatis Geologorum Poloniae	6. 最初と最後の頁 75-83
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14241/asgp.2021.02	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 Bradak B., Ujvari G., Stevens T., Bogalo M.F., Gonzalez M.I., Hyodo M., Gomez C.	4. 巻 585
2. 論文標題 Potential drivers of disparity in early Middle Pleistocene interglacial climate response over Eurasia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 110719 ~ 110719
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.palaeo.2021.110719	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 Hyodo Masayuki, Banjo Kenta, Yang Tianshui, Katoh Shigehiro, Shi Meinan, Yasuda Yuki, Fukuda Jun-ichi, Miki Masako, Bradak Balazs	4. 巻 7
2. 論文標題 A centennial-resolution terrestrial climatostratigraphy and Matuyama-Brunhes transition record from a loess sequence in China	5. 発行年 2020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/s40645-020-00337-z	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 Ueno, Y., Hyodo, M., Yang, T. and Katoh, S.	4. 巻 9
2. 論文標題 Intensified East Asian winter monsoon during the last geomagnetic reversal transition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9389
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-45466-8	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10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hyodo, M., Nakagawa, T., Matsushita, H., Kitaba, I., Yamada, K., Tanabe, S., Bradak, B., McLean, D., Staff, R. A., Smith, V.C., Albert, P.G., Yamasaki, A., Kitagawa, J., Suigetsu 2014 Project Members
2. 発表標題 The Laschamp and a new post-Laschamp excursions repeating directional swings from Lake Suigetsu varved sediments
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兵頭政幸・中川毅・松下隼人・北場育子・山田圭太郎・ブラダックバラージュ・三木雅子・リチャードA.スタッフ・ダニエーレマクレアン・ヴィクトリアC.スミス・ポールG.アルバート・クリストファーブロンクラムゼイ・山崎彬輝・北川淳子・水月湖2014プロジェクトメンバー
2. 発表標題 水月湖年縞堆積物におけるラシャン地磁気エクスカージョンの発見とその年代学的，層序学的意義
3. 学会等名 日本第四紀学会2021年大阪大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兵頭政幸・中川毅・松下隼人・北場育子・山田圭太郎・ブラダックバラージュ・三木雅子・リチャードA.スタッフ・ダニエーレマクレアン・ヴィクトリアC.スミス・ポールG.アルバート・クリストファーブロンクラムゼイ・山崎彬輝・北川淳子・水月湖2014プロジェクトメンバー
2. 発表標題 双子のラシャン地磁気エクスカージョン 非軸双極子磁場の間欠的な卓越
3. 学会等名 令和3年度高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究成果発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兵頭政幸・番匠健太・楊 天水・加藤茂弘・時 美楠・安田裕紀・福田惇一・三木雅子・ブラダックバラージュ
2. 発表標題 Centennial-resolution terrestrial climatostratigraphy and Matuyama-Brunhes transition from a loess sequence in China
3. 学会等名 2020年度地球惑星連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 兵頭政幸・ブラダックバラージュ・加藤茂弘・楊天水
2. 発表標題 Matuyama-Brunhes地磁気逆転 海成層，陸成層の高解像度磁気・気候層序対比
3. 学会等名 日本第四紀学会2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 兵頭政幸・番匠健太・Yang, T.S.・加藤茂弘・Shi, M.・安田裕紀・福田惇一・三木雅子・ブラダックバラージュ
2. 発表標題 中国レスの詳細なMatuyama-Brunhes地磁気逆転記録
3. 学会等名 高知大学海洋コア総合研究センター研究成果発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katoh, S., Hyodo, M., Kitaba, I., Nakagawa, T., Yamada, K., Ishimura, D., Hirose, K., Danhara, T., Iwano, H., Sakata, S. and Hirata, T.
2. 発表標題 Paleoclimatic records during the Early-Middle Pleistocene Transition from the Katata Formation west of Lake Biwa, southwest Japan
3. 学会等名 International Quaternary Association 2019 Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兵頭政幸・上野友輔・楊 天水・加藤茂弘
2. 発表標題 下層雲の日傘効果の気候への影響 最後の地磁気逆転期を利用した検証
3. 学会等名 日本第四紀学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤茂弘・生野賢司・藤原泰誠・郷津知太郎・小畑直也・菊池直樹
2. 発表標題 兵庫県北部，豊岡市畑上の海成上部更新統の貝化石のESR年代
3. 学会等名 日本第四紀学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤茂弘・檀原 徹・岩野英樹・平田岳史・兵頭政幸・北場育子・廣瀬孝太郎
2. 発表標題 上総層群の0n-BykテフラとHkd-KuテフラのLA-ICP-MS法によるジルコンU-Pb年代と天文学的噴出年代
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018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	兵頭 政幸 (Hyodo Masayuki) (60183919)	神戸大学・内海域環境教育研究センター・名誉教授 (14501)	
研究分担者	北場 育子 (Kitaba Ikuko) (60631710)	立命館大学・総合科学技術研究機構・准教授 (34315)	
研究分担者	石村 大輔 (Ishimura Daisuke) (00736225)	東京都立大学・都市環境科学研究科・助教 (22604)	

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	廣瀬 孝太郎 (Hirose Kotaro) (60596427)	兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授 (24506)	

	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	中川 毅 (Nakagawa Takeshi)		
研究協力者	山田圭太郎 (Yamada Keitaro)		
研究協力者	生野賢司 (Ikuno Kenji)		

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