

令和 4 年 6 月 19 日現在

機関番号：84202

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12316

研究課題名（和文）東シナ海の花粉分析からみる40万年間の植生の温暖化応答と海流・モンスーンとの因果

研究課題名（英文）Vegetation-ocean-atmosphere linkages during the last 400 ka based on a pollen record from the IODP site U1429 in the East China Sea

研究代表者

林 竜馬（Hayashi, Ryoma）

滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・主任学芸員

研究者番号：60636067

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、海流とモンスーン変動を鋭敏に記録している東シナ海および日本海で採取された海洋コアの花粉分析に基づき、過去5回の氷期-間氷期変動における植生の温暖化応答を解明した。国際深海科学掘削計画（IODP）Exp. 346で採取された40万年間におよぶ東シナ海U1429コアについて、花粉分析を実施した。さらに、植生と海流・モンスーン変動との因果関係を解明するため、鳥取沖で採取されたIODP Exp. 346 U1427コアの花粉分析と日本海変動プロキシデータの比較研究を進め、因果解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

将来の温暖化による植生影響を予測するためには、植生と大気・海洋システムとの因果関係の把握が必要である。本研究では、過去の氷期-間氷期変動における多様な温暖気候化における植生の応答を解明し、植生と海流・モンスーンとの因果関係を把握することができた。過去の温暖期におきた環境変遷の解析をとおして、将来の温暖化による日本の植生への影響について正確な予測に貢献する知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：This study examined the vegetation response to climate changes related to the East Asian monsoon and ocean currents during the glacial-interglacial cycles since the last 400 ka based on a new pollen record from Integrated Ocean Drilling Program Site U1429, situated in the East China Sea. Additionally, direct comparisons and causal inferences between the pollen record and other oceanographic proxies from IODP Site 1427, situated off the northern coast of the Honshu Island in western Japan, demonstrate the orbital-scale vegetation changes in this area and their land-ocean-atmosphere linkages during the last 550 ka.

研究分野：古生態学 森林動態 花粉分析

キーワード：環境変動 古生態 森林動態 花粉分析 因果推論 モンスーン変動 海洋変動 東シナ海

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

将来の気候温暖化によって、日本のブナ林や亜高山帯林の分布域が変化することが予測され、今後の生物多様性の維持や陸上環境の変化に影響を及ぼすことが危惧されている。

しかし、これまでに申請者が実施してきた、湖沼や海洋堆積物の中に含まれる花粉化石(花粉分析)に基づく研究成果から、過去の氷期-間氷期変動においては海流やモンスーンシステムの状態によって、日本の植生の温暖化に対する応答が異なっていたことが明らかになってきた(Hayashi et al. 2017)。例えば、約12万年前の最終間氷期には、現在よりも温暖であったとされる時期に、冷温帯のブナが優勢な植生が、現在の暖温帯地域まで南下していた(Hayashi et al. 2017)。これは、対馬暖流の流入と強い冬季モンスーンによる降雪の影響等が原因となり、温暖化に対して植生が複雑な非線形の応答を示したものと考えられる。

今後の温暖化は、海水準の上昇だけでなく、モンスーンシステムの変化も引き起こす可能性が指摘されている。そのため、将来の温暖化にともなって大気・海洋システムが変化することも考慮した上で、日本の植生への影響を正確に予測するためには、①過去の氷期-間氷期変動における多様な温暖気候化での植生の応答を解明し、②植生と海流・モンスーンとの因果関係を把握することが求められる。

2013年に国際深海科学掘削計画(IODP)で採取された日本近海の海洋堆積物(Tada et al. 2018)については、過去5回の氷期-間氷期変動をふくむ、約40万年間の暖流変動やモンスーン変動に関する様々な古環境プロキシの研究成果が公表されてきている。特に、日本周辺の暖流やモンスーンによる降水流入の影響を強く受ける東シナ海では、過去の海流とモンスーン変動がその堆積物の中に鋭敏に記録されていることが示されている(Clemens et al. 2018)。申請者は、過去の日本の植生と海流・モンスーン変動との対応関係を明らかにする上で、近海の海洋コアを用いた花粉分析を行い、同一堆積物で実施された大気・海洋の古環境プロキシデータと直接対比することが有効であることを示してきた(林 科研費若手(B): H25-28)。そのため、東シナ海の堆積物を用いて花粉分析を実施することにより、40万年間の植生と大気・海洋システムとの対応関係の解明が期待できる。

また、近年になって生態学の分野で提唱された、Convergent Cross Mapping (CCM) と呼ばれる非線形動態理論に基づく新しい因果推論手法(Sugihara et al. 2012)により、時系列データ間の因果関係を解析する研究が進展してきている。このCCMによる因果推論は、古環境プロキシの時系列データにも応用されている。日本周辺の海洋コアに記録された過去の植生と海流・モンスーン変動の時系列データについても、CCMによる新たな手法での因果関係の解析が可能になってきた。

2. 研究の目的

本研究では、過去の海流とモンスーン変動が鋭敏に記録されている、東シナ海の IODP EXP.346 の海洋堆積物を用いて40万年間の花粉分析を実施し、過去5回の氷期-間氷期変動における日本の植生の温暖化応答を解明した(目的①)。さらに、花粉分析と大気・海洋変動の古環境プロキシの時系列データ間について、新手法 Convergent Cross Mapping (CCM) を用いた因果解析を行い、温暖期の植生と海流・モンスーンとの因果関係を把握する(目的②)ことを目的とした。

3. 研究の方法

① 過去40万年間の植生の温暖化応答の解明

①-1) 東シナ海堆積物の花粉分析

IODP Exp. 346で採取された40万年間におよぶ東シナ海U1429コアについて、サンプルリクエストを行い、5000年間隔で花粉分析を実施した。特に、温暖期の層準については高時間解像度で花粉分析を行い、温暖期の植生変動について時間分解能の高い復元を行った。

①-2) 海洋堆積物と陸上堆積物の花粉分析の比較

海洋堆積物の花粉組成は、堆積当時の海流やモンスーンの影響により、陸上の植生変化を正確に反映していない可能性がある。そのため、東シナ海や日本海における堆積物の花粉組成が反映している植生範囲を推定するために、同時期の陸上堆積物が存在している琵琶湖を対象に表層堆積物を用いた追加の花粉分析や既往研究成果との対比を実施した。

①-3) 定量的な植生量推定のための花粉生産量調査

堆積物中の花粉組成は、花粉分類群毎の花生産量と飛散性の違いに強く影響を受けているため、実際の植生量を定量的に示していない。しかし、近年になって、分類群毎の花生産

量と飛散性を考慮した花粉飛散堆積モデルに基づく定量的な植生量復元手法が開発され、世界的に応用が進められている。そこで、海洋堆積物や琵琶湖堆積物の花粉組成に基づく、定量的な植生量推定を検討するため、日本における主要な分類群の花粉生産量の研究成果の収集を進めるとともに、寒冷期に優占する亜高山帯針葉樹の花粉生産量調査を実施した。

② 植生と海流・モンスーンの因果関係の推定

②-1) 海洋堆積物の花粉変遷と海流・モンスーンプロキシデータとの比較

海洋堆積物の花粉分析結果について、同一堆積物で実施されている海流やモンスーン変動のプロキシデータとの比較を実施した。当初は、東シナ海で採取された IODP Exp. 346 U1429 コアを用いた有孔虫の酸素同位体や Ma/Ca 比をはじめとした、過去 40 万年間の暖流変動やモンスーン変動に関する古環境プロキシデータについて調査を行い、本研究課題で取り組む花粉分析成果と同一堆積物間での直接対比を実施する計画であった。しかし、本堆積物に含まれる花粉含有量が非常に少なく、花粉組成自体が海流やモンスーン変動に強く影響を受けていることが示唆されたため、本研究では比較対象を鳥取沖で採取された IODP Exp. 346 U1427 コアとした。

②-2) CCM を用いた植生と海流・モンスーンの因果関係の推定

②-1 で海流・モンスーンプロキシデータとの比較を実施した、日本海 U1427 コアの約 55 万年間の花粉分析データについて、時系列データ間の Convergent Cross Mapping (CCM) 解析 (Sugihara et al. 2012) を実施し、日本の植生と海流・モンスーン変動間の因果推論を行った。CCM による解析は、R の rEDM パッケージを用いて実施した。

4. 研究成果

①-1) 東シナ海堆積物の花粉分析

IODP Exp. 346 で採取された 40 万年間におよぶ東シナ海 U1429 コアについて、約 5000 年間で花粉分析を実施した結果、東シナ海の本調査地点においては堆積物中の花粉含有量が全体を通して少ないことが明らかになった。堆積物中の花粉含有量は、琵琶湖をはじめとした陸上堆積物と比較して顕著に少なかった。また、陸域に近い鳥取沖の日本海堆積物 U1427 コアと比較しても、その花粉含有量は少なかった。このことは、東シナ海 U1429 コアの花粉組成が、陸域の植生の変動だけでなく、堆積当時の海流やモンスーン変動をはじめとした大気環境の状態によって、強く影響を受けていることを示唆する。

東シナ海 U1429 コアの花粉組成は、寒冷期に相当する層準においてはトウヒ属やモミ属、ツガ属などのマツ科針葉樹花粉が比較的多く検出された。一方で、温暖期に相当する層準においては、コナラ亜属やブナ属、クマシデ属などの落葉広葉樹花粉が検出され、少量ながら常緑のアカガシ亜属花粉も認められた。また、スギ属花粉が多く検出される層準も周期的に認められ、それらの層準においては、その花粉含有量も比較的多い場合もあった。さらに、全層準をとおして、マツ属花粉が比較的多く検出され、海岸周辺や低海水準期における大陸棚周辺でのクロマツの優勢、もしくは海流による運搬堆積過程の中で多くのマツ属花粉が選択的に堆積した可能性が考えられる。

東シナ海 U1429 コアの花粉分析結果は、陸上堆積物と比較して花粉含有量が顕著に小さいことから、陸上の植生状況だけでなく、海流や大気環境の影響を強く反映していることが明らかになった。このことは、本堆積物の花粉分析結果のみから、陸上の植生を復元することや、他のプロキシデータとの対比から海流やモンスーン変動に対する植生の応答関係を解明することが困難であることを示している。しかしながら、陸上の植生変化について他地点の堆積物の花粉分析結果から推定することが可能であれば、U1429 コアの花粉分析結果から堆積当時の海流やモンスーン、周辺の堆積環境の状況を推定できる可能性もある。

①-2) 海洋堆積物と陸上堆積物の花粉分析の比較

東シナ海や日本海における堆積物の花粉組成が反映している植生範囲を推定するために、同時期の陸上堆積物が存在している琵琶湖を対象に表層堆積物を用いた追加の花粉分析を実施した。本研究では、2018 年に大津市苗鹿沖合の水深 4.7 m で採取したコア長 44 cm の堆積物試料 (SLB18-1) を分析に用いた。SLB18-1 コアについて、²¹⁰Pb 法と ¹³⁷Cs 法に基づき、堆積物の年代モデルを推定した。花粉分析は、2-4 cm おきに 15 サンプルを分析に供した。

SLB18-1 コアの花粉分析の結果、堆積物下部の 1900 年以前の層準においては、マツ属複雑管束亜属花粉が 30% 程度で優勢であり、イネ科やヨモギ属をはじめとした草本花粉も比較的高率で出現した。しかし、この時期の年間花粉堆積量はマツ属複雑管束亜属も含めて少なく、琵琶湖南湖の周辺は植生量の乏しいアカマツ二次林や草山、はげ山が広がっていたことを示唆している。1900-1980 年頃の層準では、マツ属複雑管束亜属花粉や草本花粉の出現率が減少傾向を見せ、スギ花粉が優勢となり、1980 年以降には、スギ花粉が 60% を超える高率で出現する。このスギ花粉の増加は、琵琶湖北湖における同時期の花粉分析結果と同様の傾向を示しており、近代および戦後のスギ人工林の拡大を反映していると考えられる。この結果は、海洋堆積物の花粉組成と

陸域植生の対応関係を把握するための重要な基礎情報となるものである。

さらに、Miyoshi et al. (1999)による琵琶湖堆積物の過去 43 万年間の花粉分析結果について、鳥取沖 U1427 コアの花粉末組成と比較を行った。両堆積物の比較は、共通する火山灰層の対比に基づいて実施した。比較の結果、両堆積物の花粉分析結果は共通した変動パターンを示しており、日射量変動に伴う植生変遷が共通して認められていた (Hayashi et al. 2021)。このことは、鳥取沖 U1427 コアの花粉末組成は西日本における陸上植生の変化を明確に記録しており、海流やモンスーン変動プロキシとの比較を行うことで、気候システムの変動に対する植生の応答関係を解明できることを示している。

①-3) 定量的な植生量推定のための花粉生産量調査

花粉化石が反映している定量的な植生量復元のための基礎資料として、主要林分における花粉生産量に関する既往研究の成果を、齋藤編 (2012) を中心に収集して整理し、主要花粉分類群の花粉末生産量の集成を実施した。その結果、日本の温帯性樹種およびイネ科草本の花粉末生産量は、およそ $1\sim 60 [10^{12} \text{ grains}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}]$ であった。この推定値は、ヨーロッパでの花粉飛散堆積モデルを基にした別手法による花粉生産量と類似した値であり、日本における花粉生産量推定の結果が妥当なものであることを示している。しかし、イネ科草本の花粉末生産量を基数とした早退花粉生産量の値は、ヨーロッパや中国における別手法による推定値と比べて、全体的に値が小さいものであった。今後、花粉生産量を基にした定量的な植生量推定を実施する際には、各地域における花粉生産量の推定値や花粉飛散堆積モデルの選定等、さらなる検討が必要である。この成果については、総説論文として国際誌上に公開を行った (Hayashi et al. 2022)。

また、既往研究では実施されていなかった寒冷期に優占する亜高山帯針葉樹の花粉末生産量を推定するために、八ヶ岳周辺および北海道において亜高山帯針葉樹林の森林調査と花粉生産量の調査を継続的に実施した。

②-1) 海洋堆積物の花粉変遷と海流・モンスーンプロキシデータとの比較

鳥取沖において 2013 年の IODP Exp. 346 で採取された U1427 堆積物について花粉分析を実施し、同一堆積物を用いた古海洋変動指標と対比を行なった結果、過去 55 万年間の植生-日本海環境の関係性が明らかになった (Hayashi et al. 2021) (図 1)。氷期には、海水温の低下が推定される日本海の低塩分 (淡水化) イベントが発生しており、極端な乾燥化をとともなう大陸的な気候条件下において西日本では冷温帯～亜寒帯性のマツ科針葉樹が優占する森林が広がったことが示唆された。一方で、氷期の終わりになって、日本海の淡水化が終了して断続的な暖流流入が認められるようになると、ブナを含む温帯性落葉広葉樹が急激に拡大した。氷期-間氷期変動にとともなって日本海環境も大きく変化することにより、日本列島では海洋性気候と大陸的気候との間でパラダイムシフトがおこり、森林生態系も大きく影響を受けてきたことが示唆される。

また、間氷期から氷期に向かう移行時期においては、温帯性落葉広葉樹と冷温帯～亜寒帯性針葉樹の割合 (T_p) が夏の日射量変動と同調して変化し、一方で降水量の増加を示唆するスギは冬の日射量変動と同調した変化を示した。日射量変動と同調した植生の周期的な変動は、東アジアモンスーン変動に起因する気温と降水量の季節パターン変動を反映していると考えられる。年間をとおして冷涼湿潤な季節較差の少ない気候環境においてスギが優勢な森林植生が成立し、冬季に寒冷・乾燥気候となる季節較差が大きい時期に落葉広葉樹林が優勢となっていたと考えられる。このような日射量変動と同調したスギと落葉広葉樹の変動は、約 35 万年前以降に顕著化しており、この時期に東アジアモンスーン変動の周期性が変化したことを示唆している。

②-2) CCM を用いた植生と海流・モンスーンの因果関係の推定

過去 45 万年間の IODP Exp. 346 U1427 堆積物の花粉分析データと主要な日本海環境変動データを対象に、非線形構造をもつ時系列データに適用可能な因果推論手法である Convergent cross mapping (CCM) (Sugihara et al. 2012) による解析を行った。

本研究では、植生変動データとして U1427 堆積物のブナ属・温帯広葉樹・スギ・冷温帯～亜寒帯針葉樹の花粉末化石割合、日本海環境変動データとして淡水化と同調すると考えられる堆積物 b^* 値 (Sagawa et al. 2018)、対馬暖流を指標する放散虫暖流種 (Itaki et al. 2018) の時系列データをそれぞれ用いた。

CCM による解析の結果、気候-植生要素間において、ブナでは暖流変動との因果関係が認められた。また、一方で、冷温帯～亜寒帯針葉樹については、暖流変動との関係性はなく、淡水化との因果関係が示された。このことは、日本海環境の極端な変化が、ブナや亜寒帯性の樹木の分布拡大に影響を及ぼしてきたことを支持する。さらに、植生間の因果関係として、ブナ属から温帯広葉樹、温帯広葉樹からスギ、温帯広葉樹から冷温帯～亜寒帯針葉樹への因果関係がそれぞれ認められ、樹木間での複雑な関係性が示唆される結果となった。

これらの結果は、気候変動だけでなく樹木群間の相互作用の影響も受けて、日本の森林植生が氷期-間氷期変動の中で移り変わってきたことを示唆している。このような気候-植生、植生-植生の間での因果関係や相互作用は、現在の琵琶湖周辺における森林生態系の成立と維持過程に大きな影響を及ぼしてきたと考えられ、温暖化地球における日本の森林変化を予測する上でも重要である。

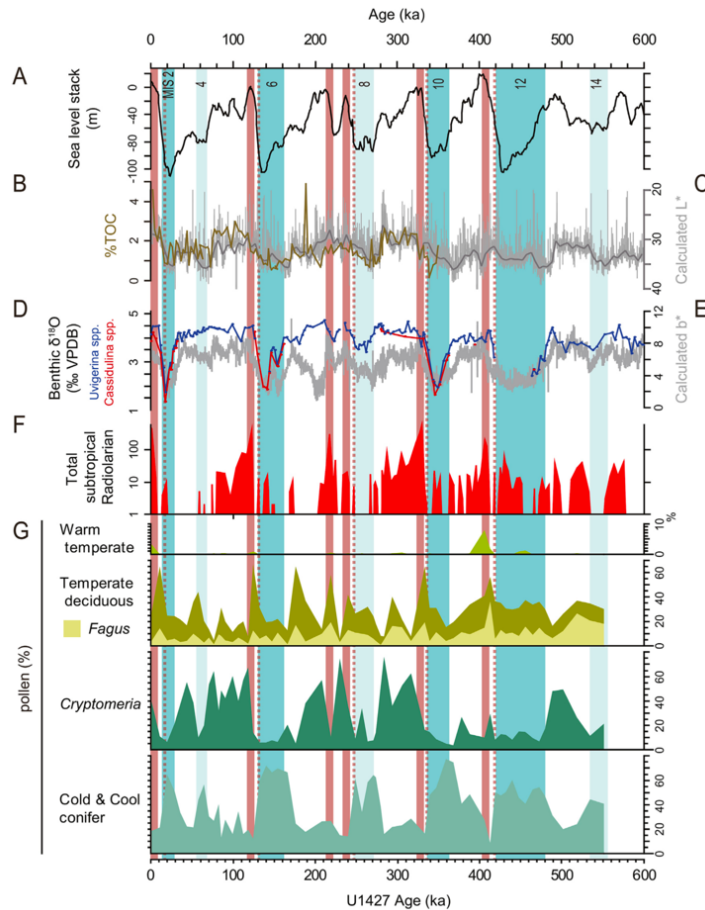


図1. 鳥取沖 IODP Exp. 346 U1427 堆積物の花粉分析結果と、同一堆積物を用いた古海洋変動指標との対比 (Hayashi et al. 2021).

A) Sea level stack (Spratt and Lisiecki, 2016). B) TOC values (Black et al., 2018). C) Sediment color L* variation (Irinio et al., 2018). Thin gray lines show 5000-year moving averages for the L* values. D) U1427 benthic foraminiferal $\delta^{18}O$ values. E) Sediment color b* variation (Sagawa et al., 2018). F) Abundance of radiolarian TWC taxa (Itaki et al., 2018). G) Percentages of tree pollen.

<引用文献>

- Clemens, S.C. et al. (2018) Precession-band variance missing from East Asian monsoon runoff. *Nature Communications* 9, 3364.
- Hayashi, R. et al. (2022) Estimation of absolute pollen productivity based on the flower counting approach: A review. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.04.015>.
- Hayashi, R. et al. (2021) Orbital-scale vegetation-ocean-atmosphere linkages in western Japan during the last 550 ka based on a pollen record from the IODP site U1427 in the Japan Sea. *Quaternary Science Reviews* 267, 107103.
- Hayashi, R. et al. (2017) Vegetation and endemic tree response to orbital-scale climate changes in the Japanese archipelago during the last glacial-interglacial cycle based on pollen records from Lake Biwa, western Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 241 85-97.
- Itaki, T. et al. (2018) Data report: Pleistocene radiolarian biostratigraphy, IODP expedition 346 site U1427. In: Tada, R., Murray, R.W., Alvarez Zarikian, C.A., the (Eds.), Expedition 346 Scientists, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, vol. 346. Integrated Ocean Drilling Program), College Station, TX. <https://doi.org/10.2204/iodp.proc.346.202.2018>.
- Miyoshi, N. et al. (1999) Palynology of a 250-m core from Lake Biwa: a 430,000-year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 104, 267e283.
- Sagawa, T. et al. (2018) Integrated tephrostratigraphy and stable isotope stratigraphy in the Japan Sea and East China sea using IODP sites U1426, U1427, and U1429, expedition 346 Asian monsoon. *Progress in Earth and Planetary Science* 5, 18.
- 齋藤秀樹編 (2012) 森林の花粉生産と種子繁殖への乾物投資-物質生産と有性繁殖に関する研究と資料-. 伊藤印刷(株)出版部.
- Sugihara, G. et al. (2012) Detecting causality in complex ecosystems. *Science* 338, 496-500.
- Tada, R. et al. (2018) High-resolution and high-precision correlation of dark and light layers in the Quaternary hemipelagic sediments of the Japan Sea recovered during IODP Expedition 346. *Progr. Earth Planet Sci.* 5, 19.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hayashi Ryoma, Sagawa Takuya, Irino Tomohisa, Tada Ryuji	4. 巻 267
2. 論文標題 Orbital-scale vegetation-ocean-atmosphere linkages in western Japan during the last 550 ka based on a pollen record from the IODP site U1427 in the Japan Sea	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quaternary Science Reviews	6. 最初と最後の頁 107103 ~ 107103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quascirev.2021.107103	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 Inoue Jun, Okuyama Chikako, Hayashi Ryoma, Inouchi Yoshio	4. 巻 36
2. 論文標題 Postglacial anthropogenic fires related to cultural changes in central Japan, inferred from sedimentary charcoal records spanning glacial?interglacial cycles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Quaternary Science	6. 最初と最後の頁 628 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jqs.3308	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 林 竜馬	4. 巻 特別号 第5号
2. 論文標題 琵琶湖とその生物相の形成に関連した研究史ならびにその文献資料について 2花粉	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化石研究会会誌	6. 最初と最後の頁 9~13
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 林 竜馬、和田 周、佐々木尚子、竹田勝博	4. 巻 65
2. 論文標題 滋賀県西の湖におけるヨシ群落の花粉生産量-イネ科草本群落の相対的花粉生産量推定に向けて-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本花粉学会会誌	6. 最初と最後の頁 11-20
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 林 竜馬・里口保文・芳賀裕樹・鈴木隆仁・関宰・加三千宣
2. 発表標題 湖沼近過去調査法による琵琶湖南湖における過去 150 年間の集水域・水草植生の復元
3. 学会等名 第36回日本植生史学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 竜馬
2. 発表標題 植生-日本海環境変動の関係性解明に向けた因果推論
3. 学会等名 琵琶湖博物館研究セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryoma Hayashi, Naoko Sasaki, Hikaru Takahara, Shinya Sugita
2. 発表標題 Estimation of absolute pollen productivity based on flower counting approach and its application for REVEALS-based reconstruction of regional vegetation around Lake Biwa, Japan
3. 学会等名 PAGES LC6k Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryoma Hayashi, Takuya Sagawa, Tomohisa Irino, Ryuji Tada
2. 発表標題 Orbital-scale vegetation-ocean linkages in western Japan during the last 500,000 years based on a new pollen record from the Japan Sea
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

林竜馬のホームページ
<https://sites.google.com/view/ryomahayashi>

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		
その他の国・地域	International Ocean Discovery Program		