

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05695

研究課題名（和文）琵琶湖における珪藻の大型化とその背景となった湖水深変動の解明

研究課題名（英文）Investigations of causal relationship of lake deepening to increase in diatom cell size

研究代表者

齋藤 めぐみ (Megumi, Saito-Kato)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号：40455423

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：約13万から12万年前に琵琶湖で起こったスズキケイソウの大型化と地球化学的な指標から推定される湖水深の増大に同時性は認められなかった。一方で、スズキケイソウの個体サイズ分布は万年あるいは千年オーダーの周期で変化することが明らかになり、過去4万年間においては氷期・間氷期サイクルと同調して変化し、スズキケイソウや全珪藻の生産量との関連性が指摘された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

半世紀ものあいだ琵琶湖ボーリングコアを用いた研究が続けられているが、湖内に生息・生育する生物にとって重要な琵琶湖そのものの湖沼学的なパラメータ（例えば、水深、水温、栄養塩濃度など）の変化は十分に明らかにされたとは言いがたい。本研究では過去の水深変化を地球化学的手法で推定することを試みたが、珪藻の大型化とのあいだに単純な関係性は認められなかった。珪藻などのプランクトンにとっては、水深よりむしろ温度躍層の存続期間やその水深が重要な意味を持つことも指摘され、このような湖沼学的なパラメータを過去にさかのぼって明らかにする手法の開発の重要性が再認識された。

研究成果の概要（英文）：Increase in maximum cell size in *Praestephanos suzukii* estimated to have occurred in ca. 130-120 ka. Any synchronous changes in lake deepening inferred by a geochemical proxy, As content in Iron hydroxides. Size distribution of *P. suzukii* has varied in the order of 10,000 or 1,000 years, synchronous with glacial-interglacial cycles during the last 40 ka. Increases of larger cells related to estimated low productivities of *P. suzukii* and total diatoms in cold phases during the last glacial period, whereas decreases of larger cells to high productivities during Holocene.

研究分野：微古生物学

キーワード：琵琶湖 珪藻 個体サイズ 湖水深 地球化学分析 第四紀 氷期間氷期サイクル

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

琵琶湖は、我が国最大かつ最古の歴史をもつ湖であり、そこに貝類や魚類など 60 種あまりの固有種が息づく。分子系統学的手法により多くの固有種の系統関係からその起源が明らかにされ、次なる課題は明確な時間軸のうえで進化の歴史を明らかにすることである。

申請者らは、連続的な化石記録が得られる珪藻を研究対象に、この課題に挑んできた。琵琶湖では 1970 年代より、長さ 200m ものボーリングコアが掘削されてきた。申請者らは、国立科学博物館に保管されていたボーリングコア(切り分けられた堆積物試料)に含まれる珪藻化石(229 層準、総計 10748 個体)の形態を定量的に明らかにして、その経時的な変化から琵琶湖に固有種として生育する珪藻種(*S. suzukii*、通称:スズキケイソウ)の形態学的な進化の歴史を明らかにした。その成果は、2015 年に国際誌に出版された。その概要は、スズキケイソウの起源は、汎世界的に分布する種(*S. vestibulis*=V ケイソウ)であり、およそ 20 万年前には琵琶湖固有の形態をもつ種が出現し、段階的に形態の変化(すなわち化石においては種分化)を重ねてスズキケイソウに至ることである。このように進化の過程が明らかにされた次の段階として、進化の背景となる琵琶湖の地史や気候変動との関係を解明することが重要な課題として認識される。

2. 研究の目的

このスズキケイソウの進化史における最後の形態変化は、約 12 万年前に起こった最大個体サイズの増大である。本研究では、この変化に対して湖水深の変化および水温躍層の発達の影響を与えたことを検証する。地球化学分析によって得られた過去の水深変化とスズキケイソウの最大個体サイズの増大のタイミングが一致するかどうかを、より直接的な対比と時間分解能を上げることにより明らかにする。

3. 研究の方法

スズキケイソウの最大個体サイズが増大するタイミングをより精密に明らかにするために、沿岸部で採取されて堆積速度が大きい BIW08 コアを用いて殻サイズの測定を行なう。国立科学博物館に保管されている 1970 年代に得られた堆積物は、25cm ごとにボーリングコアの一部を採取したものであるが、BIW08 コアにおいては連続的に珪藻分析用に約 8700 試料が得られている。全てを分析した場合の時間分解能は約 30 年である。これらの試料すべてから珪藻分析のためのプレパラートを作製した。

水深の指標としての可能性が指摘されている鉄の水酸化物に吸着しているヒ素の含有量を測定した。申請者らがスズキケイソウの進化史を明らかにしたのと同じ試料(国立科学博物館に保管されている堆積物標本)より一部を分取し、北海道大学・地球環境研究科において、堆積物試料の前処理を行ない、ICP 発光分光分析装置(ICP-MS)で測定した。試料は総計 707 試料であり、時間分解能は 420 年程度である。

4. 研究成果

珪藻分析では、作製したプレパラートの一部を観察することによって、スズキケイソウの大型化が掘削震度 31m から 32m に認められ、その年代は 13 万年前から 12 万年前を推測されるものの、この年代値の確からしさと精度を高めることは容易ではないことが明らかになった。その理由の一つは、大型化以降の大型個体の相対的な産出頻度は一定ではなく、万年あるいは千年オーダーの周期で変動していると推定される。そのため、大型化の開始や終了を単純には定義できないと考えられる。

そこで、スズキケイソウの大型個体の産出頻度の増減について、その環境要因との関係性を詳しく検討するために、放射性炭素年代が適用できる過去 4 万年間のボーリングコア BIW95-4 を用いることとした。その結果、スズキケイソウは最終氷期において大型個体が多く、逆に完新世には小型個体が多いことが明らかになった。堆積物中の殻濃度によれば、スズキケイソウを含む珪藻生産量は最終氷期には小さく、完新世には大きく、完新世中期に最大となった後に現在へ向かって徐々に減少する傾向が認められた。スズキケイソウの殻サイズ分布は、碎屑物による希釈の影響を受けないために、堆積速度に誤差が大きい層準における珪藻殻濃度では推定が不確かな場合などに有効な珪藻生産量のプロキシであると指摘された。これらの検討結果は、国立科学博物館研究報告 C 類に論文として発表された。

地球化学分析の結果からは、鉄の水酸化物に吸着しているヒ素の含有量は約 35 万年前から約 25 万年前にかけて徐々に増大したことが推測された。これは、スズキケイソウの大型化が起こるよりも前で、スズキケイソウの直接的な祖先が化石として出現する時期に近い。琵琶湖湖底の堆積物層序によれば、約 40 万年前に現在の場所に湖沼が存在するようになったと考えられている。それに続く約 35 万年前から約 25 万年前は、琵琶湖北湖の湖盆が拡大し水深を増した時期だと推定される。一方で、鉄の水酸化物に吸着しているヒ素の含有量は、集水域の広さや湖内への河川水の流入量によっても変動すると考えられている。そのため、水深自体を定量的に見積もるためには何らかの補正が必要であることが指摘される。

本研究では、スズケイソウの大型化と地球化学的な指標から推定される湖水深の増大の同時性は認められなかった。また、これまでに琵琶湖ボーリングコアを用いて行われた古環境復元研究とスズケイソウの大型化との間にも単純な関係性は見出されなかった。半世紀ものあいだ琵琶湖ボーリングコアを用いた研究が続けられているが、花粉分析にもとづいた琵琶湖周辺の気候復元をのぞくと、定量的な環境復元はまだ不足している現状がある。とくに、湖内に生息・生育する生物にとって重要な琵琶湖そのものの湖沼学的なパラメータ（例えば、水深、水温、栄養塩濃度など）の変化は十分に明らかにされたとは言いがたい。珪藻などのプランクトンにとっては、水深よりむしろ温度躍層の存続期間やその水深が重要な意味を持つことも指摘され、このような湖沼学的なパラメータを過去にさかのぼって明らかにする手法の開発の重要性が再認識された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Megumi Saito-Kato, Yoshihiro Tanimura, Kazuyoshi Yamada and Keiji Takemura	4. 巻 45
2. 論文標題 Diatom productivity since the last glacial period using <i>Praestephanos suzukii</i> cell size as supportive evidence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of National Museum of Nature and Science, Ser. C	6. 最初と最後の頁 49-56
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 -

1. 著者名 齋藤めぐみ	4. 巻 57
2. 論文標題 第四紀における湖沼珪藻の形態学的進化および地理的分布の変遷 琵琶湖の <i>Stephanodiscus suzukii</i> を例として	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第四紀研究	6. 最初と最後の頁 3~17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4116/jaqua.57.3	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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 齋藤めぐみ・豊田和弘
2. 発表標題 琵琶湖における珪藻の大型化に湖水深の変化は影響したか
3. 学会等名 日本古生物学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saito-Kato, M. Tanimura, Y., Mori, S. and Julius, Matthew, L.
2. 発表標題 Morphological evolution of lacustrine diatoms in Lake Biwa, Japan from a 300 kyr fossil record.
3. 学会等名 InterRad 2017（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017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
研究協力者	豊田 和弘 (Toyota Kazuhiro)		

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
---------	---------