

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03763

研究課題名（和文）完新世の気候最適期における湖沼古水温の定量的復元法の開発

研究課題名（英文）Development of a quantitative reconstruction method for paleotemperature in freshwater lakes during the Holocene Climatic Optimum

研究代表者

堂満 華子（DOMITSU, Hanako）

滋賀県立大学・環境科学部・准教授

研究者番号：70397206

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、湖沼古水温の定量的復元法の開発を目的とし、琵琶湖産現生セタシジミの殻の成長線観察と酸素同位体比分析をおこなった。その結果、セタシジミ個体の成長の履歴や当時の環境情報はその殻の断面に成長線として記録されることが明らかとなった。また、セタシジミの殻の酸素同位体比からその個体の生息時の水温を復元する式の作成に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

陸域の温度指標に限られるなか、琵琶湖の表層水温は気温の変化に同調することから、過去の琵琶湖の表層水温の変動記録は当時の内陸部の気温変動を推定する有力な手がかりになると期待される。本研究で開発した水温換算式によって琵琶湖の表層水温を高分解能で定量的に復元することが可能となったことから、今後、琵琶湖の環境変遷史に加え、日本列島の気候記録、とくに気温について新たな知見を得られる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a quantitative reconstruction method for paleotemperature in freshwater lakes. We carried out sclerochronological and oxygen isotope analyses of Corbicula sandai shells from Lake Biwa, Japan. As a result, it was found that the growth history of Corbicula sandai and the ambient paleoenvironmental information are recorded as the growth lines in cross-section of the shell. The paleotemperature equation based on oxygen isotope ratios of Corbicula sandai shell was successfully established.

研究分野：古環境学

キーワード：セタシジミ 成長線解析 酸素同位体比分析

## 1. 研究開始当初の背景

近い将来起こる気温上昇が人々の生活にどのような影響を及ぼすのかを知るうえで、現在よりも年平均気温が1~2°Cほど高かったとされる完新世の気候最適期(約9000~5000年前)は比較対象として極めて重要な時代である。しかし、現在よりも温暖だとされてきた気候最適期において日本海は約9300~6900年前までむしろ寒冷な状態にあったとする研究報告もあるなど、気候最適期における日本の陸域環境と海洋環境との関連性については不確かなままである。

## 2. 研究の目的

気候最適期において日本の陸域は現在よりも温暖であったのか、そして具体的に何°Cであったのか。この課題を解決するため、本研究では古環境情報記録媒体として淡水産二枚貝であるセタシジミの殻に注目した。琵琶湖固有種のセタシジミは古くから重要な水産資源のひとつとされてきた歴史があり、琵琶湖やその周辺内湖の縄文遺跡からは多量のセタシジミからなる貝塚が多数発見されている。他方、セタシジミは成長とともに付加される炭酸カルシウムの殻を有しているため、その殻体には成長線や化学組成として生息時の環境情報が記録されている可能性が高い。そこで本研究では、琵琶湖産現生セタシジミの殻を研究材料に、湖沼古水温の定量的復元法の開発を目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) セタシジミの殻の成長線と酸素同位体比から琵琶湖の古水温を定量できる可能性を検証するため、2019年4月1日および同年5月2日に琵琶湖(滋賀県長浜市湖北町尾上沖)で採取されたセタシジミのうち殻高の比較的大きな4個体(以下、自然個体)の殻を成長線観察および酸素同位体比分析に供した。

(2) セタシジミの殻の成長線と生息時の水温などの環境情報との関係を明らかにするため、またセタシジミの殻の酸素同位体比と生息時の水温そして水の酸素同位体比との関係から水温換算式を作成するため、滋賀県立大学の人工池において2019年4月1日から2021年4月1日までの2年間、飼育実験と水質(水温、水の酸素同位体比、Chl.a量、懸濁物量)の定期観測をおこなった。飼育実験には2019年4月1日に琵琶湖(滋賀県長浜市湖北町尾上沖)で採取されたセタシジミ150個体(以下、飼育個体)を用いた(図1)。飼育期間中は全個体について殻高の成長量を毎月1回計測した。

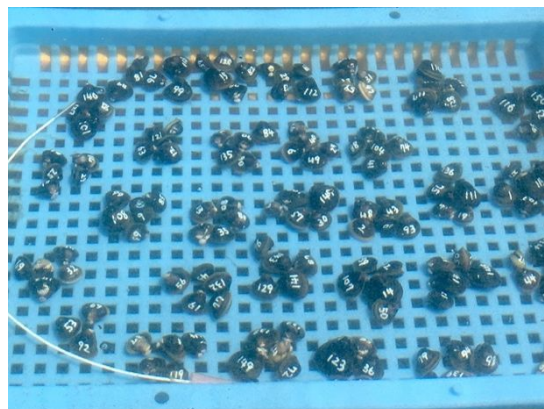


図1. 飼育実験中のセタシジミ

(3) 水温換算式を作成するため、毎月の成長量の結果にもとづき、成長速度の速い10個体の飼育を2020年7月13日に終了した。そのうち選定した5個体を用いて殻の成長線観察、ならびに飼育期間中の殻の酸素同位体比と飼育現場の水温そして水の酸素同位体比の関係にもとづき水温換算式の作成を実施した。

## 4. 研究成果

(1) 自然個体の4個体について殻の最大成長軸に沿った断面の成長線を観察した結果、灰白~淡黄色の層と紫色の層との互層構造が認められた。両層の幅はともに腹縁に向かって狭くなる傾向にあったことから、加齢にともなう成長速度の低下や、両層の形成と年齢や季節との関係が暗示された。また紫色の層では濃淡が漸移的に変化し、きわめて濃い暗紫色を呈する部分が観察された。

このうちの2個体について殻の最大成長軸に沿った酸素同位体比分析を実施した結果、酸素同位体比は約-9.1~-5.0‰の範囲で周期的な変動をくり返し、紫色の層では同位体比が軽い値を示した。二枚貝の殻の形成時、その炭酸カルシウムの酸素同位体比は水温と水の酸素同位体比により決定される。したがって、本研究に用いた自然個体の生息時の水の酸素同位体比が仮にほぼ一定だとするならば、自然個体の殻に認められた酸素同位体比の周期的な変動は生息場所である琵琶湖の水温の季節変動を反映したものであり、紫色の層は琵琶湖において水温が高くな

る初夏から初秋の成長を表す可能性が示唆された。また、酸素同位体比は負のピーク付近では緩やかで正のピーク付近では急な変動を示しつつ周期が腹縁に向かって小さくなることから、セタシジミの成長速度は夏季に速く冬季に遅くなる季節性を有しながら全体的には加齢とともに遅くなる傾向が示唆された。

(2) セタシジミの飼育実験の結果、飼育個体の成長速度は水温の高くなる6~10月に速く、水温の低くなる11~4月に遅くなる傾向がみられた。飼育個体のうち成長速度の速い5個体の殻の飼育期間中に成長した部位について成長線観察をおこなった結果、自然個体同様、灰白~淡黄色の層と紫色の層との互層構造が認められた。また、酸素同位体比分析の結果、測定した5個体の殻の酸素同位体比は約-9.1~-4.8‰の範囲で変動し、成長方向に沿って飼育期間に相応する周期性が認められた。殻の互層構造を成長量記録および酸素同位体比と対比した結果、紫色の層は初夏から初秋にかけて形成され、紫色の層に挟在する濃い暗紫色を呈する部分は初夏から晩夏のとくに水温が高い時期に相当することがわかった。

(3) 飼育個体のうち成長速度の速い5個体それぞれについて、飼育期間中の酸素同位体比(殻の酸素同位体比から飼育現場の水の酸素同位体比を引いた値)と水温との関係にもとづき最小二乗線形回帰をおこなった。その結果、5個体すべてについて水温と酸素同位体比との間に負の関係が成立し、そのうち4個体では強い相関がみられた。相関が弱かった1個体は他の4個体よりも成長速度が遅かったことに加え、酸素同位体比分析用微量粉末試料の切削間隔が殻の一部で大きくなったことが影響したと考えられる。そのため、水温換算式に用いるデータについては今後さらなる吟味を要するが、現時点では5個体すべてのデータを用いて最小二乗線形回帰をおこなった。その結果、約8~28の範囲で次の水温換算式が得られた。

$$y = -4.02x + 18.16$$

y: 水温

x: 殻の酸素同位体比から水の酸素同位体比を引いた値

この水温換算式を琵琶湖で採取された自然個体2個体に適用し水温を求めた結果、約12~28の範囲で数年分の季節的な水温変動が復元された。飼育個体では12~13を下回ると成長が著しく鈍化したことから、本換算式で算出された最低水温は成長停止時の水温を反映していると考えられる。それを加味すると、本換算式で算出された水温の変動幅はセタシジミの生息深度である表層10m程度で観測される水温の季節変動と整合的である。

本研究の飼育実験によって、セタシジミの成長は夏季に早く冬季に鈍化する明瞭な季節性を有することが確認された。また、成長鈍化期間の水温を明確にすることができた。セタシジミの成長の季節性は殻の断面に紫色の層と灰白~淡黄色の層との互層構造として記録され、紫色の層内の濃い暗紫色を呈する部分は水温がとくに高い時期に相当することが明らかとなった。今後、セタシジミの化石個体の成長線から、その個体の年齢や成長速度、成長に適した水温であったかなど、その個体の成長の履歴や当時の環境情報を抽出することが可能となった。また、セタシジミの成長とChl. a量や懸濁物量との関係を調べるための基礎データを得ることができた。

本研究で開発した水温換算式は湖沼に生息する淡水産二枚貝を用いた初の研究例である。本換算式の作成に用いたデータに若干の吟味を要するため暫定的ではあるが、この式により琵琶湖表層の数年分の季節的な水温変動の定量的復元が可能となった。これまで琵琶湖の古水温を定量的に復元する手法はなかったことから、本研究の成果は琵琶湖の環境変遷史の研究の発展に大きく寄与すると期待される。また、過去の琵琶湖の表層水温の変動記録は当時の内陸部の気温変動を推定する有力な手がかりになると予想されることから、日本列島の気候記録、とくに気温について新たな知見を得られる可能性がある。陸域の温度指標が限られるなか、完新世の環境変遷史の研究に資するところは大きいといえよう。

以上の成果について、その一部を学会等で公表した。今後もデータの精査を継続し、研究結果がまとまり次第、国内外の学術雑誌や学会等で公表する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 瀬戸川正和・堂満華子・坂井三郎・尾坂兼一・勝山正則
2. 発表標題 琵琶湖産現生セタシジミの殻の酸素同位体比
3. 学会等名 日本古生物学会第171回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬戸川正和・堂満華子・坂井三郎・尾坂兼一・勝山正則
2. 発表標題 完新世の琵琶湖水温の定量的復元法の開発
3. 学会等名 第6回金沢大学環日本海域環境研究センター連携部門国際テーマシンポジウム「東アジアの農村社会・都市社会をめぐる環境とその発展」
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
研究協力者	瀬戸川 正和  (SETOGAWA Masakazu)		
研究協力者	坂井 三郎  (SAKAI Saburo)		

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
研究協力者	尾坂 兼一  (OSAKA Ken'ichi)		
研究協力者	勝山 正則  (KATSUYAMA Masanori)		

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