

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：32641

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20050

研究課題名(和文)古環境復元のための貝殻硬組織の熱変成の解明

研究課題名(英文) Study on thermal metamorphism of shell hard tissue for paleoenvironmental reconstruction

研究代表者

畑山 智史 (Hatakeyama, Satoshi)

中央大学・人文科学研究所・客員研究員

研究者番号：00907595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、完新世における日本列島の環境を明らかにするために内湾に生息する貝類の貝殻を試料として、加熱実験をおこなった。その結果、貝殻の表面の変化は、300℃、45分間よりみられ、白色から灰褐色に変化した。貝殻切断面の成長線は、約300℃・45分間より、消失し始めた。海水温度の指標となる酸素同位体比は、200℃、30分間の燃焼より、減少した。また同一条件で300℃、30分の燃焼においても酸素同位体比は、減少した。45分、60分間の燃焼でさらに減少傾向があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに海水温度の測定が適さないと言われてきた内湾に生息する貝類の貝殻を試料として、過去の環境を明らかにできる可能性が見出された。世界的にも貝塚の密集地域である日本列島は、少なくとも約1万年前から現在までの貝殻試料があり、本研究の展開によっては、今後の地球温暖化等の理解に貢献できる。また貝殻に対する調理工程の温度が推定できることから、世界的にも注目されている「和食」などの食文化史の解明にも応用できるであろう。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the environment of the Japanese archipelago in the Holocene, this study carried out heating experiments using shells of shellfish inhabiting shallow seas as samples. As a result, the surface of the shell changed from white to grayish brown after 300℃ for 45 minutes. The growth line on the cut surface of the shell began to disappear after about 300℃ for 45 minutes. Oxygen isotope ratio, which is an index of seawater temperature, decreased after burning at 200℃ for 30 minutes. In addition, the oxygen isotope ratio also decreased at 300℃ for 30 minutes under the same conditions. There was a tendency to further decrease after burning for 45 minutes and 60 minutes.

研究分野：人類学

キーワード：貝殻成長線 硬組織 熱変成 酸素同位体 貝塚 放射性炭素 調理 海水温度

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

現在、地球温暖化の問題は、我が国に限らず、世界的な問題である。この温暖化は、現在の地球のみならず、過去にも幾度となく生じていた。その環境変動を知ることは、これからの地球環境を予測していく上で重要である。さらに環境問題のみならず、我々の人類史を考える上でも重要であり、社会の変革と環境の変動に関する論考がある。地球規模での環境変動は、グリーンランドの氷床や熱帯のサンゴの分析により知られているが、必ずしも我が国における考古学的事象と一致がしていない。例えば、ボンドイベントと呼ばれる 8.200 年前や 4.200 年前の寒冷化について、遺跡数の減少等は確かであるが、出土貝類の組成変化や動物歯牙の同位体では、明確な根拠がみえていない。

本研究の学術的な「問い」は、この世界的な環境変動と我が国における考古学的事象の不一致である。この不一致である要因は、世界の中でも日本列島という一地域の環境変動を想定して、試料を準備する必要がある。氷床やサンゴといった北極圏や赤道付近の環境変動を示す資料を用いて、中緯度に位置する日本列島に当てはめること自体が限界である。現在、我々が住む地域の環境を比較検討する上で、過去人類の破棄した貝塚の資料は、約 1 万年前から現在まで継続しており、環境変動を捉える上で適切である。

2. 研究の目的

本研究は、貝塚出土資料を用いて、完新世における古環境を明らかにすることが目的である。その研究方法は、貝殻に記録された成長線および同位体・微量元素を指標として、古環境の復元に取り組む。貝殻硬組織の酸素同位体比が煮炊きなどの熱量によって変容することが海外の研究によって、指摘されている。そこで本研究では、熱量と貝殻硬組織の構造変化ならびに同位体・微量元素の変化を明らかにする。その結果を基に、これまで測定した酸素同位体比を補正し、確かな古環境の復元を目指す。

3. 研究の方法

(1) 貝殻硬組織の観察(貝殻成長線分析)

貝殻成長線分析は、貝殻の硬組織に刻まれた付加成長に保管された情報を基に人類の生業活動や当時の環境を復元する分析である。この分析では、主に二枚貝綱(斧足綱)の生物的特性を用いる。日本産二枚貝の多くは、貝殻に樹木の年輪に似た、成長線を形成することが知られている。この成長線は、斧足綱(二枚貝)の殻頂から腹縁までの切断面にみられる縞状構造である。顕微鏡で切断面を観察すると、日周期的に形成する成長線(日周線、日輪、daily line)とその間にみられる透明な構造の成長増量(increment)がある。日周線群には疎と密に分布する部分があり、疎な部分は良好な時期に形成された成長線群と考えられ、密な部分は成長が不良な時期であり冬輪(winter ring)と呼ばれる。

分析で扱う貝殻成長線は、この日周線を計数するとともにその 2 次元座標を記録することで、個体の年齢や死亡日、成長速度などの推定がなされている。日本では多くの研究者が、小池の常法 1) で、貝殻の断面レプリカを作成し、顕微鏡を用いて成長線の観察を行なっている。

常法では、正中線を記入した後、ダイヤモンドカッターを用いて貝殻を切断する。切断した試料を樹脂で包埋し固化後、耐水ペーパーで切断面を研磨する。研磨した試料に対して、希塩酸によるエッチングを行う。観察面に酢酸エチルもしくは酢酸メチルを滴下し、アセチルセルロースフィルムで成長線を転写する。転写したフィルムをプレパラートに挟み込み、貝殻成長線分析の観察用プレパラートとする。

(2) 酸素同位体比分析

貝殻に含まれる酸素同位体比は、その生息における海水温度と海水内の同位体比で決定される。炭酸カルシウムの中でもアラゴナイトで主に構成する貝殻の酸素同位体比は、水温が 1 増加すると 0.24 ‰減少することが知られている。この特性を基に、これまでの日本考古学では、外洋性のチョウセンハマグリを試料として得られた酸素同位体比より古海水温度の推定がなされている。

測定は、昭光サイエンスの Thermo Fisher Scientific 社製 DELTA V Advantage を使用した。標準物質は、NBS-19 を用いて、未知試料の同位体比を相対値で算出した。同時に測定した NBS-19 の測定値は、 $^{13}\text{C}: 1.923 \text{ ‰}$ 、 $^{18}\text{O}: -2.153 \text{ ‰}$ であった。炭酸塩の反応は、真空となった二股管内で、未知試料とリン酸を 25、24 時間かけて反応させ、ガス化した。

ハマグリ貝殻内における炭酸カルシウムの構造であるアラゴナイトでの古海水温度の推定式は、

$$t = 13.85 - 4.54(S - W) + 0.04(S - W)^2$$

となる。これまでの先行研究では、実際の海水温度よりも高温となることが指摘されている。

(3) 燃焼実験

燃焼実験は、燃焼温度を 200、300、燃焼時間を 30 分、45 分、60 分を設定しておこなった。温度の管理は、サーモグラフィカメラで適時、観察して実施した。

4. 研究成果

(1) 貝殻硬組織の変化

研究では、煮炊きなどによる加熱によって、貝殻硬組織に刻まれる成長線の変化を把握するため、現生のヤマトシジミやアサリ、ハマグリ、チョウセンハマグリを試料として、煮る、焼く、蒸すなどの加熱実験をおこない、さらに酸素同位体比の変化をみた。

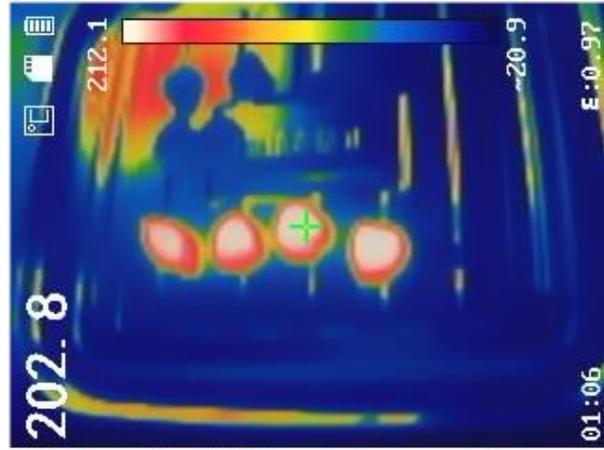
加熱実験の結果では、ヤマトシジミにおける貝殻表面の変化は、300、45 分間よりみられ、殻体は白色から灰褐色に変化していた。貝殻切断面の微細構造である成長線の消失は、約 300・45 分間の燃焼後に外気と接する腹縁より開始していた。所々でその成長線の計数が可能であった。成長線の消失した部分は、本来、観察できる成長線の方角に対して、垂直方向に歪なラインがみられた。

これまでに東アジア各地の貝塚より出土した貝殻成長線分析において、成長線が消失している事例がいくつか報告されている。最初に煮炊きなどの熱量と成長線の消失を指摘したのは、小池が実施した縄文時代後期の港区伊皿子貝塚より出土したハイガイの事例である。ハイガイは、「灰貝」と書くように「貝灰」として利用され、熱変成を受けやすい貝種とされる。

著者の分析事例としては、徳島県森崎貝塚のハイガイにおいて、熱変成に起因とみられる成長線のモザイク化を観察している。またハイガイのみならず、埼玉県大戸貝塚のヤマトシジミにおいても、加熱実験とは異なる成長線のモザイク化を観察できた。

またハイガイ以外のハマグリにおいて、煮炊きに起因すると想像される切断面における微細構造の変化がみられる。弥生時代の愛知県朝日貝塚より出土したハマグリは、貝殻表面に貝殻特有の光沢が残存しつつも切断面に空隙が生じていた。同様の事例は、縄文時代晩期の和歌山県鳴神貝塚や弥生時代の徳島県三谷遺跡でも確認している。従来は、硬質な殻体であるが、軟質なチョーク状となっていることから、炭酸カルシウムの構造がアラゴナイトから方解石へ変化したとみられる。これらのハマグリでみられた事例は、貝殻表面には変化がなく、内部構造のみが変化している点が特徴的である。

この貝殻切断面の微細構造である成長線の消失のパターンより、選定した受熱等のない資料を酸素同位体比分析の資料として用いることで、確かな古海水温度の復元ができる見通しがたった。

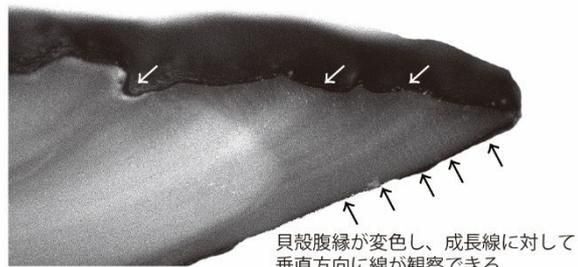
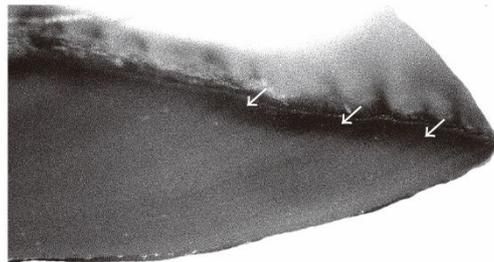


ハイクマイクロ社製 サーモグラフィカメラ E1L

測定範囲 -20℃~550℃



200℃、15分で加熱したヤマトシジミ



300℃、45分で加熱したヤマトシジミ

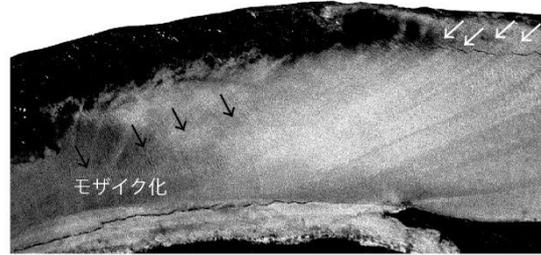
現生ヤマトシジミを用いた加熱実験

(2) 酸素同位体比の変化

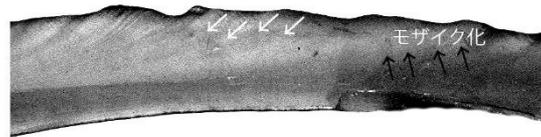
酸素同位体比の変動をみるためにおこなった加熱実験の結果、ハマグリのおもひの酸素同位体比は、未燃焼で -1.6‰ ($N=2$) であったが、 200℃ 、30分間の燃焼で -2.0‰ 、 200℃ 、45分間の燃焼で -2.2‰ 、 200℃ 、60分間の燃焼で -2.1‰ と減少した。

また同一試料で、 300℃ 、30分間の燃焼で -1.9‰ 、 300℃ 、45分間の燃焼で -2.3‰ 、 300℃ 、60分間の燃焼で -2.4‰ と減少した。

受熱等のない現生のハマグリを試料として、2022年と2021年に形成した貝殻の酸素同位体と海水温度を比較すると調和的であった。



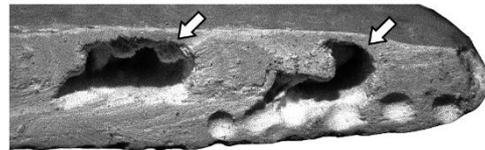
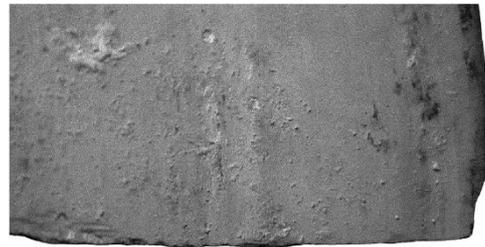
徳島県森崎貝塚のハイガイ
白矢印：成長線 黒矢印：変化した微細構造



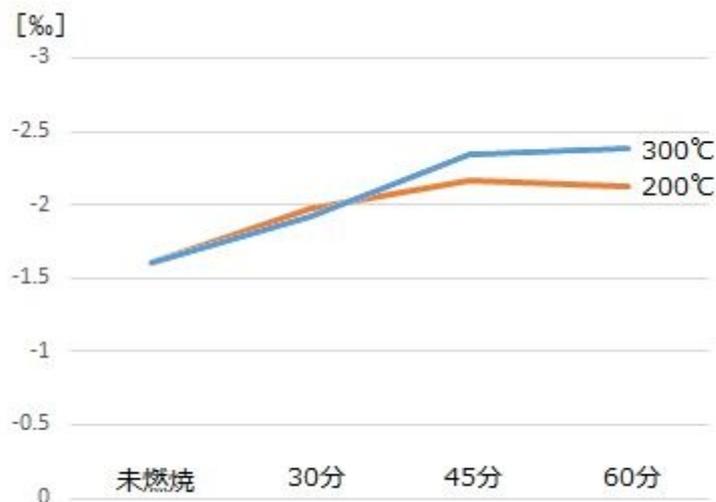
埼玉県大戸貝塚のヤマトシジミ
(写真は左右反転) 白矢印：成長線 黒矢印：変化した微細構造

(3) 考古資料への応用

仮に受熱等あった資料の場合でも、消失パターンの更なる解析と酸素同位体比の変動を組み合わせることで、補正できる可能性がある。ただし、化石や考古資料の場合、埋没環境を想定する必要がある。また資料の低温状況なども考慮する必要がある。いくつかの課題がみられ、また検鏡および測定したサンプルが少ないため、今後も継続して、実験をおこなう必要がある。



愛知県朝日遺跡のハマグリ
上：貝殻表面 下：貝殻切断面 ⇄：空隙



燃焼試料の酸素同位体比の変化

<引用文献>

- 大場忠道・小池裕子「過去の水温を測る 酸素同位体比法」『続 考古学のための科学10章』、
1986、151 - 170
- Koike, H. Daily growth lines of the clam, *Meretrix lusoria* A basic study for the estimation
of prehistoric seasonal gathering. Journal of Anthropological Society of Nippon, 81. 1973, 122
- 138
- 小池裕子「伊皿子貝塚における貝類採取の季節性」『伊皿子貝塚』、1981、607-615

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10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 0件）

1. 著者名 遠部 慎, 畑山智史	4. 巻 21
2. 論文標題 宮島貝塚の自然科学的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 肥後考古	6. 最初と最後の頁 89-101
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 領塚正浩, 畑山智史, 阿部常樹	4. 巻 13
2. 論文標題 大和田周辺のマガキ化石密集層と稲荷木産ヒゲクジラ	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 市史研究いちかわ	6. 最初と最後の頁 6-11
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 畑山智史	4. 巻 18
2. 論文標題 夏見より採集した貝殻経について.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 飛ノ台史跡公園博物館紀要	6. 最初と最後の頁 33-36
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 遠部 慎, 畑山 智史	4. 巻 23-1
2. 論文標題 奥尻島青苗遺跡出土貝類の自然科学的研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 島嶼研究	6. 最初と最後の頁 53-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5995/jis.23.1.53	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 畑山智史	4. 巻 768
2. 論文標題 貝殻硬組織の熱変成より得られる調理や古環境の情報	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 13-138
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 畑山智史, 遠部 慎	4. 巻 14
2. 論文標題 鳴門市森崎貝塚の考古科学的研究 - 貝殻試料を中心として -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 青藍	6. 最初と最後の頁 25-37
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 阿部常樹, 畑山智史	4. 巻 39
2. 論文標題 茨城県大洗吹上遺跡における動物性食料獲得の季節性 - 茨城県大洗吹上遺跡出土の動物遺体(3) -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 國學院大學博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 1-21
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 石瀬貝塚の動物骨の年代学的研究	4. 巻 4
2. 論文標題 遠部 慎, 畑山智史, 米田 穰, 小林謙一	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 とこなめ陶の森 研究紀要	6. 最初と最後の頁 101-110
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 遠部 慎, 畑山智史	4. 巻 45
2. 論文標題 イタヤガイの年代測定とその評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 中央史学	6. 最初と最後の頁 144-155
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 畑山智史	4. 巻 159
2. 論文標題 貝食の季節性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 季刊考古学	6. 最初と最後の頁 36-38
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 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 畑山智史
2. 発表標題 貝製品に対する貝殻成長線分析の取り組み
3. 学会等名 2021年度 人文科学研究所「考古学と歴史学」チーム「挑戦的研究(萌芽)・高精度年代測定法の開発と適用可能な考古・歴史資料の拡大」成果報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠部 慎, 岡嶋隆司, 菅紀浩, 畑山智史, 米田 穰, 及川 穰, 小林謙一
2. 発表標題 地蔵ヶ淵洞穴の研究
3. 学会等名 第88回日本考古学協会総会研究発表大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠部 慎, 畑山智史, 米田 穰, 小林謙一
2. 発表標題 石瀨貝塚の再検討-年代測定を中心に
3. 学会等名 日本動物考古学会第9回大会 2022年6月25日 日本動物考古学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 畑山智史
2. 発表標題 貝殻硬組織の熱変性に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本動物考古学会第9回大会
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
---------------------------	-----------------------	----

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