

令和 6 年 9 月 11 日現在

機関番号：33502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K00961

研究課題名（和文）旧石器時代の食料資源究明に関する基礎研究

研究課題名（英文）Basic research on food resource investigation in the Paleolithic Age

研究代表者

保坂 康夫（Hosaka, Yasuo）

身延山大学・仏教学部・講師

研究者番号：50810785

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、日本列島の旧石器時代の食料資源究明のため、調理施設である礫群の調理対象と調理法を探究した。調理対象は、焼石の中に浸透して残っている脂質の抽出と種類の追求し、東アジアで初めて旧石器時代の礫群の残存脂質抽出と同定に成功した。地域によって調理対象が異なっていた可能性を指摘し、特に北海道地域では海洋資源利用の可能性が示唆された。調理法では、焼石の割れ方の数値化に成功した。北海道では水の中に焼石を投入するストーンボイリング法の可能性が指摘できた。東京都と鹿児島県では、ストーンボイリング法の可能性は低いが、鹿児島県では水を注入する行為を含む石蒸焼き調理法である可能性を指摘した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本列島の旧石器時代の食料資源の究明は、旧石器時代人が食べ残した動物の骨などが出土しないため研究が進んでいなかった。本研究では、旧石器時代の調理施設である礫群の焼石を研究することで、調理対象と調理法とを究明する新たな研究方法を確立した。このことで、旧石器時代の食料資源に関する研究を大きく前進させることができた。これまで活用が進まなかった焼石について、埋蔵文化財としての価値を高め、人類史解明に大きく貢献できることを明確にした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the food items and cooking methods used in Paleolithic gravel clusters, which served as cooking facilities, in order to clarify the food resources of the Paleolithic period in the Japanese archipelago. The subject of cooking was to investigate the extraction and types of lipids that had permeated and remained inside the hot stones. This was the first time in East Asia that residual lipids were successfully extracted and identified from Paleolithic gravel clusters. In a study of cooking techniques, they succeeded in quantifying the way hot stones break. In Hokkaido, the potential of the stone-boiling method, in which heated stones are dropped into water, was identified. In Tokyo and Kagoshima, the stone-boiling method was unlikely, but in Kagoshima, it was suggested that it may have been a stone-steaming method, which includes the injection of water.

研究分野：考古学

キーワード：残存脂質抽出 ガスクロマトグラフ質量分析計 個別脂肪酸安定炭素同位体分析 被熱礫使用履歴 電気炉実験 焼石割れ線解析

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。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

食料資源の問題は人間の歴史の根幹であり、人類史初源期での食料資源解明は重要である。30～20 万年前に出現した現生人類は、世界全体へ拡散の際に水生資源を含む小型動物利用へ食料資源を変化させたことが解明されつつある。3.8 万年前頃に日本列島に到達した現生人類も、水産資源などの利用へと大きくシフトした可能性が指摘されている。こうしたなか、1.6 万年前頃と世界的に先行的な日本列島の土器出現期の調理対象が水生資源に偏重する傾向が判明した(文献 1)。本研究の分担者の庄田慎矢らが進める土器残存脂質分析(文献 2)の成果である。

こうした研究現状から、人類史における食料資源の研究課題として、旧石器時代での水生資源の確認は急務といえる。しかし、日本列島の旧石器時代遺跡では、食料とされた動物の獣骨などの有機物が、酸性土壌環境のため残っていないという実情がある。

そこで注目されるのが、調理施設である礫群である。数十点から数千点の被熱礫が集合した遺構である。日本列島では 38,000 年前に出現し、旧石器時代末に衰退する。礫群と交替するように土器が出現しており、水生を含む動物性食料の多角的利用であった礫群調理から、環境変化で水生資源の利用強化が図られ土器が開発されたとのシナリオも想定可能である。

礫群調理の食料資源についての研究は、1980 年代に被熱礫の炭化付着物でガスクロマトグラフ分析による脂質の抽出に成功しているものの、研究深化が図られていないのが現状であった。

### 2. 研究の目的

旧石器時代の食料資源を探求するにあたり礫群に着目し、水生資源の残存脂質などの証拠を被熱礫や炭化付着物から検出し、それが高度な分析に耐える良質なものであるかを確認して、今後の研究推進の基盤を築くことを目的とする。本研究では、地域(自然環境)や岩種、調理法の違いにかかわらず、残存脂質が検出できること、また、複数の方法を補完的に用いて分析の信頼性が高められることを明らかにする。

### 3. 研究の方法

残存脂質に着目し、土器残存脂質分析を、礫群の被熱礫や炭化付着物へ応用する**被熱礫残存脂質分析**を新たに開発する。さらに、以前よりも高度に発展した炭化物窒素・炭素同位体分析を被熱礫の炭化付着物に適用する**被熱礫炭化付着物炭素・窒素安定同位体分析**を新たに試みる。

#### (1) 被熱礫残存脂質分析(分析 A)

**残存脂質の生物指標の検出・同定** 被熱礫や炭化付着物から残存脂質を抽出し、フィタン酸やイソプレイノイド脂肪酸といった生物指標をガスクロマトグラフ質量分析計によって検出・同定する。水生資源利用を検証することができる。

**残存脂質の安定炭素同位体比の測定** 抽出した脂質のうち、パルミチン酸とステアリン酸について、ガスクロマトグラフ同位体比質量分析計で安定炭素同位体比を測定する。計測値を既知の生物データと比較して、水生資源利用を検証することができる。なお、分析はイギリスのヨーク大学に抽出した残存脂質を持ち込み実施した。分析機器は高額なうえ操作には高度な技術が必要であり、これを保有するヨーク大学は、この研究を世界的に主導し信頼性が高い。

#### (2) 被熱礫炭化付着物炭素・窒素安定同位体分析(分析 B)

被熱礫の炭化付着物について、元素分析計/安定同位体比質量分析計で安定炭素・窒素同位体比を測定する。既知の生物データと比較して、水生資源の利用を検証することができる。

### (3) 被熱礫使用履歴分析

また、分析A・Bに供する被熱礫や炭化付着物について、a. 地域(自然環境)、b. 岩種、c. 調理法の違いにかかわらず、残存脂質の抽出や高度な分析が可能かを検討するが、特に調理法の解明にあたっては、**被熱礫使用履歴分析**(文献3)を導入する。被熱礫を使った調理法には、ストーンボイリング調理法、石蒸焼き調理法、焼石グリル法の主に3種が想定される。特にストーンボイリング調理法では被熱礫を水に投入する。水に投入した被熱礫は急激な冷却で収縮破碎し、特徴的な礫破碎タイプが出現する。この被熱礫使用履歴指標によって、特に被熱礫を水浸けするストーンボイリング調理法を同定できる。実験で指標を準備し、実際の出土資料と対比して調理法を推定するが、Neubauerの研究は珪岩が対象で、研究代表者は砂岩での実験によって違った被熱礫破碎タイプを確認していた(文献4)。そこで、新たに電気炉で被熱実験を行い、各地の岩種ごとに指標を作成する。

## 4. 研究成果

### (1) 分析対象とした遺跡

列島の南北で調理対象に違いがあることを想定し、北海道、東京都、鹿児島県の3地域を対象とした。礫群が多く確認されているおおむね30000年前以降の列島の旧石器時代後半の遺跡を対象とした。焼石残存脂質分析は、8遺跡15礫群の80点で実施した。北海道では帯広市の上似平(かみいだいら)遺跡2下層石器群、川西C遺跡2、今金町の美利河(ぴりか)1遺跡の各1基の礫群から合計12点。東京都では、小平市の鈴木遺跡(鈴木町1丁目390番地6地点)第1文化層(層上部)1基、第2文化層(層下部)4基、第3文化層(層上部)1基、鈴木遺跡(鈴木町1丁目438番地点)(下層)1基の礫群から合計26点。鹿児島県では鹿児島市の仁田尾(にたお)遺跡旧石器時代文化層(ナイフ文化期)2基、南九州市の鞍曲(くらまがり)遺跡2基、牧野遺跡旧石器時代細石器文化期2基の礫群から合計30点である。

焼石使用履歴分析では上記の遺跡・礫群に加え、北海道では上似平遺跡2下層石器群の1基と似平試掘資料1点、千歳市の柏台1遺跡2基、鹿児島県では仁田尾遺跡2基、牧野遺跡1基の礫群を観察対象に加えた。

なお、資料収集は次の研究協力者とともに実施した。北海道では帯広百年記念館館長山原敏朗氏、北海道大学助教中沢祐一氏、今金町教育委員会宮本雅通氏。東京都では小平市教育委員会(当時)小川望氏。鹿児島県では、鹿児島県教育委員会馬籠亮道氏、大福コンサルタント株式会社倉本るみ子氏。また、次の機関に資料提供をいただいた。北海道埋蔵文化財センター、帯広市教育委員会、今金町教育委員会、小平市教育委員会、鹿児島県立埋蔵文化財センター。また、資料整理にあたり大福コンサルタント株式会社の協力を得た。さらに、分析礫の切断前の状態を3D画像で記録化するため茅ヶ岳歴史文化研究所、ファノツクリエイトの協力を得た。

### (2) 被熱礫残存脂質分析の成果

#### 残存脂質の生物指標の検出・同定結果

出土礫を対象としたガスクロマトグラフ質量分析計の分析結果については以下のとおりである。なお、試料調整について土器の場合は1gの胎土試料を用いるが、礫は土器よりも多孔質性が低いことを考慮し表面に近い箇所から6gサンプリングし分析に供した。分析した80点すべてから残存脂質の抽出に成功した。まず、その残存濃度については、各遺跡によってばらつきが認められるが、九州は他の地域よりも濃度が低い傾向にあった。一方、北海道や東京はその中で低いグループと高いグループがある。しかし、これが何に起因するのかは可能性が多岐にわたるため要因を特定することは難しい。

続いて検出されたピークからどのような化合物が含まれているのかを確認する。飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸のほか分枝脂肪酸、アルカンなどが検出された。注目すべきはケトンが検出された試料が存在することである。ケトンは熱によって分解されてできた生成物のため礫の用途に由来する可能性がある。

なお、以上の分析は主に国立文化財機構奈良文化財研究所(当時)村上夏希氏が研究協力者として実施した。

#### 残存脂質の安定炭素同位体比の測定・同定結果

ガスクロマトグラフ同位体比質量分析計での個別脂肪酸の安定炭素同位体比の測定により、北海道と鹿児島や東京の旧石器時代の礫群を構成する礫の残存脂質の由来となる生物資源が、その特徴を明確に異にすることも明らかとなり、調理行動の地域性にまで議論が及ぶ可能性が示唆された。特に北海道地域では、旧石器時代に海洋資源を利用していた可能性が示唆された。

なお、以上の分析とヨーク大学との連絡交渉は研究分担者庄田が行った。

### (3) 被熱礫炭化付着物炭素・窒素安定同位体分析について

礫群の資料にあたったところ、炭化付着物は存在するものの、分析に必要な量の確保ができないことが判明したため、今回の研究ではこの分析を断念することとした。

### (4) 被熱礫使用履歴分析の成果

#### 指標作成のための実験の内容

指標作成のための実験礫は分析対象遺跡近隣の河川から採取し、北海道では砂岩、花崗岩、凝灰岩、砂岩ホルンフェルス、東京都では野川と砂岩、鹿児島県では安山岩、砂岩、凝灰岩である。一つの岩種に対し12~14点を実験対象とした。まず、電気炉で礫を約30分間で常温から800まで温度を上昇させて加熱した。**加熱破壊実験**では12点を加熱し、電気炉内で割れたものを含む3点を標本とした。そのうえで、割れなかった加熱した礫を使って以下の3種類の**収縮破壊(湿式冷却)実験**を実施した。被熱礫全体を水に浸ける**水浸破壊実験**。水で濡れた対象を被熱礫の半面に接触させる**半面水冷破壊実験**。被熱礫を湿った対象で包み、発生した水蒸気とともに保温環境において、時間をかけ冷却する**保温・保湿全面水冷破壊実験**である。それぞれ3点を標本とした。

#### 実験の結果

**加熱破壊実験**では、Neubauerで示された加熱破壊パターンを確認できた。割れたのは1割程度であったが、鹿児島県安山岩だけは12個中10個と割れ率が高かった。**収縮破壊(湿式冷却)実験**では、**水浸破壊**、**半面水冷破壊**、**保温・保湿全面水冷破壊**いずれでも、Neubauerが写真で示した波状でギザギザな破壊面は見いだせなかった。また、3種の湿式冷却の破壊パターンの違いは、肉眼観察による感覚的な判断では限界があった。

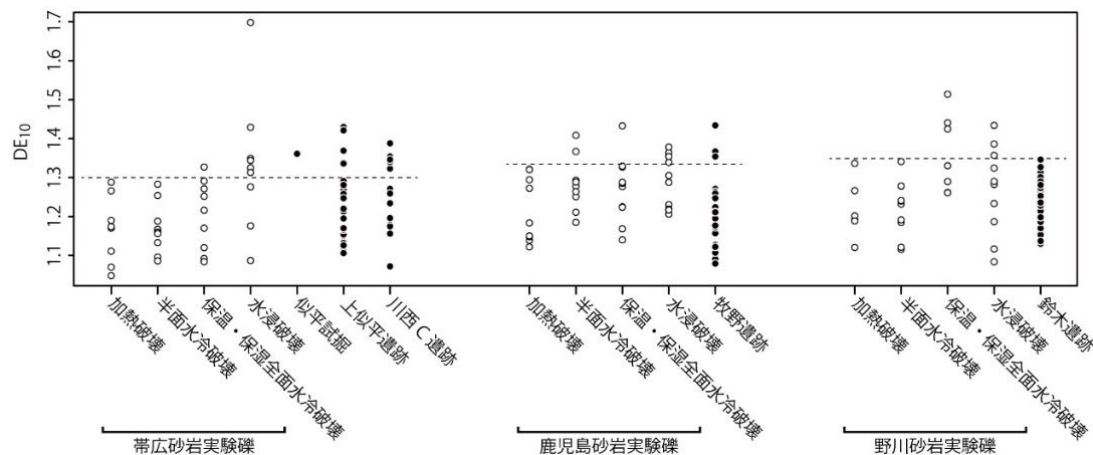
なお、実験は研究代表者保坂が実施した。実験にあたり帝京大学文化財研究所の協力を得た。

#### 割れ線の数値化

そこで、数値化による客観的な把握を目指した。スマホカメラで接写撮影した画像を利用して割れ線解析を実施し、膨張破壊か収縮破壊かを推定した。解析割れ線数は、1礫群3~19点、全230点となった。1mm未満の微細な凹凸を評価する方法として、膨張(Dilatation)および収縮(Erosion)の画像処理を行うクロージング法を検討した。クロージング画像と元画像のピクセル数の割合から凹凸度の評価指標として $DE_{10}$ (=クロージング処理後のピクセル数÷クロージング処理前のピクセル数)を定義した。

北海道、鹿児島県、東京都の遺跡の砂岩礫群と周辺で採取した砂岩の加熱冷却実験で得られた割れ線  $DE_{10}$  の最大値と比較すると、保温・保湿全面冷却破壊および水浸破壊は加熱破壊よりも高い値を示した（下図）。特に北海道の資料では水浸破壊された礫の存在を想定し得る。

なお、以上の分析は研究協力者である帝京大学文化財研究所金井拓人氏が実施した。



実験礫および出土礫群の  $DE_{10}$  値の比較

### 調理法の推定

北海道の礫群は、いずれの遺跡でも  $DE_{10}$  の高い数値がえられ、ストーンボイリング調理法の可能性が指摘できる。鹿児島では砂岩を使用する牧野遺跡で3基の礫群のうち1基の礫群で高い  $DE_{10}$  値を持つ資料が確認でき、オセアニアや北米の民族例にある水を注入する行為を含む石蒸焼き調理法である可能性が指摘できる。一方で、牧野遺跡の残りの2基や東京都の鈴木遺跡では高い  $DE_{10}$  値を持つ資料は確認できなかった。ストーンボイリング調理法は可能性が低く、焼石グリル法や石蒸焼き調理法の可能性が高いとの評価が可能である。

### (5) 本研究全体の成果

旧石器時代の礫群から残存脂質の抽出に成功した。岩種や地域の違いに関わらず分析礫全てから抽出でき、大半が炭素同位体の高度な分析に耐える良質なものであることを確認できた。その結果、北海道では水産資源の利用の可能性を示した。さらに、北海道と東京や鹿児島とは違う食料資源の利用が推定できた。また、北海道ではストーンボイリング調理法、東京・鹿児島では石蒸焼き調理法や焼石グリル法と調理法も異なっていることが明らかとなった（文献5）。

### 引用文献

- 文献1 Lucquin, A. et. Al、The impact of environmental change on the use of early pottery by East Asian hunter-gatherers、PNAS 115 (31)、2018、7931—7936
- 文献2 庄田慎矢、オリヴァー＝クレイグ、土器残存脂質分析の成果と日本考古学への応用可能性、日本考古学 43、2017、79—89
- 文献3 Neubauer, F、Use-alteration Analysis of Fire-Cracked Rocks、American Antiquity 83(4)、2018、681—700
- 文献4 保坂康夫、礫群構成礫の割れ（破断）に関する実験的研究、考古論集（潮見浩先生退官記念論文集）1993、93—110
- 文献5 保坂康夫、庄田慎矢、村上夏希、金井拓人、「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」発表要旨集 JSPS 科研費基盤研究(C) JP21K00961 研究成果概要、2024、12

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 1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 庄田慎矢・保坂康夫	4. 巻 784
2. 論文標題 礫群・集石炉と調理行動を結びつける	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 3-4
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 アレクサンドル・リュキヤン・庄田慎矢	4. 巻 784
2. 論文標題 欧州旧石器時代の焼石調理の考古生化学	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 5-8
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 村上夏希	4. 巻 784
2. 論文標題 焼石調理の実験考古生化学的アプローチ	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 9-12
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 中沢祐一	4. 巻 36
2. 論文標題 居住と遺跡形成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東北日本の旧石器文化を語る会予稿集	6. 最初と最後の頁 19-26
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 庄田慎矢	4. 巻 88
2. 論文標題 残存脂質分析を中心とした考古生化学の進展	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 27-30
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 保坂康夫	4. 巻 1
2. 論文標題 焼石使用履歴分析について	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」 発表要旨集	6. 最初と最後の頁 4-6
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 金井拓人	4. 巻 1
2. 論文標題 割れ線解析で膨張破壊か収縮破壊かを推定することはできるのか	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」 発表要旨集	6. 最初と最後の頁 7-8
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 村上夏希	4. 巻 1
2. 論文標題 礫から脂質を抽出するには 礫を対象とした残存脂質分析の検討ー	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」 発表要旨集	6. 最初と最後の頁 9-10
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 庄田慎矢	4. 巻 1
2. 論文標題 旧石器時代の礫群を構成する礫を対象とした残存脂質分析の成果	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」 発表要旨集	6. 最初と最後の頁 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 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1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Shinya Shoda, Natsuki Murakami, Yasuo Hosaka, Miho Suzuki, Helen M. Talbot, Alexandre Lucquin, & Oliver E. Craig
2. 発表標題 Regional differences in stone cooking in the Japanese Palaeolithic as revealed by lipid residues
3. 学会等名 International Society for Biomolecular Archaeology (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 保坂康夫・庄田慎矢・村上夏希・金井拓人	4. 発行年 2024年
2. 出版社 研究代表者 保坂康夫	5. 総ページ数 12
3. 書名 「旧石器時代礫群の調理対象と調理法」 発表要旨集 日本学術振興会 (JSPS) 科研費基盤研究(C)「旧石器時代の食料資源究明に関する基礎研究」(JP21K00961) 研究成果概要	

〔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	庄田 慎矢  (Syouda Shinya)  (50566940)	独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所・企画調整部・室長   (84604)	

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