

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12962

研究課題名(和文) 安定同位体分析による本州の縄文時代人の食生態の解明

研究課題名(英文) Stable isotope analysis on human skeletal remains of the Jomon period from Honshu, Japan

研究代表者

日下 宗一郎 (Kusaka, Soichiro)

東海大学・海洋学部・特任講師

研究者番号：70721330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、本州における縄文時代の人骨の安定同位体分析を行うことで、縄文時代人の食性について詳細に明らかにすることを目的とした。本州縄文人の地域的な食生態を明らかにするために、東海・近畿・山陽地域を中心として、収集した古人骨試料の炭素・窒素安定同位体比の解析を行った。これによって、遺跡ごとに特徴的な食生態を示すことが明らかとなった。また、骨資料から亜鉛やマグネシウムを抽出し、食性解析を行うための分析条件の最適化を行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで古人骨の炭素・窒素同位体分析により、列島スケールで縄文人の食生態の多様性が調べられてきた。本研究では、より詳細に本州各地域における縄文人の食生態について検討した。地域内・集団内レベルにおける食性の変動がとても大きいことが明らかとなった。また亜鉛やマグネシウムなど新たな元素の同位体分析の手法を検討した。これらの研究を発展させることで、日本人の祖先である縄文人の食生態や環境適応とその要因についての理解が深まることが期待される。

研究成果の概要(英文)： The purpose of this study is to reveal diet during Jomon period through stable isotope analysis on human skeletal remains from Honshu, Japan. The carbon and nitrogen isotope analysis were performed on skeletal remains from Tokai, Kinki, and Sanyo regions to reveal dietary difference between the regions. The results of this study identified dietary difference among populations and between regions. In addition, the extraction method of zinc and magnesium from bone minerals was evaluated to investigate prehistoric diet with those isotopes.

研究分野：自然人類学

キーワード：同位体 縄文時代 人骨

1. 研究開始当初の背景

これまで縄文時代の古人骨の炭素・窒素安定同位体分析によって、縄文時代人の食性が復元されてきた。この手法は、各個人の陸上資源に対する海産資源への依存度を推定できる点が特徴である。それにより、縄文時代人の食性の日本列島スケールにおける地域差が明らかにされてきた。北海道の人々は海棲哺乳類に強く依存し、内陸の人々は陸上生態系に依存し、本州沿岸部の人々は陸上資源と海産資源の混合食にその特徴があることが調べられてきた。

これに対し代表者は、集団間・集団内の食性の違いに着目し、東海・山陽地域の古人骨を中心に炭素・窒素安定同位体分析を行った。その結果、各集団内で個人ごとに海産資源を摂取する割合が異なっていることが分かった。また本州沿岸部の縄文人の中でも、東海地域と山陽地域では地域差があることが明らかとなった。くわえてエネルギー源としては陸上食物が重要だったことが歯のエナメル質の炭素同位体分析から明らかとなった。このような事例は世界でも珍しく、陸上資源と海産資源の混合した食性は、完新世の狩猟採集民の海洋適応の典型例として捉えることができる。

またそれぞれの集団内において、性別や抜歯系列によって同位体比が異なる場合のあることが明らかとなった。広島県大田貝塚の人骨においては、男性が女性よりも海産資源に依存していた。愛知県稲荷山貝塚の人骨においては、抜歯系列によって海産資源に対する依存度が異なっていた。このような食性の違いは、生前の集団内の社会組織の体制を反映していると考えられる。この一連の研究を発展させ、さらに詳細に縄文時代人の環境適応を調べるために、東海・近畿・山陽地域の各集団でどのくらい食生態に変動があるのか明らかにする必要がある。さらに多くの集団について調査を行うことが、縄文時代の社会組織における共通性や多様性を解明するための鍵である。

古人骨の歯のエナメル質は、幼少期に連続的に形成されるため、その時に摂取した食物の同位体比を記録している。一本の歯から連続的に微量な試料を回収することができれば、数ヶ月の解像度で食性のデータを得ることができる。これによって、縄文時代人の食性の季節的な変化を調べることが可能となるが、これまで微量な試料を分析することの難しさから季節性が調べられてこなかった。考古学的には、季節変化する縄文人の食性は縄文カレンダーとして捉えられ、シカやハマガリの採取の季節性の証拠も提示されている。高解像度のデータにより季節変化を実証することは、人骨からの直接的証拠として重要である。

また、代表者は、これまで歯のエナメル質のストロンチウム (Sr) 同位体分析を行うことで、縄文時代の集団間の移動を調べてきた。歯の Sr 同位体比は、地質によって特徴的な値を示し、そこに生息する植物や動物も同じ値をもつ。よって、Sr 同位体比は生物の生息場所を示す指標となり、これを利用することで生物の移動を解析することができる。歯には、Sr 以外にも金属元素として亜鉛やマグネシウムも含まれている。これらの安定同位体比を測定することができれば、食性や移動の指標として用いることができる。近年海外においては、亜鉛同位体比測定の予備的な結果が報告されている。Sr のみならず複数元素を用いて分析の精度を上げることが重要である。この前処理方法や同位体測定方法を確立することで、より高精度な先史時代の食性復元と移動の解析を目指す。

2. 研究の目的

本州縄文人の食生態を、東海・近畿・山陽・中部地域内のそれぞれの集団について詳細に明らかにすることを目的とした。また、歯のエナメル質に季節変化が記録されているか否かを明らかにすること、亜鉛やマグネシウムなど新しい同位体測定の手法を確立することを試みた。これらを組み合わせることで、縄文人の食生態を詳細に復元することを目指した。地理的な範囲を拡大し、試料内の時間の解像度を上げ、複数元素による食性解析の高精度化を図ることを最終的な目標とした。

3. 研究の方法

(1) 本州の縄文時代人の食生態の解明

東海・近畿・山陽地域を中心として、古人骨や動物骨の試料を収集した。國府遺跡 (6 個体, 大阪府) 森之宮遺跡 (9 個体, 大阪府), 日下遺跡 (8 個体, 大阪府), 里木貝塚 (21 個体, 岡山県), 本刈谷貝塚 (1 個体, 愛知県), 西の宮貝塚 (1 個体, 愛知県), 川地貝塚 (19 個体, 愛知県), 蛭塚遺跡 (2 個体, 静岡県) について人骨試料を得た。それらの試料について、骨コラーゲンを抽出する実験を行った。そして炭素・窒素同位体比を元素分析装置に接続した質量分析装置 (EA-IRMS) を用いて測定した。また骨やエナメル質の炭素同位体分析も行うことでエネルギー

源を調べた。ベイジアン混合モデルを用いた解析を行うことにより、食物資源の摂取割合を計算した。

(2) マイクロドリルを用いた季節性の検証

一資料から微量の試料を回収するために、歯の切片を作成した。歯を樹脂に埋めてスライドガラスに固定し、岩石カッターを用いて切片を作成した。それを研磨して薄片を作成した。マイクロドリルによってサンプリングを行い、1資料から10点以上採取した。この回収した微量な試料について、表面電離型質量分析装置(TIMS)を用いてSr同位体比を測定した。またICP-MSを用いてBa/Ca比やSr/Ca比など元素濃度も測定した。まず、現代人の歯を用いて方法の検討を行った。これらのデータを解析することで、季節的に食物構成が変化していたのか否かを検証することを目標とした。

(3) 亜鉛・マグネシウム同位体による食性解析

亜鉛同位体分析のために歯のエナメル質のサンプリングを行った。陽イオン交換樹脂を用いたカラム作成を行った。カラムに溶かした骨試料を加え、連続的に洗浄溶液を加えてカラム分画を回収した。どの分画にどれくらい目的の元素が入っているのかICP-MSを用いて分析した。このカラム分離の手法を確立した後で、亜鉛をMC-ICP-MSを用いて測定した。

愛知県吉胡貝塚より出土したシカ骨と魚骨を実験に用いた。これにより陸上資源と海産資源の同位体比が異なるか否かを調べることにした。さらに多数の人骨の同位体比を測定することで、食性解析が可能かどうかを調べた。これらの同位体比により食性解析が可能となれば、炭素・窒素同位体比と組み合わせるとより高精度な食性の復元を期待できる。

4. 研究成果

(1)まず本州縄文人の地域的な食生態を明らかにするために、東海・近畿・山陽地域を中心として、古人骨試料を収集した。それらの試料について、実験により骨コラーゲンを抽出した。そして炭素・窒素同位体比を元素分析装置に接続した質量分析装置(EA-IRMS)を用いて測定した。また骨やエナメル質の炭素同位体分析も行うことでエネルギー源を調べた。この結果、地域ごとに特徴があるのではなく、それぞれの遺跡ごとに特徴的な食生態を示すことが明らかとなった。

東海地域の蜷塚遺跡や本刈谷遺跡から出土した人骨は、陸上植物や哺乳類を中心とした食生活をしてきた。西の宮遺跡の人骨は、やや海産物の摂取量が高い傾向にあった。川地貝塚より出土した人骨は、陸上資源へ依存した個体から、海産資源に依存した個体まで、食性の変動が大きかった。稲荷山貝塚の人骨については、放射性炭素年代測定を行う事で、抜歯型式とも関係して食生活が陸上資源依存から海産資源依存へと時期的に変化していた。この内容について論文を発表した。

近畿地域の森之宮遺跡の人骨は、陸上資源に依存していて、海産物も少量摂取しているような傾向にあった。國府遺跡の人骨は、陸上・淡水生態系に依存した食生活をしてきた。日下人骨は、陸上生態系に依存し、海産資源はあまり利用していない傾向にあった。これらについては、今後、放射性炭素年代測定を行う事で、どのような時期的な変化があるのか検討する必要がある。

山陽地域の里木貝塚から出土した人骨は、陸上資源と海産資源の混合食を示した。個体ごとの変動も大きく、このような傾向は、同地域の大田貝塚や津雲貝塚にも確認されている傾向である。これらの結果については、日本文化財科学会などにおいて学会発表を行った。

また、東海地域や山陽地域の古人骨の骨の炭素同位体比の分析を行うことでエネルギー源を調べた。ベイジアン混合モデルを用いることで、食物資源の摂取割合を計算した。その結果、縄文時代人は、エネルギー源として植物質の食料を多く摂取していたことが明らかとなった。この結果について、論文を発表した。

(2)人の歯のエナメル質は、上部から下部にかけて連続的に形成されるため、時系列に沿った食性や人の移動を検討することができる可能性がある。マイクロドリルを用いて、歯の表面を微量に連続的に切削した。それらの試料からSrを抽出し、Sr同位体比を測定することができた。しかしながら、回収した試料が微量すぎて、Sr同位体比の測定結果が良好ではなかった。そのためマイクロドリルを用いた微量試料の切削をすることを断念した。この研究を発展させるためには、他の手段を用いて微量な試料を効率良く回収することのできる手法を確立することが必要である。また、全く別の手法であるレーザーアブレーションを用いた直接的に微量試料を測定機器に導入する方法などが考えられるが、いずれにせよ本科研費の予算の範囲を超えている。この目的のためには、さらなる手法の検討が必要であり、将来の課題としたい。

(3)新たな元素の同位体分析手法の確立のために、骨資料から亜鉛やマグネシウムを、陰イオン交換樹脂を用いて分離する実験を行った。試料は縄文時代の古人骨に加えて、陸上動物骨や現生の海産貝類の試料を分析した。カラムに溶解させた試料を通し、酸溶液を連続的に加えて抽出される溶液を連続的に採取した。これらの分画中の元素濃度をICP-MSによって測定すること

で、亜鉛やマグネシウムが分離されるタイミングを確定させた。そして抽出した亜鉛の同位体比を、マルチコレクタ型誘導結合プラズマ ICP-MS により測定した。その結果、古人骨や食物資源にそれぞれ特徴的な同位体比の変動があり、食性解析に使用できる可能性が見いだされた。これらの金属元素の同位体分析による食性解析は、まだ新規性が高く、将来的な発展の可能性を感じた。そこで、科研費の最終年度前年度応募として、発展的な研究計画を立案して応募した結果、採択された。よって本研究を引き継ぐ形で、継続して科研費基盤(B)の研究を行っている。

上述の研究成果は、学術雑誌での公表のほか、日本人類学会、日本地球惑星連合大会、総合地球環境学研究所・同位体環境学シンポジウム、デンマークの国際研究会などで発表し、他の研究者と有意義な考察を行った。またアウトリーチ活動として静岡県内で講演を行い、旧所属の博物館のカフェでサイエンストークを行うなど、一般に本研究内容を分かりやすく紹介した。とくに、これまでの結果をまとめて、単著である『古人骨を測る 同位体人類学序説』を出版することができたことが大きな成果である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7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 Nakano Takanori, Yamashita Katsuyuki, Ando Atsushi, Kusaka Soichiro, Saitoh Yuh	4. 巻 704
2. 論文標題 Geographic variation of Sr and S isotope ratios in bottled waters in Japan and sources of Sr and S	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 135449 ~ 135449
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2019.135449	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 日下宗一郎, 藤澤珠織, 矢野健一	4. 巻 -
2. 論文標題 本州内陸部の宮崎遺跡から出土した成人骨と乳児骨の多元素安定同位体分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 文化財科学	6. 最初と最後の頁 -
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 日下宗一郎	4. 巻 -
2. 論文標題 理化学的分析の応用による社会への接近	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 縄文時代文化研究会第二回研究集会発表要旨「縄文時代葬制研究の現段階」	6. 最初と最後の頁 117-121
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 Kusaka Soichiro, Yamada Yasuhiro, Yoneda Minoru	4. 巻 167
2. 論文標題 Ecological and cultural shifts of hunter-gatherers of the Jomon period paralleled with environmental changes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Journal of Physical Anthropology	6. 最初と最後の頁 377 ~ 388
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ajpa.23638	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 Kusaka Soichiro	4. 巻 29
2. 論文標題 Stable isotope analysis of human bone hydroxyapatite and collagen for the reconstruction of dietary patterns of hunter-gatherers from Jomon populations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Osteoarchaeology	6. 最初と最後の頁 36~47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/oa.2711	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 日下宗一郎	4. 巻 757
2. 論文標題 安定同位体から解き明かす縄文人の食性と移動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 理科教室	6. 最初と最後の頁 80-83
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 日下宗一郎, 申基澈	4. 巻 2
2. 論文標題 縄文時代人の食性と移動の解析のためのSr混合モデルの検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 環境考古学と富士山	6. 最初と最後の頁 23-29
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13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 日下宗一郎
2. 発表標題 理化学的分析の応用による社会への接近
3. 学会等名 縄文時代文化研究会30周年記念シンポジウム「縄文時代葬制研究の現段階」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米田穰, 日下宗一郎, 山田康弘
2. 発表標題 骨の化学分析からみた食性の変化
3. 学会等名 日本考古学協会2019年度岡山大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日下宗一郎, 申基澈
2. 発表標題 縄文時代人骨の歯の亜鉛同位体分析による食性解析
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kusaka, S., Ki-Cheol, S.
2. 発表標題 Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日下宗一郎
2. 発表標題 本州から出土した縄文時代人骨の安定同位体分析による食性解析
3. 学会等名 日本文化財科学会第35回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下宗一郎, 申基澈
2. 発表標題 縄文時代人骨の歯の亜鉛同位体分析の手法開発
3. 学会等名 第8回 同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下宗一郎, 山田康弘, 米田穰
2. 発表標題 放射性炭素年代測定による東海地方縄文時代人の食性と抜歯の時期的変化
3. 学会等名 国際火山噴火史情報研究集会2018-1
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 19. 日下宗一郎, 米田穰, 山田康弘
2. 発表標題 津雲貝塚より出土した縄文時代人骨の放射性炭素年代測定
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下宗一郎
2. 発表標題 ストロンチウム同位体分析による移入者検出の展開
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下宗一郎
2. 発表標題 縄文時代人骨のハイドロキシアパタイトの炭素同位体分析
3. 学会等名 第71回日本人類学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kusaka, S., Yamada, Y., Yoneda, M.
2. 発表標題 Radiocarbon dating on human skeletal remains from Inariyama shell mound of the Jomon period in Japan
3. 学会等名 Radiocarbon and diet (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kusaka, S.
2. 発表標題 A prehistoric human history in Shizuoka
3. 学会等名 Cultivation ghe 'Fujinology' Mt. Fuji and Nature/Culture in Anthropocene. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下宗一郎, 申基澈
2. 発表標題 縄文時代人の食性と移動の解析のためのSr混合モデルの検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日下 宗一郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 京都大学学術出版会	5. 総ページ数 242
3. 書名 古人骨を測る 同位体人類学序説	

〔産業財産権〕

〔その他〕

日下宗一郎，2019年4月25日，古人骨はかく語りき-同位体分析による縄文時代人の食性-．サイエンス・カフェin静岡．静岡大学理学部主催 日下宗一郎，2019年9月22日，骨から分かる縄文人の食性と移動．NHKカルチャー．2019年度ヤマト王権・古代史講座 縄文再発見 日下宗一郎，2020年2月15日，同位体分析から探る縄文時代人の食性と集団間移動．令和元年度「富士山の日」歴史講演会

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