

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12806

研究課題名(和文)微量元素分析による植物資源の産地推定と生育・栽培条件復元の新手法開発

研究課題名(英文)Trace elements in plant for reconstruct the provenance and agricultural management in the past

研究代表者

米田 穰(YONEDA, Minoru)

東京大学・総合研究博物館・教授

研究者番号：30280712

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：過去の植物の栽培環境や栽培地を調べるために、同所的に栽培された栽培・野生植物で、微量元素の組成を比較検討した。微量元素分析には通常クリーンルームを必要とするが、比較的簡易に設置できるクリーンヒュームドラフトで、考古学で応用されるアルカリ土類の前処理が可能であることを確認した。現生植物では、豆類や堅果類でストロンチウムとバリウムの濃度が高いこと、穀物とソルマメで亜鉛濃度が高いことがわかった。以上から、微量元素組成から産地同定は困難であるが、豆類では野生種と栽培種を区別する化学的指標の可能性が示唆された。分析対象として有望な<sup>230</sup>程度で加熱された炭化種実は、内部構造で同定可能とわかった。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the provenance and agricultural management in the past, we investigate the chemical signals (trace elements) in wild and domesticated species of plants which were grown up in the same botanic garden. The Ba and Sr contents in domesticated beans and wild acorn are significantly higher than other plants. Interestingly, zinc concentration is higher in domesticated beans (Azuki and black beans) than wild bean, suggesting chemical signal may use as an indicator of domestication of beans, although further biological discussion is necessary to establish a chemical parameter of domestication. Furthermore, suitable floral remains which is composed of Melanoidine can be selected by X-ray CT scanning.

研究分野：考古科学

キーワード：炭化種実 炭化物 植物遺存体 微量元素 栽培化 メラノイジン 古食性

### 1. 研究開始当初の背景

先史時代の植物利用について、近年急速に進展をみた土器表面圧痕のレプリカ法による観察や低湿地遺跡の調査によって、膨大な情報が蓄積されつつある。とくに縄文時代の豆類の利用については、レプリカ法による形態観察から時代とともに大型化している可能性が示唆され、狩猟採集による食料獲得を生業としたと考えられてきた縄文時代に、植物が栽培されていた可能性が議論されている。しかし、サイズの拡大は気候条件などの影響である可能性も排除できず、先史時代の植物利用については、形態学とは独立した証拠からの検討が求められている。

一方で、古人骨の化学成分に基づく古食性復元では、骨コラーゲンの炭素・窒素同位体比は広く用いられているが、C4植物の雑穀を除いては、穀類が植物全体で占める割合を評価することはできない。一方、生前の情報を保持するヒトの歯エナメル質では炭酸塩の炭素同位体比に加えて、微量元素の測定から食生活の特徴を推定できるが、先史時代に利用された野生植物をふくむ日本産植物については基礎的な情報が得られていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、遺跡から出土する植物遺存体に関して、生育していた場所(産地)とその環境(生育・栽培条件)についての情報を抽出するために、微量元素濃度を適切に分析する前処理条件の方法を確立することと、同所的に栽培された植物種における元素濃度の特徴から、微量元素による栽培種の特徴などを抽出することを試みることにした。また、低湿地から出土する「炭化種実」については、暗褐色に変色しているだけの資料(しばしば自然炭化と称される)と、加熱を伴う炭化の区別なく議論されることがあるが、両者を区別する方法を検討する。

### 3. 研究の方法

(1) 環境科学などの分野では、微量元素の分析には HEPA フィルタを完備した大掛かりなクリーンルームでの実験が必要であるとされることが多く、そのような施設を準備することが難しい考古学関係の研究室では微量元素の分析事例が限られている。そこで通常の実験室にも設置可能なクリーンヒュームドラフトを用いて、汚染の影響なく植物資料の酸分解と希釈の前処理を実施できるかどうかを、汚染に敏感だとされるストロンチウム同位体比を標準物質で測定することで検討する。

(2) 考古学資料への応用を検討するために、同じ土壌・環境で生息・栽培された植物種の同位体比の特徴を比較するために、国立歴史民俗博物館のくらしの植物苑から、ヒエ、キ

ビ・アワなどの穀物、アズキ・クロダイズ・ツルマメなどの豆類、クヌギなどの堅果類を採取して、古人骨の歯エナメル質で生前の情報を復元することができるアルカリ土類金属(ストロンチウム、バリウム)と穀物で特異的に高いといわれる亜鉛について測定する。

(3) 遺跡から出土した植物遺体が「自然炭化」であるのか、加熱を伴う炭化であるかを区別するために、マイクロ CT スキャンを用いて内部構造を検討する。資料としては、低湿地遺跡から出土した炭化米を用いて観察した。

### 4. 研究成果

(1) 実験室のランニングスタンダードとして用いている bone ash (NIST SRM-1400)を用いて、東京大学総合研究博物館に新たに設置したクリーンヒュームドラフトにおける汚染の影響を評価した。比較として、総合地球環境学研究所のクリーンルーム(クラス 1000)に設置されたクリーンドラフト(クラス 100)で前処理した標準物質と比較した。その結果、通常の実験室内に設置したクリーンヒュームドラフトで前処理することで、考古学資料で分析するアルカリ土類などの元素濃度やストロンチウム同位体比には汚染が認められなかった。そこで、以下の現生植物の前処理はクリーンヒュームドラフト内で高純度硝酸を用いて実施した。

(2) 国立歴史民俗博物館くらしの植物苑で採取したヒエ(20)・キビ(8)・アワ(59)・アズキ(11)・クロダイズ(2)・ツルマメ(11)・クヌギ(1)について、ストロンチウム、バリウム、亜鉛、カルシウムの濃度を、東京大学総合研究博物館加速器分析室に設置された結合誘導プラズマ質量分析装置(ICP-MS; Agilent 7500A)を用いて測定した(カッコ内は試料数を示す)。50~100mgの資料を灰化して、蒸発乾固させた後、0.5%硝酸で希釈して分析に供した。希釈率はおよそ 6000 倍であった。

ICP-MS 測定の結果、ストロンチウムでは雑穀とアズキは低い値を示すがクロアズキ・ツルマメ・クヌギは比較的高い態を示すことが示された。バリウムでは、クロアズキは低いがツルマメとクヌギは高い値を示した。亜鉛では雑穀とツルマメが高い態を示すが、アズキ・クロダイズ・クヌギは低い値を示している。同所的に栽培された植物でも種間差があること、雑穀では共通した元素の特徴を有するが、豆類では野生種と栽培種でとくに亜鉛濃度に大きな相違が見つかった。今後、さらに種や分析条件を検討することで、豆類の栽培種と野生種を元素組成の特徴から検証することができる可能性が示された。

(3) 弘前大学北日本考古学センターに設置された X 線マイクロ CT アナライザーを用いて、弥生時代遺跡から出土した炭化米と電気炉で人工的に炭化した資料の観察を行った。弥生時代の炭化米では内部に発泡したような構造が観察されることがわかった。

一方で、炭化実験試料の観察の結果では、230 前後で炭化した資料については、表面では大きな変化は存在しないが、内部で発泡したような構造が観察された。250 以上では表面から観察可能な形態で変形が大きく、また 200 以下の加熱では十分に黒色化しておらず、また内部にも構造の変化が見られないので、炭化が十分には進行していないと考えられる。

以上の結果から、メイラード反応によってメラノイジンが形成され、考古資料においても生体中の炭素・窒素同位体比を保持していると考えられる資料は、外部構造が変化していないが、内部構造の変化がみられる資料で同定できる可能性が明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

米田 穰 (2018). 骨考古学からせまる社会の複雑化 - 人間行動生態学の視点 -. 季刊考古学 143, 61-64. [査読なし]

米田 穰・大森貴之・尾寄大真・柳田裕三 (2017). 長崎県佐世保市岩下洞穴から出土した縄文早期人骨群の炭素・窒素同位体比と放射性炭素年代. *Anthropological Science (Japanese Series)* 125(1), 39-47. [査読あり] DOI: 10.1537/asj.170417  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/asj/125/1/125\\_170417/\\_article/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/asj/125/1/125_170417/_article/-char/ja)

Itahashi, Y., Y. Miyake, O. Maeda, O. Kondo, H. Hongo, W. Van Neer, Y. Chikaraishi, N. Ohkouchi, M. Yoneda (2017). Preference for fish in a Neolithic hunter-gatherer community of the upper Tigris, elucidated by amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  analysis. *Journal of Archaeological Science* **82**, 40-49. [査読あり] DOI: 10.1016/j.jas.2017.05.001  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030544031730064X>

〔学会発表〕(計 4 件)

米田 穰 (2017). 安定同位体比からみた縄文時代早期の食生活. 明治大学黒耀石研究センター・資源利用史研究クラスター研究成果公開シンポジウム「国史跡が拓く縄文の世界 II 山と海の 1 万年～縄文早期の生業と社会～」(明治大学: 東京都千代田区 10 月 29 日).

Yoneda, M., K. Yamazaki, K. Kisida, Y. Kikuchi, H. Nasu (2016). Isotope ecology of ancient rice paddy of prehistoric Japan. The 10<sup>th</sup> International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies (IsoEcol 2016) (University of Tokyo, April 4-8).

米田 穰 (2016). 食の多様化と社会複雑化. 明治大学日本先史文化研究所シンポジウム「縄文文化の繁栄と衰退 ～生業の特殊化と社会複雑化～」(明治大学: 東京都千代田区 8 月 27 日)

米田 穰・岸田快生・那須浩郎・菊地有希子 (2016). 同位体生態学による先史時代の農耕活動に関する基礎的研究. 日本第四紀学会 2016 年大会 (千葉大学: 千葉県千葉市 9 月 18-20 日).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://c14.um.u-tokyo.ac.jp/yoneda/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

米田 穰 (YONEDA, Minoru)  
東京大学・総合研究博物館・教授  
研究者番号: 30280712

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

那須 浩郎 (Nasu, Hiroo)  
岡山理科大学・先端科学研究科・准教授  
研究者番号: 60390704

工藤 雄一郎 (KUDO, Yuichiro)  
国立歴史民俗博物館・研究部・准教授  
研究者番号: 30456636

### (4) 研究協力者

覚張 隆史 (GAKUHARI, Takashi)  
金沢大学・国際文化資源学研究センター・特任助教

板橋 悠 (ITAHASHI, Yu)

東京大学・総合研究博物館・特任研究員

申 基澈 (SHIN, Kicheol)  
総合地球環境学研究所・研究基盤国際センター・助教  
楠野(登坂) 葉瑠香 (KUSUNO, Haruka)  
東京大学・総合研究博物館・特任研究員

上條 信彦 (KAMIJO, Nobuhiko)  
弘前大学・人文社会学部・准教授

片岡 太郎 (KATAOKA, Taro)  
弘前大学・人文社会学部・講師