

厚生労働行政推進調査事業費補助金
(政策科学総合研究事業(政策科学推進研究事業))
総括研究報告書

インドネシア現代人集団の同位体データベースの構築と有効性の検証

研究代表者 米田 穰 東京大学総合研究博物館・教授

研究要旨: インドネシア現代人集団の各種同位体分析を実施し、データベースを構築した。日本人確実戦没者や考古学遺跡のデータと比較して、その有効性を確認した。またフィリピン現代人の抜去歯牙を採集した。あわせて現地での歯エナメル質およびコラーゲンの前処理を可能とする簡易前処理装置の設計を変更し、新たに試作機を作成した。また複数集団の判別分析について適切な統計手法の選定について検討を進めた。

研究分担者氏名・所属研究機関名及び所属研究機関における職名
橋本正次・東京歯科大学・歯学部・名誉教授
陀安一郎・総合地球環境学研究所・基盤研究部・教授
覚張隆史・金沢大学・古代文明・文化資源学研究所・准教授
澤藤 匠・総合研究大学院大学・統合進化科学研究センター・助教

A. 研究目的

本研究は、戦没者遺骨収集事業における遺骨の所属集団判定の精度向上に資することを目的とする。

近年、「戦没者遺骨収集事業及び事業実施体制の抜本的な見直しについて」(令和2年5月とりまとめ)に基づき、遺骨収容・鑑定の手順が変更され、DNA鑑定や形質鑑定の

結果、埋葬資料、遺留品等、これら指標から総合的に判定することとされている。しかしながら、温度や湿度、PHなどの環境要因によりDNA情報の取得が困難な事例や、判定に資する他の指標の信頼性が乏しい場合があることが課題となっている。そこで、和3年12月「戦没者遺骨収集における同位体分析の活用に係る検討会」において、所属集団判定への応用について検証等を行うこととされ、令和4年度から委託研究事業において各種同位体比の日本人戦没者における確率分布域の作成をすすめている。しかし、日本人戦没者の確率分布域は、日本人であることの蓋然性を示すものの、外国人(交戦国や現地人など)である可能性を否定することはできない。米国人については、米国国防総省捕虜・行方不明者調査局(DPAA)により、同位体情報が集積されているが、戦没者遺骨収集事業が実施される

アジアおよび太平洋域における現地人の同位体情報は不足しており、日本人戦没者と現地住民との判別には、我が国が独自に同位体情報を整備する必要がある。

そこで、本研究では、外国人と日本人の炭素・窒素・酸素・ストロンチウム等同位体分析データを比較検討した上で、日本人の確率分布域から外国人を区別する判別式を開発し、出身地判別法を確立する。さらにその判別式に基づくデータベース (DB) ソフトを開発する。

また戦後 80 年を経過した戦没者遺骨については、現地法規により国外が難しい場合があり、また比較試料として分析が必要となる動植物なども遺伝資源に係る国際条約によって持ち出しが制限されるため、現地でコラーゲン抽出やストロンチウム抽出などの前処理実施する簡易・半自動装置を開発する。国際的な規制を遵守しつつ、迅速かつ効率的な鑑定作業の実施を可能にし、戦没者遺骨の円滑な帰還に大きく寄与するものと期待される。

B. 研究方法

研究 1「インドネシア (IDN) 現代人集団の同位体データベースの構築と有効性の検証」(米田)

昨年度に採取した IDN 現代人集団の歯牙 104 点について、歯冠部からエナメル質の粉末を採取し、歯根部からは残存するタンパク質 (コラーゲン) を抽出・精製して同位体分析に供した。

歯エナメル質に含まれる炭酸塩の炭素・酸素同位体分析について、令和 5 年度「戦没者遺骨の年代測定及び所属集団判定における同位体分析の活用に係る研究事業」報告

書にて報告した暫定標準プロトコルに従って、粉末試料の作成および前洗浄を行った。歯エナメル質に含まれるストロンチウムの同位体分析は、令和 6 年度「戦没者遺骨の年代測定及び所属集団判定における同位体分析の活用に係る研究事業」報告書にて報告したプロトコルに従って実施した。

歯根部のコラーゲンは、令和 4 年度「戦没者遺骨の年代測定及び所属集団判定における同位体分析の活用に係る研究事業」報告書にて報告した暫定標準プロトコルに従って抽出した。回収したコラーゲンの炭素および窒素同位体比を、東京大学総合研究博物館に設置された元素分析計／安定同位体比質量分析計 (EA-IRMS) にて測定した。

研究 2「フィリピン現代人集団データベースに係る試料採取」(橋本)

本年度は、研究協力者の染田ともに、来年度分析する計画であるフィリピン現代人集団の分析試料を採取した。試料は、フィリピンの 5 つの地域の大学歯学部等において、歯科診療時に抜去され、かつ所有権放棄された歯牙 155 点である。また同時に、患者の性別や年齢、居住地域とその地域での滞在年数などの情報を採取した。

研究 3「インドネシア現代人集団のストロンチウム同位体分析」(陀安)

研究協力者の申と協力し、昨年度に採取したインドネシア現代人集団の試料についてストロンチウム同位体分析を行った。誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) により微量元素濃度を測定し、ストロンチウム同位体比測定に必要な 500 ng の溶液を精製カラム処理で精製した。ストロンチウム同位

体比の測定は、マルチコレクター型ICP-MSを用いて行った。

研究4「歯エナメル質のストロンチウムを処理するための簡易前処理装置の試作」(覚張)

本件度は特に、エナメル質からストロンチウムを単離するための可搬式自動前処理装置の試作機で不具合が発生したので、設計を見直し新たに試作機を製造した。あわせて、コラーゲン用に改造した試作機も作成した

研究5「複数集団の帰属判別に係る統計的手法の検討」(澤藤)

昨年度取得された PNG 現代人集団のデータベースと、先行研究で報告された考古学遺跡から得られた同位体データの比較を通じ、帰属集団判定に有効な統計学的手法を検討した。

(倫理面への配慮)

現代人抜去歯牙資料は、防衛大学校ならびに東京歯科大学での倫理審査を経て、現地歯科医師の協力のもとインフォームドコンセントを得たのちに採取された。分析に先立ち分析試料は個人情報に関する匿名化処理がなされている。

C. 研究結果

研究1では、インドネシア現代人集団検体104点について、各種同位体分析を実施した。この結果、104点についてコラーゲンの炭素および窒素同位体比のデータを得た。歯エナメル質については、95点について炭酸塩にふくまれる炭素・酸素同位体比デー

タを得た。また103点について、歯エナメル質に含まれるストロンチウムの同位体比データを得た。

先行研究で報告された考古学遺跡から出土した人骨や動物骨の各種同位体データを集成した。

研究2では、フィリピン歯科医師会に所属する現地共同研究者から、ルソン島北部(50)、ルソン島南部(35)、パナイ島(30)、レイテ島(30)、ミンダナオ島(10)で得られた抜去歯牙(総数155)を受領した。収集された抜去歯牙はいずれも、患者のインフォームドコンセントを得て取得したものである。

研究3では、インドネシア現代人集団検体103点について、ストロンチウム同位体分析を実施した。

研究4では、エナメル質からのストロンチウム単離および歯根部からのコラーゲン抽出を行うための可搬式自動前処理装置の試作機を製作した。

研究5では、昨年度構築した PNG 現代人集団データベースと、先行研究で報告された考古学遺跡の人骨・動物骨の同位体データを比較した。各種統計解析ツールを検討し、Python の scikit-learn パッケージが有望であることを見出した。

考察

今年度データを得た IDN 現代人集団データベースの有効性を検証するために、厚生労働省委託研究「戦没者遺骨の年代測定及び所属集団判定における同位体分析の活用に係る研究事業」において令和4から7年度に測定した確実戦没者遺骨のデータと比較したところ、IDN 現代人集団と確実

戦没者のデータを統合して、炭素・窒素同位体比（コラーゲン）、炭素・酸素・ストロンチウム同位体比（エナメル質）の5項目で構築したロジスティック回帰モデルは判別の中率87.2%と比較的高い識別能力を示した。また昨年度測定した PNG 現代人集団と确实戦没者でコラーゲンの硫黄同位体比も加えた6項目で構築したロジスティック回帰モデルは判別の中率94.2%と非常に高い比較的高い識別能力を示した。このことは、骨のコラーゲンおよび歯エナメル質の各省同位体データが日本人と現地住民の所属集団判定に有効であることを示している。

一方で、遺骨収集事業で収容されるご遺骨は全身骨がそろっていることは少なく、データが欠損した場合にも判別を可能とする統計的手法の開発が重要であることが確認された。

E. 結論

令和6年度の PNG につづき、令和7年度は IDN 現代人集団 104 検体について各種同位体分析を実施し、歯エナメル質に含まれる炭酸塩の炭素・酸素同位体比およびストロンチウムの同位体比、並びに歯根部から抽出したコラーゲンの炭素・窒素同位体比のデータベースを構築した。コラーゲンの硫黄同位体比については、微量での測定条件を確立して、令和8年度に測定する。

IDN 現代人集団データと日本人确实戦没者のコラーゲンの炭素・窒素同位体比およびエナメル質の酸素・炭素・ストロンチウム同位体比と統合してロジスティック回帰モデルを構築したところ、确实戦没者集団と PNG 現代人集団との間では的中率87.2%で判別が可能であった。PNG で拐取された

遺骨の所属集団判定において、同位体分析が極めて有効であることが示された。

またフィリピン現代人集団データベースに係る試料採取を実施し、抜去歯牙155点を採集した。また現地での前処理を可能とする Sr 同位体分析用およびコラーゲン抽出用の簡易前処理を改良し新たに試作機を製作した。また PNG 現代人と現代日本人のそれぞれを1集団とみなして、両者の間を分別するモデルについて検討を行った。この結果、Python の scikit-learn パッケージを用いるのが最適と考えられることが明らかになった。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

該当なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

とくになし