

平成 31 年 4 月 29 日現在

機関番号：80123

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12811

研究課題名(和文)火山性フッ素の摂取濃度を用いた人間活動の復元手法の開発

研究課題名(英文) Reconstruction of prehistoric human activities using the concentration of volcanic fluoride intake

研究代表者

青野 友哉 (Aono, Tomoya)

伊達市噴火湾文化研究所・生涯学習課(文化財係)・研究員(移行)

研究者番号：60620896

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)：本研究の目的は、古人骨の歯のエナメル質に含まれるフッ素濃度の分析を通し、人の移動や婚姻形態といった先史社会の復元に資する新たな考古学・人類学的な分析手法を確立することにある。そこで高濃度の火山性フッ素を含有した地下水が湧き出る範囲に位置する有珠モシリ遺跡と、低濃度の範囲に位置する北黄金貝塚の出土人骨について比較した。分析試料は基本的に下顎の第2小臼歯とし、有珠モシリ遺跡人骨6点、北黄金貝塚人骨4点を分析した。本研究では歯のエナメル質からフッ素を抽出した方法と分析結果、飲料水中のフッ素濃度との関連性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エナメル質中のフッ素濃度測定法の確立は、人類学・考古学研究において、縄文時代から近世までの各時代の人の移動や婚姻形態といった社会的事象の解明に役立つ。つまり、エナメル質中のフッ素濃度の違いは生前に火山性フッ素を多く含んだ地下水がある地域で育ったか否かの判別基準になる。これを利用すると、約2000年前に琉球諸島から北海道へ運ばれたイモガイ製腕輪を運んだ人を特定することや、他地域からの移住者の男女比を調べることで、夫方居住婚か妻方居住婚かといった婚姻後居住形態に迫れる可能性がある。新たな研究法の確立は未解決の人類の歴史を明らかにする一助となり、より具体的な先史時代社会の復元に寄与できる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to establish a new archaeological and anthropological method that can reconstruct a prehistoric society for example, activities related to human migration and marriage by analyzing fluoride concentrations in tooth enamel from human skeletal remains. A comparison was made of enamel fluoride concentrations between human remains excavated from Usu-Moshiri site and those from Kitakogane Shell Mound, located in areas with a continuous supply of groundwater containing high and low concentrations of volcanic fluoride, respectively. The analysis was performed primarily using mandibular second premolars from human skeletal remains, of which 6 were from Usu-Moshiri site and 4 from Kitakogane Shell Mound. In this presentation, we will report the method of extracting fluoride from tooth enamel, as well as the results of fluoride concentrations, and show the correlation between enamel fluoride concentrations and fluoride content in drinking water.

研究分野：骨考古学

キーワード：歯 火山性フッ素 骨考古学 人の移動 社会復元

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

先史時代人の移動や移住、婚姻形態を把握することは人類学・考古学上の重要課題の一つである。これまで、春成秀爾による抜歯習俗の分析(春成 2002)や、日下宗一郎による人骨のストロンチウム(Sr) 同位体比分析(日下 2012)が行われ、成果をあげている。

一方、火山周辺は地盤の鉱物や火山灰の成分により、地下水のフッ素濃度が高く(岡田・鈴木 1978)、飲用水と歯のエナメル質中のフッ素濃度には相関関係がある(八幡・広瀬他 2004)ことが地質学・火山学・歯科学の成果として知られている。しかし、フッ素を用いた人類学的研究は、「フッ素年代判定法」(松浦 1983)があるのみで、人の移動に関する研究には用いられていない。

しかも、フッ素濃度は適量であれば齲歯の予防効果があるが、過度の摂取は「歯牙フッ素症」を発症するなど、歯に痕跡を残すことから古病理として視認できる。

そこで本研究では、古人骨のエナメル質中のフッ素濃度を利用して、在地者と移住者を判別する手法の確立を目指す。これは考古学的な課題である移住や婚姻形態(夫方・妻方居住婚)などの社会復元に有用であり、齲歯頻度など既知の古病理研究と合わせた活用が可能となる点がストロンチウム同位体比分析とは異なる今までにない取り組みである。

特に、対象とする北海道伊達市有珠地区は古人骨の出土数が多く、人類学研究の先進地として研究成果が蓄積され、応用研究の材料に事欠かない。また、火山灰により年代の明らかな古人骨を対象にしたモデル研究を実施し、他の火山地域での研究に示唆を与えることが可能である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、古人骨の歯のエナメル質に含まれるフッ素濃度の分析を通し、古病理学的視点のみならず、人の移動や婚姻形態といった先史社会の復元に資する新たな考古学・人類学的な分析手法を確立することにある。対象地域は活火山の有珠山があり、古人骨研究の先進地である北海道伊達市とし、火山周辺で高濃度の火山性フッ素を含有した地下水を長年摂取した人々と、他地域で育ち、移動してきた人々を数値的に区別する。この結果と既知の考古学・人類学的な知見とを合わせることで、本州と北海道の人の移動など考古学が抱える課題に答え、新たなフィールドを切り開くことができる。また、応用研究の実施により、他の火山地域での適用を目指す。

3. 研究の方法

北海道南西部の伊達市に所在する有珠山は 2000 年 3 月にも噴火した活火山である。この山の麓の有珠地区は 10,000 年以上前の山体崩壊により形成され、天然の良港を有し、縄文時代から明治期まで北海道の交流拠点の一つであった。本研究の計画では、まず有珠地区の地下水の火山性フッ素濃度と出土古人骨の歯に蓄積したフッ素濃度を測定し、古病理との関連性を分析する。次に、新たに開発するエナメル質中のフッ素濃度測定法を用いて、有珠地区における在来者と移住者の判別を行う。これにより、考古学的に未解明であった先史社会の復元にかかわる様々な研究課題にチャレンジすることが可能になる。

有珠山周辺の地下水と地盤のフッ素濃度調査にあたっては、有珠山周辺の 1 市 2 町が保持している過去の水質調査のデータを収集し、フッ素の地点別の濃度と時代的な推移を把握する。ただし、水質検査は上水道の採取地のみで行われていることから、未実施箇所は湧水及び河川から地下水を採取する。

伊達市有珠地区は、有珠山が山体崩壊した岩石なだれ堆積物が地盤となっているため、海岸付近に地下水が湧き出す湧水点が多くある。この湧水点の付近に縄文時代から近代までの遺跡が存在するため、各湧水と遺跡出土の古人骨を対応させて考察することとする。

また、有珠地区の地下水のフッ素濃度が高い原因を確定させるため、地盤である岩屑なだれ堆積物を採取して、成分を明らかにする。

歯牙の古病理と火山周辺の地下水利用との相関関係の解明にあたっては、まず古人骨の死がフッ素症と齲歯のデータを収集し、遺跡と火山との位置関係を把握し、古病理と地下水摂取との因果関係を把握する。

古人骨を用いた歯のエナメル質中のフッ素濃度測定法の確立にあたっては、まずエナメル質表層のフッ素濃度の測定部位(頬側面・口蓋側面)と採取する深さ(30 μm 程度)について実験的検討を加える。なお、歯科学の分野で現代人の歯を用いた先行研究が参考になるが、出土人骨を用いるにあたっては、埋没後に地中から吸収するフッ素量も考慮する必要があるため、独自の基準が必要である。その後、有珠地区及び他の地区で出土した人骨の歯のフッ素濃度を測定して比較検討する。

人類学・考古学的なモデル研究の実施にあたっては、南海産イモガイ製腕輪の出土から本州以南からの人と物の移動が想定される有珠モシリ遺跡を対象にした分析

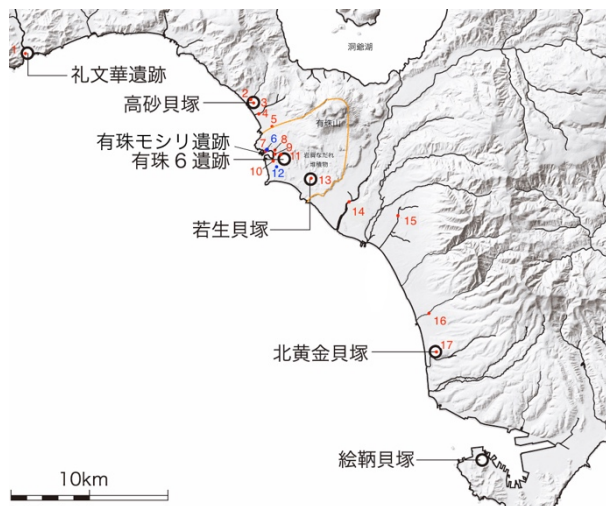


図1 水質サンプルの採取地点

を行う。具体的には縄文人骨・続縄文人骨の歯のフッ素濃度を分析して、既知の考古学的成果と照らし合わせることで、本州以南からの移住者を特定することや、移住者の性別比によって婚姻形態を把握する研究などが考えられる。

4. 研究成果

a. 有珠山周辺の地下水と地盤のフッ素濃度調査 (担当：青野・吉村)

高濃度のフッ素を含有する地下水の分布範囲と遺跡との位置関係を把握すべく、北海道有珠山周辺の湧水・河川水・井戸水を、IC法及びCFA法により測定して比較した。また、比較資料として①洞爺火砕流堆積物(約11万年前)起源の岩屑なだれ堆積物、②有珠山起源の安山岩、③1663年降下の有珠b火山灰、④有珠湾内の海水を測定した。

その結果、有珠山から半径約5kmの範囲内の自然湧水のフッ素濃度は0.16~0.74mg/Lであり、それ以外の地域(0.05未満~0.10mg/L)の約3~7倍と高濃度であると判明した(図2)。同時に、半径5km圏内であっても井戸水のフッ素濃度は0.05mg/L未満と低く、井戸の深度、つまりは水脈の違いによってフッ素濃度が異なる可能性が示唆された。

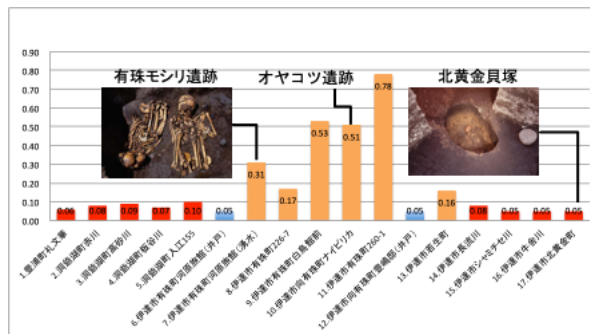


図2 噴火湾東岸の湧水等のフッ素量

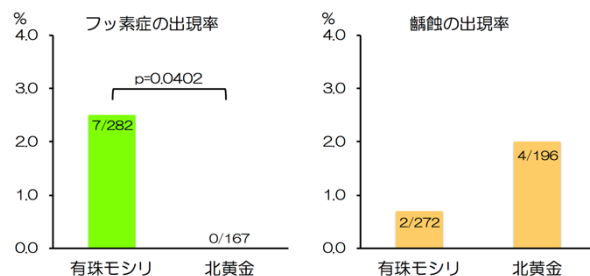


図3 フッ素症と齲蝕の出現率

b. 歯牙の古病理と火山周辺の地下水利用との相関関係の解明

歯牙フッ素症と齲蝕の出現率 (担当：澤田)

地下水のフッ素濃度が高い地域である有珠地区出土の人歯(350点)と低い地域である北黄金貝塚出土の人歯(196点)を対象に肉眼による観察を行った。フッ素症・齲蝕とも「症状が現れた歯の数」に対する「調査対象の全ての歯の数」の比を出現率とした。フッ素症の調査対象は歯冠形成が完了し咬耗がマルチンの3度以下の永久歯、齲蝕の調査対象は萌出済みの永久歯とし、歯石の発達が顕著な歯および歯冠が破損した歯は対象から除外した。

結果は有珠モシリ人骨群と北黄金人骨群でフッ素症および齲蝕の出現率に差があるかどうかをカイ二乗検定で検討したところ、有珠モシリ人骨群のフッ素症出現率が有意に高い結果が得られた(図3)。

c. 古人骨を用いた歯のエナメル質中のフッ素濃度測定法の確立

試料採取の方法 (担当：青野・山口・米田)

試料採取にあたっては、抜歯習俗の影響を受けない部位を選ぶとともに、唾液などの口腔環境の差異によるバイアスを避けるために同一箇所からの採取を行なった。採取の手順は以下の通りである。

- ①下顎の第2小臼歯を対象とし、処理前の資料の写真撮影
- ②サンドブラスターで土・歯石を除去
- ③型取りとレプリカ作成
- ④歯冠エナメル質の頬側遠心部をドリルでクリーニング
- ⑤表層・内層に分けて5mg採取(本分析後に1mgで測定可能だと判明)

フッ素分析方法 (担当：吉村)

試料5mgと水5mlを30mlポリプロピレン製投薬瓶にとり、H⁺形陽イオン交換樹脂(Muromac AG 50W-X4, 100-200 mesh)スラリー1mlを5mlポリエチレン製注射筒を用いて加えた。この混合物を3時間振とうすると溶液のpHは約3まで低下し、リン酸塩である試料は完全に溶解する。この混合物を駒型0.45μmメンブレンフィルターを取り付けた注射筒に移しろ過を行い、ろ液を分析に供した。電導度検出器を取り付けたDionex社製のICS-90型にAG12Aガードカラム、AS12A分離カラム、メンブレンサプレッサーAMMS 300を連結し、陰イオンの分離にはNaHCO₃-Na₂CO₃混合溶液を用いた。試料導入ループは30μlである。フルオロアパタイトCa₁₀(PO₄)₆F₂(FAP, 和光, F/P比=0.333)の分析を同時に行い、分析の信頼性に関する管理を行った。

d. 人類学・考古学的なモデル研究の実施

古人骨の歯のエナメル質に含まれるフッ素濃度の分析を通し、人の移動や婚姻形態といった先史社会の復元に資する新たな考古学・人類学的な分析手法を確立するため、高濃度の火山性

フッ素を含有した地下水が湧き出る範囲に位置する有珠モシリ遺跡とオヤコツ遺跡、低濃度の範囲に位置する北黄金貝塚の出土人骨について比較した。

分析試料は基本的に下顎の第2小臼歯とし、有珠モシリ遺跡人骨6点、オヤコツ遺跡1点、北黄金貝塚人骨4点を分析した。

その結果、歯冠エナメル質のフッ素量は有珠地区の方が北黄金貝塚よりも多く、遺跡周辺の湧水のフッ素量との相関関係が認められた。また、フッ素症の出現率も有珠地区が高いことから、湧水中のフッ素量との関連が指摘できる。ただし、フッ素症がみられた個体の歯冠のフッ素量が必ずしも高い値ではないことから、試料の採取方法の検討とさらなる分析の実施が必要である。

なお、この研究手法の検討過程で、歯冠エナメル質の採取量は1mgに減らしても測定可能であることがわかった。今後は他の地域・遺跡の分析例を増やすことで、移住者とその故地を特定する研究へと発展させることが可能となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計11件)

澤田純明・福井淳一・高島孝宗, 2019, 道北更新世人類化石探索の予備的調査報告. 枝幸研究, 10: pp.13-23.

吉村和久・石原与四郎・山内平三郎・島袋綾野・片桐千亜紀・能登征美・天日美薫, 2019: 鍾乳洞に記録された大規模地震と津波. 第四紀研究, 58(2).

青野友哉, 2018.5.1: 埋葬行為復元の骨考古学的意義. 季刊考古学, 第143号. 雄山閣. pp.49-52.

YAMAGUCHI, H., YONEDA, M., KONDO, O., SHITARA, H., TOIZUMI, T. 2018: A quantitative evaluation of millet consumption by isotope analysis of human and animal teeth from the terminal Final Jomon to the Middle Yayoi Period. *Anthropological Science*, 126(3), 173.

Sawaura, R., Sawada, J., Sato, T., Suzuki, T., Sasaki, K., 2018: Late Pleistocene hares of the Japanese archipelago: Paleobiogeographic implication at the Last Glacial Maximum. *International Journal of Osteoarchaeology*, 28: pp.179-187.

澤田純明, 2018: ストレスマーカーから探る過去の人々の健康状態. 季刊考古学, 143: pp.43-46.

澤田純明, 2018: 人骨のマイクロ・マクロ形態分析による生活環境復元. 考古学ジャーナル, 714: pp.10-14.

青野友哉, 2017.6.5: 「社会復元のための人骨・遺物による埋葬環境判別法-17世紀のウスコタンにおける墓と社会-」 安齋正人編『理論考古学の実践』理論篇. 同成社 pp.395-420

石原与四郎・吉村和久, 2017: 白保竿根田原洞穴遺跡はどのようにできたか. 科学, 87(6), pp.537-542.

YAMAGUCHI, H., YONEDA, M., KONDO, O. 2017: Isolated teeth from the Iwatsubo Cave site show millet consumption by Yayoi people. *Anthropological Science*, 125(3), 182.

K. Yoshimura, Shiqin Wu, T. Nakahashi, and S. Saito, 2016: Inorganic impurities in teeth of the ancient inhabitants of Palmyra, Syria. In J. C. Meyer (Ed.), *Palmyrena: City, Hinterland and Caravan between Orient and Occident*, pp.163-172. Archeolopress, Oxford.

〔学会発表〕(計9件)

澤田純明, 2019.3.28: 東アジアの狩猟採集集団と初期農耕集団におけるストレスマーカーの出現状況. 第124回日本解剖学会全国学術集会, 朱鷺メッセ, 新潟市.

青野友哉, 吉村和久, 山口晴香, 米田穰, 澤田純明, 2018.10.20: 火山性フッ素の摂取濃度を用いた人間活動の復元手法の開発II. 第72回日本人類学会大会

澤田純明, 2018.10.19 : ストレスマーカーから探る縄文時代人の健康状態. 第 72 回日本人類学会大会, 静岡県三島市民文化会館・国立遺伝学研究所, 三島市.

YAMAGUCHI, H., YONEDA, M., KONDO, O., SHITARA, H., TOIZUMI, T. 2018 : 縄文晩期終末から弥生中期の人・動物歯牙資料の同位体分析による雑穀利用の定量評価. 日本人類学会大会

YAMAGUCHI, H., YONEDA, M., KONDO, O. 2018 : 縄文晩期-弥生時代人歯の歯根部コーラゲンと歯冠部エナメル質アパタイトの同位体分析による雑穀利用の検出. 日本地球化学会年会

Junmei Sawada, Masaki Eda, Hitomi Hongo, Takao Sato, Ryohei Takahashi, Takeji Toizumi, Minoru Yoneda, Taichi Hattori, Ryohei Sawaura, Eisuke Yamada, 2018.9.5, : The hunting strategy in the Hoabinhian period of northern Vietnam. 13th ICAZ International Conference, The Cultural and Convention Center at METU, Ankara, Turkey.

青野友哉, 米田穰, 澤田純明, 2017.11.4 : 火山性フッ素の摂取濃度を用いた人間活動の復元手法の開発. 第71回日本人類学会大会

Tomoya Aono , 2017.9.1 : The Ainu Society and Graves in the 17th Century: Findings from the Documents of a Foreign Missionary and from a Recent Archaeological Research. 15th EAJS (The European Association for Japanese Studies) International Conference 2017, Lisbon, Portugal.

青野友哉・米田穰・澤田純明, 2017.6.10~11 : 遺跡周辺の湧水のフッ素濃度と火山との関連性. 第34回日本文化財科学会大会

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 米田 穰

ローマ字氏名 : Minoru YONEDA

所属研究機関名 : 東京大学

部局名 : 総合研究博物館

職名 : 教授

研究者番号 (8桁) : 30280712

研究分担者氏名 : 澤田純明

ローマ字氏名 : Junmei SAWADA

所属研究機関名 : 新潟医療福祉大学

部局名 : リハビリテーション学部

職名 : 准教授

研究者番号 (8桁) : 10374943

(2) 研究協力者

研究協力者氏名 : 吉村和久

ローマ字氏名 : Kazuhisa YOSHIMURA

研究協力者氏名 : 山口晴香

ローマ字氏名 : Haruka YAMAGUCHI

※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、研究者個人に帰属されます。