

令和 4 年 6 月 12 日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21661

研究課題名(和文)陸域炭酸塩の年輪を用いた年代推定法と地域的環境影響検出法の開発

研究課題名(英文)A new approach to determine age of deposition and paleoenvironment change in annually laminated tufa

研究代表者

勝田 長貴(Katsuta, Nagayoshi)

岐阜大学・教育学部・准教授

研究者番号：70377985

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 4,700,000円

研究成果の概要(和文):本研究は浅間火山・濁川のトゥファを題材とし、安定同位体組成の高分解能分析を通じて、従来研究で課題とされる形成年代とそこに記録される環境変動記録を求める方法を検討した。現生の河床トゥファ方解石 180は河川の水温効果によって変動することが分かった。これをもとに、河岸段丘崖から採取した河床トゥファ方解石 180の25年間記録と樹木年輪幅(気温指標)によるパターンマッチングを行った結果、統計的に有意な6つの年代が得られ、本手法による形成年代の一意的な決定は現状では困難であることが分かった。一方で、古トゥファの産状や地球化学的分析結果は、トゥファの年代推定結果に制約を与えることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、陸域の古環境を高時間分解能(季節単位)で記録する研究試料として、トゥファが注目されてきた。しかし通常使用される $^{14}\text{C}$ 法や $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$ 法を適用することは困難であった。本研究はこの課題を克服するため、トゥファ年輪記録と樹木年輪記録のパターンマッチングをトゥファの産状や安定同位体組成と合わせて解析することで、新しい年代推定法への可能性を示すことができた。これにより、汎世界的に石灰岩地帯に分布するトゥファや、他地域の火山性トゥファ及び段丘崖の年代推定への適用が期待でき、時間的・空間的高解像度の陸域古環境の復元や、古文書を利用できない火山活動評価への展開に繋がることが期待できる。

研究成果の概要(英文): We investigated a new approach to determine age of deposition and paleoclimate changes in annually laminated tufa. Previous studies indicated that the conventional  $^{14}\text{C}$  and  $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$  methods is difficult for age determination of tufa. To solve this problem, we carried out the high-resolution analyses of stable isotope compositions in annually laminated modern-tufa and paleo-tufa of Nigori River of Asama volcano in central Japan.

Modern tufa 180 from the riverbed reflected the variation in temperature of river water. Based on the results, we investigated pattern matching between the 25-years paleo-tufa 180 record of summertime-averaged values and the last 2000 years record of tree-ring width. Results indicated statistically significant six ages, which implies that this approach has a difficulty in uniquely determining the depositional age. However, our approach suggests that the tufa occurrence and geochemical results can constrain the estimated ages.

研究分野：環境変動解析学

キーワード：トゥファ 安定同位体比 火山

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

人類の歴史は気候の変化と密接に関係しているが、気象観測記録が得られない歴史時代の気候変動を高精度・高分解能で知る手がかりとして用いられるのが、樹木、サンゴ、氷床等の年輪の代替指標であり、これらに匹敵する時間分解能(季節単位)で人の活動の場である陸域の気候や環境復元を行える研究試料として、トゥファ(方解石を主体とする縞状炭酸塩堆積物)が近年注目されている。一方で、その形成年代の決定には、 $^{14}\text{C}$  や  $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$  の年代測定法を利用できず、復元できる古気候記録は過去数年~十数年に限定されていた。トゥファは温帯から熱帯域に汎世界的に分布する石灰岩地帯やテクトニックに活動的な温泉地帯の河川や湖沼環境に普遍的に存在するため、トゥファ年輪に年代軸を入れることができれば、古気候復元の地理的偏在(熱帯域のサンゴ、極域の氷床など)の補間に貢献できる。また、トゥファから新規の環境変動記録を抽出できれば、人、気候、環境の関連性評価に応用できるようになる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、 $^{14}\text{C}$  や  $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$  の年代測定法をトゥファ年代決定の課題を克服するため、世界各地で整備されている樹木年輪データベース(幅:夏季気温、 $\delta^{13}\text{C}$ :年平均気温、 $\delta^{18}\text{O}$ :降水量など)を活用し、樹木年輪の代替指標に対応する指標をトゥファ年輪の安定同位体比組成( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ )から導き出すことである。そのうえで、これまで着目されてこなかった火山活動の指標をトゥファ年輪の安定同位体組成をもとに検出し、トゥファ形成当時の火山活動影響の歴史復元を構築することである。

### 3. 研究の方法

本研究は、中部日本の浅間火山・濁川トゥファを題材とし、濁川源泉から下流4kmの範囲に7つの定点観測点を設け、2ヶ月ごとに水質観測(pH、水温、アルカリ度等)と試料採取を行った。水試料は0.45  $\mu\text{m}$  フィルタで濾過し、陽イオン分析試料は $\text{HNO}_3$ 添加を施した。DIC試料は $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ は $\text{BaSO}_4$ でそれぞれ固定した。現生トゥファ試料は濁川河床、古トゥファは河床から約3.5mの高さの段丘崖から採取した。そして、マイクロドリルを用いて高空間分解能で分取した。

水の陽イオン濃度はICP-AES、陰イオン濃度はイオンクロマトグラフィーを用いた(岐阜大既設)。同位体分析は総合地球環境学研究所既設の装置を用いて、水同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ )は水同位体比アナライザー(Picarro L2120-i)、炭酸塩同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )は炭酸塩-IRMS、S同位体比( $\delta^{34}\text{S}$ )はS-IRMSでそれぞれ分析した。トリチウム( $^3\text{H}$ )を用いた濁川源泉の地下水年代測定(外部委託)は、低レベル液体シンチレーション検出器を用いて行った。

### 4. 研究成果

濁川源泉と下流の水同位体比は年間を通じて測定誤差内で一定に推移する( $\delta^{18}\text{O} = -12.9 \sim -12.2\text{‰}$ ,  $\delta\text{D} = -90.0 \sim -86.1\text{‰}$ )。その $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta\text{D}$ の関係は天水線上の狭い範囲に分布することから、山体内部で良く混合された水が源泉や河床から湧出していると考えられる。源泉2か所の滞留時間は共に8年であった。下流のトゥファ堆積場の水は年間を通じて、炭酸カルシウムに対して過飽和であった。

トゥファ年輪はMgに富む夏季の縞とMnに富む冬季の縞から成る。炭酸塩 $\delta^{18}\text{O}$ は夏季に平均 $-10.1\text{‰}$ と冬季平均 $-9.2\text{‰}$ で繰り返す。水の $\delta^{18}\text{O}$ は年間を通じてほぼ一定であることから、炭酸塩 $\delta^{18}\text{O}$ 変動は水温効果に起因すると見なされた。次に、現生トゥファ $\delta^{18}\text{O}$ と樹木年輪幅のパターンマッチングを実施した。樹木年輪幅は6~8月の気温を反映するため、トゥファ $\delta^{18}\text{O}$ も夏季のピークの前後3点の平均値を用いた。結果、相互相関係数はタイムラグゼロで最大値を示し、本手法の有用性が確認できた。同様の手法で、25年間の記録を有する古トゥファ $\delta^{18}\text{O}$ 記録と樹木年輪幅のパターンマッチング解析の結果、統計的に重要な0.6以上の相関係数を持つ年代が6点得られた。この結果は本手法でトゥファ形成年代を一意的に決定することが現状困難であることを意味する。

そこで古トゥファの産状に着目し、6つの年代値の制約条件を検討した。本試料は、AD1108年の浅間火山大噴火で生じた追分火砕流堆積層から得られたものである。その浸食速度と試料採取地点(最上位から30cm)を考慮すると、AD1120年~AD1145年とAD1164年~AD1189年に絞られる。AD2004年の中規模噴火影響を示唆する $\delta^{13}\text{C}$ 値の負の異常が古トゥファ記録に認められなかったこと、AD1128年に浅間火山で噴火活動が生じたことから、古トゥファの形成年代はAD1120年~AD1145年と推定された。この様に本手法はトゥファの産状及び地球化学分析結果を用いることで、トゥファ形成年代の推定できる可能性が示された。

この他に、トゥファ炭酸塩 $\text{SO}_4$ - $\delta^{34}\text{S}$ の指標分析を行った。濁川源泉 $\text{SO}_4^{2-}$ - $\delta^{34}\text{S}$ は、地下水中の硫酸還元によって年間を通じて33%~37%の範囲を示す。下流の $\text{SO}_4^{2-}$ - $\delta^{34}\text{S}$ は降水の混合効果を受けて27~28%に減少する。その季節変動は降水量の低下する冬季に上昇傾

向を示すから、トウファ炭酸塩  $\text{SO}_4\text{-}\delta^{34}\text{S}$  で見られる年々変動は冬季の降水量を反映することが明らかとなってきた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 Yoshida Hidekazu, Yamamoto Koshi, Ohe Toshiaki, Katsuta Nagayoshi, Muramiya Yusuke, Metcalfe Richard	4. 巻 54
2. 論文標題 Diffusion controlled formation of spherical carbonate concretion in muddy sedimentary matrices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 233 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0593	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 Yoshida Hidekazu, Katsuta Nagayoshi, Sirono Sin-iti, Nishimoto Shoji, Kawahara Hirokazu, Metcalfe Richard	4. 巻 552
2. 論文標題 Concentric Fe-oxyhydroxide bands in dacite cobbles: Rates of buffering chemical reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 119786 ~ 119786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2020.119786	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 Yoshida Hidekazu, Kuma Ryusei, Hasegawa Hitoshi, Katsuta Nagayoshi, Sirono Sin-iti, Minami Masayo, Nishimoto Shoji, Takagi Natsuko, Kadowaki Seiji, Metcalfe Richard	4. 巻 11
2. 論文標題 Syngenetic rapid growth of ellipsoidal silica concretions with bitumen cores	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-83651-w	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 Katsuta Nagayoshi, Matsumoto Genki I., Hase Yoshitaka, Tayasu Ichiro, Haraguchi Takashi F., Tani Eriko, Shichi Koji, Murakami Takuma, Naito Sayuri, Nakagawa Mayuko, Hasegawa Hitoshi, Kawakami Shin ichi	4. 巻 46
2. 論文標題 Siberian Permafrost Thawing Accelerated at the B?iling/Aller?d and Preboreal Warm Periods During the Last Deglaciation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 13961 ~ 13971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL084726	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 Katsuta Nagayoshi, Takano Masao, Sano Naomi, Tani Yukinori, Ochiai Shinya, Naito Sayuri, Murakami Takuma, Niwa Masakazu, Kawakami Shin ichi	4. 巻 66
2. 論文標題 Quantitative micro X ray fluorescence scanning spectroscopy of wet sediment based on the X ray absorption and emission theories: Its application to freshwater lake sedimentary sequences	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sedimentology	6. 最初と最後の頁 2490 ~ 2510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sed.12603	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3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 横山裕矢・勝田長貴・香川雅子・内藤さゆり・森本真紀・由水千景・陀安一郎・川上紳一
2. 発表標題 浅間火山濁川の水の硫黄同位体比分析
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 香川雅子・山岸悠人・橋本雄輔・内藤さゆり・勝田長貴・陀安一郎・由水千景
2. 発表標題 岐阜市近郊における硫酸エアロゾル中の $^{34}\text{S}$ と $^{18}\text{O}$ の季節変動
3. 学会等名 第10回同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮西勇太・高村一希・勝田長貴・森本真紀・安田敦・川上紳一
2. 発表標題 原生代前期ストロマタイトの縞状構造における高分解能解析：安定同位体比と化学組成分析.
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

勝田長貴 <a href="https://researchmap.jp/7000014318">https://researchmap.jp/7000014318</a>
---

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	阿部 理  (Abe Osamu)  (00293720)	名古屋大学・環境学研究科・助教   (13901)	
研究分担者	森本 真紀  (Morimoto Maki)  (30377999)	岐阜大学・教育学部・准教授   (13701)	
研究分担者	中川 麻悠子  (Nakagawa Mayuko)  (20647664)	東京工業大学・地球生命研究所・特任助教   (12608)	

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