

プレス発表資料 PRESS RELEASE

令和元年 6月 20日  
学校法人 武蔵野美術大学  
国立大学法人 弘前大学

過去の太陽活動/宇宙線変動史を解明する新手法を開拓

～白水台の石灰棚に残された過去の太陽活動変動～

<概要>

武蔵野美術大学教養文化・学芸員課程研究室の宮原ひろ子准教授、シュー・ホンヤン研究員、弘前大学大学院理工学研究科の堀内一穂助教らの研究グループは、景勝地で知られる中国雲南省の白水台に広がる石灰質堆積物が、過去の太陽活動および宇宙放射線変動を探る新たなツールになり得ることを発見しました。本研究成果は、科学雑誌 *Quaternary Science Reviews* に掲載されました。



図1. 中国雲南省の白水台に広がる石灰棚（左）と、白水台より採取された石灰質堆積物の年層（右）.

## <背景>

太陽は、基本となる 11 年周期のほかにも、数十～数千年スケールの変動を示すことが知られています。そういった太陽の長期的な変動は、地球の気候にも大きな影響を及ぼすため、太陽活動の歴史を正しく理解して変動のメカニズムを探っていくとともに、地球や社会におよぼす様々な影響を明らかにしていくことが求められています。

ガリレオが太陽黒点の観測を開始した 17 世紀初頭以前の太陽活動は、樹木年輪に含まれる炭素 14（半減期：5730 年）や南極の氷床コアなどに含まれるベリリウム 10（半減期：139 万年）といった、宇宙から飛来する宇宙放射線（※1）が大気中で生成する核種の量を分析することにより、間接的に調べられています。

地球に飛来する宇宙放射線は、太陽圏（※3）に広がる太陽の磁場によって一部が遮蔽された後に地球に到来するため、その線量は、太陽活動度に応じて変化します。そのため、地球の大気中での炭素 14 やベリリウム 10 の生成率は、太陽活動の変動にともなって変化します。

しかしながら、二酸化炭素として大気中を循環する炭素 14 は、その生成率に見られる変動の振幅が大気の中で大幅に減衰するため、樹木年輪の分析だけでは太陽活動の 11 年周期変動の詳細な特性を復元しにくいという問題点がありました。また、遡ることができる年代も、数万年程度が限界でした。一方で、氷床コアは、深層の氷ほど圧縮されるため、数万年よりも古い時代については 1 年という分解能が達成しづらいという問題点がありました。

## <内容>

そこで、本研究では、世界で初めて、トラバーチン堆積物と呼ばれる石灰質の堆積物（図 1）から過去の太陽活動や宇宙放射線変動の情報を抽出する手法を開拓しました。トラバーチン堆積物は 1 cm 以上の年層を持ち（図 1 右）、数万年をはるかに超える古い年代についても、1 年分解能で太陽活動を復元できる可能性を秘めています。

今回は、中国雲南省白水台から採取されたトラバーチン堆積物のうち、年代の特定が容易な現代の年層（図 2 左）の分析を行いました。

本研究では、石灰質堆積物中にごく微量に含まれるベリリウム 10 の分析を、3g という少量の試料で分析できる化学処理手法を確立し、加速器質量分析計を用いてその濃度の分析を行いました。併せて、試料に含まれる安定同位体ベリリウム 9、および微量元素組成についても分析し、ベリリウム 10 の堆積過程に影響する降水や土砂の流入等の影響を除去する手法を確立しました。

その結果、トラバーチン堆積物からは、宇宙放射線の強度を良く反映したベリリウム 10 変動を、正確な時間軸で取得できるということが判明しました（図 2 右）。

## <今後の期待>

現代から数十万年前までの時代にわたって 1 年という高時間分解能で太陽活動の変遷や

宇宙放射線変動の歴史を詳しく復元できる手法が確立されたことにより、太陽活動のリズムやその物理メカニズムについて、今後理解が大きく進んでいくことが期待されます。また、現在活発な議論が進められている、地球にふりそぐ宇宙放射線と気候変動の関連性についても、より多くの情報が得られると期待されます。地球に降り注ぐ宇宙放射線の量は、太陽活動だけではなく、地磁気の変動によっても変わります。地磁気の変動は、数千～数十万年をかけてゆっくりと変動することが知られています。地磁気の強度が弱まっている時は、太陽活動に伴う宇宙放射線の変動がより大きな振幅であらわれることも示唆されています。

複合的に決定される地球の宇宙放射線環境について、今後より深い理解が進むと期待されます。

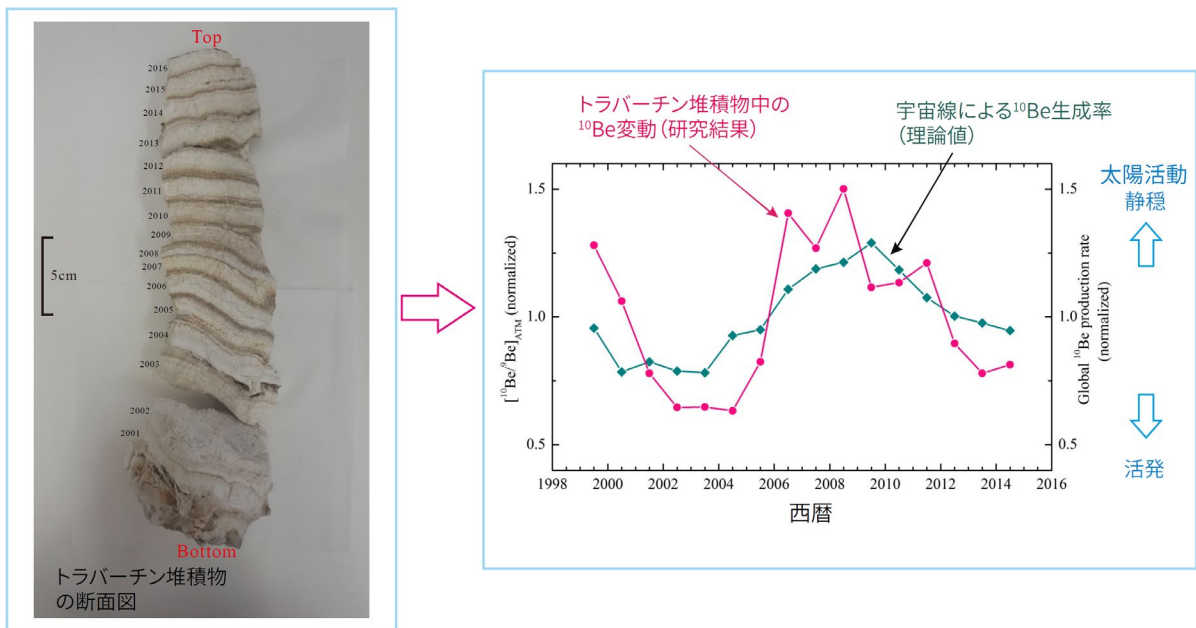


図2. 今回分析が行われたトラバーチン堆積物の年層（左）および、ベリリウム10の分析結果（右図中の赤線）とベリリウム10生成率の理論値（青線）。

### <用語解説>

- ※1 宇宙放射線・・・宇宙から飛来する放射線。宇宙線とも呼ばれる。主に、陽子から成る。多くは天の川銀河内の超新星残骸（※2）から飛来してきている。
- ※2 超新星残骸・・・質量が大きな恒星が核融合の燃料を使い果たしたときに起こす爆発の残骸。強い磁場を持ち、電荷をもった粒子を加速するため、宇宙放射線の源となっている。
- ※3 太陽圏・・・太陽から吹いている磁場とプラズマの風が届く領域。太陽地球間の距離のおよそ100倍の遠方まで広がっている。太陽活動の度合いに応じて、太陽圏を満たす磁場の強度や構造が変化する。

### <発表論文>

掲載誌：Quaternary Science Reviews

タイトル： High-resolution records of  $^{10}\text{Be}$  in endogenic travertine from Baishuitai, China:  
A new proxy record of annual solar activity?

著者：Hongyang Xu, Hiroko Miyahara, Kazuho Horiuchi, Hiroyuki Matsuzaki, Hailong Sun,  
Weijun Luo, Xiangmin Zheng, Yusuke Suganuma, Shijie Wang, Limin Zhou.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.05.012>

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379119300800>

<お問い合わせ先>

宮原ひろ子（武蔵野美術大学 教養文化・学芸員課程研究室）

miyahara @ musabi.ac.jp

堀内一穂（弘前大学 大学院理工学研究科）

kh @ hirosaki-u.ac.jp