

## インドネシアの鍾乳石における年代モデルの構築

福永卓也\*・渡邊裕美子\*・松岡廣繁\*・中井俊一\*\*・田上高広\*・竹村恵二\*\*\*・余田成男\*

### Constructing high-resolution age model based on annual bandings of Indonesian stalagmites for paleoclimatology

Takuya Fukunaga\*, Yumiko Watanabe\*, Hiroshige Matsuoka\*,

Shun'ichi Nakai\*\*, Takahiro Tagami\*, Keiji Takemura\*\*\* and Shigeo Yoden\*

\* 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

\*\* 東京大学地震研究所 Earthquake Research Institute, University of Tokyo

\*\*\* 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

#### はじめに

鍾乳石には、古気候研究を行う上で優れた特徴がいくつかある。(1)103~105年のタイムスケールで連続的に成長しうること、(2)U系列年代測定法で正確に年代決定できること、(3)洞窟外環境の変動を記録していること、(4)ほとんど二次的な続成作用が見られないことなどが挙げられる(Fairchild et al.,2006)。また、アイスコアは極域や高山に、珊瑚は温暖な浅海に限られるのに対し、鍾乳石は汎地球的に用いることができる。陸域の汎地球的に用いることができるものとして他には湖底堆積物が考えられるが、湖底堆積物は年代決定が難しいという欠点がある。さらに、これは古気候研究が行われる試料の多くに共通することであるが、鍾乳石には年縞を持つものがある。年縞を用いることによって、高時間分解能での古気候研究が可能である。以上より、鍾乳石は古気候を研究にする上で優れた試料の一つと言えるであろう。

本研究が対象とするアジア赤道域は、エルニーニョ南方振動など世界中の気象に影響を及ぼす現象が起こる地域である。しかし、鍾乳石を用いた古気候学的研究はあまり行われてこなかった。私達のグループはインドネシア・ジャワ島西部・Ciawitali洞窟の石筍CIAW15aにおいて年代モデルを構築し、安定同位対比が降水量のプロキシであることを明らかにしている(Watanabe et al., 2010)。

私達のグループでは、以下の3段階の手順により、石筍を用いて古気候を復元する。

I.石筍に見られる縞の計数とU-Th非平衡年代の比較による“年代モデルの構築”。

II.石筍中の同位対比の気候プロキシとしての信頼性を検討するために、成長軸に沿った炭素・酸素同位体比分析を行い、同位体時系列と降水量データを比較する。

III.降水量データの無い時代に遡り、石筍中の炭素・酸素同位体比を測定し、降水量を復元する。

今回、インドネシア・ジャワ島東部のBribin洞窟で採取された石筍2試料において、古気候復元の第I段階である“年代モデルの構築”を行ったので報告する。

#### 年代モデルの構築方法

石筍に見られる年縞を利用し、高分解能の年代モデルの構築を目指す。この際、石筍には年縞以外にsub-annual(季節性など)やsupra-annual(一年以上)の縞の存在も報告されていることに注意しなければならない(Tan et al., 2006)。計数している成長縞が年縞であることを示す手段として、年代測定値との比較、年代が分かっているイベントとの比較、理論値との比較などが存在する(Baker et al.,2008)。私達は絶対年代測定を行い、その年代値と成長縞の計数結果を比較している。

私達が用いている絶対年代測定はU-Th放射非平衡年代測定である。UとThの間には水への溶解度に差があり、Thはほとんど水に溶解しないので、石筍形成時に初生Thは0とみなすことができ、石筍の形成時期を推定するのに、この年代測定法が適している。

成長縞の計数は、大型薄片画像上において、樹木年輪計数用のソフトWinDendroを用いて行っ

た。WinDendro上で成長縞の計数を行うと同時に成長縞の層厚の計測も行った。成長層は透明層・不透明層を一对として計数した。明瞭な成長縞と不明瞭な成長縞が存在し、明瞭な成長縞が3枚以上続く区間を用いて、その前後を内挿・外挿した。最低2度計数を行い、その平均値を推定値とした。誤差は2SEで表記した。2回の計数において異なる傾向を示す計数結果が出た場合、人為的なミスの可能性を考え、さらに計数を繰り返し行った。

成長縞の計数結果とU-Th年代値を比較には、その鍾乳石が採取時に成長中であったか、不整合がないかなど気をつける必要がある。また、U-Th年代測定は100本程度の年縞を含むある一定の幅から試料を採取して行うため、その上端と下端で成長縞の計数を行った。

#### **Bribin洞窟の試料における結果・考察**

インドネシア・ジャワ島東部・Bribin洞窟で、2007年に採取された石筍BRI09, BRI10aの2試料を分析に用いた。2試料共に採取時成長中の石筍である。年代測定のために削りだした区間、はそれぞれ先端より約4.7cm～約5.5cm、約3.0cm～約3.7cmである。それぞれの年代値は $1038\pm 52$ 年、 $398\pm 44$ 年と見積もられた。また、BRI09aの成長縞の計数結果は $878.5\pm 10$ 枚～ $1018\pm 11$ 枚、BRI10aの成長縞の計数結果は $395\pm 42$ 枚～ $446\pm 48$ 枚であった。成長縞の計数結果とU-Th年代値が誤差の範囲内で一致している。以上の結果と石筍試料中に不整合が確認されなかったことから、石筍試料中の成長縞は基

本的には年縞であると考えられる。

#### **まとめ**

Bribin洞窟の石筍2試料について、その成長縞が年縞であることが明らかになった。年縞の枚数と同時に計測されている成長縞の成長層厚によって、“年代モデル”を構築することができた。今後、この2試料について、高精度マイクロミルGEOMILL326を用いて、成長軸方向に沿って年々スケールで炭素・酸素同位体比を測定する予定である。

#### **文献**

- Baker et al., 2008, Annually Laminated Speleothems: a Review. *International Journal of Speleology*, 37, 193-206.
- Fairchild et al., 2006, Modification and preservation of environmental signals in speleothems. *Earth-Science Reviews*, 75, 105-153.
- Tan et al., 2006, Applications of stalagmite laminae to paleoclimate reconstructions: Comparison with dendrochronology/climatology. *Quaternary Science Reviews*, 25, 2103-2107.
- Watanabe et al., 2010, Comparison of Stable Isotope Time Series of Stalagmite and Meteorological Data from West Java, Indonesia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 293 90-97.