

原生代前期ストロマトラ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

High-resolution stable isotopes and chemical analyses on laminations of the early Proterozoic stromatolite

宮西 勇太¹、高村 一希¹、*勝田 長貴¹、森本 真紀¹、安田 敦²、川上 紳一³

Yuta Miyanishi¹, Kazuki Takamura¹, *Nagayoshi Katsuta¹, Maki Morimoto¹, ATSUSHI YASUDA², Shin-ichi Kawakami³

1. 岐阜大学教育学部、2. 東京大学地震研究所、3. 岐阜聖徳学園大学

1. Faculty of Education, Gifu University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University

今日ストロマトライトと呼ばれる先カンブリア時代の堆積岩は、縞状構造の発達したドーム状の炭酸塩岩であり、初期地球の生命進化と環境変動を知る上で重要な物証とされている。本研究は、ストロマトライトの縞状構造に記録される環境変動を明らかにするために、高分解能の炭素・酸素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) と化学組成分析を行った。

解析に用いた試料は北西カナダの原生代初期 (1.9 Ga) ・ハーン累層のストロマトライトである。このストロマトライトは、緩斜面と急斜面からなる非対称のドーム状縞状構造を持ち、縞状構造は薄い暗色縞と厚い明色縞が繰り返される。斜面と急斜面の縞の厚さは、ほぼ同一のリズムを持つ。暗色縞と明色縞の1組の厚さは約300 μm ~約800 μm の間で変動し、その厚さの変動は明色縞の厚さに起因している。本研究は、そこから記録を読み出すために、同一試料の試料を用いて、次のように分析を行った。まず、炭素・酸素同位体比分析については、マイクロミルを用いて75 μm ごとに試料採取を行った。その際に、マイクロミルの1点だけでは、分析に必要な試料量を回収できないため、縞模様に沿って分析に必要な約60 μg 以上を取り分けた。その後、リン酸を用いて、炭酸塩前処理装置付き同位体比量分析計で炭酸塩 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{18}\text{O}$ の測定が行われた。化学組成分析は、ダイヤモンドペーストで表面研磨した試料を準備し、EPMAを用いて点分析と元素マッピングが行われた。測定条件は、ビーム径とステップ幅は共に10 μm となる。

縞状構造の構成元素は、暗色縞がAl, Si, K、明色層がCa, Mg, Feに富み、構成鉱物は暗色縞が石英、カリ長石、雲母、ドロマイト、明色縞がFeドロマイトを主体とする。また、ルチル、磁鉄鉱、アパタイトが微量に含まれる。EPMA画像をもとに計測した、暗色縞と明色縞の1組の厚さの変動は、3~5枚の卓越周期を示す。一方、縞の炭酸塩の同位体比については、45本の縞の連続記録を得ることができ、明色層では $\delta^{13}\text{C}$ が平均約-9.0‰、 $\delta^{18}\text{O}$ が平均約0.3‰、暗色層では $\delta^{13}\text{C}$ が平均約-10.3‰、 $\delta^{18}\text{O}$ が約1.3‰であった。また、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{18}\text{O}$ 変動の振幅は縞の厚さと共に増大する。

暗色層に比べて明色層の高 $\delta^{13}\text{C}$ 値と低 $\delta^{18}\text{O}$ 値は、水温上昇による蒸発作用で塩濃度が上昇し、ドロマイトの生成が促進されたことに起因する。したがって、ハーンストロマトライトの縞状構造は、明色層は夏季、暗色層は冬季にそれぞれ形成された年層とみなすことができる。また、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{18}\text{O}$ の年々変動は、夏季の水温と蒸発量を反映したものと考えられる。その変動はエルニーニョの3~5年周期を持つことから、原生代初期の浅海環境は、今日の地球表層環境で見られる同様の外力によって支配されてきたと考えることができる。

キーワード：ストロマトライト、縞状構造、安定同位体比、化学組成

Keywords: Stromatolite, Laminated structure, Stable isotope, Chemical composition