

滴下水の水文化学データから知る石筍成長の季節変動

Understand seasonal variation of the stalagmite growth rate with the hydrochemical parameters of dripwater

三島 壮智^{1*}, 大沢 信二¹, 山田 誠¹, 酒井 拓哉²

Taketoshi Mishima^{1*}, Shinji Ohsawa¹, Makoto Yamada¹, Takuya Sakai²

¹ 京都大学地球熱学研究施設, ² 大分大学大学院教育学研究科

¹BGRL, Kyoto Univ, ²Graduate School of Education, Oita Univ

現在、鍾乳石（主に石筍）成長を進ませる主な要因として二酸化炭素（CO₂）の脱ガスが挙げられており、外気温と洞内気温の差によって生じる洞内空気の入替わりによって、洞内空気のCO₂分圧（pCO₂）が季節変動（夏場に高く、冬場に低い）をすることが観測されたことに基づいて、そのような洞内空気のpCO₂の変動がCO₂の脱ガスの起こり易さ（洞内空気のpCO₂と滴下水の平衡pCO₂の差（dpCO₂））を変化させ、石筍の成長率の変動（夏場に成長し難く、冬場に成長し易い）に結びついていると予測され（Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）、石筍の成長は年々変動以前に季節変動をしていることが推測されている。また、1年で成長した厚さと滴下水の化学反応速度論から求めた理論式（Baker et al., 1998）を使って石筍成長率の周期的な変動を見ようとした研究（Genty et al., 2001）があり、そこには、季節は関係なく滴下水のCa²⁺濃度が高い時期に石筍は一番成長すると推測されている。このように石筍の成長率の短期的変動に関するメカニズムの共通理解は未だに得られておらず、研究の途上にあると言える。この状況を打開するために、滴下水の化学成分から石筍の成長率を間接的に見積もる手法を構築し、大分県豊後大野市三重町にある稲積鍾乳洞（N32°54'00.4", E131°32'32.8"）で構築した手法により月単位で石筍の成長率（CaCO₃の析出率）を観察した。その結果、季節変動と見られる短期的な周期変動を捉えることに成功したので報告する。また、そのような成長率の周期的変動を支配する要因について、先行研究（Genty et al., 2001; Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）を参照しつつ議論を行ったので合わせて報告する。

稲積鍾乳洞の石筍の成長率は、Spotl et al. (2005) や Baldini et al. (2008) の予測したように、夏場に遅く、冬場に速いという傾向を概ね示していることがわかったが、細かに見ると、冬場であっても1月頃に一時的に成長が遅くなることを掴んだ。Genty et al. (2001) は石筍上に滴下する滴下水のCa²⁺濃度がこの石筍の成長を規定していると主張しているが、本観測では、滴下水のCa²⁺濃度と石筍の成長率との間には相関性を認めることができず、その主張は支持されなかった。洞内空気のpCO₂と滴下水の平衡pCO₂の差（dpCO₂）は、石筍の成長を最も強く規定していると多くの研究者が信じているが（例えば、Spotl et al., 2005; Baldini et al., 2008）、その時間変化には季節変動と見なせるパターンは認められない。さらに、鍾乳石の成長に係る全ての化学反応について平衡が成り立っているのであれば、dpCO₂の値がプラスの時は滴下水が石筍を溶解しているはずだが、夏場のそんな時にも実際には滴下水からはCaCO₃が析出し、方解石は成長している。このようにdpCO₂が鍾乳石の成長に関係しているとは考え難く、稲積鍾乳洞の観測結果は、dpCO₂が石筍の成長を最も強く規定するという考えについても支持しない。石筍の成長率を規定する要素には、dpCO₂以外に、滴下水の炭酸カルシウム（方解石）飽和度（CSI）と滴下水量がある。CSIは年間を通じてプラスの値を示し、滴下水は常に方解石に対して過飽和であり、滴下水は方解石が析出しようとしている。しかも、その変動パターンは石筍の成長率の変動パターンとよく似た変動を示す。しかし、稲積鍾乳洞の石筍の成長率の変動はCSIの変動だけでは、冬場の一時的な成長率の低下は説明できない。この一時的な成長率の低下は滴下水の滴下量の減少によるものであり、滴下水量が非常に少ない場合には滴下水量が石筍の成長に一番効くというGenty et al. (2001) の主張と合致する結果である。

まとめとして、滴下水から石筍が生成するのは、滴下水が常に方解石（CaCO₃）に対して過飽和状態にあるからであり、石筍の成長率に現れる季節変動は滴下水の過飽和度（CSI）の季節変化によって生み出される。しかし、稲積鍾乳洞の場合は、冬場に滴下水量が非常に少なくなるという地域特異性があり、その時期にはCSIよりも滴下水量に強く依存する傾向がある。今後、鍾乳石（主として石筍）の成長方向に現れる縞模様を用いた古気候復元の研究への寄与を意識して、滴下水のCSIの季節変動や滴下水の滴下率の変化の理由をあきらかにしたい。

キーワード: 石筍の成長, 滴下水の化学成分, 成長率の季節変動

Keywords: Stalagmite growth rate, Hydrochemical parameters of dripwater, Seasonal variation of growth rate