

Analogue experiments for understanding of factors controlling morphological transition in columnar joints

濱田, 藍

<https://doi.org/10.15017/1654659>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



氏 名	濱田 藍			
論 文 名	Analogue experiments for understanding of factors controlling morphological transition in columnar joints (アナログ実験による柱状節理の形態的遷移についての研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教授	寅丸敦志
	副 査	九州大学	准教授	池田 剛
	副 査	九州大学	准教授	吉田茂生
	副 査	日本大学	教授	中原明生

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

濱田藍氏は、マグマの冷却固結に伴う柱状節理の形成過程について、主としてアナログ実験を用いて、研究を行ってきた。スターチと水の混合物が乾燥すると、収縮により柱状節理と似たクラックパターンが形成することは古くから知られていた。これは、実験室におけるアナログ物質の蒸発過程と天然におけるマグマの冷却過程が、方向性のある体積収縮と破壊という共通点を持っていることによる。この類似性に注目して、スターチと水の混合物を用いたクラックパターンのアナログ実験による研究は、10 数年ほど前から活発に行われるようになったが、主として **colonnade** と呼ばれる直線的な柱状節理の形成過程を調べるのが主要な目的であった。天然の柱状節理では、この直線的な柱状節理である **colonnade** と呼ばれる構造に隣接して、**entablature** と呼ばれる複雑に曲がった構造がしばしば観察される。しかし、この **entablature** についての研究は理論的にも実験的にもほとんど行われていない。濱田氏の研究は、この曲がったクラック構造を持つ **entablature** の形成過程と **colonnade-entablature** の形態遷移過程の仕組みを明らかにすることを目的としている。

濱田氏は、3 種類の実験を行い、クラックパターンを観察するために、すべての実験において他機関での X 線 CT スキャンを用いた。また、乾燥速度の揺らぎを最小限に抑え、境界条件を制御するための実験装置を独自に工夫した。

1 番目の実験では、一つの乾燥面から均一に一定の境界条件のもとで 1 次元的に乾燥が進む場合、クラックがどのように内部に進展していくかを調べた。質量変化とクラックの伸展速度のデータを解析し、アナログ物質中の水の輸送は、拡散過程によって起こっていることが明らかにした。

2 番目の実験では、2 つの直交する乾燥面から一定の境界条件の下、2 次元的に乾燥が進む場合において、2 つの面から伸展したクラックの相互作用について調べた。その結果、2 つの面からの発達したクラックは、その先端がある距離まで近づいてくるとお互いに避けあうように曲がり始め、決して合一しないことがわかった。また、クラックの曲がり方を、拡散の解析解と比べることで、用いたスターチと水の混合物では、クラックが生成する水濃度が飽和状態のおおよそ 0.6 倍程度であることを明らかにした。これによって、クラックの曲がり方は境界条件だけでなく、クラック形成温度によっても影響されることがわかった。

3 番目の実験では、一方向から乾燥させた実験の途中で乾燥速度を急激に増加させることによって、クラックの生成や進展にどのような影響が生じるか調べた。その結果、乾燥速度の急激な増加は、クラックの分岐を起こし、コラム（柱）の核形成が生じることがわかった。

以上の実験結果を総合し、濱田氏は、天然の柱状節理に見られる *colonnade-entablature* 遷移のメカニズムについて概念モデルを提出した。大分県に分布する約 9 万年前の阿蘇カルデラ形成に伴う溶結凝灰岩では、上下の *colonnade* に挟まれて中央部に *entablature* が位置する。濱田氏は、その *entablature* のクラックが、上部 *colonnade* を作るクラックの下端から放射状に派生していることに注目し、形態遷移は次のように起こると考えた。まず、溶岩の定置後から続いていた溶岩表面への *colonnade* 岩体内部での熱拡散による熱輸送に比べて、上部 *colonnade* 中に形成したクラック内対流による熱輸送が急激に卓越するようになり、既成クラック面が新たな冷却面としての役割を担うようになる。その結果、クラック面を通しての急激な冷却と等温面の曲がりが起こる。急激な冷却によって *colonnade* クラック下端から、新たなクラックが連続発生し、幅の小さい柱を形成する。さらに等温面の曲がり、新たに発生したクラックの伸展方向を曲げ、放射状の柱構造を作り、これが *entablature* となる。この概念モデルは、アナログ実験結果に基づき構築されたまったく新しいものである。濱田氏は、アナログ実験の立案、装置のデザイン、装置の使用のための他研究機関との交渉、拡散理論を用いた実験結果の解析を経て、最終的に実験結果を総合した天然現象についての新しい概念モデルの提案に至った。

以上の結果、本研究が、地質学の長い歴史の中で謎のひとつであった柱状節理の形態遷移の問題について、一つの解決の方向性を示した意義は大きい。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。