

パホエホエ溶岩流の膨張構造とダイナミクス

Inflation structures and dynamics of pahoehoe lava flows

海野 進[1], 小幡 涼江[2]

Susumu Umino[1], Sumie Obata[2]

[1] 静大・理・生物地球, [2] 静大・理工・生地環

[1] Dept. Bio. and Geosci., Shizuoka Univ., [2] Institute of Geosciences., Shizuoka Univ

www.sci.shizuoka.ac.jp/~geo/Staff/Umino_j.html

低粘性の玄武岩質溶岩が緩傾斜の平坦地を流れるとき、低噴出率では独立したパホエホエ溶岩ローブを、高噴出率では面的に広がったシート溶岩を形成する。これらはいずれも溶岩ローブの膨張をとめない、岩相の変化にもとづいて上から上部クラスト、コア、下部クラストという構造に分けられる。上部および下部クラストは溶岩ローブの定置（流れてきて面的に拡大する）～静止状態における膨張を通じて形成され、コアは膨張終了後に固結した部分である。溶岩ローブへの溶岩供給率と体積は、溶岩流毎に直線関係を示す。これは溶岩ローブの大きさが主に冷却によって規制され、クラストの発達によってローブが可塑性を失うために起こると考えられる。

小さな溶岩ローブを形成しながらゆっくりと流れる低噴出率のパホエホエ溶岩は、しばしばテュムラスと呼ばれる膨張構造を形成する。近年、このような複合溶岩流の膨張は、ほぼ水平な平坦地を流れた低粘性の玄武岩質溶岩に普遍的に見られる現象で、シート状に広がる大きな溶岩流を形成するメカニズムとして重要であることがわかってきた。従来、高噴出率で短時間に生じたと考えられてきたコロンビア川洪水玄武岩や中央海嶺系の水底シート溶岩なども、低い噴出率のもとでゆっくりと膨張しながら流れたとするモデルが提唱されている。このような溶岩の膨張にともなって生じる構造を解析することによって、溶岩の供給率や形成時間の推定が可能である。

われわれは、キラウエア 1990-91 年およびマウナロア 1843 年溶岩の陸上テュムラス、864 年富士青木ヶ原溶岩の水底テュムラス、ロイヒ海底火山およびオマーン・オフィオライトの水底パホエホエ溶岩ローブについて現地調査を行い、ローブの形成メカニズムを検討した。

キラウエア 1990-91 年溶岩では、シート溶岩の上にシート表面の亀裂から流出した 2 次的小溶岩ローブが長径は数 m から数十 m のテュムラスをつくっている。また、マウナロア 1843 年溶岩には長径 100 m を超えるハワイで最大級のテュムラスが見られる。ハワイのテュムラスの特徴は、1) 膨張している部分が複数のローブの合体・融合によって生じた複合溶岩ローブである、2) 膨張の最中も亀裂から溶岩のリークが多い。膨張の際、テュムラスの縁辺や中央を割る亀裂を生じている。亀裂壁上端には冷却節理が見られ、その下に縞模様が続く。縞模様は平滑な縞と、著しく発泡した縞の互層からなる。この組織の違いは開口時の温度に依存し、それぞれ脆性的に破壊、粘弾性的に引き剥がされた部分になる。

富士火山北西山麓の青木ヶ原溶岩は主としてアア溶岩であるが、末端ではパホエホエ溶岩となっていることが多い。とくに本栖湖および精進湖畔に流れこんだパホエホエ溶岩は水底でテュムラスを生じた。膨張亀裂壁の縞模様はデンドライト質で平滑、発泡度の低い黒灰色の縞と、ガラス質で発泡したピンクの縞からなる。黒灰色縞は脆性的に破壊し、ピンク縞は亀裂先端が粘弾性溶岩コアにまで達したことを示しているが、ハワイのような溶岩の漏出がない。石基組織と低い結晶度は、陸上のハワイに比べてより大きな過冷却度を示している。

ロイヒ海底火山の南リフトゾーンでは、直径 2 km 以下の円丘状の小火山が多数分布する。山体斜面は枕状溶岩で構成されているが、平坦な山頂火口にはシート溶岩の間や表面に、膨張したパホエホエ溶岩ローブが見られる。とくに火口付近には中空の溶岩ローブが出現する。

オマーンオフィオライトはネオテーチス海の高速拡大軸で形成された海洋プレートである。低平な火山体には、シート溶岩や枕状溶岩に混じってしばしばパホエホエ溶岩が出現する。これらは上半部が空洞になった中空の溶岩ローブを伴う。

上述の溶岩ローブは定置後に膨張していることが多い。その際脆性的に破壊したクラストは、しばしば節理をともなう平滑な破断面として認定できる。また、中空の溶岩ローブのクラストは内部の溶岩が排出するまでに固結した部分である。ローブの形成時間は、ローブ表面からクラストの厚さに相当する深さの温度がガラス転移点温度に冷却するまでの時間になる。テュムラスの膨張亀裂の縞模様は、開口時に脆性的または粘弾性的であった部分に対応しているので、各縞の幅に相当する厚さの溶岩がガラス転移点温度またはソリダスにまで冷却する時間を積算することで、亀裂の開口に要した時間を推定できる。また、このようにして求めた時間でローブやテュムラスの体積を割ることによって、溶岩供給率が推定できる。

溶岩供給率とローブの体積は、複合溶岩流毎にほぼ一定の比を有する。同じ体積で比較すると、多数の溶岩ローブの融合によって生じたシート溶岩は、個々の溶岩ローブやテュムラスよりも一桁以上大きい供給率を有する。

高い噴出率のもとでは表面が十分冷却される前に隣り合ったローブ同士が接触するために、ローブの融合が起こりやすい、と考えられる。一方、富士青木ヶ原溶岩の水底テュムラスやロイヒ海底火山の水底溶岩ローブは、陸上のシート溶岩同様の高い溶岩供給率/体積比を示す。水による効率的な冷却が溶岩ローブ同士の融合を妨げ、独立した溶岩ローブを生じたと思われる。溶岩ローブの溶岩供給率と体積の関係は、流体の温度分布を表すグレッツ数(無次元数)で記述できる。すなわち溶岩ローブは拡大が冷却によって規制され、グレッツ数が一定の値に達したときに停止する。水中溶岩は陸上に比べて系統的にグレッツ数が大きい。これは溶岩ローブの拡大がごく表面付近の冷却で規制されていることを示す。