

高速拡大海嶺系の上部海洋地殻構造を決める要因について～深海掘削第1256D孔からの考察

Factors governing the upper crustal structures of fast-spreading mid-ocean ridges — insights from ODP Hole 1256D

海野 進 [1]

Susumu Umino[1]

[1] 金沢大・地球

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ.

中～高速拡大海嶺で生じた上部海洋地殻構造は、海嶺軸部に供給されたマグマの貫入・噴出によって形成されたシート状岩脈群とそれを覆う溶岩層によって特徴付けられる。溶岩層とシート状岩脈群の厚さの比 Re/i は拡大速度が早い海嶺ほど大きく、特に海嶺軸下マグマ溜り (AMC) 深度と顕著な正の相関を示す。AMC 深度は、マグマ溜り直上の熱水循環による冷却と、下部地殻から供給されるマグマによる加熱とのバランスで決まる [Hooft et al., 1997]。従って、 Re/i は主としてマグマ供給率に依存する。本発表では、第1256D孔が明らかにした高 Re/i を有する超高速拡大海洋地殻の形成条件について考察する。

第1256D孔の Ultrasonic Borehole Imager 及び Formation MicroScanner を用いた構造解析によると、溶岩層の上部450 m は山麓で定置し、その下125 m は海嶺軸斜面を流下した枕状溶岩で、下部239 m が海嶺軸上で定置した [Tominaga et al., 2008]。すなわち、溶岩層全体の3分の2はオフリッジで定置したものである。孔内計測によるバルク密度と、コア試料の化学組成から上部地殻の密度構造を推定すると、マグマよりも高密度の溶岩層とシート状岩脈群からなり、浮力の中立点を欠くことがわかる [Umino et al., 2008]。そのため、発生した岩脈は容易に海底にまで到達し、噴火に至る。海嶺軸山頂はゆるやかに盛り上がり、流出した溶岩を山頂に止めておく中軸谷を欠くために、必然的に溶岩は海嶺軸斜面を流下し、山麓のオフリッジに厚く堆積することになる。このように、海嶺軸近傍では岩脈の貫入・定置によって上部地殻が拡大する。一方、海嶺山麓に堆積した大部分の溶岩層に蓄積される歪みは、断層によって解消されることになる。

地球上で最も高速で拡大する東太平洋海膨南部の海嶺軸近傍の断層の発達状況から、プレート拡大に伴う歪みは海嶺軸を挟む10 kmほどの範囲に集中していると思われる。サイト1256の海嶺軸における変形帯 Tectonic zone の幅を10 kmとすると、22 cm/aの拡大速度で上部地殻に集積される差応力は、2-4年でAMC天井の地殻の引張強度3-5 MPaに達する。それまでに蓄積される歪みは $22 \text{ cm/a} \times 2-4 \text{ 年} = 0.5-0.8 \text{ m}$ である。一方、高い水圧のために海底面付近でも地殻の脆性破壊強度は4.7 MPa以上になる [Sibson, 2002]。すなわち、海嶺軸直下では正断層を生じる前にAMCの天井が破壊して岩脈貫入が起きる。

海嶺軸を横切るAMCの断面を高さ100-200 m、底辺1 kmの二等辺三角形で近似すると、AMC天井における浮力によるマグマ余剰圧は0.13-0.25 MPa (マグマと上部地殻の密度差 128 kg/m^3) でしかない。従って、岩脈発生への引き金は、プレート拡大による上部地殻の差応力の増大による。岩脈発生までの間に上部地殻に集積した歪みは、岩脈貫入によって地殻が0.5-0.8 m拡大することで解消される。ここで、海嶺軸方向のマグマの移動はないとすると、海嶺軸単位長さ当たりのAMCの体積は50-100 km^3/m となる。一方、AMCまでの深度は350 mであるから、厚さ0.5-0.8 mの岩脈はAMCの体積の0.2-0.6 vol%となる。マグマ貫入・噴火イベントにおける平均的な噴出量と貫入量の比が $Re/i = 2.4$ に等しいと考えると、噴出したマグマの体積はAMCの体積の0.4-1.3%となる。従って、平均的なマグマ貫入・噴火イベントの前で、AMCの体積、すなわち圧力はほとんど変化しないと考えてよいであろう。

厚さ200 mのAMCから350 m上の地表まで達する高さ550 mの岩脈頭位におけるマグマの余剰圧は0.7 MPaである。この余剰圧が地殻の弾性変形による応力と釣り合うとすると、地表付近における開口割れ目の幅はおよそ0.2 mとなる。割れ目を上昇するマグマをポアズイユ流と仮定すると、粘性率を300 Pas (溶岩の全岩化学組成からMELTSによって推定したリキダス温度における粘性率) として流速は6 cm/sとなる。シート状岩脈群の平均厚さ0.5 mの岩脈を形成し、最終的に $Re/i=2.4$ となるためには、噴火は7時間で終息しなければならない。割れ目噴火が終息する条件として、割れ目中のマグマが冷却によって固結することが考えられる。母岩温度100の地殻浅所において、割れ目中を上昇するマグマが固結するまでの時間は < 0.5日であり [Bruce and Huppert, 1991]、 Re/i に基づく推定と調和的である。