

火成岩の層状構造の形成モデル

A model for the formation of the igneous layering

西山 忠男 [1], 池田 剛 [2]

Tadao Nishiyama [1], Takeshi Ikeda [2]

[1] 熊本大・理・地球科学, [2] 九州大・理・地球惑星

[1] Earth Sci., Kumamoto Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ

インドネシアのピリピリ層状貫入岩体の内部に発達する火成層状構造の成因を検討した。

(1) 岩体内部には120mの範囲に渡り、197枚の層が確認された。層の厚さは貫入面近くで薄く、岩体内部に向かって徐々に厚くなるスペース則に従う。

(2) 一枚の層はNa₂Oに富む堅い部分と、K₂Oに富む柔らかい部分よりなる。

(3) 岩体全体の化学組成変化は一枚の層の中の組成変化範囲とほぼ同じである。このことは、マグマ溜まり内部で対流が起こり、マグマが均一化したこと、ならびに化学組成の変化は層状構造の形成に伴って起こったことを示す。

(4) 層状構造はマグマ溜まりの熱境界層の周期的成長・固化によって形成されたと考えられる。

インドネシア・スラウェシ島南部のピリピリアルカリ層状貫入岩体の産状を調査し、岩体内部に発達する火成層状構造の成因を検討した。その結果以下のことが判明した。

(1) 岩体内部には貫入面から内部に向かって120mの範囲に渡り、197枚の層が確認された。全ての層の厚さを計測した結果、層の厚さは貫入面近くで薄く、岩体内部に向かって徐々に厚くなるスペース則に従うことがわかった。

(2) 一枚の層は、有色鉱物（カンラン石・単斜輝石）に富む堅い部分と、無色鉱物（斜長石・アルカリ長石・リュースイト・沸石）に富む柔らかい部分の互層よりなる。堅い部分の全岩組成は柔らかい部分に比してNa₂Oに富み、K₂Oに乏しい。

(3) 岩体全体の化学組成の範囲は一枚の層の中の組成範囲とほぼ同じであることが分かった。このことは、マグマが貫入した後、マグマ溜まり内部で対流が起こり、マグマの化学組成が均一化したこと、ならびに化学組成の変化は層状構造の形成に伴って起こったことを示す。

(4) 堅い部分の長石の化学組成は、Or - Ab - Anの3成分図において、約900°Cのソルバスに沿う全組成範囲に幅広く分布するのに対し、柔らかい部分の長石は組成範囲が狭く、アノソクレースやサニディンは出現しないか、出現頻度が非常に小さい。このことは堅い部分が結晶化する際にメルト中の拡散が十分進行せず、全体的に非平衡な状態であったことを示す。柔らかい部分は非平衡の度合いが小さく、ゆっくり冷却したことを示す。

以上の考察に基づいて層状構造形成のモデルを構築した。次の点をモデルの前提としておいた。

！ 層状構造が重力方向と無関係に、貫入面に平行に発達することから、層状構造は熱流に律速されて形成された構造と考える。

" 2成分共融系（A - B系）の結晶作用を用いて熱境界層の発達をモデル化する。この時、熱境界層はA相を晶出させる層(layer A)とA,B両相を同時に晶出させる層(eutectic layer)の2種のmushy layerから構成される。

モデル系は母岩、固結部、eutectic layer, layer A, メルト（マグマ本体）から構成される。

\$ eutectic layerの成長の様式を記述するため、系全体の定常熱伝導モデルを考える。

このモデル系に対して、eutectic layerへの熱の流入量J_M、そこからの流出量J_s、そしてeutectic layer内部の結晶化速度（固化率S）はいずれも一定とした。このとき、eutectic layerの熱収支から次の支配方程式系が得られる。

固結部とeutectic layerとの界面（界面E）での熱収支

$$J_s = J_E + L S \quad L \text{ は結晶化の潜熱} \quad J_E \text{ は界面Eへの熱流入量}$$

eutectic layerとlayer Aとの界面（界面W）での熱収支

$$J_W = J_M = L S dW/dt \quad J_W \text{ は界面Wからeutectic layer内への熱流入量}$$

dW/dt は界面Wの運動

eutectic layer内部の移流項の関係式

$$J_E = J_W + L S W \quad W \text{ はeutectic layerの厚さ（界面Eの初期位置を原点に取る）}$$

以上の支配方程式系からeutectic layerの成長を記述する次の微分方程式がえられる。

$$dW/dt = (J_S/S - J_M/S - 1) \cdot W$$

その解は

$$W = (JS/S - JM/S - 1) \{1 - \exp(-t)\}$$

と表され, eutectic layerの厚さは一定値 $(JS/S - JM/S - 1)$ に漸近することを示す。一方, eutectic layer内の結晶作用の進行によって, 時刻 $1/S$ において界面Eが動き始める。これ以降の界面の動きは次の微分方程式系によって記述される。

$$dE/dt = (JS/S - JM/S - 1) \exp(1/S - t)$$

$$dW/dt = (JS/S - JM/S - 1) - W + E$$

Mapleによってこの微分方程式系の解析解を求めた。その結果, 界面Eの移動速度がはじめ速く, 界面Wに迫ってくるが, やがて界面Eの速度は鈍り界面Wが界面Eを再び突き放すような動きをすることが分かった。すなわちeutectic layerは一定の成長期間の後に比較的急速な固化を経て, 再びその外側に成長するという成長様式を取る。現在観察される層状構造はこのような周期的なeutectic layerの成長様式を反映したものと考えられる。層内の組成変化はeutectic layer内の移流に伴う物質移動の結果と解釈される。またスペース則は固結部が時間とともに厚くなることによってJSが時間と共に小さくなることで説明される。