

粗粒な斜長石の粒界移動速度 : 組織平衡した斑レイ岩の集合組織からの見積もり

Grain boundary migration rate of plagioclase aggregates: preliminary estimation from texturally equilibrated gabbros

長谷部 健太郎[1], 中村 美千彦[2]

Kentaro Hasebe[1], Michihiko Nakamura[2]

[1] 東北大・院理・地球物質科学, [2] 東北大・理・地球物質科学

[1] Inst. Earth Material Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, [2] Inst. Mineral. Petrol. Econ. Geol., Tohoku Univ.

<http://www.ganko.tohoku.ac.jp/>

1. はじめに

岩石の粒径はレオロジーや化学反応の効率を支配するので、粒成長速度を知ることは地殻やマンツルの力学的・化学的性質を考える上で重要である。しかしこれまで岩石の粒成長速度はごく限られた系についてわずかなデータしか得られていない。室内における実験では、主に実験時間の制約から、粒界移動が速い鉱物を選び、かつ細かい粒径範囲で粒成長速度を求めることになる。またこのような実験結果から天然の粗粒な岩石の粒成長速度を求めるには、粒成長速度則を仮定して粒径についての大きな外挿をする必要が生ずる。もしも岩石に残された証拠から“天然の実験室”における粒成長や粒界移動速度を推定することができれば、大きな粒径・低い温度・地質学的に長時間でのデータという点で室内実験とは異なる価値を持つ。本研究では、南阿武隈山地・宮本深成岩体の斑レイ岩中の斜長石集合体部分に見られる組織から、粒界移動速度を導出することを試みる。

2. 斜長石 monomineralic domain とその火成ステージでの形成プロセス

宮本深成岩体に見られる斑レイ岩は主に角閃石と斜長石から成る集積組織を呈し、一部の高 MgO・高 SiO₂ 斑レイ岩中には斜長石のみが選択的に集合したドメインが含まれる。個々の結晶粒界はしばしば三重点に向かいスムーズにカーブし約 120 度で接しており、また三重点部分には微小なカリ長石が存在する場合がある。これらの組織は、合体集合部分が局所的な組織平衡に達していたことを示す。斜長石と共存するメルト組成を岩石学的に推定したところ、両者の密度がきわめて近いことから、斜長石結晶はマグマ溜り中を浮遊していた最中でクラスターを作り(“Synneusis = swimming together”(Vogt, 1964))、実効粒径が大きくなって沈降速度を稼いだ場合にのみ効果的に沈降した可能性がある。例えば、SiO₂=52%・H₂O=3wt%のメルト中では典型的なサイズの斜長石斑晶 1 個(~ 200 μm) では沈降速度は 5.2×10⁻⁵(mm/sec) 程度であるのに対し、1.2mm に合体した場合にはその 36 倍の速度を得る。これらの計算結果から、斜長石の集合組織は合体後の沈積によって形成された結果形成された可能性が高い。

個々の斜長石には concentric な累帯構造が残されており、基本的に沈積組織であることを裏付ける。ここで特徴的なのは、累帯構造から推定される火成ステージでのオリジナルな結晶粒界と、現在観察される結晶粒界とが合致しないことである。カソード・ルミネッセンス像でも、斜長石の合体組織が観察される。これらの観察結果から、斑レイ岩中の斜長石 monomineralic domain では冷却過程で組織平衡に向かう粒界移動が起こったと考えられる。

3. 粒界移動距離の見積り

まず波長分散型 EPMA による Al の面分析と反射電子像に見られる累帯構造からオリジナルな結晶粒界位置を推定し、それと現在の結晶粒界との間隔を測定した。この結果、斜長石の結晶粒界は大きい場合で約 20 μm 程度移動したと推定される。

この結果からさらに粒界移動速度を計算するには、1) 粒界形成直後の斜長石の初期組成累帯構造を推定して、その焼きなましの程度から、斜長石内の元素拡散に対する相対的な速度として求める方法と、2) 地質・岩石学的に推定した岩体の冷却履歴を用いる方法とがあり得る。いずれの計算でも、粒界移動速度の活性化エネルギーを仮定する必要がある。1)の方法: 斜長石コア部(An₈₀₋₉₀, 幅数十 μm 程度)とリム部の境界付近の累帯構造から、時間平均した斜長石の NaSi-CaAl 拡散距離は数ミクロン程度と概算できるので、粒界移動距離はこれと同程度 ~ 1 桁程度大きいことになる。2)の方法: 冷却履歴の計算は多くの仮定に依存するが、仮に岩体の直径を 5km、厚さを 6km とし、東宮(2000)の方法とパラメータ(マグマの密度 2.5g/cm³、母岩の密度 3.0g/cm³、マグマの比熱 0.30cal/g、母岩の比熱 0.25cal/g、母岩の熱拡散率 1×10⁻⁶m²/sec、マグマの供給率 1km³/1000year)を用いて冷却履歴を計算した。大部分の粒界移動や元素拡散が進行すると考えられる、岩体が固化するまでの時間(1000 から 700 まで冷却する時間)は約 85000 年となる(ただし Grove et al., 1984 の斜長石 CaAl-NaSi 相互拡散係数からこの時間内での拡散距離を計算すると 0.3 μm 程度となり、斜長石の累帯構造の観察結果よりも一桁小さい)。本研究で用いた斜長石集合組織は、その火成ステージにおける形成過程ゆえに、初期の界面が自形面に近く曲率が粒径に比して大きい可能性があり、また平均粒径の増加率として統計的な議論ができるに足るデー

タ数が集まっていないため、正確な粒成長速度の評価にはさらなる検討が必要である。