

天然の組成を用いた角閃石の活動度の最適解

Mixing properties of amphiboles deduced from natural amphibole compositions in metabasic rocks

岡本 敦[1], 鳥海 光弘[2]

Atsushi Okamoto[1], Mitsuhiro Toriumi[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大、新領域

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] Complexity S and E., Univ. Tokyo

沈み込み帯における温度圧力場の変化、および物質の運動を明らかにするために、個々の岩石の温度圧力履歴を定量的に評価することは非常に重要な意味を持つ。なかでも角閃石は非常に広い温度圧力領域において安定であり、かつ明瞭な組成累帯構造を残す鉱物であり、ここから得られる情報は非常に多い。塩基性変成岩の系を $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-MgO-FeO-CaO-Na}_2\text{O-H}_2\text{O}$ の 8 成分に近似する場合、多くの岩石は 3 以上の熱力学的な自由度を持つ。一方、角閃石は 5 つの独立な成分から成り立っていることを考えると、角閃石の組成を与えれば、温度、圧力および共生鉱物の組成がすべて求められる。今まで、熱力学的関係式を微分形式で書き表すという手法（ギブス法）を用いて三波川変成帯の温度圧力履歴を求める試みをしてきた。微分形式で書き表すことは、(1) 関係式を線形として取り扱うことが出来ること、(2) 不確定性の高いエンタルピーのデータを使わずに済むという点で、非常に有効である。しかし、基準点の温度圧力（計算の初期条件）に対する依存性が高いことと、角閃石の活動度モデルが全くといって良いほど確立されていないことが大きな問題点として挙げられる。本発表では、第一にざくろ石と共存する角閃石に着目し、基準となる温度圧力を正確に決める。次に、角閃石の活動度の非理想性を正則溶液モデルに近似して、天然の角閃石の組成から 15 個のマーグラスパラメーターを求めるという試みをする。

塩基性変成岩で明確な温度圧力を決めるためには、ざくろ石を含めた鉱物の分配を用いるのが良い。角閃岩相および緑色片岩相の高温部では、しばしばざくろ石+角閃石+斜長石+緑簾石+緑泥石+石英という鉱物組み合わせが観察される。しかし、例えば三波川変成帯の高変成度の地域において、ざくろ石は後に緑泥石に置き換わっている場合が多く、ざくろ石のリムがほかの鉱物のリムと平衡であったとは考えにくい。また、緑簾石、スフェーンがしばしばザクロ石に取り込まれているのに対して、角閃石、斜長石はほとんどの場合に取り込まれていない。一方、泥質岩との中間的な全岩組成をもつ岩石中に存在する非常に大きなざくろ石は角閃石を包有している。今回の試みでは、三波川変成帯四国別子地方のサンプル(390 清、ざくろ石+緑泥石温度計)、コヒスタン島弧の角閃岩のサンプル(650 清、7 kbar、ホルンブレンド - 斜長石温度計、ザクロ石 - 斜長石 - ホルンブレンド - 石英圧力計)をザクロ石の包有物を用いて基準の温度圧力として決めた。コヒスタン島弧のざくろ石中には緑泥石を除く必要な鉱物組み合わせが含まれており、三波川変成帯のザクロ石には斜長石を除く妥当な鉱物組み合わせが観察される。

解析には、角閃石+斜長石+緑簾石+緑泥石+石英+ H_2O および、ざくろ石+角閃石+斜長石+緑簾石+石英+ H_2O という 2 種類の 8 成分 6 相系（自由度 4）を用いる。角閃石は独立な 5 成分で記述されるために、角閃石の 4 つの成分を与えた場合残りの一つの成分は、温度、圧力および共生鉱物の組成とともに計算によって求められる。しかし、この過剰な成分は当然 EPMA による分析によっても求められるものである。つまり、計算によって求められた過剰成分が実際の組成に一致するようにマーグラスパラメーターを決めればよい。実際には 15 個のパラメーターを決めるには 15 個の組成を再現するようにすれば解は収束するはずであり、最小自乗法を用いてフィッティングした。従来、天然のサンプルを用いて、分配の非理想性を評価する試みは他の地質温度圧力計で求めた温度圧力とフィッティングさせるものである。しかし、その場合、他の温度圧力計の持つ不確かさを含めた評価が難しいのに加え、低温領域に出現する組成に関わる制約を加えることが難しい。その点、今回の試みは角閃石の組成のみで閉じているために、内的に矛盾のない活動度モデルを提出できるという利点がある。現在のところ、マーグラスパラメーターは三波川変成岩のホルンブレンドの組成を用いると、 $W_{\text{tred}} = 40\text{kJ}$ 、 $W_{\text{trts}} = 22\text{kJ}$ などと求まってきている。しかし、 $W_{\text{tr.fact}}$ 、 $W_{\text{mr.b.fact}}$ などは $\pm 100\text{kJ}$ を超える非常に大きな値を示す。これは角閃石の相手方の緑泥石、斜長石を理想溶液で近似しているためではないかと考え、その非理想性を導入中である。Dale et al. 2000 ではざくろ石+角閃石+斜長石+石英+ H_2O の組み合わせに対して温度圧力計を用いて、7 個のマーグラスパラメーターを推定しているが、これとの比較も進めていく予定である。