

中央海嶺斑れい岩の全岩化学組成：レビュー

前田仁一郎 (北大・理)・山崎 徹 (産総研)

1. はじめに

これまでに公表された中央海嶺玄武岩 (MORB) の全岩化学組成の数はおそらく極めて膨大なものであろう。データベース (<http://www.earthchem.org/petdb>) も整理されており、早くから中央海嶺間での組成の差異、特に拡大速度 (EPR > MAR > SWIR) との対応関係を意識した議論がなされてきた [e.g., Klein and Langmuir, 1987]。一方、海洋地殻下部を構成する斑れい岩類 (ここでは中央海嶺斑れい岩 MORG と呼ぶ) はアクセス自体が極めて困難であるために、その全岩化学組成の報告数は著しく少ない。多分、MORG の全岩組成を意識的に分析・検討した最初の研究は大西洋中央海嶺でドレッジされた試料を対象とした Miyashiro et al. [1970] であろう。その後の ODP/IODP による深海底掘削や tectonic window での ROV による試料採取数の増加にもかかわらず、現在利用し得る分析値は未だに極めて僅かである。MORG の全岩組成に関するレビューは 前田・山崎 [2007] と Coogan [2007] によって行われているが、2012–13 年に EPR, Hess Deep で行われた IODP Exp. 345 [Gillis et al., 2014] によって、これまで極めて僅かであった EPR の分析値がやや増えたこともあり、ここで改めて MORG の全岩化学組成をレビューする。なお、山崎 [未公表] を含め、我々がこれまでに収集した分析値は 東太平洋海嶺 (EPR): 146 個、大西洋 (MAR): 450 個、南西インド洋海嶺 (SWIR): 996 個、総数 1592 個である。SWIR と MAR の分析値が比較的多く、EPR で少ないのは、前 2 者が 海洋地殻下部を 1500 m 程度掘削した掘削孔 (それぞれ Hole 735B と Hole U1309D) を擁するのに対し、EPR での海洋地殻下部の掘削孔は 100 m 程度のもの (Hole U1415J と P) しかないことと関連している。なお、上記の試料が各中央海嶺系でまんべんなく採取されたものではなく、特定の場所から集中的に得られたものであること、すなわち各中央海嶺系を代表し得るものであるかどうかはわからないことにも注意を要する。

2. 岩相グループ区分

比較の便宜のために MORG を岩相によって 3 つの岩相グループに区分した。Mg# ($\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^*)$ in atom. %) の大きい方から、(1) かんらん石に富むトロクトライト/トロクトライト (以下 TRO)、(2) かんらん石ガブロ/ガブロ/ガブロノーライト (OGB)、(3) 鉄チタン酸化物ガブロ/ガブロノーライト (OXG) である。さらに海洋地殻下部には (4) 優白質・珪長質の脈 (LFV) が産出することがある。我々はこれらの岩相区分を基に各中央海嶺の MORGs の全岩組成を比較する。なお、ここで検討するのは主要元素組成のみである。というのは微量元素組成は構成鉱物の量比によって大きく変化し、cumulates の場合にはあまり有効に利用できないからである。

3. CIPW ノルムの利用

我々は MORG の組成を CIPW ノルムで計算される苦鉄質鉱物の Mg# (NMg# と呼ぶ) に対してプロットして検討した。結晶作用の進行の尺度として苦鉄質鉱物の Mg# に相当するものを用いるのが有効であると考えられるからであるが、FeTi 酸化物を多く含む OXG では通常の Mg# はそれから大きくずれてしまうからである。同様な意味で全岩の Ca# = $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ と CIPW ノルムで計算される斜長石の An 組成 (モル%, NAn) も、その違いを意識して使用すると有効である。また MORG は角閃石など

の含水鉱物を極めて微量にしか含まないので、CIPW ノルムによって鉱物量比を比較的精度良く推定することも可能である。このように CIPW ノルムは古典的なものではあるが現在においてもなお大変有効である。

4. ノルム Oliv-Plag-Cpx の量比と固結圧力

無水玄武岩系における Oliv-Plag-Cpx 飽和面の位置が圧力に依存することはよく知られたことである。OGBの大部分は Oliv-Plag-Cpx cumulate であるから、CIPW ノルムで推定したその量比を見ることは有用であると思われる。我々の検討ではこの 3 相の量比は中央海嶺系毎に差異がないように見える。MORB についてこの関係をパラメータ化した Herzberg [2004] の圧力計を適用すると MORG の固結圧力はほぼ 0.2 ± 0.1 GPa と違いがない。MORB の 3 相飽和面圧力と拡大速度との間に負の相関があるという結果 (Herzberg [2004]: EPR 0.1–0.2 GPa, Juan de Fuca Ridge 0–0.2 GPa, MAR 0.3–0.4 GPa, SWIR 0.4–0.5 GPa, Mid-Cayman Rise 0.4–0.6 GPa; Villiger et al. [2007]: EPR 0.2 GPa, MAR 0.4–0.5 GPa, SWIR 0.7–0.8 GPa) とは対照的である。Herzberg らが述べているように、MORB ガラスで見えているのは上昇開始以前の部分固結開始の際の圧力であるとする、MORG で我々が見たものは比較的浅部に定置後の最終固結圧力であって、前者には拡大速度と負の相関があるもの、後者は拡大速度にかかわらずほぼ一定であることを示しているのかもしれない。もし本当にそうならば大変興味深い。

5. Na₂O wt% vs NMg#

NMg# に対して各酸化物組成をプロットしてみたが、結局 Na₂O 量と CaO 量を除いて明瞭な違いは認められなかった。Na₂O 量は EPR, MAR, SWIR の順に増加する傾向が認められた。CaO 量では逆に SWIR, MAR, EPR の順に増加する傾向があるので CaO/Na₂O と NAn においても違いが見える。つまり MORB の Na₂O 量は拡大速度の速い EPR から MAR を経て、遅い SWIR に向かって増加するが [e.g., Klein and Langmuir, 1987], MORG にも類似の傾向 (つまり Na 量と拡大速度間の逆相関関係) が認められるということになる。MORG は MORB とは異なり cumulate なので、直接的には含まれる斜長石の組成差に対応しているはずである。斜長石の An 組成はメルトの組成、圧力、温度、含水量などに依存するが、上に述べたような各中央海嶺で採取された MORB 自体の Na 量の傾向や、先に述べたように MORG の固結圧力に大差が無いことなどを考慮すると、主要にはメルト組成に支配され、その結果、MORB 同様に MORG の Na 量も拡大速度と負の相関を有するに至ったものと考えられる。

引用文献

- Coogan, L.A., 2007, In “The Crust” (ed. R.L. Rudnick), Treatise on Geochemistry (ed. H.D. Holland and K.K. Turekian), 3, Elsevier-Pergamon, Oxford.
- Gillis, K.M. and 29 others, 2014, Nature, 505, 204–207.
- Herzberg, C., 2004, J. Petrol., 45, 2389–2405.
- Klein, E.M., and Langmuir, C.H., 1987, J. Geophys. Res., 92, 8089–8115.
- 前田仁一郎・山崎 徹, 2007, 月刊地球, 29, 664–672.
- Miyashiro, A., Shido, F., and Ewing, M., 1970, Earth Planet. Sci. Lett., 7, 361–365.
- Villiger, S., Müntener, O., and Ulmer, P., 2007, J. Geophys. Res., 112, B01202, doi:10.1029/2006JB004342.