

マグマオーシャン固結直後の火成活動と hidden reservoir の生成条件 Igneous activity just after the crystallization of the magma ocean and conditions to generate the hidden reservoir

近藤 望^{1*}, 小木曾 哲¹

Nozomi Kondo^{1*}, Tetsu Kogiso¹

¹ 京都大学大学院人間・環境学研究科

¹ Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

地球の進化を考える上で、マントルと地殻の分化は非常に重要な位置を占める。現在の地球のマントルと地殻は、CIコンドライト組成のケイ酸塩 (Bulk Silicate Earth:BSE) から分化したと考えられている。しかし $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (Boyet and Carlson, 2005) や Nb/Ta (Nebel et al., 2007) において、現在のマントルと地殻の組成を合わせても CIコンドライト組成に戻らないことが報告された。この報告から、現在の BSE 組成と CIコンドライト組成の間の差を満たす組成を持つリザーバーが地球内に保存されている可能性が示唆された。そしてこのリザーバーは発見されていないため、hidden (隠された) reservoir と呼ばれている。

$^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ の差を生むような分化は、 ^{142}Nd の親元素である ^{146}Sm (半減期 6800 万年) が残存する地球初期に起こる必要がある。また、マスバランスを満たすには hidden reservoir の $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ が CIコンドライトよりも低い必要がある (Boyet and Carlson, 2005)。 $^{146}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ は分化時にメルトに比べ固相で高くなるため、 $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ は固相で高くなり、メルトで低くなる。したがって hidden reservoir はメルト成分に富むと考えられる。そしてこのメルト成分に富んだリザーバーは、周囲のマントルよりも重く、下部マントルの底に沈み込むか、あるいは軽く上昇して地殻を形成し、プレートテクトニクスにより地球内部に沈み込むことで隠されると考えられている (Caro et al, 2005; Kemp et al, 2010; Lee et al, 2007, 2010; Labrosse et al, 2007)。これらの研究では、メルトの主成分元素組成に基づいた密度の議論が行われていない。また Lee et al (2010) 以外はマグマオーシャンの融けのこりメルトが hidden reservoir になると考えており、マグマオーシャン固結後の部分融解メルトが hidden reservoir となる可能性が十分に議論されていない。

よって本研究では、マグマオーシャン固結後の部分融解により hidden reservoir の元となるメルトが生成されるとして、このメルトの生成条件に制約を与えることを試みた。マグマオーシャン固結直後には、マントル最上部に 200km 程の厚いリソスフェアが存在していた可能性が高いことが、マントルの熱収支モデルや対流シミュレーションなどから指摘されている (Korenaga, 2006, 2010; Solomatov, 1995; Smrekar and Sotin, 2012; Benesova and Cizkova, 2012)。そこで、マグマオーシャン固結直後はプレートテクトニクスが起こっておらず、厚さ 200km 程のリソスフェアの底付近 (7GP) でメルトがマントルから分離すると仮定した。そして現在の BSE と CIコンドライト隕石間の $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ の差を説明するような Sm/Nd を求め、そのような Sm/Nd を持つメルトの生成される部分融解度を、カンラン岩高圧実験の 7 GPa のデータ (Walter, 1998) を用いて計算した。

この計算により、少なくとも上部マントルが対流により部分融解に関わるとすると、F は 0.5% 以下と極めて小さなものとなることが判明した。

今後はこの結果を用いて、高温高圧実験によりこのメルトを再現し、hidden reservoir の元となるメルトの主成分元素組成を決定することを考えている。

キーワード: hidden reservoir, マグマオーシャン, ^{142}Nd 同位体比, 部分融解度

Keywords: hidden reservoir, magma ocean, $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, melt fraction