

受入年度 平成 26 年

課題名 冥王代初期地殻の主成分元素組成の推定：カンラン岩高压融解実験からの制約

共同研究員氏名 小木曾 哲／近藤 望

所属・職名 京都大学大学院人間・環境学研究科 准教授／大学院生

受入教員 芳野 極

現在の地球とコンドライト隕石では一部の同位体比や微量元素存在比に違いが見られることがわかっている。地球の起源をコンドライト的物質と考えた場合、この地球-コンドライト間の違いを補填する組成を持つ貯蔵庫が必要となるが、このような貯蔵庫は未発見であり、「失われた」（あるいは「隠された」）貯蔵庫と呼ばれてきた。この「失われた貯蔵庫」の形成は地球の初期分化過程を知る重要な手掛かりとなるため、地球科学の大きな問題の一つとして扱われてきた。そのような中、地球の珪酸塩部分（マントル+地殻）が均質な  $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  を持ち、かつその比が、コンドライト隕石よりも高いことが近年報告された (Boyet & Carlson, 2005)。 $^{142}\text{Nd}$  は消滅核種である  $^{146}\text{Sm}$  (半減期 6800 万年) の娘核種である。また Sm・Nd はともに親石性であるが、Nd のほうが Sm よりも液相濃集性が高い。したがって、コンドライト的物質から誕生した地球が現在のようにコンドライトより高い  $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  を持つには、親核種  $^{146}\text{Sm}$  が十分存在していた地球形成初期に、Sm/Nd 比の小さな液相が形成し、それが地球内外の何処かに孤立している必要がある。そのような貯蔵庫を形成するプロセスとして、これまでに様々なモデルが提唱されてきているが、その多くはマグマオーシャン中のプロセスを対象としており、マグマオーシャン固結後に「失われた貯蔵庫」ができた可能性に関する検討は充分でない。先行研究では、液相として形成した「失われた貯蔵庫」の微量元素組成に注目し、この液相のマントル中での浮沈を制約する”密度”については十分に議論してこなかった。液相の密度は、その主成分元素組成に依存する。したがって本研究では、現在の「失われた貯蔵庫」について、その主成分元素組成と密度を決定し、マグマオーシャン固結後にマントルの融解によって形成された初期地殻が「失われた貯蔵庫」になった可能性を検討した。

現在の地球とコンドライトの  $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  の差は、失われた貯蔵庫が形成した時の地球とコンドライトの Sm/Nd 比の差を反映している。この Sm/Nd の差を満たす貯蔵庫の形成年代・生成圧力・部分融解度を、 $^{146}\text{Sm}-^{142}\text{Nd} \cdot ^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$  系の同位体進化と、未分化カンラン岩の融解相平衡および微量元素の分配係数を制約にして求めたところ、形成年代は太陽系形成から 3000 万年以内、形成条件は圧力 7 GPa、部分融解度 1.0%以下となった。この形成条件に基づき、未分化カンラン岩の高温高压融解実験を行うことで、失われた貯蔵庫の主成分元素組成を決定した。実験手法としては Hirschmann & Dasgupta (2007) が提唱した Modified Iterative Sandwich Experiment (MISE) を使用した。この手法では、目的

の岩石組成とその推定ソリダスメルト(部分融解度=0%)組成を混合しソリダス条件で平衡にする、という操作を、推定ソリダスメルト組成だけ変えながら繰り返し行う。これにより、推定ソリダスメルト組成は目的岩石に平衡な組成に近づいて行き、最終的に、理論上は部分融解度=0%でありながら、化学組成分析に十分な量のメルトが作られることになる。高圧実験・化学組成分析には、本センターの一軸加圧式川井型超高压発生装置USSA-1000・USSA-5000と電子プローブマイクロアナライザーJXA-8800を使用した。実験はカプセル内の温度勾配を評価し、未分化カンラン岩の7GPaでのソリダス温度を正確に決定したのちに行われた。結果として、未分化カンラン岩の7GPaソリダスメルト組成は、SiO<sub>2</sub>が44.3%、MgOが24.2%、FeOが14.4%と、比較的FeOに富んだコマチアイト組成となった。この主成分元素組成に基づき、失われた貯蔵庫の密度をMatsukage(2005)の手法で求めると、密度は未分化マンツルの密度よりも小さくなることが判明した。

以上の結果より、失われた貯蔵庫は、太陽系形成から3000万年以内に7GPaでの極微小部分融解度のメルトとして生成し、マンツル中を上昇してコマチアイト質地殻を形成したと考えられる。月を形成したとされる最後の巨大衝突の年代が太陽系形成から約1億年後と推定されているため、<sup>142</sup>Nd/<sup>144</sup>Ndの小さなコマチアイト質の初期地殻が、最後の巨大衝突時に地球外に飛散することによって、「失われた」貯蔵庫となった可能性が高いと結論できる。