

論文内容の要旨

論文題目 Tungsten isotope composition of terrestrial rocks: its constraints on core-mantle interaction and the accretion of the Earth

(地球岩石のタングステン同位体比：

コア-マントル相互作用と地球集積・コア形成への制約)

氏名 賞雅朝子

消滅核種の ^{182}Hf - ^{182}W 壊変系は、親核種 Hf が親石性、娘核種 W が親鉄性であることから、惑星のコア形成時期などの決定 (Yin et al., 2002 など) や、マントルとコアの相互作用の検証について利用される (Schersten et al., 2004)。

地球のコア形成時期については、Two stage model では最後のコア形成が太陽系形成から 3000 万年後であるとされている (Yin et al., 2002 など)。一方で、地球集積時にコアとマントル (Hf-W 系) が完全に平衡に達したかどうかについて議論がされており (Kleine et al., 2004 など)、マントル内の W 同位体比の不均質を作る一因となる可能性がある。

タングステン同位体比の不均質性を作り出すもう一つの要因はコア-マントル相互作用である。Collerson et al. (2002) によって南アフリカのキンバライト試料の W 同位体比からコア物質の寄与を示唆する同位体比の異常が検出された。しかし Schersten et al. (2004) によるキンバライトとハワイの試料の W 同位体比測定の結果からは W 同位体比の異常は検出されていない。

また、先行研究では W 同位体比測定の難しさなどから、地球岩石の W 同位体比が十分測定されていなかった。本研究では、地球集積時にタングステン同位体比の不均質がマントルに残っているか、コア-マントル相互作用が検出できるかを検証するために、多数の試料のタングステンの濃度・同位体比の分析を行った。

本研究では、地球のマントルの深度、化学的端成分をカバーする 7 地域全 65 サンプルの岩石試料のタングステン同位体比を分析し、160 のデータを測定した。W 同位体比の測定は MC-ICP-MS (IsoProbe (地震研設置)、Neptune (高知コアセンター設置)) を用いて、高精度の同位体比測定を行った。

またマントル内での W の挙動に制約をあたえるため、マントル鉱物 (フォルステラ

イト-エンスタタイト) 多結晶体中の W の拡散実験を試み、多結晶体中の W 拡散の in situ 分析に成功した。W の拡散係数は SIMS (物質・材料研究機構設置) を用いて測定を行った。

65試料のW同位体比測定の結果、測定誤差範囲を超えてW同位体比の不均質は観察できなかった。マントル化学的端成分のW同位体比(平均値)は、Indian MORB: $0.07 \pm 0.13 \epsilon$, Kimberlite (South Africa): $-0.04 \pm 0.08 \epsilon$, Ontong Java Plateau: $-0.07 \pm 0.33 \epsilon$, Rarotonga Island (EM1) $0.01 \pm 0.17 \epsilon$, Rurutu, Mangaia and Tubuai Island (HIMU): $0.05 \pm 0.30 \epsilon$, St. Helena (HIMU): $0.03 \pm 0.17 \epsilon$, Samoa Island(EM2): $-0.02 \pm 0.23 \epsilon$ であった。

$$(\epsilon; \quad \epsilon^{182W} = ([^{182W}/^{184W}]_{sample}/[^{182W}/^{184W}]_{NIST-SRM3163} - 1) \times 10000)$$

地震波トモグラフィーの結果からプリュームがコア-マントル境界から上昇していることが明らかで、また、地球表層からの大陸地殻物質の影響が少ないと考えられる南ポリネシアの HIMU 海洋島玄武岩については、W 濃度と主要元素濃度、W 同位体比を分析し、コア-マントル相互作用の影響を詳しく見積もった。南ポリネシアの HIMU マントルソースの W 濃度は 2~15ppb と推定でき、コアとマントルの混合計算から HIMU マントルソースに含まれるコア物質の上限は、0.6%と見積もることができた。また、地球集積時の Hf-W 系列の平衡については、現在のマントル中には非平衡の痕跡は観察できなかったことから ($0.0 \pm 0.3 \epsilon$ (全試料平均値))、集積時にすでに平衡になっていた可能性とマントル対流などによる作用で平衡になった可能性がある。

W の拡散実験は、SIMS による Depth Profile 法から、拡散の in-situ 分析に成功し、1300°C (大気圧下) で格子拡散 ($\sim 10^{-16} \text{m}^2/\text{s}$) と粒界拡散 ($\sim 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$) という予察的な結果を得た。

将来的には地球集積時の Hf-W の平衡やマントル内での W の移動についての議論を進める基礎的なデータとなり得る。しかし多結晶体中の不適合元素については、研究が進んでいないため、今後、他の元素を含む詳細な拡散パス・拡散メカニズムなどの研究が期待される。