

## 核—マントル境界（CMB）における物質相互作用

研究者所属・職名：惑星物質研究所・教授

ふりがな よしの たかし

氏名： 芳野 極

主な採択課題：

- [新学術領域研究\(研究領域提案型\)「核—マントル物質の動的挙動」\(2015-2019\)](#)
- [基盤研究\(A\)「微量な水のマントル物性への影響—アセノスフェア軟化の解明—」\(2017-2020\)](#)

分野：高圧地球惑星科学

キーワード：高圧実験、マントル、核、輸送特性、浸透、拡散、核—マントル境界

## 課題

## ●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

我々の住む地球は主に鉄を主体とする金属の核が中心部にあり、岩石できているマントルがその周りを取り囲んだ成層構造を持つ。核の形成後に核とマントルは化学的に独立した系であったのか相互作用しているのかは明らかでない。最近、核—マントル境界に起源を持つとされる海洋島玄武岩と呼ばれる岩石は、タングステン(W)の同位体が枯渇していることが判明しつつあり、金属核から軽いWがマントルへ漏れるような核—マントルが相互作用している可能性が出てきた。どのような過程で核物質がマントルへ輸送されたのかを高圧実験の手段により解明することが本研究の目的である。

## ●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

金属核から物質や元素がマントル物質中を移動する過程を実験的に検証するためには、核—マントル境界(CMB)で安定な相を対象とすることになる。CMBで安定であるブリッジマナイトが安定になるのは、23万気圧の圧力下で実験を行う必要があるが、高温を長時間保持することは簡単では無い。また、拡散現象は結晶内部の格子と粒界を通じて起こるものがあるが、拡散種の濃度が低いと測定が難しい。そのため、拡散種をトラップする金属をマーカーとして試料に加えることで粒界拡散による拡散プロファイルをとることに成功した。

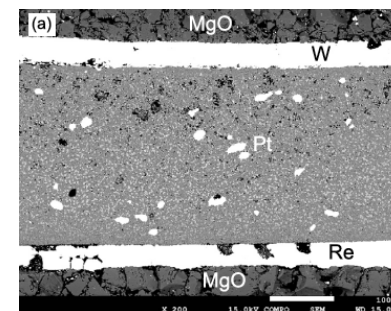


図1 拡散実験の回収試料の電子顕微鏡写真。下部マントル物質が拡散種のWとReに挟まれている。試料中のPtに拡散した金属はトラップされる。

## 核—マントル境界（CMB）における物質相互作用

## 研究成果

## ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

親鉄元素（岩石よりも金属鉄に選択的に分配される性質を持つ元素）であるWはブリッジマナイトとフェロペリクレスからなる岩石（下部マントルの主要構成鉱物）中を高速で粒界を拡散することが分かった。結果をもとにCMBにおける温度（4000K）での拡散係数を計算すると、CMBではWのマントルへの拡散が効果的に起こることが予想される。 $^{182}\text{W}$ に枯渇した海洋島玄武岩の同位体組成の特徴は粒界拡散によって核からもたらされたWに由来する可能性があることが初めて示された。また、酸化状態ではより多量のWが拡散することも分かった。海洋島玄武岩は過去にマントルに沈み込んだプレート（スラブ）の成分を含んでいると考えられることから、酸化物質からなる沈み込んだスラブがCMBに滞留している間にWを大規模に拡散によって取り込んだ可能性も考えられる。

このことから、CMBに由来する海洋島玄武岩で普遍的に観測される負のW同位体異常は核から軽いW同位体が拡散してきたことを反映しているものと考えられ、He同位体との相関が強いことから、下部マントルに始原的なりザーバーは必要ない可能性が出てきた。

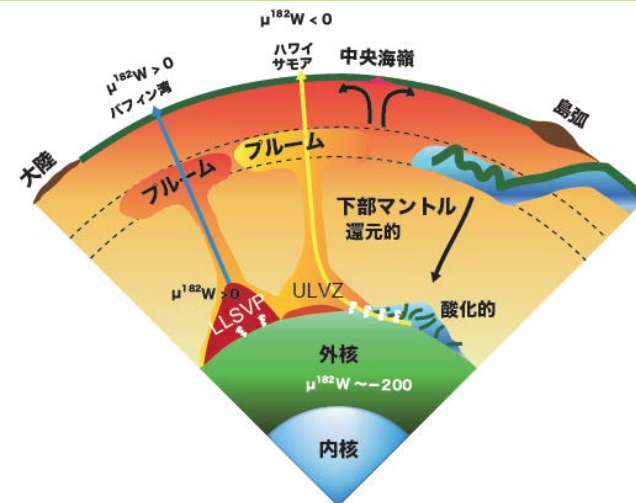


図2 核マントル相互作用によるタングステン同位体比の進化モデル。CMBに滞留する沈み込んだ酸化物質のスラブに対して、外核のWが拡散する。この物質がその後プルームにより上昇し、海洋島玄武岩を生成する。低い $^{182}\text{W}$ 同位体比( $m^{182}\text{W}$ )を持つ外核の影響を受け、海洋島玄武岩は負の $^{182}\text{W}$ 同位体異常を示す。

## 今後の展望

## ●今後の展望・期待される効果

多くの地球化学者は地球形成初期のマントルの化学組成を持った始原的なりザーバーが地球史を通じて下部マントルに保持されていると考えてきたが、負の $^{182}\text{W}$ 同位体異常と $^3\text{He}$ （ヘリウム3）の同位体異常に相関があることが報告されている。もし、 $^3\text{He}$ がWと共に外核からマントルに拡散過程によって供給されるのであれば、始原的なりザーバーが下部マントルに存在しなくても核—マントル相互作用だけで海洋島玄武岩で報告されている同位体異常を説明できるかもしれない。これを検証するためには、今後希ガスの拡散の研究も進めていく必要がある。