

## 下部マントル構成鉱物と熔融金属鉄の間の遷移金属元素の分配係数

## Distribution coefficients of transition metal elements between lower mantle minerals and metallic liquid

佐藤 仁[1], # 大谷 栄治[2]

Jin Satoh[1], # Eiji Ohtani[2]

[1] 東北大・理・地学, [2] 東北大、理、地球物質科学

[1] Geology, Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University

マントル中の遷移金属元素の存在度はマントル鉱物と熔融金属鉄の間での分配実験から予想される存在度と異なることがわかっている。本研究ではこれまでに考慮されていないペロブスカイトへのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の固溶が遷移金属元素の分配係数に与える効果を実験的に明らかにした。実験の温度・圧力条件は2473K、24.3 GPaである。その結果、Vの分配係数はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量の増加に対して減少したが、Cr、Mn、Fe、Co、Niの分配係数に大きな影響はないことがわかった。また酸素分圧の増加に対しては、V、Cr、Mnの分配係数は減少したが、Fe、Coは変わらず、Niは増加する傾向を示した。

初期地球の形成過程を議論する上で、コア、マントル中の遷移金属元素の存在度は非常に重要である。このような元素の存在度を決定するために、鉱物と熔融金属鉄の間の分配係数がよく用いられる。しかし過去の分配実験の結果、遷移金属元素のマントル存在度が実験の結果予想されるマントル存在度と異なることが報告されている。下部マントル構成鉱物であるペロブスカイトとの分配実験も行われてきたが、下部マントルにおいてペロブスカイト中に固溶するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含まれる系での実験は行われていない。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の固溶によってFeのペロブスカイト中の含有量は増加するという報告(Wood, 2000)より、他の遷移金属元素にも同じような効果が期待される。本研究においてはこのようなAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>がペロブスカイト中に固溶するような条件で、ペロブスカイトと熔融金属鉄の間でV、Cr、Mn、Fe、Co、Niの分配実験を行い、分配係数を決定して、分配係数に対するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の固溶の効果を見積もることを目的としている。

出発物質には、酸化物試薬を混合し、酸素分圧制御条件下で1373Kで固相反応させた珪酸塩成分と、粉末試薬を混合した金属成分を用意した。珪酸塩成分はMgSiO<sub>3</sub>:MgO = 1:1に混合し、これについて酸素分圧の効果を見るためにMg#が0.8、1.0の2種類を用意した。またそれぞれについてAlを3wt.%程度含むものと含まないもの、さらにV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub>の試薬を5wt.%ずつ混合したものを用意した。金属部にはFe:Co:Ni = 3:1:1 (mol比)の割合で混合したものと、Fe:Co:Ni:V:Cr:Mn = 91:1:5:1:1:1 (wt.比)の比率で混合したあと真空中で加熱し、熔融させた後急冷して得られた合金を用意した。

高圧力の発生には、東北大学設置のMA-6/MA-8型ダブルステージ3000ton高圧発生装置(SPIRIT3000)を用いた。アンビルにはWC製超硬アンビルを用いており、TELは2.0mmである。ガスケットはパイロフィライト、圧媒体にはZrO<sub>2</sub>を用い、ヒーターにはLaCrO<sub>3</sub>を使用、カプセルにはMgOを用いた。実験の温度・圧力条件は全ての実験において2473K、24.3GPaである。高温における保持時間は3時間である。

回収された試料について東北大学設置のEPMA(JEOL-8800)を用いて組成の分析を行った。また珪酸塩相へのガーネットの混入を防ぐため、回収試料は微小部X線回折装置を用いて相の同定を行い、ペロブスカイトとマグネシオウスタイトであることを確認している。

分配係数DはC(mt) / C(pv)、又はC(mt) / C(mw)という形で表される。ただし、C(mt)、C(pv)、C(mw)はそれぞれ熔融金属鉄、ペロブスカイトおよびマグネシオウスタイト中の元素の存在度(wt.%)である。熔融金属鉄とペロブスカイトとの間の分配係数は、Vは0.04~0.07、Crは0.45~0.90、Mnは0.23~0.32、Feは14.50~36.62、Coは59.24~106.12、Niは135.80~379.04である。酸素分圧の効果を見積もったところ、Fe、Coはほとんど効果が見られず、V、Cr、Mnは酸素分圧の増加に対して分配係数が減少し、Niは逆に増加する傾向が見られた。また類似した酸素分圧条件でAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含む系と含まない系の実験結果を比較することでAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有の効果を見積もったが、VがAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含有量の増加に対して分配係数が減少する傾向が見られる以外は、他の元素に、大きな影響は見られなかった。

また熔融金属鉄とマグネシオウスタイトの間の分配係数は、Vは0.05~0.09、Crは0.31~0.45、Mnは0.14~0.22、Feは3.72~8.14、Coは13.65~18.29、Niは24.77~36.50である。本実験の酸素分圧範囲では酸素分圧の分配係数に対する効果は見られない。

得られた分配係数と、Kargel and Lewis (1993)によって見積もられているコア、マントル組成から求められるコア、マントル存在度の比率との比較を行った結果、その値は大きく異なる。またペロブスカイトとマグネシオウスタイトの量比を、マグネシオウスタイトが卓越するような下部マントル組成と仮定すれば、得られた分配係数

を用いて Fe、Co、Ni の存在度の比率について説明することが可能であるが、V、Cr、Mn の存在度の比率を説明することは不可能である。以上より、現在のコア、マントル組成を説明するためには珪酸塩ペロブスカイト中への Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の固溶以外の分配係数に関わる原因（圧力・温度など）を考慮する必要があると考えられる。