

マントル物資と水、メタン流体の高温高圧下での反応と挙動

Water and methane reaction in the earth's mantle

篠崎 彩子 [1]; 平井 寿子 [2]; 八木 健彦 [3]

Ayako Shinozaki[1]; Hisako Hirai[2]; Takehiko Yagi[3]

[1] 筑波大・生命環境; [2] 筑波大 地球; [3] 東大・物性研

[1] Life and environmental sci., Tsukuba Univ; [2] Geoscience, Tsukuba Univ.; [3] Inst. Solid State Phys, Univ. Tokyo

マントル中の流体の存在は、マントル構成鉱物の物性や、水や炭素の循環に大きな影響を与えるとされ、その存在状態や安定性を明らかにすることは重要である。これまで、マントル中の水についてはさまざまな研究が行われ、スラブや遷移層の構成鉱物が水を含む事が明らかになっている。一方、地球内部の炭素は炭酸塩、ダイヤモンドやグラファイト、二酸化炭素やメタン流体として存在する。地球内部の高温条件、酸化的状態からメタンや炭化水素などの還元型の炭素の存在は限定的であると考えられてきた。しかし、ダイヤモンド包有物やマントル捕獲岩からメタンや高次炭化水素の存在が見出されている。また、ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高圧実験、熱力学的計算の結果から上部マントルの温度圧力条件下でメタン、高次炭化水素が生成され、安定に存在することが報告されている。本研究では高温高圧下でのメタン、水流体がマントル物質の相転移などに与える影響、マントル物質が存在する条件下でのメタンの安定性や高次炭化水素の生成を検討した。

Nd-YAG レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いて高温高圧実験を行った。出発物質はオリビン 水 メタンである。オリビンは San Carlos 産のものを使用し、化学組成は $(\text{Fe}_{0.1}\text{Mg}_{0.9})_2\text{SiO}_4$ である。温度圧力条件は 5.4GPa/1200~1300K 程度、5.6~6.3GPa、1600~2000K 程度、14.8GPa、1500K 以上、19.8GPa、1500K 以上、29.4GPa、1500K 以上の 5 領域で行った。また、比較のためにオリビン-水系の高温高圧実験を 19.5GPa、1500K 以上で行った。冷却後、粉末 X 線回折とラマン分光で評価を行った。

レーザーを照射した領域が、黒色化する様子が観察された。オリビン-水のみではこのような黒色化は見られなかった。加熱後に行った粉末 X 線回折から 14.8GPa と 19.5GPa で、オリビンの高圧相であるワズレアイト、リングウッダイトを見出した。一方、29.4GPa で加熱を行った後の XRD パターンからペロブスカイトが観察できたが、マグネシオウスタイトは見られなかった。さらに、5.4GPa、5.6~6.3GPa、29.4GPa での加熱領域から、未知の回折線が見出され、これはオリビンとその高圧相、メタンとその高圧相では指数付けできなかった。この部分のラマン分光では、メタンの C-H 振動が減少しており、5.4GPa、1200K ~ 1300K での加熱領域からは 1000cm^{-1} ~ 1050cm^{-1} に C-C 振動と考えられる振動モードが検出された。この振動モードの一部はエタンの C-C 振動モードと一致する。回収試料のラマン分光からは実験を行ったすべての回収試料から、C=C 振動や C-O 振動、C-H 振動と考えられる振動モードを検出することができた。さらに透過型電子顕微鏡 (TEM-EDS) の評価では、炭素に富む物質とケイ酸塩鉱物が接して存在していた。

メタン単体の高温高圧下での挙動に関する実験や計算の結果から、分子重合が生じることが報告されていた。本研究の結果から、上部マントル~下部マントル最上部の温度圧力条件下、カンラン石が存在する条件下で、メタンの分子重合が進み、高次の炭化水素が生成することが明らかになった。