

マントル物質の物性に対するH₂O及びCO₂の影響

The effect of H₂O and CO₂ on the physical properties of the Earth's mantle materials

井上 徹 [1], 松下 忍 [1], 肥後 祐司 [1], 二神 誉夫 [1], 森川 友和 [1], 入船 徹男 [1]

Toru Inoue [1], shinobu Matsushita [2], Yuji Higo [3], Takao Hutagami [3], Tomokazu Morikawa [3], Tetsuo Irifune [3]

[1] 愛媛大・理・地球

[1] Dept. Earth Sciences, Ehime Univ., [2] Dept. Earth Sciences, Ehime Univ., [3] Dept. Earth Sci., Ehime Univ.

H₂O及びCO₂は地球の重要な構成成分であり、その存在は地球内部物質の物性に多大な影響を与える。その1つはマントル物質の溶融における効果であり、H₂O及びCO₂はその溶融温度を著しく下げることのみならず、その時生成されるマグマの組成にも影響を与える。第2にマントル物質の相転移における効果であり、オリビンの高圧相beta及びgamma相に含まれるH₂Oのために、相転移境界が無水の状態とは変化するはずである。第3に熱弾性的性質に及ぼす効果である。我々はこのような重要性に着目し、上記の問題を系統的に解明しようとしている。本発表では、この中で我々が最近行い、明らかにしつつあるいくつかのテーマについて紹介する。

1. はじめに

H₂O及びCO₂は地球の重要な構成成分であり、その存在は地球内部物質の物性に多大な影響を与える。その1つはマントル物質の溶融における効果であり、H₂O及びCO₂はその溶融温度を著しく下げることのみならず、その時生成されるマグマの組成にも影響を与える(Inoue and Sawamoto, 1992; Inoue 1994; Kawamoto and Holloway, 1997等)。第2にマントル物質の相転移における効果である。特にマントル内で地震波速度不連続面として検出されている410km, 520km, 670kmの深さはそれぞれオリビンのalpha beta gamma perovskite+magnesiowustite転移に関係していると考えられているが、これらの不連続面には地域的な凹凸が観察されている(Revenaugh and Jordan, 1991)。最近の研究によると、オリビンの高圧相beta及びgamma相には2-3wt%のH₂Oが結晶構造中に含まれることが明らかにされており(Inoue, 1994; Inoue et al. 1995; Kohlstedt et al., 1996)、この効果によって相転移境界が無水の状態とは変化するはずである(Wood, 1995)。また、マントルオリビンはMgとFeの固溶体であるため、その相転移にはある幅を持つが、この幅もH₂Oの効果で変化することが予想される。CO₂についても、H₂Oほどは結晶中に含まれないが、その微量な固溶で相転移に影響を及ぼしている可能性がある。第3に熱弾性的性質に及ぼす効果である。beta及びgamma相中のH₂Oにより熱弾性的性質が変化し、それにより地球内部の地震波速度プロファイルに影響を及ぼす(Yusa and Inoue, 1997; Inoue et al., 1998)。これらの物性パラメータが正確に解れば、実際の地震波速度プロファイルと比較することにより、地球内部の含水量の制約ができる可能性がある。さらに、レオロジーにおけるH₂O及びCO₂の効果や熱伝導、電気伝導における効果等々、様々な物性パラメータにH₂O及びCO₂は影響を及ぼしているはずである。我々はこのような重要性に着目し、上記の問題を系統的に解明しようとしている。本発表では、この中で我々が最近行い、明らかにしつつあるいくつかのテーマについて紹介する。

2. マントル溶融におけるH₂O及びCO₂の効果

我々の以前の実験的結果によると、含水条件下でのマントルの溶融によって5-6GPa以上で無水条件下でのものよりMgOに富んだ超塩基性のマグマが生成されることが明らかになった。この様子は5GPa以下ではH₂Oの添加でSiO₂に富むマグマができるという振る舞いとは正反対である。我々は、現在、0.5-3wt%の比較的低含水量でのマントル物質の融解を行っており、含水量の違いによって生成されるメルトの組成について検討している。さらに、CO₂系についても、最近7.7GPaまで明らかにし、CO₂系でのマグマはH₂O系でのものよりMgOに富んだ組成になることを明らかにした。同時に比較的低CO₂量でも実験を行っており、CO₂量の違いによって生成されるメルトの組成についても検討している。また、H₂O系、CO₂系ともソリダス温度は大きく下がり5-8GPaで1100度付近に位置する(高含水量、高CO₂量の場合)が、その量比が下がるにしたがってソリダス温度も上昇する様子が見られている。このような実験結果は、komatiiteやkimberlite等の超塩基性のマグマの生成を議論する際に重要な情報となる。

3. オリビンの相転移におけるH₂O及びCO₂の効果

マントルオリビンのalpha-beta転移に関しては、H₂Oの添加により相転移圧は0.2GPa程低圧側にシフトする程度であるが、相転移幅は無水条件下(0.6GPa)の約半分と非常にシャープになる結果が得られている。一方、CO₂系に関しては予察的な結果ではあるが、相転移圧は少し低圧側にシフトし、相転移幅は無水条件下と変わらないという結果が得られている。また、beta-gamma転移に関しては、H₂Oの添加により転移圧は2GPaほど高圧側に移動し、かつシャープになる結果が得られている。gamma相の分解に関してはMg₂SiO₄にH₂Oを1wt%加えた系では、より高圧までgamma相が安定に見られるが、それ以上に含水相のsuperhydrous phase Bの安定性が著しく、23GPaで1600度の温度範囲まで安定である様子が見られる。

4. beta及びgamma相の弾性的性質におけるH₂Oの影響

hydrous beta及びhydrous gammaの体積弾性率は無水のものよりそれぞれ7-11%、16%小さく、弾性波（地震波）速度を遅くする方向に働く。