

## ガーネット-ペロブスカイト相転移と 660km 不連続面付近のダイナミクス

## Garnet-perovskite transformation and the dynamics at 660km depth

# 廣瀬 敬[1]

# Kei Hirose[1]

[1] 東工大地惑

[1] Dept. Earth &amp; Planet. Sci., TIT

遷移層がパイロライト的な化学組成をもっている場合、ガーネット-ペロブスカイト相転移はポストスピネル相転移とほぼ似た圧力で起こるため、深さ 660km 不連続面付近のダイナミクスを理解する上で重要な相転移である。筆者らはここ数年間研究してきた、端成分の  $\text{MgSiO}_3$  および  $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  組成、さらには多成分のパイロライトおよび玄武岩の系における、ガーネット-ペロブスカイト相転移に関して報告する。

遷移層がパイロライト的な化学組成をもっている場合、ガーネット-ペロブスカイト相転移はポストスピネル相転移とほぼ似た圧力で起こるため、深さ 660km 不連続面付近のダイナミクスを理解する上で重要な相転移である。筆者らはここ数年間、端成分の  $\text{MgSiO}_3$  および  $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  組成、さらには多成分のパイロライトおよび玄武岩の系における、このガーネット-ペロブスカイト相転移境界を高圧実験によって決定してきた。ここではこれらの結果をまとめて報告する。

(1)  $\text{MgSiO}_3$ 

Fe や Al を含まない、Mg 端成分の組成では低温側にイルメナイトの広い安定領域が存在する。そのためガーネット-ペロブスカイト相転移は 1900-2000 度以上の高温でのみ、正のクライペイロンスロープを持って起こる。最近筆者らが、白金と金の圧力マーカーを用いて、放射光施設で求めた結果によると、イルメナイト-ガーネット-ペロブスカイトの三重点は 20GPa、1950.C 付近 (Anderson の金スケール) に存在し、ガーネット-ペロブスカイトのクライペイロンスロープは約 0.003GPa/.C である。

(2)  $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 

ガーネット-ペロブスカイト相転移境界の圧力は系に含まれる Al の量によって大きく増加する。パイロブ組成のガーネットはペロブスカイトとコランダムに分解する (Irifune 他, 1996; Kubo&Akaogi, 2000)。その場観察によって求められた相境界の圧力は Anderson の金スケールで、24.75GPa、1750.C であり、わずかな負のクライペイロンスロープを持つ (Hirose 他, 2001)。 $\text{MgSiO}_3$  に 25mol% の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が固溶することにより、5GPa 近く相境界が高圧へ移動する。

## (3) パイロライト

パイロライトは約 4wt% の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を含んでおり、 $\text{MgSiO}_3$  端成分よりやや高圧で、かつ連続反応としてガーネット-ペロブスカイト相転移は起こる。筆者は Anderson の金スケールに基づく、上記 2 つのその場観測実験結果によってもとめられた相転移境界を用いて、東工大のマルチアンビルプレスの圧力較正を行った。その上で、パイロライト組成をもつ KLB-1 ペリドタイトの相関係を 1400-2200 度の温度範囲で詳細に明らかにし、とくに温度の効果を明らかにした。その結果を見ると、i) ガーネット-ペロブスカイト相転移はポストスピネル相転移とほぼ似た圧力で起こる、ii) ガーネット-ペロブスカイト相転移は正のクライペイロンスロープ (+0.0018GPa/.C)、ポストスピネル相転移は負のスロープ (-0.0026GPa/.C) をもつため、1800.C 付近で 2 つの相境界は交差する、iii) 相転移の起こる圧力幅は、1600.C のとき、前者は 1.3GPa 程度、後者は 0.4GPa 程度である。

このうちとくに ii) は 660km 不連続面付近のダイナミクスに大きく影響する。すなわち 1800 度以上の高温部では、ポストスピネル相はガーネットとマグネシオウスタイトであり、この場合、大きな密度増加は伴わない。2000 度の場合、さらに高圧側で約 1GPa の圧力範囲でガーネット-ペロブスカイト相転移が起こるため、シャープな地震波速度の不連続は期待されない。またガーネット-ペロブスカイト相転移は正のクライペイロンスロープをもつため、1800 度以上のマントルの上昇流は 660km 不連続面付近で抵抗を受けない (相転移の効果によって加速される)。一方、1600 度では、ポストスピネル相転移より低圧側で、ガーネット-ペロブスカイト相転移はほぼ終了し、ポストスピネル相転移境界より高圧側にはガーネットは存在しない。この結果は、地震波速度に関する PREM などの標準モデルとは 2 つの点で整合的ではない。すなわち、今回の結果は 660km 不連続面で観測されるべき密度増加は約 5% である、660km 以深には相転移に伴う速度増加は見られないはず、ということを示している。

## (4) 玄武岩

玄武岩はパイロライトよりもさらに多くの  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を含んでおり、20GPa 付近ではガーネットがその 80% 以上の体積を占める。ガーネット-ペロブスカイト相転移は、Hirose et al. (1999) によって決定された相境界を Anderson の金スケールに基づいて再計算すると、パイロライト中よりも約 2GPa 高い、23.5GPa で起こる。パイロライト中の相転移よりもさらに圧力幅は小さく、0.5GPa 以下である。Anderson の金スケールが圧力スケールとして正しい

のであれば、地震学的に観測される 660km 不連続面は、この玄武岩中のガーネット-ペロブスカイト相転移によるものである、と考えられる。遷移層で観測される S 波速度、P 波速度、さらには 660km 不連続面での増加量、シャープさなどは、遷移層が玄武岩の組成を持っていると考えても、観測とおおむね整合的である。