

平成 15 年度共同利用成果報告書

研究題目：地球深部物質の高圧高温での熱伝導測定

Measurements on thermal conduction of deep Earth materials at high-pressure and high temperature

大迫正弘（国立科学博物館）

Masahiro, OSAKO (National Science Museum, Tokyo)

受け入れ教官：伊藤 英司

マントルを構成する物質のパルス加熱法による熱拡散率および熱伝導率を高圧力下での測定データを再計算して精度を高めた。さらに両者の比から熱容量も算出し、この方法によって高圧での比熱測定の可能性のあることを示した。

熱拡散率と熱伝導率の測定法は円盤形状の試料を分割してその間に薄いヒーターを置き、ここを瞬時に加熱して試料中の温度の時間経過を熱電対で検出し熱拡散率および熱伝導率を同時に求めるものである。本測定法の特色は、従来の熱伝導測定に比べて小さい試料を用いるので測定圧力の上限を大幅に伸ばすことができ、また、さまざまなマントル物質へ広く適用できる可能性のあることである。高圧力の発生は川井式二段アンヴィル高圧力発生装置 USSA-1000 を使用し、高温の測定では直流電源により加熱を行った。熱電対でとらえた試料からの温度変化の信号は増幅したのちストレージスオシロコップで観測データとする。今まではストレージオシロスコープの画面から試料の温度波形のピークの高さと時刻を読み熱拡散率と熱伝導率を求めていた。この場合、画面上の読み取りの分解能から精度の限界は両者とも 4%であった。もとのデジタルデータを使い、温度変化を表わす級数を 15 項までとって最小自乗法で再計算した。これにより測定精度は 2 %まで向上した。

これまでの結果をまとめると、主要なマントル物質の熱拡散率の圧力による増加率は 1GPa につき、カンラン石：3-4%、ザクロ石：3 %、また熱伝導率について、カンラン石：~4 %、ザクロ石：3 %である。これらの値は、これまでのいくつかの高圧での熱伝導率または熱拡散率の測定結果や理論による推定値とも合い、マントル物質において熱伝導に対する圧力効果はほぼこの値に落ち

ついたり見ることが出来る。圧力効果だけを考えるなら上部マントルの最下部においても変化の大きいカンラン石で地表付近での値に比べて 1.7 倍になる。温度の上昇による減少が加わるので、マントル内での増加はこれより小さい。また、カンラン石の軸方向による熱伝導率の異方性は実験した圧力温度範囲でも保たれ、さらにカンラン石の安定圧力領域内でもそのままあると考えられる。

熱拡散率と熱伝導率を同時に測定しているので、高圧下のマントル物質の比熱の値とその圧力依存性を出すことができる。カンラン石については3つの軸方向の結果から独立に比熱の値が出る。これらはもともと一致しなければならないが、測定値の間の違いは 6 %以内に収まっている。このことは熱拡散率と熱伝導率の測定の妥当性を保証するものといえる。また、カンラン石のこれら3つを平均した比熱の値もザクロ石の比熱の値も既存の比熱の実測値とよい一致を見ている。次に比熱の圧力変化を見ると、カンラン石については3方向とも圧力微分は熱力学関係式の示す通りの負となり、また熱膨張の実測値をそこに入れて求めた比熱の圧力変化と数倍以内の違いにとどまっている。ザクロ石については圧力微分が正になったが、まだ測定の試行どうしの系統誤差が大きく、平均値を出すとたまたまこのような結果になったと思われる。このようにパルス加熱法により、小さい試料で高圧下の熱拡散率と熱伝導率の同時測定から、高圧では測定が難しいと見られているマントル物質の比熱を求める望みがでてきた。測定回路と解析法を工夫したので、熱拡散率と熱伝導率の精度の向上が見込める。これまでの測定では個々の試行の間には最大 15%ほどの系統誤差が見られる。この最大の要因は加圧の初めのところで試料セル内での予期しない変形や変位による影響と考えられる。この点を克服すれば、地球内部の状態の議論に使える比熱のデータを出せるようになるであろう。

文献

Masahiro Osako, Eiji Ito, Akira Yoneda, 2004. Simultaneous measurements of thermal conductivity and thermal diffusivity for garnet and olivine under high pressure. *Phys. Earth Planet Inter.*, 143-144C: 311-320.