

圧力 8GPa、温度 1000K までのマントル鉱物の熱伝導率および熱拡散率

Thermal conductivity and thermal diffusivity of mantle minerals at temperatures to 1000K and under pressures to 8 GPa

大迫 正弘[1], 伊藤 英司[2], 米田 明[2]

Masahiro Osako[1], Eiji Ito[2], Akira Yoneda[3]

[1] 国立科博・理工, [2] 岡大・固地研

[1] Div.Astro.Geophys., Natl.Sci.Mus., [2] ISEI, [3] ISEI, Okayama Univ.

<http://www.kahaku.go.jp>

マントル物質の熱伝導率と熱伝導率を 8.3GPa、1000K まで非定常パルス加熱法により測定した。試料は直径 4mm 高さ 1mm の円板形で、この底面に平行な平面で 3 等分して分割面の一つに薄い発熱体を置き、パルス電流で瞬時加熱してもう一方の分割面の熱電対で温度の過渡的变化をとらえる。試料全体の加熱はニクロム箔で上下を挟むようにして行う。八面体圧力媒体として一辺は 18mm のマグネシアを用い、これを切り落とし長 11mm のアンビル中で 6-8 分割球高圧装置 USSA-1000 により加圧した。天然のザクロ石試料についてみると、高圧においても常圧下と同様に 600K 付近までは熱拡散率・熱伝導率とも減少し、それより高温では変化は小さくなる。

1. はじめに

地球深部を構成する物質の熱伝導率または熱拡散率を高温高圧下で測定し、地球内部でのその値を推定することは、固体地球のダイナミクスを解き明かす一手段であるが、地球のマントルに適用できるような熱的性質のデータはまだ不十分である。我々は一次元的非定常パルス加熱によって高圧下 8GPa までの熱伝導率と熱拡散率の同時測定を行っている。今回は高圧下、温度 1000 K まで上げてマントル物質についての実験を行った。

2. 実験方法

測定には今までと同様に薄い円板形状試料をパルス加熱する方法を用いた。試料を底面に平行な平面で 3 等分してから合わせ、その分割面の一つに薄い発熱体を置き、これを一発のパルス電流で瞬時加熱し、もう一方の分割面での温度の過渡的变化をとらえる。温度変化の時間経過から熱拡散率が求まり、また加熱電力が既知なので熱伝導率も求まる。

加圧は固体地球研究センターの 6-8 分割球高圧装置 USSA-1000 で行った。アンビルの切り落とし長さ 11mm に辺長 18mm の MgO 八面体圧力媒体を用いた。試料(ヒーター)の直径は 3.8mm、全厚は 1.1mm である。パルス加熱用ニクロムヒーターの厚さは 0.03mm で、全面の様な発熱のために切り込みがある。温度変化を捉えるセンサーには直径 0.1mm の K 型熱電対を厚さ 0.03mm 程に圧延したものをを用いた。試料全体を昇温するための発熱体の形状は、試料が寸胴なことからパルス加熱ヒーターと熱電対の電極の取り出しの邪魔にならないように円筒ではなく薄板状とし、これで試料部分を上下に挟む。実験温度の上限を 1000 としたので、その材質にはニクロムを用いた。

試料の昇温に直流電源を使用する。これを通常の高圧実験のように交流で行うと、パルス加熱による熱起電力信号の最大値に比べはるかに大きい(100 倍以上)の誘導電圧が熱電対に現れるので測定不可能である。

3. 実験結果

天然のザクロ石についての結果を得た。このザクロ石はブラジルのバイア州産のもので 73 前後のアルマンディンと約 25 のパイロブを含んでいる。

測定は常温で 8.3GPa まで加圧し、次に温度を上げて行った。常温にて高圧の値を 0GPa に外挿した 24 における熱拡散率 $1.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ と熱伝導率 $3.4 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ は既存のデータと良く一致する。また試料(試行)ごとの再現性については圧力が高くなると悪くなるが、熱拡散率で 7% 以内、熱伝導率でも 10% 以内に収まっている。圧力効果は 2GPa-8GPa の間で熱拡散率・熱伝導率ともに 1GPa につき約 2% である。

実験最高圧力 8.3GPa において試料を 1000K まで加熱し、温度効果を見た。ザクロ石の熱拡散率と熱伝導率ともに常温から 600K までにかけて 300 度の温度上昇で値が 50% 減少する。さらに 600K を超えると値の変化は小さくなる。ザクロ石でのこの傾向は常圧における既存の結果と同様である。今のところ高圧下で 1000K までデータの取れたのは一度だけであるが、同じ圧力で 460K と 620K まで取ったデータがあり、これらを通して熱拡散率の値の再現性は 5% 以内である。一方熱伝導率では再現性は高温側で悪くなり 10% 程になる。