

真空下での粉体の熱伝導率測定

Thermal conductivity measurement of powdered material under vacuum condition

坂谷 尚哉^{1*}, 小川 和律², 飯島祐一², 田中 智²

Naoya Sakatani^{1*}, Kazunori Ogawa², Yuichi Iijima², Satoshi Tanaka²

¹東京工業大学, ²宇宙科学研究本部

¹Titech, ²ISAS

惑星表層の熱流量測定は惑星内部で発生した熱を測定する手段の一つであり、内部の放射性元素の存在度など、惑星の熱史に制約を与えることが可能である。熱流量は熱伝導率と温度勾配の積で与えられる。多くの固体惑星表層はレゴリスで覆われているが、レゴリスのような粉体の熱伝導のメカニズムは複雑であり、様々なパラメータが関与している。熱流量の正確な決定のためには粉体熱伝導のメカニズムの理解、理論モデルの構築が必要とされている。また、月面での長期観測を可能にするために、月面サバイバルモジュールの開発が行われている。これは月面の厳しい熱環境から月面設置機器を守るための装置であり、レゴリス層の熱伝導率が低いことによる蓄熱効果を利用している。この熱設計、熱試験のためには、レゴリスの熱伝導率を含む熱特性の十分な理解が必要である。これまでの粉体の熱伝導率についての研究の多くは気圧、粒径、温度による熱伝導率の変化に重点が置かれてきたが、サイズ混合物や粒子の形状などを含めた総合的な理解は不十分である。また、熱伝導率は計測する深さによって変わることが分かっている。これは圧密による粒子同士の接触面積の変化によるものだと考えられる。これについての理論的な考察はHalajian and Reichman (1969)によって行われているが、実験的な研究は行われていない。そこで、本研究では特に高真空下での粉体熱伝導のメカニズムについて系統的に理解することを目的とする。

本研究では粒径・温度をパラメータとし深さごとに粉体の熱伝導率を測定した。粉体サンプルにはガラスビーズを用い、深さごとの圧密の効果を見るために、高さ40 cm程度の縦長の容器を用いて、深さ1 cm、5 cm、15 cm、30 cmの4点で熱伝導率を測定した。測定は高真空下で行った。熱伝導率の粒径依存性を見るために常温において4種類の粒径（平均粒径：855 μm 、427.5 μm 、98 μm 、58 μm ）のガラスビーズの熱伝導率を深さごとに測定した。また、温度依存性を見るために液体窒素で冷却している過程と常温に戻している過程において、平均粒径98 μm のガラスビーズの熱伝導率を測定した。ここでも深さごとの測定を行った。

実験の結果、どの深さにおいても粒径が大きいほど熱伝導率は高くなり、熱伝導率と粒径の間には直線関係が見られた。これは過去の研究での実験結果と同じ傾向である。また、どの粒径のビーズについても深いところほど熱伝導率は高くなり、深さ1 cmの点と深さ30 cmの点の熱伝導率の違いは1.5~2倍程度であった。これは上に説明したように圧密による接触面積の変化が原因であると考えられる。温度を変化させたときの熱伝導率変化の傾向は深さによって異なった。深さ1 cmと5 cmの点では温度が低くなるほど熱伝導率は低くなり、過去の実験結果と同じ傾向である。この測定結果とHalajian and Reichman (1969)の理論式を比較すると理論式は温度による熱伝導率変化とずれが見られた。これは γ ビーズ物質の熱伝導率変化を考慮していないことが原因と考えられたため、温度による物質の熱伝導率変化を式に取り入れ、実験結果と比較したとこ

ろ、実験結果とよく整合した。しかし、深さ15 cmと30 cmにおいては、温度が低いほど熱伝導率が高くなる傾向が見られた。これらの結果について考察する。