

様々な構成物質から成る粉体の熱伝導測定による粉体中の熱伝達メカニズムの考察 Considering heat transfer mechanism in powders by thermal conductivity measurements of different constituent particles

坂谷 尚哉^{1*}, 小川 和律¹, 飯島 祐一¹, 本田 理恵², 田中 智¹
Naoya Sakatani^{1*}, Kazunori Ogawa¹, Yu-ichi Iijima¹, Rie Honda², Satoshi Tanaka¹

¹ 宇宙研, ² 高知大学
¹ ISAS/JAXA, ² Kochi Univ.

大気を持たない固体惑星・小惑星・衛星の表層は細かなレゴリス粒子で覆われており、レゴリス層のような粉体は岩石に比べ熱伝導率が極度に低い。レゴリス層の熱伝導率は地殻熱流量を推定する際に必要な物理量である。そのため、天体内部の熱的状态や熱進化を知るためには表層の熱伝導率の正確な決定が求められる。しかし、粉体の熱伝導率は粒径・粒径分布・空隙率・荷重・温度・粒子の形状・粒子の構成物質・粒子表面の光学特性など、多くのパラメータに依存すると考えられているが、これらの依存性は十分に理解されていない。我々はパラメータをコントロールして粉体の熱伝導率を真空下で計測し、低熱伝導率物質の熱伝達メカニズムを理解することを目的とする。今回は構成粒子が異なる場合、および表面の光学特性が異なる場合について熱伝導率を測定した結果を報告する。

サンプルはガラスビーズ、中空ガラスビーズ、チタン粉末、炭素被膜ガラスビーズ、酸化チタン被膜ガラスビーズの5種類であり、粒径は100-500 μm 程度である。サンプルの初期温度は20 degCであり、どのサンプルも深さ1 cmの位置で熱伝導率を測定する。熱伝導率の計測はline-heat source法で行った。これはサンプル中に張ったヒーター線に一定の発熱を与え、ヒーター線の温度上昇率から熱伝導率を導出する方法である。ヒーター線にはニクロム線を用いたが、チタン球と炭素皮膜ガラスビーズは導電性を持つため、絶縁被膜付きのニクロム線を作成して測定を行った。測定時間は1000 sで、この間の温度上昇は5 degC以下である。ヒーター線の温度上昇に応じて周りのサンプルの温度も上昇するが、この程度の温度上昇が熱伝導率に与える影響は無視できる。本予稿では、一例としてガラスビーズと中空ガラスビーズの結果について記述する。ガラスビーズと中空ガラスビーズの粒径、高密度、空隙率については表に示す。

まず、大気圧下で熱伝導率を測定した。その結果、ガラスビーズの熱伝導率は0.211 W/mKであるのに対し、中空ガラスビーズは0.048 W/mKであった。このように大気がある状況では中空ガラスビーズの熱伝導率はガラスビーズよりも低い値を持つ。一方、気体の影響が無視できるような真空下(0.01 Pa以下)で熱伝導率測定を行うと、ガラスビーズ・中空ガラスビーズともに0.0022 W/mKであった。この結果は真空下における粉体中の熱輸送のほとんどは輻射が担っており、粒子の種類や粒子間の接触ネットワークには寄らないという可能性を示唆している。また、同程度の粒径を持つ酸化チタン被膜ガラスビーズの熱伝導率は0.0037 W/mKであった。ガラスビーズの熱伝導率よりも大きくなったのは粒子表面の光学特性の違いによって輻射熱輸送量が異なることが原因であろう。

| | particle diameter (μm) | bulk density (kg/m^3) | bulk porosity |
|--------------------|-------------------------------------|---|---------------|
| solid glass beads | 90-106 | 1540 | 0.39 |
| hollow glass beads | 90-115 | 40 | 0.98 |