

真空下における焼結した粉体の熱伝導率測定

Thermal conductivity measurements of sintered powder under vacuum condition

津田 彰子^{1*}, 小川 和律¹, 坂谷 尚哉¹, 飯島 祐一¹, 本田 理恵², 田中 智¹Shoko Tsuda^{1*}, Kazunori Ogawa¹, Naoya Sakatani¹, Yu-ichi Iijima¹, Rie Honda², Satoshi Tanaka¹¹ 宇宙科学研究所, ² 高知大学¹Institute of Space and Astronautical Science, ²Kochi University

原始太陽系円盤内では粉体物質であるダストが集積して微惑星が形成され、それらの衝突合体によって原始惑星が形成されたと考えられている。衝突合体の効率は微惑星の物性（密度や強度）に依存するが、微惑星の初期物性、また熱変成によるそれらの時間変化については十分に理解されていない。また、微惑星の一部は隕石の母天体となり、隕石試料に残った熱変成の証拠から微惑星のサイズや形成年代を探る事が可能である。したがって、微惑星の熱進化、更にそれに伴う物性変化を知る事は重要である。

微惑星構成物質の熱伝導率はその熱進化を解明する上での重要パラメータの一つとしてあげられる。岩石の熱伝導率は一般的に 1W/mK 程度であるが、一方真空下での粉体は 0.001 W/mK オーダーであり、岩石に比べてきわめて低い値を持つ。このために、粉体の集まりである微惑星は断熱効果を持ち、直径 10 km 程度の小さな天体でも内部が高温になる可能性がある。Henke et al. (2012) は、粉体からなる多孔質物質な微惑星が 26Al と 60Fe を熱源として加熱され、コンドライト隕石の母天体となる可能性を調査した。その際、内部温度の上昇により粉体の焼結が起こり、熱伝導率が高くなる効果を取り入れた。Henke らの計算では、熱伝導率は空隙率のみの関数としており、粉体とコンドライト隕石のそれぞれの熱伝導率には実測値を適用したが、焼結体の熱伝導率の実測値は用いていない。

これまで粉体の熱伝導率は真空下で測定されているが、焼結体の熱伝導率が測定された例はほとんどない。Sakatani et al. (2012) は粉体のアナログ物質としてガラスビーズの熱伝導率を測定しており、その際、粉体の熱伝導率と粉体にかかる圧力に正の相関があることを観測している。これは圧力によって粉体間の接触面積が増加したためと考えられ、この結果から粉体焼結による接触面積増加に伴って熱伝導率が増加することが推測される。よって、まずは、空隙率ではなく、粉体焼結時の接触面積に対する熱伝導率の変化を精査する必要がある。

以上の事から、本研究では、集積期の微惑星の熱史に対する焼結の効果の解明を目的として、様々な条件下で作成した粉体のアナログ物質であるガラスビーズの焼結体の真空中での熱物性を測定するものとする。特に、焼結体の熱伝導率の接触面積依存性を明らかにすることを目的とする。

粉体においては焼結によって粒子間にネックが形成され、加熱温度や加熱継続時間によりネックの大きさ、すなわち接触面積が変化する。そこで接触面積をコントロールした焼結体試料を作成するために、ネック半径の加熱温度と加熱継続時間による変化を理論式 (Sirono, 1999; Poppe, 2003) を用いて推定した。その結果、加熱継続時間によってネック半径を 10 倍大きくするには 1000 時間加熱させる必要があり、これは加熱温度を 100 K 上げることと同等であることが分かった。よって、種々の焼結体を効率的に作成するために、本研究では加熱温度を主に変化させることにより、焼結体の接触面積をコントロールするものとした。また、接触面積は光学顕微鏡を用いて粒子を直接同定することとした。

焼結体の熱伝導率測定にはサンプル中に置かれたヒーター線を加熱したときのその温度上昇率から熱伝導率を推定する line heat source 法を用いることを検討している。これまでの予備実験により熱源のヒーター線に温度測定に用いる熱電対を樹脂によって接着させることで高精度の測定を実現できる見通しが立った。一方、熱電対の設置については、ヒーター線と熱電対を直接ガラスビーズ試料に埋め込んでそのまま焼結する方法と、同じ条件で焼結させた 2 つの試料で熱伝導率測定装置を挟む方法が考えられる。前者については、加熱による焼結の際にヒーター線が酸化して電気抵抗率が変化することと接着剤である樹脂が溶融してしまうことが問題となることが考えられる。よって後者の挟み込み法を選択して実験をすすめている。発表では、実験手法とその結果について報告する。

Reference

Henke et al. (2012), *Astronomy & Astrophysics*, 537, A45Poppe (2003), *ICARUS*, 164, 139-148Sakatani et al. (2012), *ICARUS*, 221, 1180-1182Sirono (1999), *Astronomy & Astrophysics*, 347, 720-723

キーワード: 焼結, 粉体, 熱伝導率

Keywords: sintering, powdered materials, thermal conductivity