

## 粉体の低熱伝導率を考慮した微惑星の初期熱進化

## Early thermal evolution of planetesimals considering low thermal conductivity of powdered materials

小川 真帆<sup>1</sup>, 坂谷 尚哉<sup>1\*</sup>, 飯島 祐一<sup>1</sup>, 小川 和律<sup>1</sup>, 津田 彰子<sup>1</sup>, 本田 理恵<sup>2</sup>, 早川 雅彦<sup>1</sup>Maho Ogawa<sup>1</sup>, Naoya Sakatani<sup>1\*</sup>, Yu-ichi Iijima<sup>1</sup>, Kazunori Ogawa<sup>1</sup>, Shoko Tsuda<sup>1</sup>, Rie Honda<sup>2</sup>, Masahiko Hayakawa<sup>1</sup><sup>1</sup> 宇宙科学研究所, <sup>2</sup> 高知大学<sup>1</sup>Institute of Space and Astronautical Science, <sup>2</sup>Kochi University

微惑星は原始太陽系円盤においてダストの集積により形成され、それらの衝突合体や熱変成により、原始惑星や小惑星に進化すると考えられている。衝突合体の効率は衝突天体の物性、及び内部構造に依存する。そのため、微惑星の熱変成による物性、及び内部構造の進化を考えることは重要である。これまで、隕石の分析から推定された変成温度や冷却速度などの情報と数値計算を組み合わせて、それらの母天体の熱進化を探る研究が多く成されてきたが、それらの計算における初期天体の物性値(密度や熱伝導率など)のほとんどは隕石と同じ値が用いられてきた。ダストから集積した微惑星は粉体からなる高空隙率天体であると考えられるため、上記の仮定には疑問が残る。微惑星の初期物性値は集積後の熱進化、それによる構造の変化を左右する重要なパラメータである。本研究はその物性値の中でも、特に熱伝導率に着目した。

粉体物質は同じ組成を持つ岩石に比べて、低い熱伝導率を持つことが知られている。特に真空下においては、シリケート質の物質から成る粉体は 0.001 W/mK オーダーの極度に低い熱伝導率を持つ。したがって、微惑星の初期構造として、高空隙率な粉体を仮定した場合、その後の熱進化は隕石と同様の物性を仮定した場合とは異なることが予想される。本研究は、粉体の低熱伝導率を考慮して無水の微惑星の熱進化を計算し、初期微惑星が粉体から成っていることの熱進化への影響を調査することを目的とする。

本研究では <sup>26</sup>Al と <sup>60</sup>Fe を熱源として、熱伝導率、空隙率、微惑星の形成年代とサイズをパラメータとし、1次元の球対称熱伝導方程式を数値計算によって解いた。本研究において最重要のパラメータである粉体の熱伝導率については、我々が別途行った真空下におけるガラスビーズ(空隙率 40%)の熱伝導率測定実験で得られた値を用いた。粉体の熱伝導率は温度の 3 乗に依存するため、熱進化中に熱伝導率の値はオーダーで変化する。熱伝導率の温度依存性についても実験データを参照し、熱計算に組み込んだ。また、初期構造による熱進化の違いを議論するために、空隙率 40% と 80% の微惑星を考え、空隙率 80% の場合は理論式により補正した熱伝導率を用いた。

計算の結果、半径 10 km 以下の微惑星であっても、微惑星中心において 2000 K 以上まで加熱されることが解った(図を参照)。これまでは、熱変成度の高い隕石が形成されるような高温まで加熱するためには、100 km 程度のサイズの微惑星が必要だと考えられてきた。本研究により、粉体の低熱伝導率を考慮することにより、10 km 以下の微惑星もコンドライト隕石、更には分化した隕石の母天体に成り得ることが明らかとなった。

熱伝導率の温度依存性を取り入れたモデルと取り入れないモデルを比較すると、前者の方がピーク温度は 500 K 程低くなった。また、後者の場合は 100 万年経過しても中心温度は最高温度を維持しているのに対し、前者の場合は 20 万年程度でピーク温度の半分程度の温度まで下がることを解った。これらの傾向は温度の上昇に伴い、熱伝導率が高くなることと調和的であり、粉体熱伝導率の温度依存性をモデルに取り入れることは、微惑星の熱進化を探る上で重要である。

温度上昇によって起こる現象のひとつとして、粉体の焼結がある。粉体の焼結により熱伝導率は上昇し、その後の熱進化に影響を与える。また、焼結による物性変化は微惑星の衝突合体を考える上でも重要であろう。本発表では、この焼結現象を熱計算モデルに取り入れた結果も紹介する。

キーワード: 粉体, 微惑星, 熱進化

Keywords: powdered materials, planetesimal, thermal evolution

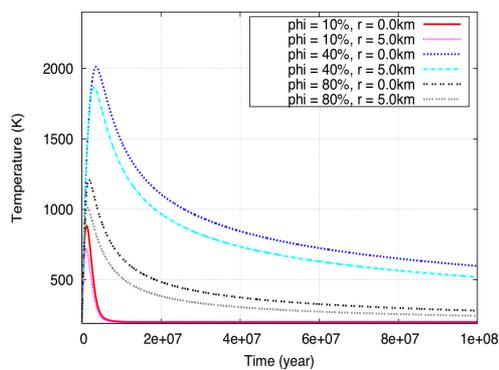


Figure: Thermal evolution of planetesimals of 10 km radius formed at 2 m.y. after CAI formation. "phi" and "r" in the legend refer to the porosity and distance from the center, respectively.