階層構造を持つ天体構成粒子塊の強度獲得過程に関する実験的研究

Experimental study on the process of increasing strength due to compaction of hierarchical granular matter

大村　知美（OMURA Tomomi）

太陽系の天体は，原始惑星系円盤内のダストが集積した微惑星を経て，衝突進化を繰り返しながら進化してきた．衝突進化について論じる際，微惑星の強度は重要なパラメータとなる．微惑星の強度は粒子が集積した際の構造や，その後の変形度合いによって変化すると考えられる．近年，微惑星は小さな粒子(一次粒子)の凝集体(二次/高次粒子)が集合したような，階層構造を持つ粒子塊(以下，階層構造粒子塊)である可能性が示唆されるようになってきた．このような粒子塊は，はじめ二次粒子の集合体としての物性を示すが，ダスト塊の変形に伴って二次粒子の変形や破壊，融合が進むと，最終的には均質な一次粒子の集合体としての物性を示すと考えられる．

本研究では，直径 4.2 μm の微粒子(一次粒子)を「だま」にした二次粒子から成るサンプル(図 1 内画像参照)を用いて，階層構造粒子塊の強度獲得過程と考えられる圧密挙動について調べている．図 1 に本研究で得られた実験結果の一例を示す．一次粒子サンプルと二次粒子サンプルの圧密曲線を比較すると，圧密の初期において，圧密に要する圧力は二次粒子サンプルの方が大きい．この差は圧密が進むと小さくなり，やがて両サンプルの圧密曲線はほぼ重なる．つまり，圧密がある程度以上に進むと二次粒子の影響は失われる．以上は前年度に明らかになった，二次粒子サンプルの圧密挙動の定性的な特徴である[1].

本年度は，二次粒子の強度が明らかな複数サンプルの実験結果の比較から，サンプル圧密に必要な圧力および二次粒子の影響が失われる圧力 P_eと 二次粒子強度 Y_g の関係を調べた．二次粒子の強度は粒子の圧壊試験を行い決定した．図 1 に示すように，充填率が同じであっても，圧密に要する圧力は二次粒子の強度と共に増加した．また，圧力 P_e は粒子強度 Y_g の数十倍程度で， Y_g が大きくなるほど増加することがわかった．圧密に要した圧力 P を粒子強度で規格化すると，圧力が 10 Y_g よりも低圧力の範囲，別の見方をすれば粒子層の充填率がおよそ 0.5 よりも小さな範囲では，規格化された圧密曲線はおおむね共通の直線上に乗ることもわかった

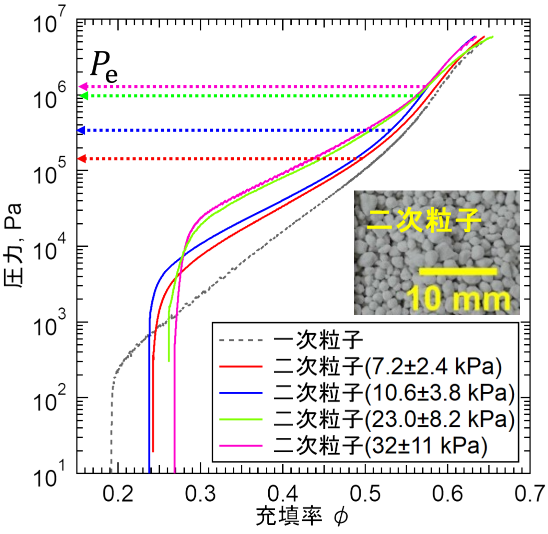

図 1　実験結果の一例．()内は二次粒子強度Y_g

(図 2). このことから，この範囲における粒子層変形メカニズムは二次粒子の破壊であることも示唆される．これらの研究成果は2022年9月に行われた日本惑星科学会2022年秋季講演会で報告した[2].

今後は粒子層の変形メカニズムを確認するため，サンプル内部の観察にも着手する予定である.

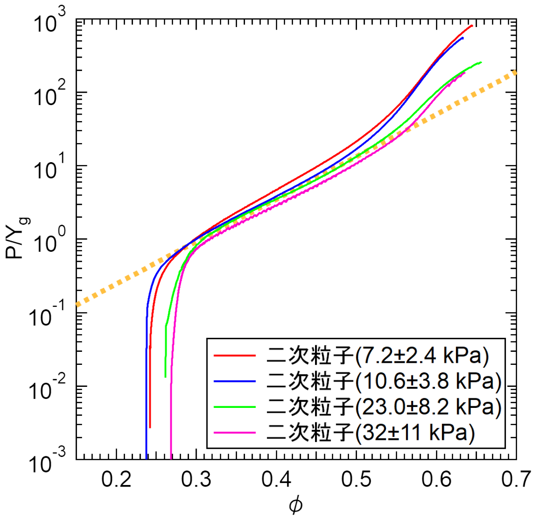

図 2　二次粒子強度で規格化した圧密曲線

[1]大村知美,（2022), 産業研究所所報第 45 号, 分野別研究組織成果報告(2021 年度)
[2]大村知美, 桂木洋光, 階層構造を持つ天体構成粒子塊の圧密挙動に関する実験的研究, 日本惑星科学会 2022 年秋季講演会, ザ・ヒロサワ・シティ会館(茨城県水戸市), 2022 年 9 月.