

南極微隕石の密度・空隙率測定とサブミクロンサイズの空隙の存在

Density and porosity measurement of Antarctic micrometeorites and presence of submicron pores

岡澤 隆宏[1]; 土山 明[1]; 野口 高明[2]; 矢野 創[3]; 大澤 崇人[4]; 中村 智樹[5]; 中村 健太郎[6]; 中野 司[7]; 上杉 健太郎[8]; 安田 秀幸[9]

Takahiro Okazawa[1]; Akira Tsuchiyama[1]; Takaaki Noguchi[2]; Hajime Yano[3]; Takahito Osawa[4]; Tomoki Nakamura[5]; Kentaro Nakamura[6]; Tsukasa Nakano[7]; Kentaro Uesugi[8]; Hideyuki Yasuda[9]

[1] 阪大・理・宇宙地球; [2] 茨城大・理; [3] JAXA/ISAS 固体惑星科学研究系; [4] 東大・理・地殻化学; [5] 九大・理・地球惑星; [6] 阪大・理・宇宙地球; [7] 産総研 地球科学情報研究部門; [8] JASRI; [9] 阪大・工・知能機能

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] Ibaraki Univ; [3] Dept. of Planetary Sci., JAXA/ISAS; [4] Lab. Earthquake Chem., Grad. School of Sci.,

Univ. Tokyo; [5] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [6] Earth and Space Sci. Osaka Univ.; [7] Geological Survey of Japan/AIST; [8] JASRI; [9] Dept. Adaptive Machine Sys., Osaka Univ.

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/~akira/indexj.html>

密度や空隙率は基本的かつ重要な物理的性質のひとつであるが、微隕石はそのサイズが微小なため、これらを正確に求めることは一般には困難である。放射光を用いたマイクロCT法を用いると、ミクロンスケールの空間分解能でこのような微小物質の3次元構造を撮影することができ、これより体積や空隙率を求めることが可能である。一方、超マイクロ天秤を用いることにより、これらの微小物質の質量を測定することができ、マイクロCT法と組み合わせることにより、密度を正確に求めることが可能となる。本研究では、南極微隕石12試料(0.1-0.3 mmサイズ)について、SPRING-8のBL47XUにおいて、マイクロCTシステム(Uesugi et al., 2001)により10keVの単色光を用いてこれらの3次元構造を撮影した。CT像の画素サイズは0.5x0.5x0.5ミクロンであり、空間分解能は1.3ミクロン程度となる。得られた3次元CT像の画像処理をおこなうことにより、体積と空隙率を求めた。さらにこれらのうちの9試料について、超マイクロ天秤(メトラートレド:UMX2、質量測定限界は0.1マイクログラムで0.1 mmサイズの微隕石に対応)を用いて質量を測定し、密度を求めた。7試料については、放射光を用いたX線回折実験をPFのビームライン3Aにおいておこない、鉱物組成を決めた。また、一部の試料は樹脂に埋めて切断し、SEM観察をおこない、CT像との比較をおこなった。このとき、2試料はアルミナ研磨紙を用いて切削・研磨して、通常のSEM(JEOL:JSM-5510LV)により観察、元素マッピングなどをおこない、5試料はウルトラマイクロトームを用いて切断し、FE-SEM(JEOL:JSM-6500F)によって高分解能観察をおこなった。

微隕石の密度測定に先立ち、同程度のサイズの標準鉱物粒子(石英、かんらん石、ルチル、磁鉄鉱)についてCT撮影による体積測定と超マイクロ天秤による質量測定をおこない、密度測定法の評価をおこなった。得られた密度は、同一鉱物試料の大きな破片について静水法で求めた密度と比較した。磁鉄鉱を除く試料では2%以内の精度で両者は一致し、質量測定の誤差が密度の誤差に最も影響を及ぼすことがわかった。X線の吸収の大きな磁鉄鉱では、CT法による体積測定の誤差も無視できなくなり、静水法による密度との違いは2-4%程度であった。

南極微隕石の空隙率を、3次元的にサンプル内部に閉じた空隙について求めた。Scoriaceousな微隕石の空隙率は5-28 vol.%, そうでないものの空隙率は0-6 vol.%であった。2次元断面では閉じた空隙のように見えても、実際に3次元では外につながっていることが多い。内部空隙を含めたバルクの体積と、内部空隙を除いた固体部分の体積とを求め、質量測定よりそれぞれよりバルク密度と固体密度を得た。Scoriaceousな微隕石のバルク密度は2.0-2.2 g/cm³(平均:2.1(0.1) g/cm³)、固体密度は2.3-3.1 g/cm³(平均:2.6(0.3) g/cm³)であり、非発泡微隕石のバルク密度は1.7-2.6 g/cm³(平均:2.0(0.4) g/cm³)、固体密度は1.7-2.7 g/cm³(平均:2.1(0.4) g/cm³)であった。Love et al.(1994)によって元素分析とSEM, TEM観察からおおまかに推定された非溶融IDPの平均バルク密度は2.2 g/cm³であり、今回の非発泡微隕石のバルク密度の平均よりはやや大きい。

今回密度測定をおこなった非発泡微隕石の中には、含水珪酸塩を含むものが2試料見出された(CIおよびCMコンドライト類似)。これらについて、含まれている鉱物のモードを3次元CT像よりおおまかに求め、試料の固体密度を推定した(3.4, 2.6 g/cm³)。この値は、先に求めた固体密度(2.1, 1.8 g/cm³)より明らかに高く、CT像の空間分解能以下のサブミクロンサイズの空隙(submicron pore)の存在を示唆している。ウルトラマイクロトームを用いて切断した試料をFE-SEMにより高分解能で観察したところ、submicron poreの存在が確認できた。このようなsubmicron poreの存在は、最近観測された小惑星の密度が低いこと(Ida: 2.6 g/cm³; Chapman et al., 1995 and Mathilde: 1.3 g/cm³; Yeomans et al., 1997)の説明として、ひとつの可能性を与えるものかもしれない。一方、研磨紙による切断断面のSEMで観察では、CT像で明らかに認識できる空隙が、研磨屑により埋められているものを確認できた。このような空隙の観察には、ウルトラマイクロトームによる切断が、必要不可欠である。