

コンドリュール中の空隙：再現実験・シミュレーション・天然物との比較

Vesicles in chondrules: reproduction experiments, simulation and comparison with natural chondrules

中島 瑠美 [1]; # 土山 明 [2]; 遠藤 徳孝 [3]; 佐伯 和人 [4]

Rumi Nakashima[1]; # Akira Tsuchiyama[2]; Noritaka Endo[3]; Kazuto Saiki[4]

[1] 阪大・理・宇宙地球

; [2] 阪大・院理・宇宙地球; [3] なし; [4] 大阪大・院理・宇宙地球科学

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

; [2] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [3] none; [4] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/top1.html>

近年、X線CT装置を用いた研究から、コンドリュールの3次元構造が明らかになり、コンドリュール中には少量(3 vol.%以下)ではあるが普遍的に空隙が存在することがわかった[1]。従って、空隙も珪酸塩・金属鉄・硫化物などの物質とともに、コンドリュールを構成する重要な要素であると考えられる。このようなコンドリュール中の空隙の生成条件を明らかにするために、再現実験がおこなわれた[2]。実験では、ダストボールの加熱によるコンドリュール形成を仮定して、鉱物粒子(50ミクロン以下)集合体の加熱を1気圧下でおこない、温度・時間変化に伴う空隙の挙動をX線CT法(実質的な空間分解能:10ミクロン程度)により3次的に解析し、その切断面をSEM観察した。出発物質の部分溶融度が増加すると、空隙率は減少し、空隙の連結度[3]は増加し、空隙数密度は減少することがわかった。これは、部分溶融度の増加に伴って、空隙の合体成長がおこり、また空隙の一部が外へ逃げることで説明できる。また、空隙の3次元サイズ分布は、部分溶融度の増加に伴い、指数分布から中間的な分布を経て、べき分布へと変化することがわかった。

等温における空隙組織の時間発展は、実験ではよくわからないところも多いため、2次元でのコンピュータ・シミュレーションを行った。溶融直後の空隙サイズ分布が指数分布であると仮定して、ランダムウォークする空隙の合体と表面から外への排出によるサイズ分布の変化を調べた。指数分布をもつ空隙粒子を空間にランダムに配置し、空隙粒子の移動速度のサイズ依存性と分布変化の関係を調べたところ、大きな粒子のほうが速く動く時のみ、べき分布へと変化し、空隙率と空隙の連結度も実験と同様に変化することがわかった。これにより、指数分布からべき分布への変化が時間発展によって起こり得ることがわかった。実験においては、加熱中の試料内では溶け残りの30-50ミクロン程度の大きさの鉱物粒子が存在している。小さい空隙は鉱物粒子にその動きを妨げられるのに対して、大きい粒子はメルトと鉱物の集合体としての流体中を動くことができる。これは、シミュレーションで示された空隙の動きのサイズ依存性(大きい空隙の方が移動速度が大きい)と整合的である。

一方、実際のコンドリュール(Allende隕石)中にみられる空隙[1]について、実験と同様にそのCT像の3次元画像解析をおこなったところ、指数分布とべき分布の2種類のサイズ分布が確認できた。また、指数分布を示すものはべき分布を示すものよりも連結度が低く、数密度が高いことが分かり、これは実験生成物中の空隙の傾向と一致する。コンドリュール中の空隙のサイズ分布の違いは、空隙の組織発展の段階が異なることを示唆している。一方、実験ではコンドリュールに見られるような低い空隙率を再現することはできなかった。鉱物粒子の間隙に存在したガスが溶融によってメルト中に閉じ込められて空隙が形成されたとすると、メルトの表面張力により空隙は収縮する。1 atmではほとんど収縮しないが、コンドリュールが形成されたような低圧(0.0001 atm程度)では大きく収縮するので、これによりコンドリュール中で低空隙率を説明することができる。詳細を知るためには低圧での実験をおこなう必要があるが、今回の研究により、コンドリュール中に見られる空隙が、ダストボール加熱によるコンドリュール形成によって説明することができた。

[1] Tsuchiyama et al. (2003) LPSC, XXXIV, 1271. [2] 中島ら (2005) 地球惑星関連学会 2005 年合同大会, 惑星科学会秋季講演会. [3] Ikeda et al. (2000) Mineral. Magazine, 64(5), 945-956.