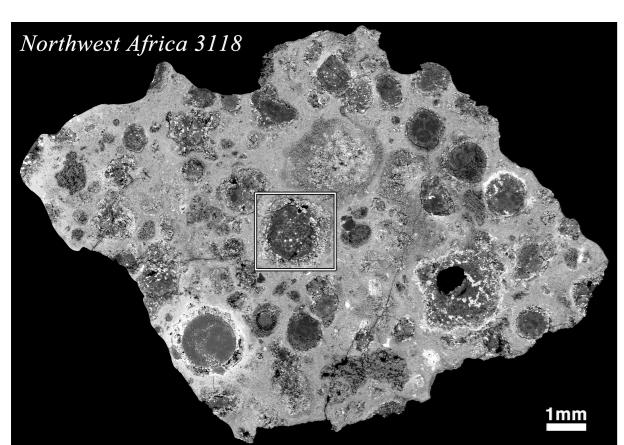


衝撃波後面でのダスト衝突によるコンドリュールの破壊

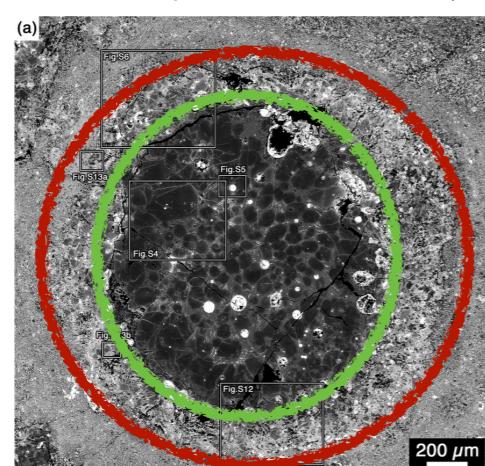
松本 侑士 (国立天文台 CfCA), 黒澤 耕介 (神戸大学/千葉工大), 荒川 創太 (JAMSTEC)



隕石



(Matsuda 2019 PhD, Matsuda+2019)



コンドリュール

~ 10^2 - 10^3 μm サイズの溶融を経験した球状粒子

火成リム (coarse-grained igneous rim)

~10 μm サイズの溶融を経験した粒子によるリム構造

これらの溶融過程は類似 (e.g., Rubin 1984; Matsuda et al. 2019)

火成リムの説明には液滴集積が必要 (e.g., Matsumoto et al., 2021)

衝撃波後面のコンドリュール-コンドリュール衝突

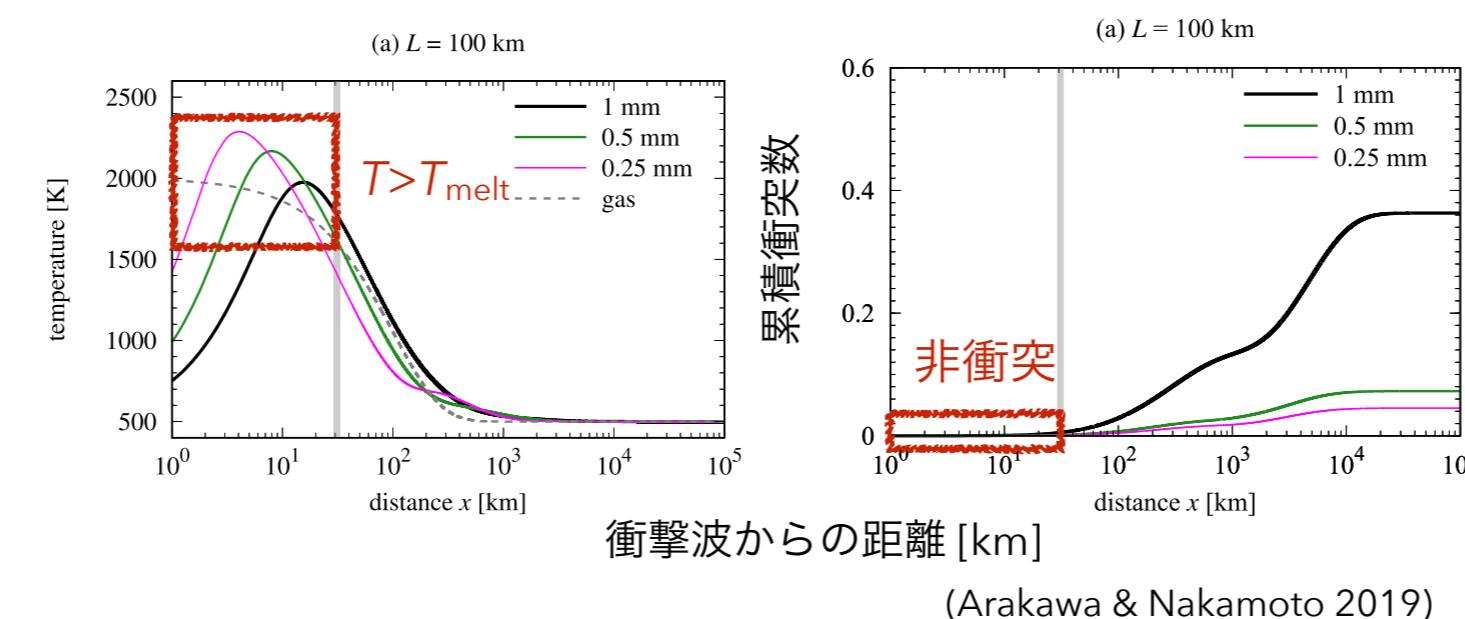
固体コンドリュール破壊: クレータスケーリング則

大粒子が破壊に寄与 (Nakamoto & Miura 2004 (Takagi+1984モデル))

液滴コンドリュール破壊: $We > We_{cr} \Leftrightarrow v_{imp} > 1 \text{ km/s}$

(溶融温度)

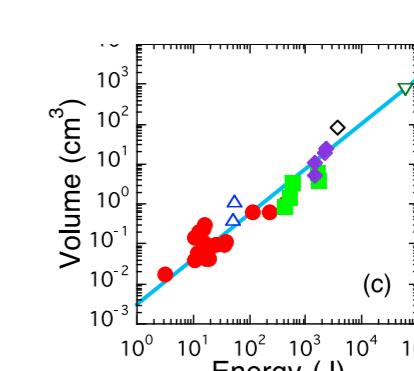
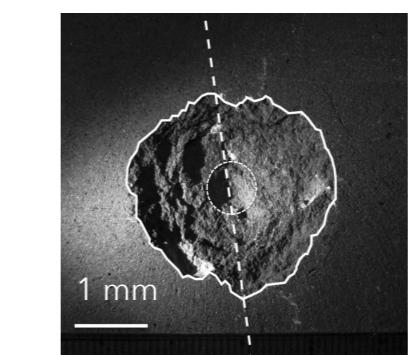
溶融中に衝突は起きない (Ciesla 2006)



(Arakawa & Nakamoto 2019)

クレータスケーリング則

固体衝突実験 (Suzuki+ 2012)



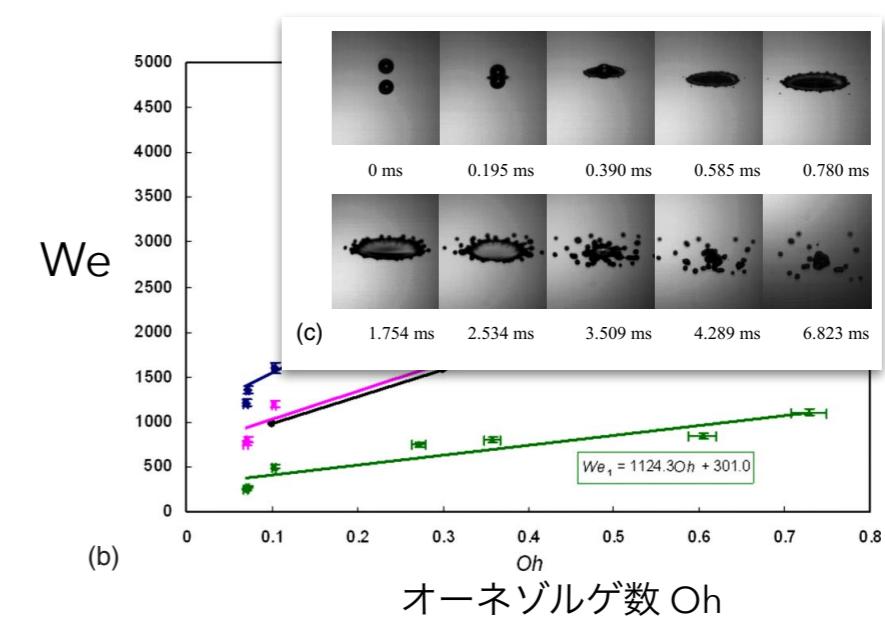
$$dm = (0.11 \pm 0.04) m_d \times \left(\frac{Y}{\rho_d v_{imp}^2} \right)^{-0.71} \left(\frac{\rho_{ch}}{\rho_d} \right)^{0.23}$$

Y: 強度, ~10 MPa
(コンドリュールの測定値)

Weber数 $We = \frac{2\rho_d a v_{imp}^2}{\sigma}$

(衝突エネルギー/表面エネルギー)
 σ : 表面張力

液滴衝突実験



等サイズ液滴 正面衝突実験
(d ≈ 700 μm) (Pan+ 2009)

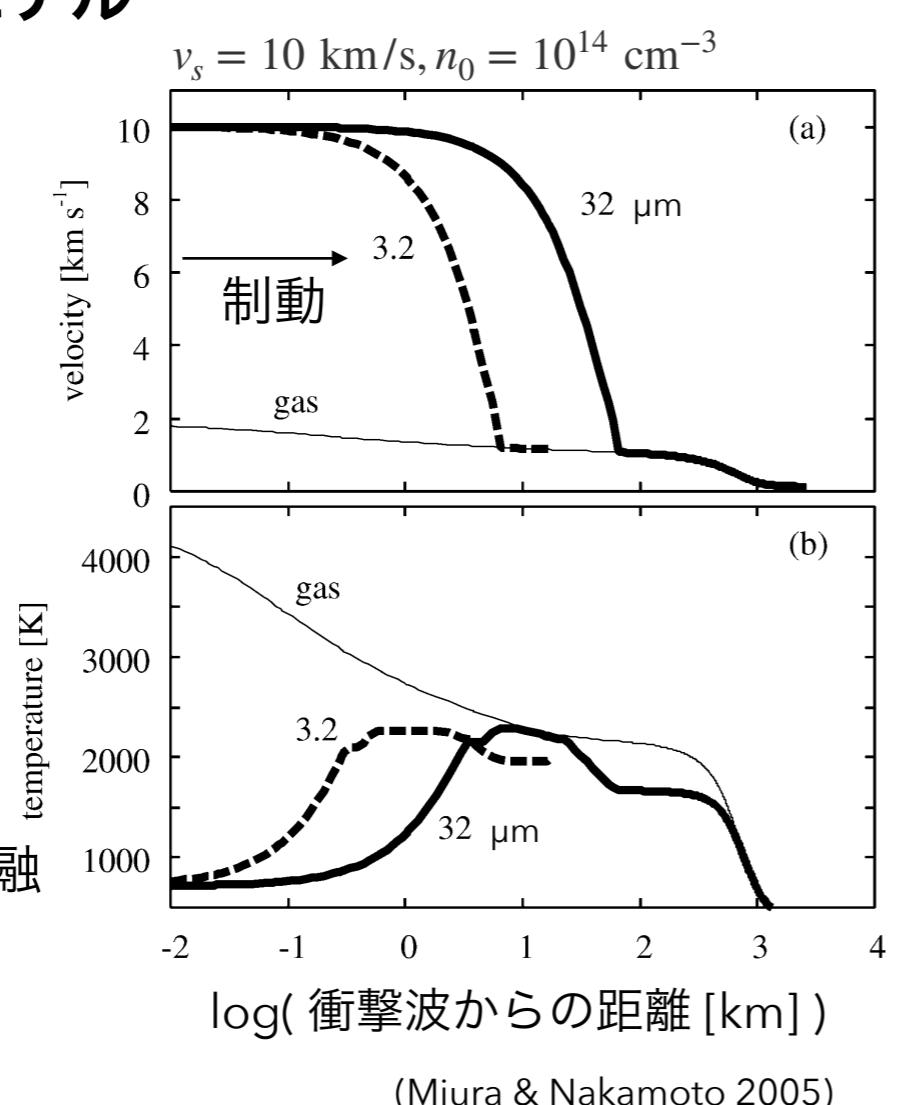
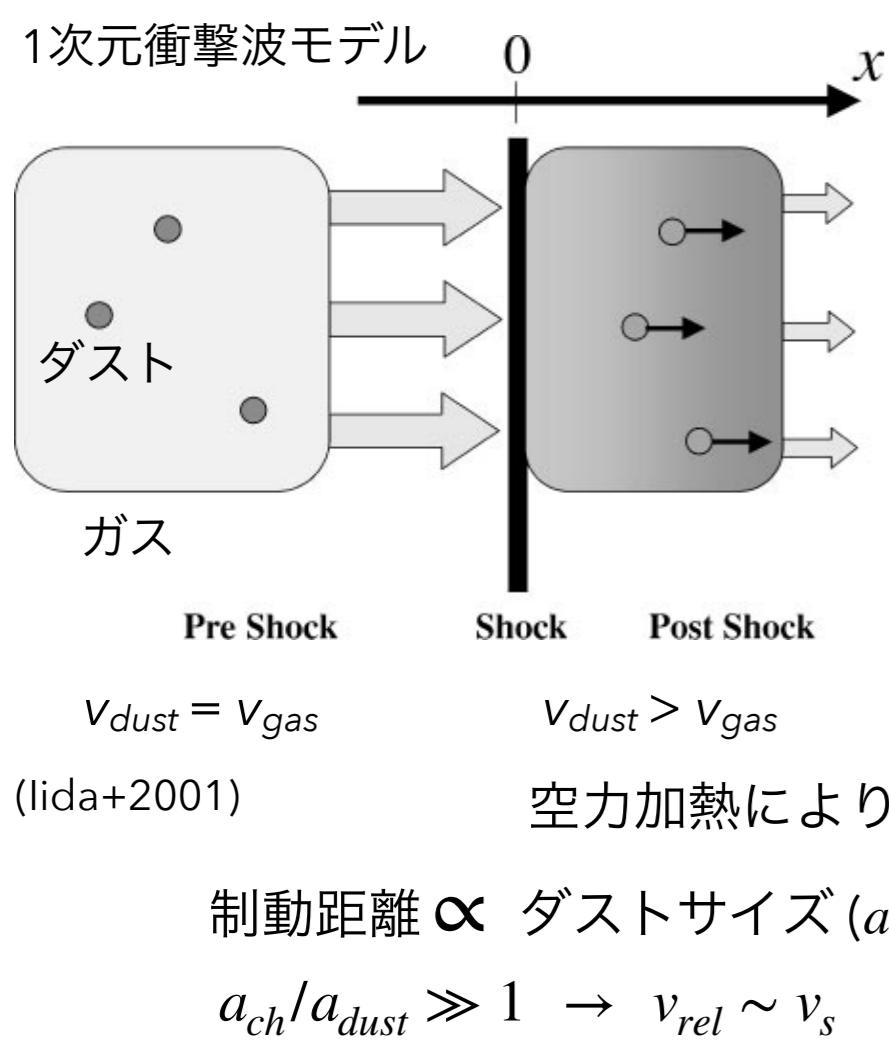
$We_{cr} \sim 1000$

$$Oh = \frac{\eta}{\sqrt{2\rho a \sigma}} \sim 0.1$$

(溶融温度)

η : 粘性

衝撃波加熱コンドリュール形成モデル



まとめ

火成リムの存在はコンドリュールとリム先駆体ダストの溶融経験を示す。

コンドリュール形成過程の有力な候補である衝撃波加熱モデルではサイズ比のあるダスト同士の相対速度が衝撃波速度程度になる。

溶融中のコンドリュール同士の衝突は破壊的となりうるが、溶融中に衝突は起きないことを先行研究は示した。

本研究ではコンドリュールとダストの衝撃波後面での衝突を考えた。ダストは数密度が高く、相対速度も高いために、溶融中のコンドリュールと破壊的な衝突を起こすことが明らかになった。

この結果は少なくともコンドリュール形成の衝撃波が火成リム形成の衝撃波とは異なることを示唆している。

衝撃波後面でのコンドリュール-ダスト衝突計算

1次元衝撃波モデル, 運動方程式 + 温度進化 + ダスト蒸発 (Miura & Nakamoto 2005; Matsumoto & Arakawa 2023)

