

宇宙研二段式軽ガス銃等を用いた

始原天体模擬標的への衝突実験

中村昭子(神戸大)

岡本尚也, 瀬藤真人, 平岡賢介,
原田竣也, 長岡宏樹, 青木隆修, 山根史弥

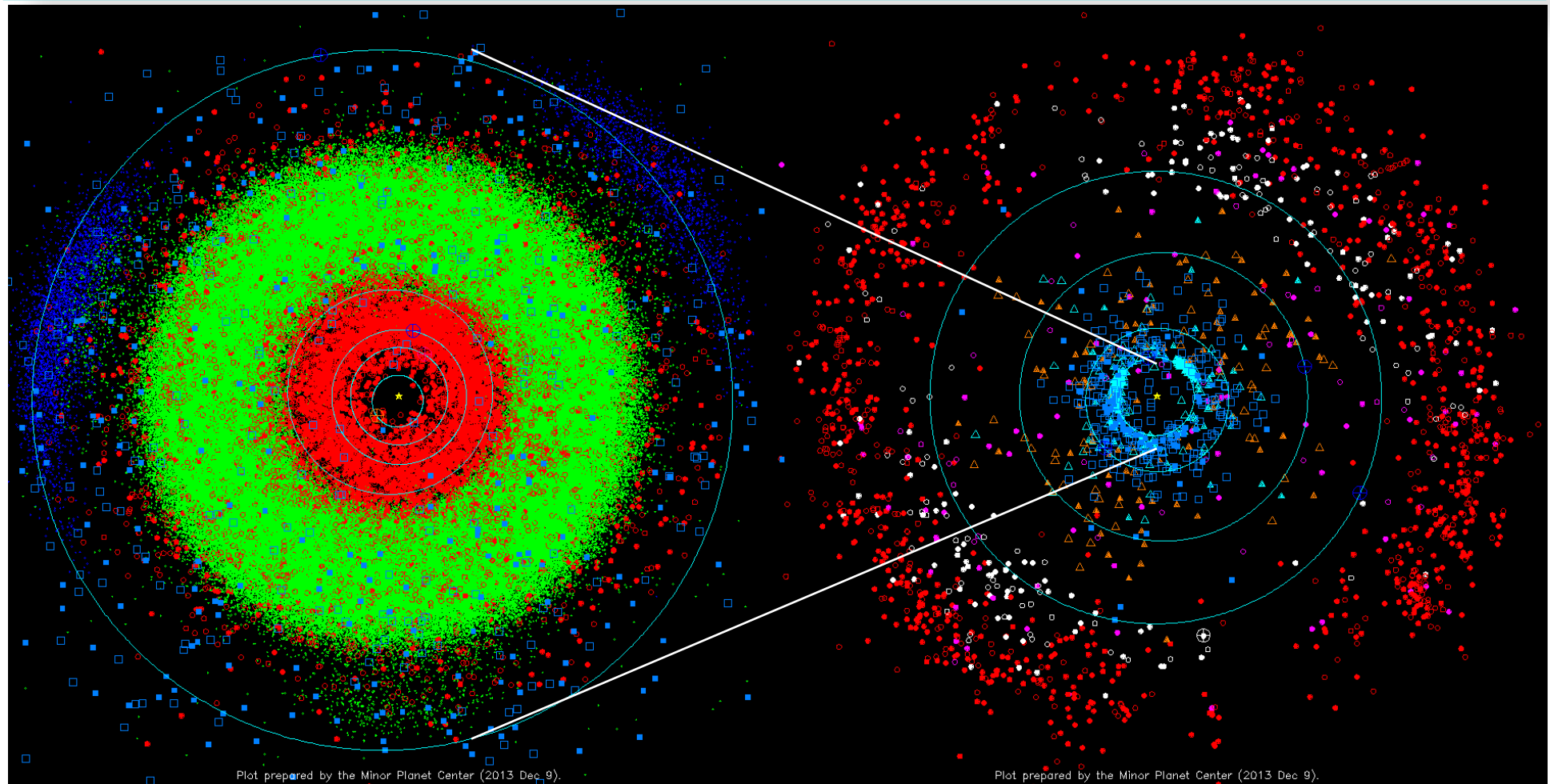
Thanks to:

長谷川直、黒澤耕介、鈴木絢子 (ISAS/JASA)

「小惑星模擬多孔質標的の衝突破壊強度の研究」

「粉粒体標的および多孔質標的による弾丸捕獲と石化の実験的研究」

始原天体



● メインベルト小惑星

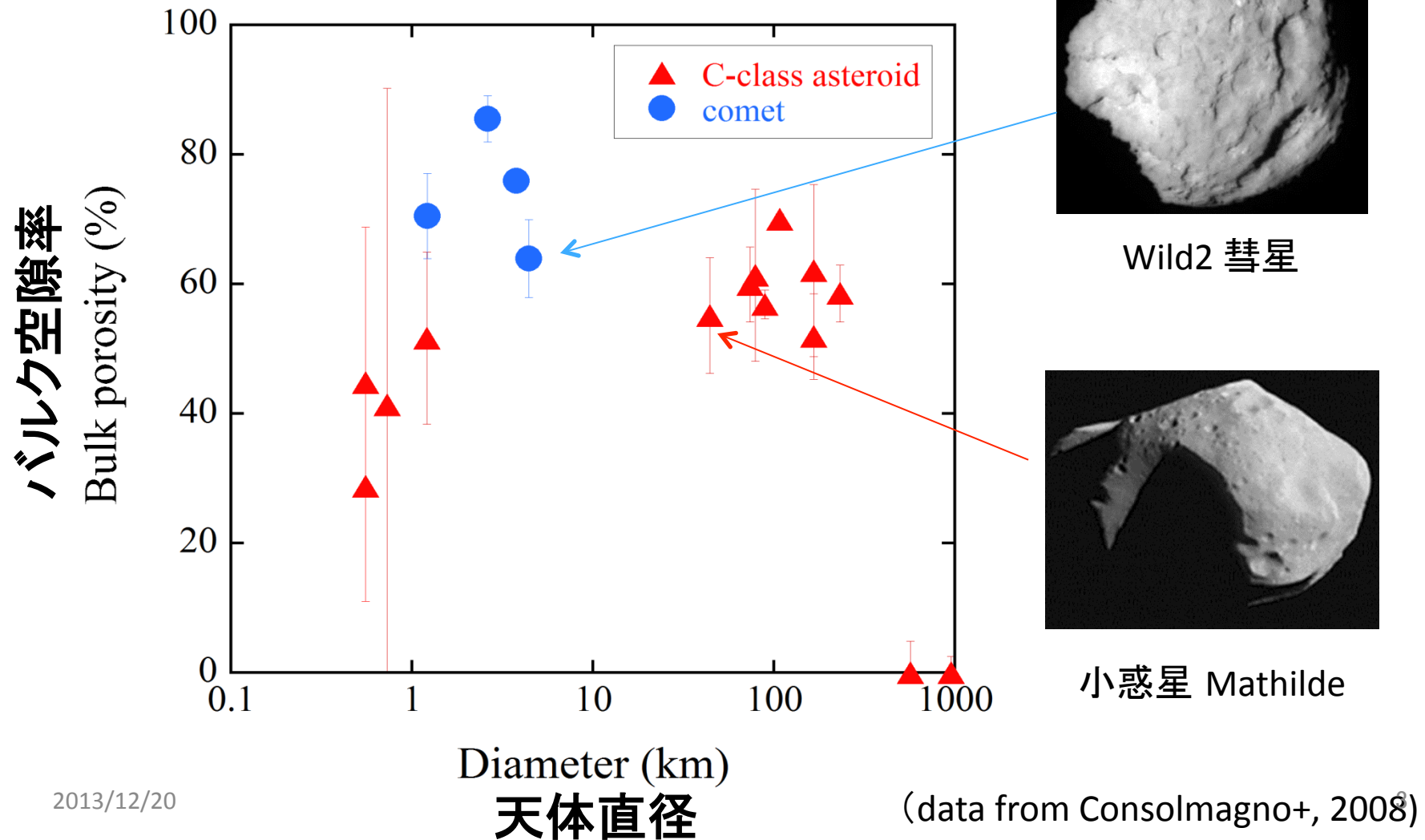
■ 彗星

● 近地球小惑星

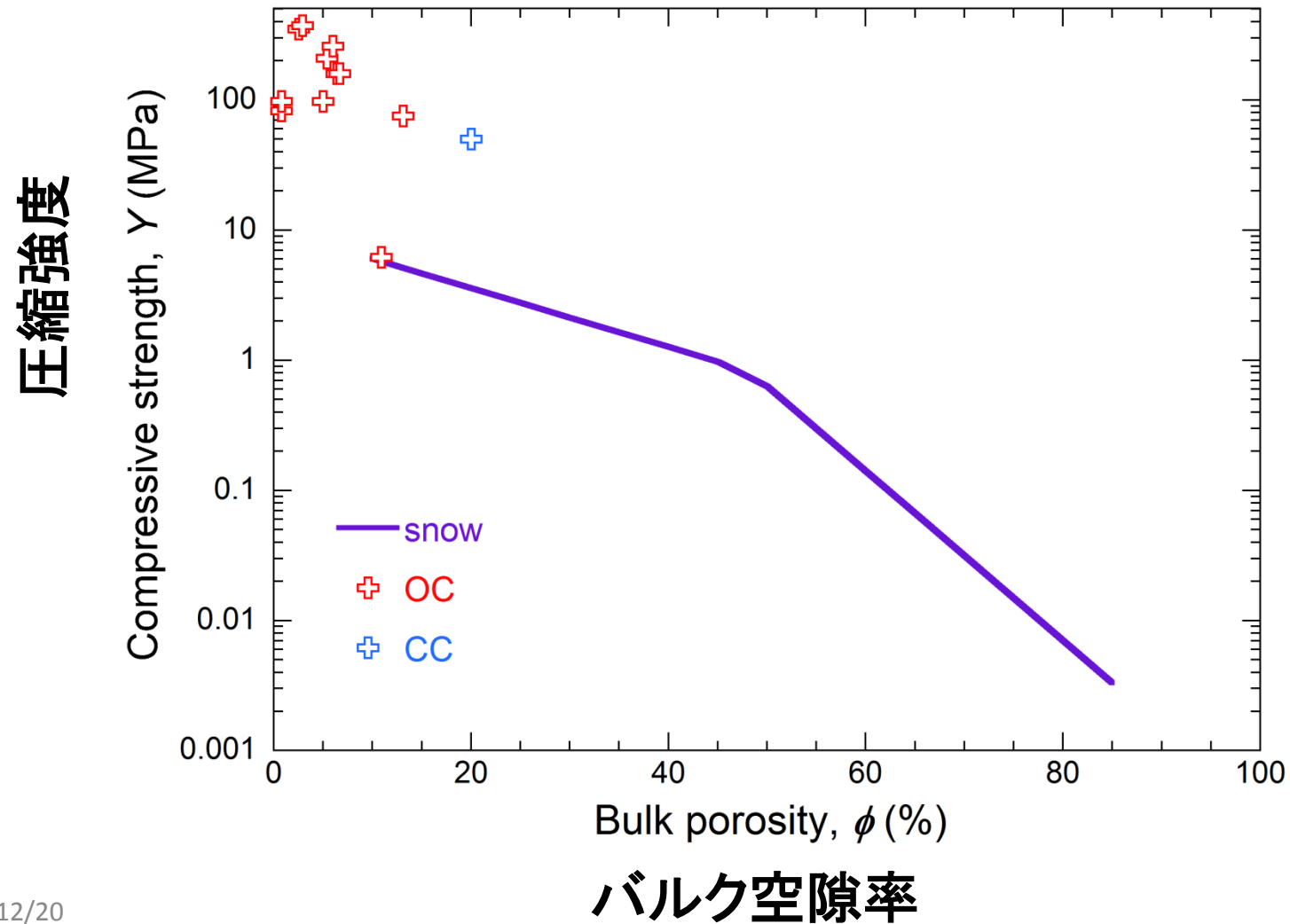
2013/12/20

(MPC)

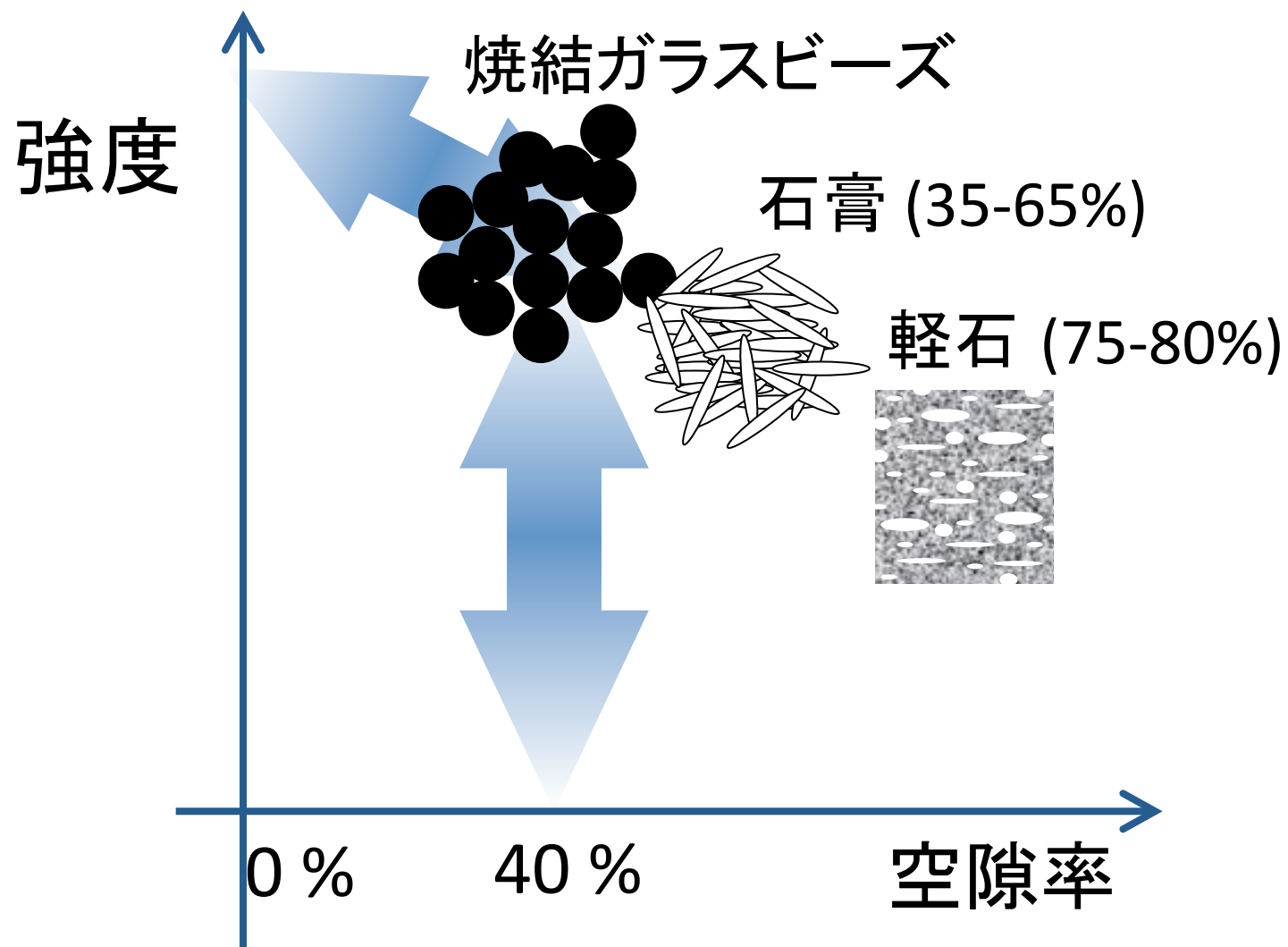
始原天体と空隙率



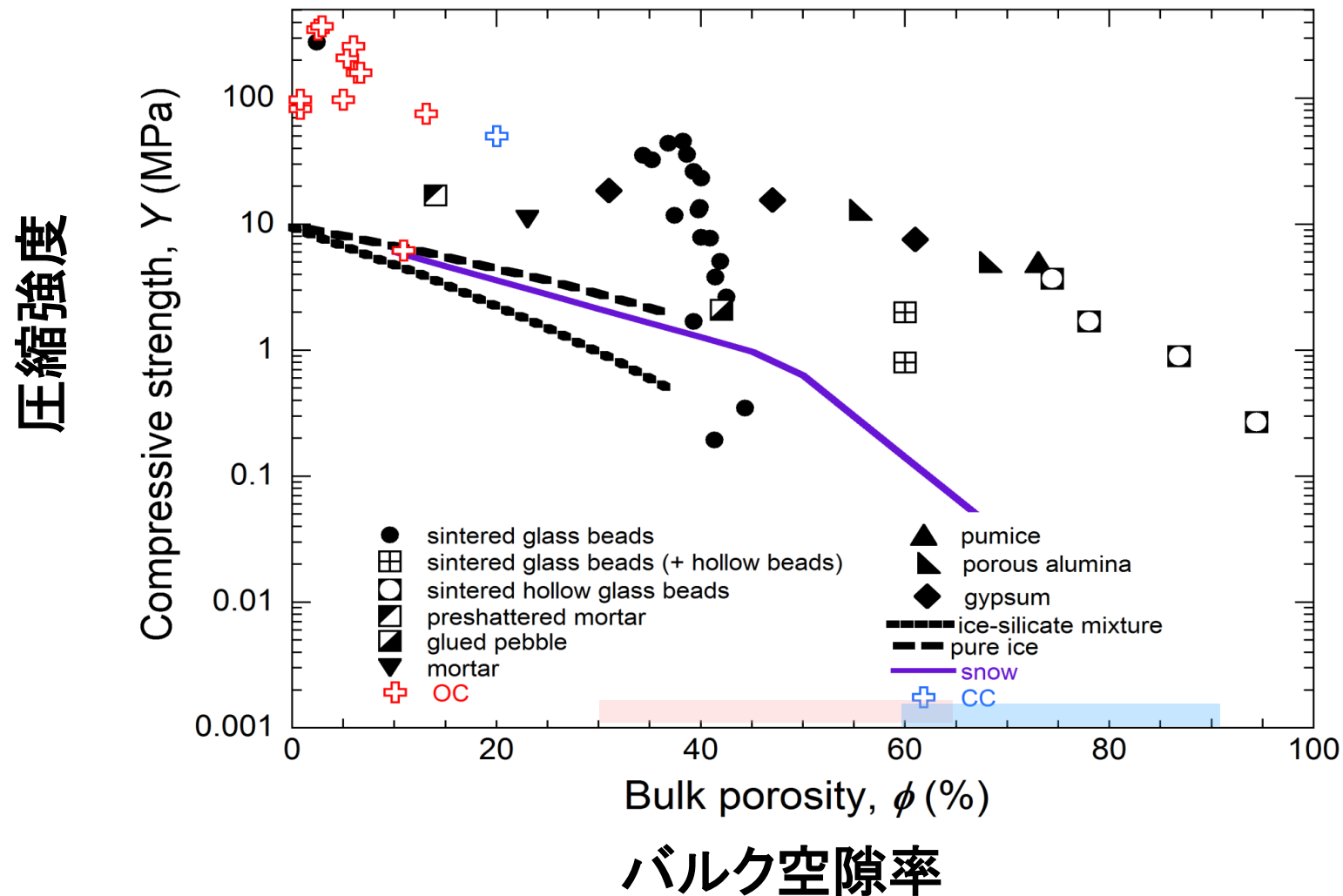
隕石の強度と空隙率



模擬標的



始原天体模擬標的の空隙率と強度



始原天体模擬標的 (空隙を多く含む標的)

1. 弾丸破壊と標的中のキャビティ形成

- 弾丸減速
- 弾丸破壊
- キャビティ形状

2. 標的破壊

- 衝突破壊強度(空隙率依存性)
- 衝突破壊強度(サイズ依存性)

1. 弾丸破壊と標的中のキャビティ形成

低密度物質中の弾丸減速

シリカエアロゲル (0.06 gcm^{-3}) (Niimi+ 2011)

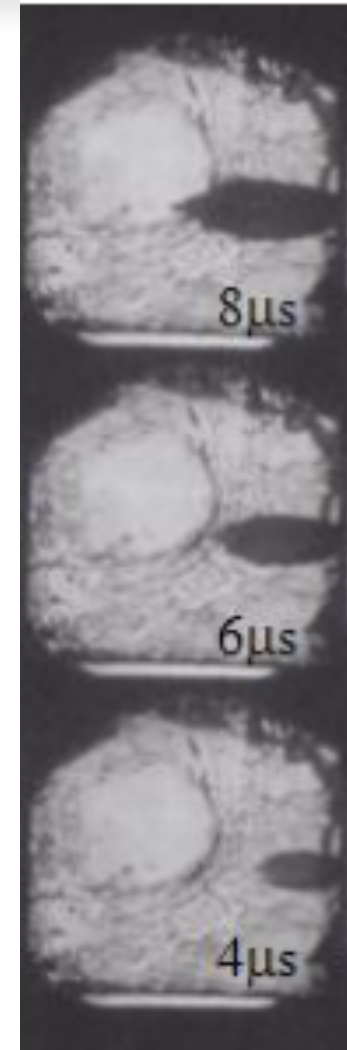
$$\frac{dv}{dt} = -\alpha v^2$$

$$\alpha = \frac{C_d \rho_t \pi r_p^2}{2m_p} = \frac{3C_d \rho_t}{8r_p \rho_p}$$

$$C_d = 1.1 \pm 0.1$$

v : 弾丸速度, C_d : 抵抗係数, ρ_t : 標的密度,
 ρ_p : 弾丸密度, r_p : 弾丸半径, m_p : 弾丸質量

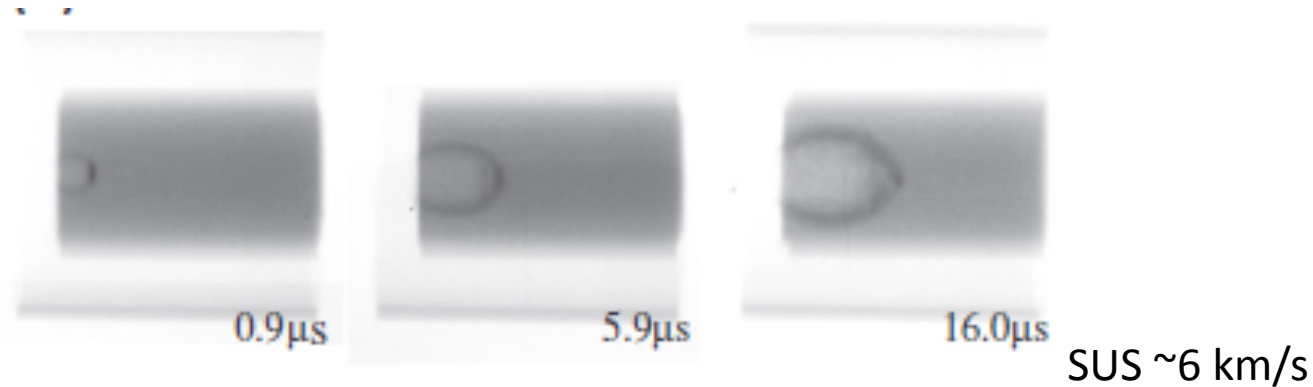
2013/12/20



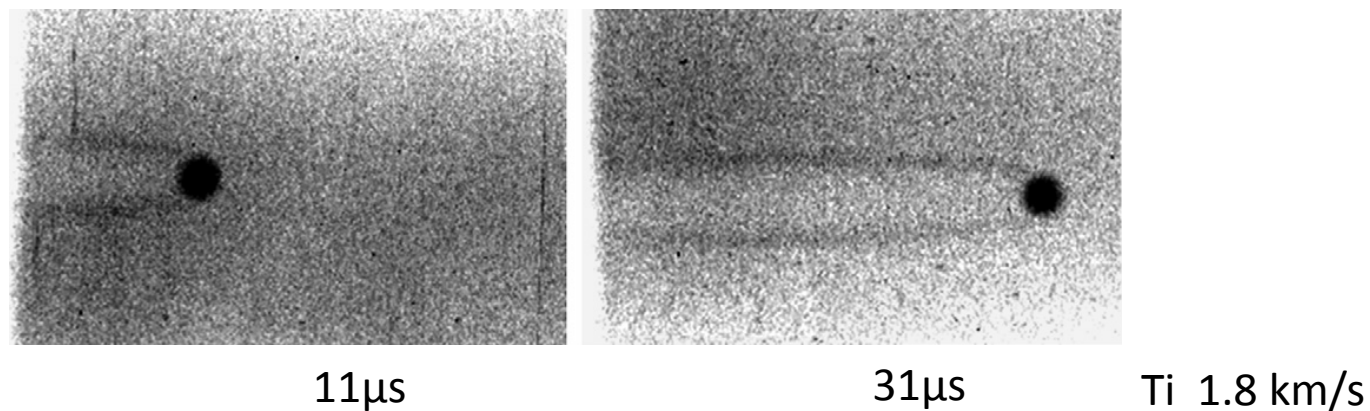
alumina 4.02 km/s⁹

低密度物質中の弾丸減速

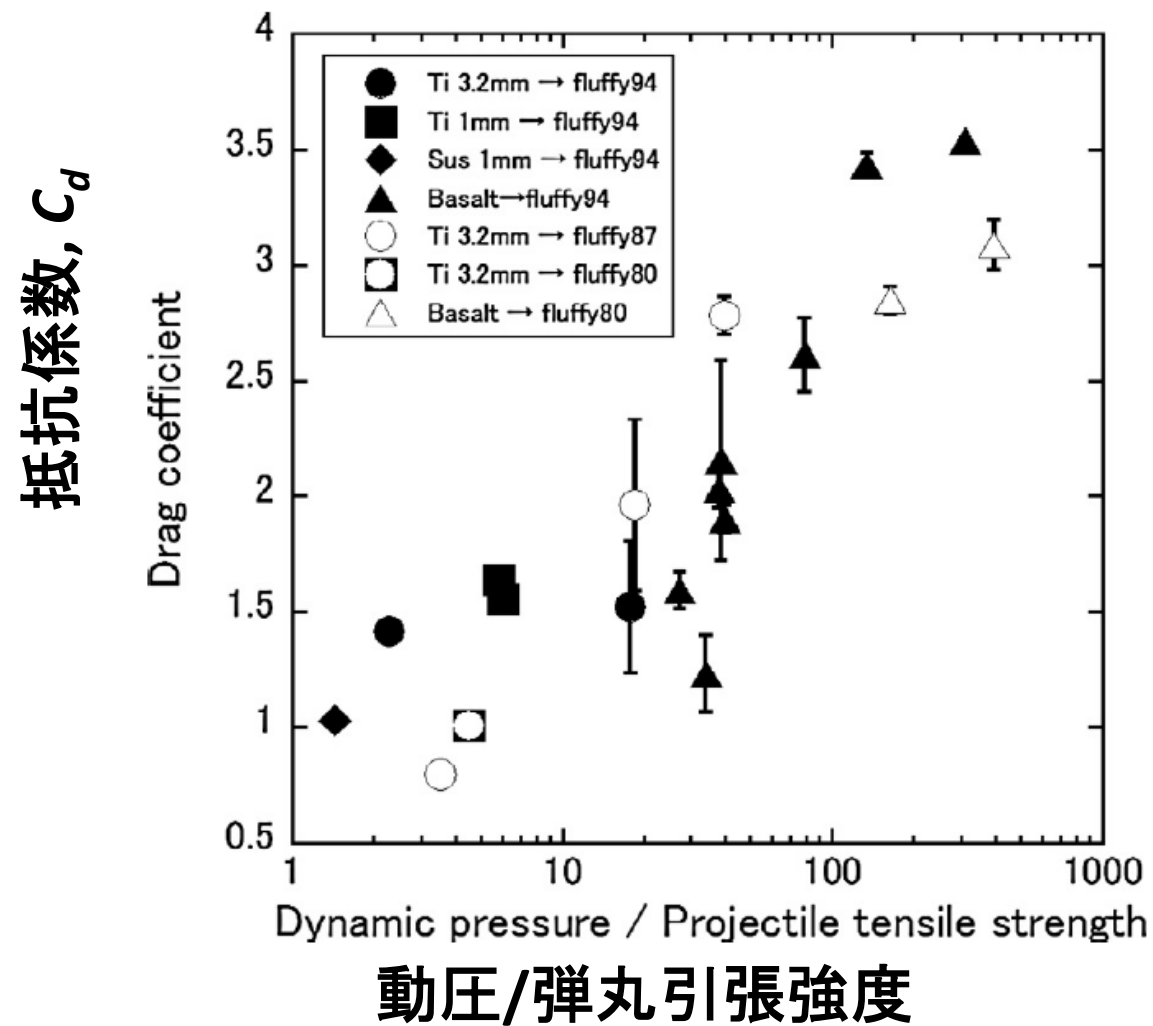
石膏 (1.1 gcm^{-3}) (Yasui+ 2012)



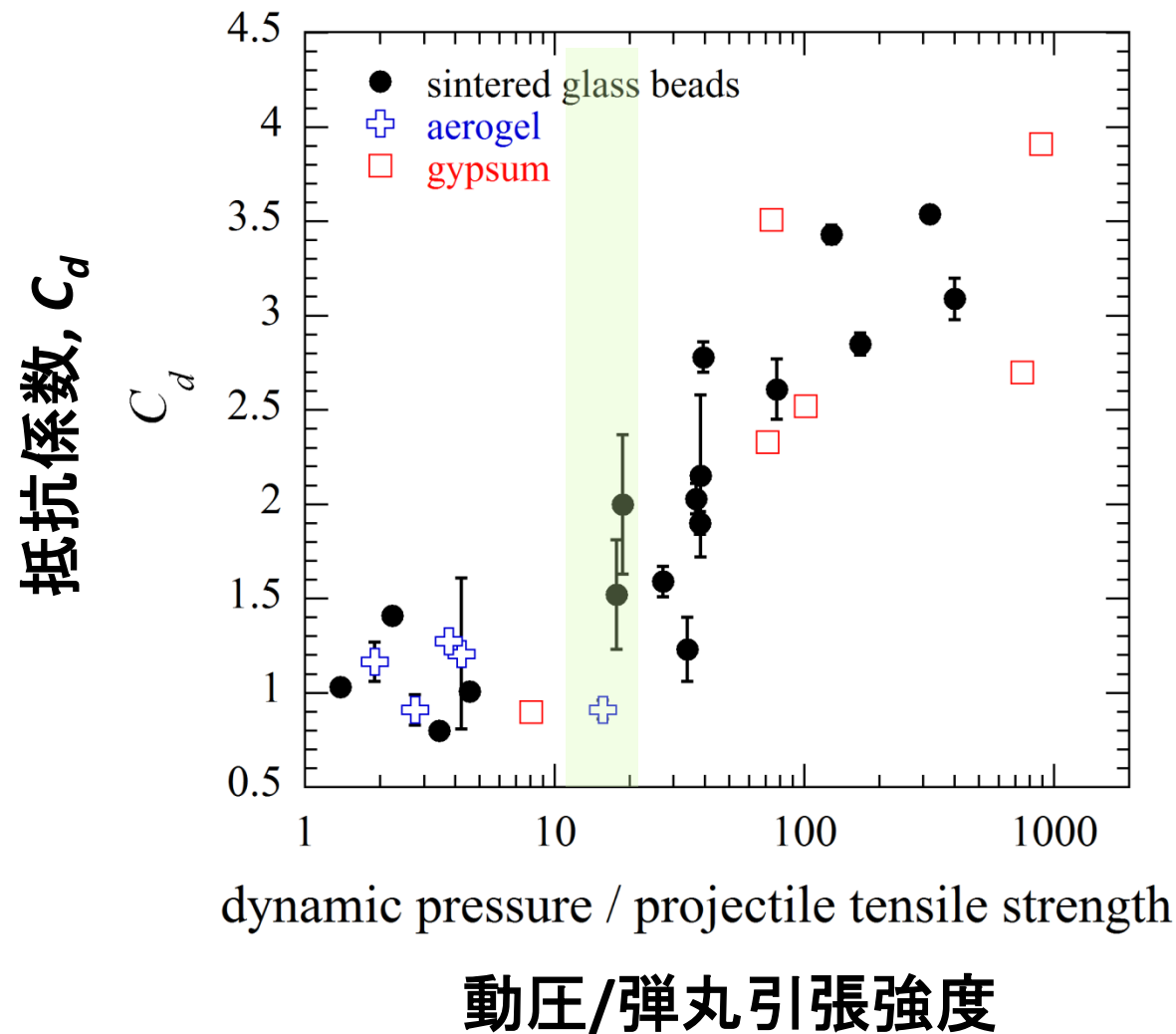
焼結中空ガラスビーズ ($0.14\text{-}0.52 \text{ gcm}^{-3}$) (Okamoto+ 2013)



みかけの抵抗係数 C_d

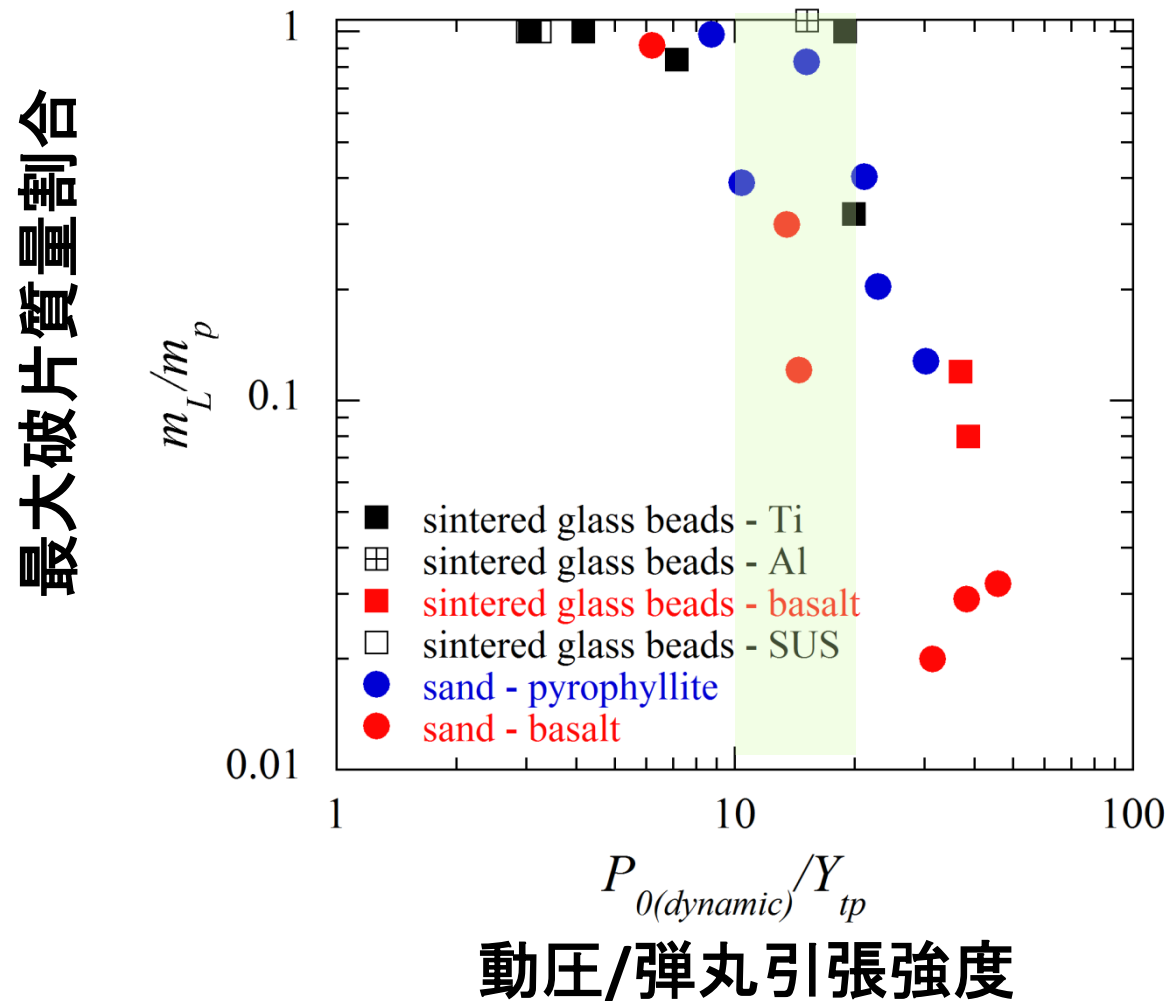


みかけの抵抗係数 C_d

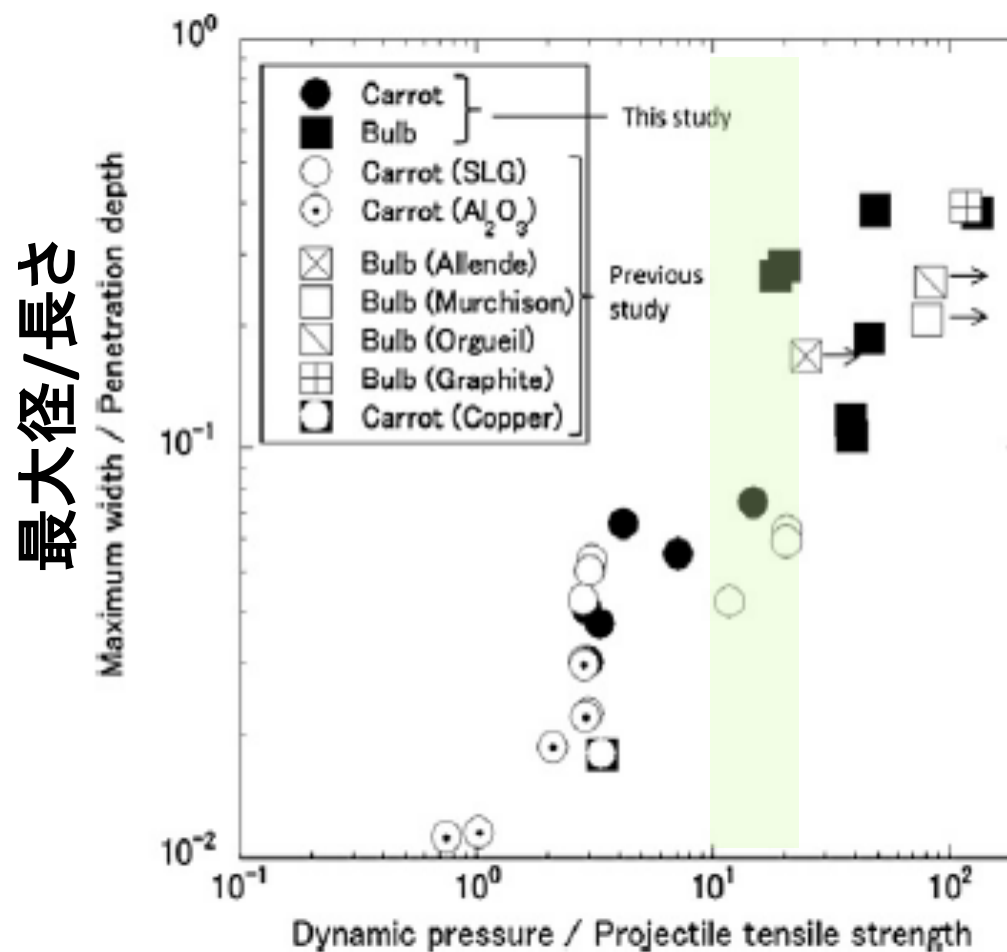
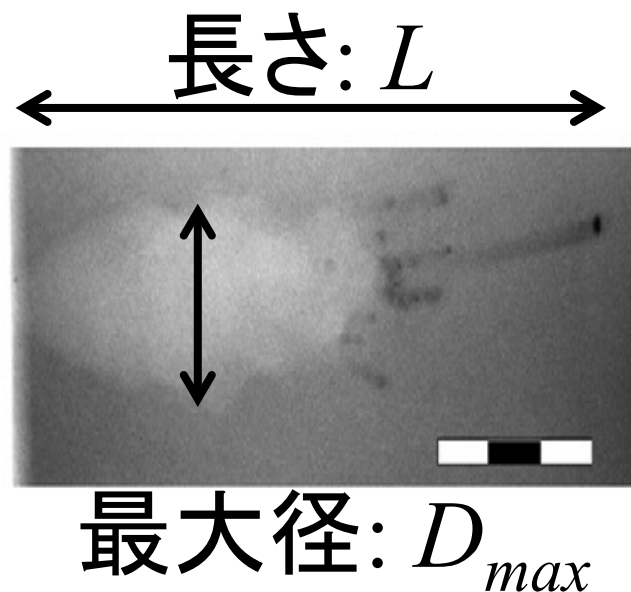


$$C_d \propto \log\left(\frac{\rho_t v_{\text{impact}}^2}{Y_{tp}}\right)$$

弾丸破壊の程度



キャビティ形状



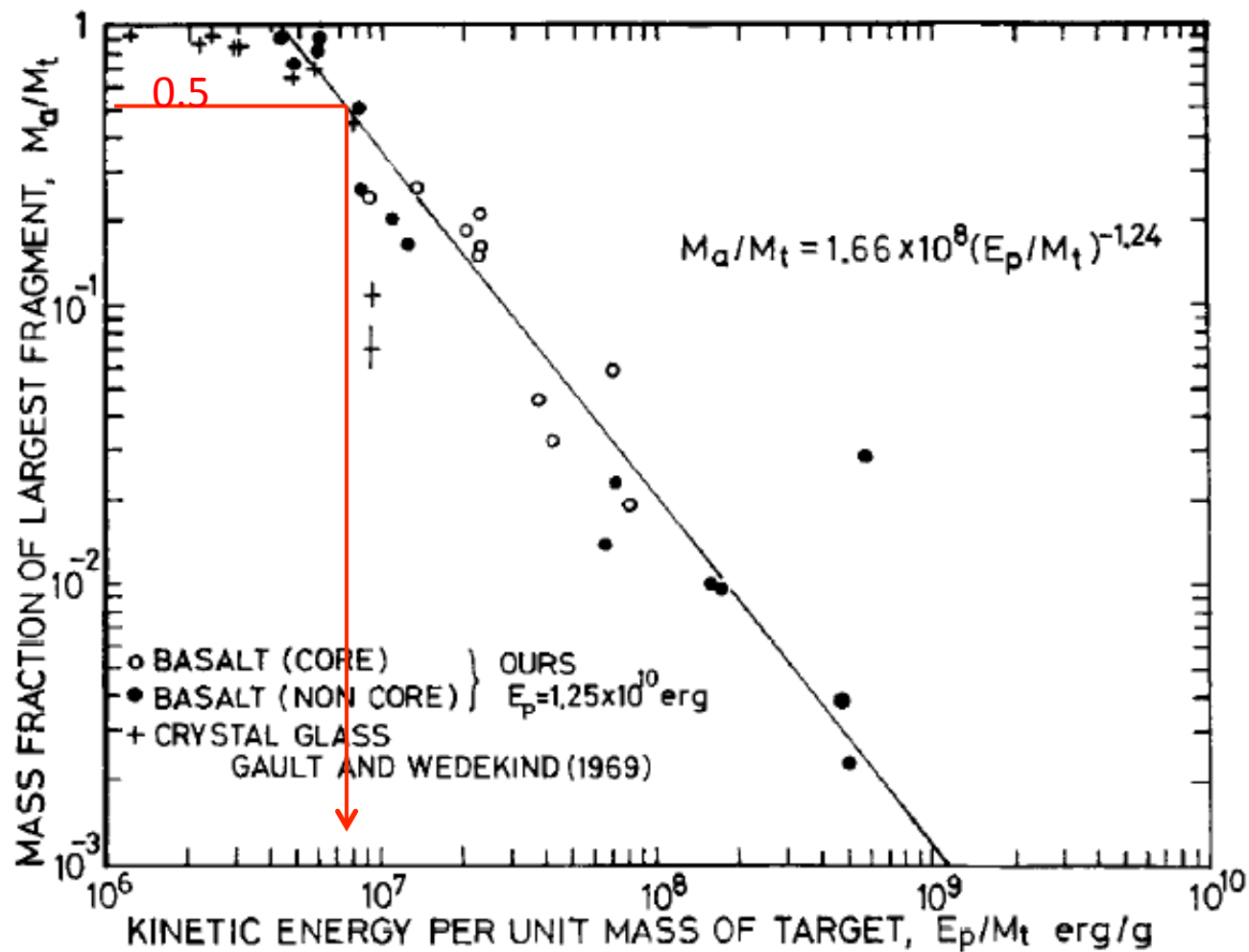
動圧/弾丸引張強度

(Okamoto+, 2013)

2. 衝突破壊強度

衝突破壊

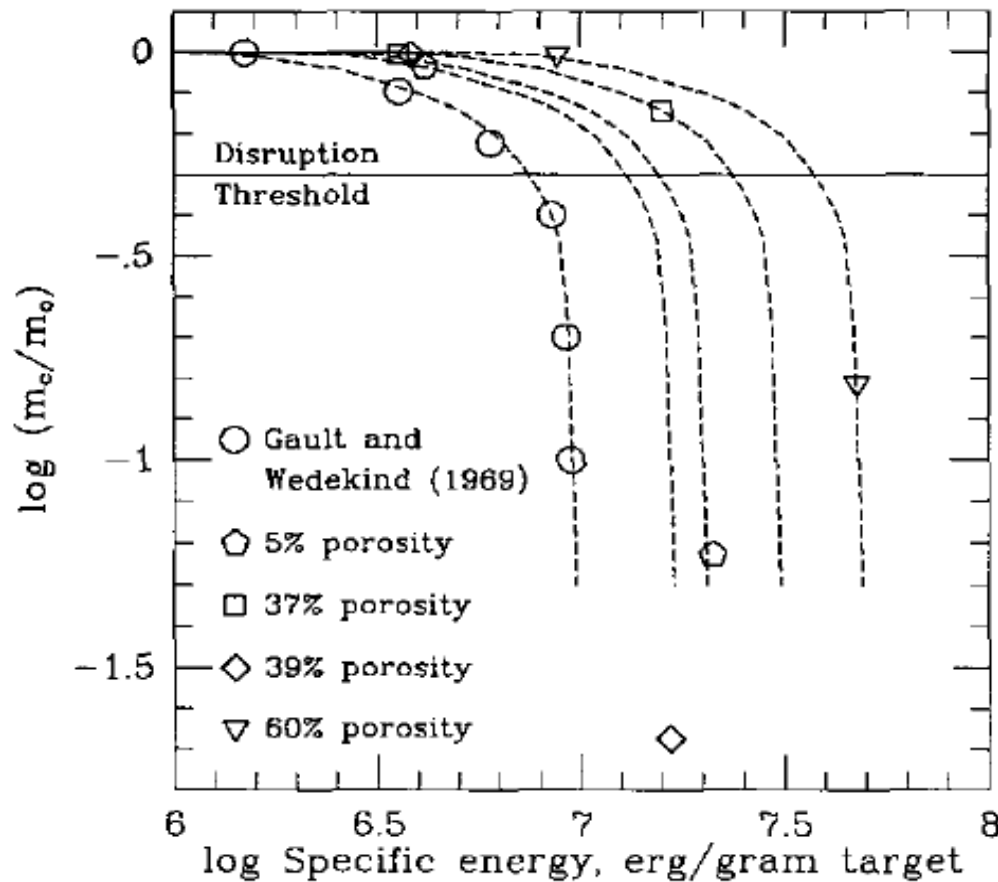
最大破片質量割合



エネルギー密度

空隙の衝突破壊への影響

最大破片質量割合



(Love+, 1993)

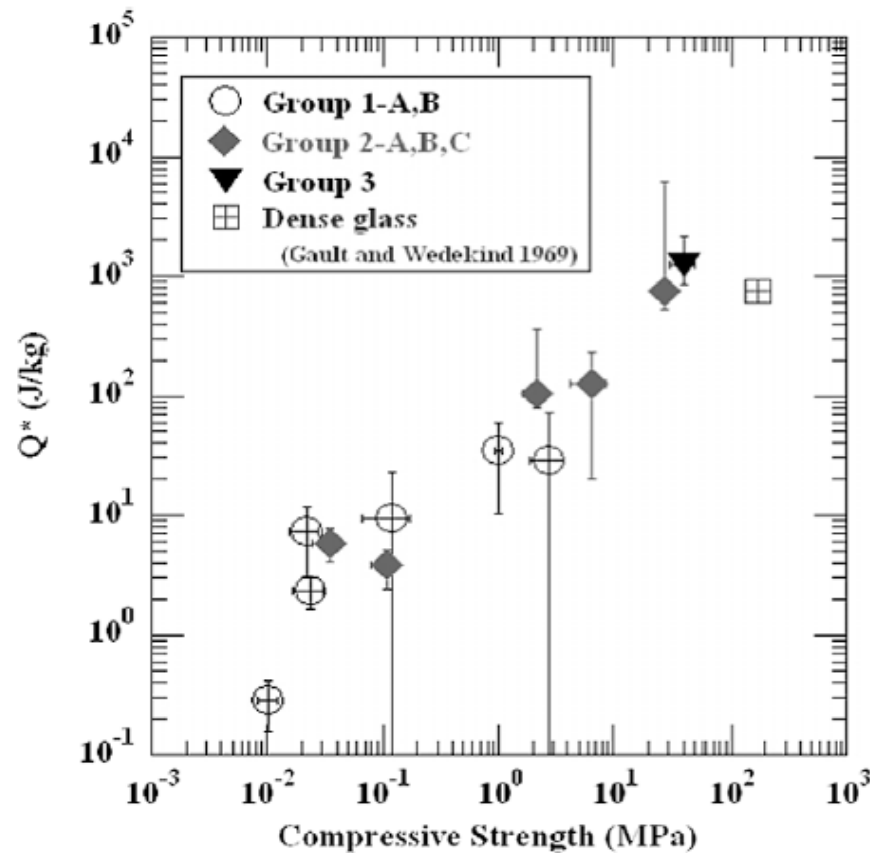
エネルギー密度

2013/12/20

空隙率を固定(～40%)し, 強度を変化

焼結ガラスビーズ標的

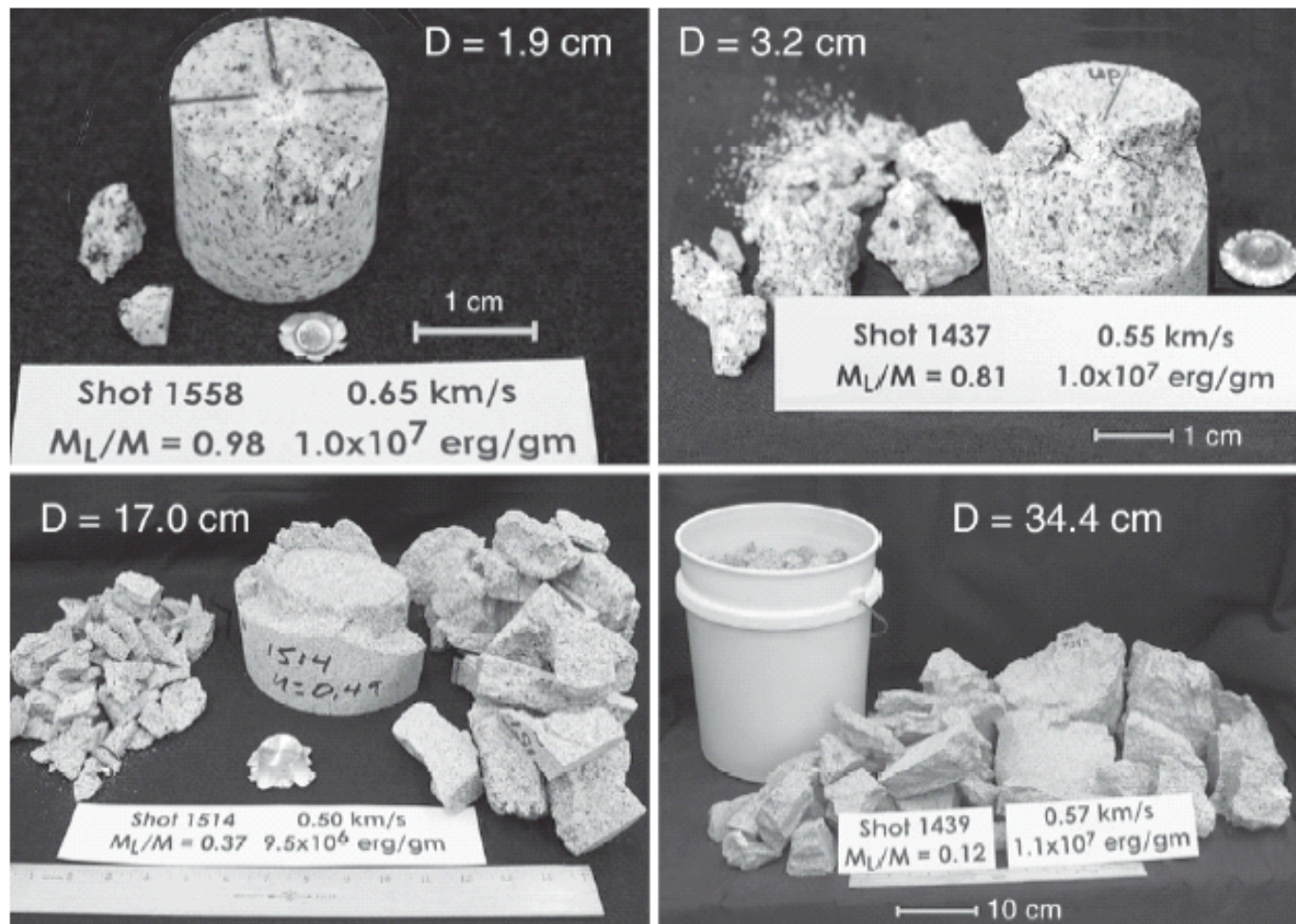
衝突破壊のエネルギー密度



圧縮強度

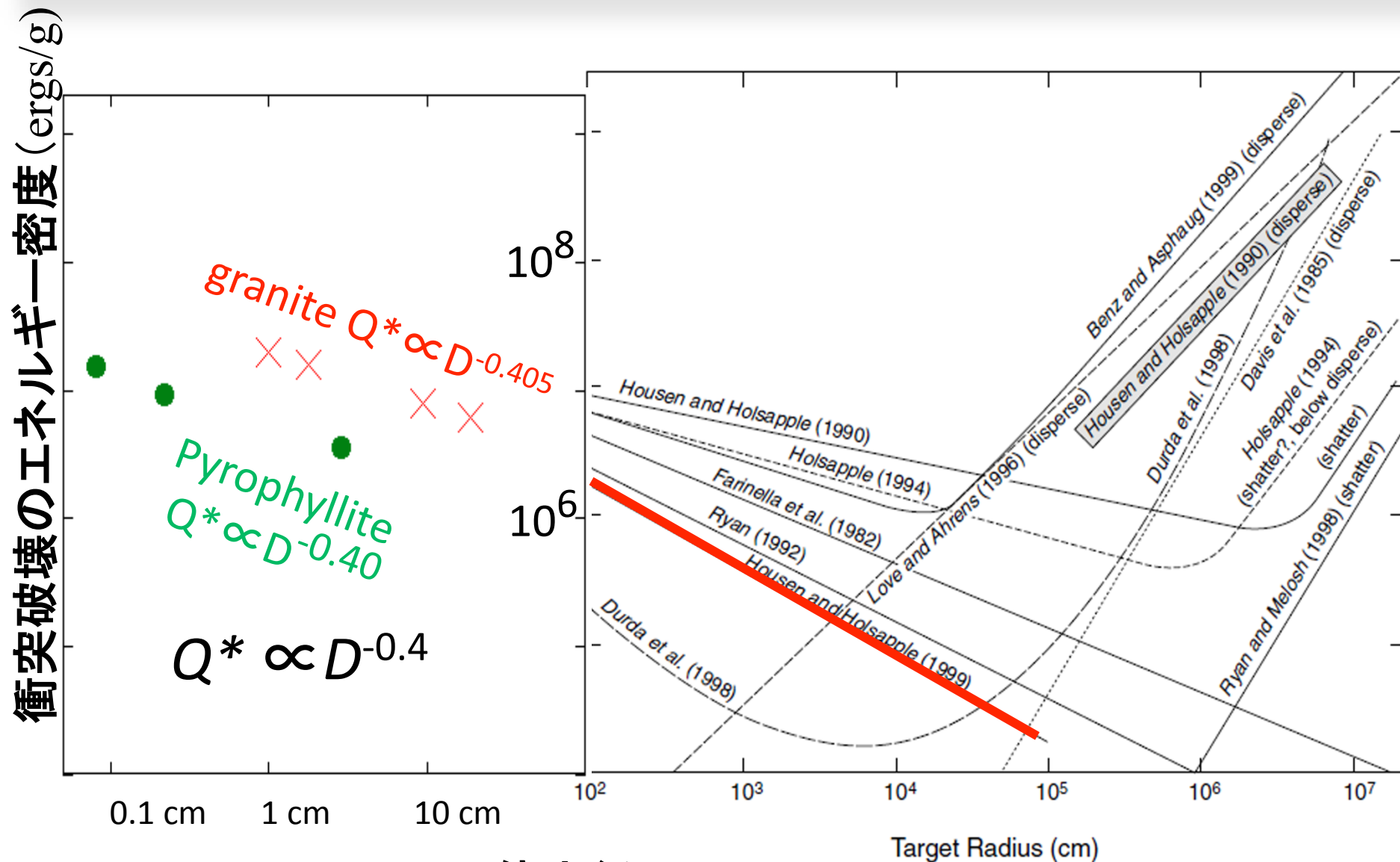
(Setoh+, 2010)

衝突破壊のサイズ依存性



(Housen and Holsapple 1999)

衝突破壊のサイズ依存性

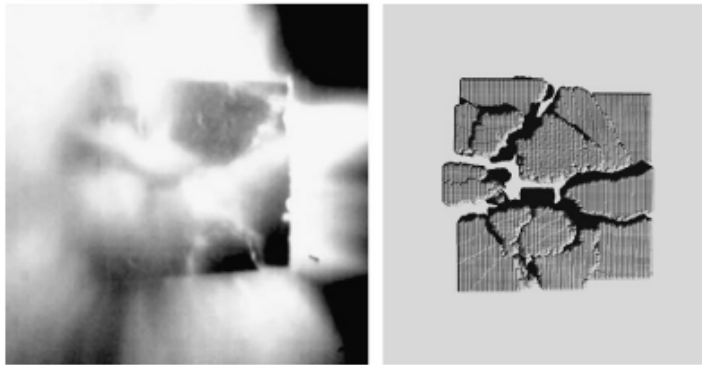


2013/12/20

天体半径

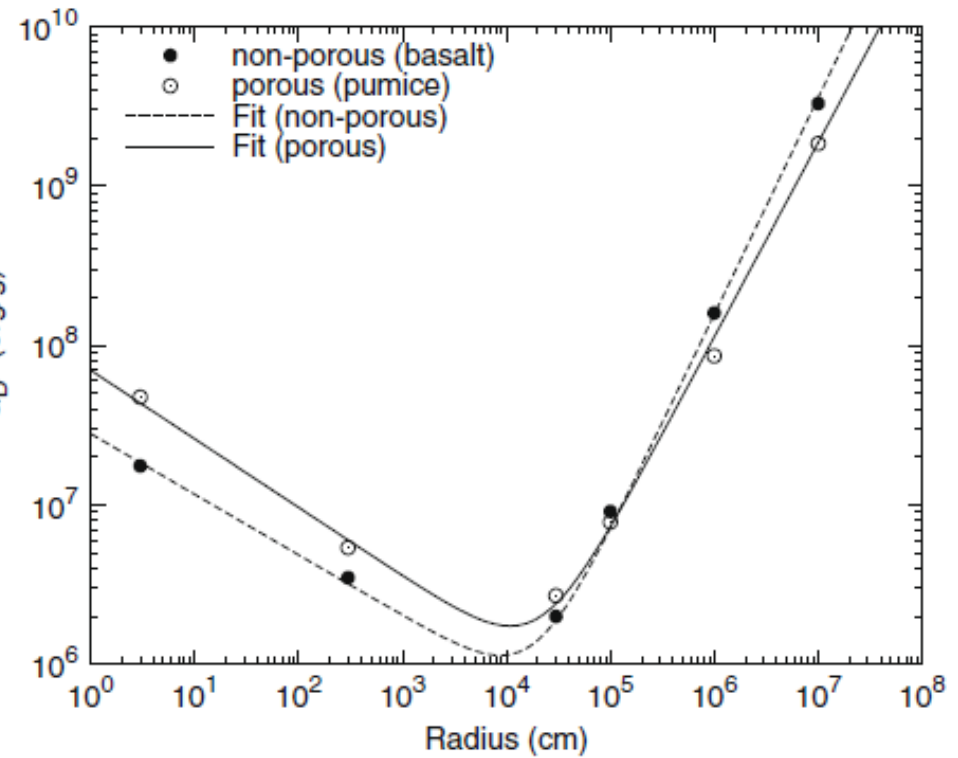
(Housen & Holsapple 1999; Nagaoka+, 2013)

軽石衝突破壊の数値シミュレーション



(Jutzi+; 2009)

衝突破壊のエネルギー密度 (ergs/g)



天体半径

(Jutzi+; 2010)

まとめ

1. 弾丸破壊と標的中のキャビティ形成

- 弾丸減速－みかけの C_d (弾丸破壊を反映)で記述
$$C_d \propto \log\left(\frac{\rho_t v_{impact}^2}{Y_{tp}}\right)$$
- 弾丸破壊－動圧/弾丸強度 > 10 - 20
- キャビティ形状－弾丸破壊の程度に依存

2. 標的破壊

- 衝突破壊強度(空隙率依存性)－空隙率 $>40\%$
- 衝突破壊強度(サイズ依存性)－構造に依存？