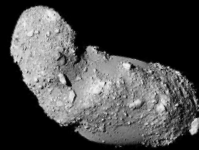


太陽風による月・小惑星表層物質の進化

2022.10.25

京都大学白眉センター 松本徹



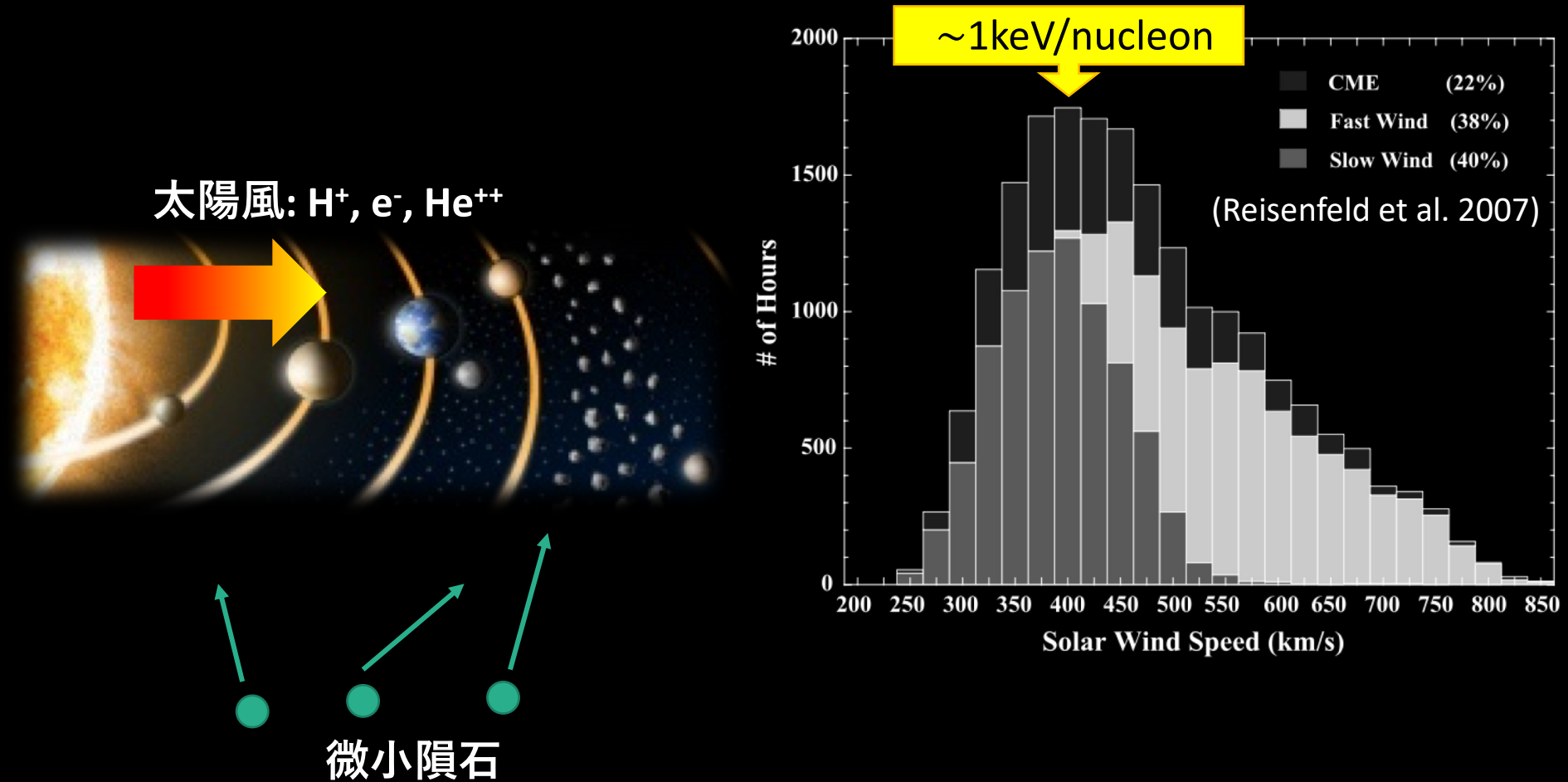
Asteroid Itokawa



Asteroid Ryugu

小天体の表層において重要な現象：太陽風と微小隕石衝突

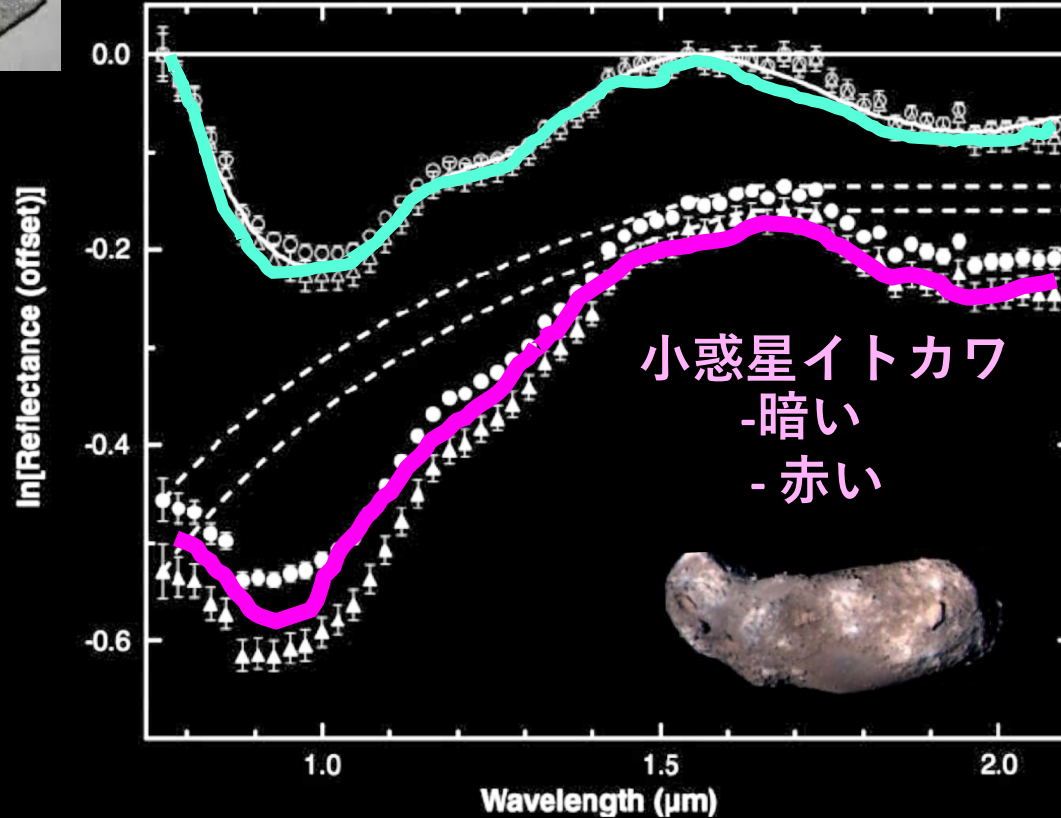
太陽風のエネルギー分布



太陽風・微小隕石衝突による小惑星の色変化



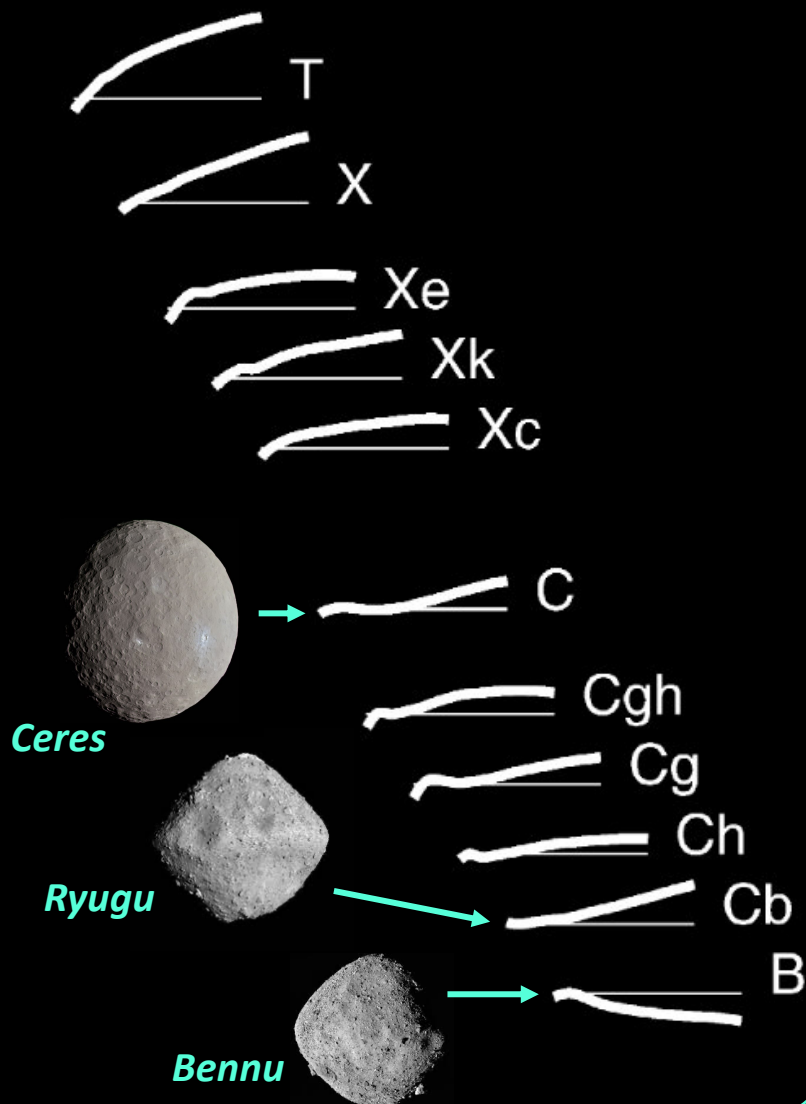
普通コンドライト隕石



- ・ 小惑星は隕石とスペクトルが一致しない。
- ・ 天体表面の変化に起因する。
- ・ 観測から小惑星の成分を推定することが難しい

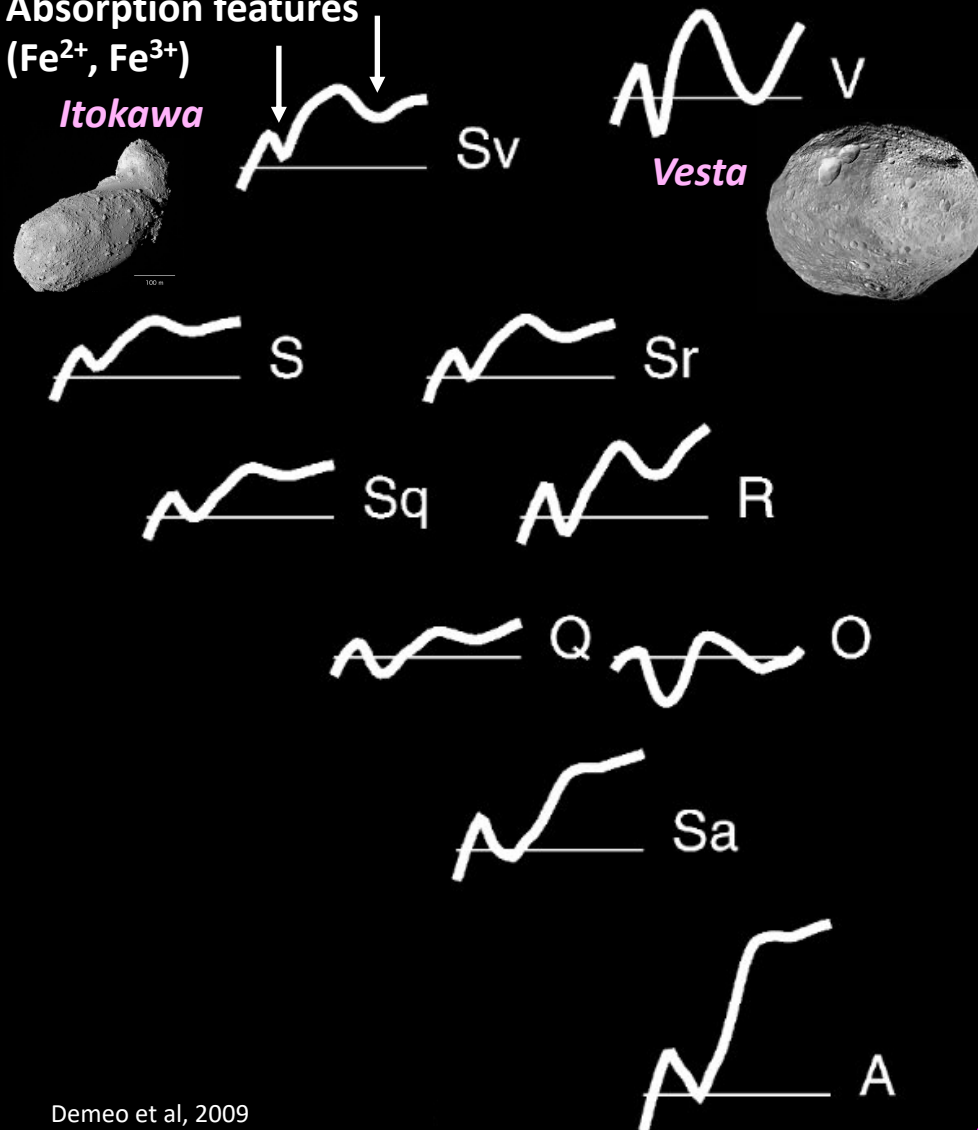
Visible to infrared spectra of asteroids

Water, carbon-rich asteroids



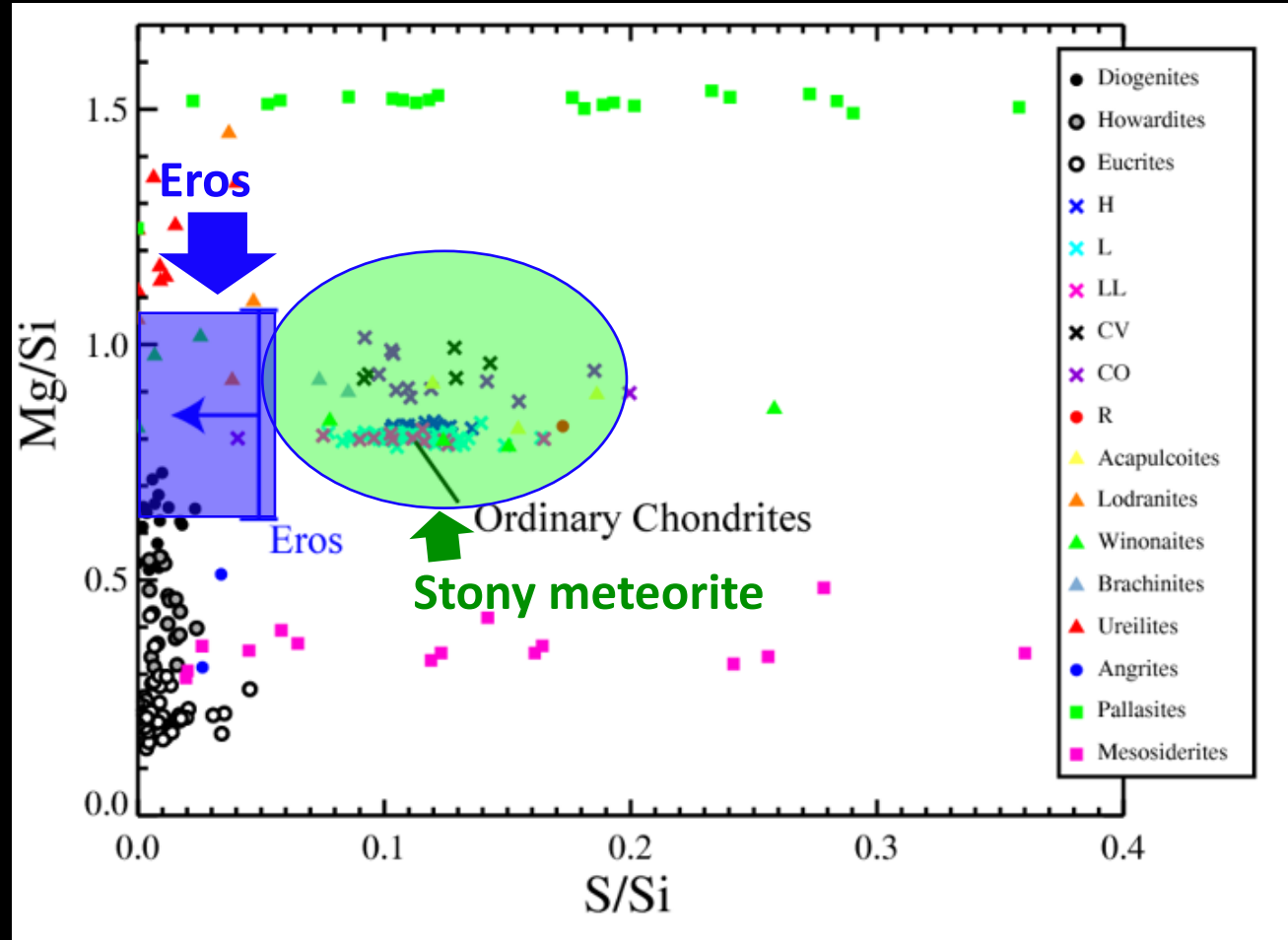
Stony asteroids

Absorption features
(Fe²⁺, Fe³⁺)



小惑星表面の化学組成変化

S-type asteroid Eros



- ・小惑星表面では、硫黄のみが顕著に少ない。
- ・小惑星と隕石との対応は化学組成の面でも決定するのが難しい

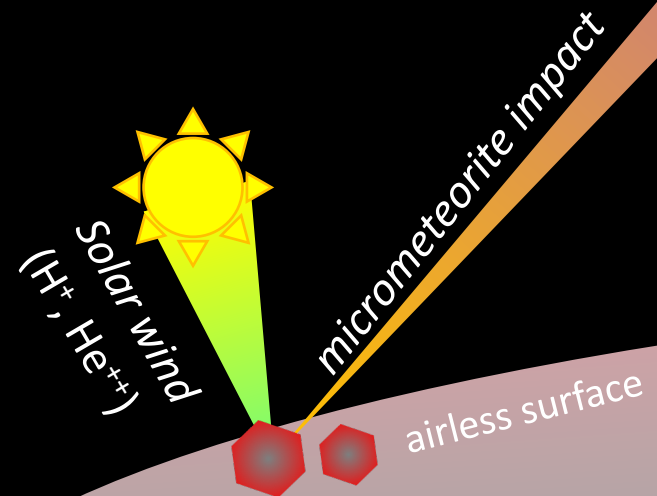
Motivation of my research

宇宙風化：

- ・ 大気のない天体の表面で起きる物質の変化
- ・ 太陽風と微小隕石衝突が主な原因

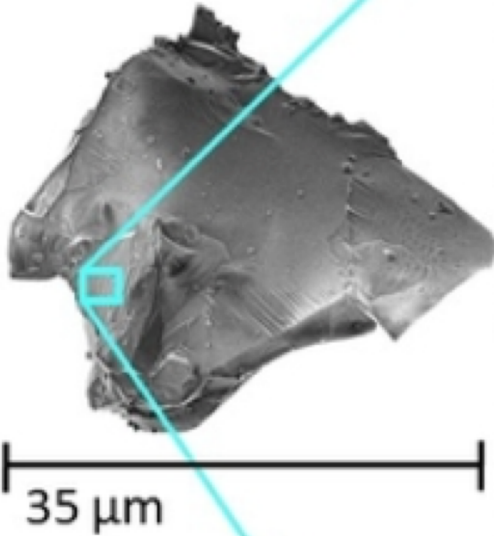


宇宙風化によって、小惑星の色や組成が変化することについて、実際に何が起きているのか知識を集積することが重要。

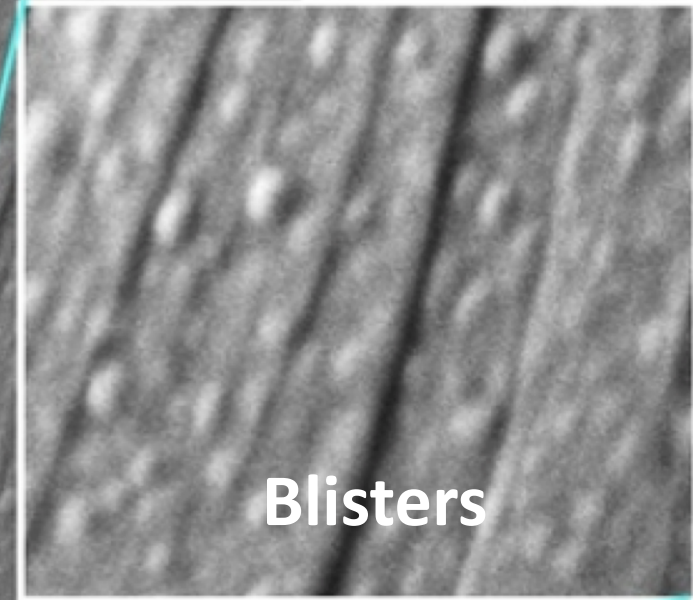
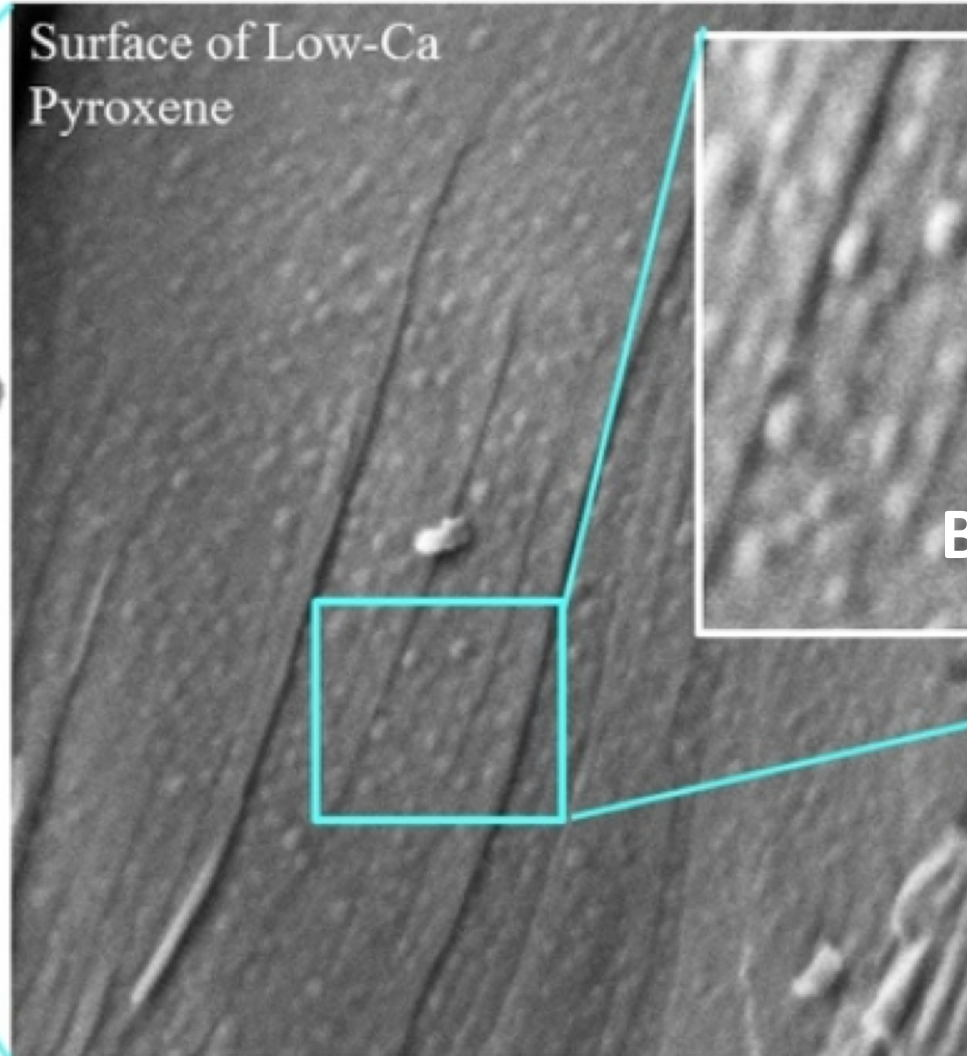


Structures of Space Weathered Rim

Itokawa Particle
(RB-QD04-0043)



Surface of Low-Ca
Pyroxene



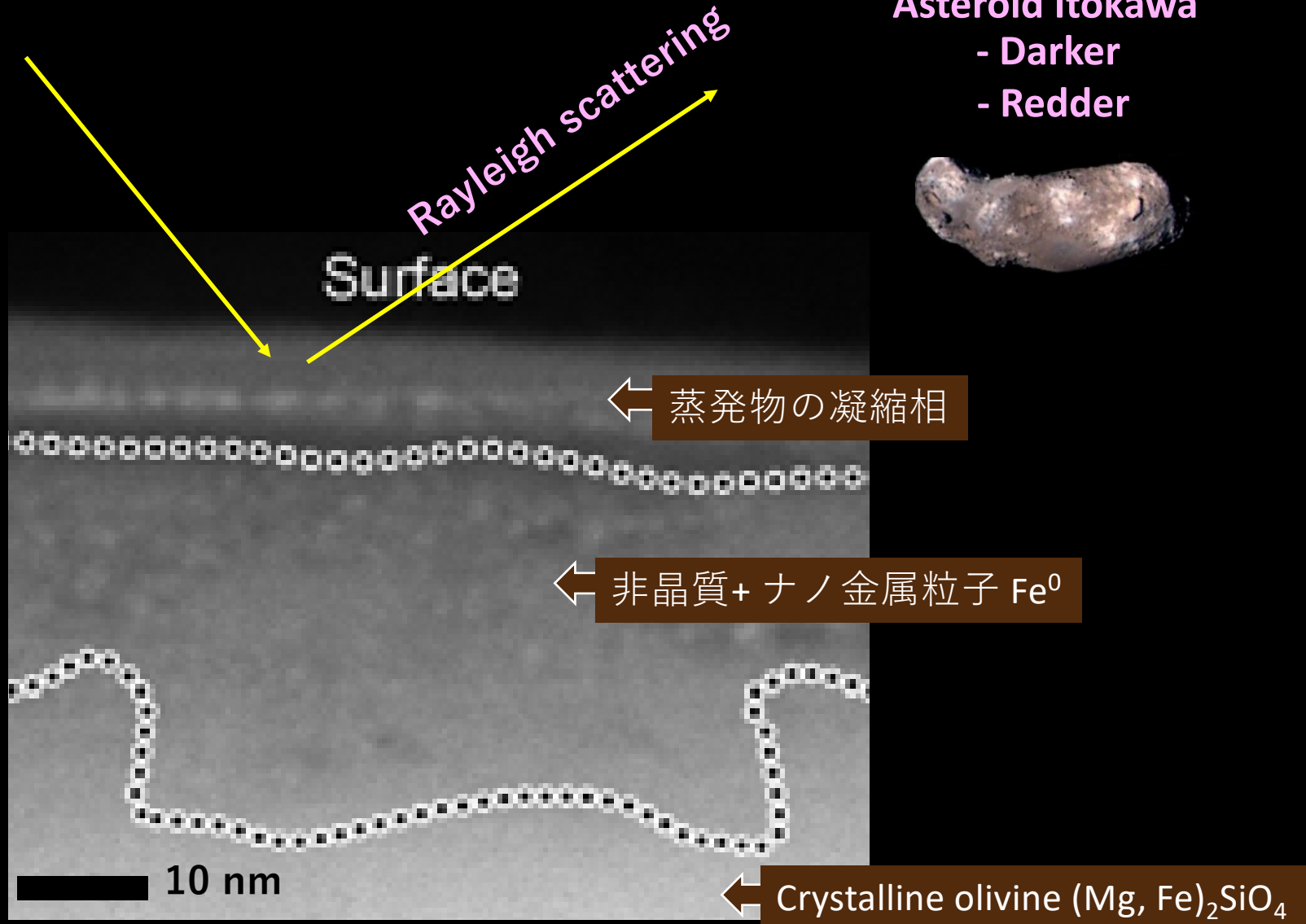
0.2 μm

Space weathering of Itokawa samples

Asteroid Itokawa

- Darker

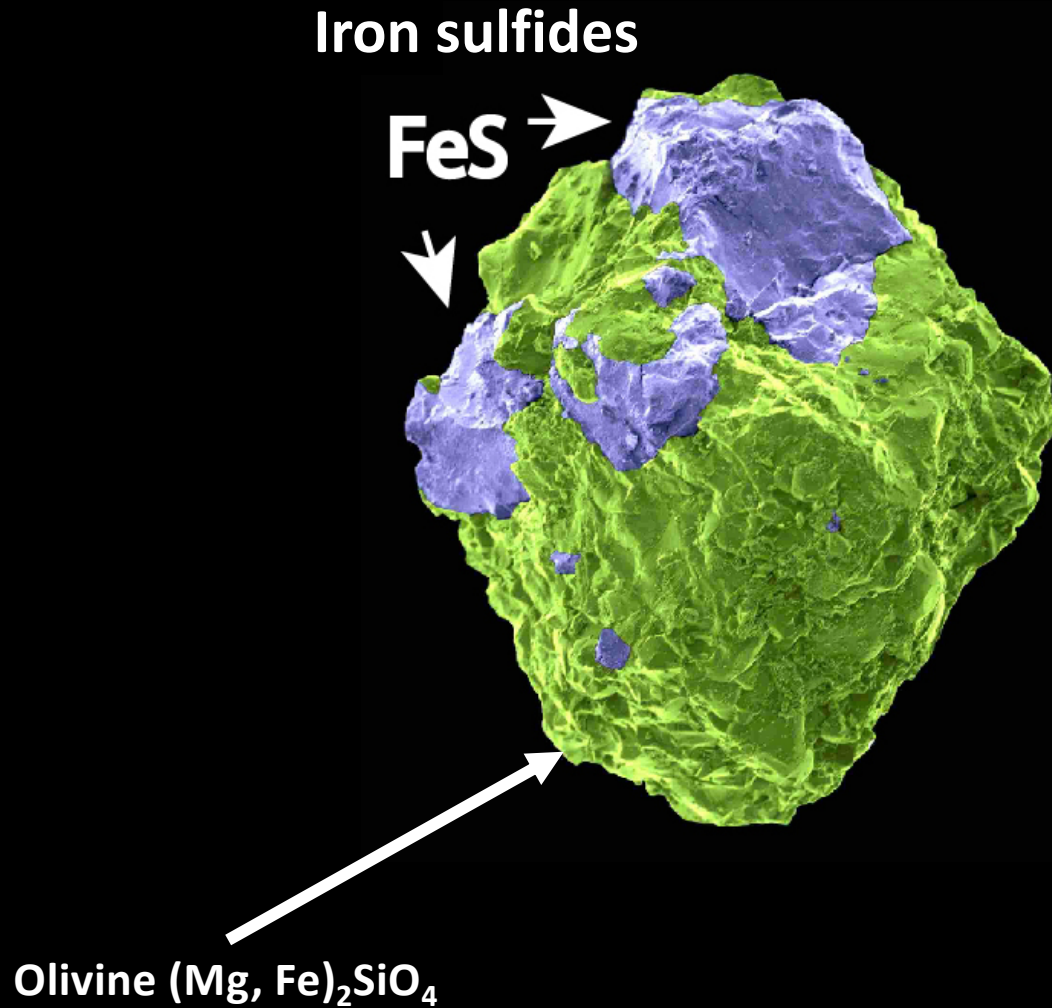
- Redder



Section image

(Noguchi et al. 2014MAPS)

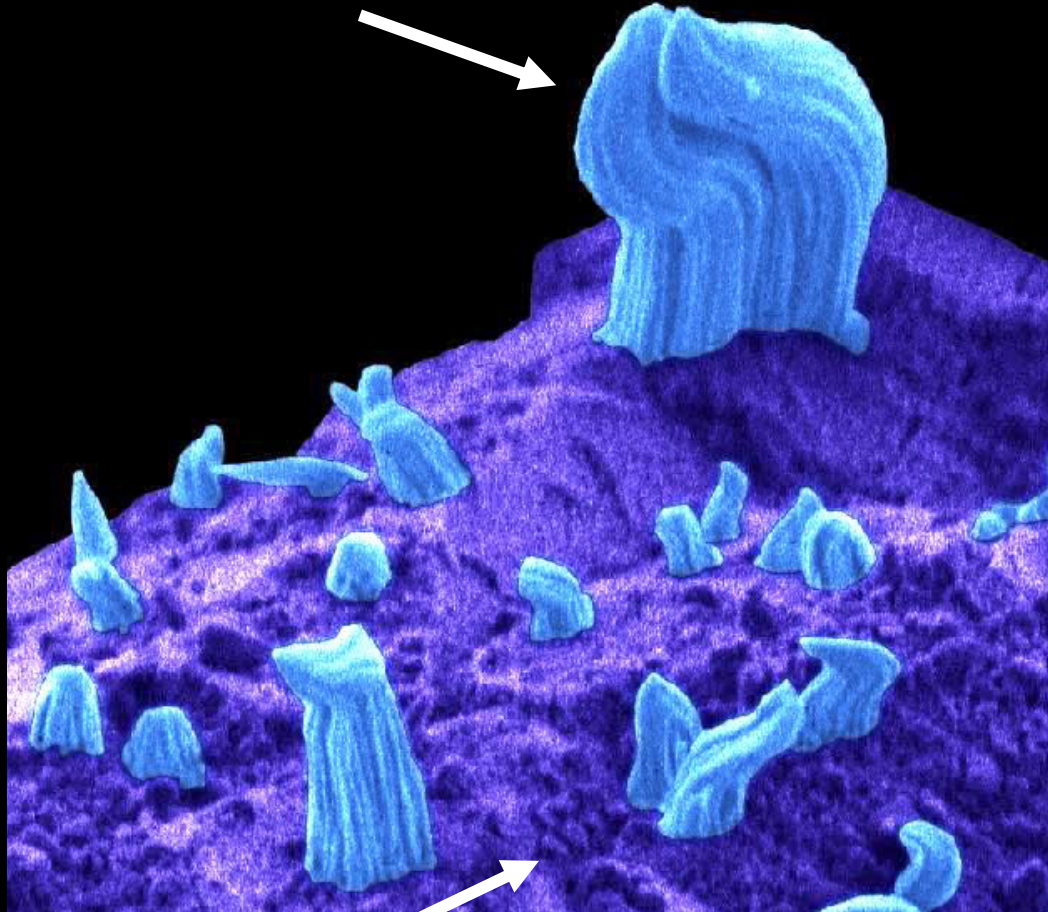
Study of iron sulfides in Itokawa grains



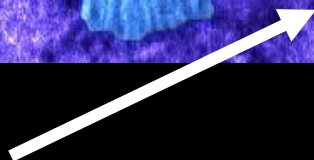
Metallic iron whisker on iron sulfides

(Matsumoto et al. 2020 Nat. Commn)

金属鉄のひげ状結晶



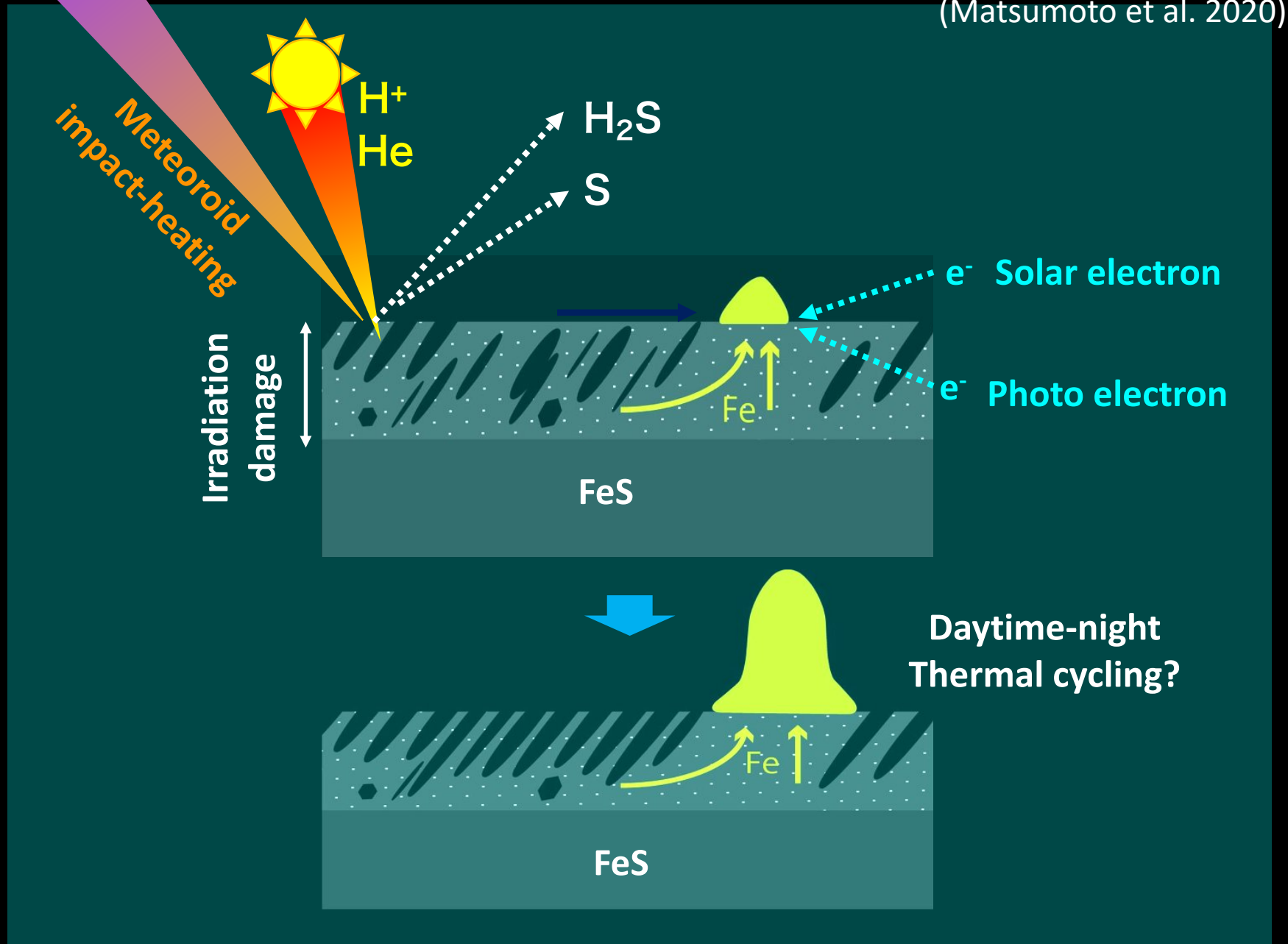
FeS



1 μm

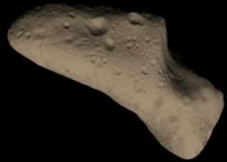
金属鉄ひげ状結晶の成長モデル

(Matsumoto et al. 2020)

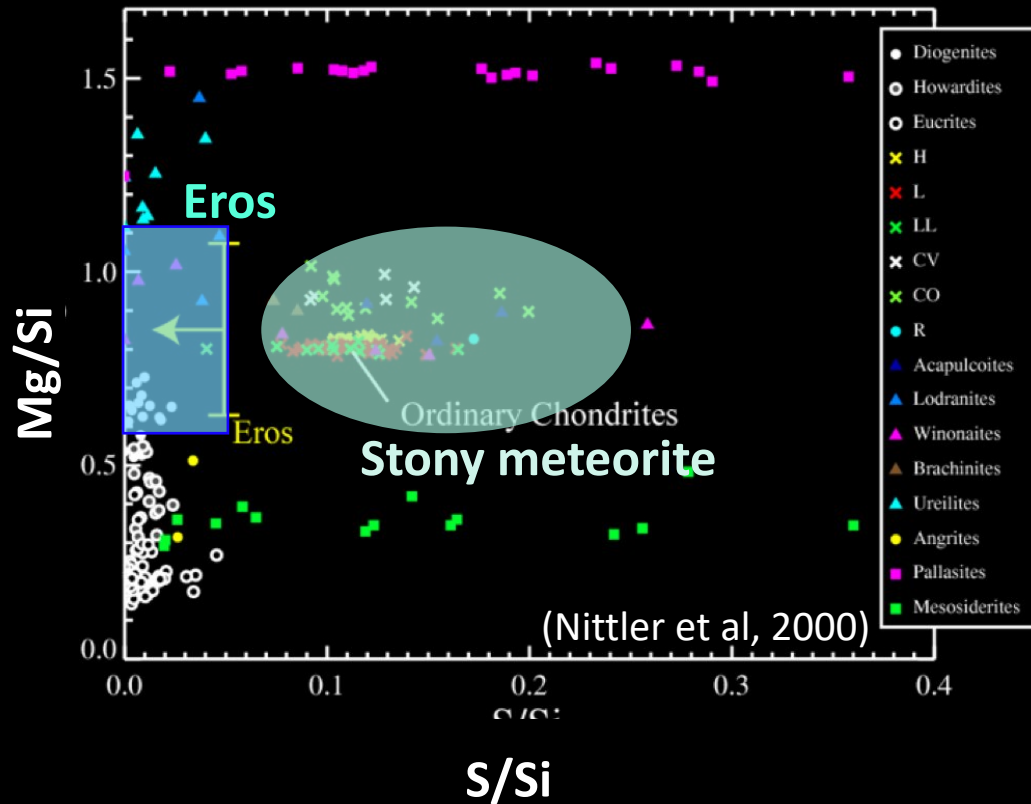


Sulfur depletion on asteroid

(Matsumoto et al. 2020)



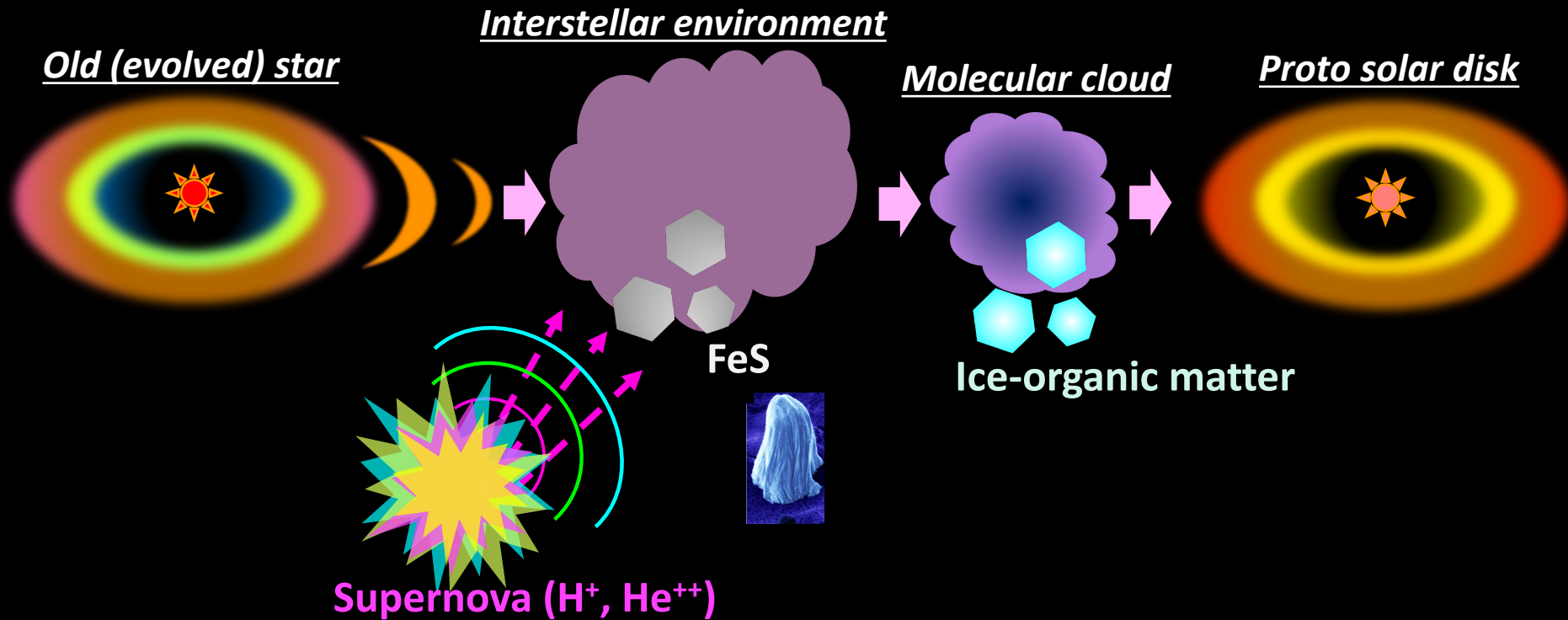
S-type asteroid Eros



小惑星表面では、宇宙風化によって選択的に硫黄が消失する

Iron sulfides in interstellar environment

(Matsumoto et al. 2020)



- Sulfur enrichment in the interstellar gas: ion irradiation to iron sulfides
(Keller et al, 2002)
- Iron metal: important catalysis for organic synthesis in molecular clouds
(e.g., Johnson et al, 2014)

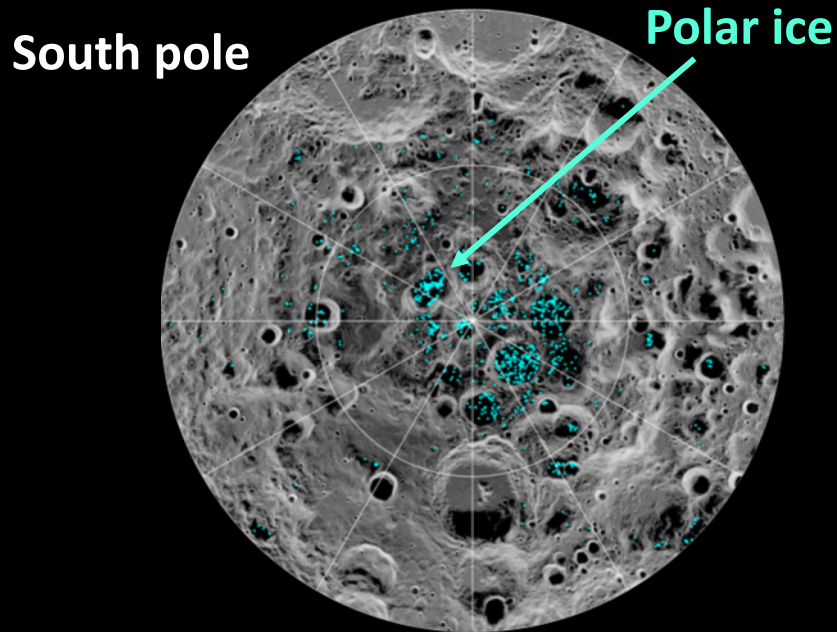
Space weathering of lunar iron sulfides

(Matsumoto et al. 2021 GCA)



Porous iron sulfides + iron whiskers

Lunar polar ice



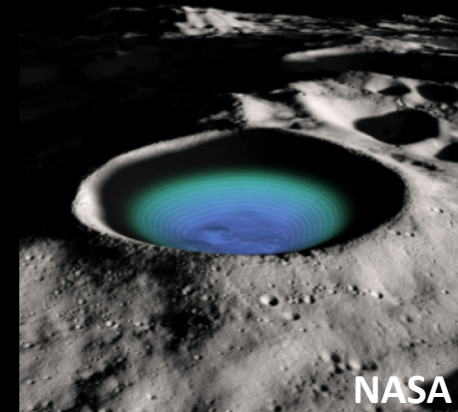
Li et al. 2018

Composition of the polar ice

Cabeus crater, south pole

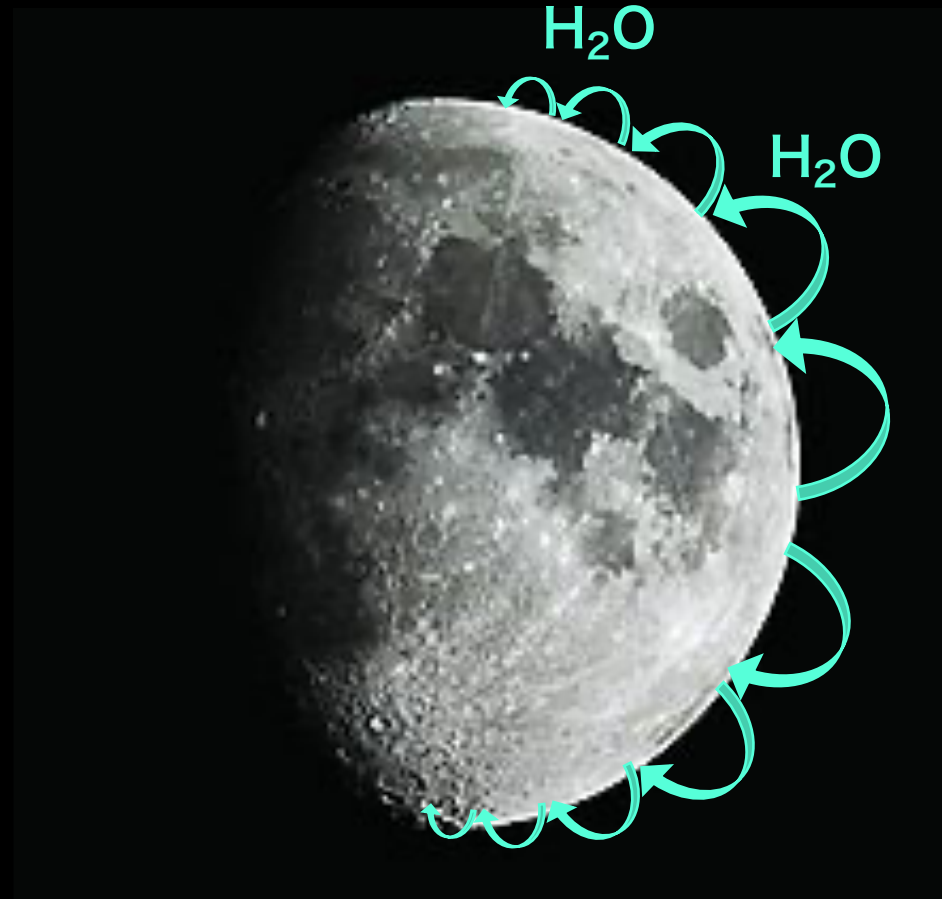
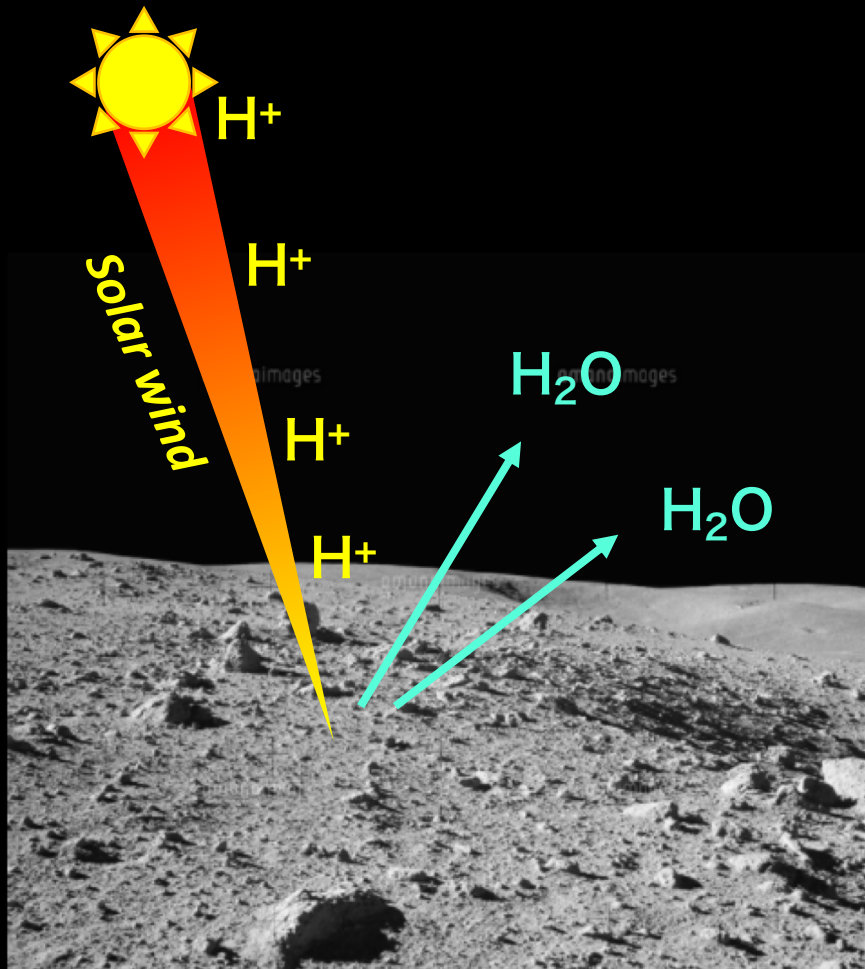
Compound	% Relative to H ₂ O(g)*
H ₂ O	100.00%
H ₂ S	16.75%
NH ₃	6.03%
SO ₂	3.19%
C ₂ H ₄	3.12%
CO ₂	2.17%
CH ₃ OH	1.55%
CH ₄	0.65%
OH	0.03%

(Colaprete et al. 2010)



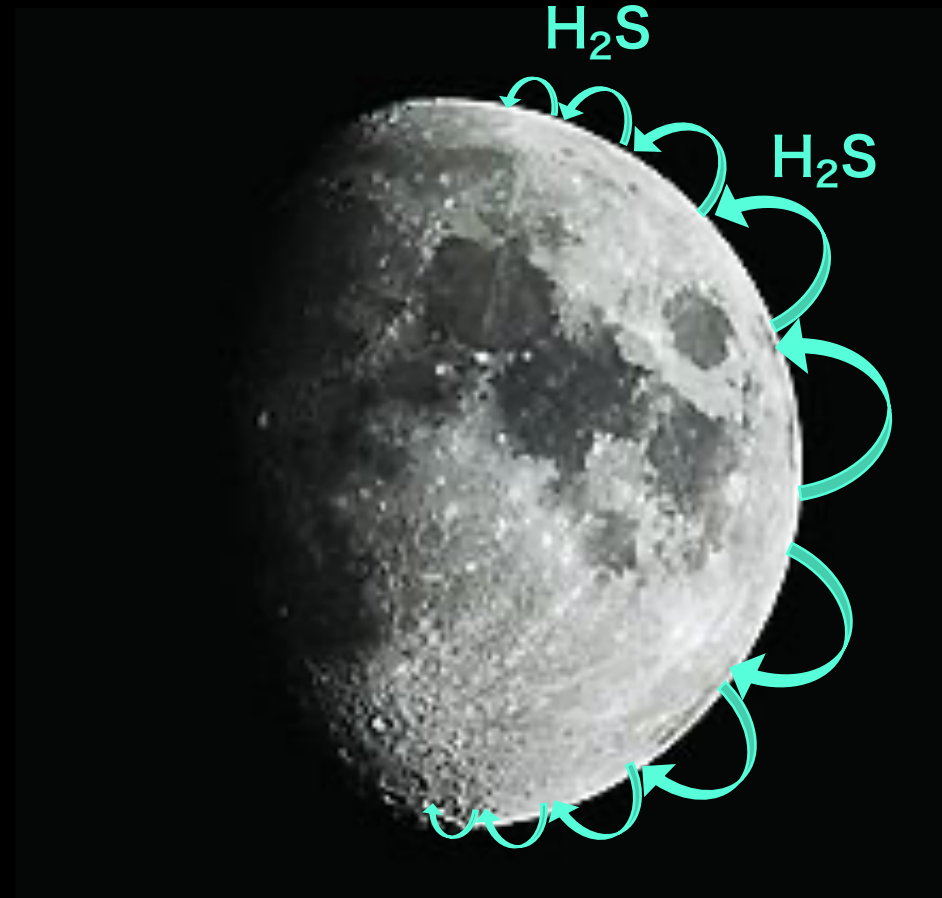
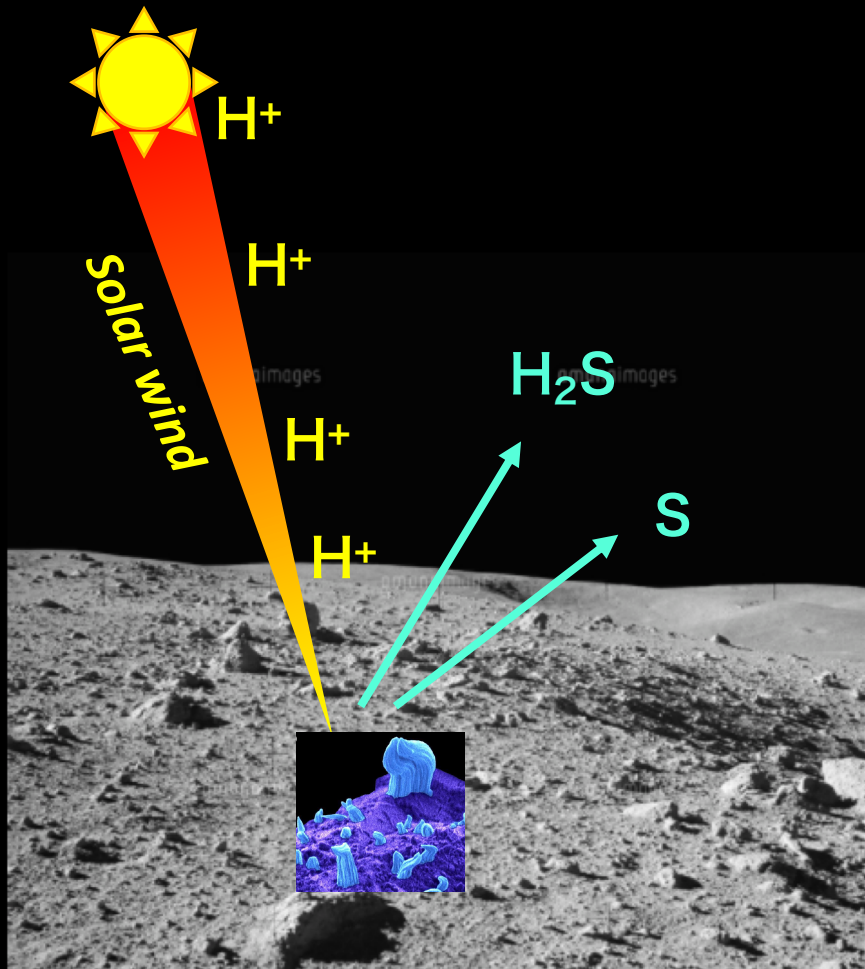
False color of water ice
in Shackleton crater

Possible origin of H₂O in lunar polar ice



(e.g., Kloos et al. 2019)

Possible origin of sulfur compounds in lunar polar ice



まとめ

リターンサンプルの表面を観察すると、サブマイクロメートルの大きさの様々な構造が見られる。

こうした組織は、大気のない天体の化学進化や星間空間の物質の進化を考える上で重要な情報を持っている。

