

SPICAを用いた 太陽系小天体の科学

小林 仁美 (LLP京都虹光房)

癸生川 陽子 (横浜国立大学)

高橋 葵 (アストロバイオロジーセンター)

大坪 貴文 (JAXA/ISAS)、藪田 ひかる (広島大学)、小林 浩 (名古屋大学)

SPICA太陽系・系外惑星サイエンス検討班

目次

- ・ 太陽系小天体とは
- ・ SPICAを用いたサイエンス：彗星
 - (1) 彗星コマ中ガスの化学組成
 - (2) 彗星コマ中ダストの化学組成
 - (3) 彗星核表面のH₂O氷の結晶質/非晶質性
- ・ SPICAを用いたサイエンス：木星トロヤ群小惑星の化学組成/結晶構造
- ・ SPICAを用いたサイエンス：惑星間ダストの化学組成/粒子形状

太陽系小天体とは：分類

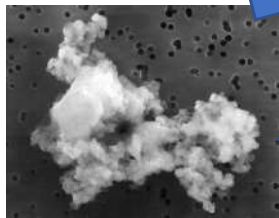
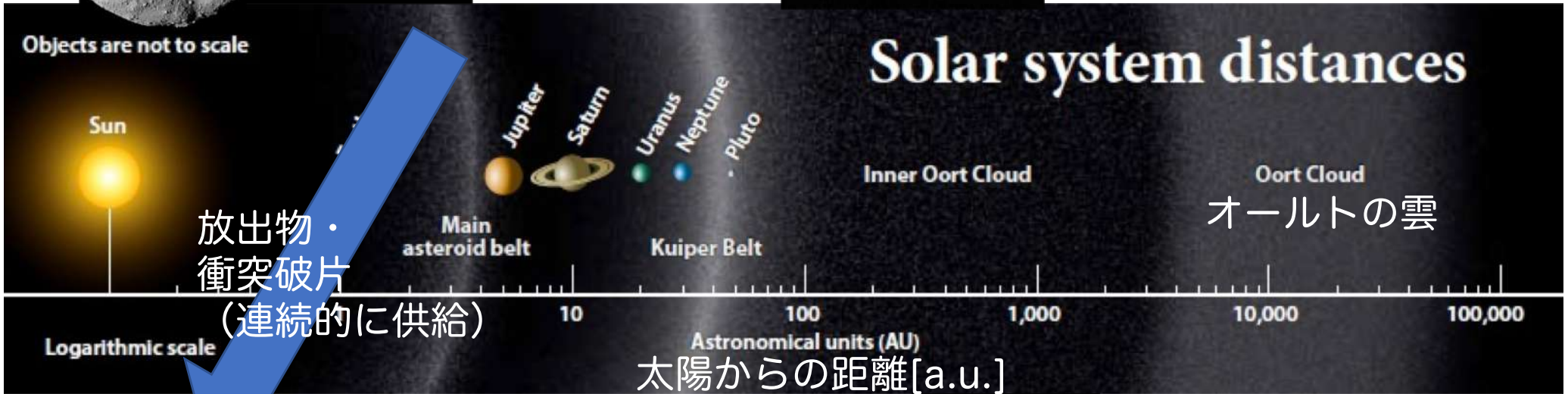
メインベルト
小惑星



木星
トロヤ群小惑星

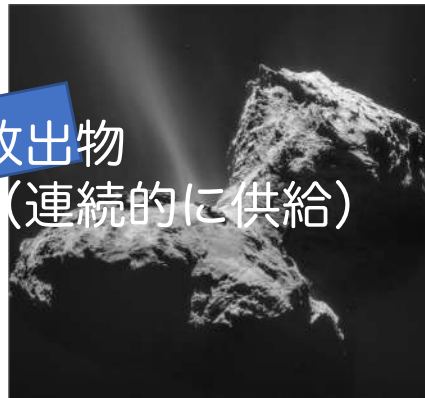


太陽系外縁天体
(TNOs)

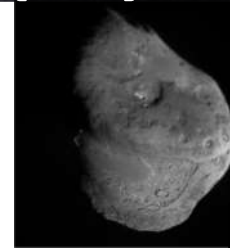


惑星間ダスト

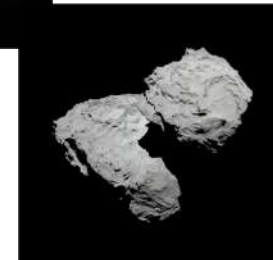
放出物
(連続的に供給)



彗星



彗星核本体

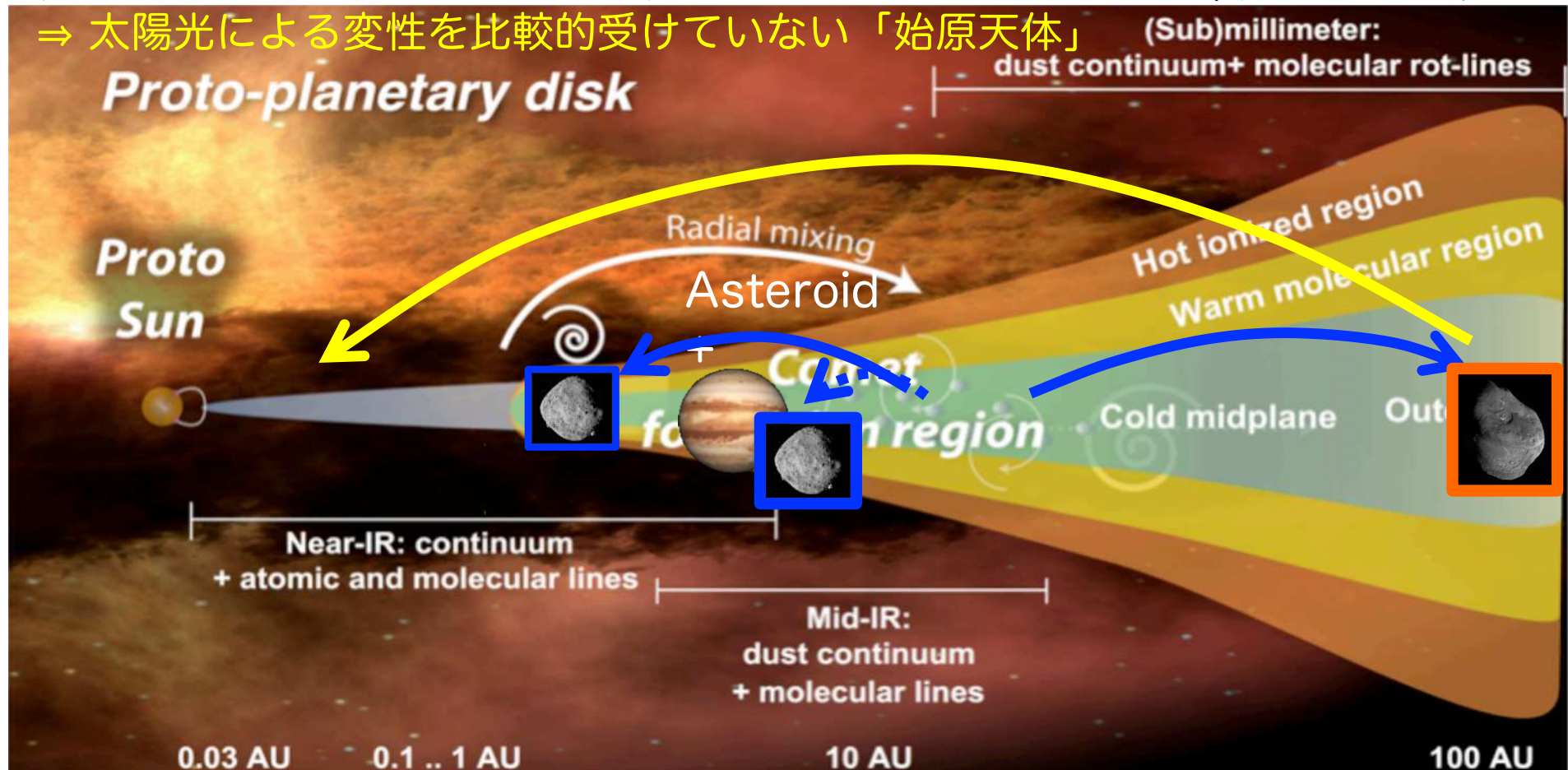


太陽系小天体とは：形成過程

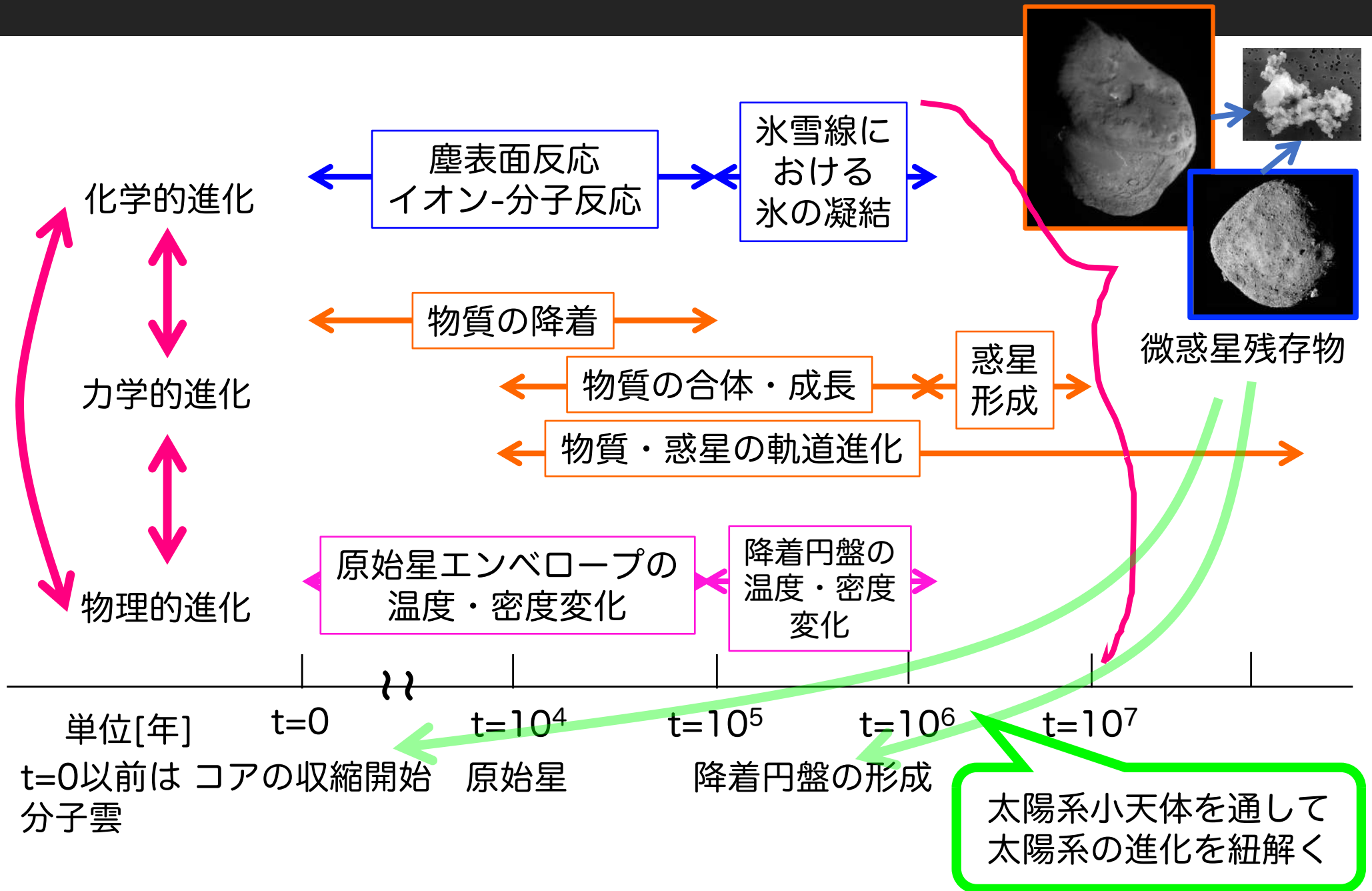
太陽系の形成と太陽系小天体

太陽系の比較的内側（5~30AU付近）で形成された物質/天体が、、、
太陽系外縁部に散乱され、太陽系の内側に戻る軌道になったもの（彗星）
何らかの力学プロセスにより、木星にトラップされた小惑星（木星トロヤ群小惑星）

⇒ 太陽光による変性を比較的受けていない「始原天体」



太陽系小天体とは：形成過程



2020年代以降の望遠鏡/小天体探査計画

TNO、小惑星、彗星

SPICAの強み

- ・高感度 ⇒ 暗い天体 (木星トロヤ群小惑星/惑星間ダスト)
- ・高分散分光 ⇒ ガス輝線 (彗星)

Space telescopes
Missions



Others
DESTINY+
OKEANOS
LUCY

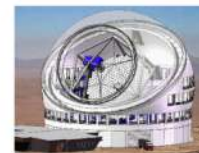
Ground-based telescopes



2025? ELT 40m

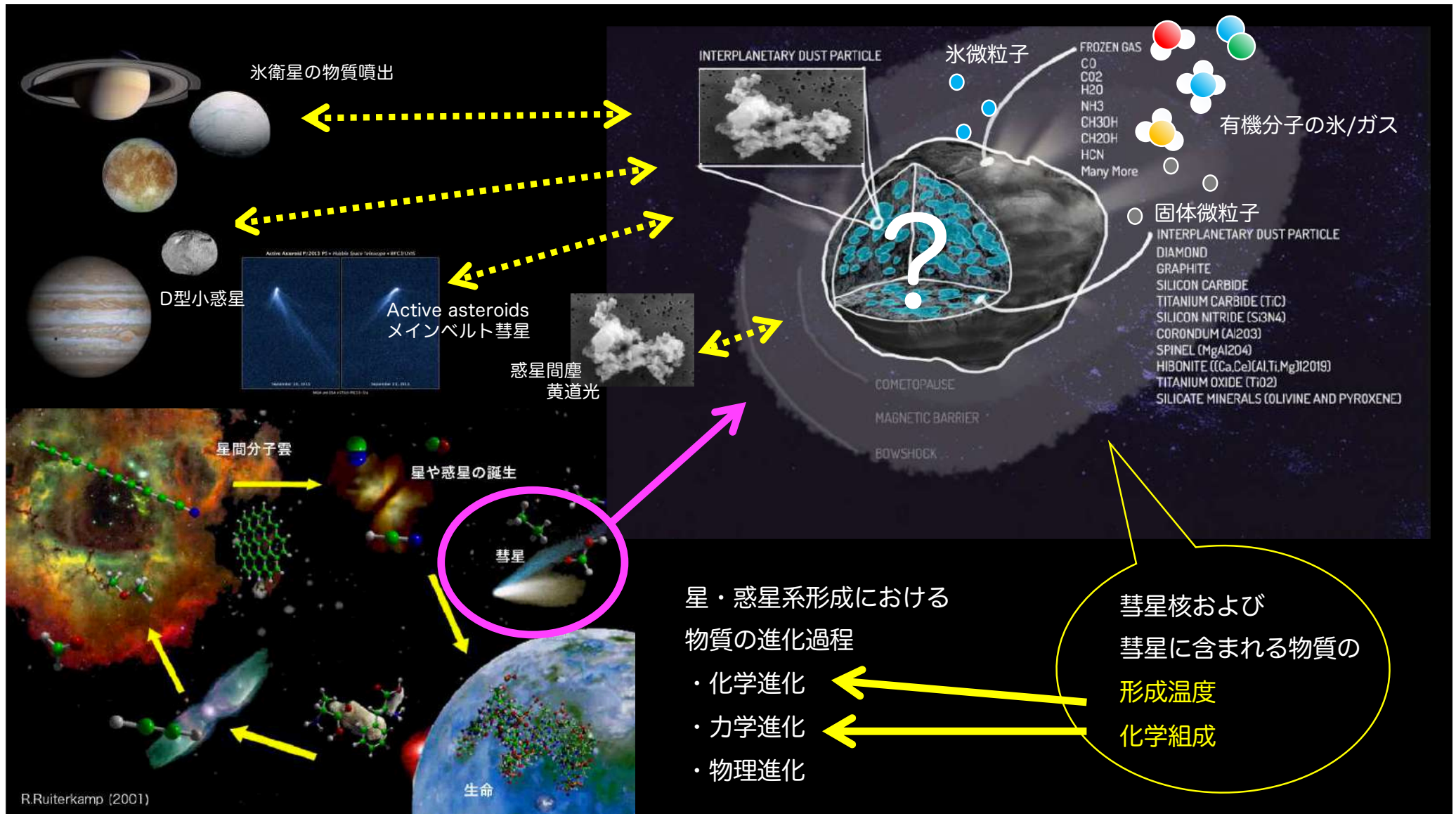


2027? GMT 8.4mx6 (24.5m)



2028 TMT 30m

SPICAを用いたサイエンス：彗星

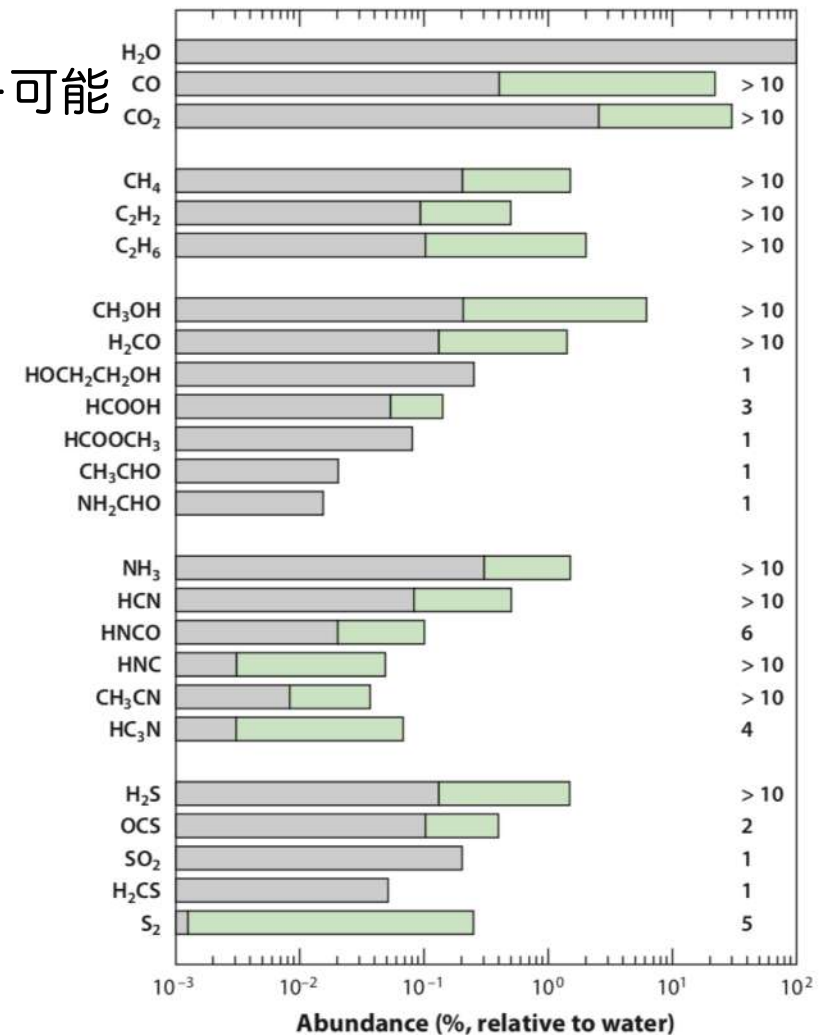
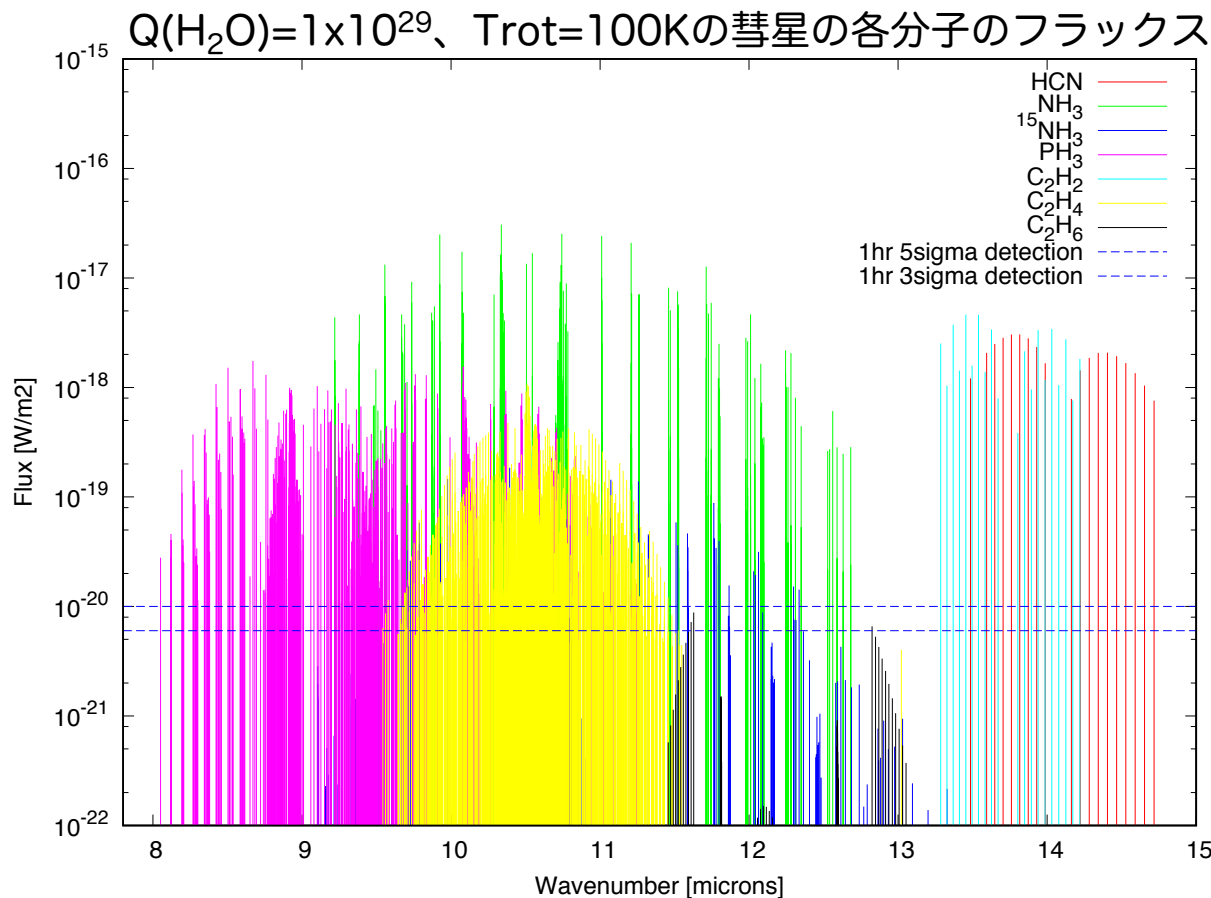


SPICAを用いたサイエンス：彗星

(1) 彗星コマ中ガスの化学組成

- * 彗星から放出される有機分子のガス ⇒ 彗星核に含まれる氷の組成を反映
- * 可視等級～8等の典型的な組成を持つ彗星であれば
SMI/HRモードにて観測可能 (1～2個/年)
- * 8 μ m領域 ⇒ PH₃ (P原子のソース?) がカバー可能

Mumma and Charnley (2011)

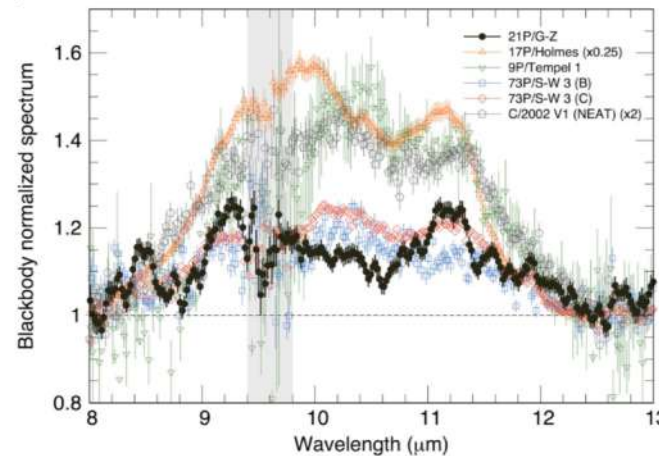
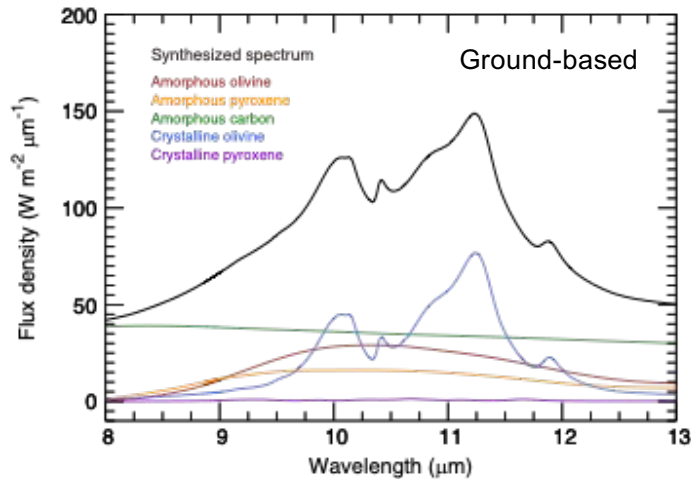


SPICAを用いたサイエンス：彗星

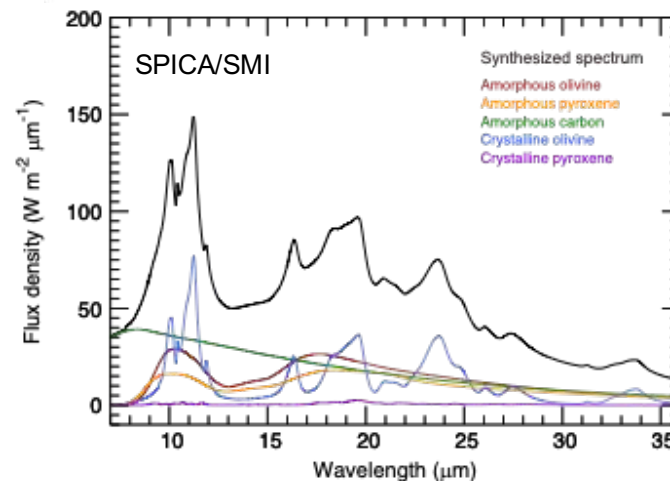
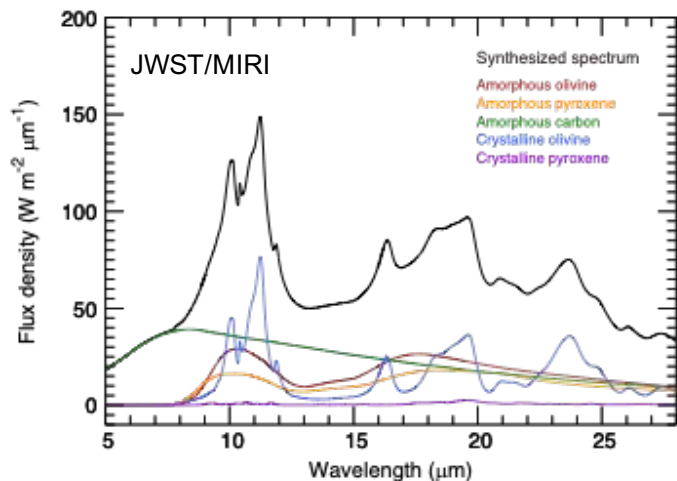
Ootsubo et al. ポスター
Z219c

(2) 彗星コマ中ダストの化学組成

- * 彗星ダストの組成/結晶構造 ⇒ 形成温度/形成温度に制限が与えられる
- * 地上観測：8~14 μm 領域の低分散分光 ⇒ 各鉱物のフィーチャーの分離が難しい
< 20 μm のフィーチャーが有用



さまざまな彗星の中間赤外線
低分散スペクトル（地上観測）
(Ootsubo et al. 2019)

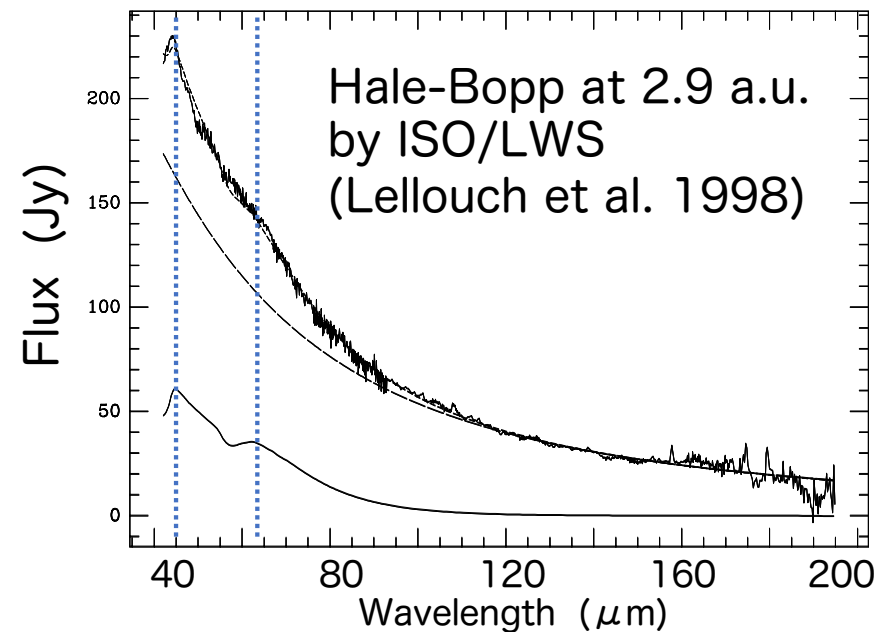
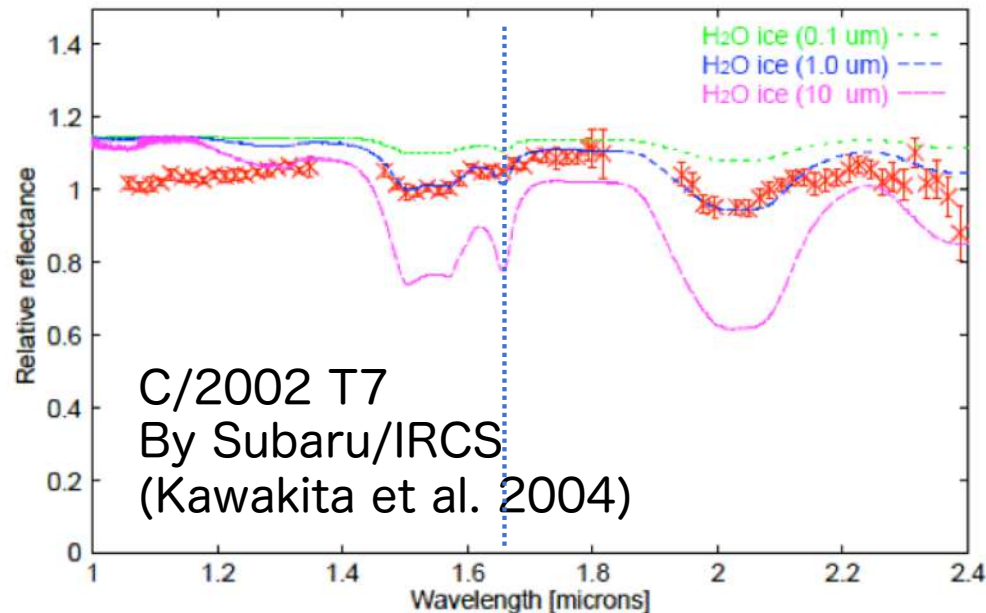


ISOによる1P/Halley彗星の
モデルフィッティング

SPICAを用いたサイエンス：彗星

Ootsubo et al. ポスター
Z219c

- (3) 彗星核表面のH₂O氷の結晶質/非晶質性
- * H₂O snow line (~3 a.u.) 以遠の彗星活動 (バースト) のメカニズム
⇒ 議論中ではあるが、H₂Oアモルファル氷の結晶質化がトリガーになる仮設が有力
 - * snow line以遠の彗星核近傍、彗星核表面のH₂O氷の吸収バンドを直接観測
⇒ 探査機・望遠鏡観測の両方を含めても、近赤外線領域のH₂O氷吸収バンド (1.6、2μm) の検出例は数例しかなく、結晶状態に関しては conclusiveな結果は得られていない
 - * 44、62μm付近の輝線バンドの検出を狙う

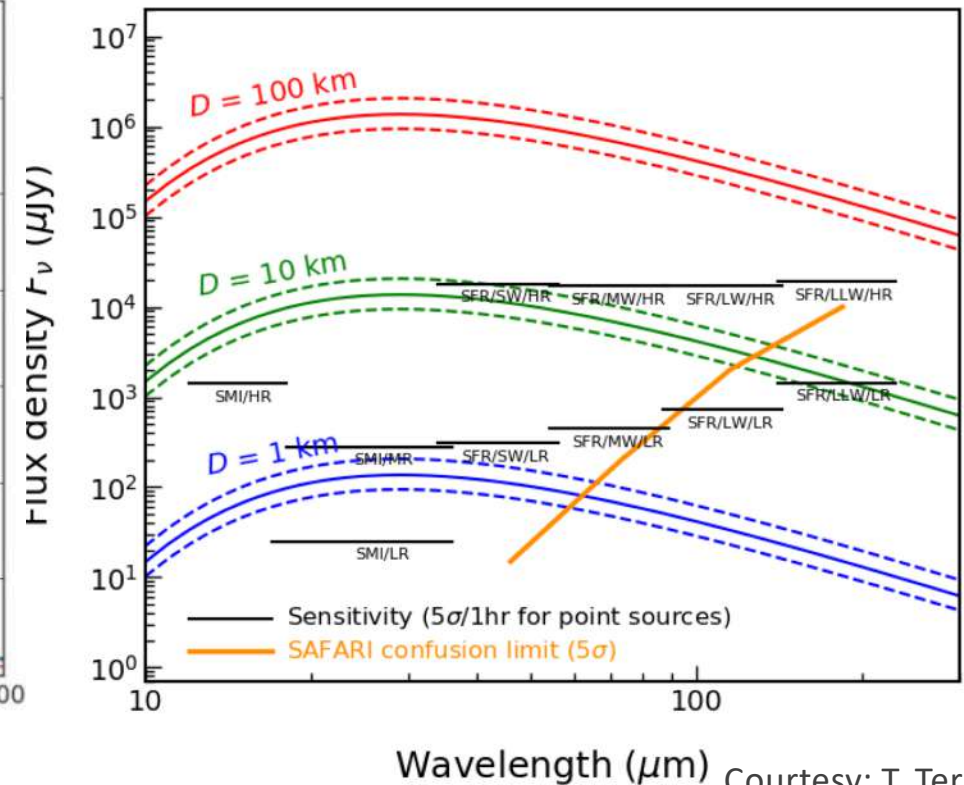
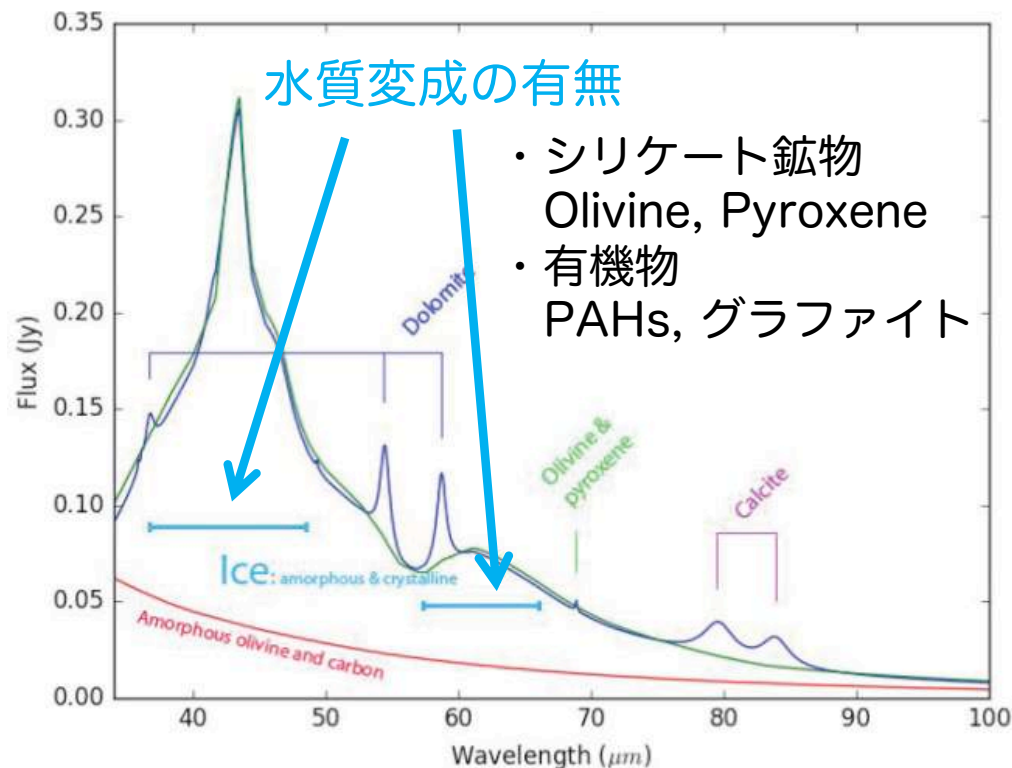


SPICAを用いたサイエンス：木星トロヤ群

Kebukawa et al. ポスター
Z217b

木星トロヤ群小惑星の化学組成

- * 木星トロヤ群小惑星の起源？（木星近傍領域 or 遠方？？）
⇒ 力学進化プロセスに制限を与えられる
- * スペクトル型：主としてD型/P型（彗星と小惑星の中間的な天体？）
⇒ 隕石サンプルが少ない、観測サンプルからも決定的な結論が得られていない
- * SPICAでは直径 ～数km の天体を十分に観測が可能

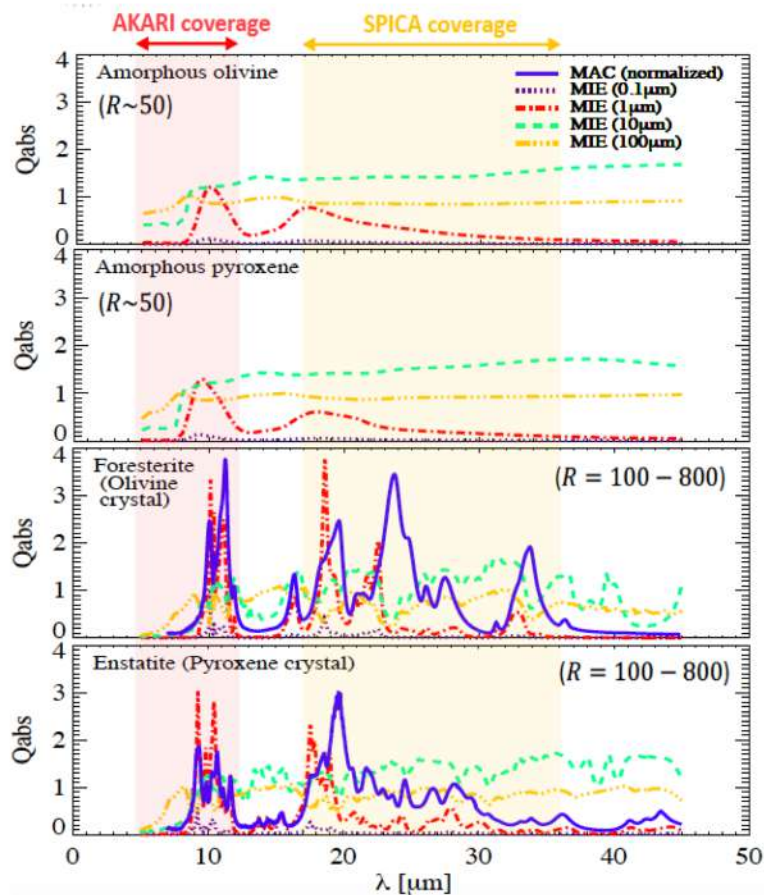


SPICAを用いたサイエンス：惑星間ダスト

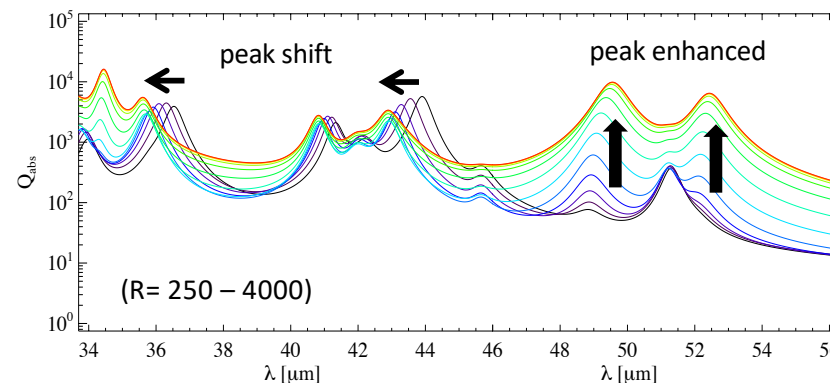
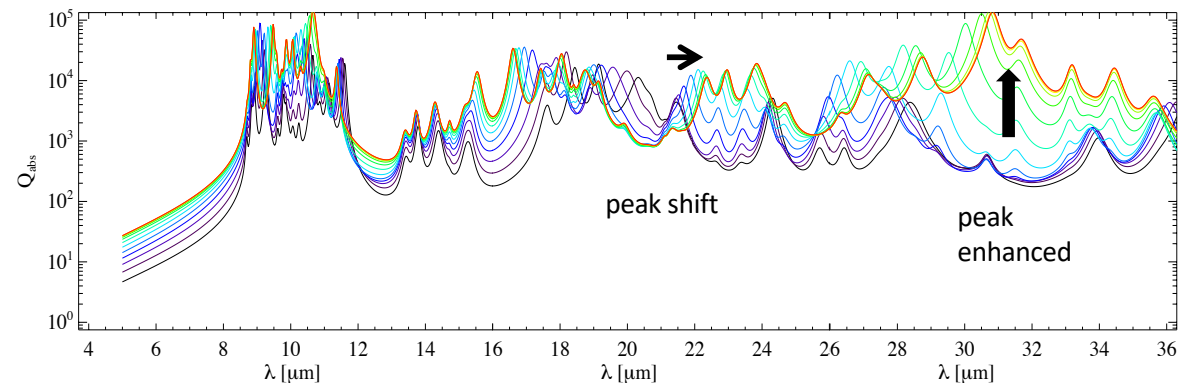
Takahashi et al. ポスター
Z218b

惑星間ダストの化学組成

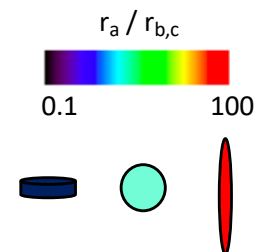
- * 惑星間ダスト：sub- μm ～数mmサイズのシリケート微粒子 \Rightarrow 黄道光
- * 黄道光の起源（小惑星 or 彗星）によって分布が異なっている
 - \Rightarrow 組成は起源によらず区別されることなく議論されてきた (Reach et al. 2003)
 - 彗星/小惑星起源の黄道光の組成/結晶構造？形状？



粒子形状によってピーク位置/強度が変化する



Enstatite
elongated/shortened
along a-axis



まとめ

- SPICAの高感度・高波長分解能という特徴を活かし、太陽系小天体のサイエンスについて検討を行った
- SPICAを用いたサイエンス：彗星
 - (1) 彗星コマ中ガスの化学組成 ⇒ 彗星含有物質の形成温度・形成領域
 - (2) 彗星コマ中ダストの化学組成 ⇒ 微惑星形成時の力学進化
 - (3) 彗星核表面のH₂O氷の結晶質/非晶質性 ⇒ 微惑星形成プロセス
- SPICAを用いたサイエンス：木星トロヤ群小惑星の化学組成/結晶構造 ⇒ 微惑星形成時の力学進化
- SPICAを用いたサイエンス：惑星間ダストの化学組成/粒子形状 ⇒ 微惑星形成後の彗星・小惑星の力学進化、ダスト形成プロセス