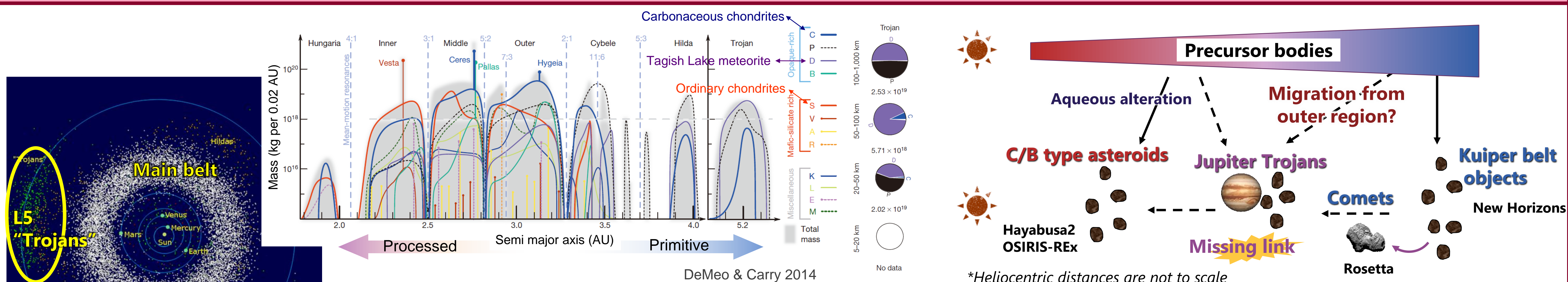


# SPICA の中間赤外線分光観測で探る木星トロヤ群小惑星の科学

癸生川陽子 (横浜国立大学), 小林仁美 (LLP京都虹光房), 高橋葵 (ABC), 大坪貴文 (JAXA/ISAS), 寺居剛 (国立天文台), 吉田二美 (千葉工大), 長谷川直 (JAXA/ISAS), 臼井文彦 (神戸大), SPICA太陽系・系外惑星サイエンス検討班

## Why we care for Jupiter Trojan asteroids?



木星トロヤ群小惑星を構成する物質の詳細な情報を得ることにより期待される成果

- (1) 太陽系の初期形成過程における物質進化に関する知見を広げることができる。
- (2) 構成物質の情報から木星トロヤ群小惑星の形成場所を制約することにより、惑星系の形成過程を制約することができる。

木星トロヤ群小惑星は、木星のラグランジュポイント(L4, L5)上にある小惑星群である。スペクトル型は主にD/P型であり(DeMeo and Carry, 2014), メインベルト小惑星よりも揮発性成分に富み、始原的な天体であると考えられている。これらの天体は、C型小惑星と彗星の中間的な天体とも考えられ、特に有機物や氷などの比較的揮発性の高い成分に関して、スノーライン以遠の小天体の物質進化過程のシームレスな理解の鍵となることが期待される。

また、木星トロヤ群の起源は、木星軌道付近の微惑星が木星に捕獲されたものと考えられてきたが(Marzari and Scholl, 1998), Nice modelなどの比較的新しい理論によると、太陽系外縁天体と同じ起源をもつ始原的な天体が巨大惑星の移動に伴い散乱されたものであると示唆されている(Morbidelli et al. 2005)。そこで、木星トロヤ群小惑星が、木星軌道よりも遠方の領域を起源とするのか、あるいは現在の木星軌道領域を起源とするのか(したがってメインベルト小惑星の延長上)を調べることで、惑星形成過程の制約が可能である。

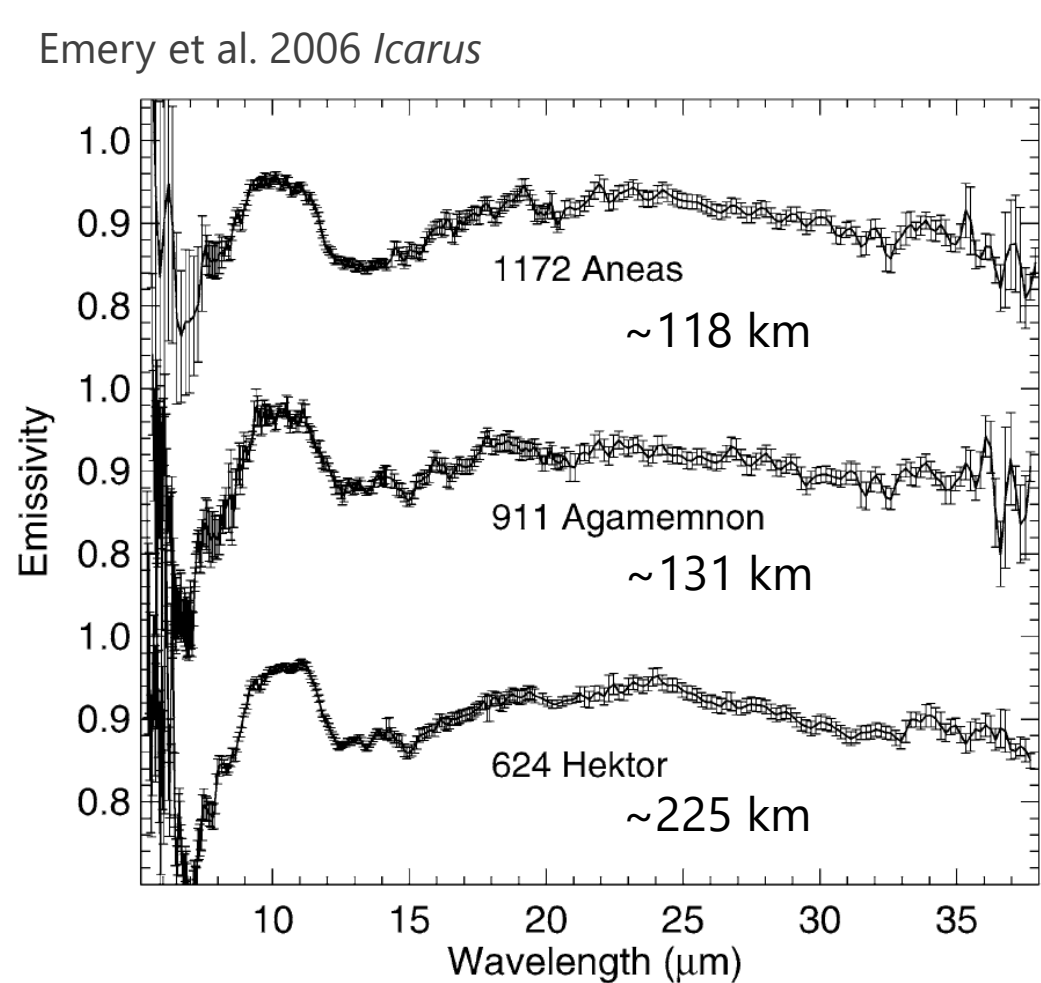
このように惑星形成や物質進化の鍵となる天体であるにもかかわらず、木星トロヤ群小惑星の物質的情報を我々はほとんど持っておらず、これらの天体についてはわかっていないことが多い。

多くの隕石はメインベルト小惑星由来であるが、D/P型由来とされている物質は非常に限られており、Tagish Lake隕石がほぼ唯一のD型小惑星由来と考えられている隕石である(Hiroi et al. 2001)。

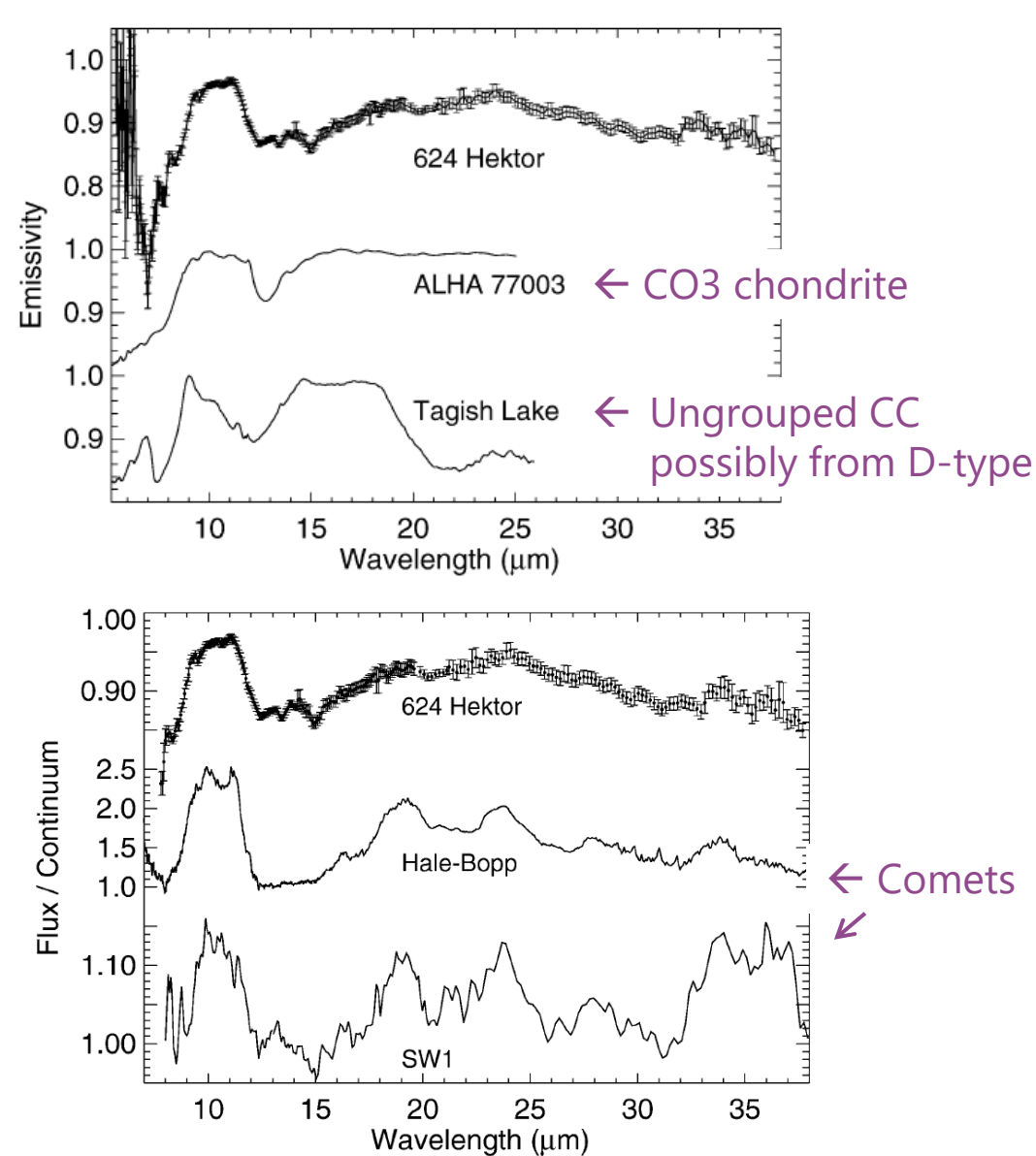
地上観測やSpitzerなどによる木星トロヤ群の可視～赤外領域のスペクトルからは、3.1 μm (OH)や 10 μm (シリケート)のフィーチャーが観測されているが(e.g., Emery et al. 2006; 2011), それら以外の情報は乏しく、木星トロヤ群を構成する物質についてはほとんどわかっていない(下図参照)。

そこで、複数の木星トロヤ群小惑星についてSPICAで中間赤外線分光観測を行うことにより、表面物質の情報およびその多様性を明らかにし、これらの天体の起源を明らかにする。さらに、メインベルト小惑星から木星トロヤ群、ケンタウルス族、TNOまでを含めた始原的小天体の包括的な観測を行うことにより、スノーライン以遠の小天体の物質進化過程のシームレスな理解を目指す。また、2020年代前半に打ち上げが予定されている火星衛星探査計画(MMX)によるその場観測・サンプル採取の成果と組み合わせることで、始原的小惑星の総合的な理解が深まるものと期待される。

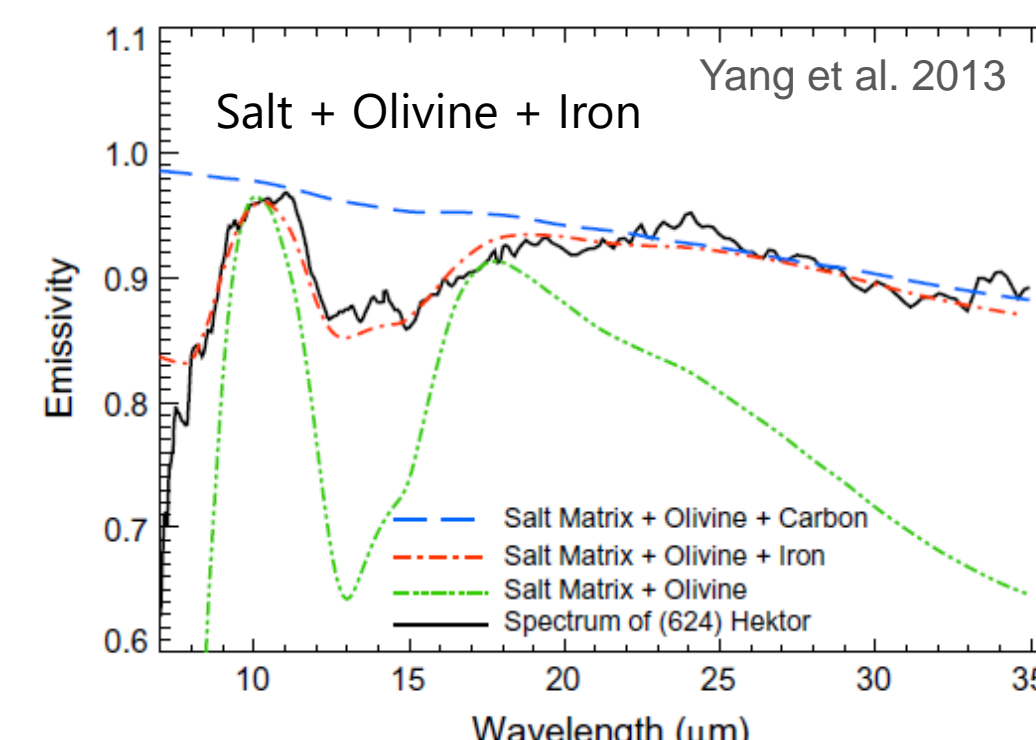
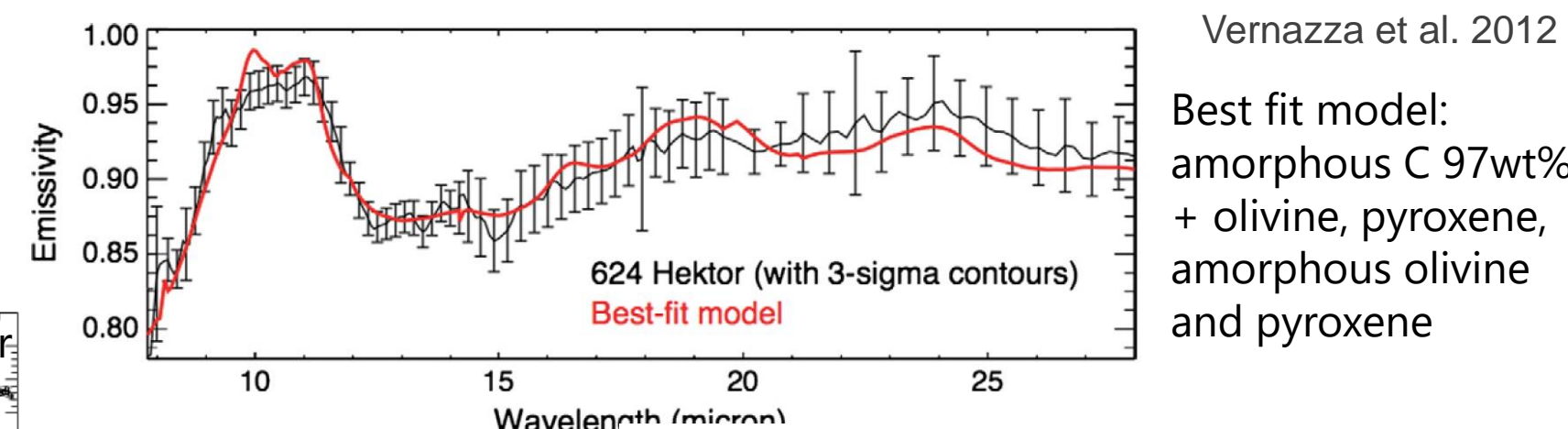
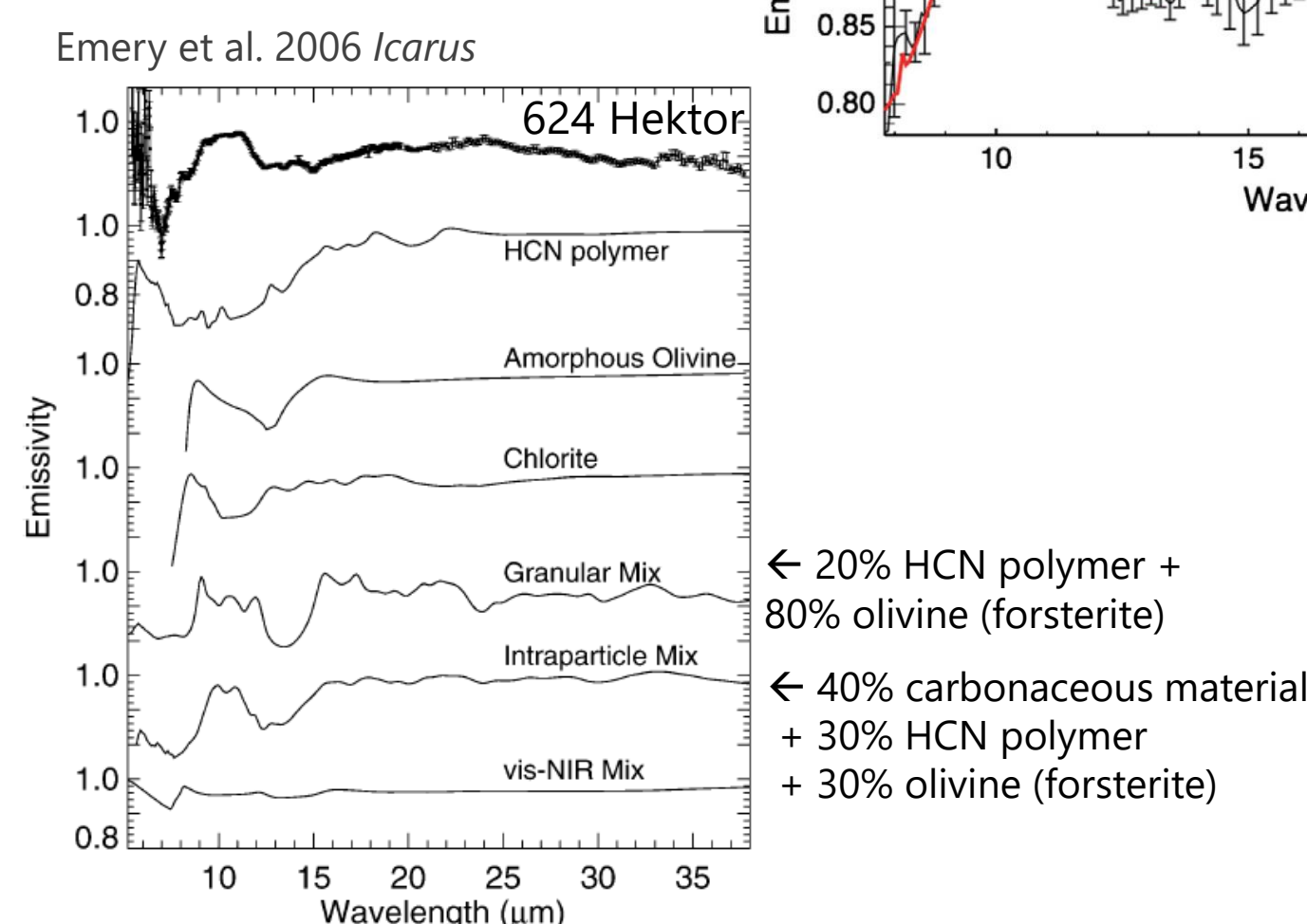
## IR Observation of Trojans



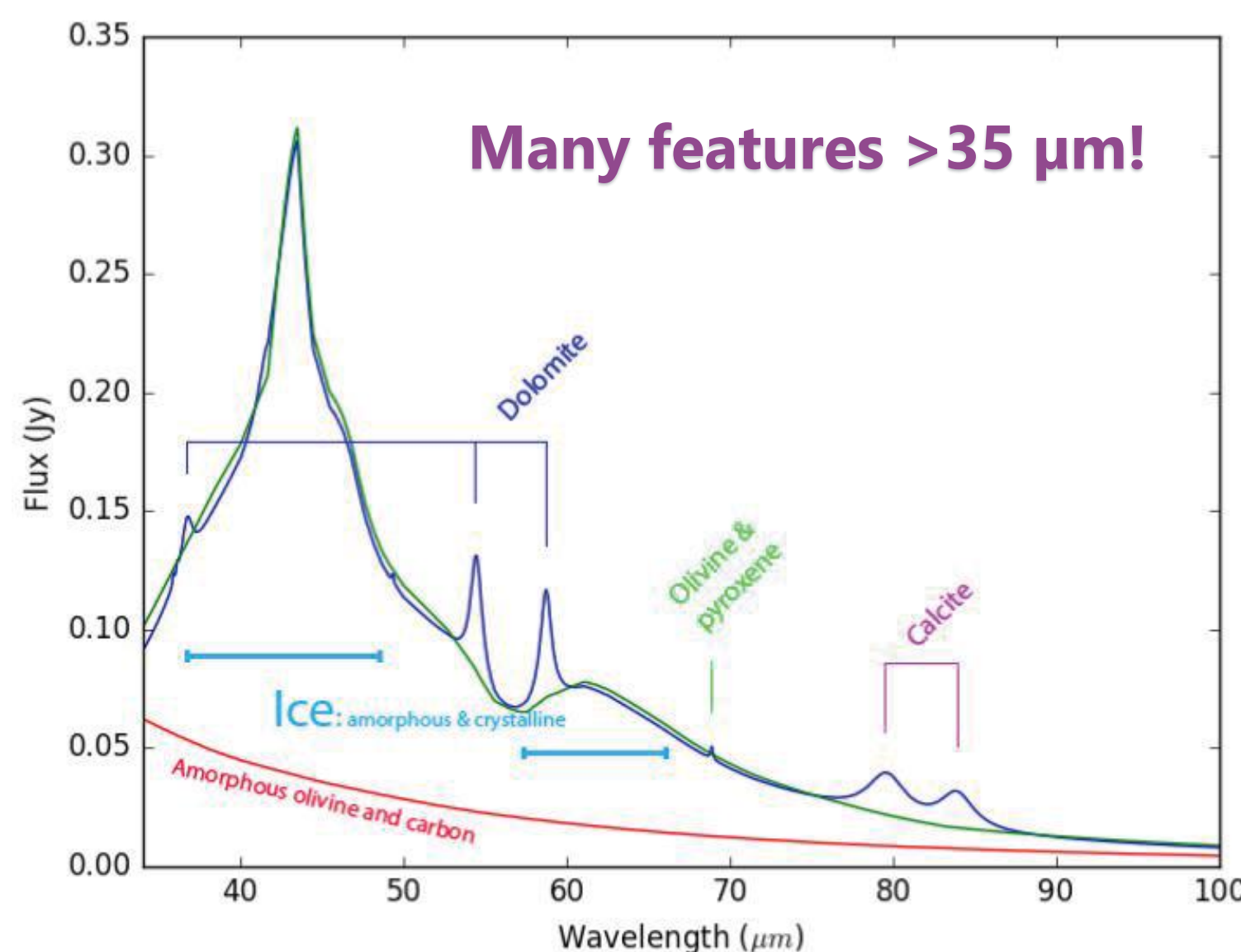
- 0.3-3 μm領域はTagish Lake隕石(D-type)と近いが(Hiroi et al. 2001), 10 μm以上の領域は合わない
- スペクトルは彗星とよく似ている



### What's in the Trojans? アナログ物質との比較

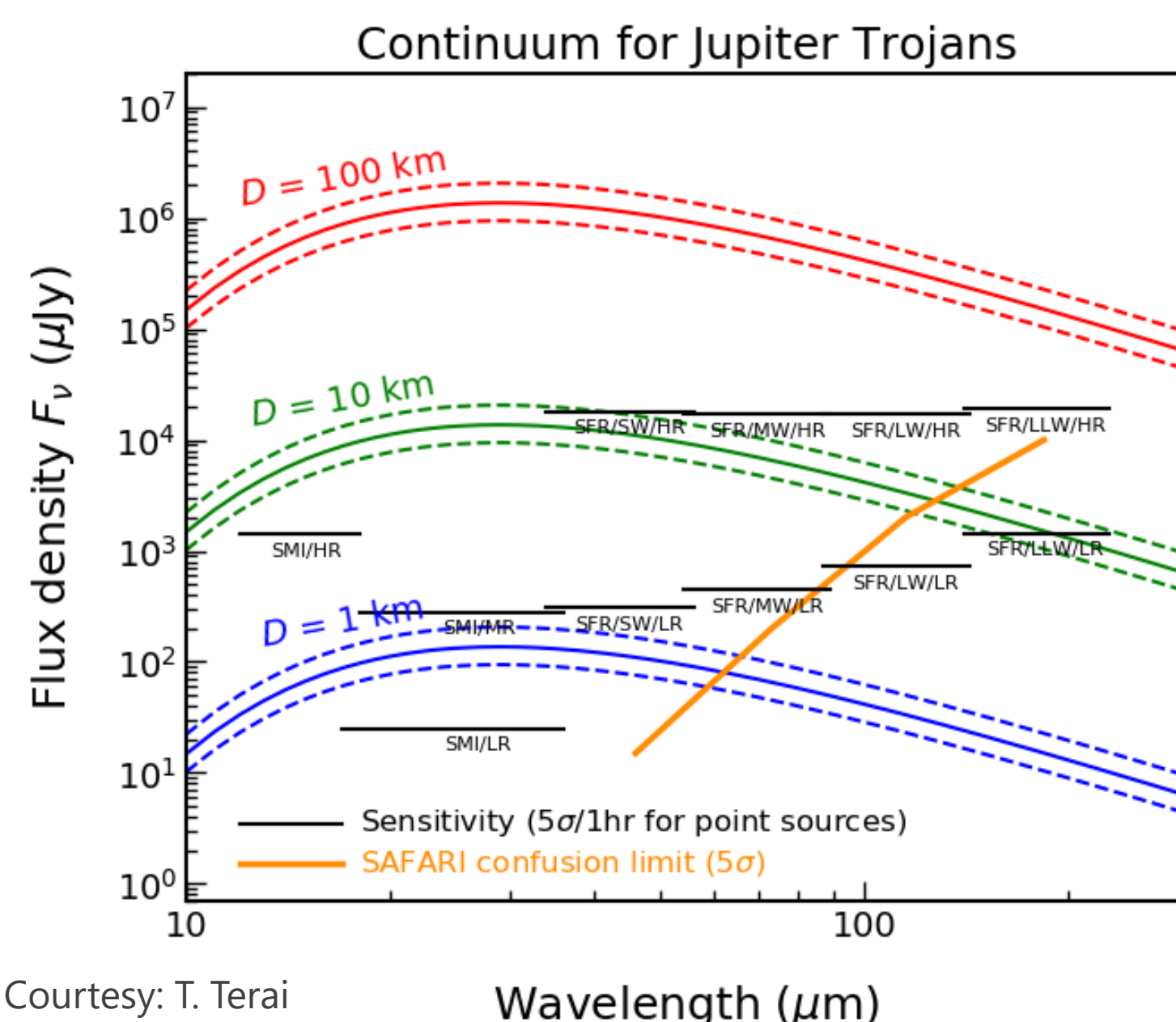


## Expectations for SPICA



SPICA\_M5\_Proposal\_V1.1\_science

SPICAは 12~230 μmまでの波長領域の高感度分光が可能であり、この波長領域には、水氷(44, 62 μm), 炭酸塩(30-100 μm), PAHs (12.7, 13.5, 14.2, 15.9, 17, 18.9 μm), グラファイト(30 μm), かんらん石(23, 33, 69 μm), 輝石(28, 37, 43 μm), 非晶質ケイ酸塩(18 μm)などのフィーチャーが含まれる。特に、(1)ケイ酸塩が非晶質か結晶質かにより物質の起源の制約、(2)氷の有無や二次鉱物(炭酸塩)の有無により水質変成の有無、(3)有機物の特徴、等に着眼した観測を行う。



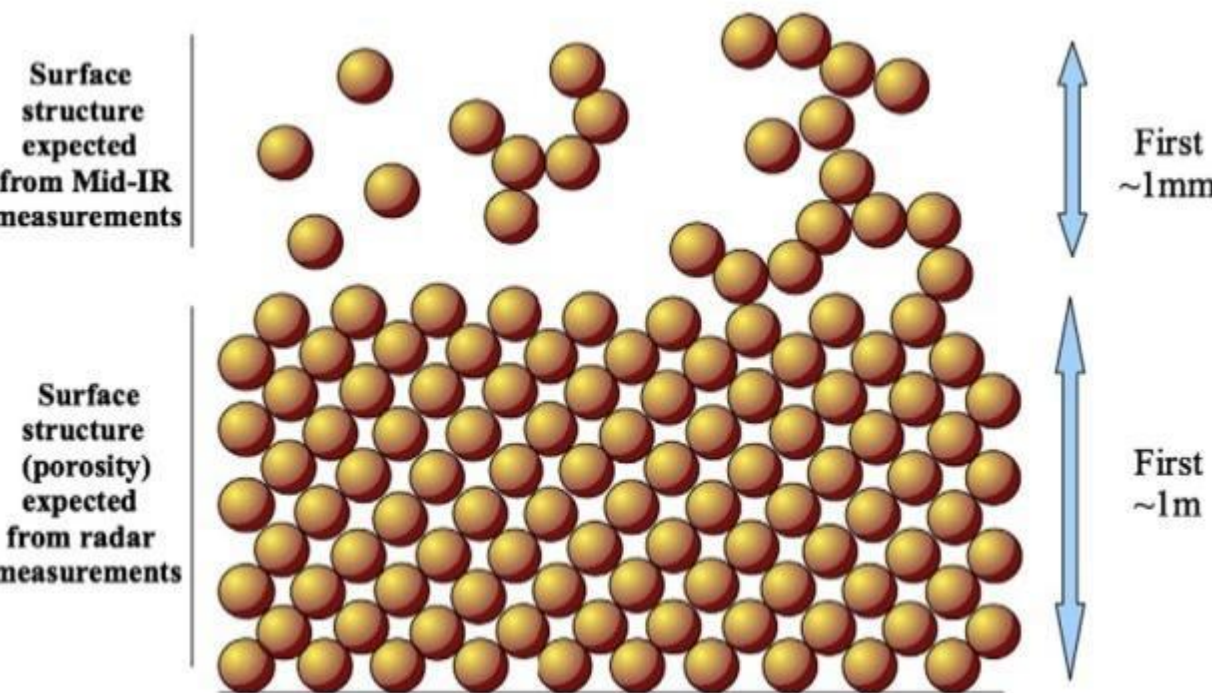
Courtesy: T. Terai

木星軌道付近の天体の場合、1 時間程度の積分で直径 10 km 未満の小型の天体の上記のフィーチャーが検出されるスペクトルデータを十分な精度で取得することが可能である。

観測の対象天体は、D型、P型、C型などなるべく多様なスペクトル型から選び、軌道要素も考慮して合計>20個程度観測する。

## Advantages of SPICA for Trojans

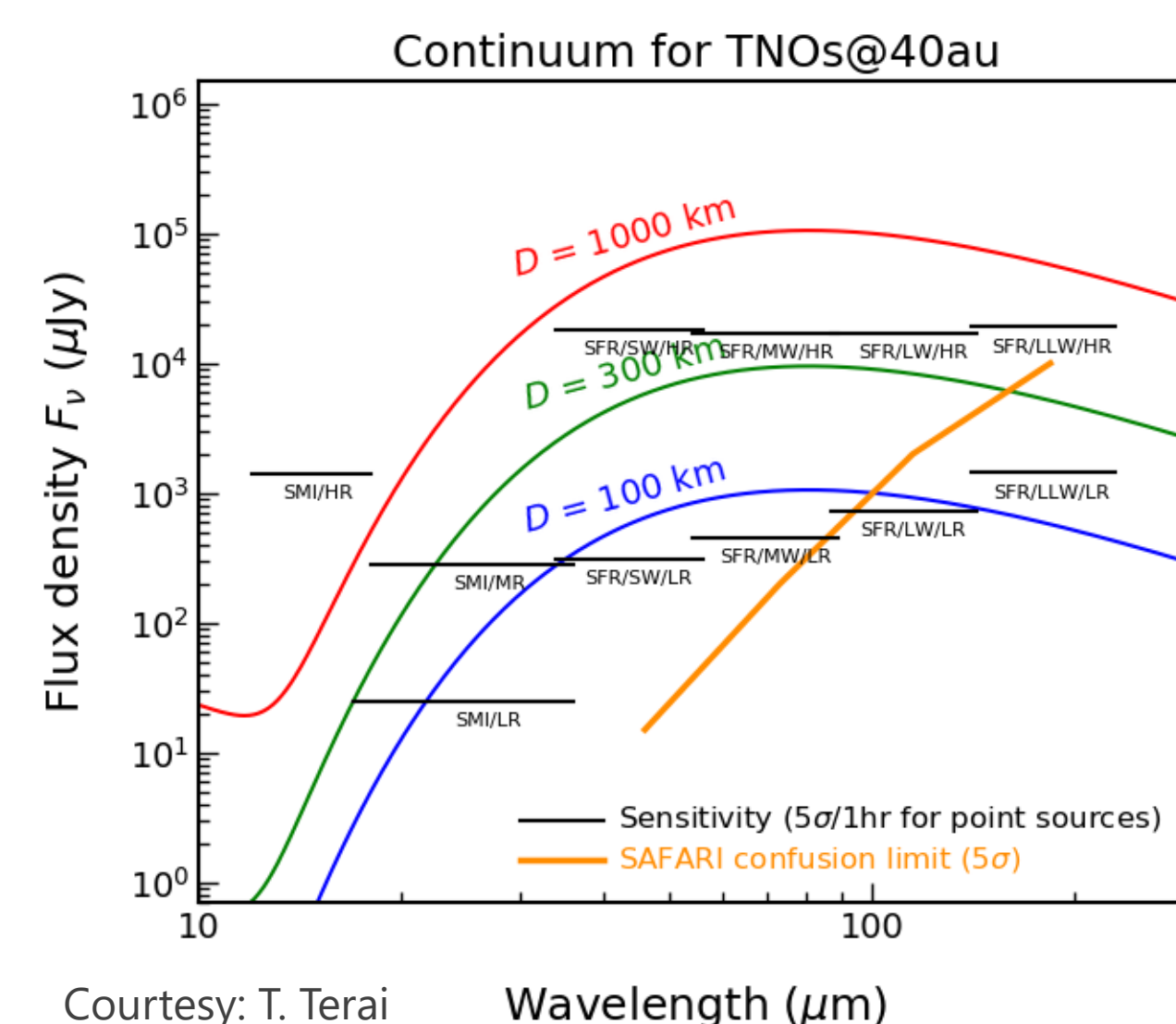
- 木星トロヤ群の表面温度は~150 K程度のため10 μm付近のシグナルは弱いものの、20 μm以上の波長域では感度が高い。
- 木星トロヤ群の表層は細かく、空隙率の高いレゴリスに覆われていると考えられているため(Vernazza et al., 2012), emissivityが高くなりこれらのフィーチャーが観測しやすいと期待される。



Vernazza et al. 2012

## TNOs

直径数100 kmの太陽系外縁天体 (trans-Neptunian object, TNO)などの中間赤外線スペクトルから氷分子種(H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>など)の含有量・結晶度・構造を調査することによって天体表層における熱・化学進化を探り、微惑星の形成・進化過程の総合的な理解を目指す。



Courtesy: T. Terai