

星周コランダムダストの形成と進化

瀧川 晶

東京大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 博士2年

気相固相反応によるスピネル赤外分光測定 in Jena

Friedrich-Schiller-University of Jena

9/26-10/13

Supported by CPS Exchange program

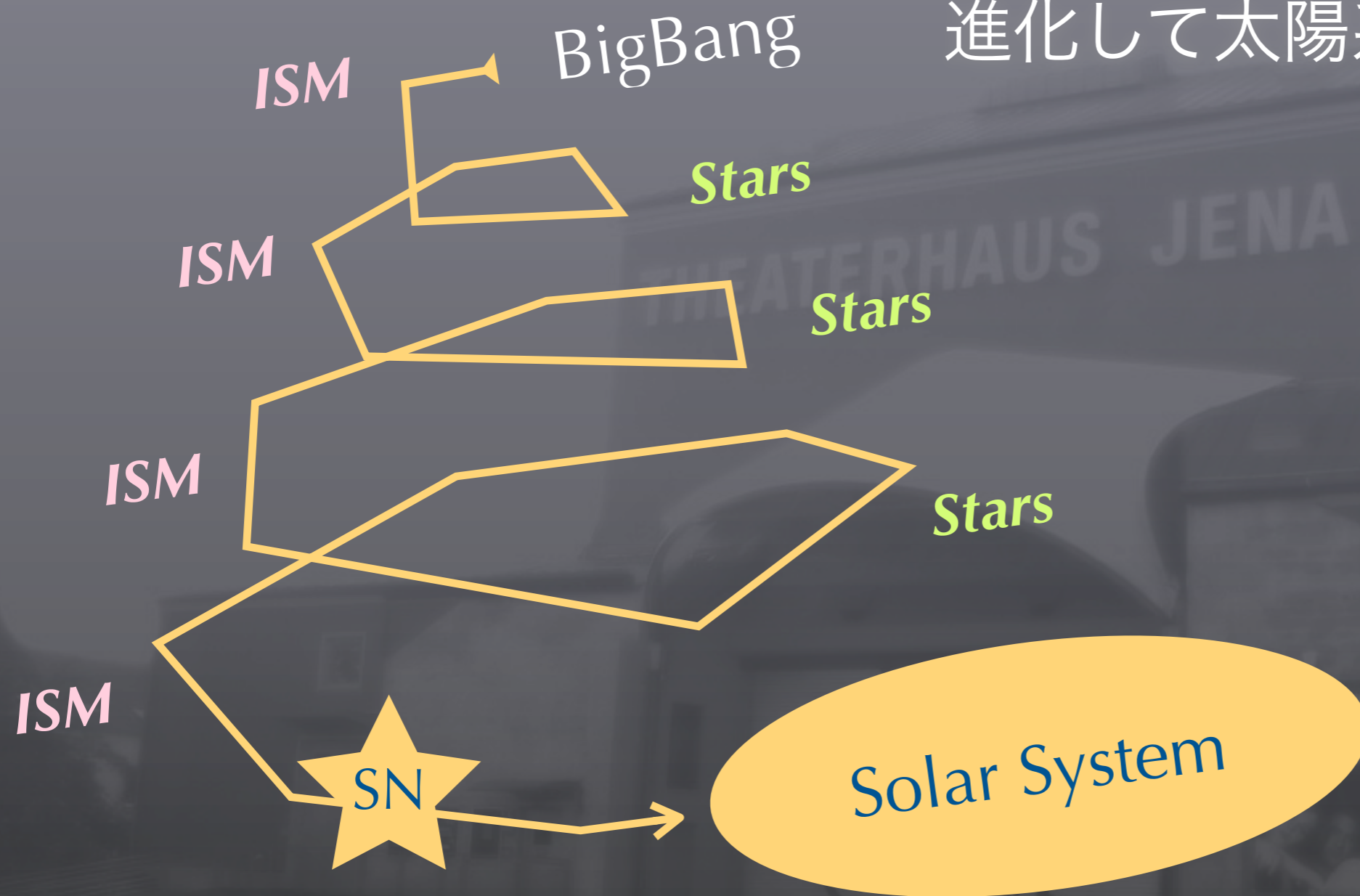
THEATERHAUS JENA

錠剤法を使った赤外分光実験(当初はAerosol法の予定)

サンプル：気相固相反応による非化学量論的スピネル

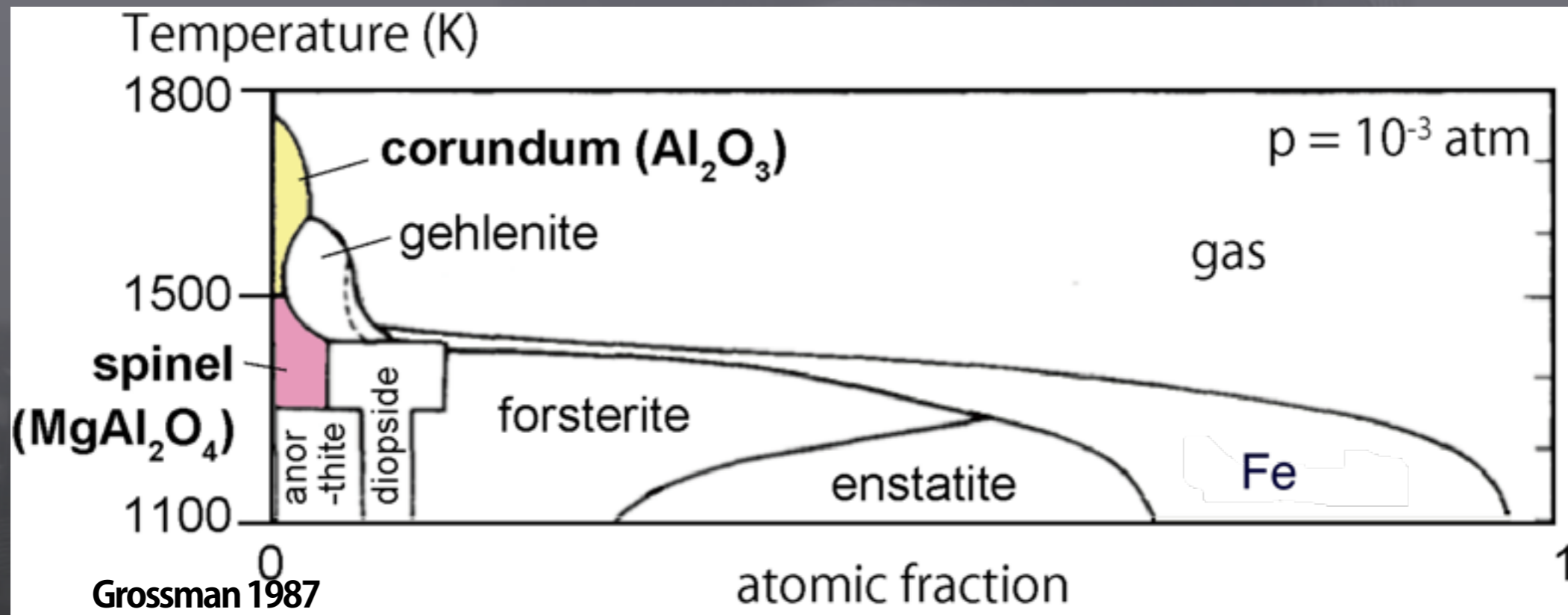
銀河の物質循環

※ 銀河で固体物質はどう形成・進化して太陽系に至るのか？



星周コランダムと星周スピネル

- * 高温酸化的气体から最初に凝縮・主要固体の凝縮核
- * 隕石中のコランダム・スピネル粒子
 - それぞれ100ppm, 1-8%程度
 - プレソーラー起源粒子はさらに1-10% e.g., Nittler+2008, Choi+1998



原始惑星系円盤・晩期型星に存在

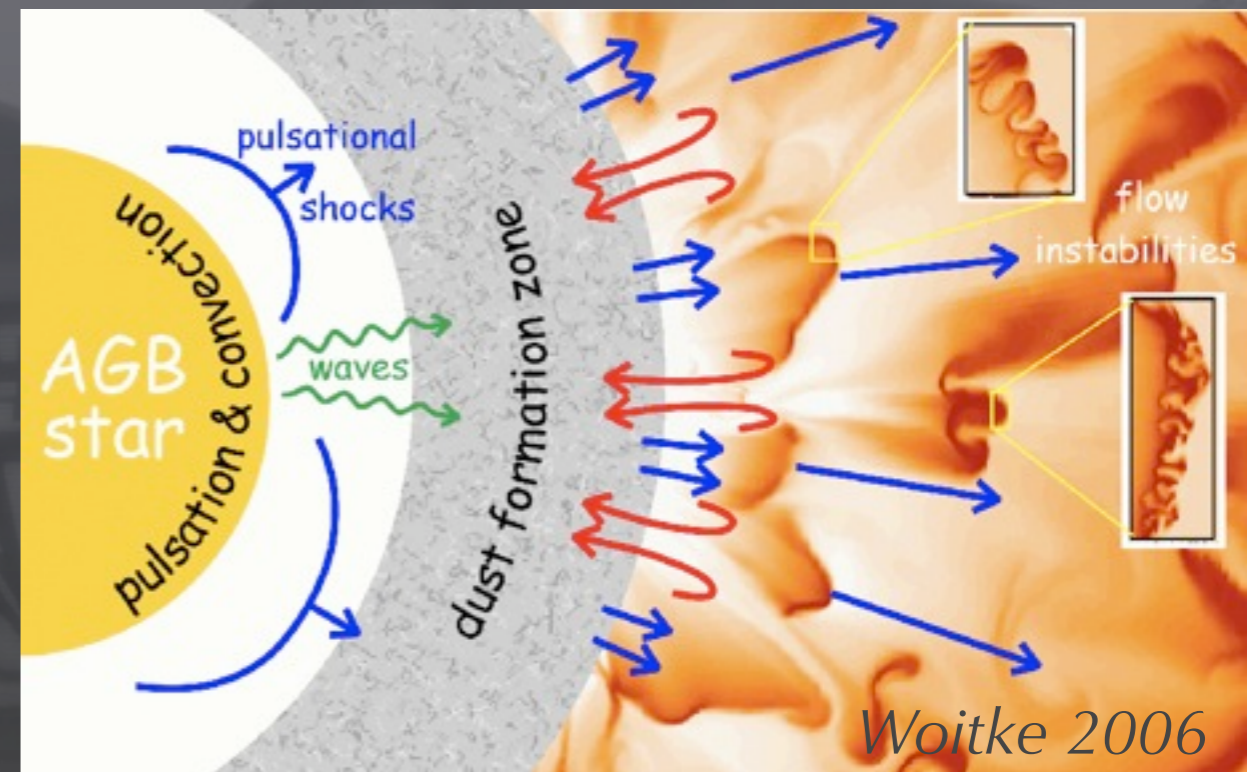
宇宙の物質循環

* ダスト供給源としてのAGB星(漸近分岐型赤色巨星)

- AGB星赤外スペクトル (γ アルミナ, α コランダム)
e.g., Onaka+1989, Speck+2000
- 高い質量放出率 $10^{-(7-4)}M_{\text{Sun}}/\text{yr}$ (太陽は $10^{-14}M_{\text{Sun}}/\text{yr}$)
- ダスト形成と質量放出速度は相互に関係する可能性

(e.g., Sedlmayr & Dominik 1994)

コランダムの形成条件はダスト進化の第一段階・恒星進化を理解するために重要



観測・分析から形成条件を見積もれるか？

Key parameter

- 結晶の異方的形状
(Takigawa+2009, 瀧川ら2010)
- スピネル・コランダムとの
Al/Mg比 (Choi+1998)

観測・分析

- 赤外分光観測
- 隕石中のプレソーラー粒子

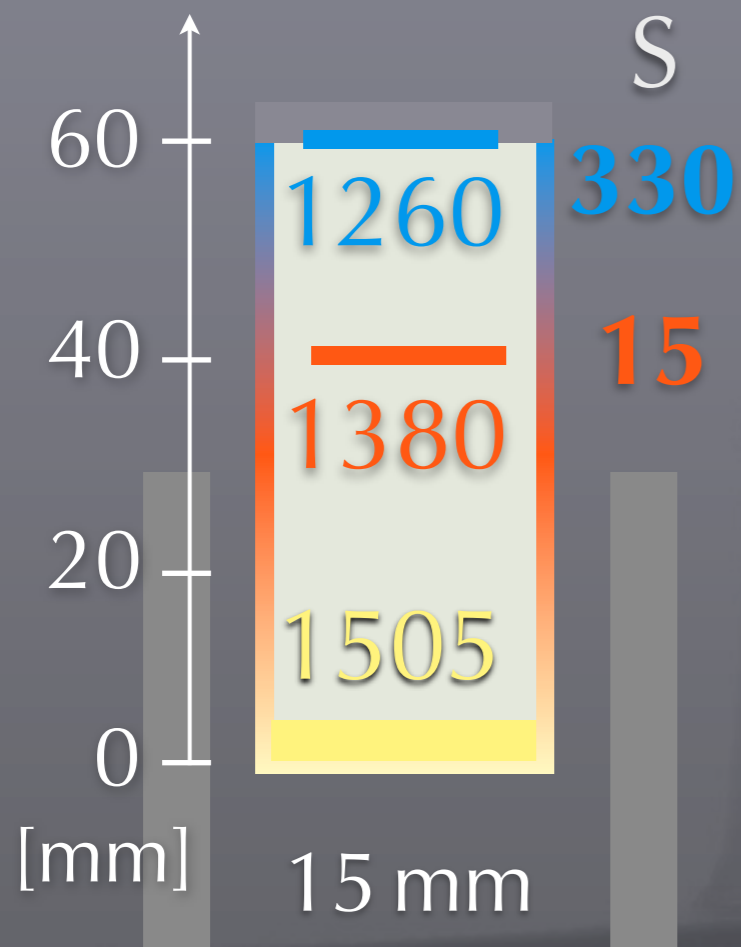
✓ コランダム・スピネル形成実験

条件依存した異方的形状, 反応速度, Mg/Al比

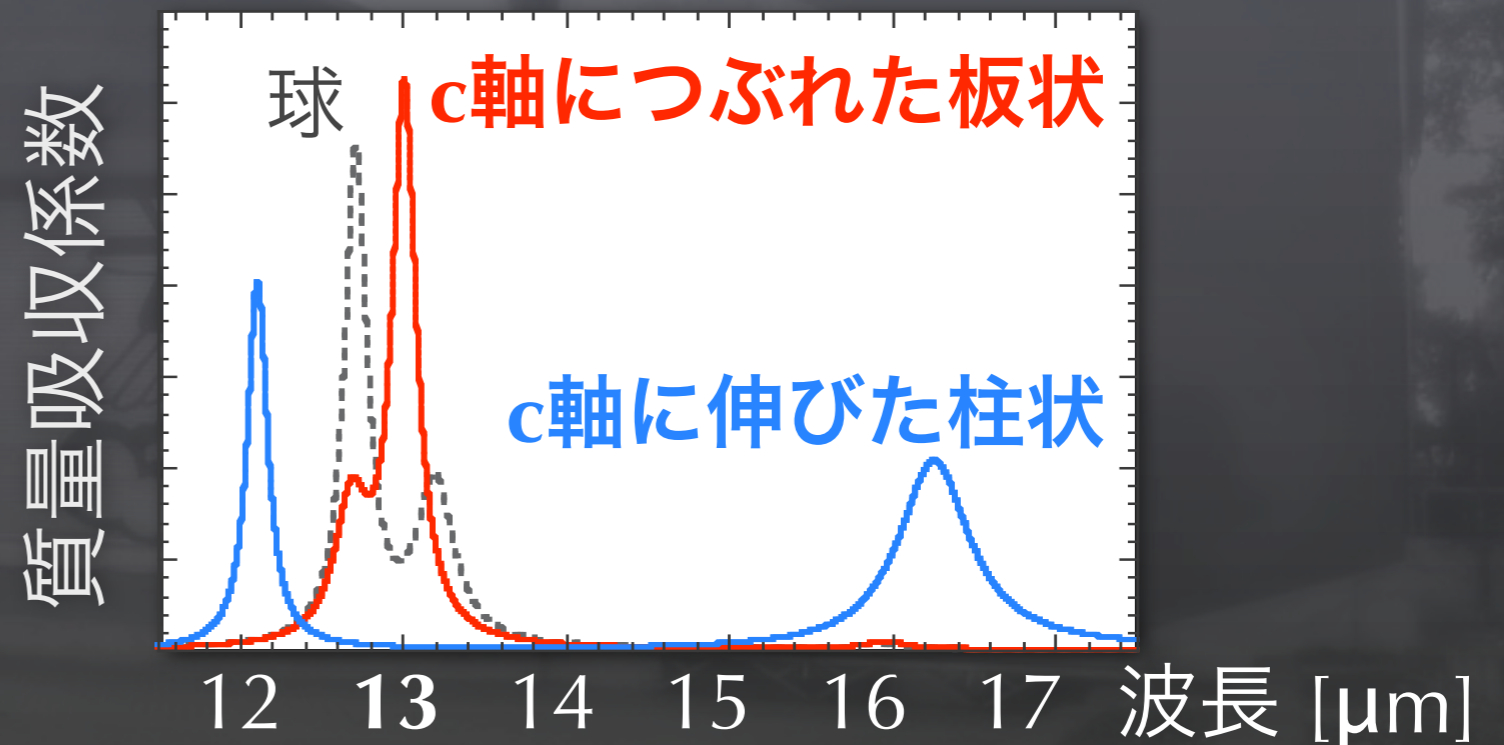
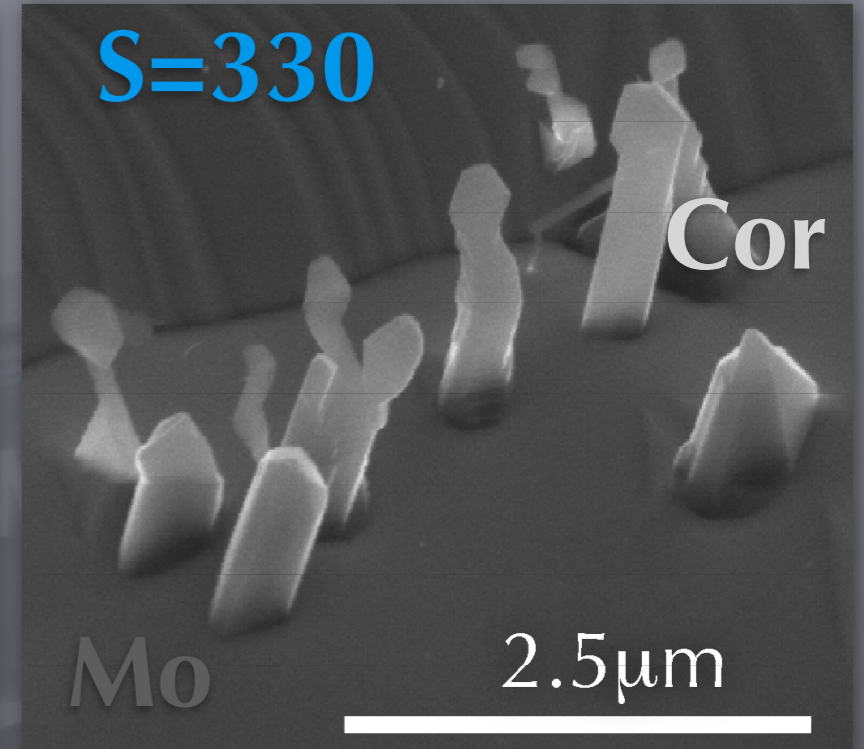
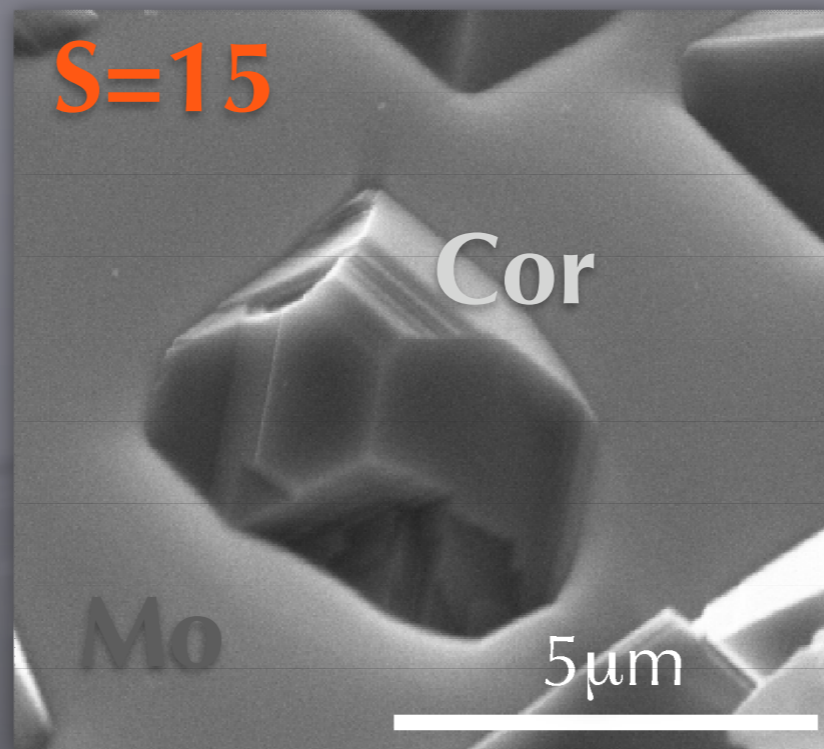
✓ ダスト粒子の赤外分光実験

非化学量論的スピネル・コランダムの赤外スペクトル

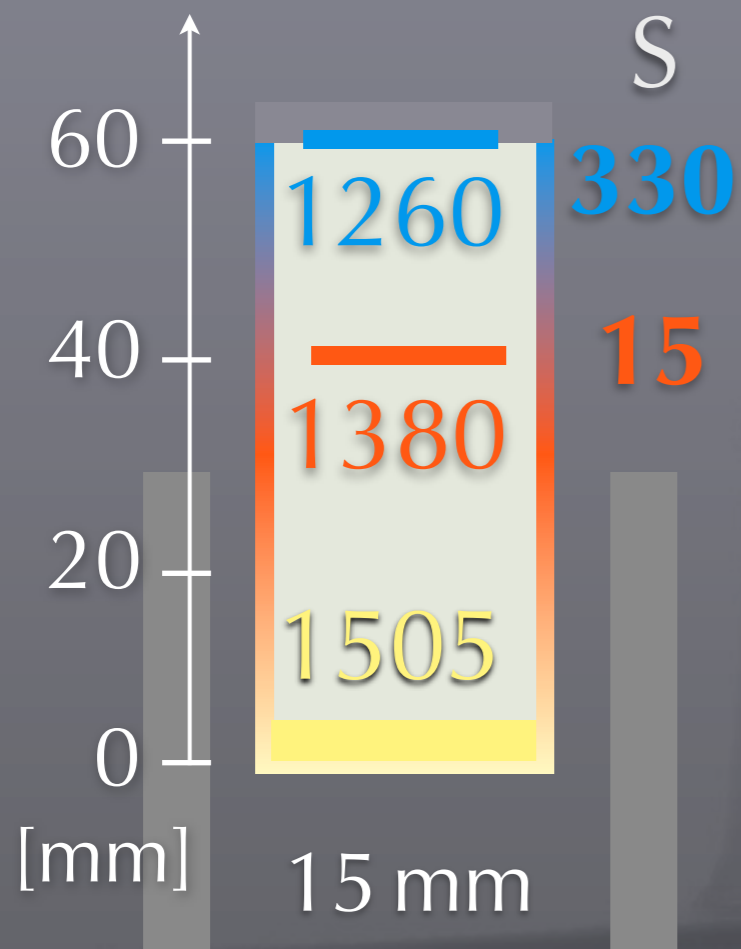
コランダム成長異方性と13micron feature



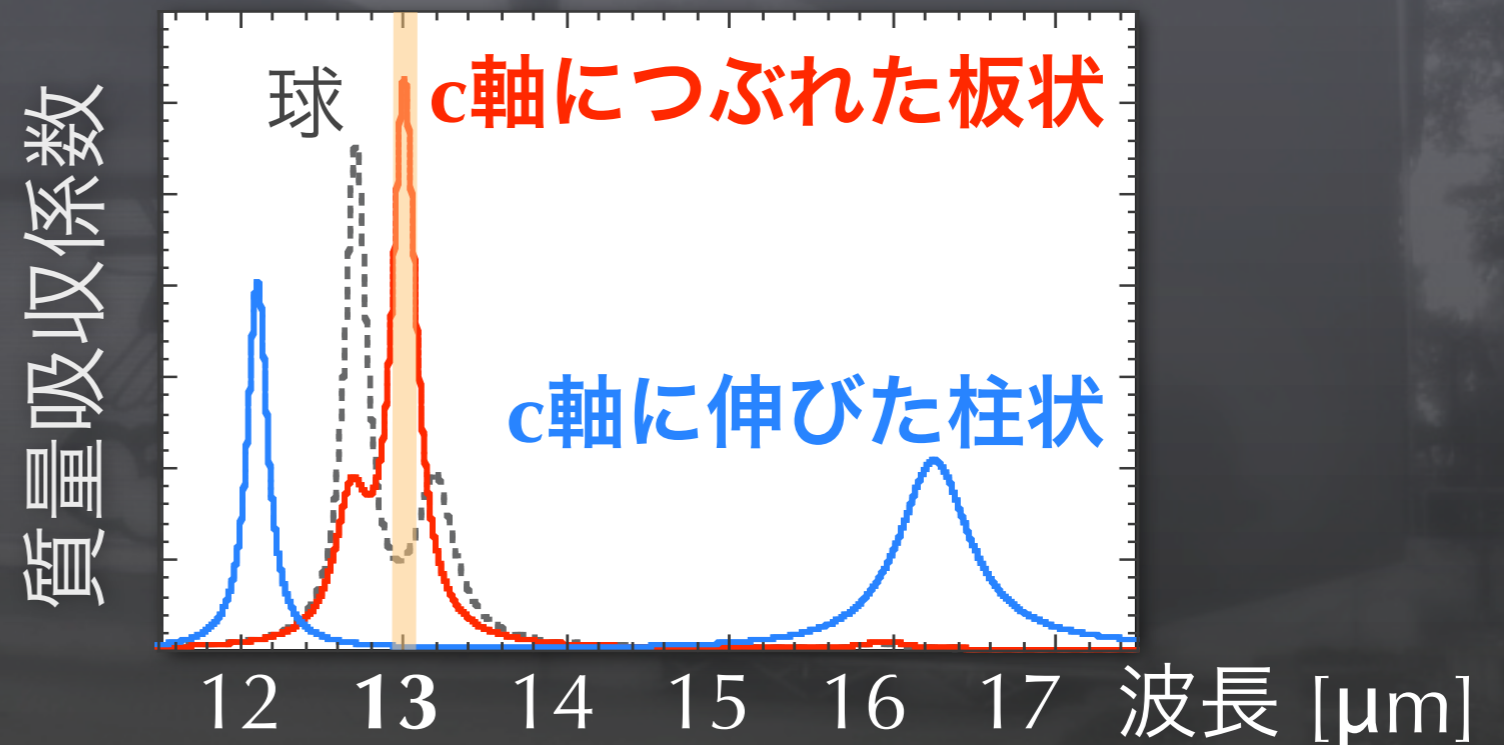
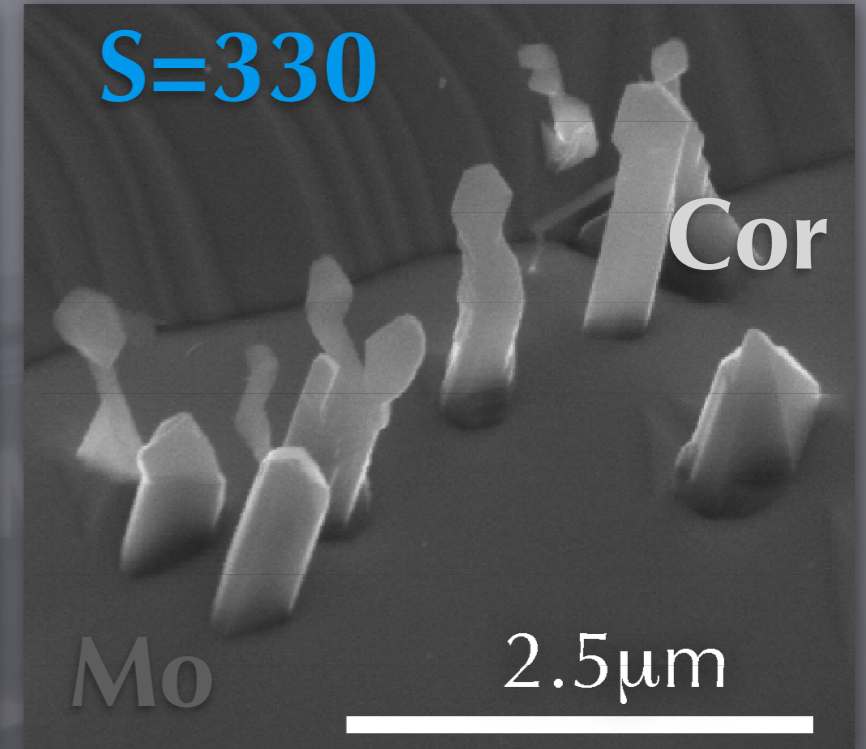
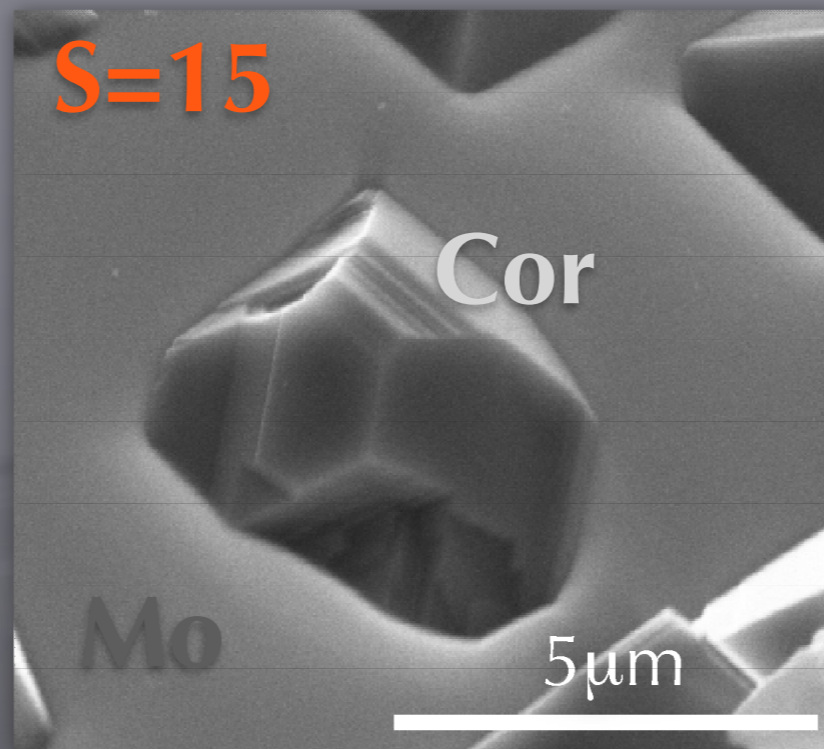
圧力： 5×10^{-5} Pa



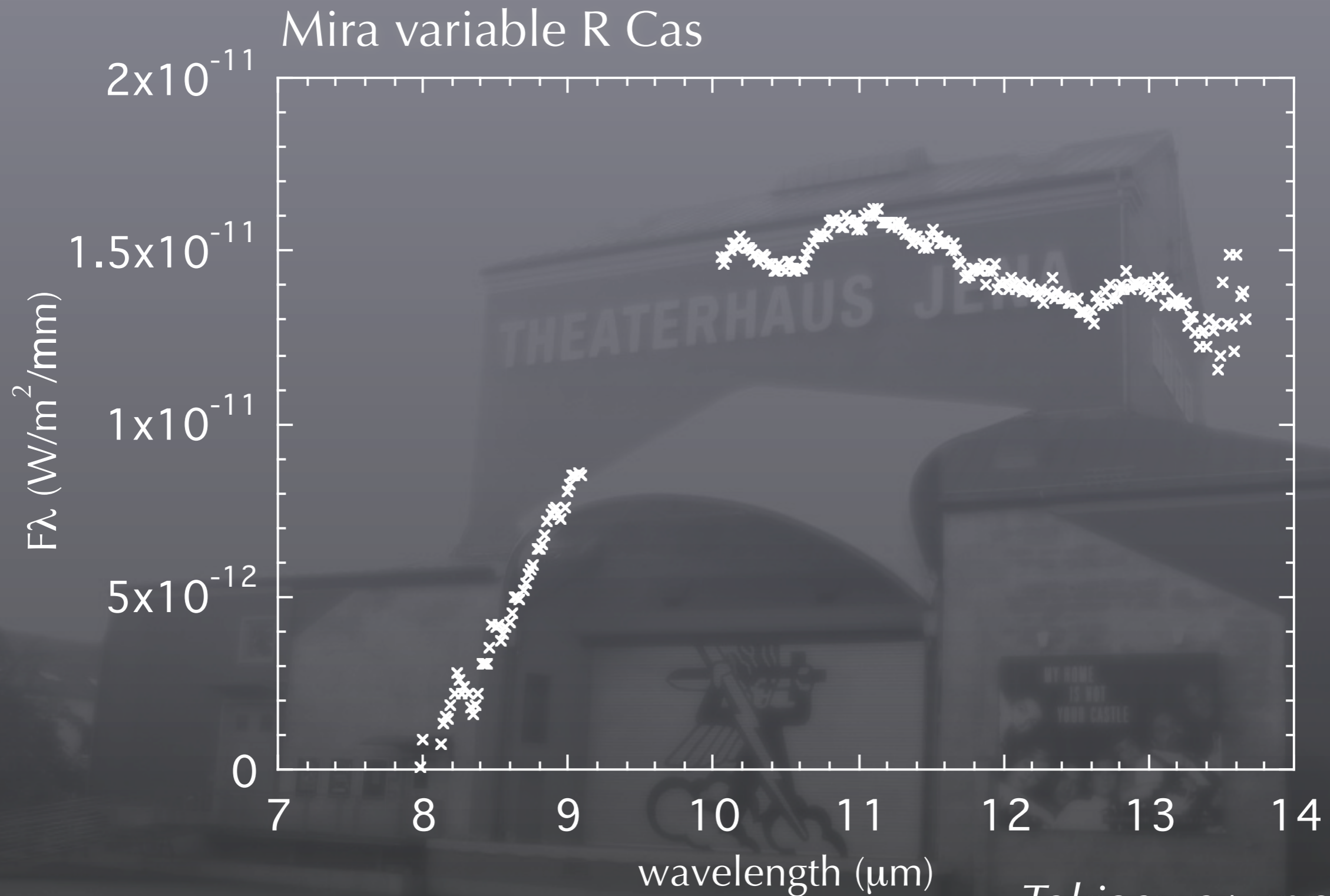
コランダム成長異方性と13micron feature



圧力： 5×10^{-5} Pa

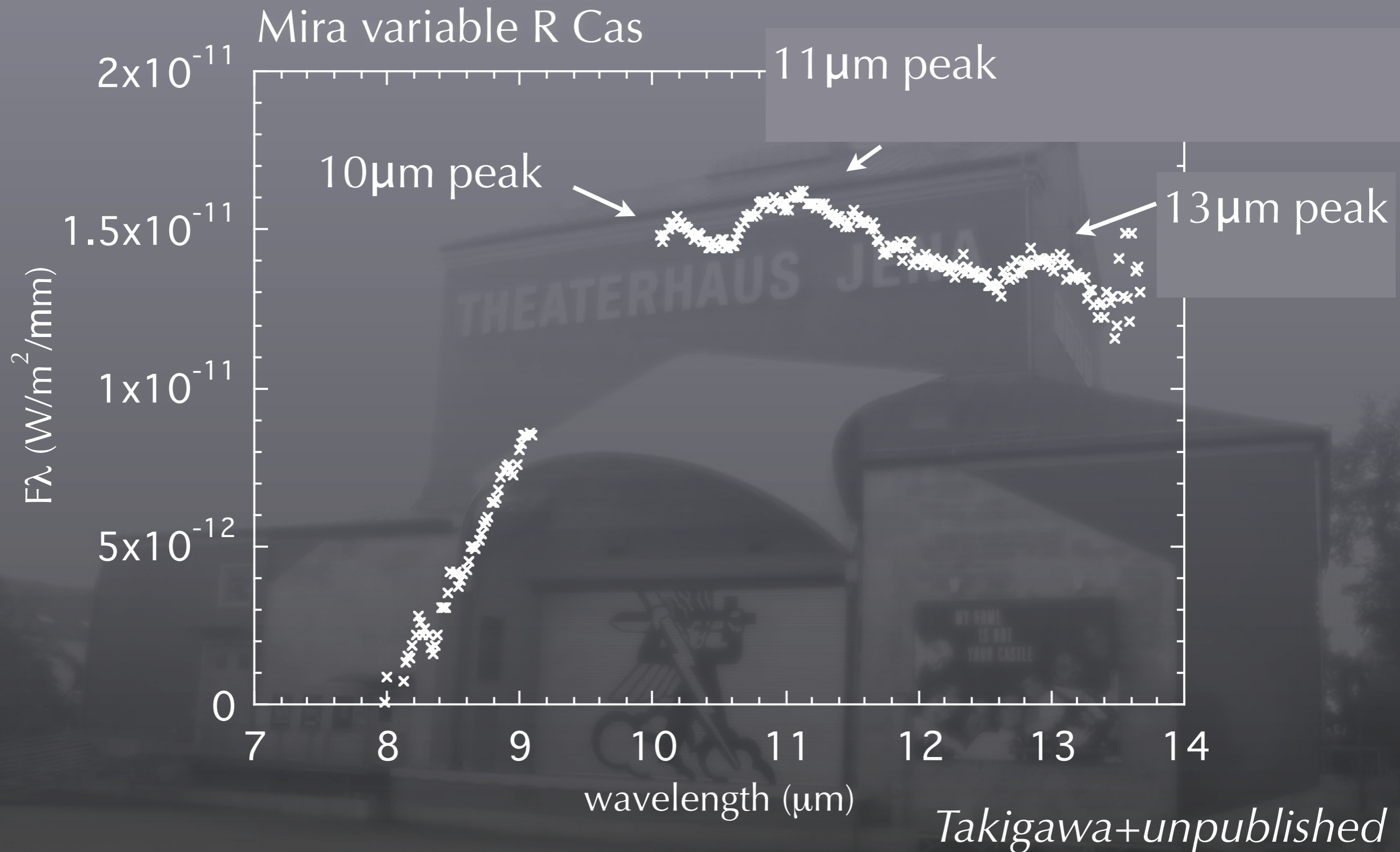


コラシダム成長異方性と13micron feature

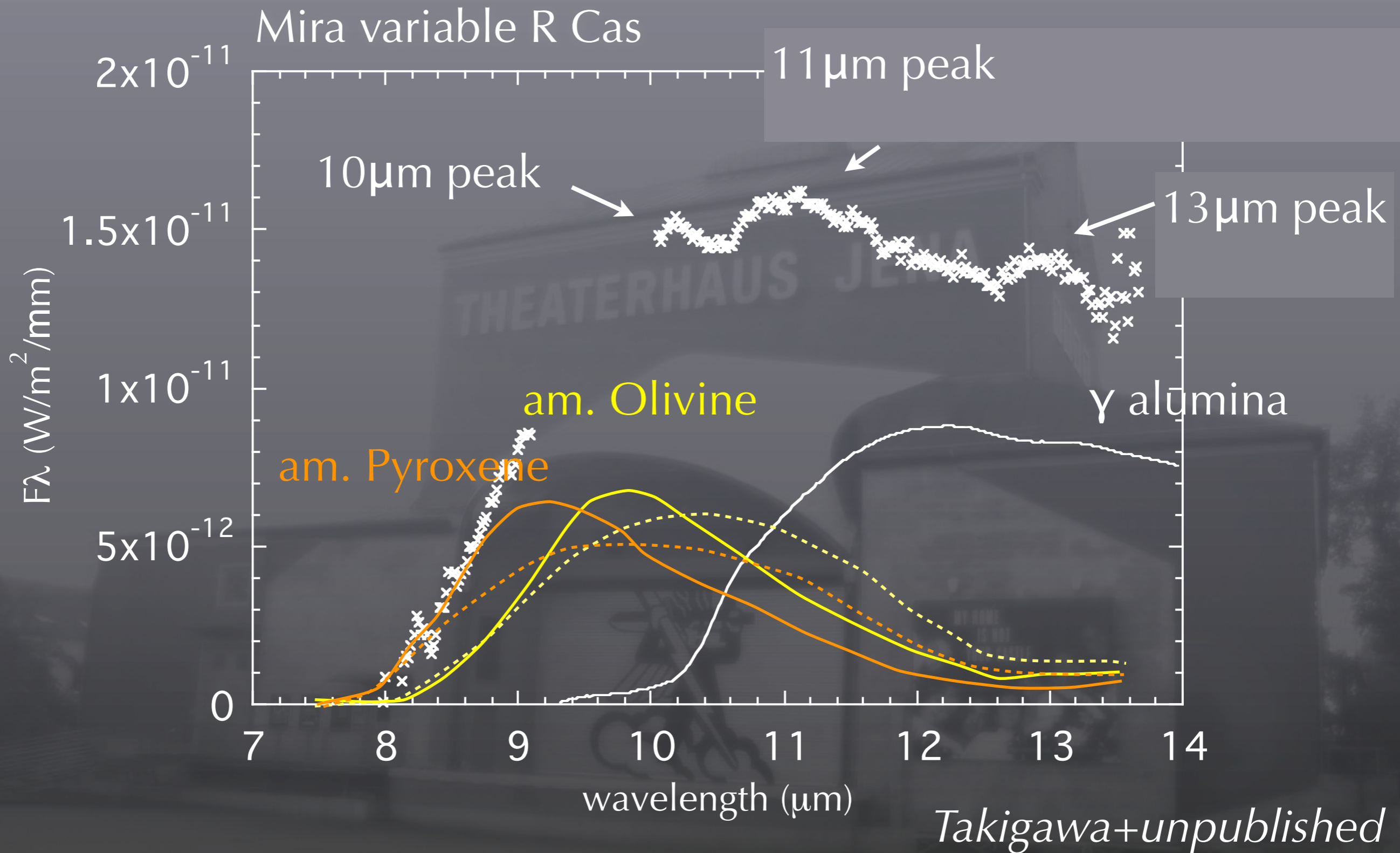


Takigawa+unpublished

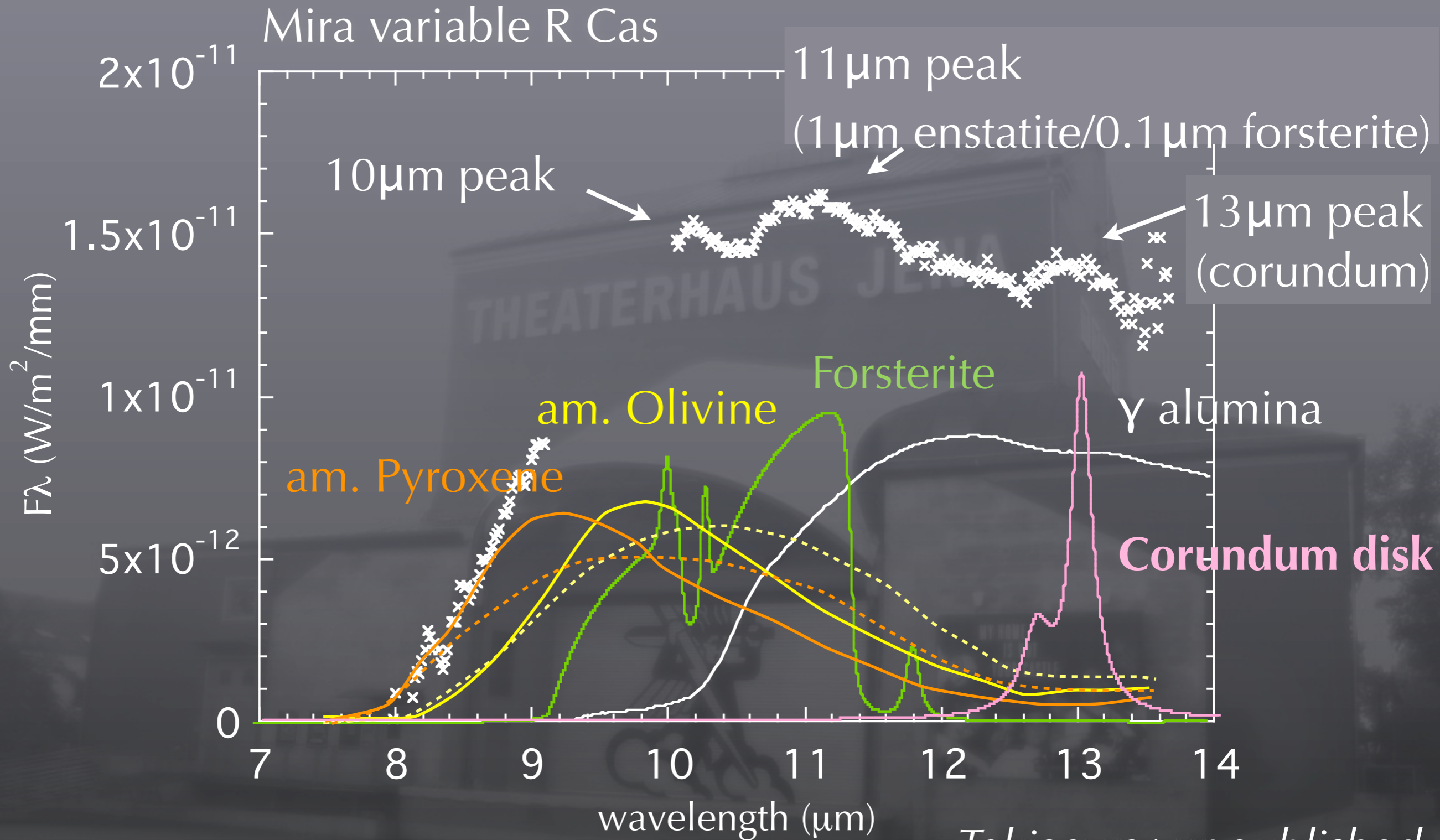
コラシダム成長異方性と13micron feature



コランダム成長異方性と13micron feature



コランダム成長異方性と13micron feature



Takigawa+unpublished

観測・分析から形成条件を見積もれるか？

Key parameter

- 結晶の異方的形状
(Takigawa+2009, 瀧川ら2010)
- スピネル・コランダムとの
Al/Mg比 (Choi+1998)

観測・分析

- 赤外分光観測
- 隕石中のプレソーラー粒子

✓ コランダム・スピネル形成実験

条件依存した異方的形状, 反応速度, Mg/Al比

✓ 星周条件でできるダスト粒子の赤外分光実験

非化学量論的スピネル・コランダムの赤外スペクトル

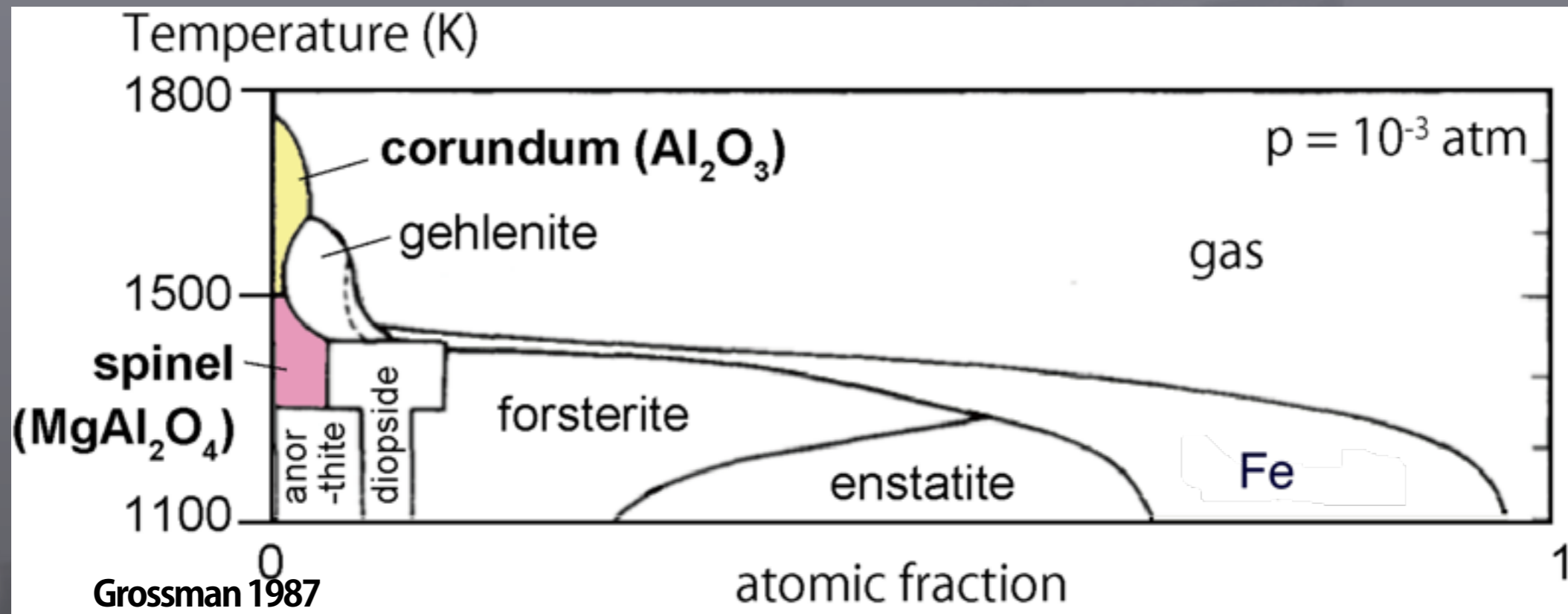
Outline

- ✓ 星周条件下でのスピネル形成実験
- ✓ 固相-気相反応で形成したスピネルの赤外分光実験
- ✓ 隕石中コランダムの酸素同位体比測定

スピネル(MgAl₂O₄) 形成実験

共同研究者：原田真理子

東京大学 理学部地球惑星物理学専攻 4年



Corundum

Spinel



- Presolar spinel: evidence of spinel formation

スピネル(MgAl_2O_4) 形成実験

Reaction



Condition

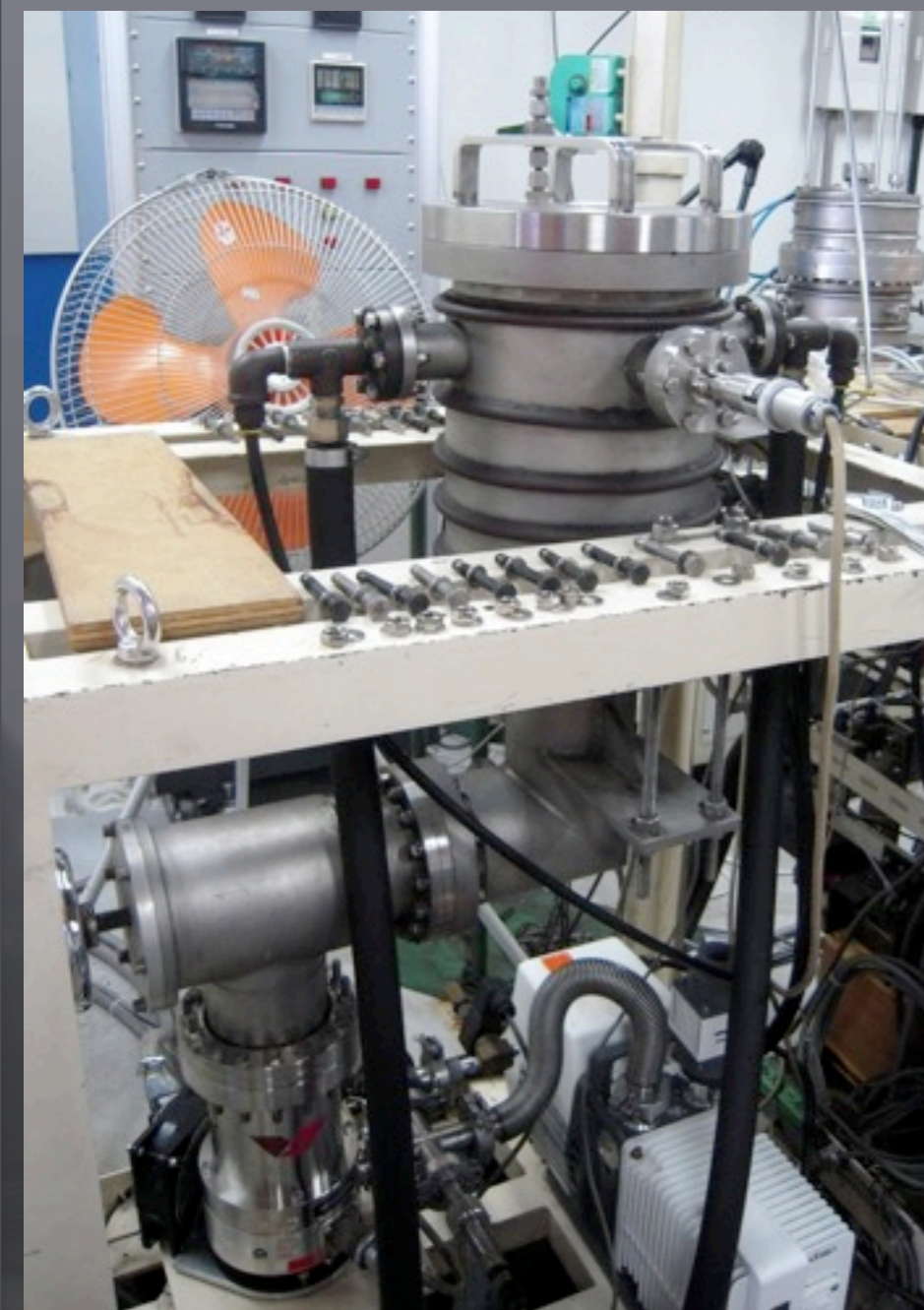
$$T_{\text{gas}} = 1650^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{cond}} \sim 1550^\circ\text{C}$$

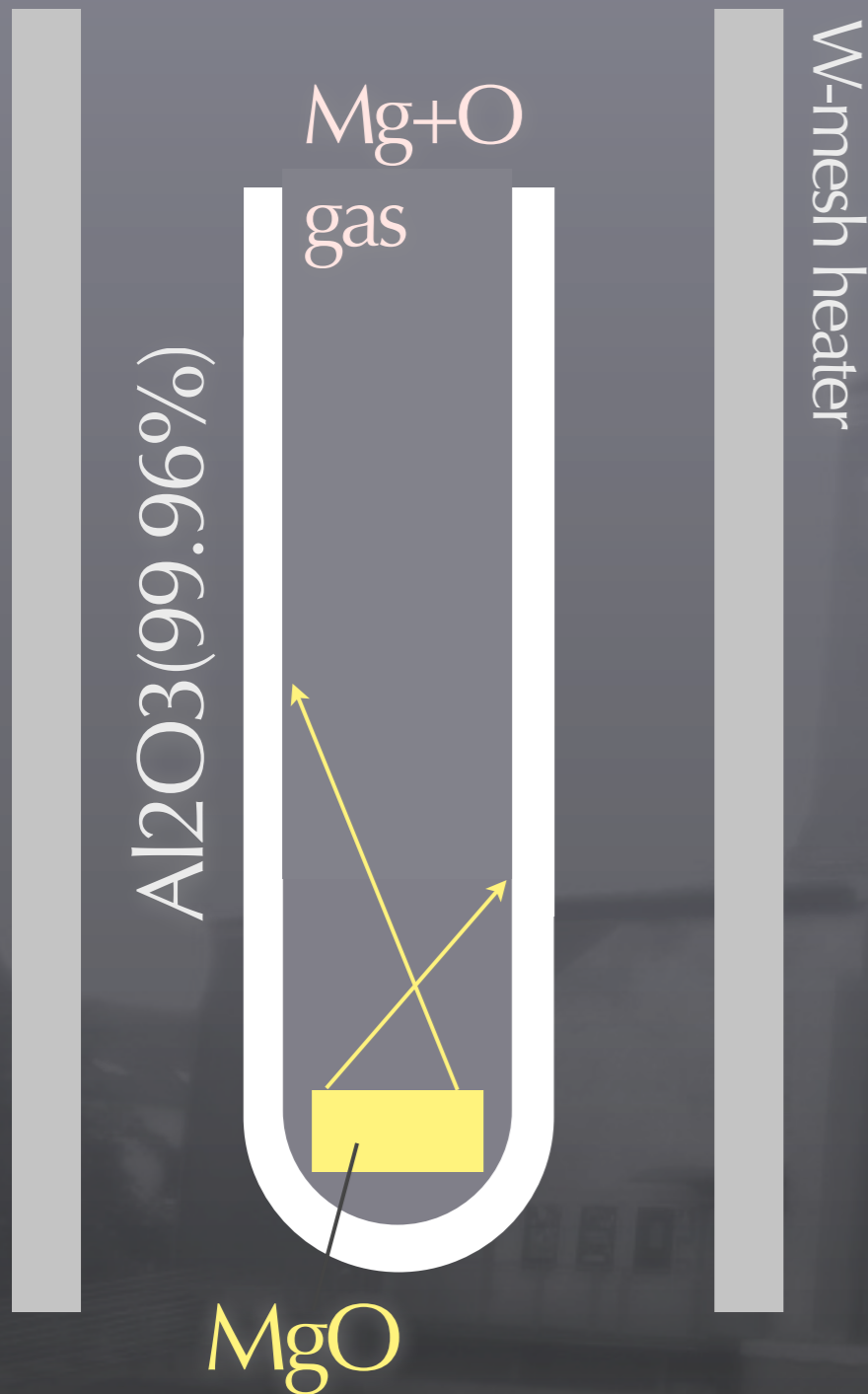
$$\text{duration} = 24, 48, 64, 84, 287 \text{ hours}$$

Analysis

SEM, EDS, EPMA, XRD, IR spectroscopy



スピネル(MgAl₂O₄) 形成実験



Reaction



Condition

$$T_{\text{gas}} = 1650^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{cond}} \sim 1550^\circ\text{C}$$

duration = 24, 48, 64, 84, 287 hours

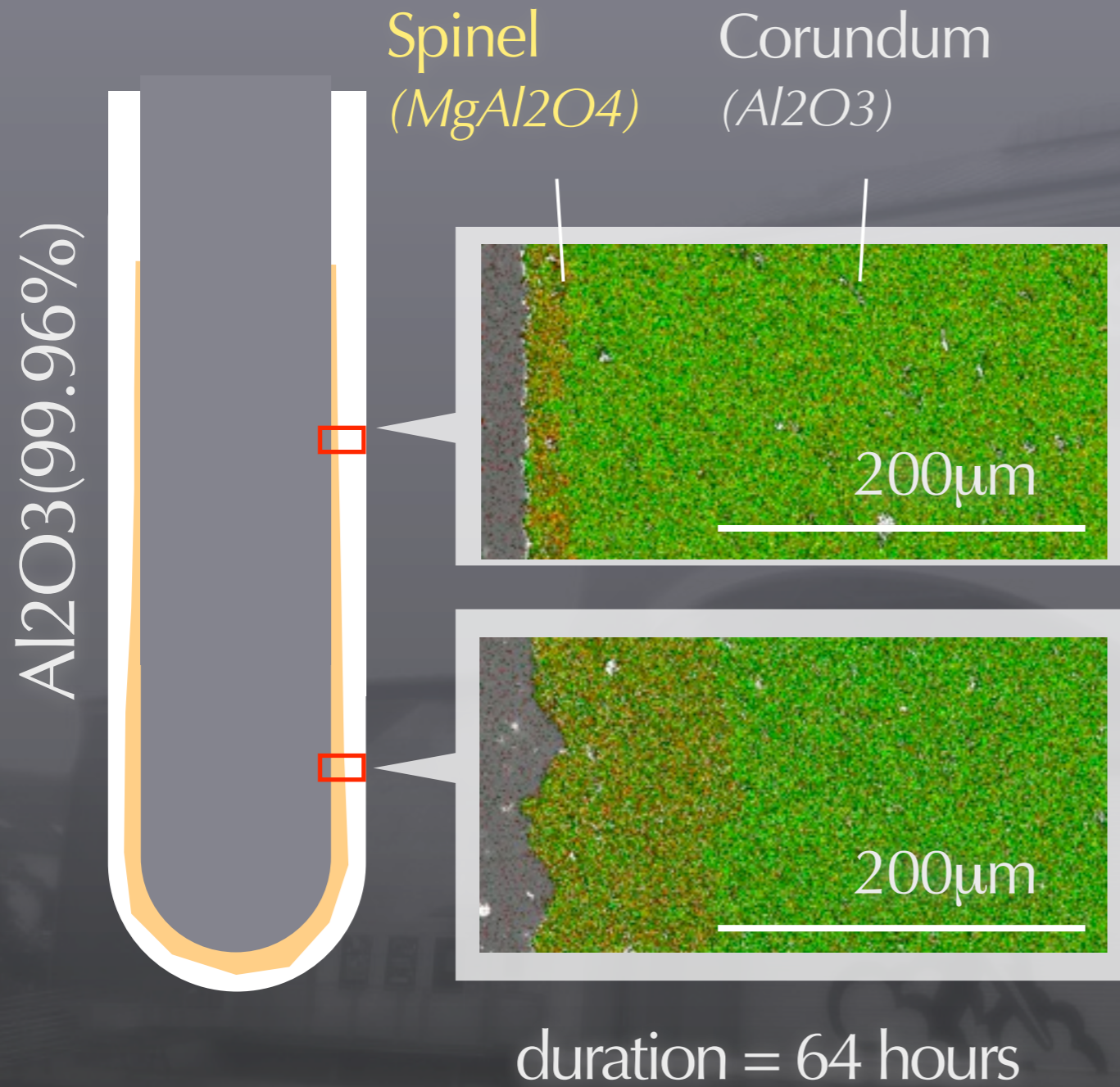
Analysis

SEM, EDS, EPMA, XRD, IR spectroscopy

反応生成物

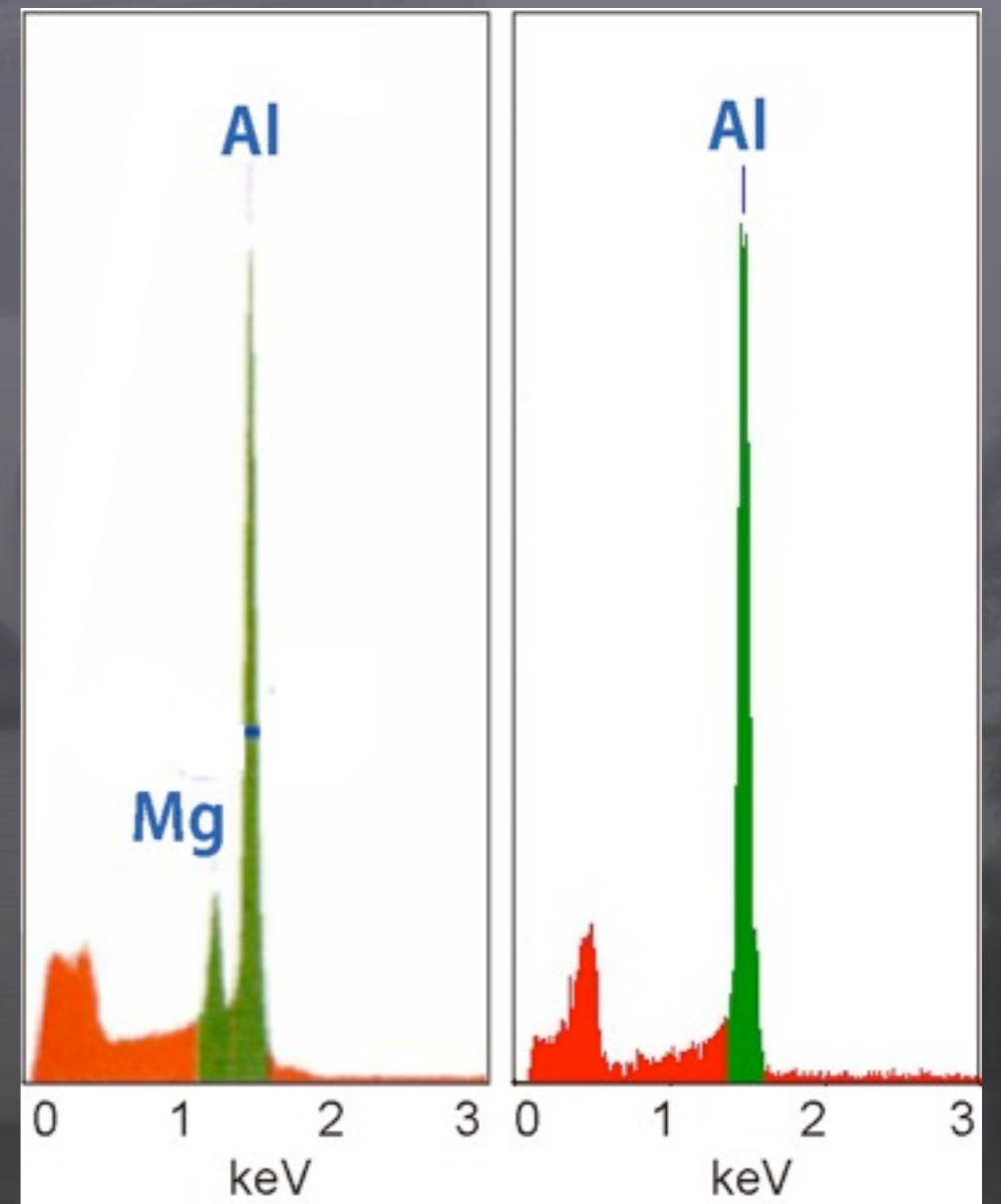


反应生成物

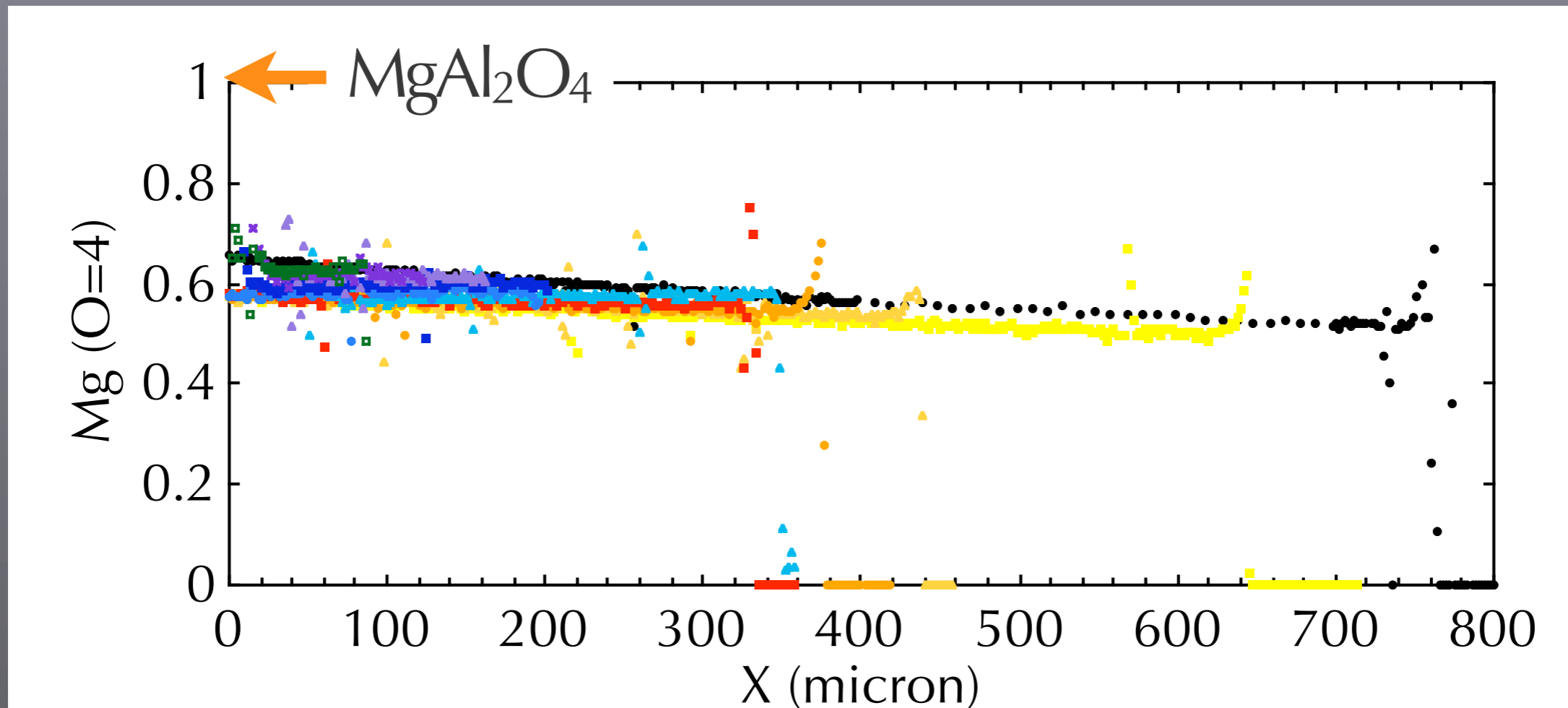


EDS Spinel
(MgAl₂O₄)

Corundum
(Al₂O₃)



反応生成物



electron probe microanalyzer

Mg:Al = 0.5-0.6:2.3 (O=4)

non-stoichiometric

$MgO-(1.6-2.3)Al_2O_3$

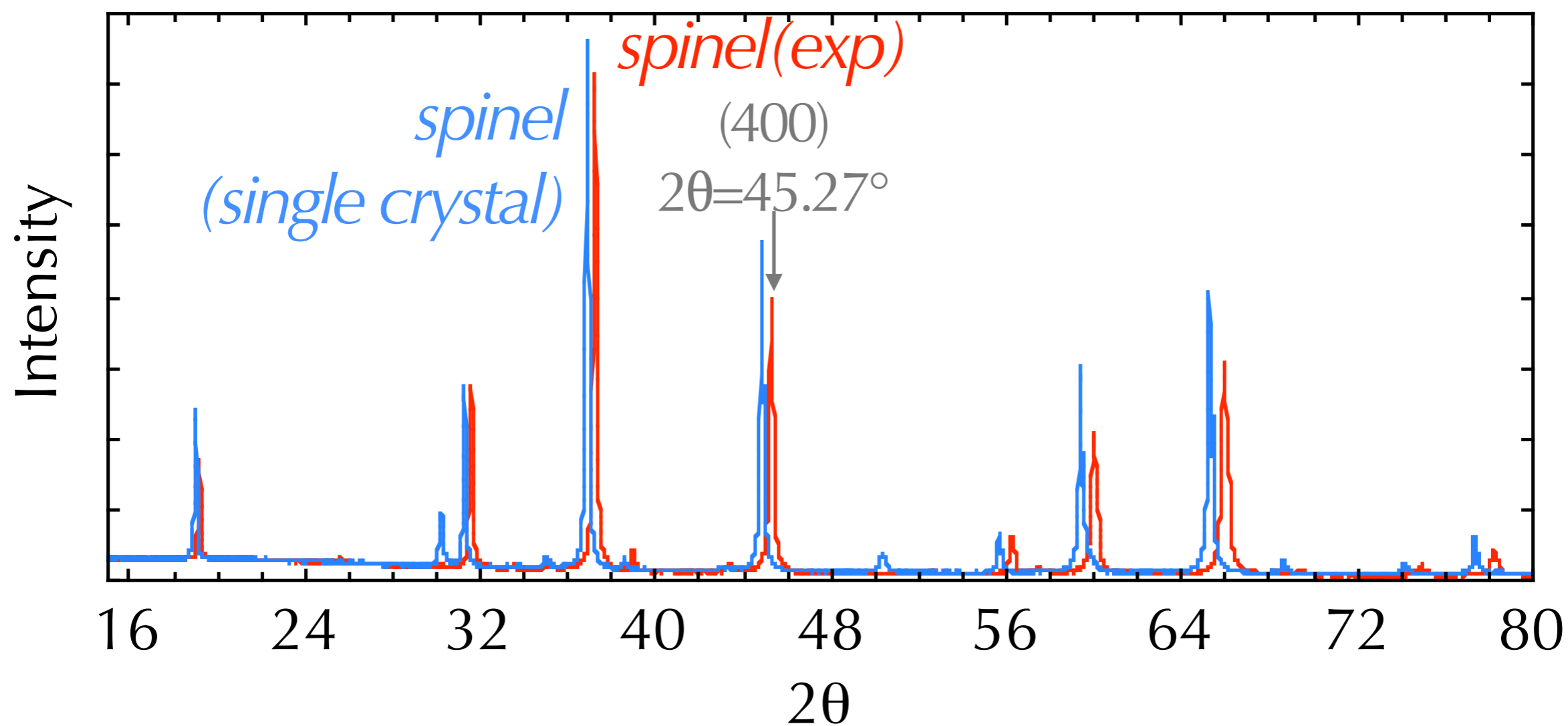
c.f., プレソールースピネルの

Al/Mg比~2-8 (Choi+1998)

反応生成物のXRD測定

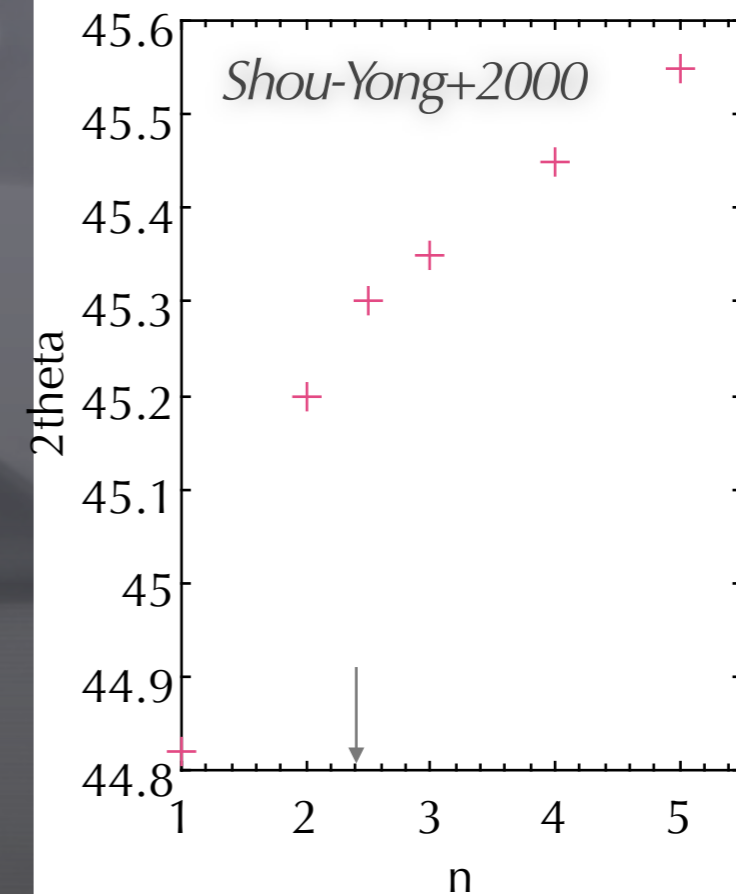
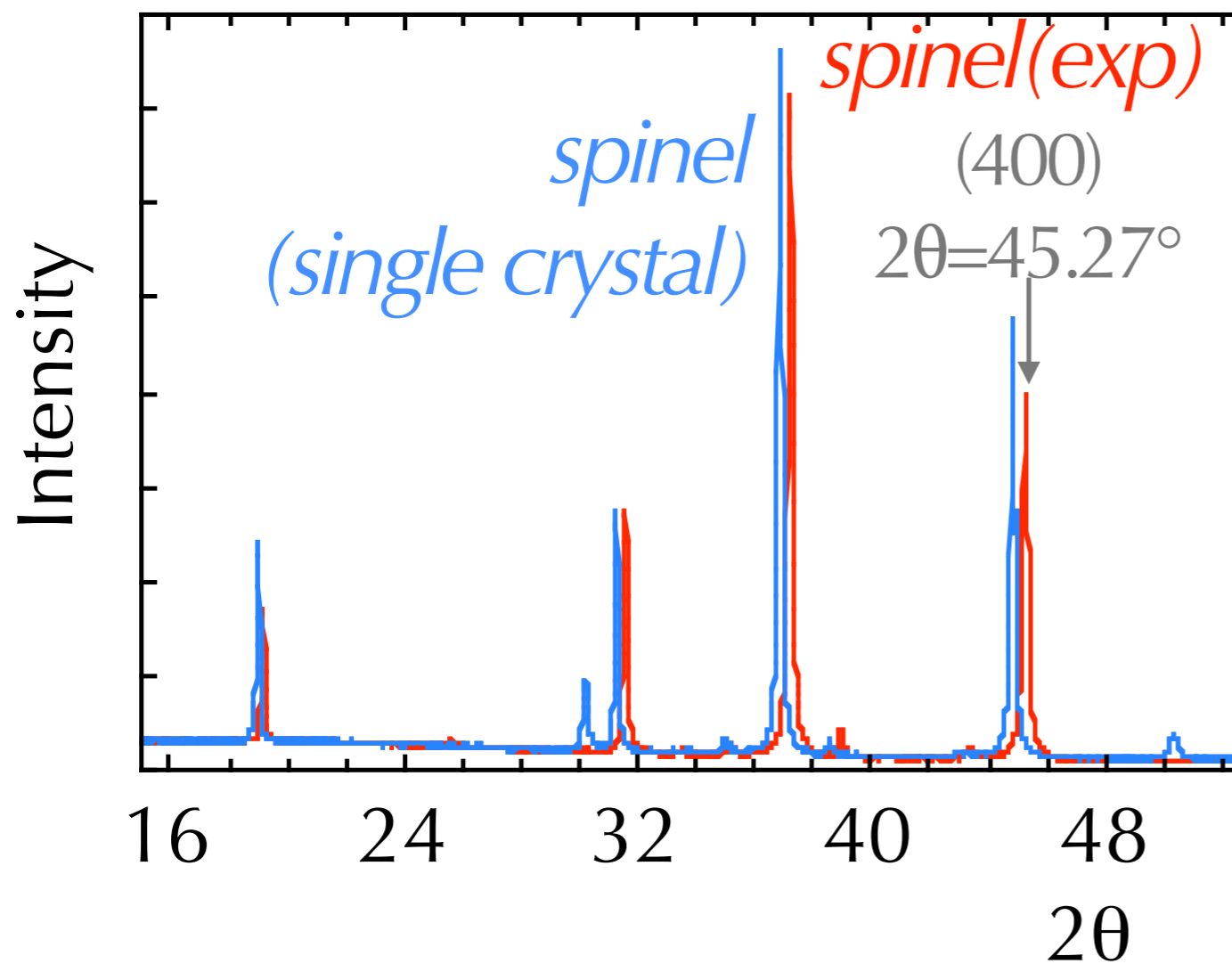


反応生成層だけを取り出して
粉末化・XRD測定

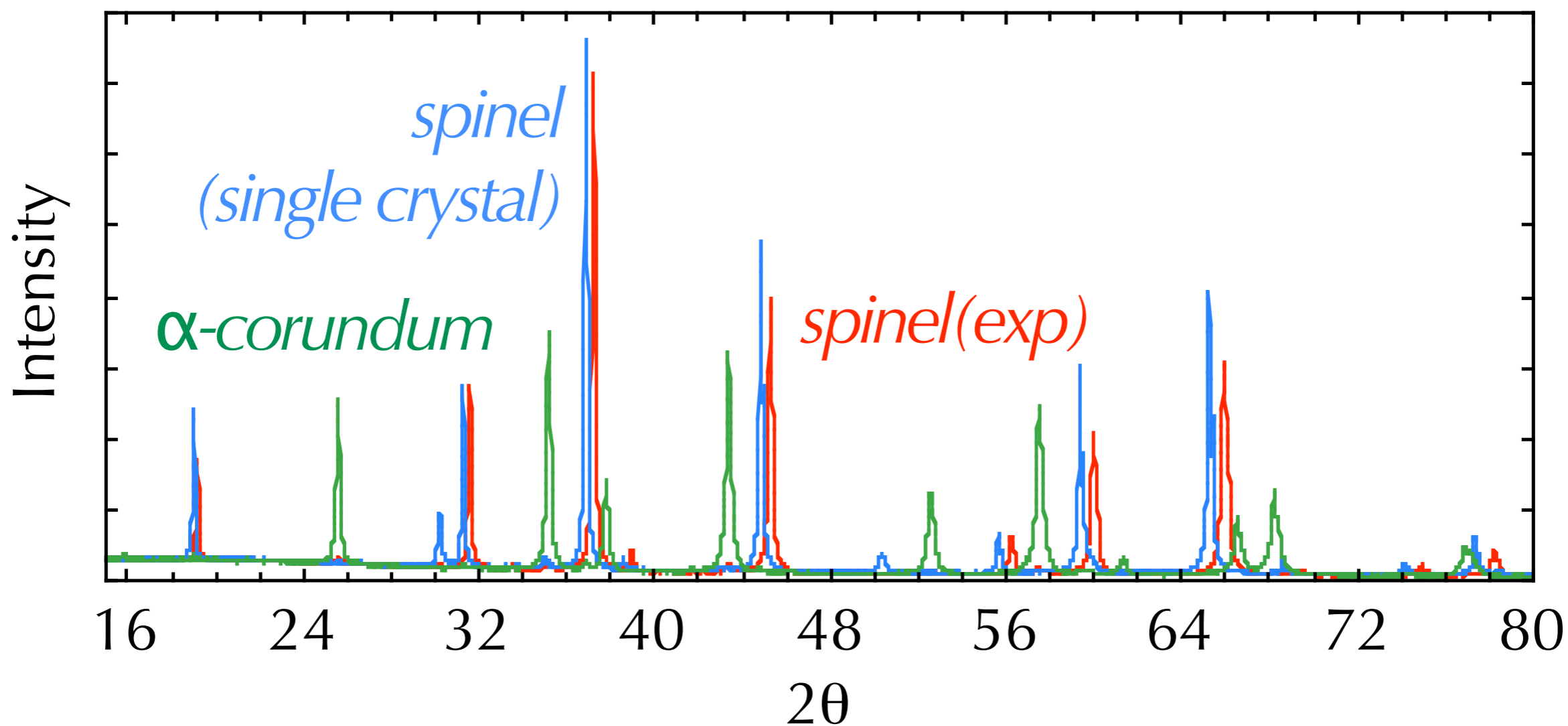


反応生成物のXRD測定

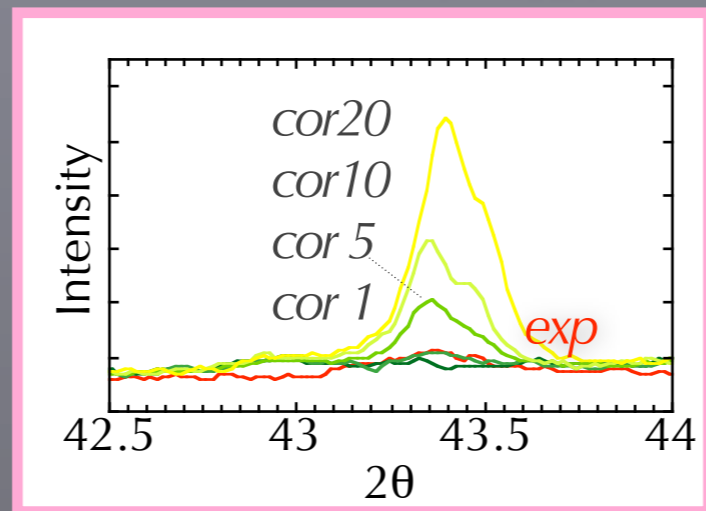
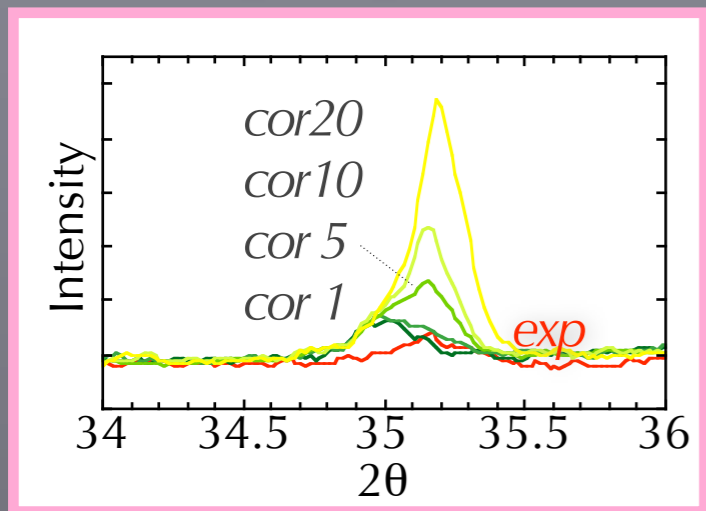
- ✓ stoichiometricスピネルの単位格子の大きさが1%小さい
- ✓ $\text{MgO-nAl}_2\text{O}_3 \rightarrow n \sim 2.4$



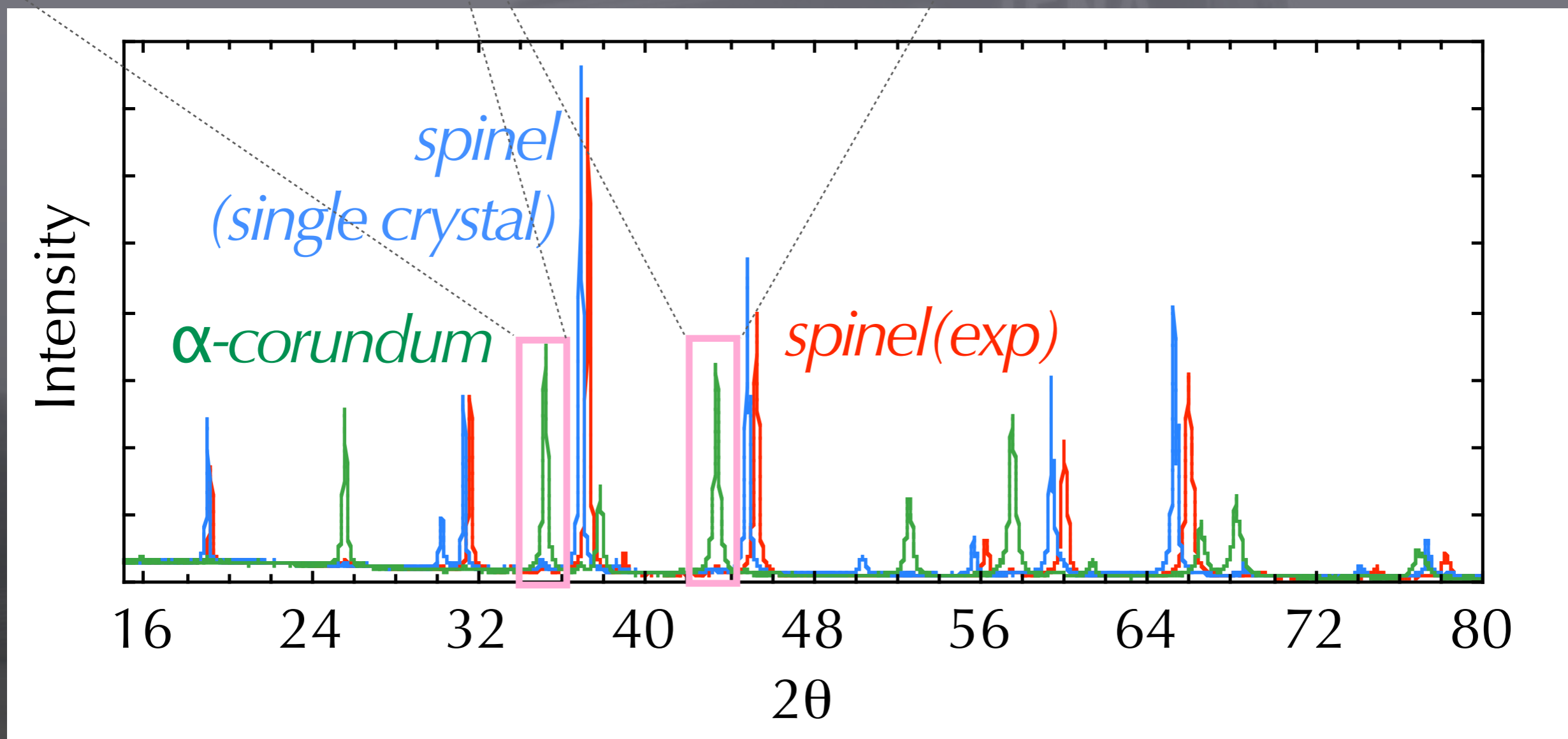
反応生成物のXRD測定



反応生成物のXRD測定



✓ cor.の混入は<5%



気相固相反応によるスピネル赤外分光測定 in Jena

Friedrich-Schiller-University of Jena

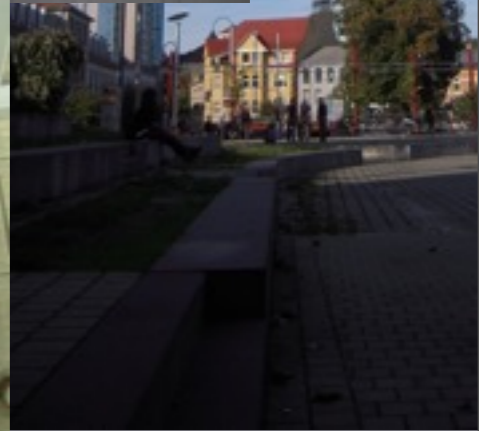
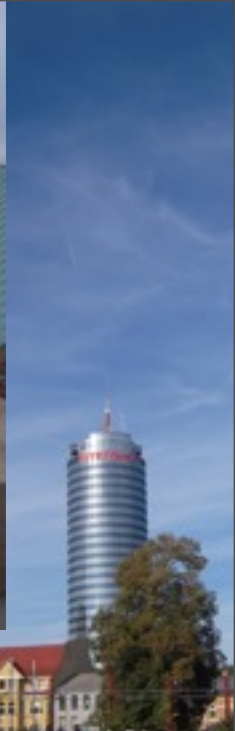
9/26-10/13

Supported by CPS Exchange program

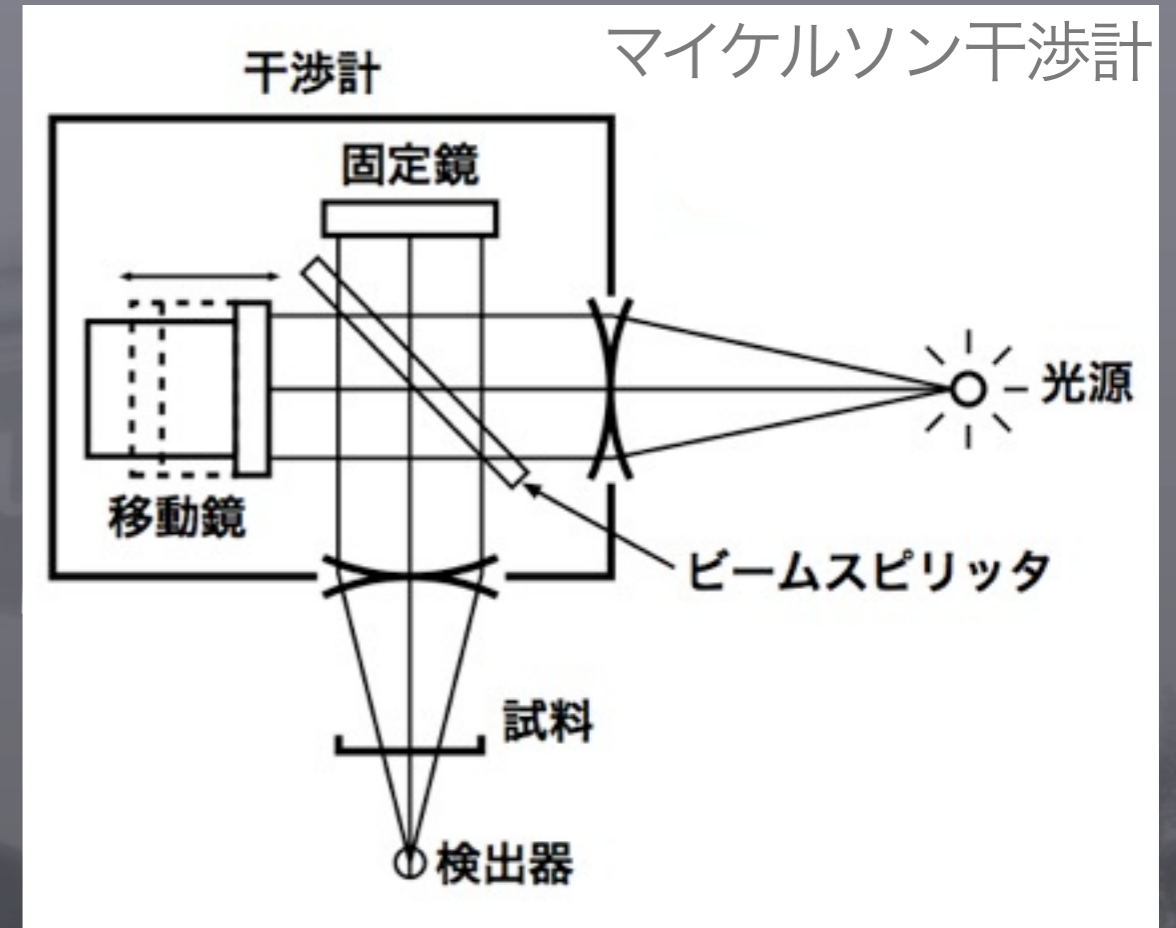
THEATERHAUS JENA

Jena グループとの交流

錠剤法を使った赤外分光実験(当初はAerosol法の予定)



フーリエ変換赤外分光分析



- ✓ 黒体輻射光源(global lamp)
- ✓ 検出器 MD($6000-400\text{cm}^{-1}$), F3($650-150\text{cm}^{-1}$)

錠剤法

✓ Kbr, Csl, PE錠剤法

微量のサンプルを赤外線に透明な媒質のなかに分散させて吸収スペクトルを測定

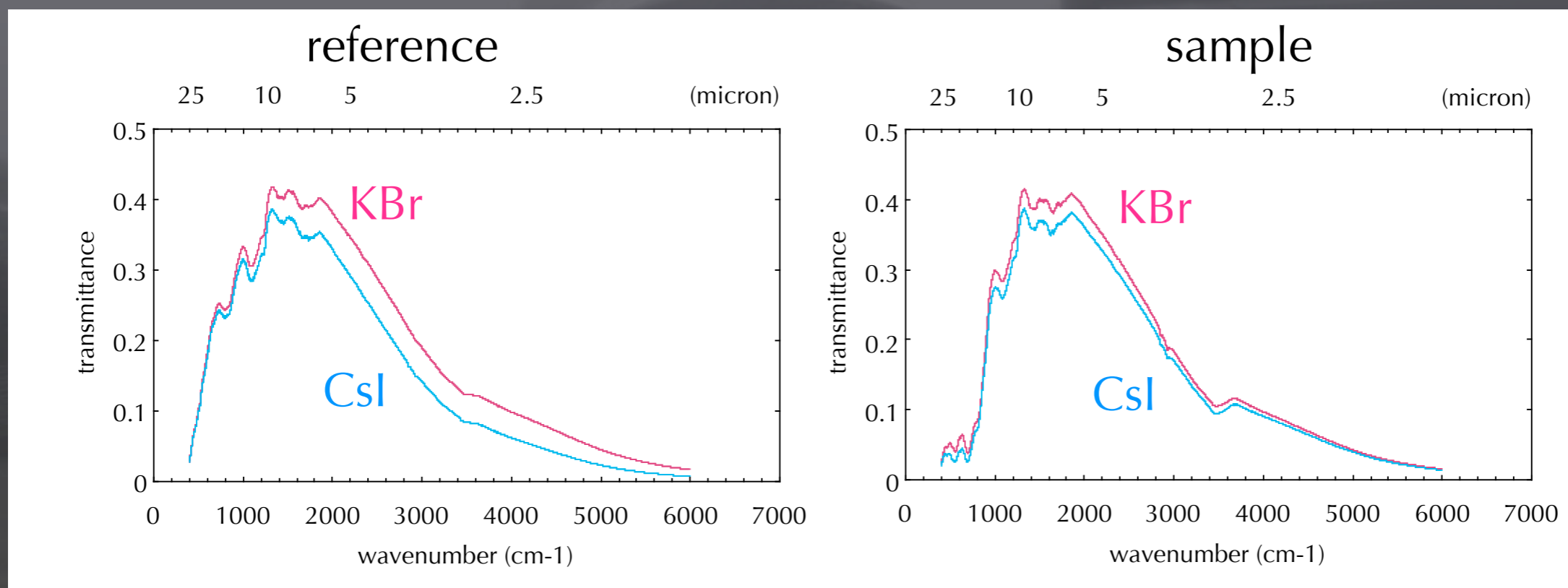
✓ サンプル（沈殿法でサイズ分別）

反応生成スピネル

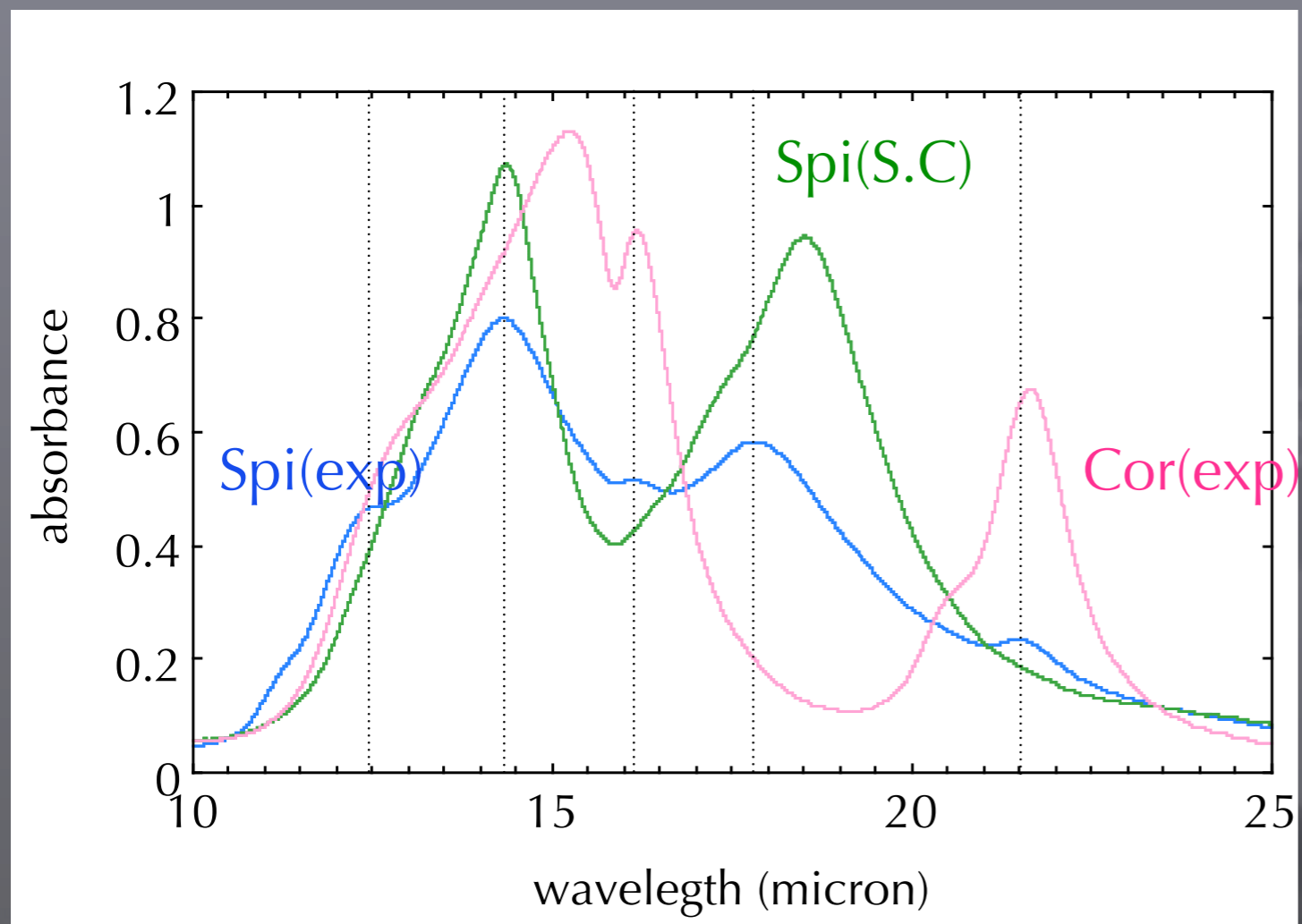
単結晶スピネル

コランダム(実験に使用)

コランダム粉末

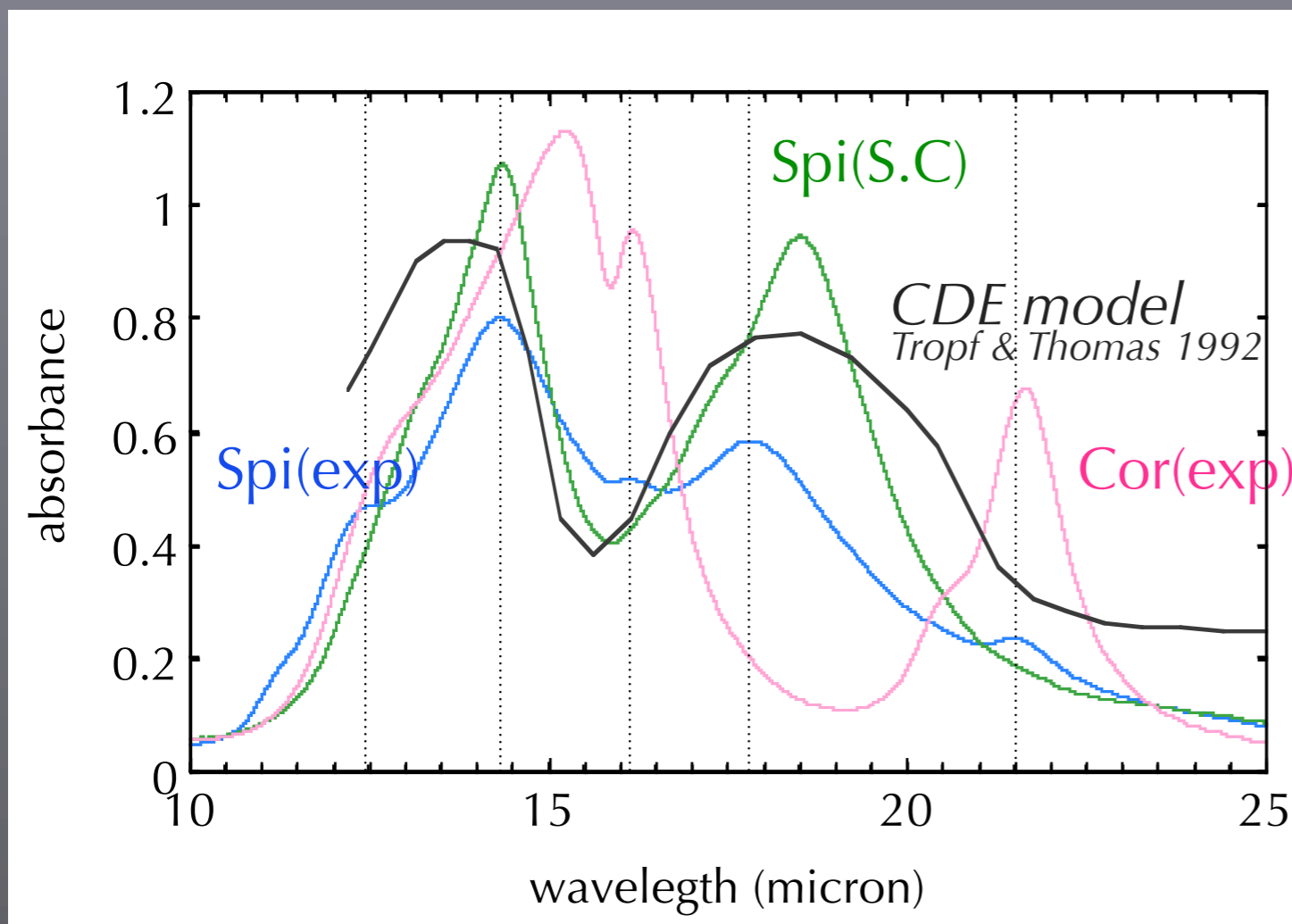


結果



- ✓ 14.4 micronピークは変わらず
- ✓ 18.5 micron-->17.8 micron
- ✓ 12.5 micronピークが出現
- ✓ 17.2, 21.5 micronピークはコランダム?

結果

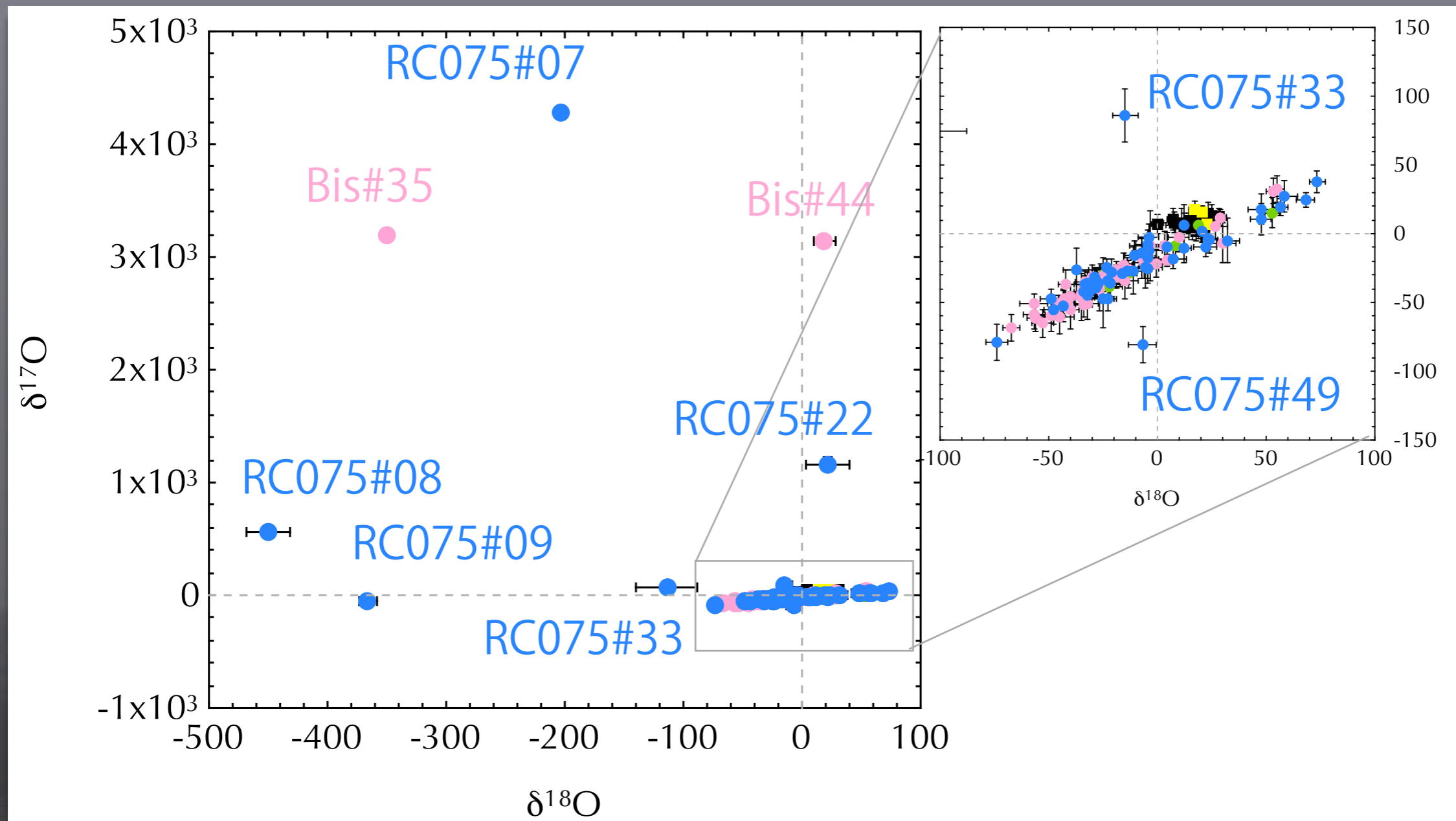


- ✓ 14.4 micronピークは変わらず
- ✓ 18.5 micron-->17.8 micron
- ✓ 12.5 micronピークが出現
- ✓ 17.2, 21.5 micronピークはコランダム?

Al/Mg比がプレソーラー粒子の形成を理解する鍵になるかも?

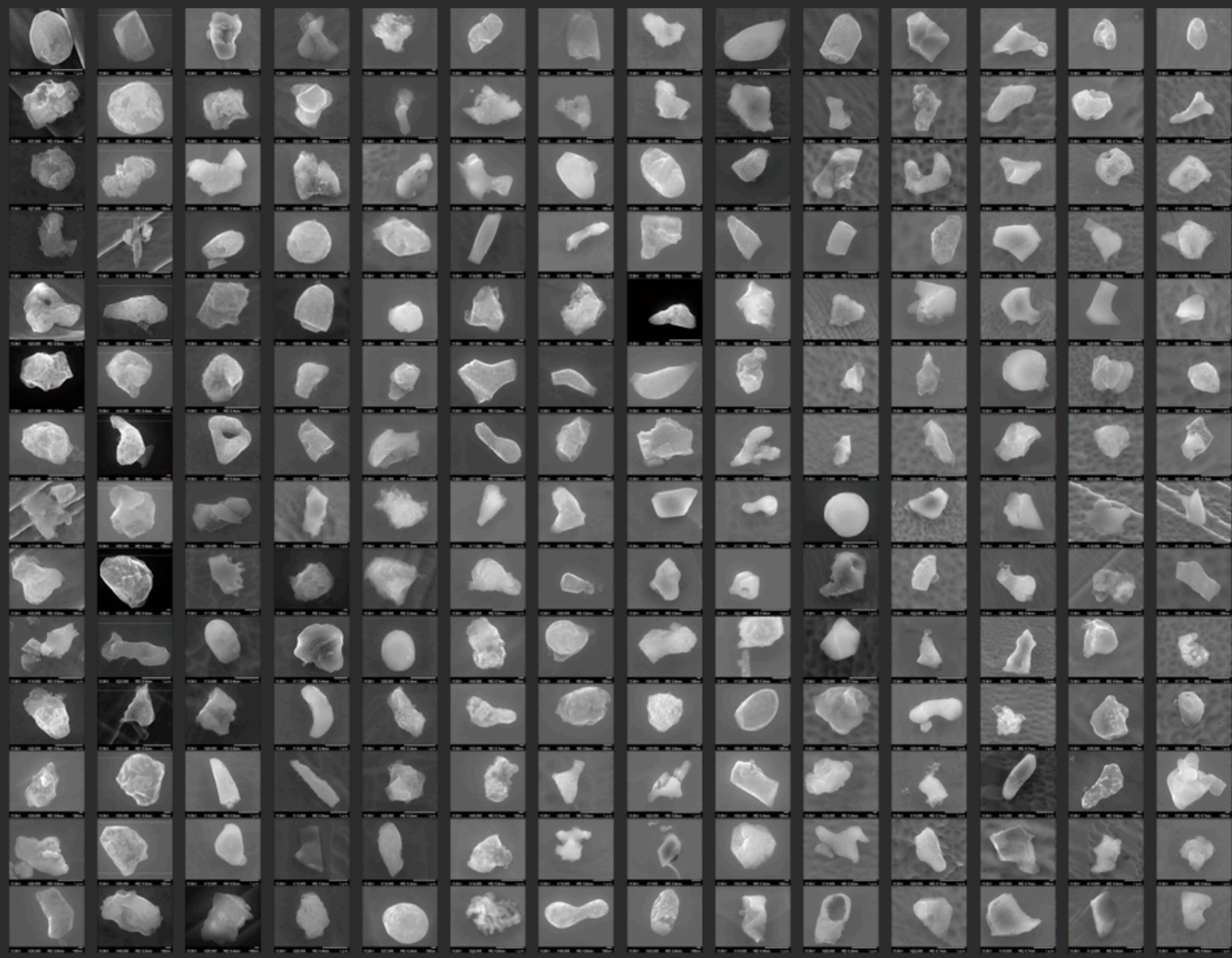
コランダム酸素同位体比のSIMS分析

Cameca ims-1280 (Hawaii Univ.)



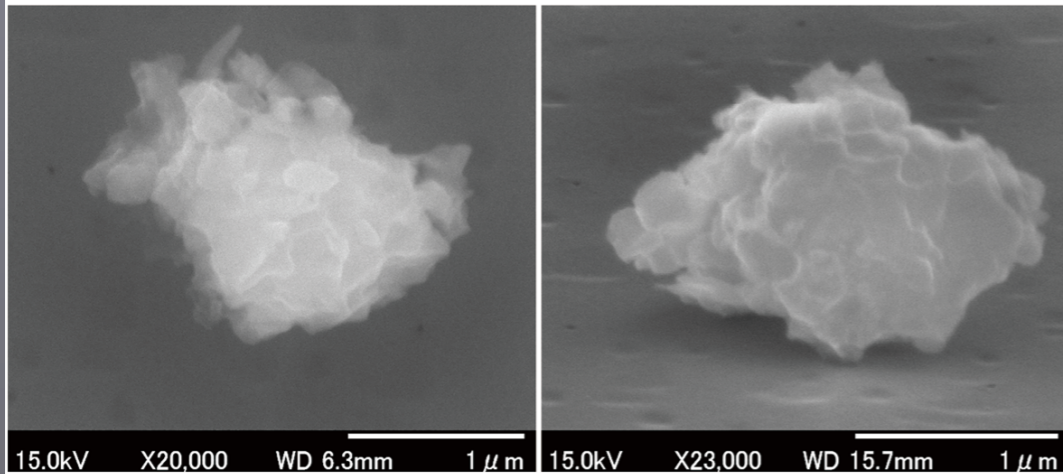
プレソーラーコランダムを9粒子発見

Corundum grains in Ordinary Chondrites



プレソーラー粒子形状(RC075)

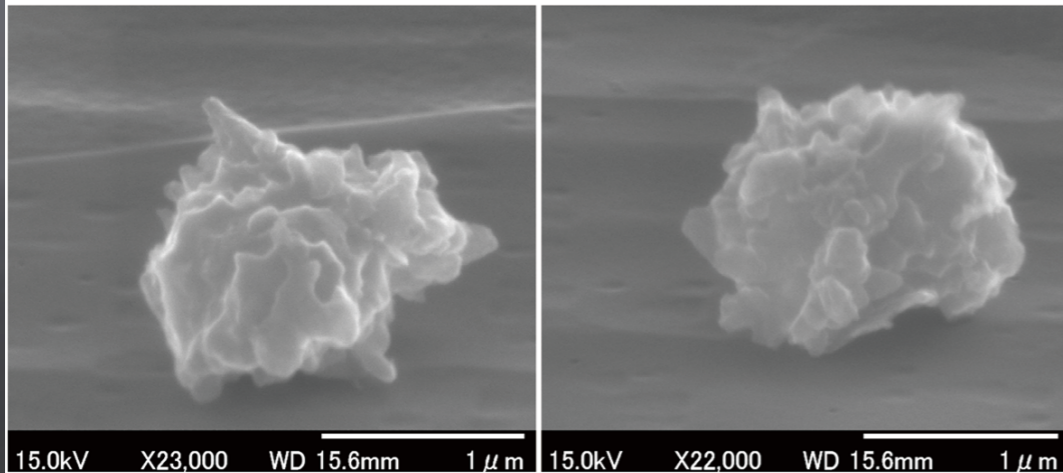
RC075-59_#7



15.0kV X20,000 WD 6.3mm 1 μm 15.0kV X23,000 WD 15.7mm 1 μm

07_t0r0_15kV_03nA.tif

07_t70r0_15kV_03nA.tif

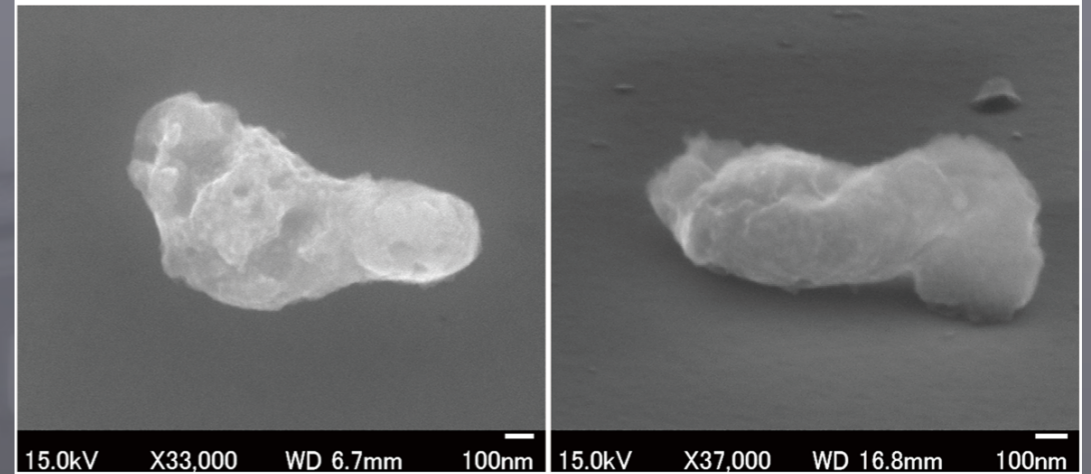


15.0kV X23,000 WD 15.6mm 1 μm 15.0kV X22,000 WD 15.6mm 1 μm

07_t70r90_15kV_03nA.tif

07_t70r270_15kV_03nA.tif

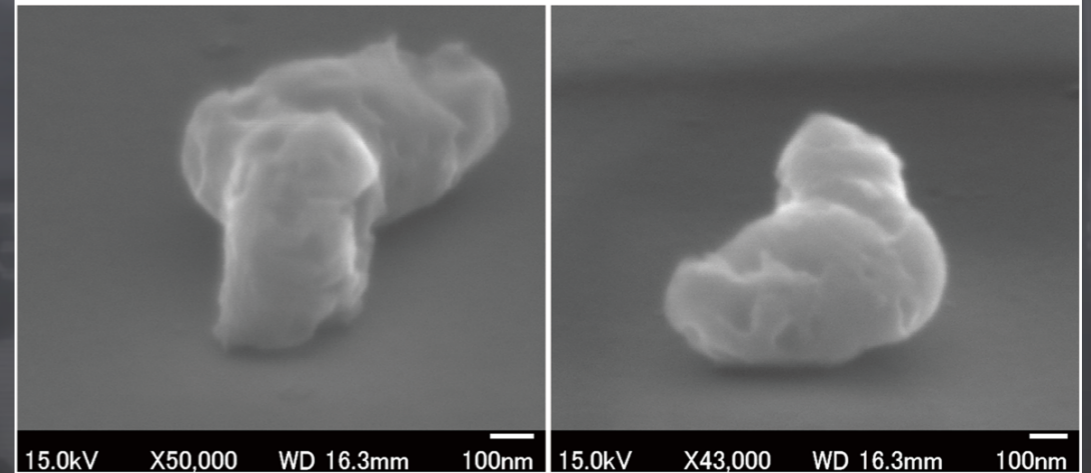
RC075-59_#49



15.0kV X33,000 WD 6.7mm 100nm 15.0kV X37,000 WD 16.8mm 100nm

49_t0r0_15kV_025nA.tif

49_t70r0_15kV_025nA.tif



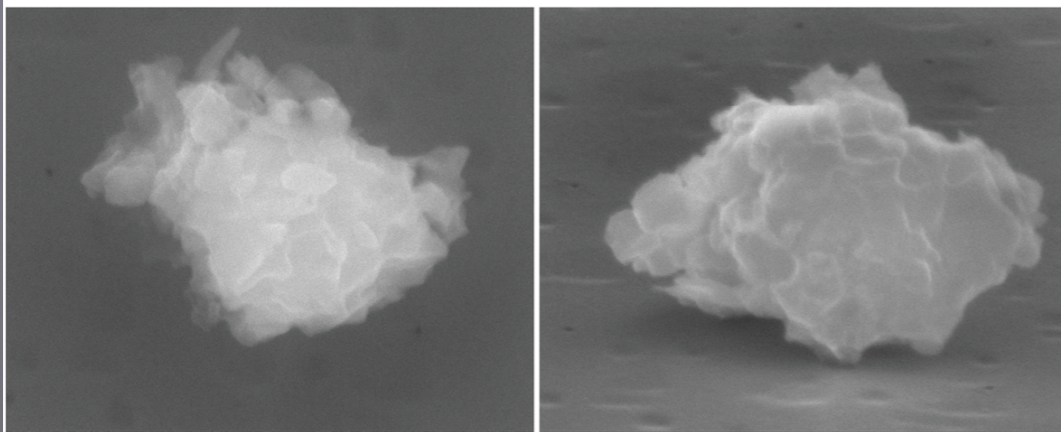
15.0kV X50,000 WD 16.3mm 100nm 15.0kV X43,000 WD 16.3mm 100nm

49_t70r90_15kV_03nA.tif

49_t70r270_15kV_03nA.tif

プレソーラー粒子形状(RC075)

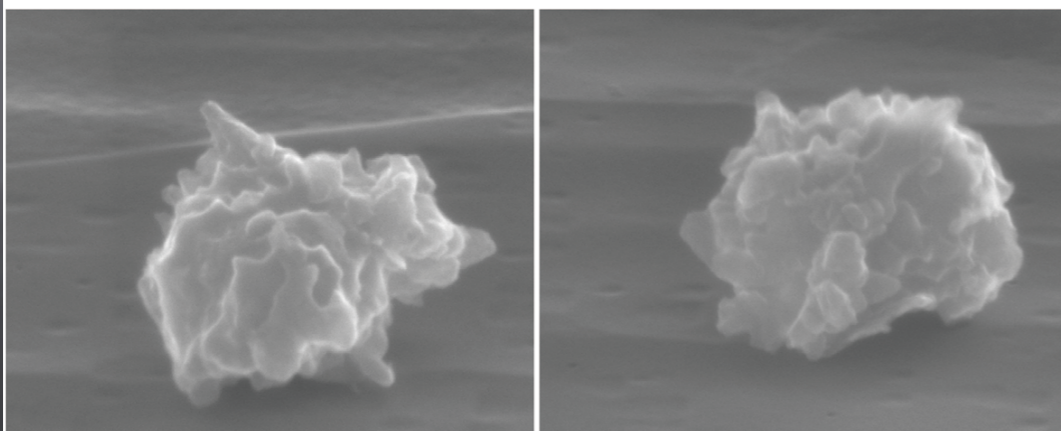
RC075-59_#7



15.0kV X20,000 WD 6.3mm 1 μm 15.0kV X23,000 WD 15.7mm 1 μm

07_t0r0_15kV_03nA.tif

07_t70r0_15kV_03nA.tif



15.0kV X23,000 WD 15.6mm 1 μm 15.0kV X22,000 WD 15.6mm 1 μm

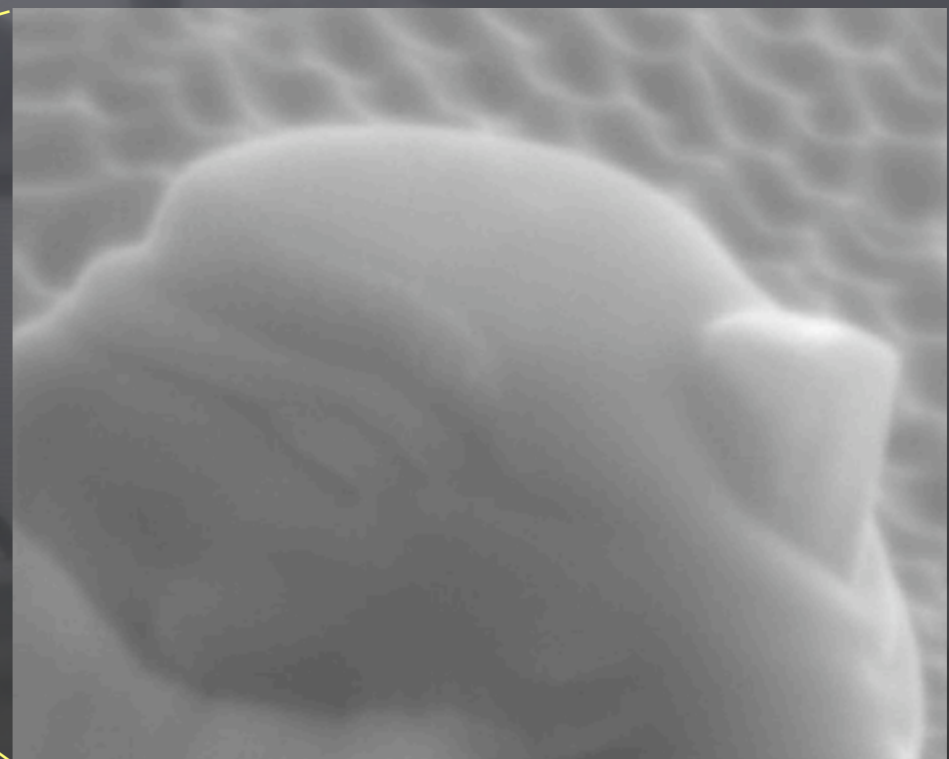
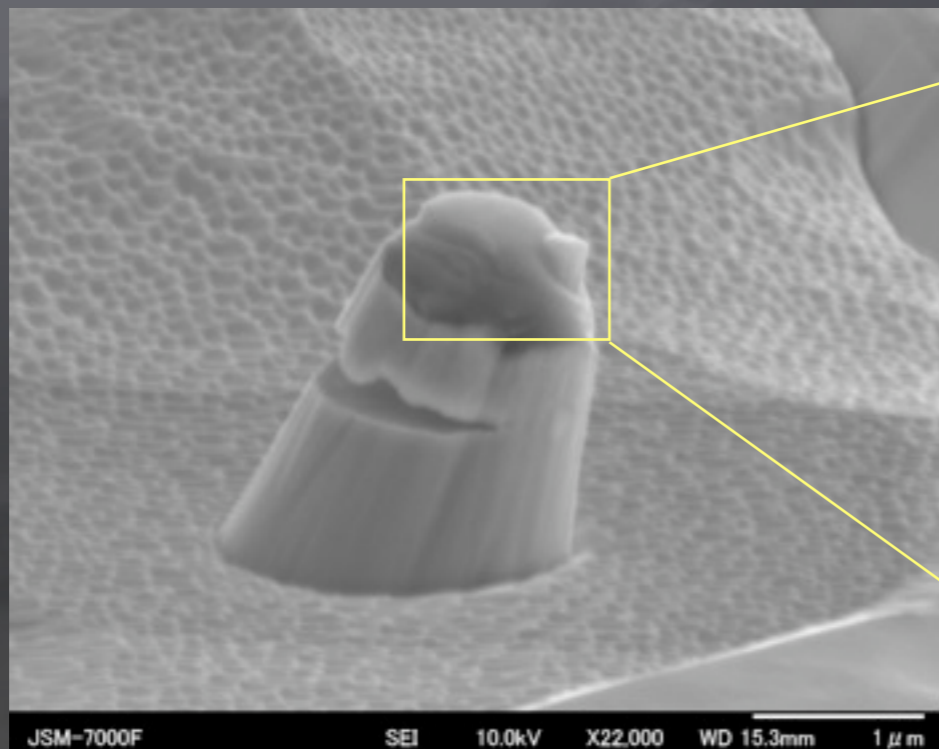
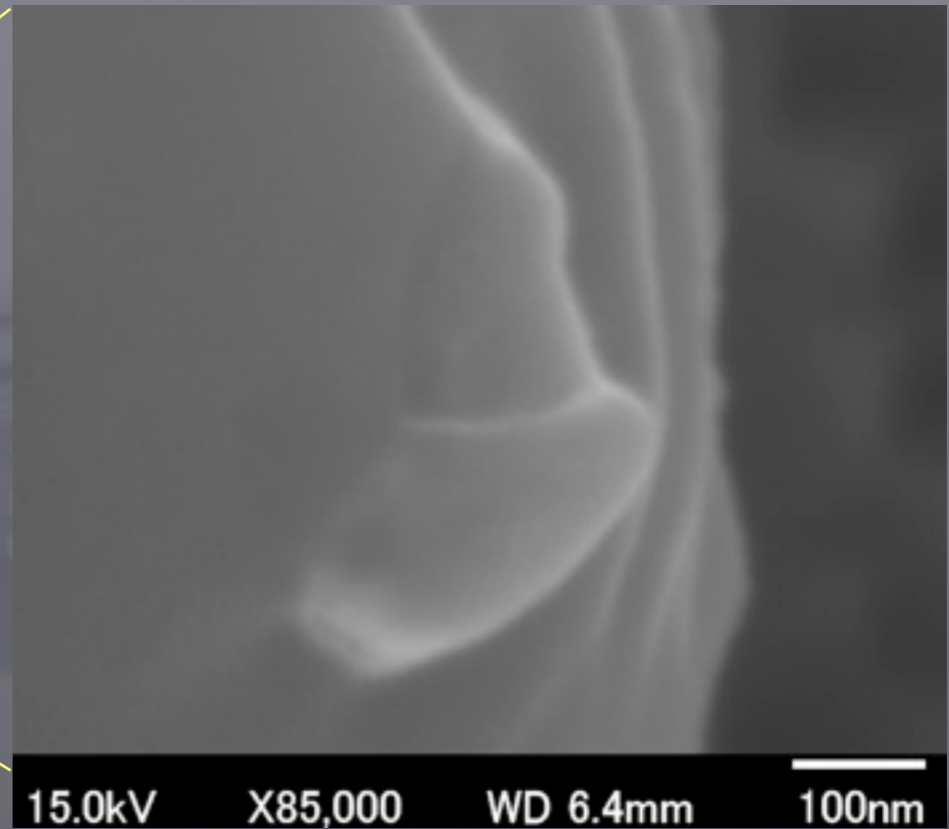
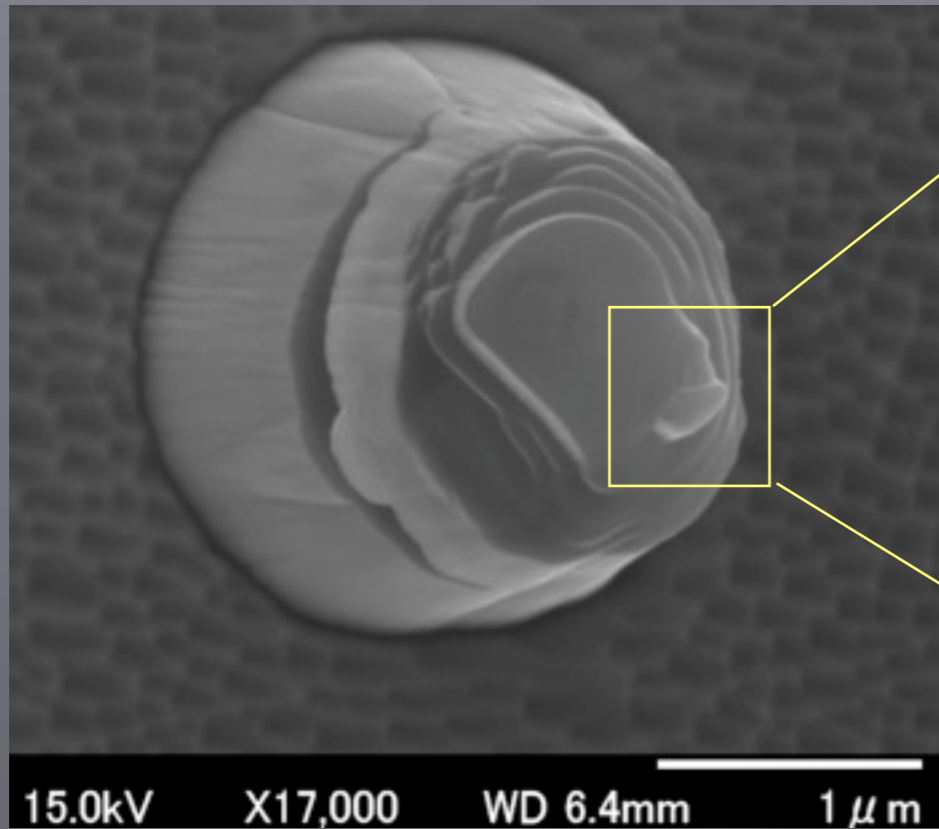
07_t70r90_15kV_03nA.tif

07_t70r270_15kV_03nA.tif

✓ プレソーラーコランダムの
Al/Mg比~15-85 (Choi+1998)

Al/Mg比がプレソーラー
粒子の形成を理解する
鍵になるかも

プレソラー粒子形状(RC075-59_#9)



まとめ

- ✓ 星周条件下での固相気相反応によるスピネル形成実験



により, 非化学量論的スピネルが形成した($n \sim 2$)

- ✓ 形成したスピネルの赤外分光測定 in Jena

今後: 凝縮物を直接反射スペクトル測定

- ✓ 実験・観測・分析を有機的に繋げて銀河の物質循環