

スーパーアースにおける 有機物ヘイズの生成実験とその応用

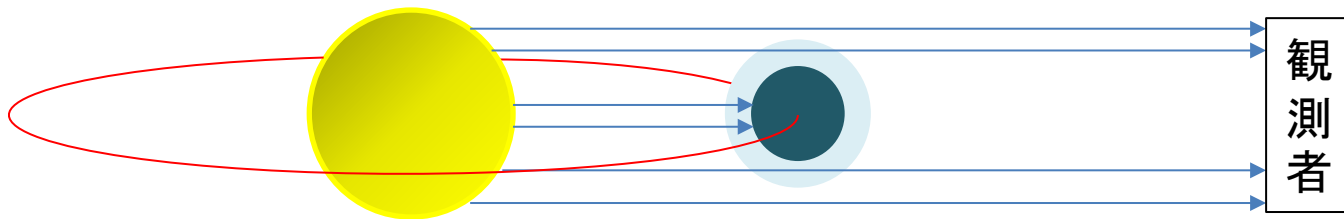
東京大学

小林潤平、関根康人

トランジット観測

■ 中心星の前を惑星が横切る時の減光を観測

大気による追加吸収→分光観測



■ スーパーアース

地球質量の1-20倍の質量

地球半径の1-5倍の半径

大気が観測されたスーパーアースは現在までに3つ

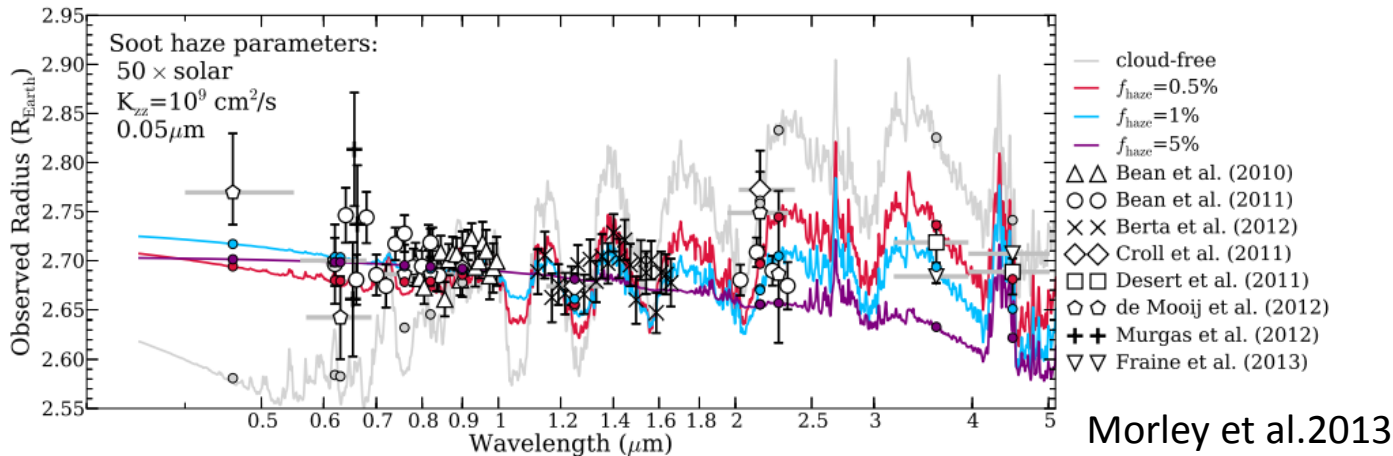
観測:GJ1214b

■ 最初の大気観測のターゲット

水蒸気大気or厚い雲のある大気(Narita et al.2013)

雲は有機物ヘイズの可能性(Miller-Ricci et al.2012他)

—有機物ヘイズは高エネルギー粒子や紫外線で生成(タイタン等)



現在のモデルにおけるヘイズはアドホック

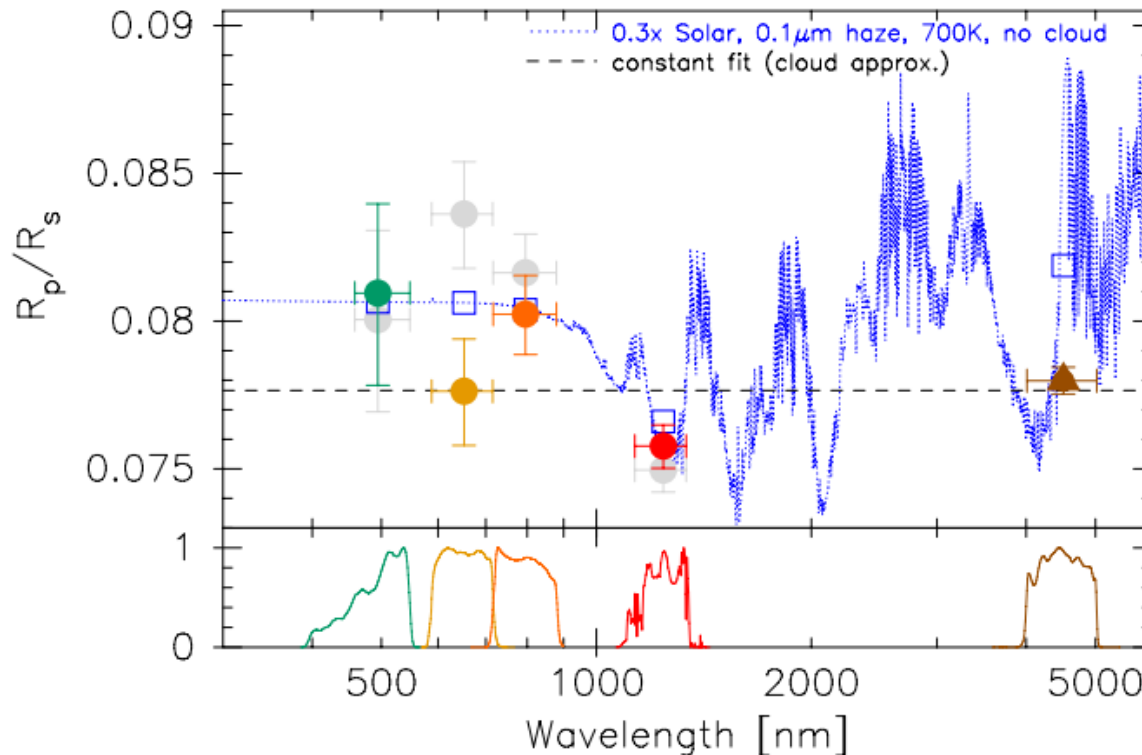
実験によって生成量、光学定数を得る必要がある

観測:GJ3470b

■晴天のスーパーアース

観測波長によって異なる減光率(Fukui et al.2013)

厚い雲は存在しないがヘイズがある大気



Fukui et al.2013

今後の観測

■ TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite)

2017年に打ち上げ予定

全天をトランジットサーベイ

太陽系近傍の低質量星周りの惑星が対象

— Keplerは狭い領域の暗い星

※ TESSは発見型のプロジェクト

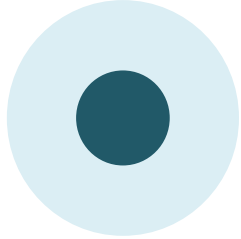
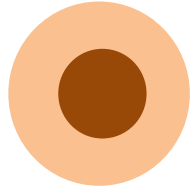
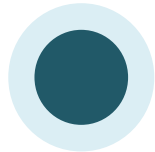
フォローアップの観測が必要

今後大気観測の行われるスーパーアースは増えていくはず

→ 将来の観測への予見はできないか



スーパーアースの大気

組成	水素に富む 還元的	中間 還元的	水素に乏しい 酸化的
大気の広がり			
ヘイズの できやすさ	$C_2H_4 + 4H \rightarrow 2CH_4$ 高分子化しにくい	高分子化 しやすい	$CH_3 + O \rightarrow CH_2O + H$ 高分子化しにくい
形成時 の大気	ガスを集積		ガスをまとえない

水素の散逸(主星と時間の関数)

還元的大気: 有機物ヘイズが存在する可能性

ヘイズが生成されるのはどんな惑星?

研究内容

■方法

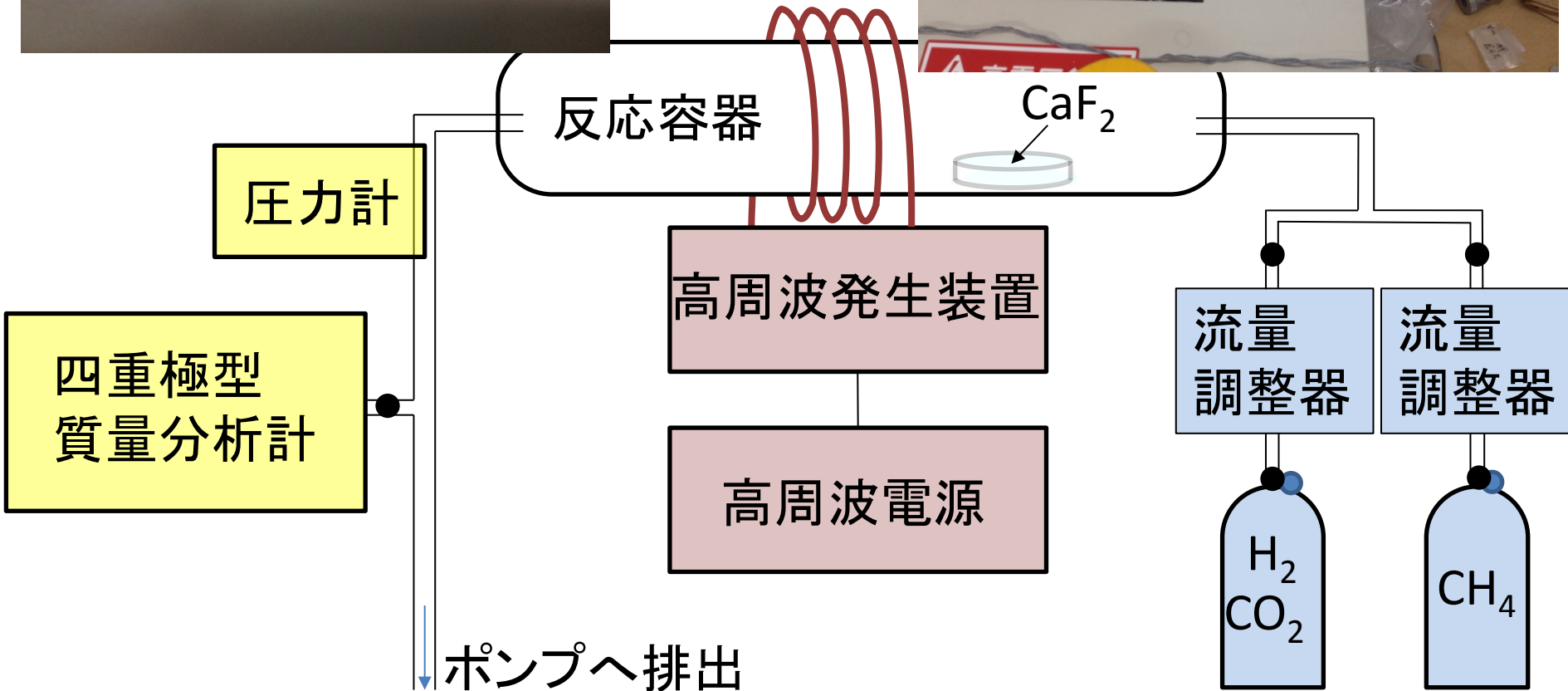
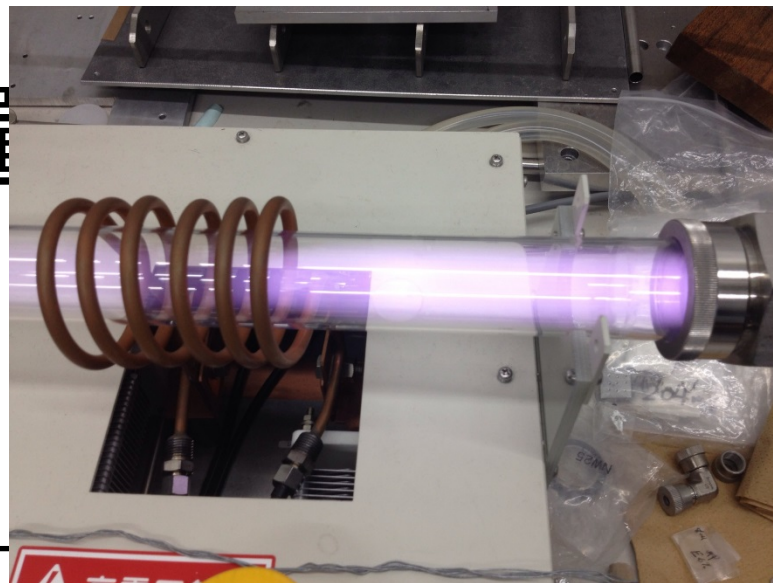
CH₄とH₂、CO、CO₂を混合させたガスにプラズマを照射する

ガスの混合比による、高エネルギー粒子でのヘイズの生成率と反応後の気体成分の変化を調べる

■目的

惑星の大気の状態とヘイズの存在可能性の関わりを
予見する

実験装置

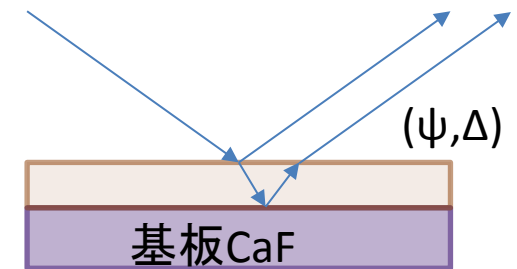
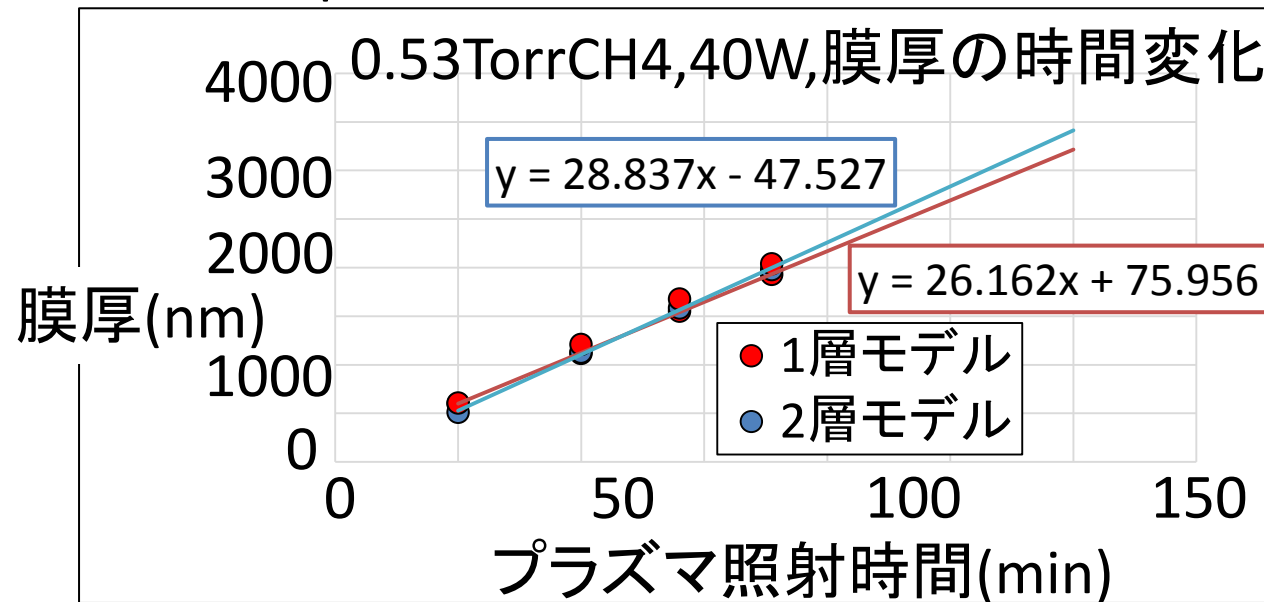


分析

膜厚の分析:分光エリプソメトリー (参考,藤原(2003))

入射光と反射光の偏光の変化を波長毎に測定

構造モデルを立て、屈折率 n 、消散係数 k 、膜厚 d を変化させて
測定値 ψ 、 Δ に対しフィッティング



膜厚の時間変化を測定→グラフの傾きが成長率

予備実験

■ 実験目的

想定する大気は上層、低圧

高圧の時は三体反応が発生

例: $\text{H} + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3 + \text{M}$

高分子化を阻害

一方、流量が少ないと混合に難

最適な圧力の検討が必要

■ 実験方法

CH_4 ガス

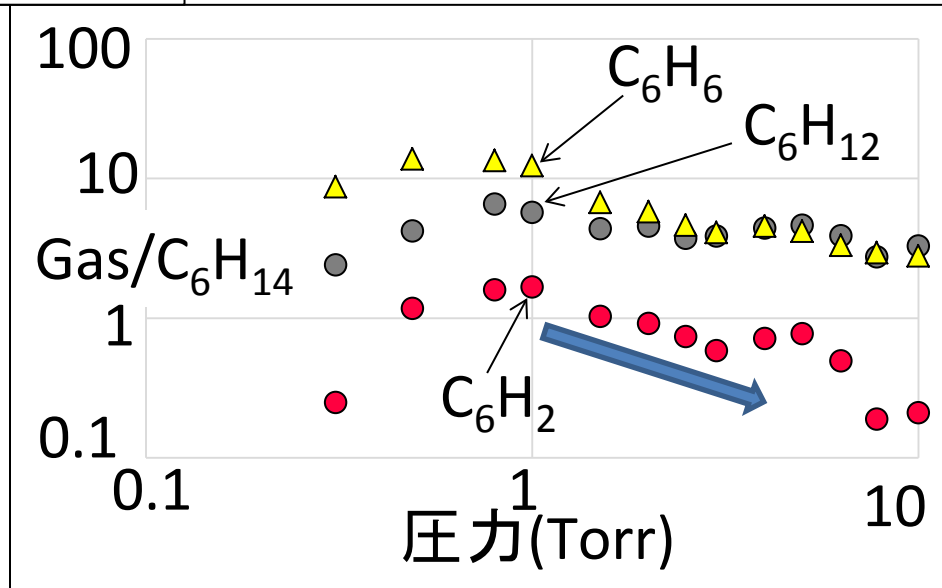
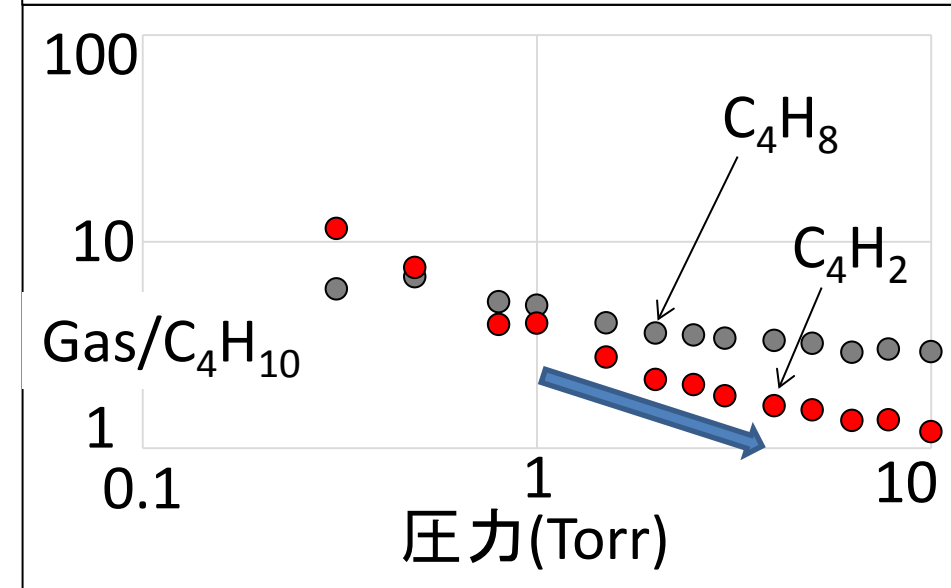
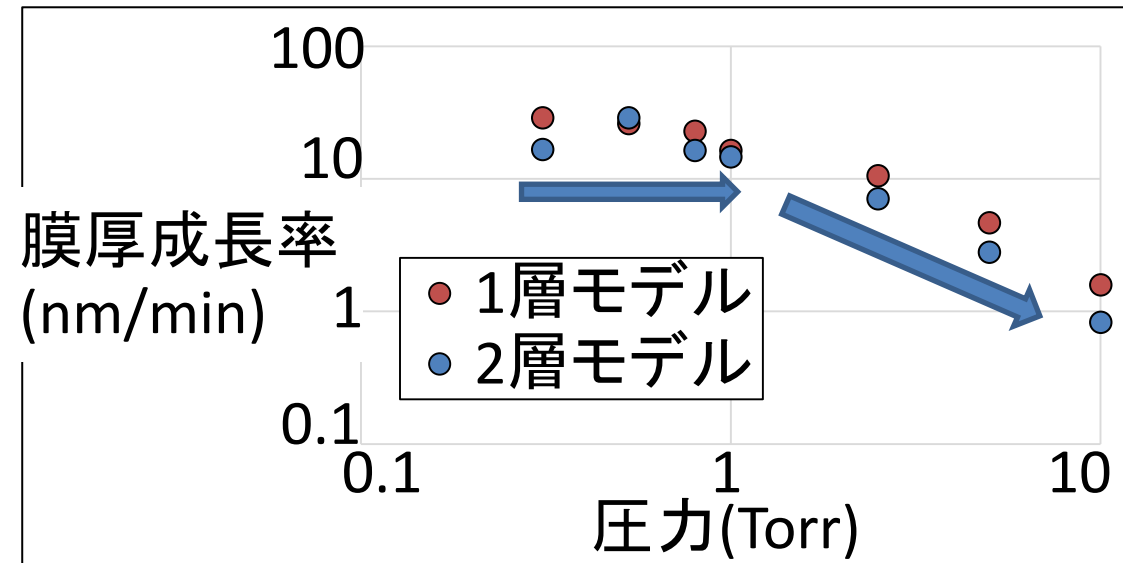
高周波電源出力40Wでコールドプラズマ生成

生成される膜厚成長率、気体成分の圧力依存性を調べる

予備実験結果

膜厚成長率、
不飽和な気体成分
の圧力依存性

●:飽和
●:不飽和



1Torr以上では三体反応の影響増
今回は1Torrで実験を進める

実験

■実験方法

H₂-CH₄、CO₂-CH₄混合ガス 1Torr

高周波電源出力40Wでコールドプラズマ生成

生成される膜厚成長率、気体成分の変化を調べる

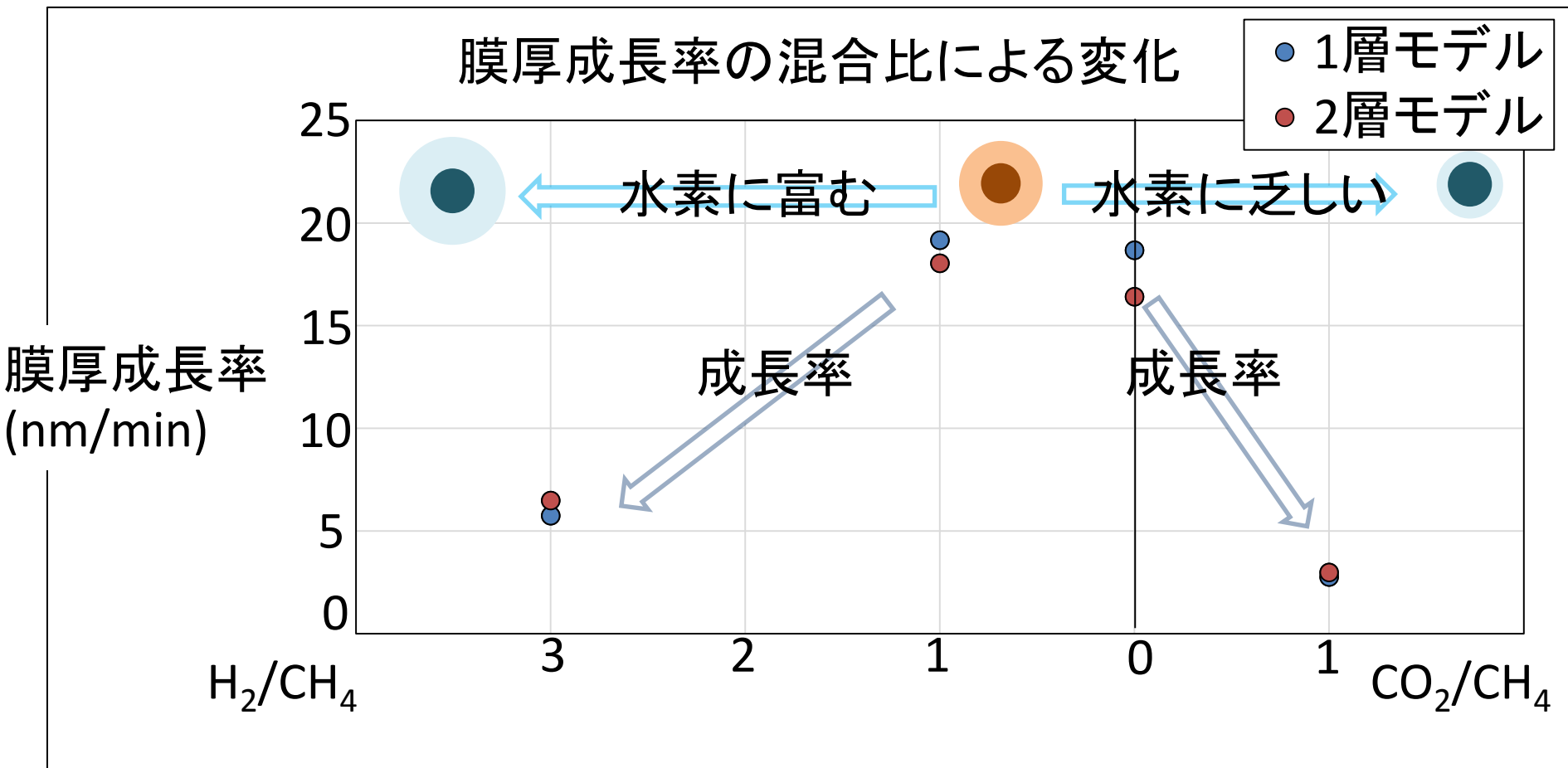
■混合比

H₂/CH₄=0,1,3

CO₂/CH₄=1

※今後より水素、二酸化炭素に富む模擬大気で実験

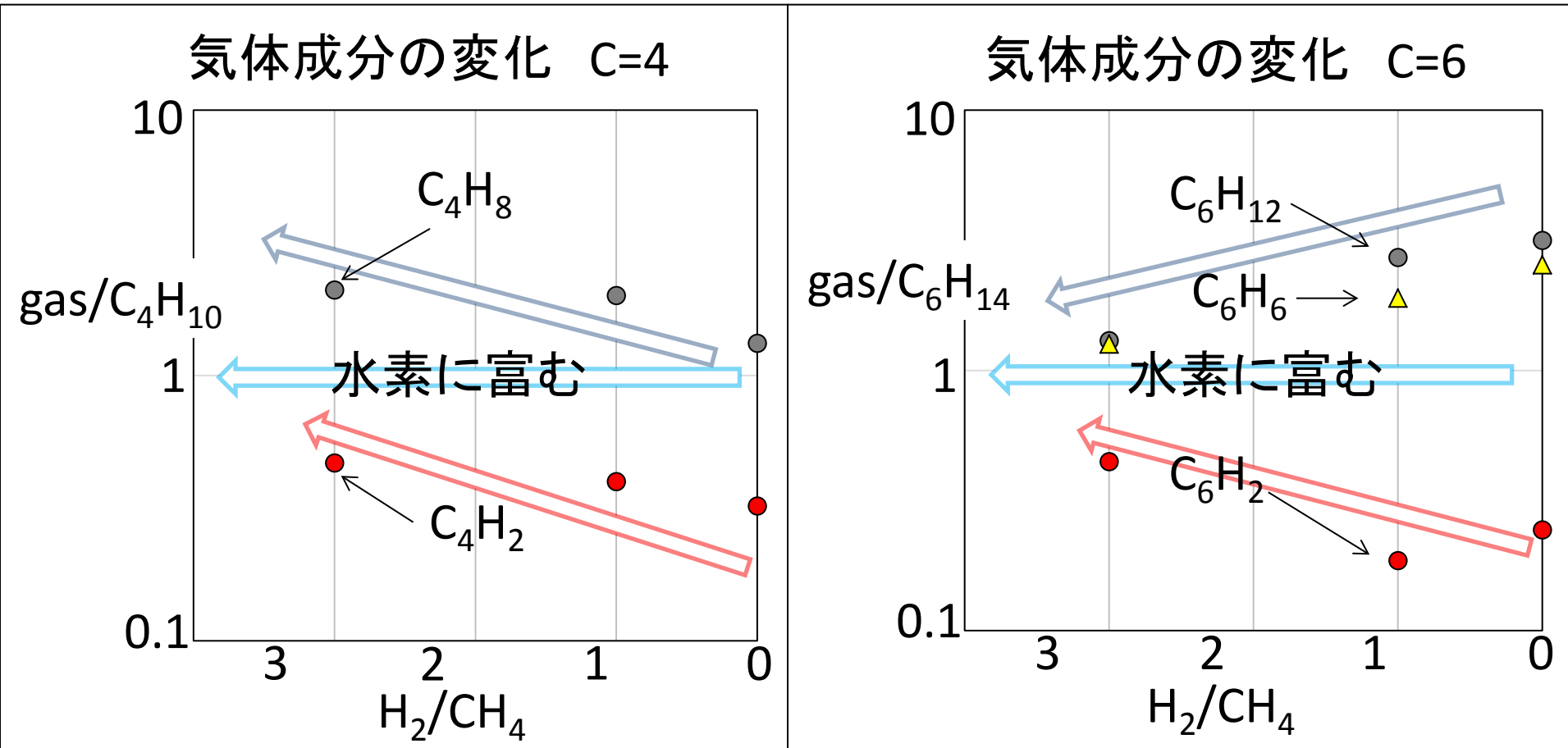
実験結果



より水素に富むor乏しい大気ではできにくくなっていく？

実験結果 H₂混合

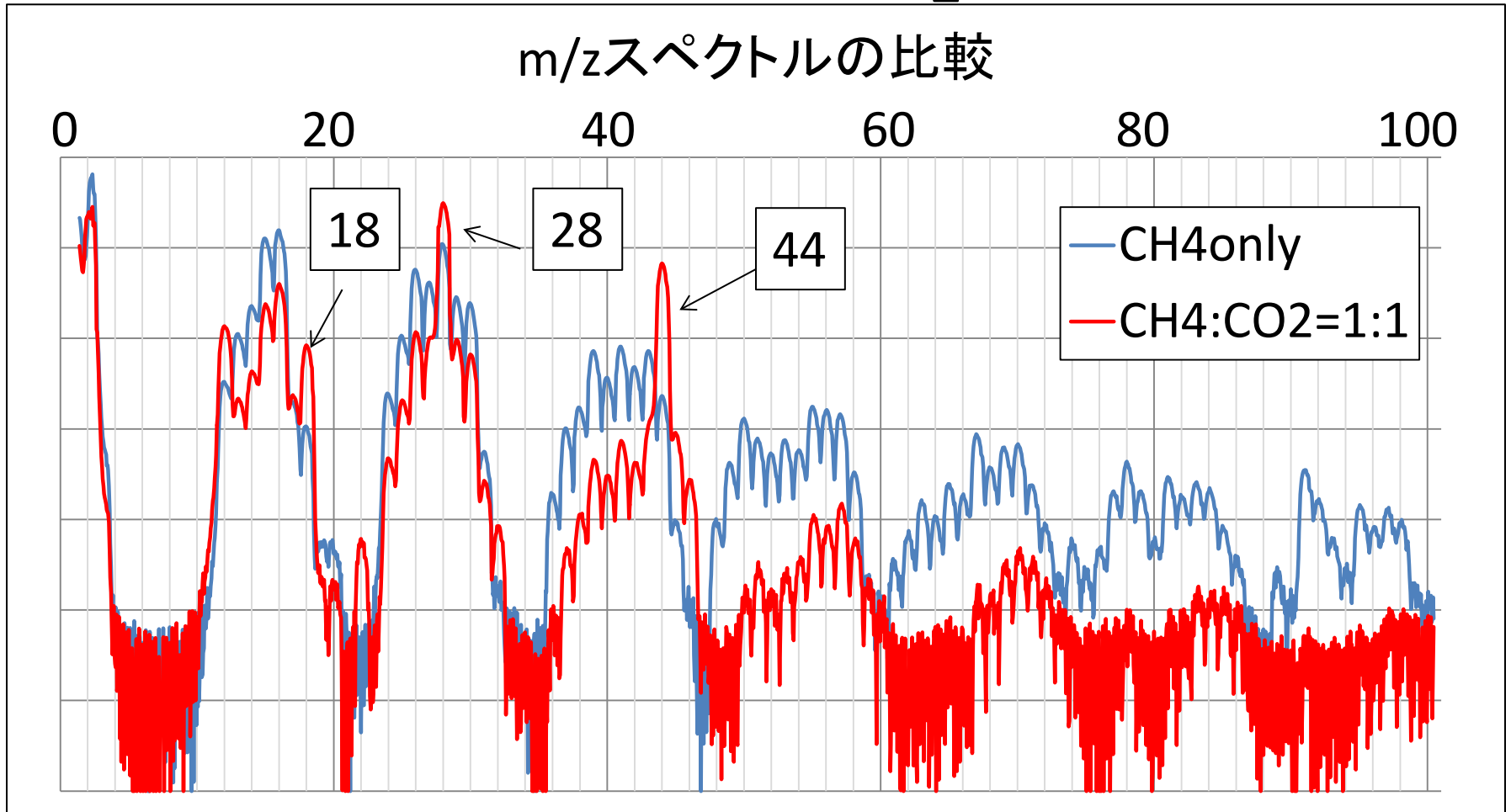
●:飽和
●:不飽和



飽和、不飽和のできやすさでは説明はしきれない？
今後の実験でどう変化するか？

実験結果 CO₂混合

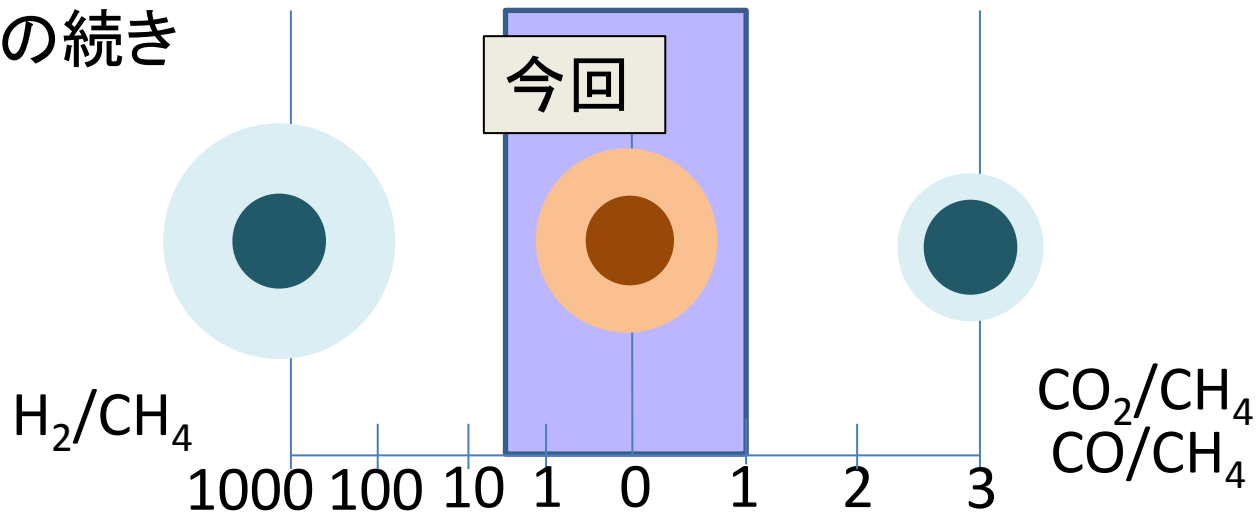
m/zスペクトルの比較



炭化水素が酸化され、高分子化を阻害

今後の予定

■実験の続き



混合比によるヘイズの生成率の検証を進める

気体成分やエアロゾルの組成から生成メカニズムを考える

■大気モデル

惑星での生成率の見積もり

光学定数の測定