

## まとめ

- **火星**は「惑星の**水**」の理解に物質情報から迫れる特異性を持つ。
- 初期火星における**還元力**は、  
地表の**水** (←温暖気候←大気水素)  
**エネルギー**代謝 (←酸化還元非平衡)  
**有機物** (←二酸化炭素の還元)  
のavailabilityに繋がる。
- 苦鉄質岩の水質変性の主要な生成物だが、  
地球の酸素大気下で不安定で研究が困難な  
**二価鉄サポナイト**の合成・分析手法を構築。  
**硫化水素還元**による水素生成を発見。
- ガス・溶液・鉱物成分を比較・解釈  
 $2\text{Fe(II)Sap.}(\text{OH}) + 2\text{HS}^- + \text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Fe(III)Sap.}(\text{O}) + \text{FeS}_2 + 2\text{H}_2$   
二価鉄サポナイトは**還元力・溶存鉄**を供給。  
水素生成量は二価鉄サポナイトの**量に比例**。
- 二価鉄サポナイトと硫化水素由来の水素が、  
流水地形を形成した**温暖イベントに貢献**？
- 代謝の還元剤に水素を利用できることで、  
液体水・有機物・エネルギーを地表よりも  
安定して得られる**地下が生命圏として有利**？

地下水との相互作用を経た地下粘土鉱物の特徴づけから、  
水・物質循環、化学環境の進化、有機物やbiosignatureの理解に  
アプローチできる可能性

2022/2/8 第23回惑星圏研究会

### Hydrogen generation through interactions of ferrous saponite with H<sub>2</sub>S-rich fluids on early Mars: Implications for planetary climate, environmental evolution, and habitability

初期火星における二価鉄サポナイトと硫化水素含有流体との化学反応による水素生成：惑星気候、環境進化、ハビタビリティへの示唆

野田夏実<sup>1,2</sup>, 関根康人<sup>1,4</sup>, 高橋嘉夫<sup>2</sup>, 佐久間博<sup>3</sup>, 福士圭介<sup>1</sup>, 河合敬宏<sup>2</sup>, 中川麻悠子<sup>1</sup>, 北台紀夫<sup>3</sup>, Kristin Johnson-Finn<sup>1</sup>, Shawn McGlynn<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>東京工業大学ELSI, <sup>2</sup>東京大学, <sup>3</sup>NIMS, <sup>4</sup>金沢大学, <sup>5</sup>JAMSTEC

1

本発表の位置づけ

水がある = habitable???

単なる水の有無が地球を“生命の星”たらしめている訳ではない。

2

地質記録に根差した火星環境進化

形成→地下熱水変性→地表の流水・堆積層→酸化・酸性化・寒冷・乾燥化

“ハビタブル天体”の環境・進化の理解に物質情報からアプローチできる「モデル惑星」

3

温暖気候の鍵となる大気水素供給

表層水を保持する温暖環境は達成困難「なぜ水が存在できたのか」不明

CO<sub>2</sub>や他の大気成分(H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>)では吸収されない遠赤外線域(250-500 cm<sup>-1</sup>)にCO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>の衝突誘起吸収が有効

水素供給プロセス VS 宇宙空間へ散逸

- 火山噴火(脱ガス)
- 隕石衝突(金属鉄と水が反応)
- 風化作用(蛇紋岩化など)

本研究で発見した水素供給過程

硫化水素を水素に還元

4

エネルギー・有機物の利用可能性

Curiosityの第1探査に基づくゲイルクレータの鉄を含む鉱物の生成環境の模式図

酸化鉄の沈殿

還元的な地下水?

還元的な湖水

流質有機物の検出

その場生成の可能性 無機炭素源の還元?

代謝の燃料となる還元剤の供給 有機物合成に至る還元力：供給シナリオ不明

鉄硫化物のvariety=酸化還元非平衡環境の痕跡? 鉄酸化菌が代謝のエネルギーを取得可能?

5

火星二価鉄サポナイトの痕跡

Na<sub>0.3</sub>(Mg)<sub>2</sub>(Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub> 還元環境で苦鉄質岩から水質変成

◎初期火星・初期地球・小天体で高い生成可能性

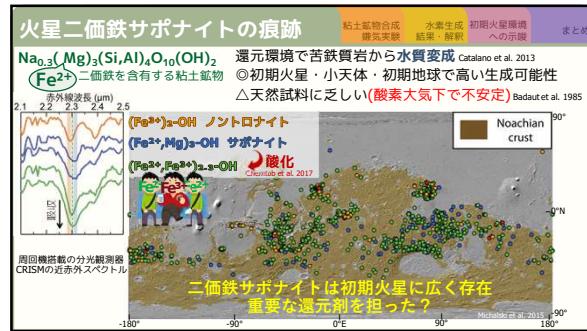
△天然試料に乏しい(酸素大気下で不安定)

(Mg) サポナイト

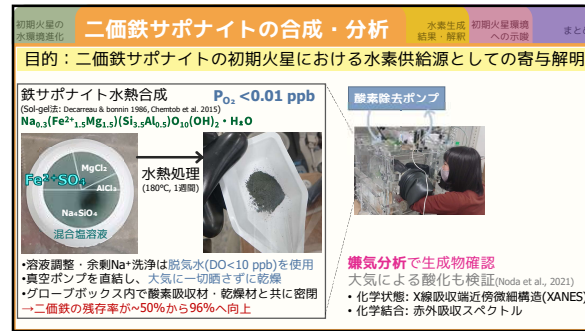
二価鉄サポナイト

ノントロナイト (地球で一般的な鉄粘土鉱物)

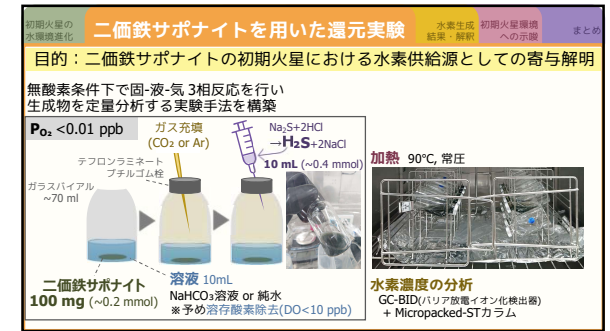
6



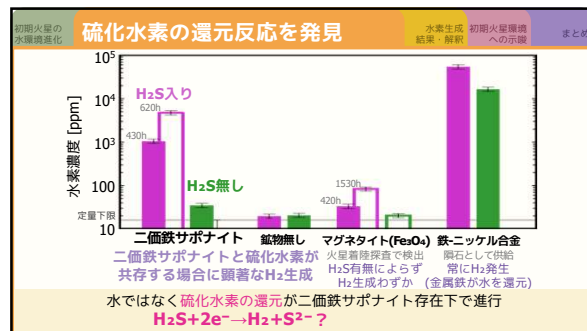
7



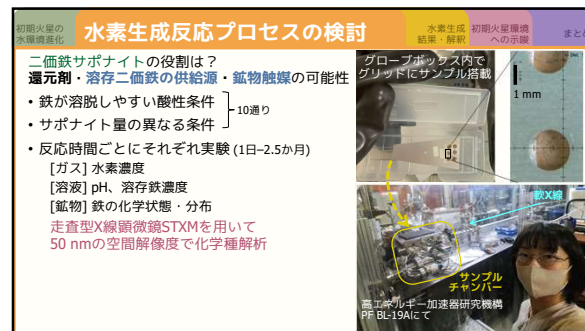
8



9



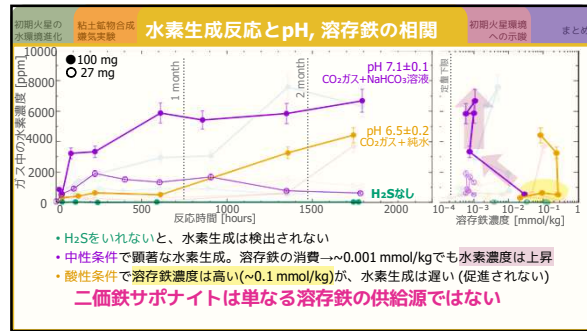
10



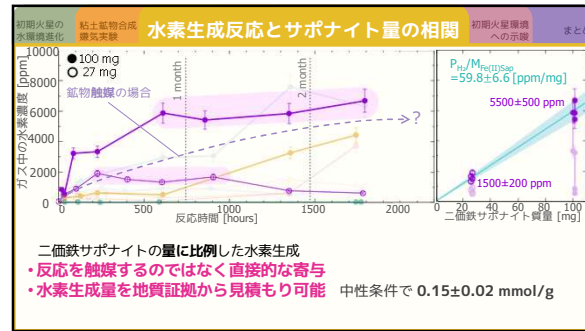
11



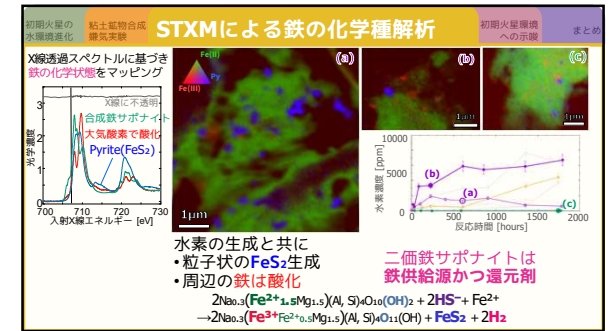
12



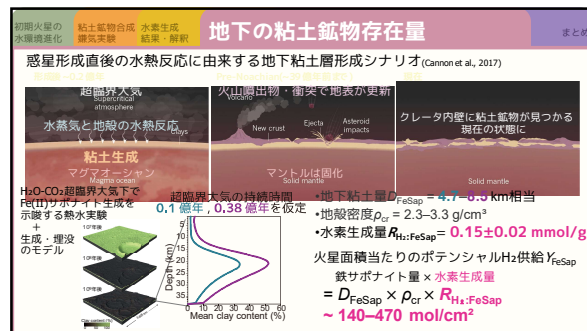
13



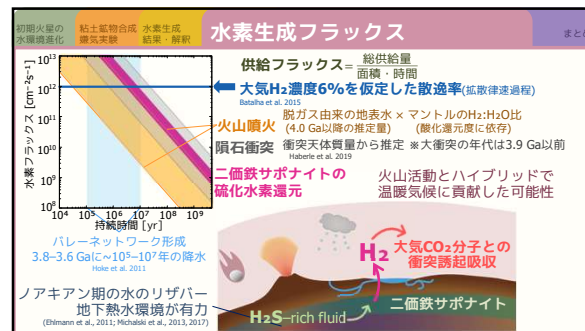
14



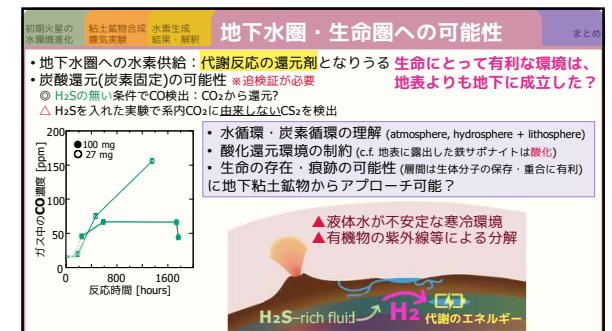
15



16



17



18