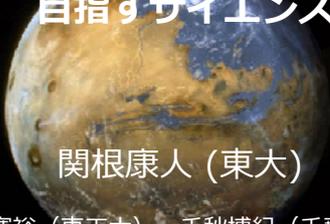
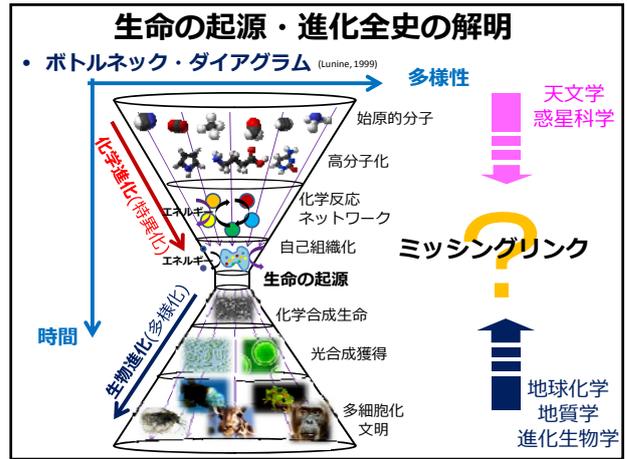


(地球化学・アストロバイオロジーからの)  
**火星探査のビジョンと  
 目指すサイエンス**



関根康人 (東大)

白井寛裕 (東工大)、千秋博紀 (千葉工大)  
 宮本英昭 (東大)、佐藤毅彦 (JAXA)



**隕石学**：隕石中の生体分子量とD-L比と蛇紋石水質変成鉱物  
Pizzarello et al., 2004; Herd et al., 2011

**惑星科学**：氷衛星内部に熱水環境と高分子有機物  
Hsu et al., 2015; Sekine et al., 2015

天文学  
惑星科学

**熱-水-鉱物：環境が育んだ生命？**

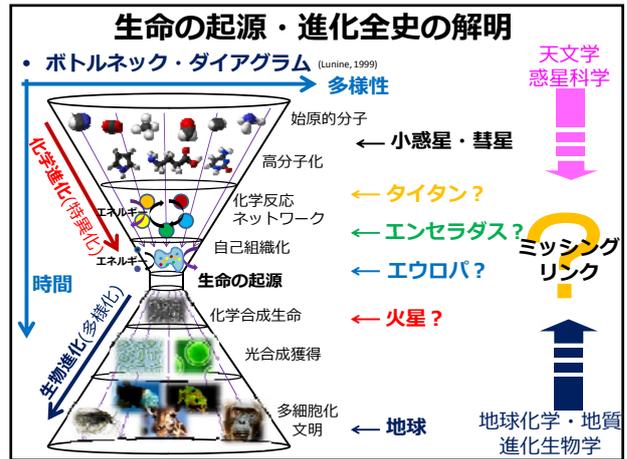
- ・ 還元的・アルカリ性環境 → 有機物高分子化に有利
- ・  $Fe(II)$  鉱物 +  $H_2O \rightarrow H_2 +$  蛇紋石
- **酸化還元エネルギー** (化学進化・生物活動の駆動力)

進化生物学：rRNA系統樹

地質学：最古微化石@熱水

地球化学・地質学  
進化生物学

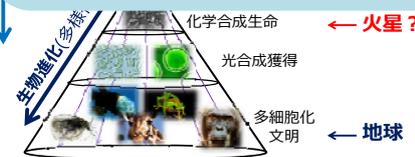
地球



**生命の起源・進化全史の解明**

**Key questions**

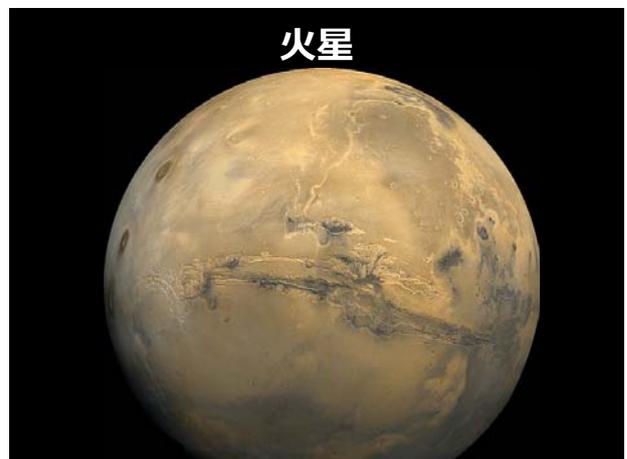
- ・ **エネルギー**：どんな**酸化剤・還元剤**がどのくらい生成している(いた)? **光エネルギー**は利用可能か?
- ・ **環境**：どのような**物質循環**がおきている(いた)か? その**駆動力**は? どのくらい**持続可能**か?
- ・ **物質**： $C, N$ 等は**溶媒中**にどれだけ存在する(した)? どのような**環境**で**複雑な物質**へ進化しうる(した)?



地球化学・地質学  
進化生物学

地球

火星?

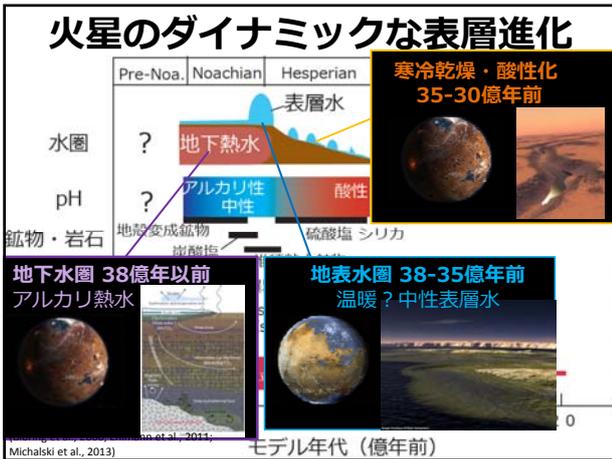
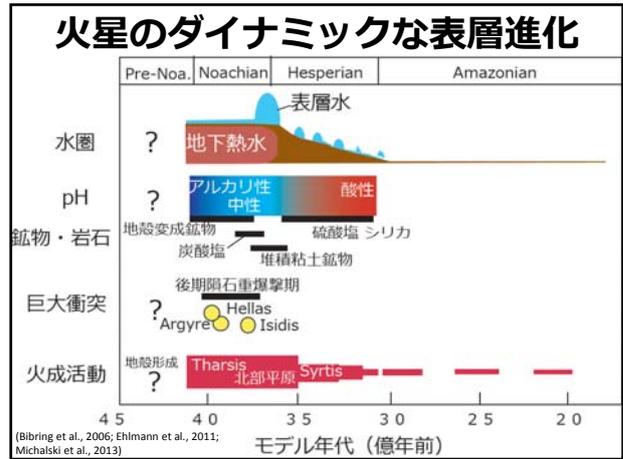


## 火星探査シナジー：一点突破全面展開

2004-: Mars Rovers  
Eagle crater (Opp)  
Gusev crater (Spt)  
2012-: Curiosity  
Gale crater

数 1000 という露頭に粘土など堆積岩  
⇒ 火山灰の下には古環境記録が眠っていた

1996-2006: Mars Global Surveyor  
(TES: 6 km/pix)  
2003-: Mars Express  
(OMEGA: 0.3-2 km/pix)  
2008-: Mars Reconnaissance Orbiter  
(CRISM, HiRISE: 18 m/pix, 0.3 m/pix)



## Key questions : 火星テーマ

- エネルギー：酸化還元ポテンシャル? 光エネルギー?
- 環境：どのような物質循環? その駆動力、持続性?
- 物質：溶媒組成? 有機物構造と化学進化?

A. ダイナミックな環境進化の全容解明  
B. 環境進化の駆動力の理解  
C. 化学進化と生命存在可能性

地下水圏 地表面水圏 寒冷乾燥化  
38億年前 38-35億年前 35-30億年前 現在の火星  
アルカリ熱水 温暖? 中性表層水 強酸性表層水

## Key questions : 火星テーマ

A. ダイナミックな環境進化の全容解明

- A1. 38億年前の地下水活動の規模と物質循環
- A2. なぜ38億年前に水が表層に豊富に出現したか?
- A3. 38-35億年前の気候：常に温暖? 一時的?
- A4. 35億年以降の酸性化はなぜ起きた?

B. 環境進化の駆動力の理解

- B1. 火成活動・内部進化の理解と環境へのリンク
- B2. 絶対年代の決定と重爆撃イベントとの対応
- B3. 温暖化のメカニズム：大気組成・圧力
- B4. 水と大気の供給損失のバランス

C. 化学進化と生命生存可能性

- C1. 38億年前の地下水組成、有機物存否と酸化還元エネルギー
- C2. 38-35億年前の表層に生命進出? 有機物?
- C3. 現在でも生命は存在するか?

## Key questions : 火星テーマ

A. ダイナミックな環境進化の全容解明

- A1. 38億年前の地下水活動の規模と物質循環
- A2. なぜ38億年前に水が表層に豊富に出現したか?
- A3. 38-35億年前の気候：常に温暖? 一時的? (Cur., ExoMars)
- A4. 35億年以降の酸性化はなぜ起きた? (Cur.)

B. 環境進化の駆動力の理解

- B1. 火成活動・内部進化の理解と環境へのリンク (InSight)
- B2. 絶対年代の決定と重爆撃イベントとの対応
- B3. 温暖化のメカニズム：大気組成・圧力
- B4. 水と大気の供給損失のバランス (MAVEN, TraceGasOrbiter)

C. 化学進化と生命生存可能性

- C1. 38億年前の地下水組成、有機物存否と酸化還元エネルギー
- C2. 38-35億年前の表層に生命進出? 有機物? (Cur., ExoMars)
- C3. 現在でも生命は存在するか? (TraceGasOrbiter)

