

# 生命の起源は水素栄養性か？ ーグライナイト仮説

SATテクノロジー・ショーケース2019

## ■ はじめに

生命の起源は独立栄養性かまたは従属栄養性かについて長年議論が続いています。しかし、この議論には鉄イオウクラスターをどのようにして獲得したかの考察がありません。鉄イオウクラスターは生命に必須であり、酸化還元などの様々な生体反応に深く関わっています。種々の鉄イオウクラスターは細胞外でも相互変換可能です。グライナイト( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ )は結晶構造中に $[\text{4Fe-4S}]$ クラスター様構造をもち、ガン温熱療法磁性粒子、リチウムイオン電池、水素吸蔵合金への応用が提案されています。私たちはグライナイトの多様な性質に着目し、高効率で安価なグライナイト合成法を開発するとともに、メタン菌を使って生命の起源へ示唆を与える研究を行ってきました<sup>1</sup>。

## ■ 活動内容

超好熱性メタン菌 *Methanocaldococcus jannaschii* (Box 1)は細胞外にグライナイトを合成し (Box 2)、それを取り込んでメタン生産及び増殖を促進させます。私たちはこの発見をもとにして固気反応によるグライナイト合成法を開発し (Box 3)、合成グライナイトが様々な水素栄養性メタン菌の増殖を促進することを見出しました (Box 4)。グライナイトのもつ $[\text{4Fe-4S}]$ クラスター様構造がメタン菌の細胞表層の水素資化に関わるヒドロゲナーゼに取り込まれていると推察しています。一方、グライナイトによる従属栄養生物の増殖促進は、Box 4の例以外でも、これまで見られていません。もし、従属栄養生物が酵素によってしか鉄イオウクラスターを合成できないならば、初期生命の候補たりえません。我々の予備的実験結果は、鉄イオウクラスターの獲得の点において、地球における初期生命は水素栄養性独立栄養生物であることを示唆するグライナイト仮説<sup>2</sup>を支持しています。

### Box 1. 超好熱性メタン菌 *M. jannaschii*

メタン菌は $\text{H}_2$ で $\text{CO}_2$ を還元してメタンを生産し( $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta G_0' = -131 \text{ kJ/mol CH}_4$ )、アセチルCoA経路により $\text{CO}_2$ を同化する無機化学合成古細菌です。本菌は $\text{H}_2$ と $\text{CO}_2$ だけで $85^\circ\text{C}$ の高温で生育でき、鉄イオウクラスターも環境から獲得できることから、他天体においても同様な生命が存在すると期待されます。

### Box 2. *M. jannaschii*によるグライナイト合成

*M. jannaschii*は水素の還元力を用いて元素状イオウ( $\text{S}^0$ )も還元できます。培養に $\text{S}^0$ とヘマタイトが存在すると、 $\text{S}^0$ 還元で生じた硫化水素ガスがヘマタイトを還元してグライナイトが合成されます<sup>3</sup>。合成されたグライナイトは*M. jannaschii*の代謝と増殖を促進します。

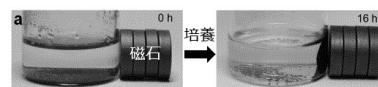


図2.  $\text{S}^0$ 存在下の培養におけるヘマタイトからのグライナイト合成の磁性による確認

### Box 3. 固気反応によるグライナイト合成

硫化ナトリウムと硫酸から発生させた硫化水素ガスとヘマタイト粉末とを固気反応させてグライナイトを合成する系を開発しました<sup>4</sup>。

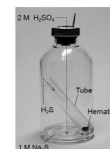


図3. 固気反応系

### Box 4. グライナイトによる水素栄養性メタン菌の増殖促進

メタン菌の代謝と増殖は、合成グライナイト (Box 3) を添加すると著しく促進しました。一方、従属栄養性の *Methanobrevibacterium smithii* では明らかな促進は見られませんでした。

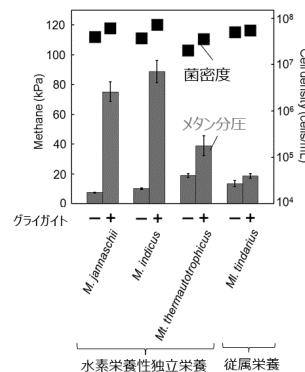


図4. グライナイトによるメタン菌の増殖促進

## ■ 関連情報等 (論文、特許関係、施設)

1. Igarashi K, Yamamura Y, Kuwabara T (2016) Geochim. Cosmochim. Acta, 191: 47-57
2. Russell M. J. and Martin W. (2004) Trends Biochem. Sci., 29: 358-363
3. 「メタン菌を用いた酸化鉄からのGreigite生産」, 特許第6381263号
4. 「固気反応によるGreigiteの製造方法」, 公開番号2016-56031, 審査請求中

代表発表者 五十嵐健輔(いがらし けんすけ)  
所 属 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
生命工学領域 生物プロセス研究部門  
環境生物機能開発研究グループ  
問合せ先 〒062-8517 北海道札幌市豊平区月寒東2条  
17-2-1  
TEL:011-857-8456 FAX:011-857-8980  
igarashi.kensuke@aist.go.jp

■キーワード: (1) 生命の起源  
(2) グライナイト  
(3) 水素栄養性  
■共同研究者: 桑原朋彦  
国立大学法人筑波大学  
生命環境系