

# 火星に生命は誕生したか？

高橋正明<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

「火星に生命が存在するか？」という問題に関しては、Viking 計画による火星の地表表層部分での探査から、過去および現在の生命体の存在の証拠が痕跡さえも検出されず、現在の段階では否定的な結論が出されている(Klein et al., 1992)。しかし、火星の地下(多分地球の永久凍土地帯や凍結した湖沼地帯のような環境)には、生命体の存在あるいは存在の痕跡が発見されても不思議ではないとも考えられている(McKay and Stoker, 1989)。

以下では、地球に初めて生命体が誕生するまでの時間経過がどの程度であったのか、生命の進化はどのような順序で起きたのかを概観し、火星に生命誕生の可能性があったのかを考えてみたい。

なお、ここで火星以外の星(太陽系内の惑星・衛星、他の恒星系の惑星群および恒星?)を採り上げないのは、現在の段階で得られている知見では、火星以外の星では地球上に存在するような「水-炭素型生命体」(長野, 1990, 1993)の誕生および存在が科学的に推定できないからである。ただしこのことは、現在の段階では「宇宙戦艦ヤマト」や「スタートレック」の世界かもしれないが、地球上に存在する生物とは全く違う形態を持つ生命体の存在を否定するものではない(例えば、金子, 1990; 河崎, 1993)。

## 2. 地球に生命は誕生し進化した

惑星の形成から原始的な生命体の誕生・生物の進化に至る過程とは、以下に示すように、無機物質から生成した有機物質が徐々に複雑化・高度化し、最終的に代謝機能、自己複製機能を獲得し精緻化する過程であると考えられている(柳川・小林, 1988:

なお、第4段階については、Loomis, 1988, p. 58; Margulis, 1981, p. 99; 柳川, 1991, p. 427を、第5段階については、Margulis and Schwartz, 1982を参照)。

- 第0段階 無機物質のみ
- 第1段階 無機物質から炭化水素、シアンおよびその化合物、アルデヒド類など活性な始源物質の形成
- 第2段階 始源物質からアミノ酸、核酸塩基、糖、脂肪酸など生体分子モノマーの形成
- 第3段階 生体分子モノマーの重縮合による蛋白質、核酸、脂質など高分子の形成
- 第4段階 高分子の相互作用による自己組織化および代謝機能(触媒能)、自己複製機能の獲得(原始生命の誕生)
- 第5段階 生物進化

詳細な進化の過程は必ずしも明らかにされたわけではないが、「環境が地球に似た惑星では、生命体が必然的に発生する」という考えは、基本的に認められている(大島, 1990; 矢沢サイエンスオフィス, 1993)。なお、生命誕生を規定する環境については、Kimoto and Fujinaga, 1990; 伏見, 1990; 小林・斉藤, 1993; 柳川, 1991, p. 318を参照)。ただし、第1段階から第4段階(原始生命の誕生)に至る過程に要する時間については、現在の段階では必ずしも明らかではない。

ここで「生命誕生までに要する時間」の下限となるのは化石による記録である。地球最古の地層として知られているグリーンランド西部 Isua 地域の38億年前の地層からは有機物質が発見されている。Isua 地域は Amphibolite 相の変成岩地帯で、有機

1) 地質調査所 地殻熱部

キーワード: 生命の誕生, 火星探査

物質の H/C 比は $\sim 0.01$ と dehydrogenation が完全に進み、ほとんど graphite 化している状態であり (Hayes et al., 1983), その炭素同位体組成(以下,  $\delta^{13}\text{C}$  値)も $-13.0 \pm 4.9\%$ と, 他の Pre-Cambrian の地層から得られる種々の有機物質の  $\delta^{13}\text{C}$  値よりは数%程度大きい。しかし, 変成作用による同位体交換平衡の効果を考えると, 変成作用以前の有機物質の  $\delta^{13}\text{C}$  値は $-25\%$ 程度と推定され, その当時すでに生命体が存在した可能性が推定されている (Schidrowski, 1988)。また, アフリカ南部 Onverwacht 層群(35億年前の地層)からも有機物質が発見されている。Onverwacht 層群は Greenschist 相の変成を受けており, 有機物質の H/C 比は $\sim 0.1$ と, やはり graphite 化が進行している (Hayes et al., 1983)が, この有機物質についてはストロマトライト化石の可能性も考えられている (Walter, 1983)。さて, 地球最古の確実な化石の記録は, オーストラリア北西部 Warrawoona 層群(35億年前の地層)から発見されたストロマトライト化石である (Schopf and Walter, 1983)。ストロマトライトはシアノバクテリア(光合成細菌, 藍藻)の集合体の化石であるので, 地球上の生命体は35億年前までには, すでに光合成を行う段階まで進化していたことが推定できる。

つぎに, 「生命誕生までに要する時間」の上限は, 地球がどのように形成されてきたのか(松井, 1992)に関連している。Maher and Stevenson (1988)は, 深海の熱水活動により生命体の誕生に適した場が提供されれば42~40億年前以降には, 表層部分では40~37億年前以降には, 生命体の誕生が可能であると考えた。これに対して, Sleep et al. (1989)は, 深海では生命体の誕生の機会が44.4億年前程度まで遡れるとした。これらのことから, 生命誕生の環境がある程度保証されてから, シアノバクテリア(光合成細菌)の登場までに, 数~10億年程度の時間経過が必要であったことが推定できる。

Margulis (1981)は, 嫌気性の細菌類(原始的生命体の直系の子孫)の機能獲得の順序に関する考察から, 細菌界の系統を示した。これによると, 光合成細菌は, 地球上に存在する細菌類の各門の中では相当後期に出現したこと, この時期には機能別に分化した細菌類の各門がすでに出現していた可能性が推定できる。

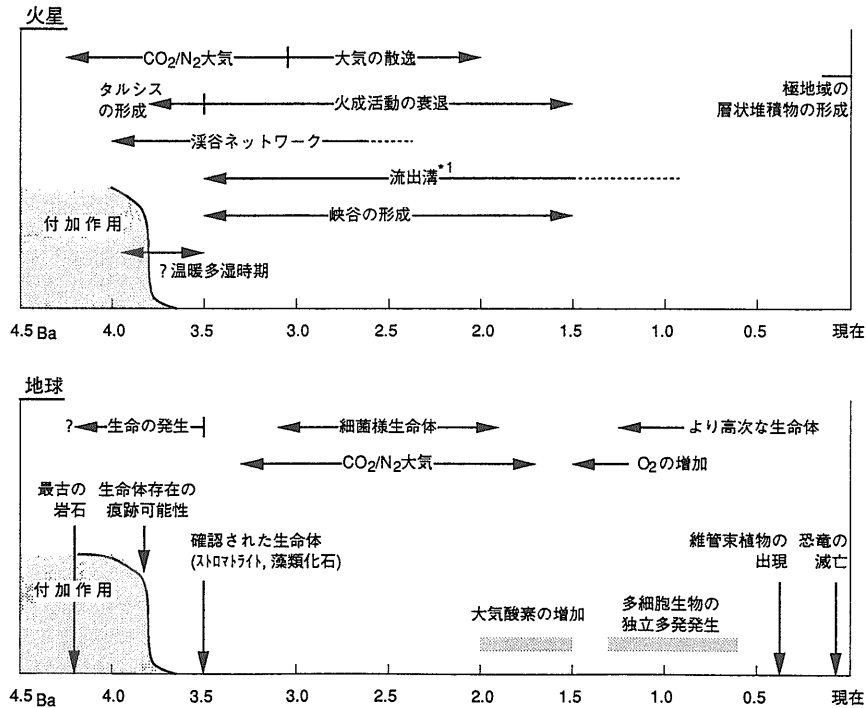
これらのことから, 最初の原始的な生命体は, 生命誕生の環境がある程度保証されてから, 数億年(10億年は必要ないか?)程度の時間経過により誕生したのではないかと推定できる(ちなみに, Loomis (1988)の第1章は「最初の1億年」である)。

### 3. 火星に生命は誕生したか?

McKay and Stoker (1989)は, Viking および Mariner による火星探査から得られた結果をもとに火星の履歴を復元し(第1図), 火星の形成から数~10億年程度の間は, 火星にも液体の水と厚い大気が存在していたことを推定した。ここから「生命誕生を規定する地球と似た環境」を作り出す上で重要な位置を占めると考えられる「熱水活動」を, 火星の「火山活動」が代用できたと考えれば, 生命体は必然的に最低限誕生は出来たと推定できる。ここで「熱水活動」が重要であると考えるのは, 第1に, 地球上の多くの生物の中で系統的に最も古いのは, 好熱性古細菌類および好熱性真正細菌類であると考えられ(山岸, 1992), いずれも高温の環境が生命体の誕生に関与したことが示唆されること, 第2に, 生命誕生に重要な寄与をしていると考えられる金属, 硫化水素(Kimoto and Fujinaga, 1990)およびポリリン酸(山形, 1992)がいずれも海底熱水孔や火山活動などにより供給されることが明らかにされてきたことからである。

McKay and Davis (1991)は, 融けた水を供給できる氷の源があるならば, 惑星の平均気温が氷点下になっても7( $\pm 3$ )億年の間は氷の下に生命体の存在が可能であろうと推定した。地球の生物では, 南極で発見された氷点下の環境が最適生存条件である好冷細菌(Friedmann, 1982)や,  $-270^\circ\text{C}$ の環境下でも生存可能である緩歩動物門に属するクマムシ類(Margulis and Schwartz, 1982)など, 寒冷な環境で生育・生存できる生物群が存在することが知られている。Margulis and Schwartz (1982)によれば, 好冷細菌は内生孢子形成細菌門に分類され, この細菌門はシアノバクテリアなど光合成細菌より系統的には古いと考えられる(Margulis, 1981)。

火星においては, 10億年以上の時間が生命体の誕生と進化のために用意されていた可能性を考え合せると, 「火山活動」により誕生した好熱的性格を



第1図 火星と地球の45億年の環境の変遷(McKay and Stoker (1989)の第5図より)。

\*1 流出溝(outflow channels)は、洪水、泥石流、氷河など、水の流動により形成されたと考えられている(Baker et al., 1992)。

持つ細菌類が、その後機能的に分化し、耐冷あるいは好冷の機能を獲得するまで進化できる時間的な可能性は十分考えられる。

さて、上記のクマムシ類はX線に対しても抵抗力が大きく、その致死線量は人間の500レントゲンに対し、57万レントゲンである(Margulis and Schwartz, 1982)こと、さらに真空中に近い環境でも生存可能であることが知られている(太田, 1992)。また、細菌類でも宇宙の環境下で生命体を維持した例が知られている(河崎, 1992)。これらのことから、細菌類まで進化した生命体が火星に誕生していれば、火星になんらかの生物が利用可能なエネルギー源が存在する限り、それを利用する機能的に分化した生物群が存在している(していた)可能性も十分考えられる。

#### 4. おわりに

上述したように、「火星に生命が誕生したか？」の問題に関する重要な鍵は、「火星の“火山活動”

は地球の“熱水活動”の果たした役割を演じられたか」ということであることが推定できる。今後の火星の火山活動の詳細な探査・研究が待たれるところである。

さて、火星に生命体が誕生したとしても、30億年も前に生命体が存在できる限界を越え、当時存在していた生命体は現在では全滅しているかもしれない。しかし、火星の生命体の存在(存在の痕跡)を探查することは、以下の点で重要であると考えられる。

- ①生命の存在あるいは存在の痕跡は、地球初期の生命進化の環境を凍結保存したような状況である可能性がある。この場合、地球に発生した生命の初期進化の状況に関する知見が得られると考えられる。
- ②生命存在のぎりぎり限界という段階まで生命体が存在していた場合、その生命体は必然的に宇宙的な極限の環境下で生きていた生命体である可能性が考えられる。この場合、これから宇宙に人間が進出する上で、これらの生命体の挑戦(極限環境からいかに自己の存在を守ったか)から学ぶ点は多いと考えられる。

## 参考文献

- Baker, V. R., Carr, M. H., Gulick, V. C., Williams, C. R., and Marley, M. S. (1992): Channels and valley networks. in Mars (eds. by Kieffer, H. H., Jakosky, B. M., Snyder, C. W. and Matthews, M. S.), The University of Arizona Press, Tuscon & London, p. 493-522.
- Friedmann, E. I. (1982): Endolithic micro-organisms in the Antarctic cold desert. *Science*, vol. 215, p. 1045-1053.
- Kimoto, T. and Fujinaga, T. (1990): Non-biotic synthesis of organic polymers on H<sub>2</sub>S-rich sea floor: a possible reaction in the origin of life. *Marine Chemistry*, vol. 30, p. 179-192.
- 伏見 譲(1990): 分子生物学と非平衡熱力学が見出した“進化する機械”としての生命. 最新科学論シリーズ12(最新生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 158-166.
- Hayes, J. M., Kaplan, I. R. and Wedeking, K. W. (1983): Precambrian organic geochemistry, preservation of the record. in Earth's Earliest Biosphere (ed. by Schopf, J. W.), Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, p. 93-134.
- 金子隆行(1990): 銀河系内に「地球外生命体」は存在するか. 最新科学論シリーズ12(最新生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 190-199.
- 河崎行繁(1992): 生命の挑戦: 地球生物は宇宙に進出できるか. 最新科学論シリーズ17(最新テラフォーミング), (朝学習研究社, 東京, p. 132-143.
- 河崎行繁(1993): 気体生命・液体生命・個体生命地球外生命の繁栄戦略を探る. 最新科学論シリーズ21(最新地球外生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 160-169.
- Klein, H. P., Horowitz, N. H. and Biemann, K. (1992): The search for extant life on Mars. in Mars (eds. by Kieffer, H. H., Jakosky, B. M., Snyder, C. W. and Matthews, M. S.), The University of Arizona Press, Tuscon & London, p. 1221-1233.
- 小林憲正・斉藤 威(1993): 宇宙線が容易に作り出す「生命の素材」. 最新科学論シリーズ21(最新地球外生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 148-159.
- Loomis, F. W. (1988): 40億年の生命進化(原題: FOUR BILLION YEARS, 中村 運訳), 紀伊國屋書店, 東京, 316p.
- Maher, K. A. and Stevenson, D. J. (1988): Impact frustration of the origin of life. *Nature*, vol. 331, p. 612-614.
- Margulis, L. (1981): 細胞の共生進化(原題: Symbiosis in Cell Evolution, 永井 進監訳), 学会出版センター, 東京, 489p.
- Margulis, L. and Schwartz, K. V. (1982): 5つの王国(原題: FIVE KINGDOMS, 川島誠郎・根平邦人訳), 日経サイエンス社, 東京, 365p.
- 松井孝典(1992): 原始大気と海洋の起源. 月刊海洋(活動的海洋底と生命の進化), No. 270, p. 718-723.
- McKay, C. P. and Davis, W. L. (1991): Duration of liquid water habitats on early Mars. *ICARUS*, vol. 90, p. 214-221.
- McKay, C. P. and Stoker, C. R. (1989): The early environment and its evolution on Mars: Implications for life. *Reviews of Geophysics*, vol. 27, p. 189-214.
- 長野 敬(1990): 生命発生の必然と偶然—地球生物はなぜ「炭素系」なのか?. 最新科学論シリーズ12(最新生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 144-157.
- 長野 敬(1993): 「水-炭素型生命」と宇宙の生命条件. 最新科学論シリーズ21(最新地球外生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 170-177.
- 大島泰郎(1990): 地球だけの生命か宇宙にあふれる生命か. 最新科学論シリーズ12(最新生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 182-189.
- 太田次郎(1992): “極限環境”の生物はこうして生きている!. 最新科学論シリーズ18(最新大進化論), (朝学習研究社, 東京, p. 124-131.
- Schidlowski, M. (1988): A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks. *Nature*, vol. 333, p. 313-318.
- Schopf, J. W. and Walter, M. R. (1983): Archaean microfossils: New evidence of Archaean microbes. in Earth's Earliest Biosphere (ed. by Schopf, J. W.), Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, p. 314-239.
- Sleep, N. H., Zahnle, K. J., Kasting, J. F. and Morowitz, H. J. (1989): Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early Earth. *Nature*, vol. 342, p. 139-142.
- Walter, M. R. (1983): Archaean stromatolites: Evidence of the Earth's earliest benthos. in Earth's Earliest Biosphere (ed. by Schopf, J. W.), Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, p. 189-213.
- 山形行雄(1992): 火山活動によるポリリン酸の生成とその前生物の進化への役割. 月刊海洋(活動的海洋底と生命の進化), No. 270, p. 760-764.
- 山岸明彦(1992): 好熱性古細菌と生命の初期進化. 月刊海洋(活動的海洋底と生命の進化), No. 270, p. 735-740.
- 柳川弘志・小林憲正(1988): 生命の起源の場としての海底熱水孔. 地球化学, vol. 22, p. 96-105.
- 柳川弘志(1991): 生命はいかに創られたか. (朝)TBS ブリタニカ, 東京, 466p.
- 矢沢サイエンスオフィス(1993): SETIの科学者たち. 最新科学論シリーズ21(最新地球外生命論), (朝学習研究社, 東京, p. 99-114.
- なお, 火星探査に関しては,  
Mars (eds. by Kieffer, H. H., Jakosky, B. M., Snyder, C. W. and Matthews, M. S.), The University of Arizona Press, Tuscon & London, 1498p.  
に詳細が記述されている。

---

TAKAHASHI Masaaki (1994): Can life be born in Mars ?

---

〈受付: 1993年6月14日〉