

## 月における生命探査の可能性の検討

横堀伸一（東京薬大生命）、春山純一（ISAS/JAXA）、矢野 創（ISAS/JAXA）、鳴海一成（原子力機構）、三田 肇（福岡工業大）、高橋淳一（NTT）

### Discussion on possibility of “Search of Life” mission on Moon

*Shin-ichi Yokobori,<sup>1</sup> Jun'ichi Haruyama,<sup>2</sup> Hajime Yano,<sup>2</sup> Issay Narumi,<sup>3</sup> Hajime Mita,<sup>4</sup> and Jun-ichi Takahashi<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Department of Molecular Biology, School of Life Sciences, Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, Horinouchi, Hachioji, Tokyo 192-0392, Japan, <sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science, <sup>3</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>4</sup>Fukuoka Institute of Technology, <sup>5</sup>NTT  
E-Mail: yokobori@ls.toyaku.ac.jp

Abstract: Moon surface is too harsh environment to survive terrestrial life and to leave organochemical compounds of space origin. Thus the possibility of existence of any life has not been considered. The Earth has received meteorites from the other celestial bodies, asteroids, the Moon, and Mars. Probably, the materials of the Earth would be ejected by large impacts could reach the Moon. If we can find places where effects of UV and cosmic ray irradiation and large fluctuation of temperature are reduced, we may find something related to terrestrial life and organochemical compounds of space origin. A large hole-structure of 60 m diameter, 80-90 m depth was found in the Marius Hills. The bottom of this hole was suggested to be such environment. Some of materials from space and the Earth might reach the eternal shadow found in craters located at polar regions and slip into such holes and be stored at their bottoms for a long time.

*Key words:* Moon, Astrobiology, Hole-structure, Eternal Shadow

地球上の生命が、いつ、どこで、どのように出現したのか、と言うことは生物学の最大の問題の一つである。地球上での生命の出現は 38 億年以上前にさかのぼると考えられる。これは、35 億年前と考えられる微生物化石の発見や、38 億年前頃に観察される生命活動に由来すると考えられる有機化合物等の同位対比変化などから推定されている<sup>1)</sup>。しかし、地球は、プレートテクトニクスによる海洋底の経時的な更新や様々な生命活動により攪乱されており、生命の起原の時代の記録はほとんど、または全く残っていないと考えられる。

月は地球に最も近い天体であり、月形成以後は、月と地球は基本的に同じように、惑星間塵等の飛来などの影響を受けてきたことが期待される。その上、月は長期にわたり大きな地殻変動はおきておらず、それに付随して起こる過去の記録の消失を免れていることが期待される。

近年、地球の生命の起原に関し、その起原に関連する有機化合物が、惑星間塵などを經由して地球外から飛来した可能性が真剣に議論されているようになって来た<sup>2)</sup>。もし、月が地球と同様に惑星間塵などの飛来を受けていたとすれば、過去地球に飛来し、既に失われている生命起原関連物質を含む惑星間塵などの記録が月に残っている可能性がある。

また、地球から微生物を含めて様々な物質が飛来していることも否定できない。

しかし、一般に月表面は強力な紫外線、宇宙線等の曝露、大きな温度変化など、これらの物質や生物そのものの保存には不適當な環境である。

地球上の生物で、宇宙環境に高い耐性を示すことが期待される生物としては、芽胞（内生孢子）を形成するような *Bacillus* 属やその近縁の真正細菌、*Deinococcus* 属のような放射線・紫外線耐性真正細菌が挙げられる。地上に比べて短波長の紫外線が到達し、気圧も低い成層圏以上の高層大気中から、これらのグループに属する真正細菌が分離されている。

たとえば、放射線・紫外線耐性真正細菌の代表として挙げられることの多い *Deinococcus radiodurans* R1、対流圏上層部から成層圏下部で単離された *Deinococcus aerius* TR125<sup>3)</sup>や *Deinococcus aetherius* ST316<sup>4)</sup>は、放射線、紫外線、乾燥、真空に対する高い耐性を示し、国際宇宙ステーションのきぼう曝露部で計画している微生物宇宙曝露実験の候補微生物となっている<sup>5)</sup>。

月で生命起原関連有機物、地球由来(微)生物が保存されるには、紫外線等の光、各種宇宙線から保護され得る環境であること、また高温にならず温度変化が小さい、などの条件を満たす必要がある。また、

低温環境下の方が、上記のものを長期に保存する環境としては望ましい。

これらの条件を満たし得る環境として、2種類の環境が挙げられる。1つは月表面で見いだされた縦穴構造である<sup>6</sup>。もう1つは極地方のクレーター内側に見いだされた永久陰<sup>7)</sup>である。

月で見つかった縦穴構造の中には、Mairus Hillsで見つかったもののように、直径60 m程度、また深さが80~90 mというようなものもある。その下部では、温度変化が少なく、紫外線等の曝露の影響が小さいことがシミュレーションによって示唆されている。そこで、上記のような生命に関連する物質が長期にわたって保存され、集積している可能性がある。特に、この縦穴構造が、地球で同様な地形で見られるように溶岩チューブのような横穴構造に関連して形成されている場合、より外部環境の影響の少ない環境が形成されている可能性がある。また、現在までに発見されている縦穴の周辺の表面の形成年代は30億年以上前であることが推定されており、縦穴の開口の時代によっては、非常に起源の古い物質が集積している可能性がある。

永久陰の場合、太陽からの放射を直接受けておらず、特に生体高分子の保存に致命的な太陽紫外線に曝露されない点は、上記の条件を満たしている。一方、銀河宇宙線からの保護が望めない点は生命関連物質の長期保存の場として、厳しい環境であると言える。しかし、これらの物質が集積し重層している、鉱物や水等で表面をカバーされているような条件であれば、これらの物質の長期の保存を望むことができると考えられる。

今後は、永久陰や縦穴に惑星間塵や地球由来(微生物)の集積過程のシミュレーションを行うなどの具体的な手法を模索し、これらの場所のアストロバイオロジー研究対象としての可能性を更に検討する必要がある。

**謝辞** 本研究は、JAXA 宇宙環境利用科学委員会・研究チーム経費により行われた。これを感謝する。

#### 参考文献

- 1) 山岸明彦 (2009) 生命の起源と初期進化。海洋生命系のダイナミクス・シリーズ 第1巻「海洋の生命史」 p.10-27, 東海大学出版会
- 2) Chyba, C. & C. Sagan (1992) Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life. *Nature* 355, 125-132
- 3) Yang, Y., T. Itoh, S. Yokobori, S. Itahashi, H. Shimada, K. Satoh, H. Ohba, I. Narumi, & A. Yamagishi (2009) *Deinococcus aerius* sp. nov., isolated from the high atmosphere. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 59, 1862-1866

- 4) Yang, Y., T. Itoh, S. Yokobori, S. Itahashi, H. Shimada, K. Satoh, H. Ohba, I. Narumi, & A. Yamagishi (2010) *Deinococcus aetherius* sp. nov., isolated from the stratosphere. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 60, 776-779
- 5) Yamagishi, A., H. Yano, K. Kobayashi, S. Yokobori, M. Yamashita, H. Hashimoto, M. Tabata, & H. Kawai (2008) Tanpopo: Astrobiology exposure and micrometeoroid-capture experiments. *Viva Origino* 36, 72-76
- 6) Haruyama, J., K. Hiroki, M. Shirao, T. Morota, H. Hiesinger, C. H. van der Bogert, H. Miyamoto, A. Iwasaki, Y. Yokota, M. Ohtake, T. Matsunaga, S. Hara, S. Nakanotani, & C. M. Pieters (2009) Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras. *GRL* 36, L21206, doi:10.1029/2009GL040635
- 7) Margot, J. L., D. B. Campbell, R. F. Jurgens, & M. A. Slade (1999) Topography of the lunar poles from radar interferometry: a survey of cold trap locations. *Science* 284, 1658-1666