

隕石内ハビタブルゾーンにおける放射線・突入・衝突の影響評価に関する計画

長沼 毅、伊村 智、岩月輝希、川久保忠通、小池惇平、小林憲正、三枝誠行、佐藤 皓、嶋田和人、白壁義久、高野淑識、高山 健、俵 裕子、許 玉福、森田洋平、保田浩志、山下雅道、吉田英一

A plan for studying effects of radiation, entry and impact on possible habitable zones inside of meteorite as “Panspermian Arks”

*T. Naganuma**, *S. Imura*, *T. Iwatsuki*, *T. Kawakubo*, *J. Koike*, *K. Kobayashi*, *M. Saigusa*, *H. Sato*, *K. Shimada*, *Y. Shirakabe*, *Y. Takano*, *K. Takayama*, *H. Tawara*, *N. P. Hua*, *Y. Morita*, *H. Yasuda*, *M. Yamashita*, *H. Yoshida*

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, 739-8528 Japan.

E-Mail: takn@hiroshima-u.ac.jp

Abstract: Recent findings in planetary science have increased anticipations for extraterrestrial lives, which are also relevant to the origin of the terrestrial life. Comets and meteorites may serve as life-carrying “arks” to seed potentially habitable planets such as prebiotic Earth. Success of exogenous transfer depends on survivability of life or seed life (panspermia) encrusted in comets and meteorites. Likelihood of survival may be estimated on the basis of (i) hit rates and intensities of cosmic rays during transfer, and (ii) heat and mechanical damages caused by entry and landing impact. The latter could be evaluated by experiments and calculations, despite uncertainties such as velocity and angle of entry, presence of atmosphere/ocean, and size of a carrier, namely a panspermian ark. In contrast, influences of high-energy heavy (HZE) particles have been conceptually considered. A major concern in the consideration was the hit of high-energy but low-frequency rays that react with comet/meteorite-building materials to generate secondary or sequential radiations, or hadron shower. The energy of hadron shower radiations may be high enough to damage life in shallow interior, and could be lowered to non-lethal levels in deep interior. Thus the occurrence of internal habitable zones, or protectable bodies, depends on the frequency and energy of hit rays and the size of life carriers. This idea would be tested by simulating hadron showers with the algorithm GEANT4 and by blistering artificial “bacterial arks” with high-energy proton of >10 GeV or heavier particles of GeV levels. In the light of availability of and accessibility to such high-energy particles, the use of accelerator beam dumps is comparable and complement to space in situ experiments. Improved dosimetry for artificial hadron shower is needed to simulate natural hadron showers that panspermia would encounter during interplanetary and interstellar transmigration.

Key words: Habitable zone, meteorite, radiation, entry, impact, Panspermia

宇宙環境と地上環境の差異はいろいろあるが、最も重要な差異は環境放射線レベルの高低であろう。平成 17 年度 宇宙環境利用科学委員会 研究班「隕石・彗星内ハビタブルゾーン Working Group」では、宇宙における生物圏の広がりや「放射線からの遮蔽」および「放射線への耐性」という観点から理論的および実証的に考察することを目的としている（長沼他 2005a, 2005b）。宇宙環境放射線に関する生物学的調査として、これまで人体への影響評価や人体防護を目的とした医学的研究が多く行われてきた（Yatagai 2002; 藤高他 2004）。本

WG の研究は、これらの医学的研究と類似しつつも、圏外生物を含めた生物全般を対象とする点に特色がある。具体的には、地球生物の中でも放射線耐性のある微生物の「耐性」たる所以を従来の DNA 損傷とは異なる観点から調査するための、実験計画の検討を行うものである。たとえば、線エネルギー付与（linear energy transfer, LET）の大きい高 LET 放射線を微生物に照射すると言ふ一見単純そうな実験でも、実際に、科学的に重要と思われる実験項目を絞り込んだ上で、どの施設や設備を利用するか、そのための手続きや段取りなどの

検討だけでも多大な時間と労力を要する。つまり、この検討自体がすでに可能性調査(feasibility study, FS)であり、実質的な研究の端緒を拓くものである。

本研究の背景には「パンスペルミア仮説」の検証がある。パンスペルミア (panspermia; pan 汎, spermia 胚種)とは宇宙胚種とも呼ぶべき生命体であり、「宇宙にはパンスペルミアが漂い、地球など適当な惑星に降下してその惑星生命の起源となる」というパンスペルミア仮説が古くから提唱されている。深海・地底・南極など地球上の辺境環境あるいは極限環境における生物研究の進展にともない、太陽系内の辺境天体、特に隕石や彗星におけるパンスペルミアの存在可能性への期待が急速に高まりつつある。そのパンスペルミアは宇宙環境を単体で漂うか、あるいは隕石や彗星などの「乗り物」とともに飛来するのかが想像の域を出ない。が、宇宙環境と特徴付ける高放射線レベルからの遮蔽・保護を考えると、それらの乗り物あるいは「パンスペルミアの方舟」(panspermian ark)に包埋された方が生存率は上がると考えられる。すると、この「方舟」には 10 GeV 以上にも達する重粒子 (HZE) 線をも遮蔽する厚みが必要で、その厚さの内部が「ハビタブルゾーン」ということになる。地球に降下する宇宙物質の 99.9%は微小サイズの宇宙塵(正確には惑星間塵)だが、惑星間塵は微小サイズのためハドロンシャワーから遮蔽された内部ハビタブルゾーンが存在せず、「パンスペルミアの方舟」たり得ない。

この一方で、ハビタブルゾーンが存在し得る「遮蔽厚」はパンスペルミアの放射線耐性にも依存する。放射線耐性が高いほど薄い遮蔽でも生残率が高くなり、その分だけハビタブルゾーンが大きくなる、あるいはハビタブルゾーンを持ち得る方舟の数が多くなる。そのため、方舟の放射線遮蔽効果と合わせて、生物の放射線耐性の機作や限界を考える必要がある。もちろん、実験材料生物の放射線耐性の仕組みも様々に異なる可能性があるため、それらについても網羅的なインベントリーを行っておく必要がある。現時点では最強の放射線耐性生物 *Deinococcus radiodurans*、新規ストレス耐性菌 *Bacillus* sp. SA4 (ホア・長沼 2005) およびゲノム DNA を欠いた大腸菌 *Escherichia coli* X-1488 ミニセルなどを実験生物として検討している。

「方舟」は大きければ大きいほど内部ハビタブルゾーンも大きくなるが、地球にたとえば秒速 20km で大気圏突入および衝突したときの加熱・衝

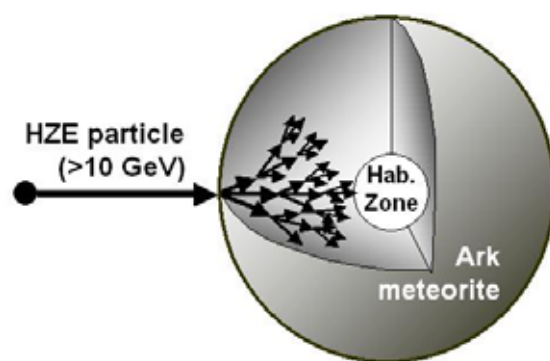


Fig.1. Concept of hadron shower in meteorite as a “panspermian ark”.

突ショックもそれだけ大きくなり、内包する生命あるいは生命起源物質の残存率が低下する。大気との摩擦による加熱に関しては、熱の総発生量と方舟物質の熱伝導率が小さい場合は、それほど深刻な影響はないかも知れない。本 WG では、隕石・彗星のサイズとスピードからそのような加熱や衝突ショックの計算も検討している。が、今シンポジウムでは放射線耐性に焦点を絞って報告する。

参考文献

- 藤高和信・福田 俊・保田浩志 (2004) 宇宙からヒトを眺めて - 宇宙放射線の人体への影響. 研成社.
- ホア NP・長沼 毅 (2005) 宇宙利用研究のモデル生物としての新規超ストレス耐性菌の可能性. *Space Utiliz. Res.*, **21**, 274.
- 長沼 毅・岩月輝希・小林憲正・嶋田和人・白壁義久・高野淑識・俵 裕子・森田洋平・保田浩志・山下雅道・吉田英一 (2005a) 隕石・彗星内ハビタブルゾーン WG の目的と活動: 「パンスペルミアの方舟」仮説の検証に向けて. *Space Utiliz. Res.*, **21**, 275-276.
- 長沼 毅・岩月輝希・小林憲正・嶋田和人・白壁義久・高野淑識・俵 裕子・森田洋平・保田浩志・山下雅道・吉田英一 (2005b) 隕石・彗星内ハビタブルゾーン (パンスペルミアの方舟). *Biol. Sci. Space*, **19**, 8-24.
- Yatagai F (Supplement editor-in-chief) (2002) *Space Radiation Research. J. Rad. Res.* **43** Supplement, S1-S264.