

## 教材 4:

宇宙とバイオミネラリゼーション

#### 4. 宇宙とバイオミネラリゼーション

地球上の生物はまさに本来の字義通り有機物抜きにはありえない存在といえるが、また自身の身体の内外にその生物特有な各種鉱物(無機化合物; ミネラル)をつくるのが様々な生物においてみられる。現在、生物学の分野において、この過程を示すバイオミネラリゼーション(biomineralization; 生体鉱物形成作用)という日本生まれの用語が世界的に広く通用されている。

生物がミネラルをつくる過程はそれら生物の重要な生命活動の一環として組み込まれてきたものであり、その起源は実際古く 19 億年ほど前の岩石にすでに生体鉱物の痕跡を認めた報告があり、現在に至っては下等な細菌から高等な動植物にまで渡り、マグネタイト、シュウ酸カルシウム、炭酸カルシウム、ヒドロキシアパタイトなど幅広い種類のバイオミネラルの形成ならびに利用が知られる。動物に限ってみれば、海洋に生息する、あるいはそこに起源をもつ無脊椎動物では太古の昔から炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)を主成分とするバイオミネラルをその生存競争に欠かせぬ重要要素として役立ててきた。サンゴの骨格、甲殻類の外骨格、貝殻などがその代表例にあげられる。一方、魚類から(ヒトを含む)哺乳類にいたる脊椎動物では、リン酸カルシウム(Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>)を基本成分とするヒドロキシアパタイトを用いてその歯や骨、ウロコを形作ってきた。

また、バイオミネラルの名の通り、それらと一般的、普通の火成岩、鉱物などとの決定的な違いは、前者がその構成成分としては微量ながら結晶核の形成、結晶多形の制御、結晶成長の制御、無機鉱物全体の形の制御などに必須の役割を果たす有機物を含んでいることがあげられる。これは有機基質と呼ばれる。骨の場合、コラーゲン等の繊維状タンパク質がその主成分となっている。本教育プログラム教材3にてその概要を記載したように、宇宙医学の分野において、将来の火星有人ミッションを目標とした場合などクルーの長期宇宙生活を健康に維持していく目的上、「筋肉の委縮、骨量・カルシウムの減少」現象の解明ならびに本課題の克服が大変重要なテーマとして認識されている。その目的に資するため、微小重力下でのヒトやラット、マウスなど哺乳類の個体、組織あるいは細胞系での骨リモデリング(骨形成と骨吸収の関連制御された代謝系)を対象とするケースに加え、より系が単純化され、すなわちそのメカニズムの解析がより平易になることが期待される無脊椎動物のそうした地球と異なる環境下でのバイオミネラリゼーション、それをテーマとした研究もまたこれまで数多く実施されている。以下、ウニ、クラゲなどを試料として行われた関連実験報告を記す。

Landing/End Date 03/23/1965

##### **Sea Urchin Fertilization and Development (S002)**

<https://sda.jsc.nasa.gov/Experiment/exper/231>

Landing/End Date 06/14/1991

##### **Effects of Microgravity-Induced Weightlessness on Aurelia Ephyra Differentiation and Statolith Synthesis (DCL\_SLS\_1)**

<https://sda.jsc.nasa.gov/Experiment/exper/17>

**Adv Space Res.** 1992;12(1):167-73.

**Microgravity effects on sea urchin fertilization and development.**

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11536954?dopt=Abstract>

Landing/End Date 07/23/1994

**Effects of Microgravity on Aurelia Ephyra Behavior and Development (8913069)**

<https://sda.jsc.nasa.gov/Experiment/exper/667>

**Adv Space Res.** 1994;14(8):197-208.

**Fertilization of sea urchin eggs in space and subsequent development under normal conditions.**

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11537918>

**Journal of Biotechnology** Volume 47, Issues 2–3, 27 June 1996, Pages 167-177

**The sea urchin larva, a suitable model for biomineralisation studies in space (IML-2 ESA Biorack experiment '24-F urchin')**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168165696013661>

Landing/End Date 05/29/1996

**Microgravity Effects during Fertilization, Cell Division, Development, and Calcium Metabolism in Sea Urchins (95010376)**

<https://sda.jsc.nasa.gov/Experiment/exper/489>

[https://archive.org/details/nasa\\_techdoc\\_19990053336](https://archive.org/details/nasa_techdoc_19990053336)

**Cell Biology International** 1999, Vol. 23, No. 6, 407–415

**EFFECTS OF SPACEFLIGHT CONDITIONS ON FERTILIZATION AND EMBRYOGENESIS IN THE SEA URCHIN *LYTECHINUS PICTUS***

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1006/cbir.1999.0371/epdf>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10623420>

**J Gravit Physiol.** 1999 Oct;6(2):43-53.

**Utilization of the aquatic research facility and fertilization syringe unit to study sea**

**urchin development in space.**

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11543085>

Published Date: 21st June 2005

**Experimentation with Animal Models in Space, Volume 10**

<https://www.elsevier.com/books/experimentation-with-animal-models-in-space/sonnenfeld/978-0-444-51907-8>

p247-301 ***Gravity Effects on Life Processes in Aquatic Animals***