

## 【新学術領域研究（研究領域提案型）】

### 理工系



#### 研究領域名 冥王代生命学の創成

東京工業大学・地球生命研究所・教授

くろかわ けん  
黒川 顕

研究課題番号：26106001 研究者番号：20343246

#### 【本領域の目的】

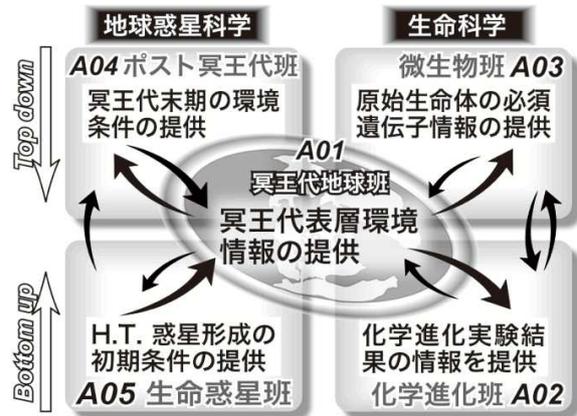
本領域では、原始的な生命が誕生したと考えられる、地球誕生から約6億年間（46-40億年前）の「冥王代」に焦点をあて、生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを明らかにする事を目的とする。冥王代の地球では、大陸、海洋、大気の大要素が循環的に相互作用し、生命誕生場となる極めて多様で動的な環境「Habitable Trinity (HT)」が作り出された。この生命誕生場のモデルである「Habitable Trinity モデル」を中核的な作業仮説とし、地球惑星科学と生命科学を基盤とする計画研究および相互依存的研究からのフィードバックにより、原始生命誕生において必須となる条件を特定し、生命誕生場は冥王代地球のどこで実現したのか？そして、それに必要な普遍的条件とは何か？これらの問いに答える「冥王代生命学」を確立する事を目指す。さらに、最新の惑星形成の理論研究と実験研究を進め、宇宙における生命誕生の普遍的条件を明らかにし、冥王代生命学を拡張した「惑星生命学」の基礎の構築を目指す。

#### 【本領域の内容】

本領域では、地球惑星科学と生命科学を基盤とする以下の5つの計画研究を推進する。A01（冥王代地球）：生命誕生場となった冥王代地球表層環境を復元し、惑星形成理論と統合的な生命誕生場モデルを示す。A02（冥王代化学進化）：多様で動的な環境条件を再現する複数のリアクターを接続することで、生命始原分子から高次構造体の前生物的合成に至る、多段階の化学進化を連続的に実現する。A03（冥王代類似環境微生物）：冥王代類似環境微生物の培養化・ゲノム解読・分子進化解析・ゲノム操作等を通じて原始的な生命体のゲノムを再構成し、半人工生命実験により原始的な生命機能を推定する。A04（ポスト冥王代）：世界中で35カ所ある太古代地殻分布域において、網羅的に地質調査および岩石採取を実施し、冥王代地質証拠を確保する。A05（生命惑星）：HTが成立する惑星形成条件を明らかにする。これら全計画研究の相互依存的研究により、HTモデルを深化させ、原始生命誕生に必須の条件を特定する。

総括班では、地球惑星科学と生命科学からなる学際融合研究の連携の核となる「地球生命研究グローバルセンター」を設置し、領域全体の研究の調整・評価、領域会議・シンポジウム、共同巡検

の開催を行う。また、研究で得られた試料、微生物株、解析結果などを収録する統合データベース「地球生命アーカイブ」を構築し、国内外から広く活用可能とする。



本領域の研究体制

#### 【期待される成果と意義】

生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを明らかにするためには、生命科学のみからのアプローチでは到底解決する事はできない。本領域では、「HTモデル」を中核的な作業仮説とし、冥王代末期の地球環境条件の決定、冥王代地球表層環境条件下での化学進化実験、冥王代類似環境におけるゲノム進化、HTを成立させる惑星形成条件の検討など、単独の研究分野では解く事ができないこれらの課題を、それぞれの研究グループが相互依存的に連携する事で、生命誕生場に焦点をあて研究を推進する。さらに全ての研究成果を冥王代地球環境にフィードバックし、HTモデルを深化させる事で、「冥王代生命学」という世界に類を見ない新しい学問領域を創成する事が可能となる。

#### 【キーワード】

冥王代：地球誕生から約6億年間の地質時代。  
Habitable Trinity (HT)：大陸、海洋、大気の大要素が循環的に相互作用する極めて多様で動的な生命誕生場 (Dohm & Maruyama, 2013)。

#### 【研究期間と研究経費】

平成26年度－30年度  
1,079,400千円

**【Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (Research in a proposed research area)】  
Science and Engineering**



**Title of Project : Hadean Bioscience**

Ken Kurokawa  
(Tokyo Institute of Technology, Earth-Life Science Institute,  
Professor)

Research Project Number : 26106001 Researcher Number : 20343246

**【Purpose of the Research Project】**

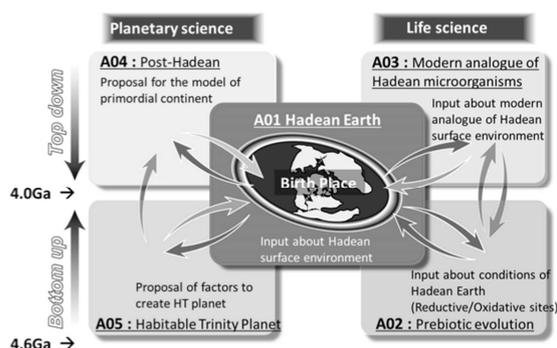
The Hadean is the first geologic eon of Earth, extending 600 million years from its initial formation. The purpose of this research area, entitled “Hadean Bioscience”, is to elucidate where, when, and how primitive life emerged, and thus advancing our understanding of the Hadean environmental conditions.

During the Hadean, environmental conditions are believed to have been extraordinarily diverse and dynamic for the birth of life on Earth, including overarching “Habitable-Trinity (HT)” conditions. HT is a new habitability concept recently proposed by our team, which is the material cycling among the landmass, ocean, and atmosphere driven by the Sun. Taking the HT model (a model for the birth place of life) as the core working hypothesis of our research, we identify essential conditions for the emergence of life based on the knowledge feedback from our Programmed Research Projects, which includes five groups with integration among earth and planetary science and life science. When, where, and how was the first life born? What were the universal conditions for the emergence of life? We aim to establish the new academic discipline, “Hadean Bioscience”, in order to answer these questions. Moreover, we work through the latest planetary formation theory and its experimental work to identify the universal conditions for the emergence of life in the universe. Finally, we will expand and generalize the Hadean Bioscience towards the foundation of the “Earth-bio Planetology”.

**【Content of the Research Project】**

Our programmatic Hadean-Bioscience research project is divided into five groups according to their specialty. A01 (Hadean Earth): Quantify the process to establish the HT environment of Hadean Earth, coupled with A05 to develop a scenario in which to emerge life on a HT planet. A02 (Prebiotic evolution): Synthesize building blocks of life under HT conditions. Also try to synthesize ATP, polypeptide, and polynucleotide under HT conditions. A03 (Modern analogue of Hadean microorganisms): Unravel the first metabolism /membrane/self-replication system of microbes under a pseudo-Hadean environment on the present Earth. A04 (Post-Hadean):

Exhaustive collection and analysis of geological evidence from the Hadean era through the development of new analytical equipment. A05 (HT Planet): Develop a theory of HT planet formation.



**【Expected Research Achievements and Scientific Significance】**

It is impossible to elucidate where, when, and how primitive life emerged with life science alone. In the new Hadean-Bioscience research area, with the HT model as the core working hypothesis of our research, we identify essential conditions for the emergence of life on the Hadean Earth. Through this 5-year research program, we will lead a next-generation research, which includes establishing the new academic discipline “Hadean Bioscience”.

**【Key Words】**

Hadean: The Hadean is the first geologic eon of Earth, extending 600 million years subsequent to its initial formation.  
Habitable Trinity: a new habitable concept proposed by our team, which is the material circulation among an atmosphere, ocean, and landmass driven by the Sun. HT conditions provided the necessary elements to bear life.

**【Term of Project】** FY2014-2018

**【Budget Allocation】** 1,079,400 Thousand Yen