

# 日 程 表

## 3月13日(金)

領域代表挨拶		領域代表挨拶	黒川 顕
13:00 ~ 13:10			
A05口頭発表(座長: 戎崎 俊一)			
13:10 ~ 13:35	A05-1	原始惑星降着円盤と微惑星形成 Accretion disk around a protostar and planetesimal formation	戎崎 俊一(A05代表)
13:35 ~ 13:55	A05-2	原始恒星系における恒星風と恒星宇宙線 Stellar wind and Stellar Cosmic ray in a Protostellar System	塩田 大幸
13:55 ~ 14:15	A05-3	局所惑星形成モデルの構築へ向けて Toward A Local Planet Formation Model	佐々木 貴教
14:15 ~ 14:30	A05-4	冥王代地球の物質モデルの構築 Materials Model of Hadean Earth	飯高 敏晃
14:30 ~ 14:50		A05討論	
14:50 ~ 15:00 休憩			
A02口頭発表(座長: 青野 真士)			
15:00 ~ 15:20	A02-1	生命起源研究の最前線 ~化学進化の実験的アプローチ~ Frontiers of Origins of Life Studies -Experimental Approaches of Chemical Evolution-	Jim Cleaves(A02代表)
15:20 ~ 15:35	A02-2	生命の構成部品をつくる Synthesizing Building Blocks of Life	青野 真士
15:35 ~ 15:50	A02-3	原始的代謝システムを再構築する Rebuilding Proto-metabolic System	北台 紀夫
15:50 ~ 16:05	A02-4	原始的細胞膜を再構成する Reconstructing Primitive Cell Membrane	車 愈激
16:05 ~ 16:20	A02-5	鉱物表面の触媒機構をさぐる Exploring Catalytic Mechanisms of Mineral Surfaces	矢野 隆章
16:20 ~ 16:40		A02討論	

## 3月14日(土)

A03口頭発表(座長: 鎌形 洋一)			
9:00 ~ 9:20	A03-1	祖先微生物を辿る上で重要な独立栄養微生物の特性 Autotrophic growth of organisms linking to ancestral energy conservation	鎌形 洋一(A03代表)
9:20 ~ 9:35	A03-2	冥王代類似環境微生物とその周辺微生物群の培養化と機能解明 Cultivation-based approach to elucidate ecophysiological functions of microorganisms in serpentinizing and other related ecosystems	玉木 秀幸
9:35 ~ 9:50	A03-3	冥王代類似環境微生物の機能解析に向けた大規模ゲノム操作技術の開発 Functional analysis of microorganisms in serpentinizing environments by using whole genome manipulation	柿澤 茂行
9:50 ~ 10:05	A03-4	冥王代類似環境におけるメタゲノム解析 Metagenomic analysis of a continental serpentinite-hosted hydrothermal system	黒川 顕
10:05 ~ 10:20	A03-5	祖先型遺伝子配列の推定 Estimation of ancestral gene sequences	西原 秀典
10:20 ~ 10:40		A03討論	
10:40 ~ 10:50 休憩			

---

**A04口頭発表(座長:磯崎 行雄)**

10:50 ~ 11:25	A04-1	冥王代の物質的証拠:地球最古ジルコンの探索 Material evidence of the Hadean: search for the oldest zircon on the Earth	磯崎 行雄(A04代表)
11:25 ~ 11:40	A04-2	全マントルP波異方性トモグラフィーによる地球内部構造の推定 Whole-mantle P-wave anisotropy tomography	趙 大鵬
11:40 ~ 11:45	A04-3	ショートコメント	石川 晃・河合 研二
11:45 ~ 12:00	A04-3	カナダ北部の太古代—古原生界中の碎屑性ジルコン年代分布 Age of detrital zircons in Archean–Paleoproterozoic on northern Canada	堤 之恭
12:00 ~ 12:10	A04-4	初期地球における海洋の量と化学組成の推定 –NanoSIMSを用いたジルコンおよび包有物の水素同位体比測定– The amount of Early ocean and its chemical composition –measurement of hydrogen isotopes of inclusions in Archean zircon crystals using a NanoSIMS–	石田 章純・佐野 有司
12:10 ~ 12:20	A04-5	太古代, 原生代における地球外物質付加の記録 Accretion of extraterrestrial matter recorded in the Archean and Paleoproterozoic deposits	尾上 哲治
12:20 ~ 12:30	A04-6	生命誕生場類似環境としての東アフリカ大地溝帯 —人類および珪藻の進化— East African Rift Valley: analogue of Hadean habitable trinity with reference to human and diatom evolutions	鈴木 寿志
12:30 ~ 12:45		A04討論	

---

12:45 ~ 14:00 昼食休憩

---

**A01口頭発表(座長:丸山 茂雄)**

14:00 ~ 14:20	A01-1	原始地球表層環境進化モデルと原始生命の誕生場=間欠泉 Evolution of surface environment on the Hadean Earth, and birthplace of life (geyser)	丸山 茂徳(A01代表)
14:20 ~ 14:35	A01-2	冥王代原始大陸の風化 Weathering of Hadean continent	大森 聡一
14:35 ~ 14:50	A01-3	原始地球表層での低温のアンモニア合成とコマチアイトH <sub>2</sub> O+CO <sub>2</sub> 系の岩石-水相互作用 Low-temperature ammonia synthesis in assuming primordial Earth, and hydrothermal reaction with komatiite and H <sub>2</sub> O in high CO <sub>2</sub> condition	澤木 佑介
14:50 ~ 15:05	A01-4	原始地球の層状分化構造の形成と大気・海洋組成 Layered differentiation of early Earth and its composition of primordial atmosphere	丹下 慶範
15:05 ~ 15:20	A01-5	冥王代火星 Hadean Mars	James Dohm
15:20 ~ 15:40		A01討論	

---

15:40 ~ 15:50 休憩

---

**招待講演(座長:青野 真士)**

15:50 ~ 16:30	IT-1	On the oxidation state of phosphorus in the Hadean: Implications for life development	Matthew Pasek
16:30 ~ 17:10	IT-2	Acetogenesis and Methanogenesis: How should we use modern organisms as models for ancient metabolisms?	Eric Smith
17:10 ~ 17:50	IT-3	Experimental evolution of an artificial cell model	四方哲也

---

19:00 ~ 21:00 意見交換会

---



---

**3月15日(日)**


---

9:30 ~ 11:20	次年度計画&総合討論		
9:30 ~ 9:40	A01次年度計画		丸山 茂徳
9:40 ~ 9:50	A02次年度計画		青野 真士
9:50 ~ 10:00	A03次年度計画		鎌形 洋一
10:00 ~ 10:10	A04次年度計画		磯崎 行雄
10:10 ~ 10:20	A05次年度計画		戎崎 俊一
10:20 ~ 11:20	A01~A05パネルディスカッション		

---

## A05-1 原始星降着円盤における微惑星形成

○戒崎俊一<sup>1</sup>、今枝佑輔<sup>1</sup>

1) 理研

原始惑星系円盤の進化を記述する一次元円盤の定常解を求めた。その結果、0.3-10 天文単位に、磁気回転不安定の抑制により静穏領域が実際にできることが分かった (図 1)。そして、静穏領域の外側の境界に氷粒子、内側の境界に岩石粒子が、円盤中央面付近に集積し、重力不安定を起こして数キロメートルの微惑星を効率的に形成する可能性があることが分かった。これらがさらに合体を繰り返し、前者がガス惑星の核、後者が岩石惑星に成長することが期待される。また、岩石微惑星の形成場所の温度は 1000-1300K とかなり高温で、水分をなどの揮発成分は固体成分からほぼ完全に失われる。これは、地球が水を持たない星として生まれ、後に少量の水を獲得したとする ABEL モデル (A01 冥王代班が提唱) と整合的である。さらに、惑星形成のごく初期の、降着率が高い時期には円盤の内側の端付近から、光電離によって固体粒子が放出される。それらは融解しつつ恒星風で外に運ばれ、ガス密度の低下により再び円盤に戻る。このようにして、CAI (Ca-Al rich Inclusion) やコンドリュールが形成される可能性がある。

## A03-4 Accretion Disk around a protostar and Planetesimal Formation

○Toshikazu Ebisuzaki<sup>1</sup>, Yusuke Imaeda<sup>1</sup>

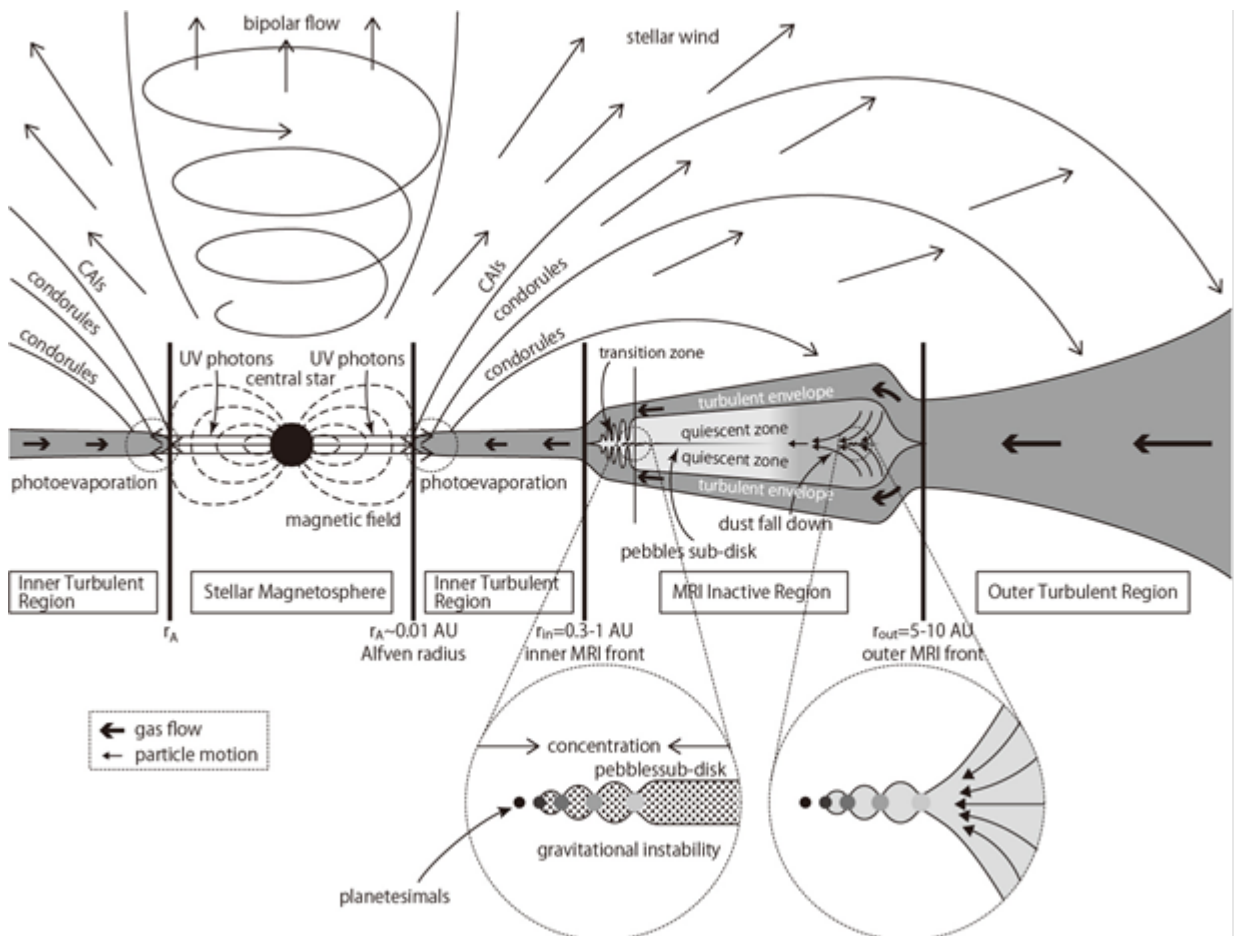
1) RIKEN

We constructed a steady state 1-D model of the accretion disk of a protostar taking into account of the magneto-rotational instability (MRI) and photo-evaporation by the ionizing radiation from the central stars. The disk is divided into outer turbulent region, MRI inactive region, and inner turbulent region. The outer turbulent region is fully turbulent because of MRI. However, as approaching to the central star to  $r_{out} \sim 3-10$  AU, MRI is suppressed around mid-plane of the gas disk (quiescent zone; figure), since the ionization degree is so low. The disk become fully turbulent again around  $r=r_{in} \sim 0.3-1$  AU (inner turbulent region).

In the MRI inactive region, planetesimals can be effectively produced

by gravitational instability at its outer (icy planetesimals) and inner boundaries (rocky planetesimals) because of accumulation of the solid particles in the disk mid-plane.

After the dissipation in the disk, the former will evolve into outer gas giants and later into inner rocky planets. The rocky planetesimals are likely to be volatile-free because of the high temperature of the formation site ( $>1000\text{K}$ ). Such water-free rocky particles may explain the formation of enstatite chondrites, with which the Earth is most likely made. The present mode, which we call “CAIN (Chondrite accumulation in Nebula) model” is consistent with ABEL model of the Earth formation, in which the Earth was initially formed as a completely volatile-free planet and water and other volatile elements came later through accretion of icy particles by occasional scattering at the outer region.



## A05-2 原始恒星系における恒星風と恒星宇宙線

○塩田大幸<sup>1</sup>、片岡龍峰<sup>2</sup>

1) 名大・太陽地球環境研究所、2) 国立極地研究所

原始恒星系の原始惑星系降着円盤内縁近傍では、磁場を介したエネルギー解放現象（フレア・質量放出）が発生し、その結果として生じる恒星宇宙線が原始恒星系内を満たしていると考えられる。10GeV を超える高エネルギーの恒星宇宙線が原始惑星系円盤に入射すると、円盤ガスの電離を促してローカルな降着率を変えることで惑星形成条件を大きく変える可能性がある。恒星宇宙線の分布は、恒星風によって作られるグローバルな磁場構造の影響を受ける。本研究では、原始恒星系内の恒星風・宇宙線の強度分布について、現在の太陽磁気活動・太陽風・太陽宇宙線の知見に基づいて考察し、その動径方向の分布を見積もるモデルを構築した。宇宙線の加速・伝搬過程も含めたより高度なモデル構築についての議論も行う。

## A05-2 Stellar wind and Stellar Cosmic ray in a Protostellar System

○Daikou Shiota<sup>1</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>

1) Solar Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., 2) National Institute of Polar Research

In a protostellar system, stellar cosmic ray can be caused by magnetic activities (flares and mass ejections) in the vicinity of the central protostar and the inner edge of the protoplanetary disk, it can pervade the whole of the protostellar system. The exposure to high energy stellar cosmic ray ( $\sim 10$  GeV) can ionize the gas of the protoplanetary disk and change its local accretion rate. Hence, a reliable estimate of stellar cosmic ray is possibly significant for a model of formation of planets. Stellar cosmic ray propagates interacting with magnetic field with in stellar wind. In this study, we proposed a model to estimate radial profiles of the intensity of the stellar cosmic ray and stellar wind on the basis of latest knowledge of the Sun (magnetic activities, solar wind, and solar cosmic ray). We also discuss the extension of the model taking into account the acceleration and propagation processes of the stellar cosmic ray.

### A05-3 局所惑星形成モデルの構築へ向けて

○佐々木貴教<sup>1</sup>

1) 京大・宇宙物理

本研究では、過去の標準的な太陽系形成理論の抱えていた様々な問題を解決する「局所惑星形成モデル」を提案する。「京都モデル」では微惑星が原始惑星系円盤内に一様に存在することを仮定していたが、我々が構築を進めている「カインモデル」では静穏領域の外側の境界に氷粒子、内側の境界に岩石粒子が濃集することで固体面密が増加し、その境界周辺で選択的に微惑星が形成された結果、極めてローカルな領域に微惑星が局在する状況を考える。このローカルな領域で成長した原始惑星は、その後の惑星移動や巨大天体衝突を経て、現在の太陽系の姿へと進化することが期待される。この新しいモデルのもと、原始惑星系円盤内での多様な物理過程をそれぞれ検証し、最終的に全プロセスをモデル化して組み込んだ Population Synthesis によるモンテカルロ計算を行うことにより、太陽系形成過程の新たな枠組みの提案を目指す。

### A05-3 Toward A Local Planet Formation Model

Takanori Sasaki<sup>1</sup>

1) Dept. Astronomy, KYOTO U.

I propose a new comprehensive scenario for the formation of the solar system, which we call “Local Planet Formation Model.” In the conventional model, “Kyoto Model,” planetesimals have been assumed to be uniformly located in the protoplanetary disk. In our newly-proposed disk model, “CAIN Model,” however, planetesimals can be locally produced at its outer (icy planetesimals) and inner MRI boundaries (rocky planetesimals). These planetesimals can grow to some protoplanets on runaway- and oligarchic-growth mode in the very local regions. Then, these locally-produced protoplanets would be spread to broader regions via planetary migrations and/or giant impacts.

The “Local Planet Formation Model” will be examined and validated by population synthesis simulations, the numerical code of which is developing and upgrading now.

## **A05-4 冥王代地球の物質モデルの構築**

飯高敏晃<sup>1</sup>

1) 理研

深部マグマモデルを検証するためには、全マグマオーシャン領域における温度圧力条件におけるマグマの密度と粘性などの物性情報が重要である。そのためマグマの密度・粘性の実験的・理論的研究が行われてきたが、高温高圧での実験は困難なため実験的データは表層マグマに限られていた。本研究の目的は第一原理分子動力学計算により、冥王代における深部マグマの物性値を予測することにより、冥王代におけるマンツルの対流様式を明らかにし、生命誕生に必要な冥王代地球の地殻の形成メカニズムを明らかにすることである。そのためのシミュレーション技術の開発状況等について紹介する。

## **A05-4 Materials Model of Hadean Earth**

Toshiaki Iitaka

1) RIKEN

It is important for understand the basal magma model to know the materials properties of magma at high pressure and high temperatures over whole region of magma ocean. Therefore the density and viscosity of magma have been intensively studied both experimentally and theoretically. However, experimental data has been limited to the surface magma because of the difficulty of experiment at high temperature and high pressure. Our aim is to predict the materials properties of deep magma in Hadean Eon, so that mantle convection and formation of crust in Hadean Eon are clarified. The computational techniques for that purpose are developed and explained.

## A02-1 生命起源研究の最前線 ～化学進化の実験的アプローチ～

○ヘンダーソン クリーヴス<sup>1, 2</sup>、青野真士

1) 東工大・ELSI、2) プリンストン高等研究所

生命の起源を探る実験的研究は、1950年代のミラー・ユーリー実験で原始大気を模したガスから放電によりアミノ酸が生じることが示されて以降、生命の構成部品を非生物的に合成する「前生物化学」が中心的なアプローチとなってきた。しかし、近年、地球惑星科学、生命科学、材料科学との学際的研究の進展に伴い、「システム化学」「合成生物学」「ナノ科学」に立脚した新たな融合的アプローチが生まれるに至っている。A02 冥王代化学進化班は、これらのアプローチを、A01 冥王代地球班から提供される冥王代地球表層の環境条件と統合的な実験条件を考慮しつつ推進する。本講演では、冥王代化学進化班の研究を概説するとともに、世界中で活発化している生命起源研究の現状をレビューする。

## A02-1 Frontiers of Origins of Life Studies –Experimental Approaches of Chemical Evolution–

○Henderson Cleaves<sup>1,2</sup>, Masashi Aono<sup>1</sup>

1) ELSI, Tokyo Tech, 2) Institute for Advanced Study

Since the 1950's when the Miller-Urey experiment showed the formation of amino acids from simple gases thought to mimic the early Earth's atmosphere, a central experimental approach to elucidating the origins of life has been "prebiotic chemistry," which focuses on the abiotic synthesis of life's building blocks. But in recent years, with the progress of interdisciplinary collaborations among earth and planetary scientists, biologists, and materials scientists, several new approaches such as "systems chemistry", "synthetic biology," and "nanoscience" have emerged. These approaches are promoted by our A02 Hadean Chemical Evolution group, considering experimental conditions that are consistent with environmental conditions on the early Earth's surface provided from A01 Hadean Earth group. In the presentation, we will summarize our A02 group's research subjects and review the status quo of the origins of life studies that are advanced rapidly around the globe.



## A02-2 生命の構成部品をつくる

○青野真士<sup>1</sup>、北台紀夫<sup>1</sup>、仙田有絵<sup>2</sup>、原正彦<sup>1,2</sup>、ヘンダーソンクリーブス<sup>1,3</sup>

1) 東工大・ELSI、2) 東工大・総合理工、3) プリンストン高等研究所

本研究では、冥王代地球の表層で実現していたと想定される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。そして、大気ガスに放電や紫外線照射を加えアミノ酸を合成し、それらを鉱物の存在下で重合することで、原始的な触媒機能をもつオリゴペプチド（原始タンパク質）を生成することを目標としている。こうした多段階の化学進化を、A01 冥王代地球班から提供される冥王代地球表層の環境条件と統合的な実験条件のもとで実現できれば、生命がいつどこでどのように誕生したかを理解するための重要な手がかりが得られる。本講演では、本研究の進捗状況と、今後の研究計画を紹介する。

## A02-2 Synthesizing Building Blocks of Life

○M. Aono<sup>1</sup>, N. Kitadai<sup>1</sup>, A. Senda<sup>2</sup>, M. Hara<sup>1,2</sup>, H. Cleaves<sup>1,3</sup>

1) ELSI, Tokyo Tech, 2) Dept. Electro. Chem., Tokyo Tech, 3) Institute for Advanced Study

In this study, we couple several different reactors that reproduce the diversity and dynamics of environmental conditions on the Hadean Earth's surface. Applying spark discharges and UV irradiation to atmospheric gases, we will synthesize some amino acids and polymerize them in the presence of minerals to produce oligopeptides which will be assayed for primitive catalytic functions. If such multi-level chemical evolution can be achieved using experimental conditions consistent with the environmental conditions on the early Earth's surface provided from the A01 Hadean Earth group, it will give us valuable clues for understanding when, where, and how life emerged on Earth. In this presentation, we will report the progress of our research and introduce future plans.

### **A02-3 原始的代謝システムを再構築する**

○北台紀夫<sup>1</sup>、青野真士<sup>1</sup>

1) 東工大・ELSI

我々は生命の構成要素がどのような化学的プロセスを経て、地球上から生み出されたかについて研究している。冥王代における地球科学的な「システム」の理解を目的に、原始的代謝分子の非酵素的合成実験を行い、システム化学の観点から分析を行っている。特に、地質学や地球科学の研究者と密接に協力し、冥王代における環境条件に焦点を当てている。本講演では、我々の研究の進捗状況、及び今後の研究計画について紹介する。

### **A02-3 Rebuilding Proto-metabolic System**

○Norio Kitadai<sup>1</sup>, Masashi Aono<sup>1</sup>

1) ELSI, Tokyo Tech

We are trying to understand how the Earth has systematically produced the building blocks of life through geochemical processes. To understand the geochemical “system” on the Hadean Earth, we have performed laboratory experiments of prebiotic synthesis and analyzed the results from the viewpoint of systems chemistry. We closely collaborate with geologists and geochemists and focus on specific environmental conditions on the Hadean Earth. In this presentation, we will provide a brief overview of current situation and future plan of our research.

## A02-4 原始的細胞膜を再構成する

○車 愈激<sup>1</sup>

1) 東工大・ELSI

生物の形成に必須なアミノ酸や核酸塩基、ポリリン酸などの有機化合物が膜小胞により区画化されることで、細胞の原型（プロトセル）になり生物学的進化の起点になったと考えられている。そのなかで、膜小胞を形成する脂質分子は初期地球環境の中でどのように合成され、プロトセルの形成に寄与していったのであろうか？この問題に対し、原始大陸を想定した初期地球環境上で考えられる膜小胞形成のモデルプロセスを考え、その実証研究について紹介したい。さらに、膜上で起こるさまざまな生化学的反応に注目し、細胞の生命活動維持に必須と考えられる原始的な膜機能について考える。原始細胞においても存在したと考えられる、エネルギー生産や、膜タンパク質合成、膜の自己複製などの膜機能を、合成生物学的な手法により人工的に構築し考察する研究についても紹介したい。

## A02-4 Reconstructing Primitive Cell Membrane

○Yutetsu Kuruma<sup>1</sup>

1) ELSI, Tokyo Tech

Biological evolution may have begun with the emergence of a protocell that encapsulated essential organic compounds such as amino acids, nucleobases, and polyphosphate inside lipid vesicles. If so, how were the lipid molecules synthesized in the early Earth environment and how did they develop into protocells? We are trying to answer these questions using a model process of vesicle formation based on the theory that allows for the existence of continents on the early Earth. This approach is supported by experimental studies synthesizing cellular functions *in vitro*. By focusing on a cell membrane that consists of many biochemical reactions, we are trying to reconstruct primitive cell membrane functions such as energy production, self-reproduction, and membrane synthesis by combining biomolecules. This synthetic biology approach lends insight to the minimal properties that living cell must have.

## A02-5 鉱物表面の触媒機構をさぐる

○矢野隆章<sup>1</sup>、N. Gambaatar<sup>1</sup>、中澤友哉<sup>1</sup>、R. Afrin<sup>2</sup>、青野真士<sup>2</sup>、原正彦<sup>1,2</sup>

1) 東工大・総合理工、2) 東工大・ELSI

単体の鉱物であっても表面には多様な結晶面が存在し、さらに個々の結晶面内には特異構造が局所的に存在する。鉱物表面での生体分子の吸着・重合等の相互作用部位を特定するためには、ナノスケールで鉱物表面と生体分子の相互作用を高分解能かつ高分析能で測定・解析する必要がある。本研究では、力検出感度が高い原子間力顕微鏡 (AFM: Atomic Force Microscopy) を用いてアミノ酸と鉱物表面の相互作用力をナノスケールで定量分析する手法を開発した。任意のアミノ酸分子を原子間力顕微鏡のプローブ先端に修飾し、アミノ酸分子を鉱物表面間の距離をオングストロームスケールで AFM 制御しながら相互作用力を測定することによって、鉱物表面とアミノ酸分子の吸着力を定量分析することが可能となった。さらに、昇温脱離ガス分光法を用いてアミノ酸と鉱物 (黄鉄鉱等) 表面の吸着状態の分析を行った。吸着時の鉱物表面の温度によってアミノ酸の吸着量が異なること、さらに黄鉄鉱表面の状態も温度に依存して変化することがわかった。今後は原始地球の温度環境下で同様の実験を行い、鉱物の表面状態とアミノ酸の吸着量の相関関係を解明する。

## A02-5 Exploring Catalytic Mechanisms of Mineral Surfaces

○T. Yano<sup>1</sup>、N. Gambaatar<sup>1</sup>、Y. Nakazawa<sup>1</sup>、R. Afrin<sup>2</sup>、M. Aono<sup>2</sup>、M. Hara<sup>1,2</sup>

1) Dept. Electro. Chem., Tokyo Tech, 2) ELSI, Tokyo Tech

We have developed a powerful analytical technique with the use of an Atomic Force Microscope (AFM) to directly measure interaction forces between amino acids and mineral surfaces. In this technique, the tip apex of an AFM probe was chemically functionalized with a single amino acid and a PEG spacer. The interaction forces were detected by AFM while changing the distance between the amino acid at the tip apex and the mineral surface. The AFM-based technique developed here will be utilized to elucidate crystal facet-dependent interactions on a nanometer scale. We also demonstrated thermal desorption spectroscopy of mineral substrates immersed into amino acid solutions, which confirmed adsorption of amino acids on mineral surfaces.

### A03-1 祖先微生物を辿る上で重要な独立栄養微生物の特性

○鎌形洋一<sup>1,2</sup>

1)産総研・生物プロセス、2)産総研・北海道センター

多くの進化研究者が初期生命における重要な代謝経路の一つとして Wood-Ljungdahl pathway を挙げている。演者は微生物の多様性解析や分離培養を通して嫌氣的な C1 微生物が archaea であろうと bacteria であろうとこの経路を持っていることに奇妙な偶然性を感じていた。しかし、両者のこの代謝系はほぼ完全な類似性があるにも拘わらず C1 担体補酵素は archaea において tetrahydromethanopterin, bacteria においては tetrahydrofolate であるという決定的な違いが存在している。こうした現世の微生物における違いはさておき、進化学の世界においてはこの経路が最も初期の炭酸固定経路であると提唱しているのはあながち驚きではない。二つの CO<sub>2</sub> を縮合して acetyl-CoA を作ることはどう見ても細胞の基本骨格を形成する上でなくてはならない作業だからである。本講演では archaea と bacteria の Wood - Ljungdahl pathway を紹介するとともに、これらの経路を実際に持っている微生物を白馬の serpentinizing site や自然界から分離するための微生物学的アプローチについて議論したい。

### A03-1 Autotrophic growth of organisms linking to ancestral energy conservation

○Yoichi Kamagata<sup>1,2</sup>

1) Bioproduction R.I., AIST, 2) Hokkaido Center, AIST

There are lots of controversies over the way of ancestral energy conservation. To date, several important hypotheses are proposed including the Wood - Ljungdahl pathway as the route that could have underpinned carbon assimilation and energy conservation. Interestingly, both archaea and bacteria have this pathway but the pathway is driven by different key cofactors: i.e. tetrahydrofolate (H4TF) for bacteria and tetrahydromethanopterin (H4MTP) for archaea. We put aside the hypothesis because of its endless and profound argument and we are currently attempting to capture the organisms that drive Wood-Ljungdahl pathway from natural environments including Hakuba serpentinizing aquifers. In the presentation, why Wood - Ljungdahl pathway is so important and interesting, and how we could uncover the entity of organisms that harbor the pathway.

## A03-2 冥王代類似環境微生物とその周辺微生物群の培養化と機能解明

○玉木秀幸<sup>1</sup>、玉澤聡<sup>1</sup>、柿澤茂行<sup>1</sup>、黒川顕<sup>2</sup>、鎌形洋一<sup>1,3</sup>

1)産総研・生物プロセス、2)東工大・ELSI、3)産総研・北海道センター

蛇紋岩熱水系は、冥王代地球のアナログ環境として注目されており、同環境に棲息する微生物のゲノム情報や機能、生存戦略を明らかにできれば、原始的な生命体の機能の痕跡に一步迫ることができるのではないかと我々は考えている。本研究では、蛇紋岩熱水系とその周辺熱水環境の未知微生物のゲノム解読ならびに培養化を通じて、初期生命体の機能を探るためのゲノム情報と微生物材料の基盤整備を目指している。特に、無酸素環境においてCO<sub>2</sub>を還元して酢酸を生成する代謝反応が原始的なエネルギー代謝の一つであると考えており、現在、白馬八方温泉試料を用いて酢酸生成反応の検出および酢酸生成微生物の培養化を試みている。本発表では、冥王代類似環境微生物とその周辺微生物群のゲノム獲得ならびに培養化のコンセプトとアプローチを中心に紹介する。

## A03-2 Cultivation-based approach to elucidate ecophysiological functions of microorganisms in serpentinizing and other related ecosystems

○ Hideyuki Tamaki<sup>1</sup>, Satoshi Tamazawa<sup>1</sup>, Shigeyuki Kakizawa<sup>1</sup>, Ken Kurokawa<sup>2</sup>, Yoichi Kamagata<sup>1,3</sup>

1) Bioproduction R.I., AIST, 2) ELSI, TITECH, 3) Hokkaido Center, AIST

Serpentinite-hosted systems derived from ultramafic rocks are regarded as early-earth analog environments, microorganisms inhabiting such ecosystems may be hence key organisms harboring primitive biological functions of early life emerged in Hadean era. This study aims to obtain genomic information and active cultures of microorganisms in serpentinizing ecosystems and other related environments, and to elucidate their ecophysiological functions. In particular, we partly focus on cultivating anaerobic homoacetogens and detecting their metabolic activity in serpentinizing environments, since CO<sub>2</sub> reductive acetogenesis may be one of the key primitive energy metabolisms of early life. In this symposium, we report our concept, strategy and approach for gaining genomes and axenic cultures of yet-to-be cultured organisms including homoacetogens in serpentinizing systems and other related environments.

### **A03-3 冥王代類似環境微生物の機能解析に向けた大規模ゲノム操作技術の開発**

○柿澤茂行<sup>1</sup>、玉木秀幸<sup>1</sup>、鎌形洋一<sup>1,2</sup>

1)産総研・生物プロセス、2)産総研・北海道センター

蛇紋岩熱水系は冥王代地球のアナログ環境（冥王代類似環境）として注目されており、同環境に棲息する微生物（冥王代類似環境微生物）の機能に迫ることができれば、原始的な生命体の機能の痕跡に迫ることができると考えられる。本研究では、冥王代類似環境微生物のゲノムやメタゲノム情報に基づき、その機能を解明するための研究ツールを開発することで、初期生命体の機能を解明するための基盤整備を目指している。具体的には、巨大なゲノム断片を操作する技術ならびに、それを異種の微生物に導入することで機能解明を行う系の開発を目指す。本発表では、大規模ゲノム操作技術の開発のコンセプトと進捗状況、およびそれを如何に冥王代類似環境微生物へと応用するかという点を中心に紹介する。

### **A03-3 Functional analysis of microorganisms in serpentinizing environments by using whole genome manipulation**

○Shigeyuki Kakizawa<sup>1</sup>, Hideyuki Tamaki<sup>1</sup>, Yoichi Kamagata<sup>1,2</sup>

1) Bioproduction R.I., AIST, 2) Hokkaido Center, AIST

Serpentinite-hosted systems derived from ultramafic rocks are regarded as early-earth analog environments, microorganisms inhabiting such ecosystems may be hence key organisms harboring primitive biological functions of early life emerged in Hadean era. To reach genomic functions of these microorganisms might contribute to the understanding of primitive biological functions of early life. This study aims to do functional analysis of such microorganisms in serpentinizing ecosystems by using whole genome manipulation techniques. To this end, we are developing several basic techniques, such as whole genome manipulation methods, transformation with large genomic fragments and heterologous expression system, and apply them to microorganisms in serpentinizing ecosystems. In this symposium, we report our strategies, on-going study and some related studies.

#### **A03-4 冥王代類似環境におけるメタゲノム解析**

西山依里<sup>1</sup>、黒澤晋<sup>1</sup>、森宙史<sup>1</sup>、○黒川顕<sup>2</sup>

1) 東工大・生命理工、2) 東工大・ELSI

DNA シーケンサーの技術革新により、ゲノム科学は飛躍的に発展を遂げており、培養困難な環境中の細菌のゲノム情報も、メタゲノム解析やシングルセルゲノム解析により解読可能となりつつある。我々は、冥王代類似環境と考えている蛇紋岩熱水系に存在する未知の細菌群集を対象とし、メタゲノム解析技術を駆使することで、主たる細菌のゲノム解読を試みた。また、微生物ゲノム・メタゲノム情報およびそれらに付随する環境情報をセマンティックウェブ技術により統合したデータベース MicrobeDB.jp を活用する事で、蛇紋岩熱水系における細菌の特異的な生態系の輪郭が見えてきた。

#### **A03-4 Metagenomic analysis of a continental serpentinite-hosted hydrothermal system**

Eri Nishiyama<sup>1</sup>, Shin Kurosawa<sup>1</sup>, Hiroshi Mori<sup>1</sup>, ○Ken Kurokawa<sup>2</sup>

1) Dept. Biol. Info., TITECH, 2) ELSI, TITECH

Serpentinite-hosted systems derived from ultramafic rocks played an important role in both prebiotic syntheses of several chemical compounds and microbial ecosystems of early Earth. In this study, we focused on Hakuba Happo hot spring (3H) as a model of continental serpentinite-hosted hydrothermal system and investigated its microbial ecosystem by means of metagenomics. As the result, we discovered a microbial community with a confined phylogenetic diversity, and identified dominant bacterial taxa ubiquitous in serpentinite-hosted hydrothermal systems. Furthermore, we demonstrate that gene sets in characteristic pathways are enriched in the microbiome, and we attempt to depict an outline of this unique ecosystem.



## A03-5 祖先型遺伝子配列の推定

○西原秀典<sup>1</sup>

1) 東工大・生命理工

本研究では、初期生命が保持していたゲノム情報を推定するため、現生生物の遺伝子情報に基づいた様々な祖先型遺伝子配列の推定をおこなう。その予備的解析として、これまでに CO<sub>2</sub> からアセチル CoA を生成する Wood-Ljungdahl pathway に関与する代表的な酵素群について祖先配列の推定をおこなった。各遺伝子の配列情報を MGD データベースから収集し、最尤法に基づいて Bacteria 共通祖先におけるアミノ酸配列を推定した。このように遺伝子データ収集から祖先配列推定までの一連の解析をおこなったが、一方でより推定精度を上げるためには広範囲の生物種からの配列収集が必要になるなど、今後解決すべき種々の課題も見出された。今後はそれらの解決法を検討し、高精度な祖先配列推定の解析パイプラインの構築を目指す。

## A03-5 Estimation of ancestral gene sequences

○Hidenori Nishihara<sup>1</sup>

1) Dept. Biol. Sci., TITECH

Estimation of ancestral gene sequence is important to understand the genomic information of primitive life on the early Earth. This study aims at collection of the ancestral sequence data of various genes. As a preliminary analysis, I estimated the amino acid sequences of the last common ancestor of Bacteria for a few genes involved in the Wood-Ljungdahl pathway for Acetyl-CoA synthesis. The estimation was conducted with maximum likelihood analysis based on the sequence data of Bacteria and Archaea available in the MGD database. Throughout this analysis, several important issues such as the need for inclusive sequence sampling were identified. These will need to be solved to construct an analytical pipeline for more precise estimation.

## A04-1

### 冥王代の物質的証拠：地球最古ジルコンの探索

○磯崎行雄，東大・総合文化

46億年前の誕生直後の惑星地球には、おそらく安定した地殻と液体の水、そして初期大気が接する環境が出現しており、地球生命も極めて早い時期、おそらく45億年前までに現れたと考えられる。しかし、地球はその後現在まで続く活発なプレートテクトニクスによって、初期地球物質をリサイクル利用してきたため、最初期の物質的記録はほとんど残っていない。これまで知られた地球最古物質は西オーストラリア産の44億年前のジルコンという微小な鉱物であるが、その産出頻度は1万粒中に3粒程度である。本計画では、新しい鉱物収集技術を開発して、45億年前に迫る地球最古ジルコンをさらに集めた上で、その鉱物中の包有物の微小領域化学分析によって、地球生命が現れた当時の地球表層環境の復元を目指している。初年時に行った新規の機器開発および最古物質発見の可能性のある候補地での調査結果を報告する。

### A04-1 Material evidence of the Hadean: search for the oldest zircon on the Earth

○Yukio Isozaki<sup>1</sup> Univ. Tokyo Komaba, Japan

The earliest Earth immediately after her birth at 4.6 Ga, likely prepared a life-concious environment that featured hard-rock crust, liquid water, and early atmosphere in mutual contact. The long-lasting plate tectonics afterwards, however, have been utilized/recycled early Earth material to leave almost none remnants of the earliest Earth. The hitherto know the oldest Earth material is a tiny zircon crystals with 4.4 Ga age that are extremely rare; e.g. 3 grains out of ten thousands. This project aims to develop a new effective mineral-separation-system for finding ca. 4.5 Ga zircon and to analyze geochemistry of micro-inclusions in zircon, in order to reveal the initial environmental conditions for emerging life. This presentation reports the current status of developing new technology and preliminary results of fieldwork in promising candidate areas on the Earth.

## A04-2 全マントル P 波異方性トモグラフィーによる地球内部構造の推定

○趙大鵬<sup>1</sup>、北川弘樹<sup>1</sup>

1) 東北大学大学院理学研究科

全地球内部の構造と進化に関する理解を深めるためにグローバル P 波方位異方性トモグラフィーを行い、初めて全マントルの 3 次元異方性構造を推定した。地殻と上部マントルでは、(1) 南太平洋海嶺から南東インド洋海嶺にかけて海嶺軸に直交するような P 波速度の速い方向 (fast-velocity direction, FVD) が見られる；(2) チベットから中国西部にかけて東西を向いた FVD は、地表の変位の向きとよく一致する；(3) S 波 splitting, 表面波トモグラフィーとマントル対流シミュレーションの結果と 1000-2000 km 程度の空間スケールで調和的である。下部マントルでは異方性の振幅が小さくなり、FVD のパターンも地殻・上部マントルとは異なる。マントル最深部では異方性の振幅が下部マントルと比べて大きい。本研究で得られた異方性は南太平洋スーパープレームへ集まる物質の流れを示唆し、マントル対流の向きとよく一致する。地震波速度異方性はマントル対流を反映し、マントルの構造と進化に関する重要な情報を提供できる。

## A04-2 Whole-mantle P-wave anisotropy tomography

○Dapeng Zhao<sup>1</sup>, Hiroki Kitagawa<sup>1</sup>

1) Department of Geophysics, Tohoku University

We determined the first whole-mantle 3-D P-wave anisotropy tomography. Our results show that, in the crust and upper mantle, (1) The P-wave fast-velocity direction (FVD) is normal to the ridge axes in South Pacific and India Ocean; (2) In Tibet and western China, the FVD is E-W oriented, being consistent with the surface deformation direction from GPS observations; (3) Our results also accord with S-wave splitting, surface-wave tomography and mantle convection simulation results at a scale of 1000-2000 km. In the lower mantle, the anisotropy becomes weaker, and its pattern differs from that in the upper mantle. In the lowermost mantle, the anisotropy becomes strong again. Our results also suggest mantle flow directions toward the South Pacific super-plume. Seismic anisotropy can provide information on the mantle flows, which is important for our understanding of the mantle structure and dynamic evolution.

### A04-3 カナダ北部の太古代—古原生界中の碎屑性ジルコン年代分布

○堤 之恭<sup>1</sup>、沢田 輝<sup>2</sup>、島塚もも子<sup>3</sup>、磯崎行雄<sup>3</sup>

1) 国立科博・地学、2) 東工大・地球惑星 3) 東大・総合文化

ジルコンという鉱物は物理的・化学的に非常に安定であるため、様々な地質作用を被っても形成時の組成・同位体情報を保持し、特に U-Pb 年代は有用である。また、碎屑性ジルコンの年代分布は、その堆積岩の堆積当時の後背地の年代分布を反映する。つまり古い堆積岩のジルコン年代を調べることは、その当時の後背地たる大陸地塊の配置を推定することに直結する。北米大陸北部は太古代の大陸地塊が集中しており、その上には古原生代以前の堆積層が広く分布している。今回は、カナダ北部の Murmac Bay 層群 (23 億年前; Rae Craton 上のウラニウムシティ周辺) 及び Yellowknife 超層群 (29 億年前の Central Slave Cover Group; Slave Craton 上のイエローナイフ周辺) より碎屑性ジルコン粒子を抽出し、年代測定を行ったので、その結果を報告する。

### A04-3 Age of detrital zircons in Archean-Paleoproterozoic on northern Canada

○Yukiyasu Tsutsumi<sup>1</sup>, Hikaru Sawada<sup>2</sup>, Momoko Shimatsuka<sup>3</sup> and Yukio Isozaki<sup>3</sup>

1) Geol. Paleon., NMNS, 2) Earth Planet. Sci., TITECH 3) Arts Sci., Univ. Tokyo

Since zircon is a mineral stable physically and chemically, it has capability to keep compositional and isotopic information after various geological events. Especially, U-Pb age is powerful method. U-Pb age distribution of detrital zircons reflects the geology in drainage basin of the water which transports the sediments. This means that investigating detrital zircon ages of old sedimentary rocks is a key to know the layout of cratons at the time. The northern part of Canada is an aggregate of several Archean cratons and pre-Paleoproterozoics widely distributed on the massifs. We collected samples from sediments on the Rae Craton (2.3 Ga of Murmac Bay Group; around Uranium City) and Slave Craton (2.9 Ga of Central Slave cover Group, Yellowknife Supergroup; around Yellowknife) and separated zircon grains. We will report the result of the age of detrital zircons from them.

#### **A04-4 初期地球における海洋の量と化学組成の推定 -NanoSIMS を用いたジルコンおよび包有物の水素同位体比測定-**

高畑直人<sup>1</sup>、○石田章純<sup>1</sup>、佐野有司<sup>1</sup>

1) 東大・大海研

本研究では NanoSIMS50 を用いて、太古代ジルコン中包有物の微小領域水素同位体比測定を行い、当時の地球表層の水素同位体比を直接的に明らかにすることを目標とした。対象としたのは約 36 億年前のジルコン中の包有物(ガラスやアパタイト)である。こうした包有物はジルコンに保護されているため初生的な情報を保持していると期待される一方で、その粒径はわずか数  $\mu\text{m}$  程度しかないので、有効な分析手段が求められていた。本研究では 5  $\mu\text{m}$  程度のスポット径で、かつ十分な分析精度を得られる水素同位体比測定手法を検討しその分析を試みた。また分析粒ごとの熱変成の程度については、ジルコンの U-Pb 年代を測定することで評価した。この手法は他の元素分析にも応用できる可能性があり、同一の試料から複数の元素による古海洋環境評価が可能となることが期待される。

#### **A04-4 The amount of Early ocean and its chemical composition – measurement of hydrogen isotopes of inclusions in Archaean zircon crystals using a NanoSIMS-**

Naoto Takahata<sup>1</sup>, ○Akizumi Ishida<sup>1</sup>, Yuji Sano<sup>1</sup>

1) AORI, Univ. Tokyo

In this study, we have challenged to establish an analytical procedure to measure hydrogen isotopes of inclusions found in Archaean zircons using a NanoSIMS50. Inclusions, such as phosphorite and glass, included in zircon crystals are expected to preserve the primitive information because they were encapsulated by metamorphic-resistant zircon minerals. However, because of their size (less than 10  $\mu\text{m}$ ), highly sensitive and precise measurements are required. We are developing a new method that can measure hydrogen isotopes precisely with approximately 5  $\mu\text{m}$  of spot size. This method has potential to be applied on the measurements of other elements, which would enable us to estimate the chemical state of early Archaean ocean.

## A04-5 太古代，原生代における地球外物質付加の記録

○尾上哲治<sup>1</sup>、中村智樹<sup>2</sup>、磯崎行雄<sup>3</sup>

1) 熊本大・自然科学、2) 東北大・地惑、3) 東大・地惑

地球に流入する地球外物質は、流入する質量・頻度の関係から、大きく 1) 宇宙塵、2) 隕石、3) 小天体の 3 つのグループに分類される。過去 45 億年にわたるこれら地球外物質の組成やフラックスを明らかにすることで、太陽系での物質分布や移動の歴史が明らかになり、さらには地球の先駆物質や岩石記録の残らない冥王代に付加した地球外物質の情報に迫ることができると期待される。本研究では、1) オーストラリア北西部 Pilbara Craton の太古代岩石 (~3.2 Ga) およびガーナ南西部 Birimian greenstone belt の原生代岩石 (2.2-2.3 Ga) を対象に宇宙塵の回収およびイジェクタ層の検出を試みた。これらの岩石は陸域から離れた大洋域で形成されたと考えられており、堆積速度が遅く、陸源性の粗粒碎屑物を含まないため、地球外物質の混入をみつけやすいという特徴がある。これまでの研究により、溶融宇宙塵と考えられる磁性球粒を太古代岩石試料から得ることができたため、その研究成果について発表する。

## A04-5 Accretion of extraterrestrial matter recorded in the Archean and Paleoproterozoic deposits

○Tetsuji Onoue<sup>1</sup>, Tomoki Nakamura<sup>2</sup>, Yukio Isozaki<sup>3</sup>

1) Dept. Earth. Environ. Sci., Kumamoto Univ, 2) Dept. Earth Planet. Material Sci., Tohoku Univ, 3) Dept. Earth Sci. Astronomy,, Univ. Tokyo

Systematic studies of ancient micrometeorites and extraterrestrial PGE signatures in the sedimentary records could provide a way of detecting long-term changes in the meteoroid environment of the Solar System. In order to infer the composition and flux of incoming extraterrestrial matter through the late Hadean to early Proterozoic, we analyzed a section of 3.2 Ga core from the Creaverville Group in the Pilbara Craton and 2.2-2.3 Ga sedimentary rocks from the southwestern Ghana. The sections are reconstructed as sediments in an open-ocean realm remote from land areas. We report the recovery of well-preserved cosmic spherules, older than 3.2 Ga, from the Creaverville Group.

## A04-6 生命誕生場類似環境としての東アフリカ大地溝帯

### —人類および珪藻の進化—

○鈴木寿志<sup>1</sup>、谷口拓海<sup>1</sup>

1) 大谷大・文学部

アフリカ大陸東部には、マントルからの苦鉄質マグマが直接地表へ噴出する狭長な火山帯が分布する（東アフリカ大地溝帯）。このような火山帯は、冥王時代の初期地球に類似した場と考えられる。一方、大地溝帯周辺ではオロリン・ツゲネンシスからホモ・エルガステルにいたる人類化石が発見されている。したがって大地溝帯は新生代新成紀には人類進化の舞台であった。また大地溝帯の湖に棲息するスズキ科の淡水魚シクリッドの間では、遺伝子の多様化が起こり、種数に富むという。これらの現象は、大地溝帯に特有の環境因子が生物進化と関連している可能性を示唆するものであり、40億年前に起こった生命の初期進化の誘因が、鮮新世～更新世の大地溝帯周辺でも働いていたことを暗示する。本研究では多くの個体を観察できる微化石に注目し、ケニア中西部スグタ川流域の第四系から珪藻化石を検出し、種数や奇形個体の調査を進めている。

## A04-6 East African Rift Valley: analogue of Hadean habitable trinity with reference to human and diatom evolutions

○Hisashi Suzuki<sup>1</sup>, Takumi Taniguchi<sup>1</sup>

1) Fac. Letters, Otani Univ.

Elongated volcanic belt of East African Rift Valley originates directly in mantle materials. Such a volcanism, which brings mafic magmas onto the surface of East Africa, seems to be an analogue of the Hadean Earth. On the other hand, many fossil hominoids from *Orrorin tugenensis* to *Homo ergaster* have been found from Quaternary sediments around East African Rift Valley. Cichlid fishes in great lakes of East Africa are highly diversified with extensive genome variations. These phenomena could be related to peculiar environmental factor around East African Rift Valley, which had affected the emergence of life on the ancient Earth. This research intended to concentrate fossil diatoms from the Quaternary around Suguta River of western central Kenya to survey the number of species and teratology of diatoms.

## A01-1 原始地球表層環境進化モデルと原始生命の誕生場＝間欠泉

○丸山茂徳<sup>1</sup>

1) 東工大・地球生命研究所

地球―月系はジャイアントインパクトで形成され、両惑星は同じ化学組成を持ち、冥王代地球はマグマオーシャン固化後に、厚さ 40 km 前後の原始大陸地殻に覆われたが、マントル対流が始まると、大陸地殻はバイモダルになり 20 km の海洋地殻が誕生した。原始大気は約 400 気圧の  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  の混合大気からなり、冷却後に 374°C の原始海洋が生まれ、プレート運動によって、100 気圧  $\text{CO}_2$  大気の殆どがマントルへ輸送され、冥王代末期に原始大気は晴れて太陽エネルギーが利用可能になった。生命誕生場は、酸化的大気の中の局所的な超還元場で、間欠泉が誕生場であったろう。間欠泉の壁岩は、アノーソサイト、KREEP 玄武岩などを含む分化したガブロで、加水作用によって触媒鉱物が利用可能になり、還元気体 ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$  など) が間欠泉の天井部に濃集し、高分子有機化合物の合成が進んだ。間欠泉ではウラン鉱床が熱源となった。

## A01-1 Evolution of surface environment on the Hadean Earth, and birthplace of life (geyser)

○Shigenori Maruyama<sup>1</sup>, Toshikazu Ebisuzaki<sup>2</sup>

1) Earth-Life Science Institute, TITECH, 2) Riken, Japan

The Earth-Moon system was formed by the Giant-impact at 4.56Ga. After consolidation by 4.53Ga, primordial continents consisting of anorthosite and KREEP basalts appeared. Once mantle convection started, oceanic crust was generated. Primordial atmosphere had 400 atm, but atmospheric  $\text{CO}_2$  was removed into mantle after plate tectonics operated, which enabled to utilize solar energy. One of the most possible place to emerge life is geyser, where anorthosite and KREEP basalt existed. Macromolecular organic compounds were synthesized in geyser by using light gas accumulated on the ceiling of geyser such as  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , and  $\text{HCN}$ . Catalyzer minerals were available. Uranium ore deposits played a role as heat source for geyser.



## A01-2 冥王代原始大陸の風化

○大森聡一<sup>1</sup>

1) 放送大学

冥王代の大陸岩石の風化と物質循環のシステムを再検討した。冥王代における風化現象は、次の2点において表層環境形成に大きく関わっている；1) 化学的風化：大気中のCO<sub>2</sub>を除去する，2) 物理的風化：海洋へアルカリ陽イオンを供給する。顕生代の化学的風化については、物質循環の観測的研究から、化学的風化と温度および大気pCO<sub>2</sub>間の関係がモデル化されているが、冥王代の高CO<sub>2</sub>濃度大気においては、雨滴中の炭酸イオン濃度が単純増加しないことが予想され、このモデルを単純に冥王代に適用することはできない。そこで、熱力学的手法により、冥王代で想定される大気pCO<sub>2</sub>と気温の範囲における、雨滴中のCO<sub>2</sub>濃度を見積り、冥王代の風化 - 気温 - pCO<sub>2</sub>関係を定式化した。

## A01-2 Weathering of Hadean continent

○Soichi Omori<sup>1</sup>

1) The Open University of Japan

We re-examined the weathering and material circulation system in the Hadean land surface. Weathering in Hadean is closely related to the surface environment in the following two processes; 1) chemical weathering : to remove the CO<sub>2</sub> in the atmosphere, and 2 ) physical weathering: supplying alkali cations to the ocean. In the Phanerozoic system, a relationship among the chemical weathering, temperature and atmospheric pCO<sub>2</sub> are empirically modeled based on observational studies of material circulation. however it is not applicable in the high CO<sub>2</sub> concentration atmosphere of Hadean. Therefore, we formulated a function among the Hadean weathering, temperature, and pCO<sub>2</sub> by estimating CO<sub>2</sub> concentration in rain drops by thermodynamic approach.

### A01-3 原始地球表層での低温のアンモニア合成とコマチアイト $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 系の岩石-水相互作用

○澤木佑介<sup>1</sup>、上田修裕<sup>1</sup>、丸山茂徳<sup>2</sup>

1) 東工大・理工、2) 東工大・ELSI

アンモニアはその利用しやすさ故に生命にとって必須の化合物の一つである。私たちは初期地球上に存在しており、かつアンモニア合成の触媒と成りうるアノーソサイトとコマチアイトに注目している。これらの岩石との相互作用を通じて生成されるアンモニアを定量するため、熱水実験の準備を進めている。

蛇紋岩熱水系は水素に富んだ熱水を放出するため、生命の起源の場として重要と考えられてきた。原始地球は二酸化炭素が高濃度で存在していたことが予想されるため、その環境下で起こる反応を再現する熱水実験を海洋研究開発機構で行っている。その結果、250°C程度の熱水では鉄に富む炭酸塩が形成され、水素発生が阻害される事を明らかにした。

### A01-3 Low-temperature ammonia synthesis in assuming primordial Earth, and hydrothermal reaction with komatiite and $\text{H}_2\text{O}$ in high $\text{CO}_2$ condition

○Yusuke Sawaki<sup>1</sup>, Hisahiro Ueda<sup>1</sup>, Shigenori Maruyama<sup>2</sup>

1) Dept. Earth and Planetary Sciences, TITECH, 2) ELSI, TITECH

Ammonia is one of the essential compounds for life, due to its accessibility. We focus on the anorthosite and komatiite, because these possibly occurred in the primordial Earth and have a catalytic function to promote ammonia synthesis. In order to estimate amount of ammonia synthesized through an interaction with these rocks, we are preparing for hydrothermal experiments.

Serpentinite-hosted hydrothermal system has been considered as an important place related to emergence and evolution of life, because it generates a  $\text{H}_2$ -rich fluid. Some geological evidences suggest that partial pressure of  $\text{CO}_2$  in the early Earth was much higher than present. We conducted hydrothermal alteration experiment using inconel alloy autoclave in JAMSTEC to monitor the reaction under high  $\text{CO}_2$  condition (400 mmol/kg). The result shows that hydrogen production is prohibited by precipitation of ferrous carbonate, under low temperature condition (250 °C).

#### A01-4 原始地球の層状分化構造の形成と大気・海洋組成

○丹下慶範<sup>1</sup>

1) 愛媛大学

超高圧実験により、原始地球の層状分化構造の形成と大気・海洋組成を決定した。50GPa, 3000-1800K の温度圧力範囲で Tagish Lake 隕石（小惑星帯外縁部由来の隕石）状態図を決めた。0.3AU から 5AU までの岩石惑星の内部大構造再現が最終目標である Tagish Lake C2 隕石は、5AU を代表する隕石で、一連の実験の一部だが、ケイ酸塩を主体とする隕石とは異なる溶融相関係が得られた。リキダスとソリダスの温度差は低圧下で 500K だが、45GPa で 1000K に広がる。これは地球マントル KLB-1 と逆のセンスである。高圧下（50GPa）での初相鉱物（高温側）は金属液+ケイ酸塩マグマ（液相不混和）に次いで Pv と MgCO<sub>3</sub> 相が晶出する。低圧側（11-25GPa）ではケイ酸塩鉱物は Pv に代わり、Rw+Mj が晶出し、最後に FeS, Ca-rich なメルトが残る。まだ予察的ではあるが、実験の地点を増やし、状態図を完成させて、5AU の場所で創られる岩石惑星の大構造を決定する。

#### A01-4 Layered differentiation of early Earth and its composition of primordial atmosphere

○Yoshinori Yange<sup>1</sup>

1) Spring 8, Ehime University

Using the Tagish lake carbonaceous chondrite as a starting material, a preliminary phase diagram was constructed in a P-T range 0-50GPa and 3000-1800K. The result showed several unique characters different from previously well-known phase diagrams such as KLB-1. (1) The shape of liquidus and solidus is different from that of KLB-1, and T-difference between solidus and liquidus is 500K at low-P but enlarges up to 1000K at 45GPa. 2) Remarkable difference of liquidus phase is presence of MgCO<sub>3</sub> at high-T and FeS at low-T. (3) Under the upper mantle condition of the Earth, ringwoodite and majorite is stable, whereas perovskite replaces it in the lower mantle condition. Although preliminary, the expected silicate planet at 5AU suggests remarkably different planet covered by an extremely thick atmosphere-ocean, from a thin-covered Earth.

## A01-5 冥王代火星

○ジェームズ M ドーム<sup>1</sup>、丸山茂徳<sup>2</sup>、宮本英昭<sup>1</sup>、ビクター R ベーカー<sup>3</sup>

1) 東大・総合研究博物館、2) 東工大・地球生命研究所 3) アリゾナ大学

冥王代火星にはダイナモや磁気圏、海洋やプレートテクトニクスが機能していたと考えられ、米国西部にはファラロプレートが北米プレートに沈み込んだ際に形成された地形は火星の地形と非常に類似しており、プレートテクトニクスが機能していたことを裏付けている。クラリタス沈み込み帯はタルシススーパープルーム運動に影響を与えた造山運動や盆地形成の活動地域である。地球の場合と比較すると、火星にあったと考えられる海洋は中央海嶺を十分に覆う厚さで、プレートテクトニクスが機能したと考えられ、そこではハビタブルトリニティ環境が存在したと考えられる。

## A01-5 Hadean Mars

○James M. Dohm<sup>1</sup>, Shigenori Maruyama<sup>2</sup>, Hideaki Miyamoto<sup>1</sup>, Victor R. Baker<sup>3</sup>

1) Dept Spa. Explor. Edu.& Disc., UMUTDept. Biol. Info., TITECH, 2) ELSI, TITECH, 3) HWR UofA

Hadean Mars included hypothesized interacting dynamo/magnetosphere, global hydrological cycle including ocean, and plate tectonism. This is supported by a systematic, spatial arrangement of landforms that is strikingly similar to those of the western US resulting from plate subduction of the denser mafic Farallon Plate beneath the lighter felsic North American Plate. The proposed Claritas subduction region includes pre-Tharsis mountain building and basin formation, activity of which appears to have ultimately contributed to the Tharsis Superplume. If mirroring Earth, then an ocean with water column of sufficient height above oceanic ridges would have been necessary for plate tectonism to have operated, not only pointing to a Hadean ocean but also an interacting thicker atmosphere and felsic-enriched cratered highlands through hydrological cycling driven by the Sun (Habitable-Trinity conditions). Habitable-Trinity conditions would have would have interacted with heavy bombardment.

## **IT-1 On the oxidation state of phosphorus in the Hadean: Implications for life development**

○Matthew Pasek<sup>1</sup>

1) University of South Florida

Phosphorus is typically considered to have resided within phosphate minerals on the early earth. Recently, we have argued that phosphorus may have a lower redox state on the early earth from the delivery of meteorites rich in the iron phosphide mineral schreibersite,  $(\text{Fe,Ni})_3\text{P}$ . New evidence from Archean rocks suggests that reduced P compounds were present, and were indeed delivered by meteorites. These phosphides have been shown to react with simple organics and nucleosides to form phosphorylated biomolecules potentially necessary for the development of life.

## **IT-2 Acetogenesis and Methanogenesis: How should we use modern organisms as models for ancient metabolisms?**

○Eric Smith<sup>1</sup>

1) ELSI, Tokyo Tech

The analogy between the industrial Fischer-Tropsch carbon addition process, and the Wood-Ljungdahl (WL) carbon fixation pathway of acetogenic bacteria and methanogenic archaea, has been recognized for many decades. It has led several investigators to propose both that the WL pathway is the oldest carbon-fixing metabolism, and also that it may be a model for the LUCA or the proto-metabolism before the first cells. To go beyond analogy to actual models, however, has not been possible so far. I believe the reason for this is that we do not sufficiently understand the evolutionary history and context of the WL pathway itself, to understand the meaning of the highly evolved modern organisms that use it. In this talk, I will review several forms of evidence about that history: signatures of one-carbon reduction throughout the deep tree of life, the homology of the CODH/ACS enzyme that is the final step in WL carbon fixation, and the refined and very different bioenergetic systems used by acetogens and methanogens. I will show that these all present different signatures of what is ancient and what is essential, and I will argue that that is what makes interpreting modern organisms as models of ancient metabolism difficult. My proposal is to do a systematic, multi-factor reconstruction of the evolutionary history of one-carbon reduction and WL carbon fixation, so that we have a reliable evolutionary platform from which to draw conjectures about the form of the first cells.

### **IT-3 Experimental evolution of an artificial cell model**

○Tetsuya Yomo<sup>1,2,3</sup>

1) Graduate School of Information Science and Technology, Graduate School of Frontier Bioscience, Osaka University, 2) ELSI, Tokyo Tech, 3) ERATO, JST

The ability to evolve is a key characteristic that distinguishes living things from non-living chemical compounds. The construction of an evolvable cell-like system entirely from non-living molecules has been a major challenge. Here we construct an evolvable artificial cell model from an assembly of biochemical molecules. The artificial cell model contains artificial genomic RNA that replicates through the translation of its encoded RNA replicase. We perform a long-term (600-generation) evolution experiment using this system, in which mutations spontaneously appeared on the RNA by replication error, and highly replicable mutants dominate the population according to Darwinian principles. During the evolution, the genomic RNA gradually reinforces its interaction with the translated replicase. Furthermore, the system evolved a parasitic small RNA, showing a typical host-parasite dynamics. This study provides the constructive demonstration for cell-like complex system with metabolism, gene duplication and evolution.