

BAO001-01

会場:301B

時間:5月23日 08:30-08:55

## 星間複雑有機物の太陽系環境下での変成と生命の起源

### Alteration of interstellar complex organics in Solar system environments and its relevance to origins of life

小林 憲正<sup>1\*</sup>

Kensei Kobayashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 横浜国立大学大学院工学研究院

<sup>1</sup> Yokohama National University

炭素質コンドライトや彗星中にアミノ酸（前駆体）を含む多様な有機物が検出され、それらと地球上での生命の誕生との関連が注目されている。分子雲環境を模した重粒子線照射実験により、模擬星間物質から高分子態アミノ酸前駆体が生成することが地上実験で確認されている。このような有機物が、太陽系形成後、太陽系環境下（隕石母天体や惑星間）で変成を受け、隕石・彗星有機物として地球にもたらされたというシナリオが考えられる。また、原始地球上に有機物を届けた媒体としては、微小な宇宙塵（惑星間塵）が重要であったことが示唆されている。惑星間塵中の有機物は、太陽紫外線等に曝露されることなどによりさらに変成を受けると考えられる。しかし、これまで惑星間塵は地球生物圏内で捕集された例はあるものの、その有機物に関する知見は少ない。われわれは、太陽系星間環境中での有機物の変成と、その有機物のキャラクタリゼーションのため、加速器等を用いた模擬実験を行った。また、宇宙環境下での惑星間塵等の採集と、有機物の宇宙環境下での変成を調べるため、宇宙ステーション曝露部を用いた実験（たんぽぽ計画）を計画中であるので、紹介する。

（１）地上実験： たんぽぽ計画の準備も兼ねて、加速器をもちいた有機物の宇宙放射線や宇宙電磁波による変成を調べる実験を行っている。宇宙線の影響を調べるため、放射線医学総合研究所の重粒子加速器 HIMAC からの重粒子線（290 MeV/u の炭素線など）を照射する実験を行っている。さらに、宇宙環境で得られる広い波長範囲（X線から赤外線まで）の白色光をアミノ酸関連分子に照射する実験を、兵庫県立大学の放射光施設ニュースバルで行うべく、準備中である。宇宙実験、および現在および過去の太陽系環境を考慮した地上実験により星間で生成した有機物から塵などにより供給された有機物への進化の過程と生命の誕生との関連を考察していく予定である。

（２）宇宙実験（たんぽぽ計画）： たんぽぽ計画は、国際宇宙ステーションの日本実験モジュール（JEM）の曝露部を用い、高速で飛来する宇宙塵を極低密度のエアロゲルを用いて捕集し、微生物および有機物の分析を行うこと、微生物や有機物を宇宙環境に曝露すること、などを行う計画で、2012年からの実施予定で準備が進んでいる。有機物に関しては、宇宙塵を捕集したエアロゲルから、宇宙塵を含むブロックを切り出し、加水分解後にアミノ酸を分析すること、および顕微分光法（STXM-XANES など）により塵中の有機物のキャラクタリゼーションを行う予定である。曝露資料としては、アミノ酸（イソバリンなど）や、その前駆態（ヒダントインなど）が候補に上がっている。

キーワード: アミノ酸前駆体, 星間複雑有機物, 生命の起源, 惑星間塵, たんぽぽ計画, 加速器実験

Keywords: amino acid precursors, interstellar complex organics, origins of life, interplanetary dust particles, Tanpopo mission, accelerator experiments

BAO001-02

会場:301B

時間:5月23日 08:55-09:10

## 高温高圧環境におけるバリンペプチド生成

## Valine peptide formation under high temperature and high pressure conditions

古川 善博<sup>1\*</sup>, 石黒 崇人<sup>1</sup>, 大竹 翼<sup>1</sup>, 中沢 弘基<sup>2</sup>, 掛川 武<sup>1</sup>

Yoshihiro Furukawa<sup>1\*</sup>, Takato Ishiguro<sup>1</sup>, Tsubasa Otake<sup>1</sup>, Hiromoto Nakazawa<sup>2</sup>, Takeshi Kakegawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学理学研究科地学専攻, <sup>2</sup> 物質・材料研究機構

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>NIMS

Peptide formation on the early Earth is an essential process for the origin of life. Heating experiments of compressed solid valine, one of the simplest amino acid having an alkyl side chain, were performed under various temperature (150-200°C) and pressure (50-150 MPa) conditions up to 384 hours, in order to investigate how temperature and pressure affect the stability of valine and reaction rates of the peptide formation from valine monomers. The samples were enclosed in a gold tube and pressurized with a test-tube type autoclave using water as pressure medium. Produced peptides were analyzed by liquid chromatography-mass spectrometry (LC/MS). The recovered valine and decomposition products having amino groups were analyzed with a high performance liquid chromatography (HPLC) after the derivatization with a fluorescent reagent.

The run products contained linear peptides from dimer to hexamer, cyclic dimer, other amino acids, ammonia, and amines. The decomposition rates of starting valine at three different temperatures showed that the decomposition of the starting valine was very sensitive to the temperature change. Increasing temperature also accelerate the rates of both formation and decomposition of the linear peptides. On the other hand, the decomposition rates of valine and its peptides decreased with increasing pressure. The effect of pressure on production rates of valine peptides were very small, compared to that of temperature. Because the major decomposition products were ammonia and carbon dioxide, which were vapor or supercritical phase at the experimental conditions, pressure could suppress the degradation of valine and peptides by inhibiting their degassing reactions. The results of our experiments support a hypothesis that peptides were formed through diagenesis and suggest that pressure expand the stability of valine and the peptides under high temperature conditions. The present study also suggests that the typical diagenetic condition (up to 100°C) is suitable for the high yield peptide formation in geological time scale. Polymerization of other amino acids, such as glycine and alanine, were also confirmed at different series of anhydrous experiments, suggesting a general importance of pressurized deep sediments for prebiotic peptide formations.

キーワード: アミノ酸, 重合, タンパク質, 生命の起源, 初期地球, 圧力

Keywords: amino acid, polymerization, protein, origin of life, early Earth, pressure

BAO001-03

会場:301B

時間:5月23日 09:10-09:35

## Experimental and geological link for prebiotic peptide and ribose formation Experimental and geological link for prebiotic peptide and ribose formation

掛川 武<sup>1\*</sup>

Takeshi Kakegawa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東北大学

<sup>1</sup> Tohoku University

Controversy exists as to which geological environments were suitable for prebiotic organic formation. In this presentation, potential geological environments to form peptide and ribose will be discussed. Heat energy is necessary to promote polymerization of amino acids and then to form peptides. However, once-formed peptides easily break if heat energy suppresses and amounts of water exceed the peptide-equilibrated amounts. During diagenesis of deep marine sediments, where dehydration proceeds under high P and T conditions, may provide ideal environments for the peptide formation.

High pressure (150MPa) and temperature (up to 180°C) experiments were performed in order to examine if diagenetic conditions are ideal for peptide formations. A mixture of glycine and alanine or a mixture of methionine and glycine was used as a starting material. Amounts of ammonia in reaction system increased with time, suggesting broke down of amino acids. On the other hand, amounts of glycylalanine, glycylglycylalanine, glycylmethionine and methiolmethionine were high and exceed the amounts of glycine-5mers and alanine-4mers. The results of the present study suggest that peptides composed of different amino acids have easily formed with high yields under high P and T conditions accompanied with high ammonia concentrations. Presence of ammonium-mica in Isua Supracrustal Belt in Greenland may suggest ammonia-rich diagenesis in ancient marine sediments, supporting the present experimental results.

For prebiotic ribose formation, stepwise reactions between borates and formaldehyde are suggested. Such interaction happens only under high borate concentrations. Borate-rich environments are often considered as unrealistic on the early Earth. However, tourmaline-rich garnets in sediment-protolith were found in Isua Supracrustal Belt. This finding suggests that borate-rich conditions were present during diagenesis of ancient marine sediments, and promises ribose formation during diagenesis.

キーワード: pre biotic, peptide, ribose, Isua

Keywords: prebiotic, peptide, ribose, Isua

BAO001-04

会場:301B

時間:5月23日 09:35-09:50

## ナノバクテリア化石状ナノ組織の形成環境について On the formation environment of the nano-bacteria fossil-like texture

三浦 保範<sup>1\*</sup>

Yasunori Miura<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 山口大学

<sup>1</sup> Yamaguchi University

生命活動に関与する化石物質の特徴と生成環境は下記のようにまとめられる。

- 1) 固体化した化石物質の形状は、液相からの固化時に曲線表面組織を示す。
- 2) 固体化した化石物質の組成は、海水液相環境で陽イオン (Ca, Fe, Mg) が炭素を含む鉱物相である。地殻岩石層が関与して形成されると Si が含まれて複雑に変化する。
- 3) 人工実験で液相のない宇宙真空環境での衝突試料では、主に不規則な破壊亀裂組織が生成されるが、液相が生成する大気環境での衝突試料は、曲面状組織に不規則な亀裂組織が形成されるのが特徴的である。
- 4) 珉鉄中の溶融層のナノバクテリア状組織の組成が微細アカガネアイト組成である。
- 5) 火星隕石のナノバクテリア組織は磁鉄鉱組成で炭酸塩相が共生しており、これはナノバクテリア状組織の真空衝突形成ではなく、共生する炭酸塩相が水分を含む大気環境下で陽イオン変化 (Ca, Mg, Fe) して形成されたことを示す。

キーワード: ナノ組織, 化石状, 生成環境, 液相, 炭酸塩, 不規則亀裂

Keywords: nano-texture, fossil-like, formation environment, fluid phase, carbonate, irregular cracking

BAO001-05

会場:301B

時間:5月23日 09:50-10:25

## Life detection in Archean rocks: are stable isotopes reliable? Life detection in Archean rocks: are stable isotopes reliable?

Pinti Daniele<sup>1\*</sup>, 橋爪 光<sup>2</sup>  
Daniele Pinti<sup>1\*</sup>, Ko Hashizume<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universite du Quebec, <sup>2</sup>大阪大学大学院理

<sup>1</sup>Universite du Quebec, <sup>2</sup>Osaka University

Among signatures of ancient biological activity, stable isotopes of C, S, Fe and N hold an important place. Indeed, metabolic processes tend to produce different, and sometimes diagnostic, enrichment or depletion in certain isotopes. Large environmental and biological changes at the surface of the Earth, as those provoked or provoking the oxygenation of the primitive atmosphere are clearly imprinted in the C, S, N and Fe geological record. Yet, the reliability of stable isotopes as biological and environmental proxies has been recently questioned. Short-chain hydrocarbons synthesized via Fischer-Tropsch-type reactions in hydrothermal environments are depleted in  $^{13}\text{C}$  in a way typically ascribed to metabolic processes such as photosynthesis and methanogenesis (small  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = [(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}/(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{std}} - 1 \times 1000] = -30$  to  $-60$  permil). This suggests that carbon isotopic composition might not be an effective discriminant between biologic and non-biologic sources. Sulfur isotopes, and particularly the  $^{33}\text{S}/^{34}\text{S}$  ratios show variations in the geological record usually interpreted as reflecting changes in the redox state of the atmosphere and in the biologically related sulfur cycle. Yet, thermochemical reactions might produce similar isotopic fractionations. Nitrogen has been longtime ignored as biosignature because being extremely fragile compared to the more stable graphitic forms of C. Indeed, it can be easily fractionated by metamorphic or hydrothermal-driven reactions. However, N has an advantage over other isotopic systems such as those of C and S. The dominant source of N at the surface of the Earth, that is, the atmospheric triple-bonded  $\text{N}_2$ , is so stable that only a very limited number of metabolic processes can bridge the abiotic and biotic world. Finally Fe (small  $\delta^{56}\text{Fe} = (^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{sample}}/(^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{std}} - 1 \times 1000$ ) has very little isotopic fractionation ( $+1$  permil) and numerous studies shown that the biological-induced fractionation is not completely understood or yet measured. Here we present new data on N isotopes and their behavior in cherts and banded iron formations of South Africa (3.45 Ga Hooggenoeg Fm., Barberton Greenstone Belt) and India (2.9-2.7 Ga Bababudan Group, Dharwar Craton). Combination of two or more isotope markers (N, C and Fe) with largely different geochemical natures may help us to discriminate between possible fractionation pathways, biotic or abiotic, and/or rule out part of the anticipated post-depositional fractionation events. This is the case of the India Banded Iron Formations, where N isotopes have been coupled with Fe and C isotopes. Observed Fe, C and N isotopic co-variations in cherty and iron-rich layers have been related to the appearance of denitrification and dissimilatory iron reduction in the water column at the onset of the Great Oxygenation Event. Organic nitrogen was trapped as ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in hydro-muscovite and feldspars preserved in cherty formations of the Hooggenoeg Fm. at the Komati River, South Africa. Here nitrogen isotopes have been coupled with argon isotopes ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ). Indeed, an indirect relation relates  $\text{NH}_4^+$  which replace  $\text{K}^+$  ions in the structure of K-bearing silicates and radiogenic  $^{40}\text{Ar}^*$ , which is produced by electron capture of  $\text{K}^+$ . These formations show small  $\delta^{15}\text{N}$  values of  $+7.1 \pm 0.5$  to  $+12.6 \pm 0.4$  permil, higher than those usually found in Early Archean ammonium ( $-5$  to  $+2$  permil). K-Ar dating of mica and feldspars give younger Proterozoic ages of  $2137 \pm 15$  Ma and  $1191 \pm 27$  Ma, respectively. This suggests that the mineral phase preserving ammonium is not a closed system and post-depositional metamorphic events likely reset the K-Ar clock. The same phenomenon possibly caused 1) partial devolatilization of the pristine organic N with preferential loss of  $^{14}\text{N}$  and increase of the small  $\delta^{15}\text{N}$  values; or 2) isotopic exchange with metasomatic fluids which usually contain  $^{15}\text{N}$ -enriched nitrogen.

キーワード: life, Archean, stable isotope

Keywords: life, Archean, stable isotope



BAO001-06

会場:301B

時間:5月23日 10:45-11:20

## Geochemical constraints on the partial pressure of carbon dioxide in the Archaean atmosphere from Banded Iron Formations

## Geochemical constraints on the partial pressure of carbon dioxide in the Archaean atmosphere from Banded Iron Formations

Rosing Minik T.<sup>1\*</sup>, デニス K. バード<sup>2</sup>, ノーマン H. スリープ<sup>3</sup>, クリスティンビエラン<sup>1</sup>

Minik T. Rosing<sup>1\*</sup>, Dennis K. Bird<sup>2</sup>, Norman H. Sleep<sup>3</sup>, Christian J Bjerrum<sup>1</sup>

<sup>1</sup> コペンハーゲン大学ノルディックセンター, <sup>2</sup> スタンフォード大学, <sup>3</sup> スタンフォード大学

<sup>1</sup>University of Copenhagen, Nordic Center, <sup>2</sup>Stanford Univ., Dept.Earth/Env., <sup>3</sup>Stanford Univ., Dept.Geophy.

There is geological evidence from the widespread preservation of waterlain sediments that Earth's climate resembled the present during the Archean, despite a much lower solar luminosity. This was cast as a paradox by Sagan and Mullen in 1972. Kasting (1993) suggested a solution to the paradox by increased mixing ratios of greenhouse gasses, notably CO<sub>2</sub> in the early atmosphere. However geochemical evidence for high partial pressures of CO<sub>2</sub> are absent in marine sediments as well as in paleosols. We have used banded iron formation (BIF) to characterize the composition of the atmosphere. BIFs originated as chemical sediments precipitated from the Archaean ocean and sedimented as particles to the seafloor. Magnetite is ubiquitous in Archaean BIFs which indicates that it was thermodynamically stable during exposure of the primary sediment to ocean water and during subsequent diagenesis and compaction of the sediment. The involvement of biologic processes in the original precipitation of iron-rich minerals and/or sediment diagenesis does not alter the constraint of magnetite saturation. The stability relations of magnetite preclude CO<sub>2</sub> mixing ratios much higher than the present atmospheric level (~3-5 times PAL). At higher partial pressures of CO<sub>2</sub> siderite would replace magnetite as the stable iron bearing phase. The CO<sub>2</sub> pressure of the atmosphere is expressed in the CO<sub>2</sub> concentration of seawater through the water column and well into the sediment because CO<sub>2</sub> is highly soluble in water. In the absence of substantial compensation for the lower solar irradiance by greenhouse gasses in the atmosphere, we have examined the factors that controlled Earth's albedo. These are primarily the surface albedo of Earth and the abundance and properties of clouds. We have applied a model that takes into account the apparent growth of Earth continents (Collerson and Kamber 1999) and the absence of land vegetation during the Precambrian for the evolution of the surface albedo, and a model for the abundance and properties of clouds that takes into account the lower abundance of biogenic cloud condensation nuclei in a less productive prokaryotic world. The higher transparency of the atmosphere for short wave incoming solar radiation and the lower surface albedo on an early Earth dominated by oceans, provided significant compensation for the lower solar irradiance which allow the presence of liquid oceans, even at greenhouse gas concentrations broadly similar to the present day values.

We therefore suggest that the thermostasis during Earth geologic record, is not paradoxical, but is the combined effect of many factors, which are to a large part biologically controlled.

### References

- Collerson, K. D. and B. S. Kamber (1999). "Evolution of the continents and the atmosphere inferred from Th-U-Nb systematics of the depleted mantle." *Science* 283(5407): 1519-1522.  
Kasting, J. F. (1993). "Earth's Early Atmosphere." *Science* 259(5097): 920-926.  
Sagan, C. and G. Mullen (1972). "Earth and Mars - Evolution of Atmospheres and Surface Temperatures." *Science* 177(4043)

キーワード: carbon dioxide, Archaean, Faint early sun, BIF

Keywords: carbon dioxide, Archaean, Faint early sun, BIF

BAO001-07

会場:301B

時間:5月23日 11:20-11:45

## 「たんぽぽ」計画における国際宇宙ステーション上での微生物曝露実験 Microbe space exposure experiments at International Space Station (ISS) in the mission "Tanpopo"

横堀 伸一<sup>1\*</sup>, Yang Yinjie<sup>1</sup>, 杉野 朋弘<sup>1</sup>, 河口 優子<sup>1</sup>, 高橋 勇太<sup>1</sup>, 鳴海 一成<sup>2</sup>, 橋本 博文<sup>3</sup>, 林 宣宏<sup>4</sup>, 今井 栄一<sup>5</sup>, 河合 秀幸<sup>6</sup>, 小林 憲正<sup>7</sup>, 丸茂 克美<sup>8</sup>, 三田 肇<sup>9</sup>, 中川 和道<sup>10</sup>, 奥平 恭子<sup>11</sup>, 田端 誠<sup>3</sup>, 高橋 裕一<sup>12</sup>, 富田-横谷 香織<sup>13</sup>, 山下 雅道<sup>3</sup>, 矢野 創<sup>3</sup>, 吉村 義隆<sup>14</sup>, 山岸 明彦<sup>1</sup>

Shin-ichi Yokobori<sup>1\*</sup>, Yinjie Yang<sup>1</sup>, Tomohiro Sugino<sup>1</sup>, yuko Kawaguchi<sup>1</sup>, Yuta Takahashi<sup>1</sup>, Issay Narumi<sup>2</sup>, Hirofumi Hashimoto<sup>3</sup>, Nobuhiro Hayashi<sup>4</sup>, Eiichi Imai<sup>5</sup>, Hideyuki Kawai<sup>6</sup>, Kensei Kobayashi<sup>7</sup>, Katsumi Marumo<sup>8</sup>, Hajime Mita<sup>9</sup>, Kazumichi Nakagawa<sup>10</sup>, Kyoko Okudaira<sup>11</sup>, Makoto Tabata<sup>3</sup>, Yuichi Takahashi<sup>12</sup>, Kaori Tomita-Yokotani<sup>13</sup>, Masamichi Yamashita<sup>3</sup>, Hajime Yano<sup>3</sup>, Yoshitaka Yoshimura<sup>14</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京薬大・生命科学, <sup>2</sup> 原子力機構, <sup>3</sup> JAXA/ISAS, <sup>4</sup> 東京工大・院生命理工, <sup>5</sup> 長岡技大・生物, <sup>6</sup> 千葉大・理, <sup>7</sup> 横浜国大・院工, <sup>8</sup> 産総研, <sup>9</sup> 福岡工大・工, <sup>10</sup> 神戸大・院人間発達, <sup>11</sup> 会津大, <sup>12</sup> 山形大・院理, <sup>13</sup> 筑波大・院生命環境, <sup>14</sup> 玉川大・農

<sup>1</sup>Tokyo Univ. Pharm. Life Sci., <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>JAXA/ISAS, <sup>4</sup>Tokyo Inst. Tech., <sup>5</sup>Nagaoka Univ. Tech., <sup>6</sup>Chiba Univ., <sup>7</sup>Yokohama Natl. Univ., <sup>8</sup>AIST, <sup>9</sup>Fukuoka Inst. Tech., <sup>10</sup>Kobe Univ., <sup>11</sup>Univ. Aizu, <sup>12</sup>Yamagata Univ., <sup>13</sup>Univ. Tsukuba, <sup>14</sup>Tamagawa Univ.

To explain how organisms on the Earth were originated at the quite early stage of the history of Earth, Panspermia hypothesis was proposed [1, 2]. Recent findings of the Martian meteorite suggested possible existence of extraterrestrial life, and interplanetary migration of life as well. On the other hand, microbes have been collected from high altitude using balloons, aircraft and meteorological rockets since 1936, though it is not clear how could those microbes be ejected up to such high altitude [3]. Indeed, we have also collected microorganisms at high altitude by using airplanes and balloons. Spore forming fungi and Bacilli, and Deinococci have been isolated in these experiments. We also collected two novel species of the genus *Deinococcus*, one from top of troposphere (*D. aerius*) and the other from bottom of stratosphere (*D. aetherius*) [4-6]. In addition, we collected various spore-forming bacilli and their related species. Spores and Deinococci are known by their extremely high resistance against UV, gamma ray, and other radiation [4]. *D. aerius* and *D. aetherius* showed high resistance comparable with *D. radiodurans* R1 to the UV and radiation such as gamma ray. If microbes could be found present even at the higher altitude of low earth orbit (400km), the fact would endorse the possible interplanetary migration of terrestrial life.

We proposed the "Tanpopo" mission to examine possible interplanetary migration of microbes, and organic compounds on Japan Experimental Module (JEM) of the International Space Station (ISS) [7]. Tanpopo consists of six subthemes. Two of them are on the possible interplanetary migration of microbes ? capture experiment of microbes at the ISS orbit and space exposure experiment of microbes. In this paper, we focus on the space exposure experiment of microbes.

Microbes in space are assumed be exposed to the space environment with a kind of clay materials that might protect microbes from vacuum UV and cosmic rays, or exposed as the aggregates of which outer cells might protect inner cells from vacuum UV and cosmic rays. Dried vegetative cells of *D. radiodurans* and our novel deinococcal species isolated from high altitude are candidates for the exposure experiment. In addition, we are planning to perform another space exposure experiments of microbes. In this paper, we discuss current status of exposure experiment of microorganisms defined for the Tanpopo mission and others.

### References

- [1] Arrhenius, S. (1908) *Worlds in the Making-the Evolution of the Universe* (translation to English by H. Borns) Harper and Brothers Publishers, New York. [2] Crick, F. (1981) *Life Itself*. Simon & Schuster, New York. [3] Yang Y. et al. (2009) *Biol. Sci. Space*, 23, 151-163. [4] Yang, Y. et al. (2008) *Biol. Sci. Space*, 22, 18-25. [5] Yang, Y. et al. (2009) *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 55, 100-105. [6] Yang, Y. et al. (2010) *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 60, 776-779. [7] Yamagishi, A. et al. (2008) *Int. Symp. Space Tech. & Sci. (ISTS)* W 2008-k-05.

キーワード: 国際宇宙ステーション, 宇宙曝露, 微生物

Keywords: International Space Station, Space exposure, Microbes, Deinococcus

BAO001-08

会場:301B

時間:5月23日 11:45-12:00

## 細胞の重層により真空紫外線照射下での微生物の生存率が高まる Prolonged survival of multilayer bacteria under UV radiation and vacuum

Yang Yinjie<sup>1\*</sup>, 中川 和道<sup>2</sup>, 田邊 真依子<sup>2</sup>, 桃木 洋平<sup>2</sup>, 橋本 博文<sup>3</sup>, 横堀 伸一<sup>1</sup>, 山岸 明彦<sup>1</sup>

Yinjie Yang<sup>1\*</sup>, Kazumichi Nakagawa<sup>2</sup>, Tanabe Maiko<sup>2</sup>, Momoki Yohei<sup>2</sup>, Hirofumi Hashimoto<sup>3</sup>, Shin-ichi Yokobori<sup>1</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京薬科大学生命科学部, <sup>2</sup> 神戸大学人間発達環境学研究科, <sup>3</sup> 宇宙航空開発研究機構

<sup>1</sup>Tokyo Univ. of Pharmacy and Life Science, <sup>2</sup>Kobe University, <sup>3</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

In early 20th century, Arrhenius proposed the possible migration of life through space. The Hypothesis is called Panspermia Hypothesis (1908). In the hypothesis, the interplanetary transfer of single spores is propelled by radiation pressure. However, the solar UV has been proven to be lethal for unshielded microorganisms (Nicholson et al., 2000; Horneck et al., 2010), which invalidated his Hypothesis.

Another possible form of the interplanetary transfer of life, micro-aggregate or micro-clump, has just emerged from recent studies. Space environment exposure experiments evidenced that microorganisms in thick layers can survive larger UV doses than single cells. Some bacterial spores in multilayer-spore samples survived intense solar UV radiation, while all the spores in monolayer were killed (Horneck et al., 1994, 1995; Mancinelli and Klovstad, 2000). Terrestrial microorganisms may be transported into the upper atmosphere and space by human activities (e.g., spacecraft launch) and natural mechanisms (e.g., electric field, meteorite impact). Based on the microbiological studies in the upper atmosphere, we have roughly estimated the altitude-dependent distribution of microorganisms, suggesting the extended distribution of microorganisms into space (Yang et al., 2009). Bacterial cell clumps have been found in the upper atmosphere (about 40-km altitude) (Wainwright et al., 2003). The cells of the *Deinococcus* strains (ST0316 and TR0125) we isolated from the upper atmosphere (about 10-km altitude) multiply and grow in aggregated form (Yang et al., 2009).

However, there has no study to quantitatively examine the relationships between microbial survival, size of micro-aggregate and UV doses. It is unknown what size of micro-aggregate may protect some cells inside it from long-term space UV radiation. Our current study investigates quantitatively the survival of bacteria against extraterrestrial UV radiation in dependence of sizes of cell aggregates, assessing the possibility of viable transfer of microorganisms in aggregated form.

We have obtained preliminary data on the survival of *D. radiodurans* against UV<sub>172nm</sub> radiation under vacuum in dependence of the cell aggregate thickness. At the same UV<sub>172nm</sub> dose, larger cell aggregate exhibited higher survival rate. The preliminary results suggest that upper layers of cells protected cells underneath from the UV<sub>172nm</sub> inactivation, and that 20 micrometer of thickness was enough for protecting a high percent of cells at lower layers alive under UV<sub>172nm</sub> and vacuum conditions.

### Reference

- Arrhenius, S. (1908) The Spreading of Life Throughout the Universe. In: Arrhenius, S. (Ed.), Worlds in the Making: The Evolution of the Universe. Harper and Brothers, New York.
- Horneck, G., Bucker, H. and Reitz, G. (1994) Long-term survival of bacterial spores in space. Adv Space Res, 14, 41-45.
- Horneck, G., Eschweiler, U., Reitz, G., Wehner, J., Willimek, R. and Strauch, K. (1995) Biological responses to space: results of the experiment "Exobiological Unit" of ERA on EURECA I. Adv Space Res, 16, 105-118.
- Horneck, G., Klaus, D.M. and Mancinelli, R.L. (2010) Space microbiology. Microbiol Mol Biol Rev, 74, 121-156.
- Mancinelli, R.L. and Klovstad, M. (2000) Martian soil and UV radiation: microbial viability assessment on spacecraft surfaces. Planet Space Sci, 48, 1093-1097.
- Nicholson, W.L., Munakata, N., Horneck, G., Melosh, H.J. and Setlow, P. (2000) Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. Microbiol Mol Biol Rev, 64, 548-572.
- Wainwright, M., Wickramasinghe, N.C., Narlikar, J.V. and Rajaratnam, P. (2003) Microorganisms cultured from stratospheric air samples obtained at 41 km. FEMS Microbiol Lett, 218, 161-165.
- Yang, Y., Yokobori, S. and Yamagishi, A. (2009) Assessing Panspermia Hypothesis by microorganisms collected from the high altitude atmosphere. Biol Sci Space, 23, 151-163.

キーワード: 微生物, 生存率, 紫外線, 重層, 真空, パンスペルミア

Keywords: microorganisms, survival, ultraviolet, multilayer, vacuum, panspermia



BAO001-09

会場:301B

時間:5月23日 12:00-12:35

## 火星表面におけるメタン酸化菌探査 Japan Astrobiology Mars Project (JAMP)

山岸 明彦<sup>1\*</sup>, 吉村 義隆<sup>2</sup>, 宮川 厚夫<sup>3</sup>, 本多 元<sup>4</sup>, 小林 憲正<sup>5</sup>, 長沼 毅<sup>6</sup>, 三田 肇<sup>7</sup>, 大野 宗祐<sup>8</sup>, 宮本 英明<sup>9</sup>, MELOS 生命探査グループ<sup>1</sup>

Akihiko Yamagishi<sup>1\*</sup>, Yoshitaka Yoshimura<sup>2</sup>, Atsuo Miyakawa<sup>3</sup>, Hajime Honda<sup>4</sup>, Kensei Kobayashi<sup>5</sup>, Takeshi Naganuma<sup>6</sup>, Hajime Mita<sup>7</sup>, Sohsuke Ohno<sup>8</sup>, Hideaki Miyamoto<sup>9</sup>, MELOS Life Search Subgroup<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京薬科大, <sup>2</sup> 玉川大学, <sup>3</sup> 静岡大学, <sup>4</sup> 長岡技術科学大学, <sup>5</sup> 横浜国大, <sup>6</sup> 広島大学, <sup>7</sup> 福岡工業大学, <sup>8</sup> 千葉工業大学, <sup>9</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Tokyo Univ. Pharm. Life Scie, <sup>2</sup>Tamagawa Univ., <sup>3</sup>Shizuoka Univ., <sup>4</sup>Nagaoka University of Technology., <sup>5</sup>Yokohama National Univ., <sup>6</sup>Hiroshima Univ., <sup>7</sup>Fukuoka Inst. Tech., <sup>8</sup>Chiba Inst. Tech., <sup>9</sup>The Univ. Tokyo

生命には水が必須である。もう一つ生命の維持に重要な因子としてギブス自由エネルギーがある。動物は食物と酸素無しには生存できないが、それは両者が自由エネルギーの獲得に必要なからである。火星で生命が誕生して現在もまだ生存し続けているとするならば、現在まで自由エネルギーが入手可能な場所ではなければならない。

生物による自由エネルギー獲得方法としては、呼吸（動物）、光合成（植物）、化学合成（化学合成微生物）の三つが知られている。火星におけるメタンの発見と、地球におけるメタン酸化鉄還元細菌の発見（Beal ら 2009）から、我々は火星表面において現在もまだメタン酸化鉄還元細菌（化学合成微生物の一種）が生存しているのではないかと推定するに至った。

もし、火星に於いて生命が誕生し現在も生存しているとすれば、そこは生存にとって困難な条件をさける環境で無ければならない。火星の様々な環境の中で温度、気圧、重力等は地球の生命を考えた場合には十分に生存可能な環境である。放射線も生死に影響を与えるほどの強度は持っていない。唯一、紫外線が重要な致死要因となる。しかし、紫外線は様々な物質によって吸収されるので、薄い火星土壌に覆われるだけで、十分生育可能な環境となる。細胞内の液体の水は地球型生命にとって必須であるが、細胞外の液体の水は生存にとっては必須ではない。従って、メタンと酸化鉄のような酸化型物質の両者がある場所であれば、数センチメートル程度の深さでも微生物は生存している可能性があるという推定している。

微生物探査の方法としては、蛍光色素をもちいた蛍光顕微鏡観察を自動的に行う。これまで多くの蛍光色素が開発されている。その中から、生命の定義に対応した色素を組み合わせて用いる。細胞の内外を区別する膜（境界）の存在を識別する色素、細胞の複製にひつような遺伝物質を識別する色素、細胞の代謝を司る酵素の存在を識別する色素を組み合わせて用いる。これらの色素の組み合わせから、「細胞」の特徴を抽出することができる。

さらに、その後「細胞」らしき粒子のアミノ酸分析を行う。地球の生物はすべて 20 種類の L 型アミノ酸からなるタンパク質を持っている。火星の「細胞」らしき粒子が地球と同じアミノ酸かどうかを調べる事により、「細胞」の由来を知ることができる。その他、現在検討中の探査方法について報告する。

キーワード: 火星, 生命探査, 微生物, メタン酸化菌, 蛍光顕微鏡

Keywords: Life search, Mars, microbe, methane oxidizing bacteria, fluorescence microscope

BAO001-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 初期地球環境化ホルモース反応実験と中間生成物および糖の液体クロマトグラフ質量分析計による分析法の開発

Development of a LC/MS method to analyze simple sugars: an approach to investigate ribose formations on the early Earth

堀内 真愛<sup>1\*</sup>, 古川善博<sup>1</sup>, 大竹翼<sup>1</sup>, 掛川武<sup>1</sup>

Mana Horiuchi<sup>1\*</sup>, Furukawa Yoshihiro<sup>1</sup>, Otake Tsubasa<sup>1</sup>, Kakegawa Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科地学専攻

<sup>1</sup>Earth and Planetary Materials Science, G

Ribose is considered to be one of the difficult molecules to synthesize on the early Earth. Formose reactions with either boric or phosphoric acids have been reported as reactions to produce ribose. However, those reaction pathway and necessary conditions are still uncertain because analytical methods of products from the formose reaction are unavailable. Therefore, in this study, we have developed a method to analyze polymerization products of formaldehyde and their complex with borate ion using liquid chromatography-mass spectrometry (LC/MS). Small sugars (glyceraldehyde (C3), erythrose (C4), and D-ribose (C5)) and a complex of D-ribose and boric acid were used as representatives of polymerization products of formaldehyde. In order to increase the ionization efficiency of these samples, a mixture of chloroform and methanol was added as an ionization agent into the mobile phase between the LC and the MS. Two negative modes, electrospray ionization (ESI) and atmospheric pressure chemical ionization (APCI), were adopted for the ionization of these samples. In addition, two types of hydrophilic interaction chromatography (HILIC) columns and a ligand exchange column were used in the LC for the separation of these sugars and ribose-borate complex.

The ionization efficiencies of these sugars and ribose-borate complex were increased by adding the ionization agent in most cases. These sugars ionization modes were not determined either ESI or APCI. Among these three columns, the ligand exchange column was most effective for the separation of the sugars. However, the separation between ribose and ribose-borate complex could not achieve by the column.

Using these methods, we analyzed the polymerization products of glyceraldehyde reacted each other under highly alkaline conditions with or without sodium borate. The method was successful for the analysis of the residual glyceraldehyde. The results showed that decomposition of glyceraldehyde were more significant in the sample free from borate. This result suggests that borate ion improves the stability of glyceraldehydes. On the other hand, the peaks of other sugars were not apparent because of their low yields and the high background counts. All results indicate the usefulness of the newly developed method for studies of prebiotic ribose formation.

Keywords: LC/MS, Ribose, Formose reaction, Borate

BAO001-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 中性型大気中でのアミノ酸生成の検証 Formation of Amino acids in non-reducing gas mixtures

桑原 秀治<sup>1\*</sup>, 栗原広成<sup>2</sup>, 金子竹男<sup>2</sup>, 大林由美子<sup>2</sup>, 小林憲正<sup>2</sup>

Hideharu Kuwahara<sup>1\*</sup>, Hiroya Kurihara<sup>2</sup>, Takeo Kaneko<sup>2</sup>, Yumiko Obayashi<sup>2</sup>, Kensei Kobayashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 横浜国大工, <sup>2</sup> 横浜国大院工

<sup>1</sup>Faculty of Eng., Yokohama Natl. Univ., <sup>2</sup>Grad. School Eng., Yokohama Natl. Univ.

緒言: 今日では原始地球は二酸化炭素、窒素を主成分とする中性型大気をもっていたと考えられている。中性混合気体中からは放電や紫外線等のエネルギーを加えてもアミノ酸をはじめとする生体有機分子はほとんど生成しないことが報告されている。Cleavesらは中性大気から放電によりアミノ酸が生成しないのは、生成物を加水分解する際、アミノ酸が放電生成物である硝酸、亜硝酸によって酸化されたことが原因であり、酸加水分解の際に防酸化剤としてアスコルビン酸を加えることで多量のアミノ酸が得られたと報告した。しかし、検出されたアミノ酸が放電実験由来であるかどうかは不明であり、またその前駆物質も不明であった。われわれは中性型混合気体から火花放電により生成する物質を分析し、中性型大気からのアミノ酸およびその前駆体の生成の可能性を再検討した。

実験: 1対のタングステン電極を挿入した約1.6LのPyrex容器に二酸化炭素50%, 窒素50%の混合気体を600 Torr封入し、純水を40 mL加えた。これにテスラコイルを用いて火花放電を24時間行った(各1分間の放電-休止サイクルを48時間継続)。放電生成物中の硝酸イオン・カルボン酸等はキャピラリー電気泳動を用いて定量した。アミノ酸は、放電生成物を、6 M HCl中、110℃で24時間加水分解後にHPLCおよびGC/MSで定量・同定した。また、加水分解時にアスコルビン酸を加えた場合と加えない場合の比較を行った。また、中性型混合気体からは放電による $\alpha$ -ケト酸の生成が確認されており、 $\alpha$ -ケト酸であるピルビン酸と硝酸、アスコルビン酸の混合物を4日間65℃で加熱を行うことでアミノ酸が生成するか検証した。

結果と考察: 放電生成物中から主にホルムアルデヒド、アンモニア、硝酸、ギ酸が検出された。また、加水分解時にアスコルビン酸を加えた場合には、有意量のグリシン、アラニン、 $\beta$ -アラニンが主に検出されたが、加えない場合には検出されなかった。ピルビン酸と硝酸、アスコルビン酸の混合物からはグリシン、アスパラギン酸、 $\beta$ -アラニンが検出された。これらの結果よりアスコルビン酸の役割としては、酸化防止のほか、放電生成物との反応によりアミノ酸を与える可能性が考えられるため、<sup>13</sup>Cでラベルされた二酸化炭素を使用した放電実験を行うことにより、その可能性を検証する予定である。

キーワード: アミノ酸, 前生物的合成, 火花放電, 中性大気

Keywords: Amino acids, Prebiotic synthesis, Spark discharge, Neutral atmosphere

BAO001-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 初期地球大気における有機物ヘイズの紫外-可視光領域光学特性と生成率 Optical properties in UV-visible regions and production rate of organic haze on early Earth

笹森 務仁<sup>1\*</sup>, 関根 康人<sup>2</sup>, 杉田 精司<sup>3</sup>

Tsutoni Sasamori<sup>1\*</sup>, Yasuhito Sekine<sup>2</sup>, Seiji Sugita<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東大・新領域・複雑理工, <sup>2</sup> 東大・新領域・複雑理工, <sup>3</sup> 東大・新領域・複雑理工

<sup>1</sup> Frontier Science, Tokyo Univ, <sup>2</sup> Dept of Complexity Science and Engineeri, <sup>3</sup> Dept of Complexity Sci & Eng, Univ of To

恒星進化モデルによると、今から約 38 億年前、太陽光フラックスは現在の 75% ほどしかないと示唆されており (Newman and Rood, 1977)。もし当時の地球大気組成が現在と同様の組成であった場合、地表面温度を 0 °C 以上に保つことはできないと考えられている。一方で、地球の海が当時全て凍っていたという地質的証拠はない (暗い太陽のパラドックス) (Sagan and Mullen, 1972, Schopf and Barghoorn, 1967)。したがって、初期地球が生命を育むような温暖な環境を維持するためには、何らかの強力な温室効果が働いていたことになる。

Sagan と Chyba は、現在のタイタン大気中に存在するような (McKay et al., 1991)、CH<sub>4</sub> の光化学反応によって生成される有機物ヘイズが、太古代の地球大気中でも生成していたと考えた (Sagan and Chyba, 1997)。このような有機物ヘイズは、大気上空で太陽紫外光を遮蔽することで、傘下の NH<sub>3</sub> などの強力な対流圏温室効果ガスの光分解を阻害し地表を温暖にする可能性がある (Sagan and Chyba, 1997; Wolf and Toon, 2010)。しかしながら、このようなヘイズによる紫外光遮蔽効果の有効性は、初期地球大気中で生成される有機物ヘイズの光学特性や生成率に大きく依存する。

本研究では、初期地球大気において生成されたとする有機物ヘイズの光学特性と生成率を明らかにするため、当時の地球大気的主要組成と考えられる N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> (Pavlov et al., 2001) を、様々な割合で混合した気体に、紫外線を照射し模擬初期地球ヘイズを生成する実験を行なった。これら混合ガスに対しての紫外線照射によるヘイズ生成実験は、これまでいくつかの研究グループによって研究されている (Trainer et al., 2006)。しかし、これまで紫外から近赤外領域における連続的なヘイズの光学特性を測定した例はない。また、これら過去の研究は、太陽紫外光には表れない 160 nm 付近にピークを持つ重水素ランプを光源として用いている。

本研究では、121.6 nm に強いピークをもつ太陽紫外光を模擬するため、H<sub>2</sub>/He 混合ガスのプラズマ放電による紫外光を光源として用いた。生成した有機物ヘイズは、分光エリプソメトリーを用いることで、光学定数と生成率を測定した。さらに、中間生成気体分子も四重極質量分析計を用いて調べた。本研究の結果と、過去のタイタンヘイズ (Khare et al., 1984) や初期地球ヘイズ (Hasenkopf et al., 2010) と比較を行なった結果、本研究で生成されたヘイズの紫外光域での複屈折率の虚数部  $k$  は小さくなった。このことは、生成されたヘイズは紫外光に対して光学的厚さは薄いことを意味し、紫外線遮蔽効果も小さいことを示唆している。

参考文献: Newman and Rood, 1977. Science 198,4321; Sagan and Mullen, 1972 Science 177 52; Schopf and Barghoorn, 1967 Science 156 3774

Hasenkopf et al., 2010. Icarus 207, 903; Khare et al., 1984. Icarus 60, 127; Pavlov et al., 2001. J. Geophys. Res. 106, 23267; McKay et al., 1991. Science 253, 1118; Sagan and Chyba, 1997. Science 276, 1217; Trainer et al., 2006. PNAS 103, 18035; Wolf and Toon, 2010 Science 328, 1266.



BAO001-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 宇宙ステーション曝露部での生体関連有機物の安定性の検討 Stability of Bioorganic Compounds in the Exposed Facility of the International Space Station

小野 恵介<sup>1\*</sup>, Palash K Sarker<sup>1</sup>, 川本幸徳<sup>1</sup>, 伏見英彦<sup>1</sup>, 大林由美子<sup>1</sup>, 金子竹男<sup>1</sup>, 小林憲正<sup>1</sup>, 三田肇<sup>2</sup>, 山岸明彦<sup>3</sup>, たんば ぼ<sup>WG<sup>4</sup></sup>

Keisuke Ono<sup>1\*</sup>, Palash K Sarker<sup>1</sup>, Yukinori Kawamoto<sup>1</sup>, Hidehiko Fushimi<sup>1</sup>, Yumiko Obayashi<sup>1</sup>, Takeo Kaneko<sup>1</sup>, Kensei Kobayashi<sup>1</sup>, Hajime Mita<sup>2</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>3</sup>, Tanpopo WG<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 横浜国立大学, <sup>2</sup> 福岡工大, <sup>3</sup> 東京薬科大, <sup>4</sup> JAXA

<sup>1</sup>Yokohama National University, <sup>2</sup>Fukuoka Institute of Technology, <sup>3</sup>Tokyo Pharmacy and Life Science, <sup>4</sup>JAXA

たんばぼ計画(地球と宇宙空間の微生物と有機物の双方向伝播)では、地球から宇宙空間への微生物の脱出生存の可能性や生命の誕生の基礎となる有機物の宇宙空間から地球への搬入可能性を評価する。この計画の6つのサブテーマの中の2つのテーマ、「宇宙環境下での有機物変成」と「地球外有機物採集」の2つに焦点を当てて行く。「地球外有機物の宇宙変成」では、宇宙環境における有機物の生成・変成・分解を調べ、星間での有機物の化学進化と地球生命誕生との関連を実証すること、生命の地球と地球外天体との間の移動の可能性を種々の生体関連有機物および複雑有機物の安定性の観点から検討する事を目的としている。炭素質隕石や彗星中に種々の複雑有機物が検出されており、特に隕石抽出物中にはアミノ酸(前駆体)をはじめとする生体関連有機物や有機物構造体が見つかった。ところで、地球周辺で宇宙塵が受ける強い太陽紫外線(極端紫外光を含む)や宇宙線に晒されることにより元来の有機物が変成(アミノ酸の分解やラセミ化)する可能性がある。とりわけ遊離体のアミノ酸は、紫外線や放射線に対して不安定であることが知られており、どれだけ安定に地球まで供給されるのかが疑問視されている。一方、われわれは、地球外物質中に含まれるアミノ酸の多くは遊離体ではなく複雑な結合体である可能性が高いことを主張してきた。そこで、今回はアミノ酸であるイソバリンと、その前駆体である5-エチルメチルヒダントイン、そして複雑態アミノ酸前駆体のCAW(メタノール、アンモニア、水の混合物に対する照射で生成した複雑有機物)の溶液に対し、紫外線、重粒子線、 $\gamma$ 線等を照射した。そして、これらのアミノ酸関連分子が宇宙線・太陽紫外線に照射された場合にどのような変性を受けるか、特にアミノ酸(前駆体)は宇宙塵環境で安定に存在しうるのか、そして地球上の生命の誕生における宇宙塵などの地球外有機物の役割を評価している。

有機物採集実験では、宇宙塵、惑星間塵に含まれて地球圏へ飛来する有機物を最適化されたエアロゲルによって採集し、地上に持ち帰り、宇宙塵中に含まれていると考えられる生体関連物質の分析をする事を目的としている。更に宇宙塵捕集材であるエアロゲルに含まれるアミノ酸コンタミネーション評価を行った。また採集する宇宙塵は微小な物質(10~100  $\mu$ mを想定)である為、含有されるアミノ酸は非常に微量である事が予測される。そこで当研究室の各種HPLCを用いてアミノ酸特に非タンパク質アミノ酸である $\gamma$ -アミノ酪酸(ABA)、 $\beta$ -アミノイソ酪酸(AIB)、イソバリン(Ival)をターゲットに高感度分析法の検討なども行い、今はこの来るべきTANPOPO計画に向けて、宇宙塵の捕集シミュレーション実験、宇宙からサンプルリターンした際の解析方法等を確立している最中である。

キーワード: たんばぼ計画, アミノ酸, 宇宙塵, 宇宙線, 紫外線

Keywords: Tanpopo Mission, amino acids, space dusts, cosmic rays, ultraviolet light



BAO001-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## たんぽぽ計画における蛍光染色法によるエアロゲル内の微生物検出

## The microbe capture experiment in space: Fluorescence microscopic detection of microbes captured by aerogel

杉野 朋弘<sup>1\*</sup>, 横堀 伸一<sup>1</sup>, Yang Yinjie<sup>1</sup>, 河口 優子<sup>1</sup>, 長谷川 直<sup>3</sup>, 橋本 博文<sup>3</sup>, 今井 栄一<sup>5</sup>, 奥平 恭子<sup>6</sup>, 河合 秀幸<sup>7</sup>, 田端 誠<sup>3</sup>, 吉村 義隆<sup>8</sup>, 鳴海 一成<sup>9</sup>, 林 宣宏<sup>10</sup>, 丸茂 克美<sup>4</sup>, 矢野 創<sup>3</sup>, 山下 雅道<sup>3</sup>, 小林 憲正<sup>2</sup>, 山岸 明彦<sup>1</sup>  
Tomohiro Sugino<sup>1\*</sup>, Shin-ichi Yokobori<sup>1</sup>, Yinjie Yang<sup>1</sup>, Yuko Kawaguchi<sup>1</sup>, Sunao Hasegawa<sup>3</sup>, Hirofumi Hashimoto<sup>3</sup>, Eiichi Imai<sup>5</sup>, Kyoko Okudaira<sup>6</sup>, Hideyuki Kawai<sup>7</sup>, Makoto Tabata<sup>3</sup>, Yoshitaka Yoshimura<sup>8</sup>, Issay Narumi<sup>9</sup>, Norihiro Hayashi<sup>10</sup>, Katsumi Marumo<sup>4</sup>, Hajime Yano<sup>3</sup>, Masamichi Yamashita<sup>3</sup>, Kensei Kobayashi<sup>2</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京薬科大学, <sup>2</sup> 横浜国立大学, <sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>4</sup> 長岡技術科学大学, <sup>5</sup> 会津大学, <sup>6</sup> 千葉大学, <sup>7</sup> 玉川大学, <sup>8</sup> 日本原子力研究開発機構, <sup>9</sup> 東京工業大学, <sup>10</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Tokyo Univ. Pharm. Life Sci., <sup>2</sup>Yokohama Natl. Univ., <sup>3</sup>JAXA, <sup>4</sup>Nagaoka Univ. Tech., <sup>5</sup>Univ. Aizu, <sup>6</sup>Chiba Univ., <sup>7</sup>Tamagawa Univ., <sup>8</sup>JAERA, <sup>9</sup>Tokyo Inst. Tech., <sup>10</sup>AIST

Microbes have been collected at the altitude up to about 70 km in the sampling experiment done by several groups<sup>[1]</sup>. We have also collected high altitude microbes, by using an airplane and balloons<sup>[2][3][4][5]</sup>. We collected new deinococcal strains (*Deinococcus aetherius* and *Deinococcus aerius*) and several strains of spore-forming bacilli from stratosphere<sup>[2][4][5]</sup>. On the other hand, "Panspermia" hypothesis, where terrestrial life is originated from outside of Earth, has been proposed<sup>[6][7]</sup>. Recent report suggesting existence of the possible microbe fossils in the meteorite of Mars origin opened the serious debate on the possibility of migration of life embedded in meteorites (and cosmic dusts)<sup>[8][9]</sup>. If we were able to find terrestrial microbes in space, it would endorse the possibility that the terrestrial life can travel between astronomical bodies.

We proposed a mission "Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments" to evaluate possible interplanetary migration of microbes, organic compounds and meteoroids on Japan Experimental Module of the International Space Station (ISS)<sup>[10]</sup>. Two of six sub themes in this mission are directly related to interplanetary migration of microbes. One is the direct capturing experiment of microbes (probably within the particles of clay) in space by the exposed ultra-low density aerogel. Another is the exposure experiment to examine survivability of the microbes in harsh space environment. They will tell us the possibility of interplanetary migration of microbes (life) from Earth to outside of Earth (or vice versa).

In this report, we will report whether aerogel that have been used for the collection of space debris and cosmic dusts can be used for microbe sampling in space. We will discuss how captured particles by aerogel can be detected with DNA-specific fluorescence dye, and how to distinguish microbes from other materials (i.e. aerogel and particles such as clay). The surface of microparticles captured by aerogel is often vitrified. The non-specific fluorescent light is often observed from vitrified materials. Therefore, we need to distinguish fluorescent light of stained microbes from that of spectral characteristics of vitrified materials and bleaching rate are going to be need to distinguish stained microbes with DNA-specific fluorescence dye and other materials such as clay and aerogel. We simulated the high-speed collision of micro-particles to the aerogel with the two stage light gas gun (ca. 4 km/s). The micro-particles containing dried cells of *Deinococcus radiodurans* mixed with clay material were used for the collision experiment, and the captured particles, which was stained after collision experiment, were observed with a fluorescence microscope. This experiment suggests that the captured microbes can be detected and be distinguished from clay materials.

### Reference

[1] Yang, Y. et al. (2009) Biol. Sci. Space, 23, 151-163. [2] Yang, Y., et al. (2008) Biol. Sci. Space 22:18-25. [3] Yang, Y., et al. (2008) JAXA-RR-08-001: 34-42. [4] Yang, Y., et al. (2009) Internatl. J. Syst. Evol. Bacteriol., 59: 1862-1866. [5] Yang, Y. et al. (2010) Internatl. J. Syst. Evol. Bacteriol. (in press). [6] Arrhenius, S. (1908) Worlds in the Making-the Evolution of the Universe (translation to English by H. Borns) Harper and Brothers Publishers, New York. [7] Crick, F. (1981) Life Itself. Simon & Schuster, New York. [8] Chyba, C. and C. Sagan (1992) Nature 355: 125-132. [9] Sandford, S. A., et al. (2006) Science 314: 1720-1724. [10] Yamagishi, A., et al. (2008) International Symposium on Space Technology and Science (ISTS) Web Paper Archives. 2008-k-05.

Keywords: Panspermia, Tanpopo, Astrobiology, Aerogel, fluorescence dye

BAO001-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 国際宇宙ステーション上での微生物捕集実験(たんぽぽ計画); 捕集微生物の分子生物学的解析方法の確立

### Microbes-capturing experiment in "Tanpopo" mission on ISS -Toward the detection of captured microbes in space by microbi

河口 優子<sup>1\*</sup>, 杉野朋弘<sup>1</sup>, ヤンインジ<sup>1</sup>, 高橋勇太<sup>1</sup>, 吉村義隆<sup>2</sup>, 辻 堯<sup>2</sup>, 小林憲正<sup>3</sup>, 田端誠<sup>4</sup>, 橋本博文<sup>4</sup>, 三田肇<sup>5</sup>, 今井栄一<sup>6</sup>, 河合秀幸<sup>7</sup>, 奥平恭子<sup>8</sup>, 長谷川直<sup>4</sup>, 山下雅道<sup>4</sup>, 矢野創<sup>4</sup>, 横堀伸一<sup>1</sup>, 山岸明彦<sup>1</sup>  
yuko Kawaguchi<sup>1\*</sup>, Tomohiro Sugino<sup>1</sup>, Yinjie Yang<sup>1</sup>, Yuta Takahashi<sup>1</sup>, Yoshitaka Yoshimura<sup>2</sup>, Takashi Tsuji<sup>2</sup>, Kensei Kobayashi<sup>3</sup>, Makoto Tabata<sup>4</sup>, Hirofumi Hashimoto<sup>4</sup>, Hajime Mita<sup>5</sup>, Eiichi Imai<sup>6</sup>, Hideyuki Kawai<sup>7</sup>, Kyoko Okudaira<sup>8</sup>, Sunao Hasegawa<sup>4</sup>, Masamichi Yamashita<sup>4</sup>, Hajime Yano<sup>4</sup>, Shin-ichi Yokobori<sup>1</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京薬科大学生命科学部, <sup>2</sup> 玉川大学農学部, <sup>3</sup> 横浜国立大学工学部, <sup>4</sup> ISAS/JAXA, <sup>5</sup> 福岡工業大学工学部, <sup>6</sup> 長岡科学技術大学, <sup>7</sup> 千葉大学理学部, <sup>8</sup> 会津大学

<sup>1</sup>Tokyo Uni. of Pharmacy and Life Sci., <sup>2</sup>Fac. Agri., Tamagawa Univ, <sup>3</sup>Sch. Eng., Yokohama Natl. Univ, <sup>4</sup>ISAS/JAXA, <sup>5</sup>Faculty of Engineering, Fukuoka Institut, <sup>6</sup>Nagaoka University of Technology, <sup>7</sup>Fac. Sci., Chiba Univ, <sup>8</sup>Univ. Aizu

Terrestrial life may fly off into outer space by volcanic eruption meteorological impacts, and so on. Microbes have been collected from high altitude up to 70 km since 1936 [1]. We also isolated microbes at high altitude up to 35 km using an airplane and balloons. The two isolates of these microbes are new deinococcal species, one of which shows higher UV ray tolerance than *Deinococcus radiodurans* [2,3]. On the other hand, panspermia hypothesis for origin of life on Earth suggests that the life or precursor materials of life came from space [4,5]. But this hypothesis can be subjected to several criticisms [6,7]. If microbes were to exist at the high altitude of low earth orbit (400 km), it would endorse the possibility of interplanetary migration of terrestrial life. We proposed the "Tanpopo" mission to examine interplanetary migration of microbes and organic compounds on Japan Experimental Module (JEM) of the International Space Station (ISS) [8]. We will capture micro-particles including microbes and micro-meteoroids at the altitude of ISS orbit (400 km) with ultra low-density aerogel exposed to space for a given period of time.

After retrieving the aerogel, we will investigate captured microparticles and tracks followed by microbiological, organic chemical and mineralogical analyses. Captured particles will be analyzed after the initial curation of the aerogel and tracks. Particles potentially containing microbes will be used for PCR amplification of small subunit (SSU) rRNA gene followed by DNA sequencing. Comparison between the determined sequences and known SSU rRNA gene sequences of terrestrial organisms will suggest the origin and properties of the organism. The density of microbes at the ISS altitude might be quite low, and microbe cell number on each captured particle may be quite limited. Therefore, it is necessary to establish the effective PCR procedure for quite small amount of DNA template in the presence of other materials such as clay and aerogel. We will report current status of the PCR identification of microbes from test samples. The PCR conditions to amplify SSU rRNA gene from quite small number of cells and quite low concentration of genomic DNA with/without clay and aerogel are examined.

#### References.

[1] Y. Yang et al. (2009) *Biol. Sci. Space*, 23, 151-163 [2] Y. Yang et al. (2009) *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 59, 1862-1866 [3] Y. Yang et al. (2010) *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 60, 776-779. [4] S. Arrhenius (1908) *Worlds in the Making-the Evolution of the Universe*. Harper and Brothers Publishers.[5] F. Crick (1981) *Life Itself*. Simon & Schuster. [6] Gualtieri, J. D. et al., (1977) *Icarus*, 30,234-238 [7] Davies, R., (1988) *Acta Astronautica*, 17, 129-135 [8] A. Yamagishi et al., (2007) *Biol. Sci. Space*, 21, 67-75

キーワード: アストロバイオロジー, 極限環境, パンスペルミア仮説, 基礎技術開発, 地球上生命の起源

Keywords: Astrobiology, limited environment, panspermia hypothesis, development of basic methods, origin of life on earth

BAO001-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 14:00-16:30

## 南極マリモの構造とその周辺土壌の化学的特徴 Chemical signature of Antarctic Marimo and Antractic soils

町田 恭祐<sup>1\*</sup>, 中本早紀<sup>1</sup>, 佐藤修司<sup>1</sup>, 原昌史<sup>1</sup>, 金子竹男<sup>1</sup>, 大林由美子<sup>1</sup>, 三田肇<sup>2</sup>, 小川麻里<sup>3</sup>, 吉村義隆<sup>4</sup>, 小林憲正<sup>1</sup>  
kyousuke machida<sup>1\*</sup>, Saki Nakamoto<sup>1</sup>, Syuuji Sato<sup>1</sup>, Masahi Hara<sup>1</sup>, Takeo Kaneko<sup>1</sup>, Yumiko Oobayashi<sup>1</sup>, Hajime Mita<sup>2</sup>, Mari Ogawa<sup>3</sup>, Yoshitaka Yoshimura<sup>4</sup>, Kensei Kobayashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 横浜国大, <sup>2</sup> 福岡工業大学, <sup>3</sup> 安田女子大学, <sup>4</sup> 玉川大学

<sup>1</sup>Yokohama National University, <sup>2</sup>Fukuoka Institute of Technology Junior C, <sup>3</sup>Yasuda Women's University, <sup>4</sup>Tamagawa University

### 【緒言・目的】

第49次日本南極地域観測隊により採取された南極昭和基地周辺の氷、水、土壌、微生物試料を化学的、生物学的な様々な分析手法を用いて調査している。南極昭和基地周辺の露岩地帯には、大小様々の湖沼があり、それらの池の底には、藍藻、緑藻、珪藻、そしてコケといった小さな植物が生息しており、これまでに昭和基地周辺の湖沼や土壌、コケ群落などから約300種の藻類が報告されている。また、スカーレン大池では、毎年のように藍藻や緑藻、珪藻などから成る藻類のような扁平の集合体（南極マリモ）が水面近くに多数浮遊する様子が観察され、それらはやがて湖岸に打ち上げられる。これまでの研究で、南極マリモの表面の褐色の部分と中心の緑色の部分ではクロロフィル関連の色素の量が異なることや、異なる種類の微生物がすみ分けていることがわかっている（Ogawa et al., 2009）。また大きいものは（10cm程度）中心に空洞にガスが生じて水面近くを浮遊するようになること、内部と表面では酸化還元電位やpHが異なることが明らかになっている。（Hashida et al., 2008; Ogawa et al., 2009）。今回の実験では、南極マリモの表面の褐色の部分と中心の緑色の部分をアミノ酸分析、アルカリホスファターゼ活性測定、蛍光顕微鏡観察を通して特徴を調べ、マリモの生物活性を調べた。さらには、マリモ生息のスカーレン大池の土壌中や他の昭和基地周辺土壌のアミノ酸、酵素活性を比較することで、マリモと土壌の化学的な関連について考察した。

### 【実験】

試料：南極土壌は、2005~6の南極第47次観測隊において昭和基地周辺で採取された表面土壌（Sta.178）と2007~8年の49次隊によって採取された表面および表面から10cm深さの土壌（Sta.46）、スカーレン大池周辺の表面土壌および表面から10cm深さの土壌を使用した。南極マリモは表面の褐色の部分と中心の緑色の部分を取り、分析に供した。

アミノ酸分析：土壌試料0.1gをテフロン容器に入れ、5M HF-0.1M HClを5mL加えて密閉し、110℃で24h加熱分解した。これを加熱乾固した後 Milli-Q 水6mLで溶解し別の試験管に移し遠心乾燥した。土壌分解試料およびマリモ試料（約1mg）に6M HCl 1mLを加え、110℃で24h酸加水分解した。AG-50W-X8で脱塩・分画し、陽イオン交換HPLCでアミノ酸を測定した。

酵素活性測定法：ナス型フラスコに土壌試料2.00gを入れ、Tris-HCl緩衝液（pH 9.0）17.5mLを加え、Universal Shaker（Iwaki SHK-3）により、室温、180rpmで1時間攪拌した後、メンブランフィルター（Advantec PTFE製、孔径0.20μm）で濾過して抽出液とた。この土壌抽出液400mLに基質（0.5mM 4-メチルウンベリフェリルリン酸（MUP; pH 8.0））4mLを加え37℃で反応させ、5分ごとに蛍光強度を測定して活性（4-MU生成速度）を求めた。

蛍光顕微鏡観察：マリモの切片（1cm×1cm×1cm）にSYBR-Green（原液）をマイクロチューブに入れ、PBS緩衝溶液（pH7.0）で2500倍希釈したもの（1/2500 SYBR-Green）を滴下し、染色を行った。1時間後、別のマイクロチューブに移しPBS緩衝溶液で2~3回程度洗いこみをした後、チャンバードグラスに入れて明視野、蛍光視野で顕微鏡観察を行った（励起波長498nm、蛍光波長long pass）。また、蛍光色素を用いずに、自己蛍光の測定も行った。

### 【結果、考察】

南極マリモの表面の褐色の部分と中心の緑色の部分アミノ酸組成に大きな違いは見られなかった。今後はアミノ酸のD/L比を測定することで生物活動の活発さを数値化し、マリモの表面部分と中心部分における違いを検討していく予定である。

南極マリモの表面の褐色の部分と中心の緑色の部分に緑色の励起光を照射したところ、褐色の部分側に赤いクロロフィル蛍光が多く観察された。以前の結果と今回の結果より、南極マリモでは中心で、より多くの光合成が行われているということが事実となった。

今回SYBR-Greenによる細菌染色を顕微鏡画像イメージ化することができなかった原因として、画像処理の問題があげられる。染色法の検討とともに、感度の高い画像処理技術の開発を行う必要がある。また、生物試料を染色する際、SYBR-Greenが細胞の表面などに付着し蛍光してしまったため、細菌以外のバックグラウンド蛍光を消光する手法の開

発が必要である。さらに、1 種類の蛍光色素だけで細菌と特定するのは困難であったため、今後は、波長の違う蛍光色素を用いた多重染色使用の検討も行っていく。

土壌中のアミノ酸濃度とホスファターゼ活性は正の相関が見られ、周辺の生物活動を反映していると考えられる。今後、スカーレン大池土壌の有機組成に対する南極マリモの影響を調べていく予定である。

キーワード: 南極, 南極マリモ, 土壌, 顕微蛍光法, アミノ酸

Keywords: Antarctic, Antarctic Marimo, soil, microscopic fluorometry, amino acid