

閉鎖生態系におけるシステム維持のための導入生物と物質循環
Selected organisms for systems of life-support in closed bio-ecosystem, and the chemical circulation

富田一横谷 香織^{1*}
TOMITA-YOKOTANI, Kaori^{1*}

¹筑波大学
¹University of Tsukuba

地球上に生育する多種多様な全ての生物は、長い年月の地球進化の過程の中で、相互に影響を受けあい進化し、生存に重要な機能を獲得し、維持・完成させ、また新たに進化・変化してきた。宇宙や深海・あるいは砂漠などの過酷環境を想定して、人為的閉鎖生態系の設計を試みるとき、限られた種数の生物自身のシステムや環境応答現象および相互作用の変化や代謝と更に大気を含む物質循環の詳細な情報蓄積は、今後の発展に重要となる。必要な要素について各生物システムを考慮して考察する機会が重要である。今回、具体的導入生物種について、具体的提案と閉鎖生態系内における物質循環についての構想を考察する。

キーワード: 閉鎖生態系, 物質循環
Keywords: chemical circulation, closed bio-ecosystems

閉鎖生態系に有用な要素としての *Nostoc* sp. HK-01 の乾熱耐性 Dry heat tolerance of the dry colony in *Nostoc* sp. HK-01 for useful usage in closed bio-ecosystems

木村 駿太^{1*}; 加藤 浩²; 佐藤 誠吾¹; 富田—横谷 香織¹
KIMURA, Shunta^{1*}; KATOHI, Hiroshi²; SATO, Seigo¹; TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 三重大学

¹University of Tsukuba, ²Mie University

人工的な閉鎖生態系を設計する際、理想的な環境条件だけでなく変動する環境条件においても保持できる、汎用性が高い生態系を構築する事が望ましいと考えられる。このとき導入生物に要求されるひとつの要素として、乾燥および幅広い温度に対する耐性が考えられる。*Nostoc* sp. HK-01 は陸棲のラン藻(シアノバクテリア)の一種である。光合成能および窒素固定能をもち、食糧としても有用であることから、宇宙をはじめとした閉鎖生態系における物質循環に利用できると考えられている。また、閉鎖生態系への導入時に予測されるそれぞれの耐性に関する研究が必要である。そこで、宇宙環境を想定した耐性の検証のひとつとして、*Nostoc* sp. HK-01 の乾燥した藻体の乾熱(100℃, 10h)に対する耐性が証明されたが、そのしくみの詳細はまだ明らかになっていない。本発表は、乾燥、低温、NaCl および重粒子線など各種耐性への関与が報告されている細胞外多糖(EPS; Extracellular polysaccharides)に焦点を絞る。EPSが乾燥条件下において乾熱耐性を高める可能性について生長生理レベルで検証し、考察する。

キーワード: 物質循環, 閉鎖生態系, ラン藻, 乾熱耐性, 細胞外多糖, *Nostoc* sp. HK-01

Keywords: bio-chemical circulation, closed bio-ecosystem, cyanobacteria, dry heat tolerance, extracellular polysaccharides, *Nostoc* sp. HK-01

陸生ラン藻の有効利用 Utilization of the terrestrial cyanobacteria

加藤 浩^{1*}; 横島 美香²; 木村 駿太²; 古川 純²; 富田-横谷 香織²; 山口 裕司³; 竹中 裕行³
KATO, Hiroshi^{1*}; YOKOSHIMA, Mika²; KIMURA, Shunnta²; FURUKAWA, Jun²; TOMITA-YOKOTANI, Kaori²;
YAMAGUCHI, Yuji³; TAKENAKA, Hiroyuki³

¹ 三重大学, ² 筑波大学, ³ マイクロアルジェコーポレーション株式会社

¹Mie University, ²University of Tsukuba, ³MicroAlgae Corporation

耐乾燥性を持つ陸生ラン藻の光合成と窒素固定能を利用した環境改善を目的とした応用を可能にするために、強い耐乾燥性と窒素固定能を持つ陸生ラン藻 *Nostoc commune* の単離を進め、無菌化した。これは研究が進められている *Nostoc (Anabaena) sp. PCC 7120* の類縁株であり、細胞外多糖を多く含むことから、遺伝子解析だけでなく植物栽培に必要な根の成長、窒素源の供給だけでなく、無菌化されているので食品等様々な応用が期待される。植物に必要とされる窒素の供給源としてラン藻マットを使用することが可能かを検討する目的で、ラン藻マットでの植物栽培研究を進め、成長阻害が起きないことを確認したが、十分な成果を得るには複数の植物による栽培実験、陸生ラン藻の大量培養系が必要であり、複数の植物での結果についても報告する予定である。また、放射性物質吸収についての可能性も検討する予定である。

キーワード: 乾燥, 陸生ラン藻, バイオレメディエーション, 農業, 除染

Keywords: desiccation, terrestrial cyanobacteria, bioremediation, agriculture, decontamination

閉鎖生態系内導入生物として選択される食材の調理後の機能性評価 Evaluation of functional components in selected organisms as food after cooking in closed bio-ecosystem

木村 靖子^{1*}; 加藤 浩²; 千田 ゆかり³; 新津 史恵³; 佐藤 誠吾³; 富田一横谷 香織³
KIMURA, Yasuko^{1*}; KATOH, Hiroshi²; CHIDA, Yukari³; NITSU, Fumie³; SATO, Seigo³; TOMITA-YOKOTANI, Kaori³

¹ 十文字学園女子大学, ² 三重大学, ³ 筑波大学

¹Jumonji University, ²Mie University, ³University of Tsukuba

過酷環境を地上生物が生き抜くとき、閉鎖系生態システム研究への依存は大きい。一般的に、人が生きていくために栄養として要求する要素はすでによく知られているが、過酷な閉鎖環境で必要となる栄養素をどのような形で十分に摂取するかについての提案は、得られる素材をどのように選択するかやその調理法により変化する。ここで、例として、我々が宇宙環境で繁殖可能な高宇宙環境耐性のラン藻の食料化と、導入生物のひとつとして利用価値が高いと考えられる樹木の食料としての利用研究の可能性を検証する。過酷な環境条件で栽培可能なラン藻類や炭素固定能の高い樹木の可食部域を効率よく食料化できれば、今後予想される地球規模の食糧問題に対して、有効な対策となり得る。

キーワード: ラン藻, 樹木, 食品, 閉鎖生態系

Keywords: Cyanobacteria, tree plant, food, closed bio-ecosystem

有人宇宙探査のための閉鎖系生命維持システムの研究 Study of Closed Life Support System for Manned Space Exploration

桜井 誠人^{1*}
SAKURAI, Masato^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構
¹JAXA

JAXA では「人間が、より長く、遠くに滞在するために乗り越えなくてはならない技術」を見極め、進展させることにより我が国の存在感を国際的な宇宙開発協力の中で発揮できることを目指している。現在運用中の国際宇宙ステーション (ISS) は 2020 年までは運用が延長される。宇宙船内における空気再生および水再生は日本の得意とする環境技術を駆使できるので優先順位の高い開発課題となっている。

キャビンエアーの CO₂ は、メンブレンドライヤーを用いて湿度低減した後、吸着塔に導入される。吸着塔ではゼオライト 5A によって CO₂ のみが選択的に吸着され温度スイングによって吸着脱着が行われる。1 人分の CO₂ が処理できるよう 90L/min にて 4000ppm の CO₂ を入力し、一日に 1kg の CO₂ を除去できるように設計した。宇宙船内の CO₂ 濃度は 4000-7000ppm 程度である。水電解の反応は非常にシンプルである。しかしながら、微小重力環境場で水電解する場合、気液分離などの補器が必要となる。そこで JAXA が製作に取り組んでいるのが、カソード側で水を循環させる水電解システムである。膜のアノード側で発生した O₂ は多量の水に晒されることがないので、発生後の気液分離は不要となると考えられている。

水電解後は H₂ と循環水が混相流となっている。JAXA では、膜による分離手法を現在検討している。水電解セルで発生した H₂ は、混相流となり膜式気液分離器へと送られる。膜式気液分離器は疎水膜と親水膜とを向い合せて配置し、疎水膜から H₂、親水膜から水が流れ出る事で、H₂ ガスと水を分離する仕組みとなっている。システム全体の評価は重力方向テストスタンドを用いて行う。

将来の有人宇宙活動を支える循環型空気再生システムの構築を目指し、JAXA ではシステムの簡素化に資する新しい水電解方式の採用等、様々な要素技術の高度化に取り組んでいる。今後、各要素技術およびインターフェイスの高度化により、宇宙実証に向けたシステム構築に臨む計画である。

キーワード: 生命維持技術, 有人宇宙探査, 空気再生, 微小重力, 閉鎖環境, 水電解

Keywords: Life Support System, Manned Space Exploration, Air Re-vitalization, Microgravity, Closed System, Water Electrolysis

人体と酸素 Human body and oxygen

清水 強^{1*}
SHIMIZU, Tsuyoshi^{1*}

¹ 諏訪マタニティークリニック附属清水宇宙生理学研究所
¹ Shimizu Institute of Space Physiology, Suwa Maternity Clinic Hospital

著者らは難治性不妊症の女性患者に石原が開発した軽度高気圧高濃度酸素カプセル装置を用い、組織への酸素拡散能を高めて酸素供給をし易くすると、ある程度の妊娠出産効果の得られるという結果を最近得た。この結果は、通常当然と考えている人体での組織細胞での酸素の必要性を改めて認識させるものであった。宇宙環境への人類の進出にとって、微小重力や放射線、その他諸々の環境因子の人体への影響は強い関心も呼び、研究が精力的に行われて来ているが、何よりも適切な酸素供給の行われることが人類の宇宙進出にとっては最も必要であり、全ての活動の基礎となるものであることを我々は改めて認識する必要がある。本発表では、当たり前のような事柄ではあるが人体にとっての酸素の存在意義とその必要性をまとめてみることによって、将来の宇宙での人類の活動を考える参考としたい。

キーワード: 酸素, 人体, 宇宙環境
Keywords: oxygen, human body, space environment

ヤクシマカワゴロモに影響を与える付着藻類繁茂の原因解明 Growth of *Hydrobryum puncticulatum*(Yakushimakawagoromo) may be blocked by the increase of *Melosira varians* in Isso River

北渕 浩之^{1*}; 永淵 修¹; 中澤 暦¹; 横田 久里子²; 手塚 賢至³; 鮎川 和康⁴; 田辺 雅博⁵
KITABUCHI, Hiroyuki^{1*}; NAGAFUCHI, Osamu¹; NAKAZAWA, Koyomi¹; YOKOTA, Kuriko²; TETUKA, Kenshi³; AYUKAWA, Kazuyasu⁴; TANABE, Masahiro⁵

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学, ³ ヤクタネゴヨウ調査隊, ⁴ 環境システム株式会社, ⁵ 日科機バイオス株式会社
¹The University of Shiga Prefecture, ²Toyohashi University of Technology, ³Yakutane-goyou Research Group, ⁴Environmental System Co., Ltd, ⁵Nikkaki Bios Co., Ltd

Hydrobryum puncticulatum (*Yakushimakawagoromo*), the national monument and endangered species are making their habitat only in Isso river of Yakushima. For the first time in our observation, the bloom of *Melosira varians* which is periphyton of diatom was observed to be covered over the *H.puncticulatum* from 2011. This impact for the *H.puncticulatum* is a serious concern. The purpose of this study is to clarify the cause of bloom of *M.varians*. We examined the annual variability of dissolved nutrient concentration which was most accessible to *M.varians*. As a result, there was no increase in concentration of NO₃-N, SiO₂-Si from 2009 to 2013. In addition, PO₄-P was much lower concentration(0.003±0.001 mg/ l). Therefore, we assumed that there was no relationship between the bloom of *M.varians* and dissolved nutrient concentration in Isso river. Meanwhile, the floating mud which was deposited in the bottom of the river has been continued during dry-spell. Tachibana et al (1986) reported that an algae can intake the suspended nutrient same as dissolved nutrient. It suggests that the *M.varians* and *H.puncticulatum* can take suspended nutrient.

キーワード: ヤクシマカワゴロモ, 付着藻類, 屋久島, 栄養塩
Keywords: *Hydrobryum puncticulatum*, periphyton, Yakushima, nutrient

環境微生物の増殖に与える磁場の影響の解析 Environmental response in bacteria to an applied magnetic field

阿部 誠^{1*}; 山名 昌男²; 安部 智子²
ABE, Makoto^{1*}; YAMANA, Masao²; ABE, Tomoko²

¹ 東京電機大学大学院理工学研究科, ² 東京電機大学理工学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Graduate School of Tokyo Denki University, ²School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

地球上に存在する生物は、地球及び太陽から発生する磁場に曝されてきた。発生する磁場(地磁気)の強さは両極地で約 60 μ テスラ、赤道で約 30 μ テスラと言われている。さまざまな磁場が存在する宇宙空間で人為的閉鎖生態系の設計を試みる時、異なった磁場環境が細胞にどのような影響を与えるかを理解しておくことは重要である。例えばバクテリアでは、転写を制御するシグマ因子の発現が高磁場環境下で増加することが大腸菌で報告されている。

本研究では、環境中の微生物の増殖に対する磁場の影響に注目した。人為的に作った高磁場に土壌中の微生物を曝して培養を行い、高磁場に曝した場合に地磁気下より多く増殖する微生物を単離し、解析した。

[方法・結果]

大学敷地内から採取した土を様々な液体培地に数グラム添加し、集積培養を行った。その際、ネオジム磁石(約 0.3 テスラ)をフラスコ底面と周辺部に設置した。数日間培養した後、平板培地でコロニーを観察し、数種類の菌株を単離した。

単離した菌株を数種類の培地を用いて印加磁場(約 0.3 テスラ)と地磁気下(対照群約 50 μ テスラ)で 30 $^{\circ}$ C で振とう培養し、培養液の濁度を測定することにより菌体数の増加を比較した。地磁気下培養と比較して、磁場を印加した培養で数種類の菌株において濁度に差が見られ、いくつかの菌株で再現性のある培養結果が得られた。その中で最も磁場印加培養により増殖が促進された菌株を NM2 株と命名した。16S rRNA 遺伝子領域の DNA 塩基配列を解析した結果、NM2 は *Bacillus* 属の近縁種であることがわかった。磁場の影響による細胞内タンパク質の生成量の変化を調べるため、培養菌体からタンパク質を抽出して SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動に供し、比較した。

キーワード: 磁場, 細菌, 成長曲線

Keywords: Magnetic field, Bacteria, Growth curve

ガンマ線耐性を有する陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の宇宙環境利用の可能性 Useful utilization in closed bio-ecosystems of *Nostoc* sp. HK-01 having the tolerance of gamma-ray

味岡 令子^{1*}; 木村 駿太¹; 加藤 浩²; 佐藤 誠吾¹; 富田一横谷 香織¹
AJIOKA, Reiko^{1*}; KIMURA, Shunta¹; KATO, Hiroshi²; SATO, Seigo¹; TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 三重大学

¹University of Tsukuba, ²Mie University

宇宙環境における閉鎖生態系内導入生物として、光合成生物は、酸素と二酸化炭素の循環や食料としての利用など、閉鎖環境内で多様な貢献の可能性が期待できる。乾燥耐性を指標として単離された、光合成生物の陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 は、導入生物候補種のひとつとして、宇宙環境を想定したいくつかの耐性実験がすでになされている。ラン藻は、オゾン層のない原始大気環境で約 28 億年前に誕生し、大気の酸化に多大な影響を及ぼしたとされる。当時に生育が可能であることから、多量の電離放射線に耐性を有すると考えられる。乾燥耐性とガンマ線耐性は相関関係が示唆されていることから、高い乾燥耐性を有する当ラン藻が、ガンマ線耐性を具備している可能性がある。当株のガンマ線に対する耐性について詳細に検証されるならば、宇宙環境における極めて初期の導入生物として、高い貢献が期待できる。本研究は、宇宙環境における初期閉鎖生態系導入生物として、*Nostoc* sp. HK-01 のガンマ線耐性とその後の生育について検証し、閉鎖生態系における利用の可能性を考察した。

キーワード: 閉鎖生態系, ラン藻, ガンマ線耐性, *Nostoc* sp. HK-01, 光合成生物

Keywords: closed bio-system, cyanobacteria, gamma-ray tolerance, *Nostoc* sp. HK-01, photosynthetic organism