

陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の閉鎖生態系における有用性 Utilization of a terrestrial cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK-01, in closed bio-ecosystems

木村 駿太^{1*}; 木村 靖子²; 加藤 浩³; 新井 真由美⁴; 佐藤 誠吾¹; 富田-横谷 香織¹
KIMURA, Shunta^{1*}; KIMURA, Yasuko²; KATO, Hiroshi³; ARAI, Mayumi⁴; SATO, Seigo¹;
TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 筑波大学、十文字女子大学, ³ 三重大学, ⁴ 日本科学未来館

¹University of Tsukuba, ²University of Tsukuba and Jumonji University, ³Mie University, ⁴National Museum of Emerging Science and Innovation

将来、火星をはじめとする地球外の環境で長期有人宇宙活動を行うために、人工的に作出する閉鎖生態系の設計が必要となる。閉鎖生態系の設計を試みるとき、安定した食資源の確保は極めて重要な課題のひとつである。我々は、世界各地で伝統的に食資源として利用されているラン藻の食資源利用を提案し、研究を行っている。ラン藻は栄養的価値および生理機能性を備えていることが明らかにされていることから、生物種数が限られる閉鎖生態系において食資源として期待できる。

宇宙環境で導入・利用される生物は、過酷な環境に曝される可能性が想定されることから、ラン藻のなかでも環境耐性に優れた種が適していると考えている。陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 は、光合成能、窒素固定能を具備することから、窒素源、炭素源を含まない火星模擬レゴリス上で 140 日間増殖が確認されている。さらに、乾燥、真空、熱、紫外線、 γ 線および重粒子線 (He) に対する高い宇宙環境耐性が既に証明されていることから、導入生物として高く期待できるが、食資源としての検討はまだなされていない。

我々は、有人宇宙活動における陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の食資源としての有用性を検証した。火星模擬レゴリス上で 8 年間長期保存した *Nostoc* sp. HK-01 が生活活性を失わず生存していることを、FDA (Fluorescein diacetate) 蛍光染色法を用いた顕微鏡観察により確認した。 *Nostoc* sp. HK-01 が他の陸棲ラン藻 5 種と比べて高い増殖能を具備していることを、液体および寒天培地培養後の、体積および面積測定により明らかにした。 *Nostoc* sp. HK-01 藻体の含むエネルギーを、たんぱく質量および糖量を元素分析およびフェノール硫酸法を用いて定量することにより明らかにした。

これら陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の食資源としての有用性について報告し、有人宇宙活動にラン藻を導入することで生産・活用できるエネルギーについて考察する。本株の、閉鎖生態系における食資源としてのリサイクルのための技術についても議論したい。

キーワード: 閉鎖生態系, ラン藻, 食資源, *Nostoc* sp. HK-01

Keywords: closed bio-ecosystems, cyanobacteria, food resources, *Nostoc* sp. HK-01

宇宙用閉鎖生態系生命維持技術の現状 - 国際宇宙ステーションの生命維持技術紹介
-
Current Status on CELSS for Human Space Activities - An Introduction of ECLSS on board ISS -

大西 充^{1*}
OHNISHI, Mitsuru^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構
¹Japan Aerospace Exploration Agency

It is called ECLSS (Environmental Control and Life Support System) that provides suitable environment for human space activities. The smallest ECLSS is a space suit. On the other hand, ISS (International Space Station) has one of the largest ECLSS for long term stay. It looks like a very complicated chemical plant composed of several functions. Still, this ECLSS is a subset of fully CELSS (Controlled Ecological Life Support System). CELSS consists of air revitalization, food production, thermal control, waste disposal, and water recovery functions. The most important and difficult function is the food production. Current ECLSS on board ISS lacks this. However we can't have achieved this CELSS even on the ground yet. Anyway this ECLSS can keep the environment inside ISS comfortable, provide material requirement from human body, and process exhausting material from that. Let's introduce the ECLSS on board ISS as a step to the fully CELSS.

キーワード: 閉鎖生態系, 生命維持技術
Keywords: CELSS, ECLSS

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

加藤 浩^{1*}; 木村 駿太²; 横島 美香²; 古川 純²; 富田-横谷 香織²

KATO, Hiroshi^{1*}; KIMURA, Shunta²; YOKOSHIMA, Mika²; FURUKAWA, Jun²; TOMITA-YOKOTANI, Kaori²

¹ 三重大学, ² 筑波大学

¹Mie University, ²University of Tsukuba

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* の単離を進めた。*Nostoc commune* は自然界で目視できるサイズの塊を形成し、単離過程で他の生物を増殖させることから、生き物の「ゆりかご」として利用出来るのではないかと考えた。生物の成長に関わる事から植物栽培に必要な根の成長、窒素源の供給としての資材として、さらには食用されていることから食品素材として応用が期待される。そこで、資材としての応用を検証した。ラン藻を植物栽培に必要な窒素供給源として使用するためにラン藻マットでの植物栽培研究を進め成長促進効果を得、また、土壌表面を移動する放射性物質を吸着する可能性も検討を進めており、閉鎖空間におけるラン藻の役割について議論する予定である。

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, 宇宙農業

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

閉鎖生態系における陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の食資源としての栄養的有用性の評価
Evaluation of nutritional utilization of *Nostoc* sp. HK-01, as a food resource in closed bio-ecosystems

木村 靖子^{1*}; 木村 駿太²; 加藤 浩³; 新井 真由美⁴; 佐藤 誠吾²; 富田-横谷 香織²
KIMURA, Yasuko^{1*}; KIMURA, Shunta²; KATO, Hiroshi³; ARAI, Mayumi⁴; SATO, Seigo²;
TOMITA-YOKOTANI, Kaori²

¹ 筑波大学、十文字女子大学, ² 筑波大学, ³ 三重大学, ⁴ 日本科学未来館

¹University of Tsukuba and Jumonji University, ²University of Tsukuba, ³Mie University, ⁴National Museum of Emerging Science and Innovation

人類が長期間宇宙環境に滞在するために食料の確保は重要な課題である。光合成微生物の陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 は、乾燥や真空、熱や紫外線、重粒子線 (He) など各種宇宙環境に対して高い耐性があることが検証され、火星などの閉鎖生態系への導入生物として期待されている。陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 を人が直接摂取することができれば、宇宙環境における食資源として大きく貢献できる。本発表では、陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の食資源として有用性を検討するため、ラン藻のたんぱく質、糖質などの栄養成分を分析し、栄養的評価を特定した。陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 は、人体の構成成分となるたんぱく質、エネルギー源となる糖質を多く含み、栄養的評価が高いことが示唆された。過酷な環境条件で栽培可能なラン藻類が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、有効な対策ともなり得る。

キーワード: 閉鎖生態系, ラン藻, 食資源, *Nostoc* sp. HK-01, 栄養的有用性

Keywords: closed bio-ecosystems, cyanobacteria, food resource, *Nostoc* sp. HK-01, nutritional utilization

閉鎖生態系における樹木利用の可能性ーモデル樹木 (*Prunus* sp.) を用いた取り組み
と提案
Possibility of tree utilization in closed bio-ecosystems - Proposal research in model tree
Prunus sp.

富田一横谷 香織^{1*}; 馬場 啓一²; 加藤 浩³; 鈴木 利貞⁴; 片山 健至⁴; Cosmo Bon¹
TOMITA-YOKOTANI, Kaori^{1*}; BABA, Kei'ichi²; KATO, Hiroshi³; SUZUKI, Toshisada⁴;
KATAYAMA, Takeshi⁴; COSMO, Bon¹

¹ 筑波大学, ² 京都大学, ³ 三重大学, ⁴ 香川大学

¹University of Tsukuba, ²Kyoto University, ³Mie University, ⁴kagawa University

地球上に生育する多種多様な生物は、長い年月をかけた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・完成し、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、今後の閉鎖生態系関連研究の発展に重要となる。我々は、これまでに閉鎖生態系内の生物を介した物質循環で極めて高い貢献が期待できる樹木研究を進めてきた。樹木は、閉鎖型生態系となる有人宇宙活動の生活の場で、草本と同様に光合成による酸素や二酸化炭素の循環に貢献が可能な生物である。樹木の特徴は、草本と比較してはるかに多量の炭素源を長期に木部に取り込むことができることや、材を生活の道具として利用することができることおよび加工することで更に利用価値の高い道具や細工用具などとして利用できることなどがあげられる。我々は、昨年、多量の実生株から多量の宇宙環境を含む過酷閉鎖環境を想定した実験のための材料となる極小盆栽 (CosmoBon) を作出した。宇宙環境における有人活動は、その場は自ずと閉鎖生態系となる。このような環境に特化した樹木研究がなされることが必要である。宇宙で樹木が実際に利用できることの検証実験を提案しその結果の一部を報告し考察する。

キーワード: 閉鎖生態系, コスモボン, 宇宙環境, 過酷環境, 樹木利用

Keywords: Closed bio-ecosystem, CosmoBon, Space experiment, Severe environment, Tree utilization

閉鎖生態系における生物のシステムを介した物質循環 Closed bio-ecosystems by the systems of organisms

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生物は、長期間におよぶ地球進化の過程の中で、相互に影響を受けあい進化と生存に重要な機能を獲得し、また新たに進化・変化してきたと考えられる。現在の宇宙や深海・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を介して行われることが求められるだろう。この時、個々の生物における環境応答現象や生物間相互作用の変化やそれぞれの生物の代謝と更に大気を含む物質循環の詳細な情報蓄積は、今後の閉鎖生態系関連研究の発展に重要となる。本セッションは、これまでに閉鎖生態系内の生物を介した物質循環に関わる研究に加え、工学的に必要な技術の知識などを紹介し、今後の生物を介した閉鎖生態系構築に貢献できる場を提供する。

キーワード: 閉鎖生態系, 過酷環境, 宇宙環境
Keywords: Closed bio-ecosystem, Severe environment, Space experiment

陸棲ラン藻の乾燥耐性に関与するタンパク質の解析 Proteins involved in desiccation tolerance of *Nostoc* sp. HK-01

安部 智子^{1*}; 飯室 瑠里香¹; 木村 駿太²; 加藤 浩⁴; 木村 靖子³; 富田一横谷 香織²
ABE, Tomoko^{1*}; IIMURO, Rurika¹; KIMURA, Shunnta²; KATHO, Hiroshi⁴; KIMURA, Yasuko³;
TOMITA-YOKOTANI, Kaori²

¹ 東京電機大学, ² 筑波大学, ³ 三重大学, ⁴ 十文字学園女子大学

¹Tokyo Denki University, ²University of Tsukuba, ³Mie University, ⁴Jumonji University

陸棲ラン藻の一種である *Nostoc commune* は乾燥ストレスに対し非常に強い耐性を示すことが知られている。本研究に用いた菌株 *Nostoc* sp. HK-01 は、さらに乾燥耐性を指標に新たに単離された株であり、過酷環境耐性研究の分野で特に注目されている。

本研究では、近年新たに単離された *Nostoc* sp. HK-01 株において、乾燥耐性に関与するタンパク質を同定することを目的とした。*Nostoc* sp. HK-01 株を純粋培養して十分に増殖させた後、水分を取り除いて乾燥した状態に曝した。菌体からの水分の蒸発が無くなるまで経時的に菌体をサンプリングし、発現しているタンパク質を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動に供して解析した。その結果、経時的に発現量が増加するタンパク質が確認された。このタンパク質は、菌体が乾燥するに連れて発現量が増加しているため、本菌株の乾燥耐性に関与している可能性がある。

キーワード: ラン藻, *Nostoc* sp., 乾燥耐性, ストレスタンパク質

Keywords: cyanobacteria, *Nostoc* sp., desiccation tolerance, stress protein

閉鎖生態系内で有効利用できる樹木株の作出と維持 Production and maintenance of the most useful tree in a closed environment

阿部 友亮^{1*}; 木村 駿太¹; 加藤木 ひとみ¹; 佐藤 誠吾¹; 馬場 啓一²; 加藤 浩³; 鈴木 利貞⁴;
片山 健至⁴; 松本 麻子⁵; 富田-横谷 香織¹
ABE, Yusuke^{1*}; KIMURA, Shunta¹; KATOGLI, Hitomi¹; SATO, Seigo¹; BABA, Kei'ichi²; KATOH, Hiroshi³;
SUZUKI, Toshisada⁴; KATAYAMA, Takeshi⁴; MATSUMOTO, Asako⁵; TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 京都大学, ³ 三重大学, ⁴ 香川大学, ⁵ 森林総合研究所

¹University of Tsukuba, ²Kyoto University, ³Mie University, ⁴Kagawa University, ⁵Forestry and Forest Products Research Institute

樹木は地球生態系において、酸素の供給や二酸化炭素の固定の役割に加え、材料や機能性成分の利用など人間生活において多種多様な役割をはたしていることを考えると、人工の閉鎖生態系を構築する上でも重要な役割を担うと期待できる。我々は閉鎖生態系に樹木を導入する際、総合的に有用な樹木株を作出し、効率的に利用することを目指し、そのための準備研究を行っている。樹木は一般的に他家受粉を行うため、同種であっても、個体間で様々な機能が大きく異なる可能性があることから、挿し木や芽培養などの栄養繁殖法により増殖する手法を確立し、有用な個体の探索を行うことで、優良株を得られると考えている。現在、生物材料として乾燥や貧栄養に対して高い耐性を持つことが知られているマメザクラ (*Prunus incisa*) を閉鎖生態系内で行う実験のモデル樹木として提案し、優良株の探索と増殖・維持・管理について検討実験を行っているので報告する。

キーワード: 閉鎖生態系, 挿し木, サクラ, 有用樹木

Keywords: Closed bio-ecosystems, Tree planting, *Prunus* sp., useful tree

糸状菌細胞壁構築成分量とエンドファイトの存在量 Analysis of filamentous fungal cell wall components to study the existence of endophytes

加藤木 ひとみ^{1*}; 横島 美香¹; 藤森 祥平¹; 木村 駿太¹; 佐藤 誠吾¹; 富田-横谷 香織¹
KATOGLI, Hitomi^{1*}; YOKOSHIMA, Mika¹; FUJIMORI, Shohei¹; KIMURA, Shunta¹; SATO, Seigo¹;
TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学

¹University of Tsukuba

エンドファイトとは、植物体内に病徴を示さずに生活する微生物で、狭義にイネ科草本に共生する麦角菌科の糸状菌を指す。麦角菌科 *Neotyphodium* 属のエンドファイトは種子伝播するが、植物の各成長段階におけるエンドファイトの詳細な生活環は明らかではない。本研究は、*Neotyphodium* sp. Fe-047 非感染及び感染トールフェスク (*Festuca arundinacea*) を材料とし、糸状菌細胞壁構築成分(キチン)を酵素分解して得られた (GlcNAc)₂ を定量することで、種子及び芽生え内のエンドファイトの存在を調べ、菌体相当量を算出した。本定量法は、糸状菌に共通する分子を指標とするため汎用性に優れている。また、細胞壁構築成分が菌体量に直結し、これまでのたんぱく質や遺伝子を用いた手法と比較して正確性に優れた手法と考えられる。

陸上植物の 80-90% に糸状菌が共生していると考えられているが、宇宙環境を模擬した微小重力環境下において、植物とエンドファイトとの共生関係が崩れることが報告されている。人工の過酷な閉鎖生態系での植物とエンドファイトとの共生関係における、本研究法の利用価値について考察する。

キーワード: 内生菌, 共生, 閉鎖生態系

Keywords: endophyte, symbiosis, closed bio-ecosystem

都市近郊にある水源の森の教育的空間整備 Developing a water source forest conserved in a suburban park into an educational space

武田 美恵^{1*}
TAKEDA, Mie^{1*}

¹ 愛知工業大学
¹ Aichi Institute of Technology

人々は農業用水及び上水道が整備されるまでは生活を営むために雨水及び湧水と向き合っていた。現在も湧水を水田や生活水に利用する人々は自然の恵を大切に扱うことを知っている。一方、水資源が地球規模の深刻な問題であるにも関わらず現在の生活様式では自然からもたらされる水が貴重な資源であることを学ぶ事は難しい。

都市近郊の“水源の森”の土壌、水質、水生生物、植生について専門分野の研究者が調査し、学びの空間として整備するプロジェクトの目的は持続可能な開発のための教育に役立てることである。今は水田に利用される湧水の水源である森は都市近郊において持続可能な土の育て方を次世代に教える場となりうる。

キーワード: 環境教育
Keywords: Environmental Education