

閉鎖生態系における生物のシステムを維持する要素 Elements for systems of life-support in closed bio-ecosystem

富田一横谷 香織^{1*}
Kaori Tomita-Yokotani^{1*}

¹ 筑波大
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は重要である。

キーワード: 生物のシステム, 生命維持, 閉鎖環境
Keywords: systems for life, life-support, closed bio-ecosystem

光合成生物から見た閉鎖系環境 Closed environmental system view from photosynthetic organisms

加藤 浩^{1*}
Hiroshi Katoh^{1*}

¹ 三重大学 生命科学研究支援センター
¹Mie University

光合成生物は原始地球を私たち生命が住みやすい環境に変えたとされる生物であり、特に光合成の中でも分解しにくい水を利用するシステムを獲得したラン藻（シアノバクテリア）、藻類、植物などは光エネルギーを効率よく吸収し、糖分などの有機物を作り出す事が可能である。特に原始地球を酸素の多い環境に変えたとされるシアノバクテリアは単独で空気中の窒素をアミノ酸に変える窒素固定能力を持つもの、糖を利用して細胞外多糖を合成するものも存在するため、食料や土壌としての利用も検討できる。本講演では、演者が単離した過酷環境でも生存可能な有用シアノバクテリアを例として現在進めている放射性物質の吸収実験を含めて閉鎖環境で何が出来るかを考察する予定である。

本発表には科学技術振興機構 (JST) 復興促進プログラム (A-Step) で採択された、陸生ラン藻を利用した放射性物質除去に関する成果が掲載されている。

キーワード: 閉鎖環境, ラン藻, 光合成
Keywords: closed environment, cyanobacteria, photosynthesis

閉鎖生態系における揮発性物質によるアレロパシーの解析 Evaluation of allelopathy by volatile natural chemicals in closed ecosystem

藤井 義晴^{1*}, 富田-横谷香織²

Yoshiharu Fujii^{1*}, Tomita-Yokotani Kaori²

¹ 東京農工大学, ² 筑波大学

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²University of Tsukuba

アレロパシーは、植物が放出する化学物質が、他の生物に、生育阻害や促進、あるいはその他の何らかの作用を及ぼす現象である。植物は、発芽 生長 開花 結実 枯死というライフサイクル(生活環)を持つ。発表者らは、これまでにアレロパシーに特異的な検定法として、プラントボックス法、サンドイッチ法、ディッシュバック法を開発してきた。

閉鎖生態系においては、このような天然化学物質による生物間相互作用が重要となる。今回は、揮発性のアレロケミカルによる相互作用を測定する手法と解析事例について紹介する。

容器材料の選定：カプラーにより通常の2倍の高さ(20cm)としたプラントボックス(Magenta社製)を用いて、シロイヌナズナを播種から約7週間後の開花結実期まで無菌的に栽培することができた。また、アグリポット(キリンビール製)を用いると7週間まで微生物汚染なしに容易に栽培することが可能であった。供試植物(影響を受ける植物)としては、短い時間でライフサイクルを完結できるシロイヌナズナとファストプランツを検討した。アレロパシー活性を与える植物としては、発表者らがこれまでに報告したムクナ(ハッシュョウマメ)を栽培しつるが伸び始めるところまで成長させ影響を及ぼす植物とした。シロイヌナズナの場合、アグリポット、およびプラントボックスを用いて、7週間の開花結実期まで栽培すること、またムクナと混植することが可能であった。ファストプランツ(Fast Plants: Brassica rapaの変種で、スタンダード、アストロプランツ、ロゼットの3種)を検討した。アグリポットでは4週間の培養で、スタンダードがつぼみ、アストロプランツが結実、ロゼットが開花まで進んでいた。スタンダードは生育が良く、アグリポットやプラントボックスの天井に届いてしまった。ロゼットは体長が短いために、固体ごとの伸長を比較することが困難であった。以上の結果、無菌培養でライフサイクルを完結させる検定には、アストロプランツがより短時間でライフサイクルを完結できるので最適であった。アグリポットは製造が中止されたので、同等品で、改良を加えてカプラーを継ぎ足して長い植物も栽培することができるプラントカルチャーボックス(BBJハイテック製)を用いた。本手法は、閉鎖生態系におけるアレロパシーの関与を検討するための手法として有用である。

キーワード: アレロパシー, 揮発性物質

Keywords: allelopathy, volatile chemicals

閉鎖系内で産出される食材の循環と評価 Evaluation of products as food in closed bio-ecosystem

木村 靖子^{1*}, 富田一横谷 香織², 新津史恵², 佐藤誠吾², 加藤 浩³
Yasuko Kimura^{1*}, Kaori Tomita-Yokotani², Fumie Niitsu², Seigo Sato², Hiroshi Katoh³

¹ 十文字学園女子大学, ² 筑波大学, ³ 三重大学
¹Jumonji University, ²University of Tsukuba, ³Mie University

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組み込むのかについての提案は、得られる素材をどのように決めるかにより変化する。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についての研究を示す。宇宙環境において安定で、しかも食味の良い食資源の開発を目指すことができる。過酷な環境条件で栽培可能なラン藻類を食料化できれば、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。例えば、極地などの過酷な条件下や、災害時の支援部物資としての利用である。さらには、農業不適地でも生育可能な陸生藍藻類が利用可能になれば、地球規模での食糧問題に対しても貢献できる。高宇宙環境耐性を有するラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の食品としての利用評価の確認と利用方法の確立は、多岐にわたり貢献が可能になると予測される。

キーワード: ラン藻, *Nostoc* sp. HK-01, 食品
Keywords: Cyanobacteria, *Nostoc* sp. HK-01, food

原発事故により突然閉鎖系となったDASH村の環境計測と再生へのアプローチ
Environmental measurement and reproduction of farmland in the DASH MURA which
became a closing system by 3.11.

長谷川 克也^{1*}
Katsuya Hasegawa^{1*}

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

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震は直接被害のほかに原子力発電所事故を発生させた。広範囲に拡散した放射性物質は強い放射線を発生し立ち入り制限区域が発生した。そのため人の手によって維持されていた山里が一種の閉鎖系となり生態系の変化が発生した。

事故直後から規制区域内にあるモデル的な山里として作られた日本テレビの施設「DASH 村」を実験地として使用し、環境計測を行った結果と施設内の農地の再生へのアプローチをについて発表する。

キーワード: 原子力発電所事故, 規制区域, 里山, 環境計測

Keywords: nuclear power plant disaster, control area, farm village, environmental measurement

閉鎖環境における『Cell to Body Dynamics 理論』 ”Cell to body dynamic theory” in closed environment

跡見 順子^{1*}, 清水美穂¹, 藤田恵理¹, 跡見友章², 廣瀬 昇², 長谷川克也³
Yoriko Atomi^{1*}, SHIMIZU, Miho¹, FUJITA, Eri¹, ATOMI, Tomoaki², HIROSE, Noboru², HASEGAWA, Katsuya³

¹ 東京大学セルツープダイナミクスラボ, ² 帝京科学大学理学療法, ³ JAXA

¹ Cell to body dynamics Lab., Univ of Tokyo, ² Dept Physical Therapy, Teikyo University of Sci & Tech, ³ JAXA

長期にわたって宇宙に滞在することが可能になりつつある。しかし、閉鎖系においても、我々の身体の論理を考慮しなければならない。ヒトは重力を利用して立位および二足歩行を獲得し、その身体的特性ゆえに文化をもつ人間となった(チップ?ウォルターによる2007の著書「(邦題)この6つのおかげでヒトは進化した つま先、親指、のど、笑い、涙、キス」。ヒトが他の四つ足動物と違うところは、筋骨格系?とくに抗重力筋が優位に進化していることで、そのおかげで地上を二本の足で歩きまわることができている。抗重力筋を使わないと生活習慣病や精神疾患罹患者が増える。ヒトは、身心を健康?正常に保つために、適度に動く必要がある。本発表では、抗重力筋活動の適応機構について細胞単位から個体につなげる『Cell to Body Dynamics 理論』について述べる。

キーワード: 健康, 重力, 二足歩行, Cell to body dynamic 理論, 抗重力筋

Keywords: health, gravity, bipedal-standing, Cell to body dynamic theory, anti-gravitational muscle

物質循環制御システム研究開発用シミュレータ SICLE の開発 Developing the Simulator of Material Circulation Control System, SICLE

扇拓矢¹, 森山 枝里子^{1*}, 諸島玲治¹, 飯野翔太¹, 山下明広¹, 濱田大典¹, 広崎朋史¹, 公平綾¹, 宮嶋宏行², 石川芳男³, 中根昌克³

OHGI, Takuya¹, Eriko Moriyama^{1*}, MOROSHIMA, Reiji¹, IINO, Shota¹, YAMASHITA, Teruhiro¹, HAMADA, Daisuke¹, HIROSAKI, Tomofumi¹, KOHEI, Ryo¹, MIYAJIMA, Hiroyuki², ISHIKAWA, Yoshio³, NAKANE, Masakatsu³

¹ 宇宙システム開発株式会社, ² 東京女学館大学, ³ 日本大学

¹Space Systems Development Corporation, ²Tokyo Jogakkan College, ³Nihon University

人類が宇宙に進出してから 50 年以上が経ち、宇宙で人間が活動するうえで欠かせない生命維持システム (Environmental Control and Life Support System, ECLSS) は、様々なミッションに対応して研究開発され、進化してきた。生命維持システムにおいて大切な物質循環は、人が生活する上で必要な物質や排出物を植物や物理化学装置を利用して再生循環させることである。現在では国際宇宙ステーションで、生命維持システムによって水や酸素の再生を行いながら人間が宇宙に長期滞在できるまでになった。今後は、月面基地や火星有人探査に向けて新たな生命維持システムの検討や研究開発が必要とされるだろう。

生命維持システムの規模が拡大し、複雑化するにつれ、システム全体の物質循環制御が重要になってくる。この物質循環を円滑に効率よく制御させる研究を支援するため、我々は、生命維持システムの物質循環と制御を模擬するシミュレータ (Simulator for Closed Life and Ecology, SICLE) の開発に取り組んでいる。多様化・複雑化していく生命維持システムの研究開発に対応していくため、以下の 2 つの特徴を望ましい機能として開発を行っている。

1. 直観的な操作性を重視したインターフェース
2. 拡張性を有するソフトウェア構成

SICLE では、ブロック図を利用したシステム設計方法を取り入れることで視覚的にシステムを構築することができ、システム設計の操作性を容易にした。さらに、ユーザーインターフェースには XML ファイルテンプレートを利用することにより、デフォルト装置だけでなく、ユーザー定義の装置もシステムに組み込むことが可能である。また、様々な処理や挙動が網羅できる仕様になっているため、汎用性が高い。これらにより、上記 2 つの特徴を実現した。

今後は、ユーザー自身で応用的なシステム制御方法を試行できるよう改良を重ねると共に、現存する生命維持システムのデータ比較によるシミュレータ性能実証を進めていきたい。

キーワード: 生命維持装置, 物質循環, 生命維持システム, シミュレータ

Keywords: ECLSS, CELSS, Material Circulation Control, Life Support System, Simulator

QCM バイオセンサーを用いた閉鎖系環境下での微生物の増殖速度測定法 A method using a biosensor for measurement of bacterial growth in a closed-ecosystem

安部 智子^{1*}, 鳥井眸², 半田浩一², 山名昌男¹
Tomoko Abe^{1*}, Hitomi Trii², Koichi Handa², Masao Yamana¹

¹ 東京電機大学理工学部, ² 東京電機大学大学院理工学研究科

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

水晶振動子は人工水晶から切り出した水晶板の両面に電極を取り付けた形をした素子で、逆圧電効果により一定の周波数で振動する。Quartz Crystal Microbalance (QCM, 水晶振動子マイクロ天秤) は、水晶振動子の電極上に付着した物質の質量に応じて発振周波数が定量的に減少する特性を利用し、ナノグラムレベルからの微量な質量変化を発振周波数変化として測定する方法である。

我々はこれまでに、QCM センサーを用いて微生物や培養細胞の細胞数を簡便かつ精密に測定する方法を検討してきた。本研究では、フロー型セルと簡易 QCM 回路を組み合わせたシステムを構築し、制限された環境下での微生物の増殖速度の変化を測定した。環境中でリアルタイムに微生物あるいは細胞の増殖挙動を測定出来る簡易センサーの構築を目指しており、本測定法は、閉鎖系内での細胞の挙動を解析するための有効な測定法となり得る。

キーワード: バイオセンサー, マイクロバランス, 微生物

Keywords: Biosensor, Microbalance, Microorganism

乾燥ラン藻の高温耐性を付与するしくみ The function of high temperature tolerance in cyanobacteria, *Nostoc* sp. HK-01

木村 駿太^{1*}, 富田-横谷 香織¹, 馬場啓一², 五十嵐裕一¹, 新井真由美³, 佐藤誠吾¹, 加藤 浩⁴
Shunnta Kimura^{1*}, Kaori Tomita-Yokotani¹, BABA, Keiichi², IGARASHI, Yuichi¹, ARAI, Mayumi³, SATO, Seigo¹, Hiroshi
Katoh⁴

¹筑波大学, ²京都大学, ³日本科学未来館, ⁴三重大学

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

かつて地球環境の物質循環に多大な影響を及ぼしたとされる光合成微生物であるラン藻は過酷な閉鎖環境における物質循環を担う生物として貢献できる。乾燥状態の陸生ラン藻の *Nostoc* sp. HK-01 の藻塊が、水の沸点にあたる 100 °C の高温環境で 10 時間曝露された後も、光合成機能を損なうことなく蘇生が可能であることを確認したので発表する。この耐性機能の検証を行う過程で、ラン藻が生育環境中に放出する粘性多糖が、乾燥時のラン藻細胞の内外で、巧みなしくみを備えている可能性が示唆されたことから、これらの機能の可能性について併せて考察する。

キーワード: ラン藻, 高温耐性, *Nostoc* sp.

Keywords: cyanobacteria, high temperature tolerance, *Nostoc* sp.

閉鎖生態系における樹木利用の有用性 サクラの生物活性を例として
Utilization of functional woody plant line, Japanese cherry tree, in closed bio-ecosystem
on the biological activity.

新津 史恵^{1*}, 木村 靖子², 千田 ゆかり¹, 藤井 義晴³, 佐藤 誠吾¹, 富田-横谷 香織¹

FUMIE NIITSU^{1*}, Yasuko Kimura², Yukari Chida¹, Yoshiharu Fujii³, SATOU, Seigo¹, Kaori Tomita-Yokotani¹

¹ 筑波大学, ² 十文字女子大学, ³ 東京農工大学

¹University of Tsukuba, ²Jumonji University, ³Tokyo University of Agriculture and Technology

人工に閉鎖生態系を設計するとき、樹木は閉鎖環境内の酸素や二酸化炭素の物質循環のほかに、生活材料や食糧など多くの利用価値を持つ。樹木を閉鎖生態系に導入して栽培する時、樹木が他生物にどのような影響を与えるかを検証しておくことは重要である。これまでに、閉鎖環境で、二酸化炭素固定や構築物資材のほか、癒しや食糧としても利用できるという観点から、利用価値が高いとして選別されたアレロパシー活性の高いサクラ属樹木の葉から得られた抽出物について、抗酸化活性と β -グルコシダーゼ阻害活性を評価したところ、両活性について高い活性を示すことが分かった。そこで、高い活性を示す樹木種の葉を食品として利用することを想定して、様々な調理を行い、両活性の調理前後の活性の変化を検証した。両活性は生活習慣病の予防や改善に貢献しうることから、このような樹

木を閉鎖生態系に導入すると機能性食品として利用することができる。樹木利用の利用価値と産生する物質群の閉鎖生態系で想定される利用過程の活性変化について考察する。