

スペースリーフ

山口県立山口高等学校 化学・生物部

1 アイデアの概要

イシクラゲはラン藻類の一種であり、環境耐性に優れている。乾燥した状態でも生存し、水分を吸収して 30 分後には光合成を行うことができる。このような優れた環境耐性を有するイシクラゲを平板状のパネルに入れ、宇宙空間で光合成を行うパネル（「スペースリーフ」と称する）を設置する。宇宙における酸素と二酸化炭素の物質循環を、イシクラゲを利用したシステムで行う。

2 目的と意義

(1) 目的

ラン藻類は約 30 億年前に地球上に出現し、過酷な原始地球の環境下でも光合成を行うことができた。特に乾燥に対する耐性に優れており^{1) 2)}、長期間乾燥させても死ぬことはない。そのため、乾燥して軽い状態で宇宙へ運搬することもでき、宇宙での利用が有望な種と考えられる。

ラン藻類の一種であるイシクラゲは、細胞外に分泌された多糖類によってキクラゲのような葉状構造体を形成する。根や茎は無いため培養に要する空間的な制約は少なく、葉状であるので取り扱いも容易である。このイシクラゲを内蔵したパネル（スペースリーフ）を製作し、光合成を行わせる。イシクラゲを利用した宇宙でのガス循環システムを構築することで、国際宇宙ステーション内部の酸素と二酸化炭素の濃度を一定に保つことが本提案の目的である。

(2) 重要性・技術的意義等

ラン藻類の優れた環境耐性に注目した研究はこれまでも行われており、宇宙での環境耐性実験についても検討されている³⁾。また、人工的なパネルで光合成を行うというアイデアも別に提案されている（三菱みなとみらい技術館,2009）。これらの研究成果を活用しながら、原始地球の環境形成に大きな役割を果たしたラン藻の力を利用し、自律的な物質循環システムの構築を目指す。

現在、国際宇宙ステーションで使用する呼吸用の酸素は、プログレス補給船や酸素発生装置によって供給されている。また、呼吸で排出される二酸化炭素は、除去装置に吸着させた後に船外へ排出されている。このように国際宇宙ステーション内部でのガス濃度は、物理的或いは化学的な反応を利用して一定の状態に保たれている⁴⁾。私たちが提案するスペースリーフが実現すれば、地球生態系と同じ自律的なシステムを宇宙に築くことが可能であり、人類が宇宙に定住することも容易になる。

3 プロジェクトの内容

(1) 予備実験：イシクラゲの光合成速度

【方法】炭酸水素ナトリウムを添加した水 500mL とイシクラゲ 20.0g（湿重量）を三角フラスコに入れ、溶存酸素計のセンサー一部を挿入した後にパラフィルムで封じた。水温を一定に保った状態で、照度が 7klux になるように水槽用照明で光を照射し、5 分ごとの溶存酸素量を 1 時間計測した。その後、暗室内で 1 時間呼吸量を計測した。

【結果】 イシクラゲの酸素発生量は $1.9\text{mg O}_2/(\text{イシクラゲ } 1\text{g} \cdot 1\text{日})$ であった。ISS で必要とされる酸素量は 1 日に 1 人あたり 840g であるので⁵⁾、必要量を生産するためにはイシクラゲが湿重量で約 442kg 、乾燥重量で 34.0kg 必要となる。

(2) 宇宙実験の内容

- ① **スペースリーフの大きさ**：水を吸ったイシクラゲを $20\text{cm} \times 28\text{cm}$ のトレイに一層に敷き詰めたとこ、 240g であった。1 人分の酸素を供給するイシクラゲ 442kg を敷き詰めるには、 103m^2 の面積が必要となる。現在、ISS に設置されている太陽電池パドルは、1 枚が長さ 34m 、幅 12m の大きさであり、同じ面積のパネルでは 4.0 人分の酸素を供給できる。
- ② **スペースリーフの設置**：ISS 室内に額縁のような $0.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ の大きさのパネル (1/200 人用) を設置し、ISS 内部のガス交換に対する効果を検証する。得られた検証結果を基に、光合成の効率を高める方法を検討する。

4 得られる成果

イシクラゲを宇宙で培養することができれば、地球から運搬される物資に頼らず、酸素や二酸化炭素の物質循環を継続して行うことが可能になる。さらに、火星のような水が存在する惑星に運搬すれば、現地で調達した水を利用してガス交換システムを構築することができ、地球から遠い場所での宇宙開発に役立てることが期待される。

5 社会的な効果

イシクラゲは日頃から目にする機会が多く、このような生物が宇宙で利用されていることが人々に伝われば、宇宙を身近に感じていただける。また、地球環境が物質循環の絶妙なバランスのもとに成立していることに気付く機会ともなり得るだろう。

6 謝辞

本提案を行うに際し、金沢大学 坂本敏夫先生、山口大学 山本晴彦先生、荊木康臣先生、岩谷潔先生、JAXA 小口美津夫先生、佐賀大学名誉教授 黒河伸二先生、九州女子大学 石橋源次先生から多大なる御指導を賜りました。心から感謝し、お礼申し上げます。

7 参考文献

- (1) 高荷弥生、坂本敏夫、和田敬史郎. 2003.陸棲ラン藻 *Nostoc commune* (イシクラゲ) の光合成のストレス耐性.日本植物学会第 67 回大会
- (2) Y (oshiyuki Tamaru, Yayoi Takani, Takayuki Yoshida, and Toshio Sakamoto.2005. Crucial Role of Extracellular Polysaccharides in Desiccation and Freezing Tolerance in the Terrestrial Cyanobacterium *Nostoc commune*. American Society for Microbiology, Washington, D.C.
- (3) 五十嵐裕一、富田・横谷香織、本橋恭兵、佐藤誠吾、新井真由美、馬場啓一、大森正之、橋本博文、山下雅道. ラン藻の宇宙環境耐性実験のための実験系の検討. *Space Utiliz Res*, 27(2011)
- (4) 宇宙ステーション・きぼう広報・情報センター質問&回答集 http://iss.jaxa/iss_fa/iss/
- (5) N A S A CR-166420,1982
- (6) 石橋源次、石松成子. 1992. 藍藻類イシクラゲの食用化と脂質代謝に及ぼす栄養学的研究、科学研究費補助金データベース 研究課題番号 20069587