

陸棲藍藻 *Nostoc* sp. HK-01 乾燥藻体の宇宙環境耐性

Extraterrestrial Tolerance of Dried Colony in a Cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK-

富田 - 横谷香織 木村駿太 井上琴美 (筑波大) 加藤浩 (三重大) 安部智子 (電機大) 園池公毅 (早稲田) 大森正之 (中央大) たんぽぽWG

Tomita-Yokotani, Kaori Kimura, Shunta Inoue, Kotomi (University of Tsukuba) Katoh, Hiroshi (Mie University) Abe, Tomoko (Tokyo Denki University)

Sonoike, Kintake (Waseda University) Ohmori, Masayuki (Chuo University) Tanpopo WG



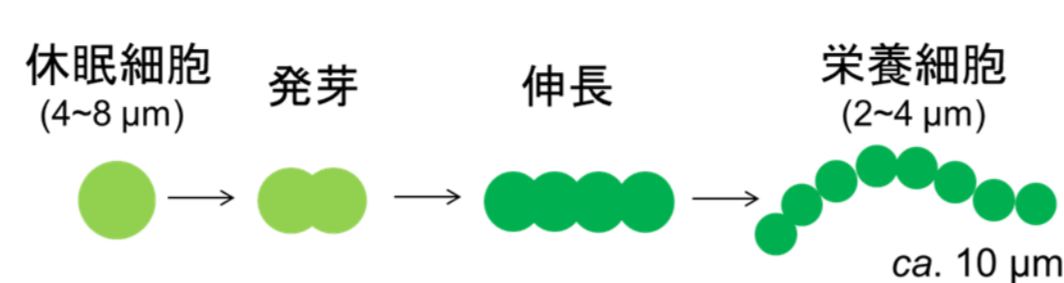
陸棲藍藻は、酸素発生型の光合成を行う原核生物で、乾燥耐性、光合成能、窒素固定能を備える。陸棲藍藻 *Nostoc* sp. HK-01は、とりわけ高い乾燥耐性や食資源としての有用性に加え、乾燥状態で、真空、紫外線、γ線、重粒子線、低温および高温に対して高い耐性を備えていることから、「たんぽぽ計画」の第2サブテーマ：微生物の圏外生存実験の材料として選定された。これまでの地上実験結果と現状を報告する。

陸棲藍藻 *Nostoc* sp. HK-01



Cell cycle of *Nostoc* sp. HK-01

(Kimura et al., 投稿中)



HK-01乾燥藻体

過酷環境曝露

加水・蘇生
30±2°C, 2 days
20 μmol/s/m²

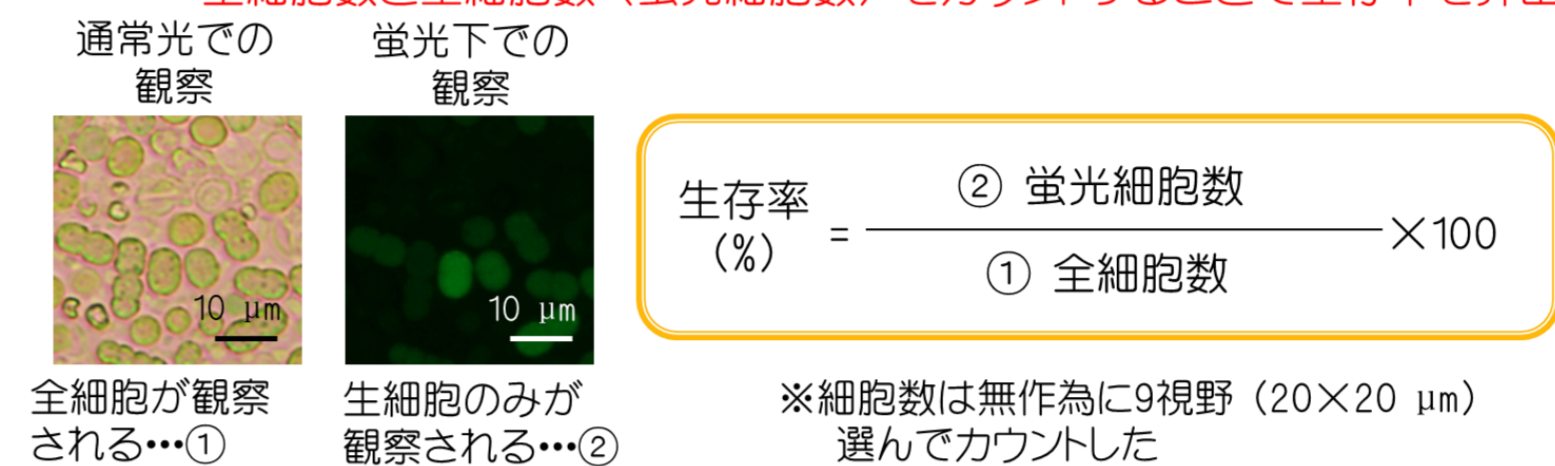
生存率算出
FDA染色法
細胞生長試験

D₁₀値 (生存率を10%まで減少させる照射線量) の算出

(Inoue et al., 2016)

生存率算出方法

FDA (Fluorescein diacetate) 染色法 + 生細胞のエステラーゼ活性を指標
→ 全細胞数と生細胞数 (蛍光細胞数) をカウントすることで生存率を算出



Nostoc sp. HK-01乾燥藻体の耐性試験結果

Exposure environment	Condition	Survival rate (% of control)	Value of D ₁₀
Vacuum	10 ⁻⁵ Pa	100	
	10 ⁻⁴ Pa	100	
UV	VUV (172 nm)	100	
	UVC (254 nm)	100	
Heavy ion (He)		100	
γ-ray		100	
Dry heat (100°C)		100	

Arai, et al. (2008) *Biol. Sci. Space*, 22, 8-11. Igarashi et al. (2011) 宇宙生物科学会, 五十嵐裕一 (2013) 筑波大学大学院修士学位論文, Tomita-Yokotani et al. (2013) *The International Astrobiology Workshop 2013*, 味岡 令子 (2014) 筑波大学大学院修士学位論文, Ajioka et al. (2014) 日本地球惑星連合大会.

高い耐性が認められたたんぽぽ生存実験試料として採択された。重粒子線や熱耐性はその後も高い耐性が地上実験で認められている。

Values of D₁₀ of HK-01.

Ion	D ₁₀ (Gy)
He (FDA)	~10
He (GM)	~10
Ar (FDA)	~10
Ar (GM)	~10

FDA: FDA cell staining, GM: Growth method (Tomita-Yokotani, Inoue et al., 投稿準備中)

たんぽぽ曝露実験実施まで

光合成微生物の藍藻はかつて地球の大気の大酸化に大きく貢献したと考えられ、火星等圏外環境で多様に利用できる生種物として注目されている。藍藻は水棲と陸棲が存在するが、水棲藍藻は多量の水を要すことや乾燥して運搬することに不向きであることから、我々は特に陸棲藍藻に注目して各種宇宙環境耐性や圏外環境における利用法等を検討してきた。地上研究における各種耐性の結果から、たんぽぽ計画における生物材料として採択された。

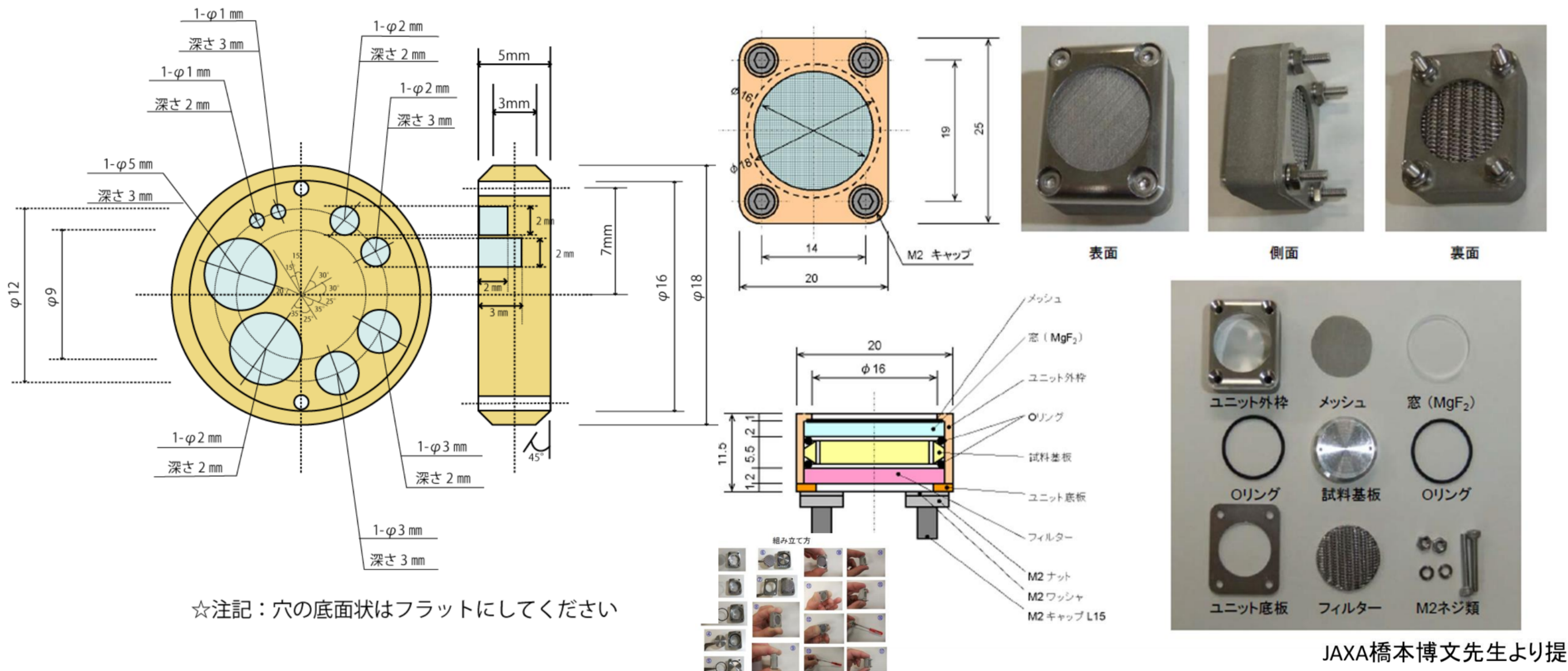
曝露実験までの経緯

たんぽぽ計画における材料として採択されるまでに、数多くの地上実験が行われた。耐性実験の結果を得るための実験方法も重要な検討要素のひとつである。我々が提案してきた陸棲藍藻 *Nostoc* sp. HK-01の生活環の詳細な検討がなされた (Kimura et al., 2016)。本株は、休眠細胞のほか、ネンジュ形態を示す細胞、窒素固定に特化した細胞、運動性の細胞を備える。乾燥状態の後に生存する細胞のほとんどが、休眠細胞であることから、各種過酷環境曝露後の発芽や増殖能を調べることに適している。そこでたんぽぽ計画の曝露実験に最適な乾燥藻塊と曝露後、生存を確認するための条件を整えることから始めた。その後、試料の曝露方法と帰還後の検証の仕方を検討してきた。

藍藻を材料とする実験の意義

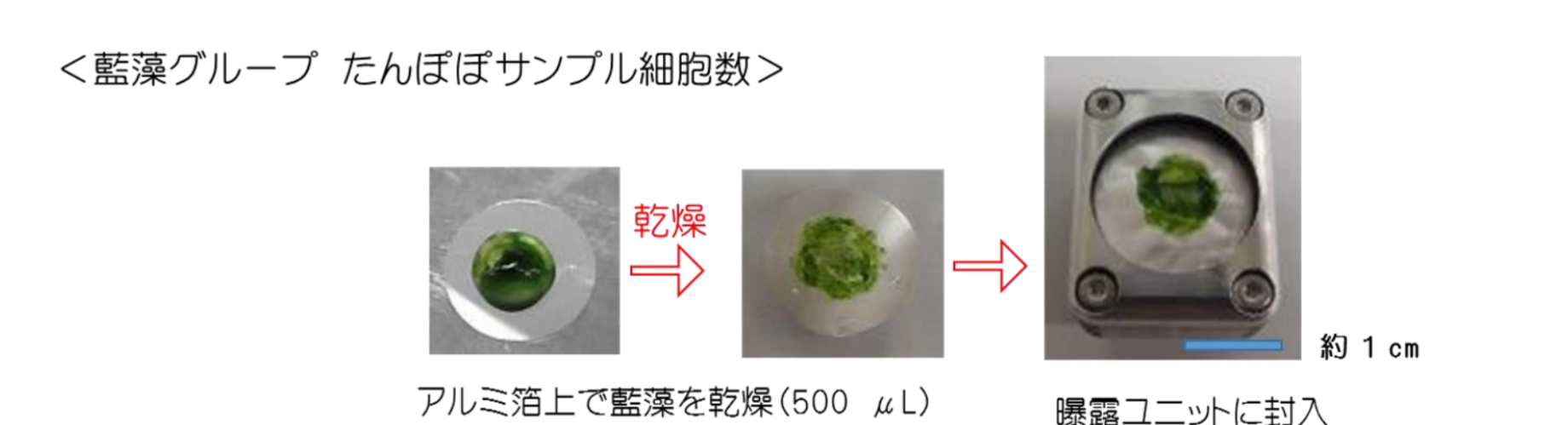
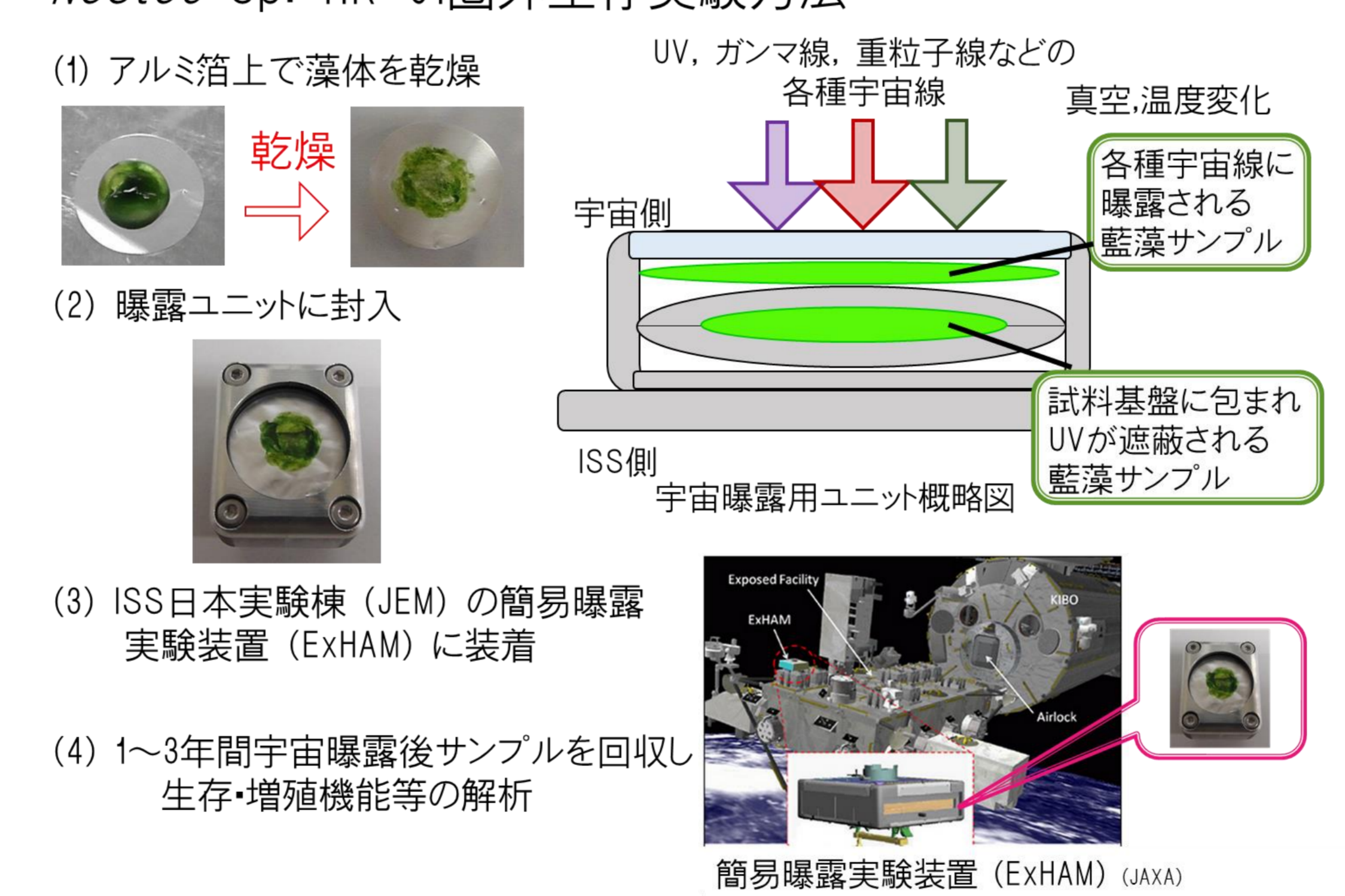
地球上の始原的光合成生物と言われる藍藻が宇宙空間でどれだけ生存できるかを検証することにより、他の惑星から飛来した可能性および月面や火星などにおける実用の可能性を探る。はじめての光合成生物である陸棲藍藻の宇宙環境曝露実験である。

曝露ホルダー決定までの経緯



第一案は穴に藍藻をつめる⇒穴から乾燥藍藻が落ちることで却下⇒高紫外線耐性から窓側・と内側の曝露試料をアルミホイル上に載せて搭載するに至った

Nostoc sp. HK-01圏外生存実験方法



・アルミ1枚あたり
・休眠細胞率は
→ アルミ1枚あたり休眠細胞は

現在解析を進めている



曝露試料は、16等分に裁断された後、各担当者により解析が進められる。(担当項目: 生存・光合成・DNA損傷・遺伝子 (タンパク質) 発現変化・アミノ酸分析)

たんぽぽ曝露パネルC記録 (JST)

- 2015.03.09 筑波宇宙センターへ引き渡し
- 2015.03.13 NASAジョンソン宇宙センターへ到着
- 2015.04.15 ドラゴンSpX-6により打ち上げ
- 2015.05.14 ExHAM1への取り付け(クルー)
- 2015.05.26 曝露実験開始
- 2016.06.13 曝露実験終了(曝露期間:約384日)
- 2016.06.17 ExHAM1からの取り外し(クルー)
- 2016.08.27 ドラゴンSpX-9により地上帰還
- 2016.09.13 筑波宇宙センターへ到着
- 2016.09.20 PIIによる受け取り後、相模原へ輸送
- 2016.10.03 ユニット解体、ユーザーへ引き渡し