

ポストたんぽぽ計画での宇宙曝露実験 の進捗情報報告 2022



○三田肇、矢野創、横谷香織、杉本学、藤田知道、T. Milojevic、横堀伸一、別所義隆、中川和道、小林憲正、癸生川陽子、山岸明彦、加藤浩、阿部智子、木村駿太、オン碧、Maeng Chang-Hyun、鈴木利貞、浅野真希、日渡祐二、久米篤、奥平恭子、たんぽぽチーム

たんぽぽ計画

初号機：2015年ー→2018年 3年間

曝露パネル3枚、**捕集パネル12枚**をExHAMを用いて宇宙曝露を実施

2号機：2019年8月ー→2020年10月 約1年間

曝露パネル1枚、**捕集パネル4枚**をExHAMを用いて宇宙曝露を実施（解析中）

3号機：2020年10月ー→2022年1月 約1年間

曝露パネル1枚をExHAMを用いて宇宙曝露を実施（解析中）

4号機：2022年3月ー→2022年12月 約半年間

曝露パネル1枚をExBASを用いて宇宙曝露を実施（曝露終了・Spx-26帰還予定）

5号機：2023年3月(予定)ー→2023年 約半年間

曝露パネル1枚をExBASを用いて宇宙曝露を実施（Spx-27打上，-28帰還予定）

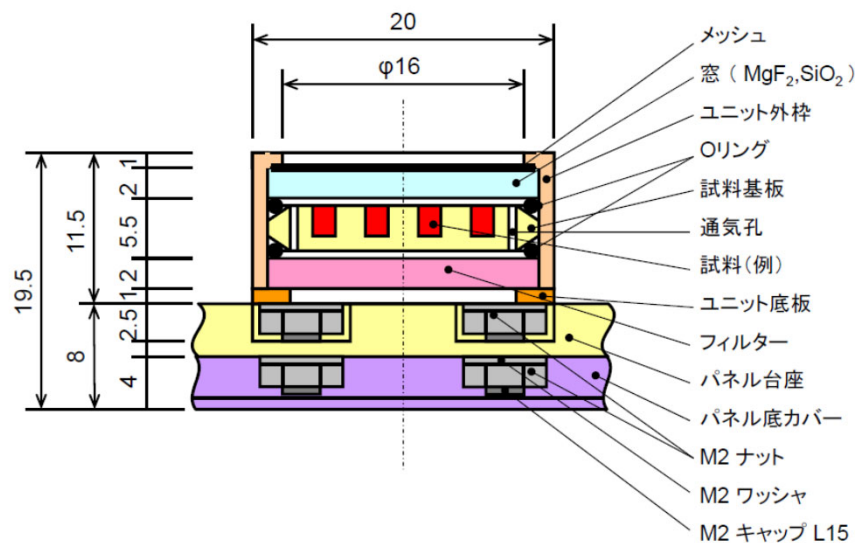
6号機：2023年ー→2024年 半年間

曝露パネル1枚をExBASを用いて宇宙曝露を実施準備中（Spx-29打上予定）



たんぽぽ型曝露実験ユニット

曝露ユニット 断面図

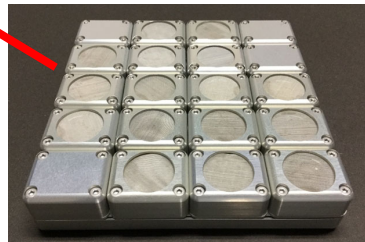
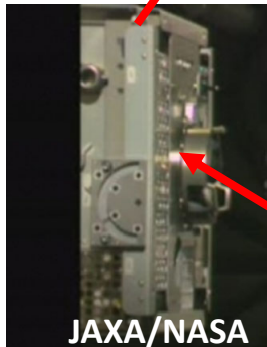
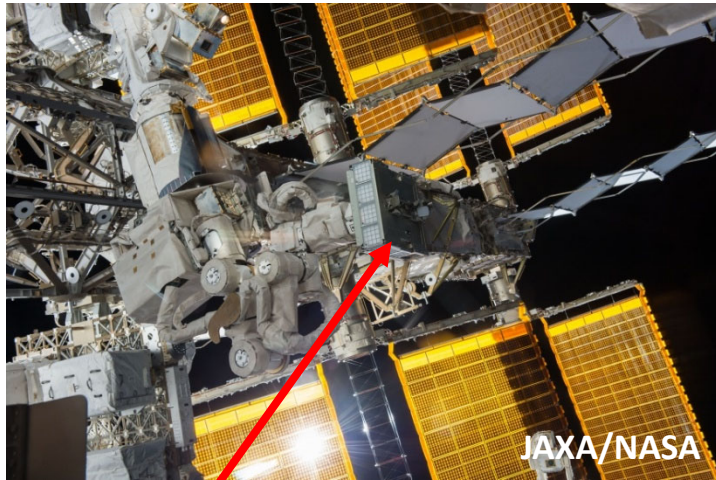


1つの曝露パネルに20個の曝露ユニットを配置

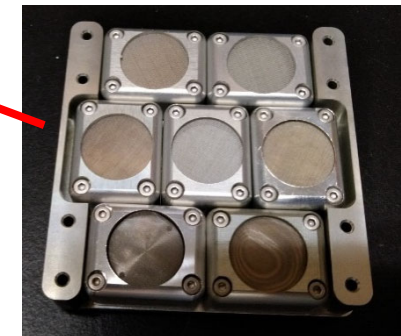
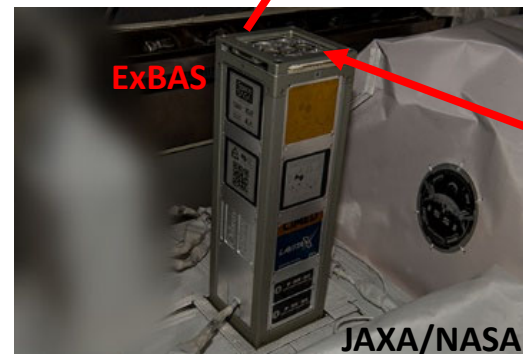
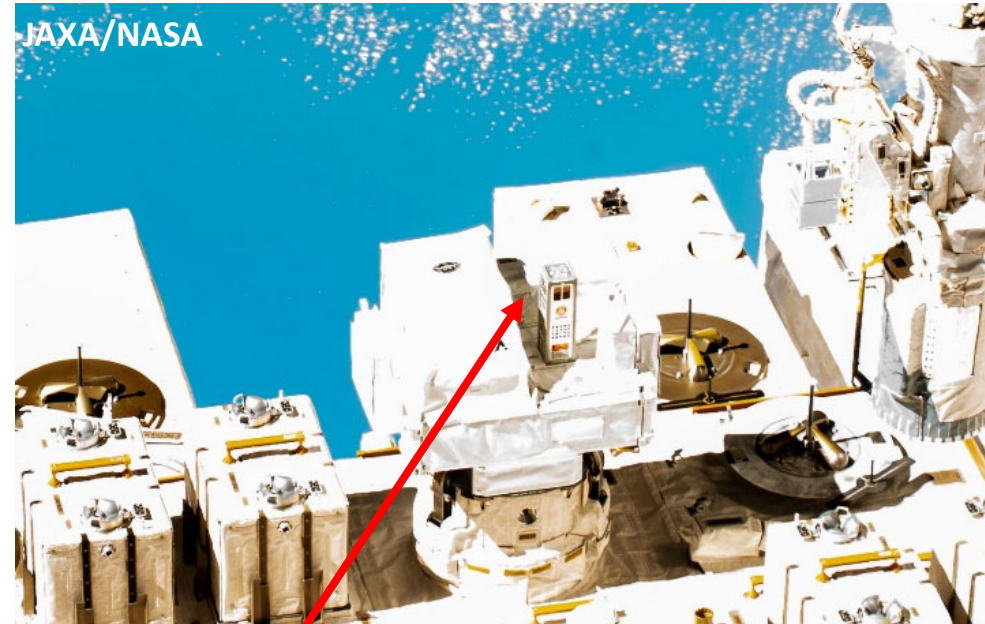
曝露ユニット内の試料基板(アルミ板)には、約10個の小孔を用意することで、複数の試料を曝露可



簡易曝露実験装置 (ExHAM)



簡易材料曝露実験 Bracket (Exposed Experiment Bracket Attached on i-SEEP: ExBAS)



小型ペイロード搭載支援装置 (SPySE)
中型曝露実験アダプタ (i-SEEP)

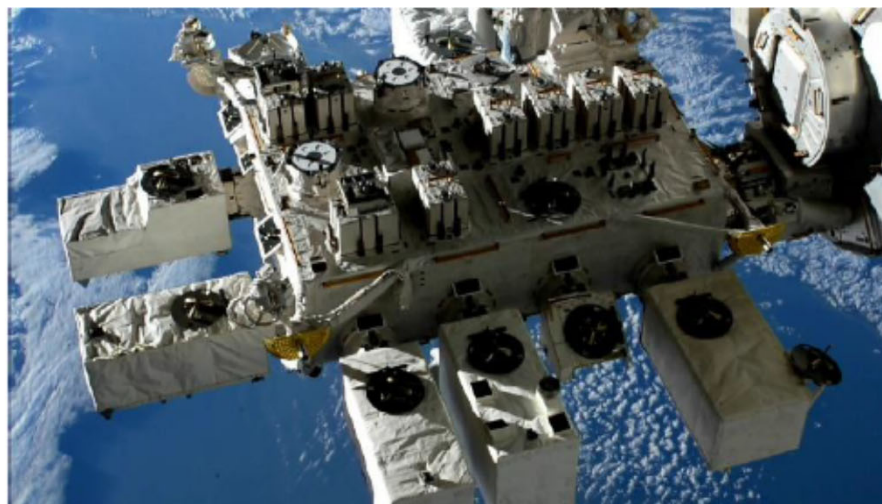


宇宙商社®Space BD

国内外から集められた研究対象品と記念品などを宇宙空間へ 「スペースデリバリープロジェクト」開始

日本と海外の研究機関・教育機関・民間企業 10 組が参加

2021 年度内に国際宇宙ステーションの補給船に搭載し打上げ予定



【ISS 船外実験プラットフォーム】 ©JAXA/NASA



【対象品(一部)】

SpaceBD社

たんぽぽ型曝露実験

	たんぽぽ	たんぽぽ2	たんぽぽ3	たんぽぽ4
生体関連有機物 * アミノ酸・前駆体 * アラニン	前駆体の種類と安定性 VUV光量測定 ジペプチド生成	膜厚の効果 UV遮蔽効果 (->QCC) UV吸収波長の効果 ジペプチド生成 共重合・鎖長延長	宇宙起源有機物 安定性(分解)から合成	長鎖ペプチド生成 共重合・鎖長延長
微生物 * 放射線耐性菌 * 陸棲ラン藻	生存率 DNA修復系 生存率	波長依存性	機能評価 Mnの効果 火星などでの利用 レゴリスの存在 コケへの応用 イネ種子の生存率	金属鞘微生物 コケの胞子
	生物の宇宙生存 生存率から機能利用			

たんぽぽ型曝露実験

たんぽぽ3

たんぽぽ4

たんぽぽ5

たんぽぽ6

生体関連有機物
* アミノ酸・前駆体

* アラニン

* 核酸

微生物

* 放射線耐性菌

* 陸棲ラン藻

* コケの胞子嚢

* イネ

機能評価
Mnの効果

レゴリスの存在
コケへの応用
イネ種子の生存率

長鎖ペプチド生成
鎖長延長

金属鞘微生物
火星などでの利用

生存可能性

ヌクレオチド合成
(水溶液曝露)

直接曝露

波長依存性

深宇宙環境へ

直接曝露

新しい曝露手法

その場分析へ

宇宙農業へ

たんぽぽ2 アラニン薄膜への宇宙曝露 <紫外線線量計>

G1 : 金フィルター-SQ#2 透過率 42% G2 : 金フィルター-SQ#3 透過率 11%

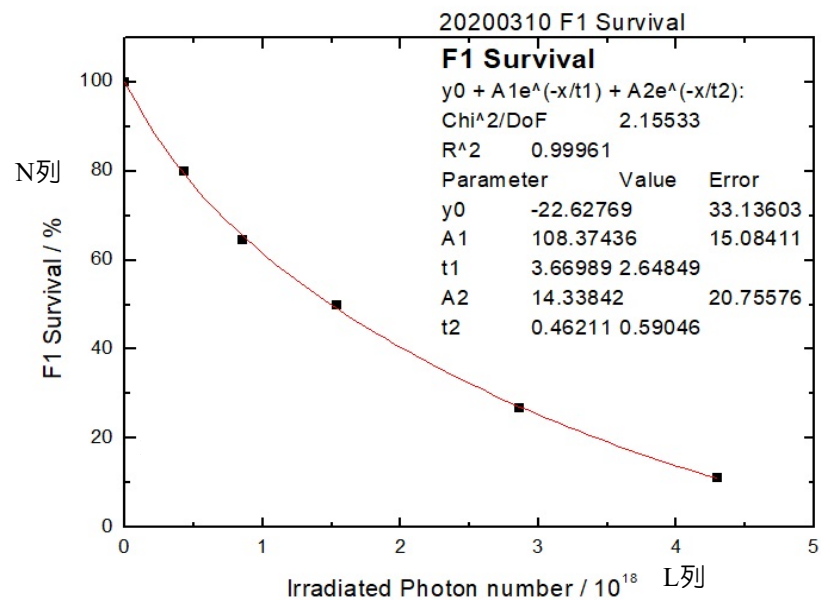
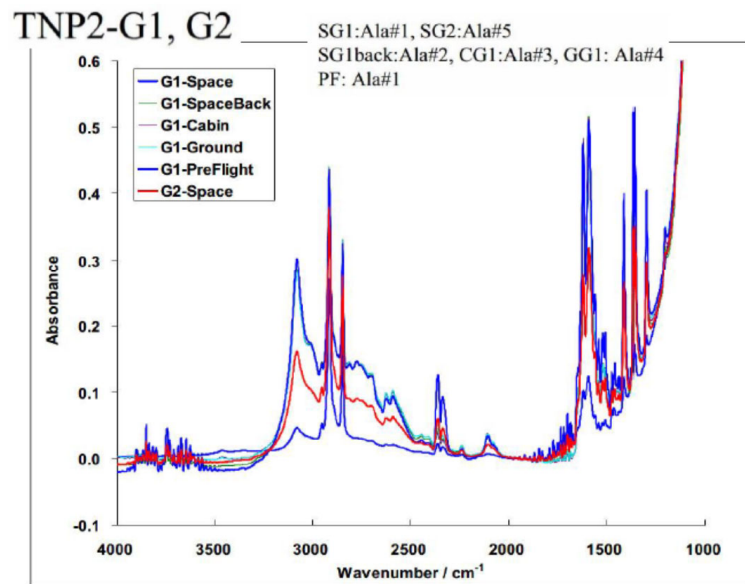


図8. F1の生存率検量線

たんぽぽ2、4、6： 宇宙環境でのペプチド合成

* ジペプチド生成の確認(再確認・精度向上)

安定同位体標識アラニン薄膜の曝露

* VUV吸収スペクトルの効果

試料 アラニン vs. フェニルアラニン

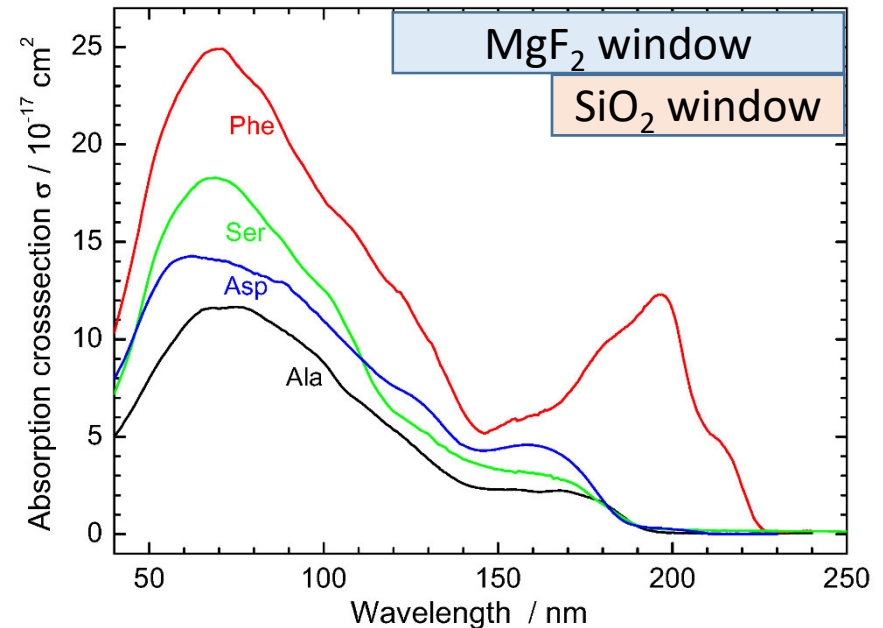
窓材 SiO_2 vs. MgF_2

ヘキサトリアコンタンなし

* 共重合体が生成するか

アラニン + セリン (極性アミノ酸)

アラニン + アスパラギン酸 (酸性アミノ酸)



* ペプチド鎖の延長の可能性

アラニルアラニン (二量体) から 四量体の生成へ

アラニルアラニルアラニン (三量体) から、さらなる伸長反応へ

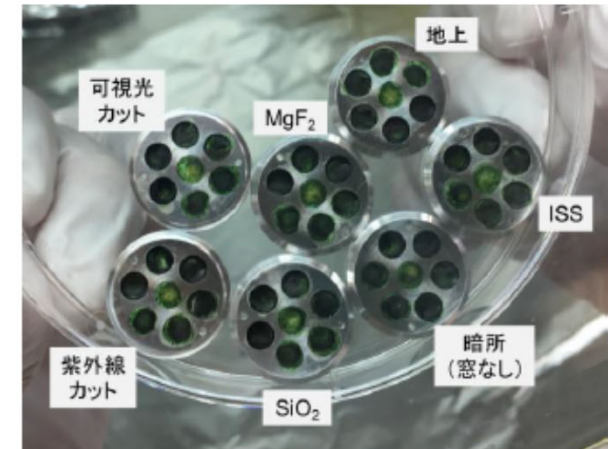
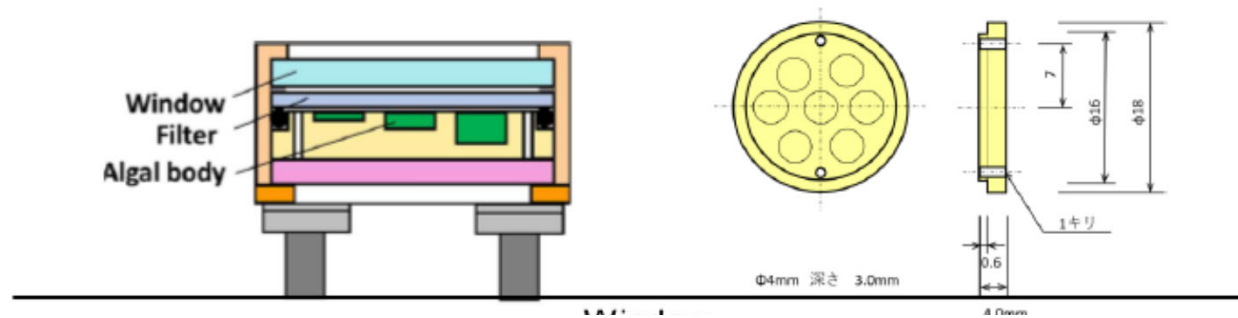
* 直接曝露 より短波長紫外線によりペプチド合成の可能性を探る

宇宙環境で様々なペプチドが生成することを示すことができる。
(アミノ酸の種類、長さ)

たんぽぽ2帰還試料—ユニット解体・藻体の分配および これまでの結果（一部）—

細胞層の厚さおよび照射光波長の関係

【主な実働メンバ】 オン碧・鴫田未来（筑波大）・加藤浩（三重大）・安部智子（東京電機大）
木村駿太（JAXA/ISAS）・横谷香織（筑波大）・藤田知道（北大）・CINOメンバ

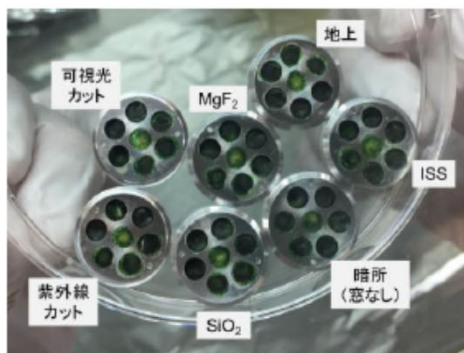


詰め込み後の様子を示す写真

陸棲シアノバクテリアから始まる技術と発展(CINO)

【主なメンバ】横谷香織・オン碧・鵜田未来（筑波大）・鈴木利貞（香川大）・加藤浩（三重大）・安部智子（東京電機大）・浅野眞希・古川純（筑波大）・木村駿太（JAXA/ISAS）・藤田知道（北大）・CINOメンバ

CINOのこれまで



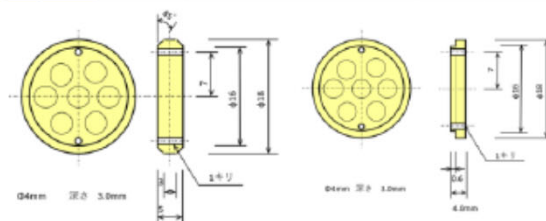
たんぼぼ2 陸棲シアノバクテリア試料詰め込み後の様子を示す写真

- GC1 地上保存
- IC1 ISS 保存
- SC1 宇宙遮光
- SC2 宇宙MgF₂
- SC3 宇宙SiO₂
- SC4 宇宙紫外線カット
- SC5 宇宙可視光カット

陸棲シアノバクテリアの宇宙環境耐性に関する宇宙生命科学

CINOのたんぼぼ3 (検証中)

材料	宇宙曝露		宇宙	保管	保管	
	窓付き	窓付き	目蓋	船内	地上	筑波
樹皮 (CosmoBon)	MgF ₂	MgF ₂ +UV カット	対照	対照	対照	対照
コケ (EXMOSS)	MgF ₂	MgF ₂ +UV カット	対照	対照	対照	対照
レゴリス・藍藻・コケ (RCM)	MgF ₂		対照	対照	対照	対照

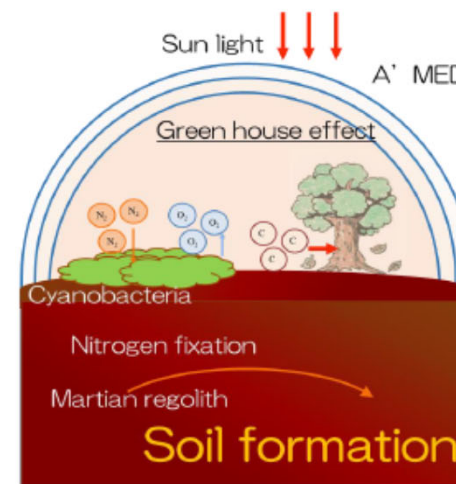


光の波長と曝露試料の耐性および火星模擬レゴリスを用いた作物生産の可能性 (小スケールによる検証)
樹皮の耐性と利用
模擬レゴリスの有機化
有機物から無機植物併用へ

火星模擬レゴリス・陸棲シアノバクテリア・コケ・樹皮の宇宙環境耐性と利用に関する宇宙生命科学

CINOのたんぼぼ5以降 (準備中)

宇宙居住を見据えた圏外農業における初期導入候補生物 陸棲シアノバクテリア



火星を想定した圏外農業におけるシアノバクテリアの貢献

初期導入候補生物の具体的機能を活かす
細胞外物質の利用：紫外線からの生物細胞保護
接着剤・構築物・肥料等への利用

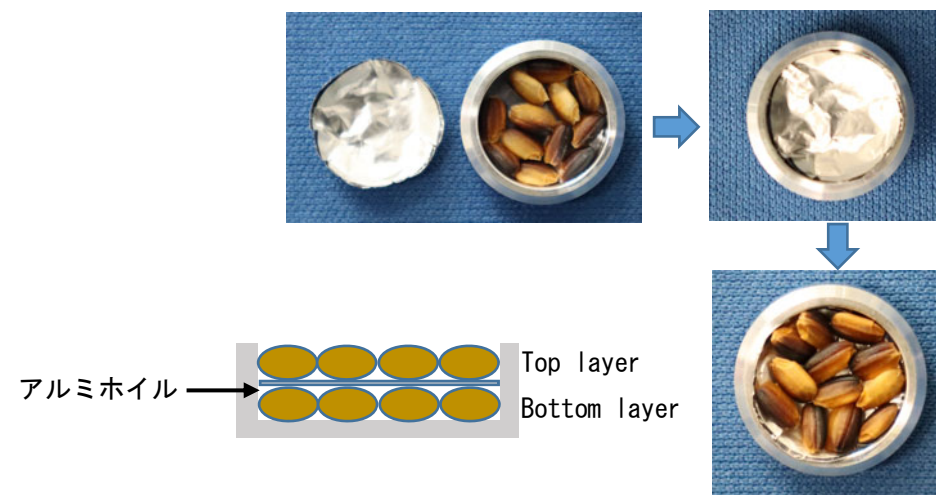
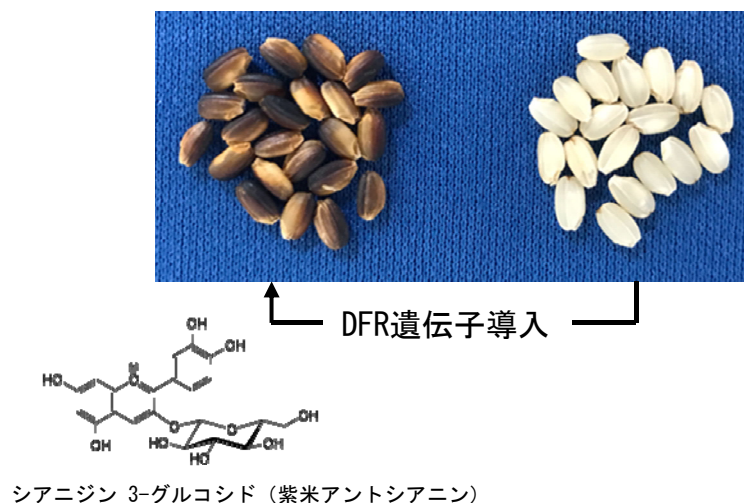
抗酸化物質が太陽光曝露イネ種子の生存能力に及ぼす影響

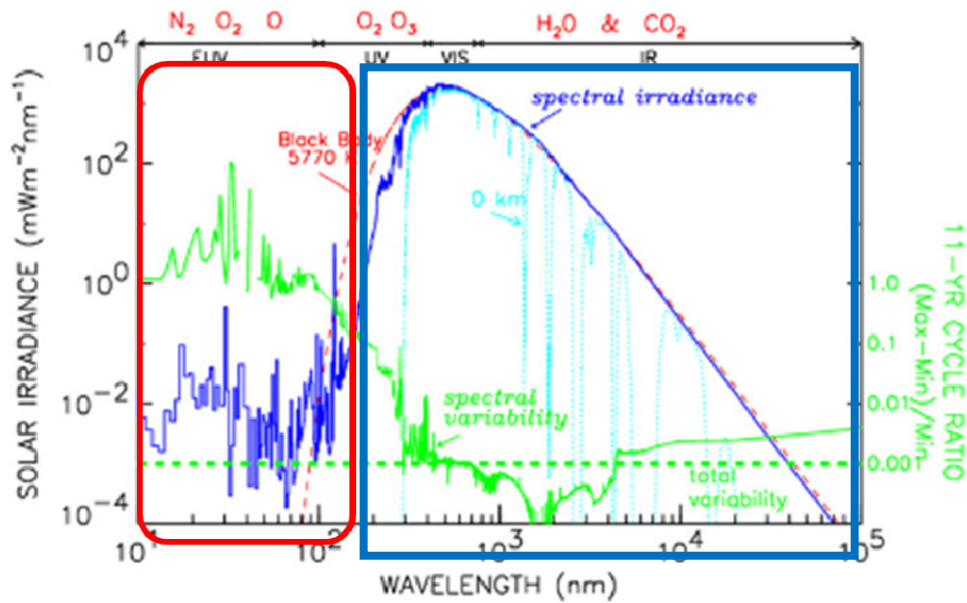
岡山大 杉本学

目的：着色米の表面を覆う抗酸化物質（アントシアニン）がISS船外太陽光曝露下での種子生存率の維持、種子貯蔵mRNAの安定性、生育に寄与するかを明らかにする。

試料：白米とアントシアニン合成に関与するDFR遺伝子を白米に導入し作製した紫米（アイソジェニックライン）

曝露：試料トレイに2層になるように種子を並べた。上層（Top layer）と下層（Bottom layer）の間にアルミホイルを敷き、上層の種子は太陽光曝露、下層の種子は遮光条件とした。（曝露440日）





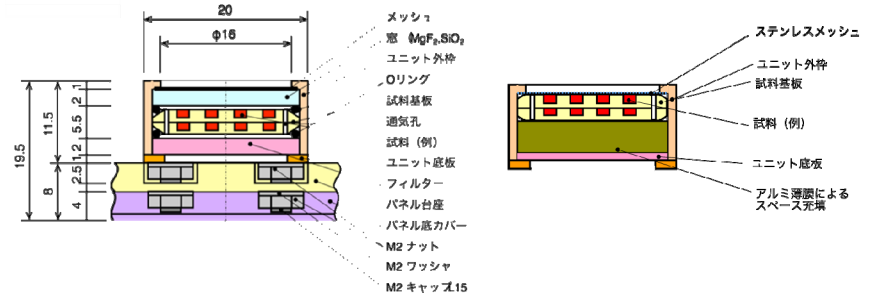
窓材なしの場合、
この領域の光照射
も受ける



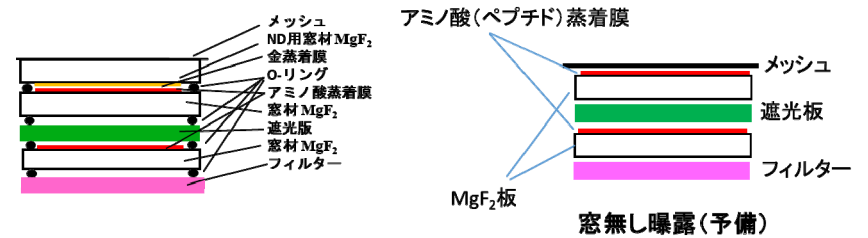
窓材ありの場合の
光照射領域

窓材なしの直接曝露

たんぽぽ5での微生物の直接曝露

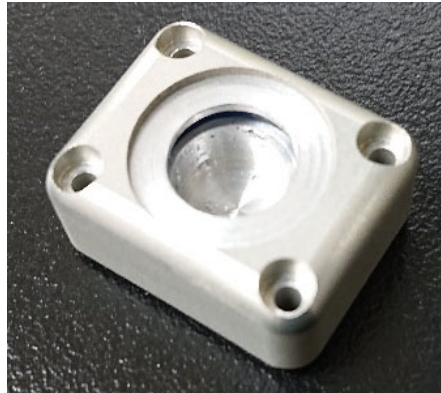


たんぽぽ6でのアミノ酸の直接曝露



たんぽぽ5： 宇宙曝露実験でのヌクレオチド合成

宇宙紫外線を用いた水溶液反応（液体セルの宇宙曝露）



<-65 - 55°C / 6 h cycle, 10⁻⁶ Torr, 240回>
O-リングのガス(H₂O)透過性: 0.43% -> 1 y 2.5%

<-55 - 60°C / 15 min cycle, 2300回>

内圧と窓材の耐性

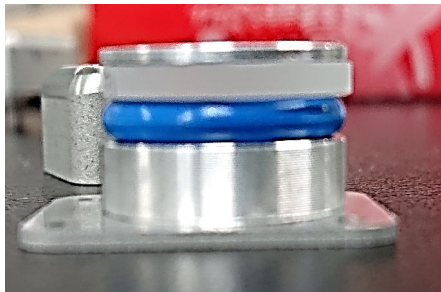
@120°C 内圧 333 kPa (空気圧134 kPa, 水蒸気圧 199 kPa)

SiO₂ 弾性限界 $F_a = 680 \text{ kg cm}^{-2}$ 必要な窓材の厚さ 1.1 mm

MgF₂ 弾性限界 $F_a = 506 \text{ kg cm}^{-2}$ 必要な窓材の厚さ 1.3 mm

使用する窓材の厚さ 2 mm

温度上昇に伴う圧力上昇で、窓材は破壊されない



ISS Cabin・曝露時最高温度 Max 29±5°C

@60°C 内圧 133 kPa < 152 kPa

If the MDP of the container is 152 kPa (22 psi, 1.5 atm) or less,
no additional assessment for items h and i below is required.

(NASA-STD-5019Aw/c)

Thank you for attention

Thank you for supports

科研費
K A K E N H I



自然科学研究機構

アストロバイオロジーセンター

FIT Fukuoka Institute of Technology
福岡工業大学
福岡工業大学 / 福岡工業大学短期大学部