

b. 宇宙実験に関わる開発

(1) 令和4年度宇宙実験に使用するセルロース産生菌の確認

令和4年度に実施を予定する、微小重力下での微生物によるセルロース合成実験のために、低温で安定に輸送でき、その後、閉鎖系の限られた酸素でゆっくりとバイオセルロースを産生する産生菌と産生条件を選定した。

北大グループがセルロースの生産性から代表的なバイオセルロース産生性の酢酸菌である *Gluconacetocabter hansenii* ATCC53582 を宇宙実験用に選定した。そこで、この解析を引き継ぎ、北大グループが選定したATCC23769及びATCC53582について、宇宙実験に必要な低温での10日～2週間の輸送とその後の20°Cでのセルロース生産が可能かについて確認した。

[実験方法]

HS培地中、30°Cで前培養したATCC23769及びATCC53582を、定法により巻き取り法で処理して菌液を作成した (OD₆₀₀:0.6及び0.3)。この液を新しいHS培地で2倍希釈して、テックバリア製の宇宙実験容器に0.2 ml入れ、5°Cまたは20°Cで2週間インキュベートし、その後透明試験管に移して1 mlのHS培地を添加し、宇宙実験と同じ20°Cで培養して観察した。

産生したセルロースの重量に関しては、北大グループの指導に基づいて、アルカリ処理後に洗浄中和し、遠心機 (himac) で水分を除いた後、微量遠心濃縮機 (TOMY) で重量が一定になるまで乾燥した。また、別途、この処理を行ったセルロースサンプルを京大グループに送付し、電顕画像を取得することによって、処理によって菌体が溶解洗浄でき、きれいなセルロースが生産できていることを確認した。

[実験結果]

図 ②b-1に4週間培養後の写真とセルロースの乾燥重量を示した。2週間の保管が5°Cであっても20°Cであっても、培養後の細胞はセルロースを生産した。また、産生セルロースの乾燥後重量は、いずれの条件でもATCC53582の方が多く、この菌株を宇宙実験用に決定した北大グループの結果が追試できた。

| 5°C | Day 14 | 20°C | Day 14 |
|--------|--------|--------|--------|
| #23769 | #53582 | #23769 | #53582 |
| 0.2 mg | 0.7 mg | 0.3 mg | 1.1 mg |

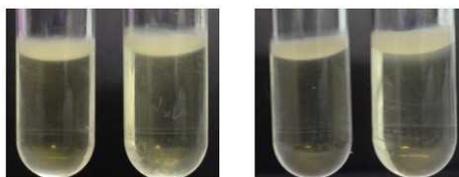


図 ②b-1 菌株の適合性検討

またどちらの菌株についても5°C2週間のインキュベーションがセルロース産生量を減少させる可能性が示唆され、輸送条件については、後日改良の余地があることが分かった。

次に、宇宙実験においては打ち上げの2～3日前に実験装置をセットする必要があり、打ち上げ前に3日程度20°Cの条件で保管をすることになる。この間にセルロース合成があまり進まないように、合成反応をゆっくり進める方法を検討した。図 ②b-1の実験では、ATCC53582は培養開始3日ではセルロース生産が観察されていなかったが、6日ではセルロースの半量程度が合成されているようにみえた。北大グループの解析に従い、培地成分の変更ではなく培養系にイノキュレートする菌体量でセルロース合成速度を調節することを検討した。

[実験方法]

ATCC53582を30°Cで前培養した後、菌液を取り新しいHS培地で希釈し、宇宙実験用の容器

に0.5 ml入れた。(空気が1.3 ml封入される計算になる) これらを、5°Cで10日間インキュベートした後、20°Cに移して培養し、上記実験と同様にセルロース量を測定した。使用した菌液はOD₆₀₀:0.25であり、これを50倍及び1000倍希釈してイノキュレートし、植菌量の効果を検討した。

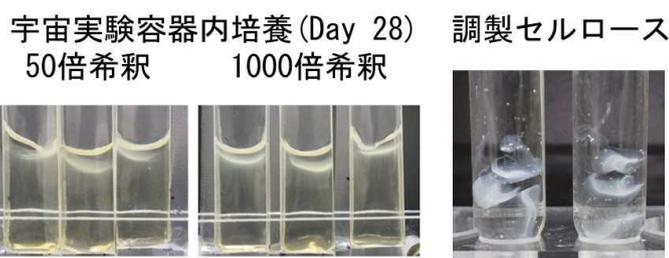


図 ②b-2 セルロース合成の地上対照実験

[実験結果]

図 ②b-2 左側は28日目の容器の写真であり、どのサンプルにもセルロースが観察されること、テックバリアとの接着が弱く液面付近に浮遊している状態であることがわかる。3サンプルずつをまとめ、1.5 ml培養分のセルロースを、アルカリ処理、洗浄した。右側は乾燥前のセルロースの状態を示す。これを乾燥して重量測定を実施したところ、50倍希釈で0.5 mg、1000倍希釈で0.9 mgが計測された。

図 ②b-3は経時変化の観察で、50倍希釈培養では、培養開始3日後の1サンプルで液面に何かあるように観察され、7日目に2サンプルでセルロース膜を確認した。一方、1000倍希釈培養では7日目までは観察されず、14日目にすべてのサンプルでセルロース膜を観察した。イノキュレート量を1000倍希釈の条件に調節することで、微小重力のタイミングに合わせてセルロース合成させることが可能であることがわかった。

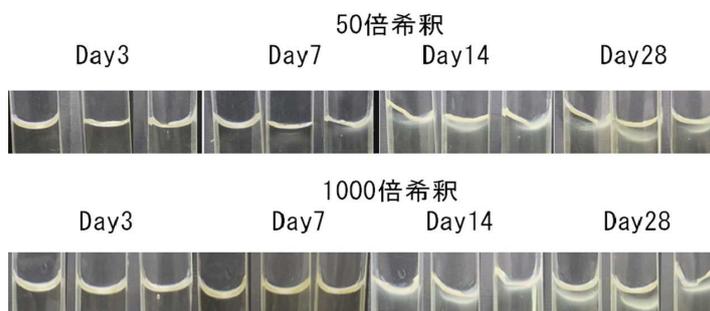


図 ②b-3 セルロース合成の地上対照実験

確認のために、1000倍希釈程度に希釈した菌液を、上記実験に従って5°Cで4週間インキュベートした後20°C培養に供した。セルロースの生産は観察されず、4週間の低温保存では死滅することが確認された。打ち上げ延期などの場合に備え、新しい実験セットを追加で射場に送付しておくことが必要であることが分かった。

(2) 令和4年度の宇宙実験で計画している、含酸素槽を封入した密閉容器でのバイオセルロースの生産実験が可能であることの実証

まず、気密性の培養器の形状と作成法を検討した。

[R4バクテリア実験容器開発]

外装容器はR4酵素実験容器と同じものを用いることとした。その中に入れる酸素槽について種々検討したが、酸素ガスが注入しやすく徐放性で厚みのない容器がのぞましいことから、低密度ポリエチレン製の袋(厚さ:0.03~0.06)を素材とすることとした。幅11 mm、

高さ30 mmの平袋を作成し、0.7 ml程度の酸素を注入した。作成した含酸素槽は、酸素を充填したテックバリア製の気密容器で、培養開始まで保管した。

[実験方法]

前述の方法で調整した菌液と、含酸素槽を、テックバリア製の気密容器にセットし、20℃または30℃で培養した。含酸素槽および気密容器は、クリーンベンチ内で30分UVをあて、滅菌した。

[実験結果]

まず、 OD_{600} :0.29の菌液をHS培地で10倍希釈して、20℃及び30℃で各2サンプルずつ培養し、4週間セルロースの生産を観察したところ、20℃の培養でも産生速度は遅いが、30℃と同程度にセルロースが生産されることを観察した。

次に、前述の希釈条件でセルロース産生を確認した。 OD_{600} :0.25の菌液を、50倍または1000倍に希釈して、20℃で各3サンプルずつ培養を試みた(図 ②b-4)。50倍希釈ではDay 5からセルロース塊が観察され、1000倍希釈ではDay 7でも観察されずDay 14でセルロース塊が観察されるようになった。Day 28で回収したときに、50倍希釈の培地のpHはいずれも4.8であったのに、1000倍希釈では平均5.2であり、これらのうちセルロースを多く生産しているように見えるサンプルで一番pHが低かった。従って、1000倍希釈条件では28日後でもセルロース合成反応が未だ進行中であった可能性がある。この時に、含酸素槽は空になった状態であった。

また、酢酸菌によるセルロース合成は、酸素濃度が高い培地上面で生産されることが通常であるが、本実験では酸素槽全体から酸素が放出されるために、重力影響で菌体濃度が高くなりやすい、容器底の部分の酸素槽にセルロース合成塊が観察され

興味深い。産生量が少なかったので、3サンプルをまとめてアルカリ処理して、計量した。乾燥重量は、それぞれ1.0 mg、0.8 mgが計測された。

含酸素容器で、宇宙でのバイオセルロース生産が可能であることが分かった。しかし、この系をそのまま宇宙にもっていくと、微小重力条件では菌体が下方に集まることはなく、セルロースが容器内全体に付着して物性確認が難しくなることが容易に予測される。そこで、生産されるセルロースを回収しやすくするために、来年度は下記の酸素透過性膜の実験結果を取り入れて、酢酸菌の方を酸素透過性の膜に入れて宇宙実験容器に入れる実験系

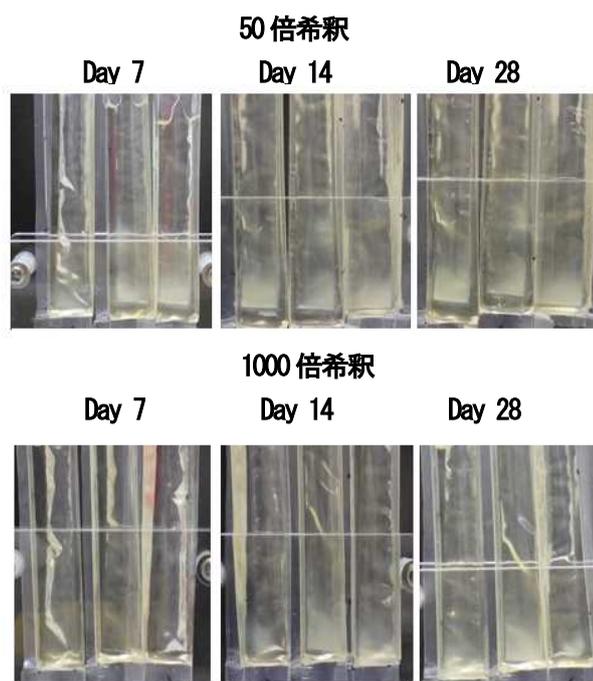


図 ②b-4 酸素槽を使った地上対照実験

が可能かを検討し、夏ころまでに宇宙実験容器を確定する。

（3）令和5年度には酸素透過性膜を利用した容器での生産を計画しているため、本年度は酸素透過性膜について検討した

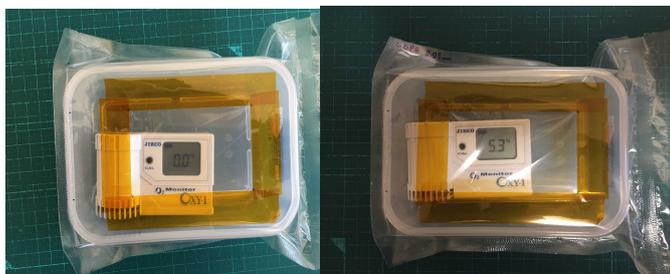
オートクレーブ滅菌が可能で酸素透過性がよい素材としてはフッ素樹脂フィルムが知られている。しかしながら、熱による蒸着で強固な製袋をすることが難しいので、他の素材として、酸素透過性が良いことが知られていて加工しやすい低密度ポリエチレンフィルムについて検討した。



図②b-5 容器内の脱酸素

[実験方法]

ガス透過性が低いことがわかっているフィルム（テックバリア）で体積一定の内袋を作成し、その一部を一定面積のテストシートに貼り替える。その中に酸素濃度計（イチネンジー、OXY-1）を入れ、内袋全体を脱酸素剤が入った一回り大きなテックバリア袋に入れる。酸素濃度計の

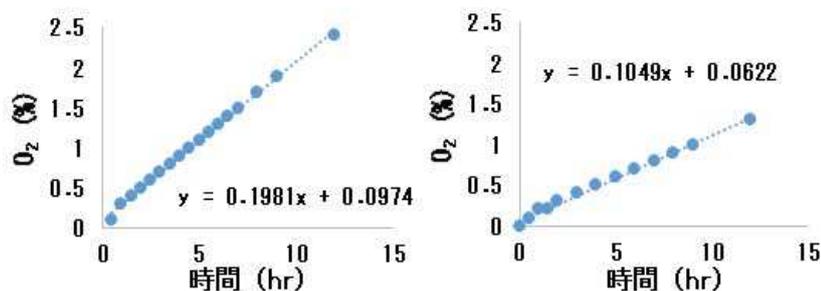


図②b-6 容器への酸素の流入を経時的に測定

表示が0%になるまで、一晩程度放置して、内袋を脱酸素状態にする。次に、外側の袋の上から内袋の口をシールする。内袋を外気中に取り出して内部の酸素濃度の変化を観察し、その結果からテストフィルムの酸素透過係数を割り出した。

[実験結果]

テックバリアで内袋を作成した時には、120時間後でも酸素濃度が0%に保たれる点を確認し、フッ素樹脂フィルム（25 μm厚：左）と低密度ポリエチレンフィルム（30 μm厚：右）の酸素透過性を測定した（図②b-7）。



図②b-7 酸素透過性の計測

「酸素透過係数」 $\text{ml} \cdot \mu\text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm})$
 $= (\text{容器容量 (ml)} \times \text{酸素濃度 (\%)} / 100) / (\text{面積 (m}^2) \times ((\text{時間 (hr)} / 24) \times 0.2 \times (20 / \text{シート厚 (\mu\text{m})))$
 $= (\text{容器容量 (ml)} \times \text{酸素濃度 (\%)} / 100) / ((\text{面積 (m}^2) \times \text{時間 (hr)}) / (\text{シート厚 (\mu\text{m}} \times 6))$

$$\begin{aligned} &= (\text{容器容量 (ml)} \times \text{酸素濃度 (\%)} \times (\text{シート厚} (\mu\text{m}) \times 0.06)) / ((\text{面積} (\text{m}^2) \times \text{時間} (\text{hr}))) \\ &= \text{容器容量 (ml)} \times \text{シート厚} (\mu\text{m}) \times 0.06 / \text{面積} (\text{m}^2) \times \text{上図グラフの傾き} \end{aligned}$$

以上の式に容器容量、シート面積、シート厚を入力し、フッ素樹脂フィルムと低密度ポリエチレンフィルムの酸素透過係数を計算した。それぞれ、 5.4×10^4 及び 3.4×10^4 ml $20 \mu\text{m} / (\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm})$ と算出され、低密度ポリエチレンフィルムでも、フッ素樹脂フィルムの約2/3の酸素透過性があることがわかった。さらに、他メーカーの低密度ポリエチレンフィルムについても酸素透過係数を計測し、顕著な差はみられないことを確認した。

来年度は、操作性もよく酸素透過性も良好な低密度ポリエチレンフィルムを用いて令和5年度の宇宙実験容器を開発する。

また、酸素透過性膜の封入容器で、酢酸菌をKiraraに搭載することについてJAMSSとの打ち合わせを開始した。Kirara搭載コンテナ内は空気の循環が強制的に行われていて、酸素供給が良いだろうとの情報を得た。来年度は、実際の試作品で加圧試験や振動試験などを実施し、搭載可能性を検討する。

③ バイオ素材評価研究

他グループのセルロース試料およびモデル試料を使い、各種解析を行った。

(1) CDP (セロデキストリンホスホリラーゼ) 合成セルロース

既報に従い CDP により合成したセルロースは、球晶構造を示すことが示された。複屈折の速軸（屈折率楕円体の短軸）が放射方向に走行する「負の球晶」であることが判明した。負の球晶は、セルラーゼの逆反応でフツ化セロビオシドから合成されたセルロースでも多く観察されている。構造体の大きさは最大 30 μm 以上であったが、10 μm 程度のものが多く観察された。

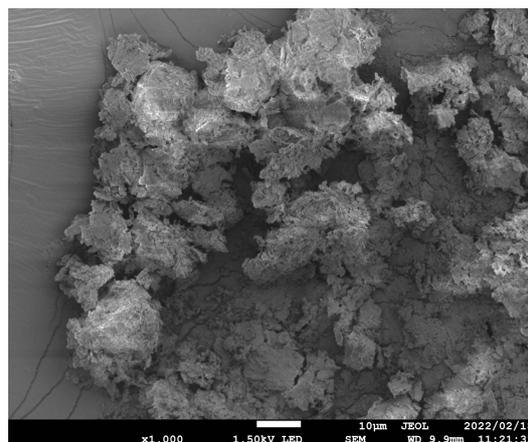
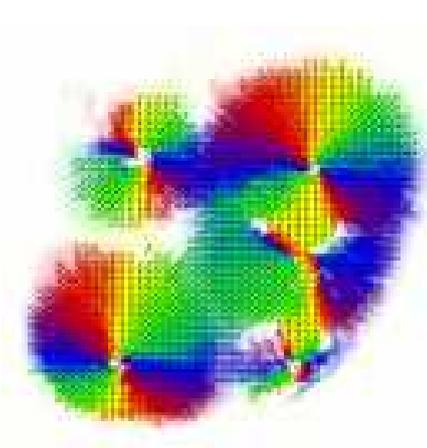


図 ③-1 複屈折検出器による CDP 合成セルロース
：矢印は偏光速軸の向きを表す

図 ③-2 CDP 合成セルロースの SEM 写真

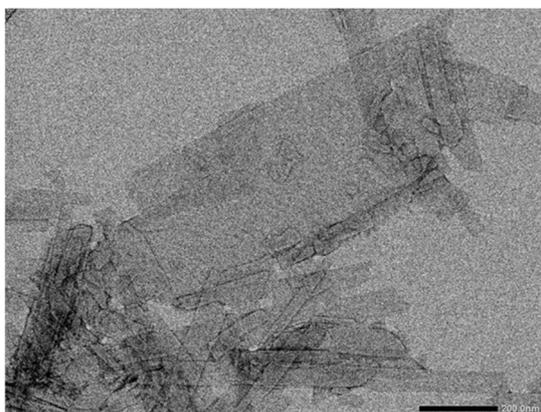


図 ③-3 CDP 合成セルロースの TEM 写真

(2) 酵素合成用宇宙実験容器の検証

次に宇宙合成実験に先だって、各種セルロース合成反応容器を使った予備実験で合成されたセルロースの構造解析を行った(①b(6)参照)。

[実験方法]

コンフォーカルサイエンスグループから送付されてきた試料を、宇宙実験用容器から、注射針で抜き取った。これらの試料を、FTIR、複屈折カメラ、電子顕微鏡 (TEM, SEM) などで観察した。また、還元末端量を BCA 法で測定することにより分子数を決め、アンスロン硫酸反応で重量を定量することによって、一分子当たりの重量を計算し糖の重合度を決定した。

試料は、下表の組み合わせで充填し、20°Cに放置することで全体が混ざり、反応が開始する。終濃度 (5 mM セロビオース, 200 mM α -G1P, 10 μ g/ml Δ Cys-CDP) は同一に設定しており、この条件では、ほぼ一週間で反応は飽和するが、念のため 20~30 日間合成反応をすすめた。

| | 名称 | 下層 | 中間層 | 上層 |
|---|--------------|---------------------|------|--------------------|
| 1 | コントロール | Cellobiose, CDP | | α -G1P |
| 2 | 1% アガロース | Cellobiose, agarose | | α -G1P, CDP |
| 3 | アルカン隔壁 | Cellobiose, CDP | アルカン | α -G1P |
| 4 | アガロース+アルカン隔壁 | Cellobiose, agarose | アルカン | α -G1P, CDP |

[実験結果]

アルカン隔壁の場合には問題が発生しないが、アガロース入りの反応液からは、アガロースの混入を避けてのセルロースサンプルの取り出しが難しかった。

まずFTIRで測定したところ、いずれの試料も、II型セルロースに特徴的な、3500 cm^{-1} 付近の2本の吸収が観察された。

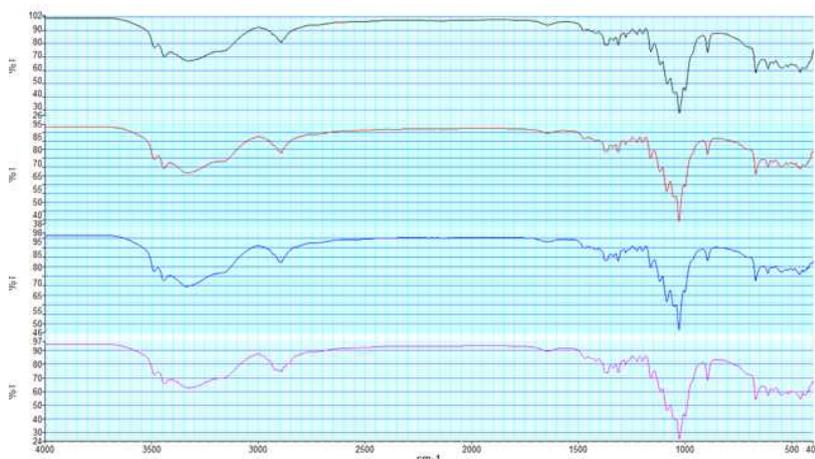
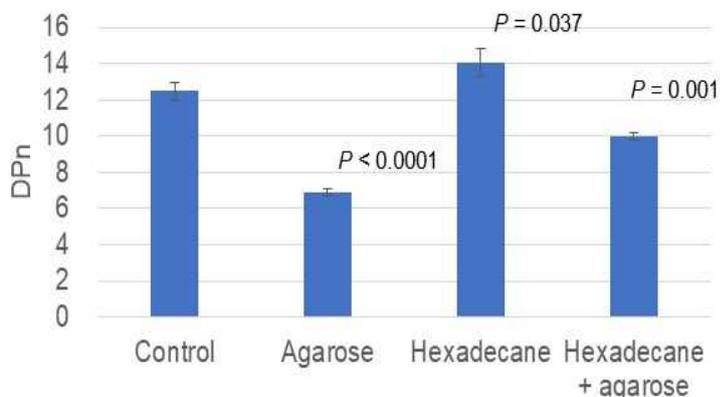


図 ③-4 RTIR スペクトル (上からサンプル1,2,3,4)

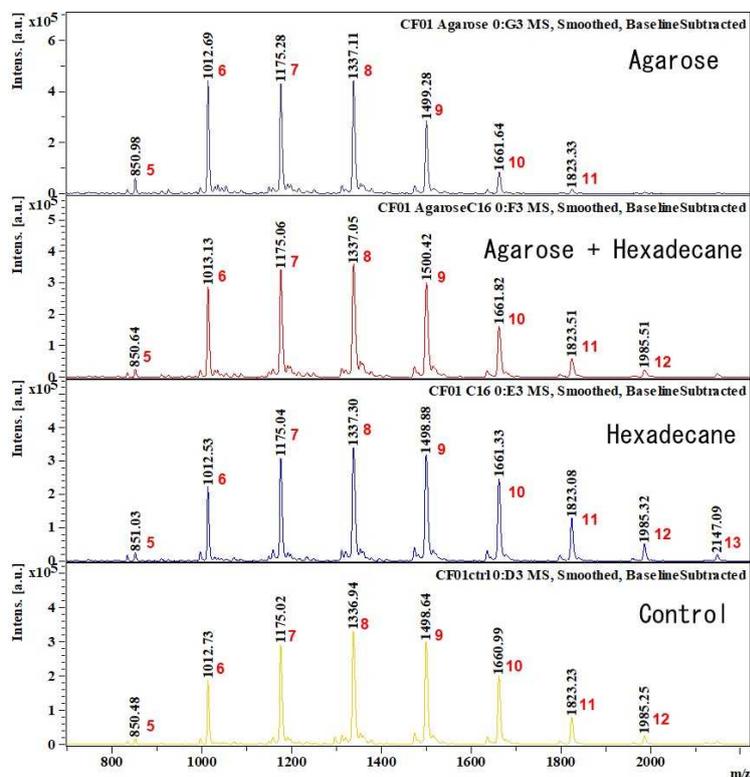
次に、アンスロン硫酸反応でサンプル中のセルロース重量をきめ、それをサンプルごとの還元末端量で割ることによって、それぞれの試料の見掛けの重合数を計測した。アガロース入りの試料の重合数が低く出ている。しかしこれは、アガロースの混入によって還元末端数が過多に測定された可能性もあり、さらに検討が必要である。

そこで、MALDI-TOF-MSによって、オリゴ糖の分析を行った。その結果、アガロースの添加により、糖の重合度がやや低下することが確認された。また、アルカンの添加により、重合度がやや大きくなる傾向も示唆された。これらの点については、経時的な分析を行うなどの、さらに厳密な比較実験が必要である。

複屈折カメラで球晶構造を観察した。アンスロン硫酸反応の結果をもとに、濃度を1mg/mlに合わせて、スライドガラスに滴下してカバーガラスで挟んだ状態で観察した。



図③-5 試料中の糖の重合数 (左からサンプル1, 2, 3, 4)



図③-6 MALDI-TOF-MSによるセルロース分子量の分析

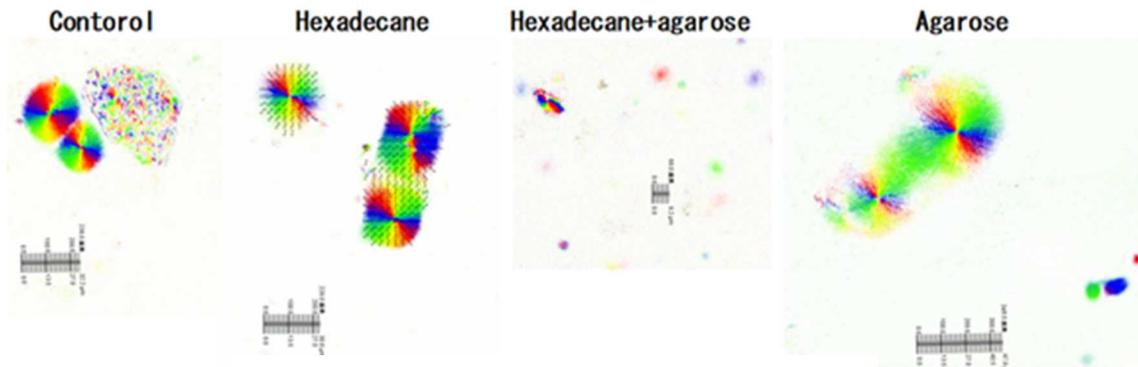


図 ③-7 複屈折カメラによるセルロース構造の観察

球晶の大きさはおよそ30-50 μm であった。コントロールおよびアルカン添加試料だと球晶構造は簡単に見つかったが、アガロース含有条件の合成産物では球晶の観察頻度が下がった。また、アガロース添加試料では、偏光主軸のそろった10 μm 程度の構造がしばしば見られた。ヘキサデカン添加の試料のセルロースの構造はコントロールに近いように見えたが、アガロースはセルロース構造にも影響を与える可能性が示唆された。

凍結乾燥して観察したSEMの画像からは、Controlとアルカン添加試料で見える球体構造は、大きさ的には偏光顕微鏡で見える球晶とよくマッチしていた。また、アガロース添加の試料で大きな構造体がやや多いように観察された。

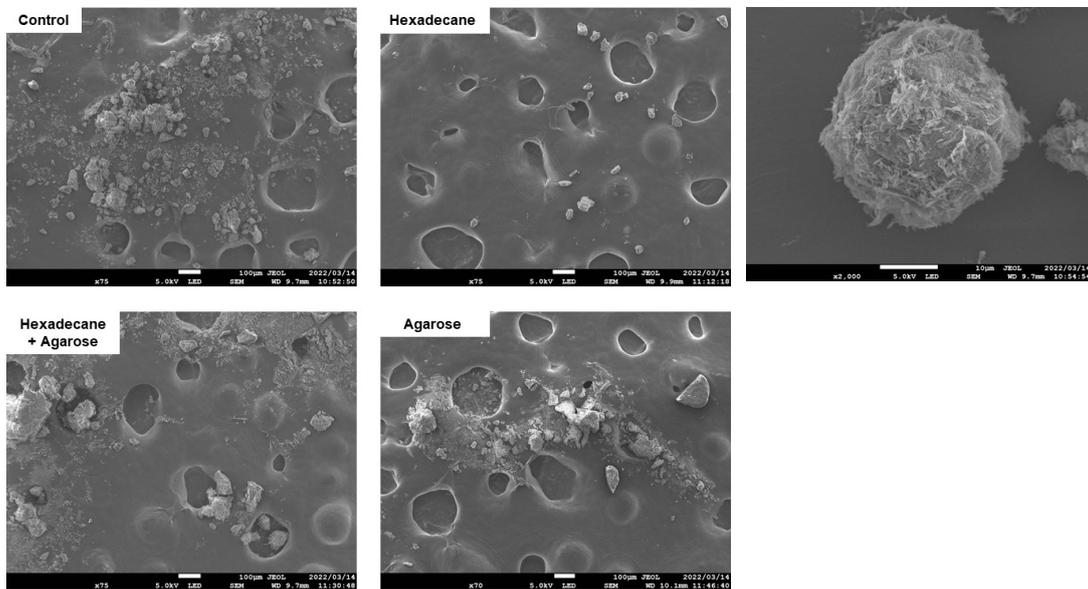
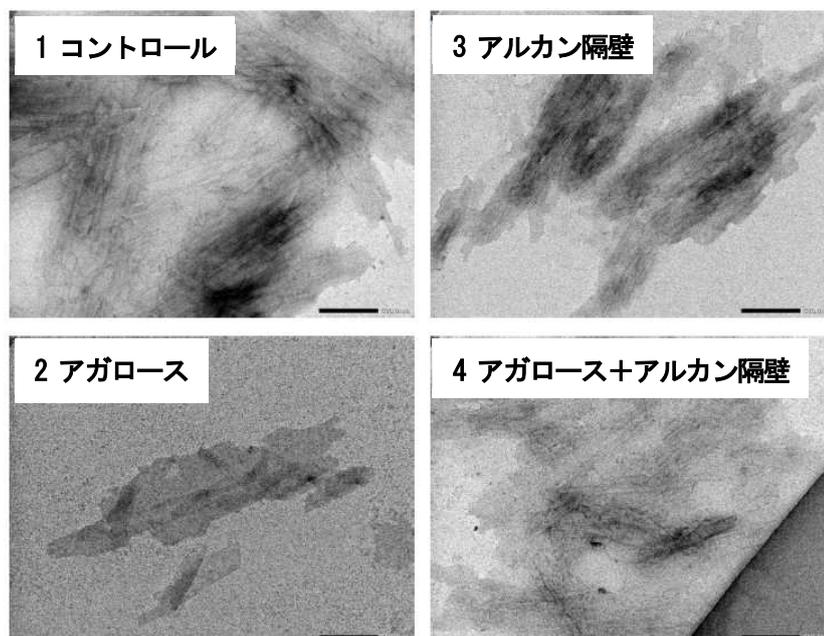


図 ③-8 電子顕微鏡によるセルロース構造の観察

一方、負染色によるTEMの画像からは、とくに、コントロールとアルカン隔壁の試料で激しい積み重なりが観察された。反応の酵素濃度を調節していく必要がある。



図③-9 電子顕微鏡によるセルロース分子構造の観察

以上の解析から、アガロースを使用することによって、セルロースの構造が若干変わらうる可能性が示された。令和4年度の宇宙実験に使用予定のアルカン隔壁法については特段の問題がないこと

が確認できたが、令和5年度に予定しているアガロースの使用については、その純度など、さらに検討が必要なことが指摘された。

(3) 酢酸菌によるバクテリアセルロース合成

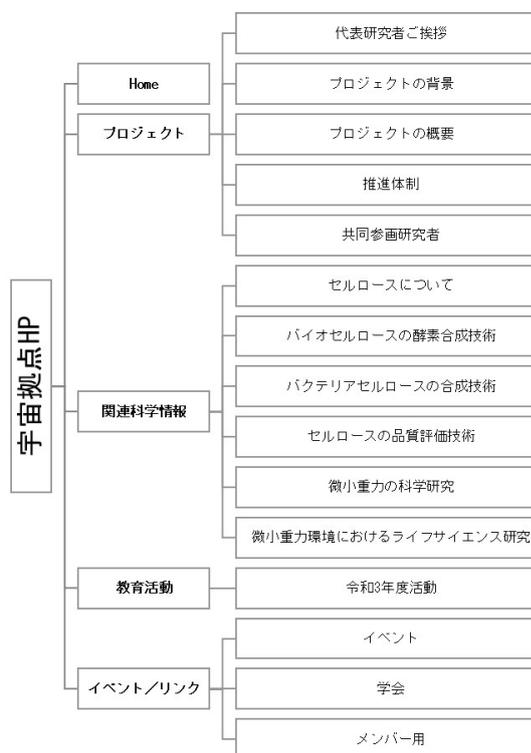
コンフォーカルサイエンスグループの産生する酢酸菌の電子顕微鏡観察を行い、アルカリ処理後の重量測定が適切に行われていることを確認した。

④基盤形成活動

a. 基盤ホームページの作成

(1) 基盤のホームページを2021年11月11日に立ち上げ、社会への発信を始めた(<http://spacecellulose.jp/>)。本事業や参加研究者の紹介のほか、セルロースに関する学術的な知見や、微小重力環境での科学・ライフサイエンス研究に関する現状と今後の展開をまとめた。ホームページの構成を右図に示す。

(2) 本事業に関連した広報用ポスターパネルを作成した。次年度以降、学会やシンポジウムにて本ポスターパネルを展示し、本事業の広報を図る予定である。(添付資料1 ポスターパネル)



b. キックオフ研究会

国際的な研究の現状と、本研究チームの取り組みを、産官学に理解してもらう機会として、キックオフ研究会を令和4年3月28日に開催した。時期的にWeb開催としたが、かえって海外の研究者や宇宙事業関係者に発信する機会として、広く実施できた。海外の日本人研究者にも参加いただき、活発な議論がなされた。

参加申込者は92名(内訳は、企業40名、大学・教育機関27名、大学生・大学院生12名、省庁等5名、その他研究機関等8名)。事前の本拠点ホームページにある開催パンフレットのダウンロード数は480回で、関心の高さが表れていた(添付資料2 開催パンフレット)

c. 学生、企業向け研究会

本年度は東京大学農学部のOne Earth Guardians(地球医)育成プログラムと共催で実施した。令和4年3月1日に開催された第8回LUC Lecture「宇宙のSDGsと地球のSDGs～宇宙でつくって宇宙でこわす持続可能なものづくり～」にて、宇宙船地球号としての今後の地球を考えるとともに、宇宙ステーションや地球外での活動にどのような未来があるかを議論した。(添付資料3)

講演者は、代表研究者の東京大学五十嵐圭日子教授、有人宇宙システム株式会社の張替真理亜宇宙飛行士トレーナーであった。他にも、「グラフィックレコーディング」(添付資料4)を取入れ、Web開催でも講演やディスカッションの内容をリアルタイムにグラフィックで可視化できるようにした。参加申込者は84名(内訳は、東大学生41名、企業・NPO等関係者17名、大学教職員他26名)であった。

また、SDGsな素材としてのバイオセルロースに親しんでもらうために、来年度以降の研究会では簡単な実験キットを配布して、ハンズオン研究会とする可能性を検討している。本件については、今年度はセルロースの合成反応をワンクリックで実施できるような容器について試作を進めた。

3. まとめ（到達度、波及効果）

①酵素合成技術開発

a. 酵素学的な開発

セロデキストリンフォスホリラーゼ(CDP)を用いた宇宙空間におけるセルロース合成実験の結果を総合すると、宇宙環境は CDP を用いたセルロース合成における μm オーダーのセルロースネットワーク形成に影響を与え、凝集や部分的な沈降の無い、均一なセルロース系ゲルの形成を引き起こすことが確認された。宇宙空間で合成されたセルロースゲルは地上帰還時に生じる衝撃や重力によっても構造が破壊されていなかった事からある程度の強度を有しており、新しい材料創生手法としての可能性が示されたと考える。

b. 宇宙実験に関わる開発

均一なセルロースをより大量に宇宙で合成することを目的として検討を行った。令和4年度に Kiraraでの宇宙実験を実施するための、宇宙実験容器とその内部に仕込むアルカン隔壁法を開発した。これらの方法により、酵素および基質濃度の経時的な調節ができ、容器内全体にセルロースを合成できる。東大グループより分与された $\Delta\text{Cys-CDP}$ を用いて、反応溶液条件の検討を行い、微小重力下で重合度の高いセルロースを3週間程度にわたって合成する反応溶液条件にめどをつけた。東大グループからの要望で反応容器に改良を加えたので、来年度は改良容器と打ち上げに供するロットの酵素液を用いて、宇宙実験条件の最終確認を実施する。

また、令和5年度以降の実験のために、微小重力下における二段階実験デバイスの設計と試作に着手し、アガロースを利用する方法を検討したが、京大グループより問題点の指摘を受けた。来年度はこの方法をさらに改良する。

②微生物合成技術開発

a. 微生物学的な開発

セルロース合成菌には絶対好気性菌である酢酸菌や通性嫌気性菌であるエンテロバクターなど様々なものが存在している。微小重力空間の環境条件を踏まえながら地上において、セルロースを生産するための菌体の選抜や培養条件の確立を検討した。

各種の菌株を比較検討したところ、各種の菌株で生産するセルロース繊維の形状や太さに大きな差はないことがわかった。ATCC53582株は、セルロース生産量が最も多く、また、宇宙実験条件での20°Cでのセルロース生産にも適した菌株であった。この菌株を適切な菌数で植菌することによって、植菌4日後から14日間にわたるセルロース生産をさせることができた。地上に戻ってくる4週間後には培地中のグルコースを消費しきっているために、帰還後の合成活性を気にする必要がないことも明らかになった。

b. 宇宙実験に関わる開発

令和4年度の宇宙実験では閉鎖系で酢酸菌を培養する計画であり、限られた酸素でゆっくりとバイオセルロースを産生する菌株と、培養条件を決定する必要がある。この目的で、北大グループが選定したATCC53582株を再検討した。この菌は、令和4年度の宇宙実験容器内で2週間の低温輸送に耐えることを見出し、また、その後の培養で宇宙実験期間にセルロース生産を行わせるような培養条件を決定することができた。

令和4年度には含酸素槽を封入した密閉容器でのバイオセルロースの生産を計画しているため、含酸素槽を封入した宇宙実験容器を作成し、この容器内でATCC53582株にセルロース合成をさせることに成功した。令和4年度の宇宙実験のプロトタイプは出来上がった。令和4年度には、合成したセルロースの物理化学的な解析を実施しやすくするために、容器をさらに改良する。

令和5年度には酸素透過性膜を利用した安定な含酸素槽を装着した容器でのセルロース生産を計画している。本年度は、酸素透過性膜の酸素透過性を測定して、低密度ポリエチレン膜でこれら容器を作成することを決定した。また、選定バクテリアの搭載可能性や酸素透過性膜での封入容器での搭載のための調整を、KIRARAを運営するJAMSS（協力機関）と開始した。

③バイオ素材評価研究

上記①および②課題の予備実験で合成されたセルロースの構造評価を行った。評価には、電子顕微鏡観察（負染色法による形態観察、電子回折）による結晶構造評価、複屈折定量顕微鏡による球晶のタイプ及び大きさの評価、赤外分光による分光学的結晶構造評価、小角X線散乱解析による平均径の評価、生化学アッセイなどを用いた。

その結果、 Δ Cys-CDPにより合成したセルロースは、負の球晶構造を示すことが示された。また、「①酵素合成技術開発」で令和4年度の宇宙実験を計画しているアルカン隔壁法で合成されるセルロースの物性は、標準酵素反応条件で合成されるものと差がないことが確認された。来年度は、宇宙合成品と地上対照品の物性比較を実施する。しかし、令和5年度に計画しているアガロースの利用に関しては、 Δ Cys-CDPの反応性に影響する可能性が示唆され、来年度以降、アガロースの品質や代価品について検討する必要があるが示された。

微生物合成技術開発に関しては、実験法の適切さを検証した。来年度は、酸素透過性膜内で培養した菌が生産するセルロースの物性について標準培養との比較を進め、さらに、宇宙合成品と地上対照品の物性比較を実施する。

④基盤形成活動

a. 基盤ホームページの作成

ホームページを立ち上げ、社会への発信を始めた (<http://spacecellulose.jp/>)。本事業や参加研究者の紹介のほか、セルロースに関する学術的な知見や、微小重力環境での科学・ライフサイエンス研究に関する現状と今後の展開をまとめた。本事業に関するパネルも作製した。

b. キックオフ研究会

令和4年3月28日に開催し、海外の研究者や宇宙事業関係者に発信する機会とした。

c. 学生、企業向け研究会

本年度は東京大学農学部の一地球卫士（地球医）育成プログラムと共催で、令和4年3月1日に開催した。来年度は、東京大学、京都大学、北海道大学で、それぞれ開催する。

以上

4, 添付資料 (会議資料など)

添付資料1 ポスターパネル

特別パネル バイオ有機素材の 宇宙リサイクルシステム開発

21世紀の素材開発は、環境負荷の観点が重要です。宇宙空間での実験は資源に限られるため、作った素材をいかに分解し再び資源にするかが大きなテーマです。このノウハウは、地球上での資源の生産・再利用にも応用できると考えています。

なぜセルロースなの？

1. 素材としての可能性の広さ
合成のしかたが変わると、硬い・柔らかい・薄い・厚い・透明度が高いなど、様々な形状・性質の素材を生産できる可能性があります。

2. 資源としての豊富さ
セルロースは地球上で最も豊富に存在する有機性資源です。そのため、実験・生産を支えるノウハウが蓄積されていることも理由の1つです。

バイオ有機素材の宇宙リサイクルシステム開発 拠点紹介

段階的に反応が起きる実験システムで
人の手を介さず実験が行われます。

詳細はこちらから

www.sasac.or.jp

コンフォーカルサイエンス
宇宙における実験装置作成・宇宙実験支援

五十嵐ラボ
東京大学大学院農学生命科学研究科
微小重力下における分解酵素逆反応を利用したセルロースナノクリスタルの生産

今井ラボ
京都大学 生存圏研究所
合成された物質の電子顕微鏡観察、X線散乱解析

田島ラボ
北海道大学大学院工学研究科
セルロース合成菌(酢酸菌・エンテロバクター)によるバクテリアセルロースの生産法確立

添付資料2 キックオフシンポジウム 開催パンフレット

文部科学省・宇宙航空科学技術推進委託費 宇宙連携拠点形成プログラム

URL <http://spacecellulose.jp>



日時 **令和 4年 3月 28日 15:00~17:30**

開催方法 **オンライン(要事前登録)**

お申込 



本プログラムでは、我が国の宇宙科学技術に関するポテンシャルを結集させ、持続的な研究開発体制、実用化促進、人材育成システムを有する産学連携拠点の構築を目的としています。当拠点の活動が、宇宙利用産業の発展、新産業の創出、社会的課題の解決に、どのように向き合っていくか、産学の関係者が集まり議論を深めるシンポジウムを開催します。

1. 開会挨拶 15:00 ~

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 **五十嵐 圭日子** (代表研究者)

2. プログラム開始にあたって 15:05 ~

京都大学大学院農学研究科教授、セルロース学会会長 **杉山 淳司**

東京大学未来ビジョン研究センター教授 グローバル・commons・センター長 **石井 菜穂子**

文部科学省研究開発局宇宙開発利用課 宇宙連携協力推進室長 **須藤 正幸**

3. 研究発表 15:20 ~

(座長：北海道大学大学院工学研究院准教授 **田島 健次** (分担研究者))

「宇宙木材研究 (LignoStella project) の紹介」

京都大学大学院農学研究科准教授 **村田 功二**

「宇宙で素材を作る意義」

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 **五十嵐 圭日子** (代表研究者)

4. 宇宙低軌道環境の産業利用に関する取り組み 16:20 ~

(座長：株式会社コンフォーカルサイエンス代表取締役 **田仲 広明** (分担研究者))

「兼松の地球低軌道利用に向けた取組」

兼松株式会社 航空宇宙部第四課 **高田 敦**

「三井物産グループの民間宇宙ステーション事業に向けた取組みについて」

三井物産 輸送機械第四部宇宙事業開発室プロジェクトマネジャー **山本 雄大**

「Kiraraサービスを用いたJAMSSのLEO商業化への取り組み」

有人宇宙システム株式会社(JAMSS)宇宙事業部次長 **佐藤 巨光**

5. バイオセルロースの産業利用 17:00 ~

(座長：京大大学生存圏研究所教授 **今井 友也** (分担研究者))

「微生物セルロースナノファイバーの量産と用途」

草野作工株式会社 事業部事業部長 **松島 得雄**

6. 閉会挨拶 17:25 ~

京大大学生存圏研究所教授 **今井 友也** (分担研究者)

宇宙連携拠点形成プログラム事務局

MAIL info@spacecellulose.jp



LUC Lecture

Learn and Unveil through Conversation

LUCには「光」という意味があります。講師の話聞き、対話することで、これまで見えていなかったこと・知らなかったことに目を向け、考える「=光をあてる」ための学びの場です。

宇宙のSDGsと地球のSDGs

宇宙でつくって宇宙でこわす 持続可能なものづくり

張替 真理亜

有人宇宙システム株式会社 / JAMSS
宇宙飛行士訓練インストラクタ

五十嵐 圭日子

東京大学大学院農学生命科学研究科・教授

モデレーター：広田 恵理華 (株式会社コンフォーカルサイエンス)

開催日時：2022年3月1日(火) 17:00 - 19:00

開催方法：オンライン (要事前登録)

参加登録



講演やディスカッション内容をリアルタイムにグラフィックで可視化する「グラフィックレコーディング」を行います
グラフィックレコーディング：グラフィックカタリスト・ピオトープ 松本花澄、佐久間彩記

国際宇宙ステーション(ISS)での研究をはじめ、宇宙空間の開発と利用が進んでいます。宇宙で行う実験は地上とは関係がないように思えるかもしれませんが、「宇宙船地球号」と言われるように、地球そのものが宇宙に浮かんでいるやや大きめの宇宙船であり、その中の資源循環や物質収支は、ISSのそれと大きさ以外の違いはほとんどありません。宇宙でどのようなものを作り、どのように人間が生きていくかが考えられなければ、地球で私たちが持続的に生きていくことも難しいと言えるのです。

例えば宇宙船でプラスチックを使おうと思ったとき、地球の中から振り出された原料をもとに地球上で合成したプラスチックを、宇宙に送って使うというような状況に持続性はあるのでしょうか?このような課題が、実はいま地球上に暮らす私たちの社会とまったく同じであることに、皆さんも気づくと思います。このような「ものづくり」の仕方は今後立ちゆかなくなります。私たちは、新しいものづくりの方法を手に入れなければならないのです。

今回は、JAMMS 張替真理亜さんより有人宇宙利用の現場や実情をお話しただくとともに、宇宙でバイオ有機素材を作りそして循環させることにチャレンジしようとしている私たちの研究プロジェクトについて触れながら、皆さんと一緒に、宇宙と地球の循環型ものづくりを考えたいと思います。

※ この企画は文部科学省 地球観測技術等調査研究委託事業「バイオ有機素材の宇宙リサイクルシステム開発」と東京大学 One Earth Guardians 育成プログラムによる共催です



ONE EARTH GUARDIANS
育成プログラム

One Earth Guardians育成プログラム事務局
office@one-earth-g.a.u.tokyo.ac.jp



