

京都大学大学院 工学研究科 附属桂インテックセンター 持続可能な高分子材料科学の確立

プロジェクト代表：沼田 圭司（材料化学専攻）

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

目的

本研究では、アミノ酸から成るポリアミノ酸やポリペプチドの構造と機能の相関を明らかにすることで新たな学問分野を創出し、タンパク質材料や植物素材を環境低負荷型・資源循環型の新規材料として確立することを目指します。

- 人エekom系のようなポリアミノ酸を、構造材料として自動車部材などへ実用化する研究
- 植物オルガネラを改変することで、植物を利用した新規高分子素材を創出する研究、さらに要素技術を利用して医療用ナノマシンを創出する研究
- 天然ゴムの代替材料となる新規高分子および架橋分子の開発
- 空気と海水から高分子素材を合成する、光合成代謝システムの構築
- 上記4つの研究から創出した新規高分子材料の環境分解性を評価する研究

主要構成員

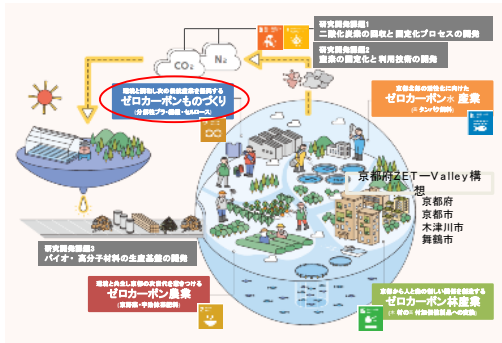
沼田 圭司	教授（代表）	小田原 真樹	特定准教授
大前 仁	講師	Simon Sau Yin Law	助教
寺田 佳世	特定講師	辻 優依	助教
野村 幸汰	特定助教	Shamitha Rao Yagi	特定助教
鈴木 美紀	特定研究員	福留 明日香	特定研究員
Dan Xu	特定研究員	Shruthi	特定研究員
Huang Shengchen	特定研究員	Tamanna Malick	特定研究員

外部資金の獲得状況

- ゼロカーボンバイオ産業創出による資源循環共創拠点（JST COI-NEXT）
- どのように核酸の高次構造は形成し機能するのかを予測する（科研費基盤S）
- オルガネラへの核酸および生理活性分子導入（科研費学術変革領域研究）

令和7年度の研究活動及び主な成果

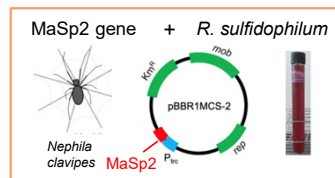
バイオテクノロジーから化学プロセスに至る革新的な物質循環技術をもとに、ゼロカーボン社会とそれを支えるゼロカーボン産業の構築を目指すプロジェクトが一昨年度から立ち上がりました。本年度は特に、ゼロカーボンものづくりに取り組みました。



● 海洋性光合成細菌を用いたものづくり

Suzuki et al. *NPG Asia Mater.* (2026)

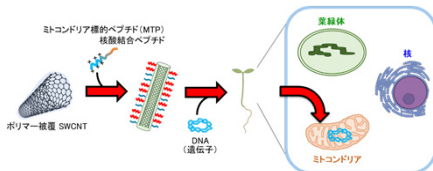
CO₂固定とN₂固定経路を利用したクモ糸タンパク質の産生



- 紅色非硫黄光合成細菌 *R. sulfidophilum* を、遺伝子組み換えタンパク質の発現宿主として利用
- 優れた繊維であるMaSp2クモ糸タンパク質を光合成と窒素固定により産生
- 海水を基本培地として使用し、持続可能な物質生産を目指す

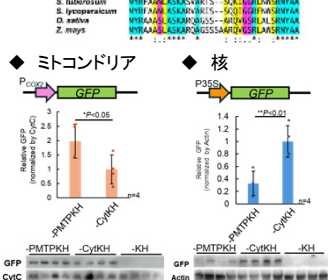
● 植物におけるものづくりの基盤技術

ペプチド修飾単相カーボンナノチューブ (SWCNT) を用いた植物ミトコンドリアへの遺伝子輸送



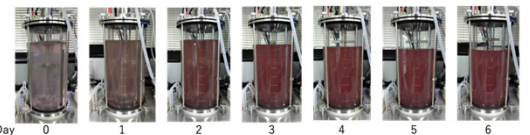
● 植物HSP60由来のミトコンドリア標的ペプチド(MTP)の改良

Abe et al. *ACS Chem Biol.* (2024)

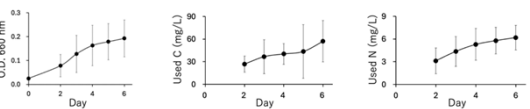


MTPの改良によってミトコンドリアへの遺伝子送達効率と選択性の向上を達成した。

- 人工海水
- 炭素源: CO₂ガス (0.15 L/min)
- 窒素源: N₂ガス (0.35 L/min)
- 電子供与体: 10 mM Na₂S₂O₃
- pH調整剤: 約260 mL 1M NaOH aq.

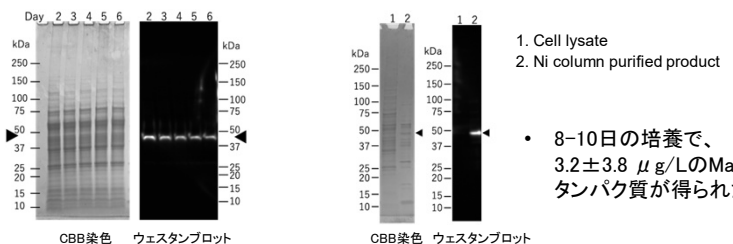


細胞の増殖と細胞に取り込まれるCとN量の間には、およその相関関係がみられました。



◆ 培養におけるMaSp2タンパク質の蓄積

◆ MaSp2タンパク質の精製



1. Cell lysate
2. Ni column purified product

- 8-10日の培養で、 $3.2 \pm 3.8 \mu\text{g/L}$ のMaSp2タンパク質が得られた

これまで、独立栄養条件下でクモ糸タンパク質を発現させることはできませんでしたが、還元硫黄化合物Na₂S₂O₃（電子源・硫黄源）を添加したところ、細胞の増殖とクモ糸タンパク質の発現が確認できました。