

光スイッチ型海洋分解性の可食プラスチック の開発研究

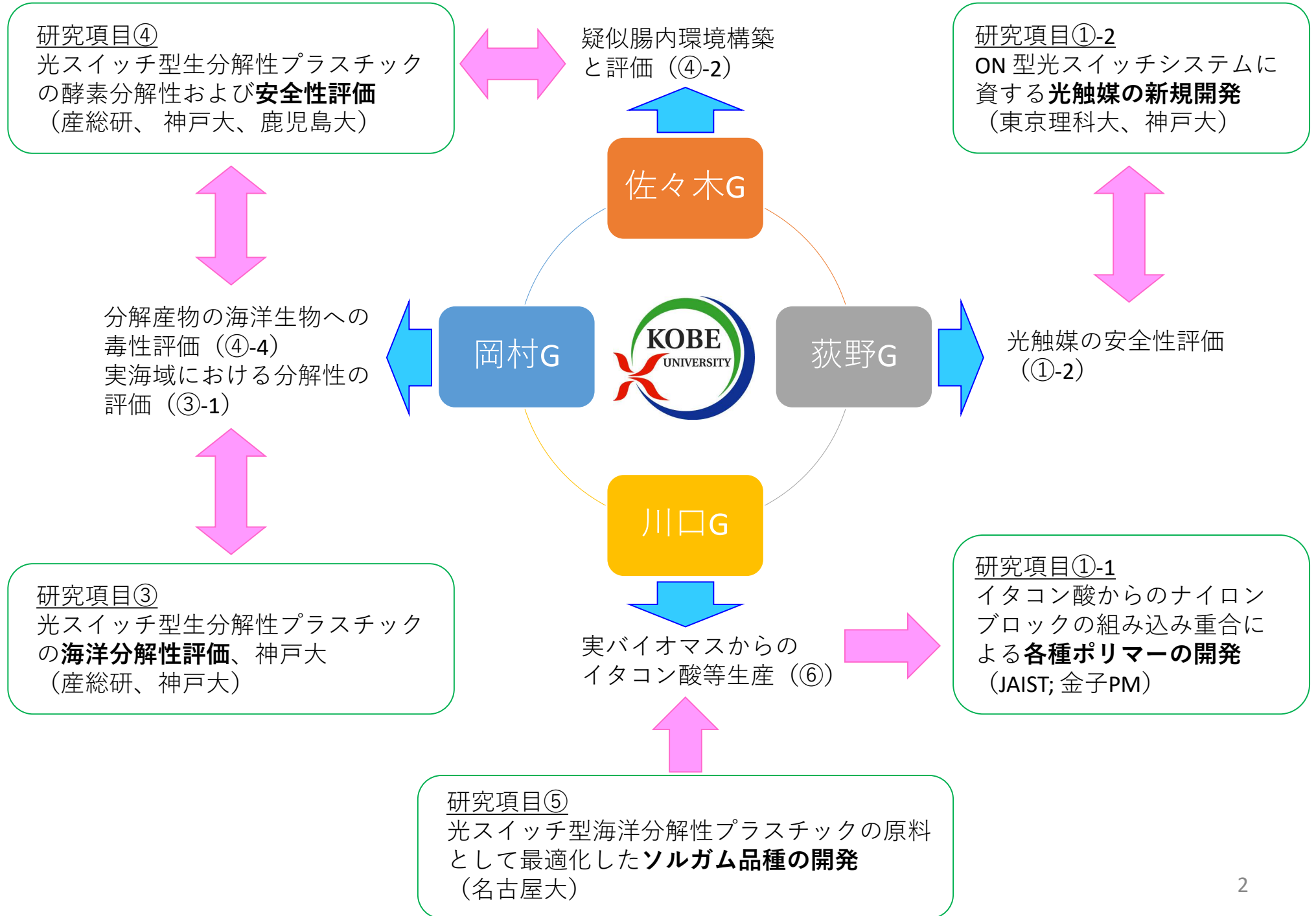
発表者：岡村 秀雄、佐々木 大介、荻野 千秋、川口 秀夫（神戸大学）

PM：金子 達雄

国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

PJ参画機関：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学、国立大学法人神戸大学、
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、国立大学法人鹿児島大学、
学校法人東京理科大学、国立大学法人東京農工大学、
国立研究開発法人産業技術総合研究所、地方独立行政法人大阪産業技術研究所

研究体制

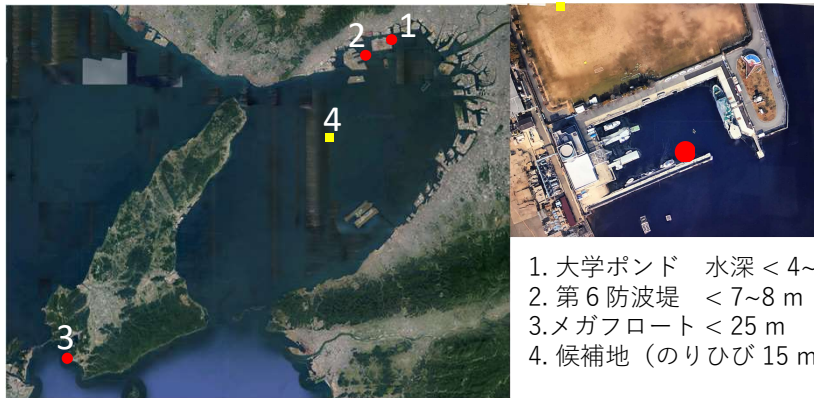


課題③ 光スイッチ型生分解性プラスチックの海洋分解性評価

課題④ 光スイッチ型生分解性プラスチックの酵素分解性および安全性評価

③-1 実海域における分解性の評価（神戸大、産総研）

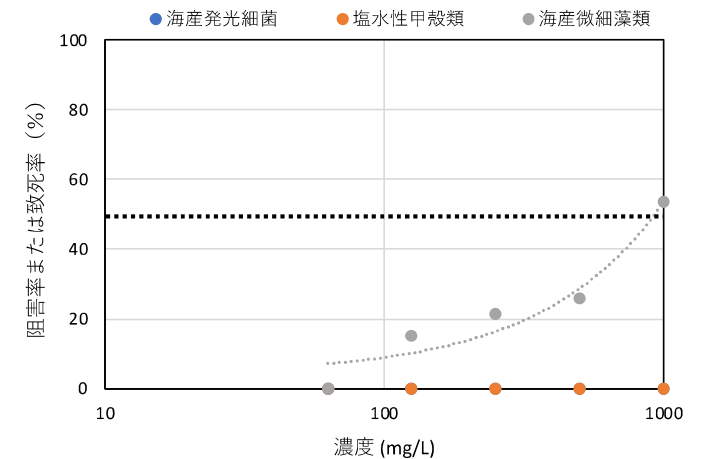
- ・ **開発内容**：課題①で開発されるポリマーの実海域における分解性を評価し、結果を課題①にフィードバックする。
- ・ **最終目標**：複数の試験地の数段階の水深において、供試試料が深度（太陽光強度）に応じた海洋分解性を示すことを実証する。
- ・ **現時点での主な成果**：神戸大学深江キャンパスの船舶係留地（水深1m）に光スイッチ型プラスチックを浸漬して2週間後に重量を測定し、光触媒による抗菌性を確認した。また、神戸港第6防波堤、南あわじ市のメガフロートで浸漬試験を実施するための準備を完了した。



大阪湾での試験地

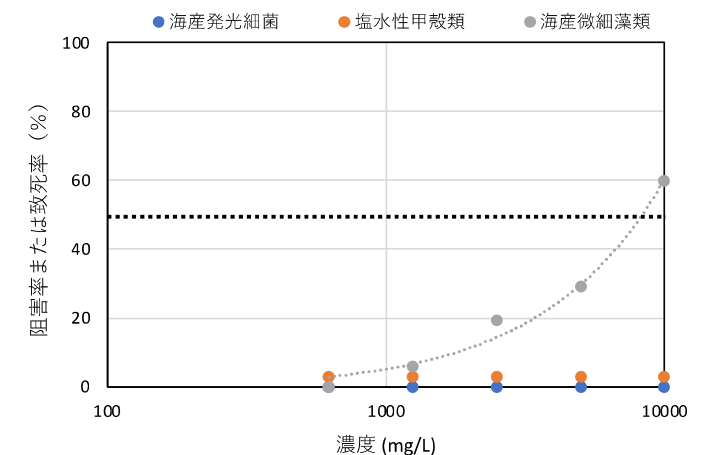


実海域での浸漬



④-4 分解産物の海洋生物への毒性評価（神戸大、産総研、鹿児島大）

- ・ **開発内容**：課題①で開発されるポリマーに由来する分解産物の生態リスクを評価し、結果を課題①にフィードバックする。
- ・ **最終目標**：分解産物が藻類、甲殻類、魚類などの水生生物に及ぼす影響を生態毒性試験によって評価し、推定無影響濃度(PNEC)を算出する。環境分解性などを考慮して推定残留濃度(PEC)を求め、生産量に応じたPEC/PNEC比から生態リスクを推定する。
- ・ **現時点での主な成果**：2種類の分解産物について海産水生生物に対する毒性を評価した結果（右グラフ）から、アセスメント係数を1000としてPNECを0.9 mg/L, 8.0 mg/Lと算出した。これらの濃度以上で水環境に残留する場合には生態リスクがあると判断される。



アミノ酸型1量体の生態毒性

④-2 疑似腸内環境における分解性および安全性評価

分解性や菌叢構造変化を指標にして、海洋性動物の疑似腸管モデルによる安全性評価系を構築する

これまでの開発項目・成果 (2020-22年度)

ヒト大腸の腸内細菌を模擬したモデル培養系を用い、分解性・安全性の評価方法を構築する

神戸大はヒト腸内細菌叢モデルを構築済み

ヒト大腸
腸内菌叢の再構築



- 全菌株(500-1000種)を保持
- 個人ごとの菌種の多様性を維持

試料ID	培養時間 (h)	菌種数	Shannon係数
モデル培養:	30	1192	4.30
糞便:	-	1198	5.11



従来の素材機能性評価

- 哺乳動物実験: ヒトとの結果の齟齬
- ヒト介入試験: 倫理的・費用的問題

本モデルは腸内細菌叢やその代謝に与える添加素材の安全性を簡易的に評価可能

プラスチック素材のヒト腸内細菌による分解性評価



ヒト腸内細菌叢モデル

解析項目

1. 分子系統学的解析

→ NGSを用いた16S rRNA遺伝子シーケンスによる菌叢解析



2. 代謝物解析

→ 培養液中の微生物代謝物の検出

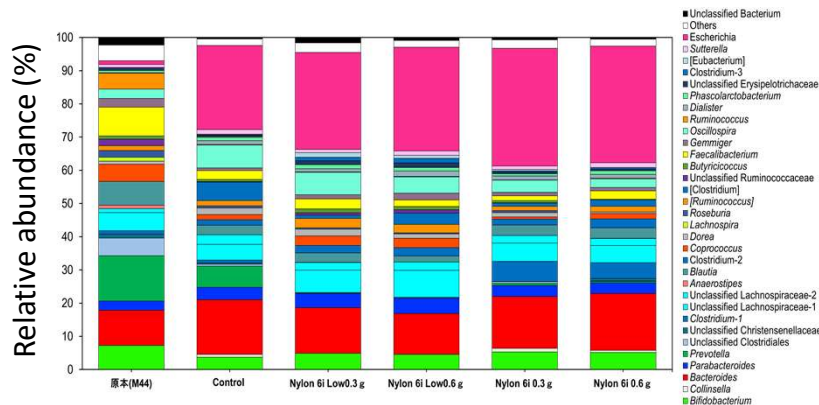


3. 物理化学的分析

→ 全炭素有機物量(TOC)浮遊物質(SS, VSS)



1. 腸内細菌叢、多様性に大きな影響はない



2. 短鎖脂肪酸* 産生に大きな変化はない

* ヒトの健康に特に影響する物質

	Control	Nylon 6i L 0.3%	Nylon 6i L 0.6%	Nylon 6i 0.3%	Nylon 6i 0.6%
酢酸 (mM)	97.5	99.3	105.6	87.8	94.8
プロピオン酸 (mM)	28.1	24.6	26.7	25.2	29.6
酪酸 (mM)	20.7	18.2	16.0	33.6	27.6

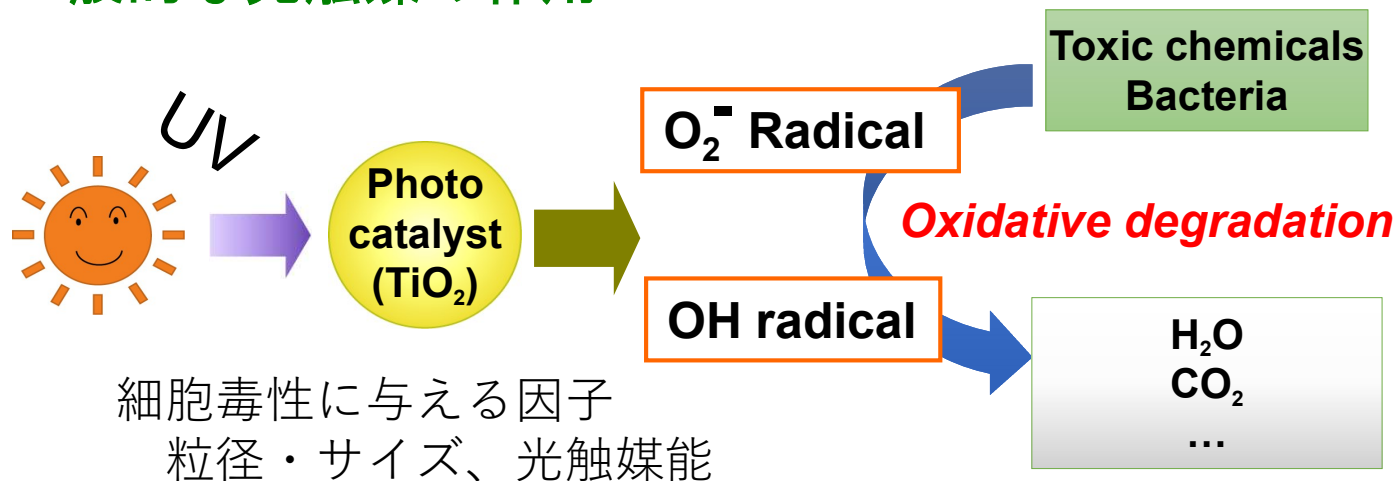
3. TOC除去量の変化にNylon 6i投与が影響していない

	培養前 (mg/L)	培養後 (mg/L)	除去量 (mg/L)
Control (非添加)	16,000	13,500	2,500
Nylon-6i-L (0.3% 添加)	16,500	15,000	1,500
Nylon-6i-L (0.6% 添加)	19,500	17,000	2,500
Nylon-6i (0.3% 添加)	15,500	12,500	3,000
Nylon-6i (0.6% 添加)	16,500	14,179	2,321

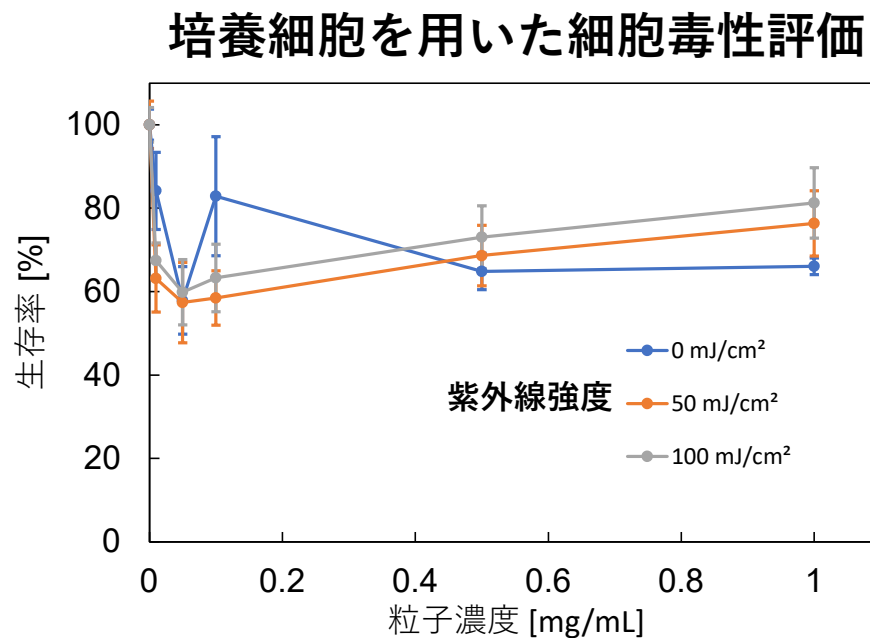
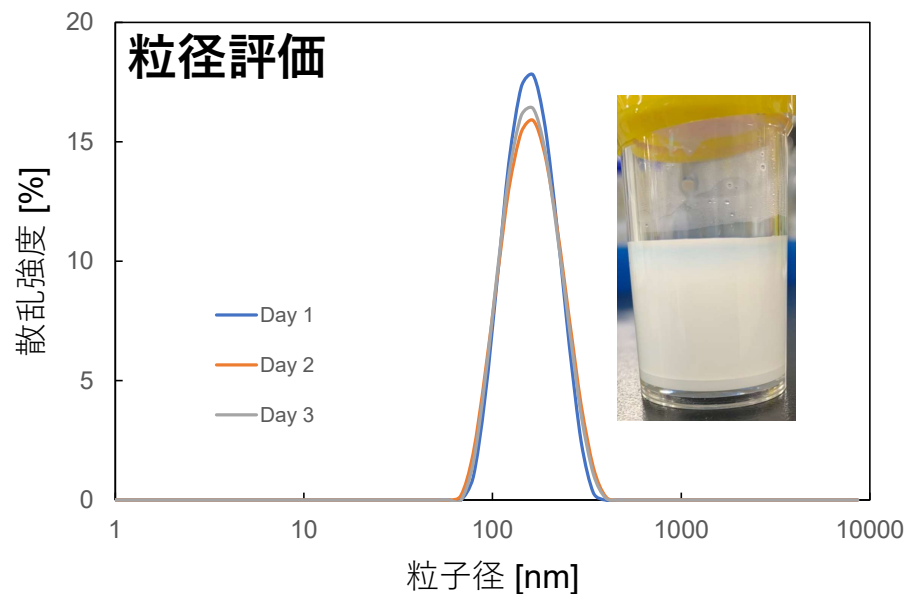
→ ヒト摂取による分解および腸内細菌への影響は少ないことが予想された

課題①-2 光触媒の安全性評価

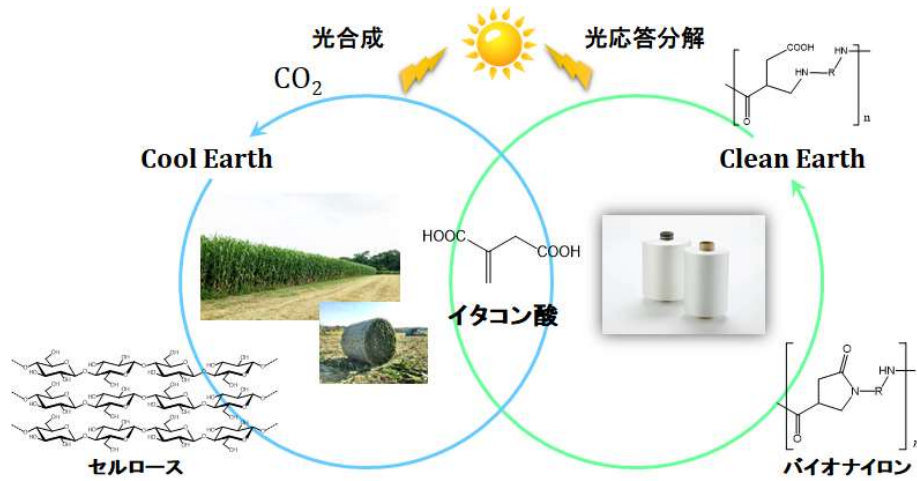
一般的な光触媒の作用



ON型光触媒(ニオブ酸ナトリウム)の特性解析



課題⑥: 実バイオマスからのイタコン酸等生産



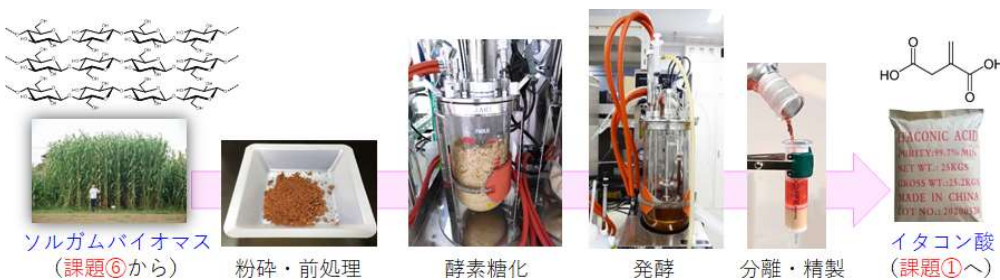
非可食かつ再生可能な資源であるソルガム残渣からイタコン酸を生産し、生分解せプラスチック原料として供給する、新しい生産体系の構築

⑥-2 微生物創製および発酵最適化支援ツールの開発

- 開発内容：イタコン酸発酵に最適な微生物のデザインと発酵生産最適化を支援するために、発酵生産の条件と生産スコアにもとづいた帰納的推論による**計算科学ツール**を開発する。
- 最終目標：イタコン酸に加えヒドロキシカルボン酸など新規な前駆体候補物質の生産に拡張した、FBAモデルを構築する。
- 現時点での主な成果：Flux balance analysisによる帰納的推論から、イタコン酸生産を最大化する**2つの微生物代謝経路（増殖連動型と増殖非連動型）**をデザインした。

⑥-1 バイオプラント適合型”ソルガムの酵素糖化技術開発

- 開発内容：課題⑤より提供される最適化したソルガムを材料に**糖化効率が高い品種を選定**し、また効率的**酵素糖化プロセスを開発**する
- 最終目標：イタコン酸発酵において発酵阻害の低い酵素糖化液の調製方法を決定する。また、最適なソルガム品種が低発酵阻害を示す要因を明らかにする。
- 現時点での主な成果：
複数品種のソルガムバガスから、いずれも**糖化効率90%以上を達成**した。また、さまざまなバイオマスからのバイオプラスチック生産に関する論文を発表した (Kawaguchi, et al (2022) Bioresour Technol., 344(Pt B):126165.)



⑥-3 イタコン酸を効率的に生産可能な新規低炭素プロセスの開発

- 開発内容：**二酸化炭素の発生とエネルギー消費を抑えた低炭素プロセスを開発**するために、低酸素条件に適合した生産菌を開発し、イタコン酸の高効率な発酵生産技術を開発する。
- 最終目標：ソルガムバイオマスから生産する**“ON型/OFF型光スイッチ分解性プラスチック”**原料化合物の収率**0.3 g/g**を達成する。
- 現時点での主な成果：**酸素供給を制限**した低炭素プロセスとその**適合生産菌を開発**した。

