

# 川崎市環境技術産学公民連携公募型共同研究事業

【研究テーマ名】

「複合発酵を利用した  
廃プラスチック減容化技術の開発」

令和5年 3月 10日

J&T環境株式会社

## 廃プラスチックに関する課題

・中国のプラスチック輸入制限 (2017年)  
国内廃プラの適正処理

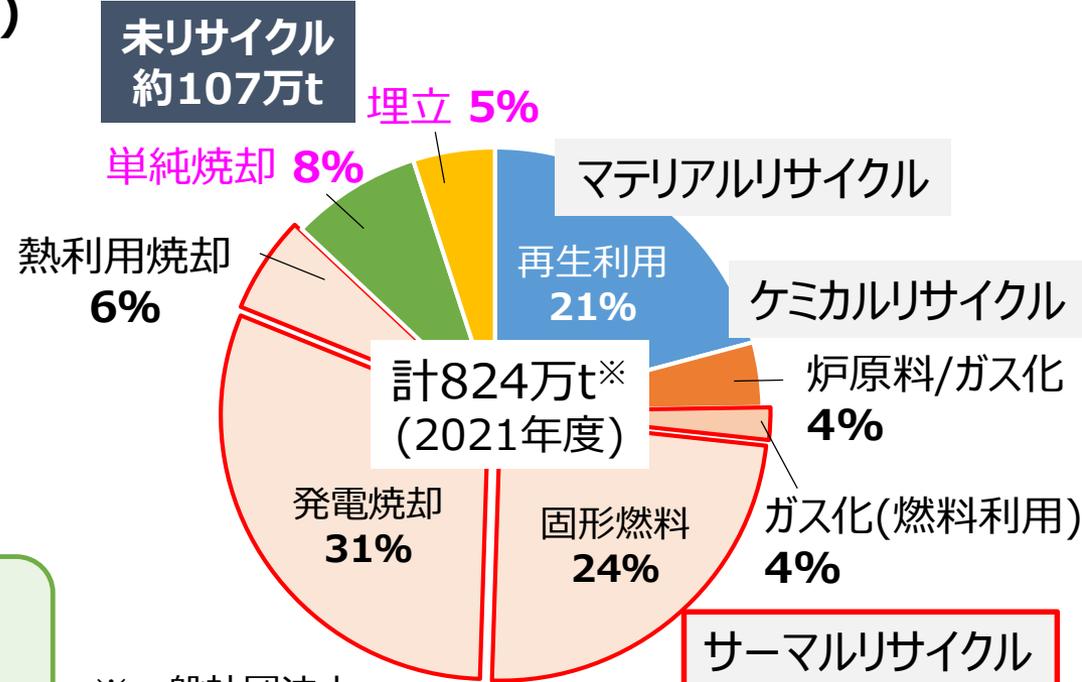
・海洋プラスチック問題  
環境中にプラスチックゴミが流出



## 国・自治体の取り組み例

- ・環境省 プラスチック資源循環戦略  
2035年までに100%リユース・リサイクル
- ・第6次川崎市産業廃棄物処理指導計画  
3Rの推進、環境技術の開発を推進

## 国内のプラスチック循環



※一般社団法人  
プラスチック循環利用協会資料より

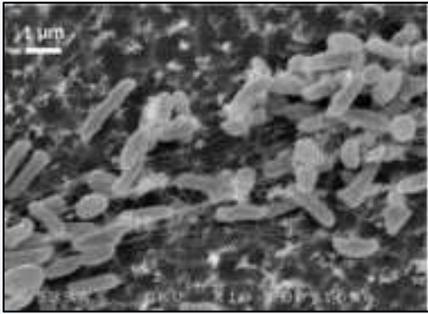
- ・設備の建設、運転、メンテナンスにコストがかかる
- ・焼却によりCO<sub>2</sub>が発生

廃プラスチックを低コスト・低環境負荷で処理する新しいプロセスの開発が必要

プラスチック自体または添加剤を栄養源として分解する微生物であり、海外含めて数種類発見されているが、**未だ実用化には至っていない**

## 例1. PET分解菌

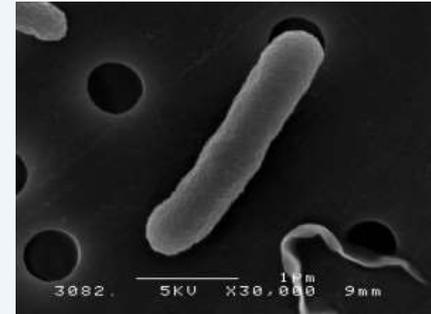
*Ideonella sakaiensis* 201-F6株



Yoshida S. *et al.* Science vol.351 6278 (2016)

## 例2. 難燃性物質分解菌

*Sphingobium* sp. TCM1株



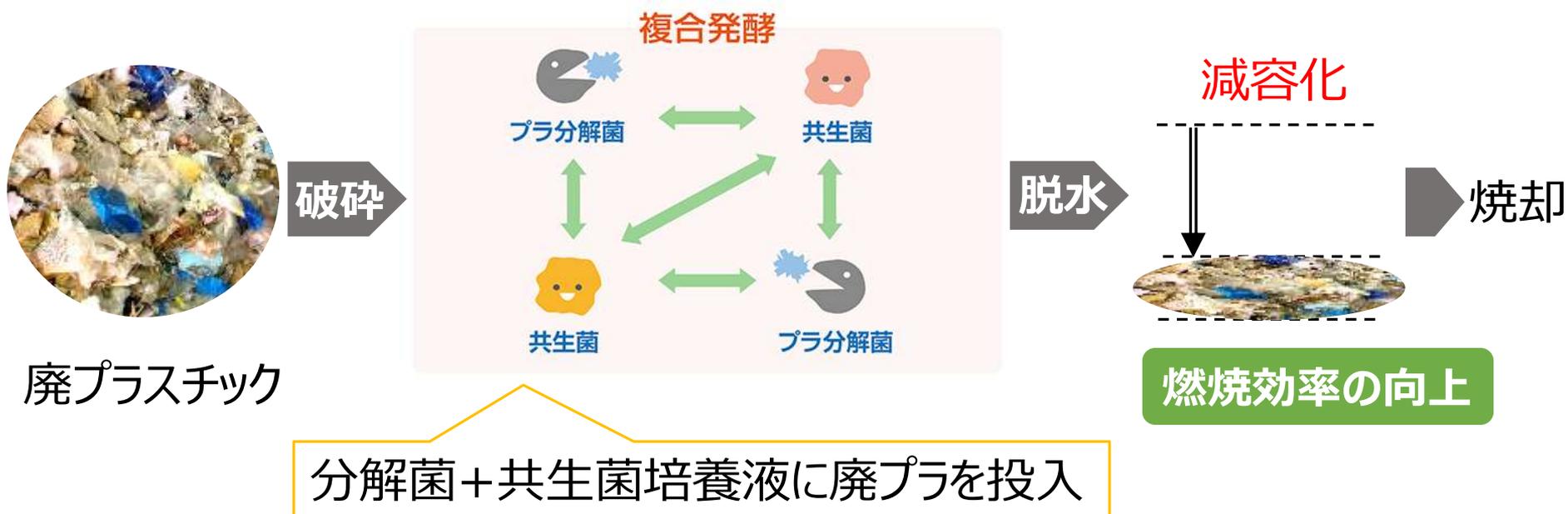
国立大学法人 長岡技術科学大学 HPより

## 実用化への課題

- 1) **環境への不適合**や**他の微生物との競合等**により、安定した生育環境の構築および分解能の維持が困難
- 2) **生育**および**プラスチック分解速度**が遅い
- 3) 分解可能な**プラスチックの種類**の**制限**がある

**複合発酵**とは、相性の良い微生物を**複数種**組み合わせる発酵。  
微生物同士の**共生環境**を構築し、**安定した発酵**が可能となる。

## 複合発酵技術の実用化例イメージ



焼却の前処理として導入することで**低コスト・低環境負荷**での処理が可能となる

## 期待される効果

1. 廃プラスチックが**減容化**(体積の縮減と軽量化)し、**焼却炉で処理可能な容量が増えることによる焼却炉の処理能力向上により、国内に滞留している廃プラスチックの処理が可能**
2. 一部の廃プラスチックに含まれる難燃性物質を分解(**易燃化**)することで**焼却時の助燃材使用量が減るため排出CO<sub>2</sub>量を削減**

## 川崎市への貢献

川崎市内で**最終処分**される廃プラスチック(約21.1%※)を**削減**して**再生利用可能な廃プラスチックの割合を増やす**ことが期待される

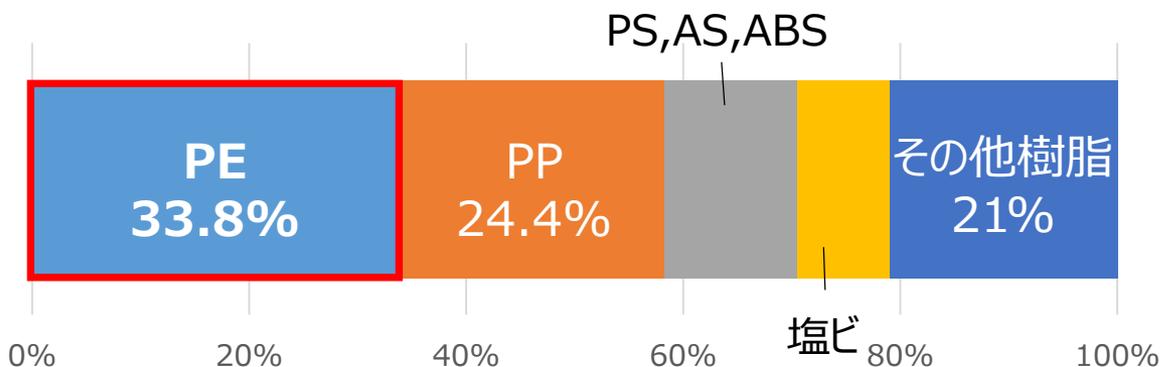
※第6次川崎市産業廃棄物処理指導計画より

# 5. 分解の対象とするプラスチック

本研究では、**PE** (ポリエチレン) を分解の対象とする

2021年度廃プラ総排出量 (824万t) の内訳※

※一般社団法人  
プラスチック循環利用協会資料より

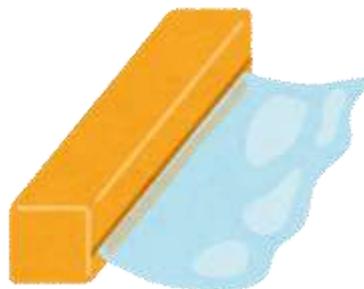


全廃プラ総出量のうち、**PEが約 1 / 3 程度**を占める

## PEの主な使用例

**低密度ポリエチレン**

レジ袋、ラップフィルム、食品包装 等



**高密度ポリエチレン**

シャンプー容器、バケツ 等



## SETP1

基礎技術  
確立

### プラスチック分解技術の確立（2020～2022年度）

1. 環境中(廃プラ置き場等)の廃プラスチックから微生物を分離
2. PE分解菌候補株を分離
3. 複合発酵菌候補株の選抜
4. PE分解菌 + 複合発酵菌株のPE分解能の確認
5. 複合発酵試験系の検討、複合発酵試験

## SETP2

実証実験 1

### 1Lスケールでの実験（2022年度）

1. 実証実験装置の仕様検討、基本設計、製作、試運転
2. 実証実験装置を使ったデータ採取、解析

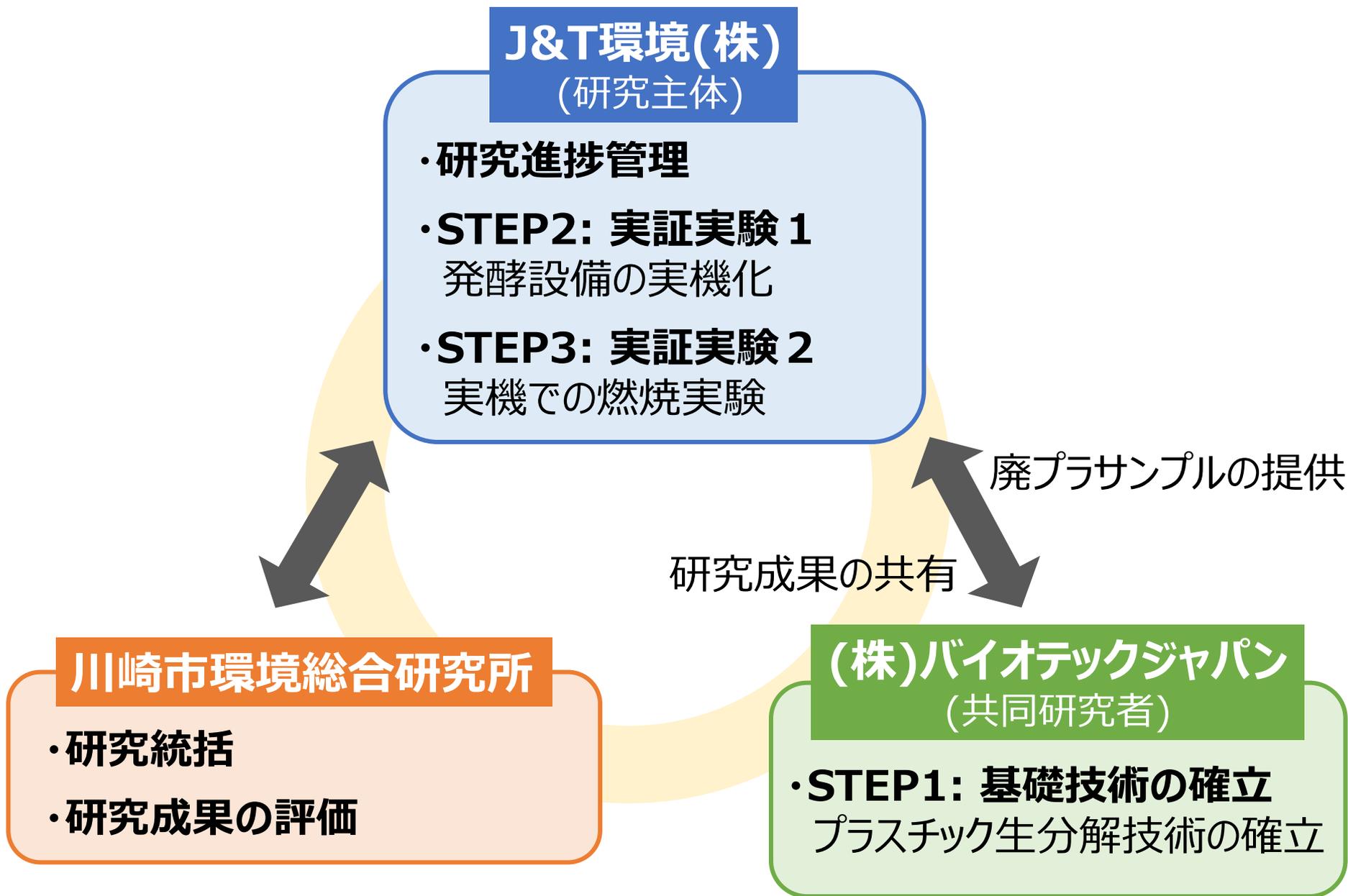
## SETP3

実証実験 2

### 10L～1m<sup>3</sup>スケールでの実験（2023～2026年度）

1. 短期間での分解完了を目指した高効率化
2. 実証実験 1と同様の試験を10L～1m<sup>3</sup>スケールで行う
3. 分解前後のプラスチック難燃グレードを測定し、燃焼性を評価
4. 分解対象のプラスチックの種類をPP等に拡大する

川崎市との連携



## 1. 廃プラスチックサンプルの採取 (各50g程度×8袋=計24種)

廃プラスチックを再資源化している3工場から廃プラスチックを採取

### ①扇島原料化工場



### ②金沢リサイクル工場



### ③浮島処理センター



- ①② : J&T環境(株)内
- ③ : 川崎市内

### 採取したプラスチックの例

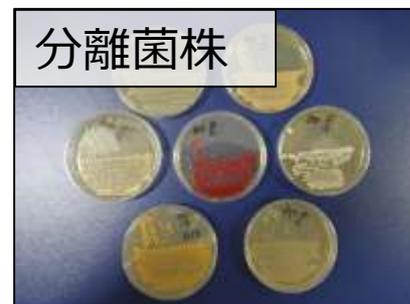


食品包装やカップ等、  
汚れているものを中心に採取

## 2. プラスチック表面の微生物の分離 (1次分離)

目的：プラスチックの表面から、**酸素がある環境で育つ微生物**を分離する

結果：計**1,230株**の微生物を分離した



## 3. PE分解菌の可能性が高い菌株の分離 (2次分離)

目的：文献で「**PE分解菌**」と報告されている4種の菌株を分離する

結果：1,230株中、下記**291株**を「**PE分解菌**」として選抜

①シュードモナス属	<b>180株</b>	②バチルス属	<b>52株</b>
③スフィンゴモナス属	<b>24株</b>	④ロドコッカス属	<b>35株</b>

## 4. PE分解菌候補株の分離 (3次分離)

目的：2次分離菌株を**低密度PEを炭素源とする培地で培養**してPE分解菌を探索

結果：PE分解菌の可能性が高い**291株中**、**23株**がPE分解菌候補株として選抜  
(内訳；J&T環境(株)工場からの分離株：**20株**、浮島処理センターからの分離株：**3株**)

## 5. PE分解菌候補株のPE分解能確認

目的：PE分解菌候補株のPE分解能をPEフィルムの引張強度等により評価

結果：候補株**23株**のうち、**7株**で物性変化が見られ、「PE分解菌株」とした

## 6. 複合発酵菌候補株の選抜

目的：複数のPE分解菌と相性の良い菌株の組合せを模索



結果：2株×2株の試験を実施した結果、**941通り**試験したうち**90通り**の組合せで**4種**全てのコロニーが確認された。

## 7. PE分解菌 + 複合発酵菌のPE分解能の確認

目的：6で選抜された90通りの組合せのうち、**34通り**の組合せのPE分解能を確認

結果：**34通り**の組合せのうち、**32通り**でPEフィルムの物性変化が確認された。  
うち、**2通り**の組合せで物性変化が特に大きかった。

## 8. 複合発酵前処理条件の検討

目的：PEフィルムを効率よく分解するための前処理条件を検討する

パラメーター	試験内容	強度低下率※	結果
物理的破損	ボールミルで表面に傷をつける	21%	効果あり
加熱処理	70℃・1時間加熱	33%	効果あり
酸化剤添加	3%オキシドールに1時間浸漬	15%	効果あり
UV照射	19W・距離50cmで3晩照射	0%	明確な効果なし
繊維質添加	セルロース or 小麦繊維を添加	8%	明確な効果なし
マイクロ波処理	500W・5分電子レンジ処理	8%	明確な効果なし
培養温度	20℃・30℃・37℃で培養	—	20℃がベスト

※処理なしPEフィルムの引張強度との比較



### 【結果】

3つの処理方法の組合せを検証した結果、**物理的破損＋加熱処理**の組合せで物性変化が最も低下（強度低下率：50%）

## 9. 複合発酵実証試験 (1Lスケール)

目的：PEフィルムの複合発酵試験を1Lスケールで実施する

PE分解菌  
2種

共生菌  
2種

前処理済PEフィルム  
(加熱処理・物理破損)

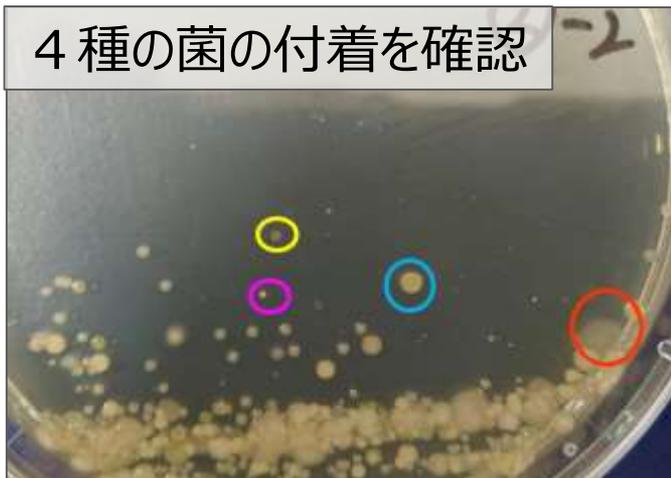
1L容器

エアレーションしながら  
20℃・14日間培養

【測定項目】

- ・菌数
- ・溶存酸素濃度
- ・温度
- ・物性変化 ほか

4種の菌の付着を確認



【結果】

発酵前のPEフィルムと比較して、  
菌あり+前処理ありの条件で  
最も強度低下率が高かった。(約30%)

## プラスチック分解の効率を上げる

- ・プラの**前処理条件**をより詳細に検討して分解効率を上げ、**短期間で分解完了**を目指す。

## 10L~ 1 m<sup>3</sup>程度までスケールアップする

- ・実際の**プラスチック廃棄物**を使用する。
- ・試験規模を**1 m<sup>3</sup>程度**まで拡大する。



## プラスチックの燃焼性を評価する

- ・分解前後での**プラスチックの燃焼グレード**を測定して燃焼性を評価する。

## 分解対象のプラスチックをPEのみではなくPPに拡大する

- ・PP(ポリプロピレン)分解菌を探索して**PEとPPの同時分解**を目指す。

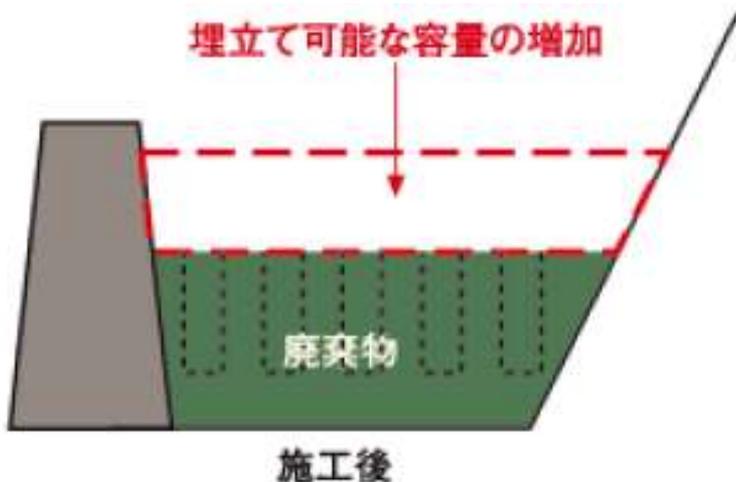
## ① 焼却の前処理への利用



## ② 農業利用への応用



## ③ 最終処分場の延命化



## ④ メタネーションへの応用

