

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4年 3月 11日

J&T環境株式会社

1. 背景

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)

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

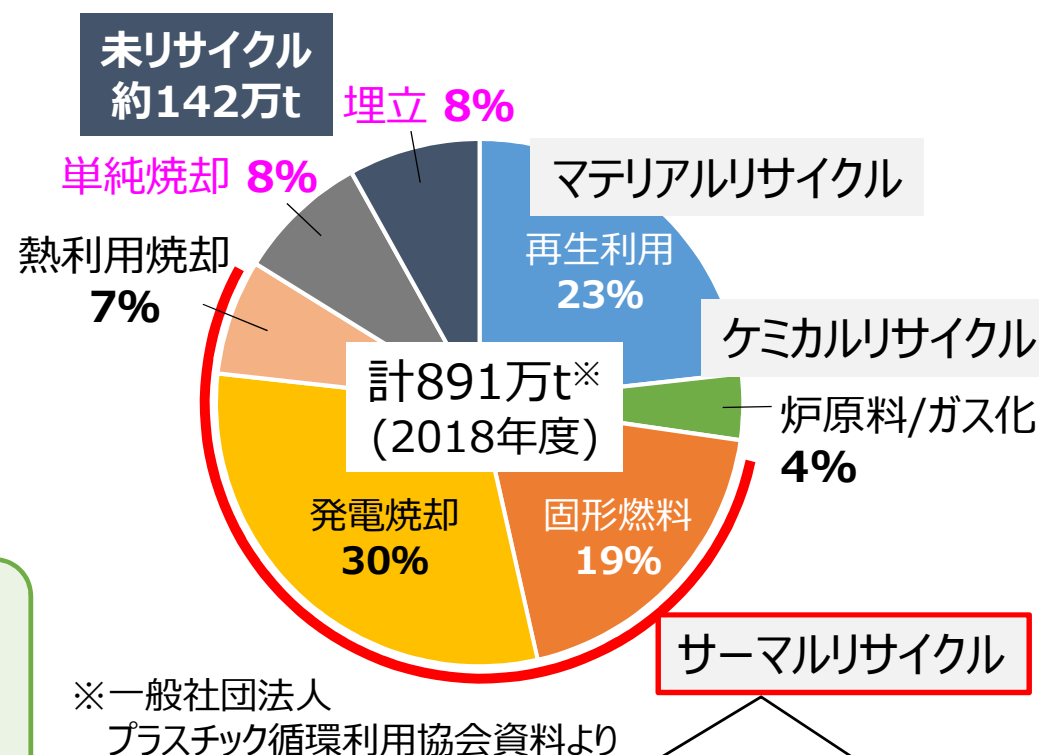
・環境省 プラスチック資源循環戦略

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



- ・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CO₂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

2. プラスチック分解菌とは

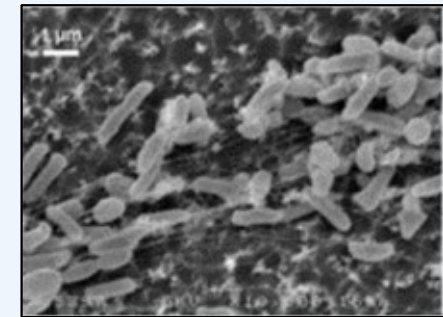


プラスチック自体または添加剤を栄養源として分解する微生物であり、海外含めて数種類発見されているが、**未だ実用化には至っていない**

例1. PET分解菌「*Ideonella sakaiensis* 201-F6株」

- ・京都工芸繊維大学、慶応義塾大学の研究者らが大阪府堺市の廃PET置き場から発見
- ・PETを分解する酵素を産生し、エステル結合を加水分解する

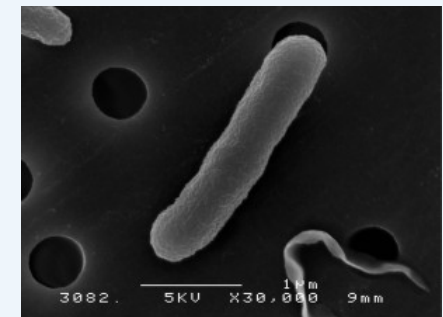
※川崎国際環境技術展グリーンイノベーションセミナーにて報告 (2019.11.14)



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

例2. 難燃性物質分解菌「*Sphingobium* sp. TCM1株」

- ・プラスチックに含まれる難燃性物質 リン酸トリス(2-クロロエチル) (TCEP)を分解する菌を長岡技術科学大学の研究者らが発見
- ・TCEPを加水分解し、他の菌と組み合わせることでグリコール酸へ分解



国立大学法人 長岡技術科学大学 HPより

3. 実用化への課題と本研究の目的



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

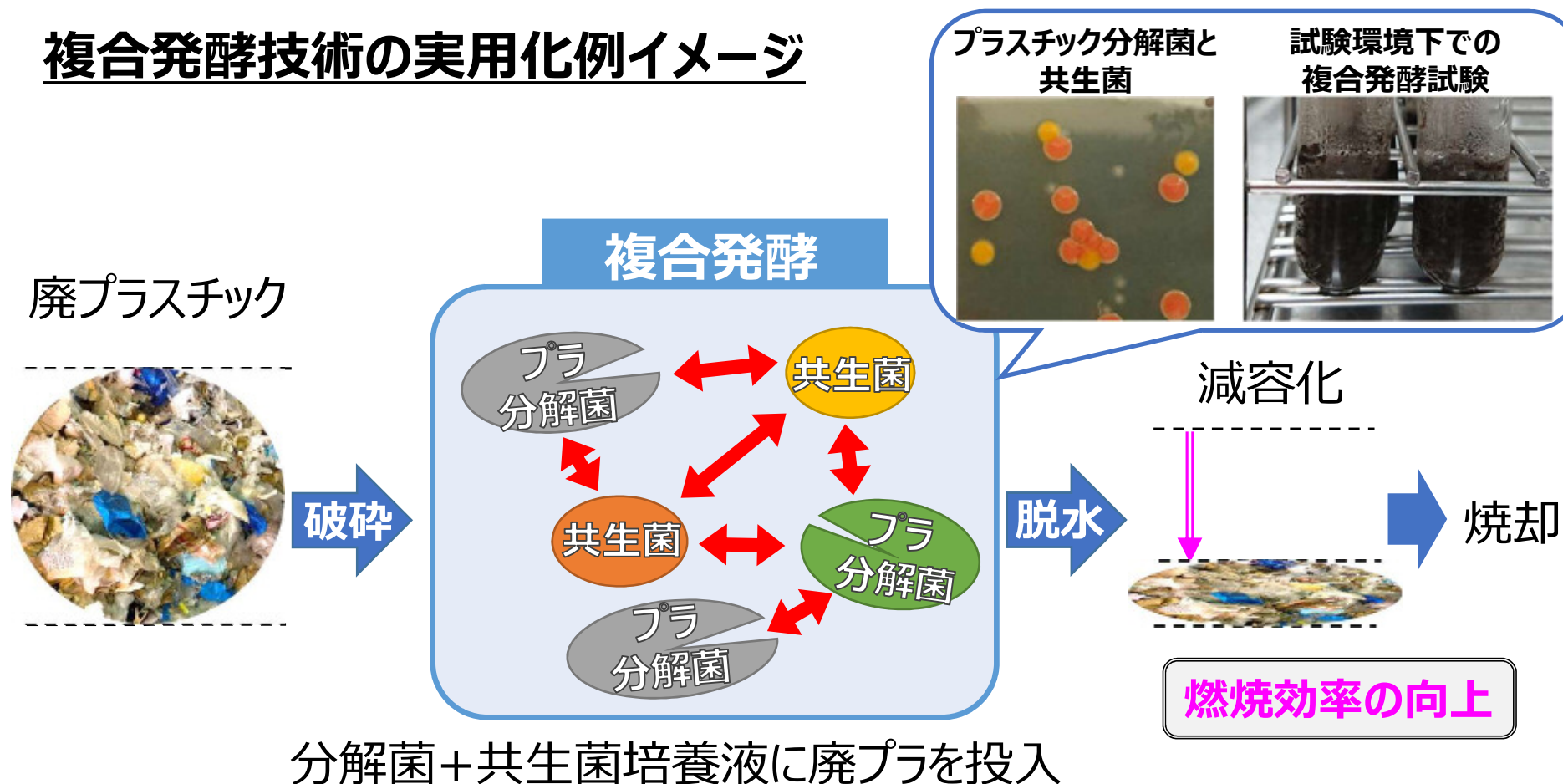
本研究の目的

複合発酵技術を利用して効率よくプラスチックを生分解する技術を開発する

4. 複合発酵技術について

複合発酵とは、相性の良い微生物を**複数種**組み合わせる行う発酵。
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



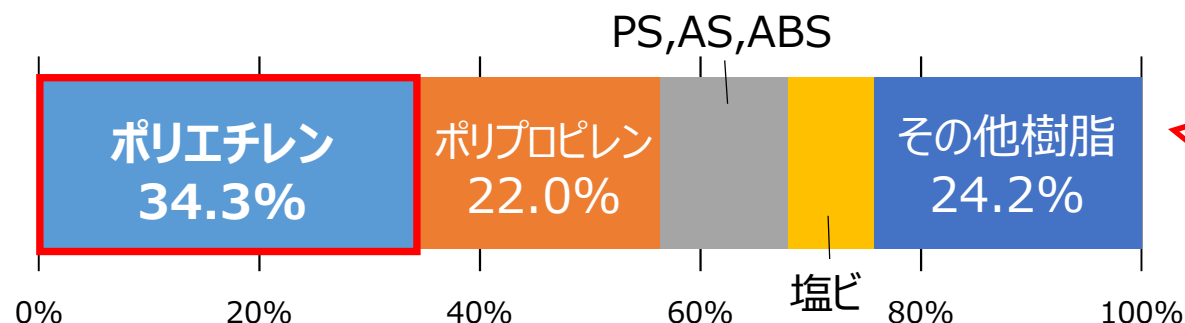
焼却の前処理として導入することで**低コスト・低環境負荷**での処理が可能となる

5. 分解の対象とするプラスチック

本研究では、**ポリエチレン(PE)** を分解の対象とする

2018年度廃プラ総排出量 (891万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、**ポリエチレン**が
約 1 / 3 程度を占める

ポリエチレンの主な使用例

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



6. 期待される効果



廃プラスチックを複合発酵処理することで、

1. 廃プラスチックが**減容化**(かさが減る)して**焼却炉**で**処理可能な容量が増えることにより**焼却炉の処理能力が上がり、**国内に滞留している廃プラスチックの処理が可能となる**
2. 一部の廃プラスチックに含まれる難燃性物質を分解して**燃えやすくする**ことで**焼却時の助燃材使用量が減るため排出CO₂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

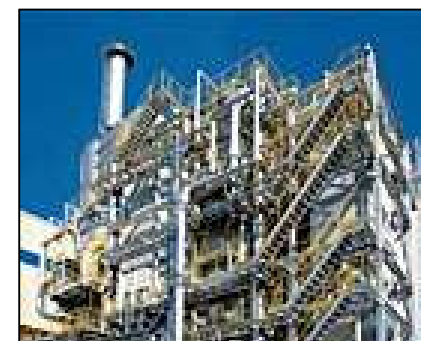
7. 会社概要



J&T環境株式会社（研究主体）

主要事業	総合資源化リサイクル事業： 産業廃棄物処理業、一般廃棄物処理受託業他
関連設備	産業廃棄物焼却炉（発電設備付） 220t/日クラス×4基を保有（川崎・横浜・東京）
受入品目	廃プラスチック、ガラスくず、紙くず、 木くず、汚泥、廃酸・アルカリ等
売上	389億円（2020年度・グループ計）

川崎エコグリーン工場
処理量：220t/日
発電出力：1,500kW

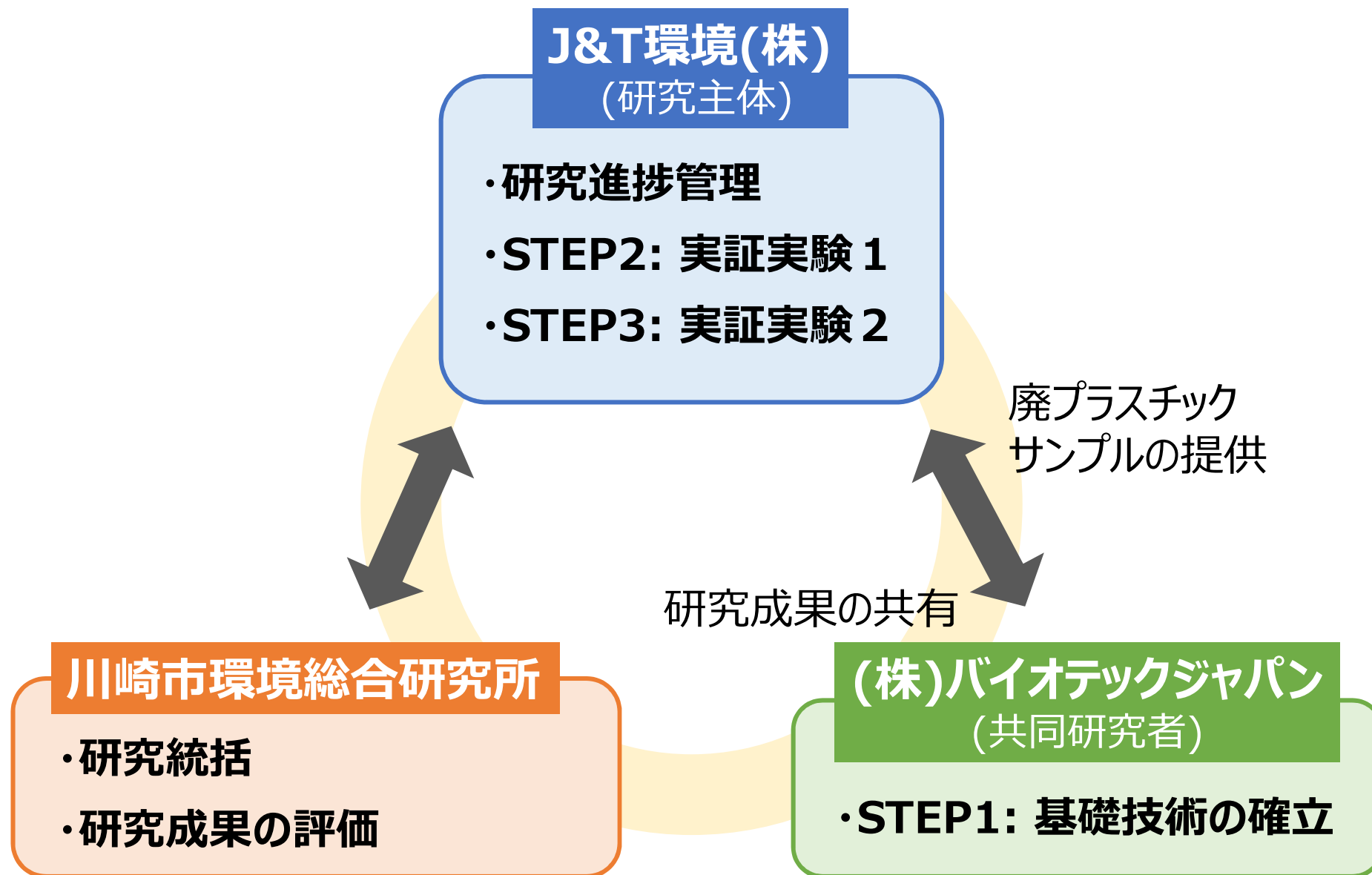


株式会社バイオテックジャパン（共同研究者）

主要事業	植物乳酸菌の専門メーカー： 植物性乳酸菌の技術開発、低たんぱく食品の 開発・製造、機能性米飯の開発・製造
技術・知見	優良保有菌株約3,000株を活用した発酵技術の開発
関連設備	発酵研究所2カ所、工場1カ所
売上	8.5億円（2020年度）



8. 研究体制と役割



9. 全体計画【川崎市との連携事業】

STEP1：基礎技術確立「プラスチック分解技術の確立」

【1年目；2020年度】

1. 廃プラスチック置き場から廃プラスチックを採取して微生物を分離
2. ポリエチレン分解菌の可能性が高い株を分離
3. ポリエチレン分解菌候補株を分離

【2年目；2021年度、3年目；2022年度上期】

4. ポリエチレン分解菌候補株のポリエチレン分解能の確認
5. 複合発酵菌候補株の選抜
6. ポリエチレン分解菌＋複合発酵菌株のポリエチレン分解能の確認
7. 複合発酵試験系の検討、複合発酵試験

技術的評価①

STEP2：実証実験1「1～10Lスケールでの実験」

【3年目；2022年度】

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

技術的評価②

10. 4年目以降の展望【J&T環境単独での研究】



STEP 3 : 実証実験 2 「10L～1m³スケールでの実験」

【4～6年目】

1. 実証実験 1 と同様の試験を**10L～1m³スケール**で行う
2. 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
3. 減容化した廃プラスチックを**焼却炉で燃焼**し、取扱性、燃焼性、排ガスへの影響を調査

更なる技術展開の可能性

- ・分解対象の**プラスチックの種類**を**ポリプロピレン等**に拡大する
- ・既存廃棄物処理技術等へ応用の可能性
 - ①**最終処分場**で**原位置処理**、**埋立地の延命化**
 - ②**海洋・河川中プラ**を分解、**環境浄化**
 - ③**食品リサイクル残渣等**、廃プラスチックを含む廃棄物の**農業利用**
(肥料利用)

11. 2020年度の研究内容 I

1. 廃プラスチックサンプルの採取

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

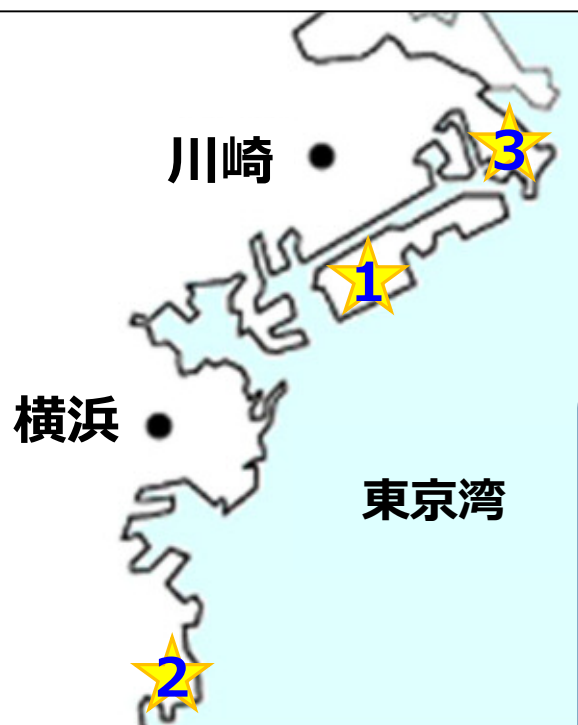
①扇島原料化工場



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

12. 2020年度の研究内容Ⅱ

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

分離菌株



3. ポリエチレン分解菌の可能性が高い菌株の分離（2次分離）

目的：文献で「ポリエチレン分解菌」と報告されている4種の菌株を分離する

結果：1,230株中、291株を「ポリエチレン分解菌の可能性が高い株」として選抜

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

4. ポリエチレン分解菌候補株の分離（3次分離）

目的：ポリエチレンを炭素源とする培地で培養して生育するものを選抜

結果：ポリエチレン分解菌の可能性が高い291株中、23株を「ポリエチレン分解菌候補株」として選抜

13. 2021年度の研究内容 I

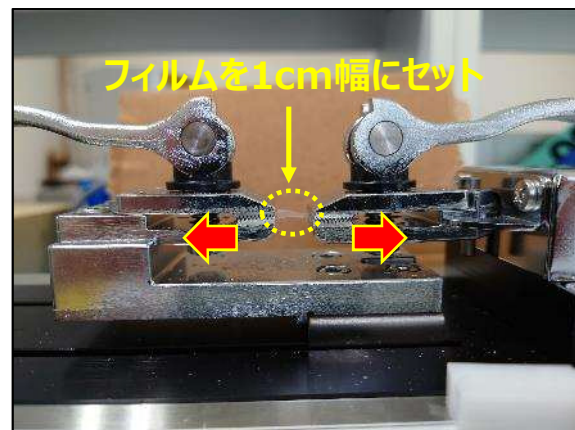
5. ポリエチレン分解菌候補株のポリエチレン分解能確認

ポリエチレン分解能をポリエチレンフィルムの強度変化等により評価する

【方法】

1. ポリエチレン分解菌候補株をポリエチレンフィルム(0.02mm厚、100×500mm)を入れた培地で25℃, 14~21日間培養する
2. 培養終了後のフィルムを乾燥し、見た目、コロニー形成状態、引張強度、重量変化を測定及び観察する

引張強度の測定試験



試験前のフィルム

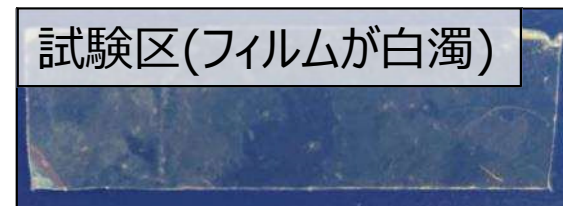


試験後のフィルム

対照区



試験区(フィルムが白濁)



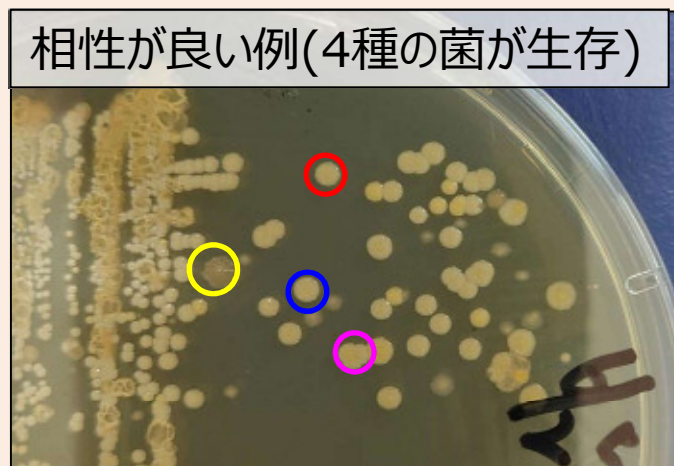
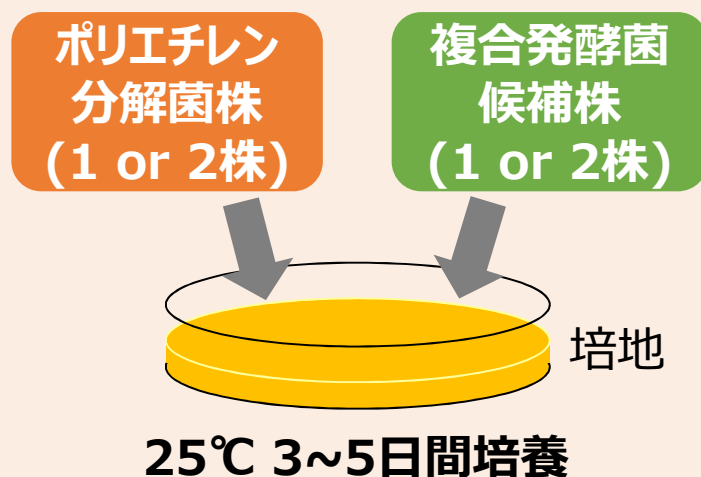
結果：ポリエチレン分解菌候補株**23株**のうち、**7株**で物性変化が見られ、「**ポリエチレン分解菌株**」として選抜した。

14. 2021年度の試験内容Ⅱ

6. 複合発酵菌候補株の選抜

複数のポリエチレン分解菌と相性の良い菌株の組合せを模索

【方法】 **ポリエチレン分解菌株(1or2)**と**複合発酵菌候補株(1or2)**を同じ培地で培養し、**全種のコロニーが観察**されれば相性が良いと判断する。



【結果】

- ・1株×1株の組合せ試験で複合発酵菌候補株**218株**をポリエチレン分解菌株と培養したところ、**約60株**の複合発酵菌候補株が複数のポリエチレン分解菌と相性が良かった。
- ・上記の株を優先して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。

15. 2021年度の試験内Ⅲ

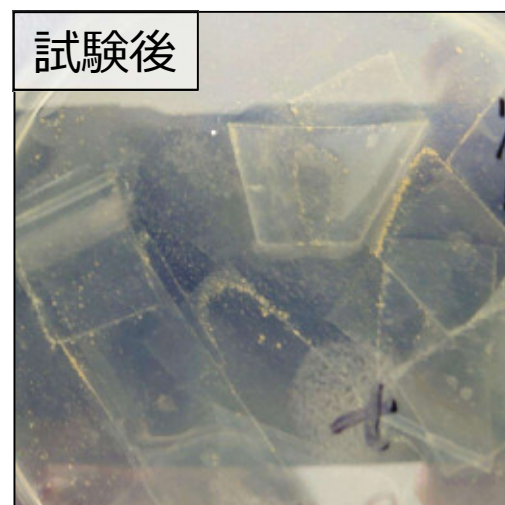
7. ポリエチレン分解菌＋複合発酵菌のポリエチレン分解能の確認

90通りの組合せのうち、**34通りの組合せ**のポリエチレン分解能を確認
(試験方法は、「5. ポリエチレン分解菌のポリエチレン分解能の確認試験」と同様)

【結果】

※一部抜粋して記載

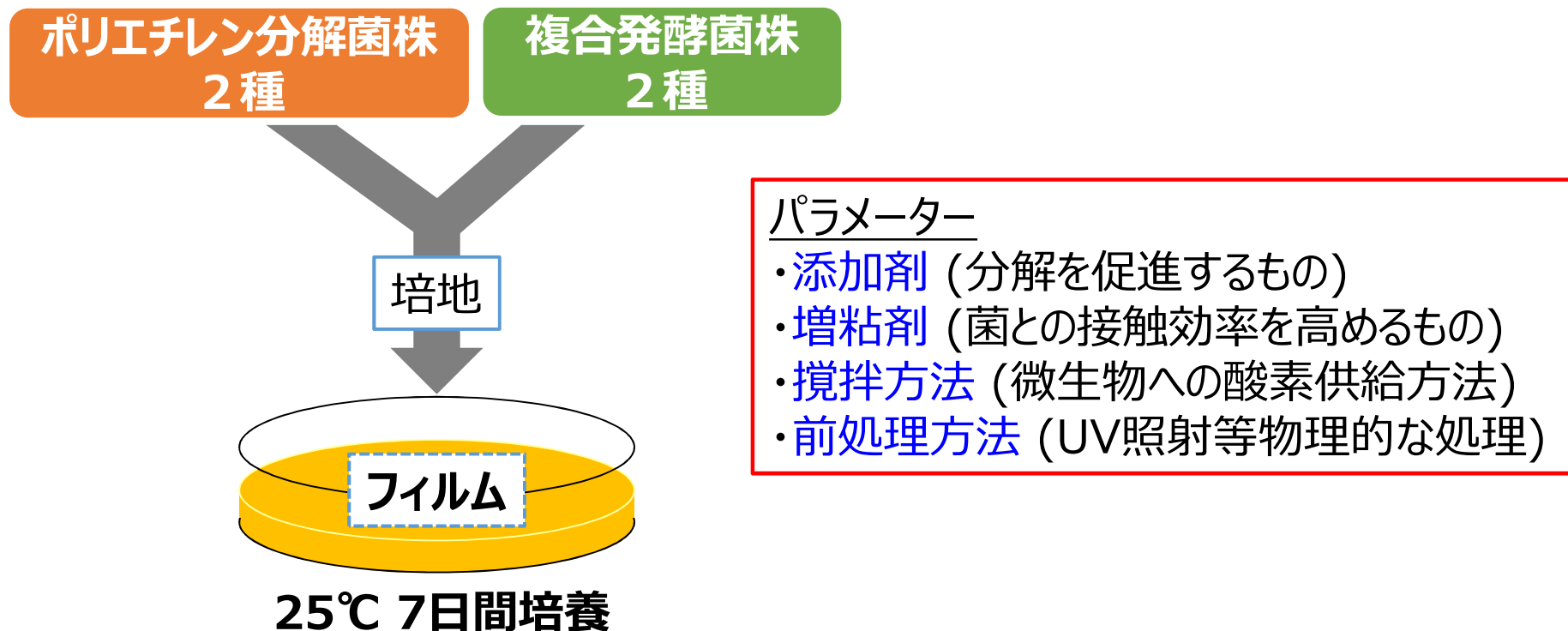
組合せNo.	コロニー形成	外観上の変化	引張強度(N)	対照との差(N)
対照(菌なし)	—	変化なし	11.1	—
1	少しあり	白濁	8.9	2.2
2	あり	少し白濁	8.8	2.3



- ・**34通り**の組合せのうち、**32通り**でポリエチレンフィルムの物性変化が確認された。
- ・そのうち、**2通りの組合せで物性変化が特に大きく**、今後の複合発酵系の検討で利用していく。

16. 2022年度の予定

<複合発酵試験案>



【STEP1】

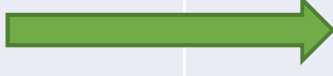
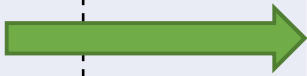
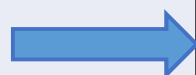
効率よくポリエチレンを分解する条件を検討して、「複合発酵系」を構築する。

【STEP2】

シャーレからスケールアップする。1～10Lまで容量を上げていき、ポリエチレンフィルムの分解効率を評価する。

17. 2021年度・2022年度のスケジュール



試験項目		2021年度		2022年度	
		上期	下期	上期	下期
STEP1	1. ポリエチレン分解菌の探索				
	2. 1のポリエチレン分解能確認				
	3. 複合発酵菌株の選抜				
	4. ポリエチレン分解菌 + 複合発酵菌株のポリエチレン分解能確認				
	5. 複合発酵試験				
STEP2	1. 実証実験装置の設計・開発				
	2. 実証実験装置でのデータ採取				

研究分担：  (株)バイオテックジャパン  J&T環境(株)