

# 「海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業」 (終了時評価)

研究開発項目①：海洋生分解性に係る評価手法の確立

個別事業名：海洋生分解性に係る評価手法の確立

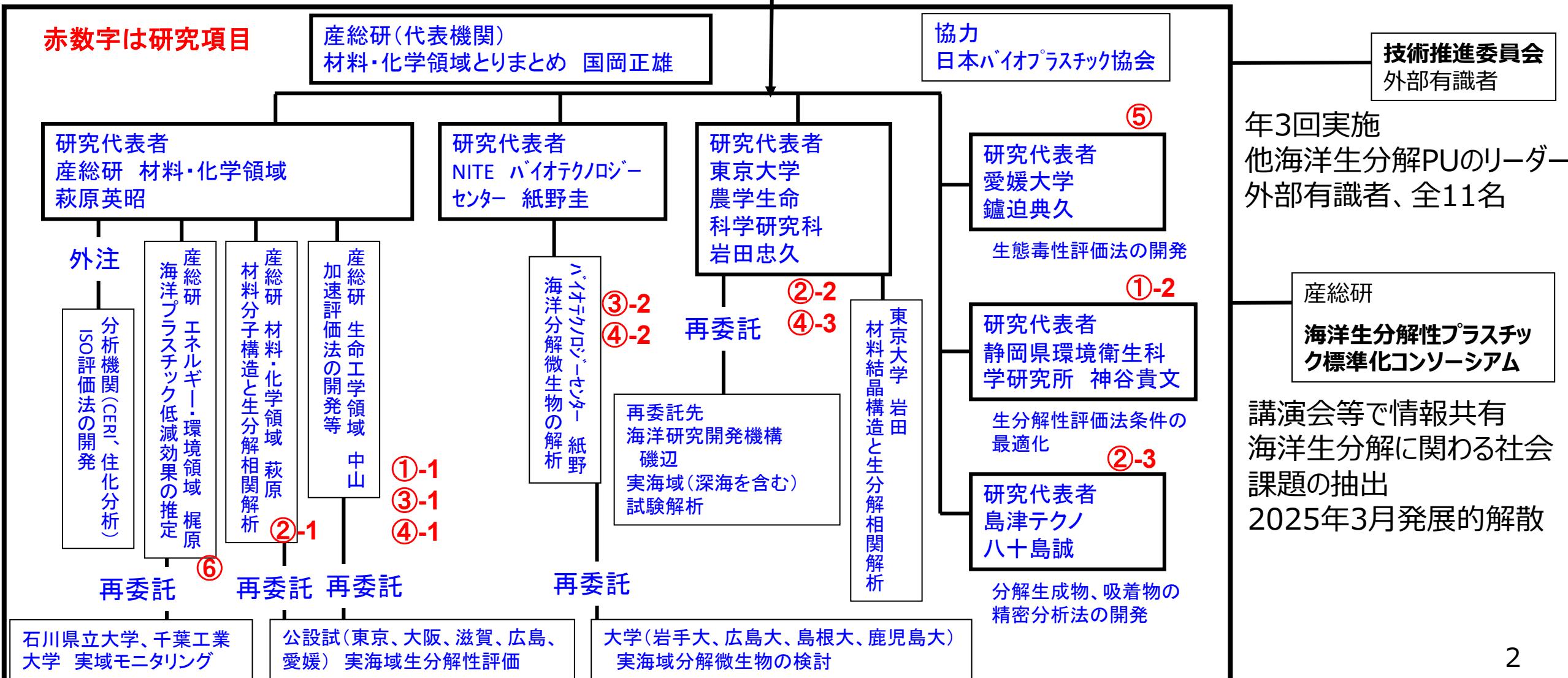
2023年度～2024 年度 2年間

## プロジェクトの補足説明（公開版）

2025年12月10日

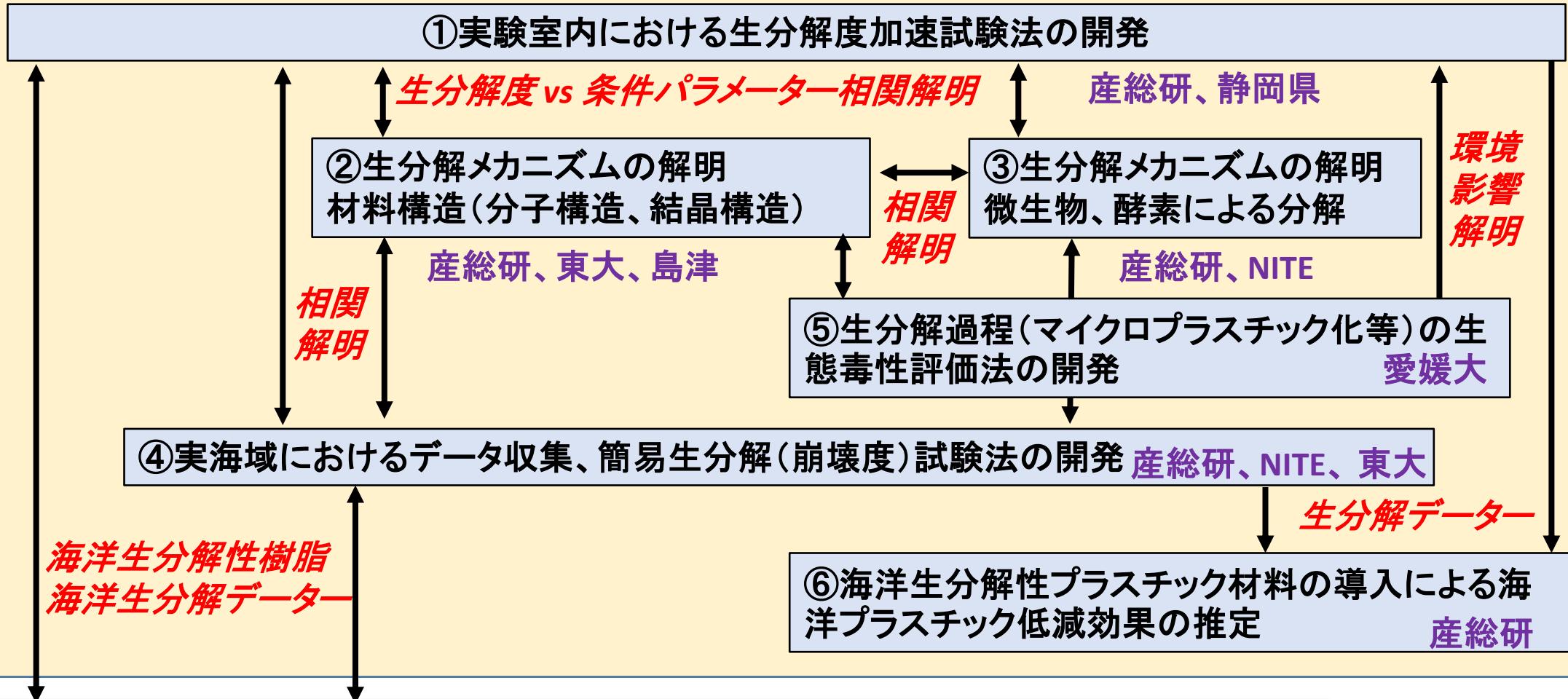
発表実施者：国立研究開発法人産業技術総合研究所  
国岡正雄

# 実施体制



# 実施体制 – 各研究項目、研究開発項目間の連携 –

## 研究開発項目①: 海洋生分解性に係る評価手法の確立 (本事業)



## 研究開発項目②: 海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発 (3事業)

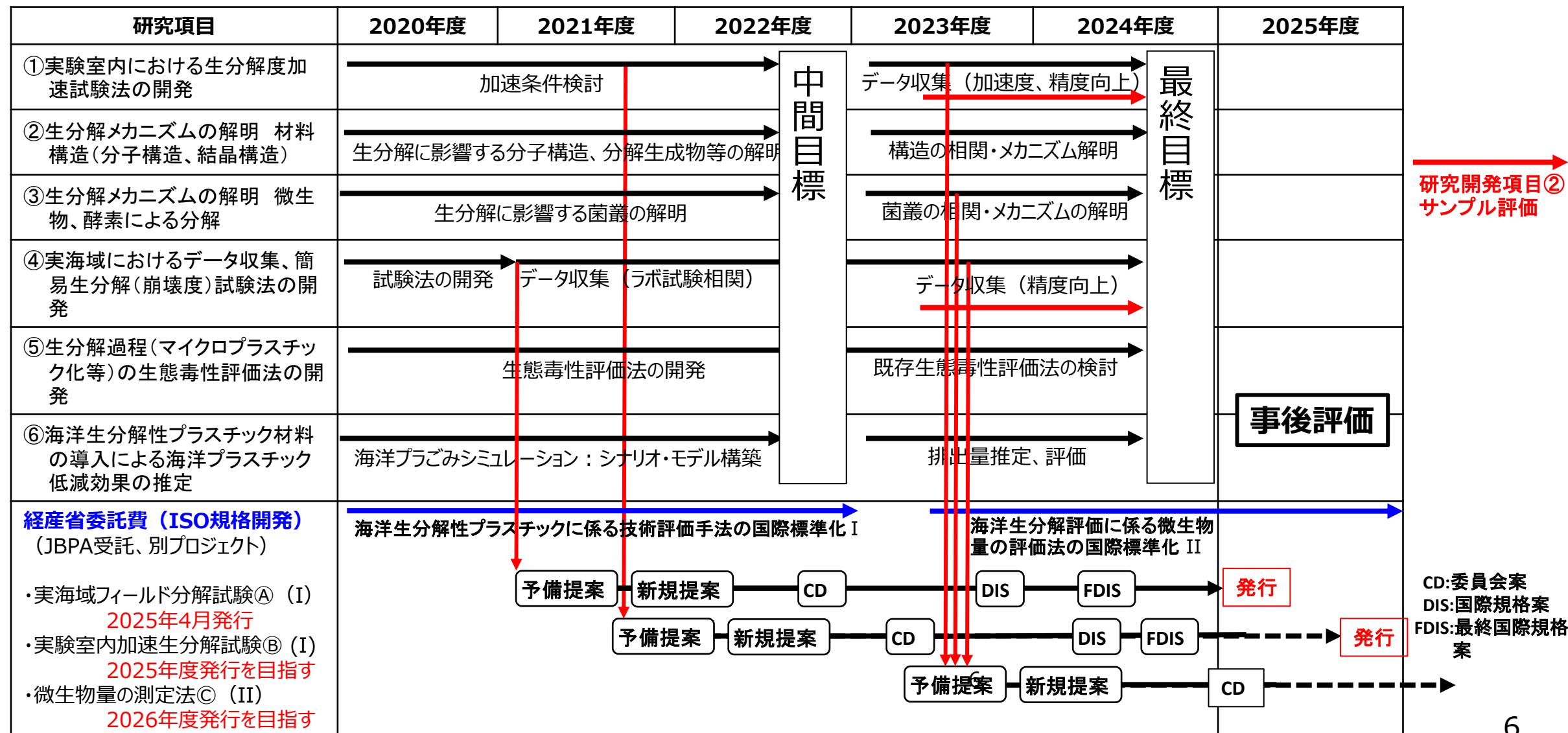
# 実施項目ごとの目標と根拠

実施項目	最終目標	根拠
全体	製品化を行うユーザーが共通して活用できる海洋生分解メカニズムに裏付けされた評価手法を確立し、国際標準化提案1件以上に繋げる。	海洋生分解性製品を市場に積極的に投入するには、ISO規格に裏打ちされた生分解データによる認証制度(日本バイオプラスチック協会が運営予定)による普及策が有効である。そのためのISO規格の制定が必要である。
研究項目① 実験室内における生分解度加速試験法の開発	短期間(半年程度)で、試験結果の得られる実験室内好気的海洋生分解評価法をISO国際標準提案に1件以上繋げる。嫌気生分解、砂泥前処理法の素案を策定する。	既存のISOに定められた海洋生分解評価法は時間がかかり、精度が高くなかった。そのため、短時間、高精度で結果のできる評価法が、新たな海洋生分解性樹脂の開発に必須である。
研究項目② 生分解メカニズムの解明 材料構造(分子構造、結晶構造)	海洋生分解過程におけるプラスチックの構造(結晶化度、結晶構造、表面構造等)変化やその構造の生分解に与える影響等のメカニズムを明確化することにより、海洋生分解評価法の精密化に寄与する。	海洋生分解は、樹脂の高次構造に依存して変化するので、これらの構造と海洋生分解の相関を明確化し、より高制度の評価法の構築に寄与するため。
研究項目③ 生分解メカニズムの解明 微生物、酵素による分解	海洋生分解は、海洋に存在する樹脂を加水分解する酵素を分泌する微生物が、材料表面で増殖して分解酵素を分泌し、その酵素により分解が進行する。海洋生分解に関わる微生物叢の解析や関与する酵素解析をすることにより、海洋生分解の特徴付けや予測に寄与する。	フィールド試験を実施した海洋に存在する微生物の解析や酵素の解析による海洋生分解メカニズムの解析を詳細に行うことにより、海洋生分解の度合いの予測が必要である。

# 実施項目ごとの目標と根拠

実施項目	最終目標	根拠
研究項目④ 実海域におけるデータ収集、簡易生分解(崩壊度)試験法の開発	海洋生分解における実海域簡易フィールド試験法を開発する。種々の海洋環境での生分解測定を行い、測定法の正当性を確認する。また、深海における海洋生分解の状況、及び実験室内、浅海の生分解を比較検討する。	地域の異なる海洋環境での海洋生分解の傾向を明確化するために、いくつかの地域でのフィールド試験による海洋生分解のデータの収集が必要である。海洋生分解の速い、遅いの傾向に相關する因子を明確化し、地域における海洋生分解の予測を可能にしなければならない。
研究項目⑤ 生分解過程(マイクロプラスチック化等)の生態毒性評価法の開発	海洋生分解性樹脂のISO提案を視野に入れた生態毒性評価法の素案を作成する。	既存の生態毒性評価法(ISO 5430)は、試験サンプルの作成に時間がかかるとともに、中間生成物の濃度が非常に薄いので、評価法に問題がある。これらの問題を解決した生態毒性試験が必要である。
研究項目⑥ 海洋生分解性プラスチック材料の導入による海洋プラスチック低減効果の推定	特定海域、河川域における海洋生分解性樹脂への置き換えにおける海プラスチックの削減効果を推測するモデルを構築する。	海プラスチックの総量は、実測することができない。そのため、ある程度既存の非分解のプラスチック製品を海洋生分解性樹脂に置き換えた場合の海プラスチックの削減量を推測するシミュレーションモデルが必要である。

# 研究開発スケジュール



# 実施項目ごとの目標達成状況

実施項目	目標 (2025年3月)	成果 (2025年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠／解決方針
全体	製品化を行うユーザーが共通して活用できる海洋生分解メカニズムに裏付けされた評価手法を確立し、国際標準化提案1件以上に繋げる。	2023年度に3件目となる「微生物量の測定法」のISO提案。1件目の「簡易フィールド試験」(2025年4月)発行。	◎	ISO3件新規提案（内1件発行）のため大幅達成と評価
研究項目① 実験室内における生分解度加速試験法の開発	短期間(半年程度)で、試験結果の得られる実験室内好気的海洋生分解評価法をISO国際標準提案に1件以上繋げる。嫌気生分解、砂泥前処理法の素案を策定する。	ISO提案した「加速試験法」の国際審議進捗。バイオマスカーボンの定量による短期間評価法の開発。海底砂泥の前処理法、深層水による評価法の開発。	○	新規提案のISO「加速試験法」の国際審議の進捗(最終段階に)
研究項目② 生分解メカニズムの解明 材料構造(分子構造、結晶構造)	海洋生分解過程におけるプラスチックの構造(結晶化度、結晶構造、表面構造等)変化やその構造の生分解に与える影響等のメカニズムを明確化することにより、海洋生分解評価法の精密化に寄与する。	構造因子(自由体積、結晶化度、分子量等)の海洋生分解との相関検討。材料設計に指針。圧力容器による深海の生分解の模擬を検討。分解中間体、吸脱着の検知測定法を確立。	○	複数の構造因子と海洋生分解の相関を検討した。分解中間体を検知することにより、どの成分が主になるのか明確に。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 実施項目ごとの目標達成状況

実施項目	目標 (2025年3月)	成果 (2025年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠／解決方針
研究項目③ 生分解メカニズムの解明 微生物、酵素による分解	海洋生分解は、海洋に存在する樹脂を加水分解する酵素を分泌する微生物が、材料表面で増殖して分解酵素を分泌し、その酵素により分解が進行する。海洋生分解に関わる微生物叢の解析や関与する酵素解析をすることにより、海洋生分解の特徴付けや予測に寄与する。	日本各地の海水中の菌叢と海洋生分解の相関を検討。各種樹脂の嫌気性分解の日本各地の海底泥で実施。超加速のための分解菌カクテルを制定。微生物量の測定法をISO新規提案。	◎	菌叢論文発表に加え、ISO1件の新規提案のため大幅達成と評価。
研究項目④ 実海域におけるデータ収集、簡易生分解(崩壊度)試験法の開発	海洋生分解における実海域簡易フィールド試験法を開発する。種々の海洋環境での生分解測定を行い、測定法の正当性を確認する。また、深海における海洋生分解の状況、及び実験室内、浅海の生分解を比較検討する。	新規提案したISO16636の発行。東京都産業技術センターでの試験実施受託可能に。深海での生分解性樹脂の微生物分解を実証。	◎	一件のISO発行と、著名な雑誌に重要な論文を掲載。のため大幅達成と評価。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 実施項目ごとの目標達成状況

実施項目	目標 (2025年3月)	成果 (2025年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠／解決方針
研究項目⑤ 生分解過程(マイクロプラスチック化等)の生態毒性評価法の開発	海洋生分解性樹脂のISO提案を視野に入れた生態毒性評価法の素案を作成する。	化学物質審査法の高分子化合物に使われている安定性試験のサンプル調製方法を参考に、反応時間、添加量などを改変し、生分解性プラスチックにも適用できる生態毒性試験の素案を作成。	○	海洋生分解性樹脂の新たなISO提案を視野に入れた生態毒性試験の素案の作成。
研究項目⑥ 海洋生分解性プラスチック材料の導入による海洋プラスチック低減効果の推定	特定海域、河川域における海洋生分解性樹脂への置き換えにおける海プラごみ(被覆肥料カプセル、マイクロプラスチック等)動態モデル、海プラごみの削減効果を推測するモデルを構築する。	東京湾マクロプラスチックマスマバランスモデル、濃度解析モデルを開発。富山県小矢部川での被覆肥料カプセル由来の濃度、東京湾ではマイクロプラスチック濃度を観測し、モデルの妥当性を検証。海プラごみの低減効果を定量的に評価。	○	河川・海域モデルにおいて、海洋生分解性プラスチックへの代替シナリオ別の海プラごみ低減効果を評価。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

# 特許出願及び論文発表

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0(0)	0(0)	2(0)	0(0)	0(0)	2(0)
論文	0	11	11	7	10	39
研究発表・講演	2	48	20	49	46	165
受賞実績	0	4	1	3	0	8
新聞・雑誌等への掲載	0	0	5	10	7	22
展示会への出展	0	1	1	1	1	4
ISO規格提案	0	1	1	1	0	3
ISO規格発行	0	0	0	0	1*	1*

2025年3月31日現在  
 \*ISO規格発行は、2025年4月

## 実施項目④の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

**生分解性プラスチックは深海でも分解することを実証  
—プラスチック海洋汚染問題の解決に—**

**Nature communications** 非常に著名な学術誌への論文成果発表、学術的実証

**Microbial decomposition of biodegradable plastics  
on the deep-sea floor**

2024年1月発行

2025年3月末まで、3万回以上ダウンロード

「東京大学高分子材料学研究室」のHPからダウンロード可能

<https://www.fp.a.u-tokyo.ac.jp/lab/polymer/>

# その他の主な論文成果

## 論文発表(主なもの)

①	Microbial decomposition of biodegradable plastics on the deep-sea floor ( <i>Nature communications</i> , 15, Article number 568 (2024)) 深海の海底における生分解性プラスチックの微生物分解	深海で生分解性樹脂が生分解していることを実証。非常に大きなインパクトを与えた論文。
②	Free volume can control biodegradation rate of polylactic acid ( <i>Polym. Degrad. Stab.</i> , 216, 110488 (2023)) 自由体積がポリ乳酸の生分解速度を制御	陽電子消滅法で測定した生分解前後のポリ乳酸の自由体積と生分解の相関を詳細に検討。
③	Measurement of monomers and oligomer (<20mer) as intermediates using LC-Orbitrap MS from marine biodegradation of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) in laboratory ( <i>Polym. Degrad. Stab.</i> , 232, 111166 (2025)) LC-Orbitrap MSによる微生物ポリエステルPHBHの実験室内海洋生分解によるモノマー、オリゴマー(20量体以下)の測定	中間生成物として微生物ポリエステルのPHBHが20量体まで、検知でき、実際の海洋生分解試験において、11量体まで、観測。
④	Metagenomic and metatranscriptomic analyses reveal uncharted microbial constituents responsible for polyhydroxybutyrate biodegradation in coastal waters ( <i>J. Hazard. Mater.</i> , Jan 13:487, 137202 (2025)) 微生物ポリエステルPHBの海洋水中の生分解に関わる微生物のメタ遺伝子解析	海洋生分解に係わる微生物菌叢の詳細解析。PHBHの分解と菌種の多様性を示す指標に若干の相関。

### ①のプレスリリース

[https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics\\_20240126-1.html](https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics_20240126-1.html)

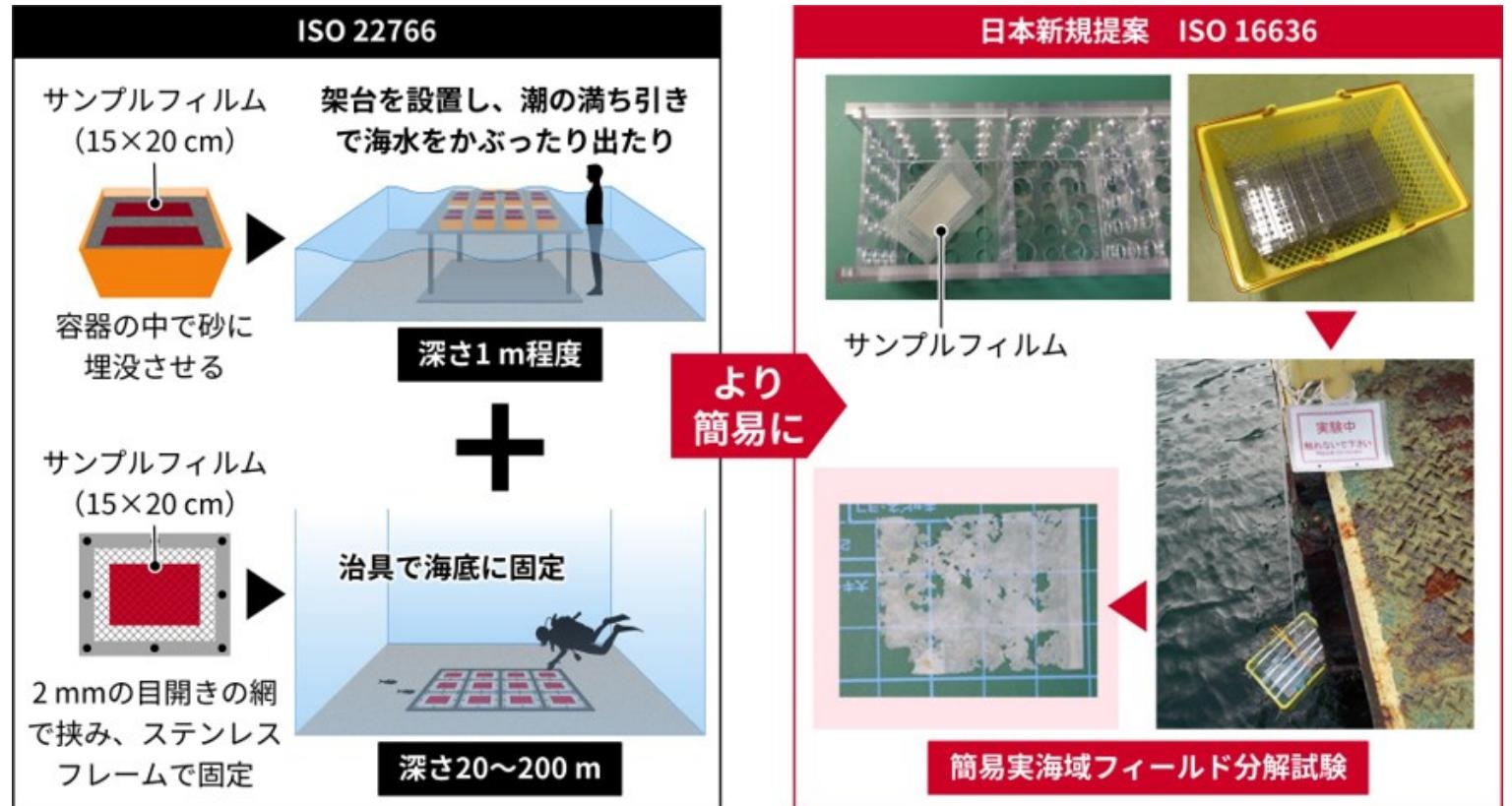
### ④のプレスリリース

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2025/pr20250128/pr20250128.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2025/pr20250128/pr20250128.html)

# 実施項目①,③,④の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

## NEDO成果に基づくISO提案・発行 (ISO 16636簡易フィールド試験法)

他2件、国際審議中



海洋生分解性プラスチックの“実海域(フィールド)”試験サービスを9月1日より開始 (ISO 16636準拠)

東京都立産業技術研究センター

[https://www.iri-tokyo.jp/  
news/press-2025-08-21/](https://www.iri-tokyo.jp/news/press-2025-08-21/)

産総研プレスリリース(「産総研」、「ISO 16636」で検索)

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2025/pr20250512/pr20250512.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2025/pr20250512/pr20250512.html)

# 本NEDO事業のISO提案・発行に関する成果

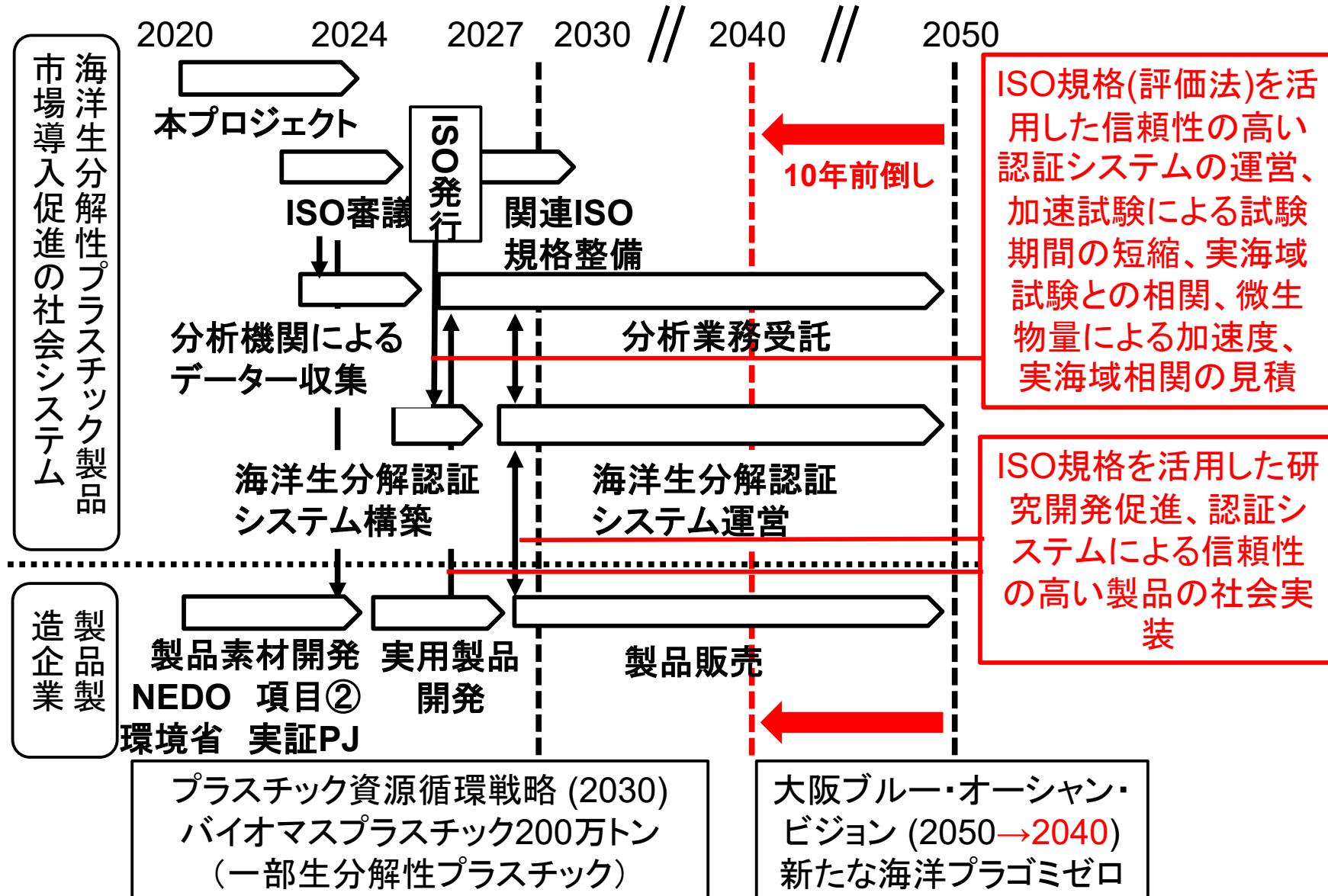
## ISO提案

①	<p>ISO 16636:2025 Plastics — Disintegration field test of plastics under water environmental conditions 水圏環境(海洋、河川)におけるプラスチックのフィールド分解試験</p>	<p>アジア諸国で簡易に実施できるフィールド試験。 <b>2025年4月発行。</b></p>
②	<p>ISO/DIS 18957 Plastics — Determination of the aerobic biodegradation of plastic materials exposed to seawater using accelerated conditions in laboratory 実験室内加速条件における海水中のプラスチック材料の好気的生分解の求め方</p>	<p>半年ほどで、結果が出るように、炭素源、窒素源、リン源を添加して微生物数を増やして、生分解速度を速くして、精度を向上。 <b>2025年に発行予定。</b></p>
③	<p>ISO/CD 23292 Plastics — A method for measuring the amount of bacteria in the hydrosphere biodegradability assessment 生分解評価における微生物量の測定法</p>	<p>上記、加速試験の加速の度合いを示す指標としての微生物量の測定法。 <b>2026年には、発行予定。</b></p>

## ①のプレスリリース

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2025/pr20250512/pr20250512.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2025/pr20250512/pr20250512.html)

# アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組



# 費用対効果

## 【インプット】

- 事業費用の総額 **9.81億円 (5年)**

## 【アウトカム達成時】

### ＜シナリオ1＞

生分解性樹脂のグローバル市場の拡大における日本企業の生産量のISO規格による押し上げ量から推測

- ヨーロッパバイオプラスチック協会の予測 生分解性樹脂 100万トン (2023年) → 380万トン (2030年)
- TUV OK biodegradable marineの認証製品の1/3が日本企業の製品 (日本の技術力が高い)
- 販売量の3割は、ISO規格に基づく認証制度で認証される異ことによる販売促進と予測
- 現在の生分解性の代表樹脂であるポリ乳酸の輸入価格CIFは、350円/kg。

280万トンの増加を予測。増加分はコンポスト化生分解が、半分を占めると思われるが、その他は、環境流出を危惧する製品に対する海洋生分解性樹脂と予測。その1/3が日本製樹脂とすると、46万トンが日本製。ISO認証制度による15万トンの販売増。

$$350 \times 1000 (\text{ton/kg}) \times 15 \text{ 万トン} = 5,250,000 \text{ 万円} = \mathbf{525億円}$$

### ＜シナリオ2＞

海洋生分解性樹脂製造企業が、年2万トン生産した場合のISO規格による押し上げ量から推測

- 年産2万トン
- 販売量の3割は、ISO規格に基づく認証制度で認証される異ことによる販売促進と予測
- ポリ乳酸 350円/kg

$$350 \times 1000 \times 2 \text{ 万トン} \times 0.3 = 210,000 \text{ 万円} = \mathbf{21億円}$$

# 補足資料

## 各研究項目の主な成果

# 研究項目①-1 「実験室内における生分解加速試験法の開発 (新規評価法の開発)」

目標：実験室内における生分解度加速試験法を開発し、ISOとして提案する

2022.8 ISO提案

⇒ 2023.4 NP 18957国際審議

2024.4 CD18957国際審議

2025.11 DIS18957国際審議予定 ⇒ FDIS/ISO 18957へ

ISO提案・審議と並行して実施

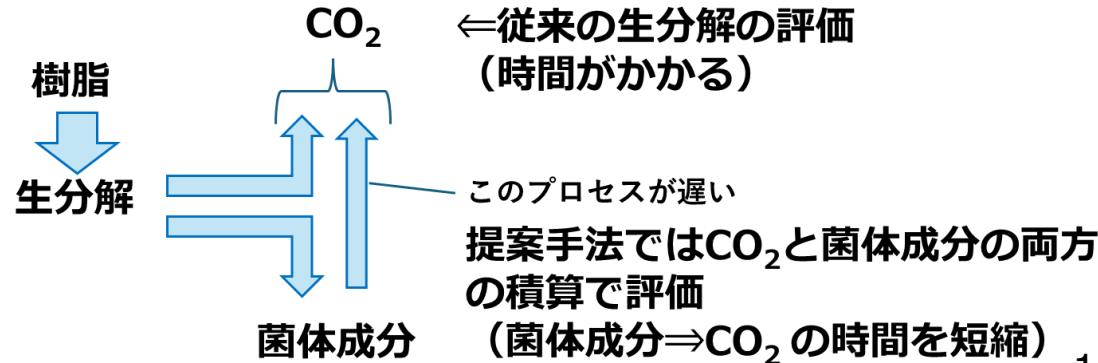
- ・第三者による試験実施（外注試験）による提案手法の検証 ⇒ 産総研と同様の結果を得た  
= 誰でも実施可能な汎用の試験方法であることが確認された
- ・研究開発項目②で開発された試料の提案手法での評価 ⇒ 加速生分解される結果を得た  
= さまざまな材料に適用できる手法であることが確認された

提案ISOの特徴：

## ①海水の活性化処理による加速

試料	10日後の到達生分解率の比較による加速倍率	50%分解に要する所要日数の比較による加速倍率	生分解率のばらつき(85d)	
			現海水	活性化海水
試料A	5.2	31.4	±16.9	±0.3
試料B	6.2	17.3	±1.0	±3.0
試料C	4.2	12>	±8.6	±2.3
試料D	2.2	4.9	±2.8	±1.2
試料E	3.8	8.5	±15.4	±1.1
試料F	4.5	10.0	±4.8	±2.5

## ②バイオマスカーボン定量による期間短縮



# 研究項目①-2 「実験室内における生分解加速試験法の開発 (生分解性評価法条件の最適化)」

## 海底砂泥の前処理

0.25~2mmに粒径を揃えた  
「海底砂泥」を試験に使用

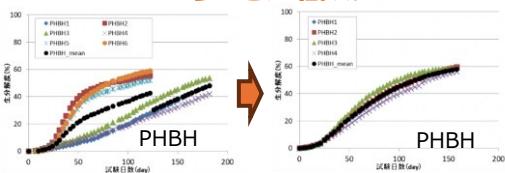
①深さ60cm程度の海底砂泥を採取



②2mm篩による湿式篩分けにより  
礫や貝殻等を除去

③フレッシュな海水を用いて米を研  
ぐ要領で浮遊してくる有機物やシ  
ルト質等を除去×5回程度

ばらつきが低減



難分解性のPBSAについても  
安定的な分解と加速化を確認

## ISO 19679

海水および海底砂泥を使用し、  
実験室内で生分解性プラスチックの  
生分解度を評価

CO<sub>2</sub>フリー 1ml/min

反応容器

樹脂フィルム

海水 120ml  
砂泥 60~80g

## ISO 19679の課題

- ・試験結果のばらつきが大きい
- ・予備培養の手法が明確でない
- ・試験結果に影響する因子が不明確

精度の高い試験法の提案  
各生分解度の差が20%以内  
(平均値との差10%以内)

- ・再現性の良い方法
- ・誰にでもできる簡便な方法
- ・加速試験のための要素研究

## 海水の処理

### A.原海水

20μmフィルターでろ過



栄養塩や微生物を多く含む「砂泥洗浄海水」により  
貧栄養の外海（弓ヶ浜）において分解の促進を確認

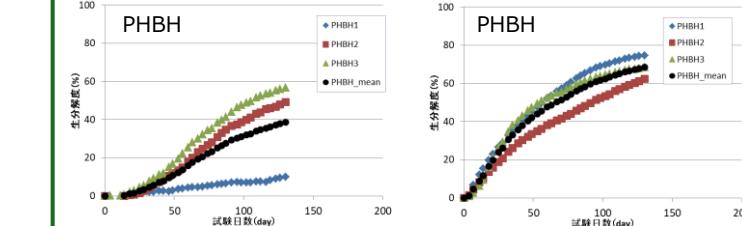
### B.砂泥洗浄海水

現地での砂泥採取時に出てくる洗浄  
海水を試験で使用

## 開発試験法の適用性検討

### ■ 加速試験との相関性評価

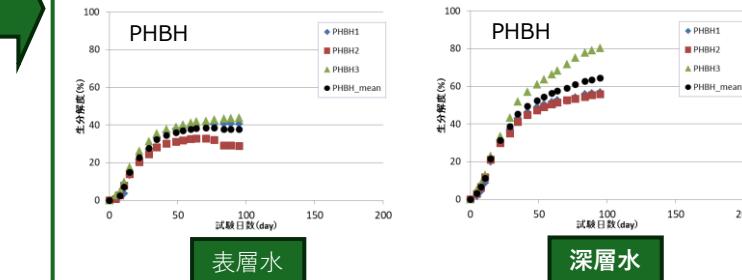
#### A.原海水



#### C.栄養塩等添加海水

貧栄養の外海（赤沢）において、栄養塩類の  
添加による分解の促進・ばらつきの低減を確認

### ■ 深層水を用いた試験



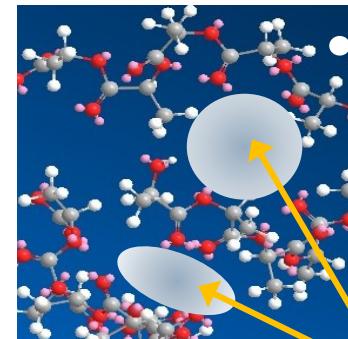
深層水・深層砂泥の樹脂生分解ポテンシャルと  
温度による律速を確認

### ■ 新素材を用いた生分解性評価

研究開発項目②で開発された新規樹脂の試験  
を実施し、検討した手法の有効性を確認

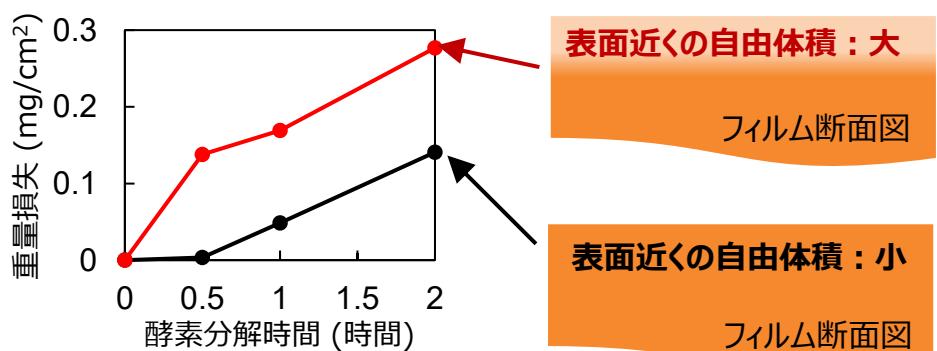
## 研究項目②-1 「物質評価としての材料構造解析による生分解メカニズムの解明 (分子構造相関解析)」

- ▶ **陽電子消滅寿命測定法**を活用し、生分解性プラスチックの表面近傍における自由体積 (非晶部にある分子鎖間の空隙) のサイズや量を評価し、**自由体積構造と海洋生分解性の関係**を明らかにした。
- ▶ これまでに開発した**分子構造解析手法** (MALDI-TOFMSによる共重合組成分析など) と合わせ、マルチスケールで生分解メカニズムを**解析可能なプロトコル**を構築した。



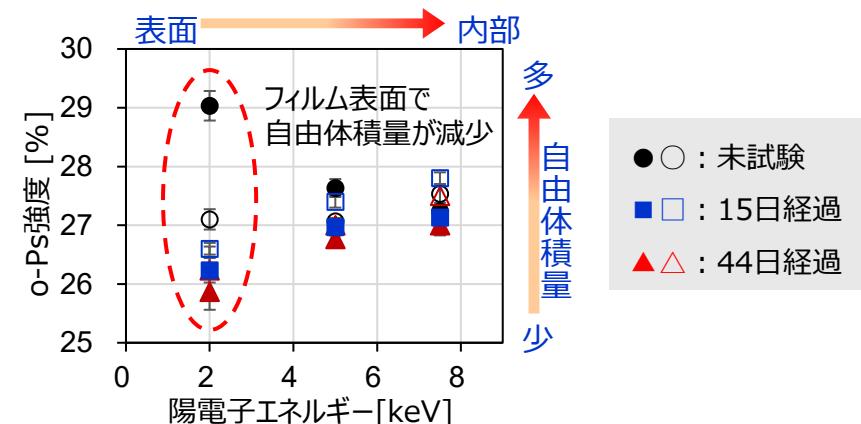
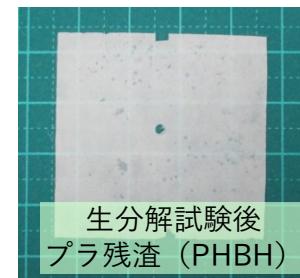
陽電子消滅寿命測定により、自由体積 (分子すき間)の大きさや量を評価

フィルム表面の自由体積サイズが異なるPLAの酵素分解試験における重量損失の経時変化



自由体積が大きい方が短時間で重量損失する (分解が速い)

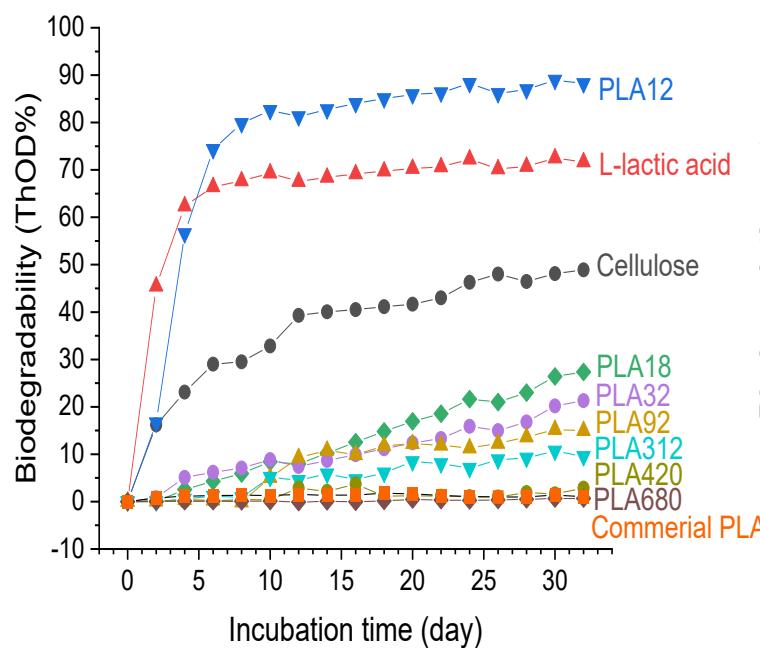
海洋生分解試験を行ったPHBH表面近傍における自由体積量の深さ方向解析



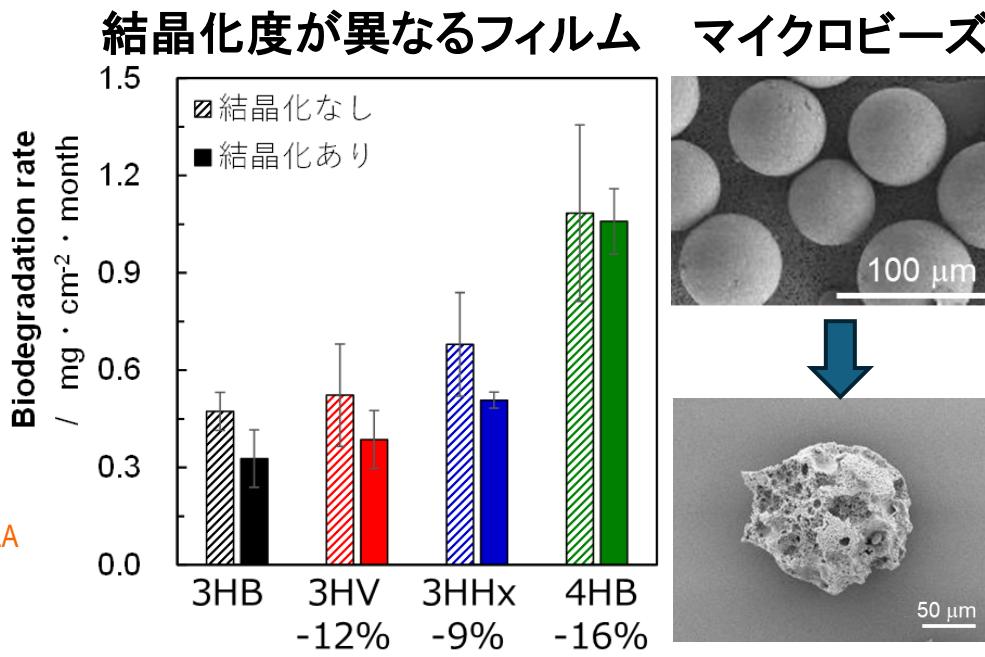
分解試験残渣表面で自由体積量が減少することから、表面の非晶部 (~数百nm)において生分解が進行する様子を捉えた

## 研究項目②-2「物質評価としての材料構造による生分解メカニズムの解明 (形状および結晶構造からの分解機構の解明)」

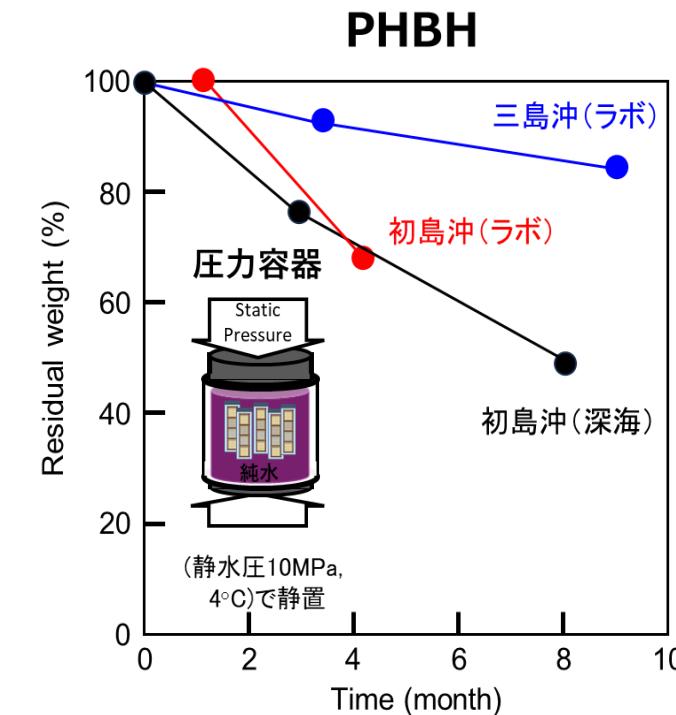
### 分子量の異なるPLAによる海水を用いたBOD生分解性試験



### 結晶化度と形状が異なるPHAによる深海分解試験



### 圧力装置を用いた実験室の実験と深海分解実験の比較

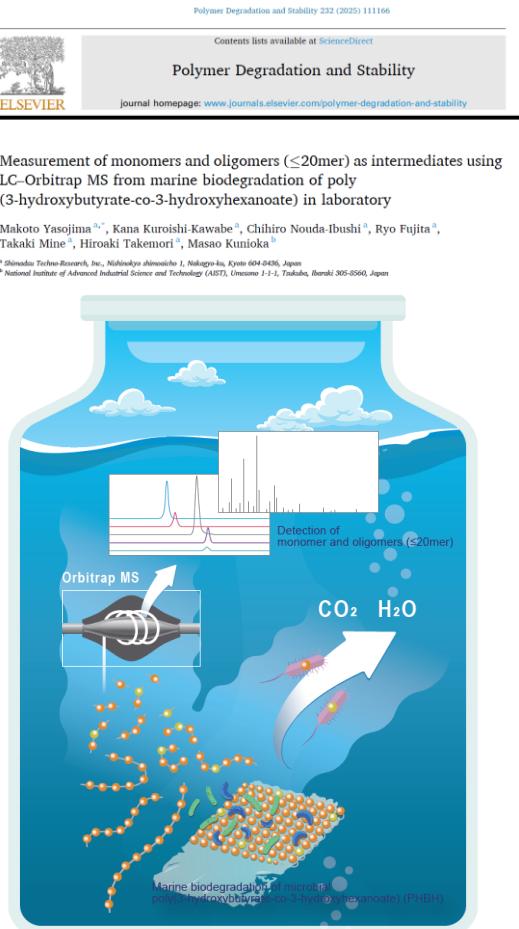


- 海洋分解速度は、分子量、結晶化度により大きく異なることがわかった。
- マイクロビーズのような非常に小さなサンプルも深海で生分解されることが分かった。
- 圧力装置を用いて、静水圧10MPa(水深約1,000mに相当)をかけ、4°Cの環境をつくることにより、実際の深海と速度で生分解が生じることを実証した。

# 研究項目②-3 「物質評価としての材料構造解析による生分解メカニズムの解明」

(生分解度評価手法としての質量分析技術の有用性の検証および海洋生分解性プラスチックの安全性評価)

## 分解過程の可視化 (生分解中間物の分析手法を開発)



### ■ 成果の内容

- ・海洋生分解性プラスチックのアルカリ加水分解物を基準として質量分析手法を確立 (<=20mer)
- ・海洋生分解性プラスチックを海洋生分解性試験に供しBOD生分解度をモニターしながら**生分解中間物を実測** (最大11merを確認)

### ■ 本技術が可能にすること

- ・低分子化の確認
- ・酵素分解と資化無機化の関係性考察
- ・分解メカニズム考察
- ・分解速度コントロール 等

### ■ 論文発表済/特許出願済/実用化を達成

- ・製品開発フェーズの企業より分析依頼を複数件受注

## 環境安全性の評価 (化学物質吸着と生体内脱離を評価)



### ■ 成果の内容

- ・海洋生分解性プラスチック
  - ・海水で生分解させた分解途上材
  - ・バージン材
- および LDPEについて有機汚染物質 (PAHs)の吸着/脱着特性を評価
- ・吸着量は天然有機物と比較して同等以下であることを確認
- ・**生分解前後で吸着/脱着特性が変化しない**ことを確認

### ■ 本技術が可能にすること

- ・海洋生分解性プラスチックの**「生分解性」という特性を考慮した**有機汚染物質キャリヤーとしての影響考察

### ■ 論文投稿中/実用化フェーズ

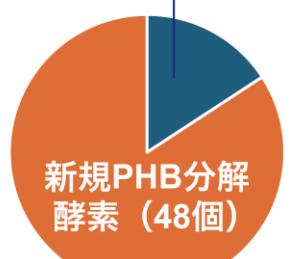
- ・分析サービスとしてリリース段階

# 研究項目③-1 「微生物、酵素による生分解メカニズムの解明 (ラボ試験環境における微生物(叢)解析)」

目標：好気/嫌気生分解における微生物叢を解析する

PHBの好気生分解

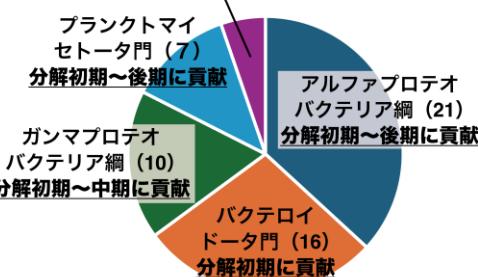
a) 既知分解酵素と類似 (9個)



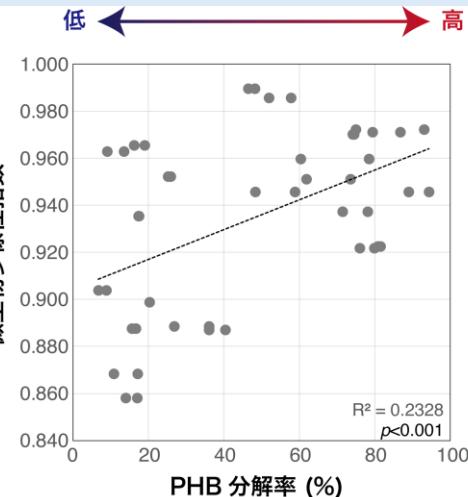
これまで機能が知られている既知の PHB 分解酵素と進化的に異なる新しい酵素が分解に寄与

⇒作用する分解菌群を生分解プロセスの時系列で分類

b) パシロータ門 (3)  
ほとんど遺伝子発現無し



大別して5つのグループの微生物が PHB 分解酵素を保有し、異なる時系列で分解に寄与



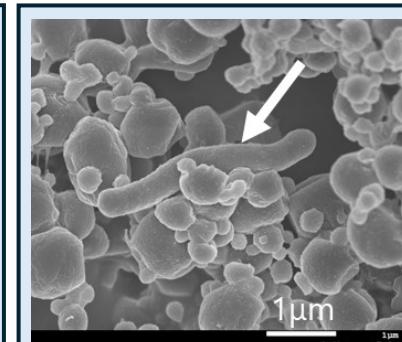
⇒海水中の菌叢とPHB生分解性との関連性を確認

多様性 高

海水に含まれる微生物量や微生物種の多様性が高いほど PHB の生分解にとって有利であることが示唆

多様性 低

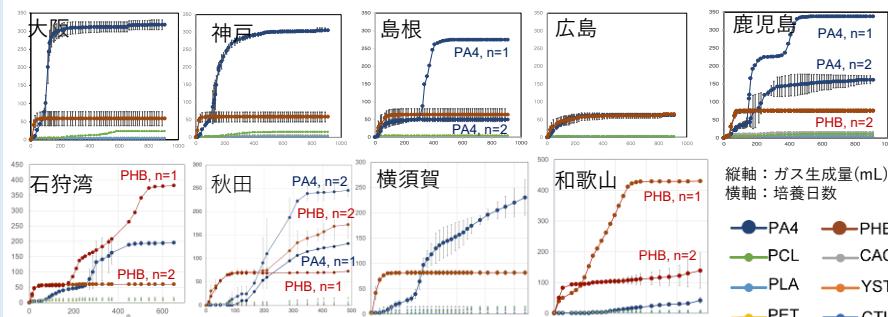
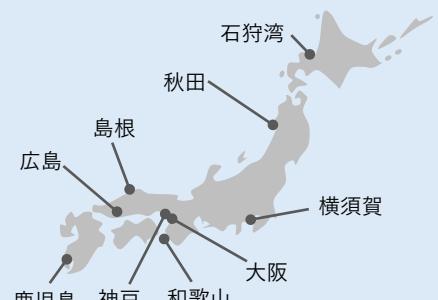
生分解性評価試験にかかる期間短縮のために、本情報を用いて微生物量や多様性を補強することが可能に！



PHB微粒子上のMAH1株の細胞 (SEM画像)

⇒ゲノム上のPHB 分解経路遺伝子の有無の検討

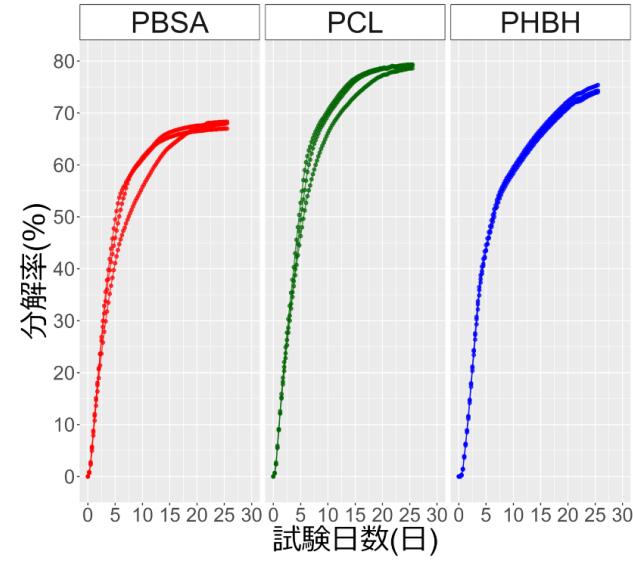
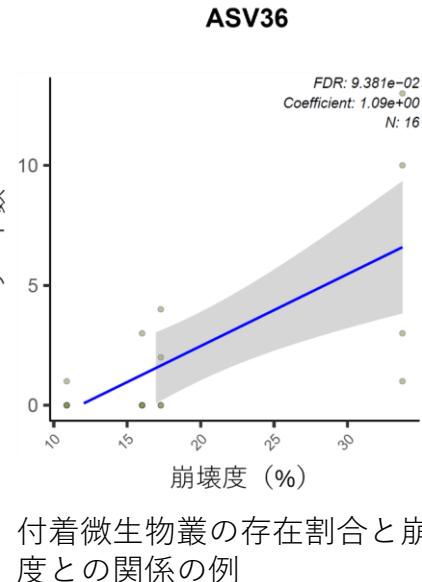
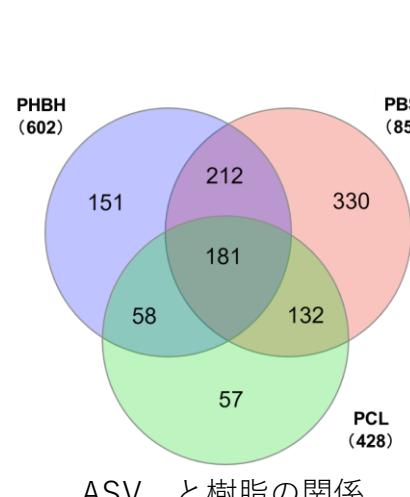
各種樹脂の嫌気生分解



⇒各地の底泥を微生物源とする嫌気生分解試験から生成物として有機酸及びメタン等のガスを定量、各地底泥での嫌気生分解データを収集

## 研究項目③-2 生分解性微生物菌叢特定のための解析及び試験法開発に資する微生物添加要素技術の開発

- 微生物叢解析データに紐付いた分離微生物株の分解活性データを取得、分離条件や環境データといったメタデータを連結したデータベースを作成した。また海洋生分解に寄与する新属新種の微生物も見いだした。分離株は2024年5月23日から順次一般公開を進めており、今後もNITEからデータとそれに紐付く分離株を公開していく。
- 樹脂フィルム付着微生物叢に一定以上の割合で存在し、かつ崩壊度と相関性を有する微生物群を特定し、実海域データに裏打ちされた生分解活性のある微生物株を特定した。
- 微生物株の混合物（カクテル）の添加による3種の海洋生分解性樹脂の生分解試験の大幅な加速と安定性を確認した。
- カクテル構成株及び調製プロトコルを確定した。また樹脂メーカー、試験機関等との意見交換を通して活用シーンを整理した。
- 海洋生分解性試験の精度向上のための微生物量測定法の特性を比較検証し、ISO規格化の基盤となるデータを整備した。



# 研究項目④-1 「実海域におけるデータ収集、簡易生分解（崩壊度）試験法の開発（簡易試験法の開発と生分解データの収集）」

目標：実海域にて簡便に浸漬崩壊度試験が実施できる手法を開発し、ISO提案する

2022.2 ISO提案

⇒ 2022.9 NP 16636国際審議

2023.4 CD 16636国際審議

2024.11 DIS 16636国際審議 ⇒ FDIS

2025.4 ISO 16636発行

2025.5 プ<sup>レ</sup>リリース

## ISO 16636の活用

JBPAセミナー (ISOの紹介) 100名以上の参加

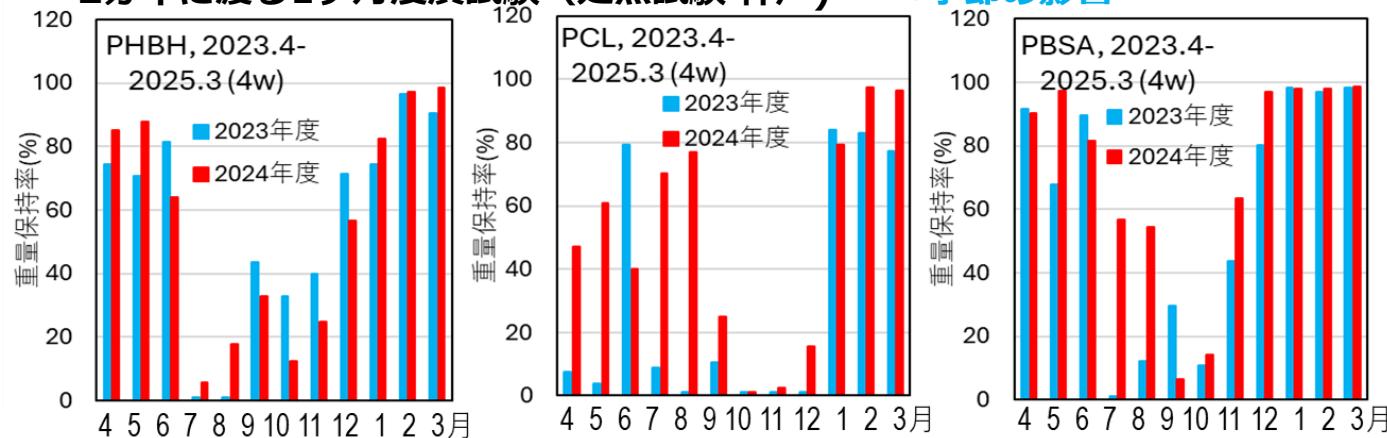
東京都産業技術センターでの依頼試験の制度化

他の公設試での共同研究、受託研究としての浸漬試験の実施

民間試験機関での実施

## ISO法によるデータ蓄積：

### 2カ年に渡る1ヶ月浸漬試験 (定点試験 神戸)



⇒季節の影響

### 試料保護の効果(発泡試料, 6ヶ月)



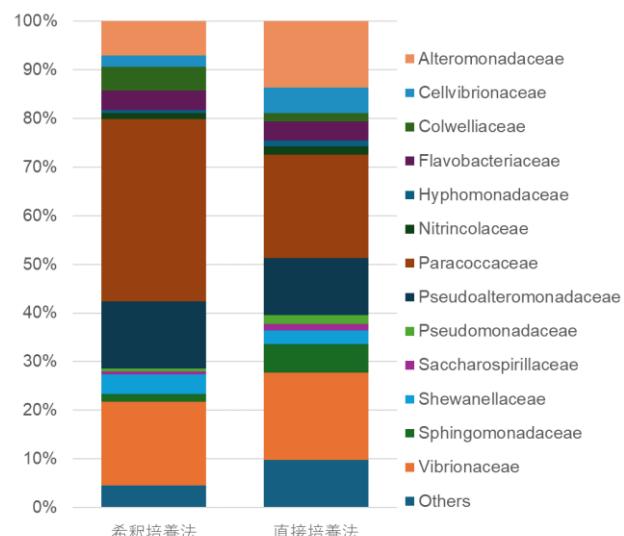
⇒破片の流出を防ぐ、フジツボ等貝類の付着の抑制

## 研究項目④-2 実験室試験の課題確認、仮説検証、及び標準化根拠形成のための実海域微生物及び関連データの収集

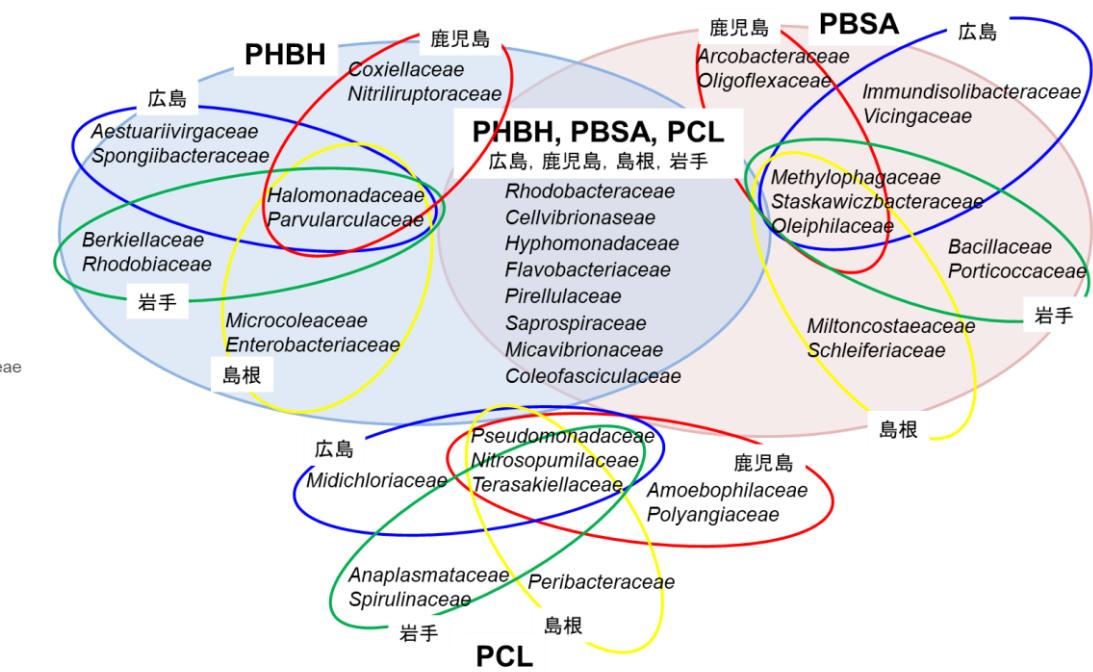
- 国内の大きく異なる4地域の実海域において、異なる季節に計8回樹脂フィルムの浸漬試験を行い、取得した環境データ、樹脂付着微生物叢データ、崩壊度データ、及び樹脂付着微生物株の分類データのサブデータベースを構築し、それらの統合を行った。
- NITEと再委託先4大学で約20,000株を分離し、16S rRNA遺伝子塩基配列による簡易同定を実施、研究項目③-2の解析へと引き継いだ。



4海域の試験サイトと浸漬の様子

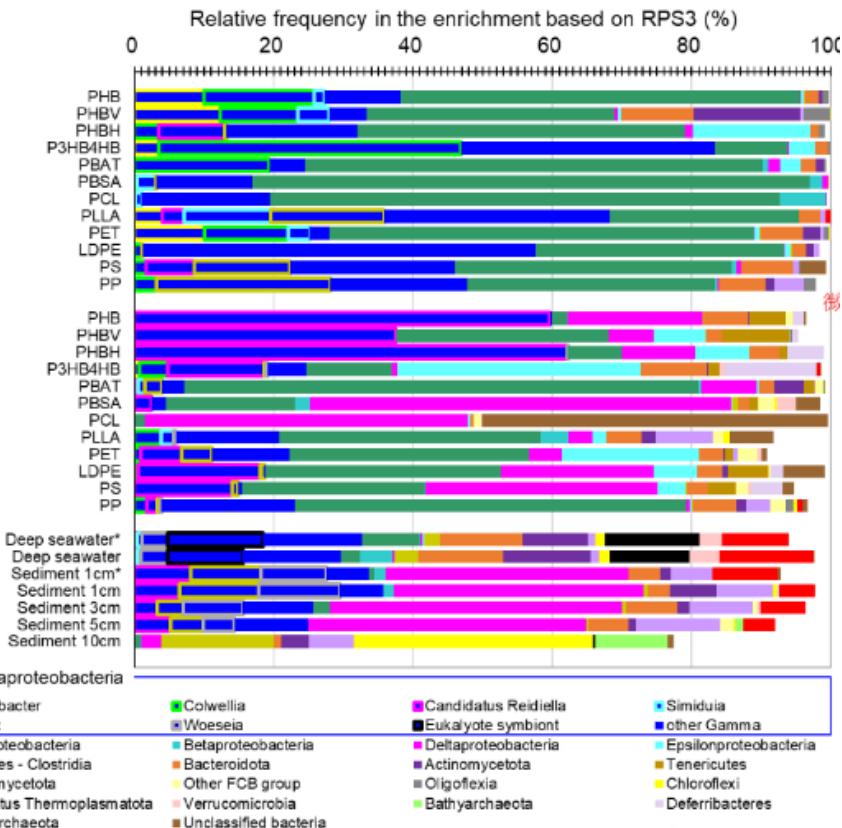
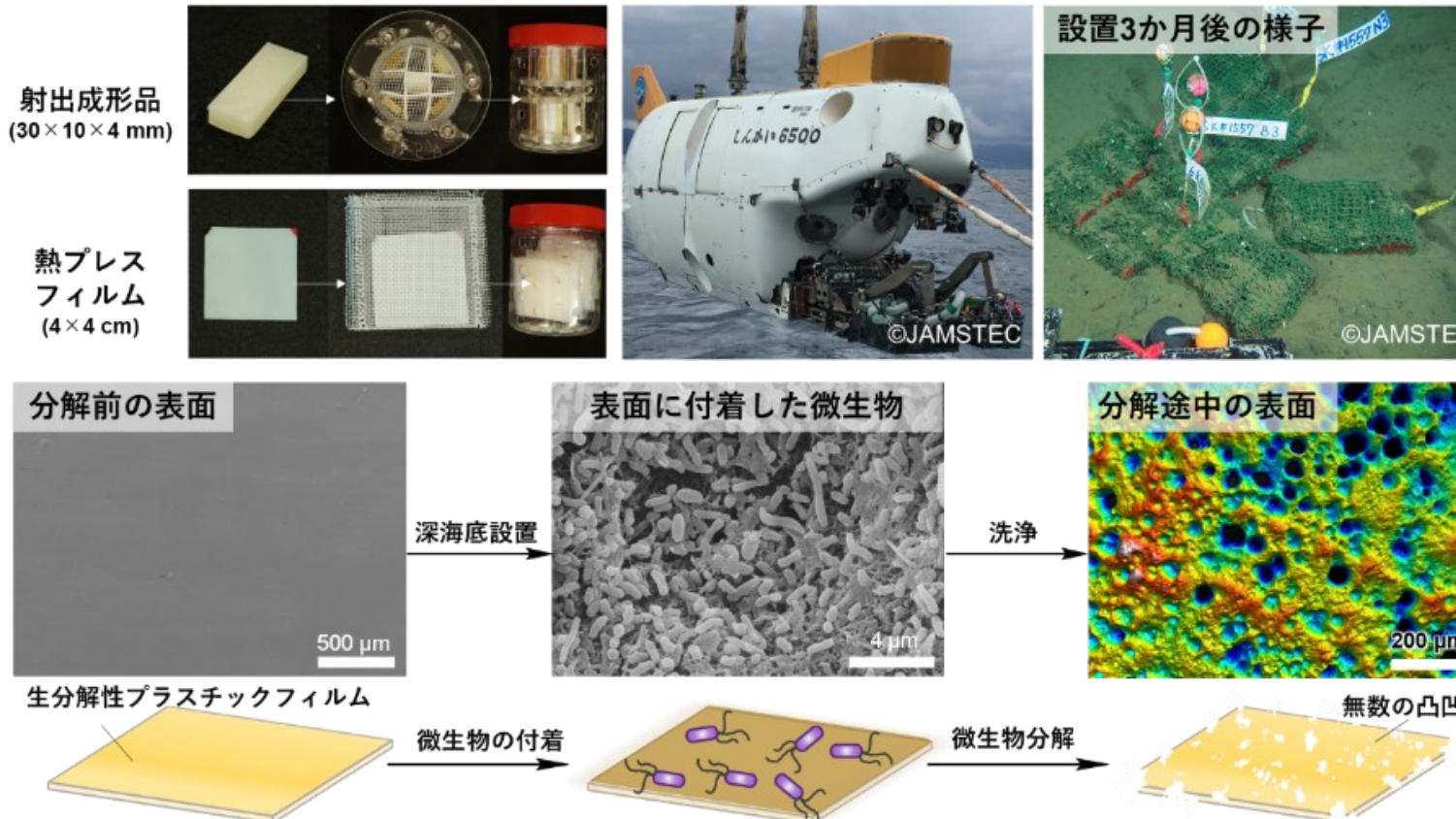


実海域に浸漬した樹脂の付着微生物叢から分離された微生物株の傾向



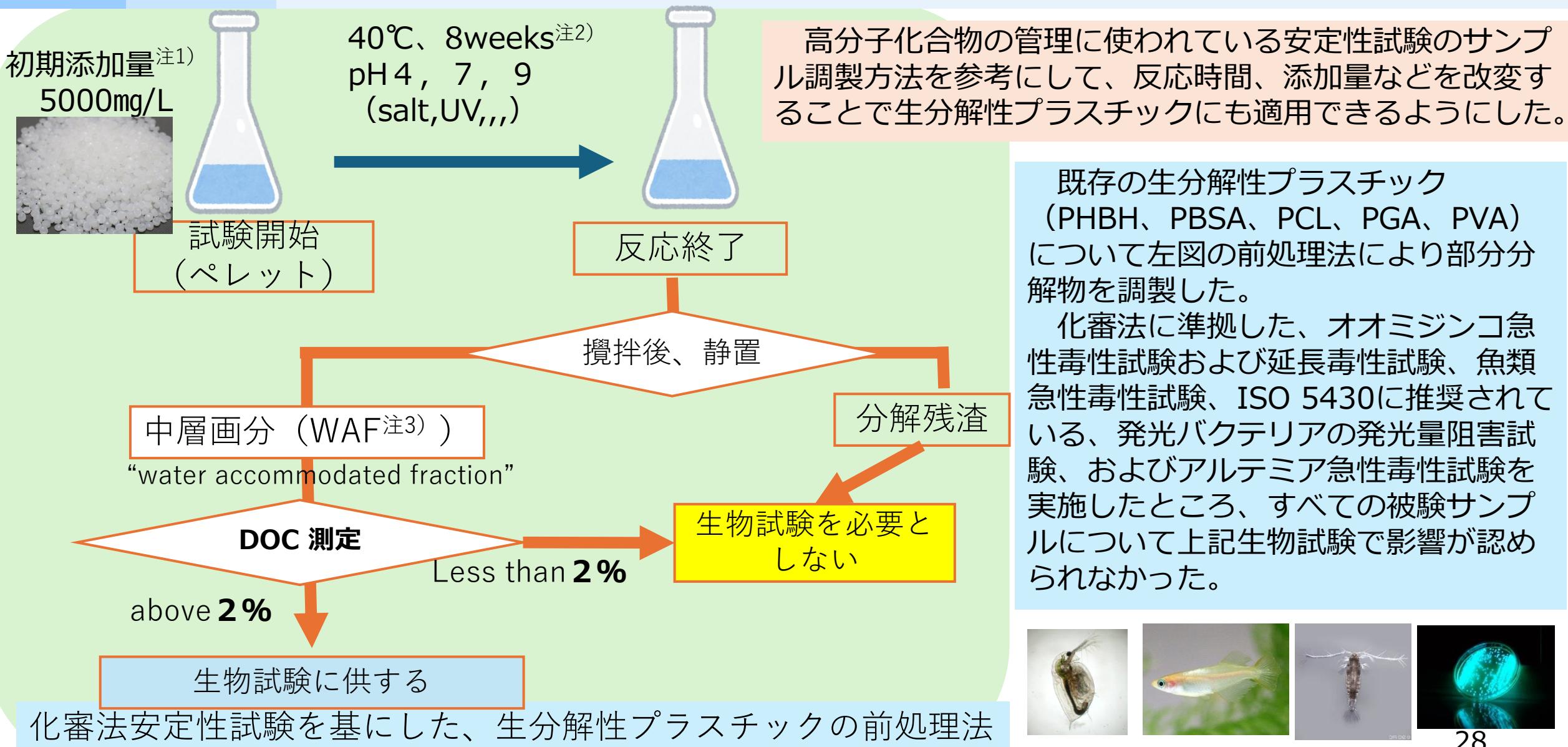
PHBH、PBSA、PCLの付着微生物叢において検出された科の共通性

## 研究項目④-3「実海域におけるデータ収集、簡易生分解（崩壊度）試験法の開発（深海実験の結果を基軸とした評価法の開発）」



- 日本近海の5か所の深海(水深:575m~5,552m)で、生分解性プラスチックが微生物により生分解されることを実証
  - 材料表面に付着する微生物は、時間とともに好気的微生物から嫌気的微生物に変化することを発見
  - Nature Communicationsに掲載:30,000回以上ダウンロード(DL)され、2024年で16番目にDLの多い論文として表彰

## 研究項目⑤ 「生態毒性評価法の開発」

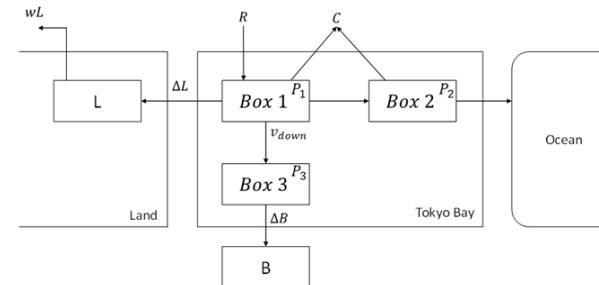


# 研究項目⑥ 「海洋プラスチック低減効果の推定」

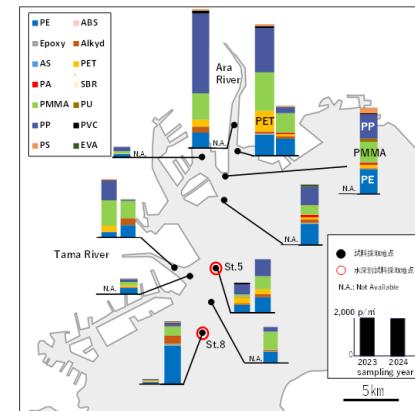
## 【研究成果】

海洋生分解性を付加したプラスチック製品を導入した際のシナリオを作成し、海洋プラスチックの低減効果を評価する手法を構築

- 海洋生分解性プラスチックへの代替を評価するための東京湾マクロプラスチックマスバランスモデルを作成し、代替と被代替の対象プラスチックの廃棄量と環境中への流入量を定量化
- 海洋生分解性プラスチックに適用可能な河川や海域での生分解、水中での移流拡散、底泥への沈降・再浮上を考慮した濃度解析モデルの開発
- 河川モデルでは富山県小矢部川での被覆肥料カプセル由来プラスチック濃度の観測、海域モデルでは東京湾での主要河川から流入するマイクロプラスチック濃度の観測を実施し、モデルの妥当性を検証
- モデルにより海洋生分解性プラスチックを導入前後の水・底泥中プラスチック濃度の時空間的变化を推定し、海洋プラスチック低減効果を定量的に評価



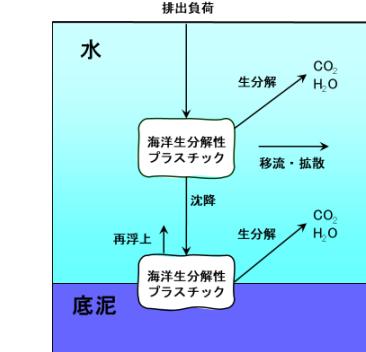
東京湾マクロプラスチックマスバランスモデル



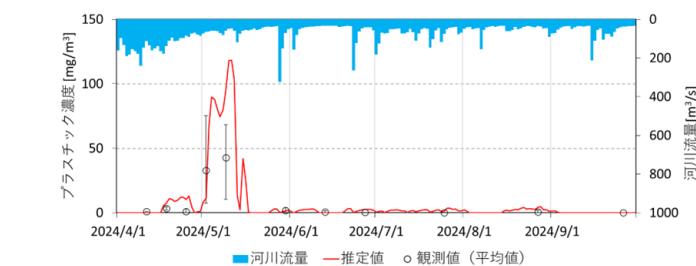
Map Source: d-maps.com, [https://d-maps.eu/map.php?num\\_car=4005&lang=ja](https://d-maps.eu/map.php?num_car=4005&lang=ja)  
2023及び2024年東京湾水中MPs調査結果

## 海域モデルにおける海洋生分解性プラスチックへの代替シナリオの一例

	種類	比重	生分解半減期	沈降速度	
ケース①	代替前 (現状)	PE	0.94 g/cm <sup>3</sup>	なし	$2.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
ケース②				5 日	$2.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
ケース③	代替後	PHBH	1.2 g/cm <sup>3</sup>	19 日	同上
ケース④				5 日	$2.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$



海洋生分解性プラスチック動態解析モデルの概念図



2024年小矢部川下流地点の被覆肥料カプセル由来プラスチック濃度の観測値と推定値

## シナリオ別プラスチック低減効果の評価結果の一例

	海水中 残存率	海底中 残存率	湾外への 流出率
ケース①	9.1%	34%	57%
ケース②	1.3%	0.1%	4.5%
ケース③	3.5%	1.3%	21%
ケース④	0.8%	0.7%	1.0%