

# 瀬戸内海のマイクロプラスチック 汚染調査とその対策研究



愛媛大学附属高等学校 理科部 プラガールズ

2年 村上陽向 近藤百々花  
1年 門田未来 廣江実采 蔵野美結  
顧問 中川和倫

# 愛媛大学附属高等学校

総合学科：40人×3学級×3学年

- 文部科学省 ・「研究開発学校(テラーメイド型教育)」
  - ・「WWL (ワールドワイドラーニング)」(R2~4)
- 15年前まで農学部附属農業高校。  
2008年から全学部附属の総合学科に改組。  
現在もSDGs科目として農業の授業がある。
- 理科部 20人余が4つの研究班に分かれて毎日活動  
マツカサガイ、酢酸菌進化、酢酸菌セルロース  
いずれの研究班も全国大会で上位入賞の実績
- プラガールズ：海洋マイクロプラスチック研究班  
2020年6月：発足 (コロナ休校あけに2年生3人)

# 活動の背景

世界の海に流されるプラスチックは  
年1千万トン以上

※2050年には海洋プラスチックの全質量  
が海洋生物の全体重を超える



瀬戸内海では地元の  
プラスチックが目立つ

# 活動内容

- A. 海洋マイクロプラスチック汚染の実態調査
- B. 海洋生分解性プラスチックの開発と経済生産
- C. 調査・研究内容に関する情報発信と啓発活動

# 目標

プラスチックを使う生活と環境を守る社会の両立

# 関係するSDGsの17ゴールと169ターゲット



3.9 汚染（有害化学物質）による疾病の減少



12.4 化学物質・廃棄物の管理により自然環境への**放出削減**

12.8 自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識を持つ



6.3 有害物質の最小化による**水質改善**



14.1 あらゆる種類の**海洋汚染を防止し、大幅に削減**

14.2 海洋及び沿岸の**生態系回復**の取り組み



8.4 持続可能な消費・生産による**環境悪化の分断**



15.1 陸域・内陸淡水生態系の回復・持続可能な利用の確保



9.4 環境に配慮した技術の拡大による**産業改善**



17.6 地域的・国際的な協力と知識共有

17.7 環境に配慮した**技術の開発、移転、普及、拡散**



11.6 廃棄物の管理に注意を払い、環境への**悪影響を軽減**

# A. 実態調査

## 【1】(社)「ECオーシャンズ」の活動に参加

道がなく人が立ち入れない海岸にボートで  
上陸して、漂着しているプラごみの回収活動



## 【結果】

15人が2時間活動し、大型トラックの荷台が山盛りになるプラごみを回収

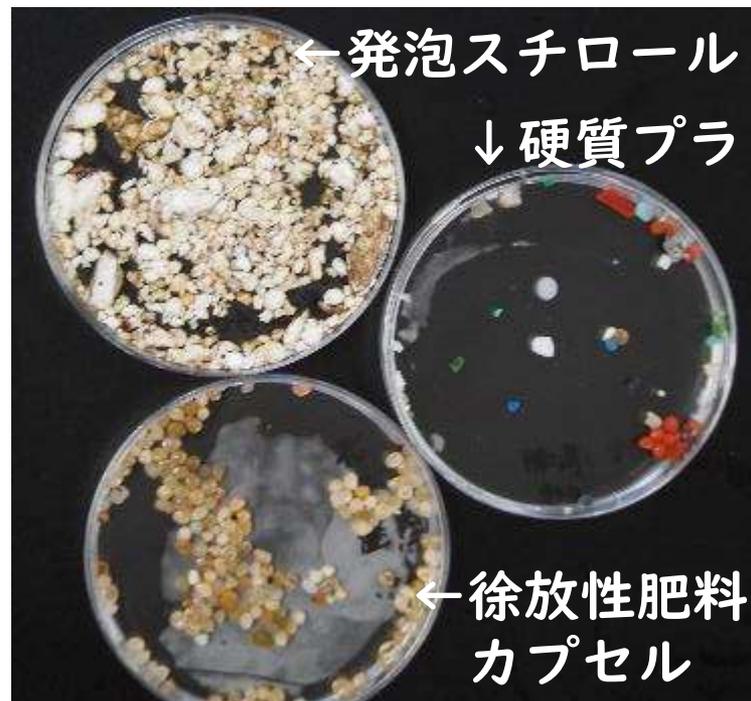
▶養殖漁業用の大型流出プラごみ（ブイ・フロート類）と地元の小型生活ごみが多い  
愛媛県の海岸プラごみホットスポットは1700か所



# 【2】 海岸漂着マイクロプラスチック調査

## ① 採集

海岸の砂をバケツの海水に入れ、浮いてきた  
**5 mm以下のプラスチック**を採集して分類



## ②材質分析

愛媛大学工学部のFT-IR(フーリエ変換赤外線分光法)で採集マイクロプラスチックの材質を分析し、マイクロ化する前の製品を特定

▶流出ルートを解明して対策を立てる



# 【結果】①マイクロプラスチック数の季節変化

松山市梅津寺海水浴場(満潮位)砂浜 0.1m<sup>2</sup>あたりのマイクロプラスチック(単位:個)

種類	月/日	4/30	5/9	7/3	7/10	8/5	8/27	9/10	9/24	10/8	11/6	1/9
徐放性肥料カプセル		0	0	3	5	166	150	231	150	11	0	16
発泡スチロール		0	0	1	3	554	1173	1500	1285	107	87	944
人工芝の破片		1	0	0	1	2	74	77	5	1	0	7
その他		4	2	11	15	28	84	90	20	3	2	47



大雨



大雨



稲刈り



大雨

- ・砂浜 1 m<sup>2</sup>あたり約20個～2万個 (季節変動が大)
- ・7月下旬の豪雨や8月の台風で、8月～9月に急増
- ▶特に、徐放性肥料カプセル (農業用プラスチック)
- 発泡スチロール (漁業用用プラスチック)

# 【疑問】 愛媛大学工学部の報告と逆

大学のシミュレーション

▶ 夏に少なく、  
冬に多い。



私たちの調査データ

▶ 夏に多く、  
冬に少ない。  
※雨天後に多い



# 【考察】夏が逆の結果になった理由

私たちの調査データ

▶夏に多い

※雨の後に増加することから**陸水の影響**が大きい

※重信川から出た家庭・農業ごみが**南風で北上**

※途中の漁港で漁業ごみ加わる

※広島からはマイクロ化したプラごみが漂着



# 【考察】冬が逆の結果になった理由

大学のシミュレーション

▶冬に多い

※北風で広島からのごみが流れつくため多くなる

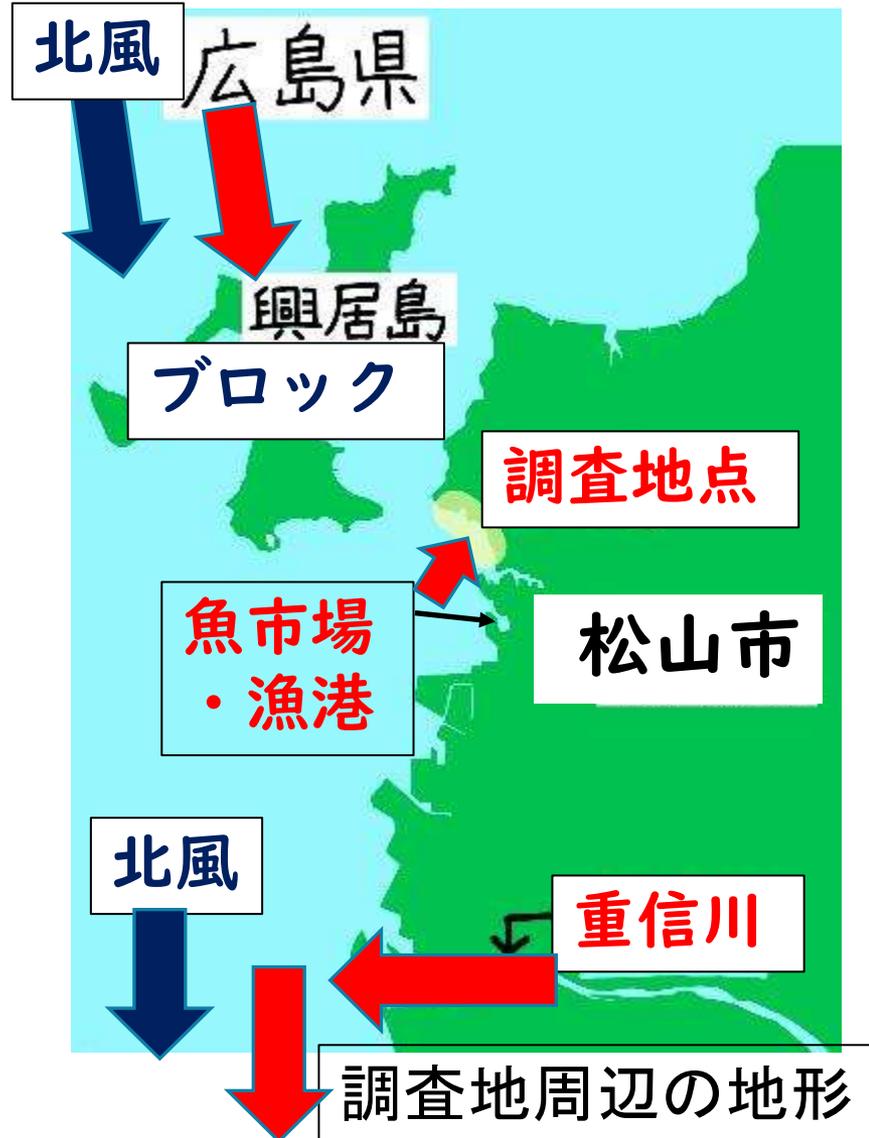
私たちの調査データ

▶冬に少ない

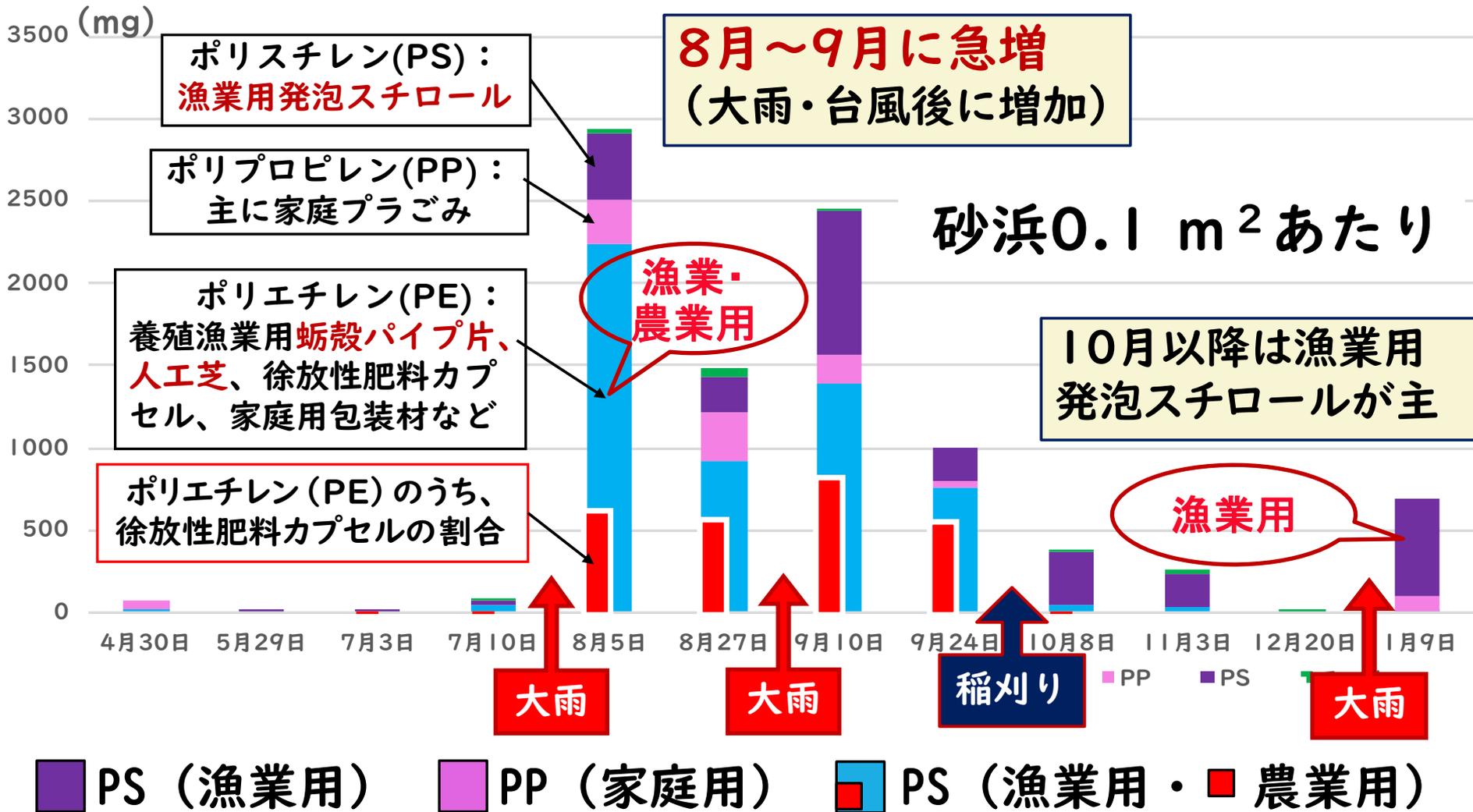
※広島からの大型ごみは興居島でブロックされる

※重信川のごみは北風で南下するので届かない

※漁港からは近い



# 【結果】 ② マイクロプラスチックの材質別質量



# 【考察】夏と雨天後にPEとPSが増加

家庭用プラスチックよりも、**農業や漁業**に由来する地元の**産業用プラスチック**が多い

## ▶ ポリエチレン (PE)

**徐放性肥料カプセル (農業用)**

**蛎殻パイプ片 (養殖漁業用)**

人工芝片 (近くにサッカー練習場)



蛎殻パイプ

## ▶ ポリスチレン (PS)

**発泡スチロール (漁業用フロート・トロ箱)**

## ▶ ポリプロピレン (PP)

家庭用プラごみ (少ないが、雨で増加)

# 瀬戸内海（閉鎖海域）のプラごみの特徴

瀬戸内海：養殖漁業が盛ん  
沿岸人口密度が高い  
流入する河川が多い  
外洋の流入が少ない



<https://shop.tcgmap.jp/blogs/column>

日本海／太平洋  
海外から漂着する  
プラごみが多い



瀬戸内海  
地元の産業系プラ  
ごみが多い。  
陸水の影響が大

- ※場所や気象による変化が大きく、一定ではない
- ※地元からの排出が主なので、地域での取組が重要
- ※漁業や農業など産業系の流出物の影響が大きい

# 【3】用水路のマイクロプラスチック調査

## <目的>

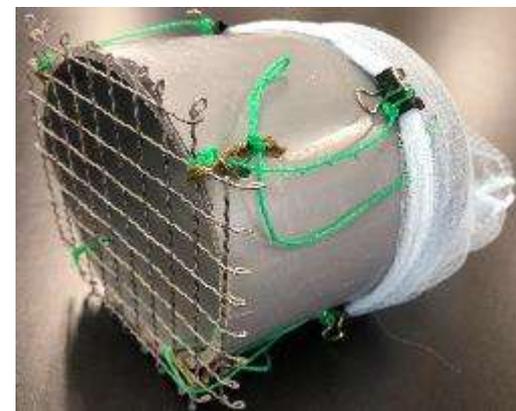
水田からの徐放性肥料カプセルの  
流出量を**天候**や**季節変動**から比較

▶いつどの程度の汚染を起こしているのか



## <方法>

水田横の用水路に採集装置を装置  
10時間の流入水（約60トン）



**採集装置**…廃品資材と100均の商品で自作

# 【徐放性肥料カプセルとは】

化学肥料をポリエチレンで被覆した  
直径2～3mmの遅効性の散布肥料

肥効が数か月間持続

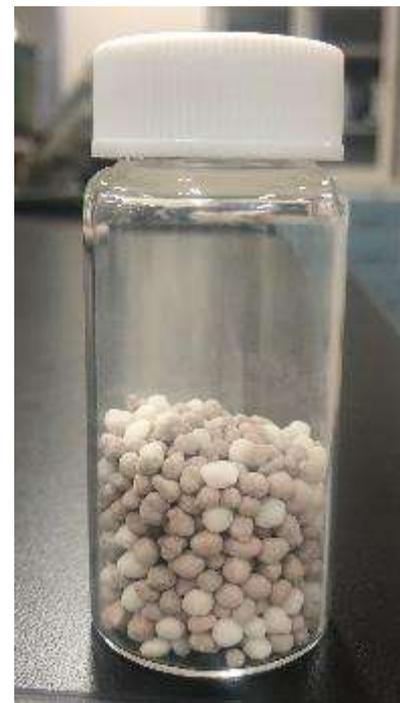
▶ 農業の省力化



海岸で採集した  
徐放性肥料カプセル



徐放性肥料  
カプセルの袋



徐放性肥料  
カプセル  
(散布前)

# 【結果】

時期	前日の天気	当日の天気	カプセル数
田打ち後2日	曇り	雨・曇り	+
田植え翌日	少雨・曇り	曇り	-
田植え後半月	晴れ	晴れ	-
田植え後20日	雨・曇り	晴れ・曇り	+ (流入)
田植え後1か月	曇り	晴れ・少雨	-
田植え後40日	曇り	雨	++

カプセル  
散布

- ・ 田植え（散布）前は前年から残るカプセルの流出
- ・ 雨の翌日は上流の水田から流出したカプセルが流入
- ・ 田植えの約1か月後から空のカプセル流出開始
- ・ 流出は当日の降水量の影響が大きい
- ・ 流出の最大は2～3か月後、稲刈り後は流出なし

# 全国の水田へのプラスチック年間散布量

カプセル × 散布量 × 水田面積 = 約1万トン  
(1個分の重さ) (面積当たり) (全国)

500mlペットボトルに換算 ▶ 1年間に 約4億本!

農業用プラスチックも海洋汚染  
に影響している!

▶ 農業用プラスチック対策  
も重要



※多くの農家の方々はこのことを知らない

## B.対策（開発研究）

### 【4】海洋生分解性プラスチックの開発

産業用プラによる**海洋汚染防止のための対策**

回収困難な小型のプラスチック（肥料カプセルなど）



### **海洋生分解性プラスチックに変更**

海洋性細菌が作るプラスチックは、海洋性細菌により分解される**〈2020～2021年の研究〉**

⇒日本農芸化学会誌「化学と生物」2021：論文掲載、  
グローバルサイエンティストアワード2021：文科大臣賞

# (1) 海洋生分解性プラスチックの合成

## ① 天日塩から海洋性細菌を培養

市販の天日塩12種類から菌株66種を得た

**<市販の天日塩=世界中の試料>**

※マリネブロス培地で培養



世界の天日塩

イタリア・フランス・スペイン・メキシコ・  
アルゼンチン・オーストラリア・キリバス・  
南アフリカ・中国・日本

## ② 菌体内からPHBを抽出

※特許公報(B2)第5887062号(2016)による

**PHB(ポリヒドロキシ酪酸)**

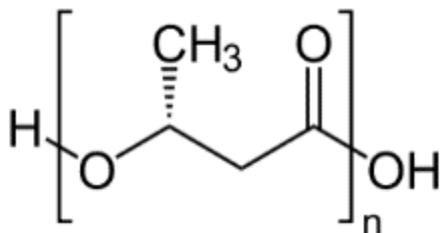
細菌の貯蔵栄養分で生物に無害  
生分解性プラスチックの材料物質



細菌コロニー



抽出したPHB



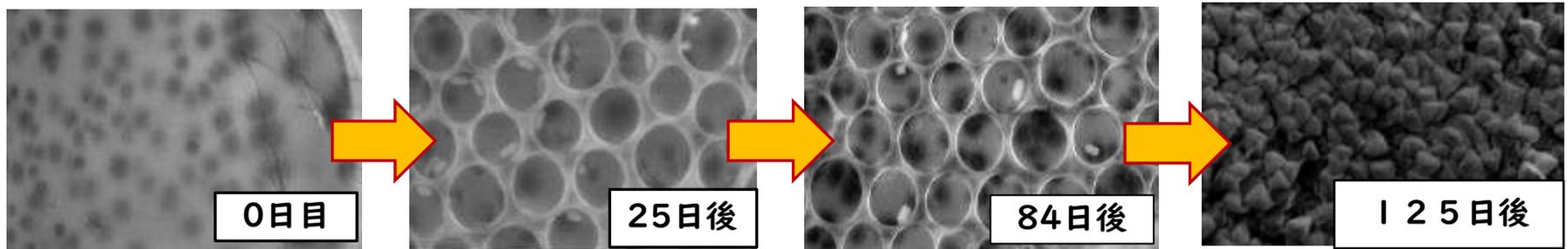
PHB化学式

## (2) PHB製プラスチックの生分解性

PHB製プラスチックシートに海洋性細菌を接種し培養

▶電子顕微鏡で表面構造の変化を継続観察

徐々に分解 ▶4か月で完全に分解された



**海洋生分解性プラスチックの合成に成功!**

徐放性肥料カプセルの生分解性プラスチック化について

**製造企業に質問▶高コスト**などから難しいとの返答

**低コスト化に挑戦**(2022年の研究)

# (3) PHBの低コスト生産：砂糖醤油培養

当初：海洋細菌用マリネブロス培地（500gで3万円）使用

## ①優良菌株の選抜(新種の可能性)

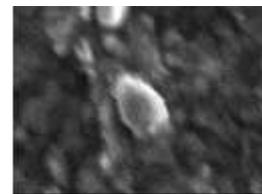
選抜した海洋性細菌の**優秀菌株**3種→  
愛媛大学農学部でゲノム解析⇒**新種**



I3-1(イタリア産)



I3-3(イタリア産)



SA3-6(南アフリカ産)

## ②C/N比改変培養<希釈醤油+砂糖添加培地の採用>

マリネブロス培地の通常培養

PHB 1gあたり**7000円**

⇒ **培地の変更** + **C/N比改変培養**

(安い栄養物)

(PHB合成能力の向上)



醤油100倍希釈+砂糖5%添加培養 1gあたり**10円以下**

**PHBの生産コスト：1000分の1**

※農業・漁業用プラ、スクラブ、等への応用を検討

# C.情報発信と啓発活動

## 【5】生分解性プラスチック普及のための活動

### (1) 本校生徒対象の意識調査(約300人)

質問	正答率
①海に流入するプラごみの量(年間1千万トン)	28%
②マイクロプラスチックの大きさ(5mm以下)	37%
③バイオプラスチックのうち、バイオマスプラスチックと生分解性プラスチックの違い	15%
④2022年4月施行の「プラスチック資源循環促進法」を知っている	10%

正しい知識がない  
+  
意識が低い

正しい知識を身につけてもらうための**情報発信・啓発活動**や、意識を変えるような**インパクトのある仕組み**(ex.レジ袋有料化)が必要

## (2) 対外的な活動と波及効果

### <対外的な情報発信：2022年度>

- ・愛媛大学附属中学生に環境講義(6月)
- ・環境啓発マガジン発行(10月)

(瀬戸内オーシャンズX「海洋環境デザイン教育プログラム」)

- ・国連大学HPから世界へメッセージ発信(10月)
- ・「SDGs Youth Summit」発表(10月)
- ・松山市「まつやま環境フェア」出展(10月)  
(ステージイベント、ブース展示・説明)
- ・京都大学超SDGsシンポ(11月)
- ・京都大学地球環境ユースサミット  
(3月参加予定：3日間)
- ・放送番組、新聞、雑誌の取材対応



愛媛大学教育学部附属  
中学校生徒に講義



環境啓発  
マガジン



まつやま環境フェア出展

# <校内での波及効果:2022年度>

- **校内での環境保全活動**の取組の活発化  
コンタクトケース回収、制服リユース、  
フードドライブなどへの積極的な取組



制服リユース

- クラスメイトの環境意識の向上  
▶ **「スポGOMI甲子園」**愛媛県代表  
全国大会:2021**優勝**、2022**準優勝**

- 本校の農業科:**生分解性マルチ**の試験的導入  
▶ 先生の話:使い勝手はよく廃棄処理もラク、  
難点は**高額(従来品の約5倍)**であること  
⇒生分解性プラスチックが普及しない理由  
▶ **循環型農業**への取組も本格的に開始



### (3) 外部との連携

#### <2022年の教育助成プログラム>

- マリンチャレンジプログラム (リバネス)
  - ▶ 研究メンタリング、研究助成金
- 理科教育支援プログラム (日立ハイテク)
  - ▶ 電子顕微鏡無償貸与
- 日本財団「瀬戸内オーシャンズX」海洋環境デザイン教育プログラム
  - ▶ 啓発支援、啓発マガジン制作
- 高校生研究活動支援事業 (REHSE)
  - ▶ 研究メンタリング、研究助成金
- 伊予銀行環境基会「エバーグリーン」
  - ▶ 活動助成金: 50万円



日立ハイテク  
無償貸与の  
電子顕微鏡



リモート指導

## <2022年度：調査訪問による指導・助言>

- ・愛南漁業協同組合（漁業聞き取り調査）
- ・（社）ECオーシャンズ（プラごみ回収活動）
- ・長浜バイオ大学（小倉淳教授の指導）
- ・（株）カネカ（研究所訪問で指導）
- ・愛媛大学工学部（日向博文教授の指導）
- ・愛媛大学沿岸環境科学研究センター（野見山桂准教授）



カネカ研究所訪問

## <国連大学サステナビリティ高等研究所から>

- ・2022年5月「生物多様性の日2022国際シンポジウム」
  - ▶パネリスト発表（英語同時通訳）
- ・2022年7月「第3回パリ協定とSDGsのシナジー強化に関する国際会議」
  - ▶パネリスト発表（英語同時通訳）



国際会議で発表

# (4) マスメディアからの情報発信



## <放送関係> 5月～2月に計14回

- 2022年 5月：あいテレビ「SDGs学園 海からはじまる愛媛のミライ」(30分)
- 2022年 5月：あいテレビ「Nスタえひめ」内「SDGsコーナー」(5分)
- 2022年 5月：FM愛媛「Brillante for SDGs」(四国FM4局ネット：10分)
- 2022年 5月：愛媛CATV、あいテレビ「きらめき松山市民賞」受賞ニュース
- 2022年 5月：関西テレビ／フジテレビ系<全国放送> (SDGs・リケジョ特番)  
「天才少女観察バラエティ 没頭ガール」75分番組中15分のコーナー
- 2022年 6月：TBS系<全国放送>「THE TIME」内「全国！中高生ニュース」(2分)
- 2022年 7月：愛媛朝日テレビ「Jチャンネルえひめ」内「エヒメのマナビ」(12分)
- 2022年 8月：南海放送「マリンチャレンジプログラム中四国大会」受賞ニュース(2分)
- 2022年 9月：YouTube<全国放送>「内田篤人のSDGsスクール」(15分内)
- 2022年10月：国連大学HP「プラガールズの動画」(18分)<日本語・英語：国際配信>
- 2022年11月：あいテレビ「Nスタえひめ」内「SDGs三浦保環境賞候補紹介」(6分)
- 2023年 2月：あいテレビ、愛媛朝日テレビ「愛顔のえひめ県知事表彰」(各1～2分)

## <新聞・雑誌関係> 5月～1月に計6回

- 2022年 5月：webザテレビジョン(「天才女子観察バラエティ 没頭ガール」番組紹介)
- 2022年 6月：愛媛新聞(「生物多様性の日2022国際シンポジウム」発表)
- 2022年12月：「教育応援」VOL.56「躍動する中高生研究者」
- 2022年12月：毎日新聞「イオンエコワングランプリ」内閣総理大臣賞
- 2023年 1月：「タウン情報まつやま」2月号「愛媛のSDGs」特集
- 2023年 1月：読売新聞「全国ユース環境活動発表大会」四国大会最優秀賞

# 情報発信と啓発活動：私たちの提言

## 大型プラ▶リサイクル

- ・家庭ごみ：個人の意識と努力
- ・産業ごみ：流出阻止と法規制

## 小型プラ▶生分解性化

- ・使い捨て型が多く回収困難
- ・生物に無害な材質であること

## <伝えたいこと>

- ・リサイクルは日本だけではダメ **国際協調が必要**
- ・**生分解性プラスチックにも課題が多い**  
(分解過程でマイクロ化、加工時の有害物質放出)

**※環境問題は、AをBにしたら解決するような単純な問題ではない！**

# 【今後の展望】

- プラスチック**分解菌**、**資化性菌**の探索
- PHBのさらなる低コスト化
- **啓発教材**の開発



プラスチックと上手に付き合いながら、**美しい海**を守ることが  
できる社会を目指し、これから  
も研究に取り組んでいきます！



# 【主な入賞歴】 <全国大会、中四国大会>

- 2020 11月：海の宝アカデミックコンテスト 最優秀  
12月：サイエンスキャッスル研究費2020アサヒ飲料賞 最優秀  
1月：日本薬学会中四国大会高校生オープン学会 優秀賞
- 2021 9月：GSC4大学（愛媛・広島・九州・琉球大）合同発表 最優秀  
11月：海の宝アカデミックコンテスト 準優勝  
11月：グローバルサイエンティストアワード 文部科学大臣賞  
12月：全国ユース環境活動発表四国大会 最優秀賞  
2月：全国ユース環境活動発表全国大会 国連大学高等研究所所長賞  
3月：サイエンスキャッスル中四国大会 優秀賞
- 2022 5月：生物系3学会中四国大会 優秀賞  
6月：高校環境化学賞 奨励賞  
8月：マリンチャレンジ中四国大会 優秀賞  
11月：海の宝アカデミックコンテスト 入賞  
11月：坊っちゃん科学賞論文コンテスト 優良  
12月：全国高校生理科科学論文大賞 努力賞  
12月：イオンエコワングランプリ 内閣総理大臣賞  
12月：サイエンスキャッスル中四国大会 優秀賞  
12月：全国ユース環境活動発表四国大会 最優秀賞  
2月：全国ユース環境活動発表全国大会 優秀賞  
2月：ローカルSDGs 四国表彰 チャレンジ賞



# 【謝辞】

(株)リバネス・マリンチャレンジプログラム：小玉様・吉川様・仲栄真様、  
日本財団・瀬戸内オーシャンズX：塩入様・矢萩様、 藤原NH振興財団、  
3710Lab(みなとラボ)：田口先生・梶川様・佐藤様、 宮城県農業高校、  
(株)ジェイカムアグリ、 伊予銀行環境基金「エバーグリーン」、  
(株)アサヒ飲料：竹内様、 (株)カネカ：佐藤研究リーダー・宅様、  
(株)日立ハイテック：寺田様・二瓶様、 長浜バイオ大学：小倉先生、  
REHSE「高校生による自主研究活動支援事業」・東京大学：主原先生、  
愛南漁業協同組合：立花組合長、 (社)ECオーシャンズ：岩田代表、  
愛媛大学工学部：日向先生・古川様、教育学部：向先生・中村先生、  
農学部：阿野先生、理学部・沿岸環境科学研究センター：野見山先生、  
愛媛大学附属高校：生徒・保護者・教職員の皆様、愛媛大学関係者の皆様、  
愛媛県環境局：高村課長・一色様、 松山市環境部：石丸様、  
国連大学サステイナビリティ高等研究所：竹本様・丸山様・ニコラ様、  
発表会の質疑応答で助言をいただいた大学・企業・高校の先生方、  
私たちの活動を紹介していただいた新聞社・放送局・出版社・企業の皆様、  
**ありがとうございました**

## 【参考資料】

- ・令和3年度愛媛県海洋プラスチックごみ実態把握調査報告書（2022）愛媛県HP
  - ・特許公報(B2)第5887062号（2016）海洋研究開発機構・信州大・東京海洋大
  - ・持続可能社会をつくるバイオプラスチック（2020）日本化学会（化学同人）
  - ・脱炭素時代のグリーン材料 バイオプラの教科書（2021）小松道男（日経BP）
  - ・科学的に見るSDGs時代のごみ問題（2019）松藤敏彦（丸善出版）
  - ・生分解性プラスチック入門/バイオプラスチック入門（日本バイオプラスチック協会HP）
  - ・海岸域におけるマイクロプラスチックの調査方法の確立（静岡県環境科学センター）
  - ・身近なプラスチックがわかる（2020）技術評論社
  - ・プラスチックによる海洋汚染対策としての生分解性プラスチック（2020）日本化学会
  - ・海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップ（2019）経済産業省HP
  - ・バイオプラスチック導入ロードマップ（2021）環境省・経産省・農水省・文科省HP
  - ・海洋ごみをめぐる最近の動向（2018）環境省HP
  - ・微生物による生分解性ポリマーPHBH製造法の開発」（2019）生物工程学Vol.97-2
  - ・天然型高分子PHBHの材料化（2020）工業材料Vol.68-10
  - ・プラスチックと微生物(2020)独立行政法人製品評価技術基盤機構HP
  - ・農林水産省 令和3年度 耕地面積(2022)
  - ・愛媛県立今治西高等学校生物部 平成30年度研究報告書・平成27年度研究報告書
- その他、多数のHPや学会誌を参考にしました。



海岸プラごみ現地調査



マイクロプラ調査のTV取材



生分解性プラ合成実験



学会でポスター発表



中学生にプラ問題の出張講義



環境イベントで啓発活動

**ご清聴ありがとうございました**