

# 海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップの概要図

令和元年5月

		2019年	2020年	2021～25年	～2030年	～2050年
<b>実用化技術の社会実装 (MBBP1.0)</b>  PHBH、PBS等  (主な用途例) レジ袋・ごみ袋 ストロー・カトラリー 洗剤用ボトル 農業用マルチフィルム等	海洋生分解機能に係る信頼性向上	ISO策定 体制構築	課題整理	ISO提案【産業技術総合研究所、日本バイオプラスチック協会(JBPA)】  生分解機能の評価の充実に向けた試験研究【新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)等】		
	量産化に向けた生産設備拡大、コスト改善	量産能力の増強			生分解性プラスチック製造のバイオプロセスの改善【NEDO等】	
	需要開拓	国内外の出展、ビジネスマッチングの促進【クリーン・オーション・マテリアル・アライアンス(CLOMA)】			洗剤用ボトル 農業用マルチフィルム	
	識別表示、分別回収・処理に係る検討	レジ袋 ごみ袋	ストロー カトラリー	グリーン公共調達	識別表示の整備【JBPA】	分別回収・処理に係る検討
<b>複合素材の技術開発による多用途化 (MBBP2.0)</b>  不織布(マスク等)、発泡成形品(緩衝材等)等			セルロースナノファイバー等のコスト削減、複合方法の加工性の向上【NEDO等】			マスク 梱包用緩衝材
<b>革新的素材の研究開発 (MBBP3.0)</b>  肥料の被覆材 漁具(漁業・養殖業用資材等)等		革新的素材の創出に向けた海洋生分解性メカニズムの解明【NEDO等】			海洋生分解性メカニズムを応用した革新的素材の創出  肥料の被覆材 漁具(ブイ)	
		生分解コントロール機能の付与				
		新たな微生物の発見【製品評価技術基盤機構(NITE)】 漁具の代替素材の導入検討【水産庁(産総研との連携)】				

※MBBP：植物由来(バイオマス)の海洋生分解性プラスチック(Marine Bio-degradable Bio-based Plastics)

※海洋生分解性プラスチック：海洋中で微生物が生成する酵素の働きにより水と二酸化炭素に分解されるプラスチック

## 《第1章 本ロードマップの役割と意義》

### 1. 地球規模の海洋プラスチックごみ問題への対応

#### (1) 経緯

プラスチックは、軽量かつ丈夫であり加工性に優れるといった特性を持ち、日常生活の利便性等をもたらす素材としてこれまで幅広く活用されてきている。その一方で、新興国の経済発展と世界的な生産量の増加に伴い、近年、プラスチックごみによる海洋汚染が問題視されるようになってきた。2015年には世界で約800万トン以上のプラスチックが陸域から海域に流出しているとの研究成果<sup>1</sup>が、2016年にはエレンマッカーサー財団の「New Plastic Economy」において2050年に海洋中のプラスチック量が魚の量以上に増加するとの試算が相次いで発表された。

地球規模の海洋プラスチックごみ問題に対する世界的な関心の高まりを背景に、2018年6月にカナダで開催されたG7シャルルボワ・サミットではカナダ・フランス・ドイツ等が「海洋プラスチック憲章<sup>2</sup>」を承認する等、各国の取組が活発になってきている。2019年3月の国連環境総会では「海洋プラスチックごみ及びマイクロプラスチック」に関する決議等が採択され、海洋プラスチックごみ及びマイクロプラスチックに対処するための科学的・技術的知見の集積、ワンウェイ（シングルユース）<sup>3</sup>のプラスチックの排出削減や産学官連携による代替素材の開発に向けたイノベーションの促進強化等、国際的な取組が求められることとなってきた。

#### (2) 日本国政府の取組

こうした中で我が国は、安倍総理が2019年1月の世界経済フォーラム年次総会（ダボス会議）のスピーチ<sup>4</sup>及び第198回通常国会の施政方針演説<sup>5</sup>において、6月のG20サミットで

<sup>1</sup> Jambeck ら, Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science* (2015. Feb)によると、世界全体では途上国からの流出量の比率が高く、G7各国からの流出は世界全体の約2%と推計されている。

<sup>2</sup> 海洋プラスチック憲章では2030年までにプラスチック包装の最低55%をリサイクル又は再使用し、2040年までにはすべてのプラスチックを100%回収する等の数値目標が定められている。

<sup>3</sup> ワンウェイとは、通常一度使用した後にその役目を終えることをいう。

<sup>4</sup> ダボス会議では、「海に流れ込むプラを減らすために世界中の努力が必要であるという共通認識を作りたい。そのために経済活動を制約する必要は全くない。イノベーションが重要なのである。」と安倍総理が表明した。

<sup>5</sup> 第198回通常国会の施政方針演説では「プラスチックによる海洋汚染が、生態系への大きな脅威となっています。美しい海を次の世代に引き渡していくため、新たな汚染を生み出さない世界の実現を目指し、ごみの適切な回収・処分、海で分解される新素材の開発等、世界の国々と共に、海洋プラスチックごみ対策に取

は、議長国として海洋プラスチックごみ問題を取り上げ、新たなプラスチックごみによる海洋汚染をなくすために世界全体の取組を大きく進めることを目指すことを表明した。具体的には、我が国として①G7のような先進国のみならず新興国も含めた世界全体での取組が不可欠であり、②プラスチック製品の製造や利用等の経済活動の制約ではなく、③適切な廃棄物管理及び新素材開発等のイノベーションにより、プラスチックごみの海への流出を抑えることが重要であるとして、各国による実効的な対策を促す国際枠組の構築を目指すこととしている。

併せて、我が国自らが率先垂範の取組を示すべく、2019年2月に内閣官房の下に「海洋プラスチックごみ対策の推進に関する関係府省会議」を設置し、6月のG20サミットまでに、「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン（仮称）」を策定することとなっている。

### （３）産業界の取組

産業界においても、海洋プラスチックごみ対策への自主的な取組が国内外で活発化している。2019年1月には、化学メーカーをはじめ約30のグローバル企業を中心にした国際アライアンス「Alliance to End Plastics Waste」（AEPW）が設立され、今後5年間で合計15億ドルを投じて海洋プラスチックごみの抑制・管理・使用後のソリューションを推進する事業を展開する予定とされている。国内でも同じく1月に、官民連携組織「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス」（CLOMA）<sup>6</sup>が設立され、海洋プラスチックごみ問題の解決に向け、プラスチック製品のサプライチェーン全体でイノベーションを促進し、プラスチック製品の持続可能な使用や代替素材の開発・導入を推進していくこととしている。

### （４）経済産業省の取組

経済産業省としても、プラスチックごみの適切な回収・処分の徹底が何より第一であることを前提に、容器包装リサイクル法等に基づく3R（リユース、リデュース、リサイクル）の推進に加え、それでもなおプラスチックごみが海洋流出するリスクに対応して、我が国が有する優れた技術・知見・ノウハウを活かし、産業界の自主的な取組と相まって官民一体で連携しながら、海洋生分解性プラスチック<sup>7</sup>等の新素材・代替素材の開発・導入普及を促進して各種施策に取り組み、イノベーションによる解決で世界に貢献していく。

---

り組んでまいります。」と安倍総理が表明した。

<sup>6</sup> 海洋プラスチックごみ問題に積極的に取り組むプラスチックや紙製品等のサプライチェーンを構成する関係事業者（容器包装等の素材製造、加工、利用等）により設立（2019年4月時点で、約200企業・団体が参画）。

<sup>7</sup> 本ロードマップでは、植物由来か石油由来に限らず、自然環境中で好气的条件下では微生物により比較的速やかに水と二酸化炭素に、嫌气的条件下では水とメタンと二酸化炭素に分解されるプラスチックを「生分解性プラスチック」と呼ぶこととする。その中でも、海洋中で生分解するプラスチックを「海洋生分解性プラスチック」と呼ぶこととする。

## 2. 生分解性プラスチックの役割

### (1) 代替素材導入の必要性

プラスチックごみの中でも、とりわけ海洋へ流出する可能性が高いワンウェイのプラスチックについては、海洋へ流出する前に土壌等の自然環境下で生分解される素材、又は仮に海洋へ流出しても環境への負荷が小さい新素材、すなわち、海洋生分解性プラスチックへ代替していくことが必要である。また、海洋生分解性プラスチックは河川や海洋で物理的に小片化しても、生分解は継続するため、マイクロプラスチックとして長期に亘って残留することはないとして、マイクロプラスチック問題の対応策の1つとなることが期待されている。

現在、国内プラスチック生産量（年間1千万トン程度）のうち、国内で流通している生分解性プラスチックは2,300トン程度と国内市場に占める割合は小さく、しかも陸域の土壌又はコンポスト<sup>8</sup>での分解を前提とした生分解性プラスチックが主流であり、海洋生分解性を有するプラスチックはわずかな種類しか存在しないのが現状である<sup>9</sup>が、国内での使用例は徐々に増えつつある。加えて、欧州市場等でも評価を得つつある<sup>10</sup>等、海洋生分解性プラスチックの本格的な開発・導入普及に必要な技術ポテンシャルを我が国が備えている<sup>11</sup>といえる。

「プラスチック資源循環戦略（案）」（平成31年3月26日中央環境審議会答申）においても、海で分解される素材（紙、海洋生分解性プラスチック等）の開発・利用を進めることとされている。

今後、海洋生分解性プラスチックの種類を増やす等して導入する製品の用途を広げ、様々な製品への代替を可能としていくことが求められる<sup>12</sup>。

### (2) 本ロードマップの位置付け

今後、海洋生分解性プラスチックの社会実装を進めていくためには、機能性や経済的制約等の克服すべき様々な課題があることから、海洋生分解性プラスチックの開発・導入普及に向けて、我が国の産学官連携で英知を結集して取り組むことが必要不可欠である。このため、本ロードマップは海洋生分解性プラスチックの開発・導入普及に向けて、技術課題はもとより、経済面や制度面を含め、今後の主な課題と対策を整理したものである。

<sup>8</sup> 生分解の条件は大きく分けて土壌、コンポスト、海洋の3種類がある。コンポストとは、微生物の働きが活発化しやすい設備・装置で、有機物を微生物により分解させて堆肥にする処理方法をいう。

<sup>9</sup> 理化学研究所で得られた微生物代謝に関する優れた基礎研究と企業の研究開発の成果等が実を結び、海洋での生分解性を発揮するプラスチックの開発に繋がった事例もある。

<sup>10</sup> EUではワンウェイのプラスチック削減に向けた取組が実施されている中、果物や野菜袋等へ日本企業が開発した生分解性プラスチックの採用が実施されている例がある。また、ケニアでは2017年8月にプラスチック製袋を生産、販売、使用すると、最高4年の禁固刑又は4万ドルの罰金を科す世界で一番厳しい法律が施行されたにもかかわらず、海洋生分解性プラスチックでできたプラスチック製袋の普及を検討中。（出典：プラスチックを取り巻く国内外の状況（平成31年2月22日第5回中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会）、「カネカ 国際協力機構の民間技術普及促進事業に採択」（2018年10月5日株式会社カネカのニュースリリース））

<sup>11</sup> 海洋生分解性プラスチックに係るオーストリアの民間認証機関による海洋の条件（30℃の海水において6か月間で90%分解する）の認証を取得している企業は世界で4社であるが、日本企業も1社取得している。

<sup>12</sup> 紙やセルロース素材についても、木質由来素材との複合技術や水系塗工技術の開発によりバリア性を持たせた素材が開発されているが、非常に高いバリア性等が要求される用途については、プラスチックとの複合素材が使用されており、今後、こうしたプラスチック成分も海洋生分解性プラスチックに代替していくことで、パッケージ全体での海洋環境への負荷が低減されることが期待される。

## 《第2章. 海洋生分解性プラスチックの開発・導入普及に向けた課題と対策》

### 1. 基本的考え方

#### (1) 技術課題の解決に向けて

プラスチック製品は単体の樹脂で製造されることもあるが、複数の種類の樹脂をブレンドしたり、複層化したりすることで必要な機能を満たしていることが多い。海洋生分解性を有する樹脂の種類を増やすことで、様々な機能を発揮させることができれば、海洋生分解性プラスチックの適用範囲が拡張され、普及を促すことができる。

また、プラスチック製品は樹脂以外の有機物として添加剤、表面処理剤、顔料・塗装、接着剤等を使用しており、樹脂以外のプラスチック製品の製造に関わる多くの原料についても海洋生分解性に留意した設計が必要である。さらに、将来的には、海洋生分解性プラスチックの分解が開始されるタイミングや分解に要する時間をコントロールできるスイッチ機能を付与することが理想である。

一般的に生分解性プラスチックの生分解は、微生物の酵素の働き又は加水分解により低分子量化された後に微生物によって代謝される。このため、まずは海洋環境下での微生物によるプラスチックの分解メカニズムを解明し、分解に適したプラスチックの構造と、酵素の分解能力を明らかにすることが重要である。その上で、プラスチックに海洋生分解機能を持たせるには、自然界に広く存在する微生物が生成する酵素の働きによって分解する構造を有するプラスチックの開発という方法が考えられる。

加えて、地球温暖化対策や資源循環の観点<sup>13</sup>から、植物由来かつ海洋生分解性を有するプラスチックの普及拡大が期待され、バイオマスからの効率的な製造方法を開発する必要がある。

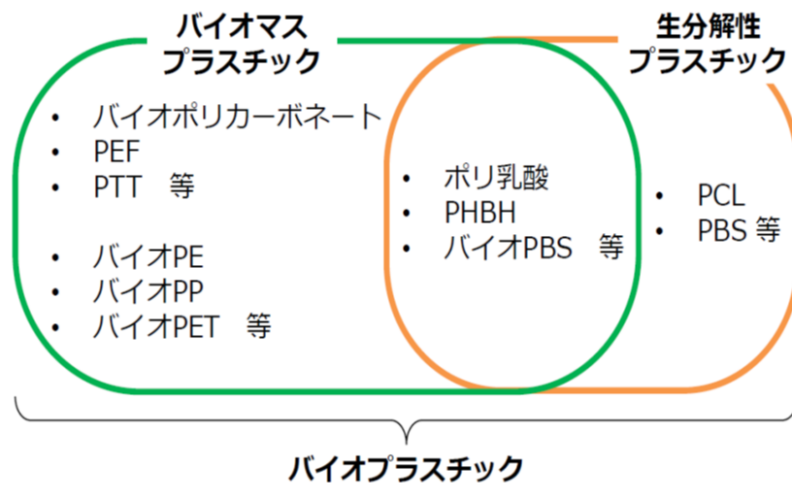


図1 バイオマスプラスチックと生分解性プラスチックの定義

出展：「プラスチックを取り巻く国内外の状況」（平成31年2月22日第5回中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会）

<sup>13</sup> 「プラスチック資源循環戦略（案）」においては、2030年までに、バイオマスプラスチックを最大限（約200万トン）導入することを目指すマイルストーンが設定されている。なお、バイオマスプラスチックとは、原料として植物等の再生可能な有機資源を使用する、カーボンニュートラルであるプラスチック素材をいう。

## (2) 国内外の市場導入・普及に向けて

海洋生分解性プラスチックの普及を検討する際には生分解性という性質や安全性を理解し、適切な用途を確立した上で、生分解する条件を製品に表示する仕組みを整備する等、普及方策を検討する必要がある。

とりわけ海洋生分解メカニズムについては未解明な点もあり、知的基盤も構築途上であることから、市場の信頼性向上を図る技術評価の確立が急務である。コンポスト、土壌、河川、海洋、あるいは好気や嫌気といった環境下における生分解の条件を識別表示して適切な処理方法を認識してもらうこと、そして生分解の過程において、分解による中間生成物も含めて安全性評価を行い、科学的根拠に基づき環境への悪影響がないことを示すことが重要である。

そのためには、生分解性の基準を定めるとともに、安全性評価のための試験方法を確立することが不可欠である。日本での廃棄物処理は熱回収を含む焼却による有効利用が主流であり、コンポスト化のインフラが十分に整備されていない我が国において海洋生分解性プラスチックを普及させるためには、まずは、世界的に取組が急がれているワンウェイのプラスチックをはじめとして、生分解性という性質が適する用途には優先して導入を図ることが必要である。

さらに、国内市場以上に、海外も有望な市場開拓先であり、とりわけ環境意識の高いEUは既に生分解性プラスチックの環境価値を評価し、販売価格に反映できる市場環境にある<sup>14</sup>。また、アジア地域等の新興国は、廃棄物の回収・処理のインフラが完全に整備されておらず多くの海洋プラスチックごみを排出しているため、海洋生分解性プラスチック等の製品及び技術を導入することにより海洋プラスチックごみ問題の解決に大きく寄与することが考えられる。

---

<sup>14</sup> フランスでは使い捨てプラスチック容器について原則使用禁止としたが、家庭用コンポストで堆肥化できるバイオマス度 50%のプラスチック容器は例外としており、2025 年までにはこの割合を 60%に引き上げることとしている。(出典：プラスチックを取り巻く国内外の状況(平成 31 年 2 月 22 日第 5 回中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会))

## 2. 技術開発・導入普及の具体的方向性

以上の観点を踏まえ、海洋生分解性を有するプラスチックについて、以下の方向性を念頭に開発・導入普及を目指す。

### (1) 実用化された新素材の社会実装化 (“MBBP<sup>15</sup>1.0”)

☆実用化されている新素材で製造可能な海洋生分解性プラスチックによる導入普及を目指す  
(製品用途イメージ)

- ・ レジ袋・ごみ袋 (参考値：国内出荷量 約 50 万トン (2017 年)<sup>16</sup>)
- ・ ストロー・カトラリー (参考値：日用品・雑貨の国内生産量 約 30 万トン (2017 年)<sup>17</sup>)
- ・ 洗剤容器等のプラスチックボトル
- ・ 包装材料 (油汚れ等により洗浄工程が必要な菓子袋等の食品包装材、シュリンクフィルム等の一般包装材) (参考値：国内流通量 約 119 万トン (2017 年))
- ・ 農業用マルチフィルム (参考値：国内排出量 約 3 万トン (2011 年)<sup>18</sup>) 等

#### <導入普及に向けた課題と対策>

(当面優先すべき課題と対策)

##### ①-1 海洋生分解性機能に係る共通の技術評価手法の確立

[課題]

近年、海洋生分解性プラスチック製品が徐々にEUで市場投入され、国内でも導入が始まりつつあるが、今後、国内外の市場拡大を図る上では海洋生分解性機能の技術の信頼性確保が必要不可欠となる。現時点では個別企業で各々の製品の機能性評価が行われているが、共通の技術評価手法が確立されておらず、広く消費者の信頼性を確保して市場拡大をはかるためには目下最大の課題と言える。とりわけ海洋環境下で水と二酸化炭素に適切に生分解されていることを評価する方法は国際標準化に向けて、未だ途上である<sup>19</sup>。海洋生分解性プラスチックの製造技術を備えている我が国とし

<sup>15</sup> 植物由来の海洋生分解性プラスチック (Marine Bio-degradable Bio-based Plastics) の略称。

<sup>16</sup> 「包装資材シェア事典 2018 年版」(日本経済総合研究センター) をもとに、国内出荷量を算出した。

<sup>17</sup> 「プラスチック製品生産実績」(プラスチック工業連盟) をもとに、日用品・雑貨、包装材料及び発泡成形品の国内生産量を記載した。

<sup>18</sup> 「園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況」(施設園芸協議会) をもとに、農業用マルチフィルムの国内排出量を記載した。

<sup>19</sup> 現状、イタリア及びドイツより、なぎさ (ISO/CD 22404)、浅海底 (ISO18830、ISO19679)、海水中の生分解 (ISO/NP23971-1,2) の評価試験法や実海域の崩壊度試験 (ISO/CD 22766) が提案されている。海水中の生分解材料の要求事項 (ISO/CD 22403) も提案されており、最高温度 27 度の海水で 2 年間で 90% の分解である。海洋生分解後のマイクロプラスチック化や分解途中で海洋環境に与える影響等が明確でない点が導入普及の阻害要因の 1 つになっているものの、国連環境総会のエキスパートグループでは海洋生分解性プラスチック等の新技術が適切に評価、普及されるべき旨が検討課題の一つに例示される等、技術革新への期待が認められる。(出典：Co-Chairs Summary on “the First Meeting of the Ad Hoc Open-Ended Expert Group on Marine Litter and Microplastics” (2018))

て、その技術的優位性を確立していくためにも国際標準化をリードしていく必要がある。

[対策]

我が国企業の実用化技術をベースにした海洋生分解性プラスチックの国際標準化に向けて、生分解性プラスチックに係るISO策定の中核支援機関である産総研<sup>20</sup>及び日本バイオプラスチック協会を中心に国内企業とのオールジャパンの策定体制<sup>21</sup>を構築し（2019年夏まで）、海洋生分解性プラスチックが水と二酸化炭素に完全に生分解されることや、生分解途中に生成される中間体を含めた安全性を評価する新たな評価を開発し、海洋生分解性プラスチックに対する科学的根拠に基づく共通の技術評価手法をISOへ提案する（2020年代初頭目途）。

[施策]

- ・【産総研】官民連携でプラスチック製品の生分解性評価等に係るISO策定を推進
- ・【経済産業省】「省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費」（2019年度26.3億円の内数）を活用したISO策定のための課題を検討
- ・【経済産業省、NEDO<sup>22</sup>】海洋生分解性機能の共通化した評価手法等の開発のための支援施策を検討
- ・【NITE<sup>23</sup>】海洋生分解に関わる微生物の解析

## ①-2 海洋生分解性プラスチックの規格・標準化

[課題]

上記①-1に付随して国内の公的な団体規格<sup>24</sup>等についても未だ存在せず、プラスチックの生分解性試験を実施する試験所の信頼性を確保する体制も確立されていない。このため、国内企業が実用化した海洋生分解性機能に係る製造技術が世界的にも先進的な技術であるにもかかわらず、海洋での生分解性を有しないその他の生分解性プラスチックと混同される等、製品等の信頼性を保証する市場環境の整備が遅れており、今後、国内の市場拡大を図る上で克服すべき重要課題である。

[対策]

上記①-1のとおり、国際標準化を目指すオールジャパンの官民連携体制を構築して（2019年夏まで）、標準化に必要なデータを調査・蓄積し、国際標準の提案を行う（2020年以降目途）。また、策定されたISOを踏まえ、日本バイオプラスチック協会等による識別表示制度を構築していく（2020年代初頭目途）。

<sup>20</sup> 国立研究開発法人産業技術総合研究所の略称。

<sup>21</sup> ISOにおける海洋生分解性プラスチックは、TC61（プラスチック）/SC14（環境側面）/WG2（生分解度）で議論されており、TC61（プラスチック）及びSC14（環境側面）は日本プラスチック工業連盟、/WG2（生分解度）は日本バイオプラスチック協会が国内ミラーコミッティーとなっている。

<sup>22</sup> 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称。

<sup>23</sup> 独立行政法人製品評価技術基盤機構の略称。

<sup>24</sup> 生分解性プラスチックに対して、国内では日本バイオプラスチック協会が「グリーンプラ」マーク識別表示制度を運営しており、指定されたISO、JISの生分解評価法で生分解するプラスチック及びコンポスト設備で生分解するプラスチックに対して認証している。海外ではオーストリアの民間認証機関がコンポスト設備、家庭用コンポスト、土壌、水中、海洋の条件で生分解するプラスチックに対してISO、ASTM規格をもとに認証をしている。



[施策]

- ・【産総研】官民連携でプラスチック製品の生分解性評価等に係るISO策定を推進（再掲）
- ・【経済産業省】「省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費」（2019年度26.3億円の内数）を活用したISO策定のための課題を検討（再掲）
- ・【経済産業省、NEDO】海洋生分解性機能の共通化した評価手法等の開発のための支援施策を検討（再掲）
- ・【NITE】海洋生分解性プラスチックの試験所認定制度整備

①-3 海洋中のマイクロプラスチックの測定方法の開発と標準化

[課題]

現在、海洋中に存在するマイクロプラスチックの測定は、手作業による採集・分別・計測が行われているが、この方法では操作者によるばらつきが大きく手間と時間もかかるため、海洋中のマイクロプラスチックの動態やその発生源、環境への影響を正確に理解する上での課題となっている<sup>25</sup>。海洋生分解性プラスチックの更なる信頼性向上のためには、将来的に海洋中のプラスチックに係る国際的な測定方法の確立が求められている。

[対策]

海洋中のマイクロプラスチックの測定方法を簡便化・自動化する技術開発とその手順の標準化を行う。

[施策]

- ・【環境省】「環境研究総合推進費 SⅡ-2 海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究」（2019年度58.4億円の内数）を活用した海洋中のモニタリング手法の開発
- ・【文部科学省】「海洋資源利用促進技術開発プログラム 海洋情報把握技術開発」（2019年度1.1億円の内数）を活用した海洋中のマイクロプラスチックの材質、サイズ、形状、個数を自動で分析する手法の開発
- ・【経済産業省】「省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費」（2019年度26.3億円の内数）を活用したISO策定のための課題を検討（再掲）

①-4 生分解性機能の向上

[課題]

現在、プラスチックの海洋中での生分解性における基準はISOや民間認証機関の認証が存在し、海水温度が30℃で6ヶ月で90%もしくは27℃で2年間で90%の分解となっている。様々な海洋条件があり得る実環境で生分解を検討する上では、更なる生分解機能の向上が理想的である。

[対策]

---

<sup>25</sup> 「プラスチック資源循環戦略（案）」においては、「マイクロビーズを含むマイクロプラスチックの使用実態、人の健康や環境への影響、海洋への流出状況、流出抑制対策等に関する調査・研究等を推進します」と記載されている。

海洋生分解性プラスチックに分解を促進させる添加剤の活用、微生物と接触する表面積の増加等、製品設計を工夫することにより生分解性機能の向上を図る。また、海洋における生分解メカニズムの解明により、効率的な生分解性機能を向上させる製品設計が可能となる。

[施策]

- ・【NEDO】革新的技術・素材の創出に向けた海洋生分解メカニズムの解明のための研究開発の支援施策を検討

## ②-1 供給能力の拡大

[課題]

現在、日本企業が有する海洋生分解性プラスチックの生産能力は海外生産分も含め数万トンに過ぎず、需要が増加した際の供給能力が不十分であるため、今後海洋生分解性プラスチックに関する需要の増加に対応して、供給能力の拡大が必要である。

[対策]

供給能力の増加のためには、①生産施設の増設及び②生産効率の向上がある。発酵等のバイオプロセスでは微生物による生産速度が生産能力に直結するため、生産速度・培養効率の高い微生物資源を探察・活用するとともに、育種による微生物の物質生産速度、生産物濃度の向上等によって大幅な生産効率の向上が見込むことができる。他方、需要がない中で供給能力を拡大することは経営上困難であり、「③需要創出・市場開拓」もバランスよく進めていく必要がある。

[施策]

- ・【環境省】「脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」（2019年度予算35億円）を活用した量産能力の充実に補助
- ・【経済産業省、NEDO】生分解性プラスチック製造に係るバイオプロセスの生産性向上のための支援施策を検討
- ・【JBIC<sup>26</sup>】公的金融活用による我が国企業の海外展開支援を検討

## ②-2 生産コストの改善

[課題]

プラスチックの販売価格比較では石油由来プラスチックに比較して、生分解性プラスチックは数倍程度の価格となっており、生産コストの改善が課題である<sup>27</sup>。

[対策]

新たな原料調達方法について検討する。先端的な技術開発の一例として、廃棄物のガス化炉から出る合成ガスを原料として生分解性プラスチックを製造する技術が開発されれば、生分解性プラスチックの生産量の増加とともにコスト改善を狙うことが可能である。さらに、微生物発酵によって生分解性プラスチックを生産する際に植物油を使用している場合には、原料の多様化を図ることでコスト改善を見込むことができ

<sup>26</sup> 株式会社国際協力銀行の略称。

<sup>27</sup> 併せて、海洋プラスチックごみ問題の解決に資する海洋生分解機能を環境に配慮した高い付加価値として受け入れる消費を喚起していくことが必要である。

る。例えば、国産の油脂植物から精製される油や外食店舗で使用された天ぷら油等の廃食用油を用いて原料を生成する再生利用が可能となれば、原料を多様化できる。

さらに、コスト改善の一つの方法として、バイオものづくりの技術革新がある。植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発事業では、化学合成と比較し低コストなバイオものづくりのための技術基盤構築を行っており、当該事業で得られた生産技術プラットフォームを活用する。

#### [施策]

- ・【経済産業省、NEDO】生分解性プラスチック製造に係るバイオプロセスの生産性向上のための支援施策を検討（再掲）
- ・【経済産業省、NEDO】植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発事業の成果の活用
- ・【環境省】「脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」（2019年度予算35億円）を活用した量産能力の充実に補助（再掲）
- ・【NEDO】「余剰バガス原料からの省エネ型セルロース糖製造システム実証事業」（2019年度予算2.1億円）を活用した糖製造の支援を検討

### ③ 需要創出・市場開拓

#### [課題]

国内外において汎用プラスチックと比較して、海洋生分解性プラスチックの流通量はまだ少ない。国内で流通している生分解性プラスチックの多くがコンポスト設備及び土壌中での生分解性が大半で、海洋生分解性プラスチックの国内生産量は1千トンに過ぎずほとんどが欧州市場へ輸出されているが、まだわずかである。

なお、需要創出・市場開拓を図っていく上で、海洋生分解性プラスチックであることが、却ってポイ捨て等を助長するリスクが考えられるので、モラルハザードの防止策に努める必要がある。

#### [対策]

国内市場において、海洋生分解性プラスチックの需要を創出するためには、自治体も含めたグリーン公共調達<sup>28</sup>をはじめ、海洋生分解性プラスチックの環境価値が評価される市場形成<sup>29</sup>を支援していくことが有効である。

#### [施策]

新たな需要創出のために、以下のような施策の検討が考えられる<sup>30</sup>。  
(当面想定される施策)

<sup>28</sup> 「プラスチック資源循環戦略（案）」においては、再生材・バイオプラスチック市場の実態を把握しつつ、グリーン購入法等に基づく国・地方自治体による率先的な公共調達、リサイクル制度に基づく利用インセンティブ措置、マッチング支援、低炭素製品としての認証・見える化、消費者への普及促進などの総合的な需要喚起案を講じることとされている。加えて、今後、レジ袋の有料化の義務化がされる場合、生分解性プラスチックの適用も考えられる。

<sup>29</sup> 環境価値が評価されるためには、「④識別表示の整備、分別回収・処理に係る検討」とも連携して進める必要がある。

<sup>30</sup> 本文に記載した施策は例示であり、技術の進展及び消費者動向等を踏まえながら適切なタイミングを見定めて検討を行う。

- ・ C L O M A 等と連携して、2019 年 6 月の G 2 0 をはじめ国内外の会議やイベント等を通じた生分解性プラスチック製品の P R
- ・ 2020 年東京オリンピック・パラリンピックにおける海洋生分解性プラスチック製品の P R
- ・ E U やアジア、アフリカ地域等への海外展開の検討（ J I C A<sup>31</sup>の民間技術普及促進事業等）
- ・ 国内の規格化に併せて、ポイ捨て防止の周知啓発（将来的に検討する施策）
- ・ ワンウェイのプラスチックのうち、海洋汚染の主要な発生源かつ技術的・コスト的に実現可能な製品における生分解性プラスチック適用の促進策（大臣表彰制度、E S G<sup>32</sup>での重点評価事項化等）
- ・ 2025 年大阪・関西万博における海洋生分解性プラスチック製品の出展
- ・ 海洋生分解機能のみならず、市場開拓のための適用範囲の拡張に資する耐久性やリサイクル性等の向上も含めた研究開発の促進
- ・ 将来的なグリーン購入法等既存制度への反映や、自治体等への導入支援を含めた海洋生分解性プラスチックの環境価値が評価される市場の形成

#### ④ 識別表示の整備、分別回収・処理に係る検討

##### [課題]

生分解性プラスチックは分解しやすい性質の反面、再生樹脂として再利用する点については不向きであるため、将来的に海洋生分解性プラスチックの流通が相当程度拡大した場合には、非分解性プラスチックと混合されて回収されることにより現行のリサイクルシステムに影響を与える可能性がある。

##### [対策]

汎用プラスチックと生分解性プラスチックを分別して回収するための生分解性プラスチックに関する表示を整備し、分別回収を可能とするとともに、分離回収技術の開発も検討する必要がある。さらに、分解しやすい性質を生かしたガス化による有効活用<sup>33</sup>等、生分解性プラスチックの資源循環も検討する必要がある。なお、国内の生分解性プラスチックに関する表示については、策定された I S O を踏まえ、日本バイオプラスチック協会等による識別表示制度を構築していく（再掲）。

##### [施策]

海洋生分解性プラスチックの使用後の回収・処理のシステム整備のために、以下のような施策の検討が考えられる<sup>34</sup>。

- ・ 官民連携でプラスチック製品の生分解性評価等に係る I S O 策定を推進（再掲）

<sup>31</sup> 独立行政法人国際協力機構の略称。

<sup>32</sup> E S G とは環境（Environment）、社会（Social）、ガバナンス（Governance）の頭文字を取ったもので、E S G を重視する E S G 投資等、企業の環境面への取組みを投資の判断材料の 1 つとして捉える動きが拡大している。

<sup>33</sup> 生分解性プラスチック等を発酵させてメタンガス等のバイオガスを精製する取組みがすでに行われている。

<sup>34</sup> 海洋生分解性プラスチックの市場への普及量等を踏まえながら適切なタイミングを見定めて検討を行う。

- ・「省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費」(2019年度 26.3億円の内数) を活用した I S O 策定のための課題を検討(再掲)
- ・ 識別表示に沿った分別方法の将来的な検討及び普及啓発の支援

## (2) 複合素材の技術開発による多用途化 (“MBBP2.0”)

☆既存技術で製造可能な海洋生分解性プラスチックと様々な機能性充填剤を複合させることにより新たな用途を創出し、導入普及を目指す

(製品用途イメージ)

- ・ 不織布 (マスク等) (参考値：国内生産数量 約 9.4 億枚 (2017 年)<sup>35</sup>)
- ・ 発泡成形品 (緩衝材等) (参考値：国内生産量 約 25 万トン (2017 年)) 等

### <技術開発に向けた課題及び対策>

#### ① 機能性充填材の技術開発

##### [課題]

既存の海洋生分解性プラスチックは物性の幅が限られているため、実用化用途の拡大のためには樹脂と同様に海洋生分解性を有する機能性充填材との複合が有用である。この機能性充填材としては、例えばでん粉や木粉由来の有機系の充填剤や炭酸カルシウムをはじめとする無機系の充填剤等が挙げられる。充填剤に対しては強度、耐久性等を向上させる役割が求められるが、製造コストの低減及び海洋生分解性プラスチックへの複合化技術の開発等が課題である。

##### [対策]

機能性充填剤 (例えば：セルロースナノファイバー<sup>36</sup> (CNF)) と海洋生分解性プラスチックの複合化については、充填剤の製造コストの大幅な低減を可能にする製造プロセスの開発が第一である。併せて、当該プラスチックの原料選択から混練・成形加工までの各種技術開発と用途開発を検討する。

##### [施策]

- ・【経済産業省、NEDO】海洋生分解性プラスチックの強度や機能性を強化した代替素材の実現に向けて、CNFとの複合材料の開発のための支援施策を検討
- ・【経済産業省、NEDO】海洋生分解性を持つ、新たな機能性充填剤の開発のための支援施策を検討
- ・【JST<sup>37</sup>】「先端的低炭素化技術開発 (ALCA)」(2019 年度予算 49 億円の内数) 等を活用した循環型高分子材料開発および CNF との複合材料開発のための支援施策を検討

<sup>35</sup> 日本衛生材料工業連合会の統計情報をもとに、マスクの国内生産数量を記載した。

<sup>36</sup> 木材を構成する繊維をナノレベルまで細かくほぐすことで生まれる最先端のバイオマス素材。鋼鉄の 5 分の 1 の軽さでありながら、その 5 倍以上の強度を有し、熱膨張係数はガラス繊維並みに小さく、弾性率はガラス繊維より高く硬くて丈夫という優れた特性を持つ。

<sup>37</sup> 国立研究開発法人科学技術振興機構の略称。

### (3) 革新的技術・素材の研究開発 (“MBBP3.0”)

☆非連続的なイノベーションによる革新的な新技術・素材の研究開発を目指す  
(製品用途イメージ)

新素材の開発により実現可能な物性の幅を広げ、海洋生分解のスピードやタイミングをコントロールするスイッチ機能を付与する等、製品の使用中の安定性を向上させることにより初めて実現可能な用途。

- ・肥料に用いる被覆材 (参考値：推定生産量 約 6,700 トン (2016年)<sup>38</sup>)
- ・漁具 (漁業・養殖業用資材等) (参考値：国内生産量 約 2万トン)<sup>39</sup> 等

#### <研究開発に向けた課題及び対策>

##### ①-1 革新的技術・素材の創出に向けた海洋生分解メカニズムの解明

###### [課題]

一般に生分解性プラスチックは複数の樹脂のブレンドや添加剤の付与等により様々な物性を実現しているが、更なる用途拡大には実現可能な物性を広げるために新たな海洋生分解性を有する樹脂及び添加剤等を開発することが必要である。

###### [対策]

まずは海洋生分解性を有する樹脂及び添加剤等の新素材の種類を増やすことが重要である。そのためには海洋における生分解メカニズムの解明により、生分解に関与する酵素及び酵素が作用する化学構造を明らかにし、生分解性を有する化学構造を選択的に設計及び生成する合成技術を構築することが必要である。これにより、従来の汎用プラスチック等の構造に部分的にその化学構造を組み込むことで生分解性を付与することができるようになり、海洋生分解性を有する新素材の開発に大きく寄与する。

また、海洋生分解性プラスチックは分解が容易な性質を持つが、従来の樹脂と比較して耐久性や耐熱性等に劣る場合があり、各種研究開発予算を活用して技術課題の解決及び海洋生分解性プラスチックの加工に適した機械の開発を図る。

###### [施策]

- ・【NEDO】革新的技術・素材の創出に向けた海洋生分解メカニズムの解明のための研究開発の支援施策を検討 (再掲)
- ・【経済産業省、NEDO】海洋生分解性を有する新素材の開発のための研究開発の支援策を検討
- ・【経済産業省、NEDO】関連する技術シーズを有するベンチャー企業への支援施策を検討
- ・【文部科学省】新規の海洋生分解性プラスチックの開発や高機能化による用途展開の拡張に向けた技術基盤開発を実施

<sup>38</sup> 肥料取締法に基づく生産数量報告及び都道府県事務報告 (肥料取締法に登録された外国生産肥料を含む。) 及び、被覆材の割合 (肥料アンモニア協会からの聞き取り) を基に推計。なお、推定値はプラスチック以外を被覆材とする肥料が含まれることに留意する必要がある。

<sup>39</sup> 「漁業におけるプラスチック資源循環問題に対する今後の取組」 (出典：2019年4月漁業におけるプラスチック資源循環問題対策協議会) (2 ページ目の脚注※2) を参照。

## ② 新たな微生物の発見

### [課題]

人類が把握している微生物は 15,000 種程度であり、地球に存在する全微生物の 1%に満たず、未解明な領域が非常に多いことから、新たに海洋生分解に寄与する微生物、又は新たな海洋分解性ポリマーを産生する微生物もしくはそのモノマーを産生する微生物の存在も考えられる。

### [対策]

新規海洋生分解性ポリマーの生産又は生分解に関与する微生物を見つけ、その微生物及び微生物が生成する酵素の特性を明らかにし、その知見を活用して海洋生分解性プラスチックの新素材の種類を増加を目指す。

### [施策]

- ・【NITE】NITEで有する微生物等をもとに、微生物が生成する酵素の機能の解明、プラスチックを生産又は分解する微生物の探索を行う。また、微生物のゲノムやプロテオーム等の情報を生物資源データプラットフォームに掲載し、海洋生分解に寄与する微生物情報を検索しやすい環境を整備し、分解性の評価にも貢献する。
- ・【文部科学省】新規の海洋生分解性プラスチックの開発や高機能化による用途展開の拡張に向けた技術基盤開発を実施（再掲）

## ③ スイッチ機能の付与

### [課題]

例えば、海洋生分解性プラスチックで被覆された肥料では肥料成分の溶出調整機能とプラスチックの生分解性の両立が求められ、漁具では水中で利用する前提であるため、水に長時間接触しても使用中に分解することなく意図したタイミングで生分解が開始されるスイッチ機能が必要である。

### [対策]

使用する用途に合わせて海洋環境中の特徴的な外部刺激をトリガーとし、生分解の速さや生分解が開始するタイミングを制御するためのスイッチ機能を、海洋生分解性プラスチックに付与する技術開発を行う必要がある。

### [施策]

- ・【経済産業省、NEDO】より大胆な発想に基づく挑戦的研究を支援する施策を検討

## ④ 漁具の代替素材導入検討（水産庁との連携）

### [課題]

海洋プラスチックごみのうち、漁具は海洋に流出しやすく積極的な対応が求められる用途の1つである反面、海洋で使用される資材であるため、要求される物性と海洋生分解性の両立が難しい製品群である。

### [対策]



現在、水産庁では「漁場環境改善推進事業<sup>40</sup>」により、カキ養殖で利用されるプラスチック製パイプを海洋生分解性プラスチックに代替するための実証試験に対する支援を行っており、当省でも連携して本事業を支援することにより、漁具への海洋生分解性プラスチックの導入を推進する。

[施策]

- ・【水産庁】「漁場環境改善推進事業」により、実証試験を支援
- ・【産総研】上記事業の課題として実証試験の対象とするプラスチック製パイプの海洋生分解性プラスチックの種類が少ないこと、実証試験が長期間を要すること等の課題があり、産総研で試験及び分析を行う等、多様な角度からの連携を図る。

---

<sup>40</sup> 水産庁では2018年度より「漁場環境改善推進事業」（2019年度予算額1.78億円）のうち、「漁業系海洋プラスチックごみ削減方策」で実施している。

## 《第3章 各論 (技術ロードマップ)》

### 1. 実用化された新素材の社会実装化 (“MBBP1.0”)

#### (1) 評価手法の確立

海洋生分解プラスチックが海洋環境下で微生物によって生分解される際には、プラスチックを構成している化学構造を直接水と二酸化炭素に分解するのではなく、徐々に分解するのが一般的と言われている。しかしながら、水と二酸化炭素に完全に生分解されることや、海洋生物や人の健康へ及ぼす影響についての安全性に関する基準は十分とは言えない。これらを共通化するための評価手法の確立が必要である。

#### (2) 生産プロセスの改善

海洋生分解性プラスチックは石油およびバイオマスの両者から製造可能であるが、二酸化炭素排出の削減という観点からバイオマスを原料とすることが望ましい。バイオマス原料から海洋生分解性プラスチックを製造する際には、糖や植物油を原料とした微生物の発酵や代謝によってモノマーやポリマーが産生される。したがって、発酵工程や微生物の代謝による生産性を飛躍的に向上させる革新的技術開発によって大幅なコスト削減が期待される。

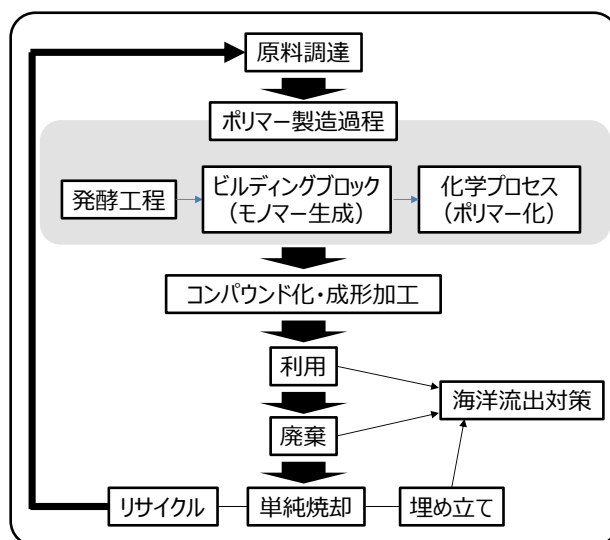


図2 生分解性プラスチックの代表的なライフサイクル

関連団体の聞き取り調査に基づき N E D O 技術戦略研究センター作成

#### (3) 原料調達の多様化

グルコース等の糖から微生物の発酵によって生分解性プラスチックの原料を生産する場合、糖類の価格を下げることで製品価格の低下に直結する。糖類はサトウキビやトウモロコシ等の食物から得られるが、世界の人口増加による食糧不足等を回避するためには、非可食バイオマスから単糖を得る方法の確立が必要である。非可食バイオマスには、国内賦存量の豊富な木材（間伐材）や竹等の森林資源、バガス、スイッチグラス等草本系資源が

ある。なお、非可食バイオマスは既にその利用方法が確立されているものもあり、その利用については他分野との調和についても考慮する必要がある。

これらの非可食バイオマスから単糖類を得るためには、まずセルロースやヘミセルロース等の多糖類をオリゴ糖にまで分解し、その後単糖にまで効率よく分解する酵素が必要である。

例えば最近の研究では、セルロースをオリゴ糖に分解するセルラーゼの分解機序が日本の研究者によって初めて明らかになってきている。安価な非可食バイオマス由来糖類の供給のためには、酵素糖化速度の向上に資する研究開発等必要である。(図3)。

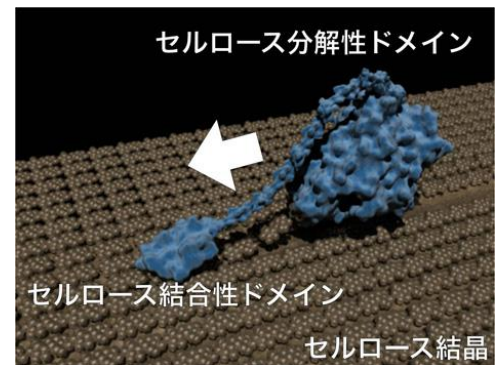


図3 セルラーゼによるセルロース結晶表面の分解の様子  
東大 五十嵐ら Science 誌に発表

また、木材チップ等の非可食バイオマスを原料として、単糖類を経由してエンジニアリングプラスチック等の高機能化学品を製造するプロジェクト（非可食性植物由来原料による高効率化学品製造プロセス技術開発）がNEDOの事業で進められている。これは、木材チップを蒸解したパルプを化学的に加水分解することで得られる単糖類を中間原料としており、この技術を応用して非可食バイオマス由来単糖類を供給することも可能である。



図4 余剰バガスを用いたセルロース糖の製造プラント（タイ、ウドンタニ県）

NEDO 国際実証プロジェクト（東レ、三井製糖、三井物産）

一方、膜分離技術等我が国の高度なプロセス制御技術を活用したセルロース糖製造の実証実験がタイで進められている。ここでは、バガスを原料としたセルロース由来の糖の製造を実証中であり、並行して得られるポリフェノール類やオリゴ糖を化粧品や飼料等として販売することで糖のコスト低減を目指している。現地の製糖工場から排出されるバガスをそのまま隣接するプラントで加工し、膜分離技術により糖液濃縮を効率的に行う等の工夫によって省エネ化と低コスト化を目指している（図4）。

## 2. 複合素材の技術開発による多用途化（“MBBP2.0”）

### （1）成形加工技術の開発・他材料との混合（コンパウンド化）による機能性材料の開発

#### ① 成形加工技術の開発

一般的に、プラスチック素材メーカーと最終製品を成形加工する企業の間ではサプライチェーンを形成しており、長い期間の双方の企業の取組の積み重ねによってポリエチレンやポリプロピレン等の汎用プラスチックの物性にマッチした成形加工機械で最適な加工条件を設定することにより、安定して安価な製品の大量生産を可能とした。一方、新素材が開発された際に生じる技術課題として、新素材の物性に最適化した成形加工機や加工条件の検討が遅れ、ポリエチレン用等従来の成形加工機で製品が製造できない例も見られた。つまり、海洋生分解性等を備えた新規ポリマーが市場参入し迅速にその普及を図るためには、成形加工技術企業が容易に導入できるような新規ポリマーに最適化した成形加工技術の開発も同時に進めることが肝要である。

#### ② 他材料との混合（コンパウンド化）

コンパウンド化とは、原料樹脂に顔料や添加剤、他の樹脂等を混ぜ合わせて、新しい物性や機能を持つ樹脂を加工することを指す。市販されている海洋生分解性ポリマーは、耐熱性や機械的強度等が従来の汎用プラスチックに比べて劣っていることが多く、また成形加工が難しいことが課題となっている。そこで、例えば生分解性を有する機能性充填剤を添加しコンパウンド化することで、海洋生分解性プラスチックの強度、耐久性等の性能を向上させることにより、様々な製品に応用することが必要である。生分解性を有する機能性充填剤の一例としては、例えばでん粉や木粉由来の有機系の充填剤や炭酸カルシウムをはじめとする無機系の充填剤等が挙げられる。現在、耐熱性や機械的強度の向上を志向して、ガラス繊維等の充填剤が利用されているが、将来的には再利用の観点からも、海洋生分解性プラスチックの充填剤も生分解性を有することが望ましい。

### 樹脂複合材に用いられる繊維との比較

	疎水化CNF	炭素繊維 (PAN系)	アラミド繊維 (Kevlar® 49)	ガラス繊維
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.5	1.82	1.45	2.55
引張弾性率 (GPa)	140	230	112	74
引張強度 (GPa)	3	3.5	3	3.4

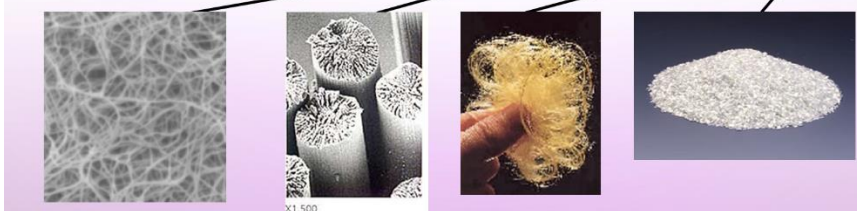


図5 機能性充填剤の比較

### 3. 革新的技術・素材の研究開発 (“MBBP3.0”)

#### (1) 海洋生分解メカニズムの科学的理解

従来、生分解メカニズムについては様々な検討がされているが、コンポスト、土壌、河川、海洋での生分解性に関する包括的理解は十分ではない。

例えば、最近では、海洋環境中で海洋生分解性プラスチックの表面に生成したバイオフィルムを単離して、バイオフィルムを構成している微生物群（マイクロバイーム）の菌種を遺伝子解析から同定した研究等が進められている。このような取り組みによって、海洋での生分解に強く関与する微生物やその微生物が代謝する分解酵素と作用メカニズムの解析が進展し、海洋生分解性を発現する分子構造とその分子構造を分子設計段階から導入した海洋生分解性プラスチックの開発が期待される。

淡水を含む水環境での生分解に関する研究（産総研 中山氏ら）

- PHBとPCLは淡水・海水で生分解した。汚濁度の高い河川水にて、より生分解が速いという結果。
- PA4に関しては河川によって生分解速度が異なり、分解菌がPHBやPCLとは異なることが推察。



Fig.2 Sampling points at Yodo, Yamato and Kanzaki river. Map was downloaded from the website, The Geospatial Information Authority of Japan.

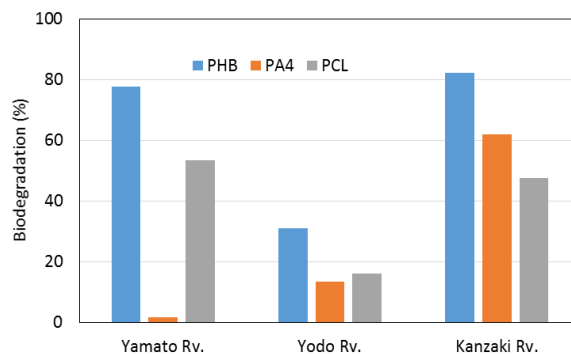


Fig.5 Biodegradation results with various river water (points b, e, and f in Fig.2) after 20 days.

出典：産総研中山ら”脂肪酸ポリエステル類の淡水を含む水環境での生分解（第67回高分子討論会予稿集）”

図6 生分解性プラスチックの海洋環境下での生分解性に関する研究例

#### (2) 新規プラスチックの設計、開発

現在、材料開発では化学構造・合成条件と材料物性等に関するビックデータをAIで解析することで、新物質・材料の発見の促進、設計指針の構築を行う「マテリアルインフォマティクス (MI)」の研究開発と導入が進められている。さらに、ゲノム情報等のビックデータを解析して、細胞の代謝・機能を予測する等のバイオインフォマティクスと呼ばれる研究の進展が注目されている。

3. (1) で明らかとなったポリマーの化学構造と海洋生分解性のデータや、海洋生分解性を示す化学構造を基本骨格とするポリマーを代謝する微生物のゲノム情報を連携させることで、強度や柔軟性等機能を有する海洋生分解性ポリマーを微生物の遺伝子情報等から設計できるようになり、材料開発にかかる時間やコスト削減に貢献できる。

### (3) 海洋生分解性コントロールの機能の開発

現状上市されている生分解性プラスチックは、加水分解等により製品保管時や使用時にも徐々に物性が劣化する場合があります、この点も普及に向けた課題となっている。製品の保管・使用中には加水分解の各種の分解を起こさず、環境中に投棄された時点で、周囲の環境変化によって生分解を開始するような設計とその製品化を進める必要がある。

例えば、陸上で利用している際には従来のプラスチックと同等の機能・信頼性を有しつつ、海洋に流出した際には塩濃度や温度、酸化還元等がスイッチとなって生分解を開始するような機能が挙げられる。スイッチの作動機序には、分子設計によるものやポリマー中に分解酵素をマイクロカプセル等によってあらかじめ導入し、外的刺激によって分解を開始させるもの等が考えられる。また、酵素等による生分解性プラスチックの生分解の速度には、結晶性プラスチックの分子鎖構造、結晶化度や結晶の大きさが影響を及ぼすことが明らかにされており、分子側構造がらせん構造より伸びきり構造のほうが、結晶化度が小さく、結晶の大きさが小さいほど酵素による生分解が速くなることが分かっている（図7）。成形加工等でプラスチックに熱や流動等の刺激が加えられると、ポリエステル等の結晶性プラスチックの分子鎖構造、結晶化度や結晶の大きさを制御することが可能である。従って、成形加工条件等ポリマーの物理的な構造を工夫することからも海洋での生分解性をコントロールする機能を付与することが可能である<sup>41</sup>。

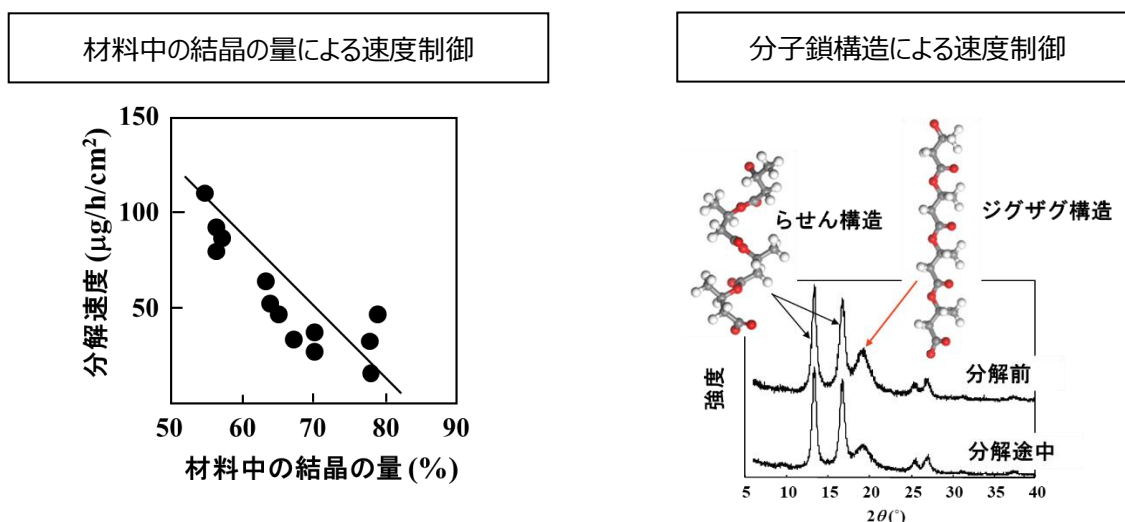


図7 結晶の量や分子鎖構造による生分解速度の制御例

<sup>41</sup> 岩田忠久, 微生物産生ポリエステルの高性能化を目指して, 日本結晶学会, 55, 188-196, (2013).

出典：経済産業省ホームページ

<https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190507002/20190507002.html>

<https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190507002/20190507002-2.pdf>

<https://www.meti.go.jp/press/2019/05/20190507002/20190507002-1.pdf>