2019年 NEDO『 TSC Foresight 』セミナー（第2回）

『TSC Foresight バイオプラスチック』
概　要

瓦田　研介
2019年11月1日
国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター　バイオエコノミーユニット

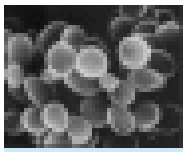
「バイオプラスチック分野」の技術戦略の背景とあるべき姿

- 欧州を中心にプラスチック戦略やバイオエコノミー戦略など、海洋プラスチック問題やSDGsへの対応が進展。
- 海洋プラスチック問題への貢献が期待される生分解性プラスチックの中でも海洋生分解性プラスチックは、世界でも一部しか認証されたものがなく、世界トップ水準の製造技術を持つ我が国が政策的な後押しと一体でイノベーションを加速することで、国内外市場を獲得できる可能性がある。
- 本技術戦略においても海洋生分解性プラスチックの技術開発に重点を置いている。

原料

再生可能資源

＋



微生物

・バイオマスプラスチック

・海洋生分解性プラスチックの想定製品例

レジ袋・ゴミ袋

漁具・海洋資材

容器包装用フィルム

通常の処理ルート

清掃工場

バイオマス由来のため
CO_2排出量削減効果

・熱回収（サーマルリサイクル）

・ケミカル・マテリアルリサイクル
→分別収集の後、再利用へ

海洋へ流出した場合

セーフティーネットとしての機能：
海洋などへ流出した場合には速やかに
生分解し海洋汚染の防止に貢献

社会普及に向けた技術開発課題
➤コスト低減
➤機能付与

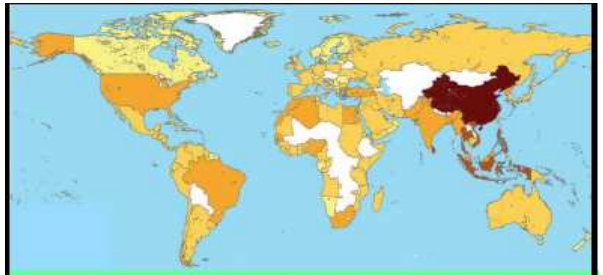
＋

社会普及に向けた政策的課題
➤規制等政策誘導の検討
➤モラルハザードの防止

「バイオプラスチック分野」の技術戦略の背景とあるべき姿　Foresight p.4

- 海洋プラスチック問題　世界全体で480万~1270万トンが海洋へ流出（2010年推計）
- 欧州では、海洋プラスチック汚染問題への対応などから、使い捨てプラスチックの使用規制、プラスチックリサイクル率の向上など新たな資源循環戦略を策定。

➤海洋プラスチック問題



海岸から50km以内に居住している人々によって不適正処理されたプラスチックごみの推計量（2010年）で色分けした地図（濃い色ほど、ごみの発生量が多い。）

順位	国名	排出量（万トン）	沿岸人口(百万)
1	中国	132～353	263
2	インドネシア	48～129	187
3	フィリピン	28～75	83
4	ベトナム	28～73	
5	スリランカ	24～64	
20	米国	4～11	113
30	日本	2～6	

・出典：環境省資料（Plastic waste inputs from land into the ocean (2015.Feb. Science)）及び府川フェロー資料　を基にNEDO技術戦略研究センター作成

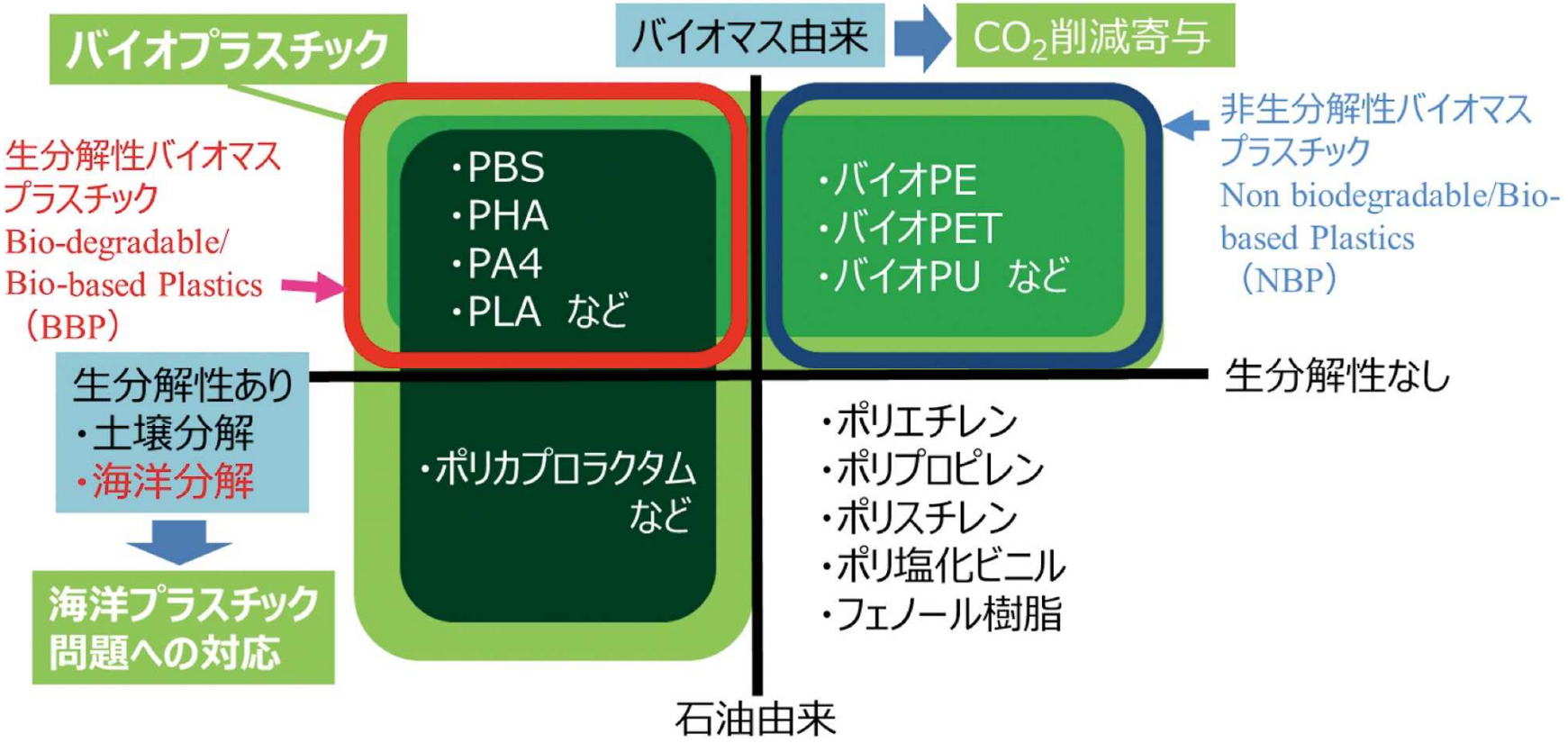
➤EUプラスチック戦略

2018年1月欧州委員会

・容器包装プラのリサイクル率55%
・90枚/人（2019）→40枚/人（2025）
・耐久性・修復性・リサイクル性の向上
・海洋流出のモニタリングと流出量の削減

バイオプラスチックの分類と考え方　Foresight p.3

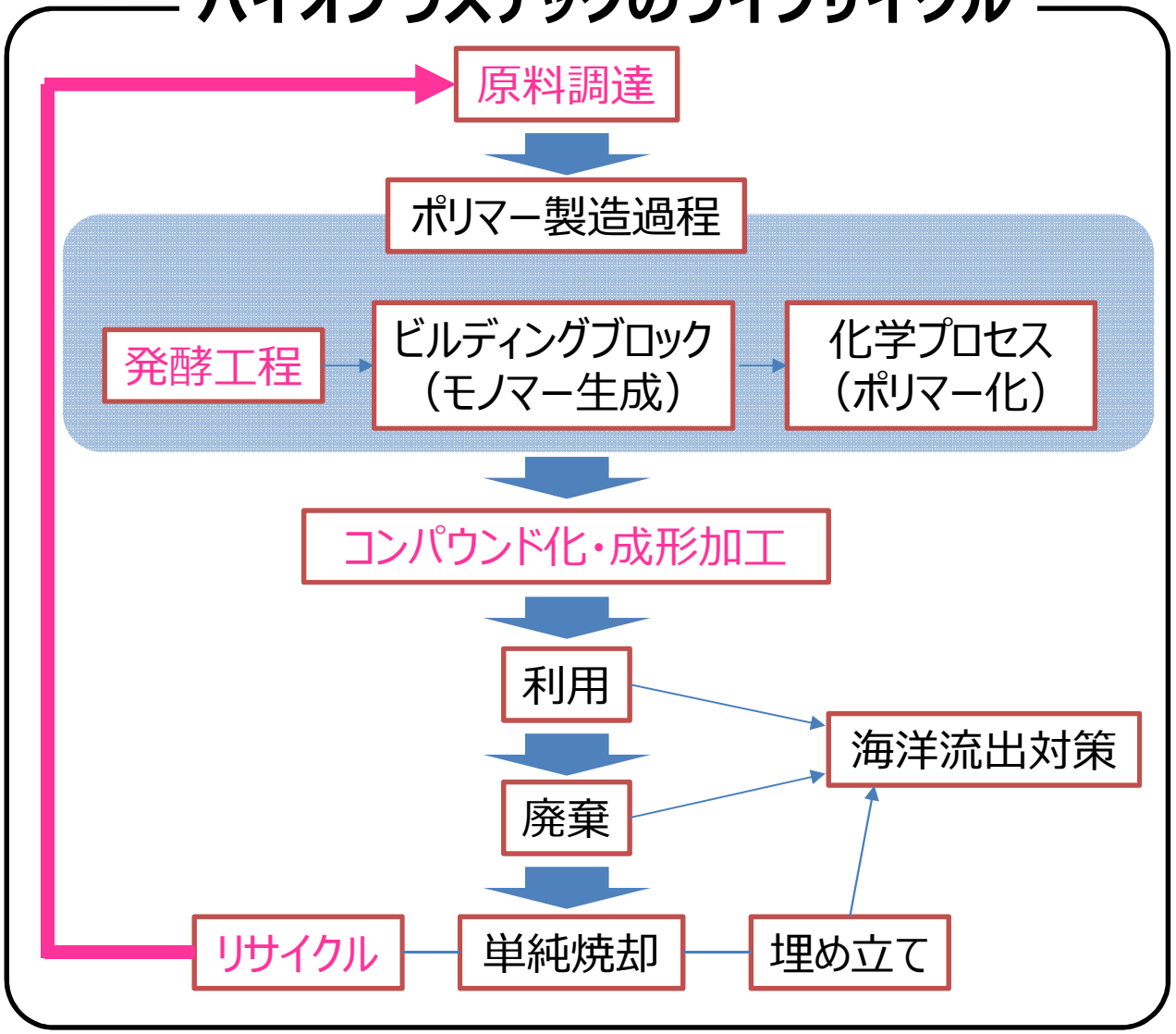
- バイオプラスチックは「生分解性プラスチック」と「バイオマスプラスチック（再生可能な有機資源（バイオマス）を原料とするプラスチック）」を含む。
- 日本バイオプラスチック協会（JBPA）は生分解性と安全性が一定基準以上にあるプラスチック製品に「グリーンプラ」、バイオマスプラスチック度が25wt%以上のプラスチック製品に「バイオマスプラ」の表示を認証している。
- 日本有機資源協会（JORA）は、バイオマスの割合が10%以上の製品（プラスチックに限らない）に「バイオマスマーク」の表示を認証している。



出典：各種資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2018）

バイオプラスチックのライフサイクルと普及・導入に向けた課題　Foresight p.16

バイオプラスチックのライフサイクル



コスト低減と機能付与が普及へのポイント

NEDOが支援すべき分野
- ➤コスト削減
- ・原料調達　・発酵工程　・リサイクル
- ➤高機能化
- ・コンパウンド化・成形加工
- ➤海洋プラスチック対策
- ・海洋分解の挙動解明と評価の標準化

国が支援すべき分野
- ➤海外展開と新たな制度づくり
- ・技術の海外展開による海洋プラ問題への対応
- ・バイオプラスチックの普及を後押しする政策

代表的なBBPの特徴と課題　Foresight p.17

表6　主なBBPの原料と製造プロセス

種類	原料	製造プロセス	生分解性	成形性
PHA	・グルコース ・植物油	・発酵→微生物内での重合→ポリマーの取出し→精製→PHA	コンポスト ◎ 土壌 ◎ 海洋 ◎	△
PBS	・グルコース	・糖発酵→コハク酸 ・糖発酵→1,4–ブタンジオール ・コハク酸と1,4–ブタンジオールの重縮合→PBS	コンポスト ◎ 土壌 ◎ 海洋 ○	○
PLA	・グルコース	・糖発酵→乳酸→化学プロセスによる重合→PLA	コンポスト ◎ 土壌 ○ 海洋 ×	○
スターチベースドポリマー	・デンプン	・可塑化したデンプンと生分解性樹脂等とのブレンド	コンポスト ◎ 土壌 ○ 海洋 ○	○

BBPの主な技術課題

①原料となる糖原料や植物油のコスト削減
②発酵工程の効率化と製造能力の増大
③新たな海洋生分解性プラスチックの開発と市場の拡大
④コンパウンド化や機能性充填剤などによる成形加工技術の開発
⑤海洋での生分解性を評価する試験方法の確立

代表的なNBPの特徴と課題　Foresight p.18

表7　主なNBPの原料と製造プロセス

プラスチックの種類	NBPの種類	原料（最終化合物）	製造プロセス
熱可塑性汎用プラスチック	バイオPE	・グルコース（PE）	・糖発酵→バイオエタノール→エチレン→PE
	バイオPET	・グルコース（EG） ・石油（テレフタル酸）	・糖発酵→バイオエタノール→エチレングリコール(EG) ・EG+テレフタル酸→PET
	PEF	・グルコース（EG） ・フルクトース（フランジカルボン酸）	・糖発酵→バイオエタノール→エチレングリコール(EG) ・糖→触媒→HMF→フランジカルボン酸 ・EG+フランジカルボン酸→PEF
エンジニアリングプラスチック	バイオPC	・グルコース(イソソルバイド) ・石油（ジフェニルカーボネート、DPC）	・グルコースの水素化→触媒→ソルビトール(脱水・環化)→イソソルバイド ・イソソルバイド+DPC→バイオPC
	PA11	・ヒマシ油（ポリアミド）	・ヒマシ油→11-アミノウンデカン酸→縮重合→ポリアミド11

NBPの主な技術課題

①安価で安定的に入手できる糖原料の確保
②発酵工程の更なる効率化に必要な微生物の改良や高機能触媒の活用
③ポリプロピレンなど需要の大きいプラスチックのバイオプラスチック化
④日本国内でのプレイヤー数の増加とNBPの種類の多様化

機能性充填材としてのCNFの特徴と課題　Foresight p.19-21

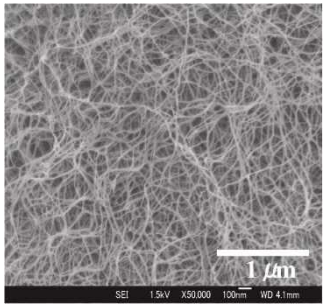


図14　CNFの電子顕微鏡写真
出所：セルロースナノファイバー　－木の国ニッポンの資源－、矢野浩之、生存圏研究14、1-7(2018)

・樹脂への添加により、機械的物性が向上
・増粘剤としてインキへの添加
・触媒担持体

表8　CNFの主な化学的解繊の製法・プロセス・物性

製法	プロセス	物性		
		繊維径(nm)	極性	特徴
TEMPO触媒酸化法	材料にTEMPO触媒を添加後解繊処理	3～4	親水性	高粘度、高親水性、透明性
リン酸エステル化法	材料にリン酸を添加後に解繊処理	4～60	親水性	高粘度、高親水性、透明性 安価なリン酸を使用し静電反発により解繊が容易
非プロトン性有機溶媒による解繊法	溶媒として使用する硫酸エステルがCNF表面の水酸基を修飾し静電反発により解繊	4～5	疎水性	常温で解繊 パルプが100%ナノ化
			親水性	常温で解繊 パルプが100%ナノ化

出所：2018年版セルロースナノファイバー市場の展望と戦略（矢野経済研究所,2018）を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2018）

機能性充填材としてのCNFの特徴と課題　Foresight p.19-21

表9　CNFの主な機械的解繊の製法・プロセス・物性

製法	プロセス	物性		
		繊維径(nm)	極性	特徴
二軸押出機（京都プロセス）	二軸押出機で変性パルプ、樹脂を混練	4～60	親水性	CNF解繊から樹脂混練までワンパスで対応
ホモジナイザー	パルプ分散液をホモジナイザー内に流し、壁面にあたる衝突圧で解繊	10～100	親水性	水とパルプ分散液のみで製造可能
その他	製紙用のヒノキチップを二軸スクリュー装置で粗粉砕後、グラインダーで解繊	20～300nm	原料による	木材チップの直接解繊によりリグノCNFが得られる
	グレードの異なる解繊工程を組み合わせて解繊	20～60nm	親水性	古紙パルプからのCNFが製造可能

出所：2018年版セルロースナノファイバー市場の展望と戦略（矢野経済研究所,2018）を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2018）

表10　CNFの主な水衝突解繊の製法・プロセス・物性

製法	プロセス	物性		
		繊維径(nm)	極性	特徴
ACC※17	パルプ懸濁液を2つのノズルで対向噴射し衝突圧で解繊	10～	親水性/疎水性	疎水物質との混合性良好 エネルギー消費量が少ない
ウォータージェット	ウオータージェットを用いた湿式微粒子化装置で製造	10～50	親水性	セルロースに加えてキチン、キトサンも解繊可

出所：2018年版セルロースナノファイバー市場の展望と戦略（矢野経済研究所,2018）を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2018）

機能性充填材としてのCNFの特徴と課題　Foresight p.19-21

CNFの主な技術課題

①京都プロセスなどの技術開発によって、CNFが社会実装可能なコストまで低減できる見通しが得られたため、さらなるコスト削減と幅広い用途開発

②樹脂の補強材の中でCNFが保有する生分解性という特徴を生かして、海洋や土壌で生分解するプラスチックの機能向上

③化石資源由来のプラスチックに加えてバイオマス由来のプラスチックに対する機能性充填材としての機能展開

④解繊方法によって様々な特徴を持つCNFの生産が可能であり、触媒担持体、発泡剤、増粘剤など多様な分野への応用

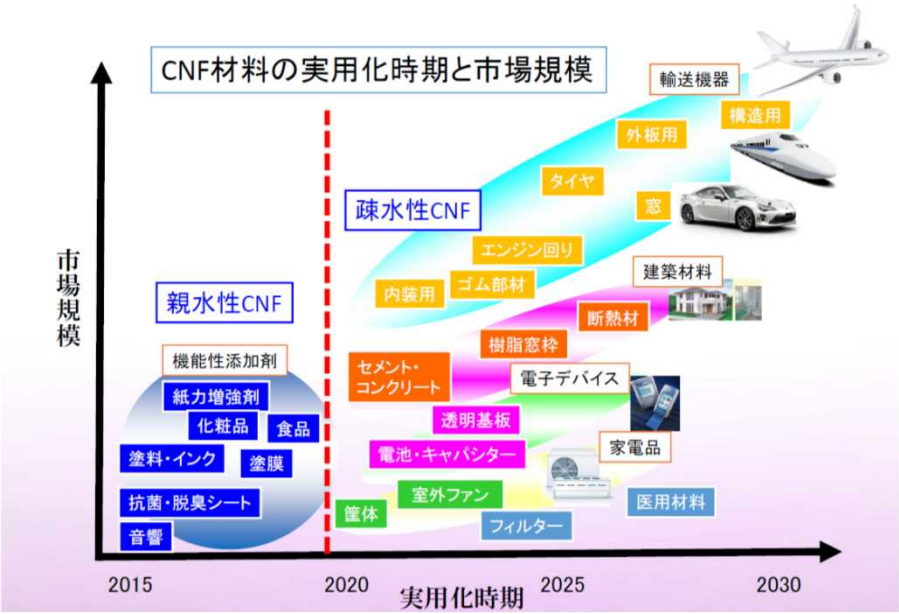


図　CNF開発の見通し

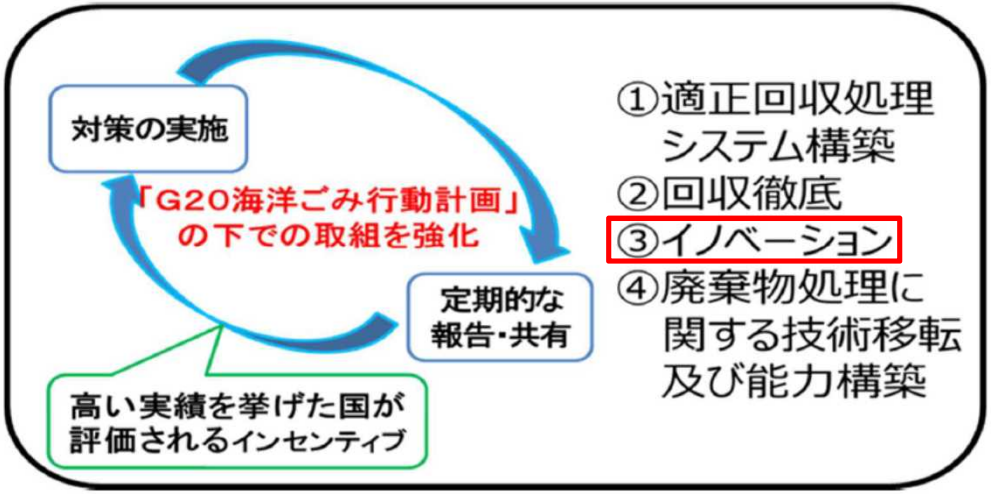
出所：京都大学生存圏研究所生物機能材料分野HP（2019）

Ｇ２０　海洋プラスチックごみ対策実施枠組みの合意

- 「Ｇ２０持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合」にて世耕経済産業大臣が原田環境大臣とともに共同議長を務め、コミュニケ及びその付属文書を採択。
- 我が国が主導する形で、新興国・途上国も参加し、各国が自主的な対策を実施し、その取組を定期的に報告・共有する実効性のある新しい枠組みである「Ｇ２０海洋プラスチックごみ対策実施枠組」に合意

→G20サミットで「大阪ブルーオーシャンビジョン」に合意

G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組



我が国の海洋プラスチックごみ対策アクションプランとイノベーション

- 総理のイニシアティブのもとに、関係閣僚会議において「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」を策定
- イノベーションパートには海洋生分解性プラスチック開発・普及導入ロードマップが取り入れられた

経済活動を制約する必要はなく「新たな汚染を生み出さない」ことに焦点を当て、率先して取り組む

我が国のベストプラクティス（経験知見・技術）を国際的に発信・展開

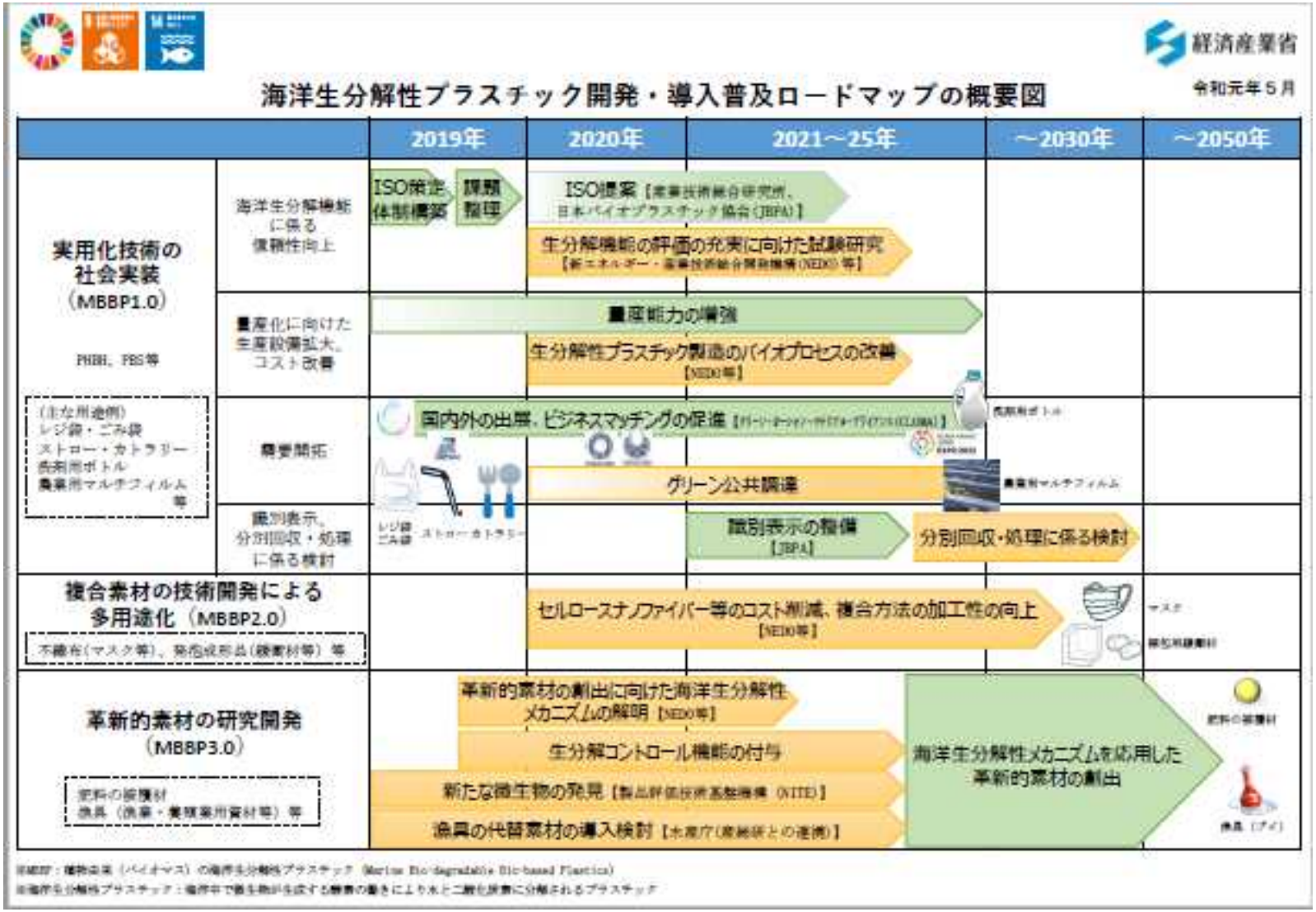
⑤代替素材の開発・転換等のイノベーション

➤「海洋生分解性プラスチック開発・普及導入ロードマップ」に基づき、官民連携により技術開発等に取り組む

➤プラスチック製造・利用関係企業の「クリーンオーシャンマテリアルアライアンス（CLOMA）」を通じたイノベーション加速

海洋生分解性プラスチック開発・普及導入ロードマップ Foresight p.5

- 経済産業省が公表した海洋生分解性プラスチック開発・普及導入ロードマップに、NEDO「バイオプラスチック分野」の技術戦略が活用
- 産業技術環境局長をヘッドに資源循環経済課、素材産業課、生物化学産業課、研究開発課、基準認証政策課、国際標準課、NEDO　技術戦略研究センター、材料ナノテクノロジー部、産総研、ＮＩＴＥ等をメンバーとするＰＴにより検討



生分解性プラスチックの新市場創出　全体のまとめ①

日本の現状

◎国内市場規模
生分解性プラ：年2300トン
バイオプラスチック：年3万8千トン

バイオプラスチックは
国内ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ市場の約0.４％

◎生分解性プラの主な用途
→農業・土木資材

・生分解性プラスチックは欧州等にくらべて日本国内では普及していない

・素材メーカーや新規参入プレイヤーが少ない

普及を阻む主な理由
ユーザー等のヒアリングから抽出

・石油由来プラスチックに比較したコスト高、デフレ経済下では価格増を容認できない
・日本では生分解性という機能を発揮できる分野・市場が少ない⇔欧州・米国ではコンポスト文化が定着
・機能向上によるコスト増は受容できても、環境負荷低減に対するコスト増を受容できない消費者心理

生分解性プラスチックの新市場創出　全体のまとめ②

新しい市場を創出するためには技術革新と新しいルールづくりの両方が必要

イノベーションによる新素材開発

・革新的技術開発による生産コスト削減と生産能力の拡大
・コンパウンド化や成形加工法の開発による機能性付与と用途拡大
・スイッチ機能による信頼性担保と普及加速

普及啓発

・義務教育課程でのプラスチック資源循環教育の徹底とモラルハザード防止
・バイオマス産業都市などコンポスト施設の利用拡大と農林業地域の活性化
・ＣＬＯＭＡを通じた川上川下の連携

標準化

・標準試験法・品質基準のISO化
・国際認証機関の国内での育成と認証マークの統一化
・NITE・地方公設試等による地域中小企業に対する認証取得支援

普及促進を目的とした規制

・使い捨てプラスチック（レジ袋・ゴミ袋）への適用義務化の検討
・公共調達制度改正による地方公共団体等の生分解プラスチック調達義務化の検討
・資源循環システム全体の見直しと強化

国内外に海洋生分解性プラスチックの新たな市場を創造し、ベンチャー企業等の新規参入など市場を活性化
使い捨てプラスチックは海洋生分解性を保持することで、プラスチックによるこれ以上の海洋汚染を防止

関連するNEDOプロジェクト、先導研究等

２０１９年度「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」公募採択テーマ

課題名：海洋プラスチックごみ問題を解決する海洋分解性プラスチックの技術開発
期間：2019年7月から原則1年間

NO.	テーマ名	実施体制
1	ポリアミドを基軸とする新規海洋分解性材料の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 地方独立行政法人大阪産業技術研究所和泉センター 地方独立行政法人大阪産業技術研究所森之宮センター 三菱ケミカル株式会社 国立大学法人神戸大学
2	海洋環境を利用する新しい海洋生分解性プラスチック創出	日清紡ケミカル株式会社 【再委託】国立研究開発法人海洋研究開発機構 【再委託】国立大学法人群馬大学食健康科学教育研究センター 国立大学法人群馬大学
3	優れた耐水性を有する生分解性澱粉複合材料の開発	国立大学法人大阪大学大学院工学研究科 日本食品化工株式会社
4	海洋環境調和型オールバイオマス成形品の研究開発	国立大学法人三重大学 国立大学法人東京農工大学
5	CO2原料からの新規PHAブロック共重合体の微生物合成	国立大学法人東京工業大学 国立大学法人北海道大学 学校法人近畿大学
6	様々な生分解性プラスチックの海洋分解性評価	国立大学法人東京大学 国立大学法人京都大学 国立研究開発法人海洋研究開発機構