

戦略策定に向けた主な視点について サーキュラーエコノミー



令和2年11月

内閣府

CLOMAの取組紹介



クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス (CLOMA) 会長 澤田道隆



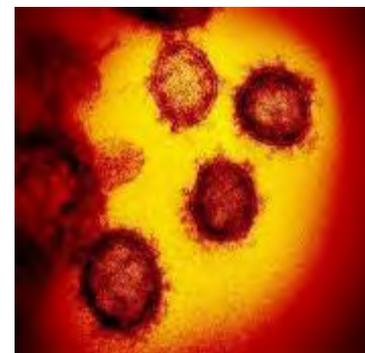
地球規模の課題



地球温暖化
(自然災害の多発)



プラスチックごみ
(海洋プラスチックごみ)



感染症
(新型コロナウイルス)



プラスチックごみ問題の現状

人類がこれまで生産したプラスチック総量

80億トン

年間3億トンが生産され、そのほとんどが「廃棄ごみ」として放置



- ・世界中の海には1.5億トンにのぼるプラスチックが投棄され
- ・年間800万トンのペースで増加
- ・海洋プラの約8割は、廃棄物インフラが整っていない新興国から流出



CLOMA

2019年1月設立(159社・団体)

CLEAN OCEAN MATERIAL ALLIANCE

プラスチックの有用性を理解する

持続可能な3R体制の構築と素材技術の貢献により、クリーン・オーシャンを実現するとともに、SDGsの同時達成を目指し、CLOMA原則を共有しながら5つの”Key action”を進めてゆく

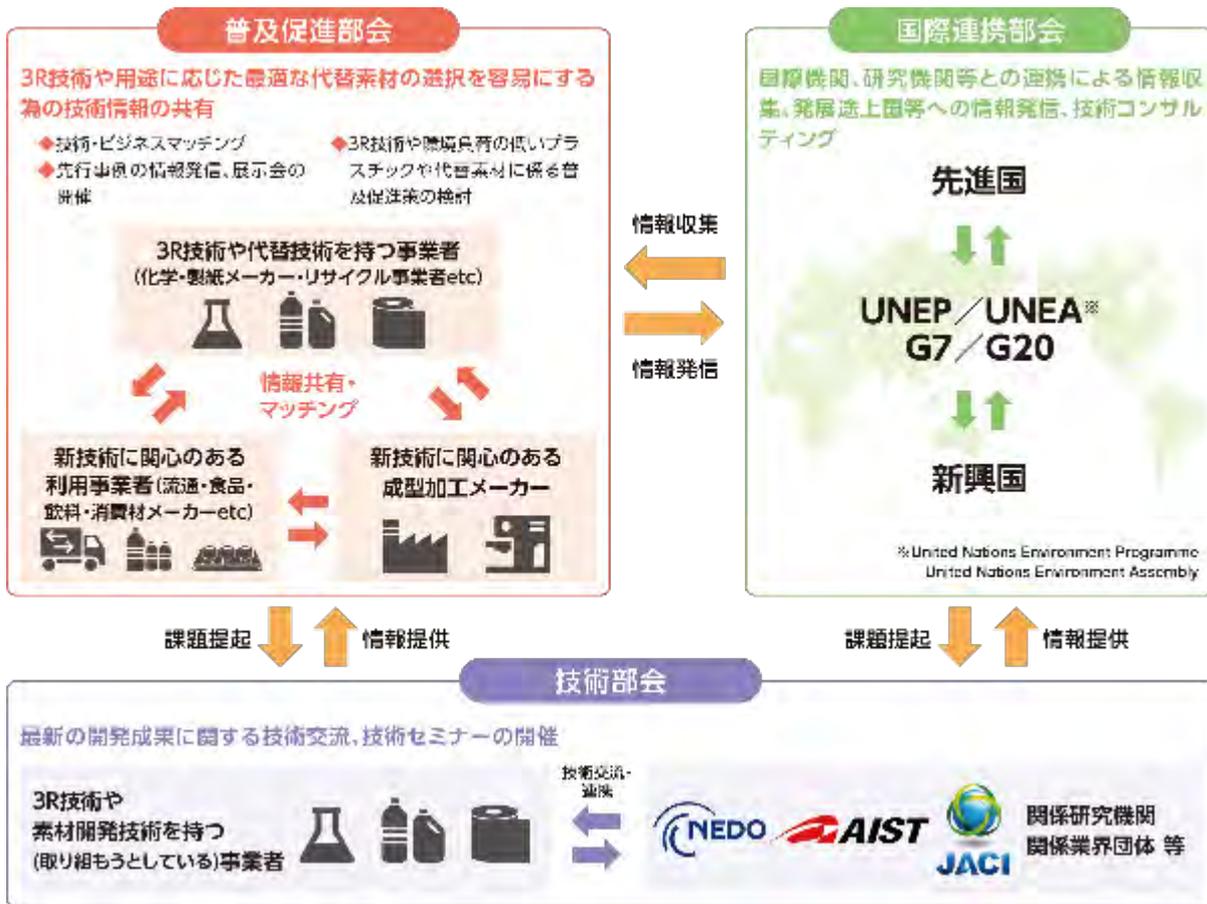
< CLOMA原則 >

海洋プラスチックごみ問題の解決にあたっては、使用済みのプラスチック製品の適切な回収・処理を徹底した上で、環境負荷の低いプラスチック製品の開発・製造・利用を推進していくとともに、より環境負荷の低い素材・製品への代替が重要です。CLOMA及びその会員は、以下の5つの原則の下、海洋プラスチックごみ問題の解決にあたります。

- 1 素材・製品の開発・生産・使用を通じて、SDGsの達成とクリーン・オーシャンの実現に貢献します
- 2 「使用済みプラスチック製品の適切な回収・処理の徹底」と「3Rの深化とより環境負荷の低い素材・製品への代替」を両輪として取り組みます
- 3 技術、ノウハウ、経験を会員間で最大限共有し、ビジネスモデルを含めたより大きなイノベーションを創出します
- 4 技術開発と社会システムの組み合わせを最適化し、ステークホルダーの理解を得ることにより社会実装を加速させます
- 5 素材を循環利用し、環境負荷を低減するジャパンモデルを世界に発信するとともに、各国の国情に適應する形で展開します

CLOMAの主な活動(3つの部会活動)

375社・団体
(2020年10月29日時点)



プラスチックごみ削減に向けて大切なこと

- ・ 徹底的な使用量削減 (Reduce) と大規模リサイクル (Recycle)
循環型社会の早期構築
- ・ 大規模リサイクルのためには、企業、工業会、政府・自治体等との連携が必須
生活者からの理解も重要 CLOMAがサポート
- ・ 掛け声だけでなく、成功事例の見本を示す それを広く展開させる
- ・ グランドデザインを描き、設計の段階から工夫する
- ・ 最終的には、必ずビジネスにつなげること(そうでないと継続しない)

ESG視点で

競合から協働へ、分散から集中へ



CLOMAアクションプラン

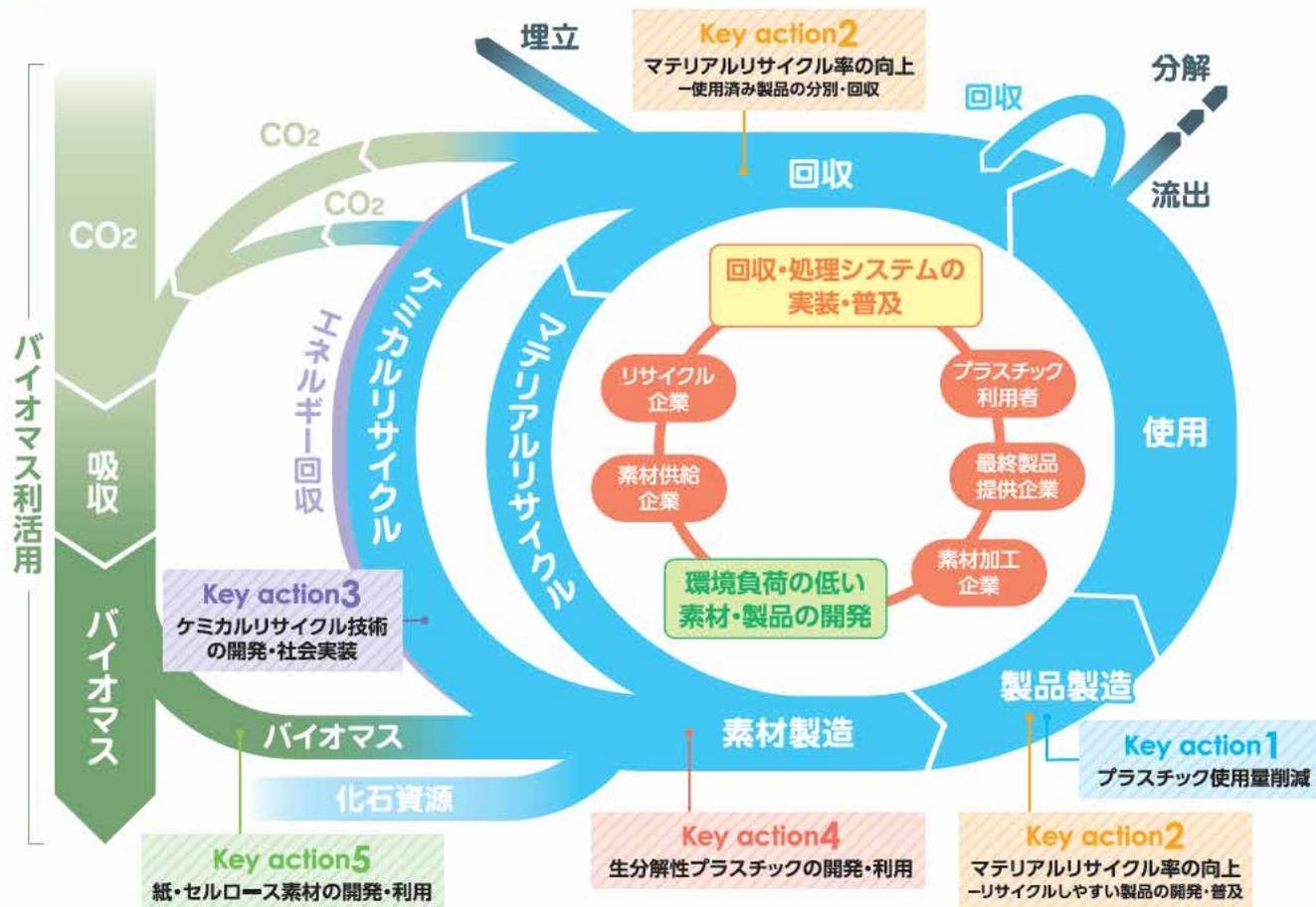
テーマを絞って活動を深め、早く社会実装化させるために
CLOMAアクションプランを今年5月に始動

アクションプラン・キーメッセージ

CLOMAは海洋プラスチックごみの削減に貢献するため
2050年までに包装容器等のプラスチック製品の100%リサイクル
を目指します

- キーアクション1 (WG1) プラスチック使用量削減
- キーアクション2 (WG2) マテリアルリサイクル率の向上
- キーアクション3 (WG3) ケミカルリサイクル技術の開発・社会実装
- キーアクション4 (WG4) 生分解性プラスチックの開発・利用
- キーアクション5 (WG5) 紙・セルロース素材の開発・利用

5つのKey actionとプラスチック製品のライフサイクルの関係





サプライチェーン連携で取り組む

政府

・制度設計、国際交渉

NGO

・協同研究、啓発

ファイナンス

・ESG投資

原料メーカー

・素材開発

容器メーカー

・容器開発

ブランドオーナー

・製品設計

リテーラー

・販売、店頭回収

消費者

・分別廃棄
・ポイ捨て防止

リサイクラー

・再生材製造

自治体

・分別回収

商社・コンサル

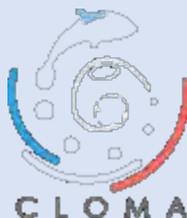
・システム設計

工業会

・業界標準化

赤字：CLOMA会員

青字：連携先





CLOMAビジネスマッチング事例

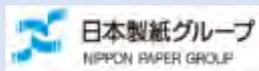
CLOMAビジネスマッチングの実績
(2020年2月会員アンケートより)

情報交流	50件
研究開発	18件
事業化検討	8件
事業化	6件



2019.09.05 第2回ベスプライントロセミナー

ビジネスマッチング事例



北村化学産業
発泡バリアト
レー

日本製紙
紙製バリア蓋材
SHIELDPLUS®



プラ使用量 40%削減



凸版印刷
フィルム製造技術

GSIクレオス
生分解性樹脂
MATER-BI



生分解性プラのレジ袋
2019年12月から販売開始



カネカ
海洋生分解性ポリマー
PHBH®

セブン&アイ
セブンカフェ



2019年11月から
セブンカフェでストロー使用



東京都公募事業「プラスチックの持続可能な利用に向けた新たなビジネスモデル」

トイレタリー製品のプラスチック容器を、単一素材または再生プラスチックを使用し、高度なリサイクル技術と容器設計・製造技術を活用したワンウェイ容器の水平リサイクルの実現に向けた事業



⑥ 高品質な再生プラスチック製造
洗浄・ペレット化

市川環境エンジニアリング

水平
リサイクル

容器

① 環境に配慮した設計

単一素材（モノマテリアル）の詰め替え用パウチ、再生プラスチックを活用したボトル容器など、包装容器の製造

凸版印刷



⑤ 回収
使用済みの包装容器を回収

回収

商品

② トイレタリー商品の製造
ハンドソープなど衛生製品の充填

花王



④ 公共施設での使用

NPO元気ネット

使用

運搬

③ 直接配送 / 配布



フィルム容器リサイクルの社会実装化

RecyCreation



利用拡大
水平リサイクル

容器仕様
リサイクルしやすい
容器仕様の開発と普及



リサイクル
品質・価格の改善
再生材の入手性

分別
消費者の協力



回収・運搬
行政との連携・法整備
リサイクルの輸送網

ライオン-花王の協働による「フィルム容器リサイクル」の社会実装

幅広く展開



プラスチックリサイクルの課題

I 経済性

- ・高コスト 再生プラスチック価格 バージンプラスチック価格
- 再生に関わる費用負担を誰がするか

参考) ポリエチレンテレフタレート(PET)樹脂の価格

再生PET需要の急拡大により廃PETの価格は19年下期で44.6円/kg程度。上期より3.5円も高い。一般的に再生合成樹脂は石油由来の新品より安い。だが再生PETに限れば、旺盛な需要を背景に石油由来の新品より高値になる事態が起きている。

出展: 日経新聞電子版(2019年12月21日) <https://www.nikkei.com/article/DGKKZ053545550Z11C19A2QM8000/>

I 脱炭素

- ・CO₂排出量の増加 回収リサイクル時にCO₂を排出

カーボンニュートラルに向けCO₂をどう循環させるか

参考) CO₂排出量

バージンペットボトル 2346千トン (原料樹脂・ボトル生産のみ)

リサイクルペットボトル 3210千トン (原料樹脂・ボトル生産2243千トン + 回収リサイクル967千トン)

出典: ペットボトルリサイクル推進協議会 http://www.petbottle-rec.gr.jp/more/reduction_co2.html



CLOMAの存在意義を示す

大きなムーブメントを起こすことが重要

- 1) インパクトがある企業(大企業、業界代表企業、技術力のある企業…)または企業連携と産官学連携が具体的に成功事例の見本を示すこと
- 2) 数多くのフォロワーが生まれるような、成功事例の価値伝達をグローバルに行うこと
- 3) 単発的な成果に終わらせないように、結果をしっかりとフォローし、継続性を維持すること

<ポイント> 成功事例の見本が、ビジネスにつなげられるかどうか
リサイクルを中心としたプラごみ問題解決と脱炭素との両立



C L O M A

サーキュラーエコノミーの実現に向けて

2020年11月

経済産業省 製造産業局

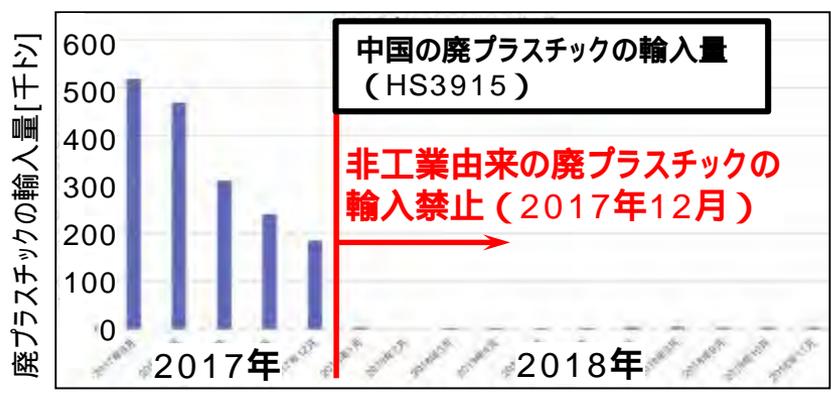
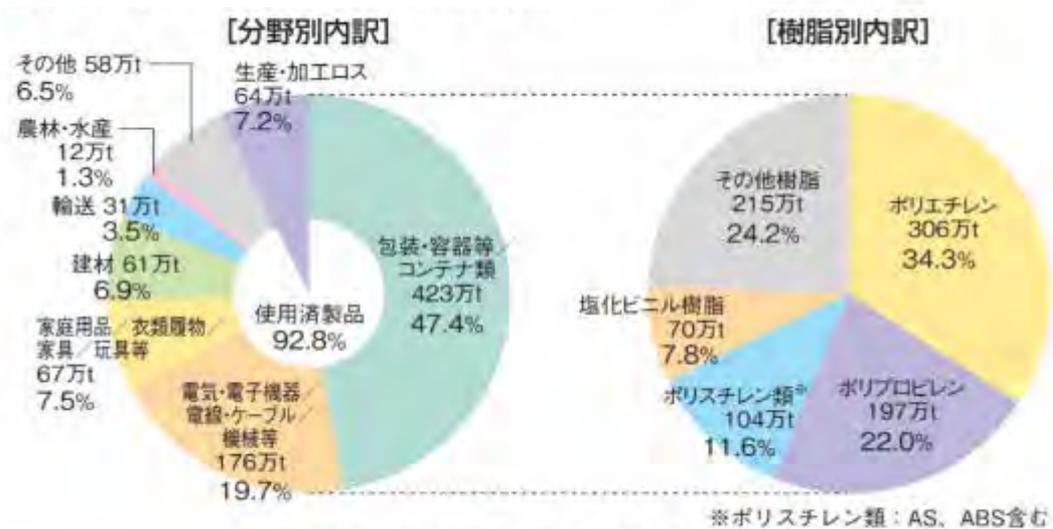
素材産業課

プラスチックリサイクルの波

- 世界的な人口増加及び経済成長に伴う資源の需要・消費量増加により、廃棄物問題がグローバルに顕在化。中国をはじめとするアジア諸国における廃棄物輸入規制等による世界全体のリサイクル・システムの機能不全なども相まって、日本国内にも大きな影響。
- また、海洋プラスチックごみによる海洋環境問題も顕著化し、プラスチック資源の生産・利用・処理方法を今一度見直す必要。



廃プラスチック総排出量 (891万t) の内訳

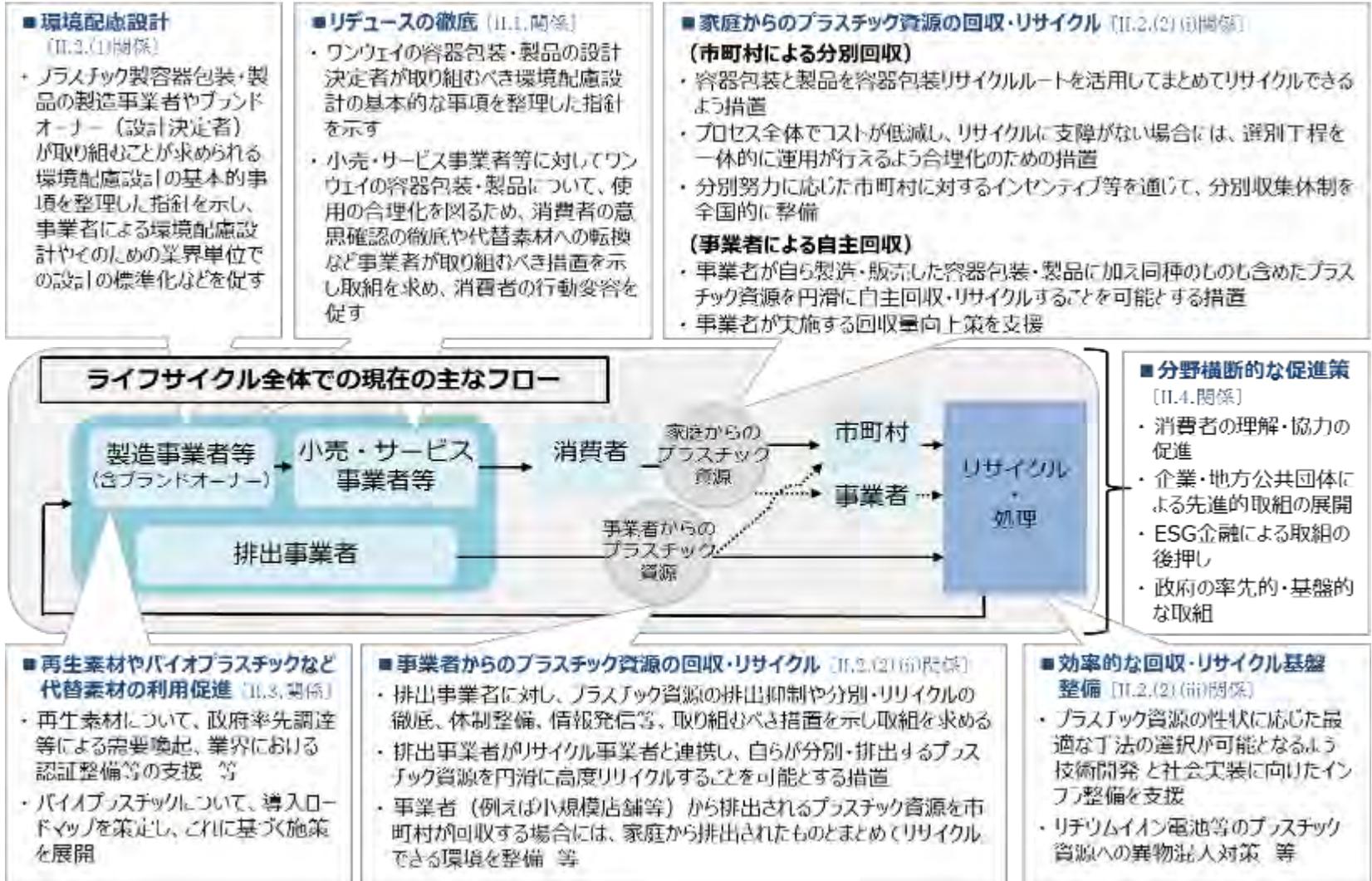


(出典) 一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチック基礎知識2020」

(出典) 平成31年1月25日循環経済ビジョン研究会 (第5回) 三菱UFJリサーチ & コンサルティング資料抜粋

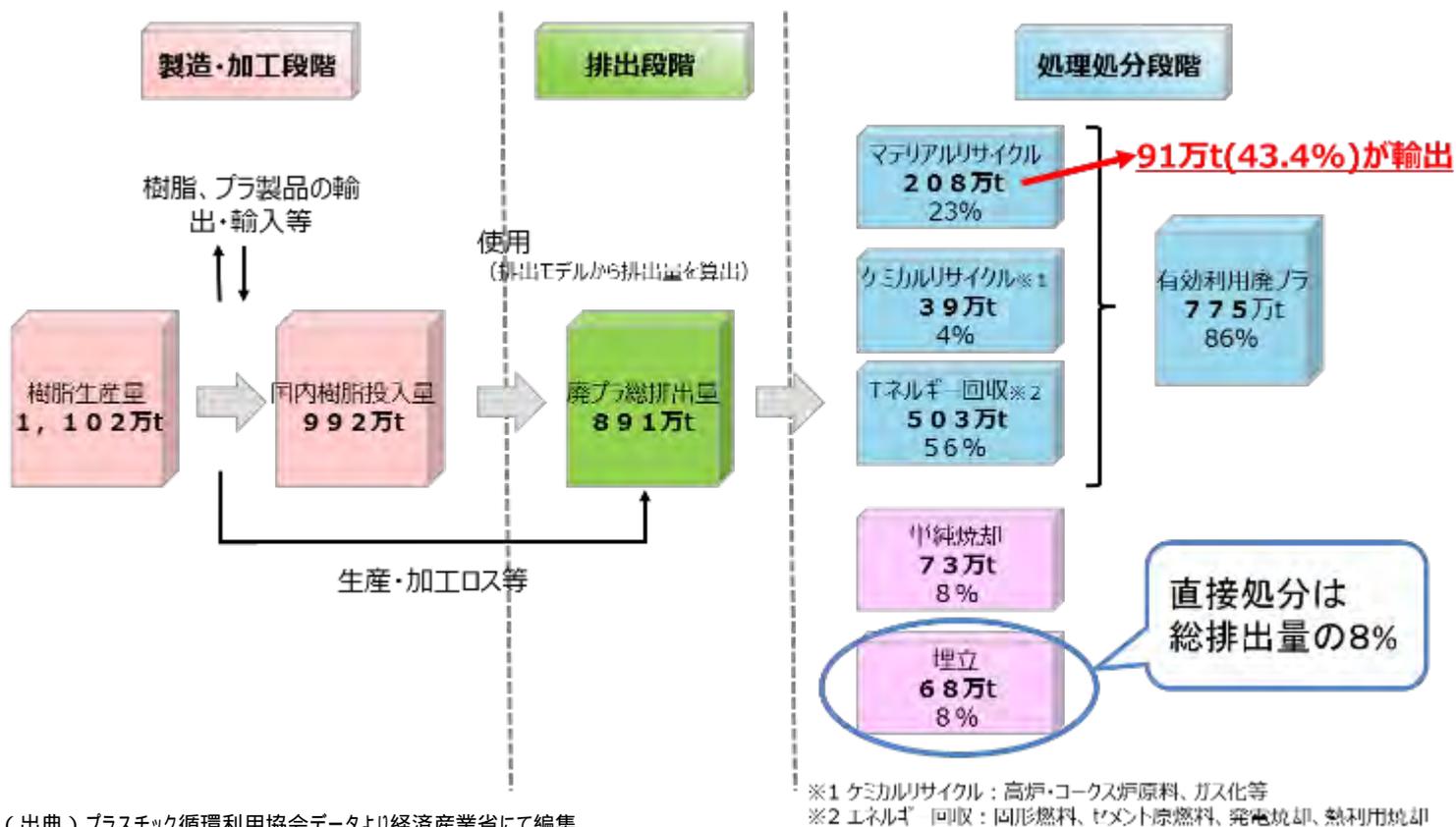
今後のプラスチック資源循環施策の全体像

- 2019年5月31日、3R + Renewableを基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」を策定。
- 2020年5月より、上記戦略の具体化に向けた合同審議会を開始。



廃プラスチックのリサイクル

- 現在の廃プラスチックの有効利用率は84%である一方、更なる資源循環を進めていく上では、従来のマテリアルリサイクルに加え、ケミカルリサイクルを推進していく必要。
- 廃プラスチックの安定調達、技術開発、再生材を原料とした製品が評価される市場整備をはじめとした、産学官及び各自治体とも連携した取り組みが必要不可欠。



(出典) プラスチック循環利用協会データより経済産業省にて編集

2050年カーボンニュートラル宣言

- 1 本年10月26日に菅総理より、2050年までにカーボンニュートラルを目指すとする方針を表明。
- 1 化学産業に起因して排出されるCO2の大半は、ナフサ分解等の製造プロセス及び廃プラスチックの焼却プロセスである。プラスチック由来の「C」をリサイクルして循環させることもカーボンニュートラル実現に向けた議論の一環として捉え、アプローチを検討する必要。

カーボンニュートラル関連の直近の各国の動向

中国 

2020.09.22 国連総会にて
2060年までにカーボンニュートラル宣言
 (中間目標：2030年をピークとして以降減少)

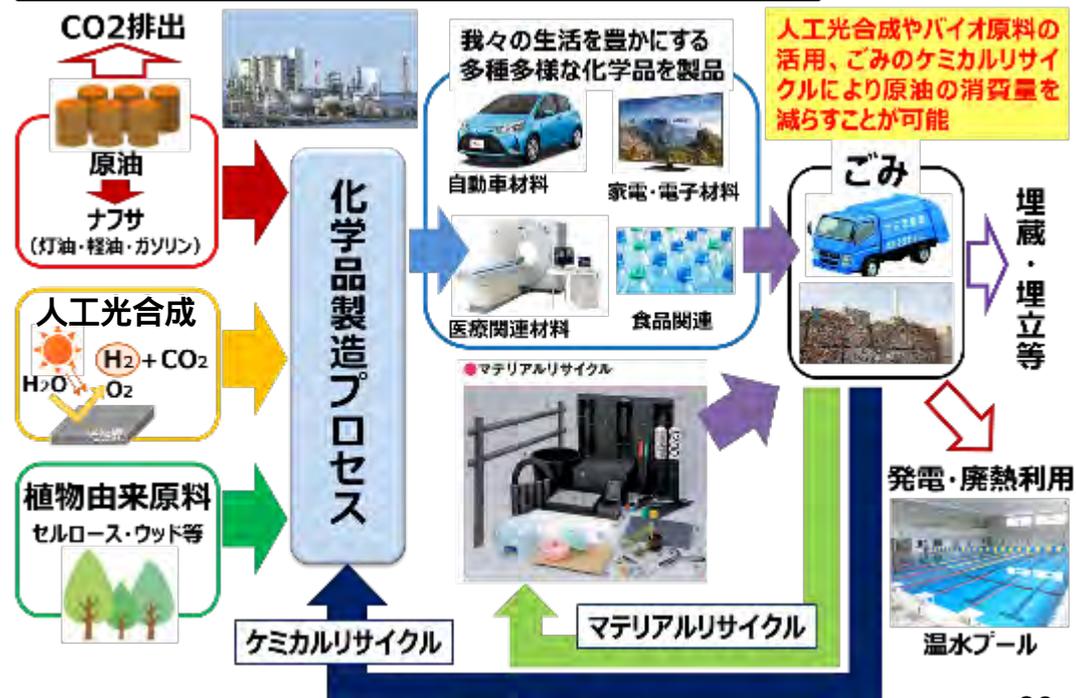
韓国 

2020.10.28 国会にて
2050年までにカーボンニュートラル宣言

米国 

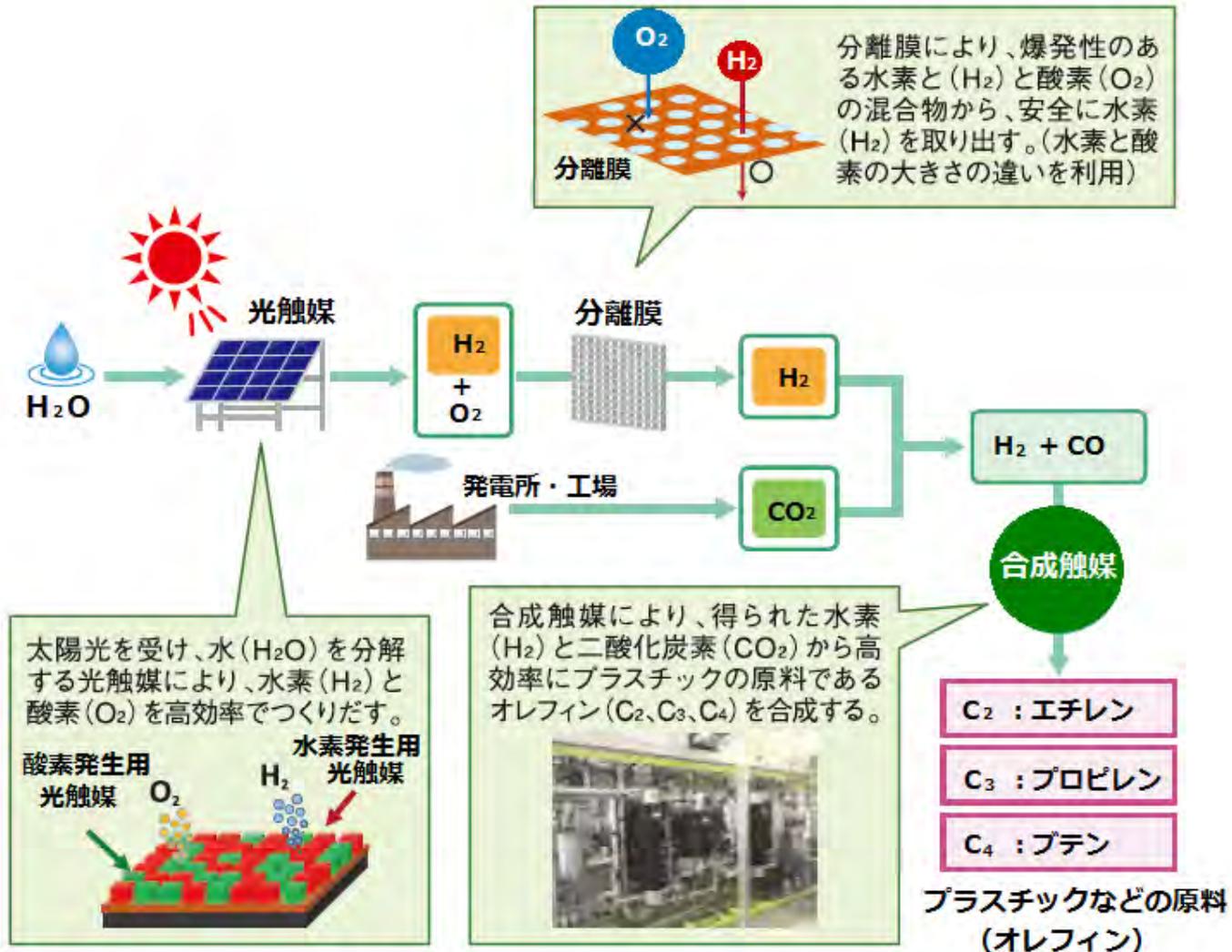
バイデン大統領候補(民主党)の選挙公約
2050年までにカーボンニュートラルを発表
 (中間目標：2035年までに電力セクターでネットゼロ)

化学産業におけるカーボンニュートラルの考え方



人工光合成

- 1 水とCO₂を原料とし、太陽エネルギーを用いてプラスチック原料となるオレフィンを製造するプロセス開発を2012年よりNEDO開発プロジェクトとして実施中。



セルロースナノファイバー (CNF)

- 1 鋼鉄の1/5の軽さでありながら5倍以上の強度を有するバイオマス由来の高性能素材であり、樹脂にCNFを混ぜ込むことで軽量化・高強度化を実現。
- 1 既存の石油由来素材の代替となる可能性。大気中の二酸化炭素を植物が吸収・固着して得られるセルロースを用いることでカーボンリサイクルの一端を担うことができる。

製造工程の概要



各種用途展開

自動車



樹脂への混合による構造材
ゴムへの混合によるタイヤ等

フィルム



ガスバリア性・
低熱膨張フィルム等

有機EL基板



フレキシブル
ディスプレイ等

インク



ボールペンインク (実用化)
化粧品等

消臭剤

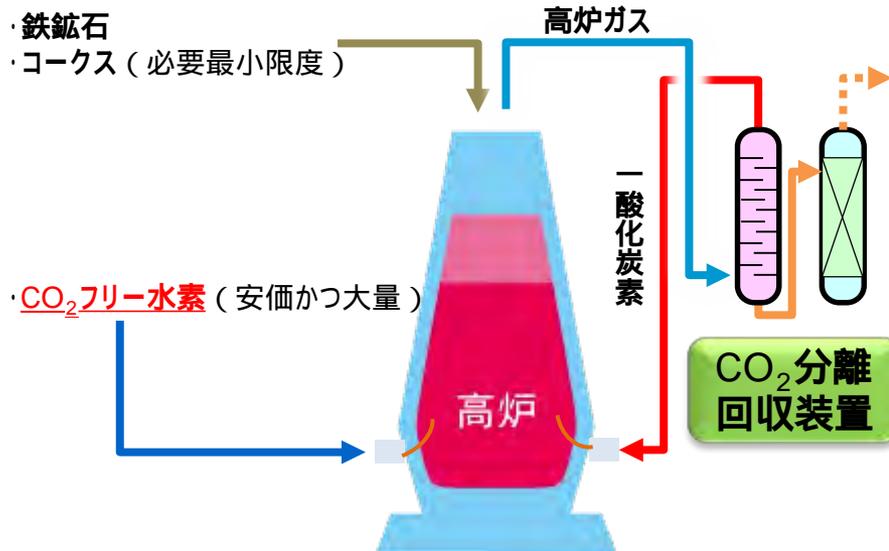


表面積の大きさを活かした
消臭機能 (紙おむつが実用化)

ゼロカーボン・スチール

- 1 鉄鋼業は、我が国産業部門のCO₂排出のうち約40%（国全体のエネルギー起源CO₂の約15%）を占めており、CO₂排出量の削減は喫緊の課題。特に、全工程におけるCO₂排出量の約8割を占める製鉄プロセスにおけるCO₂排出削減が重要。
- 1 製鉄プロセスでは、コークスを用いて鉄鉱石を還元するため、大量のCO₂が発生。水素を用いて鉄鉱石を還元することで、コークスの使用量を最小限度まで抑制することができれば、CO₂排出量を激減させることも可能。
- 1 ただし、CO₂排出量を実質的にゼロにできる「ゼロカーボン・スチール」を実現するためには、安価かつ大量のCO₂フリー水素及びCO₂を回収・活用するCCS/CCUSが必要。

水素還元製鉄（第一段階）のイメージ



「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた試験高炉
（COURSE50、千葉県木更津市）

(参考資料)

プラスチックごみ対策の全体像

1. 海洋流出防止

G20

(2019/6/15-16 G20エネルギー・環境大臣会合@軽井沢、
2019/6/28-29 G20大阪サミット)

- G20大阪サミットで共有された「**大阪ブルー・オーシャン・ビジョン（2050年までに海洋プラスチックごみによる新たな汚染をゼロとすることを目指す）**」の実現に向け、安部総理は同サミットにて、日本は途上国の廃棄物管理に関する能力構築及びインフラ整備等を支援していく旨を表明。
- そのため日本政府は、廃棄物管理、海洋ごみの回収、**イノベーション**及び能力強化に焦点を当て、世界全体の実効的な海洋プラスチックごみ対策を後押しすべく、「**マリン（MARINE）・イニシアティブ**」を立ち上げた。

廃棄物管理	Management of wastes
（海洋ごみの）回収	Recovery
イノベーション	Innovation
（途上国の）能力強化	Empowerment

「**MARINE**」と総称

海洋プラスチックごみ対策アクションプラン

(2019/5/31 関係閣僚会議決)

「新たな汚染を生み出さない世界」の実現に向け、G20の実施枠組構築に先立って、日本国としての行動計画を率先して策定。

【対策分野】

- プラスチックごみの回収・適正処理の徹底（例：国内の廃プラ処理・リサイクル施設増強）
- 海洋に流出したプラスチックごみの回収（例：自治体による海岸漂着物の回収処理を支援）
- イノベーションによる代替素材への転換**
（例：「海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップ」
「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス(CLOMA)」
- 取組を促進するための関係者の連携協働（例：経団連の「業種別プラスチック関連目標」）
- 途上国等における対策促進のための国際貢献（例：ASEANナレッジセンター設立）等

海岸漂着物処理推進法基本方針の改正

(2019/5/31 閣議決定)

- マイクロプラスチック対策等を追加（事業者の使用抑制努力、国の実態調査等）

2. 国際資源循環の管理

バーゼル条約改正

(2019/5/10 採択)

- 「汚れた」プラ廃棄物を輸出入の規制対象に追加（輸出相手国の事前同意義務付け：2021年1月発効）

3. 国内資源循環の強化

プラスチック資源循環戦略

(2019/5/31 関係省庁連名策定)

- 3R + Renewable
- <リデュース>
 - ・～2030年 ワンウェイプラ累積25%削減
 - レジ袋有料義務化
- <リユース・リサイクル>
 - ・～2030年 容器包装の6割をリサイクル
 - ・～2035年 使用済プラ100%有効利用
- <再生利用等>
 - ・～2030年 再生材利用倍増
 - ・～2030年 ハイマスプラ200万ト導入

プラスチック資源循環戦略（概要）

令和元年5月31日

背景

- ◆ 廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題
- ◆ 我が国は国内で適正処理・3Rを優先し、国際貢献も実施。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題

重点戦略

基本原則：「3R+Renewable」

【マイルストーン】

リデュース等	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ワンウェイプラスチックの使用削減(レジ袋有料化義務化等の「価値づけ」) ➢ 石油由来プラスチック代替品開発・利用の促進 	<p>＜リデュース＞</p> <p>① 2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%排出抑制</p> <p>＜リユース・リサイクル＞</p> <p>② 2025年までにリユース・リサイクル可能なデザインに</p> <p>③ 2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル</p> <p>④ 2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用</p> <p>＜再生利用・バイオマスプラスチック＞</p> <p>⑤ 2030年までに再生利用を倍増</p> <p>⑥ 2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入</p>
リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> ➢ プラスチック資源の分かりやすく効果的な分別回収・リサイクル ➢ 漁具等の陸域回収徹底 ➢ 連携協働と全体最適化による費用最小化・資源有効利用率の最大化 ➢ アジア禁輸措置を受けた国内資源循環体制の構築 ➢ イノベーション促進型の公正・最適なリサイクルシステム 	
再生材 バイオプラ	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 利用ポテンシャル向上（技術革新・インフラ整備支援） ➢ 需要喚起策（政府率先調達（グリーン購入）、利用インセンティブ措置等） ➢ 循環利用のための化学物質含有情報の取扱い ➢ 可燃ごみ指定袋などへのバイオマスプラスチック使用 ➢ バイオプラ導入ロードマップ・静脈システム管理との一体導入 	
海洋プラスチック対策	<p>プラスチックごみの流出による海洋汚染が生じないこと（海洋プラスチックゼロエミッション）を目指した</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ポイ捨て・不法投棄撲滅・適正処理 ➢ 海岸漂着物等の回収処理 ➢ 海洋ごみ実態把握(モニタリング手法の高度化) ➢ マイクロプラスチック流出抑制対策(2020年までにスクラブ製品のマイクロビーズ削減徹底等) ➢ 代替イノベーションの推進 	
国際展開	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 途上国における実効性のある対策支援（我が国のソフト・ハードインフラ、技術等をオーダーメイドパッケージ輸出で国際協力・ビジネス展開） ➢ 地球規模のモニタリング・研究ネットワークの構築（海洋プラスチック分布、生態影響等の研究、モニタリング手法の標準化等） 	
基盤整備	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 社会システム確立（ソフト・ハードのリサイクルインフラ整備・サプライチェーン構築） ➢ 技術開発（再生可能資源によるプラ代替、革新的リサイクル技術、消費者のライフスタイルのイノベーション） ➢ 調査研究（マイクロプラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） ➢ 連携協働（各主体が一つの旗印の下取組を進める「プラスチック・スマート」の展開） ➢ 資源循環関連産業の振興 ➢ 情報基盤（ESG投資、Eシカル消費） ➢ 海外展開基盤 	

- ◆ アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、**経済成長**や**雇用創出** ⇒ **持続可能な発展**に貢献
- ◆ **国民各界各層との連携協働**を通じて、マイルストーンの達成を目指すことで、**必要な投資**や**イノベーション（技術・消費者のライフスタイル）**を促進

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年	2020年	2021～25年	～2030年	～2050年
実用化技術の社会実装 (MBBP1.0) PHBH、PBS等 (主な用途例) レジ袋・ゴミ袋 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 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【アフリカ・アジア・オセアニア・ラテンアメリカ(CLOBA)】		グリーン公共調達		
	識別表示、分別回収・処理に係る検討	レジ袋、ゴミ袋、ストロー・カトラリー		識別表示の整備【JBPA】	分別回収・処理に係る検討	
複合素材の技術開発による多用途化 (MBBP2.0) 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	
革新的素材の研究開発 (MBBP3.0) 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】	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)】	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(ロビイ)
			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 Plastic)

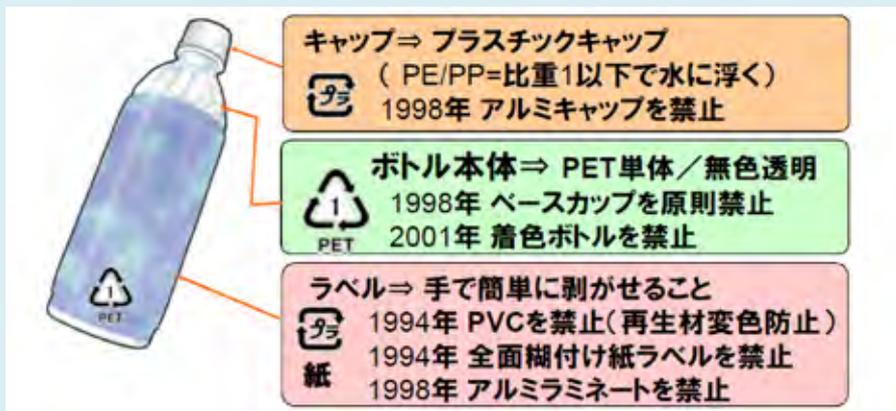
※海洋生分解性プラスチック：海洋中で微生物が生産する酵素の働きにより水と二酸化炭素に分解されるプラスチック

環境配慮設計

産業界では、業界自主行動計画等に基づく環境配慮設計の取組を推進（PETボトル 23.6%減量化、その他容器包装 17%削減（2004 - 2018））。海洋プラスチック問題を受け、創意工夫・イノベーションが加速。

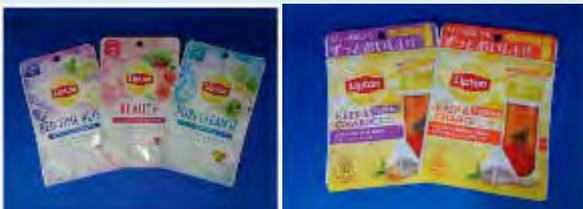
< PETボトルリサイクル推進協議会 >

国内産業界での設計標準化



< 大日本印刷株式会社 >

モノマテリアル包材の実用化



2020日本パッケージングコンテスト ジャパンスター賞受賞

< 花王株式会社 >

令和元年度3R推進功労者表彰
 総理大臣賞受賞

製品濃縮化による
 包装容器削減



詰替えパウチの普及
 (+ホルダーによる詰替え不要化)



“いっしょにeco”マーク製品 の拡大
 (売上比率29%)

容器重量50%以上削減
 再生原料10%以上利用など



廃プラスチックの高度リサイクル

- 1 マテリアルリサイクルにおいては、水平リサイクルを含めたより高度なりサイクルに取り組む動き。
- 1 化学業界は、廃プラスチックを新規材料と遜色のない品質で再生可能、かつ処理能力の高いケミカルリサイクルの技術開発・社会実装を進める方針を表明。

【マテリアルリサイクル】

- 協栄産業は、回収PETボトルから飲料ボトルを作る工程の一部を省く事で、環境負荷低減と再生効率化を実現する「FtoP（フレークtoプリフォーム）ダイレクトリサイクル技術」をサントリーホールディングス等と世界で初めて共同開発。



- いそのは、廃プラスチックを有効利用するため積み重ねたリサイクル技術を活用し、自動車エンジンルームの部品等を製造。



① ナジエーキヤードオートパーツセンター
② アサヒがリサイクルプラスチックを使用したエンジンルーム部品
③ 自動車エンジンルーム部品
写真提供：いそひの(株)

【ケミカルリサイクル】

<ガス化>

- 昭和電工は、廃プラスチックをガス化し、水素、アンモニア、炭酸ガスを生成。水素は水素ステーションへ、アンモニアは工業原料として、炭酸ガスは炭酸飲料等として供給され、有効利用。



<油化>

- 三井化学は、従来はエネルギー回収されることが主流であったASR（自動車のシュレッダーダスト）から回収された廃プラスチックを触媒による接触分解方式によって油化し、ナフサクラッカーへ投入することで石油化学製品原料となるナフサを代替する技術を開発。

<モノマー化>

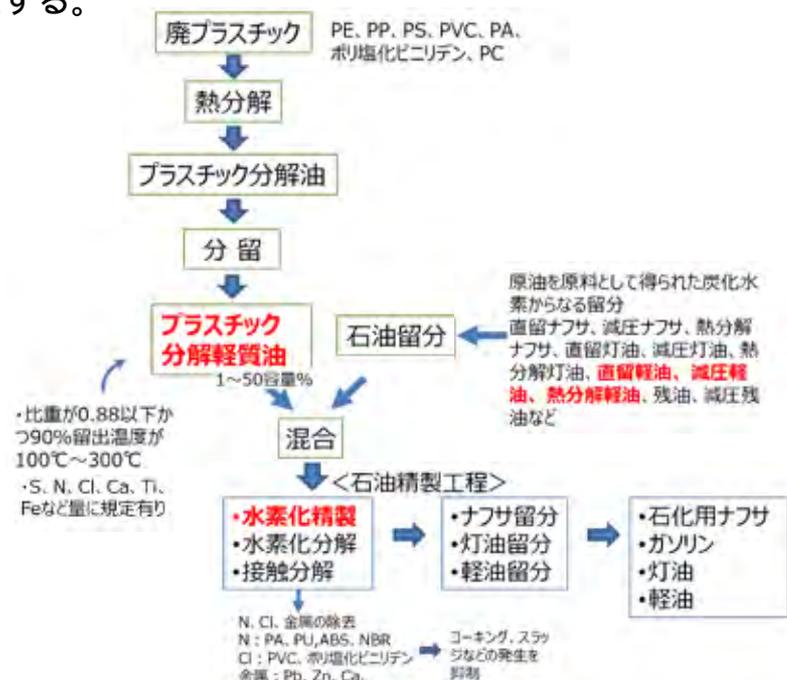
- 日本製鉄がコークス炉化学原料化法で製造される再生油からスチレンモノマーを製造し、東洋スチレンがポリスチレン樹脂を製造。

ケミカルリサイクル（油化）事例

- 2019年11月、三菱ケミカルとJXTGエネルギーが、鹿島地区の石油精製および石油化学の提携強化に向け有限責任事業組合を設立、ケミカルリサイクルの技術検討に取り組む。
- 積水化学工業と住友化学は2020年2月、ごみを原料にしてポリオレフィンを製造するケミカルリサイクルの社会実装に向け、協力関係を構築すると発表。

三菱ケミカル、JXTGエネルギー

廃プラスチックの熱分解によって生成するプラスチック分解油を石油精製工程において石油留分とともに処理、ガソリン基材原料や石油化学原料、ナフサ留分などを製造する。



積水化学、住友化学

ごみをエタノールに変換する生産技術を開発した積水化学と、ポリオレフィンの製造に関する技術・ノウハウを有する住友化学が、ごみをポリオレフィンにケミカルリサイクルする。積水化学はごみから得たエタノールを、住友化学はそのエタノールを原料としたポリオレフィンを、それぞれ2022年度から試験的な生産を開始し、25年度には本格上市を目指す。



プラスチック製品製造におけるカーボンリサイクルに係る基盤技術

CO₂を原料としたプラスチック樹脂原料の直接合成や、プラスチック等の原料となる合成ガス（COとH₂の混合ガス）合成に関する基盤技術研究をJST等において実施。また、今後は、我が国の高分子合成の強みを活かし、ケミカルリサイクルを進めていく上での課題解決に向けた基盤技術の開発も必要。

既存の取組例

例1．二酸化炭素を原料としたパラキシレン合成



- CO₂を原料としてプラスチック樹脂の原料となるパラキシレンを工業的に製造する技術は未確立
- 富山大学 椿らは、CO+CO₂+H₂を用いたパラキシレンへの直接合成に世界で初めて成功（JST ACT-C（2012～2017年度））
- 今年度からNEDO事業として、量産化技術開発に着手開始

例2．二酸化炭素とメタンから一酸化炭素と水素を合成

- CO₂とCH₄から、様々な化成品の原料となるCOとH₂を合成する"メタン転換"は、高温過程を必要とし、工業規模の実用化に至っていない
- NIMS 阿部らは、新触媒（Ni#Y₂O₃）の創製により、低温領域かつ長時間安定なメタン転換を実現（JST CREST（2015～））
- 社会実装に向けたフィージビリティスタディの段階に移っており、今後、製造プロセスの確立が課題



S. Shoji et al., Chem. Sci., 10, 3701 (2019), 毎日新聞（2019年3月7日）

今後必要性が見込まれる基盤技術要素

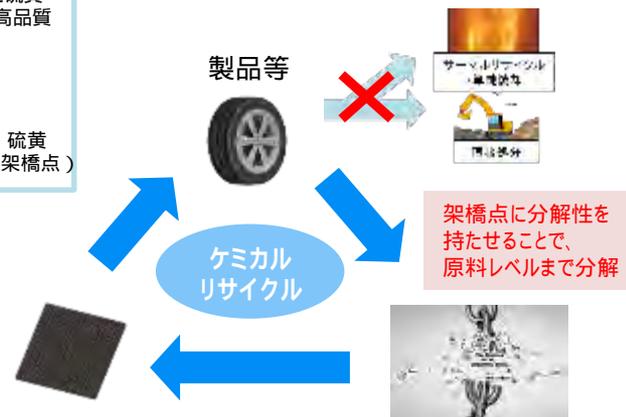
ケミカルリサイクルを進める上での課題として、分離・分解の際の原料劣化があり、分子・原子レベルでマテリアルの結合・分解を制御できる基盤技術が必要

（課題例）加硫ゴムは、添加した硫黄により分解が難しく、劣化のない高品質原料に戻すことができない

<加硫ゴムの構造模式図>

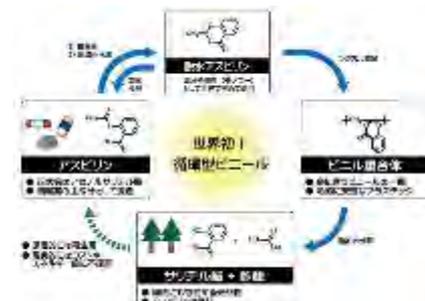


例えば、任意のタイミングで自在に分解できる設計を架橋点に組み込む



<課題解決に寄与しうる研究シーズ例>

- 信州大学では、これまで困難とされてきたビニルポリマーの炭素骨格を簡単な化学反応で分解することに成功
- 高分子材料への分解性・リサイクル性の賦与など、様々な応用が期待される



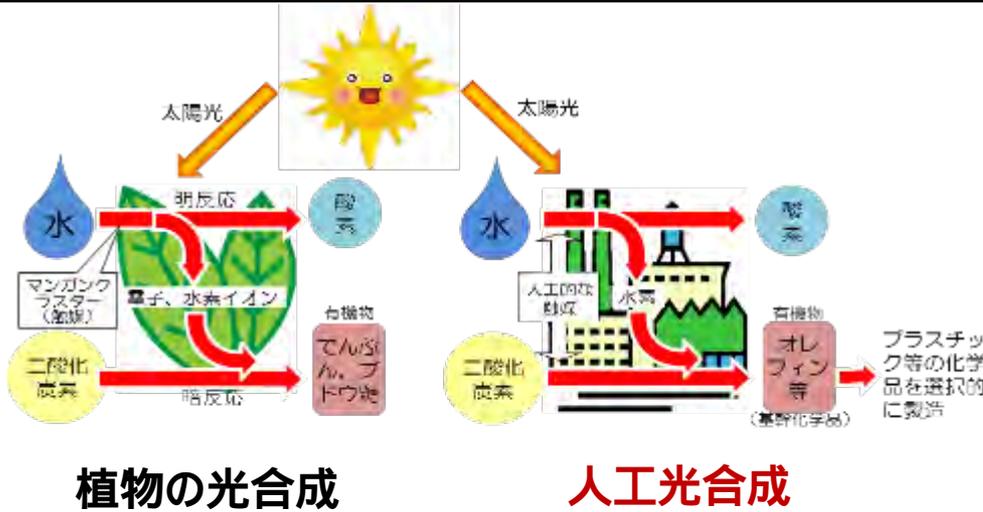
【出典】信州大学プレスリリース（http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/textiles/news/docs/kohsaka_190515.pdf）より文部科学省作成

代替素材開発

企業	取組内容	取組詳細	
<p>カネカ</p>	<p>生分解性プラスチック（PHBH™）の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 100%植物由来のバイオプラスチック • 海水中で生分解可能であり、環境に安全であることを認証する「OK Biodegradable MARINE」を取得 • フィルム(レジ袋・ごみ袋など)、ストロー、カトラリー等への用途展開に目途 • 海洋資材、食品関連包装材への用途拡大を予定 	<p>PHBH™で製造された製</p> 
<p>三菱ケミカル</p>	<p>生分解性プラスチック「BioPBS™(バイオPBS)」を開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 自然界の土中の微生物の力で水と二酸化炭素に自然に分解される • 耐熱性が高く、ホット飲料用カップやケイタリング用使い捨てトレイ、食器類等に使用可能 	<p>BioPBS™で製造された製品</p> 
<p>日本製紙</p>	<p>紙製バリア包装材の展開</p>	<ul style="list-style-type: none"> • "紙でできることは紙で。"を合言葉に新製品の開発を推進 • 木質素材100%から成る基材に製紙水系塗工技術を活用したバリア塗工層を付与することにより酸素やにおいの通過を防止する「シールドプラス®」を2017年11月に上市 	<p>シールドプラス®を利用した食品</p> <p>紙で出来ることを紙で...</p> 

人工光合成プロジェクトの概要

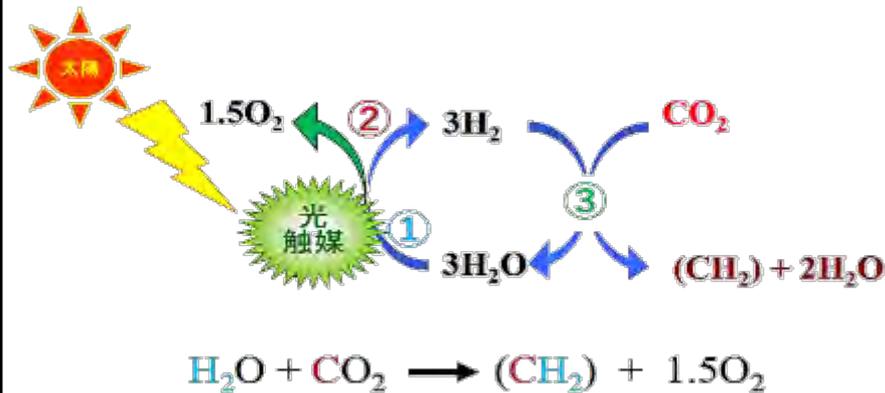
- 水とCO2を原料に太陽エネルギーを用いてプラスチック原料等を製造するプロセスの開発を実施中。
- 本事業はNEDO開発プロジェクト 期間は2012～2021年度を予定



植物は、水とCO2を原料に太陽エネルギーを使って有機物を光合成している。植物の光合成スキームに類似しているため、本プロジェクトを人工光合成と呼んでいる。

オレフィン：C-C間の二重結を1つ持つ炭化水素の総称。プラスチックの原料となる。

人工光合成におけるプラスチック原料の合成スキーム



太陽光が当たった光触媒の作用で水を分解する。生成した水素と酸素から水素を安全に分離する。水素とCO2からプラスチック原料等を製造する。

太陽光は250nmから1250nm以上の広い波長領域から構成されており、各波長の太陽光エネルギーを全て足し合わせたのが、エネルギー変換効率の分母となる太陽光の全エネルギーとなる。

$$\text{エネルギー変換効率 (\%)} = \frac{\text{水の分解に利用された太陽光エネルギー}}{\text{太陽光を構成する全て波長のエネルギー総和}} \times 100$$

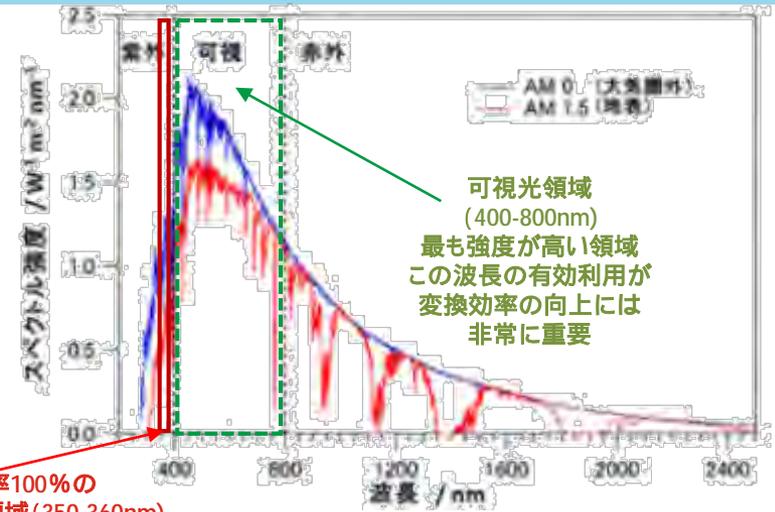
基本的に太陽光によって水から水素を作ることができる光触媒は吸収波長領域が狭いため、全ての太陽光波長を吸収することはできない。NEDOで新たに開発された光触媒は、紫外光(波長が短い領域)の光のみを吸収して、その波長の光を変換効率100%で水素に変換できるもの。

量子収率100%でも、分母に太陽光を構成する全ての波長のエネルギー総和を取って計算すると、その効率が0.6%まで落ちてしまう。

可視光領域の太陽光は最も強度が高い波長領域であるため、この波長領域で水を分解できる光触媒がNEDOで開発されている。この波長領域での最大エネルギー変換効率は現状で7%である(理論限界は30%程度)。

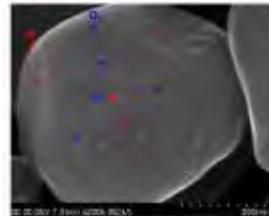
<参考>

- ・世界初、100%に近い量子収率で水を分解する光触媒を開発 NEDO プレスリリース 2020年5月29日 (Natureに掲載)
- ・窒化タンタルからなる赤色透明な酸素生成光電極を開発 NEDO プレスリリース 2019年1月25日



太陽光の波長とスペクトル強度

Natureに掲載



SrTiO₃ (Alドープ) 酸化物光触媒
350-360nmの波長を吸収
量子効率 100%

NEDO プレスリリース2020年5月29日
今後、量子効率100%が達成できた技術を可視光領域に応用することで、エネルギー変換効率を10%以上に上げる研究開発を実施中 (NEDO)



10mm
窒化タンタル (Ta₃N₅) 光触媒
400-600nmの波長を吸収
エネルギー変換効率 5.5%
NEDO プレスリリース2019年1月25日

現状 最大効率 7%
NEDO 材料・ナノテクノロジー部
2020年パンフレットで公表

光触媒の種類（微粒子光触媒は日本独自の技術）

日本の独自技術

微粒子光触媒

光触媒シート

光電極

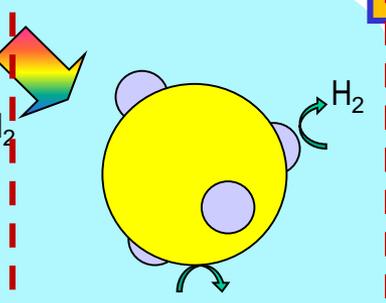
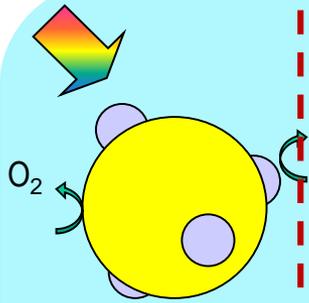
水分解パネル

1段型

2段型

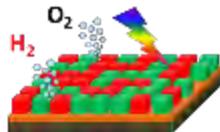
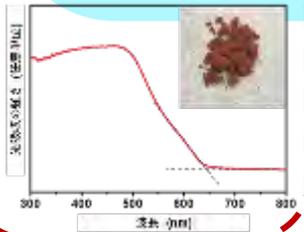
1段型

2段型

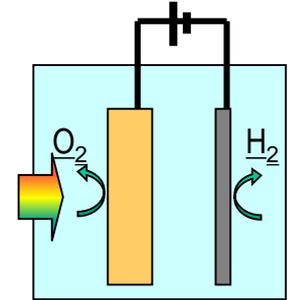


微粒子2段型

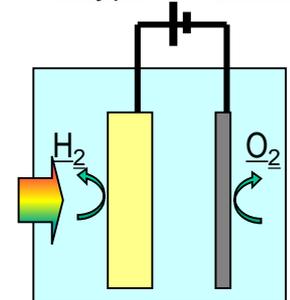
$Y_2Ti_2O_5S_2$ 640nm以下の太陽光を吸収して水を分解可能
【2019年7月3日 News Release】



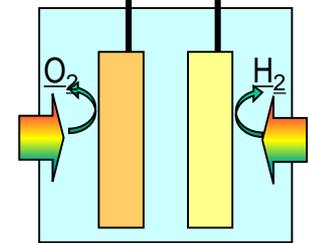
太陽光エネルギー変換効率 1.1%達成
【2016年3月10日 News Release】



n-type Metal



p-type Metal



n-type p-type

太陽光エネルギー変換効率5.5%達成
【2019年1月25日 News Release】

現状7%に到達

CNFと他の繊維材料との比較

I CNFは、機能が期待される素材であるが、他の機能繊維材料の同等価格レベルまでのコスト削減が必要となる。今後は製造技術の改良及び新規用開発による市場拡大により製造コストの低減が必要となる。

複合樹脂に用いられる他の繊維材料との比較³

補強用繊維	CNF	炭素繊維 (PAN系)	アラミド繊維 (Kevlar [®] 49)	ガラス繊維	(参考) 鉄
密度 (g/cm ³)	1.5	1.62	1.46	2.55	7.67
弾性率 (GPa)	140	230	112	74	206
強度 (GPa)	3 (推定値)	3.5	3	3.4	0.4
線膨張率 (ppm/K)	0.1	0	-5	5	12.1
価格 (円/kg)	△	3,000	5,000	200-300	100
リサイクル性	○	△ (難燃)	○	× (不燃)	△
表面平滑性	○	×	×	×	△

³: 価格は、形態が様々であること、サンプル提供が主であり明確な価格を示すことができない。各社のサンプル提供価格は次ページの参照提供企業一覧参照

透明連続シート：王子ホールディングス・三菱化学

超極細セルロースナノファイバーによる透明連続シートの製造に世界で初めて成功

- 平均繊維幅4nmのCNFは、光の散乱を抑制し、高い透明性を達成(ガラス並の透明度)
厚み25 μ mシート：透過率90%以上、ヘイズ0.5%
- プラスチックフィルムよりも高強度、かつ高温下での優れた寸法安定性
- 高いフレキシブル性

自由に変形する有機ELディスプレイ・太陽光発電パネルなど



出典：

(本文・右写真)王子ホールディングス株式会社ホームページ

http://www.ojiholdings.co.jp/r_d/cnf/index.html#04

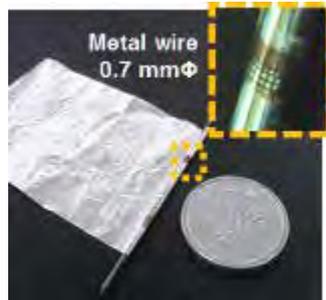
(左写真)王子ホールディングスと三菱化学が開発したCNFの透明シート

2015年10月12日 SankeiBiz

<http://www.sankeibiz.jp/business/news/151012/bsc1510120500002-n1.htm>

CNFを用いた紙(ナノペーパー)・樹脂複合化フィルム

- ガラス並みの低熱膨張性
- 高い透明性
- プラスチックよりも高い耐熱性
- 軽量・フレキシブル性



メモリ -



アンテナ



印刷配線



太陽電池



トランジスタ



電気の流れる透明な紙