

<第一部>

「地域における資源循環とサーキュラーエコノミー」

東北大学大学院

環境科学研究科 研究科長 教授 吉岡 敏明

吉岡 敏明

東北大学大学院環境科学研究科

2026年10月7日

令和8年度 東北地方 資源循環自治体フォーラム@コラッセふくしま



海洋プラスチック汚染の現状

2

**プラスチックごみによる海洋生態系への損害
：年間130億ドル（1兆4000億円）**

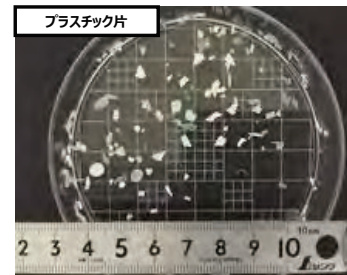
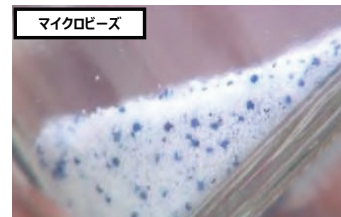
1. 沿岸部の海洋プラスチックごみ



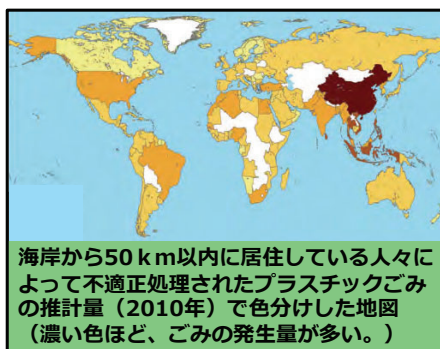
山形（酒田）



長崎（対馬）



陸上から海洋に流出したプラスチックごみ発生量（2010年推計）ランキング

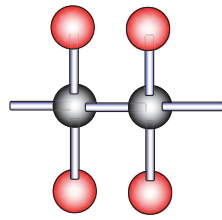


1位	中国	132～353万 t / 年
2位	インドネシア	48～129万 t / 年
3位	フィリピン	28～75万 t / 年
4位	ベトナム	28～73万 t / 年
5位	スリランカ	24～64万 t / 年
...	...	...
20位	アメリカ	4～11万 t / 年
...	...	...
30位	日本	2～6万 t / 年

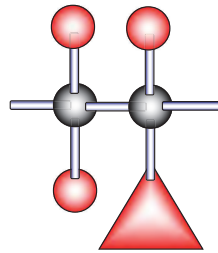
- 陸上から海洋に流出したプラスチックゴミの発生量（2010年推計）を人口密度や経済状態等から国別に推計した結果、1～4位が東・東南アジアであった。
(参考) Plastic waste inputs from land into the ocean (2015.Feb. Science)
- ダボス会議（H.28.1月）では、2050年までに海洋中に存在するプラスチックの量が魚の量を超過するとの試算が報告された（重量ベース）。
(参考) The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics(2016.Jan. World Economic Forum)

代表的なプラスチックの化学構造

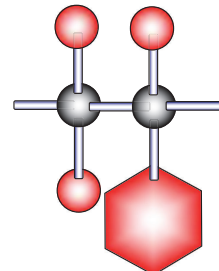
5



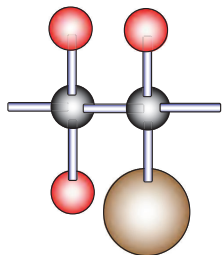
ポリエチレン (PE)



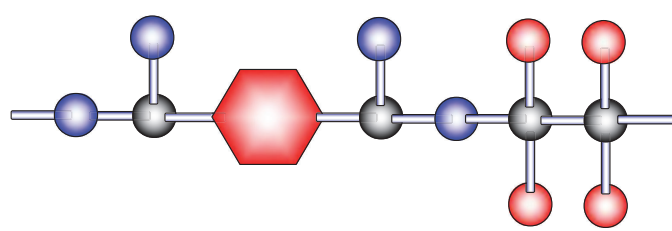
ポリプロピレン (PP)



ポリスチレン (PS)



ポリ塩化ビニル (PVC)



ポリエチレンテレフタレート (PET)

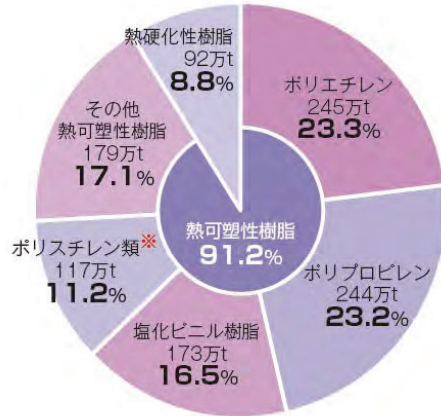
プラスチックのマテリアルリサイクル (例)

6



日本国内で生産・流通している樹脂および樹脂添加剤

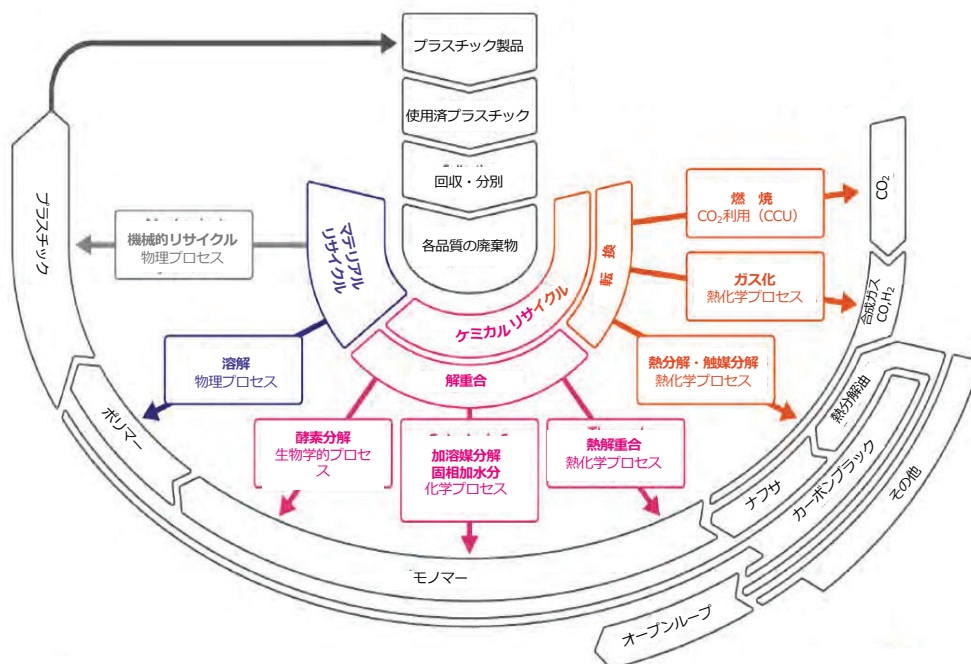
樹脂生産量（1,050万 t）の樹脂種類別内訳



プラスチック循環利用協会
「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・
処理処分の状況」2019

樹脂	
熱可塑性樹脂	85
熱硬化性樹脂	37
天然高分子・その他樹脂	35
計	153
樹脂添加剤	
可塑剤	46
塩ビ安定剤	39
酸化防止剤	30
紫外線吸収剤	42
帯電防止剤	18
難燃剤	24
有機発泡剤	5
滑材	7
防カビ剤	17
結晶核剤	2
計	230

(熊谷将吾, 吉岡敏明, 廃棄物資源循環学会誌, 25, 124 (2014))



avaiile at www.renewable-carbon.eu/graphics

令和7年度 戦略的研究開発課題（環境研究総合推進費）

プロジェクト番号：S-19

体系的番号：JPMEERF21S11900

研究実施期間：令和3年度（2021年度）～令和7年度（2025年度）

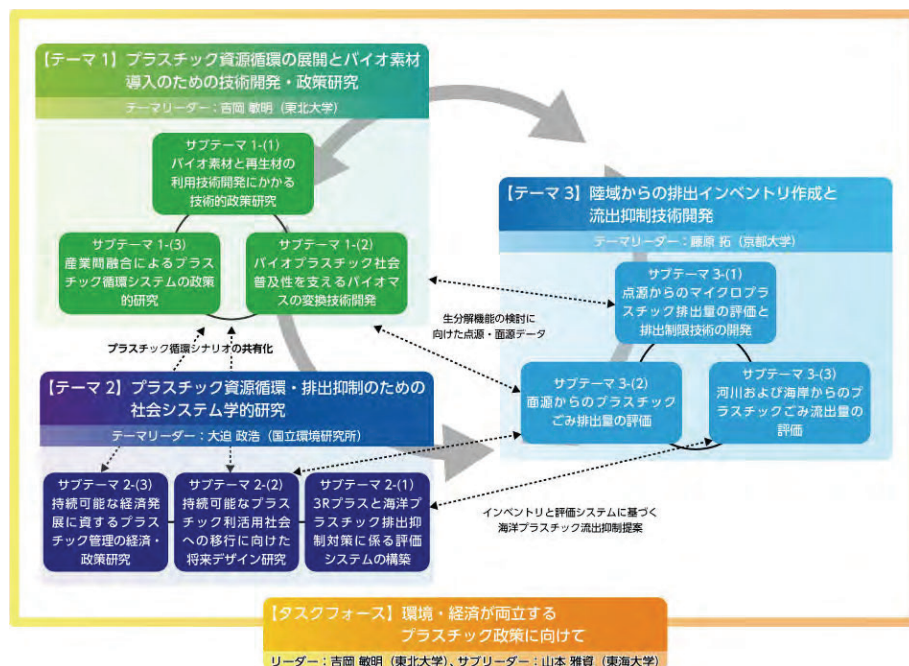
プロジェクト名： プラスチックの持続可能な資源循環と海洋流出制御に向けたシステム構築に関する総合的研究

事後評価ヒアリング発表資料

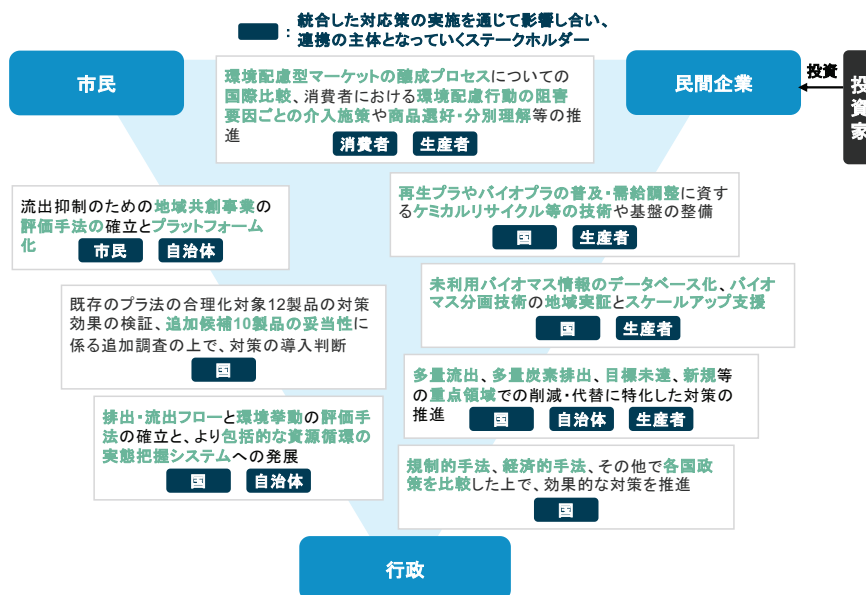
プロジェクトリーダー：吉岡敏明（東北大学）

研究体制	【テーマ1】 プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究 テーマリーダー：吉岡敏明（東北大学）	【テーマ2】 プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム・経済学的研究 テーマリーダー：大迫政浩（国立環境研究所）	【テーマ3】 陸域からの排出インベントリ作成と流出抑制技術開発 テーマリーダー：藤原拓（京都大学）

プロジェクト全体概要



対応策とステークホルダーの関係性



11



プラスチック資源循環戦略（概要）

令和元年5月31日

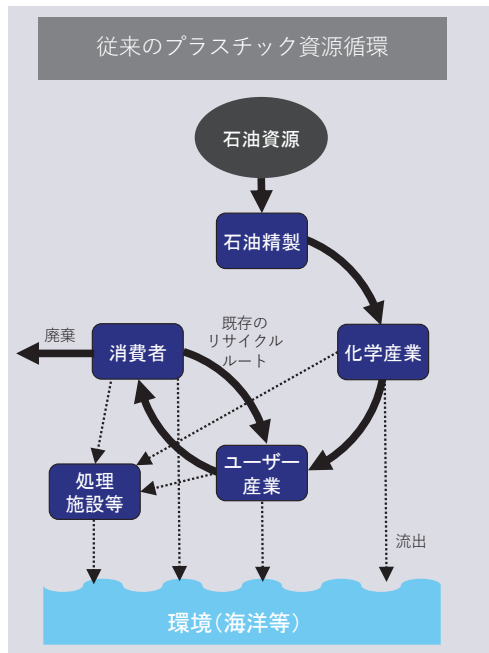
令和元年5月31日

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を率先し、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	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
リサイクル	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	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	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）を目指す ポイ捨て・不法投棄撲滅、適正処理 マイクログラスチック流出抑制対策(2020年までにスクラップ製品のマイクログラスチック削減徹底等) 海岸漂着物等の回収処理 代替イノベーションの推進 海洋ごみ実態把握(モニタリング手法の高度化)
国際展開	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	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） 資源循環関連産業の振興 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（マイクログラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） 情報基盤（ESG投資、ESG消費） 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） 海外展開基盤

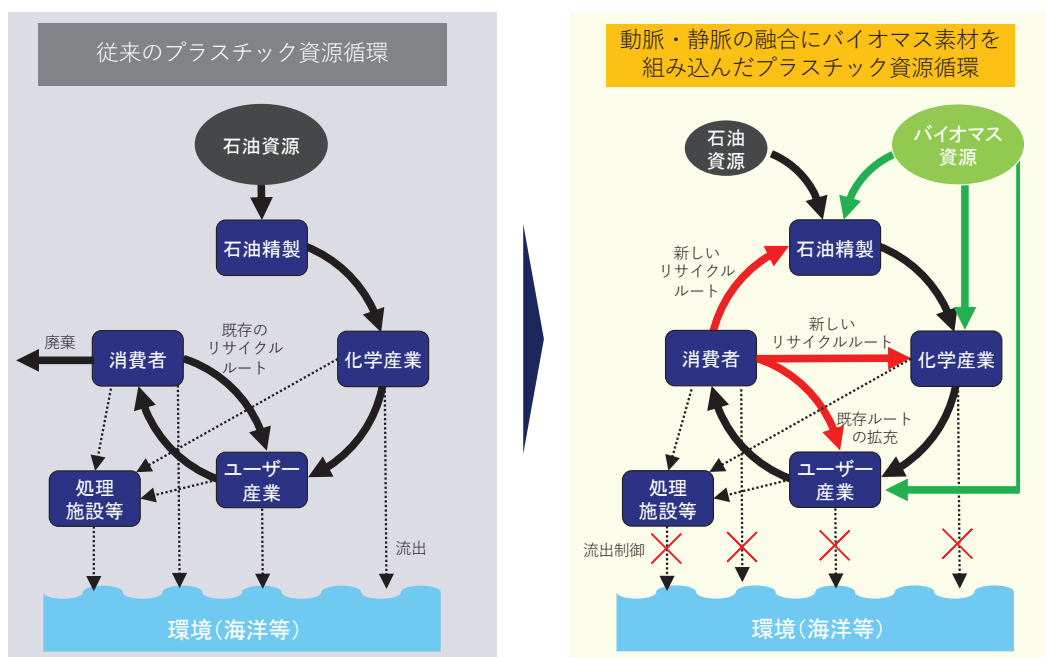
◆アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、経済成長や雇用創出 ⇒ 持続可能な発展に貢献

◆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

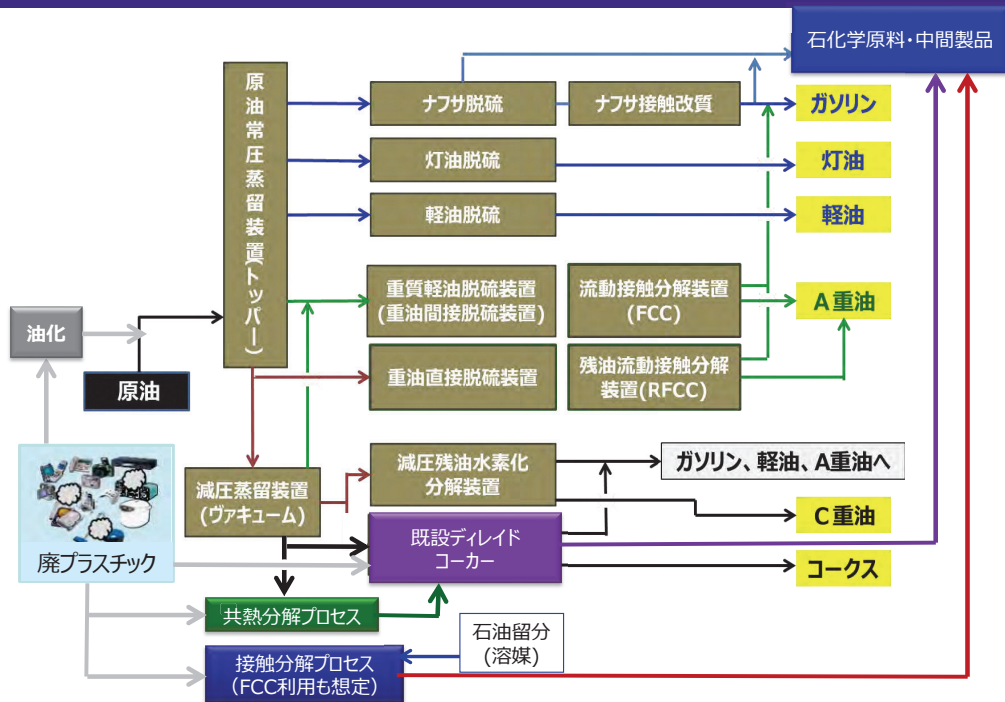
出典：消費者庁・外務省・財務省・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省（2019）



吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, 環境情報科学, 48, No.3, 39-44, (2019)をもとに作成



吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, 環境情報科学, 48, No.3, 39-44, (2019)をもとに作成



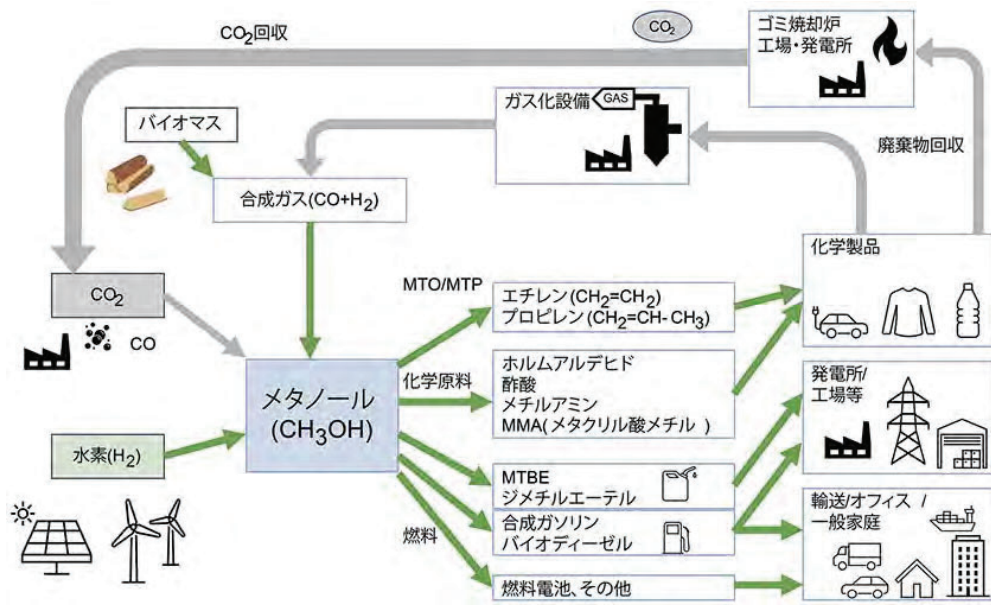
吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, 環境情報科学, 48, No.3, 39-44, (2019)

経済産業省生産動態統計調査（2022）

液化石油ガス(LPG)	307 万t
ガソリン	4,634 万kL
ナフサ	1,419 万kL
ジェット燃料油	1,044 万kL
灯油	1,220 万kL
軽油	3,896 万kL
A重油	1,042 万kL
B・C重油	1,754 万kL
潤滑油	254 万kL
アスファルト	235 万t
グリース	6 万t
パラフィン	7 万t
オイルコークス	133 万t

焼却施設をカーボンニュートラル施設に転換

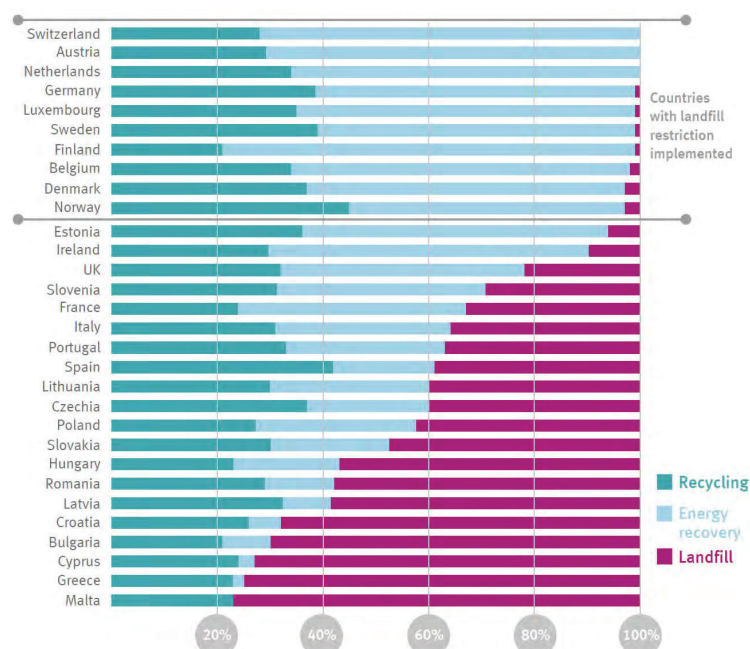
17



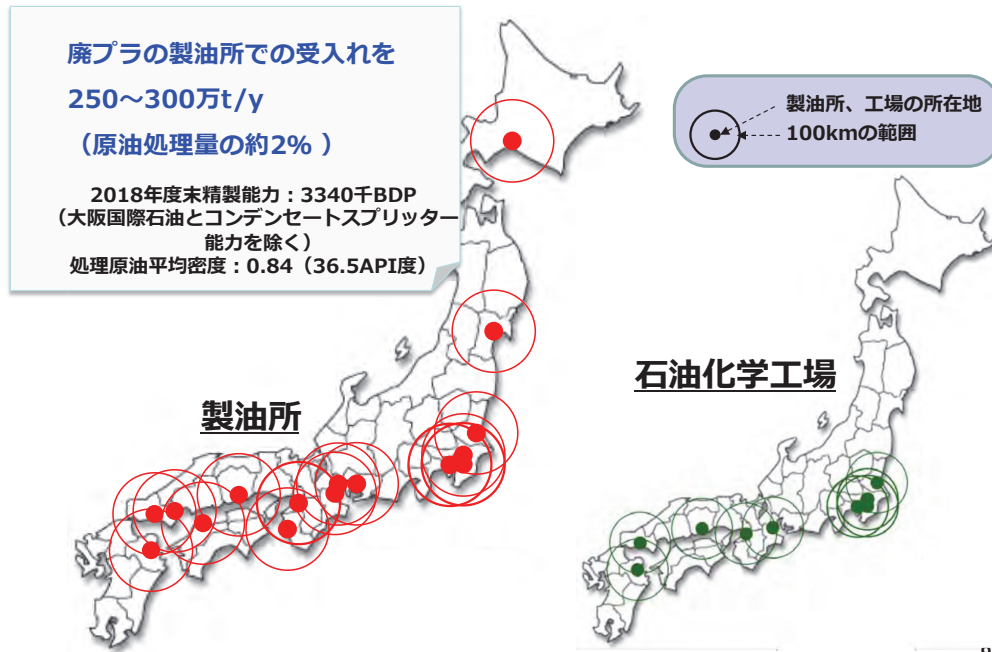
参考：三菱ガス化学資料、神鋼環境ソリューション資料

Plastic waste treatment by EU countries

18



PlasticsEurope, Plastics-the Facts2019



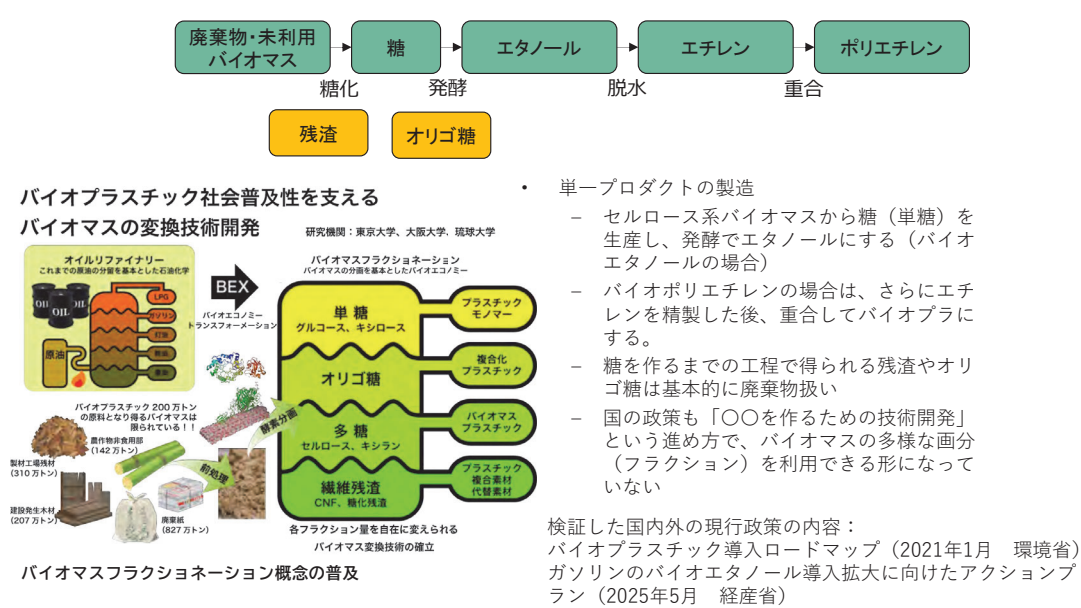
吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, 環境情報科学, 48, No.3, 39-44, (2019)をもとに作成

産業部門に属する主要業界団体の多くが、カーボンニュートラルの潮流に沿って取組方針や主な施策方向性を対外的に示している

	業界団体	カーボンニュートラル取組方針	カーボンニュートラル実現に向けた検討施策 (例)
電力業界	電気事業連合会	2050年カーボンニュートラルの実現に向けて	- 再生可能エネルギー、原子力、脱炭素火力、水素の各分野での電源の脱炭素化 - 電化の取り組み強化
鉄鋼業界	(一般社団法人) 日本鉄鋼連盟	日本鉄鋼連盟 長期温暖化対策ビジョン『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』	- 製造プロセスでの省エネルギーの取組 (エコプロセス) - 高機能鋼材の提供により使用段階でのCO2排出削減 (エコプロダクト) - 水素還元製鉄や直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発 - 電炉に置き替えることによる鉄リサイクルの推進
石油業界	石油連盟	石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン (目指す姿)	- 高効率型熱交換器の利用による加熱炉のエネルギー消費量削減やコンピュータによる高度制御の導入などの省エネルギー対策 - 廃食油、廃プラスチックリサイクルの推進、バイオマス原料の活用、SAFの製造 - CO2 フリー水素の製造・利用を通じた合成燃料の製造
化学業界	(一般社団法人) 日本化学工業協会	カーボンニュートラルへの化学産業としてのスタンス	- プロセスの合理化や電化等の革新技術の導入 - 自家発電設備の燃料転換、再生可能エネルギーの利用、バイオマス原料利用や廃棄プラスチック等の炭素源としての廃棄物を活用した原料の炭素循環 - エネルギー利用極小化へのプロセスや構造の転換、VC全体のイノベーションに繋がる新素材の開発
セメント業界	(一般社団法人) セメント協会	脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン	- クリンカ比率の低減、投入原料の低炭素化、省エネルギーの推進、珪化剤使用等による焼成温度低減 - CO2回収・利用・貯留 (CCUS) への取組、供用中の構造物及び解体コンクリートによるCO2の固定もしくは吸収

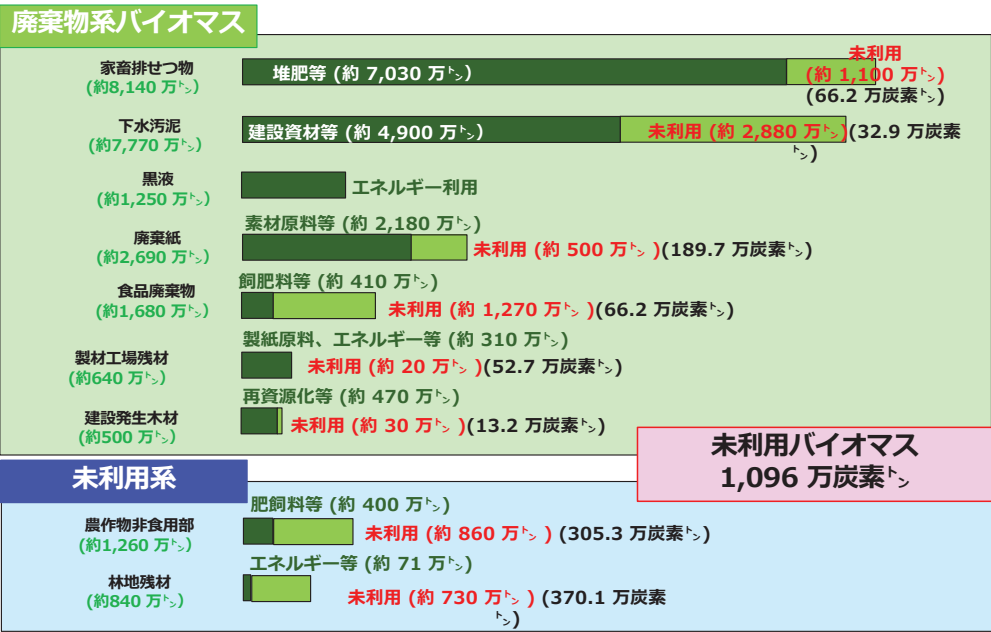
出所: カーボンニュートラルコンビナート研究会「カーボンニュートラルコンビナートの実現に向けた論点整理」から作成

研究結果及び考察＜廃棄紙・余剰パルプの分画技術開発＞



21

国内における廃棄物系バイオマスのポテンシャル



22

	化石由来	化石由来+バイオマス由来	バイオマス由来
生分解性	生分解性プラスチック	バイオベース生分解性プラスチック	生分解性 バイオプラスチック
	PVA, PGA ポリブチレンアジペート /テレフタレート、 ポリエチレンテレフタ レートサクシネート、 その他	Bio-PBS ポリ乳酸ブレンド・PBAT スターチブレンド・ポリエステル樹脂 ポリブチレンテレフタレートサクシネー ト	ポリ乳酸 PHA系 (PHBH等)
非生分解性	プラスチック	バイオマスプラスチック	バイオマスプラスチック
	PE PP PET PVC PS ABS, PC, PBT POM, PMMA PPS, PA6, PA66 PU, フェノール、 エポキシ、 その他	Bio-PTT Bio-PET Bio-PA610, 410, 510 Bio-PA11T, MXD10 Bio-PC Bio-PU 芳香族エステル Bio-フェノール Bio-エポキシ樹脂	Bio-PE Bio-PP Bio-PA11 Bio-PA1010

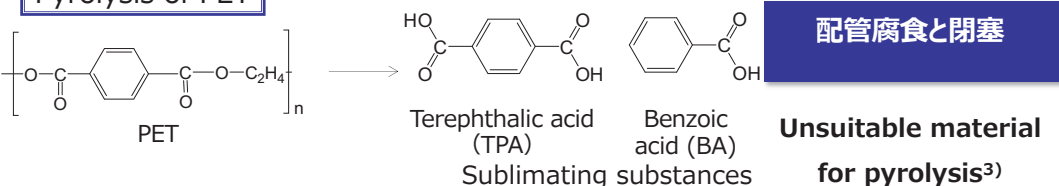
海洋汚染対策

CO₂ 排出抑制対策

製品領域	導入に適したバイオプラスチック		製品領域毎に留意が必要な事項 (使用後のフローにおけるリサイク ル調和性等の影響)
	類型1：バイオマスプラスチック（非生分解性）のうち、リサイクルに悪影響がない以下①、② のいずれかに該当するもの。 ①バイオマス由来の汎用プラスチック（バイオPE、バイオPET、バイオPP等） ②高機能プラスチック等を代替する同種のバイオマスプラスチック（PA→バイオPA等） 類型2：バイオマスプラスチック（非生分解性） 類型3：生分解性プラスチック（※分解環境に適した生分解性機能を持つもの）		
容器包装等/コンテナ類 プラスチック製買物袋 電気・電子機器/電線・ケーブル/ 機械等	類型：1	使用後の影響の観点から、リサイクル調和性が高い「類型1」を導入。ただし、 分別収集・選別により単一プラスチック種でリサイクルされる場合は、すべての の類型も該当し得るため、環境負荷低減効果がより高いものを選択。	バイオプラスチックがリサイクルへ混入 した際に悪影響がないことが求められる。
家庭・オフィス等で使用される日 用品/衣類履物/家具/玩具等	類型：2	特に温室効果ガス排出抑制に資する「類型2」を導入。	熱回収を阻害しないことが求められる。
堆肥化・バイオガス化等に用 いる生ごみ用収集袋	類型：3	使用後の機能の観点から、「類型3」のうち、堆肥化・バイオガス化等での生 分解機能を持つものを導入。	堆肥化・バイオガス化等に伴い十分な分 解可能な生分解機能があることが求めら れる。
建材 輸送	類型：1	使用後の影響の観点から、リサイクル調和性が高い「類型1」を導入。ただし、 分別収集・選別により単一プラスチック種でリサイクルされる場合は、すべての の類型も該当し得るため、環境負荷低減効果がより高いものを選択。	バイオプラスチックがリサイクルへ混入 した際に悪影響がないことが求められる。
農林・水産	【回収・リサイク ルの場合】 類型：1 【農地の土壌にす き込む場合】 類型3	【回収・リサイクルの場合】 使用後の影響の観点から、リサイクル調和性が高い「類型1」を導入。ただし、 分別収集・選別により単一プラスチック種でリサイクルされる場合は、すべての の類型も該当し得るため、環境負荷低減効果がより高いものを選択。 【農地の土壌にすき込む場合】 使用後の機能の観点から、「類型3」のうち、土壌生分解機能を持つものを入 入。ただし、農作業の一環として、適正な管理のもと農地へすき込む場合に限 る。	【回収・リサイクルの場合】 バイオプラスチックがリサイクルへ混入 した際に悪影響がないことが求められる。 【農地の土壌にすき込む場合】 土壌での生分解機能があることが求めら れる。
肥料に用いる被覆材	類型：3	使用後の影響の観点から、「類型3」のうち、土壌及び海洋での生分解機能を 併せ持つものを導入。	自然環境に流出した際の土壌及び海洋で の生分解機能があることが求められる。
漁具等水産用生産資材	【回収・リサイク ルの場合】 類型：1 【必ずしも高い強 度や耐久性が求め られない場合】 類型：3	【回収・リサイクルの場合】 使用後の影響の観点から、リサイクル調和性が高い「類型1」を導入。ただし、 分別収集・選別により単一プラスチック種でリサイクルされる場合は、すべての の類型も該当し得るため、環境負荷低減効果がより高いものを選択。 【必ずしも高い強度や耐久性が求められない場合】 使用後の影響の観点から、「類型3」のうち、海洋生分解機能を持つものを入 入。	【回収・リサイクルの場合】 バイオプラスチックがリサイクルへ混入 した際に悪影響がないことが求められる。 【必ずしも高い強度や耐久性が求められ ない場合】 自然環境に流出した際の海洋生分解能 があることが求められる。

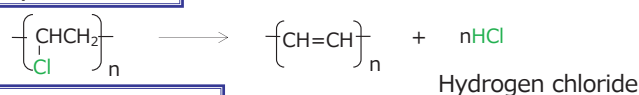
注) 利用の状況、特性、製品の組成、リサイクル技術・システム、新たなバイオプラスチック開発等で整理が変わり得るため、状況に応じて随時、本表を更新していく。

Pyrolysis of PET



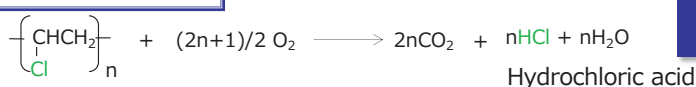
3) Williams, E.A.; Williams, P.T. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 1997, **70**, 9-20.

Pyrolysis of PVC



配管腐食

Incineration of PVC

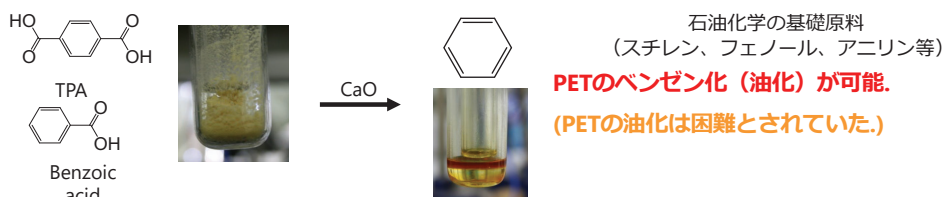


微量の含塩素化合物の生成

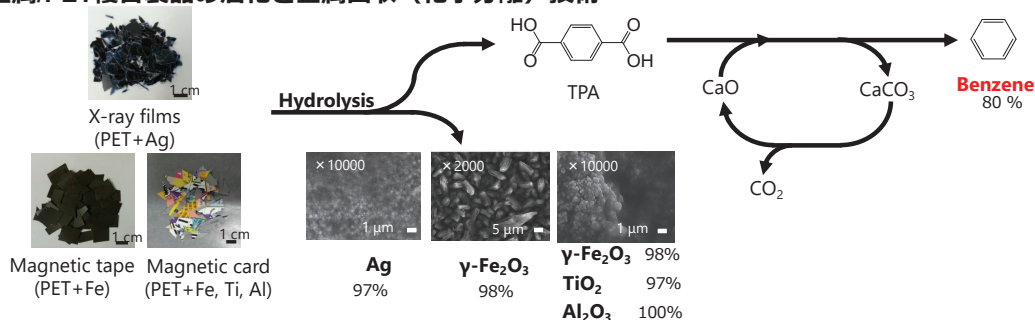
PETの油化技術開発と金属との化学分離技術

26

PETの選択的ベンゼン生成技術¹⁻⁴⁾



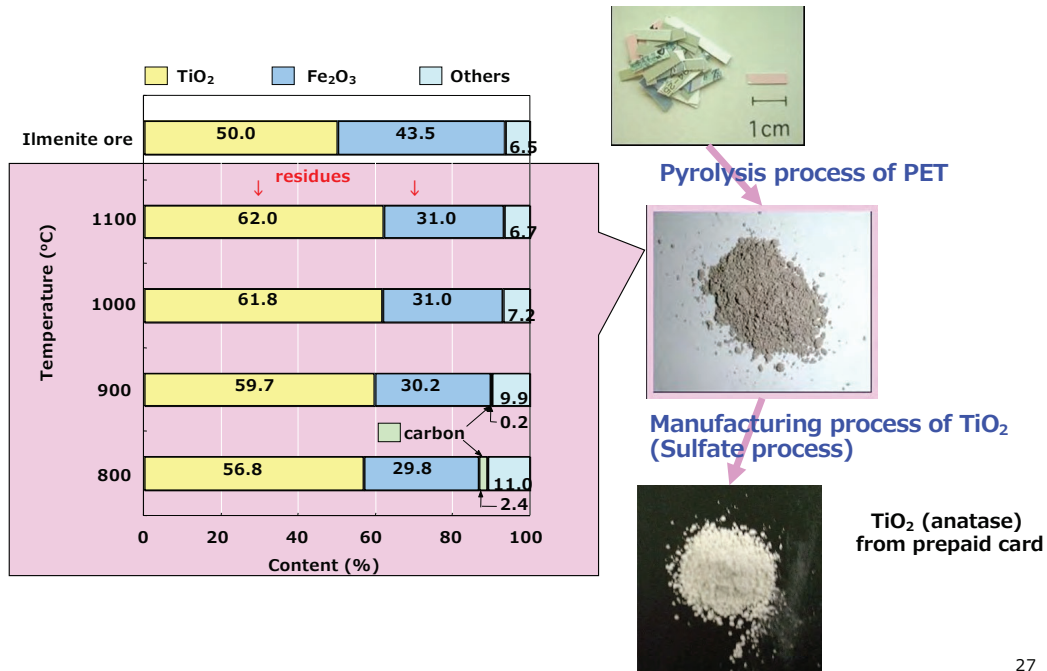
金属/PET複合製品の油化と金属回収 (化学分離) 技術⁵⁻⁷⁾



Ex.) our published papers

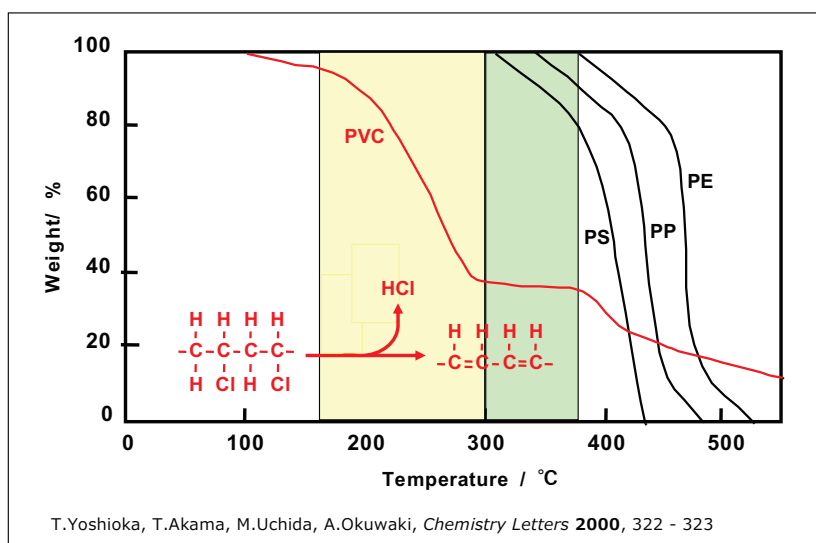
1) *Chem. Lett.* 2004, **33**, 282. 2) *Chem. Lett.*, **43**, 637 (2014). 3) *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**, 1831 (2011). 4) *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**, 6594 (2011). 5) *J. Mater. Cycles and Waste Manag.*, **16**, 282 (2014). 6) *Chem. Lett.*, **42**, 212 (2013). 7) *Environ. Sci. Technol.*, **48**, 3430 (2014).

Comparison of the composition of residues with ilmenite



27

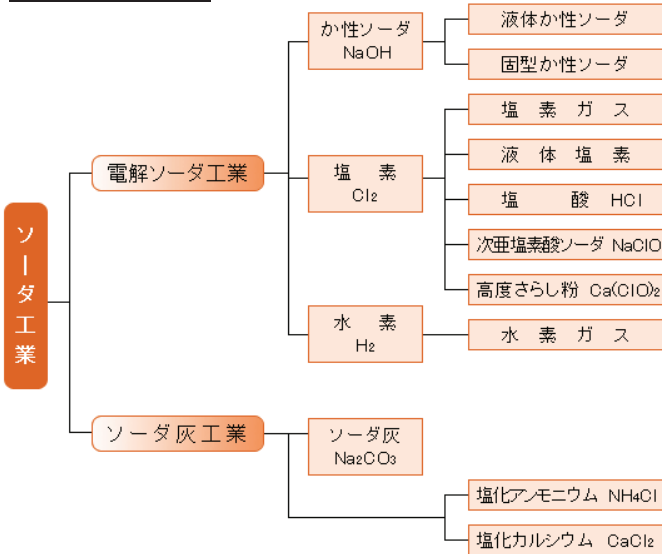
プラスチック熱分解の特徴



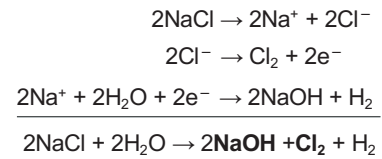
28

塩水の電気分解によるか性ソーダと塩素の製造

ソーダ工業の概要



塩水の電気分解



製造比率

$$\text{NaOH}:\text{Cl}_2 = 1.00:0.88 \text{ (w:w)}$$

電解ソーダ工業の電力消費量

87.8億 kWh (2013年度)

- ✓ 化学工業全体の約25%
- ✓ 産業用電力消費量の約5%

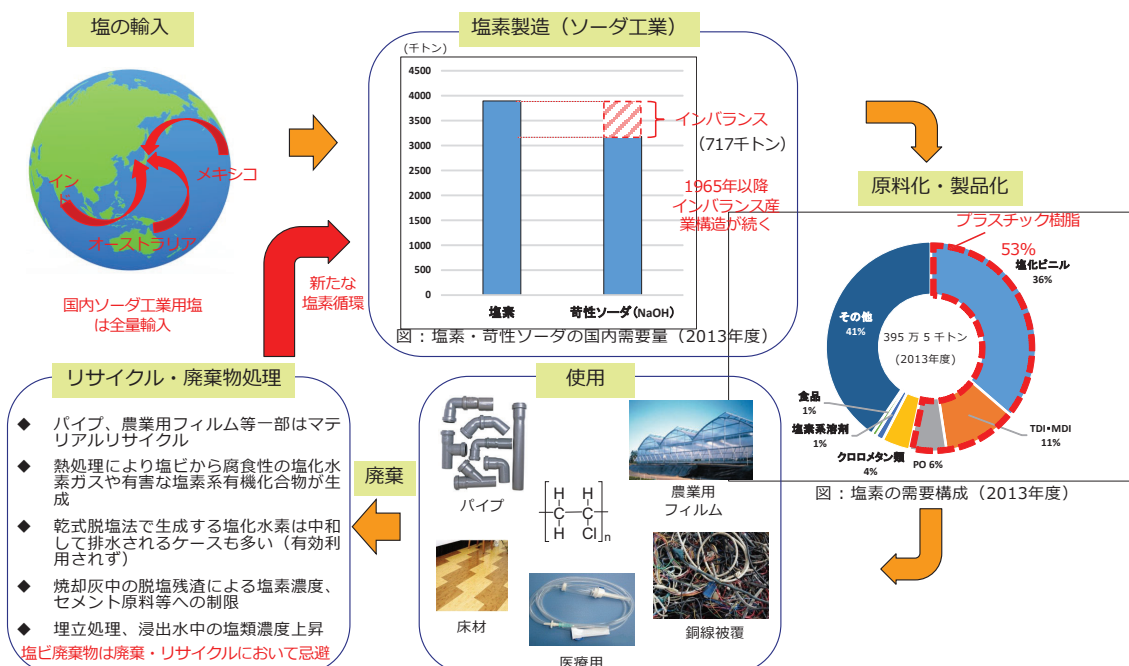
塩素需要の約36%がPVC用途

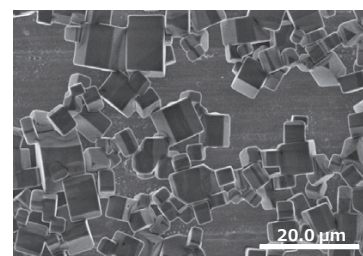
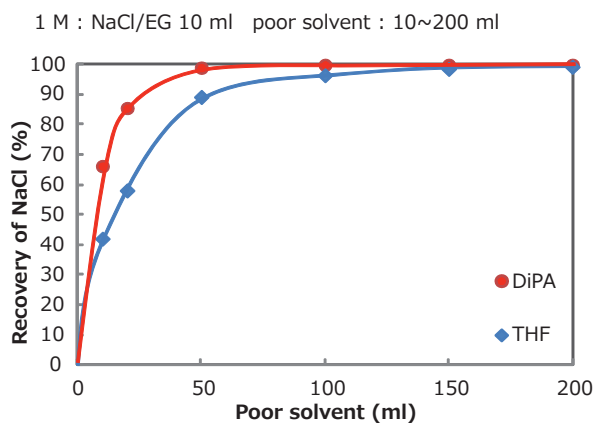
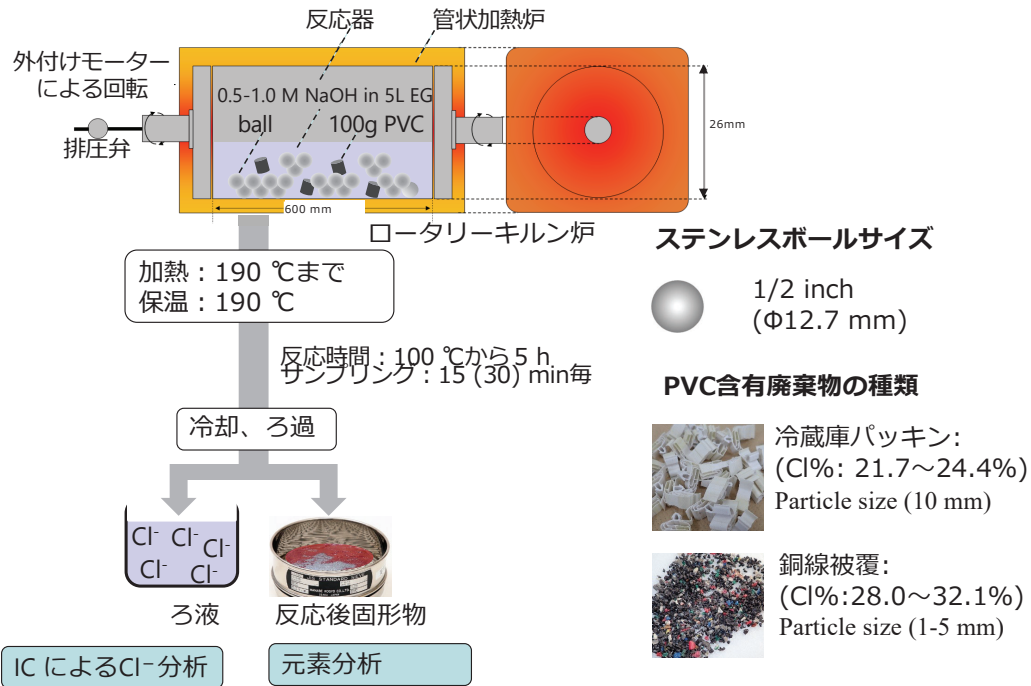
日本ソーダ工業会HP, ソーダ工業の概要 (http://www.jsia.gr.jp/explanation_06.html) 閲覧日2016年2月11日

29

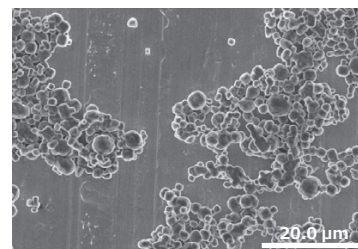
塩素のマテリアルフローから診る新たな塩素循環

30



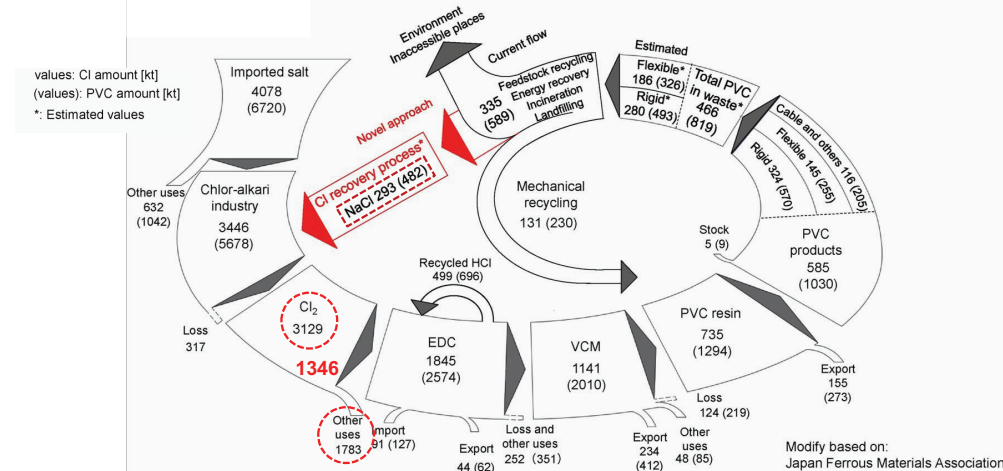


NaCl crystal (THF)



NaCl crystal (DiPA)

PVCを基にした、工業用塩の輸入からCI回収までの塩素の流れ

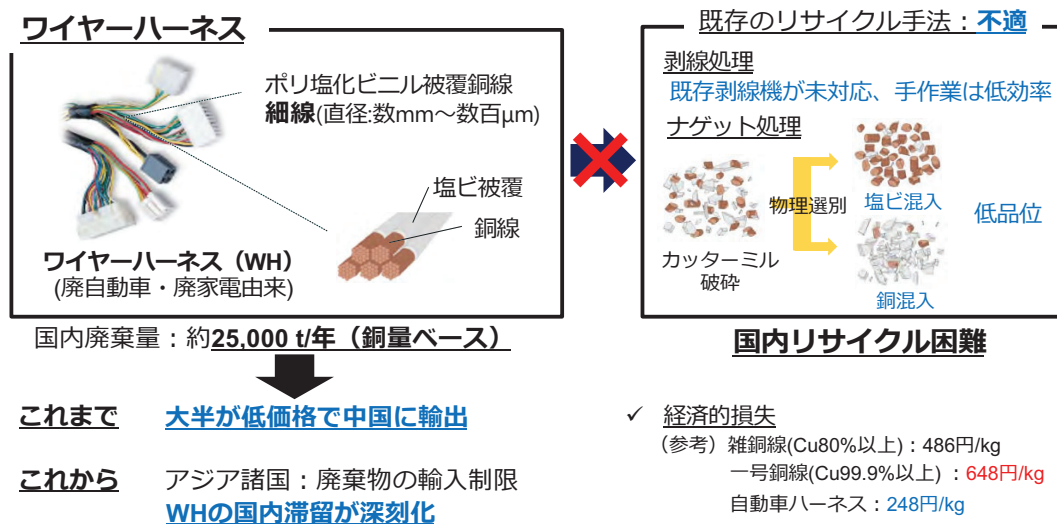


この循環（MFA）が確立できると

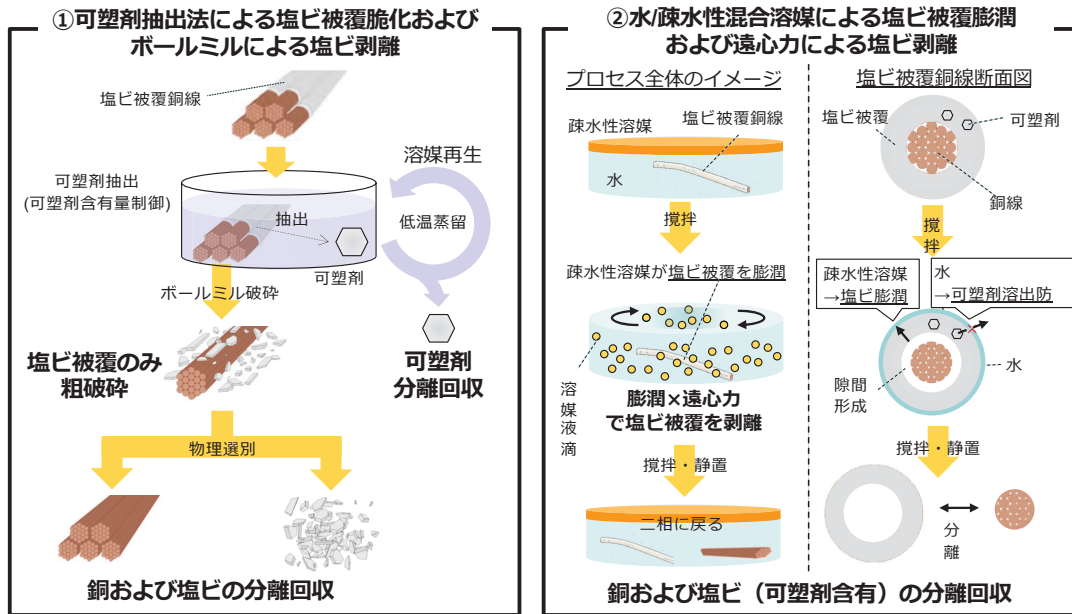
- ・ ソーダ工業で生産される塩素の**8.5%**、PVC製造に投入される塩素の**23%**が賄える。
- ・ 増加傾向にある塩の輸入やソーダ工業における環境負荷の低減が期待。

S. Kumagai, J. Lu, Y. Fukushima, H. Ohno, T. Kameda and T. Yoshioka,
Resources, Conservation and Recycling, **133**, 354-361 (2018).

ワイヤーハーネスリサイクルの現状



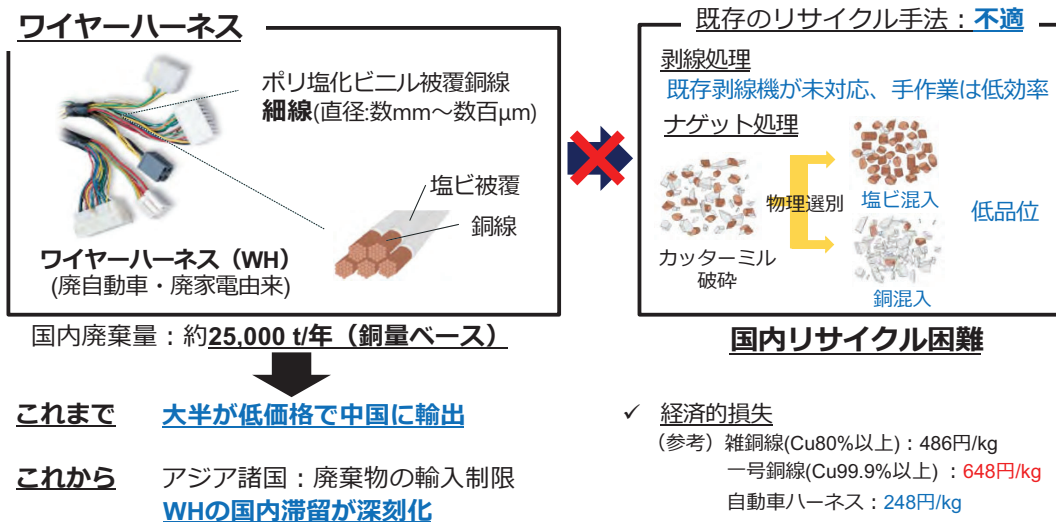
開発した二つの塩ビ剥離技術



J. Xu, N. Tazawa, S. Kumagai, Yoshioka, et al., *RSC Adv.*, 8 (2018) 6893.
J. Xu, J. Lu, S. Kumagai, Yoshioka, et al., *Waste Manag.*, 82 (2018) 220.

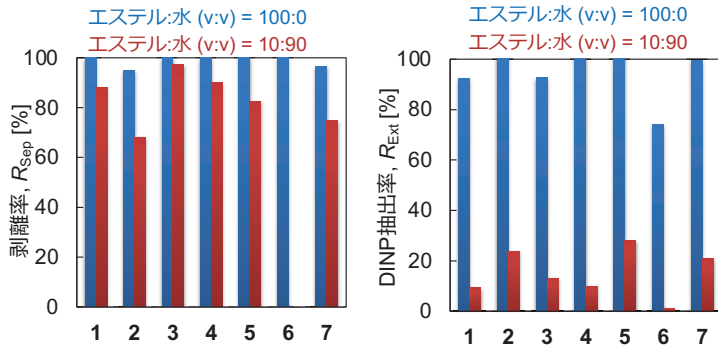
J. Xu, J. Lu, S. Kumagai, Yoshioka, et al., *Waste Manag.*, 89 (2019) 27.
J. Lu, J. Xu, S. Kumagai, Yoshioka, et al., *Waste Manag.*, 93 (2019) 5435

ワイヤーハーネスリサイクルの現状



(参考) 株式会社矢野経済研究所 平成26年度製造業技術実態調査(使用済み自動車由来の金属資源循環実態調査事業)報告書、経産省 使用済み自動車解体工程から発生する副産物の3Rシステム調査報告書、雑銅線・一号銅線・ハーネス税込価格：2019.06.13仲間相場

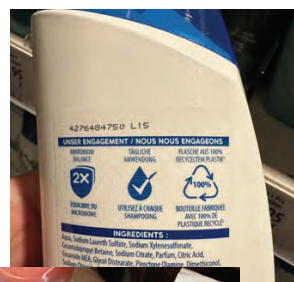
剥離率およびDINP抽出率に及ぼす溶媒種の影響

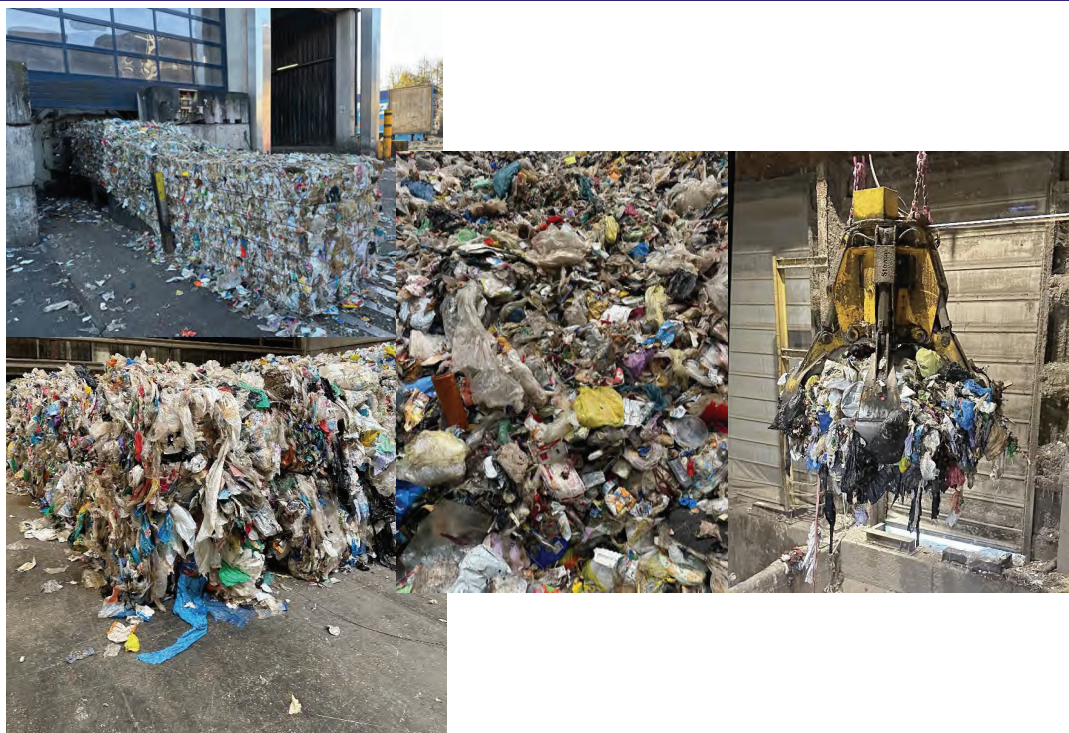
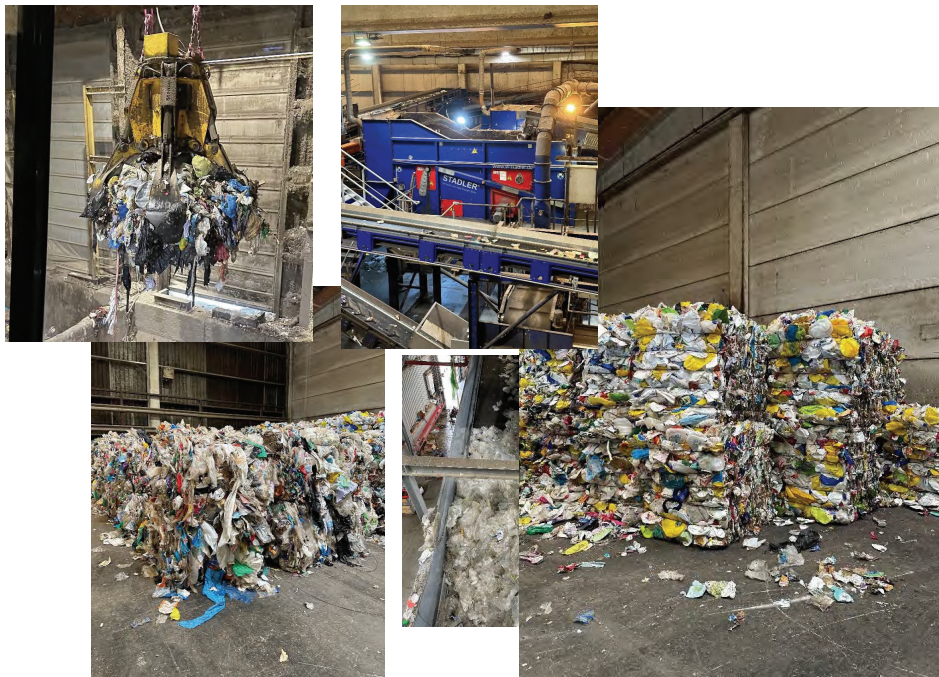


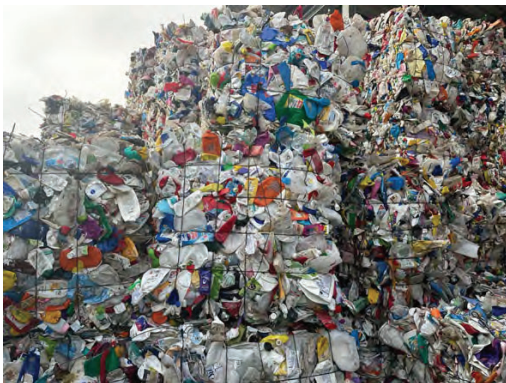
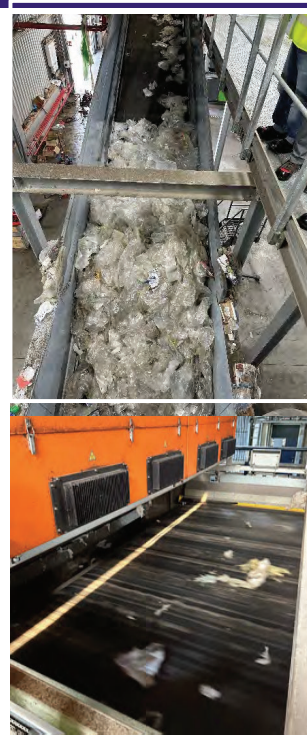
剥離試験条件

- 溶媒
- 1 *n*-Propyl acetate
 - 2 *n*-Propyl formate
 - 3 Butyl acetate
 - 4 *iso*-Butyl acetate
 - 5 Ethyl *n*-butyrate
 - 6 Ethyl acetate
 - 7 *iso*-propyl acetate

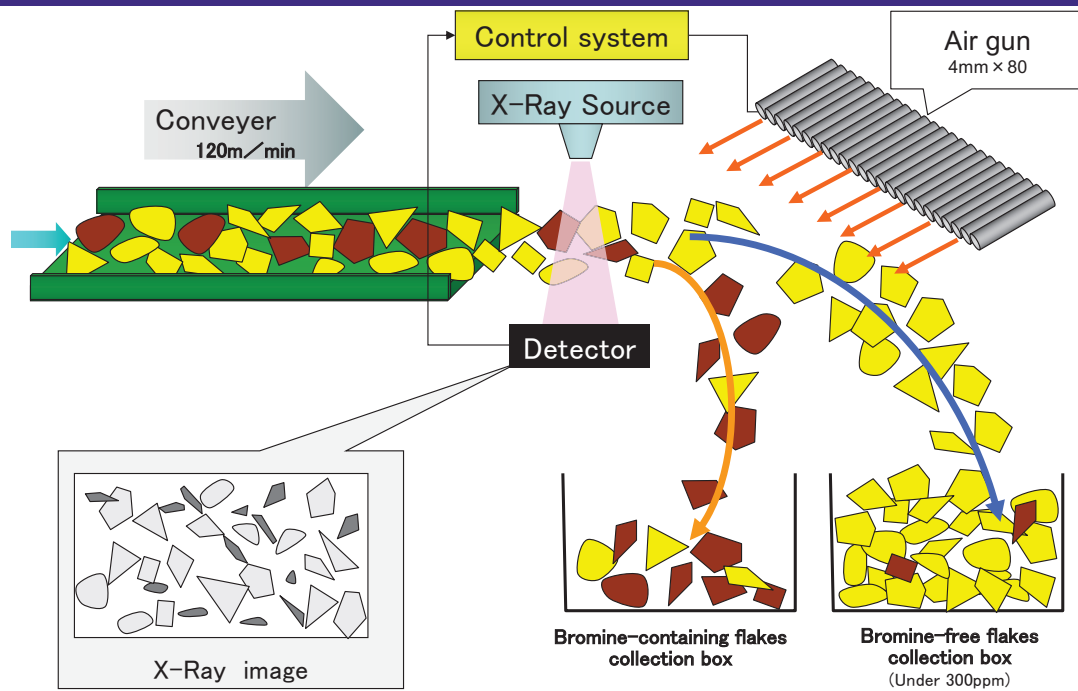
細線径	2.1mmΦ
細線の長さ	1 cm*120 ≈ 12.8 g
攪拌時間	60 min
攪拌回転数	1500 rpm







X-ray sorting system for RoHS compliance



Source : Green Cycle Systems Corporation

X-ray sorting system

Source : Green Cycle Systems Corporation



X-ray sorting system

Source : Green Cycle Systems Corporation

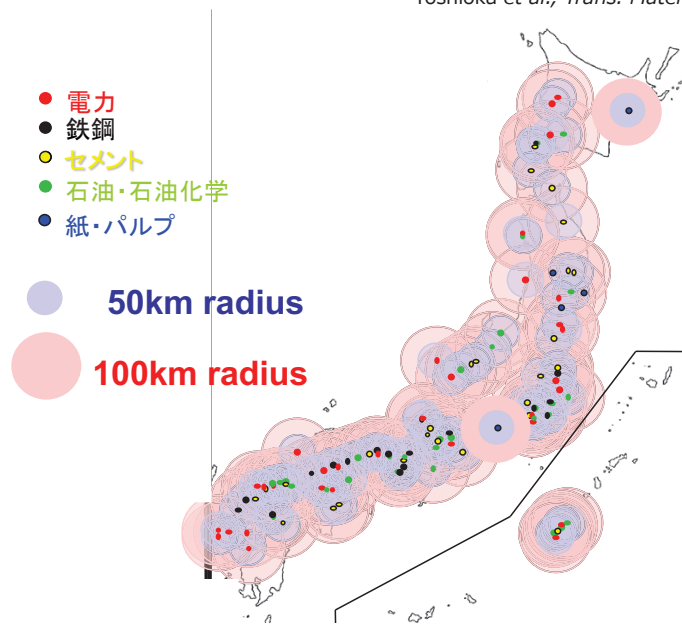


グローバルなサプライチェーンにおける持続可能認証

47



Yoshioka et al., *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 2004.



ありがとうございました。

本研究においては、以下の研究費の支援を受けております。御礼を申し上げます。

JSPS 科研費基盤研究S (20H05708)

ERCA 環境研究推進費(S-19)(JPMEERF21S11900)

NEDOグリーンイノベーション基金事業