

2024年1月25日
吹田市ごみ減量・再資源化講習会
資源リサイクルセンター(くるくるプラザ)



プラスチックとどう共生していくか ～みんなでリサイクルを考える～

宇山 浩

大阪大学大学院工学研究科

uyama@chem.eng.osaka-u.ac.jp



高分子(ポリマー) プラスチック・繊維



プラスチックの意味・語源
形を作ることができる

樹脂(合成樹脂)
cf 天然樹脂



松脂(ロジン)

プラスチックの特徴

— 金属、セラミックスと比較して —

- ① **軽量** 比重:プラスチック~1、アルミ2.7、ガラス2~6、鉄7.8
- ② **成形が容易** 成形温度:150~300°C(多くのプラスチック)
- ③ **透明・着色が容易** ※一部のプラスチック
- ④ **柔らかさ・伸び・しなやかさ** ※一部のプラスチック
- ⑤ **低製造エネルギー** プラスチック10、ガラス40、鉄50、アルミ80 ($\times 10^7$ J/kg)
- ⑥ **低強度・低耐久性・低耐候性**



高分子科学・技術の歴史

- 古代 亜麻の繊維織物、パピルス紙(古代エジプト)
- 1851年 C. Goodyear (米) エボナイト(天然ゴム加硫)工業化
- 1868年 J. W. Hyatt (米) セルロイド(世界初のプラスチック)、象牙代替品
- 1907年 L. H. Baekeland (米) ベークライト(フェノール樹脂)工業化
- 1926年 H. Staudinger (独) 高分子説提唱
- 1930年 米・独 ポリスチレン工業化
- 1939年 ICI社 (英) 高圧法**ポリエチレン**工業化
- 1941年 W. H. Carothers / DuPont社 (米) ナイロン(人工繊維)工業化
- 1953年 K. Ziegler (独) **ポリエチレン**低圧重合触媒
- 1954年 G. Natta (伊) 立体規則性**ポリプロピレン**、1957年工業化
-

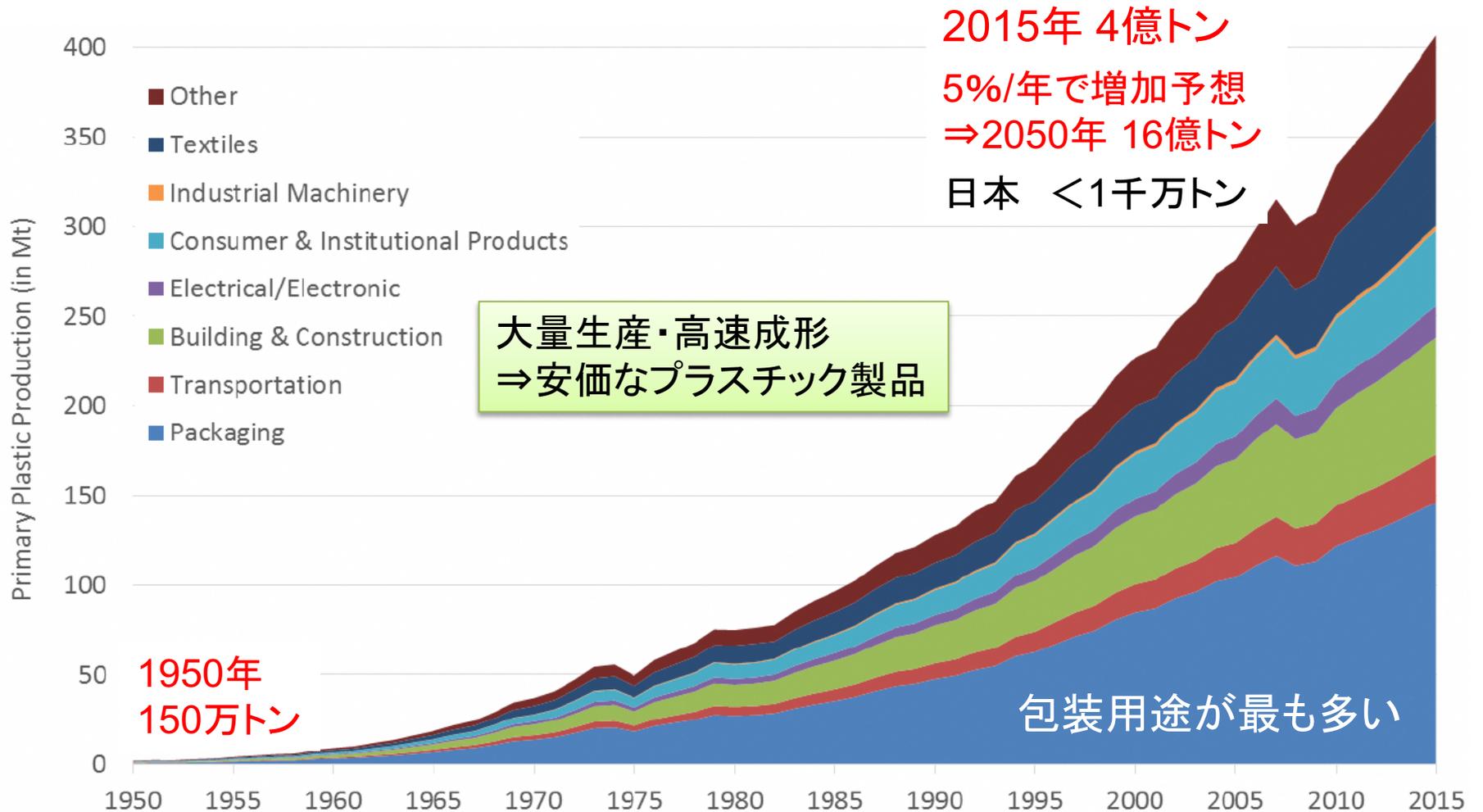
紀元前9000年前頃～ 銅器の利用

紀元前3500年前頃～ 青銅器の利用

紀元前3000年前頃～ 鉄器の利用



プラスチックの生産量の推移

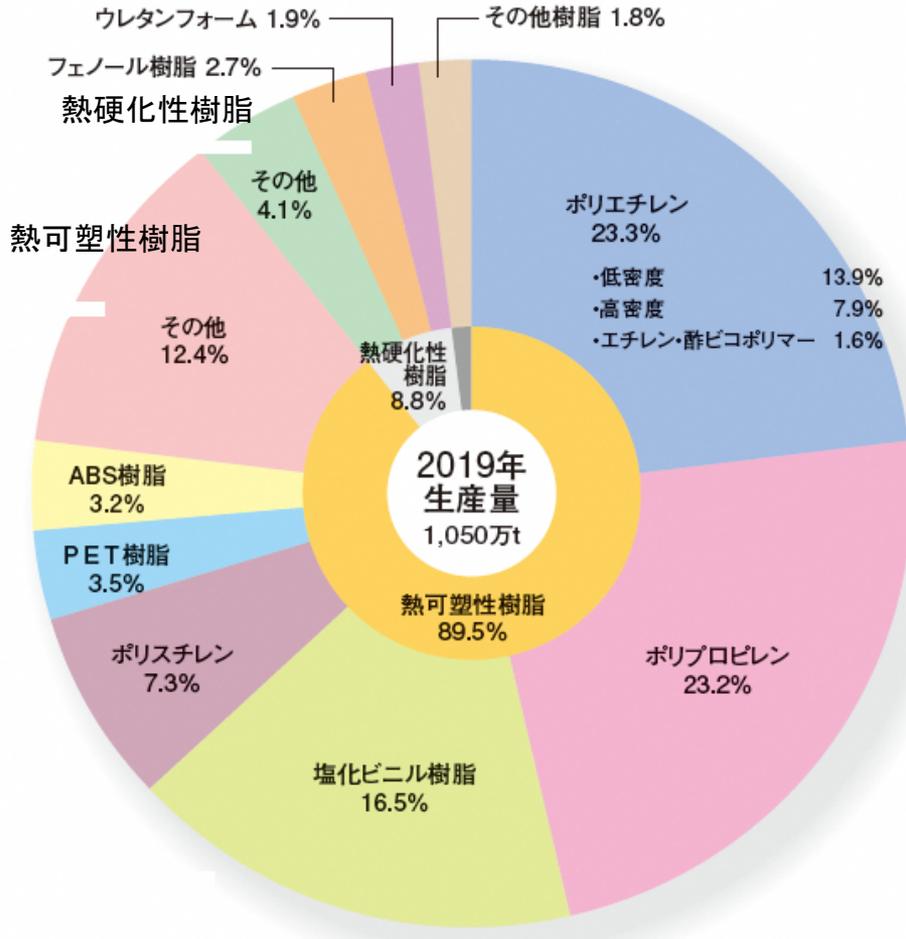


出典: Science Advances e1700782 (2017)

鉄の生産量 3億トン(1961年)⇒9億トン(2001年)⇒18億トン(2018年)

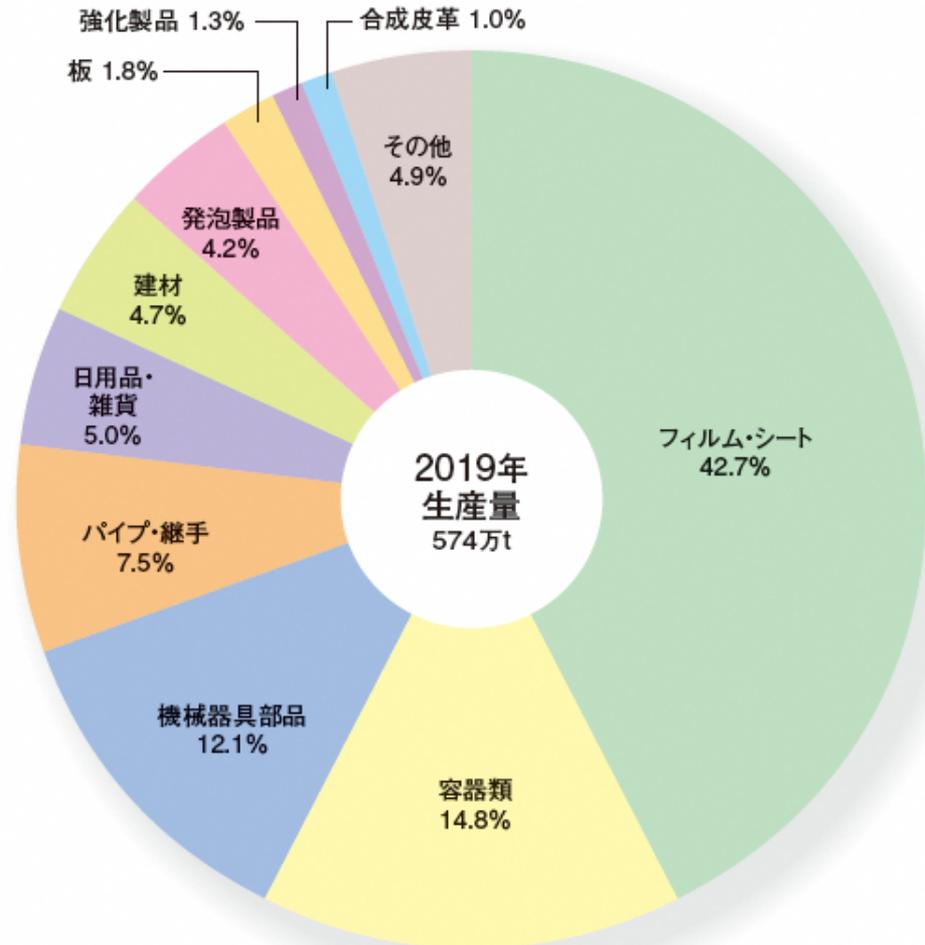
プラスチックの種類・用途

樹脂別生産比率



生産の約半分がPEとPP

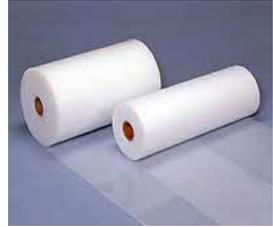
用途別製品生産比率



フィルム・シート用途が最大

プラスチックの種類・用途

ポリエチレン(PE) 柔らかい、しなやか レジ袋、容器・タンク、フィルム・ラップ



ポリプロピレン(PP) 高強度、高耐熱、柔らかい タッパ、容器、プランタ、繊維、



PET、ポリスチレン 硬い、透明 卵パック、PETボトル、コップ、発泡スチロール



プラスチックの種類・用途

ポリ塩化ビニル(塩ビ)



ナイロン



フッ素樹脂(テフロン)



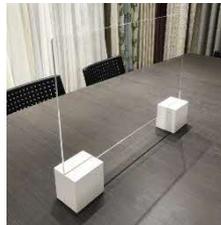
撥水・撥油

ポリカーボネート



透明

アクリル樹脂



透明

ABS樹脂



耐衝撃性

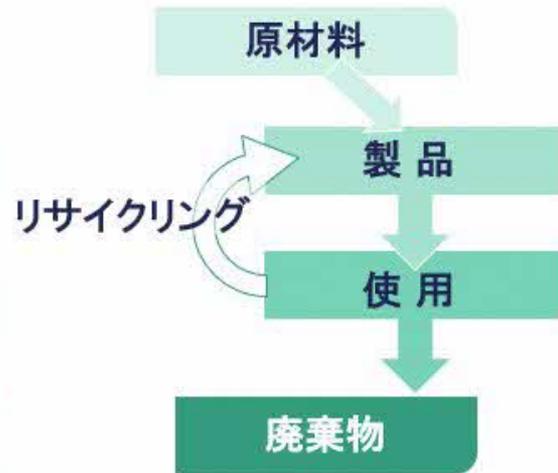
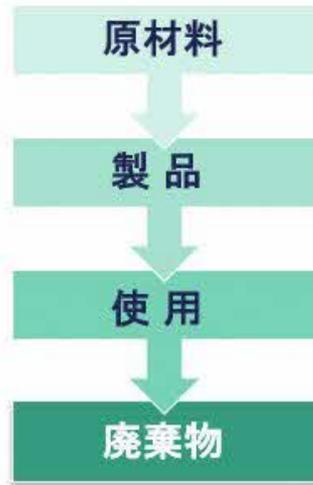
プラスチック問題

脱炭素(カーボンニュートラル)・プラスチック資源循環

リニア エコノミー

リユース エコノミー

サーキュラー エコノミー



循環的プラスチック
のデザイン

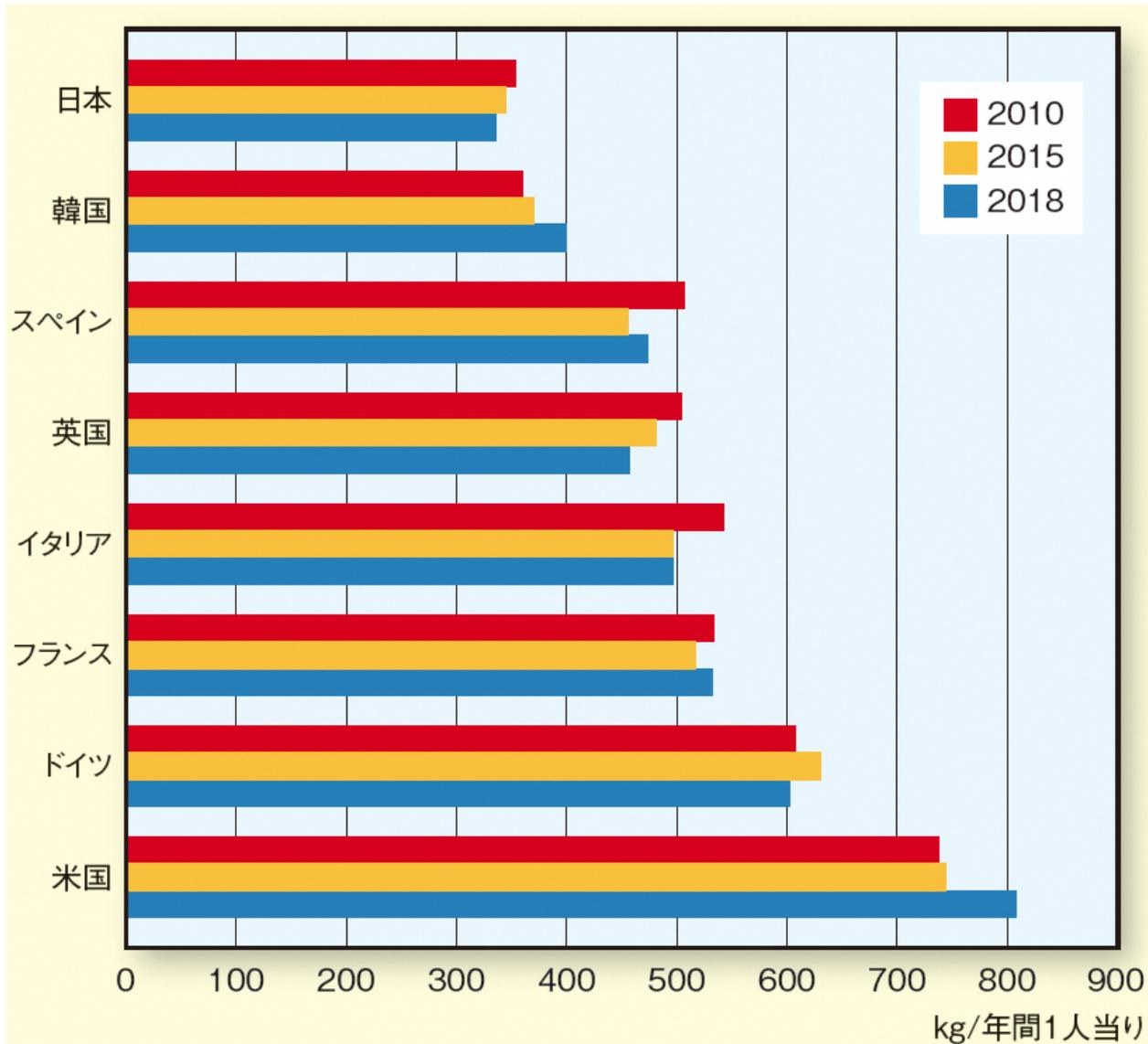
出典: 「A Circular Economy in the Netherlands by 2050」を参考に作成

海洋プラスチックごみ

- ✓世界で約900万トン以上のプラスチックが陸域から海に流出
- ✓2050年に海洋中のプラスチック量が魚以上に増加すると試算
(2016年エレンマッカーサ財団「New Plastic Economy」)



世界主要国のごみ排出量

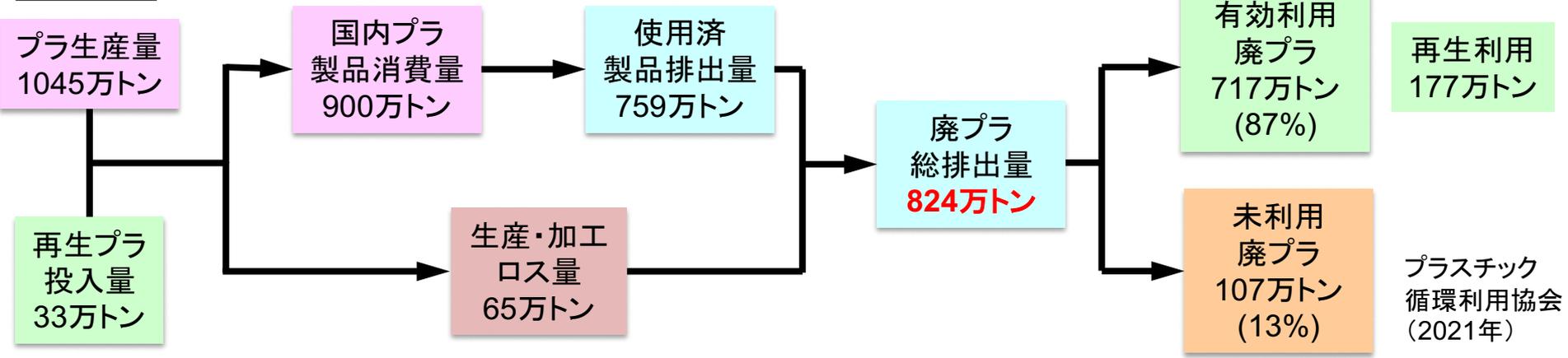


全世界

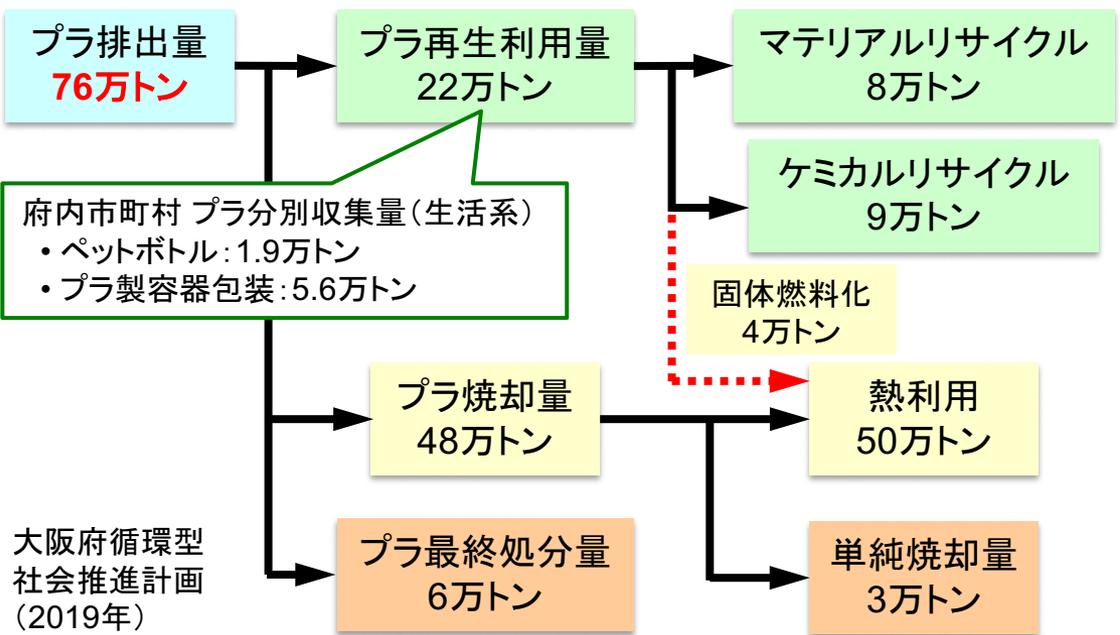
- 2013年 13億トン
- 2016年 20億トン
- 2050年 34億トン

プラスチック廃棄物のマテリアルフロー

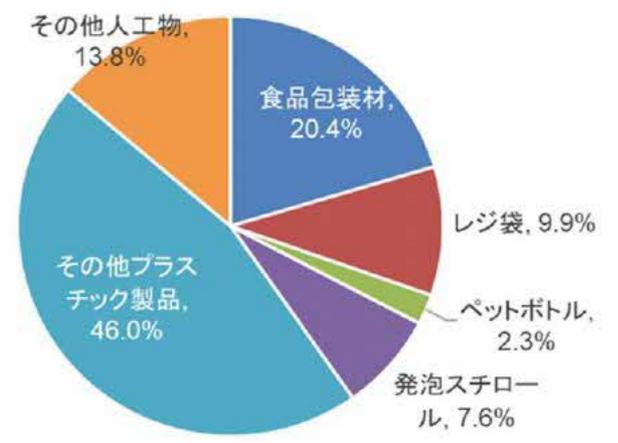
日本全体



大阪府



大阪湾に流入するプラごみ量(推定) 59トン (2021年、大阪府・阪大中谷准教授)



大阪湾の漂流ごみ種類別割合 (環境省、2015年)

プラスチックリサイクルが難しい理由

✓ 同じ材質の収集が必要



ポリスチレン or PET



PE or PP



食品包材多層シート

ポリカーボネート/ABSアロイ

✓ アロイ(ブレンド)、複合化での利用

✓ 汚れたプラスチックごみ

✓ コスト(vs新品プラ製品)

✓ 性能劣化(vs新品プラ製品)

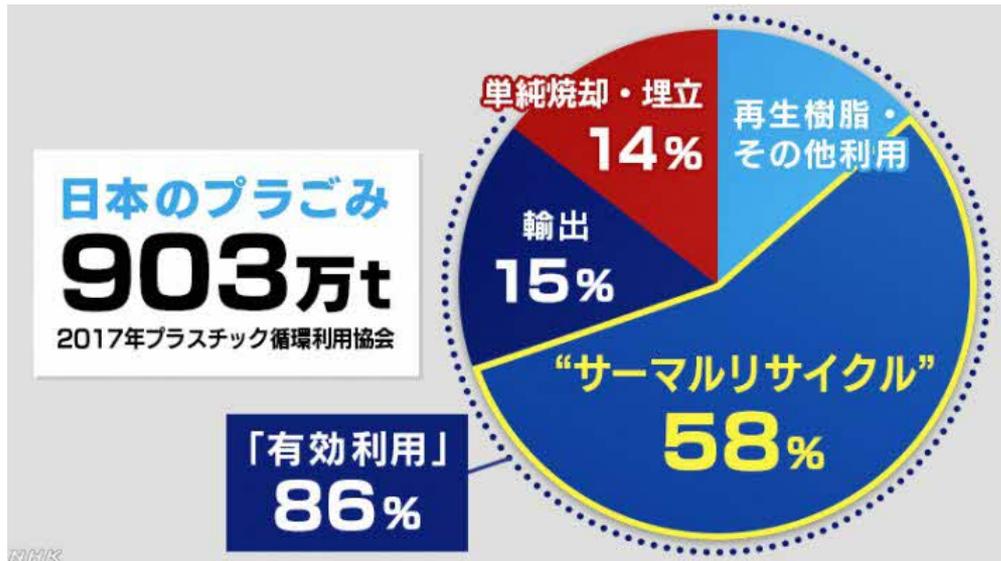
✓ 添加剤(可塑剤、酸化防止剤など)



GFRP(ガラス繊維補強プラスチック)



プラスチックリサイクルの現状



サーマルリサイクル

海外ではサーマルリカバーに分類
⇒リサイクルに含まれない

リサイクル率<10%

EUと比して低い(アメリカは同程度)

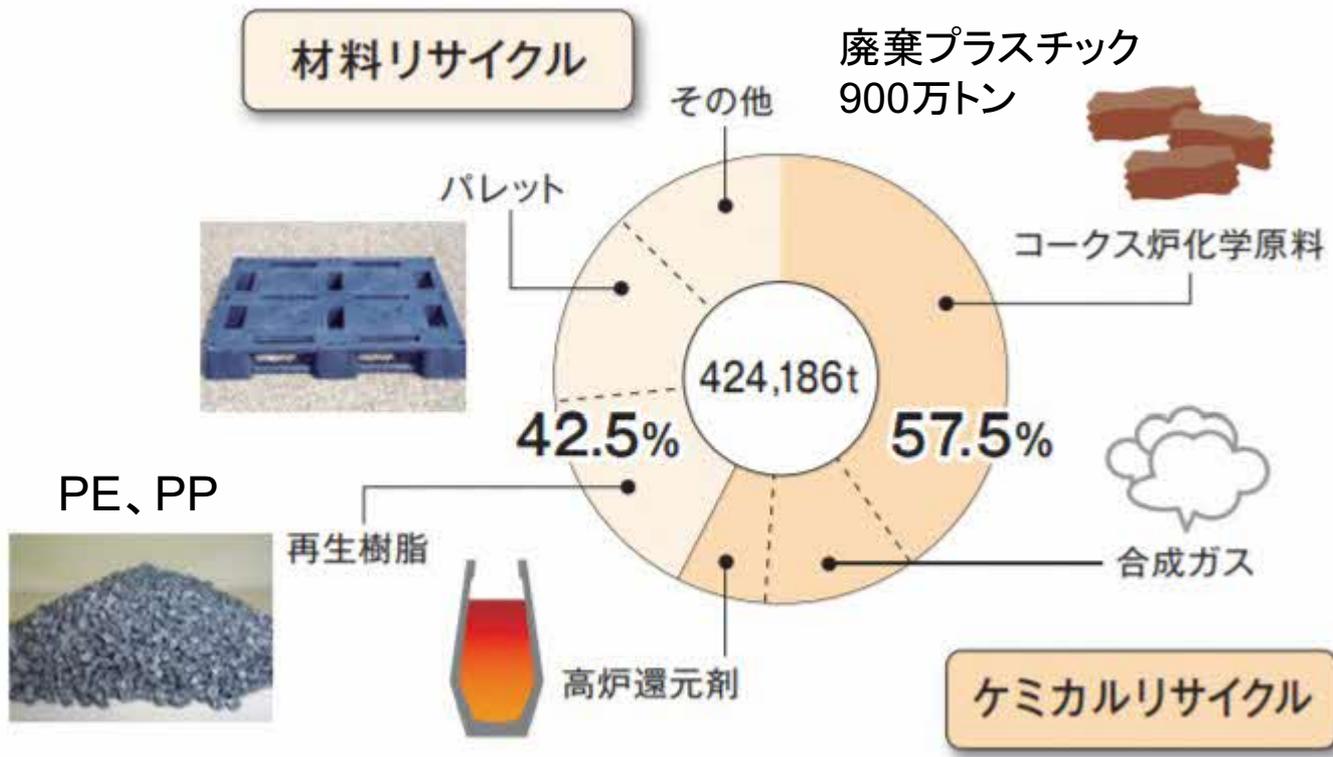
中国・ASEAN諸国 ゴミの輸入禁止

ゴミの行き場が無くなり社会問題化



プラスチックリサイクルの現状

出典：日本容器包装リサイクル協会
年次レポート2019



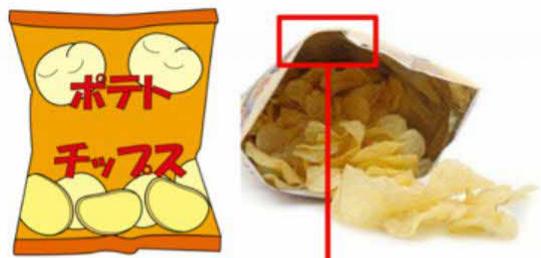
再生プラを使った製品



食品用包装材料



包装材料の設計



表基材
 要求性能 内容物保護・情報提供
 特性 強靱性・印刷適性・光沢

⇒ **OPPフィルム**

中間材
 要求性能 内容物保護・品質保持
 特性 強靱性・ガスバリア性・遮光性

⇒ **AL蒸着PETフィルム**

シーラント
 要求性能 封緘・易開封
 特性 ヒートシール性
 イージーピール性

⇒ **CPPフィルム**



ハムスキンパック



PA	強度
EVOH	酸素バリア性
EVAC	防湿性
アイオノマー	シール性
EVAC	シール性、突き刺し耐久性

PP	透明性
PET	剛性、保香性
EVAC	防湿性
PA	強度
EVOH	酸素バリア性
EVAC	シール性、突き刺し耐久性
アイオノマー	シール性



出典：食品用プラスチック容器包装の利点 日本プラスチック工業連盟

PET ボトル リサイクル

分別収集[市町村]



収集



選別(異物除去)



圧縮梱包(ペール化)



保管

分別基準適合物



ペール品

※ペールとはPETボトルを圧縮・梱包したものです。(bale: 俵、梱包)

再商品化[事業者]

再商品化工程

- 塩ビボトル除去
- 着色ボトル除去
- 手選別
- 粉碎
- 風力分離
- 洗浄
- 比重分離



再商品化製品



フレーク

※ボトルを約8mm角に裁断したものの



ペレット

※フレークを加熱融解して粒状にしたもの

利用製品

水平リサイクル

化学的再生法 (ケミカルリサイクル)

物理的再生法 (メカニカルリサイクル)



PETボトルの原料



飲料用PETボトル

カスケードリサイクル

シート



食品用トレイ



防草シート



卵パック



下敷き

包装フィルム・ラベル類



食品用パウチ



粘着ラベル素材



日用品用パウチ



ラミネート包材

繊維



アウター



白衣



肌着



トートバッグ



ワーキングウェア

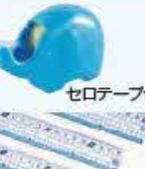


ネクタイ

成形品



台所用洗剤ボトル



セロテップ台



定規

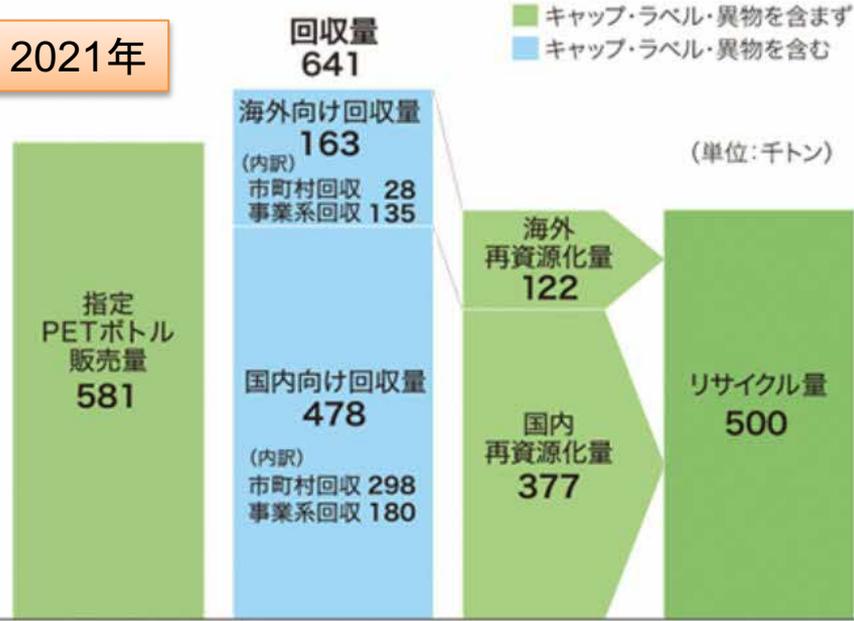


空容器リサイクルボックス

PETボトルリサイクル

回収・リサイクルの概要

2021年



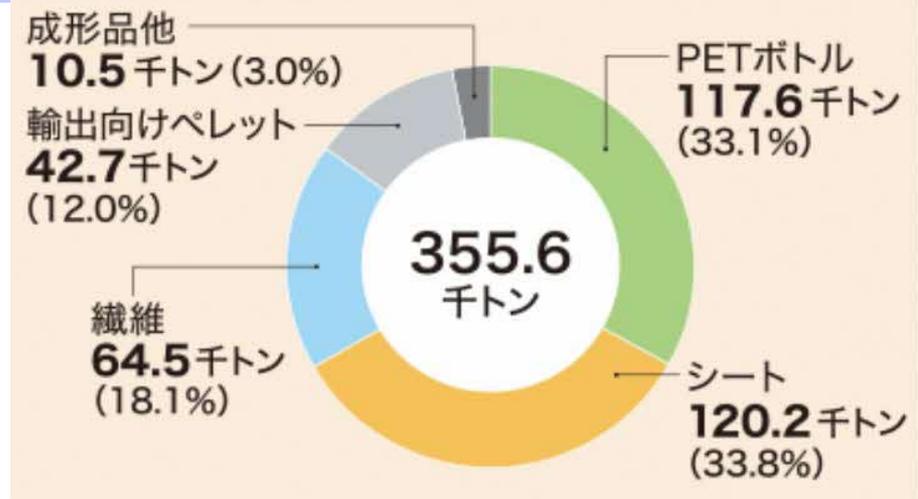
リサイクル率: (リサイクル量) ÷ (ボトル販売量) = **86.0%**

- ✓ 比較: 欧州43%、アメリカ18%
- ✓ 熱回収を含めた有効利用率98%
- ✓ 落札価格(指定法人): -87円/kg(2022年度)

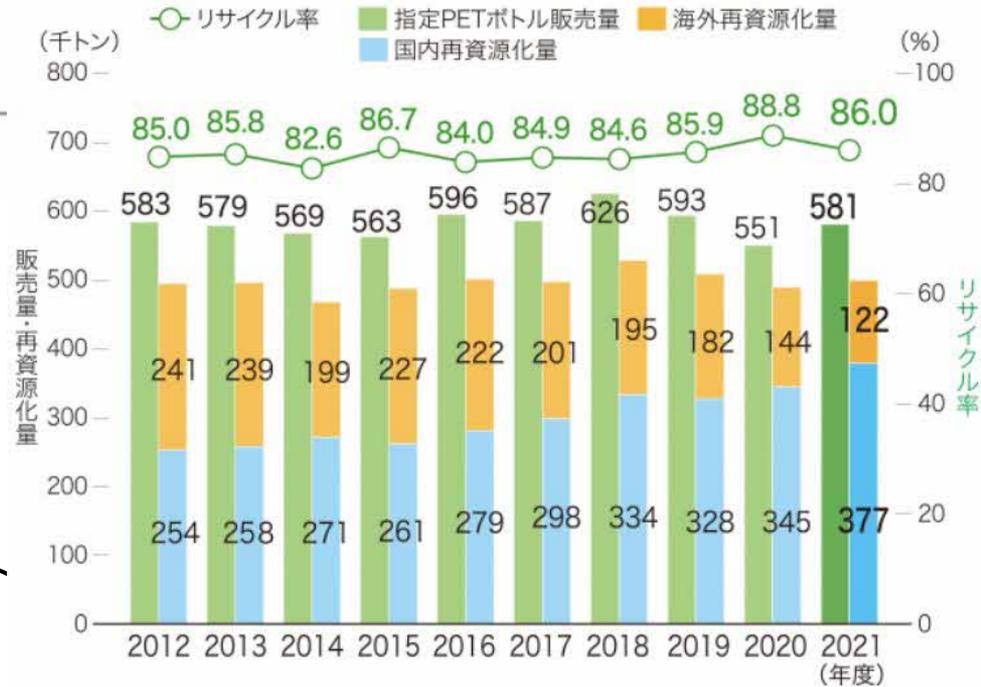
高騰

国内循環へシフト

国内用途別利用調査量



国内再資源化と海外再資源化



PETボトルに関する取り組み

軽量化⇒CO2排出量の抑制

軽量化事例

高いレベルで軽量化の進んだPETボトルの事例



合同酒精
株式会社
焼酎2.7L

ボトル重量66g
(従来品75g)



ダイードリンク
株式会社
耐熱550ml

ボトル重量22g
(従来品26g)



株式会社
伊藤園
耐熱740g

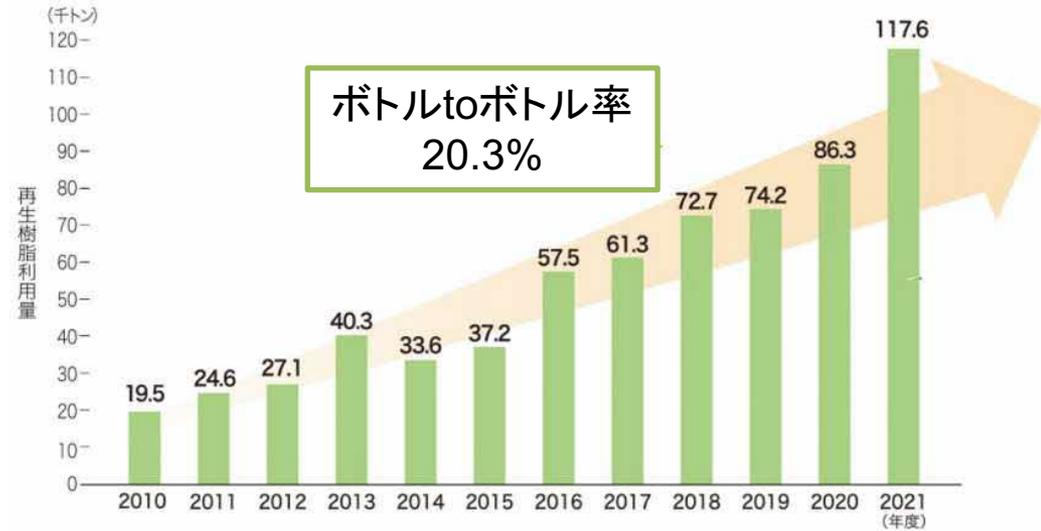
ボトル重量32g
(従来品36g)

- ✓ 軽量化率(全体): 25.6%
- ✓ 削減効果量: 19万トン

2021年度と基準年度(2004年度)との環境負荷(CO2排出量)比較

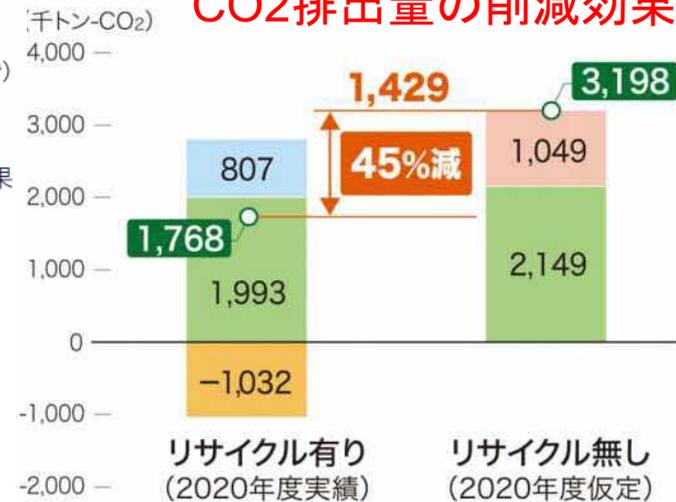
		2004年度	2021年度	2021/2004比
PETボトル出荷本数	億本	148	234	1.58倍
環境負荷(CO2排出量)	千トン-CO2	2,089	2,096	1.00倍

ボトルtoボトルリサイクル



- 合計
- 廃棄物処理 (単純焼却・焼却発電・埋め立て)
- 原料樹脂・ボトル生産 (資源採掘からボトル生産・供給まで)
- 使用済みボトルの回収・リサイクル・再利用
- リサイクル・再利用による代替効果

CO2排出量の削減効果



マイクロプラスチック

プラスチック製品がマイクロプラスチックになるまで



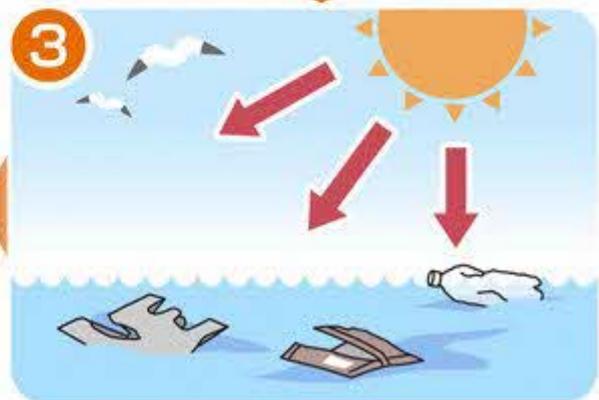
ポイ捨てや風でプラスチック製品が散乱



雨が降ると水路や川へ流れ出て海へ



5mm以下のマイクロプラスチックになり魚などが食べる



太陽光・紫外線・波の力などでもろくなり、壊れて小さくなる

マイクロプラスチックビーズ



© Fred Doff / Greenpeace

GREENPEACE



© Greenpeace / Georg Mayer

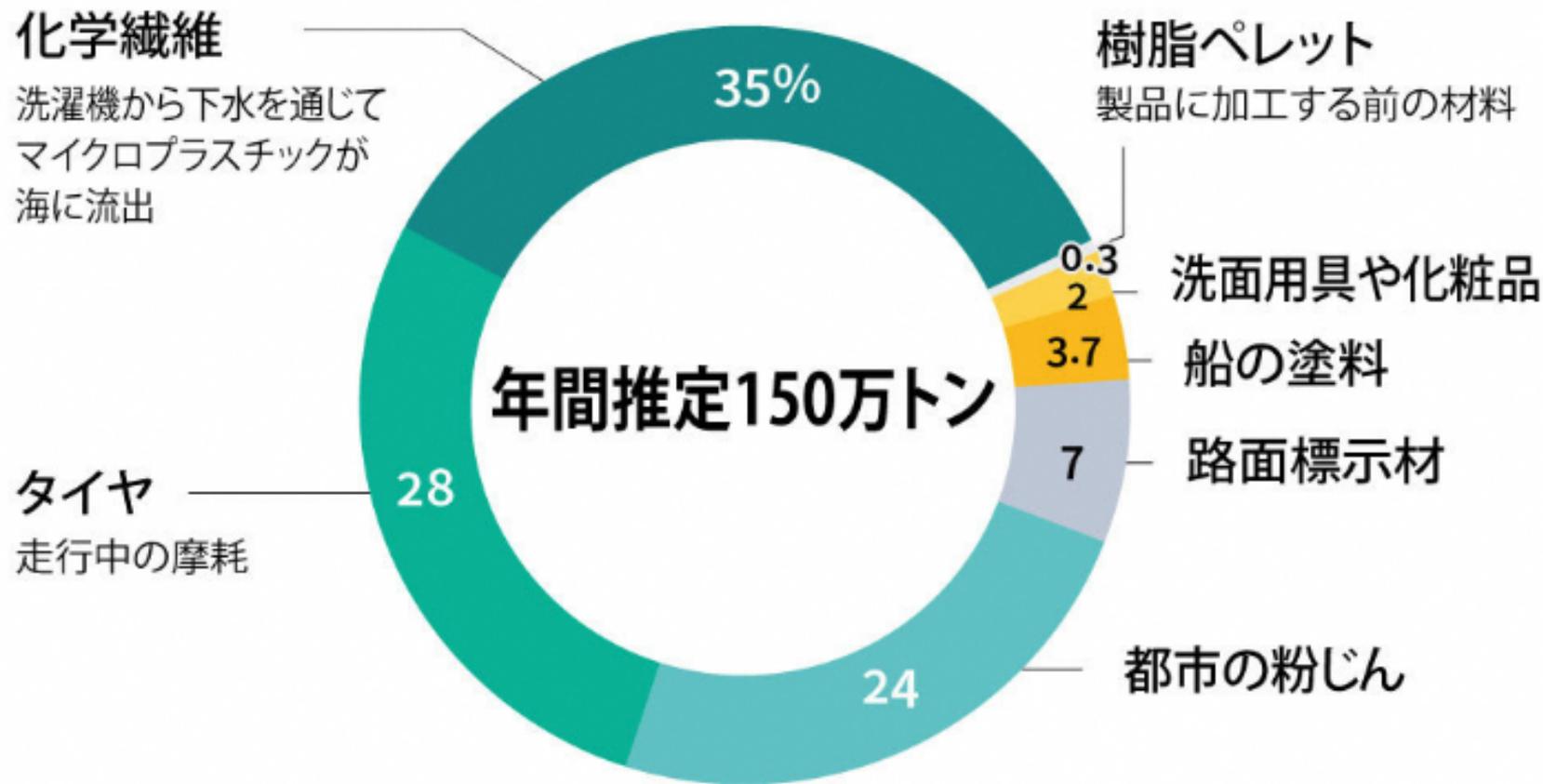
用途:

- ✓ 工業用研磨剤(ナイロン他)
- ✓ 塗料(ポリエチレン他)
- ✓ 粉体塗料(ポリエチレン他)
- ✓ 化粧品用スクラブ剤
- ✓ 光拡散剤
- ✓ 摺動部材
- ✓ 衛星用品 他

マイクロプラスチック

海洋中のマイクロプラスチック その発生源と内訳

世界の海に流出する一次*マイクロプラスチック



*微細なマイクロビーズなど
そのまま自然環境に放出されるもの

出典：国際自然保護連合 (IUCN.org)

マイクロプラスチックの摂取

It took you approximately
1 WEEK
to eat this credit card



75%

これまでに製造されたプラスチックにおける廃棄物の割合

5g

接種するプラスチックの重量
(週、平均)

マイクロプラスチックの摂取量(平均)

- ✓ 5グラム/週(クレジットカード1枚相当)
- ✓ 21グラム/月
- ✓ 250グラム/年

マイクロプラスチックの摂取数(週)



87%

管理されていない廃棄物の中で自然に流出する割合

1 ton

海洋中、3トンの魚に対するプラスチックのゴミの量(2025年)

バイオプラスチック



バイオプラスチック

生分解性プラスチック

バイオマスプラスチック



出口機能

入口原料

解決に貢献

- ✓ 3R(リデュース、リユース、リサイクル)問題
- ✓ 枯渇性資源問題
- ✓ 地球温暖化問題
- ✓ 海洋プラスチック問題

サーキュラー
エコノミー

	バイオマス資源	石油資源
生分解性	ポリ乳酸、 微生物産生ポリエステル	ポリカプロラクトン、 芳香族/脂肪族ポリエステル
非生分解性	バイオPE、バイオPET、 バイオナイロン	汎用プラスチック (PE、PP、PET)

生分解性プラ

通常のプラスチック製品と同じように使え、しかも使用後は、自然界の微生物や分解酵素によって水と二酸化炭素に分解される、**自然に還るプラスチック**

- ★ 自然界の微生物によって、最終的に水と二酸化炭素に分解
- ★ 生ごみから有機肥料(たい肥)を造る装置(コンポスト化装置)中で早期に分解(有機肥料(たい肥)の質に影響無し)
- ★ 焼却による熱量が低いため焼却炉を傷つけず、大気汚染の心配なし

生分解性プラの土壌埋没実験



2021年 識別表示の変更グリーンプラ⇒生分解性プラ

グリーンプラ 農林業用資材

マルチフィルムを使ったレタスの栽培



収穫後の鋤きこみ作業



植木移植用不織布ポット



植生ポット製品例（東海化成社提供）

ポリ乳酸 ハイラクト™

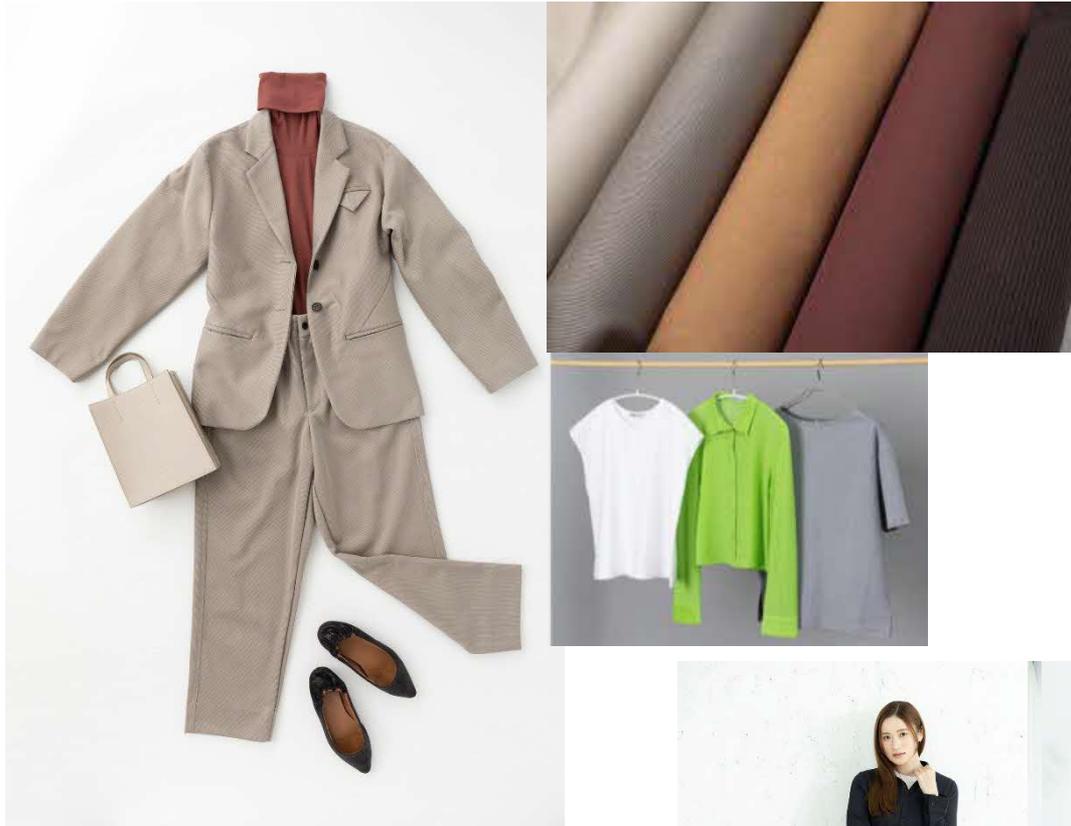
ハイケムが豊原(中国)製ポリ乳酸を用いて
小野莫大小工業とポリ乳酸繊維を共同開発

HIGH

LACT™



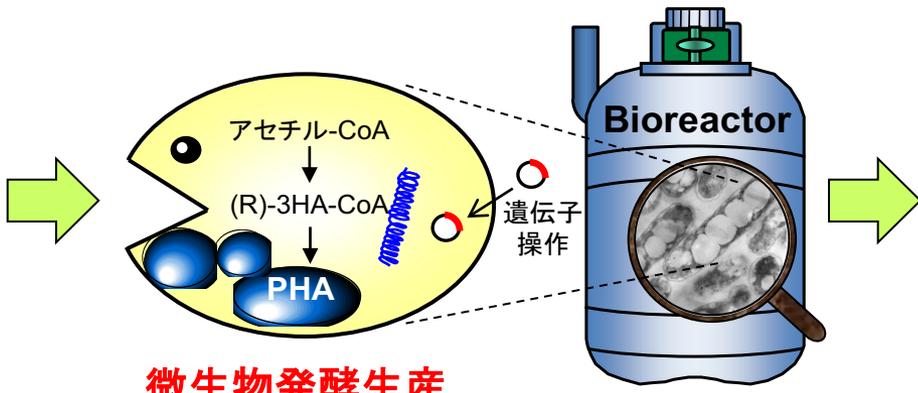
新製品発表会 2021年12月1日



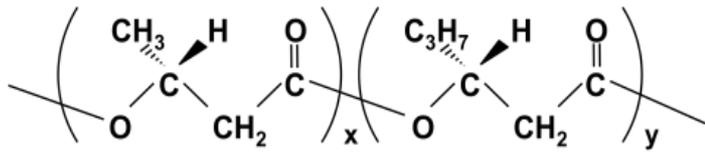
微生物産生ポリエステル



パーム油



微生物発酵生産
の効率化



微生物産生ポリエステル(PHBH)

カネカ Green Planet

G20展示

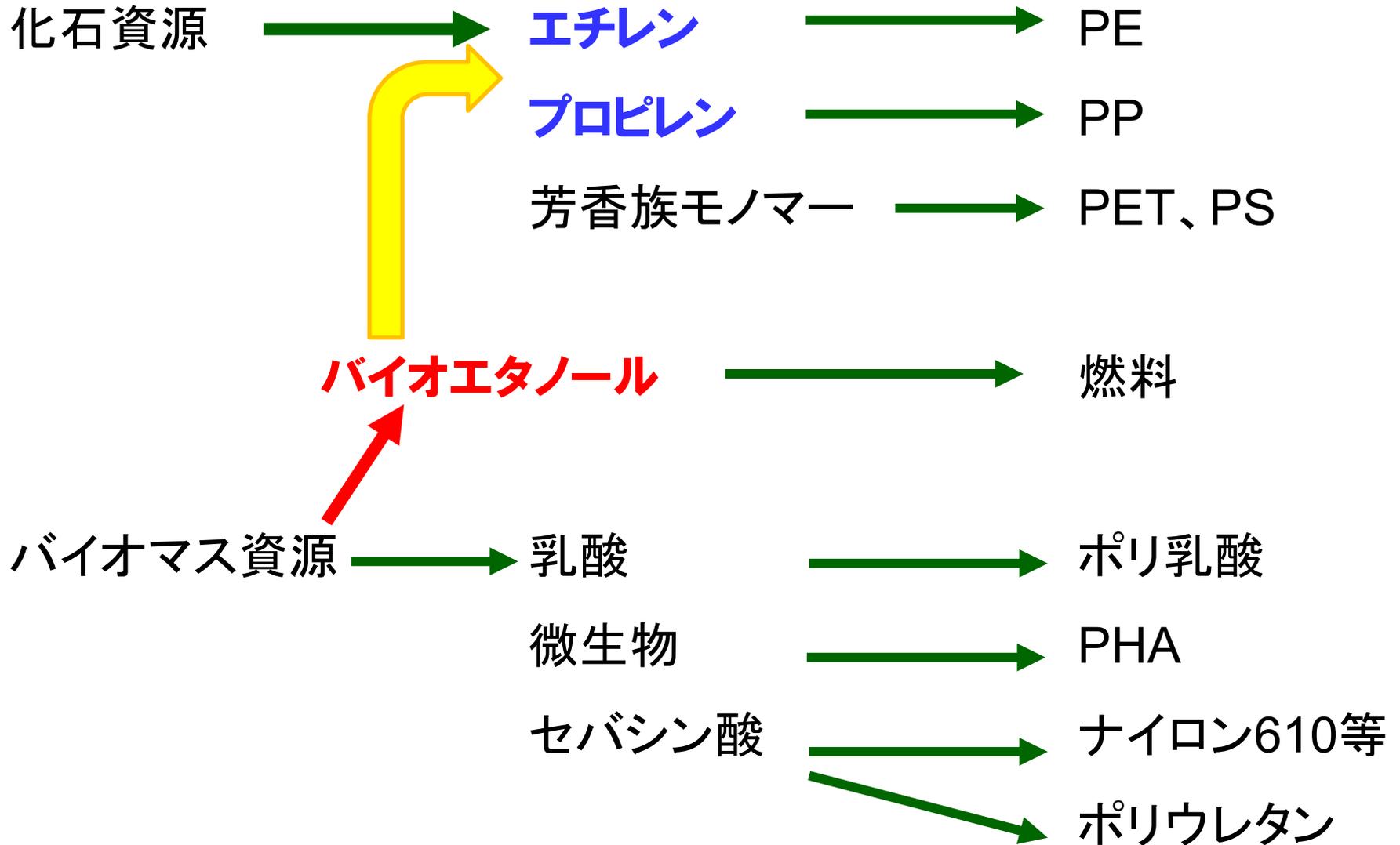


カネカ Green Planet 製品

カネカHP



バイオプラスチック開発の二つの方向



バイオポリエチレン製品

日清食品

バイオマスECOカップ



CUP NOODLES
EARTH FOOD
CHALLENGE

地球のために。未来のために。



レジ袋

私たちは環境保全に取り組んでいます!

この袋は麻糍蜜(サトウキビから砂糖を取った後に残る糖蜜)から作った
植物性プラスチックが25%以上使用されています。
また印刷インキの一部に植物由来の原料を使用した環境配慮インキが使用されています。
これにより、石油資源の節約とCO₂削減が実現できます。



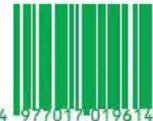
バイオマス
No.190145



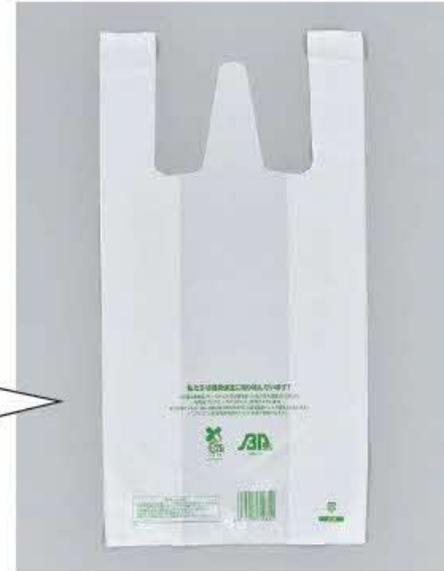
削減No.153

ご使用上の注意

子供にとって遊具などの危険が伴うものです。
手の届かないところに保管して下さい。
とびおちることがありますのでご注意ください。
火のそばに置かないで下さい。
ご色づき・破損がありますのでごすらないように



4 977017 019614



レゴブロック



- ✓ 石油由来プラスチック使用量をほぼ半減
- ✓ 焼却時に排出されるCO₂量は約16%削減
(従来比、1カップ当たり)

工学研究科応用化学専攻宇山研究室

教授 宇山 浩
准教授 徐 于懿
助教 菅原章秀
学生 ≥ 40 人
(約半数以上が留学生、 ≥ 10 か国)



研究テーマ:

バイオプラスチック 多孔質材料
ハイドロゲル 生体材料

