知りたかった・・ケミカルリサイクル

プラスチック容器包装のリサイクル

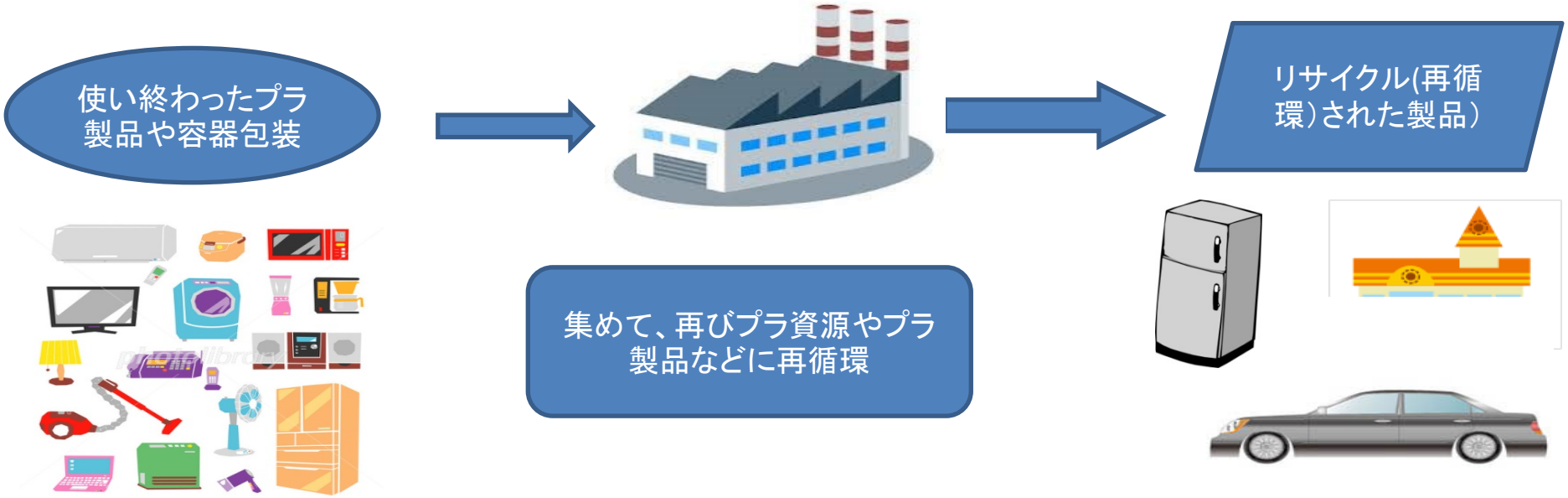
PPRC･CR研究会

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

リサイクルと資源循環

リサイクルとは・・・

使い終わった様々な製品を、ふたたび資源や製品に再生して利用すること。
資源や製品などの物質として再循環することが基本。
⇒　資源を効率良く使用することです。



プラスチックのリサイクルフロー

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチック容器包装のライフサイクル

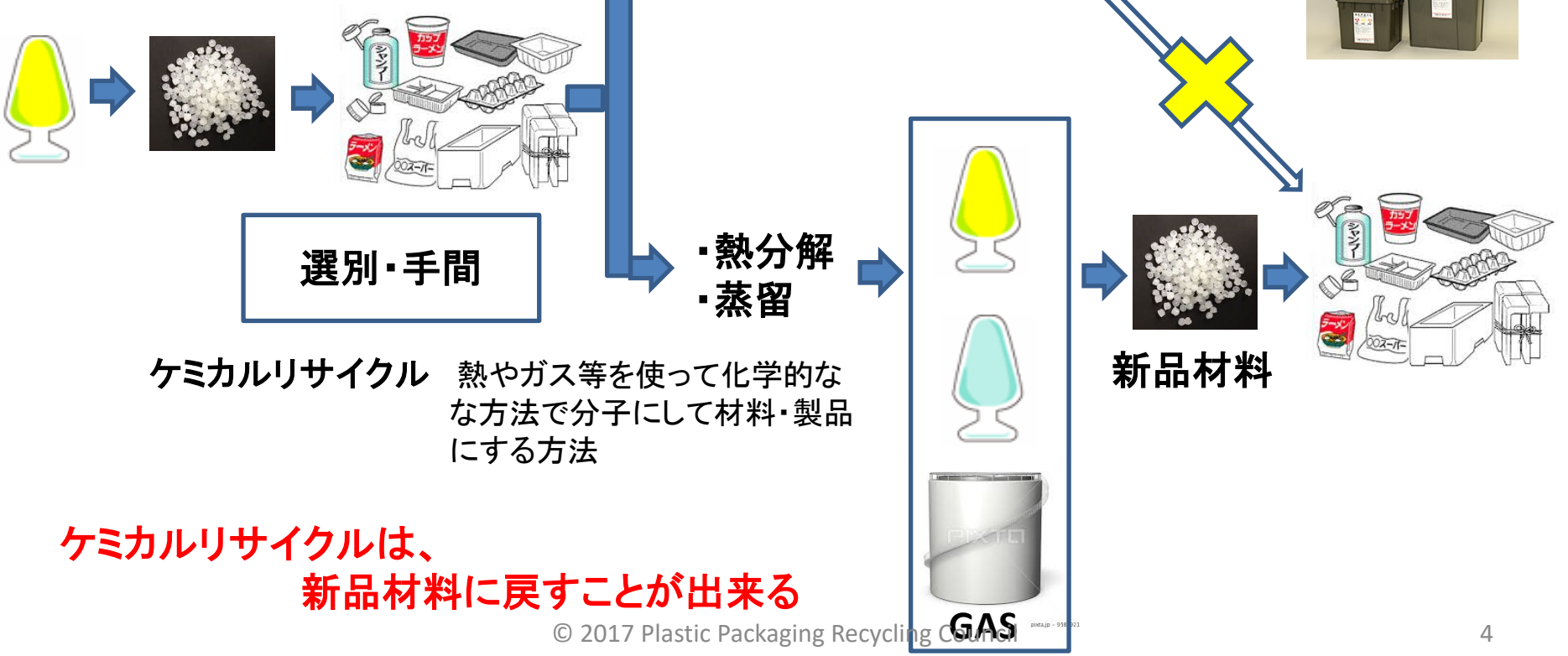
© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

1. プラスチック容器包装のリサイクル

材料リサイクルとケミカルリサイクルの二つの手法があります。

材料リサイクルは、
新品材料と同等の品質には戻らない

材料リサイクル　同じ材質の樹脂を熱で溶かしてプラスチック材料・製品にする方法

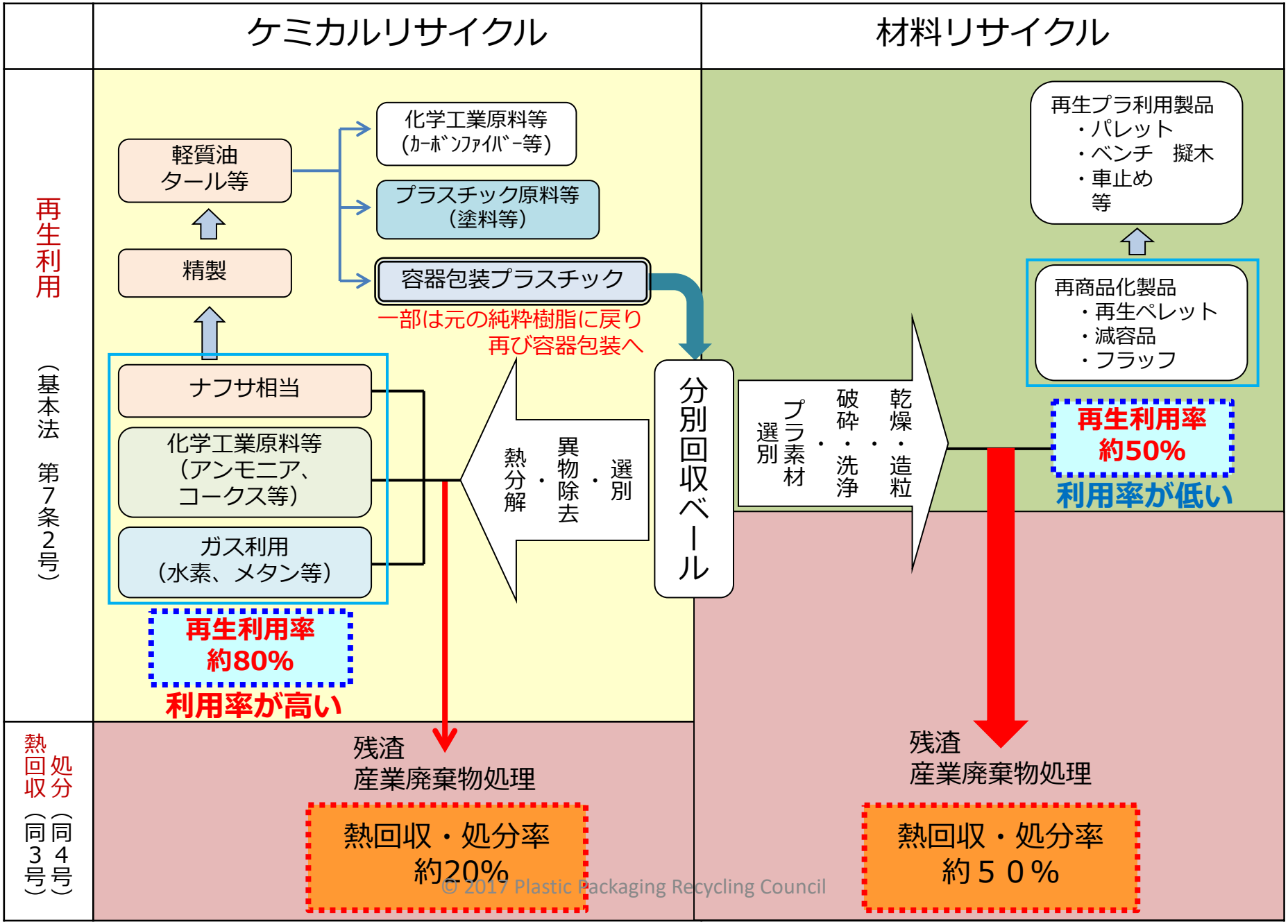


ケミカルリサイクル　熱やガス等を使って化学的なな方法で分子にして材料・製品にする方法

ケミカルリサイクルは、
新品材料に戻すことが出来る

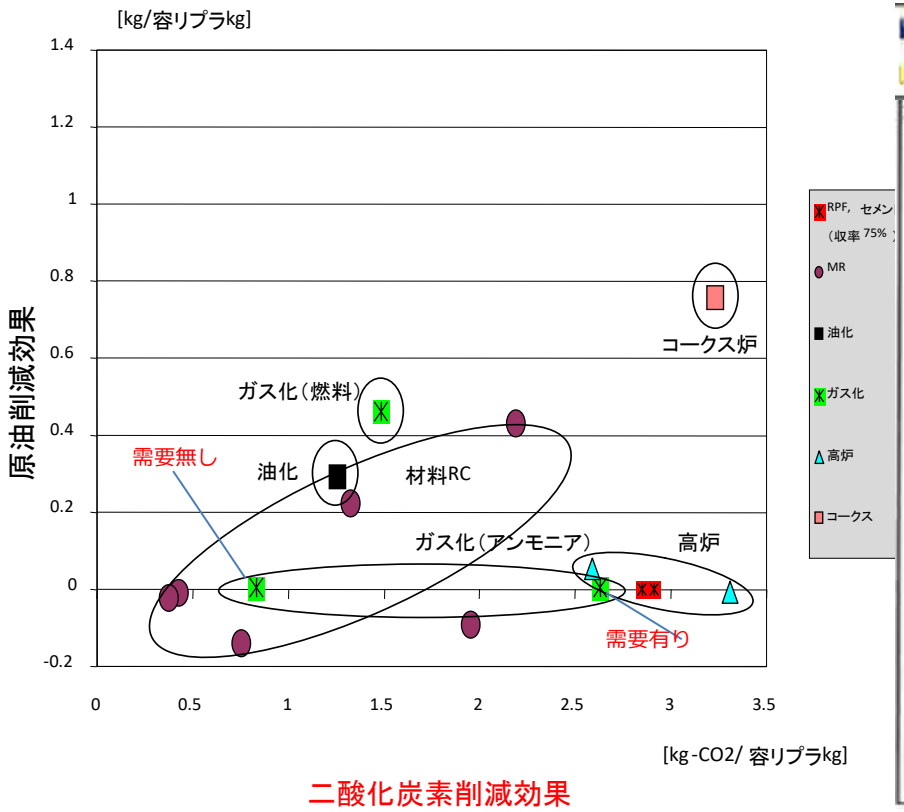
© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

1．プラスチック容器包装のリサイクル　再生利用率の状況

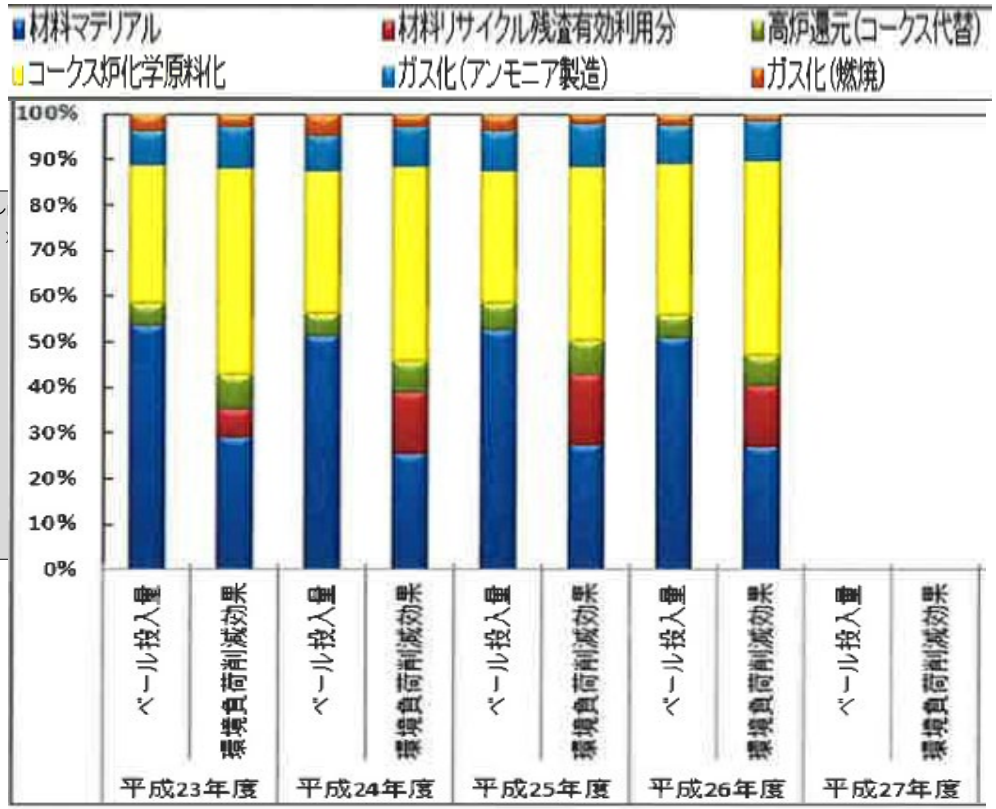


© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

環境負荷低減の効果



二酸化炭素削減効果



ケミカルリサイクル（コークス炉法、高炉法、ガス化《アンモニア一般》）が材料リサイクルより、CO2削減効果が高い。

＊：アンモニア需要がない場合、大気放出となりCO2削減効果は低い

材料リサイクル

処理量シェアは約50%強だが　CO_2削減シェアは約20%台に留まる。

コークス炉化学原料化＆高炉還元

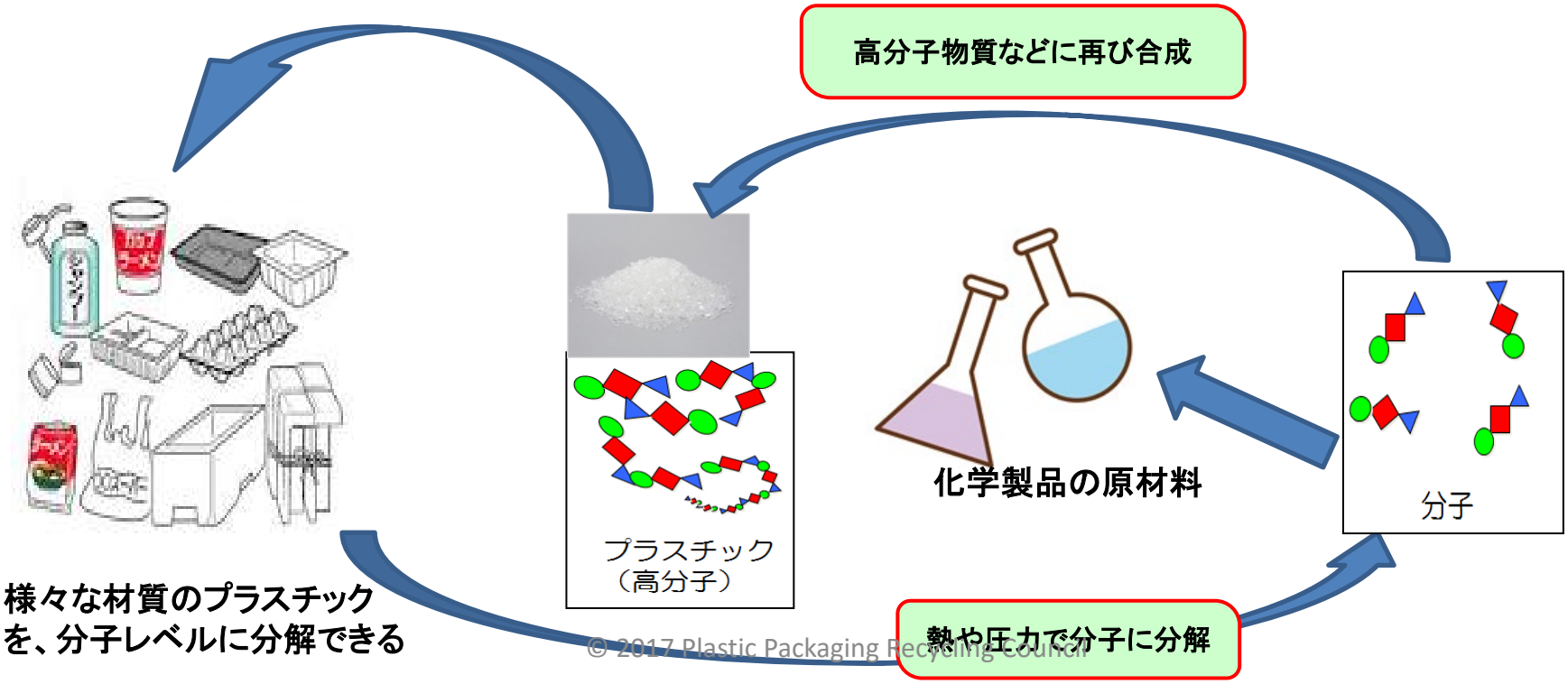
処理量シェアは約35%と少ないが　CO_2削減シェアは約60%に達する。

出典）　日本容器包装リサイクル協会「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討（平成19年6月）」　および同HP

©2008 Japan Containers and Packaging Recycling Association

ケミカルリサイクルとは

プラ容器包装を化学的手法により高収率で分子に戻し、プラスチックや化学製品の原材料などにつくり直す。その原材料を使って容器包装など様々な製品をつくる。



© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

ケミカルリサイクルの手法

ケミカルリサイクルには、化学物質や工業原料などに幅広く物質循環したり熱エネルギー資源として利用するなど様々な手法があります。

コークス炉化学原料化	新日鐵住金㈱ JFEプラリソース㈱
高炉還元剤化	JFEプラリソース㈱
ガ ス化（アンモニア利用等） （エネルギー・燃料利用等）	昭和電工㈱ オリックス資源循環㈱ ジャパンリサイクル㈱ 水島エコワークス㈱ 共英製鋼㈱
油　化　（ナフサ還元＝化学原料化） （混合油化＝燃料利用）	現在、該当なし

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

2. プラスチック容器包装のケミカルリサイクル

コークス炉化学原料化の特徴

○事前処理工程

搬送されたプラスチック類

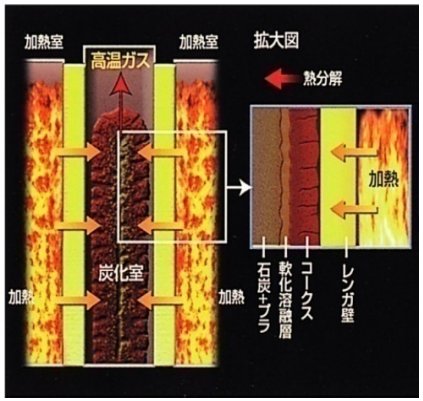
二次破砕物

造粒物

○熱分解工程

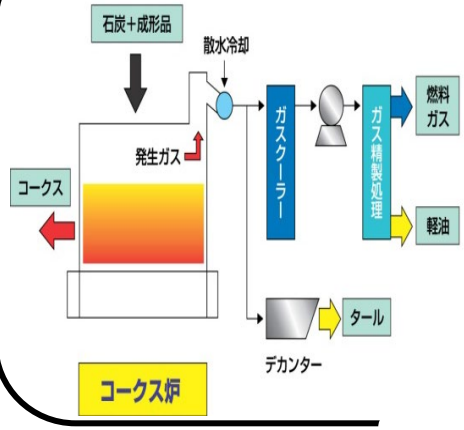
●コークス炉概略

●コークス炉の構造と熱分解進行状況



1200℃の酸素のない状態で間接加熱（乾留）

○ガス精製工程



○コークス炉化学原料化法によるリサイクルの内訳

- 40%炭化水素油（プラスチック原料等）
- 20%コークス（製鉄原料）
- 40%コークス炉ガス（高効率発電・水素利用）

コークス炉化学原料化の炭化水素油の利用例

再商品化された炭化水素油、コークス、コークス炉ガスは、
それぞれ製鉄所内にある化成工場、高炉、発電所で有効利用します。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

2. プラスチック容器包装のケミカルリサイクル

ガス化（アンモニア製造）

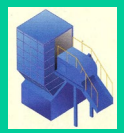
使用済みプラスチックから
アンモニアを製造します。

ベール

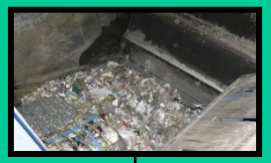
使用済みプラスチックは自治体が分別収集し、圧縮梱包されベールになります。

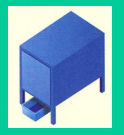
破砕成形設備

ベールを破砕成形設備の破砕機で破砕し、異物を除去した後、 成形機により成形プラに加工されます。

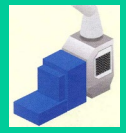


破砕機





磁力選別機



成形機

ガス化プラント

成形プラ

低温ガス化炉　高温ガス化炉

成形プラとなったプラスチックの固まりは、「低温ガス化炉」と「高温ガス化炉」という2つのガス化炉の中で熱分解され、合成ガスとなります。

アンモニアプラント

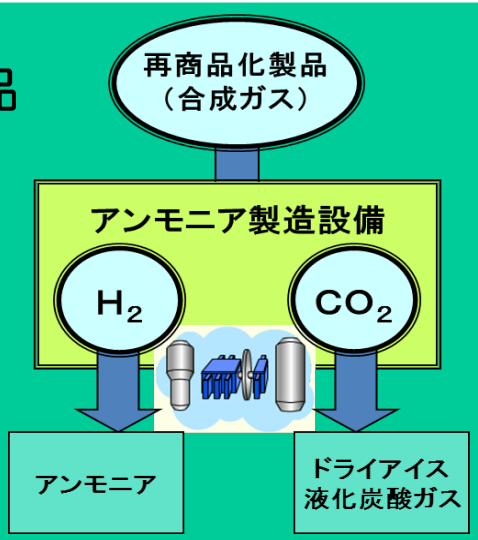
ガス化プラントで作られた合成ガスは、アンモニア製造設備へ運ばれ、炭酸ガスを取り出したあと、水素を取り出します。その水素と空気中の窒素を反応させてアンモニアが作られます。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

2. プラスチック容器包装のケミカルリサイクル

ガス化（アンモニア製造）

再商品化製品の利用例



アンモニアを利用した製品

アクリル繊維

ナイロン繊維

肥料、医薬等

NO_Xを無害化する脱硝用薬剤

炭酸ガスを利用した製品

炭酸飲料

ドライアイス

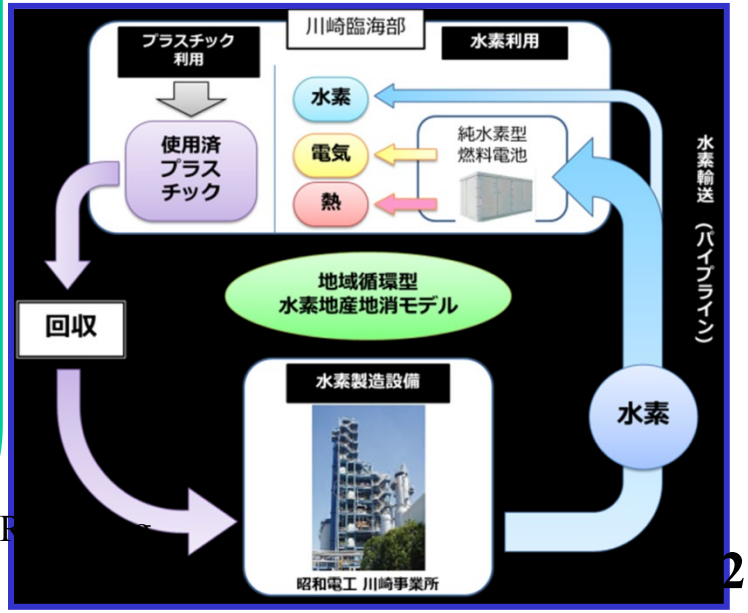
ガス化（アンモニア製造）の特長

- プラスチックをほぼ全量、再商品化
- 再商品化製品の品質・物性が通常品と同等
- 製品として市場に供給する再生利用
- 製造プロセスとして初めてエコマーク認定

エコマーク認定
プラスチック製容器包装の
リサイクルによる
アンモニア製造プロセス
15 504 001
昭和電工株式会社

水素を活用した新たな取り組み

（低炭素水素の地域循環型モデル実証事業）

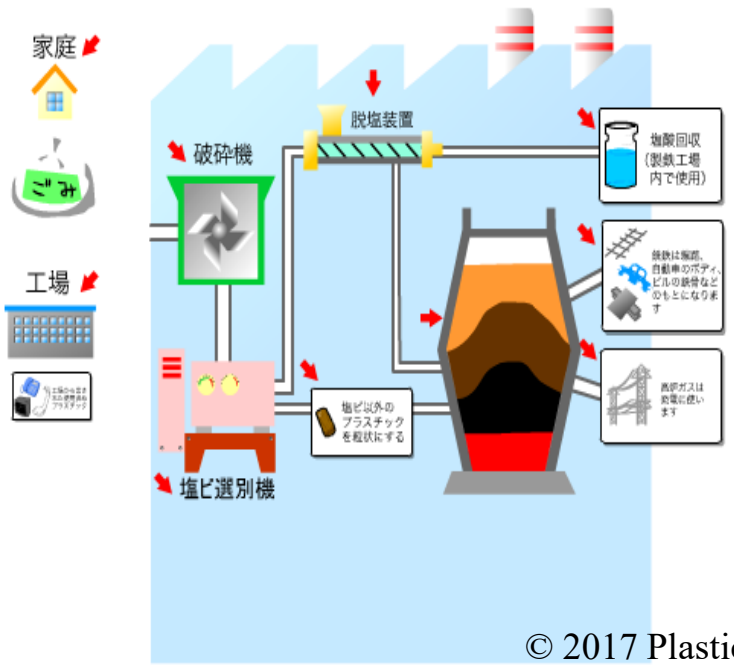


© 2017 Plastic Packaging R
Council

高炉還元剤化、油化

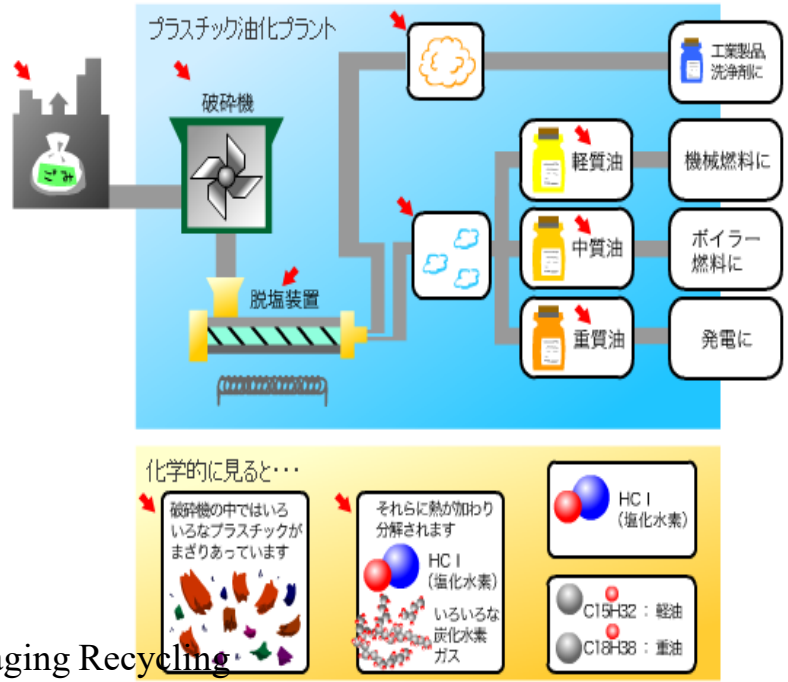
・ 高炉還元剤化とは

使い終わったプラスチックを、製鉄工程で使用するコークスの代替物にリサイクルする手法。石炭が節約でき、水素の有効利用が図れ、CO2削減に繋がる。



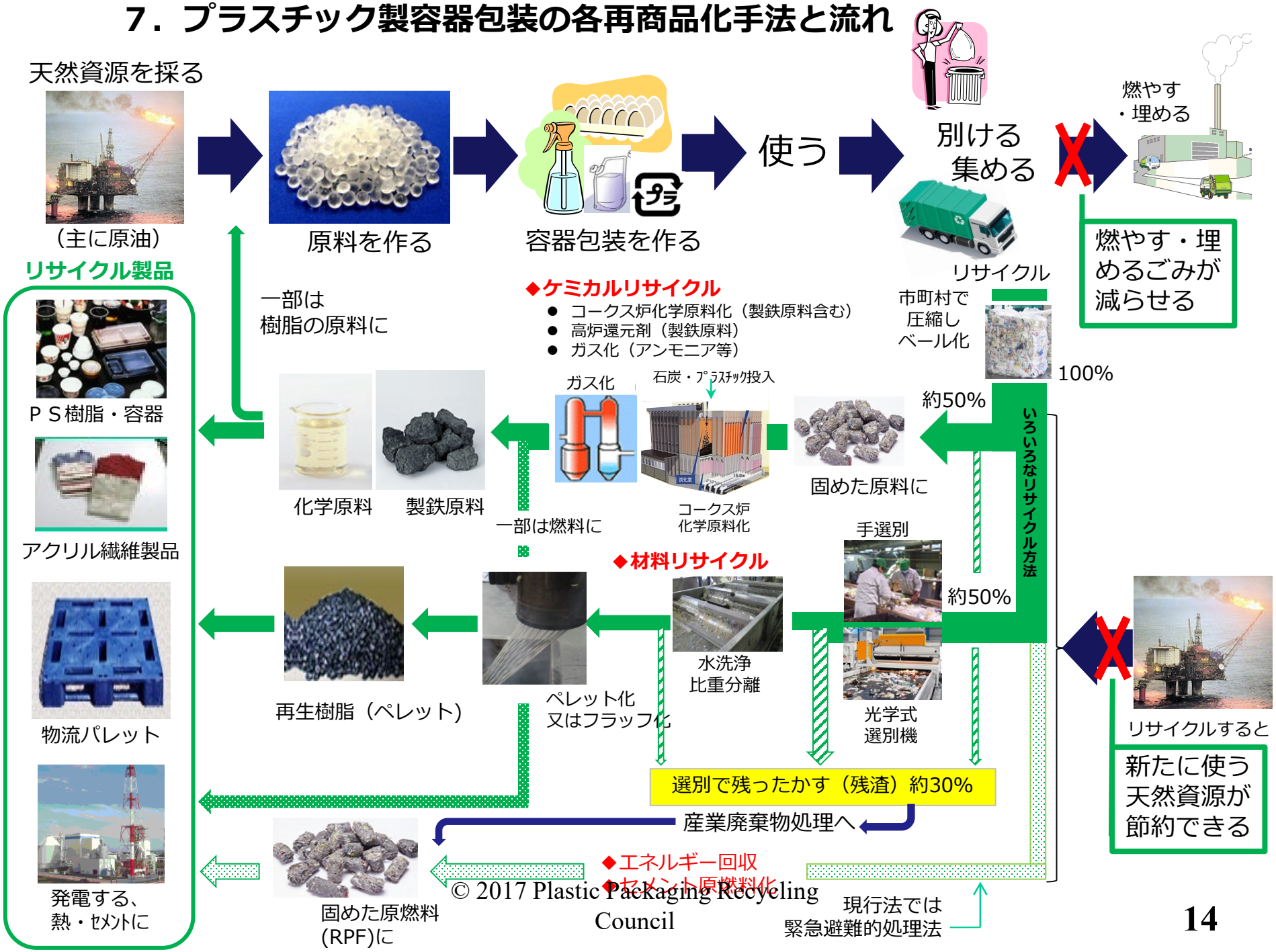
・ 油化とは

使い終わったプラスチックを、熱で分解して生成油を製造する手法。廃プラスチックから塩素分を取り除き、残りの炭化水素分を熱で分解して分留した後、生成油ができる。



© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

7．プラスチック製容器包装の各再商品化手法と流れ



© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

ご清聴ありがとうございました。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

知りたかった‥ケミカルリサイクル

プラスチック容器包装のリサイクル

参考資料

PPRC・CR研究会

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考－１．プラスチックってなぁに

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチックってなぁに

プラスチックとは・・・・・・

英語では　PLASTIC　⇒　*かたちをつくる*

＜広辞苑＞

可塑性があり、加熱により軟化し、任意の形に成型出来る

有機高分子物質の総称で、天然樹脂と合成樹脂があります。

一般的には有機合成高分子をプラスチックと呼んでいます。

①天然樹脂　自然界で出来た樹脂　＝漆　松脂　蝋　など

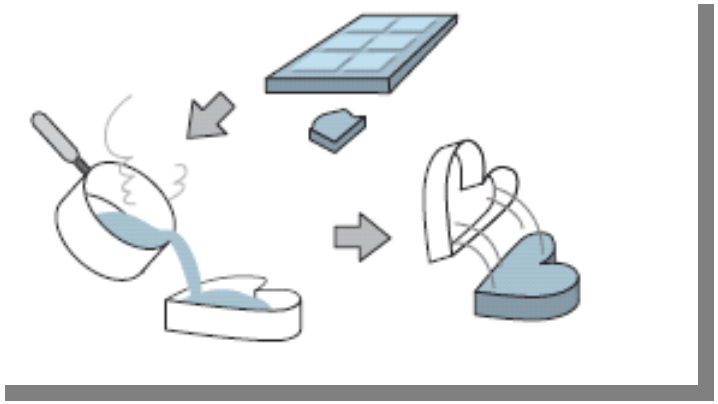
②合成樹脂　人工的に作られた“塑性（plasticity）”を持つ素材
＝　プラスチック　＝熱可塑性、熱硬化性の2タイプ

塑性（そせい）=物質に力を加え変形させ、力を除いても変形したままの性質
＜力を除くと元に戻る性質= 弾性（elasticity）＞

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチックってなぁに

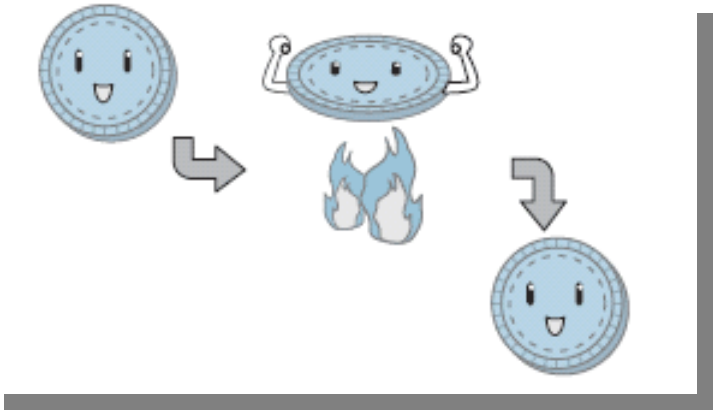
熱可塑性プラスチック



加熱すると柔らかくなり
自由に変形する。
冷却すると固まる。

イメージはチョコレート
容器包装は
熱可塑性プラ

熱硬化性プラスチック

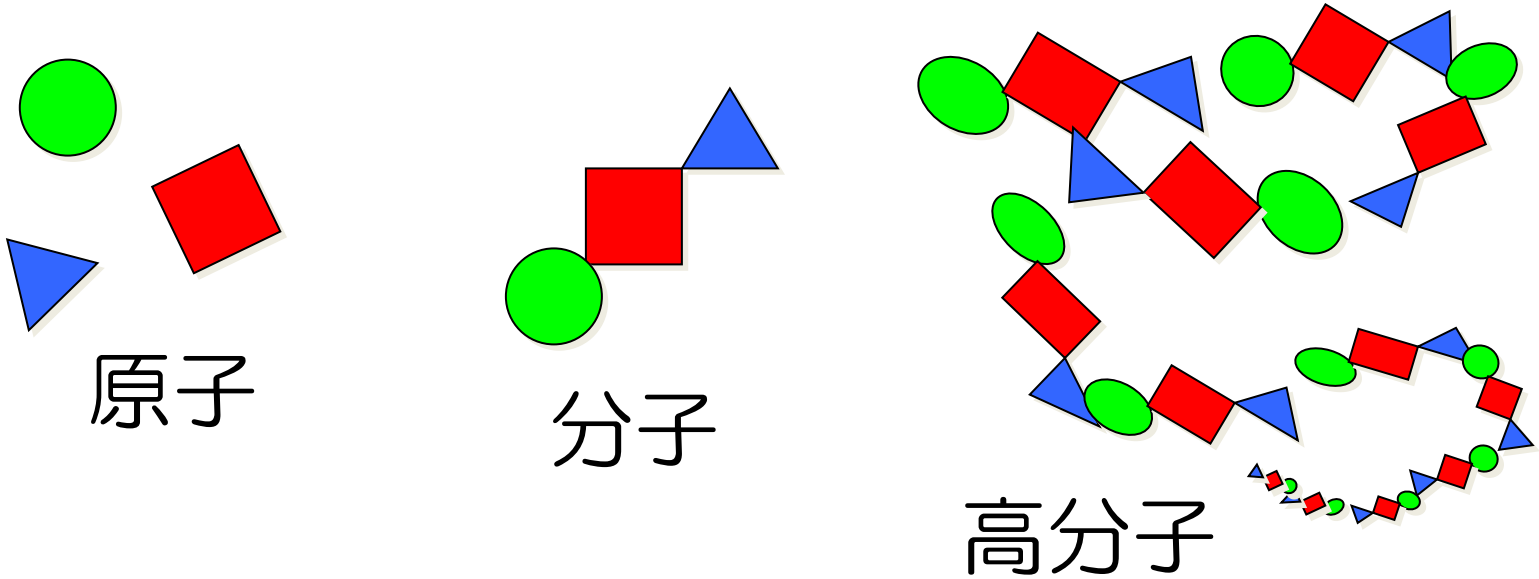


加熱する前は自由に変形するが、加熱することで固まり、再度加熱しても柔らかくならない。

イメージはビスケット

©2017 Plastic Packaging Recycling Council

参　　考



分子と分子　→　合成する　→ 合成高分子

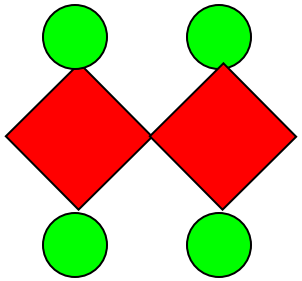
代表的なプラスチック
ポリエチレン、ポリスチレン、ＰＥＴ樹脂、ポリプロピレン、
ナイロン樹脂、塩化ビニール、など100種類以上。

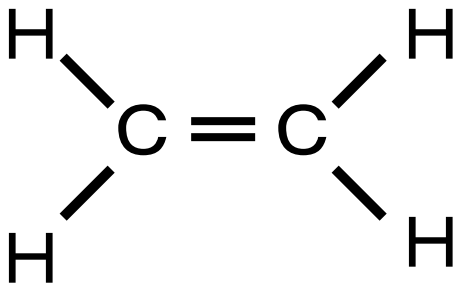
© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考（例えば）

エチレン（モノマー）

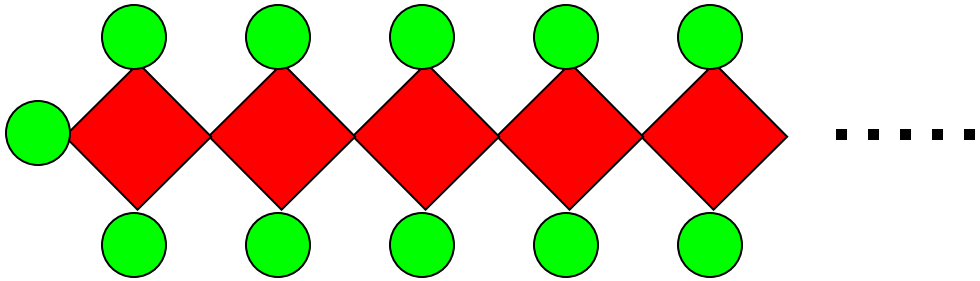
（モノ＝ひとつ）

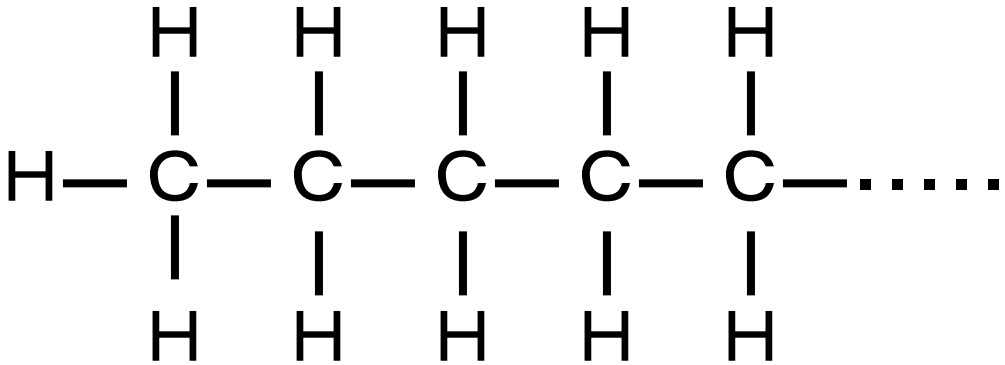




ポリエチレン（ポリマー）

（ポリ＝いっぱい）

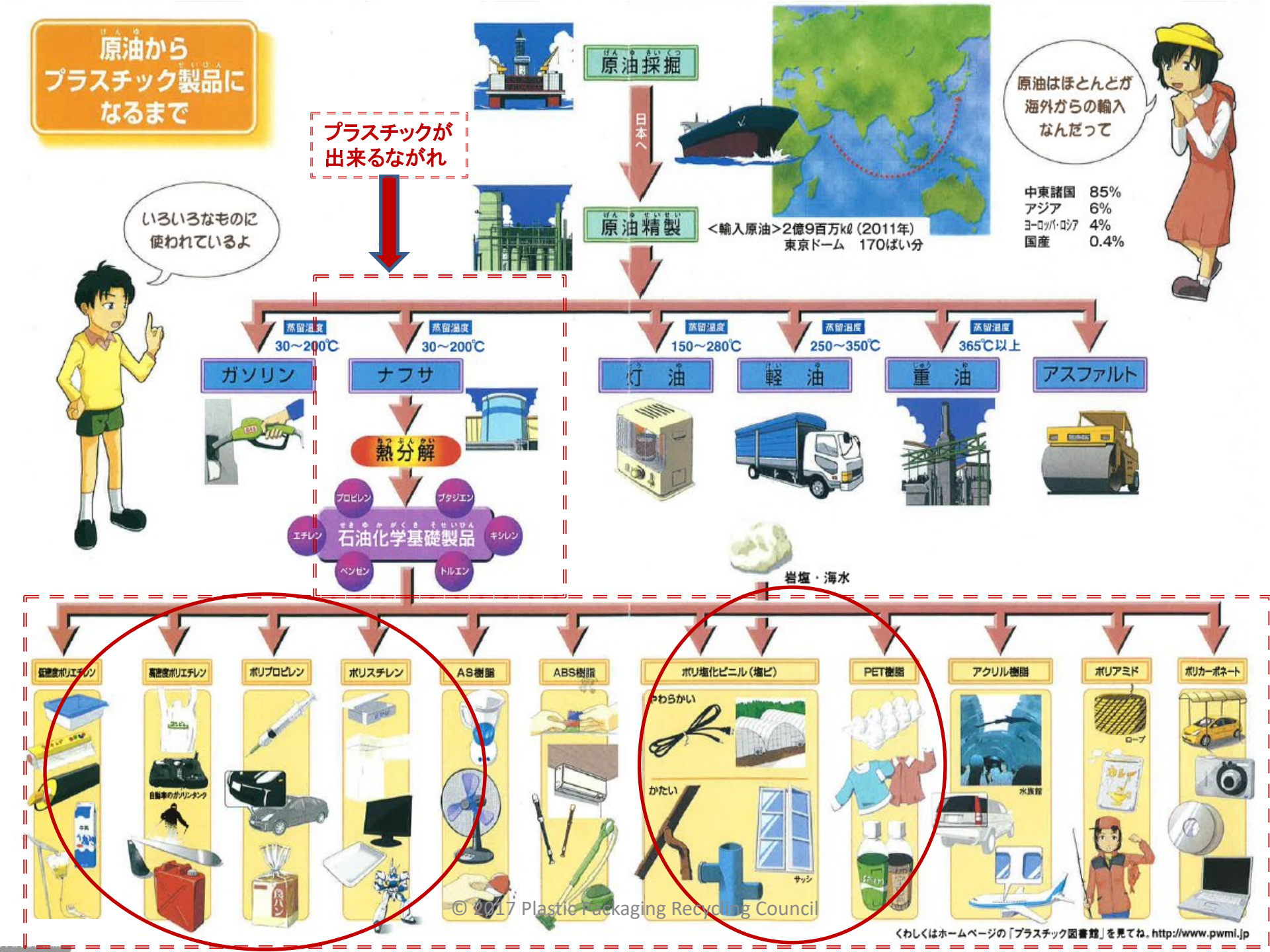




© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考ー２.
プラスチックや
プラスチック容器包装は
どうやってつくるの

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council



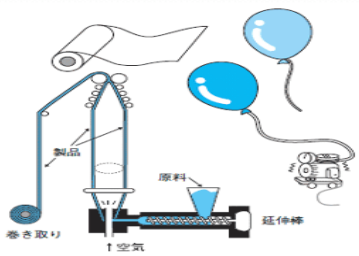
© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチック容器包装はどうやってつくるの

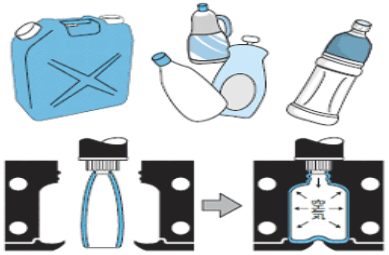
プラスチック（樹脂）を主な原料にしてボトル、フィルム、成形品、チューブ、複合材質など様々な種類の容器包装をつくります。

その作り方には、射出、中空、インフレーション、押出、真空など、様々な手法があります。

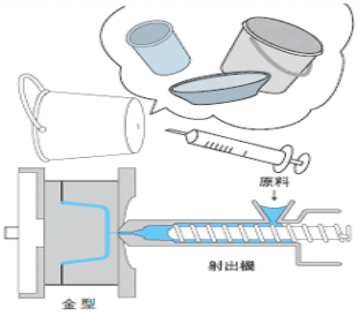
インフレーション成形



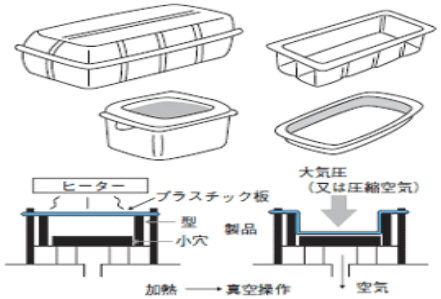
中空成形

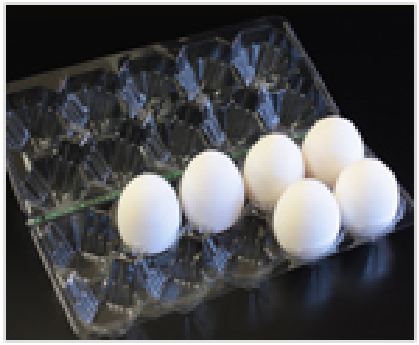


射出成形

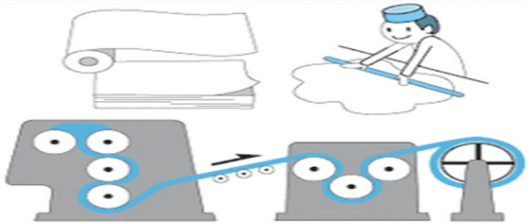


熱成形

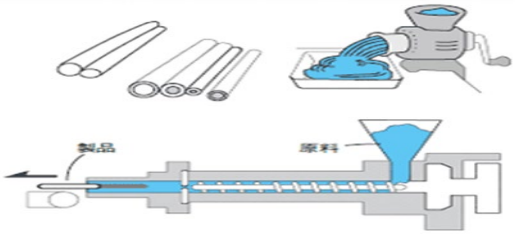




カレンダー成形



押出成形

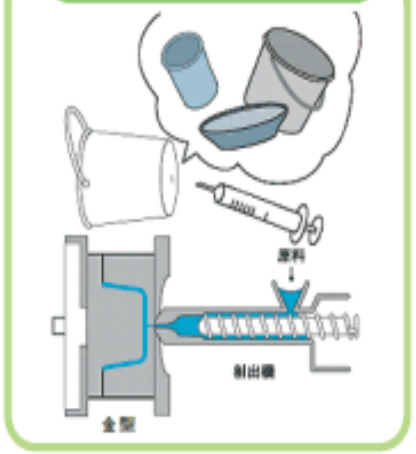


© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチック容器包装はどうやってつくるの

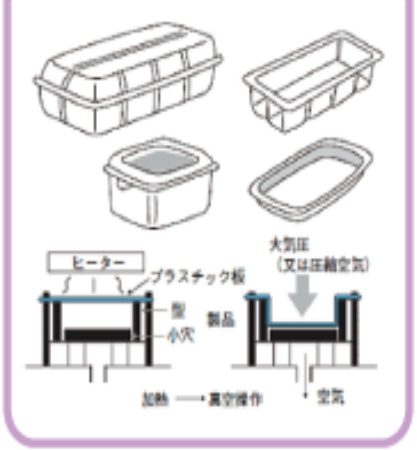
プラスチック容器包装には、ボトル、トレイ・パック類、フィルム、袋類、ラップ、発泡品など様々な形態があります。さらに、同じ形態でも印刷や着色されていない透明タイプ、色柄など印刷などを付けたもの、発泡させたものなど、多種多様です。内容物の保護や、見た目ですぐ分るデザイン、持ち運びなどに適するなど、使い方に合わせた様々な容器包装があります。使われる材質も、単一材質（例えば、ペットボトル、白色トレイなど）のものや複合材質（例えば、各種パウチ、マヨネーズ容器、歯磨チューブなど）など多様です。

射出成形

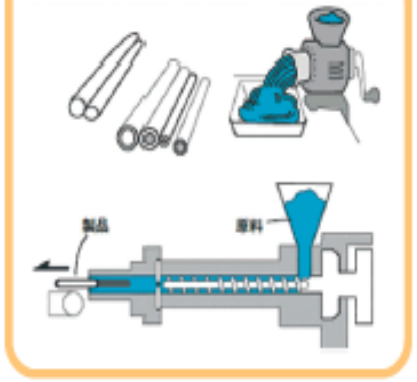


中空成形

熱成形



押出成形



インフレーション成形

カレンダー成形

プラスチック容器包装の作り方

プラスチック容器包装の作り方には、射出、中空、インフレーション、押出、真空、発泡など様々な一次加工の方法があり、さらに貼り合せ（ラミネートや共押出など）、印刷、切り貼り、製袋などの二次加工方法と組合せるものも多く、とても複雑です。

出典：日本プラスチック工業連盟「こんにちはプラスチック」

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考　　容器包装の基本的なはたらき

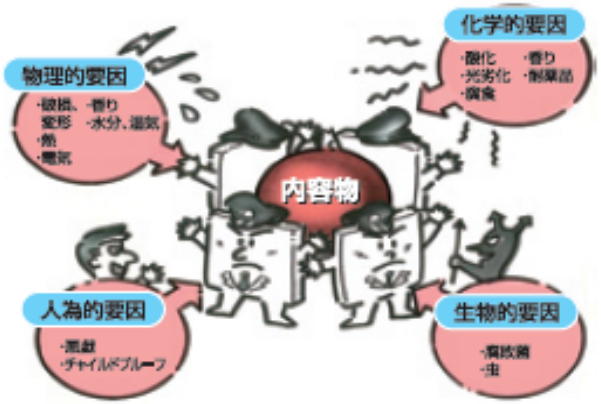
容器とは、物を入れる器のこと。包装とは、中身を守り、飾り整えるということで、中身を包み守る行為や包む素材、包まれた状態などを言います。

Package ＝荷造り、集めてまとめた状態
Pack ＝詰め込む、束ねる
Wrapping ＝覆う、包むなど

容器包装は、古代から人間の生活を支えてきましたが、20世紀になってプラスチックが新たな素材として登場し、人々の生活向上に大きく貢献してきました。

容器包装に必要とされる機能・役割

■容器包装はガードマン ＝ 内容物の保護



出典：(公社)日本包装技術協会資料

■容器包装はヘルパー ＝ 輸送効率を高め、取り扱う人にも優しい

■容器包装はセールスマン・コミュニケーター ＝ 情報の伝達

目立ちやすい
・ブランドマーク
・ブランドカラー

表示内容
・品名　・用途　・識別　・内容物
・特徴　・期限　・量　・メーカー
・成分　・取扱いの注意

いろいろな法律があります
・食品衛生法　・JAS法
・健康増進法　・計量法
・薬事法　・景品表示法
・公正競争規約・家庭用品表示法
・栄養基本法　・食品安全基本法
・容器包装リサイクル法・PL法
・資源有効利用促進法　など

❶内容物の品質保持 ＝ 保存・賞味期限を延長できる。
食品や飲料の場合、賞味期限や品質保持期限の延長で、食品のロスを減らし、ごみを減らす効果もある。

❷取扱いし易くする＝高齢者や子供等にも扱いやすくする。効率的な輸送が図れる。

❸情報伝達の機能＝内容物の製品情報を適切に表示でき、アイキャッチ性を高める。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチック容器包装は、これら要求される機能・役割に応えるべく適材適所で使われています。

参考　　容器包装に使われるプラスチック

プラスチックには、100を超える種類があり、それぞれの樹脂が、電気を通さない、水や薬品等に強い、腐食しにくい、燃えやすい、燃えにくい、酸素や水を通さない、など、様々な特性をもっています。
容器包装に使われるプラスチックも、その容器包装の使い方に応じて、様々な機能が求められます。たとえば内容物が食品の場合、酸素や水分などを通さず、食品の腐敗を防ぎ、熱を遮断して鮮度を守るなどの機能があります。
そこで、様々なプラスチックが持っているそれぞれの特性を活かし、色々な方法で成形加工して、商品に合った容器包装が作られています。単一のプラスチックでは充分な機能を発揮できない場合には、複数のプラスチックを使って要求に沿った機能を与えます。

容器包装に使われる主なプラスチック

容器包装に使われる主なプラスチックは約10種類で、飲料ボトルにはポリエチレンテレフタレート、レジ袋には高密度ポリエチレン、各種の包装用フィルムやごみ袋には低密度ポリエチレン、包装用フィルムやプリンや惣菜などの各種食品容器にはポリプロピレン、食品トレイにはポリスチレン、酸素や水分などを防ぐのは、塩化ビニリデン、エバール樹脂、ナイロンなどが使われています。

種　類	JIS略語	分　類	特　長	容器包装としての主な用途
ポリエチレン	PE	低密度ポリエチレン LDPE	水より軽く、電気絶縁性、耐水性、耐薬品性、環境適性に優れるが耐熱性は乏しい。	ポリ袋、ラップフィルム、食品チューブ
		高密度ポリエチレン HDPE	水より軽い。電気絶縁性、耐水性、耐薬品性に優れ、低密度ポリエチレンより耐熱性、剛性が高い。	包装フィルム、レジ袋、ポリ袋、食品容器、シャンプー・リンス容器
ポリプロピレン	PP		最も比重が小さい。耐熱性が比較的高い。機械的強度に優れる。	包装フィルム、食品容器、キャップ、トレイ、ごみ容器
ポリアミド(ナイロン)	PA		乳白色で、耐摩耗性、耐寒冷性、耐衝撃性が良い。	包装フィルム
ポリスチレン	PS	ポリスチレン	透明で剛性があるGPグレードと、乳白色で耐衝撃性をもつHIグレードがある。着色が容易。電気絶縁性がよい。ベンジン、シンナーに溶ける。	食品容器、CDケース
		発泡ポリスチレン	軽くて剛性がある。断熱保温性に優れている。ベンジン、シンナーに溶ける。	食品用トレイ、カップ麺容器
ポリエチレンテレフタレート(PET樹脂)	PET	延伸フィルム	透明性に優れ、強靭で、ガスバリア性に優れている。	包装フィルム
		無延伸シート	透明性に優れ、耐油性、耐薬品性に優れている。	惣菜・佃煮・フルーツ・サラダ・ケーキの容器、各種透明包装
		ボトル	透明で、強靭で、ガスバリア性に優れている。	飲料・醤油・酒類・茶類・飲料水などの容器(ペットボトル)
塩化ビニル樹脂(ポリ塩化ビニル)	PVC		燃えにくい。軟質と硬質がある。水に沈む。表面の艶・光沢が優れ、印刷適性が良い。	ラップフィルム
塩化ビニリデン樹脂(ポリ塩化ビニリデン)	PVDC		無色透明で、耐薬品性が良く、ガスバリア性に優れている。	包装用フィルム
エチレン・ビニルアルコール共重合体(エバール樹脂)	EVOH		酸素遮断性、耐油性、耐薬品性に優れ、透明性や光沢も良いが、耐水性、耐湿性、耐アルコール性に劣る。	マヨネーズの容器、カレールーの容器など

出典：日本プラスチック工業連盟「こんにちはプラスチック」環境省資料

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考　プラスチックのリサイクル

一旦使われたプラスチックを、再び材料・製品などに有効利用する場合、マテリアルリサイクルやサーマルリカバリーなどの方法があります。元々、プラスチックは、様々な分子を化学的に合成した物質で、リサイクルする場合も、他の素材に比べて、様々な素材の特性に即した多様なリサイクルの方法がありますが、大きく分けると、下記の3つの方法に分類することができます。

材料リサイクル　同じ材質の樹脂を、熱で溶かしてプラスチック材料・製品にする方法

ケミカルリサイクル　熱やガス等を使い化学的方法で分子にして材料・製品にする方法

サーマルリカバリー　石油由来の特性を活かして、熱エネルギーとして利用する方法
（サーマルリサイクルともいう）

容器包装リサイクル法では、プラスチック容器包装の再商品化（リサイクル）の方法として、材料リサイクルとケミカルリサイクルが認定されており、サーマルリサイクルは固形燃料化（RPF）だけが、緊急避難的な方法に位置づけられています。

廃プラスチックの再利用状況

廃プラスチックは、排出状況、樹脂の材質構成、形状・形態、汚れや異物の混入状態などから4つに分類することができます。

1. 製造工程で発生する規格外製品・端材等の素材（樹脂）、中間資材類
2. 流通工程で発生する破損製品や物流・梱包資材類
3. 事業所や公共施設等で使用後に廃棄される製品や物流・梱包資材類
4. 消費後に家庭から廃棄される製品や容器包装類

容器包装リサイクル法で、再商品化の対象になっているプラスチック容器包装は、第4の分類にあたり、一般の消費者が消費後に廃棄することが特徴です。他の分類と違って、樹脂の材質や組成が多種多様で、複合材質も多く、異物混入や汚れ、食品等の付着・吸着等から、PETボトルなどの一部を除いて材料品質の管理が難しく、これまでは再生材料向けにはあまり使われておりませんでした。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

参考　プラスチック容器包装のリサイクル

プラスチック容器包装のリサイクル手法

リサイクル方法		定　　義
材料リサイクル プラスチックの原材料に		異物を除去した後、プラスチック容器包装を洗浄、破砕その他の処理をし、もう一度熱で溶かして、ペレット等のプラスチック原料を得る。
ケミカルリサイクル 化学的に処理して化学原料として利用	コークス炉化学原料化	コークス炉で粒状にしたプラスチックを石炭と共に加熱し、コークスや炭化水素油を得ること。コークス炉内では、コークス、炭化水素油だけでなく、ガス等が製造される。炭化水素油については原材料、ガスについては燃料として利用。
	ガス化	プラスチックを熱分解し、一酸化炭素、水素等のガスを得ること。再商品化で得られたガスは化学工業等の原材料又は燃料として利用。
	高炉還元剤化	プラスチックを粒状にし、製鉄高炉中の鉄鉱石の還元剤を得ること。再商品化で得られた還元剤は、高炉で利用されているコークスの代替品として利用。
	油化	プラスチックを熱分解し、液体状の炭化水素油を得ること。再商品化で得られた炭化水素油は化学工業等の原材料又は燃料として利用。
固形燃料等		固形燃料（RPF）等の燃料を得ること。 ※緊急避難的・補完的手法

材料リサイクル

パレット

再生樹脂

擬木

土木建築用資材
（例.車止め）

園芸農業用資材
（例．プランター）

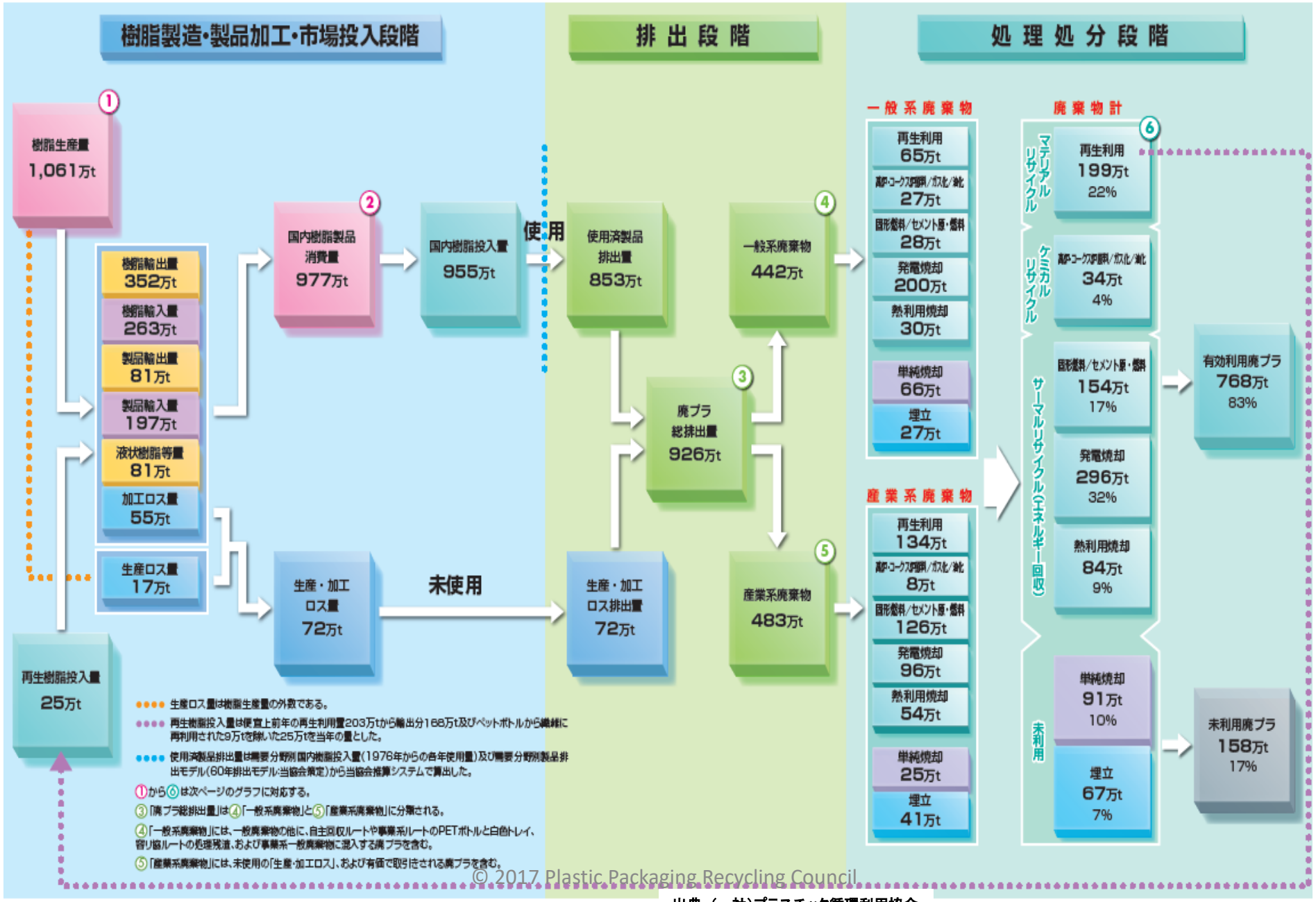
日用雑貨
（例．ごみ袋）

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

関連資料

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

プラスチックのマテリアルフロー（2014年）



© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

出典：（一社）プラスチック循環利用協会

※四捨五入による数値の不一致は一部存在する。

容リ法におけるリサイクルのゆくえ
≪ケミカルリサイクル≫

65.4万トンのプラ容器包装が分別収集され、うち43.7万トンが再商品化されました。

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

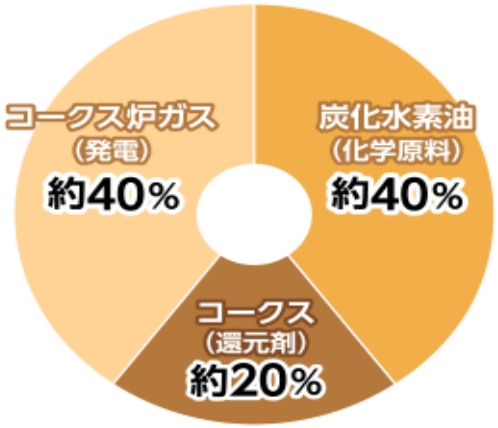
出典（公財）日本容器包装リサイクル協会HP

参考資料

ケミカルリサイクル製品（再商品化製品利用製品）内訳

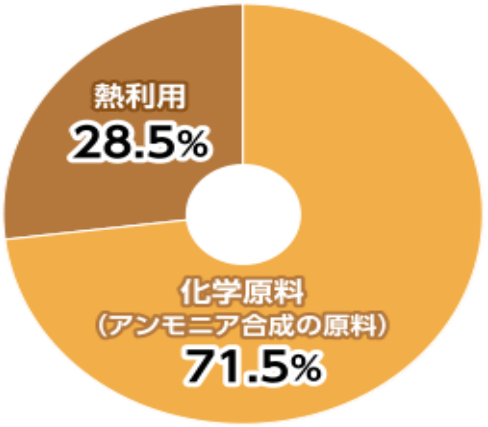
リサイクル方法	リサイクル製品	平成21年度		平成22年度		平成23年度		平成24年度		平成25年度	
（再商品化手法）	□□□□□□□□□□□□□□	販売量（トン）	%	販売量（トン）	%	販売量（トン）	%	販売量（トン）	%	販売量（トン）	%
高炉還元剤化	高炉還元剤として消費	26,933	100	24,395	100	23,586	100	24,573	100	28,557	100
コークス炉化学原料化	コークス（還元剤） 炭化水素油（化学原料） コークス炉ガス（発電）	143,954	計100	178,944	計100	179,265	計100	183,033	計100	174,554	計100
ガス化	化学原料（アンモニア合成の原料）	28,678	63.2	24,735	47.1	33,913	66	37,729	63.7	43,770	71.4
	熱利用	16,716	36.8	27,776	52.9	17,456	34	21,525	36.3	17,504	28.6
	計	**45,394**	**100**	**52,511**	**100**	**51,370**	**100**	**59,254**	**100**	**61,275**	**100**
油化	化学原料	984	14.1	66	9.1	0	0	0	0	0	0
	熱利用	6,010	85.9	655	90.9	0	0	0	0	0	0
	計	**6,994**	**100**	**721**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
合計		**223,275**	–	**256,571**	–	**254,220**	–	**266,861**	–	**264,386**	

高炉還元剤化



コークス炉化学原料化

内訳は新日鐵住金株式会社HPより

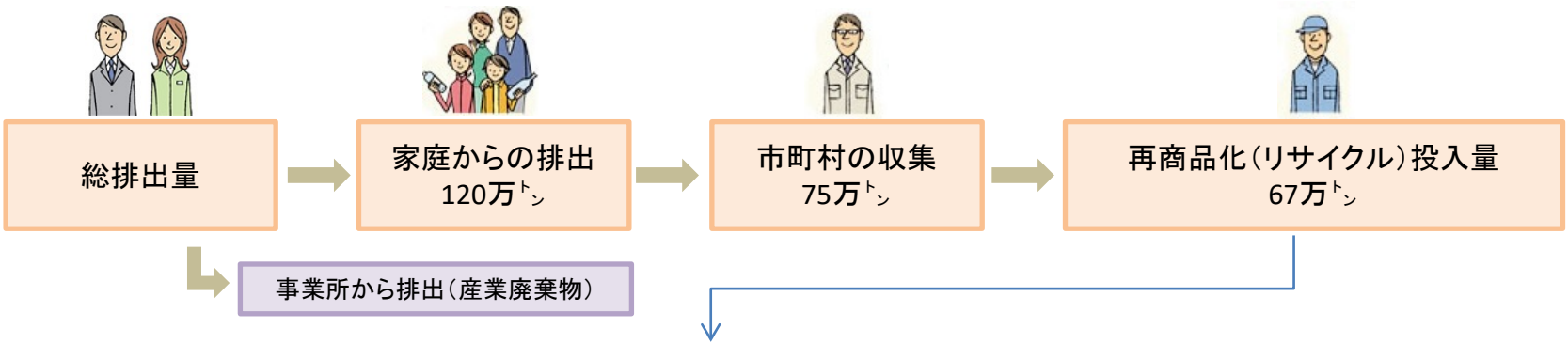


ガス化

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

出典（公財）日本容器包装リサイクル協会HP

プラスチック製容器包装　リサイクル



H28年度　再商品化（リサイクル）実績	投入量（トン） A	構成比	製品販売量（トン） B	構成比	再商品化比率 (B/A)
合計(1＋2)	667,468	100%	438,658	100%	全平均65.7%
1.プラスチック	(442,649)		(438,249)		
プラスチック製品（擬木、パレット等）	338,659	50.74%	165,330	37.69%	48.8%
□□□□□□□□□□□	0	-	-	-	
高炉還元剤	36,296	5.44%	27,780	6.33%	76.5%
コークス炉化学原料	216,295	32.41%	190,594	43.45%	88.1%
合成ガス（石油化学原料、燃料）	75,710	11.34%	54,545	12.43%	72.0%
2.白色トレイ	(508)		(408)		
プラスチック製品（日用雑貨、トレイ等）	508	0.08%	408	0.09%	80.3%

H28年度　再商品化（リサイクル）実績	再商品化（再生利用）比率 （平均値）	
材料リサイクル	48.8%	約50%
ケミカル利用率	78.9%	約80%
白色トレイ	80.3%	約80%

© 2017 Plastic Packaging Recycling Council

出典：公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会