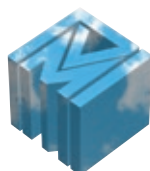


プラスチックリサイクルの 基礎知識

2020



一般社団法人
プラスチック循環利用協会

はじめに

長期目標を掲げ温室効果ガス排出削減目標の提出・更新を5年毎に各国に義務付ける「パリ協定」の採択、より包括的かつ新たな世界共通目標「SDGs」を中核とする「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の議決など、2015年は地球環境を巡る歴史的な転換点ともいえる一年となりました。

漂流プラスチックやマイクロプラスチックなどの海洋ごみ問題についても、地球規模の脅威になりつつあるとの認識が全世界で共有されるようになり、先進主要各国では、15年G7エルマウサミットでの「海洋ごみ問題に対処するためのG7行動計画」合意に続き、16年富山G7環境相会合、17年イタリア・ボローニャG7環境相会合と、海洋ごみ問題との戦いに積極的に取り組むことが再確認されました。18年G7カナダ・シャルルボアサミットでは、カナダとEU各国が数値目標を含む「G7海洋プラスチック憲章」を承認しました。わが国は、米国と共にこの憲章に承認しなかったものの、18年6月に閣議決定された「第四次循環型社会形成推進基本計画」に基づき、19年5月にプラスチックの資源循環を総合的に推進するための「プラスチック資源循環戦略」が策定されました。これには、今年7月から始まる、ワンウェイプラスチック製容器包装・製品について、使用・廃棄削減を目的とした、レジ袋有料化義務化も盛り込まれています。

また、海洋ごみ問題への対応には、先進国のみならず、アジア各国を含むすべての国が必要な対策をとる必要があるとの認識の下で17年G20ドイツ・ハンブルグサミットでは「海洋ごみ行動計画」が合意され、18年11月のASEAN+3（日中韓）首脳会議では、日本が提唱した「海洋プラスチックごみ協力アクション・イニシアティブ」が採択されました。このような経過を踏まえ、19年6月のG20大阪サミットでは、G20大阪首脳宣言の中で2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が合意されました。

国内の廃プラスチックに目を向けると、2016年に資源として約140万トン輸出していた廃プラスチックは、輸出先の半分以上を占めていた中国をはじめ、タイ、ベトナム他の禁輸措置により、2018年は約90万トンに減少しました。また、19年5月にスイス・ジュネーブで開催されましたバーゼル条約締約国会議では、2021年から汚れたプラスチックごみを条約の規制対象とし、輸出に当たっては輸出相手国の同意が必要となること等が決定いたしました。

このようにプラスチック廃棄物を取り巻く状況は年々厳しいものとなりつつあり、排出抑制のためにはワンウェイの容器包装・製品の使用を削減すべきとの見方もあります。他方ワンウェイの容器包装・製品の中でも、例えばウィルス感染抑制の観点から必要性が再認識されているものも多くあります。プラスチックを論じるに際しては、そのマイナス面だけをとりあげるのではなく、プラス面についても十分に目を配る必要があります。

持続可能な社会を実現し、次世代に豊かな環境を引き継いでいくため、プラスチックについても、資源・廃棄物制約、海洋ごみ対策、地球温暖化対策等の幅広い課題に対応しながら、経済性及び技術的可能性を考慮しつつ、廃棄物エネルギーの効率的な回収も含めライフサイクル全体での徹底的な資源循環という視点からの検討が求められています。

プラスチックの大本は石油などの有限の資源によるものです。有限だからこそ、プラスチックの廃棄物を再び資源として活用することができれば、資源確保、廃棄物処理の両面で課題の解決に貢献することができます。使用済プラスチックについては、長年に亘りリサイクル技術開発が進められた結果、今ではプラスチック製品の原料に再生するマテリアルリサイクル、化学原料に再生するケミカルリサイクルなどの手法が確立され、広く普及するようになりました。またマテリアル、ケミカルに適さないプラスチックについてはエネルギー回収（サーマルリサイクル）によってその有効活用が図られています。これらの積み重ねにより、わが国の廃プラスチックの有効利用率は2018年では84%と高い水準となっています。これは世界でもトップクラスに位置し、わが国のリサイクルへの取り組み意識の高さを示しているものといえます。

この「プラスチックリサイクルの基礎知識」では、廃棄物を多角的に考察するとともに、とりわけ廃プラスチックの処理と資源化の状況について最新のデータに基づき紹介しています。廃棄物問題、環境問題にはさまざまな要因が絡んでいるため、解決には科学的で多角的なアプローチが不可欠です。この小冊子が廃プラスチックを中心とする廃棄物の問題を考える際の参考になれば幸いです。

2020年6月

一般社団法人 プラスチック循環利用協会

C O N T E N T S

1 ごみの排出量

- 産業廃棄物の排出量は横ばい状態 …… 2
- 一般廃棄物の排出量は底打ち傾向 …… 3
- 世界の廃棄物排出の状況 …… 4

2 廃プラスチックの処理と資源化

- 着実に進む廃プラスチックの有効利用 …… 5
- プラスチックのマテリアルフロー図(2018年) …… 6
- マテリアルリサイクルを支える回収システム …… 8
- プラスチックごみを分けてみたら …… 9

3 プラスチック関連知識

- 原油からプラスチックまでの流れ …… 10
- 樹脂別、用途別生産比率 …… 11
- 暮らしと産業を支えるプラスチック …… 12
- 主なプラスチックの特性と用途 …… 14

4 プラスチック・リサイクルの手法

- 三つのリサイクル …… 16
- マテリアルリサイクル …… 17
- マテリアルリサイクルの流れ …… 18
- 原料・モノマー化技術 …… 19
- 高炉原料化技術／コークス炉化学原料化技術 …… 20
- ガス化技術 …… 21
- 油化技術 …… 22
 - 参考 容り法対象ケミカルリサイクル施設 …… 22
- サーマルリサイクル(エネルギー回収) …… 23
- ごみ発電の現状(一般廃棄物) …… 24
- 高い発熱量は貴重なエネルギー …… 25
- ごみの焼却と汚染物質 …… 26
- 参考 海洋プラスチックごみ …… 27

5 LCA について

- LCA(ライフ サイクル アセスメント)とは …… 28
- LCAでリサイクルを考える …… 29

6 循環型社会形成のための法制度としくみ

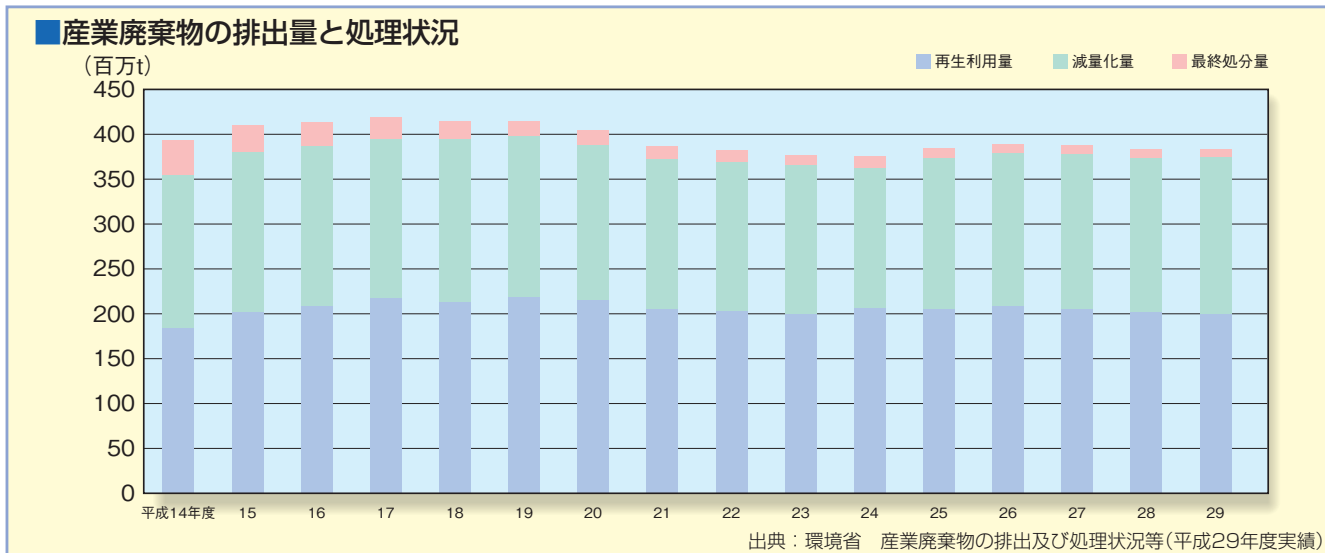
- 基本法と個別リサイクル法 …… 30
- 容器包装リサイクル法と識別表示マーク …… 31
- 家電リサイクル法、自動車リサイクル法 …… 32
- 参考 関係団体組織一覧 …… 33



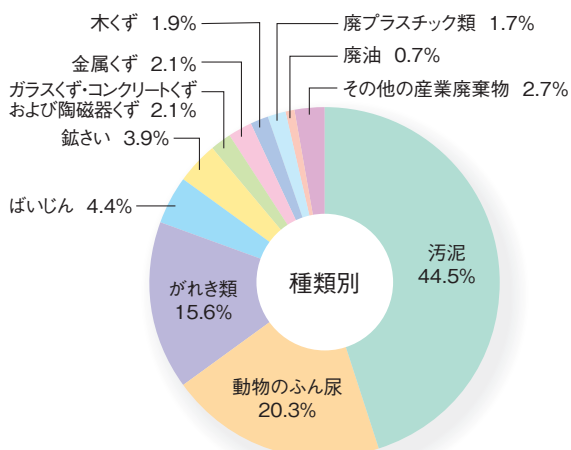
プラスチックリサイクルの基礎知識

1 ごみの排出量

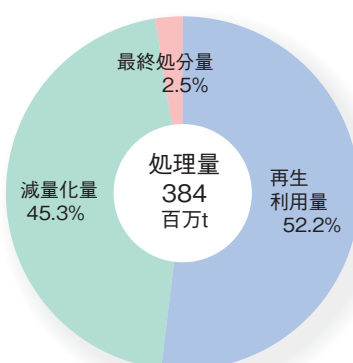
● 産業廃棄物の排出量は横ばい状態



■ 廃棄物の内訳



■ 処理状況



◆ 約3%が埋立処理

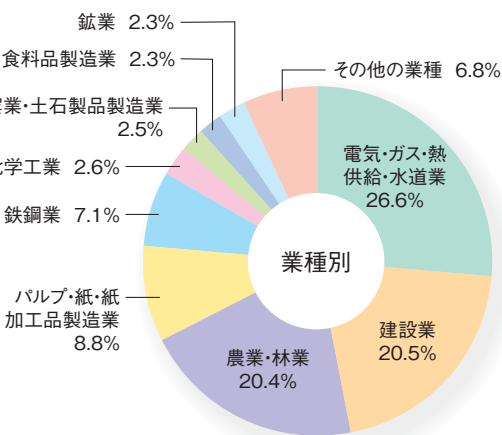
産業廃棄物とは、建設現場、畜産農場、工場など事業活動から排出される廃棄物をいいます。日本国内で排出される産業廃棄物はここ数年、年間4億t弱の数量で推移しています。

その内訳は汚泥が全体の4割強、次いで動物のふん尿、がれき類が続く、この三つで全体の8割に達します。これに対し廃プラスチック類はほんの僅かに過ぎません。

業種別では、電気・ガス・熱供給・水道業の都市インフラ関係、農業・林業、そして建設業の三つで全体の7割近くを排出しています。また地域別では、関東が27%、中部が15%、近畿と九州がそれぞれ14%の割合となっています。

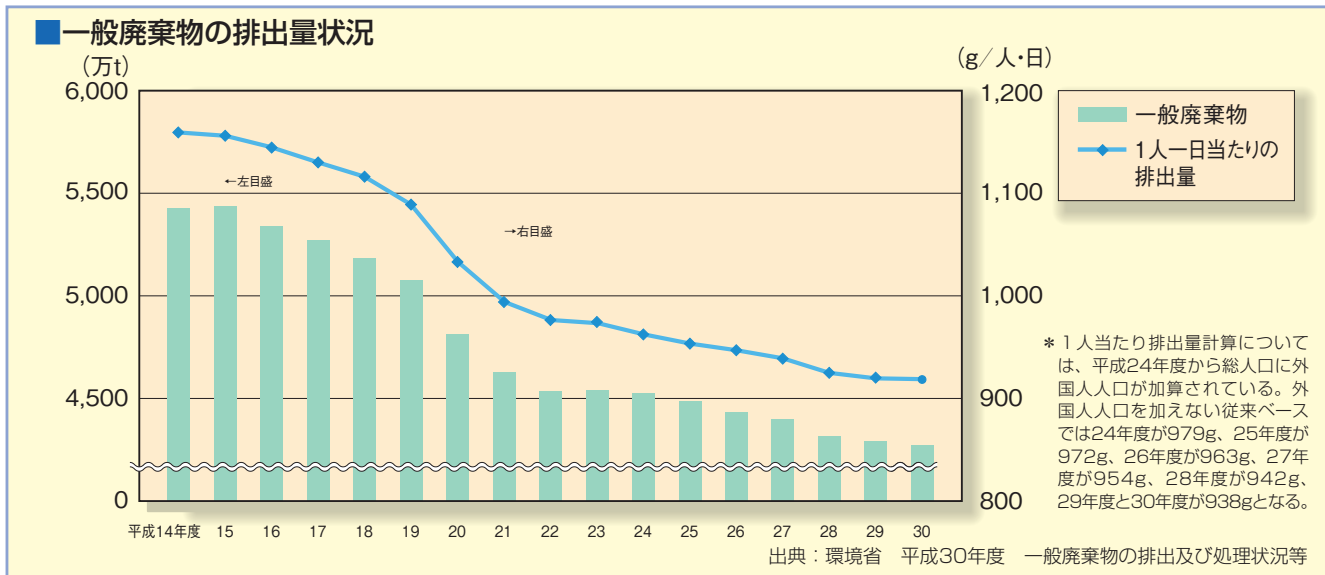
処理状況を見ると、全体では前年比349万t減となりましたが、その内訳は、再生利用量と最終処分量の減がそれぞれ383万tと20万t、減量化量の減が54万tでした。平成20年度頃までは最終処分量減少と再生利用量増加の傾向が続いていましたが、それ以降は、最終処分量減少の弱まり、再生利用量横ばいの傾向となっています。

産業廃棄物の最終処分場残存容量は1.6億m³弱で、その残余年数は、全国平均で16.4年と推計されており、中でも首都圏は5.0年と依然厳しい状況に置かれています(平成30年4月1日現在・環境省 産業廃棄物処理施設の設置、産業廃棄物処理業の許可等に関する状況より)。



出典：環境省 産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成29年度実績)

● 一般廃棄物の排出量は底打ち傾向



◆ 大部分は焼却処分に

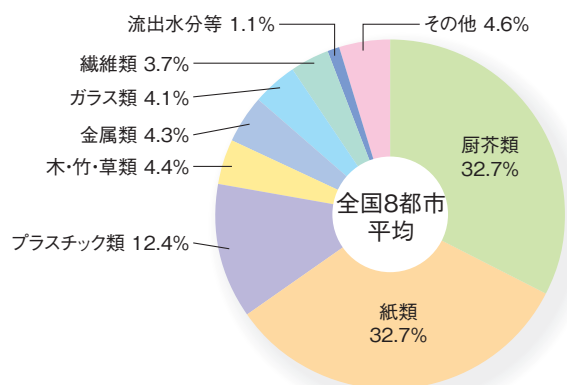
平成30年度に日本国内で排出された一般廃棄物の量は4,272万tとピーク時の平成12年度と比べ約1,200万tの減少となり、また1人一日当たりの排出量は918g(上グラフ注*参照)で、同じく2割強のマイナスになりました。一般廃棄物排出量は平成12年度以降着実に減少を続けてきましたが、ここ数年底打ちの傾向が続いています。排出形態別では、生活系ごみが2,967万t(うち集団回収が204万t)、事業系ごみが1,304万tと生活系ごみが全体の70%を占めています。

ごみの中身をみると、例えば環境省の平成30年度調査によれば、その組成は湿重量比では「厨芥類」と「紙類」が33%、次いで「プラスチック類」が12%、「木・竹・草類」、「金属類」、「ガラス類」、「繊維類」が4%となっています。厨芥類がごみの3割を占めるため、水分がかなりの重量含まれていることが想定されます。

平成30年度の一般廃棄物総処理量は4,074万tでしたが、処理状況の図でわかるようにその大部分(80%)が直接焼却されました。また最終処分量は384万t(直接44万t+中間処理後340万t)で、一人当たり毎日約82gの廃棄物が埋め立てられていることとなります。一般廃棄物最終処分場(埋め立て処分場)数は1,639施設、残余容量は101百万㎡で、残余年数は全国平均で21.6年でした**。なお首都圏での年数は26.5年(前年度比+1.4年)、近畿圏で18.9年(前年度比-1.1年)となっています。一方最終処分場を有さない市区町村も295あり、全市区町村(1,741)の約17%が民間の最終処分場に埋め立てを委託していることとなります。最終処分を目的に自治体の属する都道府県外に搬出された一般廃棄物は約24万t(最終処分量全体の6.1%)で、その多くが、関東、中部域からのものでした。最終処分場確保と残存年数延伸のため、3R(リデュース、リユース、リサイクル)を進め、埋め立て処分量を減らすことが求められています。

**2018年6月政府は、「廃棄物処理施設整備計画」(2018年度～2022年度)を閣議決定し、一般廃棄物最終処分場の残余年数は、「ごみのリサイクルや減量化を推進した上でなお残る廃棄物について、生活環境の保全上支障が生じないよう適切に処分するため、最終処分場の設置又は改造、既埋立物の減容化等により、一般廃棄物の最終処分場の整備を推進する」ことで、2017年度水準(20年分)の維持を図ることとした。

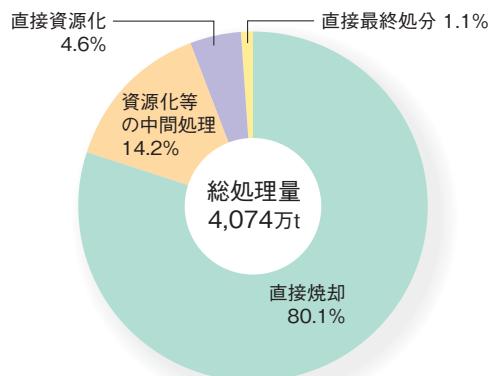
■ ごみステーションに排出されたごみ組成分析(湿重量比率)



調査対象：8都市(東北1、関東4、中部1、関西1、九州1)につき、それぞれ次の特性を持つ3地区で排出された家庭ごみ。
A地区：比較的古くからの戸建て住宅地 B地区：比較的最近に開発された戸建て住宅地 C地区：共同住宅
調査期間：令和元年8月～令和元年12月

出典：環境省 容器包装廃棄物の使用・排出実態調査(令和元年度)

■ 処理状況



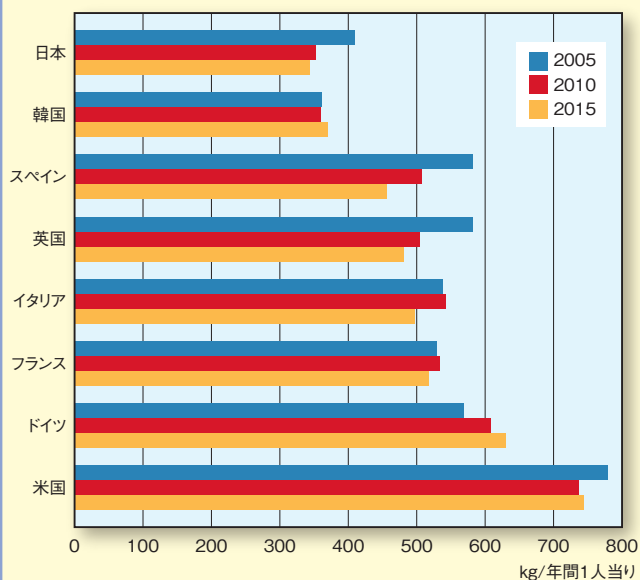
出典：環境省 平成30年度 一般廃棄物の排出及び処理状況等



1 ごみの排出量

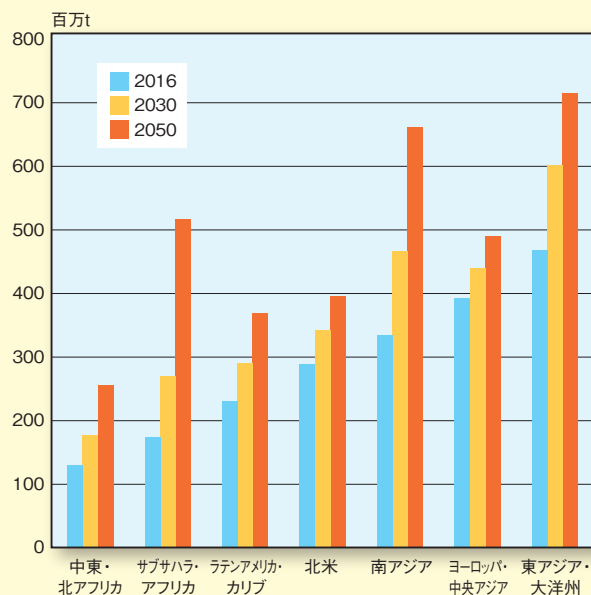
世界の廃棄物排出の状況

世界主要国の年間1人当たりのごみ排出量



出典：OECD.Stat

世界の地域別の廃棄物排出量



出典：世界銀行 What a Waste 2.0 2018

◆OECD加盟世界主要国のごみ排出の状況

2015年のOECD加盟国の一般廃棄物の排出量は年間で6.7億tとなりました。特に米国では一国で2.4億tを排出しており、一人当たりでも他国を圧倒し744kgのごみ排出量となっています（OECD加盟国平均：523kg）。

これに比べ日本の年間一人当たりのごみ排出量（344kg）の少なさが目立ちます（OECD.Stat）。

◆地球規模で増加する廃棄物

廃棄物の排出量が地球的規模で増大しています。21世紀に入りその傾向が一段と強まってきました。世界銀行レポートによれば、2012年13億tだった全世界の廃棄物の排出量は16年には20億tとなり、さらに50年には人口増加率（2倍）を上回るスピードで34億tに増加するとしています。これを地域別にみると、2016年では東アジア・大洋州（4.7億t）、ヨーロッパ・中央アジア（3.9億t）、南アジア（3.3億t）、北米（2.9億t）の順でしたが、これが50年になると、東アジア・大洋州（7.1億t）がトップの座を維持するものの、倍増の南アジア（6.6億t）、三倍増のサブサハラ・アフリカ（5.1億t）が二番手、三番手の位置を占めることになります。

南アジア、サブサハラ・アフリカは、今後爆発的な人口増加、活発な経済開発、急速な経済成長が見込まれるところ。これに対し先進国の多いヨーロッパ・中央アジア（4.9億t）、北米（4.0億t）は、1.3～1.4倍程度のごくゆるやかな伸びにとどまっています（世界銀行/What a Waste 2.0 2018）。

経済開発、経済成長に伴い、発展途上の国々でも急速に大量生産・大量消費・大量廃棄の時代を迎えることが予想されます。しかも都市部への急速な人口移動・集住がごく短期間で起こる懸念もあります。これらの国々の多くは廃棄物処理に必要なインフラ、情報、教育、資金などの面が脆弱なため、発生する膨大な量の廃棄物をどう処理するかが大きな課題となりかねません。廃棄物の処理が適切になされなければ、土壌、大気、海洋、河川の汚染、地球温暖化、自然・生態系の破壊、有限資源の浪費など様々な問題が地球規模で生じる可能性があります。

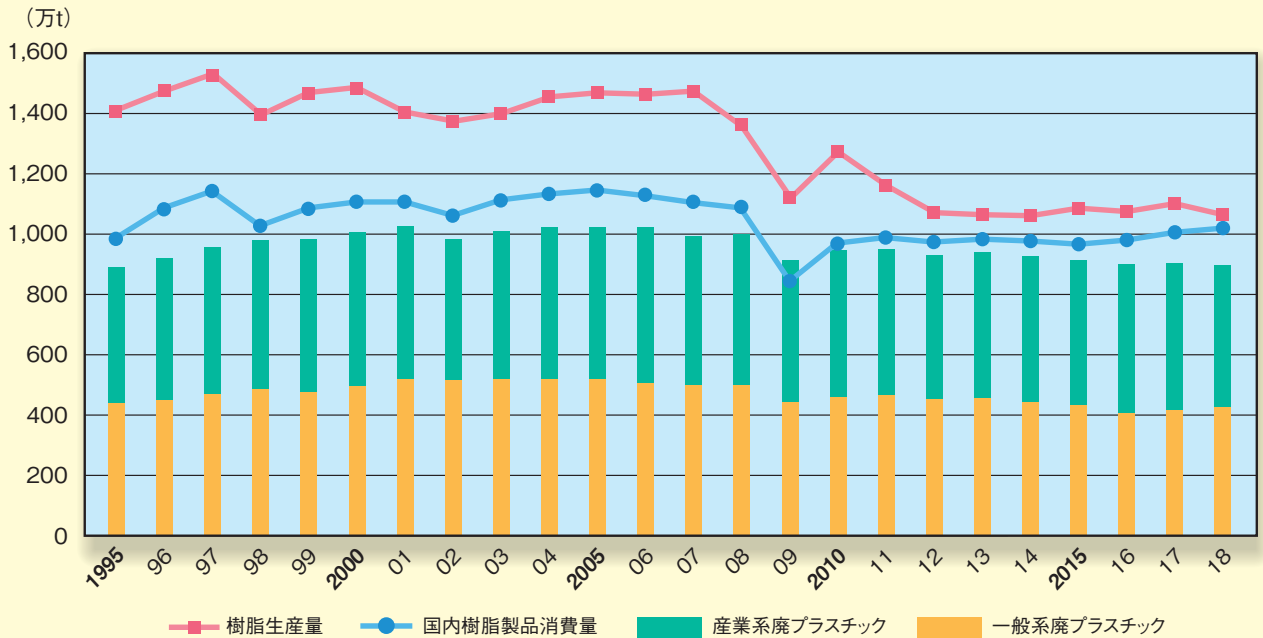
増加し続ける廃棄物問題は今や一国、一地域、一個人で解決できるものではありません。廃棄物の適正管理、廃棄物の発生抑制および再利用と再生利用促進のため、世界的規模での連携が強く求められています。



廃プラスチックの処理と資源化

●着実に進む廃プラスチックの有効利用

■プラスチックの生産量・排出量



■廃プラスチックの総排出量・有効利用量・有効利用率の推移

(単位=万t)

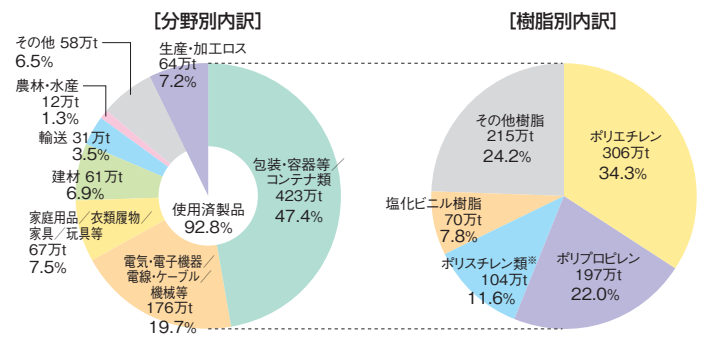
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
廃プラ総排出量	1,006	1,005	994	998	912	945	952	929	940	926	915	899	903	891	
有効利用量	マテリアルリサイクル量	185	204	213	214	200	217	212	204	203	199	205	206	211	208
	ケミカルリサイクル量	29	28	29	25	32	42	36	38	30	34	36	36	40	39
	サーマルリサイクル量	368	457	449	494	456	465	496	502	535	534	521	517	524	502
	合計	582	688	692	733	689	723	744	744	767	768	763	759	775	750
有効利用率 (%)	58	69	69	73	75	77	78	80	82	83	83	84	86	84	

出典：(一社)プラスチック循環利用協会

◆2018年のハイライト

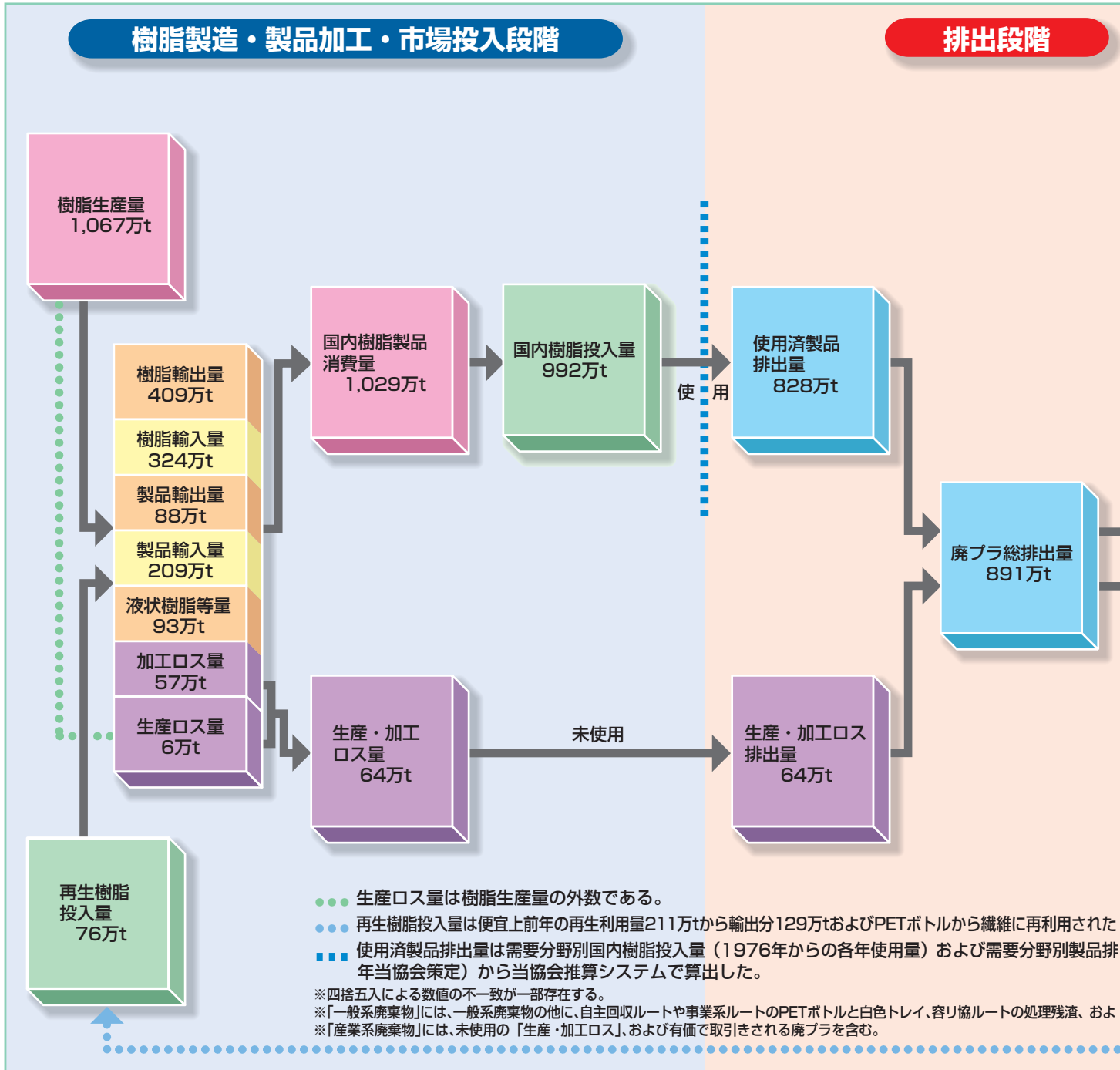
- ①「樹脂生産量」は前年比35万t減の1,067万t(-3.1%)、「国内樹脂製品消費量」は1,029万tと17万tの増加(+1.7%)となりました。
- ②次頁のフロー図の精度向上のため実施した各種係数の見直しもあり、「廃プラ総排出量」は前年比12万t減の891万t(-1.3%)、「有効利用廃プラ量」が前年比25万t減の750万t(-3.3%)、「未利用の廃プラ量」は14万t増の142万t(+10.5%)となったため、「有効利用率」は前年に比べ2ポイント減の84%となりました。

■廃プラ総排出量(891万t)の内訳



出典：(一社)プラスチック循環利用協会

●プラスチックのマテリアルフロー図（2018年）



◆廃プラスチックの有効利用率は84%

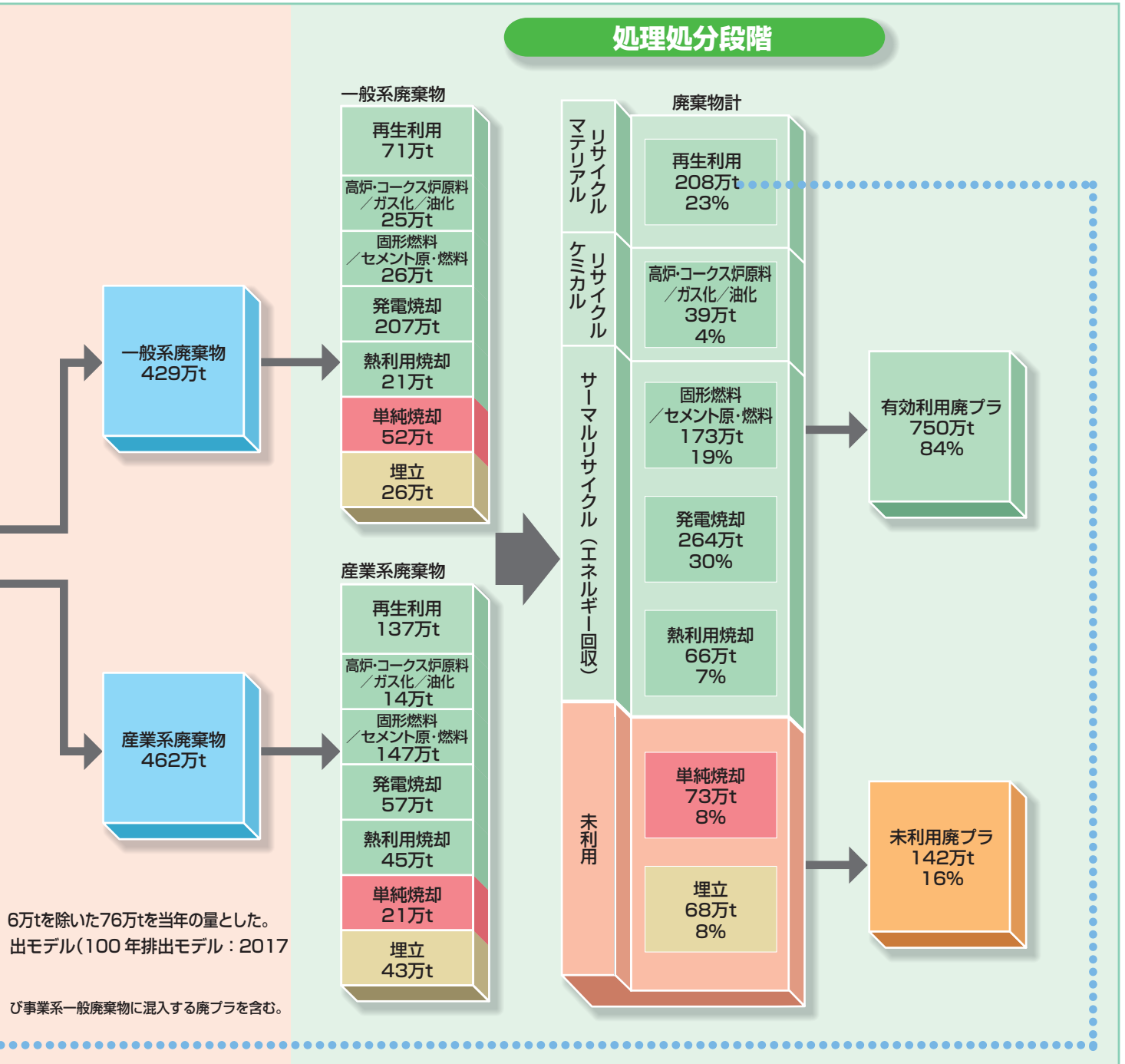
2018年の「樹脂生産量」は前年と比べやや減少し、1,067万t（-35万t：-3.1%）でした。

「樹脂輸出量」、「樹脂輸入量」、「製品輸出量」および「製品輸入量」は、409万t（+3万t：+0.7%）、324万t（+33万t：+11.1%）、88万t（+5万t：+5.4%）、209万t（+9万t：+4.3%）といずれも増加しました。この結果、「国内樹脂製品消費量」は、17万t増加し、1,029万t（+1.7%）となりました。

ました。

また、「廃プラ総排出量」は891万t（-1.3%）と12万tの減少となりました（内訳は、「一般系廃棄物」429万t（+11万t：+2.7%）、「産業系廃棄物」462万t（-23万t、-4.8%））。

処理処分方法別では、「マテリアルリサイクル」が208万t（-3万t：-1.4%）、「ケミカルリサイクル」（*1）が39万t（-1万t：-2.2%）、「サーマルリサイクル」（*2）全体では、



出典：(一社)プラスチック循環利用協会

502万t (-21万t: -4.1%) となりました。

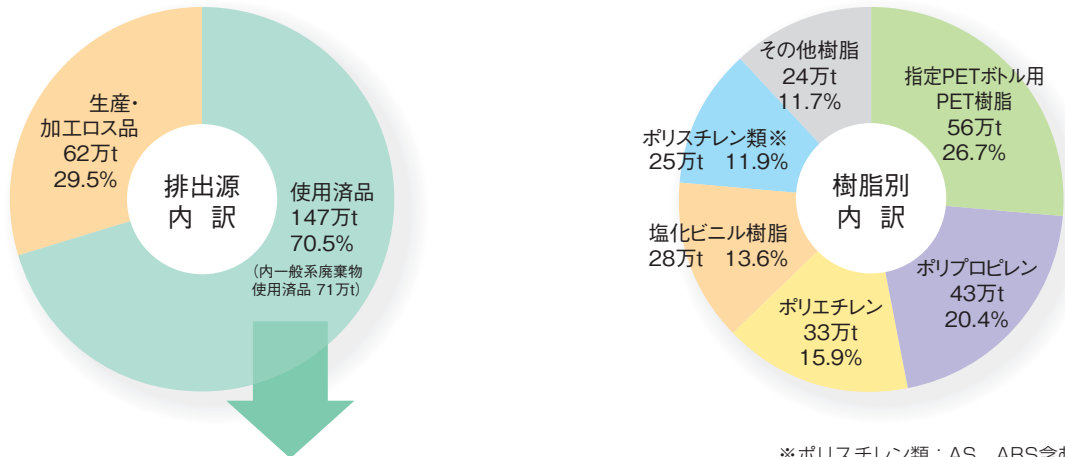
廃プラスチックの有効利用率は、「マテリアルリサイクル」23%、「ケミカルリサイクル」4%、「サーマルリサイクル」56%で、その合計は前年比2ポイント減少し84%となりました。これらの変化は主にフロー図の精度向上のため実施した各種係数の見直しによるもので、実態は、前年に比べ、有効利用される廃プラスチック量は増加し、有効利用率は1ポイント増となっています。

なお、「マテリアルリサイクル」208万tの利用形態別では、再生材料が137万t (66%)、再生製品が71万t (34%)、利用先別では、輸出は、2017年末に中国で実施された廃プラスチックの輸入規制強化の影響を受けて、39万t減の91万t (43%) で、大幅に減少しました。

*1: ケミカルリサイクル=高炉・コークス炉原料+ガス化+油化
*2: サーマルリサイクル (エネルギー回収)=固形燃料/セメント原・燃料+発電焼却+熱利用焼却

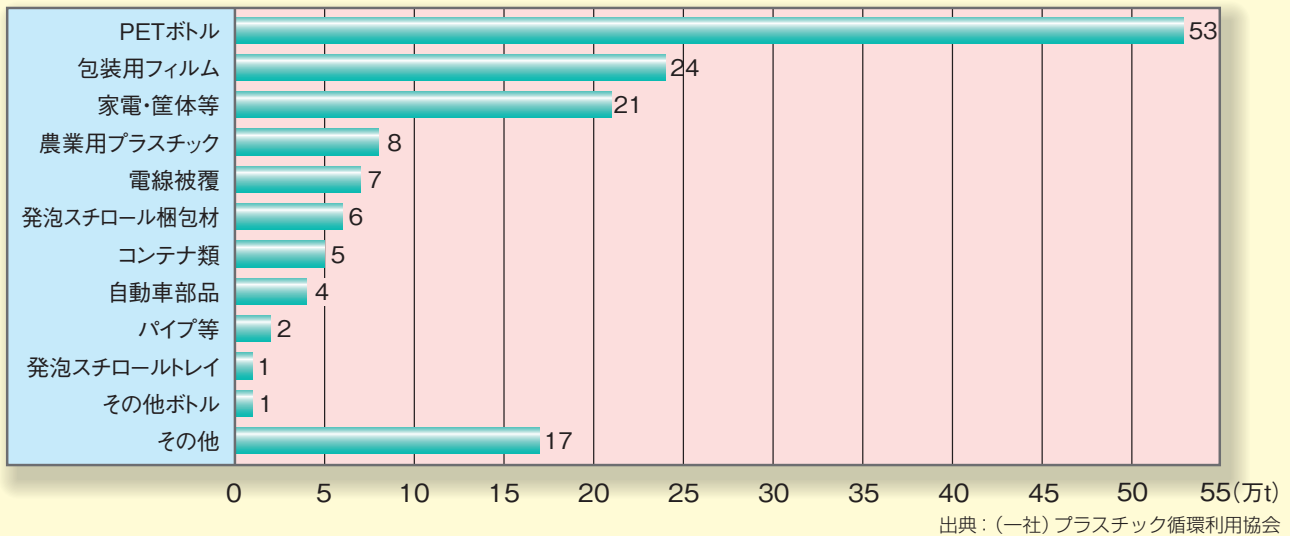
● マテリアルリサイクルを支える回収システム

■ マテリアルリサイクル向け原料 (再生利用208万t/7頁) の内訳



※ポリスチレン類：AS、ABS含む

■ 使用済み (147万t) の由来分野



◆ 利用しやすい産業系廃プラスチック

マテリアルリサイクル (再生利用) された廃プラスチックの量は、2018年は208万tでした。このうち一般系廃プラスチックから再生利用されたものは71万t (一般系廃プラスチックの17%) ですが、産業系廃プラスチックから再生利用されたものは137万t (産業系廃プラスチックの30%) と約2倍の数量となっています。これは産業系廃プラスチックの品質が一定であり、また排出量も比較的安定しているため、再生利用に回される割合が大きいためです。

再生利用向け原料の内訳は、使用済みが147万t、生産・加工ロス品が62万tです。容器包装、家電、自動車のリサ

イクルが2018年も順調に推移したことによるものと思われます。

さらに使用済み147万tの内訳をみると、PETボトル53万t、包装用フィルム24万t、家電・筐体等21万t、農業用プラスチック8万t、電線被覆7万t、発泡スチロール梱包材6万tなどとなっており、容器包装リサイクルや家電リサイクルなど各種リサイクル法に基づく取り組みが着実に進み、それぞれの業界や関係団体のリサイクルシステムが順調に機能していることがうかがえます。



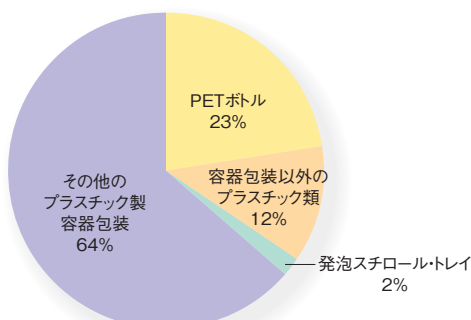
●プラスチックごみを分けてみたら

	形状	用途・内容物	樹脂の種類
ボトル・チューブ	飲料用ボトル	ジュース・コーラ、飲料水、お茶、アルコール飲料	PET
	清涼飲料	ヨーグルト、牛乳	ポリスチレン、PET、ポリエチレン
	乳飲料	てんぷら・サラダ油、醤油、みりん、ソース	PET、ポリエチレン、ポリプロピレン
	食材・調味料ボトル	マヨネーズ、ケチャップ、ドレッシング、練わさび・辛子	複合素材
	調味料チューブ		
	日用品ボトル・チューブ	トイレタリー用品、園芸用品・カー用品 液体洗剤、柔軟仕上げ剤、練歯磨、化粧品、 シャンプー、リンス、漂白剤、ボディー洗剤	PET、複合素材、 ポリエチレン、ポリプロピレン
バック類およびカップ類	食品パック (発泡・非発泡パック)	マーガリン、豆腐、納豆、果物、野菜、加工食品、 惣菜、弁当	発泡 ポリスチレン 非発泡 ポリスチレン、ポリプロピレン、 PET
	食品カップ (発泡・非発泡カップ)	味噌、卵豆腐、味噌汁、ヨーグルト、ラーメン、 焼きそば、ゼリー、プリン、デザート	発泡 ポリスチレン 非発泡 ポリスチレン、ポリプロピレン、 PET、ポリエチレン、複合素材
	カップおよびコップの蓋		ポリスチレン、PET、ポリプロピレン、 ポリエチレン、複合素材
くぼみシート	トレイ (発泡・非発泡トレイ)	肉、魚、刺身、スライスハム、野菜、加工食品	発泡 ポリスチレン 非発泡 ポリスチレン、 ポリプロピレン、PET
	くぼみシート	薬品（錠剤）、魚肉加工品、ロースハム、ベーコン、 カレールウ、家庭用工具、歯ブラシ、化粧品	ポリエチレン、ポリプロピレン、 PET、ポリスチレン、塩化ビニル樹脂
	卵パック		PET、ポリスチレン
袋	大・中袋、無地袋	米、園芸用袋、魚、果物、菓子、冷凍食品、 ラーメン、レトルト食品、漬物、佃煮、味噌、 パン、干物、クリーニング袋	ポリエチレン、ポリプロピレン、 PET、複合素材
	レジ袋		ポリエチレン
	ごみ袋		ポリエチレン
	小袋	うずら卵、生姜、梅漬、調味料、ラーメンスープ、 和菓子、飴、ウェハース、チョコレート	ポリプロピレン、ポリエチレン、 複合素材、PET
栓およびキャップ		飲料、食料品、日用品、その他プラボトル用	ポリプロピレン、ポリエチレン
ラップフィルムおよびラベル	ラップ		塩化ビニリデン樹脂、塩化ビニル樹脂、 ポリエチレン
	フィルム	豆腐、カレールウ、バラン、和菓子、チーズ、 冷凍食品、たらこ、ソーセージ、冷凍麺	ポリプロピレン、ポリエチレン、 複合素材
	ラベル	ボトル、カップ	ポリスチレン、ポリエチレン、 PET、ポリプロピレン
ケース		洗剤の箱・蓋、食品、下着、コンパクト、 化粧水箱、除湿剤、除臭剤	ポリプロピレン、ポリスチレン、 ポリエチレン、塩化ビニル樹脂
固定および保護		ウレタンスポンジ、発泡品、ネット、エアキャップ	ポリスチレン、ポリエチレン
その他		籠、把手、マルチパック、ざる、移植ポット	ポリエチレン、PET、ポリプロピレン、 塩化ビニル樹脂、ポリスチレン

注：樹脂の種類は主に使用されているもの

■プラスチックごみの中身（比率）

（3頁■ごみステーションに排出されたごみ組成分析（湿重量比率）中のプラスチック類の内訳）



（四捨五入による端数処理の関係で、合計値が合わない場合がある）

出典：環境省 容器包装廃棄物の使用・排出実態調査（令和元年度）

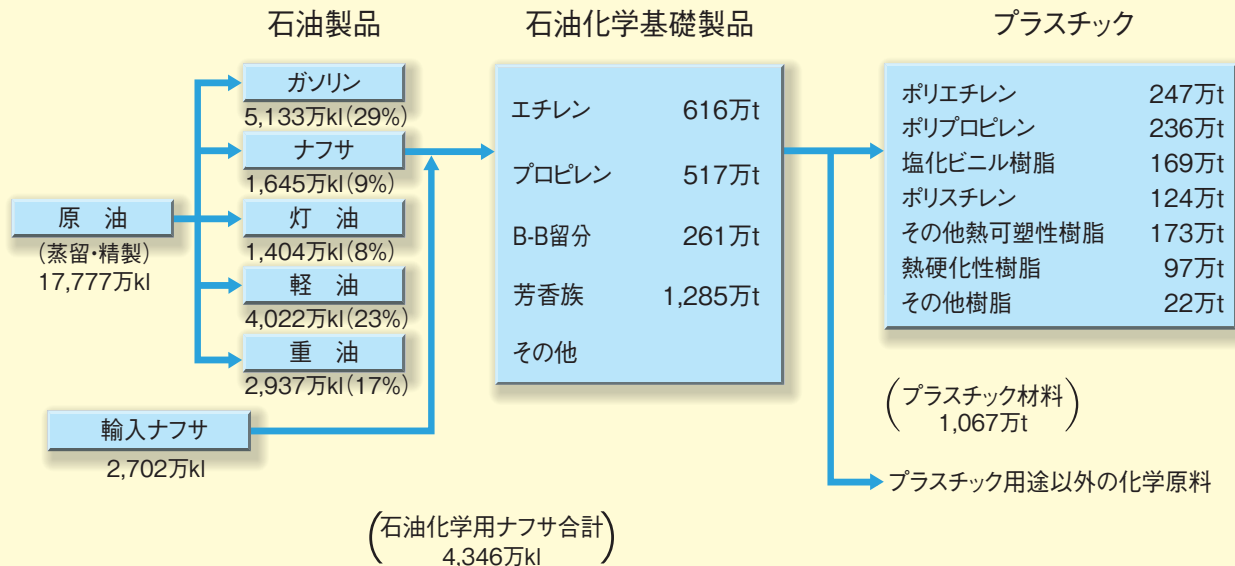
近年、容器包装の高機能化が進み、ラミネートフィルム（多層性フィルム）が多くの製品に使われるようになってきました。ラミネートフィルムは、様々な性質を有するフィルム状の多種類の樹脂を層状に重ねあわせたもので、個々の樹脂の利点を活用し、あるいは欠点を補いあうことができます。例えば、水分や酸素を通さない層、紫外線を遮断する層、耐熱性のある層などをうまく組み合わせれば、内容物の劣化・腐敗を遅らせるフィルムをつくることができます。ラミネートフィルムは、期待される機能を十分に発現させるためにあえてフィルム状の樹脂を密着させているのであって、マテリアルリサイクルにはそもそもむいていません。ケミカルあるいはサーマルによるリサイクルを進めていくことが望ましいといえます。



プラスチック関連知識

●原油からプラスチックまでの流れ

■原油使用量と製品別生産量（2018年実績）



(6頁の樹脂生産量と本表のプラスチック材料量とは、それぞれ集計月に違いがある)
(データ：石油化学工業協会「石油化学工業の現状」2019年版を基に作成)

◆プラスチックの原料はナフサ

プラスチックは、主に炭素と水素からなる高分子化合物で、石油や天然ガスなどからつくられます。日本では、原油を精製してできる「ナフサ（粗製ガソリン）」を原料とするものがほとんどです。

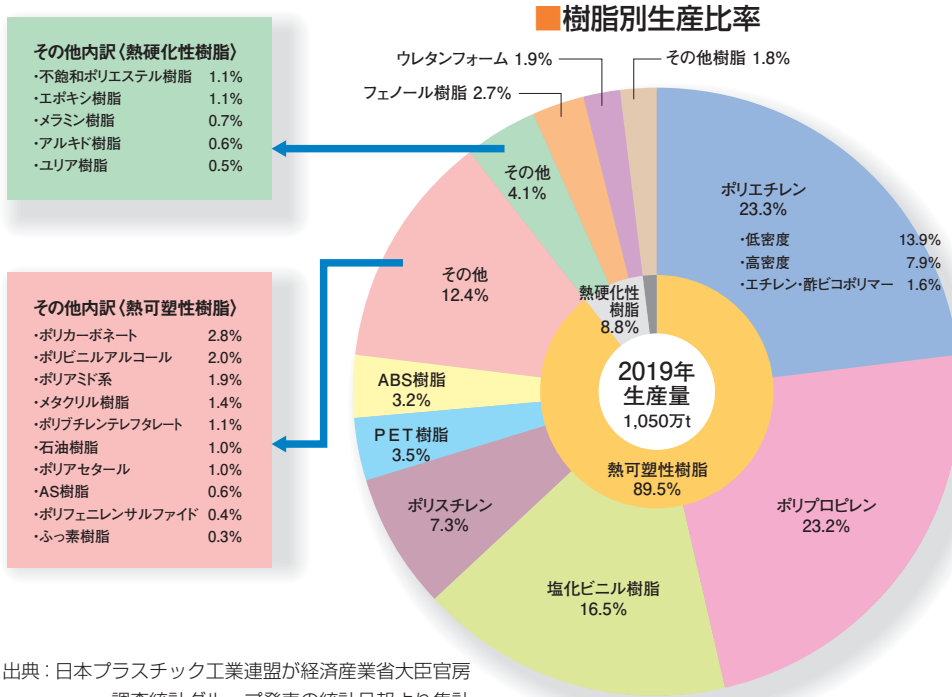
まず、原油を蒸留・精製して得られたナフサを加熱・分解し、エチレン、プロピレンなどの簡単な構造の物質（低分子化合物）に変えて取り出します。さらに、得られた分子と分子を化学的に結合させ（重合）、新しい性質を持った物質をつくります。これらがポリエチレンやポリプロピレンなどで、合成樹脂や重合体（ポリマー）と呼ばれます。できたばかりのポリエチレン、ポリプロピレンなどは粉や塊で扱いにくいいためいったん溶かし、加工しやすくする添加剤などを加え米粒状のペレットにします（通常はこの段階からプラスチックと呼ばれます）。そしてプラスチック製品を製造する成形工場に出荷されます。

◆プラスチックは石油消費量の数%

日本で1年間に使われる原油の量は、2億kl弱です。原油のほとんどはガソリン、灯油、軽油、重油などになり、ナフサになるのはおよそ1割に過ぎません。2018年には、原油17,777万klから1,645万klのナフサが精製され、輸入分2,702万klと合わせて4,346万klがエチレン、プロピレンなどの石油化学基礎製品になりました。このうちプラスチック材料となった量は1,067万tですので、原油年間使用量とナフサ輸入量の原油換算量との合算値と比較すればその約3%（重量%）ということになります。プラスチックに使われている原油は全体の数%に過ぎず、原油はそのほとんどが燃やされ熱エネルギーとして消費されていることがわかります。

原油とナフサを重量ベースにするには密度による重量換算が必要です。密度は、原油：0.85g/cm³、ナフサ：0.70g/cm³を使用しています。

樹脂別、用途別生産比率

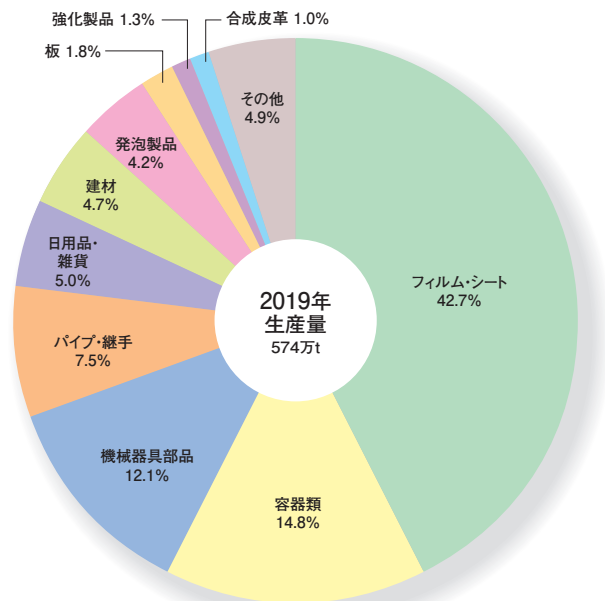


用途別製品生産比率

(注) グラフのプラスチック生産量1,050万tと用途別製品生産量574万tとの間に大きな開きがあるのは、用途別製品生産量の集計においては、次の条件が付されているためです。

- (1) 直接成形加工された一次製品が対象
- (2) 従業員50人以上の事業所の製品が対象
- (3) 二次加工品、塗料、接着材、電線およびケーブル、合成繊維、ウレタンフォーム等を除外

出典：日本プラスチック工業連盟が経済産業省大臣官房調査統計グループ発表の統計月報より集計



射出、押出、ブロー、真空、インフレーション等の成形方法が使われています。

●熱硬化性プラスチック

熱硬化性プラスチックは、比較的 low molecular weight の物質が加熱により軟化して加工したあとに化学反応を起こして、高分子量の3次元架橋構造(網状構造)となるため、一度硬化したものは加熱しても再び流動性を持つことがありません。この性質を活かして食器類、電気機器の基板、ゴルフのシャフトやテニスのラケット、FRPの船舶などに利用されています。

圧縮、射出、トランスファー等の成形方法が使われています。

◆半分はポリエチレンとポリプロピレンに

プラスチックは種類によりさまざまな特徴があり、それを活かして多方面で使われています。

生産量をみるとポリエチレンとポリプロピレンが多く、この二つだけでほぼ半分を占めます。これは、プラスチック用途のうち約40%が袋やラップフィルムなどの包装材料、建築土木用などのシート向けのため、材料として適しているポリエチレンとポリプロピレンの生産量が多くなっているからです。

◆熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックとは

プラスチックは、熱を加えた時の変化から大きく二つのタイプに分けられます。一つは熱可塑性プラスチック、もう一つは熱硬化性プラスチックです。

●熱可塑性プラスチック

熱可塑性プラスチックは、加熱すると分子運動が激しくなり軟化、冷却すると固化し、これを繰り返すことでさまざまな形状にすることができます。用途としては容器包装(フィルム、シート、ボトル)、日用品・雑貨から家電、自動車部材まで広範囲に亘っています。

●暮らしと産業を支えるプラスチック

◆プラスチックの長所

- 軽くて丈夫
金属や陶磁器と違い、軽くてしかも丈夫な製品をつくることができます。
- さびや腐食に強い
ほとんどのプラスチックは酸やアルカリ、油に強く、さびたり、腐食したりすることがありません。
- 透明性があり、着色が自由
透明性に優れた種類もあり、着色も容易なため、明るく美しい製品をつくることができます。
- 大量生産が可能
さまざまな成形・加工法が使える種類が多いため、複雑な形でも効率的に大量生産でき、コストダウンが図れます。
- 電気的特性が優れている
絶縁性が抜群に良好なため、電気・電子部品に使われます。
- 断熱性が高い
熱を伝えにくく、特に空気のとろを取り込んだ発泡体は、断熱材として優れた性能を発揮します。
- 衛生的で密封性が高い
酸素や水分を通しにくいので、清潔で微生物の汚染から食品を効果的に守ります。

◆プラスチックの短所

- 熱に弱い
種類によっては、火など熱源のそばに置くと形が変わってしまうことがあります。
- キズやホコリがつきやすい
金属やガラスに比べて表面が軟らかいためキズがつきやすく、また静電気が起こりやすいのでホコリがつき汚れが目立つことがあります。
- ベンジンやシンナーに弱いものがある
種類によっては、ベンジンやシンナー、アルコールなどで、溶けたり変色したりすることがあります。



1.家電：液晶テレビ

緻密で色鮮やかな高画質画面を広視野角で再現する液晶ディスプレイ（LCD）は、偏光フィルム、位相差フィルム、バックライト用拡散板など複数のプラスチックを重ね合わせた構造になっています。電子部品・回路・ハウジング部分にもプラスチックが使われています。



写真提供：日本ポリエチレン（株）

2.自動車：ガソリタンク

4種類の樹脂を6層に重ね合わせ燃料の透過を防止しています。複雑な形状も一発成形で車内空間の拡大が可能です。また、軽量化にも大いに貢献しています。今後普及が予想されるバイオ燃料にも対応でき、15年・15万マイル（28.6万km）の北米安全基準も満たしています。



3.食品の容器包装:パウチ、詰め替えパック、カップ状容器など

加熱殺菌処理から冷凍保存まで、用途にあった容量で食品を衛生的に消費者に供給する役割を果たしています。レトルト性、密封性、再封性を持たせたアルミやバリア樹脂層により酸素・紫外線を遮断し食品の長期保存や、軽量化に役立っています。



写真提供：(株) 細川洋行

4.医療：輸液用バッグ容器 (栄養輸液、透析製剤の容器)

耐熱性があるので加熱滅菌処理ができます。また軽くて柔軟性があるため通気針不要の自己排液性によるクローズドシステム（院内感染防止）での使用が可能です。さらに混注が容易なマルチバッグ製品にも使われています。



写真提供：塩ビ工業・環境協会

5.建材：塩ビ窓枠

アルミサッシと単板ガラスの窓枠に比べ、塩ビサッシと低放射複層ガラスとを組み合わせればエネルギーロスを1/3に減らすことができます。また、水滴（結露）の発生も抑制できます。塩ビ窓枠は欧米では省エネ対策の観点から広く使われており、日本での普及が期待されます。

PLASTIC

● 主なプラスチックの特性と用途

		JIS略語	樹脂名	常用耐熱温度 (°C)	酸に対して	アルカリに対して	アルコールに対して	
熱可塑性樹脂	汎用プラスチック	PE	低密度ポリエチレン	70~90	良	良	良	
			高密度ポリエチレン	90~110	良	良	良	
		EVAC	EVA樹脂	70~90	多少侵されるものもある。	多少侵されるものもある。	良	
		PP	ポリプロピレン	100~140	良	良	良	
		PVC	塩化ビニル樹脂(ポリ塩化ビニル)	60~80	良	良	良	
		PS	ポリスチレン (スチロール樹脂)	ポリスチレン	70~90	良	良	長時間入れておくと内容物の味が変わる。
				発泡ポリスチレン	70~90	良	良	長時間入れておくと内容物の味が変わる。
		SAN	AS樹脂	80~100	良	良	くり返し使用すると不透明となる。	
		ABS	ABS樹脂	70~100	良	良	長時間で膨潤する。	
		PET	ポリエチレンテレフタレート(PET樹脂)	延伸フィルム ~200	良	良 (強アルカリを除く)	良	
				無延伸シート ~60				
				耐熱ボトル~85 無菌充填~70				
		PMMA	メタクリル樹脂(アクリル樹脂)	70~90	良	良	わずかに内容物に異臭を生じる。	
	PVAL	ポリビニルアルコール	40~80	軟化又は溶解。	軟化又は溶解。	低ケン化は溶解。		
	PVDC	塩化ビニリデン樹脂(ポリ塩化ビニリデン)	130~150	良	良	良		
	エンジニアリングプラスチック	PC	ポリカーボネート	120~130	良	多少侵されるものもある(洗剤等)。	良	
PA		ポリアミド(ナイロン)	80~140	多少侵されるものもある。	良	浸透のおそれあり。		
POM		アセタール樹脂(ポリアセタール)	80~120	侵されるものもある。	良	良		
PBT		ポリブチレンテレフタレート(PBT樹脂)	60~140	良	良	良		
PTFE		ふっ素樹脂	260	良	良	良		
熱硬化性樹脂	PF	フェノール樹脂	150	良	良	良		
	MF	メラミン樹脂	110~130	良	良	良		
	UF	ユリア樹脂	90	不変又はわずかに変化。	わずかに変化する。	良		
	PUR	ポリウレタン	90~130	多少侵される。	多少侵される。	良		
	EP	エポキシ樹脂	150~200	良	良	良		
	UP	不飽和ポリエステル樹脂	130~150	良	良	良		

常用耐熱温度(°C)は、それぞれの樹脂の一般的な使用方法における耐熱温度を示す。汎用プラスチックとエンジニアリングプラスチック、熱硬化性樹脂では意味合いが異なる。

(汎用プラスチックでは、短時間耐える温度、エンジニアリングプラスチック、熱硬化性樹脂では、長時間耐える温度ともいえる。)

本表の表示は、目安の為に標準的なグレードの物性を整理したものであり、製品の設計などで物性が必要な場合は必ず製造業者などに相談すること。



食用油に対して	特 長	主な用途
良	水より軽く(比重<0.94)、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。機械的に強靱だが柔らかく低温でももろくならない。	包装材(袋、ラップフィルム、食品チューブ用途)、農業用フィルム、電線被覆、牛乳パックの内張りフィルム
良	低密度ポリエチレンよりやや重い(比重>0.94)が水より軽い。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。白っぽく不透明。	包装材(フィルム、袋、食品容器)、シャンプー・リンス容器、雑貨(バケツ、洗面器他)、ガソリンタンク、灯油缶、コンテナ、パイプ
良	透明で柔軟性があり、ゴムの弾性に優れ低温特性に富んでいる。接着性に優れるものもある。耐熱性は乏しい。	農業用フィルム、ストレッチフィルム
良	最も比重(0.9~0.91)が小さい。耐熱性が比較的高い。機械的強度に優れる。	自動車部品、家電部品、包装フィルム、食品容器、キャップ、トレイ、コンテナ、パレット、衣装函、繊維、医療器具、日用品、ごみ容器
良	燃えにくい。軟質と硬質がある。水に沈む(比重1.4)。表面の艶・光沢が優れ、印刷適性が高い。	上・下水道管、継手、雨樋、波板、サッシ、床材、壁紙、ビニルレザー、ホース、農業用フィルム、ラップフィルム、電線被覆
柑橘類に含まれるテルペン油や、エゴマ油等の一部の油脂に侵されることがある。	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。	OA・TVのハウジング、CDケース、食品容器
柑橘類に含まれるテルペン油や、エゴマ油等の一部の油脂に侵されることがある。	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。	梱包緩衝材、魚箱、食品用トレイ、カップ麺容器、量の芯
良	透明性、耐熱性に優れている。	食卓用品、使い捨てライター、電気製品(扇風機のはね、ジュースーサー)、食品保存容器、玩具、化粧品容器
良	光沢、外観、耐衝撃性に優れている。	OA機器、自動車部品(内外装品)、ゲーム機、建築部材(室内用)、電気製品(エアコン、冷蔵庫)
良	透明性に優れ、強靱で、ガスバリア性に優れている。	絶縁材料、光学用機能性フィルム、磁気テープ、写真フィルム、包装フィルム
	透明性に優れ、耐油性、成形加工性、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、飲料カップ、クリアホルダー、各種透明包装(APET)
	透明で、強靱で、ガスバリア性に優れている。	飲料(茶類・飲料水)・醤油・酒類などの容器(PETボトル)
良	無色透明で光沢がある。ベンジン、シンナーに侵される。	自動車リアランプレンズ、食卓容器、照明板、水槽プレート、コンタクトレンズ
良	水溶性、造膜性、接着性、耐薬品性、酸素バリア性に優れる。	ビニロン繊維、フィルム、紙加工剤、接着、塩ビ懸濁重合安定剤、自動車安全ガラス
良	無色透明で、耐薬品性が良く、ガスバリア性に優れている。	食品用ラップフィルム、ハム・ソーセージケーシング、フィルムコート
良	無色透明で、酸には強いが、アルカリに弱い。特に耐衝撃性に優れ、耐熱性も優れている。	DVD・CDディスク、電子部品ハウジング(携帯電話他)、自動車ヘッドランプレンズ、カメラレンズ・ハウジング、透明屋根材
良	乳白色で、耐摩耗性、耐寒冷性、耐衝撃性が良い。	自動車部品(吸気管、ラジエータータンク、冷却ファン他)、食品フィルム、魚網・テグス、各種歯車、ファスナー
良	白色、不透明で、耐衝撃性に優れ耐摩耗性が良い。	各種歯車(DVD他)、自動車部品(燃料ポンプ他)、各種ファスナー・クリップ
良	白色、不透明で、電気特性その他物性のバランスが良い。	電気部品、自動車電装部品
良	乳白色で耐熱性、耐薬品性が高く非粘着性を有する。	フライパン内面コーティング、絶縁材料、軸受、ガスケット、各種パッキン、フィルター、半導体工業分野、電線被覆
良	電気絶縁性、耐酸性、耐熱性、耐水性が良い。燃えにくい。	プリント配線基板、アイロンハンドル、配電盤ブレーカー、鍋・やかんのとって・つまみ、合板接着剤
良	耐水性が良い。陶器に似ている。表面は硬い。	食卓用品、化粧板、合板接着剤、塗料
良	メラミン樹脂に似ているが、安価で燃えにくい。	ボタン、キャップ、電気製品(配線器具)、合板接着剤
良	柔軟~剛直まで広い物性の樹脂が得られる。接着性・耐摩耗性に優れ、発泡体としても多様な物性を示す。	発泡体はクッション、自動車シート、断熱材が主用途。非発泡体は工業用ロール・パッキン・ベルト、塗料、防水材、スバンデッキス繊維
良	物理的特性、化学的特性、電気的特性などに優れている。炭素繊維で補強したものは強い。	電気製品(IC封止材、プリント配線基板)、塗料、接着剤、各種積層板
良	電気絶縁性、耐熱性、耐薬品性が良い。ガラス繊維で補強したものは強い。	浴槽、波板、クーリングタワー、漁船、ボタン、ヘルメット、釣り竿、塗料、浄化槽

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」
(当協会の一部補正)

4

プラスチック・リサイクルの手法

● 三つのリサイクル

分類(日本)	リサイクルの手法	ISO 15270
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	再生利用 ・プラ原料化 ・プラ製品化	Mechanical Recycle (メカニカルリサイクル)
ケミカルリサイクル	原料・モノマー化	Feedstock Recycle (フィードストックリサイクル)
	高炉還元剤	
	コークス炉化学原料化	
サーマルリサイクル (エネルギー回収)	ガス化 油化	Energy Recovery (エネルギーリカバリー)
	セメント原・燃料化 ごみ発電 RPF*1 RDF*2	

* 1: Refuse Paper & Plastic Fuel (マテリアルリサイクルが困難な古紙と廃プラスチック類を原料とした高カロリーの高形燃料)
* 2: Refuse Derived Fuel (生ごみや可燃ごみや廃プラスチックなどからつくられる高形燃料)

◆ リサイクルの真の目的は

廃プラスチックのリサイクルについては、長年の技術開発によって、現在では多くの手法が実用化されています。これらの手法を大きく分けると以下の三つになります(注)。

- (1) マテリアルリサイクル (再生利用)
- (2) ケミカルリサイクル (原料・モノマー化、高炉還元剤、コークス炉化学原料化、ガス化、油化など)
- (3) サーマルリサイクル (セメント原・燃料化、ごみ発電、RPF、RDF、ガス化、油化)

このように、リサイクル技術は著しい進歩を遂げ、広く普及するようになりましたが、リサイクルはリサイクルすることそのものが目的ではありません。2000年に制定された循環型社会形成推進基本法が明確に示しているように、資源の循環的な利用により、石油など限りある天然資源の消費を抑制し、また環境への負荷をできる限り低減することがリサイクルの目的です。したがってリサイクルを進めるときには、その手法により新たな資源の投入が抑えられるか、環境への負荷が抑えられるかを慎重に見極める必要があります。

廃プラスチックのリサイクルでも、対象の廃プラスチックの置かれた状況を考え、最も社会的コストが低く、そして環境への負荷も抑えられる手法を選択することが大切です。

(注1) 容器包装リサイクル法が再商品化(リサイクル手法)として認めているのは、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル(原料・モノマー化、高炉還元剤としての利用、コークス炉化学原料化、ガス化による化学工業原料化、油化)、サーマルリサイクル(ガス化、油化)です。2006年の改正では、限定的ながらRPFなどのサーマルリサイクルも補完的手法として追加されました。

(注2) 包装用途の環境配慮を目的に2015年に制定されたJIS Z 0130による分類では、ケミカルリサイクルは、マテリアルリサイクルに含まれたものとなっています。

JIS Z 0130 分類表

分類(日本)	JIS Z 0130 (包装が対象)
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	マテリアルリサイクル (JIS Z 0130-4*1)
ケミカルリサイクル	
サーマルリサイクル (エネルギー回収)	エネルギー回収 (JIS Z 0130-5*2)

*1 ISO18604を修正
*2 ISO18605に一致



● マテリアルリサイクル



産業系廃プラスチックを原料にした
主なリサイクル製品

- ① 鉄道標識
- ② 境界杭
- ③ パレット
- ④ 二段柵（擬木）
- ⑤ ジオステップ（法面点検・管理用階段）
- ⑥ マンホール
- ⑦ 間仕切り用縁石（擬木）
- ⑧ 散水栓ボックス
- ⑨ 踏み台
- ⑩ 段差スロープ
- ⑪ 中央分離帯
- ⑫ 車止め
- ⑬ ハンガー
- ⑭ たこ糸巻き
- ⑮ 植木鉢
- ⑯ 文房具類 名札ケース、ボールペン
ペーパーナイフ、定規
- ⑰ すのこ
- ⑱ 洗面器
- ⑲ 風呂いす

◆ コンテナ、土木建築資材、シート、 自動車エンジンルーム部品などに

マテリアルリサイクルは、廃プラスチックをプラスチックのまま原料にして新しい製品をつくる技術です。1970年代に誕生し、現在、国内には数百家のメーカーがあります。

マテリアルリサイクルされるのは、これまで主に産業系廃プラスチックでした。プラスチックの製造、加工や製品の流通段階で排出される産業系廃プラスチックは、樹脂の種類がはっきりしている、汚れや異物が少ない、量的にまとまっているという理由から原料にしやすかったのです。

これまで、産業系廃プラスチックを原料にした再生加工品は、物性低下、品質不安定などの弱点がありましたが、原料となる廃プラスチックの品質管理、配合技術・製造加工技術のレベルアップによってこれを克服し、今では、コンテナ、ベンチ、フェンス、遊具、土木シートなど、包装運搬、土木建築、住宅、公園、道路、鉄道、農林水産関係の用品、施設用部材として多方面にわたり使用されてい

ます。さらに近年では、自動車エンジンルーム部品、雨水貯留浸透システムユニット、青果栽培システム部品など、高性能、高機能が求められる各種分野のユニット、部品にも使われるようになりました。

これらリサイクル製品は、耐久性があり、軽くて施工が容易、切断・接合が木材と同じように簡単にできるなどの特長を持っています。鉄、コンクリートや木材のかわりとして、プラスチックの優れた性質を活かしたこれらリサイクル製品の普及がますます期待されます。

また、容器包装リサイクル法が施行され、家庭や店舗、事務所から出る一般系廃プラスチックも、原料廃プラスチックの分別・品質管理・配合・製造加工技術の向上などにより、マテリアルリサイクルの対象となるものがPETボトルを中心に増えており、ボトル、包装資材、文房具、日用品などに生まれ変わっています。



▲ ラジエータサポートオープニングカバー
● フロントバンパーエクステンションマウンティング
自動車エンジンルーム部品
写真提供：いその(株)



雨水貯留浸透システムユニット
写真提供：城東リプロン(株)



青果栽培システム部品
写真提供：(株)サンポリ

● マテリアルリサイクルの流れ

■ PETボトルの回収から新しい製品に生まれ変わるまで



出典：PETボトルリサイクル推進協会年次報告書2019（当協会にて図の一部を省略している）

PETボトルリサイクル年次報告書2019 マテリアルリサイクルの流れ

◆ 再度溶かして製品へ

廃プラスチックのマテリアルリサイクルは、基本的に、樹脂選別や不純物除去の後、粉碎、洗浄したもの（フレーク）やフレークを造粒機で溶融し粒状にしたもの（ペレット）を原料として製品にすることで行われています。

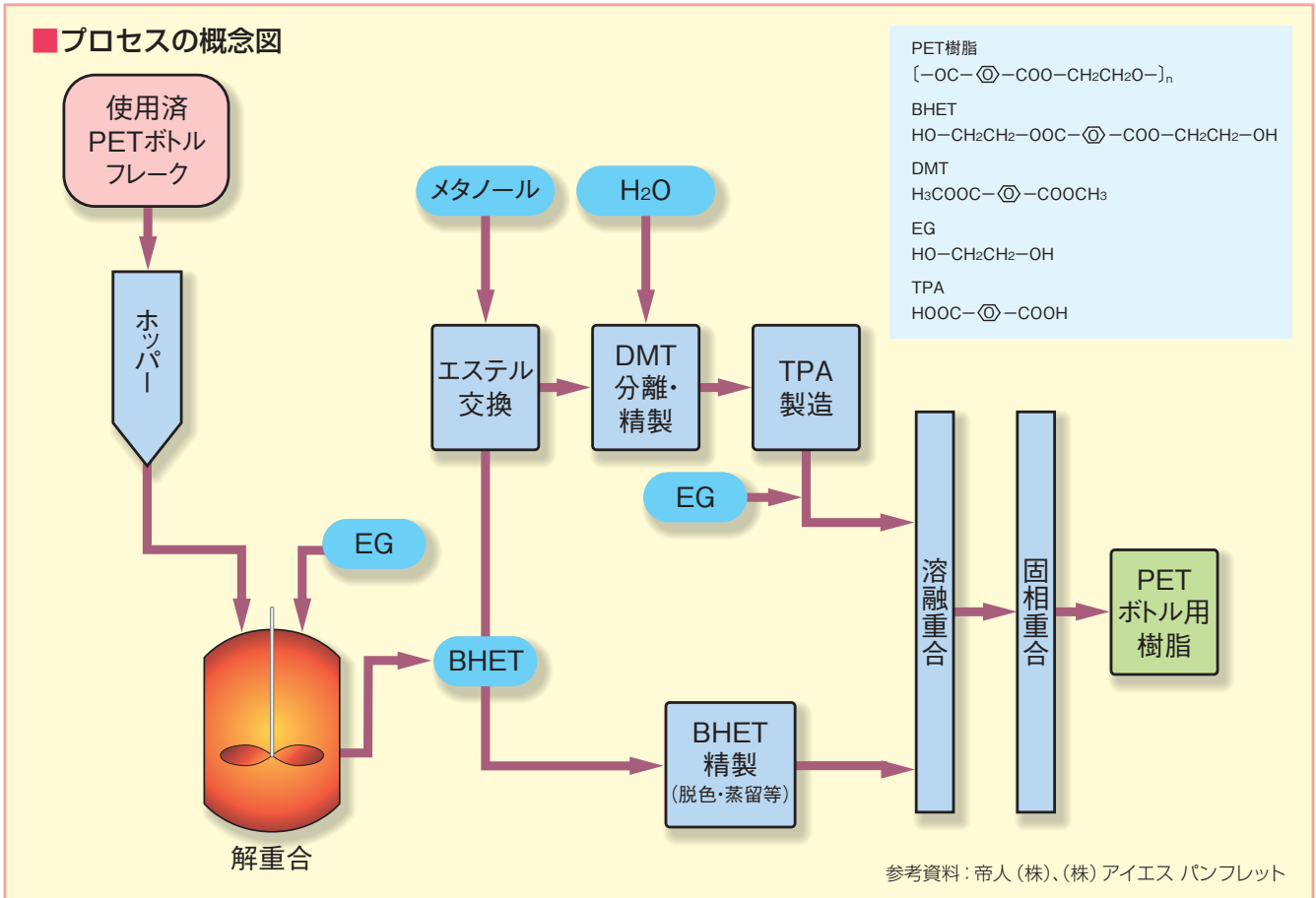
家庭から分別排出されたPETボトルについてみると、市町村が収集、圧縮梱包しリサイクル工場（再商品化事業者）に運ばれます。そしてリサイクル工場での選別によりPETボトル以外の不純物が取り除かれ、粉碎、洗浄、異物除去、異樹脂分離などの工程を経てフレークやペレットなどの再生原料になります。再生原料は、繊維工場、シート工場、成形工場などで再び溶融されて下敷き、防草シート、作業

服、洗剤ボトルなどの製品に加工されます。

これまではこの再生原料は、衛生面や匂いなどの問題から飲料用PETボトルには使われていませんでした。しかしながら、化学的方法でこの問題を解決し、使用済PETボトルから飲料用PETボトルをつくるB to B事業が2003年から始まりました（ケミカルリサイクル 詳細：19ページ 原料・モノマー化技術参照）。さらに2011年からは、マテリアルリサイクルの一つとして、真空・高温下でフレークから不純物を除去し、高分子化したものを飲料用PETボトルの原料として使う方法（メカニカルリサイクル）によるB to B事業も行われるようになりました。

●原料・モノマー化技術

〈ケミカルリサイクル〉



◆PETボトルからPETボトルをつくる

PETボトルは繊維やシートにリサイクルされていますが、飲料用PETボトルそのものには使われませんでした。一度使われたPETボトルは、衛生面や匂いの点から、清涼飲料、酒、醤油ボトルの原料には適さないとされていたためです。しかしながら、PET樹脂を石油やナフサからあらためてつくるよりも、合成の途中段階まで戻して新にPET樹脂とすれば資源の節約が図れるはずでした。この考えに基づき、新品樹脂と同等のリサイクルPET樹脂をつくり飲料用ボトルにするボトルtoボトル事業が2003年から始まりました。そこで使われている技術が、使用済PETボトルを化学的に分解し原料やモノマーに戻して（解重合）、再度PET樹脂にする方法です。

これまでも帝人(株)がEG(エチレングリコール)とメタノール併用による独自の分解法で、廃PET樹脂をDMT(テレフタル酸ジメチル)まで戻し、繊維やフィルムの原料にしていました。その後同社はこの技術を発展させ、使

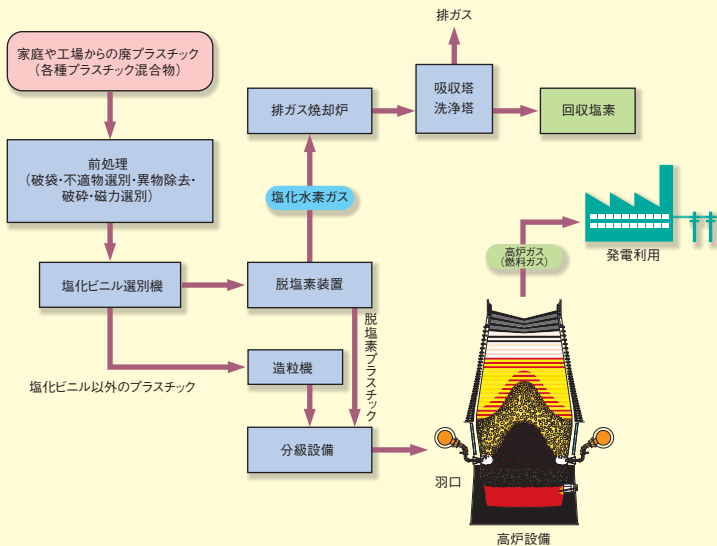
用済PETボトルをDMTからさらにTPA（テレフタル酸）まで戻してPET樹脂をつくる技術を開発し、2003年から帝人ファイバー(株)で年間処理能力約6万2,000tの設備を稼働させました。このPET樹脂は、2004年食品安全委員会から食品飲料容器への使用可能との評価を得、厚生労働省の承認のもと、4月からボトルtoボトルがスタートしました。また、(株)アイエスはEGによる分解法に新規技術を用いて、高純度のBHET {ビス-(2ヒドロキシエチル)テレフタレート} モノマーに戻し樹脂を製造する技術を確認し、(株)ペトリバースにおいて、2004年から年間処理能力約2万7,500tの設備を稼働させました。

しかしながら、廃PETボトルの輸出急増による原料不足から、帝人ファイバー社はボトル to ボトル事業から撤退せざるをえなくなりました。また、ペトリバース社の事業は、東洋製罐(株)グループのペトリファイノテクノロジー(株)に引き継がれ、その後、当該事業は日本環境設計(株)が継承しています。

●高炉原料化技術

〈ケミカルリサイクル〉

■高炉原料化技術のフロー図



参考資料：JFEスチール（株）パンフレット

◆廃プラスチックを還元剤として使う

製鉄所では、鉄鉱石とコークスそして副原料を高炉に入れ鉄鉱石を融かして銑鉄を生産します。このときコークスは燃料として炉内を高温にするとともに、鉄鉱石の主成分である酸化鉄から酸素を奪う還元剤として働きます。プラスチックは主に石油から作られているので、炭素と水素が主成分です。それ故、廃プラスチックをコークスの代わりに還元剤として高炉で利用できます。

工場や家庭から集めた廃プラスチックから不燃物や金属などの異物を除去、破碎、さらに塩化ビニルを除去し、粒状にしたあとコークスとともに高炉に吹き込みます。

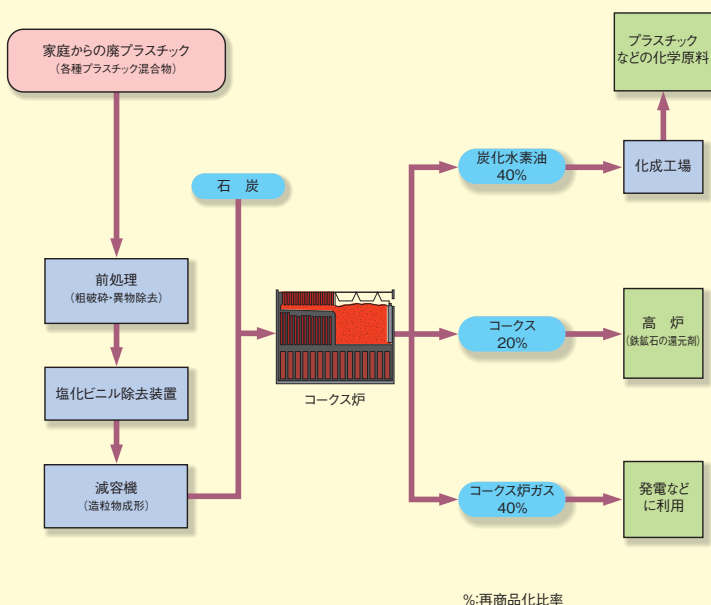
一方、塩化ビニルを含んだプラスチックは、発生した塩化水素が炉を傷めないように、無酸素状態で約350℃の高温にして塩化水素を分離したうえで同じように高炉に吹き込みます。分離された塩化水素は塩酸として回収し、製鉄所の熱延工程の酸洗いラインなどに使います。

この脱塩化水素法は、1999年にNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託を受け、当協会、塩化ビニル環境対策協議会、塩ビ工業・環境協会、NKK(株)（JFEスチール(株)）が協力して開発しました。その後、JFEプラリソース(株)（2005年11月設立）において採用され、現在、同社の各製鉄所でこの技術に基づくプラントが稼働しています。

●コークス炉化学原料化技術

〈ケミカルリサイクル〉

■コークス炉化学原料化技術のフロー図



%:再商品化比率

参考資料：日本製鉄（株）パンフレット

◆廃プラスチックをコークス炉で再利用する

石炭を蒸し焼きにするとコークスができて、その際に発生する揮発成分からは炭化水素油、コークス炉ガスができます。廃プラスチックからも同様に、コークスや炭化水素油、コークス炉ガスができます。日本製鉄(株)では、廃プラスチックをコークス、化学原料、燃料として利用するための設備を完成し、各製鉄所で稼働させています。

このシステムでは、自治体から引き取った廃プラスチックを破碎後鉄分などの異物を除去した後、さらに塩化ビニルを除いて100℃に加熱して粒状に加工します。これを破碎・整粒化した石炭と1~2%の割合で混合し、コークス炉の炭化室に投入します。

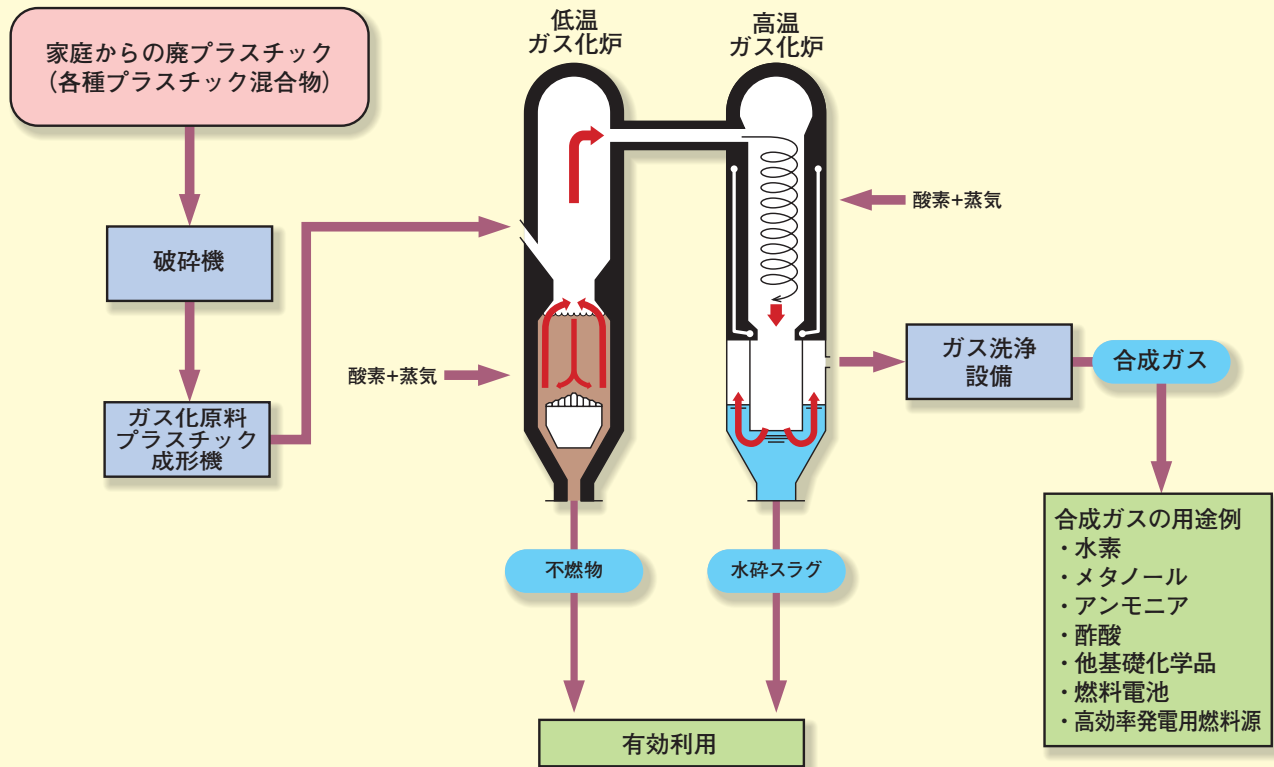
炭化室は両側から燃焼室で挟まれ、間接的に加熱する構造になっています。炭化室内は無酸素状態のため1200℃まで乾留昇温された廃プラスチックは熱分解します。その際に発生した高温ガスは、石炭高温ガスとともに冷却・精製し、常温で高カロリーガスと油分に分離します。これにより、化学原料となる炭化水素油が40%、高炉の還元剤となるコークスが20%、発電などに利用されるコークス炉ガスが40%得られます。



● ガス化技術

〈ケミカルリサイクル〉

■ ガス化技術のフロー図



出典：(一社)プラスチック循環利用協会

◆ 廃プラスチックをガスにして化学工業の原料にする

プラスチックの主成分は炭素と水素です。このため、普通に燃やすと二酸化炭素と水になります。プラスチックガス化のプロセスでは、ガス化に必要な酸素と蒸気を供給して加熱しますが、酸素が制限されているので、プラスチックの大部分は炭化水素、一酸化炭素、そして水素になります。

一段目の低温ガス化炉の内部では、600～800℃に加熱した砂が循環しています。投入されたプラスチックはこの砂に触れて分解し、炭化水素、一酸化炭素、水素、チャー(炭化固形物)などができます。塩素を含んだプラスチックからは塩化水素も発生します。金属やガラスを含んだプラスチック製品では、金属やガラスがそのまま不燃物として回収されます。

二段目の高温ガス化炉の温度は1300～1500℃で、低温ガス化炉から導かれたガスは蒸気と反応して一酸化炭素と水素主体の合成ガスになります。炉の出口で合成ガスは水によって200℃以下まで急冷され、ダイオキシンの生成を防止しています。また、排出される水砕スラグは土・建築資材として利用されます。残存する塩化水素はガス洗浄設備を通る際にアル

カリで中和され取り除かれます。これらの行程を経た合成ガスが、水素、メタノール、アンモニア、酢酸などの化学工業原料になります。

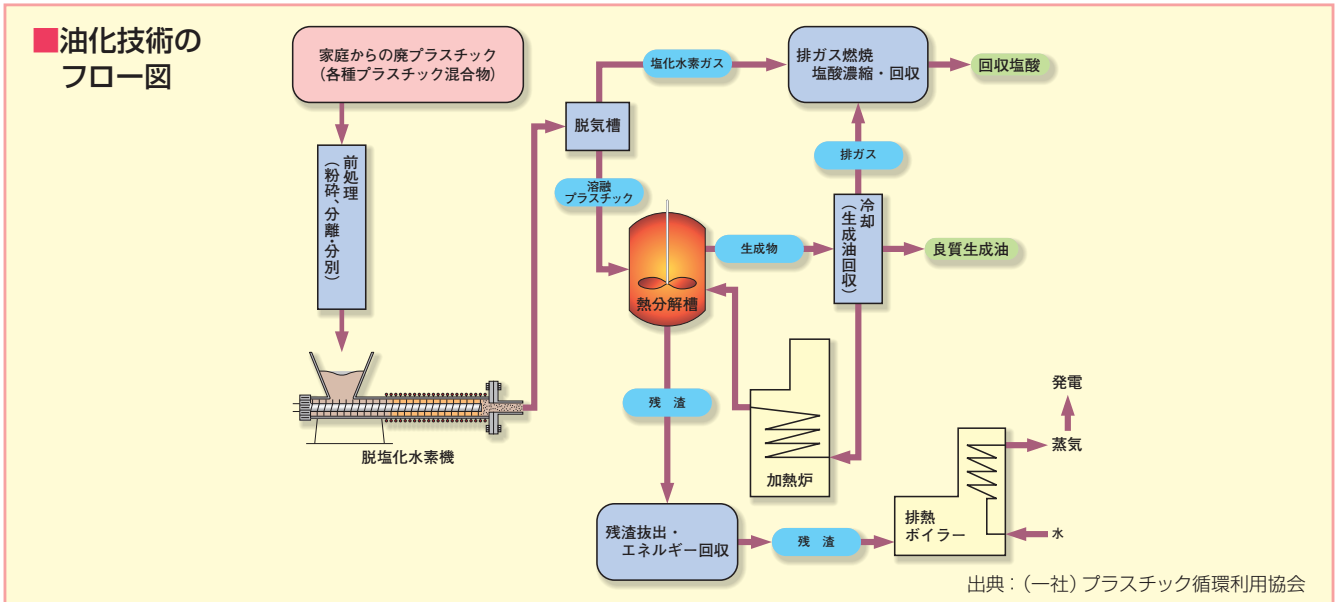
当協会はNEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)から委託を受け、(株)荏原製作所、宇部興産(株)との協力のもと本技術を確立しました。この技術は実証試験を経て、2001年(株)EUPにより本格稼働となりましたが、原料廃プラスチックの入手が困難となったため2010年5月撤退しました。

一方、2003年に昭和電工(株)川崎事業所がこの技術を用いた新たな設備を稼働させました。

JFE環境(株)が2000年から稼働しているサーモセレクト方式(廃プラスチックをクリーンな燃料ガスとして利用するもの)は、2019年に東京臨海リサイクルパワー(株)と合併して設立されたJ&T環境(株)が継承しています。同方式は廃棄物PFI事業として、2005年、水島エコワークス(株)、2006年、オリックス資源循環(株)でも採用されました。

●油化技術

〈ケミカルリサイクル〉



◆廃プラスチックを油に戻す

プラスチックは石油が原料なので、製造と逆のプロセスをたどれば石油に戻るはずですが。1970年代後半から廃プラスチック油化技術の開発が進められ、その技術はほぼ確立されました。

しかしながら、高分子状態のプラスチックを低分子状態に戻すプロセスはエネルギーの供給が必要な吸熱反応でありおよそ400℃まで加熱するための新たなエネルギーを必要とすること（その結果、加熱のために、生成した油を燃料として費やしたり電力を購入したりする必要が出てくること）、また製品化するには原油状の生成物を再び分離・精製する工程が加わりそのための設備が不可欠であること、さらに油化工程での発火、爆

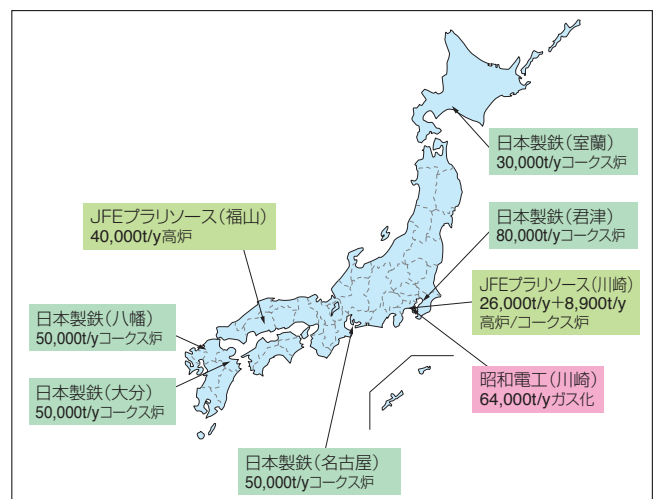
発のリスクが常にありその対策が必要なことなどから、採算がとれず、2000年代半ばまでに大型設備の多くが撤退を余儀なくされました。

札幌プラスチックリサイクル(株)も大型設備を有し油化事業の確立に取り組んでいましたが、2010年に撤退しました。

廃プラスチックの油化技術の開発は一定の成果をあげることができましたが、実用化にあたって事業規模の確保、高コストの軽減等の課題が数多く残されており、現状、新たな展開はなかなか難しい状況にあります。本技術を採用するにあたってはこれらの問題・課題についての十分な検討が必要です。

■参考 容リ法対象ケミカルリサイクル施設

国内には、ケミカルリサイクル技術を活用した施設が数多くあります。図は容器包装リサイクル法に基づき集められたプラスチックを使用してケミカルリサイクルを行う施設の状況を示したものです。2019年では、高炉原料化、コークス炉化学原料化、ガス化を目的とする施設が、全国8ヶ所に置かれています。

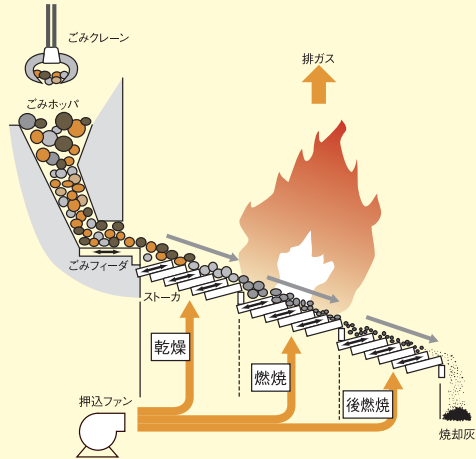


2019年、数字は処理能力

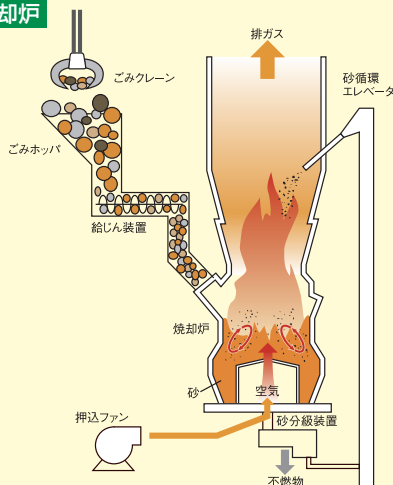
● サーマルリサイクル（エネルギー回収）

■ 焼却炉のしくみ

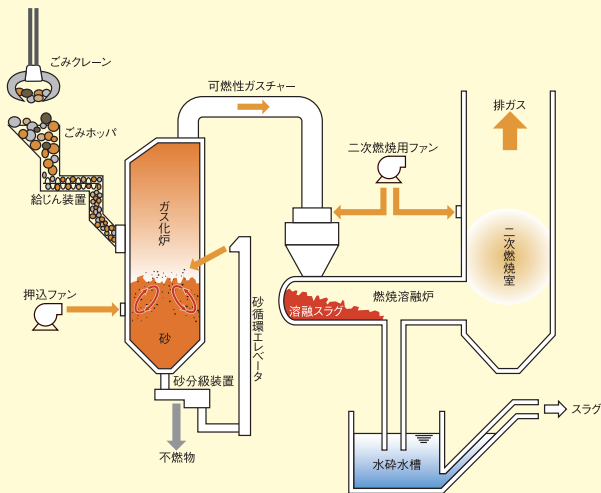
火格子（ストーカ）焼却炉



流動床焼却炉



ガス化溶融炉



出典：上図および右図 東京二十三区清掃一部事務組合「ごみれば 23 2020 循環型社会の形成に向けて」（当協会で説明内容の省略と図構成の組換えを一部行っている）

◆ 廃プラ 埋め立てからサーマルリサイクルへ

廃プラスチックは現在自治体独自の判断で収集・処理されていますが、環境省はこれまでまちまちになっていた分別基準を「可燃ごみ」として統一していくこととし、2005年5月廃棄物処理法の基本方針を「廃プラについては、まず発生抑制を、次に再生利用を推進する」とした上で、「なお残るものについては、直接埋め立てを行わず、熱回収を行なうのが適当である」と改正・告示しました。

同様の動きとして東京23区は1973年来、家庭から排出される廃プラスチックは「不燃ごみ」として埋め立てていましたが、2008年度から本格的に焼却・エネルギー回収による埋め立てゼロを目指した取り組みをスタートさせました。この結果、東京二十三区清掃一部事務組合関連の、ごみ焼却による平成30年度*熱有効利用実績は、総発電量12.8億kWh、売電量7.8億kWh、熱供給量(有償)32.9万GJ、売電・売熱収入額107億円**を記録するまでになっています。

*統計の都合上、2018年3月～2019年2月で集計。**新エネルギー等電気相当量売却金額(環境価値分)含む。

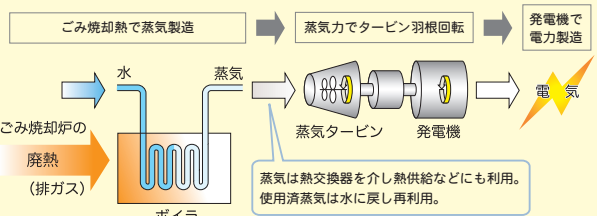
サーマルリサイクルの手法としては、ごみ焼却熱利用、ごみ焼却発電、セメント原・燃料化、固形燃料化(RPF、RDF)などがあります。このうち、ごみ焼却発電は近年重要なエネルギー源として改めて注目を集めるようになってきています。

現在、ごみ焼却の方法としては、火格子(ストーカ)焼却炉、流動床焼却炉、ガス化溶融炉を使ったものなどがあります。火格子焼却炉は、ごみをストーカ上で移動させながら燃やすもので、水分を蒸発させる「乾燥」、勢いよく燃やす「燃焼」、最後まで燃やしきる「後燃焼」の部位で構成されています。流動床焼却炉は、加熱した砂が入った焼却炉の中に下から空気を吹き込み砂を沸騰したお湯のように遊動させるものでここにゴミを入れて焼却します。ガス化溶融炉は、ごみを高温でガス化し、発生した熱分解ガスや炭化物を燃料として回収してそれにより蒸気タービンを回して発電するとともに、焼却灰は溶融固化するものです。

いずれも焼却に伴い発生する熱、排ガスを新たなエネルギー源として使うことができます。

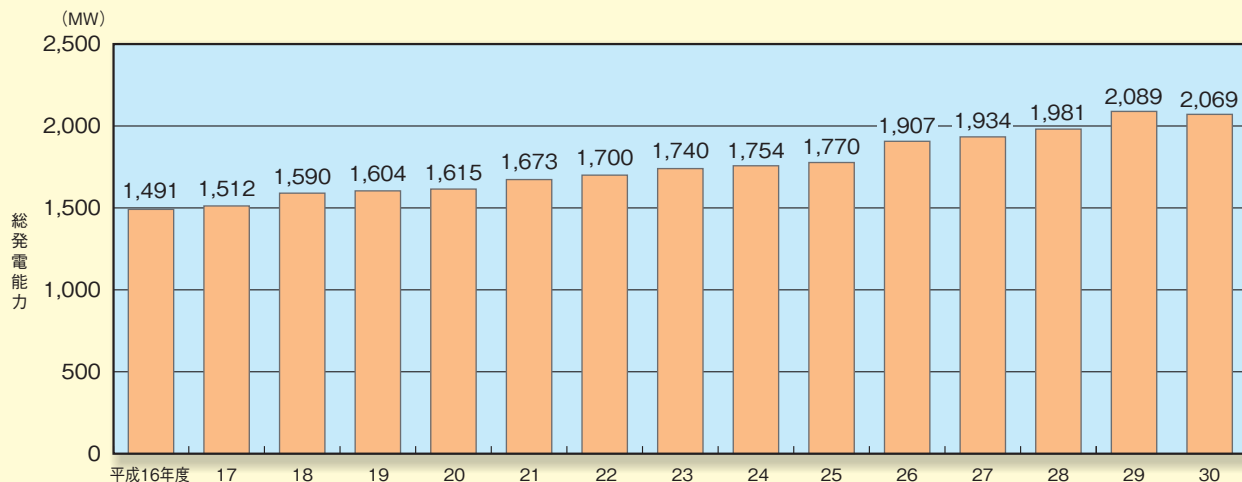
セメント原・燃料化は、廃棄物を発熱量が高く燃焼性のよいセメント焼成用燃料として効率的に利用するものです。またRPFは廃プラスチックを古紙と混ぜ合わせたもので、近時製紙会社等で石炭やコークスなどの化石燃料の代替としての需要が増加しています。

■ 発電と供給の仕組み



●ごみ発電の現状（一般廃棄物）

■総発電能力の推移



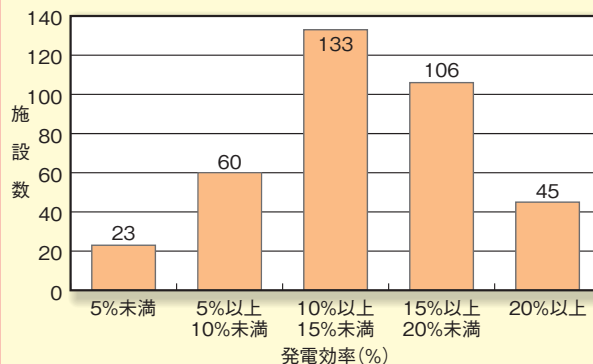
出典：環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等」平成30年度

◆321万世帯分の発電能力

ごみのエネルギーとしての利用は着実に進んでいます。全国のごみ焼却施設（1,082か所）の約70%が何らかの形で余熱を利用しており、ボイラーで発生させた温水や蒸気を近隣の健康施設などに供給し、暖房、浴場、温水プールへ活用しています。近年では発電が有効な利用方法として注目されており、平成30年度時点で発電設備のあるごみ焼却施設は379か所と全ごみ焼却施設の35%を占め、発電能力合計は2,069MWとなっています。平成30年度の総発電電力量は9,553GWh（前年比+346GWh）で、これは約321万世帯分（電力事業連合会推計値《平成27年度／一世帯当たり電力消費量247.8kWh/月で計算）の電力を賄える量に相当します。ただ発電効率はまだ必ずしも良好とはいえず、発電効率20%以上の施設はわずか45にとどまっています。また発電能力5,000kW未満の小規模施設が247と全体の65%を占めており、施設集約、機器更新、新焼却技術導入などで発電効率の高度化を図っていく必要があります。

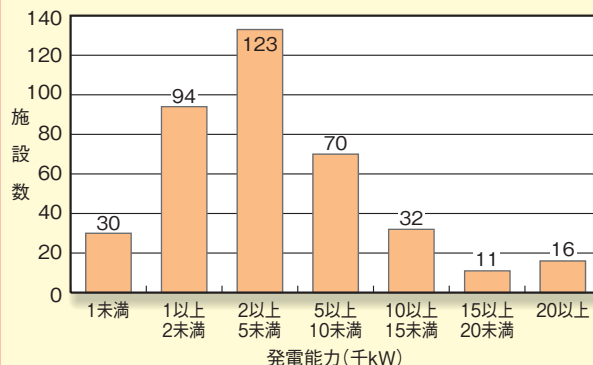
このような中、政府は、2018年6月に「廃棄物処理施設整備計画」（2018～22年度）を閣議決定し、「廃棄物処理施設の整備に当たっては、廃棄物の処理施設の省エネルギー化や電気・熱としての廃棄物エネルギーの効率的な回収を進める」ことを掲げ、例えばよりエネルギー回収効率の高い施設への更新、十分なエネルギー回収量を確保するための施設の大規模化、廃棄物エネルギーの回収・利用が進んでいない小規模施設においては地域特性に応じた効果的なエネルギー回収技術の導入などの取組促進が必要であるとして、そして「循環基本法に基づくごみの適正な循環の利用および適正な処分の基本原則に基づいた上で、焼却せざるを得ない廃棄物について、近年の熱回収技術の進展を踏まえ、廃棄物エネルギーの効率的な回収を通じた地域の廃棄物処理システムにおける温室効果ガスの排出削減を推進する」として、期間中に整備されたごみ焼却施設の発電効率の平均値を19%（17年度見込み）から21%（22年度）とする具体的目標を設定しました。

■ごみ焼却施設の発電効率別の施設数



注）発電施設379のうち、有効回答があった367施設を対象としている

■ごみ焼却施設の発電能力別の施設数



注）発電施設379のうち、有効回答があった376施設を対象としている

出典：環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等」平成30年度

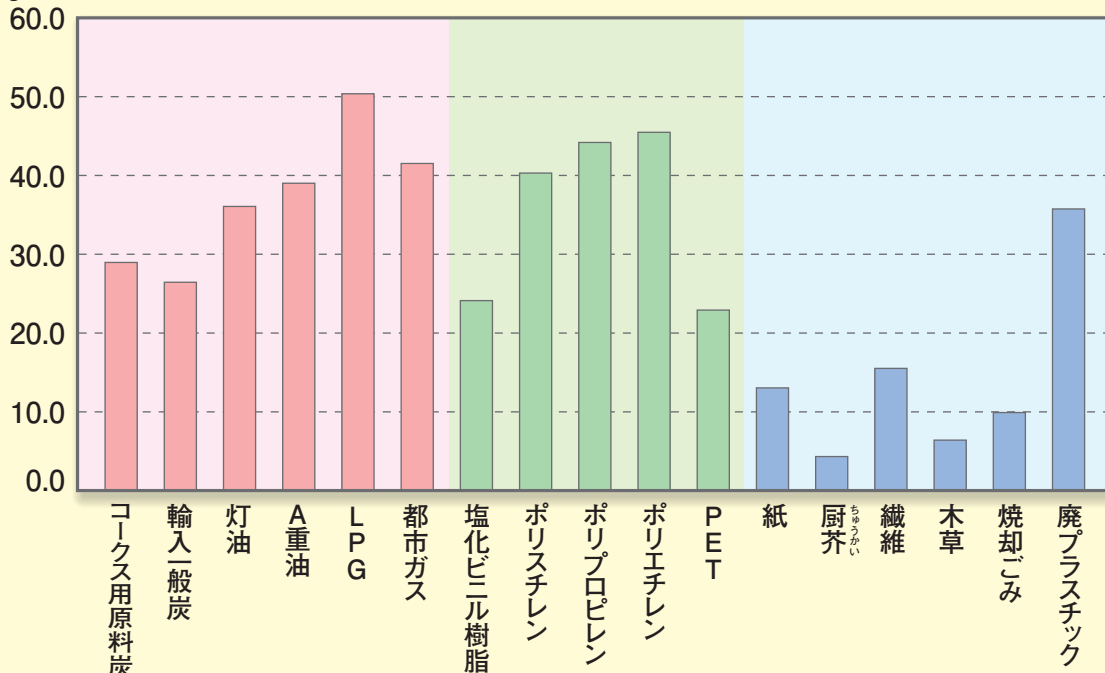
● 高い発熱量は貴重なエネルギー

■ 発熱量の比較

分類	品名	単位	MJ	kcal	出典
燃料	コークス用原料炭	kg	28.94	6,914	資源エネルギー庁公表「標準発熱量・炭素排出係数」(2018年8月)を基に作成
	輸入一般炭	kg	25.97	6,203	
	灯油	リットル	36.49	8,718	
	A重油	リットル	38.90	9,293	
	LPG	kg	50.06	11,958	
	都市ガス	Nm ³	41.21	9,844	
プラスチック	塩化ビニル樹脂	kg	24.1	5,760	当協会「プラスチック製容器包装の処理に関するエコ効率分析」2006年9月
	ポリスチレン	kg	40.2	9,600	
	ポリプロピレン	kg	44.0	10,500	
	ポリエチレン	kg	46.0	11,000	
	PET	kg	23.0	5,500	
廃棄物 (湿潤ベース)	紙	kg	13.2	3,160	プラスチックごみ最適処理技術研究会編著「プラスチックごみの処理処分」日報 1995年
	厨芥(ちゅうがい)	kg	3.9	930	
	繊維	kg	16.3	3,900	
	木草	kg	6.6	1,570	
	焼却ごみ	kg	10.0	2,390	
	廃プラスチック	kg	36.2	8,650	

注:1MJ(メガジュール)=238.89kcal, 1kcal=4.18605kJ

(MJ/kg ※注)



※注)ただし、灯油とA重油はリットル当たり、都市ガスはNm³当たり。

◆ 石炭や石油と変わらない発熱量

ごみ焼却施設に集められたごみのなかにはさまざまなものが含まれています。グラフは燃料とごみのなかに含まれる可燃物質の発熱量を比較したものです。

グラフでわかるように、プラスチックは紙ごみの2～3倍の発熱量があります。プラスチックのなかでは、ポリエ

チレン、ポリプロピレン、ポリスチレンが高い発熱量をもっていて、石炭、石油、LPGなどの燃料に比べてもその色のないことがわかります。

このように、高い発熱量をもつプラスチックを含むごみは貴重なエネルギー源として、今後、ますますその有効活用が望まれます。

●ごみの焼却と汚染物質

■廃棄物処理施設からのダイオキシン類排出量の推移

年	総量	一般廃棄物焼却施設	産業廃棄物焼却施設
1997	6500	5000	1500
1999	2040	1350	690
2001	1345	812	533
2003	145	71	74
2005	135	62	73
2007	110	52	58
2009	68	36	33
2011	59	32	27
2013	49	30	19
2015	43	24	19
2017	37	22	15

単位=g-TEQ/年

■ダイオキシン類濃度の基準

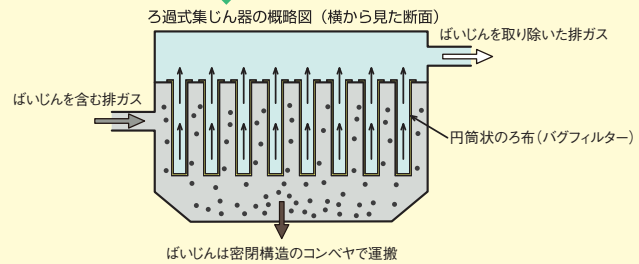
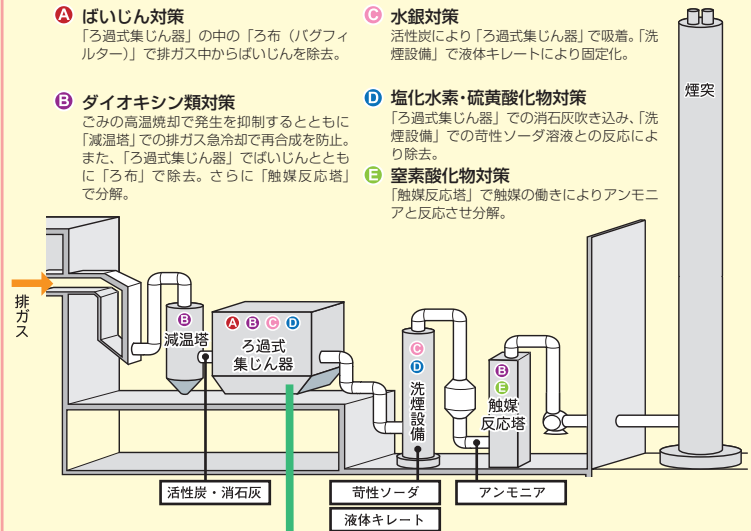
燃焼室の処理能力	新設施設	既存設備
4t/時以上	0.1ng-TEQ/m ³ N	1ng-TEQ/m ³ N
2~4t/時	1ng-TEQ/m ³ N	5ng-TEQ/m ³ N
2t/時未満	5ng-TEQ/m ³ N	10ng-TEQ/m ³ N

注：ダイオキシン濃度は毒性等量に換算したものをm³Nは0℃、1気圧の状態に換算したもの
 ※：TEQ・ダイオキシン類の毒性の強さを表す値（毒性等量）

出典：環境省

■廃棄物処理施設の排ガス対策（東京二十三区清掃一部事務組合の事例）

- A ばいじん対策**
「ろ過式集じん器」の中の「ろ布（バグフィルター）」で排ガス中からばいじんを除去。
- B 減温塔**
ごみ的高温焼却で発生を抑制するとともに「減温塔」での排ガス急冷却で再合成を防止。
- C 水銀対策**
活性炭により「ろ過式集じん器」で吸着。「洗煙設備」で液体キレートにより固定化。
- D 塩化水素・硫黄酸化物対策**
「ろ過式集じん器」での消石灰吹き込み、「洗煙設備」での苛性ソーダ溶液との反応により除去。
- E 窒素酸化物対策**
「触媒反応塔」で触媒の動きによりアンモニアと反応させ分解。



出典：東京二十三区清掃一部事務組合「ごみれば 23 2020 循環型社会の形成に向けて」（当協会の一部説明文の内容を簡略化している）

◆激減したダイオキシン

都市ごみを焼却炉で燃やすと汚染物質を含んだ排ガスが出ますが、我が国では厳しい基準の下、焼却炉の設備更新、新技術の導入など排出抑制のための努力が積み重ねられた結果、汚染物質の排出は規制基準を大きく下回るようになってきました。

〈ダイオキシン類〉ダイオキシン類については、1997年に抑制基準が実施され、2000年1月にはダイオキシン類対策特別措置法が施行となり、新設だけでなく、既存の施設についても規制が厳しくなりました。この法律では、ダイオキシン類の耐容一日摂取量、環境基準、排出ガスおよび排出水に関する規制を定めています。廃棄物焼却炉については、焼却能力（合計）が時間当たり50kg以上または火床面積（合計）が0.5㎡以上の焼却炉について、排出基準が定められています。

2001年に廃棄物処理法が改正され、廃棄物の焼却は同法施行規則で定める構造の焼却炉で、環境大臣の定

める方法で行うことになりました。環境省によると2017年度の廃棄物焼却施設からのダイオキシン類推定排出総量は37g（一般22g、産業15g）とのことで、これは1997年度の1/176まで低減したということになります。

〈ばい煙〉大気汚染防止法によって排出基準が定められていますが、国の基準以上の厳しい規制をかけている自治体もあります。

汚染物質としては、ばいじん、窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素などがありますが、これら汚染物質の除去方法としては、電気集塵機・バグフィルターなどの集塵装置によって物理的に行うものと、アンモニア、苛性ソーダ、消石灰などの化学反応を使って行うものがあります。

参考 海洋プラスチックごみ



河岸をおいつくすごみ（東京）
写真提供：全国川ごみネットワーク <http://kawagomi.jp>



海岸の漂着ごみ（長崎）
写真提供：一般社団法人 JEAN <http://www.jean.jp>

近年、国連会合やG7環境相会合でもたびたびとりあげられ、我が国でも環境基本計画などで対応を進めていくことが確認されるなど、海ごみ、特に海洋プラスチックごみ問題が世界共通の課題となっています。

プラスチックは、その優れた機能、性質から、身の回りの多くの製品に使われ、現代社会を成り立たせるうえでもはや不可欠なものとなっていますが、自然環境下での分解性が低いことから、いったん資源循環の流れからはずれ自然界に放出されてしまうとその回収、処理が難しいものとなってしまいます。プラスチック製品が海岸に打ち上げられ景観を損なったといったことが世界各地から報告されています。

2010年時点でおよそ480万トンから1270万トンのプラスチックが海洋に流出し、その多くが急激に経済成長を遂げている中国や東南アジアを起源とするもので、特に河川からの流出が大きいとの科学的推論がなされています。これらの国における廃棄物処理のためのインフラ整備や市民の意識改革が求められています。

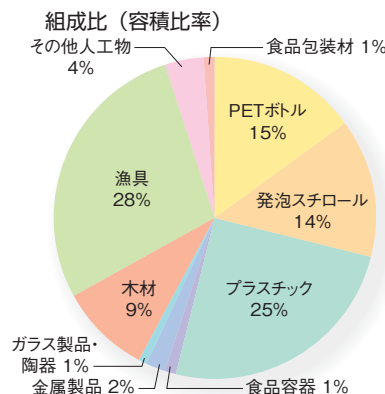
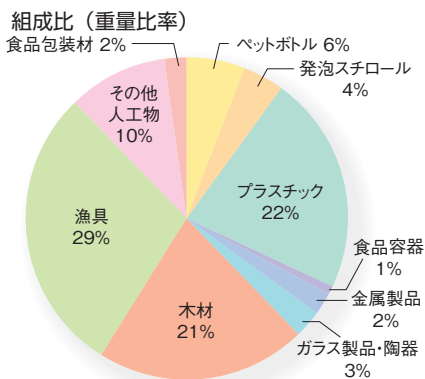
また、海洋プラスチックごみが紫外線、波力等によって5ミリ以下の極小片となったマイクロプラスチック、洗顔剤、研磨剤などに使うためにマイクロサイズの極小

球に加工されたマイクロビーズなどが生態系へ与える影響についての研究も進められています。

海洋プラスチックごみ問題を解決するための動きが世界で活発化しています。2015年のエルマウサミットでの「海洋ごみ問題に対処するためのG7行動計画」合意以降も、16年の伊勢志摩サミット、17年の国連海洋会議など多くの国際会議・会合で海洋プラスチックごみ問題が討議され、18年のシャルルボワサミットでは数値目標を含む「G7海洋プラスチック憲章」がカナダとEU各国により承認されました。そして19年の大阪G20サミットでは、海洋ごみ、特に海洋プラスチックごみ、マイクロプラスチックに対処する措置は、すべての国により関係者との協力の下、国内的、国際的にとられる必要があること、各国は流出抑制、大幅削減のための適切な国内的行動を速やかにとる決意であること、各国既存行動の先を見越して「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」（社会にとってのプラスチックの重要な役割を認識しつつ改善された廃棄物管理および革新的解決策によって2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的汚染ゼロを目指すもの）を世界共通ビジョンとして共有していくことなどを盛り込んだ宣言がとりまとめられました。

■日本沿岸に漂着した人工物の構成（平成27年度から平成29年度の3か年のまとめ）

項目	ペットボトル	発泡スチロール	プラスチック(その他の石油化学製品)	弁当箱、トレイ等の食器容器	金属製品	ガラス製品・陶器	木材	漁具	その他人工物	ポリ袋、菓子袋等の食品包装材	合計
重量(kg)	244.1	146.3	861.8	30.5	84.3	103.3	814.1	1,122.2	401.7	75.3	3,883.6
容積(ℓ)	4,414	4,105	7,495	219	509	248	2,832	7,967	1,345	446	29,580
個数	4,622	322	2,015	1,012	843	607	724	2,685	863	143	13,836



調査地点：毎年度日本沿岸10地点、合計21か所
調査方法：調査距離 50m
調査対象サイズ 2.5cm以上
計測方法：容積は90ℓごみ袋を基準

出典：環境省 平成29年度
漂着ごみ対策総合検討業務 報告書
(当協会で編集)



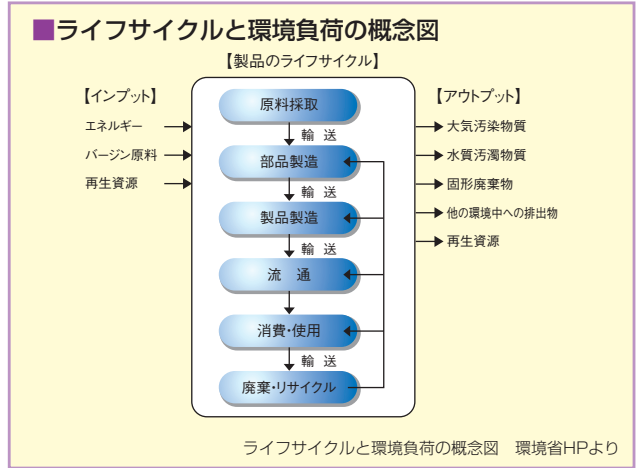
LCAについて

●LCA (ライフ サイクル アセスメント) とは

LCAとは、製品の資源採取から原材料製造、加工、組立、製品使用、さらに廃棄にいたるまでの全過程（ライフサイクル）における環境負荷を総合して、科学的、定量的、客観的に評価する手法です。

LCAは、①目的と調査範囲の設定、②各段階における環境データ（CO₂やエネルギー消費量等）の計算、③環境影響項目（資源の削減効果等）への影響度の評価（インベントリ分析）、④環境に与える影響度の測定の四段階で構成されており、これらを活用することで環境負荷低減への方策を段階的に考えることができます。LCAは「製品」以外の、例えば「サービス」、「システム」等の目にみえないものでも対象にすることが可能です。

さらに近年では「組織」のLCA手法の適用が検討されるようになってきています。



◆LCAの歴史

LCAは1969年に米国の飲料メーカーが行ったリターナブル瓶、飲料缶の環境負荷評価研究から始まるとされていますが、我が国では1995年のLCA日本フォーラムの設立以降その活動が本格化し、経済産業省主導の下実施された二度の国家プロジェクト（LCAプロジェクト）によって、LCA手法の確立、データベースの構築・拡充・普及が図られました。また2004年には日本LCA学会が設立され、学術面での協力関係も強化されています。

◆LCAの仕組み・考え方

LCAは、資源採取から廃棄にいたるまでの製品（あるいはサービス、システム等）の全過程（ライフサイクル）における環境負荷を科学的、定量的、客観的に総合評価する手法です。これをプラスチック製品について考えてみれば、その大元である原油は、地中から採掘され、パイプラインで積出港に送られ、そしてタンカーで日本に運ばれてきます。日本に着いた原油は石油会社の精留プラントで石油製品になりますが、このうちのナフサが分解、重合の工程を経てPE、PP、PS等になり、これがプラスチック製品の原料となります。製造されたプラスチック製品は、市場に送りこまれ、使用され、使命を終えれば廃棄されます。廃棄されたプラスチック製品は、あるものはリサイクルされ、燃やされ、あるいは埋め立てられます。これがプラスチック製品のライフサイクルであり、フローで示すと次のようになります。

原油採掘⇒（運搬）⇒石油精製⇒（運搬）⇒プラスチック原料（ペレット）製造⇒（運搬）⇒プラスチック製品製造（プラスチック原料加工）⇒（運搬）⇒プラスチック製品使用・廃棄⇒（運搬）⇒最終処分（リサイクル、焼却、埋立）

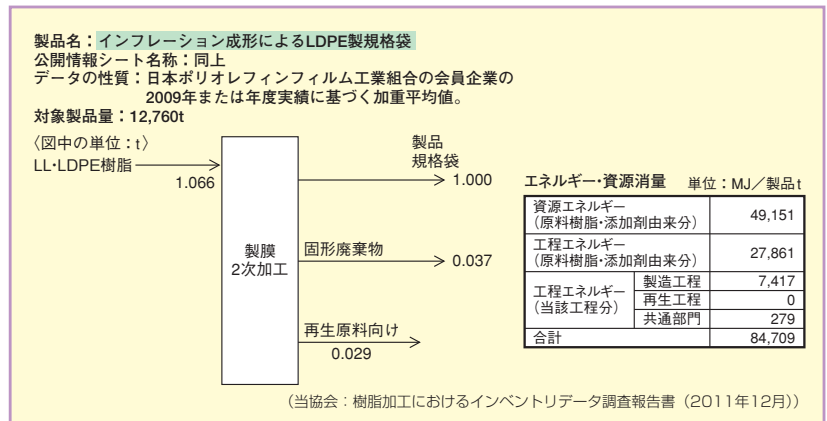
◆LCAとLCI分析

経済産業省、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は「LCAデータベース」を構築しその成果を公開しています。また各種団体、研究機関からもいろいろなデータが発表されており、当協会でもプラスチックに係るインベントリ調査結果をいくつか公表しています。これらデータを使い様々な製品のLCI（ライフサイクルインベントリ）分析をすることができます。

単位：樹脂t

	工程エネルギー (MJ)	資源エネルギー (MJ)	CO ₂ (kg-CO ₂)	SOx (kg)	NOx (kg)
LDPE	26,132	46,103	1,518	3,286	3,321
HDPE	22,324	46,194	1,326	3,118	3,015
PP	25,091	45,817	1,483	3,245	3,220
PS	28,188	45,626	1,920	3,330	3,577
EPS	29,957	45,537	1,939	3,441	3,627
PVC	24,790	21,273	1,449	2,174	2,432
BPET	28,120	34,772	1,578	3,549	3,023
PMMA	60,902	49,372	4,073	4,718	5,618

注：資源エネルギーは原料として使用された化石資源の熱評価値（当協会：石油化学製品のLCIデータ調査報告書（2009年3月））



例えば、LDPEを使ってインフレーション成形による規格袋1tを作った場合のエネルギー・資源消費量は次のように計算することができます。

- ①資源エネルギー(原料樹脂・添加剤由来分) 46,103 MJ/t×1.066 (原単位) = 49,151 MJ/t
- ②工程エネルギー(原料樹脂・添加剤由来分) 26,132 MJ/t×1.066 (原単位) = 27,861 MJ/t
- ③工程エネルギー(当該工程分) = 7,696 MJ/t
- ①+②+③ = 84,709 MJ/t

大括りにいえば、①がLDPE樹脂(ペレット)の総発熱量、②が樹脂原料(原油)採取からナフサ精製、LDPE樹脂(ペレット)製造までに係るエネルギー量、③が製袋業者における樹脂(LDPE)ペレットの製品化(インフレーション成形による規格袋製造)に係るエネルギー量ということになります。

●LCAでリサイクルを考える

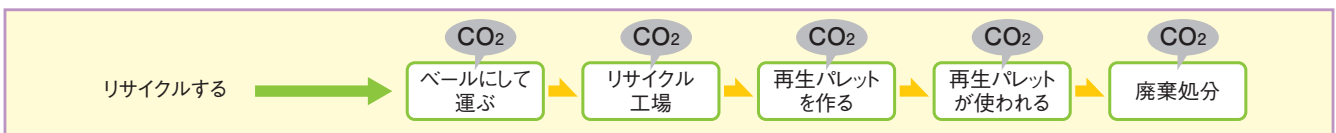
◆リサイクルの手法を評価するには

それでは、プラスチック製品のリサイクル手法を比較、評価するにはどうしたらよいでしょうか。

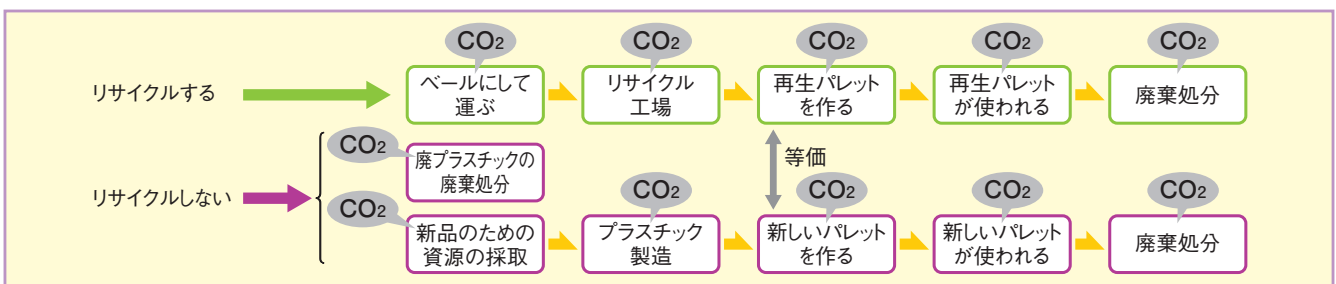
リサイクル手法を評価するには、まずモノサシを揃えなければなりません。例えば、マテリアルリサイクルでバケツを作ることと、ケミカルリサイクルで衣類を作ることと比較して、どちらがより良いリサイクル手法かを比較しても意味がありません。バケツと衣類は異なるプロセスを経てつくられ、用途や役割が違うものであって、これを単純に比べることはできないからです。リサイクルの成果物でリサイクル手法の評価をしてはならないのです。しかしながら、ある手法でリサイクルしたときに、それをしなかった場合と比べてどれだけ環境負荷を低減させることができたかを比較することは可能です。例えばリサイクルをせずに処分した場合、CO₂排出量が1tであるときに、Aのリサイクル手法なら0.5tまで、Bのリサイクル手法なら0.3tまでCO₂排出量を削減できたとすると、リサイクル手法としてはBの方が優れているということになります。

◆リサイクルすべきか否かをLCAで評価する

リサイクルする場合・しない場合の環境負荷計算にあたっては、LCAの手法が有効です。廃プラスチックとして排出されてから、リサイクルされ、再生品が使われ、そして再び廃棄されるまでについて、それぞれの工程の環境負荷を算出していきます。例えばCO₂の環境負荷について考えてみると次のようになります。



それぞれの工程でCO₂が発生しますので、これらを合算したものが、CO₂についてのリサイクルに係る環境負荷ということになります。他方、「リサイクルしない」を選択した場合はどうでしょうか。ここで間違いやすいのは、「リサイクルしない」場合を「廃棄処分」のみであるとしてしまうことです。そうするとCO₂発生量が極端に少なくなり、「リサイクルしない」ことが一番「エコ」であるということになってしまいます。本当にそうでしょうか。実はこの前提には大きな誤りがあります。再生品が作られるということは、その分新品が作られずに済んだということです。リサイクルせずに廃棄処分とするなら、マテリアルリサイクル品でつくられたものと同じ機能のものを新品で作らねばなりません。

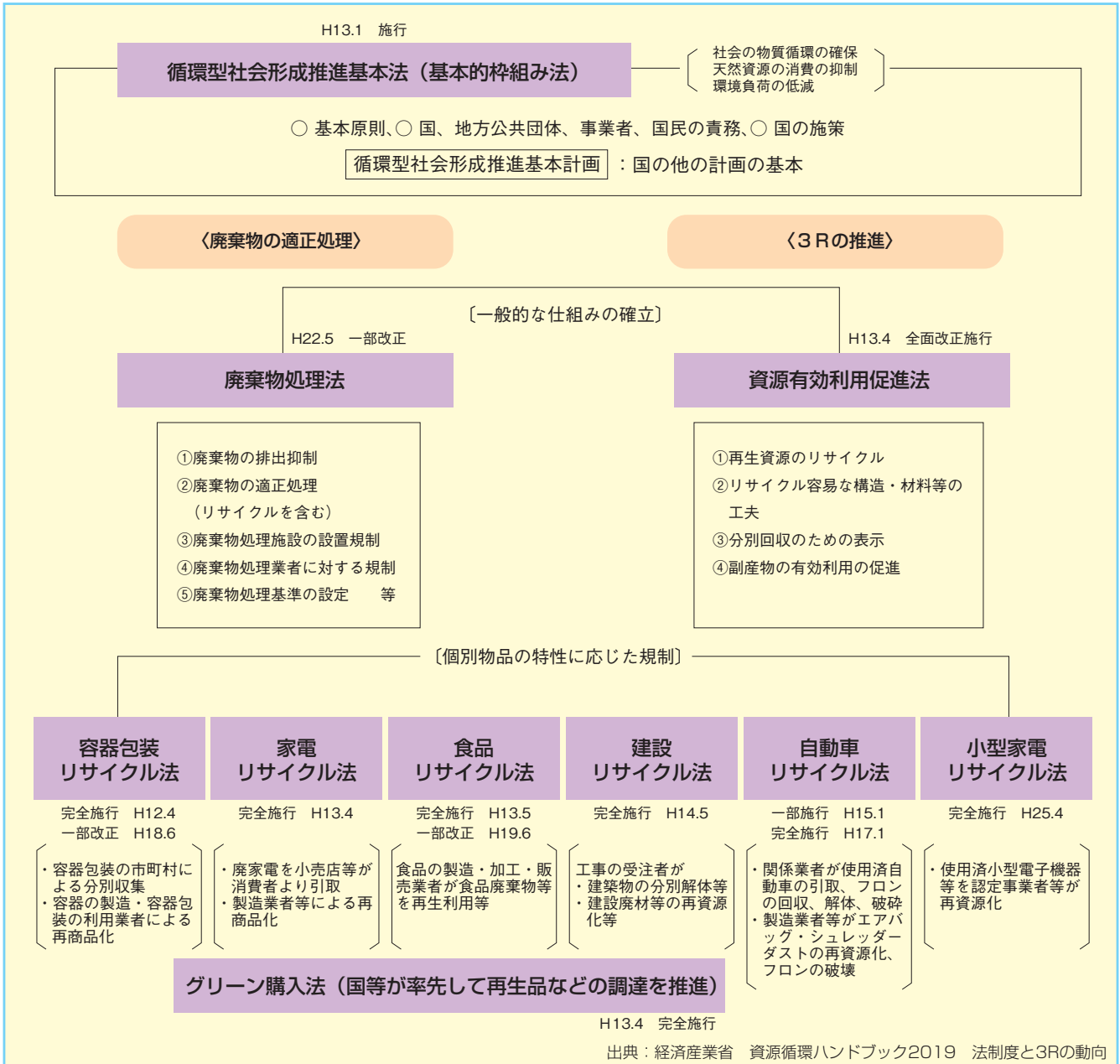


すなわち、「リサイクルしない」を選んだ場合は、廃棄処分のCO₂発生量に加えて、新品に係る資源(原油)の採取、ナフサの精製、樹脂原料ペレットの製造、樹脂原料ペレットの加工、ペレットの製造、ペレットの使用、廃棄処分までの各工程におけるCO₂発生量も合算しなければならないのです。「リサイクルする・しない」のどちらが「エコ」なのかの判断はそのうえで行う必要があります。



循環型社会形成のための法制度としくみ

●基本法と個別リサイクル法



◆国、自治体、事業者、国民の役割を明確化

循環型社会の形成は、21世紀のわが国にとって最大の課題といわれています。循環型社会とは、①廃棄物の発生抑制②資源の循環的利用③廃棄物の適正処分が確保されることにより、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会とされています（循環型社会形成推進基本法）。

政府は、2000年を循環型社会元年と位置づけ、循環型社会形成推進基本法（推進基本法）を中心とするリサイクル関連6法を制定しました。推進基本法では、循環型社会形成の基本原則を定め、また、国、市町村、事業者、国民の役割分担を明らかにし、国のとる施策を明示しています。

同法を基本的な枠組みとして、資源有効利用促進法など個別のリサイクル法が制定、また改正・強化されました。これらの法律では、発生した廃棄物のリサイクルにリデュース（発生抑制）、リユース（再使用）を加えた3Rを効果的に進めるため、対象の分野での具体的しくみを定めています。

2018年、5年毎の見直しを踏まえ、「地域循環共生圏形成による地域活性化」、「ライフサイクル全体での徹底的な資源循環」、「適正処理の推進と環境再生」、「災害廃棄物処理体制の構築」、「適正な国際資源循環体制の構築と循環産業の海外展開」などを柱とする第4次循環型社会形成推進基本計画が閣議決定されました。



● 容器包装リサイクル法と識別表示マーク

■ 指定法人ルートによるリサイクルの流れ (プラスチック製容器包装)



材質表示は、JIS K 6899-1 2000 (ISO1043-1 2001) で定められている記号を使います。

単一材質の事例



PE

複合材質の事例



ボトル:PE,EVOH
キャップ:PP

一括表示

PET飲料の場合



PET
ボトル



キャップ・ラベル

カップ麺の場合



カップ・外装フィルム
液体スープ袋



ふた

出典：経済産業省「容器包装リサイクル」2001年度版

◆ 分別収集のために識別マークや材料表示を

容器包装リサイクル法(容器包装に係る分別収集および再商品化の促進等に関する法律)は、家庭から出るごみのなかで容積比で60%、重量比で20~30%に達していた容器包装廃棄物の減量、リサイクル促進を目的に制定されました。

同法では、消費者、市町村、事業者それぞれにそれぞれの立場でごみの減量とリサイクルの責務を負わせています。

2006年の改正では、排出抑制の促進、質の高い分別収集(市町村に資金を拠出)、PETボトルの区分変更(めんつゆ容器などの追加)などが織り込まれました。

●消費者の役割 容器包装の合理的選択によって廃棄物の排出を抑制するとともに、容器包装廃棄物を分別して排出する役割を果たさなければなりません。

●事業者の役割 対象となる容器を製造もしくは利用する事業者は、再商品化(リサイクル)を行なう義務を負います。なお、事業者は、(公財)日本容器包装リサイクル協会にリサイクル費用(委託料)を支払って再商品化義務の

履行を委託することができます。

●市町村の役割 市町村は分別収集計画を定め、区域内における容器包装廃棄物の分別収集に必要な措置を講じなければなりません。

これを踏まえ事業者には分別収集をしやすくするため、容器包装への識別マークの表示が法律で義務付けられています。プラスチックの場合は、材質が多種にわたることから、識別マークに加え「材質表示」を加えることが推奨されています。

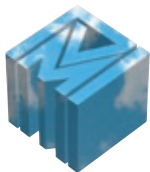
日本の容器包装リサイクル法にもとづく識別および材質表示とは別にとときどき見られる下記の表示は、アメリカにおける容器に用いられる原料樹脂の材質を区分するためのもので、米国プラスチック産業協会が定めたことから、SPIコードと呼ばれています。



この表示は日本の制度とは異なるものですので、その使用については十分な注意が必要です。

参考 関係団体組織一覧

団体	略称	関連項目	電話番号	ホームページ(URL)
エポキシ樹脂技術協会	J S E R T	エポキシ樹脂に係る技術紹介、規格化・分析評価方法標準化、安全取扱周知等	03-3260-1721	http://epoxygk.world.coocan.jp/
塩化ビニル環境対策協議会	J P E C	塩ビ樹脂、同製品の環境問題解決、リサイクル推進のための技術開発、調査研究、啓発普及	03-3297-5601	http://www.pvc.or.jp/
塩化ビニル管・継手協会	J P P F A	硬質塩ビ管・継手の普及ならびにこれらの環境・リサイクル活動および規格統一標準化	03-3470-2251	http://www.ppfa.gr.jp/
塩ビ工業・環境協会	V E C	塩ビ工業に係る環境、保安、安全、再資源化に係る調査・研究、塩ビ知識の啓発・普及	03-3297-5601	http://www.vec.gr.jp/
塩ビ食品衛生協議会	J H P	JHP規格整備・拡充、原材料・製品の適正使用推進、内外食品衛生関連法規調査・研究、食品包装材料および関連材料衛生に係る調査・研究	03-5541-6901	http://www.jhpa.jp/
エンブラ技術連合会		エンジニアリングプラスチックに関する技術的事項検討、内外諸情報調査・研究	03-3592-1668	http://www.enpla.jp/
押出発泡ポリスチレン工業会		発泡ポリスチレンを使用した建築・建材用の断熱材・保温材等メーカーの団体	03-5402-3928	http://www.epfa.jp/
可塑剤工業会	J P I A	可塑剤工業に係る環境、安全問題調査・研究と対策推進、可塑剤関連知識周知・啓発、可塑剤関連の生産・技術・流通等の調査	03-3404-4603	http://www.kasozai.gr.jp/
(一社)強化プラスチック協会	J R P S FRP協会	強化プラスチック(FRP)産業に関する生産・技術等調査、研究、指導および普及	03-5812-3370	http://www.jrps.or.jp/
合成樹脂工業協会		熱硬化性樹脂、同関連製品の環境、製品安全・資源再利用・規格標準化等への対応	03-5298-8003	http://www.jtpia.jp/
(一社)産業環境管理協会	J E M A I	3R先進事例発表、リサイクル技術開発、環境学習支援	03-5209-7704	http://www.jemai.or.jp/
(公社)食品容器環境美化協会	B I E B A 食環協	飲料容器散乱防止と環境美化推進のため、飲料メーカー団体で構成	03-5439-5121	http://www.kankyobika.or.jp/
(公社)新化学技術推進協会	J A C I	わが国の諸産業発展、国際競争力強化とプレゼンス向上を図ることで将来に向けた新たな化学を推進することを目的とした団体	03-6272-6880	http://www.jaci.or.jp/
石油化学工業協会	J P C A 石化協	石油化学工業の調査研究、統計作成、資料・情報収集頒布、関連知識啓発、普及宣伝等	03-3297-2011	http://www.jpca.or.jp/
(公社)全国産業資源循環連合会	全産連	産業廃棄物の適正処理体制確立のための全国処理業者組織化、経営基盤整備、研修会開催、処理技術研究、福利厚生制度・保険制度充実、専門誌発行等	03-3224-0811	http://www.zensanpairen.or.jp/
全日本プラスチック製品工業連合会	J P P F	プラスチック加工業界諸問題への取り組み、提言等を目的とした製造、加工メーカーの団体	03-3541-4321	http://www.jpjf.gr.jp/
全日本プラスチックリサイクル工業会	J P R A	MRIによるCO2削減および地域貢献活動を目的としたプラスチック再生加工業者の団体	03-3960-7511	http://www.jptra.biz/
炭素繊維協会 (日本化学繊維協会 炭素繊維協会委員会)	J C M A	炭素繊維に係る安全・環境向上、国際標準化推進、統計資料収集・整理、用途・市場拡大、IT・広報活動推進などの諸活動 2014年7月 日本化学繊維協会と統合	03-3241-2313	http://www.carbonfiber.gr.jp/
(一社)日本RPF工業会	J R P F	RPFに関する行政・業界動向調査、提言、RPF製造販売企業経営の高度化施策推進、安全性・品質高度化・多様化に係る調査研究、RPF製造設備、燃焼機器等調査研究	03-6206-8000	http://www.jrpf.gr.jp/
日本ウレタン工業協会 (J U I I)	ウレタンフォーム工業会 J U F A ウレタン原料工業会 J U R A	ウレタン原料、フォーム製品の安全・衛生維持向上、環境問題、省エネルギー取り組み、啓発・広報活動等 ※日本ウレタン工業協会は、ウレタンフォーム工業会、ウレタン原料工業会が組織した団体	03-5413-3660 03-6809-1081	http://www.urethane-jp.org/
(一社)日本化学工業協会	J C I A 日化協	化学工業に係る調査・研究、企画・推進、情報提供、普及・啓発等(含むレスポンシブルケア)	03-3297-2550	http://www.nikkakyo.org/
日本化学繊維協会	J C F A 化繊協	繊維業界の健全な発展を図ることを目的に生産から消費までの化学繊維工業に係る諸問題への対応	03-3241-2311	http://www.jcfa.gr.jp/
(公財)日本環境協会	J E A	環境保全に関する知識普及、人材育成等	03-5829-6524	http://www.jeas.or.jp/
(一財)日本規格協会	J S A	規格全般の開発・普及、標準化基盤の整備、管理技術の高度化・普及等	03-4231-8500	http://www.jsa.or.jp/
(一社)日本合成樹脂技術協会		原料・金型・機械・加工等メーカーや関連商社、顧客等プラスチック業界に關係する全国の法人および個人により構成される合成樹脂技術に係る団体	03-3542-0261	http://www.plastics.or.jp/
日本バイオプラスチック協会	J B P A	バイオプラスチックの技術調査、評価方法調査、情報収集、広報啓発、識別表示制度運用等	03-5651-8151	http://www.jpapweb.net/
日本ビニル工業会		軟質塩ビ製品加工工業発展のための方策の研究調査、関係機関への意見陳情、塩ビ加工技術向上のための事業、塩ビ加工に関する統計資料作成	03-5413-1311	http://www.vinyl-ass.gr.jp/
日本ビニルホース工業会	J V H M A NVK	ビニルホースの環境・安全諸問題調査研究・情報提供、生産・技術・消費者等の調査研究	03-3501-2466	http://www.jvhma.jp/
日本プラスチック機械工業会	J P M	プラスチック・ゴム加工機械、関連機器等に関するわが国唯一の専門団体。情報収集・調査、引き合い・斡旋、海外企業との交流・視察等	03-6273-2766	http://www.a-jpm.jp/
日本プラスチック工業連盟	J P I F プラ工連	プラスチック業界動向に係る情報収集・提供、環境・安全性確保、PL法対応、規制緩和対応、ISO関係、JIS関係業務等	03-6661-6811	http://www.jpif.gr.jp/
(一社)日本プラスチック食品容器工業会		食品用プラスチックシート成型品の安全・安心および環境・リサイクルの推進ならびに関連情報の収集および調査研究	03-5256-1891	http://www.japfca.jp/
日本プラスチック日用品工業組合	J P M	各種品質規格周知徹底、整備・安全性、消法対策、PL法対策、家庭用品品質表示周知徹底、模倣模造防止、環境意識啓発等の事業	03-5644-1262	http://www.jpmm.or.jp/
日本プラスチック板協会	J P S A	硬質塩化ビニル板協会・ポリカーボネート(PC)板工業会・ポリカーボネート波板工業会3団体で統合、硬質塩ビ板、PC板の広報・宣伝、規格制改廃、環境・安全性対応、各種調査研究等	03-3408-4342	http://www.p-bankyo.com/
日本プラスチック有効利用組合 (公社)日本包装技術協会	N P Y J P I	プラスチック再生加工業者の団体(技術開発、展示会・研修会開催、広報啓発活動等) 包装に関する知識・技術普及による生産・流通・消費の合理化、包装人材質的向上	03-6855-9174 03-3543-1189	http://www.npy-k.jp/ http://www.jpi.or.jp/
日本ポリエチレン製品工業連合会	J P P I F	全国のポリエチレン製品に関する3工業会および1工業組合で構成し、相互の緊密な連携の下、ポリエチレン製品に係る共通課題の対応、解決を図る	03-3661-3834	http://www.jpe.gr.jp/
日本ポリオレフィンフィルム工業組合	P O F	インフレーション成形によりフィルムを製造する業者の全国団体。経営・環境対策指導、ポリオレフィンフィルム製造技術指導・教育、技能士技能検定試験(実技)代行および関連情報提供、広報	03-3639-8936	http://www.pof.or.jp/
日本ポリプロピレンフィルム工業会		製品の品質・技術の向上および標準化ならびに業界に係る調査、研究、広報等	03-3864-5060	http://pp-film.jp/
(公財)日本容器包装リサイクル協会	J C P R A 容リ協	事業者からの受託による再商品化の実施、再商品化に関する普及・啓発および情報収集・提供、内外関係機関との交流・協力	03-5532-8597	http://www.jcprra.or.jp/
農業用フィルムリサイクル促進協会	N A C	農業用フィルムリサイクルシステム構築、再生品用途開発推進、リサイクル新技術開発、リサイクル広報等	03-5775-2051	http://www.noubi-rc.jp/
発泡スチレンシート工業会	J A S F A	発泡スチレンシートに係る各種調査・研究、環境対策推進、発泡スチレンシートの普及・啓発	03-3257-3334	http://www.jasfa.jp/
発泡スチロール協会	J E P S A ジェブサ	発泡スチロールの理解普及・啓発、再資源化活動、需要創造のための基盤整備、環境・安全・衛生等に係る調査研究、対策立案等	03-3861-9046	http://www.jepsa.jp/
プラスチック容器包装リサイクル推進協議会	P P R C プラ推進協	容器法によりプラスチック製容器包装再商品化義務を負う団体と事業者で構成する唯一の組織。プラ容器包装の効果的・効率的な再商品化システム構築と3R推進等を目指す	03-3501-5893	http://www.pprc.gr.jp/
プラスチックリサイクル化学研究会	F S R J	産官学研究者が横断的に結び付き廃プラスチックのリサイクルに関する研究を学術的かつ学際的な立場から推進することを目指す研究会	052-789-3392	http://www.fsrj.org/
P E Tトレイ協議会		PETトレイの食品衛生安全性の確立、廃棄物問題の調査研究	03-5614-6566	http://www.petray.jp/
P E Tボトルリサイクル推進協議会 P E Tボトル協議会		PETボトルのリサイクルに係る啓発、研究調査、指導建議等 PETボトルの適正処理および資源化の促進	03-3662-7591	http://www.petbottle-rec.gr.jp/
ポリオレフィン等衛生協議会	J H O S P A ポリ衛協	熱可塑性樹脂使用の食品容器具、容器包装の衛生的かつ適切な材料使用の普及	03-3297-7700	http://www.jhospa.gr.jp/
リデュース・リユース・リサイクル推進協議会	3R推進協議会	3Rによる循環型社会構築のための広範な国民運動の展開	03-5209-7704	http://www.3r-suishinkyogikai.jp/



一般社団法人 プラスチック循環利用協会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-7-6 (茅場町スクエアビル9F)
TEL (03)6855-9175(総務) 9176(広報) 9177(調査・研究)
FAX (03)5643-8447

ホームページ <http://www.pwmi.or.jp/>



プラスチックのリサイクル20の?を
LCAの視点で解説したサイト



先生・小中学生向け環境学習支援サイト