

廃プラスチックの現在と未来

持続可能な社会におけるプラスチック資源循環

一般社団法人 日本エネルギー学会【編】

コロナ社

「廃プラスチックの現在と未来」編集委員会

<p>委員長 行本 正雄 (中部大学)</p> <p>副委員長 加茂 徹 (早稲田大学)</p> <p>監事 岩崎 敏彦 (元JFE エンジニアリング株式会社)</p> <p>中谷 隼 (東京大学)</p> <p>委員 熊谷 将吾 (東北大学)</p> <p>田崎 智宏 (国立研究開発法人 国立環境研究所)</p> <p>谷 春樹 (環境エネルギー 株式会社)</p> <p>椿 俊太郎 (九州大学)</p> <p>富田 斉 (一般社団法人 プラ スチック循環利 用協会)</p>	<p>秦 三和子 (株式会社エクス 都市研究所)</p> <p>伏見 千尋 (東京農工大学)</p> <p>増田 孝弘 (株式会社タクマ)</p> <p>八尾 滋 (福岡大学)</p> <p>吉岡 敏明 (東北大学)</p>
---	--

(50音順)

執筆者 (50音順)

<p>あおき ちか 栗生木千佳 (公益財団法人 地球環境戦略研究 機関) : 3.1.3 項</p> <p>あさかわ 薫 (元 公益財団法人 日本容器包装 リサイクル協会) : 3.2.1 項</p> <p>あさぬま みのる 浅沼 稔 (元 JFE スチール株式会社) : 4.2.2 項</p> <p>いし い じゅん 石井 純 (JFE スチール株式会社) : 4.2.2 項</p> <p>いそ べ あつひこ 磯辺 篤彦 (九州大学) : 1.4 節</p> <p>いなば あつし 稲葉 敦 (一般社団法人 日本 LCA 推進機 構) : 6 章</p> <p>いわ た ただひさ 岩田 忠久 (東京大学) : 5.2 節</p> <p>う やま ひろし 宇山 浩 (大阪大学) : 5.1 節</p> <p>おお だしゅうじ 大和田秀二 (早稲田大学) : 4.1.2 項</p> <p>お ぼ せ たかひろ 尾場瀬崇裕 (日揮ホールディングス株式会 社) : 4.2.4 項</p> <p>か も とおる 加茂 徹 (早稲田大学) : 4.4.1 項</p> <p>く まが い しょうご 熊谷 将吾 (東北大学) : 4.4.2 項</p> <p>こ じま みちかず 小島 道一 (独立行政法人 日本貿易振興機構 アジア経済研 究所) : 3.1.1 項</p> <p>さいとう ゆうこ 齋藤 優子 (東北大学) : 4.4.2 項</p> <p>さかい しんいち 酒井 伸一 (京都大学名誉教授、公益財団法人 京都高度技術研究所) : 1.2 節</p> <p>シユウ ユイ 徐 于懿 (大阪大学) : 5.1 節</p>	<p>たにし ま あつし 谷島 篤 (株式会社富山環境整備) : 4.1.3 項</p> <p>とみ た ひとし 富田 斉 (一般社団法人 プラスチック循環 利用協会) : 2.2 節</p> <p>なかに じゅん 中谷 隼 (東京大学) : 2.1 節, 6.3 節</p> <p>にし てつお 西 哲生 (国立研究開発法人 産業技術総合 研究所) : 3.2.2 項, 3.3 節</p> <p>の むら せい じ 野村 誠治 (日本製鉄株式会社) : 4.2.3 項</p> <p>ふじい みのる 藤井 実 (国立研究開発法人 国立環境研 究所) : 4.3.2 項</p> <p>ふじもと かおる 藤元 薫 (東京大学名誉教授、一般社団法 人 HiBD 研究所) : 4.2.1 項</p> <p>ほそ だ えい じ 細田 衛士 (慶應義塾大学名誉教授、中部 大学名誉教授、東海大学) : 1.1 節</p> <p>まつえだ けい じ 松枝 恵治 (日本製鉄株式会社) : 4.2.3 項</p> <p>もりぐち ゆういち 森口 祐一 (国立研究開発法人 国立環境研 究所) : 1.3 節</p> <p>や お しげる 八尾 滋 (福岡大学) : 4.1.1 項</p> <p>ゆくもと まさお 行本 正雄 (中部大学) : 4.3.1 項</p> <p>よしおか としあき 吉岡 敏明 (東北大学) : 4.4.2 項, 7 章</p> <p>よしだ あや 吉田 綾 (国立研究開発法人 国立環境研 究所) : 3.1.2 項</p>
--	---

(所属は 2022 年 11 月現在)

ま え が き

19世紀に発明されたプラスチックは自然界には存在せず、透明性や耐水性が高く、軽量でさまざまな形に加工でき、丈夫で腐食しないなど優れた特性を持つ素材である。おもに、原油などの化石資源から新しく合成され、種類によっては安価なため、耐久性・分離困難性があるにもかかわらず、短期間で使い捨てられ、大量の廃棄物となる。環境中にそのまま投棄され、あるいは焼却されることで二酸化炭素や他の有害物質が環境中に排出され、多くの環境問題を引き起こしてきた。

近年、世界的に廃プラスチック問題が注目されており、今後私たちは、プラスチックの過剰な使用を抑制し、賢く利用していく必要がある。そのためには廃プラスチック問題を正しく理解する必要がある。

2020年の日本の廃プラスチックは約822万tで、前年に比べ22万t減った。その処理方法としては、マテリアルリサイクル21%、ケミカルリサイクル3%、エネルギー回収（サーマルリサイクル）62%で、三つを合わせると86%と高いリサイクル率である。エネルギー回収の比率が高いのが日本の特徴である。

また、日本の廃棄物処理の体制は大変優れており、埋立の比率が8%と欧米に比べはるかに少ない。これは日本が世界に誇れるところである。一方、日本の課題としては、マテリアルリサイクルのうちの7割が海外への輸出で、国内での処理は3割に過ぎないことである。しかも中国が2017年12月に輸入禁止したことから、その分の廃プラスチックを国内で処理する必要にも迫られている。また、国内でマテリアルリサイクルされる廃プラスチックのほとんどがPETボトルであり（推定49万t）、包装フィルム用3P（ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン）、PVC（ポリ塩化ビニル）のリサイクルは合わせても推定25万t程度と少ない。

このように、現状では日本はエネルギー回収の比率が高いが、EUではエネ

ルギー回収はマテリアルリサイクルよりも価値の低いものと見ており、マテリアルリサイクルを中心とした循環経済への移行を加速する戦略を進めている。しかしながら、海洋プラスチック問題がグローバルな環境問題として注目されていることから、日本でもこれをプラスチック資源循環問題として受け止め、循環経済へと政策重点がシフトされつつある。SDGs（持続可能な開発目標）の課題で言えば、SDG14の海洋環境の保全からSDG12の資源の有効利用（資源循環）へと重点が移行している。

本書では、廃プラスチックによって具体的にどのような問題が生じているのか、またそれらに対してどのような取組みがなされているのかを資源循環社会、法制度、技術的対応などの観点からまとめ、科学的な根拠とともに紹介をする。なお、本書は日本エネルギー学会編として、リサイクル部会を中心に編集委員会を組織し、学会創立100周年記念事業の一環として出版すべく、準備が進められてきたものである。

本書が廃プラスチック問題、環境問題に関わる研究者・技術者、NPO等市民団体、行政担当者など幅広い方々の一助となれば幸いである。

2022年12月

「廃プラスチックの現在と未来」編集委員長（リサイクル部会長）行本 正雄

目 次

1. 廃プラスチックに関わる諸問題

1.1 循環経済論から見たプラスチック問題	1
1.1.1 はじめに	1
1.1.2 循環経済とは何か	2
1.1.3 生産物連鎖制御	4
1.1.4 プラスチック資源利用の問題	7
1.1.5 プラスチック資源循環促進法の成立	9
1.1.6 プラスチック資源の高度な循環利用におけるソフトローの役割	11
1.1.7 ダイナミックな生産物連鎖制御に向けて	13
1.2 3R プラスとライフサイクルから見たプラスチック素材	13
1.2.1 プラスチック素材の定義と環境持続性の考え方	13
1.2.2 廃棄物対策や資源持続性の観点から考える 3R プラス原則	17
1.2.3 プラスチック素材のライフサイクルから見た抑制の重要性	19
1.2.4 さまざまな環境負荷抑制と両立するプラスチック素材循環	23
1.3 プラスチック資源循環と脱炭素社会	30
1.3.1 気候変動と脱炭素社会	30
1.3.2 化石資源の利用と温室効果ガスの排出	31
1.3.3 プラスチックのライフサイクルと炭素排出	33
1.3.4 廃棄物分野からの CO ₂ 排出とプラスチック	34
1.3.5 バイオマス原燃料への転換と脱炭素社会	37
1.3.6 廃プラスチックと CCS, CCU	37
1.3.7 脱炭素社会におけるプラスチック中の炭素の将来展望	40
1.4 海洋プラスチック問題の現状	41
1.4.1 はじめに	41
1.4.2 海洋プラスチックごみの発生	43
1.4.3 海洋プラスチックごみの現状	48
1.4.4 おわりに	54
引用・参考文献	55

2. プラスチックのマテリアルフロー

2.1 諸外国におけるマテリアルフロー	60
2.1.1 世界全体のプラスチックのマテリアルフロー	62
2.1.2 欧州委員会によるプラスチックのマテリアルフロー	64
2.1.3 欧州の業界団体によるプラスチックのマテリアルフロー	66
2.1.4 米国環境保護庁によるプラスチックのマテリアルフロー	69
2.1.5 諸外国におけるプラスチックのマテリアルフローの研究事例	71
2.2 日本におけるマテリアルフロー	74
2.2.1 はじめに	74
2.2.2 プラスチックのリサイクルについて	76
2.2.3 プラスチックの生産から処理処分の状況	82
2.2.4 LCA と LCA 手法を使った分析例	83
2.2.5 おわりに	86
引用・参考文献	87

3. 廃プラスチックに関わる国内外の動向

3.1 国際的な動向	90
3.1.1 アジアを中心とした法規制の動き	90
3.1.2 中国の輸入禁止	94
3.1.3 欧州の法制度	98
3.2 日本の法制度	106
3.2.1 容器包装リサイクル法	106
3.2.2 家電リサイクル法	117
3.3 日本の取組み	124
3.3.1 リデュース・リユースの取組み	125
3.3.2 リサイクルの取組み	130
引用・参考文献	140

4. 廃プラスチックのリサイクル技術

4.1 マテリアルリサイクルへの取組み	144
4.1.1 マテリアルリサイクルとは	144
4.1.2 選別技術（ソーティングセンター）	155

4.1.3	プラスチック容器の再商品化	163
4.2	ケミカルリサイクルの現状	168
4.2.1	油化プロセス (HiCOP プロセス)	168
4.2.2	高炉還元材化	179
4.2.3	コークス炉化学原料化	188
4.2.4	ガス化	199
4.3	エネルギー回収の現状	203
4.3.1	廃プラスチックのエネルギー利用	203
4.3.2	廃棄物エネルギー利用の高度化と展望	216
4.4	難処理プラスチックの資源化	222
4.4.1	炭素繊維強化プラスチックからの炭素繊維の回収	222
4.4.2	湿式脱ハロゲン処理とその研究展開	229
	引用・参考文献	237

5. 次世代プラスチックの開発動向

5.1	バイオマスプラスチックの普及動向	245
5.1.1	はじめに	245
5.1.2	バイオマスプラスチック概説	247
5.1.3	バイオエラストマー	252
5.1.4	植物油脂ポリマー	254
5.1.5	おわりに	258
5.2	生分解性プラスチックの開発	259
5.2.1	はじめに	259
5.2.2	生分解性プラスチックとは	260
5.2.3	生分解性評価	262
5.2.4	土中生分解性とコンポスト生分解性	262
5.2.5	環境生分解性 (BOD 生分解性試験)	264
5.2.6	酵素分解性	265
5.2.7	生分解性プラスチックの課題と今後求められること	269
5.2.8	おわりに	276
	引用・参考文献	277

6. プラスチックリサイクルと LCA

6.1	LCA の意義と経緯・動向	279
-----	---------------	-----

vi 目 次

6.1.1	ライフサイクル思考（ゆりかごから墓場まで）の重要性	279
6.1.2	LCAの国際標準規格	280
6.1.3	LCAの普及	282
6.1.4	近年の動向	283
6.2	LCAによるリサイクルの評価方法	284
6.2.1	LCAの一般的方法	284
6.2.2	LCAにおける比較の考え方	286
6.2.3	リサイクルのLCAの一般的方法	289
6.2.4	リサイクルの評価の問題点	291
6.2.5	幸せ同等の原則によるプラスチックリサイクルのLCA	293
6.3	プラスチックリサイクルの評価事例	297
6.3.1	評価事例①：PETボトルのリサイクル	297
6.3.2	評価事例②：プラスチック製容器包装のリサイクル	298
6.3.3	評価事例から得られる示唆	302
	引用・参考文献	303

7. わが国のプラスチックリサイクルの将来展望

7.1	はじめに	304
7.2	国際的な技術開発動向	305
7.3	日本の技術開発動向	308
7.4	バイオプラスチック	310
7.4.1	バイオマスプラスチックの種類	310
7.4.2	バイオプラスチックの生産量	312
7.4.3	バイオプラスチックの技術開発動向	313
7.5	炭素循環としてのケミカルリサイクルの位置づけ	314
7.6	まとめ	317
	引用・参考文献	319

あ	と	が	き	320
索		引		322

Chapter

1

廃プラスチックに 関わる諸問題

1.1 循環経済論から見たプラスチック問題

1.1.1 はじめに

2015年EU委員会から『循環経済パッケージ』^{†1}が提示されて以来、資源の高度な循環利用を実現する新しい資本主義経済作り、いわゆる循環経済（circular economy）の構築が世界の各国で始まった。日本は、いち早く1999年には『循環経済ビジョン』²⁾を発表し、2000年の循環型社会形成推進基本法の公布によって循環経済に向けて制度作りを始めている。その後立て続けに個別リサイクル法^{†2}を施行した後、2020年には『循環経済ビジョン2020』³⁾を打ち出し、経済と環境のウインウインを具現化した政策概念を提示している。

しかしながら、資源の高度な循環利用の実現を妨げる要因も少なくなく、循環経済への道筋は平坦ではない。その要因の一例が廃プラスチックである。プラスチック製品・部品・素材（以下、プラスチック資源と呼ぶ）は機能性が高く便利のため、産業や生活のすみずみにまで入り込んでいる。だが、経済行動に廃棄の費用が織り込まれていただけではなく、そのため廃プラスチックの排出量は増加の一途をたどり、処理困難性の問題や海洋汚染問題などを引き起こした。こうした問題に対応するために、日本は1995年に容器包装に係る分別

†1 肩付番号は、章末の文献番号を示す。

†2 容器包装リサイクル法、家電リサイクル法、食品リサイクル法、建設リサイクル法、自動車リサイクル法、小型家電リサイクル法のリサイクルに関連する六つの法律のこと。このうち、容器包装リサイクル法と家電リサイクル法については3.2節も参照。なお、これらに加えて、2022年よりプラスチック資源循環促進法（1.1.5参照）が施行された。

収集及び再商品化の促進等に関する法律（容器包装リサイクル法）を制定、2000年に完全施行した。また、2020年からはプラスチック製買い物袋（レジ袋）の有料化を制度化した。さらに、2021年にはプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（プラスチック資源循環促進法）が制定され、プラスチック資源の高度な資源循環に向けて新しい社会経済システム作りが始動した。

もとより、プラスチック資源の高度な循環利用は、その他の製品・部品・素材と切り離して考えることはできず、マクロ的な循環経済の中に一つの重要要素として位置づけられるべきものと考えられる。そこで本節では、循環経済という視点からプラスチック資源の高度な循環利用のあるべき姿を検討すると同時に、プラスチック資源の高度な循環利用から循環経済全体をどう見通せるのか、環境経済学的な立場から論じることを目的とする。

1.1.2 循環経済とは何か

一口に「循環経済」といってもその解釈は多様であり、科学的な意味での厳密な定義は困難である⁴⁾。しかし、多くの論者の述べる循環経済の概念から共有できる部分を取り出すと、およそつぎのような理解に落ち着くのではないかと思われる。すなわち、循環経済とは、経済系に投入された資源を循環的に利用することでその投入量を最小化するとともに資源から得られる付加価値を最大化し、同時に自然環境中に排出する残余物を最小にするような経済である。

それではなぜいま、循環経済の構築が求められているのだろうか。その理由は、厳しくなる一方の環境制約と資源制約という二つの制約に経済社会が服するようになったためと考えられる。環境制約とは、人間が経済活動から残余物を自然環境中に排出することがますます困難になってくることに由来する制約であり、液状、気体状、固形状のあらゆる残余物の排出の抑制が求められている。一方、資源制約とは、あらゆる資源の獲得がますます経済的に困難になってくることに由来する制約であり、資源の経済系への投入を抑制することが求められている。この後者の制約は二重の資源制約として特徴づけられる。ここでいう二重の資源制約とは、天然資源（特に、再生不可能な天然資源）と廃棄

物の最終処分場という二つの資源のピークアウトによって経済活動に課される制約のことである。

まず、こうした制約を市場経済メカニズムのみで克服することが困難であることを説明しておこう。

最初に、前者の環境制約だが、液状、気体状、固形状のいずれの性状のものにしろ、残余物を自然環境中に排出することで生じる環境被害などの社会的費用は経済学でいう外部不経済^{†1}であり、市場メカニズムでこの問題を解決することができない。外部不経済を内部化するためにはなんらかの政策が必要となる。例えば、海洋プラスチック問題を市場原理のみで解決することが困難なことは、だれの目から見ても明らかだろう。

つぎに、後者の資源制約であるが、天然資源の経済系への投入についていえば、その持続的な利用は市場経済のみでは達成できない。その理由は、市場原理主義経済学の想定とは異なり、現在世代は将来世代のことを考えて資源利用することはないからである。このため、市場メカニズムだけでは天然資源のピークアウトが早まるために持続的な利用がなされず、将来世代の経済厚生^{†2}が損なわれることになる。また、使用済み製品・部品・素材（以下、静脈資源と呼ぶ）の排出についていえば、情報の二重の非対称性のゆえに、静脈資源の取引きや処理にひずみが生じてしまう。ここでいう情報の二重の非対称性とは、① 排出者が処理事業者に排出物の組成・内容情報を伝えないことからくる情報の偏り、および② 処理事業者が排出業者に処理内容を伝えないことからくる情報の偏りのことである。排出者は生産技術の知的所有権に関する情報が公になることを恐れて残余物の内容・組成情報を出したとらないし、他方、処理事業者の中には処理費用を不正に抑制する動機から処理内容の情報を隠すものがある。また、情報発信には費用が掛かることから、意図的ではない

†1 外部不経済とは、市場の外側で発生し、個人や企業などの主体の意志とは関係なく各主体に押し付けられる費用ないし不利益のことである。なお、こうした費用ないし不利益をなんらかの形で市場取引きに反映させることを「内部化」と呼ぶ。

†2 経済厚生とは、経済活動によって得られる便益ないし満足の度合いのことで、「効用」と表現されることもある。

にせよ処理内容が明らかにならない場合もある。こうして、制約のない市場経済においては、静脈資源の潜在汚染性が現実の汚染として顕在化する可能性が高くなってしまふ。ここで、潜在汚染性とは、資源（製品・部品・素材）や静脈資源に含まれる環境負荷性のことで、外部不経済として発現する可能性のある性質のことである⁵⁾。

プラスチック資源を例にとって説明しよう。まず、不適正・不適切なやり方で廃プラスチックを処理し自然環境系に排出することは、法制的にも倫理的にも許容されない。廃プラスチックによる海洋汚染の状況から推察されるとおり、自然環境を著しく破壊し、生物の存在を危うくするおそれがあるからである。それにもかかわらず、不適正な処理がまかり通っているのが現実である。また、地球温暖化を防止する観点から要請される経済のカーボンニュートラル化（以下、CN化と呼ぶ）を実現するために、プラスチック資源の使い捨て的な利用は回避されねばならず、循環利用が必須である。加えて、不適正処理や不法投棄を防ぎ、逼迫する最終処分（埋立処分）を節約するためには、廃プラスチックの排出を最小限に抑制することが不可欠であることは言を俟たない。

それでは、環境制約と資源制約を克服するためにはいかなる措置が必要なのだろうか。それは、市場の力を借りつつも市場メカニズムだけに依存しないような形で、資源および静脈資源のフローを人為的に制御することである。これが、資源の高度な循環利用を実現する大きな役割を果たすことになる。

1.1.3 生産物連鎖制御

まず、生産物連鎖（product chain）を定義する。それは、動脈連鎖（通常、サプライチェーンと呼ぶもの）と静脈連鎖を結合した連鎖を意味する。動脈連鎖とは、設計、資源抽出、生産、流通販売、消費に関わるすべての連鎖のことであり、静脈連鎖とは、排出された静脈資源の回収、収集運搬、処理（中間処理・リユース・リサイクル）、最終処分に関わるすべての連鎖のことである。

先にも述べたとおり、循環経済構築のためには、この生産物連鎖上で資源および静脈資源のフローを制御する必要がある。厳しくなる一方の環境制約と資

源制約の二つの制約を満たしつつ、経済厚生を高め持続的な発展を可能にするためには、市場メカニズムを利用しつつも、法制度的措置を講ずることによって人為的にフローを制御する以外に道はない。静脈資源に内在する潜在汚染性を削減あるいはそれが現実の汚染として顕在化することを回避し、同時に潜在資源性すなわち静脈資源に内在する資源価値を市場で現実の資源価値として実現させることによって資源の高度な循環利用が可能になる。そのためには、以下に述べる三つの責任が生産物連鎖上で円滑に接合されねばならないが、それは市場取引の中で実行されるという保証はどこにもない。

三つの責任とは、拡大生産者責任（EPR：extended producer responsibility）、排出者責任、処理事業者責任のことである。この三つの責任が生産物連鎖上で円滑に接合されてはじめて資源ないし静脈資源のフローが制御され、資源の高度な循環利用が可能になる。EPRが導入されていなければ廃棄の費用が生産に反映されず、環境配慮設計（DfE：design for environment）は実現されないために、廃棄物の発生回避が進まない。また、EPRが課せられていても排出者が適正に分別排出を行わないならば、あるいは排出者が適正な処理事業者に静脈資源を引き渡さなければ、意図的・非意図的にかかわらず不適正処理が行われたり、極端な場合には不法投棄が起きたりしてしまう。さらには、引き渡された静脈資源について処理事業者責任が果たされないならば、かりにいくらDfEが実行されていたとしても、また適正分別排出がなされていたとしても、資源の高度な循環利用は不可能だろう。このことからわかるように、EPR、排出者責任、処理事業者責任のどの一つが欠如しても、資源の高度な循環利用のための生産物連鎖制御は機能しない。

これらの三つの責任は無制約な市場経済の中で自動的に果たされることもないし、また部分的に果たされたとしても円滑な形で接合されることはない。そのような経済的な動機はほとんどないからである。これら三つの責任を円滑に接合するためには、法制度的な措置が必要となる。それは、ハードロー（国や自治体によって強制力が担保された法規範）とソフトロー（国や自治体などによる強制力はないが、人々の行動を制約する非法規範）の集合であり、著者は

索引

【あ】	カスケードリサイクル	289	高炉還元材(剤)化	
アントロポセン	320	ガスタービン	217	79, 179, 299, 304
【い】	家電リサイクル法	108	高炉原料化	79
一次プラスチック	62	カーボンニュートラル		小型家電リサイクル法 108
一回用品使用規制	90		4, 31, 216	国際標準化機構 280
インベントリ分析	281	カーボンフットプリント	282	コークス 180
【う】	カーボンプライシング	286	コークス製造プロセス	189
ウォーターフットプリント		カーボンリサイクル	39	コークス炉 215
	282	可溶化法	226	コークス炉化学原料化
【え】	環境生分解	262		79, 188
影響評価	281	環境配慮設計	5	固形燃料化 80
エクセルギー	216	環境負荷低減効果	196	コジェネレーション 220
エステル誘導体	270, 276	還元ガス	181	ごみ焼却施設 208
エチレンプラント	221	還元材(剤)	179	コンポスト分解 262
エネルギー回収		乾式脱塩素処理	230	【さ】
	80, 204, 293	【き】		再資源化 108
エポキシ化植物油脂	254	基準フロー	287	再商品化 108, 163
【お】		機能	287	再商品化事業者 163
大阪ブルー・オーシャン・		機能単位	287	再商品化製品利用事業者 163
ビジョン	75	求核置換反応	230	サイジング剤 223
【か】		抛出金制度	112	再生可能エネルギー 31
外部不経済	3	近赤外線吸収法	161	再生可能資源 15
海洋ごみ	42	禁塑令	91	再生可能性 17
海洋プラスチックごみ		【け】		再生可能電源 217
	43, 204	ケミカルリサイクル		材料リサイクル 76
開ルーブリサイクル	289		23, 79, 204, 293, 314	サーキュラー・プラスチック
化学修飾	233	建設リサイクル法	108	ス・アライアンス 100
化学劣化	146	限塑令	91	サーマルリサイクル 80
拡大生産者責任		原料・モノマー化	79	産業連関表 73
	5, 92, 101, 109	【こ】		【し】
ガス化	79, 81, 181, 199	控除法	288	幸せ同等の原則 288, 293
ガス化ケミカルリサイクル		合成ガス	199	ジグ選別 157
	201	酵素内包生分解性		システム拡張 287
ガス化プロセス	200	プラスチック	273	システム境界 289
ガス化率	186	酵素分解	262	湿式脱塩素処理 230
		高分子多糖類	270, 275	湿式脱臭素処理 234
		高炉	179, 215	湿式テーブル選別 158
				自動車リサイクル法 108
				重液選別 155

樹脂組成	73	潜在資源性	5		
循環経済	1, 216	センサー選別	160	【に】	
循環経済行動計画	103	選別技術	155	二次プラスチック	62
循環経済パッケージ	1			二重の資源制約	2
蒸気タービン	221	【そ】		日中間リサイクル	297
焼却発電	217	ソーシャル LCA	284	日本容器包装リサイクル	
使用中ストック	62	その他プラスチック	109	協会	109
情報の二重の非対称性	3	ソフトロー	5		
静脈資源	3	粗粒プラスチック	182	【ね】	
静脈連鎖	4			熱回収施設設置者	211
食品リサイクル法	108	【た】		熱分解法	168, 224
植物油脂ポリマー	254	第四次循環型社会形成		燃料利用	81
シングルユースプラスチック		推進基本計画	74	【は】	
製品	20, 48, 125	脱塩素処理	230	バイオエタノール	217
人工漆	256	脱炭素社会	30	バイオエラストマー	252
人新世	320	脱離反応	230	バイオナイロン	251
【す】		炭素回収・貯留	31	バイオプラスチック	
水平型自己循環リサイクル		炭素回収・利用	38	28, 37, 125, 245, 259, 310	
	123	炭素回収利用・貯留	39	バイオポリウレタン	251
水平リサイクル		炭素循環	316	バイオポリエチレン	246
	41, 78, 112, 289	炭素繊維強化プラスチック	222	バイオポリエチレンテレフタレート	246
ストーカ	208	【ち】		バイオマスプラスチック	
ストックスドリフト	47	チャイナ・バン	95	125, 219, 245, 259	
【せ】		抽気蒸気	221	廃棄物エネルギー利用	216
生産物連鎖	4	超・亜臨界溶媒法	227	廃棄物産業連関分析モデル	
生成物歩留り	192	【つ】		73	
製鉄プロセス	213	使い捨てプラスチック		廃棄物処理の優先順位	6
静電選別	159	14, 43, 91, 125		廃棄物処理法	9, 108, 208
制度的インフラ		使い捨てプラスチック指令	99	廃棄物発電	208
ストラクチャー	6	【て】		廃プラスチック中塩素の	
製品アセスメント	123	低炭素社会	30	挙動	194
製品寿命	61	鉄鉱石	180	廃プラスチック添加の影響	193
製品寿命分布	63	鉄鋼プロセス	179	廃プラスチックの	
製品バスケット法	287	電解酸化法	228	再生利用率	196
生物乾燥燃料化	221	天然ゴム	248	廃プラスチックの利用効率	187
生分解開始機能	271	【と】		羽口	180
生分解性プラスチック		動脈連鎖	4	バーゼル条約	75, 95
125, 246, 259		トチュウエラストマー	248	発電・熱利用焼却	81
生分解速度のコントロール	271	トップダウン的なアプローチ	61	ハードロー	5
石油化学コンビナート	220			ハーマン・デーリーの	
接触分解法	169			3原則	15
セメント原・燃料化	81			パリ協定	74
潜在汚染性	4				

ハロゲン	229	閉ループリサイクル	289	容器包装リサイクル法	2, 34, 106, 203
【ひ】		【ほ】		洋ごみ	95
比重選別	156	ボトムアップ的なアプローチ	61	容り法	106
非循環系プラスチック製品	14, 20	ポリ塩化ビニル樹脂	183, 229	【ら】	
微生物産生ポリエステル	248, 261, 276	ポリ乳酸	246, 261	ライフサイクル	279
微生物分解	262	【ま】		ライフサイクルアセスメント	279
ヒートポンプ	218	マイクロプラスチック	42	ライフサイクルエネルギー	223
微粉炭	181	マクロプラスチック	42	ライフサイクルコスト	284
漂着ごみ	42	マテリアルフロー	60	ライフサイクル思考	279
漂着マクロプラスチック	45	マテリアルフロー分析	60	ラマン分光法	161
漂流ごみ	42	マテリアルリサイクル	23, 39, 76, 144, 204, 293	【り】	
微粒子	276	マトリックス樹脂	223	リサイクルパレット	164
微粒プラスチック	182	【め】		リサイクルパレット	166
【ふ】		メソ構造解析法	150	リサイクル率	61
負荷回避法	288	メソプラスチック	47	流動床	208
複合サイクル	217	メタン発酵	221	流動接触分解	169
物質収支	60	目的および調査範囲の設定	281	倫理性	321
物理再生	147	【も】		【れ】	
物理劣化	147	モノマー回収	297	レジ袋	19
プラスチック資源循環戦略	19, 74, 124	【ゆ】		レースウェイ	180
プラスチック資源循環促進法	2, 23, 115, 124	油化	79	【ろ】	
プラスチック製買い物袋		油化プロセス	168	ロータリーキルン	208
(レジ袋)の有料化	2	ゆりかごから墓場まで	279	【わ】	
プラスチック製容器包装	298	【よ】		ワンウェイプラスチック製品	125
プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律	2, 75, 114	容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律	1		
プラスチックバッグ指令	101	容器包装プラスチック	213		
分別基準適合物	107				
【へ】					
米国環境保護庁	69				

【数字】

3R	17, 75, 204
3R プラス原則	17

【A】

ASR	150
-----	-----

【B】

BOD 生分解性試験	264
------------	-----

【C】

carbon capture and storage	31
carbon capture and utilization	219

carbon capture, utilization, and storage	7, 320	extended producer responsibility	5	PHA	261
carbon fiber reinforced plastic	222	【F】		PLA	246, 261
CCS	31	FCC	169	Plastics Europe	66
CCU	38, 219	FCC 触媒	170	product chain	4
CCUS	7, 39, 320	【H】		PVC	130, 173, 229
CFB ボイラー	210	HiCOP プロセス	169	【R】	
CFP	282	【I】		RDF	80, 206
CFRP	222	IPCC	30	renewable	17
circular economy	1	ISO 14040 : 2006	279	RPF	80, 153, 206
CO ₂ 削減効果	187	ISO 14044 : 2006	279	【S】	
COP 21	74	【L】		SAF	203
corporate social responsibility	12	LCA	279	SDGs	12, 204
creating shared value	12	LCA データベース	285	S _N 2 反応	230
CSR	12	life cycle assessment	279	SUP	14
CSV	12	【M】		Sustainable Development Goals	12
【D】		mechanical recycling	144	【T】	
design for environment	5	MFA	60	TSE-MRR	148
DfE	5	mismanaged plastic waste	44	【U】	
【E】		MR	144	U.S. EPA	69
E2 反応	230	MR 優先	111	【W】	
EPR	5, 109	MRR	147	waste hierarchy	6
ESG 投資	133, 304	【P】		waste input-output	73
ethics	321	PET ボトル	297	WIO	73
Eurostat	64			WIO-MFA	73
EU プラスチック戦略	99				

廃プラスチックの現在と未来

—— 持続可能な社会におけるプラスチック資源循環 ——

Present and Future of Waste Plastics

— Plastic Resource Circulation in Sustainable Society —

© 一般社団法人 日本エネルギー学会 2023

2023年1月27日 初版第1刷発行

検印省略

編 者 一般社団法人
日本エネルギー学会
ホームページ <https://www.jie.or.jp>
発 行 者 株式会社 コロナ社
代 表 者 牛来真也
印 刷 所 壮光舎印刷株式会社
製 本 所 株式会社 グリーン

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発 行 所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06664-7 C3040 Printed in Japan

(柏原)



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。
購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。
落丁・乱丁はお取替えいたします。