

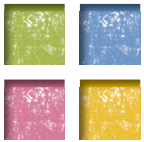


LCAを考える

「ライフサイクルアセスメント」考え方と分析事例



一般社団法人 プラスチック循環利用協会 (PWMI)



はじめに

2015年、持続可能な社会実現に向け世界的に大きな意味を持つ国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）が開催されるとともに、各国が温室効果ガス排出削減目標を5年ごとに提出・更新することを義務付けることを定めたパリ協定が採択されました。また国連総会においても持続可能な開発目標（SDGs）を中核とする「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が打ち出されました。その後も16年のパリ協定発効、17年のCOP23におけるパリ協定実施指針交渉の進捗、さらには21年のCOP26で世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて1.5度以内に抑える努力を追求することが盛り込まれたグラスゴー気候合意が採択されるなど、地球環境をめぐる動きが活発化しています。

地球環境の改善は、最早一刻の猶予もない世界共通の重要課題として認識されつつあり、地球の構成員である私たちには、環境に負荷のかからない行動を選択する重い責任が課せられているともいえます。

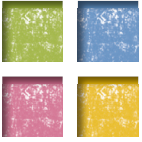
では、私たちはどう行動したらよいのでしょうか。あるいは、どの行動を選択すべきなのでしょう。世間では環境に「やさしい」とか「よい」とかいった言葉が溢れかえっていますが、そういった言葉のついたものを選んでおけばよいのでしょうか。そもそも何をもって「やさしい」、「よい」といえるのでしょうか。「やさしい」、「よい」といいながら、かえって環境に負荷をかけているということはないのでしょうか。

「やさしい」、「よい」というだけでは、単に「そんな気がする」、「そうみえる」といった程度の意味合いしかありません。ある立場からの一つの見方を示しているだけに過ぎないのです。そうであるなら「やさしいようにみえるから」、「よいような気がするから」というだけで行動選択することは非常に問題があるといわざるをえないこととなります。行動を誤ることなく選択するには、自ら納得し、あるいは他者を納得させるための「客観的な根拠」が不可欠です。「客観的な根拠」に基づくことで、本当に「やさしい」のか、確かに「よい」のかを見極めることができるのです。

それでは「客観的な根拠」はどうしたら得られるのでしょうか。これに応える一つの解がライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方です。LCAでは、選定対象について条件を設定したうえで、それがエネルギー、CO₂、水収支、有害物質などにどのような影響を与えるかについて情報収集、計算、記述、分析することで「客観的な根拠」を示すことができます。

このパンフレットでは、LCAの考え方を、プラスチック製品を事例として具体的に学んでいくこととなります。プラスチックの大本は石油などの有限資源によるものですが、今や生活に欠かせない存在となっています。その賛否は別として、プラスチックがなければ最早私たちの社会は成り立たなくなっているのです。そうであればこそ私たちは地球環境にできるだけ負荷をかけないようプラスチックを適切に使わなければなりません。このパンフレットを読むことで、LCAの視点からみてプラスチックを適切に使うとはどういうことなのかについても考えてもらえればと思います。

プラスチック循環利用協会（PWMI）は、長年LCAの考え方の普及に努めてきました。このパンフレットでLCAの考え方に触れ、環境に「やさしい」、「よい」とはどういうことかを判断する際の指針としてもらえれば幸甚です。



目次

1. LCAとは何か	4
LCAの考え方と進め方	
■ LCAとは	4
■ LCAの手順	5
2. LCAを用いた事例①	8
LCAの視点で「レジ袋」を考える	
■ レジ袋をめぐる近年の動き	8
■ レジ袋とマイバッグ使用における廃棄物の流れの比較	9
■ インベントリ分析	10
■ 結果1：マイバッグの使用回数が一定以上でGHG排出量が減少	10
■ 結果2：重さ32.2gのマイバッグ使用回数とGHG排出量の関係	11
■ 結果の解釈	11
3. LCAを用いた事例②	12
容器包装用プラスチック利用による環境負荷削減貢献の評価 ーモモの生産から廃棄にいたるまでー	
■ 調査の目的	12
■ 調査の内容	12
■ 分析手法	12
■ 調査の範囲	13
■ インベントリ分析	14
■ 分析結果	17
● ティーブレイク 紅茶とウォーターフットプリント	17
4. LCAを用いた事例③	18
廃プラスチックの有効利用における環境負荷削減貢献量の評価 ーマテリアルフロー図を使つての分析ー	
■ 調査の目的	18
■ 調査の内容	19
■ 分析手法	20
■ 評価の範囲（システム境界）と計算方法	21
■ プラスチックの有効利用状況とその計算	23
■ 分析結果	24
[参考] 石油化学製品のLCIデータ	26
1. 樹脂製造のLCI	26
2. 樹脂加工のLCI	27

1. LCAとは何か

LCAの考え方と進め方

製品の環境負荷を、科学的、定量的、客観的に評価するために開発されたLCA。
LCAとはどのようなものか学んでいきましょう。

LCAとは

LCA (Life Cycle Assessment: ライフサイクルアセスメント)とは、製品の資源採取から原材料の調達、製造、加工、組立、流通、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。この手法は「製品」以外の、例えば「サービス」、「システム」などの目にみえないものでも対象にすることができます。

LCA 研究の始まりは、1969年に米国の飲料メーカーがリターナブルびん(洗って再利用するガラスびん)とワンウェイ容器(使い捨て容器)の環境負荷調査を民間の研究所へ委託したことからといわれています*1。

リターナブルびんとワンウェイ容器では、どちらが環境にやさしいと思いますか? リターナブルびんはガラス、ワンウェイ容器はプラスチックの場合を例に考えてみましょう。それぞれの内容物・収納量は同じとします。一見、再利用のほうが使い捨てより出るごみが少なく環境負荷も小さいようにも思えますが、本当にそういえるのでしょうか?

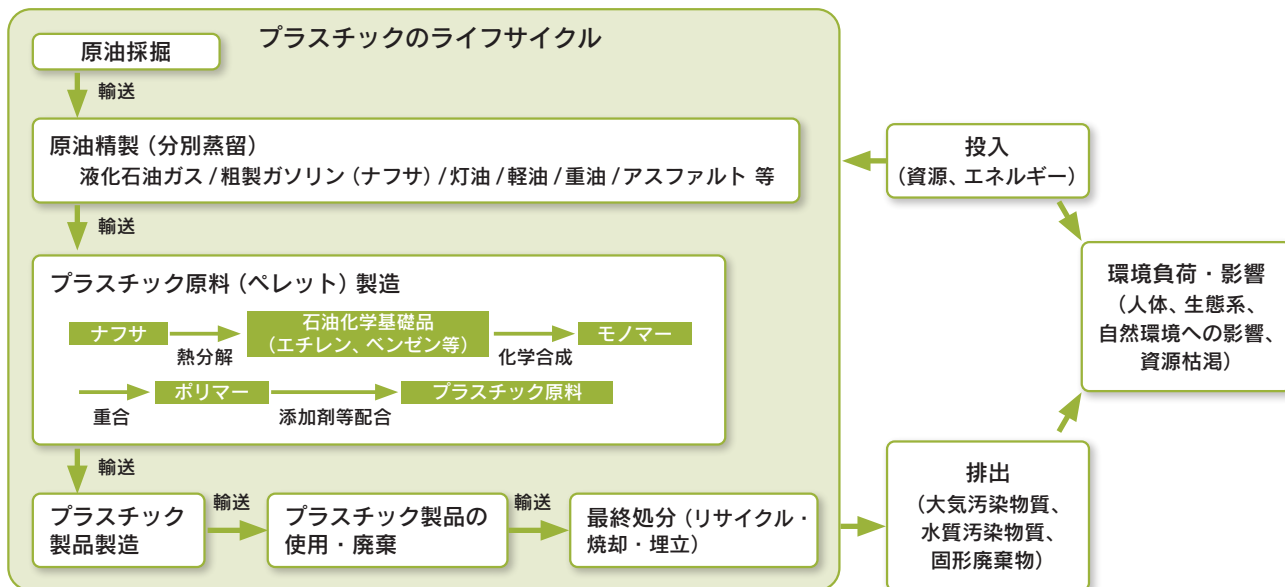
実際のところ、例えばヨーロッパでは、最終製品の重さに占める包装資材の割合は、ガラスびんは36%、プラスチックは4%程度で、10倍近い開きがあります*2。容器+中身、あるいは空容器の重量はガラスびんのほうが格段に重いため、輸送にかかるエネルギーはリターナブルのほうが多く必要とすることになります。さらに、リターナブルの場合は回収率の良し悪しが環境負荷の増減に大きく影響することも見落とせません。一方、ワンウェイの場合は、次の製品のための容器を新たに調達しなければならず、その分の環境負荷を考えねばなりません(他方、リターナブルの場合は、再利用のための検品や洗浄などの過程で発生する環境負荷を考える必要があります)。

以上のように、製品の「使用」や「再利用・廃棄処理の方法」といった部分的なプロセスだけで評価すると、場合により、製品全体としては環境負荷の低減につながらない結果となってしまうことがあるのです。環境影響を正確に把握するには、総合的な視点からの評価が必要です。そのために開発された手法がLCAです。LCAによれば、製品の資源採取から原材料の調達、製造、製品の加工・組立、流通、使用、そして廃棄にいたるまでの全過程(ライフサイクル)における環境負荷あるいはエネルギー投入量を総合し、科学的、定量的、客観的に評価することができるのです。

*1: 社団法人未踏科学技術協会、エコマテリアル研究会編「LCAのすべて～環境への負荷を評価する」工業調査会(1995年)

*2: Plastics Europe ホームページ資料

図1 LCAの概念



LCAの概念をプラスチックのライフサイクルを例に示すと、図1のようになります。

プラスチック製品には様々な製造 (成形加工) 方法があります。樹脂を連続して溶融させスクリューで押し出しパイプ、フィルム、シートなどを作る押し出し成形法、加熱溶融した樹脂を金型内に射出後冷却固化して洗面器、バケツ、バンパー、パレットなどを作る射出成形法、押し出し成形や射出成形で作ったパリソン (円筒状のもの) を金型にはさみ、空気を入れて膨らませてシャンプー、飲料用 PET ボトルなどを作る吹込 (ブロー) 成形法、加熱軟化させたシートを金型にはさみ真空にすることで金型に密着させ、カップやトレイなどを作る真空成形法といったものがあります。レジ袋、ごみ袋などは押し出し成形法の一つであるインフレーション成形法で作られています。

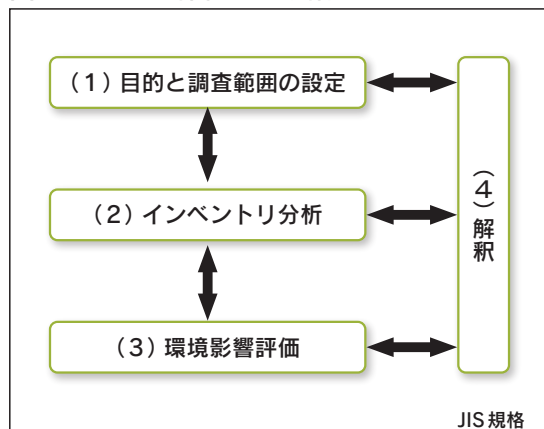
LCAの手順

LCAの基本的な枠組みと段階については、国際標準化機構 (International Organization for Standardization : ISO) *3の定める ISO14040 (環境マネジメント-ライフサイクルアセスメント-原則及び枠組み) では、(1) 目的と調査範囲の設定、(2) インベントリ分析 (LCI)、(3) 環境影響評価、(4) 解釈の4段階により行くと規定されています (図2)。また、ISO14044 (環境マネジメント-ライフサイクルアセスメント-要求事項及び指針) には、LCAを実施するための要求事項が各段階で詳細に記されています。ただし実際の適用では、定型的な方法が決められているわけではないため、LCA実施者によってさまざまな方法が并存し、両矢印で示すように相互に作用しあっている状況にあります。

LCAの結果や解釈は、報告書として公開するほか、製品の研究開発や改善、新企画、公共政策の立案、マーケティングなどに活用することが考えられます。

次にそれぞれの段階でどのようなことを行うかを具体的にみていくことにしましょう。

図2 LCAの枠組みと段階



*3 : 国際標準化機構 国際的標準である国際規格 IS (International Standard) を策定するための非政府組織

(1) 目的と調査範囲の設定

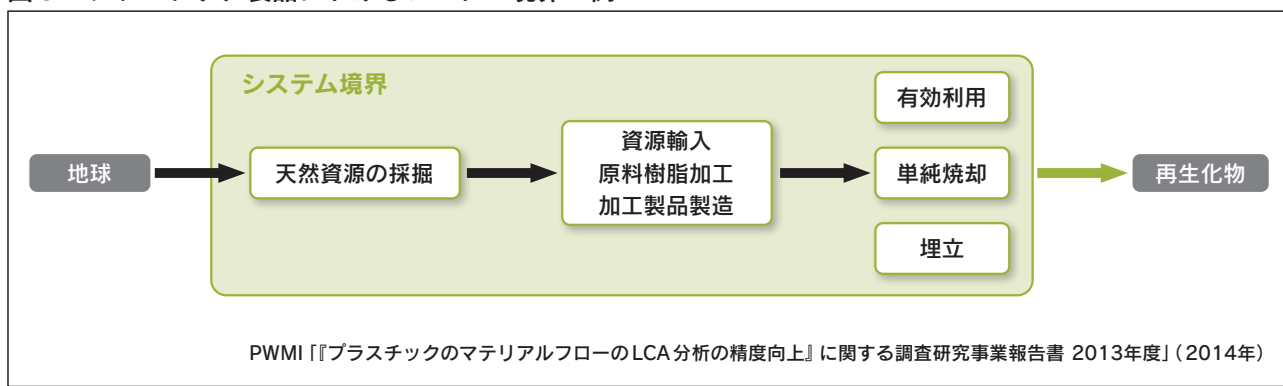
まず LCA の目的と調査範囲を設定します。この設定の仕方如何によって調査の具体的な方法や内容が大きく変わってしまうことになるので、注意が必要です。

具体的には次の作業を行います。

- ・ 調査をする理由 (目的) を明らかにし、「製品機能」を特定する
- ・ 調査結果を誰に伝え、どのように利用するか (用途) を明らかにする
- ・ 「目的」に従い、「システム境界」(対象とするプロセス全体を含む自然界との境界) を区分する

図3はプラスチック製品におけるシステム境界の例です。原油などの天然資源の採掘から、資源輸入、原料樹脂加工、加工製品製造を経て、有効利用・単純焼却・埋立の範囲とし、LCAの調査範囲は、システム境界に入ってくる「入力」(input: インプット) から、出ていく「出力」(output: アウトプット) までとします。

図3 プラスチック製品におけるシステム境界の例



(2) LCI (インベントリ分析)

調査対象のシステムに関連する入力と出力のデータ収集を LCI (Life Cycle Inventory : インベントリ分析) といいます。

インベントリ分析では、ライフサイクルの各段階における材料使用量、エネルギー消費量、環境負荷物質排出量、廃棄物量などに関する入力項目と出力項目のデータを収集し、計算します。

表1は、入力・出力項目の例を示したものです。これらのデータはLCAを実施するための基礎となるものであり、LCA 評価を正しく行うには、定性的・定量的なインベントリデータを的確に収集することが求められます。

◆◆◆用語解説◆◆◆

「製品機能」の特定

LCA の目的と調査範囲を決めるには、製品機能を特定する必要があります。製品機能とは、その製品の持つ性能・特性のことで、例えば「室内常温でマヨネーズ500g を6ヵ月間保存できるプラスチック製容器」のように表すことができます。この機能を決定し定量化するための単位を「機能単位」といいます。通常、機能単位は、評価する製品、所定の機能の物理量、時間値、品質値で構成されます。上記の例では、「室内常温でマヨネーズ500g を6ヵ月間保存できる」が機能単位にあたります。

表1 入力・出力項目の例

入力	非生物系資源	原油、天然ガス、鉄鉱石、ボーキサイトなど
	生物系資源	木材など
	素材	金属、樹脂、紙類など
	部品	電子部品、機械部品など
	エネルギー	購入電力、ガソリン、液化天然ガスなど
	その他	水、空気など
出力	主製品	
	共製品	スラグ、鉄くず、スクラップなど
	環境負荷物質（大気）	CO ₂ 、SO _x 、NO _x など
	環境負荷物質（水質）	BOD、COD、窒素、リンなど
	環境負荷物質（土壌）	TCE、PCDDなど
	環境負荷物質（その他）	放射性廃棄物など
	その他	熱、廃棄物、振動、騒音、臭気など

(注)

BOD：生物化学的酸素要求量（水質汚濁の指標）

COD：化学的酸素要求量（水質汚濁の指標）

TCE：トリクロロエチレン

PCDD：ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン

社団法人産業環境管理協会研修用テキスト（2004年）をもとにPWMIが作成

（3）影響評価

インベントリ分析のデータを利用して、製品に関わる「目に見える部分」、「目に見えない部分」の影響を評価します。この過程ではインベントリデータと特定の影響との関連づけを行い、それらの影響を理解します。評価内容の詳細度や評価手法の選択は、LCAの目的と調査範囲によって異なります。

影響評価の方法論や枠組みは、複数の評価方法が開発され、実践段階に移っているものもありますが、インベントリデータを特定の影響と正確に関連づける方法が確立されていないため、LCAに主観的要素が入ってしまうこともありえます。したがって、報告書などにはそのことを前提条件として明記し、可能な限り透明性を保つよう努めなければなりません。

（4）結果の解釈

解釈では、結論や提言を導き出すために、インベントリ分析および影響評価の各段階の結果を調査の目的に照らして評価します。（3）の影響評価と同様に、結果の解釈についても確立した方法論は存在していません。このため、「製品Aは製品Bと比べて環境負荷が大きい／小さい」といった比較評価のために調査結果を外部的に使用するにあたっては、その分野の専門家からなる第三者に調査結果の正当性を客観的に検証してもらう必要があります（Critical Review：クリティカルレビュー）。解釈で得られた情報は、製品の研究開発・改善や、企画、公共政策、市場開発など、さまざまな用途に活かすことができます。

◆◆◆用語解説◆◆◆

調査結果の報告

LCAの結果は、公正かつ正確に、（1）の「目的と調査範囲の設定」で明らかにした伝達先に報告する必要があります。得られた分析結果や影響評価結果を具体的にまとめたものが報告書です。報告書では、目的と調査範囲の設定、データ収集の方法や出典、計算方法、LCAの結果、前提条件および限界などを説明します。

報告書は、実施したLCA調査が有する複雑さ、環境要素同士のトレードオフ関係（trade-off：ある選択をすることで別の何かを犠牲にするといった相反した状態のこと）などについて読者が理解でき、また、結果と解釈が調査の目的に矛盾することなく使えるものにする必要があります。さらにLCAの目的に照らして調査方法が適切であるかどうかを審査し、結果が正しいか、信頼性があるかなどを第三者が客観的に評価した「クリティカルレビュー」を付ける場合もあります。

2. LCAを用いた事例①

LCAの視点で「レジ袋」を考える

私たちの生活に身近な「レジ袋」の環境負荷をLCA的な視点で考えるために、レジ袋とマイバッグのCO₂排出量の分析事例を紹介します。

レジ袋をめぐる近年の動き

「レジ袋」とは、スーパーやコンビニなどのレジで配られる高密度ポリエチレン（HDPE）製の買物袋です。1970年代半ば頃から、強く、軽い、かさばらないといった利点から、紙袋に代替して広く普及し、今では私たちの生活に馴染み深いものとなっています。

レジ袋は、押出成形法的一种であるインフレーション成形法で作られています。これは、ホッパーから投入し、加熱溶融した原料を回転するスクリューでチューブ状に押し出し、エアを吹き込むことで連続して薄いフィルムを作るものです（図1）。

プラスチックは、非常に便利な素材です。成形しやすく、軽くて丈夫で密閉性も高いため、製品の軽量化や食品ロスの削減など、あらゆる分野で私たちの生活に貢献しています。一方で、主原料の石油資源が有限であるという資源制約、不法投棄やポイ捨てなどにより河川を通して海洋に流出する海洋汚染問題、製造・焼却時に発生する温室効果ガスによる地球温暖化などの課題もあります。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ります。

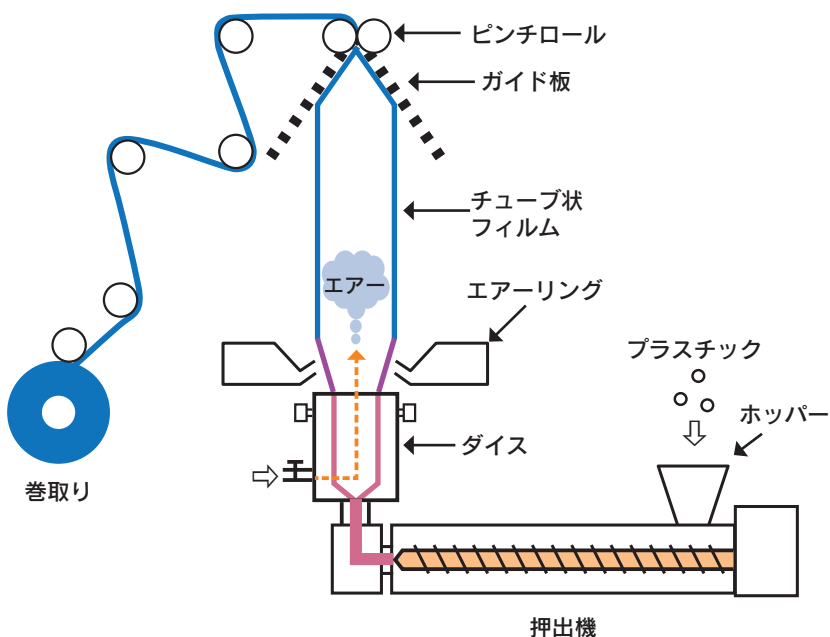
このような状況を踏まえ、2020年7月1日より、全国でプラスチック買物袋の有料化がスタートしました。これは、普段何気なくもらっているレジ袋を有料化することで、レジ袋排出を抑制することに加えて、それが本当に必要かを考え、私たちのライフスタイルを見直すきっかけとすることを目的としています。

環境にできるだけ負荷をかけない製品、有限な資源を無駄にしない製品を選択して使うことは異論のないところです。しかしここで大切なのは、レジ袋とマイバッグが環境に与

レジ袋(左)とマイバッグ(右)



図1 インフレーション成形法



える負荷を科学的に比較検証することです。そしてこの検証を行ううえで LCA は有力な手段となります。レジ袋に替えて何度も使えるマイバッグの利用が進んでいますが、はたしてレジ袋とマイバッグ、どちらが環境にやさしいのか、それぞれの GHG 排出量について LCA の事例を通し考えていきましょう。

■ レジ袋とマイバッグ使用における廃棄物の流れの比較

自治体によって、指定ごみ袋の導入有無と、プラスチック製容器包装（以下、容リプラと略す）の分別収集有無という違いがあるため、廃棄物施策は右表のように大きく4つに分類できます（表1）。

ここでは、①のごみ袋指定がない自治体（図2）において、マイバッグを何回以上使うと GHG 排出削減となるのかについて、レジ袋とマイバッグの GHG 排出量を算出した調査報告（西島亜佐子ほか「自治体の廃棄物施策による波及的影響の差異を考慮したレジ袋削減のライフサイクル評価」廃棄物資源循環学会論文誌 Vol.27, pp.44-53, 2016 以下当該論文と略す）の東京都目黒区のパターンを参考にして紹介します。さらに、④のごみ袋の指定がある東京都町田市のような自治体（図3：当該論文の調査時点）についても紹介します。

まず①の場合の廃棄物の流れですが、使用済みレジ袋がごみ排出袋として再使用される場合は、使用済みレジ袋の15% がごみ排出袋として再使用されているものとししました*1。このほか、42.5% が可燃ごみとして焼却され、42.5% がマテリアルリサイクルされ原料に再生されるものとししました（図2の処分の割合参照）*2。一方で、レジ袋を断ってマイバッグを使う場合には、レジ袋を使わない代わりに新たにマイバッグと市販のごみ袋を購入する必要があります。さらに、比較計算のためには、レジ袋から再生したマテリアルリサイクル原料の代わりにバージン原料を作るのに伴う GHG 排出を算入する必要があります。

表1 自治体の指定ごみ袋導入有無と容リプラ分別収集有無

	指定ごみ袋の導入の有無	容リプラの分別収集の有無
①	無	有
②	無	無
③	有	有
④	有	無

図2 指定のごみ袋が導入されておらず、容リプラの分別収集が実施されている自治体

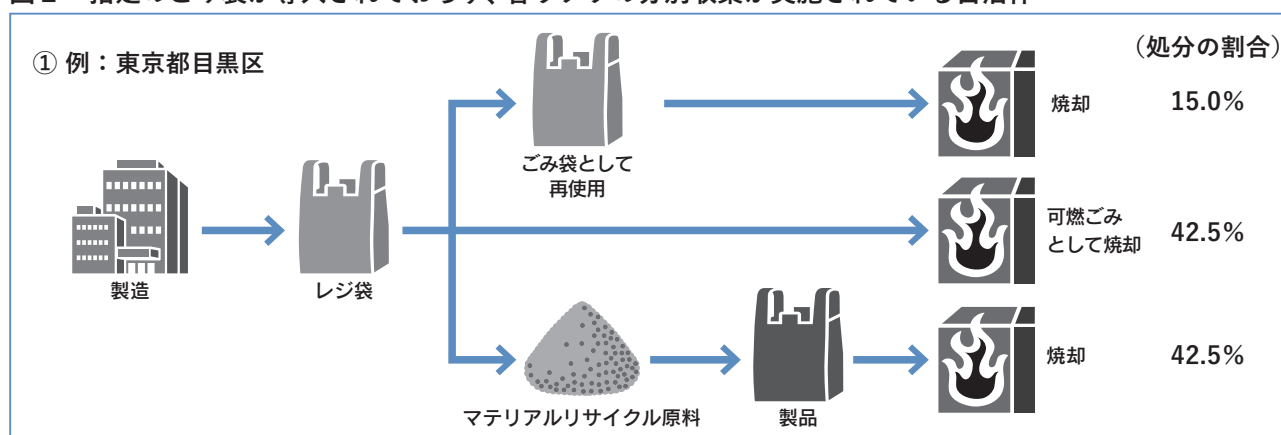
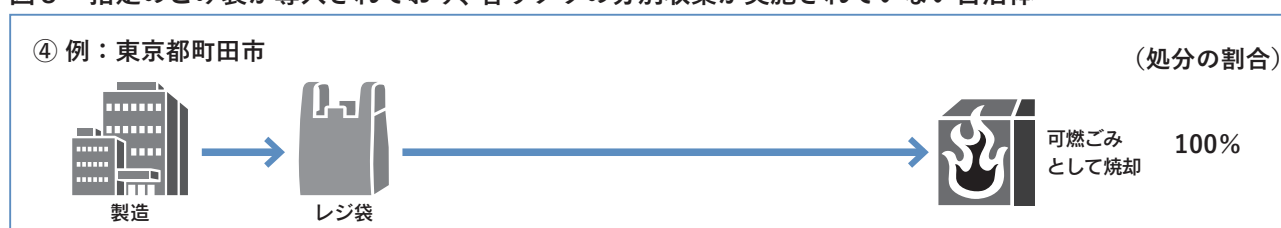


図3 指定のごみ袋が導入されており、容リプラの分別収集が実施されていない自治体



*1：福岡雅子，小泉春洋，高月 紘「ごみ中の実態に基づくレジ袋削減の可能性」廃棄物学会論文誌，Vol.16, No.2, pp.97-107 (2005)

*2：戸井朗人「プラスチックのマテリアルフロー調査について」廃棄物資源循環学会誌，Vol.22, No.6, pp.457-463 (2011)

インベントリ分析

算出にあたり設定された前提条件は表2、インベントリデータは表3のとおりです。

表2 前提条件

	レジ袋 (当該論文誌から引用)	マイバッグ (市販品のHPを参考)	ごみ袋 (市販品のHPを参考)
容積 (L)	12	15	45 (1)
厚み (mm)	0.019	—	0.02
重量 (g/枚)	7.22	32.2 (2)、54 (3)	19.1 (4)
材質	HDPE (高密度ポリエチレン)	ポリエステル	LDPE (低密度ポリエチレン)

- (1) 650mm (横) × 800mm (縦)
 (2) 当該論文誌から引用
 (3) 市販品のHPを参考
 (4) LDPEの密度 0.92g/cm³を用いて算出

表3 インベントリデータ (当該論文誌から引用)

		工程 (インベントリの範囲)	GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/kg)
レジ袋	廃棄 リサイクル	レジ袋の焼却 (廃棄から燃焼まで)	3.18
		レジ袋のリサイクル (廃棄から再生原料の燃焼まで)	3.35 ~ 3.54 (中央値3.45を採用)
	製造	レジ袋の原料製造 (天然資源の採掘から原料 (樹脂) の製造まで)	1.33
		レジ袋の製造 (原料 (樹脂) の投入からレジ袋の製造まで)	0.33
マイバッグ	製造～廃棄	マイバッグの製造 (天然資源の採掘からマイバッグの製造まで)	22.0
		マイバッグの焼却 (マイバッグの廃棄から燃焼まで)	2.31
ごみ袋	製造～廃棄	ごみ袋の原料製造 (天然資源の採掘から原料 (樹脂) の製造まで)	1.53
		ごみ袋の製造 (原料 (樹脂) の投入からごみ袋の製造まで)	1.19
		ごみ袋の焼却 (ごみ袋の廃棄から燃焼まで)	3.18
新規原料	製造～廃棄	新規原料の製造と焼却 (天然資源の採掘から新規原料の燃焼まで)	2.15 ~ 2.68 (中央値2.42を採用)

結果1：マイバッグの使用回数が一定以上でGHG排出量が減少

計算の結果、①のごみ袋指定がない自治体ではポリエステル製の重さ32.2gのマイバッグであれば33回以上、重さ54gのマイバッグであれば55回以上使うとレジ袋を毎回もらうよりもGHG排出削減となることがわかりました。また、④のごみ袋の指定がある自治体では、重さ32.2gのマイバッグであれば23回以上、重さ54gのマイバッグであれば38回以上使うとGHG排出削減となることがわかりました。

このようにマイバッグの重量が大きくなると、より多くの回数マイバッグを使うことでレジ袋よりGHG排出削減となります。また、①のようにレジ袋が有効利用される場合は、④のように有効利用されない場合と比べて、マイバッグをより多くの回数使うことで、レジ袋よりもGHG排出削減になります。

結果2：重さ32.2gのマイバッグ使用回数とGHG排出量の関係

次に、①のようにごみ袋の指定がない場合について、重さ32.2gのマイバッグを使用した場合の買い物回数(マイバッグの使用回数)とGHG排出量の関係を試算しました(図4)。

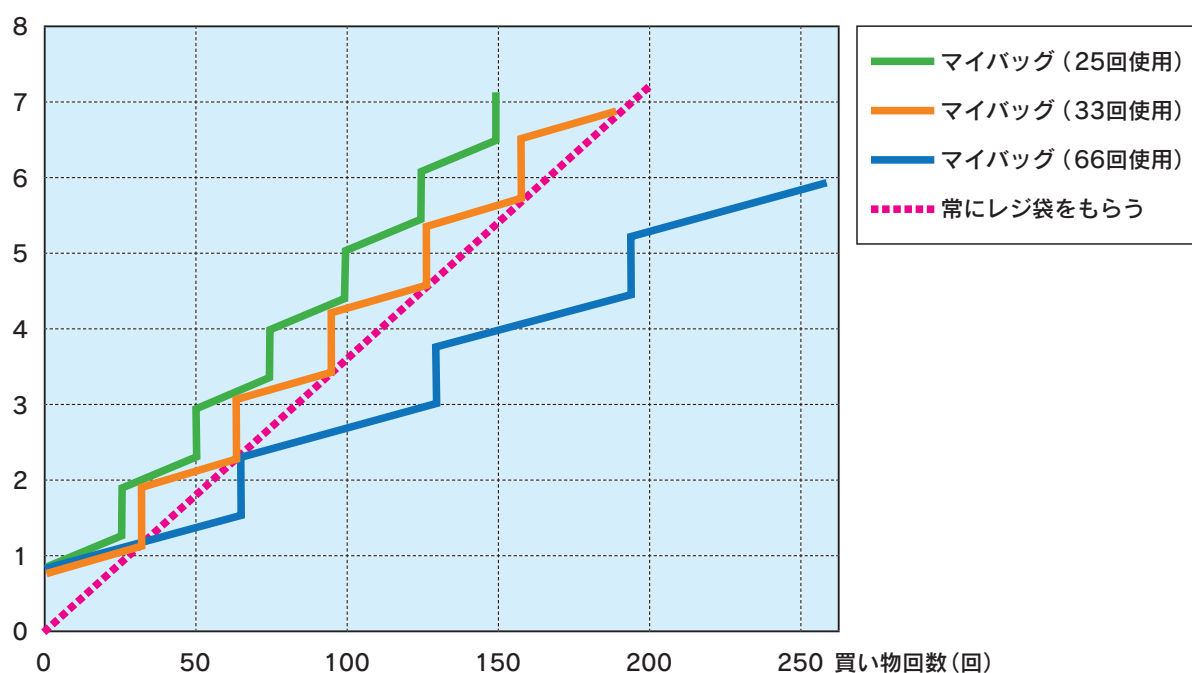
GHG排出量はマイバッグの交換の都度マイバッグに係わる分だけ階段状に増えます。また、斜めに増える理由は、①レジ袋を断ることで、購入する必要が生じたごみ袋に係るGHGの排出、②レジ袋の廃棄時にリサイクルに回されて再生された新規樹脂を新たに製造するのに係るGHGの排出のためです。

ごみ袋の指定がなく容リプラの分別が実施されている場合、例えば重さ32.2gのマイバッグを33回使用して常に交換する場合は、買い物回数33回ごとにGHG排出量がレジ袋と等しくなります。一方でマイバッグを25回使用して常に交換すると、GHG排出量はレジ袋よりも常に上回ります。逆にマイバッグを66回使用して常に交換する場合は、買い物回数33回まではレジ袋よりGHG排出量が多かったものの、買い物回数が34回以降は常にレジ袋より少ない結果となりました。

図4 買い物回数とGHG排出量の関係(マイバッグ32.2g、ごみ袋厚み0.02mm)

(自治体指定のごみ袋が導入されておらず、容リプラの分別収集が実施されている自治体パターン)

GHG排出量(kg)



結果の解釈

マイバッグについては、長く使うことで環境負荷低減に貢献することができます。最低でも数十回は使用し、できるだけ長く使うことでレジ袋よりも環境負荷低減になります。また、重いマイバッグは製造時に排出するGHG量が増えるため、レジ袋よりもGHG排出量を少なくするためにはより多くの回数を使うことが必要になります。

レジ袋を使用する場合には、可燃ごみとして焼却するのではなく、可能であればごみ排出袋として再使用する、もしくは容リプラとしてリサイクルすることをおすすめします。

3. LCAを用いた事例②

容器包装用プラスチック利用による 環境負荷削減貢献の評価

—モモの生産から廃棄にいたるまで—

モモの事例をとりあげ、プラスチック製食品容器包装の環境負荷をLCAの視点で考えてみます。

調査の目的

わが国では、プラスチックを食品容器包装に使うことは環境によくないとみられがちです。一方、プラスチック製容器包装を適切に利用すれば、生産から消費までの間の品質劣化や損傷を防ぎ、結果として食品ロスを少なくすることができるとの意見も聞かれます。この章では、プラスチックを食品容器包装に利用することが食品、特に生鮮品のライフサイクルにおける環境負荷削減につながっているかを当協会（PWMI）発行「プラスチック製食品容器包装に関するLCA調査研究報告書」を参考に考えます。

調査の内容

モモをとりあげ、生産から廃棄にいたる環境影響評価のためのデータを収集しました。特に品質保持効果をみるため、生産地から消費地への輸送段階に着目し、トラック輸送の振動を再現したシミュレーション下で振動が内容物にもたらす効果を調査しました。

分析手法

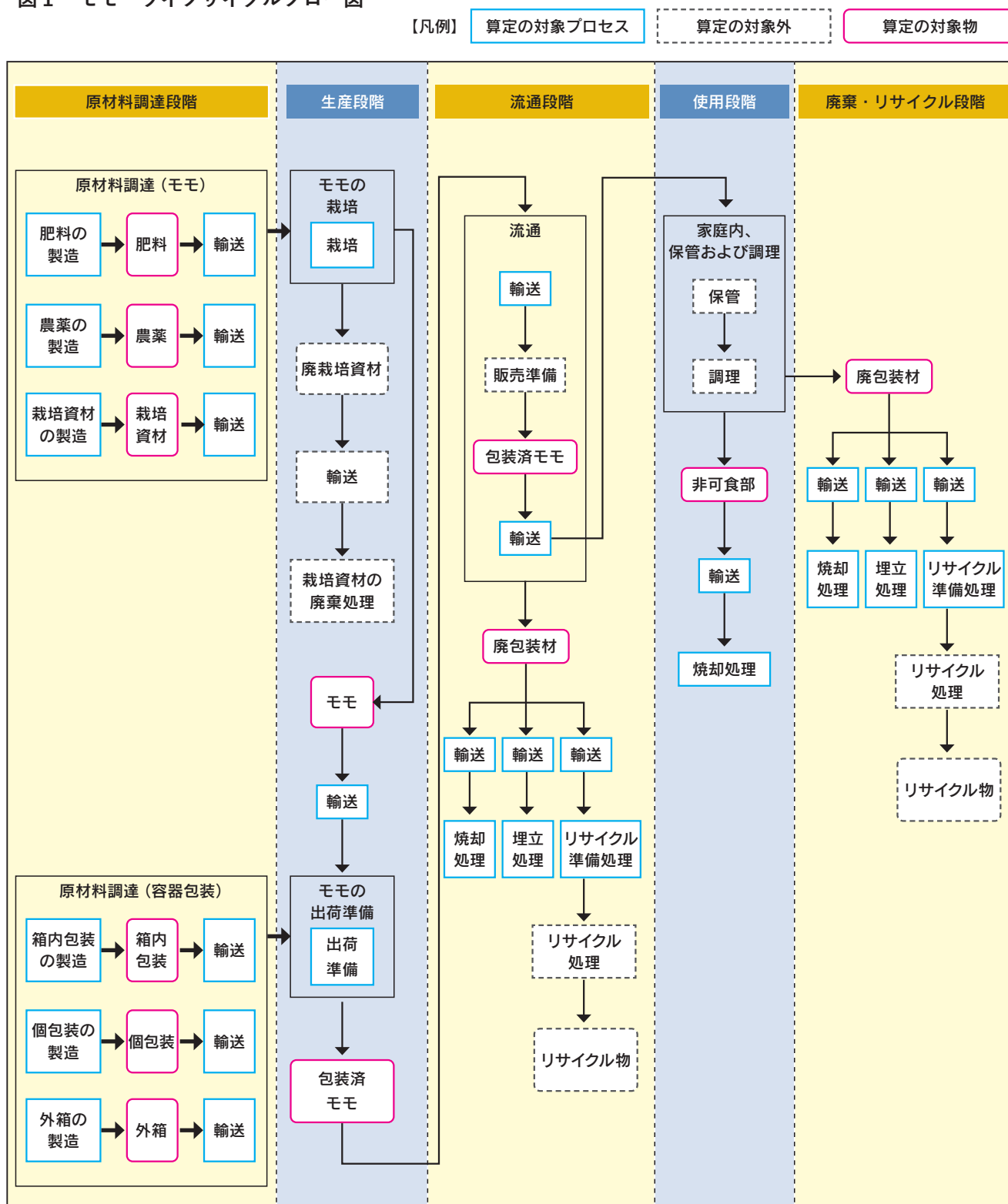
複数の包装形態による輸送距離別の内容物保護効果を定量的に評価し、ライフサイクルにおけるGHG（greenhouse gas：温室効果ガス）排出量とエネルギー消費量を分析しました。

調査の範囲

調査対象の製品システムと機能単位

製品システムは小売店で販売されるモモ（JAフルーツ山梨の白桃系品種‘さくら’）、機能単位は小売店における損傷していないモモ1kg分（包装等を含まないモモのみの質量）、システム境界は図1のモモのライフサイクルフローのとおりとしました。

図1 モモ ライフサイクルフロー図



インベントリ分析

モモの生産と出荷準備

モモの生産プロセスおよび出荷準備プロセスについては、JAフルーツ山梨から生産されるモモの栽培および出荷準備に関するデータ提供を受けました。モモの栽培については、モモの木の一生涯を15年として、各年で投入される肥料、農薬、果実袋等の栽培資材にかかるものを、出荷準備については、モモ農家から選果場への輸送(軽トラック) 燃料、モモの出荷準備での使用電力にかかるものを積算し、栽培されるモモ1kgあたりのインベントリデータを作成しました(個々の具体的な積算数値は省略)。

包装材の生産

容器の包装形態を「機能性プラスチック製容器包装(吊り下げ型緩衝材を用いた容器)」、「一般プラスチック製容器包装(標準)」、「プラスチック製食品容器包装なし(段ボール箱のみ)」の3つとしました。それぞれに利用した包装材とその梱包の様子は表1および写真のとおりです。

表1 包装形態と包装材

包装形態		機能性プラスチック製容器包装(吊り下げ型緩衝材を用いた容器)	一般プラスチック製容器包装(標準)	プラスチック製容器包装なし(段ボール箱のみ)
包装材	外箱	段ボール		●
		プラスチックケース	●	
	箱内包装	ネット(上敷用)		●
		シート(下敷用)		●
	個包装	フルーツキャップ(白)		●
	吊り下げ型緩衝材を用いた容器	●		

機能性プラスチック製容器包装
(吊り下げ型緩衝材を用いた容器)



モモを包み込む不織布とこれを支える成形底容器から構成される。輸送時の揺れや衝撃を吸収するハンモックのようなふわりとした構造。



一般プラスチック製容器包装
(標準)



発泡ポリエチレン製で網目状構造からなる保護・緩衝材。



プラスチック製容器包装なし
(段ボール箱のみ)



表2に包装材の種類とそれぞれの包装材の環境負荷データを示します。

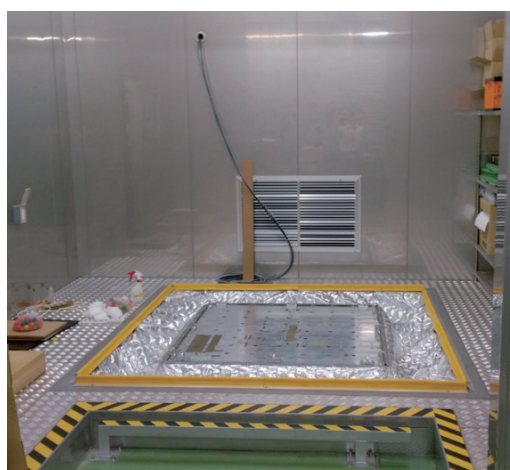
表2 包装材の種類と環境負荷データ

包装材種類	包装材名称	1個当たり質量 (g)	GHG 排出量 (kg-CO ₂ e)	エネルギー消費量 (MJ)	素材	加工方法	包装材原単位※
外箱	段ボール	575.0	—	—	ボール紙	—	段ボール (シート) 製造
	プラスチックケース	1,267.7	3.87	134	PP	— 射出成形	PP 製品樹脂製造 PP 製品射出成形
箱内包装	ネット (上敷用)	11.7	0.027	1.14	PE	シート製造	発泡 PE シート製造
	シート (下敷用)	11.8	0.027	1.15	PE	シート製造	発泡 PE シート製造
個包装	フルーツキャップ (白)	2.8	0.00653	0.276	PE	シート製造	発泡 PE シート製造
	吊り下げ型緩衝材を用いた容器 (不織布部分以外)	30.4	0.0598	1.53	PET	シート製造	A-PET シート製造
	吊り下げ型緩衝材を用いた容器 不織布部分	7.4	0.0513	0.067	PET	繊維加工	PET 再生フレーク生産 フリース生産加工

※ PP樹脂製造、PP製品射出成形、発泡PEシート製造はPWMI、A-PETシート製造は株式会社エフピコ、PET再生フレーク生産は日本容器包装リサイクル協会他の報告書による

輸送距離と損傷率

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門の3次元振動試験機を用い、トラック輸送時の3次元振動を再現しました。具体的には、輸送距離を長短設定し、30秒振動を80km/h走行時に要する時間分繰り返すことによってモモの損傷率を調べました。



3次元振動試験機 実験機機部



3次元振動試験機 コントロール部

振動設定

加振方法：ランダム振動試験*

振動周波数範囲：50Hz以下

振動方向：3次元

フレーム長：30秒

*食品メーカーにおける実輸送試験時のPSD波形をもとに作成

損傷率の算出方法

モモの損傷評価および損傷率は、千葉大学大学院 椎名武夫教授から提示いただいた資料（「モモの損傷評価」森・中村・椎名 2003年度農業施設学会大会要旨集）に準拠して算出しました。

モモと個包装がこすれることでできる傷、個包装や箱内包装のないモモが外箱にぶつかってできる傷のことを「スレ」、モモ同士がぶつかってできる傷、個包装や箱内包装のあるモモが外箱とぶつかってできる傷のことを「オセ」といいます。今回、この「スレ」と「オセ」の2つの観点からモモの損傷具合を判定しました（ただし「オセ」が生じている場合は「スレ」も発生しているものとして「スレ」の評価はしません）。具体的には、「スレ」、「オセ」の損失状態をそれぞれ4段階に分け、段階に応じた損傷点数（「スレ」：0.5、1.0、1.5、1.75 「オセ」：2、3、4、5）をモモ個々に付し、その点数を計算式（損傷率＝損傷点数×20％）にあてはめ損傷率を算出しました。



「スレ」傷の一例



「オセ」傷の一例

※例えばスレ0.5点のモモは $0.5 \times 20\% = 10\%$ 、オセ4点のモモは $4 \times 20\% = 80\%$ それぞれ損傷していることになる。またスレ0.5点、かつオセ2点のモモの場合は、オセのみの点数で計算するので、損傷率は $2 \times 20 = 40\%$ となる。

廃棄・リサイクル

モモについては、廃棄・リサイクル段階における非可食部（皮、種など）の割合を、「日本食品標準成分表 2015年版（七訂）」（文部科学省）を参考に全体の15%としました。また、この廃棄・リサイクル段階における非可食部と流通段階での損傷廃棄分については、いずれも全量焼却されるものとみなしました。

次に容器包装に使われたプラスチック廃棄物の処分については、PWMIの公表した一般系廃棄物、産業系廃棄物それぞれの焼却率、埋立率、リサイクル率を適用しました（「2014年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図」参照）。なお、段ボール廃棄物の処分については、環境省が公表した「段ボールの回収率の推移」におけるリサイクル率を採用して、リサイクルされなかったものは全量焼却されるものとしました。

表3は、これらをまとめたものです。

表3 廃棄リサイクルの割合

プロセス名	焼却	埋立	リサイクル
流通損傷分の廃棄	100.0%	0.0%	0.0%
非可食部の廃棄	100.0%	0.0%	0.0%
プラスチック 一般系廃棄物	15.2%	5.7%	79.0%
プラスチック 産業系廃棄物	6.0%	10.0%	84.0%
廃段ボール	0.6%	0.0%	99.4%

分析結果

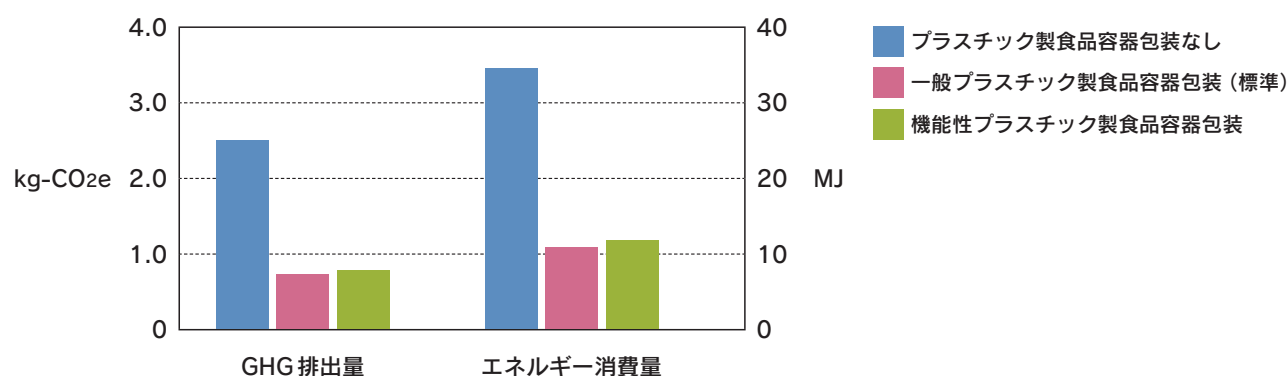
輸送距離別と損傷率から回帰式を作成し、平均輸送距離（324km）での損傷率を推定して、輸送損傷分をあらかじめ上乘せして出荷すると仮定したものを表4にまとめました。このうち、環境負荷部分を取り出したものが図2です。

プラスチック容器を利用する場合としない場合とを比べると、容器の生産、廃棄、リサイクルに係る環境負荷分増はあるものの、プラスチックの緩衝機能、食品固定効果による輸送時の振動衝撃緩和がモモの損傷を大きく減らすことになり、結果として環境負荷削減（GHG排出量、エネルギー消費量抑制）に多大な貢献していることがわかりました。

表4 種々のプラスチック製食品容器包装の形態の環境負荷の削減効果

青果物種類	プラスチック製食品容器包装の形態	損傷率 (%)	環境負荷			
			GHG 排出量 (kg-CO ₂ e /kg-青果物)	削減率% (対食品容器包装なし)	エネルギー消費量 (MJ/kg-青果物)	削減率% (対食品容器包装なし)
モモ 国内平均輸送距離 324km	プラスチック製食品容器包装なし (段ボール箱のみ)	73.5	2.49	-	34.5	-
	一般プラスチック製食品容器包装 (標準)	5.2	0.72	71	10.8	69
	機能性プラスチック製食品容器包装 (吊り下げ型緩衝材を用いた容器)	0.1	0.78	69	11.7	66

図2 青果物1kg当たりのGHG排出量とエネルギー消費量



紅茶とウォーターフットプリント

午後の一服は紅茶という人も多いでしょう。ではこの1杯にどのくらいの水が使われているか知っていますか。

カップ1杯分（約0.2リットル）だろうと思うかもしれませんが、実際使われている量はカップ70杯分の14リットルにもなります。実は紅茶は栽培・製品化・輸送・消費の過程で大量の水を使っています。水資源が豊富なら問題ないでしょうが、乏しいところでの大量の水使用は地域の水ストレスに重大な影響を及ぼしてしまいます。

水ストレスとはその地域での使用可能水量のうちどれくらい取水・使用しているかを示すもので、割合が大きいほど高スト

レスということになります。紅茶葉を栽培しているスリランカは高ストレスの地域で、わずかな水使用が地域の水収支に大きな影響を及ぼします。紅茶を飲むことは、見方を変えればスリランカの貴重な水を大量に消費しているともいえるのです。

この結論はウォーターフットプリントの手法による研究で得られました。ウォーターフットプリントは、製品原材料の栽培から、製造・加工、流通、消費・廃棄、リサイクルまでのライフサイクルに係る消費・汚染された水の量を算定、分析するもので、水資源問題対策などを考えるうえでの重要なツールとして活用されています。

4. LCAを用いた事例③

廃プラスチックの有効利用における 環境負荷削減貢献量の評価

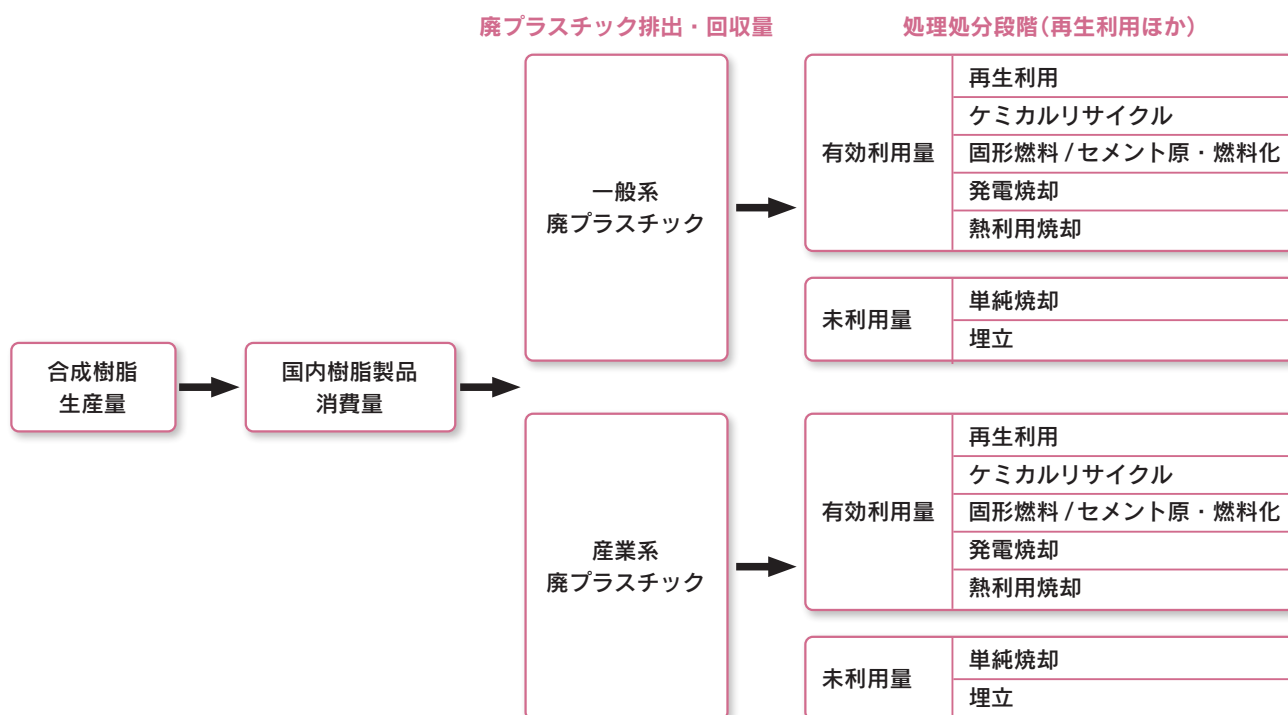
—マテリアルフロー図を使っての分析—

LCA手法を使った分析例として、マテリアルフロー図のデータを活用した廃プラスチックの有効利用による環境負荷削減効果の概要を示します。

調査の目的

当協会（PWMI）は、プラスチックのライフサイクル全体での環境負荷低減への貢献を目的に、廃プラスチックの循環利用に係る調査研究を行っており、その一環として、「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」（マテリアルフロー図）を毎年公表しています。これは、国内のプラスチック製品の生産から処理処分までの流れの具体的数量を一覧でわかるようにしたものです。地球温暖化を中心とする環境問題への関心の高まりを踏まえ、2013年からは、廃プラスチックの有効利用によるエネルギー消費量、CO₂排出量とそれらの環境負荷削減効果をマテリアルフロー図に掲載することとしました。図1はマテリアルフロー図の構成を示したものです。

図1 マテリアルフロー図の構成



調査の内容

マテリアルフロー図のそれぞれの段階における環境負荷(エネルギー消費量・CO₂排出量)から、廃プラスチック利用によって得られる再生化物が市場でバージンレジン(新規生産樹脂)や燃料を代替することによって生じる効果を差し引くことで、プラスチックの生産から有効利用までの実質的な環境負荷量を算出しました。また有効利用の効果を「見える化」するべく、有効利用を「した場合」と「しなかった場合」の環境負荷量をLCA手法により算出し、2010年から17年までの各年の増減を求めて、環境負荷削減効果を分析してきました。

注

マテリアルフロー図では、「有効利用」「再生利用」「再生化物」の用語を次の意味で使っています。

- ・「有効利用」：廃プラスチックを単純焼却あるいは埋立処分せず、再生処理などによって材料あるいはエネルギーとして再利用すること。
- ・「再生利用」：廃プラスチックを再び材料として利用すること(マテリアルリサイクル)。
- ・「再生化物」：再生処理(再資源化)プロセスから産生する製品のこと(ただし、「有効利用量=再生化物量」となる場合とならない場合とがあるため、必要に応じて「有効利用」と「再生化物」を使い分けている)。

「有効利用」は、次の3つの方法に分類することができます。

表1 廃プラスチックの有効利用方法(3つのリサイクル)

リサイクル方法の分類	リサイクル手法	再生化物	代替物
マテリアルリサイクル(MR) 廃プラスチックを原料としてプラスチック製品に再生する手法	再生利用 (プラ原料化、プラ製品化)	再生ベレット	バージンレジン
ケミカルリサイクル(CR) 廃プラスチックを化学的に分解するなどして化学原料に再生する手法	原料・モノマー化	再生PET	PETの化学原料
	高炉原料化	高炉還元剤	石炭(微粉炭)
	コークス炉化学原料化	コークス炉化学原料	石炭(一般炭)
サーマルリサイクル(TR) 廃プラスチックを固形燃料にしたり、焼却して発電したりすることでエネルギー回収する手法	ガス化、油化	化学原料ガス 重質油、軽質油	化学原料ガス A重油、C重油
	固形燃料化	RPF	石炭(一般炭)
	セメント原・燃料化	セメント製造時の原・燃料	石炭(一般炭)
	ごみ焼却発電	電力	公共電力

注)

ガス化、油化は、化学原料にする場合はCR、燃料として再利用する場合はTR

RPF：MR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固形燃料

分析手法

国内で消費されるプラスチックを対象として、マテリアルフロー図に基づき、原料調達からプラスチックの製造、加工、回収、有効利用、廃棄の各段階におけるエネルギー消費量・CO₂排出量を、有効利用を「した場合」と「しなかった場合（全量単純焼却と仮定）」それぞれについて算出しました。

また、廃プラスチックの有効利用によるエネルギーおよびCO₂の削減貢献量（削減効果）についても、エネルギー消費量・CO₂排出量を比べその差をとることで求めました。

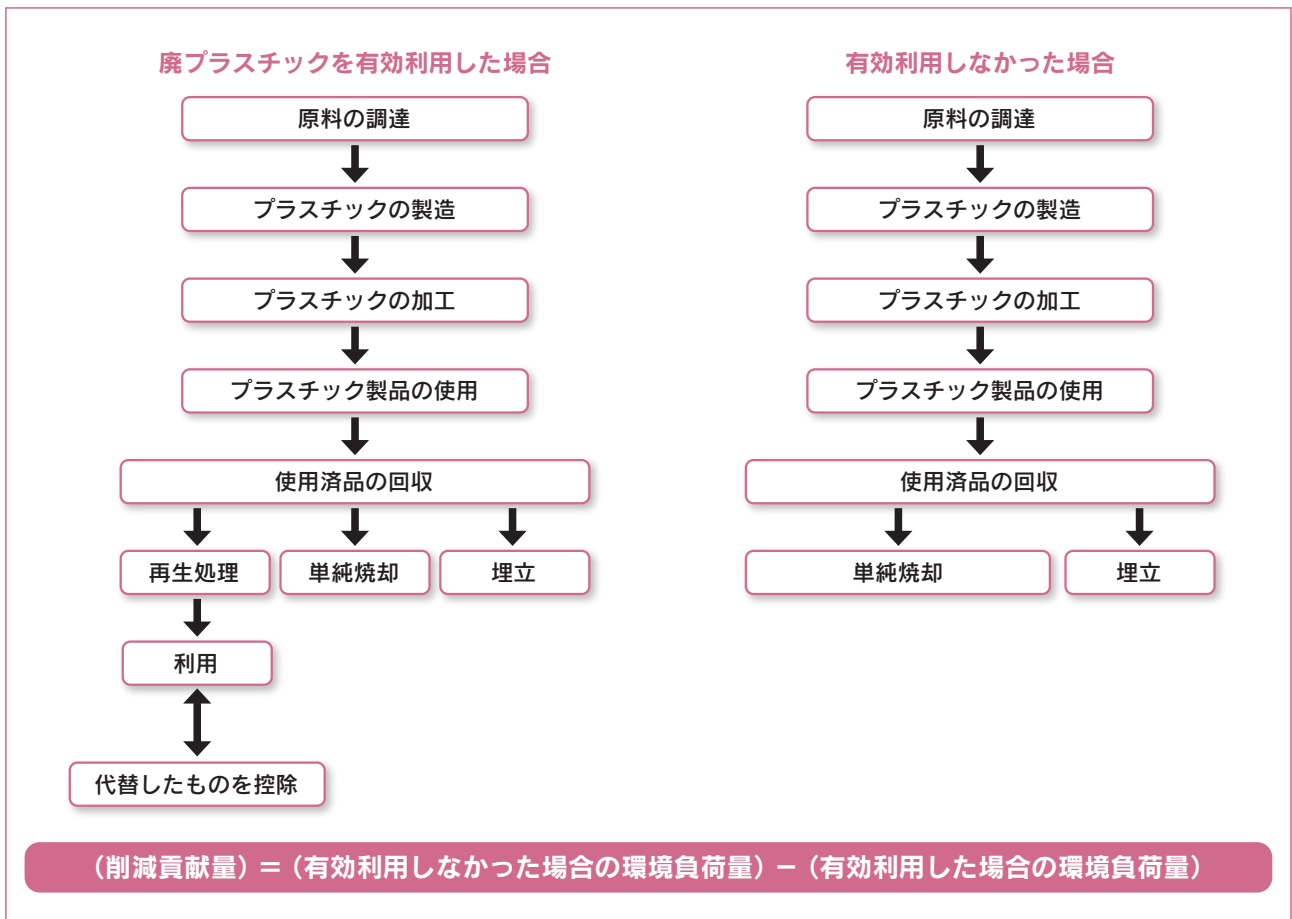
廃プラスチックの有効利用によって得られる再生化物（表1）は、市場で消費されるプラスチックや燃料の新規生産物を代替しているとみなせるので、有効利用を「した場合」のエネルギー消費量・CO₂排出量は、再生化物（代替物）の生産工程で生じるエネルギー消費量・CO₂排出量を控除したものとなります。再生化物（代替物）の生産工程とは、有効利用工程から産出される成果物が市場で代替する製品、エネルギー、燃料等を生産した場合の工程を意味します。

以上を数式でまとめると次のとおりとなります。

- ・有効利用した場合の工程 : 「製造+加工+回収+有効利用-代替物生産」
- ・有効利用しなかった場合の工程 : 「製造+加工+回収+単純焼却」
- ・有効利用による環境負荷削減効果 : 「有効利用しなかった場合」-「有効利用した場合」

比較の概念を示したものが図2です。

図2 比較の概念



評価の範囲（システム境界）と計算方法

図2を基に作成したシステム境界を下図に示します（図3、4）。

有効利用を「した場合」のシステム境界は、原料の調達からプラスチックの製造、加工、回収、有効利用、廃棄段階までとしています（図3）。他方「しなかった場合」のシステム境界は、「有効利用」を含まないものとなります（図4）。

図3 システム境界（有効利用した場合）

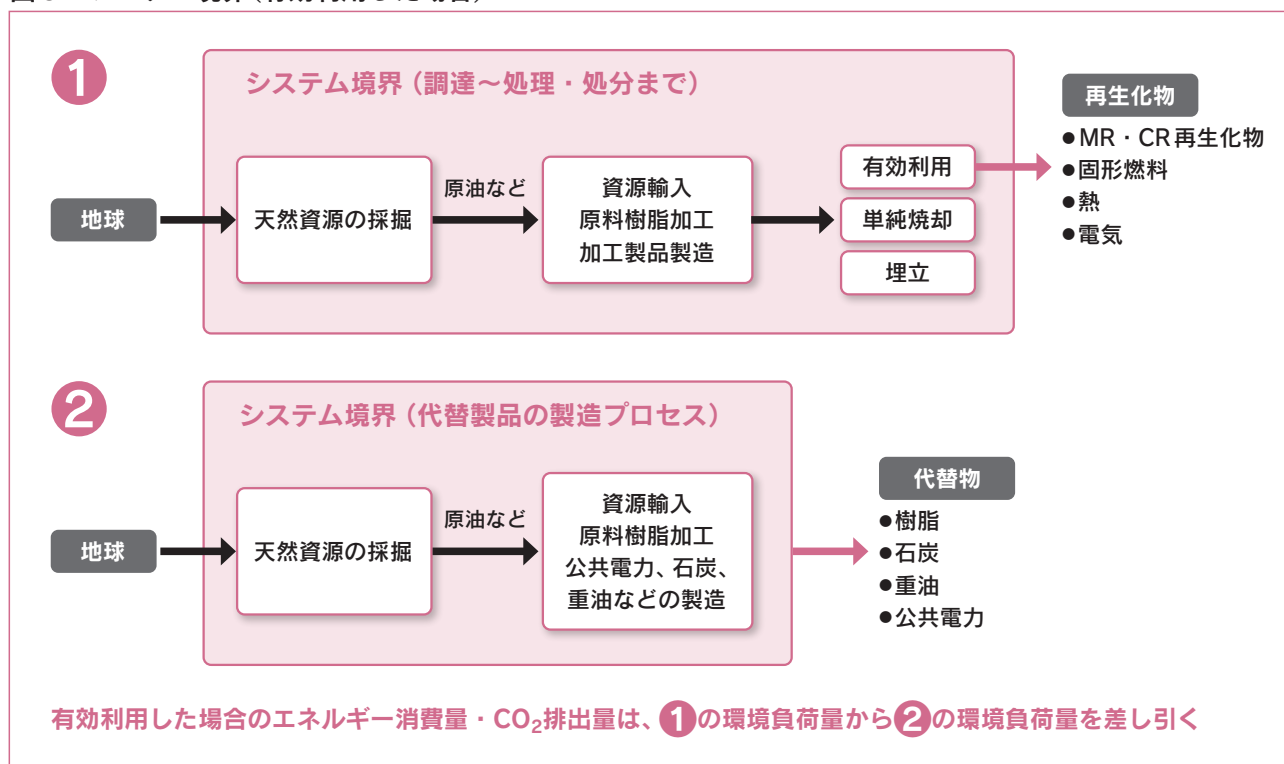


図4 システム境界（有効利用しなかった場合）



前頁の図に基づき、計算手順を以下説明します。

● システム境界①の計算（図3）

天然資源の採掘から輸入、プラスチックの製造、加工、該年次の加工製品回収（廃プラスチック）にかかるエネルギー消費量・CO₂排出量を算出します。これに有効利用した回収製品については再生処理にかかるエネルギー消費量・CO₂排出量を算出し加えます。また有効利用されずに単純焼却、埋立処理されたものについては焼却、埋立にかかるエネルギー消費量・CO₂排出量を算出し、先のエネルギー消費量・CO₂排出量に加えます。

● システム境界②の計算（図3）

システム境界①から得られる再生化物が市場で代替する製品（代替物）について、システム境界②の全工程のエネルギー消費量・CO₂排出量を算出します。

● 有効利用を「した場合」のプラスチックの製造～有効利用における実質的なエネルギー消費量・CO₂排出量の計算

システム境界①の計算値からシステム境界②の計算値を差し引きます。

● システム境界③の計算（図4）

有効利用を「しなかった場合」、有効利用されるはずであったものはすべて単純焼却されるものとみなしてエネルギー消費量・CO₂排出量を算出します。

● システム境界④の計算（図4）

有効利用を「しなかった場合」は、有効利用によって得られる再生化物はなく、再生化物による代替製品もないため、代替製品の産出にかかるエネルギー消費量・CO₂排出量は計算しません（=ゼロ）。

● 有効利用を「しなかった場合」の実質的なエネルギー消費量・CO₂排出量の計算

システム境界③の計算値からシステム境界④の計算値を差し引きますが、④がゼロのため③の値そのものということになります。

● 廃プラスチックの有効利用によるエネルギー消費量・CO₂排出量削減効果

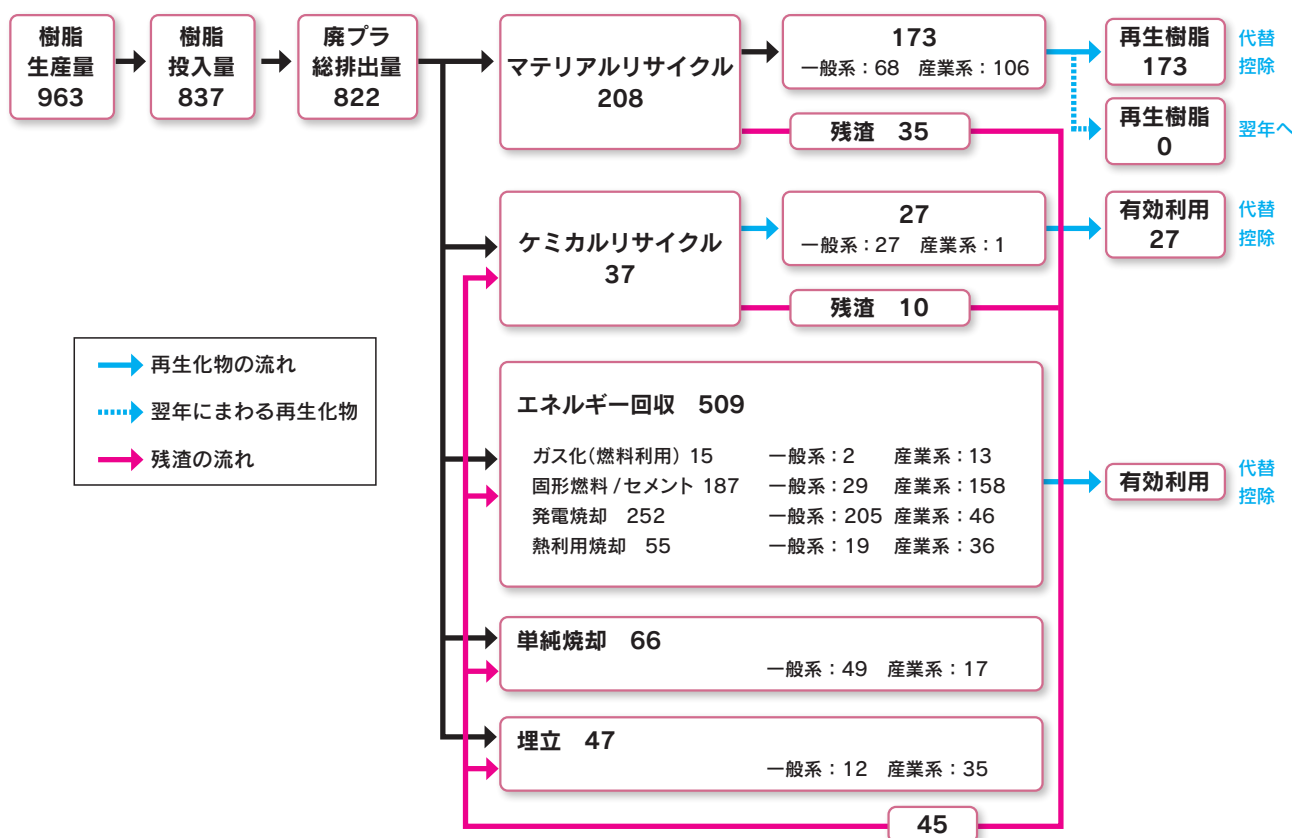
実質的なエネルギー消費量・CO₂排出量について、有効利用を「しなかった場合」の数値から「した場合」の数値を差し引きます。

$$(\text{③}-\text{④}) - (\text{①}-\text{②}) = (\text{③}-0) - (\text{①}-\text{②}) = \text{③} - (\text{①}-\text{②})$$

プラスチックの有効利用状況とその計算

図5は、2020年の環境負荷削減効果計算の基になったプラスチックの有効利用状況です。有効利用を「した場合」は、原料調達からプラスチックの製造、加工、回収、有効利用、廃棄の各段階におけるエネルギー消費量・CO₂排出量を、有効利用を「しなかった場合」は、廃プラスチックは全量単純焼却されるものとみなして、原料調達からプラスチックの製造、加工、回収、有効利用、廃棄の各段階におけるエネルギー消費量・CO₂排出量をマテリアルフロー図のデータから算出しました。

図5 分析に際して設定したプラスチックの有効利用状況(2020年)(万t)



計算の基本的な考え方—(1) 廃プラスチックを有効利用した場合

- 生産：樹脂生産量をもとに、樹脂の種類別にエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。
- 加工：樹脂投入量をもとに、廃プラスチック加工にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。
- 回収：廃プラスチック総排出量をもとに、廃プラスチックの回収にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。
- 4-1. 有効利用(再生処理・処分①)：有効利用別の廃プラスチック処理量をもとに、廃プラスチックの有効利用にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。
- 4-2. 残渣の有効利用(再生処理・処分②)：マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルから生じる残渣量をもとに、残渣の有効利用にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。
- 4-3. 代替効果①(再生処理成果物対応)：再資源化处理によって得られた再生化物は、市場で消費されるプラスチックや燃料などの新規生産物を代替していると考え、新規生産物の製造にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を控除する。
- 4-4. 代替効果②(残渣の有効利用対応)：得られた残渣が利用先で使われたと考え、エネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を控除する。
- 廃棄：廃プラスチックの単純焼却量、埋立処分量をもとに、廃棄処理にかかるエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。

計算の基本的な考え方—(2) 廃プラスチックを有効利用しなかった場合

- | | |
|---|--|
| <p>1. 生産：樹脂生産量をもとに、樹脂の種類別にエネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。有効利用しない場合はマテリアルリサイクルによって前年から回ってくる再生樹脂が無くなり、プラスチックを追加的に製造することになるため、その分の製造にかかるエネルギー消費量、CO₂排出量を加算する。</p> <p>2. 加工、3. 回収：計算方法・結果は「(1) 廃プラスチックを有効利用した場合」と同じ。</p> <p>4-1. 有効利用（再生処理・処分①）：有効利用分は焼却</p> | <p>処理されるとみなす。</p> <p>4-2. 残渣の有効利用（再生処理・処分②）：焼却処理されるとみなす。</p> <p>4-3. 代替効果①（再生処理成果物対応）：再生化物による代替無しとみなす。</p> <p>4-4. 代替効果②（残渣の有効利用対応）：代替無しとみなす。</p> <p>5. 廃棄：有効利用されている廃プラスチックの全量エネルギー消費原単位、CO₂排出原単位を用いて環境負荷量を算出する。埋立処分量は（1）と同じ。</p> |
|---|--|

分析結果

表3に2019年と2020年の有効利用を「した場合」と「しなかった場合」のエネルギー消費量・CO₂排出量の分析結果の詳細を、図6、7に2016年から2020年までの分析結果を示しました。

有効利用を「した場合」のエネルギー消費の削減貢献量は、2016年が232×10⁹MJ、2020年が244×10⁹MJ、またCO₂排出の削減貢献量は、2016年が1,602万 t-CO₂、2020年が1,684万 t-CO₂となりました。

総排出量における有効利用率は、2016年81%、17年82%、18年84%、19年85%、20年86%と着実に上昇しています。また、19年までは総排出量も横ばい傾向にあり、有効利用量が増加する形となっていました。しかし、20年は総排出量も有効利用量も減少したため、エネルギー消費もCO₂排出も削減貢献量は減少という結果になりました。

表3 エネルギー消費量、CO₂排出量と削減効果

項 目		2019年	2020年	
有効利用量 (万t)	一般系廃棄物	350	349	
	産業系廃棄物	376	361	
	有効利用量・合計	726	710	
エネルギー (10 ⁹ MJ)	一般系廃棄物	①有効利用した場合	374	346
		②有効利用しなかった場合	468	441
		③削減貢献量(②-①)	94	95
	産業系廃棄物	④有効利用した場合	316	278
		⑤有効利用しなかった場合	480	427
		⑥削減貢献量(⑤-④)	165	149
	エネルギー削減貢献量・合計(③+⑥)		259	244
	有効利用しなかった場合のエネルギー総消費量(②+⑤)		949	868
環境負荷(エネルギー)削減貢献比率		27%	28%	
CO ₂ (万t-CO ₂)	一般系廃棄物	①有効利用した場合	1,955	1,864
		②有効利用しなかった場合	2,566	2,488
		③削減貢献量(②-①)	611	625
	産業系廃棄物	④有効利用した場合	1,350	1,238
		⑤有効利用しなかった場合	2,509	2,297
		⑥削減貢献量(⑤-④)	1,160	1,059
	CO ₂ 削減貢献量・合計(③+⑥)		1,771	1,684
	有効利用しなかった場合のCO ₂ 総排出量(②+⑤)		5,075	4,786
環境負荷(CO ₂)削減貢献比率		35%	35%	

図6 エネルギー削減効果の推移

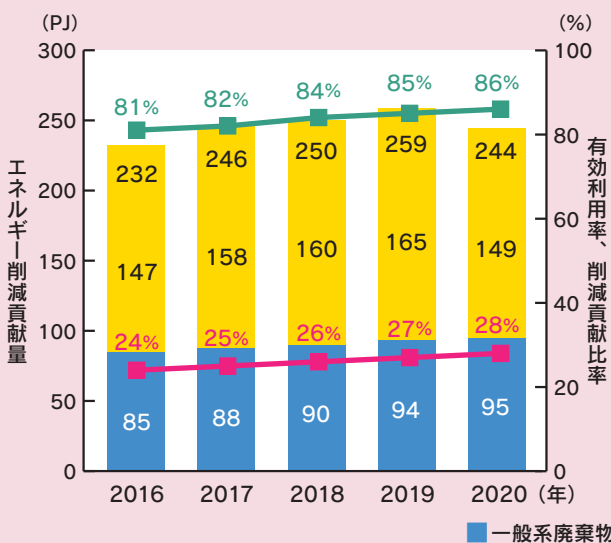
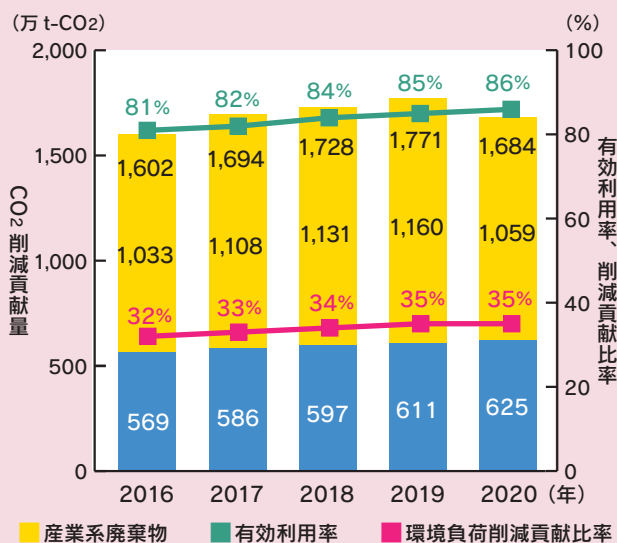
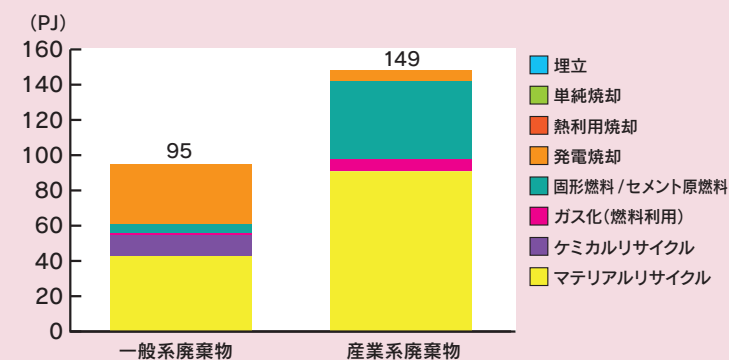


図7 CO2削減効果の推移



有効利用方法別に環境負荷削減効果をまとめたものが図8、9です。これらを見るとマテリアルリサイクル、発電焼却、固形燃料／セメントの寄与が大きいです。2020年のエネルギー削減貢献量は、家庭で消費される総エネルギーの400万世帯分（家庭消費総エネルギー量の6.9%）*1、CO2削減貢献量は家庭から排出されるCO2の390万世帯分（家庭からのCO2総排出量の6.7%）*2に相当します。廃プラスチックのリサイクルを適切に進めることによって、環境負荷削減に多大な貢献をしていることが具体的数値により裏付けられました。

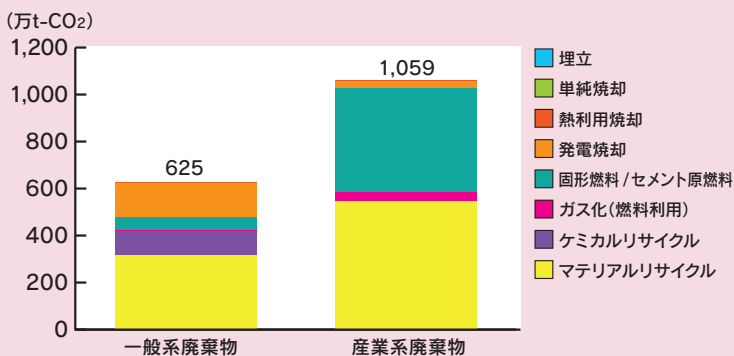
図8 エネルギー削減貢献量(2020年)



処理・処分方法	エネルギー削減貢献量(PJ)		
	一般	産業	計
マテリアルリサイクル	43	91	135
ケミカルリサイクル	12	0	12
ガス化(燃料利用)	1	7	7
固形燃料／セメント原燃料	5	44	49
発電焼却	34	6	40
熱利用焼却	0	0	1
単純焼却	0	0	0
埋立	0	0	0
合計	95	149	244

四捨五入による数値の不一致は一部存在する。

図9 CO2削減貢献量(2020年)



処理・処分方法	CO2削減貢献量(万 t-CO2)		
	一般	産業	計
マテリアルリサイクル	317	546	863
ケミカルリサイクル	102	2	104
ガス化(燃料利用)	6	38	45
固形燃料／セメント原燃料	54	443	497
発電焼却	144	27	170
熱利用焼却	2	3	5
単純焼却	0	0	0
埋立	0	0	0
合計	625	1,059	1,684

四捨五入による数値の不一致は一部存在する。

*1 家庭消費総エネルギー量（自家用車の使用量を含む）：3,530PJ（60.9GJ/世帯）

*2 家庭からのCO2総排出量（自家用車の排出量を含む）：2.50億 t-CO2（4.31t-CO2/世帯）

[参考] 石油化学製品のLCIデータ

1. 樹脂製造のLCI

日本国内で製造される主な樹脂についてのインベントリ分析データです。
(PWMI「石油化学製品のLCIデータ調査報告書(更新版)」2009年)

調査対象と範囲

●対象製品(樹脂)

樹脂名	用途
低密度ポリエチレン(LDPE)	ラップフィルムや食品チューブなどの包装材、農業用フィルムなど
高密度ポリエチレン(HDPE)	食品容器、シャンプー容器、バケツや洗面器、灯油缶など
ポリプロピレン(PP)	自動車部品、家電部品、ペットボトルのキャップ、トレイ、繊維、医療器具など
ポリスチレン(PS)	OA機器のハウジング、CDケース、食品容器など
ビーズ法発泡ポリスチレン(EPS)	梱包緩衝材、魚箱、食品用トレイ、カップ麺容器など
ボトル用PET	飲料や醤油などのペットボトル
ポリ塩化ビニル(PVC)	ラップフィルム、上下水道管、雨樋、サッシ、壁紙、ホース、電線被覆など
アクリル樹脂(PMMA)	自動車リアランプレズ、水槽プレート、食卓容器、コンタクトレンズなど

●調査範囲

対象製品(樹脂)の製造工程を機器・装置単位で区分したものを「ユニットプロセス」と定義し、個々のユニットプロセスをデータ収集の最小単位としました。データ収集項目は、投入原料、投入エネルギー、産出製品、環境負荷物質などです。

●分析手法

調査は次の手順で行い、各工程・各製品の計算処理にあたっては、主要樹脂メーカー数社のデータの加重平均値を用いました。

- ①調査目的・趣旨の確認
- ②調査手法の検討・決定
- ③データ収集
- ④データの最終処理・確定、遡及計算(動力プラント・公共電力・原油採掘・輸入・石油精製産業)

調査結果

樹脂名	単位	工程エネルギー(MJ)	資源エネルギー(MJ)	CO ₂ (kg-CO ₂)	SO _x (kg)	NO _x (kg)
LDPE	/t	26,132	46,103	1,518	3.286	3.321
HDPE	/t	22,324	46,194	1,326	3.118	3.015
PP	/t	25,091	45,817	1,483	3.245	3.220
PS	/t	28,188	45,626	1,920	3.330	3.577
EPS	/t	29,957	46,537	1,939	3.441	3.627
ボトル用PET	/t	28,120	34,772	1,578	3.549	3.023
PVC	/t	24,790	21,273	1,449	2.174	2.432
PMMA	/t	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量評価値

[参考] 石油化学製品のLCIデータ

2. 樹脂加工のLCI

国内の樹脂加工（プラスチックを製品に加工する工程）についてのインベントリ分析データです。（PWMI「樹脂加工におけるインベントリデータ調査報告書（第3版）」2020年）

調査対象と範囲

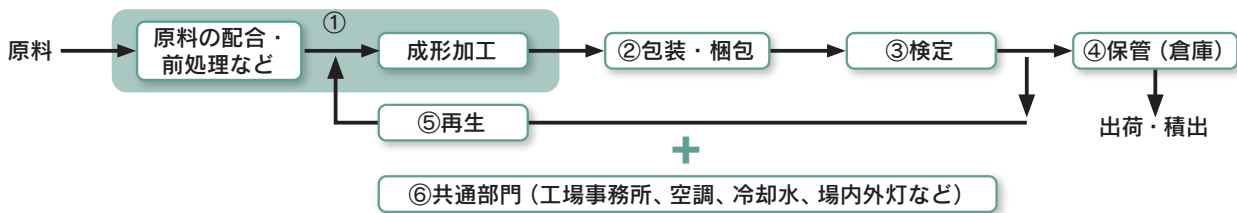
● 調査対象

合成樹脂加工製品の種類はきわめて多岐にわたるため、代表的なものに限っても、生産実績に基づくデータ構築には困難が伴います。そこで、加工方法ごとの代表的な製品についてデータ構築を行いました。調査は次の4加工法、全39のプロセスについて、加工段階における消費エネルギー、CO₂排出量を算出しました。

- ①フィルム製品：レジ袋、OPPフィルムなど
- ②型物成形製品：洗面器、ペットボトルなど
- ③発泡製品：緩衝材、魚箱、トレイなど
- ④シート製品：PETシートなど

● 調査範囲

「加工段階」とは、原料樹脂の受入から成形加工品の出荷までを対象とし、データ収集単位を①成形加工（原料樹脂の受入～配合・前処理などを含む）②包装・梱包 ③検定 ④保管（倉庫）⑤再生 ⑥共通部門の6分野に分けて調査しました。

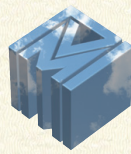


調査結果（抜粋）

製造プロセス名	主原料	単位	原料樹脂				成形工程		
			資源エネルギー (MJ)	工程エネルギー (MJ)	CO ₂ (t-CO ₂)	GHG (t-CO ₂ e)	工程エネルギー (MJ)	CO ₂ (t-CO ₂)	GHG (t-CO ₂ e)
レジ袋	HDPE	/t	44,640	21,573	1.282	1.285	6,544	0.434	0.435
OPPフィルム	PP	/t	46,967	25,721	1.520	1.527	18,245	1.241	1.280
ラミネート(ロール)	-	/m	-	-	-	-	0.050	0.000003	0.000003
インジェクション(射出) 成形品	-	/t	-	-	-	-	26,666	1.763	1.769
ブロー(中空) 成形品	-	/t	-	-	-	-	24,612	1.608	1.616
発泡品(トレイ)	PSP	/t	57,806	42,286	2.892	2.958	9,585	0.636	0.637
非発泡品(押出シート成形)	HIPS	/t	21,475	13,268	0.904	0.908	7,280	0.482	0.484
押出シート成形(PETシート)	PET	/t	-	-	-	-	7,413	0.491	0.493

(注1) t-CO₂e：tあたりCO₂ equivalent（二酸化炭素換算）数値

(注2) 本報告書では、原料樹脂の数値を記載していない製品プロセスもある（「-」で表示）。



<https://www.pwmi.or.jp>

発行 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 03-6810-9146 FAX 03-5643-8447

