

(2) 廃棄物リサイクルにともなう温室効果ガスの排出抑制技術に関する研究

研究代表者 国立公衆衛生院地域環境衛生学部 渡辺征夫

厚生省国立公衆衛生院
地域環境衛生学部

環境評価室
環境健康影響室

渡辺征夫
後藤純雄
田中 勝
山田正人
池口 孝
大迫政浩

廃棄物工学部

廃棄物処理工学室

平成9～11年度合計予算額 13,257千円
(平成11年度予算額 4,398千円)

【要旨】より持続的かつ環境調和型のリサイクルシステムの構築のため、リサイクルや再利用のための処理技術や方式の温室効果ガス排出抑制に対する効果を評価するための基盤情報の整理と解析を行った。既存の廃棄物のリサイクル技術・装置に関する情報をデータベース化し、事例として、粗大ごみ処理施設ならびにいくつかのリサイクルのための中間処理装置について、処理能力とエネルギー使用量等の関係を検討した。また、地域におけるリサイクルシステムからの温室効果ガス放出量推定で用いる、GIS データを用いた収集輸送モデルを試作した。さらに、容器材について、リサイクル戦略毎のライフサイクルにおける単位トン当りのエネルギー使用量ならびに温室効果ガス排出量を解析した。

【キーワード】廃棄物処理システム、リサイクル、再利用、ライフサイクルアセスメント、エネルギー消費、温室効果ガス

1. 序

わが国では環境保全のための循環型社会の構築に向けて、その基本的な枠組みを描いた「循環型社会形成推進基本法（平成12年）」と、個別分野における取組みを定める「再生資源の利用の促進に関する法律（平成3年）」、「容器包装の分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（平成7年）」等の関連法が整備され、廃棄物のリサイクル・再利用が積極的に推進されている。しかし、新たに導入されるリサイクル・再利用の技術やシステムが、資源保全や最終処分場の延命化に繋がるだけでなく、他の環境保全対策と整合しているかどうかは十分に検討されていない。とくに廃棄物のリサイクルや再利用は、社会基盤システムに新たな機能を付加して都市の活動量を増加させるものであり、リサイクルによる資源の節約がリサイクルに必要なエネルギーや資源の消費よりも大きくなければ、十分に持続的なシステムとは成り得ない。

そこで、本研究では、より持続的かつ環境調和型のリサイクルシステムの構築のため、実際のデータの裏付けのもとに、長期的な視点から各種社会状況に適合した合理的なりサイクル・再利用技術や方式を検索することを目的として、リサイクルや再利用のための処理技術や方式の温室効果ガス排出抑制に対する効果を評価し、都市や地域における市民生活と廃棄物処理との統一的な空間利用計画を作成するための基盤情報の整理と解析を行った。

2. 研究の枠組み

本研究では、廃棄物の種類や排出される空間毎に適切なリサイクルの方法を提示することを目的として、以下の三つのスケールでライフサイクルインベントリー（LCI）の作成、およびライフサイクルアナリシス（LCA）に向けた情報および手法の整備を行った。

（1）マイクロモデル

ここでは、廃棄物のリサイクルに係る個別要素技術および粗大ごみ処理施設等の施設における主にエネルギー利用に係わる温室効果ガス排出量の推定を試みた。すなわち、それぞれの技術における処理能力、ユーティリティー使用量、エネルギー消費量等の環境負荷に関するデータベースを作成し、装置ならびに施設レベルにおける処理能力と使用エネルギー等との関係を解析した。

（2）マクロモデル

国家スケールで、廃棄物管理施策が温室効果ガス抑制に及ぼす影響を解析した。具体的には、リサイクル関連法により、現在リサイクル・再利用が実行されている廃棄物／資源物として、アルミニウム缶、スチール缶、ガラスビン、紙パック、PET ボトルを取り上げ、現状、全量リサイクル、全量直接埋立等のシナリオを設定し、製品／廃棄物のマスマフローと各構成プロセスからの温室効果ガス排出量を解析して、物品毎また廃棄物管理戦略毎に温室効果ガス排出原単位を作成した。

（3）エリアモデル

地域スケールで廃棄物管理施策が温室効果ガス抑制に及ぼす影響を解析するために必要なルーツを開発した。今回は、地域での廃棄物／資源物の収集・輸送による二酸化炭素排出量を、GIS等の地図データより推定可能な数理モデルを開発した。

3. リサイクル装置および施設における技術およびエネルギー使用量の解析

3. 1 リサイクルおよび廃棄物処理に係わるデータベースの作成

（1）はじめに

循環型社会の構築を推進するために、現在、官民を上げた廃棄物リサイクルに向けた努力が行われ、多数の装置やシステムが開発また実用化されている。しかし、それらは次第に膨大な数に上り、多数のメディアから発信されるため、利用者が全体を知ることが困難である。また、装置の選定でその性能と共に、ライフサイクルにおける低環境負荷、低エネルギーを比較する必要がある。このような利用者の不便を軽減し、適切な技術を容易に知ることが可能なようにデータベースを構築することにした。名称は「廃棄物の処理およびリサイクルのための技術総覧」とした。

（2）データの入力

データ入力の一次資料は、展示会やダイレクトメールで入手したパンフレット、雑誌や業界紙に掲載されている記事や広告から選んだ。これらから以下の項目をデータベースに入力した。

- | | | |
|---------|------|---------|
| ● 大分類 | ● 入力 | ● 処理能力 |
| ● 中分類 | ● 過程 | ● 消費電力 |
| ● メーカー名 | ● 出力 | ● 燃料使用量 |
| ● 商品名 | ● 形式 | ● 重量 |
| ● 過程 No | | |

大分類および中分類は、以下の表1に示した項目である。なお、単一の商品について複数の過程がある場合は（システムやプラント等）、「過程 No.」を設定し、それぞれについて入力、処理過程、出力を記入した。入力、過程、出力の分類は、以下の表2～4の通りである。

さらに、同一機器においてスペックが異なる形式が複数ある場合は、形式別に整理（処理規模、消費電力、燃料使用量、重量）を行った。

(3) 入力データの概要

表1に示したようにこれまでに入力した一次資料数は 445 で、装置（技術）数は 1536 である。技術では破碎・減容に関するもの、また入力（処理対象）ではプラスチックの登録数が最も多く登録された。なお、これらデータは Windows 環境で稼働し、検索可能なデータベースとして利用可能である。

表1 廃棄物処理設備の分類

大分類	中分類	資料数	装置数	
1	ソフト	16	16	
2	分別・選別	資源ごみ	17	25
		粗大ごみ	5	5
		プラスチック	8	14
		磁選	5	287
		収集	16	40
3	破碎・減容	破碎	64	167
		減容	28	101
		その他	9	155
4	乾燥・脱水	4	4	
5	焼却	28	28	
6	熔融	10	10	
7	油化	6	6	
8	RDF化	12	12	

大分類	中分類	資料数	装置数	
9	コンポスト化	大型施設	13	13
		中型・小型機器	29	16
10	浄化・分解・除去（有害物質）	26	26	
11	再資源化	エコセメント	3	3
		プラスチック	6	22
		その他	33	48
12	測定	2	2	
13	その他技術	炭化	2	7
		輸送	6	43
		その他	10	48
14	処理施設	36	36	
15	メーカー総合カタログ	24	24	
16	メーカー以外の総合カタログ	40	40	
合計		445	1536	

表2 入力分類

分類1	分類2	分類3
資源ごみ	プラスチック	PET ボトル
		PS トレイ
		発泡スチロール
		その他
	紙	古紙
		段ボール
		牛乳パック
		その他
	ガラス	ビン
		その他
缶	アルミ缶	
	スチール缶	
混合ごみ	厨芥類	
	不燃ごみ	
	粗大ごみ	
	可燃ごみ	
液状廃棄物	し尿・汚泥	し尿
		浄化槽汚泥
		下水汚泥
	廃油	家庭廃油
その他		
その他		

表3 出力分類

分類1	分類2	分類3
RDF	プラスチック	
	紙	
プラスチック	その他	
	熱固化物	
	粉碎・剪断物	
	油・溶剤	
	その他	
	梱包	
	粉砕物	
ガラス	ビン	色別
		混合
		その他
ガラス	カレット	色別
		混合
金属	その他	その他
	プレス塊	アルミ
		鉄
	粉砕物	アルミ
		鉄
その他	その他	
有機物	堆肥	
	その他	
残渣	不燃物	
	可燃物	
	灰	
	スラグ	
	固化物	
その他		

表4 処理過程分類

分類1	分類2
受入・搬送	ホッパー
	コンベア
	空気輸送
	クレーン
	その他
破袋・除袋	
粉碎	回転衝撃
	二軸剪断
選別	その他
	磁選
	ふるい
	手選（コンベア）
	アルミ選別
	袋選別
洗浄	ビン色選別
	その他
	水
	溶剤
固化	その他
	セメント
成形	その他
	圧縮
	熱
	RDF化
油化	梱包
	その他
熔融	
堆肥化	加温通風あり
	加温通風なし
公害除去装置	
水分除去	フィルタープレス
	遠心分離
	熱乾燥
	その他
その他	

3. 2 リサイクル施設および技術におけるエネルギー使用量の解析

(1) 粗大ごみ処理施設

厚生省が取りまとめた廃棄物処理関連施設のデータで、使用エネルギーが示されている最終年度（平成2年度）について、全国の粗大ごみ処理施設における消費エネルギー量を取りまとめた。収録されている施設数は720であったが、粗大ごみ施設は、ごみ処理施設などと並設されていることが多く、電気使用量などを独自に集計していないこともあり、集計する項目ごとに対象となった施設の数変動したが、およそ680施設であった。その集約結果を表5に列記したが、年間の総処理量は349万トンで、

表5 粗大ごみ処理データ（平成2年度）

	市町村	処理能力 (ton)	稼働時間/日	年間稼働日数/年
施設数	719	679	641	622
総合計		33744.1	14860.75	140590
平均		49.7	23.2	226.0
経費計	プロパン (kg)		油 (kl)	ガス (m ³)
施設数	449	75	124	17
総合計	176.0億円	32404.8	51171.9	20209.5
平均	0.390億円	432.1	412.7	1188.8
熱量 (Tcal)		0.421	0.511	0.222
電気金額	計算電力	電力量/処理量 (ton)	報告電力量	
施設数	422	422	418	406
総合計	18.99億円	121.4Gwh	46046kwh	89.96Gwh
平均	0.045億円	0.288Gwh	110kwh	0.22Gwh
熱量 (Tcal)		104.4		
薬品費	その他消耗品費	その他	回収量(ton)	
施設数	67	376	400	426
総合計	0.726億円	14.54億円	142.5億円	612767.7
平均	0.011億円	0.039億円	0.356億円	1438.4

処理能力の30%程度であった。使用されたエネルギーの90%以上は電力であり、その合計量は、電気料金からの計算で121 Gwhで、焼却施設やし尿処理施設の1/10程度であった。今後、リサイクル運動の発展により粗大ごみ処理施設は、質、量ともに大きく変わっていくものと思われるが、現時点での処理量単位のエネルギー消費は、都市ごみ処理と比較すると幾分低いことが分かった。

(2) リサイクル関連処理技術

先に示した「廃棄物の処理およびリサイクルのための技術総覧」より、分別・選別ならびに破碎・減容の工程に含まれる装置について、入力されている消費電力ならびに重量データについて、処理能力との関係を検討した。

a) 分別・選別：まず、プラスチックボトルを選別する装置、選別後熱固化する装置、ならびに廃プラスチックを粉碎・選別する装置では、処理過程に粉碎が入ると消費電力が急増することがわかった（図1）。次に金属類を磁力選別する装置では、形式により処理能力に対する

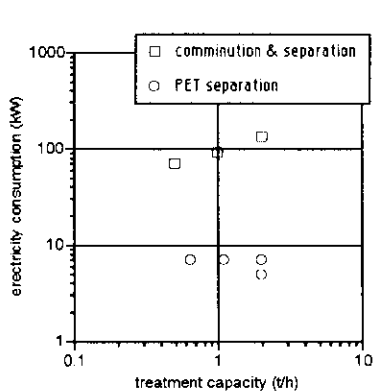


図1 処理能力と電力消費量の関係 (1) プラスチック粉碎・選別

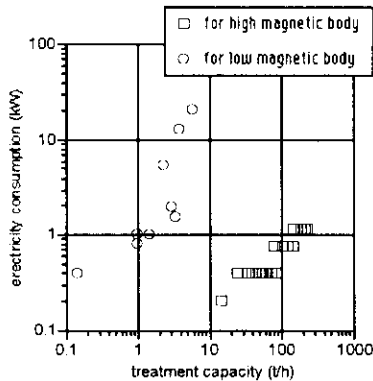


図2 処理能力と電力消費量の関係 (2) 磁力選別

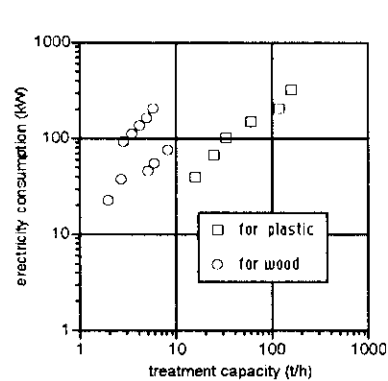


図3 処理能力と電力消費量の関係 (3) 破碎

消費電力、重量に明確な違いが見られ、特に粉体から弱磁性体を選別する装置は高い磁力を必要とするため、電力消費量が大きくなる傾向があった（図2）。

b) 破碎・減容：この分類には、粗大ごみ、プラスチック、ガラスビン、古紙等、様々な対象を粉碎する装置が含まれる。破碎形式としては一軸破碎、二軸破碎、縦型破碎、シュレッダー等がある。これら破碎形式は処理する対象で選択され、また処理能力に対する消費電力、重量が異なる（図3）。

ここに示した、消費電力は装置の LCI におけるランニングエネルギー、また、重量はイニシャルエネルギーを将来、より詳しく解析するための基礎資料となる。

4. 地域における収集輸送モデルの開発

4. 1 はじめに

エネルギー消費や環境負荷を最小化するようなリサイクルシステムの構築においては、再生等の処理工程/施設の選択の他に、車両等による輸送をとまなう収集計画や施設の配置が重要と考えられる。リサイクル対象物である資源ごみの収集輸送によるエネルギー消費や環境負荷、また最適な施設配置を得るような支援ツールとして、予備的なモデルを作成した。

4. 2 収集輸送モデル

今回作成したモデルは、ある地域を面的なメッシュに分割し、メッシュ内の人口ならびに事業所数より推定した廃棄物の発生量から、その廃棄物を処理施設まで運搬するのに必要な車両台数 D を求め、これと走行距離 L について、 $\sum D \times L$ が最小となるメッシュを非線形計画法である共役勾配法を用いて検索するものである。なお、共役勾配法の直線検索における極小点は黄金分割法で求めた。

4. 3 モデルの適用事例

図 4 にある行政界において求めた最適点を、また図 5 に図 4 に示したプラント候補地へのごみの輸送にとまなう二酸化炭素排出量を計算例として示した。この計算で用いた人口分布のメッシュは $400 \times 400\text{m}$ であり、一人当たりのごみ排出量を $0.5\text{kg}/\text{日}$ と仮定し、事業所からの排出は考えなかった。また、輸送車両としては 2t のパッカー車を想定し、走行距離あたりの二酸化炭素排出量を $0.323\text{kg}/\text{km}$ と仮定した。

なお、今回は、予備的な開発として輸送距離を直線距離で求める単純化を行ったが、実際の施設計画に用いる際には、道路、ごみステーションの配置、収集頻度、交通渋滞またプラントへの到達時間の集中化の回避等の制約条件をモデル本体またはサブモデルとして取り入れる必要がある。

5. 資源物に対する廃棄物管理戦略による温室効果ガス排出量の解析

5. 1 はじめに

古紙、ガラスビン、アルミ缶等の資源品のリサイクルはすでに社会に定着しており、1997 年におけるリサイクル率は、古紙では 54% 、ガラスビン（カレット利用率）は 67.4% 、アルミ缶は 72.8% に達している。これら資源物に対するライフサイクルアセスメントは数多く存在するが、廃棄物管理という視点で、リサイクル以外の他の方策、例えば発生源削減（source reduction）、焼却、埋立に

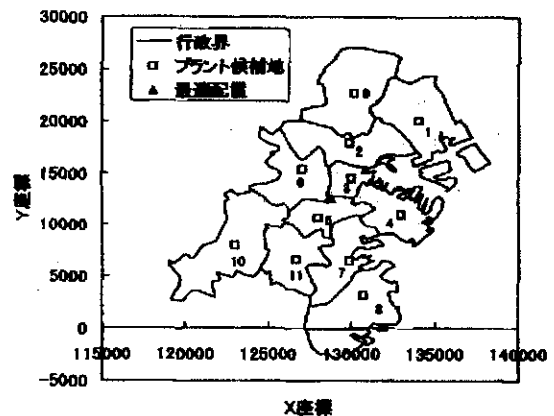


図 4 仮想的な行政区域と最適点

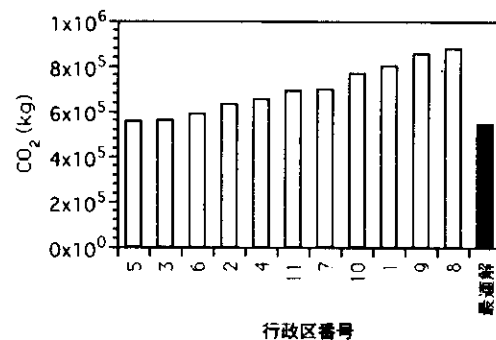


図 5 各プラント候補地への輸送による CO2 排出量

に対するアドバンテージを比較可能な形で提示したものは少ない。リサイクルはこれまでの廃棄物管理にシステム改変に伴う新たなコストをもたらすものであるから、政策決定者にとって、コストに見合った便益を明示することは重要である。これを旨としたものとして、米国の環境保護局（USEPA）は1998年に“Greenhouse Gas Emission from Management of Selected Materials in Municipal Solid Waste”¹⁾ という報告書を発表し、資源物の資源採掘から廃棄物処理に至るライフサイクルにおける温室効果ガス（GHGs）放出量を、廃棄物管理戦略毎に試算した。今回は、既報の文献をレビューして、この報告書で述べられている方法論をわが国に事例へ適用した。

5. 2 USEPA 報告書における排出／削減量評価の枠組み

USEPA の報告書に記載されている資源物に対する GHGs 排出／削減量評価で評価した資源物は新聞紙、事務用紙、段ボール、混合古紙、アルミ缶、スチール缶、ブロー成型 HDPE 容器、ブロー成型 LDPE 容器、ブロー成型 PET 容器、食品ごみ、庭ごみ、混合都市ごみ、混合資源ごみである。これら品目について天然資源採掘、製造、使用、リサイクル、廃棄物処理というライフサイクルの全ステージに渡る GHGs 排出量を評価されている。

排出／削減量評価を行う境界としては、資源採掘を含めた「資源採掘基準」と廃棄物の発生以降を考える「廃棄物発生基準」を設定している。この境界内の各ステージにおける製造や輸送時におけるエネルギー使用による GHGs の排出、エネルギー以外からの GHGs 排出、森林等における炭素貯蔵量の変化、ならびに（電気）エネルギー回収による削減をカウントする。このうちエネルギー以外の排出とは埋立地から発生するメタン、ごみ焼却による亜酸化窒素、アルミニウムの一次精練過程から発生するパーフルオロカーボンである。森林における炭素貯蔵量の変化では、現状で森林の伐採と成長は均衡と仮定し、紙の使用量の減少のみがカウントされる。その他の炭素貯蔵としては、埋め立てられた有機物の一部を考え、プラスチックの埋立はカウントしない。

評価した廃棄物管理のオプションは発生源削減、リサイクル、コンポスト化、焼却、埋立である。発生源削減とは軽量化、両面コピー、長寿命化等によりあるものの利用効率が向上し、原料の取得と精製に係わる排出が回避されることである。リサイクルでは 100%リサイクル材使用の場合と現状のリサイクル比率によるリサイクル材およびバージン材使用との比較を行い、廃棄物管理においては GHGs は発生しないとしている。

5. 3 わが国における資源リサイクルに伴う GHGs 排出量の評価

既存の文献をレビューし、USEPA の枠組みを用いて、資源リサイクルに伴う排出／削減量の算定のためのデータを整理し、我が国のライフサイクルフローにおける GHGs 排出量を推計した。

(1) 方法

- a) 容器包装材とライフサイクルステージ：①スチール缶、②アルミ缶、③ガラスびん、④PET ボトル、⑤紙パック等の容器包装材を評価対象とした。これら各素材に対して製造から廃棄までのライフサイクルステージ（図6）を把握した。なお、これら検討で用いた文献を表6に示す。
- b) ライフサイクルステージのエネルギー使用量および

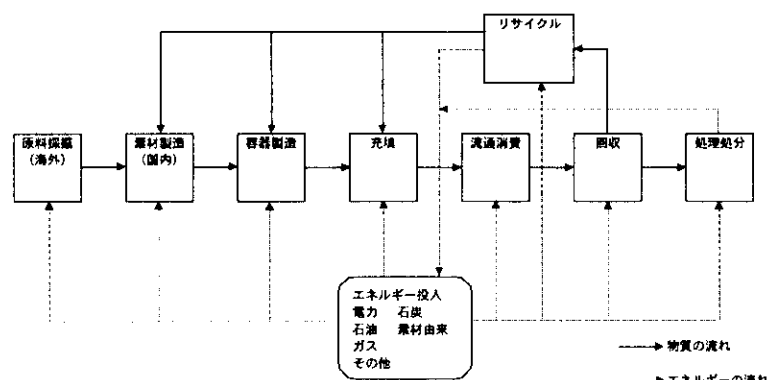


図6 ライフサイクルフロー

び GHGs 排出量：ライフサイクルフローの各ステージにおける物量と物量トン当りのエネルギー使用量ならびに GHGs 排出量を設定した。容器材の資源採掘、素材製造、容器製造、流通ステージにおいては容器缶比較研究会（2000）²⁾を、また、回収、リサイクル、処理・処分ステージにおいては野村総合研究所（1995）³⁾

表6 推計に用いた文献番号一覧

素材	フロー	物量	原単位
スチール缶	4,5,6	2,3,7,8,9,11	2,3
ガラスびん	3,11	2,3,12,13,14	2,3
PETボトル	3,15,16,7	2,3,18	2,3
アルミ缶	3,19,20,21,22,23	2,3,13,20,24,25	2,3
紙バック	26,27,28,29	2,3,30,31,32	2,3

を基礎とし、足りない部分を表6に示した文献で補完した。素材自体からの GHGs の排出は、まず、PET の焼却において、含まれる全ての炭素が CO₂ に変換されると仮定した。また、紙の埋立処分において、田中ら（1999）³³⁾より、紙の生分解性の炭素量に分解率、ガス化率、メタン化率を乗じてメタン排出量を求めた。EPA で検討されているこの他の非エネルギー由来の排出源と消失先（アルミ精練からのパーフルオロカーボンや森林での炭素貯蔵）は今回は評価しなかった。また、各ステージ間の輸送に係わるエネルギーは、文献^{2,3)}より、輸送車両と距離（海路は資源調達国まで、陸路は一律 100km）を設定して求めた。

c) リサイクル戦略シナリオ：容器材に対するリサイクルまた廃棄物処理・処分の戦略として以下のシナリオを想定した。

- シナリオⅠ：直接埋立シナリオ：バージン材から製造した製品を製造・消費した後に直接埋立する。
- シナリオⅡ：焼却シナリオ：バージン材から製造した製品を製造・消費した後に焼却してから埋立する。
- シナリオⅢ：エネルギー回収シナリオ：バージン材から製造した製品を製造・消費した後に焼却してから埋立するが、焼却によるエネルギーを回収して発電を行う。
- シナリオⅣ：再使用（リターナブル）シナリオ：バージン材から製造した製品を製造・消費した後に 100%回収し、うち 75%をリターナブル容器として再使用する。
- シナリオⅤ：再利用（リサイクル）シナリオ：バージン材から製造した製品を製造・消費した後に 100%回収し、中間処理を経て、同一製品の再生産を行う。
- シナリオⅥ：現状シナリオ：バージン材から製造した製品は、製造・消費した後に、現状の割合で廃棄、再使用および再利用される。

なお、原料以外の輸出入はないと仮定した。また、今回はクローズドリサイクルのみを想定し、カスケードリサイクルは評価しなかった。したがって、現状シナリオで他用途製品に再生される部分は損失と考えた。

d) エネルギー使用量ならびに GHGs 排出量原単位：設定したリサイクル戦略シナリオについて、エネルギー使用および GHGs 排出量を推計した。各シナリオにおける物量は、現状のフローに基づいて、容器を消費するステージへの製品の供給量が一定と考えた。すなわち、回収された容器材のうち同一製品として再使用または再利用されるもの以外を、バージン材より製造するとした。また、特に容器製造また回収ステージにおける材の損失は廃棄されるか、ストックされるものと考えた。最終的に消費ステージでの製品トン当りのエネルギー使用量 (Gkcal/ton) または GHGs 排出量 (MTCE/ton) として表した。

(2) 結果

得られた容器材とリサイクル（廃棄物処理）戦略毎のエネルギー使用量ならびに GHGs 排出量を表7に示す。スチール缶とアルミ缶ではリサイクル戦略として再利用のみを考えた。スチール缶への 100%再利用は他の戦略と比較してエネルギー使用量ならびに GHGs 排出量が小さく、焼却シナリオ（≡直接埋立シナリオ）の半分以下であった。アルミ缶でも同様であった。ガラスびんではリサイクル戦略として再使用（リターナブルビン）と再利用（カレット）を考えた。これら戦略の焼却シナリオ（≡直接埋立シナリオ）に対する GHGs 排出量では 34%、64%であった。PET ボトルではまずリターナブルボトルを再使用とした。GHGs 排出量は焼却シナリオのそれぞれ 11%であった。また、焼却にエネルギー回収（発電）を導入しても、GHGs 排出量は素材自体からの排出があ

るため、3%しか低下しない。さらに直接埋立シナリオでは GHGs 排出量が焼却シナリオの 26%となる。紙パックでは素材をクラフトパルプによる板紙とし、再利用とエネルギー回収を考えた。再利用シナリオでは GHGs 排出量は焼却シナリオの 85%であった。また、エネルギー回収シナリオでは GHGs 排出量は焼却シナリオの 90%となった。この素材は、再生可能な炭素源（樹木）であるため自身の燃焼による二酸化炭素の排出がカウントされない。しかし、埋立処分ではメタンの発生があるため GHGs 排出量が焼却シナリオの 3 倍程度となる。

表7 容器材のライフサイクルにおけるエネルギー使用量ならびに GHGs 排出量

energy (Gcal/ton)	reuse	recycle	energy recovery	inciner-ation	current mix	direct landfill
paper carton	--	5.42	4.34	5.61	5.21	5.60
PET bottle	4.85	--	10.4	11.8	11.8	11.8
steel can	--	3.07	--	6.29	5.77	6.26
aluminium can	--	28.6	--	68.4	44.7	68.4
glass bottle	0.91	1.92	--	2.55	1.22	2.52

GHGs (MTCE/ton)	reuse	recycle	energy recovery	inciner-ation	current mix	direct landfill
paper carton	--	0.50	0.53	0.59	0.53	1.72
PET bottle	0.34	--	3.01	3.09	2.73	0.80
steel can	--	0.21	--	0.57	0.47	0.57
aluminium can	--	11.0	--	39.7	22.7	39.7
glass bottle	0.08	0.14	--	0.22	0.10	0.22

(3) 考察

全体では、GHGs の排出という観点からは、リターナブルの容器、特にガラスびんの使用が最も有利であり、続いてスチール缶の再利用が続く。ワンウェイ使用（焼却シナリオ）との比較では、リサイクル戦略として再利用を考える場合、エネルギー消費ならびに GHGs 排出の削減という点で有利な素材はアルミ缶ならびにスチール缶がほぼ同等で、時点でガラスびんである。これは前者2つではライフサイクルフローのなかで、素材製造のエネルギー消費が比較的大きく、後者では容器製造のエネルギー消費が比較的大きいためである。なお、エネルギー消費量ならびに温室効果排出量自体はアルミ缶が非常に大きいことに注意すべきである。リターナブル容器の使用（再使用シナリオ）はワンウェイ使用（焼却シナリオ）と比較して、エネルギー消費ならびに GHGs 排出を半分以下に削減する。なお、PET ボトルではガラスびんと同様に 75%の再使用（3回使用）を仮定したが、素材の強度的にこの再使用率が適当であるかは検討を要する。また、焼却シナリオとの比較では GHGs 排出量が 11%と最小となるが、素材自身からの二酸化炭素の排出が回避されるためであり、直接埋立シナリオとの比較では 43%とガラスびんと効果がほぼ同等になる。

(4) おわりに

以上のような表7で示したようなエネルギー使用量ならびに GHGs 排出量は、トン当りの原単位として表しているため、国やある地域で回収された容器素材量を乗ずれば、リサイクル戦略による GHGs 排出量削減効果が試算できる。また、例えば、ある素材の容器の使用を1トン抑制した（排出量削減した）場合の効果は、現状シナリオの値が削減されると考えればよい。表1に示した数値は文献による情報を総合して、数々の仮定をおいて編み出したものであり、また、システムの運営段階（ランニング）のみを考え、建設段階（イニシャル）を含んでいないので、より正確を期すためには実態のより詳細な把握が必要であるが、ここで示した枠組みはいわゆる LCA の廃棄物管理における適用また提示法の一つとして、有用であると考えられる。

6. まとめ

より持続的かつ環境調和型のリサイクルシステムの構築のため、リサイクルや再利用のための処理技術や方式の温室効果ガス排出抑制に対する効果を評価するための基盤情報の整理と解析を行った。既存の廃棄物のリサイクル技術・装置に関する情報をデータベース化し、事例として、粗大ごみ処理施設ならびにいくつかのリサイクルのための中間処理装置について、処理能力とエネルギー使用量等の関係を検討した。また、地域におけるリサイクルシステムからの温室効果ガス放出量推定で用いる、GIS データを用いた収集輸送モデルを試作した。さらに、容器材について、リサイクル戦略毎のライフサイクルにおける単位トン当りのエネルギー使用量ならびに温室効果ガス排出量を解析した。

引用文献

- 1) USEPA : Greenhouse Gas Emission from Management of Selected Municipal Solid Waste, EPA530-R-98-013, 1998
- 2) 安井 至 : LCA手法による容器缶比較報告書, 容器缶比較研究会, 2000
- 3) 野村総合研究所 : 包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析, 1995.
- 4) 全日本一般缶工業連合会 : <http://www.ippancan.co.jp>
- 5) 川崎製鉄 : <http://www.kawasaki-steel.co.jp/making.html>
- 6) あき缶処理対策協会 : 1998年度 スチール缶リサイクル年次レポート, 1998
- 7) 金属系材料研究開発センター : 鉄鋼生産マテリアルフロー (98年鉄鋼統計要覧, 社団法人日本鉄鋼連盟より推算), 1999.
- 8) あき缶処理対策協会 : Yes! Recyclist 99年対応版, 1999 .
- 9) 通商産業大臣官房調査統計部 : 鉄鋼統計年報, 1995.
- 10) 日本鉄資源協会・日本鉄屑輸入組合 : 鉄源年報, p10-27, p65-75, p88-89, 1991.
- 11) 大川 : LCIソフトを使用したガラスびんの分析, エコバランス②, p251-255, 1996.
- 12) ガラスびんリサイクル促進協議会 : もうひとつのガラスびんリサイクル, 2000.
- 13) 土井成一 : 資源統計年報, 1996.
- 14) ガラスびんのリサイクル (日本ガラスびん協会資料・全国びん商連合会資料)
- 15) 安岡ら : PETボトルとカーペットのLCA, エコバランス②, p557-561, 1996.
- 16) 寺園ら : PETボトルのリサイクルにおける環境負荷と費用負担の評価, エコバランス③, p483-486, 1998.
- 17) 乙間 : PETボトル, PSPトレーのリサイクル代替案に関するエネルギー消費量の比較, エネルギー・資源, Vol. 17 No 5, p89-94, 1996.
- 18) PETボトルリサイクル推進協議会 : 日本のPETボトル再生樹脂の用途, HP <http://www.petbottle-rec.jp>, 1998.
- 19) 川島 : アルミニウム缶のリサイクル率向上における環境負荷低減効果, エコバランス③, p451-454, 1998.
- 20) 坂村ら : アルミ缶のリサイクル率向上による環境負荷低減効果, エコバランス②, p261-264, 1996.
- 21) 安井 : LCA手法を用いたアルミ缶のインブループリントソフトの試作品, エコバランス②, p562-564, 1996..
- 22) 坂村博康ら : 日本におけるアルミニウム缶のLCI分析, エコバランス③, p421-424, 1998.
- 23) 田代ら : 日本におけるアルミニウム缶リサイクルとその環境への影響, エコバランス②, p256-260, 1996.
- 24) アルミ缶リサイクル協会 : アルミ缶の総販売量と資源化量の推移, 1999.
- 25) アルミ缶リサイクル協会 : 平成10年(1998年)度飲料用アルミ缶リサイクル率について, 1999.
- 26) 藤野ら : マテリアルリサイクルかサーマルリサイクルかー紙のリサイクルのエネルギー評価, 資源, Vol. 20 No. 1, p100-102, 1999.
- 27) 新藤ら : 紙のリサイクルのエネルギー評価, エネルギーシステム・経済・環境コンフェレンス, p373-378, 1998.
- 28) 生田 : LCAと紙パルプ産業, 紙パルプ技術タイムス, p5-12, 1996.
- 29) 石川 : 短期集中連載 / 包装廃棄物リサイクルの可能性ー第3回 紙製飲料容器ー, 資源環境対策, p59-64, 1995.
- 30) 古紙回収率・利用率の推移のグラフ (財団法人 古紙再生促進センター資料より引用)
- 31) 紙のリサイクル100の知識 王子製紙編, 1998.
- 32) 土井誠一 : 紙・パルプ統計年報 p21-23, p69-71, p204-209, 1996.
- 33) 田中ら : 廃棄物処理分野におけるメタン・亜酸化窒素の発生抑制対策技術に関する研究, 地球環境研究総合推進費 研究報告書 B-16 地球温暖化抑制のための CH₄, N₂O の対策技術開発と評価に関する研究 平成7年度～9年度, 1999

研究交流等の状況

なし

研究成果発表の状況

(1) 口頭発表

- 1) 渡辺征夫、山田正人、藤井 崇、齋藤 聡：素材リサイクルによる温室効果ガス排出削減量の評価、第 10 回廃棄物学会研究発表会、平成 11 年 10 月（大宮）
- 2) 山田正人、渡辺征夫、和田実花、大森佐與子、小澤 段、齋藤 聡、藤井 崇：容器材のリサイクル戦略による温室効果ガス排出量の評価、第 11 回廃棄物学会研究発表会、平成 12 年 11 月（札幌）

(2) 論文発表

該当なし

(3) 出願特許・受賞等

該当なし