

## 資源ごみのリサイクルによる温室効果ガス放出削減量の評価

山田正人（国立公衆衛生院廃棄物工学部）

### 1. はじめに

これまで、リサイクルについて、バージン材とリサイクル材を用いたアルミ缶、ガラスビン、紙等の製造を比較するライフサイクルアセスメントは数多く存在する。しかしリサイクルは、製造分野だけでなく、廃棄物管理システムを変更する。よって評価では、リサイクルと他の廃棄物管理戦略における、資源・エネルギー消費量や環境負荷との差を考える必要がある。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”<sup>1)</sup> という報告書を公表した。ここでは、この報告書で用いられている推計方法を概説し、わが国における推計について議論する。

### 2. USEPA 報告書<sup>1)</sup>における排出/削減量評価の枠組み

USEPA の報告書では、資源物として、4種の古紙、アルミおよびスチール缶、4種のプラスチック容器等を取り上げ、これら品目について天然資源取得・精製、製造、使用、リサイクルまたは廃棄物処理というライフサイクルの温室効果ガス排出量を評価している（図-1）。

排出/削減量評価の境界として、資源採掘から始まる「資源採掘基準」と廃棄物の発生以降から始まる「廃棄物発生基準」を設定し、これら境界内で、製造や輸送時におけるエネルギー使用による温室効果ガスの排出、エネルギー以外からの温室効果ガスの放出、森林等における炭素貯蔵量の変化、ならびにエネルギー回収による温室効果ガスの削減をカウントする。なお、エネルギー以外の排出とは、製造段階の炭酸カルシウムの使用、天然ガスの漏出、アルミニウム精練からのパーフルオロカーボンと、廃棄物処理における埋立によるメタン、ごみ焼却による亜酸化窒素である。森林炭素貯蔵量の変化では、現状で伐採と成長は均衡と仮定し、紙使用量の減少のみがカウントされる。また、コンポストや埋立有機物の一部が炭素として土壌に貯蔵されると考え、プラスチックの貯蔵は考えない。

評価する廃棄物管理戦略は発生源抑制（source reduction）、リサイクル、コンポスト化、焼却、埋立である。ここで発生源抑制とは、ビン缶等の軽量化、紙の両面コピー、長寿命化等により製品の利用率が向上し、原料の取得と精製による排出が回避されることである。製造段階のベースラインには、現状のバージン材とリサイクル材の使用比率をとる。リサイクルでは、100%リサイクル材使用と100%バージン材使用との比較を行い、リサイクルの形態として基本的に閉鎖ループ（ガラスビンはガラスビンにリサイクルされる）を仮定している。

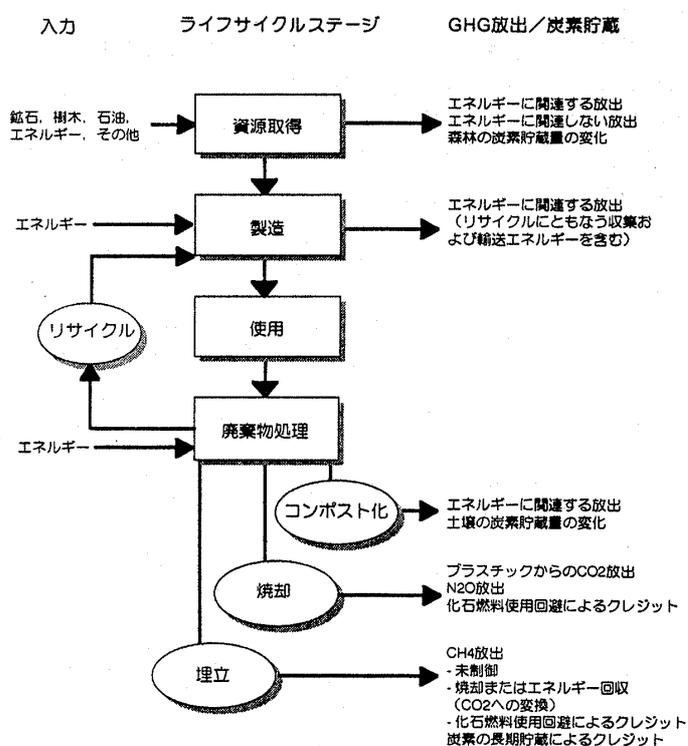


図-1 ライフサイクルにおける GHG の発生源/消失先<sup>1)</sup>

### 3. わが国における資源ごみリサイクルに伴う温室効果ガス排出量の推計

筆者らは、わが国の資源リサイクルにともなう温室効果ガス排出/削減量の推計を進めている。ここでは、アルミ缶について、主にエネルギー使用による二酸化炭素排出量を整理した結果を示す（表-1）。

製造段階における推計には、田代・大西（1996）<sup>2)</sup> による報告を参考にした。彼らは、地金製造、板金製造、製缶、充填、回収、リサイクルのための加工、埋立、各ステージ間の輸送ならびに梱包資材

における缶または重量あたりのエネルギー使用量を求め、リサイクル率による1缶あたりの消費エネルギーの変動を求めるモデルを提案している。このモデルに基づき、製造エネルギー、輸送エネルギー、埋立（輸送）におけるエネルギー使用量を算定し、輸送エネルギーを軽油、それ以外を電力と仮定して、それぞれ二酸化炭素換算炭素排出計数 7839 g-C/102Mcal<sup>3)</sup> と 104 g-C/kWh<sup>3)</sup> を用いて温室効果ガス排出量を求めた。

さらに焼却について、参考にしたのは Tanaka et al. (1998)<sup>5)</sup> の報告である。廃棄物処理における収集、運搬、焼却、埋立等の各ステージにおけるライフサイクルインベントリーより、輸送に関係するものとして収集工程におけるごみ1トンあたりの軽油使用量、また、焼却工程における可燃ごみ1トンあたりの電力および重油使用量より、先に示した排出係数と重油の 8180 g-C/102Mcal<sup>3)</sup> を用いて温室効果ガス排出量を求めた。

表-2にはUSEPAにおける評価値も併せて示した。表はまだ完全ではなく、USEPAの報告書からは詳細な算定方法が読み取れないところもあるが、少なくともいくつかのカテゴリーでは日本と米国での見積りは異なっており、わが国独自の推計が必要であることを示している。また、ここで計上している温室効果ガス排出量は主にシステムの運転に由来するものであり、実際には施設の建設に由来する部分も加える必要がある。さらにリサイクルの形態として仮定されている閉鎖ループは必ずしもわが国の実情に見合ったものではなく（例えば、プラスチック再生品とて有力な繊維、建材等）、推計に用いるシナリオにも変更が必要である。

#### 4. おわりに

ここで示した手法により得られる排出/削減量を用いれば、回収された資源ごみ量を乗じることで、国家または地域レベルで廃棄物管理システムの変更による温室効果ガス削減効果を簡易に見積もることができる。このような情報は、政策決定者や廃棄物の管理者にとって、廃棄物管理の計画策定の参考になるとともに、産業や市民に対しても、廃棄物管理の意義を伝え、発生源での排出抑制や分別等への協力を促す情報であると考えられる。

表-1 アルミ缶の各排出カテゴリーにおける二酸化炭素排出量

ライフサイクル ステージ	排出カテゴリー	アルミ缶		
		USEPA MTCE/ton	日本 MTCE/ton	
資源採掘・精製 および製造	現状	エネルギー（輸送を含む）	2.44	-
		非エネルギー	0.84	-
		合計	<b>3.27</b>	<b>1.34</b>
	バージン材 100%	製造エネルギー	4.07	2.08
		製造非エネルギー	1.75	NA
		輸送エネルギー	0.12	0.55
	合計	<b>5.94</b>	<b>(2.19)</b>	
リサイクル材 100%	製造エネルギー	0.76	0.90	
	製造非エネルギー	0.00	NA	
	輸送エネルギー	0.03	0.52	
	合計	<b>0.79</b>	<b>(1.02)</b>	
焼却	現状	燃焼による二酸化炭素	0.00	NA
		燃焼による窒酸化窒素	0.00	NA
		稼働エネルギー	-0.01	0.01*
		回収エネルギー		NA
		輸送エネルギー	0.01	0.01
	合計	<b>0.02</b>	<b>(0.01)</b>	
埋立	現状	分解によるメタン	0.00	NA
		輸送エネルギー	0.01	0.01
	合計	<b>0.01</b>	<b>NA</b>	

\* 可燃ごみにおける推計

\*\* リターナブルピン NA: Not Available

#### 参考文献

- 1) USEPA: Greenhouse Gas Emission from Management of Selected Materials in Municipal Solid Waste, EPA530-R-98-013, 1998
- 2) 田代泰、大西健介：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、第2回エコバランス国際会議、256-260、1996
- 3) 富士総合研究所、私信
- 4) Masaru Tanaka, Masahiro Osako, Takashi Fujii, Akira Saito, Ryoko Sugiyama, Kazuo Kurihara. A Study on Comparison of Municipal Solid Waste Management Alternatives Based on Inventory Analysis. The Third International Conference on EcoBalance. Tukuba. 497-500, 1998