解説 ■ 佐藤 亮**

空き缶リサイクルの現状と 経済的・技術的問題点*

Present State of Recycling of Used Cans and the Economical/Technological Problems /
Akira SATO

Key words: separating collection system, recycling center, magnetic selection, landfill, collecting transportation, electric furnace, shredder

1. 資源化の現状——空き缶発生量・ 資源化量・資源化率

1) 日 本

表1で見るように、日本の平成2年(1~12月)の飲料缶+一般食缶の生産量は約323億缶で、うちスチール缶は232億缶、重量で114万t、これに18t缶5万t+一般雑缶27万tを加えた総計は146万t(前年比109%)に達している。これに対するスチール缶の資源化量は65万t(前年58万t)で資源化率は44.8%(同43.6%)と前年比では量で13%アップ、資源化率で1.2%上昇している。

2) 欧 米

これを表2の欧州6か国と比較すると、昭和62年で6か国合計の年間消費量は246万tに対して日本はその半分の131万t。リサイクル量は6か国合計48万tに対して日本は46万tと同じ位、又リサイクル率は6か国合計の20%に対して日本は2倍の38%に達しており、日本の資源化率はスチール缶としては世界第1位のポジションにある。アメリカの資源化率もアルミ缶で55%の水準であるところから、欧州では今後スチール缶の資源化率の目標を50%に置いている。

2. 資源化システムの現状

1) 日 本

日本の資源化処理は全国3254市町村のうち約1200市町村ですでに実施され、全人口12000万人の約半分の人口を占める都市で進められている。

排出形態は、①多品目分別、②缶+びん分別、③資源ごみ分別、④不燃ごみ排出、⑤混合ごみ一括排出の5通りであり、これに応じて資源化処理の施設も次の5通りに分けられる。①磁選機+プレス=民間施設方式、②磁選機+プレス=行政施設方式、③磁選機+プレス機+ベルトコンベア方式、④破砕機+磁選機方式、⑤焼却炉+破砕機+磁選機方式の5通りである。

これらの排出形態と資源化処理技術の組合せによる処理システムとしての傾向は、(1)多品目分別=磁選機+プレス機、(2)缶+びん分別=磁選機+プレス機による施設型、(3)資源ごみ分別=磁選機+プレス機+ベルトコンベア施設型、(4)不燃ごみ排出=破砕機+磁選機施設型、(5)混合ごみ排出=焼却炉+破砕機+磁選機施設型の5通りと、その他はこれらの変形型として分類される。

2) 米 国

アメリカではエネルギー資源の豊富な国だけあってアルミ缶が主力であるが、資源化処理は(1)ボランティアによる買取型、(2)デポジット型、(3)任意分別回収型、(4)強制分別回収型と4つの変遷を経て今日の分別回収にたどりついた。(1)はアルミ缶が生産され始めた1950年以降から行われている古くからのシステムで、アルミ缶は2セント、スチール缶で1セントで買い取る方式である。しかしボランティアに依存する有価回収では回収率が40%台でそれ以上高く

* 原稿受付 平成3年10月18日

** あき缶処理対策協会(東京都千代田区丸の内1-8-3、国際観光会館)

表1 あき缶発生量と総資源化率（あき缶処理対策協会，3年8月23日作成）

（単位：百万缶，t）

	品 目	元年（1～12月）					2年（1～12月）				
		計 A	スチール	アルミ B	B/A	元/63	計 A	スチール	アルミ B	B/A	2/元
		百万缶	百万缶	百万缶	%	%	百万缶	百万缶	百万缶	%	%
空 き 缶 発 生 量	飲料缶計 (C)	25 079	17 022	(8 057)	(32)	116	29 001	19 856	(9 145)	(32)	116
	一般缶詰計 (D)	3 266	3 231	35	1	102	3 331	3 301	30	1	102
	合計 (C+D)	28 345	20 253	8 092	29	114	32 332	23 157	9 175	28	114
	合計重量 (C+D) (t)		1 015 084					1 135 819			
	18 l 缶 (E) (t)		54 608					56 340			
缶 く ず 使 用 量	一般缶 (F) (t)		263 064					266 490			
	総計 (C+D+E+F) (t)		1 332 756	(147 560)				1 458 649	(161 185)		
	電炉メーカ (G) (t)		581 000			114		654 000			113
	または地金メーカ			(62 766)				(68 612)			
	C プレス		403 000			132		445 000			110
あ き 缶 総 資 源 化 率	C シュレッダ		178 000			87		209 000			117
	G/(C+D+E+F)		43.6%	(42.5%)				44.8%	(42.6%)		

- 注 1) あき缶発生量（重量）は通産統計による
 2) 缶くず使用量は日本鉄リサイクル工業会発表数
 3) ()内はアルミ缶リサイクル協会発表数（4～3月）
 4) 18 l 缶は通産統計 t 数×(5 ガロン缶工業組合の食糧+その他の比率)

表2 欧州のスチール缶の資源化量

（単位：千 t）

国 名	消費量 A	リサイクル量	リサイクル率 (%)
西ドイツ	700	240	34
フランス	510	119	23
イギリス	700	48	7
オランダ	90	41	46
ベルギー	80	20	25
イタリア	380	13	3
合 計	2 460	481	20
日 本	1 311	460	38

ならない。そこで(2)オレゴン州が1972年に法制化し、1986年のカリフォルニア州まで計10州で法制化したのがデポジットで、売値に5～10セントを上乗せし、飲んだ空き缶を持参すると上乗せ金5～10セントを返却してくれる方式である。しかしデポジットを実施すると手間とコストが予想外に高く、実施は9州にとどまった。次いで(3)1980年ころからカリフォルニア州で始められた任意の分別回収である。民間ごみ会社が家庭に3段の分別かごを売り、そのかごに新聞・缶・びん等を市民が分別して出せば無料で回収する。ところが、この任意の分別回収ではかごを買って分別回収する家庭と、しない家庭が出るため回収率が上がらない。そこで(4)として1983年まずオレゴン州が任意法で分別回収を法制化し、ついで1986年か

表3 沼津市の埋立量と資源化量の推移

年度	埋立量 (重量 t)	スチール缶 (重量 t)	アルミ缶 (重量 t)	びん・くず (重量 t)
50 元	5 368 (100)	334 (100)	0 (0)	1 496 (100)
	6 401 (119)	1 085 (325)	174 (1450)	2 783 (186)

らロードアイランド州が強制リサイクル法 (Mandatory State-wide Source Separation and Recycling Act: 日本では強制分別回収法と紹介されている) が制定され、州が分別回収の法律を制定し市町村に義務付けるもので、すでに全米50州のうち14州に広がっている。これは複数品目の全生帯分別で日本の分別回収に類似しているシステムである。

以上のように、日本および米国など世界のリサイクルの流れは分別回収の方向で資源化を実施して行く状況にある。

3) システムの効果（分別回収の効果）

これらの理由は、減量化による埋立地の延命効果が大きく、分別回収のメッカと言われる沼津市の例（表3）でも昭和50年と平成元年を比べると資源化量はスチール缶で3倍、アルミ缶で14倍、ガラスびんで2倍と拡大することで、一方の埋立量は昭和50年～平成元年の15年間に2割程度の増加にとどまるという際立った減量効果が見られる。

また、資源化センターを建設して処理するコストは埋立処理するコストより大幅に合理化が可能で、特に

表4 松戸市の資源化センターの採算性

元年	資源化の処理コスト 30 000 円	< 埋立処理コスト 50 000 円
内訳	収集運搬+資源化センター処理費 13 000+17 000	< 収集運搬+埋立処理費+埋立処分費 13 000+7 000+30 000

地価が高い大都市近郊では例えば松戸市の場合、表4で見て埋立費は5万円/tなのに対して、資源化センターの処理コストは3万円/tと少ないというのが各都市共通の認識となっている。

3. 経済的・技術的問題点

資源化システムの問題点を考える場合、資源化システムの工程を(1)家庭の排出形態、(2)収集運搬の工程、(3)資源化センターでの処理技術、(4)都市規模別資源化事情、(5)電炉・高炉の購入条件、そして(6)市民への啓発の6つの側面から考えてみる。

3.1 家庭排出の形態=資源ごみの裸回収が主流

排出形態は、資源ごみの種類の数から見て、①多品目分別、②缶+びん分別、③資源ごみ分別、④不燃ごみ排出、⑤混合ごみ一括排出の5通りに大別できる。そしてこの排出形態によって資源化センターの受入処理施設が違ってくる。その違いは2章の1)で述べた通りであるが、選別処理技術がまだ完全でないために良質なスチールかんくず(Cプレス)を得るためには、どうしても排出段階で家庭から出す時の分別精度に大きく依存する現状にある。もちろんこの対策として①異物の混入の多い常設かごの撤去、②排出時間帯を限定するステーション方式への切換え、③袋収集から中が見えるプラスチック箱への切換え等があるが、袋収集は破袋機に良いものがないため破袋の作業員が3,4名必要で、またプラスチック箱は収集前に配付しておく人員が多く要る欠点がある。

従って品質面から電炉工場での受入れには①多品目分別(沼津市、善通寺市、東村山市等)、②缶+びん分別(川口市、大津市等)、③資源ごみ分別(仙台市、松戸市、豊橋市)のタイプがモデルとされる。しかし④不燃ごみ排出でも受け入れる資源化センター側の努力により品質を上げている西宮市などの特殊ケースもある。

全体として今後は人手不足に対応する省力化・機械化をすすめ、少ない人員で品質を良くするシステム開発の方向と思われる。

3.2 収集運搬の過程

1) 収集運搬の収支

① 最も有価性の高いというアルミ缶で計算してみても、次の通りかなり無理した状況である。

収集量=2t車で1日10地点×200世帯×平均0.1kg(1か月)=200kg

収入額=200kg×利益100円(=売値130円-買値30円)=1日20000円

年間200日×1日2万円=年収400万円

収集時間=往復2時間+収集6時間、収集6時間÷10地点=1地点200世帯分30分で収集

200kgの回収には10地点回るとして1地点20kgを回収する必要がある、日吉回収実績では1世帯1か月アルミ缶の排出量は0.1kgなので200世帯を巡回しなければならない。ごみのひょう量+積込み+巡回の時間が1地点30分は無理なようである。

現在アルミ缶の集団回収協力世帯への購入価格は買値30円/kgである。この場合、収集業者は差益100円/kgにならないと商売にならない。従って売却価格130円/kgである。一方アルミ缶を溶かして造るアルミ地金の相場は輸入インゴットで18万円/tと安く、今後この水準を保つようである。とすれば合金メーカーのアルミ缶の買値は8万円/t以下、すなわちアルミ缶くずの買値は130円/kgではなく80円となり(売値80円/kg-収集手数料100円/kg=-20円/kg)で20円/kgの赤字になる。つまり1地点200世帯の協力を得て回収するアルミ缶は本来無料で回収しても赤字になる計算である。

② また2t車で200kg収集したケースにつき原価を試算してみると次の通り赤字である。

〔収入〕	-	〔支出〕	=	〔赤字〕
200kg×130円		運転手1日	18 000円	
1万缶		燃料	2 000円	
(積載量)		車両償却	2 500円	
		車庫	500円	
		車両維持費	1 200円	
		一般管理費10%	2 400円	
計 26 000円		計 26 600円		△ 600円

赤字を克服するには積載量を増加する必要がある、足でつぶすのは10%程度の減容なので、プレス車が使用されているが、プレス能力は実働2時間で120kgと小さいようである。

③ 更に排出に協力する家庭の側は例えば東京都では専業主婦が全世帯の40%を切っており、排出する側の人手も不足し、月1回の排出では保管しておくス

表5 資源化処理のモデルシステム

処理技術	① 業者委託	② 磁選機 プレス	③ 磁選機 プレス コンベア	④ 破碎機 磁選機	⑤ 焼却炉 破碎機 磁選機
家庭の排出					
① 缶単品 (多品目分別)	平塚市, 清水市, 高知市	東村山市, 沼津市, 善通寺市			
② 缶+びん分別	東京都(足立)	川口市, 津島市, 大 津市			
③ 資源ごみ分別			仙台市, 松戸市, 豊橋市, 広島市		
④ 不燃ごみ排出			桶川市, 秦野市, 伊勢原市, 志太2 市2町, 西宮市	郡山市, 富山市, 東京都, 西宮市	(大田第2) 東京都
⑤ 混合ごみ排出					神戸市

ペースがない。いまや日本は世界一高い人件費とスペース(土地代)のためにアメリカと同じ手法で集荷したのではアメリカのくず価格の方が安く、価格競争力はない。

④ 加えて大きな問題は上記試算には回収拠点のヤードコストは入っていない。ヤード代は市町村か、スーパーマーケットか、ガソリンスタンドで別にコスト負担する必要がある。すなわち100缶で1ドルというアメリカの回収システムは、回収拠点1か所当たりの回収量は300kg以上、収集コンテナ車は30~50t車の前提条件であることを思い起こさなければならない。アメリカの空き缶(アルミ缶)回収はその広大にして安いヤード(土地)と道路(土地)事情の上に成り立っているのである。出荷した後の集荷場所(土地)がまた世界一高く、都心のヤード業者は地価値上がりで税金支払いに追われ、マンションを建て家賃収入を得るか、廃業に追い込まれ、結果として東京都の場合昭和33年911軒あった集荷業者は平成2年272軒に減少、今後も引き続き減少傾向と言われている。日本1国を売るとアメリカ50州を買ってお釣りが来ると言われる異常高の日本ではアメリカ並みのヤードと道路を前提とするシステムを基本にすることは無理がありそうである。

2) 資源くず需給に機能するヤードと収集運搬

そしてもっと本質的な問題はくずの相場は日本の外で国際的に変動している。従って収集業者は通常の経済活動ではくず相場が下がった時は集荷を止めて相場が回復するまで待って集荷する形である。ところが、家庭の空き缶は景気変動に関係なく毎日一定量、1か月1世帯で1kgは排出されることがわかっている。相場が下がったから引取りを中止することはアメリカのような広い土地や家の庭があり、埋立て出来ればよ

いが、日本の狭い家屋では不可能である。この点日本では市町村の資源化センター方式が広いストックヤードとその収集運搬システムにより完璧に機能していると言える。

3.3 資源化センターの処理技術——品質は家庭排出①, ②, ③型が良い

家庭からの排出形態別に資源化処理技術を大きく分類してモデル都市を整理したのが表5である。一般の自治体の資源化センターから出てくるスチール缶プレスは異物混入が多く、電炉工場は加工問屋などのシュレッド工場で破碎機に掛け直してプラスチックその他の混入物を除去するケースが多いと言われている。

3.4 都市規模別資源化事情

空き缶の資源化施設は最低日量10t程度で、人口20万人規模の排出量でフル稼働する。

① 中都市群(人口20~100万人)88都市(全人口の25%)

沼津市を筆頭に日本の分別回収方式を推進してきた中心的都市群で、システム化が最も進んでいる。システムは家庭からの排出形態が品質面で表5の①と②は優秀で、③は優良とされるが、④, ⑤は不良の水準と言われる。これは処理技術が完全でないために家庭の排出源での分別に大きく依存するためである。特に不燃ごみ又は混合ごみで取るとプラスチックや生ごみの付着により、電炉・高炉で燃焼させる時ごみの焼却灰やガスが柱状に立ち上がり、空気を汚染し労働条件が悪くなるからである。しかし今後システム化の上で処理技術の進歩が期待出来る都市群である。

② 小都市群3155市町村(全人口の55%)

日量最低10tの中間処理施設がフル稼働しない人口が20万人未満の市町村であるが、中でも多品目分別=磁選機+プレス機の施設型を採用し、埋立てや焼

却をして来た人口3万以下の市町村は円高以後くずの売却価格が下がって収集業者が収集費をカバー出来ないため市町村が直営収集に切り換えたり、また数か市町村がまとまってつくる広域事務組合による共同資源化センター方式の運営に転換した。しかし参加市町村は収集形態その他の工程で意見がまとまらず、ごみ処理の統一化・標準化が出来ずにかえって非効率になっているケースがある。

③ 大都市群＝人口100万人以上の11都市（全人口の21%）

100万人以上の都市は従来混合ごみ排出＝焼却炉＋破砕機＋磁選機施設型のシステムをとって来た。減量化は焼却＝埋立てが能率的で、特に大都市は焼却をごみ処理の基軸にしている。しかしアルミ缶とガラスびんは燃焼温度が600℃程度でアルミニウムは溶けて火格子に詰まり、ガラスも炉の底に溶けて固まる。従ってアルミ缶・ガラスびんは焼却せずに採る必要があり、地球環境年すなわち平成元年以降急速に資源化処理の動きが出てきた。問題は分別回収をするための資源化センター建設が迷惑施設という面から簡単に出来ないため、市民が容易に出来る「集団回収」にとどまっていることである。

しかし家庭では共稼ぎ、高齢化、住宅の狭さ等から昭和60年9月の円高以降は世界一高い土地代・人件費の悪条件では月1回収の「集団回収」がかなり困難とされ、この程経済企画庁国民生活局が集計した「資源リサイクル・省エネルギーの推進及び環境保全についてのアンケート調査結果」でも「56.8%が人的・時間的問題から引き受け業者がいらないことにより『集団回収』が実施出来ない」としている。大都市、特に東京都などは焼却方式以外の資源化方式について人手を掛けない効率的なシステムとして「分別回収方式」を早急に完成する必要がある。

④ 勤労者移動による昼間人口の排出ごみ（事業系ごみ）

上記以外に昼間人口は上記①、②、③の居住人口の割合を減らし、勤務先の会社がある大都市での実働人口の増加を大きくしている。特にオフィスビルにおける自動販売機から出るびん・缶の収集・資源化処理は見落とせない。これら事業系ごみの処理について平成3年4月より収集・処理を開始した(株)仙台市環境整備公社の例が参考になると思われる(図1)。ただしこの実施には市民側の理解と行政のリーダーシップが大きく且つ不可欠の条件であることは言うまでもな

図1 (株)仙台市環境整備公社による事業系ごみの処理費用の例

い。

3.5 電炉・高炉の購入3条件に合わせ資源化施設を建設する方向へ

スチール缶プレスは電炉工場で購入する場合に、(A)品質、(B)大量、(C)コンスタントに納入することが条件である。従って都市のリサイクルセンターでは1車単位で一定期間ごとにコンスタントに供給することが望まれるが、不可欠な条件は品質である。(1)非鉄物の選別除去、(2)不純物（プラスチック袋・コンクリート）の除去、(3)サイズの小型化（縦＋横＋高さ＝180 cm 以下で一辺が最大 80 cm 以下）の3つの条件で、今後鉄くずの過剰時代に対処するためにもこれらの3条件は必ずクリア出来る処理システムにもって行くことが必要で、施設整備の点からも見過ごしてはならない点である。

3.6 市民への啓発——資源化システムに合った排出方法の徹底を

上述の資源化処理工程の問題がクリアされた後、最後に残る点はこれを動かす人間の問題である。どんな良い資源化システムも、有効に活かすかどうかはそのシステムで決めた「家庭からの排出方式」が守られているかどうかによって決まる。

一般に、そのほとんどの市民は自地区の資源リサイクルセンターを知らない。更には焼却埋立処分の大都市の市民はごみの資源化をしたいが、資源リサイクルセンターがないため分別回収が出来ない状況にある。従って日ごろ市民に対して「資源リサイクルセンター」のシステムとそのねらいを周知徹底し、家庭から出す資源ごみの出し方について市民にPRし、分別精度を引き上げると共に長期の展望に立った資源化施設の整備が望まれる。

表6 回収物に対する要求条件

純度…重量比で7～8%まで、1%以内 (Cu, Sn, Mo, Ni, Cr, 重金属などの有害元素は不可)
種類…スチール缶 (コーラ・ジュース・コーヒーの清涼飲料缶・菓子などの一般缶) に限定
形状…プレス又はシュレツダ
寸法…縦+横+高さ=180 cm 以内, 一辺が 80 cm 以内, 小さい方が望まれる。(電炉会社によって多少異なることがある。)

4. 技術的基準

(1) 異物混入率=電炉の原料はそのほとんどが鉄スクラップである (一部銑鉄を使用しているが)。缶の混合率の限界は理論的にはない。従ってすべてのリサイクル品で鉄は再生できる。しかし、かさ比重、すず・銅などの不純物の混入具合、生産品種 (鋼材品種) によって制限されるため現実には困難で、現在他の鉄くずは85%、空き缶の混合使用割合は15%程度である。

(2) 市場性については回収率、純度などの問題で、全電炉メーカーが使用するまでには至っておらず、また鉄スクラップの中の品位としてもこれまでは下位に位置してきた。

(3) 品質は空き缶のみであればめっき、塗料、溶接材などでは再生に対して問題は非常に小さいと言える。むしろ内容物の残渣物や他の銅・すずなどの不純物の混入が大きな問題である。

(4) 純度としては重量比で10%の不純物が混入するとメーカーは受入れを拒否する。最近シュレツディングプラントを建設して不純物混入の多いものはシュ

レツダ工場で処理加工し、製鉄工場に納入されるケースが出てきている。

不純物の中でも、Cu, Sn, Moなどの鉄の中に溶け込んで悪い影響を与える元素については表6の通り厳しい検査体制を採っている。

5. 今後の技術的課題

スチール缶自体は高炉材を使用しており、品質的には純度が高く、高品位の評価が得られているが、排出・収集・処理の段階で他の異物を混入した缶が選別・加工処理しきれない点が最大のネックである。このため家庭の排出→資源化処理施設または問屋の処理加工工程でどこまで良質な処理加工が出来るかによって今後の電炉等の使用増加量が決まって来ると思われる。

したがって現在製鋼工場が破碎機で一度粉碎して鉄のみを採り出す技術開発およびコストダウンを研究しているが、これは現在のCプレスの品質が一般的に悪いためで、その点からも、家庭での分別排出の徹底、中間処理施設の合理化と改善、流通の効率化等について一層の努力が求められている。

■著者紹介

早稲田大学第一政治経済学部卒。
空き缶処理対策とデポジット制度問題、街路清掃における機械化の方向について、美化問題の課題と展望、スチール缶リサイクルの現状と問題対策、分別回収の普及拡大について、分別回収を基本とした容器資源化等の論説多数