

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成19年度グローバル製品の資源循環における低環境負荷・易資源循環製品設計技術に関する調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・財団法人 製造科学技術センター				
発行年月	平成20年3月	頁数	145頁	判型	A4

### [目次]

- 序（金井会長）
- はじめに（庄山理事長）
- 目次
- 第1章 調査内容
  - 1.1 調査の目的
  - 1.2 調査の内容
  - 1.3 調査体制
  - 1.4 委員会開催状況
- 第2章 E-Scrap の技術の現状と問題点
  - 2.1 電気機器資源循環（リサイクル）の現状
    - 2.1.1 日本における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状
    - 2.1.2 欧州における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状
    - 2.1.3 中国における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状
    - 2.1.4 米国における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状
  - 2.2 FPD の資源循環（リサイクル）技術の現状・問題点と基礎検討
    - 2.2.1 LCD のリサイクルについて
    - 2.2.2 PDP のリサイクルについて
    - 2.2.3 各地域のリサイクルにおける FPD の扱い
    - 2.2.4 FPD リサイクルに関する現状のまとめ
- 第3章 E-Scrap の分解・破砕実験
  - 3.1 目的
  - 3.2 実験における前提条件
  - 3.3 分解・破砕実験の内容
  - 3.4 総合評価の方法
  - 3.5 実験結果
  - 3.6 取得データの整理と今後の課題
  - 3.7 まとめ
- 第4章 グローバル製品の資源循環・リサイクルモデル
  - 4.1 背景、社会動向
  - 4.2 国内における資源循環・リサイクルフロー
  - 4.3 海外における資源循環・リサイクルフロー
  - 4.4 国際資源循環における資源循環社会像
- 第5章 グローバル製品の低環境負荷・易資源循環設計のための技術課題
  - 5.1 課題（1）：循環システムの設計に関する課題
  - 5.2 課題（2）：製品設計に関する課題
  - 5.3 課題（3）：具体的なリサイクル技術に関する課題
  - 5.4 まとめ
- 第6章 総括

## [要約]

### 第 1 章 調査内容

#### 1.1 調査の目的

今後グローバル市場で成長が見込まれる情報家電やデジタル家電、その基幹部品（例えばフラットパネルディスプレイ）等の戦略的に重要な製品について、このような循環型社会対応技術の開発を円滑かつ適切に推進するための基礎作業として、製品の販売先となる海外を含めた再資源化方法や技術の実態、販売先の処理に適した製品設計を支援する技術、必要となる再資源化処理技術の調査・分析を行ない、その技術開発の推進計画として取りまとめることを目的とする。

#### 1.2 調査の内容

- ・ 各地域（日本、海外）における現状の再資源化方法や技術
- ・ 各地域において、今後必要となる再資源化技術の調査
- ・ 易再資源化設計を支援する技術の調査
- ・ 易再資源化設計支援の実現に不可欠なシステムの調査

### 第 2 章 E-Scrap の技術の現状と問題点

#### 2.1 電気機器資源循環（リサイクル）の現状

##### 2.1.1 日本における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状

家電リサイクル法は、エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機の特定期間 4 品目を対象として 2001 年 4 月に施行された。法律施行直前から現在に至るまで廃電気電子機器の専用処理プラントが新設されている。処理品目毎に適した個別の処理ラインでリサイクルが行われることにより、同様の素材構成の機器から金属、ガラス、プラスチックといった有用資源が効率良く回収されている。

##### 2.1.2 欧州における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状

###### <リサイクル業者調査>

- ・ 部品解体は材料の回収率向上よりも有害物質の適正処理の観点で行われている。
- ・ 部品解体のコストを低減するため、機械を用いた解体・破砕と手作業による選別を組み合わせる、安価な労働力を活用する、などの対応が取られている。
- ・ 材料の選別は、日本同様、磁力、渦電流、比重などの方法が用いられている。
- ・ 銅精錬業者は貴金属のリサイクルに注目しており、製造業者と連携した新規材

料への対応にも積極的である。

- ・ 手作業による解体が有害物質の適正処理を目的に行われていること、貴金属のリサイクル需要が拡大していることを考慮すると、これらの部品に着目した解体性向上を図ることが重要である。
- ・ 破碎・選別業者では製品構造の情報を、精錬業者は製品の素材情報を必要としており、これらの情報を製造業者とリサイクル業者で共有できる仕組みが必要。
- ・ 顧客管理の観点から廃棄物のトレーサビリティ管理が必要である。

#### <欧州委員会訪問>

EUは2005年に廃電気電子機器のリサイクル法(WEEE指令)が施行したが、2008年にこれまでの運用状況を踏まえた見直しを行うことを予定している。このため見直しに向けた調査研究が各研究機関によって行なわれ、リサイクル実施上の問題点や対策の方向性などが議論されている。調査結果として、以下の問題があると考えられる。

- ・ リサイクル義務を負う製造業者は中小企業が多い。このため廃電子電気機器の回収拠点を製造業者としたり、製品ごとに使用済み製品を管理すると、必要なコストが日本に比べてはるかに大きくなる。
- ・ リサイクルスキームは国ごとにあるため数が多い。製造業者が個別に自社製品管理をすると、国ごとに実施しなければならないため、管理工数が膨大となる。

#### <学会調査>

WEEE指令が施行されて3年あまりが立つが、リサイクルの実施状況は国や製品によって異なるなど、様々な問題を抱えていることが明らかになった。

#### <研究機関調査>

欧州のリサイクル業者は日本に比べて手作業による解体を重視しない傾向がある。しかしその一方で大学のような研究機関が解体作業の自動化に取り組んでいることは興味深い。

### 2.1.3 中国における家電品等の資源循環(リサイクル)の現状

- ・ 中国のE-Scrapリサイクルの現場においては、低い人件費を活かした徹底手作業を行なうリサイクラが多く存在することに加え、先進国の資本が投入され、手作業と機械処理を組み合わせた次世代のリサイクラが共存している状態にある。前者のリサイクラにおいては、周辺環境への配慮が不十分な事例が散見されるのに対し、後者においては、作業環境・環境配慮両面で大きな前進が見られた。

- ・ 中国本土においても **E-Scrap** に対するリサイクル法が準備されており、どのようなリサイクラが主流となっていくか、動向を注視する必要がある。

#### 2.1.4 米国における家電品等の資源循環（リサイクル）の現状

- ・ 使用済み電気機器リサイクルは、以下の 2 種類の方法に大別される。
  - (a) 破砕機等の機器を一切利用せず、手作業による解体・選別のみを実施し、選別後のユニットを適切な二次処理業者に出荷。
  - (b) (a)に加え、破砕・機械選別を導入し、鉄、非鉄金属などに選別も行なった後、二次処理業者に出荷。
- ・ (a)のいずれの方法においても、その出荷先として米国内に留まるものは一部であり、鉄、非鉄金属、回路基板はカナダ、ヨーロッパの精錬業者、プラスチックは中国を中心としたアジアに出荷、再生される。結果として米国内再生は極わずか。
- ・ いずれの業者においても「環境影響化学物質の除去」への意識は非常に高く、有価部位に優先し、部位の解体・適正処理を徹底している点は、今後日本企業が米国でのリサイクルを推進するにあたり配慮すべき点と考える。
- ・ 環境配慮設計は、米国内ではその検討がまさに始められた段階で、日欧に遅れているという認識。ただし、時代を反映し、一気に「リユース」まで含めた検討を行なうプロジェクトが発足している状況である。また設計情報を用いた処理については、処理業者と製造事業所との間に距離があり、現段階では一部での実施に留まる。
- ・ **E-Scrap** リサイクルに関する規制は、連邦法には存在せず、カリフォルニア州、メイン州など各州で立法化。しかし州毎に責任分担などの考え方が異なり、メーカー側としては対応が難しい状況にある。

## 2.2 FPD の資源循環（リサイクル）技術の現状・問題点と基礎検討

FPD の市場は、2000 年頃から急速に拡大している。このため FPD の廃棄量は現段階ではまだ少ないが、初期製品が寿命を迎える 2010 年頃から急激に増大することが予想される。また FPD は現在の家電リサイクル法では対象となっていないが、経済産業省等において次回改正時に対象製品として組み込むことが検討されており、CRT に変わって今後規制対象製品の中心的な製品となることは確実で、リサイクル処理技術については各方面で検討が開始されている。

なお FPD には、LCD、PDP の他、OLED、LED、SED など多くの方式があるが、今回は市場規模が大きい LCD と PDP を対象とした。

### 2.2.1 LCD のリサイクルについて

表 2-1 LCD リサイクルにおける問題点と対応策

	問題点	対応策
バックライト	<ul style="list-style-type: none"> <li>場所を探すのが難しい。</li> <li>作業が難しい位置にある。</li> <li>薄く壊れやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>取り付け場所の表示</li> <li>解体の容易化</li> </ul>
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準化されていない。</li> <li>接着剤で汚染されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>材料の統一、標準化</li> <li>プラスチックの材質表示</li> </ul>
構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>過度に頑丈である。</li> <li>留め具が小さい上、統一されていない。また手の届かないところにあり作業が困難。</li> <li>設計が統一されていない。 (解体性に差がある)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネジ点数の削減</li> <li>ネジ規格の統一</li> <li>留め具の標準化</li> <li>留め具の切断の容易化</li> </ul>
パネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品によってガラスの種類が異なる。</li> <li>ガラスが LCD 用としてリサイクルできない。</li> </ul>	—
液晶	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品によって組成が異なる。</li> <li>使用量が少ない。</li> <li>ガラスに付着しやすい。</li> </ul>	—
他	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型モニタはリサイクル費用を回収できない。</li> </ul>	—

### 2.2.2 PDP のリサイクルについて

PDP のリサイクル処理は、電子情報技術産業協会 (JEITA) が以下に示す検討を行っているが、現在のところ実用的な解は得られていない。

#### <PDP パネルとシャーシの分離方法>

リサイクル業者では以下の方法が採用されている。

- ・ ダイヤモンドコーティングワイヤで熱伝導シートを切断する。
- ・ パネルとシャーシの間にクサビを挿入し、イソプロピルアルコール (IPA) を滴下する。

パネルを加熱する方法などが検討されているが、低コストで多量処理を行える方法は確立されていない。

#### <封着材、リブ、機能膜の除去、回収方法>

封着材やリブ、機能膜は、酸化鉛 (PbO) を多く含む低融点ガラス (フリット) である。これらを除去する方法としてサンドブラストによる物理的除去方法と、酸処理による化学的除去方法が検討されている。しかし前者は処理コストが大きく、後者は機能膜の成分に応じた酸を開発する必要があるが、現在の機能膜を使い続けるかわか

らないため処理プロセスを決定できない、という問題がある。

#### <パネルガラスのリサイクル>

パネルガラスの再生について、以下の3つの方法が検討されている。

- ・ パネルガラスへのリサイクル：パネルガラスの成分はメーカー、種別ごとに異なるため分離する必要があり、実現が困難な見込みである。
- ・ カスケードリサイクル：建築用型板ガラスに混入することが可能である。しかし混合比率は1%が上限と予測されており、回収ガラスを消費できないため実用的でない。
- ・ 機能膜から有価物を回収：亜鉛精錬で使用される珪石の代替として溶鉱炉に投入することができる。ガラスの分別も不要で、大量利用も可能である。

#### <フリット（封着材、誘電体、リブ）のリサイクル>

フリットは多量の酸化鉛（PbO）と基盤ガラスにない添加物を含むため、亜鉛精錬などで鉛を回収し、無害化処理することが必要である。

### 2.2.3 各地域のリサイクルにおける FPD の扱い

- ・ LCD の市場は現在急速に拡大しているが廃棄数は今のところ少なく、リサイクルはまだ本格化していない。
- ・ LCD を安全かつ大量にリサイクルできるシステムはまだ確立されていない。その理由として、リサイクル処理において水銀を含んでいるバックライトとパネルを手作業で分離することが必要であるからである。

### 2.2.4 FPD リサイクルに関する現状のまとめ

FPD を大量に効率よくリサイクルする技術の検討が工業会などで進められているが、現在実用的な技術は存在しない。FPD のリサイクルは今後数年のうちに本格化すると思われ、早急な対策が必要である。

## 第3章 E-Scrap 手法の分解・破碎実験

### <対象品目>

- ①暖房器具、②ガステーブル、③掃除機、④AV 機器、⑤音響装置、⑥電子レンジ、⑦扇風機、⑧炊飯器、⑨プラズマ TV（PDP）

（但し、⑨の FPD については分解に要するネジ本数の比較のみとする。）

<リサイクル手法の定義>

表 3-1 リサイクル手法の定義

	定義概要	対象台数	備考
A 手法	手分解で出来る範囲の完全分解→分解品毎に R 率※1 評価	製品 No①～⑧ 80 台	
B 手法	簡易分解※2 後、複合品を破碎・選別→分解・回収品毎に R 率評価	製品 No①～⑧ 40 台	破碎試験は実験施設で実施
C 手法	製品原形のまま破碎・選別しその後手選別→回収品毎に R 率評価	製品 No①～⑧ 16 台	

※1 R 率とはリサイクル率を指す。

$$\text{リサイクル率} = \text{有価回収物} \div \text{分解・破碎前重量を重量比} (\%)$$

※2 簡易分解とはガラス、基板、電池、灯油、ごみ、電球などの破碎不適合部品のみを取外す状態を指す。

### 3.5 実験結果

小型家電品を対象とした場合、表 3-2 に示すようにリサイクル率は A 手法→B 手法→C 手法の順で手解体重視の解体・選別方式を多用した方が高くなる。

A 手法（92%）のリサイクル率は C 手法（75%）に比べて約 17% 向上している。一括破碎・選別方式の C 手法では、破碎機の特性にも左右されるが、元々複合部材で構成された家電品を原形のまま破碎しても複合部品が完全に分離（剥離）できないことから、破碎工程後段の機械選別工程においては、例えば鉄に同伴するプラスチックや、プラスチックに混じる非鉄金属などが存在する。このため、有価で売却できる部品（材料）は金属、プラスチック類の市場値に影響を受けるため、実験時（2008 年 1 月時点）での評価であり、将来、この数値より低くなる場合もある。

完全手解体の A 方式では、これら複合部材を構成する接合部分やネジの位置などを人間の目で確かめながら工具を用い分解・選別することで、最も高いリサイクル率を実現できることができる。

表 3-2 リサイクル率まとめ表（参考値）

分類	小型家電								
	製品名	暖房器具	ガスストーブ	掃除機	ビデオデッキ	電子レンジ	音響機器	炊飯器	扇風機
平均重量	6.4kg/台	7.0kg/台	4.5kg/台	4.8kg/台	11.7kg/台	7.4kg/台	2.6kg/台	2.9kg/台	
回収品目	A手法			B手法			C手法		
鉄・ステンレス	20.0kg			15.9kg			31.5kg		
雑鉄・ビス類	4.0kg			4.0kg					
プラスチック(再生)	5.9kg			6.1kg					
プラスチック(焼却)	0.5kg			0.7kg			11.4kg		
コード・線材	1.3kg			1.3kg					
銅	0.1kg			0.1kg			1.0kg		
アルミ	0.7kg								
ミックスメタル	0.1kg			0.2kg			1.9kg		
基板	2.8kg			2.8kg					
モーター	3.1kg			3.1kg					
トランス	4.0kg			4.0kg					
コンデンサ	0.1kg			0.1kg					
ガラス	0.8kg			0.8kg					
電池	0.1kg			0.1kg					
焼却廃棄物 (ゴム、吸音材等)	1.7kg			1.7kg					
埋立廃棄物 (シュレッダーダスト等)				0.0kg			0.0kg		
電熱管、蛍光管	0.1kg								
マイクロ発振器	0.6kg								
スピーカ	0.9kg			0.9kg					
その他 (雲母、真鍮、ヒューズ、電球等)	0.2kg			0.1kg					
回収重量	47.2kg/8種類1セット			41.9kg/8種類1セット			45.9kg/8種類1セット		
リサイクル率	92.3%			91.5%			75.0%		

※青字下線が有価物（現時点で東京エコが判断したもの）  
 ※リサイクル率＝有価回収物÷分解・破砕前重量を重量比（％）

### 3.6 取得データの整理と今後の課題

<今後の課題>

- ・ 今回の実験では A 手法、B 手法、C 手法の 3 通りの実験を行ったが、A 手法についてはあまりにも作業工数がかかり過ぎ、日本など人件費の高い先進国には不向きである。B 手法、C 手法のプロセスから見て、経済性と環境の両面から良いところを取捨選択していく必要がある。
- ・ 電子レンジなどに使われているガラス（強化ガラス）については、現在はリサイクルの用途がない。今後の課題である。（メーカーや業界主導でガラス製造業者との連携を高める必要がある。）
- ・ 分解性試験は未実施に終わったが、プラズマ TV、液晶 TV は本体が大きく、持ちづらく、構造も複雑（ネジ個数、特殊な接合方法）なため、分解時の取り扱い



いが困難と予想される。

- ・ 文献調査では薄型 TV には In（インジウム）などの希少金属が微量含まれていることが報告されているが、小型家電品にも若干の希少金属が確認された。これらの物質の特定方法や回収方法が今後の課題となる。
- ・ 資源採掘から製造時までには排出される CO<sub>2</sub> 抑制については、リサイクルの効果があることを見出した。今回は家電品構成素材の約 7 割に限定して算出したため、部品として回収した残る約 3 割についても、CO<sub>2</sub> 抑制効果をさらに評価していく必要がある。

### 3.7 まとめ

今回は制約の多い中での実験となったため、数値の絶対値としての評価は難しいが、素材、部品を選別・回収することで、資源循環や CO<sub>2</sub> 排出量の抑制効果があることがわかった。人手をかければ、有価物の回収と環境影響化学物質の除去は可能であるが、それを経済性の観点も入れて、より実現可能なリサイクルプロセスを検討すべきと考える。

## 第 4 章 グローバル製品の資源循環・リサイクルモデル

### 4.1 背景、社会動向

使用済み製品、特に使用済み電気製品の資源循環・リサイクルをグローバルに見ると、数年前まではほとんどの国・地域で、資源循環・リサイクルといえる取組みはされていなかった。

この状況に最初に具体的に対応したとされるのが、狭い国土から最終処分場の不足が指摘された日本であり、1991 年に成立・施行した再生資源の利用の促進に関する法律においてリサイクル性設計の推進などが促され、その後 2001 年の家電リサイクル法、リサイクル法を改正した資源の有効な利用の促進に関する法律の施行などにより、自治体による処理が困難とされる「適正処理困難物」を中心に製造者責任による資源循環・リサイクルの仕組みの構築が義務化・推進されている。

これに対して、欧州では 2005 年に発効した WEEE 指令により、使用済み電気製品 98 品目に対して回収リサイクルを実施することが求められ、欧州内各国において製造者の責任範囲を定め、それにしたがった活動が行なわれている。WEEE 指令は、その検討の背景に電気製品等に含有する特定の化学物質の自然界への拡散を防ぐことに主眼を置いた議論がされ、またその要求項目に特定の化学物質を含む部品や、その他の

特定ユニットの選別処理を求めるなど、再商品化率を要求の中心に据える日本の法律とは異なる部分がある。

また米国では、有害性リスクの観点からの取組みが特徴的であり、古くから存在する「有害・固形廃棄物法」において、有害とされる廃棄物についての適正処理の徹底が定められているが、現在も使用済み電気製品の資源循環・リサイクルに関して定めた連邦法は存在していない。ただしカリフォルニア州を筆頭に多くの州で州法が成立・施行を始めている。

このような規制の動きは、韓国、中国などアジア諸国にも波及しており、今後その傾向は世界的に広まるのが確実である。

#### 4.2 国内における資源循環・リサイクルフロー

日本の使用済み電気製品の資源循環・リサイクルフローの特徴は以下の通りである。

- ・ 高い埋立費の発生を最小化するため、極力埋立が発生しない手法を採用。
- ・ シュレッダーダストの焼却は一部認められているが、ガス化溶融炉、セメントキルン、精錬所等に限定されており、埋立に対してコストメリットに乏しく、多くの場合シュレッダーダストは埋立られる。
- ・ 国内に高い精錬技術を持ち、鉄、非鉄金属、貴金属の回収を国内で実施可能。
- ・ 人件費が直接員を含め一般に高い。

#### 4.3 海外における資源循環・リサイクルフロー

< 欧州の特徴 >

- ・ 一般に人件費が高い。
- ・ “粗破碎” といえる「製品の弱い部分を分離する技術」を多くのリサイクル業者が活用。
- ・ WEEE 指令 AnnexII (選択的解体対象リスト) が示すとおり、規制の面では環境影響化学物質等適正処理に対する意識が高い。ただし、現場レベルでは上述の“粗破碎”後の回収でもこの目的は果たせるとの認識が強く、あくまで経済性を優先した方法が実践されている。
- ・ 欧州内 27 カ国において、各国で施行される WEEE 指令各国法の内容および運用に差異。
- ・ 欧州内 27 カ国において、既存の使用済み電気機器リサイクルの仕組み、リサイクル施設、保有するリサイクル技術、作業者の人件費などに大きな違い。

- ・ 欧州内には世界最大規模の精錬業者なども点在し、欧州内で閉じた金属回収も可能。

#### <中国の特徴>

- ・ 建屋、装置（コンベヤ、破砕機、排ガス・排水浄化装置）などに投資したリサイクル施設と、屋根もほとんどないような作業場で地面に座ったまま作業をするようなリサイクル業者に大別。
- ・ 業者を問わず、圧倒的に低い人件費を有効に活用する手作業中心の作業を実施。
- ・ 中国国内に多くのリサイクル団地を持ち、各団地が「鉄」「非鉄金属」「プラスチック」「家電」などの特徴を持った運用。
- ・ 各リサイクル団地が連携し、極めて高い率の資源回収・リサイクルを実現。
- ・ 作業環境等への配慮が薄い。

#### <米国の特徴>

- ・ 連邦法はないが、多くの使用済み電気製品の一次リサイクル業者が存在。
- ・ 手解体のみのリサイクル業者と、手解体と破砕・選別を組み合わせる業者に大別。
- ・ いずれの業者においても、再使用可能部品、環境影響化学物質含有部品、破砕困難部品を中心に手解体作業を積極的に実施。
- ・ 手解体作業は、ハンマ、ドライバ程度を使った簡便なものが大半。
- ・ 手解体、機械選別いずれの回収物においても、その出荷先の多くは米国外。特に金属系はカナダ、ベルギー、スウェーデンの精錬業者、プラスチックは中国を中心としたアジア、CRTのガラスは東南アジア、ブラジルなどに出荷。
- ・ 米国内は精錬業が衰退しており、国内での金属再生はほぼ不可能な状況。
- ・ 人件費は現場作業レベルでは比較的安い労働者の確保が可能。
- ・ 使用済み製品についてもその管理レベルは高く、多くのリサイクル業者でトレースシステムを導入。
- ・ リサイクル業者においてもITサポートを進めているところもあり、現場管理から作業指示までを実施。

#### 4.4 国際資源循環における資源循環社会像

埋立を最小化するための工程を持つ日本、環境汚染の小さい処理を目指す欧州、徹底的な手作業による最大限の資源回収を目指す中国、国内での再資源化が事実上困難な米国と、地域により資源循環・リサイクルの考え方、方法はまったく異なる。現在、各地域は、自らのエリアが求める要件に沿った処理を進めているが、規制のグローバ

ル化、資源価格の高騰、有用資源の偏在・資源ナショナリズムに端を発する調達困難の発生など、グローバル化し、高機能化する製品を持つ製造業が必要となる取組みは、今後複雑になる。各地域に有効に対応可能な資源循環・リサイクルのための施策、例えばリサイクル性設計や処理支援技術などの開発が不可欠である。

## 第5章 グローバル製品の低環境負荷・易資源循環設計のための技術課題

これまでの調査結果から、グローバル製品の低環境負荷、易資源循環設計に関する課題は、次の3つに大別できる。本章では、主として技術的要因が大きい課題について整理し、その解決に向けて、技術開発の方向性について考察する。

### 5.1 課題(1)：循環システムの設計に関する課題

循環システムの設計における技術課題として、トレーサビリティの確保を目的としたトータルサプライチェーン管理と、ライフサイクルを通じたステークホルダー間での情報流通の二つがあげられる。トレーサビリティの確保に関して言えば、製品カテゴリ単位でのEPRから、個別製造業者単位でのIPR、個体管理というように徐々に厳密化する方向で進むのは間違いない。グローバル製品においては特に、トレーサビリティを確保する仕組みを製品にエンベッドする方策を今から検討すべき必要性が高い。ライフサイクルを通じたステークホルダー間での情報流通技術については、リサイクル業者から、製造業者の有害物、有価物、含有素材に関する情報提供のニーズは非常に強い。しかしながら、基盤的な情報流通技術、データベース技術に関しては大きな技術開発要素は多くなく、製造業者とリサイクル業者に代表される逆工程の種々のステークホルダーの間の協業の仕組みを構築することが課題である。技術的な課題としては、使用済み製品、部品、部材と情報を対応づける技術、および、ローテク機器が中心である逆工程において、必要な時に必要な情報を迅速に提示できる技術が挙げられる。

### 5.2 課題(2)：製品設計に関する課題

この問題に対しては、製品開発段階での、製造業者、リサイクル業者、精錬業者等の対話、もしくは各プロセスを明確化し、各シナリオに適した製品設計とリバースロジスティックス、処理プロセスの設計、計画を行う。

グローバル製品において固有の問題となるのは、これら地域で異なる循環シナリオに合わせて個別対応の再資源化設計を行うのか、どの循環シナリオにも適応可能なユ

ニバーサルな再資源化設計を行うのかという点に戦略的な判断を必要とする。

米国で注目を集めている「リユース設計」について、リユースはリサイクルよりも一般に高付加価値であり、環境負荷削減効果も大きいので、経済合理性がより高く、この意味で実現可能性が高い。ただし、リユース品の発展途上国への流出は、その後のトレーサビリティ確保を困難にするので、注意が必要である。いずれにせよ、リユース、リサイクルを含めた設計技術において我が国の先進性を維持、確保するためにも、ライフサイクル設計の視点からのこれら要素設計技術の向上が重要な課題である。

### 5.3 課題 (3) : 具体的なリサイクル技術に関する課題

基本的な技術開発は既に行われており、解決できない要素技術に関する共通認識もあると整理できる。この意味で、引き続き着実な技術開発は必要であるものの、その技術の導入に対する経済合理性が主要な課題であると考えられる。

- ・ 希少金属の回収、リサイクル技術の開発。
- ・ FPD に代表される高機能な新製品に対する適切な再資源化処理技術の問題。要素技術の問題もあるが、新たなカテゴリーの製品に対して、要素技術を組み合わせさせてプロセス設計を迅速に行う手法も大きな課題であると考えられる。

### 5.4 まとめ

個々の要素技術、易分解設計技術等は、ある程度既に存在していると考えられる。しかし、これら技術を普及展開するためには、設計における活用、要素技術を有効に活用するためのシステム化技術が欠けている。この意味で、リサイクル・システムの高度化の余地は非常に大きく、リサイクルプロセスの評価技術、リユースを含めた戦略的な循環生産を具体的な製品設計に落とし込むライフサイクル設計技術が重要課題となる。

さらに、わが国が製造するグローバル製品に関し拡大生産者責任がこれまで以上に問われ、協業・連携によるライフサイクルマネジメントを行う必要が生じた場合、IPR の保護が本質的に困難になることも考えられ、グローバル製品の合理的循環シナリオについて慎重な検討が不可避である。

## 第 6 章 総括

グローバル製品の資源循環に関しては、技術的には、易資源循環製品設計とリサイクルとを整合させた設計・リサイクル技術の開発、およびグローバルな資源循環を可

能にする循環チェーンの構築技術の開発の問題として捉えることができる。

それらは、例えば日本であれば日本における法規制、回収メカニズム、リサイクル施設等を暗黙の前提としている。ところが、実際には、世界各地域でこれらの前提条件が異なっており、それに基づいたリサイクル技術や易資源循環製品設計技術に対する基本的な考え方もそれぞれ違っていると考えられる。このような違いは、グローバル製品の易資源循環製品設計の面からは大きな問題となってくる。

本調査研究においては、以上のような視点から、世界各地域のリサイクルの現状を調査し、それぞれの特徴をモデルとしてまとめた。また、これらのリサイクル方法の違いが資源回収効率、環境負荷の面からどのように異なるのかを見るために家電製品14種類136台を用いたリサイクル実験を行った。これらの研究より、世界各地域のリサイクルの考え方や技術の違いを明確にするとともにそれらの特徴を明らかにすることができた。

単に分解・分別された材料の量的な評価だけでなく、それらの質、価値などの面から、さらに、リサイクルの本来の目的である資源・環境問題の軽減という面からの評価を体系的に行えるようにしていかなければならない。

現在の資源・環境問題の逼迫した状況から考えて、このようなりサイクルの評価体系と易資源循環製品設計技術の確立は緊急の課題であり、本研究の成果に基づく早急な取り組みが必要と考えられる。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>

