

最近のブラウン管ガラスのリサイクル動向

旭硝子株式会社 ディスプレーカンパニー
CRT ガラス本部

平 出 恒 一

Recycling of CRT Glass

Koichi Hiraide

CRT Glass Div., Display Company, Asahi Glass Co., LTD

1. はじめに

2001 年 4 月より家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）が施行され、現在順調にリサイクル処理されている。リサイクルの研究は 1980 年代に財家電製品協会によって開始された。1998 年に実証プラントが運転され、技術的な目処がつけられた。現在は日本全国 40 ヶ所ものリサイクルプラントが稼働している。

法律で決められた家電はエアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機の 4 品目であり、初年度 2001 年度、2002 年度ともにそれぞれ決められた再商品化率を超えてリサイクルされている。今回のテーマであるテレビのブラウン管（CRT）ガラスについては、2002 年度テレビ 352 万台、9.5 万トンが処理され、総再商品化 7.2 万トン、75%であり、そのうち CRT ガラスリサイクルは 5.5 万トンであった。前年である 2001 年度（初年度）より 22%多いガラスがリサイクルされている（財家電製品協会ホームページ：

<http://www.aeha.or.jp/>）。また、回収されるテレビの重量比で 60%以上を占める CRT ガラスの回収なくして、法で定められた再商品化率 55%の達成は困難なことも理解される。

こうした大規模なリサイクルシステムが成立しているのも、テレビのリサイクルで言えば、家電製品協会をはじめ、家電メーカー各社、リサイクルプラント各社、電気硝子工業会、CRT ガラスメーカーなど関係者の貢献によるものである。

なお、年々回収されるテレビの大きさは大きくなっており、最近では平均で 25 インチテレビとのことである。

一方、CRT ガラスはその成分組成から CRT ガラス以外の用途へのリサイクルがかなり困難であり、また比較的高価なガラスであって、リサイクル用途としては CRT ガラスに再生する用途が一番合理的である。実際にも CRT ガラスのリサイクルでは、我々 CRT ガラスメーカーが溶解炉の中で他の原料とともに溶解し、再生 CRT ガラスを生産することで成り立ち、他の用途はほとんど存在しない。リサイクル方法には路盤材・建材など元の製品とは違ったものに再生するカスケードリサイクルも存在するが、CRT リサイクルガラスのように大規模に

クローズな循環型リサイクルが実現している例は、高性能を要求される電気ガラス分野では画期的である。ブラウン管（CRT）テレビは、持続可能な循環リサイクルを構築しているという意味で、より環境に優しい映像機器であると言える。

弊社は CRT ガラスに関するリサイクル研究の初期より参画し、法施行後も CRT リサイクルガラスの消化、再生を一度も停滞させることなく、順調に受け入れ、リサイクルガラス量を増加させている。

今回は、この CRT ガラスの再生リサイクルに関して、これに係わる者として述べたい。まず、CRT ガラスをリサイクル使用する際の技術的課題について述べ、次に、工業ペースで現在どのように解決し、リサイクルを実行しているかについて述べる。最後に最近の動向について述べたい。

2. 技術的課題

1) 使用済ブラウン管テレビのリサイクル工程

- 図 1 参照。
- 2) ブラウン管（CRT）の構成
- CRT の構成とリサイクルガラス写真について、図 2 参照。
- 3) CRT ガラス成分組成

CRT ガラスの成分組成、物性値は表 1 のようになっている。また図 2 から構成ガラスは、パネルガラス、フリットガラス、ファンネルガラス、ネック管ガラス、などであることが

表 1 電子管用ガラスの組成と代表的物性

出典：電気電子工業会		（重量％）		
成分・物性	品名	カラーブラウン管用ガラス		
		パネル	ファンネル	ネック管
酸化珪素	SiO ₂	50～64	50～53	47～49
酸化アルミニウム	Al ₂ O ₃	1～3	3～5	1～4
酸化リチウム	Li ₂ O	0～1		
酸化ナトリウム	Na ₂ O	7～8	5～7	1～3
酸化カリウム	K ₂ O	7～8	7～8	8～11
酸化ストロンチウム	SrO	8～10	0～1	0～2
酸化バリウム	BaO	6～10	0～1	
酸化カルシウム	CaO	0～3	3～5	1～2
酸化マグネシウム	MgO	0～1	1～3	0～2
酸化鉛	PbO		21～24	32～35
酸化亜鉛	ZnO	0～1		
酸化ジルコニウム	ZrO ₂	1～3	0～1	0～1
酸化チタン	TiO ₂	0.3～0.5		
酸化セリウム	CeO ₂	0.2～0.4		
酸化アンチモン	Sb ₂ O ₃	0.1～0.5	0.1～0.5	0～0.5
酸化ネオジム	Nd ₂ O ₃	0～1		
酸化銅	Cu ₂ O			0～0.3
酸化銀	Ag ₂ O	0～0.1	0～0.1	0～0.1
熱膨係数（×10 ⁻⁶ /℃）		98～102	98～102	94～97
軟化点（℃）		690～715	655～675	635～665

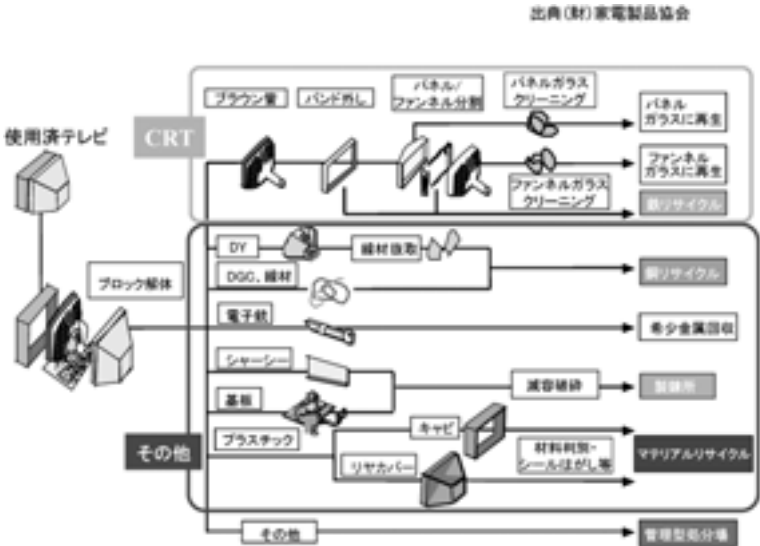


図 1 使用済テレビのリサイクル工程



図2 CRTの構成及び主な材料

わかる。

4) CRTガラスへ再生リサイクルする場合の 技術的要求事項

4-1) リサイクルガラスの基本的仕分けとり サイクル工程

CRTガラスのうち画像が映し出されるパネルガラスが一番品質的に厳しく、再生リサイクルにおいても最も厳しく管理される。特に鉛が混入される事は画面が暗くなりブラウン管の寿命が短くなること(ブラウニング現象という)から許されないので、フリットガラス、ファンネルガラス等鉛ガラスの混入は禁止される。一方、パネル以外のCRT各ガラスは鉛ガラスである。ファンネルガラスの再生にはある程度の異種ガラスの混入があっても、技術的に対応できる余地があるため、ファンネルガラス生産溶

解炉にてフリットガラス、ファンネルガラス、ネック管ガラス等のCRTリサイクル鉛ガラスは消化される。また少量のパネルガラスの混入も許される。

よって、リサイクル工程ではCRTの切断を実施する場合には、パネルガラス側で切断し、パネルガラスが付着したファンネルガラスはファンネル溶解炉で再生させている。

現在のテレビのリサイクル工程は図1に示す通りであるが、このガラスの仕分けを基本としてリサイクルプラントの工程が組み立てられている。

リサイクルガラスは、図3に示す全国のリサイクルプラント及びそれらプラントから出されるガラスを洗浄する洗浄ガラスメーカーから、弊社などのCRTガラスメーカーへ再生ガ



図3 全国A・Bグループプラントマップ

ラスカレット原料として納入される。CRT ガラスメーカーで検査後、工程内発生ガラスカレットや粉体バッチ原料（砂，ソーダ灰など）と混合される。混合された原料はガラス溶解炉で溶解され、成型加工工程等を経てパネルガラス製品及びファンネルガラス製品に再生される。尚，再生された製品は，リサイクルガラスを使用していない製品と何ら品質的に変わらない物になっている。

4-2) CRT リサイクルガラスの品質項目

リサイクルガラスを使用し再生 CRT ガラスを生産するためのリサイクルガラスに要求される品質項目について以下検討する。

技術的に検討すべき品質項目は、

- ① パネルガラス，ファンネルガラス成分組成，物性。
- ② パネルガラス透過率。
- ③ パネルガラス，ファンネルガラス内面コーティング残存率。
- ④ パネルガラス表面コーティング残存率。
- ⑤ パネルガラスのその他残存物の残存率。

ハンダ等。

- ⑥ パネルガラス，ファンネルガラス粒度分布。
- ⑦ パネルガラス，ファンネルガラス含水率。
- ⑧ パネルガラス，ファンネルガラスのコンタミ成分。有機物等。

などであるが，リサイクルガラスはガラスの塊として納入されてくるので，品質的なバラツキが大きい。そのバラツキを統計的に処理する必要があり，妥当性のあるサンプリングの方法を確立することも必要である。

現在は，リサイクルガラスの使用比率が上限20%程度の場合でのリサイクルガラス品質を決めている。日本の CRT ガラスメーカーとリサイクルメーカーとの間で，リサイクルガラスの品質基準が取り交わされている。また現在は定量的に把握できていない内面コーティングなどの基準については，限度見本を取り交わす事によって，リサイクルガラスの品質を維持している。

以下は，①，②，③の項目について，何が再

生上の問題であるか、現状どうして解決しているか、今後の対応はどうか、などについて述べていく。他の項目については、紙面の関係で省略する。

4-2-1) リサイクルガラス成分組成、物性。

現在生産されている日本の CRT ガラスメーカーのガラス成分はほぼ同じようであり、リサイクル使用にあたって大きな問題は引き起こさない。しかし、欧米のガラスメーカーの中にはパネルガラスに鉛を使用しているところがある。またガラスにも赤み、青みなど色調を変化させるネオジウム入りパネルガラス、大幅に組成が異なるプロジェクションテレビガラス等が存在し、一般のパネルガラス溶解炉では使用できない。また過去には日本メーカーも含め様々な成分組成のガラスが生産された。回収されるテレビは 10 年以上前のものが多く、よって過去の成分組成を十分調査する必要がある。

この項目はパネルガラス再生上重要であり、①比重変動等によって発生するガラスの脈理欠点の発生、②鉛混入でのブラウニング特性低下、③ネオジウムガラス混入による色調の変化などの問題を引き起こす。

例えば、比重変動に関して言えば、弊社のガラスにおいても現在のガラス比重と過去のものとでは、0.0300～0.0600 も違っている。一方、要求される脈理のないガラスを得るためには比重の日間変動を 0.0010 以内にコントロールする必要がある。現在のように全原料に対して 10～20% ものリサイクルガラスを使用している場合には、使用方法に工夫が必要になる。現在のパネルリサイクルガラス対応状況：

- ① 鉛入りガラス混入禁止。
- ② ネオジウム入りガラス混入率 10% 以下。坩堝実験で確認。
- ③ CRT ガラスメーカーでの分析、混合による脈理欠点防止。

などの措置が取られている。

今後の課題：

増加するリサイクルガラス量に対応するため

には、

- ① 国内、海外各 CRT ガラスメーカーの年代別ガラス組成、物性の詳細な調査。
- ② 異種リサイクルガラスの分離方法の研究。などが必要となっている。

4-2-2) 回収されるパネルガラスの透過率。

前面の映像を映すパネルガラスは極めて微量の着色剤の使用量を変化させることで、数種類の透過率を持っている（透過率：10.16 mm 厚に対する波長 546 nm の分光透過率）。現在はほぼ 2 種類に統合されてきている。何の対応もしないでいろいろな透過率のリサイクルパネルガラスがガラス溶解炉に投入されれば、製品の透過率が不安定となり、再生された製品の透過率規格から外れる危険性がある。

現在の対応状況：

- ① CRT ガラスメーカーでの分析、混合対策実施。
- ② パネルリサイクルガラスを 2 種類の透過率区分に統合。
クリアー系：クリアー（86%）、セミクリア（80%）
ティント系：ティント（56%）、ダークティント（46%）
グレー（約 70%）についてはどちらの系に入れても良い。
相互混入率は 10% 未満。

となっている。人の目による区分分けは 2 区分が限界である。また、リサイクルガラス使用比率が 20% 未満であれば、CRT ガラスメーカーでの添加する着色剤のきめ細かな対応によって再生パネルガラスの透過率規格を満足させる事ができる。

今後の課題：

- ① リサイクルパネルガラス使用比率がどの程度まで今の 2 区分で実行できるか検討する必要がある。
- ② セミクリアパネル生産ガラス溶解炉へのティント系パネルガラス使用量には制限がある。ティント系には透過率を低くする着

色剤が多く入っているので、そのリサイクルガラスを多く入れると透過率の高い着色剤が少ないセミクリアガラス製品では色むらや、透過率規格外れになる可能性があるからである。

4-2-3) パネルガラス、ファンネルガラス内面コーティング残存率。

内面コーティングには、

リサイクルパネルガラス：蛍光体、カーボン、アルミ蒸着。

リサイクルファンネルガラス：酸化鉄、カーボン。

などがある。

カーボンやアルミなど還元性のものが多く、これらがガラス溶解炉に入るとガラス成分中の酸化物が還元される、泡欠点が誘発される等の重大な問題が発生する。

現在の対応状況：

- ① リサイクル品質の限度見本を設定して、限度を超える内面コーティングが残存しているガラスの混入を制限している。尚、限度見本には、この他にパネルガラス付着の接着剤限度もある。
- ② ガラスメーカーでは、酸化剤、清澄剤の投入量を増加することなどによって、欠点の発生を抑制している。これら酸化剤及び清澄剤は非常に高価であり、製造コストが上昇する要因のひとつになる。

今後の課題：

- ① 限度見本は経験的に決められたものが多いので、さらにリサイクルガラスの使用量を増加していくためには、より定量的にコーティング残存量を測定する方法を開発していく必要がある。
- ② 今後進められるリサイクルガラスの国内標準化・国際標準化検討の中心的な課題となることが予想されている。

3. 最近の動向

最近の動向について以下記述する。

1) エコマーク認定基準

2002年12月、日本で唯一の認定機関である財団法人環境協会からCRTガラスリサイクルに関してのエコマーク認定基準が制定された。CRTガラスを含む電気ガラスについて認定基準が制定され、リサイクルガラス利用率が重量割合15%以上であることが主な基準である。リサイクルガラス利用率とは、リサイクルカレット使用量を全製品ガラス量で割った値である。現在、弊社では既にほぼこの認定基準までリサイクルガラス利用率は上昇している。今後の家電リサイクル法での回収リサイクルガラス量の増加によって、さらにリサイクルガラス利用率は上昇していくものと思われる。

2) 経済産業省による「ディスプレイ用硝子カレットの含有物測定方法及び品質基準の標準化」事業

経済産業省のエネルギー使用合理化標準化調査事業のひとつとしての「ディスプレイ用硝子カレットの含有物測定方法及び品質基準の標準化」事業の委託先は、最近電気硝子工業会に決定された。目標は、CRTリサイクルガラスの今まで述べてきた8項目の品質項目について、その測定方法を標準化する事。さらに、この分野で国際標準が未だ存在しないことから、国際標準案を作成し国際標準化機関へ提案する事である。今後電気硝子工業会の同事業に対して、会員である弊社も全面的に協力していくつもりである。

また、家電製品協会、家電メーカー各社にも協力を依頼しているところである。

CRTリサイクルガラスの国際標準ができれば、既に国際商品であるCRTガラス製品同様に、CRTリサイクルガラスも国際商品となるであろう。

3) 将来の余剰リサイクルガラス発生対応

現在家電リサイクル法で回収されたりサイク

ルガラスは全て国内 CRT ガラスメーカーによって消化され、CRT ガラスに再生されているが、近年 CRT ハルブメーカーの海外展開などに伴って、ガラスメーカーも海外展開が進んでいる。将来の問題として、ガラスメーカーが回収されたりサイクルガラスの全量を国内で消化再生する事が困難になり、一部余剰リサイクルガラスが発生する事が予想されている。現在、関係者間で対応について協議しているが、海外に移った CRT ガラスメーカーの拠点へガラスを輸出することも模索している。輸出に関して、国内法が及ばない点もあり課題もあるが、リサイクルガラスは品質基準を満たした CRT ガラス原料であり、課題は近々解決するものと思われる。リサイクル法を維持するためにも、多くの海外拠点がある弊社は、日本で余剰となったりリサイクルガラスを積極的に海外拠点で消化し、再生ガラスを生産し、社会に貢献していくつもりである。

4) 家電リサイクル法について

家電リサイクル法は、現在まで持続可能な循環型社会を創っていくという方向に対して、先進的な役割を持ってきた。国際的にも評価される大規模なリサイクルシステムである。しかし、今後も先進的な位置を維持するために改善を必要とする事も見えてきているのではなかろうか。

現在下記のような課題があるようである。

(1) 例えば、ブラウン管テレビでは、CRT ガラス生産→CRT 生産、テレビ生産→リサイクルプラント→CRT ガラス生産→…のクローズなサイクルは、輸送費用の面から言えば、リサイクルに熱心であり国内に生産拠点とリサイクル拠点の双方を持つ家電メーカーや CRT ガラスメーカーが有利であるべきであるが、実際には消費者が支払うリサイクル価格は同一であるため、国内拠点を持つメーカーは少しも有利にはならない。むしろ何も国内にリサイクル拠点を持たない家電メーカーや CRT ガラスメーカーの方が、設備投資がなく、安いコストでリ

サイクルシステムに相乗りできてしまうため、有利である。海外への生産拠点移転が促進され、国内産業の空洞化が進んでしまう。

(2) 例えば、リユース、リサイクル設計に熱心ではないメーカーの商品でも同一価格でリサイクルプラントに運ばれ、割高な費用をかけてリサイクルするために、リサイクルプラントの経営が改善されず、赤字となるところもできて、リサイクル産業の発展が妨げられる。現在のリサイクルプラントの経営は厳しいというのが現実のようである。結局、このままでは消費者の負担は将来も減少しないのではないか。

(3) 例えば、リサイクル商品正味の価格より輸送費用が高くなった場合には、たとえ目的がリサイクル使用であっても、再商品化率には算定できない。一般には逆有償問題と言われている。結果、家電リサイクルプラントから、古くから存在するある特定分野専門のリサイクルメーカーへリサイクル商品を供給して、さらに付加価値を高め、システム全体の最適化を促進することは、逆有償問題のために妨げられる。家電リサイクルプラントに大きな設備投資をしてリサイクルするより、専門のリサイクルメーカーに依存した方がリサイクル全体の系ではコストミニマムである場合も多い。

このような問題は、日本国内のリサイクル産業や製造業の持続的発展を阻害するばかりか、リサイクルコストの上昇によって消費者の負担増加を招く可能性もある。

個人的な見解であるが、これらの課題を解決していく方向性、具体的システム改善案について、以下のような改善案が可能であるように考える。

4-1) 改善への方向性、考え方：

- ① 世界最先端のシステムに常に改正。
- ② リユース優先。
- ③ リユース、リサイクルされ易い設計の推進。
- ④ 国内リサイクル産業及び再生品を原材料として使用する産業の成長。

4-2) システム改善案：

上記方向性を具体化するための法律の改正を含むリサイクルシステムの改善案。

- ① 拡大生産者責任の考えに則った世界最先端を走るシステムに常に改善するように定期的に改正していくこと。環境配慮を優先する事。
- ② リサイクル目的利用なら全て再商品化率とする。有償かどうかは不問。廃棄していないことを重視し監視。
- ③ 製品販売時にリサイクル費用相当を上乗せして販売することにし、廃棄時には無料で引き取ることにシステムを変更すること。各メーカー統一価格を上乗せするのではなく、上乗せ金額は上限金額を設定するが、各メーカーの削減努力によって下げることは認めることにする。また、メーカー間でのリサイクル委託は可能とし、その委託価格はリサイクルし易さによって決められることにする。
- ④ 電気機器全てに拡大。
- ⑤ 再商品化率をトップ水準実績に定期的に改訂。

4-3) 改善案で期待できる効果：

- ① 日本の市場規模は大きいので、新システムは海外メーカーも対応する事になり、国際標準となる。
- ② 設計上では、長寿命設計でリユース優先となり、またリサイクル工程のコスト削減も推進され、その分製品への上乗せリサイクル費用は安くなり、最終的な消費者負担が軽減される。エネルギー削減でも有利となる。
- ③ 国内にリユース、リサイクル産業拠点を持った家電メーカー、部材メーカーが比較優位になる。
- ④ 国内にリサイクル原料、リサイクル部材を使用できる拠点を持った家電メーカー、部材メーカーが比較優位になる。

参考文献

- 1) 杉山 孝，月間ディスプレイ，'00 3月号，p77-79 (2000)。
- 2) 石田岩雄，New Glass Vol. 16, No. 2, p20-26 (2001)。