

平成25年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業 補助金
技術開発報告書

廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度
再資源化システムに関する研究（J123003）

平成26年3月

株式会社イースクエア
ガラス再資源化協議会

補助事業名 平成 25 年度環境研究総合推進費補助金次世代事業

所管 環境省

総事業費 135,674,604 円

国庫補助額 61,769,667 円

研究課題名 廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度再資源化システムに関する研究

研究事業期間 平成 25 年 4 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

代表研究者名 柳田 啓之（株式会社イースクエア）

事業の概要

1.1. 研究課題名・研究番号

廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度再資源化システムに関する研究
(J123003)

1.2. 総事業費

135,674,604 円

1.3. 国庫補助額

61,769,667 円

1.4. 研究事業期間

2012 年度～2014 年度

1.5. 研究事業年度

2013

1.6. 代表研究者名

柳田 啓之 (株式会社イースクエア)

1.7. 事業の目的

家電リサイクル法に係る廃液晶ガラス、自動車リサイクル法に係る廃自動車ガラス、まだ法制化されていない廃太陽光パネルガラスは現在ほとんどが埋め立て処分されている。これらの廃ガラスの高度リサイクルに関する技術開発を、運搬、解体、分離、分別、原料化、製品化を担う異業種の企業が協働して行い、これまで廃棄されていた使用済みガラスを再生利用できるサプライチェーンを構築し循環型環境社会の形成につなげる。

1.8. 開発した技術の詳細

(1) 使用済み自動車から自動車ガラスの取り外しの研究開発

会宝産業(株)、ヤマコー(株)、(株)啓愛社の3社が廃自動車ガラスからのガラスの回収方法を様々な方法により開発を実施した。WSガラスの解体には接着剤の熱剝離による分離とカッターによる切断分離を実証した結果、目標時間の1分以内を達成するには切断分離が最適であるという結論に至った。今年迄にガラスの70%の回収と1分以内の解体が達成できたので切断時のガラス粉塵の回収方法と切断工具の超寿命化が残課題である。

- (2) **使用済み自動車から自動車ガラスを回収することによる経済性評価の調査研究**
ヤマコー（株）が解体業者でシュレッダー工程の前にガラスを回収することの事業性の評価を実施した。
43台分のELVからガラスを回収することにより後工程のシュレッダー工程に売却する前にガラスの無いエコプレスを試作して電炉メーカーに運搬した。期待するメリットとしてガラスなしにより電炉スラグが減少し環境負荷の低減を図るとともに非鉄の品位向上の差別化を行い料金改訂まで行う。
今後、メリットが経済的に成立する場合は事業として継続、普及を図るために作業の効率化の検討を進める。
- (3) **廃ガラスの効率的な収集・運搬等の研究開発**
（株）浜田が運搬、物流、集荷のロジスティクス分野をエコスタッフジャパンの連携を生かしてコスト削減と需要の増大について研究調査した。
サプライチェーンの運搬実績は2年間で約3100トンに至っている。
ELV（廃自動車）から解体されたWSのトラック運搬・保管用にコンテナ4台を試作し運搬・保管・作業性の確認テストを2拠点間で実施した。テスト結果としてトラックの運搬効率が最大となるコンテナの仕様がほぼまとまった。
結果を反映した最終形のコンテナの試作と量産をサプライチェーン企業向けに約100台製作する目処がついた。産業分野別にGML、GMV、GMPVの収集体制と集荷が整備されてきており各拠点を日本地図にプロットすることにより最適ロジスティクスシステムの基盤整備が進んできた。
- (4) **廃ガラスの選別・分離等の研究開発**
リサイクルテック・ジャパン（株）が合わせガラスの破碎装置により遊技機のガラスとプラスチックの分離を実施して2年目になるが、本年度自動車合わせガラスと太陽光パネルガラスの分離を調査検討した。自動車用合わせガラスは中部地区のパーツ交換会社（JAGU：日本自動車ガラス販売施工事業協同組合）と需給関係を調査したが、経済計算で収益が見込めない状況と判断して検討のみのFS段階で中断した。太陽光パネルガラスについては、アルミフレームの枠の機械化、太陽光パネルガラスの分離方法を圧縮破碎方式を用いて分離テストを実証試験中である。
- (5) **網入りガラスと自動車ガラスの分離・洗浄等の研究開発**
（株）ホンジョーが廃自動車ガラスからのガラスと他の有価物の分離方法を研究開発した。合わせガラスから中間膜を剝離する場合の破碎機の隙間調整（最適クリアランス）が極めて重要である事が分かった。廃自動車のBLには銀がプリントされており薬品によるガラスからの分離は可能であるが、ガラスが割れていると表面積が増加し薬品の使用量が増加するので別途方法を検討する

ことになった。その他建築用の網入りガラスから網の分離は破碎後に磁選機で網を除去できる事が実証できたのでガラスの粒度を5ミリ以上にしたまま網のみを分離することが可能なハンマー型破碎装置を導入した。

(6) **自動車用合わせガラスから中間膜とガラスカレットの完全分離技術の研究開発**

廃自動車の WS は合わせガラスであるためガラスと中間膜の完全分離技術が必要になる。1次破碎された合わせガラスにはまだ30%程度のガラスが中間膜に付着しており完全分離するために湿式による剥離液の開発を(株)啓愛社が実施した。

剥離液を35℃に加熱した場合は常温に比べて圧倒的に剥離が促進できることが分かった。温度依存性が高い剥離液であるので使用中の蒸発や持ち出しなどで補給も必要になるが劣化性はない。よって、簡易的な剥離装置によって最適な剥離条件が決まれば、自動車合わせガラスの一次破碎機、量産化するための剥離装置の開発につなげていく。

(7) **廃太陽光パネルの破碎選別による、リサイクルスキームの構築**

ボールミル、回転炉、シュレッダプラントを有するハリタ金属(株)が太陽光パネルリサイクルの分離研究を実施した。

評価として、ボールミルはEVA膜の柔軟性とガラスとEVA膜の強固な接着により×。回転炉は投入量と燃焼時間の関係から処理量が増産できず経済性で△。シュレッダによる分離が最も回収分離の可能性が高く○であった。

シュレッダの破碎後の選別方式が重要課題となるが、粒度選別のみでは素材単位の選別ができず比重選別方式が最も有効と考えられる。

分離後の素材中の銀の含有量では、金属分析の結果片状になったセルに最も大量の銀が含まれていることが判った。

(8) **使用済携帯電話、パソコン、モニタなどのガラスリサイクル方法の研究開発**

使用済の携帯電話やパソコンを回収して解体することにより部品をできるだけ破壊しないような解体を行うことで部品の分別が可能になる。

(株)ムーバブルトレードネットワークスが本研究を実施した。

液晶ディスプレイとしてのガラスを再資源化する可能性を研究するがまずは有価物としての価値の高いHDDの基盤を傷つけないように解体することに取り組んだ。今後液晶を含めて価値の高い部品の国内リサイクルを推進していく。

(9) **廃ガラスのセラミック原料化等の研究開発**

GML、GMVの廃ガラスを30%~60%配合したガラス再資源化原料の開発が丸美陶料(株)により試験レベルから商品化レベルに移行した。この原料を使用したタイル建材は低温焼成が可能でかつ軽量化できるため環境負荷の低減

が可能である。

通常のタイル原料と混ざると熔融温度の違いから発泡性の弊害が発生するため専用設備を増設してラインの分割化を実現した。

建材以外には低温焼成食器原料としてセントクレイプラス（顆粒状）の原料開発を進めており陶芸家の原材料や一般工業製品にも普及を図って行く。

(10) 原料化された廃ガラスを使った新建材の研究開発

丸美陶料で GML、GMV、GME を 30% から 50% 含んだガラス再生原料と粘土を調合してクリスタルクレイ（株）にて新しい建材用タイルの原料を生成できた。試験金型によってタイル形状に成形し電気炉で焼成したあとタイルの物性について品質評価を行った。結果が良好なため中量実証試験を繰り返し行い軽量化タイルに求められるかさ比重、吸水率、強度などの JIS で求められる基本値が一般的な磁器タイルと比較して良好であることが実証された。面形状、及び加飾意匠性などの外観面でも良好な結果が得られた。

(11) ガラス再資源化システムの設計・評価、環境配慮セラミックスの研究開発

ELV からガラスを解体時に取り外すことにより CO2 削減にプラス効果があることを昨年度明示できたので広島資源循環プロジェクトとも協力しながら環境負荷軽減と経済効果の両立を目指し活動を継続している。

マテリアルピンチ解析は東京大学の醍醐准教授に委託し研究が進み、混入する不純物と生産物における不純物濃度の制約、ならびに発生量と需要量の物質収支を考慮した上でリサイクル量が最大となる組み合わせ（全体最適解）を導きだした。

環境配慮型の製品開発としては、茨城県工業試験センターの協力で食器用粘土の試作と建築レリーフ、食器の意匠性及びそれに付随するデザイン性の高い形状や釉薬の開発を実施した。

1.9. 開発した技術がもたらす効果

家電リサイクル法に係る廃液晶ガラス、自動車リサイクル法に係る廃自動車ガラス等に関する運搬技術、分離技術、中間処理技術、原料加工技術、ガラス再資源化製品製造技術を開発し、これらを統合化したガラス再資源化の循環型モデルシステムを構築する。上流（廃ガラス収集）から下流（ガラス再資源化商品の開発・製造）を通し、商業ベースで成り立つ効率的なサプライチェーンのモデルが確立できることで、成果が本共同開発者に留まらず他地域や他社へ波及することを目指す。これにより、これまで資源として活用されず、埋め立て処分されていた使用済みガラス製品のリサイクルを促進するとともに、製品の CO2 排出量を抑制し、循環型社会・低炭素社会の構築に寄与する。

1.10. 環境政策への貢献

日本では、液晶用で年間約3万トン、自動車用で年間約11万トンの廃ガラスが排出されていると推計され、うちリサイクルされるのはごくわずかに過ぎない。日本のテレビ市場は、ブラウン管タイプから液晶を中心とするフラットタイプに完全移行した。既に普及しているパソコン用と併せて小物家電製品からの液晶ガラスのリサイクルの確立が急務となっている。

また、2005年に施行された自動車リサイクル法では、2015年に車両の重量比で95%をリサイクルすることが目標とされているが、現在のリサイクル率は85%程度である。リサイクル率95%を達成するためには現在はほとんどがシュレッダーダスト（ASR）として処理されている自動車ガラスの再資源化が非常に有効である（ガラス再資源化により、車両全体のリサイクル率を約3ポイント向上させ、ASRを車1台当たり約32kg削減する効果がある）。

さらに、法律の施行が今後予想される太陽光パネルからの廃ガラスリサイクルやレアメタルのリサイクルに注目が集まっている。

震災関連事業として福島県を中心に原発事故に起因する放射性物質の影響抑制が急務となっているため、近年回収量が急増しているブラウン管ガラスを活用して放射線を遮蔽する機能セラミックスの研究開発も行う。

GRCJのマーケティング部会で調査したガラスリサイクルの現状を表1に示す。

表1 国内の自動車と電気機器用ガラスのリサイクルの現状

ガラスの用途	ガラス産業連合会 GIC	製品関係団体	関連法	施行年	2012年 日本市場				備考	
					販売	市場収集	ガラスリサイクル推定量	リサイクル推定%		
GMV 自動車ガラス	板硝子協会	自工会	自動車リサイクル法	2005年	台数(千台)	5,369	3,405	102	3%	解体時にガラスは取り外しは実施していない、ASRに引き取りされて廃棄物。自工会、JARO資料等。
					ガラス量(ト)	171,808	108,960	3,269	3%	
GML 液晶板ガラス (TV,PC,携帯電話,モニター)	電気硝子工業会	JEITA	家電リサイクル法、資源有効利用促進法、小型家電リサイクル法	2001年	台数(千台)	45,268	7,506	841	11%	内訳 販売 収集 TV 6,453 491 PC等 12,712 409 携帯電話 26,103 6,606 単位:千台
					ガラス量(ト)	23,410	1,366	316	23%	
GME 電子管ガラス (TV,モニター)	電気硝子工業会 / 板硝子	JEITA	家電リサイクル法、資源有効利用促進法	2001年	台数(千台)	0	2,282	2,282	100%	パネルはリサイクル化で構成比60%、ファンネル部分は割合有率約25%のため水平リサイクルが困難
					ガラス量(ト)	0	55,712	33,427	60%	
GMPV 太陽光発電パネル	電気硝子工業会 / 板硝子	JPEA	-	-	KW	2,843,218	54,031	5,403	10%	リサイクル制度が確立していないので収集の統計資料は未整備。15年前に販売されたPVが全て排出されたと仮定した。
					ガラス量(ト)	166,044	3,028	303	10%	
計					ガラス量(ト)	361,262	169,066	37,315	22%	

製品別ガラス量の仮定:

自動車: 32kg/台

液晶とカバーガラス: TV32":1.47kg/台、ノートPC15":0.69kg/台、モニター21":0.96kg/台、携帯電話3.5":0.15kg/台

電子管: TV32":24kg/台、モニター 21":16kg/台。CRTの重量比率:ファンネル40%、パネル60%。

PV: カバーガラス14.6kg/250W

開発した技術の事業化の可能性

昨年度の7社・組織から今年度は11社・組織に範囲を広げて研究開発に取り組んだ。大学、研究機関との連携も一層深めた。

廃棄自動車ガラスを取り外すことによる環境メリットがあることは実証が進んできているが、自動車ガラスの回収方法、回収ガラスの運搬方法、リサイクル方法と解体業者の事業性について未確定な部分について課題を明確化することで事業者の利潤が担保できる事業化につなげていく活動が進んだ。

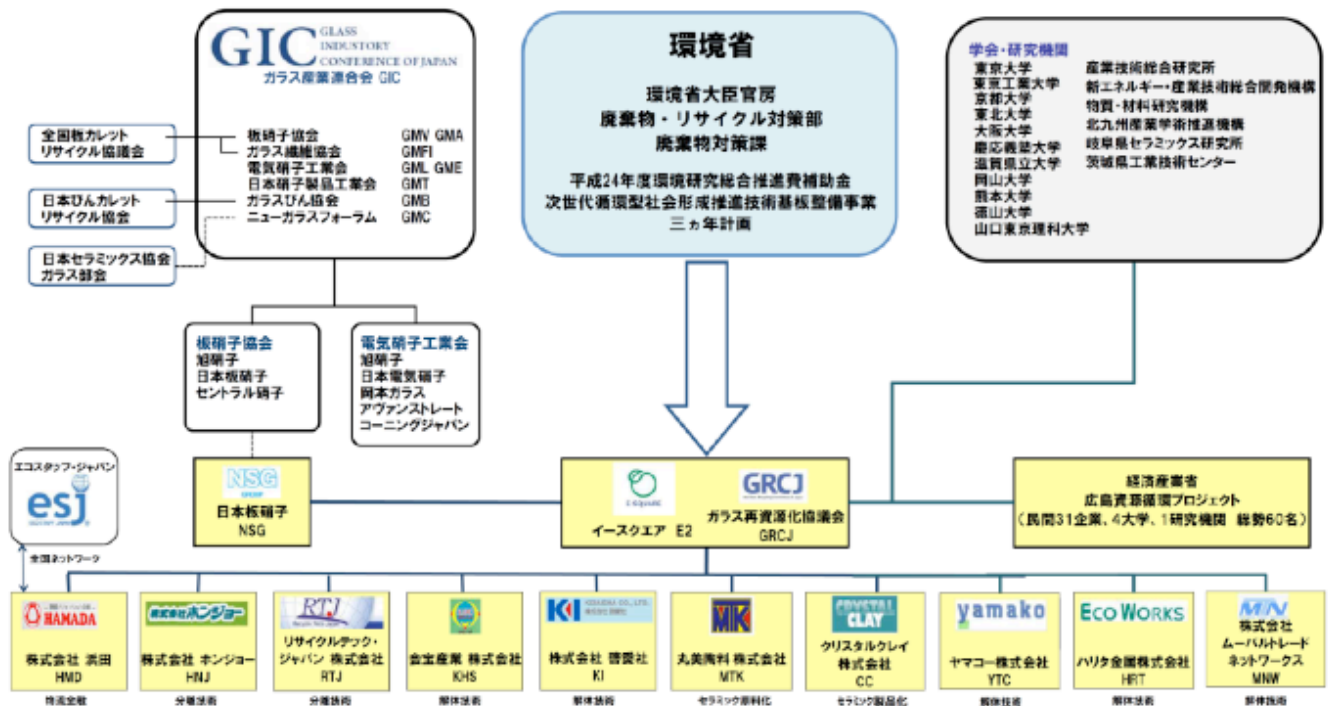
共同研究先の東京大学と廃ガラスの発生量と需要量を考慮の上、発生品の化学組成と不純物の混入量、発生地と需要地の位置を考慮して全体最適や個別最適等の評価システムの構築を実施し事業化の可能性を研究する。

サプライチェーンを通じた環境負荷の削減効果やコストメリットを訴求することで、事業化の最大の課題である経済性においても可能性が広がっておりガラスカレットを使用した環境配慮型の新商品も製造販売の目処がたってきた。

表2が本プロジェクトの相互に連携した関連図である。

表2：プロジェクトの相互関連性

GReATプロジェクトの位置づけ（2013年度） Glass Recycling Advanced Technology



1.11. 事業計画

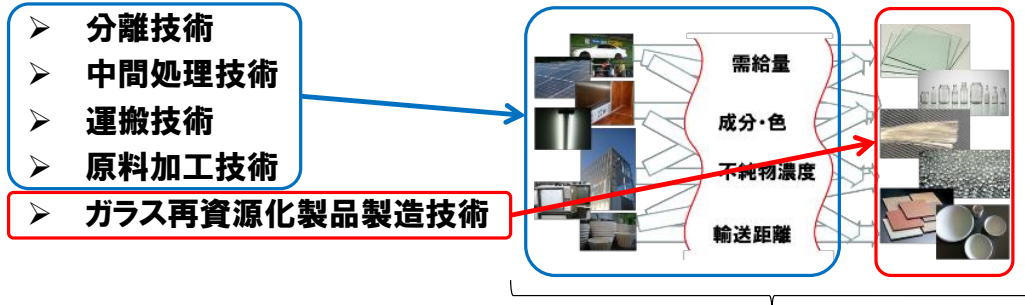
申請時のテーマに沿った活動の中で特に廃液晶ガラス、廃自動車ガラス、廃太陽光パネルガラスを主に活動を実施中である。

テーマ	2012～2013年度	2014年度
1、廃液晶ガラス、廃自動車ガラス、廃ブラウン管ガラス、廃太陽光パネルガラス、廃建築ガラス等の運搬・分離・分別・洗浄・原料化技術の確立	<p>運搬はガラスの運搬物流に適したコンテナを試作し実証試験により課題が明確化できた。</p> <p>解体分離は各種基礎試験を実施し評価し改善方法の計画立案迄完了した。</p> <p>洗浄は基礎実験を完了し実機導入に向けて課題が明確化した。</p> <p>原料化技術は実証試験、評価が完了し品質改善を繰り返し中。</p>	<p>運搬物流の最適コンテナを量産しリサイクルの全体最適を目指した活動につなげる。</p> <p>解体は最適な装置設計を決定し導入を図る。</p> <p>洗浄は装置を導入し実証試験からガラスカレットの量産化を開始する。</p> <p>原料化は新規設備導入により品質改善と量産化を推進する。</p>
2、廃液晶ガラスと廃自動車ガラス等を原料にした環境配慮型のガラス再資源化商品の技術開発	<p>ガラス再資源化原料を使用した各種セラミック商品の試作と評価は完了した。</p> <p>環境配慮型の新商品について商業ベースで製品化できる製品規格の研究開発が進んだ。</p> <p>新機能商品の製作販売の目処が立ってきた。</p>	<p>品質規格を満足する環境を意識したオリジナリティの高い新機能商品を販売開始する。</p> <p>放射線ガラスなど特殊用途に向けた商品の研究を継続して行い性能分析や評価を実施し早急に社会に貢献できる商品群を拡大する。</p>
3、ガラスリサイクルをシステム化するための最適化モデルの構築	<p>廃ガラスのリサイクルにおける課題は廃ガラスに混在する不純物濃度とリサイクル先の製品に求められる不純物の許容濃度のミスマッチであることを前提に全体最適の方法を東京大学の共同研究の中で課題抽出ができた。</p>	<p>ガラスリサイクルにおける鳥瞰的な循環利用システムを評価可能な最適化の手法を構築化する。</p>

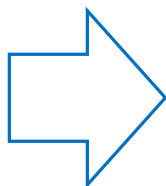
1.12. 事業概要図

(1) 全体システム

- ① 廃ガラスに関する以下の技術を開発し、これらを統合化したガラス再資源化の循環型モデルシステムを構築する



- ② 上流(廃ガラス収集)から下流(ガラス再資源化商品の開発・製造)を通し、商業ベースで成り立つ効率的なサプライチェーンのモデルを構築する



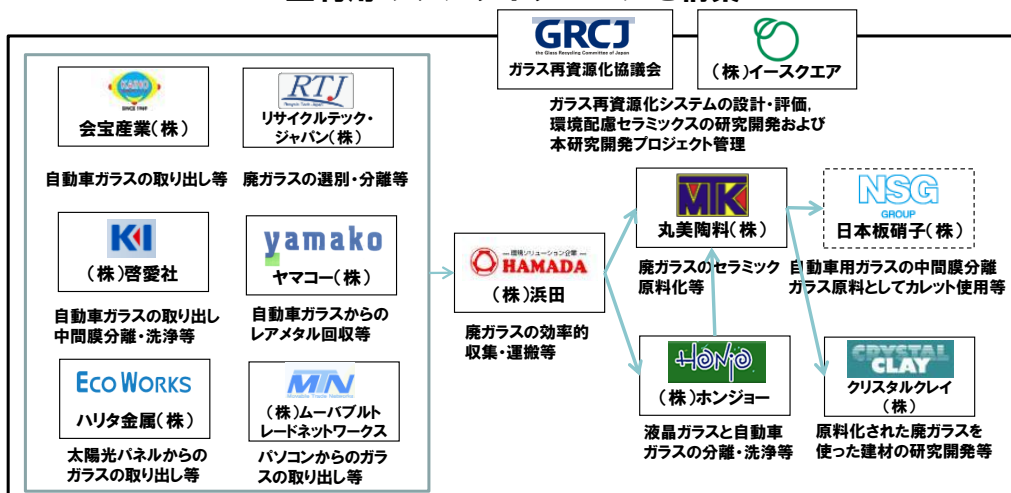
使用済みガラス製品のリサイクルを促進するとともに、ガラスの循環システム全体でのCO₂排出量を抑制し、循環型社会・低炭素社会の構築に寄与する。

(2) 事業組織(サプライチェーン)

GReATプロジェクトの概要(2013年度)

Glass Recycling Advanced Technology

廃ガラスの高度リサイクル技術開発を、運搬、解体、分別、分離、原料化、製品化を担う異業種の企業が協働し、廃棄されていた使用済みガラスを再生利用のサプライチェーンを構築



※図中には示していないが、(株)浜田は一次、二次、三次物流の全てを担当