

GReAT3

環境省 平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業
**使用済太陽光パネルユニットの新たなリサイクル、
リユースシステムの構築実証事業**

ガラス再資源化協議会



2016 年 7月7日

排出者:工事事業者
(個人、発電事業者)



リユース、リサイクル依頼

使用済太陽電池
モジュールの調達

GRCJ
the Glass Recycling Committee of Japan

ガラス再資源化協議会



再資源化工程

事務局支援



運搬



運搬

TOSHIBA
Leading Innovation >>>
東芝環境ソリューション株式会社

リユース条件の
整理、評価
リユースシステムの試作

協力



株式会社 啓愛社

nichicon
ニチコン(株)

使用済リチウムイ
オン電池供給

北海道
ブロック

東北
ブロック

北関東
ブロック

南関東
ブロック

東海
ブロック

北陸
ブロック

関西
ブロック

中・四国
ブロック

九州
ブロック

協議会独自のリサイクル方針に基づき
候補抽出、リストアップ予定



リサイクルテック・
ジャパン(株)

We create.
HARITA METALS

ハリタ金属(株)

再商品化工程



丸美陶料(株)

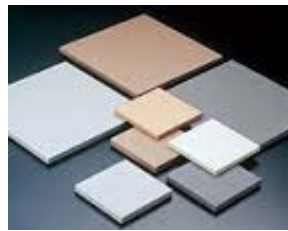
セラミック原料化



クリスタルクレイ(株)



立風製陶(株)



セラミックタイル



防音パネル



セントラル硝子(株)

AGC

旭硝子(株)



グラスファイバー
断熱材

リユース

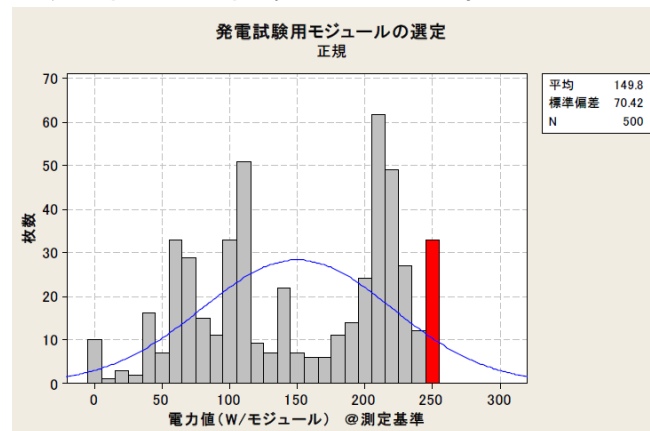
報告結果／リユース 東芝環境ソリューション株式会社

● リユース利用の可能性診断

使用済太陽電池モジュール(リユース用)の性能等診断(ソーラーシミュレーター)

評価対象物	数量	評価項目
ソーラーシミュレーターによる 性能診断結果レポート  名称:ソーラーシミュレータ 形式:PVS1222iⅡ-L 製造者:日清紡メカトロニクス株式会社	使用済 太陽電池モジュール 500 枚	1) Pmax 最大電力・最大出力 2) Isc 短絡電流 3) Voc 開放電圧 4) Ipm最適電流・最大出力動作電流 5) Vpm最適電圧・最大出力動作電圧 6) 写真撮影

- 試験結果: 今回診断した500枚の内、250W以上が30枚以上あった。
Pmaxについて、残存出力率(実出力／公称出力)が0.8以上が117枚あった。

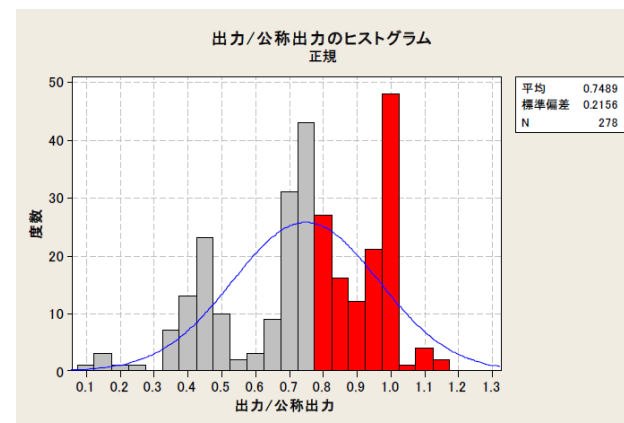


性能診断結果 (Pmax 最大電力・最大出力)

- ・良好 117枚 (公称初期値の 80%以上)
- ・出力低下 161枚 (公称初期値の 80%未満)
- ・断線 10枚 (出力無)
- ・診断不能 212枚 (公称初期値 不明)



初期値が判り、特性が250W以上の
パネルを 発電試験用とした。



性能診断結果 (Pmax 最大電力・最大出力)

初期特性の把握できる278枚のうち、

- ・良好 (公称初期値の 80%以上) 117枚
- ・出力低下 (公称初期値の 80%未満) 161枚

報告結果／リユース 東芝環境ソリューション株式会社

- リユースユニットの組立、発電実験



使用済PVパネルの設置写真
(8枚セット)



使用済PVパネルの設置写真
(12枚セット)

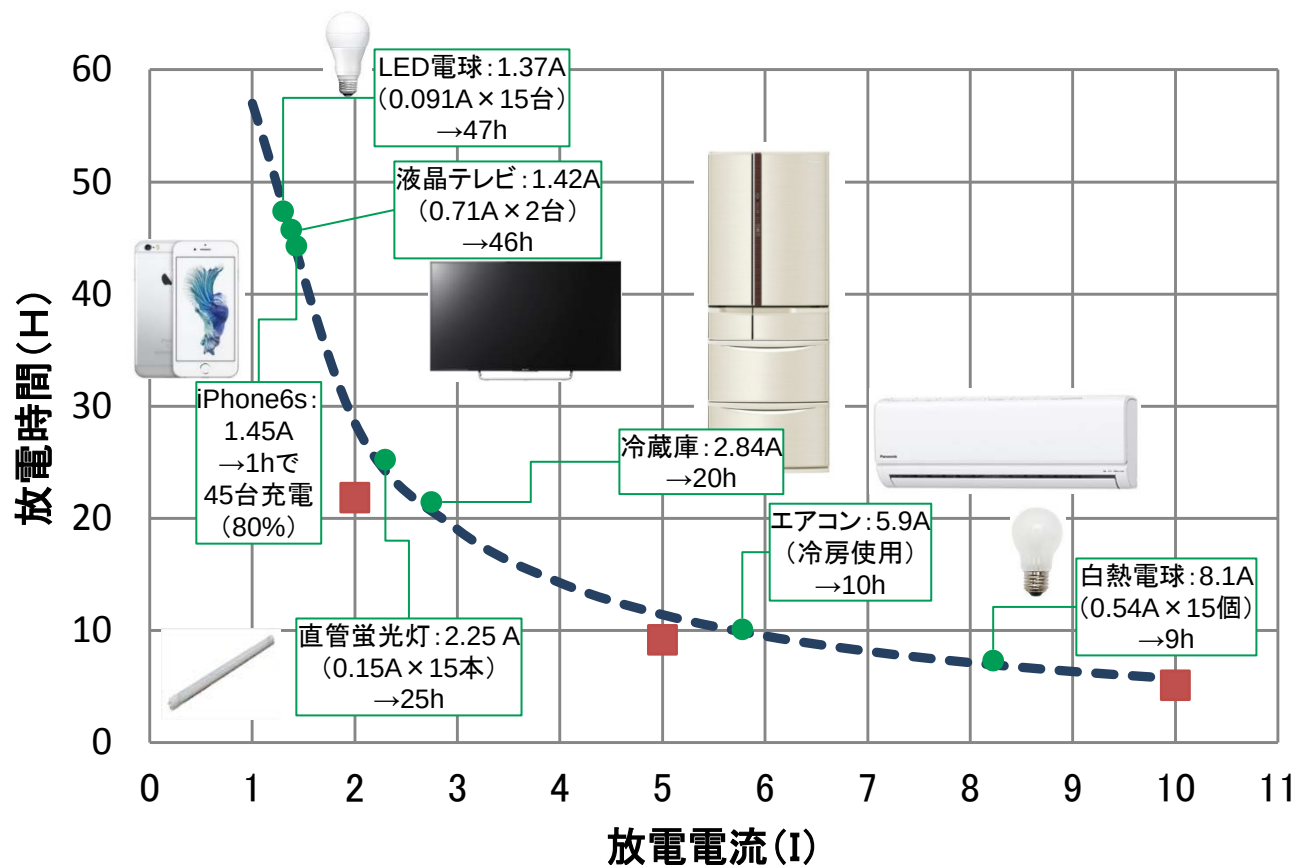
実験場所：千葉県富津市

報告結果／リユース

リユースユニットの用途イメージ

● 一般家庭(単相100V)で使用されている電化製品での使用イメージ

➤ 8枚組、12枚組にて発電、充電し、3パターンでの放電実験の結果、放電時間と放電電流に下記の結果が得られた。機器別の使用可能時間等を示す。



◆ LED電球

メーカー: 東洋ライテック LDA9L-G/60W
(60W形相当)
定格消費電力: 9.1W

◆ 白熱電球

メーカー: 東洋ライテック TOYO LW100V54W 60W形
定格電圧: 100V
消費電力: 54W

◆ 直管蛍光灯

メーカー: 東芝 FL15D ワットブライター
管長: 436mm
定格ランプ電力: 15W

◆ テレビ

ソニー BRAVIA 【KJ-40W700C】40V
サイズ: 40インチ
消費電力: 71W(視聴時)

◆ スマートフォン

メーカー: iPhone6s (バッテリー容量1810mAh)
消費電力: 145W
※1hで充電80%として仮定

◆ 冷蔵庫

メーカー: パナソニック トップユニット冷蔵庫 NR-F511V
容量: 510L
定格消費電力: 90W(電動機50Hz)
194W(電熱装置50Hz)

◆ エアコン

メーカー: パナソニック Fシリーズ CS-F225C
消費電力: 590W(6~9畳、能力2.2kW、冷房使用)

報告結果／リユース

リユースユニットの用途イメージ

● 用途イメージ(直流電源、交流電源)

- 発電量は、リユースパネルの組み合わせ枚数や、組み合わせるリユースパネルの出力値(Pmax)の選択によって調整が可能である。
- 具体的な使用用途に合わせて、使用するパネルのPmax値や組み合わせ枚数を決定する。

	日本国内	海外
直流電源	● 山小屋や避難所など、一時的に居住する場所 ➤ LED電球(9W) ➤ ラジオ(0.08W) ➤ 懐中電灯(0.25W) ➤ iPhone6sの充電(145W)	● アフリカ等の送電の整備が未発達な地域 ➤ LED電球(9W) ➤ 懐中電灯(0.25W) ➤ テレビ(63W) ➤ ラジオ(0.08W) ➤ iPhone6sの充電(145W)
交流電源	● 別荘や離島など、継続的に居住する場所 ➤ 電化製品全般	● 別荘や離島など、継続的に居住する場所 ➤ 電化製品全般

リユース実証実験 まとめ

- 実証事業による成果
 - ・ ソーラーシミュレータの結果、残存出力率には幅広いばらつきがあることがわかった。
 - ・ 少枚数でのリユースパネルユニットによる発電量等の実績データが取得された。
 - ・ 少枚数でのリユースパネルユニットによる発電量の用途イメージが確認出来た。
 - ・ 実際に運用するにあたっての諸処の配慮事項を確認することが出来た。
- 事業実現における今後の課題
 - ・ リユース用使用済太陽電池モジュールの選定にあたり、コスト低減のため、撤去前にリユース可能な使用済太陽電池モジュールの目処を立て、対象品のみを破損のないよう撤去するなど、現場判断、**撤去方法の標準化を検討する必要がある。**
 - ・ リユース用の使用済太陽電池モジュールは、製品として破損のないよう梱包し排出場所から運搬する等、**運搬方法の標準化を検討する必要がある。**
 - ・ 製品管理として、リユース用に回収する太陽電池モジュールの製品情報(メーカー、製造年、使用年数、Pmax等)を把握する仕組みづくりが必要である。
 - ・ 用途別に、リユース可能となるPmax等、判断基準を検討する必要がある。
 - ・ 使用するPCSによって充電設備への蓄電量に制限が生じるため、発電量の有効活用のためには組み合わせる周辺機器のスペックについても検討が必要である。

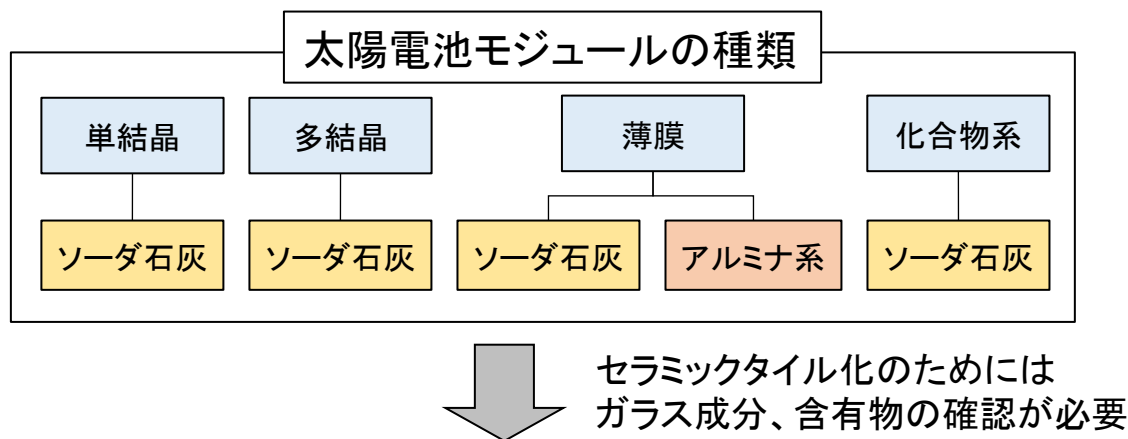
リサイクル

報告結果／リサイクル

ガラスカレットの成分分析、含有物質分析・溶出試験

- 目的
 - ・ 有害物質の含有の有無
 - ・ 太陽電池モジュールの種類やメーカーによる仕分けの必要性
 - ・ 板ガラスの受入条件（混入不可の成分：アルミ、銀、銅、ニッケル系ステンレス）

➤ 使用する太陽電池モジュールの種類



**太陽電池モジュールの種類別に
ガラスの成分分析・含有試験を実施**

- ・ 薄膜はアルミナ系とソーダ石灰に分ける
- ・ セルシートの含有試験も同区分で実施

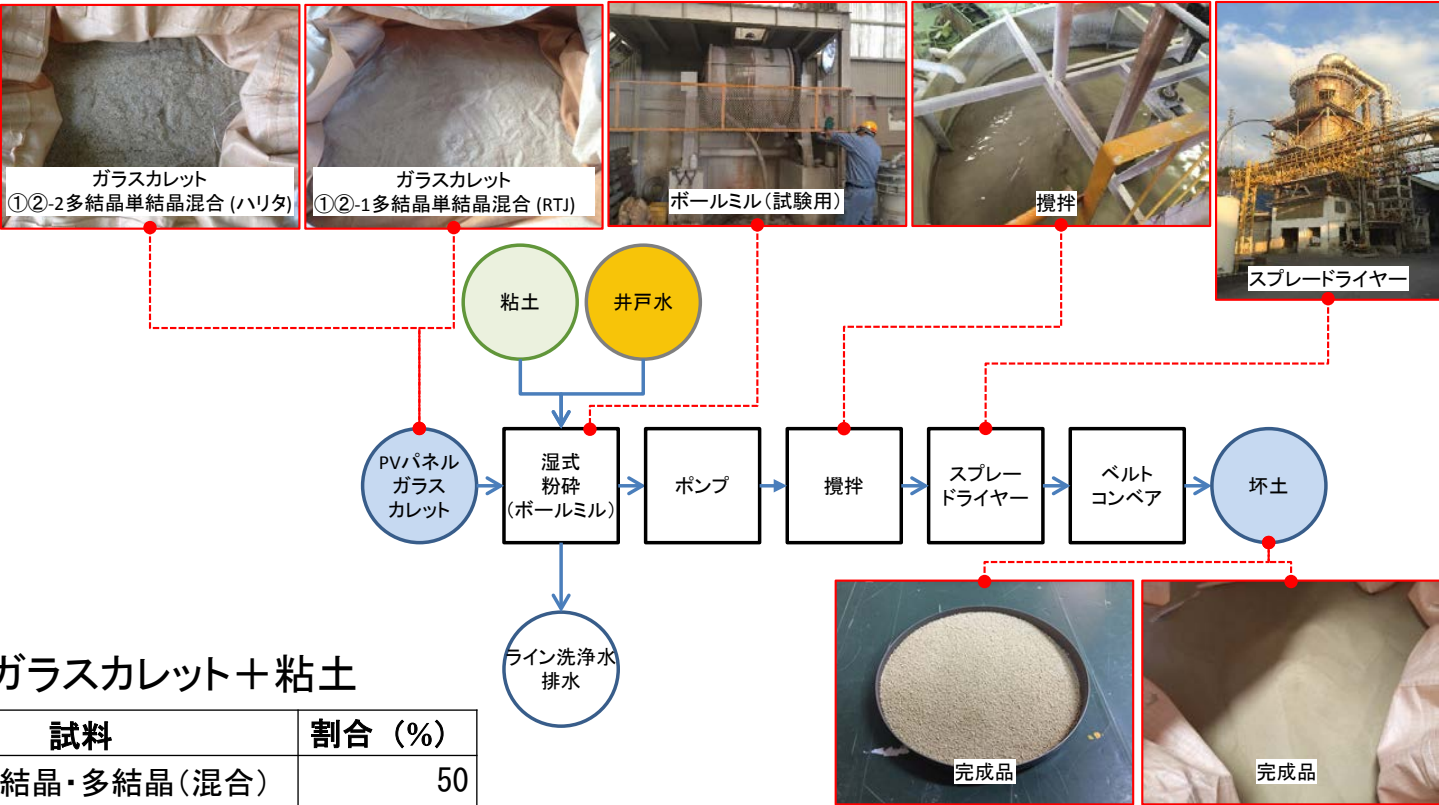
試料	含有物質試験	溶出試験
①多結晶 (メーカー混合)	基準値以下	基準値以下
②単結晶 (メーカー混合)	基準値以下	基準値以下
③-1薄膜 (アルミナ系)	アンチモン：低い (15～19mg/kg) 重金属類：低い	基準値以下
③-2薄膜(その他)	基準値以下	基準値以下
④CIS/CIGS系 (メーカー混合)	アンチモン：高い (1,400～ 1,500mg/kg)	セレン：検出

報告結果／リサイクル

丸美陶料株式会社：原料化プロセス

● 坏土調合

配合試験で考査した配合のうち、A-50及びB-50の2種類の配合で500kgの坏土を生産した。



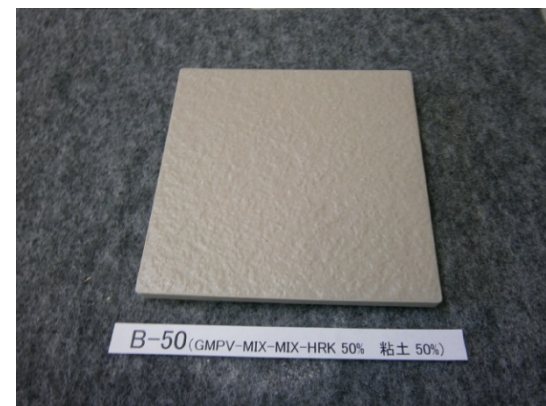
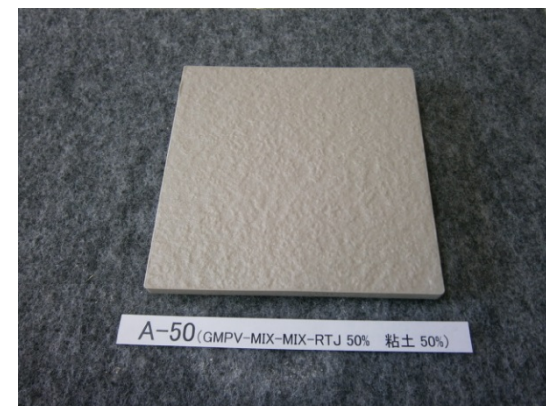
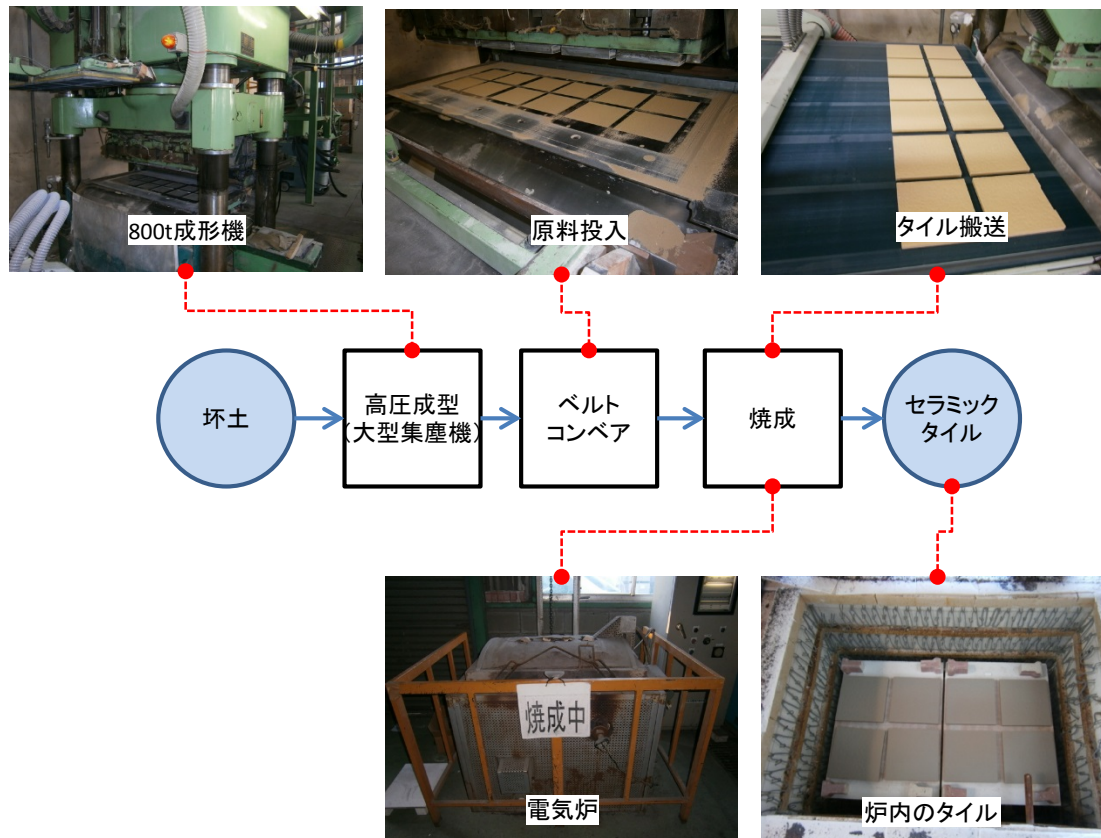
➤ 原材料: ガラスカレット＋粘土

坏土	試料	割合 (%)
A-50	①②-1単結晶・多結晶(混合)	50
	粘土	50
B-50	①②-2単結晶・多結晶(混合)	50
	粘土	50

報告結果／リサイクル クリスタルクレイ株式会社 : セラミックタイル製品化

● 坏土によるテストピース(タイル)の焼成

➤ 原料: 坏土 (A-50、B-50の2種類)

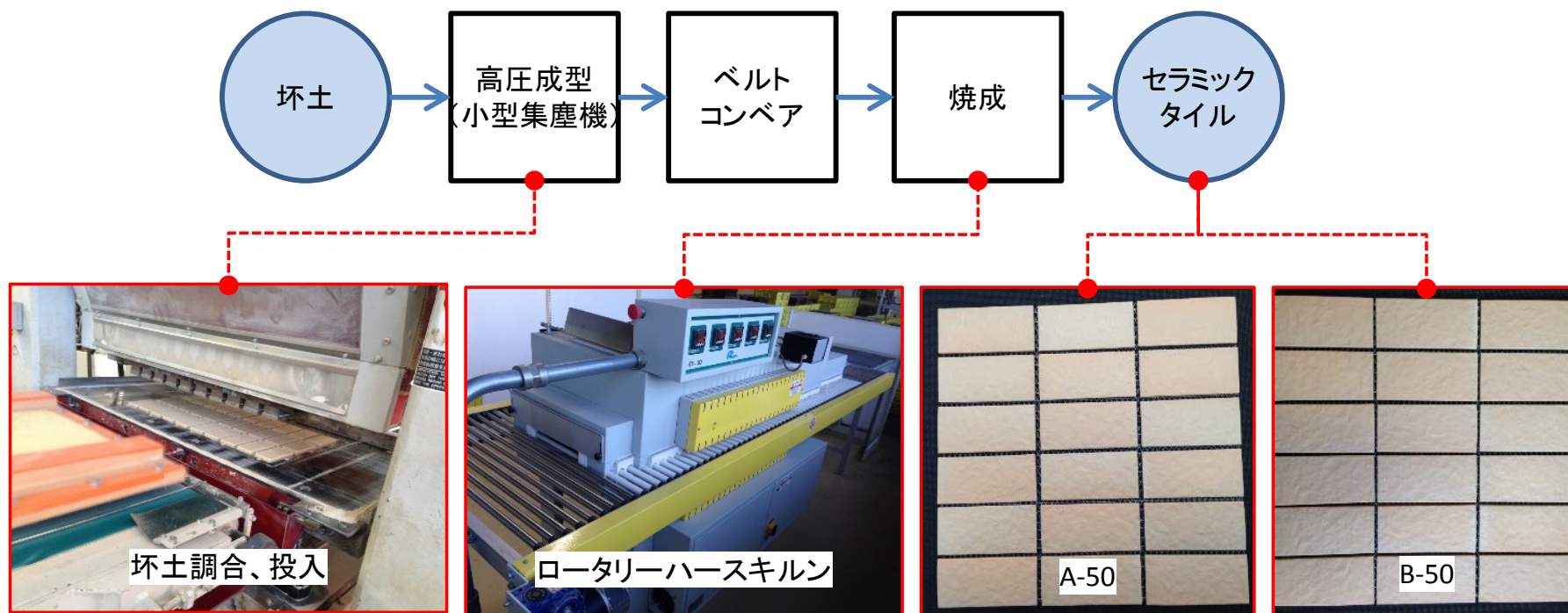


すべての製品検査基準はクリアした。

報告結果／リサイクル 立風製陶株式会社：セラミックタイル原料化

● 坏土によるテストピースの焼成

➤ 原料：坏土（A-50、B-50の2種類）



➤ 結果

- 吸水率や曲げ破壊荷重の物性値が通常の外装壁モザイクタイルと同等の数値が得られた。
- 今回のガラスカレットによるリサイクルタイルの製造は十分可能である。

報告結果／リサイクル

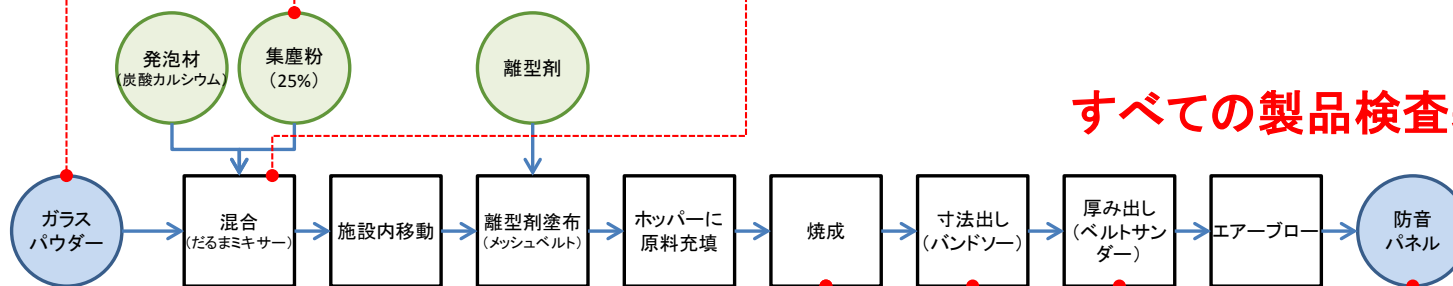
ライテック株式会社：防音パネル製品化

- 原料調合
- 防音パネルテストピース作成

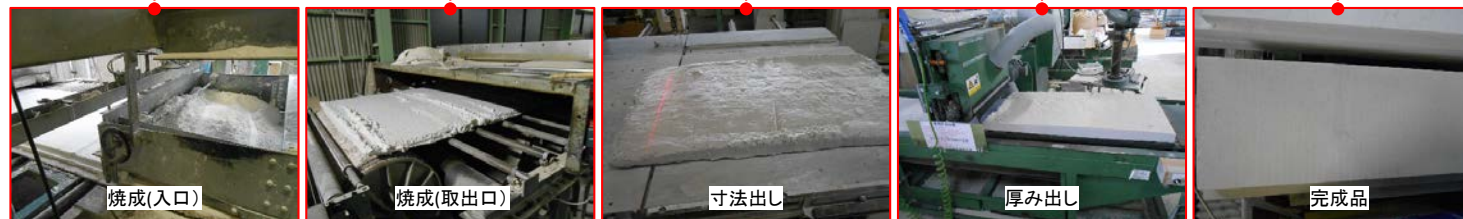
➤ 原料：100 μ m ガラスパウダー (RTJ製)



原材料	混合比
①②-1 多結晶単結晶混合(RTJ)	75%
発泡剤	微量
集塵粉	25%



すべての製品検査基準はクリアした。



報告結果／リサイクル

旭硝子株式会社、セントラル硝子株式会社：板ガラス原料化

● ガラスカレット原料評価（板ガラス、グラスファイバー）

➤ 回収ガラスカレット受入品質規格（板硝子協会）

ガラス以外の不純物の許容量

種類	異物	サイズと許容濃度	
有機化合物	フィルム、紙、ゴム、木片等	10 mm未満：20 ppm未満	10 mm以上：無いこと
砂利、セラミクス、セメント等		0.5 mm未満：1000 ppm未満	0.5 mm以上：無いこと
鉄片	ステンレスを除く	1 mm未満：10 ppm未満	1 mm以上：無いこと
非鉄金属類	アルミ、ステンレス等	無いこと	

➡ 微量の異物があるため、今後の課題となった。

- 含有NGの金属物質：アルミ、ニッケル
- ごく微量に留めるべき金属物質：銅、亜鉛、銀

➤ 板ガラスにおける異物の影響

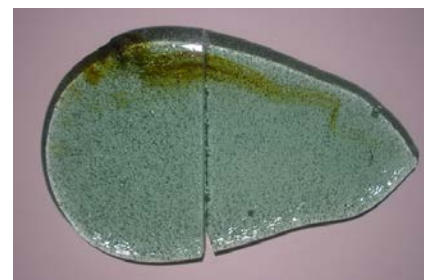
板ガラスは酸素過飽和過冷却液体であるため、還元性成分の混入が、問題を起こすことが多い。

＜還元性成分を含む異物＞

- 有機化合物
（紙、プラスチックフィルム、シール材等）
- 金属異物
- 砂利、セラミクス等の異物

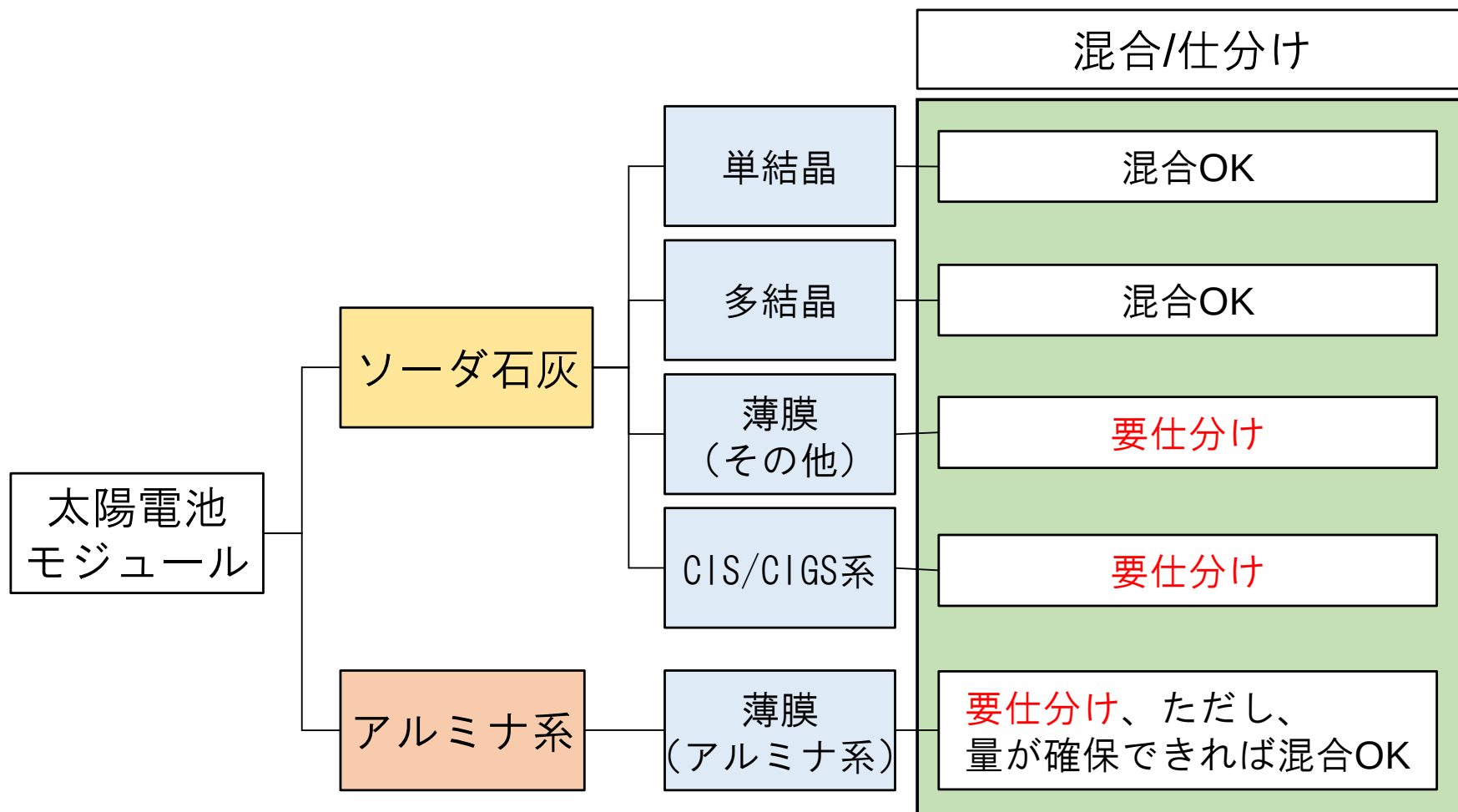
＜異物混入が板ガラスに与える欠点＞

- ガラスが局所的に還元されることによる欠点
 - 還元硫黄によるアンバー色（ビール瓶の色）ムラ発生
 - 酸素濃度の違うガラスの接触による泡欠点の発生
 - AlによるSiO₂の還元→金属シリコン粒欠点発生
- 異物自体の欠点
- 熱膨張率の異なる異物が存在することによる欠点
 - 製造工程の徐冷段階、製品で割れトラブル発生



リサイクル条件の整理

- セラミックタイル原料化を想定した場合の破碎選別工程の仕分け案



リサイクル実証実験 まとめ

● 実証事業による成果

- セルシートの銀評価の結果、RTJにて生成されたセルシートのうち、単結晶、多結晶、薄膜（アルミナ系）は、いずれも有価物としての評価を得たが、薄膜（その他）、CIS/CIGS系は有価物として評価を得られなかった。
- ガラスカレットの種類別の溶解温度帯の確認が出来た。
- ガラスカレット50%配合の坏土にて磁器化（吸水率0）となる温度帯の確認が出来た。
- ガラスカレットを原料とし、セラミックタイル、ブロック、防音パネルを製作したところ、いずれも焼成品が出来、かつ物性試験の結果、基準をクリアした。

● 事業実現における今後の課題

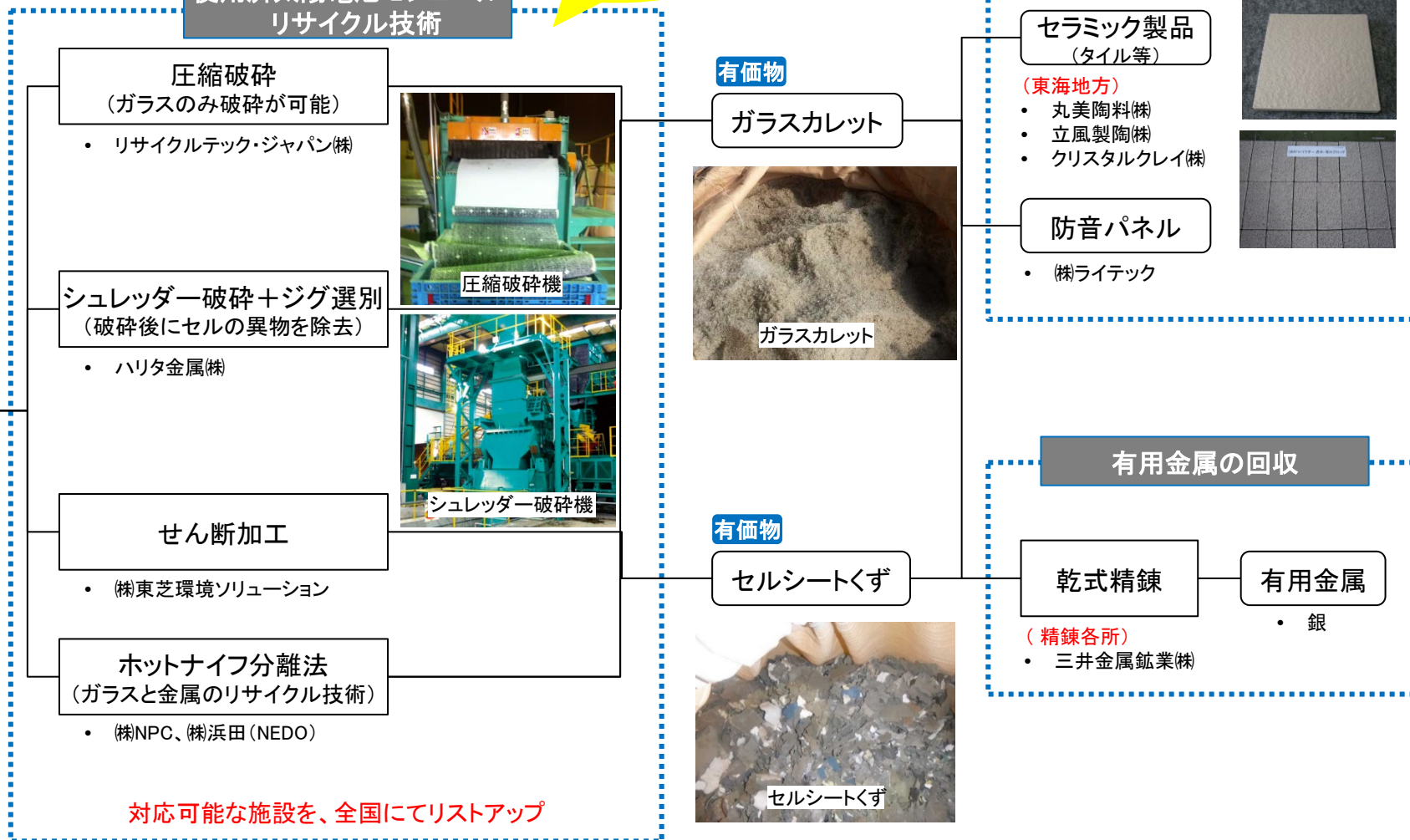
- セラミックタイル化の受入条件（異物混入率等）を満たすための処理工程にかかるコストの低減が必要である。
- セラミックタイル化にあたり、使用済太陽電池モジュールの薄膜（アルミナ系）のみ、他のガラスより溶解温度帯が高いため、混在使用でも構わないが混合比を一定にする必要がある。そこで、排出段階で使用済太陽電池モジュールの種類を把握し、仕分ける仕組みを作る必要がある。
- 使用済太陽電池モジュール由来のカレットを安定して原料として使用するために、受入前に、使用済太陽電池モジュールの種類、異物混入の内容や混入率、含水率、粒度等、性状に関する情報提供の仕組み作りが必要である。
- CIS/CIGSは**、セルシートに有害物質が含有されるほか、銀含有率が低く、ガラス処理における残さ率も高いことから、他との混合は避け、**別処理するのが望ましい。**

全国リサイクルシステムの構築に向けた検討

● リサイクルシステムの体制イメージ

【条件】
ガラスカレット: 有価物
セルシート: 有価物

使用済太陽電池モジュール
リサイクル技術

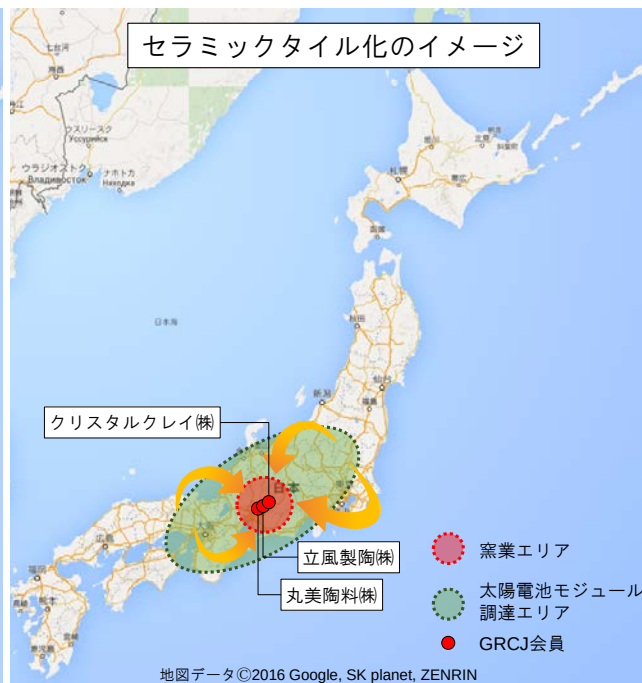


全国リサイクルシステムの構築に向けた検討

● リサイクル施設



太陽電池モジュールのリサイクル施設候補は、家電リサイクル施設や小型家電リサイクル施設等、破碎と選別能力を備えた施設が候補として考えられる。



セラミックタイル化が可能な施設は、東海の窯業が盛んな地域に集中しているため、運搬コストを考慮すると、まずは関東、中部、近畿地方にて排出された使用済太陽電池モジュールのリサイクル用途となるのではないかと考えられる。



セルシートについては、銀評価と有害物質の処理対応の両方が可能な施設は、本実証事業体制内では、神岡鉱業、三井金属鉱業竹原事業所となる。従って、関東、中部、近畿地方にて発生した使用済太陽電池モジュール由来のセルシートの受入先となるのではないかと考えられる。

環境負荷低減効果の検証（東京大学 醍醐市朗准教授監修） CO₂排出量算定結果（東京工業大学湯浅研究室実施）

➤ セラミックタイル製品化における1tあたりのCO₂削減量

項目		排出量	単位
A	ベースライン(現状)の排出量	使用済太陽電池モジュールの乾式製錬による処理 製錬スラグの路盤材化	326 Kg-CO ₂ /t
B	事業(本処理工程)実施時の代替分	長石を原料としたセラミックタイルの製造	1,138 Kg-CO ₂ /t
C	事業(本処理工程)実施時の排出量	使用済太陽電池モジュールの破碎・選別処理 ガラスカレットを原料としたセラミックタイルの製品化	980 Kg-CO ₂ /t
D	ベースライン(現状)の代替分	採石からの路盤材化	6 Kg-CO ₂ /t
CO ₂ 削減効果(A+B)-(C+D)		478	Kg-CO ₂ /t

➤ セラミックブロック製品化における1tあたりのCO₂削減量

項目		排出量	単位
A	ベースライン(現状)の排出量	使用済太陽電池モジュールの乾式製錬による処理	325 Kg-CO ₂ /t
B	事業(本処理工程)実施時の代替分	ガラスびんを原料としたセラミックブロックの製造	1,762 Kg-CO ₂ /t
C	事業(本処理工程)実施時の排出量	本処理工程によるセラミックブロック化	1,905 Kg-CO ₂ /t
D	ベースライン(現状)の代替分	採石からの路盤材化	6 Kg-CO ₂ /t
CO ₂ 削減効果(A+B)-(C+D)		177	Kg-CO ₂ /t

➤ 防音パネル製品化における1tあたりのCO₂削減量

項目		排出量	単位
A	ベースライン(現状)の排出量	使用済太陽光モジュールの乾式製錬による処理	326 Kg-CO ₂ /t
B	事業(本処理工程)実施時の代替分	ワイヤー除去ガラスを原料とした防音パネルの製造	106 Kg-CO ₂ /t
C	事業(本処理工程)実施時の排出量	本処理工程による防音パネル化	229 Kg-CO ₂ /t
D	ベースライン(現状)の代替分	採石からの路盤材化	6 Kg-CO ₂ /t
CO ₂ 削減効果(A+B)-(C+D)		196	Kg-CO ₂ /t

事業終了後の検討項目・スケジュール等

● 事業化に向けた今後の検討項目、目標スケジュール

(リサイクル)

- 破碎・選別工程のコスト低減を行い、採算ベースに乗る手法の確立を早期に行う。
- セラミック製品化において、採算ベースに乗る原料調合レシピの詳細検討を早期に行う。
- 受入設備について、破碎・選別工程では設備工夫（設備改修、設備投資等）が必要。一方、セラミックタイル化は既存設備で受入可能。
- 使用済太陽電池モジュールのリサイクル体制を全国的に構築し、リサイクル運用を図る。
- 2020年東京オリンピックでの施工資材としてリサイクル製品が活用されるよう、働きかけを行う。

(リユース)

- 使用済太陽電池モジュール調達の仕組みづくりとして、現場での簡易診断、運搬方法、詳細診断、用途決定のための基準策定等、事業化のための詳細検討を行う。
- 用途別に求められる発電量、必要となる太陽電池モジュール出力値、枚数、周辺設備の選定基準を策定する。
- 用途別、ニーズに合わせた組み合わせを元に、収益性の検討を行う。
- 3年以内にリユースユニットの国内外への販売事業の展開を図る。