

事業概要

1. 目的

太陽光発電の普及に伴い、使用済みシステムの大量発生が予想され、リサイクル技術の実用化を着実に進めることが必要である。本プロジェクトは、従来検討した『合わせガラス型』に加え、全世界における95%以上の生産量である『結晶シリコン太陽電池モジュール』まで対象範囲を広げ、前プロジェクトで開発した技術を応用し、低環境負荷でのマテリアルリサイクルを実証することを目的とする。

2. 期間

2020年7月8日～2025年3月31日

3. 最終目標

結晶シリコン及びCIS太陽電池モジュールに対し、ガラス及び樹脂材料のマテリアルリサイクルが可能な処理技術開発及び、リサイクル物の用途開発とそれに適合する品質評価技術開発を行う事で、結晶シリコン及びCIS太陽電池モジュールのマテリアルリサイクル率80%、売却益を含む分解処理コスト3円/Wの処理技術を実証する。

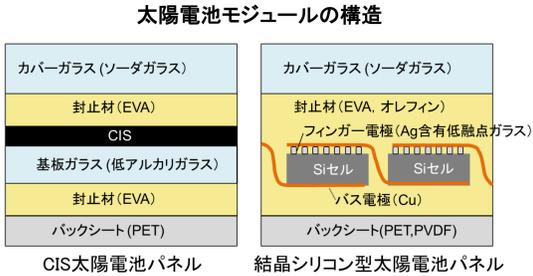
4. 成果

結晶シリコン型太陽電池およびCIS型太陽電池モジュールに対し、剥離、分解、選別、抽出などの比較的低エネルギーな分離手法によるマテリアルリサイクルプロセス開発と、生成したマテリアルの用途開拓を行った。30種類以上の結晶シリコンモジュールの構造、マテリアルを解析し、前プロジェクトにおいて開発した技術を基軸としたプロセスおよび、用途と市場を勘案した新たなマテリアル回収技術を開発した。その結果、大量排出期において潤沢に処理パネルが排出される環境と、200 MW/年の大型処理施設にて処理を行う前提にて、マテリアルリサイクル率92%およびリサイクルコスト2.7円/W(35.7円/kg)の試算結果を得た。特にカバーガラスのコンクリート骨材用途においては、ASR等の問題を宮崎大学とクリアし、企業とコンクリート2次製品開発を行った結果、JISの製品規定を満足し、みやざきリサイクル製品認定へのエントリー可能な段階に到達した。

1. 開発対象とリサイクルプロセスフロー

結晶シリコンパネルのカバーガラスおよびバックシートの分析

今回開発したプロセスフロー



CIS: 銅 (Cu)、インジウム (In)、セレン (Se) を含有
Seの溶出量基準値は0.01mg/L 以下

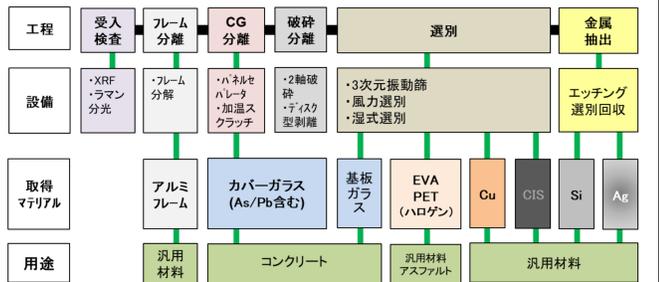
28種類の結晶シリコン太陽電池パネルをXRFおよびラマン分光法により解析

メーカー	型格	カバーガラス 規制元素含有量(ppm)			BS材料	メーカー	型格	カバーガラス 規制元素含有量(ppm)			BS材料	
		As	Pb	Sb				As	Pb	Sb		
A社	A-1	10	6	1,962	PET	15	E社	E-1	26	12	2,363	PET
	A-2	ND	ND	2,645	PET	16	F社	F-1	ND	15	3,710	PET
	A-3	ND	10	2,621	PET	17	G社	G-1	36	21	2,331	PVDF
	A-4	ND	ND	2,602	PET	18	H社	H-1	ND	ND	2,000	PVDF
	A-5	ND	ND	2,732	PET	19	H社	H-2	ND	ND	2,000	PVDF
	A-6	ND	ND	2,549	PET	20	H社	H-3	23	11	1,871	PVDF
B社	B-1	53	6	1,918	PET	21	I社	I-1	ND	ND	2,036	PET
	B-2	ND	ND	1,925	PET	22	I社	I-2	ND	ND	2,079	PVDF
	B-3	ND	ND	2,634	PET	23	J社	J-1	ND	ND	2,019	PVDF
C社	C-1	ND	ND	2,156	PET	24	J社	J-2	ND	ND	2,073	PVDF
	C-2	ND	ND	2,562	PET	25	K社	K-1	42	ND	2,373	PET
	C-3	ND	ND	2,631	PET	26	L社	L-1	ND	6	1,695	PET
	C-4	ND	ND	1,849	PET	27	M社	M-1	8	ND	1,962	PET
D社	D-1	ND	ND	1,816	PET	28	N社	N-1	ND	ND	2,564	PVDF

カバーガラス含有物質		
As	Pb	Sb
7/28=25%	8/28=29%	全数=100%

- As、Pbが約30%のパネルに混入、Sbは全数に混入
- フッ化物(PVDF)を用いたBS(バックシート)は約30%に適用
- フッ化物BSは海外製品(G社～N社)に適用例が多い

- 市場規模と汎用性を考慮したマテリアル用途開拓
- ガラス、セルシートおよびCIS全てのマテリアルリサイクルを検討
- 基本プロセスを共有しながらパネル構造に応じたマテリアル採取



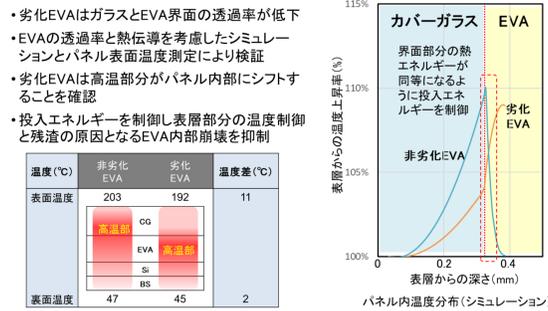
2. 新たなカバーガラスの分離技術としてパネルセパレータの開発

パネルセパレータの概要



剥離に係るパネル内温度分布を検討

パネル内の温度プロファイルをシミュレーションと実測により解析し、プロセス条件にフィードバック



パネルセパレータの処理によるEVA残渣の定量化

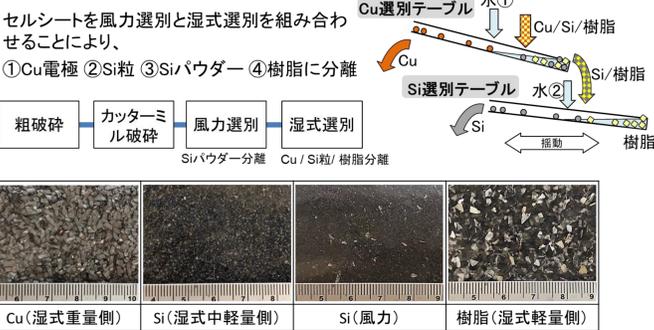
残渣を撮影し、画像処理ソフトを使って2値化し面積定量化

項目	結晶シリコンパネル(代表例)		
	CIS	京セラ	長州産業
カバーガラス外観			
画像解析 ※白色部: 残渣あり			
封止材残渣率	0.3%~6.0%	0.5%	4.7%

EVA残り面積率5%程度(平均値) 体積=20cm³(残渣EVA厚 0.3mmと仮定)
ガラスに対する比率=180ppm程度(平均値)

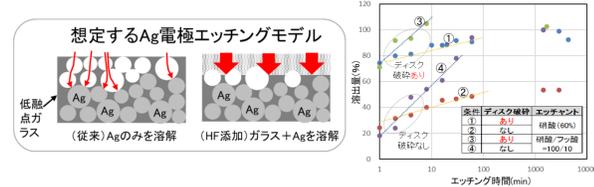
3. セルシート内マテリアルおよびCISの分離回収技術開発

セルシート内マテリアル分離技術開発



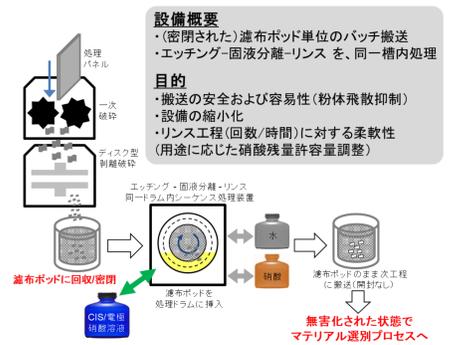
フィンガー電極からAgの抽出プロセス開発

結晶型シリコンパネルに対し、ディスク型破碎設備とエッチャント(硝酸または硝酸/フッ酸=100/10)の影響を浸漬時間に対する溶液中のAg濃度をICP分析により調査



CISおよびAgの抽出設備の開発

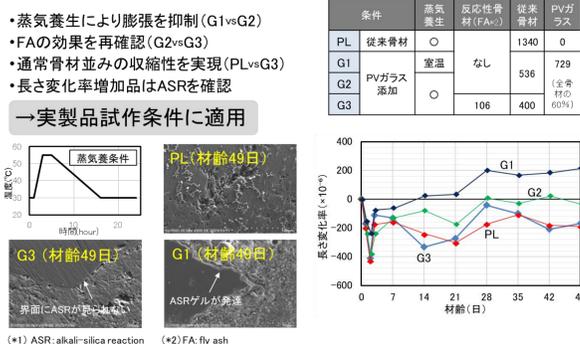
有害粉塵対策および用途に応じたプロセスの柔軟性向上



4. 用途開拓

PVガラスを骨材としたコンクリート2次製品の開発

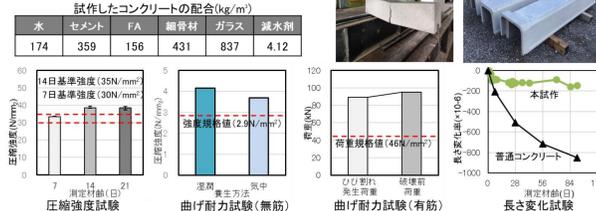
コンクリートのASR(*1)抑制について過去の骨材組成データと養生条件の効果を確認(実製品の蒸気養生設備を用いてASRの比較が容易な長さ変化率を調査)



基礎検討を基に実製品の工場にて試作

- 試作製品：①地先境界ブロック(無筋) ②U字側溝(有筋)
- 圧縮強度、曲げ強度、荷重試験においてJIS基準をクリア
- 長さ変化率は普通コンクリートと比較し安定方向

製品製造企業と共同で宮崎リサイクル製品認定へエントリー予定



回収したマテリアルのリサイクル率試算結果と想定した用途

マテリアル	リサイクル率(%)	マテリアル	用途	回収プロセス
ガラス	91%	カバーガラス(As,Pb含む)	コンクリート骨材	パネルセパレータ
		基板ガラス		篩、風力選別
樹脂	98%(*2)	EVA PET ハロゲン化合物	アスファルト骨材	比重選別
			油化	
金属半導体	91%	Cu	汎用	硝酸溶解回収
		Ag		硝酸溶解回収
		CIS		塩化揮発法回収
		アルミフレーム		フレーム解体
Si結晶	鉄鋼精錬還元剤	風力および湿式選別		
Total	92%(*3)			

(*1) リサイクル率=用途別要求純度への選別効率/各マテリアル(重量比)処理モジュール比率: 破砕品90%、破砕無し品10%
(*2) 油化を行った場合のリサイクル率は50%
(*3) Totalのリサイクル率=各マテリアルのリサイクル率×モジュール内の各マテリアル存在比率の合計値
樹脂のリサイクルにおいて油化を採用した場合は8%