

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.2-6

太陽光発電主力電源化推進技術開発/
太陽光発電の長期安定電源化技術開発/
太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発/

太陽電池モジュールの低温熱分解法による リサイクル技術開発

発表：2025年7月16日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

山下 丈晴

(株)トクヤマ

問い合わせ先 株式会社トクヤマ E-mail: t.yamashita.4n@tokuyamagr.com TEL: 011-375-1077

事業概要

1. 目的

太陽光発電システムは多様な環境に設置されるようになってきているが、発電事業終了後の設備廃棄等に対する地元の懸念や長期安定な発電に対する懸念が生じている。調達価格の低減が進んでいることから、正しく処理が行われるための更なる処理コストの低減やリサイクルコストの低減が必要となってきた。こうした背景を受け、本事業では太陽電池マテリアルリサイクル要素技術開発を行う。本研究では、分解処理可能な太陽電池モジュールの種類を限定することで、低コスト専用分解処理技術を開発する。

2. 期間

2020年7月8日～2025年3月31日

3. 目標（中間・最終）

実モジュールサイズの実証プラントを構築し、連続運転で以下の性能を満たすこと。分離処理コスト3円/W以下の分離技術であること。

- ・資源回収率80%以上の分離技術であること。
- ・太陽電池モジュール由来の回収物のマテリアルリサイクル技術を開発し以下の条件を満たすこと。

太陽電池モジュールからガラスを割らずに分離する技術を開発すること

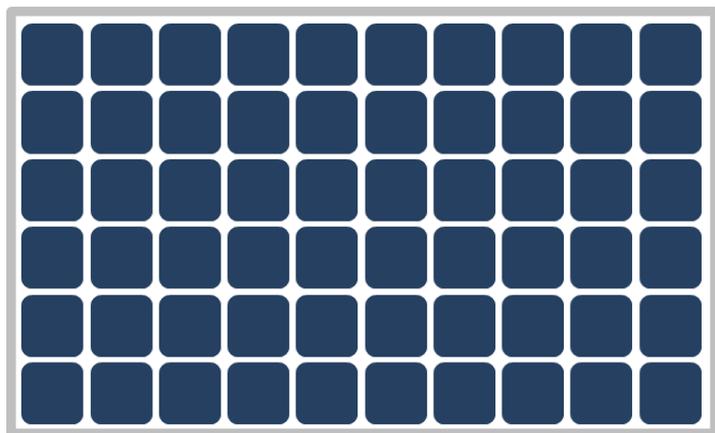
太陽電池モジュール由来のガラスやセルシート等をマテリアルリサイクルできること

4. 成果・進捗概要

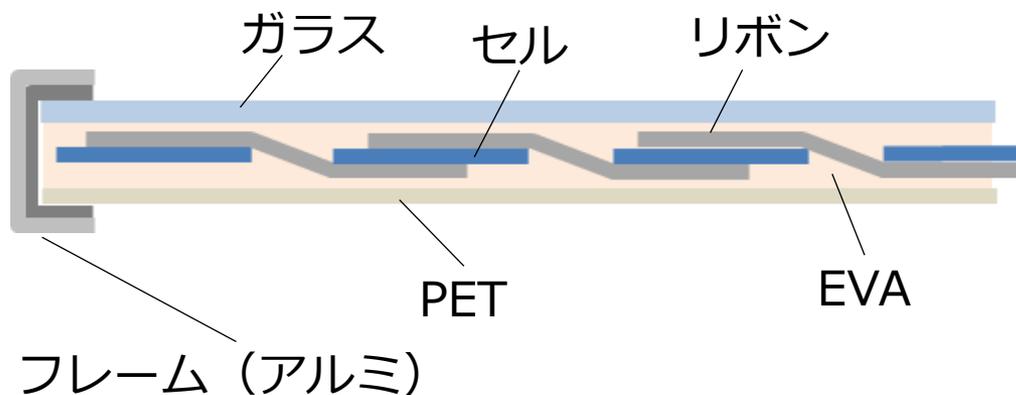
投入⇒アルミ枠除去⇒熱分解⇒選別までの全体工程の全自動化を完成させて、熱分解の処理速度15枚/hrを達成。省人化を実現した。熱分解処理後のガラスを板ガラスへのリサイクル原料として、30tの評価テスト用のサンプルを準備、板ガラスメーカーへ供給し、うち5tをフロート板ガラス向けリサイクル実証試験を行い、製品化に成功した。ダメージパネルのガラスの処理工程の完成とその品質の育成を実施。セルからのシリコンリサイクルの検討を進めている。

1. 開発概要

➤ 太陽電池モジュールの構造



断面図



リサイクル処理するには、、、

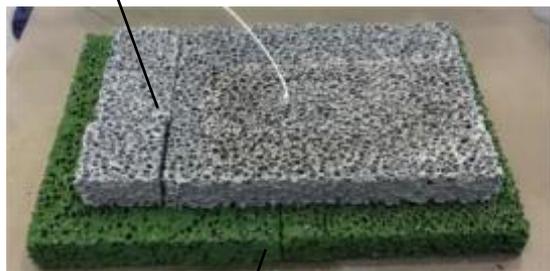
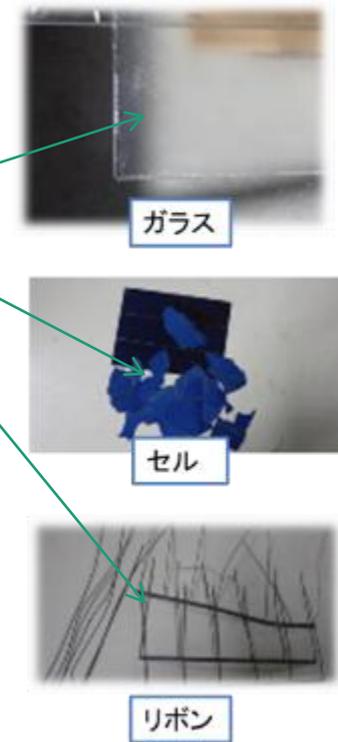
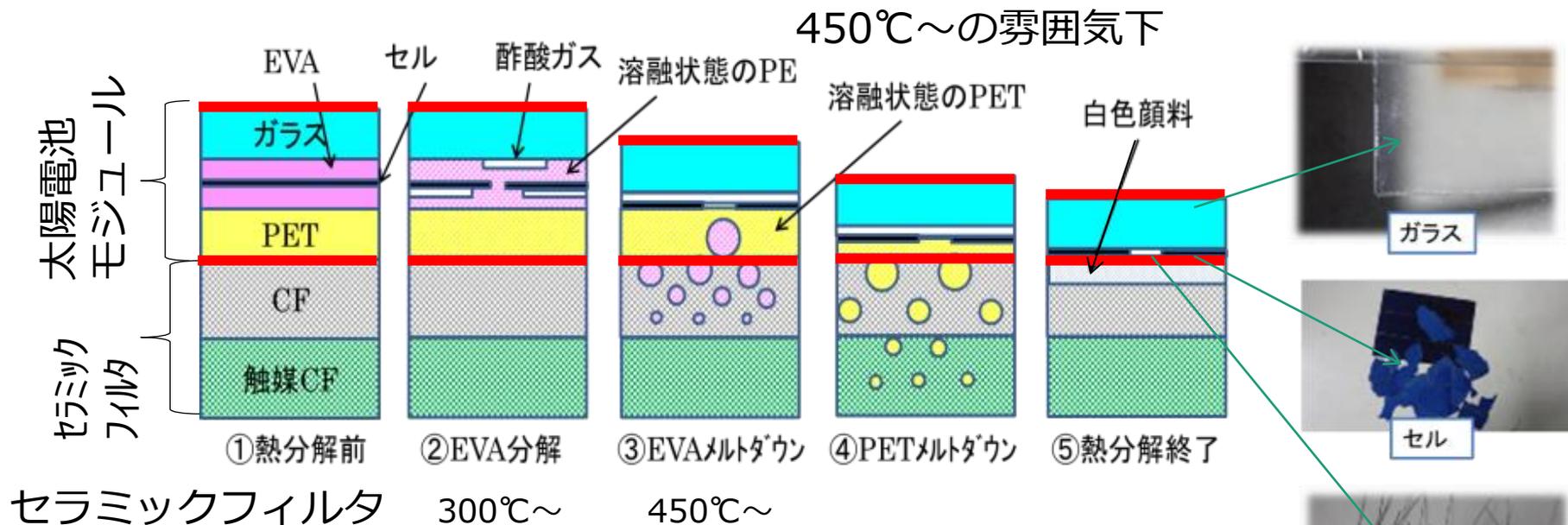
フレームは解体してアルミとして再生可能だけど、、、

モジュール部分は、

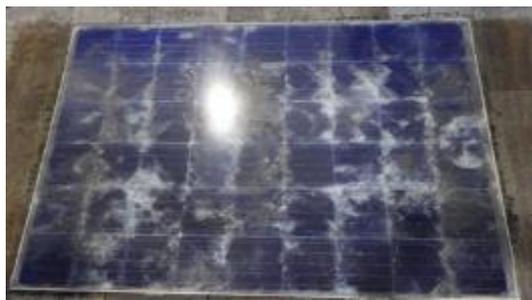
ガラス、樹脂（EVA/PET）、セル、リボンが強固に結合しており解体分離が非常に困難！

1. 開発概要

トクヤマの低温熱分解法



触媒を添着したセラミックフィルタ

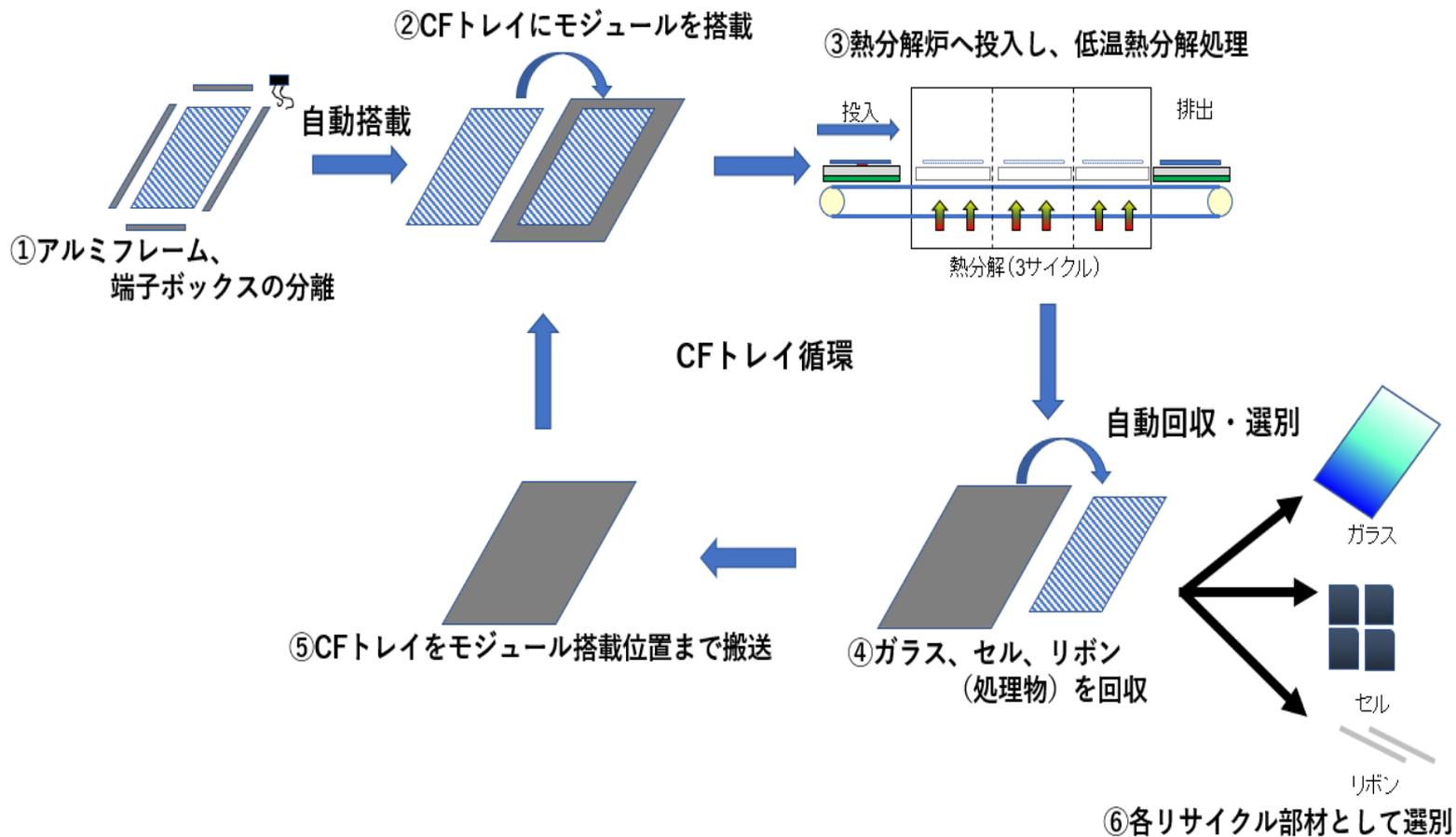


熱分解後の太陽電池モジュール

一度の処理でガラス・セル・リボンを分離できる

1. 開発概要

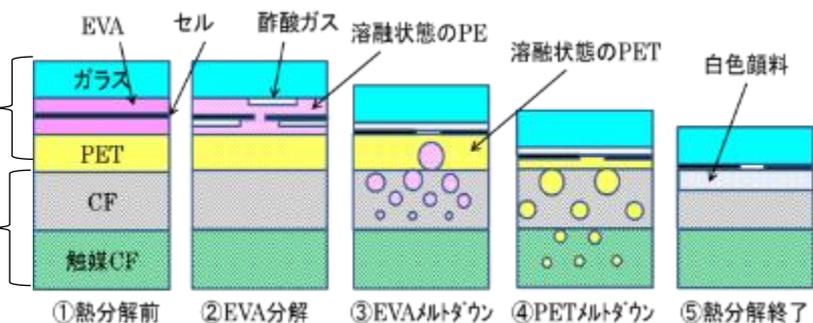
～熱分解処理のながれ～



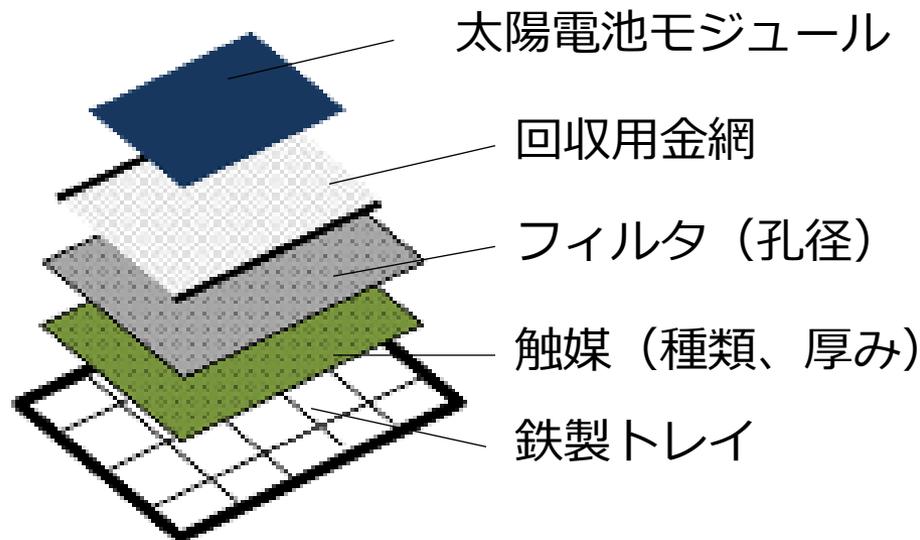
1. 開発概要

～開発項目について～

分離技術の確立

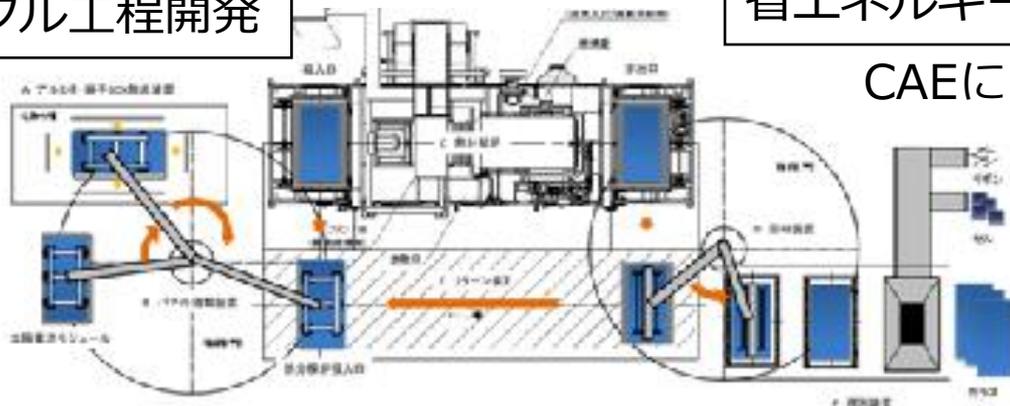


最適化されたフィルタ開発



処理時間、温度管理、モジュール材質、

リサイクル工程開発



省エネルギープロセスの開発

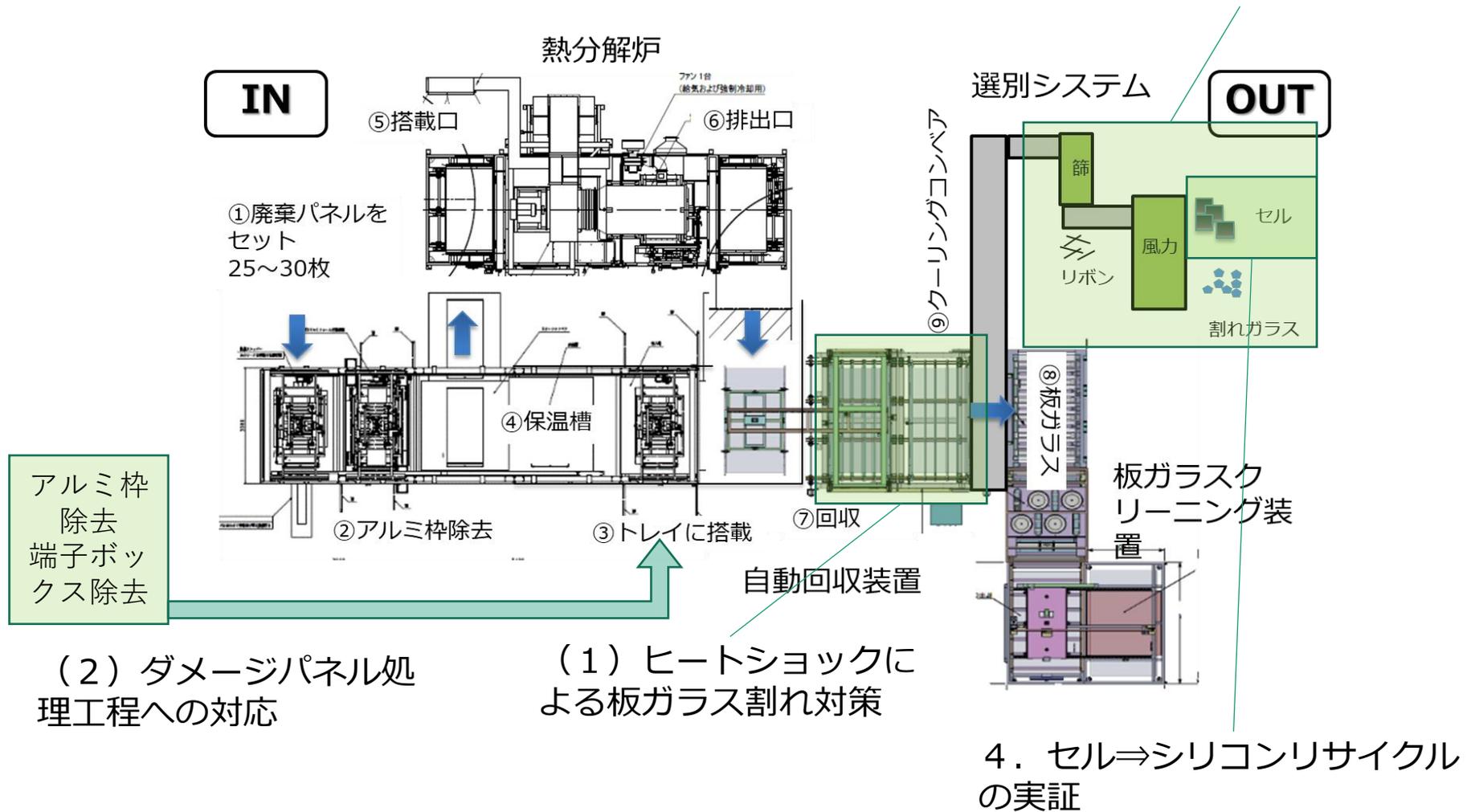
CAEによる熱効率化検証

マテリアルリサイクルの開発

3. 成果報告

～太陽光パネルリサイクルシステムの全体工程～

(3) 破碎ガラス⇒板ガラスへのリサイクル実証



3. 成果報告

(1) ヒートショックによる板ガラス割れ対策

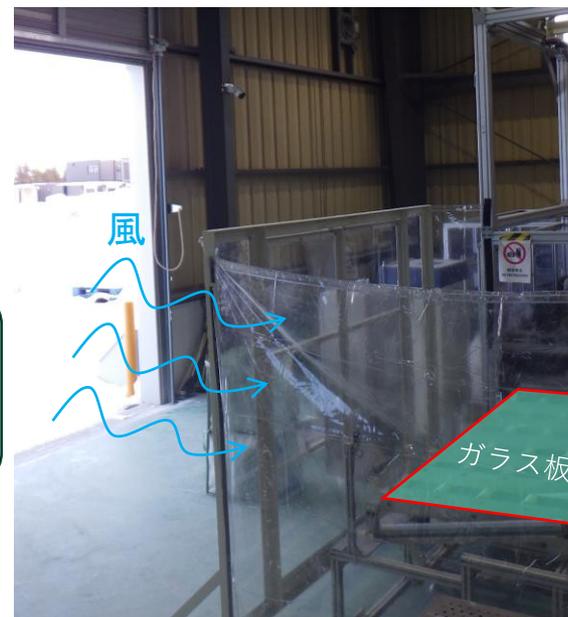
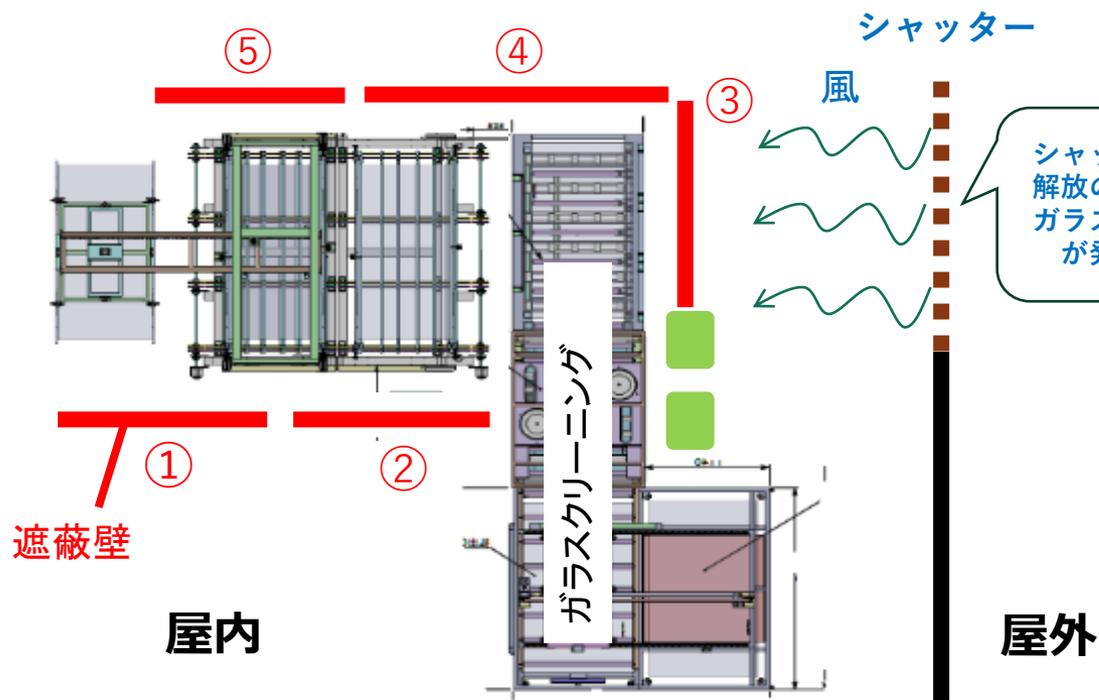


図1.シャッター開放の様子

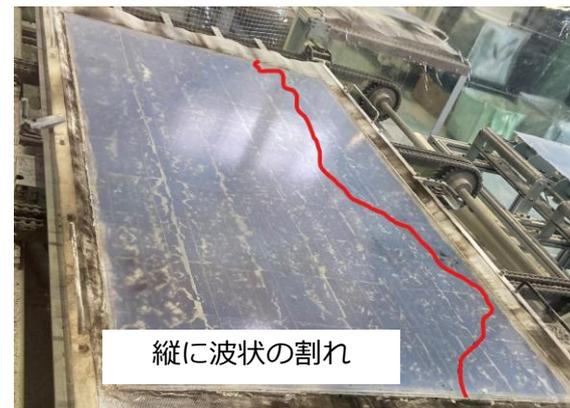


図2. 風によるヒートショック割れ



3. 成果報告

(1) ヒートショックによる板ガラス割れ対策

シャッター開放状態の最悪条件で遮蔽壁の効果を確認 (工程内温度は3～7℃)

- ① 遮蔽壁がない場合は、ヒートショックによる割れが**半数以上発生**
- ② 遮蔽壁を設けた場合、以下のように大きく低減することを確認

ガラス割れの発生確率： 6%

3. 成果報告

(2) ダメージパネル処理工程への対応

自動化工程内では処理できないダメージによる変形したパネルや異形パネルをオフラインでセミオートで処理を行う



アルミ粹
除去装置



端子ボックス
除去装置

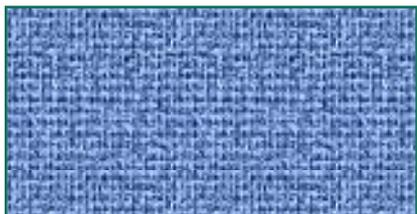
本装置の導入により、熱分解炉（1×2 m以内）に対応するほぼすべてのパネルの処理が可能となった

3. 成果報告

(3) 破碎ガラス⇒板ガラスへのリサイクル実証

ダメージパネル
ガラスが 1 cm程度の粒上

異物混入の回避



災害等によるもの

アルミ枠・端子
ボックス除去

熱分解

粒状ガラスと
セル、リボン



処理後

導入予定

風力選別

篩

エアテー
ブル

金属
検知器

セル

リボン

セル

金属片



3. 成果報告

(3) 破碎ガラス⇒板ガラスへのリサイクル実証

エアテーブルから選別されたガラス



ガラスの拡大写真



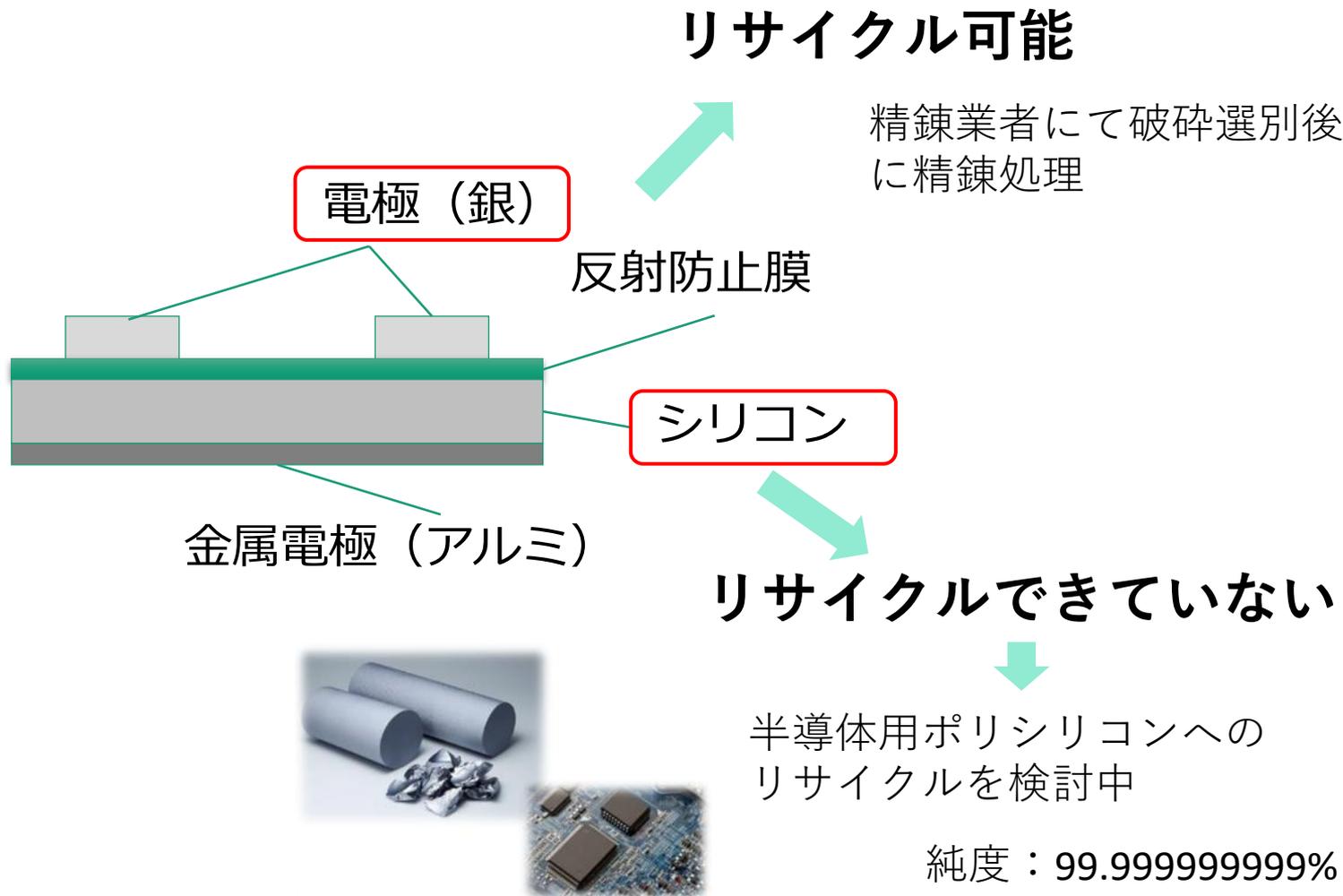
異物混入率

改善前 63ppm ⇒ **改善後 8.6ppm**
(金属検知器無し)

安定的にきれいな状態での選別ができるようになったが、半田ボール等の金属片の混入を回避するために金属検知器の導入を予定⇒ガラス実証テストへ

3. 成果報告

(4) セル⇒シリコンリサイクルの実証



現状は、電極材である銀を取り出しているだけ
半導体用ポリシリコンへのリサイクルへ

3. 成果報告

(4) セル⇒シリコンリサイクルの実証

評価のステップ

ステップ① 小型試験機で評価

セル

化学
処理

小型試験
反応機

シラン液

反応残渣粒子

廃ガス

セルに含む
ドーパント
系微量成分
の行方を確
認

ステップ①は完了

ステップ②
スケールアップテ
スト

ステップ①で品質
が認められた場合

反応機

シラン液

単蒸留

粗TCS液

品質評価

現状はステップ②：粗TCS液の半導体原料としての使用可否を判断中

3. 成果報告

(4) セル⇒シリコンリサイクルの実証

➤ 化学処理前後のPVセル中の主成分分析結果

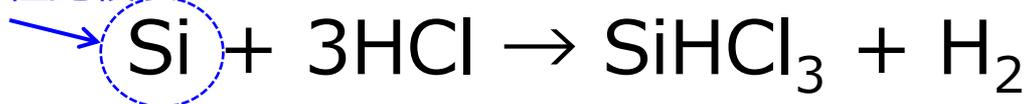
測定法	XRF (wt.%)	ICP-OES(酸溶解) (ppmw)	
元素	Al	Fe	Ca
化学処理前セル	13.3	37	77
化学処理後セル	ND	7	5

半導体原料として使用するには…

- Al濃度が高くそのままの使用は困難 ⇒ 化学処理などの前処理プロセス必須
- **電極由来等の微量成分**が検出 ⇒ 実機への影響不明・除害に課題
- **その他ドーパント系の微量成分**は現行サンプルでは問題なし

小型試験器での回収PVセルの利用可否検討

金属珪素との反応性比較



- 化学処理(Al除去)、触媒添加により**金属珪素同程度の反応性確認**
- ただし、表面反射材(Si₃N₄)が未反応で残渣として残る
⇒実機では反応性・蓄積等で悪影響を及ぼす懸念あり
- 小型反応器での微量成分評価はマテリアルバランス上は良好

4. まとめ

最終的に以下目標を達成した

分解処理コスト	3円/W以下	⇒	2.06円/W
マテリアルリサイクル率	80%以上	⇒	88%

<今後の課題>

以下については、2024年度中に終了できておらず、継続して実証活動を進めていく。

ダメージパネルの板ガラスへのリサイクル実証

セル⇒シリコンリサイクルの実証

For the People of Tomorrow

TOKUYAMA 