

# 合わせガラス型太陽電池の低コスト分解処理技術実証

(太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト / 低コスト分解処理技術実証)

原田 秀樹

ソーラーフロンティア(株)

宮崎県工業技術センター(再委託)

発表日:2019年10月17日

問い合わせ先

ソーラーフロンティア株式会社

E-mail : [hideki.harada@solar-frontier.com](mailto:hideki.harada@solar-frontier.com)

TEL : 0985-77-7900

# 事業概要

---

## 1. 期間

開始:平成27年9月

終了:平成31年2月

## 2. 最終目標

従来の太陽光発電システムのリサイクル技術において、処理が困難な『合わせガラス型太陽電池モジュール』に対し、効率的で低コストなリサイクル処理技術を確立する。

具体的には、現在生産されている合わせガラスパネルの生産量を鑑み、約3600枚／日（年間200MW相当）処理におけるリサイクルコスト 5円/W（40円/kg）以下が達成可能なプロセスを策定する。（前提：パネル重量 20kg/枚、パネル出力 160W/枚）

## 3. 成果概要

- ・ <パネルセパレータ> + <CISの液相回収>によりプロセスを確立
- ・ CIS収率90%以上を確認
- ・ コスト目標値から30%以上削減し、3.4円/W（28円/kg）を達成

# プロセス概要

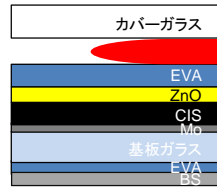
## ① 基板ガラスとカバーガラスの解体技術開発

## ② カバーガラスEVAの剥離技術開発

使用済みモジュール



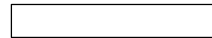
カバーガラス/EVA/CIS/  
基板ガラス/EVA/BS



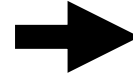
パネルセパレータによる  
パネル分断/EVA剥離



カバーガラス回収



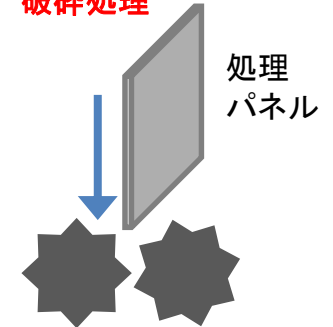
カバーガラス



基板ガラス(破断)



破碎処理



## ③ 基板ガラスEVAの剥離技術開発

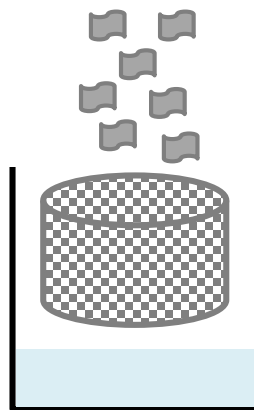
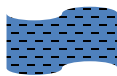
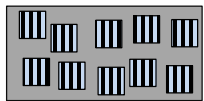
## ④ CIS膜の剥離技術開発

CIS回収

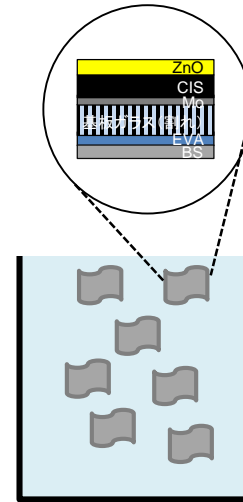
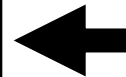
液相にて  
回収



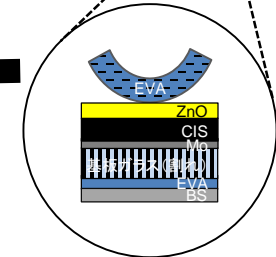
基板ガラス/BS/EVA廃却



固液分離処理



硝酸でZnO/CIS/Moを溶解  
(表面からエッチング)



EVAが  
剥離

# プロジェクトの達成状況

開発項目	最終目標	最終達成状況
① 基板ガラスとカバーガラスの解体技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>カバーガラス割れ率 <math>\leq 5\%</math></li> <li>処理時間 <math>\leq 100</math>秒/枚</li> </ul>	<p>パネルセパレータにて、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カバーガラス割れ率 <math>\leq 1\%</math> ……目標達成</li> <li>処理時間: 80秒/枚 ……目標達成</li> <li>20年相当の紫外線を照射したモジュールにてプロセスを確認</li> </ul>
② カバーガラスEVAの剥離技術開発		
③ 基板ガラスEVAの剥離技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理時間 <math>\leq 1.2</math>h/バッチ</li> <li>材料費 <math>\leq 1.12</math>円/W</li> </ul>	<p>CISの酸溶解プロセスにて、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>処理時間: 1.0h/バッチ ……目標達成</li> <li>材料費: 0.07円/W ……目標達成</li> </ul>
④ CIS膜の剥離回収技術開発		
⑤ 試作プラント構築、実証	各開発結果から得られたデータに基づいて試作プラントを構築	<p>上記プロセスにて、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>総数200枚超、連続120枚処理にてプロセスを確認</li> <li>試作プラントを基に大型基板に向けた量産設備仕様から200MW量産工場を策定し、トータル分解コスト算出に反映</li> </ul>

# プロジェクトの成果(1/11)

## 最終的な分解処理コストと開発アイテム

項 目	明 細	開始計画 時点	最終	単位	開発アイテム
処理費用	材料費	263,299	13,934	[k円/年]	硝酸溶解回収(有機溶剤なし)
	光熱水費	190,888	104,093	[k円/年]	効率的な加熱による基板分離 室温エッチング
	人件費	490,000	258,000	[k円/年]	プロセスタクト向上 設備の小型化、インライン化
	設備費	254,791	80,197	[k円/年]	設備の小型化、既製品の流用
	土地・建物費	185,050	103,450	[k円/年]	ワークの小型化、設備の小型化
	最終処分費	19,973	364,731	[k円/年]	基板ガラス、BSの廃棄
合 計	合 計	1,404,001	924,405	[k円/年]	
分解処理コスト (グロス)	有価物売却益を差引 き前のグロス単価	7.03	4.63	[円/W]	プロセスコスト低減を最優先 有価物の売却益に依存されないプ ロセスの開発
		58.0	38.1	[円/kg]	
有価物売却益	アルミフレーム, ガラ ス, CIS, リボン電極	404,145	248,651	[k円/年]	有価物売却益を現実に即して見直 し
分解処理コスト (ネット)	有価物売却益を差引 き後のネット単価	5.01	3.38	[円/W]	最終目標 (5円/W) (40円/kg) に対し大きく上回り達成
		41.3	27.9	[円/kg]	

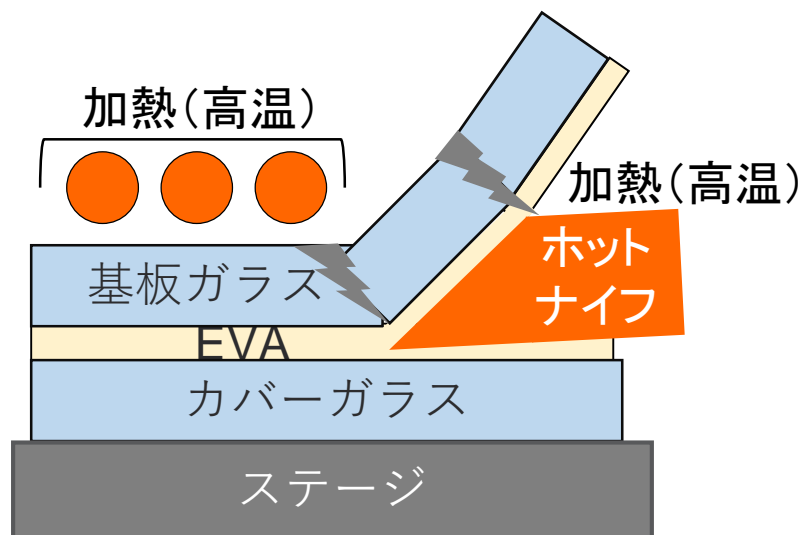
## パネルセパレータプロセス

### EVAとガラスの密着性を制御した新たな剥離法

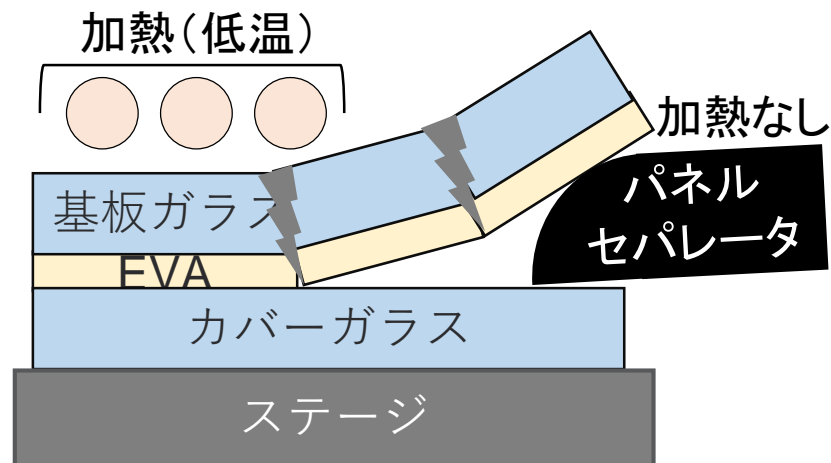
- EVAを<切断>するのではなく<剥がし>ている
- カバーガラスにEVA残渣が微小でそのままリサイクル可能

#### 設備開発の方向性

- ① カバーガラス/EVA界面温度制御
- ② EVA自身の温度制御
- ③ ステージ速度
- ④ セパレータ形状(角度)
- ⑤ EVA膜質(劣化EVA)



ホットナイフプロセス  
(EVAを溶融して切断)



パネルセパレータプロセス  
(EVAをガラス面から引き剥がし)

## パネルセパレータプロセスによるEVA剥離特性

パネルセパレータ処理のみでカバーガラス(CG)のエンボス内まで剥離

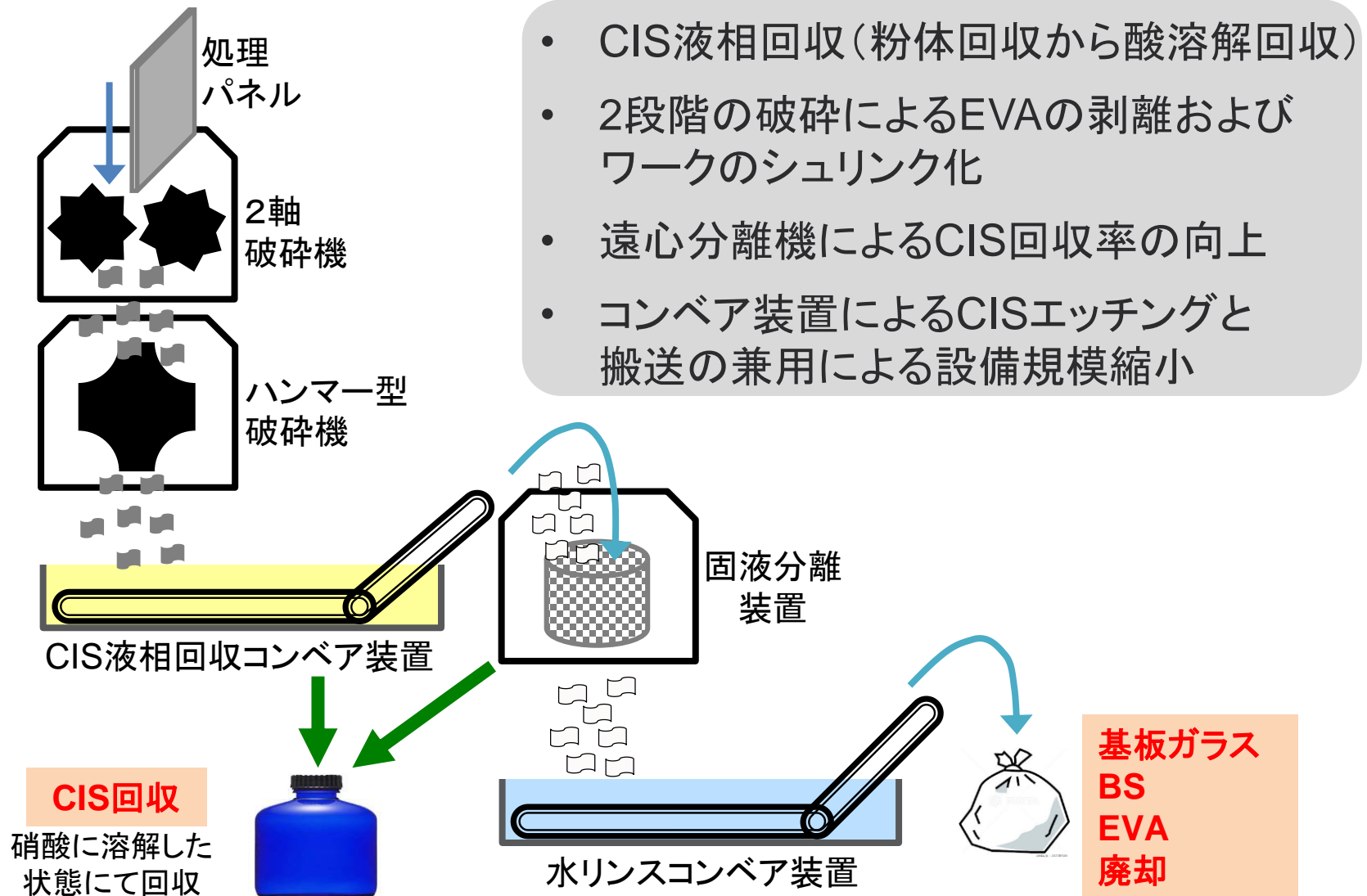
(制御因子)

- ガラスとEVA界面の温度制御
- 搬送速度
- セパレータ侵入角度



ステージ 速度	ブレード角度A			ブレード角度B		
	低温	EVA温度 →		低温	EVA温度 →	
		高温			高温	
3 mm/s						
12 mm/s (目標値)						
24 mm/s						

## CIS回収プロセスのコスト低減アイテム





## CISの回収プロセス検討

### 粉体回収から液相回収へ

プロセスコストの低減とCIS回収効率の安定化を目的として、  
酸溶解による液相回収を検討

### CIS回収方式比較

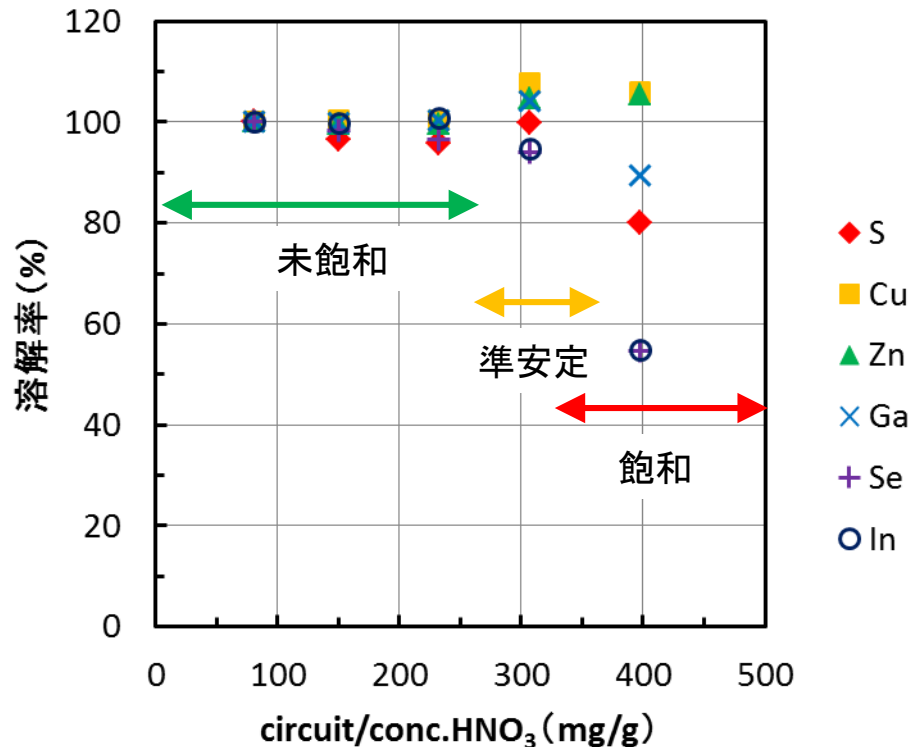
	粉体回収 (従来)	液相回収 (現在)
メリット	回収後のハンドリング	プロセスコスト (短手番)
デメリット	プロセスコスト (長手番)	CIS溶解液の運搬コスト
懸念事項	回収効率 (設備内への付着ロス)	回収効率 (溶解液の持ち出しロス)

## CISの回収プロセス検討

### 溶解液の飽和濃度

運搬コストを算出する為にCISの硝酸に対する飽和濃度を測定

CISデバイス構成元素の溶解率


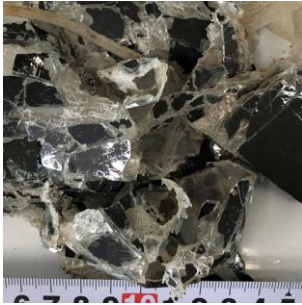
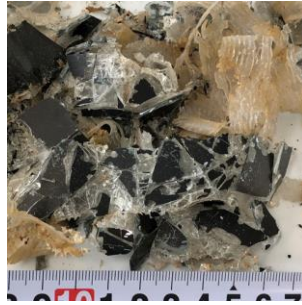

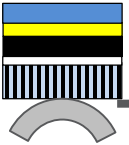
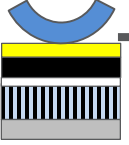
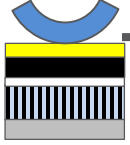
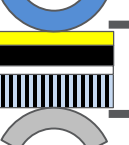


- CIS飽和濃度は30～40wt%
  - 200MW/年のリサイクル工場において4～5t/年に相当
- ⇒運搬コストは比較的リーズナブル

## CISの回収プロセス検討

### 処理パネルの破碎によるEVAの剥離とワークのシュリンク化

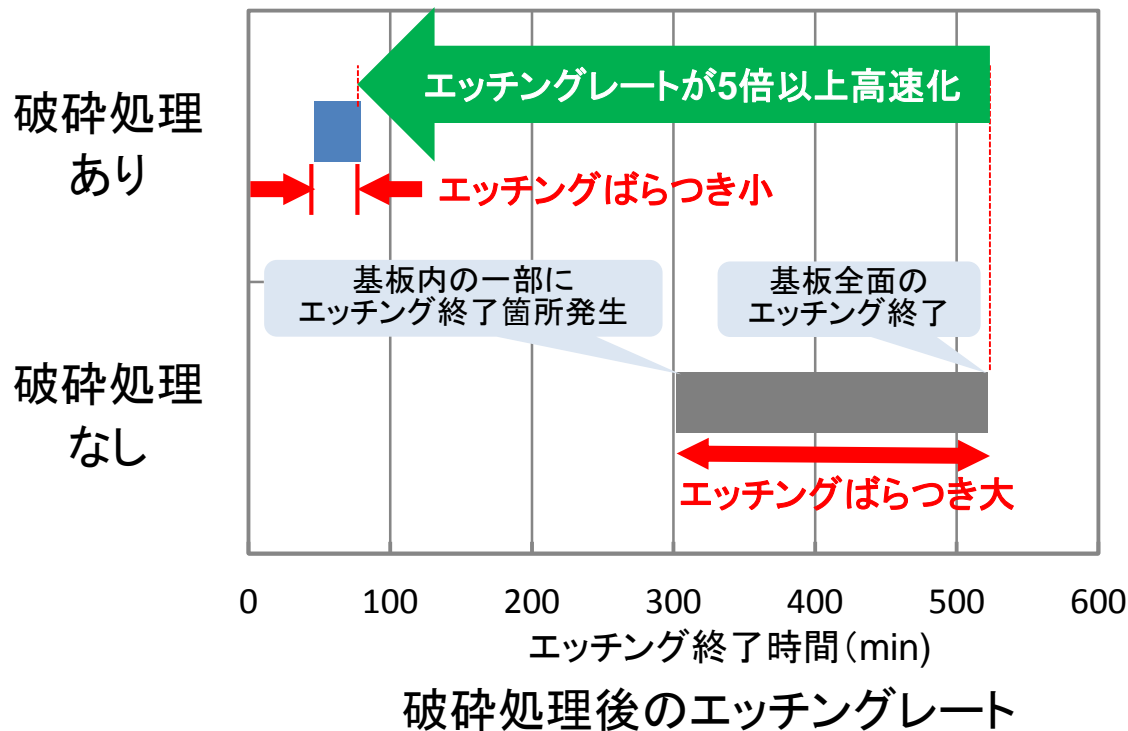
破碎方式により、EVAとガラスの剥離性と破碎形状が変化  
形状の安定した2軸型と剥離性に優れたハンマー型の2段階破碎を検討

破碎処理 方式	1軸破碎機(A社)	1軸破碎機(B社)	2軸破碎機	ハンマー型破碎機
	矩形型に排出 形状安定性:良	矩形型に排出 形状安定性:中	短冊形に排出 形状安定性:良	不定形に排出 形状安定性:悪
破碎後 の状態				
剥離 箇所	 基板ガラス BS	 EVA ZnO	 EVA ZnO	 EVA ZnO 基板ガラス BS
処理 タクト	数10s程度	数10s程度	2s程度	数10s程度

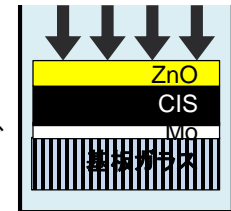
## CISの回収プロセス検討

### 破砕によるEVAの剥離効果

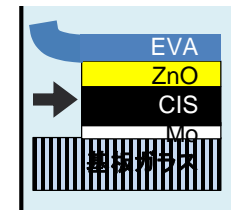
破砕したサンプルはエッチングレートが5倍以上高速化  
(リフトオフではなく表面からエッチングが進行)  
破砕処理によりエッチングばらつきが減少



破砕処理あり  
EVA剥離により  
表面からエッチング



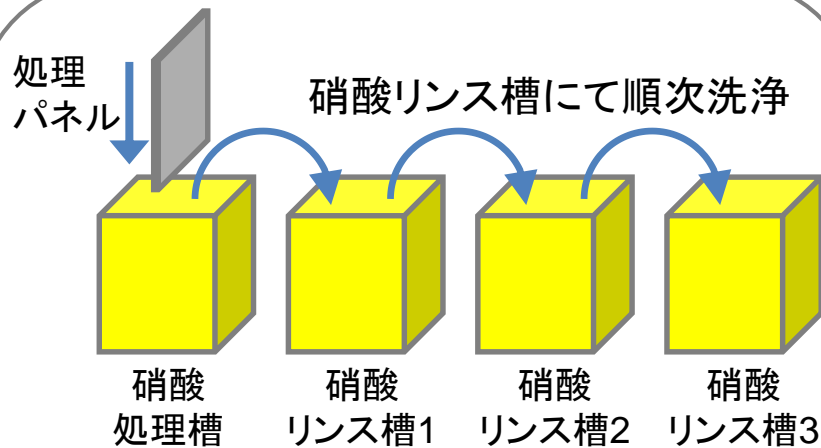
破砕処理なし  
リフトオフ  
(サイドエッチ)



## CISの回収プロセス検討

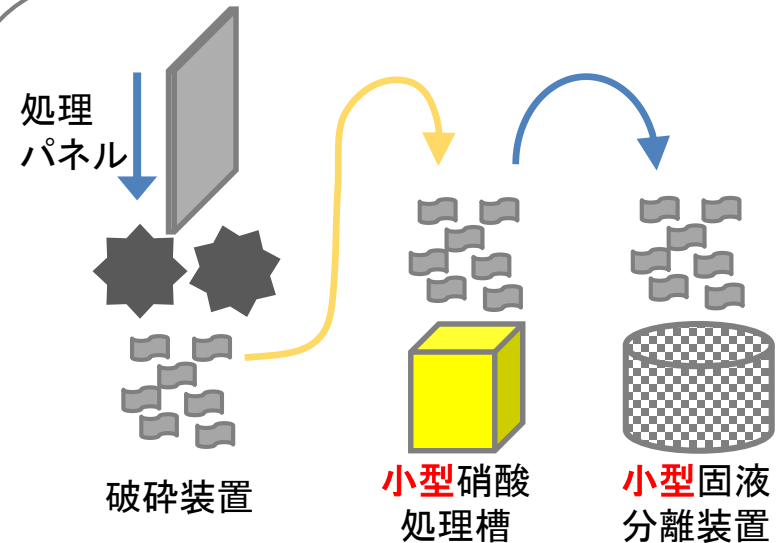
### 溶解液持ち出しロスとコスト低減の両立

ワークのシュリンク化および遠心分離装置の導入による  
設備の小型化と工程の短縮によるコスト低減を検討



#### リンス方式

処理パネルに付着のCIS溶解液を  
リンス槽にて順次洗浄回収



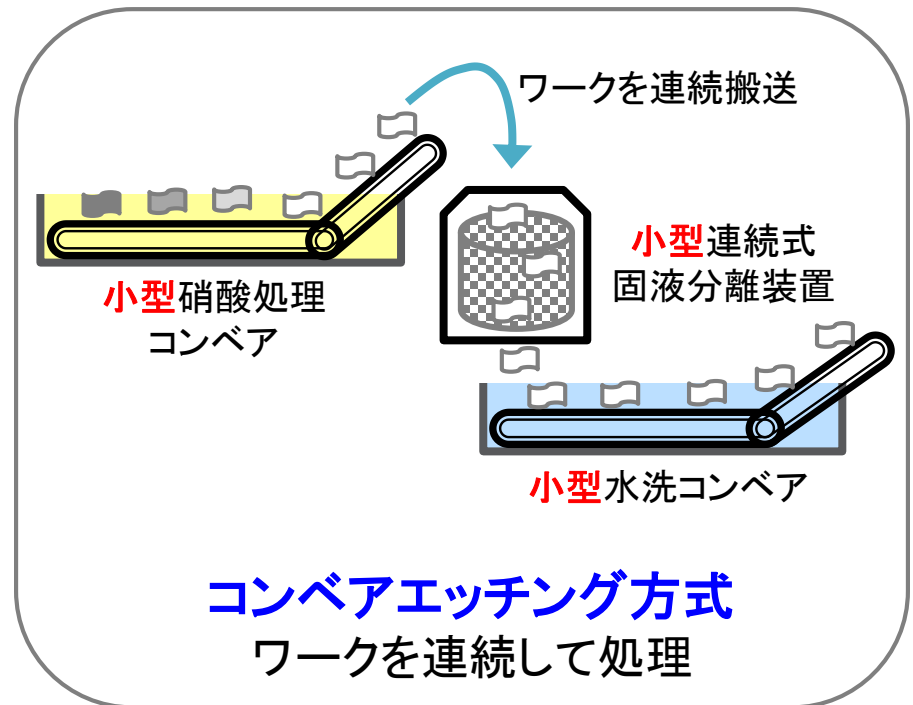
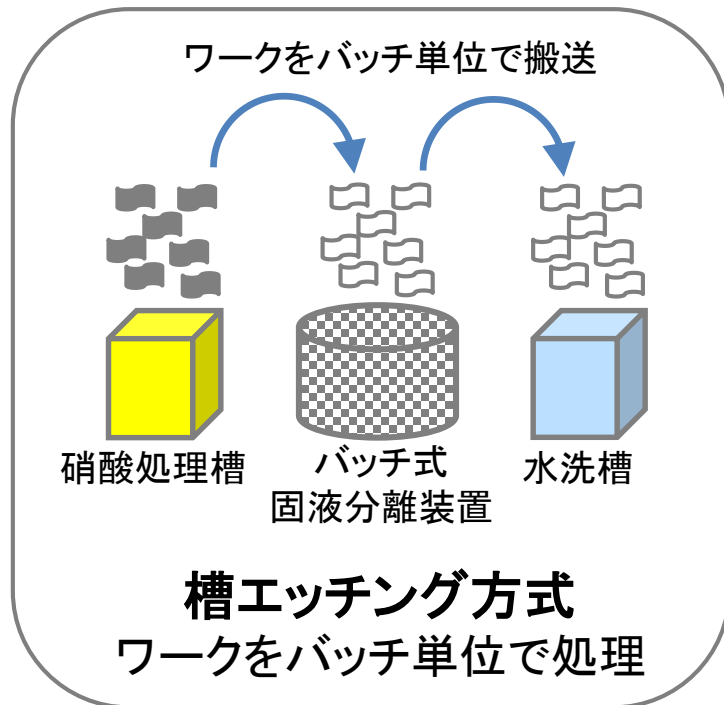
#### ワークの破碎+遠心分離方式

処理パネルを破碎し付着のCIS溶解液を  
遠心分離装置にて回収

## CISの回収プロセス検討

### CISエッチングと搬送の兼用による設備規模縮小

エッチング槽と搬送を兼ねたコンベアによる連続処理にて  
装置の小型化とそれに伴う設備コスト低減を検討



## 割れガラスモジュール処理

自然災害(地震、台風等)起因の影響により、割れて使用不能になった太陽電池モジュールが発生。通常の処理では基板がハンドリングできないため、割れパネル専用の処理ラインが必要。

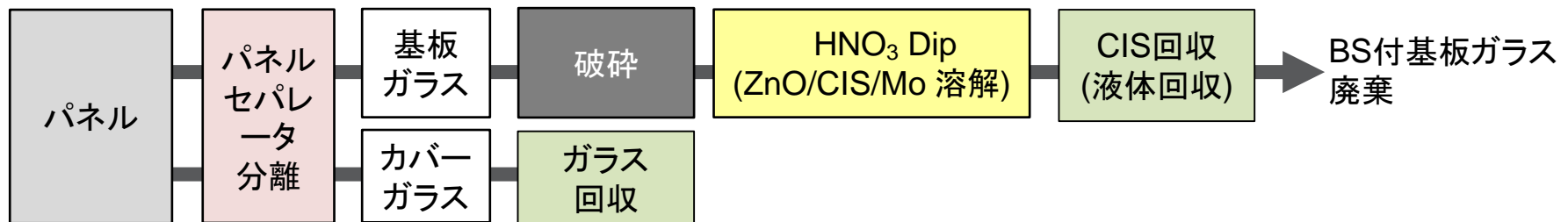
⇒基本プロセスを応用したプロセスを開発



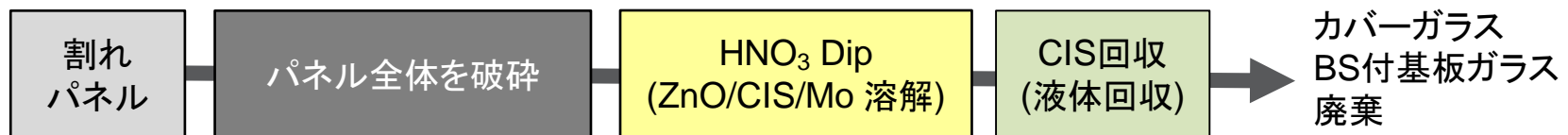
出展: 日経BP社

<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/news/16/083011447/?ST=msb>から引用

### (通常パネル処理)



### (割れパネル処理)



- リサイクル形態、品質を調査した結果を基に、有価物売却益に依らない、プロセスコストを優先した工程を構築
- <パネルセパレータ> + <CISの酸溶解>によりプロセスを確立
  - ① 密着性を制御するパネルセパレータプロセスにより低エネルギー印加とEVA残渣抑制を両立
  - ② ワークのシュリンク化によりプロセスタクトを短縮し設備を小型化および低価格化
  - ③ 固液分離処理によりCIS回収効率を向上し、プロセス手番の抑制
- 徹底した低コストプロセス + 現実的な利材価格にて、コスト目標値から30%以上削減し、3.4円/W (28円/kg) を達成