

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.A1-2-14

太陽電池モジュールのリサイクル動向

太陽光発電導入拡大等技術開発事業／
動向調査研究／太陽電池モジュールのリサイクルに関する動向調査

発表：2026年7月22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

発表者名：戸上亜美、塙優

*団体名：(株)三菱総合研究所、AGC(株)

問い合わせ先：(株)三菱総合研究所 GX本部 戸上亜美(E-mail:amtogami@mri.co.jp)

AGC(株)材料融合研究所 ガラス・セラミックス材料チーム 塙優(E-mail:yu.hanawa@agc.com)

調査背景・目的

● 背景

- 使用済太陽電池モジュールは2030年代後半以降に排出が顕著化し、ピーク時は年間約22～34万tに達する見通し。埋立回避と再資源化体制の整備が急務
- 2025年3月の合同会議報告を受け、2026年4月に「太陽電池廃棄物の再資源化等の推進に関する法律案」が閣議決定・国会提出

● 目的

- NEDOにおけるリサイクル技術開発の検討・目標設定等における基礎情報とすべく、国内外の状況(関係者動向、資源有効利用・適正処分、リユース・リパワリング等の排出量平準化)や、それを踏まえた排出量及び埋立処分量を推計を実施し、必要とされる技術開発等の具体的な方向性の検討に役立つ情報を整理する
- リサイクルや適正処理の促進に重要であり、ペロブスカイト太陽電池の競争力強化にも貢献しうるトレーサビリティの確保の在り方について、先行するEUの動向も参考にその在り方を検討する

調査項目と実施体制

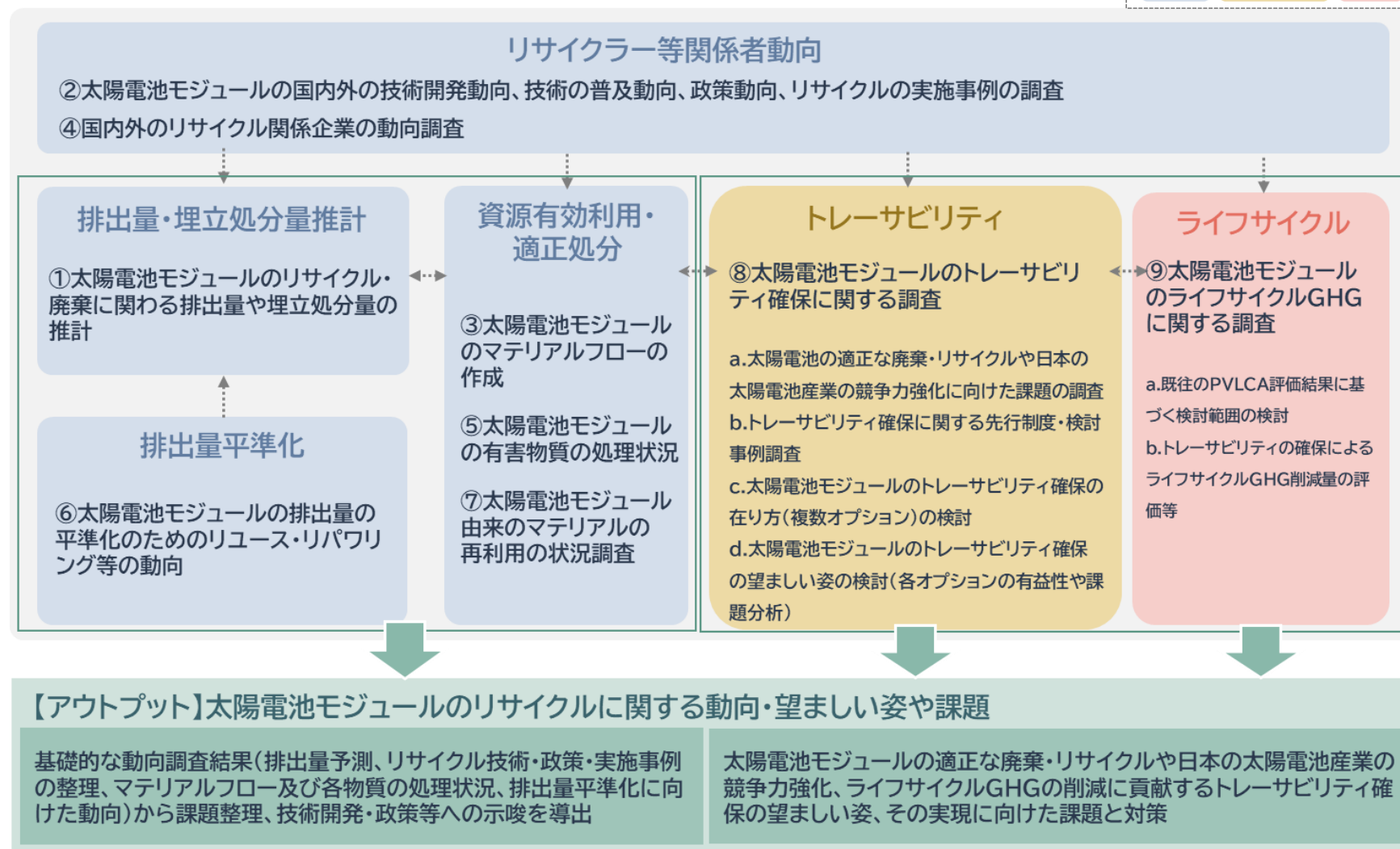
- みずほ銀行、三菱総合研究所、早稲田大学で共同して調査を実施。

凡例(担当)

MRI

みずほRT

早大



研究スケジュール

- 下記のスケジュールに基づき研究を進捗。
- ②技術開発動向等の調査、⑦マテリアルの再利用の状況調査について報告予定。

調査項目	2025年度				2026年度				2027年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①排出量・埋立処分量の推計												
②技術開発動向等の調査												
③マテリアルフローの作成												
④リサイクル関係企業の動向調査												
⑤有害物質の処理状況調査												
⑥リユース・リパワリング等の動向調査												
⑦マテリアルの再利用の状況調査												
⑧トレーサビリティ確保に関する調査												
⑨ライフサイクルGHGに関する調査												

太陽電池モジュールの 政策・技術開発動向

太陽光発電設備のリサイクル制度検討動向

- 2024年よりリサイクル義務化に向けた検討がなされており、2025年に一度法案提出が見送られたが、本国会にて可決される見込み

2024年9～12月	8回にわたり、産業構造審議会・中央環境審議会 合同会議でリサイクル義務化の法整備に向け議論
2025年3月末	「太陽光発電設備のリサイクル制度のあり方について」が環境大臣に意見具申 (2025年通常国会での法案提出を目指す)
2025年5月	2025年通常国会での法案提出を見送る方針が明らかに
2025年8月29日	浅尾環境大臣(当時)が、これまで検討されてきたリサイクル義務化法案の国会提出断念を表明。 制度案の見直しを表明 ・ 内閣法制局より、製造者による費用負担は自動車リサイクル法、家電リサイクル法等と不整合である旨が指摘されたとのこと ・ 浅尾大臣は、今後適切な時期に審議会に報告のうえ法案を取りまとめる旨を答弁
2025年9～10月	リサイクルを所有者の努力義務とする方向性や、大規模発電事業者に報告義務を課す方向性について報道が出るも、公式の場での方向性表明はなし
2026年1月23日	合同会議が開催。新たな法制度案と段階的に規制を強化していく旨が示された
2026年4月3日	「太陽電池廃棄物の再資源化等の推進に関する法律案」が閣議決定
2026年5～7月の間	法案が国会にて可決見込み
2026年8月～年度内?	基本方針・ガイドライン等の策定に向けた検討
2028年1月頃?	法案の施行

太陽光発電設備の処理・リサイクルに係る技術

- 2024年度までに実施された、太陽光発電設備の処理・リサイクルに係る技術類型の取りまとめ結果は以下のとおり。

No.	技術類型	開発者の例	技術の特徴と課題	対応可能なパネル種類	状態別対応可否
①-1	加熱処理	新菱	太陽光パネルを加熱し、接着剤(EVA)を熱分解/焼却してガラスとバックシートを分離。質の高いガラスを回収可能。【実装済／実証中】	結晶Si、薄膜	割れパネル可 両面パネル不可
①-2		トクヤマ			
②-1	圧縮破碎	近畿工業	ロールによる一軸破碎を行い、カバーガラスを剥離する。産物のガラスは粉末状のものが多く、用途先の開拓に課題あり。【実装済】	結晶Si	割れパネル可 両面パネル不可
②-2		環境保全サービス			
③	ブラスト	未来創造	小球(亜鉛、ステンレス、ガラス等)を投射しガラスを剥離。産物への小球の混入が課題。【実装済】	結晶Si、化合物系*	割れパネル可 両面パネル可
④	ホットナイフ	エヌ・ピー・シー	熱したナイフでカバーガラスとバックシートの界面を切断。質の高いガラスを回収可能である一方、受入可能なパネルに制限あり。【実装済】	結晶Si	割れパネルも別装置で可
⑤	PVスクラッチャー	東芝環境ソリューション	高速回転する金属ブラシによりガラスを削り取る。受入可能なパネルに制限があり、リサイクル量増に向け課題あり。【実装済】	結晶Si	割れのない片面パネルのみ可
⑥	パネルセパレータ	ソーラーフロンティア	カバーガラスと基板ガラスの接着部分を切断。開発事業者が生産する化合物系パネル処理のため開発されたが、結晶Siも処理可能。【実装済】	結晶Si、化合物系*	割れパネル不可 両面パネル可
⑦	PVリサイクルハンマー	タイガーチヨダマテリアル	回転リサイクルハンマー打撃工法を採用し、加熱したパネルをハンマーで打撃することによってガラスを破碎。1度の処理でガラスを剥離回収可能。【実装済】	結晶Si	割れパネル可
⑧	ウォータージェット	スギノマシン	セル側から水を噴射しセルを剥離することで板状のガラスを回収可能。剥離したセルはフィルタープレス機により脱水後産廃処理。2023年8月からの本格稼働を目指し実験中。【実証準備中】	(試験中)	(試験中) 割れパネル不可
⑨	単純破碎・選別	—	特別な処理を行わず、廃棄物処理に使用する既存の破碎機・選別機等を用いて丸ごと破碎。異物が多くガラスリサイクルは困難。【既存技術】	結晶Si、薄膜、化合物系*	割れパネル可 両面パネル可
⑩	高度破碎・選別	ハリタ金属	シュレッダー破碎の後、湿式比重選別等により産物を高度に選別する。大量処理が可能である一方、金属とガラスの分離が受入先の満足する水準に到達するかは課題か。【既存技術】	各種対応可	各種対応可

出所：NEDO「2024年度「太陽光発電分野に関する調査事業成果報告会」「太陽電池モジュールのリサイクル動向調査結果について」発表日：2025年4月23日

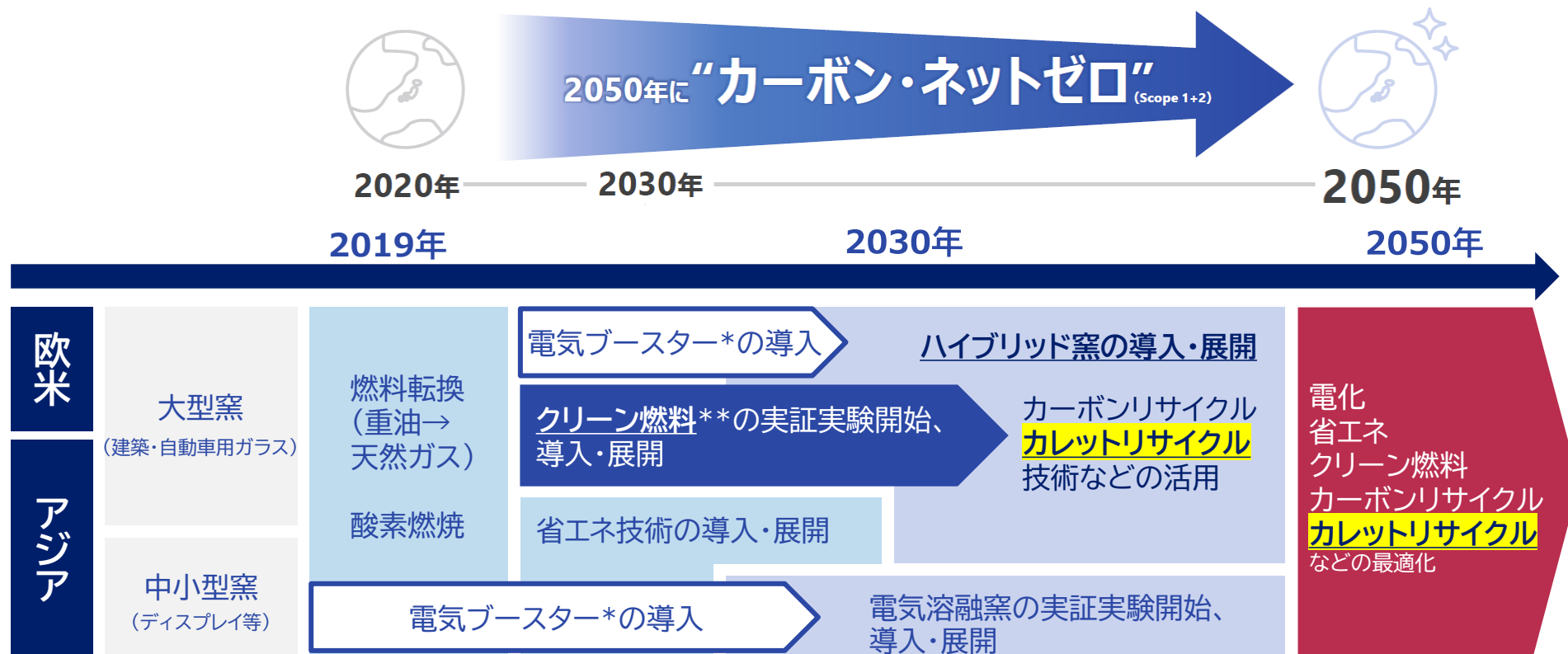
<https://www.nedo.go.jp/content/800024465.pdf>

今後の調査計画

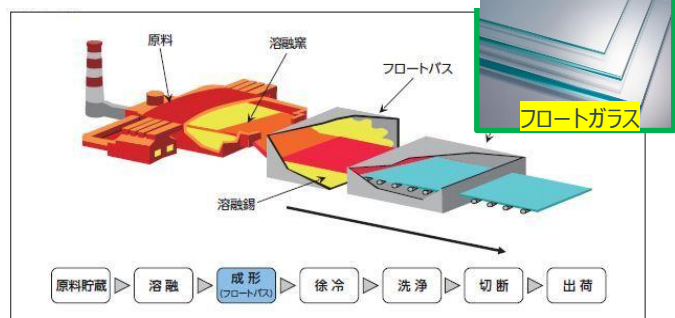
- リサイクラー等関係者動向
 - 国内外技術開発動向・普及動向・政策動向の継続的な把握
 - 国内外のリサイクルの実施事例調査
- 資源有効利用・適正処分
 - マテリアルフローの作成
 - 太陽電池モジュール由来ガラスのリサイクル推進検討
- 排出量・埋立処分量推計
 - 過年度調査における予測モデルをベースとして、非FIT/非FIPの精緻化、他項目の調査結果を踏まえた排出後のフローの埋立処分量の予測
- 排出量平準化
 - リユース・リパワリング動向調査

太陽電池モジュールの有害物質の処理状況

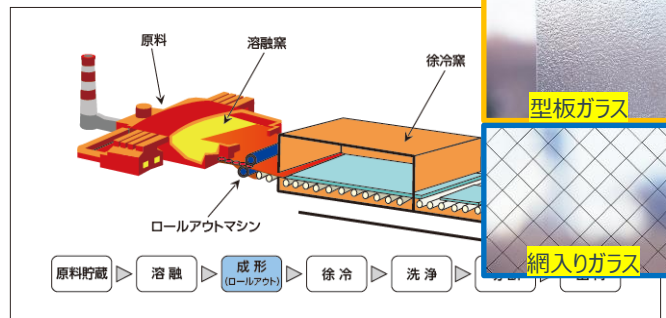
ガラス溶解窯におけるGHG削減技術ロードマップ



鹿島/フロート方式



横浜/ロールアウト方式



ガラスカレットのリサイクルは
AGCのGHG削減策の中で
重要な技術の1つ



カレットの水平リサイクルの意義

- **埋立処分**や**路盤材等のカスケードリサイクル**されていたガラスカレットを板ガラスに水平リサイクル
- 板ガラス原料として有効利用すれば、①**GHG削減**、②**天然資源の採掘量削減**、③**埋立処分場の延命**に
- 珪砂をはじめ原料の多くは海外から輸入しており、④**経済安全保障上**も有意義

循環社会への貢献

1トンの廃棄板ガラス
水平リサイクル



1.0t



バージン原料



再生原料
(カレット)

自然共生社会への貢献

天然資源の採掘
(ガラスの原料は天然砂)



▲1.2t

天然資源は有限であり、
その採掘は、環境破壊・生態系
破壊などの影響があると言われ
ています

産業廃棄物埋立

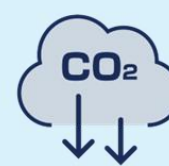


▲1.0t

産業廃棄物
ガラスくず、コンクリートくず
及び陶磁器くず排出量
7,629千トン（令和4年度実績）

脱炭素社会への貢献

CO2排出量
(Scope1+2+3)



▲600kg-CO₂

1トンCO2排出量
・ガソリン車年間排出量（6,000km走行）
・スギ約71本が1年間に吸収できる量
（出展：環境省）

原料（炭酸塩使用）

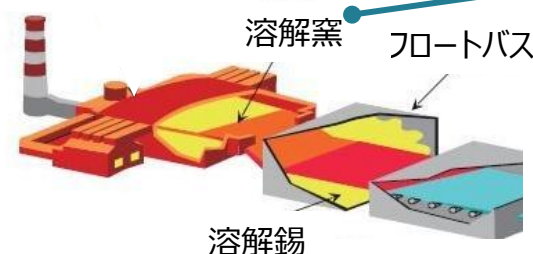
珪砂、ソーダ灰、苦土灰、
石灰石、カレット等



リサイクル促進

GHG削減効果①
原料使用量が減少して、炭
酸塩由来のCO₂を削減

GHG削減効果②
海外からの原料の
調達量削減



GHG削減効果③
バージン原料よりも溶解しやすく、
重油などの燃料削減

AGCにおけるPVカレットのリサイクルの取組状況

水平リサイクルの実績積み上げと連携拡大

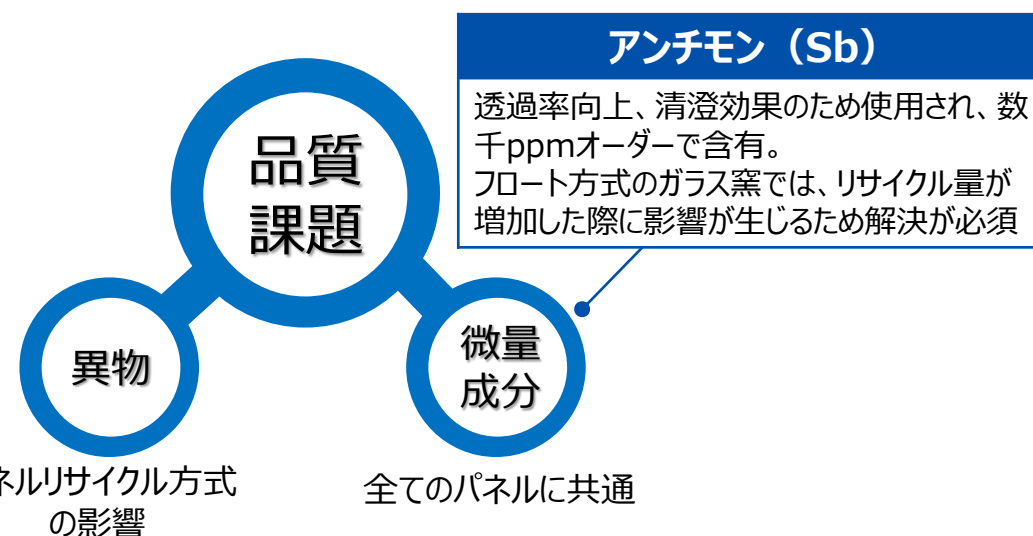
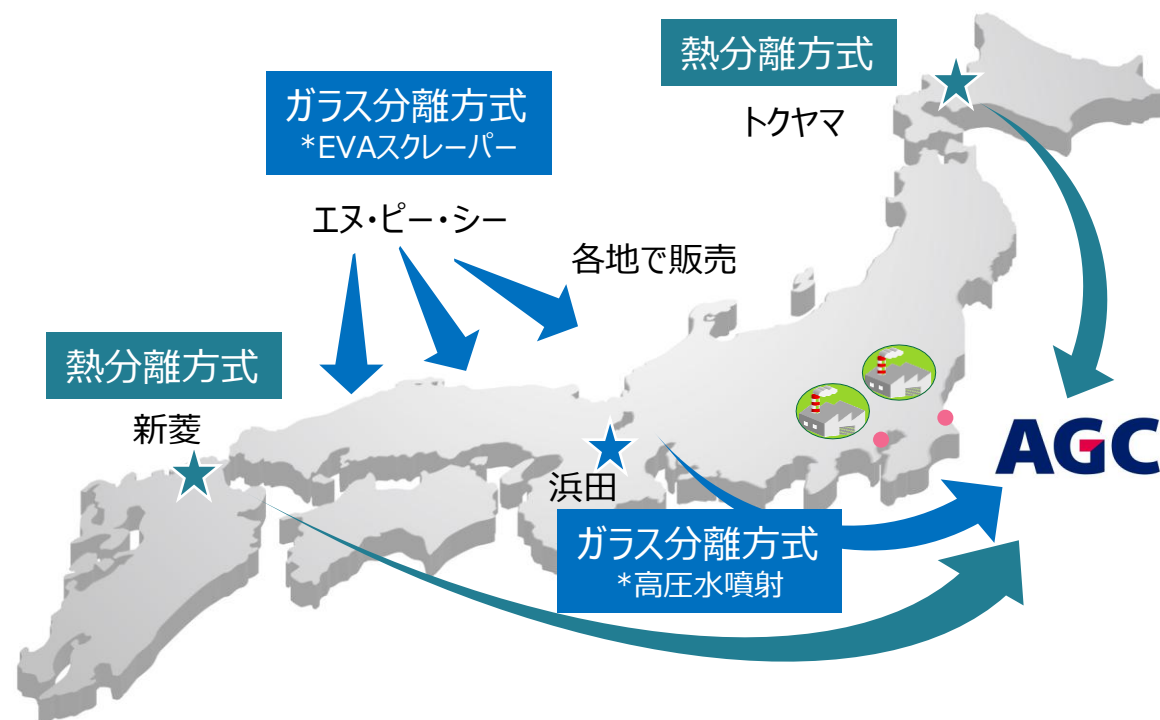
- 日本と欧州の技術拠点が連携し、グローバルで培った知見を共有、技術検証・開発を加速
- 日本では商用規模で継続的にリサイクル中
※実証段階から商用段階に移行済
- 2030年に数千t/年のリサイクルを達成すべく、中長期的視点でサプライチェーン構築を図る。

品質課題に対する検証

- 微量成分（Sb、As、Pb等）は全パネルの共通課題。
- 微量成分によって、影響側面（製品品質/環境リスク）、影響度が異なる点が特徴。

- ◆ As、Pb：成分検査技術の開発
- ◆ Sb：除去技術の開発

三菱総合研究所様のNEDO調査事業と
連携した先進的な実証を実施



Sb含有とフロート方式でのリサイクルの課題

- ❑ 酸化Sbはガラス成形プロセス中に還元。還元で形成される金属粒子によって、ガラスが発色
- ❑ フロート方式でのSb発色対策技術の確立できれば、受入量を大幅に増量可能

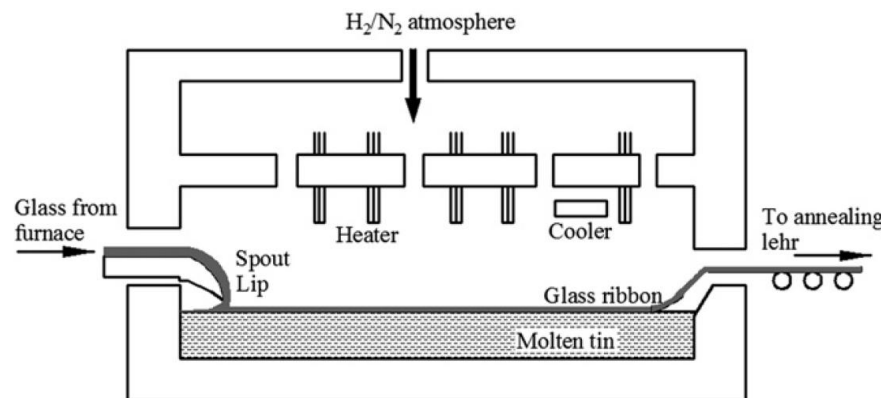


Fig. 1. Sketch of the tin bath.

*出典：Q. Zhang et al., Applied Thermal Engineering 31 (2011) 1272–1278

産学連携を活用した技術開発の加速

- ◆ Sb発色対策技術を複数検討しており、その1つとして、加熱処理によるSb除去に着目。
- ◆ 加熱処理による重金属除去に関して、ラボ実験や揮発挙動のシミュレーションによる揮発メカニズム解明の専門知見を有する「龍谷大学 藤森教授、水原講師（先端理工学部）」との共同研究を実施。
- ◆ 基盤技術の共同検証を通じて、社会実装に向けた実現可能性を検証。

AGC



RYUKOKU
UNIVERSITY

Sb揮発除去に関する龍谷大学との共同研究成果

- ◆ 加熱時の添加材、カーボン源の効果・種類、 N_2 濃度、加熱温度、加熱時間などの影響について、ラボ試験を実施して、Sb揮発の基礎特性を解明。シミュレーションでSb揮発の推定モデルを考察。
- ◆ 成果について、龍谷大学が中心となって論文投稿、学会発表を進めている。

ラボ試験で得られたSb揮発の基礎特性¹⁾

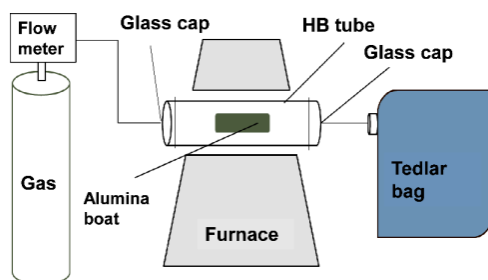


Figure 1. Schematic diagram of heating experiment apparatus.

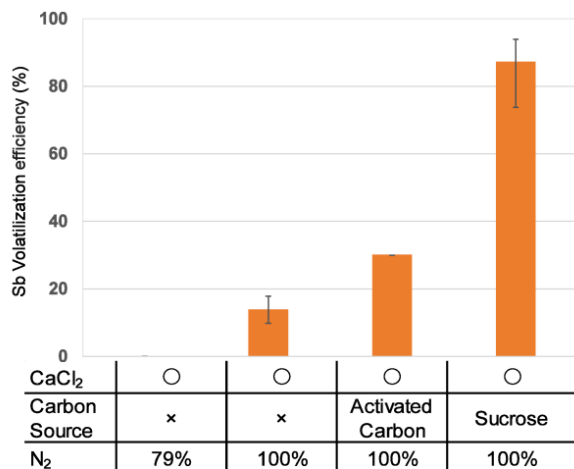


Figure 2. Sb volatilization efficiencies using chloride and reduction volatilization methods. Error bars indicate the maximum and minimum values.

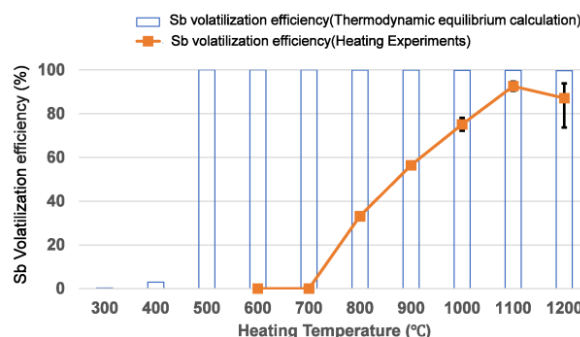


Figure 4. Effect of heating temperature on Sb volatilization (heating time: 120 min, C/Sb ratio: 224). Error bars indicate the maximum and minimum values.

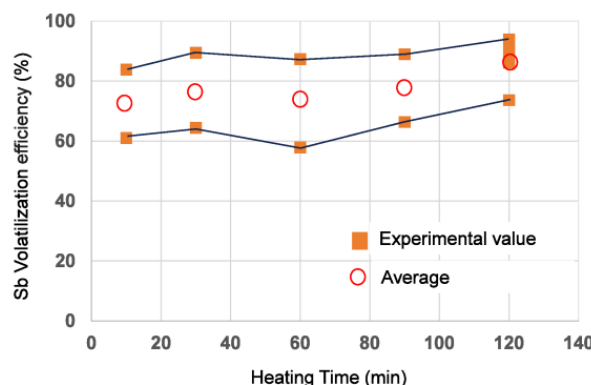
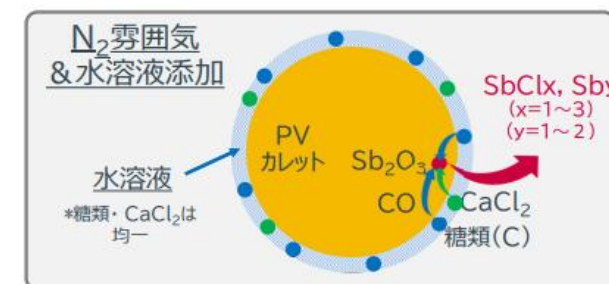


Figure 5. Effect of heating time on Sb volatilization (heating temperature: 1200 °C, C/Sb ratio: 224).

Sb揮発の推定モデル²⁾



操作	Sb揮発への寄与（引き続き要検証）
$CaCl_2$ 添加	Sb_2O_3 と直接またはHCl経由でSbの塩化揮発
糖類添加	Sb_2O_3 の還元
水溶液添加	水溶性の $CaCl_2$ と糖類がカレット近傍に均一分散して、カレットとの接触効率向上。HCl発生に寄与の可能性。
N_2 雰囲気	Sbの塩化揮発の促進（雰囲気中酸素による塩化揮発反応の阻害を抑制）、有機物からのCO生成促進

出典

1) Shinji Mizuhara, Satoshi Kita, Hanamichi Iwamuro, Naoya Wada, Hitomi Akutsu, Tomonori Takemoto, Takashi Fujimori, Removal of Antimony by Volatilization from Photovoltaic Glass with Sucrose under Anoxic Environment, ACS Sustainable Resource Management, April 17, 2026

2) 三菱総合研究所, 2024年度「太陽光発電分野に関する調査事業成果報告会」太陽電池モジュールのリサイクル動向調査結果について」

Sb揮発除去技術の実装に向けた検討

Sb揮発除去プロセスフロー

※イラストは生成AIにより作成したイメージで、実際のものとは異なります

原料



PVカレット



原料

粉碎



適切なサイズに粉碎



粉碎後

混合



ガラス粉と、還元剤溶液等を均質に混合



焼成前

Sb揮発除去



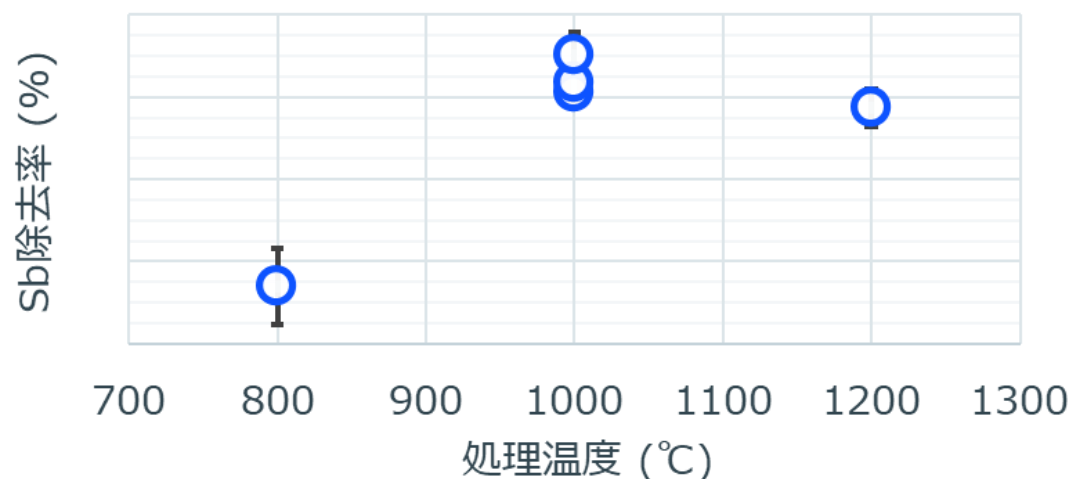
処理温度を振って、非酸素雰囲気で熱処理



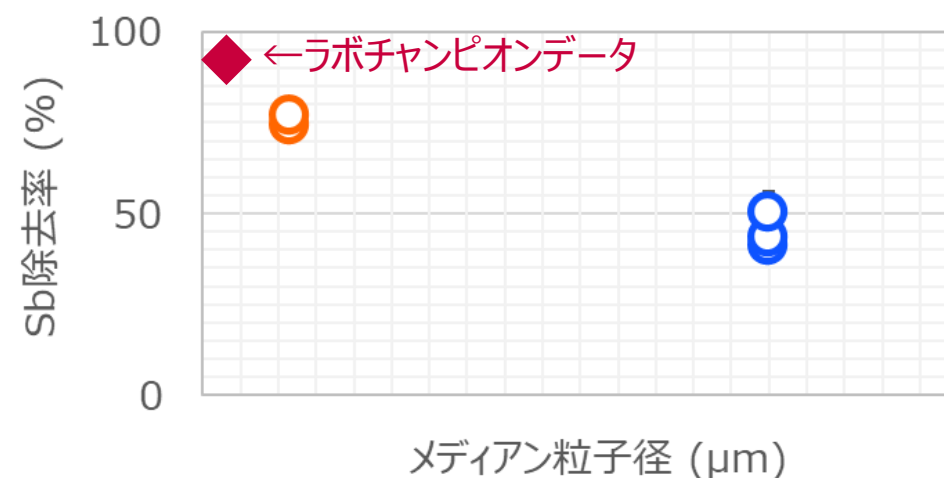
焼成後

Sb除去率評価

- ❑ 温度や粒径を振ってスケールアップ試験を実施し、得られたサンプルのSb除去率を算定。
- ❑ 使用したPVカレットに含まれる初期の Sb_2O_3 濃度は、約0.17wt%（蛍光X線分析、FP法により分析）



Sb除去率の温度依存性（同一粒径）



Sb除去率の粒径依存性（温度一定）

- 温度依存性については、1000°C程度が最大の除去率となった。反応速度の観点からは、温度が高いほど有利と考えられるが、本プロセスは非平衡であり、より高温ではガラスの軟化・焼結等により、Sb含有ガスの離脱が妨げられたためと考えられる。
- 粉碎時の粒径を大きくすると、ラボ試験時に比べてSb除去率は低下したが、10倍以上の水準にしても50%以上の除去率を達成することができた。
- ガラスの主成分は処理前後でほぼ変化せず、一定量であれば板ガラスヘリサイクル可能と考えられる。

まとめ

- Sb揮発除去プロセスを検討し、ラボでは、最大92.6%のSb除去率を達成した。
- 量産化に向けた検討を実施し、ラボに比べて10倍以上の粒子径でも50%以上のSb除去率を達成可能な一連のプロセスを構築することができた。
- 一連の処理により得られたサンプルは、Sb以外の主要成分への変化はほとんどなく、一定量であれば板ガラスヘリサイクル可能と考えられる。
- 以上の結果より、Sb揮発除去の量産プロセスは、技術的にはほぼ確立できた。

今後の課題

- 工業化を意識した検討を進めてきたが、経済性については精査が必要である。
- 一連のプロセスから排出されるCO₂と、リサイクルによるCO₂削減効果を試算し、ライフサイクル全体でのCO₂排出効果を定量化する必要がある。

その知と歩もう。

MRI 三菱総合研究所