

人口減少・高齢化に対応する持続可能な一般廃棄物処理システムの構築に関する研究開発

研究開発の背景

第五次循環型社会形成推進基本計画では、廃棄物の適正処理の更なる推進への課題として、ごみステーションの運営や集団回収等の実施が困難な地域の増加、ごみ出しが困難となる高齢者の増加など、人口減少や高齢化に伴う社会構造の変化に対応する必要性が示されており、経済社会の状況の変化に対応しつつも、廃棄物の適正処理を推進するためのシステム・体制・技術の構築が求められている。

研究開発の成果

人口減少・高齢化地域において、一般廃棄物処理で今後予測される課題を環境・経済・社会面から整理したうえで、持続可能な一般廃棄物処理システムを提案すること。
提案する一般廃棄物処理システムの実現に必要な運営体制やコストを数値化・指標などで評価し、現行政策への改善に向けた具体的な方策や普及効果を提示すること。

研究開発成果の活用方法

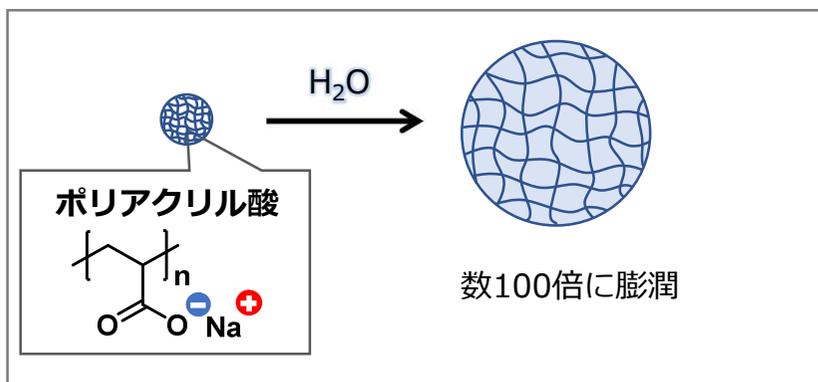
自治体向けガイドライン「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針」等への反映など、今後の地域課題を見据えた持続可能な廃棄物適正処理の確保に貢献できるシステムの実現につなげる。

紙おむつのリサイクル促進を目指したSAP製造の検討

(1) 研究開発の背景

高齢者の増加に伴い、大人用紙おむつの利用が増加傾向である。紙おむつに使用されているSAPは、ポリアクリル酸を原料としており、その合成には石油資源が利用される。また、使用済紙おむつは焼却処分され、CO2の発生源となっている。SAPの再生やリサイクルに取り組む企業や自治体があるが、SAPは複雑に作り込まれているため、水平リサイクルは容易ではない。また、洗浄や乾燥などの多段階のプロセスを要するため高コストとならざるを得ない。本研究は、省資源で製造できるバイオマス由来のSAPや、リサイクルに適したSAPの開発を進めることで、使用済紙おむつのリサイクル促進に貢献するもの。

■ SAPの現状と問題



- 石油を原料にして大量に生産されている
- 使用済み紙おむつは、焼却ゴミの5%以上を占める。



SAPは合成で石油を消費し、処分ではCO₂を排出

SAPの再生・リサイクルの問題点

- 複雑な作り込み（多層構造化、シリカ添加）による再生の難しさ
- 大量の水を使用する洗浄や、エネルギーを要する乾燥プロセス
- 再生SAPは吸水性能が劣化するため、繰り返しの再利用は困難



SAPのリサイクルは困難に直面している。
石油の使用を抑えたSAPや、リサイクルに適したSAPの開発が望まれている！

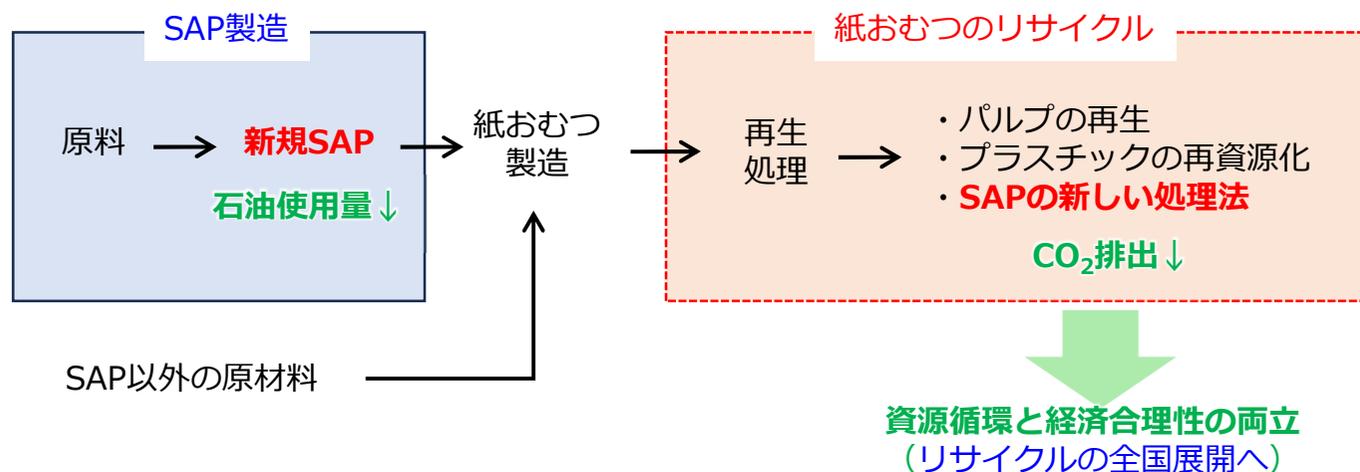
紙おむつのリサイクル促進を目指したSAP製造の検討

(2) 研究開発の成果

従来のSAPに大きく劣らない性能を持ち、その製造とリサイクルプロセスに経済合理性が見込めること。また、その再生・リサイクルプロセスにおいて環境への影響（CO₂排出、有害性、残留性）が小さいこと等の技術の確立。

(3) 研究開発の活用方法

リサイクルプロセスに適合したSAPや、バイオマス由来材料を用いたSAPの開発は、紙おむつリサイクルを促進させ、サーキュラーエコノミーの実現に資する。加えて、石油資源の消費を抑えることができる。そのため、経済合理性を確保した上で生産者責任を果たすことのできるSAPリサイクルの具体的な道筋を示すことができる。さらに、関連企業のみならず自治体にとっても紙おむつリサイクルのハードルが下がることが想定され、実施自治体が増えることが期待される。



■ 新規SAPからなる紙おむつリサイクルのイメージ

太陽光パネルのシリコン素材に関する現実可能なリサイクル技術の開発

(1) 研究開発の背景

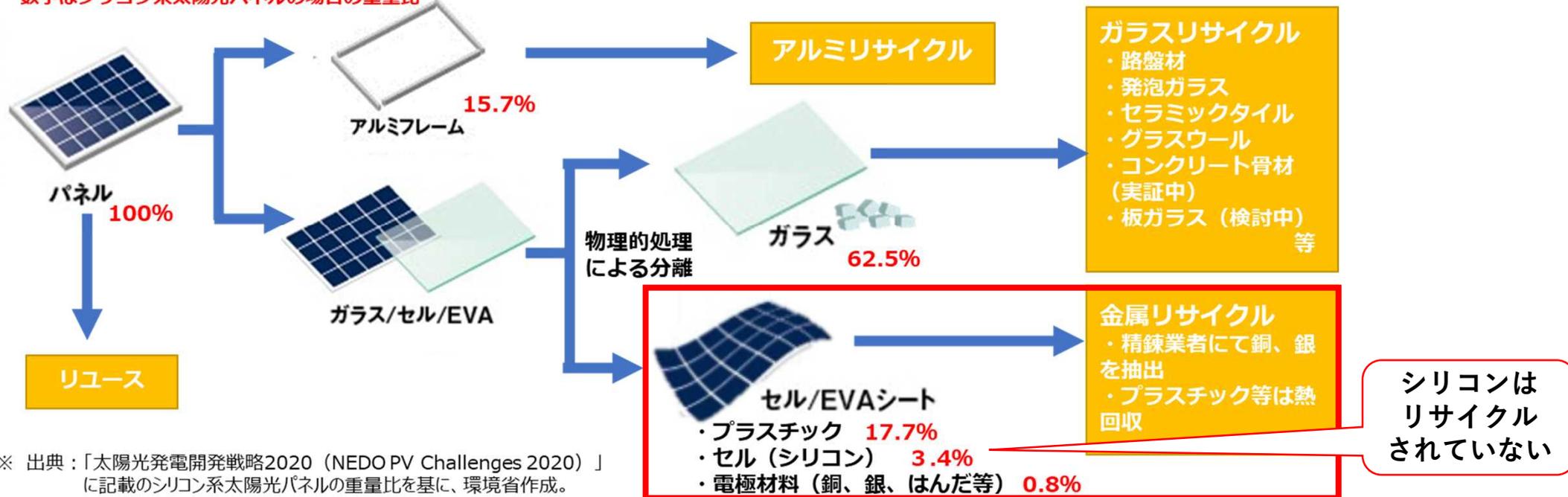
一般的に、太陽光パネルに使用されるような純度の高いシリコンの主な供給元はウイグル地区であり、国際安全保障上の観点から国内資源循環体制の確立が望まれている。

一方で、太陽光パネルのリサイクル義務化が国内でも検討されている中、パネルに含まれるガラスやアルミフレームとは異なり、シリコンについては一定のリサイクル技術があるものの、**経済性が確立されていないため焼却後、単純処分されている現状。**

以上を踏まえ、本研究では、**太陽光パネルに含まれるシリコンのリサイクル技術の開発**を行うもの。

太陽光パネルの高度なリサイクルフロー

数字はシリコン系太陽光パネルの場合の重量比



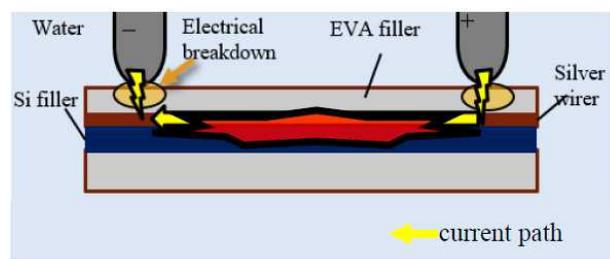
※ 出典：「太陽光発電開発戦略2020 (NEDO PV Challenges 2020)」に記載のシリコン系太陽光パネルの重量比を基に、環境省作成。

太陽光パネルのシリコン素材に関する現実可能なリサイクル技術の開発

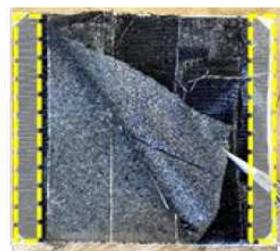
(2) 研究開発の成果

物理的・化学的手法をはじめとした、太陽光パネルに含まれるシリコンの選別手法に関する有効性実証や選別したシリコンの純度に応じたリサイクル用途別の研究等、太陽光パネルに含まれるシリコンのリサイクル全般に関する研究成果。

■電気パルスによる分離



セル



(a)

50 mm

銅線



(b)

50 mm

銅、銀、
シリコン粒子

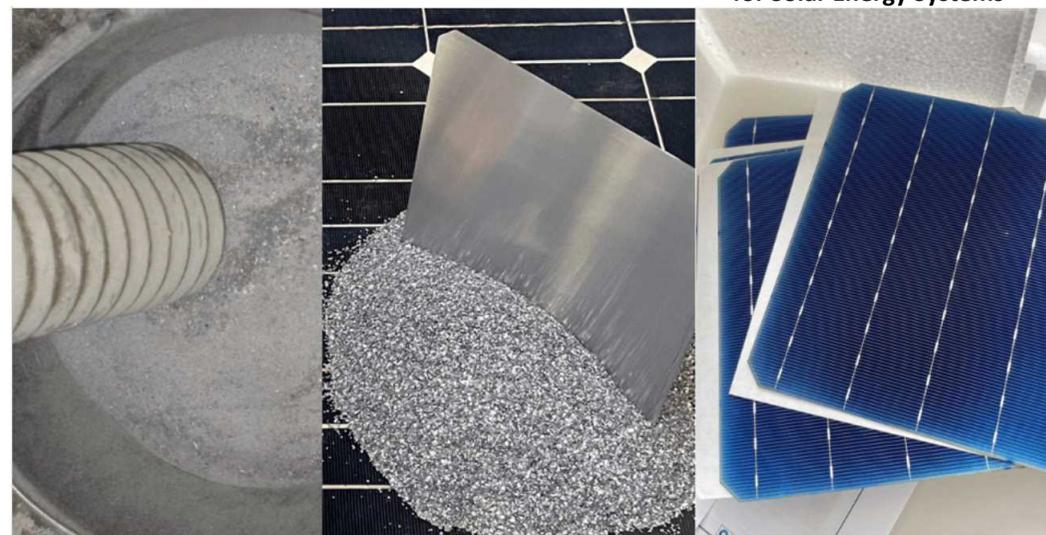
(c)

50 mm

<Appearance of separated materials >

電気パルス放電が起こらなかった部分
(26%)

■シリコンリサイクルの実例



太陽光パネルの破片を分離・回収

精製されたシリコンと100%リサイクルウエハー

100%リサイクルシリコン製PERC太陽光パネル

出典：Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems

(3) 研究開発成果の活用方法

得られた成果を踏まえ、ケイ素全体における資源循環に係る施策の検討に活用すると共に、**太陽光パネルに含まれるシリコンの純度に応じたリサイクル体制の確保**を図る。

ペロブスカイト太陽電池のリサイクル技術開発

(1) 研究開発の背景

これまで一般的に普及しているシリコン系太陽電池においては、リサイクル技術の開発が進められている一方で、今後導入が見込まれている **ペロブスカイト太陽電池の適正処理を前提としたリサイクルについては、未だ開発が進められていない**状況。

今後、来るべき大量導入時代に先んじて必要なリサイクル技術を開発することで、**製品の環境配慮設計に生かすことも念頭にしつつ、資源循環体制の構築推進を目的として、本研究を行う**ものである。

シリコン系太陽電池



出典：「再生可能エネルギー技術白書
(第2版) (NEDO)」



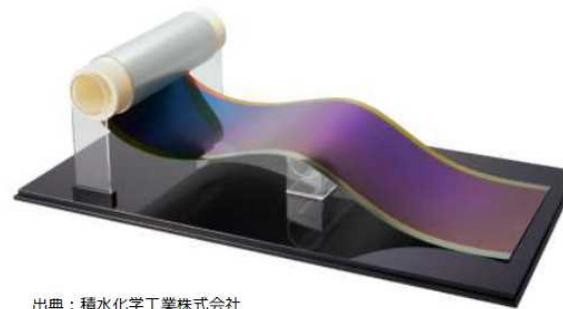
出典：太陽光発電協会 ホームページ

資源循環体制の構築が必要

ペロブスカイト太陽電池の導入例

- シリコン系太陽電池からの入れ替え
- 耐荷重の低い屋根等への設置
- 曲面、壁面、窓ガラスへの設置など

ペロブスカイト



出典：積水化学工業株式会社

ペロブスカイト太陽電池のリサイクル技術開発

(2) 研究開発の成果

社会実装化が見込まれる太陽電池メーカーのペロブスカイト太陽電池において、製品組成（有用金属・有害物質等）から見込まれるリサイクルに必要な技術・情報の整理、並びに具体的な構造に対する有効なリサイクル手法（物理的・化学的等）の実証等、ペロブスカイト太陽電池のリサイクル全般に関する研究成果。

製品組成の調査・研究



具体的な製品構造の調査・研究

<p><積水化学工業（株）> ビルの壁面や耐荷重の小さい屋根などへの設置が可能な軽量で、柔軟なフィルム型太陽電池を開発。</p> <p>出所：積水化学工業（株）</p>		<p><（株）東芝> メスカス塗布法を用いて、フィルム型の太陽電池を作製。エネルギー変換効率の向上と生産プロセスの高速化の両立を目指す。</p> <p>出所：（株）東芝</p>		<p>パナソニックの実証の様子</p>	
<p><（株）カネカ> 建材一体型への展開を目指し、既存のシリコン太陽電池製造技術を活用した技術開発。</p> <p>出所：（株）カネカ</p>	<p>ペロブスカイト太陽電池サブモジュール（モックアップ） 寸法：100 cm × 30 cm（建材一体型太陽電池サイズ）</p>	<p><（株）エネコートテクノロジーズ> 京大発ベンチャーIoT機器、建物用などへの展開も念頭に太陽電池を開発。</p> <p>出所：（株）エネコートテクノロジーズ</p>		<p><（株）アイシン> ペロブスカイト材料を均一に塗布するスプレー工法の技術を開発。</p> <p>出所：（株）アイシン</p>	

リサイクルに必要な技術・情報の整理



物理的・化学的手法



有効なリサイクル手法

(3) 研究開発成果の活用方法

得られた成果は、ペロブスカイト太陽電池のリサイクルを推進するため、循環産業におけるリサイクル体制の整備の他、製造メーカーにおける易リサイクル性を求めた環境配慮設計等関連した産業に波及することが想定。

廃棄物の排出から処理の段階におけるPFASの管理方法及び処理方法の検討

研究開発の背景

- POPs条約において規制対象物質とされているPFOS・PFOA以外のPFASについても、各国・各機関において、これらの物質に関する管理の在り方等が議論されてきている。
- PFASに対する総合的な対応策の検討等を目的とした「PFASに対する総合戦略検討専門家会議」において、「PFASに関する今後の対応の方向性」が令和5年7月に取りまとめられたところ。（下図参考）
- 推進費研究により、PFOS・PFOA含有廃棄物の分解処理や最終処分場における挙動に関する検討が実施されてきているが、PFOS・PFOA以外のPFASを対象とした知見及び廃棄物処理の現場での管理のあり方に関する検討は不足している。
- PFAS含有廃棄物の適正処理にあたっては、廃棄物の排出から処理の段階におけるPFASの管理方法及び処理方法の検討が求められており、物質の性質や廃棄物の性状に応じた処理・低減技術の開発が必要である。

PFOS、PFOAへの対応について

PFOS、PFOAへの更なる対応の強化のため、以下4点の継続・充実を図ることが必要

(1) 管理の強化等

- ・ 正確な市中在庫量の把握等の管理強化
- ・ 泡消火薬剤の更なる代替促進
- ・ 環境中への流出防止の徹底
- ・ 水質の暫定目標値の取扱いの検討

(2) 暫定目標値等を超えて検出されている地域等における対応

- ・ 「対応の手引き」の充実による飲用ばく露の防止の徹底
- ・ 自治体による健康状態の把握

(3) リスクコミュニケーション

- ・ 今回作成するQ&A集を活用した丁寧なリスクコミュニケーションの実施

(4) 存在状況に関する調査の強化等

- ・ 環境モニタリングの強化
- ・ 化学物質の人へのばく露モニタリング調査の本調査の実施に向けた検討

PFOS、PFOA以外のPFASへの対応について

さらに、その他のPFASについては、以下の物質群に大きく分類して対応

<物質群1：POPs条約で廃絶対象となっている物質等>

- (1) POPs条約の廃絶対象となっている物質（PFHxS）及び検討中の物質（長鎖PFCA（PFNAなど））の優先的な取組の検討
- (2) 存在状況に関する調査の強化等
→ 環境モニタリングの強化や化学物質の人へのばく露モニタリング調査の対象物質への追加を検討

<物質群2：それ以外の物質>

- (1) 当面对応すべき候補物質の整理
- (2) 存在状況に関する調査の強化等（水環境中の調査、化学物質の人へのばく露モニタリング調査対象物質の検討）
- (3) (2)を踏まえた対応（適正な管理の在り方の検討、物質群としての評価手法の検討）

左図：
「PFASに関する今後の対応の方向性(概要)」より一部抜粋

廃棄物の排出から処理の段階におけるPFASの管理方法及び処理方法の検討

研究開発の成果

- PFASのうち、POPs条約で廃絶対象とされているPFHxSや規制が検討されている長鎖PFCAなど、PFOS、PFOA以外の物質を中心に、それらを含む廃棄物の排出から処理、処分までのマテリアルフローを分析し、適正管理に向けた対応が必要となるプロセスを特定すること。
- PFAS含有廃棄物の性質や廃棄物の性状に応じた処理・低減技術をラボスケールの分解実験等により検討すること。

研究開発成果の活用方法

- 研究の検討結果を活用し、環境省として対応していく物質及び廃棄物の優先順位を把握する。
- PFASを含む廃棄物の適正管理方策をまとめたガイドライン等を検討する際に、処理方法・環境リスクの低減方法を具体的な管理手法として掲載することが想定される。