

## 廃棄物処理施設由来の熱輸送技術の研究開発

### 研究開発の背景

2050年カーボンニュートラル達成に向けて、「循環経済工程表」では、焼却施設の熱利用等により廃棄物処理施設を活用すること、「廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ（案）」では、地域の脱炭素化への貢献、地域資源の活用の観点から、外部へ供給するエネルギー量の増大を図ることが重要であることが示されている。しかしながら、現状は温水利用およびごく近隣での熱回生が主であり、蒸気として回生することによる地域産業への利用への拡大および時空間的な熱の可搬距離の拡大が必要である。

### 研究開発の成果

廃棄物処理施設由来の熱輸送技術として、「低コスト、繰り返し利用可能、可搬式、産業用途に耐えうる蒸気生成等」を備えた蓄熱技術を開発・実証すること。また、実証結果に基づく熱輸送システム、地域内の廃棄物処理施設の未利用熱と熱需要の熱需給のマッチングシナリオ、熱輸送技術の水平展開のポテンシャル、環境影響評価を示すこと。

### 研究開発成果の活用方法

熱輸送システム、地域内の廃棄物処理施設の未利用熱と熱需要の熱需給のマッチングシナリオ、熱輸送技術の水平展開のポテンシャル、環境影響評価を活用し、外部へ供給するエネルギー量の増大を図り、地域の脱炭素化を後押しする。

## 持続可能で安定的・効率的な一般廃棄物処理施設等の研究開発

### 研究開発の背景

令和5年6月に閣議決定された**廃棄物処理施設整備計画**では、持続可能な適正処理の確保に向けて、施設の長寿命化・広域化、老朽化施設の適切な更新・改良等を推進し、地域単位で廃棄物処理システムの強靭性を確保すること、人口減少を見据え、将来にかかるコストを可能な限り抑制するよう計画的に進めることが示されている。しかし、厳しい財政状況、老朽化施設の増加、担い手不足等により、廃棄物処理システムのぜい弱化、非効率化等が懸念されるなど、適正処理の確保には、中長期的な視点で地域に適した廃棄物処理施設の在り方を検討し、構築する必要がある。

### 研究開発の成果

持続可能な適正処理の確保にも資する広域化・集約化による効率的な施設整備、長寿命化・延命化等を含めた維持管理や計画的かつ合理的な施設整備などのモデルや普及展開シナリオの提示。

**以下の①～③のいずれかの成果が期待できる研究開発。**

- ① 地域特性に応じた施設の建設・維持管理・解体、収集車両の導入・運用に係るトータルコスト縮減手法の開発。
- ② 広域化・集約化が困難な地域における、小規模分散型の処理システムに適合したソーティング技術等の開発。
- ③ 省力化や事故防止等を目的とした、リサイクル現場やごみ収集現場等に即したセンシング・情報管理システム・AI/IoT技術等の開発。

### 研究開発成果の活用方法

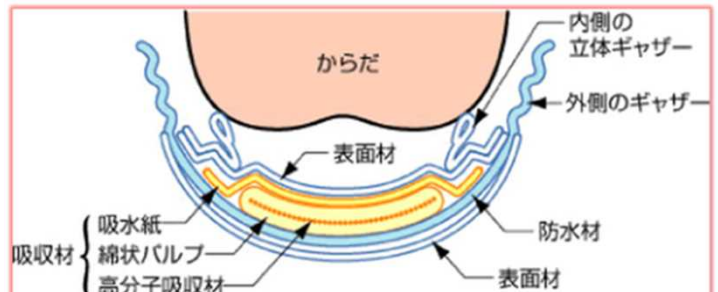
持続可能な適正処理の確保に貢献できる廃棄物処理施設の整備や廃棄物収集運搬体制の構築、処理施設・収集車両の適正な維持管理を実現する。国の技術的支援を拡充しつつ、地域特性を考慮した持続可能かつ脱炭素型の施設整備モデルや社会状況の変化に対応した一般廃棄物処理体制を複数構築し、全国の自治体に普及展開する。

# 高分子吸水性ポリマー（SAP）の吸水機能再生

## 研究開発の背景

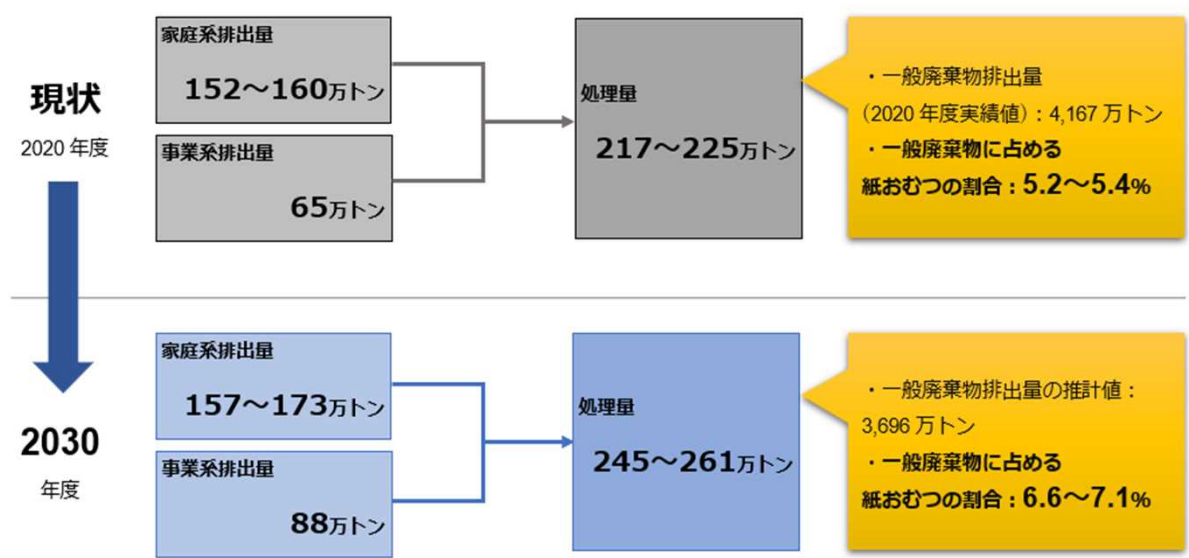
2020年に環境省により策定された「使用済紙おむつの再生利用等に関するガイドライン」によると、高齢化に伴い紙おむつの消費量は年々増加しており、**2030年には一般廃棄物のうち7%程度**を占めると推定されている。紙おむつの素材は上質パルプ、樹脂、SAPから構成されており、リサイクル工程でし尿を分離し素材ごとに回収する技術は存在するが、**SAPについては回収後のマテリアルリサイクルが事業化には至っていない**。環境省では、使用済紙おむつの再生利用促進に向け、**2030年度までに取組・検討自治体を100自治体**とする目標を掲げており、目標達成に向け事業化を見据えた様々なリサイクル手法の可能性を広げてまいりたい。

### ■ <紙おむつの組成※パンツ型の例>



素材	構成比率の例
上質パルプ	52%
樹脂	28%
高分子吸収材(SAP)	20%

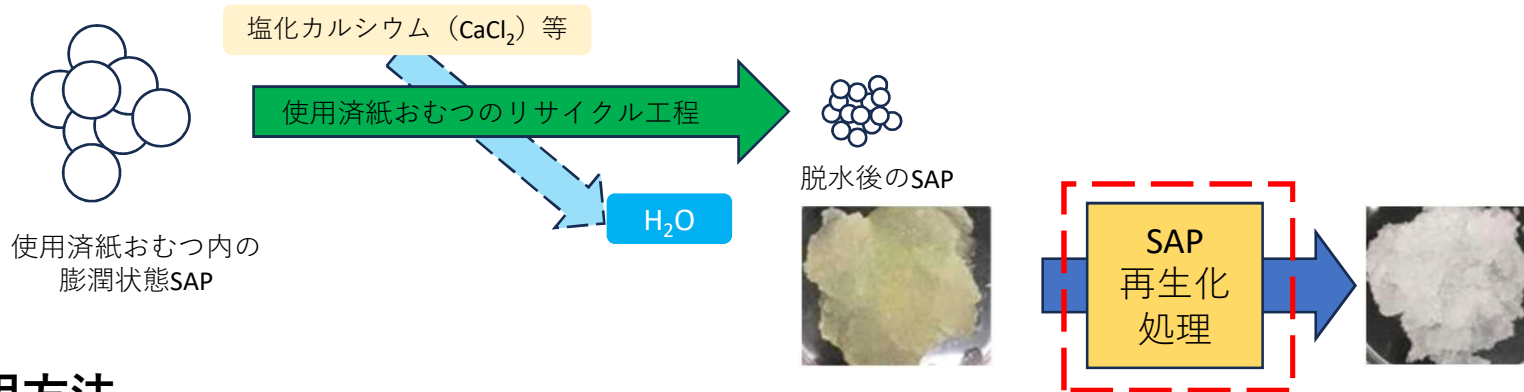
### ■ 一般廃棄物に占める使用済紙おむつの割合



# 高分子吸水性ポリマー（SAP）の吸水機能再生

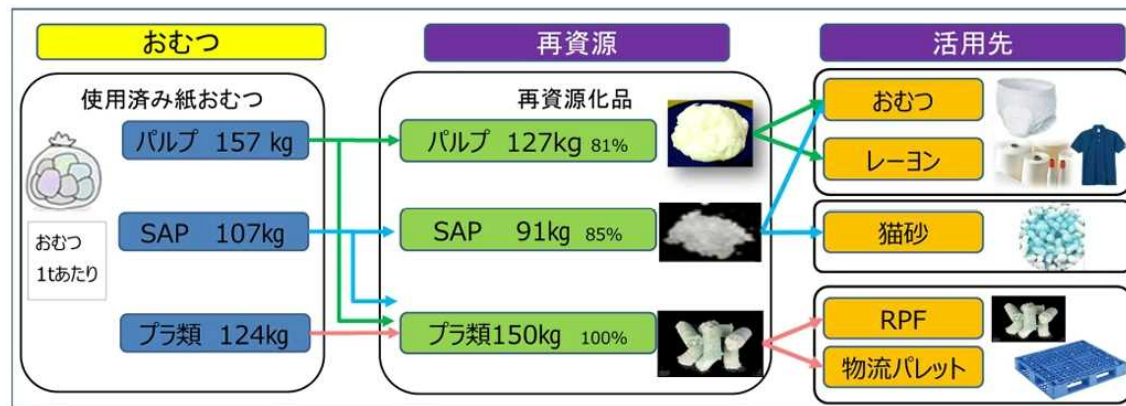
## 研究開発の成果

SAPとして使われている高吸水性ポリマーである網目構造に架橋されたポリアクリル酸ナトリウムは、塩化カルシウム等を混入することにより吸水機能を失う。脱水・乾燥処理したSAPから失われた吸水機能を再生させ、**元々保有していた吸水性能と同等レベルまで再生する技術**を確立する。



## 研究開発の活用方法

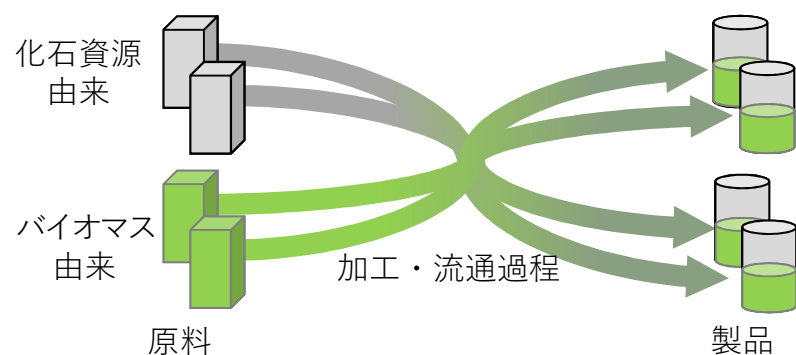
リサイクルされたSAPは紙おむつを筆頭に生理用品やペット砂等幅広い製品の原料とすることが可能になる。これにより紙おむつの素材はマテリアルリサイクルできるようになり、今後発生量が増加する見込みである使用済紙おむつは**従来の焼却処分からリサイクルへの移行**が促進される。



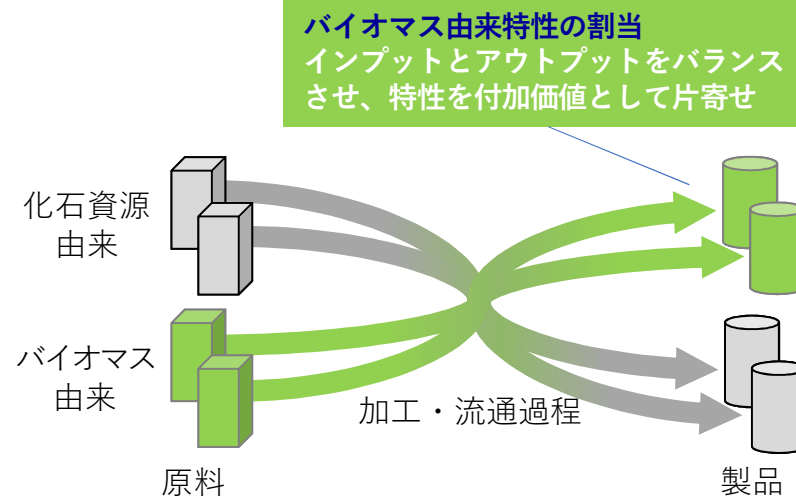
## 研究開発の背景

プラスチック資源循環戦略では、3R + Renewableの基本原則のもと、プラスチックの使用を合理化した上で、再生材や再生可能資源（紙、バイオマスプラスチック等）に切り替えることが掲げられている。近年、原料中に含まれるバイオマス由来成分の量をマスバランス方式により割り当てるプラスチック（バイオマス割当プラスチック）を使用したプラスチック製品が、日用品を中心に市場に広がりつつある。その環境負荷低減効果等については知見が十分に蓄積されていないこと等から、環境省では「令和4年度マスバランス方式に関する研究会」を設置し、マスバランス方式に関する課題と対応の方向性について取りまとめた※1。今後、この取りまとめを踏まえた研究的取組が求められる。

### 例：バイオマス由来原料と化石資源由来原料を混合して製造されたプラスチック



マスバランス方式を適用しない場合



マスバランス方式を適用する場合

※1 [https://www.env.go.jp/recycle/plastic/related\\_information/workshop/workshop\\_00001.html](https://www.env.go.jp/recycle/plastic/related_information/workshop/workshop_00001.html)

# 「令和4年度マスバランス方式に関する研究会」の取りまとめ概要

## バイオマス割当プラスチックに対する基本的考え方

- バイオマス割当プラスチックの導入は、バイオマス由来原料を用いてナフサラッカー等により製造するプラスチックの市場価値を高め、化石資源由来プラスチックのバイオマス代替促進に貢献し、グローバルな視点でのプラスチックによる環境負荷低減に資する有効な仕組みと捉えることができる。
- バイオマス割当量に応じた温室効果ガス排出削減効果をインベントリに反映することは現時点では難しいことを認識した上で、**プラスチック資源循環戦略における2030年に向けた約200万トンのバイオマスプラスチック導入マイルストーンにバイオマス割当プラスチックを含めて扱うことについて検討を行うことが望ましい**と考えられる。
- **バイオマス割当プラスチックの活用は、あくまで2050年に向けた技術等のイノベーションを喚起する過渡期におけるの仕組み**と言える。そのため、今後、バイオマス割当プラスチックの導入状況をモニタリングしつつ、**一定程度のバイオマス由来原料の導入水準に達した段階で、その取扱い方法を見直していくことも必要**と考えられる。
- 国際的な持続可能性認証における方法論等の動向把握や、それらの作成プロセスへの積極的な関与等も求められる。

課題	国においてバイオマス割当プラスチックの導入を進める際の対応の方向性
1. 信頼性の担保	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 国際的な持続可能性認証の活用の妥当性を判断するため、以下に例示する信頼性の確保に係る事項の確認               <ul style="list-style-type: none"> <li>● トレーサビリティの確保の仕組み, 割当の考え方, 認証の取得を求めるサプライチェーンの範囲, 監査の仕組み・体制</li> </ul> </li> </ul>
2. <b>環境負荷低減効果の取扱いの整理</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 具体的なバイオマス割当プラスチック製品を事例として取り上げ、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量算定の考え方を例示する等の取組</li> </ul>
3. 消費者・事業者への普及啓発	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 消費者等の誤解を避け、理解を促進するような表現・表示のあり方の検討</li> <li>■ バイオマス割当プラスチックの位置づけや環境負荷低減効果の考え方等に関する適切な情報発信</li> </ul>
4. <b>インベントリ等に向けた導入状況の把握</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）にバイオマス割当プラスチックを反映させる場合、バイオマス割当プラスチック製品中の実際のバイオマス含有率を把握する新たなデータ収集の仕組みや、<b>廃プラスチック中の平均的なバイオマス含有率を測定する仕組みの開発</b>等が必要</li> </ul>
5. <b>再生利用時のバイオマス由来特性の引継ぎへの対応</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ プラスチックに係る2050年カーボンニュートラル化に向けた対策・施策を検討する上で、<b>バイオマス割当プラスチックのマテリアル・ケミカルリサイクル後のバイオマス由来特性の引継ぎ方法やその信頼性確保に関する研究等</b>を中期的な視野で促進していくことが必要</li> </ul>
6. 他分野における関連事項の検討状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ バイオマス割当プラスチックの取扱い方法に関係する他分野における検討状況の継続的な把握               <ul style="list-style-type: none"> <li>● バイオマスの利用用途に関する優先順位の考え方, 原料バイオマスの持続可能性や環境影響の考え方</li> </ul> </li> </ul>

## 研究開発の成果

本研究においては、以下のような成果を求める。

- ① マスバランス方式により割り当てたバイオマス由来特性及びリサイクル由来特性に対応した環境負荷の定量化・評価モデルの開発
- ② バイオマス割当プラスチックの再生利用（マテリアル・ケミカルリサイクル）時のバイオマス由来特性の引継ぎ手法の開発及び導入シナリオ分析
- ③ 廃棄物中のプラスチックのバイオマス含有率のモニタリング手法の開発

## 研究開発成果の活用方法

バイオマス由来特性及びリサイクル由来特性を割り当てたプラスチックの導入による資源循環に係る施策の検討に活用する。

- プラスチックのリサイクルやバイオマスプラスチックに関する既存の施策・制度の見直し
- 温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）作成への活用
- 実証事業等の補助・支援策の設計
- バイオマス割当プラスチックの利活用に係るガイドラインの策定等

# リチウム蓄電池の更なる普及を見据えた安全かつ収益性を確保したリサイクル体制の探求

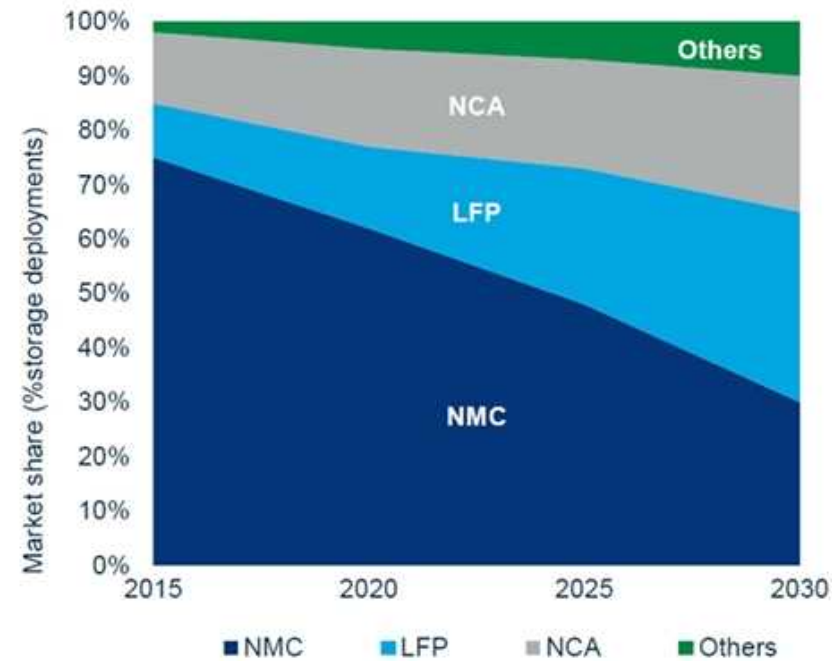
## 研究開発の背景

- 温暖化対策等により急速に普及が進むリチウム蓄電池は、適正なリユース・リサイクルによる資源循環の徹底を図るとともに、リチウム蓄電池に起因する廃棄物処理施設等の火災の発生防止対策に向けて、総合的な対策が求められている。
- 技術革新により、現在主流となっている三元系リチウム蓄電池に比べ、リチウム等の含有量が異なるリン酸鉄系リチウム蓄電池の利用がある。リサイクル段階においても排出されるリン酸鉄系リチウム蓄電池の増加に合わせ、柔軟に対応できる体制の確保が必要である。
- 以上のことから、**新たな種類の蓄電池においても、安全性や収益性を確保した形でレアメタルを回収するリサイクル体制を構築するため、安全性及び収益性の確保も踏まえたリサイクル技術・体制の研究を行う。**

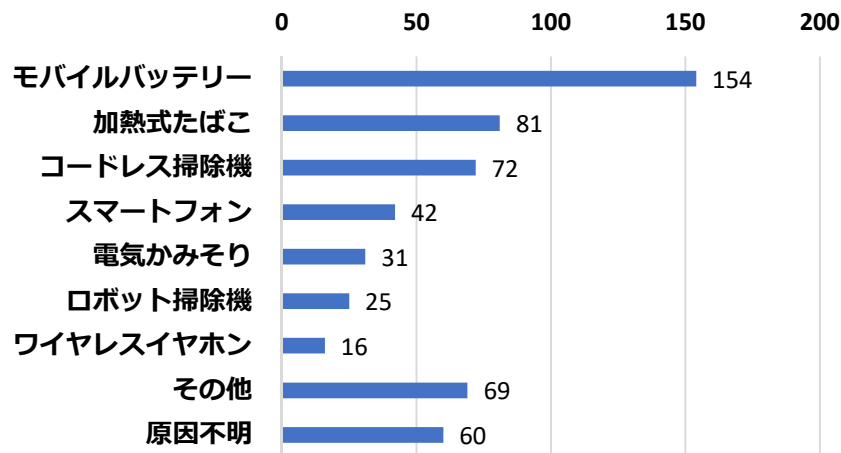
■リチウム蓄電池の種類

■正極材料の見通し

	リン酸鉄系 (LFP)	ニッケル系 (NCA)	三元系 (NMC)
正極材	LiFePO <sub>4</sub>	Li(Ni-Co-Al)O <sub>2</sub>	Li(Ni-Mn-Co)O <sub>2</sub>
負極材	LiC <sub>6</sub>	LiC <sub>6</sub>	LiC <sub>6</sub>
価格	安価	高価	高価
発火の可能性	低い	高い	高い



■二次電池に起因した火災等の発生品目



出典：Wood Mackenzie Energy Storage Service

担当課室

環境再生・資源循環局総務課リサイクル推進室

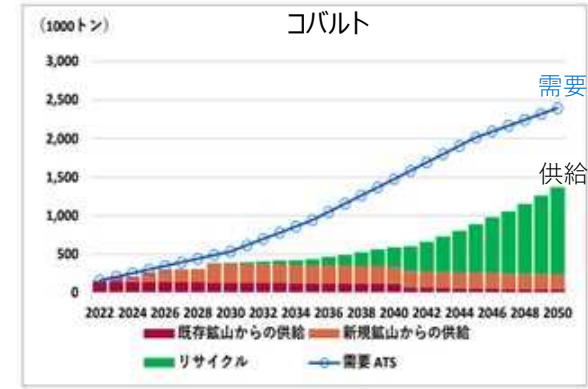
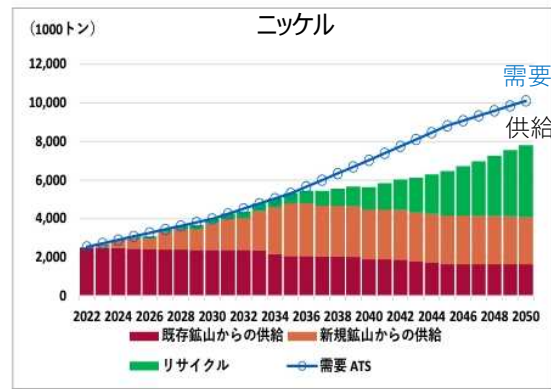


# リチウム蓄電池の更なる普及を見据えた安全かつ収益性を確保したリサイクル体制の探求

## 研究開発の成果

- リチウム蓄電池のリサイクルは、**経済性、安全性、資源性の3つの観点を同時に達成する必要がある**。
- 現在、主に用いられているニッケル・コバルト含有三元系リチウム蓄電池では、**経済性の観点から主にリサイクルが行われているのはニッケルとコバルトのみで、リチウムのリサイクルは普及していない**。また、リチウムのリサイクルを実施するに当たっては、**安全性の観点から、発火防止対策も必須**である。
- リチウムの需要量を満足するためには、リサイクル由来の原料を供給することも必要となってくることから、**安全を確保しつつ事業の収益化を考慮したリチウムのリサイクル技術及びリサイクル体制に関する研究をすることで、最適な回収・リサイクル体制の構築に対する知見を提供する**。

### ■ 需要予測

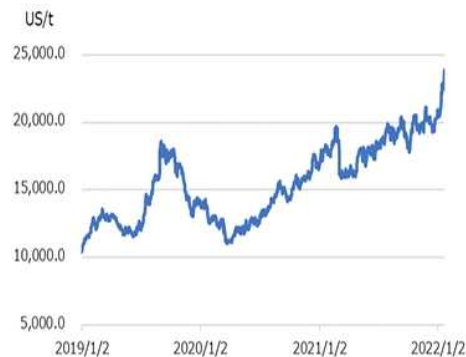


出典：出所：JOGMEC（2022）「令和4年度カーボンニュートラル実現に向けた鉱物資源需給調査」

### ■ 金属市場の推移

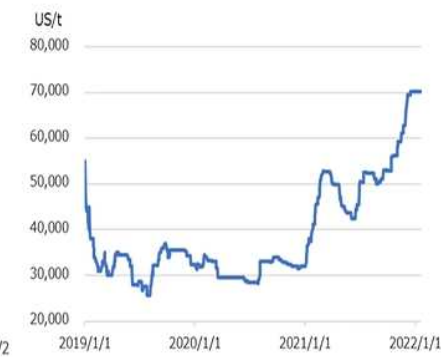
#### <ニッケル>

過去3年のニッケル価格



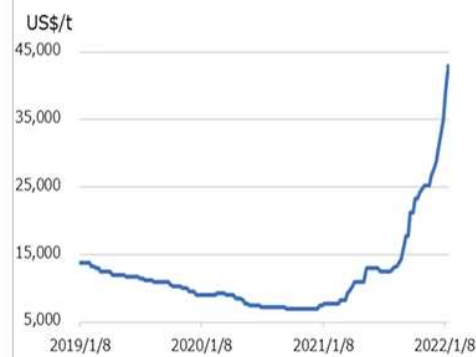
#### <コバルト>

過去3年のコバルト価格



#### <リチウム>

過去3年のリチウム価格



出典：[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/joho/conference/battery\\_strategy/0002/03.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/battery_strategy/0002/03.pdf)

## リチウム蓄電池の更なる普及を見据えた安全かつ収益性を確保したリサイクル体制の探求

### 研究開発成果の活用方法

- 現在は、安全性及び経済性の観点から限定的となっているリチウム蓄電池のリサイクルについて、本研究開発成果を踏まえ、安全を確保しつつ事業の収益化を考慮したリチウムのリサイクル技術・体制を拡大する。
- リチウム蓄電池の技術革新とそれに伴う社会情勢の変化に対応した回収・リサイクル体制を構築し、2050年カーボンニュートラルの実現や、2030年金属リサイクル原料の処理量倍増の達成に貢献する。

### 線形経済の限界

天然資源 → 大量生産 → 大量消費 → 大量廃棄

資源枯渇、資源採掘による  
環境負荷

廃棄による環境負荷  
(有害物質等)

### 循環経済への移行

天然資源 → 効率的生産

- ・ 環境配慮設計
- ・ 再生材の利用
- ・ リデュース

効率的利用

- ・ リユース、シェア、サービス化など、高い利便性と効率化の両立

廃棄 ← 回収・リサイクル

- ・ 回収の拡大
- ・ 再生材の供給増
- ・ 技術革新、品質向上

GHG排出・汚染の削減に貢献

# 廃棄物の排出から処理の段階におけるPFASの管理手法の開発及び社会実装に向けた検討

## 研究開発の背景

- PFASの一つであるPFOS・PFOAについては、POPs条約において規制対象物質とされており、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）
- PFOS・PFOAについては製造・使用が既に禁止されており、廃棄物の排出から処理・処分・リサイクルの段階で管理することが重要である。
- 推進費研究により、PFOSやPFOA等の廃棄物の焼却処理等における挙動や廃棄物最終処分場における挙動に関する検討が実施されてきたが、その他の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。
- これらの物質を含む廃棄物の適正処理にあたっては、排出実態の把握と分析によるモニタリングと評価、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の管理手法の開発及び社会実装に向けた検討

### 研究開発の成果

- PFOS・PFOAを含むPFAS廃棄物全般に関する実態調査を行い、PFASのうち、有害性や難分解性、  
存在量、国際的な注目度といった観点から対応の優先順位の高い物質及び廃棄物のフローを特定すること。
- また、上記を踏まえ、以下のいずれかの検討を実施すること。
  - ① 廃棄物分野で対応の優先順位の高い物質に対する網羅的な分析方法の整備や、社会実装を見据えたモニタリング手法の検討
  - ② 対応の優先順位の高い廃棄物の性状や物質の性質から考えられる処理方法・環境リスクの低減方法の検討

### 研究開発成果の活用方法

- 実態調査により得られたデータを活用し、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を含有する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、実態調査により得られたデータは重要なバックデータとして、モニタリング手法や対策技術は具体的な管理手法として掲載することが想定される。