

みずほ産業調査 Vol. 78 「日本産業が直面する制約を乗り越えるために
～人手不足とエネルギー制約を成長につなげる打ち手～」

非鉄金属

～リサイクルを通じた鉱物資源の確保に向けて

みずほ銀行

産業調査部

2025年5月30日

ともに挑む。ともに実る。

MIZUHO

サマリー

- 日本政府は、経済安全保障法の下、特定重要物資として重要鉱物を指定
- カーボンニュートラルに向けて蓄電池やモーターの需要が高まる中、それらの製造に必要な重要鉱物を日本は全量輸入に頼っており、特定国からの供給に依存している状況
- 重要鉱物の安定調達確保に向けては、海外鉱山への投資、省レアメタル・レアアースの研究が行われてきたが、中長期的にリチウムイオン電池やネオジム磁石の需要が拡大し、廃棄量の増加が想定されることから、リサイクルによる鉱物資源確保が期待されている
- リチウムイオン電池は現状端材等のリサイクルにとどまっているが、今後、廃棄量増加により、2040年には市中回収した廃リチウムイオン電池から、需要量の30%程度を賄うことが可能と試算
- 課題としては、リサイクルコストの高さ、廃リチウムイオン電池量の確保、欧州電池規則への対応が挙げられる
- リサイクルコストの高さに対して、①エリアごとに有力な中間処理施設を選定し、近隣の廃車解体拠点から集めることで配送コストを削減、②既存プロセスによる熱を有効活用し、中間処理工程のエネルギーコスト、フッ化水素処理コストを削減、③企業間連携によるボリュームメリットの追求、廃棄物処理費や加工賃を受け取って精製処理を行うスキームの構築による精製コストの削減、といった打ち手が考えられる
- 廃リチウムイオン電池量の確保に対して、①海外輸出されたEVの中古車を回収の上、現地でブラックマス回収・レアメタル精製拠点を設置して日本へ再度輸出するスキームの構築、②自動車再資源化共同機構による回収スキームを活用し、中間処理工程にとどまらず精製工程まで実施する仕組みづくり、といった打ち手が考えられる
- 欧州電池規則への対応として、官民が連携したトレーサビリティの強化が求められる
- (補論)ネオジム磁石はリチウムイオン電池と同様、端材等のリサイクルにとどまる。廃ネオジム磁石のリサイクル事業化に向けて、環境負荷の低い精製技術の開発が必要不可欠

経済安全保障上、重要鉱物の安定供給確保は重要な論点

- カーボンニュートラル(CN)に向けて蓄電池やモーターの需要が高まる中、製造に必要なレアメタル(リチウム、コバルト、ニッケル)やレアアースといった重要鉱物の需要が拡大。日本はほぼ全量を輸入しており、安定調達確保を実現する必要あり
- 日本政府は経済安全保障推進法の下、2022年12月に特定重要物資として重要鉱物を指定。2023年1月に安定供給確保を図るための取組方針を策定し、施策の対象となる重要鉱物としてレアメタルを中心に35鉱種を指定

特定重要物資の指定一覧

「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律施行令」(2024年2月)

①	抗菌性物質製剤
②	肥料
③	永久磁石
④	工作機械・産業用ロボット
⑤	航空機の部品
⑥	半導体
⑦	蓄電池
⑧	クラウドプログラム
⑨	天然ガス
⑩	重要鉱物
⑪	船舶の部品
⑫	先端電子部品

重要鉱物

指定の考え方

- 重要鉱物は多様な用途に用いられ、経済活動が依拠。とりわけ、カーボンニュートラルに向けて**蓄電池、モーター等の製造に必要な、バッテリーメタル(リチウム、ニッケル、コバルト等)やレアアース等の重要鉱物の需要が拡大**
- **重要鉱物のほぼ全量を海外からの輸入に依存**
- 資源の獲得競争が激化する中、**海外の巨額投資による資源権益の囲い込みや、サプライチェーンの寡占化に対抗するため、早急に安定供給の確保を実現する必要**

蓄電池

指定の考え方

- **蓄電池は2050年CN実現のカギ**。再エネの主力電源化に向けた**電力の需給調整への活用や、EV・5G基地局などの電源として今後の電化・デジタル化社会の基盤維持に不可欠な物資**。多様な製品に組み込まれ、今後も市場が大きく拡大する見込みである**蓄電池の供給不足は、主要産業に大きな影響を及ぼす**。海外企業は政府支援も背景に急速に供給を拡大している
- 日本は電池セル・部素材において高いレベルで開発・製造できる技術を保有しているが、日本のシェアは大幅に低下。今後、蓄電池の外部依存が更に進むおそれが大きく、早急に措置を講ずることが必要

永久磁石

指定の考え方

- 電化・デジタル化の進展に伴い、半導体(脳)、電池(心臓)とともに**重要な要素を握るのがモーター(筋肉)であり、その性能を決定付けるのが永久磁石**。電動車や発電機、家電、軍用途まで幅広い用途で用いられ、今後も市場が成長する見通し
- 日本企業のシェアが低下(23%(2013)→15%(2021))する中、外部依存が更に高まる見込み。また、レアアース原料のうち一部の種類は**全量外部に依存**
- 国内安定供給確保への対応に加え、米国も通商拡大法232条に基づき調査する等、安全保障上の関心が高く、経済安全保障の観点からも、**早急に措置を講ずることが必要**

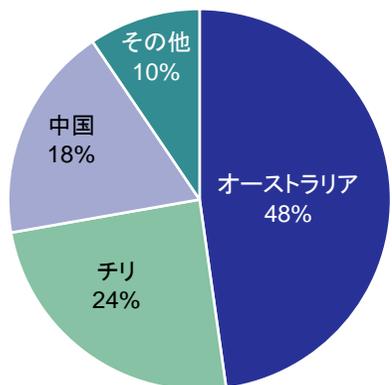
(出所)内閣府資料より、みずほ銀行産業調査部作成

リチウムイオン電池・ネオジム磁石に必要な鉱物は調達リスクがある状況

- リチウムイオン電池に使用されるレアメタル（リチウム、ニッケル、コバルト）、モーターの部品であるネオジム磁石に使用されるレアアースはサプライチェーン上にリスクがある状況

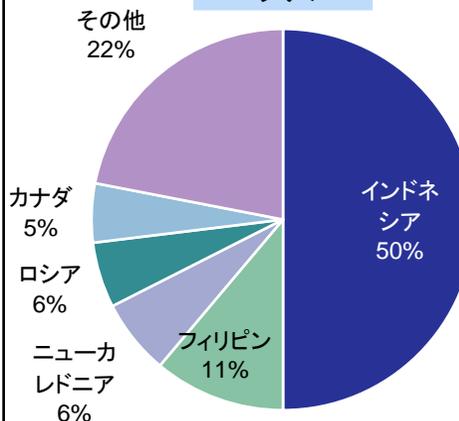
リチウム・ニッケル・コバルト・レアアースの生産量シェア(2023年)

リチウム



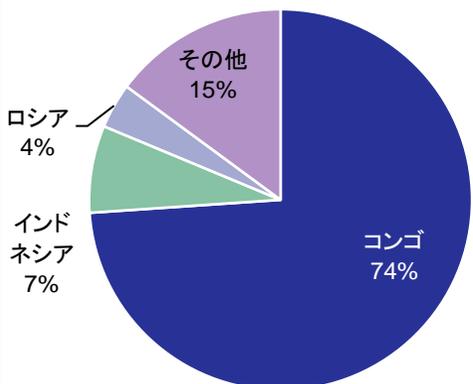
- リチウム生産量ではオーストラリアが約半分を占める
- 一方で、化成品の製造においては中国が支配的であり、水酸化リチウムにおいては8割超のシェアを占める

ニッケル



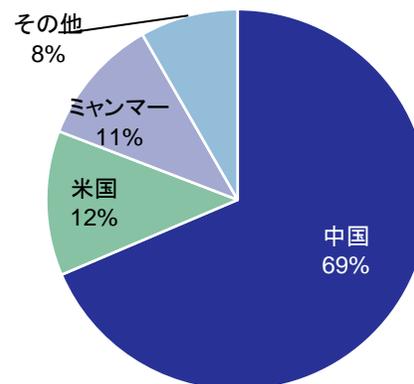
- ニッケル生産量の半分を占めるインドネシアでは、ニッケル鉱石輸出禁止など資源ナショナリズムの動きが強まっている

コバルト



- コバルト生産量の7割超を占めるコンゴはカントリーリスクが高い
- 中国がコバルト資源権益の多くを握っており、地金生産量で中国が過半を占める

レアアース



- レアアース生産量の7割を中国が占める
- 特に重希土類を含む鉱床が中国に偏在。製錬量の9割が中国に集中している

(出所) 米地質調査所(USGS)資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(参考)主要国、地域における重要鉱物などの指定状況

- 主要各国・地域の政府は、鉱物の調達リスクを懸念。「重要鉱物」などを指定して調達を強化する方向性
- リチウムイオン電池やネオジム磁石に必要な鉱物は日本・EU・米国において重要鉱物に指定

日本・EU・米国における重要鉱物などの指定状況

	日本	EU		米国	
	重要鉱物	①重要原材料	②戦略的原材料	①重要鉱物	②重要物資
リチウム	○	○	○	○	○
コバルト	○	○	○	○	○
ニッケル	○	○	○	○	○
希土類(重・軽希土)	○	○	○	○	○
白金族	○	○	○	○	○
グラファイト(天然)	○	○	○	○	○
ガリウム	○	○	○	○	○
フッ素(蛍石)	○	○		○	○
マグネシウム	○	○	○	○	○
シリコン(金属)	○	○	○		○
チタン	○	○	○	○	
バナジウム	○	○		○	
マンガン	○	○	○	○	
ゲルマニウム	○	○	○	○	
ニオブ	○	○		○	
アンチモン	○	○		○	
ハフニウム	○	○		○	
タンタル	○	○		○	
タングステン	○	○	○	○	
ビスマス	○	○	○	○	
ベリリウム	○	○		○	

リチウム、コバルト、ニッケルは電池
レアアース(希土類)は磁石に使用

	日本	EU		米国	
	重要鉱物	①重要原材料	②戦略的原材料	①重要鉱物	②重要物資
ヘリウム		○			
ホウ素	○	○	○		
原料炭		○			
ボーキサイト、アルミナ		○	○	○	○
リン	○	○			
スカンジウム		○			
クロム	○			○	
ルビジウム	○			○	
銅		○	○		○
亜鉛				○	
ひ素		○		○	
ストロンチウム	○	○			
ジルコン	○			○	
モリブデン	○				
インジウム	○			○	
錫				○	
テルル	○			○	
セシウム	○			○	
バリウム(バライト)	○	○		○	
テルビウム	○				
長石		○			

(出所)JOGMEC資料より、みずほ銀行産業調査部作成

重要鉱物の安定調達確保にむけて、リチウムイオン電池やネオジム磁石のリサイクルが必要

- 重要鉱物の安定調達確保に向け、海外鉱山への投資や省レアメタル・レアアース技術の研究開発が考えられるが、これらの取り組みのみでは依然課題が残る。重要鉱物資源確保に向けて、国内資源を活用する、リチウムイオン電池やネオジム磁石のリサイクルの実施が有効な対策となり得る
- CNに向けて需要拡大が予測されるとともに廃棄量の増加が想定され、新たなリサイクルビジネス領域としても期待される

重要鉱物の安定供給確保に向けた対策

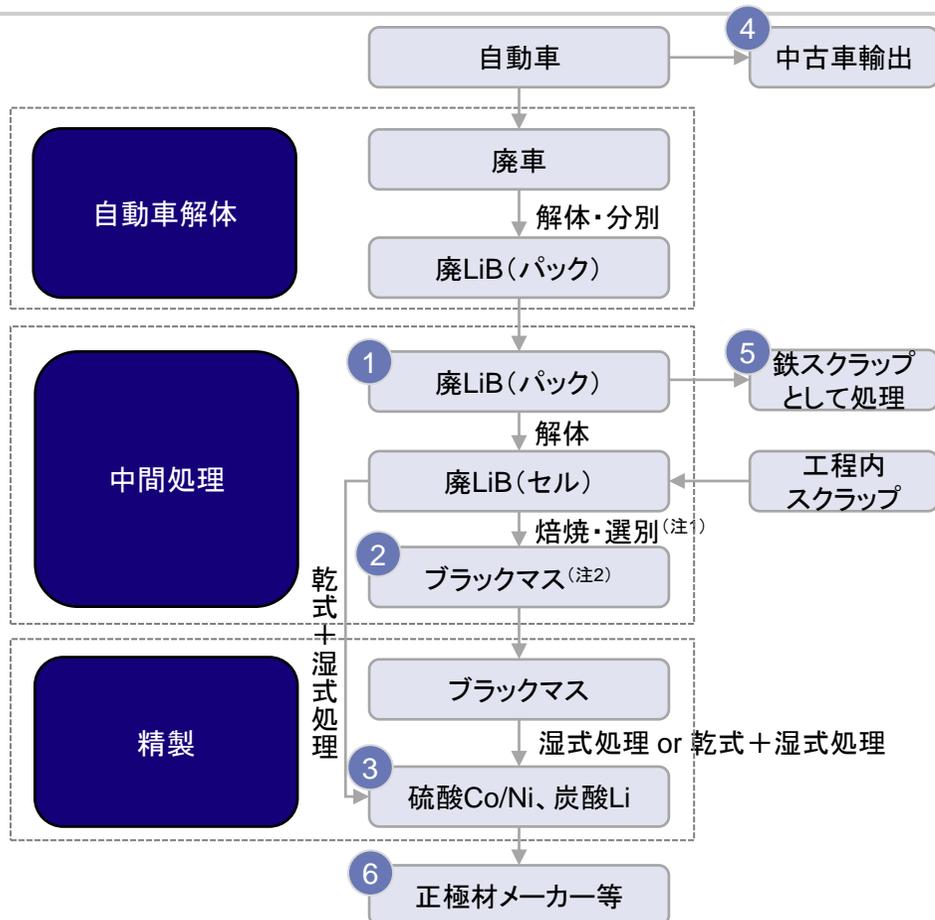
#	対策	概要	課題
①	海外鉱山投資	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本政府は、探鉱・鉱山開発・製錬事業など上流事業を中心に企業支援策を展開 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 投資回収までの期間が長期化する可能性 ✓ 資源国の政治的リスクや社会的リスクにより鉱山運営に支障が出る可能性
②	省レアメタル・レアアースの推進	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 省コバルトリチウムイオン電池や、省レアアースネオジム磁石の開発が各企業で進められている 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研究開発に多額の費用と時間が必要で採算性が不透明 ✓ 省コバルトリチウムイオン電池が実用化したとしても、リチウムやニッケルは必要不可欠 ✓ レアメタル・レアアースと同等の性能を持つかどうか不確実
③	リチウムイオン電池・ネオジム磁石リサイクルの推進	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業化に向けたリサイクル研究が各企業で進められている ✓ NEDOはネオジム磁石リサイクルの研究開発を推進 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 効率的に分離するなど技術開発が必要 ✓ 売上が資源価格の変動に左右されるため、採算面が不安定 ※現状・課題については次頁以降で詳述

中期的にリチウムイオン電池リサイクルは新たなビジネス領域として期待される
ネオジム磁石リサイクルは、長期的な視点で事業化を見定める必要(補論で説明)

リチウムイオン電池リサイクルの現状

- リチウムイオン電池リサイクル技術は確立されているものの、現状は工場端材等のリサイクルにとどまる
- リチウムイオン電池リサイクルの事業化に向けて、リサイクルコストの高さ、廃電池の量の確保、リサイクル材料の価値を評価する仕組みに課題あり

使用済みリチウムイオン電池の想定されるリサイクルフロー



(注1) 国内では焙焼・選別工程が主流だが、海外では水中破砕や窒素雰囲気破砕といった手法も存在

(注2) ブラックマス: Ni、Co、Li等の金属を含む黒色粉

(出所) 両図ともに、各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

リサイクルにおける課題

課題1

リサイクルコストの高さ

- 1 重量物である電池の運送コスト
- 2 中間処理工程におけるエネルギーコスト、フッ化水素処理コスト
- 3 精製工程における精製コスト

課題2

廃リチウムイオン電池の量の確保

- 4 国内で廃車される自動車は減少傾向にあり、将来的にEVの中古車も輸出に向かうおそれ
- 5 中間処理後の電池が精製工程に回されない懸念

課題3

リサイクル材料の価値を評価する仕組み

- 6 欧州電池規則への準拠を証明できる仕組みが必要

【参考】リチウムイオン電池リサイクルの各社取り組み・対応領域

- リチウムイオン電池リサイクル技術への参入者は多数存在するが、それぞれ事業領域が異なる。精製工程は住友金属鉱山・JX金属・三菱マテリアルの大手非鉄製錬企業中心に事業化に向けて開発が進められている。

リチウムイオン電池リサイクルにおける各社取り組み

代表的企業名	取り組み状況
住友金属鉱山 関東電化工業	<ul style="list-style-type: none"> 廃LiB及び中間物から、電池材料としてNi・Coを回収するプロセスを開発 関東電化工業と協業し、Li化合物をLiB材料として水平リサイクルする技術を確立(2022/2) 商業規模のLiBリサイクルプラント建設発表と回収網構築に向けたパートナーシップ協定を締結(2024/4)
JX金属	<ul style="list-style-type: none"> Ni・Coを硫酸塩で回収するための基礎技術を開発 Liも炭酸Liでの回収実現(電池グレードにも目途) 敦賀に新会社設立し、中間処理工程の技術確立も目指す(2021/5)
三菱マテリアル	<ul style="list-style-type: none"> ブラックマスからのLi・Co・Niの高効率回収を研究中、技術確立に向けパイロットプラント建設発表(2023/6) 劣化診断技術の獲得やリユース事業参入も志向
アサカ理研 PPES	<ul style="list-style-type: none"> 他手法よりもCO2排出量が少ない、回収率が高い、処理コストが低い独自の薬液循環工程を採用 PPESの電池工場で発生する廃材などから、2030年にEV台数換算1.5万台相当の電池をリサイクル予定
エンビプロHD	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物処理の技術を生かし、ブラックマスまでの製造ノウハウ保有(精製工程も子会社にて技術開発中) ひたちなかに新工場設立発表(2023/3)
DOWA	<ul style="list-style-type: none"> 中間処理工程中心。Fe/Al/Cuはリサイクラーに販売

LiBリサイクルにおける主要各社の対応領域

	自動車解体	中間処理	精製
住友金属鉱山 関東電化工業			△
JX金属		△	△
三菱マテリアル	○(注1)		△
エンビプロHD	○	○	
DOWA		○	
敦賀セメント 松田産業		○	
日本化学産業			△
アサカ理研			△
JERA 住友化学		△(注2)	△(注2)

○:商業稼働レベル △:パイロットレベル

(注1)持分法適用子会社のマーク・コーポレーションにて実施

(注2)正極材を金属に戻さず構造を修復して再生する「ダイレクトリサイクル」技術

(出所)各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

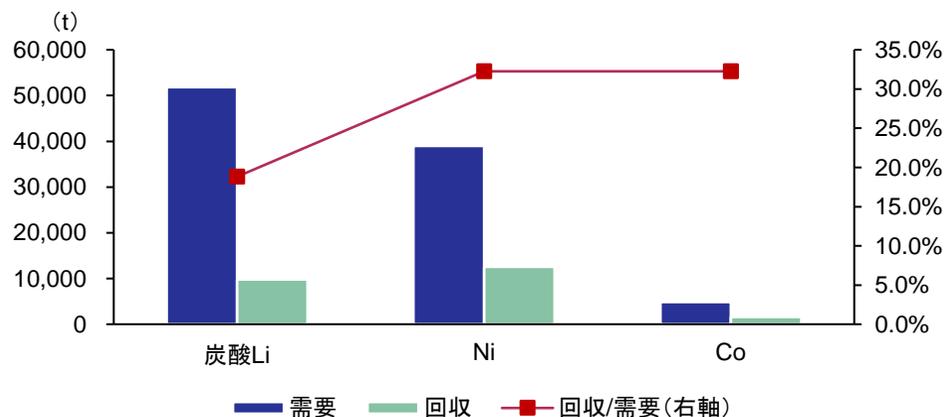
(出所)各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

車載用リチウムイオン電池リサイクル量・市場規模

Strictly Confidential

- リチウムイオン電池の廃棄量は中長期的に増加するが、EVの中古車輸出比率が実績値の35%とすると、2040年のリチウムイオン電池リサイクルによる回収量は、リチウム需要の20%程度、ニッケルとコバルトは需要の35%程度にとどまる見通し
- リサイクル市場規模(レアメタルの販売価格)はレアメタル価格により変動するが、現在の価格水準ではコストを下回る見通しであり、精製工程のみでは採算が取れない可能性

車載用リチウムイオン電池需要・回収量(2040年)



(注)前提条件:

<自動車>

- ・自動車生産台数、販売台数は弊行推定
- ・パワートレイン別の内訳は、2040年ICE10%、HEV50%、PHV10%、BEV30%と仮定
- ・2030年の新車販売台数のうち65%が2040年に国内回収され、リサイクルされると仮定
- ・需要は、2040年の国内自動車生産台数に、パワートレイン別の原単位を乗じて算出
- ・回収は、2030年の国内廃車回収台数に、パワートレイン別の原単位を乗じて算出

<LiB>

- ・LiBの内訳について、2030年はNMC80%、LFP20%、2040年はNMC50%、LFP50%と仮定
- ・NMCはすべてNMC811と仮定
- ・LiB重量は、HEV25kg、PHEV120kg、EV300kg
- ・Li量は炭酸Li換算で表示

(出所)両図ともに、経済産業省(受託事業者:デロイトトーマツコンサルティング合同会社)「令和3年度重要技術管理体制強化事業 車載用LiB等に含まれる鉱物資源リサイクルの現状と流通実態を踏まえた課題抽出等に関する調査 最終報告書」(2022年2月)、国立研究開発法人科学技術振興機構構微炭素社会戦略センター「蓄電池システム」、IRuniverse株式会社/MIRUより、みずほ銀行産業調査部作成

車載用リチウムイオン電池リサイクルの市場規模(2040年)

レアメタル価格水準	LiBリサイクル市場規模	LiBリサイクルコスト
最高値	2,839億円	2,486億円
現在価格	720億円	802億円
最安値	672億円	765億円

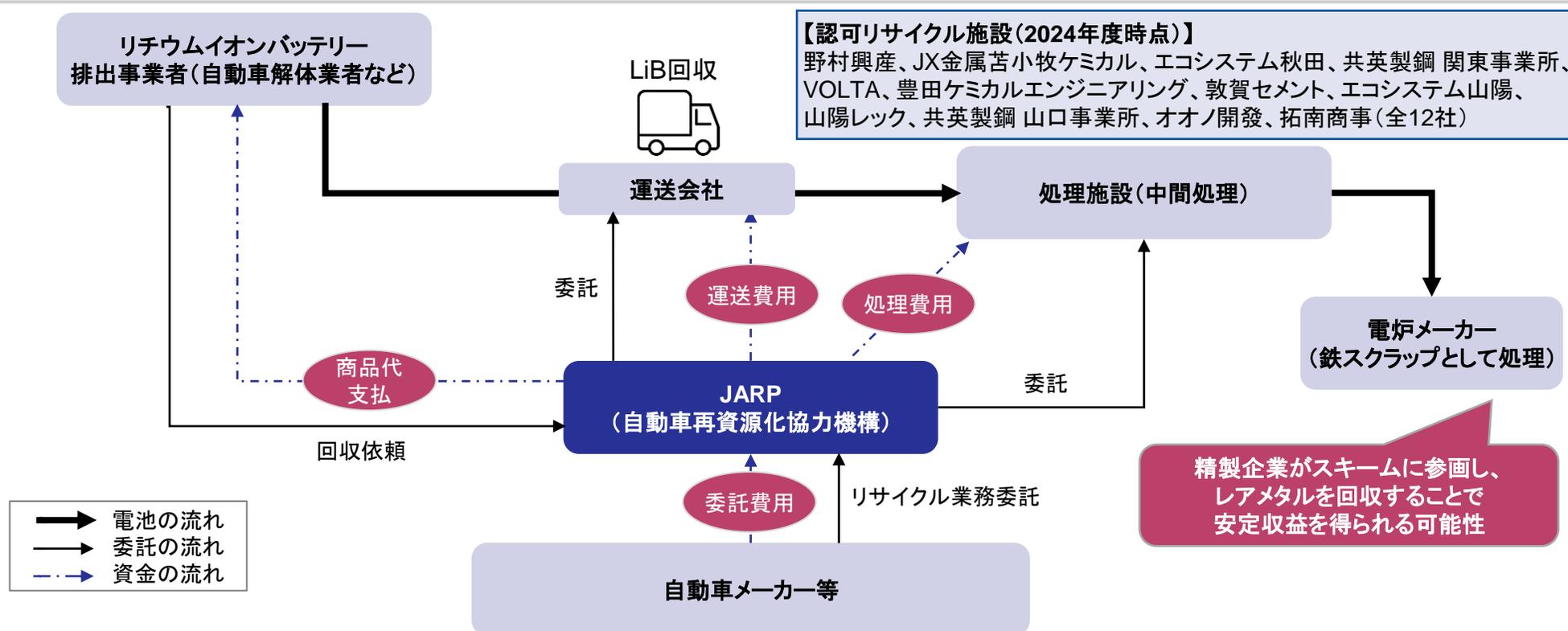
<コスト・市場規模>

- ・端材リサイクルと市中回収電池リサイクルについて、市場規模とコストを算出
- ・市中回収電池リサイクルコストは、ブラックマス仕入れ価格、分離精製コストを対象
- ・ブラックマス仕入れ価格は金属売却価格の7割と仮定
- ・分離精製コスト136円/kgと仮定
- ・市場規模はLi・Co・Niの市場価格に回収量を乗じて算出。なお1ドル150円として計算
- ・レアメタル価格について、Ni、CoはLME価格、LiはMIRU算出の炭酸Li価格を使用
- ・レアメタル価格は2021~2024年度での最高値、最安値を採用。現在価格は2025年3月時点
- ・レアメタル回収時の歩留まり率はLi80%、Co95%、Ni95%(欧州電池規則2031年義務)

自動車再資源化協力機構による共同回収スキームの精製工程への延伸(弊行仮説)

- 解体工程と中間処理工程では、自動車再資源化協力機構による「LiB共同回収スキーム」が2018年10月から運用
 - 同機構の取りまとめにより、自動車メーカー等から発生する廃LiBの回収・処理を行う。自動車メーカーが費用を負担することで、回収から中間処理工程まで安定収益を得られる効率的なスキームとして機能
- ただし、現状は中間処理後の電池が鉄スクラップとして電炉に流れているものもあり、同スキームを活用しながら精製工程まで誘導する仕組みづくりも求められるか

自動車再資源化協力機構(JARP)による車載用LiB共同回収スキーム

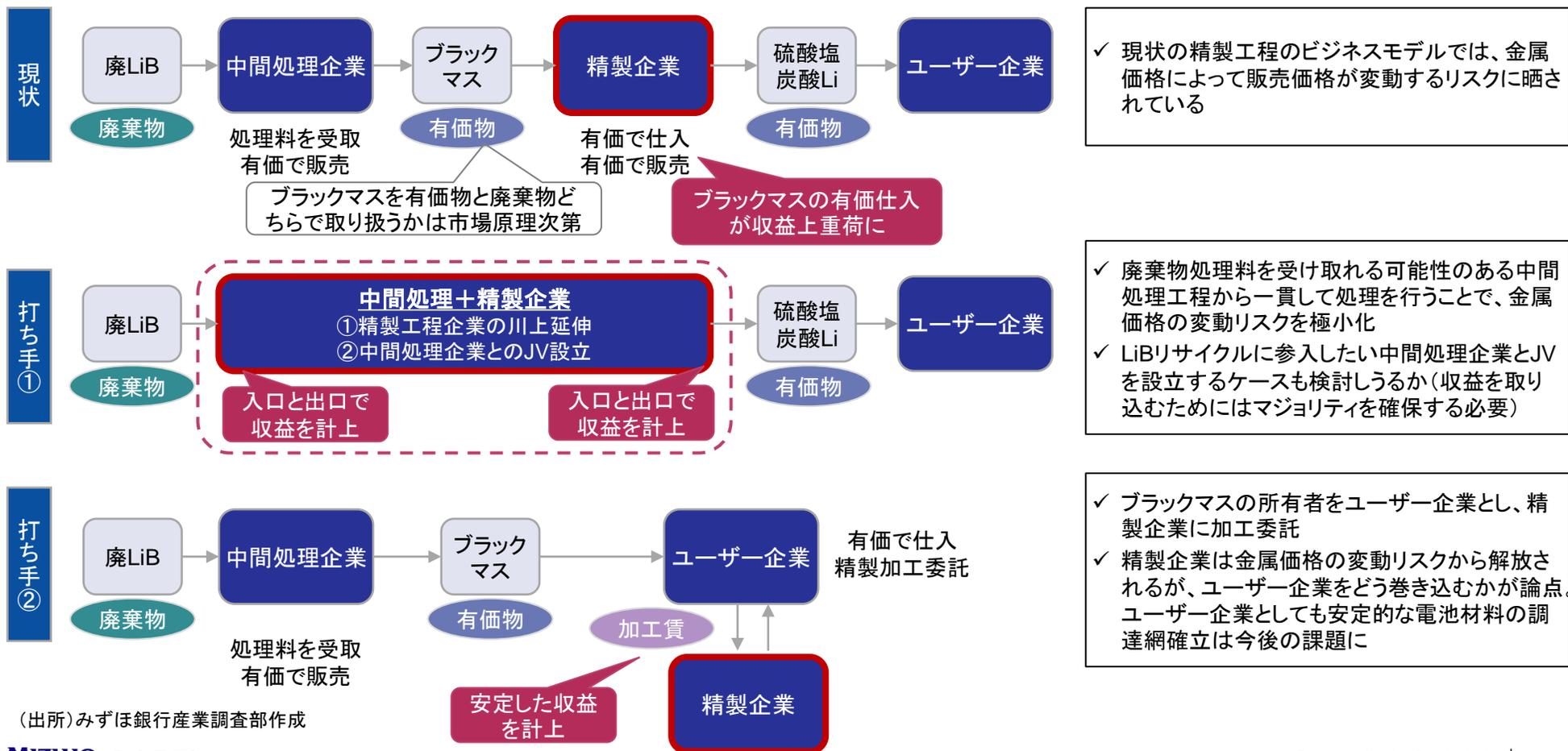


(出所)一般社団法人日本自動車工業会、一般社団法人自動車再資源化協力機構資料より、みずほ銀行産業調査部作成

精製企業の収益化(弊行仮説)

- 精製企業は、精製コストが高い一方、収益はレアメタル価格に左右され、採算面が不安定で赤字リスクをはらむ
- 精製コストのうちブラックマスの調達コストが大半を占めることから、ブラックマスの有価で調達する既存のビジネスモデルを転換する必要があると思料。例えば、①廃棄物処理料を受け取れる中間処理事業に延伸する、②ユーザー企業から加工賃を受け取って精製処理を行うことを想定

中間処理と精製の連携

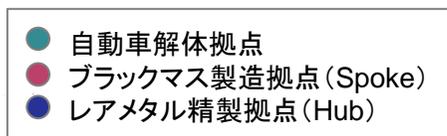


(出所)みずほ銀行産業調査部作成

企業間連携による、日本におけるHub & Spoke構想(弊行仮説)

- 日本全体での効率化を実現させるためには、エリア毎に中間処理企業とレアメタル精製企業を選定し、1拠点当たりの処理量を増加させることで大規模化を図る取り組みが有効。重量物である電池の工程間輸送コスト等を極小化するために、近接する企業同士で組むことが重要と史料

日本におけるHub&Spoke構想(イメージ)



- ✓ 国内をいくつかのエリアに分け、廃車回収能力の高い自動車解体拠点と、有力な中間処理施設を選定(両者が近隣であることが電池パック配送の観点でベスト)
- ✓ 複数の中間処理施設で製造したブラックマスから、1つの精製施設で集中的にレアメタルを回収することで、ボリュームメリットを極大化

<東日本>

正極材メーカー	拠点
田中化学研究所	福井
日本化学産業	福島、埼玉
新日本電工	富山

<西日本>

正極材メーカー	拠点
住友金属鉱山	愛媛
日亜化学工業	徳島
三井金属	広島

それぞれ近隣のユーザー(正極材メーカー等)に販売

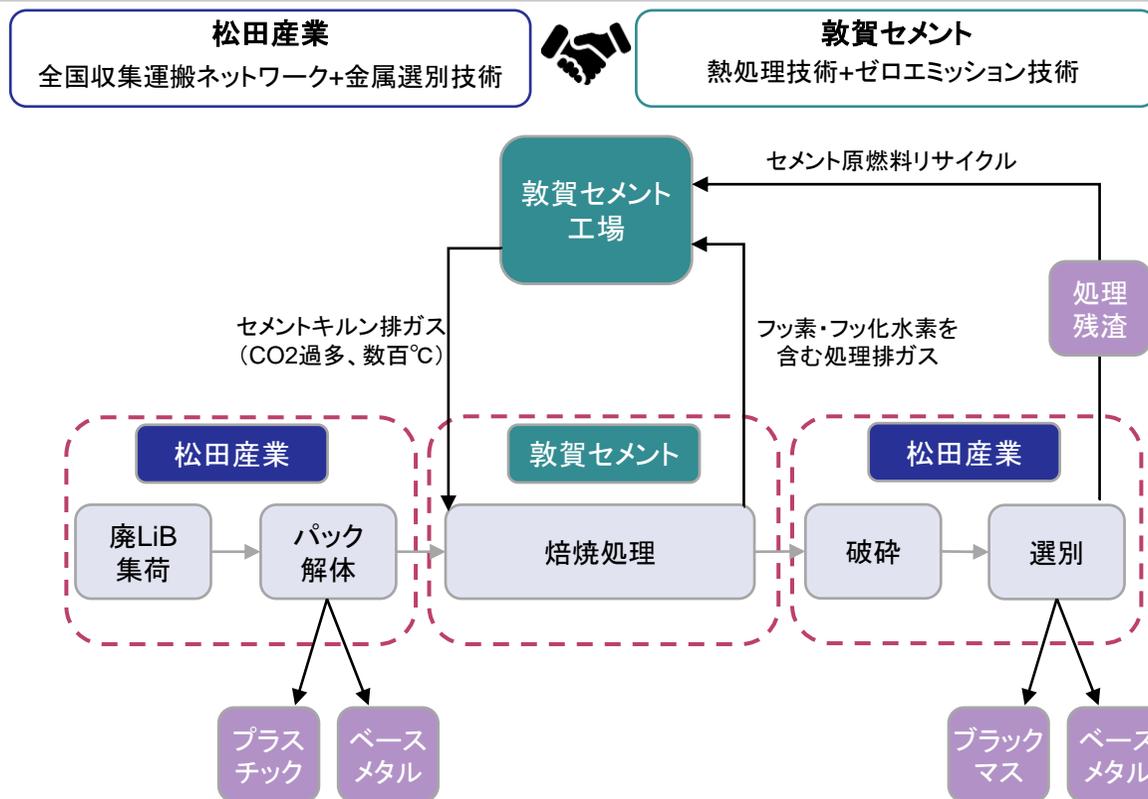
(注)各拠点の立地や分割エリアはあくまで弊行イメージ

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

敦賀セメント+松田産業:セメント製造プロセスを利用した中間処理プロセス

- 中間処理工程を行う際には、電解液を蒸発させるために高温で加熱させる必要があるほか、加熱によりフッ化水素ガス等が発生するため、排ガス処理コストが必要も、廃棄物焼却許認可取得には障壁あり
- 敦賀セメントと松田産業は、LiB焙焼時に発生するフッ素ガスをセメント工程に戻して処理し、セメント製造プロセスで発生する排ガスを廃LiB焙焼に利用するリサイクルプロセスを開発。中間処理工程でのコスト抑制が可能

敦賀セメントと松田産業によるLiBリサイクルプロセス



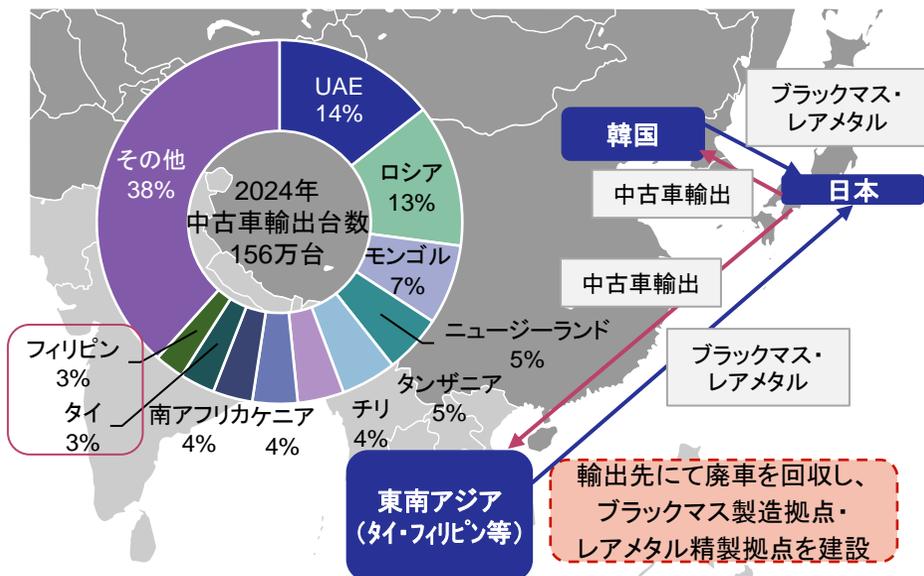
フッ素ガスをCaに吸着させ無害化してセメント材料に利用し、電池焙焼の熱源にはセメントプロセスの排ガスを利用することで中間処理コストを抑制

(出所)一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センターより、みずほ銀行産業調査部作成

海外に廃車回収拠点を設立し、ブラックマス・レアメタルを確保(弊行仮説)

- EVの中古車輸出による電池流出に対しては、たとえば日本に近い韓国・ASEAN地域において、地場リサイクラーや国内電池メーカーが協業して電池を回収し、ブラックマスもしくは現地で精製したレアメタルを日本に再度輸入するスキームを構築
- DOWA HDがタイ・インドネシアでリチウムイオン電池リサイクル事業を展開しているほか、韓SKグループがリチウムイオン電池リサイクル事業を展開するTES社を買収するなど、東南アジアでのリチウムイオン電池リサイクルが注目されている

中古車輸出国からのブラックマス回収



- ✓ 2024年の使用済み車発生台数が260万台であるのに対し、中古車輸出台数は156万台と、多くの中古車が国外に流出している状況
- ✓ 中東やロシア等は困難でも、まずは地理的に近い東南アジアや韓国等で回収強化していくことは重要な論点
- ✓ タイ・フィリピン・韓国に輸出される中古車を全量回収できた場合、年間10万台分(ブラックマス換算1.5万トン)に相当(注)

(注)回収される中古車が全てEV車の前提

(出所)両図ともに、日本中古車輸出業協同組合、自動車リサイクル促進センター、各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ASEANにおけるリチウムイオン電池リサイクル企業事例

DOWAが東南アジアでLiBリサイクル事業を展開

- ✓ 2019年10月、DOWA HDはタイ子会社BPECがリチウムイオン電池などのリサイクルを開始することを発表
- ✓ 処理能力は1日あたり4トン程度
- ✓ 次いで2021年には、インドネシアに廃棄物焼却炉を建設し、リチウムイオン電池リサイクルに活用

SKグループによるTES社買収

- ✓ 2022年2月、韓SKグループのSKエコプラントは、リチウムイオン電池リサイクル事業などを展開する、シンガポール企業TESを約1,150億円で買収
- ✓ TES社は1日あたり最大14トンの処理能力を有す
- ✓ 使用済み電池からレアメタルを取り出し、グループ内の車載電池企業で再利用することが可能に

欧州電池規則に向けたトレーサビリティの強化

- 欧州電池規則は、EUで販売される電池の原材料の調達・製造からリサイクルまでの流れを規制し、サステナブルな製品供給を可能とすることを目的として制定。リチウム・ニッケル・コバルトの再資源化および再生材利用義務などを規定しており、日本企業としてこれに準拠した仕組みを構築することが必要
- 欧州電池規則をはじめとした環境規制強化への対応として、国内自動車メーカー14社・電池サプライチェーン協議会・日本自動車部品工業会が中心となり、2024年5月に自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センターを設立。電池パスポートの導入等、実効性のある取り組みが求められる

欧州電池規則概要

	再資源化義務		再生材利用義務	
	2027年末迄	2031年末迄	2031年8月～	2036年8月～
リチウム	50%	80%	6%	12%
コバルト	90%	95%	16%	26%
ニッケル	90%	95%	6%	15%

- ✓ LiBは平均重量ベースで**2025年末までに65%、2030年末までに70%**のリサイクル効率達成義務
- ✓ メーカーには再生材使用率の証明を義務付け
- ✓ 回収された廃電池の埋立処分や焼却処分を禁止
- ✓ 廃棄物の機器に組み込まれた電池の回収義務

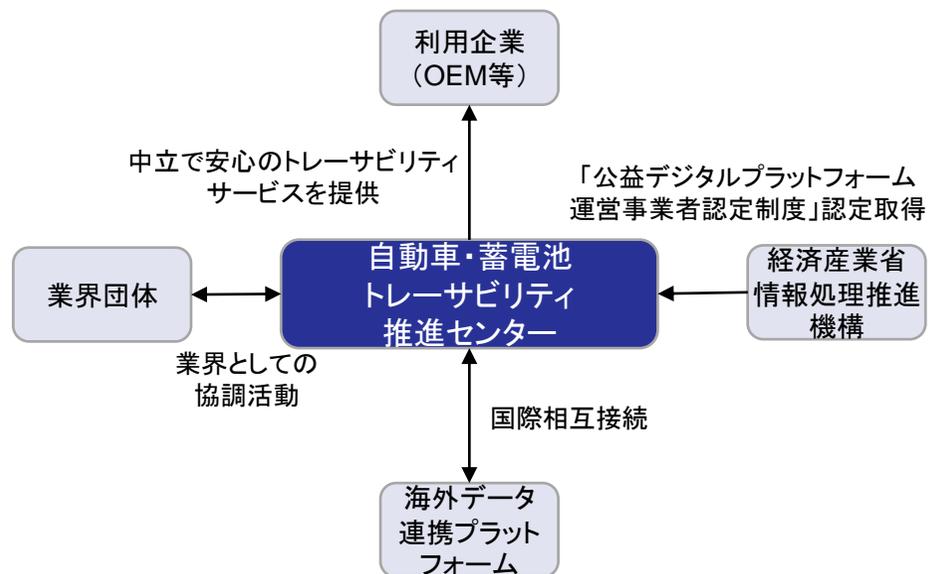
バッテリー
パスポート導入

ラベル表示
QRコード導入

DD実施義務

(出所) 各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センターによるトレーサビリティ管理



(注) 公益デジタルプラットフォーム運営事業者認定制度: データ連携システムの運営および管理を行う者で、申請があった者のうち、認定基準に適合する民間事業者等を認定する制度
(出所) 自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センター、経済産業省資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ネオジム磁石リサイクルの現状

- ネオジム磁石リサイクルのリサイクル技術は研究段階。工場内発生くず等は回収されてリサイクルされるが、使用済みネオジム磁石は海外に輸出され、現地で加工したりリサイクルレアアースを再度輸入している状況
- 量の確保についてはリチウムイオン電池と同様の打ち手を想定。将来的には廃棄風車も有望なターゲットに
 - ただし日本でのリサイクル実施には、環境負荷の低い精製技術の開発が求められる

使用済みネオジム磁石の想定されるリサイクルフロー(例:自動車)

ネオジム磁石リサイクル事業化における論点



論点1

リサイクルに必要な使用済み磁石をいかに集めるか

- ✓ EV駆動用モーター向けは最大
- LiBと同様の打ち手を想定**
- ✓ 風力発電機1MWあたり、洋上風力は106kg、陸上風力は70kgのネオジム磁石が使用されており、中古風車の国外流出リスクも低い
- 将来的には廃棄風車はターゲットに**

論点2

環境規制・コスト上日本で実施することが難しく、海外で行っている精製工程を国内で行うことは可能か

- ✓ 精製工程において既存のミキサーセトラー技術では日本の環境基準に抵触。他方、今後ベトナムでも環境規制が厳しくなるリスクあり
- ✓ 国内での精製実施に向けて、廃液の発生を抑え、低コストの精製技術開発が求められている

(出所) 両図ともに、経済産業省、各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【参考】ネオジム磁石リサイクルの各社取り組み・対応領域

- 三徳、信越化学工業は研磨粉などを湿式処理し、レアアースを回収。その他、エンビプロHDや日産が従来の手法以外での研究を進めている。各社取り組みが進んでいるものの、使用済みネオジム磁石リサイクル事業化の見通しは立っていない。環境負荷の低い精製技術の開発に向けては、企業間・産学官での連携による研究開発が求められる

ネオジム磁石リサイクルにおける各社取り組み

代表的企業名	取り組み状況
三徳	<ul style="list-style-type: none"> ・ネオジム磁石の研磨粉などを回収し、湿式処理にてレアアースを回収し、磁石向けに再利用 ・NEDO「部素材からのレアアース分離精製技術開発事業」に参画。複数企業・大学と連携し、分離精製技術開発に取り組む(2023~2027年)
信越化学工業	<ul style="list-style-type: none"> ・磁石生産時に発生する研磨粉を湿式処理にてレアアースを回収し、磁石向けに再利用 ・トヨタ自動車と磁石再資源化の取り組みを開始し、プリウスの廃車から回収した磁石を新品の磁石に再生
エンビプロHD HyProMag	<ul style="list-style-type: none"> ・英HyProMagとレアアース磁石のリサイクルに関してMOUを締結(2024/6) ・同社の技術は脱磁・破碎・化学的処理が不要で、低コストかつ環境負荷の小さいリサイクル方法として注目 ・同社はエンビプロが回収した廃ネオジム磁石を日本でリサイクルする計画
日産 早稲田大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ローターを分解せずそのまま1,400℃以上で熔融し、熔融液中のレアアースを酸化させ、化合物を回収 ・モーターに使用された98%のレアアースを回収可能。磁石の取り出しなどが不要のため作業時間を半減 ・2020年代中ごろの実用化をめざす(2021/9)
豊田メタル	<ul style="list-style-type: none"> ・HVの普及に先駆けて、モーターからネオジム磁石を回収するリサイクル工程を構築

(出所) 各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ネオジム磁石リサイクルにおける各社対応領域

	自動車解体	中間処理	精製
三徳			○
信越化学工業			○
ダイドー電子			○
エンビプロHD HyProMag	○	△(注1)	△(注1)
日産 早稲田大学		△(注2)	△(注2)
三菱マテリアル	○	△	
アサヒプリテック		△	
豊田メタル		○	

○: 商業稼働レベル(精製は端材リサイクルを対象) △: パイロットレベル
 (注1) 既存の中間処理、分離精製工程を要さない水素脆化廃磁石リサイクル技術による
 (注2) ローターのまま焼成しレアアース化合物を回収
 (出所) 各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

精製工程の国内事業化に向けた研究開発動向

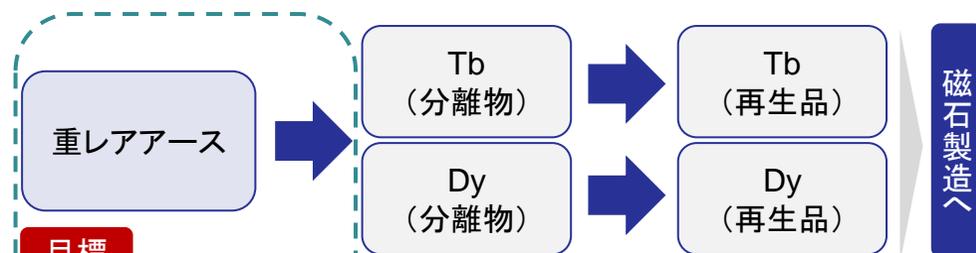
- エマルションフロー法は、使用する溶媒量が大幅に減少するため、環境規制の厳しい日本において、環境負荷を抑えて精製が行える技術として注目される
 - 従来の溶媒抽出装置であるミキサーセトラーと比較して、溶媒抽出工程数の削減・プラントの小型化によりCAPEXが大幅に削減され、廃磁石の種類によらずに同じプラントで処理運用ができることも強み
- NEDOはエマルションフロー法を活用し、ジスプロシウム(Dy)とテルビウム(Tb)を分離する技術開発に取り組み

エマルションフロー法による精製工程

- ✓ 日本原子力研究開発機構が基礎技術を開発
- ✓ 従来の溶媒抽出装置(ミキサーセトラー)と比較して低コストで高純度な元素分離を可能に。また、溶媒抽出装置の小型化に伴い、使用する溶媒量が大幅に減少し、環境負荷の抑制が可能

	ミキサーセトラー	エマルションフロー
溶媒抽出工程	混合→静置→分離	送液のみ
溶媒抽出プラントサイズ(レアアース)	1	1/10以下
プラント種類	廃磁石の種類に応じて個別のプラントを設計する必要があり、原料が変わると新しくプラントを設計する必要あり	廃磁石の種類によらず、同じプラントで処理運用でき、リサイクル工程の標準化が可能に

エマルションフロー法を活用したNEDOの研究動向



目標

従来より分離係数を2倍以上、装置規模1/5で分離精製プロセス確立

取り組み概要

- ✓ NEDOは2023～2027年度にかけて部素材からのレアアース分離精製技術開発事業に取り組み
- ✓ DyとTbはネオジム磁石の性能を高めるために添加されるが、これらが混ざると本来の性能が発揮されない。NEDOはエマルションフロー装置を活用して、DyとTbを高精密で相互に分離する技術を開発中

大学	佐賀大学、神戸大学、鹿児島大学、大阪大学
企業等	産業技術総合研究所、三徳、エマルションフローテクノロジーズ、日本原子力研究開発機構

(出所) 両図ともに、エマルションフローテクノロジーズ、NEDO資料より、みずほ銀行産業調査部作成

[X\(Twitter\)公式アカウント](#) [産業調査部](#)
[「みずほ産業調査」はこちら](#) [発刊レポートはこちら](#)



みずほ産業調査／78号

2025年5月30日発行

© 2025 株式会社みずほ銀行

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取り扱い下さいますようお願い申し上げます。
本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。

編集／発行 みずほ銀行産業調査部

東京都千代田区丸の内1-3-3 ird.info@mizuho-bk.co.jp