

8. 車載用 LiB リサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか

【要約】

- ◆ 近年の世界規模での自動車電動化により、車載用リチウムイオン電池 (LiB) の使用量が増加している。LiB の正極材にはコバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルが使用されているが、車載用 LiB 材料の需要拡大に伴い、長期的に見ればレアメタルの需給逼迫という懸念が顕在化するリスクがある。そのため車載用 LiB からレアメタルをリサイクルすることが注目されつつある。
- ◆ 本章では、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模とリサイクルコストを比較することで、レアメタルリサイクルの経済性並びに市場成長の可能性、ひいては車載用 LiB からのレアメタルリサイクルが日本企業にとってビジネスチャンスになるかどうかを検証した。結果、レアメタルリサイクル市場は一定の経済性を持ち、今後市場が拡大する可能性は十分あると言え、リサイクルコストの低減が、レアメタルリサイクル市場の成長性を左右する要素であることが分かった。
- ◆ 上記結果を踏まえ、レアメタル回収業者と中間処理業者が、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルをビジネスチャンスとしていくためには、次の 3 点が重要と考える。それは、① 企業間連携によるリサイクルコストの低減、② 官民連携による車載用 LiB リサイクルの早期事業化、③ 市場規模の大きい中国での事業展開の検討である。
- ◆ リサイクルコスト低減のためには、① エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1 拠点当りの処理量を増加させていくような取り組みが必要であろう。その際には、工程間の配送コストを極小化するために、近接する業者同士で組むことが重要である。加えて、電池の規格標準化に注力する自動車メーカーや電池メーカーとの連携も重要であろう。一方、② レアメタルリサイクルフローは各社共にリサイクル手法を研究・開発中であり、支出が先行する状態にある。早期事業化のための政策面からのサポートや仕組み作りが求められよう。また、③ 中国での事業展開を検討するに当たっては、中国で廃 LiB 集荷からレアメタル回収、更には LiB 正極材料への再生まで行うという、まさに Umicore が欧州で取り組んでいるような地産地消のビジネスモデルが求められるであろう。
- ◆ 車載用 LiB からのレアメタルリサイクルは日本企業にとって十分ビジネスチャンスになりうる。それをより確実なものにするために、企業間連携、官民連携を更に促進させ、廃 LiB が増加してくる 2025 年以降を見据えた準備を進めておくことが重要である。今こそ、日本が持つ技術力や緻密さを結集し、オールジャパンでこの問題に取り組み、最適解を見出すことに期待したい。

1. 足下の車載用 LiB 市場環境とレアメタルリサイクルの必要性

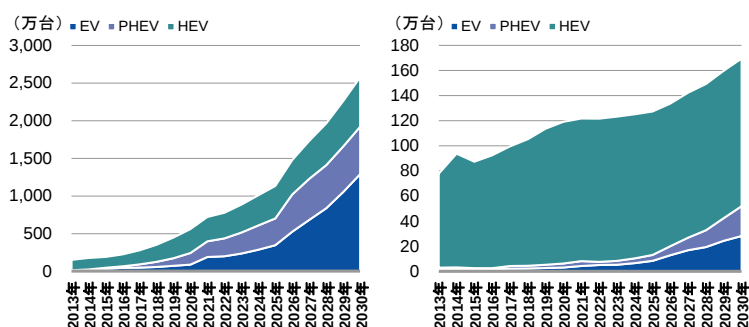
リチウムイオン電池の市場規模は急激に増加

近年、主要国における環境規制強化への対応に伴う次世代自動車¹の普及が目覚ましい。世界規模で自動車の電動化が進むことにより、当行の予測では、世界の新車販売台数は、2018 年の 350 万台から 2030 年には 2,500 万台を超え、国内においても同様に次世代自動車の普及が進む見通しである

¹ 次世代自動車: 本章では、EV (Electric Vehicle)、PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、HEV (Hybrid Electric Vehicle) の 3 種類を指すものとする。

（【図表 1】）。かかる中、車載用二次電池の需要も年々拡大しており、その中でも他の二次電池対比でパワー（電圧）やエネルギー容量等に優れるリチウムイオン二次電池（LiB=Lithium-ion rechargeable Battery）の使用量が増加することが見込まれている。車載用 LiB の世界市場規模は、2016 年の 1.4 兆円から、2020 年には 3.4 兆円、2030 年には 9.7 兆円にまで拡大する見通しである（【図表 2】）。

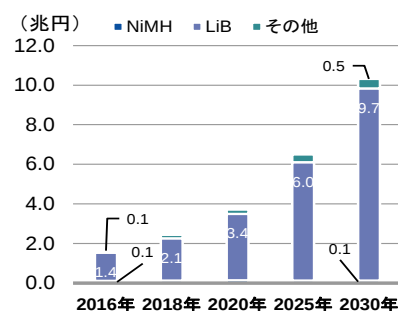
【図表 1】次世代自動車の新車販売台数推移
世界（左表）、日本（右表）



（注）2018 年以降は予測値

（出所）みずほ銀行「自動車電動化の新時代」『Mizuho Industry Focus Vol.205』（2018 年 2 月 6 日）より抜粋

【図表 2】車載用二次電池の市場規模推移（世界）



（注）2018 年以降は予測値

（出所）富士経済「エネルギー・二次電池・材料の将来展望 2018」より、みずほ銀行産業調査部作成

LiB にはレアメタルが多く使用されている

LiB の正極材にはコバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルが使用されており、それゆえ重量当りの価格が他の部材比で高価である。日本が価格競争力のある次世代自動車を生産していくためには、これらレアメタルの安定確保が重要課題であるが、急激な車載用 LiB 材料の需要拡大に伴い、長期的に見ればレアメタルの需給逼迫という懸念が顕著になってきている。そこで、まずは LiB 正極材に用いられる各レアメタルの需給動向について触れたい。

コバルトは最も需給逼迫が懸念されている

まず最も需給逼迫が懸念されているのがコバルトである。車載用 LiB 正極材の中で主流であるのが、コバルト・ニッケル・マンガンバランス良く使用した「三元系 (NMC)」やニッケル酸リチウムを使用した「ニッケル系 (NCA)」である（【図表 3】）。今後電池の省コバルト・ハイニッケル化²が進む可能性があるものの、最も性能バランスの良い NMC 系が伸びていくと予想されていることから、コバルトは今後着実な需要増加が見込まれている。但し供給面では、コンゴ民主共和国 (DR コンゴ) 等のカントリーリスクの高い国に資源が偏在していること、価格のボラティリティが高いこと、更にコバルトはバイプロダクト（副産物）であるため、コバルトを主目的とした鉱山開発が難しいこと等から、資源開発が進みにくいと推察され、中長期的には需要超過となる可能性がある（【図表 4】）。併せて、資源権益・製錬の大宗を中国が占めていることから、中国以外の国への供給が逼迫する事態も想定される（【図表 5】）。

コバルト価格は、2018 年 3 月に供給不足に対する懸念から LME 価格で 95.25 ドル/kg の高値を付けた。足下ではコバルト価格は落ち着きを取り戻し、2019

² 省コバルト・ハイニッケル化：コバルトが高価格であり、かつ価格変動のボラティリティが高いことから、コバルトの使用量を減らし、ニッケルの使用量を増やす取り組みを指す。

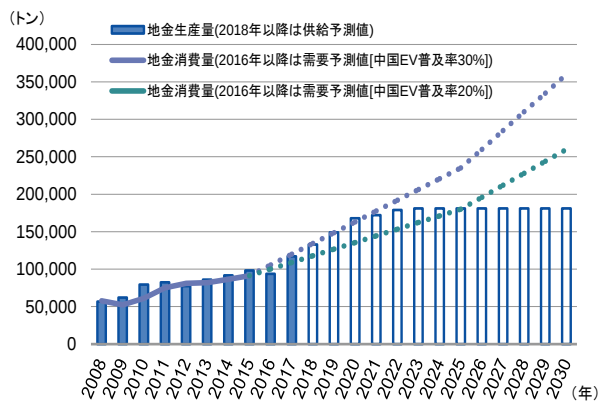
年 8 月時点で 32.60 ドル/kg 付近で推移しているが、前述した通り、今後の需給逼迫の可能性を勘案すると、中長期的には価格が高騰する懸念が依然としてあると言える（【図表 6】）。

【図表 3】LiB 正極材の主な種類と特徴

正極材	略称	価格優位性	容量	安全性	備考
コバルト系	LCO	×	△	×	熱暴走リスクがあり車載用ではあまり使用されない
マンガン系	LMO	○	×	○	価格面や安全性では優位も、容量面（航続距離）に課題
ニッケル系	NCA	×	○	×～△	安全性を考慮しAIを添加
三元系 (Ni、Co、Mn)	NMC	△	△～○ (組成による)	△	Co使用量削減へ技術開発が進められている (Ni:Co:Mn=5:3:2→6:2:2→8:1:1)
リン酸鉄系	LFP	○	△	○	価格面や安全性では優位も、容量面（航続距離）に課題

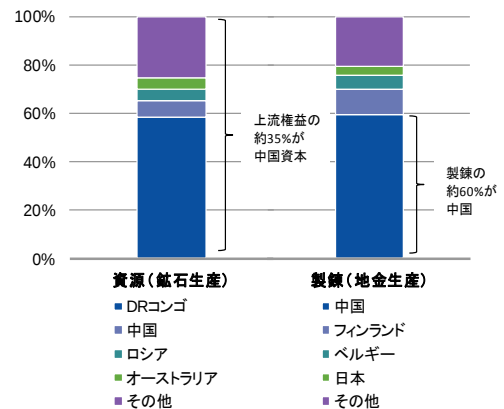
(出所)JOGMEC 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】世界のコバルト需給予測



(出所)資源エネルギー庁資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】コバルトの資源・製錬の各国シェア



(出所)JOGMEC 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ニッケルはステンレス需要が好調推移する見込みであり価格高騰の可能性はある

次に、ニッケルについては、最大用途であるステンレス需要（ニッケル需要全体の 65～70%）が中国を中心に伸びており、一次ニッケル³は需要超過となっている状況である。ステンレスの原料となる酸化ニッケル⁴は、フィリピンやインドネシアといったカントリーリスクが相応に高い国に偏在していることにも留意する必要がある。例えばフィリピンでは、環境保護政策の一環として、2017 年 1 月に 23 鉱山に閉鎖命令、5 鉱山に操業一時停止命令が出された。同年 4 月には既存のニッケル鉱山は対象から除外されたものの、露天掘り鉱山の禁止令が出される等、鉱業政策には不安定さが見られる状況である。インドネシアについても、自国産業強化目的で、2014 年 1 月からニッケル鉱石の輸出を全面禁止にした。その後、2017 年 1 月に低品位のものに限り輸出を解禁したが、2022 年以降再び全面禁輸となる可能性もゼロではない。

³ 一次ニッケル：製錬所の生産物で、製錬所以外の消費者がそのまま使用できる形態のものを指す。具体的にはニッケル地金、フェロニッケル、硫酸ニッケル等。

⁴ 酸化ニッケル：ニッケルには酸化ニッケルと硫化ニッケルが存在し、一般的には酸化ニッケルはステンレス、硫化ニッケルは地金の原料となる。近年は酸化ニッケルから地金を生産する HPAL といった技術も開発されている。

なお、LiB 正極材向けは全ニッケル需要全体の 3%程度と言われているが、コバルトの使用量削減などを目的として、NMC のハイニッケル化が研究されていることを勘案すると、今後価格が高騰する可能性は十分あると言える。

ニッケル価格は、2016 年に LME 価格で 7.60ドル/kg という 2003 年来の安値を付け、市況は長らく低迷していたが、近年は上昇傾向にあり、2019 年 8 月時点で 2015 年以来最高値となる 16.25ドル/kg を付けている(【図表 6】)。

リチウムは一時的に価格が高騰する可能性がある

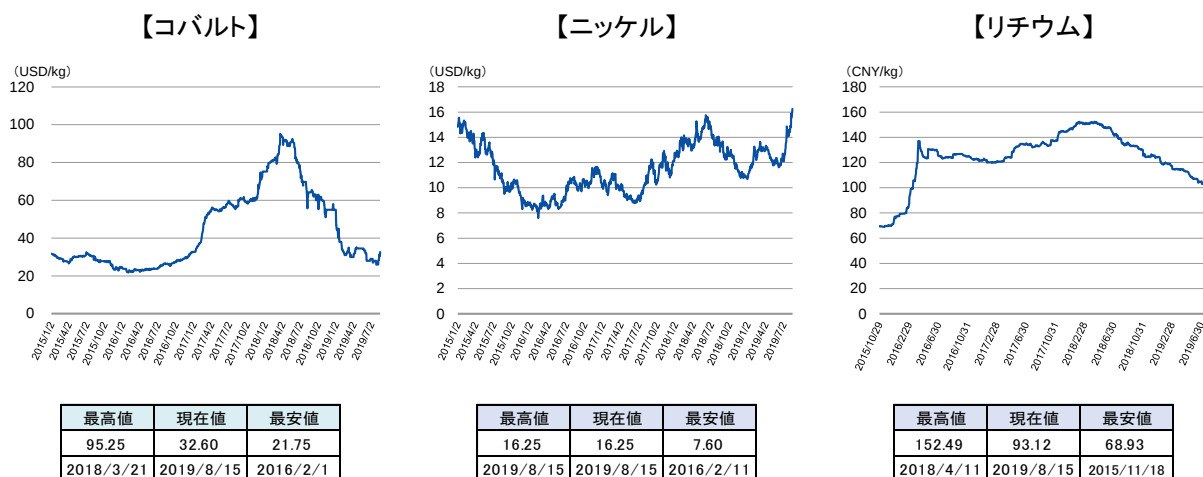
最後にリチウムについては、需要は拡大する見通しであるが、チリやアルゼンチンの塩湖のかん水⁵や蒙州の鉱山を中心として資源は豊富にあり、現状は供給過多、価格は低迷している。LiB 需要の高まりから 2023 年以降には再び供給不足になる可能性が指摘されているが、現在の価格では採算が取れず、開発プロジェクトがうまく立ち上がらない可能性がある。従って、供給不足が顕在化してから開発が進められることになるため、今後、一時的に価格が高騰する可能性が危惧されている。

リチウム価格は、2015 年以降、LiB 需要の拡大と共に中国市場の価格が上昇し、2018 年 4 月に 152.49 元/kg の高値を付けたが、以降供給過剰が鮮明となり、2019 年 8 月時点で 93.12 元/kg と下落傾向が続いている(【図表 6】)。

LiB からのレアメタルリサイクルの重要性は高い

このような価格上昇懸念に加え、上記レアメタルについては、日本企業による海外鉱山の権益獲得に向けた検討も国を挙げて進められてはいるものの、カントリーリスクや開発リスク等、様々な問題をクリアしていく必要があり、一朝一夕には解決できない。そのため、LiB からレアメタルをリサイクルすることの重要性は高いと言えよう。

【図表 6】各レアメタルの価格推移



(出所) Bloomberg より、みずほ銀行産業調査部作成

⁵ かん水: 塩化ナトリウムなどの塩分を含む水を指す。塩湖から採取されるかん水には、リチウムなどの鉱物が含まれている。

2. 車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模予測

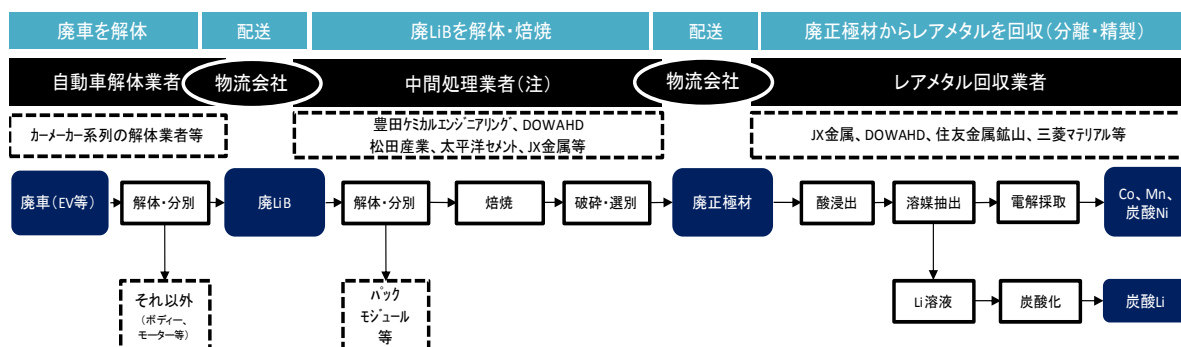
(1) レアメタルリサイクルのフローと収支構造

レアメタルリサイクル手法は現状確立されていないが、自動車解体・中間処理・レアメタル回収の 3 工程に大別

本項では、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模とリサイクルコストを推計していきたい。そのために、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルフローを踏まえた上で、リサイクルに関わる各プレイヤーの収支構造を確認しておく。まずレアメタルリサイクルフローについては、現状確立された方法はなく、各社が各々の手法を研究・検討している段階であるが、大きく自動車解体・中間処理・レアメタル回収の 3 工程で構成される。以下に一例を示す。2009 年に JX 金属、2016 年に太平洋セメントと松田産業がそれぞれ発表したフローによると、自動車解体業者によって解体された廃 LiB を、中間処理業者が解体・分別、焙焼することによって廃正極材を得、それをレアメタル回収業者が酸浸出により溶解し、溶媒抽出、電解工程を経てマンガン・コバルト・炭酸ニッケルを回収し、更にリチウム溶液の炭酸化工程を経て炭酸リチウムを回収する、というフローとなっている（【図表 7】）。

ここで留意しておきたいのは、廃 LiB からのレアメタルリサイクルは、レアメタル回収工程と中間処理工程の 2 工程から構成されており、それぞれ行う業者が異なる場合があるという点である。

【図表 7】レアメタルリサイクルフローの一例



（注）中間処理工程とレアメタル回収工程を同じ業者が行う場合もある

（出所）JX 金属、太平洋セメント、松田産業 IR 資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

効率的なレアメタル回収工程の研究が進められている

効率的なレアメタル回収工程の研究開発については、非鉄金属業界を挙げて取り組みが進められている。国内銅資源・製錬最大手の住友金属鉱山は、まず乾式製錬工程によりコバルト・ニッケルを合金として回収し、その後、湿式製錬法により再び LiB 正極材として使用可能な硫酸ニッケルや、塩化コバルト・硫酸コバルトとして回収するという方法を、2019 年 4 月に開発した。

同じく銅資源・製錬大手の三菱マテリアルについても、日本磁力選鉱と協働し、車載用廃 LiB からコバルト、ニッケルを LiB 正極材にリサイクルするための実証実験を 2019 年 4 月から開始している。

前述した JX 金属についても、レアメタルリサイクル技術の高度化に取り組んでおり、硫酸ニッケルや硫酸コバルトといった、LiB 正極材として使用可能な硫酸塩で回収するための基礎技術を 2019 年 7 月に開発している。

中間処理工程もコスト低減に向けた取り組みが進められている

中間処理工程においても各種取り組みが進んでいる。松田産業と太平洋セメントは、2016年にセメント製造工程を利用した方法を検討していくことを発表した。中間処理工程においては、従来、廃 LiB 焙焼時における電解液の無害化工程にコストが嵩んでいたが、本フローでは、太平洋セメントの敦賀工場において、セメント製造工程で生じた排ガスを用いて LiB を焙焼し、そこで生じた有毒物質(フッ化水素)を含む排ガスを再度セメント工程に戻して処理することで、省エネルギーかつ排ガス処理コストの低いシステムを実現している。

国内資源リサイクル大手の DOWA ホールディングスは、中間処理工程の高度化に注力しており、廃 LiB を解体・分別せず、そのまま焙焼する工程を採用している。廃 LiB の解体時のコストや感電・発火リスクの低減が目的であると推察される。これに加え、2018年10月から一般社団法人日本自動車工業会が立ち上げた LiB の共同回収スキームに参画しており、現在7拠点登録されている電池リサイクル施設のうち、2拠点が当社のものである。

自動車メーカーも同様に研究開発を推進中

この他、自動車メーカーもリサイクルフローの研究開発を推進している。本田技研工業は、日本重化学工業や松田産業と連携しながら廃 LiB の中間処理、レアメタル回収について研究開発を続けている。トヨタ自動車については、これまでニッケル水素電池のリサイクルに注力してきたが、LiB についてもパナソニック等の電池メーカーと協働の上、取り組んでいく意向を示している(【図表8】)。

【図表 8】 廃 LiB のリサイクル、中間処理に関する各社プレスリリース

分類	企業名	時期	内容
レアメタル回収	JX金属	2009年9月	廃LiB及び廃正極材からの有価金属回収に向けた実証実験開始
		2012年4月	廃LiBからのレアメタルリサイクル設備を竣工
		2019年7月	電池材料として使用可能な硫酸塩で回収するための新技術を開発
	住友金属鉱山	2019年4月	廃LiBからコバルト、ニッケルを回収するリサイクルプロセスを開発、パイロットプラント稼働開始
	三菱マテリアル	2019年4月	日本磁力選鉱と協働し、廃LiBからのコバルト、ニッケル等のリサイクル試験を開始
中間処理	DOWAHD	2010年11月	廃LiBリサイクルを商業化
		2018年12月	廃LiBの受入拡大するための再資源化ラインを稼働開始
	太平洋セメント	2016年10月	松田産業と協働し、セメント製造プロセスを利用した廃LiBからのレアメタルリサイクル方法を発表
	本田技研工業	2017年7月	日本重化学工業、松田産業と協働し、廃LiBを焼却せず還元熔融するリサイクル手法を開発
	トヨタ自動車	2019年1月	パナソニックと車載用LiBの合弁会社設立を発表、LiBリサイクルにも注力していく方針

(出所)各社プレスリリース、フォーイン「日本自動車調査月報」より、みずほ銀行産業調査部作成

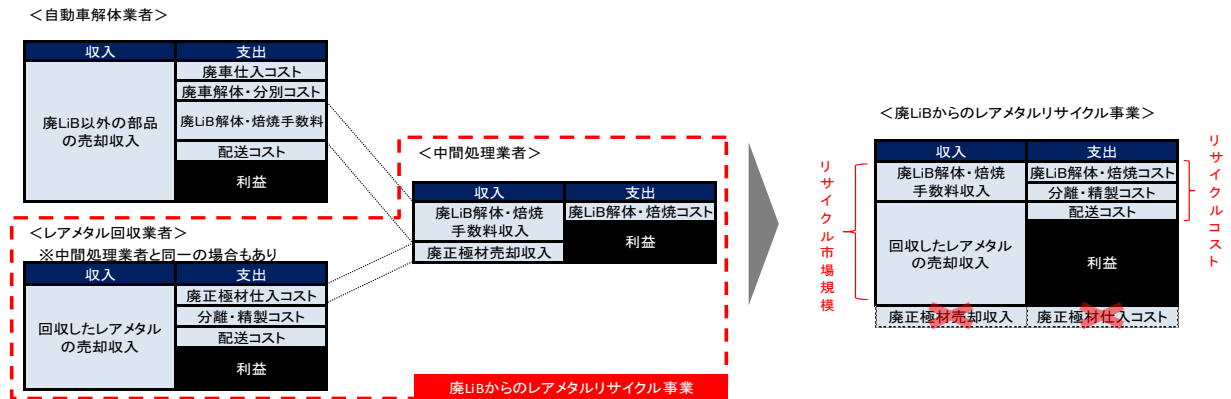
レアメタルリサイクル市場規模は、廃 LiB 解体・焙焼手数料と、回収したレアメタルの売却収入の合計

次に、レアメタルリサイクルフローにおける各プレイヤーである自動車解体業者、中間処理業者、レアメタル回収業者の収益構造イメージを示しておきたい(【図表9】)。中間処理業者にとっての収入は、廃 LiB 解体・焙焼手数料と廃正極材の売却収入であり、発生するコストは、廃 LiB 解体・焙焼コストである。廃 LiB は廃棄物であるため自動車解体業者から手数料を受け取るが、廃正極材は有価物と考えられるためレアメタル回収業者に売却する、というビジネスモデルとなる。一方、レアメタル回収業者にとっての収入は、廃正極材から回収したレアメタルの売却収入であり、発生するコストは、廃正極材仕入コストと分離・精製コスト、配送コストと考えられる。

前述した通り、廃 LiB からのレアメタルリサイクルは、中間処理工程とレアメタル回収工程の2工程で構成されていることを考慮すると、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模を検証する上では、両工程を一体で考える必要がある。そのように考えると、市場規模は、中間処理業者における廃 LiB 解体・焙焼手数料と、レアメタル回収業者における回収したレアメタルの売却収入の合計であると見なすことができる。なお、中間処理業者で発生する廃

正極材の売却収入は、レアメタル回収業者で発生する廃正極材の仕入コストと相殺されるため、考慮しないこととする。

【図表 9】各プレイヤーの収支構造



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2) レアメタルリサイクルの市場規模

レアメタルリサイクル市場規模を検証する

本項では、廃 LiB 解体・焙焼コスト、廃正極材分離・精製コスト、及び配送コストで構成されるリサイクルコストと、廃 LiB 解体・焙焼手数料とコバルト・ニッケル・リチウムの売却収入で構成される市場規模を比較することで、レアメタル回収業者にとっての市場規模、並びにレアメタルリサイクルの経済性を検証する（【図表 10】）。

リサイクルコストは、LiB1 台当りのリサイクルコストに次世代自動車の廃車台数を乗じた数値とした。LiB1 台当りのリサイクルコストは、LiB1kg 当りの解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストの合計値に LiB 重量を乗じた数値としている。

対して市場規模は、廃 LiB の解体・焙焼手数料収入とレアメタル売却収入の合計値とした。レアメタル売却収入は、市場価格と同水準で売却されると仮定し、各レアメタルの市場価格と廃 LiB1 台当りに含まれるレアメタル量、次世代自動車の廃車台数の 3 要素を乗じた数値とした。各レアメタルの市場価格は、2015 年以降の最高値、最安値、現在値(2019 年 8 月 15 日時点)の 3 種類で計算した。その他の定義詳細については【図表 10】を参照されたい。

次世代自動車の廃車発生台数については、LiB 寿命を一律 10 年とした場合(ケース 1)と、一律 15 年とした場合(ケース 2)の 2 通りで算出している。寿命を迎えた後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされるのは、どちらのケースも同じである。なお、試算に用いた国内の次世代自動車の新車販売台数は前掲【図表 1】の通りである。

現在の技術水準であれば、LiB 寿命はケース 1 の通り 10 年程度が妥当な水準と考えられるが、今後、電池メーカーの技術の進歩や、効率的な LiB の形状や配列データの蓄積等による長寿命化を考慮し、LiB 寿命を長く設定したケース 2 でも検証している。

【図表 10】リサイクルコストと市場規模の計算式とその前提条件

■ リサイクルコスト(円)＝車載用LiB1台当りのリサイクルコスト(円)×次世代自動車の廃車台数(台) ＝車載用LiB1kg当りのリサイクルコスト(円)×LiB1台当りの重量(kg)×次世代自動車の廃車台数(台) ①、③、④ ② ⑤ ■ 市場規模(円)＝レアメタル売却収入(円)＋廃LiB解体・焙焼手数料収入(円) ＝レアメタル売却価格(円)×車載用LiB1台当りに含まれるレアメタル量(kg)×次世代自動車の廃車台数(台)＋廃LiB解体・焙焼手数料収入(円) ⑥ ⑦ ⑤ ⑧
--

- ① 車載用 LiB1 台当りのリサイクルコスト
- ・ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストの合計値に LiB 重量(②で詳細説明)を乗じた数値の合計値
 - ・ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストは、出所記載の数値に消費者物価指数や重量当り物流コストを乗じた数値(③、④で詳細説明)
 - ・ なお、リサイクルコストには規模の経済性を考慮していない
- ② LiB1 台当りの重量
- ・ EV:250kg(日産リーフ)、PHEV:120kg(トヨタプリウス)、HEV:25kg(トヨタプリウス)と仮定
- ③ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト
- ・ 解体・焙焼コスト:159 円/kg×1.055(2012 年を 1 とした時の 2018 年の消費者物価指数)＝168 円/kg
 - ・ 分離・精製コスト:206 円/kg×1.055(2012 年を 1 とした時の 2018 年の消費者物価指数)＝217 円/kg
- ④ 配送コスト
- ・ 487.5 円/t キロ×1.327(2012 年度を 1 とした時の 2018 年度の重量当り物流コスト)＝647 円/t キロ
 - ・ なお、移動距離は 400 キロと仮定(その場合に主要なリサイクル施設毎の集配可能範囲は下表の通り)
- | 主要リサイクル施設 | 半径400キロ圏 |
|------------|------------------------------|
| JX金属(敦賀) | 山口県岩国市、和歌山県全域、茨城県水戸市、新潟県新発田市 |
| JX金属(日立) | 三重県四日市市、石川県金沢市、千葉県全域、岩手県盛岡市 |
| 住友金属鉱山(東予) | 九州地方全域、中国地方全域、愛知県豊田市 |
| DOWAHD(秋田) | 北海道旭川市、栃木県宇都宮市 |
- ⑤ 次世代自動車の国内廃車台数
- ・ 当行が算出した 2030 年までの次世代自動車の新車販売台数を元に、以下 2 ケースで検証
 - ・ ケース 1:LiB 寿命を一律 10 年とし、その後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされる場合
 - ・ ケース 2:LiB 寿命を一律 15 年とし、その後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされる場合
- ⑥ レアメタル売却価格
- ・ 各レアメタルの市場価格を採用(Co、Ni:LME3 カ月先物価格、Li:China Lithium Metal 価格)
 - ・ なお、1USD＝110 円、1CNY＝15.8 円で計算
- ⑦ 車載用 LiB1 台当りに含まれるレアメタル量
- ・ 2015～2021 年における電池種類毎のレアメタル需要量予測値を新車販売台数で除した数値の平均値に、レアメタル回収時の歩留まり率(Co:94%、Ni:92%、Li:43%と仮定)を乗じた数値^(注)
 - ・ なお、使用される電池種類は簡便化のため全量 NMC 系と仮定する。更に、2034 年までの廃車には Ni:Co:Mn＝6:2:2、2035 年以降の廃車には 8:1:1 が採用されているものとする
 - ・ その結果得られた数値は、2034 年までは Co:1.9kg、Ni:6.8kg、炭酸又は水酸化 Li:16.7kg、2035 年以降は Co:1.0kg、Ni:7.8kg、炭酸又は水酸化 Li:16.7kg である(EV、PHEV、HEV 各種の加重平均値)
- ⑧ 廃 LiB 解体・焙焼手数料収入
- ・ 中間処理業者にとっての売上を廃 LiB 解体・焙焼手数料収入、コストを③で算出した解体・焙焼コストと仮定
 - ・ コストは③で与えられているため、その数値を 100%から、主要中間処理業者 4 社⁶の 2018 年度営業利益平均である 3.7%を引いた数値(96.3%)で除することによって、廃 LiB 解体・焙焼手数料収入が求められる

(注) 富士経済レポートの数値を参考に、みずほ銀行産業調査部算出

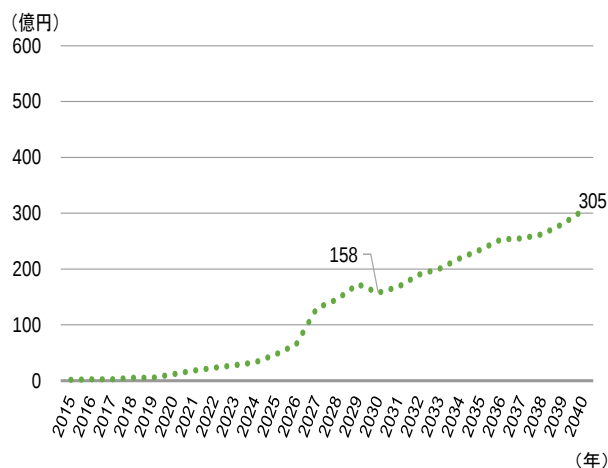
(出所) 経済産業省「H24 年 レアメタルリサイクルコストの経済性に伴う分析」、日本ロジスティクスシステム協会「2018 年度物流コスト調査報告書」、富士経済「2017 電池関連市場実態総調査 下巻」、みずほ銀行「自動車電動化の新時代」『Mizuho Industry Focus Vol.205』(2018 年 2 月 6 日)、各社ホームページ等より、みずほ銀行産業調査部作成

⁶ 主要中間処理業者 4 社:DOWA ホールディングス(株)、太平洋セメント(株)、共英製鋼(株)、松田産業(株)

まず、2040 年におけるリサイクルコストの規模を見ていきたい。破線がリサイクルコストの規模を示しているが、LiB 寿命を一律 10 年とするケース 1 では 305 億円、一律 15 年と仮定するケース 2 では 235 億円となり、次世代自動車の廃車台数が多いケース 1 の方が、リサイクルコストが大きくなるという結果が得られた（【図表 11、12】）。

【図表 11】リサイクルコスト＜ケース 1＞

LiB 寿命を一律 10 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



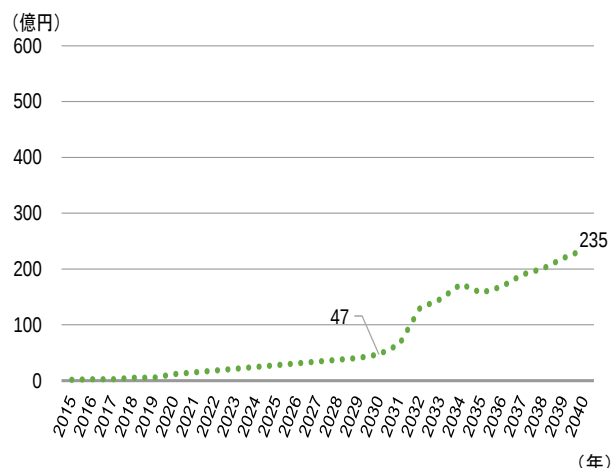
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

2040 年における
レアメタルリサイ
クル市場規模は、
最大で 500～600
億円

これに、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場規模のグラフを重ね合わせる。実線がそれぞれ、レアメタルの市場価格の最高値、現在値、最安値で計算した時の売却収入を示している。この時、2040 年におけるレアメタルリサイクルの市場規模は、ケース 1 では 300 億円～602 億円、ケース 2 では 260 億円～537 億円となり、リサイクルコストと同様に、廃車台数の多いケース 1 の方が、市場規模は大きいという結果が得られた（【図表 13、14】）。

【図表 12】リサイクルコスト＜ケース 2＞

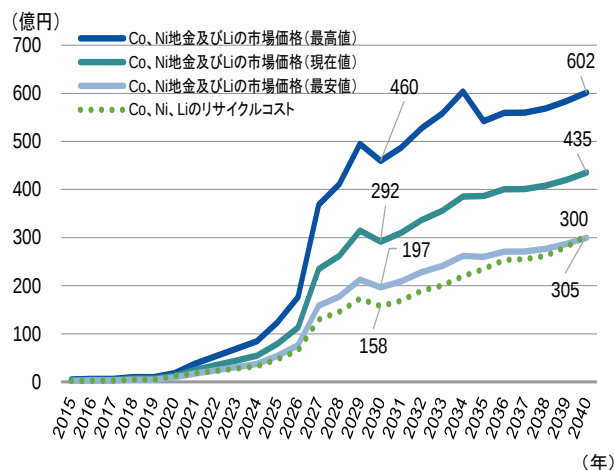
LiB 寿命を一律 15 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 13】レアメタルリサイクル市場規模＜ケース 1＞

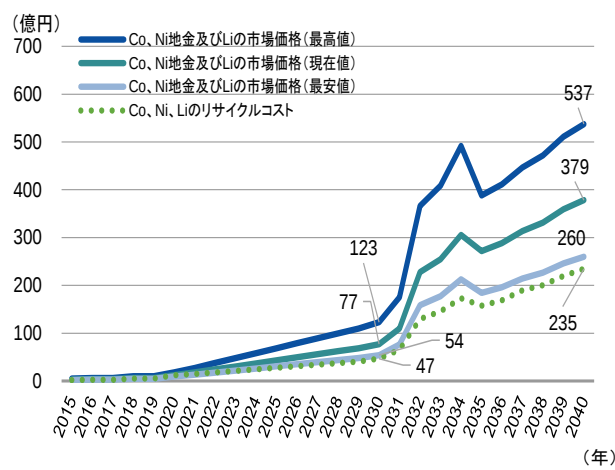
LiB 寿命を一律 10 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 14】レアメタルリサイクル市場規模＜ケース 2＞

LiB 寿命を一律 15 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

レアメタルリサイクル市場は、リサイクルコストを低減できれば成長余地は十分あり

それぞれのグラフで市場規模とリサイクルコストを比較すると、現在のレアメタル価格であれば黒字事業となることが分かる。前述の通り、コバルト・ニッケル・リチウムは、中長期的には需給逼迫による価格高騰の可能性が高いことも踏まえると、売却収入は増加傾向であることが予想されるため、レアメタルリサイクル市場は一定の経済性を持ち、今後市場が拡大する可能性は十分あると言える。加えて、当然のことながら、次世代自動車が予測よりも普及すれば、市場規模は更に拡大する。

なお、ケース 1 において、2030 年と 2035 年に市場規模が一時的に縮小するが、前者は 2014 年に増税前の駆け込み需要があり、2015 年はその反動を受けて次世代自動車の新車販売台数が減少したことが要因である。後者は前提条件で示した通り、2020 年に LiB のハイニッケル化が進行すると仮定しており、2035 年以降は、高価格なコバルトの使用量が従来よりも減少した LiB がリサイクルされるためである。

他方で、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場規模には、2 点の下振れ要素が存在することに留意が必要である。

電池の技術革新の可能性はあるも、大きな市場規模の下振れとはならない見込み

1 点目は、電池や電池を取り巻く業界の技術発展である。前述のような効率的な LiB 形状等の電池に関するノウハウ蓄積に加え、全固体電池⁷の登場といった要因による電池寿命の長期化(レアメタルリサイクル機会の後ろ倒し)や、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、カリウムイオン電池等、レアメタルフリー電池の登場、更には自動車に搭載されるバッテリーマネジメントシステム(BMS)⁸の性能向上等が挙げられよう。但し、2020 年代の次世代自動車普及期においては現行の LiB が大宗を占めることが予想されている。LiB から他のアプリケーションへの変換期が今後存在するとしても、これまで構築されてきた LiB のサプライチェーンが一気に切り替わることは考えにくく、緩やかに切り替わっていくのではないだろうか。また、仮に電池寿命が 5 年程度長期化したとしても、ケース 2 で示した通り、市場規模の減少は限定的となる予測である。

レアメタル市場価格の下落による市場規模縮小も可能性は低い

2 点目は、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場が経済性を持つ場合、レアメタルの市場価格が下落してしまう可能性があることである。ここで、世界における次世代自動車の新車販売台数と廃車台数(いずれも予測値)を比較すると、2030 年の新車販売台数が 2,577 万台に対して、廃車台数はケース 1 の場合が 190 万台、ケース 2 の場合が 54 万台であり、2040 年についても、新車販売台数が 3,942 万台に対して、廃車台数はケース 1 の場合が 1,132 万台、ケース 2 の場合が 560 万台である(【図表 15、16】)。廃 LiB からリサイクルされたレアメタルが、全て新車の LiB として再利用されたと考えたとしても、その割合は全体から見ると一部に過ぎないため、大幅に需給を崩す可能性は低いと考えられる。

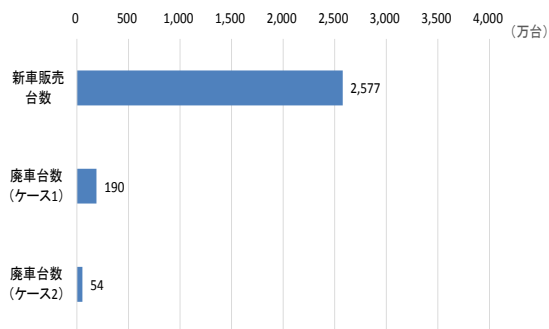
⁷ 全固体電池: 電池の正極と負極の間にある電解質が、従来の液体ではなく固体物質を採用している二次電池を指す。従来の二次電池と比較して安全性、寿命、エネルギー密度等に優位性があるとされている。

⁸ バッテリーマネジメントシステム(BMS): バッテリーパックに搭載されており、バッテリー間の充放電状態を把握し、バッテリーの劣化速度の均一化を図るシステムを指す。バッテリー間に性能差があると、電池寿命に悪影響を及ぼすことがある。

レアメタルは価格ボラティリティが高いため、リサイクルコスト低減が重要

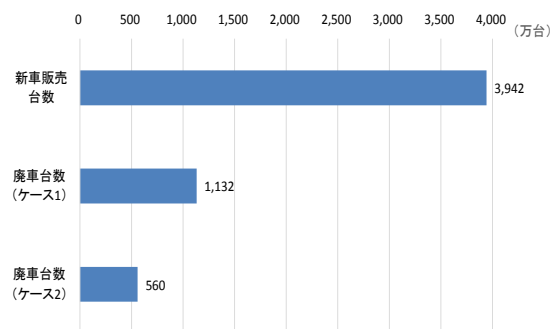
しかしながら、前項で見てきたように、コバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルはそもそも価格ボラティリティの高い金属である。車載用 LiB からのレアメタルリサイクル事業が恒常的に採算性を持つためには、現在各社が取り組んでいるような効率的なリサイクル手法を更に研究していくことで、リサイクルコストの低減を図っていくことが重要である。

【図表 15】新車販売台数と廃車台数の比較
(2030 年/世界ベース)



(注) 次世代自動車台数、予測値
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 16】新車販売台数と廃車台数の比較
(2040 年/世界ベース)



(注) 次世代自動車台数、予測値
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

3. 車載用 LiB リサイクルを日本企業にとってのビジネスチャンスとするために

ここからは、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルを日本企業にとってのビジネスチャンスとするために、具体的に何をすべきかを考えていきたい。それに先立ち、まずは世界的なリサイクルトップ企業であるベルギー Umicore の事例を紹介しておきたい。

欧州リサイクル大手 Umicore は、大量の廃 LiB を回収することで規模の経済性を発現させている

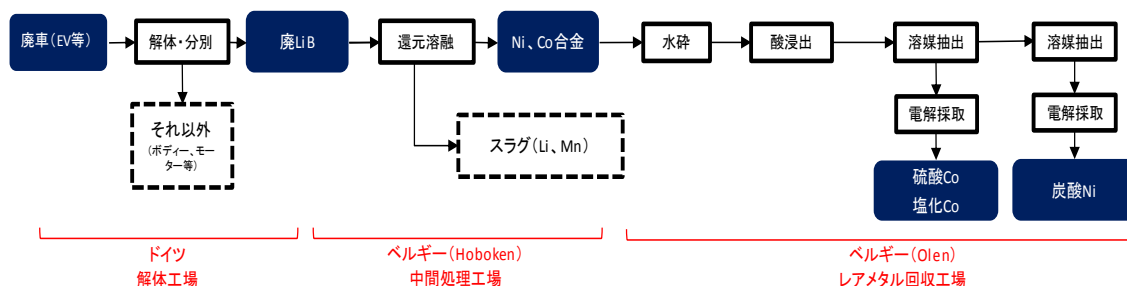
Umicore は売上高 30 億ユーロを超える、触媒事業、電池材料事業、リサイクル事業を手掛けるコングロマリット企業である。売上高の約 20% を占めるリサイクル事業では、欧州を中心にスクラップを集め、ドイツの解体工場、ベルギー (Hoboken) の中間処理工場、ベルギー (Olen) のレアメタル回収工場の順で貴金属やレアメタル等の有価金属の回収を行っている。例えばトヨタ自動車は、欧州において、車載用 LiB のリサイクル業務を Umicore に委託している。

Umicore のレアメタル回収プロセスは次の通りである。まず廃 LiB を解体せずにプラズマ炉で還元溶融し、コバルトなどの有価金属をメタルに濃縮する。メタルは粉碎後、酸浸出し、溶媒抽出によってコバルト、ニッケル製品を回収する。このプロセスではリチウムはスラグ⁹となるため回収はできないが、コバルトやニッケルを金属ではなく化合物として回収することで、再び正極材料として使用しやすくしている。現に、Umicore は今後ポーランドに正極材製造工場を建設し、ベルギーで回収したレアメタルを再び正極材料とするという、まさに地産地消のビジネスモデルを確立しようとしている。これに加えて重要なことは、ヨーロッパ中から集めた大量の廃 LiB を処理することで規模の経済性を発現させていることである(【図表 17】)。

⁹ スラグ: 金属の製錬に際し、溶融した金属から分離して浮かぶ滓^{かす}を指す。道路の路盤材やコンクリート骨材として用いられる。

同社の廃 LiB の年間処理能力は 7,000 トンであるのに対し、欧州大手リサイクル企業である独 Accurec の廃 LiB 処理量が年間 1,000 トンであることから、Umicore の処理能力の大きさがわかるだろう。Umicore は、今後の車載用 LiB の増加も見据えており、中国や欧米等にもリサイクル関連施設の建設構想を掲げる等、更なる事業規模の拡大を目指している。

【図表 17】 Umicore のレアメタルリサイクルフロー



(出所) ニッケル協会資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

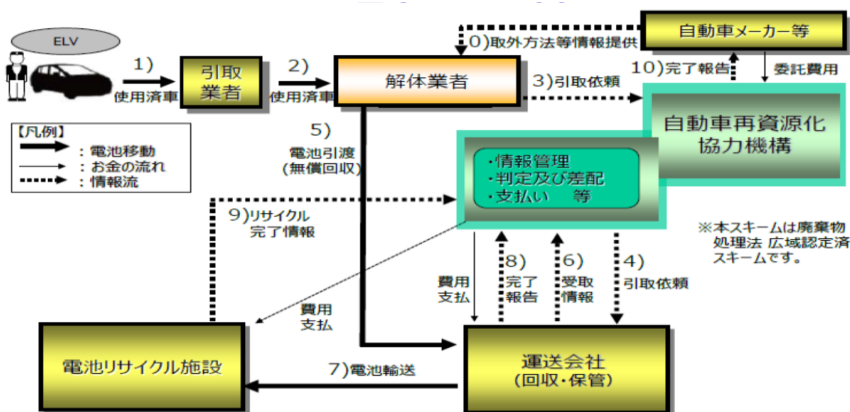
レアメタルリサイクルをビジネスチャンスとするには次の 3 点が重要

① 企業間連携を促進させ、リサイクルコストを低減させることが重要

前項で示したグラフからも分かる通り、次世代自動車の廃車が増加し、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの必要性が増してくるのは 2025 年以降と考えられる。その時、中間処理業者とレアメタル回収業者が、それをビジネスチャンスと捉えるためには、次の 3 点が重要と考える。

第 1 は企業間連携によるリサイクルコストの低減である。自動車解体工程と中間処理工程では、日本自動車工業会が構築した「廃 LiB の共同回収スキーム」が 2018 年 10 月から運用開始となっている。自動車再資源化協力機構の取りまとめにより、複数の自動車メーカーやディーラー等から発生する廃 LiB を効率的に回収することで、配送コストや廃 LiB1 台当りの解体・焙焼コストの低減を図る、というものである (【図表 18】)。

【図表 18】 日本自動車工業会による共同回収スキーム



(出所) 一般社団法人日本自動車工業会資料より抜粋

中間処理工程とレアメタル回収工程でも同様の考え方が求められるのではないだろうか。各企業とも、効率的なリサイクル工程の研究開発を進めているものの、各工程内の効率化にとどまっており、工程間を跨いだ効率化の検討は限定的であるのが現状である。前項で示した通り、国内におけるレアメタルリ

サイクルの市場規模が限定的であることも考慮すると、エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1 拠点当りの処理量を増加させていくような取り組みが必要であろう。その際には、工程間の配送コストを極小化するために、近接する業者同士で組むことが重要である（【図表 19】）。

【図表 19】 中間処理施設、レアメタル回収施設の最適化イメージ



(注) 本図表は中間処理後、レアメタルを回収する視点で作成しているため、共英製鋼に代表される電炉による中間処理業者は考慮していない
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

また、自動車メーカーや電池メーカーは、価格競争力のある次世代自動車を生産することを目的に、今後、車載用 LiB の規格標準化による電池製造コストの低減に注力していく可能性がある（前掲【図表 8】）。両者がリサイクルシステムの構築を検討しているのは、電池製造コスト低減にはレアメタルリサイクルが必要不可欠であることも理由の一つであろう。仮に本件が実現すれば、廃 LiB の解体・焙焼コストや配送コストを低減できる可能性があるため、中間処理業者やレアメタル回収業者は、彼らの事業展望や動向についても十分把握しておく必要があるだろう。このように、各企業が業界横断的に連携することでレアメタルリサイクルフロー全体を最適化する取り組みが求められるのではないだろうか。

②官民連携を推進し、民間企業をサポートするための政策支援が求められる

第 2 は、官民連携による政策支援の立案である。日本企業の中間処理能力は、JX 金属が年間 600～1,000 トン、DOWA ホールディングスが年間 1,200 トンであり、2 社合計で年間 1,800～2,200 トンの処理能力である。前述したように、Umicore がベルギーに年間 7,000 トンの廃 LiB を処理できる設備を保有していることを考慮すると、処理能力に差があることがわかる。今後国内で発生する車載用廃 LiB 重量(当行試算値)が 2025 年で年間 3,000～3,300 トン、2030 年には年間 14,500～25,500 トンに膨れ上がるのに加え、民生用電子機器から発生する廃 LiB の存在も考慮すると、設備の更なる拡充が必要なのは明らかである。

しかし、日本では、レアメタルリサイクルの各工程が各社共に試験・研究段階にあり、支出が先行する状態にある。政府に求められるのは早期事業化のための政策支援であろう。そこで、まず考えられる政策としては、設備の更なる

増強が促進されるような補助金政策や償却負担優遇策、第三セクター等が設備を保有し、民間企業が運営を行うといった官民でのリスクシェアリング策といった、政策面からのサポートや仕組み作りが挙げられよう。加えて、家電リサイクル法や自動車リサイクル法のような、リサイクル料金をユーザーが予め負担するような仕組みや、リサイクルされたレアメタルが安定的に消費されるような仕組みの検討も、中長期的には求められていくのではないだろうか。

更に、車載用 LiB の多くは、リサイクルされる前に住宅定置用としてリユースされることが見込まれているが、各住居に分散した車載用 LiB の回収方法や、リサイクルするタイミングを見極めるための評価方法等を検討していくことも、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの事業化を目指す上で重要である。これらに対しても、官民連携の上で対応策を見出していくことが必要であろう。

また、これらの企業間連携・官民連携といった取り組みが進み、レアメタルリサイクルが日本企業にとってビジネスチャンスとなることによって、将来非鉄金属業界で懸念されている、中国の銅需要減退や銅生産内製化等に伴う国内製錬所の稼働率低下を補うような、副次的な効果も生まれる可能性があるということについても言及しておきたい。

③リサイクル市場の大きい中国で事業展開を検討することも重要

第3は海外での事業展開の検討である。次世代自動車(特にEV)市場が最も大きくなると予想されている中国では、廃LiBを何度もリユースする等、安全上の取り扱いに問題があることが言われており、いずれは適切にリサイクルして再度正極材料とすることが求められるようになるだろう。当行試算値では、2030年における中国の次世代自動車の新車販売台数が、日本の約8倍にもなる見込みであることを考慮すると、レアメタルリサイクルの市場規模も同程度まで成長するポテンシャルがあると考えられる。①、②と同時進行で、本項目についても検討を進めるべきであろう(【図表20】)。

中国での事業展開を検討するに当たっては、廃正極材の日本への輸送コストや中国内陸部の集配コスト等を考慮すると、日本のリサイクル施設を使用することは現実的ではないと思われる。中国で廃LiB集荷からレアメタル回収、更にはLiB正極材料への再生まで行うという、まさにUmicoreが欧州で取り組んでいるような地産地消のビジネスモデルが求められるであろう。そして、このような日本企業の海外投資に際しても、プロジェクトへの出資や債務保証制度の検討といった官によるサポートは重要な要素であると考えられる。

【図表20】車載用LiBリサイクルをビジネスチャンスと捉えるための具体的手段

	戦略	具体的手段
①	■企業間連携による、リサイクルコストを低減させるスキームの構築	■エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1拠点当りの処理量を増加させる ■電池の規格標準化の可能性を見据え、自動車メーカー、電池メーカーの事業展望や動向の十分な把握
②	■官民連携による、民間企業のコスト負担を軽減させる政策支援の立案	■設備の更なる増強が促進されるような補助金政策や償却負担優遇策 ■第三セクター等が設備を保有し、民間企業が運営を行うといった官民でのリスクシェアリング策 ■リサイクル料金をユーザーが予め負担するような仕組みや、リサイクルされたレアメタルが安定的に消費されるような仕組みの検討
③	■海外での事業展開の検討	■次世代自動車(特にEV)市場が最も大きくなると予想されている中国での事業展開を検討 ■中国で廃LiB集荷からレアメタル回収、更にはLiB正極材料への再生まで行うという地産地消のビジネスモデルの検討 ■プロジェクトへの出資や債務保証制度の検討といった官によるサポート

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

企業間連携、官民連携を促進し、2025 年以降を見越した準備を進めておくことが重要

各国で次世代自動車普及に向けた政策が推進される中、LiB 正極材に用いられるレアメタルの需給は今後逼迫していくと思われる。だが、これまで見てきたように車載用 LiB からのレアメタルリサイクルは日本企業にとって十分ビジネスチャンスになりうる。それをより確実なものにするために、企業間連携や官民連携を更に促進させ、廃 LiB が増加してくる 2025 年以降を見据えた準備を進めておくことが重要である。今こそ、日本が持つ技術力や緻密さを結集し、オールジャパンでこの問題に取り組み、最適解を見出すことに期待したい。

みずほ銀行産業調査部

素材チーム 河瀬 太一

大野 真紀子

尾崎 望

taichi.kawase@mizuho-bk.co.jp

©2019 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。