

サーキュラーエコノミーと LiB リサイクル — 経済学の視点 —

東海大学 政治経済学部 経済学科 教授 山本 雅資

1. はじめに

我が国の使用済み自動車は年間 400 万台近く発生することもある巨大市場であるが、使用済みとなった自動車も中古品として価値のある部品や有用な金属を含むため、法制度が存在しない段階でも、市場原理に基づいて解体業者や破碎業者がリサイクルを行っていた。ただし、当然のことながら、これらは市場価値のあるものに限られており、使用済み自動車全体がリサイクルされていたわけではなかった。特に、シュレッダーダストの不法投棄が社会問題となったこともあり、2002 年 7 月 12 日に使用済み自動車の再資源化等に関する法律（以下、自動車リサイクル法と略）が制定され、2005 年 1 月から施行されるに至った。その後、自動車リサイクル法は社会変化に対応するため数度の改正を経て、着実に成果を上げてきた。シュレッダーダストのリサイクル率は目標を大きく上回る値となり、不法投棄も大幅に減少した。

しかしながら、2023 年は自動車リサイクル法が制定されて以降、最大の社会的変化に直面していると言える。第一に、日本の循環型社会の考え方とは少し異なる視点を持つサーキュラーエコノミーという概念の登場である。EU 発のサーキュラーエコノミーは世界的潮流となっており、ISO 化も進んでいることから、各国も無視できない状況にある。第二に、バッテリー電気自動車(以下、BEV と略)普及への政策的な後押しである。先進各国を中心に走行時に化石燃料を使用する自動車の販売を将来的に制限する規制が制定されている。

第一の点についてはこれまでの寄稿においても取り上げられている点も多いことから、本稿では特に第二の点、とりわけ、その中心となるリチウムイオンバッテリーとそのリサイクルについて経済学の視点から検討する。

2. BEV とバッテリーリサイクル

気候変動への対応として 2050 年前後のカーボンニュートラル宣言をしている国の多くは、いわゆるガソリン車など走行時に CO₂ を排出する自動車の販売を将来的に制限するとしている。日本も例外ではなく、

2021年1月の施政方針演説で当時の菅首相が2035年までに全ての新車販売をBEVなどの電動車へ転換すると宣言した。

BEVはエンジン車に比べると使用する部品数が3万点から2万点程度に減少すると言われている。内燃機関のエンジンとその周辺パーツに代わって、新しく大きな存在感を示すのがバッテリーである。現段階で自動車の動力として利用するバッテリーとしてはリチウムイオン電池（以下、LiBと略）が最有力候補であり、広く利用されている。LiBはBEVの価格のうち、相当の部分をおとめると言われている。コスト面、そして走行距離など性能面からもBEVにおいて最も技術革新が求められているのがバッテリーである。実際に、さまざまな新技術が開発段階にあると言われているが、本稿のターゲットはリサイクルであるため、現状で上市されているBEVに搭載が多いLiBについて検討したい。

車載のLiBに限らず高性能なバッテリーはカーボンニュートラルの取り組みにとって重要な役割を担うものである。これは社会にとってバッテリーの重要性が増してきていることを意味しており、国際競争力のあるバッテリー産業を持つことは産業振興、気候変動対応の両面から大きな意義がある。その中心的役割を担っているのがLiBであるため、原材料であるリチウムの価格は現在高騰が著しい。

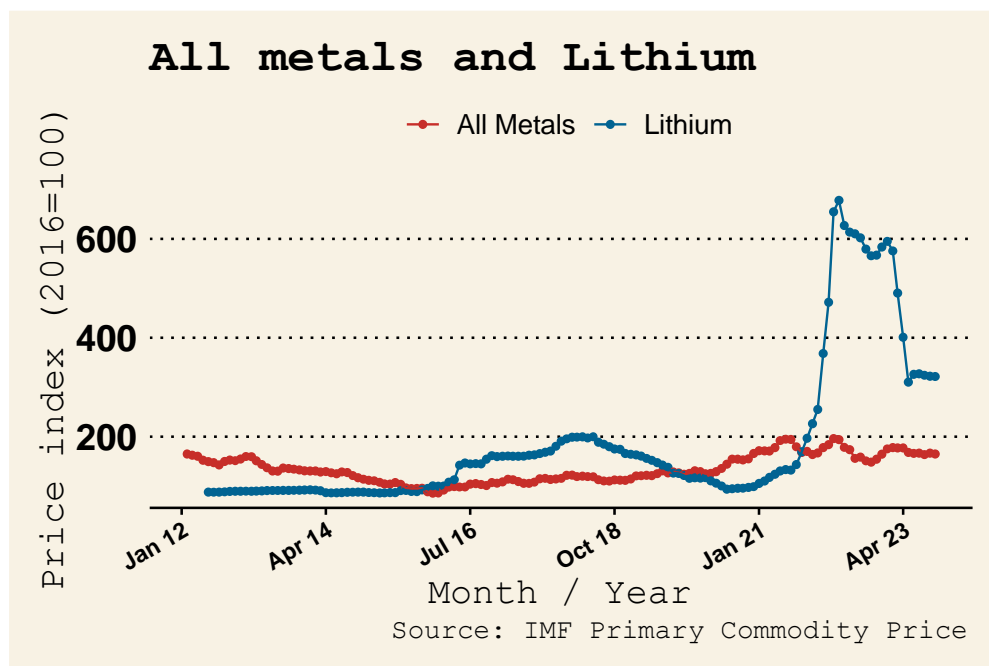
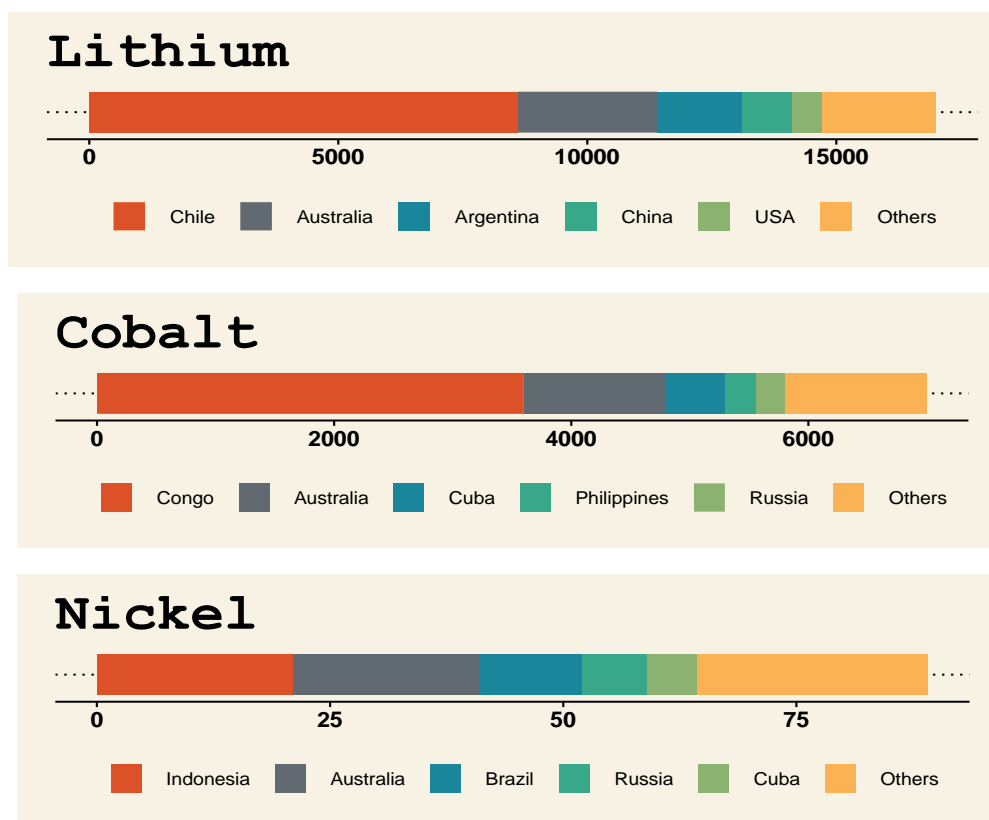


図 1: 主要金属およびリチウムの国際市場における価格指数の推移

図 1 は、国際市場における主要な金属(赤)およびリチウム(青)の月次平均価格の推移を示したものである。ただし、いずれも 2016 年 1 月を 100 とする形で指数化している。これを見ると、主要な金属（ベースメタルだけでなくレアメタルも含む）の指数は直近の 2023 年 10 月では 165 となっており、2016 年の 1.6 倍以上になっていることがわかる。しかしながら、この変化は青線で示されたリチウムの変化が大きすぎてかすんでいる。リチウム(バッテリーグレード)の価格は、各国がカーボンニュートラル宣言や新車を BEV に限るなどの取り組みを発表した 2020 年ごろから少しずつ上昇し、ロシアによるウクライナ侵攻前の 2022

年 1 月には 368 で、2016 年の約 3.7 倍に達している。その後、ウクライナ侵攻の混乱も影響してか、さらに価格は上昇するものの、一時的な現象で、2023 年 10 月には 320 まで回復している。回復したとはいえ、2016 年比で 3 倍を超える水準であり、今後しばらくは大きく下がることは考えにくい。一度利用された LiB からリチウムをはじめとする貴重な資源をいかに効率的に取り出し、リサイクルすることができるかは、LiB だけでなく自動車産業の競争力の観点からも重要な課題である。

図 2 は LiB に使用される代表的な資源の埋蔵量を示したものである。この図をみると、リチウムとコバルトは上位 3 カ国で全体の 7 割程度を、ニッケルでも 5 割強を占めており、供給が一部の国に極端に偏っていることがわかる。LiB は BEV にとって心臓部とも言えるものであり、これら資源の供給が滞るようなことがあれば、重大な問題となる。国際情勢の不安定感が増す現在において、産業競争力や環境の視点と同じように、経済安全保障の視点は欠かすことができない。その意味でも、LiB のリサイクルが適正に確実に進むための基盤づくりは官民をあげて進めていくべきである。



出所: USGS (2020)

図 2 : LiB の重要資源の原産国

経済安全保障の観点からはサプライチェーン全体を見渡してリスクを把握することが重要である。LiB を構成する重要資源について採掘後の製錬をみても、リチウムとコバルトについては中国だけで世界の約 6-7 割を、ニッケルについては中国とインドネシアで約 5 割を占めている(経済産業省, 2023)。その結果、貿易統計で LiB の輸出国—輸入国ペアの上位を検索すると中国の名前が何度も何度も出てくる。

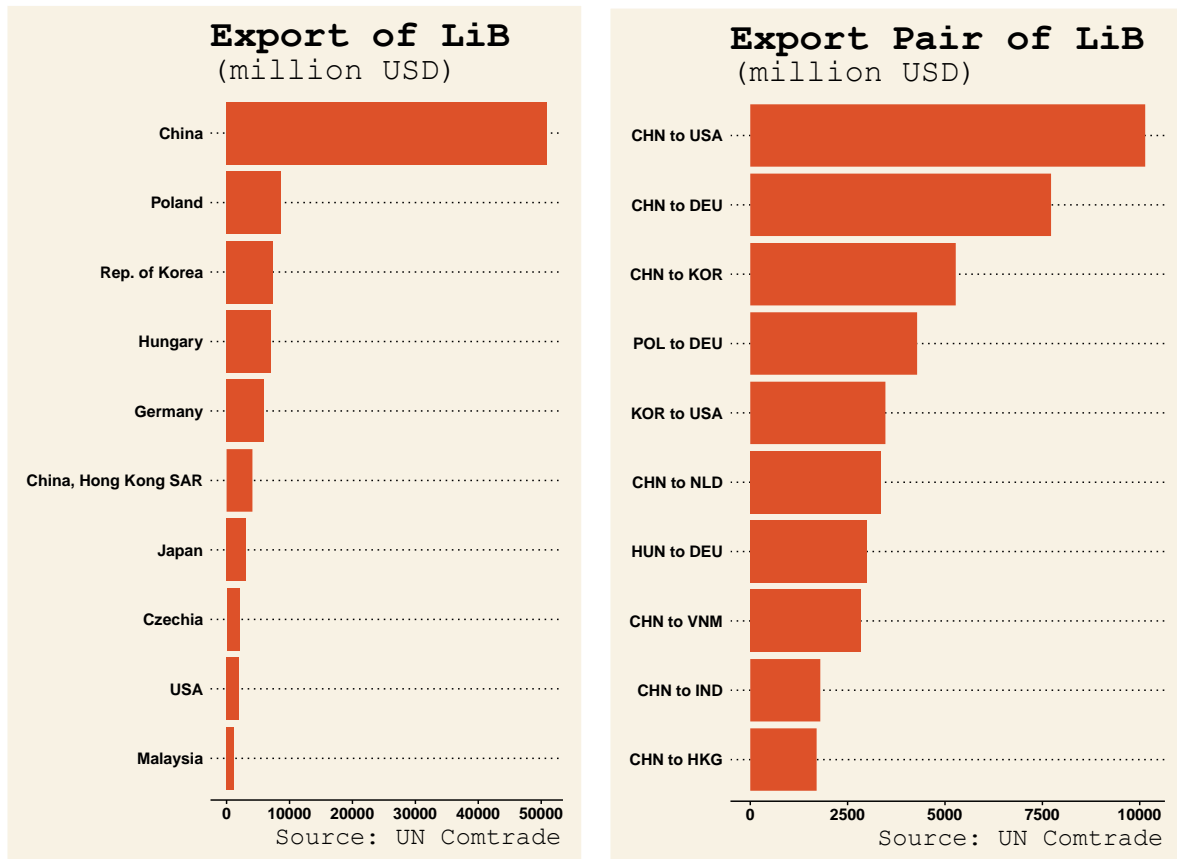


図3：LiBの輸出上位10カ国(左)と輸出国-輸入国ペア上位10 (2022年)

図3はLiB輸出の上位10カ国と、輸出国-輸入国のペアでみた場合の取引上位10ペアを可視化したものである。これを見るとLiB輸出の規模では中国が圧倒していることがわかる。自動車産業以外でもLiBは重要な役割を担っていることを鑑みると、サプライチェーン上のリスク分散をいかに進めていくか早急な検討が必要である。LiBリサイクルは日本企業の間でも確実に進展しているが、さらなるキャパシティの拡大およびそのための政策支援が期待される。

同時に心配なのは使用済みLiBの国外流出であるが、残念ながら、現在運用されている貿易統計のコードでは使用済みLiBを区別した統計データは記録されていない。リサイクルの現状把握の観点からも早急な記録環境の整備を期待したい。

LiBに限ったことではないが、上流で権益を獲得することはもちろんのこと、その後の工程についてもしっかりと目配りをして、特定国に依存しない産業構造づくりが理想である。一部の資源国にLiBサプライチェーンが集中する現状に対して、EUは電池規則という政策で対応している。これは、2006年に発効した「電池指令」に代わるものであり、2023年8月に発効した。EU域内で電池を販売するためにはこの電池規則に従う必要がある。電池規則では、使用時以外のカーボンフットプリントの報告が求められる。また、使用済み電池の回収量に対してどの程度リサイクルしたかを示すリサイクル率の目標が定められている。同様に、

新品の蓄電池を製造する際に使用すべきリサイクル材の利用率についても目標が段階的に規定されている。

このような情報がうまく流通するための仕組みとして、電池規則ではバッテリーパスポートという概念を導入して、カーボンフットプリントやリサイクル率、さらには電池残存性能評価などの情報に使用済み製品を手にした事業者がアクセスできるようにすることが求められている。このバッテリーパスポートは、2022年にEUが定めたエコデザイン規則案にて導入された「デジタルプロダクトパスポート」(以下、DPPと略)の先行事例と位置付けられるだろう。DPPは製品の設計、製造から使用、廃棄の過程において、消費者が簡単に製品の環境情報等にアクセスできるようになることを目指している。

DPPを支える仕組みとして、EUではGaia-X、Catena-Xといった取り組みがある。前者は産業データ連携のための仕組みであり、後者はその一部で自動車産業に特化したものである。この原稿を書いている段階では、本格稼働に至っていないようであるが、バッテリーパスポートのような取り組みを前進させるためにはこのような基盤整備が不可欠であろう。我が国においても類似の取り組みは進んでいるようで、より広範なプラットフォームとして経済産業省が中心となって「ウラノスエコシステム」というデータ連携基盤が開発されている。効率的なLiBリサイクルの構築にはなくてはならない仕組みであり、今後、どのような方向に進んでいくか注目したい。

3. リサイクル政策も国際的な政策協調の時代へ

振り返ってみると自動車リサイクル法が制定された2000年代のはじめ頃は、他国の先進事例を参考にすることはあっても、我が国のリサイクル政策を議論する際に国際的な協調を意識する必要性はほとんどなかったように思う。その一方、現在では、例えばEUのサーキュラーエコノミーパッケージから大きく外れないような視点も必要とされているし、ISOにおいてもTC323 (Circular Economy)がまもなく国際標準として発行されるとみられており、世界の動きを無視して考えることはできない時代となった。既に気候変動問題では気候変動枠組条約(UNFCCC)が1992年に採択されており国際協調が必要な状況であったが、いよいよ資源循環分野も同様の対応が求められる時代となった。とはいえ、環境問題に国境は関係ないことを考えれば、地球規模で考えるということは当然なのかもしれない。

BEVの中心的な役割を担っているLiBは、日本の自動車リサイクル政策の観点からみると新しい存在である。技術進歩も著しい分野であり、時代の変化に合わせて、自動車リサイクル法もさまざまな対応が求められるであろう。その際に忘れずにおきたい視点を経済学の論文から一つ紹介したい。

Mai and Hwang (1988)は、(リサイクルの問題とは関係なく)2カ国の貿易と、貿易財に対する補助金の問題を分析した。この論文では、2カ国が先進国同士のような似た状況の国で、一方の国はもう一方の国よりもコスト構造の面で競争力があるという設定を想定している。各国に貿易からの利潤を最大化

しようとしている競争的な代表的企業が1社ずつあるとし、政府の役割は、企業の利益から補助金を引いた国全体の便益を最大化することとする。このとき、以下のような関係が導かれることを Mai and Hwang (1998)は示した。ここで、 s_i は国 i の補助金を、 c_i は企業 i の限界費用を表している。

$$(s_1 - s_2) \geq 0 \text{ if } (c_1 - c_2) \leq 0.$$

この式は、均衡では、生産の限界費用が低い国の方が政府からの補助金が多い、ということの意味している。1単位の追加的な貿易財の売り上げがあった場合に得られる利潤が、限界費用が小さい方が大きいために補助金をより高くしてでも生産を増やそうとするインセンティブが大きいためである。これは結果として、コスト競争力のある企業が生き残っていくというシナリオともいえ、自由競争の結果、企業のコスト削減努力が成果をあげたと考えれば受け入れやすい結果である。

しかし、使用済み製品市場における情報の非対称性の存在を考えると、別の視点が見えてくる。グッズとバツズの両方を含むような使用済み製品をリサイクルする場合には、有用な資源だけを取り出して、価値のないものを自然環境にそのまま放出して廃棄することで最も処理コストは小さくなる。市場の外から環境規制などがない場合、取引の中でこの廃棄に気が付くことは短期的には不可能である。この価値のないものが環境汚染につながるものである場合、その汚染が人間に対して悪影響を及ぼし始めるまで続けられてしまうかもしれない。このような、いわゆる不法投棄・不適正処理があったとしても、生産の限界費用が低いと、政府間の補助金競争の帰結として、市場シェアを高めていく可能性がある。

このような事態が実際に起こったと考えられるのが、2016年6月に摘発された韓国企業による廃鉛バッテリーリサイクルにおける不法投棄事件である¹。当時資源価格が高騰している中で日本をはじめとする世界各国から使用済みの車載鉛バッテリーが大量に韓国に輸出されるようになっていた。当初は韓国企業の引き取り価格が高いということで市場原理に基づいて、コスト削減の企業努力を続けた企業が市場シェアを高める構造と認識されていた。しかし、実際にはリサイクル過程で発生するヒ素や硫酸を適正処理せずに不法投棄してコスト削減していたことが明らかになったのである。

今後、LiB だけでなく他のサーキュラーエコノミーに関連する政策が国際的に連動していく中で、一見、イコールフットイングな競争に見えるものの実際には違法行為が行われている、といったことができる限り起こらないような制度設計が必要である。そのための DPP の仕組みであることは理解するが、デジタルに輸入されるデータが物理的な現実を正しく反映していなければ、そもそも不正確な情報が「効率的に改ざんされることなく流通する」という皮肉な結果に終わってしまう。いかにして正確な情報を入力させるインセンティブを確保するかが DPP という壮大な取り組みの鍵となるだろう。

¹ 事件の詳細は、JOGMEC(2016)「No.16-29 韓国の鉛二次精錬会社摘発に見る二次鉛生産動向及び法規制」(<https://mric.jogmec.go.jp/reports/current/20160714/1462/>)を参照のこと。

4. 終わりに

日本貿易振興会調査部（2023）によると、米国においても LiB リサイクルに関して、米国インフレ抑制法（Inflation Reduction Act: IRA）などの枠組みを通じて積極的に投資を進めているようである。また、大串（2023）も指摘するように、電池規則や Catena-X などを通じて、EU は「デジタル情報インフラ分野の覇権」を握ろうとしているのであろう。

自動車リサイクル法は業界のリーダーシップのもとでこれまで多くのことを成し遂げてきた。大きな転換点を迎えた今日、これまでの成功をどう継続していくか、そして今後、我が国はどのような戦略をもってこうした国際協調の時代を乗り切っていくべきか、少し立ち止まって中長期的な視点で考えるべきタイミングなのかもしれない。

参考文献

- 1) IMF (2023) *Primary Commodity Price*, <https://www.imf.org/en/Research/commodity-prices>, (最終アクセス日: 2023 年 11 月 30 日)
- 2) Mai, C.-C. and Hwang, H. (1988) "Optimal Export Subsidies and Marginal Cost Differentials," *Economics letters*, 27, pp. 279–282.
- 3) USGS (2023) *Mineral Commodity Summaries 2020*, <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>, (最終アクセス日: 2023 年 11 月 30 日)
- 4) 大串 康彦 (2023) 「蓄電池の地政学」, 『日経エネルギーNext』, <https://project.nikkeibp.co.jp/energy/atcl/19/feature/00022/062900001/>, (最終アクセス日: 2023 年 11 月 30 日)
- 5) 経済産業省 (2023) 「「トランジション・ファイナンス」に関する自動車分野における技術ロードマップ」, <https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230330005/20230330005.pdf>, (最終アクセス日: 2023 年 11 月 30 日)
- 6) 日本貿易振興会調査部 (2023) 「米国における EV 用バッテリーのリサイクル事業の現状と見通し調査」, https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/8fb2500fdc0ea327/20230009.pdf, (最終アクセス日: 2023 年 11 月 30 日)