



タイ国バッテリーリサイクル市場調査 及び日系企業の参入可能性考察

サシンマネジメントコンサルティング

2023年12月

調査の目的

- 昨今、世界各国でカーボンニュートラルに向けた目標設定およびそのロードマップが発表されており、この目標実現に向けて、**自動車を中心とした電化は脱炭素化の中心的な技術**となることが見込まれる。
- 一方で、今後EV等の大量廃棄の処理にあたっては、新規技術導入の必要性とともに**新たなマーケットの創出**が見込まれる。
- タイにおいては、これまでもアセアンの中心として、日系企業による自動車産業を中心とした産業集積が行われており、将来的にもこの傾向が続くことから、**比較的早期に電池のリユース・リサイクルマーケットが立ち上がる**ことが予想される。
- 本調査では、**日系企業の経営者がタイでの活動推進に向けての検討を行うための基礎資料を提供**することを目的とする。

経営者の意思決定に必要な最善解の提供

- 経営者はヒューリスティック処理により判断を行っている（Mintzberg, 1973）
- 一般的に、すべての情報を十分に吟味し、正確さをめざすのではなく、限られた情報のみを用いてヒューリスティック処理によって満足できる推論や判断をしていることは少なくない。

【経営学的な視点とは】

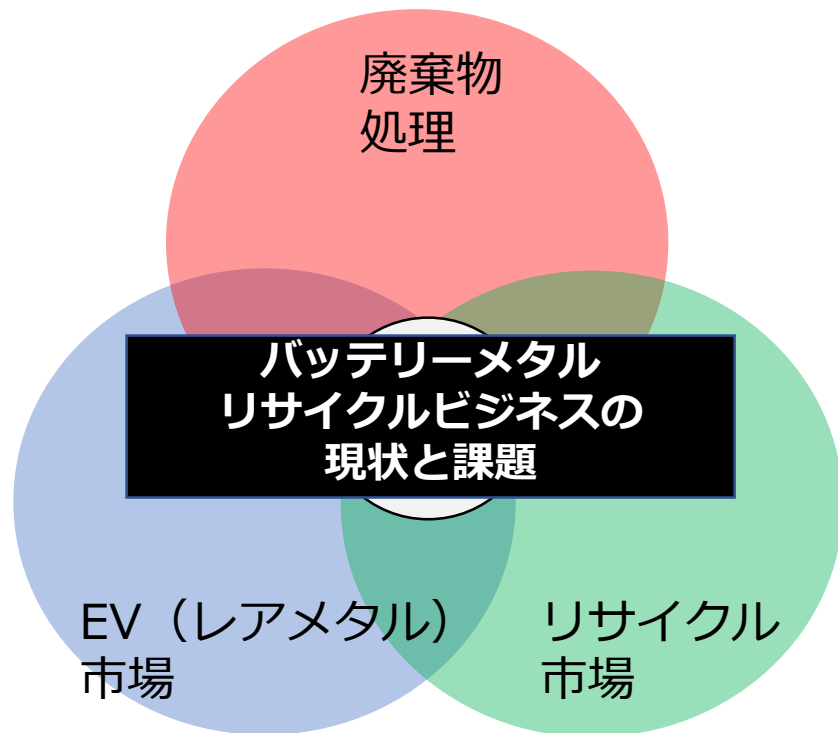
- 問題解決志向性：実際に起こっている経営問題をいかに解決するかという視点、
- 経営者視点：「自分が経営者であれば、どのようにするのか」。経営問題を自ら解決する経営者（責任者）という視点、
- 一般知識生成志向性：基礎学問・隣接諸学の知見を摂取しながら、現実問題の解決を通じて一般化された知識を生成しようという視点

- バッテリーリサイクルという、政治・経済・社会・環境といった複数の領域にまたがり、また前例が少ない状況で、多分に将来予測が伴う領域で唯一絶対的な「解」を描き出すことは難しい。
- 本レポートでは、今ある情報をもとに独自の視覚から現時点の「**最善解**」を求めた。

出所：沼上幹（2011）「経営学参照基準（試案）」日本学術会議・経営学分野の参照基準検討分科会検討資料、北真収（2017）「ターンアラウンドにおける戦略的決定とその実践」『岡山大学経済学会雑誌』48（3）を参考

分けて理解し、総合して考察する

本レポートの構成

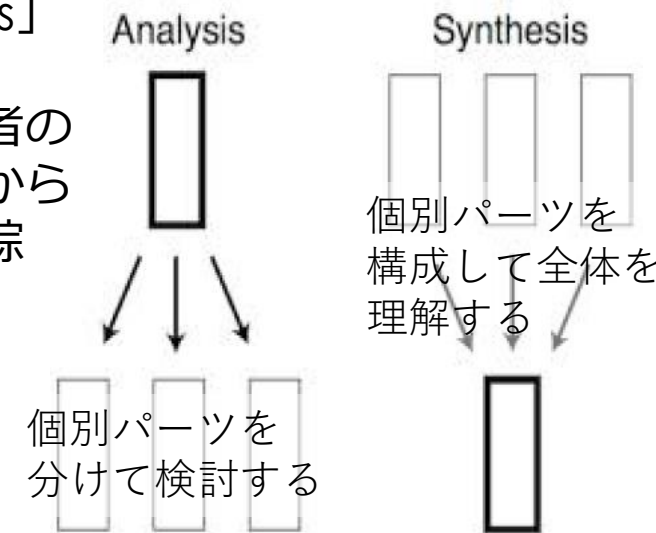


*本レポートでは、特に断りがない限り、バッテリーリサイクルとバッテリーメタルリサイクルを同義に扱っている。

【分析と総合】

- 「analysis」(分析) と「synthesis」(総合) は反対概念。
- 「分けて考える」のが学問（学者の仕事）であり、分析された結果から元の現象を再構成する手続きが「総合」。すなわち、経営者の仕事。

(出所) 藤岡資正教授講義資料を参考



- タイのバッテリーメタルリサイクルビジネス (BMRB) *は、廃棄物処理、EV (レアメタル)、リサイクル動向といった異なる3つの事象の上に横たわっている。
- 本レポートでは、パーツとしての3領域を分けて理解しながら、全体としてのBMRBの現状と課題、そこから見える日系企業へのインプリケーションを析出した。

廃棄物やリサイクル市場を取り扱った先行研究の多くは、自然科学的アプローチが主流で、経営学的なものは少ない

【関連領域の先行研究】

- タイにおける廃棄物管理に関して研究蓄積が乏しく、統計情報も十分に整備されているとは言いがたい（佐々木、2008）。
- （タイにおいて）処理やリサイクル工程における工学的な研究がいくつか行われているが、社会科学的見地から、産業投棄物処理・リサイクル市場がどのように変化したかを評価した研究は行われていない（佐々木、2008）。
- タイにおける廃棄物市場について財務諸表から分析した経営学的な研究は佐々木（2019）を除きほとんど存在しない。

【本調査の貢献】

EV市場の事例を中心に、タイの廃棄物市場・リサイクル市場に接近し、
バッテリーリサイクルビジネスの方向性ならびに日系企業の参入可能性を探る

出所：佐々木創（2019）「タイにおける産業廃棄物処理・リサイクル工場の経済・経営分析」『中央大学経済研究所年報』第51号、佐々木創（2008）「タイにおける産業廃棄物処理とリサイクルの現状」『アジアのリサイクル』（研究双書）など

110年前のT型フォードのインパクト



10年間でランドスケープが激変

出所：藤岡資正教授講義資料から抜粋

鉄鉱石から完成車まで、たったの28時間： ゲームチェンジャーの出現

- 1885年、ドイツでダイムラー & ベンツがガソリン車を発明→**富裕層の乗り物**
- ヘンリーフォードが1903年に「フォードモーター」を作り、**大衆車「モデルT」**発売（950ドル）。1925年には、「**T型フォード**」を260ドルで発売。販売店はフランチャイズ化。全米で爆発的人気。1932年には**世界の自動車生産の3分の1**を占めた。
- フォードの工場は、**敷地内に発電所を作り、鉄鉱石を高炉に入れてから車が完成するまで28時間**。ガラス工場、ゴム工場（農園開発）、製鉄所、すべて同じ敷地内に建設（リバー・ルージュ工場）。自社所有の炭坑、製材所、ガラス原料の採石場、発電所を統合⇒「**垂直統合モデル**」。約500の自動車メーカー（注文生産）から少数寡占化の時代。

巨大企業・垂直統合（原材料から完成品）の時代

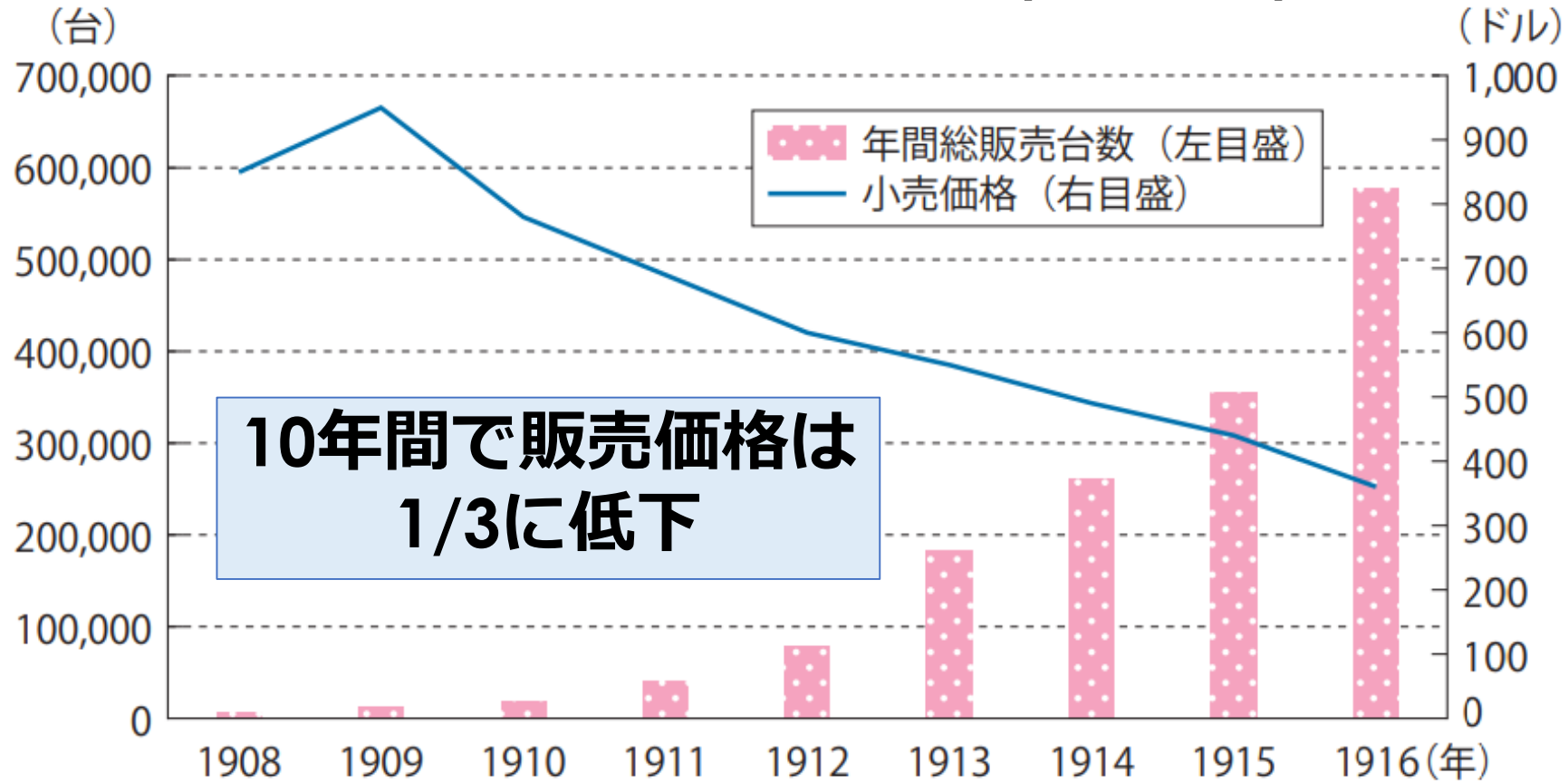
出所：各種資料から抜粋



リバー・ルージュ工場（米ミシガン）

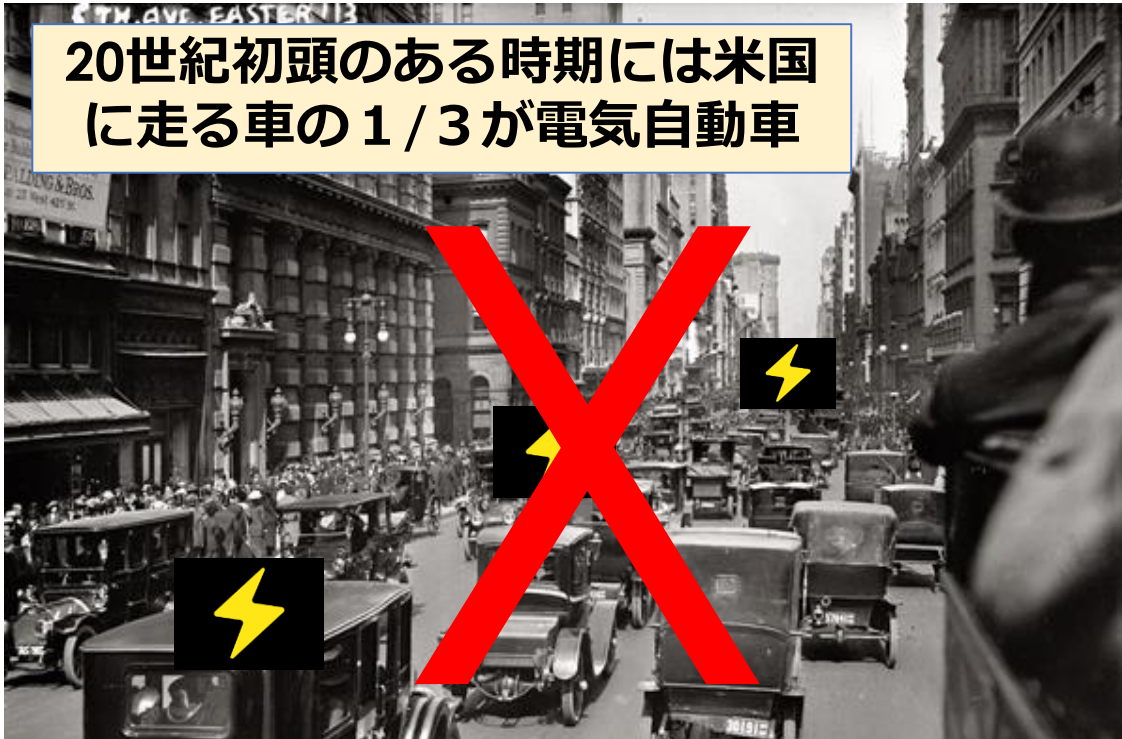
価格が劇的に低下し、自動車が大衆に普及した

T型フォード販売台数と価格の推移（1908-1916）



出所：国土交通省（2017）『国土交通白書』を加筆

20世紀初頭に電気自動車が走っていた



20世紀初頭のある時期には米国
に走る車の1/3が電気自動車

- 1832年、スコットランドの発明家が一次電池を使って電池式自動車を開発
- 1890年、米国アイオワでは6人乗り電化ワゴンが誕生
- 1899年、ベルギーの発明家兼ドライバーが時速100キロを達成。同年、米国ニューヨークで発生した**史上初の交通事故は電気自動車（タクシー）**
- エジソンとフォードが**時速100マイル（160キロ）で走る電気自動車の実用化を検討（1914年）**同時期、ポルシェは世界初のハイブリッド車を開発
- しかし、1930年代には電気自動車はなくなった

**米国特殊的な事情が電気自動車を退け、ガソリン車普及を後押し：
油田の開発、広大な土地（長距離移動）、地方の電力網整備の遅れ（15年早ければ電気自動車普及の可能性）、丈夫な車に対するニーズ等**

出所：Bloomberg（2019）"171 Years Before Tesla: The Evolution of Electric Vehicles"

ここでのインプリケーション

- たった10年で世界が変わる
- 劇的な価格低下により製品が急速に普及する
- 少数のゲームチェンジャーの出現による寡占化
- 新しい市場が急成長する段階では巨大企業は垂直統合化（原材料から完成品まで、関係特殊的な投資を市場（取引）に期待できない）
- 新しい製品の急速な普及は外部環境（インフラ、投資家、社会のムード等）の影響を大きく受ける（製品そのものの良し悪しだけではない）

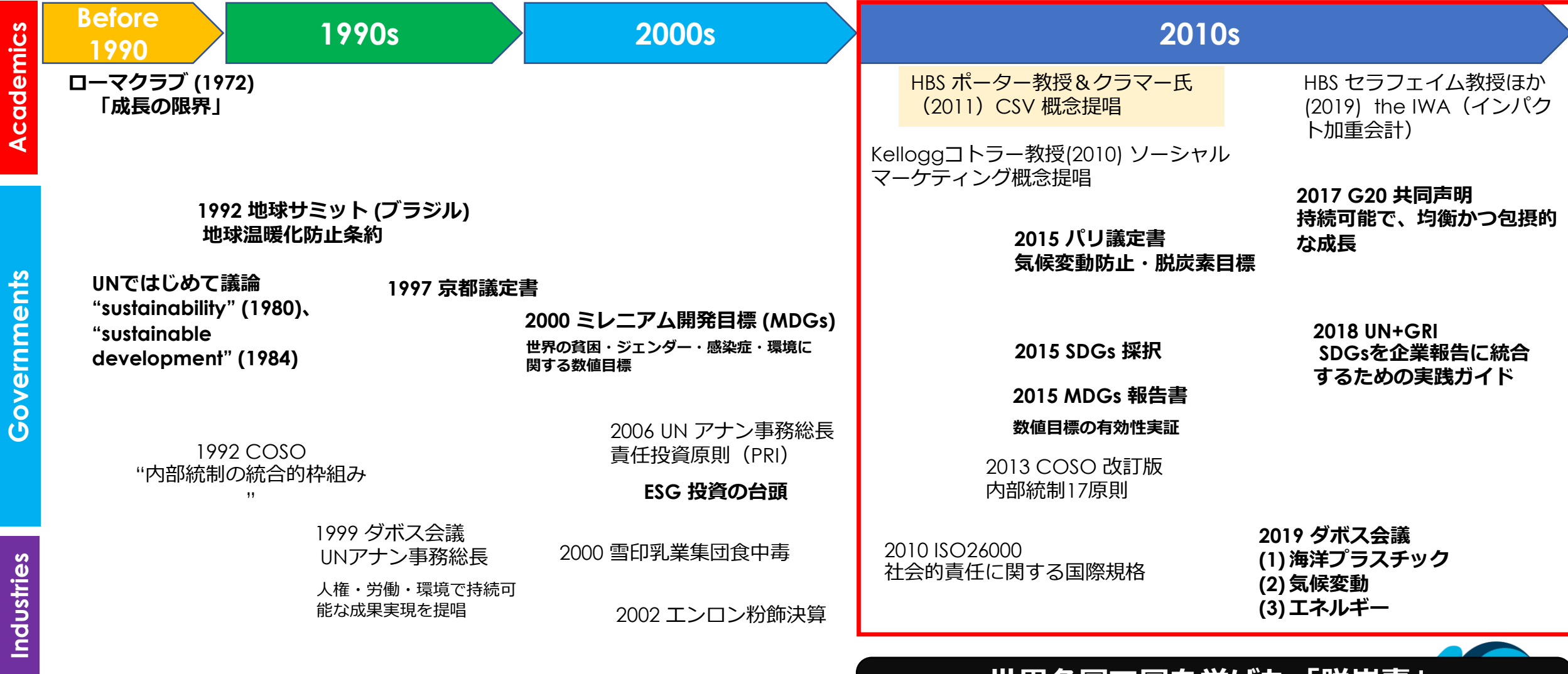
100年後の世界、 電気自動車が再び



Bangkok Traffic Jam

出所 : Photo by BartPhotography (Flickr)

2010年代後半から脱炭素競争本格化



出所：藤岡資正教授講義資料から抜粋

世界各国で国を挙げた「脱炭素」
ビジネス開発競争の時代へ

ASEAN : EV関連施策（主要国）

施策	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	ベトナム
カーボンニュートラル目標	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EV目標	2035年: 生産量の30パーセント	2030年: 生産量の15パーセント	電動バイク「e-trike」プログラム	2040年: あらゆる種類の車両	2030年: 全自動車販売の30%	開発段階
多国籍企業への投資インセンティブ	✓	✓	✓	✓	✓	✓ インセンティブは一般的で、EV 生産も含まれる
消費者によるEV導入のインセンティブ	✓	✓	✓	✓	✓	..
EV専用工業地帯	..	✓	EEC（EVを含む次世代自動車）	..
国家プログラムと制度的支援	道路交通のためのバッテリーベースの電気自動車プログラムの加速に関する 2019 年大統領規則第 55 号等	2020年2月に発足した国家自動車計画には、さまざまな省庁が関与	下院法案第10213号、電気自動車産業発展法 等	さまざまなEVバリューチェーンの開発をサポートする多様な機関	EV産業発展ロードマップ 国家電気自動車政策委員会	..

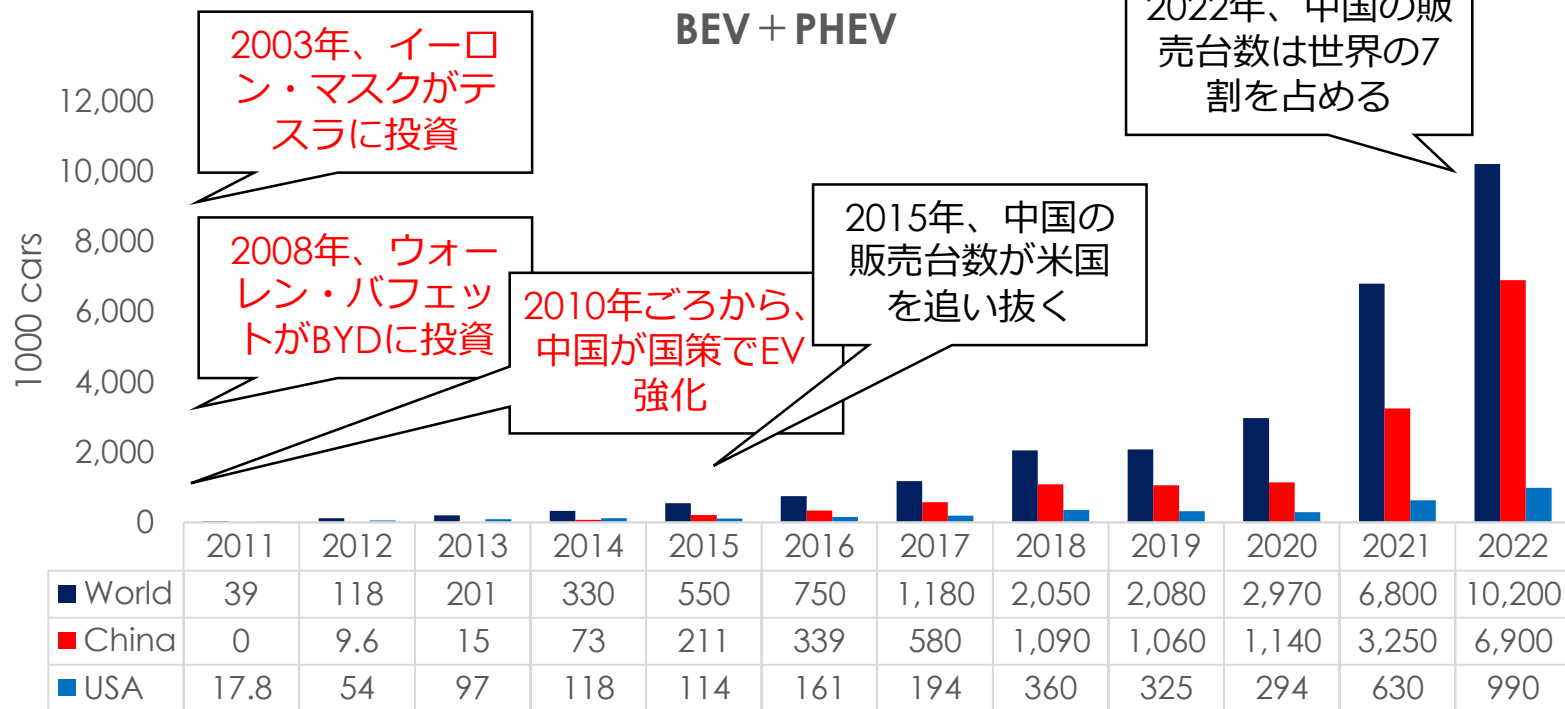
出所：ASEAN事務局およびメディア報道。

世界のEV普及は近年急速に進む。中国市場が牽引

- 2022年にEVの世界販売は1000万台突破
- 中国市場が7割を占める（690万台）
- 米国は100万台足らず

世界のEV販売台数（1000台）

BEV + PHEV



中国の時代

世界EV販売台数トップ10

	Company	2022	2021
1	BYD	1,858,364	598,019
2	Tesla	1,314,319	936,247
3	VW Group	839,207	763,247
4	GM (incl. Wuling Motors)	584,602	516,631
5	Stellantis	512,276	381,843
6	Hyundai Motors	497,816	348,660
7	BMW Group	433,164	329,182
8	Geely Auto Group	351,356	99,980
9	Mercedes-Benz Group	337,364	281,929
10	Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance	335,964	289,473

BYD 302万台 (2023)

*Teslaは180万台程度

タイは2030年までにアジア有数のEV生産国を目指す

内燃機系自動車生産ランキング
(2020)

Rk	Country	Mill. Units
1	China	25.23
2	USA	8.82
3	Japan	8.07
4	Germany	3.74
5	South Korea	3.51
6	India	3.39
7	Mexico	3.18
8	Spain	2.27
9	Brazil	2.01
10	Russia	1.44
11	Thailand	1.43

バッテリー式電気自動車生産
ランキング(2025)

Rk	Country	Mill. Units
1	China	7.35
2	USA	2.17
3	Germany	2.00
4	Japan	1.08
5	France	0.63
6	South Korea	0.62
7	Mexico	0.56
8	Czech	0.36
9	UK	0.31
10	Spain	0.27
11	Thailand	0.23

バッテリー式電気自動車生産
ランキング(2030)

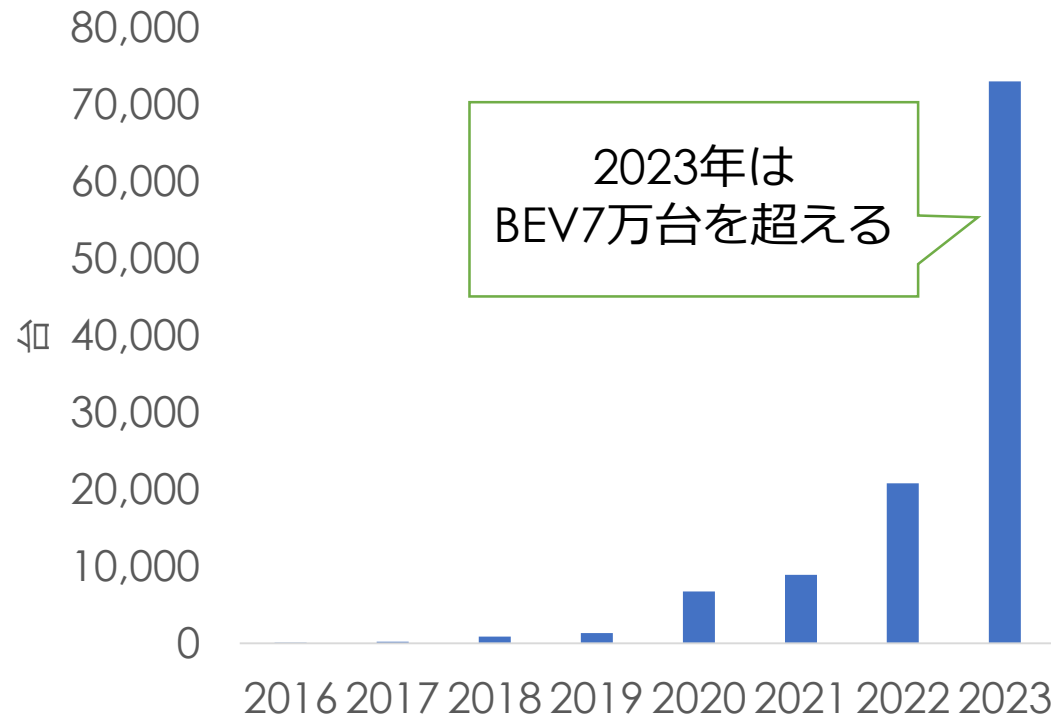
Rk	Country	Mill. Units
1	China	15.54
2	USA	4.90
3	Germany	4.86
4	Spain	2.36
5	Japan	1.80
6	France	1.56
7	South Korea	1.10
8	Czech	1.09
9	Mexico	0.90
10	Thailand	0.73
11	Italy	0.71

出所 : Noppadol Pinsupa (2021) " Green Mobility and Strategy of PTT's EV Value Chain"

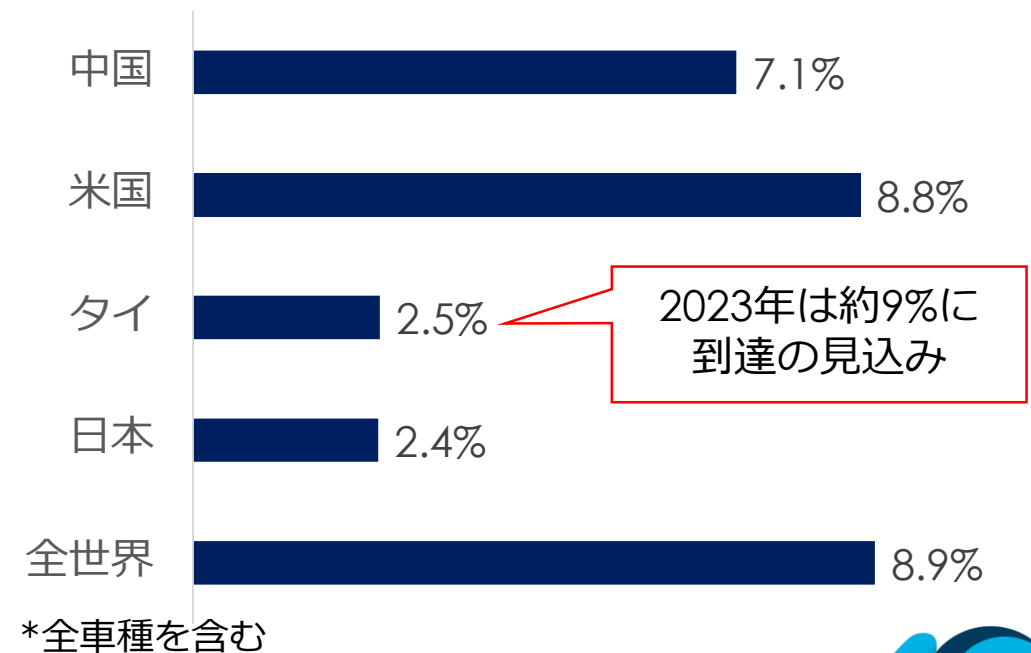
タイのEV化は2023年に急速に進む（米国、中国の水準に並ぶ）

- 新車販売に占めるEVの割合は中国、米国、世界平均に届く

タイのBEV販売台数



新車販売*に占めるBEVのシェア（2022）

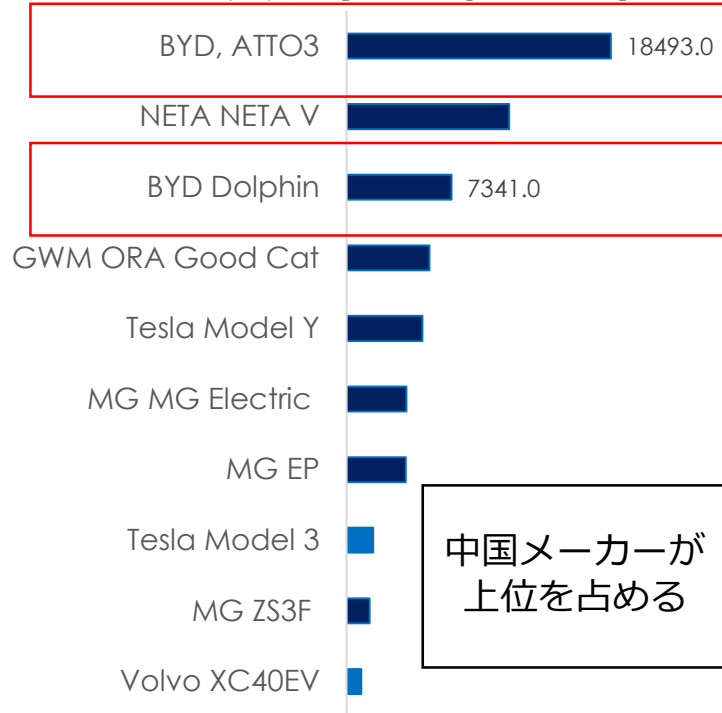


出所：日本自動車工業会（2023年12月27日参照）、国際エネルギー機関（IEA）などをもとに作成

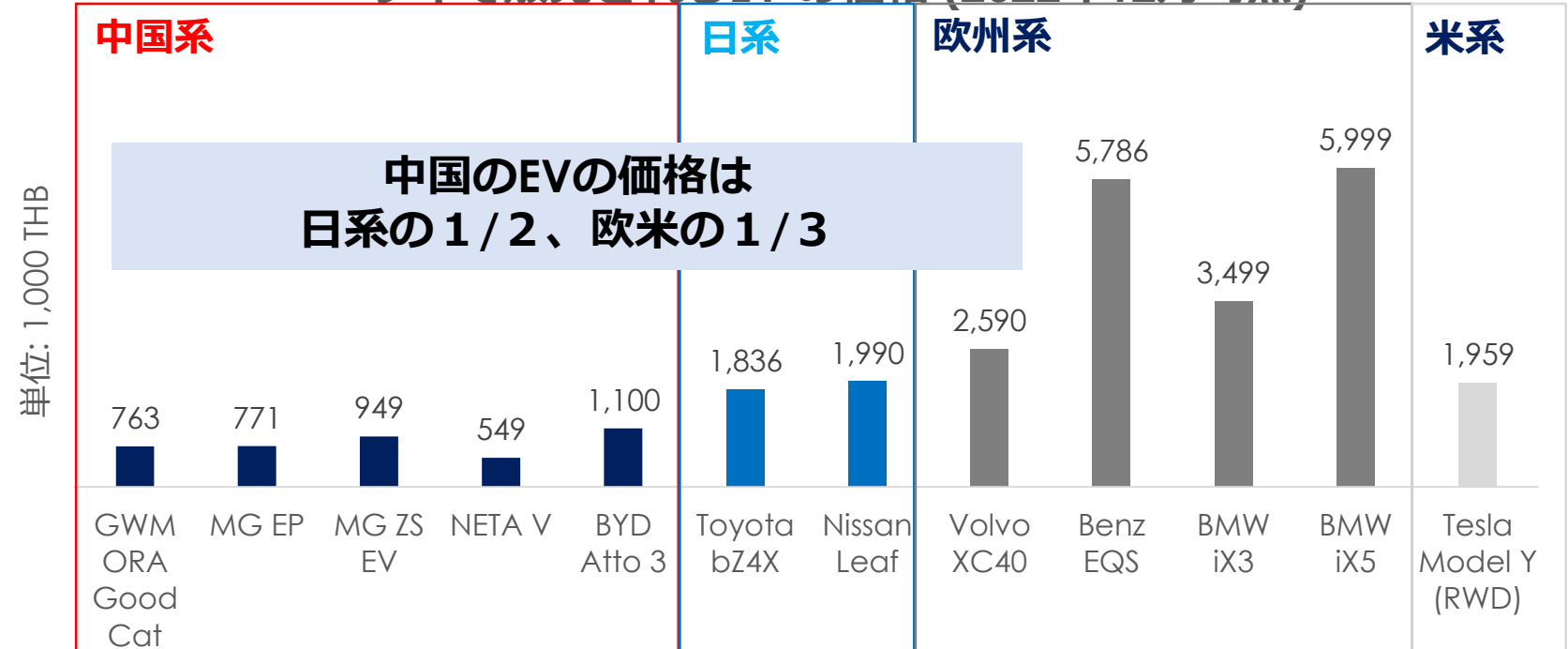
タイ市場で「大衆向け路線」で攻勢をかける中国EVメーカー： BYDの販売量が最多

タイで販売されたEV上位10

モデル (2023年1-11月)



タイで販売されるEV の価格 (2022年12月時点)

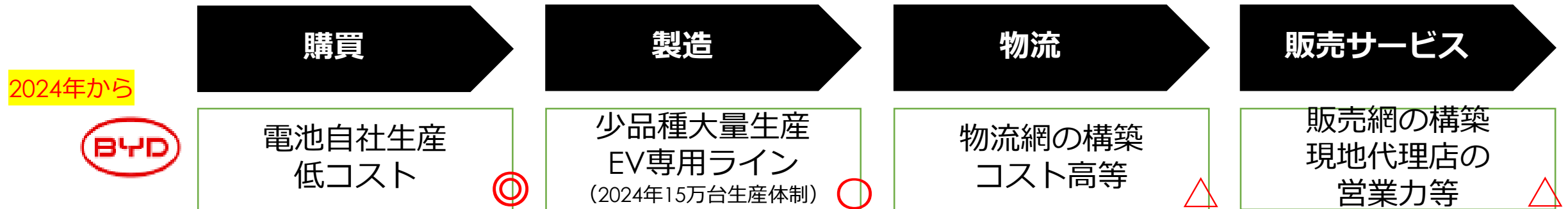


出所：国際エネルギー機関（IEA）、JETRO（2023）「中国自動車メーカーによるタイへの大規模投資拡大、EV生産本格化へ」、NRI（2023）「ASEAN-EV市場の今～タイ・インドネシアEV振興策および主要自動車メーカーの戦略～」をもとに作成

BYD社の強みはバッテリー調達

- バッテリーメーカーからEVメーカーへ転身（2022年エンジン車生産終了）。
- BYDのバッテリーはリン酸鉄リチウムイオン電池（LFP）は、**他のLIBよりも希少金属を使わない**。LFPの低密度という弱点を克服するためにブレードバッテリー開発（車体構造化）。
- EVの低価格化（コストダウン）に努め、大衆市場を狙う（欧米日企業は簡単に真似できない）
- 「タイヤとガラス以外はすべて手掛ける」⇒**垂直統合を強める（同社の強みは主要部品をすべて内製化）**
- 2022年10月からタイ市場に参入、**2024年からは年産15万台体制**

価値連鎖分析（タイ市場）：



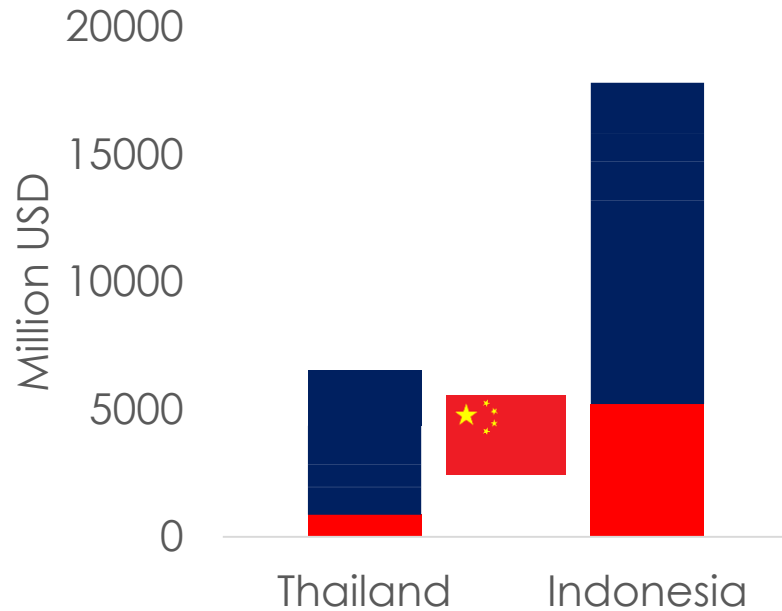
バッテリーが車両価格の**3-5割**を占める時代。

出所：筆者分析

ASEAN主要国もEVシフト。ASEAN大のEVバリューチェーンでは、ニッケル系のバッテリーの普及次第でインドネシアが有利。中国の影響力が大きい

タイとインドネシアの海外からの

EV投資：2019-2022



ASEANのEVバリューチェーン

	採掘	製錬	バッテリー、部品生産	EV組立
タイ			○	○
インドネシア*	○ (ニッケル)	○ (ニッケル)	○	○
フィリピン	○ (ニッケル)			○
マレーシア			○	○
シンガポール				○

*インドネシアのニッケル産業の9割は中国の管理下にあるとのユスフ・カラ元副大統領の意見もある（産経新聞、2024年2月14日）。

出所：ASEAN Investment Report 2022などをもとに筆者作成

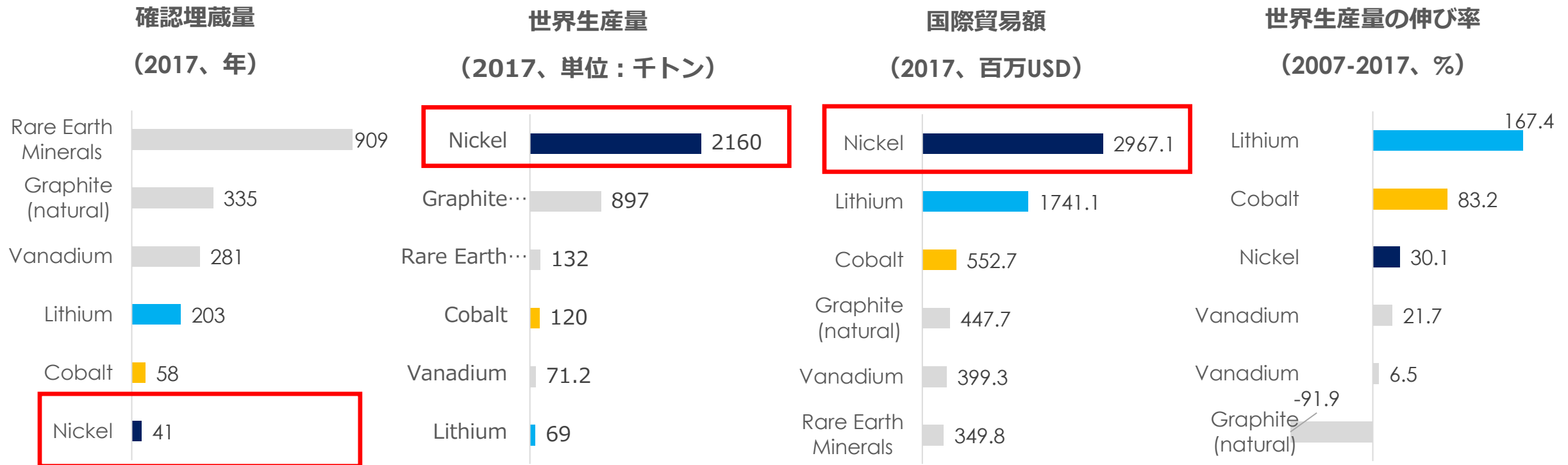
ニッケルの確認埋蔵量はバッテリーメタルのなかで少ないが、生産量、貿易額は大きい

ニッケルは主要バッテリーメタルの埋蔵量なかでは最小

生産量ではニッケルが圧倒的に多い

国際貿易額もニッケルが圧倒的に多い

ただし、次の10年は不透明。
リチウム、コバルト急成長



*2020年時点で石油の可採年数は約53.5年（エネルギー白書2022年）

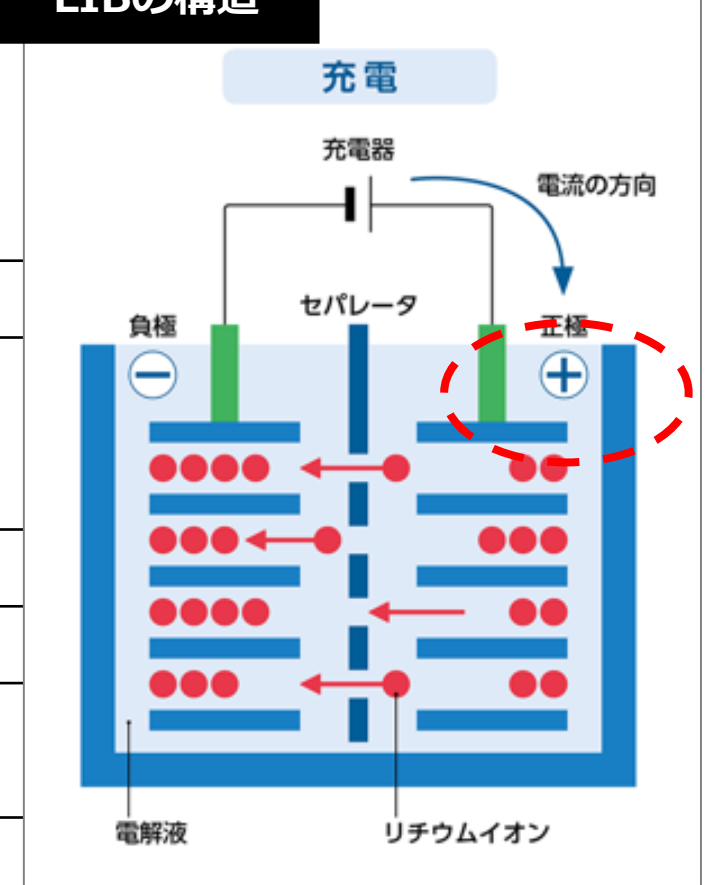
**確認埋蔵量は増加傾向にある

出所：Future Battery Cooperative Research Centre（2020）をもとに作成

LIBに使用される多様な部材

LIB部材	具体例
正極	<ul style="list-style-type: none"> コバルト酸リチウム ニッケルコバルトマンガン酸リチウム ニッケルコバルトアルミニウム酸リチウム マンガン酸リチウム リン酸鉄リチウム
正極集電体	<ul style="list-style-type: none"> アルミニウム箔
負極	<ul style="list-style-type: none"> 天然黒鉛、人造黒鉛 ケイ素を含む黒鉛 チタン酸リチウム
負極集電体	<ul style="list-style-type: none"> 銅箔
セパレータ	<ul style="list-style-type: none"> ポリエチレン及びポリプロピレン
電解液	<ul style="list-style-type: none"> LiPF_6、$\text{LiN}(\text{SO}_2\text{F})_2$ エチレンカーボレート、ジメチルカーボネートなど
電池缶	<ul style="list-style-type: none"> アルミニウム ステンレス (Fe、Ni、Cr、Mo)

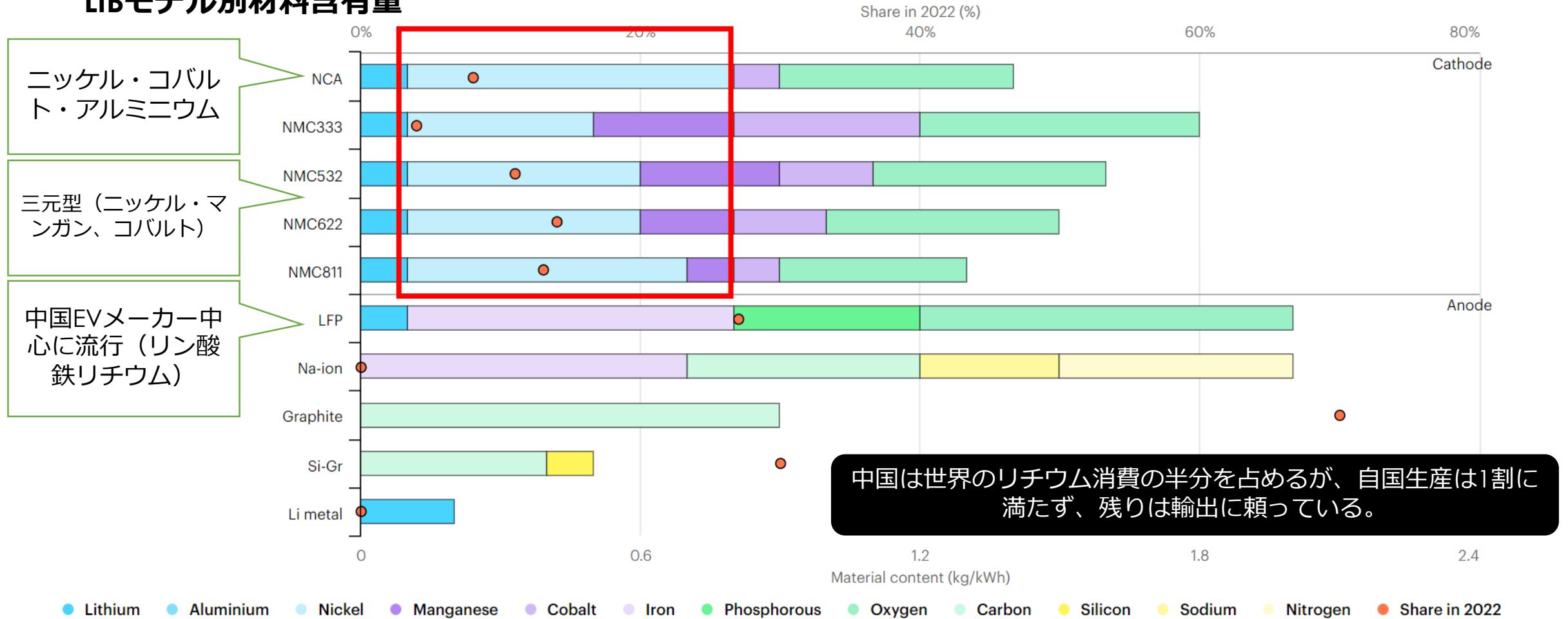
LIBの構造



出所：安部浩司（2020）「車載用LIBのリサイクルの現状と課題」（山口大学）、村田製作所（2021）「リチウムイオン電池とは？専門家が語る、その仕組みと特徴」（2023年10月28日閲覧）

NCA、NMC系ではニッケルのシェアが大きい

LIBモデル別材料含有量

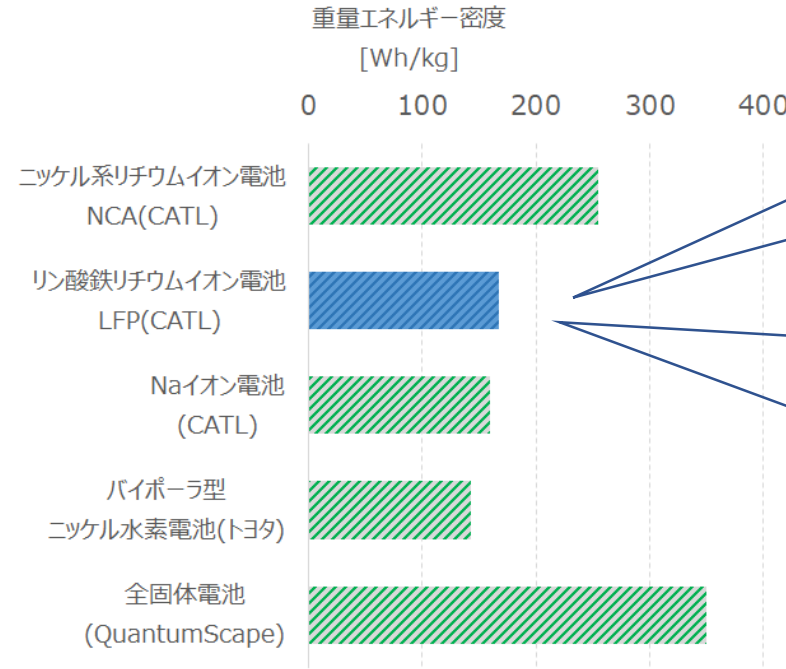
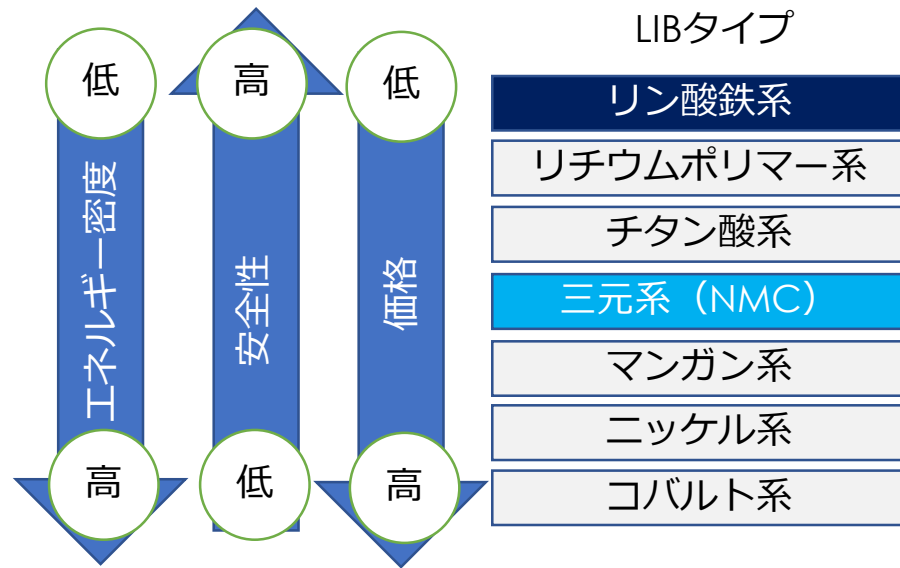


出所：国際エネルギー機関（IEA）（2023）、Qiao et al., (2021) "Potential impact of the end-of-life-batteries recycling of electric vehicles on lithium demand in China: 2010-2050"

中国EVメーカーのバッテリータイプはリン酸鉄系（LFP）が増加

- 三元系（NMC）バッテリーは、EVバッテリーのメインストリームで、主にニッケル・コバルト、マンガン酸リチウムが使用されていた。エネルギー密度が高く、長い航続距離が実現。一方で、最近では、リン酸鉄系バッテリー（LFP）が台頭。**ニッケルやコバルトなどの希少金属を使用しない**。LFPは航続距離が短いが安価が魅力、
- 中国のEV67モデル中、三元系（NMC）は28モデル、リン酸鉄系（LFP）は36モデル（BYD含む）。

【タイプ別 LIBバッテリーの特徴】



近年、中国企業を中心にLFPを採用する企業が増加。各社製品開発を急ぐ。

2023年5月、中国の電池メーカーGotion High-Tech（国軒高科）新開発リン酸マンガン鉄リチウム（LMFP）：低コスト・長航続距離

出所：JETRO（2022）「EV市場拡大に向け、原材料価格の高騰が課題に（中国）」、VOL TECHNO社（2023）「LFPバッテリー」、日経XTech（2023）「NCM系LIBキラー「LMFP」が実用に、LFP並の安さで航続1000kmEV」、橋本総研（2023）「CATLのリン酸鉄リチウムイオン電池(LFP)とは何が凄いのか。全固体電池などと比較」など参照

ここでのインプリケーション

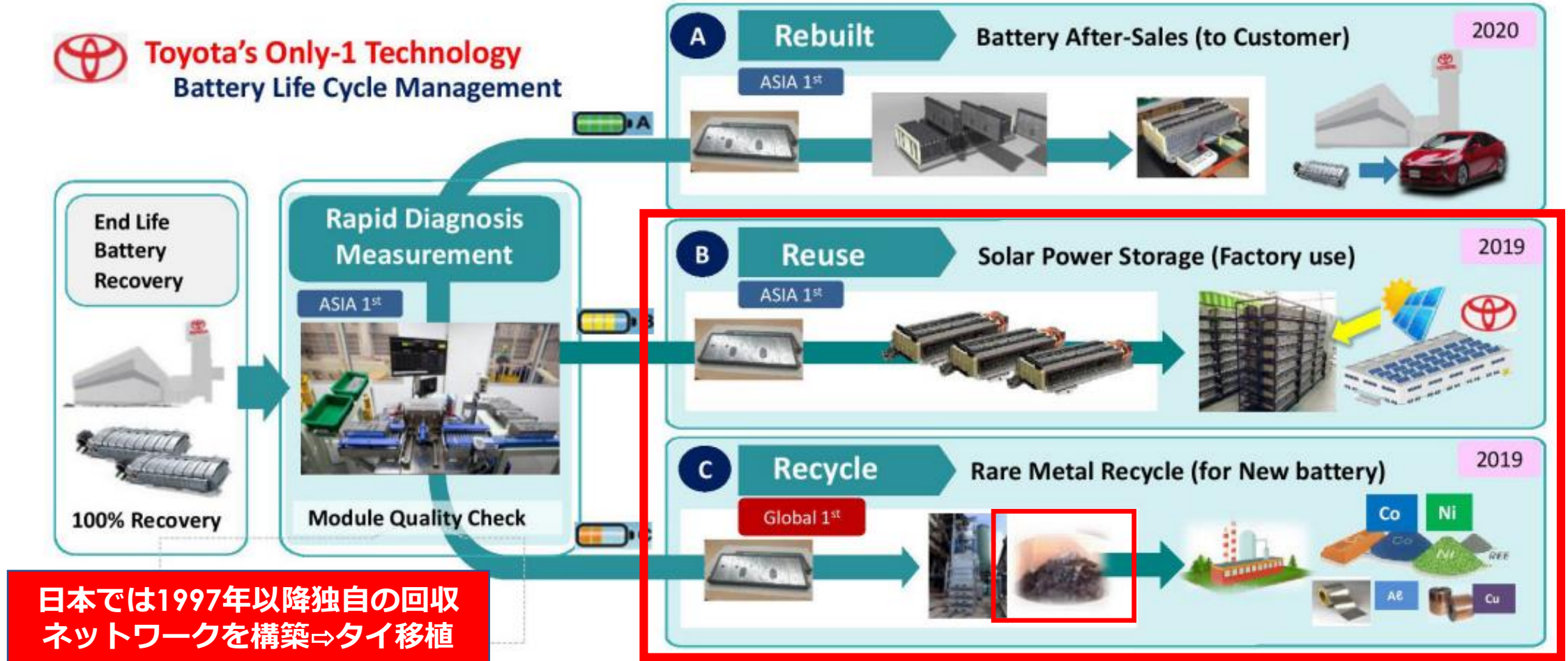
- EV価格の低下で急速に普及
- EV価格は急降下。ガソリン車（大衆車）並みに
- ゲームチェンジャーの出現（現代のフォード）
- **BYDのバッテリー生産含む垂直統合**
バッテリー開発（組成）・生産からリサイクルまで、価値連鎖全体の管理が求められる
- 「脱炭素」を梃に、世界各国で国を挙げたビジネス開発競争の時代へ

タイにおけるEVバッテリーメタルのリサイクルを考える



リビルド・リユース・リサイクルはセット： トヨタ（タイ）の廃バッテリー・カスケード利用

トヨタ自動車タイのバッテリーライフサイクル管理システム



出所：Sasaki, Ishimoto and Takagi (2022) "Toward the Creation of the Asian xEV Battery Recycling Zone", p.1876

リサイクル処理費用はブラックマスから得られる価値を大きく上回る



LIBを熱処理した後に得られる黒い粉体。コバルト・ニッケル・マンガン・リチウムなどのレアメタルのほかに、プラスチック、樹脂、電解液、アルミニウム、銅、鉄、フラフアイトなどが含まれている。



処理費用のほかに、回収、製錬プロセスの費用を考慮するとさらにマイナスが拡大

? THB
/ バッジ



XXXX万THB/
バッジ

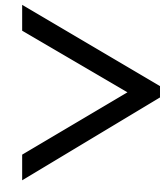


? THB
/ バッジ

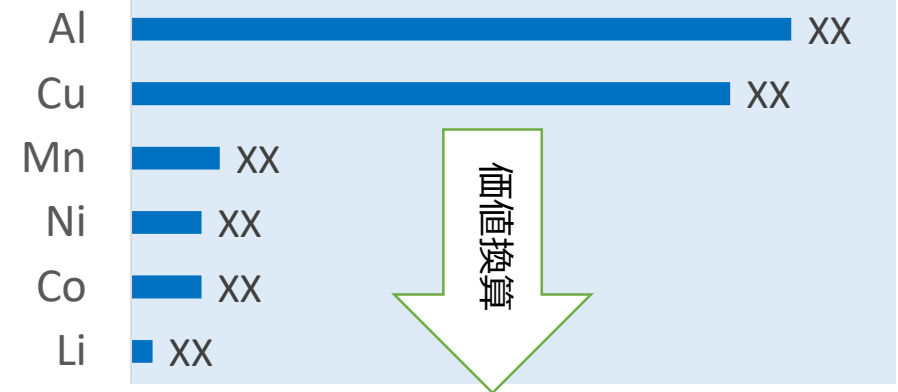
輸送費用

処理費用

製錬費用



ブラックマス (BM) に
含まれるLIB構成物 (KG)



(試算) 約2.5万THB* /
バッジ

(バッテリーの組成次第で価値は2倍近く変わる)

経済価値

*資源価値の算出は2023年12月の日本での取引価格 (先物取引含む)
出所: A社インタビューによる (2023)

*安部 (2022) によれば、日本でも「LIB処理費用が確実に資源回収費を上回る」と指摘されている。

*将来的に中国EV (LFP) が増えると、アルミ、ニッケル、コバルトが回収できないリスク有。すでに韓国では中国製LFPが将来の廃棄物 (Waste) でしかないことがリサイクル業者から問題提起されはじめている (Business Korea, Sep.1, 2023)。

「1kg10万円以上の価値があるか、まとまった量の金属が簡便な方法で回収できないと採算が取れない」

- 東京大学生産技術研究所の岡部徹教授によると、**リチウムイオン電池からのリチウム回収はコスト的にリサイクルしても見合わない代表的事例。**
- 現在の経済システムの下では、工業製品のスクラップの中から、金属を回収して採算が取れるのは、**1gあたり1000円以上の価値がある貴金属か、まとまった量の金属が簡便な方法で回収できる場合だけ。**
- それ以外のレアメタルについては、**リサイクルするよりも廃棄した方が経済的な合理性が高い場合が多い。**
- 資源的に貴重なレアメタル、あるいはその採掘や製錬の過程での環境負荷が高いレアメタルについては、コスト以外の側面からリサイクルについて考え直す必要がある。

レアメタル先物価格（円/kg）

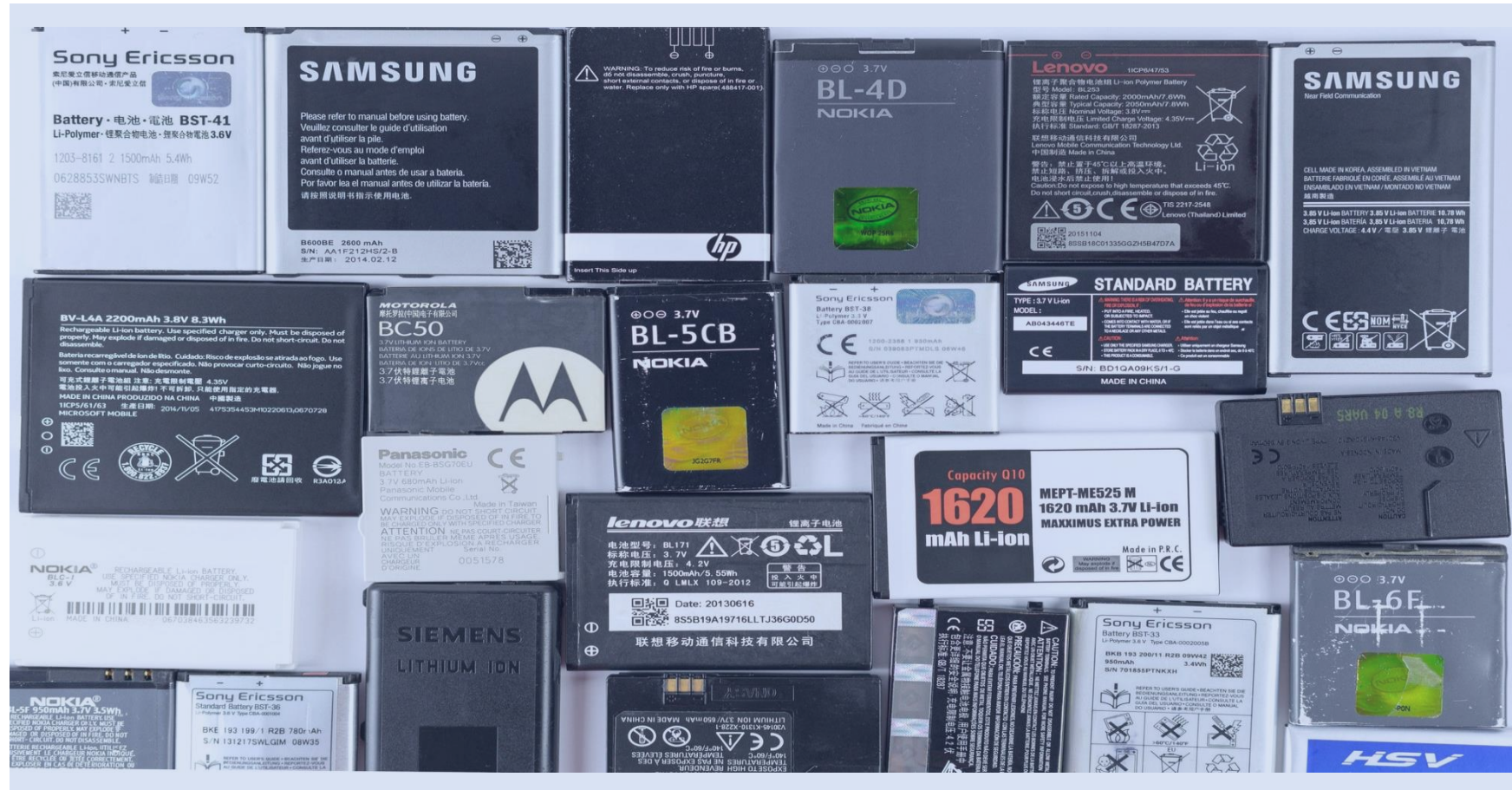
リチウム	1,925
コバルト	4,087
ニッケル	2,367
マンガン	317
銅	1,227
アルミニウム	330

銀 11万円/kg
プラチナ 444万円/kg
金 970万円/kg

しかしながら、中国国内では4000円/kg以上あれば、経済的メリットがあると言われている。

出所：岡部徹（2012）「レアメタルのリサイクルと都市鉱山」『化学と教育』60（11）、銀、プラチナ、金価格は日本金地金流通協会（2024年1月31日）、その他金属価格は既出（2023年12月頃）、JETRO（2023）「中国バッテリーリサイクル大手の格林美がメルセデス、CATLなどと協業MOUを締結」などを参照

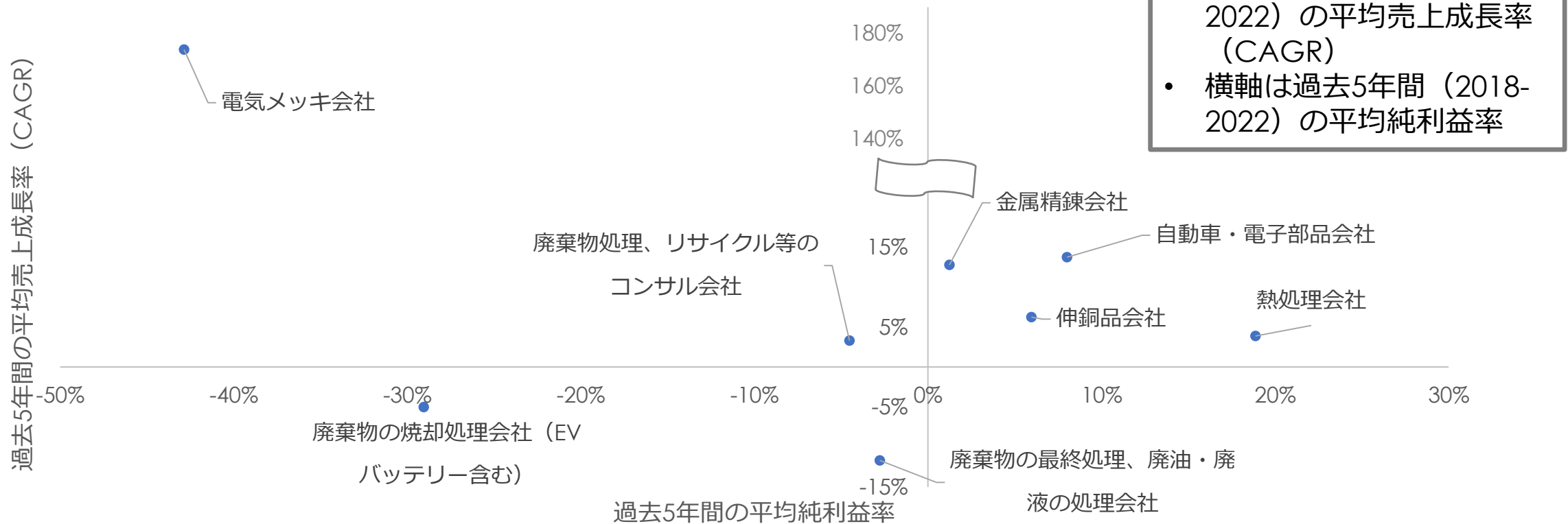
日系リサイクル企業はどのように利益を確保するのか？



バッテリーリサイクル事業を含むA社グループ企業8社を成長性と収益性でプロット

- A社グループは廃棄物焼却処理からリサイクル金属による部品生産までを幅広く担う。
- A社グループ8社の利益率と成長率の過去5年間の平均をプロットした。

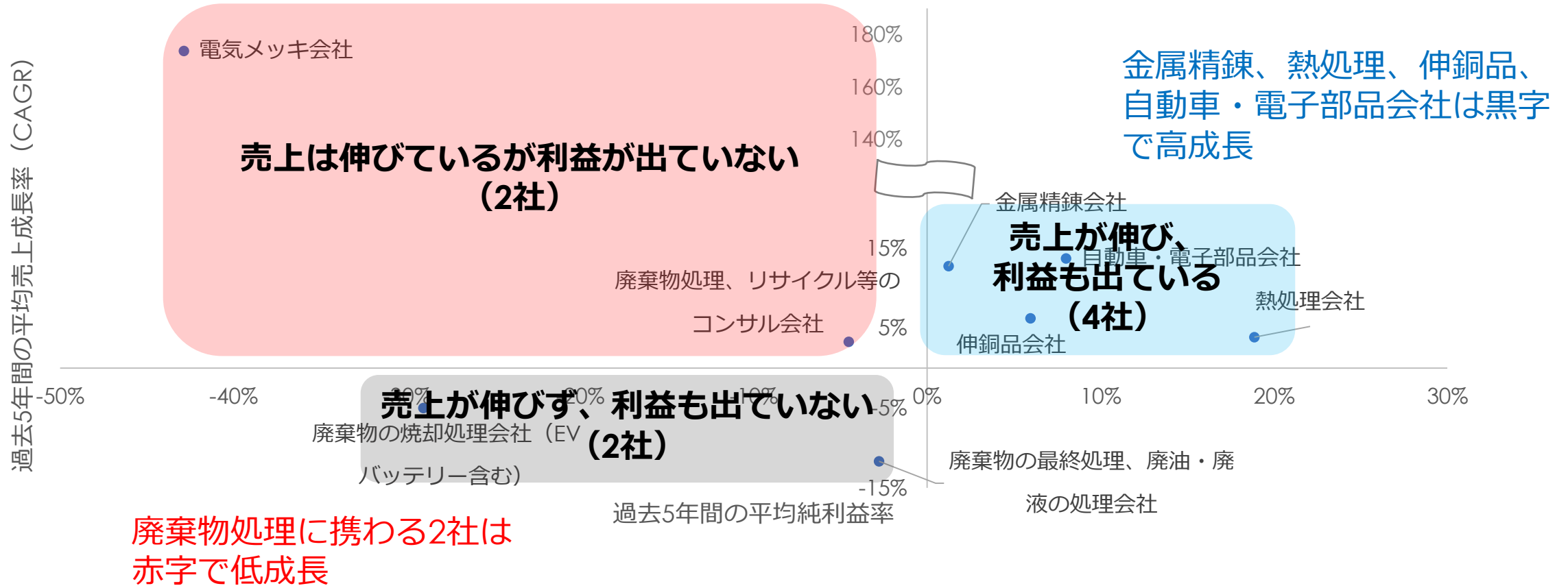
A社グループ企業（8社）のタイ事業動向



出所：Corpusからの財務諸表データに基づき分析

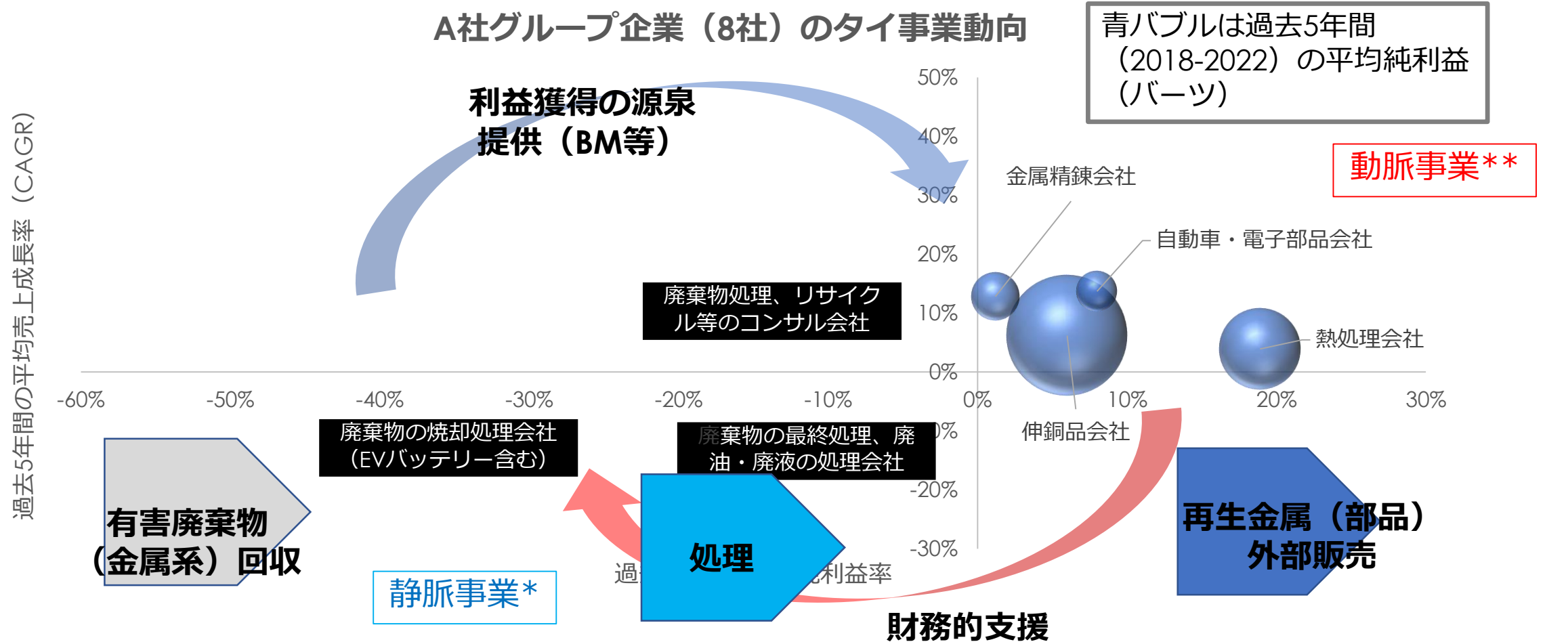
A社グループ企業の8社は3領域に分布

A社グループ企業（8社）のタイ事業動向



出所：Corpusからの財務諸表データに基づき分析

動脈事業で静脈事業を支え、グループ全体で収益性を確保



*生産工程から出された廃棄物や、消費財が廃棄されたモノを処理・リサイクルする産業（外川、2019）

**資源が採掘され、原料・製品が生産され、お店まで流通し、消費者の手に製品を届ける産業（稲葉、2008）。

タイで潜在的に回収しうる鉱物資源（エネルギー変換鉱山）



試論：過去10年間のエネルギー変換鉱山を推計

- 「都市鉱山」（Urban Mine）概念は、1980年代後半に当時の東北大学・南條教授らによって確立された日本固有の考え方。都市鉱山は下記のように細分化され、リチウムイオン電池は「エネルギー鉱山」に分類されると仮定。

鉱山名	具体例
自走鉱山	自動車、船、飛行機、自転車、電車
容器鉱山	缶、空瓶、空PET、段ボール
エレクトロニクス鉱山	IC、廃テレビ、コンデンサ、プリント基板、家電品一般
エネルギー変換鉱山	リチウムイオン電池 、乾電池、鉛蓄電池、NiCd、Si太陽電池、燃料電池、原子力電池、燃料、水素吸蔵合金
ビル鉱山	家屋、ビル、橋、鉄道
バイオ鉱山	汚泥、汚水、古紙、有機スラッジ
化学変換鉱山	廃触媒、化学反応装置
排ガス鉱山	CO ₂ 、CO、CH ₄ 、SO ₂ 、Nox、ダスト
排水鉱山	酸、アルカリ、SS

出所：山本龍太郎（1992）「リサイクル雑感」『軽金属』を加筆修正

分析の流れ

- タイにおける、自動車・オートバイ、ケータイ、PC由来の過去10年間の「エネルギー変換鉱山」（鉛、リチウム、ニッケル、コバルト、マンガン）の量を推計
- たとえば、自動車は以下の手続きで行った：

1

Registered Car in Thailand

สถิติจดทะเบียนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ กฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก จำนวนตามชนิดเชื้อเพลิง ทั่วประเทศ ปี พ.ศ. 2565

ประเภท	ชนิดเชื้อเพลิง																	
	รวม	เบนซิน	ดีเซล	ก๊าซ LPG	LPG และเบนซิน	LPG และดีเซล	CNG	CNG และเบนซิน	CNG และดีเซล	CNG และ LPG	CNG และ LPG และเบนซิน	ไฟฟ้า	ไฮโดรเจน	ไฮโดรเจน และไฟฟ้า	ไฮโดรเจน และ CNG	ไฮโดรเจน และ LPG	ไฮโดรเจน และไฟฟ้า และ CNG	
รวมทั้งสิ้น	3,033,357	2,258,242	644,953	115	2,333	2	1,562	2,871	13	-	2	-	22,817	43,309	128	-	-	-
รถส่วนบุคคลตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์	2,998,038	2,238,188	640,953	109	2,331	-	1,561	2,870	13	-	2	-	22,817	43,309	128	-	-	-
รถ.1 รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	455,545	284,191	265,763	-	1,016	-	-	198	2	-	-	-	5,584	43,345	125	-	-	-
รถ.2 รถยนต์ส่วนบุคคลเกิน 7 คน	233,330	605	261,787	2	189	-	-	1,718	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถ.3 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	234,909	4,969	228,414	2	284	1	38	128	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
รถ.4 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	81	62	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถ.5 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถ.6 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้นไม่เกิน 7 คน	1,830	10	4	80	819	-	-	714	-	-	-	-	4	19	-	-	-	-
- รถยนต์ส่วนบุคคล	656	2	-	157	-	-	-	452	-	-	-	-	1	17	-	-	-	-
- รถยนต์ส่วนบุคคล	634	8	4	50	462	-	-	263	-	-	-	-	33	2	-	-	-	-
รถ.7 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถ.8 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	287	25	54	7	1	1	-	-	-	-	-	-	189	-	-	-	-	-
รถ.9 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	71	24	34	-	2	-	-	-	-	-	-	-	6	5	-	-	-	-
รถ.10 รถยนต์ส่วนบุคคลยกเว้น	221	36	184	-	10	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-

Car Types by Thai Law

Number of Cars

Year of Data (2010-2022)

Categorized by Fuel

2



Grouping and Definition of Vehicle Types

- Bus & Large Vehicle (More than 7 seats) = รถ 2
- Passenger Cars = รถ 1,3,5,6,7,9,10,11
- Motor Cycles = รถ 4,8,12,17
- Others = รถ 13,14,15,16

Note:

- Percentage of Lead in Lead-Acid Battery = 43-70 % (<https://encamp.com/blog/lead-acid-batteries-chemical-inventory-reporting/>)

3



- 16カテゴリーを4グループに集約
 1. バス及びその他大型車両
 2. 乗用車
 3. モーターサイクル
 4. その他

- 車載バッテリーの平均的な重量及び、一般的な組成を考慮して、鉛（もしくはレアメタル・レアアース）含有量（%）を試算

4

潜在的鉱物資源（都市鉱山）＝バッテリー個数×平均バッテリー重量（Kg）×各種鉱物含有量（%）

バッテリーの組成

- バッテリーの組成は製品によってかなり異なりますので、あくまでも目安としてご理解ください。

推計



Material	筆者調べ： 試算のベースとなる組成 (%)
鉛 (Lead)	56.5*



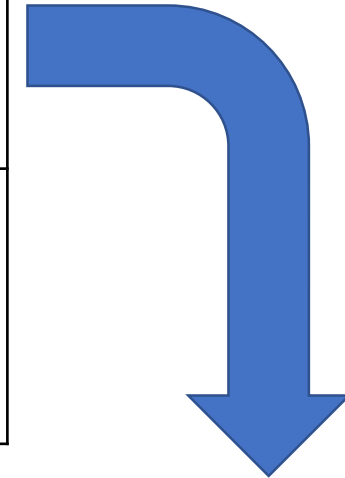
Material	試算のベースとなる組成 (%)
リチウム (Lithium)	1.94
コバルト (Cobalt)	2.95
ニッケル (Nickel)	6.86
マンガン (Manganese)	12.0*

*専門家インタビュー、公開情報等を参考

地金鉛 (refined lead)

推計

国外からの地金輸入量 (2020) 7.4万トン*	国内地金消費量 (2020) 14.0万トン* (注) 世界の1%強
国内の地金生産量 (2020) 7.2万トン* (注) 同年7.0万トンの鉛鉱石輸入	その他 (国外輸出など) 0.6万トン (含) 製品・スクラップ輸出0.1万トン



(注) マテリアルベース重量、
輸出分は含まれていない

Source:

*World Bureau of Metal Statistics (ロンドン証券取引所)

**The Customs Department (タイ国財務省関税局)

***各種統計情報 (運輸省等) などに基つき筆者試算

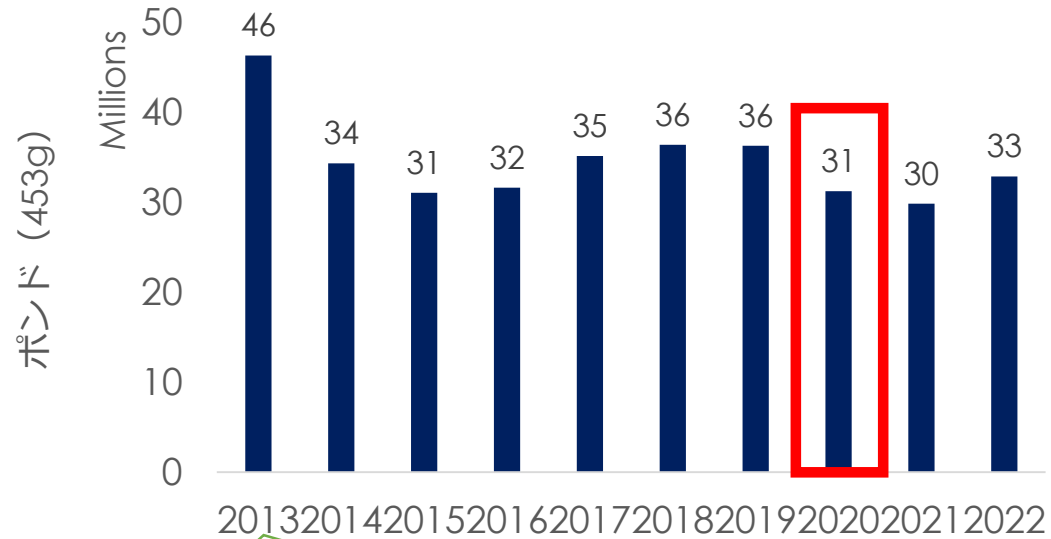
タイ国内の自動車 (バス・トラック含む)
及びオートバイ由来の鉛消費量 (2020) ***
(注) 輸出分は除く

1.4万トン
(3,100万ポンド)

2020年に約3,100万ポンド（約1.4万トン）の鉛が、国内の自動車及びオートバイ由来。60-70%が自動車（バス・トラック含む）、20-30%がオートバイ

推計

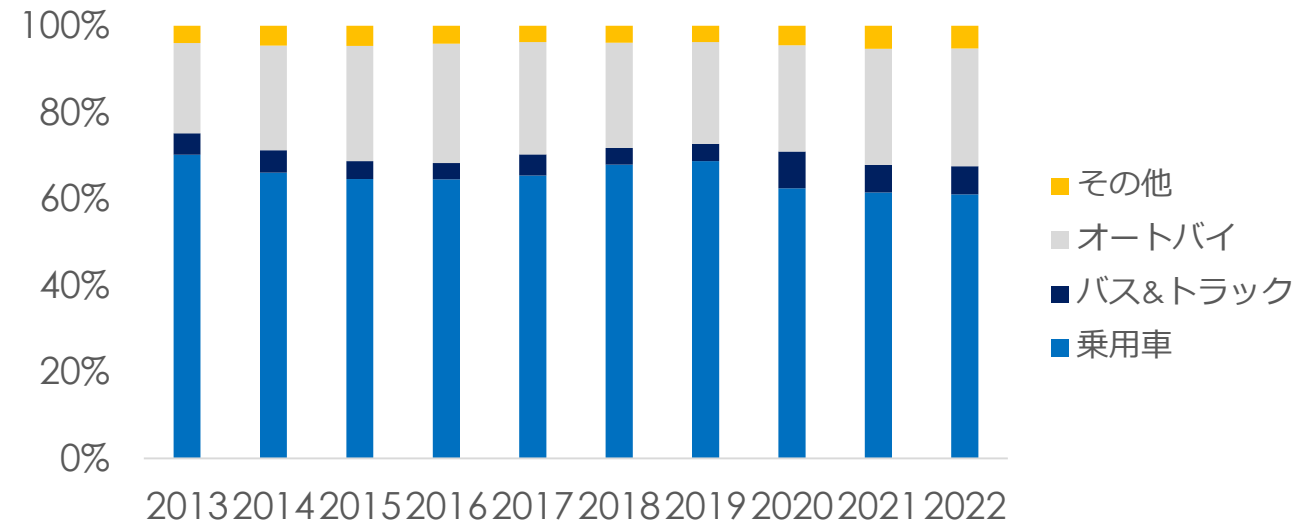
自動車（トラック・バス含む）及び
オートバイ由来の鉛消費量



2012-3年、政府奨励策で過去
最高レベルの自動車販売数

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない
Source: 各種統計情報（タイ運輸省等）などに基づき試算

自動車（トラック・バス含む）及び
オートバイ由来の鉛消費量：種別



国内鉛使用の6割が乗用車、オートバイ
が3割、バス&トラック&その他が1割

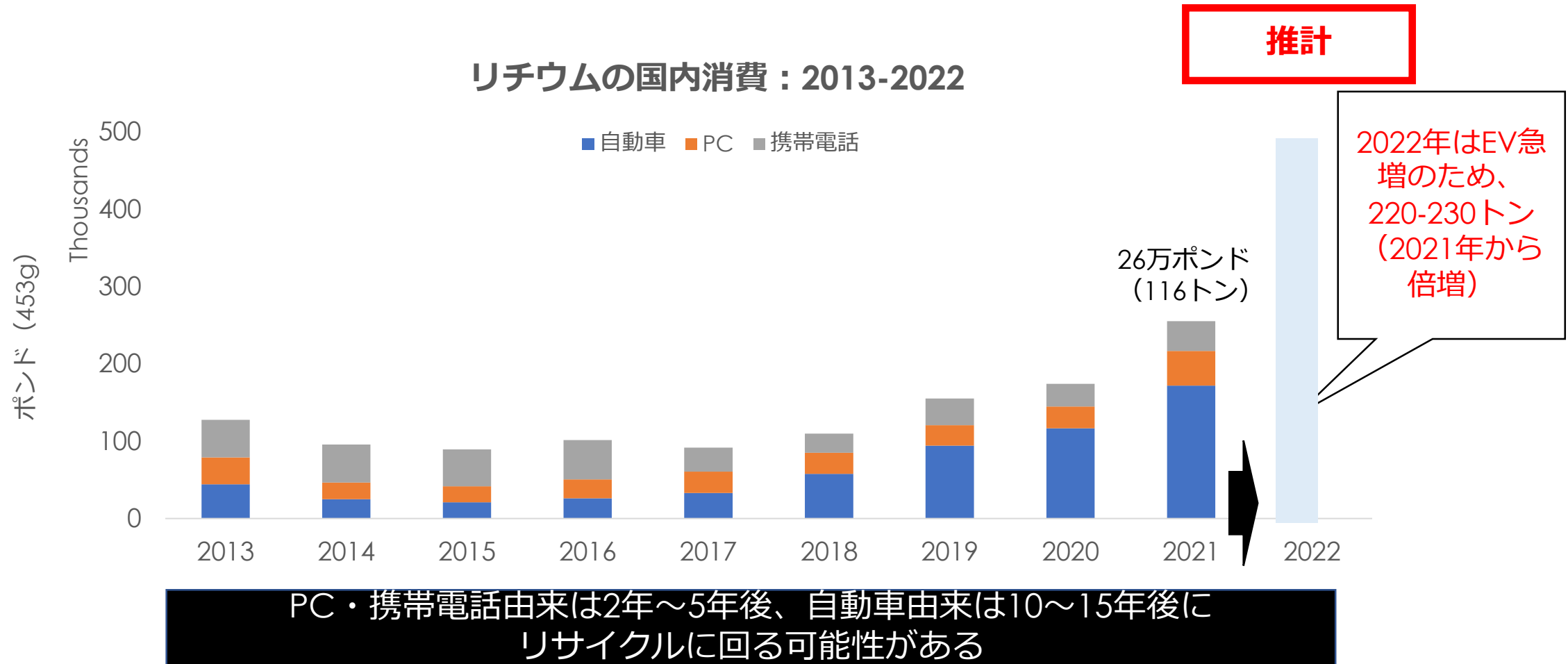
リチウム (Lithium)

推計

自動車/オートバイ・バッテリー (2021) 78トン	2021年にタイ国内で新規に使用（市場投入）された量 116トン
ノートPCバッテリー (2021) 20トン	
携帯電話バッテリー (2021) 18トン	

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない
Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

2021年、約26万ポンド（約116トン）のリチウムが自動車・PC・携帯電話由来

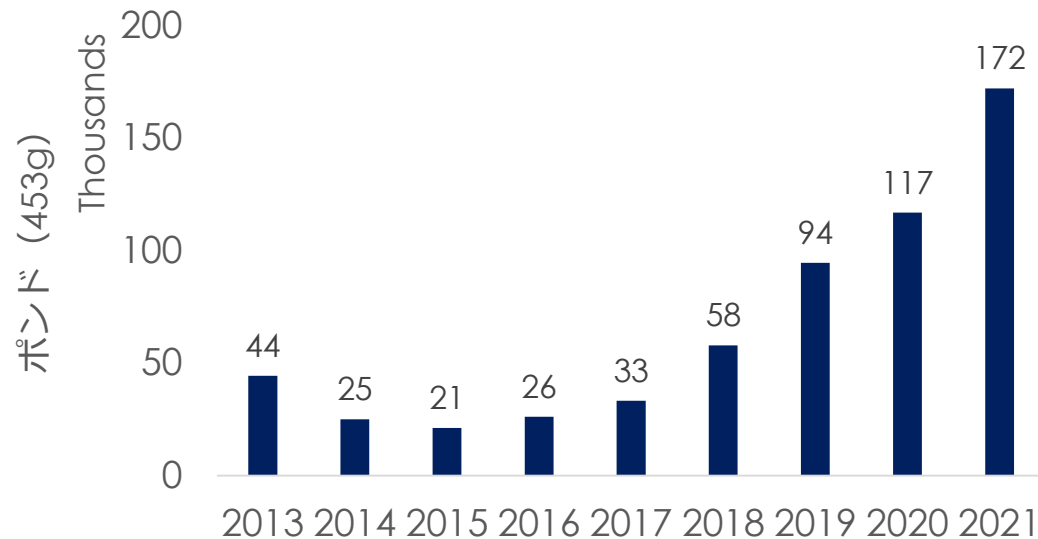


(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない
Source: 各種統計情報（運輸省等）などにに基づき試算

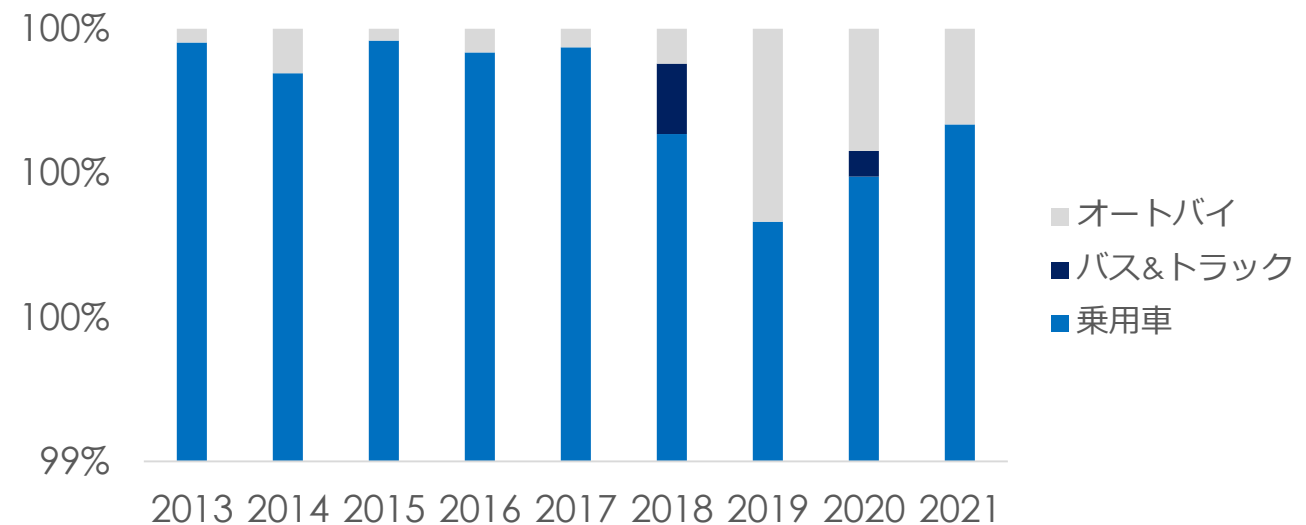
2021年、約17万ポンド（約78トン）のリチウムが自動車及びオートバイ由来。そのうち99.9%が乗用車

推計

自動車（トラック・バス含む）及び
オートバイ由来のリチウム消費量



自動車（トラック・バス含む）及び
オートバイ由来のリチウム消費量：種別



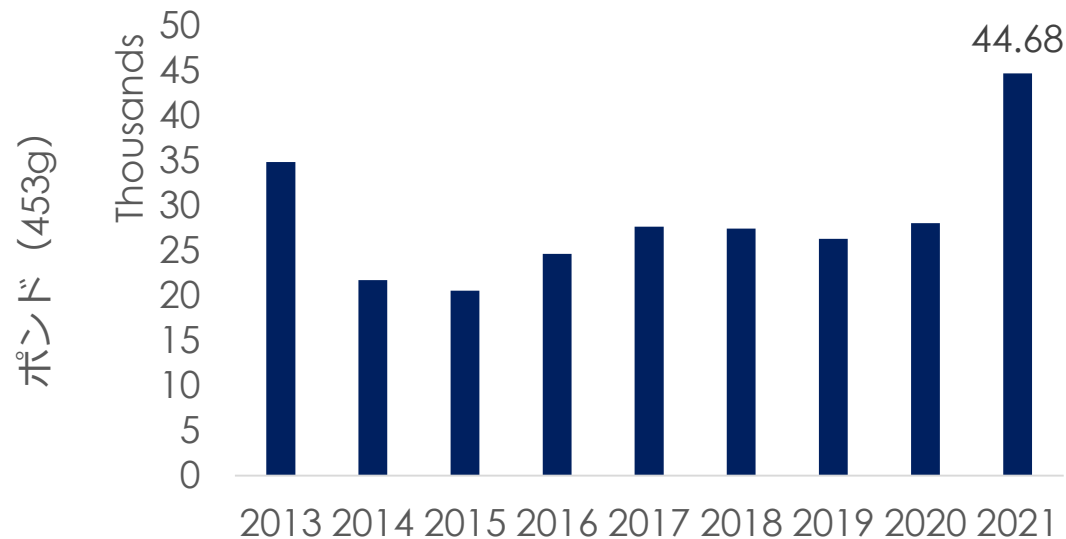
自動車・オートバイ由来は10～15年後にリサイクルに回る可能性がある

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない
Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基つき試算

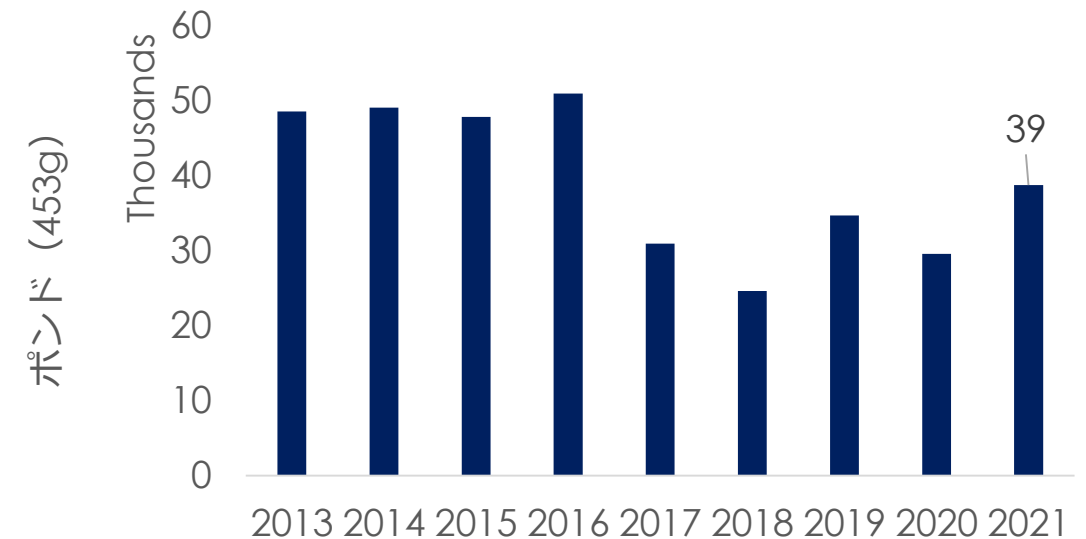
2021年のノートPC由来のリチウム、携帯電話由来のリチウムは、それぞれ4.5万ポンド（20トン）、3.9万ポンド（18トン）

推計

ノートPC由来リチウムの内訳



携帯電話由来リチウムの内訳



PC・携帯電話由来は2年～5年後にリサイクルに回る可能性がある

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない
Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

ニッケル (Nickel)

推計

自動車/オートバイバッテリー (2021) 786トン	2021年にタイ国内で新規に使用（市場投入）された量 1,023トン
ノートPCバッテリー (2021) 46トン	
携帯電話バッテリー (2021) 191トン	

*マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない

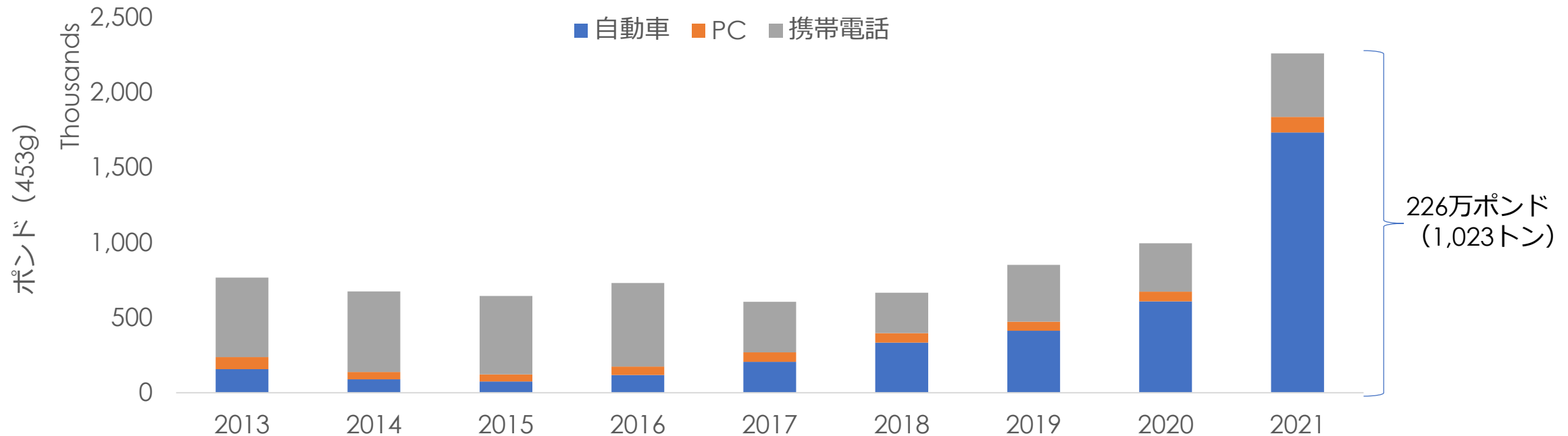
**将来的に中国EV（LFP系）が主流になると、ニッケル、コバルトは回収できない。

Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

2021年、約226万ポンド（約1,023トン）のニッケルが自動車・PC・携帯電話由来

推計

ニッケルの国内消費：2013-2021



PC・携帯電話由来は2年～5年後、自動車由来は10～15年後にリサイクルに回る可能性がある

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない

(注) 将来的に中国EV（LFP系）が主流になると、ニッケル、コバルトは回収できない。

Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

コバルト (Cobalt)

推計

自動車/オートバイバッテリー (2021) 118トン	2021年にタイ国内で新規に使用（市場投入）された量 401トン
ノートPCバッテリー (2021) 41トン	
携帯電話バッテリー (2021) 242トン	

*マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない

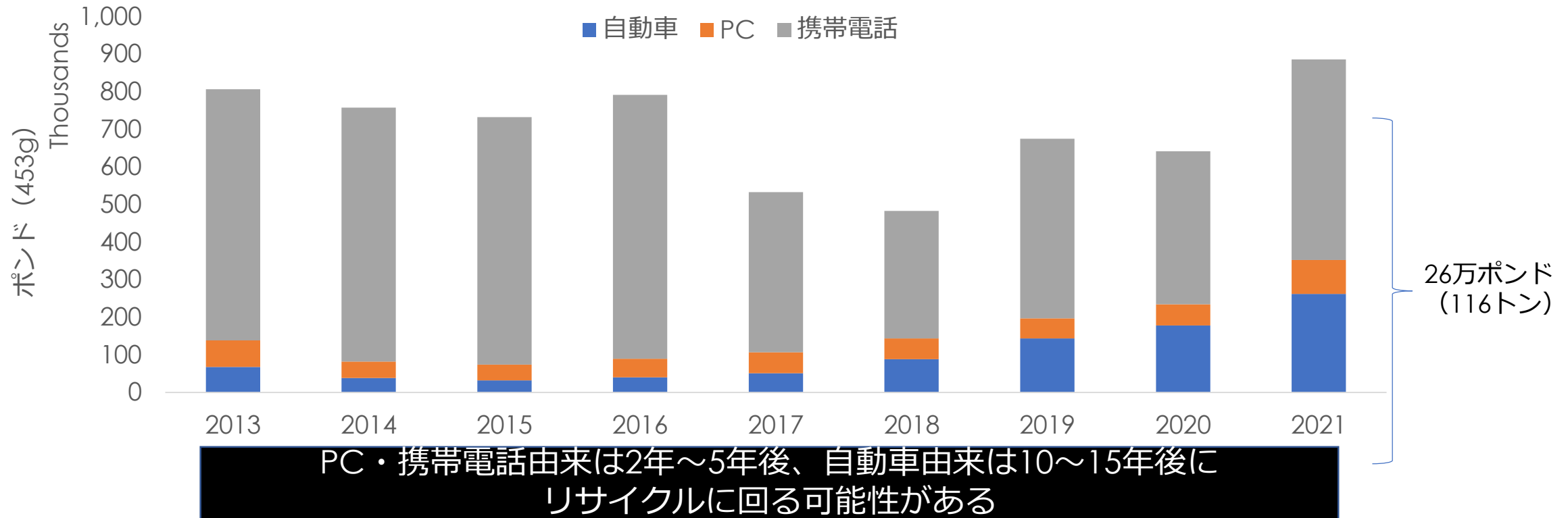
(注) 将来的に中国EV（LFP系）が主流になると、ニッケル、コバルトは回収できない。

Source: 各種統計情報（運輸省等）などにに基づき試算

2021年、約89万ポンド（約401トン）のコバルトが自動車・PC・携帯電話由来

推計

コバルトの国内消費：2013-2021



(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない

(注) 将来的に中国EV（LFP系）が主流になると、ニッケル、コバルトは回収できない。

Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

マンガン (Manganese)

推計

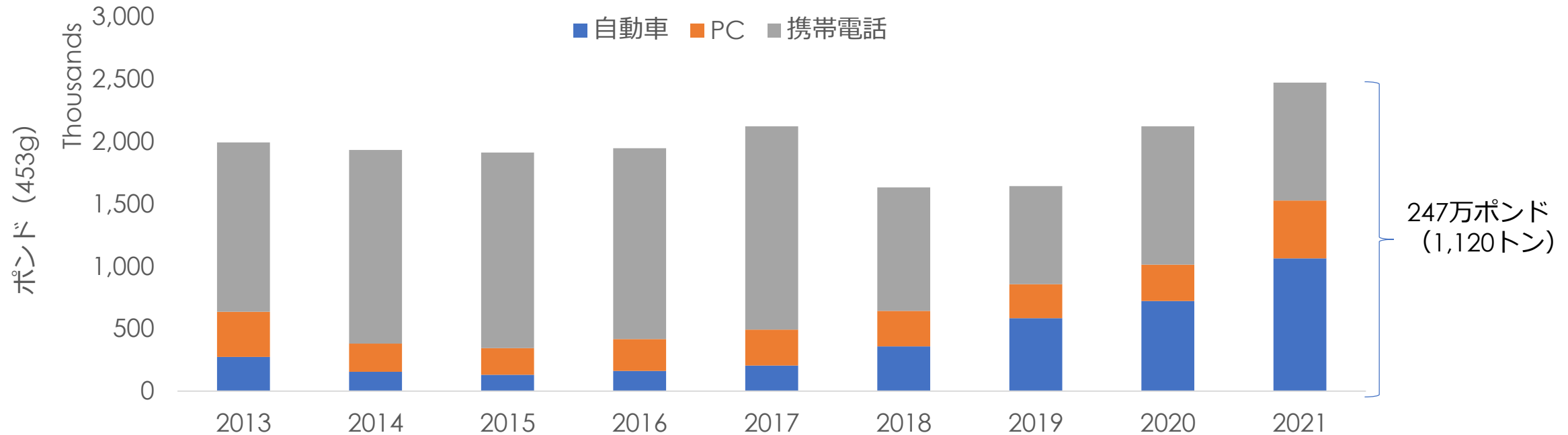
自動車/オートバイバッテリー (2021) 481トン	2021年にタイで新規に使用 (市場投入) されたマンガン 1,120トン
ノートPCバッテリー (2021) 211トン	
携帯電話バッテリー (2021) 428トン	

*マテリアルベース重量、輸分は含まれていない
Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

2021年、約247万ポンド（約1,120トン）のマンガンが自動車・PC・携帯電話由来

マンガンの国内使用（消費）：2013-2021

推計



PC・携帯電話由来は2年～5年後、自動車由来は10～15年後にリサイクルに回る可能性がある

(注) マテリアルベース重量、輸出分は含まれていない

Source: 各種統計情報（運輸省等）などに基づき試算

上記のマテリアルを価値換算（2021年）

試算

- 先物取引価格を用いているので、あくまでも目安として活用ください。

	2021年	トン当たり単価	マテリアル重量（トン）	経済価値
内燃機自動車 バッテリー	鉛	319,931円*	14,000	約44.8億円 (11.2億パーツ)
EV、PC、携帯電話 バッテリー	リチウム	2,086,444円**	116	約2.4億円 (5,800万パーツ)
	コバルト	4,317,370円***	401	約17.3億円 (4.3億パーツ)
	ニッケル	2,440,459円****	1,023	約25.0億円 (6.3億パーツ)
	マンガン	4,334円*****	1,120	約0.4億円 (0.1億パーツ)

*LME(ロンドン金属取引所)での先物清算値（2024年1月、2,159USD/トン）

**同上（2024年1月25日、14,080USD/トン、水酸化リチウム）

***同上（2024年1月25日、29,135USD/トン）

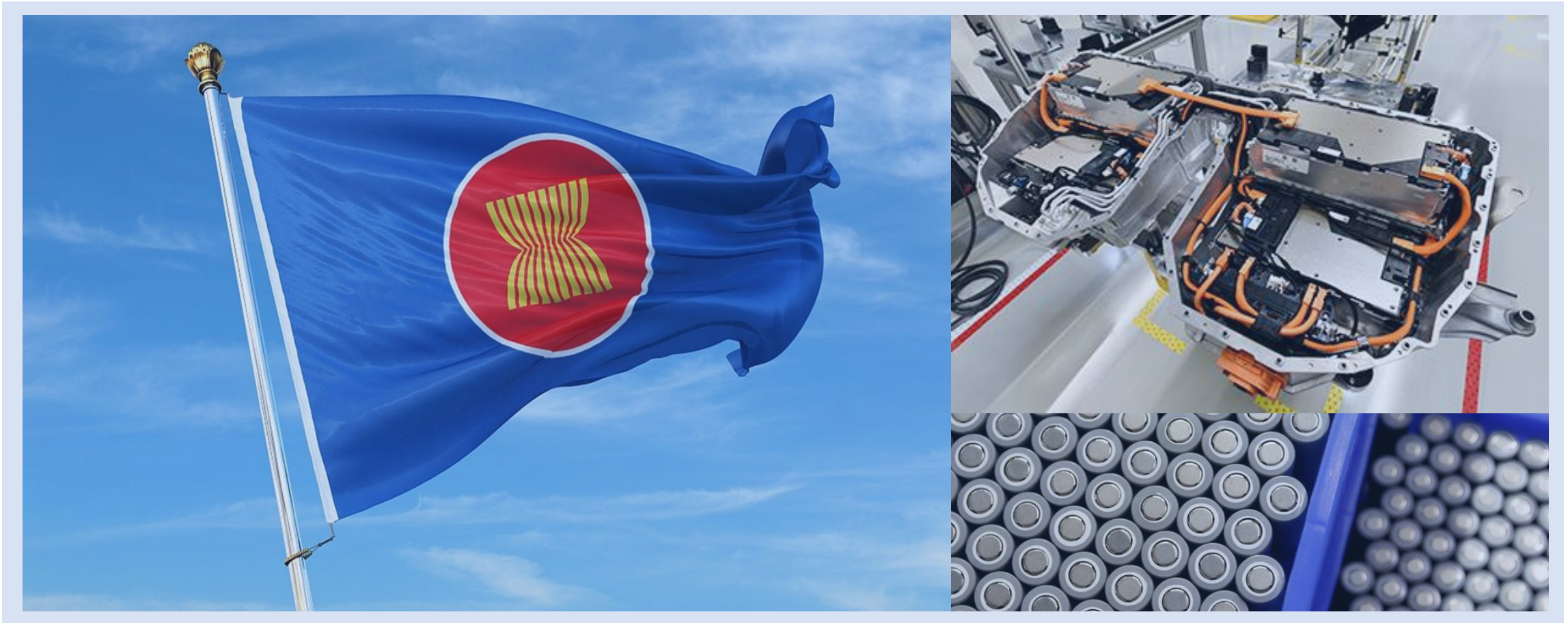
****同上（2024年1月25日、16,469USD/トン）

*****同上（2024年1月25日、29.25USD/トン、マンガン鉱石）

注：将来的に中国EV（LFP系）が主流になると、ニッケル、コバルトは回収できない。

2021年に自動車、PC、携帯電話によって新規
に市場に投入された金属資源の価値合計：
約90億円

バッテリーリサイクル市場参入に対するディスカッション



背景の整理

- 電動化の進展とともに、バッテリーが利用されるケースが増加している。EVバッテリーの場合、レアメタル、レアアースが含まれているが、それらは中国など一部の国に偏在しているため、米国などでは、それらの確保を国家安全保障上の議題として取り上げつつあり、日本でもリサイクル技術の開発が急がれている。
- 民間企業レベルでは、リサイクルビジネスへの参入が増えているが、事業性の面で厳しい競争が予想される。その要因として、バッテリー原材料（主にレアメタル等）の取引価格が大きく変動する可能性があること、技術革新によってバッテリーの組成が変わる可能性があること、代替品の脅威にさらされていること（たとえば、レアメタルに頼らない高性能バッテリーの開発）などが指摘される。また、実際に廃EVが市場に出るまでには10年以上はかかり、事業者としては先行投資の意思決定が難しい。
- タイなどの途上国では、新しい経済発展の打ち手として、EV生産が志向されていると同時に自国民にEV購入が奨励されている。しかしながら、EV生産拠点化はASEAN主要国が共通して掲げる政策で、長期的にみると、ニッケルが豊富にとれ、製錬施設も充実しているインドネシアが頭一つ抜ける可能性がある（ニッケルを使わない方向での技術革新もあり、バッテリーの組成によって将来は予想できない）。
- タイは、一般的に、ごみの収集・処理・リサイクルの確立段階にあり、EVバッテリーのリサイクルには政府担当者や高い教育を受けた一部の知識層を除き、それほど関心が示されていない。また、優先順位からすると、古い自動車の廃車・リサイクル制度の確立が先であるという声も小さくはない。

バッテリーリサイクルを捉える視点の整理

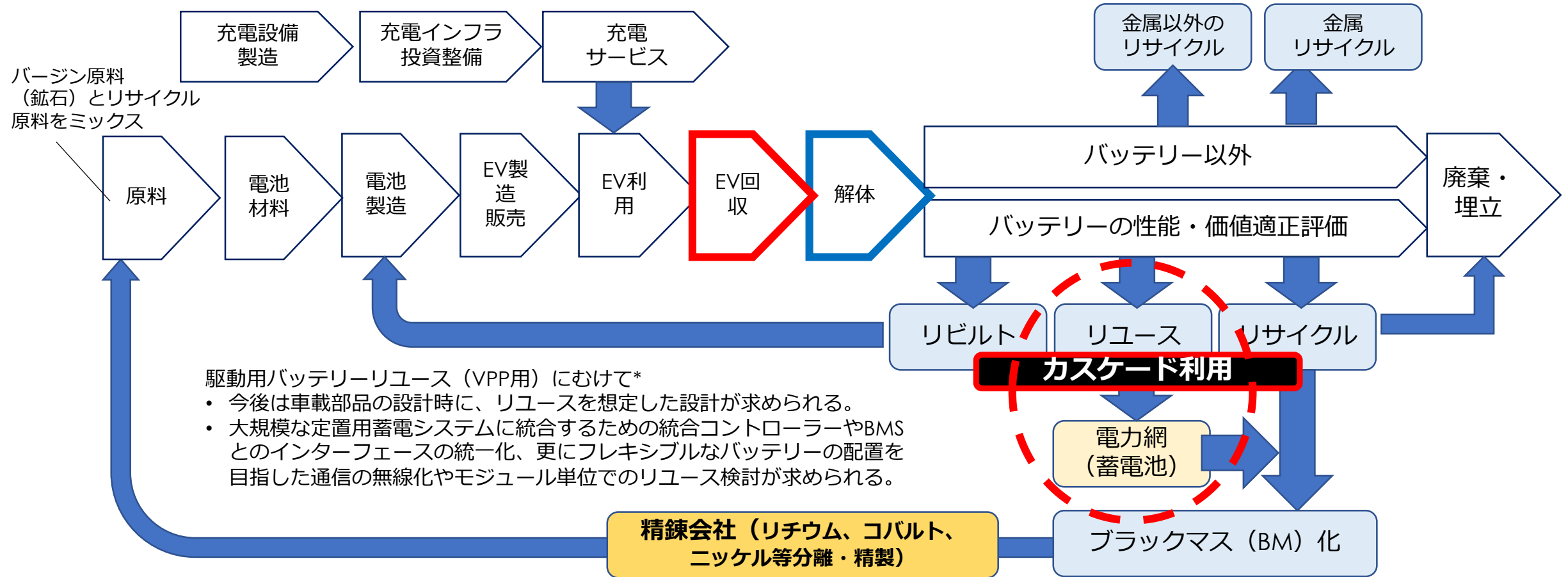
- バッテリーメタルのリサイクルは政治、社会、経済から影響を受ける社会構築物的な側面を有しており、議論の対象は時代とともに変化し、一定ではない。バッテリーリサイクル単体で議論することなく、各国がおかれた状況、すなわち組織、政治、そして社会的コンテキストのなかでバッテリーリサイクルを議論、理解していくことが重要である。
- 国家レベルでは、2000年代から中国のレアメタル及びレアアースの強みを活かしたEV戦略に世界が翻弄され、日米欧は中国に対抗しうる新しいゲームのルールづくりを急いでいる（たとえば、欧州のEURO7、米国のEV助成制度など）。一方で、中国への対抗手段をもたないタイを含む多くのアジア新興国は中国の勢いに飲み込まれつつある（当事者は中国の接近をリスクとは思っていないかもしれない）。たとえば、ASEANのEVバリューチェーンの中国企業のプレゼンスの高さ等。
- 産業レベルでは、デジタル技術の発展により、従来の産業の垣根を超えて、予期せぬプレイヤーが市場参入し、その市場を瞬く間に支配しようとしている。たとえば10年前に、バッテリーメーカーをルーツにもつBYDの現在の躍進を予想した自動車関係者は少なかつただろう。
- 改めて、日本企業がバッテリーリサイクル事業の実現可能性をみたときに、日本企業の存在意義、進出先国に対する貢献を明示化することは重要である。たとえば、日本企業のEV進出が「出遅れた」とみる多くのタイ人に対して、カーボンニュートラルを実現する方法は多様であるべきで、EV一辺倒がもたらすメリットとデメリットを示し、そこでの日本企業の提供価値は何なのか、日本とタイの連携が目指すゴールがどこに設定されるべきなのか、資源をもたない日本が静脈産業の重要性を誰よりも深く理解し、静脈産業を整備することで動脈産業をさらに活性化させる日本の戦略性を教えることは重要である。

バッテリーリサイクルビジネスの採算性

- バッテリーリサイクルビジネスはバッテリー含有物の構成に大きく影響を受ける。すなわち、取引価値が高い物質の含有量が多ければ、利用者が積極的にリサイクルに関与し、それを事業として取り組む企業も出現するが、その逆であれば、法規制（罰則規定等）がなければ、消費者は廃バッテリーに見向きもせず、誰も事業として取り組もうとはしない。むしろ消費者から費用を支払って処理してもらうという悪循環に陥ることも考えられる（GoodsとBads）
- 企業（経営者）の視点からみた、バッテリーリサイクル（ビジネス）への大規模な投資意思決定は慎重にならざるを得ない。すなわち、現時点でリサイクル対象のバッテリーが存在しないこと、本格的にリサイクル対象物が市場に発生してくるのは10年後、15年後になること。さらにカスケード利用（リビルト、リユース、リサイクルに分けられる）の原則に従えば、10年後、15年後にリサイクルに回されるバッテリーはさらに少なくなるということ。バッテリーの性能が向上し、自動車用としては難しくても、家庭用など、用途によっては、20年、30年も使うことができ、リサイクルはその後の最終手段となる。
- 内容物の取引価格にも左右される。現在のバッテリーにはリチウムやコバルトが使われているが、これらを全く使わないバッテリーが近い将来生まれることも否定できない。また原料となる鉱物そのものの取引価格にも大きく左右され、規模の経済性が働くので、一定以上の処理量の確保（中国のリサイクル企業の進出リスク、廃バッテリーの奪い合い等）など、不確定要素が多い。
- さらに携帯電話やPCの小型バッテリーの効率的な収集は、ユーザーの協力なしでは難しく、低コストで廃バッテリーを収集するのは他のリサイクルビジネスと同様に大きな課題である。
- したがって、処理ビジネスとして、処理費用を徴収してリサイクルをするという第3者主導の取り組みはある程度必要であるが、民間企業がリサイクルビジネスとしてここに参入してくるのは現時点では難しい。

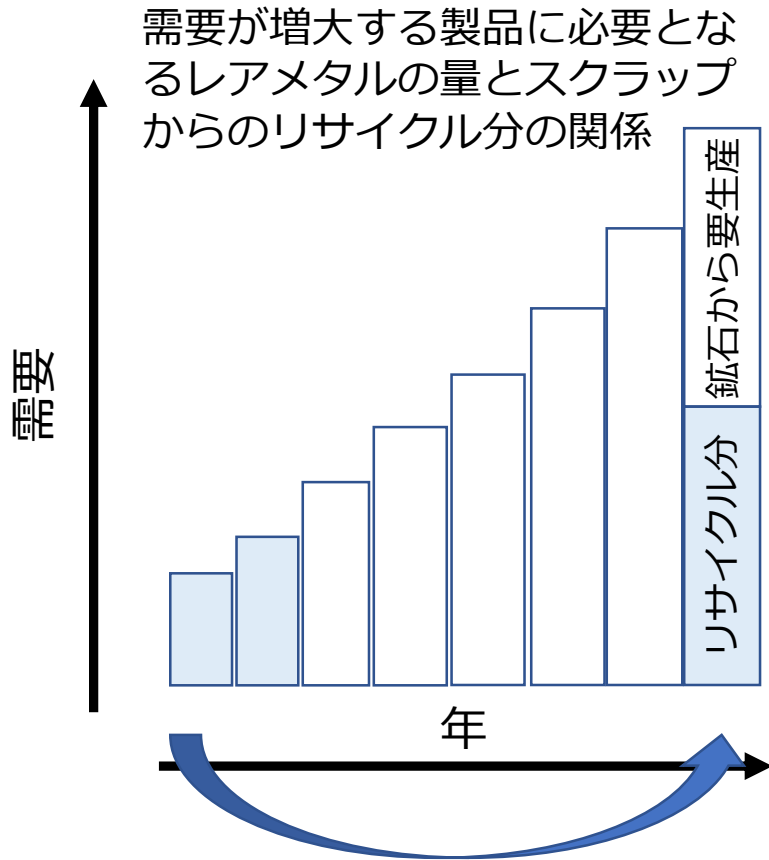
参入可能性が高いポジショニングはリサイクルよりもリユース

タイのEVバリューチェーン



- ・ EVバッテリーを蓄電池としての再利用する。廃バッテリーの売買として終わらせることなく、廃バッテリーを活用した「サービス業」に昇華できるかどうかがかギ。

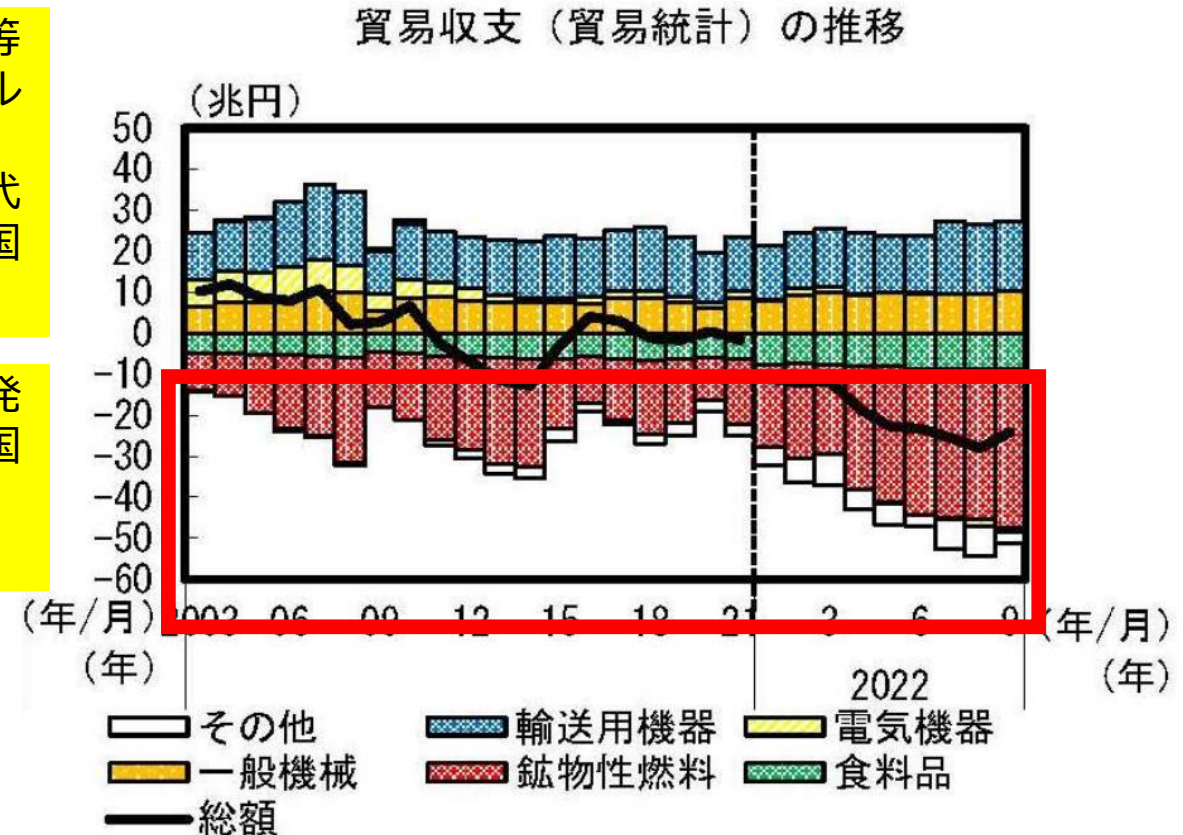
鉱物資源に依存する限り日本は豊かにならない



- レアメタルの多くは、需要が急増して市場規模そのものが拡大しているため、スクラップの中に含まれるレアメタルを仮に**全量回収しても、現時点での需要を賄えない**。鉱物資源に依存する世界ではリサイクルは問題の先送りでしかなく、問題の本質的解決にはならない。

- 日本は自動車や機械等の輸出で稼ぎ、エネルギー代金を支払い
- 高騰するエネルギー代金は海外へ流出（＝国富の流出）
- リサイクル技術の開発によって、資源保有国（特に中国）が得する？

出所：野瀬勝弘・岡部徹（2012）「レアメタルの現状と問題点」『表面技術』63（10）、佐々木一成（2023）「政府の水素政策を踏まえた九州への期待」九州水素・燃料電池フォーラム & 水素先端世界フォーラム2023



日系企業の二つの進路

(1) 短中期的戦略： 資源産出国への依存からの自由

回収コストの引き下げ、処理費用の引き下げ、**リサイクル**を頑張る（その資源を再利用して、グルグルと使いまわす）

【例】

- ・ ブラックマスのまま利用して、新しいバッテリーを生産する（GSユアサ）
- ・ 水だけでリチウムイオン電池のセルをリサイクルできる新素材（米ローレンス・バークレー国立研究所）

(2) 長期的戦略： 資源枯渇からの自由

レアメタル・レアアースを使わない
その資源を使わなくて済む（段階的に使用量を減らす）新しい技術を開発する。

【例】

- ・ コバルト使用量5%以下のNCA系改良版（パナソニックエナジー）
- ・ コバルトを使用しないLFP系（中国メーカー各社）
- ・ 水と水素で走る車（水素を燃やして、水を水蒸気にして、内燃機系エンジンを利用）
- ・ 全固体電池（硫化物系、酸化物系）2028年？

**バッテリーリサイクルは「ゴール」ではなく、目指すべきは
ゲームチェンジ（水素エンジン、新燃料、全固体電池等）**

出所：磯貝友紀（2022）「名和高司氏と考える「サーキュラーエコノミーへの転換」『日経ビジネス』所収、Advanced Technology X（2022）「必要に迫られるリチウムイオン電池リサイクルの技術開発」、Forbes（2023）ほか

補論： タイのバッテリーメタルリサイクル ビジネスを理解するための基礎知識

アジェンダ

1 バッテリーメタルを捉える複眼的視角

2 タイのEVビジネスをとりまく環境

3 タイの廃棄物処理

アルミニウムは金や銀よりも価値があったが、その後の技術革新（経済要因）により大衆化



- アルミニウムは、1855年に開かれたパリ万博の特別陳列室に出展された。
- アルミニウムは他の金、銀、宝石でちりばめられた宝飾品とともに陳列され、「粘土から得た銀」として人々の注目を集めた。
 - アルミニウムの鉱石「ボーキサイト (bauxite)」が、一見ただの茶色っぽい粘土の塊のように見えることから、こう呼ばれたと言われている。
- この当時においては、**アルミニウムは金や銀よりも貴重な金属**だった。
- ナポレオン3世もアルミニウムに魅了された一人で、非常に愛好していた。自分の上着のボタンをアルミニウムで作ったり、晩餐会においては、特別な客にはアルミニウムの食器を出し、一般客には金や銀の食器を出していた。

出所：内田洋行教育総合研究所（2008）「科学エッセイ：アルミニウムの発見と化学」（2024年1月17日最終閲覧）
「ナポレオン3世とアルミニウム製品」Wikipedia（2024年1月17日最終閲覧）

レアメタルへの分類は資源的な希少性だけでなく、精錬技術の難易度、コストなど多元的

- 鉄が「**産業のコメ**」と呼ばれたように、レアメタルは「**産業のビタミン**」と呼ばれ、現代の私たちの豊かな生活には欠かせない。
- レアメタルは金属元素の分類の一種であるが、その明確な定義は存在しない。一般的には、鉄、銅、鉛、亜鉛、アルミニウムなどの汎用金属（ベースメタル）に対して、流通量の少ないマイナーな金属をレアメタルと呼ぶ。
- レアメタルは必ずしも資源的に希少なもののみを指すわけではない。チタンのように資源的には無尽蔵なものでも、金属へと還元することが技術的に難しく、安価に大量生産可能なプロセスが未開発の金属もレアメタルに分類される。

レアメタルの分類

- 1 地殻中の賦存量が極めて少なく、資源そのものが希少な金属
- 2 資源は地殻中に広く分布しているものの、濃度が低く、経済性のある鉱石が存在しない金属
- 3 金属に還元する容易なプロセスが存在しない金属
- 4 用途がなく、需要がほとんどない金属
- 5 その他。ケイ素、ヒ素など、化学的には非金属元素として分類されるもの等

出所：野瀬勝弘・岡部徹（2012）「レアメタルの現状と問題点」『表面技術』63（10）

資源安全保障：世界経済の成長と共に、経済分野の相互依存が生み出した比較的新しい事象

- デジタル化、グリーン化を目的とした様々な電子機器（再生可能エネルギー発電機器含む）の性能向上や小型化に伴い、必要となる鉱物需要が増加。これらの鉱物は希少性が高く、代替物質が存在しないため、重要性が拡大。
- 産業に必要な鉱物資源を他国に依存する日米欧は、**重要鉱物の安定的供給確保**を重要な政策課題として認識。
- 半導体や蓄電池などにおける先端技術の開発や製品の生産・供給、レアメタル・レアアースの調達などでは、自国内あるいは**価値観を共有する国家間で行おうとする動き**が広まっている。

出所：畠山京子（2017）「非伝統的安全保障概念の再検討と資源安全保障」『国際安全保障』、JETRO（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」、Advanced Technology X（2022）「必要に迫られるリチウムイオン電池リサイクルの技術開発」など参照

■非対称な相互依存関係の例：

1970年代
中東に全面的に石油を依存していた日本

1980年代
日本製半導体をミサイル部品に多く使用していた米国

2000年代
中国に全面的にレアアースを依存していた日本

- 米国は自国産業の競争力向上と国家安全保障のため、EVとバッテリーの製造加工は、中国リスクを緩和するために、重要製品として位置付け。**バッテリーのリサイクルは国防生産法（DPA）を発動させ、産官学で取り組んでいる。**

産業の表舞台に「突如」登場したレアメタルとレアアース

- かつてレアメタルの重要性は**一部の専門家と素材メーカーの需要家にだけ**知られていた。
- レアメタルは産業のビタミンとして必須でありながら、**産業の黒子としてマイナーな存在であった**。
- 2010年（尖閣問題）を境に、「供給不安」や「枯渇」といったキーワードともに**突如メディアで取り上げられる**ことになった。
- 資源供給国によるレアメタル資源の寡占化や資源産出国における資源ナショナリズムの台頭など、近年、レアメタル資源の争奪戦が世界的に加熱するようになった。

出所：野瀬勝弘・岡部徹（2012）「レアメタルの現状と問題点」『表面技術』63（10）など

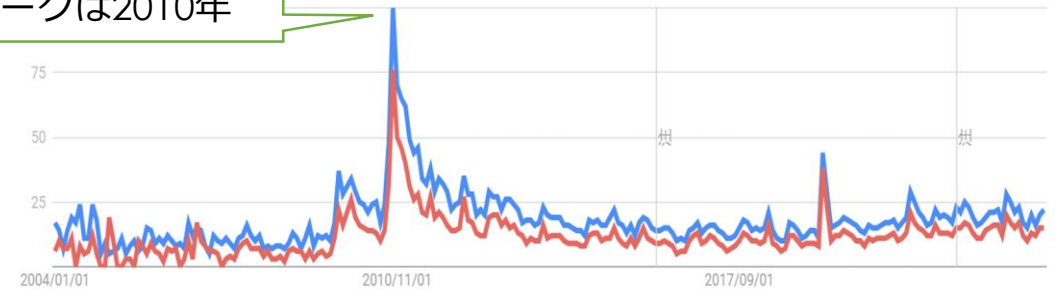
レアメタル、レアアースに関する日本語の書籍・論文本数推移



出所：CiNii検索（2023年10月22日実施）

Rare metals、Rare earth metalsの世界中のGoogle検索頻度を可視化

ピークは2010年



出所：Google Trends検索（2023年10月22日実施）

試合巧者としての中国：鉱物資源をテコに自国の経済的利益追求

- 1979年の改革開放以来急速な経済成長を遂げてきた中国は、成長に伴い国内消費が増加したため、2000年より鉱物資源の輸出・管理を強化するようになった。
- 2006年には鉱物資源を単に輸出するのではなく、**国内で加工・製造をする高付加価値専門を育成する方針**を明確にした。
- また、環境保護を理由に、輸出関税も拡大し、輸出枠も縮小していった。同方針のもと、2010年7月には、レアアースの輸出枠が前年度比4割程度削減され、日本とは一連の貿易摩擦に発展した。
- 2010年ごろから国家政策としてEVを重点強化。国内自動車メーカーに半強制的にEV生産を命じる（推定600億ドルの補助金がEV分野に投下）。
- 2015年に「中国製造 2025」産業構想の一環として、リチウムを国家的優先事項に指定した。

中東には石油があるが、中国にはレアアースがある



鄧小平（Deng Xiaoping、1904年8月22日 - 1997年2月19日）は、1978年から1989年まで中華人民共和国の最高指導者。改革開放、一人っ子政策などで、現代の中華人民共和国の路線を築いた。

出所：畠山京子（2017）「非伝統的安全保障概念の再検討と資源安全保障」『国際安全保障』、苑志佳（2023）「中国電気自動車（EV）産業の競争優位に関する分析」『経済学季報』ほか

廃バッテリーの争奪戦が中国を中心に展開

- 中古LIBのリユースやリサイクルを行う企業は欧米にも存在するが、自国内での処理は欧州、米国とも1割にも満たず、廃棄電池はアジアに輸出されて再利用される（ARC Watching、2020）。
- 廃棄電池から材料へのリサイクル事業となると、ほぼ中国と韓国に寡占されており、国外からの廃棄電池の調達を含めて、2018年に中国で6.7万トン、韓国で1.8万トン処理された。当時の世界が保有するリサイクル可能な電池在庫の88%に相当する（ARC Watching、2020）。
- 2021年から急激に上昇したコバルトとリチウムの価格によって、中国ではブラックマス（BM）の湿式製錬工程への投資が加速した。その影響もあり、**2021年末から、中国企業が世界中でBMの購入を開始した（ブライティノベーション、2023）**。
- 正確なデータは存在しないが、**現在、中国では年間およそ100万トン近いBMを処理できる設備能力が存在または進行中と推測されている（ブライティノベーション、2023）**。
- 中国でのBMの流通量は年間約30万トンと推定されており、湿式製錬工場の余剰生産能力を補うため、中国系のLIBリサイクル企業が東南アジアに進出し、使用済みLIBを集荷しBMを製造する工場に投資し始めている（ブライティノベーション、2023）。

出所：ARC Watching（2020）「各国で活発化するLIBの材料リサイクル」、ブライティノベーション（2023）「リチウムイオン電池リサイクルの理想と現実のギャップ」など

日米欧の対応・及び連携



供給拡大

- 早期から供給拡大、使用量低減に取り組む。
- 2008年以降、レアメタルリサイクル（都市鉱山）を推進

- トランプ政権以降、安全保障上の重要事項と位置づけ
- バイデン政権は同志国間での協力を模索

- 資源安全保障的取り組みは2010年代後半になって開始
- リサイクルは高い水準の規制作りと国際ルール化推進

国内生産・備蓄

- 海外鉱山探鉱・権益獲得支援
- 海底熱水鉱床開発
- 低品位鉱利用技術開発
- 精錬所立地支援
- 官邸レアアース備蓄

国内採掘・精錬事業者への資金支援

- 重要鉱物国家備蓄
- 国産最終製品需要喚起

国内採掘・精錬事業者への資金支援

エネルギー社会への移行に向け、米国政府は、EV インフラ整備に多額の政府予算の投入。大手自動車メーカーもこうした流れを受けて、米国での EV 生産への投資を拡大（JETRO、2023）。

国際協力

オーストラリア・東南アジア等資源国への協力事業

国内・同志国での生産増・サプライチェーン構築支援

鉱物資源安全保障パートナーシップ（技術協力等）

日米重要鉱物サプライチェーン強化協定

使用量低減

研究開発

- 代替材料開発支援
- 使用量低減技術開発支援

- 重要原材料研究拠点設立
- 代替材料開発支援
- 使用量低減技術開発支援

- 代替材料開発支援
- 使用量低減技術開発支援

重要原材料の有効活用に係るNEDO・米エイムズ研究所協力協定

リサイクル

規制研究開発標準化

- 日本は「都市鉱山」
- リサイクル関連法
- リサイクル技術開発・設備投資支援

- リサイクル技術開発・設備投資支援
- 回収プロセス標準化と州・自治体への補助

- 電池、プラなどのリサイクル義務化
- リサイクル関連技術・手順の開発・国際標準化

国際ルール

市場の公平・公正性

中国輸出制限規制のWTO共同提訴

持続可能性

持続可能性を考慮した国際標準の開発

資源産出国での持続可能性取り組み支援

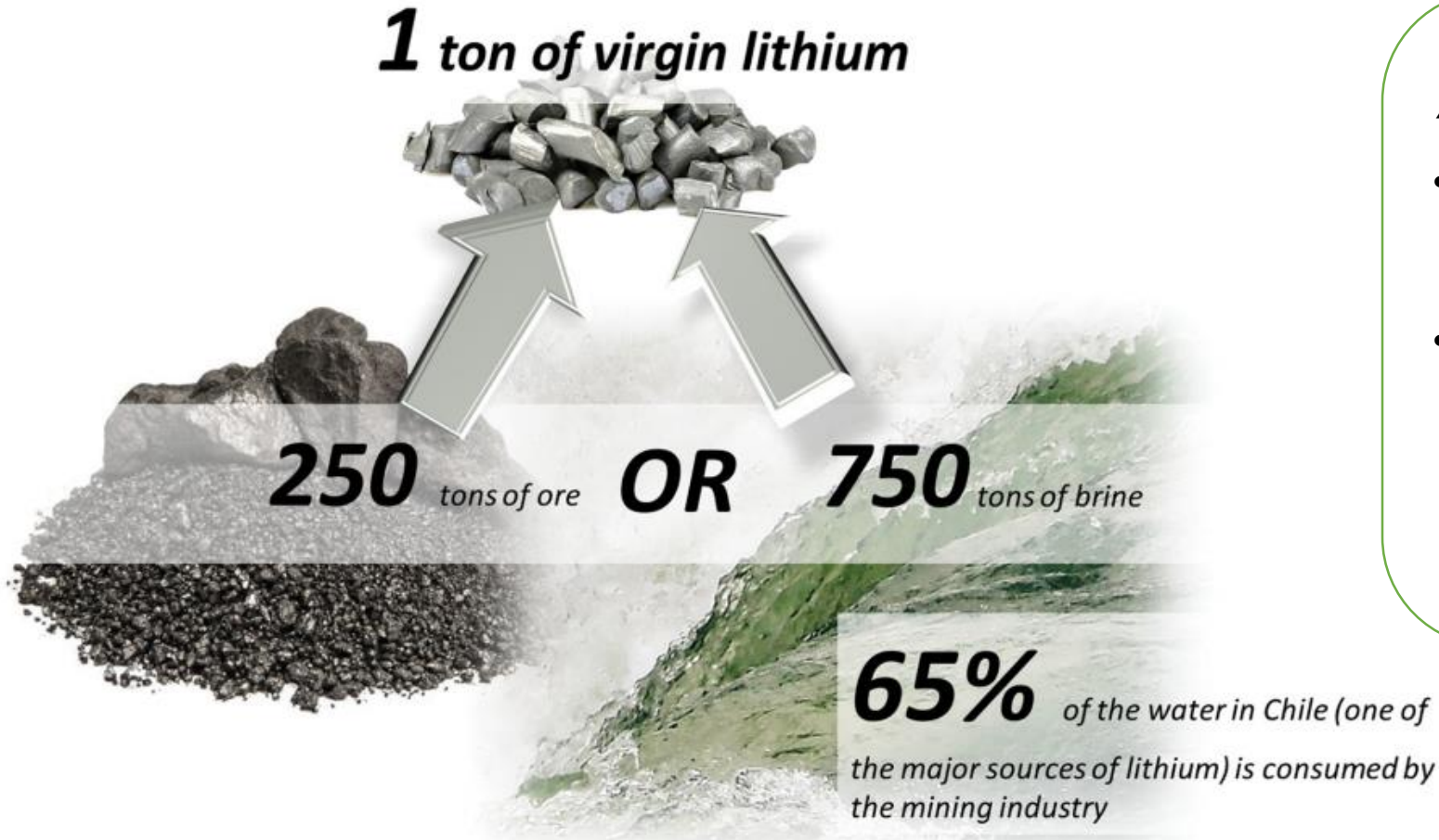
その他

出所：PWC（2023）、JETRO（2023）を加筆

米国ユーザー助成金2024年（最大7500USD）：中国など安全保障上の「懸念国」の企業が生産した車載電池の部品や重要鉱物を使っている車種を対象外。



リチウム1トンのバージン原料を得るために、250トンの鉱石、もしくは750トンの塩水が必要（環境に負荷を与える）



【自動車1台作るには、自動車重量の10倍の廃棄物が発生】

- 50キロの銅をとるためには、最低でも10tの銅鉱石を処理する必要がある。**99.5%が廃棄物となる。**
- 自動車には数グラムの白金族金属が使用されるが、それを生産するためには**100万倍以上の廃棄物が発生し、その製錬のためには多量のエネルギーが消費される（岡部、2016）。**

出所：ACS Energy Letter（2022）”Lithium-Ion Battery Recycling: Overview of Techniques and Trends”、
 岡部徹（2016）「走るレアメタル、働くレアメタル、エネルギーをつくるレアメタル」『生産研究』68（5）

中国の強みは、廃棄物の処理コストなどの環境コストが他の先進国に比べて極端に低いこと

- 埋蔵されている金属資源が一般社会で利用できるかどうかは、採掘や製錬、廃棄物処理などのコストや製品のパフォーマンスによって決定される。
- **中国の強みは、廃棄物の処理コストなどの環境コストがほかの先進国に比べて極端に低いから。**
- 金属生産は通常、採掘や製錬の際に甚大な環境問題を引き起こし、環境コストが問題になる。

レアアースなどの金属や合金を製造する場合の各種コスト比較

	日本	米国	中国	オーストラリア
原料コスト	×	×	◎	○
エネルギーコスト	×	○	?	○
環境コスト	×	×	◎	×
人件費などのコスト	×	×	○	×

- 一般的にレアアースをはじめとするレアメタルの多くは枯渇の恐れがあると思われがちだが、埋蔵資源量の不安はほとんどない。
- たとえば、レアアースの供給は中国に偏っているが、優良なレアアースの鉱山は世界中に多数存在する（世界需要の1000年分以上）。

出所：岡部徹（2012）「レアアースの現状と問題」『Materials and Processing Division Newsletter』

アジェンダ

1 バッテリーメタルを捉える複眼的視角

2 タイのEVビジネスをとりまく環境

3 タイの廃棄物処理

リチウムイオンバッテリー関連市場が世界的に飛躍的に拡大

LIBの普及

- BCGによれば、2035年には世界の小型自動車の売上の約6割がBEVが占める。
- McKinseyによれば、EV用バッテリーの価値連鎖は2020-2030年に約10倍に広がり、年間売上高は約4100億ドル（約58兆円）に達する。
- 2020年から2030年までに世界で1,500万トン以上の廃リチウムイオンバッテリーに960億ドル以上（約14兆円）の価値（Li-Cycle社予測）。
- MarketsandMarketsによれば、LIB再利用の世界市場は、2021年に46億米ドル規模となり、2030年には228億米ドル（約3.3兆円）に達する見込み。
- Fortune Business Insightsによれば、LIBのアジア太平洋市場は2022年の32億米ドルから、2030年には149億米ドル（約2.2兆円）にまで成長することが見込まれている。

LIBの回収・リサイクル

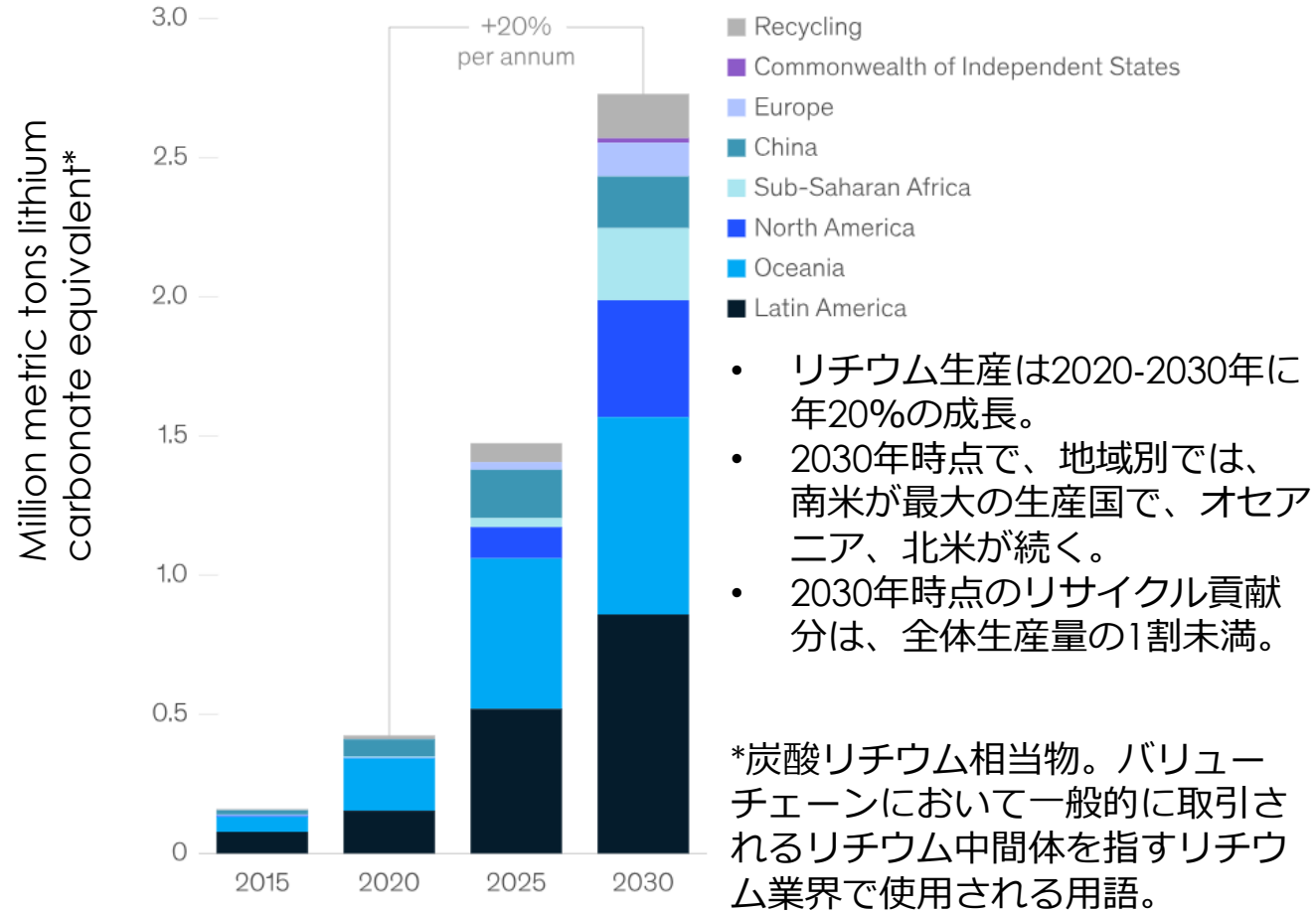
- 2021年の世界の車載用LIBの廃棄重量が9.7万トン。2021年のLIBの廃棄重量の地域別構成比では、中国が94%と大半を占める見通し（矢野経済研究所、2022年）。
- 2021年の世界のLIBのリユース市場は1790MWhを見込む。主に中国で低速EVや定置用電池として活用されている。リサイクル市場はコバルト、ニッケル、リチウムの回収量合計が4万6810トンと推計している（矢野経済研究所、2022年）。
- LIBのリユース・リサイクル市場は今後、成長が見込まれている。ただ、成長スピードを左右する車載用LIBの廃棄量は、各地域とも想定よりも低い。
- タイにおいても、EVが急速に普及し、中国メーカーによるバッテリー生産工場の建設が急ピッチで進められている。タイにおいても、LIBの廃棄・回収問題が徐々に議論されるようになった。

* ドルー円は2024年1月11日のレート

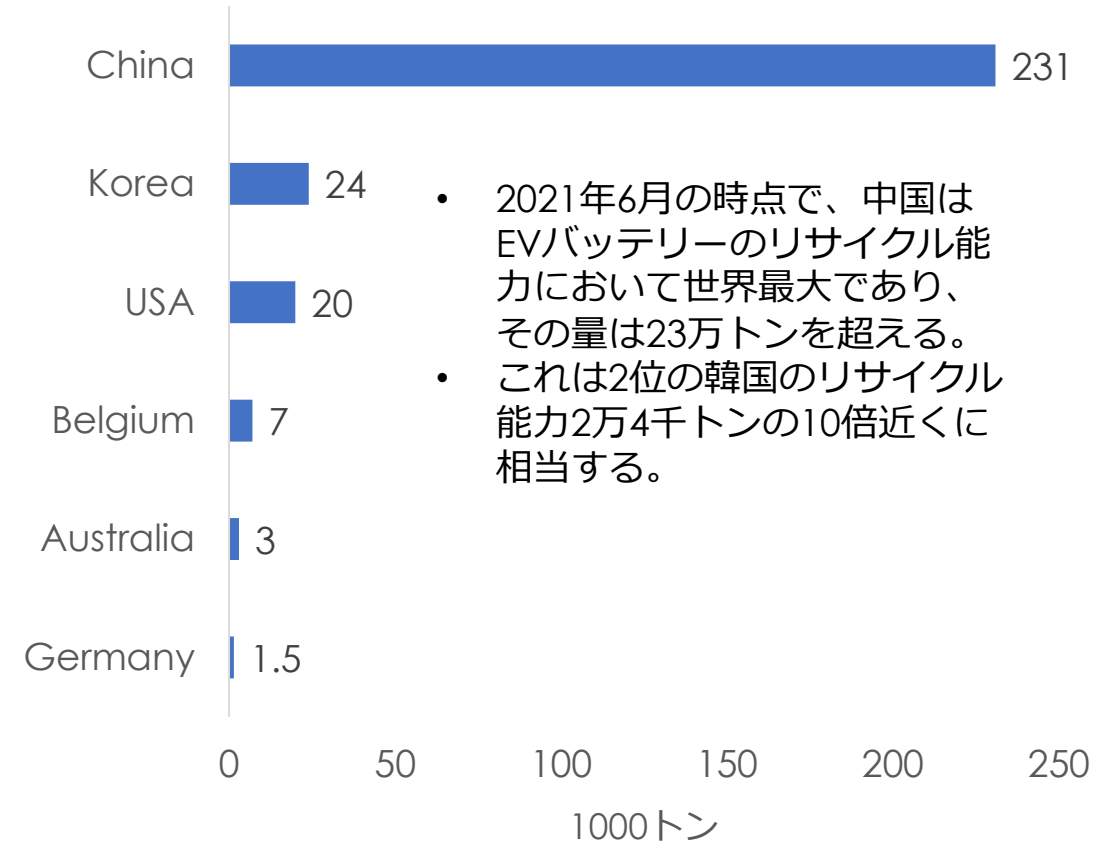
出所：各社資料

LIBリサイクル市場は中国が牽引

世界的リチウム生産能力



EVバッテリーリサイクル能力（2021）



出所：McKinsey（2022）Lithium mining: How new production technologies could fuel the global EV revolution、Statista等

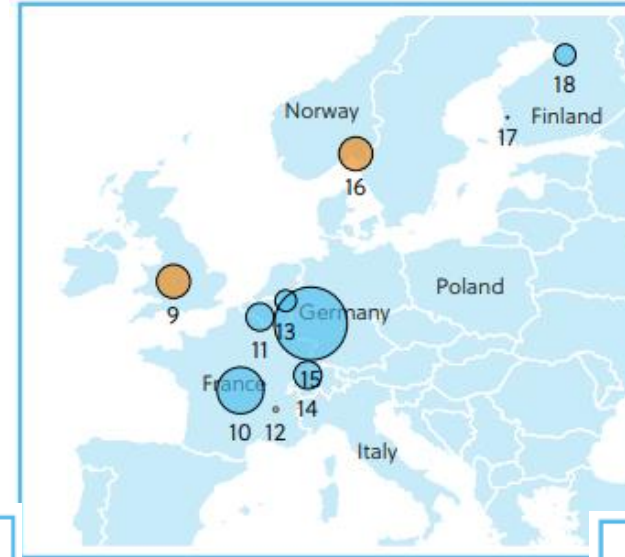
LIBリサイクル拠点整備が活発化：中国が先行し、欧州が追う

LIBリサイクル拠点（2021年11月時点）



【北米】8拠点

- 米国：稼働中5拠点、計画中3拠点
- 例えば、Redwood Materials, Ascend Elements, Lithion Recycling, Li-Cycle Holdings等

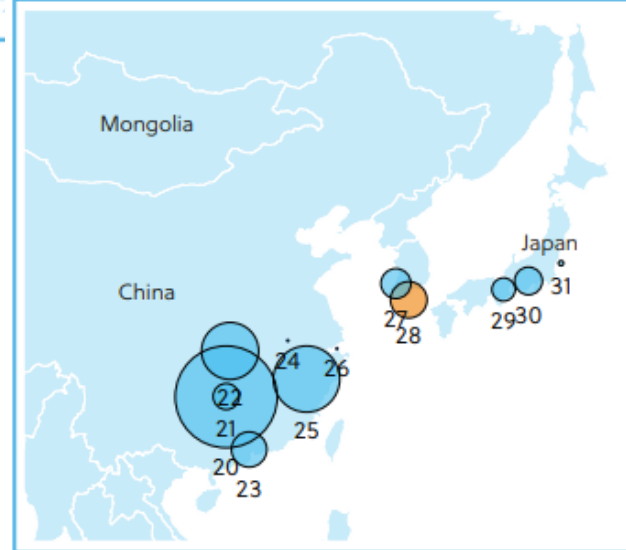


【欧州】10拠点

- イギリス：計画中1拠点
- ノルウェー：計画中1拠点
- フィンランド：稼働中1拠点、計画中1拠点
- その他：稼働中6拠点
- 例えば、Accurec Recycling, Fortum, Nickelhütte Aue, Umicore, Glencore & Managem, Veolia & Solvay, Northvolt, Primobius等

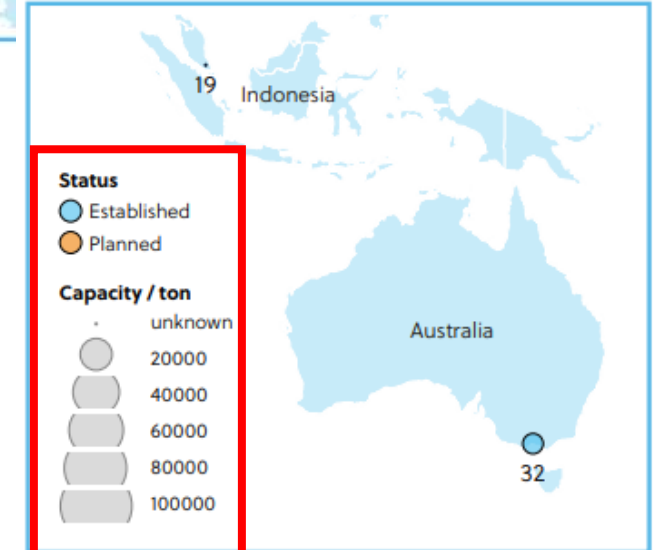
【東アジア】12拠点

- 中国：稼働中7拠点、
- 韓国：稼働中1拠点、計画中1拠点
- 日本：稼働中2拠点、計画中1拠点
- 例えば、Guangdong Brup Recycling Technology, Zhejiang Huayou Cobalt, SungEel HiTech, EcoPro Group, Hefei Guoxuan High-Tech等



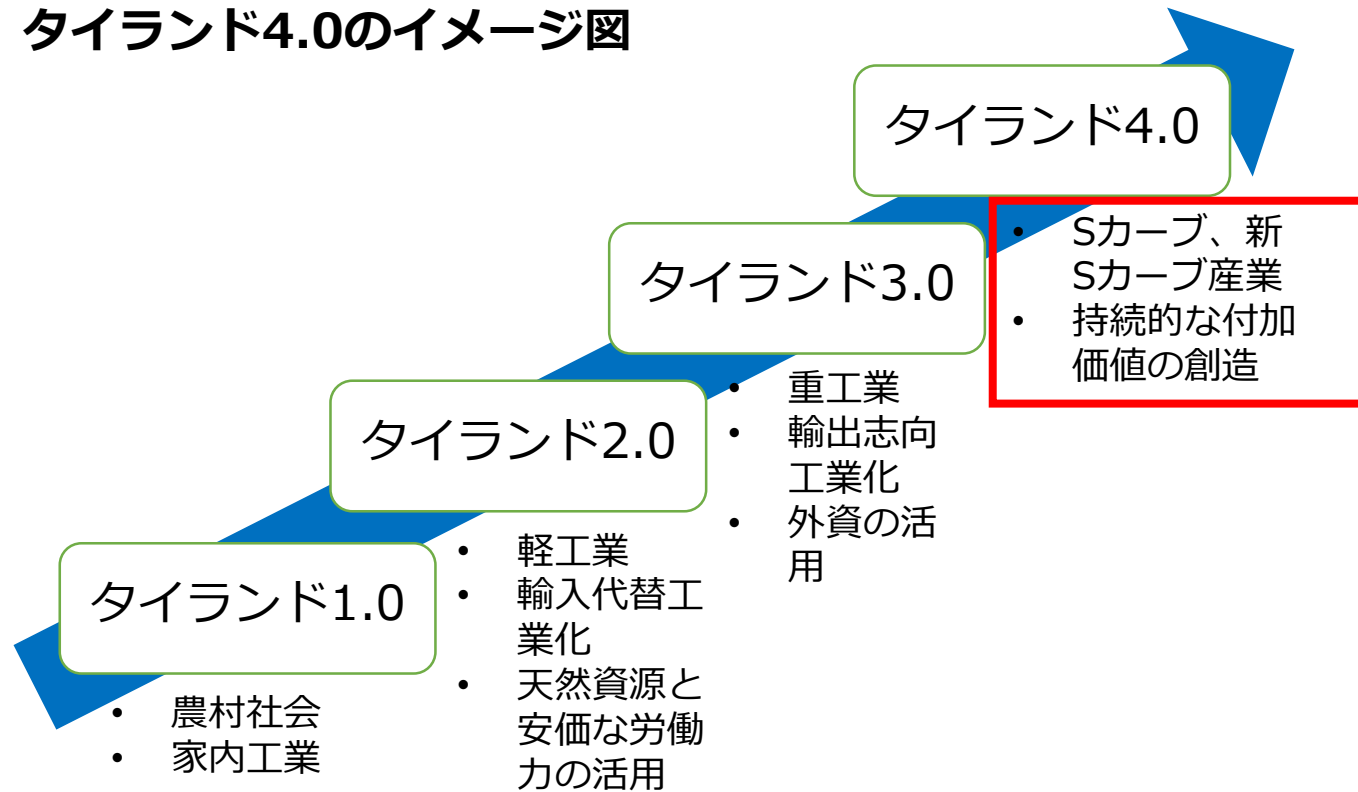
【太平洋オセアニア】2拠点

- オーストラリア：稼働中1拠点
- インドネシア：計画中1拠点
- 例えば、TES, Lohum Cleantech等



中所得国からの脱却を目指すタイ政府は持続的な付加価値創造社会を目指す。EVに寄せる期待は大きい

タイランド4.0のイメージ図



- タイ投資委員会（BOI）は、タイ・インダストリー4.0開発戦略（2017年～2036年）に従って「タイランド4.0」を打ち出した。
- タイ政府は、ある産業が幼稚産業の段階から発展期を迎えてその後徐々に成熟してゆく様をアルファベットの「S」になぞらえ、ターゲット産業を「**Sカーブ産業（First S Curve）**」と「**新Sカーブ産業（New S Curve）**」と定義。
- Sカーブ産業のターゲットは**農業&バイオテクノロジー、スマートエレクトロニクス、次世代自動車、富裕層メディカルツーリズム、未来食品、人材開発&教育**。
- 新Sカーブ産業は、**デジタル経済、メディカルハブ、バイオ燃料&バイオ化学、自動車&ロボティクス、交流&物流、循環経済**。

出所：大泉（2017）「タイランド4.0」とは何か（前編）」『環太平洋ビジネス情報 RIM』 Vol.17 No.66 91、BOIソングリン副長官特別講演資料（2022）

第13次国家経済社会開発計画（2023～2027年）

- 資源主導型経済からイノベーション・知識主導型経済へ：天然資源の効率的利用、環境負荷の低減をしつつ、知識、創造性、技術、イノベーションによる付加価値の創出により、経済の競争力を高める。
- 全ての人々が機会を得られる社会へ：人々は適切な社会的保護を受け、平等に経済成長に貢献し、その恩恵を受ける。ビジネス、地域、所得、安全の面で不平等を縮小させる。
- （環境へのインパクトを無視した生産・消費から）環境に優しく安全な生活様式へ：社会のすべてのコミュニティが持続可能な生活様式を志向し、環境上の持続可能性に貢献する経済活動を行う。環境変化への対応力を持つ。
- 持続的な価値創造型経済・社会へ：非熟練労働力と時代遅れの政府から、高い技術を持つ労働力と効率的・効果的な政府へと変容させる。

4つの変容を達成するため、国家としての13の方向性

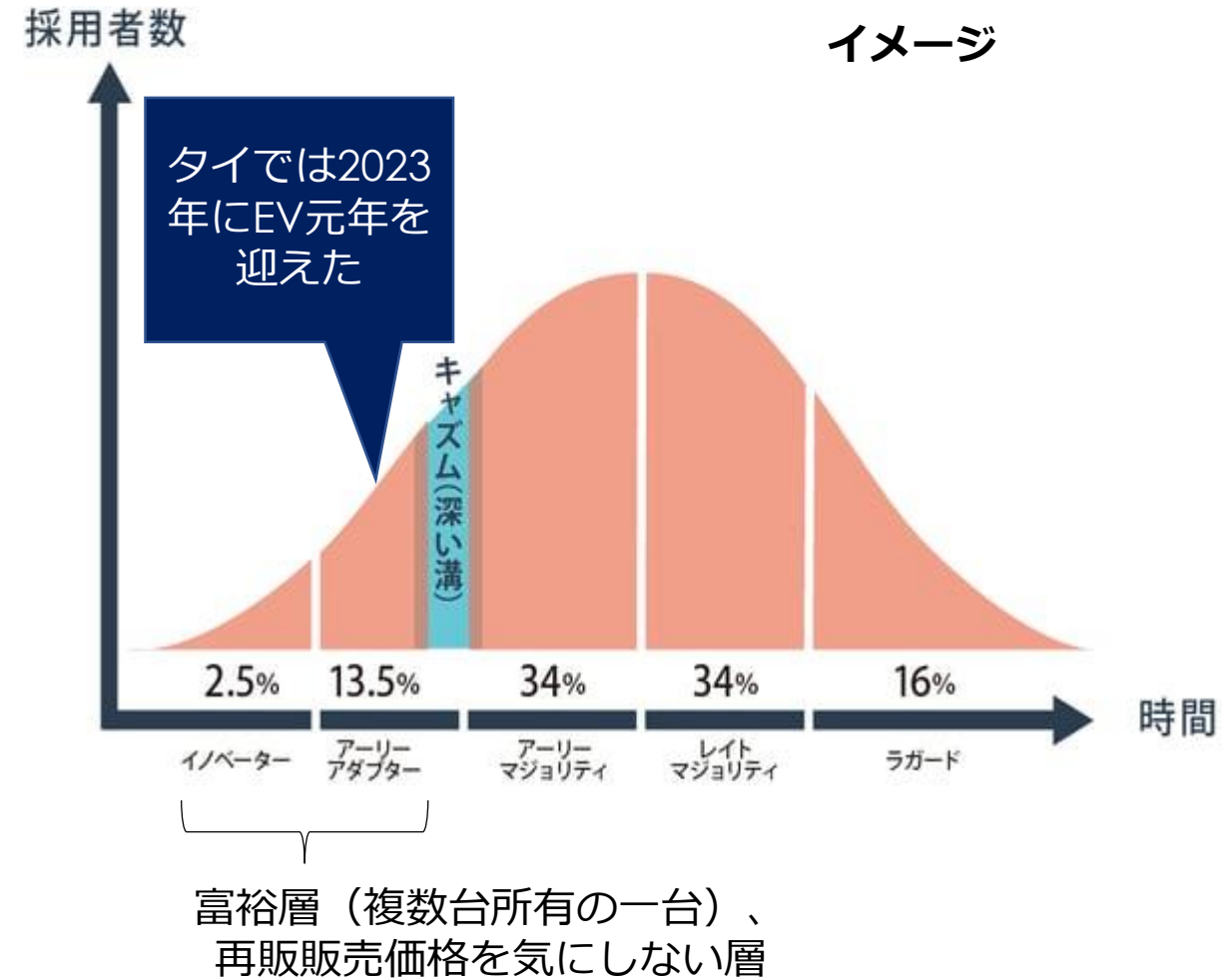
1. 高付加価値農業・加工食品の先進国となる
2. 価値・持続可能性を強みとする観光地となる
3. ASEANにおける電気自動車の生産拠点となる
4. 高付加価値な医療・健康の中心地となる
5. 地域の貿易・投資・物流のゲートウェイとなる
6. ASEANにおけるスマート・エレクトロニクスやデジタルサービスの拠点となる
7. 大企業と中小企業の格差を縮小する
8. 地域間格差を縮小する
9. 社会的な昇進の機会を増やし、所得と貧富の格差を縮小する
10. 循環型・低炭素経済を有する
11. 自然災害リスクに適応し、軽減を可能とする
12. 将来の発展に効率的に対応するため、継続的学習に熱心な熟練労働力を有する
13. 熟練した政府部門を有する

出所：JETRO（2021）「第13次国家経済社会開発計画（2023～2027年）の議論を開始」などを参照

タイEV販売の勢いはいつまで続くか。アーリーアダプターから、アーリーマジョリティへの移行には深い溝

- Chinda (2023)によれば、2015年に初めてタイでEVが導入されて以来、長らく沈黙が続いたが、昨今の政府の助成制度により、EV普及が大きく動きだした。
- タイ人のEV購入の意思決定に対して、バッテリー性能の向上（走行距離、充電設備）の影響が大きい。
- 最初にタイでEVに飛びついたのは富裕層で、乗用車を2台、3台保有している人たち。都心の通勤用、子息の通学送迎用に使用する。
- 中間層以下の「一家に一台」世帯では、EVシフトのリスクが高く、なかなか踏み切れない。特に**再販売価格が不明瞭な点**がボトルネック。

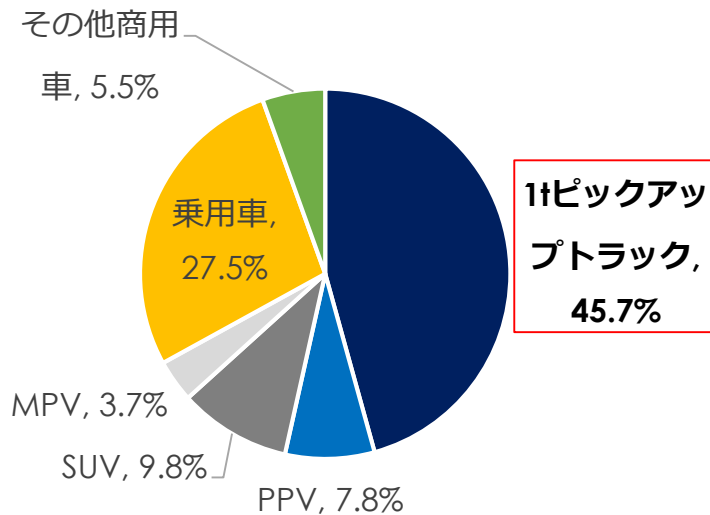
出所：Chinda (2023) Interrelationships among factors influencing electric vehicle adoption in Thailand, NRI (2020)、LEAPT (2023)



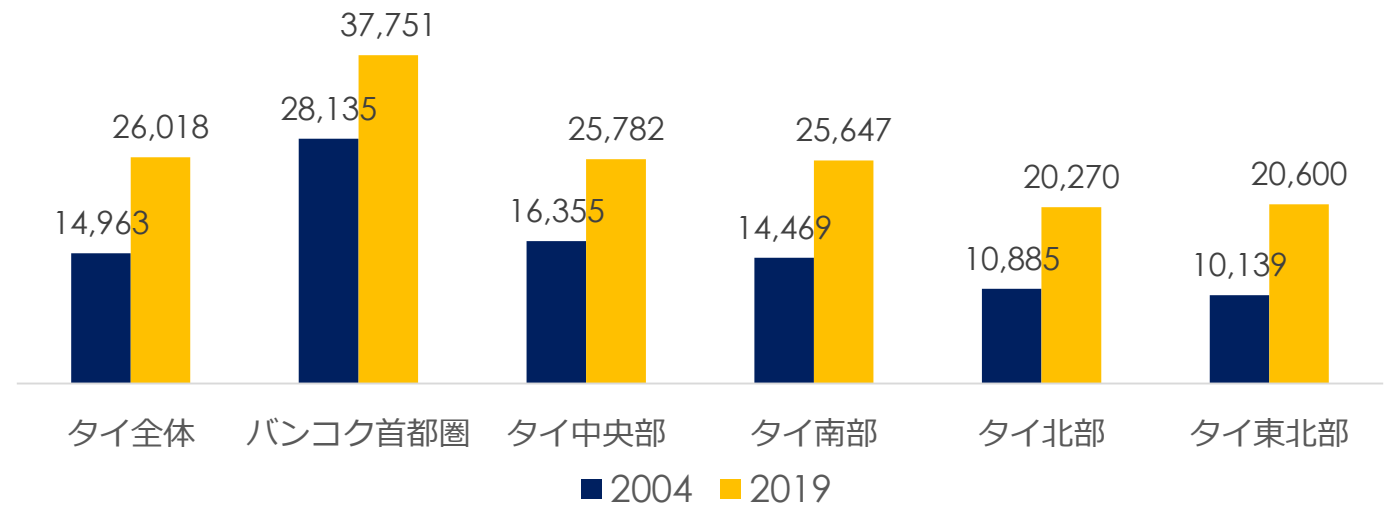
タイの地方に住む人々の所得水準は都市部と比較して低く、価格の高いBEVの購入は困難

- 2022年の新車販売車種を見ると、1tピックアップトラックが45.7%と最大のシェアを持つ。主な購入層は地方・農村部のユーザーであり、最安値モデルは約50万THBと低価格。
- タイの地域別世帯所得はこの15年間で全体的に伸びているが、バンコク首都圏と地方部の差は依然として大きいので、地方部の人々にとってのBEV購入はまだまだ時間がかかることが予想される。
- さらにピックアップトラックでは貨物の積載が想定され、航続距離確保のために高出力のバッテリーを搭載すれば、更に購入コストは上昇。そして、充電インフラも都市部に比べて遅れている。

タイの新車販売車種構成：2022年



地域別世帯収入（2004⇒2019）単位：バーツ



PPV: Pick-up Passenger Vehicle, MPV: Multi Purpose Vehicle
 出所：Mekong 5 Journal（みずほ銀行）2023年3月号など

アジェンダ

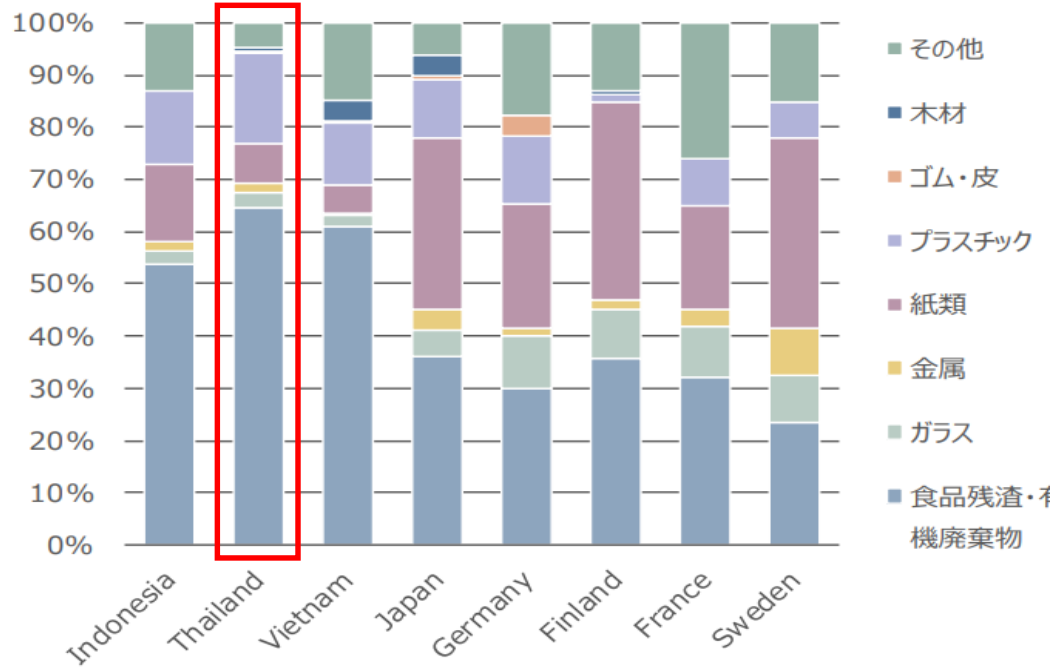
1 バッテリーメタルを捉える複眼的視角

2 タイのEVビジネスをとりまく環境

3 **タイの廃棄物処理**

タイの都市廃棄物内訳の6割以上は食品残渣・有機廃棄物。タイの都市廃棄物の処理方法はオープンダンピングと埋立で8割

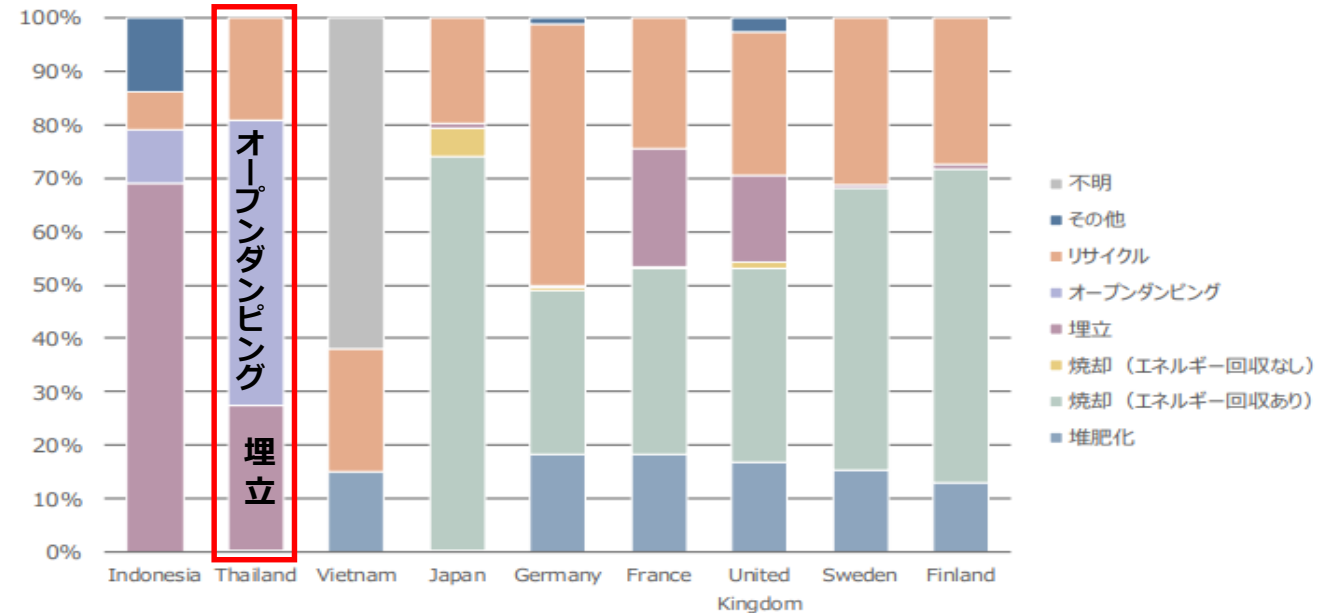
都市ごみの組成の国際比較



*タイではオープンダンピング（地中に埋めることなく、そのまま屋外に投棄・積み上げ）が一般的。それらは政府の基準を満たさない施設が大半を占め、汚染水、ゴミ飛散等の問題を引き起こしている（塚田、2023）。

（出所）WORLD BANK 「WHAT A WASTE 2.0」より MURC 作成

都市廃棄物の処理方法



（出所）インドネシア、タイ、ベトナムについては WORLD BANK 「WHAT A WASTE 2.0」のデータより、その他の国については OECD の Environment at a Glance Indicators のうち「Municipal waste by treatment operation」（2017 年）のデータを用いて MURC 作成

（注）複数の情報源を用いていることから、単純な比較は出来ない点に注意が必要である。

E-wasteの9割が不適切な管理下にある

- 古くなった家電製品の多くは、修理できなかった場合に、中古家電店やリサイクル施設に売られる
- 売れなかったものは、公式および非公式の両セクターによって分別および解体される

PCD estimate (2017)

No	Appliances	Quantity of E-Waste (tons)
1	TV	98,379.71
2	Air Conditioner	75,419.61
3	Refrigerator	63,884.71
4	Washing Machine	60,851.64
5	Computer	56,087.54
6	VCD/DVD player	30,436.42
7	Telephone	8,797.58
8	Digital Camera	7,539,998
Total		401,378.21

Source: Dr. Apaporn Siripornprasarn (2019)
"Thailand E-waste Management"

Overview of E-Waste Management Problems



ドライセルバッテリーは「そのまま」の状態で埋立処分

- タイでは毎年一次電池が新規に約4億個発売されている（内75%（約3億個）はパナソニックエナジー社製）。
- タイの家庭部門では年間2.35億個の廃ドライセルバッテリーが排出される。そのうち約2,100万本が二次電池で、残りは一次電池である。
 - 一世帯あたり約10個の廃バッテリーを排出している。使用期間は平均で1年程度。
- 家庭部門では、廃電池の79%が一般のごみ箱に廃棄され、残りは危険物用のごみ箱に捨てられる。
- 回収された廃棄電池は、ほとんどが「そのまま」の状態で埋立処分される。

*HSMは2019年にタイ全国の1631世帯に聞き込み調査を実施。

Source: HSMインタビュー (2024)、HSM (2019) プレゼン資料



ドライセルバッテリーのリサイクル始動

- パナソニックエナジー（PE）社は近年ドライセルバッテリーのタイにおけるリサイクルに着手。
- CPオール社と組み、大学敷地内にあるセブンイレブンに収集箱を設置し、PE社の営業マンが定期的に毎月収集している。
- **現在50か所（2023年11月時点）**に収集ボックスが置かれ、**毎月15キロ程度**がリサイクルに回されている。
- 収集されたドライセルバッテリーの総重量に対して**約2割を鉄**として回収している。
- PE社は今後もこの取り組みを拡大していきたいが、そのためにはデリバリーコストなどの問題がクリアされなければならない。

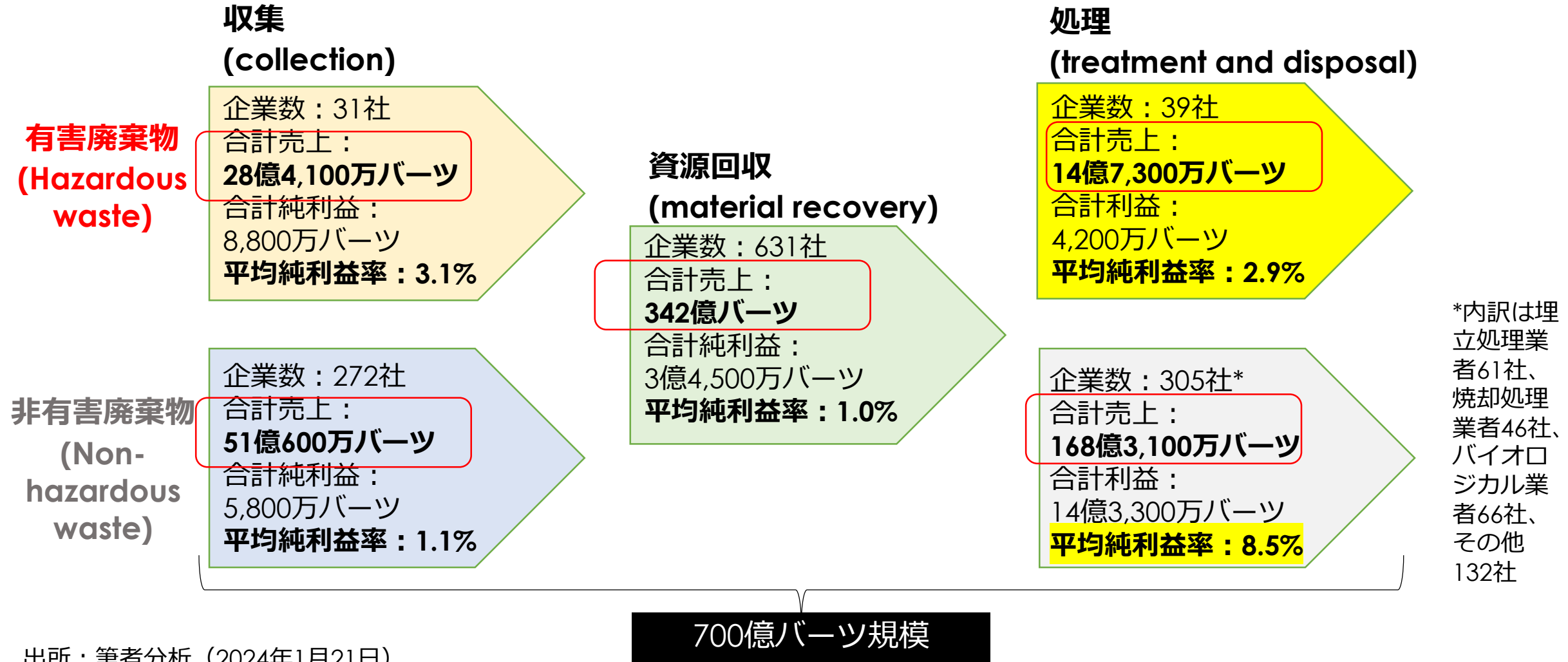


PE社のドライセルバッテリー収集箱

Source: パナソニックエナジー社インタビュー（2024）、同社資料（2023）

タイ廃棄物市場の概要 (2022)

- TSIC（タイ商務省業種コード）に従い、Corpusデータベースによって収集。産業廃棄物関連TSIC以外で登記している企業が脱落している、またその逆もあるのであくまでも目安。



全般的に上位10社への売上集中度が高いが、非有害廃棄物収集、資源回収の集中度は比較的低い

タイ廃棄物業界構造（競争構造）

		有害廃棄物 収集	非有害廃棄物 収集	資源 回収	有害廃棄物 処理	非有害廃棄物 処理
成長性	企業数の伸び （過去5年間）	18.0%	7.2%	9.6%	-2.4	7.3%
	売上高の伸び （過去5年間）	61.3%	17.0%	11.3%	8.7%	8.1%
収益性	純利益率（過去 5年間平均）	6.1%	3.4%	1.1%	1.9%	7.3%
集中度	上位5社売上 シェア（2022）	86.3%	35.9%	35.5%	83.5%	69.8%
	上位10社売上 シェア （2022）	95.5%	52.5%	46.5%	92.0%	79.0%
参考	2022年時点 収集企業数	31社	272社	631社	39社	305社

*タイ企業の財務諸表上の信頼性はここでは議論しない。
出所：筆者分析（2024年1月21日）

売上の上位集中が進み、
収益性低い