



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

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
2022年2月

Make your impact
国境を超え、信をつなぐ。

目次

はじめに	3	3 回収量拡大を要する鉱物資源特定	32
1 リサイクルの現状把握	5	3-1 鉱種別供給状況・見通し	32
1-1 LIBリサイクルの現状把握・課題整理	5	3-2 鉱種別サプライチェーン	34
1-2 海外リサイクル政策動向調査	15	4 課題整理	36
2 鉱物資源の必要量推定	27	4-1 ライフサイクルコスト・CO ₂ 排出量	36
2-1 LIB部素材の鉱種・消費量調査	27	4-2 回収量拡大のための課題整理	43
2-2 LIB製造に必要な鉱種選定・必要量調査	29		

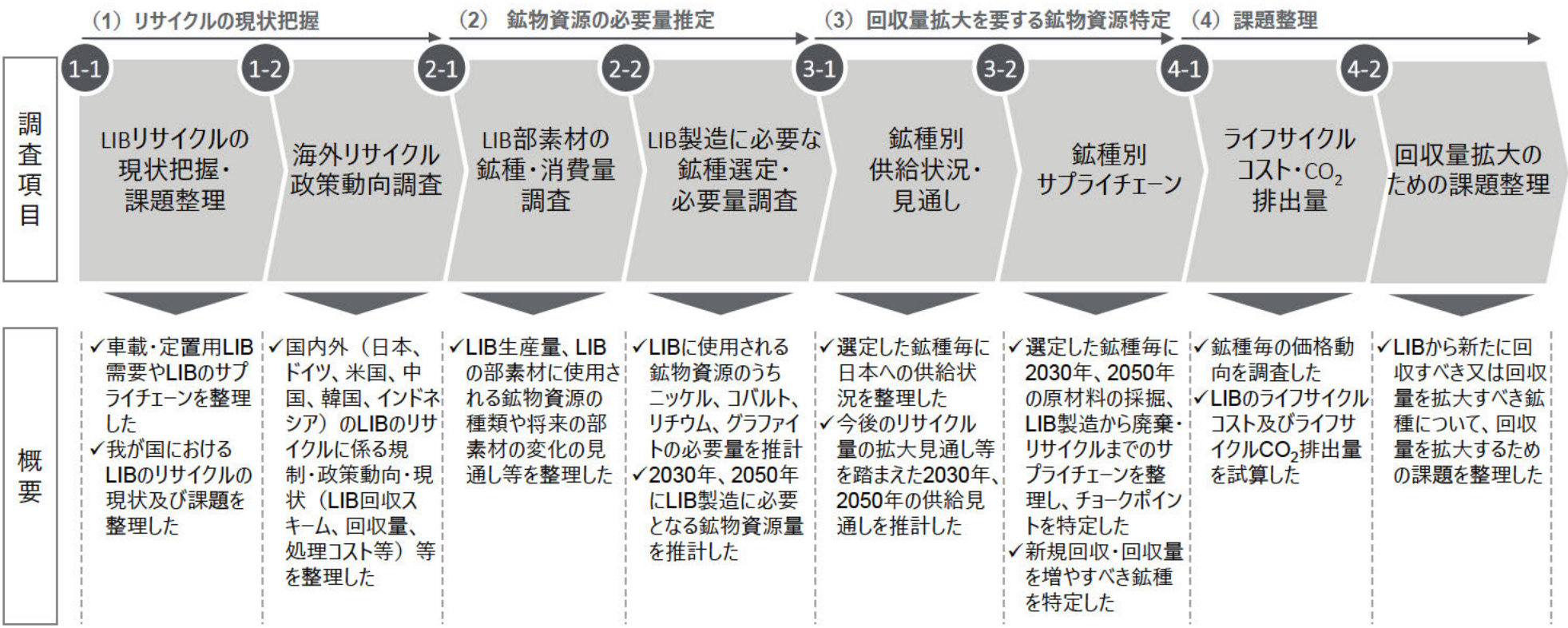
- 本報告書に記載されている情報は、公開情報に加え、本調査の分析に利用する承諾を得た上で、ヒアリング等で第三者から提供を頂いたデータも含まれています。これら情報自体の妥当性・正確性については、弊社では責任を負いません。
- 本報告書における分析手法は、多様なものがありうる中でのひとつを採用したに過ぎず、その正確性や実現可能性に関して、弊社がいかなる保証を与えるものではありません。
- 本報告書は、調査委託契約に従って貴省の政策決定の参考資料として作成されたものです。内容の採否や使用方法については、貴省自らの責任で判断を行うものとします。

はじめに

はじめに

LIBの国内外でのリサイクルの動向を踏まえて今後回収を拡大すべき鉱種を特定した上で 特定国への依存度を低減するための課題を整理した

調査フロー



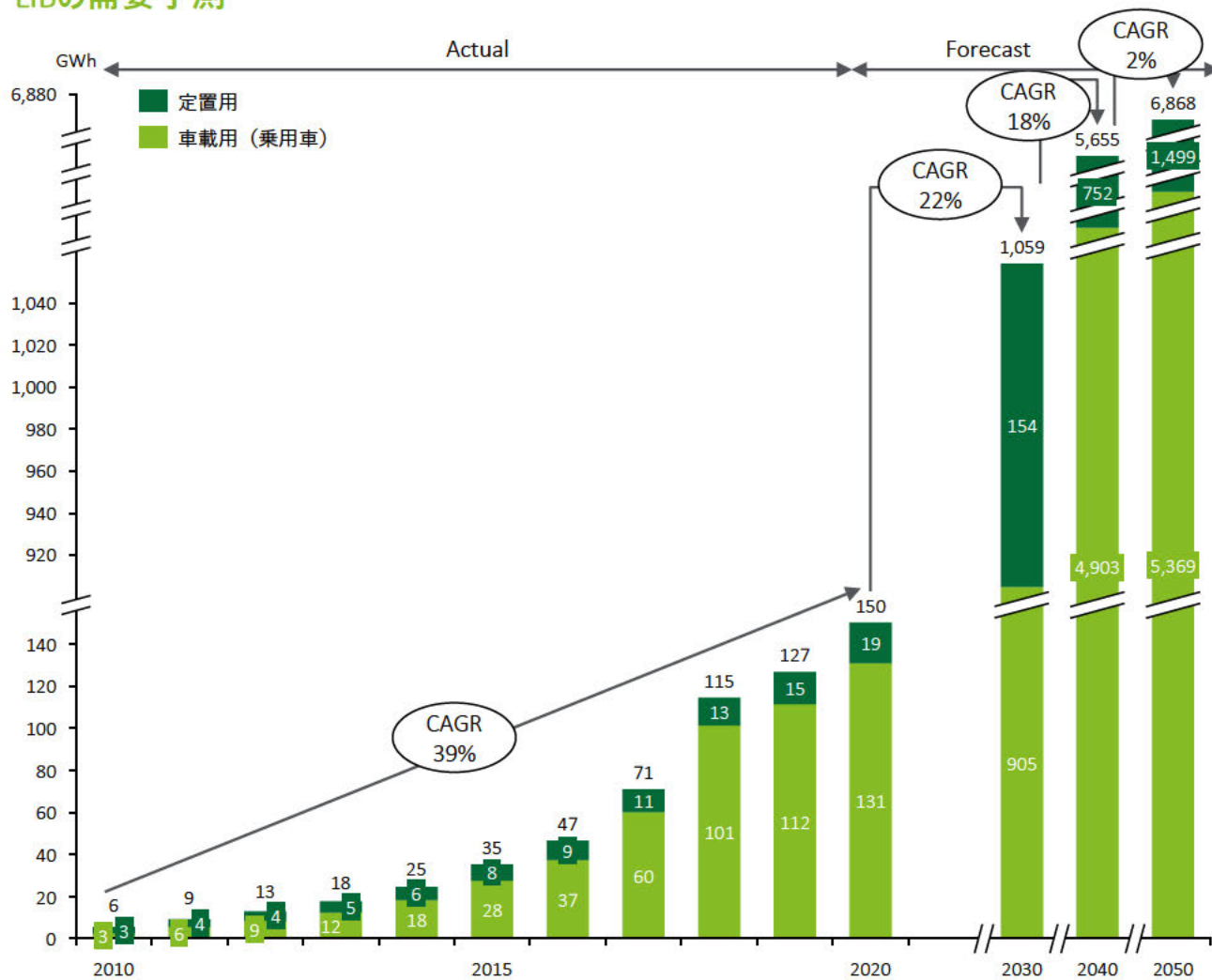
1. リサイクルの現状把握

1.1 LIBリサイクルの現状把握・課題整理

1.2 海外リサイクル政策動向調査

電動車の普及に伴い2030年以降のLIB市場は 車載向けが需要のほとんどを占めるとみられる

LIBの需要予測



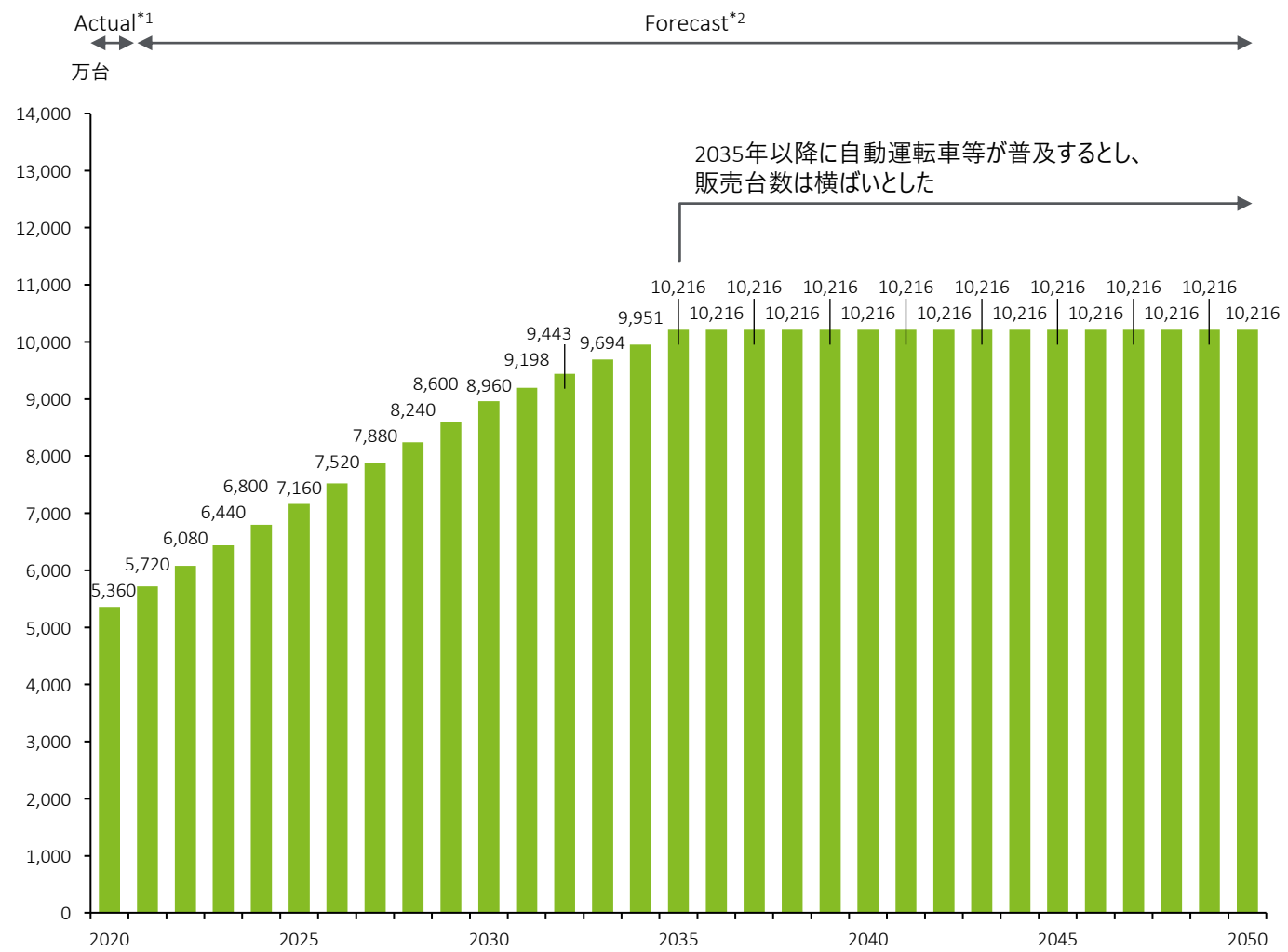
分類	需要 (GWh)			
	2010	2020	2030	2050
車載用 (乗用車)	2.6	131	905	5,369
定置用	3.1	19	154	1,499
合計	5.6	150	1,059	6,868

出所：各種公開資料をもとにDTC推計

車載用LIBの需要推計にあたっては自動運転車等の普及を見込み 2035年を目途に需要が横ばいになるとした

世界の乗用車販売台数予測

前提条件



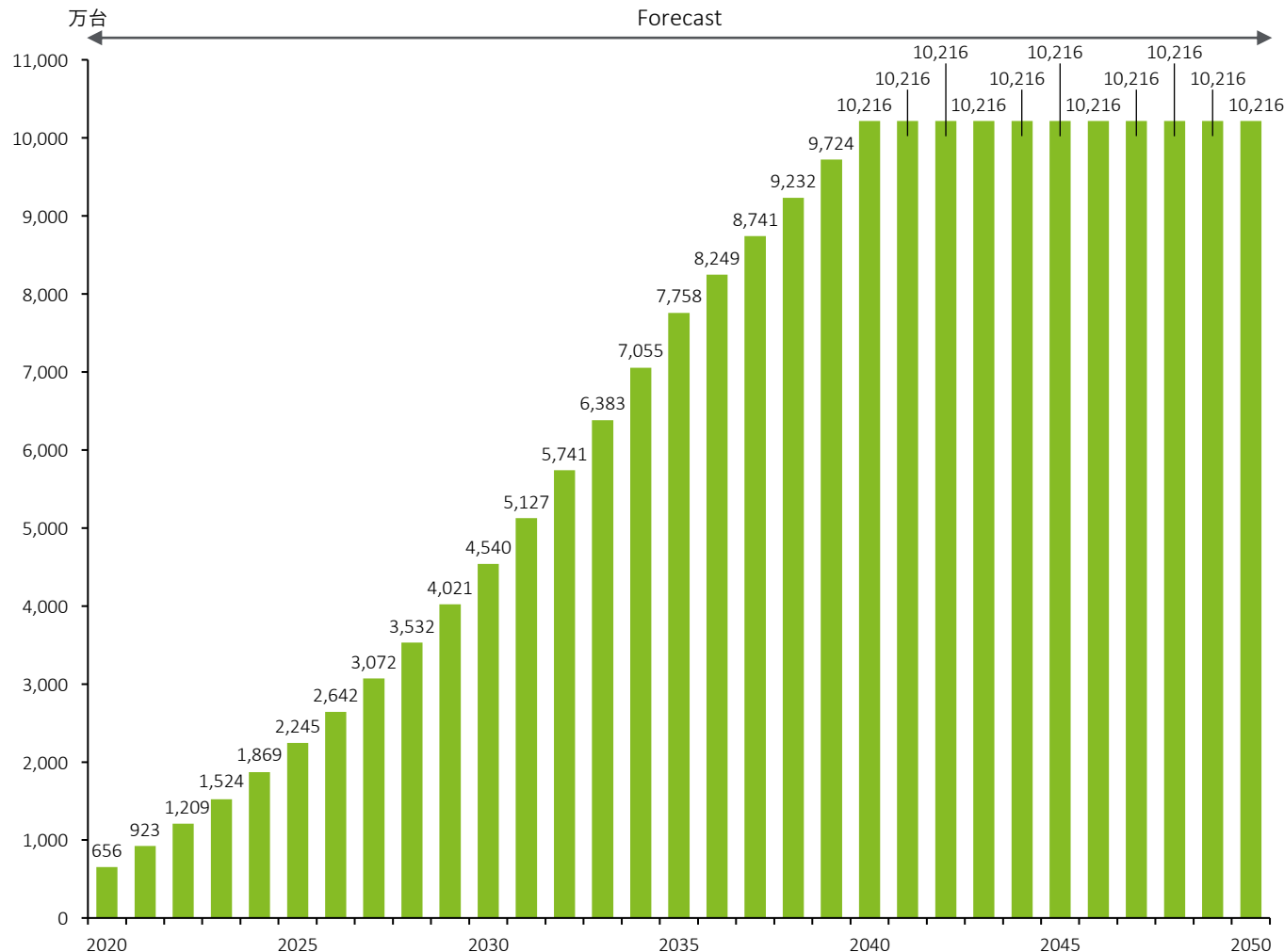
地域	需要（万台）			
	2020	2030	2040	2050
合計	5,360	8,960	10,216	10,216

*1:OICA Websiteから乗用車販売台数を抽出、*2:各種公開資料から2019年、2030年の自動車販売台数（2019年:約6,373万台、2030年:約8,960万台）を抽出し、2019~2030年のCAGRから2035年における世界の販売台数を算出

電動車の販売台数は2040年を目途に横ばいとした

世界の電動車（乗用車）販売台数予測（地域別）

前提条件



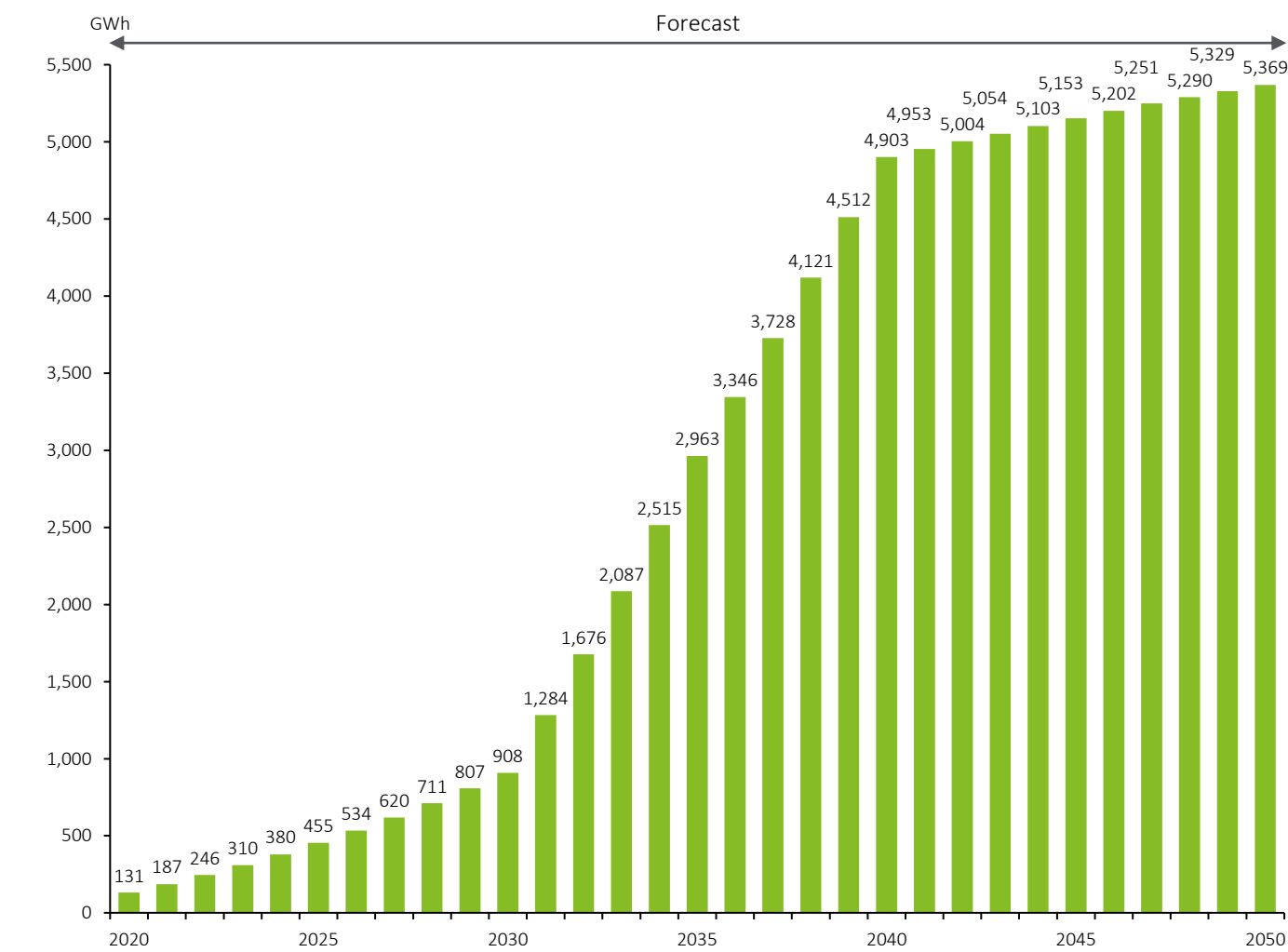
電動車販売台数（万台）*1				
地域	2020	2030	2040	2050
合計	656	4,540	10,216	10,216

*1:前頁の世界の乗用車販売台数に電動車販売比率を掛け算出

電動車用LIBの需要は2030~2040年まで急激に伸びた後 2040年以降は緩やかな伸びになるとした

世界の車載用LIB需要予測（乗用車）

前提条件



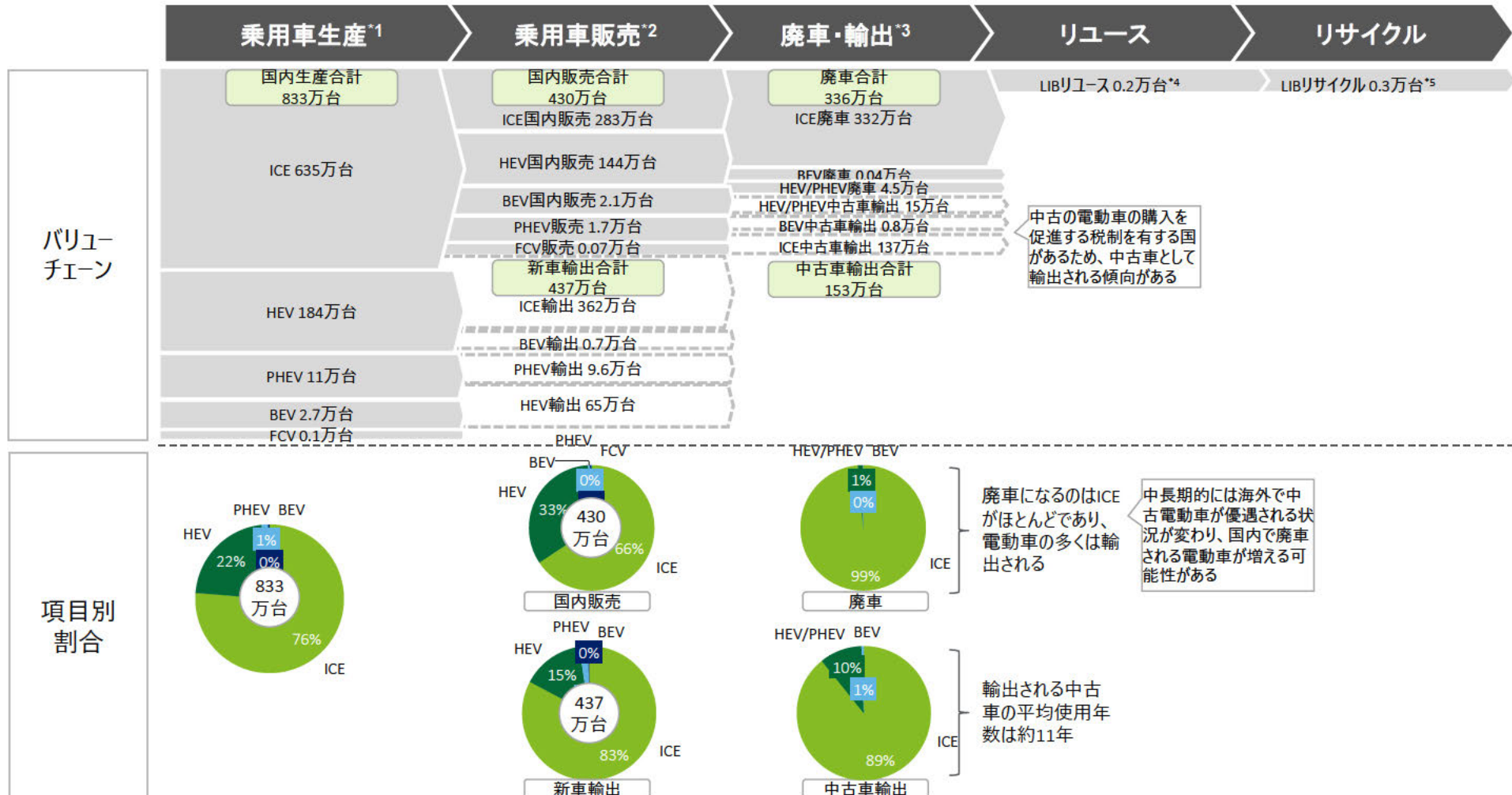
車載用LIB需要（GWh）				
分類	2020	2030	2040	2050
合計	131	905	4,903	5,369

我が国の乗用車は新車・中古車として海外に多く輸出されており 国内に留まるものの多くは廃車となっている

乗用車

我が国における乗用車のフロー（2019年）

日本

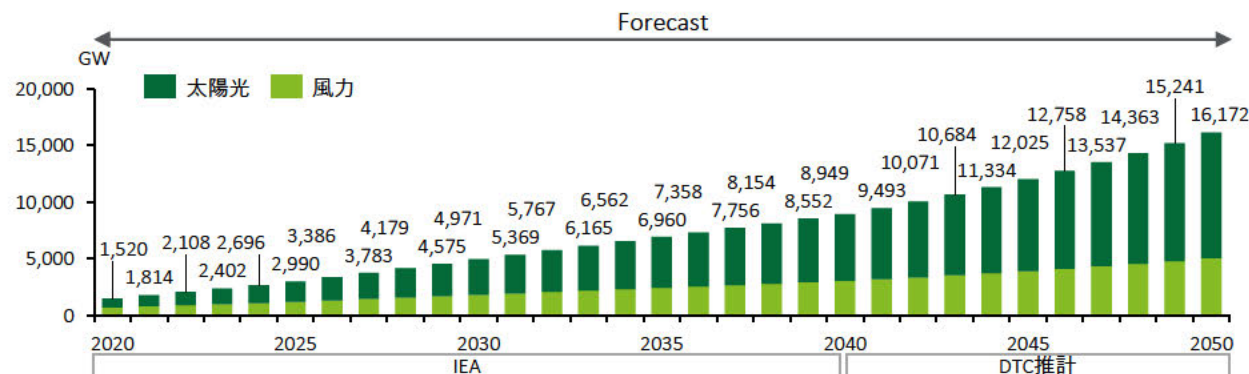


*1:電動車は国内販売台数と海外新車輸出台数を足した値、ICEは自工会データベースより抽出した乗用車生産台数から電動車の生産台数を引いた値とした、*2:電動車販売台数は次世代自動車振興センター公表値、ICEは自工会データベースより抽出した乗用車販売台数から電動車の販売台数を引いた値とした。新車輸出台数について、電動車は財務省貿易統計より抽出し、ICEは自工会データベースより抽出した乗用車新車輸出台数から電動車の輸出台数を引いた値とした、*3:自動車リサイクル促進センター公表値、*4:リユース台数が公表されていないため、フォーアールエナジーの年間処理能力を記載した、*5:2019年における車載用LIB回収個数

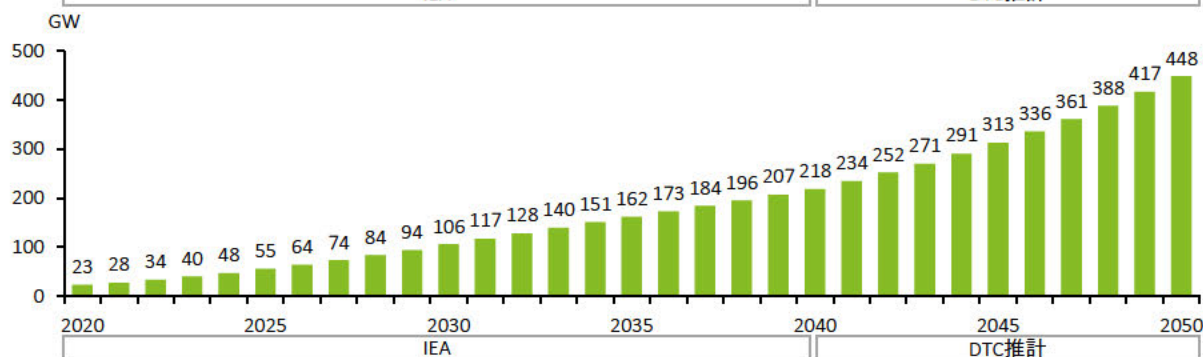
世界における変動性再エネの導入量に対する蓄電池導入量の割合は2050年にかけて2.8%まで拡大すると見込まれる

変動性再エネ導入量に対する蓄電池導入割合

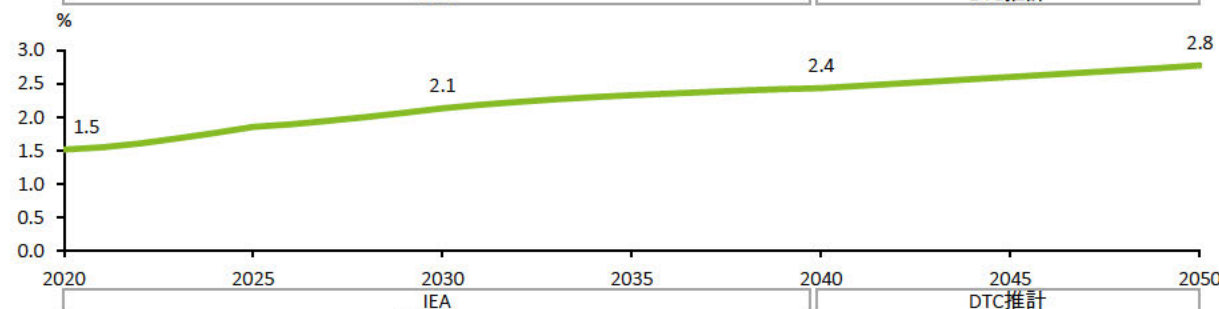
変動性再エネ導入量*1 (ストック)



世界システム用蓄電システム導入量*2 (ストック)



変動性再エネ導入量に対する蓄電池導入割合



世界

太陽光・風力
導入量 (GW)

分類	2020	2030	2040	2050
合計	1,520	4,971	8,949	16,172
太陽光	798	3,125	5,891	11,107
風力	722	1,846	3,058	5,065

世界のシステム用蓄電
システム導入量 (GW)

分類	2020	2030	2040	2050
合計	23	106	218	448

変動性再エネ導入量に
対する蓄電池割合 (%)

分類	2020	2030	2040	2050
合計	1.5	2.1	2.4	2.8

*1:IEA, "World Energy Outlook 2018"より抽出、2040年以降は公表されていないため2030~2040年のCAGRを元に推計、*2:IEA, "World Energy Outlook 2020"のSustainable Development Scenarioより抽出、2050年以降は公表されていないため2030~2040年のCAGRを元に推計

1-1 車載用・定置用LIBのサプライチェーン

 日本



定置用

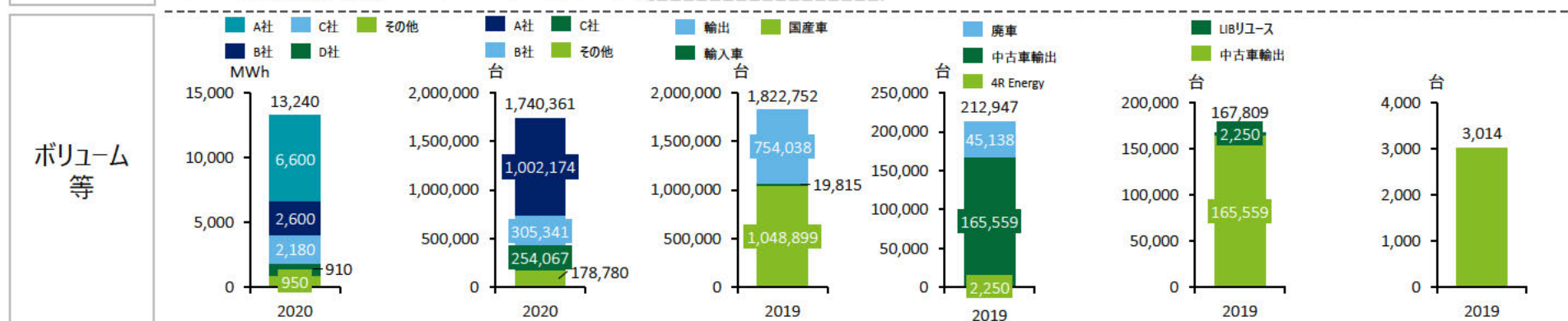
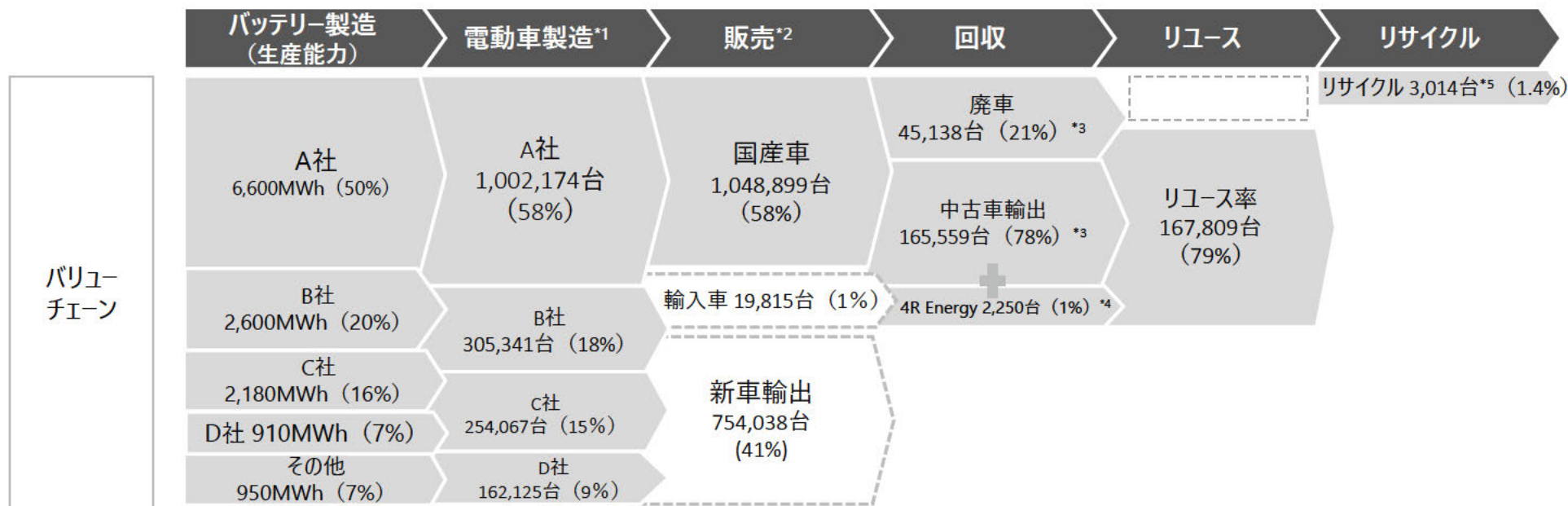
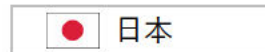
N/A
(廃車台数は現時点
では限定的と想定)

廃車台数

*1:JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー」、*2:Bloomberg NEF, “Hitting the EV Inflection Point”、*3:The International Council on Clean Transportation, “Global and U.S. electric vehicle trends”よりEVの生産台数・販売台数を抽出

我が国においては 生産される電動車の一定割合が輸出され 国内販売分も廃車前に輸出される傾向があるため 電池の生産と回収がバランスしない

我が国における車載用LIBのサプライチェーン

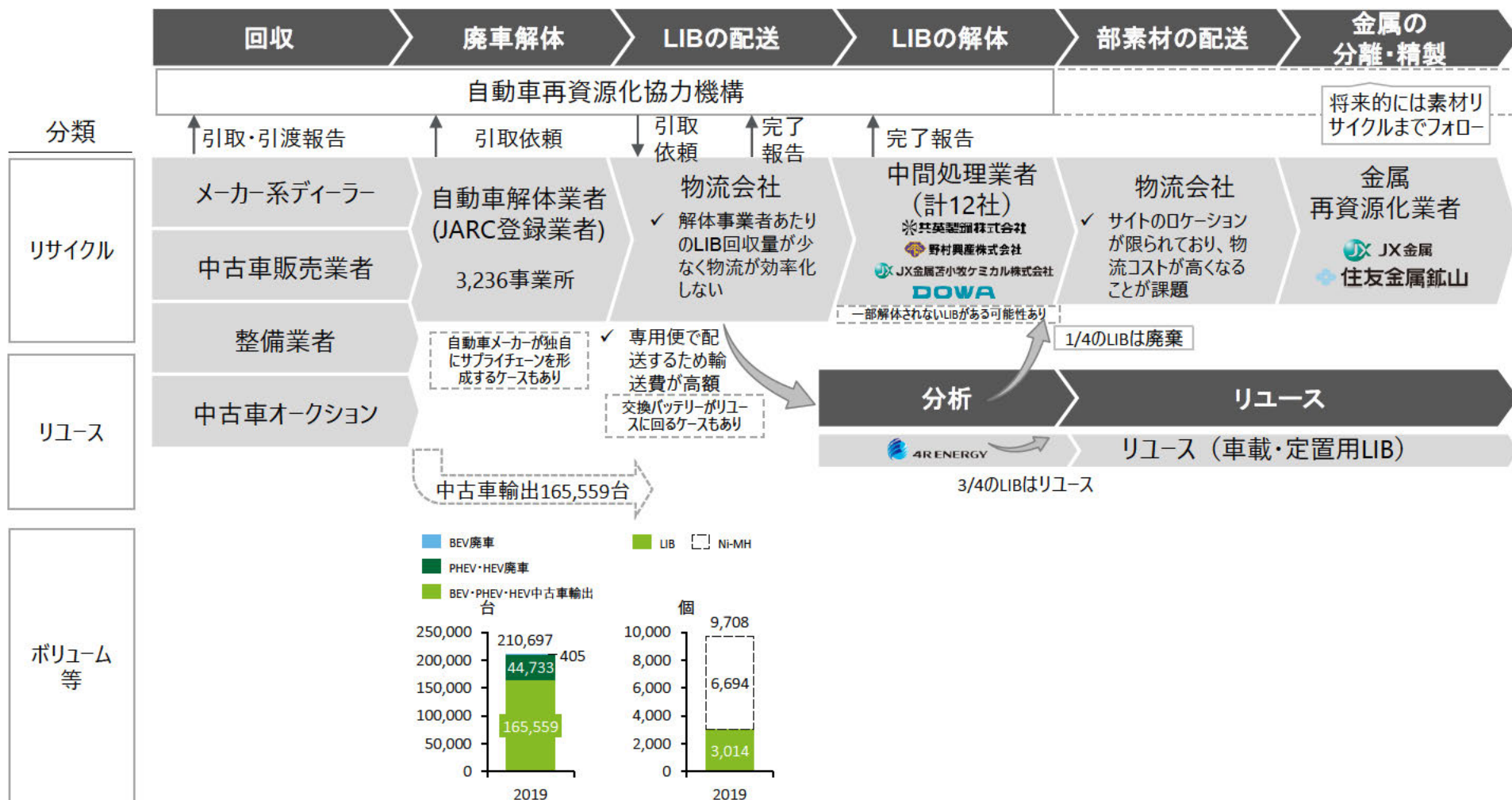


*1:メーカー別電動車国内生産台数が非公開のため、2020年の国内生産台数に国内販売シェアをかけて算出、*2:国内販売台数は日本自動車会議所Website、輸出台数は財務省貿易統計より抽出、*3:自動車リサイクルデータBook2019より抽出、*4:日産・リーフの年間処理能力、*5:日本自動車工業会「次世代車の適正処理・再資源化の取組状況」より使用済み車載用蓄電池の回収実績を抽出

LIBは高電圧品であるためリユース・リサイクル業者・立地が限られており 取扱量が限定的である

我が国における車載用LIBのリサイクルフロー

日本



出所：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータBook」、日本自動車工業会「次世代車の適正処理・再資源化の取組状況」、有識者ヒアリング

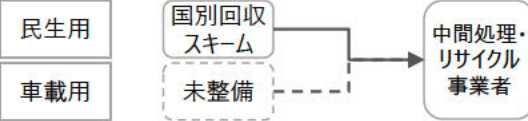
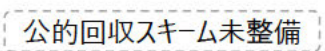
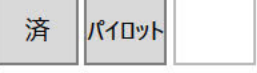
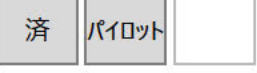
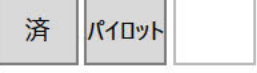
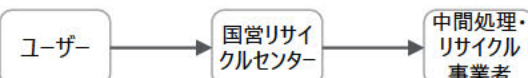
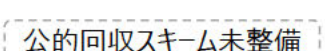
1. リサイクルの現状把握

1.1 LIBリサイクルの現状把握・課題整理

1.2 海外リサイクル動向調査

ニッケル・コバルト・リチウムを回収する事業者が多く 銅やマンガン等の回収も進められている

1-2 諸外国における蓄電池に係るリサイクルの現状

国	LIB回収スキーム	課題			主要事業者	処理能力	リサイクル方法	回収する資源			
		回収スキーム	リサイクルプラント	回収量拡大				Ni	Co	Li	その他
					A社	非公表	焙焼 粉碎 乾式 湿式				Cu
					B社	非公表	焙焼 粉碎 湿式				
					C社	7,000トン/年	乾式 湿式				
					D社	3,000トン/年	焙焼 乾式 湿式				Cu
					E社	非公表	粉碎 湿式				Cu, Al
					F社	非公表	非公表	検討中	検討中	検討中	
					G社	6,000トン/年	焙焼 粉碎 乾式 湿式	4,500トン/年			
					H社	約1~2万吨	粉碎 湿式				Mn
					I社	8,000トン/年	粉碎 湿式	600トン/年	1,000トン/年	830トン/年	
					J社	2万吨/年	非公表				Mn
					K社	(2万吨/年)	非公表	検討中	検討中	検討中	検討中 (Cu, Al等)

出所：ACCUREC Recycling GmbH, "Comparative study of Li-ion battery recycling processes"、有識者ヒアリング

欧州ではリサイクルされた原材料の使用割合を義務化するなど 世界に先駆けて厳しい規制を設ける計画がある

1-2 諸外国における蓄電池に係るリサイクル政策の動向

		米国						
分類	項目	 日本	 欧州	 連邦政府	 CA州	 中国	 韓国	 インドネシア
規制	LIBリサイクルに係る法律	自動車リサイクル法	新電池規則案	連邦法でのLIBリサイクルに係る規制はなく、州レベルで規定	California Rechargeable Battery Recycling Act of 2006	✓ 生産者責任延伸制度推進法案 ✓ NEV規制 ✓ 新エネルギー自動車廃棄動力電池総合利用業界規範条件	電気・電子製品および自動車の資源循環に関する法律施行令	産業廃棄物の法律はあるが、リサイクルは未整備
	施行年	2002年	2020年（提案）	N/A	2005年	✓ 2017年（生産者責任延伸制度推進法案） ✓ 2018年（NEV規制） ✓ 2020年（新エネルギー自動車廃棄動力電池総合利用業界規範条件）	2021年	-
	対象	車載用LIB	車載用を含むLIB全般	州ごとに規定	車載用を除くLIB全般	車載用LIB	車載用を含むLIB全般	-
	規制手法	 回収義務*1	導入に向けて検討中 原料回収率規制 原料使用率規制 回収義務	規制なし	規制なし (リサイクル義務化に向けて新規規制検討中)	 原料回収率規制*2  回収義務*3	規制なし	規制なし
インセンティブ	技術開発	GI基金によりリサイクルPJ実施予定	研究開発支援プログラムにより開発推進中	DOEが開発主導	-	中央政府・地方政府が開発支援	「2030二次電池産業発展戦略」にてリサイクル技術開発、鉱山開発プロジェクト支援等を実施	国営企業設立により取り組み強化
	サプライチェーン構築支援等	グリーン成長戦略の実行計画で構築強化に向けた取り組みを行う旨記載	「欧州バッテリー・イノベーション」にて支援	“National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2030”にてサプライチェーン強化を掲げている	-	パイロット地区を指定し回収ルートの確立等を推進		

*1:自動車リサイクル法施行規則で解体業者が使用済み自動車からLIBを回収することとされている、*2:「新エネルギー自動車廃棄動力電池総合利用業界規範条件」により蓄電池の含まれる原料の回収率を規制、*3:「NEV規制」で自動車メーカーに車載用蓄電池の回収・再利用・リサイクルを義務付け

欧州ではバッテリーの製造からリサイクルに至るまでのプロセスに係る新規規制の提案においてさらなるリサイクルの推進が打ち出されている

1-2 A 欧州における政策動向



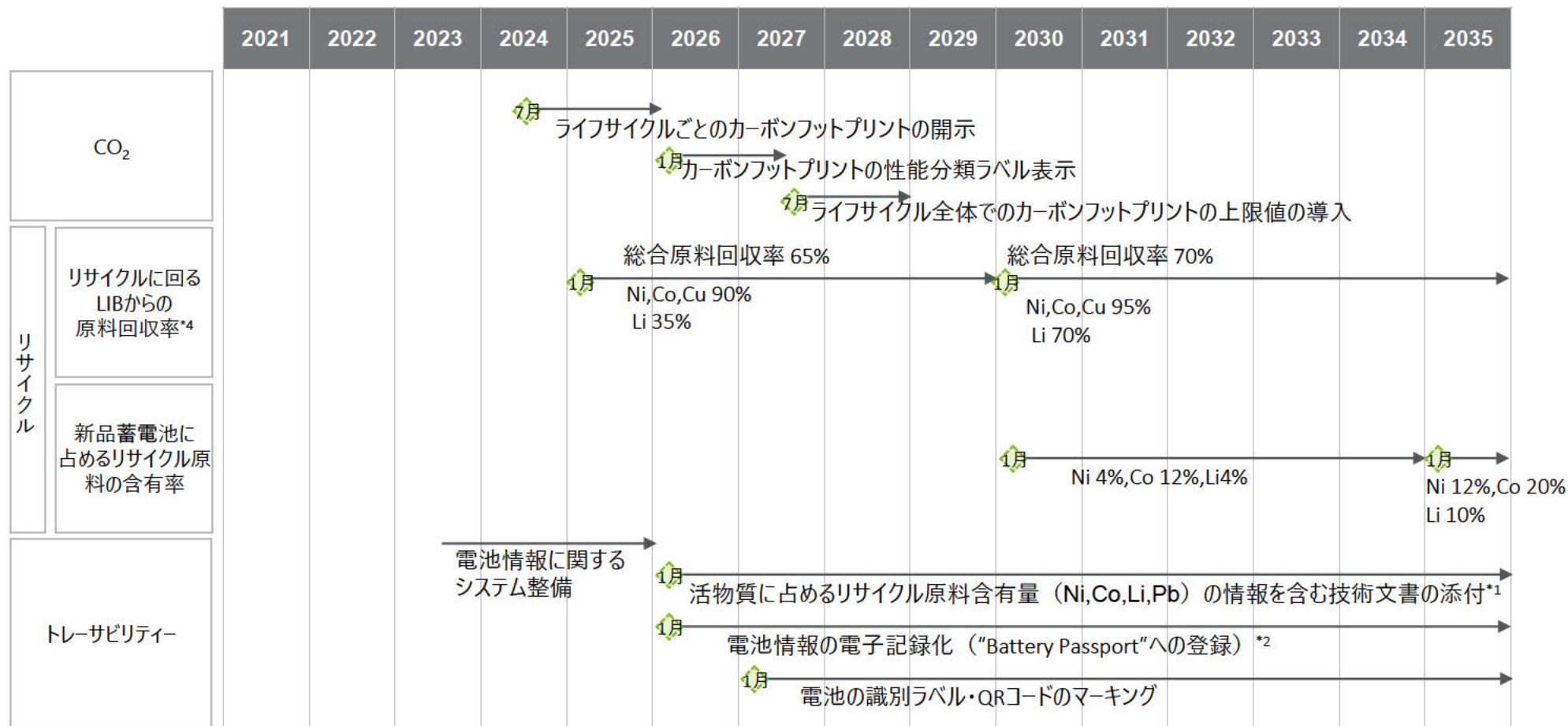
項目	内容
名称	新電池規則案（COM(2020) 798）
施行年	2020年12月10日告示
規制当局	欧州委員会
目的	電気モビリティのバッテリーバリューチェーンの構築とバッテリーの循環の促進
適用範囲	EU市場で販売されるEV・産業用（2kWh以上）、携帯用等のバッテリー

項目	規制内容
CO ₂ 排出量 (EV・産業用電池が対象)	✓ ライフサイクルごとのカーボンフットプリントの申告*1（2024/7~） ✓ ライフサイクル全体でのCO₂排出量の大小の識別を容易にするための性能分類*2の表示（2026/1~） ✓ ライフサイクル全体でのカーボンフットプリントの上限値の導入*3（2027/7~）
トレーサビリティ	✓ 電池ごとに原材料調達、寿命、蓄電容量、有害物質の有無等をラベリングすることで識別・追跡を行えるようにし、データベースで管理
リサイクルに回るLIBからの原料回収率*4 (リサイクル効率)	2025年 LIB原料回収率 65% 2030年 LIB原料回収率 70%
蓄電池に占めるリサイクル原料の含有率	2027/7~ 再利用された原材料の使用量の開示
電池メーカーの義務*5	✓ 車載用、産業用バッテリーの無償回収 ✓ リサイクル材料由来のレアメタルの含有量が最低割合を満たしていることを示す技術文書を作成し、電池に添付 ✓ 回収されたすべての廃電池が適切にリサイクルされることを保証 ✓ 廃LIBの再利用・管理に関するコスト負担

出所：European Commission, "Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020", *1:カーボンフットプリントの計算方法は2023/7/1までに作成される委任法令において設定予定、*2:2024/12/31までに委任法令で補足予定、*3:2026/7/1までに委任法令で補足予定、*4:電池原料の元素の質量に占める回収元素の割合、*5:電池メーカーにより作られる「生産者責任組織」が電池メーカーの代理で実際のリサイクルに係る業務を遂行することが可能である旨が規則案で述べられている

2020年台半ばごろからカーボンフットプリントのほか電池情報の電子化に係る規制等が入り 2030年以降にはリサイクル原料の含有率に係る規制が導入される予定となっている

欧州バッテリー規則案における規制の導入予定



出所：European Commission, "Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020", ^{*1}:製造工場ごとに各電池モデル・製造パッチに対して添付が必要、^{*2}:正極・負極・電解液等の詳細構成、カーボンフットプリント、リサイクル原料の含有量、サイクル寿命等が一般公開されるほか、電池部材、交換部品、分解手順、安全対策に係る情報も限定的に公開される

DOEは研究機関やLIBバリューチェーンの関連企業が参画するLIBリサイクル技術の開発拠点を設置し 使用済み電池からCo・Li等の重要鉱物を回収するプロセスを開発している

1-2 B 米国における政策動向



米国

項目	内容
概要	✓ 2019年2月18日に、DOEがアルゴンヌ国立研究所にバッテリーリサイクル技術の研究開発拠点（ReCell Center）を開設 ✓ 使用済みリチウム電池から希少鉱物（コバルト・リチウム等）を回収し、LIBの製造に活用する「クローズド・ループ・サイクル」の研究を実施^{*1}
目的	使用済みLIBの再利用・リサイクルによる重要鉱物の海外依存軽減
適用範囲	EV、産業用、携帯用等のLIB全般
研究分野	✓ コストのかかる再処理工程を必要としない正極材のリサイクルプロセスの開発 ✓ 費用対効果の高いリサイクル方法の開発 ✓ リサイクルしやすい電池設計最適化 ✓ 研究の検証のためのモデリング・分析ツールの実用化

項目	内容
研究機関	
大学	
自動車メーカー	
電池メーカー	
リユース・リサイクル事業者	
材料メーカー	
業界団体	
リサイクル技術開発対象	✓ 正極材、グラファイト、フッ素、銅、アルミニウム
運営費用	✓ 3年間（2019～2021年）にわたりDOEから合計1,500万ドルの補助金により運営

出所：DOE Website、ReCell Center Website、JETRO「米国における自動車の電動化に伴う市場と技術の動向」、*1:DOEはリサイクル材料を使用することによりLIB生産コストを10～30%低減可能と推測

DOEはLIBの回収～リサイクルにおける課題への解決方法を競うコンペを立ち上げ LIBサプライチェーン全体で技術開発の取り組みを進めている

1-2 B 米国における政策動向



米国

項目	内容
概要	✓ リチウムイオン電池の回収、貯蔵、輸送、リサイクルにおける課題に対する革新的解決策を競う「リチウムイオン電池リサイクル賞」（総額550万ドル）を立ち上げコンセプトから試作品までの解決策の開発を加速させるために3段階のコンペティションに分けて支援
目的	✓ 使用済み・廃棄LIBの90%以上をリサイクル ✓ LIBの回収・保管・輸送を普及させるため、企業・公共機関・州・地域による投資を誘致 ✓ リサイクルの規模拡大による米国リサイクル事業者のスケールメリットの恩恵享受 ✓ 様々な関係者の協力によるリサイクルのサプライチェーンにおける課題に対する包括的な解決方法の開発
適用範囲	EV、産業用、携帯用等のLIB全般

タイムライン



出所：JETRO「米国における自動車の電動化に伴う市場と技術の動向」

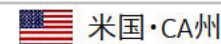
	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3
コンペのフェーズ	コンセプト開発・インキュベーション	プロトタイプ・パートナーシップ	パイロット検証
評価内容	LIB回収、選別、保管、運搬に関連する課題を解決し、電池原料のリサイクルと回収を実現するためのコンセプト	コンセプトを実証するための設計・シミュレーション、産業界のパートナー構築	実現可能なリサイクル方法をパイロットスケールで実証
賞金授与チーム数	15	7	4
賞金	合計約100万ドル（各チーム6.7万ドル）	合計約250万ドル（各チーム35.7万ドル）	最大約200万ドル（各チーム最大50万ドル）

フェーズ2受賞7チームの研究内容

企業・チーム名	研究内容
Li Industries	化学組成、形状、サイズ、重量等に応じて蓄電池を分別可能なシステム開発
OnTo Technologies	電気化学を利用したLIB選別による安全かつ効率的なLIB不活性化・分別・裁断
Powering the Future	鉛蓄電池の回収網を利用したLIB回収・処理
Renewance	回収～リサイクルの既存リサイクルフロー最適化
Smartville	LIBリユース・リサイクルサプライチェーンの改善によるリサイクルコスト削減
Team Portables	リサイクルのインセンティブ消費者に付与するための消費者参加型アプリ開発
Titan Advanced Energy Solutions	LIBの状態に係るデータ活用・共有によるリサイクル市場透明化

カリフォルニアでは州内で販売される車載用LIBの 全量のリユース・リサイクルを義務付ける規制の策定に向けたWGが設立されている

1-2 C 米国・カリフォルニアにおける政策動向



項目	内容
グループ名	Lithium-ion Car Battery Recycling Advisory Group
概要	✓ 自動車メーカー、業界団体、解体事業者等、19の企業・機関で構成 ✓ 2022年4月までに、州内で販売されている車載用LIBのほぼ100%を安全かつ費用対効果の高い方法でリユース・リサイクルすることを義務付ける政策について議会に助言
設立年	2019年
設立背景	州内の車載用LIBの回収・リサイクルの政策を見直し、回収のメカニズムを構築するために設立
適用範囲	州内で販売されるLIB搭載車 (州外への適用も検討)

出所：カリフォルニア州環境保護庁(CalEPA) Website

項目	内容				
構成企業等	<table border="1"> <tr> <td>主導</td><td> ✓ カリフォルニア州環境保護庁(CalEPA) ✓ 有害物質管理省(DTSC) ✓ 資源リサイクル・回収省(CalRecycle) </td></tr> <tr> <td>メンバー</td><td> ✓ 自動車メーカー（ホンダ、フォード） ✓ 自動車解体事業者 ✓ バッテリーリサイクル事業者 ✓ 業界団体・公的機関等 </td></tr> </table>	主導	✓ カリフォルニア州環境保護庁(CalEPA) ✓ 有害物質管理省(DTSC) ✓ 資源リサイクル・回収省(CalRecycle)	メンバー	✓ 自動車メーカー（ホンダ、フォード） ✓ 自動車解体事業者 ✓ バッテリーリサイクル事業者 ✓ 業界団体・公的機関等
主導	✓ カリフォルニア州環境保護庁(CalEPA) ✓ 有害物質管理省(DTSC) ✓ 資源リサイクル・回収省(CalRecycle)				
メンバー	✓ 自動車メーカー（ホンダ、フォード） ✓ 自動車解体事業者 ✓ バッテリーリサイクル事業者 ✓ 業界団体・公的機関等				
グループでの検討内容	✓ LIB回収後にエネルギー貯蔵システムとして再利用する場合の可能性・課題 ✓ LIBの管理において考慮すべき事項 ✓ 環境への影響評価				

タイムライン



中国では廃駆動用バッテリーのカスケード利用やリサイクルを促進する規制があり その中でトレーサビリティの確保や原料回収率等について規定されている

1-2 D 中国における政策動向



項目	内容
名称	新エネルギー自動車廃棄動力電池総合利用業界規範条件
施行年	2020年1月1日
規制当局	工业和信息化部（工業情報化部）
目的	廃駆動用バッテリーのカスケード利用・リサイクル等による総合利用強化
適用範囲	電動車の廃駆動用バッテリー

項目	規制内容
トレーサビリティ	✓ 廃駆動用バッテリー総合利用データベースを設立し、廃駆動用バッテリーの出所、蓄電池の種類・容量・製品コード、廃棄物質処理措置等の情報を具備することを要求
リサイクルに回るLIBからの原料回収率*1（リサイクル効率）	ニッケル コバルト マンガン ✓ 98%以上
	リチウム ✓ 85%以上
	レアアース等希有金属 ✓ 97%以上
二次利用	✓ カスケード利用を進め、その後リサイクルを行うことにより蓄電池の利用効率を向上
エネルギー消費量	✓ リサイクル関連企業はエネルギー消費評価システムを確立し、エネルギー消費量の管理を実施
環境保全	✓ 廃水循環利用率は 90%以上 ✓ 廃水・廃棄のオンラインモニタリングを実施し、廃棄物の処理設備を設置

出所：中国工業情報化部Website、*1:電池原料の元素の質量に占める回収元素の割合

韓国では廃LIB等の循環利用を推進するため 全国4か所に再活用の中枢を担う拠点の建設を進めており 2022年から本格的な運営が予定されている

1-2 E 韓国における政策動向



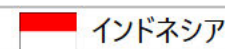
項目	内容
名称	電気・電子製品および自動車の資源循環に関する法律施行令（電子製品等資源循環法施行令）
施行年	2021年7月6日
規制当局	環境部
目的	電気・電子部品及び自動車のリサイクルを促進するため、資源を効率的に利用する資源循環体系を構築すること
適用範囲	廃棄される電気・電子部品及び自動車（駆動用電池含む）

項目	規制内容
リサイクル方法	✓ BEVの廃バッテリーの安全かつ効率的なリサイクルのために、リサイクル手法と基準などを告示で定められるよう規定
リサイクルセンター	概要
	✓ 使用済みBEV用電池等の回収・保管・リサイクルのための「未来廃資源拠点収集センター」を設置 ✓ LIB等を回収し、残存価値などを測定後、民間企業への売却やリサイクル業者への供給を行う等、廃LIB等の再活用の中枢を担う役割を果たす
	対象品目
	✓ 使用済みBEV用電池、使用済み太陽光パネル、二次電池を含む電気・電子製品等の廃棄物*1
	設置箇所
	✓ 国内4か所（京畿道、忠清南道、全羅北道、大邱市）*2
事業者の義務	運営開始年
	✓ 2022年本格運営開始予定
	運営母体
	✓ 環境部長官からの委託を受け韓国環境公団が運営
回収後の引き渡し先	✓ 電力貯蔵システム（ESS）や無停電電源装置（UPS）のリサイクル事業者やニッケル等の再資源化事業者
	✓ 使用済みBEV用電池などを回収した事業者（製造者・販売者）は認可を得たリサイクル事業者に引き渡すこと（無認可のリサイクル事業者以外に転売した場合に過料を科す旨規定あり）

出所：韓国環境部Website、JETRO Website、*1:韓国環境部の推計では使用済みBEV用電池は2025年に2025年に3万1,696個、使用済み太陽光パネルは2025年に4,596トンが廃棄される見通し、*2:各センターの受け入れ容量は京畿道（BEV用電池1,097個、使用済み太陽光パネル130トン）、忠清南道（BEV用電池636個、使用済み太陽光パネル266トン）、全羅北道（EV用電池1,320個、使用済み太陽光パネル182トン）、大邱市（BEV用電池400個、使用済み太陽光パネル191トン）。センターの総工費は171億ウォン（約17.1億円）

インドネシアでは廃棄物に係る規制は整備されているがリサイクルについては未整備の状況である

1-2 F インドネシアにおける政策動向



項目	内容
名称	環境保護管理法（2009 年法律第32号）
施行年	2009年
規制当局	環境林業省
適用範囲	家庭・産業等から排出される危険・有害廃棄物*1（B3廃棄物）
B3廃棄物の処理フロー	

項目		規制内容
概要		✓ B3 廃棄物の事例、環境管理・保護のための個人・企業・政府の責務を規定
許認可		✓ 環境林業省もしくは地方政府から許認可を得た事業者のみが回収・運搬・処理等を実施可能
関係業者の義務	収集者	✓ 廃棄物に関する種類、特徴、総量などについての記録作成、第二行政区（県）の知事及び環境省への報告（6 ヶ月に最低 1 回）
	運搬者	✓ 廃棄物ドキュメントと呼ばれるマニフェスト文書への記載、排出者が指定した利用者・処理者・処分者への引渡し
	利用者（リユース・リサイクル業者）	
	処理者（無害化業者）	✓ 処理した廃棄物に関する発生源、種類、特徴、総量、運搬者等についての記録作成、6 ヶ月以内の報告義務
	処分者（埋立業者）	✓ 廃棄物の発生源、種類、特徴、総量、運搬者名の記録の作成・保管、及び最低 6ヶ月以内の報告義務
リサイクル		✓ リサイクルに関する規制は未整備 ✓ LIBのリサイクルは実施されておらず、廃棄物として処理

出所：日本貿易振興機構アジア経済研究所「アジア各国における産業廃棄物・リサイクル政策情報提供事業報告書」、*1:爆発性、引火性、毒性等の特性を持つ廃棄物が対象となる、*2:現地廃棄物処理事業者へのヒアリングによると、鉛蓄電池1個当たり5ドル程度排出者から回収している。なお、回収に係る費用は5~10ドル程度。

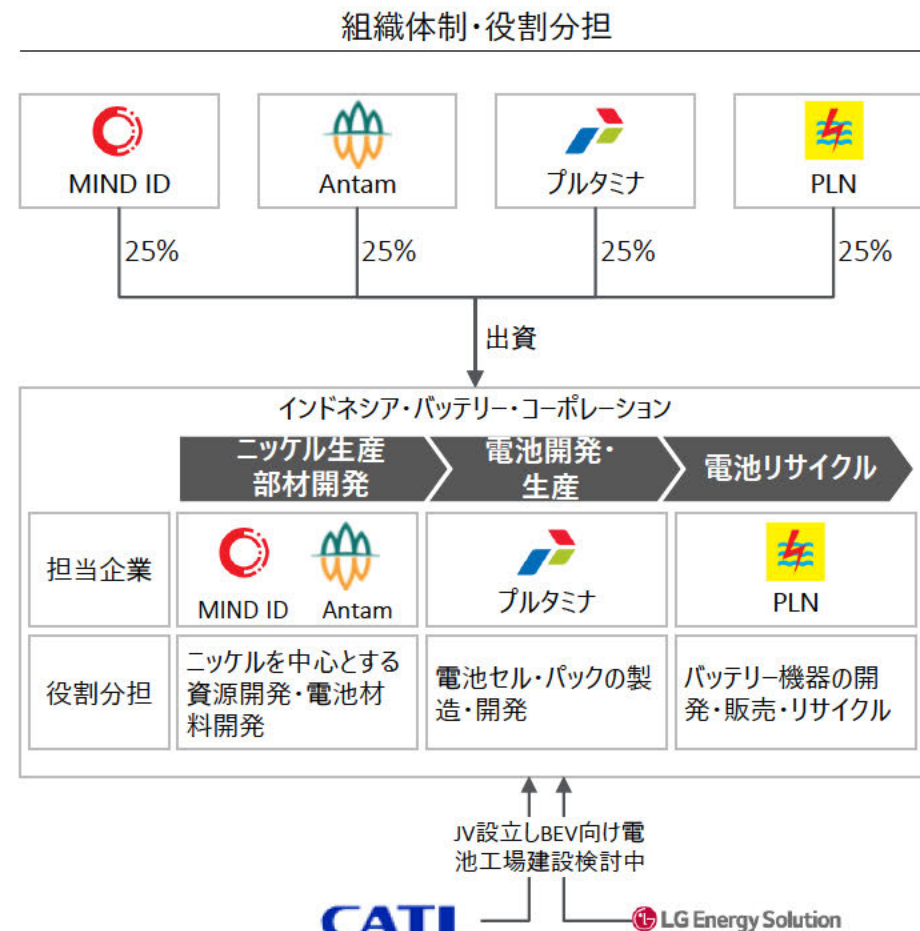
インドネシアでは国営企業4社により新会社が設立され ニッケルの生産から電池のリサイクルまでのサプライチェーンを構築する動きがある

1-2 F インドネシアにおける電池サプライチェーン構築動向

 インドネシア

項目	内容
新会社名	インドネシア・バッテリー・コーポレーション
設立日	2021年3月26日
目的	原料となるニッケル鉱石の採掘から電池のリサイクルまで、国内でサプライチェーン（調達・供給網）の構築
出資元	MIND ID（国営鉱業持株会社） Antam（国営鉱業会社） プルタミナ（国営石油会社） PLN（国営電力会社）
生産開始年	2023年（目標）
投資計画	総投資規模は\$170億程度 最初の2年間は事業の上流側に投資する計画

出所：JOGMEC Website、ドイツ・インドネシア商工会議所Website



2. 鋳物資源の必要量推定

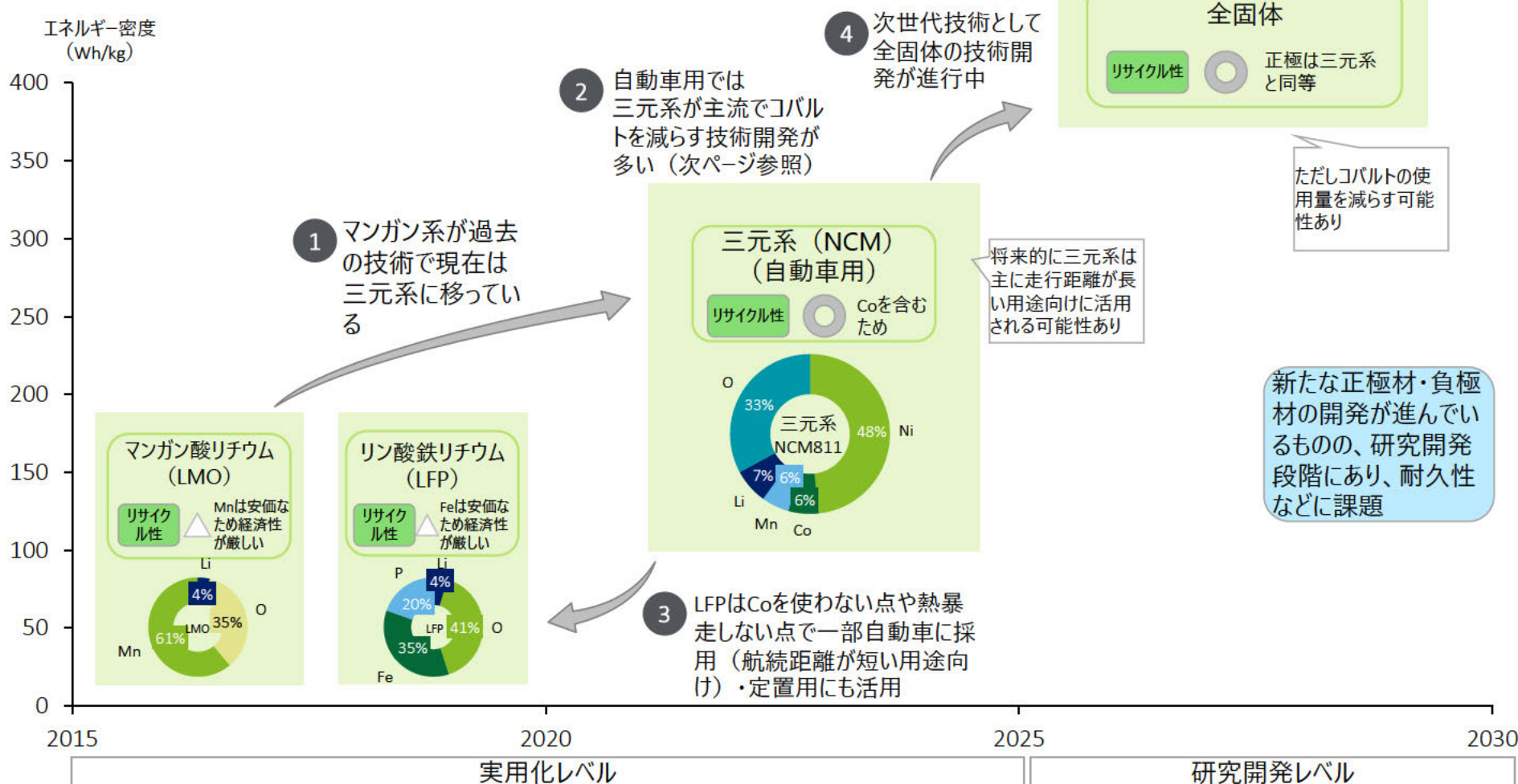
2.1 LIB部素材の鋳種・消費量調査

2.2 LIB製造に必要な鋳種選定・必要量調査

商用化できている技術の中では三元系が主流であり コバルト等の使用量を減らす研究開発がトレンドとなっている

マンガン系リチウムは価格が安いのでリサイクルが進みにくく、三元系はコバルトを含むため経済性は相対的に高いとされる。全固体になっても正極材は基本的に変わらないとの見方が多い。

LIB正極材の技術開発動向



2. 鉱物資源の必要量推定

2.1 LIB部素材の鉱種・消費量調査

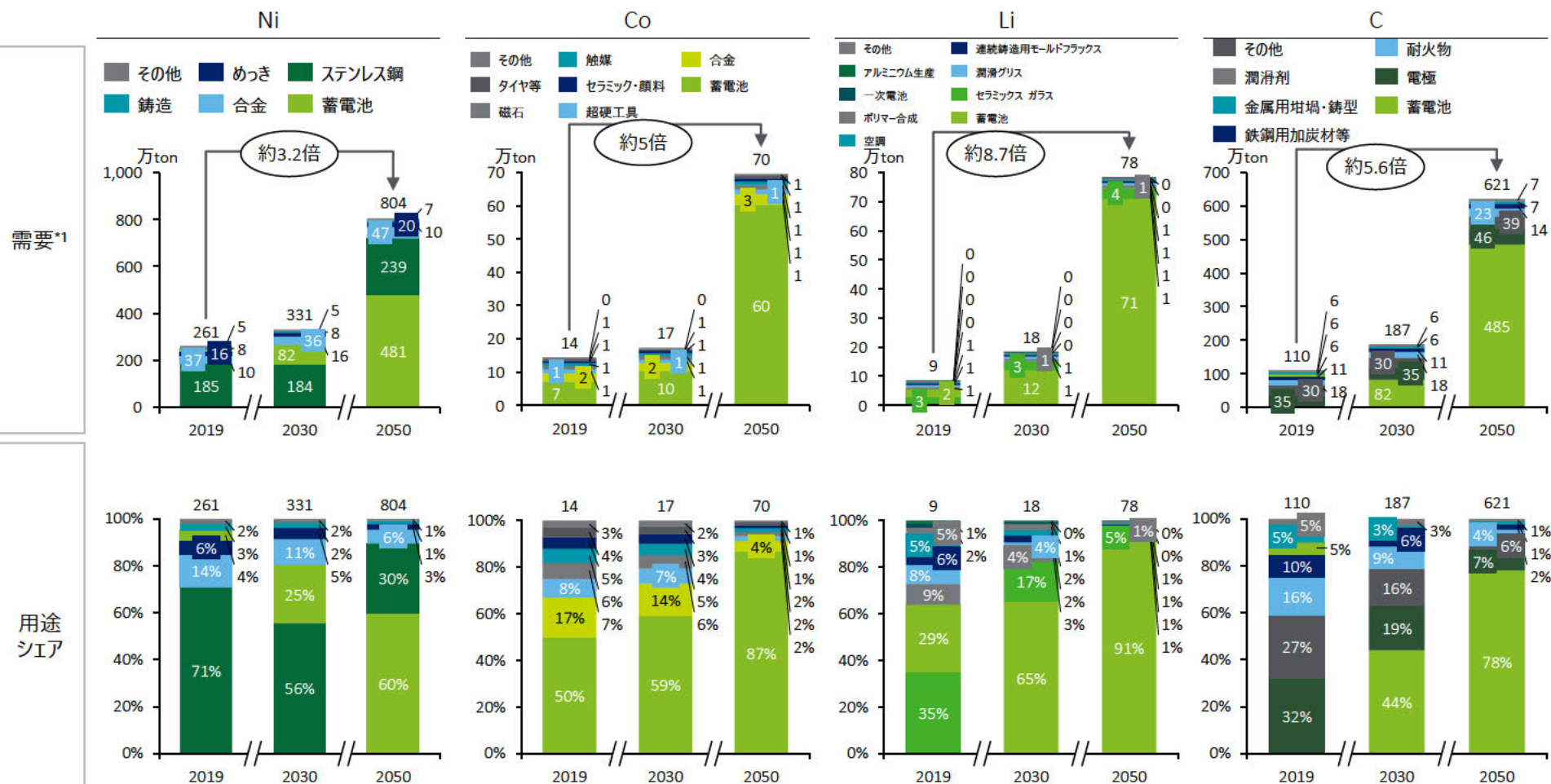
2.2 LIB製造に必要な鉱種選定・必要量調査

使用される蓄電池を全て三元系とする場合

2050年における各鉱種の蓄電池向け用途シェアはCoとLiで約90%となる可能性がある

世界における鉱種別使用量見通し

世界



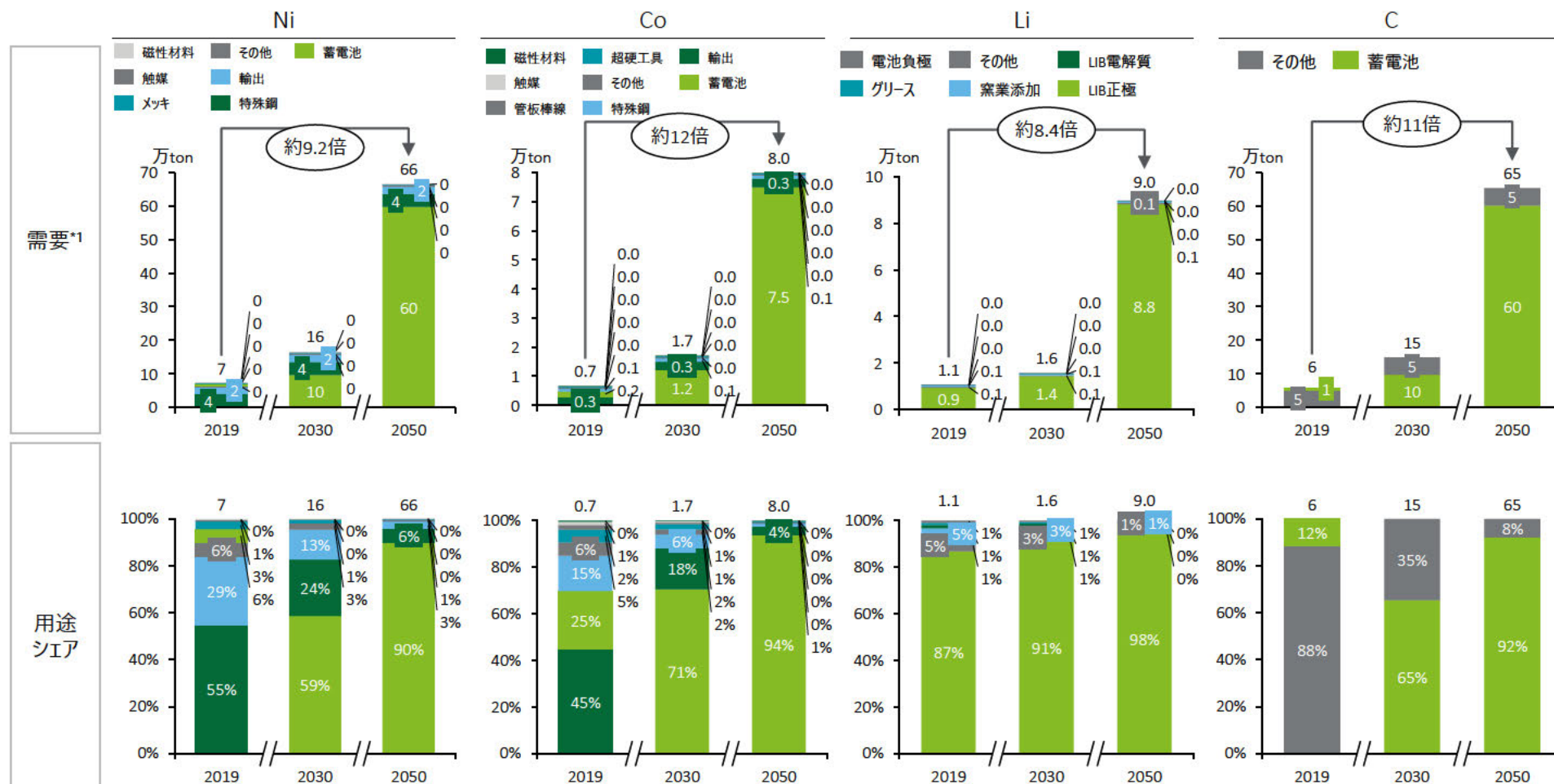
出所：USGS Website等各種公開資料をもとにDTC作成、*1:蓄電池は車載用LIBの容量に1kWhあたり鉱種別使用量を掛けて算出。それ以外の用途別需要に、Ni、Co、Cは鋼材需要と連動すると仮定し、IEA、"Iron and Steel Technology Roadmap"における鋼材需要のCAGR（2019~2030:0.5%、2030~2050:1.3%）を掛けて算出、Liは人口と連動すると仮定し、国際連合による人口予測のCAGR（2020~2030:0.9%、2030~2040:0.7%、2040~2050:0.6%）を掛けて算出*2:埋蔵量を2020~2050年までの約30年間で割り算

使用される蓄電池を全て三元系とする場合

2050年における各鉱種の蓄電池向け用途シェアは90%を超える可能性がある

日本における鉱種別使用量見通し

日本



*1:2019年はJOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー」等各種公開資料をもとにDTC作成、2030年、2050年の蓄電池は車載用LIBの容量に1kWhあたり鉱種別使用量を掛けて算出。それ以外の用途別需要は横ばいとした

3. 回収量拡大を要する鉱物資源特定

3.1 鉱種別供給状況・見通し

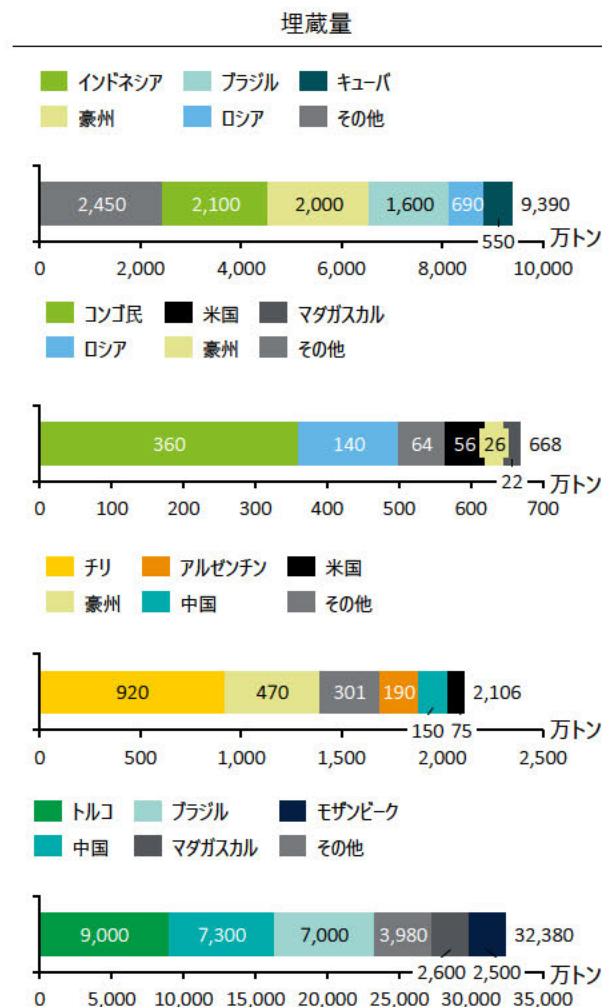
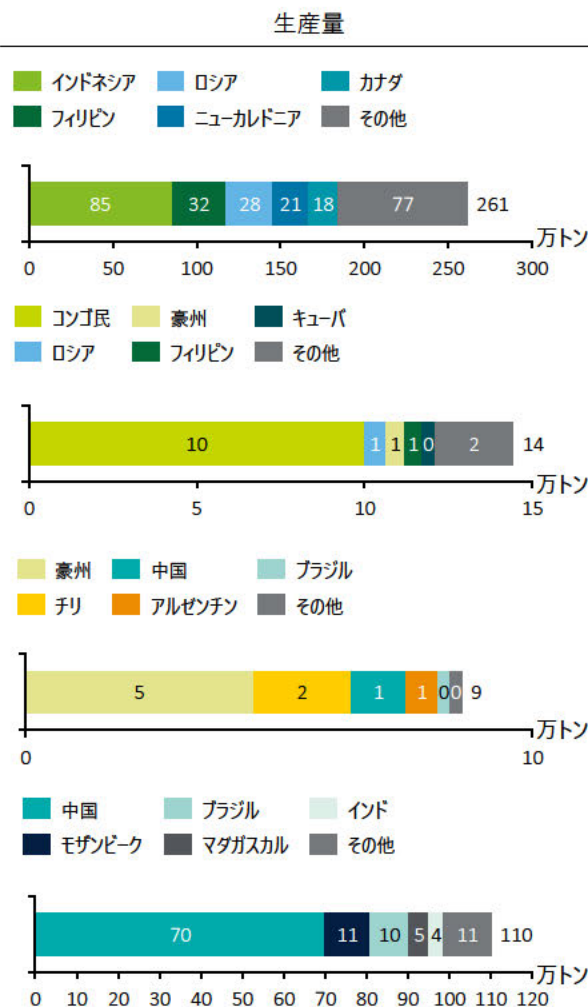
3.2 鉱種別サプライチェーン

コバルト、ニッケルの順でリサイクルの必要性が高く 長期的にはリチウム等もリサイクルした方が望ましいと考えられる

対象鉱種の生産量・埋蔵量

鉱物資源	リサイクルの必要性	増産ポテンシャル	既存埋蔵量の採掘終了年
ニッケル (Ni)	増産余地はあるが、いずれリサイクルは必要になる	一定の増産余地あり	2042年
コバルト (Co)	増産余地が少なくリサイクル優先度高 技術開発により使用量削減可能	パイプロであり増産しにくい	2044年
リチウム (Li)	リサイクルは望ましいがニッケルやコバルトと比較すると増産余地がある	増産余地が多い	-
グラファイト (C)	原料の品質を問わなければバージン品で供給可能 高品質なグラファイトをリサイクルできるのであれば有益	品質を問わなければ増産余地が多い	-

出所：USGS Website



3. 回収量拡大を要する鉱物資源特定

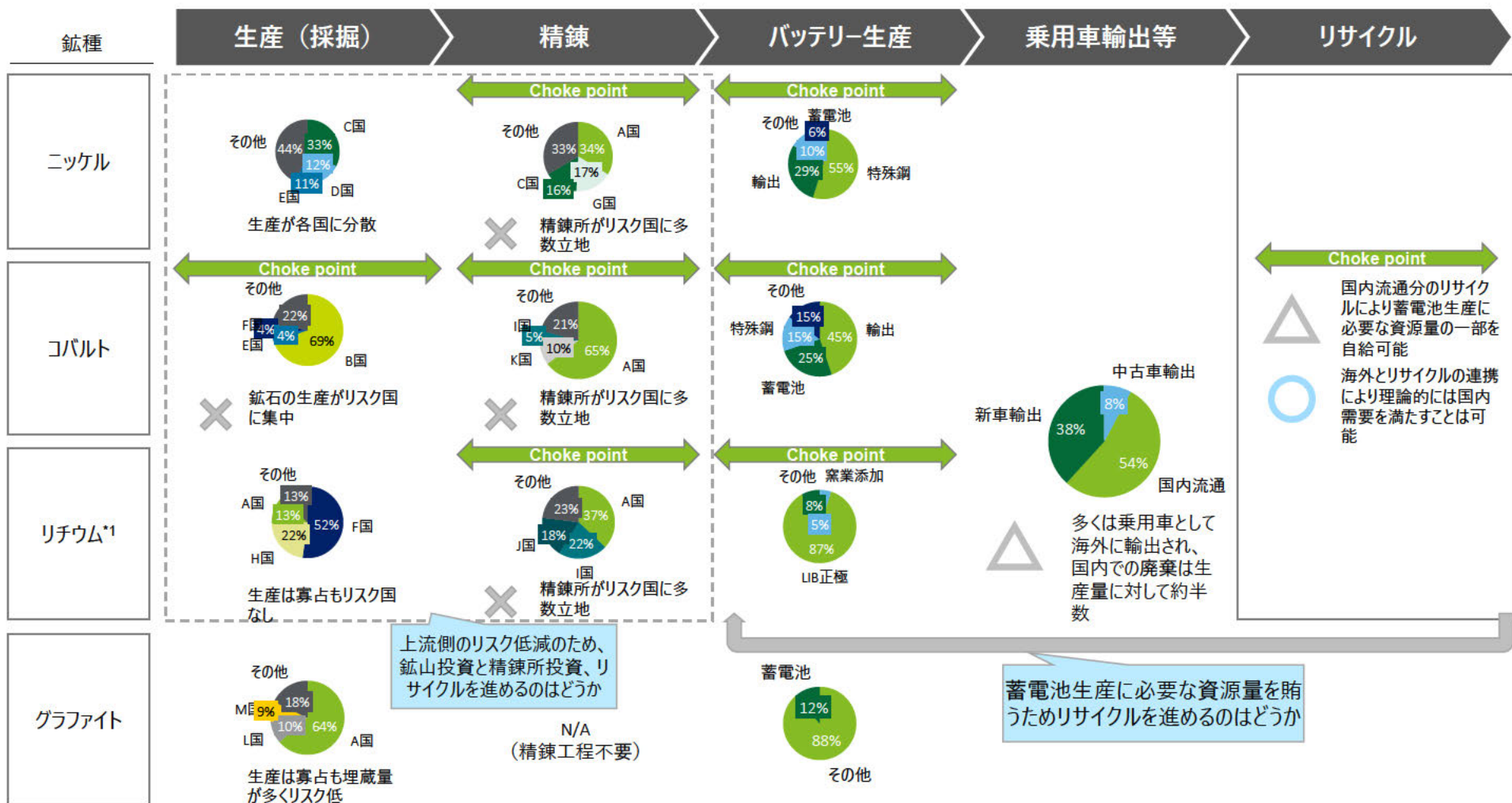
3.1 鉱種別供給状況・見通し

3.2 鉱種別サプライチェーン

③ 回収量拡大を要する鉱物資源特定

上流側にチョークポイントがあるため 供給安定性の確保に向けては
鉱山等への上流投資とリサイクルを同時並行で行ってはどうか

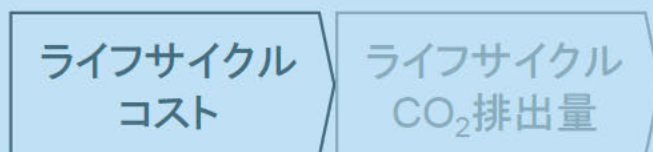
バリューチェーンとチョークポイント



*1:精錬は炭酸リチウムのシェア

4. 課題整理

4.1 ライフサイクルコスト・CO₂排出量

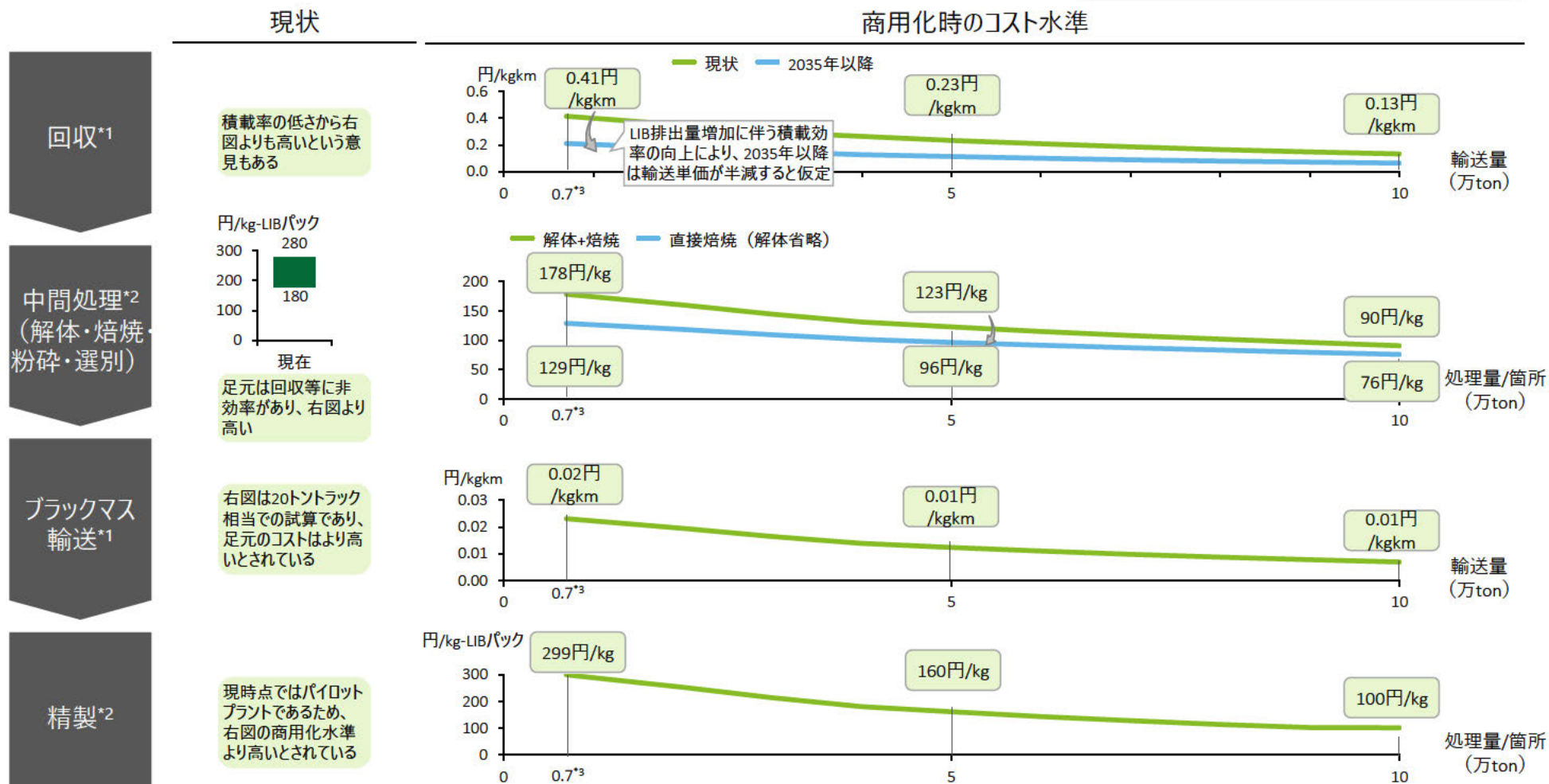


4.2 回収量拡大のための課題整理

リサイクル業者へのヒアリング等をもとに一定の効率化が進んだ前提で推計した

リサイクル費用の感度分析

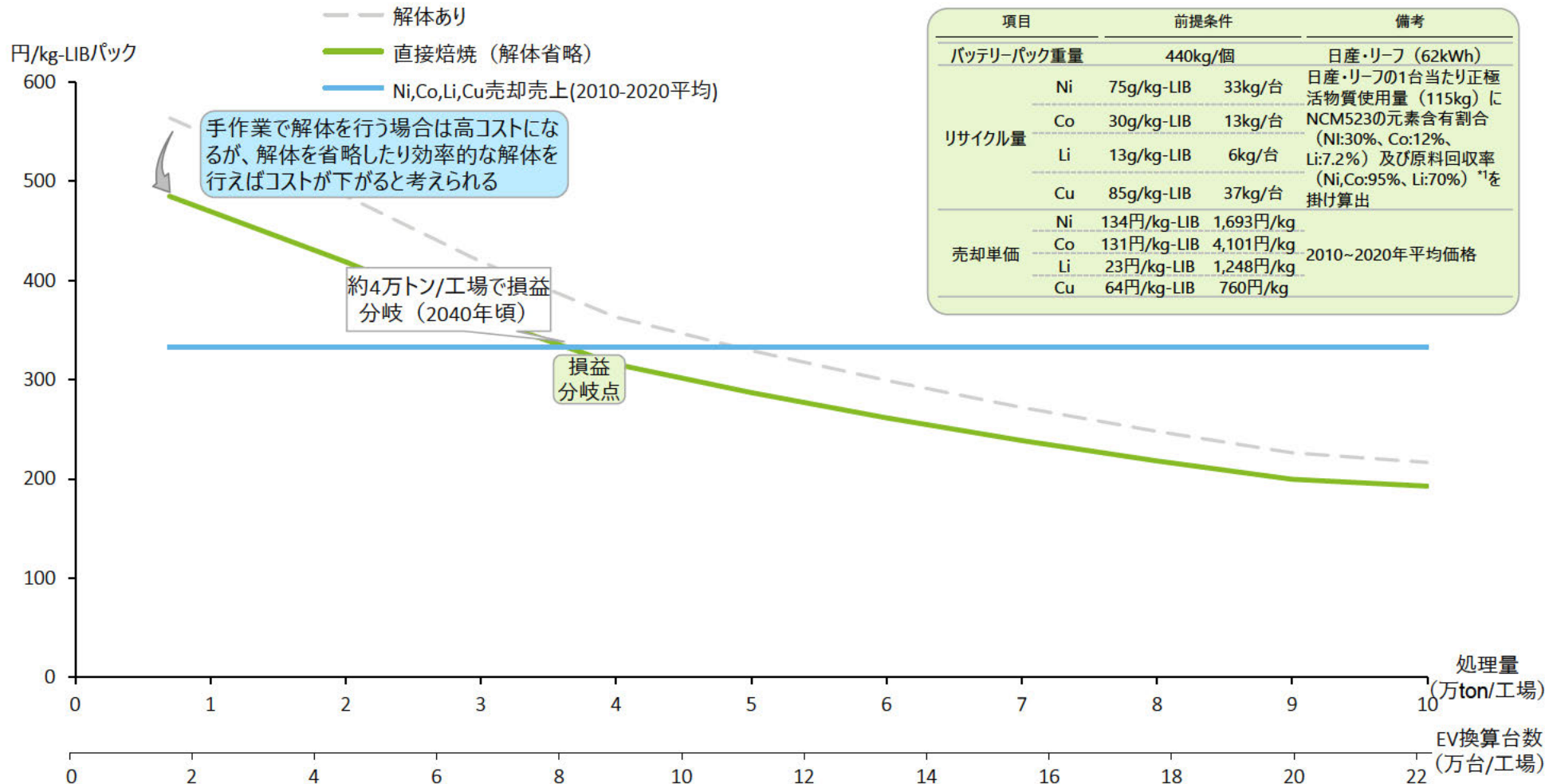
足元のコストは推計値よりも高いがバッチ処理や形状等異なる電池が混在していること等による非効率を加味し足元のコストよりも下がる前提とした



*1:全日本トラック協会による関東運輸局の標準距離制運賃を元にDTC推計、*2:国内外ヒアリングをもとにDTC推計。EUR/JPY=130で換算、*3:リサイクル事業者から0.7万トンがスケールメリットが発生する最低量である旨ヒアリングしたため、0.7万トンを最低値とした

輸送距離を145kmとする場合損益分岐点に達するためには 直接焙焼の場合に工場当たり約4万トンのLIB（パック換算）を処理する必要がある

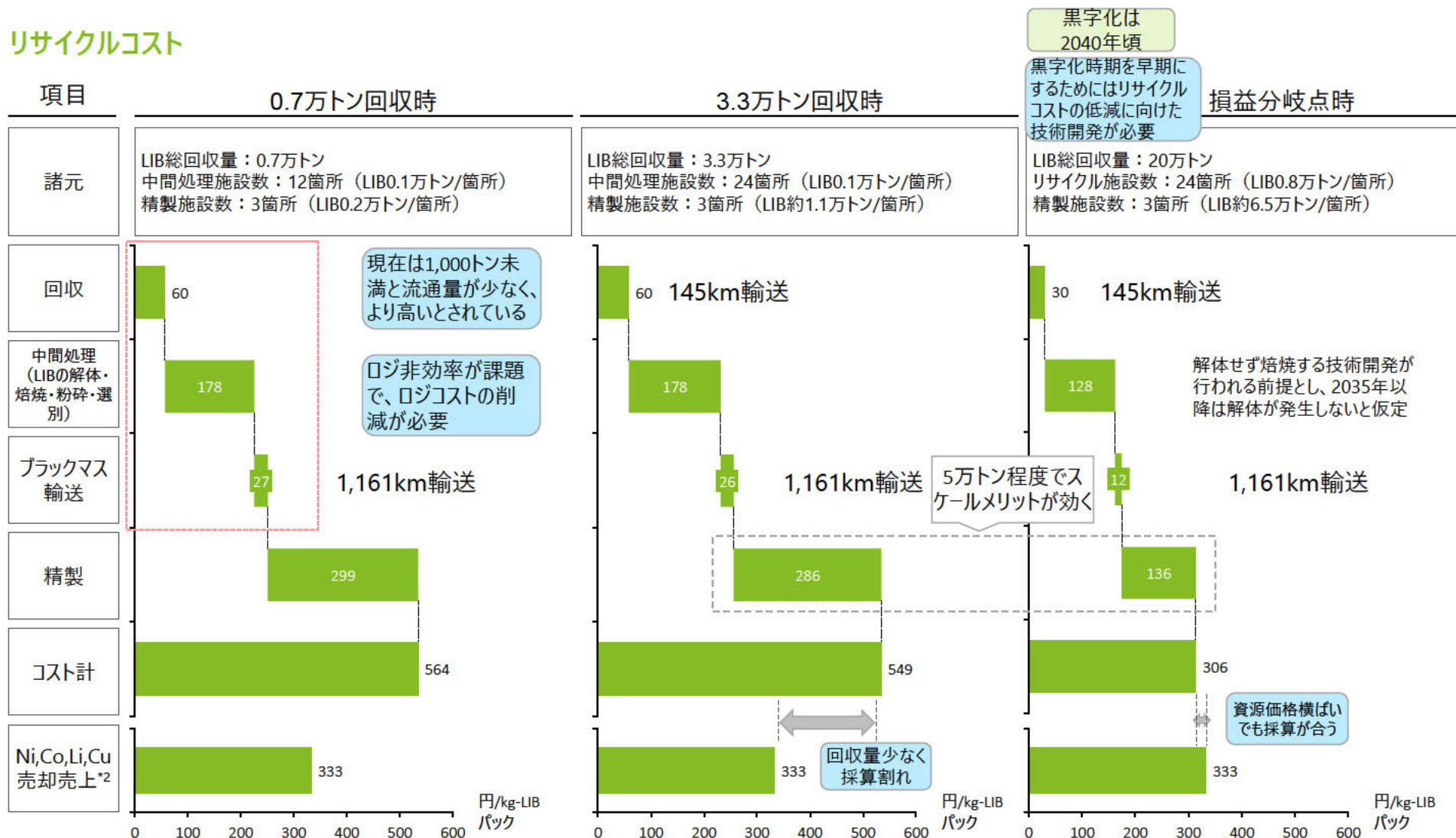
LIBリサイクルの損益分岐点分析



出所：各種文献・ヒアリングをもとにDTC推計、*1:グラファイトは現時点でリサイクルできるか不明のため推計の対象外とした。原料回収率は経済産業省「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装の方向性」における2030年の技術開発目標から抽出

LIBの回収量が増える2040年ごろには 資源価格が横ばいで推移したとしても採算が合う見通し

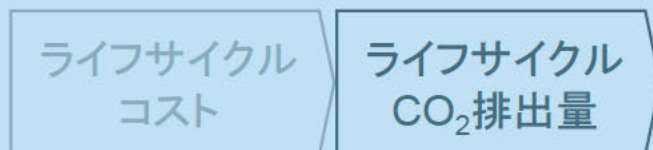
リサイクルコスト



*1:精製施設1か所における最大処理量を10万トンとし、必要となる施設数を算出、*2:2010~2020年の平均価格にLIBの鉱種別含有量を掛け算出

4. 課題整理

4.1 ライフサイクルコスト・CO₂排出量



4.2 回収量拡大のための課題整理

蓄電池原料の採掘・精製時に多量のCO₂を排出すると言われており 実際には文献等の公開資料に記載の値よりもCO₂排出量が多い可能性がある

LIBのライフサイクルCO₂排出量に係るヒアリング結果



研究主幹

蓄電池原料を得るためには低品位の鉱石を精製して品位を上げることが必要で、その過程で多量のCO₂が排出されている。しかし、原料採掘・精製時に発生するCO₂排出量を正確にカウントした文献はほとんどなく、本来よりもCO₂排出量が少なく見積もられていると考えている



部長

バッテリー生産時のCO₂排出量は業界全体では80~100kg-CO₂/kWh程度ではないか。ただし、工場の場所により電力のCO₂排出原単位が異なるため、バッテリー生産時のCO₂もこれに影響される



部長

バッテリー生産時のCO₂排出量は、セル製造・電池組立：採掘・部材製造 = 1:3程度である

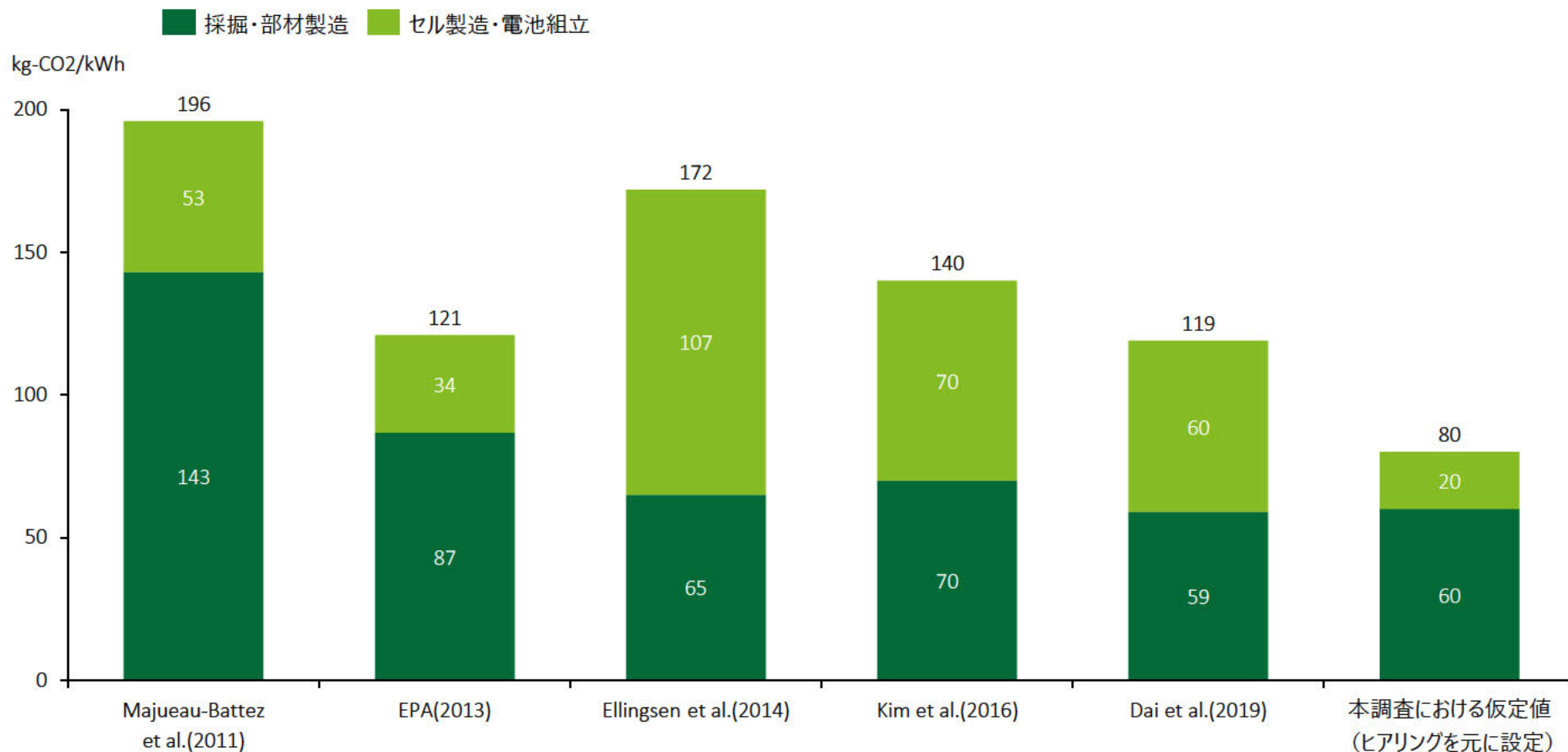


研究主幹

現時点では焙焼時に化石燃料を用いているが、電気炉を用いればCO₂排出量は削減される可能性がある

鉱物資源の採掘～バッテリーの製造におけるkWhあたりのCO₂排出量の推計には幅があり 本調査では有識者ヒアリングを元に80kg-CO₂/kWhとした

三元系バッテリー生産におけるCO₂排出量



出所：Hao et al., "GHG Emissions from the Production of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles in China"、有識者ヒアリング

4. 課題整理

4.1 ライフサイクルコスト・CO2排出量

4.2 回収量拡大のための課題整理

LIBリサイクルの黒字化まで20年弱かかるとの試算もあるため 黒字化時期の早期化に向け複合的に対策を打って行くのが望ましい

本調査における結論・今後の検討課題

章	得られた結論	示唆	今後の検討課題		
1	1-1 LIBがリサイクルに大量に回るのは2030年台後半以降	一層のコスト削減	一層のコスト削減	1 LIBを解体する場合、解体プロセスの標準化と取り外しやすいLIB設計の検討	
	1-2 海外に輸出される電動車が多い	海外展開		2 精製までを見据えたリサイクルプロセスの最適化	
2	2 当面は商用的に使われる正極材は三元系が主体	材料の多様化		3 技術開発による一層のコスト削減（黒字時期前倒し）	
	3	3 上流投資等の対策がなければ、Ni,Coの既存埋蔵量は2050年より前に使い尽くされる可能性があるが、Li,Cは枯渇しない見通し		材料の多様化	4 コスト削減に向けたサプライチェーン最適化（輸送は協業、中間処理は分散配置、精製は大規模化）
4		4-1 LIBリサイクル事業が黒字化するには4万トン/工場程度のサプライチェーンの規模感が必要	一層のコスト削減	海外展開	5 リユースや定置用も含んだリサイクルサプライチェーンの構築
	4-2 1-1の販売見通しを正とするとリサイクル事業の黒字化は2040年頃と見込まれる	一層のコスト削減	6 諸外国におけるリサイクルサプライチェーンの確立（最終的には我が国に金属資源を戻すスキームも検討）		
	4-3 リサイクル材の方がCO ₂ 排出係数は低いとみられる	リサイクルの付加価値定量化	材料の多様化	7 電池材料の省資源化・多様化	
				リサイクルの付加価値定量化	8 EUの動きも見据えた リサイクル品等の認証制度の検討
					9 EUの動きも見据えた 上流資源などのトレーサビリティ

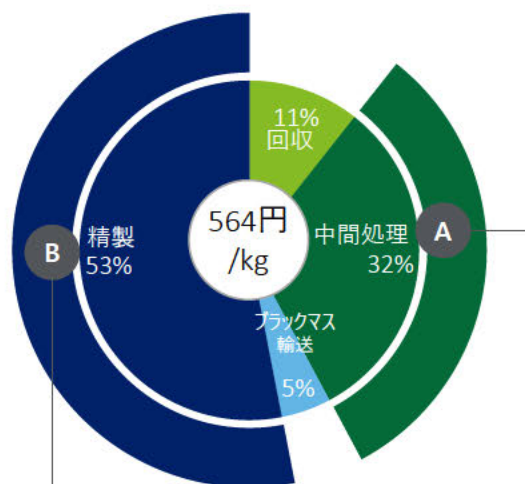
解体コストの低減のための設計最適化や

前処理から製錬まで全体のコスト最適化を図る前・中間処理の在り方の検討が必要

1 2 3 リサイクルに適した設計・全体を見据えた前・中間処理

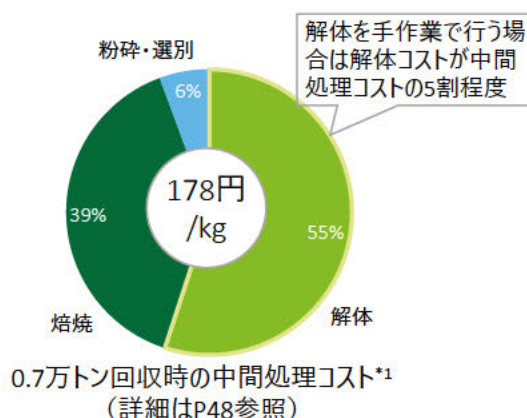
0.7万トン回収時のリサイクルコスト内訳
(スケールメリットが発生する最低量*1)

現在の回収量は1,000トン程度であり、より高コスト



調査の結論

A 中間処理コストの削減



解決策

1 解体を容易にするLIB設計

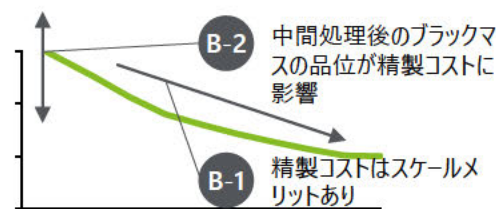
✓ 解体を実施する場合は、解体しやすいLIB設計にすることにより解体コストが低減されるのではないかな

1 解体プロセス標準化

✓ 解体業者ごとに解体プロセスが異なるため、解体を実施する場合は、トップダウンで解体プロセスの標準化を行うことも有効ではないかな

B 精製コストの削減

2 3 後工程を含めた全体最適の実現

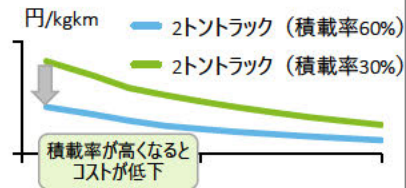
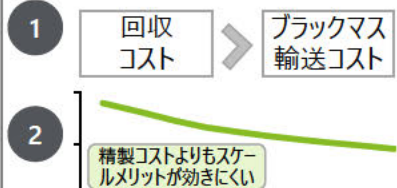
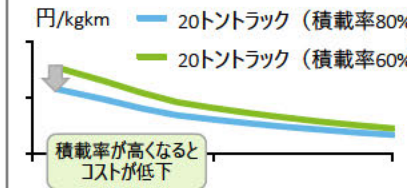
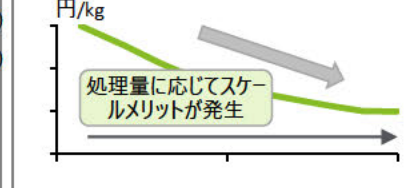


✓ 精製コストも含めた前処理・中間処理の在り方を検討する必要があるのではないかな

*1:中間処理は解体+焙焼を行う前提とした

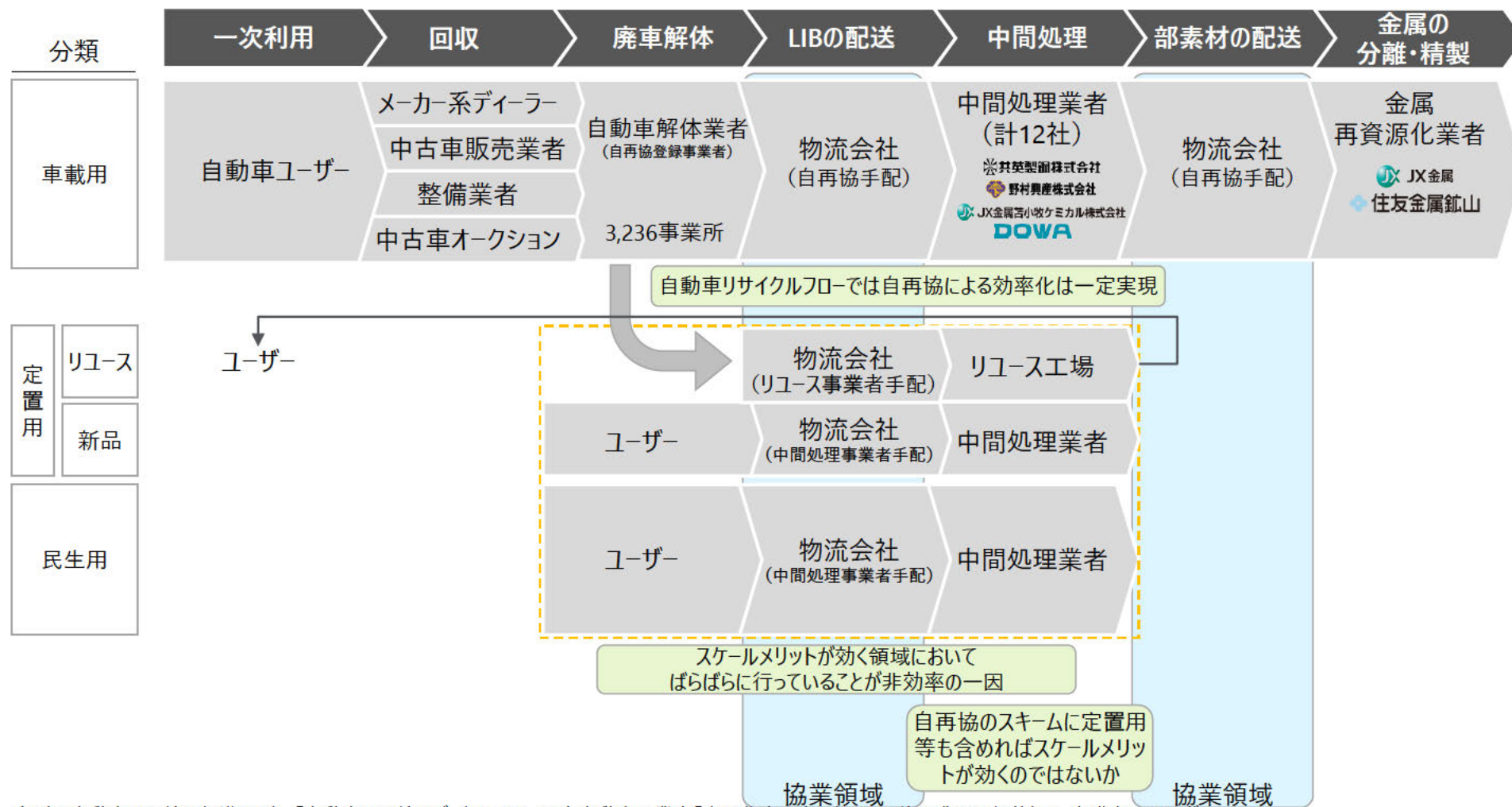
輸送は業者間で協業、中間処理施設は分散配置、精製施設は大規模集約化することでリサイクルコストの全体最適が図れるのではないか

4 コスト削減に向けたサプライチェーン最適化

	回収	中間処理（LIBの解体・ 焙焼・粉碎・選別）	ブラックマス輸送	精製
課題	 円/kgkm — 2トントラック（積載率60%） — 2トントラック（積載率30%） 積載率が高くなるとコストが低下 ✓ 規模の経済よりも積載率がコストに影響するため、積載率の向上が必要	 1 回収コスト → ブラックマス輸送コスト 2 精製コストよりもスケールメリットが効きにくい ✓ 輸送距離が長い場合は輸送コストが高くなるため、輸送距離の短縮が必要	 円/kgkm — 20トントラック（積載率80%） — 20トントラック（積載率60%） 積載率が高くなるとコストが低下 ✓ 規模の経済よりも積載率がコストに影響するため、積載率の向上が必要	 円/kg 処理量に応じてスケールメリットが発生 ✓ 処理量が10万トン程度まではコストが下がるため、大規模化が必要
解決策	協業 ✓ LIBが分散して排出されるため、自動車OEMやリユース事業者間で輸送手段や一時保管場所等の協業を進めることで、2トントラック等の輸送手段の積載率向上を図るのはいかがでしょうか	分散配置 ✓ 全国に中間処理工場を分散配置するのはどうか	協業 ✓ 20トントラック等大型の輸送手段を使用することにより輸送コストを下げるのはどうか	大規模集約化 ✓ 施設当たりの処理量を増やしスケールメリットを得るため、大規模精製施設を全国に集約配置するのはどうか

自動車リサイクルの枠組みの中に定置用・民生用蓄電池を含めることで物量の増加によるスケールメリットが効くのではないか

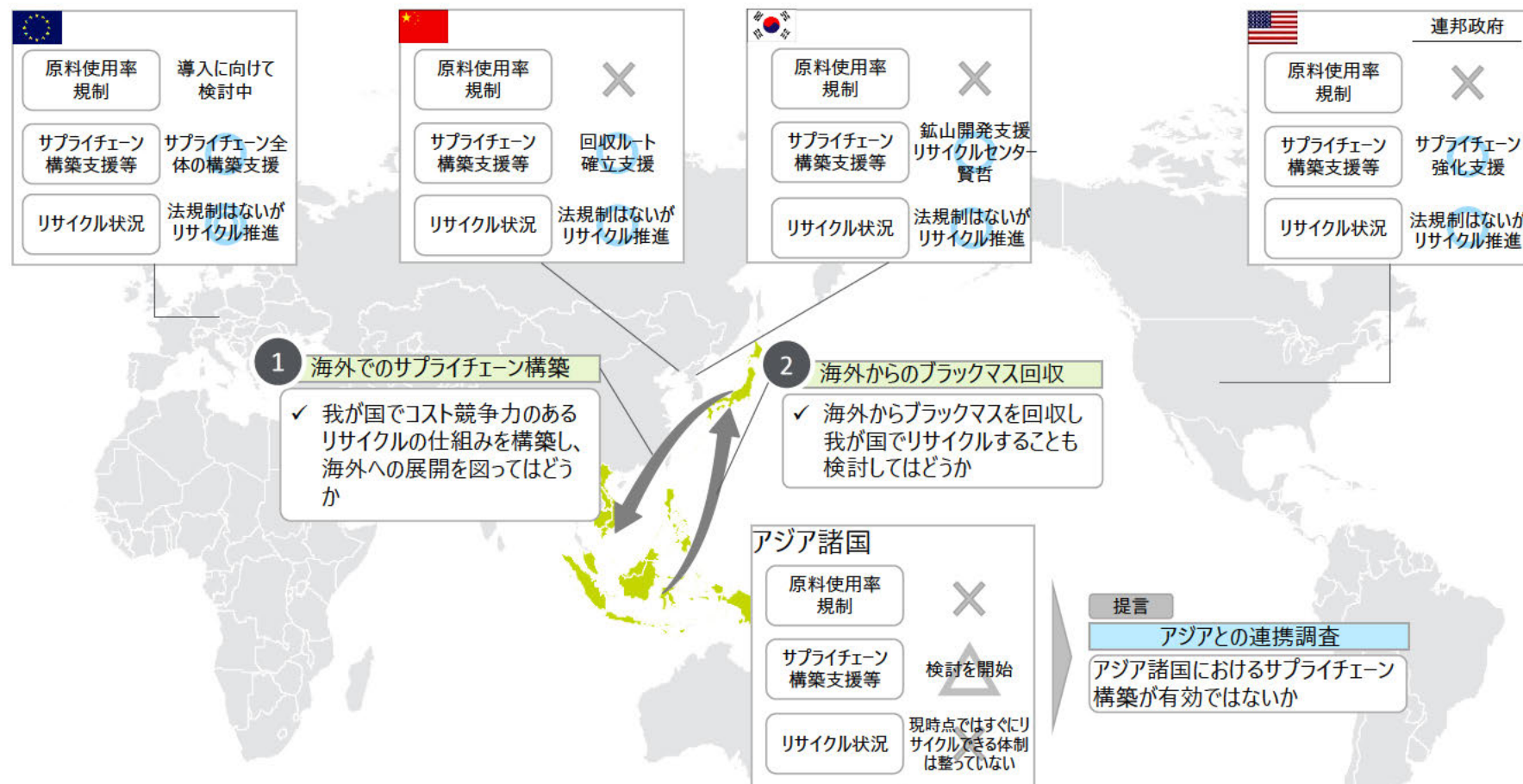
5 蓄電池に適したサプライチェーン構築



出所：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータBook」、日本自動車工業会「次世代車の適正処理・再資源化の取組状況」、有識者ヒアリング

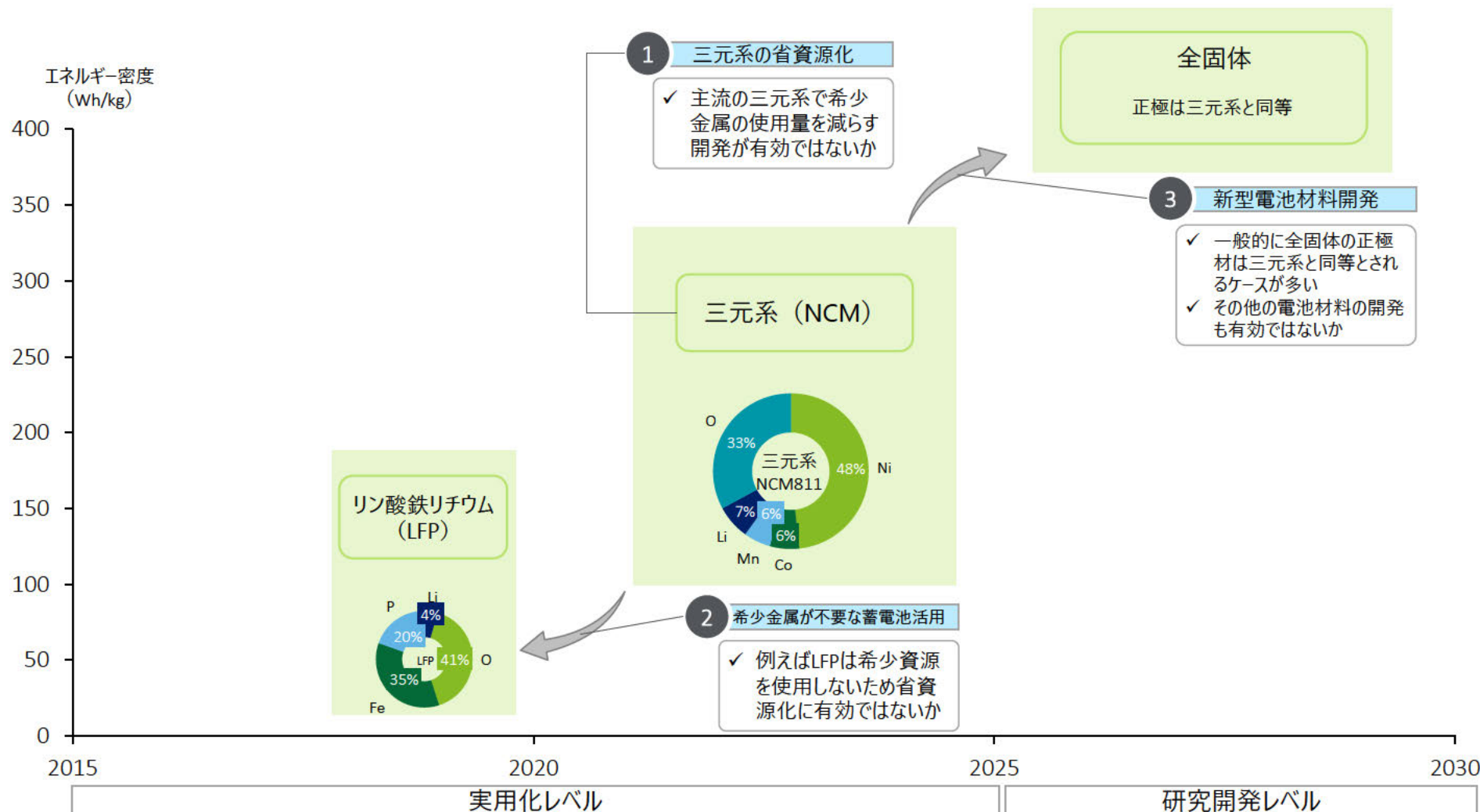
海外でリサイクルのサプライチェーンを構築しリサイクルを進めるのも一案だが そのためには海外におけるLIBの処理について実態調査が必要ではないか

6 諸外国におけるリサイクルサプライチェーンの確立



電池材料の省資源や多様化に係る技術開発を引き続き実施することで希少資源の調達リスクの低減に寄与するのではないか

7 電池材料の省資源化・多様化



Make your impact

国境 を超え、信をつなぐ。

本件に関するお問い合わせ先

Deloitte.

デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社
エネルギーユニット

海外・官公庁チームリーダー
シニアマネジャー
榎本 哲也

Email : teenomoto@tohmatu.co.jp

〒100-6390 東京都千代田区丸の内 3-2-3 丸の内二重橋ビルディング
www.deloitte.com/jp/dtc

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイト ネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ 合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人 トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャル アドバイザリー 合同会社、デロイト トーマツ 税理士 法人、DT 弁護士 法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション 合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のビジネス プロフェッショナル グループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスク アドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上に1万名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュート マツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバル ネットワーク 組織を構成するメンバー ファームおよびそれらの関係法人のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバー ファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバー ファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィック における100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、リスク アドバイザリー、税務およびこれらに関連するプロフェッショナル サービスの分野で世界最大級の規模を有し、150を超える国・地域にわたるメンバー ファームや関係法人のグローバル ネットワーク（総称して“デロイト ネットワーク”）を通じFortune Global 500®の8割の企業に対してサービスを提供しています。“Making an impact that matters”を自らの使命とするデロイトの約312,000名の専門家については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。



二次利用不可リスト

報告書の題名	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）
委託事業名	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）
委託事業名	デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

頁	図表番号	タイトル
6	図1	LIBの需要予測
7	図2	世界の乗用車販売台数予測
10	図3	我が国における乗用車のフロー（2019年）
11	図4	変動性再エネ導入量に対する蓄電池導入割合
12	図5	車載用・定置用LIBのサプライチェーン
13	図6	我が国における車載用LIBのサプライチェーン
14	図7	我が国における車載用LIBのリサイクルフロー
16	図8	諸外国における蓄電池に係るリサイクルの現状
17	図9	諸外国における蓄電池に係るリサイクル政策の動向
18	図10	欧州における政策動向
19	図11	欧州バッテリー規則案における規制の導入予定
20	図12	米国における政策動向
21	図13	米国における政策動向
22	図14	米国・カリフォルニアにおける政策動向
23	図15	中国における政策動向
24	図16	韓国における政策動向
25	図17	インドネシアにおける政策動向
26	図18	インドネシアにおける電池サプライチェーン構築動向
28	図19	LIB正極材の技術開発動向
30	図20	世界における鉱種別使用量見通し
31	図21	日本における鉱種別使用量見通し
33	図22	対象鉱種の生産量・埋蔵量
37	図23	リサイクル費用の感度分析
38	図24	LIBリサイクルの損益分岐点分析
42	図25	三元系バッテリー生産におけるCO2排出量
47	図26	蓄電池に適したサプライチェーン構築