

令和5年度無人自動運転等のCASE対応に向けた 実証・支援事業（次世代自動車の普及拡大に むけた蓄電池のデュー・ディリジェンス、 リユース等調査・分析）報告書

2024年02月28日

公開版



ARTHUR D LITTLE

令和5年度
無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業

次世代自動車の普及拡大にむけた蓄電池の デュー・ディリジェンス、リユース等調査・分析

デュー・ディリジェンスの検討

2024年02月28日

公開版

CONTENTS

- 1 DD試行事業の概要・集計結果
- 2 R5年度試行事業を通じた今後の論点

R4年度試行事業の結果、様々な実務上の課題が明確化した。特に、帳票の使用性・評価軸の妥当性・回答の正当性・DD実施にあたる事業者の負担等がR5年度の課題であると認識

人権・環境DDの実施における課題

- 試行事業により、DDの実施における様々な実務上の課題が明らかとなった。

① 帳票項目の内容・量

- 回答欄や帳票シートが多く、回答すべき箇所がわかりづらい。
- 日本語の帳票と英語の帳票で解釈のされ方が異なる可能性。

② DD実施のための社内体制の未整備

- 倫理的な調達やCSRの実施に十分に対応するための人員が割けず、DDの実施が困難。

③ 環境リスク等の新たなリスク項目へのキャッチアップ

- 欧州電池規則案においてリスク項目が追加されるなど、DDに求められる内容が増加しており、対応し続けることが困難。

④ 遠距離事業者とのコミュニケーションコスト

- 直接の取引関係にない事業者や海外事業者については、DDの実施における正確な意思疎通や進捗管理が難しい。

⑤ 秘匿情報の提供への不安

- 機密情報の取扱についての懸念。

⑥ リスク確認結果の正確性

- 事業者によって、DDの理解は様々であり、リスクの確認結果について、正確性・客観性の担保が困難。

⑦ サプライチェーン全体の網羅性

- 回答の辞退や、回答が回収できなかったことなどにより、サプライチェーン上の企業を網羅的に把握することはできなかったため、サプライチェーン全体におけるDDの実施率の確認や、リスク確認を実施できなかった企業の把握が困難。

R4年度の試行事業を通じ、A.DD実施方法の効率化、B.海外動向を踏まえたDD実施スキームの検討、C.データプラットフォームの構築の必要性が確認された

人権・環境DDにおける課題と今後の論点

- 試行事業のスキームによる人権・環境リスクの確認は一定程度機能したものの、実施方法の効率化、確認結果の正確性の担保、サプライチェーン全体の網羅性等の課題の直面。これらを踏まえつつ、実効的なDDのスキームについて、さらに検討を深めていくことが必要ではないか。

DD実施における実態・課題

- ① 帳票項目の内容・量
- ② DD実施のためのリソースの不足
- ③ 環境リスク等の新たなリスク項目へのキャッチアップ
- ④ 遠距離事業者とのコミュニケーションコスト
- ⑤ リスク確認結果の正確性
- ⑥ サプライチェーン全体の網羅性
- ⑦ 秘匿情報の提供への不安



検討の方向性

DD実施方法の効率化

- 事業者へ依頼した帳票項目が多く、回答すべき箇所が読み取りづらく、質問内容・回答方法の明確化など、帳票の改善の余地があった。
- サプライチェーン上の事業者間の、帳票の回答依頼や回収、集計の簡素化を行うことで、進捗管理やコストなど、事業者にかかる負担を低減させるための検討を進めていく。

海外動向を踏まえたDD実施スキームの検討

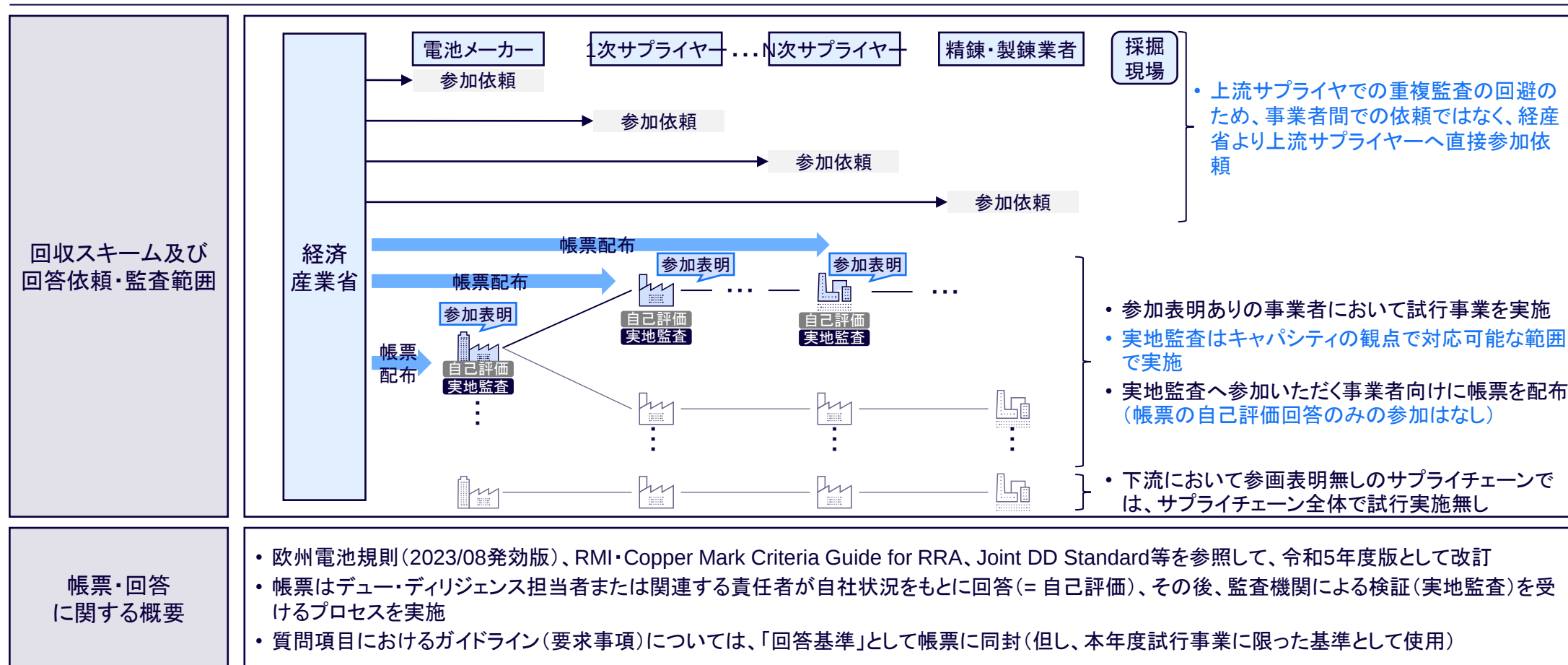
- 昨年度実施した試行事業の調査結果には、客観的な視点を取り入れる必要性があった。
- 今年度以降の取組として、情報の正確性を担保するための、海外動向を踏まえつつ第三者認証を取り入れたDD実施のスキームを検討していく。

DDを含めた蓄電池のサステナビリティに関するデータプラットフォームの構築に向けて

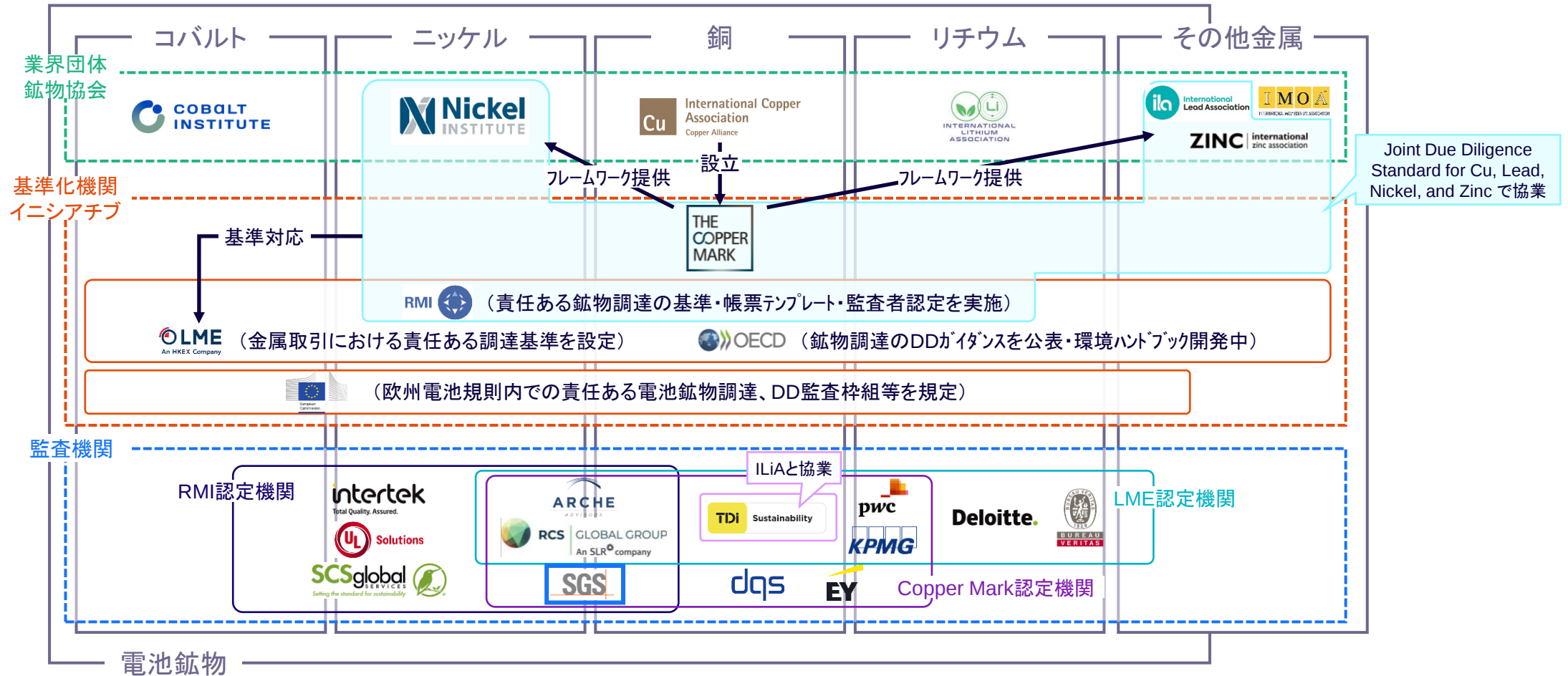
- 海外事業者や取引関係が薄い事業者間における情報収集の難易度やコミュニケーションエラーが課題となった。
- 今後の方針として、円滑なDDの実施を促進や秘匿性の担保を両立するプラットフォームとなる、データ連携が可能となる基盤の構築を中長期的な目線で検討していく。

令和5年度においては、重複監査を回避しつつ、DD帳票の自己評価および実地監査をセットで実施

令和5年度試行事業の実施スキーム



各業界団体とイニシアチブが連携し、責任ある鉱物調達における基準・枠組の策定・対応を実行。
実際の監査活動は各基準化機関に認定された企業や組織がそれぞれ担う



鉱物サプライチェーン関連の主要ガイドラインを参照し、欧州電池規則の適用やリスク評価基準の有無を踏まえ、大枠はOECDのガイダンス、リスク評価は欧州電池規則やRRAを参考に帳票作成

○: 直接言及、△: 対象カテゴリとして含有

鉱物に関するDDガイドライン等の発行機関と対象鉱物／リスクの関係

← 鉱物SC全体に適用可能で、グローバルに広く用いられる基準を帳票更新において参照とする →						前提基準であり左ガイドライン群に内包		鉱業に閉じたもの・出融資基準は対象外とする				
ガイドライン等の名称			欧州電池規則	リスク対応評価のためのクライテリアガイド(RRA)	銅・鉛・モリブデン・ニッケル・亜鉛のためのJoint DD基準	コバルト製錬業者のためのSC DD基準	全ての鉱物SCのための責任ある調達DD基準	責任ある企業行動のためのDDガイダンス	紛争地域及び高リスク地域からの鉱物の責任あるSCのためのDDガイダンス	責任ある採鉱のためのIRMA基準	尾鉱管理のためのグローバル産業基準	出資及び債務保証に係るHSE審査基準
ガイドライン等の説明			欧州市場で流通する蓄電池のDD義務等を規定	鉱物調達におけるリスク評価の基準を提供	OECDガイダンスに則ったDD実施のスキームを基準化	OECDガイダンス等に則ったコバルトのDD基準を提供	OECDガイダンス等に則ったDD基準・スキームを提供	企業がDDを効果的に実施するための実用書	紛争鉱物SC等での人権侵害の回避を目的としたガイダンス	責任ある採鉱の基準と認証スキームを提供	責任ある採鉱と尾鉱管理の基準を提供	採鉱開発における出融資の基準
発行機関			欧州委員会(EC)	RMI・Copper Mark		RMI		OECD		IRMA	ICMM	JOGMEC
機関の説明			欧州連合の政策執行機関で、行財政運営を実施	RMI: 300以上の企業団体が加盟する責任ある鉱物調達イニシアチブ。監査スキームや帳票テンプレート等を提供 Copper Mark: 責任ある銅生産の国際認証機関。他金属協会とも広く連携				38ヶ国の先進国が加盟する、経済成長・貿易自由化・途上国支援を目的とした国際開発機構。持続可能な開発のためのDDガイダンス等を各種発行		大規模鉱山の責任ある鉱業保証の国際イニシアチブ	持続可能な鉱業・金属産業のための国際機関(評議会)	日本の事業者の採鉱開発への出資融資等を実施
対象範囲	鉱物	Co	○	△ (全鉱物を対象)	-	○	△	△	○(高リスク地域)	△	△	△
		Ni	○		○	-	△	△	-	△	△	△
		Li	○		-	-	-	△	-	△	△	△
		黒鉛	○(天然黒鉛)		-	-	-	△	-	△	△	-
			ECによる対象鉱物の追加可能	鉱物SCのプレイヤに広く適用可能		紛争・高リスク地域の特定を重視	全鉱物対象のため、Li等も含有か	SC、ビジネスモデル問わず適用可	紛争鉱物(3TG)	ガス以外の採鉱活動を対象	鉱業事業者を対象	
対象リスク	環境	○	○	-	-	-	○	-	○	○	○	
	人権	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
最終更新年			2023	2023	2022	2021	2022	2018	2016	2018	2020	2020
対象地域			欧州	世界	世界	世界	世界	世界	世界	世界	世界	日本
規則種別			ハードロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	ソフトロー	-

出所: European Union "REGULATION (EU) 2023/... OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of concerning batteries and waste batteries, amending DIRECTIVE 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing DIRECTIVE 2006/66/EC" (2023/06/28), OECD "OECD Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct" (2018), OECD "OECD 紛争地域および高リスク地域からの鉱物の責任あるサプライチェーンのための デュー・ディリジェンス・ガイダンス 第三版(仮訳)" (2016), Copper Mark & RMI "The Criteria Guide for the Risk Readiness Assessment DRAFT FOR PUBLIC CONSULTATION" (2023/02), Copper Mark "Joint Due Diligence Standard for Copper, lead, Molybdenum, Nickel and Zinc Version 3" (2022/08), RMI "Cobalt Refiner Supply Chain Due Diligence Standard version 2.0" (2021), RMI "Global Responsible Sourcing Due Diligence Standard for Mineral Supply Chains All Minerals version 1.1" (2022), IRMA "IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001" (2018), ICMM "Global Industry Standard on Tailings Management" (2020), JOGMEC "出融資及び債務保証に係るHSE審査基準(金属鉱物)" (2020)

DD帳票の大項目1~5はOECDの鉱物SCのDDガイダンスを参考に作成。大項目2のリスク評価について、対象リスクは欧州電池規則、RRAを参考に、評価基準はRRAを参考に作成

大項目	質問の大枠	大項目2: リスク評価	
		対象リスク	リスクの評価基準
① 強固なマネジメントシステムの構築	紛争地域及び高リスク地域からの鉱物の責任あるSCのためのDDガイダンスを参照に設問（デューディリジェンス要件に適用される、国際的に認知された文書として、OECDのガイドラインが言及されている）	NA	NA
② サプライチェーンにおけるリスクの特定・評価		欧州電池規則で明記されているリスク項目（全15項目：2023年6月時点）をベースに、一部RRA Criteria Guideの分類と調整し17項目を対象リスクとしてを設定	リスク評価について詳細が記載されているRRA Criteria Guideを参照の上、三段階評価など有識者のレビューを踏まえ更新（監査では日本の法規を参照）
③ 特定されたリスクに対するマネジメント		NA	NA
④ 独立した第三者機関による監査・検証		NA	NA
⑤ 情報開示		NA	NA

欧州電池規則の全対象項目を網羅しつつ、RRA Criteria Guideのカテゴリーを参考として、R4年度リスク項目の粒度を調整し、17項目へと改訂

R4年度試行事業でのリスク項目		リスク項目の改訂案			主要基準との対応	
分類	対象項目	対象項目	分類	出自	欧州電池規則	Criteria Guide for RRA
大気への影響	大気汚染 ①	① 大気汚染・温室効果ガス	大気	欧州電池規則に合わせて修正	air	GHG Emission, Pollution
水への影響	水の使用 ②	② 水質汚染	水	R4年度項目	water	Pollution
	水へのアクセス ③	③ 水の管理		Criteria Guideに合わせて統合		Water Stewardship
水・土壌への影響	土壌汚染 ④	④ 土壌への影響	土壌	R4年度項目	soil	Pollution
	水質汚染 ⑤	⑤ 生物多様性への影響	生物多様性	R4年度項目	biodiversity	Biodiversity & Productive Land
生物多様性への影響	生物多様性の観点から国際的・地域的に重要とされている種 ⑥	⑥ 有害物質	健康	欧州電池規則に合わせて統合	hazardous substances	Pollution
	公式に定められた保護区 ⑦	⑦ 振動騒音		欧州電池規則に合わせて新設	noise and vibration	-
健康被害	人間の身体的健康 ⑧	⑧ プラント安全性	エネルギー・環境	欧州電池規則に合わせて新設	plant safety	-
	地域コミュニティへの影響 ⑨	⑨ エネルギー使用		欧州電池規則に合わせて新設	energy use	Energy Consumption
労働衛生・安全	化学的な危険性 ⑩	⑩ 廃棄物残渣	労働者の人権	欧州電池規則に合わせて新設	waste and residues	Waste Management
	化学的危険物・有害物質の使用 ⑪	⑪ 労働安全衛生		欧州電池規則に合わせて統合	occupational health & safety	Occupational Health & Safety
	作業設備・装置 ⑫	⑫ 児童労働		R4年度項目	child labour	Child Labor
強制労働	あらゆる形態の強制労働 ⑬	⑬ 強制労働	労働者の人権	R4年度項目	forced labour	Forced Labor
	児童労働 ⑭	⑭ 差別		欧州電池規則に合わせて新設	discrimination	Non-Discrimination..
		⑮ 労働組合の自由		欧州電池規則に合わせて新設	trade union freedom	Freedom of Association..
		⑯ コミュニティの健康・安全	コミュニティ	欧州電池規則に合わせて新設	community life, including that of indigenous peoples	Community Health & Safety
		⑰ 先住民族の人権		欧州電池規則に合わせて新設		Indigenous Peoples' Rights

全15項目をカバー

項目粒度調整に活用

各リスクの特定・評価への対応の網羅性や有効性については、自己評価と実地監査で別の基準を設定。自己評価はRRAの5つの項目で評価するが、実地監査では日本の法規等を基準とした別の項目で評価

カテゴリー	質問番号	監査基準	
		自己評価	実地監査
サプライチェーン マネジメント	大項目1、3~5	OECDのDDに関する5stepに基づき、自己評価と実地監査で同じ質問	
サプライチェーンに おけるリスクの 特定・評価	大項目2	Availability	i. リスクについての理解 ii. 就業規則への反映 iii. 人事部や業務監督責任者向けの手順 iv. リスク発生時の対処方針 v. リスクの特定や軽減にむけた対応計画/評価プロセス vi. 自社SCのリスク確認と対応計画/評価プロセス
		Effectiveness	人命リスクの有無
基準の 参考	-	The Criteria Guide for the Risk Readiness Assessment (RRA) DRAFT FOR PUBLIC CONSULTATION February 2023	
		労働基準法等の日本の法規等	

試行事業では全部で17リスクを対象とし、自己評価では全17リスクを評価しているが、
実地監査では人権に関する5リスクのみを対象とする

	#	リスク	試行事業でのスコープ	
			自己評価	実地監査
環境	1	大気汚染・温室効果ガス	Yes	No
	2	水質汚染	Yes	No
	3	水の管理	Yes	No
	4	土壌への影響	Yes	No
	5	生物多様性への影響	Yes	No
	6	有害物質	Yes	No
	7	振動騒音	Yes	No
	8	プラント安全性	Yes	No
	9	エネルギー使用	Yes	No
	10	廃棄物残渣	Yes	No
人権	11	労働安全衛生	Yes	Yes
	12	児童労働	Yes	Yes
	13	強制労働	Yes	Yes
	14	差別	Yes	Yes
	15	労働組合の自由	Yes	Yes
	16	コミュニティの健康安全	Yes	No
	17	先住民族の人権	Yes	No

自己評価と監査の差分として、要求される枠組み/仕組みがあっても、その内容が不十分であったり、リスク対応における指針の未明記であるケースが存在

	分析
大項目1 強固なマネジメント システムの構築	・ 枠組として存在はしており自己評価でYesとしているものの、その内容が不十分なケースが存在
大項目2 リスクの特定・評価	・ 人権リスクと比較し、環境リスクのavailability/effectivenessは整備途上 ・ 人権リスクについては自己評価が良い場合でも、その方針の明記がなく、実地監査において指摘事項となるケースが発生
大項目3 リスクマネジメント	・ サステナビリティ関連の規定により対応が進められており、自己評価では“Yes”の回答が多い
大項目4 第三者機関の検証	・ 第三者検証を行っているのはR5年度試行事業参加事業者のうち約半数
大項目5 情報開示	・ 自己評価としては対応が一定進んでいるものの、公開報告書においては内容が不十分なケースが存在

CONTENTS

- 1 DD試行事業の概要・集計結果
- 2 R5年度試行事業を通じた今後の論点

監査項目の詳細の精緻化など、人権・環境DD監査の基盤を固めることが重要と認識

		論点
実地監査に関して	監査の実施体制の確立	海外施策の動向や今後の監査需要などを見据えた、監査の実施体制の構築や監査機関の確保
	人権・環境DDにおける監査要求項目の詳細設定	- 人権・環境DDにおける監査の評価、項目、方法の明確化、認識共有 - DDに関する既存のガイドラインや監査スキームの精査、監査対応への落とし込み - DDに関する改善施策の明確化
事業者のDD対応	DD対応に向けた意識啓発/啓蒙	人権・環境DDで求められる対応事項に関する、ナレッジやベストプラクティスの共有などを通じた、DDの実施に向けた業界全体での準備対応
DD対応における事業者の負担軽減	DD実施の負担平準化、効率化	サプライヤーのマッピング/認証のような仕組みを利用したサプライチェーン上流の監査の負荷軽減や、既存の苦情処理メカニズム、既存の認証の活用など、外部リソースの利用によるDDの対応負荷の軽減、効率化の検討
	業界内でのDD実施方法の擦り合わせ	業界全体におけるDDの実施方法の擦り合わせ、特に個々に異なるDDの実施方法への対応による負担増加の防止
	DDの円滑な実施のための基盤構築	サプライチェーン上での効率的な連携や情報の秘匿性の担保に向けた、データ連携基盤の整備や活用

人権・環境DDの対応に向け、まずはOECDのDD5ステップの理解が必須。その上で、JEITAや国連GCNJが発表するガイドラインの実務レベルへの落とし込みが重要

ガイドライン名	発行機関	発効年	対象	概要	位置付け	リンク
紛争地域及び高リスク地域からの鉱物の責任あるSCのためのDDガイダンス	OECD	2016	グローバル	紛争鉱物SC等での人権侵害の回避を目的としたガイダンス	欧州電池規制の人権・環境DDの基礎遵守事項である、OECDのDD5ステップの原典であり、人権・環境DD対応にむけた資料	原文 ^{*1} / 和文 ^{*2}
責任ある企業行動のためのDDガイダンス		2018	グローバル	企業がDDを効果的に実施するための実用書		原文 ^{*3} / 和文 ^{*4}
企業持続可能性デューディリジェンス指令案 (CS3D)	EU	2023	欧州	欧州でビジネスを行う一定規模以上の事業者に対して、人権・環境DDの実施・取組についての開示を義務化する法規	電池に限らず、欧州の産業界全般で求められている人権・環境DDへの考え方/姿勢を理解するための資料	概要サイト ^{*5}
責任ある企業行動ガイドライン	JEITA	2023	日本	取引先を含めたサプライチェーン全体のCSR具現化を目指すためモデル行動規範を規定したガイドライン	OECDのDD5ステップに加え、児童労働等の各種リスクについて、グローバルスタンダードとして実務上求められていることの理解を深めるための資料	資料ダウンロードページ ^{*6}
人権デュー・ディリジェンスの実践のためのマニュアル	国連GCNJ	2023	日本	OECDのDD5ステップをベースに、人権DDを実施するための具体手順を規定	自社のDD対応に直接活用可能な具体例が豊富にあり、人権DD対応を進めるための資料	資料ダウンロードページ ^{*7}

規定の理解

実務向け

*1: <https://www.oecd.org/daf/inv/mne/mining.htm>, *2: https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/csr/pdfs/oecd_ddg_jp.pdf, *3: <https://www.oecd.org/investment/due-diligence-guidance-for-responsible-business-conduct.htm>, *4: <https://mneguidelines.oecd.org/OECD-Due-Diligence-Guidance-for-RBC-Japanese.pdf>, *5: https://commission.europa.eu/business-economy-euro/doing-business-eu/corporate-sustainability-due-diligence_en, *6: <https://www.jeita.or.jp/cgi-bin/public/detail.cgi?id=769&cateid=1>, *7: <https://www.ungcnj.org/objective/procurement/web/hrdd.htm>

令和5年度

無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業

次世代自動車の普及拡大にむけた蓄電池の デュー・ディリジェンス、リユース等調査・分析

リユース・リサイクルの検討

2024年02月28日

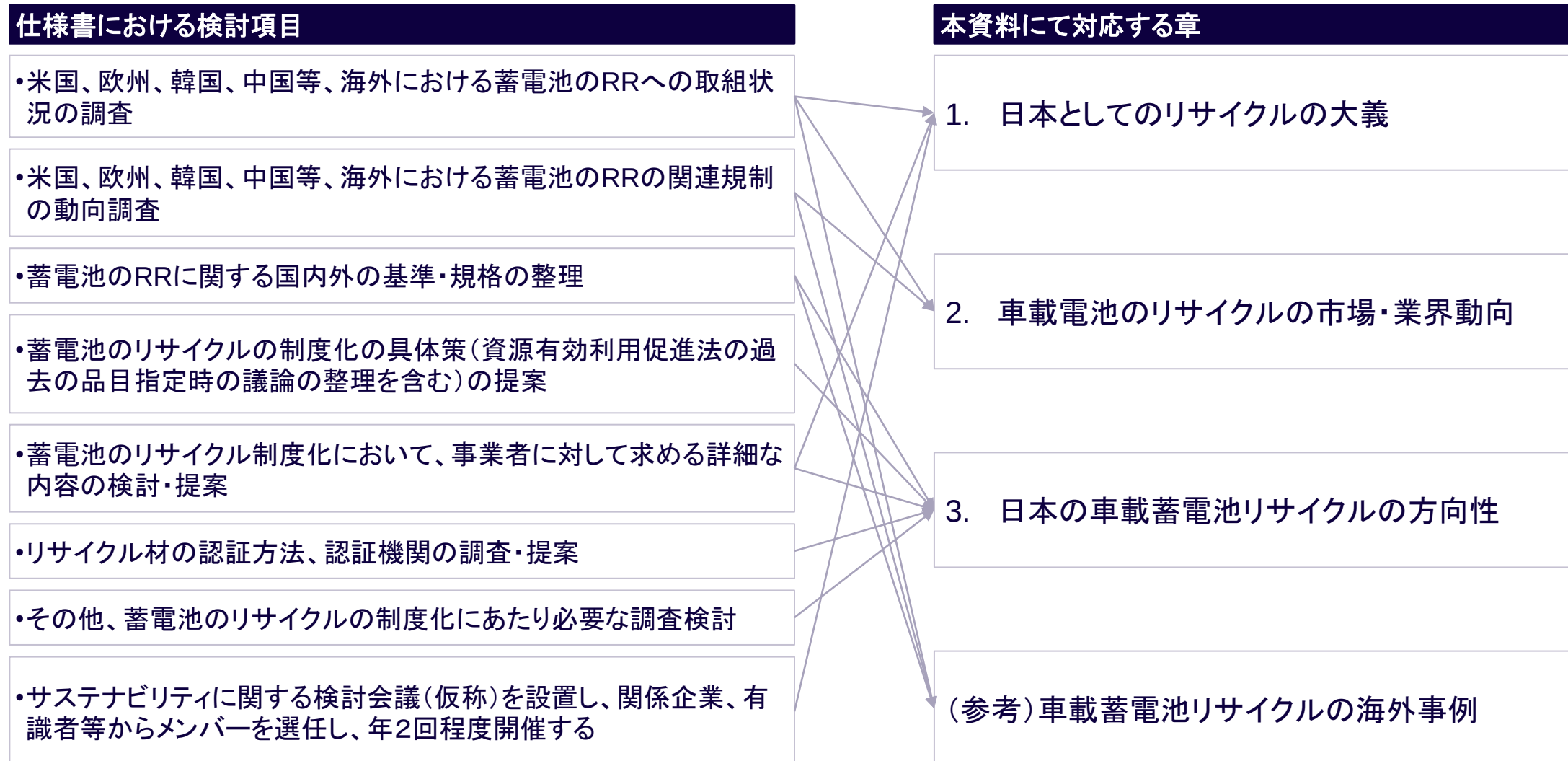
公開版



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry

ARTHUR D LITTLE



CONTENTS

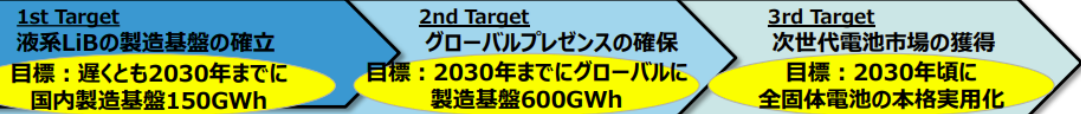
- 1 日本としてのリサイクルの大義
- 2 車載電池のリサイクルの市場・業界動向
- 3 日本の車載蓄電池リサイクルの方向性
参考：車載蓄電池リサイクルの海外事例

2022年に蓄電池産業戦略を策定し、国内外の電池製造能力の目標値を定め、官民一体で蓄電池産業の競争力向上を目指す中、リサイクルも長期と短期の両利きでの取り組みが必要

「蓄電池産業戦略」経済産業省（2022/8、2023/9）

「GX実現に向けた基本方針」内閣官房GX実行会議（2023/2/10）

蓄電池産業戦略（2022年8月）に関連する主な最近の動向と今後の方向性



1. 国内基盤拡充のための政策パッケージ

⇒3,316億円（R4補正：経済安保基金）にて、蓄電池3件、蓄電池部素材12件の設備投資・技術開発の計画を認定。
⇒国内製造基盤の強化に向けて、R6当初にて4,958億円を要求。製造装置メーカーへの支援を含め、民間投資をさらに後押しするための方策の検討を進める。

2. グローバルアライアンスとグローバルスタンダードの戦略的形成

⇒豪州（昨年10月）や米国（本年3月）との協定に加え、カナダと「蓄電池サプライチェーンに関する協力覚書」（本年9月）を締結。
⇒これまで締結した協定に基づく具体的なプロジェクトの組成を促すとともに、同志国・資源国等とのさらなる連携強化を推進する。

3. 上流資源の確保

⇒JOGMECの支援措置の拡充（R4補正約2,000億円）と関係国との関係強化。
⇒資源確保競争が激化する中、リスクの高い案件への投資支援も含めて、支援メニューの拡充について検討する。

4. 次世代技術の開発

⇒R5当初の予算事業及び経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）による次世代電池の開発支援。
⇒技術開発とあわせて、次世代電池市場の獲得に向けてどのような取組が必要か検討を進める。

5. 国内市場の創出

⇒R5当初におけるCEV補助金・インフラ導入促進補助金、定置用蓄電池の導入補助金。
⇒導入をさらに加速するための支援策について検討する。また、系統用蓄電池について、今後、導入見通しの公表を行う。

6. 人材育成・確保の強化

⇒「関西蓄電池人材育成等コンソーシアム」において、産官学で人材育成プログラムの具体化に向けて検討。
⇒2024年度から関西地域にてバッテリー人材育成・確保の取組を本格的に開始するとともに、全国展開に向けた検討を進める。

7. 国内の環境整備強化

⇒試行事業の結果を踏まえ、本年4月、サステナビリティ研究会において、カーボンフットプリント（CFP）算出方法を公表等。
⇒今後、支援措置における要件化や第三者認証について検討。並行してCFP算出等に必要データ連携基盤の構築等を進める。
⇒リサイクルについては、工程端材に関するリサイクルの実態や流通経路を調査し、リサイクルの推進に向けたボトルネックを分析する。

1

【今後の道行き】 事例2：蓄電池産業

■ 蓄電池の2030年目標150GWhの国内製造基盤の実現に向け、今後10年で、省エネ法などで需要側にアプローチして需要を創出しつつ、今後5年間で蓄電池生産拠点への集中投資を行う。



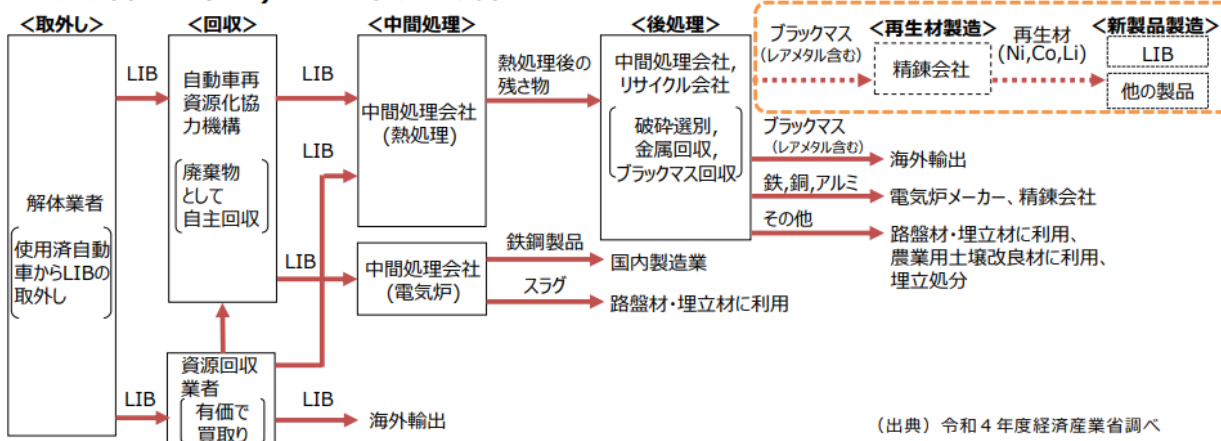
4

リサイクル事業の立ち上げに対し、ブラックマス含む対象電池の海外流出といった課題や、使用済蓄電池より先に工程端材や不良品のリサイクルを念頭とすべき点が確認された

国内環境整備：リサイクル①（使用済蓄電池の流通経路）

- 令和3年度の調査により、解体業者が使用済自動車から取り外した後の蓄電池の流通経路として、約半数がリユースされ、約半数が処理されていることが判明。結果、国内で製造される車載用蓄電池のうち、**国内で使用され中間処理までたどり着くものは約15%程度**。（国内販売 約50%×国内廃車 約70%×中間処理 約40%）
- 令和4年度の調査では、国内での中間処理（熱処理、電炉）以降を調査。**レアメタルを含む中間材（ブラックマス（BM））を回収するのは、使用済蓄電池だけを熱処理するケースのみ**。他方で、国内におけるレアメタルのリサイクルは、**技術開発・実証レベルでは行われているものの、商用化には至っていない**。

<使用済蓄電池（LIB）の国内中間処理以降の流通実態>

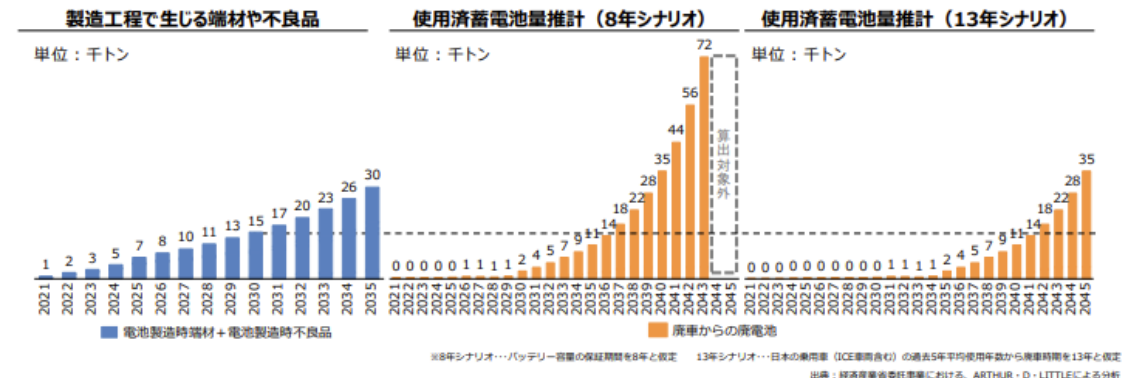


27

国内環境整備：リサイクル②（製造工程から発生する端材等）

- 一定の仮定を元に、製造工程で発生する端材（スラリー残渣物や正極材等の端材など）や不良品の量及び使用済蓄電池量を推計。結果、**当面の間、工程端材や不良品の発生量に比べて使用済蓄電池の量は少ない**ことが判明。
- 国内における蓄電池の製造が進み端材や不良品の発生量は増加傾向にあるが、**リサイクル材を利用することの付加価値が定まっていないこと、また、バージン材に比べてコスト高であること等からリサイクルが進まず**、端材や不良品、そのBM等は主に中国や韓国に流出していると考えられる。
- 中国、韓国においては積極的なリサイクル事業への投資が行われており、大規模リサイクル工場の建設などですでに量産体制に入っている中**、リサイクル材の原料となる工程端材や不良品、使用済蓄電池から処理されるBMの回収・利用について、日本国内におけるリサイクル材の活用を念頭に検討を深化したい。

<国内における蓄電池の製造工程で生じる端材や不良品と使用済蓄電池の発生時期の比較> 一定の仮定の元に推計（暫定版であり、今後見直すこともあり得る）



28

【リサイクル関連議事】

リサイクル技術については、ショートプロセスに向けた技術開発等を早急に進めるべき。
また、リサイクルの規模感に応じた投資を行い、国内で循環できる仕組みを早期に構築する必要がある。

自動車/蓄電池産業の持続的な維持・発展のため、安定的な資源確保とサステナビリティの観点も踏まえた経済性のあるリサイクルループの確立が理想

重要観点		ありたい姿
自動車・蓄電池産業の競争力の維持・発展		- 従来より競争力を有する完成車輸出の堅持 (海外規制対応可/優位性持つ低CFP再生材を搭載 等) - どのような貿易(政治)環境下でも安定的かつ経済的に供給可能な再生材国内製造の実現
経済 安保	戦略的 自立性 (日本+ 有志国でループ)	- 蓄電池資源の他国依存の抑制/脱却により、サプライチェーンの安定化/自立化(地政学リスク低減) - 安定的かつ経済的に供給可能な再生材事業等のため、国内の工程端材・不良品/使用済蓄電池(以下、本資料において「対象電池」と呼ぶ)の回収のみならず、対象電池/BMの海外回収による蓄電池の資源確保(有志国含めたクローズドループ)
	戦略的 不可欠性 (他国を 依存 させる)	環境規制の厳格化やブロック経済化が進展し、諸条件(CFP要件や貿易相手国等)を満たす資源調達に課題を抱える中、低環境負荷かつ日本産の再生材製造により、国際的な資源調達源における日本の重要性/不可欠性の向上
サステナビリティ		- サステナビリティにおける再生材の付加価値向上を通じた、再生材利用の促進 - CFP低減 - LCA評価 - 生物多様性への負荷低減 - 人権リスク低減 等

資源確保

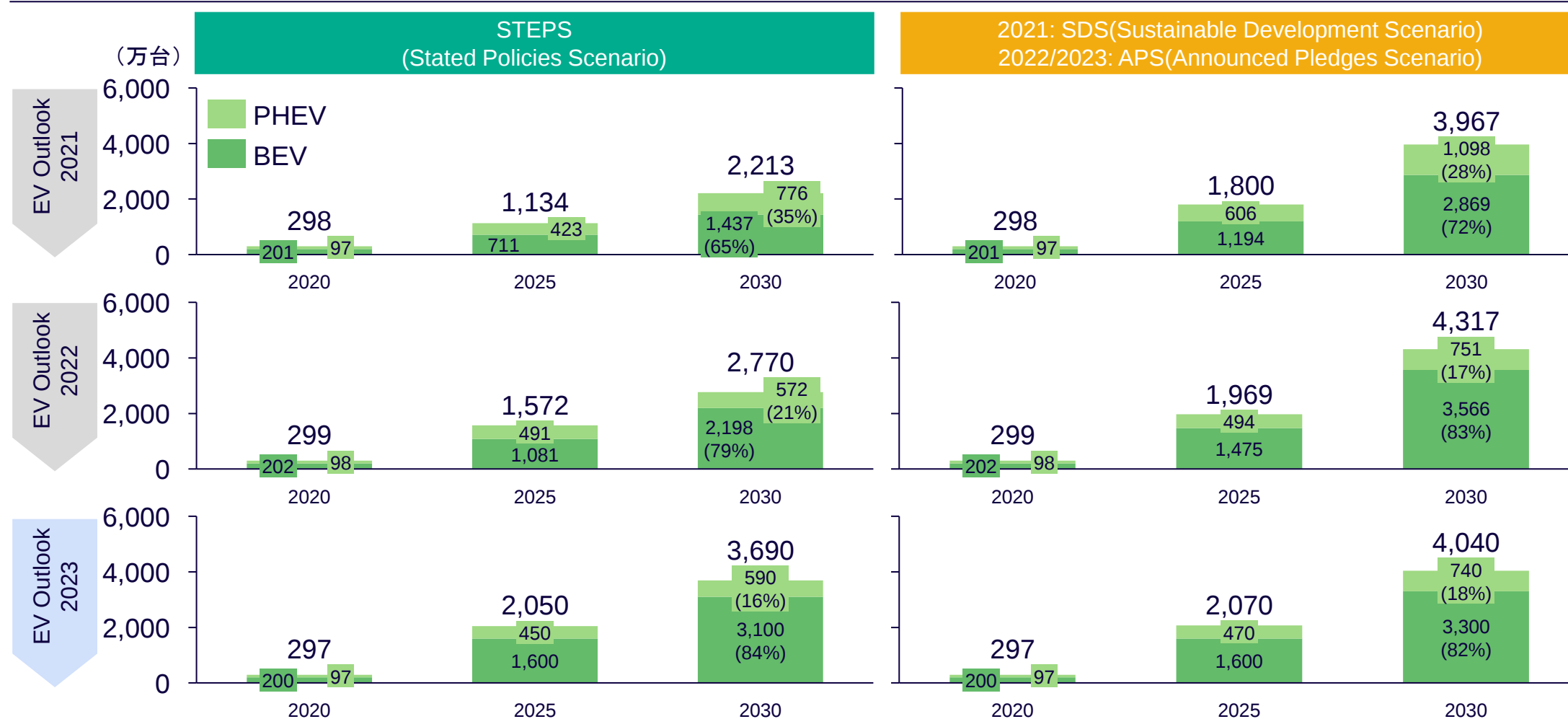
サステナビリティ

CONTENTS

- 1 日本としてのリサイクルの大義
- 2 車載電池のリサイクルの市場・業界動向
- 3 日本の車載蓄電池リサイクルの方向性
参考：車載蓄電池リサイクルの海外事例

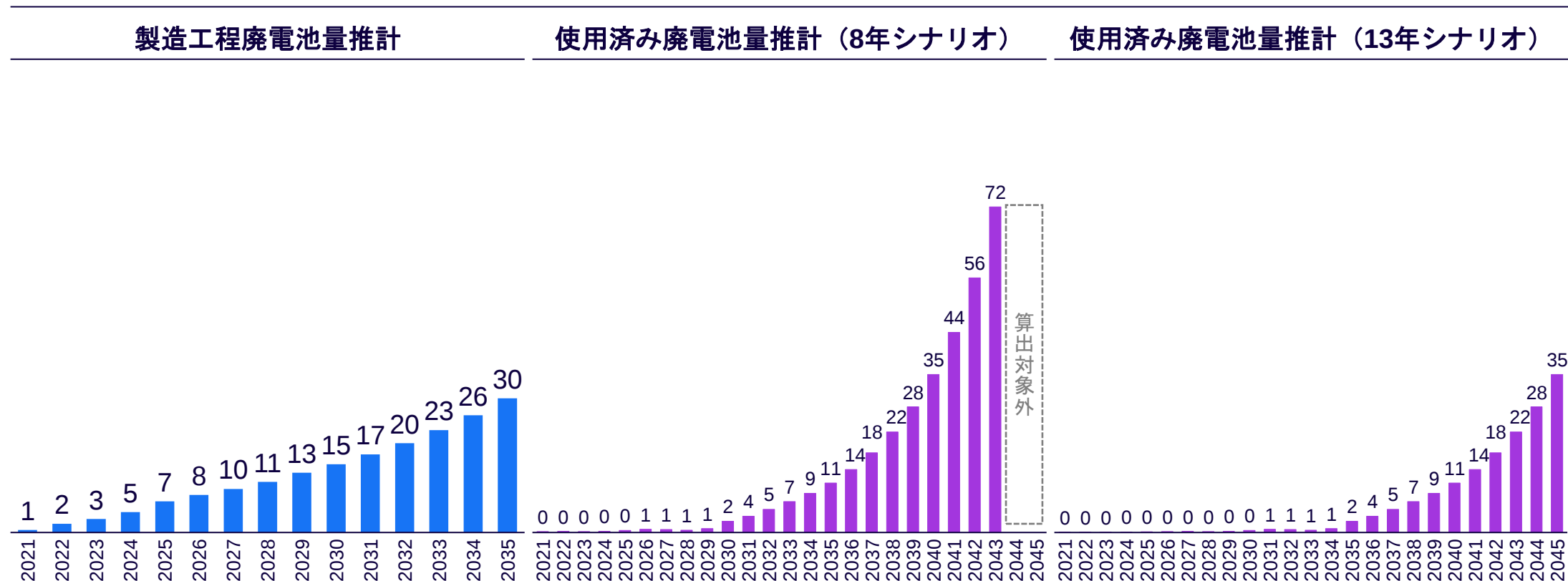
2023年度の予測では、従来の目標値が政策に反映されたことを背景にSTEPSがAPSと同等の予測となっており、2022年度と比して予測台数が大きく上振れしている

EV Outlookのグローバル乗用車のEVs（BEV+PHEV）の変遷（Cars）



BEV台数予測の上振れを反映し、上市から廃電池となる年数で2つシナリオを用意。2035年までは使用済み廃電池の立ち上りは鈍く、製造工程廃電池が主たる発生源となると推定

国内における電池の動脈静脈からの廃電池発生時期の比較 単位：千トン



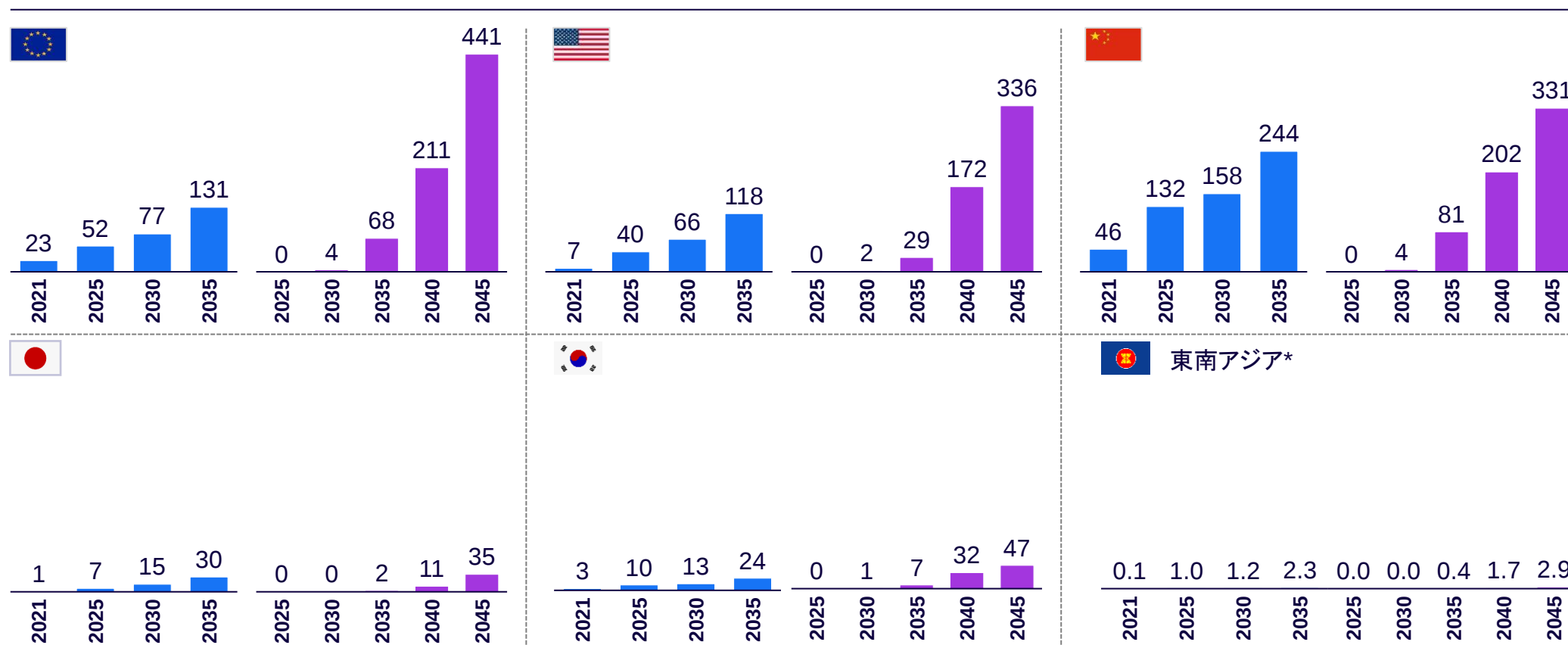
8年シナリオ：既存BEV電池の保証年数から採用、13年シナリオ：日本国内の廃車までの平均車齢から採用

*出所：各種データベースを基にADL作成

各国、製造工程が主たる対象電池発生源であり、特に欧州・中国は足元の規模が大きい。中国、東南アを除き、2035~2040年頃にかけて使用済蓄電池＞製造工程端材・不良品となる推定

■ 電池製造時端材・不良品
■ 廃車からの使用済蓄電池

製造工程端材・不良品および使用済蓄電池量の概算－各国比較（使用済みまで13年の場合）（千t）



主要プレイヤーのリサイクル拠点の初期設備投資は、1万トンの電池セル処理能力換算あたりおよそ数十億円規模で行われている

プレイヤー	リサイクル拠点の投資状況	1万トン電池セル処理あたりの投資額(目安)
 ×  Neometals	- 独 バーデンビュルテンベルグ州にリサイクル工場(湿式)を稼働予定と発表(2023/03) - 投資額: 数千万ユーロ - 処理量: 2,500トンの使用済み電池^{*1}	6.7~67 M€
 ASCEND ELEMENTS	- SK Ecoplantと共同で米ケンタッキー州にリサイクル工場(湿式)を建設と発表(2023/09) - 投資額: 6,500万米ドル - 処理量: 24,000トンの使用済みEV電池^{*1}	45.1 M\$
 Li-Cycle®	- Li-Cycleは米NY州ロチェスターにリサイクルハブ建設(2023/3) - 投資額: 3億7,500万米ドル(米エネルギー省の先進技術自動車生産プログラム融資獲得) - 処理量: 約90,000トンのバッテリー材料	41.6 M\$
 SK on	- SK ecoplantは韓国・慶州市にリサイクル工場を設立(2023/09) - 投資額: 3,300ウォン(約2億5000万米ドル) - 処理量: 不明	-
 REDWOOD MATERIALS	- 米ネバダ州に新工場(湿式と想定)を建設と発表(2022/07) - 投資額: 35億米ドル - 製造量(再生材の換算量): 100 GWh^{*2}	(117M\$)
	- 米サウスカロライナ州に新工場(湿式と想定)を建設と発表(2022/12) - 投資額: 35億米ドル - 製造量(再生材の換算量): 100 GWh^{*2}	再生材での換算量のため参考値

*1: 電池パックと想定し0.6掛けして電池セル重量に換算した; *2: 電池セル当たり重量は 3,000 t/GWhとして計算した
出所: 各種公開情報を基にADL作成

収益性に加えて、二酸化炭素排出削減観点から、米国や欧州では今後は湿式製錬が主流になっていくものと推察

電池生産量
(@2030年,GWh)

中国: 1,090 GWh

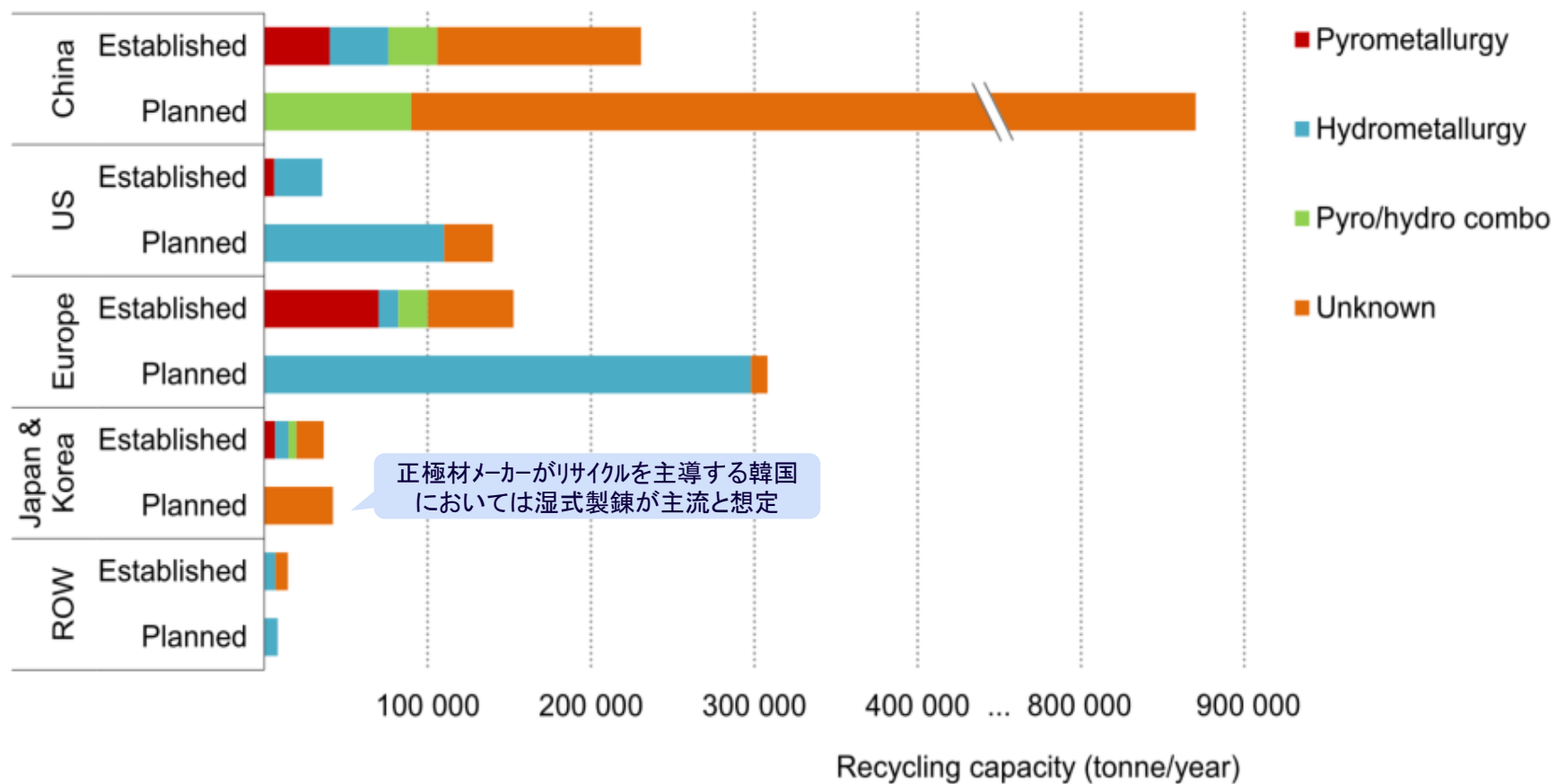
米国: 496 GWh

欧州: 767 GWh

日本: 123GWh

韓国: 152 GWh

Established and planned battery recycling capacity by recycling technology and region, 2023



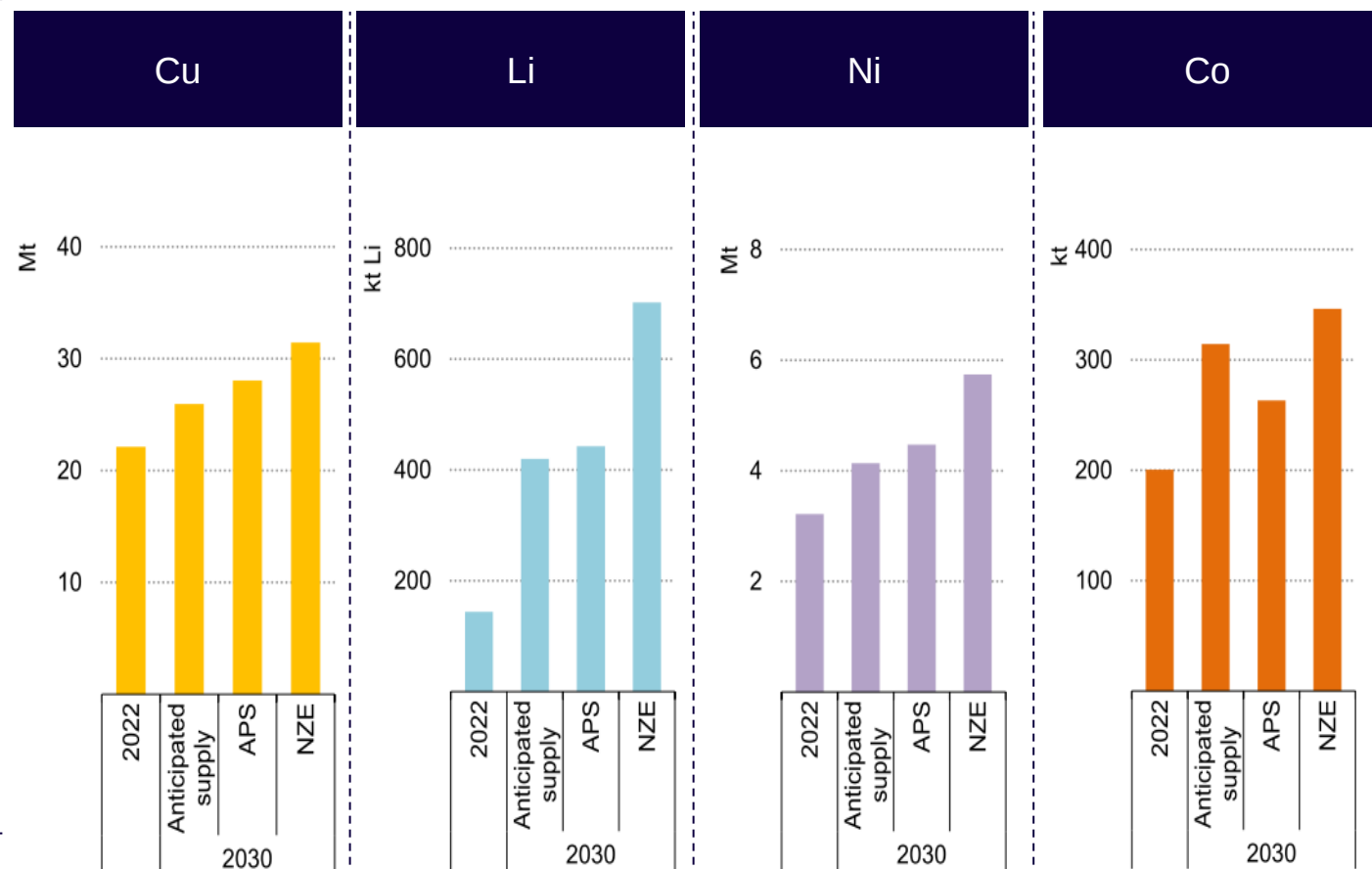
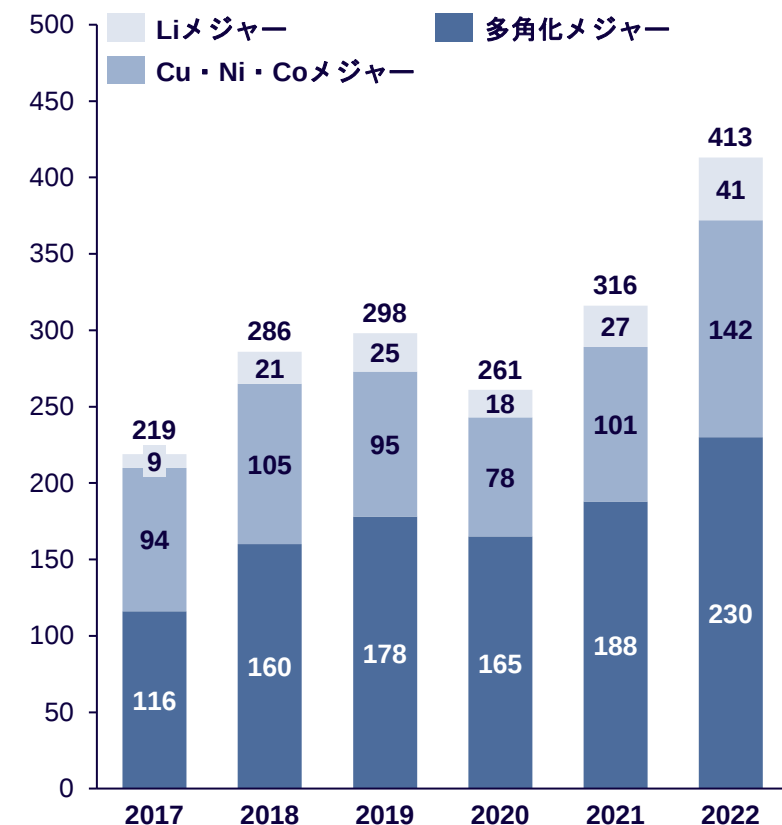
2021年に対し2022年は、鉱山開発への投資が増大しており、2030年の予想供給量がAPS達成に必要な需要量に近づきつつある

IEA 「Critical Minerals Market Review **2023**」を基にADL作成

LiB主要資源鉱物の生産量と供給量の予測

主要資源メジャー^{*1}の生産に対する投資額推移

(億米ドル)

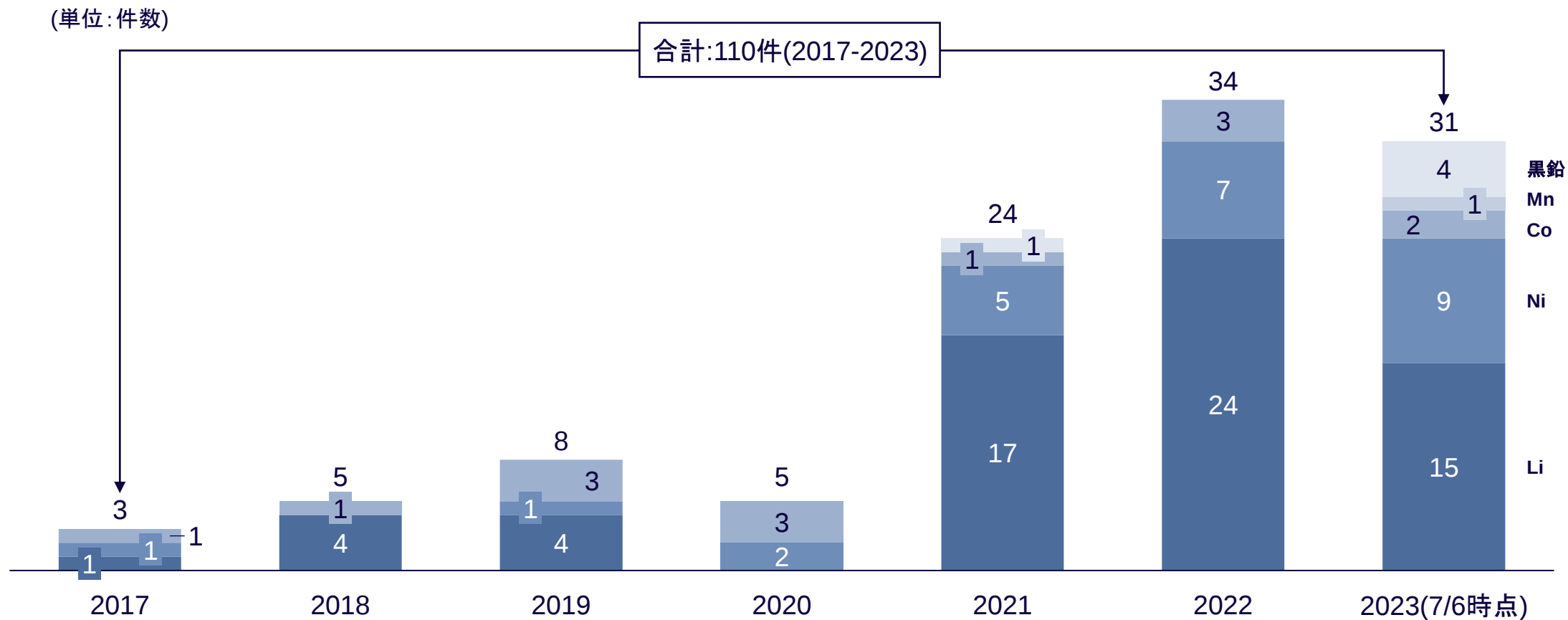


1: 主要20社: Liメジャー(Tianqi Lithium, Pilbara Minerals, Mineral Resources, Ganfeng Lithium, SQM, Albemarle), Cu・Ni・Coメジャー(Zhejiang Huayou, China Molybdenum, Norilsk Nickel, KGHM, First Quantum Minerals, Southern Copper, Codelco) 多角化メジャー(Glencore, Teck Resources, Freeport-McMoRan, Vale, Anglo American, BHP, Rio Tinto)

出所: IEA 「Critical Minerals Market Review 2023」を基にADL作成

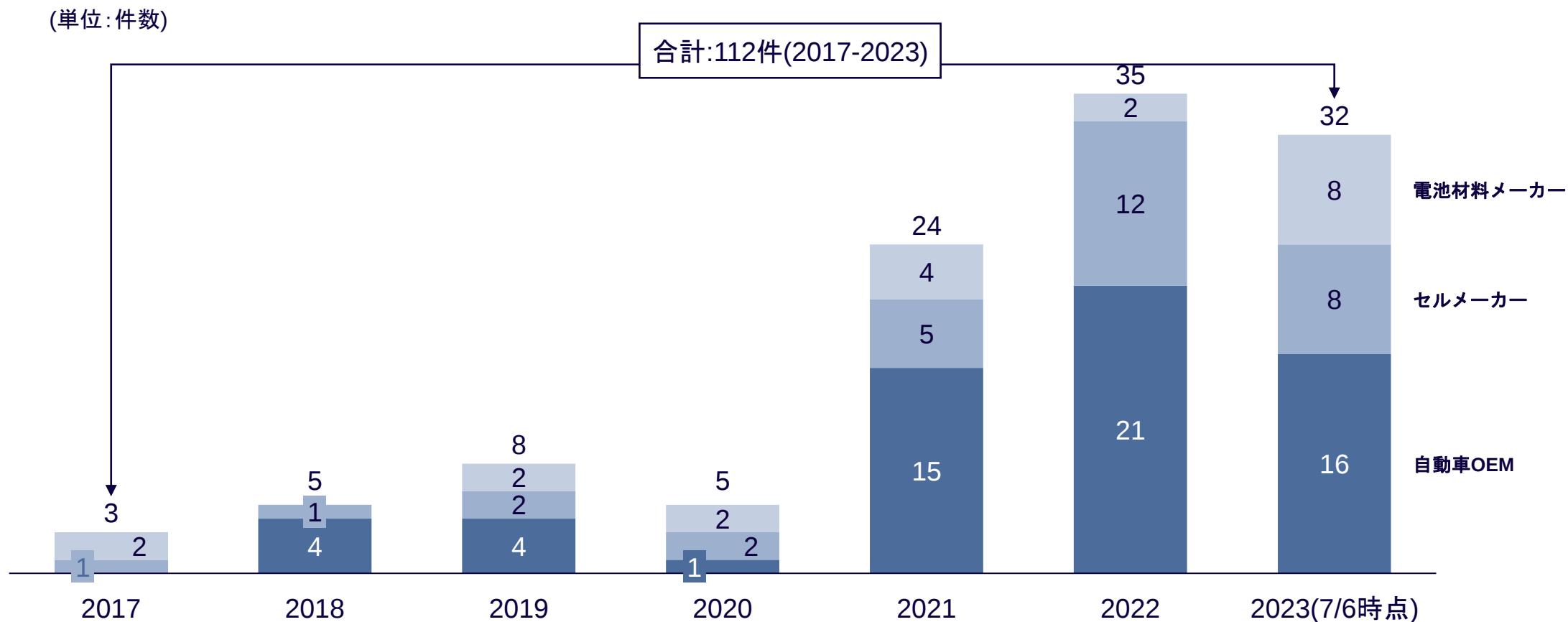
2021年以降、Li・Niを中心に資源獲得に向けた動きが活発化している

LiB主要鉱産資源別 原料調達先との供給契約・提携・投資の実績（2017年以降の公開情報ベース）^{*1}



セル/材料サプライヤやOEMによる直接的な原材料へのリーチも急速に加速している状況。 特に2021年以降、OEMによる直接的な取組が目立つ状況

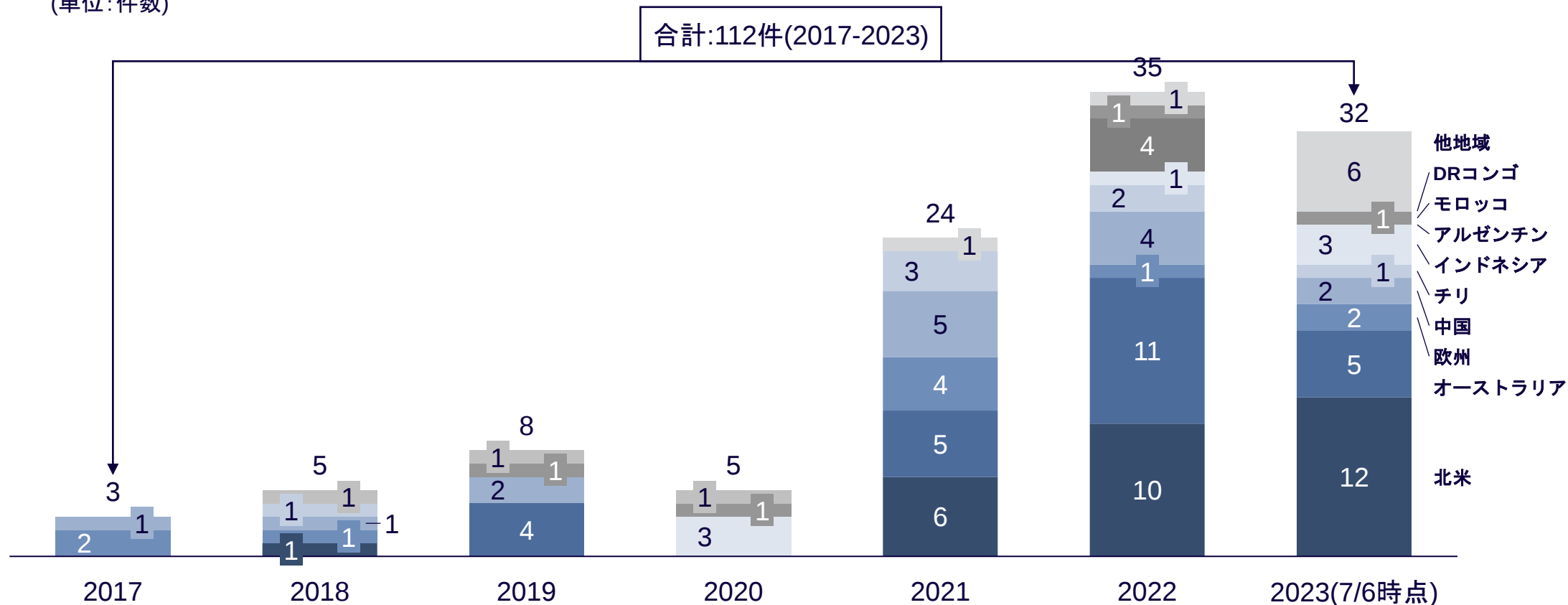
プレイヤー性別 原料調達先との供給契約・提携・投資の実績（2017年以降の公開情報ベース）*1



2022年以降、北米・豪州での原材料調達の動きが加速している

資源保有国・精錬工場所在国別 供給契約・提携・投資の実績（2017年以降の公開情報ベース）*1

(単位:件数)



リサイクル方式にはブラックマス生産の前工程と金属製錬の後工程があり、前者は熱処理・機械式分離、後者には乾式⇒湿式精錬、湿式製錬がある。近年はダイレクトリサイクル方式も開発中

ブラックマス生産			製錬	部材 再利用	技術特徴		
中間処理	破碎 分離	無害化			回収可能資源種・回収率	環境負荷	技術・設備の成熟度
1	熱処理 炉等で焙焼することで 電池を不活性化する工程を含む			乾式⇒湿式製錬 溶融して発生する合金を 湿式製錬で回収	・湿式でLi回収する技術が開発中 ・黒鉛等有機物は焼失し回収困難	・熱処理と乾式製錬による多量の CO ₂ 排出と湿式製錬による強酸・ 強塩基の廃水が発生	・熱処理は設備・技術ともに成熟段階に あり、かつ電池分解選別負担が少ない ・スラグからのLi回収は開発・実証中
2	人力 分解選別	焙焼 無害化	破碎 分離機	湿式製錬 100度以下で酸塩基と順に 反応させ各金属を単離	・幅広い金属種の回収が可能 ・黒鉛等有機物は焼失し回収困難	・熱処理によるCO ₂ 排出が多量 ・湿式製錬による強酸・強塩基の廃 水処理に課題が存在	・熱処理は設備・技術ともに成熟段階に あり、かつ電池分解選別負担が少ない ・湿式製錬は工程が複雑であるが近年は 実用化の段階にある
3	機械式分離 磁石・ふるい・フィルター・ シュレッダー等で物理的に分離			乾式⇒湿式製錬 溶融して発生する合金を 湿式製錬で回収	・湿式でLi回収する技術が開発中 ・黒鉛等有機物の回収が困難	・乾式製錬によるCO ₂ 排出が多量 ・湿式製錬による強酸・強塩基の廃 水処理に課題が存在	・機械式分離は技術革新が進み、大規模 設備の整備段階 ・スラグからのLi回収は開発・実証中
4	人力/機械 分解選別	シュレッダー・篩・ 磁気分離等の分離機		湿式製錬 100度以下で酸塩基と順に 反応させ各金属を単離	・幅広い金属種の回収が可能 ・黒鉛等有機物の回収が可能	・機械式分離でのCO ₂ および有害 ガス発生は比較的低い、湿式 製錬による廃水処理課題が存在	・機械式分離は技術革新が進み、大規模 設備の整備段階 ・湿式製錬は工程が複雑であるが近年は 実用化の段階にある
5	ダイレクトリサイクル (正極材等の部材を組成まま回収して部材レベルで再利用 することでエネルギー消費等を大幅に削減*1)				・部材のままリサイクルできるた め、高効率な資源回収が可能	・熱処理や薬剤処理が不要となる 場合は、環境負荷を大幅に低減 することが可能	・研究開発段階の技術であり、大規模化 や商用化に向けた障壁が大きく存在

凡例: 回収可能 回収困難

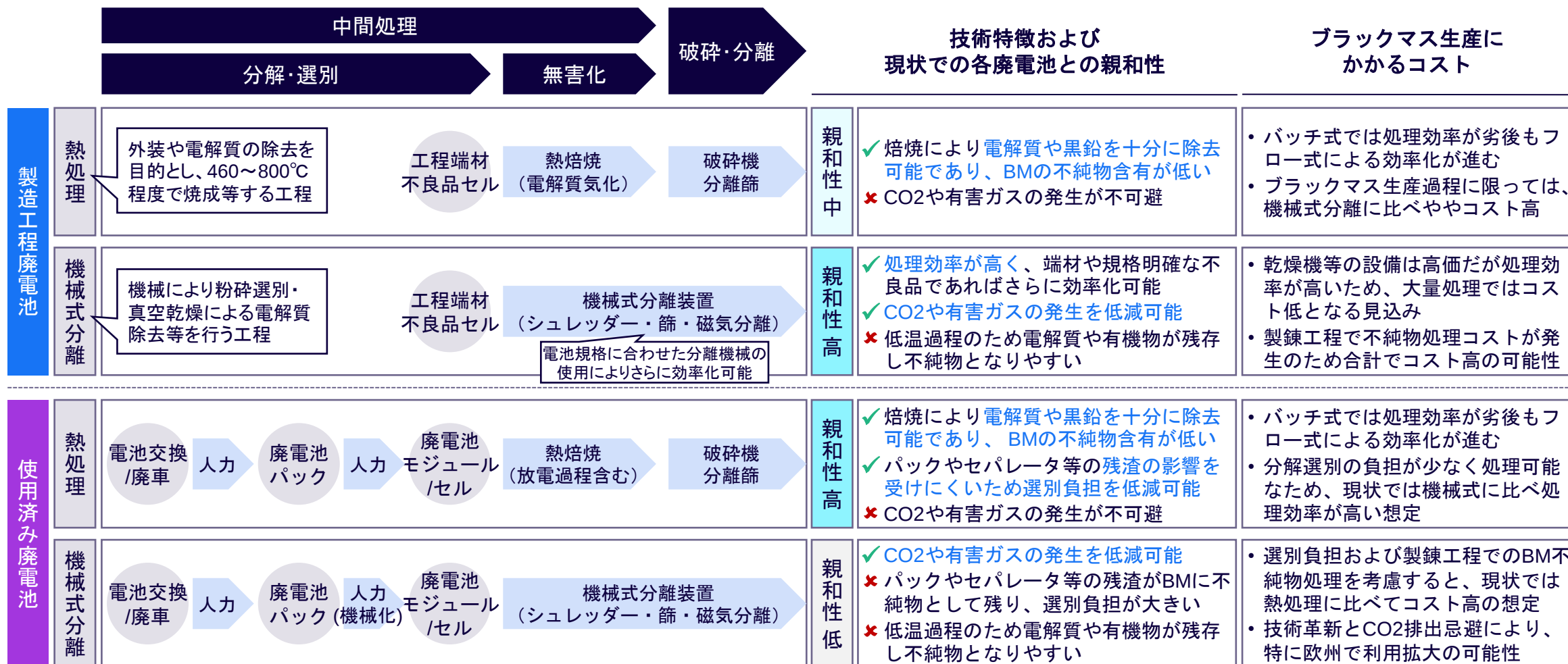
製造工程端材や不良品との親和性やCO2排出量の観点では、機械式分離や湿式製錬、ダイレクトの親和性が高いと想定。国内においても湿式製錬やダイレクト技術開発が進む状況

ブラックマス生産			リサイクルトレンドとの親和性			各地域の採用状況		
中間処理		破碎 分離	製錬	部材 再利用	製造工程リサイクル への適用親和性	廃電池量が今 後急増	リサイクル工程 におけるCO ₂ 排出量	欧米中
分解選別	無害化							
1	熱処理 炉等で焙焼することで 電池を不活性化する工程を含む		乾式⇒湿式製錬 溶融して発生する合金を 湿式製錬で回収		低	(工程端材は規格や組成明確+不活性 化目的の熱処理不要なため親和性は 低い)	低	採用中 umicore
2	人力 分解選別	焙焼 無害化	破碎 分離機	湿式製錬 100度以下で酸塩基と順に 反応させ各金属を単離	中	・熱処理には適用性低いが、組成明確 により湿式による有害物質抑止等が 可能	中	採用中 中国で主流 中間処理 不明含む ASCEND ELEMENTS ESRP 邦普循环 GROUP RECYCLING 华友钴业 HUAYOU COBALT VEOLIA
3	機械式分離 磁石・ふるい・フィルター・ シュレッダー等で物理的に分離		乾式⇒湿式製錬 溶融して発生する合金を 湿式製錬で回収		中	・規格明確ため、機械式分離との親和 性高い想定	中	・CO ₂ が相当程度排出 NA
4	人力/機械 分解選別	シュレッダー・篩・ 磁気分離等の分離機		湿式製錬 100度以下で酸塩基と順に 反応させ各金属を単離	高	・規格明確なため、機械式分離との親 和性高い想定 ・組成明確により湿式による有害物質 抑止が可能	少	・CO ₂ 排出量が抑制される 採用中 Li-Cycle Lithion fortum VW AKKUSER
5	ダイレクトリサイクル (正極材等の部材を組成まま回収して部材レベルで再利用 することでエネルギー消費等を大幅に削減*1)				高	・パック溶接/接着物がなく、組成が 明確な工程端材との親和性は高い	少	・CO ₂ 排出量が抑制される 技術開発中 OnTo Technology ASCEND ELEMENTS KIT PARASIS
親和性:高 低 ロゴは代表例								

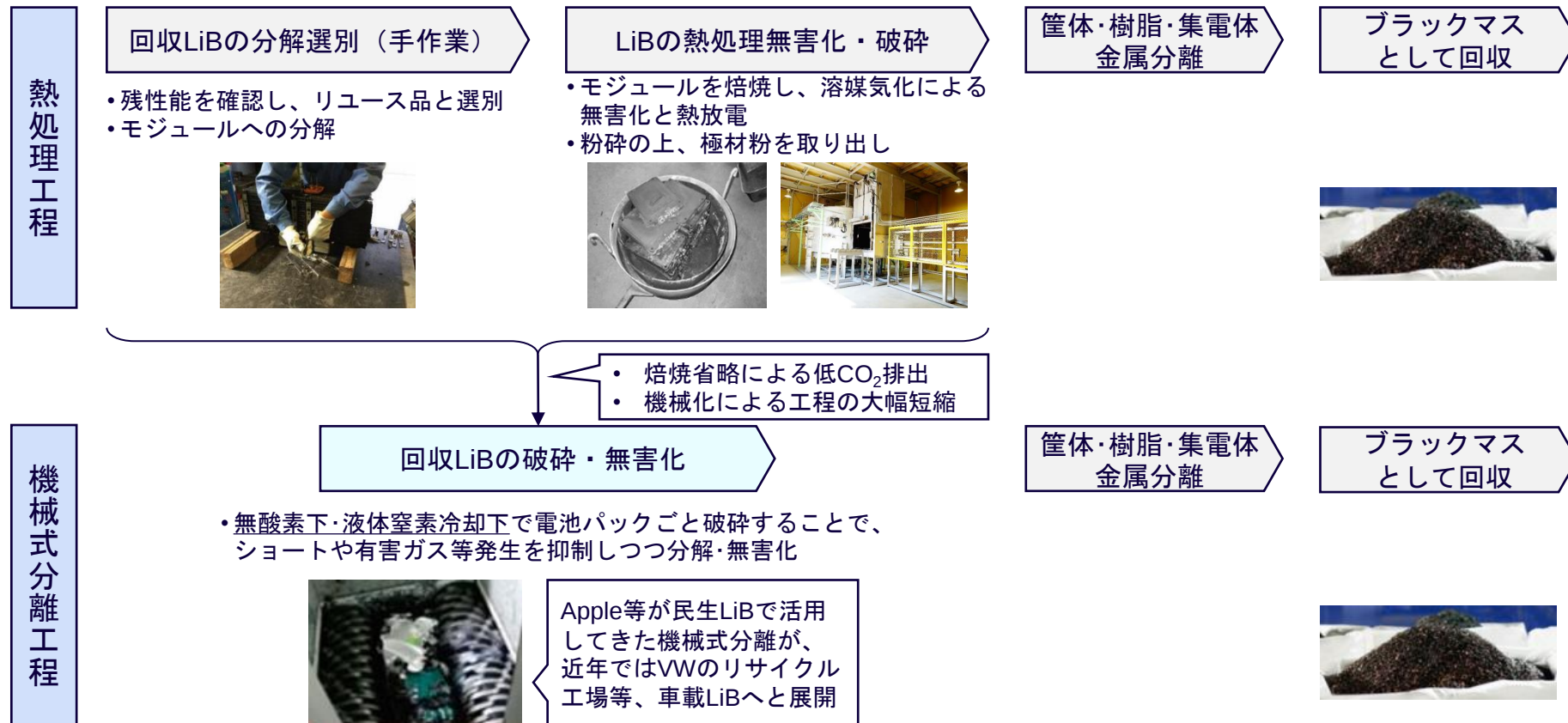
親和性:高 低

ロゴは代表例

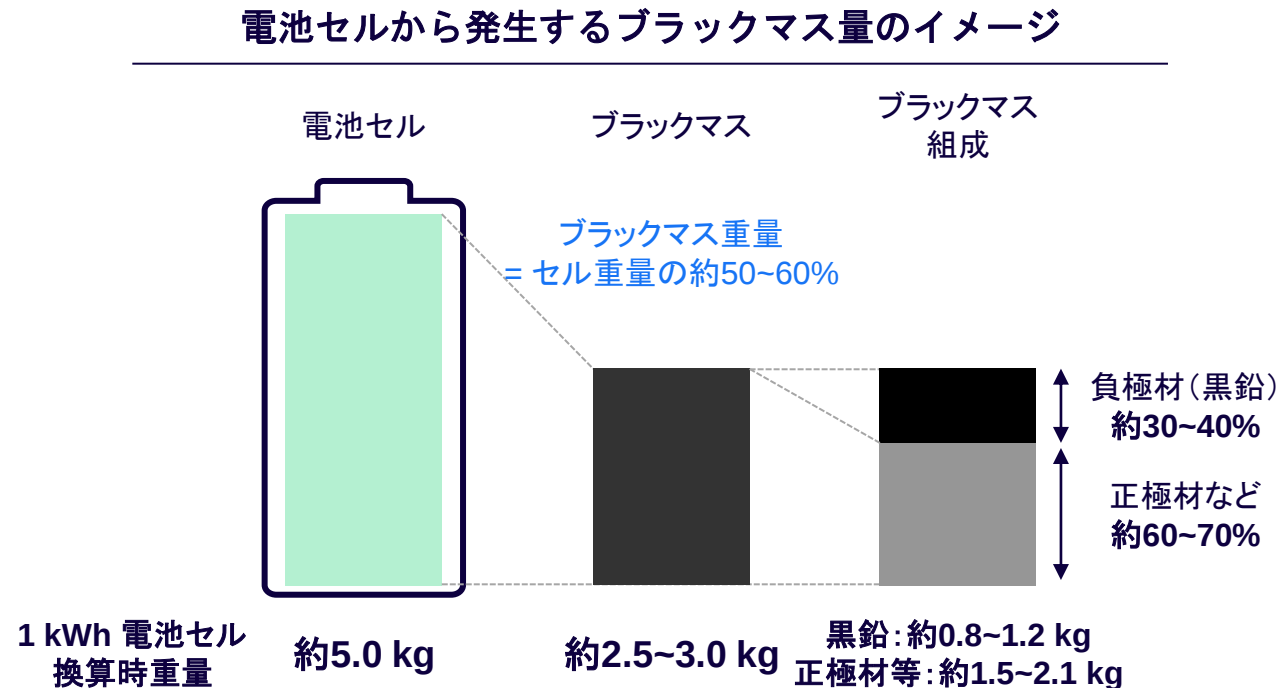
ブラックマスは熱処理と機械式分離によって生産され、現時点の特徴として熱処理は不純物除去性に優れるもCO2排出が多く、機械式分離はCO2排出は少ないが不純物は残りやすい点が挙げられる



ブラックマスの生産過程では人手による分離選別・焙焼無害化（熱処理）が行われていたが、近年では機械式分離方式の導入が進み、低環境負荷と工程効率化を目指す



電池種類・処理方式による差異はあるが、電池セル重量の凡そ半分程度がブラックマスとして生産される



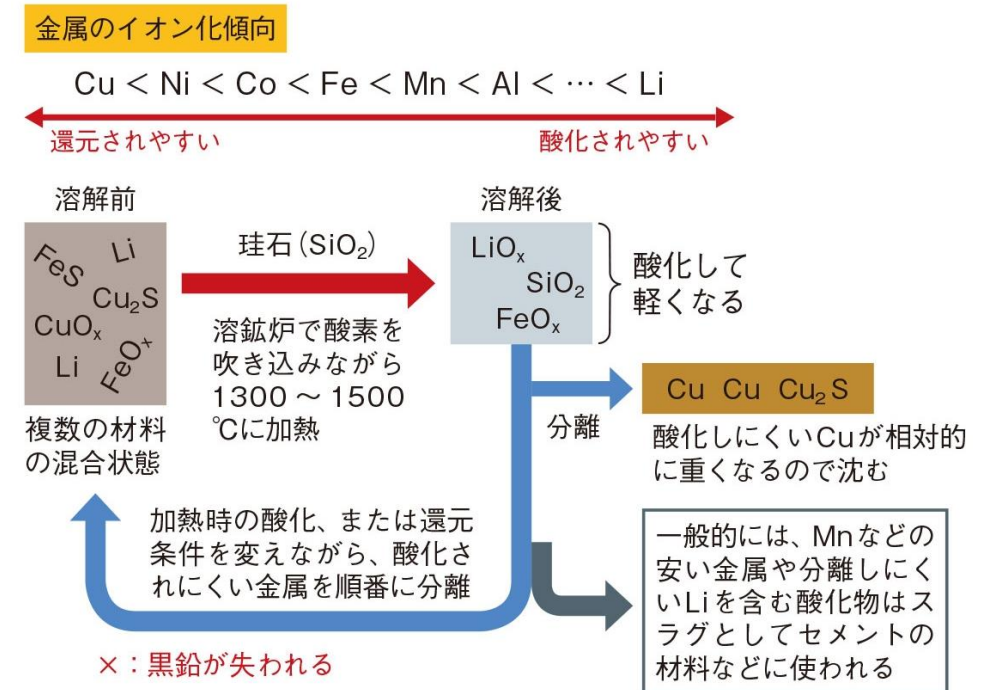
- 電池種類・組成により厳密な比率は異なるため、上記は目安値
- 現実には不純物が含まれる + 部材が分離工程で一部除かれる
- 熱処理・機械式分離に依らず、理論上は同品位のブラックマスが生産可能（熱処理では黒鉛燃焼により負極材成分は除去される）

乾式処理はイオン化傾向に基づく製錬工程であり、スラグとして失われる金属種が存在。
また、高温溶融プロセスのため多量のCO₂排出等の環境負荷が高い

乾式製錬の特徴と課題

- ブラックマスを1300~1500℃で溶融することで、還元されやすい金属を合金として分離
- イオン化傾向の近い金属同士（NiとCu、CoとFe等）の高純度での製錬が困難であり合金として分離した後に湿式処理で単離する
- 黒鉛など有機物は焼失のため回収不可能
- 還元されにくい（酸化されやすい）LiやAl、Mn等はスラグとなるため経済的な取り出しが困難

乾式製錬における金属分離原理



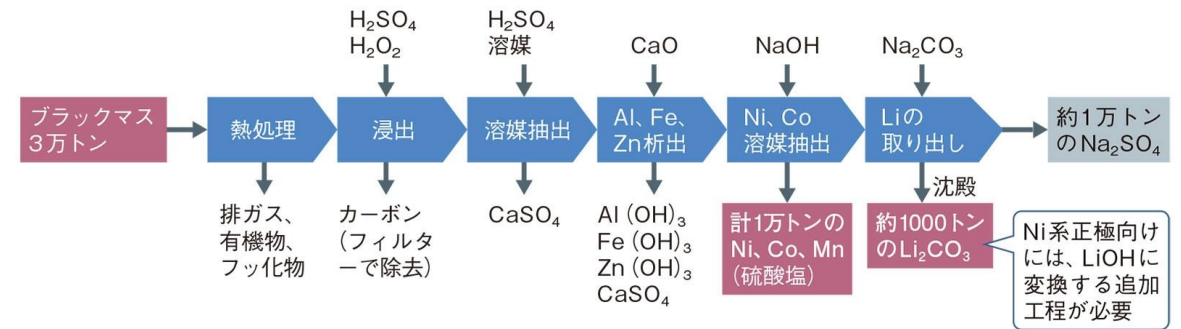
湿式処理は目的金属イオンを薬剤によって塩として単離するプロセスであり、工程は複雑化するものの、低CO₂排出で多種資源の回収が可能。強酸・強塩基の使用後廃水に課題あり

湿式製錬の特徴と課題

■ ブラックマスを100℃以下の低温で薬剤（酸・塩基等）と反応させ、目的金属イオンを塩として単離

- 近年はクエン酸、コハク酸等の有機酸を用いたプロセスが開発され、有毒ガス等の発生が抑制
- 硫酸（H₂SO₄）等の強酸、水酸化ナトリウム（NaOH）等の強塩基を使用するため、廃水処理が課題
- Li単離に炭酸ナトリウム（Na₂CO₃）を用いる場合に、多量の硫酸ナトリウム（Na₂SO₄）が発生する等、副生成物の処理が課題

湿式製錬における金属分離原理（一般的なプロセス）



欧州電池規制にて、リサイクルや再生材の利用に関する目標値が課される中、目標値達成に向けた、再生材の供給量の確保、回収技術、回収率の算出技術といった課題が生ずる

義務対象者		欧州電池規制における目標値						定義		想定される課題
上市／使用者の義務 (電池に情報提示が必要)	再生材含有率 (Recycled Content)	時期		2031年 8月18日以降		2036年 8月18日以降		分子	電池に含まれる、動脈/静脈にからの再生材重量	再生材の供給不足
				16%		26%				
		目標値	Co	6%		12%		分母	電池に含まれる鉱物毎の重量	
			Li	6%		15%				
製造工程端材・不良品 or 使用済蓄電池)からの再生材料最低含有率	リサイクル効率 (Recycle Efficiency)	時期		2025年 12月31日まで		2030年 12月31日まで		分母	使用済蓄電池からのリサイクル総重量	
				65%		70%				
		目標値	LIB	80%		-		分母	使用済蓄電池の総重量	
			ニカド電池							
	リサイクラーの義務	材料回収率 (Materials Recovery)	時期		2027年 12月31日まで		2031年 12月31日まで		分子	使用済蓄電池からのリサイクル総重量 (対象鉱物別)
					90%		95%			
			目標値	Co	50%		80%		分母	使用済蓄電池の総重量 (対象鉱物別)
				Li	90%		95%			
				Ni	90%		95%			
				Cu	90%		95%			

CONTENTS

- 1 日本としてのリサイクルの大義
 - 2 車載電池のリサイクルの市場・業界動向
 - 3 日本の車載蓄電池リサイクルの方向性
- 参考：車載蓄電池リサイクルの海外事例

日本のLiB再生材は需要と供給の両者がない悪循環により市場形成が難航。持続的な市場成長に向けた好循環の形成が必要

再生材の需要も供給もなく、
鶏が先か？卵が先か？という
解のない問いが続き、リサイ
クル事業の立ち上げが難航



現在の状況

需要も供給もなく
リサイクルループが生まれない

再生材 需要

バージン材以上の魅力がないため
再生材を利用しない

再生材 供給

需要がなく利益が見込めないため
再生材を製造しない

需要のある
(=売価確保できる)海外へ
ブラックマスが流出

目指すべき姿

リサイクルループが生まれ
需要と供給の好循環
→持続的かつ健全に再生材市場が成長

再生材 需要

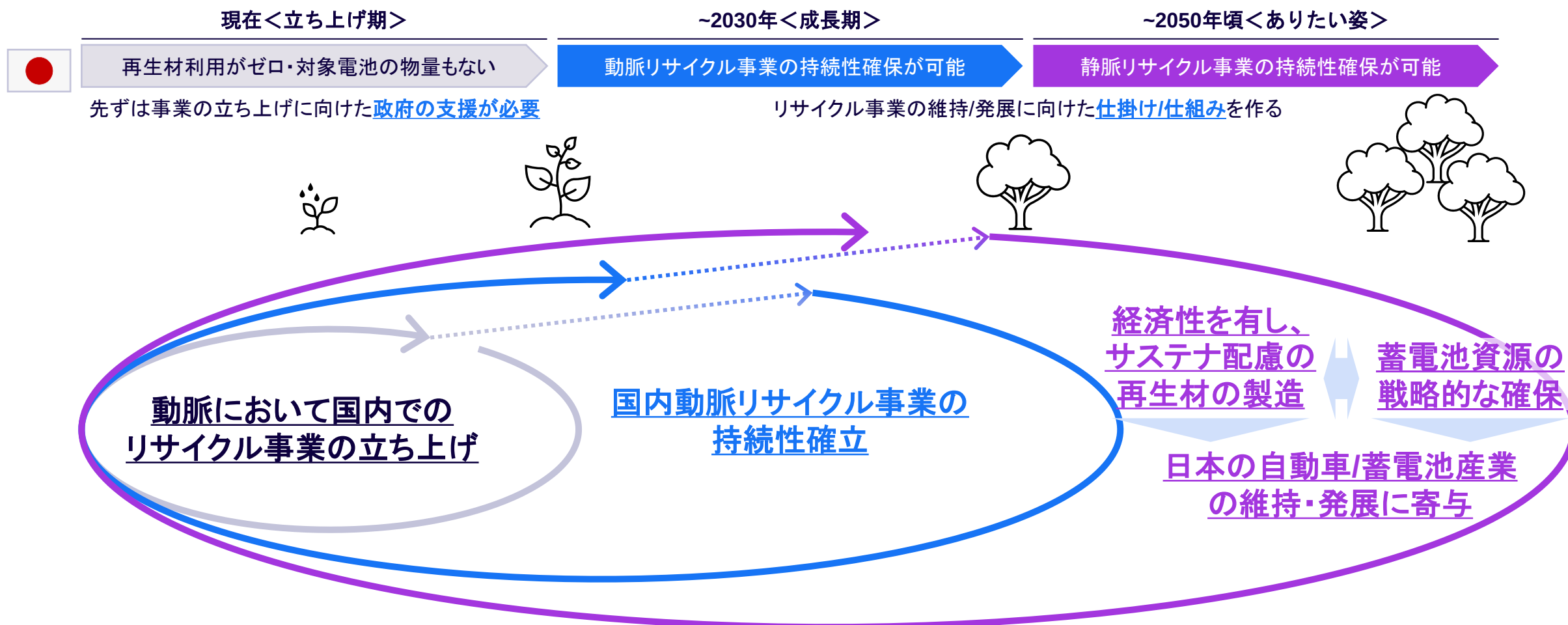
バージン材以上の魅力があるため
再生材を積極的に利用する

再生材 供給

需要があり利益が見込めるため再生材を
積極的に製造する

国内での再生材製造の
メリットが大きいため海外へ
のブラックマス流出が抑制

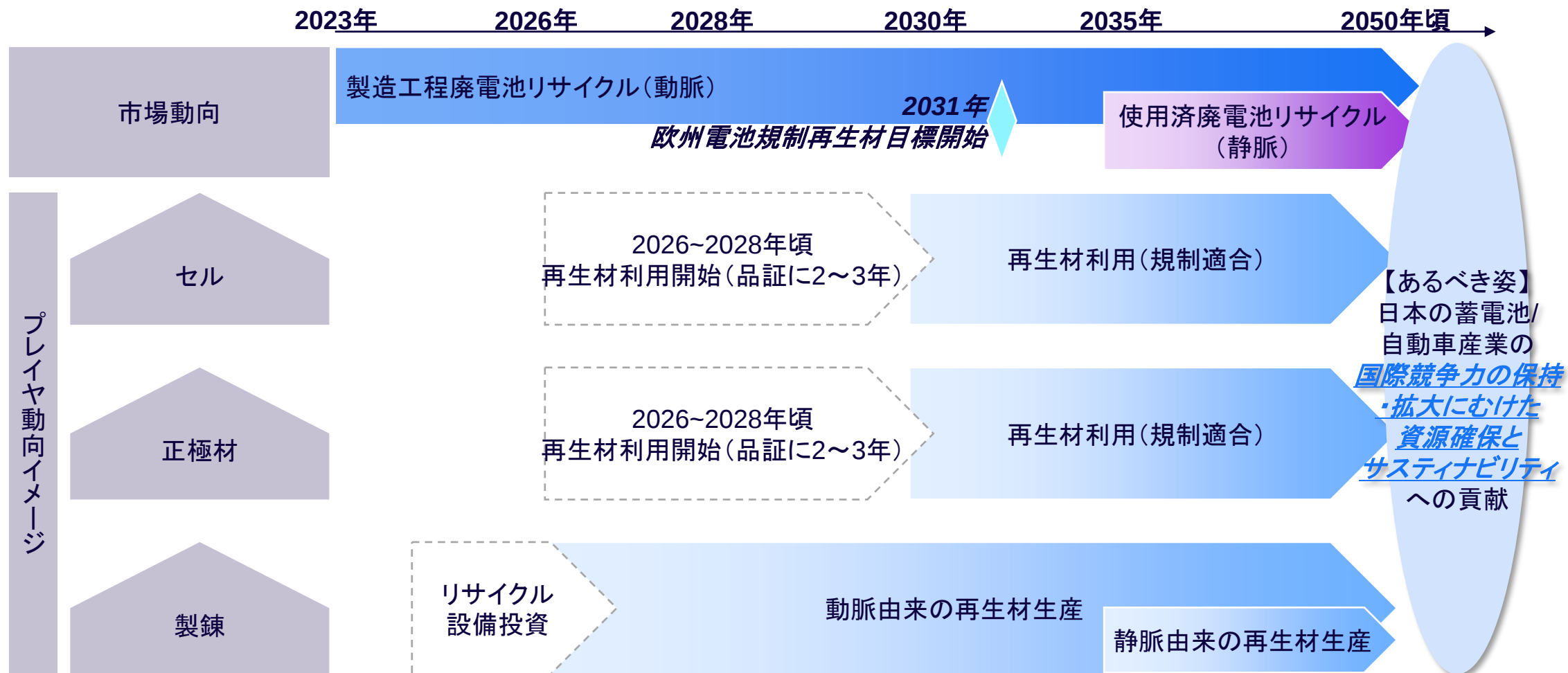
サステナビリティに配慮し、安定的かつ経済性のある再生材の製造を見据えつつ、まずは国内動脈にて小さくともリサイクル事業を立ち上げることが重要と想定



R5年度の成果として、大義や業界での連携、再生材価値の確保といった点で意識統一を図れた。R6年度以降は、業界連携の推進や再生材の環境価値担保に向けて検討予定

R5年度の議論内容		R6年度以降の検討事項
成果…製錬・電池セルメーカーでの大きな方向性の意識合わせ	リサイクルの大義	資源確保 - 電動化が進展する中で、日本の蓄電池・自動車産業の持続的な競争力確保にむけた資源の確保が重要 - 資源の他国依存脱却による日本企業のSCの安定化も重要
	サスティナビリティ	サスティナブルな社会の実現にむけ、CFP低減、人権・環境負荷の少ないリサイクル事業の推進が必要
	業界としての連携の必要性	SC上下流連携（横連携） - 日本のクローズドループを実現するために、SCの上下流の連携が必要 - 特に足元の動脈リサイクルでは、前処理→製錬→電池セルまでの連携が重要
	同業での連携（縦連携）	リサイクル事業の大規模化による経済性向上にむけ、規模感ある事業者/投資を進める事業者を中心に、ALL Japan体制で製錬に取り組むことも有効か
再生材の価値の確保		再生材の価格が金属価格に連動し、変動することがリサイクル事業の阻害要因となっているなか、環境価値等の付加価値を適切に評価する仕組みが必要
		- 業界全体での意識統一 - ブラックマス/ブラックパウダーを種別（電解液との接触有無）した、リサイクル規模、コスト等の市場分析 - 企業間連携や更なる大規模化の検討 - 再生材の環境価値の担保方法の検討 - 環境負荷の低い再生材を優遇する施策の検討

長期的な静脈の回収課題を見据えつつ、短中期的には一定の規模を確保した動脈リサイクルの製錬投資の後押しが重要

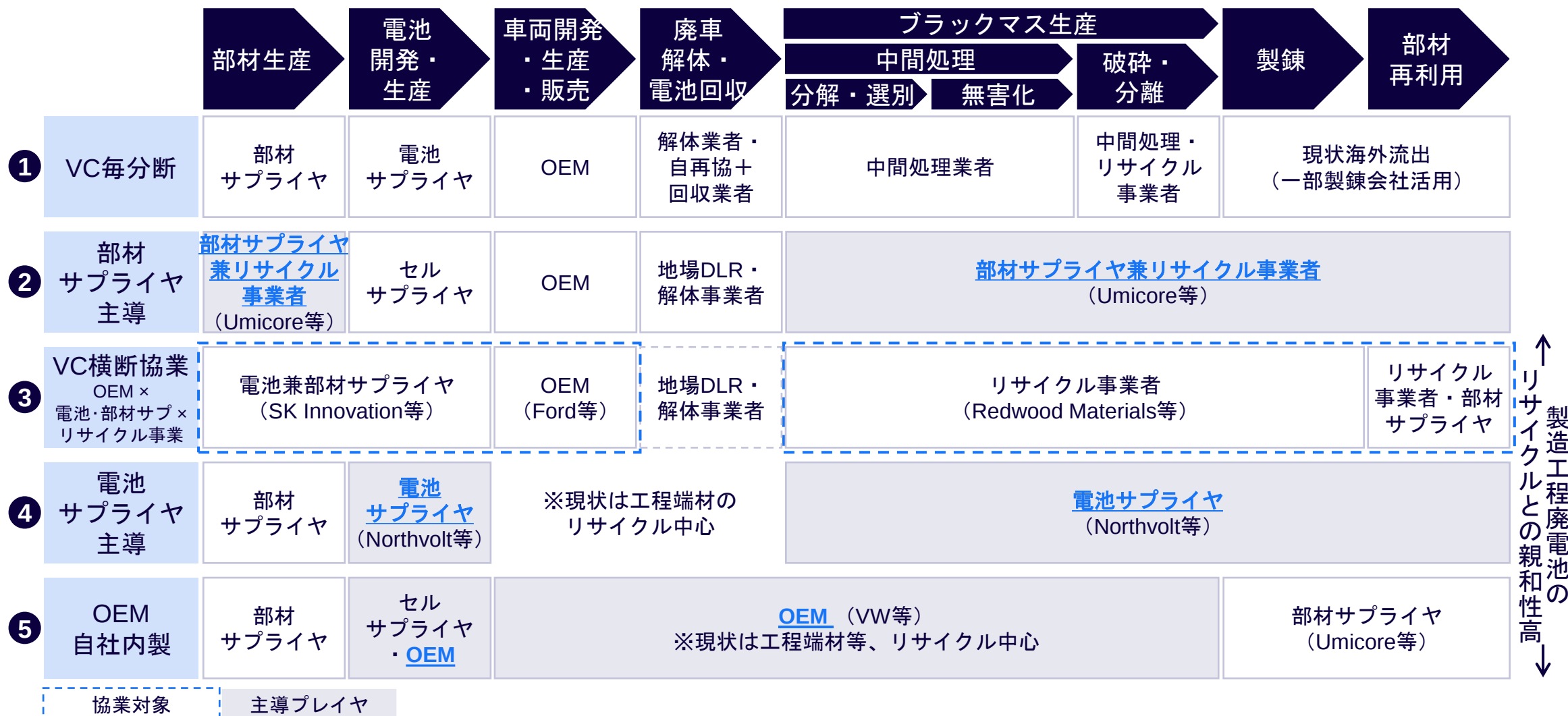


CONTENTS

- 1 日本としてのリサイクルの大義
- 2 車載電池のリサイクルの市場・業界動向
- 3 日本の車載蓄電池リサイクルの方向性

参考：車載蓄電池リサイクルの海外事例

国外ではVC横断協業や需要家であるサプライヤ/OEM主導でVCを構築する様相もご共有。
背景には、まずボリュームが出る工程端材の効率的なリサイクルも見据えている点が存在



将来拡大する対象電池量に備えて、各国でVC横断的な事業／協業体制の整備が進む。 日本ではリサイクルVCの各プロセスを個々の事業者が担う形式が中心である状況

	← 製造工程端材・不良品のリサイクルとの親和性高 →				
	① VC毎分断	② 部材 サプライヤー主導	③ VC横断協業 (OEM×電池・部材サプライヤ ×リサイクル事業)	④ 電池 サプライヤー主導	⑤ OEM自社内 リサイクル
日本市場 	電池回収～製錬までの各プロセスを個々の事業者が産廃処理の延長線上で担うケースが多	取組はあるが、計画段階	VC横断での協業は少ない	取組みがあるが、研究段階	LiBにおいては現状限定的
欧州市場 	スエズ/ヴェオリア等、従来静脈企業が電池リサイクル事業者と分業企図する動き有り	部材（正極材）サプライヤーであり、リサイクル事業者でもあるUmicoreが主導中	VW、BMW、Daimler、Renault各社がUmicore等のプレイヤーと提携済	Northvoltがリサイクル子会社設立し主導を図る	VWは自社でリサイクル工場設立し主導を図る
米国市場 	民生向け使用済蓄電池では従来から存在も車載向けでは限定的	部材サプライヤーは少なく動き見られず	GM × LG × Li-CycleやFord・Tesla・Toyota × Redwood等の提携加速	電池サプライヤーは少なく動き見られず	現状OEM単独での取組は乏しい
中国市場 	CATLやBYDが主導しないケースでは分散傾向	部材サプライヤーによる動きは乏しい	BYDがリユース・リサイクル事業者と提携中	CATLがリサイクル事業者を買収して主導中	BYDがリユース・リサイクル事業者と提携中
韓国市場 	VC毎横断ケースは見られず	Ecopro、POSCO、LG化学が、BM化・製錬化の子会社を持つ	Hyundai×LGES×SK On×Samsungの韓国大手プレイヤーがリサイクルで協業	電池サプライヤーのグループ会社である、部材サプライヤーが主導	現状OEM単独での取組は乏しい

VWはリサイクル試験工場を自社Grで運用し、廃棄LiBの回収・評価・リユース・リサイクルの循環（クローズドループ）を狙い準備を進める

リサイクル事業の概要

- VW Groupは、2021年1月に**車載用LiBのリサイクル試験工場**を開設
 - ・ 廃棄LiBからLi、Ni、Mn、Co、Al、Cu等の資源を回収
 - ・ 年間最大1500t程度を処理できるように設計
- 当初のリサイクル率は70%程度、将来的に90%以上を目標とする
- リサイクル前に**残存性能検査**を行い、**充電ステーションや移動式充電装置へのリユース**も検討
- CO₂排出削減を企図し、再エネの活用や湿式製錬の使用を計画
 - ・ 製錬と分離は外部の専門企業が担当

VWにおける電池の回収・評価・RRのサイクル



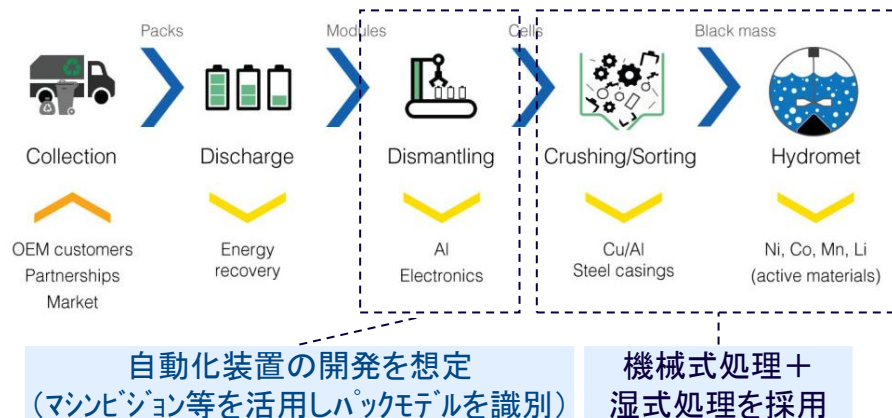
Northvoltは、2030年までにLiB製造におけるリサイクル材の使用率50%を目指すRevoltプロジェクトを展開する他、自社を中心とした座組構築を進める

Northvoltのリサイクル関連の取組み

- 2018年10月
 - BMW, Umicoreと共同技術コンソーシアム設立（その後、取り組みの発表はみられず）

- 2019年12月
 - **Revoltプロジェクトを発表**
 - 2030年までにLiB製造の原材料の50%にリサイクル材を使用することを目標に設定

Revoltプロジェクトでの処理フロー



- 2020年6月
 - **Hydroとの合併会社Hydro Voltの設立発表**
 - 両社が50%ずつ出資しノルウェーに設立（廃LiBが最も早く発生する同国から回収開始）

- 2020年
 - **パイロット工場の稼働**
 - 湿式冶金、特に溶媒抽出の領域でチャルマース工科大学と協力

- 2021年
 - **Hydro VoltのLiBリサイクル施設の稼働**

建設地のSkellefteaは郊外にあり、将来的に100%水力発電由来での稼働を企図

- 2022年
 - **リサイクル工場「Revolt Ett」を、LiB大型工場「Northvolt Ett」の隣接地に建設開始**
 - 2023年稼働予定。当初は年間4GWh規模、その後30GWh（廃LiB12.5万t）のリサイクルを計画

Umicoreは部材サプライヤ兼リサイクル事業者としてVC構築を行っており、また、ロビイング活動等の標準化戦略により、EU域内のLiBリサイクル市場独占を狙う

Umicoreの事業領域と主な製品

エネルギー 	- 電池自動車・電子機器向け正極材 - 二次電池向け前駆体としてのCo・Ni化合物 - 宇宙・地上太陽電池向けGeウェハ - 電池の端子コネクタやタブストック用高導電性材料 - 発電機用排ガス浄化触媒 等
自動車関連 	- 電気自動車向け正極材 - 使用済み二次電池リサイクル - 自動車触媒からの貴金属リサイクル - 電気機械アセンブリ・センサ・コネクタ用特殊複合材 - タイヤ用途向けCo化合物 等
リサイクル 	- 貴金属・特殊金属のリサイクル - 二次電池リサイクル - 工学電子材料からのGeリサイクル 等
化学製品	- 工業触媒リサイクル - 表面処理向けNi化成品 等
エレクトロニクス	- 正極材 - 薄膜材料・機能材料 等

他、建築材料、光学・ディスプレイ、貴金属関連事業を展開

技術特徴に合わせた標準化活動

- Umicoreの回収技術の特徴：
 - スクラップ(Land Fill)を3%程度まで抑え込む事が可能で、他社(～30%程度)比較で技術優位性を有す
 - Umicore社は80年以上前から製錬事業の副産物金属のリサイクルを研究しており、その蓄積が現在の技術優位性に繋がっている
- UmicoreはEUにロビイング活動を行い、高いリサイクル率がないと欧州のLiBリサイクル市場に参入できないという標準化戦略に成功
- LiB製造時のCO2排出量に応じた販売規制のロビイングも実施
(製造時のCO2排出量に応じLibをランク付けし低ランクなLib販売に対するペナルティを付加)

スイスGlencoreは、LiBリサイクルで回収されたNiおよびCoの取引契約をカナダElectra Battery Materialsと締結。電池SCへのリサイクル材料供給による循環型経済を目指す

企業概要

		事業内容 - 非鉄金属の開発・製錬 - 金属鉱物・燃料資源・農作物の生産貿易
設立	1974年	LiB VCでの活動 2022年4月、GMへのCo提供の複数年契約を締結。GM自社開発のUltium電池に使用
所在地	スイスバール	
		事業内容 - 持続可能なLiBのリサイクル（水力発電による湿式製錬） - 回収金属資源の販売
設立	2011年	LiB VCでの活動 2022年に製錬所をパイロット運用済（稼働後は年間4,500tのブラックマス処理を計画）
所在地	カナダトロント	

契約の概要

- 2022年4月、Electraは2023年稼働予定のLiBリサイクル工場「Battery Materials Park」から回収されるNiおよびCoについて、Glencoreが市場ベースの条件で購入するという契約を締結したと発表（2024年末迄）
 - Li、Cu、黒鉛に関する引取契約は他事業者と協議中
- Electraは水力発電100%で駆動する製錬所を運用しており、**GHG排出量ゼロのリサイクル材の製造・販売**を計画

TeslaはBEVで使用したバッテリーはリユースを実施せず、基本的にはリサイクルに回す方針。グローバルでリサイクル事業者と提携し、エコシステム拡大を企図

Teslaのリユース活用における取組



- Teslaのリユースバッテリー活用はアフターセールス用途への活用などに留まっており限定的
- Tesla車両のバッテリー交換はテスラの裁量にて新品/調整品/リマン品のいずれかで行われている

Battery and Drive Unit Limited Warranty

The Tesla lithium-ion battery (the "Battery") and Drive Unit are extremely sophisticated powertrain components designed to withstand extreme driving conditions. You can rest easy knowing that Tesla's state-of-the-art Battery and Drive Unit are backed by this Battery and Drive Unit Limited Warranty, which covers the repair or replacement of any malfunctioning or defective Battery or Drive Unit, subject to the limitations described below.

If your Battery or Drive Unit requires warranty repair, Tesla will repair the unit, or replace it with a new, reconditioned or re-manufactured part at the sole discretion of Tesla. The warranty replacement may not restore the vehicle to a "like new" condition, but when replacing a Battery, Tesla will ensure that the energy capacity of the replacement Battery is at least equal to that of the original Battery before the failure occurred while taking into consideration other factors, including the age and mileage of the vehicle.

To provide you with even more assurance, this Battery and Drive Unit Limited Warranty will also cover damage to your vehicle from a Battery fire even if it is the result of driver error. (Coverage will not extend to damage that had already been sustained before a Battery fire occurred, or to any damage if the Battery fire occurred after your vehicle had already been totaled.)

Your vehicle's Battery and Drive Unit are covered under this Battery and Drive Unit Limited Warranty for a period of:

リサイクル活用における取組



- 米国のリサイクル事業者Kinsbursky Brothersと提携しリチウムイオン電池の60%をリサイクル
- Kinsbursky BrothersはRetriev Technologiesの筆頭株主となった後にリサイクル事業を開始



- 2011年より、ベルギーにあるUmicoreのリサイクル工場で、欧州全域のテスラの使用済み電池をリサイクル戦略的プログラム (Tesla Battery Recycling Program)を開始



- 2020年より、中国でリサイクル事業を開始
- 世界各地のサービスセンターで 使用済み電池を回収し、それらは 100%リサイクルすることが可能であるとしている

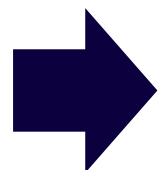
現状、R&Dや製造過程で発生した廃LiBのリサイクルが中心であり、元テスラCTOが設立したリサイクル会社に処理を委託。Teslaとしては独自リサイクルシステムを開発中

TeslaのLiBリサイクルに対する取り組み

- リサイクルしているLiBのほとんどは、R&Dや製造過程で発生した廃LiB
- ギガファクトリーで、バッテリー製造時のスクラップと使用済みバッテリーの両方を処理する独自のバッテリーリサイクルシステムを開発中



Tesla Impact Report 2019



現在はR&Dや製造過程で発生した廃LiBはギガファクトリー近くのRedwood Materialsの工場で処理

Redwood Materials社概要



CEO 設立者

- JB Straubel
- 元テスラ共同設立者、CTO

所在地

- 米、ネバダ州

設立

- 2017年

出資額*1

- 8億7,000万ドル

従業員数

- 数十名

出資元

- ファンド
- Amazon 等
(環境投資の一環)

事業内容

- 車載、定置、民生用バッテリーのリサクル
(Amazonやパナソニックからも家電等の民生用バッテリーを回収)

*1:CrunchbaseのTotal funding amountより。2021年Ford出資後
出所：各種公開情報を基にADL作成

BEV販売台数目標を急激に上げて取り組むGM・Fordも、バッテリー・完成車製造段階でのリサイクルから、セルサプライヤー+リサイクル企業を巻き込んだスキームを構築



GM × LG Chemical × Li-cycle(カナダ)

Li-cycle社概要	設立	2017年
	処理能力	50 t/年規模のパイロット施設から段階的な能力増強を実施、処理能力は1万 t/年まで拡大中 2022年から6万 t/年体制が計画、米アリゾナ州フェニックスとアラバマ州タスカルーサに新たなリサイクル施設の建設を推進
	その他 (処理方式等)	同社は湿式精錬のみ（前処理としての乾式製錬無しと見られる）を用いたリサイクル技術に注力している。コバルト、ニッケル、リチウム、銅はリサイクル率90%を上回る - 従来に比べ、温室効果ガスの排出量を30%削減し、環境負荷を最小限に抑えられる点を特徴点に挙げる
	GMとの協業内容	2021年5月にGMとLGの合併会社であるUltium Cells LLCがLiBセル製造から発生するスクラップ材に関して、100%リサイクルする契約を締結



Ford × SK Innovation × Redwood Materials

SKとの協業内容	- Fordは2021年9月、米国にEV関連新拠点の設立を発表。従来より協業する韓SK Innovationと共同で114億ドルを投資 - テネシー州スタントン「Blue Oval City」:56億ドルを投資し、FシリーズのEV完成車生産に加えて、SKの電池工場や主要サプライヤー工場、リサイクル工場も併設。テネシー州は8億8,400万ドルのインセンティブパッケージを提供 - ケンタッキー州グレンデール「BlueOvalSK Battery Park」:58億ドル投資 - 年間生産能力は両工場合わせて86 GWh
Redwoodとの協業内容	- Fordは2021年9月、バッテリーパックの原材料価格を抑えると同時に、環境問題に対処するため、Redwood Materialsとの提携を発表 FordはRedwoodに5,000万ドル出資 Fordのバッテリー生産ネットワーク内でリサイクルを設定し、回収された原材料をメーカーに戻してバッテリーに使用(具体的な内容は明らかにしていないが、バッテリーセルのサプライヤーであるSKとの協業を意味すると推察)

Redwood Materialsは米国において主要OEMと横断的に提携し、車載用LiBの静脈側での存在感を増す。OEMの需要に応えるべく、EV電池材工場への大規模投資も実施

米国における主要OEMとの横断的な提携構築

	トヨタとの提携	■ 2022年6月、トヨタはEV用電池のエコシステム構築にむけてRedwood Materialsとの提携を発表 ・ ハイブリッド車載電池の収集・検査・リサイクルから始め、電池の性能評価と分類（ヘルスクリーニング）、データ管理、リサイクルによる電池材料の回収・供給に拡大予定 ■ トヨタが2022年3月に12.9億ドルを投資したノースカロライナ州の電池生産工場（2025年稼働開始）への材料供給を計画
	VWとの提携	■ 2022年7月、VW米国法人はVWとAudiのEV搭載電池のリサイクルでRedwood Materialsとの提携を発表 ・ 米国1000ヶ所のディーラーと直接連携し、寿命を迎えたEV用電池をネバダ州のRedwoodの工場へ移送し、資源の回収⇒電池部材へのリサイクルを実施（VW電池ラボとの協業） ■ 2030年までに米国EV販売台数55%を計画するVWが構築を急ぐLiBのクローズドループに向け、電池材料の安定供給を企図
	Fordとの提携	■ 2021年9月より提携（5000万ドルをRedwood Materialsへ出資） ■ SK Innovationとの協業合わせて、電池材のクローズドループを企図と推測
	Volvoとの提携	■ 2022年2月より提携 ■ BEVやHEVの使用済みLiBの回収・リサイクルを協力して実施

電池材工場の拡張計画

- 2022年7月、Redwood Materialsはネバダ州に建設中の電池材工場に10年で35億ドルを投資すると発表、OEMからの需要拡大に応える
- 新工場では、負極材・正極材の生産能力を2025年までに100 GWh（EV100万台分）に、2030年までに500 GWh（EV500万台分）の水準まで拡張する計画
- 2022年12月、サウスカロライナ州に国内2ヶ所目の工場新設を発表、35億ドルを投資
- EV向けの電池正極材・負極材をリサイクルしLi, Co, Ni, Cuを電池セルメーカーなどに納入予定
- 処理能力は年間100 GWh（EV100万台分）で、2023年末の操業開始を予定、将来的に数百GWh規模まで拡張する計画
- ミシガン州からジョージア州に至る“バッテリーベルト”を意識し、OEMや電池セルメーカーへのアクセスの良さを志向

カナダのLiBリサイクル企業Li-Cycleはリサイクル材および中間処理ブラックマス等の販売や、OEMやLiBメーカーと提携してのクローズドループ構築の事業を展開

Li-Cycle 企業概要



設立	2016年	創業者	Ajay Kochhar Tim Johnston
所在地	カナダ オンタリオ		
事業内容	■ 使用済みLiBのリサイクル ・ 中間処理材(ブラックマス等)の製造・販売 ・ リサイクル材の製造・販売 ■ LiBのクローズドループ構築のための、リサイクル技術・ロジスティクス・その他カスタムサービスの提供		

2025年までに、北米にて年間41.4万t、欧州にて年間30.7万tのLiBリサイクル達成を目指す

~414k tonnes

annually of lithium-ion batteries
reaching end of life in North
America by 2025.

~307k tonnes

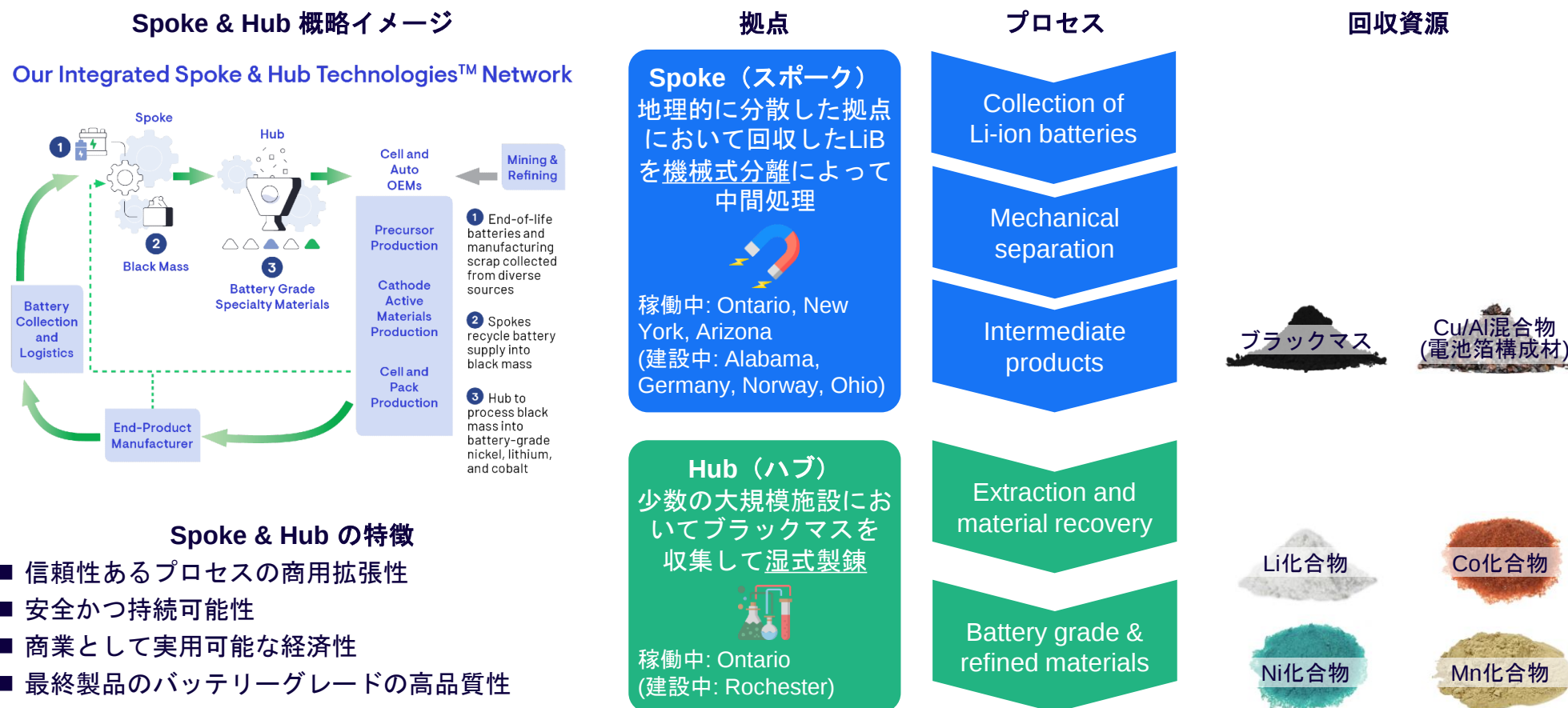
annually of lithium-ion batteries
reaching end of life in Europe
by 2025.

沿革

- 2016年：創業
- 2017年：年間 50 tのリサイクル能力を持つパイロット工場をカナダに建設
- 2018年：カナダ オンタリオ州にて**Spoke & Hub**のデモシステムを立上げ
- 2019年：**Ontario Spoke**を稼働（年間 5 ktまでの廃電池処理能力）
- 2020年：**New York Spoke**を稼働（年間 18 ktまでの廃電池処理能力）
- 2021年：ニューヨーク株式市場へ上場
- 2021年：**GM・LG Chem**と提携を発表し、北米EV用バッテリー工場にリサイクル施設を建設開始。**製造工程端材からNi, Li, Mn, Al, Cu, 黒鉛等の95%再利用**を目指す（2023年稼働予定）
- 2022年：**Arizona Spoke**を稼働（年間 18 ktまでの廃電池処理能力）
- 2022年：**Alabama Spoke**を稼働（年間 10 ktまでの廃電池処理能力）
- 2023年：**Germany Spoke**を稼働（年間 30 ktまでの廃電池処理能力）
- 稼働予定：
 - ・ Rochester Hub（～late 2023, 年間 35 ktまでのブラックマス処理能力）
 - ・ Norway Spoke（～2024, 年間 10 ktまでの廃電池処理能力）
 - ・ France Spoke（～2024, 年間 10 ktまでの廃電池処理能力）

Li-Cycleは小規模多拠点で機械式分離による回収LiBのブラックマス化を行い、大規模拠点で湿式製錬を行うSpoke & Hubという事業モデルを展開、高効率なリサイクルを実現

Spoke & Hubモデル（機械式分離×湿式製錬）の概要



Li-Cycleがドイツ初のリサイクル工場を開設。Li-Cycleの中でも最大規模の年間3万トン処理が可能で、機械式分離の技術を用いる

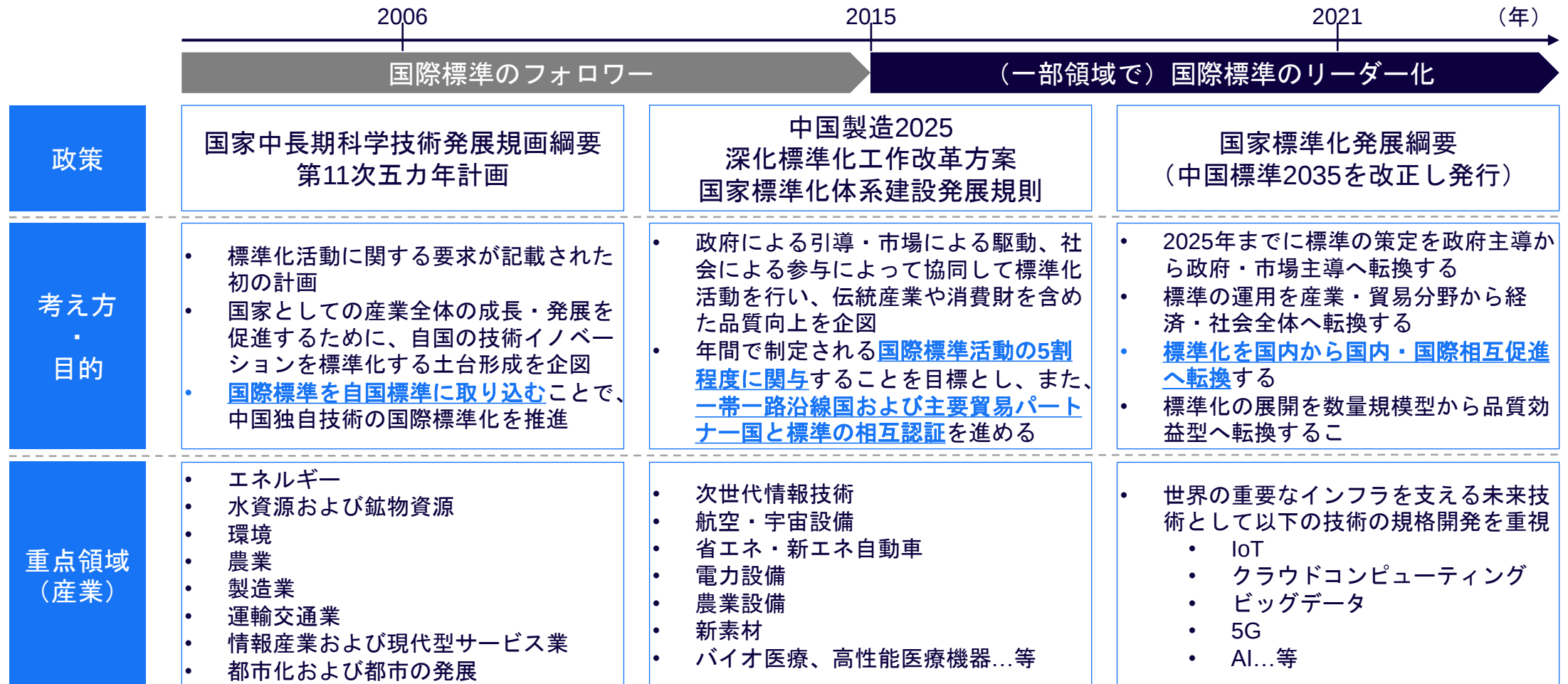
Germany Spoke



Li-Cycle's first European lithium-ion battery recycling facility, which is located in Magdeburg, Germany, has commenced operations. The Germany Spoke is the largest in the company's portfolio and one of the largest facilities of its kind in Europe.

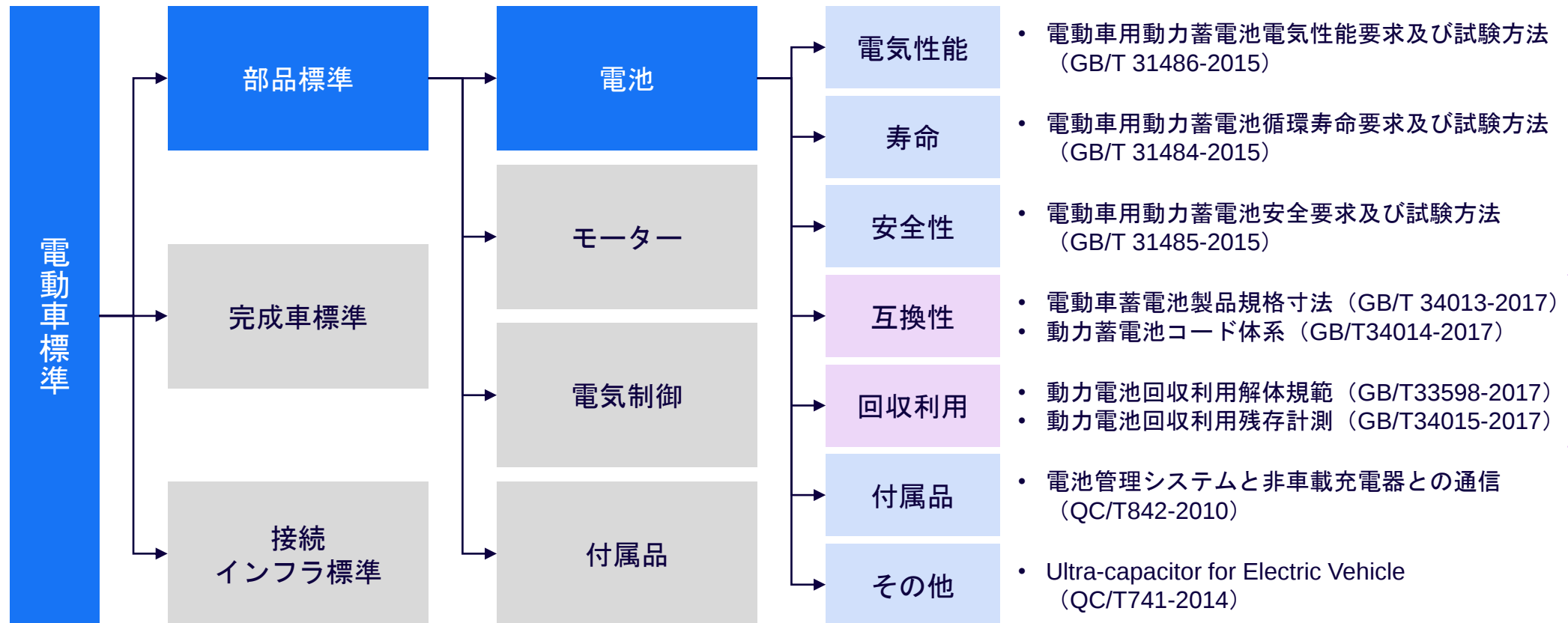
- Li-Cycleはドイツ初のリサイクル工場を”Germany Spoke”を開設
- Li-Cycleが持つリサイクル工場の中でも、最大規模であり、年間最大3万トンのリチウムイオン電池材料を持続的に処理が可能
 - 使用済廃電池を処理する技術を備えた2つの主要ラインのうち、最初のラインが操業が開始
 - 欧州における持続可能なバッテリー・リサイクルのリーディング・カンパニーとしてのリサイクルの地位が強化され、世界全体でのリサイクルの処理能力は年間80,000トンを超えると予想
- Li-Cycleの特許取得済みで環境に優しい「ジェネレーション3」スポーク技術は、使用済廃電池を含むあらゆる形態のリチウムイオン電池廃棄物を、**放電、解体、熱処理の必要なく直接処理(機械式分離)が可能**

従前中国は自国産業強化を目的とし、国際標準を自国標準へと取り込む動きが強かったものの、近年は特定産業における自国標準の国際化を目論むが、電池関連では限定的



車載用蓄電池はおよそ7つの体系にて標準化推進。以前は性能や寿命・安全性など品質観点
が中心だったが、近年はリユース利用を企図した互換性や回收利用観点での標準化が進む

車載用蓄電池の標準体系



近年標準化された項目

有象無象のリサイクル事業者が存在する中国においては、CATLの子会社であるBrunp 中心に大規模な投資が進展しているところ。CATLは中国外への展開も計画中

		サプライチェーン上の役割分担					凡例：自前/協業 他社	
		展開地域	SOP時期	対象LiB	ブラックマス生産	製錬	部材再利用 (正極材/セル製造)	
セルサプライヤ	CATL	中国	～ 2021年	廃LiB	子会社：Brunp ※中国内の車載廃LiBのうちBrunpが回収する割合が50%超*1 (処理能力：30,000t/年、湿式製錬)		自社と推察	
		中国	2023年	廃LiB	子会社：Brunp × 中リサイクル事業者GEM × Mercedes-Benz (不明)		自社	
		中国 (広東省 仏山市)	2027年	廃LiB	子会社：Brunp (処理能力：500,000t/年、湿式製錬と推察)		自社	
		中国 (湖北省)	2027年	廃LiB	子会社：Brunp (不明、湿式製錬と推察)		自社	
		インド ネシア	未定	廃LiB	Aneka Tambang × Industri Baterai Indonesiaka*2 (不明)		(不明)	
		欧州/ 北米	未定	廃LiB	展開計画有り、協業先模索中*1			

CATLは、リサイクル工場への大型投資など将来的な電池原料の安定確保に向けたVC構築を進める

CATLのリサイクル関連の取組み

リサイクル工場への投資 (川下)	■ 廃棄電池のリサイクル工場へ320億元（5600億円）を投資し、原料の回収再利用を計画（2022年着工・2027年完成予定） ・ 電池の大幅増産に合わせた原料供給体制整備を企画 ・ 製造コストの抑制や（リサイクル材使用による）製品競争力の向上を期待 ■ 電池再利用事業を手掛ける子会社の広東邦普循環科技（Brunp Recycling Technology）が、湖北省宜昌市で新工場を建設 ・ 邦普循環は年間3万t超（2021年）のリサイクル工場を運用、Ni・Co・Mn等の回収⇒CATLへ供給していると推定 ■ 仏山市に年間生産能力50万トンのリサイクル拠点を開設（2026年完工予定・238億元（4,600億円）を投資） ・ 使用済み廃電池から原料を回収し、LFPや三元系電池へ再利用を目指す（運営は広東邦普循環科技 Brunp）
部材プレイヤーとの連携 (川上)	■ CATLは2021年10月、BASFと正極材や電池リサイクルに関する戦略的パートナーシップを締結 ■ ドイツにおける電池工場建設等、欧州での現地サプライチェーン構築加速を企画

Brunp Recycling Technologyの概要



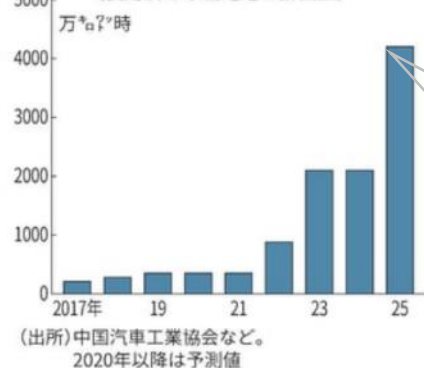
設立	2005年	所在地	中国 広東省
事業内容	■ 廃電池の回収処理 ■ 廃電池からの資源抽出・回収資源の販売 ■ 電池用材料の製造・販売		
■ 2013年：CATLが35%の株式取得 ■ 2015年：CATLが完全子会社化			

使用済車載電池の急増が見込まれる中国で、BYDは伊藤忠と連携して車載電池のリユース割合を増加させていく意向

BYDのバッテリーリユース動向

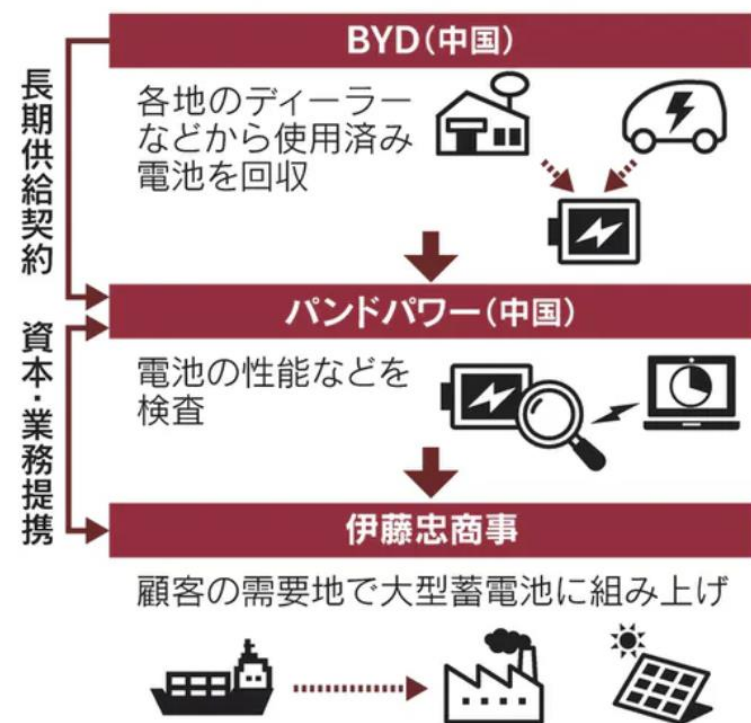
- BYD製の車載電池を太陽光発電等の再生可能エネルギーの出力調整・工場向け補助電源等として再利用。
- 豪、東南アジアを皮切りに欧米・日本にも販売予定。
- 2021年度から本格生産を開始し、販売開始から5年で売上100億円を目指す。

中国は車載電池の大量排出期に
(使用済み車載電池の排出量)



2025年に車載電池が大量に普及する見通し。
このうち、BYD製の車載電池は3割を占める

BYD製車載電池の再利用の流れ



Geelyは車載用蓄電池のリサイクル事業を手掛ける新会社を設立、リサイクル事業や技術研究開発を行い、LFPのリサイクルを志向か

Geely（浙江吉利控股集团）のリサイクル事業動向

- 2022年12月、浙江吉利控股集团は江西省宜春市袁州区に使用済み車載用蓄電池のリサイクル事業を手掛ける新会社を設立（江西宜源新能源科技・資本金1億元）
- 事業内容は、新エネルギー車用駆動用電池のリサイクル、資源リサイクル技術の研究開発、新材料技術の研究開発等となっている
- 吉利集団は駆動用電池のリサイクル事業に注力しており、2022年11月には吉利科技集団がLFP材料や駆動用電池のリサイクル拠点の建設に向けて袁州区政府と契約を締結した

韓国はグローバルにおいて二次電池の主導的立場を目指し、リサイクル技術の強化やリサイクル市場の創出も含めた、サプライチェーン全般の支援および投資を行う

2030二次電池産業発展戦略

戦略骨子	- 今後10年間で二次電池のグローバル市場における各国の地位を位置づける重要な時期と認識 - 産官学が結集して市場創出などを推進することを目的とする
基本戦略	1. 官民による大規模R&Dの推進 次世代二次電池の早期商用化とリチウムイオン電池の高性能化安全性の向上を目指す - 全個体電池を2027年、リチウム硫黄電池を2025年、リチウム金属電池を2028年までに商用化 - 電極素材・個体電解質など必要な要素技術の開発のため、次世代バッテリーパークを設置し集中的に支援
	2. グローバル先導基地構築のためのサプライチェーン構築 海外からの原材料の確保とともに、国内でのリサイクル技術を強化 - 海外からの原材料確保については、鉱物資源開発プロジェクトの支援、資源国との協力チャネルの拡大、鉱物資源備蓄システムの改善を行う - 二次電池の素材・部材・装置産業の成長と技術力確保のため、800億ウォン（約80億円、1ウォン＝約0.1円）規模の官民ファンドの創設、税額控除など、その他インセンティブを通じた支援を行う
	3. 二次電池市場拡大のための多様な分野の需要市場の創出 - 使用済み二次電池のリサイクル市場を創出し、収集・運搬、保管、売却、性能評価、再資源化など、二次電池のライフサイクル全般の市場創出と産業育成を図る - ドローン、船舶、公共分野の蓄電池など、二次電池を活用した新規産業の創出を積極的に推進する
金銭支援	- 税優遇等による投資の促進：R&D投資は最大50%の税額控除、施設投資は最大20%の税額控除 1兆5千億ウォン（約1,400億円）規模の「K-バッテリー優遇金融支援プログラム」

自国/地域内での投資減税や各種規制は各地で進展中だが、韓国は自国市場の小ささを勘案し、自国サプライヤの海外展開に対する直接的な支援まで、舵を切り始めている状況

官民合同バッテリー産業インフレ削減(IRA)法活用戦略の概要

目的		米国でのIRA法制定を契機に北米市場への進出拡大が期待される自国企業の競争力強化のため
支援内容	融資・保証	- 韓国輸出入銀行と韓国貿易保険公社が電池材料・セルメーカーの北米施設への投資支援のため、7兆ウォン規模（今後5年間）の融資と保証を提供。融資限度額の拡大、金利・保険料の引き下げ等の金融優遇措置を提供 - 融資限度額：最大10%拡大、金利：最大△1.0%優遇 - 保険料：最大20%割引(無保証)、保証支援限度額：最大20%拡大(総事業費基準)
	LFP電池 R&D	500億ウォンの予算を投じ、研究開発への投資支援を実施
	税額控除 範囲拡大	- 精錬・電池材料メーカーを対象に、国家戦略技術投資税額控除率を上方修正(大企業8→15%、中小16→25%) - 鋳物加工における税額控除認定範囲を拡大¹し、適用期間(2024年終了)を延長する案も推進
	産業団地の 指定 容積率拡大	2023年上半期中に先端戦略産業特化団地を指定し、電力・廃水処理施設などのインフラ構築を支援 - 国家戦略技術保有企業が産業団地内に投資する場合、法定容積率の上限を1.4倍まで拡大



1: (旧)ニッケル80%以上のハイニッケル陽極材用である場合認定→(新)二次電池用鋳物加工全体に拡大
出所：韓国 産業通商資源省 プレスリリース「민관합동 배터리 산업 인플레이션 감축법(IRA) 활용 전략 발표」(2023/4/7)を基にADL作成

韓国系の正極材/セルサプライヤは、自国/海外リサイクル事業者と積極的に協業しつつ、部材再利用にまで積極的に取組

					サプライチェーン上の役割分担		凡例：自前/協業 他社
					ブラックマス生産	製錬	部材再利用 (正極材/セル製造)
正極材サプライヤ	Ecopro BM	韓国	2023年	廃LiB	米リサイクル事業者 Ascend Elements（北米）	Gr会社：Ecopro （不明）	自社
	POSCO	韓国	2022年	廃LiB/ 工程端材	自社（欧州） （処理能力：7,000t/年）	子会社POSCO HY Clean Metal （不明）	（不明）
		韓国	2023年	廃LiB	子会社POSCO HY Clean Metal （処理能力：12,000t/年、不明）		自社
	LG化学	北米	2023年	廃LiB	韓リサイクル事業者Jae Young Tech 合併 （不明）		（不明）
		韓国	2024年	廃LiB	韓国前駆体KEMCO 合併 （不明）		自社
セルサプライヤ	LGES	北米 （米国）	2021年	工程端材	カナダリサイクル事業者Li-Cycle × GM （不明）		自社
		豪州	2022年	廃LiB （ESS）	豪リサイクル事業者 Envirostream （処理能力：250t、不明）		自社
		中国	2024年	廃LiB	中華友コバルト 合併 （不明）		自社
	SK On	北米 （カナダ）	2021年	廃LiB	米リサイクル事業者Redwood Materials × Ford （不明）		自社

LG Energy Solutionsは、廃電池リサイクルVC構築に向けて企業連携・合併設立を進める

LGのリサイクル関連の取組み

華友コバルトとのリサイクル合併企業設立	■ 2022年6月、LGESは、Co製品大手企業の華友コバルトと電池のリサイクル事業を手掛ける合併法人を設立すると発表 ・ 工場を2ヶ所（廃電池処理工場：LGES敷地内（江蘇省）・リサイクル工場：華友コバルト敷地（浙江省））設置予定 ・ 2024年下半期から、年間処理能力6万t規模（50万台分）で稼働予定であり、回収金属はLGESの電池材料として供給される見込み ■ 華友コバルトはCo精錬市場でグローバルトップ企業であり、中韓合併でのリサイクル企業設立は中国国内では初
EnvirostreamとのLiB処理に関する契約	■ 2022年9月、LGESは、LiB電池材メーカーのLithium Australia傘下のLiBリサイクル企業Envirostreamと廃電池処理に関する契約を締結 ・ 今後12ヶ月間で250t以上の廃電池をEnvirostreamへ移送し、資源回収と再利用を行う（2018年から続くパートナーリングの強化） ・ 今契約は2023年8月末迄であり、6ヶ月単位での更新となる ■ Envirostreamは契約により今後の処理量の大幅増を期待

韓国SKは米Ascend Elementsへ5000万ドルの出資。Ascend社の保有するダイレクト前駆体合成処理技術「Hydro-to-Cathode」の商用化加速を期待

Ascend Elementsのリサイクル技術・工場への投資状況

- 2022年9月、韓SKは、EV向け電池材メーカーであるAscend Elements5000万ドルの出資をしたと発表。Ascendは、リサイクル処理中に直接正極材前駆体を合成する「Hydro-to-Cathode」（下記）の商用化を加速
 - Hydro-to-Cathodeは廃電池から正極材前駆体および正極活性物質を迅速かつ効率的に変換する技術であり、コスト削減・GHG排出削減・性能向上が期待される
- Ascend Elementsは、2022年10月よりジョージア州において、年間3万tの処理量を誇る北米最大規模のリサイクル工場のフル稼働を開始予定。また、2022年8月にはケンタッキー州ホプキンスビルでリサイクル新工場の建設を発表（総額10億ドルの投資）するなど、処理能力の拡充を進める
- 米エネルギー省は2022年10月、Ascend Elementsがケンタッキー州で建設する正極材のリサイクル工場に対して約3.2億米ドル、同州で建設する正極材新工場については約1.6億米ドルの助成金を交付すると発表

Ascend ElementsのHydro-to-Cathodeスキーム



中韓プレイヤーは東南アジアにおける電池素材製造、電池製造、電池リサイクルの基盤構築を進める

SK-on主導によるインドネシアでの電池素材合併会社設立

- 2022年11月、韓国 SK-on（電池メーカー）は、韓国 EcoPro（電池素材メーカー）と中国 GEM（電池リサイクル・素材メーカー）とインドネシアに合併会社を設立、EV電池の材料となる「ニッケルコバルト混合水酸化物（MHP）」生産工場を建設すると発表
- スラウェシ州モロワリ県に工場を建設し、2024年第3四半期より生産開始の予定。年間生産能力はニッケル換算3万トン、電池容量換算約43GWh、電気自動車換算60万台に相当
- スラウェシ州ヘンジャヤ鉱山より酸化ニッケル鉱を採鉱し、副産物としてコバルト抽出も可能。合併会社は高圧硫酸浸出化技術（HPAL）を使用してMHPを生産する（中国GEMが技術提供）
- 三社は今後、三元系リチウムイオン電池素材の開発でも協力の予定



国軒高科によるベトナム現地法人と合併での電池工場建設

- 2022年11月、ベトナム ビングループは、中国 国軒高科（車載電池メーカー）と合併事業により、EV向けLFP電池工場の建設を開始（投資額 約350億円）
- 年間生産能力は5 GWhで2024年第3四半期より生産開始予定
- 将来的にビングループ傘下のEVメーカーVinFastの車両搭載の予定

ソニールハイテックは、米国ジョージア州において電池リサイクルの新工場を建設すると発表、2024年はじめの稼働開始を予定

SungEel HiTechはリサイクル工場の新設を進める

- 2022年8月、韓 SungEel HiTechは米国ジョージア州に電池リサイクル工場の建設を発表
 - ・ 投資額は3700万米ドルで2024年はじめに稼働開始の予定
 - ・ 新工場はジョージア州のGeorgia Ready for Accelerated Developmentプログラム認定区域であるHayestone Bradyビジネスパーク内に建設される
- SungEel HiTechは中国・マレーシア・インド・ハンガリーにリサイクル工場を保有しており、現在ポーランドとドイツにおいても新工場の建設を進める



湿式のグリーンリサイクル会社のACEと米国のNREL*が、LFP電池のリサイクルにより、黒鉛やLFPの回収技術の共同研究を合意

ACE Green Recycling 企業概要



設立	2019年	創業者 Nishchay Chadha Vipin Tyagi
所在地	シンガポール	
事業内容	■ 鉛蓄電池、使用済みLiBの環境に配慮したリサイクル ・ 100%電化した湿式リサイクル ・ モジュール設備による安全な解体プロセス	

Planned Facilities



NRELとの共同研究

- ACE Green RecyclingとNRELは環境に配慮した低コストのLiBリサイクル技術をさらに発展、最適化し、黒鉛、LFP、その他の正極（カソード）活物質をリサイクルする共同研究開発協定（CRADA）を締結
- テスラやフォード等の大手自動車メーカーがLiBからLFP電池に切り替えていく中、LFP電池のリサイクルはリチウムや黒鉛の採算性のある抽出が課題
- ACEは既にLFP電池の小規模リサイクルを行う独自の技術を開発しており、現在商業規模で拡大中。この協定により、NRELはLFP電池をリサイクルし、黒鉛を電池グレードに作りかえるこの工程の商業化評価でACEを支援
 - ・ ACE技術の価値提案（バリュープロポジション）を検証するために、コロラド州のNREL施設の主要な機能や分析ツールを提供し、LFPや黒鉛に関してバージン材と比較しACEの再生材を用いた電池の性能や寿命を最大化する最適なリサイクルパラメータの特定を目指す
- ACE技術は、現在 6万トンを超える黒鉛電極の輸入依存からの脱却や、米国内の技術やエンジニアの競争力強化に寄与し、最近発表されたインフレ抑制法の中の重要資材のサプライチェーンの現地化支援と整合する

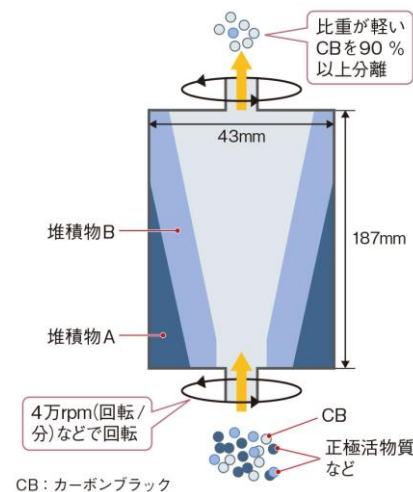
部材のまま回収・再利用するダイレクトリサイクルは低環境負荷・低コストの観点から大きく期待されており、大学や民間プレイヤーが技術開発を進める

ダイレクトリサイクルの特徴と課題

- 電池部材（正極材等）をそのまま回収して再利用
 - 単離金属の再合成等の過程を省略できるため、サイクル全体での省エネルギー・低CO₂排出（低環境負荷）が期待
 - 高付加価値な正極材（NMC等）を再製品化することで、リサイクル事業の高収益化も期待
 - ・ ダイレクトリサイクルには明確な定義なく黎明期の技術であり、大学を中心に研究開発が進行中
- ⇒ 各プレイヤーが種々の手法を用いてダイレクトリサイクルを実現する工程を開発中

ダイレクトリサイクルの一例（遠心分離）

- 部材分離方法として、米Lawrence国立研究所は国家プロジェクト「ReCell」において、遠心分離を用いた正極材と黒鉛の分離技術を開発（ラボスケール）（中国 Farasis Energyと共同開発）
 - ・ 高純度での分離および回収率に課題
- 独Karlsruhe工科大学とFraunhofer研究機構は、筒状の遠心分離機で比重差によるカーボンブラックと正極材の分離技術を開発（ラボスケール）（*Metals* 2020, 10, 1617に発表）



ReElementはアメリカに本社を置く企業で、製薬製造で活用されるクロマトグラフィー技術を用いたバッテリーリサイクルを行い、99%以上の高い回収率を誇る

ReElement 企業概要



設立	2016年	ボード メンバー	CEO: Tim Johnston
所在地	アメリカ インディアナ		
事業内容	■ バッテリーリサイクル事業		
	- クロマトグラフィー技術を用いた鉱物回収 - 再生率は99%以上を持つ - NMCのみならず、LFPのリサイクルも行う		

沿革

- 2023年6月：親会社が南アフリカでLitium Spodumeneの長期購入契約を締結
 - 親会社のAmerican Resource Corporationは、ReElement Technologiesのリサイクル技術を用いてバッテリーグレードの炭酸リチウムまたは水酸化リチウムに精製される6%以上のリチウムスポジュメン鉱石の購入契約を締結し、南アフリカでの提携を開始
- 2023年3月：American Lithium Energyとパートナーシップを締結
 - 医療、航空宇宙、防衛、電気自動車など様々な用途や産業で使用するALE社の最先端バッテリーの製造に使用される高純度リチウムやその他の精製バッテリー鉱物を供給
- 2022年12月：バッテリーの重要鉱物回収プラットフォームの稼働開始
 - 独自のマルチモーダルクロマトグラフィー技術を用い、リサイクルバッテリーから99.9%以上の純度でバッテリーグレードの炭酸リチウムを生産
- 2021年11月：パイロット施設の開発開始
 - イーライリリー（製薬会社）のクロマトグラフィー専門家であるWilliam E. Smithの指導の下、インディアナ州ノーブルズビルで金属回収パイロット施設の建設を開始
- 2021年1月：パデュー大学の希土類元素および重要物質精製特許を取得
 - カラムクロマトグラフィーを使用したレアアースおよび重要物質の分離・精製技術の開発と商業化を目的として、Purdue大学のDr. Linda Wangと提携を開始
- 2020年11月：オハイオ大学の石炭電解特許を取得
- 2016年~2018年：初期テストとフィージビリティスタディ
 - 創業者たちは、石炭廃棄物に残留するレアアースを処理過程で廃棄するのではなく、回収する創造的な方法を模索。その研究から、後にReElement Technologiesの前身であるAmerican Rare Earthが誕生

クロマトグラフィー技術は
製薬製造で活用

ReElementのクロマトグラフィー技術とモジュラー方式の採用により、経済的、容易な設置方式、安全かつ環境負荷が少なく、スケール可能なリサイクルを実現

ReElementのリサイクル技術特徴

IRA法への適合も可能

Low Capex	質も量も妥協することなく、より小さく、よりクリーンで、<u>より無駄のないリサイクルを実現</u> ■ <u>クロマトグラフィーの優れた効率性により、大規模なコストと長期の建設期間を伴う大規模な金属抽出施設を、単体で展開可能なプラットフォームで置き換えることができる。</u> ReElementのモジュラープラットフォームは設備投資額が抑えられているため、磁石メーカーや電池メーカーにとってReElementは、使用済み材料、製造廃棄物、バージン鉱石の精製を迅速に展開し、開始するための有力な選択肢となっている
Co-Locatable	<u>電池・磁石メーカーの複雑な物流を解消</u> ■ <u>バッテリーメーカーがリサイクルソリューションで直面する問題は、大量のリチウム電池を輸送するコストと危険性である。</u> ReElementは、<u>当社のモジュール式プラットフォームを提携する製造現場に直接配備することで、この問題を根本から解決し、継続的に廃棄物を回収するとともに、新しいリサイクル材料を精製して、サプライチェーンに直接戻すことができる</u>
Easy Permitting	<u>現存する最も環境への負荷が少ない金属回収方法</u> ■ <u>従来の金属リサイクルの方法と比較して、有害な化学物質をほとんど使用せず、ほぼ廃棄物ゼロを実現している。</u> リサイクルプロセスに投入されたものはすべて、売却、リサイクル、または追加処理や再利用のための保管が可能であり、クロマトグラフィーシステムの利点により、<u>新規サイトの建設や提携サイトへの併設を開始するのに何年も何ヶ月も待つことなく、簡単かつ迅速に許可を得ることができる</u>
Scalable	<u>あらゆる規模の精製ニーズに対応可能</u> ■ <u>当社独自のマスバランスソフトウェアにより、回収効率を犠牲にすることなく、パートナーのニーズに応じて生産量を拡大または縮小することができる。</u> この金属回収プラットフォームは、製造工程に直接組み込まれた適応性により、循環経済を実現するカギとなる

ReElementはJHUTとJVを組み、ReElement Technologies Japanを設立。福井県にリサイクルハブを設立し、日本国内での製造工程端材や使用済廃電池のリサイクルを展開予定



- JHUT LLCとのJVとして『ReElement Technologies Japan』(RTJ)を設立し、**バッテリーのリチウム精製・回収ソリューション**を日本市場に提供
- 福井県大飯郡大井町において、リチウムイオン電池および電池材料のリサイクル・ハブを設立予定

昨年来、我々はJHUTチームとパートナーシップについて協議し、提携する機会を得てきました、そして、今回、提携を進めることで合意できたことを大変嬉しく思っています。日本は、価値の高い最先端技術の開発と活用において世界をリードしてきた国であり、我々にとって初の国際的なJV拡大を発表する場所として、これ以上の場所はありません。JHUTと提携し、当社独自の低コストで環境的に持続可能な精製方法を用いて、**使用済みリチウムイオン電池や製造スクラップを調達、リサイクル、精製し、超高純度の電池グレードの材料に再生する技術**を日本市場に提供できることをうれしく思います。JHUTの熱意、意欲、そして向上心に満ちたチームとの長期的な関係を楽しみにしています。

- Mark Jensen ReElement CEO

この数年間、我々はリチウム精製とバッテリー・リサイクルのための複数の技術を評価してきましたが、その実績とスケラブルな技術からReElement Technologiesの手法を採用し、ReElementのチームと協業できることになりました。**私たちは、福井県大飯郡大井町を電池のリサイクルと精製の拠点として選び、日本市場でRTJのパートナーシップを展開するため、現地のパートナーとの協働を始めました。**リサイクル材料に対するニーズはかつてないほど高まっており、日本は電動化分野における長年のリーダーです。私たちはReElementチームと協力し、バッテリーグレードの精製された重要な材料を再利用のために市場に供給することで、このギャップを埋めることができることに大変期待しています。

- Toshio Ozawa JHUT LLC CEO

Arthur D. Little has been at the forefront of innovation since 1886. We are an acknowledged thought leader in linking strategy, innovation and transformation in technology-intensive and converging industries. We navigate our clients through changing business ecosystems to uncover new growth opportunities. We enable our clients to build innovation capabilities and transform their organizations.

Our consultants have strong practical industry experience combined with excellent knowledge of key trends and dynamics. ADL is present in the most important business centers around the world. We are proud to serve most of the Fortune 1000 companies, in addition to other leading firms and public sector organizations.

For further information please visit **www.adlittle.com** or **www.adl.com**.

Copyright © Arthur D. Little Luxembourg S.A. 2024.
All rights reserved.

Arthur D. Little Japan – Tokyo

Contact:

Shiodome City Center 36F

1-5-2 Higashi Shimbashi, Minato-ku

105-7136 Tokyo

T: +81 3 4550-0201 (Reception)

www.adlittle.com