

論点(案)に関連する参考資料

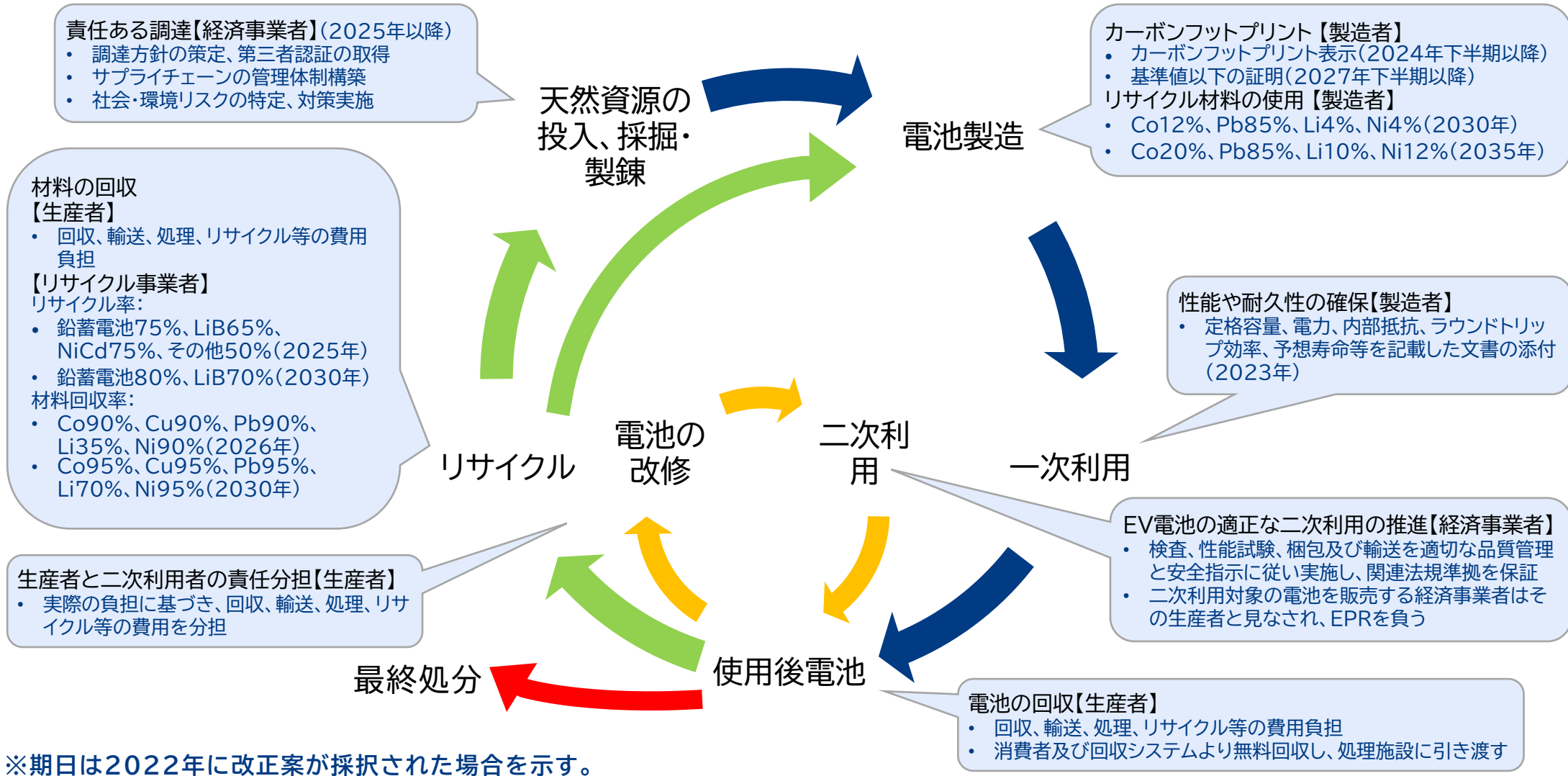
参考資料①

(論点(案)関連)

海外におけるリチウムイオン電池の処理状況(欧州)

- EUでは2006年9月に電池指令(Directive 2006/66/EC)を発効。
- 同指令において定める水準を上回る水銀もしくはカドミウムを含む電池及び蓄電池の上市を禁止し、更に使用済み電池及び蓄電池の回収及びリサイクル率の向上とリサイクル及び廃棄を含むライフサイクル全体における環境パフォーマンスの改善を目指している。
- 適用対象となる電池:すべての種類の電池及び蓄電池
- 加盟国の役割
 - 使用済み電池の分別回収を推進するとともに、分別されない自治体廃棄物として廃棄されないよう、(金銭的インセンティブ策を含む)必要な手段を講じる。
 - 最終消費者が近隣の回収ポイントに使用済み電池及び蓄電池を廃棄し、生産者が無償で引き取る仕組みを整備しなければならない。
- 回収・リサイクル目標
 - 回収率:2012年9月までに25%、2016年9月までに45%を達成する。
 - 使用済みの産業用及び自動車用バッテリー:埋立もしくは焼却による廃棄を禁止し、事実上、100%の回収及びリサイクルを目指す。
 - リサイクル率:鉛酸蓄電池については65%、ニッケルカドミウム電池については75%、その他の電池については50%のリサイクル率を目指す。
- 2020年に新電池規則案が公表。今後見直しの動きが具体化。

リチウムイオン電池の流れ(欧州:バッテリー指令改正案)



【注釈】経済事業者(economic operator):電池の製造、再利用又は二次利用の準備、二次利用又は再製造、供給又はオンライン含む販売又はサービス提供に関する義務の対象となる製造者、正式な代表者、輸入者、販売者又はサービス提供者、又はあらゆる人又は法人、生産者(producer):指令2011/83/EU第2条第7項に規定する遠隔契約を含め、使用する販売手法に関わらず、加盟国内で電池を販売する、製造者、輸入者、販売者、その他の人又は法人、製造者(manufacturer):電池を製造する、又は電池を設計又は製造し、その名称又は商標により販売又はサービス提供する人又は法人(出所)欧州電池規則改正案(<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7103-2022-REV-1/en/pdf>)に基づき株式会社三菱総合研究所作成

リチウムイオン電池の流れ(欧州:バッテリー指令改正案)

段階	内容	対象者	義務	期日(2022年内採択の場合)	関連条項
天然資源の投入、採掘・製錬	責任ある調達	経済事業者	<ul style="list-style-type: none"> 調達方針を策定し、定期的に第三者認証を受ける サプライチェーンの管理体制を構築する 社会及び環境に与えるリスクを特定し、防止・影響緩和等の対策を行う 	本規則施行後36か月、又は欧州委員会によるガイダンス公開後24か月のいずれか遅い方より(2025年以降)	45a.調達方針 45b.管理システム 45c.リスク管理計画
電池製造	カーボンフットプリント	製造者	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルのカーボンフットプリントを表示する 	本規則施行後18か月、又は委任法令又は実施法令施行後12か月のいずれか遅い方より(2024年下半年期以降)	7.カーボンフットプリント
			<ul style="list-style-type: none"> カーボンフットプリントが基準値以下であることを技術文書に示す 	本規則施行後54か月、又は委任法令又は実施法令施行後18か月のいずれか遅い方より(2027年下半年期以降)	
	リサイクル材料の使用	製造者	<ul style="list-style-type: none"> コバルト12%、鉛85%、リチウム4%、ニッケル4% 	本規則施行後96か月より(2030年)	8.リサイクル材使用量
			<ul style="list-style-type: none"> コバルト20%、鉛85%、リチウム10%、ニッケル12% 	本規則施行後156か月より(2035年)	
一次利用	性能や耐久性の確保	製造者	<ul style="list-style-type: none"> 以下を記載した文書を添付する ✓ 定格容量(Ah)とその減少率(%) ✓ 電力(W)とその減少率(%) ✓ 内部抵抗(Ω)とその増加率(%) ✓ ラウンドトリップ効率とその減少率(%) ✓ 設計条件下での予想寿命 	本規制施行後12か月より(2023年)	10.性能・耐久性要件

注釈) 経済事業者(economic operator): 電池の製造、再利用又は二次利用の準備、二次利用又は再製造、供給又はオンライン含む販売又はサービス提供に関する義務の対象となる製造者、正式な代表者、輸入者、販売者又はサービス提供者、又はあらゆる人又は法人、生産者(producer): 指令2011/83/EU第2条第7項に規定する遠隔契約を含め、使用する販売手法に関わらず、加盟国内で電池を販売する、製造者、輸入者、販売者、その他の人又は法人、製造者(manufacturer): 電池を製造する、又は電池を設計又は製造し、その名称又は商標により販売又はサービス提供する人又は法人(出所) 欧州電池規則改正案(<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7103-2022-REV-1/en/pdf>)に基づき株式会社三菱総合研究所作成

リチウムイオン電池の流れ(欧州:バッテリー指令改正案)

段階	内容	対象者	義務	期日(2022年内採択の場合)	関連条項
使用後電池	電池の回収	生産者	<ul style="list-style-type: none"> 電池の回収、輸送、処理、リサイクル等の費用を負担する 消費者及び回収システムより無料回収し、処理施設に引き渡す 	-	47.EPR 49.EV電池の回収
リサイクル	材料の回収	生産者	<ul style="list-style-type: none"> 電池の回収、輸送、処理、リサイクル等の費用を負担する 	-	47.EPR
		リサイクル事業者	<ul style="list-style-type: none"> リサイクル率:鉛蓄電池75%、LiB65%、NiCd75%、その他の電池50% 	本規則施行後36か月までに(2025年)	57.リサイクル率と材料回収目標
			<ul style="list-style-type: none"> 材料回収率:コバルト90%、銅90%、鉛90%、リチウム35%、ニッケル90% 	本規則施行後48か月までに(2026年)	
<ul style="list-style-type: none"> リサイクル率:鉛蓄電池80%、LiB70% 材料回収率:コバルト95%、銅95%、鉛95%、リチウム70%、ニッケル95% 	本規則施行後96か月までに(2030年)				
電池の改修	生産者と二次利用者の責任分担	生産者	<ul style="list-style-type: none"> 生産者と二次利用対象の電池の生産者は、実際の負担に基づき、電池の回収、輸送、処理、リサイクル等の費用を分担する 	-	47.EPR
二次利用	EV電池の適正な二次利用の推進	経済事業者	<ul style="list-style-type: none"> 二次利用対象の電池の検査、性能試験、梱包及び輸送が適切な品質管理と安全指示に従い実施され、本規則含む関連法規に準拠することを保証する 二次利用対象の電池を販売する経済事業者はその生産者と見なされ、EPRを負う 	-	44a.二次利用対象の電池を販売する経済事業者の義務 47.EPR

注釈) 経済事業者(economic operator): 電池の製造、再利用又は二次利用の準備、二次利用又は再製造、供給又はオンライン含む販売又はサービス提供に関する義務の対象となる製造者、正式な代表者、輸入者、販売者又はサービス提供者、又はあらゆる人又は法人、生産者(producer): 指令2011/83/EU第2条第7項に規定する遠隔契約を含め、使用する販売手法に関わらず、加盟国内で電池を販売する、製造者、輸入者、販売者、その他の人又は法人、製造者(manufacturer): 電池を製造する、又は電池を設計又は製造し、その名称又は商標により販売又はサービス提供する人又は法人(出所) 欧州電池規則改正案(<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7103-2022-REV-1/en/pdf>)に基づき株式会社三菱総合研究所作成

バッテリーパスポート(欧州:バッテリー指令改正案)

- 本規則施行後48か月(2026年)より、販売又はサービス提供されるすべての電池に、電子記録である「バッテリーパスポート」が付与される。
- バッテリーパスポートは、個々の電池固有のIDであり、電池を販売する経済事業者が電池に印刷又は刻印したデータ媒体よりリンクしてアクセスできるものとする。
- 経済事業者は、バッテリーパスポートが、モデル共通のデータと使用状況を含む個々の電池固有のデータで構成され、少なくとも以下の情報を提供すること、データが正確、完全、最新であることを保証するものとする。

モデルに共通する情報	個々の電池固有の情報
<ul style="list-style-type: none"> a. 附属書VIパートAの項目(製造者ID、輸入者ID、種類、電池ID、製造場所、製造日、重量、容量、化学的性質、使用可能な消火剤) b. 化学構造、水銀・カドミウム・鉛以外の有害物質、貴重材料を含む材料組成 c. カーボンフットプリント情報 d. 調達方針報告書に示された責任ある調達に関する情報 e. リサイクル材使用量に関する情報 f. 定格容量(Ah) g. 最小・公称・最大電圧、関連する場合は温度範囲 h. 「オリジナル」の電力容量(W)と限界値、関連する場合は温度範囲 i. サイクル数で表した予想寿命と実施した参考試験 j. 消耗するまでの容量閾値(EV電池のみ) k. 未使用時に電池が耐えられる温度範囲(参考試験) l. 保証適用期間 m. 初期とサイクル寿命50%でのラウンドトリップ効率 n. 電池セル及びパックの内部抵抗 o. 関連するサイクル寿命試験のCレート p. ラベル表示要件 q. EU適合宣書 r. 廃電池の防止と管理に関する情報 	<ul style="list-style-type: none"> a. 電池が販売されステータスが変化する可能性がある場合、性能及び耐久性に関する以下の情報(第10条 性能・耐久性要件参照) <ul style="list-style-type: none"> • 定格容量(Ah)とその減少率(%) • 電力(W)とその減少率(%) • 内部抵抗(Ω)とその増加率(%) • ラウンドトリップ効率とその減少率(%) • 設計条件下での予想寿命 b. 「オリジナル」、「二次利用」、「再製造」、「廃棄物」と定義される電池のステータス情報 c. 充放電サイクル数、故障等のネガティブイベント、温度等の動作環境条件及び充電状態の履歴等の、使用状況に関する情報とデータ

バッテリーパスポート(欧州:バッテリー指令改正案)

● 欧州電子交換システム

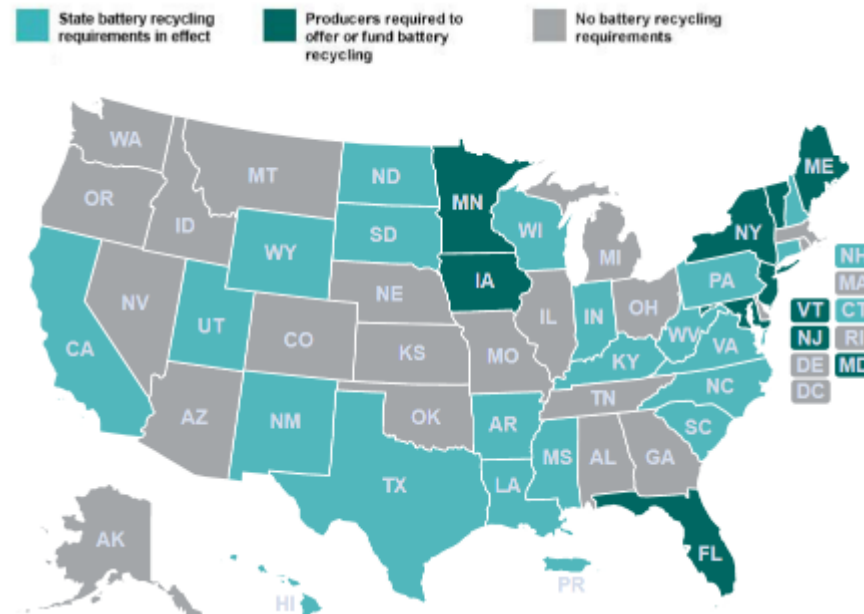
- 欧州委員会は、本規則施行後48か月(2026年)までに、電池情報の「欧州電子交換システム」を設置する
- 欧州委員会は、本規則施行後36か月(2025年)までに、以下を定める実施法令を採択するものとする
 - a. システムアーキテクチャー。可能であれば、欧州委員会のeDelivery Networkに関するConnecting Europe Facility原則に基づく
 - b. データと情報を利用可能にするフォーマット
 - c. データと情報のアクセス、共有、管理、検索、公開、再利用のルール
 - d. データの完全性を確認するルール
- 経済事業者は、「欧州電子交換システム」と相互運用可能な電子システムを介してバッテリーパスポートにアクセスし、同システムに保存された情報とデータ(前ページ参照)をオンラインで利用できるようにする。また、バッテリーパスポートの情報とデータは、第三者が使用できるようオープンスタンダードを採用し、ソートと検索が可能でなければならない。

● ステータスの変更

- 再利用又は二次利用の準備、二次利用又は再製造の対象となる電池については、バッテリーパスポートの記録の責任は、電池を販売又はサービス提供する経済事業者に移管される。その場合、データ記録は新しいバッテリーパスポートと見なされ、元のバッテリーパスポートから転送された「個々の電池固有の情報」を含むものとする。
- 電池のステータスが「廃棄物」となった場合、バッテリーパスポートの記録の責任は、生産者又は生産者責任組織又は廃棄物管理事業者に移管される。
- バッテリーパスポートは、新しいバッテリーパスポートが設定された時、又は電池がリサイクルされた後に、無効になるものとする。

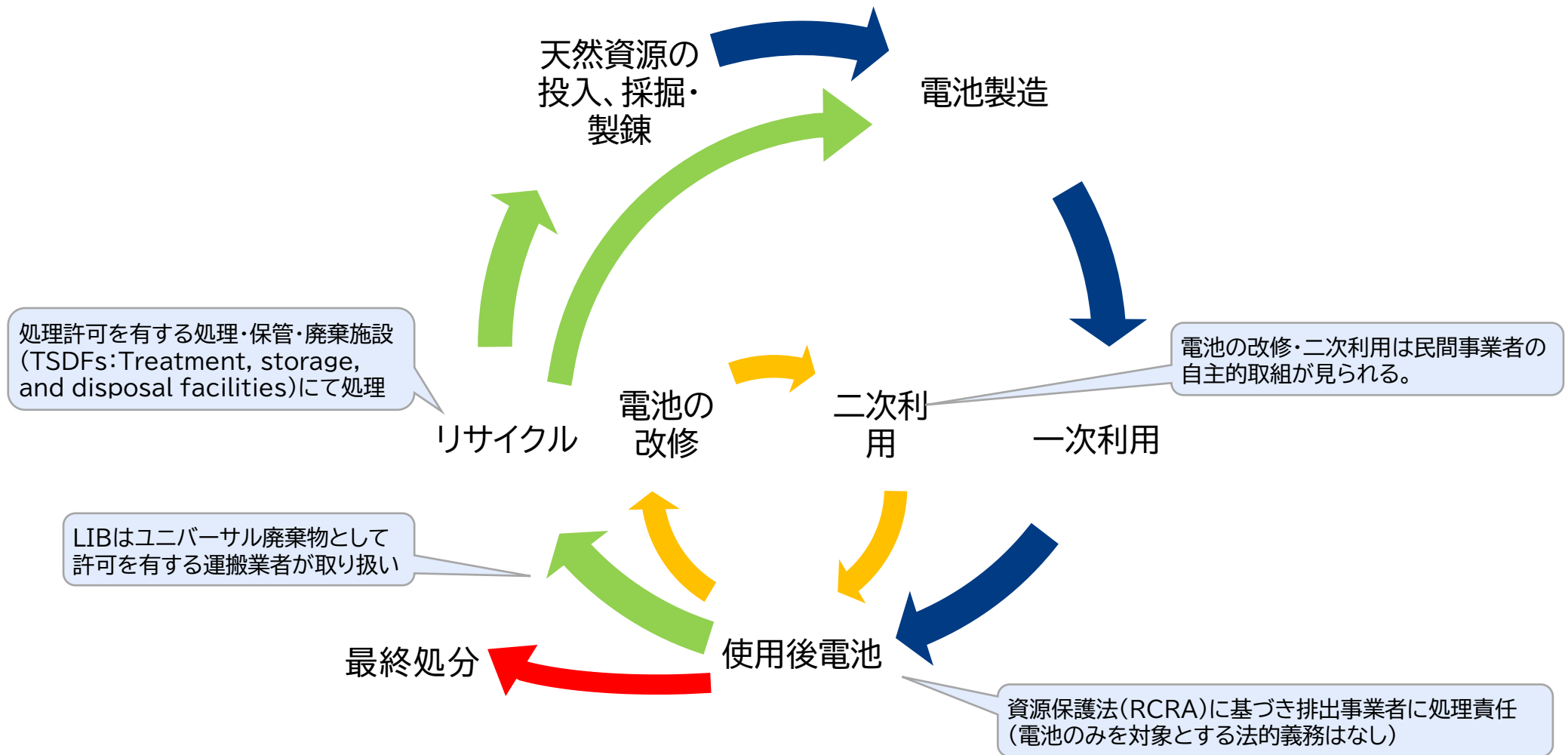
海外におけるリチウムイオン電池の処理状況(米国)

- 米国には、小型蓄電池のリサイクルに係る連邦法令はあるが、車載用蓄電池のリサイクルを義務付ける連邦法令はない。
- カリフォルニア州、ニューヨーク州、フロリダ州、ミネソタ州、アイオワ州等では、メーカーや販売会社に蓄電池の回収もしくは回収システムの整備を義務付ける法令が施行されており、Call2Recycleが回収システムを提供しているが、いずれも車載用蓄電池は対象ではない。
- 使用済車載用蓄電池は、廃棄物を管理する資源保護法(RCRA:Resource Conservation and Recovery Act)に基づき取り扱われる。



出所)Call2Recycleウェブサイト <https://www.call2recycle.org/recycling-laws-by-state/>(2021年9月8日閲覧)

リチウムイオン電池の流れ(米国:資源保護法(RCRA))



出所) Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Orientation Manual (<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/rom.pdf>)に基づき株式会社三菱総合研究所作成

海外自動車メーカーにおけるリチウムイオン電池リサイクルの対応状況(1/2)

自動車メーカー	取組概要
フォルクスワーゲン	<ul style="list-style-type: none"> 2021年2月、グループ初となるEV用電池リサイクルのパイロット工場を稼働 他用途に再利用できないLIBだけをリサイクルする 処理能力は年間最大1,500トン(電池パックで3,600セット) 現在53%のリサイクル率を72%に引き上げ、将来的に97%を目指す 手分解、破碎、篩別、磁選までを行い、外部の専門企業で湿式製錬を行う
ルノー	<ul style="list-style-type: none"> 2021年3月、VeoliaとSolvayのコンソーシアムに参加。3社でLIBの収集、解体、抽出、製錬のプロセス強化を目指す。フランスにデモ工場を設置予定。
グループPSA	<ul style="list-style-type: none"> 2015年12月、フランスの産業廃棄物リサイクル会社SNAMと、欧州におけるEV用電池の回収・リサイクル事業で協力すると発表。両社は2012年より、フランス国内で同事業について提携済み
ダイムラー(メルセデス・ベンツ)	<ul style="list-style-type: none"> ドイツ・クッペンハイムに新しくEV用電池のリサイクル工場を建設し、処理能力確保とノウハウ蓄積を図る。2023年より操業開始予定
BMW	<ul style="list-style-type: none"> 使用済LIBを世界規模ですべて回収し、各拠点で定置型蓄電システムとして使用している リサイクル大手Duesenfeldと連携し、グラファイトや電解質を含む最大96%のリサイクル率を達成する方法を開発。定置型蓄電システムとしての利用を終えたものをリサイクルしている 2020年7月、ミュンヘン近郊にLIB生産からリサイクルまでを行うパイロットプラントの建設を発表。2022年後半に稼働予定 2030年までにリサイクル材料の使用割合を大幅に増やす計画

出所) <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/02/lithium-to-lithium-manganese-to-manganese.html>、
<https://response.jp/article/2021/03/22/344184.html>、
 CSR Communicate <https://www.csr-communicate.com/global/20201007/csr-45238>、FBC Business Consulting
<https://fbc.de/auto/ai14150/>、<https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0312348EN/from-raw-material-to-recycling:-bmw-group-develops-sustainable-material-cycle-for-battery-cells?language=en>、
<https://www.bmw.co.jp/ja/topics/fascination-bmw/electromobility2020-new/sustainability.html>(2022年5月30日閲覧)

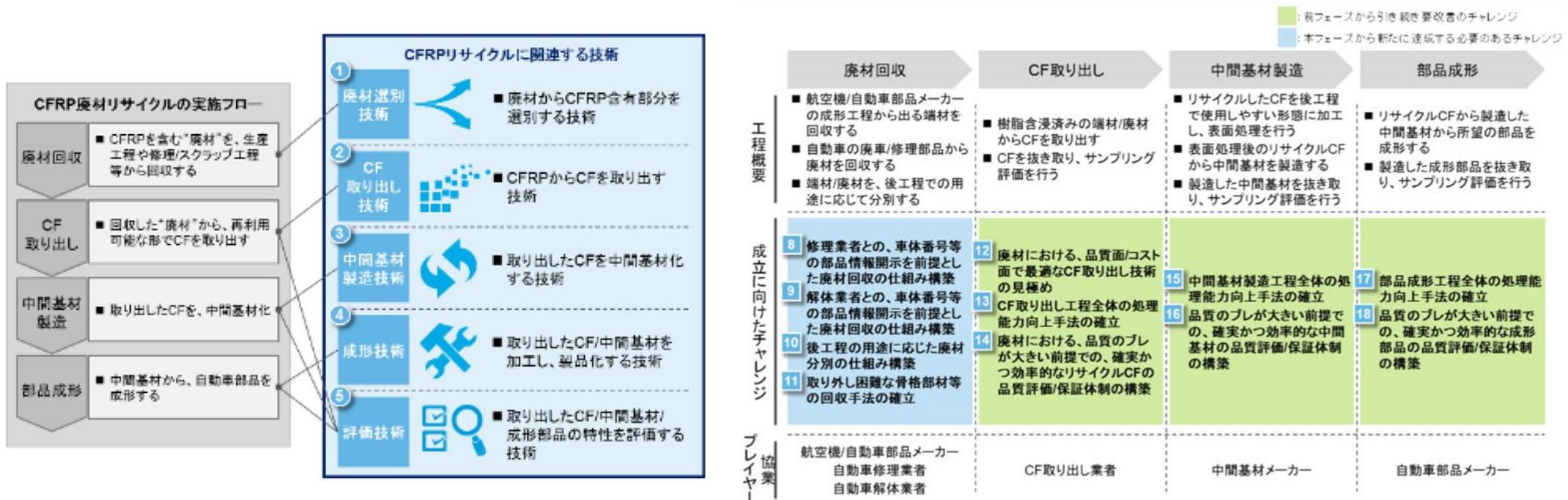
海外自動車メーカーにおけるリチウムイオン電池リサイクルの対応状況(2/2)

自動車メーカー	取組概要
GM	<ul style="list-style-type: none"> 2019年12月、LGエナジーソリューションと合弁会社Ultium Cells LLC(アルティウムセルズ)を設立 2021年5月、同社のセル製造から発生するスクラップを最大100%リサイクルする契約を、Li-Cycleと締結。2021年後半に新たなリサイクルプロセスを稼働予定 GMは2013年より、回収したバッテリーパックを100%リサイクルまたは再利用しており、同社のEVのほとんどは修理の際、再生バッテリーパックが活用されている Ultium製のLIBはモジュール式デザインを採用しているため、リサイクルや再利用が容易である
フォード	<ul style="list-style-type: none"> 2021年7月、研究開発プロジェクト「Ford Ion Park(フォードイオンパーク)」を発表。2022年にミシガン州に拠点开業予定。増加するEVラインナップに対し、自社によるセル供給を確保すべく、研究開発を加速する
テスラ	<ul style="list-style-type: none"> 2020年末、ネバダ州の同社バッテリー工場にリサイクル施設を設置し、製造スクラップと使用済LIBのリサイクルを開始 同社の元CTOが2019年に設立したRedwood Materialsは、ネバダ州のバッテリー工場に隣接し、同工場でパナソニックが製造したLIBの製造スクラップのリサイクル契約を結んでいる 米国ではKinsburskyと、欧州ではUmicoreと協力関係にある ウェブサイトで使用済LIBの回収を受け付けており、可能なものは再利用・再製造し、それ以外をリサイクルするとしている

出所)GMウェブサイト <https://media.gm.com/media/jp/ja/gm-new/news.detail.html/content/Pages/news/jp/ja/2021/May/0514-gm.html>、TechCrunch Japan <https://jp.techcrunch.com/2021/05/12/2021-05-11-gm-and-lg-chems-ultium-cells-partners-with-li-cycle-to-process-manufacturing-waste/>、Car and Driver <https://www.caranddriver.com/news/a36265773/ford-ion-park-battery-production-announced/>、Teslaウェブサイト https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf、<https://www.tesla.com/jp/support/sustainability-recycling?redirect=no>、Crux Investor <https://www.cruxinvestor.com/articles/tesla-battery-recycling> (2022年5月30日閲覧)

CFRP処理の現状

- 現在、使用済自動車由来のCFRPは、量が限定されていることから、埋立処理がなされている。
- CFRPからの炭素繊維(CF)の取り出し技術は注目されているが、各社がそれぞれの条件で実験・評価を行っており、使用済自動車由来CFRPのリサイクル方法の横並びでの比較は、十分ではない。
- また、CF取り出し以外の工程(廃材回収、中間基材製造、部品成形)の技術開発は少ない。
- 既往研究では、CFRP回収の仕組み構築や最適なCFの取り出し技術の見極め、中間基材製造工程や部品成形工程全体の処理能力向上手法の確立、品質保証制度等が課題として挙げられている。



出所) デロイトトーマツコンサルティング・日産自動車「CFRPのCartoCarリサイクルへ向けた実証」(2018)P1,22、https://www.nissan-global.com/JP/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/A_RECYCLE/R_FEE/SAISHIGEN/2017/PDF/report_demonstration_cfrp_car_to_car_recycling.pdf、(閲覧日:2022年8月9日)

CFRPリサイクルにおける炭素繊維(CF)取り出し技術

- CFRPからの炭素繊維の取り出し方法は、熱分解法、化学分解法、物理分解法に大別される。

	技術の定義	技術の特徴	技術の課題
 <p>熱分解法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 加熱によって、CFRPの樹脂部分を熱分解し、CFと樹脂を分離させる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 熱処理が主体のため比較的低コストで、大型処理の設備を作り易い ■ 取り出したCFの特性劣化は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ コスト/品質/大量処理化のバランスがとれているが、実用化の要求水準には至っていない
 <p>化学分解法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 熱分解以外の化学反応(主に溶液)によって、CFと樹脂を分離させる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 取り出したCFの特性劣化が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高圧プロセスを含む場合は高コストで、大量処理化にも課題あり
 <p>物理分解法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ CFRPへの物理的衝撃によって、CFと樹脂を分離させる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 物理破壊の装置への投資コストは、熱/化学分解法と比較し安価 ■ 大量処理への設備転用も容易 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 粉砕してしまうため、取り出せるCFの形状は粉末状のみ ■ 衝撃を加えるため、取り出したCFの品質は低い

使用済自動車から回収した炭素繊維(CF)取り出しの工程と課題

- デロイトトーマツコンサルティング・日産自動車による報告書「CFRPのCartoCarリサイクルへ向けた実証」(2018)では、次ページの表中の2段階熱分解法、過熱水蒸気法、常圧溶解法、電気分解法を、「強度の劣化度」「取り出し/処理コスト」「大量処理可否」「制約条件」の視点から、有望技術として抽出している。

出所)デロイトトーマツコンサルティング・日産自動車「CFRPのCartoCarリサイクルへ向けた実証」(2018)P3、https://www.nissan-global.com/JP/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/A_RECYCLE/R_FEE/SAISHIGEN/2017/PDF/report_demonstration_cfrp_car_to_car_recycling.pdf、(閲覧日:2022年8月9日)

CFRPリサイクルにおける炭素繊維(CF)取り出し技術一覧

	技術分類	機関	受入物	回収物	規模	課題
熱分解法	1段階熱分解法	東レ、帝人、三菱レイヨン	様々なCFRP	炭素繊維(チョップドF、ミルドF)、ガス ^{7),8)}	事業化: 1,000t/年 ⁴⁾	高温空気により炭素繊維が劣化 ²⁾
	2段階熱分解法 ¹⁾	岐阜大学、カーボンファイバーリサイクル工業株式会社	様々なCFRP ¹⁾	炭素繊維(長繊維) ¹⁾	事業化	高温空気により炭素繊維が劣化 ²⁾
	過熱水蒸気法 ³⁾	一般財団法人ファインセラミックセンター、高砂工業株式会社	不明	炭素繊維(長繊維)	開発中	最適処理条件は樹脂種に強く依存 ³⁾
化学分解法	常圧溶解法 ⁴⁾	日立化成	テニス、バトミントンラケット ⁴⁾	炭素繊維(長繊維)、樹脂分解物 ⁷⁾	事業化: 12t/年 ⁴⁾	処理時間が10時間以上と長く、溶媒回収が困難 ²⁾
	超臨界分解法 ²⁾	静岡大学	不明	炭素繊維(長繊維)、プレポリマー ⁷⁾	開発中	処理効率が低い ³⁾
	亜臨界分解法 ⁵⁾	熊本大学	CFRP原料 ⁵⁾	炭素繊維、樹脂分解物 ⁷⁾	開発中	処理効率が低い ³⁾
	半導体熱活性法 ⁶⁾	信州大学	不明	炭素繊維 ⁷⁾	開発中	不明
	電気分解法 ⁹⁾	アイカーボン株式会社	様々なCFRP	炭素繊維	事業化	事前に粉碎処理が必要 ⁹⁾
物理分解法	2段階粉碎処理法 ¹⁰⁾	リバーステクノロジー	不明	炭素繊維	開発中	取り出しCFの繊維長が限られる
	高電圧衝撃波法 ¹⁰⁾	太平洋セメント、東北大学、早稲田大学	不明	炭素繊維	不明	不明

出所)1)岐阜大学「世界中で廃棄される炭素繊維強化プラスチックを岐阜の英知を結集してリサイクル」https://www.gifu-u.ac.jp/about/publication/g_lec/special/201512_moritomi.html、2)静岡大学「亜臨界・超臨界流体を用いる炭素繊維強化プラスチックのリサイクル」https://shingi.jst.go.jp/past_abst/abst/p/14/1446/shizuoka06.pdf、3)一般財団法人ファインセラミックス・高砂工業株式会社「過熱水蒸気を利用したCFRPからの炭素繊維回収と繊維表面改質」https://www.jstage.jst.go.jp/article/mcwmr/24/5/24_389/_article/-char/ja/、4)日立化成 柴田ら(2013)「常圧溶解法によるCFRPリサイクル技術」https://www.mc.showadenko.com/japanese/report/056/56_sou01.pdf、5)桑田ら(2007年)「繊維強化プラスチックの亜臨界処理による原料成分の回収」https://www.jstage.jst.go.jp/article/scej/2007/0/2007_0_598/_article/-char/ja/、6)水口ら(2013年)「酸化半導体の熱活性を利用したCFRPの完全分解とCFのリサイクル」https://soar-ir.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=18176&item_no=1&page_id=13&block_id=45、7)三菱重工業金井ら(2018)「航空機複合材廃材のリサイクル利用による環境負荷低減」<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/552/552004.pdf>、8)三菱レイヨン(2015)「炭素繊維複合材料とリサイクル」https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150223/150223_01e.pdf、9)アイカーボン「電気分解法の詳細」<http://www.aicarbon.co.jp/tech-detail.html>、10)デロイトトーマツコンサルティング・日産自動車(2018)「CFRPのCartoCarリサイクルへ向けた実証」https://www.nissan-global.com/JP/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/A_RECYCLE/R_FEE/SAISHIGEN/2017/PDF/report_demonstration_cfrp_car_to_car_recycling.pdf、以上、2020年6月22日閲覧

CFRPリサイクルに関する国際的な動向

- 2019年の日EU産業政策対話では、CFRPに関する積極的な言及はなく、欧州ではCFRPリサイクルに関する政策的な動向はないものと考えられた。
- 一方、Horizon 2020(全欧州規模で実施される、研究及び革新的開発を促進するための欧州研究・イノベーション枠組み計画)の中でCFRPリサイクル技術等の開発が進められている。
- また、使用済CFRP及びGFRP(ガラス繊維強化プラスチック)の大規模実証プロジェクト“FiberEUse”が実施されている。Horizon2020においては、FiberEUseの他に、CFRPリサイクルに関するプロジェクトが8つあるが、航空機由来のCFRPを対象とするものや、技術開発にフォーカスしているものが多い。
- また、Circular Economy Action Planや欧州委員会のホームページでは、CFRPのリサイクルについての言及は見当たらない。

欧州におけるCFRPのリサイクル手法の開発状況

- Horizon2020のプロジェクト”FiberEUse”では、熱処理による繊維回収(ア)と非破壊的検査・修復による再利用(イ)という2種類のCFRPリサイクル方法の実証が進められている。
- その他のリサイクル方法としては、破碎・粉碎・選別による熱可塑性ポリマーの充填剤としての再利用(ウ)や、電気力学的な断片化技術による繊維回収(エ)が研究されている。

リサイクル手法	特徴
ア)熱処理によるガラス繊維・炭素繊維の生地回収	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済風力タービンと航空機コンポーネント由来のCFRP・GFRPの長繊維を自動車の装飾的・構造的コンポーネント、建築材料に再利用する。 ● 使用済CFRP・GFRP部品からの炭素繊維・ガラス繊維の回収には、革新的な熱処理技術が用いられる。 ● 最大の課題は、炭素繊維・ガラス繊維ともに生地の形で回収すること。
イ)非破壊的検査・修復・再生による再利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動車由来の使用済CFRPを自動車に再利用する。 ● ホワイトボディ全体を再生し、取り付け部品だけで設計変更を行う方法と、使用済自動車のホワイトボディを分解し、部品として再生し、新しいホワイトボディに取り付ける方法がある。 ● 主な課題は、CFRPの再利用を見越したホワイトボディコンセプトの開発が必要であること。
ウ)破碎・粉碎・選別による熱可塑性ポリマーの充填剤としての再利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済航空機から発生する熱可塑性CFRPを、最初に丸のこで小さな断片に切断し、次に不均一な粉末に粉碎し、ふるいにかけて粒度の異なる粉末を選別し、1 mm以下の粒子に還元する方法。
エ)電気力学的な断片化技術による繊維回収	<ul style="list-style-type: none"> ● 非常に短い高電圧パルスを水中で固体に当てて分解するという物理的プロセス。 ● メカニカルリサイクル、ケミカルリサイクルやマイクロ波を用いた方法はコストが高く、高品質の繊維を十分に取り出せない等の問題があるため、それを解消する。

出所)

非鉄金属業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

- 自動車向け非鉄金属が国内需要に占める割合は、銅26.7%、亜鉛16.5%、鉛88.9%と高い。
- リサイクル原料の利用は増加傾向にあり、銅精錬では、銅又は銅合金の故銅(銅スクラップや銅屑)、携帯電話や基板屑等の廃電子機器、近年はASRをはじめとするシュレッダーダスト、溶融飛灰等へと幅を広げている。
- 日本鉱業協会は、ASRリサイクルについて、①ASRリサイクル率以外の指標がない(金属回収量等)、②CFRPの増加に対し適正処理・リサイクル技術の開発が急がれる、の2点を課題としている。

自動車に使用される主な非鉄金属量

- ✓ 国内需要に占める自動車向け非鉄金属量:銅26.7%、亜鉛16.5%、鉛88.9%。
- ✓ PHV、EVに使用される銅量は多く、PHV、EVの増加に伴って銅の需要も増加の見通し。
- ✓ 鉛は国内需要のうち9割近くが車載用鉛蓄電池。

数量単位:トン

用途	自動車向け(A)			国内需要(B)	比率(A/B)	備考	
	新車	補修用	合計				
	968万台 (HV:160万台)	2,723万台 (8,170万台/ 3年毎交換)					
銅	ワイヤー ハーネス モーター 伸銅品	ICE※:202,000 HV: 59,200	0	261,200	977,982	26.7%	ICE※:25kg/台 HV:37kg/台 PHV:60kg/台 EV:83kg/台
亜鉛	亜鉛めっき 鋼板	58,266	0	58,266	352,489	16.5%	鋼材使用量960kg/台、 内めっき鋼板比率33% めっき付着量220g/m ² 、 板厚1.5mm→Zn:1.9%
鉛	鉛蓄電池	63,888	179,740	243,628	274,105	88.9%	鉛蓄電池12kg/個、 鉛重量比率55% →Pb:6.6kg/台

※内燃機関車

14

ASRリサイクル

- ✓ ASRを破碎・選別および焼却処理して、熱エネルギーおよび有価金属を回収。
- ✓ ASRはウレタン等可燃物7割、金属・ガラス等不燃物3割。
- ✓ 全国ASR引取量(2019年度)601千トン中、約25%に相当する155千トン为非鉄金属業界で処理。



課題

- ✓ ASRリサイクル率以外の指標がない(例:金属回収量など)。
- ✓ 難処理物であるCFRPの増加を懸念。適正処理・リサイクル技術の開発が急がれる。



16

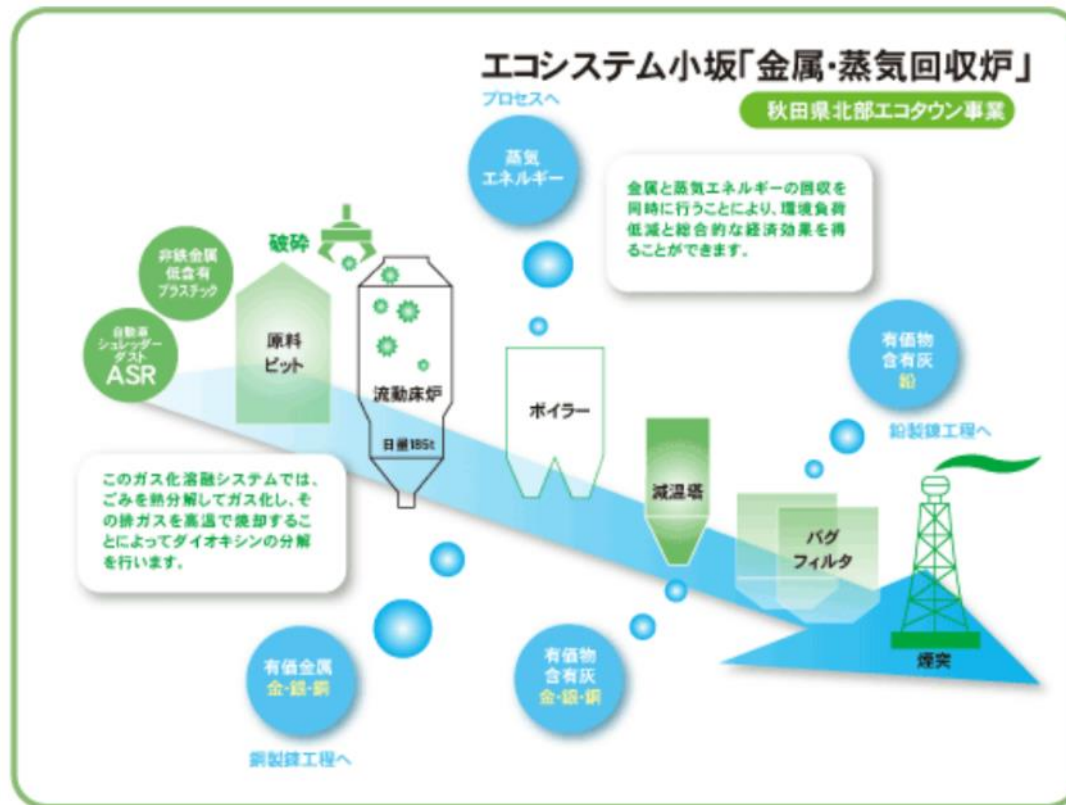
出所)日本鉱業協会「非鉄金属製錬業界の自動車リサイクルに対する取り組み」P14,16

(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/051_04_00.pdf)、2022年8月9日閲覧

非鉄金属業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

● DOWAホールディングス

- 2005年1月に施行された自動車リサイクル法に対応し、秋田県のエコシステム小坂、岡山県のエコシステム岡山の2拠点到「金属・蒸気回収炉」を整備。ASRから有価金属と、リサイクル工程で発生する蒸気を回収し、蒸気は近隣の工場の熱エネルギーとして供給。



リサイクル工程:

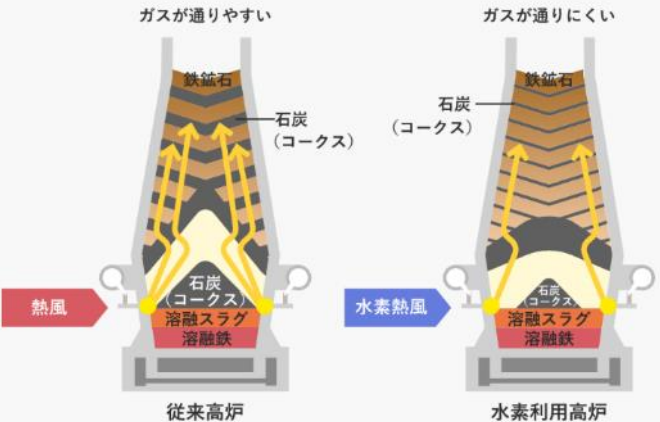
- 流動床から排出される不燃物は、物理選別工程を経て金属スクラップ(鉄、非鉄ミックスメタル)を回収
- ばいじんに含まれる銅や鉛などの重金属類は、グループ会社の製錬工程を経てリサイクル(重金属類を含む廃棄物でも安全な処理が可能)
- 蒸気として回収した熱エネルギーは、自社工場の熱源とするほか、隣接するグループ会社に供給し、製錬プロセスや発電タービンに利用

金属・蒸気回収炉の特徴:

- 安定燃焼による環境負荷減(CO₂、NO_x)
- 乾式/湿式の2段階の排ガス処理
- 活性炭吸着によるダイオキシン類の極小化

鉄鋼業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

- 自動車リサイクルに関する取組として掲げられているものはないが、鉄鋼業界として日本の2050年CNに貢献すべく、「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けて果敢に挑戦すると宣言。

現在の鉄鋼製造法	水素を用いた鉄鋼製造法	ゼロカーボン・スチールへの挑戦
<ul style="list-style-type: none"> 鉄鉱石を石炭などの化石燃料を用いて還元し鉄を生成。CO₂を発生。 $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ 	<ul style="list-style-type: none"> 水素を用いて鉄鉱石の還元を行う。CO₂の代わりにH₂Oを発生。 $Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$ <p>【課題】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 水素還元は吸熱反応のため、爆発性のある水素ガスを大量に加熱する必要がある ② 水素のみで還元する完全水素還元製鉄には、従来の高炉とは異なる還元方法が必要 ③ 大量の安価なカーボンフリー水素が必要 	<p>【ステップ1】</p> <ul style="list-style-type: none"> 製鉄所内で発生する副生ガスを利用することで、高炉に10%程度まで水素を吹き込み、投入する炭素量を減らす研究開発を進めている。 高炉は通気性維持のため支えとなる石炭が必要なため、CCUS技術を組み合わせ、残りのCO₂排出を抑制する技術開発も必要となる。 <p>【ステップ2】</p> <ul style="list-style-type: none"> 完全水素還元製鉄には、石炭の支えを必要としない天然ガス(メタン)を利用する直接還元法があるが、100%水素を適用すると、鉄鉱石が粉化し目詰まりする、還元が進むと固着して取り出せなくなる等の問題が発生するため、現時点では特殊な鉄鉱石しか使えない。
		

セメント業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

- ASRを代替燃料及び代替原料として使用しており、現時点ではリサイクルに向けた動きはない。
- 政府宣言を受け、2050年CNに貢献すべき分野についてビジョンを公表しているが、業界として2050年CNを目指すとは明言していない。
- セメント産業は、国内の産業部門において電力、鉄鋼、化学に次ぐCO₂排出源であり、主成分の酸化カルシウムを得るため石灰石を加熱分解しCO₂が発生する(CaCO₃→CaO+CO₂)。
- プロセス起源の排出量が6割を占め、代替技術が存在しない。

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

廃棄物のセメント資源化・最近のトピックス

「自動車リサイクル法」に基づき、クルマの解体・破砕後に残る自動車破砕残さ（ASR）をセメント工場で再資源化

クルマを正しくリサイクルするために

あなたのリサイクル料金は、この3品目の適正処理に使用されています。

リサイクル料金で処理される3品目

フロン
エアバグ
ASR

適正な調整をしたうえで熱エネルギーや、セメント原料として利用

埋め立て処分量の削減に貢献

現在、廃車一台あたりの総重量の約9割は、リユース・リサイクルされているのです！

出典：経産省
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/automobile_recycle/other/pdf/press/070920buhin-chirashi.pdf

出典：太平洋セメント(株)
<http://www.taibeiyco-cement.co.jp/csr/pdf/cssrpt2011.pdf>

8

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

2022年3月24日改訂（旧：脱炭素社会を目指すセメント産業の長期ビジョン）

カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン(概要)

1. 本ビジョンの狙いーわが国の目指すカーボンニュートラルの実現に貢献するため、現時点において、2050年に向けての目指す対策と検証をビジョンとして示した。
2. 広義の国内需要量ー2050年における広義の国内需要量(セメントの官需、民需、セメント系固化材)は3,400万t～4,200万t程度と予測されるが、生産量は、輸出と輸入が加わるため、更に幅をもって捉えるべきである。
3. セメント産業の果たすべき役割ー当産業は将来的にも次のような役割を果たしていく。【基礎素材の供給者】、【循環型社会形成への貢献】、【地域経済への貢献】、【災害廃棄物処理への貢献】
4. 目指すべき対策の方向と克服すべき課題ー目指すべき対策の多くは、克服すべき困難な課題を抱えており、その実現には「非連続なイノベーション」が不可欠であり、建設業界をはじめとしたステークホルダーの理解と協力も必要。
 - ・ クリンカ/セメント比の低減
 - ・ 投入原料の低炭素化
 - ・ 省エネルギーの推進
 - ・ 鉱化剤使用等による焼成温度低減
 - ・ 使用エネルギーの低炭素化
 - ・ 低炭素型新材料の開発
 - ・ 二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS)への取り組み
 - ・ セメントカーボネーション(セメント水和物の二酸化炭素の固定)
 - ・ コンクリート舗装の推進による重量車の燃費向上に伴う二酸化炭素低減

5.1 2050年に向けて目指す対策

(1) プロセス起源二酸化炭素

- ・ 普通ポルトランドセメントの少量混合成分の増量により、クリンカ/セメント比が0.85から0.825に低減することを目指す。
- ・ セメントカーボネーションにより固定する二酸化炭素量(強制的に固定化させるものは含めない)は相当量あることが報告されているが、国際的に合意された算定方法が確立していないため、セメント産業に係る貢献として、検証に示す。

(2) エネルギー起源二酸化炭素

- ・ 省エネとエネルギー代替廃棄物の利用拡大を進め、また、クリンカ/セメント比の低減分のエネルギー使用量削減が可能。
- ・ 焼成用エネルギーは、バイオマスを含む代替廃棄物の利用拡大、将来的な水素・アンモニア・合成メタン混焼などにより、ゼロエミッション系の混焼を少なくとも50%までに増やすことを目指す。
- ・ 自家発電は、バイオマス燃料を始めとした各種ゼロエミッション系燃料への転換によるゼロエミッションを目指す。

(3) プロセス起源、エネルギー起源両方に向けた二酸化炭素の回収・利用・貯留

- ・ 国のグリーン成長戦略等に沿いながら、技術開発を推進し、二酸化炭素の回収・利用・貯留の技術によって削減を目指す。

(4) その他の想定

- ・ ユーザーの低炭素化への意識向上から、将来的にはクリンカの比率がより低減することが想定され、2030年に0.825を目指したクリンカ/セメント比が、2050年には0.8にまで低減することを想定する。

1

出所)セメント協会資料(https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/190125_01.pdf、https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/220324_01.pdf、https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/220324_02.pdf)、2022年5月17日閲覧

産業廃棄物処理業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

- 自動車リサイクルに関する取組として掲げているものはないが、産業廃棄物の適正処理により循環型社会を形成し環境問題に取り組むことが必要との観点から、2007年より自主行動計画を策定。2018年にはより長期的な視点に立ち低炭素社会実行計画として改定し、下記の目標を策定。
- 会員企業のCO2換算GHG排出量を管理対象とし、全体として2010年度比で2020年度(2018～2022年度平均値)に±0%に抑制、2030年度(2028～2032年度平均値)に1割削減
- 2030年度に収集運搬業は燃費を1割改善、中間処理業は焼却に伴う発電量・熱利用量を各2倍に
- 中間処理業におけるGHG排出削減対策として、以下を挙げている。なお、企業にとって対策実施が最終的に利益につながることを目指すとともに、中小企業が多数を占める業界の特徴に配慮し、中央省庁・地方公共団体等からの支援の拡充を求めている。

中間処理業における対策(主な例示)

1. 焼却時にGHGを発生する産業廃棄物の3R促進	<ul style="list-style-type: none"> ● 産業廃棄物を原料とした燃料製造(廃油精製・再生、RPF、廃プラ類由来の原燃料、木くずチップ・ペレット、廃タイヤチップ、混合燃料等) ● バイオマスエネルギー製造(バイオガス、バイオエタノール、バイオディーゼル等) ● コンポスト化・飼料化 ● 製品原料化・再利用化(再生タイヤ製造、廃タイヤ原料化、廃プラ類のマテリアル・リサイクル、家畜敷料用木くずチップ、再生木材製造等) ● 選別率の向上 ● 分別排出の推進
2. 焼却時のエネルギー回収の推進	<ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物発電(廃棄物発電設備の導入、発電効率の向上) ● 廃棄物熱利用(廃棄物熱利用設備の導入、オフライン熱輸送システムの導入)
3. GHG排出量を低減する施設の導入・運転管理	<ul style="list-style-type: none"> ● ダイオキシン類発生抑制自主基準対策済み焼却炉における基準の遵守 ● 下水汚泥焼却炉における燃焼の高度化

出所)全国産業資源循環連合会資料(https://www.zensanpairen.or.jp/wp/wp-content/themes/sanpai/assets/pdf/activities/global_warming_eco_plan.pdf)、以上2022年5月23日閲覧

欧州におけるASR相当物処理の状況

- ELV指令において、ASR相当物の処理に関する規定は見当たらない。
- ELV指令におけるリサイクルの目標値(2015年目標値)は、「再使用とリカバリーについては、95%以上し、再使用とリサイクル(リカバリーからエネルギーリカバリーを除く)については85%以上(車両重量ベース)」とされており、ASRリサイクルについては目標値は定められていない。(この目標は多くの加盟国が達成したとされている。)
- 上記の目標達成に向けては、PST(Post-shredder technology)施設等の普及が必要とされた。(※2009年時点)

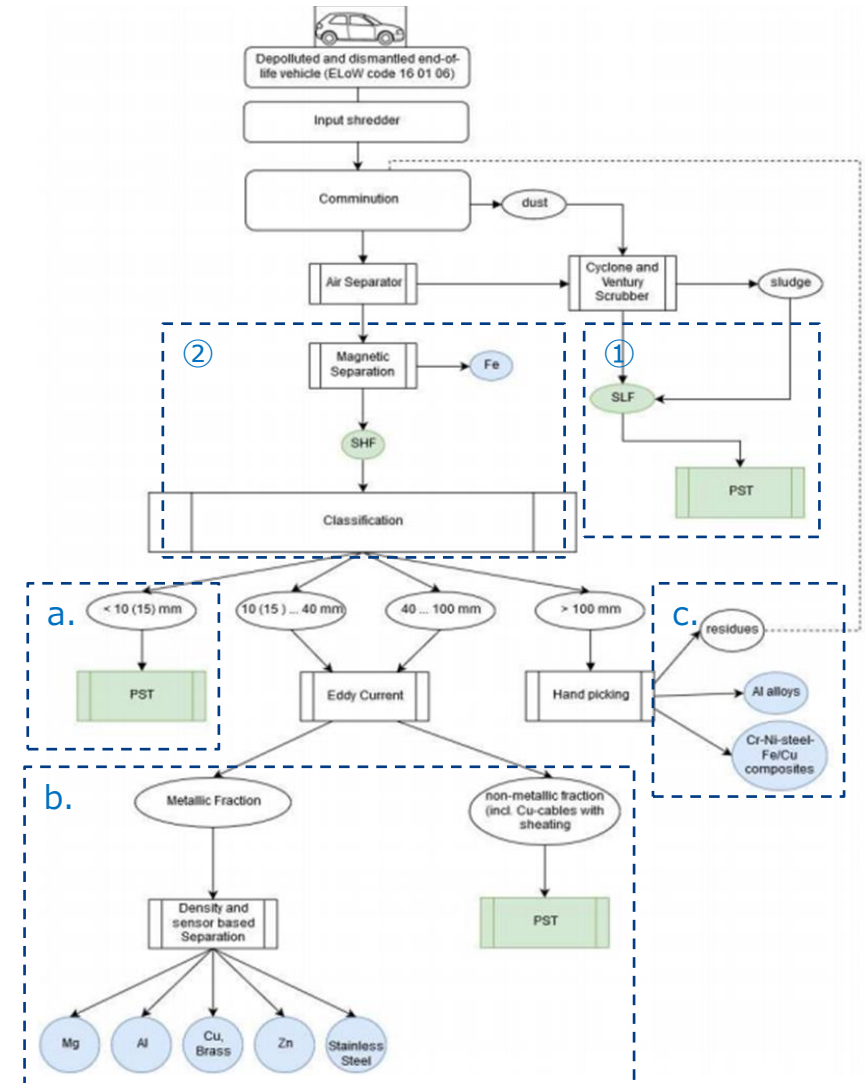
出所) EUR-Lex ELV指令 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0053&qid=1653977040825>)、欧州における産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会第21回合同会議 資料3-4-1 自動車リサイクルに関わる視察調査の概要 (https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/g90324e08j.pdf)、同会議資料3-4-2自工会 欧州視察調査結果 (https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/g90324e09j.pdf)、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会 第19回合同会議 資料7各国の自動車リサイクル制度 (https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/g90219b08j.pdf)、VWホームページ (<https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/09/recycling-in-car-construction-cleanly-recycled-is-as-good-as-new.html>)、Galoo Plasticsホームページ (<https://gallooplastics.eu/en/compounding/>)

欧州におけるASR相当物処理の状況

● 2020年8月のELV指令評価報告書に、一般的なELVの破碎工程として、以下記載。

- 無害化・解体作業の後、ELVの破碎が行われる。
- 軽い残渣(shredder light fraction, SLF)と、一部の重い残渣(shredder heavy fraction, SHF)は、PST施設で再処理されるか、または処分される。

- ① 気流分離と集塵機により選別した軽い残渣(SLF)はPST工程へ
- ② 磁気分離で鉄を取り出した後の重い残渣(SHF)を分類
 - a. 10mm以下はPST工程へ
 - b. 10～100mmは渦電流で分離
 - ✓ 金属は密度分離とセンサー分離によってマグネシウム、アルミニウム、銅、真鍮、亜鉛、ステンレスに選別
 - ✓ 非金属(被覆付き銅線含む)はPST工程へ
 - c. 100mm以上は手作業でアルミニウム合金とクロム・ニッケル系ステンレス鋼・銅複合材を選別



出所) Supporting the Evaluation of the Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles

(<https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/elv/ELVD%20Evaluation-Final%20report%20Aug2020-rev1.pdf>)、2021年4月27日閲覧

ASR相当物のリサイクルに取り組む企業(PST施設等)

● VW-Sicon

- ドイツ連邦研究省の支援を受け、フォルクスワーゲン、Oeko-Institut(環境研究所)、BASF(化学)、SICON(加工技術)、クラウスタール工科大学が共同で、ELVからプラスチックを体系的にリサイクルするSyKuRA(systematic recycling of plastics from ELVs)プロジェクトを実施。ASR中のミックスプラスチックを最大800度で熱分解し、ケミカルリサイクルする計画。
- フォルクスワーゲンは、同プロジェクトが2050年気候中立目標に貢献する、としている。

● Galloo Plastics

- ベルギーとフランス北部でELV、WEEE等の金属リサイクルを行うGaloo社の子会社として、車両解体・破碎後のASR中のミックスプラスチックを高度比重分離技術により選別。PP、PE、ABS等のペレットやフレークとして販売している。

● ARN(HKS Scrap Metals)

- ARN(オランダ自動車リサイクル協会)が設立したPST施設を、2020年にオランダの金属リサイクル会社HKS Scrap Metalsに移管。磁力選別と振動選別により、ASRをプラスチック、金属、繊維、残渣に選別した後、ミックスプラスチックは種類別に、金属は銅、アルミニウム、鉄、ステンレスに分離。

出所) フォルクスワーゲンホームページ(<https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/09/recycling-in-car-construction-cleanly-recycled-is-as-good-as-new.html>)、Galooホームページ(<https://www.galoo.com/nl>、<https://gallooplastics.eu/en/compounding/>)、ARNホームページ(<https://arn.nl/activiteiten/verwerking-in-shredderbedrijven-en-de-pst-fabriek/>、<https://www.hksmetals.eu/nl/pst-fabriek-tiel>)、2022年6月8日閲覧

再生材利用の状況 ①トヨタ自動車株式会社

- 2030年までに再生樹脂の利用を3倍以上(現状比)に拡大することを目指す。
- 2020年度のバンパーリサイクル量は53.5万本。
- 廃車のシュレッダーダスト(ASR)を素材として再利用すべく、豊田メタル株式会社の破砕選別技術を活用したASR由来の再生樹脂材を新車に採用していく予定。

〈2030年目標〉

2050年に向けた「グローバルで樹脂循環が最大化する社会構築」を目指し、
2030年までに再生樹脂の利用を3倍以上(現状比)に拡大。(対象：日本・欧州の生産車)

トヨタの車両における再生樹脂活用の最大化



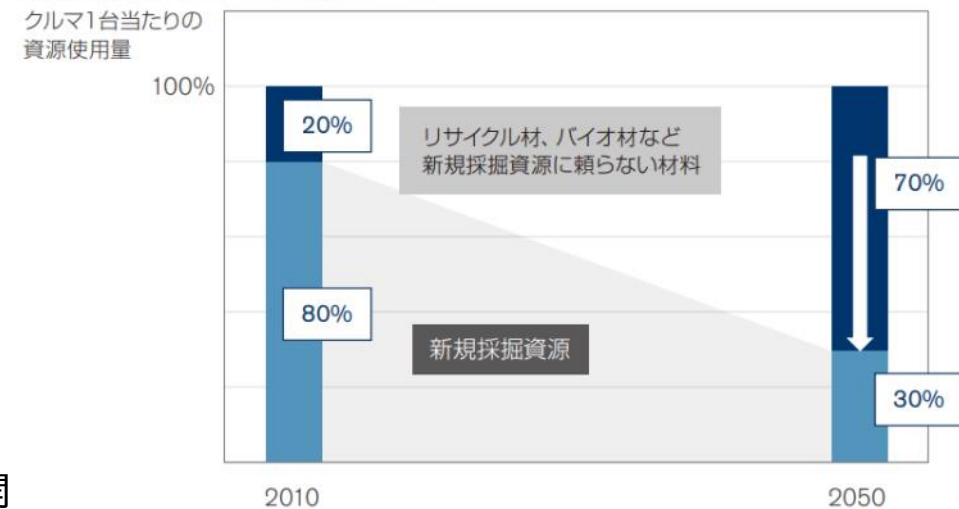
トヨタ自動車における再生樹脂利用の目標と再生樹脂活用の考え方

出所)トヨタ自動車株式会社Sustainable Data Book(閲覧日:2022年5月31日)
https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/sdb/sdb21_jp.pdf

再生材利用の状況 ②日産自動車株式会社

- 2050年に「台当たり資源使用量のうち、新規採掘資源に頼らない材料を70%にする」という長期ビジョンを掲げ、車の材料としての使用割合が高く環境影響が大きい鉄、アルミニウム、樹脂の3つの材料の水平リサイクルに取り組んでいる。
- 2022年度の目標として台当たり再生材利用率30%を目指しており、グローバル生産車両を対象に以下の取り組みを進めている。
 - 2020年度より、北米、欧州、国内の一部車種の生産工場で、アルミニウムの端材スクラップを自動車用アルミ板にリサイクルするプロセスを採用。
 - 国内工場と中国合弁会社で、塗装済バンパースクラップの塗装を除去し、新車用に使用。
 - 販売会社で交換されたバンパーを回収し、アンダーカバー等の部品材料にしており、2020年度は国内で交換されたバンパーの67.2%にあたる約98,000本を回収。
 - ASRを自動車材料として再生するため、「ASR回収樹脂からのリサイクルプロセス最適化」「自動車廃プラスチック油化」「微生物によるPP(ポリプロピレン)リサイクル」などの研究開発を進めている。

資源依存に関する長期ビジョン

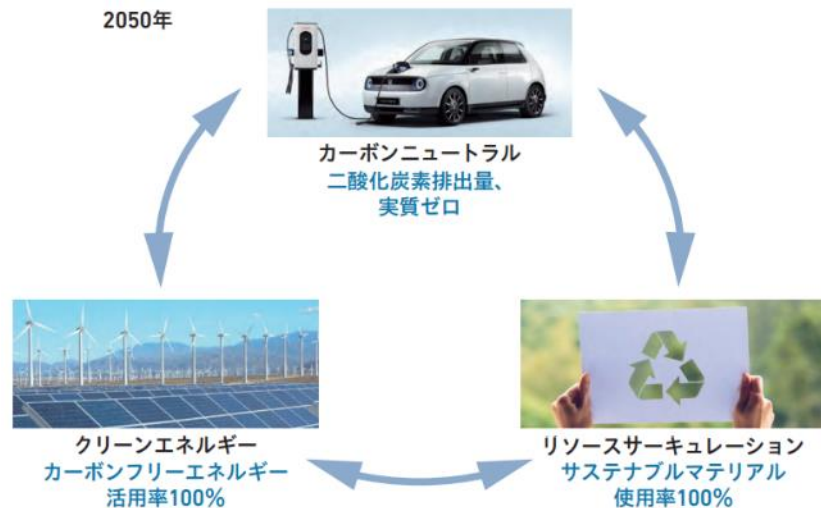


日産自動車における資源依存に関する長期ビジョン

再生材利用の状況 ③本田技研工業株式会社

- 2050年に環境負荷ゼロを目指す取り組みのひとつにリソースサーキュレーションを掲げており、バッテリーのリユースやリサイクルをはじめとするマテリアルリサイクルに関する研究を進め、サステナブル・マテリアル100%での製品開発にチャレンジするとしている。(左図)
- 2020年度は、使用済みバンパー約13.6万本を回収・リサイクルし、アンダーカバーなどに使用。
- 2021年8月より、三菱ケミカル株式会社、北海道自動車処理協同組合と共同で、テールライト等に用いられるアクリル樹脂の水平リサイクルの実証実験を開始した。(右図)

Honda がめざす「環境負荷ゼロ」の循環型社会



本田技研工業がめざす「環境負荷ゼロ」の循環型社会



本田技研工業によるアクリル樹脂の水平リサイクル概念図

出所) 本田技研工業株式会社 Sustainability Report 2021 (閲覧日: 2022年5月31日)
<https://www.honda.co.jp/sustainability/report/pdf/2021/Honda-SR-2021-jp-all.pdf>

本田技研工業株式会社 プレスリリース (閲覧日: 2022年5月31日)

https://www.honda.co.jp/news/2021/c210524.html?_ga=2.50957865.142352927.1644303395-950141134.1644303395

再生材利用の状況 ④株式会社SUBARU

- 2021年度に制定した「環境アクションプラン2030」では、2030年までにOEM供給を受ける車種を除く新型車に使用するプラスチックの25%以上をリサイクル素材由来とすることを目指し研究開発を進める、としている。(左図)
- 再生樹脂活用に向けた技術開発の取り組みとして、Subaru of America, Inc.では、海洋ごみ等を再利用したリサイクル素材を100%使用したフロアマットの開発と発売を支援した。
- 生産時に発生した鉄、アルミ、プラスチック等の端材やスクラップ、回収した使用済み商品等を再利用することでクローズド・ループ・リサイクルに取り組む。国内主要3拠点における社内リサイクル量は3,015トンで、廃棄物発生量の約3%に相当する。(右図)

資源循環

領域	長期目標	環境アクションプラン2030	
		中期目標	主な取り組み項目
商品 (自動車)	●資源循環およびカーボンニュートラルに貢献	●2030年までに、新型車 ^{※1} に使用するプラスチックの25%以上をリサイクル素材 ^{※2} 由来とすることを目指し、研究開発を進めていく ●バイオマスプラスチックなどのカーボンフリー素材の採用に取り組む ●より環境影響の少ないプラスチック素材 ^{※3} の積極的な採用に取り組む	●2030年までの目標に向け、社内で段階的な目標を策定し、初期段階達成の見通しを得る また、さらなる目標達成に向け対象部品を拡大を継続的に検討していく
生産	●クリーンな工場で循環型社会の形成に貢献	●工場 ^{※4} のゼロエミッション(直接、間接を問わず埋め立て処分量ゼロレベル) ●工場 ^{※5} における水使用の適正管理	●国内外生産工場のゼロエミッションの継続(直接、間接を問わず埋め立て処分量ゼロレベル) ●廃プラスチックの有効活用へ向けた検討 ●工場における水使用の適正管理の継続

※1 他社からOEM供給を受ける車種を除く。

※2 マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルプラスチックなど。

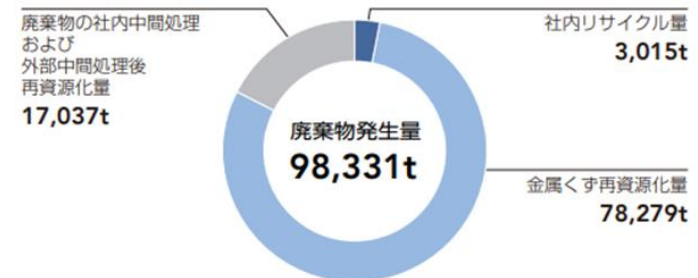
※3 製造段階でのCO₂排出や環境汚染のより少ない材料・サプライヤー

※4 SUBARU(群馬製作所、東京事業所、宇都宮製作所)およびSubaru of Indiana Automotive, Inc.

※5 SUBARU(群馬製作所、東京事業所、宇都宮製作所)および子会社(輸送機工業(株)、富士機械(株)、(株)イチタン、桐生工業(株)、(株)パルロジスティクス、Subaru of Indiana Automotive, Inc.)

SUBARUにおける「環境アクションプラン2030」の資源循環目標

廃棄物発生量と処理の内訳



集計範囲：群馬製作所、東京事業所、宇都宮製作所

* 外部中間処理後の埋め立ては発生していません。

SUBARUによる国内主要拠点の廃棄物発生量と処理の内訳

再生材利用の状況 ⑤Volvo

● 目標

- 2040年までに、循環型製品による循環型企业になる。
 - 廃棄物の削減、再生材利用の拡大、部品の再製造及び再利用に注力する。
- 2025年までに、CEを推進し、コストを約130億円、CO2排出量を年間250万トン削減する。
 - 再生材及びバイオ材料の比率を大幅に増やし、2025年に以下を目標とする。
 - ・ 再生プラスチック及びバイオプラスチック25%、再生アルミニウム40%、再生スチール25%
- 2021年11月、同社初となるEV専用モデル「リチャージ」を発表。
- 2030年までに全車EV化、2040年までに気候中立を目指す同社にとって、「持続可能なモビリティ」への道筋を視覚化したモデルであり、天然素材や再生材等の持続可能材料を多用している。
 - シートクッション、ドアのタッチ面に、セルロース由来のテンセル繊維を使用(プラスチック削減)
 - シートバック、ヘッドレスト、ステアリングホイールの一部に、森林由来のバイオ及び再生成分から作った新素材を使用(革の代替品としてCO2を74%削減)
 - 下部収納エリア、ヘッドレストとフットレストの裏側、フロント・リアバンパー、窓枠に亜麻複合材を使用(プラスチック削減)
 - タイヤは、鉱油を一切使用せず、天然ゴム、バイオシリカ、レーヨン、バイオ樹脂等の再生材及び再生可能材を含む94%の非化石燃料材で作られている。

再生材利用の状況 ⑥メルセデス・ベンツ

● 目標

- 2030年までに、再生材の比率を平均40%にする。
- 2000年より、車種ごとに再生材を含む構成部品の最小比率を指定し、環境証明書として公開。
- メルセデス・ベンツEQC(同社初の市販EV、SUV)
 - ペットボトル由来の再生材を100%使用したシートカバーをオプション選択可能
 - 主にプラスチックを使用するホイールアーチライニングやアンダーボディパネルなどの主要構成部品43点、プッシュボタンやナット、ケーブルファスナーなど多数の小さな部品を、再生材に変更
 - 構成部品の36.9kgに再生材を使用
- メルセデス・ベンツEQS(2021年4月発売の新型EV、Sクラス)
 - 構成部品の80kg以上に再生材又は再生可能材を使用
 - プレス加工されるスチールに、再生スチールを80%使用
 - 2021年5月より、バイオプラスチックを60%使用した射出成型によるコンパートメント製造を開始。コンパートメント底の80%は、リサイクルが容易なPP再生材を使用
 - 2021年5月より、フロアカバーに漁網、工場残渣、カーペット等の再生ナイロン糸を使用
- 再生材の使用をさらに拡大するため、技術者同士やサプライヤーとの情報共有を奨励。契約前や共同設計中に、サプライヤーは新しく開発された再生材を提示し、置き換え可能かを判断。

出所)メルセデス・ベンツホームページ(<https://group.mercedes-benz.com/sustainability/resources/circular-economy.html>、<https://sustainabilityreport.mercedes-benz.com/2021/servicepages/downloads/files/entire-mercedes-benz-sr21.pdf>、<https://sustainabilityreport.daimler.com/2020/changing-lanes/decarbonization-and-climate-protection.html>)、以上、2022年5月31日閲覧

再生材利用の状況 ⑦フォルクスワーゲン

● 目標

- CEをグループとして取り組む「次世代モビリティ」戦略の重要なカギと位置付けており、現在、具体的な目標の策定過程にある。
- CEのKPIを設定する計画で、目標と指標を明確にし、電池、鉄鋼、アルミニウム、プラスチック等の重要な構成部品及び材料の循環ビジネスモデルを実現する、としている。

● 取組

- スペアホイールコンパートメントカバー、フロアカバー、ホイールアーチインサート等に再生プラスチックを使用。多くの車両で、総重量の約3分の1は、再生金属及び再生油性材料が占めている。
- プレス工程で排出されるアルミスクラップを再生し再利用。製造時のエネルギーを95%削減し、2017年来、72万トンのCO₂を削減した。
- 様々な種類の混ざったプラスチックをケミカルリサイクルする実証実験を開始。さらに、連邦研究省の支援を受け、BASF等と共同で、ASRをケミカルリサイクルする実証実験を行っている。
- タンク製造時のプラスチック廃棄物を、将来的に再生利用する予定。これにより年間1,600トンのプラスチックがタンクに再生され、2,500トンのCO₂と材料費2.7億円を削減できる見込み。
- EV車「ID.ファミリー」の特別モデルでは、シーリングヘッドライナー、ファブリック、カーペット、シート、ドアトリム、装飾部分に、ペットボトル等の再生材を最大100%使用する。

出所)フォルクスワーゲンホームページ(<https://www.volkswagenag.com/en/sustainability/environment/recycling.html>、https://www.volkswagenag.com/presence/nachhaltigkeit/documents/sustainability-report/2021/focus-topics/220310_VW_NB21_Circular_Economy_EN.pdf)、2022年6月1日閲覧

ELVからの資源回収によるGHG削減効果の評価事例

事業名	評価方法	評価対象範囲	主な使用原単位	評価結果
平成28年度環境省委託事業低炭素型3R技術・システム実証事業（使用済自動車由来PP部品の効率的な再生材生産プロセスの検証）	解体時にPP部品を取り外し、PP 1tをマテリアルリサイクルした場合のCO2削減量や新たなCO2排出量を算出	PP部品の回収、輸送、粉碎・洗浄、再生材製造	<ul style="list-style-type: none"> バージンPP材の製造：1.48tCO₂/t ASRガス化溶解：2.39tCO₂/t-ASR 	再生PP 1tあたりのCO ₂ 削減効果：3.00tCO ₂
平成28年度環境省委託事業低炭素型3R技術・システム実証事業（ASRプラスチックの材料リサイクル深化技術の実証）	ASRからの金属類回収後の残渣から、硬質プラスチック（ASRの70%想定）を選別回収して材料リサイクルを行う場合のCO ₂ 排出量削減量を算出	プラスチック成形加工の原料となる再生樹脂ペレット製造、硬質プラスチック選別回収操作の残渣のセメント製造施設における原燃料処理	<ul style="list-style-type: none"> プラスチックリサイクルのエネルギー投入：0.19tCO₂/t-ASR PPバージン製造代替：1.48tCO₂/t 	リサイクル原料1tあたりのCO ₂ 削減効果：0.86tCO ₂
平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業（ASRから材料リサイクルを図る仕組みづくり）	ASRからの金属類回収後の残渣から、硬質プラスチックを選別回収して材料リサイクルを行う場合のCO ₂ 排出量削減量を算出（ASR1tから回収可能なプラスチックは170kgと想定）	再生プラ分別・回収施設及び樹脂製造施設のエネルギー投入、セメント製造原燃料処理	<ul style="list-style-type: none"> 再生プラ分別・回収施設及び樹脂製造施設のエネルギー投入：0.11tCO₂/t-ASR 	ASR1t処理当たりのCO ₂ 削減量：0.27tCO ₂
平成26年度低炭素型3R技術・システム実証事業（自動車のガラスリサイクルの推進事業）	フロントガラスから、ガラスカレット及び中間膜を回収し、再生利用することによるCO ₂ 排出量、環境改善効果としてCO ₂ 排出削減量を算出	使用済み自動車からのフロントガラスの取り外しから、リサイクル原料（ガラスカレット、中間膜）の回収及び利用会社までの輸送	<ul style="list-style-type: none"> フロントガラスからガラスカレット、中間膜を回収：0.09tCO₂/t ガラスびんカレット製造代替：0.01tCO₂/t 中間膜の製品代替：0.14tCO₂/t (いずれもフロントガラス1tあたり) 	フロントガラス1tあたりのCO ₂ 削減量：0.08tCO ₂

出所)環境省ホームページ「自動車リサイクル関連 資料集 調査報告書」に掲載されている各報告書より整理

(H28)使用済自動車由来PP部品の効率的な再生材生産プロセスの検証

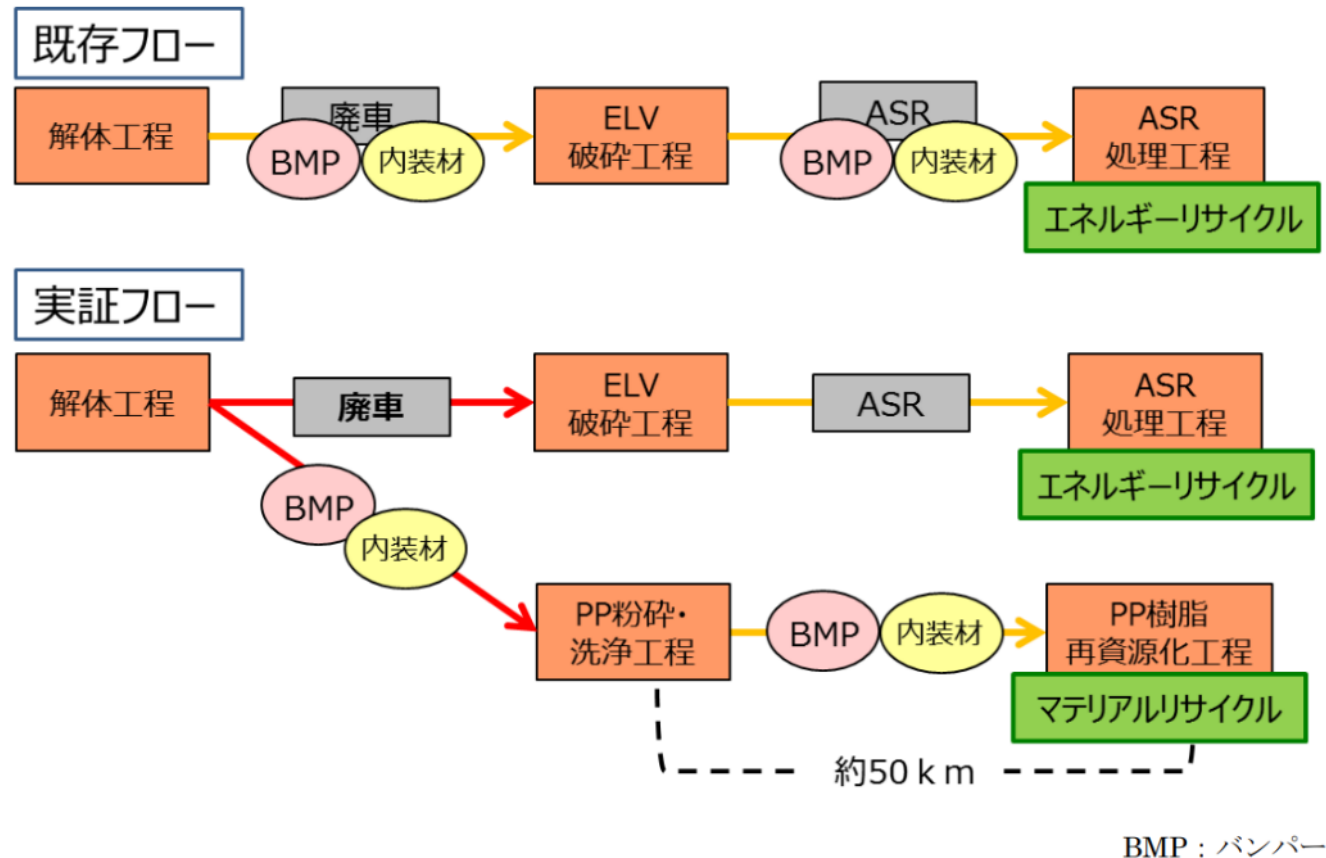


図 6-1 環境改善効果算出におけるベースライン

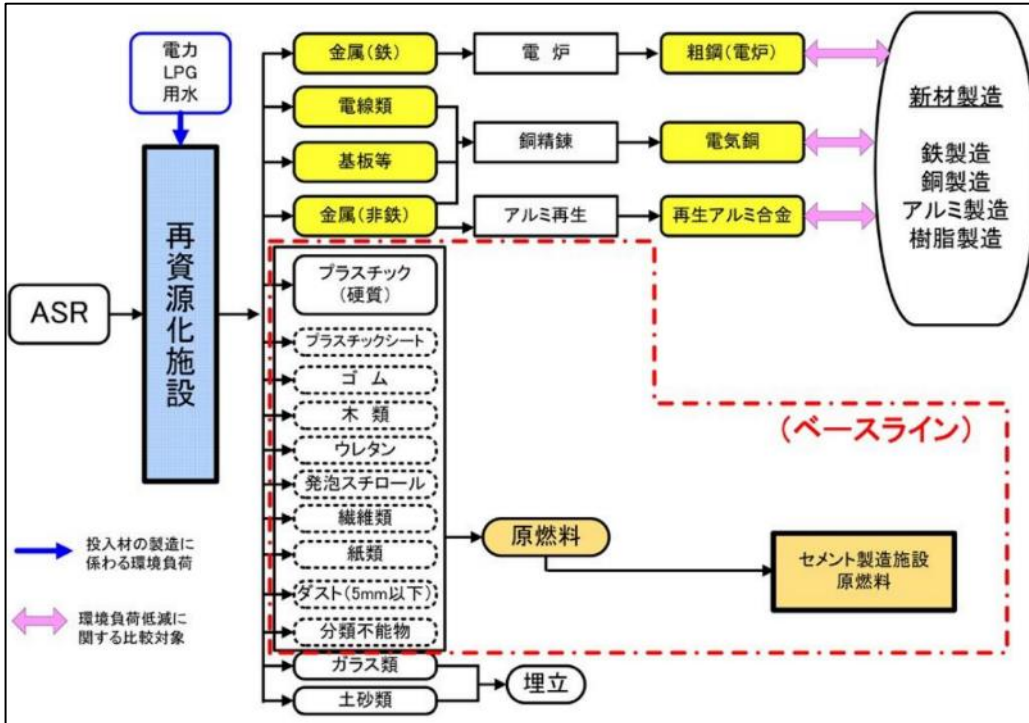
- *実証フローにおける解体工程～PP 粉碎・洗浄工程への輸送は、同一事業所での回収・破碎、または平成 27 年度事業で実証済みの「ついで便」活用を想定して、考慮しない
- *実証フローにおける PP 粉碎・洗浄工程から PP 樹脂再資源化工程への輸送距離は、参画企業のエコアールからいその協力工場までの輸送を想定

論点⑤b.関連

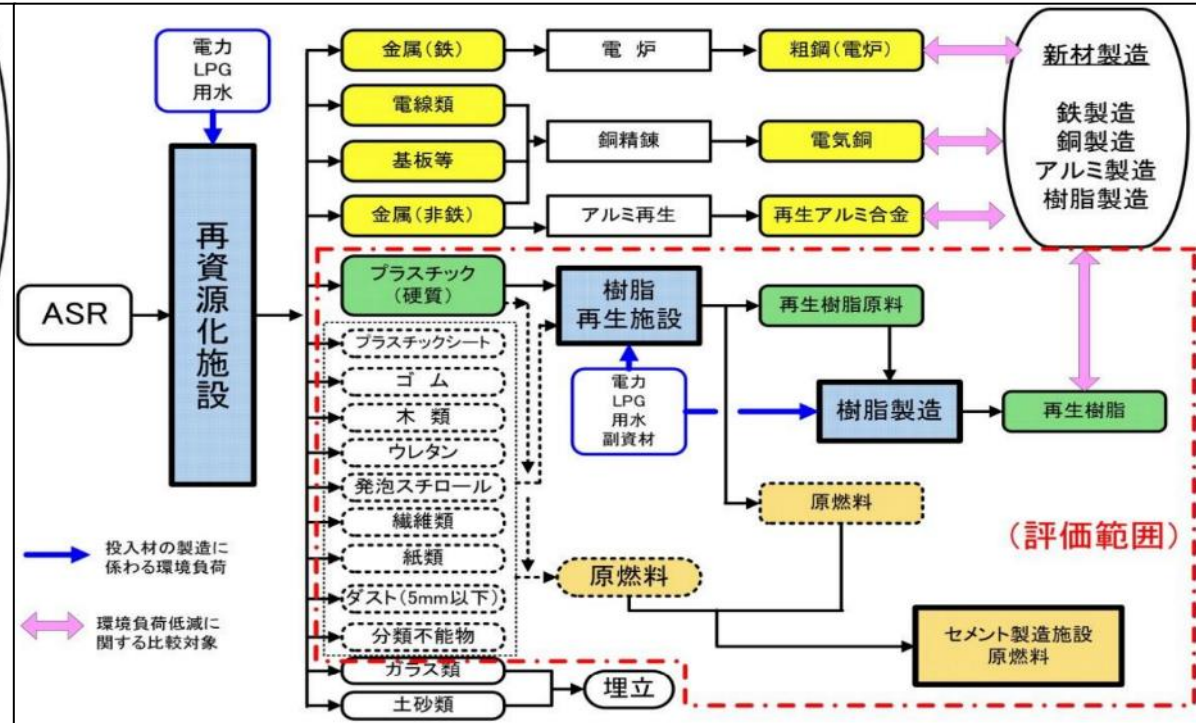
(H28)ASRプラスチックの材料リサイクル深化技術の実証

(H27)ASRから材料リサイクルを図る仕組みづくり

<ベースケース>



<プラスチック材料リサイクルケース>

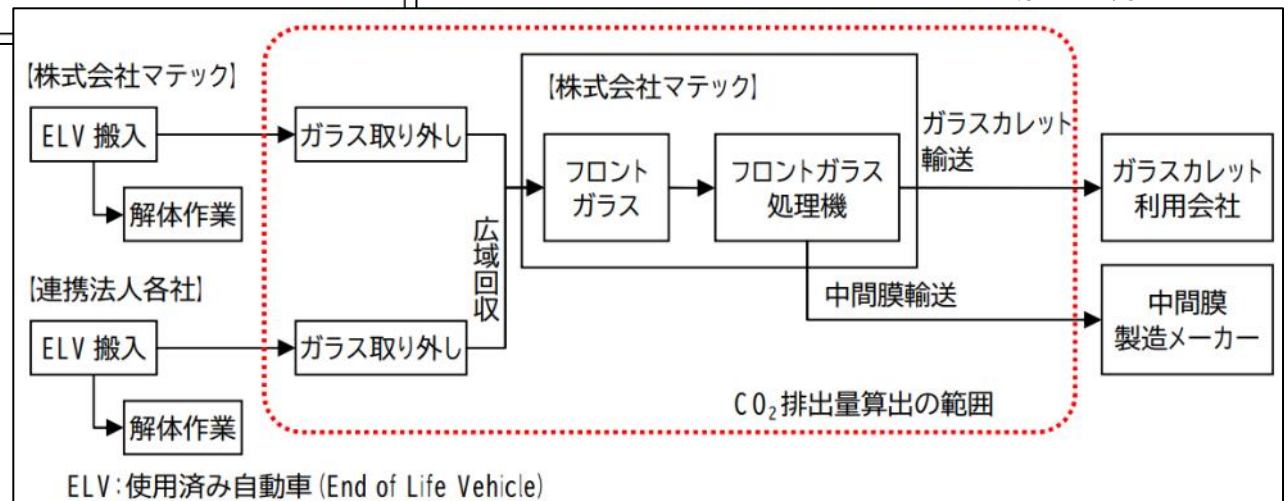


(H26)自動車のガラスリサイクルの推進事業

<環境負荷増加要因と環境改善要因>

項目	要因	項目
環境負荷増加	1 使用済み自動車からフロントガラスを取り外す際にエアソーを使用する。	電力使用による CO2 排出量
	2 ガラス処理機を効率的に稼働させるために解体業者と連携してフロントガラスを回収する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
	3 ガラス処理機を稼働する際に電気を使用する。	電力使用による CO2 排出量
	4 回収したガラスをガラスカレット利用施設へ輸送する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
	5 回収した中間膜を中間膜製造メーカーへ輸送する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
環境改善	1 ガラスを取り外すことにより廃車ガラのガラス分のシュレッダー処理が不要となる。	シュレッダーの電力使用量削減による CO2 排出削減量
	2 リサイクルされるガラス及び中間膜の埋立処分量が削減される。	埋立量削減に関わる CO2 排出削減量
	3 ガラスカレット（びんカレットを想定）の使用量が削減される。	ガラスカレット製造に関わる CO2 排出削減量
	4 中間膜の使用量が削減される。	中間膜製造に関わる CO2 排出削減量

<CO2排出量算出範囲>



参考資料②

(自動車製造業界、リサイクル業界全般のカーボンニュートラルに向けた取組状況)

欧州におけるリサイクル分野でのCNの動き

欧州の法律及び政策で、リサイクル分野でCNのマイルストーンを設定している例は見当たらない。

● 法律

- **WEEE指令**: 大型・小型家電含むすべての電気電子機器が対象。CO2排出量に関する記載なし。
- **ELV指令**: 年内に改正案提出予定。2021年3月の欧州委員会スタッフ向けの作業文書に、「確固としたデータがないためEOL段階の影響・効果を定量化することは難しいが、EOL管理の改善は、製造やリサイクル段階の排出量を削減する可能性があり、循環性は気候中立性の前提条件である」と記載。マイルストーン設定の前提として、EOL段階の定量化が必要と考えられる。
- **電池規則**: 年内に改正案採択予定。産業用電池とEV用電池は、リサイクル含むライフサイクルのカーボンフットプリント宣言の添付が必要となる予定。欧州委員会が基準値を設定し、段階的に基準を強化することでライフサイクルの排出量を削減し、2050年気候中立に貢献するとしている。リサイクル含むライフサイクルの段階ごとの基準値が設定される可能性もあると考えられる。
- **欧州気候法**: 加盟国に対し法的拘束力を持つ規則として2021年7月に採択された。2050年気候中立を目標として設定。リサイクル分野に関する記載なし。
- **その他の政策**
- **Fit for 55**: 欧州気候法に併せて発表された政策パッケージ。2030年に1990年比55%の排出量削減を目指す。リサイクル分野に関する記載なし。

出所)WEEE指令(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012L0019-20180704&from=EN>)、「ELV指令の評価に関する作業文書」(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021SC0060&from=en>)、電池規則欧州理事会採択案(<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7103-2022-REV-1/en/pdf>)、欧州気候法(https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en)、Fit for 55(<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>)、以上、2022年5月30日閲覧

欧州・米国の業界団体のリサイクル分野でのCNの動き

家電、自動車、電池の業界団体については、欧州も米国もリサイクル分野のCNに関する情報なし。

● 家電

- 欧州家電機器委員会:リサイクル分野に関する記載なし。
- 米国家電製品協会:2021年11月に「気候変動対策と持続可能性への取組」を発表。リサイクル分野に関する記載なし。

● 自動車

- 欧州自動車工業会:2020年1月、欧州グリーンディールに基づきCNを実現するための10項目を発表。その一項目として、「EU又は世界共通の方法論がないこと、自動車産業が直接責任を負わない多くの産業(EU域外を含む)が関与していることを考慮すると、LCAを自動車メーカーの義務的な規制目標の基礎としてとらえるべきではない。これは、自動車産業がその管理下にはないものを含むサプライチェーンのあらゆる側面に責任を負うという、受け入れがたい状況につながる。さらに、使用時以外の生産やリサイクルからのGHG排出量は、EUETS(欧州連合域内排出量取引制度)など他のスキームですでに大部分がカバーされている」と記載。

● 電池

- 欧州電池リサイクル協会:CNに関する記載なし。欧州自動車工業会と共同で、2022年1月に、電池規則改正案に対する意見書を発表。リサイクル材の使用、設計要件と再利用、回収目標、カーボンフットプリント、有害物質の制限の5点について提言。リサイクル段階の排出量に関する記載なし。

出所)欧州家電機器委員会(<https://www.cecled.eu/>)、米国家電製品協会(https://www.aham.org/AHAM/News/Latest_News/Climate_Action_Sustainability_Commitment.aspx)、欧州自動車工業会(https://www.acea.auto/files/ACEA_10-point_plan_European_Green_Deal.pdf)、欧州電池リサイクル協会(https://www.ebra-recycling.org/sites/default/files/Joint%20industry%20paper_future%20Batteries%20Regulation_January%202022_FINAL.pdf)、以上2022年5月30日閲覧

国内自動車リサイクル業界のCNに関連する取組

● 日本自動車リサイクル事業協同組合(NGP)

- 使用済自動車の適正処理とリサイクル部品の生産・販売を実施。組合員数134社。環境省「令和3年度気候変動アクション環境大臣表彰」普及・促進部門(緩和分野)において、「自動車リサイクル部品のCO2削減効果の研究を活用したカーボンニュートラルに向けた普及・啓発」というテーマで受賞。

● リバーホールディングス

- 2021年4月、株式会社タケエイと経営統合。その理由として、CO2排出量削減や廃プラスチックリサイクル等の技術対応において共同で経営資源を投じる方が効率的であることを挙げている。
- 同年6月、住友化学株式会社とプラスチックリサイクルに関する業務提携に向け、以下の検討を開始。
 - 自動車など由来の廃プラスチックの再利用に向けた高度選別技術の開発
 - リサイクルプラスチック製品における環境負荷評価
 - プラスチック廃棄物リサイクル品の社会実装化への取り組み

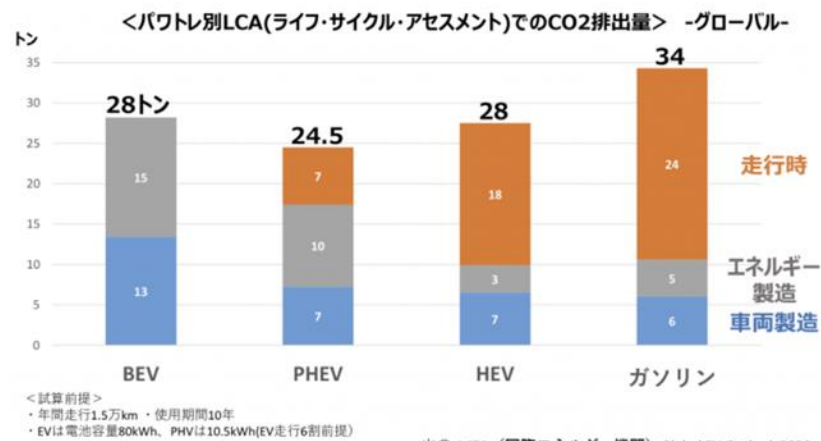
● 豊田メタル

- トヨタ自動車の委託を受け、リサイクルしやすい車両構造や効率的な解体技術を研究開発し、自動車設計への織り込み提案等を行っている。再資源化技術では、ASRサーマルリサイクルゼロに向け、ゴムやガラス等リサイクルが難しい材料に取り組むほか、バンパーtoバンパーのような水平リサイクル実現に向けた研究開発を進めている。

出所)日本自動車リサイクル事業協同組合ホームページ(<https://www.ngp.gr.jp/news/>)、リバーホールディングスホームページ(<https://www.re-ver.co.jp/>)、豊田メタルホームページ(<https://www.toyotametal.com/business/automobile-recycling-labo/>)、以上、2022年5月16日閲覧

国内自動車業界の自動車リサイクルのCNに関連する取組

- 日本自動車工業会は、政府宣言を受け、「2050年カーボンニュートラルに全力でチャレンジする」と発表。欧州中心のCN=EV推進という図式に対し、日本では火力発電比率が75%と高くエネルギー製造時の排出量が多い点や、エンジン部品関連の約100万人の雇用を失う可能性を指摘。エネルギー事情やEV以外の技術の強みを踏まえた、日本らしいカーボンニュートラルの道を目指す、としている。リサイクルにおけるCO2排出量削減には言及なし。
- 自動車メーカーは、各社2050年CNに向けたビジョンを発表。トヨタはライフサイクル全体での排出ゼロを目指し、廃棄・リサイクル段階においては、再生材の使用拡大や解体を容易にする設計を推進するとしている。他社もCNに関連し、マテリアルリサイクル等を掲げているが、リサイクル段階における具体的な取り組みの言及なし。また、日本自動車部品工業会は、「カーボンニュートラル対応部会」を発足し、組織を挙げて取り組む姿勢。



出所)日本自動車工業会ホームページ(<https://blog.jama.or.jp/?p=655>)、トヨタ自動車ホームページ(https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/sdb/sdb21_jp.pdf)、日刊自動車新聞電子版(<https://www.netdenjd.com/articles/-/251525>)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング「自動車産業を取り巻くカーボンニュートラル対応の動向」(https://www.murc.jp/report/rc/report/consulting_report/cr_220118/)、以上、2022年5月16日閲覧



海外自動車メーカーの自動車リサイクルのCNに関連する取組

● フォルクスワーゲン

- 2050年にグループ全体でCNを達成する。2018年のサプライチェーン、生産、燃料・電気製造、走行、リサイクル等の5項目の排出量に対し、EV推進、再生エネルギーの利用促進、サプライチェーン・生産・使用段階の追加措置の3つの施策により、2030年の削減目標を達成するとしている。

● BMW

- 2030年までに排出量(スコープ1+2)を2019年比で80%削減する(サプライチェーン20%削減、生産80%削減、使用段階50%削減)。使用後のカーボンフットプリント削減については、循環経済を推進するとして、再生材利用率の拡大、ELVのリサイクル推進、リサイクル工程に適した車体構造と設計、電池のリサイクル性とリユースの向上に言及。

● メルセデス・ベンツ

- 2039年までに新車をCNにするとしている。気候保護に対し、技術開発、原材料の抽出、生産、耐用年数、リサイクルまでのバリューチェーンのすべての段階で取り組むとしている。

● 米国自動車メーカー(GM、フォード)

- GMは2040年、フォードは2050年に、製品とオペレーション(サプライヤー含む)のCNを実現するとしている。EV推進や再生エネルギーの活用が主であり、リサイクル段階の取組には言及なし。
- 両社とStellantis(クライスラーが出資)の共同技術会社の子会社は、ASRから回収したプラスチックをケミカルリサイクルして自動車部品に再利用するプロジェクトを実施している。

出所) VW(<https://www.volkswagenag.com/en/sustainability/decarbonization.html>)、BMW

(<https://www.bmwgroup.com/en/sustainability/our-focus/co2-reduction.html>)、メルセデス・ベンツ(<https://group.mercedes-benz.com/sustainability/climate/>)、GM(https://www.gmsustainability.com/pdf/resources-and-downloads/GM_2021_SR.pdf)、フォード(<https://corporate.ford.com/social-impact/sustainability.html>)、以上、2022年5月18日閲覧