

令和7年度以降の合同会議における自動車リサイクル制度の評価・検討に向けた論点整理

本資料の位置づけについて

● 経緯

- 本検討会では、温室効果ガス排出量削減方策、資源回収インセンティブ制度とカーボンニュートラル（CN）の接続については、本検討会等でご意見をいただきながら、検討を進めてきたところ。
- 本年度、事務局では、それらの検討成果も踏まえ、令和7年度以降に本格化する合同会議における自動車リサイクル制度の評価・検討において、CN及び3Rの推進・質の向上の観点で論点となりうる事項を整理しているところであり、現時点での整理について情報提供させていただく。

● 事務局における整理状況

- 事務局にて、「令和3年自動車リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」における提言に対して、本検討会で議論を行ってきた調査・検討成果を中心に、改めて整理。
- 第五次循環型社会形成推進基本計画における自動車リサイクルの取組の方向性（下記）も念頭に、CN及び3Rの推進・質の向上の観点で今後論点となりうる事項を整理中（後述）。
 - 「使用済自動車の解体・破碎・ASR 処理プロセスからなる自動車リサイクルプロセスの脱炭素化を進めるとともに、電動化の進展や使い方の変革等に対応した自動車リサイクルを推進する。また、自動車製造における再生材の利用や再生材の需要に対応した供給が円滑に進むことでライフサイクル全体での資源循環が進むよう、関係者の協力・連携を促進するとともに、必要な支援を行う。」
- 本検討会でも関連情報提供等をいただきつつ、事務局として論点となりうる事項を整理予定。

令和3年自動車リサイクル制度の施行状況の評価・ 検討に関する報告書への対応

令和3年自動車リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書への対応結果

	報告書における提言内容	これまでの検討成果(下線:本検討会における検討)
カーボンニュートラル	使用済自動車全体の資源循環における温室効果ガス排出量を削減するため、解体・破碎段階で回収される部品・素材等を含め 現在の排出実態を早急に把握し、排出削減対策等の必要な施策を講じる べき。	- 自動車リサイクルにおけるGHG排出実態を把握し、GHG排出量の試算を実施、公表。【本検討会資料3】 - 使用済自動車からの資源回収によるGHG排出量削減効果の試算を実施、公表。【資料3】 - 自動車リサイクルのCNに向けた取組一覧を作成【資料3別紙】
再資源化の高度化	解体・破碎段階においてプラスチックやガラス等の素材を回収することで、破碎後に発生するASRの量を減らすことができることから、このような取組を促進することがASRの円滑な再資源化に有効であると考えられる。リサイクルの高度化の観点から、 ASRのリサイクル料金を原資に、プラスチックやガラス等の素材の回収に取り組む解体業者等に対してインセンティブを与える制度の具体化 に向けて令和3年度中に検討を開始すべき。	- 資源回収インセンティブ制度WGにおいて、2026年の同制度開始に向けて実務的な制度設計を実施。併せてJARS大規模改造の開発も進捗。【資料4】 - 本検討会を通じて、CNの観点から同制度の意義を確認。また、制度開始時点における資源回収によるGHG排出量削減効果の試算方法を整備。【資料4】
	国と自動車製造業者等で連携し、 環境配慮設計や、Car to Carリサイクルを始めとする再生資源利用を進めるため、技術動向やポテンシャルを把握 しつつ、必要な技術開発や、リサイクル料金の割引及び効果的な情報発信等の消費者の選択を促すための方策の検討を引き続き実施すべき。	- 自動車における環境配慮設計や再生資源利用に関する技術実証や、国内外自動車メーカーの取組動向を把握。【本資料P8-10】 - 事前選別処理品目のうち廃タイヤ・廃油及び廃液について、解体工程での取外し以降の処理動向を把握。【本資料P11-14】 - 自動車に使用される新素材として電池、CFRPのリサイクル技術動向を把握。【本資料P15-24】 2023年7月公開のELV規則案等の国際動向も踏まえ、「自動車における再生材利用拡大に向けた産官学連携促進事業」を開始。【本資料P25】 - 残留性有機汚染物質(POPs)に関するストックホルム条約の議論を踏まえ、自動車に含有可能性がある物質についてASR組成調査等情報収集を実施。【本資料P26-27】

自動車リサイクルにおけるカーボンニュートラル 及び3R推進・質の向上の観点で論点となりうる 事項

自動車リサイクルにおけるCN及び3R推進・質の向上の観点で今後論点となりうる事項 (事務局整理)

- 第五次循環型社会形成推進基本計画における自動車リサイクルの取組の方向性を踏まえ、現時点における、今後論点となりうる事項の事務局整理は以下のとおり。P4のこれまでの検討結果も踏まえ、現行の自動車リサイクル法の範囲に限らず、CN及び3R推進・質の向上の観点で関連情報があれば、情報提供いただきたい。

自動車リサイクルの取組の方向性 (第五次循環型社会形成推進基本計画 における記載)	今後論点となりうる事項(現時点での事務局整理)
自動車リサイクルプロセスの脱炭素化	・ GHG排出削減方策(資料3別紙のCNに向けた取組案)の促進策 ・ GHG排出量やGHG削減効果のモニタリング方法
電動化の進展や使い方の変革等に対応した自動車リサイクル	・ 電動化やカーシェアリング普及等による使用済自動車(ELV)の変化(※)も踏まえた、効率的なリサイクルプロセスの維持 ※発生量、EV等を含む車種の多様化、使用年数、廃車時の状態等 ・ 電動化の進展に伴い排出増が想定される電池の安全処理、リサイクルの推進
ライフサイクル全体での資源循環	・ 適正処理、資源回収に取り組む解体・破碎業者によるELV安定調達 ・ 資源回収インセンティブ制度も活用した、ELVからのさらなる資源回収促進 ・ 自動車に使用される新素材(CFRP等)のリサイクル ・ 自動車部品に含有する可能性のあるPOPs等化学物質の管理 ・ 事前選別処理品目(廃タイヤ、廃油・廃液、電池等)のさらなる資源循環 ・ リユース部品のニーズに対応した、リユース可能な部品の流通 ・ 自動車製造におけるさらなる再生材利用促進及び再生材情報管理の在り方
検討していく上での留意点等	・ 取組間の相互の影響可能性について確認が必要 (例:資源回収のために非効率なエネルギー投入が行われないか 等) ・ 自動車リサイクルにおける取組と、関連業界(ASR再資源化であれば製錬、セメント等)における取組との整合について確認が必要

参考資料

(カーボンニュートラル及び3R推進・質の向上に関する検討結果)

国内外自動車メーカーの再生資源利用動向(例1) メルセデス・ベンツ

- 再生材利用に関する将来目標
 - 2030年までに、再生材の比率を平均40%にする
- 再生材利用に関する取組
 - 環境配慮設計により、すべての材料組成を検討し持続可能な代替品を採用
 - 再生材を約50%使用したマイクロファイバー生地をシートカバー、ルーフライナー、ピラー等の内装材に使用
 - ボディパネルやホワイトボディに再生アルミや再生スチールを使用
 - プラスチック代替材料の使用(名称:UBQ™)
 - 食品ごみ、混合プラスチック、段ボール、使用済みおむつ等の家庭廃棄物由来のプラスチック代替材料を、EQEとEQS(ともにEVの車種名)のケーブルダクトに採用。さらにアンダーボディパネル、ホイールアーチ、エンジンルームカバーの使用に向け試験を実施している。
 - ケミカルリサイクルによる自動車部品製造
 - Pyrum Innovations AG社が廃タイヤから生成した熱分解オイルと、BASF社が農業廃棄物から生成したバイオメタンを混合し、マスバランス方式によりプラスチックを製造。
 - 2022年にS-Class(車種名)とEQEのドアハンドルに初めて標準装備した。他のモデルにも今後採用を予定。

- 2040年までに循環型企业になることを目指し、全車種、構成部品、材料の資源効率を最大化する。
- 2025年までに新型モデルの再生材またはバイオ材料の比率を25%とし、再生プラスチックまたはバイオプラスチック25%、再生スチール25%、再生アルミニウム40%とすることを目標とする。

- 2023年に、循環型企業になるための戦略を発表予定。

出所)Volvo Car Group Annual and Sustainability Report 2022(https://vp272.alertir.com/afw/files/press/volvocar/202303076447-1.pdf?_ga=2.55775275.1813976263.1689923293-1601678697.1689923285&_gl=1*zpyr7d*_ga*MTYwMTY3ODY5Ny4xNjg5OTIzMjg1*_ga_3FVQ8EDRS6*MTY4OTkyNDAxNy4xLjEuMTY4OTkyNDAxNS4wLjAuMA..)、2023年7月21日閲覧

国内外自動車メーカーの再生資源利用動向(例3) 国内メーカー

- 国内メーカーにおけるELV由来の再生材利用に関する取組と再生材利用に関する定量的な目標設定状況は以下のとおり。

事業者名	ELV由来の再生材の利用に関する取組	再生材利用に関する定量的な将来目標
トヨタ自動車株式会社	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)の破碎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。(対象：日本・欧州の生産車)
日産自動車株式会社	- 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の材料として採用。 - 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。	2050年において台当たりの資源使用量のうち、新規採掘資源に頼らない材料を70%にする。 2022年の目標として、新規採掘資源の台当たり使用量を30%削減。
本田技研工業株式会社	- 回収したバンパーは再生し、「フリード」のアンダーカバーなどに使用している。 2021年8月より、三菱ケミカル(株)、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、テールライトレンズの水平リサイクル技術を確立。	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(持続可能な資源)」100%での製品開発にチャレンジするとしている。
マツダ株式会社	- 廃車バンパーを再びバンパーの素材として利用する「バンパーtoバンパーリサイクル」技術を実用化。 2011年よりビアンテのリアバンパー用として使用を開始。	-
スズキ株式会社	回収したバンパーを、フューエルフィルターホースカバー、サイドデッキインシュレーターカバーの他、バッテリーホルダー、エンジンアンダーカバー、ヘッドレスト等の自動車部品にリサイクルしている。	-
ダイハツ工業株式会社	販売会社で発生する修理交換済みバンパーを全国の販売会社から回収し、破碎・溶融・再ペレット化し、シートアンダートレイ、エンジンアンダーカバーなどのダイハツ車の部品としてリサイクルしている。	-
三菱自動車工業株式会社	販売会社で修理時に生じる廃バンパーを再生して、アンダーカバーやバッテリートレイに採用している。	-

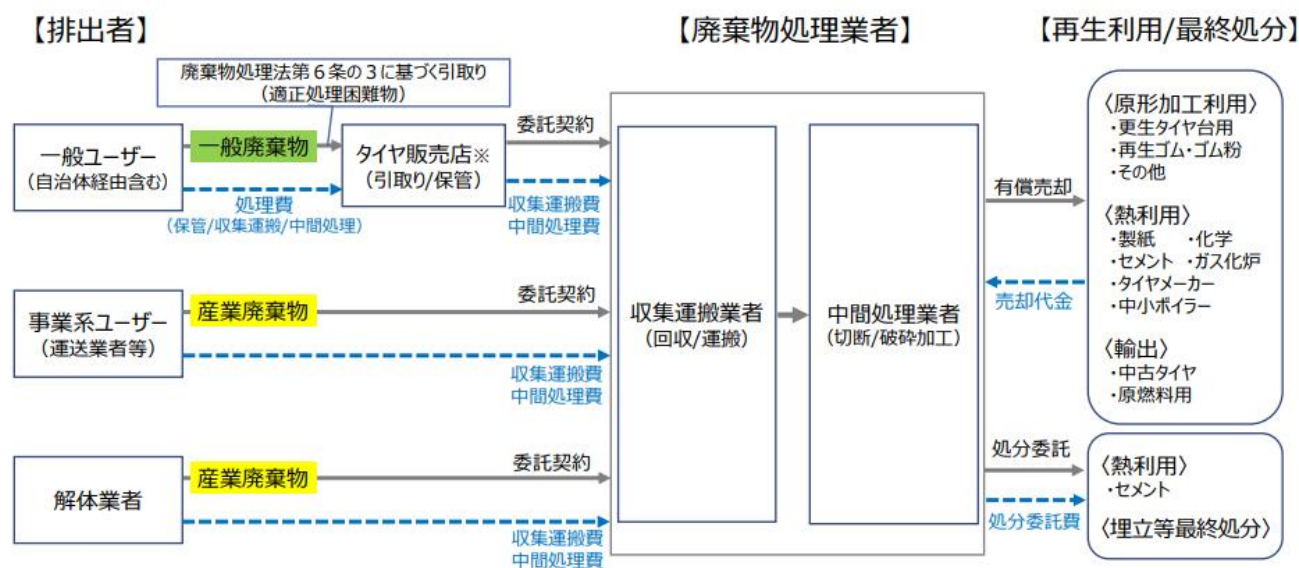
廃タイヤ・廃油及び廃液の現状と調査実施状況(1/2)

事前選別 処理品目	推計値 (暫定) kt-CO2eq.	現状	2030年に向けた削減方策検討・ 関連調査実施状況
廃タイヤ	186	- 発生量100万t/年程度(交換時87%、廃車時13%) マテリアルリサイクル14%、熱回収64%、輸出14%、 埋立等8%(2021年度) - 廃タイヤの代替燃料需要は高く、海外から廃タイヤを 有償購入して国内調達分の不足を補う。 - 熱利用における廃タイヤ需要は、切断品主体から破砕 品主体にシフト。破砕加工が困難な一部の超大型タイ ヤは埋立に回される傾向。 (以上、第57回合同会議(一社)日本自動車タイヤ協会資料より)	- 環境省廃棄物適正処理推進課検討業務の中で、詳細 な実態把握、排出量削減対策検討を実施を継続(R5) <検討の方向性イメージ> - 廃タイヤ:①長寿命化による発生抑制、②リトレッドに よる再使用、③循環型CRによる再原料化、④天然素 材(天然ゴムやバイオマス由来のカーボンプラック等) 割合の増加 - 廃油:基油や溶剤のバイオマス化について、今後の対 策導入の可能性検討 (いずれも、廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排 出実質ゼロに向けた中長期シナリオ(案)より)
廃油及び 廃液	73 (廃油 53) (廃液 20)	- 廃油について、廃潤滑油(エンジンオイル等)発生量60 万t/年程度、基油へのマテリアルリサイクル4%、熱回 収76%、単純焼却21%(2017年度) (廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実質 ゼロに向けた中長期シナリオ(案)より) - 基油へのマテリアルリサイクルを行うには、エンジンオ イルと工業用油などの分別回収が必要(現状は混合回 収が主) (令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システ ム構築実証事業(廃油のリサイクルプロセス構築・省CO2化実証 事業)基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業 成果報告書より)	

(廃タイヤ)環境省廃棄物適正処理推進課検討業務 検討状況

- 以下図に、「廃タイヤの処理回収基本ルート」を示す。廃タイヤは中間処理業者における処理を経て、有償売却(原形加工利用・熱利用・輸出)、または処分委託(熱利用・最終処分)が行われる⁽¹⁾。
- 以下表に、2021年における「廃タイヤのリサイクル状況」を示す。特に、国内での熱利用(サーマルリカバリー)の割合が全体の約6割を占め、最も多い⁽²⁾。

【廃タイヤの処理回収基本ルート⁽¹⁾】



【廃タイヤのリサイクル状況(2021年)⁽²⁾】

			重量 (千トン)	構成比 (%)
リサイクル利用	国内	原形加工利用	135	14
		熱利用	633	64
	海外	輸出	136	14
埋め立て			11	2※
その他			72	7※
合計			987	100

※出所(2)では「埋め立て」「その他」の小計が「8」である。各数値の四捨五入により合計が一致していないため注意。

※タイヤ販売会社、タイヤ専門店、カー用品店、ガソリンスタンド、カーディーラー、整備工場等、タイヤの販売を業とする者をいう。

出所(1) 経済産業省ウェブサイト、産業構造審議会産業技術分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第57回合同会議(2022年11月7日) 資料7-3「タイヤ業界におけるリサイクルへの取り組み - 2022年 - 一般社団法人 日本自動車タイヤ協会(JATMA)」、p.5、https://www.env.go.jp/council/content/i_03/000084942.pdf (2023年7月26日閲覧)
 (2) 同上p.6(2023年7月26日閲覧)

(廃タイヤ)環境省廃棄物適正処理推進課検討業務 検討状況

- 以下表に、タイヤ製造分野における個社のCNに向けた取組と、そういった取組が廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響の考察結果を示す。
- 資源循環による、タイヤ製造時の排出削減への貢献は具体的に位置づけられていないため、リサイクル等の対策がタイヤ製造時のエネルギー消費原単位を悪化させる場合、取組が進みにくい可能性が指摘されている。

【個社のCNに向けた取組概要】

個社	カーボンニュートラルに向けたビジョンや具体的な対策
ブリヂストン	・ 現状約30%の天然材料、リサイクル材料、持続可能な材料の比率を2050年までに100%にする。 ・ 天然ゴムに対する保護や育成の技術開発及びグアジュール（植物）からの天然ゴム製造技術開発を進める。 ・ ミランサテック社の炭素回収・ガス発酵技術を用い、廃タイヤからエタノール等の化学品を製造し、PET樹脂や界面活性剤等に利用する。また、同社のガス発酵技術によりブタジエンを直接製造する。 ・ ENEOSとの使用済タイヤの精密熱分解によるケミカルリサイクル技術開発事業がNEDO・GI基金事業に採択される。
住友ゴム工業	・ バイオマス原材料とリサイクル原材料を活用し、2050年にサステナブル原材料比率を100%にする。 ・ タイヤラベル、商品包装材、販促ツール等のプラスチック使用量を2030年までに2019年度比で40%削減する。 ・ 廃タイヤ由来のカーボンブラックに代替する（最大で20～70%を代替）。また、廃タイヤ由来の熱分解油の事業化を推進する。
横浜ゴム	・ バイオマス原料からバイオブタジエンを生成する世界初の新技術の開発に成功（理化学研究所と日本ゼオンとの共同事業）。
	・ 日本ゼオンとのエタノールからの高効率ブタジエン合成事業及び植物資源からのブタジエン、イソブレン製造事業がNEDO・GI基金事業に採択される。
TOYO TIRE	・ バイオマス原材料やリサイクル材料を使いこなす「技術を鍛える」ことに注力する。 ・ NEDO、産総研、先端素材高速開発技術研究組合（ADMAT）との共同研究により、バイオエタノールからブタジエンを大量合成し、従来と同等の性能を持つ自動車用タイヤの試作および一連のプロセスの実証に成功。
日本ミシュランタイヤ	・ リサイクル素材と再生可能素材だけでタイヤを生産する。2020年の実績（28%）を2030年までに40%に、2050年に100%にする。 ・ 使用済みタイヤをリサイクルする熱分解テクノロジーの大規模な開発・事業化を目指してEnviro社（本社：スウェーデン）との提携を進める。 ・ 天然ゴムに関して、森林破壊や児童労働、非合法農薬が使われていないか等、トレーサビリティの確保されたものの使用に努める。
日本グッドイヤー	・ 2030年までにサステナブル素材100%のタイヤを開発する。2022年1月発表では70%のデモタイヤを開発した。

出典：各社プレスリリース

（出所）令和4年度環境省請負業務、「令和4年度廃棄物・資源循環分野における2050年カーボンニュートラル実行計画等検討業務報告書」、令和5年3月、パシフィックコンサルタンツ株式会社、p.Ⅲ32-34より

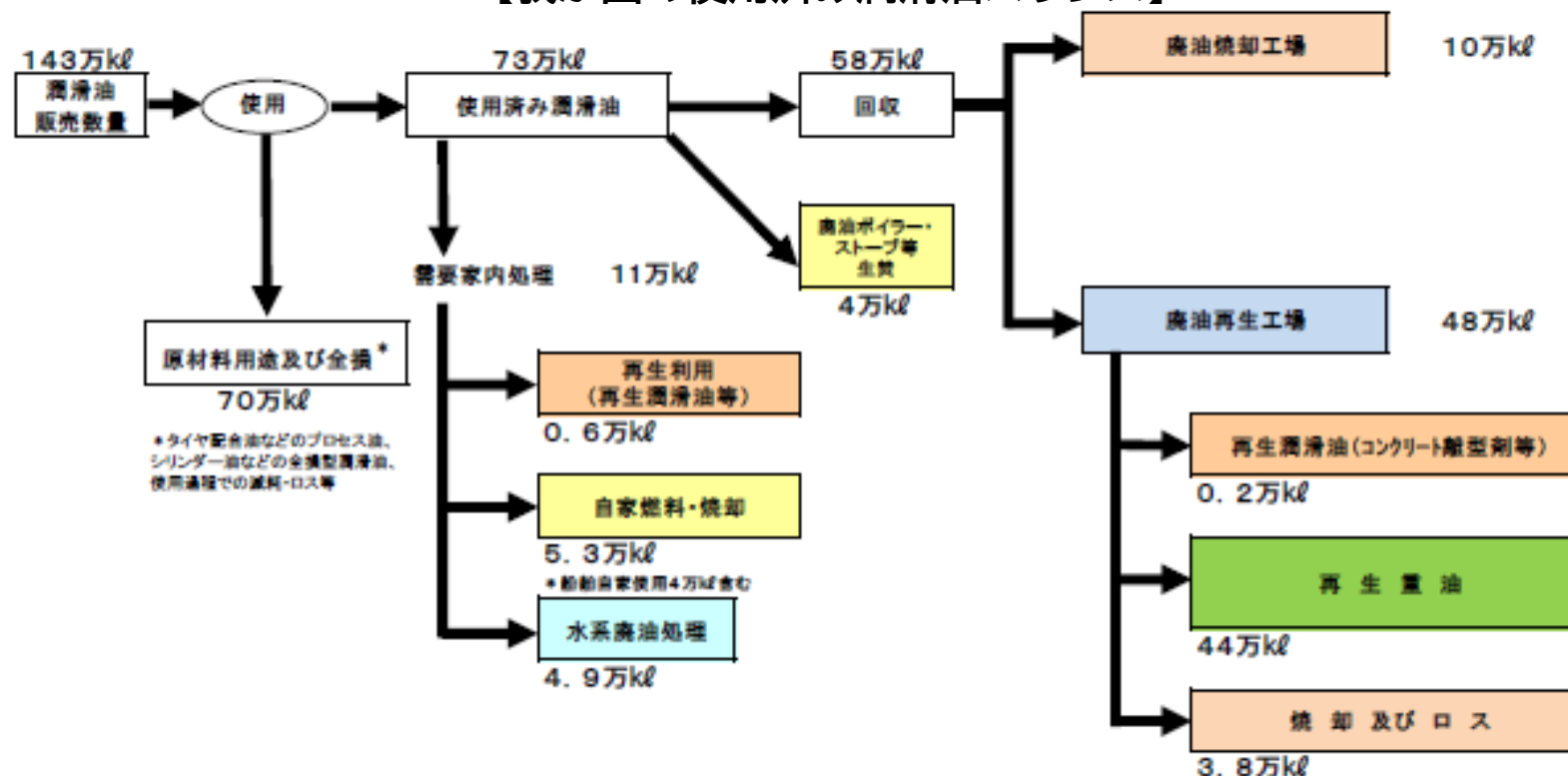
【タイヤ製造分野の脱炭素化が廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響】

本業務の調査結果（タイヤ製造分野）	廃棄物・資源循環分野の脱炭素化に与える影響
（製造プロセスの脱炭素化に関する事項） ・ 当分野では、製造時における温室効果ガス排出量の削減に向けた取組としては、省エネ、エネルギー転換、CO2回収・オフセットが主な方向性として位置づけられており、タイヤ製品の資源循環による製造時の排出削減については、少なくとも業界団体資料では、位置付けられていない。 （製造段階以外での排出削減に関する事項） ・ 生産活動以外での排出削減については、車両走行時の排出削減に向けた取組やリテッドタイヤの普及促進が位置付けられている。 ・ 一方で、生産活動以外の排出削減のための高機能タイヤ製品の製造は、エネルギー消費原単位を悪化させる方向になることも問題提起されている。	・ タイヤ製造分野の製造時の排出削減（Scope1,2）について、資源循環から貢献可能な部分については、具体的に位置付けられておらず、高機能タイヤ製品と同様にタイヤ製品のリサイクル等の対策がエネルギー消費原単位の悪化を招く場合には、取組が進まなくなる恐れがある。 ⇒中長期シナリオで見込んだ対策による製造時の排出削減の定量的分析等の調査が必要である。

(廃油)環境省廃棄物適正処理推進課検討業務 検討状況

- 以下図は全国オイルリサイクル協同組合による日本の使用済み潤滑油バランスの推定値(2020年度)を示す。
- 使用済み潤滑油の排出量は73万kLであり、自家燃料用使用等を除く58万kLが回収され、44万kL(76%)の再生重油(JIS K2170)が得られる。
- 国内廃油回収・再生リサイクル事業者は約80社。回収者が定期的に巡回、もしくは廃油排出事業者からの要請に応じて回収。

【我が国の使用済み潤滑油バランス】

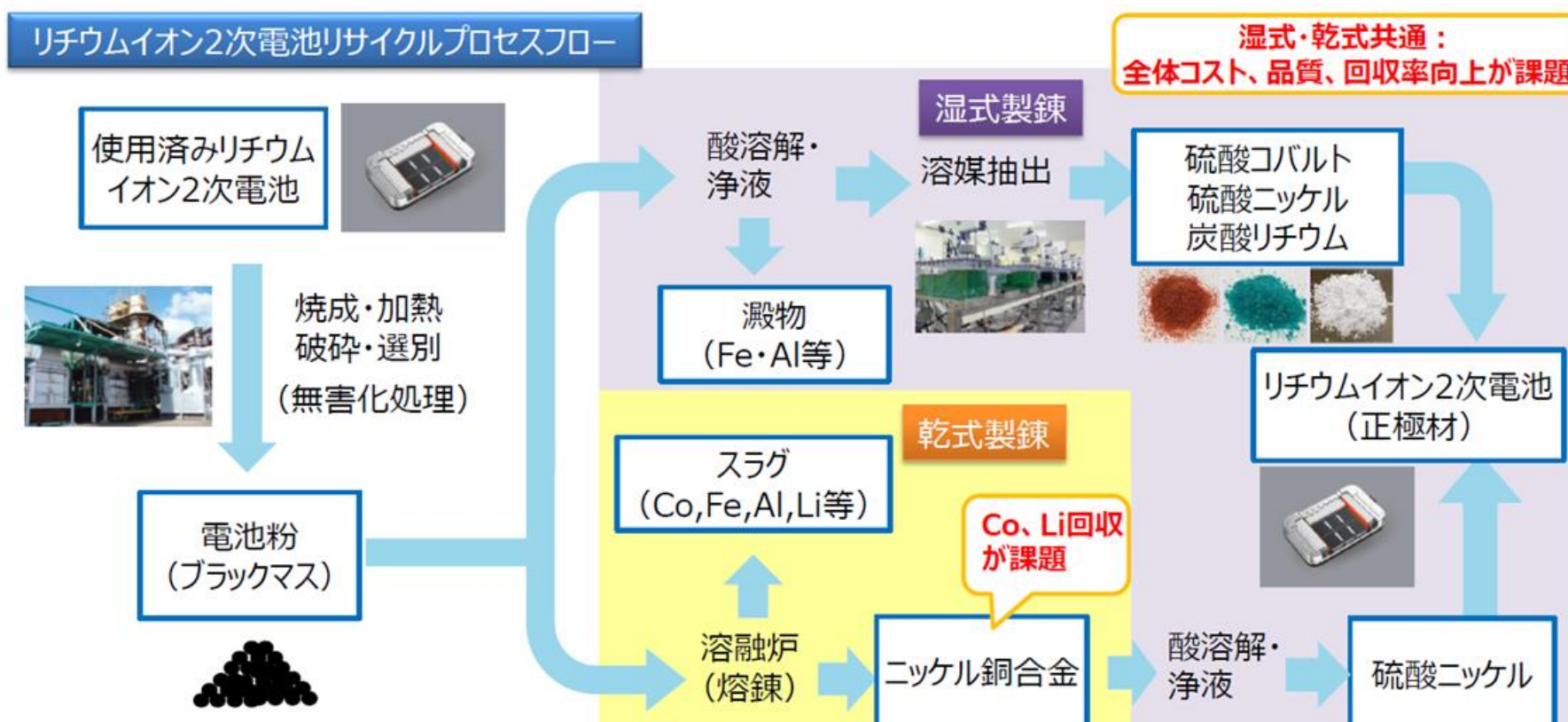


出所) 令和4年度環境省委託業務「令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業(廃油のリサイクルプロセス構築・省CO2化実証事業)基油再生のための使用済み潤滑油回収システム開発等事業 成果報告書」
令和5年3月、全国オイルリサイクル協同組合、p.4,5より

②事前選別品目(バッテリー(鉛、LIB))の排出実態(排出・控除)の把握方針

リチウムイオン電池のリサイクルプロセス

- リチウムイオンバッテリー2次電池のリサイクルプロセスには、主に乾式製錬＋湿式製錬と湿式製錬の2つの手法がある。
- 無害化処理後の電池粉(ブラックマス)から熱処理により回収する乾式方法と薬剤により回収する湿式方式により、リチウムイオン2次電池(正極材)に必要なコバルト、ニッケル等を再生する。



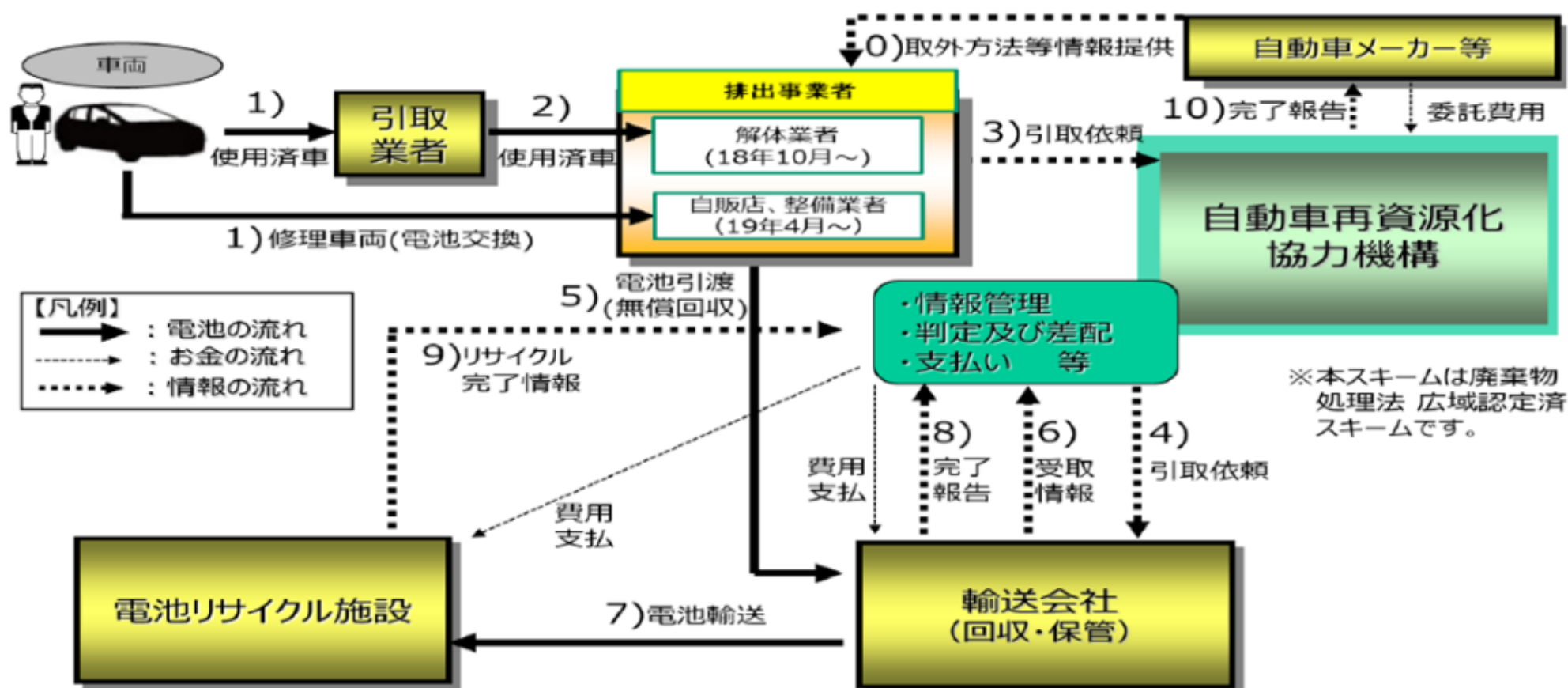
出所)経済産業省 第2回 蓄電池のサステナビリティに関する研究会 資料3「事務局資料」P54

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/chikudenchi_sustainability/pdf/002_03_00.pdf (2022年8月5日閲覧)

②事前選別品目(バッテリー(鉛、LIB))の排出実態(排出・控除)の把握方針

国内におけるリチウムイオン電池の処理状況(1/2)

- 日本自動車工業会が、セーフティネットの観点から自動車再資源化協力機構を窓口としてリチウムイオン電池の共同回収システムを構築。

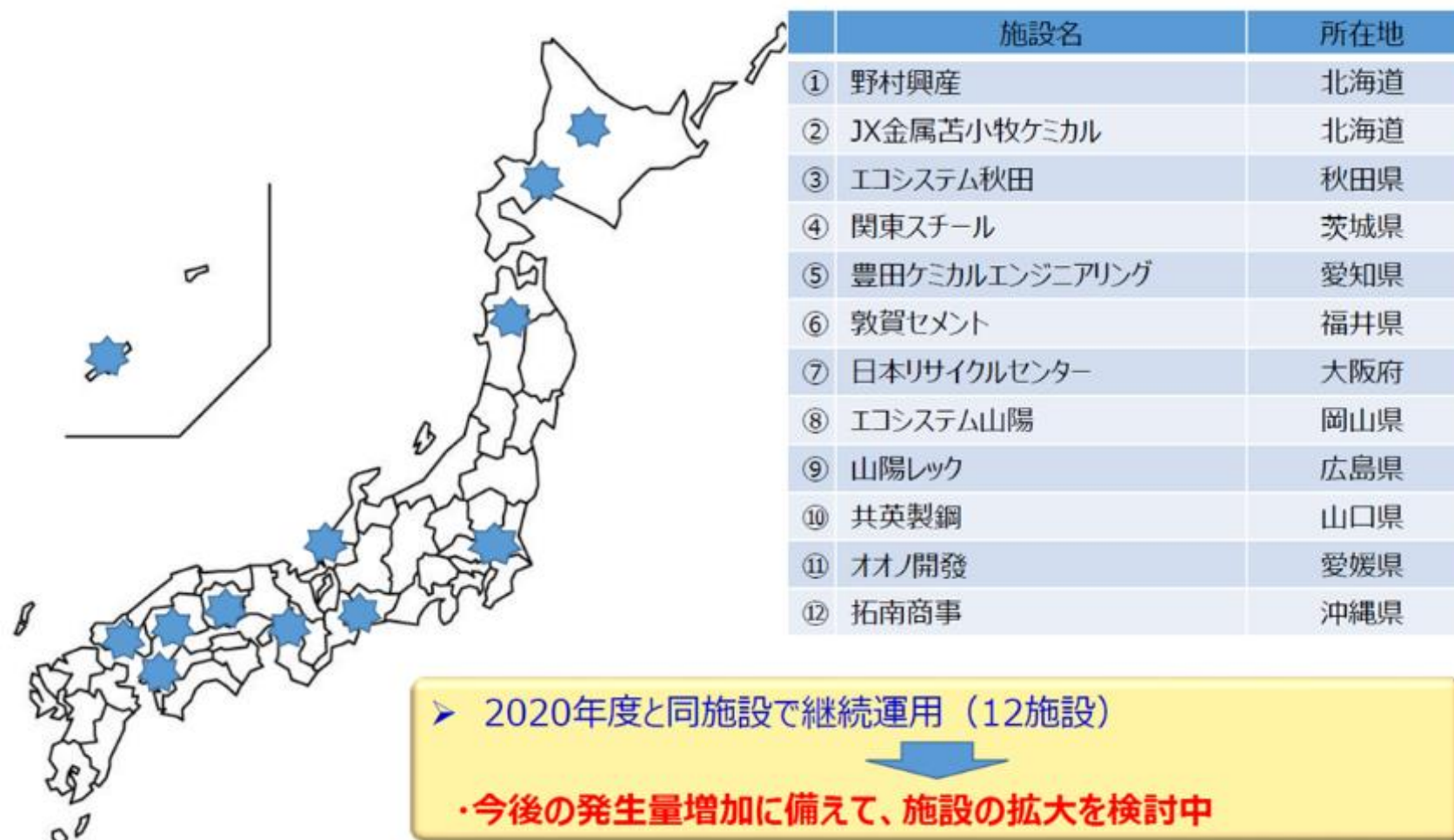


出所)産業構造審議会産業技術分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第56回合同会議 資料6「(一社)日本自動車工業会の取組について」P8、<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y033-56/900419205.pdf>(2022年8月5日閲覧)

②事前選別品目(バッテリー(鉛、LIB))の排出実態(排出・控除)の把握方針

国内におけるリチウムイオン電池の処理状況(2/2)

- リチウムイオン電池の処理施設は以下のとおり。今後の発生量増加に備えて、施設の拡大を検討中。

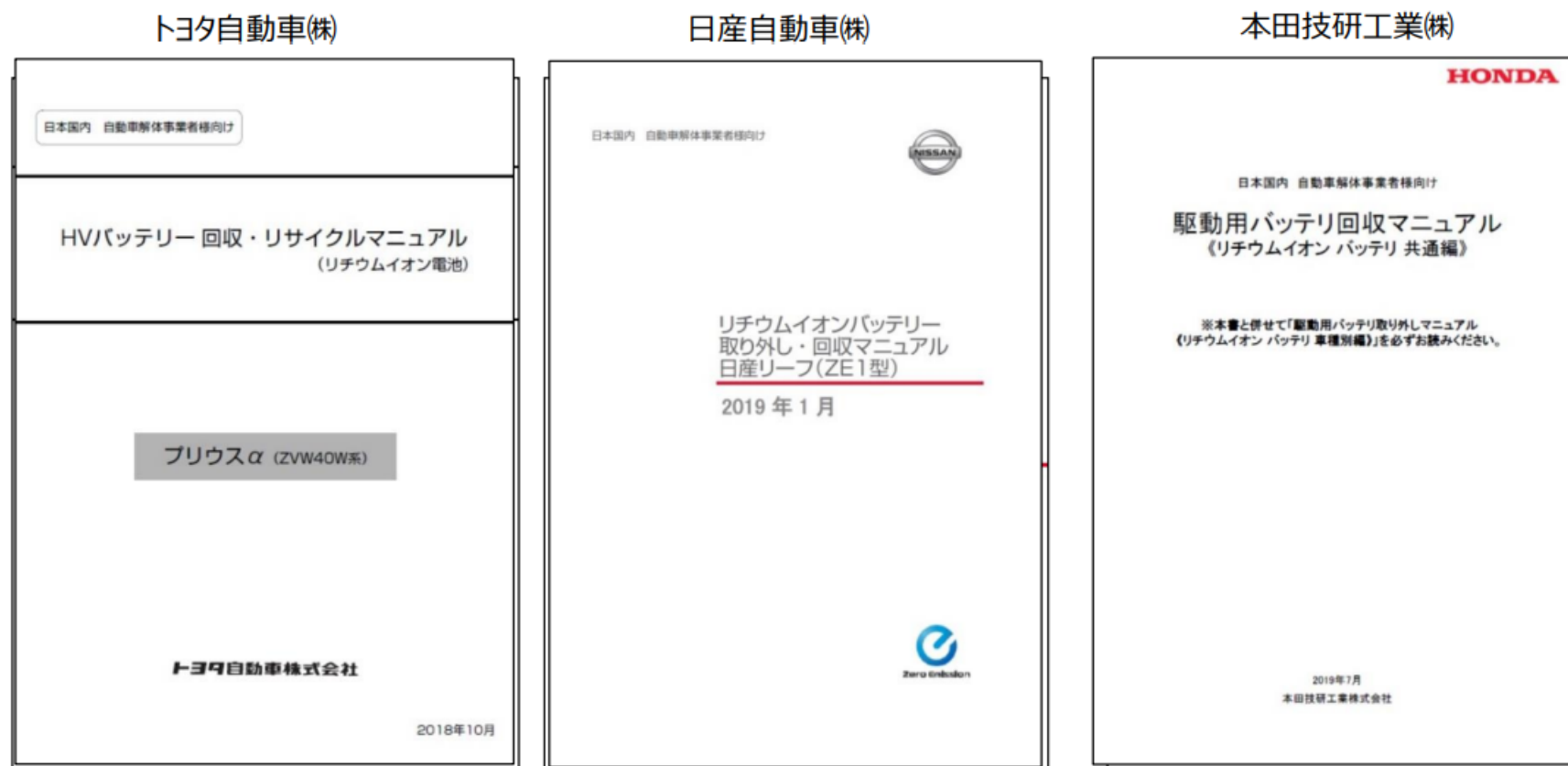


出所)産業構造審議会産業技術分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第56回合同会議 資料6「(一社)日本自動車工業会の取組について」P12、<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y033-56/900419205.pdf>(2022年8月5日閲覧)

②事前選別品目(バッテリー(鉛、LIB))の排出実態(排出・控除)の把握方針

車載用リチウムイオン電池の解体に関する取組(1/2)

- 自動車メーカー各社は、回収・リサイクルマニュアルを作成し、情報提供中。



(上記マニュアルは代表例)

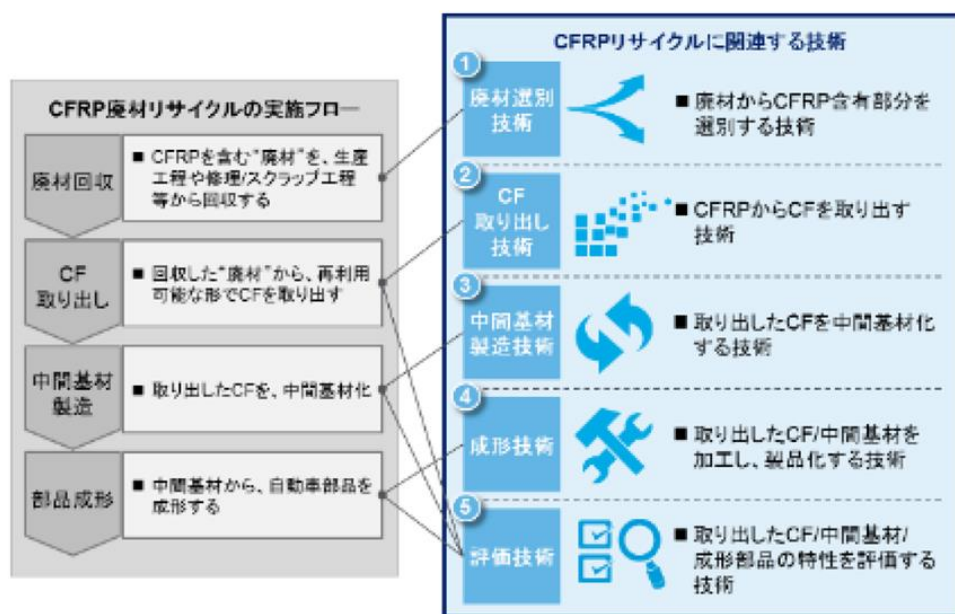
出所)産業構造審議会産業技術分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第56回合同会議 資料6「(一社)日本自動車工業会の取組について」P9、<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y033-56/900419205.pdf>(2022年8月5日閲覧)

車載用リチウムイオン電池の解体に関する取組(2/2)

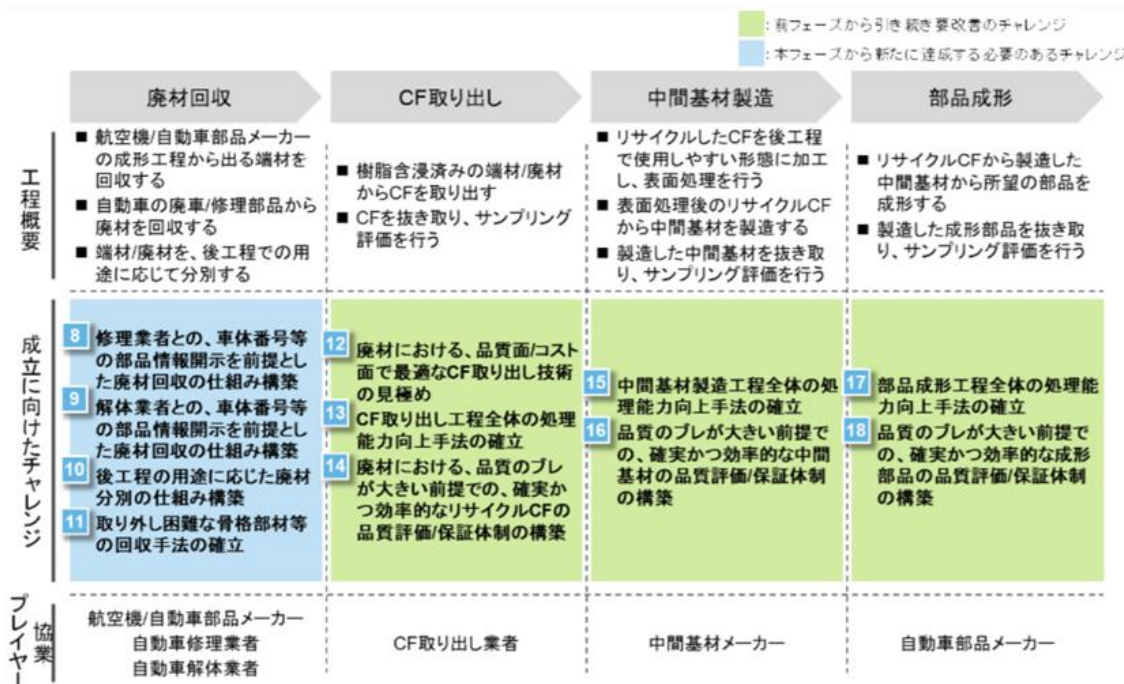
- 車載用リチウムイオン電池の解体プロセスについて自動車解体業者(リチウムイオン電池の取り扱いが比較的多い業者)へヒアリングを行った結果は以下のとおりである。
- 解体は基本的には自動車メーカーの解体マニュアルに沿って行われているとの回答が多かった。ただし、解体経験のある自動車については特に毎回マニュアルを参照することではなく、経験のない車両が入った場合にのみマニュアルを参照するという回答が多かった。
- 放電処理はライトを付けっぱなしにする、エンジンをかけ続ける、プラグを抜く、ブレーカーを切るなどの操作により行い、取外し後の電池は端子部にテープを貼って絶縁している事業者が多かった。
- 解体時間については、回生エネルギー蓄電用の小型リチウムイオン電池であれば、シートを外してネジを数本取るだけであり、5分程度との回答が多かった。一方、フルハイブリッドの車両のリチウムイオン電池については、20～30分程度、EVとなると電池自体の重量が重いため、人力のみでは難しく、車体を吊り下げる必要もあるため30～40分程度の時間がかかるとの回答があった。

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。



CFRPリサイクルチェーンの工程と技術



使用済自動車から回収したCFRPリサイクルの工程と課題

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Car to Car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
 熱分解法	■ 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	■ 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	■ 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
 化学分解法	■ 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	■ 取り出したCFの特性劣化が 少ない	■ 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
 物理分解法	■ CFRPへの物理的衝撃によって、CFと樹脂を分離させる	■ 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	■ 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) 三菱重工業金升ら(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・粉砕・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	・ 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	・ 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・粉砕・選別による熱可塑性ポリマーの充填剤としての再利用	・ 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砕し、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	・ 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。

自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた産官学連携推進事業

自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた産官学連携推進事業（経済産業省連携事業）



【令和5年度補正予算額 1,679 百万円】



資源循環に関わる国際環境変化に対応し、産官学で一致団結し、我が国の勝ち筋を見定めます。

1. 事業目的

- ・ 欧州における自動車に一定比率以上の再生プラスチックの使用を義務化する提案（ELV規則案）やストックホルム条約（POPs条約）等への対応として、日本の自動車産業においては高品質な再生材の利用拡大に向けた技術と体制構築が必要。
- ・ 産官学で一致団結し、国際的な環境対応を経済成長の原動力にしていく我が国の勝ち筋を見定める。

2. 事業内容

- 諸外国においては、国内における戦略的な技術開発と、その技術を生かす国際ルール形成をセットで実施している。欧州におけるELV規則案や、ストックホルム条約（POPs条約）の化学物質規制等に代表されるように、経済活動に係る国際ルールと企業の環境対応が密接な関係性になりつつある。資源循環に関わる国際的な環境対応の情勢の分析を踏まえたアプローチが環境・産業政策として必要である。
 ※ELV規則案（欧州委員会により新車への再生プラ利用目標25%が提案）
 ※POPs（残留性有機汚染物質：Persistent Organic Pollutants）

■ 本事業においては、

- ①EUの動向やPOPs条約等の国際環境やルール形成の調査と戦略検討
- ②再生材の供給力を増やすための業界横断的なマテリアルフロー分析の実施
- ③AI等を活用した脱炭素型の高度な自動車部品解体プロセス等の技術実証
- ④リサイクル阻害となるPOPsを含む廃プラの高度選別技術の実機の実証事業
- ⑤日本としての戦略的対応を進めるための産官学のコンソーシアムの立上げを実施し、循環経済の加速化と我が国の勝ち筋を見定める。

3. 事業スキーム

- 事業形態 委託事業
- 委託先 民間事業者・団体等
- 実施期間 令和5年度

4. 事業イメージ



お問合せ先：環境省 環境再生・資源循環局 総務課 リサイクル推進室 電話：03-5501-3153

- ⑤自動車リサイクルに係る3Rの推進・質の向上
c. 有害物質・リサイクルに影響を与える物質等の対応

自動車リサイクルに影響を与える物質等の動向

- 車載用電池、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)等を使用した次世代自動車の普及拡大
 - ハイブリッド自動車や電気自動車、燃料電池自動車等の次世代自動車には、大容量・高電圧のバッテリーや水素タンク等の、内燃機関を用いた自動車では使われなかった部品・素材が使用。
 - 車載用電池は、自動車リサイクル法に基づき解体時に取り外すこととされており、取り外した電池は、リユース、リサイクルされるケース等があるが、その技術や手法については開発途上の状況。
 - 車体重量の軽量化等のために用いられる炭素繊維強化プラスチック(CFRP)についても、その適正な処理方法の構築が必要。
-
- 自動車に使用される化学物質や重金属の適正管理に向けた取組・国際議論の状況
 - 重金属4物質については(一社)日本自動車工業会の自主行動計画に基づき目標を達成。
 - 難燃剤として使われてきたDeca-BDEは、POPs条約(※1)で附属書A(廃絶)に追加。Deca-BDEのLPC(※2)は国際議論が継続している状況。平成30年4月以前に販売された自動車にはDeca-BDEが含有しており、リサイクルに当たっては、LPC以上に含んだ部品・素材の除外が必要。
 - バーゼル条約第15回締約国会議(2022年6月)では、「POPs廃棄物に関する技術ガイドライン」が採択。また、「プラスチック廃棄物に関する技術ガイドライン」についても議論を実施。

※1 POPs条約:残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 ※2 LPC:Low POPs Content(POPsの含有量が少ない場合に係る濃度水準)

自動車リサイクル制度由来の残留性有機汚染物質(POPs)に関する調査結果

- 平成22年度より隔年で、環境省調査事業にて、ASR再資源化施設からASRを採取し、ASR由来プラスチックのPOPs(PBDE、PBB、HBCD)の含有量分析を行っている。(本年度も実施予定)
 - 直近3回の調査(平成30年度、令和2年度、令和4年度)では、PBDEは臭素数9~10のものが継続的に検出されたが、濃度は減少傾向。PBBはいずれも定量下限値未満。
 - HBCDは濃度の最大値は増加傾向だが、定量下限値未満だった施設も存在し、ばらつきが大きい。
- 2023年5月に開催されたPOPsに関するストックホルム条約締約国会議では、新たに「デクロランプラス」、「UV-328」及び「メトキシクロル」の条約附属書Aへの追加が採択されたため、環境省調査事業にて、自動車への含有状況やリサイクルプロセスにおける処理状況の調査を行った。
 - デクロランプラスは、PE(ポリエチレン)の電線被覆材や、特に高温となるエンジン部分のコード類をまとめる耐熱テープの接着剤に数%の濃度で含有している場合がある。
 - UV-328は、液晶偏光膜(特にメーター中の表示素子等)に1%以下程度の濃度で含有している場合があるが、多くの自動車ではカラー液晶が搭載されているため、液晶偏光膜の使用は一部車種に限られる。
 - この2物質を使用せずに部品を製造する技術は存在し、2025年頃までに代替が進んでいくと考えられる。
 - この2物質の含有可能性のある部品は、取外推奨部品のホワイトリストから除外するなど、マテリアルリサイクルに仕向けない運用が実施され、ASR再資源化施設等で焼却処理されている。