

平成 27 年度自動車リサイクルに関する 3R の推進・
質の向上に関する調査結果について

環境省

目次

1. 環境配慮設計・再生材利用の推進とその活用に関する情報の整理	3
1.1. 環境配慮設計の評価のための評価軸の整理	3
1.2. 自動車の易解体性の評価に係る複数の評価基準・評価方法の提案.....	10
1.3. ユーザー選択を促すインセンティブ・情報発信のあり方の検討	20
2. 1.リユース・リサイクルの推進・質の向上の進捗状況の把握・評価	27
2.1. 使用済自動車に係る自動車部品等の重量・成分分析.....	27
2.2. 素材構成より想定される望ましいリサイクルプロセスの推定及び目標・指標の検討.	50
2.3. 自動車リサイクルを進めるにあたり阻害要因となる有害物質の特定	64
3. 次世代自動車及び自動車素材の多様化を踏まえた、新技術への対応の検討	67
3.1. 使用済自動車に含まれる素材構成の変遷と背景.....	67
3.2. 使用済自動車に含まれる有害物質、金属元素等の将来予測.....	71
3.3. 新技術への対応の方向性	74

要約

1. 環境配慮設計・再生材利用の推進とその活用に関する情報の整理

環境配慮設計の評価のための評価軸については、日本自動車工業会の環境アセスメントガイドラインに沿って、環境配慮設計に関するメーカーの取り組みについて情報を集めるとともに、解体業者に対するヒアリング・アンケートを実施して、解体業者が有効と考える環境配慮設計について整理した。さらに、自動車の易解体性の評価に関しては、既存調査にと基づき、評価基準・評価方法の案を整理した。また、評価基準・評価方法について、解体業者から意見を聴取した。その結果、上流側でリサイクル可能率、有害物質の含有量をモニタリングし、下流側でリユース率・マテリアルリサイクル率、引取り重量あたりの ASR 量の発生量、ASR 中の有害物質の含有量をモニタリングしていくことが重要ということがわかった。ユーザー選択を促すインセンティブ・情報発信のあり方については、既存の関連研究の成果を分析した。

2. リユース・リサイクルの推進・質の向上の進捗状況の把握・評価

使用済自動車に含まれる素材について分析するため、先行研究で実施していない車種(フィットHV 及びノート)について、使用済自動車の解体調査を実施した。部品計量、所在分類項目別に記録を行い、資源性が高いと考えられる部品に関してはサンプリングを行い、含有成分の分析を行った。本調査で得られたレアアース類の含有量は、先行研究で得られた結果と比較するとレアアース類の含有量が少ない結果であった。車種による差異、レアアース類の使用削減等の理由が考えられる。さらに、ガラス類については、調査対象車両のフロントガラス及びリアガラスが、それぞれ ASR 基準重量の 2.5~7.2% であり、ASR の重量の 10~20% を占めることが推測された。

また、今回の研究成果及び先行研究の結果を踏まえて、素材構成より想定される望ましいリサイクルプロセスについて推定を行い、目標や指標のあり方についても検討した。さらに、解体業者や TH、ART チームに対するヒアリング・アンケートを実施して、自動車リサイクルを進めるにあたり阻害要因となる有害物質について分析した。

3. 次世代自動車及び自動車素材の多様化を踏まえた、新技術への対応の検討

使用済自動車に含まれる素材構成の変遷と背景について分析するとともに、使用済自動車に含まれる有害物質、金属元素等の将来予測を行った。その上で、新素材としてリチウムイオン電池とニッケル水素電池、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)に着目してそれらの回収・リサイクルのあり方について検討した。

Summary

1. Organizing Information on Promotion and Utilization of Design for Environment and Recycled Materials

With respect to points on evaluating Design for Environment (DfE), we collected cases of automobile manufacturing companies' activities on DfE in line with Environmental Assessment Guideline of Japan Automobile Manufacturers Association, Inc. and interviewed dismantling companies and sent questionnaires to them, then identified DfEs those dismantling companies think them effective. Then, with respect to evaluating easiness of automobile dismantling, we interviewed dismantling companies. We found importance of monitoring recyclable rate and content of toxic materials in upstream and also monitoring reuse rate and material recycling rate, generation of ASR per unit of ELV, and content of toxic material in ASR. We also analyzed previous studies on incentive and information dissemination for enhancing selection of automobile using recycled material.

2. Understanding and Evaluation of Progress of Promotion and Improvement of Reuse and Recycle

We analyzed dismantled ELV, namely Fit HV and Note those were not analyzed in previous studies, for measuring content of resource and toxic materials. We recorded weight of parts, location and sampled parts containing high value resources and analyzed contents in them. The result shows that content of rare earth shown in this study are less than those shown in previous studies. Difference of car type, decreasing use of rear earth in targeted cars seemingly caused it. With respect to glasses, front glass and rear glass in targeted cars are 2.5% to 7.2% in comparison with ASR standard weight, and seem to constitute 10% to 20% of ASR.

Then, based on the result of this study and previous studies, we discussed desirable recycling process in consideration of composition, and discussed target and indicators. We interviewed and conducted questionnaires survey with dismantling companies and ART and TH team, and analyzed which toxic materials might become obstacle to automobile recycling.

3. Addressing New Technology in Consideration of New Vehicle and Diversification of Materials

Analyze trend and background of change of materials in ELV, and predict the future change of toxic materials and metallic element. Then we focused on lithium ion battery and nickel hydride battery (NiMH), carbon-fiber-reinforced plastic (CFRP) as new materials and discussed process of collection and recycling of them.

1. 環境配慮設計・再生材利用の推進とその活用に関する情報の整理

1.1. 環境配慮設計の評価のための評価軸の整理

(1) 環境配慮設計の取り組みと類型化

自動車の環境配慮設計の類型化の方法について情報を集めた結果、日本自動車工業会の自動車の製品アセスメント評価項目がまずは参考になることが明らかになった（表 1）。

材料の工夫、構造の工夫、分別の工夫、処理に係る安全性の確保といった 4 つの項目に対して、それぞれ評価項目が設定され、その評価項目を評価するための基準の例が示されている。

表 1 日本自動車工業会の製品アセスメント評価項目

項目	評価項目	評価基準の例
材料の工夫	再生資源としての利用の可能性	<ul style="list-style-type: none"> • 技術的に再生資源としての利用が可能か。または将来可能となる見通しがあるか。 • 経済的に再生資源としての利用が可能か。または将来可能となる見通しがあるか。 • 再生資源としての利用が可能性が低い場合、他の代替材に変更できないか。
構造の工夫	再生利用する部品の取り外し容易性	<ul style="list-style-type: none"> • 取り外しが容易にできるよう、構造設計、組立方法の上で配慮してあるか。 • 標準的な設備、工具で取り外しができるか。
分別の工夫	合成樹脂製部品の材質名の表示	<ul style="list-style-type: none"> • 日本自動車工業会の基準に適合した表示が行われているか。 • 100g 以上の新部品に表示がされているか(表示困難な場合を除く) • ISO 規格に基づく記号を使用しているか。 • 取り外した状態で判読できる場所に表示されているか。
処理に係る安全性の確保	材質の有害性・有毒性	<ul style="list-style-type: none"> • 使用している材料の、使用に係わる法規等による規制に配慮されているか。 • 使用している材料の、処理に係わる法規等による規制に配慮されているか。
	処理の安全性	<ul style="list-style-type: none"> • 処理時に爆発、引火等の恐れのある部品に関し、処理方法が配慮されているか。 • 処理方法については必要に応じて、説明資料の作成等の、配慮が行われているか。

出所：日本自動車工業会『リサイクル促進のための製品設計段階における事前評価のガイドライン』（1997年）

自動車メーカーは、この事前評価のガイドラインに基づき、自社で独自のガイドラインを設定して環境配慮設計の取り組みを進めている。そうした自動車メーカー各社のリサイクルに関する環境配慮設計の取り組み状況について、前出のガイドラインを参考に整理を行った。結果を表 2 に示す。

材料の工夫に関する事例が最も多くの事例を集められた。その内容は、リサイクル製品等の活用とリサイクルしやすい材料の採用に大きく分けられる。前者の例は、使用済みバンパーを回収して、バッテリーホルダー、エンジンアンダーカバー、フットレストなどに利用するような取り組みであり、後者の例は樹脂製の部品にリサイクルしやすい熱可塑性樹脂を使用するといった取り組みである。

構造の工夫については、取り外しが容易にするといった取り組みや、締結点数の削減といった取り組みが見られた。

分別の工夫については、材料の材質表示や樹脂材料(PP)統合化といった取り組みが見られた。

処理に関わる安全性の確保については、エアバッグ車上一括展開システムをアピールしている企業が多かった。

その他、ASR 処理・リサイクルに関する取り組みについて、情報提供している企業が見られた。

表 2 環境配慮設計に関する技術の事例（主要メーカーの取組事例）

企業	材料の工夫	構造の工夫	分別の工夫	処理に関わる安全性の確保	その他
A 社	<p>[リサイクル製品等の活用]</p> <ul style="list-style-type: none"> 高純度な自動車ガラスの特性を活かし再利用する技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ワイヤーハーネス（プルタブ式アース端子（取り外しが容易）） インストルメントパネルの取り外し（インパネ部分を強く引っ張ると容易に取り外せる） 			<p>[ASR 処理]</p> <ul style="list-style-type: none"> ASR から回収した樹脂類を代替燃料として活用。
B 社	<p>[リサイクル製品等の活用]</p> <ul style="list-style-type: none"> 補修交換で捨てられていたバンパーを回収、リサイクルして新しい素材として利用 			<ul style="list-style-type: none"> エアバッグ車上一括展開システム エアコンに充填されているフロン類を大気に放出する処理するシステムを構築。 廃車時に燃焼されても有害物質を出さないように、ポリ塩化ビニル（PVC）や重金属の削減を推進 	
C 社	<p>[リサイクル製品等の活用]</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用済みペットボトルの繊維をダッシュやフロアインシュレーターの吸音層の主成分に再利用（オール PET 材カーペット） ペットボトルのキャップを部品材料に 廃棄物の再生利用（金属端材の再生利用（金属屑や廃砂、廃プラスチック、廃油等） 材料スクラップ（加工屑等）の高度な再資源化） 鉄、アルミ、樹脂の 3 つの材料を中心にクローズド・ループ・リサイクル（回収した自社の使用済み製品を再び自社製品の部品に採用する手法）を拡大。 塗装済みバンパーのスクラップを塗膜を除去して再生 鉄とアルミニウムは、生産時に発生した端材を回収し、自動車用の材料に再生 アルミロードホイールを再利用し、高品質のサスペンション部品等へ採用 ハイパーミニ部品 to 部品リサイクル 部品保護キャップを回収し使用。 <p>[素材の単一化]</p> <ul style="list-style-type: none"> 単一素材化（ドアトリム、インスト） 	<p>[インスト]</p> <ul style="list-style-type: none"> 上下分割構造（インスト） <p>[バンパー]</p> <ul style="list-style-type: none"> 締結点数削減 <p>[リアコンビランプ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 締結構造 ラフェスタメインハーネス易解体構造 効率的な解体方法を開発する解体実証研究を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 樹脂材料（PP）統合化（約 30 種類→6 種類） 	<ul style="list-style-type: none"> エアバッグ車上一括展開システム 	<p>[ASR 処理]</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカーなど 13 社とシュレッターダストリサイクル促進チーム「ART*」を結成。リーダーとして業界全体でリサイクル業務の効率化を推進。 焼却処理時に発生する排熱を蒸気として回収
D 社	<p>[リサイクル製品等の活用]</p> <ul style="list-style-type: none"> バイオマテリアルの採用を拡大（脱石油資源や CO₂ 排出削減に貢献できる植物由来の材料からなる、新しい自動車部品を商品化） 大型の樹脂部品であるバンパーのリサイクルに注力し、損傷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」技術を確立 <p>[リサイクルしやすい材料の採用]</p> <ul style="list-style-type: none"> 遮音材と吸音材を同素材の熱可塑性フェルトに統一（ダッシュインシュレータ） 熱可塑性エラストマー（TPO）採用（AT シフトノブ） 	<ul style="list-style-type: none"> リサイクル可能な部品や素材を取り出しやすくするために、解体・分離が容易な車両の設計解体技術を研究 <p>[バンパー]</p> <ul style="list-style-type: none"> 解体時に、短時間でバンパーを一体で取り外せる構造を追求 バンパー下部の締結部に、強く引くと外れやすくなる薄肉構造を採用 バンパー開口部には引っ張り時にバンパーが破断せずに一体で外せるよう補強 <p>[インストルメントパネル]</p> <ul style="list-style-type: none"> インストルメントパネルの締結部を、離脱させやすい構造とすることで、解体時に引っ張ると容易に外れる。 <p>[易解体アース端子]</p> <ul style="list-style-type: none"> ハーネスを引き抜く際に端子部が 			<p>[ASR 処理]</p> <ul style="list-style-type: none"> 上述の ART を通じて、法令順守と再資源化率向上を推進

企業	材料の工夫	構造の工夫	分別の工夫	処理に関わる安全性の確保	その他
		ぎれ、ハーネスが残らない構造			
E社	[リサイクルしやすい材料の採用] • リサイクルしやすい材料の採用（ほとんどの内外装樹脂材に、リサイクル性に優れたオレフィン系樹脂を使用）	• ワイヤリングハーネス類の解体性向上（短時間で効率よく回収できるハーネスレイアウトや構造について研究を実施）	• 材料表示の改善（材質確認のため、1973年から樹脂部品の材質表示を実施）	• エアバッグ類、フロン類の処理では自動車再資源化協力機構（JARP）*に加入。	[ASR処理] • シュレッダーダストの処理ではARTの一員として活動
F社	[リサイクル製品等の活用] 当初はバンパーの形状のまま代理店から回収。 • 代理店で修理交換時に発生する使用済みバンパーを回収。2000年以降は全国の代理店（一部の代理店を除く）にバンパー破砕機を設置し、バンパーを破砕して回収。2012年度にバンパー破砕機を新設・増設、輸送時の容積は6分の1に。回収したバンパーは、バッテリーホルダー、エンジンアンダーカバー、フットレストなどに。 [リサイクルしやすい材料の採用] • 樹脂製の外装部品や内装部品にリサイクルしやすい材料（熱可塑性樹脂）を使用。			• エアバッグ類一括作動処理コネクタの採用 • エアバッグ類適正処理マニュアルの整備	[リビルト部品の活用] • オートマチックトランスミッション（CVTを含む）のリビルト部品（消耗・故障部分の交換および完成検査を行って再生した部品）を活用。2013年度のリビルト部品の販売比率は、対象部品の販売個数の50%。 [ASR処理] • 自動車リサイクル促進センター（JARC）へ社員を派遣 • シュレッダーダストの処理では『ART*』の設立に参加
G社	[リサイクル製品等の活用] • サンドイッチ成形によるリサイクルエアダム・リサイクル品の用途拡大 • 使用済みPPバンパーの中型トラック荷台あおりへのリサイクル [リサイクルしやすい材料の採用] • リサイクルに適した材料の拡大 「エルフ」木製荷台下スペースのPP系樹脂化/ドアアウトサイドハンドルのPP（ポリプロピレン）化 • 4トン以上のフロントグリップヒンジのPP化 • SUV天井基材のPP化の実施 • トラック木製荷台のリサイクル性向上 1999年モデル「エルフ」より荷台根太材を木製から鉄製へ切り替え • 人工木材を開発し、トラック荷台下構造材の縦根太に採用	• 解体、分別処理の簡易化 • 車両を解体し、解体性の実証研究を実施	• 樹脂部品の材料識別表示 • 100g以上の樹脂部品に材料識別マーク実施	• エアバッグの車上作動処理容易性向上 ハーネス被覆と保護カバーの色を黄色に統一	[設計] • 設計にあたっては環境配慮設計(DFE)手法を導入し、解体性のみならず、環境への負荷の程度や経済的側面をも考慮 [ASR処理] • ARTを結成し、そのスケールメリットを活かして、リサイクル率の目標値達成、処理コストの低減、業務の効率化を推進。
H社	[リサイクル製品等の活用] • リサイクル性を考慮した材料の使用 再生フェルト、再生ウレタン、廃木材（ハードボード）、ケナフ、樹脂バンパー回収品などリサイクル材を使用。	（部品解体性の向上） [インパネ] • 固定クリップ樹脂化 [ホイールハウス固定クリップ] • ビス締め点数削減			
I社	[リサイクル製品等の活用] • 再生材を使用した部品の採用 • 修理交換バンパー再生材をスペアタイヤカバー部分に採用。	• 「ハーネス設計ガイドライン」に基づきワイヤハーネス・モーター類の取り外し性向上			[ASR処理] • ARTに参加しASRを共同処理。

出所：各社ウェブサイトより作成。

（注1）自動車破砕残さリサイクル促進チーム（ART:Automobile shredder residue Recycling promotion Team）。加盟企業は、いすゞ自動車、自動車リサイクル促進センター、ジャガー・ランドローバー・ジャパン、スズキ、日産自動車、フォードジャパン、富士重工業、ボルボ・カー・ジャパン、マツダ、三菱自動車工業、三菱ふそうトラック・バス、メルセデス・ベンツ日本、UDトラック（<http://www.asrrt.jp/index.html>）。

（注2）自動車再資源化協力機構（JARP:Japan Auto Recycling Partnership）自動車リサイクル法（2005年）により義務付けられた3物品（カーエアコン用フロンガス類、エアバッグ類ガス発生装置、シュレッダーダスト）のうち、フロン類とエアバッグ類の引取・再資源化を適正、確実、かつ効率的に行うための窓口としてメーカー12社（いすゞ自動車、スズキ、ダイハツ、トヨタ、日産自動車、UDとラックス、日野自動車、富士重工業、ホンダ、マツダ、三菱自動車、三菱ふそうトラック・バス）と自動車輸入組合によって設立された。

表 2 の取り組みを、部品別に整理した結果を表 3 に示す。

外装部品については、バンパーやドアアウトサイドハンドル、エアダムで素材の変更が見られる。また、バンパーは構造の工夫についても取り組みが見られる。

内装部品については、インストルメントパネルに関して、素材の変更や構造の工夫に関する取り組みが見られる。また、その他、インシュレーターやフットレストなど、自動車ユーザーから見えない部分における素材変更の取り組みが多く見られた。

機能部品については、素材の変更に関する取り組みが大半であった。一部、オートマチックトランスミッションにおいて、リビルト部品を活用するといった取り組みも見られた。

電子部品については、ワイヤーハーネスに関して取り外しを用意するといった取り組みが多く見られたが、これは、全部解体を意識した取り組みであると考えられる。

その他、樹脂部品について、材料識別表示の取り組みが多い。

表 3 自動車メーカー各社の資料で紹介されているリサイクル設計の例

		材料の工夫		構造の工夫			分別の工夫	処理に関わる安全性の確保		その他	
		素材の変更	構造の改善	締結点数削減	締結構造変更	材料識別表示	有害物質削減	易性向上 車上作動処理容	活用 リビルト部品の		
外装部品	バンパー										
	ドアアウトサイドハンドル										
	ホイールハウス										
	エアダム										
内装部品	ドアトリム										
	インストルメントパネル										
	ダッシュインシュレーター										
	フットレスト										
	フロントグリップヒンジ										
	天井基材										
機能部品	サスペンション部品										
	オートマチックトランスミッション										
	ATシフトノブ										
	エンジンアンダーカバー										
	ロードホイール										
電子部品	バッテリーホルダー										
	ワイヤーハーネス										
	リアコンピランプ										
全般・その他	樹脂部品										
	荷台下										
	エアバック										

出所：自動車メーカー各社資料

(2) 解体業者が有効と考える環境配慮設計

こうしたメーカーが考える取り組みに対して、実際に有効な解体につながるのかどうかを把握するため、解体業者が有効と考える環境配慮設計について情報を整理した。具体的には、解体業者 13 社に対するアンケート調査を行い、解体業者が有効と考える環境配慮設計についてたずねた。その結果を

表 4 に示す。

表 4 解体業者が有効と考える環境配慮設計

項目	要望
材料の工夫	<ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカーがもっと再生材を利用するようにしてほしい。 海外メーカーのように、一定年数が経過したら、新品部品の製造を中止し、リビルト部品を活用するなどの取り組みを進めてはどうか。
構造の工夫	<ul style="list-style-type: none"> 内張りのシート回収が容易になるようにしてほしい。生地を両面テープではなく、クリップ止めに変更して剥がしやすくしていたりする取り組みが有効。 取り外しが困難な部品・素材として、ネオジム磁石がある（ハイブリッドカーの電気モーター中に組込まれており、分解・消磁・磁石取り出しという作業に長時間要することが考えられる）。 樹脂類の利用が増加したが、樹脂部品や素材の易解体性を高めてほしい。 再生可能な素材を使うのであれば、簡単に回収できる形にしてほしい。 各メーカーによって解体に用いる工具が異なるのは困る。通常の工具で外せるようにしてほしい。 部品のリユースをより可能にする設計にしてほしい（部品を外すとツメが折れたりするなどの設計は避けてほしい） バンパーにつけたカメラなどで、塗装すると性能が悪くなるといったことが生じるのは、事前に情報提供してほしい。
分別の工夫	<ul style="list-style-type: none"> 素材記号の表示位置を工夫してほしい（一定の場所に記載する等） メーカー同士で素材記号が異なるケースがあるので、共通化を進めてほしい。
処理に係る安全性の確保	<ul style="list-style-type: none"> 材質の有害性・有毒性に関する情報をもっと提供してほしい。

出所：解体業者ヒアリング・アンケート（2016年2月に13社に対して実施）

基本的には、解体業者は主要な収益源である部品のリユースを進めたいという意向が強く、環境配慮設計に関する要望もそうした点を意識した声が多かった。

材料の工夫については、自動車メーカーがもっと再生材を利用するようになれば、解体業者が取り外した再生材の需要が拡大するため、解体業者もより素材を取り外すようになるとのことであつた。また、海外メーカーのように、一定年数が経過したら、新品部品の製造を中止し、リビ

ルト部品を活用するなどの取り組みを進めてはどうかといった意見もあった。

構造の工夫については、取り外しを容易にするための取り組みを進めて欲しいといった要望が多かった。具体的には、生地を両面テープではなく、クリップ止めに変更して剥がしやすくすることにより、内張りのシート回収が容易になるといったような事例を積極的に進めて欲しいとの声が聞かれた。また、各メーカーによって解体に用いる工具が異なるため、通常の工具で外せるようにして欲しいという要望があった。部品を外すとツメが折れたりするなどの設計は避けるなどして、部品のリユースをより可能にする設計にして欲しいとの要望も多かった。

分別の工夫については、一定の場所に記載する等、素材記号の表示位置を工夫して欲しいという要望があった。処理に係る安全性の確保については、材質の有害性・有毒性に関する情報をもっと提供して欲しいという要望があった。

(3) 環境配慮設計の効果

環境配慮設計の効果については、環境省が実施した実証研究の成果が参考になる。平成 27 年度低炭素型 3 R 技術・システム実証事業の一つの案件として実施された「自動車リサイクルの全体最適化を念頭においた解体プロセスの高度化実証（三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング等が実施）」では、マテリアルリサイクルの主役となる電炉事業者、非鉄製錬事業者、樹脂コンパウンドメーカー、セメント事業者等にとって、最適なりサイクル原料を得るためには、どのような解体が環境合理的でまた経済合理的でもあるのかを分析した。

まず、解体時間については、解体の結果、易解体設計の導入が拡大していると見込まれた 2003 年以降の型式とそれ以前の型式とでは、(少なくとも)今回実証で取り外し対象とした部品の取り外し容易性に大きな違いは認められなかった。自動車メーカーが作成している環境報告書などを追加的に調査したところ、2003 年前後で一時的にそうした取組が進んだようであるが、一部の車種についてはまたもとに戻っていたりする場合もあることを解体実証で確認することができた。

環境負荷については、解体プロセス、ガス化溶融プロセスともに CO₂ 削減効果が見られることが明らかになった。特にガス化溶融プロセスにおける CO₂ 削減効果は大きく、1 台当たり 39kg の CO₂ 削減効果があると見込まれる。ガス化溶融されずにマテリアルリサイクルに回る効果が大きい。同様に CO₂ 削減効果を見ると、ガス化溶融プロセスにおけるエネルギー消費量削減効果が大きく、1 台当たり 349MJ のエネルギー消費量削減効果があると見込まれる。

1.2. 自動車の易解体性の評価に係る複数の評価基準・評価方法の提案

(1) 自動車の易解体性の評価に係る複数の評価基準の例

自動車の環境配慮設計に関する評価基準については、古い文献ではあるが、クリーン・ジャパン・センターが 2003 年に経済産業省の委託事業の中で取りまとめた基準が参考になる。クリーン・ジャパン・センターでは、想定される環境配慮設計について様々な評価指標を作成した。その結果を表 5～表 9 に示す。

表 5 定量指標事例

定量指標事例の一覧（共通項目）

中項目	細項目	定量的指標	No.	製品	指標パターン	計算式	
部品共通化	部品共通化	部品点数	1		レンズ付きフィルム	含有率	共通部品数 / 総部品点数
			2		オフィス家具	変化率	対象製品部品共通点数 / 従来同等製品部品共通点
			3	2 と同じ	複写機	変化率	新製品共通部品点数 / 基準製品部品点数
			4		PC	変化率	新製品部品共通化点数 / N - 1 同等製品部品共通点数 注 ; N - 1 とは新製品 (New) - 1 世代、つまり新製品の直前の機種
	世代間部品共通化	部品点数	5		複写機	含有率	リユース可能共通部品点数 / 1 世代部品リユース可能点数
部品点数削減	部品点数削減	部品点数	6		PC	変化率	新機種の部品点数 / 旧機種の部品点数
			7	6 と同じ	複写機	変化率	新製品部品点数 / 基準製品部品点数
			8	6 と同じ	オフィス家具	変化率	対象製品部品点数 / 従来同等部品点数
			9	6 と同じ	家電	変化率	対象製品の部品点数 / 従来製品の部品点数
			10	6 と同じ	PC	変化率	従来製品の部品点数 / 新製品の部品点数
			11	6 と同じ	電気部品	変化率	従来製品の部品点数 / 新製品の部品点数
			12	6 と同じ	電子機器	変化率	部品点数の前回モデル対比
			13	6 と同じ	レンズ付きフィルム	変化率	従来製品または基準製品との比較
			14	6 と同じ	PC	変化率	従来製品または基準製品との比較
			15		レンズ付きフィルム	絶対値	部品総点数
			16	15 と同じ	レンズ付きフィルム	絶対値	製品のユニット数
			17		PC	1 - 変化率	(従来製品部品点数 - 新製品部品点数) / 従来製品部品点数
			18		家電		LCA の中で評価
			解体・分離性	解体・分離性	接合数	19	
20	19 と同じ	PC				絶対値	締め付け部品数 (ねじ本数など)
解体時間	21				自動車	絶対値	メンテナンス部品毎の解体・分離時間
	22	21 と同じ			プリンタ等	絶対値	実機の解体時間
	23	21 と同じ			家電	絶対値	分解時間
	24				家電	変化率	対象製品分解時間 / 従来製品分解時間
接合数	25				電気部品	変化率	ねじ本数を従来製品と比較
	26	25 と同じ			電子機器	変化率	ねじ本数を前回モデルと比較
工具種類数	27				電子機器	変化率	工具種類数を前回モデルと比較
重量	28				PC	含有率	一般工具にて再使用・リサイクル部品に分解可能な総質量 / 製品質量
接合数	29	28 と同じ			レンズ付きフィルム	絶対値	絶対値における、非分解係合数 (カシメ、溶着等)

出所； 財団法人クリーン・ジャパン・センター「環境配慮設計のための定量的指標の検討調査 報告書 平成 15 年 3 月」

表 6 定量指標事例

定量指標事例の一覧（リデュース）

中項目	細項目	定量的指標	No.	製品	指標パターン	計算式	
省資源性	小型性	容積	30	オフィス家具	変化率	対象製品容積 / 従来同等製品容積	
			31	30 と同じ	PC	変化率	新機種の容積 / 旧機種の容積
	軽量性	重量	32	オフィス家具	変化率	対象製品質量 / 従来同等製品質量	
			33	32 と同じ	PC	変化率	新機種の重量 / 旧機種の重量
			34		レンズ付きフィルム	絶対値	総部品重量
	再生部品使用	部品数	35	PC	含有率	再生部品数 / 全部品数	
		重量	36	PC	含有率	再生品使用質量 / 総質量	
	再生素材 使用量	重量	37	PC	含有率	リサイクル素材重量 / 全素材重量	
			38	37 と同じ	PC	含有率	リサイクル素材重量 / 全素材重
			39	37 と同じ	レンズ付きフィルム	含有率	使用樹脂に占めるリサイクル樹脂の割合
			40		プリンタ等	含有率	樹脂部品質量 × 使用点数 × 再生樹脂原料含有率 / 金樹脂材料質量計
	再生材料使用	重量	41	レンズ付きフィルム	含有率	再生材使用部品重量 / 総部品重量	
			42	41 と同じ	複写機	含有率	再生材使用部品重量 / 製品対象総部品重量
		部品点数	43	レンズ付きフィルム	含有率	再生材使用部品点数 / 総部品点数	
			44	43 と同じ	レンズ付きフィルム	含有率	再生材料使用部品点数 / 製品部品点数
			45	43 と同じ	自動車	含有率	再生材料使用部品点数 / 製品に使用する全樹脂部品
		重量	46	43 と同じ	オフィス家具	含有率	再生樹脂使用質量 / 樹脂部品総質量
			47		家電	変化率	対象製品の再生材料使用部品質量 / 基準年製品の再生材料使用部品質量
			48		電子機器	含有率	再生材が 10%以上含まれている部材の重量 / 部材の総重量
	49			電子機器	含有率	再生材が 11%以上含まれている購入部品部材の重量 / 部材の総重量	
	再生品使用	重量	50	PC	含有率	(再生資源の使用量 / 製品の質量) × 100	
			51	50 と同じ	電気部品	含有率	再生品重量 / 製品重量 × 100
		点数	52	PC	絶対値	一製品あたりの再生品使用個数	
リペア・メンテナ ンス性	メンテナンス容易性	その他	53	オフィス家具	変化率	対象製品分解性 / 従来同等製品分解性	
			54	PC	変化率	保守部品点数 / N - 1 同等製品保守部品点数など 注： N - 1 とは新製品 (New) - 1 世代、つまり新製品の直前の機種	
			55	54 と同じ	複写機		マニュアル適用数 = 導入数 / マニュアル件数
耐久性	材料耐久性の 向上	その他	56	オフィス家具	変化率	対象製品耐久性 / 従来同等製品耐久性	
			57	複写機		導入数 / マニュアル件数	
			58	56 と同じ	PC	変化率	新製品耐久性 / N - 1 同等製品耐久性など 注： N - 1 とは新製品

中項目	細項目	定量的指標	No.		製品	指標パターン	計算式
							(New) - 1世代、つまり新製品の直前の機種
長期使用サービス	補修可能期間	その他	59		PC		社内標準(ガイドによる) 注: 例. 再販(中古) PC の修理を含めたサービス・サポートなどの指数化など
	無料保証期間	その他	60		PC		社内標準(ガイドによる) 注: 販売国の法規制などにより期間は異なる 例. WW 保障、国境を越えた保障(通常は販売国でのみ有効)などの指数化など
アップグレード性	モジュール回収容易性	その他	61		PC		社内標準(ガイドによる) 注: 例 1. プラグイン・モジュールの指数化 例 2. ボンディング方法と素材などの指数化など
			62	61と同じ	複写機		導入数/マニュアル件数

出所; 財団法人クリーン・ジャパン・センター「環境配慮設計のための定量的指標の検討調査 報告書 平成15年3月」

表 7 定量指標事例

(3) 定量指標事例の一覧 (リユース)

中項目	細項目	定量的指標	No.		製品	指標パターン	計算式
部品リユース性	リユース部品可能率	部品点数	63		複写機	含有率	リユース可能部品点数 / 製品総部品点数
			64		レンズ付きフィルム	絶対値	リペア可能ユニット数
		その他	65		PC	含有率	社内標準(ガイドによる) 注: 例 1. 製品設計時における再使用保守部品のための品質保証プロセスの開発義務の指数化 例 2. 品質保証された再使用保守部品の種類数 / 全保守部品の種類数 例 3. 品質保証された再使用保守部品の使用数 / 全保守部品の使用数など

出所; 財団法人クリーン・ジャパン・センター「環境配慮設計のための定量的指標の検討調査 報告書 平成15年3月」

表 8 定量指標事例

(4) 定量指標事例の一覧（リユース）

中項目	細項目	定量的指標	No.		製品	指標パターン	計算式
M リサイクル性	材料種類削減	種類数	66		オフィス家具	変化率	対象製品原材料の種類点数 / 従来同等品原材料の種類点数
	M リサイクル容易性	MR 容易重量	67		PC	含有率	リサイクル容易素材重量 / 全素材重量
			68	67 と同じ	PC	含有率	再資源化可能部材の質量 / 製品質量
			69	67 と同じ	自動車	含有率	熱可塑性樹脂使用量 / 全樹脂使用量
			70	67 と同じ	電子機器	含有率	リサイクル可能部材重量 / 商品重量
			71	67 と同じ	電子機器	含有率	再資源化可能材料の質量 / 製品質量
			72		自動車	含有率	リサイクル可能部品重量 / 金重量
			73	72 と同じ	PC	含有率	リサイクル可能対象部品総質量 / 製品質量
			74		オフィス家具	変化率	再生可能材料使用質量 / 従来同等品再生可能材質量
		MR 困難重量	75		オフィス家具	変化率	対象製品の困難材料使用量 / 従来製品の困難材料使用量
	その他	76		複写機		導入数 / マニュアル件数	
77			複写機		導入数 / マニュアル件数		
T リサイクル性	T リサイクル容易性		78		PC		社内標準（ガイドによる） 注：例 1. プラスチック部品の素材の表示の指数化 例 2. 組立てネジの一方方向性など指数化など
T を含むリサイクル性	T を含むリサイクル率	TR 容易重量	79		PC	含有率	リサイクル容易素材（重量） / 全素材（重量）
			80		プリンタ等	含有率	{M（リユースを含む）可能部品質量計 + T 可能部品質量計} / 製品総質量
			81	80 と同じ	電子機器	含有率	(M + ケミカル + T + リユース量) / 全体量
		部品点数	82		レンズ付きフィルム	含有率	再資源化可能部品点数 / 総部品点数
			83	82 と同じ	レンズ付きフィルム	含有率	再資源化部品点数 / 総部品点数

M：マテリアル、T：サーマル

出所； 財団法人クリーン・ジャパン・センター「環境配慮設計のための定量的指標の検討調査 報告書 平成 15 年 3 月」

表 9 定量指標事例

(5) 定量指標事例の一覧（その他）

中項目	細項目	定量的指標	No.		製品	指標パターン	計算式
有害物質削減	有害物質回避	有害物重量	84		自動車	1 - 変化率	$(1850g - \text{鉛使用量}) / 1850g$
			85	84と同じ	PC	1 - 変化率	$(\text{従来製品使用量} - \text{新製品使用量}) / \text{従来製品使用量}$
			86	84と同じ	電気部品	1 - 変化率	$(\text{前固有害物質質量} - \text{今回有害物質質量}) / \text{前回有害物質質量} \times 100$
			87	84と同じ	電気部品	1 - 変化率	製品中の有害物質含有量を製品重量比で従来製品比較
			88		プリンタ等	絶対値	製品の環境影響物質含有量
			89		電子機器	絶対値	製品の指定有害物質含有量
			90		家電	含有率	無鉛はんだ率 = $\text{無鉛はんだ使用量} / \text{はんだ使用量}$
			91		PC	変化率	従来製品の有害物質含有量 / 製品の有害物質含有量
			92	91と同じ	複写機	変化率	新製品有害物質含有量 / 基準製品有害物質含有量
		93	91と同じ	家電	変化率	対象機種での使用量 / 従来製品での使用量	
		その他	94		レンズ付きフィルム		化学品は独自の方式でリスク算出（特定有害物質は不使用）
消費電力	年間電力消費量抑制	電力量	95		複写機	変化率	新商品エネルギー消費電力 / 基準製品エネルギー消費電力
			96	95と同じ	PC	変化率	新機種の消費電力 / 旧機種の消費電力
CO2 排出量	CO2 排出量等の抑制	CO2 量	97		レンズ付きフィルム	絶対値	LCA 評価による CO2 発生量
			98		複写機		年度別削減量
			99		PC	変化率	新機種の CO2 排出量換算 / 旧機種の CO2 排出量換算

出所； 財団法人クリーン・ジャパン・センター「環境配慮設計のための定量的指標の検討調査 報告書 平成 15 年 3 月」

表 5 に示した定量指標のうち、日本自動車工業会の製品アセスメント評価項目に対応するものを抽出すると、表 10 のようになる。

表 10 日本自動車工業会の製品アセスメント評価項目と照らした指標の活用可能性

項目	評価項目	評価基準の例	活用可能性があると考えられる指標
材料の工夫	再生資源としての利用の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 技術的に再生資源としての利用が可能か。または将来可能となる見通しがあるか。 経済的に再生資源としての利用が可能か。または将来可能となる見通しがあるか。 再生資源としての利用が可能性が低い場合、他の代替材に変更できないか。 	< 現製品の指標 > <ul style="list-style-type: none"> リサイクル容易素材重量 / 全素材重量 再資源化可能部品の質量 / 製品質量 再資源化可能材料の質量 / 製品質量 熱可塑性樹脂使用量 / 全樹脂使用量 < 過去製品との比較 > <ul style="list-style-type: none"> 再生可能材料使用質量 / 従来同等品再生可能材料質量
構造の工夫	再生利用する部品の取り外し容易性	<ul style="list-style-type: none"> 取り外しが容易にできるよう、構造設計、組立方法の上で配慮してあるか。 	< 現製品の指標 > <ul style="list-style-type: none"> 接合数 (爪係合分解数、締め付け部品数 (ねじ本数、非分解係合数 (カシメ、溶着等) など) 解体時間 (メンテナンス部品毎の解体・分離時間、実機の解体時間、分解時間、対象製品分解時間 / 従来製品分解時間) < 過去製品との比較 > <ul style="list-style-type: none"> 接合数 (ねじ本数を従来製品と比較、ねじ本数を前回モデルと比較)
		<ul style="list-style-type: none"> 標準的な設備、工具で取り外しができるか。 	<ul style="list-style-type: none"> 工具種類数 (工具種類数を前回モデルと比較) 重量 (一般工具にて再使用・リサイクル部品に分解可能な総質量 / 製品質量)
分別の工夫	合成樹脂製部品の材質名の表示	<ul style="list-style-type: none"> 日本自動車工業会の基準に適合した表示が行われているか。 100g 以上の新部品に表示がされているか (表示困難な場合を除く) ISO 規格に基づく記号を使用しているか。 取り外した状態で判読できる場所に表示されているか。 	<ul style="list-style-type: none"> 社内標準 (ガイドによる) 注: 例 1. プラスチック部品の素材の表示の指数化、例 2. 組立てネジの方向性など指数化など
処理に係る安全性の確保	材質の有害性・有毒性	<ul style="list-style-type: none"> 使用している材料の、使用に係わる法規等による規制に配慮されているか。 使用している材料の、処理に係わる法規等による規制に配慮されているか。 	< 現製品の指標 > <ul style="list-style-type: none"> (製品重量 - 鉛使用量) / 製品重量 製品の環境影響物質含有量 (絶対値) 無鉛はんだ率 = 無鉛はんだ使用量 / はんだ使用量 新製品有害物質含有量 / 基準製品有害物質含有量 < 過去製品との比較 > <ul style="list-style-type: none"> 従来製品の有害物質含有量 / 製品の有害物質含有量 (従来製品使用量 - 新製品使用量) / 従来製品使用量
	処理の安全性	<ul style="list-style-type: none"> 処理時に爆発、引火等の恐れのある部品に関し、処理方法が配慮されているか。 処理方法については必要に応じて、説明資料の作成等の、配慮が行われているか。 	指標なし

材料の工夫を評価する指標としては、「リサイクル容易素材重量 / 全素材重量」や「熱可塑性樹脂使用量 / 全樹脂使用量」などが適用できると考えられる。

構造の工夫を評価する指標としては、接合数 (爪係合分解数、締め付け部品数 (ねじ本数など) や解体時間 (メンテナンス部品毎の解体・分離時間、実機の解体時間、分解時間、対象製品分解時間 / 従来製品分解時間)、工具種類数 (工具種類数を前回モデルと比較) などといった指標が適用できると考えられる。

分別の工夫を評価する指標としては、プラスチック部品の素材の表示の指数化や組立てネジの

一方向性などの指数化などが適用できると考えられる。

処理に係る安全性の確保を評価する方法としては、製品中の有害物質含有量を製品重量比で従来製品比較したり、製品の環境影響物質含有量の絶対量で評価したり、という方法が考えられる。

(2) 自動車の易解体性の評価基準に関する自動車メーカーの考え方

自動車の易解体性の評価基準に関する自動車メーカーの考え方についても、クリーン・ジャパン・センターによる調査結果が参考になる。クリーン・ジャパンセンターが各種製品の設計者に対して、表 5～表 9 で示した指標のデータの入手可能性について尋ねたところ、表 11 のような結果が得られた。

リペア・メンテナンス関係では、無料保証期間と補修可能期間、部品リユース関係では、リユース部品可能率、マテリアルリサイクル関係では、リサイクル可能率といった回答が得られた。その他の項目については「-」となっており、入手可能性の判断ができなかったようである。恐らく、自動車の場合は設計情報には各社の競争に関わってくるものが多く、開示できるかどうかの判断が難しいことなども影響していると思われる。

表 11 製品別のデータ入手可能性の回答結果

		合計	複写機	コンピュータ	乗用車	オートバイ	家電製品	ガス・石油 機器	オフィス 家具
(1)リデュース関係									
1)省資源関係	1	軽量化率(重量)	6	1	2	-	2	2	1
	2	小型化率(容量)	5	1	2	-	3	2	2
	3	部品点数削減率	5	1	2	-	3	2	1
2)耐久性向上等による 長寿命化関係	4	耐用年数延長期間	3	3	2	-	2	3	1
	5	部品点数削減率	4	-	2	-	3	2	2
3)リペア・メンテナンス関係	6	補修可能期間	6	-	2	1	2	1	1
	7	無料保証期間	6	-	2	1	1	1	1
	8	部品共通化率	6	2	2	-	2	2	2
	9	部品標準化率	5	3	2	-	2	2	2
	10	部品モジュール化率	4	3	2	-	3	2	2
4)アップグレード関係	11	アップグレード可能部品数	3	3	3	-	3	2	2
(2)リユース関係									
1)製品リユース関係	12	寿命延長年数	2	2	3	-	2	3	3
	13	製品リユース率	3	2	2	-	2	3	3
	14	製品リユース平均回数	0	3	3	-	3	3	3
2)部品リユース関係	15	リユース部品率	4	1	2	-	2	2	3
	16	リユース可能部品率	5	1	2	1	2	3	-
	17	部品共通化率	4	2	2	-	3	2	2
	18	部品標準化率	3	3	2	-	3	2	2
	19	部品モジュール化率	3	3	2	-	3	2	2
(3)リサイクル関係									
1)マテリアルリサイクル関係	20	マテリアルリサイクル率	5	1	2	-	2	2	3
	21	リサイクル可能率	6	1	2	1	1	2	3
	22	サーマルリサイクルを含むリ サイクル率	5	1	2	-	2	2	3
	23	リユースを含むリサイクル率	4	1	2	-	2	2	3
	24	材料種類削減率	4	3	2	-	1	2	-
	25	リサイクル阻害物削減率	3	3	3	-	2	2	3
	26	解体時間削減率	4	3	2	-	2	2	3
	27	解体工程削減率	3	3	2	-	-	2	3
	28	リサイクル材使用率	4	3	2	-	1	2	3
	29	素材等表示率	4	3	2	-	1	2	3
2)サーマルリサイクル関係	30	サーマルリサイクル率	4	1	2	-	2	2	3
	31	焼却不適物削減率	4	2	2	-	2	2	3
(4)適正処理・処分関係									
狭義	32	適正処理阻害物削減率	3	2	3	-	2	2	3
	33	廃棄物減量化(可能)率	2	1	3	-	3	2	3
	34	最終処分(可能)率	3	1	2	-	3	2	3
広義	35	廃棄物減量化(可能)率	4	1	2	-	3	2	3
	36	最終処分(可能)率	4	1	2	-	3	2	3
(5)省エネルギー性関係									
	37	年間電力消費量削減率	5	1	2	-	2	2	3
	38	エネルギー使用合理化率	4	1	3	-	2	2	3
(6)環境保全性関係									
	39	有害物質削減率	5	1	2	-	2	2	3
	40	CO2排出量等削減率	5	1	2	-	2	2	3
(7)安全性関係									
	41	安全性阻害物削減率	3	2	3	-	1	2	3
(8)総合評価									
ゼロエミ達成率(引き算)	42	廃棄物減量化(可能)率	2	1	2	-	3	3	-
ゼロエミ達成率(積上)	43	廃棄物減量化(可能)率	2	1	2	-	3	3	3
リデュースを追加	44	廃棄物減量化(可能)率	2	2	2	-	3	3	3

(注)(1)複写機、コンピュータ、・・・の欄の数値は、調査において、1：既にデータあり、入手可能、2：新たにデータの抽出を行う必要があるが、入手可能、3：データ入手は不可能、との回答があったことを示す。

(2)合計欄の数値は、1又は2の回答があった製品数を示す。

(3)網掛けは、データ入手可能性が高い指標であることを示す。

出所：財団法人クリーン・ジャパン・センター「製品アセスメント一般指導書作成事業 報告書」平成14年3月

さらに、これらの指標について、重要度を「非常に重要である 100 点、やや重要である 75 点、あれば便利という程度 50 点、必要なケースが少ない 25 点、必要でない 0 点」として評価した。また、自動車メーカーはリデュース>リサイクル>リユースの順で優先すべきと考えている。リデュースを 30 点、リユースを 10 点、リサイクルを 20 点として、重要度と合わせて評価した。その結果は下表のようになり、無料保証期間、リサイクル可能率、補修可能期間の順で優先順位が高いという結果となった。さらに、自動車の場合は前述の通り、自由回答記述で得られた「リユース可能部品率」や「燃費」も重要であると考えられる。

表 12 乗用車にみる重要度の高い定量的評価指標

指標の属する分野	具体的指標	点数及び順位	
		点数	順位
リデュース関係			
1) リペア・メンテナンス関係	無料保証期間	75	
	補修可能期間	50	
リサイクル関係			
1) マテリアルリサイクル関係	リサイクル可能率	75	

出所：財団法人クリーン・ジャパン・センター「製品アセスメント一般指導書作成事業 報告書」平成 14 年 3 月

(3) 自動車の易解体性の評価基準に関する解体業者の考え方

他方、解体業者に対して、環境配慮設計を評価する上でどのような指標が必要か尋ねたところ、以下のような回答が得られた。

- 自動車メーカーに対しては ASR の削減率を示して欲しい。解体・破碎段階ではリユース率やマテリアルリサイクル率が重要である。
- ASR 削減を進める上で、金属類よりもマテリアルリサイクルが進んでいない部位であるガラス類、プラスチック類のリサイクルが課題である。これらの部位について、環境配慮設計による回収のしやすさと、回収した部位のリサイクル方法の確立、回収スキームの構築と運用実績の公表等が指標化できればよい。

まず、ASR 削減率については、環境配慮設計の結果として最も大きいのは ASR の削減率である。ASR の量については既存のスキームの中でデータが取られているためそれを有効に活用することが可能である。

さらに、リユースやマテリアルリサイクル率については、リユース率、マテリアルリサイクル率を車両別にするのか、全体で計測するのかによっても異なるが、解体業者が日常でビジネスをする中で、こうしたデータを定常的に収集することは難しいと考えられる。従って、「自動車リサイクルの全体最適化を念頭においた解体プロセスの高度化実証」事業のような形で、第三者が実証としてデータを集めて環境配慮設計の有効性を分析するのも有効と考えられる。

環境配慮設計による回収のしやすさと、回収した部位のリサイクル方法の確立、回収スキームの構築と運用実績の公表等を指標化できると良いとの意見があるが、これらは単に定量指標化す

るだけで進むような問題ではなく、プラスチックの回収スキームをどのように組み立てるかといったことを考えて初めて指標化が可能な問題であるため、十分な検討が必要である。

以上を整理すると、図 1 の通りとなる。環境配慮設計のうち、易解体性の向上と有害物質の使用削減に焦点を当てると、まず、上流側の指標としては、リサイクル可能率と有害物質の含有量が考えられる。こうした上流側の取り組みを指標で計り、前者に対してはリユース率やマテリアルリサイクル率、ASR 量 / 引取重量といった指標で下流側の効果の評価を行うことができる。後者については、ASR 中の有害物質の含有量という指標で下流側の効果の評価を行うことができる。自動車メーカーの情報入手可能性や解体業者の指標ニーズなどを踏まえると、まずは、図 1 に示す指標を確実にモニタリングしていくことが重要と考えられる。

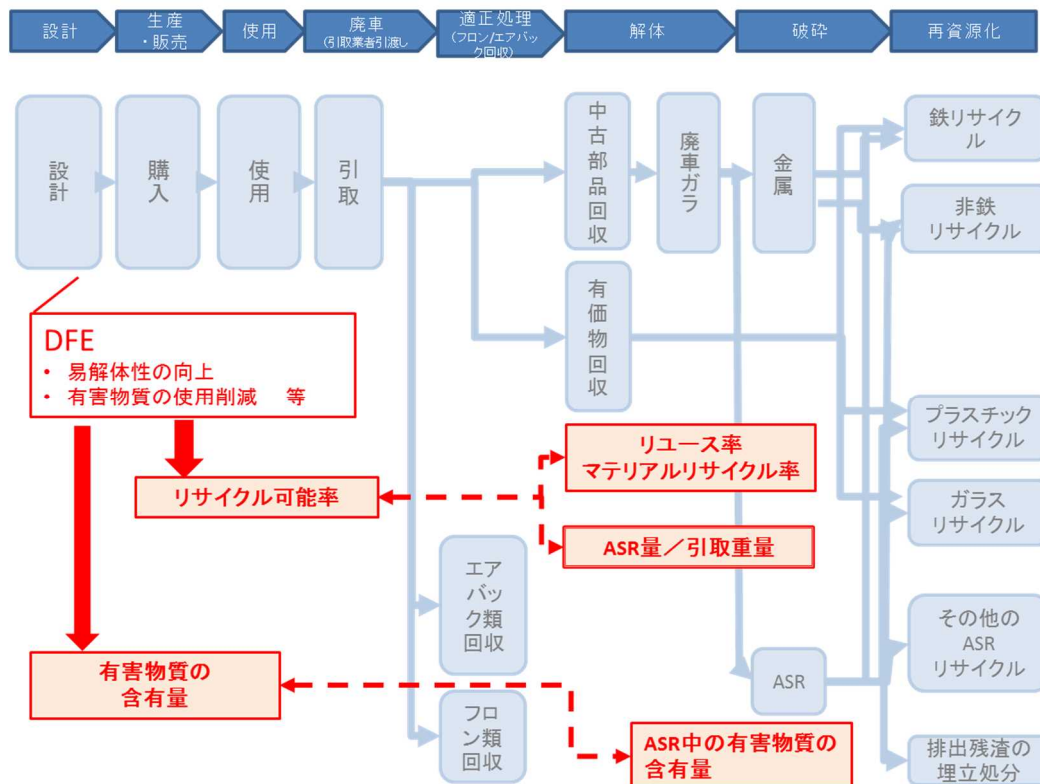


図 1 自動車分野における環境配慮設計を評価する指標の可能性

1.3. ユーザー選択を促すインセンティブ・情報発信のあり方の検討

(1) ユーザー選択を促すインセンティブ・情報発信に関する研究事例

環境配慮設計に関する情報発信の効果について分析した結果を表 1 に示す。

表 13 環境配慮設計に関する情報発信の効果

No.	論文タイトル	概要	掲載誌
1	松村 暢彦、河田 慎也、「自動車広告が消費者の認知・態度に与える影響の分析」	本研究の目的は、環境面を訴求する自動車広告が他の種類の自動車広告と比較して、消費者の自動車購入意図や自動車利用意図に与える影響の差異を定量的に把握することである。その結果、環境面を訴求するハイブリッド車の広告は、他の広告と比較して、購入意図や利用意図が統計的に有意に高い値を示した。	土木計画学研究・論文集 25、663-672、2008
2	田口誠、坂上雅、「コンジョイント分析による潜在的グリーンコンシューマーに関する研究-環境にやさしい紙の購入行動を例として-」	コンジョイント分析を用いて消費者のグリーン購入の意思についての分析を行った結果、消費者は約 15-16 円(製品価格の約 5-8%)を環境にやさしい製品に対して支払う意思があり、非木材紙にすれば製品シェアを約 8%上昇させるという結果を得た。	環境科学会誌=Environmental science 13(2)、181-192、2000-05-31
3	平山世志衣、松野泰也、本藤祐樹「消費者の製品選択の意思決定解析への階層分析法の適用」	デジタル複合機の購入に関する消費者の意思決定プロセスを階層分析法(Alytic Hierarchy Process:AHP)により解析。デジタル複合機の購入という意思決定の階層構造を構成する評価基準に、コスト、性能、サービスに加えて、環境影響を取り入れた。環境配慮型デジタル複合機が 1 割程度の価格差であれば、より廉価な環境非配慮製品よりも高い需要が見込まれる可能性が示唆された。	環境科学会誌 18(3)、217-227、2005
4	織田朝美、山本祐吾、加藤悟「エコポイント制度による家電製品の環境配慮行動への効果」	実際にエコポイント制度がどの程度普及し、消費者行動に影響を及ぼしているか。また、家電を買替える上で、何が消費者の購買行動の指標となっているかを検討した。その結果、実際に家電を買替える場合に考慮する点は、「値段」(86%)や「機能」(75%)であり、「エコポイント」を考慮して購入する割合は低かった(23%)。	廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 21(0)、35-35、2010
5	野田朗子「環境配慮型製品のマーケティング戦略：普及に向けてメーカーと消費者との接点を探る」	店頭における質問紙調査で、「環境にやさしい」商品に対する消費者の購買行動の分析を試みた。店のアピールについて関心の高い消費者は、その店の製品の購入を行う傾向にあるが、環境問題への関与が「環境にやさしい」商品の直接的な購買決定要因とはなっていないことが確認できた。	環境科学会誌 9(4)、437-444、1996

No.	論文タイトル	概要	掲載誌
6	山崎万次郎「新しい環境ビジネスの事業構築に関する研究：エコ商品(行動)の消費者価値構造の解明」	<p>本研究では「エコ商品の消費者価値構造の解明」を研究し、商品別、年齢別の消費者の価値構造の解明に迫っていった。その結果、「お得感」をあげることが最も重要であることが証明されたが、「楽しさ、やりがい」等の情緒的価値を消費者に抱かせることもエコ商品の利用意向喚起に大きく繋がることも証明された。</p> <p>特に年代別には、40代は環境問題に対し「良いものは積極的に取り入れる」姿勢が感じられ、50代は「社会貢献意識」が強いということが実証された。一方20代、30代を中心に若い層程「自分の行動が環境にどう役立つか実感がもてない」等の理由で、関心が比較的低いことも実証された。</p>	<p>学習院大学大学院経済学研究科・経営学研究科研究論集 19(1)、41-42、2011-03</p>
7	葛本直央哉、久保雅義「消費者から見た環境配慮型製品に求められる要件 - 環境重視派の購買意図に影響を与える要因 - 」	<p>日本市場の耐久消費財購買決定時に環境属性を重視する消費者について注目し、彼らの消費意識構造を明らかにすることを目的としている。結果としては、全消費者のうち約25%が環境重視派、彼らは高齢者の割合が多く、環境重視の購買行動を行っていることがわかった。また十分な消費市場を形成し、現在成長段階にある。彼らの購買意図に影響を与える要素として「リサイクル・ゴミ問題」「地球環境への影響」「生産側の配慮」などである。</p>	<p>日本デザイン学会研究発表大会 概要集 54(0)、D09-D09、2007</p>
8	滋野英憲「消費者の環境配慮行動を促進する要因の検討：消費者の環境配慮属性への支出許容額と環境配慮態度との関連性を中心に」(現代経営学部)	<p>消費者の環境配慮型製品の購買実態は極めて低いものとどまる。消費者の購買行動を阻害する要因として、環境配慮型製品の価格の問題が提起される。この問題を解消するため、消費者の環境配慮属性への支出許容額の特性を明確にし、影響する要因を探索することにより、消費者により受容されやすい環境配慮型製品価格のマーケティング活動の展開が検討された。</p>	<p>甲子園大学紀要 35、81-87、2007</p>

No.	論文タイトル	概要	掲載誌
9	南波泰昌、田原聖隆、小澤寿輔、稲葉敦、茂呂端生「消費行動レベルのリバウンド効果の潜在性:レジヤード行動」	環境に配慮した行動を行って時間とお金が節約された場合、消費者は他の行動へそれを投資する。それをリバウンド効果と言い、環境配慮した結果が相殺または、負の効果になることがある。そこで、約100種のレジヤード行動に着目して、時間、お金、CO2排出量の関係を明らかにした。そして「時間/CO2」と「お金/CO2」の双方からレジヤード行動のリバウンド強度を求め分類した。	日本LCA学会研究発表会講演要旨集 2005(0)、138-138、2005
10	木村敦、武川直樹、湯浅将英[他]、山本真菜、増田知尋、岡隆、和田有史「店員エージェントの存在がフェアトレード商品の購買意欲に及ぼす影響(コミュニケーション支援及びヒューマンコミュニケーション一般)」	本研究は、商品選択場面における店員エージェントの存在が環境配慮製品(フェアトレード食品)の購買意欲に及ぼす影響について検討した。その結果、フェアトレード商品への購買意欲は店員エージェント群の方が高かった。店員エージェントという他者手がかりが環境配慮商品選択を促進したものと解釈される。	電子情報通信学会技術研究報告. HCS、ヒューマンコミュニケーション基礎 112(45)、53-58、2012-05-15
11	古木二郎、宮原紀壽、山村桃子「環境配慮商品における環境性能の価値評価に関する調査研究」	環境配慮商品の購買層を中心として、その消費者の特性、彼らが好む商品イメージ、環境性能に対する消費者の値付けについて、アンケート調査を実施した。環境配慮商品の購買層も一様ではなく、いくつかのカテゴリーに分類することができ、また、カテゴリーごとに好む商品イメージが異なることが明らかになった。自動車に関しては、環境配慮・環境性能を重視するとした回答者の割合は19%だった。また、トイレトーパー、戸建住宅、ホテル宿泊プランに関して、環境要素ごとにその環境性能を高めることに対する消費者の支払意思額を、コンジョイント分析によって推計した。	三菱総合研究所 所報 No.49 2008 研究ノート
12	トランス・コスモス「消費者のエコに関する購買動向調査」	環境、エコの問題に興味・関心がある一般消費者は81%である。その中でも、興味関心がある分野としては、温暖化、リサイクル、省エネ、CO2削減がある。また、エコ商品の利用意向は69%である。選びたいエコ商品としては節約につながる、ポイントがつくなどお得感に惹かれる回答が最も多く、具体的なメリットを提供することが購入の決め手であるということが分かった。	http://www.trans-cosmos.co.jp/company/news/pdf/2010/101012.pdf

No.	論文タイトル	概要	掲載誌
13	保里俊介「環境財需要量の測定 ヘドニック・アプローチによる分析」	近年のハイブリッドカーの需要拡大について、その要因が消費者の環境意識の高まりにあるのか、もしくは経済性を追求した結果なのかとの点をヘドニック・アプローチを用いて分析した。その結果、ハイブリッド車購入者は環境への貢献・環境保護を行っていることへの満足感に対して 24 万円程度を支払う意思がある可能性が明らかとなった。更にこの金額にエコカー減税・補助金が考慮されていることを踏まえ、本稿では環境保護を行う満足感に対して支払う意思がある金額を 16 万円程度と結論付けている。	慶應義塾大学経済学部研究プロジェクト最終成果論文(2013 年度)(URL なし)

まず、購入意欲ありとする消費者については、高齢者という回答と、20代若者という回答の2種類が確認できた。

表 14 購入意欲のある消費者の種類

製品	環境配慮された商品の購入意欲のある消費者	出所
環境配慮製品全般	全消費者の 25% (その多くは購買力のある高齢者)	葛本他(2007)
ハイブリッド車	20代若者	松村他(2008)
環境配慮自動車	自動車について、環境配慮・環境性能を重視する とした回答者の割合は 19%	古木他(2008)

また、環境配慮による価格上昇の許容度については、おおむね製品価格の1割以下という結果が得られた。特に、ハイブリッド車について、16万円程度という結果が得られている。ただし、環境配慮設計をすることによって、省エネ等のランニングコストの削減メリットが得られる場合などもあるため、その点も留意が必要である。リサイクル配慮設計の場合は、ユーザー側に直接のインセンティブがないため、許容度の額は下がると想定される。その意味で、非木材紙の場合は、消費者にとっての直接的なメリットも少なく、リサイクル設計を行った場合に消費者が許容する価格水準の参考になると考えられる。

表 15 環境配慮による価格上昇の許容度

製品	消費者の種類	環境配慮	価格上昇の許容度	出所
ハイブリッド車	一般ユーザー	環境への貢献・環境保護を行っていることへの満足感に対し	16万円程度	保里(2013)
非木材紙	一般消費者	非木材紙と一般の紙との比較	約 11 円 (製品価格の 4%-6%)	田口(2000)
環境配慮型デジタル複合機	一般消費者	環境	1割程度の価格差	平山(2005)
トイレットペーパー	一般消費者	トイレットペーパー (通常製品と、再生紙、芯なし、エンボス加工ありについて比較)	再生紙は付加価値が 29.7%増加 芯なしは付加価値が 29.7%増加 エンボス加工ありは付加価値が 15.7%増加	古木他(2008)

(2) 環境配慮設計・再生材利用の進んだ自動車選択を促すための方策のあり方

環境配慮設計・再生材利用の進んだ自動車の選択を促すためには、環境配慮設計・再生材利用による価格上昇分を数%以内に納める必要がある。ただし、そもそも、環境配慮設計を行った製品を購入したいという消費者もそれほど多いというわけではないため、消費者に対する直接的なメリットを提示することが重要である。

なお、エコポイントに関する研究では、エコポイント制度を使って家電を購入した割合は全体の32%であり、30%は購入を検討中とのことであったが、実際際に家電を買替える場合に考慮する点は、「値段」(86%)や「機能」(75%)であり、「エコポイント」を考慮して購入する割合は低かった(23%)。従って、新たにエコポイントのようなインセンティブ制度を作ったとしても、それが有効に働く可能性は低いと思われる。従って、既存の取り組みの中にインセンティブを付与していることが重要である。

その一つの方法が、リサイクル料金の割引制度である。易解体設計等のリサイクルに配慮した設計をした場合はコストの上昇が想定されるが、その分をリサイクル料金の割引によってまかなうことで、コストの上昇をカバーできると考えられる。

ただし、環境配慮設計のうち、易解体設計等リサイクルに配慮した設計に特化した場合のコスト上昇率について分析した研究を見つけることができなかった。従って、割引額の設定については、関係者による更なる協議が必要と考えられる。

2. 1.リユース・リサイクルの推進・質の向上の進捗状況の把握・評価

2.1. 使用済自動車に係る自動車部品等の重量・成分分析

使用済自動車に含まれるレアメタル等の資源性物質および鉛等の有害性物質を把握するために、自動車解体調査を実施した。調査方法は、既往調査・研究等^{1),2),3)}で実施している自動車解体調査等を参考にした。本調査では、今後使用済自動車として多く排出が予想される車種という観点から選定した、新車登録から概ね5年程度のハイブリッド車およびコンパクトカーを対象として解体調査を実施し、資源性物質および有害性物質が多く含まれると推測される部品(磁石、基板等)を対象に1台あたり10部品程度の成分分析を実施することで、使用済自動車に含まれる資源性物質及び有害性物質の含有量を把握した。

2.1.1 調査方法

(1) 調査対象車両

調査対象とする自動車は、国内販売台数の多いコンパクトカー、軽自動車、ハイブリッド車の使用済み自動車から2車種を選択した。また、具体的な自動車モデルは、近年の電装化の傾向が確認できるよう比較的製造年数の浅い(5年程度)車種に限定し、データの代表性の観点から、国内での保有台数や販売台数の多さ、入手のしやすさ等を勘案し、環境省担当官との協議のうえ選定した。使用済自動車は、解体業者等の協力を得て、オークション等を利用し入手した。入手車種を表16に示す。

表 16 解体調査の対象車種

カテゴリー	ハイブリッド車	コンパクトカー又は軽自動車
調査対象車	ホンダ フィットハイブリッド	ニッサン ノート
型式	DAA-GP1	DBA-E11
グレード	ハイブリッド	15X
製造年	2011年2月	2010年6月
車体番号	GP1-1042963	E11-512001
新車時販売価格 (カタログ)	159万円～	130万円～
排気量	1339cc	1498cc
2011年販売台数	75,769台(HV車以外の販売台数)	46,475台
2011年販売順位	2位(ただし、HV車以外も含む)	13位
選定理由	先行研究で実施しているプリウス以外の車種で、予算、入手可能性等から鑑み選定した。	先行研究で多く実施しているトヨタ車以外のメーカーで、電装化の傾向が確認でき、かつ、国内販売台数が多い車種から選定した。

(2) 解体・調査

解体・調査は、解体業者等の協力のもと、図 2 のとおり実際の解体現場で使用済み自動車の解体、分解を行い、部品等の計量、サンプリングを行った。解体は原則解体業者の通常作業に従って実施し、目的部品の取出し等、必要に応じて手解体によってさらに詳細な解体を行い、部品等をサンプリング及び計量した。また、解体・分解した部品の中から、既往調査・研究等^{1),2),3)}で調査を実施している部品について、各車 30 部品程度の測定候補部品を選定し、その中から資源性や有害性の特徴が捉えられる 10 部品程度について成分を分析した。重量分析項目および測定候補部品を表 17 および表 18 に示す。

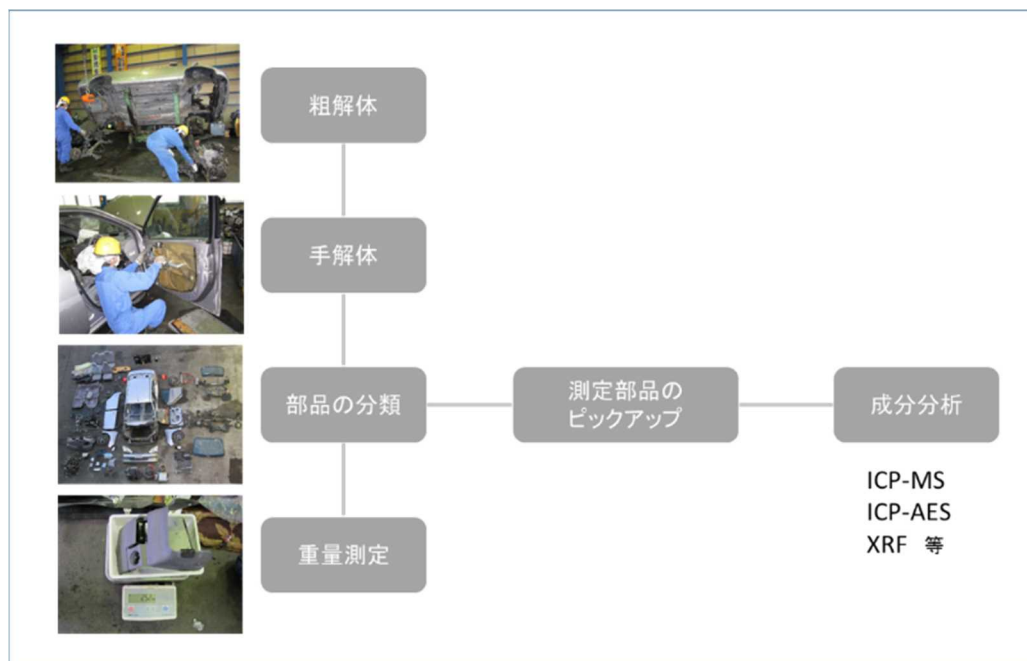


図 2 解体・調査方法

表 17 重量測定項目

No.	所在分類項目	説明	
1	エンジンルーム	車両前方のボンネット内の空間	
2	内装	フロント	「エンジンルームと車両内部の境」からダッシュボードまでの空間
3		リア	リアシート背部(リアシートは含まない)から「車両内部とトランクルームの境までの空間
4		トランク	車両後方のトランクリッドを開けた中の空間
5		その他	車両内部の2、3、4以外の空間
6	外装	足回り	車両のアンダーボディより下の空間
7		その他	外装における6以外の空間
8	その他	車両全体にわたって存在する部品に対する分類	
9	車体ガラ	解体後の車体フレーム部分	

(平成 24 年～26 年度 環境研究総合研究費研究事業補助金 総合研究報告書
「使用済自動車(ELV)の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析」より引用)

表 18 測定候補部品

No.	部品候補	1	2	3	4
1 車体	フレーム		○		
	ボンネット		○		
	トランクボディ		○		
	フロントドア		○		
	リアドア		○		
	バンパー			○	
2 足回り類		○			
3 エンジン					○
4 タイヤ				○	
5 二次電池		○			
6 鉛蓄電池					○
7 磁石類	駆動用モーター磁石	○			
	発電機磁石	○			
	エアコンプレッサー磁石	○			
	電動パワーステアリング磁石	○			
	ウィンドウモーター磁石	○			
	スピーカー磁石	○			
8 基板類		○			
9 O2センサー		○			
10 クライメートコントロール類	プロアモーター	○			
	エバポレーター	○			
	ヒーターコア	○			
	コンデンサー	○			
	その他			○	
11 座席類					○
12 ワイヤハーネス類					○
13 ガラス類	フロントガラス				○
	リアガラス				○
	ドアガラス				○
14 樹脂類			○		
15 内装材(繊維系)			○		
16 その他	バッテリーケーブル				○
	ブレーキパイプ				○
	燃料ホース				○
	カーナビ液晶	○			
	シートベルトリトラクター				○
	燃料タンク		○		
ラジエーター	○				

1:詳細な元素データがある部品

2:おおよその元素組成データがある部品

3:元素組成データがない部品

4:一部、おおよその元素組成データを仮定した部品

(平成 24 年～26 年度 環境研究総合研究費研究事業補助金 総合研究報告書

「使用済自動車(ELV)の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析」より引用)

(3) 部品の成分分析

測定候補部品の中から、資源性物質および有害性物質が多く含まれると推測される部品(磁石、基板等)を 21 部品(ハイブリット車(フィットハイブリッド、以下フィット HV という)で 13 部品、コンパクトカー(ノート)で 8 部品)を選定し、成分分析を実施した。選定した成分分析実施部品を表 19 に示す。成分分析対象部品は、蛍光 X 線もしくは ICP-MS を用いて、有害物質・レアメタル等を測定した。分析対象元素は、各種の法令で対象となっている金属類(Hg、Cd、Pb、Cr、As、Se 等)、レアメタル等部品に含まれている元素(含まれていると想定される元素)から部品ごとに選定した。部品の分析対象元素および分析方法を表 20 に示した。部品の分析は、部品の性状に応

じて分別・分解し、性状や材質に応じた方法により分析を実施した。

表 19 成分分析を実施した部品

	測定部品	フィットHV	ノート
1	磁石類	駆動用モーター磁石	-
2		エアコンプレッサー磁石	
3		電動パワステアリング磁石	
4		エンジンセルモーター磁石	
5	基板類	エンジンコンピューター基板	
6		ステアリングコンピューター基板	
7		ブレーキコンピューター系基板	-
8		ハイブリッドコンピューター基板	-
9		バッテリーキャパシター基板	-
10	二次電池	バッテリーセル	-
11	ガラス類	フロントガラス	
12		リアガラス	
13	照明	ヘッドライト	
成分分析数量		13	8

表 20 部品の分析対象元素および分析方法

測定部品	分析対象元素					分析方法
	ベースメタル	国家備蓄レアメタル	他レアメタル	有用元素	有害物質	
磁石類	Fe,Cu,Al	Ni,Co,Ga,W	Sr,La,Pr,Nd,Dy			XRF
基板類	Fe,Cu,Al,Zn,Sn	V,Cr,Co,Ga,Mo,In,W,Mn,Ni	B,Ti,Sr,Y,Zr,Nb,Pd,Sb,Ce,Nd,Ta	Au,Ag	Pb,Cd,As,Br	ICP-MS ICP-AES AAS 燃焼-IC
二次電池		Cr,Mn,Co,Ni	Ga,Li,Sc,Ti,Y,La,Ce,Pr,Nd,Gd		Hg,Pb,As	ICP-MS ICP-AES AAS CV-AAS
ガラス類	Fe,Cu,Al,Zn,Sn	Cr,Co,Ga,Mo,In,W,Mn,Ni	Ti,Ce	Au,Ag	Pb,Cd,As	XRF
照明	Fe,Cu,Al,Zn,Sn	V,Cr,Co,Ga,Mo,In,W,Mn,Ni	B,Ti,Sr,Y,Zr,Nb,Pd,Sb,Ce,Nd,Ta	Au,Ag	Pb,Cd,As,Hg	ICP-MS ICP-AES AAS CV-AAS

1) 磁石類

成分分析の対象とした磁石を含むモーターから磁石を取出し、磁石試料とした。磁石試料は、加熱炉にて 500 で 1 時間加熱して、脱磁を行い、ハンマー等で粗粉碎、乳鉢等で微粉碎した。また、微粉碎した試料は、加圧成型機で 20t、30 秒間加圧を行い、コイン状にしたものを分析試料とした。分析試料は、波長分散型蛍光 X 線装置 (PANalytical 社製 Axios、測定範囲: Na ~ U) を用いて分析を行い、ファンダメンタルパラメーター法(以下 FP 法)を採用し、試料に含まれる元

素の半定量値を求めた。なお、半定量値は、測定範囲で検出された元素を元素換算したものの合計が 100%となるように計算した。

2) 基板類

成分分析の対象とした基板を含む部品から基板を取出し、基板試料とした。試料の代表性及び均質性を確保する為に、対象基板を粗破壊-粗粉碎-微粉碎の各工程において混合・縮分を行い、粒径 1.5mm 以下の均質な微粉碎試料を調製した。

解体選別したプリント基板は、約 50mm×50mm の大きさに裁断した後、カッティングミル（Retsch 製：SM2000）により 2 mm 以下に粗破碎した。粗破碎試料の全量を超遠心粉碎機（Retsch 製：ZM200）により 1.5mm 以下に微粉碎して均質化したものを分析試料とした。

分析試料は、「製品中のレアメタル等の暫定分析方法⁴⁾」に準拠し分析を実施し、対象元素の含有量を求めた。

3) 二次電池

ハイブリット車に搭載されたバッテリーユニットから、バッテリーセルを取出し、連結されたバッテリーセルから一つのセルを取出し、二次電池試料とした。二次電池試料は、放電後解体・分解し、正電極、負電極、セパレータ、その他の部位の 4 つに分別した。正電極、負電極、セパレータについては、それぞれ酸分解後、ICP-MS 装置または ICP-AES 装置を用いて、対象元素の含有量を求めた。その他の部位については、他の部位と同様の方法で分析を実施し、有害物質（水銀、鉛、ひ素）についての定量値を求めた。

4) ガラス類

各調査対象車のフロントガラス及びリアガラスをガラス類試料とした。ガラス類試料は、ハンマー等で粗破碎、乳鉢等で微粉碎を行った。微粉碎した試料を加圧成型機で 20t、30 秒間の加圧を行い、コイン状にしたものを分析試料とした。分析試料は、波長分散型蛍光 X 線装置（PANalytical 社製 Axios、測定範囲：Na～U）を用いて分析を行い、FP 法を採用し、試料に含まれる元素の半定量値を求めた。なお、半定量値は、測定範囲で検出された元素を酸化物換算したものの合計が 100%となるように計算し、元素濃度を表示した。

5) 照明

ヘッドライトユニットから電球を取出し、照明試料とした。照明試料は、金属用分析試料と水銀用分析試料に分けて実施した。金属用分析試料は、ハンマー等で粗粉碎、乳鉢等で微粉碎を行ったものを全量テフロンピーカーに入れ、酸分解（硫酸-硝酸-塩酸-フッ化水素酸による加熱分解）後ろ別し、残さを灰化後王水等で溶解、ろ液と混合・定容後、ICP-質量分析法により対象元素について含有量を求めた。また、水銀用分析試料は、電球の一部を破碎し、直ちに硝酸を流し込み揮散しやすい水銀分を溶解させたのち、その全量を還流分解装置内に移し入れ、適宜分解状況に応じた酸を加えながら還流分解を行い、その検液について還元気化原子吸光法により水銀の含有量を求めた。

2.1.2 調査結果と考察

(1) 解体調査結果

調査対象車両の解体前後の全景を図 3 に、表 21 に素材項目別の部品計量結果を示す。これは解体調査において計量を実施することができた部品に関する結果である。また、他車種で行った先行研究¹⁾による解体調査の結果を表 22 に示す。

エンジンルームに所在した部品の重量は、フィット HV 及びノートともに全体の重量の 20.2% であり、両車種ともに最も重量のある部品の所在場所であった。また、駆動モーター(フィット HV のみ)、エアコンコンプレッサー、電動パワステアリング、エンジンセルモーターなどの資源性が高い物質(レアアース・レアメタル)が含有されている可能性が高い部品が存在していた。なお、フィット HV のエンジンルームには、駆動用モータ部品等の次世代車特有の部品が搭載されていたものの、先行研究¹⁾でのプリウス(1998 年式)の 314kg(27.3%)と比較すると 100kg 程度軽量であった。これは、ハイブリッドの駆動方式の違い(プリウスはスプリット方式、フィット HV はパラレル方式)による影響と考えられる。

内装フロントには両車種でスピードメーターやオーディオ機械類、コントロールユニットが多く存在していた。先行研究¹⁾の調査結果でも同様の結果であり、電装品類は内装フロントに集中する傾向が改めて確認された。

内装リアについては、今回の対象車種はハッチバックタイプであり内装リア部にスペースがないため、部品が存在しなかった。

内装トランクについて、フィット HV では駆動モーターを駆動させるための電力を蓄積する二次電池が搭載されており、バッテリーユニットの重量が 43kg と内装トランクに所在する部品重量の 7 割を占めていた。

内装座席空間や外装といった所在項目においては、多少の差異はあるものの調査対象車種間では大差なく、同様の結果が得られた。先行研究¹⁾の結果と比較すると、カローラ(1997 年式)、ワゴン R(1999 年式、2009 年式)に近い傾向が見られた。



図 3(1) 調査対象車全景



図 3 (2) 調査対象車全景

表 21 素材項目別の部品計量結果

所在項目	フィットHV(2011年式)		ノート(2010年式)	
	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)
排気量	1339 cc		1498 cc	
エンジンルーム	209.3	20.2	212.8	20.2
内装	フロント	56.1	58.7	5.6
	リア	0.0	0.0	0.0
	トランク	61.1	23.6	5.9
	座席空間	92.2	93.5	8.9
外装	足回り	178.5	203.0	19.2
	その他	164.3	180.0	17.1
その他	24.8	2.4	22.8	2.2
車体ガラ	250.0	24.1	260.0	24.7
総重量	1,036.3	100.0	1,054.5	100.0
カタログ値	1,130.0	-	1,100.0	-

表 22 先行研究¹⁾で実施した解体調査の所在項目別の部品計量結果

所在項目	カローラ(1997年式)		クラウン(1997年式)		ワゴンR(1999年式)		ワゴンR(2009年式)		プリウス(1998年式)		リーフ(2011年式)		
	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)	重量(kg)	割合(%)	
排気量	1498 cc		2997 cc		658 cc		658 cc		1496 cc		-		
エンジンルーム	234.5	26.2	265.0	20.1	137.2	18.3	147.9	18.8	314.7	27.3	200.6	14.1	
内装	フロント	43.9	4.9	70.2	5.3	34.5	4.6	45.2	5.7	70.6	6.1	51.6	3.6
	リア	2.4	0.3	38.5	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	92.6	8.0	317.4	22.3
	トランク	4.5	0.5	10.5	0.8	10.4	1.4	5.9	0.7	3.3	0.3	7.0	0.5
	座席空間	69.9	7.8	107.0	8.1	101.1	13.5	94.5	12.0	75.0	6.5	86.6	6.1
外装	足回り	161.9	18.1	277.2	21.1	136.5	18.2	158.4	20.1	161.9	14.1	209.9	14.8
	その他	111.4	12.4	218.2	16.6	132.7	17.7	133.3	16.9	111.4	9.7	178.6	12.6
その他	18.2	2.0	28.8	2.2	6.1	0.8	6.1	0.8	21.5	1.9	48.5	3.4	
車体ガラ	250.0	27.9	300.0	22.8	190.0	25.4	196.0	24.9	300.0	26.1	320.0	22.5	
総重量	896.7	100.0	1,315.4	100.0	748.5	100.0	787.3	100.0	1,151.1	100.0	1,420.2	100.0	
カタログ値	-	-	1,490.0	-	760.0	-	810.0	-	1,240.0	-	1,520.0	-	

(平成 24 年 ~ 26 年度 環境研究総合研究費研究事業補助金 総合研究報告書
「使用済自動車(ELV)の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析」より引用)

1) 磁石類

磁石は、自動車に使用されている代表的なレアアース磁石含有部品として日本自動車工業会が公表している部品である「駆動モーター」と「ジェネレーター」、そして「エアコンコンプレッサー」「電動パワーステアリング」の4つ⁵⁾、及び、これらと同様にレアアース磁石の含有が見込まれる「エンジンセルモーター」について、回収、計量、分析を実施した。しかし、ノートはハイブリッド車ではないため、「駆動モーター」及び「ジェネレーター」は対象外とした。また、フィット HV の「ジェネレーター」についても、駆動モーターがジェネレーターを兼ねる仕組みであったため部品が存在せず、対象外とした。

今回対象とした部品の写真を図 4 に、磁石重量を表 23 に示した。また、先行研究での磁石重量¹⁾を表 24 に示した。表 23 に示したフィット HV の駆動用モーターの磁石重量 579g であり、表 24 に示すプリウス(1 世代~3 世代)及びリーフの駆動用モーターと比較し最も軽量であった。これは、今回調査対象としたフィット HV が先行研究で実施したプリウスとは異なるハイブリッドシステム的方式であるためと推測される。

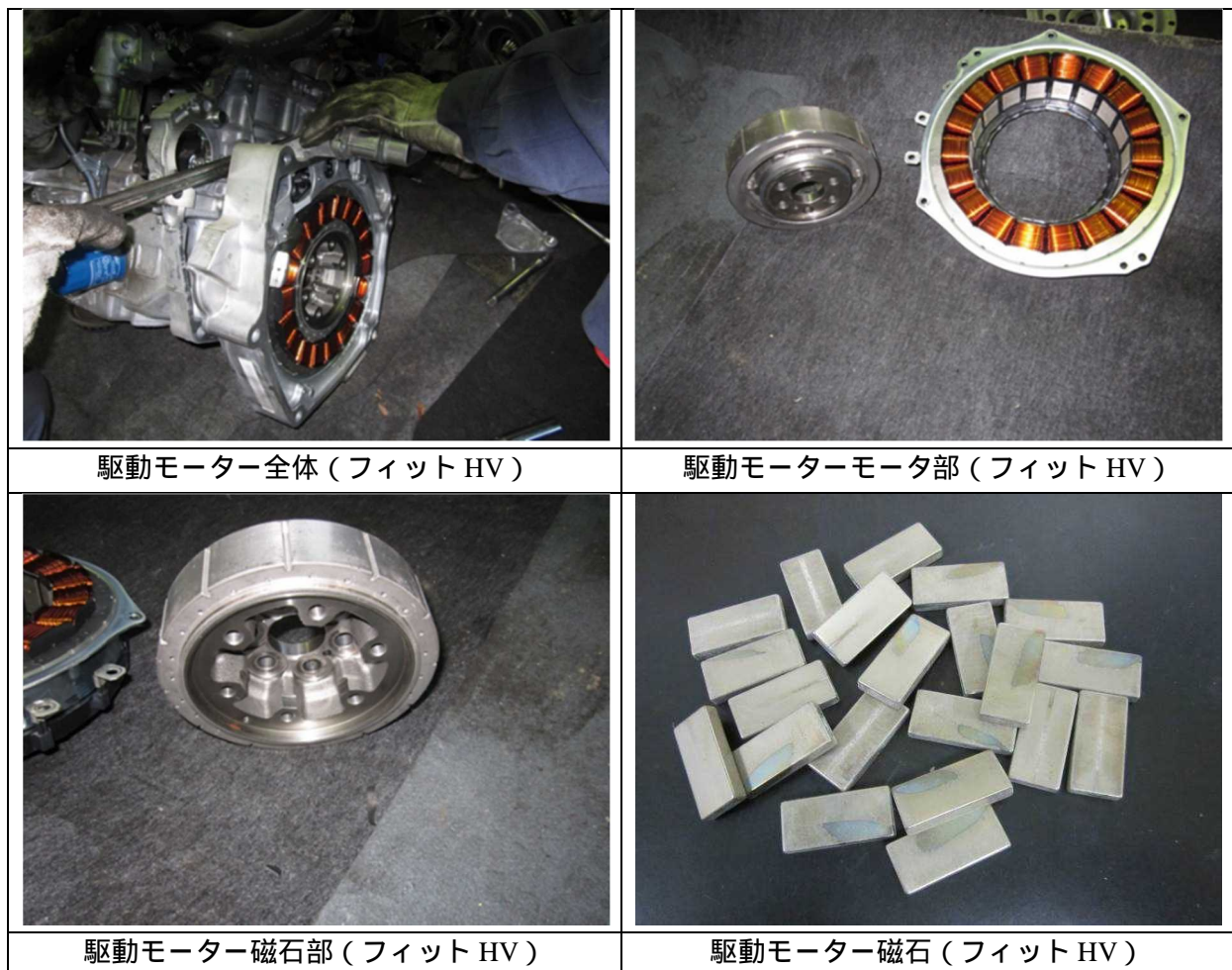


図 4(1) 測定対象の部品及びその磁石の写真



エアコンコンプレッサーモーター
(フィットHV)



エアコンコンプレッサーモーター磁石
(フィットHV)



電動パワステアリングモーター(フィットHV)



電動パワステアリングモーター磁石
(フィットHV)



エンジンセルモーター(フィットHV)



エンジンセルモーター磁石(フィットHV)

図 4(2) 測定対象の部品及びその磁石の写真







	
<p>エアコンコンプレッサーモーター（ノート）</p>	<p>エアコンコンプレッサーモーター磁石（ノート）</p>
	
<p>電動パワステアリングモーター（ノート）</p>	<p>電動パワステアリングモーター磁石（ノート）</p>
	
<p>エンジンセルモーター（ノート）</p>	<p>エンジンセルモーター磁石（ノート）</p>

図 4(3) 測定対象の部品及びその磁石の写真

表 23 磁石重量

(単位:g)	フィットHV	ノート
駆動用モーター磁石	579	-
エアコンコンプレッサー磁石	106	159
電動パワステアリング磁石	430	425
エンジンセルモーター磁石	194	129

表 24 先行研究¹⁾の磁石重量

(単位:g)	プリウス			リーフ
	1世代	2世代	3世代	
駆動用モーター磁石	1,134	1,183	732	1,889
ジェネレーター磁石	368	274	296	-
エアコンコンプレッサー磁石	-	370	259	78
電動パワステアリング磁石	-	415	418	102
エンジンセルモーター磁石	-	-	-	-

(平成 24 年～26 年度 環境研究総合研究費研究事業補助金 総合研究報告書
「使用済自動車(ELV)の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析」より引用)

2) 電子基板

電子基板について、表 25 及び表 26 に計量結果を示した。フィット HV の電子基板は 1738g、ノートの電子基板は 1368g であった。フィット HV は、ハイブリッド車特有の電子基板(ハイブリッドコントロール基板、キャパシター基板)があるため、電子基板の重量がノートよりも重かった。ノートについては、先行研究で実施したカロラの電子基板重量の 2 倍程度となっており、コンパクトカーの電装化の影響が示唆された。

また、所在分類別の電子基板の重量割合を図 5 に示す。電子基板は内装フロントに重量割合でフィット HV に 74%、ノートに 94% 存在しており、先行研究で得られている知見と同様に、多くの基板は内装フロントに所在することが確認できた。また、フィット HV の内装トランクに所在する基板の大部分はハイブリッドバッテリーユニットの内部にあり、ハイブリッド特有の電子基板が所在していた。

表 25 フィットHVの電子基板計量結果

(単位:g)	
部品名	基板重量
エンジンコンピューター	130
ブレーキコンピューター	35
ステアリングコンピューター	35
ハイブリッドコンピューター	140
キャパシター	63
エアバックコンピューター	89
メータ類	222
バッテリーファンモーター	106
インパネスイッチ類	115
アンテナGPSブースター	114
カーナビユニット	690
合計	1,738

表 26 ノートの電子基板計量結果

(単位:g)	
部品名	基板重量
エンジンコンピューター	89
ブレーキコンピューター	-
ステアリングコンピューター	22
エアバックコンピューター	57
エアコンスイッチパネル	99
メータ類	146
ドアスイッチ	87
ETC	31
ハンドルスイッチ類	28
カーナビユニット	658
不明基板類	240
合計	1,368

ブレーキコンピューターには電子基板が含まれていなかった。

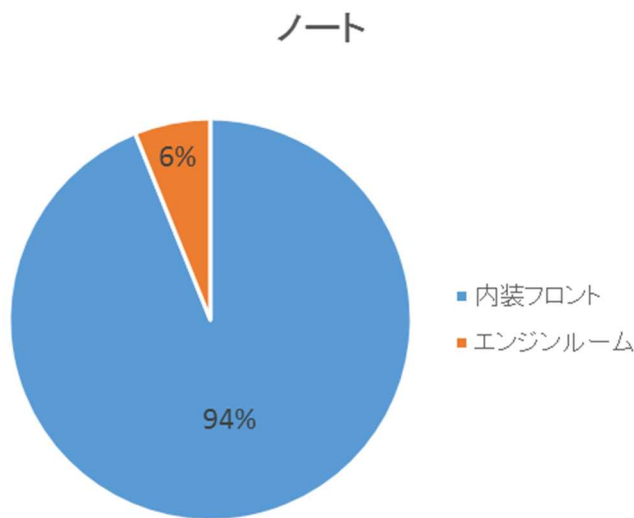
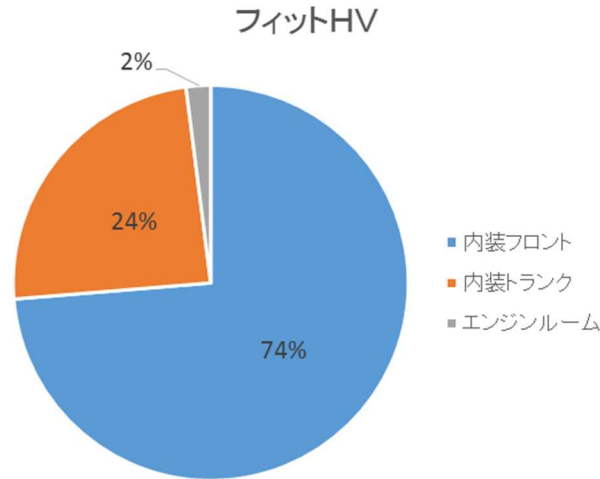


図 5 所在分類別の電子基板重量割合

3) 二次電池

フィットHVからは、ニッケル水素電池を回収した。回収した二次電池は、バッテリーセル、複数本のバッテリーセルから構成されるモジュール、さらに複数本のモジュールと電子基板、キャパシター、ケーブル類等から構成されているユニットであった。回収したニッケル水素バッテリーユニットの写真を図6に示すとともに、各ユニットのモジュール、セル数を表27に整理した。また、先行研究¹⁾でのバッテリーユニット中の重量計量結果を表28に示した。フィットHVのセル総重量は16.4kgであり、表13に示すプリウス(1世代~3世代)及びリーフのセル総重量と比較し最も軽量であった。これは、今回調査対象としたフィットHVが先行研究で実施したプリウスとは異なるハイブリッドシステムの方式であるためと推測される。

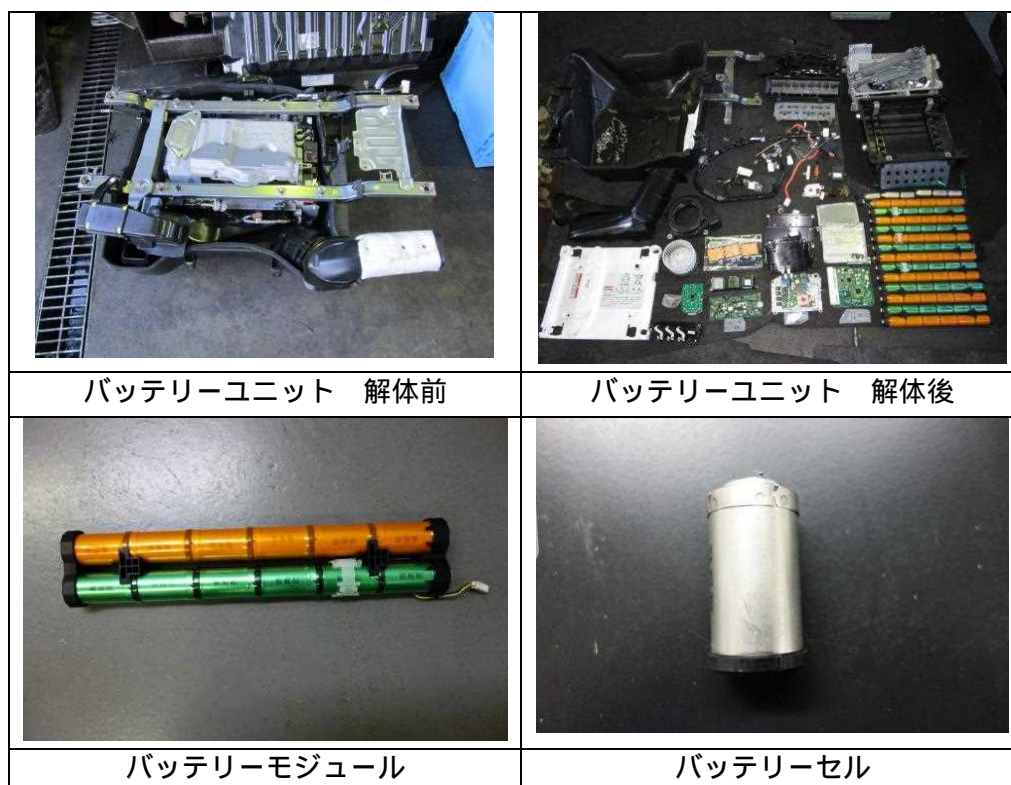


図6 フィットHVのバッテリーユニットの写真

表27 バッテリーユニット中の電池セル数及び重量計量結果

		フィットHV
年式	[年製]	2011
モジュール数	[本/ユニット]	7
セル数	[本/モジュール]	12
	[本/ユニット]	84
セル重量	[g/個]	186.5
セル総重量	[kg/ユニット]	16.4
ユニット重量	[kg]	36.8
ユニットに占めるセルの重量割合		44.6%

表 28 先行研究¹⁾で実施したバッテリーユニット中の重量計量結果

		プリウス			リーフ
		初代	2代目	3代目	-
年式	[年製]	1997	2003	2009	2011
モジュール数	[本/ユニット]	42	28	28	48
セル数	[本/モジュール]	6	6	6	4
	[本/ユニット]	252	168	168	192
セル重量	[g/個]	172	173	175	940
セル総重量	[kg/ユニット]	43.3	29.1	29.2	180.5
ユニット重量	[kg]	78.2	39.0	41.0	294.0
ユニットに占めるセルの重量割合		55.4%	74.6%	71.2%	61.4%

(平成 24 年～26 年度 環境研究総合研究費研究事業補助金 総合研究報告書
「使用済自動車(ELV)の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析」より引用)

4) ガラス類

対象車両から取り出したフロントガラス及びリアガラスの写真を図 7 に示すとともに、計量結果を表 29 に示した。ガラス類の重量は、フィット HV のフロントガラスが 14.08kg、リアガラスが 4.93kg、ノートのフロントガラスが 11.75kg、リアガラスが 5.10kg であり、対象車両の届出重量から算出される ASR 発生推測量(以下、ASR 基準重量という)の 2.5~7.2%であった。このことから、ガラス類は、現状、ほとんど解体時事業者により回収がなされていないものの、もしガラス類の素材価値が見込まれ、リサイクル等が推進された場合には、ASR の発生量を 10~20%程度削減できることが示唆された。



フィット HV のフロントガラス



フィット HV のリアガラス

図 7(1) ガラス類の写真

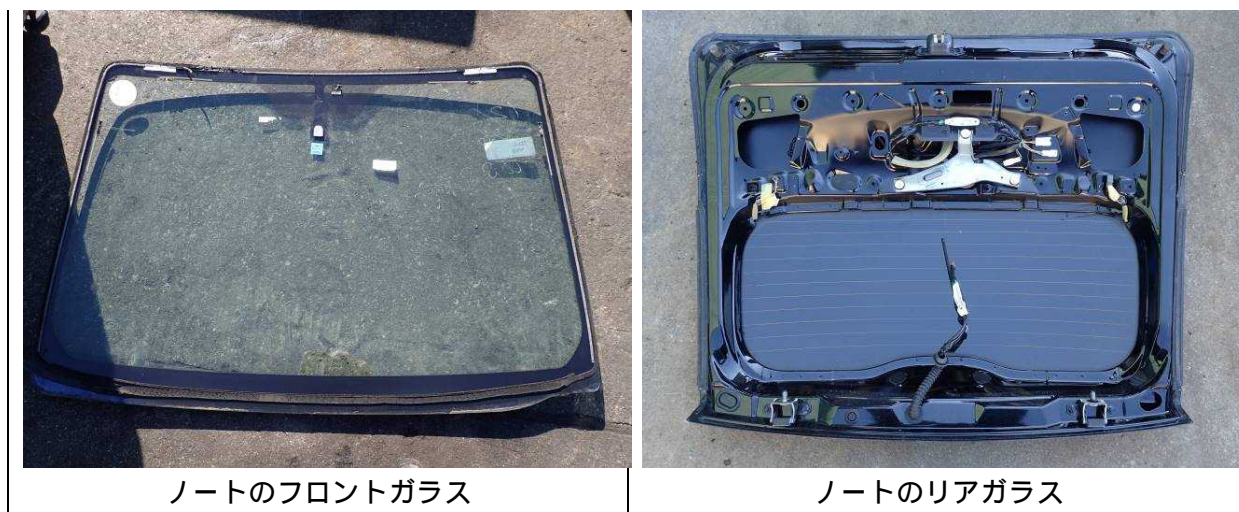


図 7(2) ガラス類の写真

表 29 ガラス類の重量測定結果

対象車両	¹ ASR 基準重量 (kg)	部位	測定重量 (kg)	² ASR中の 重量割合 (%)
フィットHV	194.47	フロントガラス	14.08	7.2
		リアガラス	4.93	2.5
ノート	189.01	フロントガラス	11.75	6.2
		リアガラス	5.10	2.7

¹「ASR基準重量の算出手順の基本的考え方」⁶⁾より算出

²ASR基準重量/測定重量×100

5) 照明

自動車のヘッドランプへの有害物質の含有を確認するために、対象車両からヘッドランプユニットを取出し、そのランプを分析試料とした。取出したヘッドランプの写真を図 8 に示す。



図 8 照明の写真

(2) 部品の成分分析の結果

本調査で実施した部品の成分分析の結果を以下に整理した。

1) 磁石類

磁石の成分分析結果（XRFによる半定量値）を表 30 に示した。

フィットHVの駆動用モーター磁石は、ネオジウムが22.4%、ジスプロジウムが9%検出されており、ネオジウム磁石であることが確認できた。

エアコンコンプレッサー磁石は、フィットHVでストロンチウムが9.3%、ランタンが2.6%、ノートでストロンチウムが11.3%検出され、また、電動パワーステアリング磁石では、フィットHVでストロンチウムが1.2%、ランタンが3.1%、コバルトが1.2%、ノートでストロンチウムが9.2%、ランタンが2.6%検出された。さらに、エンジンセルモーター磁石では、フィットHVでストロンチウムが10.1%、ランタンが2.1%、ノートでストロンチウムが11.3%、アルミニウムが1.0%検出された。これらの特徴は、フェライト磁石の含有成分の特徴と概ね一致しており、本調査でフィットHV及びノートから取り出した、エアコンコンプレッサー磁石、電動パワーステアリング磁石、エンジンセルモーター磁石は、フェライト磁石であると推測できる。

磁石重量と磁石の成分分析の結果から、各磁石が含有する各レアメタル量及びレアメタル類総量を表 31 に示した。フィットHV は、レアメタルの合計量で 292.7g が含まれており、その中のレアアースについても 203.1g 含まれていた。

表 30 磁石の成分分析結果

測定項目		調査対象車		駆動用モータ磁石		エアコンプレッサー磁石		電動パワステアリング磁石		エンジンセルモーター磁石	
		測定部位		フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート
		測定部位	調査対象車	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート
ベースメタル	Fe		65.8	-	85.4	86.0	84.4	85.0	85.1	85.2	
	Cu		0.11	-	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	
	Al		0.16	-	0.04	0.35	0.19	0.11	0.33	1.02	
国家備蓄レアメタル	Ni		0.83	-	ND	0.03	ND	ND	ND	ND	
	Co		0.52	-	0.89	ND	1.17	0.85	0.78	0.08	
	Ga		ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	W		0.23	-	0.37	0.48	0.37	0.70	0.26	0.49	
その他レアメタル	Sr		0.05	-	9.31	11.30	9.48	9.24	10.10	11.31	
	La		ND	-	2.64	ND	3.07	2.59	2.08	0.03	
	Pr		0.09	-	0.05	ND	0.04	0.05	ND	ND	
	Nd		22.40	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Dy		9.02	-	ND	ND	0.06	ND	0.06	0.06	

ND:スタンダードエラーの3倍未満の値を不検出(ND)とした。

表 31 調査対象車両に含まれるレアメタル量

元素含有量(g/台)	Ni	Co	Ga	W	Sr	La	Pr	Nd	Dy	レアメタル合計量	レアアース合計量
フィットHV	4.8	10.5	0.0	3.8	70.5	20.0	0.7	129.7	52.6	292.7	203.1
ノート	0.0	3.7	0.0	4.4	71.8	11.0	0.2	0.0	0.1	91.3	11.3

2) 電子基板

電子基板の成分分析結果を表 32 に示した。

ベースメタルについては、どの電子基板においても 0.1~48.0wt% と含有量が高く、特に銅は 19.0~48.0wt% と高い濃度で検出された。ベースメタルの含有状況における、調査対象車両及び基板の種類による特徴は見られなかった。

国家備蓄レアメタルについては、ニッケルが 2500~14,000mg/kg と最も多く含有されており、次いでマンガンが 70~920mg/kg 含有されていた。フィットHV のブレーキコンピューター基板のクロム含有量が 1,000mg/kg と高く、他の電子基板と比較して含有量が 2 桁多かった。

その他レアメタルについては、ほう素、チタンが他の元素と比較し多く含有されており、それぞれ 2,300~5,000mg/kg、1,600~5,000mg/kg 含有されていた。ストロンチウム、イットリウム、ジルコニウム、アンチモンについては、25~1,200mg/kg 程度含有されていた。ノートのステアリングコンピューター基板には、ネオジムが 620mg/kg 含有されており、他の基板よりも二桁高い含有量であった。また、フィットHV のエンジンコンピューター基板には、タンタルが 4,300mg/kg 含有されており他の基板よりも三桁高い含有量であった。

有用元素については、金が89~410mg/kg、銀が510~2,300mg/kgと比較的多く含有されていた。
有害物質については、鉛が450~11,000mg/kgと比較的多く含有されていた。また、臭素は2.6~4.2wt%含有されていた。

表 32 基板の成分分析結果

単位:mg/kg

測定項目	測定部位 調査対象車	エンジンコンピューター 基板		ブレーキコンピューター 基板		ステアリングコンピューター 基板		ハイブリッドコンピューター 基板		バッテリーキャパシター 基板	
		フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート	フィットHV	ノート
ベースメタル	Fe	5,400	12,000	4,400	-	31,000	7,000	15,000	-	16,000	-
	Cu	340,000	310,000	480,000	-	260,000	230,000	240,000	-	190,000	-
	Al	18,000	16,000	12,000	-	10,000	17,000	27,000	-	21,000	-
	Zn	1,200	8,500	1,100	-	43,000	9,400	16,000	-	2,800	-
	Sn	11,000	13,000	14,000	-	18,000	12,000	30,000	-	16,000	-
国家備蓄 レアメタル	V	15	14	12	-	6	12	23	-	17	-
	Cr	51	56	1,000	-	44	45	72	-	53	-
	Co	8	23	17	-	130	41	30	-	35	-
	Ga	4	4	2	-	6	5	7	-	20	-
	Mo	13	NA	40	-	NA	29	3	-	6	-
	In	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	-
	W	7	2	510	-	3	12	3	-	9	-
	Mn	470	500	70	-	920	470	230	-	520	-
その他レア メタル	Ni	2,500	4,600	14,000	-	3,400	2,500	5,200	-	3,800	-
	B	3,500	4,800	2,300	-	3,300	4,100	4,800	-	5,000	-
	Ti	2,600	5,000	4,200	-	1,600	3,100	4,600	-	2,600	-
	Sr	350	300	190	-	230	150	650	-	480	-
	Y	59	200	210	-	110	60	190	-	66	-
	Zr	25	170	50	-	570	40	1,200	-	160	-
	Nb	3	2	3	-	2	8	10	-	4	-
	Pd	4	4	8	-	2	50	13	-	4	-
	Sb	400	600	380	-	1,000	450	350	-	1,200	-
	Ce	12	7	6	-	6	9	15	-	16	-
有用元素	Nd	43	4	3	-	3	620	9	-	7	-
	Ta	4,300	2	4	-	2	3	5	-	NA	-
有害物質	Au	140	410	560	-	170	220	89	-	100	-
	Ag	2,300	510	520	-	970	1,100	1,900	-	2,000	-
有害物質	Pb	450	6,200	5,900	-	11,000	4,700	790	-	520	-
	Cd	NA	NA	NA	-	67	ND	5	-	NA	-
	As	6	12	3	-	7	8	7	-	43	-
	Br	26,100	31,900	26,800	-	27,800	40,400	29,000	-	42,400	-

NA: 定量下限値未満の値をNAとした。

3) 二次電池

フィットHV からニッケル水素電池のバッテリーセルについての成分分析結果を表 33 に、先行研究と成分分析結果の比較を表 34 に示した。

二次電池の成分分析結果から、今回測定した電池においては、ニッケルが 36.5wt%、ネオジウムが 9.88wt% と非常に多く含有されていた。ニッケルは主に正極材及び負極材に、ネオジウムは主に負極材に多く含まれていた。なお、セパレータからもネオジウム及びニッケルが検出しているが、この検出はセルの分解時に正極材及び負極材の接地面と完全に切り離すことが困難であり、また、セパレータの重量が軽いため、正極材及び負極材の成分が大部分であると推測される。また、有害物質については、鉛及び砒素が検出されていたものの、濃度は 10mg/kg、2mg/kg と微量であり、先行研究の結果と比較すると、少ない含有量であった。

表 33 二次電池の成分分析結果

分析部位 測定項目		バッテリーセル					
		負極	正極	セパレータ	その他	合計	
		含有量(mg/個)	含有量(mg/個)	含有量(mg/個)	含有量(mg/個)	含有量(mg/個)	濃度(mg/kg)
国家備蓄レアメタル	Cr	7	NA	NA	28	39	213
	Mn	18	24	NA	59	101	551
	Co	1,270	NA	NA	-	1,270	6,930
	Ni	38,200	20,000	7,720	746	66,800	365,000
他レアメタル	Ga	NA	NA	NA	-	NA	NA
	Li	13	NA	NA	-	13	71
	Sc	NA	NA	NA	-	NA	NA
	Ti	NA	NA	NA	15	15	82
	Y	300	63	28	-	387	21
	La	NA	8	4	-	12	66
	Ce	NA	NA	NA	-	NA	NA
	Pr	NA	25	11	-	36	197
	Nd	NA	12,500	5,130	47	17,700	98,800
Gd	NA	NA	NA	-	NA	NA	
有害物質	Hg	NA	NA	NA	ND	NA	NA
	Pb	0.3	0.4	NA	1.2	1.9	10
	As	0.1	0.2	0.07	0.03	0.4	2

NA: 定量下限値未満の値をNAとした

-: 未測定の項目を-とした

表 34 先行研究¹⁾の電池成分分析との比較

測定項目		分析部位	今回調査		
			先行研究 ¹⁾		
		フィットHV(2012)	プリウス(1998)	リーフ(2011)	
		濃度(mg/kg)	濃度(mg/kg)	濃度(mg/kg)	
国家備蓄レアメタル	Cr	213	190	9	
	Mn	551	13,000	170,000	
	Co	6,930	25,000	13,000	
	Ni	365,000	340,000	52,000	
他レアメタル	Ga	NA	140	10	
	Li	71	390	21,000	
	Sc	NA	-	610	
	Ti	82	290	32	
	Y	21	2,500	NA	
	La	66	20,000	NA	
	Ce	NA	28,000	NA	
	Pr	197	2,700	9	
	Nd	98,800	8,800	ND	
	Gd	NA	190	NA	
有害物質	Hg	NA	NA	NA	
	Pb	10	78	NA	
	As	2	59	4	

NA: 定量下限値未満の値をNAとした

4) ガラス類

ガラス類の成分分析結果を表 35 に示した。今回の調査対象部品のすべてにおいて、ケイ素が 31.4~32.0%(ケイ酸換算で 67.3~68.6%)、ナトリウムが 11.9~12.5%、マグネシウムが 2.01~2.37%、カルシウムが 5.61~5.80%含有されていた。レアメタル及び有用金属については、調査対象部品のすべてにおいて、タングステンが 0.21~0.29%、チタンが 0.01~0.02%含まれていた。セリウムについては、ノートのフロントガラスが 0.05%、フィット HV のフロントガラス及びリアガラスが 0.01%含有していた。また、リアガラスについては、コバルト、マンガン、銀が含有されており、これらの成分はフロントガラスには含まれていなかった。

表 35 ガラス類の成分分析結果

単位: wt%

測定項目	測定部位 調査対象車	フロントガラス		リアガラス	
		フィットHV	ノート	フィットHV	ノート
ベースメタル	Fe	0.35	0.36	0.74	0.74
	Cu	ND	ND	ND	ND
	Al	1.08	1.08	0.96	0.94
	Zn	ND	ND	ND	ND
	Sn	0.01	0.01	0.01	0.01
国家備蓄レアメタル	Cr	ND	ND	ND	ND
	Co	ND	ND	0.02	0.02
	Ga	ND	ND	ND	ND
	Mo	ND	ND	ND	ND
	In	ND	ND	ND	ND
	W	0.24	0.21	0.22	0.29
	Mn	ND	ND	0.01	0.01
その他レアメタル	Ti	0.02	0.02	0.01	0.01
	Ce	0.01	0.05	0.01	ND
有用元素	Au	ND	ND	ND	ND
	Ag	ND	ND	0.02	0.01
有害物質	Pb	ND	0.00	ND	ND
	Cd	ND	ND	ND	ND
	As	ND	ND	ND	ND
ガラス主成分	Si	31.9	31.5	32.0	31.4
	Na	11.9	12.5	11.9	12.6
	Mg	2.02	2.37	2.01	2.37
	K	0.86	0.44	0.85	0.39
	Ca	5.80	5.68	5.69	5.61

ND:スタンダードエラーの3倍未満の値及び0.01%未満の値を不検出(ND)とした。

5) 照明

ヘッドライトの成分分析結果を表 36 に示した。有害物質については、鉛、ひ素、水銀は含有しておらず、カドミウムはフィット HV のみ極微量含有していた。レアメタルについては、フィット HV ではモリブデン、タングステン、セリウムが、ノートではモリブデン、タングステン、ほう素、ジルコニウムが多く含有されていた。

表 36 ヘッドライトの成分分析結果

単位:mg/kg

測定項目	測定部位	ヘッドライト	
	調査対象車	フィットHV	ノート
ベースメタル	Fe	1,200	1,800
	Cu	2	1
	Al	410	150,000
	Zn	5	4
	Sn	NA	NA
国家備蓄レアメタル	V	NA	1
	Cr	3	3
	Co	18	9
	Ga	19	10
	Mo	71,000	55,000
	In	NA	NA
	W	4,800	1,600
	Mn	NA	4
	Ni	NA	NA
その他レアメタル	B	NA	2,500
	Ti	18	79
	Sr	NA	120
	Y	18	2
	Zr	NA	710
	Nb	NA	NA
	Pd	NA	NA
	Sb	NA	NA
	Ce	3,800	2
	Nd	NA	NA
	Ta	NA	NA
有用元素	Au	NA	NA
	Ag	NA	NA
有害物質	Pb	NA	NA
	Cd	1	NA
	As	NA	NA
	Hg	NA	NA

NA: 定量下限値未満の値をNAとした

6) その他の箇所

調査対象とした部品以外の下記に示す部位又は部品について、解体調査の際にハンディ型蛍光 X 線装置を用いて有害物質(Pb、Hg、Cd 等)のスクリーニングを行った。スクリーニングの結果、一部のタイヤバルンサーから鉛が検出された。タイヤバルンサーの写真を図 9 に示した。

- ・フロントガラス、リアガラスの縁部(黒色部)
- ・ボディ 天井・ピラー・後部ドア・フェンダー(塗装面、塗装面除去)
- ・燃料タンク(表、裏)
- ・タイヤバルンサー



図 9 タイヤバランサーの写真

2.1.3 まとめ

本調査では、先行研究¹⁾で実施していない車種(フィットHV及びノート)について、使用済自動車の解体調査を実施した。そして、部品計量、所在分類項目別に記録を行い、資源性が高いと考えられる部品に関してはサンプリングを行い、含有成分の分析を行った。本調査で得られた結果について、以下に整理した。

- ・ 磁石については、フィットHVが293g、ノートが91gのレアメタル類を含有しており、その内レアアースについては、フィットHVが203g、ノートが11g含有していた。特に、フィットHVの駆動モーター磁石にはネオジウム、ジスプロジウムが多く含まれていた。また、ハイブリッド車(フィットHV)と従来車(ノート)に共通して実装されている「エアコンコンプレッサー」、「電動パワーステアリング」、「エンジンセルモーター」の磁石からもレアメタル類及びレアアース類が検出されていた。しかしながら、本調査で得られたレアアース類の含有量は、先行研究¹⁾で得られた結果と比較するとレアアース類の含有量が少ない結果であった。車種による差異、レアアース類の使用削減等の理由が考えられ、今後も資源性の評価を継続して行く必要がある。
- ・ 電子基板については、先行研究¹⁾で得られた知見と概ね一致していた。電子基板の重量は、フィットHVが1,738g、ノートが1,368gでありその多くは内装フロントに実装されていた。また、電子基板は多種多様なレアメタルが含有されていた。
- ・ 二次電池についても多様なレアメタル等が含まれており、その中でもニッケル、ネオジウム、コバルトが多く含有されていた。特に、ネオジウムは9.88wt%含有されており、高い資源性が確認できた。
- ・ ガラス類については、調査対象車両のフロントガラス及びリアガラスが、それぞれASR基準重量の2.5~7.2%であり、今回測定しなかったサイドガラスも含めると、ASRの重量の10~20%を占めることが推測された。また、ガラスの成分はケイ素が31.4~32.0%(ケイ酸換算で67.3~68.6%)含まれており、セメント原料等へのリサイクルの可能性が示唆された。
- ・ 照明についてはヘッドライトの成分分析を実施し、水銀及び鉛が含まれていないことが確認できた。

- ・一部のホイールバルンサーには鉛が主成分のものがあつた。鉛を主成分とするホイールバルンサーの使用実態について、明らかにすることが必要である。

2.2. 素材構成より想定される望ましいリサイクルプロセスの推定及び目標・指標の検討

(1) 使用済自動車に含まれる有害物質、金属元素等の素材のこれまでの経時的変動・将来予測

鉛

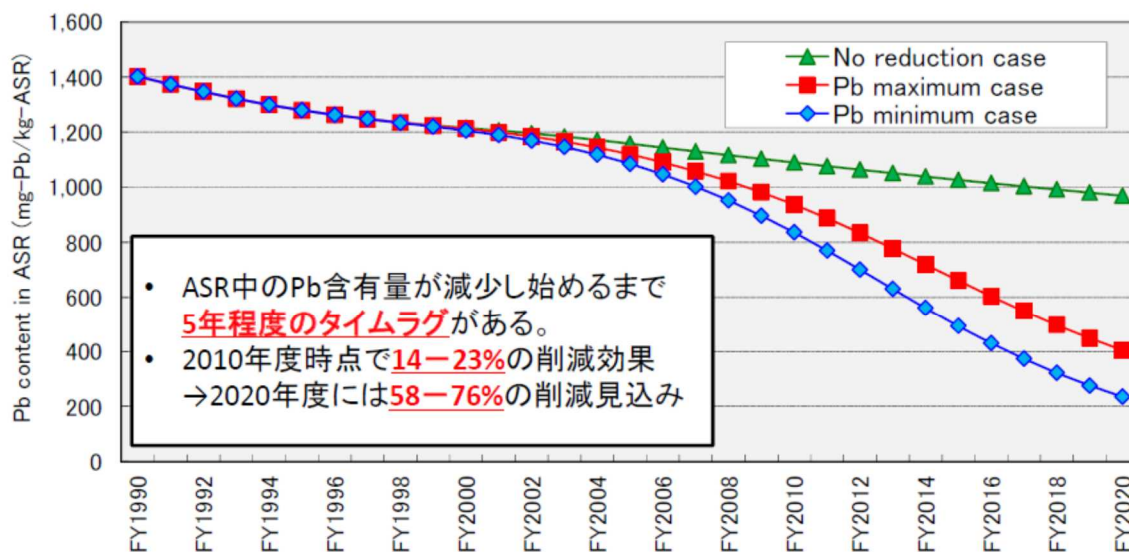
自動車に含有される代表的な有害物質の例であつた鉛については、自動車メーカーによって、「1996年比(1,850 g/台)で2006年以降に10%以下まで低減(鉛バッテリー除く)」といった使用削減目標が設定された。

この目標達成に向けて、自動車メーカー各社が取り組みを進めた結果、2007年度には103gと目標を達成しており、その後も使用量の削減が進んでいる。従つて、含有量自体は減少に向かうと思われれる。

表 37 自動車における鉛含有量の推移

年	鉛の含有量
2001 年度	463 g Pb/台
2003 年度	370 g Pb/台
2005 年度	240 g Pb/台
2007 年度	103 g Pb/台
2010 年度	86 g Pb/台

この結果、ASRの鉛含有量も減少してきているが、自動車の使用時から排出時までのタイムラグがある。Yano et al.によると、5年程度のラグが生じることが確認されている。



Yano et al. J Mater Cycles Waste Manage (2014) 16 (1):52-61

出所：酒井委員提供資料

図 10 ASR 中の鉛含有量の見込み

臭素系難燃剤

2013 年 4-5 月に開催された第 6 回締約国会議において、ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)が附属書 A に追加され改正附属書が発効している。デカブロモジフェニルエーテル(デカ BDE)については、2015 年のストックホルム条約残留性有機汚染物質検討委員会第 11 回会合(POPRC11)において、デカ BDE について、リスク管理に関する評価案を審議し、POPs 条約上の位置づけ(製造・使用等の「廃絶」又は「制限」)の特定について検討し、自動車及び航空機用の特定の交換部品を適用除外にした上で廃絶対象物質(附属書 A)へ追加することを締約国会議に勧告することが決定された。なお、適用除外となる交換部品については、今後、さらに情報を収集して特定することとなった。従って、自動車に関してどの程度適用除外になるかが不明である。

この臭素系難燃剤の利用傾向であるが、自動車では以下のような用途で用いられている。

表 38 自動車における臭素系難燃材の使用動向

材質	使用状況
PP	・ PP は自動車軽量化のための汎用材料となっている。エンジン回りに臭素系難燃剤 (PBDE、ポリブロモジフェニルエタン) が主に処方されている。
ABS	・ 内装材としてインストルメントパネル用に臭素系難燃剤 (TBBA、臭素化カーボネートオリゴマー) を処方できるが、まだ多用されていない。
PA(HTPA)	・ 電装部品として、コネクター、リレー、ボビン、ジャケット用に臭素系難燃剤 (臭素化ポリスチレン、臭素化ポリカーボネートオリゴマー) を処方する。
PBT	・ PA 同様、電装部品にコネクター、コイル、ECU ケースに臭素系難燃剤 (臭素化ポリスチレン、臭素化ポリカーボネートオリゴマー) が使われる。

出所：株式会社環境管理センター「平成 23 年度使用済自動車再資源化に係る臭素系難燃剤等対策調査業務報告書」平成 24 年 3 月 (松見茂による参考文献にもとづく)

自動車における臭素系難燃材の使用動向

RPF はPBDE が 61～84ppm、HBCD は 2～6ppm と低い値であった。

これは、RPF 製造の際に、原材料の ASR の他に木材チップやその他のプラスチック類等を材料として添加して希釈されているためと考えられる。

リサイクル防音材については PBDE が 530～730ppm 検出されたが、殆どが DeBDE であった。HBCD も 15～31ppm 検出されている。

使用済自動車のシート（布地）や一部のシート（ウレタン）に臭素系難燃剤（DeBDE、HBCD）が含まれることから、それらを原材料の一部とするリサイクル防音材からも検出したと考えられる。

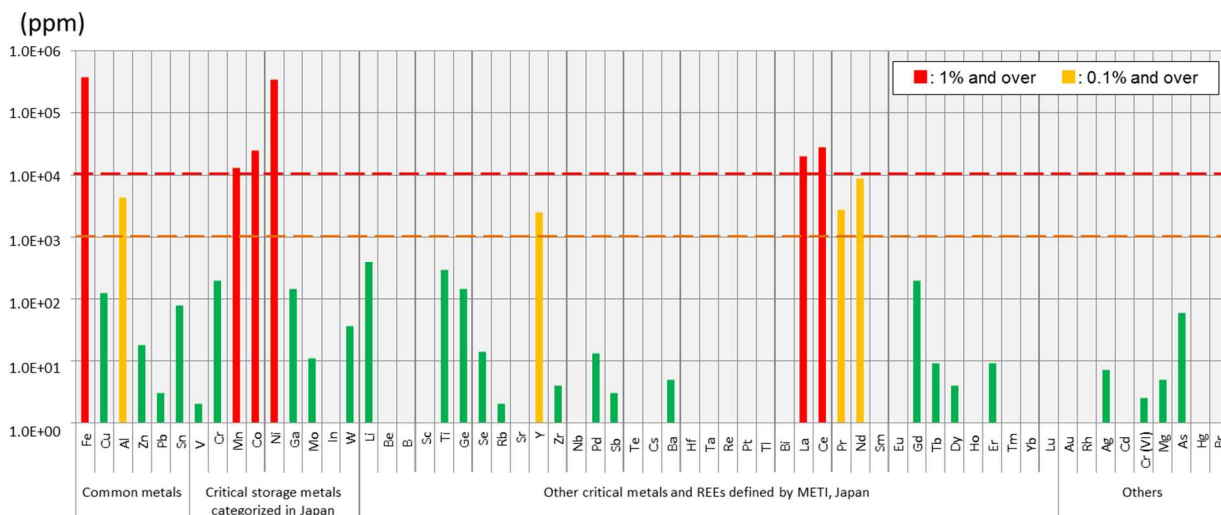
平成 22 年度実施の自動車破碎残さにおける性状把握調査（昨年度調査）における自動車 ASR の臭素系難燃剤の調査において、平成 8 年以前の使用済自動車 ASR で PBDE が 190～590ppm、HBCD が 8～12ppm、平成 12 年以降の使用済自動車 ASR で PBDE が 37～180ppm、HBCD が N.D～8ppm であった。

今回、対象試料としたリサイクル防音材は使用済自動車のウレタンを原材料の一部としており、同様の材料を多く含む ASR の調査結果と比較すると若干高めの数値であった。

出所：株式会社環境管理センター「平成 23 年度使用済自動車再資源化に係る臭素系難燃剤等対策調査業務報告書」平成 24 年 3 月（松見茂による参考文献にもとづく）

レアアース

レアアースの含有量については、平成 24～26 年度環境研究総合推進費補助金研究事業「使用済み自動車（ELV）の資源ポテンシャルと環境負荷に関するシステム分析（3K123001）」の内容が参考になる。3K123001 では、ニッケル水素電池中のレアメタルの含有率について分析を行っている。その結果を図 11 に示す。鉄、モリブデンやコバルト、ニッケル、ランタン、セリウムといった素材が多く含まれている。

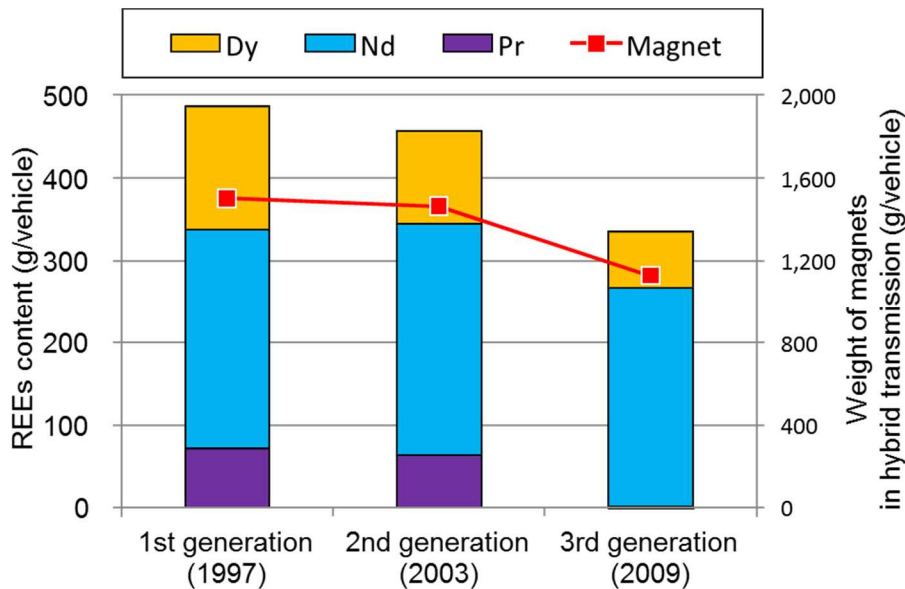


- 1%以上: Fe, Mn, Co, Ni, La, Ce
 - 0.1%以上: Al, Y, Pr, Nd
 - 電池セル合計43.4 kgなので、16 kg-Fe, 0.56 kg-Mn, 1.1 kg-Co, 15 kg-Ni, 0.87 kg-La, 1.2 kg-Ce, 0.19 kg-Al, 0.11 kg-Y, 0.12 kg-Pr, and 0.38 kg-Nd
- 出所：酒井委員提供資料

図 11 NiMH 電池セル中の含有元素濃度

3K123001 ではまた、ハイブリッドトランスミッション中の磁石重量とレアアースについても分析を行っている。その結果を図 12 に示す。

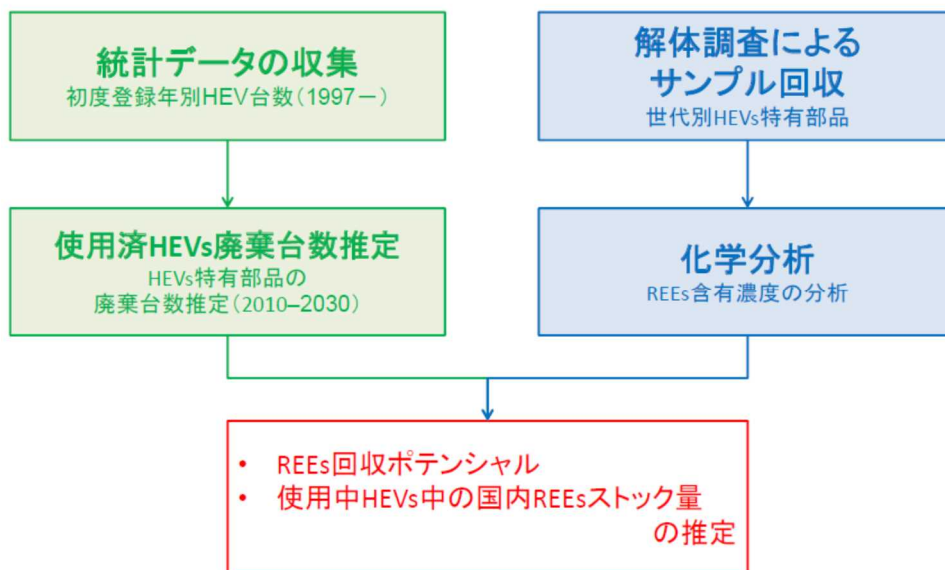
第 1 世代、第 2 世代、第 3 世代と世代が増すごとにレアメタルの含有量が減少してきている。特に、第 2 世代から第 3 世代にかけて、ジスプロシウムとプラセオジムの含有量が大幅に減り、第 3 世代ではプラセオジムはごく少量しか含まれなくなった。



出所：酒井委員提供資料

図 12 ハイブリッドトランスミッション中の磁石重量とレアアース

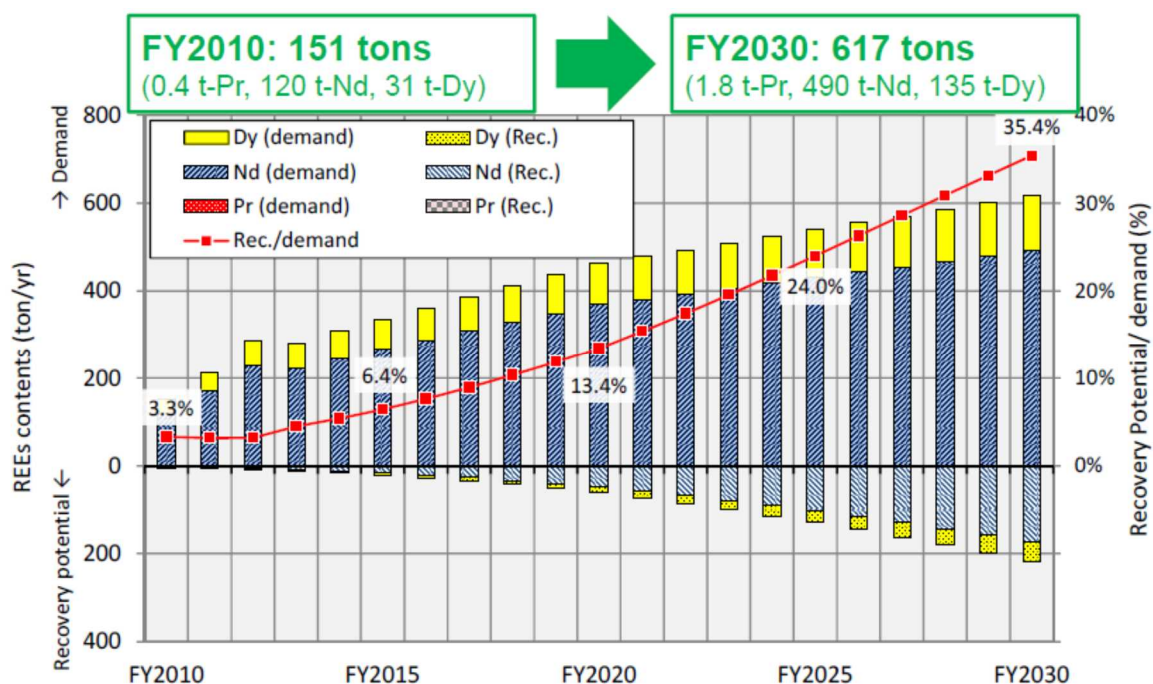
さらに、3K123001 では、使用済みハイブリッド車の廃棄台数の将来予測を行いつつ、その使用済みハイブリッド車に含まれるレアアースの回収ポテンシャルを推計している。推計手法を図 13 に示す。



出所：酒井委員提供資料

図 13 レアアース回収ポテンシャルの推計

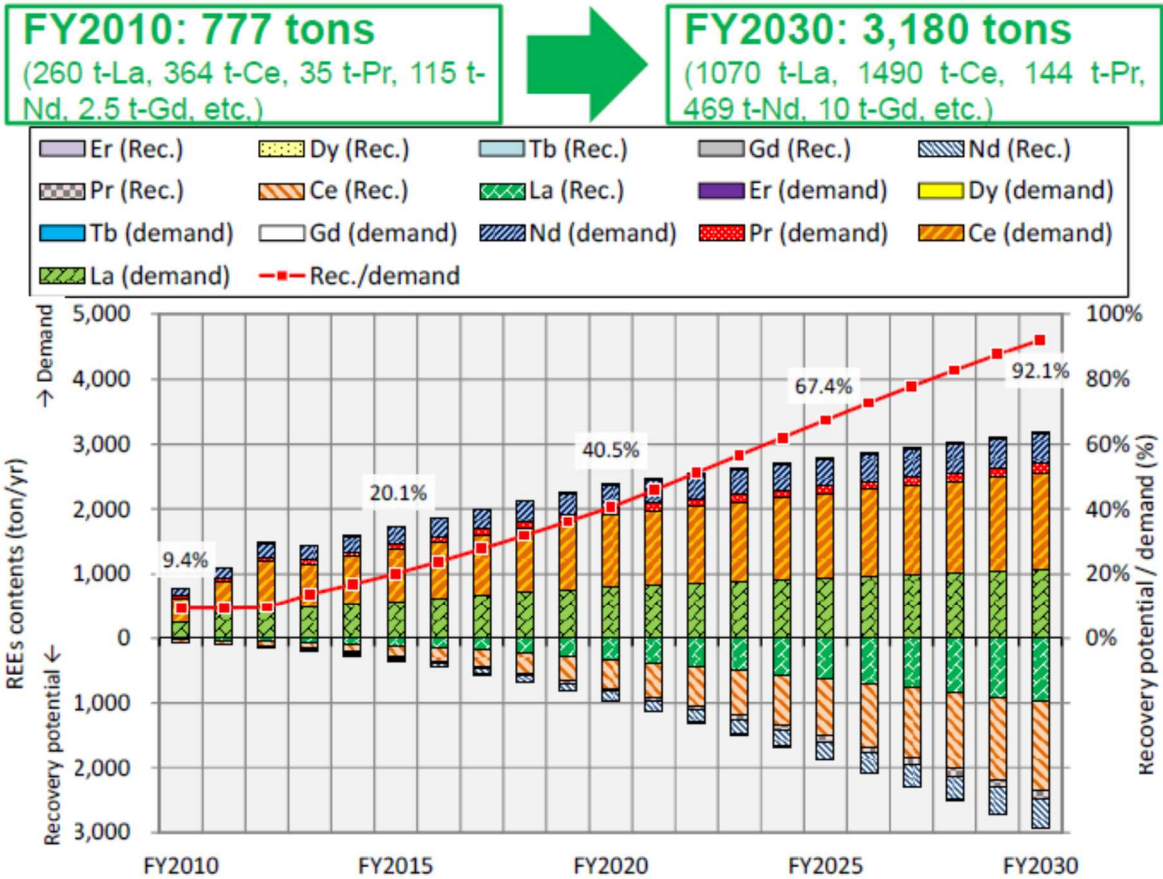
使用済ハイブリッドトランスミッションのレアアース回収ポテンシャルを図 14 に示す。使用済ハイブリッドトランスミッションが全量回収された際の 2030 年のレアアース回収ポテンシャルは、需要量の 35.4%に相当する。



出所：酒井委員提供資料

図 14 使用済ハイブリッドトランスミッションのレアアース回収ポテンシャル

ニッケル水素電池ユニットにおけるレアアースの回収ポテンシャルを図 15 に示す。ニッケル水素電池ユニットが全量回収された際の 2030 年のレアアース回収ポテンシャルは、需要量の 92.1%に相当する。



出所：酒井委員提供資料

図 15 ニッケル水素電池のレアメタル回収ポテンシャル

ASR 中の有用金属

ASR 中の有用金属については、平成 26 年度自動車リサイクル制度の高度化・安定化方策等に係る検討・調査業務において分析を行っている。その結果を表 39 及び図 16 に示す。

過去の調査結果と比較すると、今年度の調査した事業所全体で、繊維類の割合が、過去の調査結果よりも高かった。また、共英製鋼(株)山口事業所の金属類（鉄）の割合及び(株)エコネコルのウレタンの割合が、過去の調査結果よりも高かった。

表 39 組成分類調査結果(過去の調査結果との比較)

単位：wt%

分類	平成 26 年度 ^{*1}				平成 24 年度調査平均値 ^{*2}	平成 22 年度 ^{*3}		平成 20 年調査 ^{*4}	平成 17 年度調査 ^{*5}	平成 16 年度調査 ^{*5}
	JX 金属 三日月リ サイクル(株)	東北東 京鐵鋼 (株)	(株)エコ ネコル	共英製 鋼(株)山 口事業 所		平成 8 年 以前使 用済自 動車	平成 12 年 以降使 用済自 動車			
プラスチック (主として硬質 のもの)	32.6	27.9	27.9	21.6	32.1	28.0	33.4	27.7	32.6	30.3
プラスチック (主としてシー ト状のもの)	4.8	5.3	5.5	5.8	5.1	5.7	5.1	5.5	3.3	3.9
ゴ ム	7.8	5.0	5.3	9.3	7.9	10.4	8.8	6.8	8.1	9.7
ウレタン	8.7	7.4	10.2	7.8	7.8	8.9	7.7	8.2	8.2	7.5
発泡スチロール	0.6	7.2	0.4	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.3	0.1
繊維類	16.5	16.7	19.2	14.8	12.9	10.5	11.8	7.6	8.9	7.0
紙 類	1.0	1.7	0.9	0.8	1.8	2.9	0.4	1.3	2.0	1.2
木 類	1.6	1.1	1.7	1.6	1.3	0.4	1.2	0.4	0.3	1.4
金属類	鉄	0.5	0.2	1.6	9.7	0.9	1.0	1.8	1.6	1.2
	非鉄金属	0.5	0.9	0.8	1.1	3.3	4.8		6.2	1.4
ガラス類	0.2	0.3	0.2	1.2	0.8	1.3	0.9	0.0	0.2	0.1
土砂類	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
電線類	2.0	1.6	2.2	2.9	2.2	3.1	2.7	1.8	3.6	4.3
基板等	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
分類不能物	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	2.9	1.3	12.7	11.7	10.7
5 mm の篩いを 通過したもの	22.9	24.3	24.1	22.7	22.9	19.8	18.9	25.9	17.6	20.7
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0

注)今年度の調査結果と平成 24 年度、平成 22 年度、平成 20 年度、平成 17 年度、平成 16 年度の調査結果を比較しているが、今年度と過去の調査での対象車両や解体・破碎条件、ASR の採取条件等は異なる。過去値は、参考値として掲載している。

出所: *1 平成 26 年度自動車リサイクル制度の高度化・安定化方策等に係る検討・調査業務

(平成 27 年 3 月 三菱総合研究所(株式会社環境管理センターが担当))

*2 平成 24 年度環境省請負業務結果報告書 自動車リサイクル促進調査業務 報告書

(平成 25 年 3 月 株式会社環境管理センター)

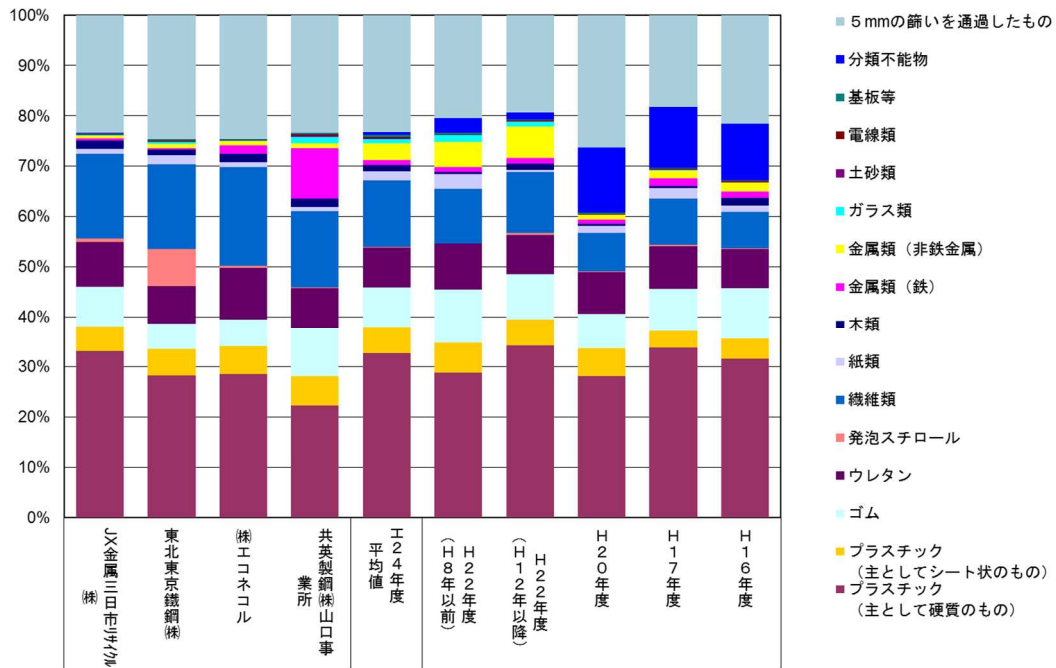
*3 「平成 22 年度環境省請負業務結果報告書 自動車破碎残さにおける性状把握調査業務 報告書」

(平成 23 年 3 月、株式会社環境管理センター)

*4 「平成 20 年度環境省請負業務結果報告書 使用済自動車再資源化の効率化及び合理化等推進調査報告書」(平成 21 年 3 月、財団法人日本環境衛生センター)

*5 「平成 17 年度環境省請負業務結果報告書 事前回収物品等リサイクル促進手法検討調査報告書」

(平成 18 年 3 月、財団法人日本環境衛生センター)

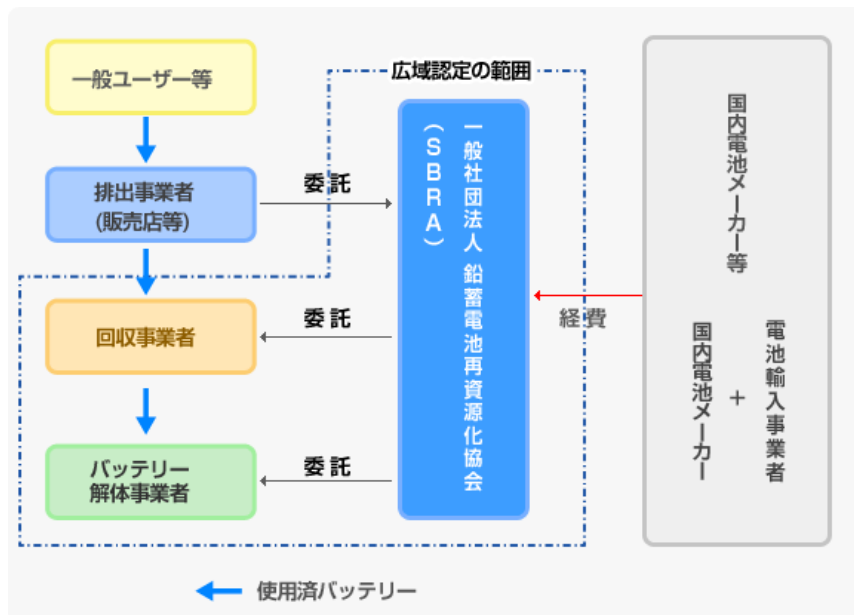


出所：平成 26 年度自動車リサイクル制度の高度化・安定化方策等に係る検討・調査業務
 (平成 27 年 3 月 三菱総合研究所 (株式会社環境管理センターが担当)
 図 16 組成分類調査結果 (過去の調査結果との比較)

(2) 望ましいリサイクルプロセスの推定

鉛蓄電池

自動車の鉛蓄電池の回収・リサイクルについては、鉛蓄電池再資源化協会(SBRA)が平成 24 年 4 月に広域認定を取得し、新リサイクルシステムを平成 24 年 7 月 21 日から実施している。本システムを確実に運用していくことによって、鉛の環境中への放出を防ぐことができると思われる。



出所：鉛蓄電池再資源化協会ウェブサイト

図 17 新リサイクルシステムの概要図

リチウムイオン電池・ニッケル・水素電池

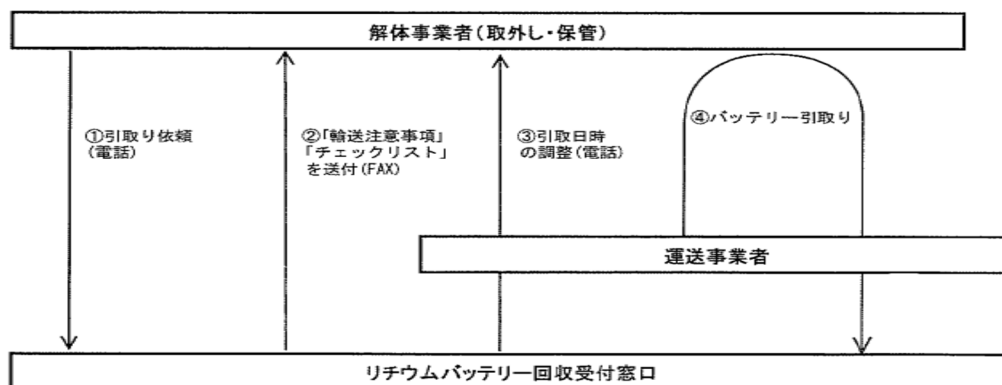
使用済自動車の再資源化等に関する法律（通称：自動車リサイクル法）施行規則が、2012年2月1日に改正・施行され、解体時の事前回収物品に「リチウムイオン電池」と「ニッケル・水素電池」が追加された。この改正に従って、現在、自動車メーカー各社が個別に回収・リサイクルを行っている。各社の回収スキームと回収実績を表40に示す。

表40 各社の回収スキーム

	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
回収スキーム構築	トヨタ自動車(株)、日産自動車(株)、本田技研工業(株)、マツダ(株)、三菱自動車工業(株)、富士重工業(株)、日野自動車(株)	トヨタ自動車(株)、日産自動車(株)、本田技研工業(株)、マツダ(株)、三菱自動車工業(株)、スズキ(株)、富士重工業(株)、いすゞ自動車(株)、三菱ふそうトラック・バス(株)
2013年度回収実績	3,083個 (2012年度：3,820個) 注)各社合計値(使用済車からの発生)トヨタ自動車(株)、本田技研工業(株)、日野自動車(株)	35個 (2012年度：22個) 注)各社合計値(使用済車からの発生)日産自動車(株)、三菱自動車工業(株)、スズキ(株)、マツダ(株)、いすゞ自動車(株)

出所：日本自動車工業会「リチウムイオン電池・ニッケル水素電池の回収状況 平成25年度産構審・中環審合同会議資料」平成25年8月7日

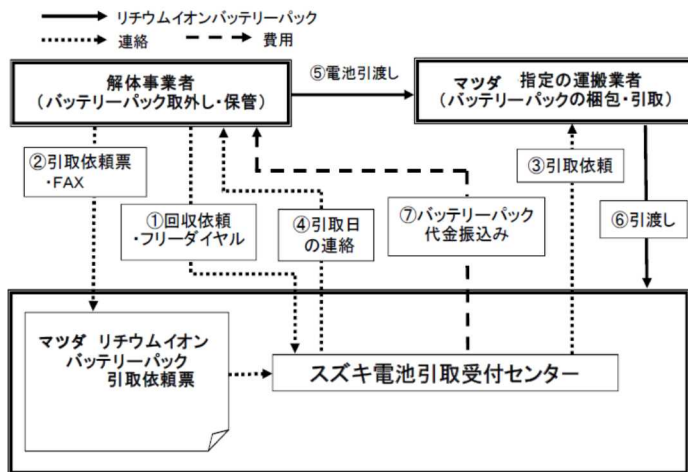
具体的な回収スキームの例を図18及び図19に示す。基本的には、解体業者がメーカーの窓口へ連絡し、メーカーの依頼する運送業者が引き取りに訪問するといった形で回収している。



出所：日産自動車「リチウムイオンバッテリー回収・リサイクルマニュアル共通版」2012年5月

図18 日産のリチウムイオンバッテリー回収スキーム

【回収の流れ】



出所：マツダ株式会社「ENE-CHARGE、S-ENE CHARGE 用リチウムイオンバッテリー回収・リサイクルマニュアル」2015年5月V1.8

図 19 マツダのリチウムイオンバッテリー回収スキーム

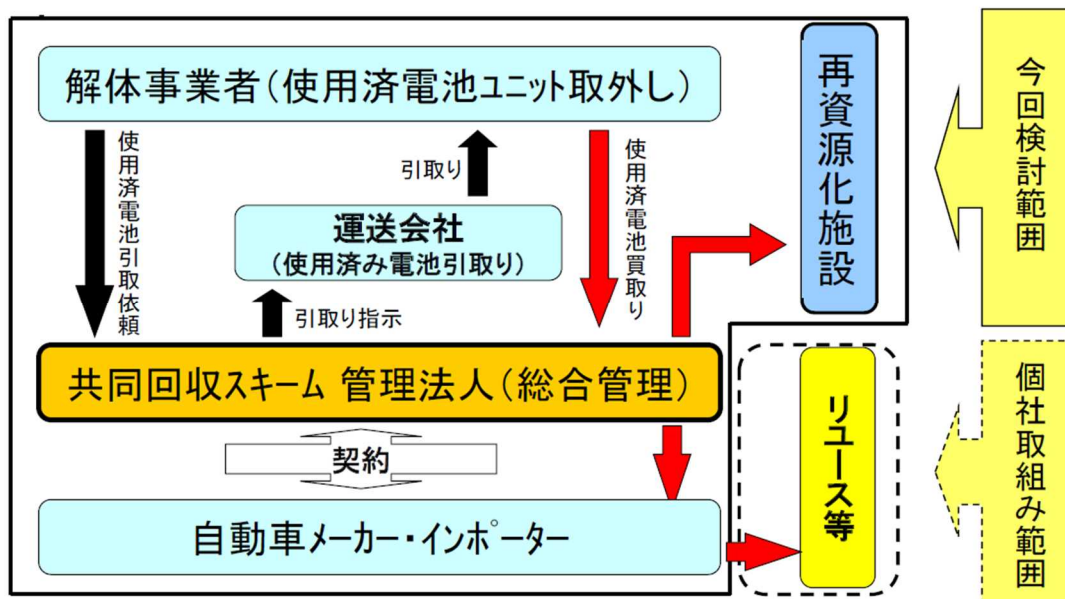
リチウムイオンの回収・リサイクルについては、日本自動車工業会内に専門の分科会（電池リサイクル分科会）が設置されて、共同スキームについて検討中である。

	2015年	2020年
	フェーズ0	フェーズ1
再資源化処理		フェーズ2
能力の判断基準の抽出	10施設以下	施設数拡大
処理検証		○
コスト見積		○
処理時の課題・制約条件の抽出		
課題・制約条件への対応策		
対応策の検証		
大量処理		
運搬	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、国連輸送規定審議中(本年12月?) ・今後、規定内容を踏まえ輸送要件を検討 	
輸送要件の検討 変更要否を検討		
輸送実験	○	○
正常品のコスト見積		
正常品の運搬時の課題・制約条件の抽出		
課題・制約条件への対応策		
対応策の検証		
異常品の判定方法検討		
異常品の運搬時の課題・制約条件の抽出		
課題制約条件への対応策		
管理人業務		
業務の効率性検証		

検証が可能な発生量となった時点で実施

出所：日本自動車工業会「リチウムイオン電池のリサイクル（共同回収スキームの検討状況）」平成24年8月10日

図 20 リチウム電池に関する共同スキームの検討



出所：日本自動車工業会「リチウムイオン電池のリサイクル（共同回収スキームの検討状況）」平成 24 年 8 月 10 日

図 21 リチウム電池に関する共同スキームの基本的な考え方

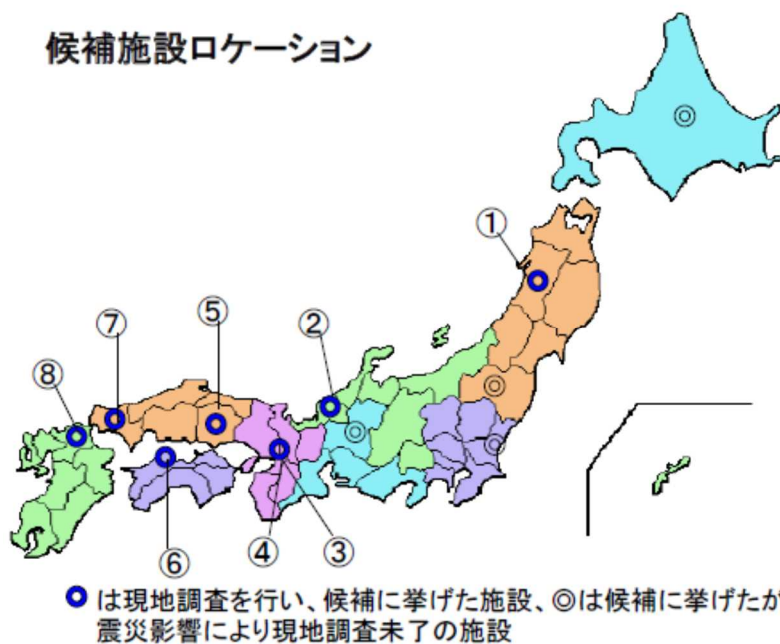
図 21 は、日本自動車工業会が考えるリチウム電池に関する共同スキームの基本的なイメージである。自動車メーカー等の委託による共同回収スキーム管理法人が引き取りと再資源化を行うことを想定している。

表 41 リチウムイオン電池の再資源化の施設の候補

分類	特徴	候補施設	処理後
電炉	・ 放電、分解の前処理が不要。	A 社	鉄分取得後のスラグは路盤材等に利用。
製錬	・ コバルト等の資源回収が可能。 ・ 炉投入前に放電、分解といった前処理が必要。	B 社 C 社	電池によってコバルト、ニッケル等の抽出が可能。
焼却	・ 放電の前処理が不要。 ・ 炉投入口サイズにより分解の前処理が必要。 ・ 大量処理の設備負荷耐性は検証が必要。	D 社	電池によってコバルト、ニッケル等の抽出が可能。
セメント	・ セメントキルン廃熱を用いた焙焼処理により 高度な資源回収が可能。 ・ 放電可否については検証中 分解の前処理が必要。 ・ 廃熱利用の焙焼設備の新設が必要。	E 社（解体） F 社（セメント） セメント事業所は選定中。	電池によってセメントキルン熱を利用しコバルト、ニッケル、リチウムの抽出が可能。

出所：日本自動車工業会資料

候補施設ロケーション



出所：日本自動車工業会「リチウムイオン電池のリサイクル（共同回収スキームの検討状況）」平成 24 年 8 月 10 日

図 22 再資源化拠点の候補

従って、今後日本自動車工業会の共同スキームが構築された場合は、このスキームに乗る場合は環境にリチウム電池由来の物質が暴露することを防ぐことになる。

問題は、このスキーム外にリチウムイオン電池が流れた場合に、確実な回収・処理をどのように担保するかということである。例えば、リチウムイオン電池を解体業者がリユースに流したり、リビルト業者に流したりする場合である。リユース部品やリビルト部品が、図 21 のスキームに乗るか否かについて、情報を入手することはできなかったが、仮に乗らなかった場合は、その確実な回収・リサイクルを誰が担保するかが課題になると思われる。

また、自動車メーカーが自動車用途以外にリユースした場合、その回収・リサイクルはどのようになるのかといったことも課題になると思われる。

また、現在、ハイブリッド自動車用の電池として、ニッケル水素電池からリチウムイオン電池への切り替えも進んでいるが、寒冷地における活用などを考えると、ニッケル水素電池も依然としてニーズがあるとのことである¹。従って、ニッケル水素電池についても、リチウムイオン電池と同様の取り組みが期待される場所である。

ASR に関するリサイクルプロセス

ASR に関する現状のリサイクルプロセスは図 23 に示したとおり。

¹ 東洋経済オンライン「「4 代目プリウス」の電池はなぜ 2 種類あるのか ニッケル水素だってまったく枯れていない」、<http://toyokeizai.net/articles/-/93551>

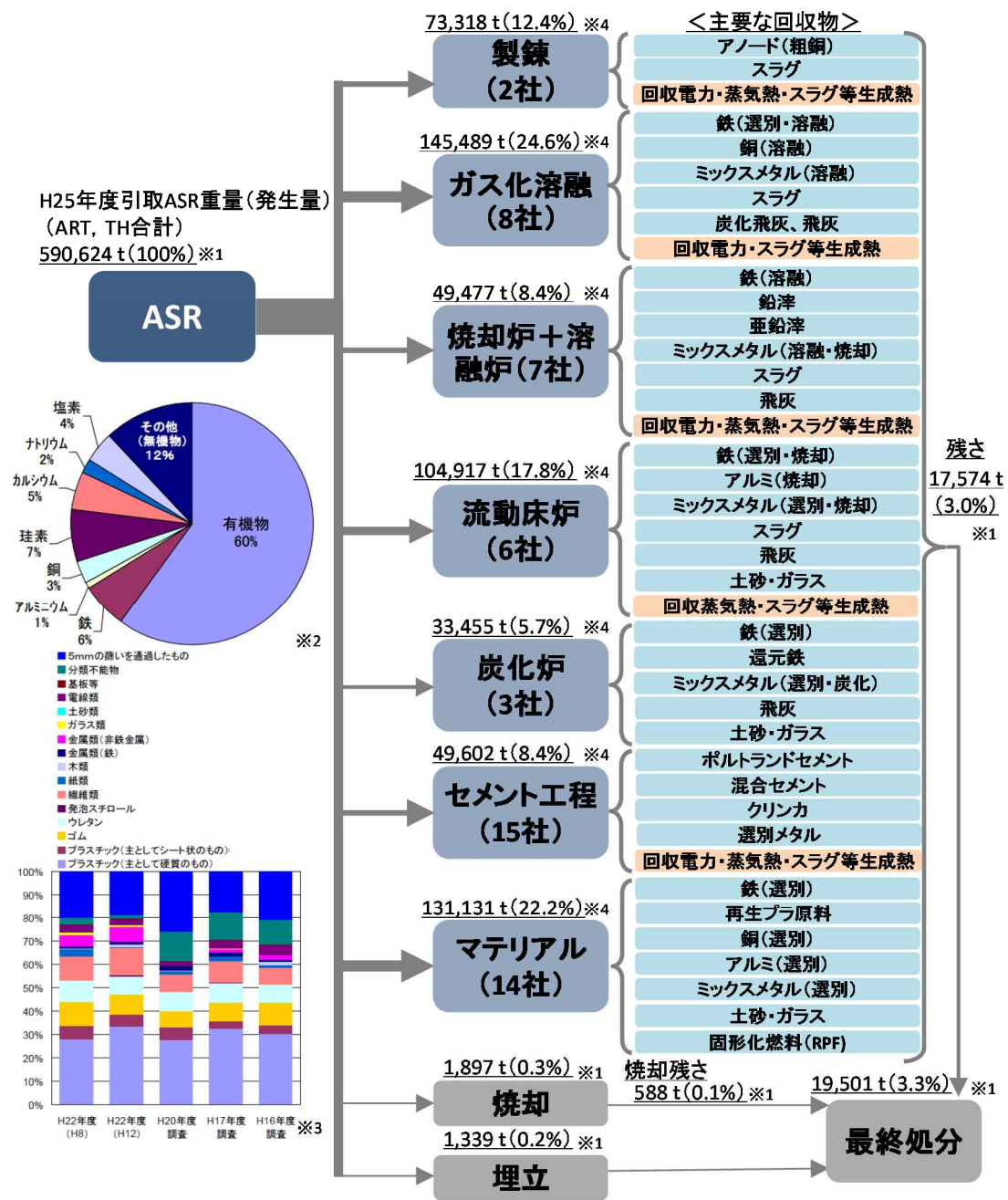


図 23 自動車破碎残さの処理フロー

出所) 1:自動車リサイクル法の施行状況(平成26年8月21日);経済産業省自動車課、環境省リサイクル推進室

2: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特定再資源化等物品関係検討タスクフォース 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特定再資源化等物品関係検討小委員会第3回合同会議(平成15年1月)資料3別添1

3:自動車破碎残さにおける性状把握調査業務報告書(平成23年3月);(株)環境管理センター

4:環境省

(3) 指標・目標のあり方

有害物質に関する指標・目標

有害物質については、鉛の削減の経験を踏まえると、削減には10年程度の長期間の時間を要することがわかる。従って、目標設定時には、長期的な視点で設定することが必要になる。特に、下流側に関しては、ASR中の鉛含有量の減少には、自動車の使用時から排出時までのタイムラグがある。Yano et al.によると、5年程度のラグが生じることが確認されていることから、下流側での目標設定にはさらに長期の目標が必要になる。

レアアースに関する指標・目標

レアアースに関しては、わが国の産業にとって重要な物質であることから、その回収を積極的に進めていくことが必要である。ただし、技術革新によって突然需要が増えたり減ったりすることから、元素そのものについて回収・再資源化目標を定めてしまうと、経済原理に反した目標が立てられてしまうことになる。従って、レアアースを含む電池やハイブリッドトランスミッション等、部品単位で回収目標を定めておき、経済的に合理的な場合には再資源化されるような仕組みにしておくことが重要である。

ASRに関するリサイクルプロセス

ASR マテリアルリサイクル率は、現状は 22.2%である。ART、TH チームヒアリングでも指摘があった²が、ASRの減量化が進み、ASR マテリアルリサイクルに回っていたものをASRになる前の段階でリサイクルすると、ASR マテリアルリサイクル率は低下するといった問題がある。

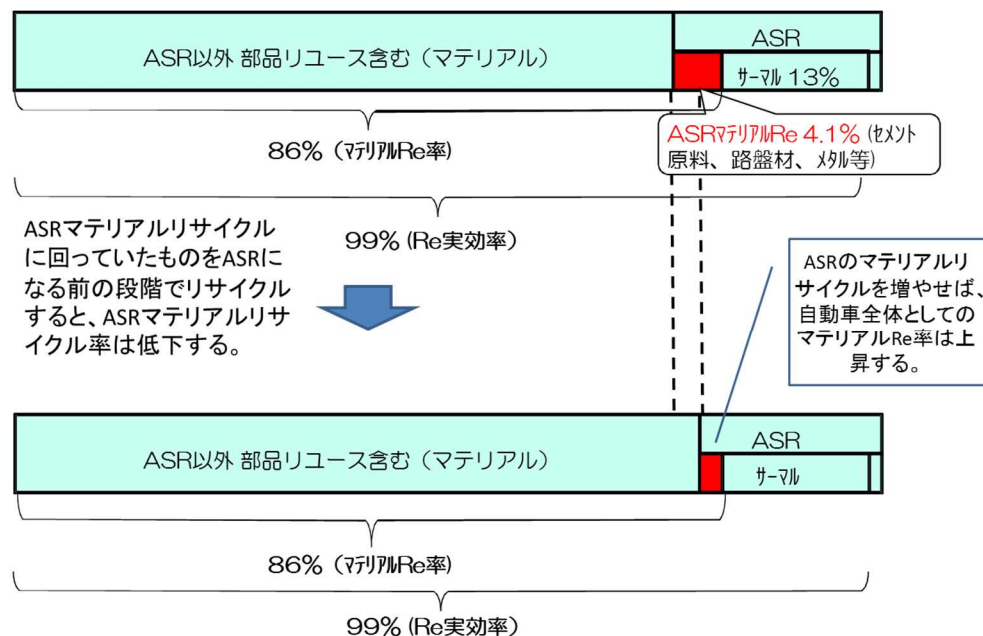


図 24 自動車全体のリサイクル率と ASR のマテリアルリサイクル率

注) Re 実効率 = 自動車全体のリサイクル率

²解体、破碎段階で金属類をとられると ASR での資源性が低くなるというトレードオフ関係にあるとのこと。

元々、ASR はマテリアルリサイクルが困難なものが ASR となったものであり、ASR になったもののマテリアルリサイクルを進めるよりは、ASR になる前で素材として取り外して活用するような取り組みを進めた方が効果的であると考えられる。従って、ASR について、マテリアルリサイクル率を設定して取り組みを進めた場合に、仮に ASR になる前での素材の回収が進んだ場合、結果として ASR のマテリアルリサイクルは一層困難になる。使用済み全体としてのマテリアルリサイクル率が向上する一方で、ASR のマテリアルリサイクル率は下がることになってしまう。

こうした状況を回避するために、ASR 量の削減を重視して、ASR に関するマテリアルリサイクル率を設定するのではなく、使用済み自動車全体としてのマテリアルリサイクル率を設定してその達成を進めるといったことも考えられるが、その場合、目標を課せられる主体が明確でなくなるという問題もある（ASR のマテリアルリサイクルに焦点を当てた目標にすると、自動車メーカーにその達成を義務付けたりといったことが可能になる）。

従って、ASR に関するリサイクル目標について、マテリアルとサーマルを分ける比率を設定すべきかどうかは、慎重に検討する必要があると考えられる。

2.3. 自動車リサイクルを進めるにあたり阻害要因となる有害物質の特定

(1) 自動車リサイクルを進めるにあたり阻害要因となる有害物質・部品

解体業者に対して、自動車の解体・破砕上の課題がある具体的な部品についてアンケートにより尋ねたところ、次ページの表 42 のような部品が上げられた。さらに、同じく解体業者に対して、自動車リサイクルを進めるにあたり阻害要因となる有害物質・部品についてヒアリングを行ったところ、以下のような回答が得られた。

- 有害物質が、どこに使われているかわからないのが課題。解体業者の健康被害にもつながる可能性がある。
- 放射能に汚染されたラジエーターも課題である。
- 電池類は回収ルートで流れていて大きな課題はない。
- 原油価格の低迷により、廃油も逆有償になっている。原油が下がって、産業廃棄物になる。発炎筒も処分料金を支払うようになってきている廃タイヤも同様である。これらの産業廃棄物の処理が、すべて市場原理でまかなえるのか。

特に、ヒアリングでは、有害物質がどこに使われているかメーカーから情報提供が十分ではなく、有害物質を含んだ部品を例示することが難しいといった意見があった。従って、どの部品がどのような有害物質を含むのか、部品単位で情報提供を進めるような取り組みが期待される。

表 42 自動車の解体・破砕上の課題がある具体的な部品

項目	具体的な部品	
1. 部品を取り出ししても需要がない	<ul style="list-style-type: none"> • ガラス類 • シート類 • ドライブシャフト • ABS ユニット • ナビユニット • 内外装部品（14年前後の車） 	<ul style="list-style-type: none"> • セルモーター • ダイナモ • コンプレッサー • ヒータモータ • 新型車のエンジン • マニュアルトランスミッション
2. 素材を取り出ししても需要がない	<ul style="list-style-type: none"> • タイヤ • 少量のレアメタル • PP 以外のプラスチック類 • PP 燃料タンク（重量がある）、PP ラジエータータンク 	<ul style="list-style-type: none"> • ガラス類（単価が低すぎる） • シート、内張りの生地 • エアバックの生地（単価が低すぎる）
3. 取り外しが困難な部品・素材がある	<ul style="list-style-type: none"> • 小型モーター類（複合的に組み合わせられたもの） • エバポレータ • ヒーターユニット • フロントガラス、リアガラス、クォーターガラス • ネオジム • PP 素材の内装の一部（ダッシュボード、 	<ul style="list-style-type: none"> • 内張り、内装天井等）は、取り外しができても分別ができない。 • CP 類の一部 • ボンベ類（LPG, CNG） • ハイブリッドモーター • ハイブリッド及び電気自動車バッテリー素材回収（Ni/Li） • エンジンコンピューター
4. その他	<ul style="list-style-type: none"> • ニブラ機による処理と手外しのバランス、またニブラ機以外の機械を使うかどうかも課題 • CNG 車に搭載されているガスボンベ内の残存ガス液化物の処理。 	<ul style="list-style-type: none"> • バックゲート内の配線の処理が困難 • エアバックカプラーの処理は非効率（人件費と見合わない）

出所：解体業者アンケート（13社に対して実施）

(2) 現状の取り組みの課題

環境配慮設計の取り組み上の課題について、ASR からの回収が難しい資源、リサイクルの障害、高コスト要因、ASR 処理の課題について、ART、TH チームにヒアリングした結果を表 43 に示す。

ASR からの回収が難しい資源については、技術的な課題というよりは、採算が合わずに回収・リサイクルが難しいものとして樹脂や土砂・ガラスが上げられた。また、樹脂については、臭素が含まれるようになったために、ASR のマテリアルリサイクルが困難になっているという状況も明らかになった。

その他、解体、破碎段階で金属類の回収が進むと、ASR での資源価値が低くなるというトレードオフ関係にあることも明らかになった。

表 43 ASR からの回収が難しい資源、リサイクルの障害、高コスト要因、ASR 処理の課題

材料	課題
樹脂	<ul style="list-style-type: none"> ASR 中には PP や PE 等の樹脂、ウレタン樹脂、繊維系樹脂等を含めると樹脂類が約 60%含まれている。こうした樹脂類のリサイクルは、マテリアルリサイクルでは建築用途の再生資源化、サーマルリサイクルでは RPF 化等が進められている。建築用途は価格が低いために処理コストに見合わない場合もある。 回収した樹脂を油化するプロセスの実証行ったが、規模の経済性を発揮させるだけの原料が集まらないため、採算が合わず事業化は進んでいない。 臭素系の樹脂は RPF 化して燃料利用するしかない状況である。 かつては、セメント施設は塩素系の物質が炉をいためるということで、受入れてくれなかったが、その後、塩素対策技術の進展により、セメント施設での樹脂類の受入れが増加してきた。 樹脂類で元の素材に再生するのはあまりない。 かつては ASR から回収されるウレタンや繊維類を分別してリサイクルして RSPP を作り、車両用防音材として活用していた。しかし、臭素が含有されているということで 2 年前に生産をやめた。 かつてバンパー to バンパーの取組を進めた経緯がある。日本のコンパウンダーは品質基準が高く、なかなか買ってくれない。海外のコンパウンダーに売っていたという状況があった。
土砂・ガラス	<ul style="list-style-type: none"> 土砂・ガラスは、ほとんどがセメント施設へと流れていく。ガラスは、品質要求水準が高い割には価格が低いために、ガラスへのリサイクルが難しい。グラスファイバーでも非常に安い。 土砂・ガラス中には銅を含むものもあり、銅を抽出して再利用するという事業は成立している。むしろ、ガラスは銅を抽出するプロセスから出る残差のような扱いとなっている。
その他全般	<ul style="list-style-type: none"> セメント施設は、熔融製錬及びマテリアル施設の残さを最終的に資源化するという位置づけになっている。したがって、受入れ許容量があるセメント施設と連携することが課題である。 解体、破碎段階で金属類をとられると ASR での資源性が低くなるというトレードオフ関係にある。

出所：ART、TH チームヒアリング

3. 次世代自動車及び自動車素材の多様化を踏まえた、新技術への対応の検討

3.1. 使用済自動車に含まれる素材構成の変遷と背景

(1) 素材構成の変遷と背景

オイルショックによる燃費向上や車体軽量化ニーズの高まり、排ガス規制等への対応を背景として、材料開発、材料構成が推移してきた。

表 44 素材構成の変遷と背景

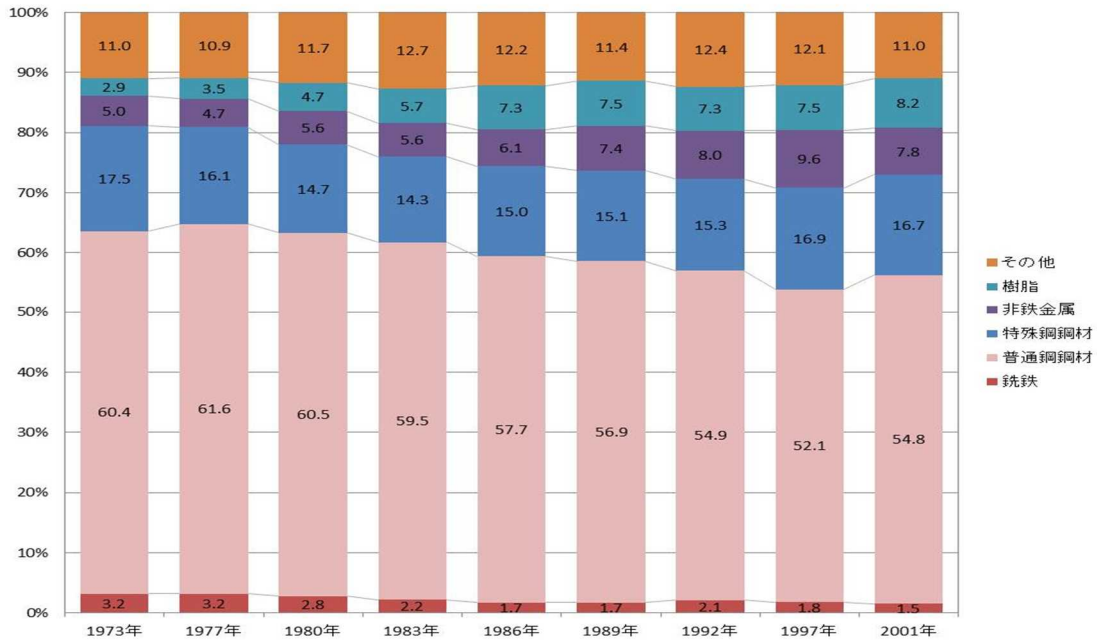
材料	主な部品	変遷
鋼板・鋼管	【高張力鋼】 ボディー、構造部材	・二度のオイルショックによる車体の軽量化ニーズにより、高張力鋼板のニーズ増加
	【ステンレス鋼板・管】 排ガス後処理のための サマルリアクタ、触媒コン バータ	・ステンレス鋼板は、1975年からの排ガス規制強化に伴い、排ガス後処理のためのサマルリアクタ、触媒コンバータの適用が始まり、使用量が増加 ・1980年代中ごろからは、排ガス処理方法は三元触媒法が主流となる。ステンレス鋼板は、排ガス経路に耐食性のよい素材として適用。
特殊鋼・構造用鋼	エンジン・駆動・懸架等の 基幹装置の部品材料	・我が国特殊鋼産業は機械構造鋼を中心にして世界最先端の技術を確立しており、その原動力が自動車メーカーからの絶え間ないニーズの提起であった。 ・燃費改善や排ガス浄化等のニーズを背景として、個別の自動車メーカーだけでなく、個々の車種の要求特性に応じて開発が行われてきた。その結果、非常に多種類の鋼材が実用化されている。
アルミ合金	ダイカスト製品、エアコン のエバポレータ、ラジエー タ、コンデンサ、バンパー ビーム材、フュエルパイプ 等、広範な用途	・二度のオイルショックから、燃費向上のための軽量化ニーズにより、アルミ合金の適用が増加。
樹脂	内装材	・第1次オイルショック(1973年)を契機に、軽量化ニーズが高まり、樹脂の使用量も増加していった。 ・PPは、耐衝撃性、高剛性、廉価、リサイクル性の良さ、などの要因により、特に使用比率が大きく伸びた。 ・汎用エンジニアリングプラスチックは、樹脂の成形加工性の良さを生かした部品統合化設計による軽量化という用途で増加してきている。 ・その他、非常に数多くの樹脂素材が自動車に適用されていく。
ゴム材料	シール・パッキン類、伝達 ベルト、防振マウント類 等	・使用環境が温度、オイル、燃料等と多岐にわたることから、こうした環境下での使用が可能となるゴムの性能改善が進められてきた。
ガラス		・1940年代の曲面ガラス、60年代の防曇やアンテナ内臓型、70年代のデザイン性向上に向けた3次曲線ガラス開発、エアコン効率改善のための熱線遮断ガラス、熱線反射ガラス開発など、ガラスの機能付加に伴う開発が進んできた経緯がある。

出所：「自動車の材料技術 普及版」(編集幹事 林直義、1996年、朝倉書店)

(2) 素材構成

普通・小型乗用車における原材料構成比推移を図 25 に示す。銑鉄、普通鋼材が減少し、非鉄金属、樹脂が増加していることがわかる。

普通・小型乗用車における原材料構成比推移

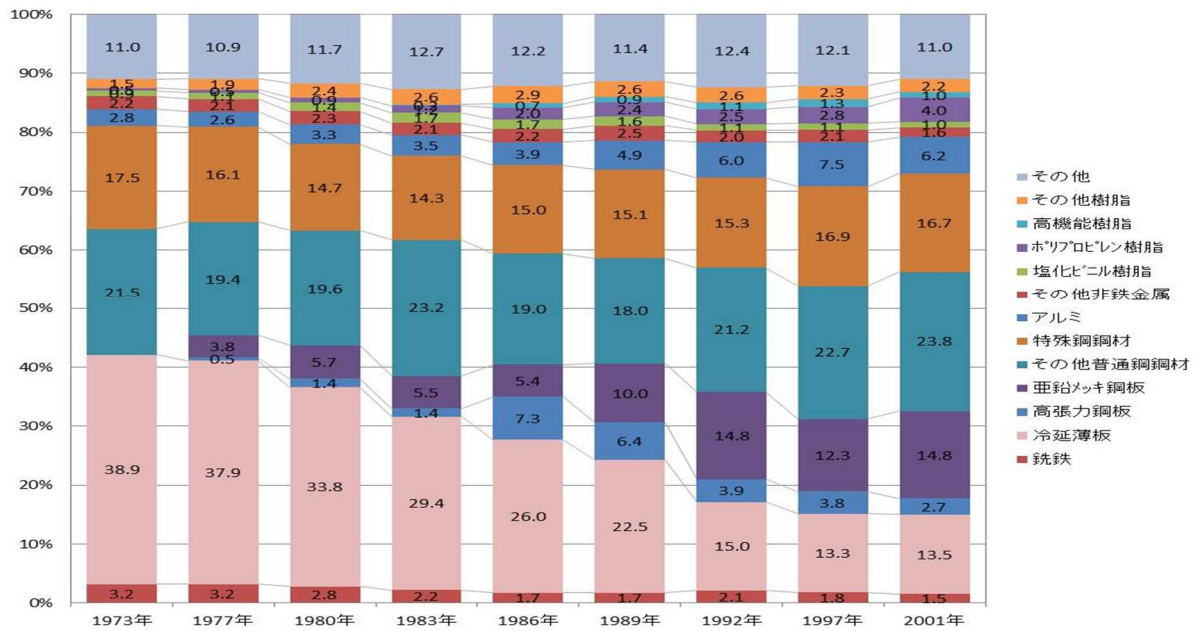


出所：日本自動車工業会調べ

図 25 普通・小型乗用車における原材料構成比推移

さらに、素材構成の推移について、樹脂や鋼鋼材について、より詳細に分類してその推移をみた結果を図 26 に示す。冷延薄板が大きく減少する一方で、高張力鋼板、亜鉛メッキ鋼板、アルミが増加している。また、樹脂の増加においてはポリプロピレン樹脂の増加が大きい。

普通・小型乗用車における原材料構成比推移



出所：日本自動車工業会調べ

図 26 通・小型乗用車における原材料構成比推移（詳細内訳）

普通自動車とハイブリッド自動車の素材構成の違いについて、2002 年式クラウンでは、鉄の構成比が 70%である。

表 45 2002 年式クラウン部品

素材	素材(主組成)	単一物		分解不能物を合わせたもの		
		kg	%	kg	%	
金属	鉄	Fe	1023.57	72.54	1124.25	70.99
	非鉄	Al	128.13	9.08	133.06	8.40
		Cu	0.58	0.04	0.58	0.04
プラスチック	プラスチック	139.69	9.90	193.94	12.25	
ゴム	ゴム	10.85	0.77	13.40	0.85	
ガラス	ガラス	39.32	2.79	39.32	2.48	
繊維	繊維	25.02	1.77	27.24	1.72	
その他	基板	5.46	0.39	5.46	0.34	
	液晶	0.28	0.02	0.28	0.02	
	コード類	34.48	2.44	34.48	2.18	
	その他(紙、蛍光灯、触媒、電球、フィルター)	3.57	0.25	10.71	0.68	
	分解不能品(バッテリー棒、天井)			0.95	0.06	
	合計	1410.95	100.00	1583.68	100.00	

出所：環境省「平成 20 年度使用済自動車再資源化の効率化及び合理化等推進調査業務」

普通自動車とハイブリッド自動車の素材構成の違いについては、1998 年式プリウスは、2002 年式クラウンよりも鉄やプラスチックの構成比が少なく、アルミニウムやゴムの構成比が大きい。

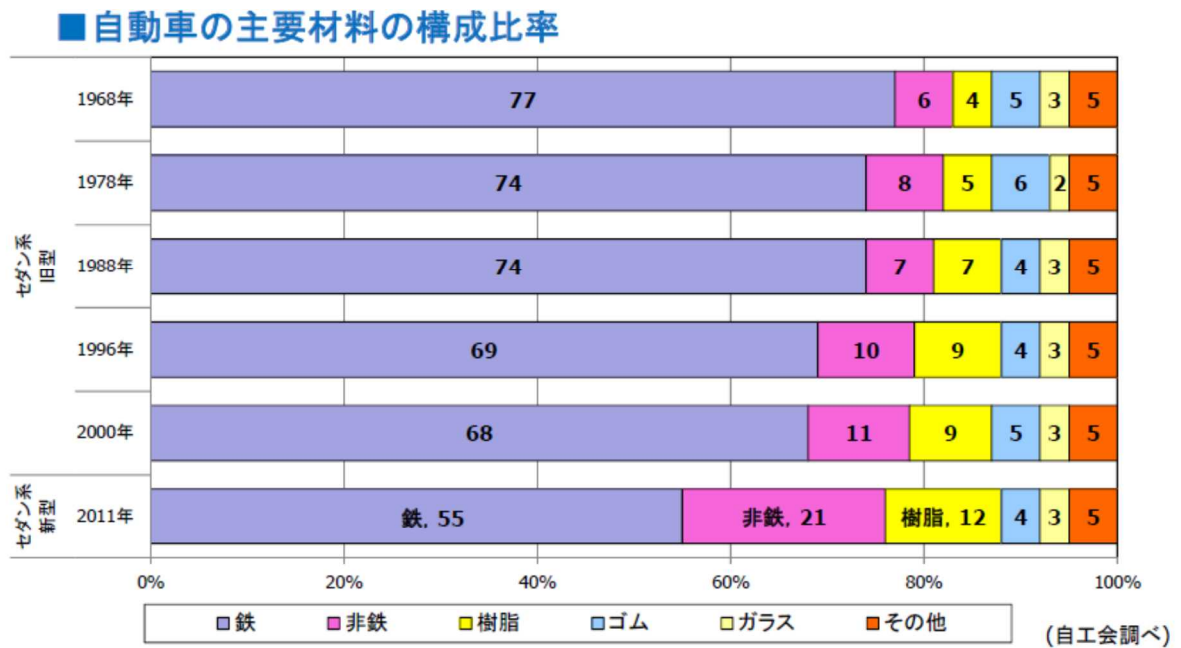
表 46 1998 年式プリウス部品素材

素材	素材(主組成)	単一物		分解不能物を合わせたもの		
		kg	%	kg	%	
金属	鉄	Fe	773.32	68.56	774.57	63.39
	非鉄	Al	152.27	13.50	161.77	13.24
		Cu	3.55	0.31	3.55	0.29
プラスチック	プラスチック	95.20	8.44	123.40	10.10	
ゴム	ゴム	31.09	2.76	31.09	2.54	
ガラス	ガラス	32.66	2.90	32.66	2.67	
繊維	繊維	4.20	0.37	12.87	1.05	
その他	基板	4.89	0.43	4.89	0.40	
	液晶	0.07	0.01	0.07	0.01	
	回収品(エアバッグ)	5.14	0.46	5.14	0.42	
	コード類	24.62	2.18	24.62	2.02	
	その他(活性炭、紙、電球、その他等)	0.94	0.08	0.94	0.08	
	分解不能品(バッテリー棒、天井)			46.26	3.79	
	合計	1127.96	100.00	1221.84	100.00	

出所：環境省「平成 20 年度使用済自動車再資源化の効率化及び合理化等推進調査業務」

(3) 近年製造されている車の主要材料の構成

近年製造されている車の主要材料の構成を図 27 に示す。



・ 1車両に占める鉄の割合は、約40年の間に、55%までに減少
 一方で、樹脂は4%から12%に増加

出所：日本自動車工業会「自動車リサイクル制度の評価・検討について」2014年11月11日

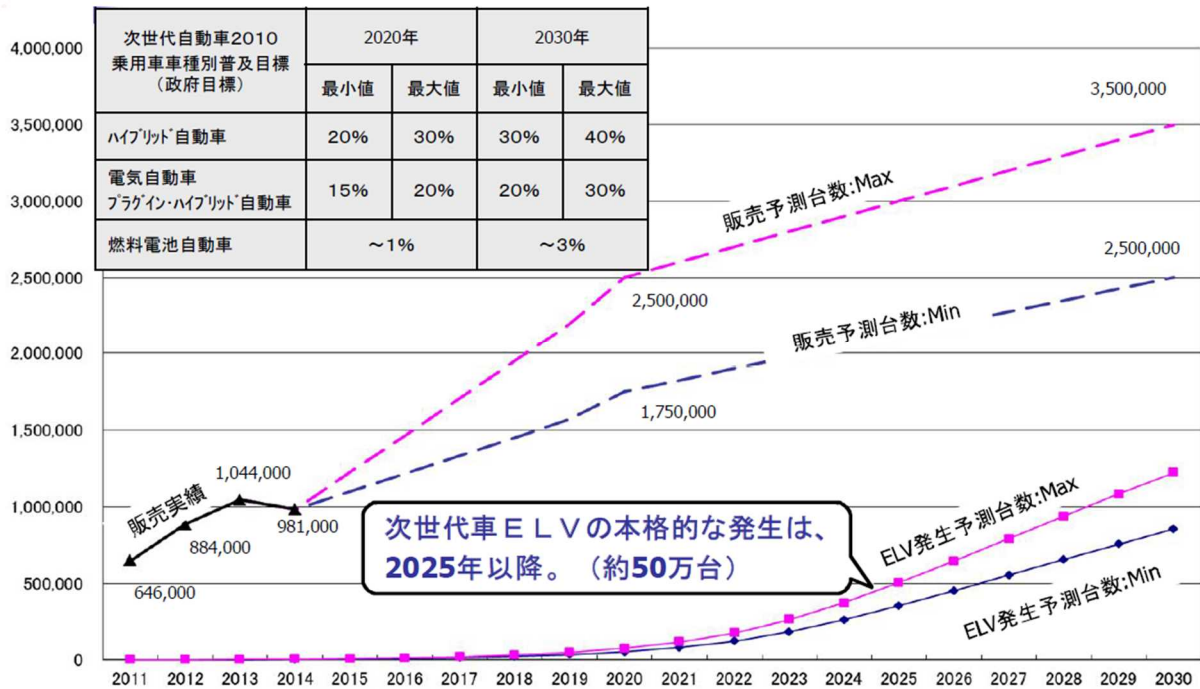
図 27 自動車の主要材料の構成比率

3.2. 使用済自動車に含まれる有害物質、金属元素等の将来予測

(1) 次世代自動車の普及見通し

経済産業省の次世代自動車戦略研究会は「次世代自動車戦略 2010」において、EV・PHV の普及見通しについて 2020 年に新車販売台数の 15～20%、2030 年に新車販売台数の 20～30%とする政府目標と、2020 年に同 5～10%、2030 年に同 10～20%とする民間努力ケースを併記している。

日本自動車工業会は次世代自動車（HV、EV、PHV）の販売台数は最大で 250 万台に達するとみている。



出所：日本自動車工業会「次世代車の適正処理、再資源化の取組み状況」平成 27 年 9 月 14 日

図 28 次世代自動車の普及見通し

(2) 次世代自動車の普及に伴う部品・素材の変化

従来型自動車の部品点数を 3 万点とした場合、電気自動車等の次世代自動車では、そのうちの約 4 割が不要となり、同時に約 2,100 点の部品が新たに増加するとされている。

増加する部品としては、モーターやバッテリーが挙げられている。

次世代自動車では不要・変更となる部品

次世代自動車では新たに搭載される部品

軽量化などの影響で、変更となる部品

【駆動・伝達及び操縦部品】
 <ハイブリッド車・電気自動車>
 トランスミッション等が不要。

※ただし、高速走行の場合、現状はモータトルクが小さく、加速性能を補うため、変速機構は必要とされる場合あり。

電気自動車によって不要となる部品(想定)

	ガソリン自動車の部品の構成比	電気自動車に不要となる部品割合	自動車部品点数を3万点としたときの部品点数	電気自動車に不要となる部品点数
エンジン部品	23%	23%	6900	6900
駆動・伝達及び操縦部品	19%	7%	5700	2100
懸架・制動部品	15%	0%	4500	0
車体部品	15%	0%	4500	0
電装品・電子部品	10%	7%	3000	2100
その他の部品	18%	0%	5400	0
合計	100%	37%	30,000	11100

出所：自動車部品工業会資料より作成。

【エンジン部品】
 ○エンジン、給油系部品
 <ハイブリッド車>
 ダウンサイジング(気筒数・バルブ数の減少)
 <電気自動車>
 不要

<従来車も含む影響>
 ○インテークマニホールド、シリンダーカバー等
 樹脂(PA)へ素材変更



【電装品・電子部品】
 ○モーター・コントロールユニット
 <ハイブリッド車・電気自動車>
 新たに搭載

○電池(バッテリー)・インバーター
 <ハイブリッド車・電気自動車>
 急速な充放電に対応する必要から、リチウムイオン電池への代替が必要。

○エンジン制御装置、スパーグプラグなど
 <電気自動車>
 不要

【懸架・制動部品】
 <ハイブリッド車・電気自動車>
 プレーキ部品の材料変更
 (再生ブレーキの場合、負荷が減少するため、ブレーキ商品が樹脂製品などの軽量材料に変化することが想定)

【車体部品】
 <従来車も含む影響>
 ○ボディ外板
 ハイテン⇒アルミ板へ素材変更(将来的には樹脂化)
 ○バックドア・サンルーフ等
 樹脂(PPなど)

【その他】
 ○ライト
 現在はリアランプなどでLEDを採用。今後はヘッドランプへの普及が予想。
 ハロゲンなど⇒LEDへの素材変更

出所：素形材産業ビジョン検討会「素形材産業ビジョン追補版 我が国の素形材産業が目指すべき方向性」平成 22 年 6 月

図 29 部品・素材の変化

従来型自動車と次世代自動車の構造及び部品における主な違いは下表のとおりである。

表 47 ガソリン車及び次世代自動車における構造・部品の違い

		エンジン	燃料タンク	モーター	バッテリー
ガソリン車				×	×
次世代自動車	ハイブリッド車(HV)				
	電気自動車(EV)	×	×		
	プラグイン・ハイブリッド自動車(PHV)				
	燃料電池車(FCV)	×			

(注) =あり、×=なし

出所：素形材産業ビジョン検討会「素形材産業ビジョン追補版 我が国の素形材産業が目指すべき方向性」平成 22 年 6 月

(3) 次世代自動車における新たな部品：電池

ハイブリッド自動車及び電気自動車・プラグインハイブリッド自動車において新たに用いられる主な部品としては、ニッケル水素電池及びリチウムイオン電池がある。

ニッケル水素電池及びリチウムイオン電池ともに、各メーカーのスキームにおいて、回収が行われている。ただし、リチウムイオン電池の場合、各メーカーは本格的な廃棄が発生する 2020 年ごろに向け、回収スキームを検討している段階である。

表 48 次世代自動車における使用済みニッケル水素電池及びリチウムイオン電池の回収状況

	2013 年度	2014 年度
ニッケル水素電池	3,083 個	3,188 個
リチウムイオン電池	46 個	158 個

注) ニッケル水素電池及びリチウムイオン電池ともに各社の合計値。使用済み車からの発生個数。

注) ニッケル水素電池はトヨタ自動車、本田技研工業、三菱自動車工業、日野自動車における発生個数の合計。

注) リチウムイオン電池は、トヨタ自動車、日産自動車、マツダ、三菱自動車工業、スズキ、富士重工業、いすゞ自動車における発生個数の合計。

出所：日本自動車工業会資料

(4) 次世代自動車における新たな部品：水素タンクと駆動用バッテリー

燃料電池車に用いられる新たな部品としては、水素タンクや駆動用バッテリーがある。

燃料電池車は市場投入後間もない自動車であり、使用済み車両の発生に伴いこれらの部品が本格的に廃棄されるようになるのは、十数年先と想定されている。

表 49 水素タンクと駆動用バッテリー

水素タンク	駆動用バッテリー
<p>充填圧力 70MPa の高圧水素ガスを貯蔵するための、CFRP 製のタンク。(使用例：トヨタ「MIRAI」には 2 本使用。)</p>  <p>(出所) 豊田合成</p>	<p>充放電可能で、200V 以上の電圧を持つ高電圧電池。減速時にモーターによって回収されたエネルギーを電気として貯蔵、加速時に燃料電池の出力をアシスト</p>  <p>(出所) 豊田合成</p>

(5) 次世代自動車の新たな部品に含まれる素材

リチウムイオン電池/ニッケル水素電池

両電池ともに、ニカド電池におけるカドミウムのような有害物質は含まない。

リチウムイオン電池やニッケル・水素電池など、レアメタル等の有用金属を含む新しい部品が含まれている

特にリチウムイオン電池については、高電圧であり、発火の危険性があるなど、取扱いに注意を要する

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）

次世代自動車では、蓄電池自体が重く、車体の重量が航続距離に影響する等の理由から、軽量化がきわめて重要な課題とされ、従来の鉄に代わって、アルミや樹脂が用いられるようになっている。

また燃料電池車の場合、航続距離を伸ばすために 70Mpa 充填仕様の高圧水素タンクが必要とされる。そこで強度確保のために CFRP（炭素繊維強化プラスチック）が用いられる。

アルミは鉄よりも市場でより高い価格で取引されており、選別技術も確立されている。他方、樹脂は、従来の破碎業が想定していなかった素材であり、新たな処理技術・プロセスが必要となる可能性がある。

特に CFRP は製品のライフサイクル全体における廃材や不良品の循環を考慮することで、クローズドリサイクルを達成する可能が示唆されているものの、現状では、スクラップとしての経済的価値が小さく、従来の自動車同様の処理が難しいとされている。

3.3. 新技術への対応の方向性

二次電池

鉛蓄電池については、鉛価格が下落して不法投棄が懸念されたことから、平成 6 年 10 月から国内電池メーカー各社が自主的に再生鉛を購入することで回収・リサイクルを行う B A J 自主取組（下取り方式）を構築し、対応してきた。しかしながら、近年における輸入製品の増大などから、自動車用鉛蓄電池の回収・リサイクルの実効性を確保するとともに、廃棄物処理法は幾多の改正があり、現行自主取組では法律に合わない部分も発生していたため、それに合わせて新自主スキームを構築したという経緯がある。

今後は、リチウムイオン電池やニッケル水素電池が課題となるが、これについても、鉛蓄電池の経験を有効に活用し、個社の取り組みから共同スキームへと移行していくことが必要になる。

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）

自動車リサイクル法における ASR リサイクル施設に対してアンケート調査を行い、CFRP が ASR に混入した際に、自動車リサイクル法における ASR リサイクル施設が対応可能かどうかの確認を行っている。

- ・ 一般的に言われている集塵機トラブルなどへの懸念が広く認識されており、受け入れに積極的でない施設が多い。それゆえ、処理経験も少なく不安が先行している状況も見受けられる。
- ・ 設備に関しては、今回の試験結果による知見として酸素濃度が CF の燃焼に重要であることが分かったが、現時点で高酸素濃度での処理が期待できる施設は少ない。
- ・ よって、焼却施設に求められる取り組みとして以下の方向性が考えられる
 - 1) 高い酸素濃度による燃焼を可能とする（酸素吹き込みシャフト炉など）
 - 2) 酸素濃度を高めなくても燃焼できるように微細化する（セメントなど）
 - 3) CFRP の飛散自体を抑え込む（RDF化 など）
- ・ 処理コストについては、CFRP 廃棄物を受け入れている少数の事業所から回答があったが、その処理費の幅は広く、今後 CFRP の処理される量が増大した場合についてはわからない。しかし、処理困難物という認識のため、ASR に混入した場合、処理コストが増加する可能性が予想されている。

これによると、CFRP が ASR に混ざった場合に処理コストの増大の可能性が懸念されるため、可能であれば、ASR になる前の段階（解体段階）において別途取り外されることが望ましい。従って、CFRP の再生材の需要を喚起するような技術開発や市場育成が必要になると考えられる。