

公益財団法人自動車リサイクル高度化財団
自主事業

2025年度モーター磁石リサイクル実証事業 事業報告会資料

令和8(2026)年9月1日

- 代表事業者
 - 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社
- 実証協力事業者
 - 株式会社マテック
- 協力団体・事業者
 - 一般社団法人 日本自動車工業会
 - 株式会社アイシン

三菱UFJリサーチ&コンサルティング

世界が進むチカラになる。



目次

1. 事業計画

2. 事業実施報告

2.1 市場推計

2.2 実施計画書の作成状況

3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等

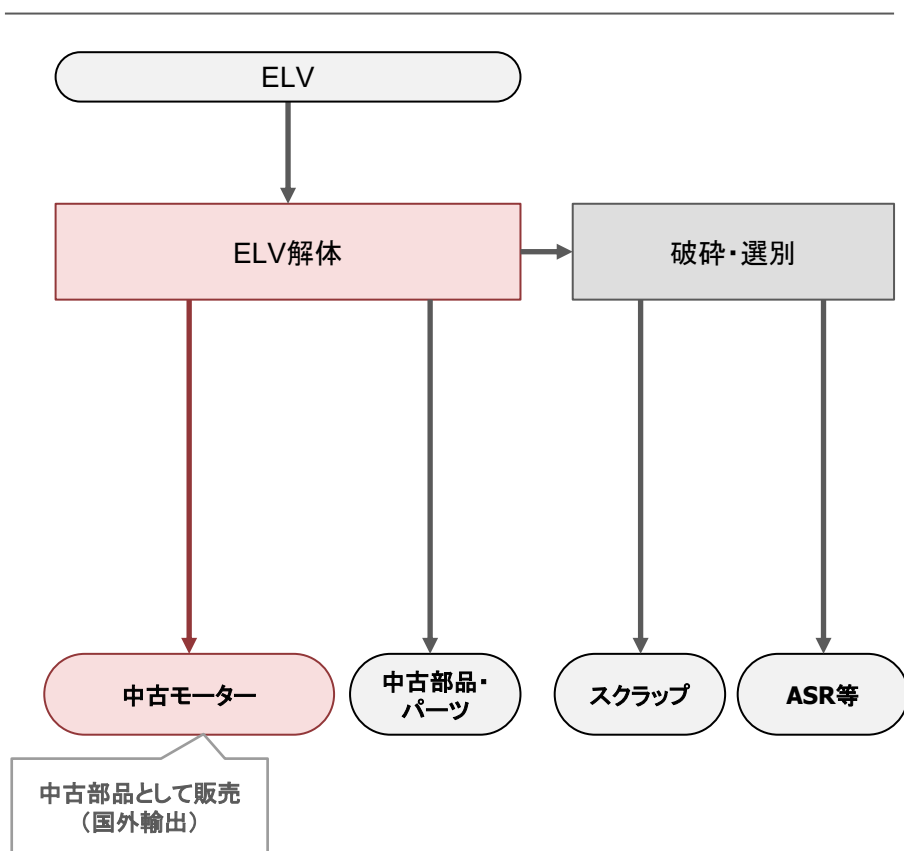
1. 事業計画

廃自動車の磁石to磁石リサイクルを実現するための要件を明らかにする

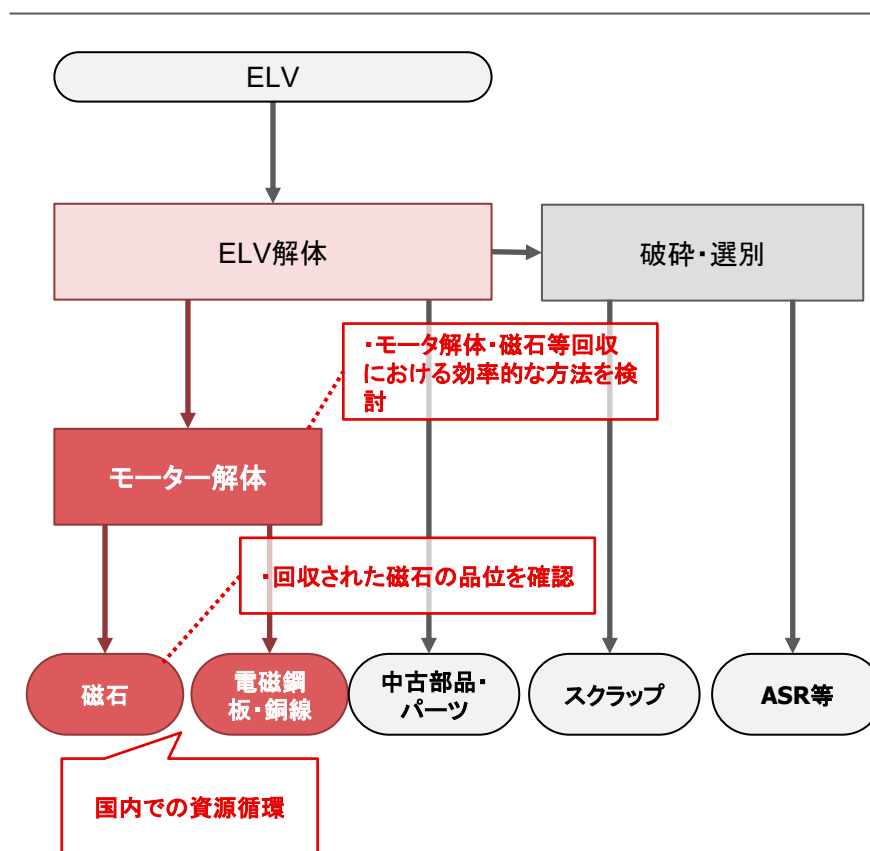
1. 助成事業の計画 1.1 自動車リサイクル業界における事業の位置づけ・背景

- 自動車モーター構成部品である磁石素材(レアアース)の磁石to磁石リサイクルを実現し、経済安全保障上のリスク回避等へ貢献する。また、より競争力のあるリサイクル方法/工程を明確化し、将来的な国内のモーターリサイクル施設の設置を促進することを目的とする。

現状



事業実施後に目指す姿



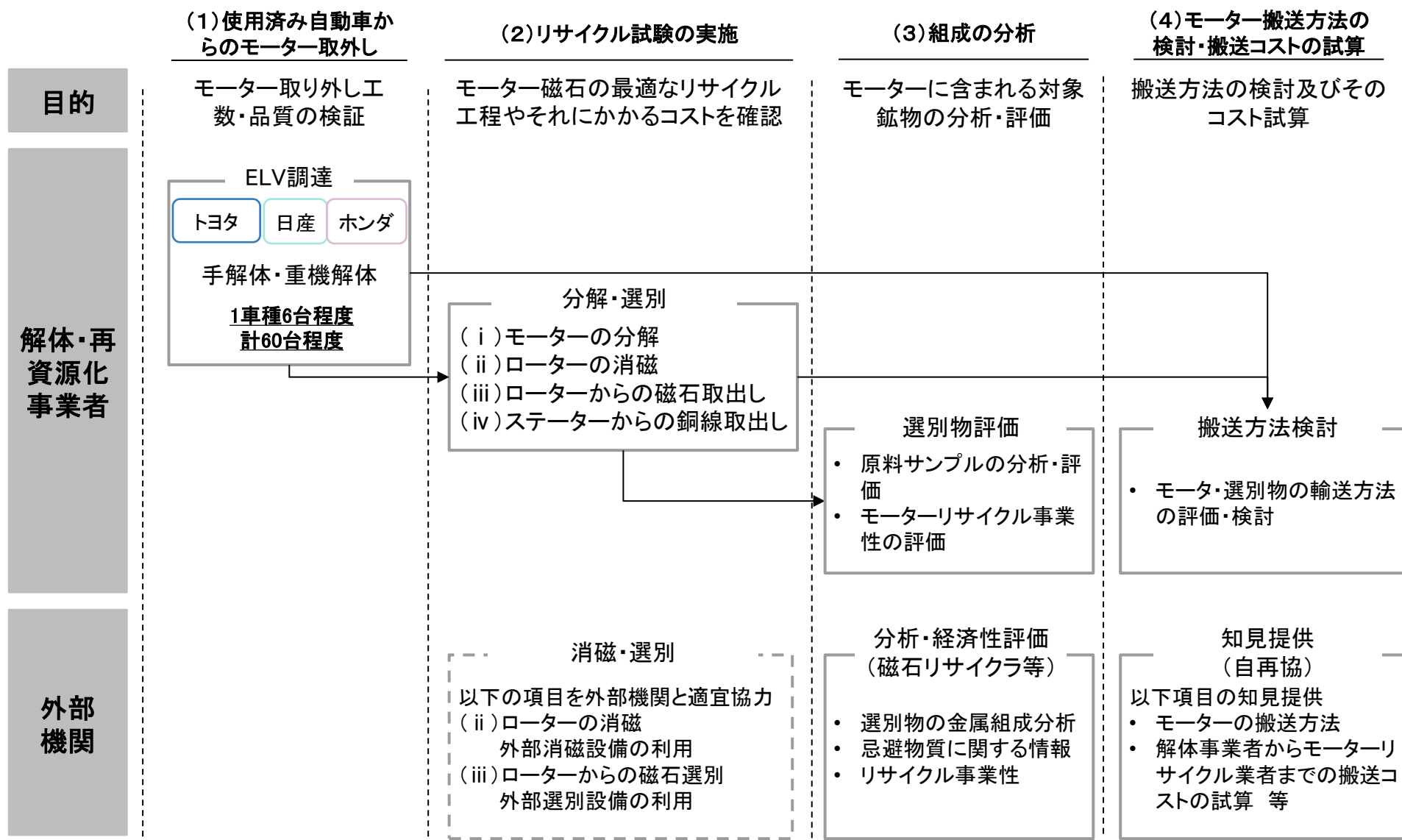
事業実施スケジュール

■ 実証事業のスケジュール(2026年8月時点)は以下の通り。

	2025年度					2026年度												2027年度						
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
1. 市場調査の実施																								
2. 実施計画案の作成																								
3. リサイクル実証																								
1 廃棄自動車からの駆動用モーター等取外し																								
(1)' 事前準備																								
(2)' 駆動用モーターや発電用モーターの取外し																								
2 リサイクル試験の実施																								
(1)' 事前準備																								
(2)' モーターの分解																								
(3)' ローターの消磁																								
(4)' ローターからの磁石取出し																								
(5)' スターターからの銅線取出し																								
3 組成の分析																								
(1)' 分析条件・実施機関の検討																								
(2)' 組成分析の実施																								
4. モーター磁石リサイクルの事業性評価																								
(1)' データ類の整理・報告																								
(2)' 事業性評価の実施																								
5. 報告書の作成																								

実証事業全体の流れ(3. リサイクル実証部分)

1. 助成事業の計画 1.2 事業の実施内容



2. 事業実施報告

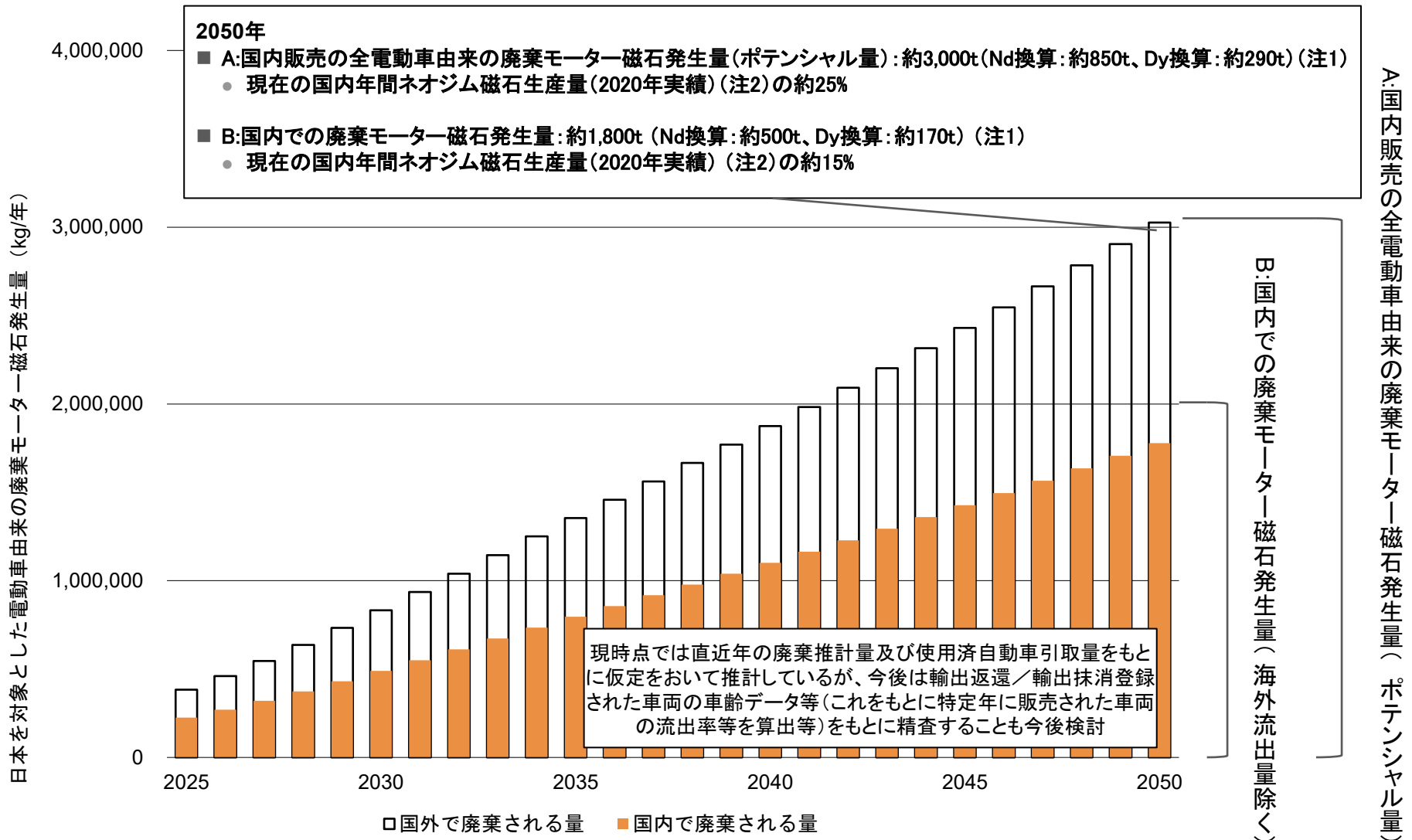
市場推計：廃棄モーター（駆動用等）磁石の発生量に関する推計の目的、対象範囲

2. 事業報告 2.1市場推計

項目	概要
目的	■ 日本国内（必要に応じて特定国）におけるモーターリサイクルの市場規模を明確化 ● 将来的に日本（必要に応じて特定国）で発生する使用済電動車（HEV、PHEV、BEV、FCV）及びこれに含まれる（廃棄）モーター磁石（ネオジム（NdFeB）磁石）の発生量を推計 ● モーター磁石は駆動用モーター由来の磁石を想定
地理的範囲	■ 日本国内（必要に応じて特定国）で販売された全ての電動車に由来する廃棄モーター磁石発生量（A） ● 日本では中古自動車／モーターとしての輸出が多いことから、このうち最終的に日本国内で「発生する」廃棄モーター磁石量（B）と海外で「発生する」廃棄モーター磁石量の内訳の推計も想定
時間的範囲	■ 「2025年～2050年の期間」を対象とした年間の廃棄モーター磁石発生量
備考	■ 廃棄モーター磁石（ネオジム（NdFeB）磁石）は使用済電動車から回収されるものを想定（交換時等に発生するものは想定なし） ■ 電動車はHEV、PHEV、BEV、FCVを対象として想定 ■ （日本では）電動車（及びこれに含まれるモーター磁石）は、一部（相当量が）国外に中古品として輸出され、国外で処理されることが想定されるため、これを加味した国内で発生する廃棄モーター磁石量も推計

日本を対象とした廃棄モーター(駆動用モーター)磁石発生量の推計結果

2. 事業報告 2.1市場推計



(注1) ネオジム磁石中のNd含有率はネオマグ社ウェブサイト参照し28%、Dy含有率はJOGMEC「電動自動車関連部材のレアメタル使用実態」を参照し9%(HEV、PHEV、FCV)または15%(BEV)と想定

(注2) 国内の年間ネオジム磁石生産量(2020年実績)は新金属協会ウェブサイト参照し、12,400トンと想定

(出所) 各種資料を基にMURC作成

廃棄モーター(駆動用モーター)磁石の発生量に関する推計に関するまとめ

2. 事業報告 2.1市場推計

(1) 日本を対象とした廃棄モーター磁石発生量の推計結果

- 日本国内で販売される全電動車由来の廃棄モーター磁石発生量(ポテンシャル量)は2050年時点で約3,000トンと推計されており、現在の国内の年間ネオジム磁石生産量(2020年実績)の25%ほどの規模にあたる。
- 上記から海外流出量を除いた国内での廃棄モーター磁石発生量(≒回収量)は2050年時点で約1,800トンと推計されており、現在の国内の年間ネオジム磁石生産量(2020年実績)の15%ほどの規模にあたる。
- 上記の推計結果は電動車の販売台数の増加傾向にも左右される(政策的な要因等によりBEV等の普及が急増した場合には増加も見込まれる)が、いずれにしてもリサイクル由来の原材料を十分な量確保するためには、海外流出を抑えることも重要と考えられる。

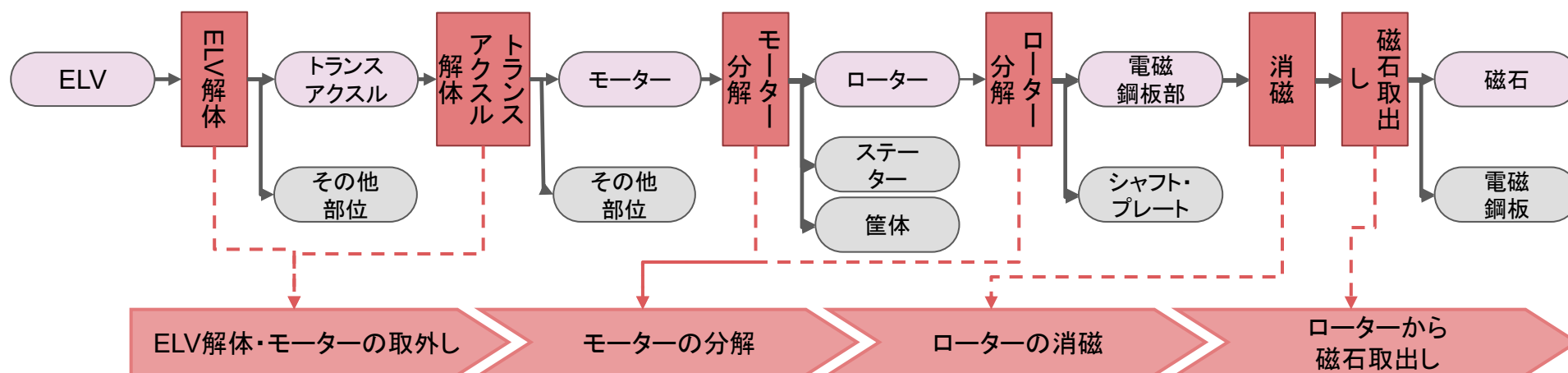
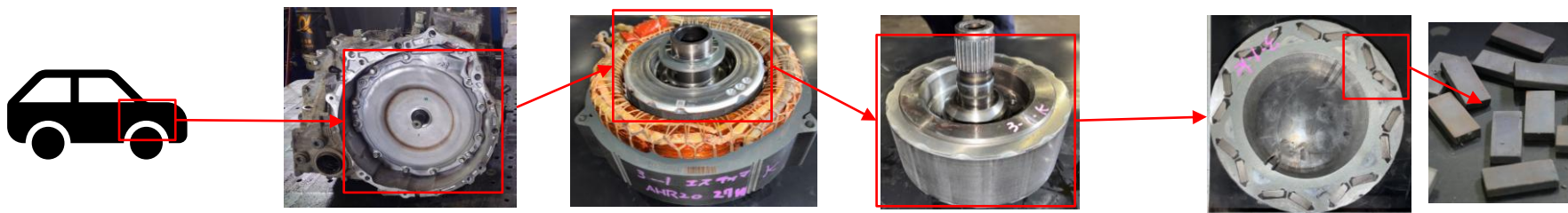
(2) 今後の検討課題

- 日本を対象とした廃棄モーター磁石発生量の推計の精査
 - － 電動車の平均使用年数: 永久抹消登録/使用済自動車として引取された電動車の車齢データ等をもとに精査を検討(現在は自動車全般における平均使用年数を使用)
 - － 廃棄自動車の国内処理(残存)比率: 輸出返還/輸出抹消登録された車両の車齢データ等(これをもとに特定年に販売された車両の流出率等を算出する等)をもとに精査を検討
 - － 電動車中のモーター磁石含有量: 本事業の実証結果をもとにモーター磁石及び各元素含有量を設定することも検討
 - － 電動車販売台数: 政策的な要因等によりBEVが急激に普及するシナリオ等の考慮必要性を検討
- 日本以外における廃棄モーター磁石発生ポテンシャルの推計
 - － 将来的に大規模な廃棄モーター磁石の発生が見込まれる中国での廃棄モーター磁石発生量(ポテンシャル量)の推計を検討

目指すべき解体・分解プロセスとその実現に向けた課題の全体像

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- 需要側（メーカー側）のニーズを満たしながらリサイクル事業としての採算性を確保するため、①解体・分解に係るコスト（人件費・設備費・エネルギーコスト等）を抑えて、②高品質に磁石を回収でき、③現場の安全性確保・環境負荷低減が実現できる方法を目指す。



ポイント

- 分解工程における人件費（特に作業工数）を最小限とする。
- エネルギー消費を最小限とする。
- （手解体時）担当者の安全性が確保できる方法とする。
- 分解工程における人件費（人数×工数）を最小限とする。
- エネルギー消費を最小限とする。
- ローターを磁石取出しに適した状態とする。
- エネルギー消費を最小限とする。
- 比較的導入が容易な装置とする。
- 磁石取出しが可能な（脱磁と接着除去ができる）状態まで加熱する。
- エネルギー消費を最小限とする。
- 比較的導入が容易な装置とする。
- 様々な形状の電磁鋼板部に対して磁石が取り外せる方法とする。
- 不純物や異種磁石が混入しないようにする。

（出所）株式会社マテック提供写真をもとにMURC作成

リサイクル実証：（１）廃棄自動車からのモーター取外し

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- 自工会によって実施された調査にもとづき、実証対象候補車種を洗い出し、そこから実際に入手容易な車種を選定中である（10車種・計60台を想定）

	車名	車両型式	発売時期
マツダ (1車種程度)	アクセラハイブリッド	BYEFP-100001～	2013年11月～2019年5月
	MX-30 EV	DREJ3P-100001～ DREJ3R-100001～	2020年10月～
	MX-30 REEV	DR8V3P-100001～ DR8V3R-100001～	2023年9月～
	CX-60 MHEV	KH3R3P-100001～	2022年6月～
	CX-60 PHEV	KH5S3P-100001～	2022年6月～
日産自動車 (2車種程度)	LEAF	ZE0	2010年～2012年
	LEAF	AZE0	2012年～2015年
	LEAF	AZE0	2017年～2020年
いすゞ	エルフ	NPR85AN-HE6AY-H	2007年頃
SUBARU	SUBARU XV HYBRID	DAA-GPE	2013年4月
スズキ (1車種程度)	ソリオ	DAA-MA46S	2016年以降
	スイフト	DAA-ZC43S	
	エスクード	5AA-YEH1S	2022年以降
トヨタ自動車 (3車種程度)	HEV 3世代 小容量 プリウス	ZVW30	2009年5月～2015年1月
	HEV 3世代 中容量 カムリ	AXVH70	2017年7月～2021年12月
	HEV 3世代 中容量 エスティマ	DAA-AHR20W	2006年6月～2019年10月
	HEV 3世代 大容量 ハリアー	DAA-MHU38W	2005年3月～2012年12月
	HEV E-four 3世代 大容量 エスティマ	AHR20W	2006年6月～2019年10月
	HEV E-four 3世代 大容量 ハリアー	AVU65W	2014年1月～2020年5月
	HEV 3世代 FR 大容量 LS600h	UVF45	2007年5月～2017年10月
	HEV 3世代 大容量 クラウン	GWS204	2008年5月～2012年12月
	HEV 4世代 小容量 プリウス	ZVW50	2015年12月～2022年1月
三菱自動車工業 (1車種程度)	i-MiEV	HA3W HA4W/HD4W	2009年～2012年頃 2012年～2018年頃
	ミニキャブMiEV	U67V/U68V U68V	2012年頃 2012年～2023年頃
	アウトランダーPHEV	GG2W	2012年～2021年頃
	キャンターエコハイブリッド	FEA13, FEA53, FEB73	2012年～2019年頃
三菱ふそう	キャンターエコハイブリッド	FE73B, FE74B, FE84B	2005年頃～2011年頃
本田技研工業 (2車種程度)	Fit、FREED	Fit: GP1、4系 FREED: GP3系	2010年
	Fit、VEZEL	Fit: GP5、6系 VEZEL: RU3、4系	2013年
	ODEYSSEY	RC4系	2013年
	ACCORD	CR6系	2016年

リサイクル実証：(2)リサイクル試験の実施 (ii)ローター消磁施設の選定・開発

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- 委託先候補事業者との打ち合わせを踏まえ、2方式・3水準での熱消磁検証(バーナーによる直接加熱、加熱水蒸気(2つ以上の温度帯:例600℃・900℃))を検証する予定である。

項目	概要
目的	■ ローターの加熱方式等の工数、使用エネルギー、消磁装置の能力等について検証する。 ● ローターの消磁を複数手法(手解体・ニブラー等の利用)を行い、その効果、コストCO2排出量などを検証し、有効な技術の検証を行う。
実施内容	① 消磁プロセス及び装置を選定・調達する。具体的には、熱脱磁方法のうち、<u>バーナー加熱、水蒸気加熱などについて、周辺部品(トレーの形状や材質など)についても併せて検討・調達する。</u> ② ①で検討した機械装置を用いて消磁を行う。その際、複数の消磁方法を比較検討できるように<u>消磁条件(消磁温度など)を決定・測定する。</u>解体したローターを消磁技術方法及び消磁条件に応じて可能な限り等量に配分する。 ③ ①～②で収集したデータ及び消磁工程で消費されるエネルギー等を試算・分析する



(出典) マテック殿石狩工場装置

(出典) [AllFit 過熱水蒸気対応雰囲気ボックス炉](#)

消磁に求められる温度条件の検討:①ネオジム磁石のキュリー温度

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

■ ネオジム磁石のキュリー温度は、約340℃である。

標準規格特性			
項目		品種構成	N43TS
			C// (C⊥)
磁気特性	残留磁束密度 B_r	[T]	1.28 ~ 1.34
		[G]	12800 ~ 13400
	保磁力	H_{cB}	[kA / m] 963 ~
			[Oe] 12100 ~
		H_{cJ}	[kA / m] 1830 ~
			[Oe] 23000 ~
	最大エネルギー積 $(BH)_{max}$	[kJ / m ³]	310 ~ 350
		[MGOe]	39 ~ 44
	リコイル比透磁率 μ_r	[-]	1.05
温度特性	残留磁束密度温度係数 *1	[% / K]	-0.10
	保磁力温度係数 *2	[% / K]	-0.51
	熱膨張係数 *3	[1 / K]	7.4×10^{-6} (-2.0×10^{-6})
	キュリー点	[°C]	340

*1: $\Delta B_r / \Delta T \times 100 / B_r (20^\circ\text{C})$ ($\Delta T: 20\text{--}140^\circ\text{C}$)

*2: $\Delta H_{cJ} / \Delta T \times 100 / H_{cJ} (20^\circ\text{C})$ ($\Delta T: 20\text{--}140^\circ\text{C}$)

*3: 20–200°C

(出所)信越化学工業株式会社 N43TS-ネオジム系磁石データシートより引用

消磁に求められる温度条件の検討: ②熱硬化樹脂の熱分解温度

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- エポキシ樹脂(硬化剤による硬化後のエポキシ樹脂をサンプルとする)は、**300~350℃**において、激しく熱分解することが想定される(下図1)。なお、以下の図は、無酸素条件下での熱分解の結果である。

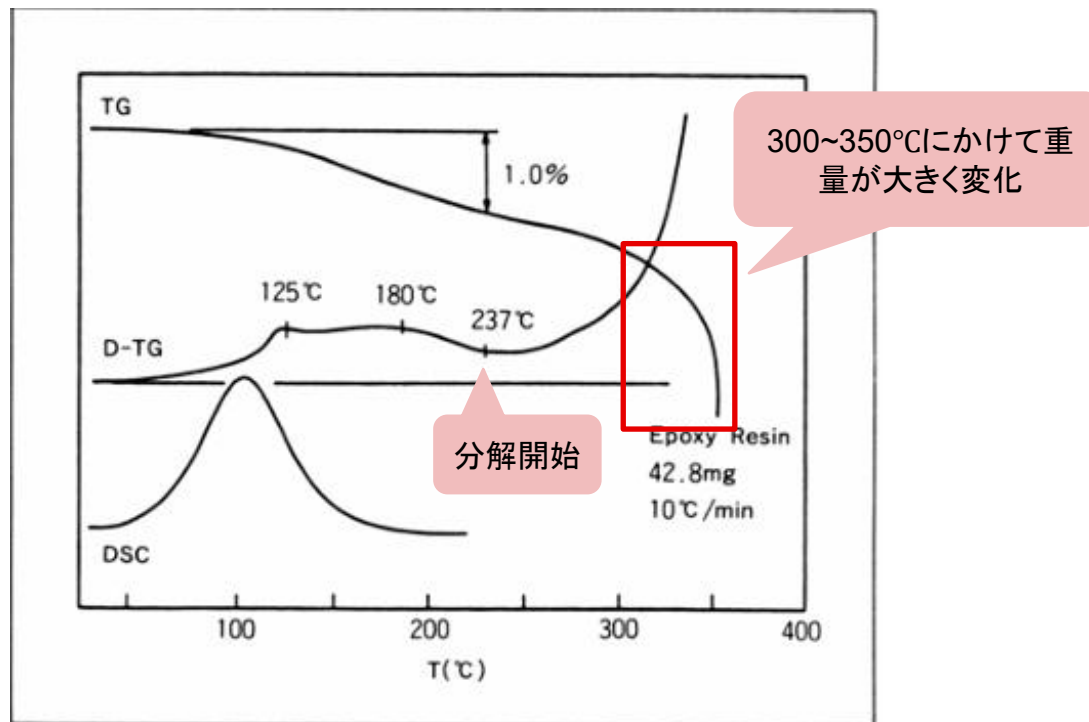


図1 エポキシ樹脂の硬化、分解反応のDSC, TG, D-TG曲線
DSC, TG and D-TG curves for cured and decomposition reactions of an epoxy resin

(出所)島津製作所「島津アプリケーションニュースNo. M116 TG/GCMSによる分析(Ⅰ)エポキシ樹脂」より引用(吹き出しはMURC追加)

消磁に求められる温度条件の検討: ③モーター加熱時のモーター内磁石の温度

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- モーターを加熱する際、炉の温度とモーター内磁石の表面温度の差異は以下の図 (Fig.5) のとおりであった。このデータを用いて、磁石の表面温度を400℃にする際の炉の温度を推計した結果、(炉の温度を)483℃にする必要があることが示唆された。

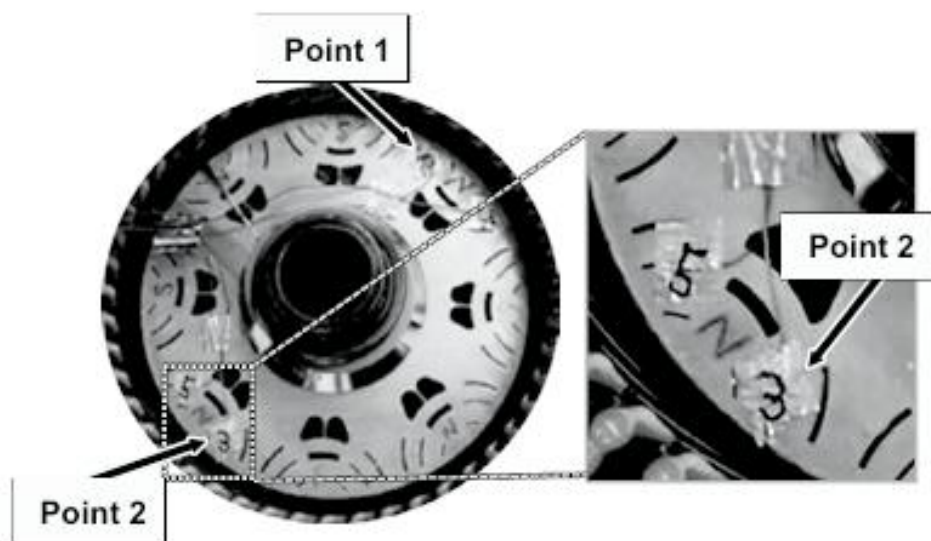


Fig. 2. Attachment position of thermocouples.

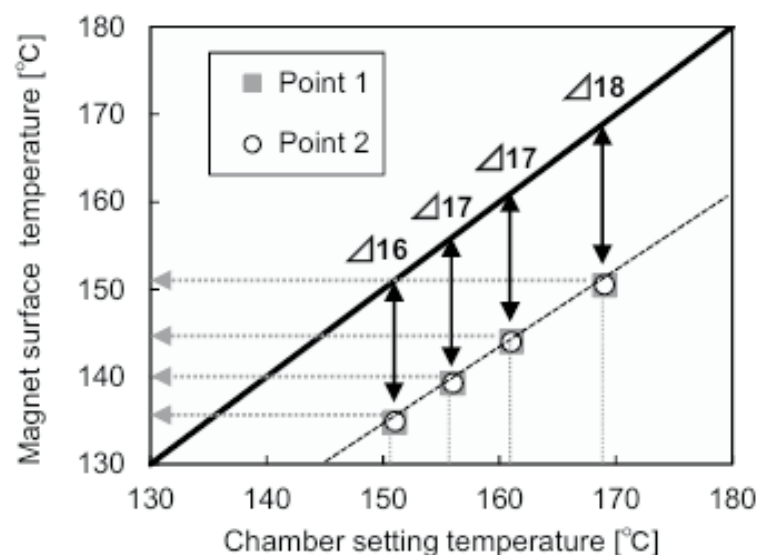


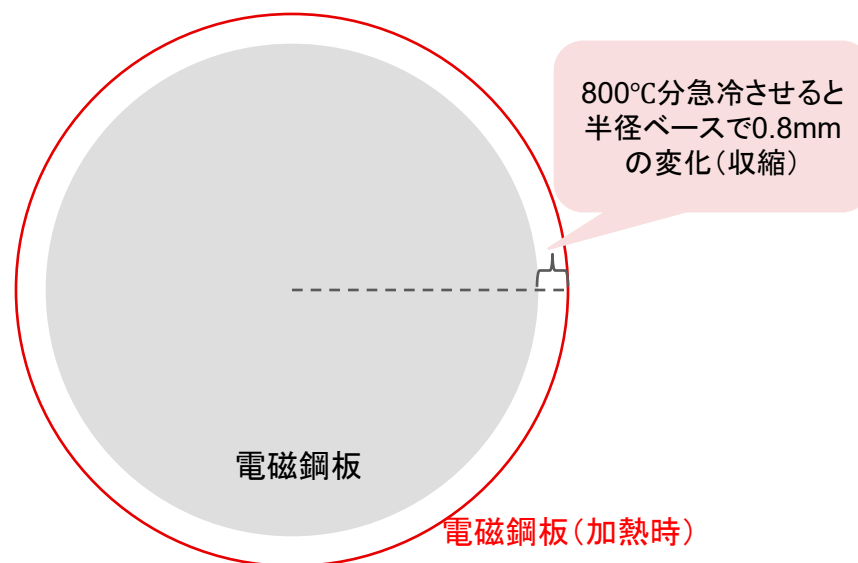
Fig. 5. Relationship between magnet surface temperature and chamber setting temperature.

(出所)大同特殊鋼株式会社/自動車駆動用埋込磁石同期モーターにおける高温下のロータ磁石の不可逆減磁現象の解析と評価法(日南田ら)より引用

消磁に求められる温度条件の検討：④電磁鋼板の熱膨張率

2. 事業報告 2.2実施計画書の作成状況

- 電磁鋼板(Fe-Si系合金)の熱膨張係数に関するデータは見当たらないため、Feの熱膨張係数である $1.17 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ を用いて、急冷時の電磁鋼板の面積変化を試算した(実際には、Feではなく、Fe-Si系合金であるため、電磁鋼板の熱膨張係数は $1.17 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ よりも少し低いことが想定される)。
- 電磁鋼板を半径9cmの円盤とすると(本実証事業で取得した写真より判断/ 800℃急冷後の半径を9cmと仮定する)、**800℃分急冷した際、電磁鋼板は約480mm²収縮する(半径は約0.8mm収縮)**ことが推計された。



(出所) Davis, J.R. *Metals Handbook Desk Edition*. ASM, 1998に記載の熱膨張係数を基にMURCが推計

今後の実証事業実施における課題及び解決方法等

3.1 現状の課題／3.2 課題の解決方法

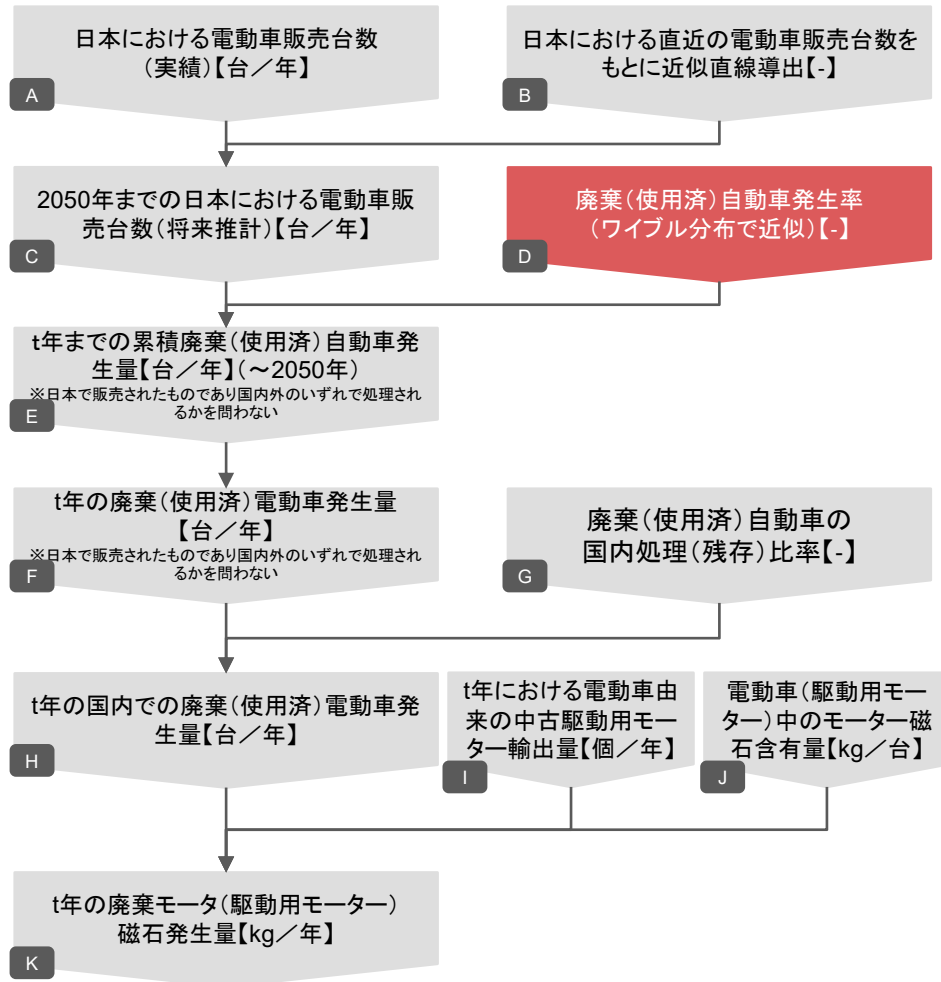
項目	想定される課題	対策
市場推計	(別スライドにて既述) ・ 日本を対象とした廃棄モーター磁石発生量の推計の精査 ・ 日本以外における廃棄モーター磁石発生ポテンシャルの推計	・ JARCからデータをお預かりするべく依頼中 ・ 中国を対象とした推計作業を実施中
(1)廃棄自動車からのモーター取外し	・ 市場から調達可能な廃自動車の台数・車種の偏り	・ 対象車種はすでに自工会のご協力を頂いて候補を絞り込み済み ・ 調達可能な車種は、実証協力事業者の意見を参考にしながら選定
(2)(i)モーターの分解	・ 各モーター・ローター構造への最適な対応の検討	・ まず対象全車種の構造の把握を優先して実施して、それぞれの最適な方法を検討する。
(2)(ii)ローターの消磁	・ 消磁設備の選定・仕様決定・製作の遅れ ・ 消磁・磁石取外し効率・省エネルギーを満たす消磁条件の検討	・ 複数の温度条件が設定可能な消磁設備を選定し、最適な温度を選定できるようにする。 ・ 設備製作には5か月程度を想定し、調整を進めていく。
(2)(iii)ローターからの磁石取出し	・ 各ローターに汎用的に利用可能かつ効率的な取出し方法の確立	・ 実証協力事業者における予備考察を踏まえて候補となる方法を整理済み ・ 必要に応じて効率的な取外装置の試作も実施
(2)(iv)ステーターからの銅線取出し	・ -	・ -
(3)組成の分析・評価	・ 再資源化の忌避物質等の特定 ・ 分析装置の精度不足	・ NdFeB磁石メーカーに忌避物質をヒアリング済 ・ NdFeB磁石に推奨分析機関を紹介打診中
(4)モーター搬送方法の検討・搬送コストの試算	・ 搬送方法の効率性を判断する基準	・ 自再協と協議を行う
その他	・ -	・ -

参考資料

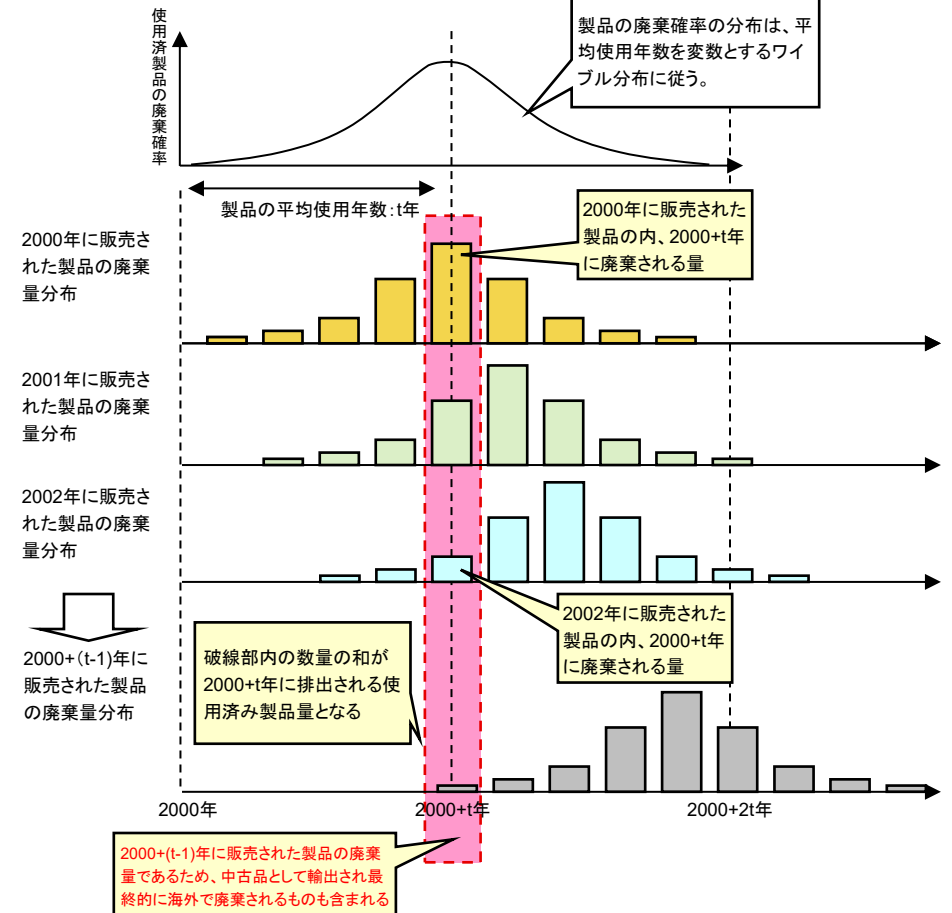
参考：日本を対象とした廃棄モーター（駆動用モーター）磁石発生量の推計方法

2. 事業報告 2.1市場推計

推計フロー



廃棄モデルに基づく使用済み製品の発生量推計イメージ



$$E(t) = \sum_{i=t_0}^t Q_i \cdot f_i(i-t_0)$$

$E(t)$: t 年度における製品廃棄量
 Q_i : i 年度に販売された製品量
 $f_i(t)$: i 年度に販売された製品の廃棄確率分布関数
 t_0 : 基準年 (HEVの販売が始まる1998年とした)

(出所) 各種資料を基にMURC作成

参考：日本を対象とした廃棄モーター（駆動用モーター）磁石発生量推計における情報源等

2. 事業報告 2.1市場推計

記号	項目	情報源等
A	日本における電動車販売台数(実績)【台／年】	■ 一般社団法人日本自動車工業会「日本の自動車工業 2025」
B	日本における直近の電動車販売台数をもとに近似直線導出【-】	■ 「A」の実績値をもとに近似直線を導出
C	2050年までの日本における電動車販売台数(将来推計)【台／年】	■ 「B」で導出した近似直線をもとに2050年までの販売台数を推計（他社推計との整合も確認）
D	廃棄(使用済)自動車発生率(ワイブル分布で近似)【-】	■ $W(y) = 1 - \exp\left[-\left\{\frac{y}{Y}\right\}^b \times \left\{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)\right\}^b\right]$ ■ $W(y)$: 使用年数yの累積分布関数(y年時点の累積の廃棄率)、Y: 平均使用年数(年)、b: 定数 出典: 田崎智宏・小口正弘・亀屋隆志・浦野紘平「使用済み耐久消費財の発生台数の予測方法」廃棄物学会論文誌、12(2)、pp.49-58 ※平均使用年数Yは17年としている （ただし、今後は永久抹消登録／使用済自動車として引取電動車の車齢データ等をもとに精査できないか検討中） ※自動車では$b=3.5$している（田崎ら「使用済み耐久消費財の発生台数の予測方法より」）
E	t年までの累積廃棄(使用済)電動車発生量(～2050年)【台／年】	■ 「C」及び「D」を用いて2050年までの累積廃棄(使用済)自動車発生量を推計
F	t年の廃棄(使用済)電動車発生量【台／年】	■ 「E」を用いて2050年までの廃棄(使用済)自動車発生量を推計(t年までの累積廃棄量からt-1年までの累積廃棄量を差し引いて推計)
G	廃棄(使用済)電動車の国内処理(残存)比率【-】	■ 直近年の国内の使用済自動車引取量(実績)及び廃棄自動車発生量(推計値)から一定の国内処理(残存)比率を仮定(推計) ■ ただし、今後は輸出返還／輸出抹消登録された車両の車齢データ等(これをもとに特定年に販売された車両の流出率等を算出する等)をもとに精査することも検討中
H	t年の国内での廃棄(使用済)電動車発生量【台／年】	■ 「F」に「G」を乗じて2050年までの廃棄(使用済)自動車発生量を推計($F \times G$)
I	t年における電動車由来の中古モータ輸出量【個／年】	■ 多相交流電動機(8501.53-000)の輸出台数(財務省貿易統計)を電動機用途別生産比率(生産動態統計)で按分し、これに中古品割合を乗じて中古モーター輸出量を推計(～2024年)。上記の直近年の値もとに使用済モーター発生に対する中古モーター輸出割合(一定)を仮定し将来の中古モーター輸出量を推計(～2050年) ■ なお、中古品割合は100%と仮定(経済産業省「使用済自動車由来の金属資源循環実態調査事業」より)
J	電動車(駆動用モーター)中のモーター磁石含有量【kg／台】	■ JOGMEC「電動自動車関連部材のレアメタル使用実態」より、HEV、PHEV、FCVは1kg／台、BEVは2kg／台と設定(なお、中古駆動用モーター中の磁石含有量にも同様の値を適用)
K	t年の廃棄モータ磁石発生量【kg／年】	■ 「H」に「J」を乗じたものから「I」に「K」を乗じたものを差し引いて推計($H \times K - I \times K$)

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

www.murc.jp/