

経済産業省委託調査

平成26年度製造基盤技術実態等調査
(使用済自動車由来の金属資源循環実態調査事業)
報告書

平成27年3月

株式会社 矢野経済研究所

目 次

第 1 章 使用済自動車を取り巻く現状

- 1-1. 使用済自動車の発生状況
 - 1-1-1. 使用済自動車の発生台数と流通ルート
 - 1-1-2. 次世代自動車の引取状況
- 1-2. 使用済自動車を取り巻く現状と課題
 - 1-2-1. 自動車保有期間の変化
 - 1-2-2. 中古車輸出台数の増加
 - 1-2-3. 軽自動車の増加
 - 1-2-4. 解体業者の課題

第 2 章 自動車における有用金属の使用状況

- 2-1. 自動車の原材料構成
- 2-2. 銅の使用状況
- 2-3. レアメタルの使用状況
- 2-4. その他有用金属の使用状況
 - 2-4-1. 貴金属
 - 2-4-2. 鉛

第 3 章 有用金属を使用する主要部品の流通実態

- 3-1. 解体業者アンケート調査
- 3-2. ワイヤハーネス
 - 3-2-1. 流通フローの概要
 - 3-2-2. 回収状況
 - 3-2-3. 販売状況
 - 3-2-4. 輸出先
 - 3-2-5. 販売価格
 - 3-2-6. 国内での資源循環に向けた課題
 - 3-2-7. ワイヤハーネスの流通フロー
- 3-3. エンジン/ミッション
 - 3-3-1. 流通フローの概要
 - 3-3-2. 回収状況
 - 3-3-3. 販売状況
 - 3-3-4. 輸出先
 - 3-3-5. 販売価格
 - 3-3-6. 国内での資源循環に向けた課題
 - 3-3-7. エンジン/ミッションの流通フロー
- 3-4. スターター/オルタネーター
 - 3-4-1. 流通フローの概要
 - 3-4-2. 回収状況
 - 3-4-3. 販売状況
 - 3-4-4. 輸出先

- 3-4-5. 販売価格
- 3-4-6. 国内での資源循環に向けた課題
- 3-4-7. スターター/オルタネーターの流通フロー
- 3-5. 駆動用モーター
 - 3-5-1. 流通フローの概要
 - 3-5-2. 回収状況
 - 3-5-3. 販売状況
 - 3-5-4. 販売価格
 - 3-5-5. 資源循環に向けた課題
 - 3-5-6. 駆動用モーターの流通フロー
- 3-6. 小型モーター類
 - 3-6-1. 流通フローの概要
 - 3-6-2. 回収状況
 - 3-6-3. 販売状況
 - 3-6-4. 輸出先
 - 3-6-5. 販売価格
 - 3-6-6. 国内での資源循環に向けた課題
 - 3-6-7. 小型モーター類の流通フロー
- 3-7. 基板類
 - 3-7-1. 流通フローの概要
 - 3-7-2. 回収状況
 - 3-7-3. 販売状況
 - 3-7-4. 輸出先
 - 3-7-5. 販売価格
 - 3-7-6. 国内での資源循環に向けた課題
 - 3-7-7. 基板類の流通フロー
- 3-8. 鉛蓄電池
 - 3-8-1. 流通フローの概要
 - 3-8-2. 販売状況
 - 3-8-3. 販売価格
 - 3-8-4. 資源循環に向けた課題
 - 3-8-5. 鉛蓄電池の流通フロー
- 3-9. 次世代自動車用蓄電池
 - 3-9-1. 流通フローの概要
 - 3-9-2. 販売状況
 - 3-9-3. 販売価格
 - 3-9-4. 資源循環に向けた課題
 - 3-9-5. 次世代自動車用蓄電池の流通フロー
- 3-10. アンケート結果のまとめ
 - 3-10-1. 各対象部品の回収状況
 - 3-10-2. 各対象部品の販売状況
 - 3-10-3. 各対象部品の輸出先
 - 3-10-4. 各対象部品の販売価格

3-10-5. 各対象部品の未回収理由

3-10-6. 自動車部品のリユース/リサイクルを行う上での課題

第4章 自動車由来の有用金属国内循環に向けた課題と今後

4-1. 部品別資源流出および未回収の実態と主な要因

4-2. 回収段階での課題と回収促進に向けた施策

4-2-1. 小型モーター類

4-2-2. 基板類

4-3. 海外流出資源の実態

4-3-1. 廃資源輸出に関する法規制

4-3-2. 中国における銅スクラップ処理の実態

4-3-3. 韓国への廃バッテリーの流出

4-4. 対象部品リサイクル技術の開発

4-4-1. ワイヤハーネスのリサイクル技術

4-4-2. 駆動用モーターのリサイクル技術

4-4-3. 次世代自動車用蓄電池のリサイクル技術

第5章 資源の国内循環に向けた施策

5-1. 国内資源循環に向けた解体業者による取り組み事例

5-2. 国内資源循環促進に向けた提案

5-3. 国内資源循環のモニタリング指標について

第1章 使用済自動車を取り巻く現状

1-1. 使用済自動車の発生状況

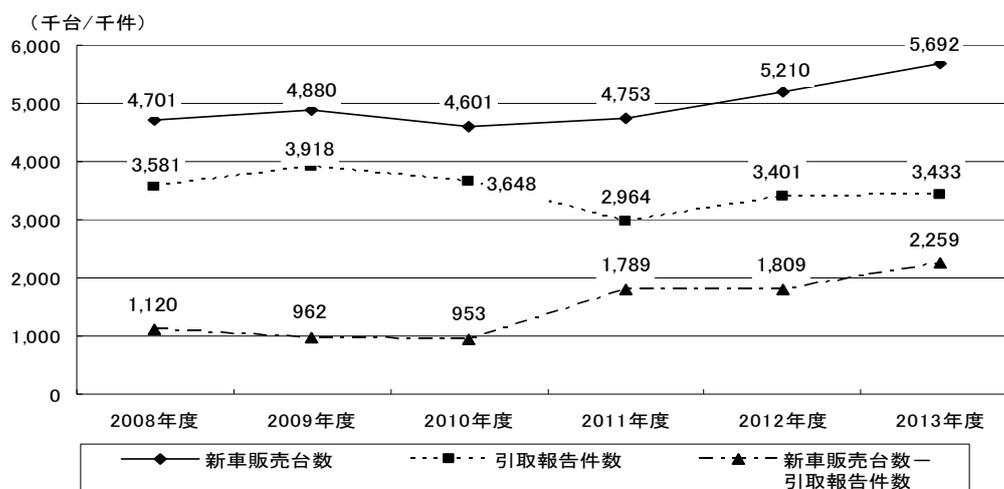
1-1-1. 使用済自動車の発生台数と流通ルート

使用済自動車の発生台数については、自動車リサイクル法施行以後、使用済自動車の引取工程での移動報告件数(引取件数)で確認できる。2013年度の使用済自動車引取件数は343.3万件であり、2012年度よりは微増の結果となった。

使用済自動車は、自動車を買替え、それまで保有していた自動車の登録を抹消することによって発生することが多いため、基本的には新車販売台数と同様の推移を示すと考えられる。図表1-3に新車販売台数と使用済自動車引取件数の推移を示すと、その推移はほぼ連動している。しかし、2013年のみ新車販売台数の伸びに対して、引取報告件数の伸びが鈍化している。これは、2013年初頭まで行われた新エコカー補助金および消費税前の駆け込み需要によって伸びた新車販売台数と、それに伴い発生する使用済自動車としての引取報告までに時間差があるためとみられるが、2014年4～6月の引取報告件数は前年に比べて約3.6万台増加している程度で、2013年度の伸びの鈍化が説明できないほど小さい。

また、新車販売台数と引取報告件数の増減の推移がある程度連動している一方で、新車販売台数と引取報告件数の差は近年拡大傾向にある。この要因としては、保有台数の増加(新規ユーザーによる購入等)や、中古車流出台数の増加等が考えられる。2009年～2010年については、スクラップインセンティブの影響によりこの差が小さくなっているが、近年では新車販売台数と以前ほど連動しなくなっている使用済自動車の現状が窺える。

図表 1-1. 新車販売台数と引取報告件数の推移

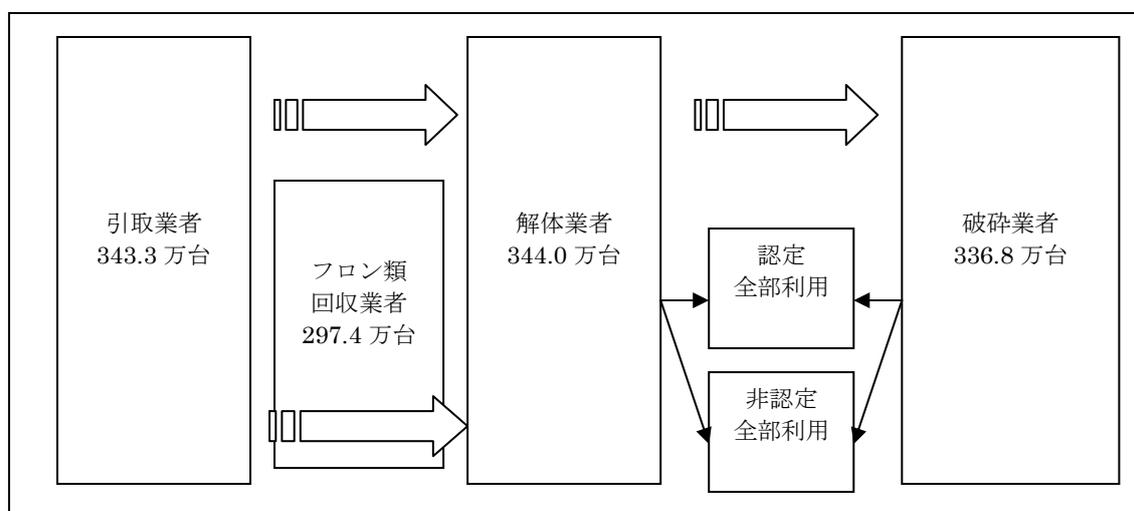


出所：日本自動車工業会（新車販売台数）、自動車リサイクル促進センター（引取報告件数）

自動車リサイクル法に基づき解体業者によって引き取られた使用済自動車は、フロン類、エアバッグ類及び廃油・廃液等の回収がされた後、技術的かつ経済的に可能な範囲で、中古部品として価値が見込める部位については取り外され、中古部品とならない部位でも、ハーネスやアルミスクラップ等の有用金属の回収が見込める部位については、資源販売用として取り外される。その後、ボディを含む残りの部分については、廃車ガラとして破砕業者へ引渡されるが、破砕業者へ引渡すほかにも、解体自動車の全部を鉄鋼の原料として国内の電炉・転炉業者へ引き渡すあるいは製品の原材料として海外に輸出することも認められている。

国内の電炉・転炉業者への引渡しに関して、認定全部利用とは、自動車リサイクル法第31条に基づき、自動車メーカー等が解体業者または破砕業者に委託して、解体自動車の全部再資源化を行うものである。具体的には、解体業者、破砕業者、電炉・転炉業者及び商社等でコンソーシアムを形成し、主に銅を含んだ部品の手作業等を伴う精緻な解体を行い、プレスされた解体自動車を電炉・転炉に投入するものである。全部再資源化を行うことで、ASRを発生させずに使用済自動車の再資源化を行うことが可能となる。

図表 1-2. 使用済自動車の流れ (2013 年度)

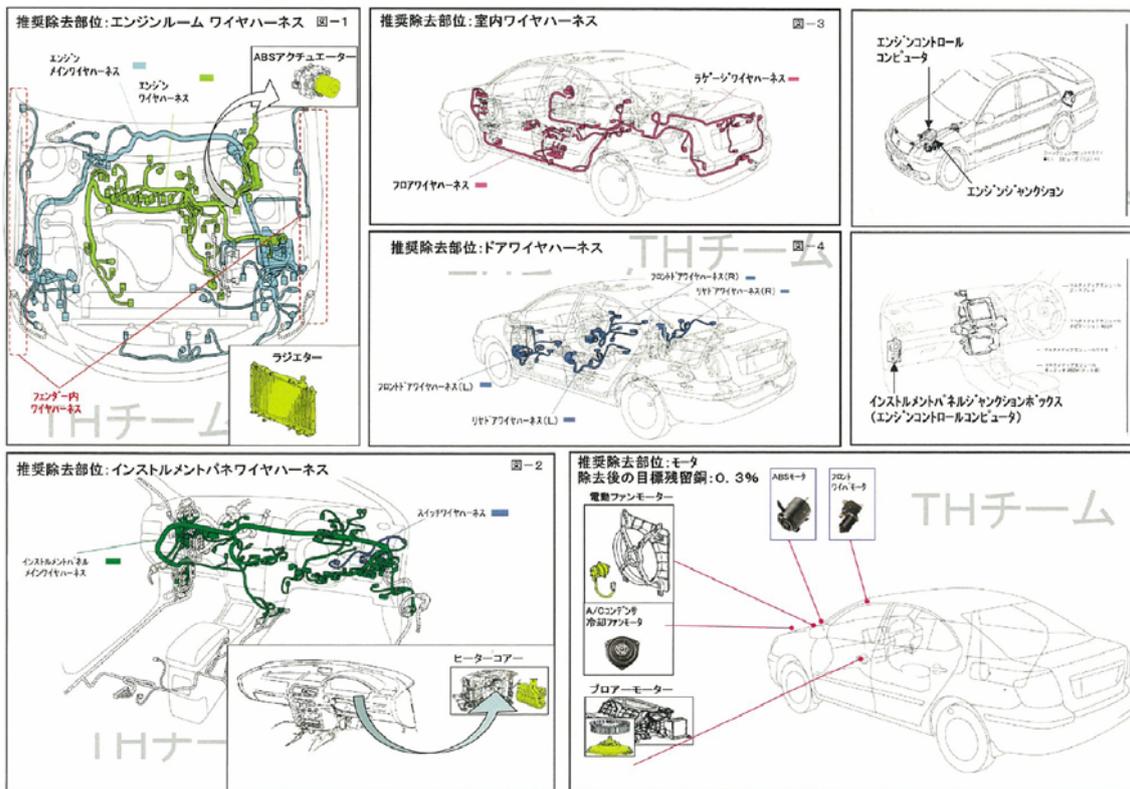


出所：経済産業省資料および自動車リサイクル促進センター資料より作成
*引取から破砕、ASR 処理までは同一年度内に実施されないため、台数に差が生じる。

認定全部利用の受け入れに際しては、ハードプレスとして電炉処理される際の銅含有量に制限がある。0.3%、0.5%、0.7%の3水準で設定されており、各水準によって買取金額に差が生じる。全部利用の委託を行うチームでは、各水準に合わせて銅推奨除去部位を指定しており、TH チームの0.3%水準の場合には、小型車/中型車で、エンジンルーム、室内、

ドア、インパネのハーネスに加えて、エンジンコントロールコンピュータや小型モーター等、プレス前に細かく部品が取り外されることが求められる。

図表 1-3. Cu 値 0.3%水準における、小型車／中型車の銅推奨除去部位 (TH チーム)



出所：豊通リサイクル株式会社ホームページ

1-1-2. 次世代自動車の引取状況

次世代自動車については、1997年10月にトヨタ自動車が最初の量産型ハイブリッド車「プリウス」を発表して以来、順調に市場におけるシェアを伸ばしている。図表 1-6 にハイブリッド車および電気自動車の保有および販売台数を示す。

既にプリウスが発売して17年以上が経過しており、引取車台の平均年数(2013年度:14.3年)も上回っていることから、使用済自動車としてもハイブリッド車が発生している状況が予測できる。

こうした状況の中、(公財)自動車リサイクルセンターのデータを基に、次世代自動車の引取台数を集計すると、2013年のハイブリッド車の国内での解体台数が6,303台、電気自動車が60台という結果が得られた。保有台数や販売台数が増加を続けていることから、今後も次世代自動車の使用済自動車発生台数は増加していくものと考えられる。

図表 1-4. 次世代自動車の保有・販売台数

		2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
保有台数	ハイブリッド車	983,831	1,418,400	2,029,009	2,852,105	3,813,387
	電気自動車	2,106	9,409	26,394	55,988	84,928
	合計	985,937	1,427,809	2,055,403	2,908,093	3,898,315
販売台数	ハイブリッド車	454,030	449,260	635,790	857,303	1,013,235
	電気自動車	1,793	7,346	17,009	29,703	29,809
	合計	455,823	456,606	652,799	887,006	1,043,044

出所：次世代自動車振興センター

図表 1-5. 2013年の使用済次世代自動車の発生台数

		車種	破碎	認定 全部利用	非認定 (電炉・転炉)	解体合計
国内解体	ハイブリッド車		5,758	527	18	6,303
	電気自動車		57	3	0	60
	合計		5,815	530	18	6,363
		車種	中古車輸出	非認定 (ガラ輸出)	輸出合計	
輸出	ハイブリッド車		32,994	136	33,130	
	電気自動車		44	0	44	
	合計		33,038	136	33,174	

出所：(公財)自動車リサイクル促進センターのデータを基に作成

1-2. 使用済自動車を取り巻く現状と課題

1-2-1. 自動車保有期間の変化

自動車検査登録情報協会によると、2014年3月末の平均使用年数は乗用車で12.64年、貨物車で13.31年であった。近年は乗用車で12～13年、貨物車で12.5年～13.5年ほどで高止まりしている傾向にあるが、10年前の2005年と比べて1.5年以上長期化している。また、2014年3月末の平均車齢は乗用車で8.13年、貨物車で10.93年と年々高齢化しており、2005年比で乗用車は1年以上、貨物車に至っては2.5年近く高齢化している。

一方、購入形態別の自動車（乗用車）平均保有期間は、新車を購入したユーザーが2013年で7.5年と一貫して上昇を続けており、中古車を購入したユーザーも5.7年と長期化が進んでいる。

さらには、自動車リサイクル促進センターが公開している引取車台の平均使用年数も長期化する傾向にあり、2013年度で14.3年に達している。自動車の買換えサイクルが長期化していることが各統計で読み取れるが、今後もこうした傾向が続けば、使用済自動車の発生台数が低減していくことが予測される。

図表 1-6. 自動車平均使用年数と平均車齢の推移（登録車両）

		2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
平均使用年数	乗用車	10.93	11.10	11.66	11.67	11.68	12.70	12.43	12.16	12.58	12.64
	貨物車	11.72	11.47	11.92	11.72	13.50	12.72	13.04	12.81	13.24	13.31
平均車齢	乗用車	6.77	6.90	7.09	7.23	7.48	7.56	7.74	7.95	8.07	8.13
	貨物車	8.36	8.50	8.68	8.98	9.16	9.62	10.04	10.43	10.73	10.93

出所：自動車検査登録情報協会（各年3月末の数値）

図表 1-7. 乗用車保有期間の変化

	2001年	2003年	2005年	2007年	2009年	2011年	2013年
新車	6.2	6.5	6.8	7.1	7.3	7.4	7.5
中古車	4.2	4.4	4.6	5.0	5.3	5.7	5.7
平均	5.5	5.8	6.1	6.4	6.6	6.8	6.9

出所：日本自動車工業会「乗用車市場動向調査」

図表 1-8. 引取車台の平均使用年数

	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
平均使用年数	12.9	13.0	13.5	13.4	13.7	14.1	14.3

出所：自動車リサイクル促進センター

1-2-2. 中古車輸出台数の増加

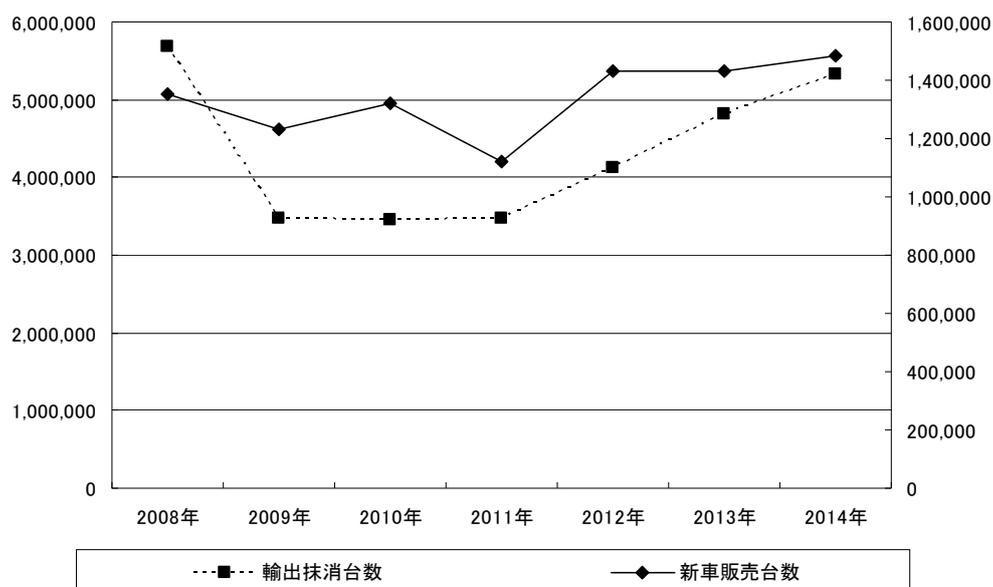
また近年では、中古車輸出台数が増加傾向にある。2009年の関税の引き上げによってロシア向け中古車輸出が激減したものの、2010年以降ミャンマーやアフリカ等の新たな輸出先開拓によって、かつての勢いを取り戻しつつある。新車販売台数の増減に関わらず、中古車輸出台数が増加していることから、国内で発生する使用済自動車の台数が減少傾向にあることが予測できる。

また、貿易統計では一申告の輸出価格が20万円以下の小額貨物については、計上除外貨物として計上されない。そのため、輸出抹消登録と中古車輸出台数の差を低額車の輸出台数と捉えると、こちらも増加を続けており、低額車の需要が増加していることが窺える。

解体業者へのヒアリングでは、従来使用済自動車として入庫されてきた自動車が、オークションへ流出することで、入庫台数の減少や仕入れ価格上昇に悩んでいるとの意見が多かった。そのため、低額車の需要増加により、これまでは使用済自動車として取り扱われていた低年式車や過走行車も、中古車として取引されている状況とみられる。

図表 1-9. 新車販売台数と中古車輸出台数の推移

	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
新車販売台数	5,082,235	4,609,256	4,956,136	4,210,219	5,369,720	5,375,513	5,562,888
輸出抹消台数	1,517,384	924,603	923,400	925,064	1,099,773	1,282,379	1,419,034
中古車輸出台数	1,346,742	675,664	838,173	858,195	1,004,665	1,162,950	1,283,581
低額輸出台数	170,642	248,939	85,227	66,869	95,108	119,429	135,453

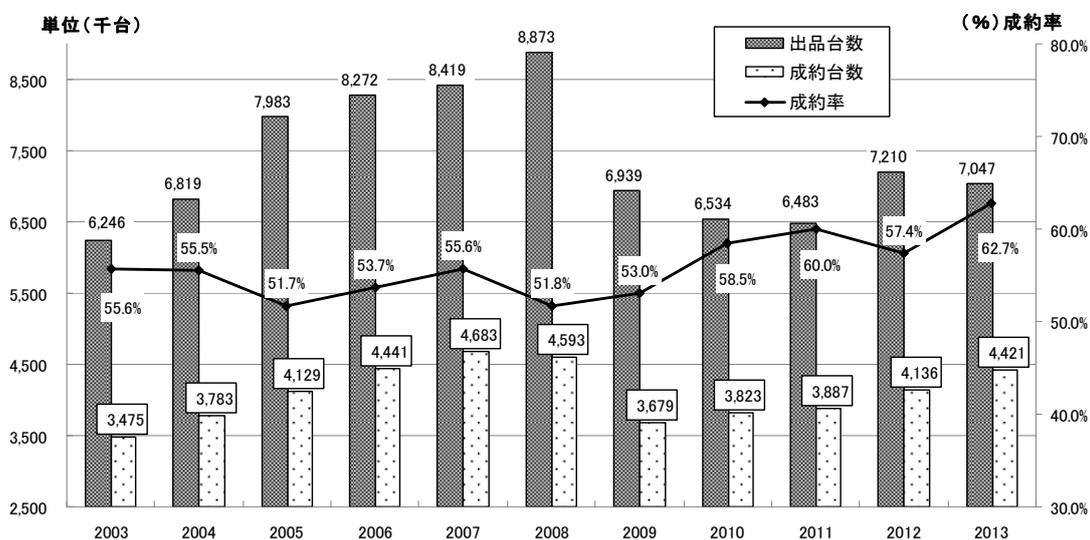


出所：輸出抹消台数、新車販売台数：日本自動車販売協会連合会、輸出台数：財務省「貿易統計」

そこで、日本オートオークションへの出品台数および成約台数を参照する。中古車として輸出される自動車の多くは、オートオークションを経由して仕入れられているため、中古車の輸出台数と連動した推移が予測される。実際に、出品台数・成約台数ともに中古車の輸出状況と同様に2009年に急落しているものの、近年回復傾向にあることが分かる。出品台数だけを見ると年によって増減があるものの、成約台数に注目すると2009年以降一貫して増加しており、2013年は急落前の2008年の水準に匹敵するほどまで回復している。

輸出台数の増加に伴い、オートオークションでの成約台数が増加することは自然とも考えられるが、輸出市場の拡大およびオートオークションへの流出が、使用済自動車発生台数の減少と、仕入価格の上昇の一因とも考えられる。

図表 1-10. 全国オートオークション年間実績の推移



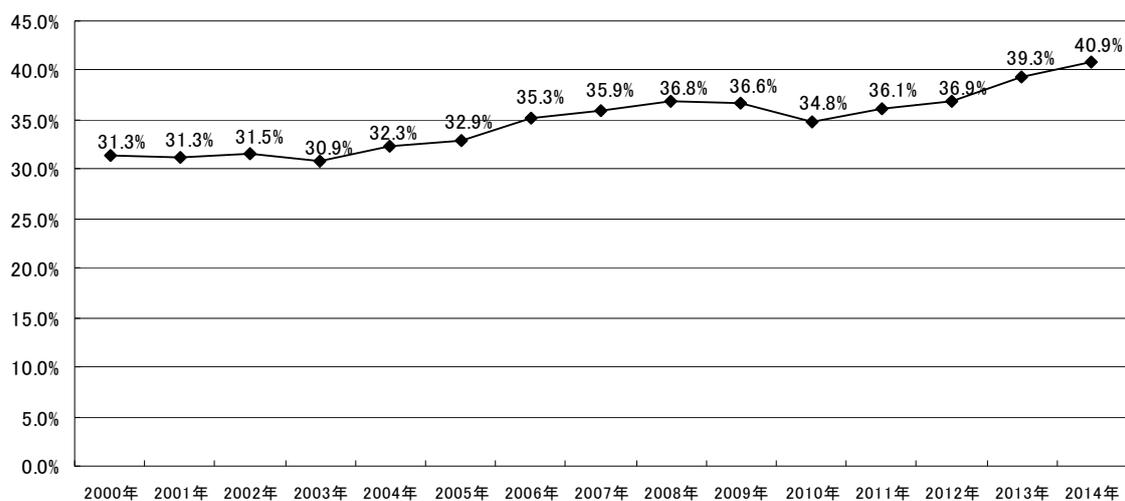
出所：日本オートオークション協議会資料（ユーストカー調べ）

1-2-3. 軽自動車の増加

使用済自動車を取り巻く現状としては、軽自動車の増加も始まっている。軽自動車に含まれる資源量は登録車に比べて5~6割程度と言われているほか、軽自動車の流通がない海外では中古部品需要も低いため、使用済軽自動車の増加は解体業者にとって収益の減少に繋がる。軽自動車は国内での部品需要が高い反面、中古車輸出市場においても需要が少ないことから、解体工程に引渡される割合が高くなる傾向にあるとみられ、解体事業者によっては軽自動車が入庫車台の過半数を占めるという事業者も出てきている。

現在使用済自動車として発生が想定される、2000年頃の自動車販売台数全体における軽自動車の比率は31.3%だったが、軽自動車の占める割合は増加傾向にあり、2014年には40%を超えている。そのため、今後も使用済自動車として発生する軽自動車の割合は、増加を続けていくことが予想される。解体業者にとっては、資源販売や中古部品輸出において収益の減少が予測される軽自動車の価値を、いかに高めていくかが一つの課題となる。

図表 1-11. 自動車販売台数における軽自動車比率の推移



出所：日本自動車販売協会連合会、全国軽自動車協会連合のデータより作成

1-2-4. 解体業者の課題

これらの事態に加えて、今後は自動車ボディへの樹脂採用や、自動車の低コスト化に繋がるレアメタル等の使用量削減が進むことも考えられる。そのため、使用済自動車から部品・資源の販売を行う解体業者は、在庫台数の減少と含有資源の減少という二重苦に直面することが予測される。さらに、今後使用済次世代自動車の発生増加が予測されるが、これには従来の自動車解体とは異なる知見やノウハウが求められる。

自動車リサイクル促進センターによる 2014 年（1 月～12 月）の引取報告件数は、339.9 万台と 2013 年（1 月～12 月）に比べて約 1%増加しているが、これは新エコカー補助金および消費増税前の駆け込み需要による新車販売台数の増加に起因しているとみられる。そのため、先述のように 4～6 月期は 4%程度上昇しているものの、7～9 月期は 0.03%減、10～12 月期は約 8%も減少している。2014 年 1 月以降も前年比では減少を続けており、年度統計では大きな減少が予測される。

今後も在庫台数の伸びが期待できる要因は少ないことから、使用済自動車 1 台あたりの付加価値をどこまで高められるかが解体業者にとっての課題となる。実際に環境省を中心に自動車リサイクル高度化事業の取り組みが既に始められており、銅資源やレアメタル、プラスチック類のリサイクルに向けた実証・研究が進められている。

使用済自動車の価値向上を果たすため、解体業者における資源リサイクルの現状を把握し、リサイクルの高度化を拡大させていくことが求められている。

図表 1-12. 環境省「自動車リサイクル連携高度化事業（平成 23～25 年度）」および「3R 技術・システムの低炭素化促進検討・実証事業（平成 26 年度）」

実施年度	実施事業者	実施事業名
平成23年度	豊田通商株式会社	使用済自動車由来の小型モーター屑からの銅資源回収
	一般社団法人 日本ELVリサイクル機構	小規模解体業者の連携によるレアメタルリサイクル ～量から質へ回収スキームの高度化～
	株式会社マテック	自動車バンパーマテリアルリサイクルのための選別技術実証試験
平成24年度	一般社団法人 日本ELVリサイクル機構	使用済自動車に含まれる貴金属・レアアース磁石の効率的な回収・リサイクルに関する実証事業
	一般社団法人 日本自動車リサイクル部品協議会	自動車リユース部品の利用促進のための「共創型グリーンポイントセンター」の構築に関する実証事業
平成25年度	一般社団法人 日本ELVリサイクル機構	使用済自動車に含まれる貴金属等の安定的な供給・リサイクルに関する実証事業
	株式会社リサイクルワン	光学選別機を利用したASR由来のプラの材料リサイクル及び油化事業
	株式会社ユーパーツ	需給マッチング型リユース部品供給モデルの構築に関する実証事業
平成26年度	一般社団法人 日本ELVリサイクル機構	使用済自動車由来のプラスチックリサイクルの促進と効率化の検討
	東京製鐵株式会社	鉄スクラップの自動車部品への高度利用化技術調査
	三菱UFJリサーチ&コンサルティング 株式会社	自動車リサイクルにおける素材生産制約物質の低減・資源利用効率の向上に資する解体・破砕プロセスの実証化事業
	株式会社マテック	自動車のガラスリサイクルの推進事業

出所：環境省ホームページ

第2章 自動車における有用金属の使用状況

2-1. 自動車の原材料構成

自動車1台あたりの資源含有量については、日本自動車工業会が2001年まで公表していた乗用車の原材料構成比を利用することができる。これに、環境省が公表している乗用車の重量平均を用いて、下表に1台あたりに含まれる資源含有量を推計した。2013年度の引取車台の平均使用年数が14.3年であることから、現在使用済自動車として引渡されている車台の資源含有量は、2001年製の自動車の数値と概ね同等と考えられる。

図表 2-1. 自動車1台に含有される資源使用量

車両重量平均値 (kg)	1986年		1989年		1992年		1997年		2001年	
	重量 (kg)	構成比								
	963		1,034		1,122		1,259		1,302	
鉄鉄	16.4	1.7%	17.6	1.7%	23.6	2.1%	22.7	1.8%	19.5	1.5%
普通鋼鋼材	555.7	57.7%	588.3	56.9%	616.0	54.9%	655.9	52.1%	713.5	54.8%
特殊鋼鋼材	144.5	15.0%	156.1	15.1%	171.7	15.3%	212.8	16.9%	217.4	16.7%
銅	9.6	1.0%	13.4	1.3%	11.2	1.0%	15.1	1.2%	10.4	0.8%
アルミ	37.6	3.9%	50.7	4.9%	67.3	6.0%	94.4	7.5%	80.7	6.2%
鉛	5.8	0.6%	6.2	0.6%	5.6	0.5%	6.3	0.5%	6.5	0.5%
亜鉛	3.9	0.4%	4.1	0.4%	3.4	0.3%	2.5	0.2%	1.3	0.1%
その他非鉄金属	1.9	0.2%	2.1	0.2%	2.2	0.2%	2.5	0.2%	2.6	0.2%
合成樹脂	70.3	7.3%	77.6	7.5%	81.9	7.3%	94.4	7.5%	106.8	8.2%
塗料	16.4	1.7%	14.5	1.4%	16.8	1.5%	21.4	1.7%	18.2	1.4%
ゴム	28.9	3.0%	27.9	2.7%	34.8	3.1%	41.5	3.3%	39.1	3.0%
ガラス	31.8	3.3%	31.0	3.0%	31.4	2.8%	35.3	2.8%	32.6	2.5%
その他	40.4	4.2%	44.5	4.3%	56.1	5.0%	54.1	4.3%	53.4	4.1%
合計	963.0	100.0%	1,034.0	100.0%	1,122.0	100.0%	1,259.0	100.0%	1,302.0	100.0%

出所：日本自動車工業会「日本の自動車工業2002」
環境省「環境統計集（6.17 乗用車（自家用・営業用）の大型化（重量化）の推移）」
*原材料構成比はすべての自動車の平均ではなく、一部の車両のみを対象としている。

上記のように、自動車は主に鉄類、非鉄金属、合成樹脂等から構成されている。鉄類に関してはリサイクルが進んでいるが、非鉄金属では国内でのリサイクルが十分進んでいない資源も多い。国内での買取価格が高いアルミ等は国内での資源循環が進んでいる一方で、ハーネスやモーター等に利用される銅は、中国の旺盛な需要により輸出価格が国内価格を上回る事態も起きており、国外へ流出する資源が多いと考えられる。

また、上記のその他非鉄金属の中には、レアメタルや貴金属等の希少価値の高い資源が含まれており、効率的な回収が期待されている。特にレアメタルは、今後の販売増加が見込まれる次世代自動車において、バッテリー用の正極材や駆動用モーター等で使用量が増加しており、国内での回収・資源循環が大きな課題となっている。そのため、本章では銅およびレアメタル等の使用部品に着目して、その含有量を概観する。

2-2. 銅の使用状況

図表 2-1 に示したように、1 台あたりに使用される銅の重量は、2001 年製の自動車で 10.4kg である。銅が使用されている部品には、主にハーネス、スターター、オルタネーター、小型モーター類等が挙げられる。以前はラジエーターにも銅が多用されたが、現在は軽量化や低コスト化等を目的としてアルミ製が主流となっている。解体業者へのヒアリングでは、近年入庫される使用済自動車では、ラジエーターからの銅の発生は少ないという。

自動車部品ごとの銅の含有量について、2003 年に金属系材料研究開発センターによって示された値を下表に示す。本調査での普通車の銅含有量は 10.25kg と推計されている。この数値は 1992 年前後に製造された自動車のデータを基にしているが、先述の 10.4kg とも近似しているため、以下ではこの推計をベースに含有量を考えることとする。

図表 2-2. 自動車部品に含まれる銅の含有量

	銅量(kg)	
エンジン	ハーネス	0.87
	オルタネーター	0.70
	スターター	0.63
	コンプレッサー	0.27
	ディストリビューター	0.22
エンジンルーム	ハーネス	1.26
	ヒューズボックス	0.27
	ワイパーモーター	0.09
	ラジエーターファンモーター	0.14
室内	ダッシュボードハーネス	2.67
	フロアハーネス	0.33
	ルーフハーネス	0.02
	ヒューズボックス	0.33
	ブロワモーター	0.11
	ヒーターコア	0.82
ドア	ハーネス	0.58
	パワーウインドーモーター	0.12
リア	ハーネス	0.19
その他不明分		0.42
ベースCu		0.21
合計		10.25

出所：財団法人金属系材料研究開発センター「平成 15 年度環境問題対策調査等に関する委託事業報告書」

ハーネスは自動車内に張り巡らされた電線であり、銅の含有比率が高いことから販売価格も高く、有用資源として取引されている。図表 2-2 を参照すると、ハーネスに含まれる銅量の合計は約 5.92kg である。そのため全体の銅量 10.25kg の 57.8% を占めており、自動車において最も銅資源が含有された部品である。

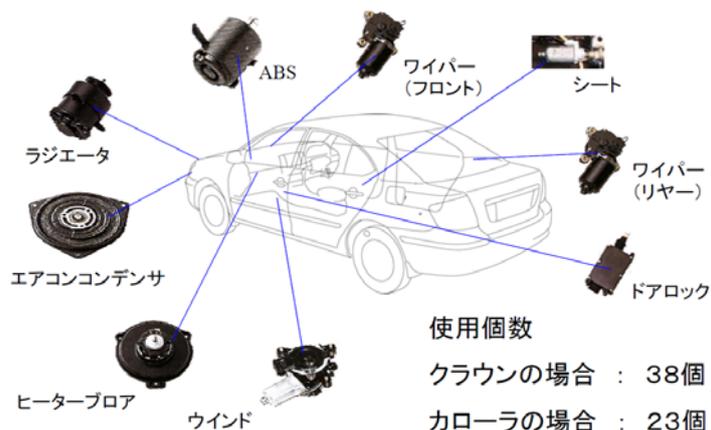
オルタネーターは、エンジンによる回転力を電気エネルギーに変換する発電機にあたる部品でダイナモとも呼ばれる。コイル部分に多量の銅が利用されており、オルタネーターに含まれる銅量は 0.70kg と単体部品では最も多い。一方、スターターはセルモーターとも呼ばれるエンジン始動時にクランクシャフトを稼動する動力源となるモーターであり、こち

らも 0.63kg とスターターに次ぐ銅の含有量である。自動車 1 台あたりに含まれる銅量としては、この 2 つのモーターで全体の 13.0% を占めていることが分かる。

一方、小型モーター類は、ワイパーモーターやパワーウインドーモーター等、自動車の各所に搭載されたモーター類を指す。先述のように、乗用車に使用される小型モーター類は 20~40 個程度とも言われており、車種によっても搭載個数や銅量が異なるため、正確な銅含有量の把握が困難である。豊田通商等の資料によれば、クラウンで 38 個、カローラで 23 個の小型モーターが使用されているとしている。

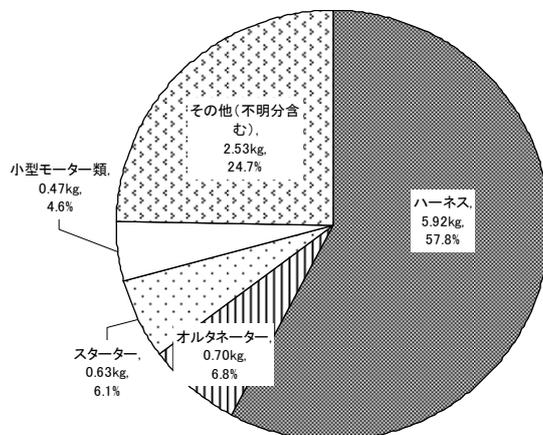
ワイパーモーター、ブロワーモーター、パワーウインドーモーター等でそれぞれサイズや銅量比率が異なっているが、図表 2-2 によれば、小型モーター類に含まれる銅量は 0.47kg であり、全体の銅量の 4.6% を占めている。

図表 2-3. 自動車に使用される小型モーター



出所：豊田通商株式会社、豊田メタル株式会社、豊通リサイクル株式会社
 「使用済自動車由来の小型モーター屑からの銅資源回収」

図表 2-4. 各部品に含有される銅量



2-3. レアメタルの使用状況

自動車には特殊鋼に含まれるニッケルやクロム等の多数のレアメタルが用いられており、特に耐久性が求められるエンジンには多くのレアメタルが含有されているとみられる。また、ハイブリッド車や電気自動車といった次世代自動車には、レアメタルを多量に含む駆動用モーターや蓄電池が搭載されており、今後の回収やリサイクルが課題となっている。

次世代自動車のレアメタル含有部位について、まず駆動用モーターについては、ローターに埋め込まれた永久磁石に磁力の強いネオジム・鉄・ボロン (Nd-Fe-B) 系磁石 (ネオジム磁石) が使用されている。また、モーター用磁石は高い耐熱性が求められるため、高温時でも磁力を維持するためにジスプロシウム等が添加されている。ネオジムはレアメタルに含まれるほか、ジスプロシウムは重希土類にも分類され、レアメタルの中でもとりわけ希少な元素である。

また、次世代自動車に搭載される蓄電池には、ニッケル水素電池 (Ni-MH) とリチウムイオン電池 (LiB) の 2 種類があるが、Ni-MH は正極材・負極材の双方で、LiB では正極材で多くのレアメタルが利用されている。Ni-MH は、活物質として正極に水酸化ニッケル、負極に水素吸蔵合金に吸蔵された水素を使用し、電解液に水酸化カリウム水溶液を用いたものである。正極材にはニッケルとコバルトが主に使用されており、ニッケルは水酸化ニッケルの形で正極材の活物質を形成している。一方、コバルトは電池サイクル寿命の改善や高容量化を意図して助剤として用いられている。また、負極材には AB5 型といわれる希土類元素 1 に対して遷移元素 5 の割合を持つ、 LaNi_5 に代表される合金が利用される。希土類元素としては、セリウムやランタン、ネオジム等から構成されたミッシュメタルが使用されることが多い。また、希土類に対して触媒効果を持つ、ニッケルやコバルト等の遷移元素も用いられており、正極材だけでなく負極材にも多量のレアメタルが含まれている。

一方、LiB は、正極にリチウム含有金属酸化物を用いており、電解質中のリチウムイオンが電気伝導を担っている。正極には LiCoO_2 系が使われているが、コバルトの利用が高コスト化に繋がるため、近年では LiNiO_2 や LiMn_2O_4 等のニッケルやマンガンで代替されてきているとみられる。また、負極には炭素系の材料が使われており、Ni-MH とは異なり、希少金属は使われていない。

自動車に利用されるレアメタルの適用箇所と需要量を図表 2-5 に示す。表に示した 23 鉱種とミッシュメタル (Mm) についてみれば、既存自動車で約 15 万 t のレアメタルが使用されている。耐熱鋼や特殊合金鋼に使用されるニッケル、クロム、モリブデン、マンガンが高い割合を占めており、この 4 鉱種で使用量全体の約 82.6% を占めている。

一方、次世代自動車のレアメタル使用量は約 9,000t であり、まず駆動用モーターに用いられるネオジム、ジスプロシウムの割合が高くなっている。さらに、バッテリーに用いられるニッケル、コバルト、マンガン、リチウム、ミッシュメタルの割合が非常に高く、この 6 鉱種とミッシュメタルで使用量全体 99.3% を占めている。この需要量は 2009 年の推計であ

るが、現在では次世代自動車の生産台数増加に伴いさらに需要量も増加しているとみられ、今後のさらなる増加も見込まれる。

図表 2-5. 自動車に利用されるレアメタルの適用箇所と需要量（2009年、単位：トン）

レアメタル	適用箇所		需要量(2009年)	
	既存自動車 (ガソリン、ディーゼル)	次世代自動車 (HEV、PHEV、EV)	既存自動車 (ガソリン、ディーゼル)	次世代自動車 (HEV、PHEV、EV)
ニッケル(Ni)	耐熱鋼 (エンジン部品)	Ni-MH・LiB正極材、 電流センサーコア材	21,104.1	6,836.8
クロム(Cr)	耐熱鋼、普通鋼、特殊鋼 (エンジン、サス、駆動系等)	—	54,692.3	—
タングステン(W)	特殊合金鋼 (駆動系ギア類)	—	761.0	—
コバルト(Co)	特殊合金鋼 (駆動系ギア類)	Ni-MH・LiB電池正極材	9.7	577.6
モリブデン(Mo)	普通鋼、特殊鋼、焼結合金 (エンジン、駆動系、その他)	パワーモジュール放熱板	4,351.4	57.5
マンガン(Mn)	普通鋼、特殊鋼全般	LiB正極材	44,858.8	72.0
バナジウム(V)	特殊合金鋼 (駆動系ギア類)	—	1,145.7	—
マグネシウム(Mg)	Mg合金、アルミ合金 (ボディパネル)	—	19,140.6	—
ニオブ(Nb)	普通鋼 (ハイテン)	—	982.5	—
ストロンチウム(Sr)	アルミ合金 (シリンダヘッド)	—	87.4	—
チタン(Ti)	アルミ合金 (シリンダブロック、ハイテン)	—	3,925.1	—
ジルコニウム(Zr)	特殊合金鋼 (Ti合金)	パワーモジュール絶縁基板	218.6	—
ホウ素(B)	普通鋼 (燃料タンク用めっき鋼板)	モーター/ジェネレーター 希土類磁石	64.8	9.9
白金(P)	三元触媒	—	16.9	—
ロジウム(Rh)	三元触媒	—	5.0	—
パラジウム(Pd)	三元色倍	—	20.4	—
イリジウム(Ir)	イリジウムプラグ	—	0.1	—
ランタン(La)	フェライト磁石	—	19.2	—
イットリウム(Y)	酸素センサー	—	7.9	—
リチウム(Li)	—	LiB正極材	—	15.1
ネオジム(Nd)	—	モーター/ジェネレーター 希土類磁石	—	231.0
ジスプロシウム(Dy)	—	モーター/ジェネレーター 希土類磁石	—	54.2
ガリウム(Ga)	—	モーター制御用電流 センサーホール素子	—	1.2
ミッシュメタル(Mm)	—	Ni-MH負極材	—	1,358.3
合計	—	—	151,411.50	9,213.60

出所：矢野経済研究所「平成 21 年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書」

次にレアメタル使用量が多いとみられるエンジン、駆動用モーター、次世代自動車用蓄電池について、部品ごとのレアメタル含有量を参照する。まず、エンジンについては、経済産業省が2006年に実施した「希少性資源の3Rシステム化に資する技術動向調査」でレアメタルの含有量が参照できる。エンジンは排気量（サイズ）や形状等によっても資源含有量が異なると考えられるが、当該調査では2001年製ガソリン車のエンジン（2,500CC、6気筒24バルブ）を実際に分解して、構成材料の種類と重量を調査している。その結果をもとに推計したレアメタルの含有量が下表である。

1台あたりマンガンが420g、ニッケルが106g、クロムが670g、モリブデンが23gとなっている。通常特殊鋼は鉄スクラップとして、特殊鋼もしくはその他の合金にリサイクルされている。そのため、各レアメタルが資源単位で抽出されている分量はほとんどないと考えられるが、1台当たりの使用量は4鉱種で約1.2kgに及んでおり、エンジンの未回収もしくは海外への流出割合が高ければ、資源の国内循環を考える上で無視できない量である。

図表 2-6. 普通自動車のエンジンに含まれるレアメタルの含有量（単位：g/台）

	Mn	Ni	Cr	Mo	合計
シリンダ	24.29	9.32	20.59	0.49	54.69
ピストン・コンロッド・クランクシャフト	330.79	27.79	71.40	4.70	434.68
バルブシステム	37.34	4.96	147.14	11.27	200.71
燃料部	2.16	0.38	0.22	0.05	2.81
吸気・排気系	7.13	14.60	341.07	3.89	366.69
エンジン冷却システム	12.80	35.05	89.06	0.81	137.72
エンジン潤滑系	3.68	13.62	0.65	1.66	19.61
エンジン電装	1.34	0.16	0.21	0.03	1.74
合計	419.53	105.88	670.34	22.90	1,218.65

出所：経済産業省「希少性資源の3Rシステム化に資する技術動向調査報告書」

また、駆動用モーターに利用されるネオジウム磁石の使用量は、少ないもので1台あたり750g、多いものでは1,750g程度とされている。ネオジウム磁石の使用量に違いがあるのは、次世代自動車のシステムや車格によって、搭載するモーターの数量や出力が異なるためである。ネオジウム磁石については「平成25年度自動車リサイクル連携高度化事業」等において、既に資源回収の実証事業が行われており、当該調査における成分評価が公表されている。なお、本高度化事業でネオジウム磁石が回収された自動車はほとんどがトヨタプリウスとされているが、その平均品位は、ネオジウムで17.79%、ジスプロシウムで8.77%であった。

また、この成分評価をもとに、自動車1台あたりの含有量を算出すると、1台当たりのネオジウム磁石回収量は1.4kgであり、品位はサイズに関わらず平均値を利用すると、ネオジウムで0.24kg、ジスプロシウムで0.12kgとなる。

図表 2-7. ネオジム磁石の成分評価

サイズ(mm)		サイズ大	サイズ小	平均値
		45×35×5	36×30×5	
処理台数(台)		222		
回収重量(kg)		300.3		
ネオジム(Nd)	品位(%)	17.44%	18.14%	17.79%
プラセオジム(Pr)	品位(%)	5.10%	5.38%	5.24%
ディプロシウム(Dy)	品位(%)	9.24%	8.29%	8.77%

出所：日本 ELV リサイクル機構「環境省 平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業業務報告書」

図表 2-8. 自動車 1 台あたりに含まれるネオジム磁石と磁石内の資源量

サイズ(mm)		サイズ大	サイズ小	平均値
		45×35×5	36×30×5	
1台当たりの回収重量(kg)		1.4		
ネオジム(Nd)	品位(%)	0.24	0.25	0.24
プラセオジム(Pr)	品位(%)	0.07	0.07	0.07
ジスプロシウム(Dy)	品位(%)	0.12	0.11	0.12

出所：日本 ELV リサイクル機構「環境省 平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業業務報告書」を基に算出

また、Ni-MH や LiB の使用合金や配合については電池効率にも直結するため、各メーカーの重要なノウハウであり、ほとんど情報が公開されていない。そうした中、参考までに図表 2-9 に具体的な素材構成例を示す。本調査におけるヒアリングでは、コバルト使用量が低下傾向にあること以外は、下表と大幅な素材構成比の変更は起こっていないとの意見もあり、含有資源把握の目処となる資料と考える。

なお、両蓄電池の搭載状況については、製品化の歴史が長いハイブリッド車では Ni-MH が、歴史の浅いプラグインハイブリッド車や電気自動車では、LiB が採用されている場合が多い。しかし、ホンダやトヨタを中心にハイブリッド車に LiB を搭載する動きが広まっており、今後は小型・軽量化の計りやすい LiB が増加していく見込みである。一方、使用済自動車としては、既にハイブリッド車の普及台数は 400 万台に迫っており、今後 Ni-MH の発生の増加が見込まれている。

図表 2-9. Ni-MH および LiB の素材構成

項目	自動車用 ニッケル水素電池	
型式	角型密閉式	
容量	1.2kWh/1モジュール	
重量	19kg	
極板製造方式	正極: 発泡メタル式 負極: 塗着(ペースト)式	
負極合金 (重量: 6.00kg)	Mm :	1,992
	Ni :	3,164
	Co :	418
	Al :	115
	Mn :	311
正極活物質 (重量: 4.410kg)	Ni(OH) ₂ :	3,780
	うちNi :	2,334
	Co(OH) ₂ :	420
	うちCo :	266
	ZnO :	210
	うちZn :	169

項目		リチウムイオン電池	
容量	1.31kWh/1モジュール		
重量	18.72kg		
負極合金 (重量: 4.06kg)	集電体	Cu :	1,700
	活物質	難黒鉛化性炭素 :	2,070
	バインダー	ポリフッ化ビニリデン	40
	溶剤	NMP :	180
	負極タブ	NiO :	70
正極活物質 (重量: 4.410kg)	集電体	Al :	890
	活物質	LiNiO ₂ :	4,820
	バインダー	ケッチェンブラック :	110
	導電剤	ポリフッ化ビニリデン	110
	溶剤	NMP :	440
	正極タブ	Al :	10

出所：経済産業省 北海道経済産業局「北海道における難処理大型2次電池の
マテリアルリサイクルシステム確立に向けた事業化可能性調査」

(出所元：新型電池電力貯蔵システム開発分散型電池電力貯蔵技術開発トータルシステム研究、
NEDO「燃料電池自動車の普及に関連する技術に対するライフサイクル影響評価等に関する調査」)

2-4. その他有用金属の使用状況

2-4-1. 貴金属

レアメタルだけではなく、自動車には金や銀等の貴金属も用いられている。貴金属含有部品としては、主に自動車に搭載されたコンピューターが挙げられ、近年は各種制御装置、制動装置、感知装置としてその搭載個数が増え続けている。コンピューター基板の搭載量は、普通車で約 1.8kg（11 個前後）、高級車で約 3kg（16 個前後）とも言われており¹、多量の貴金属が含有されていることが予測できる。自動車に搭載されている主なコンピューター基板を下表に示すが、これ以外にもオーディオやカーナビ等、カー用品に分類される機器についてもコンピューターが搭載されている。

図表 2-10. 自動車に搭載されている主なコンピューター基板

搭載基板
エンジンコントロールコンピューター
スロットルコントロールコンピューター
ABSコンピューター
エアサスペンションコントロールコンピューター
シートポジションコントロールコンピューター
パワーステアリングコントロールコンピューター
ヒーターアンプリフィアコンピューター
ミラーコントロールコンピューター
エアバッグコンピューター
イルミネーションコントロールコンピューター

出所：粉体技術 Vol2.No.6（2010）

比較的取外が容易とされる、エンジンコントロールユニット（ECU）とエアバッグコンピューター（AB/CP）に限れば、「平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業」によって含有量に関する具体的な資料が公表されている。

この資料に基づき ECU の平均を算出すると、AB/CP より ECU の方が資源含有量が高く、金（Au）が 18.9mg/個、銀（Ag）が 189.0mg/個、パラジウムが 21.1mg/個が含まれている。また、銅については含有量が不明なものの、採取量としては ECU で 32.5g/個、AB/CP で 19.9g/個であり、貴重な貴金属およびレアメタル資源であることが確認できる。

¹ 粉体技術 Vol2.No.6（2010）

図表 2-11. 実証事業によって回収された基板資源の精錬業者による資源性評価

		グループA (ECU)	グループB (ECU)	ECU平均	グループC (AB/CP)
処理個数		9,673	19,952	29,625	21,600
受入数量(乾重量)(kg)		1,407	3,816	5,223	2,312
金	含有量	213.7	345.3	559.0	311.2
	採取量	203.0	324.6	527.6	295.6
	含有量/個(mg)	22.1	17.3	18.9	14.4
銀	含有量	1,363.0	4,236.0	5,599.0	1,475.0
	採取量	1,090.0	3,601.0	4,691.0	1,180.0
	含有量/個(mg)	140.9	212.3	189.0	68.3
パラジウム	含有量	105.5	518.9	624.4	197.2
	採取量	63.3	363.2	426.5	118.3
	含有量/個(mg)	10.9	26.0	21.1	9.1
銅	含有量	-	-	-	-
	採取量(kg)	279.0	684.0	963.0	430.0
	採取量/個(g)	28.8	34.3	32.5	19.9

出所：日本 ELV リサイクル機構「環境省 平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業業務報告書」
 *ECU のグループ A はパラジウム含有量が少なく、グループ B は含有量が多いグループ

2-4-2. 鉛

最後に近年回収が注目されている鉛蓄電池についても言及する。自動車には鉛蓄電池が搭載されており、その名の通り電極として使用される鉛が大量に使用されている。平均的な自動車用バッテリー重量約 13.2kg²とされるが、鉛に含まれる鉛量は 50～55%程度と考えられている。この中間値として 53%を取ると、自動車用鉛蓄電池に含まれる鉛量は約 7.0kg と考えられる。

鉛蓄電池からの鉛回収は近年始まったものではなく、既に廃バッテリーから再生鉛を製造する二次製錬業者が存在するほか、鉛鉱石から製錬を行っている一次製錬業者においても、調達コストの安さ等から原材料の多くを廃バッテリーに依存している。

しかし、近年中国を中心とした新興国での鉛需要の高まりを受け、鉛の価格が高騰している。鉛の LME 価格は 2003 年ごろまでは 1 トン 500 ドル前後で推移していたが、04 年以降急激に上昇し、07 年には 3,720 ドルという高値を付けている。こうした鉛地金の価値上昇に伴い、原料となる廃バッテリーの取引価格も高騰しており、鉛製錬業者は原材料の調達に苦しんでいる状況にある。実際に集荷量の減少を理由として事業停止に踏み切る製錬業者も出てきており、鉛の資源価値やリサイクルについて改めて注目する必要が生じている。

² 鉛蓄電池再資源化協会資料

第3章 有用金属を使用する主要部品の流通実態

3-1. 解体業者アンケート調査

第2章で概観した有用金属を含む、使用済自動車由来の自動車部品の流通実態を把握するべく、解体業者へのアンケート調査を実施した。今回調査対象とした部品は、第2章に沿った形で、ハーネス、エンジン/ミッション、スターター/オルタネーター、駆動用モーター、小型モーター、基板、鉛蓄電池、次世代自動車用蓄電池の8品目としている。これら8品目について、回収の有無、販売先、販売価格、輸出先等について調査した。

本アンケート調査では、リサイクルシステム登録事業者4,056業者（事業所数）の中から複数事業所を持つ事業者を統合し、2013年度にELVの引取がない業者等を除いた3,831業者を対象としている。

アンケートの目標回答数を450業者に設定し、過去の回答率から逆算することで、この中から2,043業者をアンケート送付先として抽出し、郵送でアンケート用紙を送付した。なお、アンケートの送付先については、2013年度の引取台数別に各事業者を7カテゴリーに分類し、事業者分布に合わせて各カテゴリーから無作為に抽出している。それにより、大規模業者の回答内容に影響を受けないよう、実際の業者規模分布と近い回答サンプルを得られるよう努めた。

その結果、アンケート回収数は494社（有効回答数：473社）であり、有効回答数の回収率は23.2%となった。なお、アンケート送付後に電話による回答依頼（督促）を実施し、FAXでの再送等を併用することで、アンケートの回収率を高めている。

アンケート概要および回収結果については次頁に示す。

引取台数規模別での回収結果の事業者分布を算出すると、事業者数が少ない大規模業者で若干の誤差があるものの、図表3-1の通り実際の登録業者分布に近いサンプルが得られた。

また、図表3-2に示すように、引取台数規模別だけでなく、地域別においても実際の登録業者分布に近い回収結果が得られたことが確認できた。なお、地域の区分けについては日本ELVリサイクル機構のブロック分けを参考にして、図表3-3に示したカテゴリーに従い分類している。

以上のように、引取台数規模別および地域別ともに実際の登録業者の分布に近い回答数が得られたことから、今回の回収結果が全体の解体業者における縮小サンプルとして十分に整合性のあるものと判断する。

アンケート調査の概要

【アンケート実施日】：2014年12月9日～2015年2月6日回収分まで

【アンケート方法】：郵送調査（送付後に電話・FAXによる回答依頼を実施）

【アンケート内容】：2013年度における部品・資源取扱状況

【アンケート対象部品】：ワイヤーハーネス、エンジン／ミッション、
スターター／オルタネーター、駆動用モーター、
小型モーター類、基板類、鉛バッテリー、次世代自動車用蓄電池

【アンケート送付数】：2,043社（うち有効回答：473社）

図表 3-1. 引取台数規模別アンケートの回収結果

引取台数 (2013年)	リサイクル システム 登録業者数	構成比	アンケート 実施数	構成比	回収数	構成比	回収率
解体業者全体	3,831	—	2,043	—	473	—	23.2%
100台未満	1,617	42.2%	806	39.5%	172	36.4%	21.3%
100台～499台	1,169	30.5%	682	33.4%	138	29.2%	20.2%
500台～999台	421	11.0%	263	12.9%	74	15.6%	28.1%
1,000台～2,999台	349	9.1%	179	8.8%	53	11.2%	29.6%
3,000台～4,999台	113	2.9%	46	2.3%	12	2.5%	26.1%
5,000台～9,999台	96	2.5%	38	1.9%	11	2.3%	28.9%
10,000台以上	66	1.7%	29	1.4%	13	2.7%	44.8%

図表 3-2. 地域別アンケートの回収結果

引取台数 (2013年)	リサイクル システム 登録業者数	構成比	アンケート 実施数	構成比	回収数	構成比	回収率
解体業者全体	3,831	—	2,043	—	473	—	23.2%
北海道	203	5.3%	103	5.0%	32	6.8%	31.1%
東北	360	9.4%	166	8.1%	48	10.1%	28.9%
関東	1,291	33.7%	749	36.7%	151	31.9%	20.2%
中部・北陸	556	14.5%	315	15.4%	73	15.4%	23.2%
近畿	472	12.3%	241	11.8%	49	10.4%	20.3%
中国・四国	371	9.7%	180	8.8%	46	9.7%	25.6%
九州・沖縄	578	15.1%	289	14.1%	74	15.6%	25.6%

図表 3-3. 本アンケート調査における地域分け

地域	都道府県
北海道	北海道
東北	青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県
関東	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、静岡県
中部・北陸	富山県、石川県、福井県、長野県、岐阜県、愛知県、三重県
近畿	滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県
中国・四国	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県
九州・沖縄	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県

3-2. ワイヤーハーネス

3-2-1. 流通フローの概要

ハーネスは、解体業者によって取外が行われるが、中古部品として再利用されることはほとんどなく、資源として販売されるのが通常である。

取外方法はニブラ等の重機利用と手作業に大別され、重機を用いた場合には、ダッシュボード裏や床下等、一定の銅使用量があるハーネスのみを取り外す傾向にある。解体業者へのヒアリングでは、重機を用いた場合に取外されるハーネス量は、普通車で 8~10kg/台程度とのことで、全体の 8 割程度が回収されているとみられる。一方、全部利用の場合には、ドア部分等の重機では難しい部位まで取り外す必要があるため、手作業での取外が行われることが多い。

図表 3-4. 解体事業者によって取外されたワイヤーハーネス



取外されたハーネスは、製錬業者、ナゲット業者、輸出業者の 3 ルートへの販売が考えられる。但し、取引条件に達するほどの回収量を確保することが難しい解体業者は、非鉄問屋や商社、バイヤー等の仲買業者へ販売している。また、銅資源の販売においては、市況によって販売時期や販売先を変動させることが一般的で、仲買業者の販売先も一定でない場合が多い。そのため、解体業者側でも自社で取外したハーネスが、最終的にどこに販売されているか把握できていないことが多い。

また、国内処理が想定される製錬業者への販売は、1 社あたりの解体業者から発生するハーネス量が少ないことや、販売価格、荷姿等の取引条件の面から限定的とみられる。国内で電線処理を行うナゲット業者についても、配電用ケーブルや電線を中心に処理する業者が主であり、ハーネスを専門に扱う業者は存在しない。銅線軸が細いハーネスは銅の回収率が低いほか、付着した油分や付属している異物の除去等、処理工程における課題が多く、ハーネスのナゲット処理を行っている業者は国内でも数社程度との見方が多い。そのため、現状ハーネスの多くが銅需要の高い中国等へ輸出されていると考えられている。

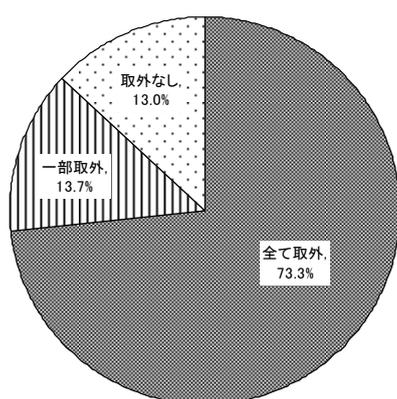
3-2-2. 回収状況

今回実施したアンケート調査によれば、一部取外（取外していない車台と取外している車台がある）を含めてハーネスを事前に回収する事業者は 87.0%、引取台数ベースでは 91.2% と高い割合を示している。ハーネスを回収しない理由として、事前回収をすると廃車ガラの価格が下がってしまうケースが挙がっており、解体工程から解体工程への引渡しによってハーネスをまとめて回収するケースを考慮すれば、さらに取外比率は増加すると考えられる。ハーネスはニブラ等を用いて取外がしやすく、資源としても需要が高いことから、回収および資源販売が進んでいる部品といえる。メーカー側のリサイクルを考慮した設計によって、以前よりも取外しやすくなったという意見も多く、設計段階での工夫が資源回収に貢献している実態も確認できた。

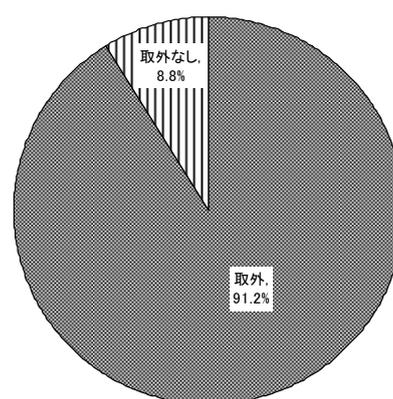
引取台数ベースの方が高い取外比率を示している理由としては、重機の所有率が高いこと等から、大規模業者の方がハーネスを取外す傾向が高いことが原因と考えられる。次頁に示した引取台数規模別の取外比率を参照すると、3,000 台以上の業者の比率では前後があるものの、概ね規模が大きい業者の方が、取外なしの業者が少ないことが確認できた。

さらに、地域別の取外比率を算出したところ、九州・沖縄の比率が非常に低いことが確認できた。アンケート調査と並行して実施したヒアリング調査では、沖縄県では廃車ガラの単価が下がることを理由にハーネス等の部品を事前回収せず、そのまま破砕業者に引渡す解体業者が多いことが確認できている。そのため、九州・沖縄の比率が低いのは、こうした沖縄県の解体業者の特徴が影響しているためと考えられる。

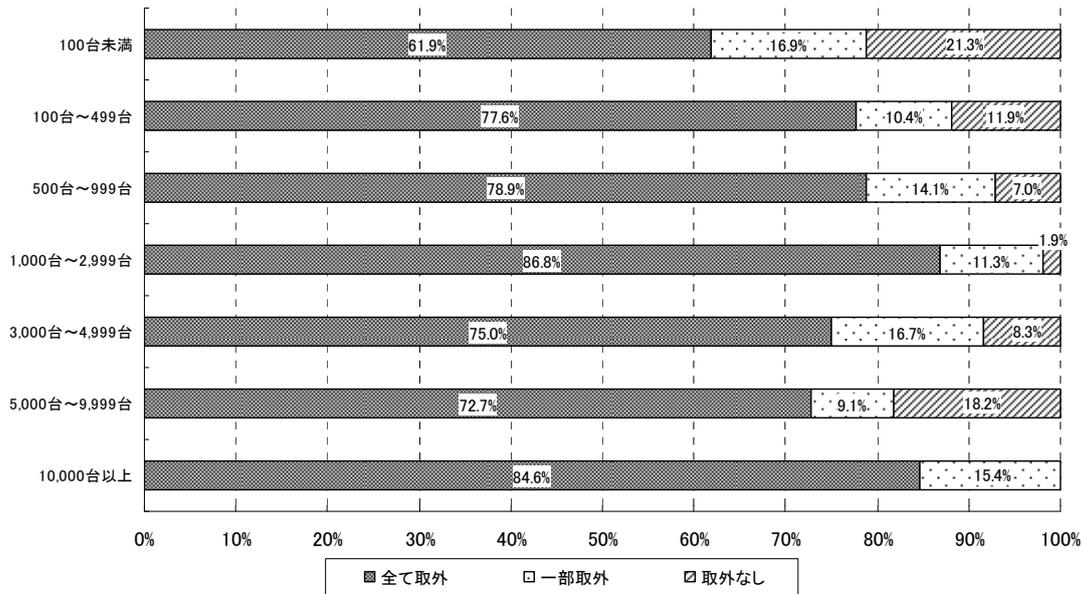
図表 3-5. 取外比率 (N=454 社)



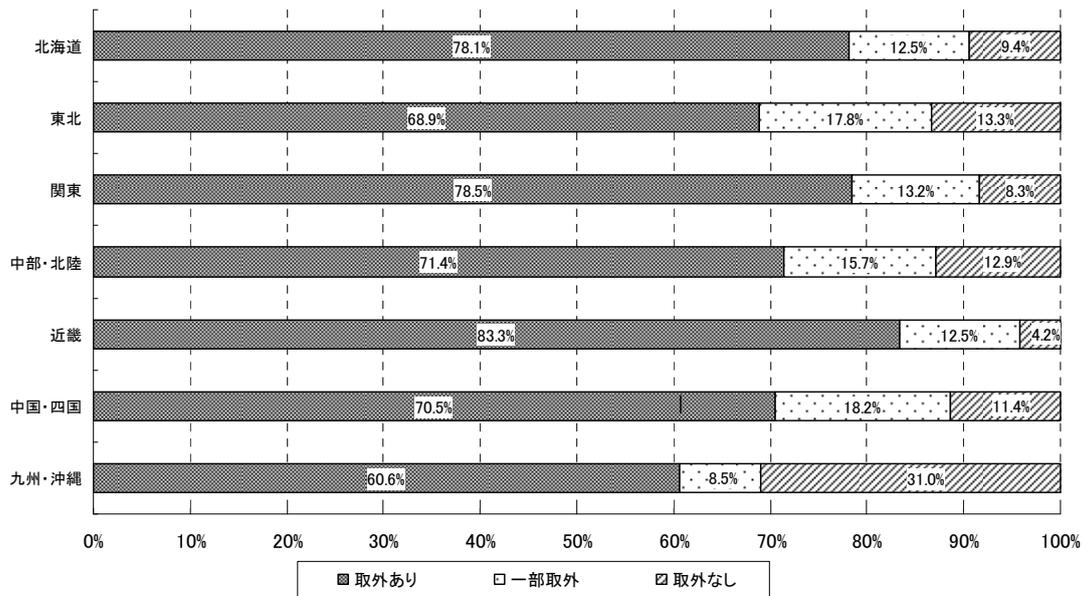
図表 3-6. 取外比率 (N=516,646 台)



図表 3-7. 解体業者の引取台数規模別でのワイヤーハーネス取外比率 (N=454 社)



図表 3-8. 解体業者の地域別でのワイヤーハーネス取外比率 (N=454 社)



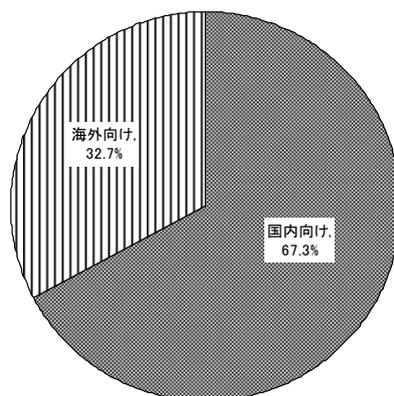
3-2-3. 販売状況

販売先については、解体業者が商社と中間処理業者（ナゲット業者等）等の複数の取引先に販売しているケースがあるため、引取台数ベースでのみ算出する。なお、ハーネスは中古部品として販売されるケースが考えにくく、ほとんどが資源用途で販売されていると考えられるため、中古部品としての販売状況については調査していない。

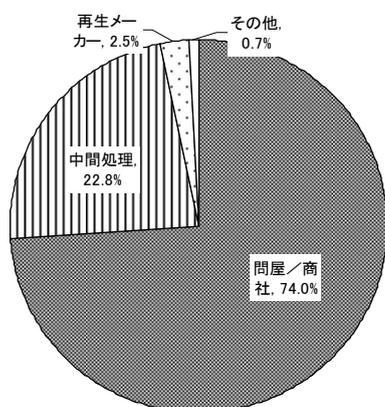
まず、国内向けと海外向けの販売比率を算出すると、国内向けが約70%を占めている。これは解体業者および再資源化業者等からヒアリングで得られた、多くが中国向けに輸出されているという情報とは異なる結果となった。この理由としては、解体業者側で仲買業者の販売先まで把握していないケースが多く、国内の間屋や商社が輸出をしている場合にも、国内向けの回答に含まれているためと考えられる。

実際に各販売先の内訳を見ると、大多数が商社やバイヤー等に向けた販売となっている。また、自社でハーネスのナゲット処理を行っているナゲット業者が限定的であることから、中間処理業者に販売する場合でも、輸出されている可能性がある。

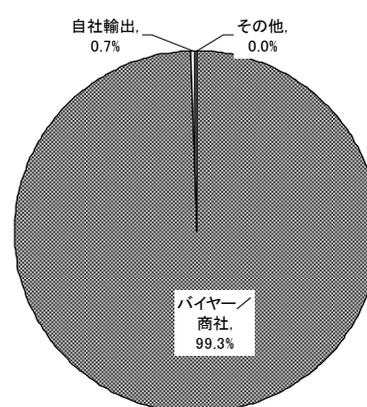
図表 3-9. 販売比率 (N=471,406 台)



図表 3-10. 国内向け販売先 (N=317,366 台)



図表 3-11. 海外向け販売先 (N=154,040 台)



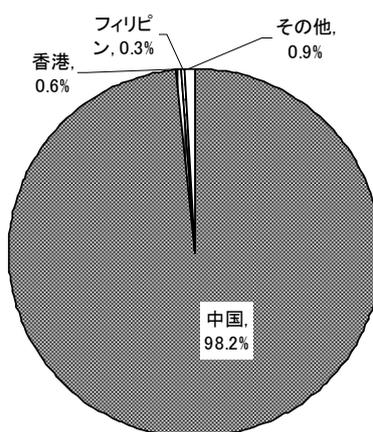
3-2-4. 輸出先

ハーネスを海外向けに販売している業者のうち、輸出先の回答があった企業（29社）について、引取台数ベースでの輸出先も調査した。その結果、98.2%が中国向けであり、ハーネスのほとんどが中国に輸出されていることが改めて確認できた。また、香港と台湾にも合わせて約 0.7%が輸出されており、これらを含めれば中国向けの輸出は約 99%に達することになる。

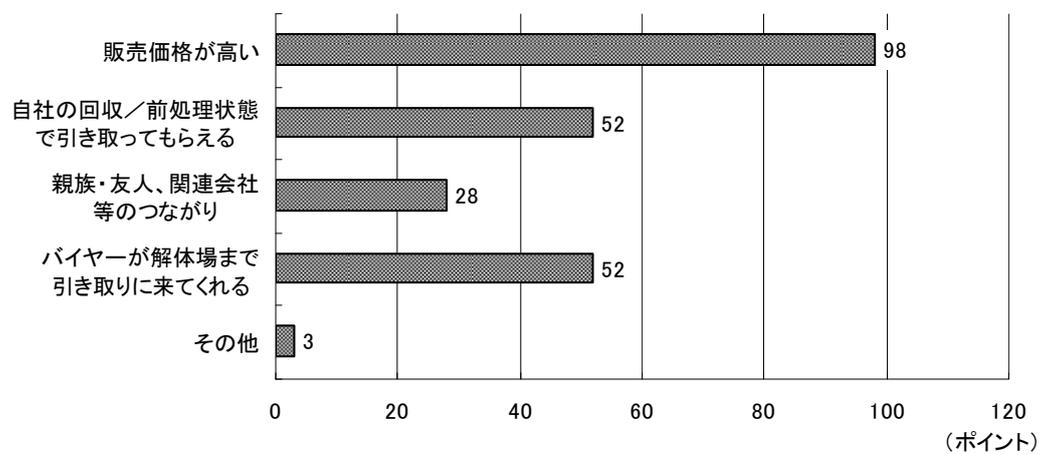
また、海外に輸出する理由についても調査しており、各選択肢に 1～3 位の順位を付ける形で回答をしてもらい、1位には3点、2位には2点、3位には1点というように、ポイント制で集計している。その結果、「販売価格が高い」という理由が最もポイントが高く、輸出の理由として販売価格の差が大きな要因となっていることが確認できた。アンケート調査では国内外で 25 円/kg 程度の価格差があることが明らかになっており、国内処理業者の価格競争力が劣っている状況が想定できる。

その次には、「自社の回収/前処理状態で引き取ってもらえる」、「バイヤーが解体場まで引き取りに来てくれる」が並ぶ結果となった。そのため、手選別等の必要がなく高値で買い取ってもらえる、また作業場まで回収に来る等の自社での作業が少ないことも、輸出バイヤーを利用する要因となっているとみられる。また、その他として「部品として再利用するため」という回答もあったが、こうした事例は少数と考えられる。

図表 3-12. ワイヤーハーネス輸出先の内訳（N=118,618 台）



図表 3-13. ワイヤーハーネスを輸出する理由 (N=44 社)



3-2-5. 販売価格

ハーネスの平均販売価格は、241.1 円/kg となったが、国内向けの場合 237.6 円/kg、海外向けの場合 262.3 円/kg と国内外で約 25 円/kg の差があることが分かった。リサイクル業者へのヒアリングでも、国内向けと輸出（中国）向けの価格は 20 円/kg 程度の差があるとの情報があり、アンケート調査でもそれが裏付けられる結果となった。詳しい販売価格については、図表 3-15 の通りである。

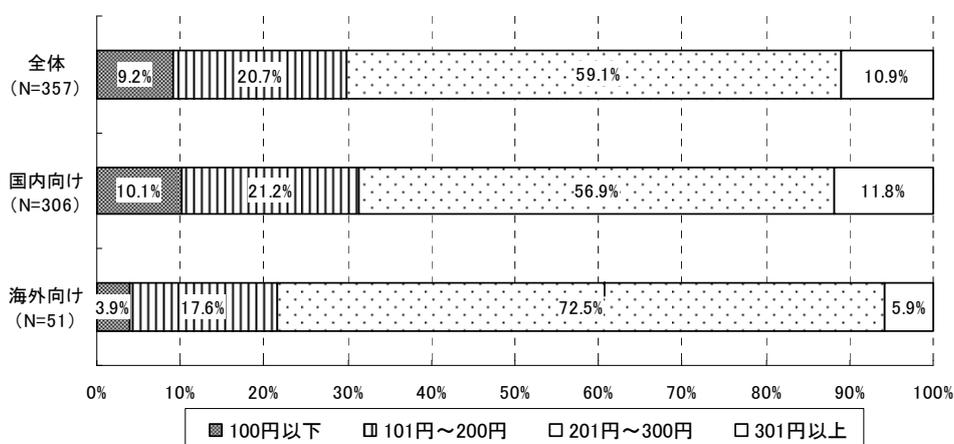
また、カテゴリ別での販売価格の差を調査するため、引取台数規模別および地域別での解体業者のハーネス販売価格を算出した。地域別では有意な差が確認できなかったが、引取台数規模別では、引取台数が多い業者の方が、販売価格が高い傾向にあることが分かった。これは引取台数が多い業者の方が、ロットが多くなることが予想されるほか、販売頻度も多くなるため、販売価格の面で優遇されやすいためと考えられる。

販売先別の価格差についても図表 3-18 に示す。主な販売先は問屋/商社、中間処理業者、バイヤー/商社の 3 つのため、全体の平均価格もこれらに大きく影響を受ける形となった。一方、国内処理が想定される中間処理業者への販売価格は、問屋/商社への平均販売価格を下回っている。仲買業者を通じて中間処理業者に引渡されるのであれば、こうした事態は想定できないことから、やはり国内向けの問屋/商社への販売であっても輸出されている可能性が高い。

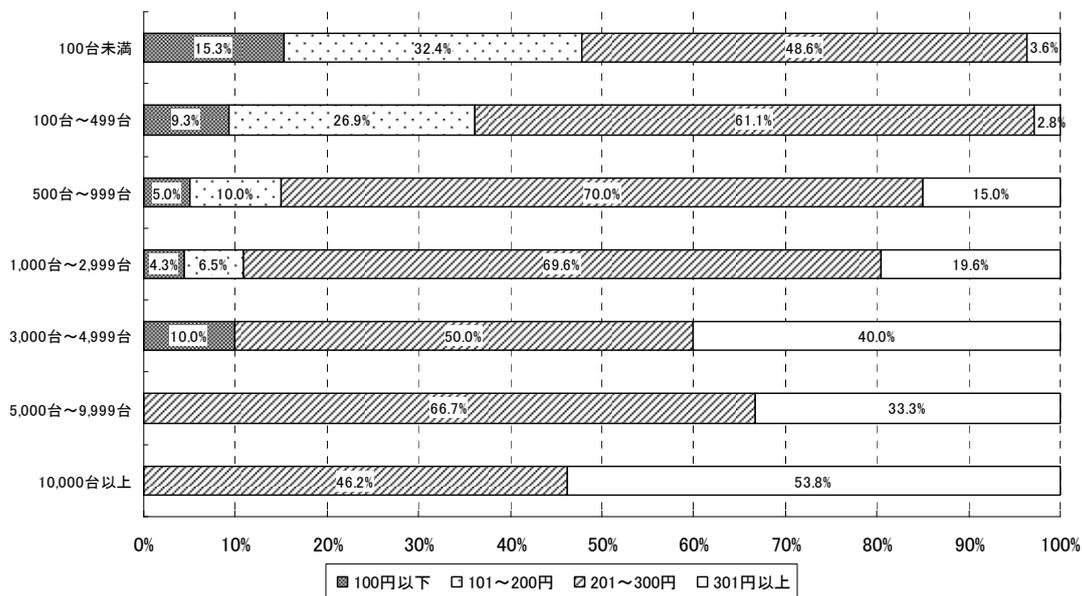
図表 3-14. ワイヤーハーネスの平均販売価格 (N=357 社)

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	237.6	306	262.3	51	241.1	357

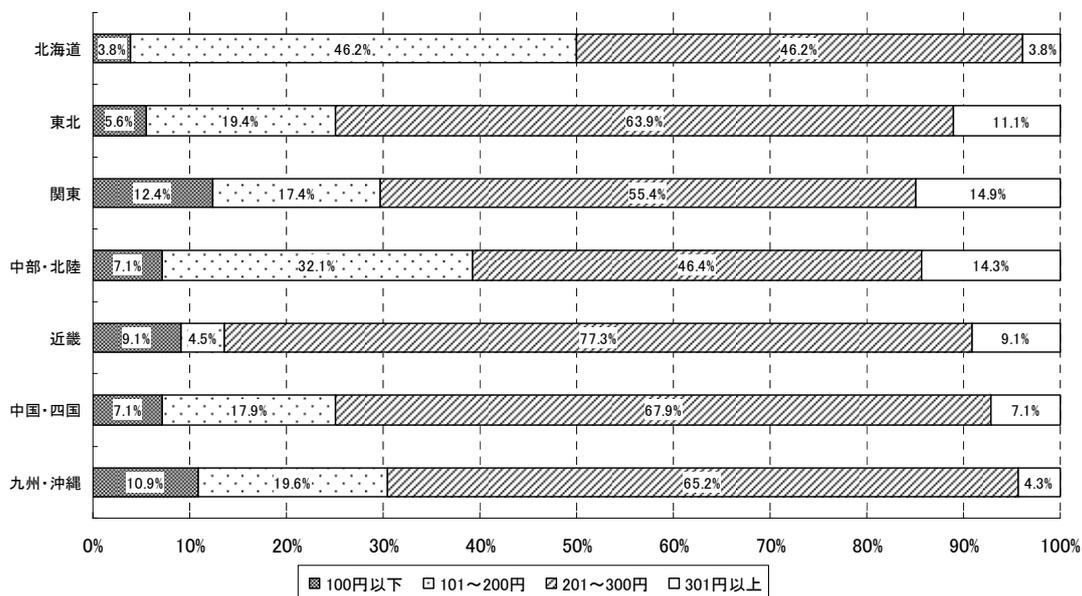
図表 3-15. 解体業者ベースでの販売価格の内訳 (N=357 社)



図表 3-16. 解体業者の引取台数規模別でのワイヤーハーネス販売価格 (N=357 社)



図表 3-17. 解体業者の地域別でのワイヤーハーネス販売価格 (N=357 社)



図表 3-18. 販売先別の平均販売価格 (N=351 社)

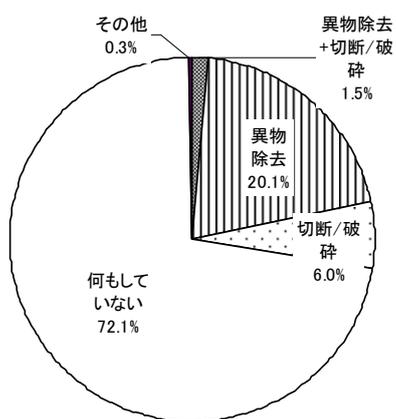
販売先	国内				海外	
	問屋/商社	中間処理業者	再生メーカー	その他	バイヤー/商社	自社輸出
N数	227	65	5	3	49	2
平均価格 (円/kg)	249.5	199.3	318.8	167.8	262.8	250.0

また、販売価格は荷姿（前処理）によっても異なることが想定される。ハーネスの処理方法としては、主にコネクタ等の異物除去や、運搬密度を高めるための切断・破砕処理等が想定できるが、これらの作業は手作業や設備投資が求められることから、そのままの状態での引渡されるのが一般的である。図表 3-19 を参照しても、「何もしていない」という回答が 72.1%に達している。後工程での選別が必要となることから、国内処理業者が回収状態での買取を嫌うのに対し、輸出業者はそのままの状態でも高値で買取っているとみられ、輸出量が多いことの一因となっているとみられる。

図表 3-20 に前処理別での平均販売価格を算出したが、回答数が少ない処理方法もあり、有意な差は得られなかった。通常であれば、前処理を施したほうが高値での販売が可能となるとみられるが、そうした傾向は現れていない。この理由としては、図表 3-21 に示したように、前処理を施した回答については「100 円以下」や「101 円～200 円」等の安価な価格での販売価格が混在しているためと思われる。こうした回答は誤回答の可能性もあるが、回答数が少ないためにその影響を大きく受けたためと考えられる。

また、その他として自社でナゲット処理を行う場合、販売価格が 700 円以上にも達するとの回答があった。スクラップ銅はその純度や品質によって販売価格に差が生じるが、条件が揃えば銅建値（2014 年 12 月時点で約 800 円）に近い価格での取引も可能であることが確認できた。

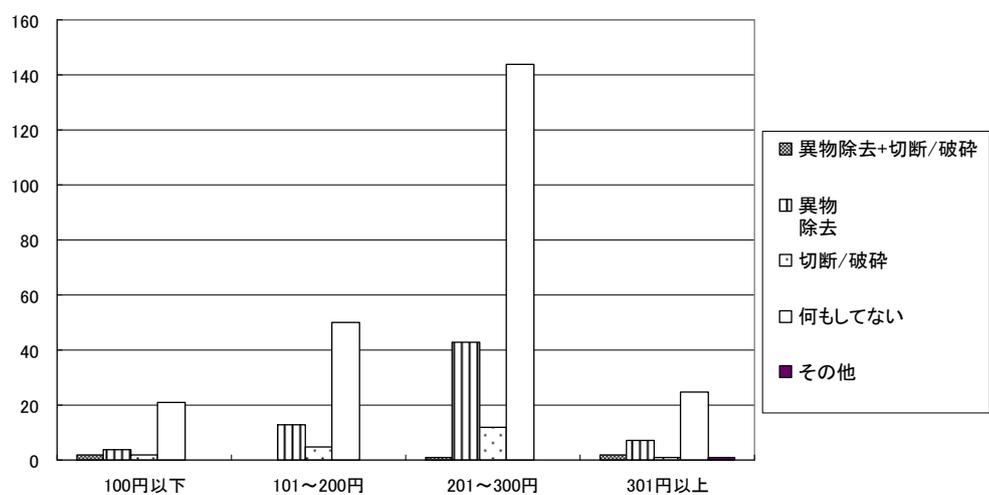
図表 3-19. 販売時の前処理 (N=333 社)



図表 3-20. 前処理別の平均価格 (N=333 社)

前処理	N数	平均額
異物除去+切断/破砕	5	195.0
異物除去	67	251.4
切断/破砕	20	225.4
何もしていない	240	240.6
その他	1	779.0
合計	333	242.8

図表 3-21. 前処理別での販売価格の分布 (N=333 社)



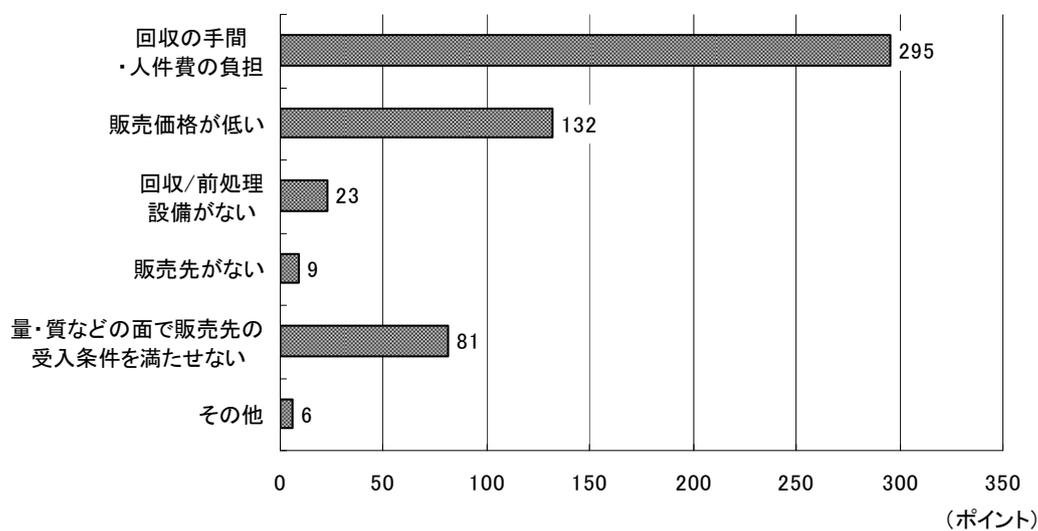
3-2-6. 国内での資源循環に向けた課題

既に高い取外比率であるハーネスの回収に向けた課題としては、取残しハーネスを少なくすることが挙げられる。取外をしている業者においても、すべてのハーネスを回収しているわけではなく、解体業者へのヒアリング等からは、20%程度のハーネスが取残されているケースが多いと考えられる。

ハーネスの未回収理由についても輸出理由と同様の方法で調査を実施した。その結果、未回収理由として最も多かったのは、「回収の手間・人件費の負担」であった。取残しのハーネスとしては、ドアハーネス等のニブラでは取外が困難な部位が想定されることから、手作業での取外が求められ、全部利用業者でもなければ回収が難しい状況が考えられる。その次には「販売価格が低い」が挙がっており、取残しのハーネス量は20%程度と多量ではないため、それを取外す費用対効果が悪い状況が想定できる。また、選択肢以外の回答としては、「スクラップの単価が下がる」、「他の解体業者にそのまま引渡し」、「人件費に合わない」、「作業が追いつかない」等が挙げられている。

但し、ハーネスは既にほとんどの業者で回収が実施されている。そのため、国内循環におけるより大きな課題は、あくまで販売価格の差による中国への資源流出である。

図表 3-22. ワイヤーハーネスを回収しない理由 (N=107 社)



3-2-7. ワイヤーハーネスの流通フロー

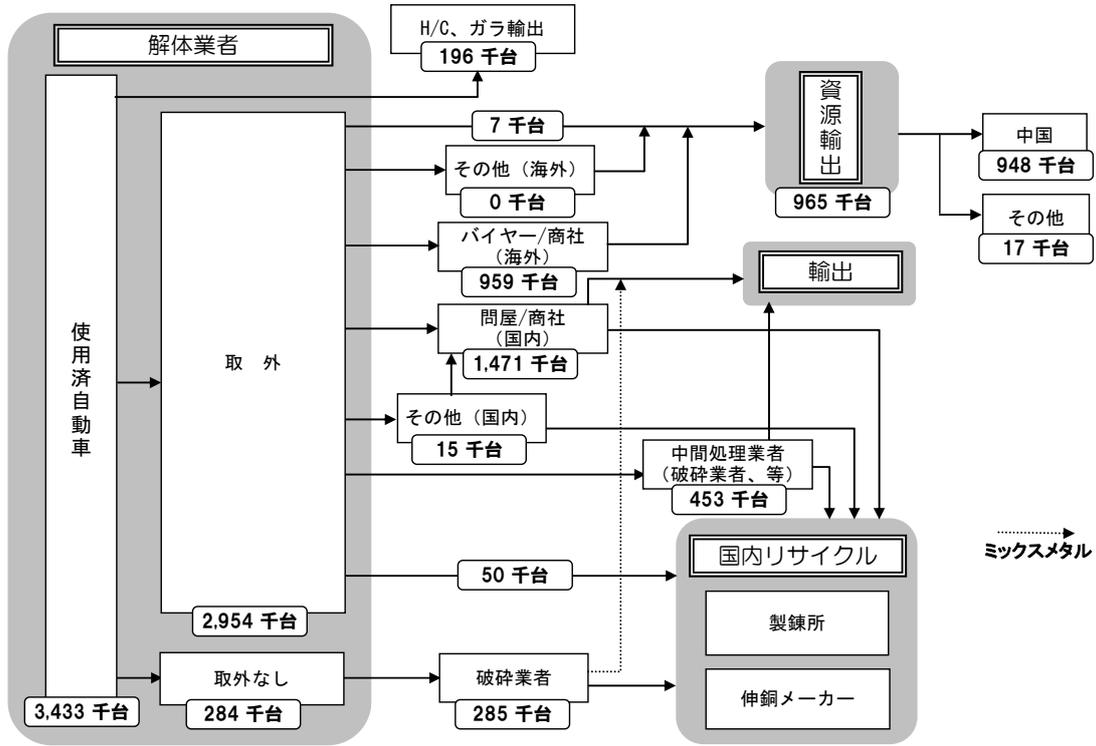
今回のアンケート調査で明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013 年度）のハーネスの流通フローを推計する。第 1 章で見た通り、2013 年度の引取報告件数は 343.3 万台であった。この数値をベースとし、ハーフカットや廃車ガラ輸出の台数も考慮に入れ、自動車台数ベースでのハーネスの流通フローを算出した。この流通フロー図は図表 3-23 の通りである。

また、第 2 章で示した対象部品の金属含有量をもとに、ハーネス由来の銅資源に関するフローを推計する。ハーネスについては、1 台あたりの銅の含有量が **5.92kg** である。また、ハーネスの取外については、1 台当たり 8 割程度は取外すというヒアリングに基づき、取外業者については 1 台当たり **4.74kg** の銅を取外していると仮定する。

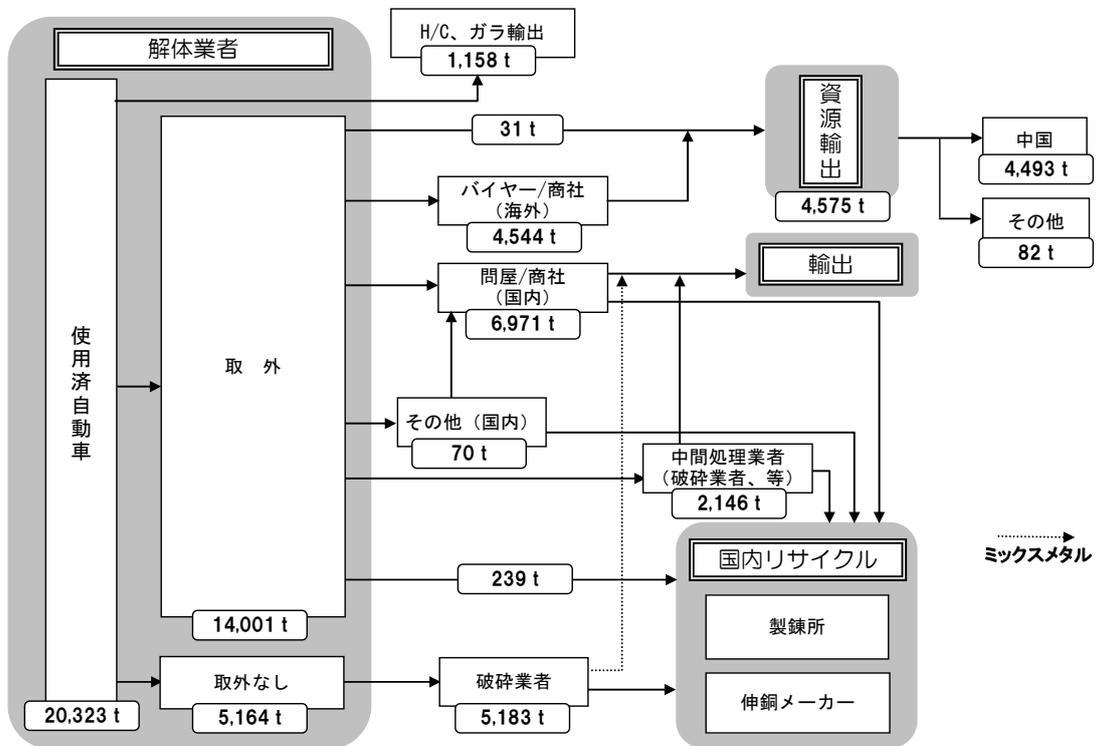
その結果、すべての使用済自動車に含まれるハーネスの銅量が **20,323t** であり、取外される銅量は **14,001t (68.9%)** であった。そのうち、海外向けに販売される銅量は **4,575t (22.5%)** だが、国内外含めて仲買業者に販売される銅量は **11,515t**（全体の **56.7%**、取外される銅量の **82.2%**）にも及ぶ。実際には国内向けの仲買業者に販売された場合も、その多くが輸出されていると想定され、資源の国外流出は深刻である。また、取外なしもしくは取残しによって破砕業者に販売される分は **5,164t (25.4%)** であった。しかし、破砕業者でも取外されることなく破砕され、選別された資源は、国内の伸銅メーカー等に販売されている分も多い。選別しきれなかったミックスメタルは輸出される傾向が強いとされるが、皮肉にもハーネスは事前回収されないほうが国内の資源循環に回る割合が高い可能性もある。

また、今回はすべて登録車であることを想定して推計しているが、実際には 3~5 割程度の割合で軽自動車が入庫しているとみられ、その場合にはハーネスの含有量も少なくなる。解体業者へのヒアリングでは、登録車で **10kg** 程度（ハーネス重量）回収できるが、軽自動車では **6kg** 程度との意見もあり、銅の回収量に大きな差があることに留意する必要がある。

図表 3-23. 2013 年度のワイヤーハーネスの流通フロー（台数ベース）



図表 3-24. 2013 年度のワイヤーハーネスの流通フロー（銅量ベース）



3-3. エンジン/ミッション

3-3-1. 流通フローの概要

エンジン/ミッションは、回収部品の中でも中古部品として高値で販売可能な部品の一つである。また、個体差はあるもののエンジンで 150kg 前後、ミッションで 70kg 前後と合わせて 200kg 以上の重量にも及ぶため、スクラップとして資源販売した場合の単価も大きい。そのため、解体業者によって取外されることが一般的である。また、エンジンが輸出される場合には、ミッションやスターター、オルタネーター等を含むアッセンブリー (Assy) として輸出されており、その場合には補機類は Assy から取外されないことが通常である。

また、エンジン (Assy) は、海外での中古部品としての需要が高く、特に、東南アジアや中東、ロシア等の日本からの中古車輸出台数が多く、日本車のシェアが高い国々を中心に輸出されているとみられる。特にドバイやマレーシア等には、日本製中古部品を扱う大規模な中古部品市場が形成されており、流通のハブとしても大きな役割を果たしている。

図表 3-25. ドバイの中古部品業者および現地で販売されている中古エンジン



取外された Assy は、解体業者に出入りするバイヤーによって買付けが行われる。また、引取台数が多く、中古部品の輸出に注力している業者の中には、アジアを中心とした海外に販売拠点を持つ業者も存在しており、外国人バイヤーへの販売のほかに、自社でコンテナを用いた輸出を行っている場合もある。

また、国内部品として販売が可能なものについては解体業者で在庫として保管され、中古部品として流通する。なお、国内での部品販売の場合には、補機類等が取外され、モーター等は単体として販売されるケースが多い。

中古部品として販売ができなかったエンジン/ミッションについては、スクラップとして資源販売される。エンジンの場合には、エンジン専門のスクラップ業者も存在しており、溶解温度の差を用いることで、アルミと鉄の選別、再資源化等を行っている。

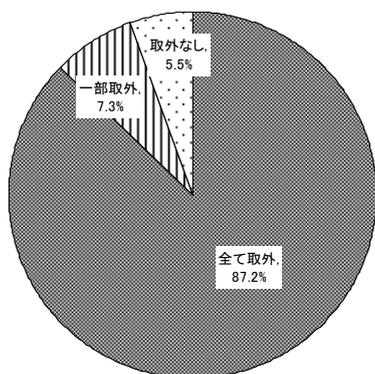
3-3-2. 回収状況

エンジン/ミッションについては、一部取外を含めて事前に回収する業者が 94.5%、引取台数ベースでは 97.1%と、対象部品の中で最も高い割合を示している。そのため、解体工程から解体工程に引渡される場合等に取外が行われないケースもあると考えられるが、ほとんどの使用済自動車では回収されている状況が確認できた。エンジンは中古部品として国内外で高い需要があるほか、スクラップとしての価値も高いため、取外される比率が非常に高いと考えられる。

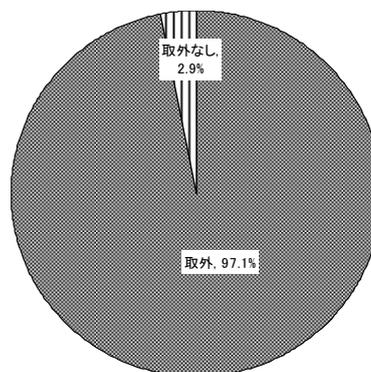
また、引取台数ベースの方が高い取外比率になっている理由は、ハーネスと同様に大規模業者の方が、取外比率が高い傾向にあるためとみられる。引取台数規模別の取外比率を参照すると、規模が大きい解体業者においては「全て取外」が 100%に達するカテゴリーもあり、非常に高い割合となった。

地域別の取外比率についても、ハーネスと同様で、九州・沖縄での取外比率が低い傾向となった。こちらもハーネスと同様に沖縄県では、廃車ガラの単価が下がること等を理由に、エンジンを取外さず後工程へ販売している業者が多いためと考えられる。実際に沖縄県ではエンジン/ミッションの取外なしと回答した業者が 4 割にのぼり、「全て取外」と回答した業者は 3 割強に留まっている。

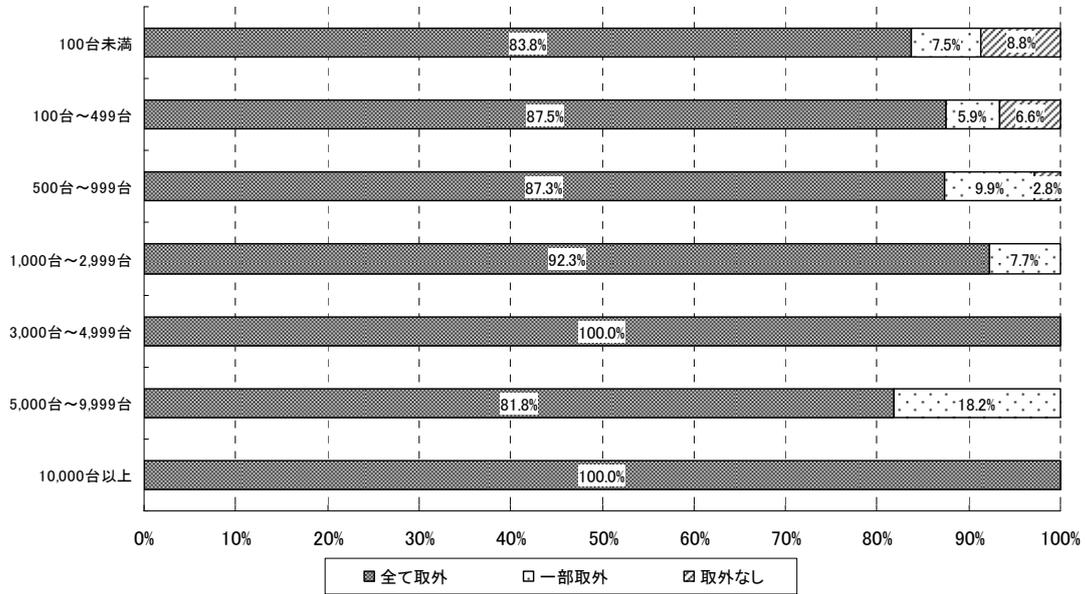
図表 3-26. 取外比率 (N=454 社)



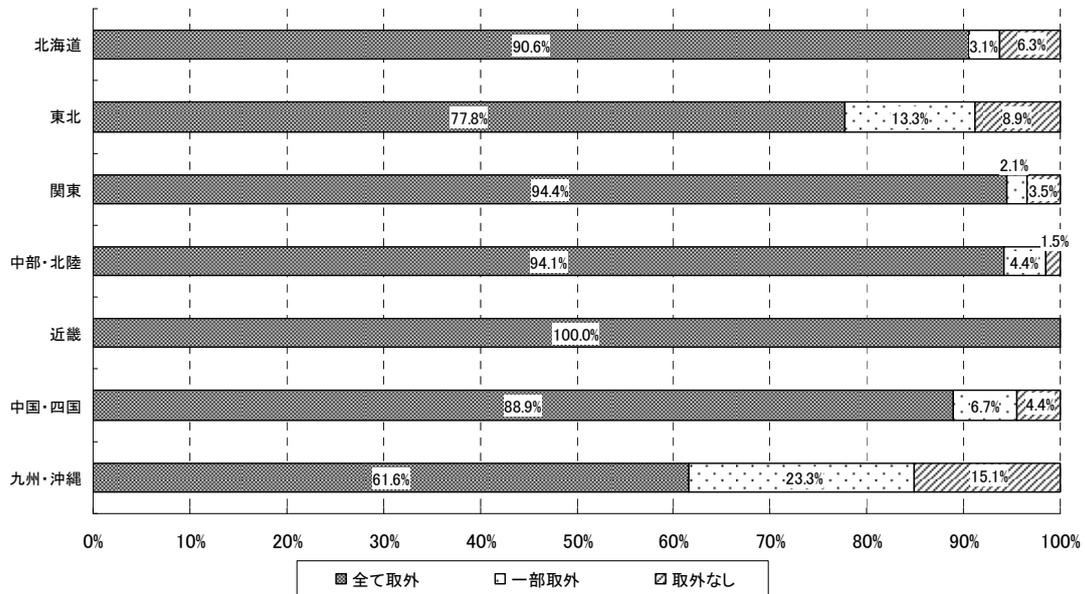
図表 3-27. 取外比率 (N=504,863 台)



図表 3-28. 解体業者の引取台数規模別でのエンジン/ミッション取外比率 (N=454 社)



図表 3-29. 解体業者の地域別でのエンジン/ミッション取外比率 (N=454 社)



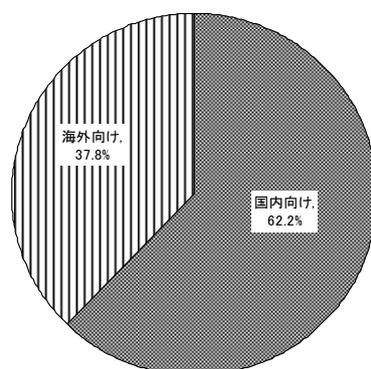
3-3-3. 販売状況

エンジン/ミッションの場合も、ハーネスと同様に引取台数ベースで販売状況を算出すると、中古部品販売も含めて国内向けが 62.2%、海外向けが 37.8%という結果になった。海外向けについては、中古部品の需要が高い東南アジアや中東、ロシア等に向けた中古部品としての輸出がほとんどと考えられる。

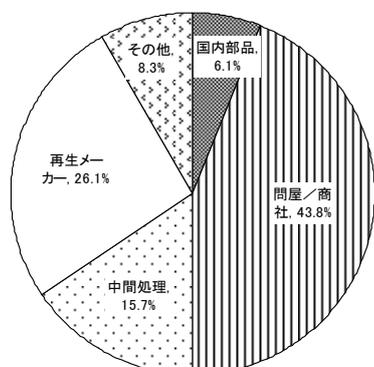
各販売先の内訳を見ると、国内向けでは中古部品が約 6.1%のほか、問屋/商社向けの販売が 43.8%を占めている。エンジンのスクラップにおいては専門の処理業者も存在しており、仲買業者等を通じてこうした専門業者に販売されている可能性もある。

海外向けの販売先としては、約 80%が商社/バイヤーを通じて販売されている。中古部品を扱う解体業者には、外国人バイヤーが日常的に出入りしている場合も多く、売約済のエンジンは解体業者の部品倉庫やその他の倉庫等で保管され、彼らによってコンテナ詰めおよび輸出されることが多い。また、引取台数規模の大きい解体業者や、中古部品の輸出に注力している業者においては、自社での輸出を行っている場合もあり、アンケート結果では輸出されるエンジン/ミッションのうち、約 20%が解体業者自身によって輸出されていた。

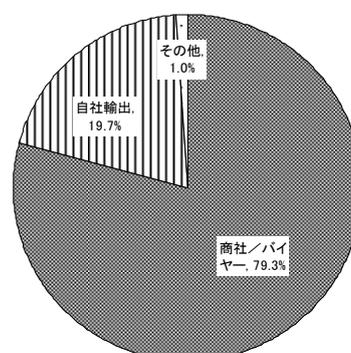
図表 3-30. 販売比率 (N=490,003 台)



図表 3-31. 国内向け販売先 (N=304,737 台)



図表 3-32. 海外向け販売先 (N=185,226 台)



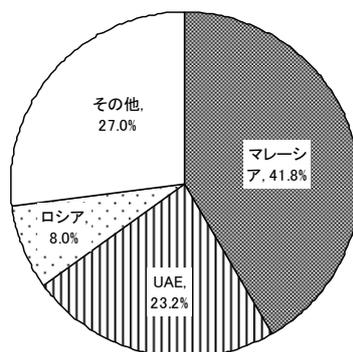
3-3-4. 輸出先

エンジン/ミッションを海外向けに販売している業者のうち、輸出先の回答があった業者（292 業者）について、引取台数ベースでの輸出割合についても算出した。その結果、マレーシア向けが 41.8%で最も高い割合を占め、その後に UAE（23.2%）、ロシア（8.0%）が続く結果となった。なお、下図には示していないが、その後にはタイ（5.2%）、パキスタン（3.3%）、レバノン（3.2%）等が続いている。これらは中古部品としての需要が高い国々であることから、やはりほとんどが中古部品としての輸出と考えられる。

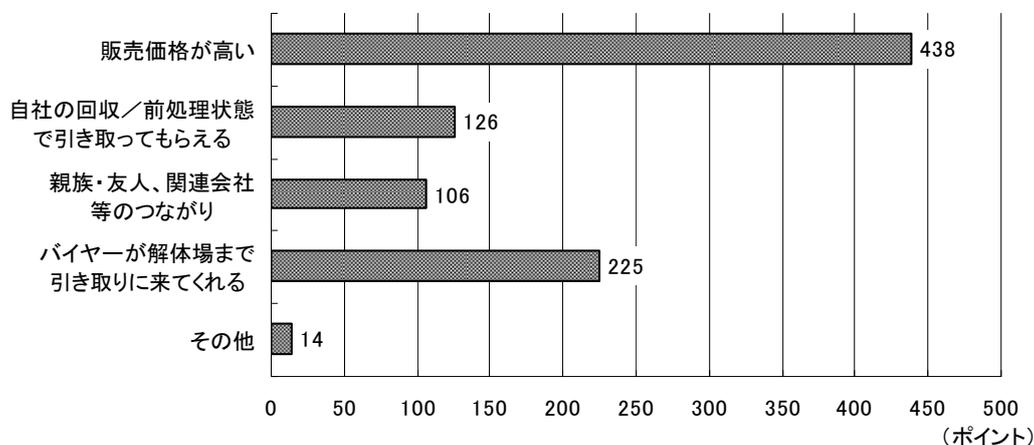
また、海外に輸出する理由について調査したところ、「販売価格が高い」という理由が最も多かった。その次には「バイヤーが解体場まで引取りに来てくれる」が続いており、海外での中古部品需要の高さが輸出の原因となっていることが確認できた。

その他としては、「一度に多数の部品が販売できる」、「国内部品としては売れない」、「取引先があるから」等の理由が挙がっており、これらからも国内に対して海外での中古部品需要が高いことが輸出の原因となっていることが窺える。

図表 3-33. エンジン/ミッションの輸出先の内訳（N=123,542 台）



図表 3-34. エンジン/ミッションを輸出する理由（N=179 社）



3-3-5. 販売価格

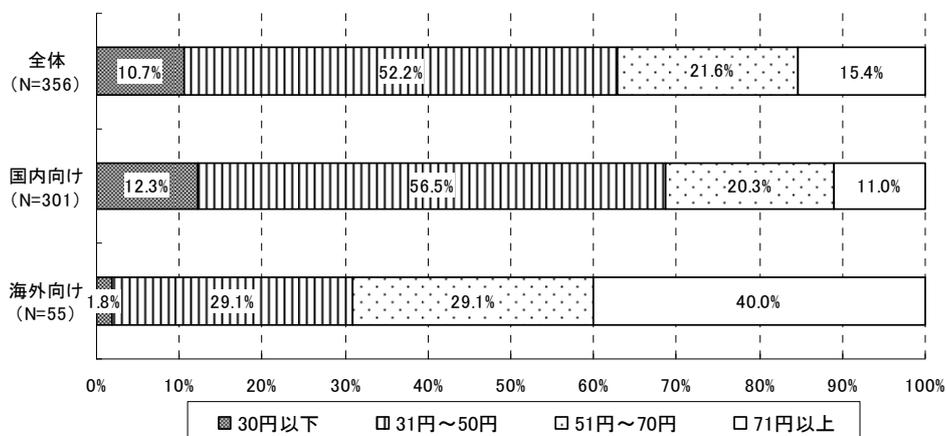
エンジン/ミッションの平均資源販売価格は、63.2 円/kg であった。エンジンはアルミと鉄の含有量によって資源価格が異なるため、アルミ含有量が多いエンジン（白エンジン）と、鉄含有量が多いエンジン（白黒エンジン）等で販売価格が異なる。これらを混在して販売している業者がいる一方で、エンジンを数種類に分けて販売している業者も存在している。エンジンごとの販売価格の回答をまとめると、概ね白エンジンで 60 円/kg、白黒エンジンで 50 円/kg 前後の回答が多かった。また、精緻分解によってアルミ部分だけに分別している業者もあり、その場合には鉄部分が 25 円/kg 前後、アルミ部分が 150 円/kg 前後になるとの回答もあった。

一方、海外向けの販売については、多くが中古部品としての輸出と考えられるが、重量単位での販売価格の回答も一定数あったことから、資源用途での販売、もしくは重量単位での部品販売も行われているとみられる。重量単位で販売した場合には、バイヤー側で再度中古部品の選別等が行われると考えられるが、最終的な用途を把握することは困難なため、集計には重量単位での販売価格の回答をすべて含めている。このように部品用途での販売価格も輸出向けの価格には反映されているとみられ、海外向けの平均価格は国内向けに比べて高い価格を示している。

図表 3-35. エンジン/ミッションの平均販売価格（N=356 社）

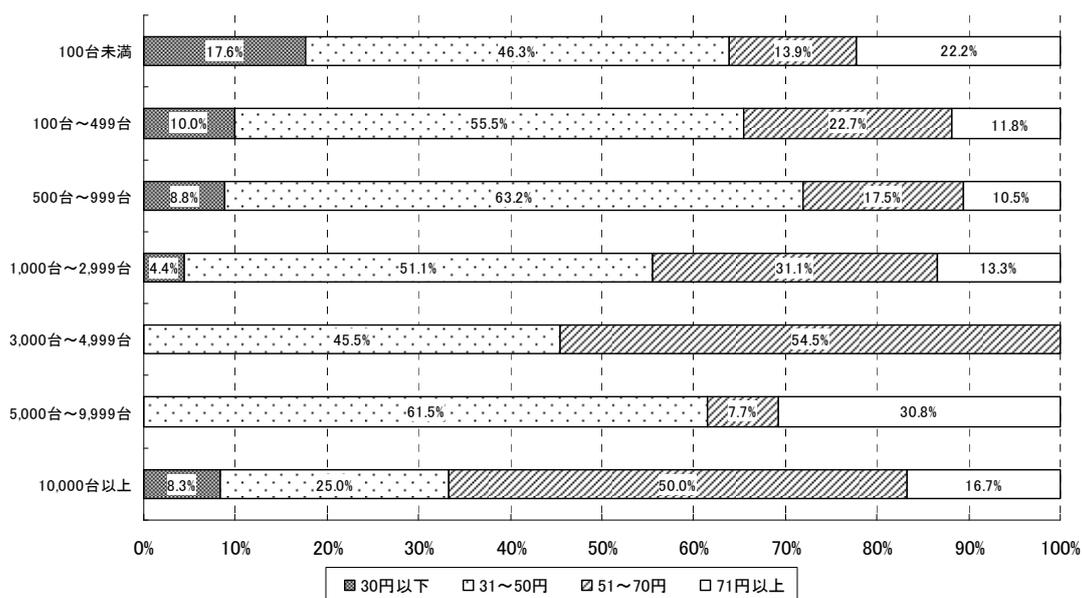
	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	57.6	301	94.0	55	63.2	356

図 3-36. 解体業者ベースでの販売価格の内訳（N=356 社）

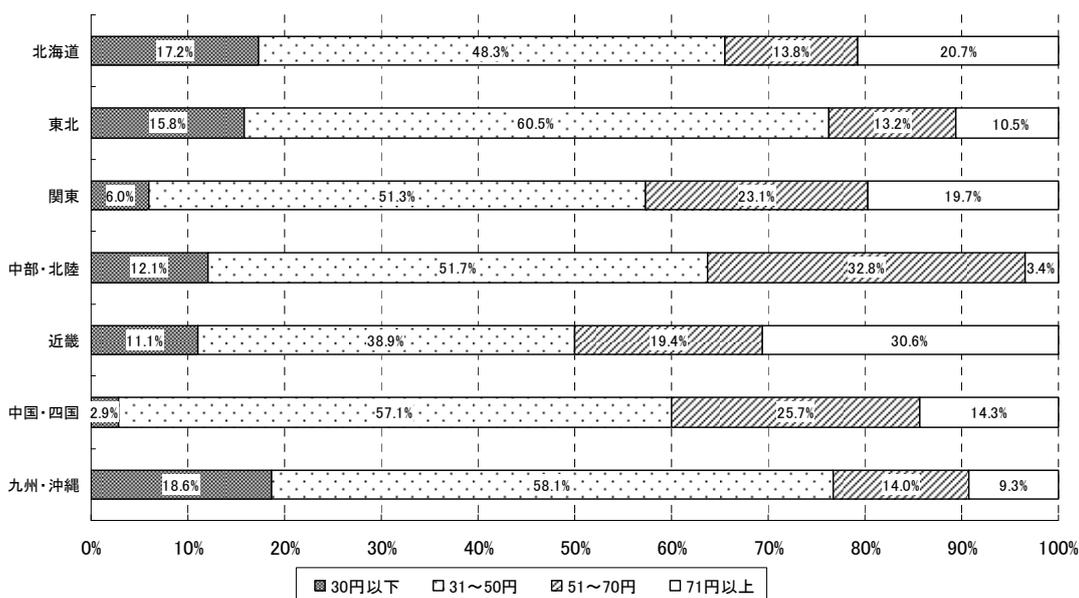


また、引取台数規模別、地域別の価格差を参照すると、双方とも差が生じており、特に引取台数規模別ではハーネスと異なり、規模の大小による価格差も現れていない。しかし、先述の中古部品として輸出される場合の販売価格が混在している可能性もあり、価格差の要因は見出しにくい。

図表 3-37. 解体業者の引取台数規模別でのエンジン/ミッション販売価格



図表 3-38. 解体業者の地域別でのエンジン/ミッション販売価格



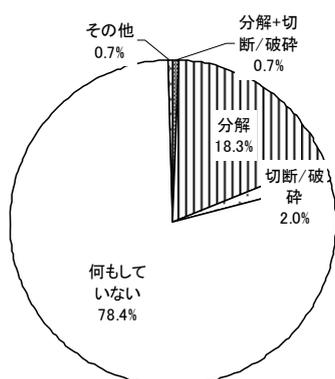
一方、販売先別の価格差について、下図に示す。ハーネスと同様に中間処理業者への販売よりも問屋/商社への販売価格の方が高く、問屋/商社によって輸出も含めた高値での買取先に販売されている可能性がある。

また、販売価格は荷姿によっても異なることが想定されるため、エンジン/ミッションの販売時の前処理についても調査した。その結果、15.5%の業者で分解等による資源の濃縮が行われているものの、その他の事業者では何もしていないことが分かった。なお、その他には、少数ながら自社で溶解しているという業者もあり、その場合には販売価格が200~300円/kgまで上昇している様子も確認できた。

図表 3-39 販売先別の平均販売価格

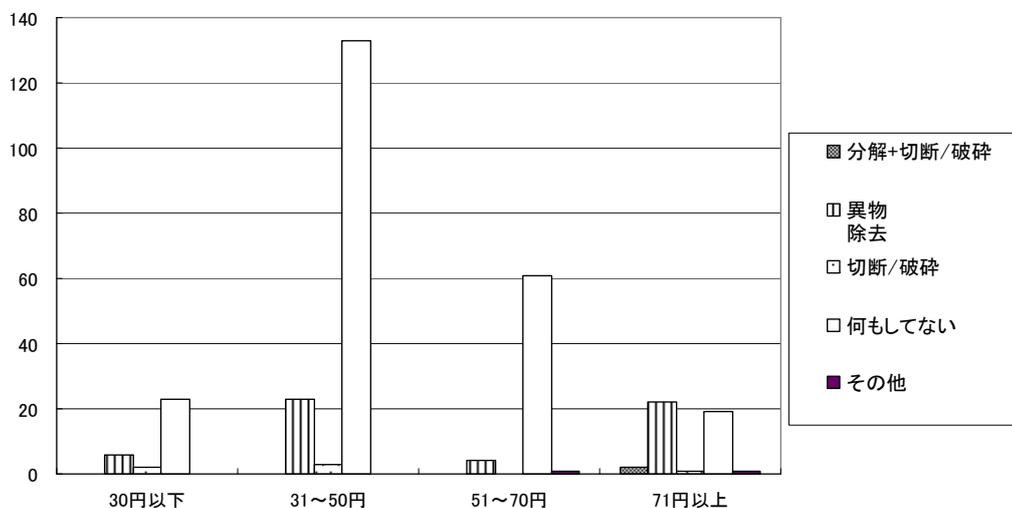
販売先	国内				海外	
	問屋/商社	中間処理業者	再生メーカー	その他	バイヤー/商社	自社輸出
N数	171	75	45	10	46	9
平均価格	59.8	47.0	58.3	98.0	97.0	78.3

図表 3-40. 販売時の前処理 (N=301 社) 図表 3-41 前処理別の平均価格 (N=301 社)



前処理	N数	平均額
分解+切断/破碎	2	167.5
分解	55	81.4
切断/破碎	6	64.2
何もしていない	236	55.8
その他	2	137.5
合計	301	61.9

図表 3-42. 前処理別での販売価格の分布 (N=301 社)



また、エンジン/ミッションの海外向け販売については、中古部品として輸出されている場合が多いと想定されたため、資源輸出がない場合には海外向けの最低販売価格を調査した。これは国内でスクラップ処理するか、海外へ中古部品として輸出するかを選択において、どの程度の価格帯が分岐の目処となるかを調査するためである。

その結果、中古輸出エンジン/ミッションの販売価格は、全体平均で約 19,000 円という結果になった。一方、エンジン/ミッションのユニット単位での国内スクラップ価格を推計した場合、例えばその重量を 220kg と仮定すると、図表 3-35 の平均価格と掛け合わせれば 12,672 円/基となる。この価格よりも高ければ、中古部品としての輸出でメリットが生まれることになるが、実際に最低販売価格はこれより 6,500 円ほど高い価格となっている。

但し、エンジン/ミッションは、車種、排気量や形状、走行距離等によって販売価格が大きく変化するほか、サイズ（重量）も個体差が大きいことに留意する必要がある。

図表 3-43. 中古部品輸出の場合の最低販売価格（N=172 社）

	単位	バイヤー/ 商社	N数	自社輸出	N数	その他	N数	全体平均	N数
平均価格	円/基	16,417	127	30,442	38	12,286	7	19,348	172

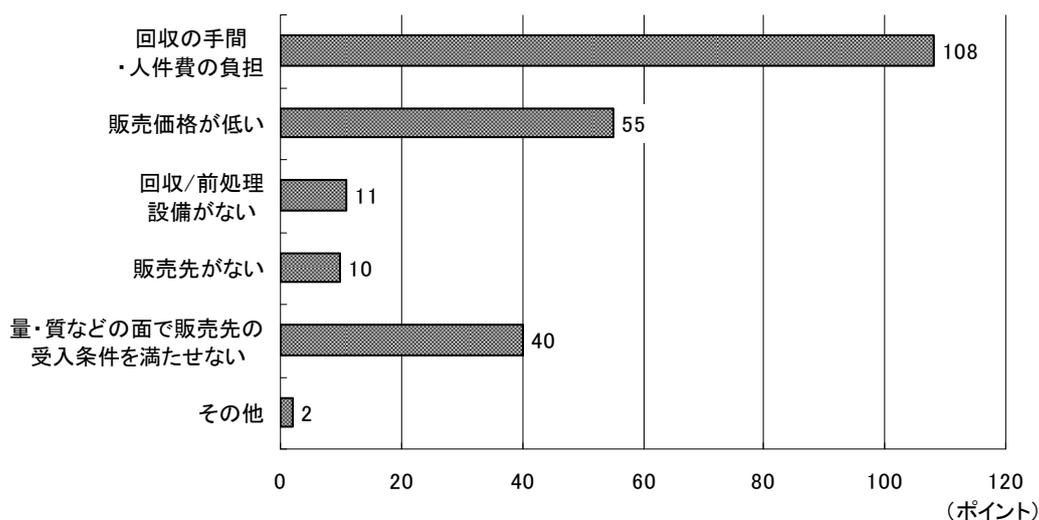
3-3-6. 国内での資源循環に向けた課題

ハーネスと同様に、エンジン/ミッションは既に高い取外比率に達している。また、ハーネスの場合と異なり、取残し等が発生することもないため、使用済自動車からの回収段階については大きな課題はない。実際に、エンジン/ミッションについても未回収の理由を調査したが、回答は 42 業者と他の部品に比べて少なかった。参考までに下図に結果を示すが、回収の手間等が上位に上がっている。

また、その他として「他の解体業者にそのまま引渡す」といった回答があり、こうした解体工程から解体工程への引渡しが主な未回収の要因と考えられる。但し、この場合にも引渡された側の解体業者でエンジン/ミッションが取外されている可能性が高い。

これらの理由から、エンジン/ミッションにおける資源の国内循環に向けた最大の課題は回収段階ではなく、中古部品としての輸出にあると考えられる。

図表 3-44. エンジン/ミッションを回収しない理由 (N=42 社)



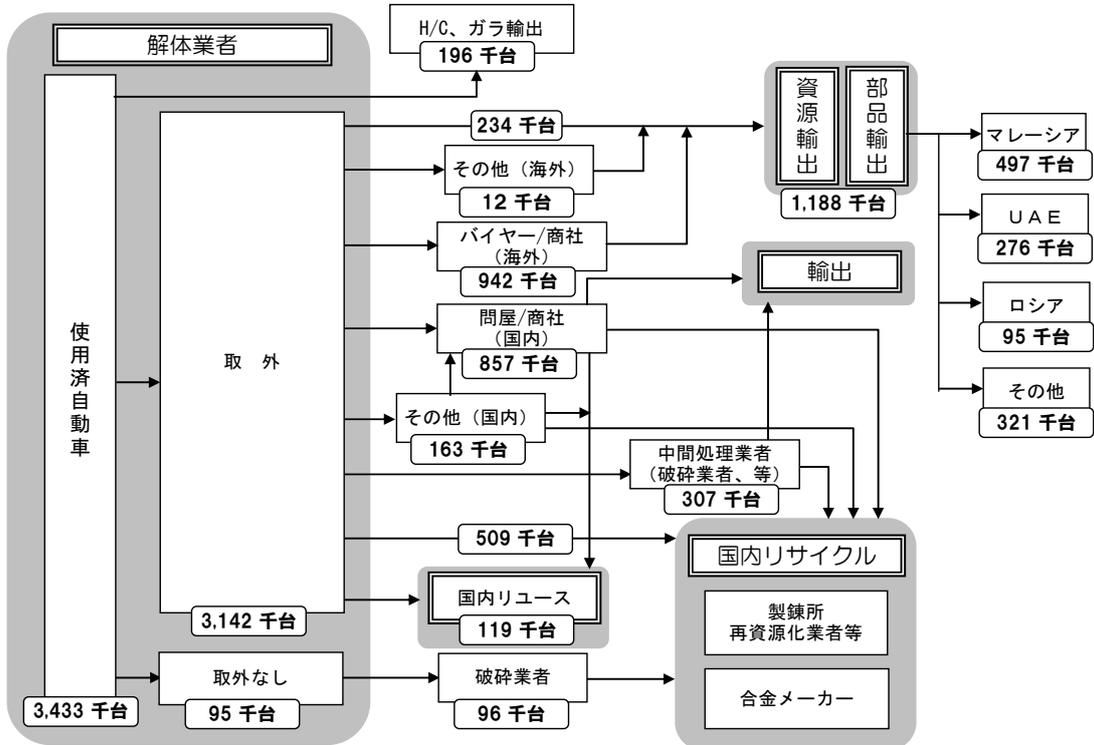
3-3-7. エンジン/ミッションの流通フロー

今回のアンケート調査で明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013 年度）のエンジン/ミッションの流通フローを推計する。2013 年度の引取報告件数は 343.3 万台であったことから、この数値を基に使用済自動車台数ベースでのエンジン/ミッションの流通フローを算出した。その結果、この推計と流通フロー図は次頁の通りとなった。

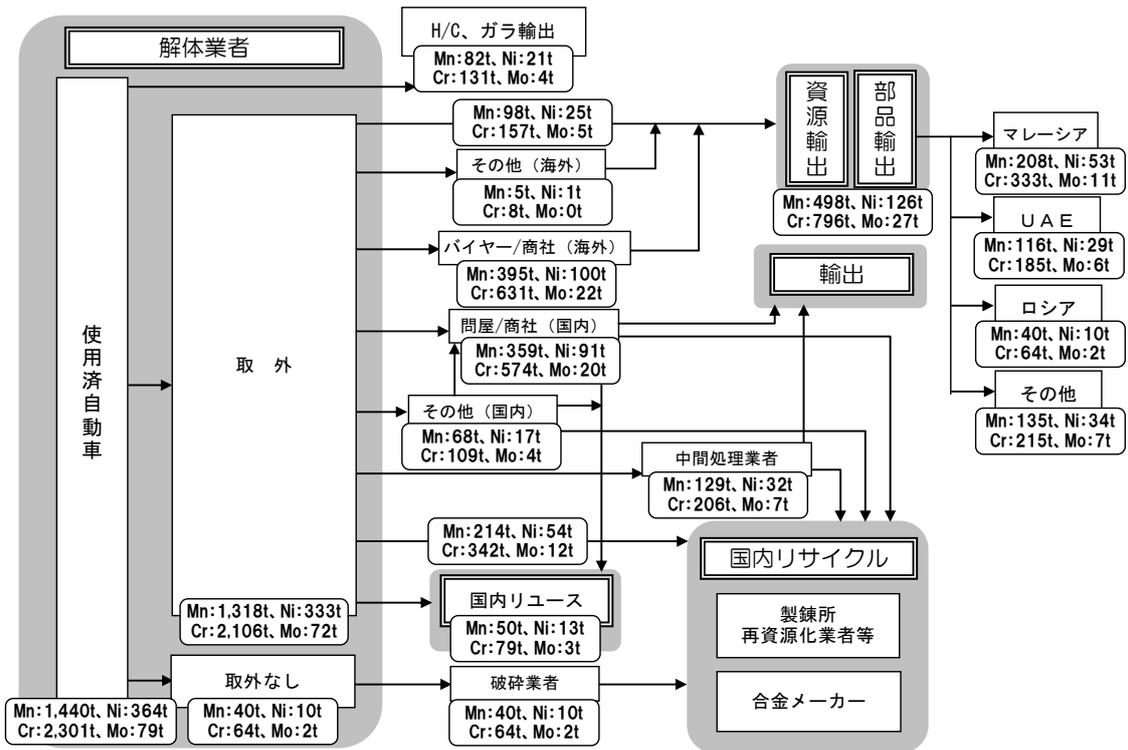
また、第 2 章で示した対象部品の金属含有量をもとに、エンジン由来のレアメタルに関するフローを推計する（ここではエンジンのみを対象とする）。エンジンについては、1 台あたりのレアメタル含有量が 1218.6g (Mn : 419.5g、Ni : 105.9g、Cr : 670.3g、Mo : 22.9g) であった。

その結果、すべての使用済自動車に含まれるエンジン由来のレアメタル量は、4,184t であった。確実に輸出されているとみられる量は、そのうちの 1,447t (34.6%) にも達している。さらに、国内向けの商社や問屋等の仲買業者に販売された場合においても、部品もしくは資源として輸出されている可能性は否定できない。ハーネスのように、大きな資源流出が課題となるような状況ではないと考えられるが、中古エンジン等の輸出統計が取られていないために、その輸出量を把握することは困難である。

図表 3-45. 2013 年度のエンジン/ミッションの流通フロー（台数ベース）



図表 3-46. 2013 年度のエンジンの流通フロー（レアメタル[Mn/Ni/Cr/Mo]資源ベース）



3-4. スターター/オルタネーター

3-4-1. 流通フローの概要

スターター/オルタネーターは、エンジン周りに付属しているため、エンジンと一緒に Assy として自動車から取外されることが一般的である。但し、先述のように中古エンジンが輸出される場合には、Assy として輸出されるケースが多く、わざわざスターターやオルタネーターが取外されるということはほとんどない。

一方、国内向けエンジンの販売、もしくはエンジンのスクラップ化が行われる場合には、単体部品として取外され、中古部品として販売される。また、スターターやオルタネーターについては、そのまま中古部品として流通するだけでなく、リビルト部品用のコア部品として、リビルト業者へ流通するものも多い。

中古部品として販売されなかったものについては、回収後にまとめて資源として販売される。但し、このような資源販売用途であったとしても、バイヤー等へ販売する際には、欠損品だと販売価格が低下するとの意見もあり、バイヤーがまとめて購入した後に、その中から中古部品として使用できるものを選別している可能性もある。

図表 3-47. 解体業者で取外されたスターター



資源用途として販売されたモーターについては、破砕業者によって破砕され、選別機で銅、鉄、アルミ等の資源別に回収される。モーターによっては解体業者で分解し、事前に資源の選別を行っておけば販売価格を高められるため、こうした精緻解体を実施する事業者も存在している。

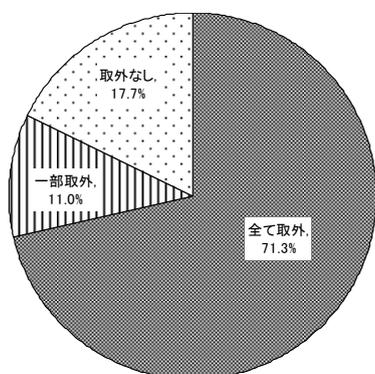
但し、ハーネスと同様に銅資源を多く含むモーターは、銅需要が高く選別等に要する人件費が安い中国を中心としたバイヤーの買取価格の方が高い場合も多く、海外に輸出され、現地で選別されるものも多いと推測される。

3-4-2. 回収状況

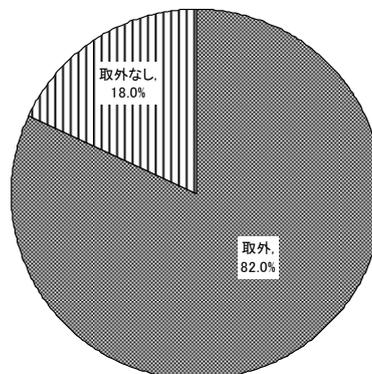
スターター/オルタネーターについては、一部取外を含めて事前に回収する業者が 82.3%、引取台数ベースでは 82.0%の回収率に達しており、エンジン/ミッション、ハーネスに次ぐ取外比率を示している。但し、エンジン/ミッションの引取台数ベースでの取外比率が 97.1%であることと比べると、スターター/オルタネーターの取外比率は低い。スターター/オルタネーターは、エンジンを取外す際にアッセンブリー (Assy) として一緒に取外されるため、Assy として輸出してしまった場合等に、取外として回答していない場合があるとみられる。そのため、自動車からの取外という意味では、エンジン/ミッションの取外比率と同等である可能性が高い。

引取台数規模別、地域別の取外比率を次頁に示すが、引取台数規模別では、1,000 台～2,999 台の業者で取外比率が非常に高くなる等、ハーネスやエンジン/ミッションとは違う傾向がみられた。但し、こうした傾向が現れる理由も見出しにくいことから、回答数が少ない規模別での比率では、先述のように自動車からの取外と Assy からの取外が混在することで、比率に差が生じている可能性が考えられる。なお、地域別についてはハーネス、エンジン/ミッションと同様の傾向を示している。

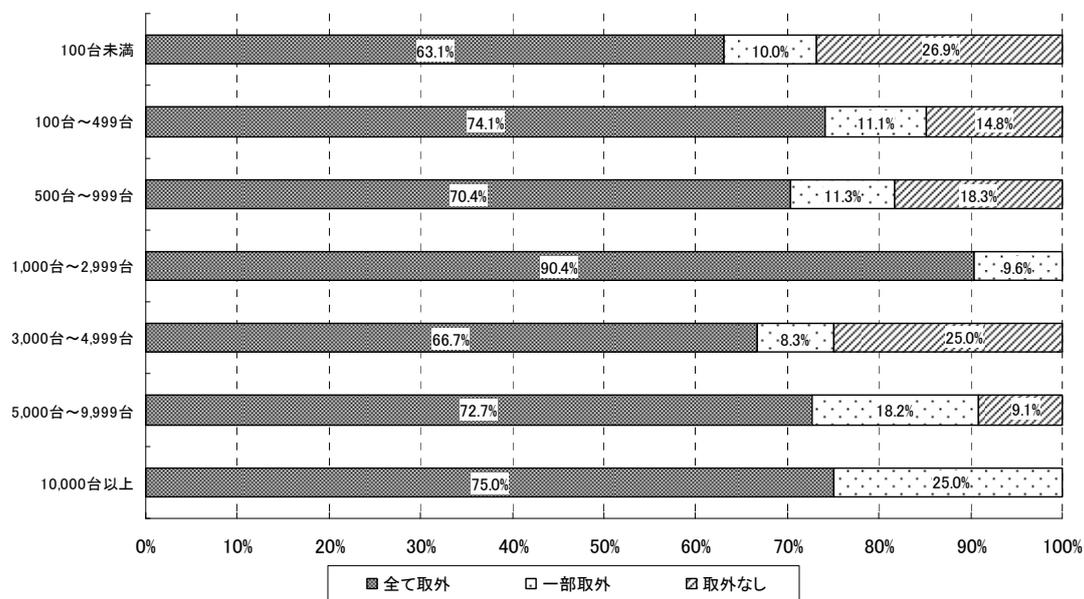
図表 3-48. 取外比率 (N=453 社)



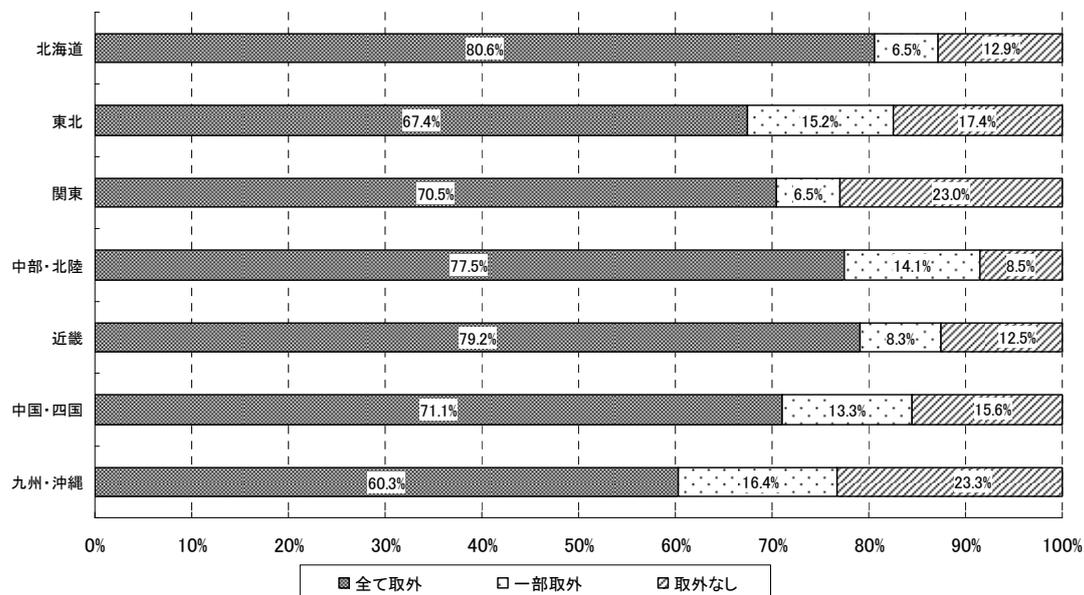
図表 3-49. 取外比率 (N=506,760 台)



図表 3-50. 解体業者の引取台数規模別でのスターター/オルタネーター取外比率 (N=454 社)



図表 3-51. 解体業者の地域別でのスターター/オルタネーター取外比率 (N=454 社)



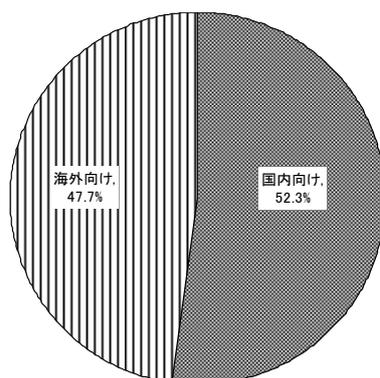
3-4-3. 販売状況

スターター／オルタネーターの引取台数ベースでの販売状況を算出すると、中古部品販売も含めて国内向けが 52.3%、海外向けが 47.7%という結果になった。エンジンと比べて海外向けの比率が高くなっているが、これは中古部品としての輸出に加えて、銅資源として中国等へ輸出される量が多いためと考えられる。

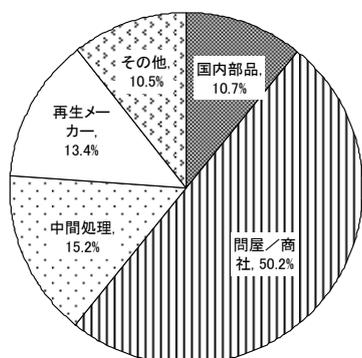
各販売先の内訳をみると、国内向けでは中古部品販売が 10.7%に達している。エンジン/ミッションの 6.1%と比べて比率が高いのは、中古部品としてだけでなく、リビルト部品用のコア部品としても需要が高いことが原因と考えられる。但し、資源販売用途ではやはり問屋/商社向けの販売が多く、こうした仲買業者を通じて輸出されている可能性が高い。

また、海外向けの販売先としては、中古部品としての販売が推定される自社輸出が 11.5%とエンジン/ミッションの 20%と比べて低い。これは、資源としての輸出が多いため、バイヤー/商社向けに販売される比率が高いためと考えられる。

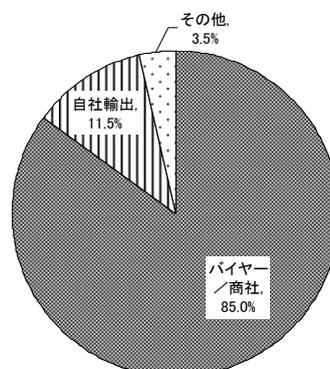
図表 3-52. 販売比率 (N=415,322 台)



図表 3-53. 国内向け販売先 (N=217,233 台)



図表 3-54. 海外向け販売先 (N=198,089 台)

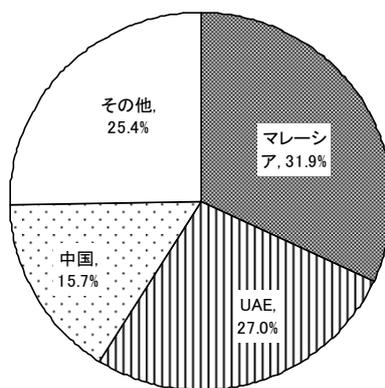


3-4-4. 輸出先

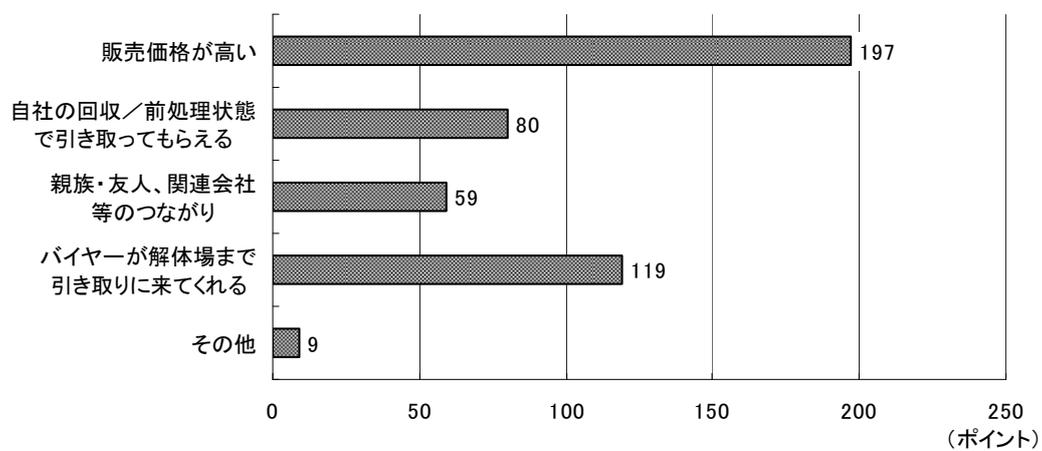
スターター/オルタネーターを海外向けに販売している業者のうち、輸出先の回答があった企業（118社）について、引取台数ベースでの輸出先についても調査した。その結果、エンジン/ミッションと同様にマレーシア（31.9%）、UAE（27.0%）が高い割合を示す一方で、中国（15.7%）の割合が大きくなっている。中古部品用途の場合、マレーシアやUAEへの輸出が中心だが、中国では中古部品の輸入が禁止されているため、資源用途で販売される場合には主に輸出先が中国になっていると考えられる。なお、その他には、パキスタン（5.7%）、タイ（5.2%）等が続いており、エンジン/ミッションと同様の輸出先であることから、中古部品としての輸出が活発に行われていることが予測できる。

また、スターター/オルタネーターを海外に輸出する理由を調査したところ、「販売価格が高い」が最も多く、「バイヤーが解体場まで引き取りに来てくれる」がそれに続く結果となった。その他としては、「国内部品としては売れない」、「日本製品の需要が高い」、「商品として再利用する」等の回答が多く、Assyとして輸出されることが多いことからエンジン/ミッションと同様に、高い中古部品需要が輸出の原因となっていることが分かった。また、「販売価格が高い」という理由には、資源としての販売価格の高さが含まれているとみられ、銅資源としての価格差も輸出を促進する一因と考えることができる。

図表 3-55. スターター/オルタネーターの輸出先内訳（N=122,099台）



図表 3-56. スターター/オルタネーターを輸出先する理由 (N=94 社)



3-4-5. 販売価格

スターター/オルタネーターの平均販売価格は、国内向けで 90.0 円/kg、海外向けで 118.0 円/kg であった。海外向けについては、エンジンと同様に中古部品として販売されるものも混在しているとみられるが、ハーネスと同様に 20~30 円/kg 程度の価格差があることが確認できた。また、中古部品での輸出が想定される海外向けを中心に、個数単位での販売価格の回答も多かった（国内向け：64 業者、海外向け：105 業者）が、スターターとオルタネーターで重量も異なり、販売価格にも差が出たため今回は集計に含んでいない。

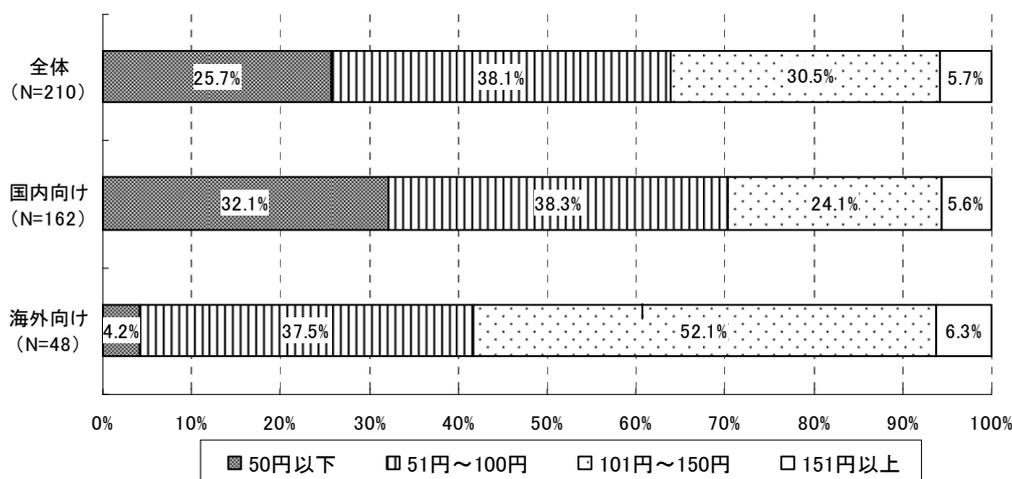
引取台数規模別での販売価格についても次頁に示したが、100 円以下で販売している業者に注目すると、3,000 台~4,999 台の 카테고리を除き、規模が大きくなるほど減少傾向にあり、引取台数規模が大きいほど高値で販売できている実態が確認できる。地域別では近畿地方において販売価格が高い傾向にあるが、ハーネス等でも平均より高い傾向を示していたために、買取業者間の競争が他地域に比べて活発な可能性がある。

一方、販売先別の価格差は図表 3-61 のような結果になった。ハーネスと同様に、国内の中間処理業者（破碎業者等）への販売価格よりも、問屋やバイヤー等の仲買業者への販売のほうが、価格が高くなる傾向にあった。そのため、国内の問屋/商社への販売であっても輸出されている可能性が高い。

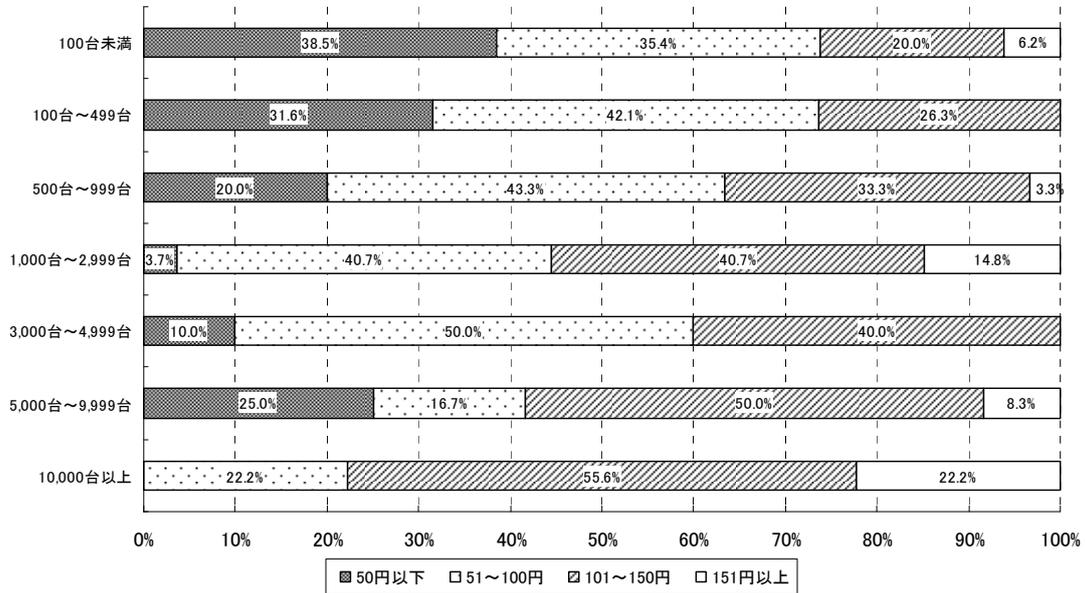
図表 3-57. スターター/オルタネーターの平均販売価格 (N=210 社)

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	90.0	162	118.0	48	96.4	210

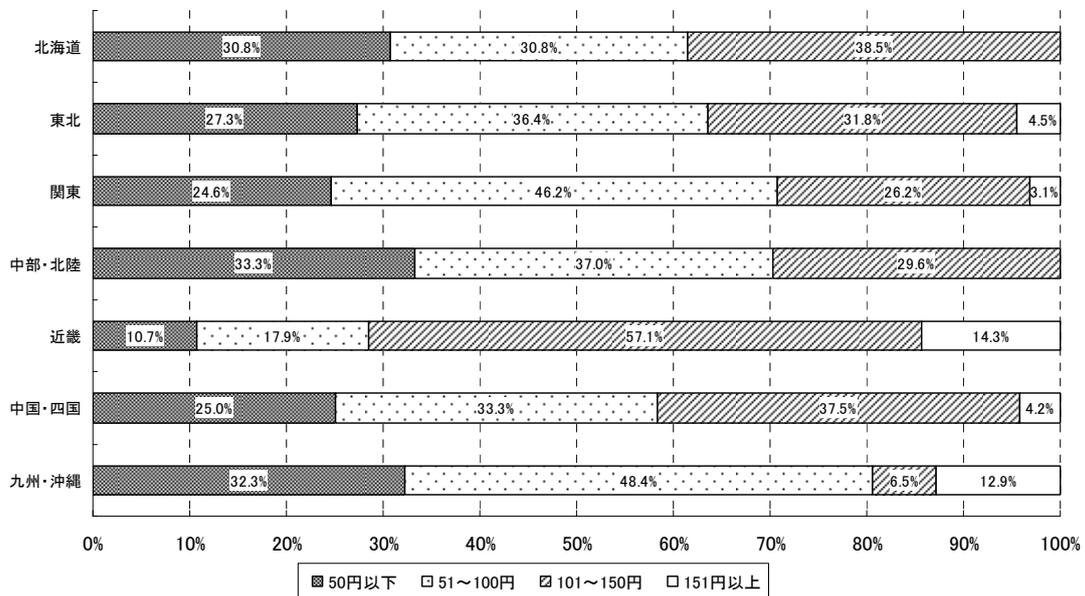
図表 3-58. 解体業者ベースでの販売価格の内訳 (N=210 社)



図表 3-59. 解体業者の引取台数規模別でのスターター/オルタネーター販売価格 (N=210 社)



図表 3-60. 解体業者の地域別でのスターター/オルタネーター販売価格 (N=210 社)



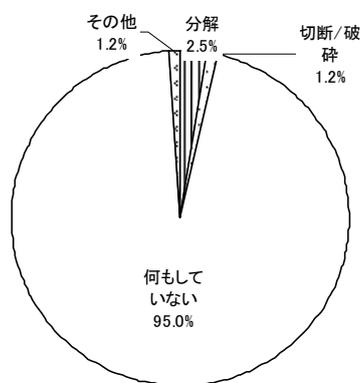
図表 3-61. 販売先別の販売価格

販売先	国内				海外		
	問屋/商社	中間処理業者	再生メーカー	その他	バイヤー/商社	自社輸出	その他
N数	111	32	11	8	41	6	1
平均価格	90.7	74.2	82.7	153.8	114.8	137.8	130.0

販売時の荷姿については、「何もしていない」が大半を占める結果となった。モーターによっては分解によって銅を選別することも可能と考えられるが、実際には手作業での負担が大きく、ほとんど実施されていないことが分かった。なお、前処理別の平均価格において、「切断/破砕」が「何もしていない」より低くでているが、これは回答数が2件のみのため、安価で販売している回答に影響を受けた形であり、一般的には前処理を施したほうが高値での販売が可能と考えられる。

また、分解を行っている業者では、銅、鉄、アルミ等に選別して販売しているとみられ、この場合に銅は500円/kgほどで販売しているとの回答もあった。

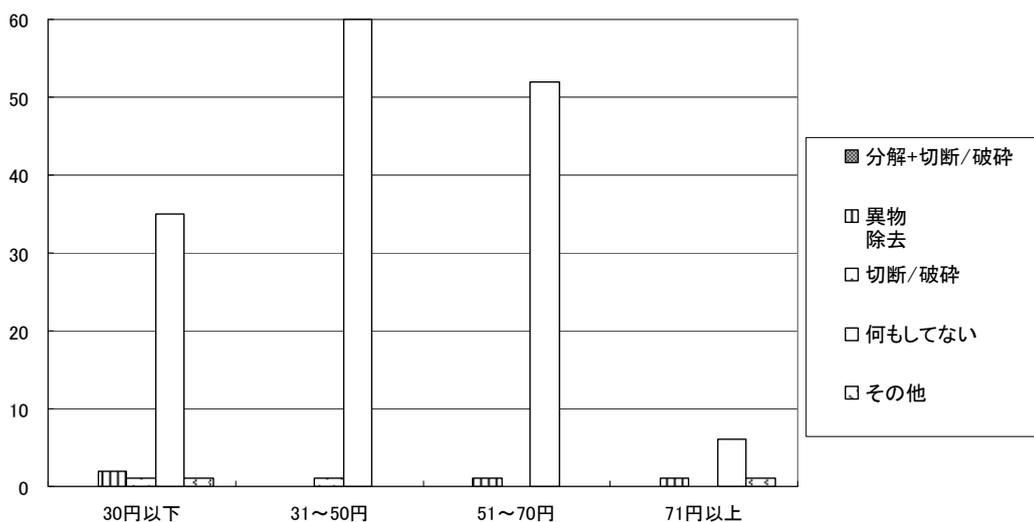
図表 3-62. 販売時の前処理 (N=161 社)



図表 3-63. 前処理別の平均価格 (N=161 社)

前処理	N数	平均価格
分解+切断/破砕	0	0.0
分解	4	97.5
切断/破砕	2	72.5
何もしていない	153	95.3
その他	2	185.0
合計	161	96.2

図表 3-64. 前処理別での販売価格の分布 (N=161 社)

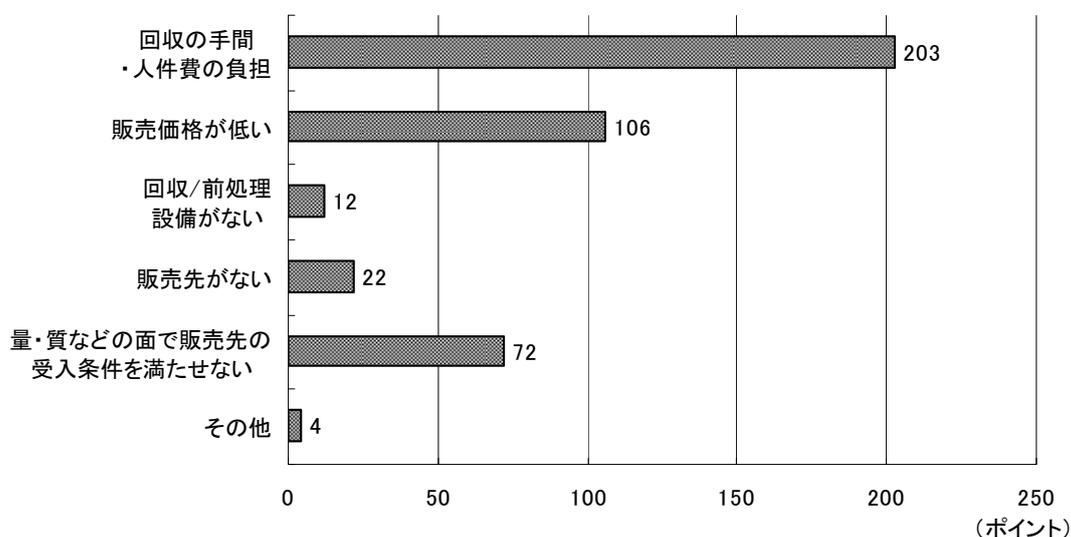


3-4-6. 国内での資源循環に向けた課題

スターター/オルタネーターについては、既に 80%を超える高い取外比率を示しており、ハーネスのように取残しが生じる部品でもない。但し、さらなる回収率の向上に向けて、未回収の理由を調査したところ、最も回答が多かったのは「回収の手間・人件費の負担」であり、その次に「販売価格が低い」が続いている。一方、その他の回答を見ると、「エンジンに付けて販売している」、「エンジンと一体で販売する」との回答が多く、スターター/オルタネーターを別途取外すことはしないが、エンジンと一緒に自動車からは取外している業者に限れば、さらに取外比率が増加すると考えられる。

そのため、スターター/オルタネーターについても、ハーネスやエンジン/ミッションと同様に、回収段階での課題は少なく、その後に輸出されてしまうことが、国内資源循環における最大の課題である。特に、スターター/オルタネーターについては、これまで見てきたように中古部品としての輸出と、銅資源としての輸出の 2 つの形態でそれぞれ別の輸出先に販売されているとみられ、中古部品としての海外での需要の高さや、国内外での資源としての販売価格の差が大きな課題となる。

図表 3-65. スターター/オルタネーターを回収しない理由 (N=79 社)

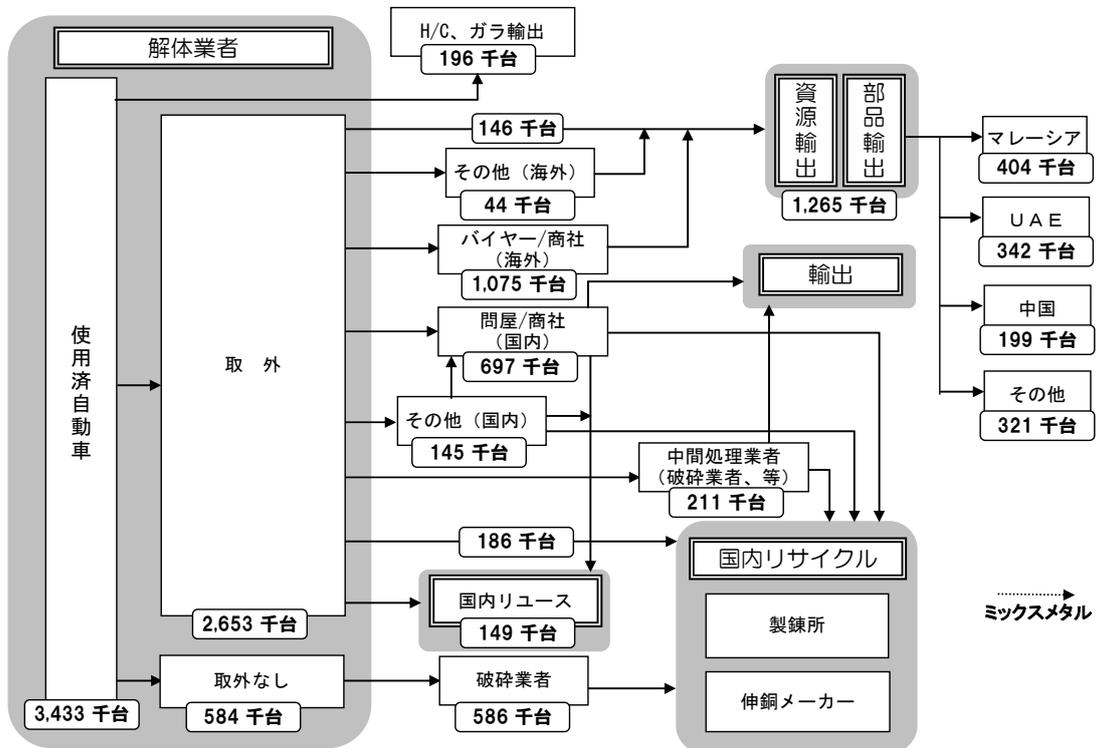


3-4-7. スターター/オルタネーターの流通フロー

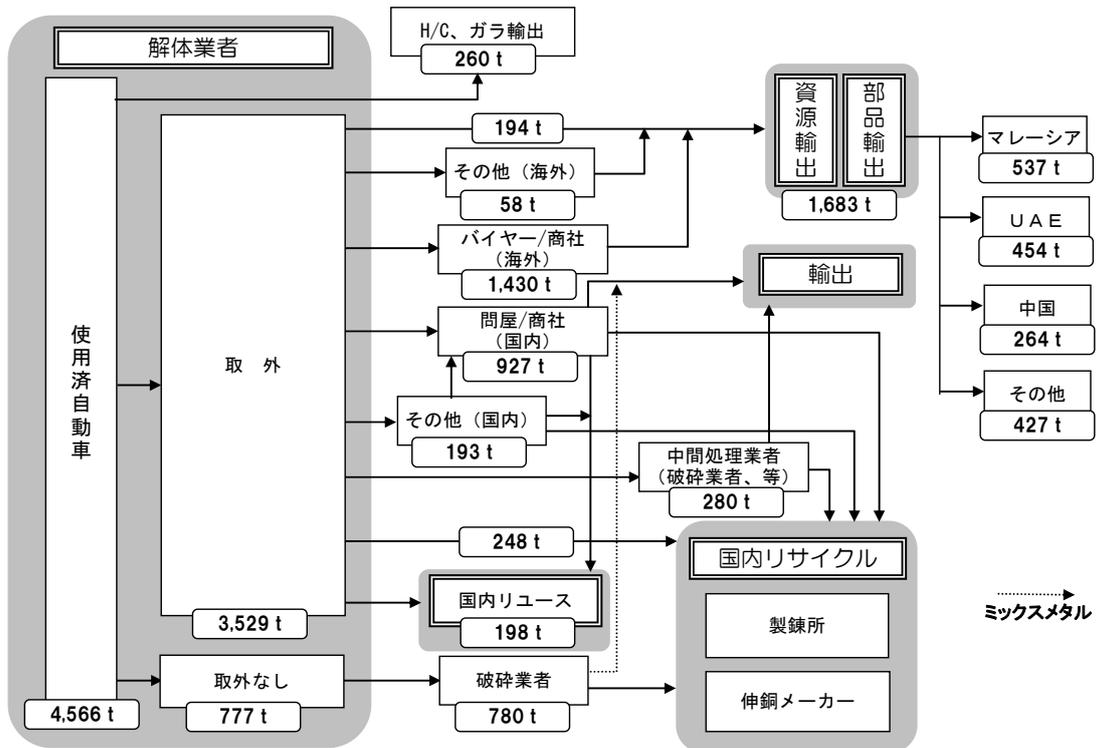
今回のアンケート調査で明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013 年度）のスターター/オルタネーターの流通フローを推計する。2013 年度の引取報告件数は 343.3 万台であったことから、この数値を基に使用済自動車台数ベースでのスターター/オルタネーターの流通フローを算出した。その結果、流通フロー図は次頁の通りとなった。

また、第 2 章で示した対象部品の金属含有量をもとに、スターター/オルタネーター由来の銅資源に関するフローを推計した。1 台あたりの銅含有量は、スターターで 0.63kg、オルタネーターで 0.70kg であり、すべての使用済自動車に含まれる銅量は 4,566t であった。そのうち、確実に輸出されているとみられる量はそのうちの 1,683t と約 36.9%に達しており、エンジン以上に輸出割合が高い。これは、中古部品としての輸出需要が高いだけでなく、先述のように資源としての需要も高いため、部品/資源両面での輸出が進んでいるためと考えられる。

図表 3-66. スターター/オルタネーターの流通フロー（台数ベース）



図表 3-67. スターター/オルタネーターの流通フロー（銅量ベース）



3-5. 駆動用モーター

3-5-1. 流通フローの概要

第1章で示したように、2013年度に解体工程まで進んだ次世代自動車は約6,500台（ガラ輸出含む）であるため、使用済自動車由来の駆動用モーターの発生も限定的である。中古部品としても市場が十分に形成されていないことから、高値で売れるものか判断しかねている解体業者も多く、現状としてはエンジンと一緒に輸出・販売、事業所内で在庫として保管、もしくはスクラップとして他のモーターと同様に資源販売されているケースが多いとみられる。

今回のヒアリング調査でも、中古部品としての需要を見定められるほど発生しておらず、需要があれば販売しているが、在庫している分も多いとの意見が目立った。そのため、また販売価格や販売ルート等が確立されていない状況と考えられる。

その一方で、駆動用モーターにはレアメタルを多量に含むネオジウム磁石が利用されており、効率的な希少資源の回収が大きな課題となっている。そうした中、自動車メーカーを中心に駆動用モーターを回収・リサイクルする動きも始まっている。リサイクル方法等の詳細は第5章で述べるが、資源回収に向けて動き出している最中にある。

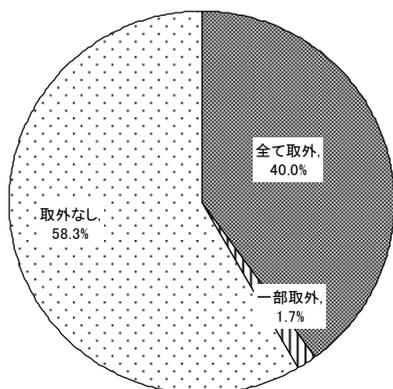
3-5-2. 回収状況

駆動用モーターについては、一部取外を含めて事前に回収する業者が 41.7%、引取台数ベースで 66.8%と、対象部品の中で最も低い割合となった。しかし、最も取外比率が高いエンジンと同等の部品であるにも関わらず、ここまで取外比率が低いことは考えにくいことから、実際にはこれまでハイブリッド車等の入庫がない業者についても、かなりの回答が取外なしに混在している状況が想定できる。

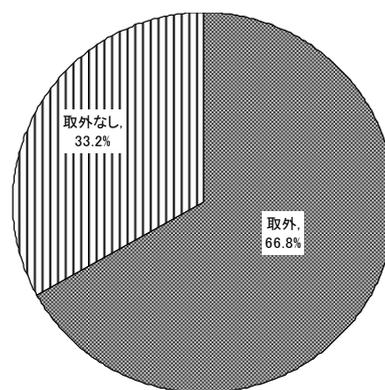
特に、現在使用済自動車として発生する次世代自動車のほとんどを占めるハイブリッド車では、エンジンと駆動用モーターがシステムとして一体となっていることが多いことから、駆動用モーターのみ取り外さないということは考えにくい。そのため、入庫があった場合には実質的にエンジンと同等の 97%程度の自動車で取外を行っていると考えの方が妥当である。また、上記の理由および、ハイブリッド車等の解体業者への入庫が限定的であり、有意な差が確認できないことから引取台数規模別および地域別の取外比率については算出していない。

なお、引取台数ベースでの取外比率については、実際には次世代自動車の解体台数は 6,500 台程度であるが、現段階では比率の導出を目的として、便宜的に既存車と同様の方法で算出している。

図表 3-68. 取外比率 (N=290)



図表 3-69. 取外比率 (N=434,928 台)



3-5-3. 販売状況

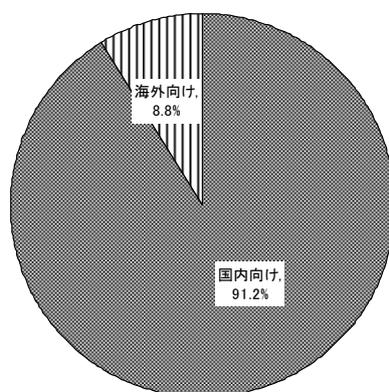
販売先については、国内向けが 91.2%と、海外向けに輸出されている量は非常に少ない。全体の次世代自動車の解体台数が約 6,500 台（2013 年度）であることから、実際に輸出されているモーター数は約 600 個程度とみられる。

また、国内向けの販売先内訳を算出すると、国内部品、問屋/商社、中間処理、再生メーカーと多岐に渡っており、発生台数が限定的であることから流通ルートがまだ固定されていない状況も確認できる。また、その他の回答としては、エンジンと一緒にスクラップしているという回答も複数あり、既存のエンジン処理ルートと同様の流れで処理が進められている場合も多いと予測できる。

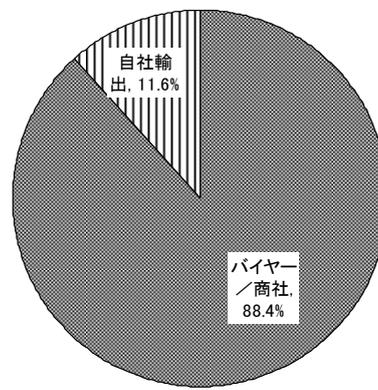
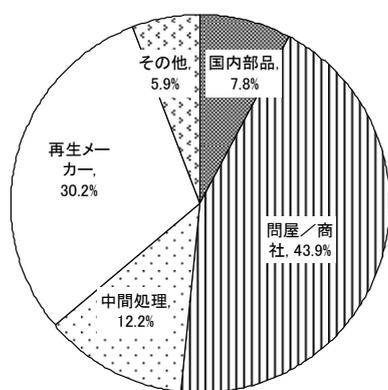
また、ヒアリングではバイヤーからの需要があれば中古部品として販売しているとの声もあり、海外向け販売については、エンジンと一緒にほとんどが中古部品として販売されているとみられる。

なお、輸出先については、回答数が非常に少なく、有意な数字が得られなかったことから算出していない。

図表 3-70. 販売比率 (N=290,579)



図表 3-71. 国内向け販売先 (N=264,991 台) 図表 3-72. 海外向け販売先 (N=25,588 台)



3-5-4. 販売価格

駆動用モーターの販売においては、重量単位での販売と、ユニット単位での販売の回答がほぼ半数に分かれる結果となり、ここからも固定した販売ルート等がまだ形成されていないことが窺える。それぞれ国内の平均販売価格は 74.2 円/kg、5522.9 円/個となっているが、ユニット単位での海外平均価格については、中古部品としての販売も混在していることからかなり上振れしている。

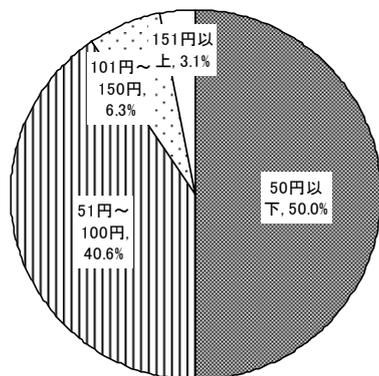
国内平均で 74.2 円/kg という価格は、後述の小型モーター類 (60.5 円/kg) と、スターター/オルタネーター (90.0 円/kg) の中間程度の価格であり、銅資源としての評価から値段が決定されていることが窺える。そのため、駆動用モーター内に含まれるネオジム磁石の価値はほとんど考慮されていないとみられ、レアメタルの回収はほとんど行われていないと考えられる。

なお、前処理に関しては、資源販売時に分解等の処理を施している業者が数社いたのみで、ほとんどが何もしていない状態で販売していたため、前処理別での数値については算出していない。

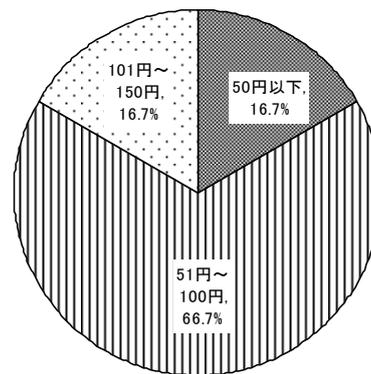
図表 3-73. 駆動用モーターの平均販売価格

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	74.2	32	91.1	7	77.2	39
平均価格	円/個	5,522.9	35	13,913.6	11	7,529.3	46

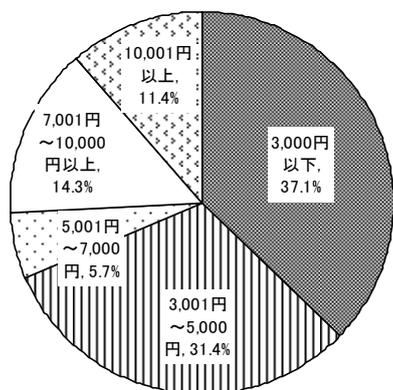
図表 3-74. 国内向け販売価格/kg (N=32)



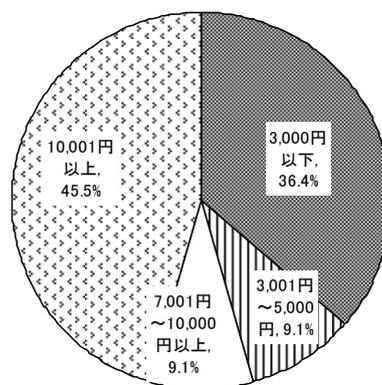
図表 3-75. 海外向け販売価格/kg (N=6)



図表 3-76. 国内向け販売価格/個 (N=35)



図表 3-77. 海外向け販売価格/個 (N=11)



3-5-5. 資源循環に向けた課題

今回のアンケート調査結果では取外比率が低い結果となったが、取外回収に特段難しさ等はないため、実質的にはエンジンと同等の取外比率と考えれば、回収段階での課題もない。そのため、資源回収に向けた課題に関しては、銅資源として回収するのであれば資源として輸出される可能性が懸念される程度である。但し、駆動用モーターにはネオジム磁石が多量に含まれていることから、レアメタル回収を企図するのであれば、効率的な回収技術が課題となる。こうしたリサイクル技術の現状については、次章以降で詳細を述べることにする。

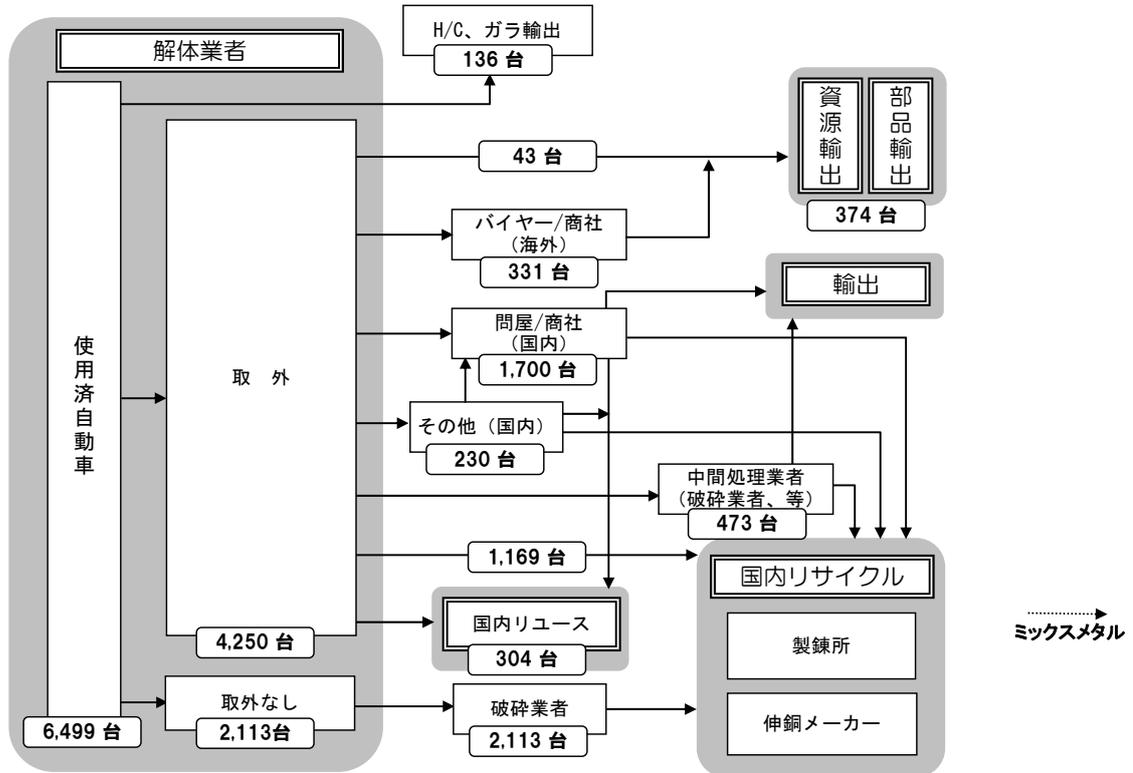
3-5-6. 駆動用モーターの流通フロー

今回の調査で明らかになった各フローへの比率を利用して、使用済次世代自動車全体（2013年度）の駆動用モーターの流通フローを推計する。第1章で見た通り、2013年度の次世代自動車の解体台数は6,363台（ガラ輸出含め6,499台）であった。この数値をベースとし、次世代自動車台数ベースでの駆動用モーターの流通フローを算出した。その結果、流通フロー図は図表3-78の通りとなった。但し、先述のようにアンケート結果では、入庫がない場合の回答が混在し、取外比率が低く現れている可能性が高い。そこで、取外比率をエンジン/ミッションと同等の97.1%と仮定した場合のフロー図についても図表3-79に示す。

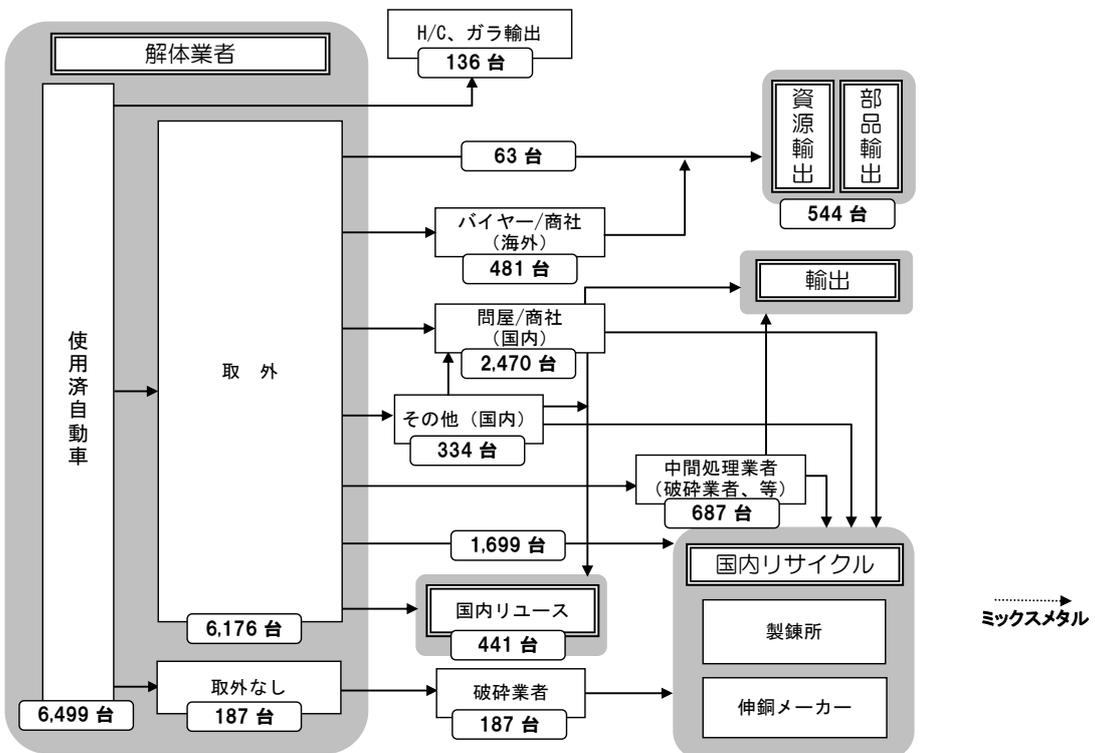
また、それぞれのフロー図に対して、第2章で示した対象部品の金属含有量をもとに、駆動用モーター由来に含有されるレアメタルのフローについても推計する。これらの1台あたりの銅含有量は、ネオジム（Nd）が0.24kg、ジスプロシウム（Dy）が0.12kgと考えられる。そのため、すべての使用済自動車から発生する資源量は、現状ネオジムで1,560kg、ジスプロシウムで780kgと微量であるものの、今後の増加が予測される。

その一方で、詳細は次章に述べるが、ハイブリッド車が投入され始めた2000年頃と比べて、ネオジムやジスプロシウム等のレアメタル使用量は低減傾向にあり、今後1台当たりの含有量としては低下していくことも想定される。

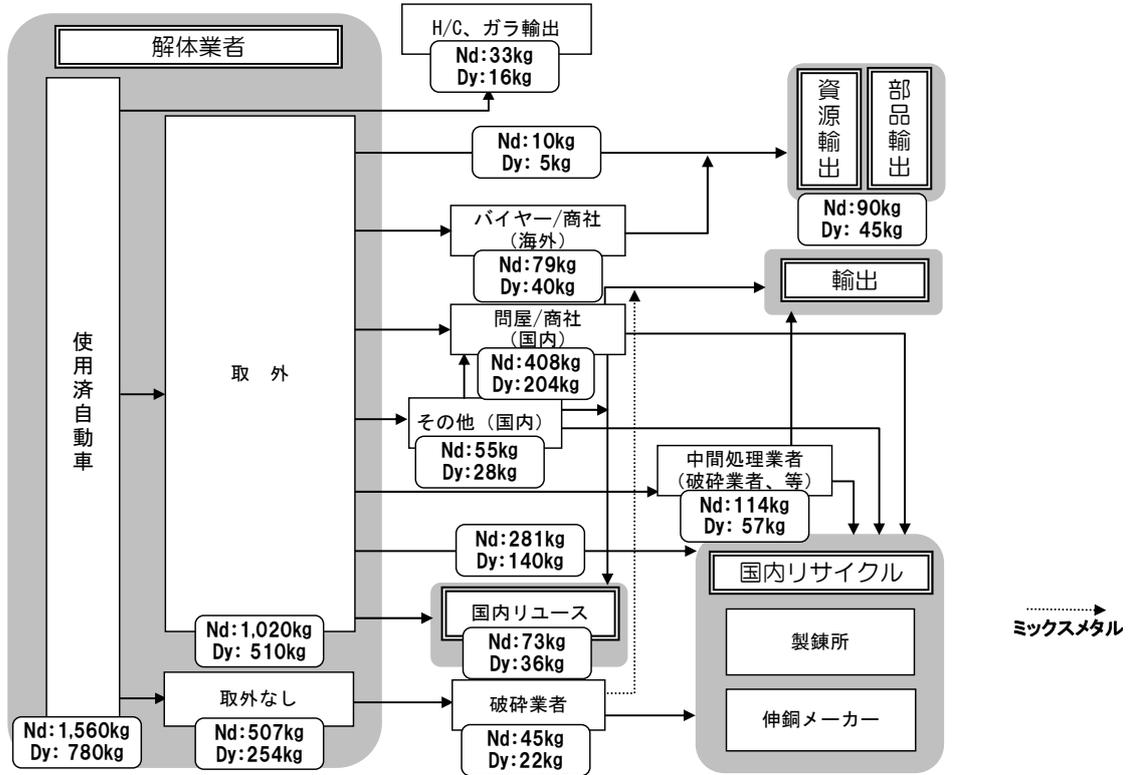
図表 3-78. 駆動用モーターの流通フロー（台数ベース）



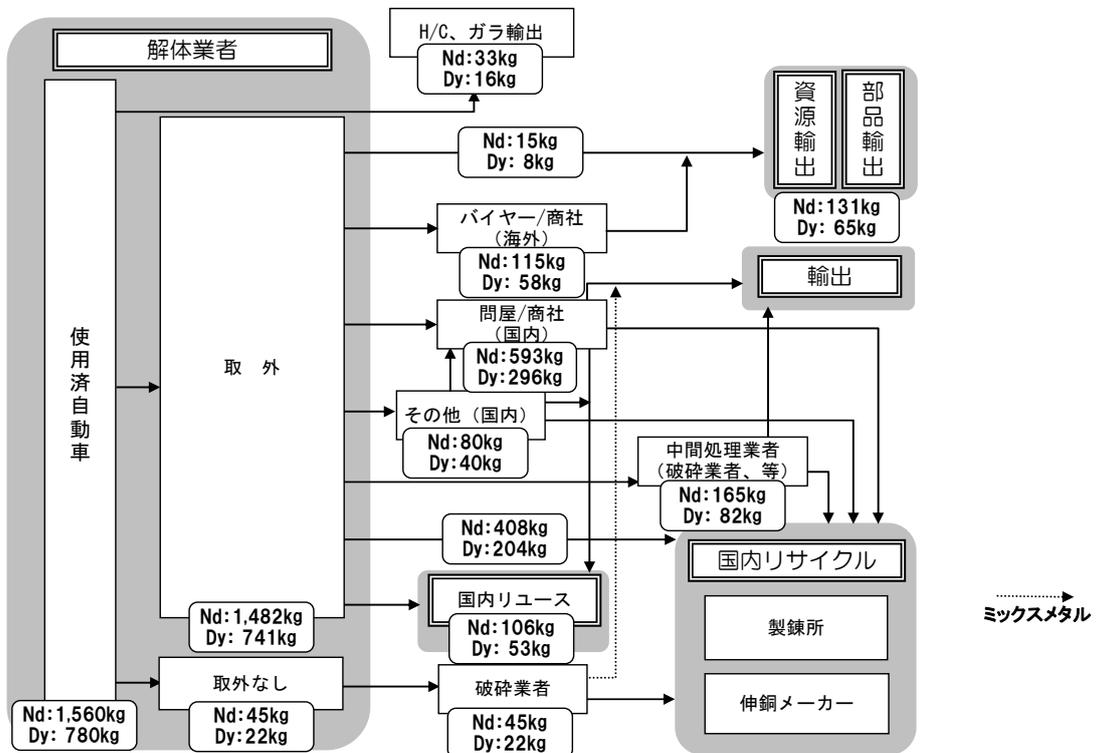
図表 3-79. 駆動用モーターの流通フロー（台数ベース：取外比率 97.1%の場合）



図表 3-80. 駆動用モーターの流通フロー（レアメタル量[Nd/Dy]ベース）



図表 3-81. 駆動用モーターの流通フロー（レアメタル量[Nd/Dy]ベース：取外比率 97.1%の場合）



3-6. 小型モーター類

3-6-1. 流通フローの概要

小型モーターは、ワイパーモーターやパワーウインドーモーター等、自動車の各所に搭載されたモーター類である。この小型モーター類については、手作業での取外や分解が必要となるほか、車台によっても取外方法等が異なる場合もあり、全部利用業者でない限り、使用済自動車からの回収が採算に合わないことが多いとされる。

そうした中、ワイパーモーターやブロワーモーター等の比較的取外しやすい部品については、取外を行っている解体業者もいるとみられ、主に資源用途での回収が行われているとみられる。また、資源用途でモーターとして回収が行われないものでも、パワーウインドー等のユニット状態で中古部品として回収されているものも存在している。

取外された小型モーター類のうち、ユニットとして中古部品では販売が行われなかったものについては、スターターやオルタネーター等と同様に破碎・選別され、銅が回収される。しかし、実際にはやはり買取価格等で競争力が強い、中国を中心とした銅需要が高い国に輸出されている可能性が高い。

図表 3-82. 解体事業者によって取外された小型モーター類



ワイパーモーター



ABS モーター

小型モーター類については、使用済自動車から回収されず、そのまま廃車ガラとして破碎工程に回される資源も多いと考えられる。解体段階で取外されなかった銅資源については、ハーネス、モーターを問わず破碎され、鉄や銅といった個別の有用資源として回収される。単体資源として選別できなかった金属は、ミックスメタルとして販売される。但し、破碎技術や選別技術、作業コストの面から、事前に取り外したほうが銅の回収効率は高くなるため、破碎を行っている解体業者においても、事前ハーネスやモーター等は回収している。

3-6-2. 回収状況

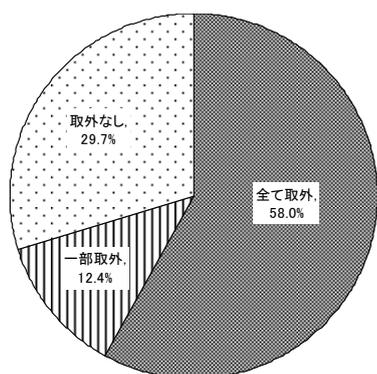
今回実施した調査では、小型モーター類は、スターター、オルタネーター、駆動用モーター以外のモーターを対象とした。

その結果、一部取外を含めて回収を行っている事業者は70.4%、引取台数ベースで76.5%に達していた。細かなモーターを漏れなく回収することは困難と考えられるが、ワイパーモーターやラジエーターファンモーターを初めとした取外しやすい部分については、回収がある程度進んでいることが確認できた。

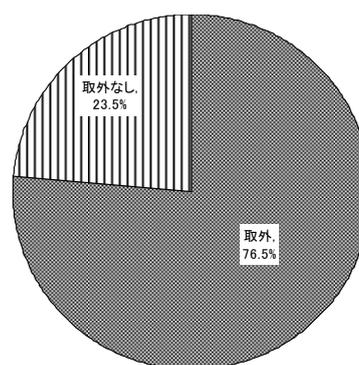
一方、引取台数規模別の回収状況を算出すると、これまでの部品と同様に小規模業者では取外比率が小さく、大規模業者では取外比率が高い状況が確認できた。しかし、これまで見てきた部品とは異なり、小規模～中規模業者では顕著な差が見られなかったほか、年間引取台数が100台～499台等の中規模業者においても、平均以上の取外比率に達している状況が確認できた。この理由としては、小型モーターの取外には手作業が伴うため、引取台数が多い業者では作業が追いつかず、却って回収に取組みにくいことが理由として考えられる。そのため、解体作業員の人数とのバランスにもよるが、引取台数が少ない小規模～中規模業者の方が、細かい部品の回収においては有利な場合もあると考えられる。

一方、地域別の取外比率については、やはり九州・沖縄での比率が低いものの、小型モーター類では他地域の取外比率も低くなっているため、相対的にその差は小さくなっている。

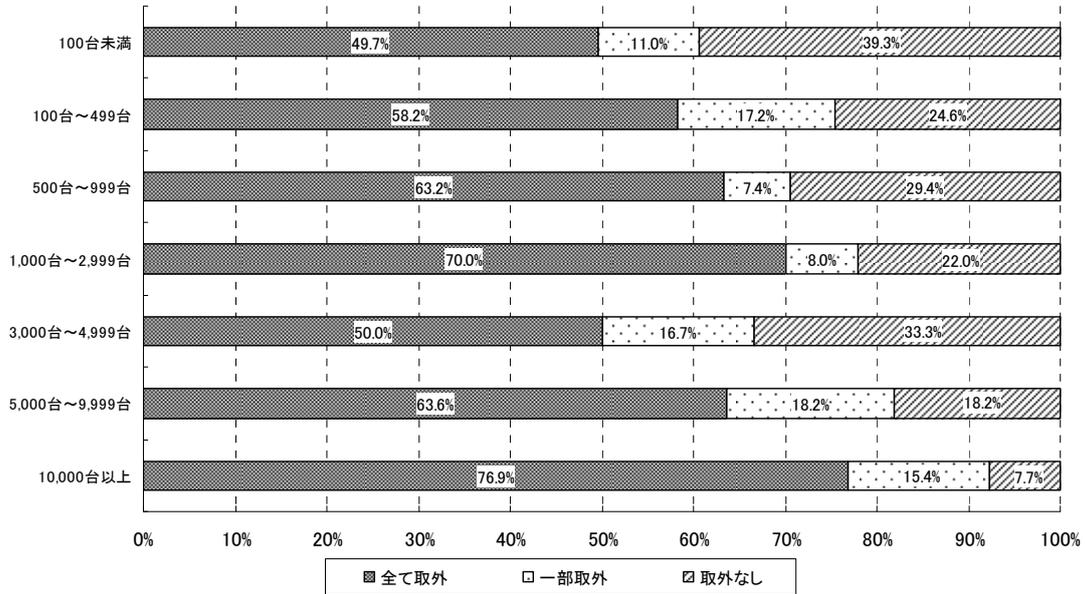
図表 3-83. 取外比率 (N=421 社)



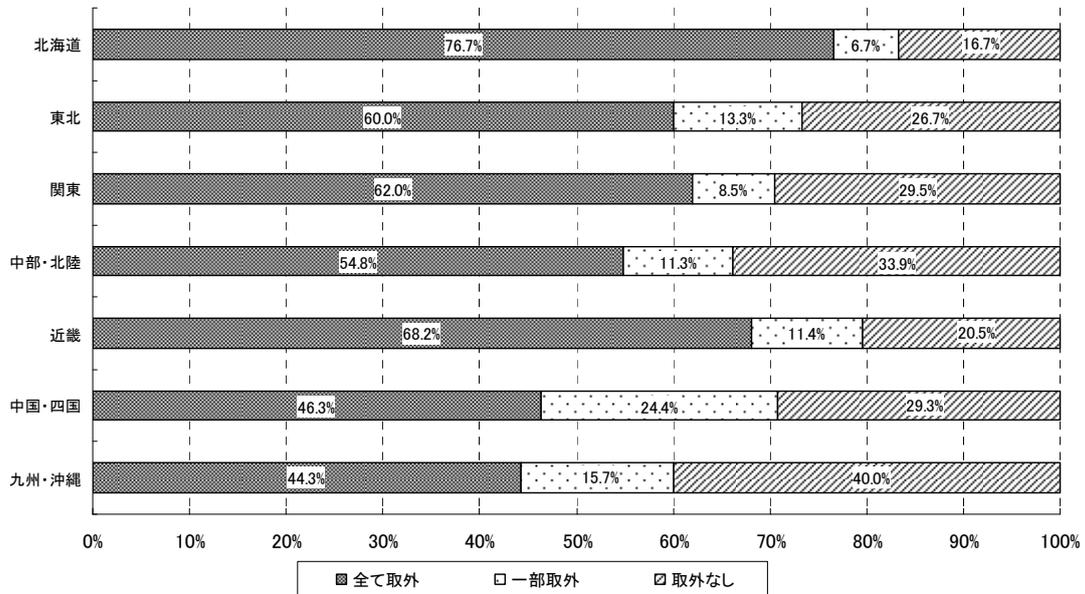
図表 3-84. 取外比率 (N=509,240 台)



図表 3-85. 解体業者の引取台数規模別での小型モーター類取外比率 (N=421 社)



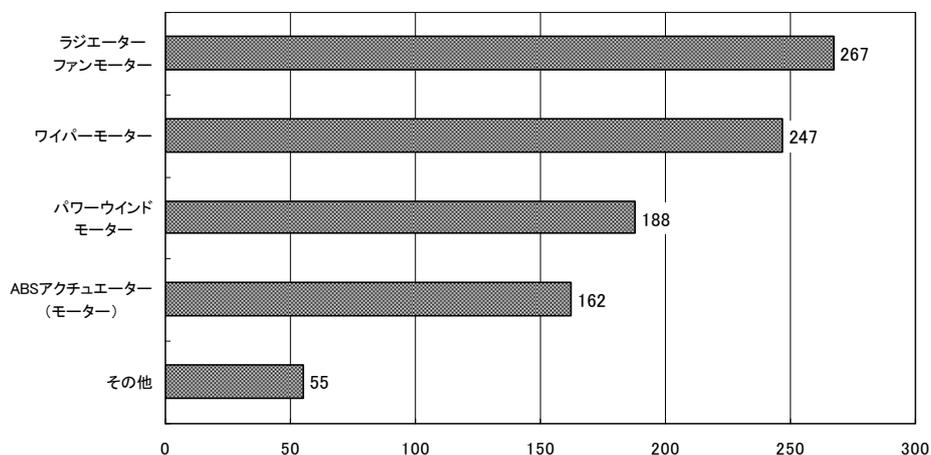
図表 3-86. 解体業者の地域別での小型モーター類取外比率 (N=421 社)



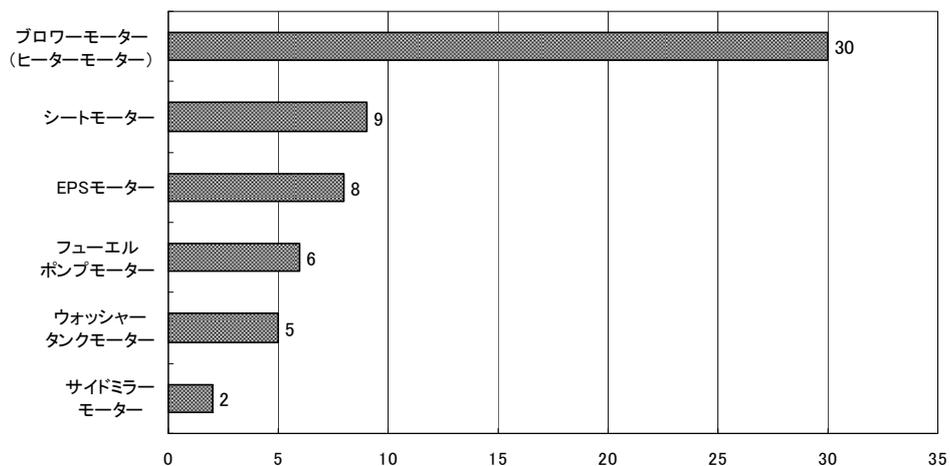
小型モーター類については、回収モーターの種類についても調査している。その結果、選択肢で尋ねた 4 つのモーターのうち、最も回収している業者が多かったのはラジエーターファンモーターであり、回答した業者のうち 87.8% (267 社) の業者で取外されていることが分かった。その後にはワイパーモーター81.8% (247 社)、パワーウインドモーター62.3% (188 社) が続いている。

また、下図で挙げた 4 つのモーター以外にも、その他として多数の取外モーターに関する回答があった。その他の中で最も回答が多かったのは、ブロワーモーターで回答数は 30 社に達している。また、シートモーターや EPS モーターも複数の回答があった。

図表 3-87. 取外モーターの種類 (N=302 社)



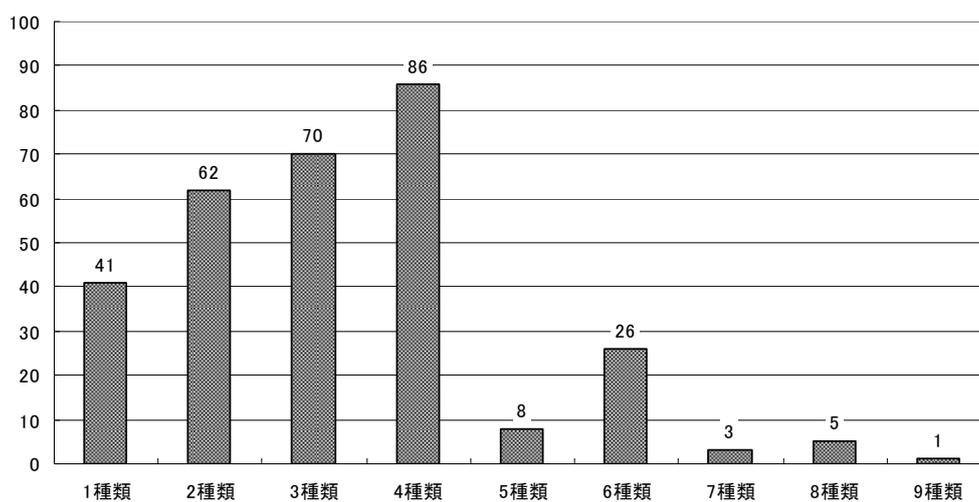
図表 3-88. その他として回答があった取外モーター (N=55 社)



また、図表 3-83,84 に示した取外比率は、小型モーターを 1 つでも取外している業者（車台）の割合であるが、実際には小型モーターは 1 台当たり数十個搭載されているため、1 個のみ取外している業者と、5 個取外している業者の間には、回収される資源量に大きな差がある。そこで取外モーターの回答があった業者を対象に、取外モーターの種類数について下図に示す。なお、パワーウィンドーモーターのように 1 台に複数個搭載されているモーターもあるが、各小型モーターの取外個数までは調査していないため、今回は種類ごとで集計した。

その結果、4 種類を回収しているという業者が 86 社で最も多く、1 種類のみしか回収していない業者はそれほど多くないということが分かった。なお、今回調査票に用意した選択肢が 4 種類だったため、4 種類の回答が増加している可能性もあり、実際にはより多くの小型モーターを回収していた業者が存在する可能性もある。

図表 3-89. 回収している小型モーターの種類数 (N=302 社)

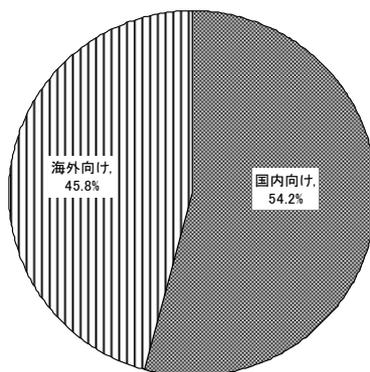


3-6-3. 販売状況

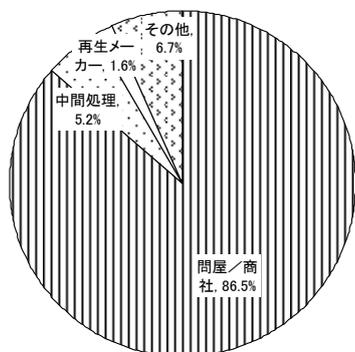
小型モーター類の販売状況を引取台数ベースで算出すると、国内向けが 54.2%、海外向けが 45.8%とスターター/オルタネーターと同様の傾向を示した。一方、国内向けの販売先の内訳を見てみると、中古部品や再生メーカー等の多様な販売先を示したスターター/オルタネーターとは異なり、ほとんどが問屋/商社への販売となっている。割合的にはハーネスと近い傾向を示しており、銅資源として販売され、仲買業者を通じて輸出されている可能性も高い。なお、小型モーター類については、モーターとしての中古部品需要が少ないとみられることから、中古部品の販売割合については調査していないが、ユニット状態で部品として販売されるものも一定量存在しているとみられる。

海外向けの販売先についても、ハーネスと同様にバイヤー/商社が非常に高い割合を占めており、自社輸出については、パワーウィンドーや ABS 等のユニット状態で販売しているものと考えられる。

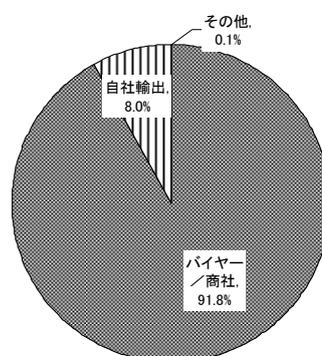
図表 3-90. 販売比率 (N=389,572 台)



図表 3-91. 国内向け販売先 (N=211,339 台)



図表 3-92. 海外向け販売先 (N=178,233 台)

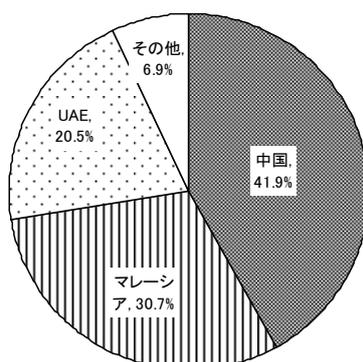


3-6-4. 輸出先

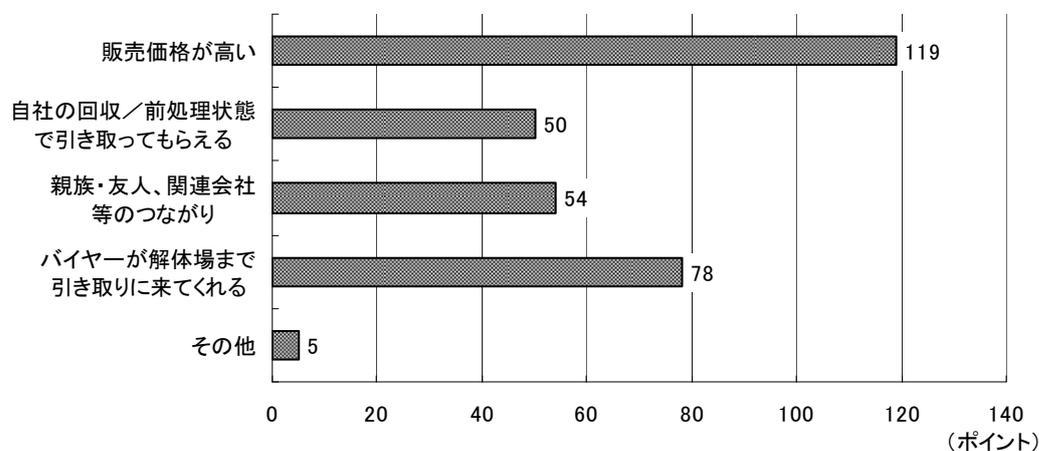
小型モーター類を海外向けに販売している業者のうち、輸出先の回答があった業者(71社)について、引取台数ベースでその輸出先についても調査した。その結果、41.9%が中国向けであり、ハーネスと同様に資源として中国へ流出していることが明らかになった。また、2位、3位には他の部品でも上位に入ったマレーシア、UAEが続いており、ユニット等の部品状態で中古部品として輸出されている実態も確認できた。

海外に輸出する理由については、「販売価格が高い」が最も多かった。その他の回答としては「部品として販売するため」との回答も複数あり、資源輸出、中古部品輸出の面で国内での販売と比べて価格差があることが主な要因とみられる。また、他の部品と同様に「バイヤーが解体場まで引き取りに来てくれる」を選んだ業者も多く、頻繁に出入りするバイヤーの存在が大きいことが改めて確認できた。

図表 3-93. 小型モーター類輸出先の内訳 (N=110,150 台)



図表 3-94. 小型モーター類を輸出する理由 (N=60 社)



3-6-5. 販売価格

小型モーターの平均販売価格は国内で 60.5 円/kg、海外向けで 73.2 円/kg と、やはり海外向けの方が高い傾向を示した。一方、スターター/オルタネーターや、駆動用モーター等と比べると、販売価格は低くなっている。また、モーター別で価格に差を設けて販売している業者も確認できた。

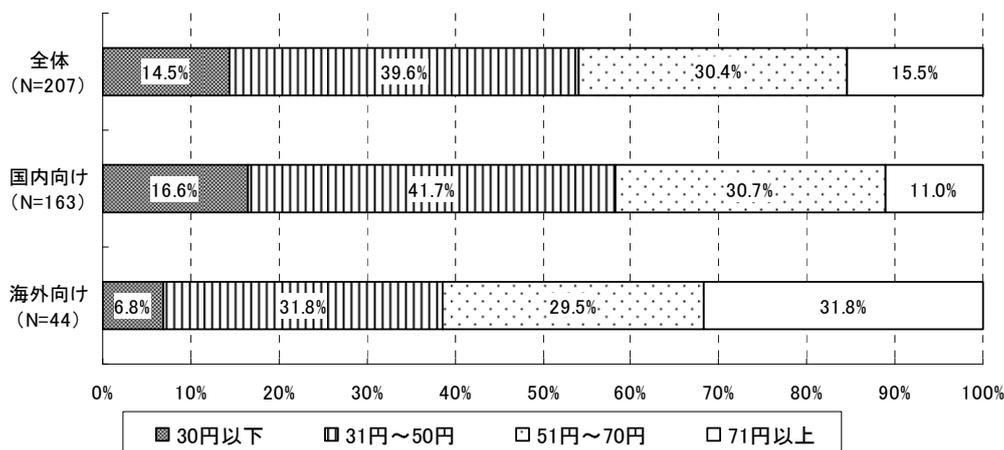
また、引取台数規模別、地域別での解体業者の小型モーター類の販売価格を算出したが、かなりバラつきが出てしまい、有意な差が得られなかった。

一方、販売先別の価格差についても、単価が安いいためかその他を除いて有意な価格差は得られなかった。国内向けのその他では、分解によって銅濃度を高めて販売しているとの回答があり、単価が高くなることから平均を押し上げている。また、自社輸出ではユニット状態で部品として販売していることが想定されるため、単価が高くなる傾向にあると考えられる。

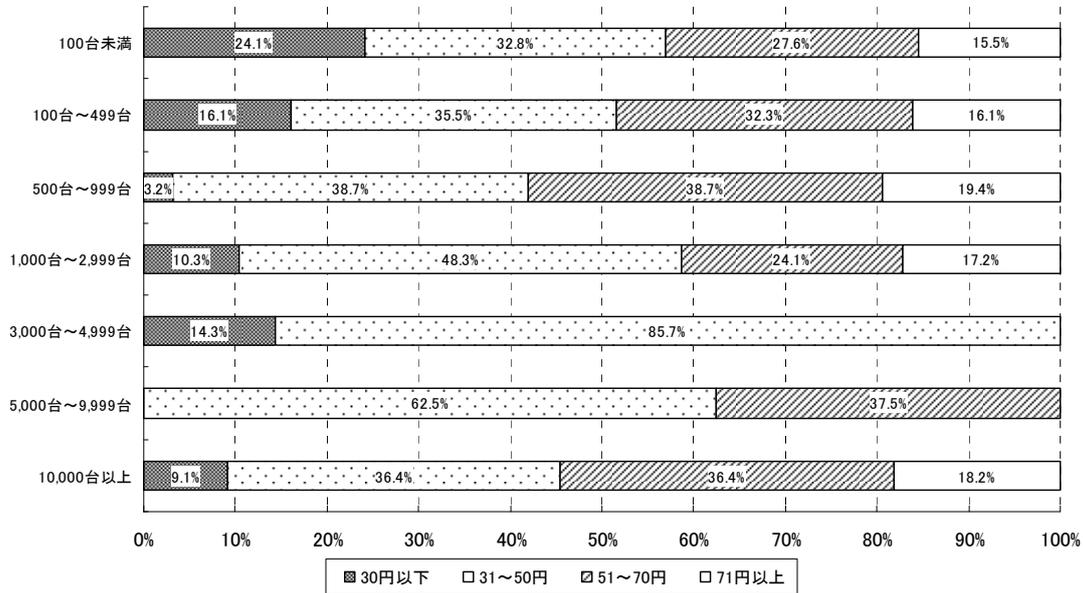
図表 3-95. 小型モーター類の平均販売価格 (N=207 社)

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	60.5	163	73.2	44	63.2	207

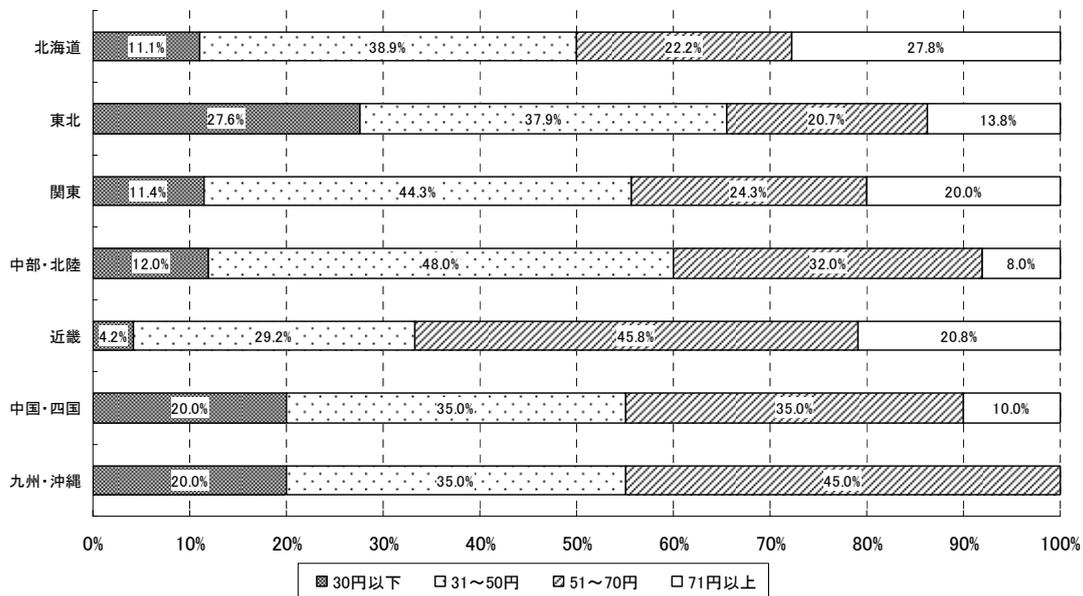
図表 3-96. 販売先別販売価格の内訳 (N=207 社)



図表 3-97. 解体業者の引取台数規模別での小型モーター類販売価格 (N=206 社)



図表 3-98. 解体業者の地域別での小型モーター類販売価格 (N=206 社)

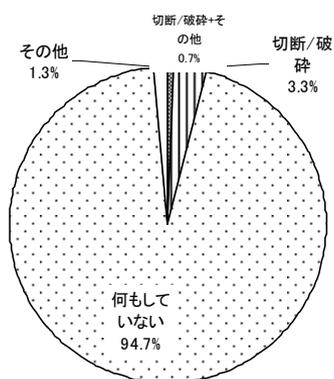


図表 3-99. 販売先別の平均販売価格

販売先	国内				海外	
	問屋/商社	中間処理業者	再生メーカー	その他	バイヤー/商社	自社輸出
N数	130	21	6	4	40	4
平均価格	54.8	59.0	56.7	193.0	65.5	150.0

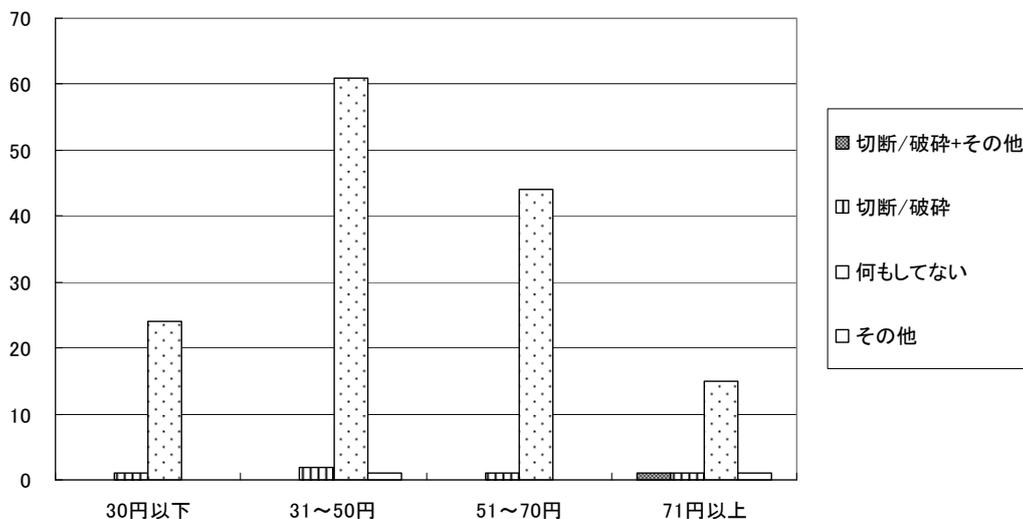
販売時の荷姿については、ほとんどが何もしていないとの回答であった。また、その他としては先述の通り自社分解をしている業者もあり、下図でも平均価格を押し上げている。

図表 3-100. 販売時の前処理 (N=152 社) 図表 3-101. 前処理別の平均価格 (N=152 社)



前処理	N数	金額	平均額
切断/破砕+その他	1	600	600.0
切断/破砕	5	245	49.0
何もしていない	144	8,330	57.8
その他	2	350	175.0
合計	152	9,525	62.7

図表 3-102. 前処理別での販売価格の分布 (N=152 社)



3-6-6. 国内での資源循環に向けた課題

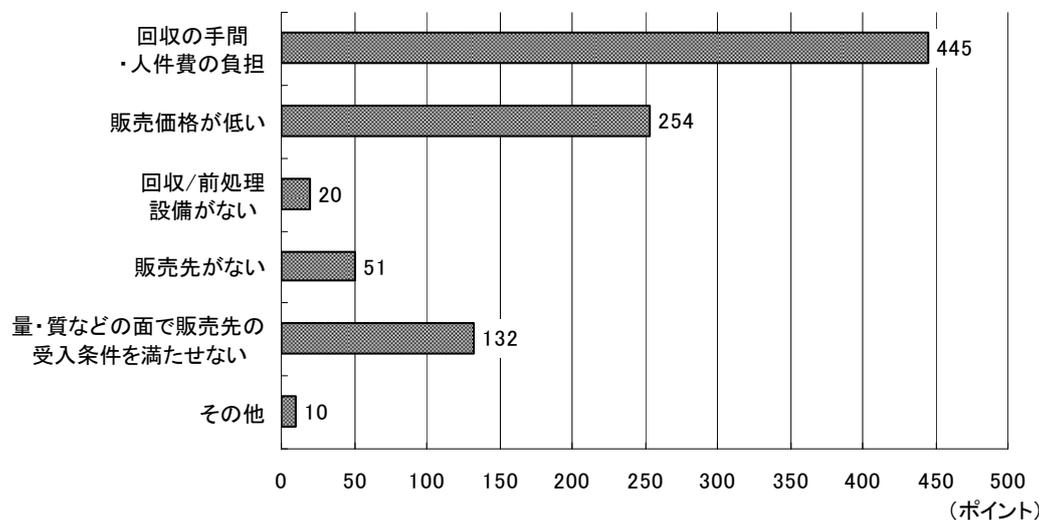
これまで見てきた部品とは異なり、小型モーター類の取外比率は引取台数ベースで76.5%と低い。また、自動車には多数の小型モーターが搭載されていることから、ワイパーモーター等の取外しやすい一部のモーターのみ取り外しており、取残しのモーターが多数ある状況も想定できる。

小型モーター類の未回収理由については、「回収の手間・人件費の負担」が圧倒的に高い結果となった。その次には「販売価格が低い」が続いていることから、小型モーター類はスターター/オルタネーター等に比べて重量も軽く、販売単価も低いことから、手作業等で時間をかけてまで回収していると、費用対効果に合わない状況と予測できる。実際にその他の回答欄では、「処理台数が多いため追いつかない」、「取りやすい場所だけ回収」等の意見があったほか、「価格の変動が大きすぎる」との意見もあった。

また、「部品に付随した状態」、「部品に付属しているため、単体での販売をあまりしない」といった回答もあり、業者によってはほとんど部品状態で販売されていることも分かった。

これらの理由から、小型モーター類の国内資源循環に向けた課題は、回収にかかる時間・コストおよび中古部品としての輸出が大きな障壁となっていることが分かる。

図表 3-103. 小型モーター類を回収しない理由 (N=170 社)



3-6-7. 小型モーター類の流通フロー

今回のアンケート調査で明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013年度）の小型モーター類の流通フローを推計する。第1章で見たとおり、2013年度の引取報告件数は343.3万台であった。この数値をベースとして、-halfカットや廃車ガラ輸出の台数も考慮に入れ、自動車台数ベースでの小型モーター類の流通フローを算出した。その結果、流通フロー図は次頁の通りとなった。なお、本フロー図では、小型モーターを1種類でも回収している車台を対象としている。

また、第2章で示した金属含有量をもとに、小型モーター類由来の銅資源についてもフローを推計した。但し、小型モーター類は個数が多く、また車種によって搭載個数も異なるため、今回の調査でも個々のモーターについての調査は実施していない。そこで、含有量が判明しているラジエーターファンモーター（0.14kg/台）、ワイパーモーター（0.09kg/台）、パワーウインドーモーター（0.12kg/台）、ブロワーモーター（0.11kg/台）に絞り、含有銅資源の流通状況について推計した。

アンケート結果から小型モーター類が取外されている使用済自動車は2,477千台であるほか、このうち各モーターの取外比率はラジエーターファンモーターが88.4%、ワイパーモーターが81.8%、パワーウインドーモーターが62.3%、ブロワーモーターが9.9%であることが分かった。下図にも示したこれらのデータを利用して、小型モーターに含有される銅資源の流通フローを示したのが図表3-106である。

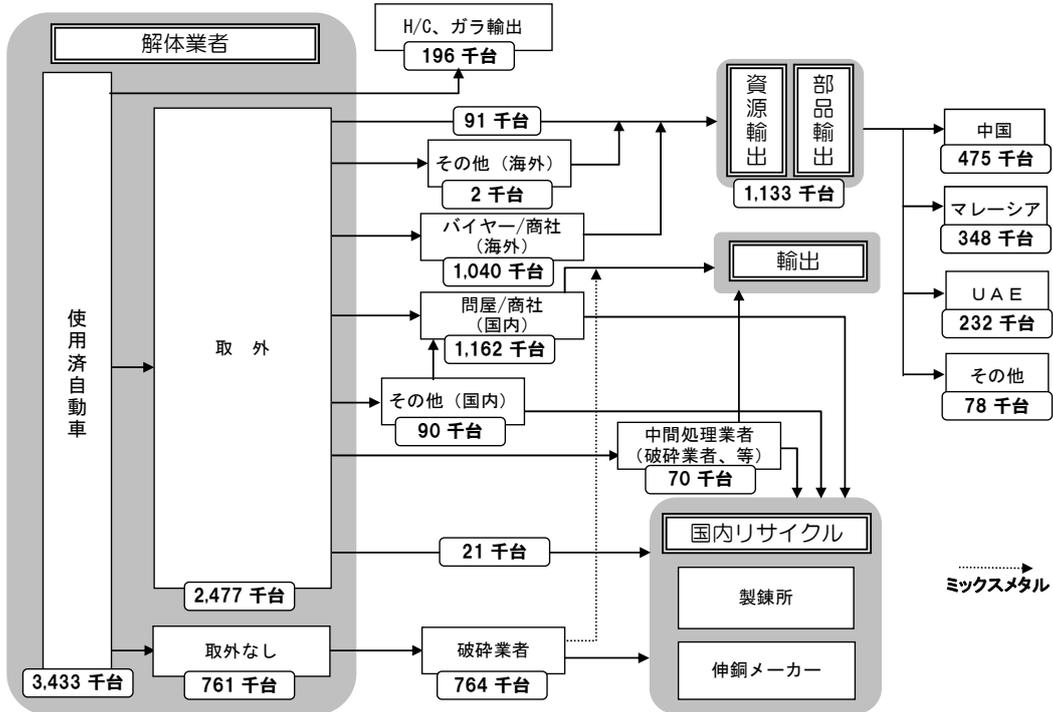
図表 3-104. 4種の小型モーターに関する回収状況

モーターの種類	小型モーター 取外台数	銅量 (kg/台)	回答数 (N=302)	取外比率	取外銅量	取残銅量	合計
ラジエーターファンモーター	2,476,549	0.14	267	88.4%	310.9	40.8	351.7
ワイパーモーター	2,476,549	0.09	247	81.8%	190.4	42.4	232.8
パワーウインドーモーター	2,476,549	0.12	188	62.3%	191.2	115.9	307.1
ブロワーモーター	2,476,549	0.11	30	9.9%	26.8	243.1	269.9

すべての使用済自動車に含まれる小型モーター由来の銅量は1,615tであり、そのうち719t（44.5%）が回収されているという結果になった。引取台数ベースでの取外比率が76.5%であったことを考えると、実際に回収されている銅量は少ない。さらに、取外された719tのうち、329t（45.8%）は輸出されているほか、ハーネス等と同様に国内の仲買業者に渡ってから輸出されている分も相当数あると考えられる。そのため、細かい手作業によって小型モーターが回収されても、実際には海外に流出している割合が高く、国内の資源循環という視点で見ると、回収しない場合と大差ないことが分かる。

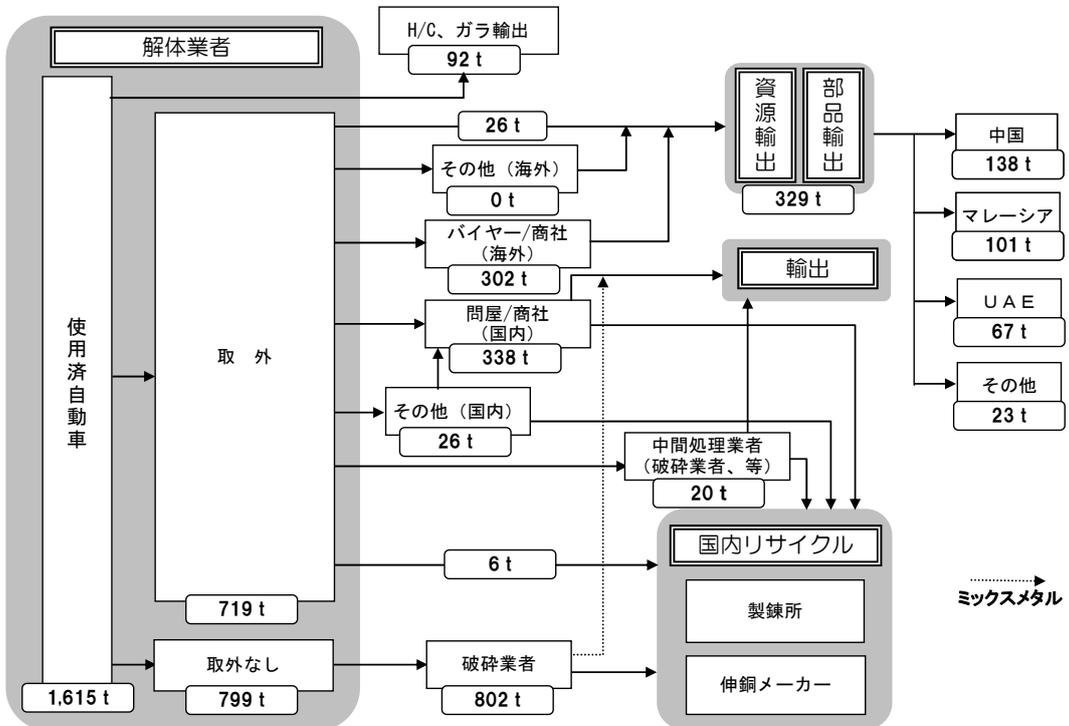
解体業者によって取外された銅資源が、国内での流通に回るためには、国内でのリサイクルが価格競争力を高めるような再資源化コストの低減が求められている。

図表 3-105. 小型モーター類の流通フロー（台数ベース）



*小型モーターを1種類でも回収している車台を対象としている。

図表 3-106. 小型モーター類の流通フロー（資源ベース）



*対象はラジエーターファンモーター、ワイパーモーター、パワーウインドーモーター、ブロワーモーターに限定

3-7. 基板類

3-7-1. 流通フローの概要

基板類は、まず解体業者によってエンジンコントロールユニット（ECU）やエアバッグユニット等のユニット状態で取外される。基板としての販売を行うには、ここからさらにパッケージを手作業で分解し、基板とその他の金属等に選別する必要がある。基板類には、貴金属等の希少金属が含まれているが、ユニット状態から一つの基板を取外するのに2～3分程度の手作業を要するとみられ、採算に合わず、ユニット状態のまま雑スクラップとして安価で販売されているのが現状である。

解体業者によっては、少しでも資源販売価格を向上させるため、閑散期や天候の影響で作業が出来ない日等に、ユニットからの基板取外を行っている業者もいるが、500kgや1tに及ぶ取引条件を満たすことが困難なことや、高値で買取ってくれる買取業者がないこと等から、取外してもメリットが少ないとの意見が多い。また、いつか高値で販売できると思いながら取外を続けているものの、結局販売できないまま在庫として保管してあるという解体業者の意見もあった。複数の解体業者が協力することで、回収量を増やす等の試みも考えられるが、結局在庫をどこかに運ぶ過程で送料が発生してしまい、思うような利益が得られないという課題もある。

図表 3-107. 解体業者によって取外された基板



基板状態に分解された後は、問屋や商社等を通じて精錬会社に販売される。その後、成分分析等を経て、他の電子機器等の基板類とともに、炉に投入される。なお、この時点では電子機器や携帯電話等、多様な廃棄物資源と混在しているとみられ、自動車由来の基板がどの程度リサイクルされているかを把握することは困難である。但し、現状回収が進められているのは ECU やエアバッグコンピューター等の一部に限られていることや、実際に回収を行っている解体業者も少数であることから、全体の基板リサイクル量においては極微量と考えられている。

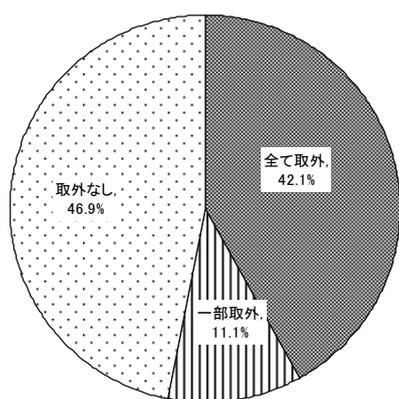
3-7-2. 回収状況

基板類については、一部取外を含めて事前に回収する業者は 53.2%、引取台数ベースでは 48.3%と、入庫がない場合の回答が混在しているとみられる駆動用モーターを除けば、今回の対象部品の中で最も低い割合となった。また、今回のアンケート調査では「基板が含まれている部品（ユニット）も含む」としているため、実際にユニットから基板を取外して販売している業者はさらに少ないと考えられる。

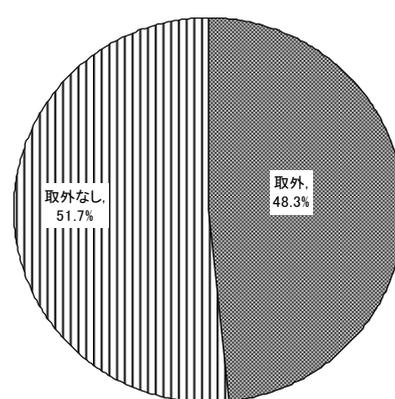
引取台数規模別での回収状況では、大規模業者の方が取外が進んでいる傾向にあった。しかし、「全て取外」の割合に注目すると、引取台数が 10,000 台を超える業者以上に、100 台～499 台規模の業者の方が高い割合を示す等、一概に規模が大きいほど回収が進んでいるとも言えない結果である。基板類等の取外に手間のかかる部品においては、処理台数の多い大規模業者よりも、1 台当たりの解体に多くの時間をかけられる小規模～中規模業者の方が取り組みやすいとの見方もあり、小型モーター類と同様に必ずしも大規模業者が有利という状況ではない。

地域別の回収状況においては、他の部品と同様に九州・沖縄エリアで比率が低くなっているが、それ以上に中部・北陸エリアの取外比率が低い等、これまでの部品と異なる傾向を示した部分もある。自動車 1 台あたりからの発生量が少なく、回収が始められた歴史も浅いことから、基板類については買取業者が他の部品と比べて少ないと見られ、買取業者の有無や販売価格等が、各地域の取外比率に影響しているとも考えられる。

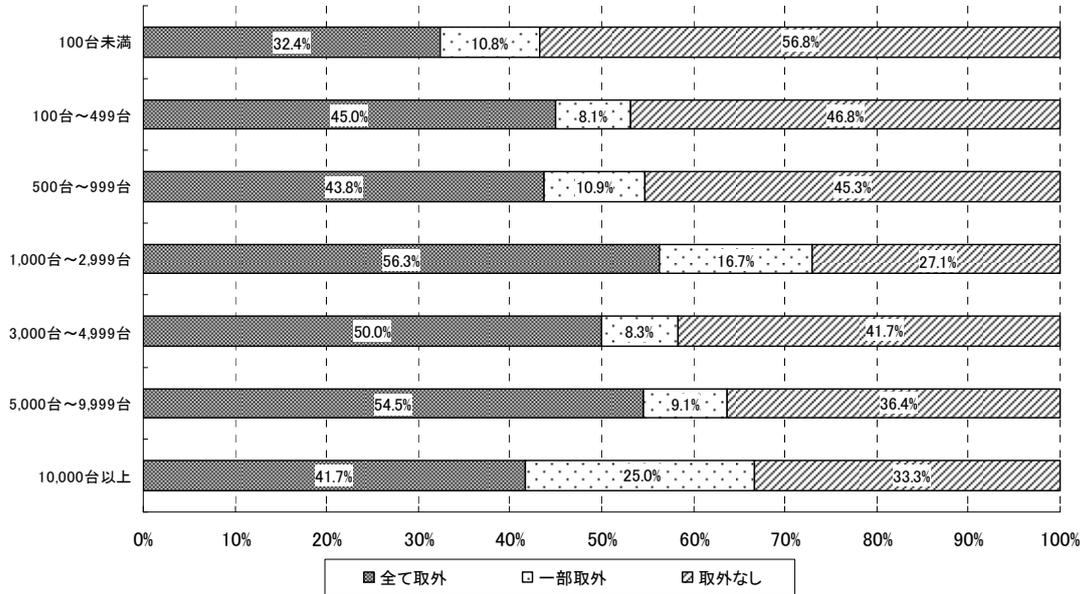
図表 3-108. 取外比率 (N=397 社)



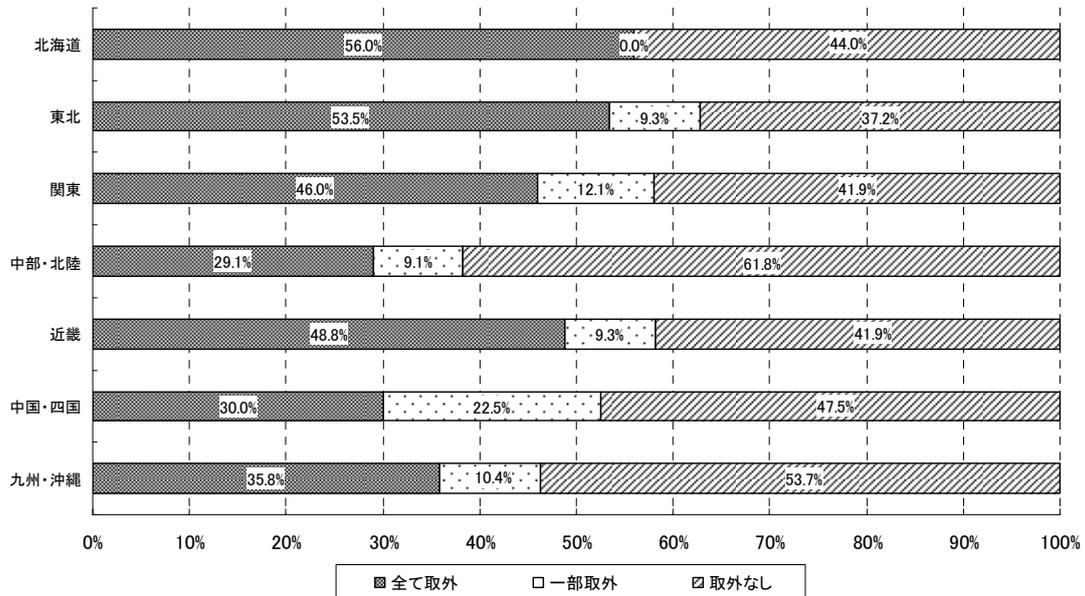
図表 3-109. 取外比率 (491,119 台)



図表 3-110. 解体業者の引取台数規模別での基板類取外比率

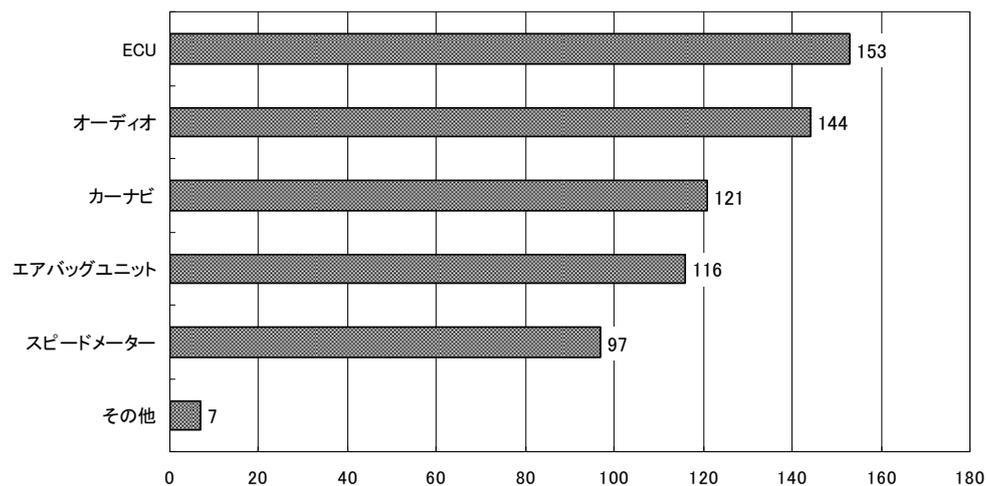


図表 3-111. 解体業者の地域別での基板類取外比率



また、基板類については、取外基板についても調査している。その結果、エンジンコントロールユニット（ECU）を取外している業者が 153 社と最も多かった。その次にはオーディオ（144 社）、カーナビ（121 社）が続いているが、これらは部品需要もあるため、ユニット状態で中古部品として販売されている可能性も高い。

図表 3-112. 取外基板の種類（N=220 社）

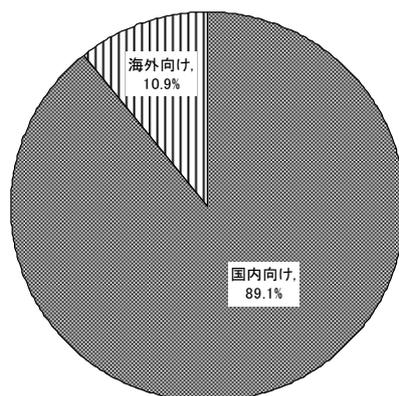


3-7-3. 販売状況

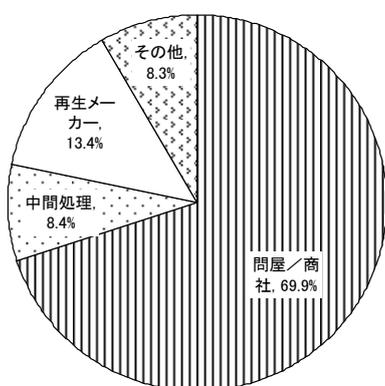
基板の販売状況としては、基板状態での輸出がバーゼル規制の対象となるため、ほとんどが国内向けに販売されている。そのため、海外向けに輸出されているものについては、ユニット状態で中古部品として販売されているものと考えられる。

一方、国内向けの販売先としては、問屋/商社が7割を占めているものの、中間処理や再生メーカー等も一定の割合を占めており、他の部品と比べても販売先は多様である。この理由として、基板やECU等のユニットについては、まだ確立された販売ルートや決まった回収業者等が固定しておらず、その都度高値を提示した業者に販売している状況が続いているためと考えられる。また、他の資源と比べて、部品当たりの重量が軽く、買取条件に見合ったロットが溜まりにくいことから、頻繁に販売できないこと等も決まったルートが確立しない一因とみられる。

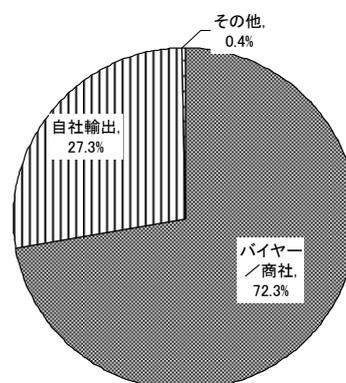
図表 3-113. 販売比率 (N=236,976 台)



図表 3-114. 国内向け販売先 (N=211,037 台)



図表 3-115. 海外向け販売先 (N=25,939)

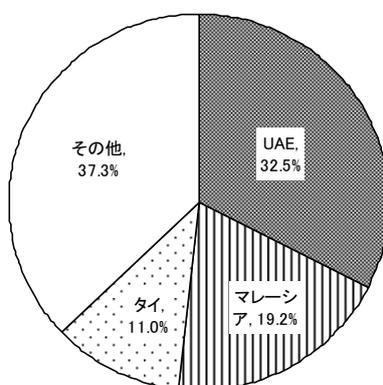


3-7-4. 輸出先

基板類については、海外向けに販売していると回答した業者がほとんどいなかったが、参考までに輸出先の回答があった業者（31社）について、引取台数ベースでの輸出先を下図に示す。その結果、UAE、マレーシア、タイと、中古部品需要の高い国々が上位に入っており、中古部品としての輸出がほとんどであることが窺えた。一方、資源用途での輸出が想定される中国は6.3%で5位と、大きな割合を占めてはいなかった。

但し、先述のようにほとんど海外向けに販売されていない状況であるため、輸出の理由についても回答数が少なく、有意な結果が得られなかったため算出していない。

図表 3-116. 基板類の輸出先の内訳（N=7,792台）



3-7-5. 販売価格

基板類の販売価格については、業者によって全く異なる結果となった。複数の解体業者へのヒアリングでは、ユニット状態で雑スクラップとして販売した場合には 50～100 円/kg 前後になるとのことであったが、基板状態での価格にバラつきがあったためとみられる。

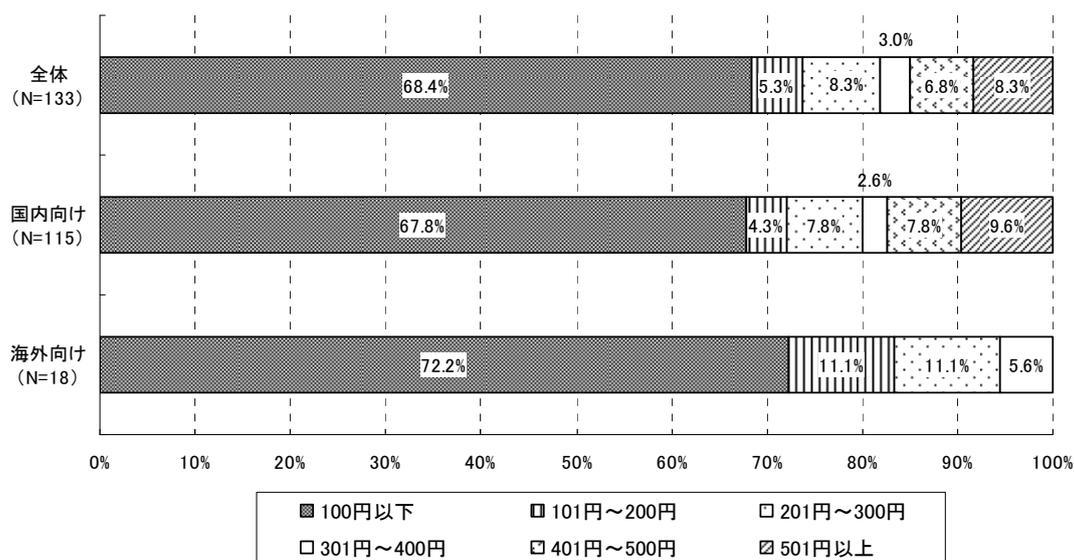
下図の販売価格の内訳を見ると、約 7 割が 100 円以下となっている。解体業者へのヒアリング等からは基板状態での販売単価が 100 円以下というのは考えにくいことから、これは先述の通り、ユニット状態で雑スクラップとして販売している場合と考えられる。そのため、100 円～200 円/kg からが基板状態での価格と考えられるが、100 円刻みで分類をしても大きなバラつきがある。500 円/kg 以上で販売している業者も 10% 近くに達しており、中には 600 円/kg を超える業者も複数存在した。中古部品としての販売が想定されるものについては、統計に含んでいないことから、基板の販売先によって価格に大きな隔りがあることが想定できる。

また、参考までに海外向けの販売価格も示すが、基板状態での輸出はバーゼル規制の対象となることから、ほとんどが中古部品として販売していると考えられるほか、誤回答の可能性もある。回答数も 18 社と少ないため、次頁以降では国内向けの販売に限り、集計する。

図表 3-117. 基板類の平均販売価格 (N=133 社)

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	162.2	115	108.9	18	155.0	133

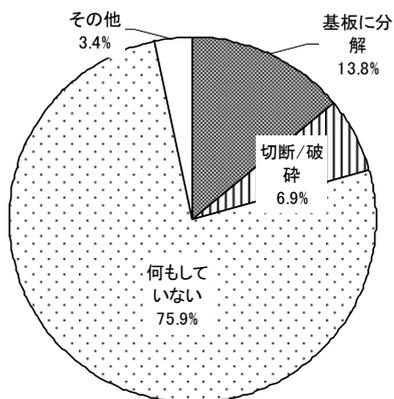
図表 3-118. 販売先別販売価格の内訳 (N=133 社)



国内販売分に限り前処理別での販売方法を算出すると、13.8%が基板状態に分解している一方で、何もしていないは75.9%に達している。さらに前処理別での平均価格についても算出したところ、「基板に分解」する場合には、483.0円に達しているのに対して何もしていない場合では、108.0円となった。

一方、図表3-121を参照すると、101円以上の高値で販売されている部分には、まだ何の前処理もしていない状態での回答が一定数残っており、何もしていない状態での平均価格を引き上げている。基板状態に分解しているものの、分解後に何の処理も行っていないことから、実際には基板状態に分解している回答も「何もしていない」に混在している可能性が高い。

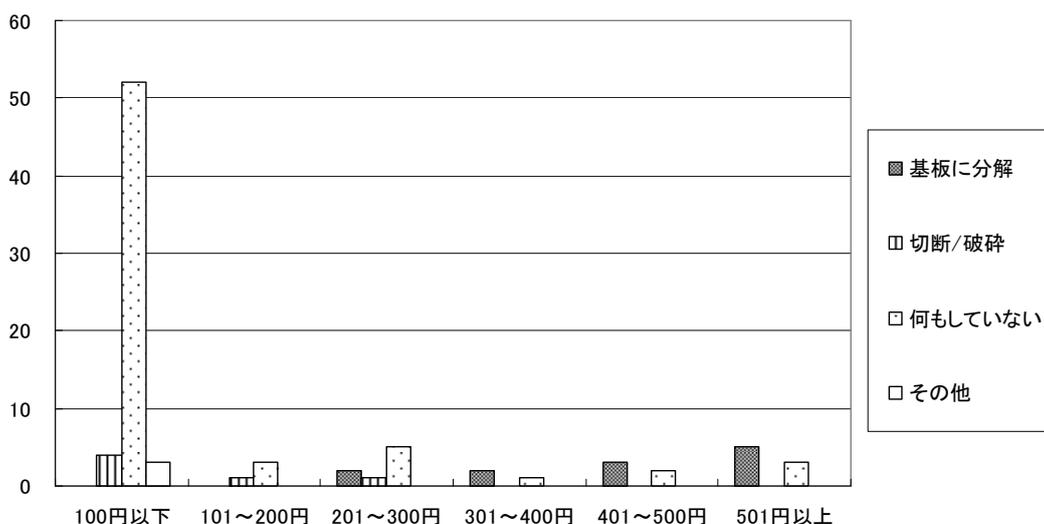
図表 3-119. 販売時の前処理 (N=100 社)



図表 3-120. 前処理別の平均価格 (N=100 社)

前処理	N数	平均額
基板に分解	12	483.0
切断/破砕	6	87.2
何もしていない	66	108.0
その他	3	24.7
合計	87	155.4

図表 3-121. 前処理別での販売価格の分布

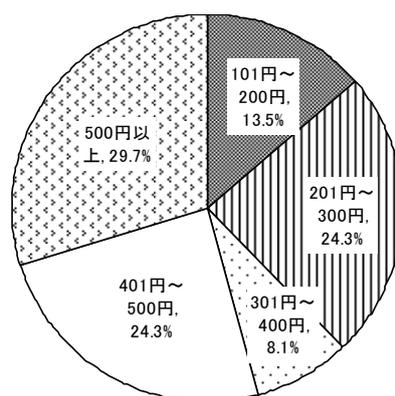


そのため、基板状態のみの販売価格を算出するために、販売価格を 100 円以下とした回答を除いて集計を行う。その結果、回答数は 37 社まで減少したが、平均価格は 397.9 円/kg まで上昇した。また、最も回答数の多かった販売価格は 500 円以上であり、その後に 401 円～500 円/kg と 201 円～300 円/kg が同じ回答数で続いている。また、回答によっては、基板によって 600 円前後と 250 円前後等の、バラつきがあるとの回答も複数あり、基板に含まれる希少資源の品位によって販売価格に差があることも確認できた。

一方、販売先別の平均販売価格を見ると、再生メーカーやその他で高い数値を示しているため、すべての回答を対象とした場合でもこれらの基板状態での販売価格が平均価格を押し上げているとみられる。

但し、その一方で、基板類はユニットから取外しているが販売先がないため、在庫しているといった意見や、適正な価格が付かなくて上手く販売できていないとの声も目立ち、販売先の不足に苦慮している実態も分かった。基板類は 500kg や 1t に達する買取条件を満たすのに非常に時間がかかることから、取引条件も大きな課題となっているとみられる。

図表 3-122. 100 円以下の販売価格を除いた基板類の販売価格の内訳 (N=37)



【平均価格：397.9 円/kg】

図表 3-123. 販売先別の平均販売価格

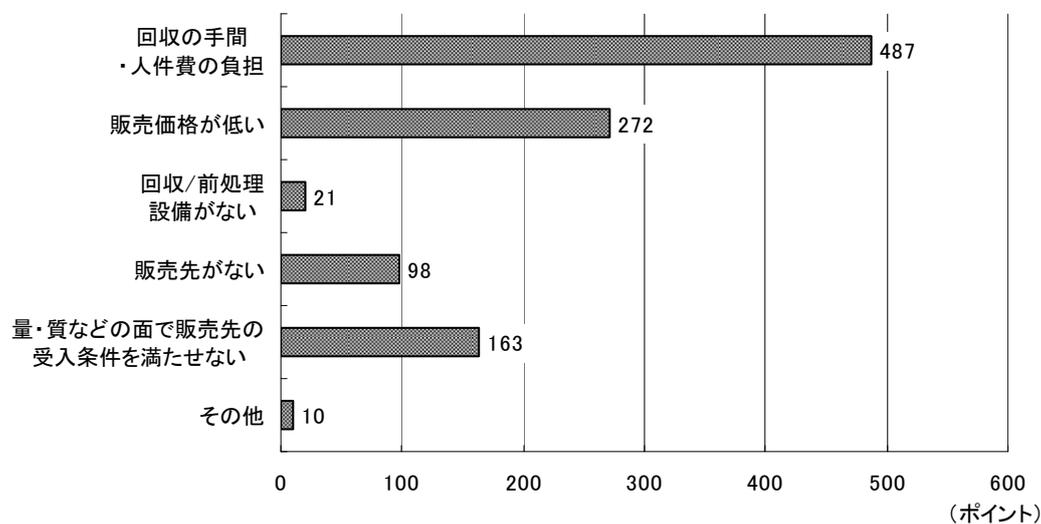
販売先	国内			
	問屋/商社	中間処理業者	再生メーカー	その他
N数	74	22	15	4
平均価格	135.8	124.0	283.8	292.5
販売価格が101円以上の販売先				
N数	20	6	9	2
平均価格	377.6	363.3	437.7	525.0

3-7-6. 国内での資源循環に向けた課題

基板類については、他の部品と比べて取外比率が低いことから、基板としての回収率向上が大きな課題となる。ユニット状態で取外されても、そこから基板を取外すのには、さらに手作業での分解・選別が必要であり、処理台数の多い業者にとっては大きな負担となる。

それを裏付けるかのように、基板類を未回収の理由としては、「回収の手間・人件費の負担」が圧倒的に多くなっている。さらに、「販売価格が低い」が続いており、回収に要する人件費と販売価格が割に合わない状況が予測される。

図表 3-124. 基板類を回収しない理由 (N=195 社)



3-7-7. 基板類の流通フロー

今回のアンケート調査明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013年度）の基板類の流通フローを推計する。第1章で見た通り、2013年度の引取報告件数は343.3万台であった。この数値をベースとし、ハーフカットや廃車ガラ輸出の台数も考慮に入れ、自動車台数ベースでの基板類の流通フローを算出した。その結果、流通フロー図は次頁の通りとなった。

また、第2章で示した対象部品の金属含有量をもとに、基板類由来の貴金属（Au/Ag）について推計する。但し、基板類も小型モーターと同様に、基板が搭載されたユニットが多様なほか、基板によって品位も異なる。また、どういったユニットが基板回収の対象となるかについても、明確な線引きがない。そこで、過去の調査によって品位が判明しているエンジンコントロールユニット（ECU）とエアバッグユニットについて、含有資源（Au/Ag）の流通状況について推計した。

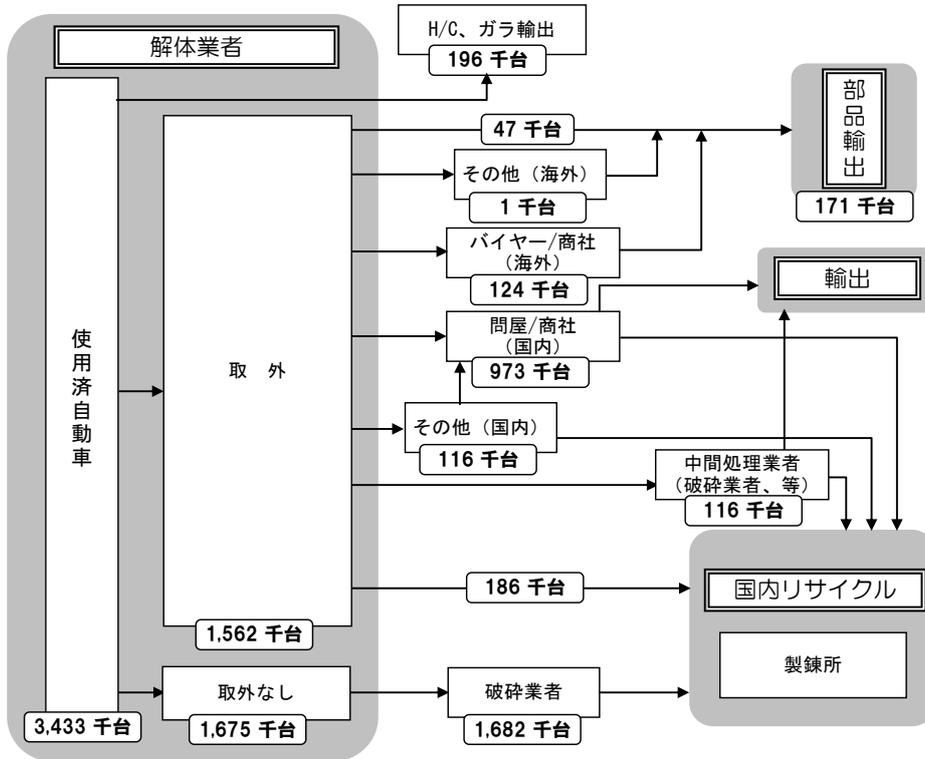
アンケート結果から基板類が取外されている使用済自動車は1,562千台であるほか、このうち各ユニットの取外比率はECUで69.5%、エアバッグコンピューターで52.7%であることが分かった。下表に示したこれらのデータを利用して、基板類に含有される貴金属の流通フローを示したのが図表3-127である。

図表 3-125. ECU およびエアバッグユニットに関する回収状況

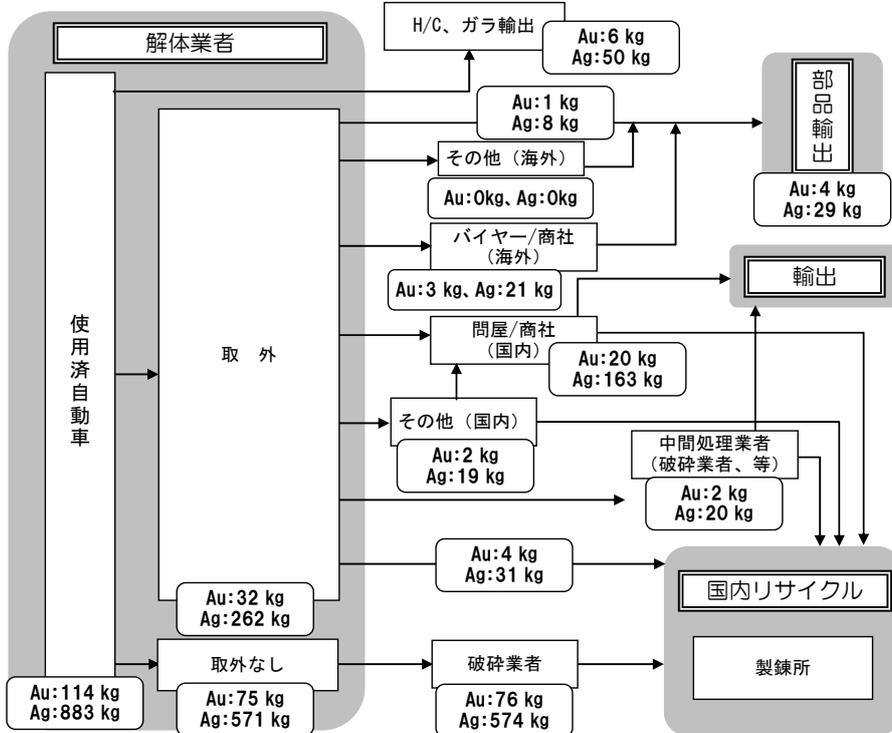
モーターの種類	基板 取外台数	回収資源	資源量量 (kg/台)	回答数 (N=220)	取外比率	取外資源量 (kg)	取残資源量 (kg)	合計
ECU	1,562,068	Au(mg)	18.9	153	69.5%	20.5	9.0	29.5
		Ag(mg)	189.0			205.3	89.9	295.2
エアバッグ ユニット	1,562,068	Au(mg)	14.4	116	52.7%	11.9	10.6	22.5
		Ag(mg)	68.3			56.3	50.4	106.7

すべての使用済自動車に含まれる基板類の資源は、金（Au）で114kg、銀（Ag）で883kgに達する。一方、ユニット状態での回収を含めても取外される資源量は、それぞれ1/3以下に留まっている。実際に基板状態として回収され、それぞれの資源として抽出される量はさらに少なくなると考えられることから、多くの資源がリサイクルされていない状況が推測できる。

図表 3-126. 基板類の流通フロー（台数ベース）



図表 3-127. 基板類の流通フロー（貴金属[Au/Ag]ベース）



*対象は ECU とエアバッグユニットに限定

3-8. 鉛蓄電池

3-8-1. 流通フローの概要

鉛蓄電池は、事前回収品目に指定されているため、使用済自動車として引取がされた車台については、すべて回収されている。その後、中古バッテリーや再生バッテリーとして部品販売がされなかったものについて、資源として販売されている。

鉛蓄電池は希硫酸や鉛等の有害物質を含む製品であるため、国内電池メーカーと電池工業会が基金を拠出し、鉛蓄電池再資源化協会（SBRA）を設立し、廃バッテリーの無償回収スキームを形成している。しかし、かつては不法投棄も問題になった廃バッテリーだが、現在は価格が高騰し、有価で活発に取引が行われている。実際に、SBRA の排出事業者として約 7,700 の事業者が登録しているが、この中に自動車解体業者は数社しか含まれておらず、ほとんど回収実績がない。そのため、解体業者によって回収された鉛蓄電池は、通常商社やバイヤー、鉛精錬メーカーに販売されているとみられる。

図表 3-128. 解体業者によって回収された鉛蓄電池



解体業者によって回収された廃バッテリーは、電気鉛を製造する一次製錬業者もしくは再生鉛を製造する二次製錬業者に販売される。製錬業者では廃バッテリーの解体および電解液の中和処理が行われた後、バッテリーケースはプラスチック資源として販売され、巢鉛（鉛を含む極板）は精錬されて、鉛製品としてリサイクルされている。

しかし、廃バッテリーについては、2005 年以降急増している海外への流出が大きな課題となっている。貿易統計を参照すると 2013 年には 87,769t もの廃バッテリーが輸出されており、特にその 9 割以上が韓国に流出している。この輸出量は国内で発生する廃バッテリーの約 3~4 割にも達しているとみられ、先述のように深刻な国内の廃バッテリー不足が引き起こされている。なお、廃バッテリーはバーゼル規制によって輸出が禁止されているが、経済産業省の許可を受けることで輸出が可能となるため、こうした許可業者が高値で廃バッテリーを買い集めている状況と考えられる。

3-8-2. 販売状況

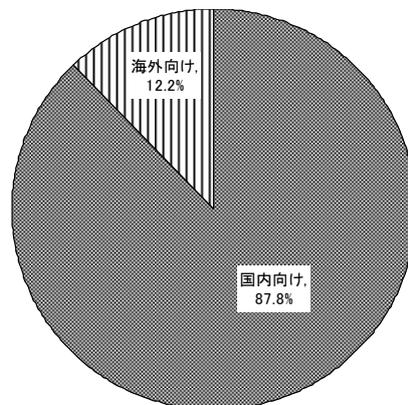
鉛蓄電池は事前回収品目に指定されており、すべての業者で回収されているため、まず販売状況を算出する。

輸出の増加が課題となっている鉛蓄電池であるが、今回のアンケート調査では国内向け販売の比率が約 9 割に達しており、海外向けに販売されている鉛蓄電池は少ないという結果になった。但し、ハーネス等と同様に、国内の商社等が輸出している可能性もあり、本比率以上に輸出されている可能性も十分ある。

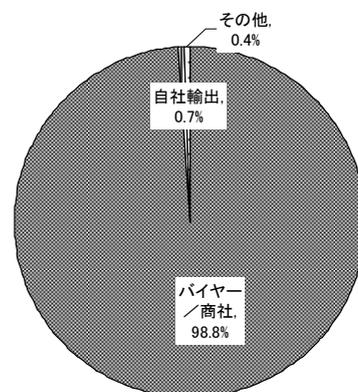
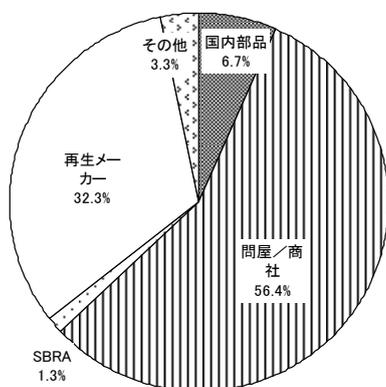
但し、国内向けの資源販売先は、約 4 割が中古部品用途と再生メーカー（製錬所等）への販売で占められており、他の部品と比べると問屋/商社に販売されている割合は少ない。その一方で、海外向けは廃バッテリーの輸出がバーゼル規制の対象になるということもあり、約 99%がバイヤー/商社を経由している。

なお、輸出先の比率については、海外向けに販売していると回答した業者が少なかったこと、輸出先の回答があった業者が 14 業者とさらに少なかったことから、一部の業者の回答の影響を大きく受ける等、有意な結果が得られなかったため、算出していない。

図表 3-129. 販売比率 (N=506,653 台)



図表 3-130. 国内向け販売先 (N=445,037 台) 図表 3-131. 海外向け販売先 (N=61,616 台)



3-8-3. 販売価格

鉛蓄電池の平均販売価格は 74.9 円/kg であるが、国内向けの場合 74.1 円/kg、海外向けの場合 83.4 円/kg となり、海外向けの方が販売価格は 10 円/kg ほど高くなっている。先述のように、鉛蓄電池は韓国を中心とした輸出価格の高騰によって海外流出が進んでいるとされ、ヒアリングでも国内向けは 80 円/kg 前後であるのに対し、海外（韓国）向けの場合 90 円～100 円/kg 程度まで上がるとの情報があった。今回のアンケートでも平均価格に差が出たほか、図表 3-133 を参照すると、91 円以上で販売している割合は、国内向けの 10.0% に対して、海外向けでは 32.1% に達している。国内の製錬業者では高値での買取りが難しいと考えられることから、国内向けとして高値で販売している業者については、最終的に輸出されているものもあると考えられる。

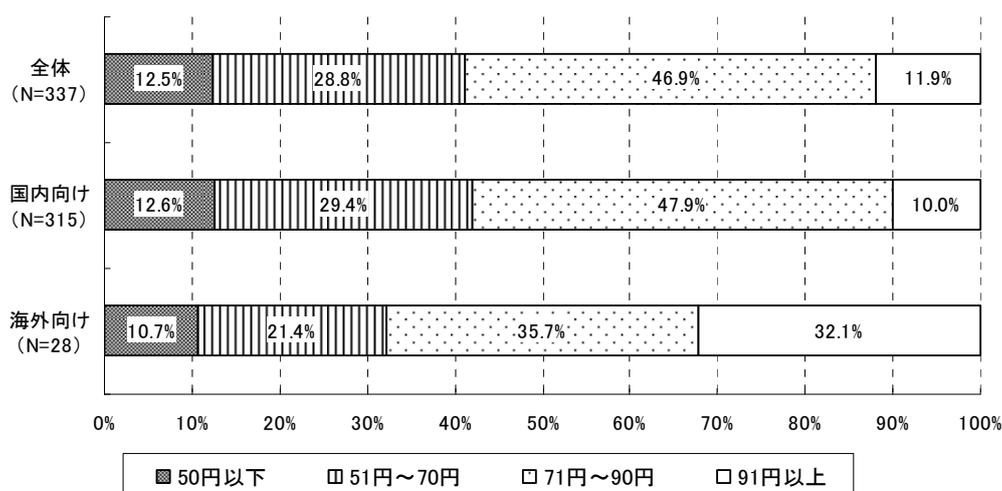
解体業者の規模別の販売価格では、大規模業者の方が、販売価格が高くなる傾向はあるものの、顕著な差は現れなかった。また、地域別では、北海道、中部・北陸、近畿等で買取り価格が高くなる傾向にあったが、これはバイヤー等による価格競争が影響していると考えられる。

図表 3-132. 鉛蓄電池の平均販売価格 (N=337 社)

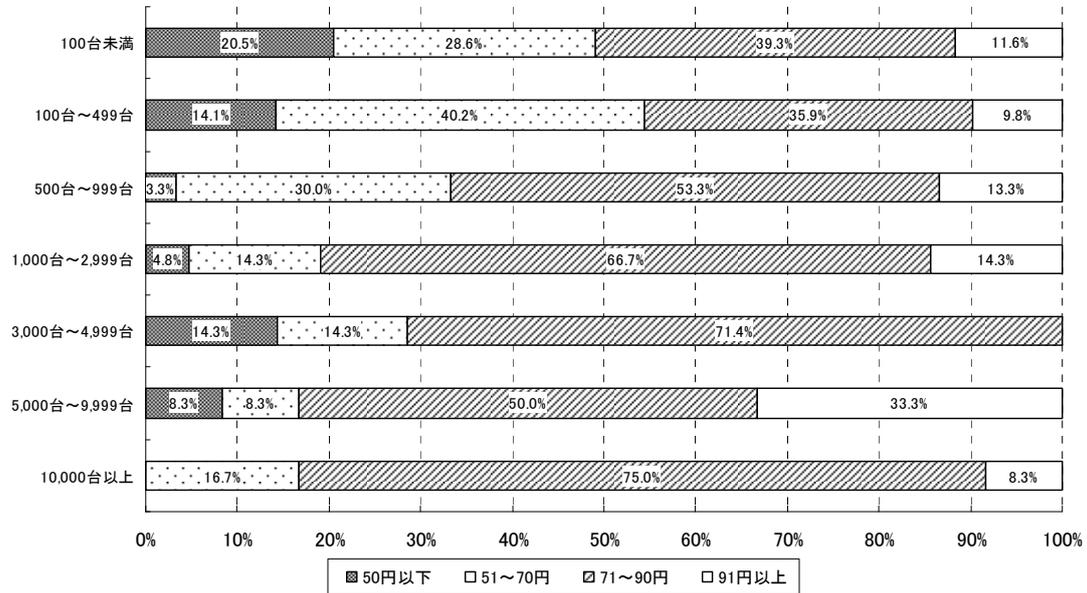
	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
平均価格	円/kg	74.1	309	83.4	28	74.9	337

*SBRA と回答した業者は、無償回収のため含んでいない。

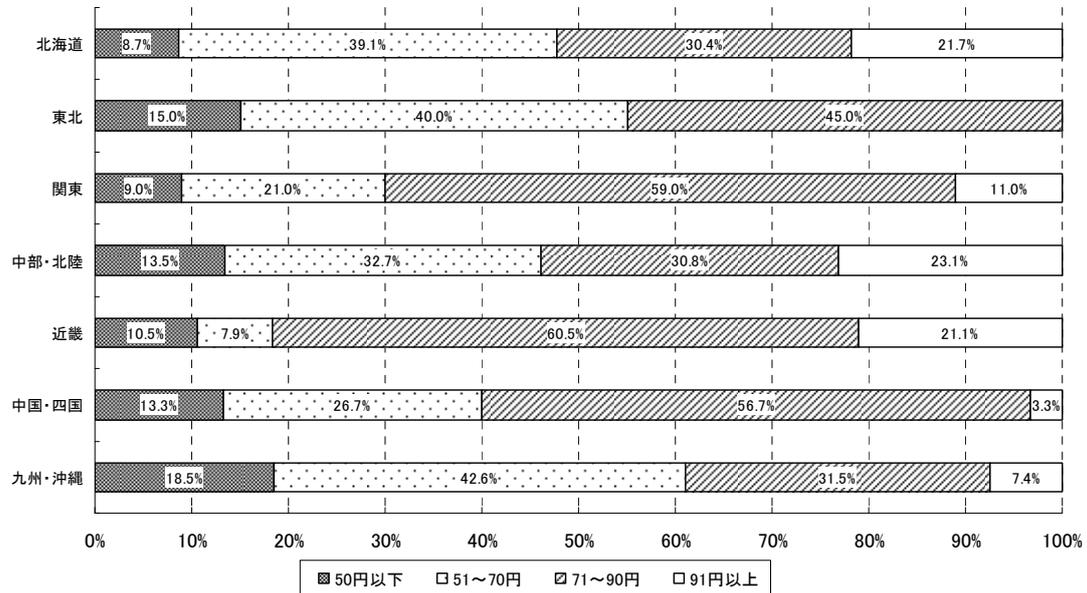
図表 3-133. 販売先別販売価格の内訳 (N=337 社)



図表 3-134. 解体業者の引取台数規模別での鉛蓄電池の販売価格 (N=337 社)



図表 3-135. 解体業者の地域別での鉛蓄電池の販売価格 (N=337 社)



図表 3-136. 販売先別の平均販売価格 (337 社)

販売先	国内				海外		
	問屋/商社	再生メーカー	SBRA	その他	バイヤー/商社	自社輸出	その他
N数	235	62	-	12	24	1	3
平均価格	74.5	72.7	-	74.7	82.9	116.0	76.7

3-8-4. 資源循環に向けた課題

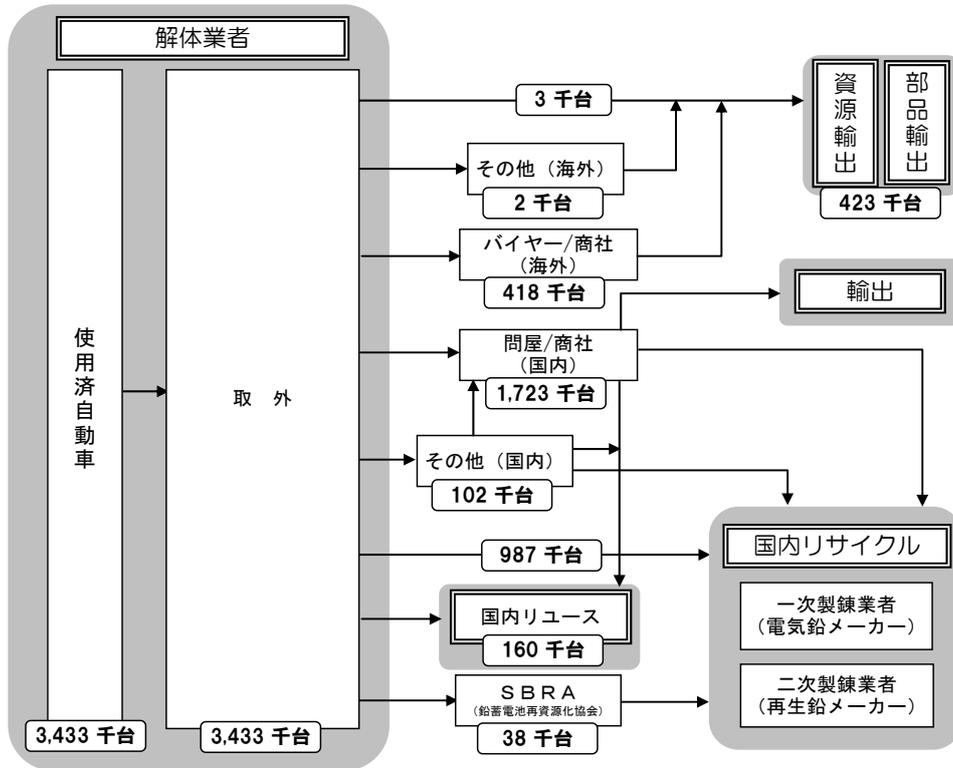
鉛蓄電池については、事前回収品目に指定されているため、基本的に回収が行われにくいということはない。そのため、国内資源循環に向けた課題として挙げられるのは、近年急増している廃バッテリー輸出である。後述するが、廃バッテリーは主に韓国への流出が問題となっており、輸出許可を取得した上での輸出であれば、対策が打つのが難しいのが現状である。今回のアンケート調査でも、平均して 10 円/kg ほど輸出向けの方が販売価格が高いという現状が浮き彫りになっており、国内の鉛産業保護のためにも、今後の対策が急がれる。

3-8-5. 鉛蓄電池の流通フロー

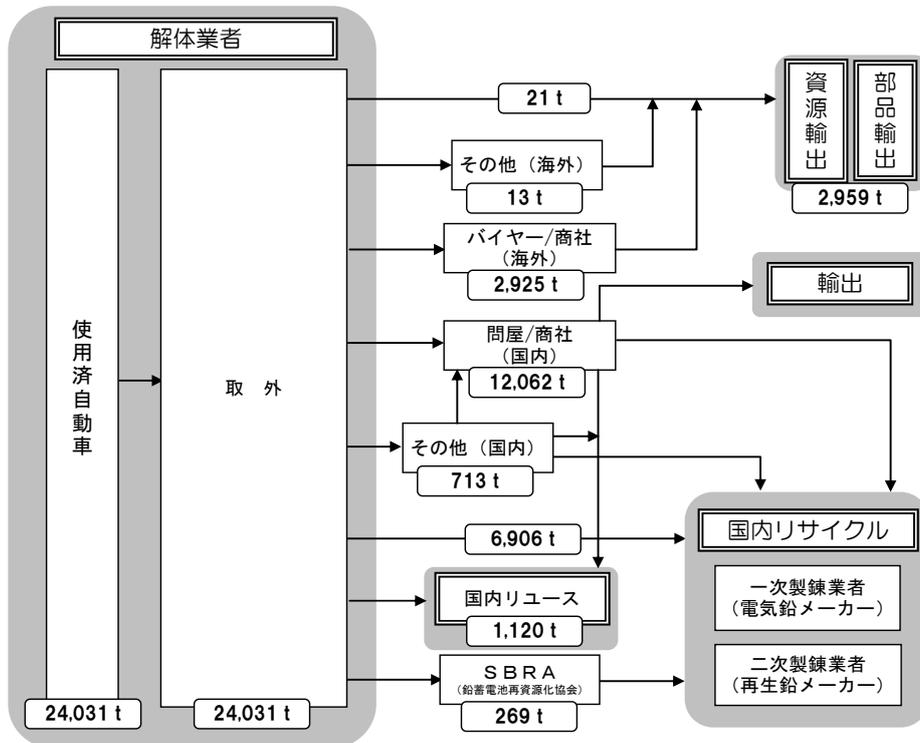
今回のアンケート調査で明らかになった各フローへの比率および台数を利用して、使用済自動車全体（2013 年度）の鉛蓄電池の流通フローを推計する。第 1 章で見た通り、2013 年度の引取報告件数は 343.3 万台であった。この数値をベースとし、ーフカットや廃車ガラ輸出の台数も考慮に入れ、自動車台数ベースでの鉛蓄電池の流通フローを算出した。その結果、流通フロー図は以下の通りとなった。

第 2 章で示した対象部品の金属含有量をもとに、鉛蓄電池の鉛資源に関するフローを推計する。鉛蓄電池 1 個あたりの鉛含有量は約 7.0kg と推計されるため、使用済自動車すべてから発生が予測される鉛蓄電池は 24,031t である。関連事業者のヒアリングや貿易統計等からは、廃バッテリーの海外流出が課題となっていることが明らかだったが、今回のアンケート調査ではそうした傾向はさほど強くなく、海外に流出している鉛量は 2,959t と全体の 12.3%に留まっている。国内の仲買業者を通じて海外に流出している可能性があるが、今回の解体業者へのヒアリングでも廃バッテリーを輸出業者に販売しているという業者はほとんどなく、大規模に流出しているような状況は確認できなかった。なお、バッテリーや使用済自動車から発生する量は交換用途によって発生するバッテリーの 20%程度ともみられ、廃バッテリーの輸出には交換時に発生した廃バッテリーの動きがより大きく関わっている可能性もある。

図表 3-137. 鉛蓄電池の流通フロー（台数ベース）



図表 3-138. 鉛蓄電池の流通フロー（鉛量ベース）



3-9. 次世代自動車用蓄電池

3-9-1. 流通フローの概要

次世代自動車用蓄電池には、ニッケル水素電池 (Ni-MH) およびリチウムイオン電池 (LiB) が用いられているが、鉛蓄電池と同様に事前回収品目に指定されているため、解体業者によってすべて回収されている。LiB についてはまだ使用済自動車がほとんど発生していないものの、両電池とも解体業者から製造元（電池メーカー、自動車メーカー）へ回収されるシステムが自動車メーカーによって構築されており、HV 搭載用で約 2,500 円、EV 搭載用で約 5,000 円のバッテリー引取代金（取外手数料含む）が支払われている。

その一方で、必ずしもすべての Ni-MH/LiB が自動車メーカーに引渡されているわけではなく、市場で取引されている電池の数も多いと考えられている。自動車メーカーの回収スキーム外の可能性としては、純正品のバッテリーは数十万と高価であるため、中古バッテリー市場が形成されつつあることが考えられる。ハイブリッド車の輸出台数も増加していることから、海外でも安価な次世代自動車用バッテリーの需要は増加している可能性があり、中古部品として市場で流通している可能性もある。また、次世代自動車用バッテリーにはレアメタル等が多量に含有されていることから、自動車メーカーの引取代金以上で買取を行う業者の存在も考えられる。

自動車メーカーに引き取られた場合には、各メーカーが提携している処理業者によって、それぞれの電池がリサイクルおよび適正処理されている。詳細は後述するが、Ni-MH については、レアメタルのリサイクルも始まっており、今後の使用済自動車増加に備えて準備が整った状況と考えられる。一方、LiB については資源リサイクルを実施している情報はなく、発生量も微量であることから、現状サーマルリサイクル等での回収のみで、資源としての回収は実現していないとみられる。

また、自動車メーカーと提携している業者以外にも、次世代自動車用蓄電池を処理できる事業者は存在しており、自動車メーカーの回収スキームから外れた蓄電池を回収し、処理していると考えられる。但し、電池リサイクル事業を採算に乗せるためには、一定量の回収が不可欠となるため、今後自動車メーカーの回収スキームがさらに機能し始めた際に、十分な量を確保できるかが課題となっている。

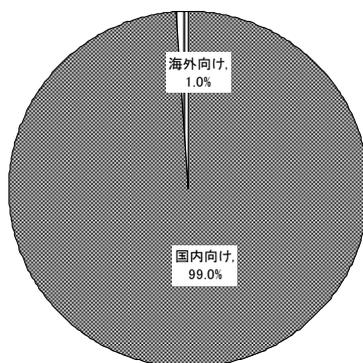
3-9-2. 販売状況

次世代自動車用蓄電池も鉛蓄電池と同様に、事前回収品目に指定されているため、基本的にすべての使用済自動車から回収されている。そのため、販売状況から算出すると、99%が国内向けと、ほとんど輸出されていない状況が明らかになった。ハイブリッド車を中心とした次世代自動車の中古車輸出が活発化している昨今、海外での需要も高まっていると予測されたが、アンケートではそうした状況は確認できなかった。なお、実際に使用済次世代自動車の発生台数は 6,500 台程度であるが、下図の算出においては販売先比率の導出を目的として、便宜的に既存車を含めた引取台数ベースで算出している。

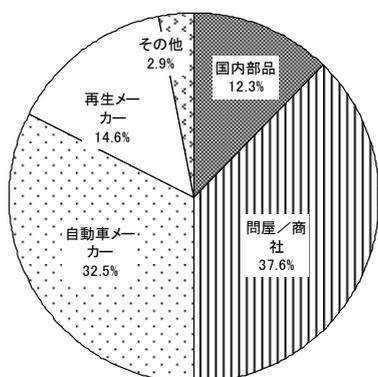
海外向けの販売先は、その輸出比率も微量であるため参考程度であるが、国内向けの販売先としては、部品用途が 12.3%、問屋/商社への販売が 37.6%、自動車メーカーへの引渡が 32.5%、再生メーカー（再資源化業者等）への販売が 14.6%と、主流の販売ルートが固定しているわけではなく、多岐に渡っている。また、自動車メーカーの回収スキームに乗っているのは約 33%であり、それ以外はスキーム外で取引されている現状が分かった。

なお、発生数が限定的なことから、引取台数規模別や地域別では有意な差がみられなかったほか、輸出先の比率についてもほとんど回答がないことから算出していない。

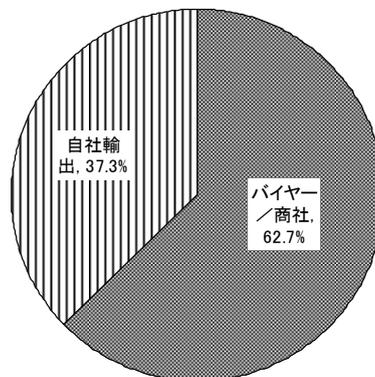
図表 3-139. 販売比率 (N=387,753 台)



図表 3-140. 国内向け販売先 (N=383,978 台)



図表 3-141. 海外向け販売先 (N=3,776)



3-9-3. 販売価格

販売価格についても、販売先と同様に相場が安定しておらず、業者によって多様な販売価格で取引されている実態が確認できた。まず、一般的なハイブリッド車用のニッケル水素電池の場合、メーカーの回収料金（取外手数料含む）が約 2,500 円/個であるため、自社で取引先の開拓をしなくても、この価格での販売は保証されていることになる。そのため、この 2,500 円/個を上回る価格での買取が、メーカーの回収スキーム以外へ販売される要因となるだろう。

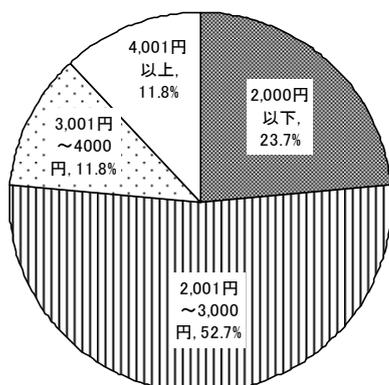
実際に、国内向け販売価格の平均は約 3,000 円/個と、2,500 円/個を上回っている。販売価格の内訳をみても、3,001 円/個以上が約 24%と、メーカーへの引渡以外に高値での流通ルートが存在することを示している。また、海外向け販売価格の平均は、回答数が数件しかなく、有意な数字が得られないことから算出していない。

さらに、次世代自動車用蓄電池は、国内での中古部品としても高値で取引されている現状が分かった。中古バッテリーとしての平均販売価格は 20,000 円/個以上と、2,500 円と比べて大きな開きがある。なかには 50,000 円/個との回答もあり、新品の交換用蓄電池が高値で販売されていることから、中古バッテリーとしての需要が高いことも分かる。

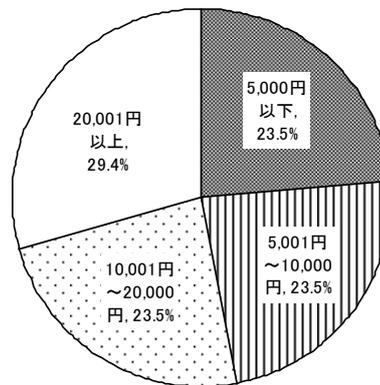
図表 3-142. 次世代自動車用蓄電池の中古部品、資源用途での平均販売価格（N=110 社）

	単位	国内資源 平均	N数	国内部品 平均	N数
平均価格	円/個	3,003.8	93	20,439	17

図表 3-143. 国内向け資源販売価格 (N=93)



図表 3-144. 国内向け部品販売価格 (N=17)



次世代自動車用蓄電池は、発生数も限定的なほか、先述のように相場や販売先も安定していないことから、引取台数規模や地域別では有意な差が得られなかった。

但し、販売先別での平均販売価格では、回答数は少ないものの販売価格の差が現れた。自動車メーカーへの引渡しは、回答によって若干の差があるものの、2600 円/個程度であるのに対し、問屋/商社は約 3,000 円/個、自動車メーカー以外の再資源化業者が想定される再生メーカーでは約 4,000 円/個であった。また、ここでは海外向けの販売価格も示したが、バイヤー/商社向けでは 3,500 円/個程度、さらに中古部品としての輸出が想定される自社輸出では 10,000 円/個という価格であった。

回答数が限定的なため、これが一般的な傾向とはいえない部分もあるが、販売先によって大きく販売価格が変わることは確認できた。

図表 3-145. 販売先別の平均販売価格

販売先	国内				海外	
	問屋/商社	再生メーカー	自動車メーカー	その他	バイヤー/商社	自社輸出
N数	47	11	31	4	3	2
平均価格	3,028.7	4,045.5	2,635.5	3,750.0	3,666.7	10,000.0

3-9-4. 資源回収に向けた課題

次世代自動車用蓄電池は、事前回収品目に指定されていることから、回収段階での課題もない。そのため、資源回収に向けた課題に関しては、現段階では蓄電池回収後のリサイクル技術にあるといえる。レアメタルの含有量が多い、次世代自動車用蓄電池は、その効率的なリサイクルが課題となっており、特に LiB に関しては現在までに有効なリサイクル方法が確立していない。こうしたリサイクル技術の現状については、次章以降で詳細を述べることにする。

3-9-5. 次世代自動車用蓄電池の流通フロー

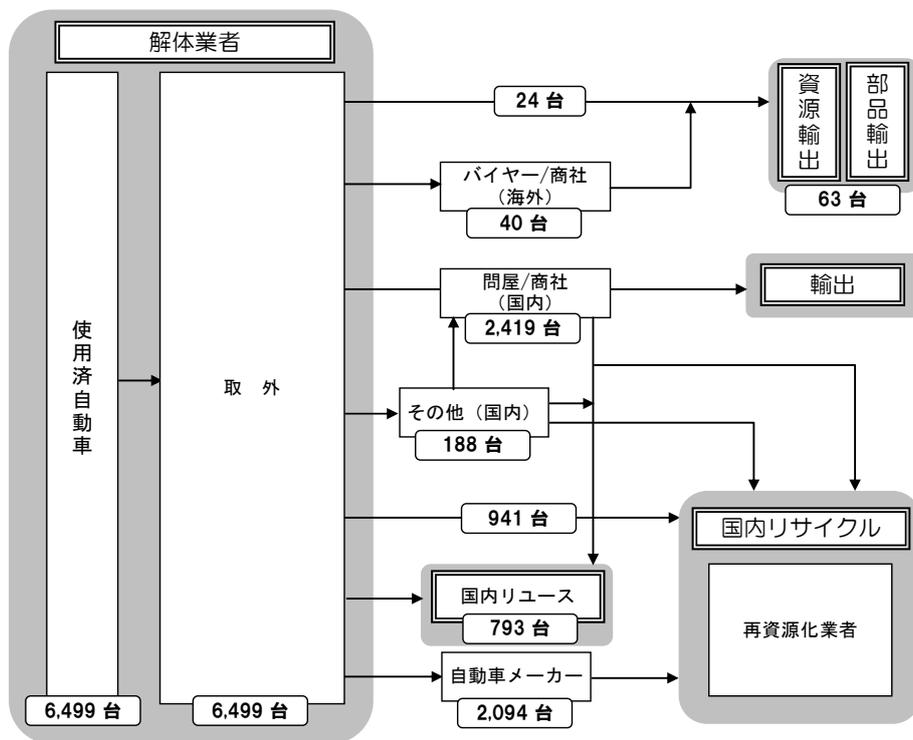
今回の調査で明らかになった各フローの比率を利用して、使用済次世代自動車全体（2013年度）の次世代自動車用蓄電池の流通フローを推計する。第1章で見た通り、2013年度の次世代自動車の解体台数は6,363台（ガラ輸出を含め6,499台）であった。この数値をベースとし、次世代自動車台数ベースでの蓄電池の流通フローを算出した。その結果、この推計と流通フロー図は図表3-146の通りとなった。

次世代自動車用蓄電池はNi-MHとLiBに大別できるが、LiBについては現状ほとんど使用済自動車の発生がないほか、再資源化業者へのヒアリングでは、検証用としてメーカーに回収される電池も多いという。そのため、使用済ハイブリッド車（6,439台）で用いられている蓄電池をNi-MHと仮定し、Ni-MH含有金属の流通フローを参照すると、図表3-147のような結果になった。

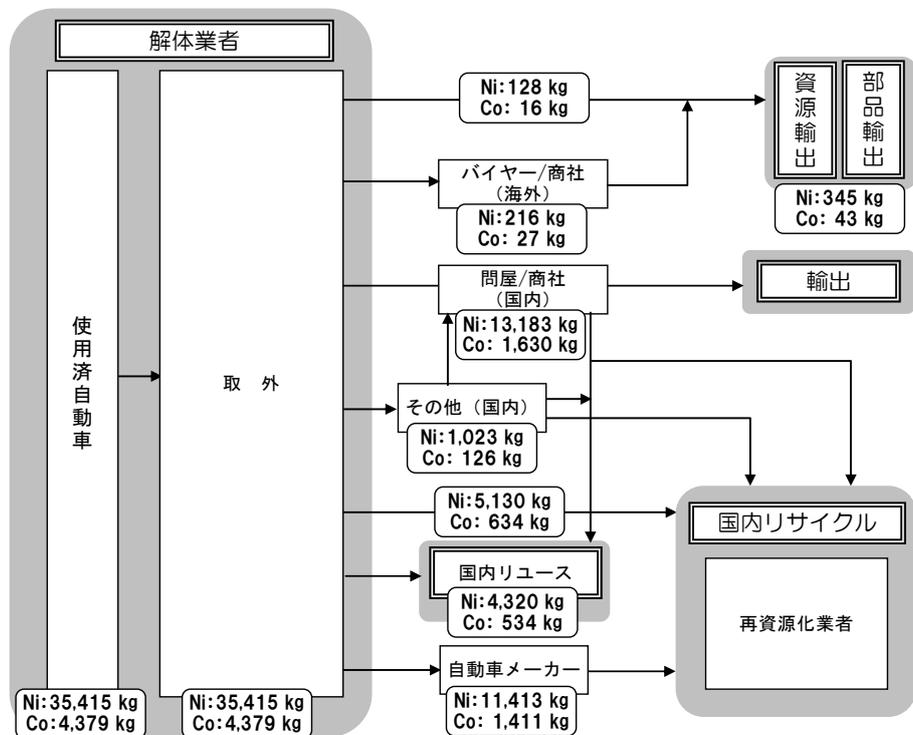
第2章で示したように、Ni-MHには1個当たりニッケル5.50kg、コバルト0.68kgが含まれていると想定できる。そのため、使用済次世代自動車全体から発生が予測されるレアメタルは、ニッケル35,415kg、コバルト4,379kgである。基本的には次世代自動車用蓄電池のフローと同等となるが、海外に流出されている資源が少ない一方で、半分以上が国内の間屋/商社向けに販売されている。

また、中古部品として流通される量も1割以上存在している。実際に今回のアンケート調査でも中古部品として販売される場合には、20,000円程度で取引されていることが明らかになっており、今後の中古部品としての流通動向にも注目される。

図表 3-146. 次世代自動車用蓄電池の流通フロー（台数ベース）



図表 3-147. 次世代自動車用蓄電池の流通フロー（重量ベース）



3-10. アンケート結果のまとめ

3-10-1. 各対象部品の回収状況

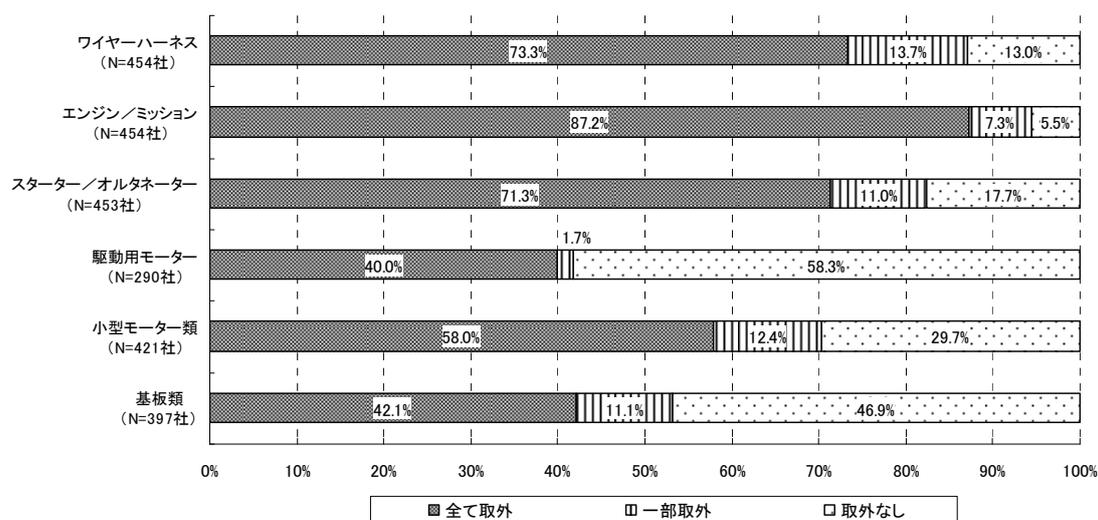
まず、対象部品 8 品目のうち、取外が義務付けられているバッテリー類を除く 6 品目について、それぞれの取外比率を再度概観する。

解体業者ベースの回収状況では、一部取外（取外していない車台と取外している車台がある）を含めて、最も回収率が高いのはエンジン/ミッションで 94.5%であった。エンジンは部品価値だけでなくスクラップとしての価値も高いことから、取外して販売される割合が高いことが示された。また、取外しやすいこともその原因として考えられ、解体業者から解体業者へ丸車で引渡される場合等を除いては、ほとんど回収されていると考えられる。

その次に資源価値の高い銅を多量に含む、ハーネス（87.0%）、スターター/オルタネーター（82.3%）が続いている。スターター/オルタネーターは取外時には Assy としてエンジンと一緒に取外されるため、自動車からの取外という意味では、エンジンと同等の取外比率に達している可能性もある。

一方、最も回収率が低かったのは駆動用モーター（41.7%）だが、駆動用モーターを搭載した次世代自動車自体の入庫がまだ少ないことから、入庫がない場合においても取外なしとして回答している数が一定量存在しているとみられる。そのため、これを除けば最も回収率が低かったのは、基板類（53.2%）であった。基板類は約半数の業者で回収されておらず、資源回収促進の余地がある部品と考えられる。

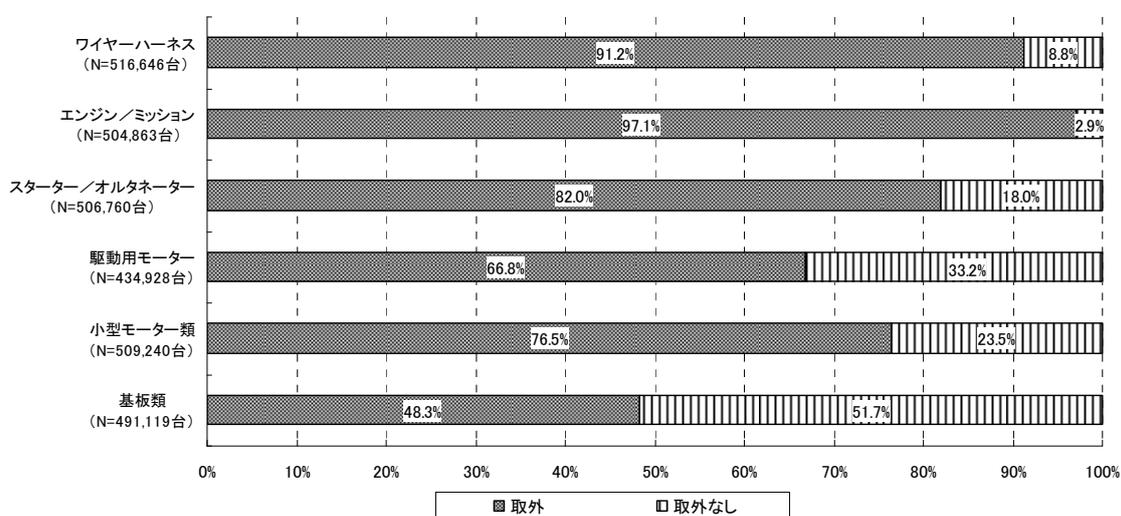
図表 3-148. 対象部品 6 品目の解体業者ベースでの回収状況



また、自動車リサイクルシステムの引取台数実績および、回答があった事業者の取外比率を利用して、使用済自動車引取台数ベースでの回収比率を算出した（-halfカットでの輸出割合を除く）。その結果、概ね解体業者ベースの結果と同様の傾向を示したものの、全般的に回収率が高くなる傾向にあった。この要因としては、引取台数が多い業者の方が、回収が進んでいることが考えられる。

なお、駆動用モーターに関しては、次世代自動車の入庫台数を考慮する必要があるが、今回は回収比率の導出を目的として、既存車と同じ方法で算出している。

図表 3-149. 対象部品 6 品目の引取台数ベースでの回収状況

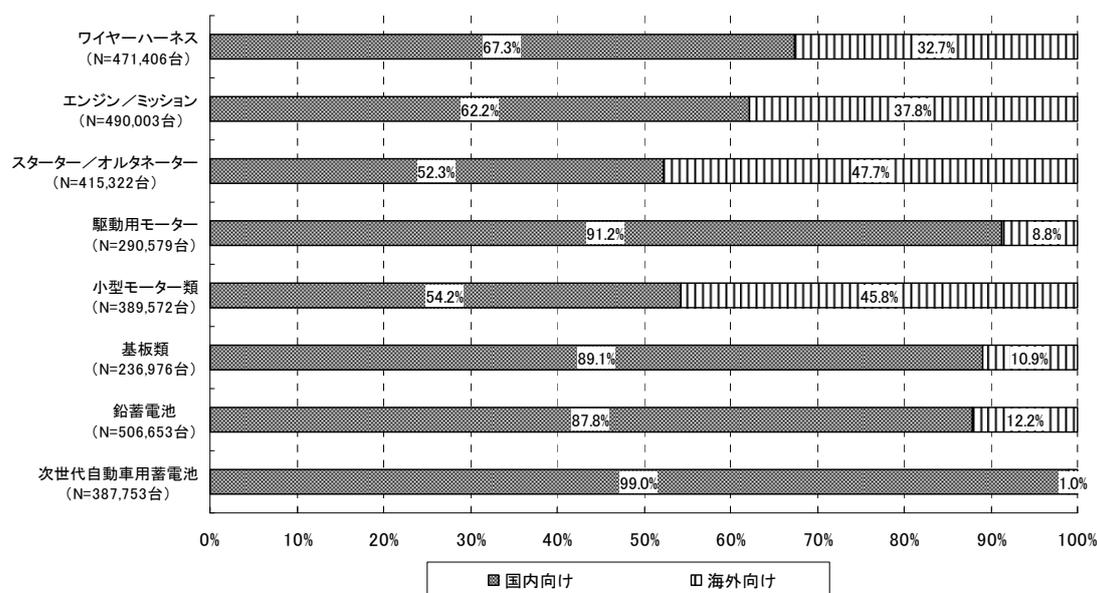


3-10-2. 各対象部品の販売状況

各対象部品の販売先については、同一事業者であっても複数の取引先へと販売しているケースが多いことから、引取台数ベースのみで算出した。100%取外しされているバッテリー類も対象に追加した結果、図表 3-150 のような結果になった。まだ海外向けの輸出市場が確立していないとみられる駆動用モーターや次世代自動車用蓄電池については国内向けの販売比率が非常に高い。一方、海外向けの販売が多かった品目は、ハーネス、エンジン/ミッション、スターター/オルタネーター、小型モーター類であり、中古部品として輸出市場が形成されている部品（エンジン/ミッション、スターター/オルタネーター）や、銅資源として価値の高い部品（ハーネス、モーター）において、海外向けの割合が高くなっている。なお、基板類や鉛蓄電池については、バーゼル法によって輸出が規制されていることから、基板の場合はオーディオ等のユニット状態で輸出されているもの、鉛蓄電池の場合は中古部品としてか、輸出許可を持つ業者を通じての輸出と考えられる。

但し、国内向けおよび海外向けの販売比率に関しては、あくまで解体業者の分かる範囲での回答であるため、実際には商社やバイヤー等の仲買業者を通じて輸出されている可能性が高い。

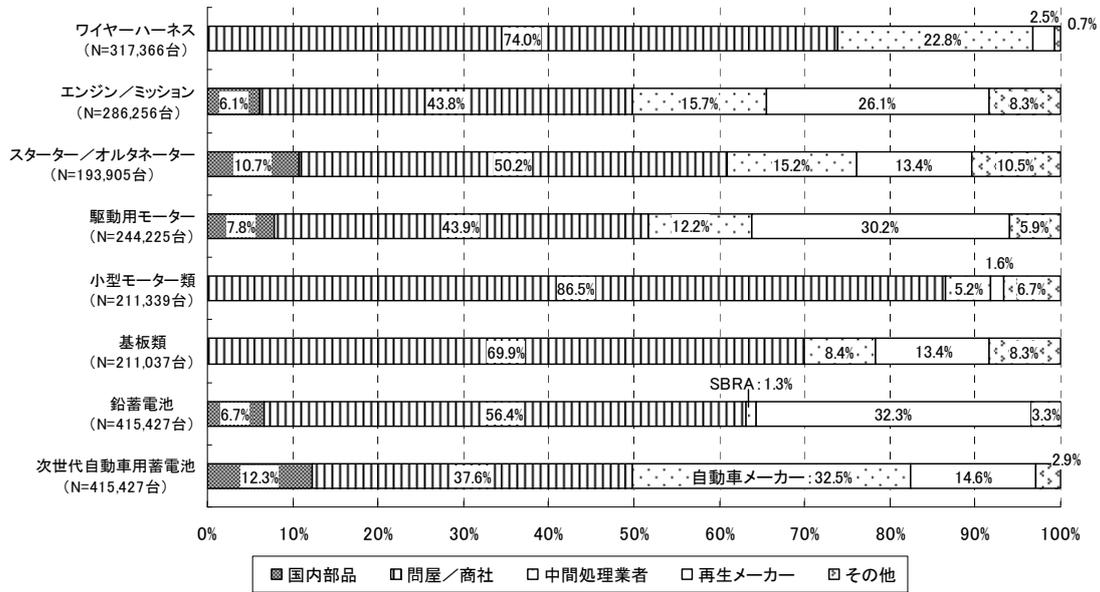
図表 3-150. 対象 8 品目の販売先（国内向け／海外向け）



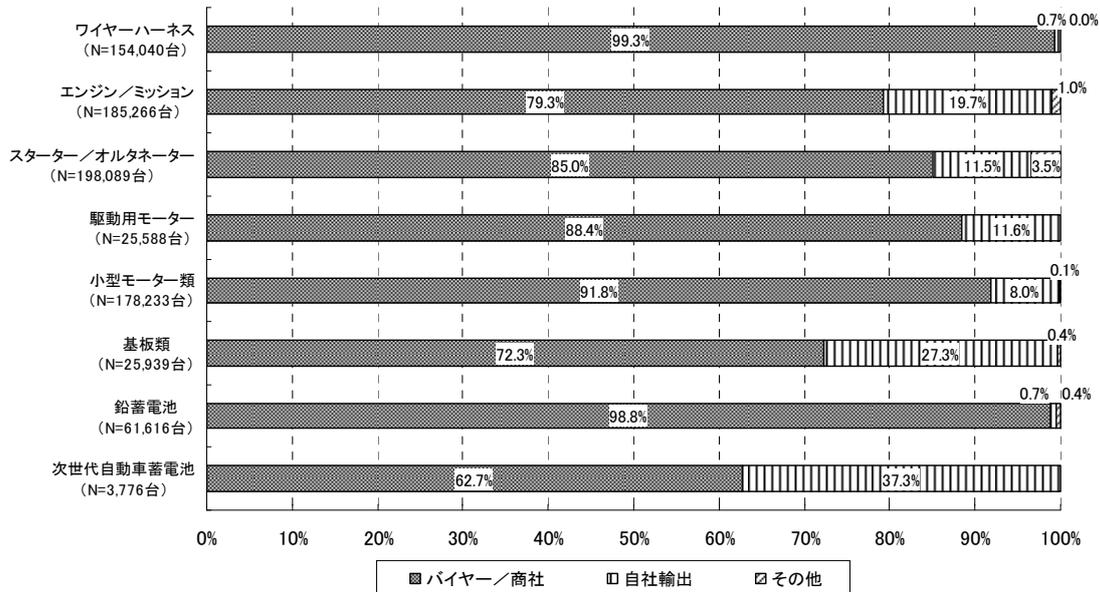
国内/海外向けの具体的な販売先を図表 3-151,152 に示す。その結果、国内向けでは中間処理業者や再生メーカー等の直接国内で処理をされていることが想定できる業者への販売比率が半分以上の部品が多く、問屋/商社への販売比率が高いことが分かる。特にハーネスや小型モーター類のような銅含有部品については、問屋/商社への販売比率が非常に高く、その後輸出されている可能性も高い。

一方、海外向けの販売先では、バイヤー/商社に販売される割合が圧倒的であり、中古部品として自社輸出が行われているエンジン/ミッションやスターター/オルタネーター以外は、ほとんどが仲買業者を通じた輸出である。また、基板類で自社輸出の割合が高くなっているのは、先述のようにユニット状態で、中古部品として自社輸出している分が含まれてしまっているためと推測できる。

図表 3-151. 対象 8 品目の国内向け販売先



図表 3-152. 対象 8 品目の海外向け販売先



3-10-3. 各対象部品の輸出先

各対象部品の輸出先については、図表 3-153 に示す。ハーネスの輸出先としては、ほとんどが中国向けとなっている。小型モーター類についても 4 割以上、スターター/オルタネーターでも約 16%が中国向けとなっていることから、銅資源については中国の需要が非常に高いことが確認できた。

一方、マレーシアや UAE、ロシア等は従来から中古部品の巨大な市場となっており、これらの国々への輸出については、主に中古部品として流出していることが推測できる。

なお、駆動用モーター、基板類、鉛蓄電池および次世代自動車用の部品については輸出している企業が少ないことから、輸出先の回答数も 10 社程度となり、有意な数字が得られなかったことから記載していない。

図表 3-153. 対象部品の海外輸出先

		1位	2位	3位	-
ワイヤーハーネス (N=118,618、29社)	輸出先	中国	香港	フィリピン	その他
	輸出比率	98.2%	0.6%	0.3%	0.9%
エンジン/ミッション (N=123,542、132社)	輸出先	マレーシア	UAE	ロシア	その他
	輸出比率	41.8%	23.2%	8.0%	27.0%
スターター/オルタネーター (N=122,099、69社)	輸出先	マレーシア	UAE	中国	その他
	輸出比率	31.9%	27.0%	15.7%	25.4%
小型モーター類 (N=110,150、43社)	輸出先	中国	マレーシア	UAE	その他
	輸出比率	41.9%	30.7%	20.5%	6.9%

また、上述の 4 つの部品に関して、輸出する理由についても質問した。輸出の理由となる選択肢に順位を付けてもらい、1 位の理由は 3 点、2 位の理由は 2 点、3 位の理由は 1 点とポイント制にして集計を行った。その結果、すべての部品で「販売価格が高い」ことが最も大きな要因となった。その後は、部品によって差異があるものの概ね「バイヤーが解体場まで買い取りに来てくれる」こと、「自社の回収/前処理状態で引き取ってもらえる」こと、「親族・友人・関連会社等のつながり」と続いている。また、その他の回答としては、「国内部品として売れない」ことや、「中古部品としての需要が高い」こと、「一度に多数の販売ができる」こと等が挙げられている。

図表 3-154. 対象部品を輸出する理由

	販売価格が高い	自社の回収/ 前処理状態で 引き取ってもらえる	親族・友人、 関連会社等の つながり	バイヤーが解体場 まで引き取りに 来てくれる	その他
ワイヤーハーネス	98	52	28	52	3
エンジン/ミッション	438	126	106	225	14
スターター/オルタネーター	197	80	59	119	9
小型モーター類	119	50	54	78	5

3-10-4. 各対象部品の販売価格

各対象部品の国内および海外向け資源販売用途での、平均価格を図表 3-155 に示す。海外向けに販売する場合には、重量単位でまとめて中古部品として販売している可能性もあるが、バイヤー等の購入目的を特定するのは困難であるため、重量単位で販売価格の回答があったものすべてを集計対象としている。

ハーネスの販売価格は 240 円/kg 前後であり、海外平均の方が 20～30 円/kg ほど高くなる結果となった。一方、エンジンはアルミ含有量が多いエンジン（白エンジン）と、鉄の含有量が多いエンジン（白黒エンジン等）に分けられるが、すべてを平均すると 63.2 円/kg という結果になった。

スターター/オルタネーターでは、96.4 円/kg であり、駆動用モーター（77.2 円/kg）、小型モーター類（63.2 円/kg）に比べても販売価格が高い傾向にあった。これは銅含有率が高いことや、部品用途での購入が混在している可能性も考えられる。また、駆動用モーターについては、次世代自動車の在庫がまだ少ないため、回答数も 39 と非常に少ない。

基板類に関しては、平均すると 155.0 円/kg という結果であったが、基板状態にして 400～700 円という回答も多く、事業者によって大きく販売価格が分かれる結果となった。

鉛蓄電池については、74.9 円/kg が平均販売価格であり、海外向けの方が 10 円/kg 程度高い価格を示している。また、次世代自動車用バッテリーについては最低でもメーカー引渡し価格の 2,500 円は保証されているため、それよりも若干高い 3,000 円程度という結果になった。

なお、次世代自動車用蓄電池を海外向けに重量単位で販売しているという回答も少数あったが、回答数が僅かであることから平均価格を算出していない。

図表 3-155. 対象部品の資源販売価格

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
ワイヤーハーネス	円/kg	237.6	306	262.3	51	241.1	357
エンジン/ミッション	円/kg	57.6	301	94.0	55	63.2	356
スターター/オルタネーター	円/kg	90.0	162	118.0	48	96.4	210
駆動用モーター	円/kg	74.2	32	91.1	7	77.2	39
小型モーター類	円/kg	60.5	163	73.2	44	63.2	207
基板類	円/kg	162.2	115	108.9	18	155.0	133
鉛蓄電池	円/kg	74.1	309	83.4	28	74.9	337
次世代自動車用蓄電池	円/個	3,003.8	93	-	-	-	-

3-10-5. 各対象部品の未回収理由

また、輸出する理由と同様に、対象部品を回収しない理由についても、事前回収品目であるバッテリー類を除く2品目を除いて質問した。その結果、すべての部品で「回収の手間・人件費の負担」が最も多く、「販売価格が低い」、「量・質などの面で販売先の受入条件を満たせない」が続いた。どの部品においても、この3点が主な回収のハードルとなっており、回収のための設備は大きな課題となっていないことが確認できた。

図表 3-156. 対象部品の未回収理由

	回収の手間・人件費の負担	販売価格が低い	回収/前処理設備がない	販売先がない	量・質などの面で販売先の受入条件を満たせない	その他
ワイヤーハーネス	295	132	23	9	81	6
エンジン/ミッション	108	55	11	10	40	2
スターター/オルタネーター	203	106	12	22	72	4
駆動用モーター	270	137	18	40	89	9
小型モーター類	445	254	20	51	132	10
基板類	487	272	21	98	163	10

3-10-6. 自動車部品のリユース/リサイクルを行う上での課題

本アンケート調査では、現在の部品/資源回収および販売状況に加えて、リユース/リサイクルを行う上での課題や意見についても調査した。解体業者から回答があった課題や問題点について、項目毎に整理すると以下の通りである。

*0内は同一・類似意見の数

リユース/リサイクルを行うための仕入れ状況について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済自動車の引取価格が高騰している。(12) ・ 低年式車のオークションへの出品および中古車輸出の増加によって仕入れが減少している。(13) ・ 一部の解体業者による買い集めが起こり、入庫がない。(2) ・ 低年式車は海外へ輸出されてしまうため、何とか事故車だけは確保できるよう努めている。(1)
リユース部品の販売状況について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 物流コストが高騰している。(4) ・ エアバッグのリユース、輸出を可能にして欲しい。(2) ・ 競争激化によって部品販売価格が低下している。(1) ・ 国内中古部品は単価が高いがクレームも多いため、主に輸出を行っている。(1) ・ 軽自動車部品の輸出先が限定的。(1)

	<ul style="list-style-type: none"> 重量税還付等のため、永久抹消の処理をせかさされ、十分な部品取りができない。(2) 在庫負担軽減のため、外装部品以外はもう少し部品の共通化が進んで欲しい。(1)
金属資源リサイクルの状況について	<ul style="list-style-type: none"> 費用対効果が合わず、選別・取外を行わない資源が多い。(11) 人材不足に悩まされている。(5) 販売先がない/分からない。(2) 希少部位の情報が不足している。(2) 基板類は手間の割に単価が安く、割に合わない。(3) 回収工程が複雑もしくは分解する工具に課題がある。(4) 使用済自動車の仕入れ価格が高く、資源販売では採算が取れない。(1) 細かくバラしても人件費が出ないほか、ロットが多くなると価格も低い。(1)
その他の資源リサイクルについて	<ul style="list-style-type: none"> 後工程のためガラスを取外しているが、手間に見合う単価での販売先がない。(1) 付近にプラスチックリサイクル業者がない。(1) PP材の回収業者がない。(3) プラスチックリサイクルの単価が安い。(2)
自動車リサイクル法に対する意見	<ul style="list-style-type: none"> フロン・エアバッグ回収費用を上げて欲しい。(1) ハーフカット輸出時に、エアバッグ処理をバイヤーが嫌がる。(2) 自動車リサイクル料金未納車の入庫がある。(1) 廃タイヤについてもリサイクル費用が欲しい。(2) プラスチック処理についてもリサイクル料金が欲しい。(1) シュレッダーにかけていないシートやプラスチック類にリサイクル費用が出ないのはおかしい。(1)
輸出規制に対する意見	<ul style="list-style-type: none"> ハーフカットでの輸出は、盗難車の原因にもなっているため禁止したほうが良い。(1) 海外からのバッテリー需要があるが、輸出手続きが煩雑・困難であるので何とかして欲しい。(2)
違法業者に対する意見	<ul style="list-style-type: none"> 無許可業者によって経営に影響が出ている。行政に話しても指導のみのため、何のための解体業許可証なのか分からない。(4)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 放射線の付いた被災車両の処理に困っている。(2) 入庫車両によく消火器が乗っているが、消火器メーカーに引き取ってもらいたい。(1)

第4章 自動車由来の有用金属国内循環に向けた課題と今後

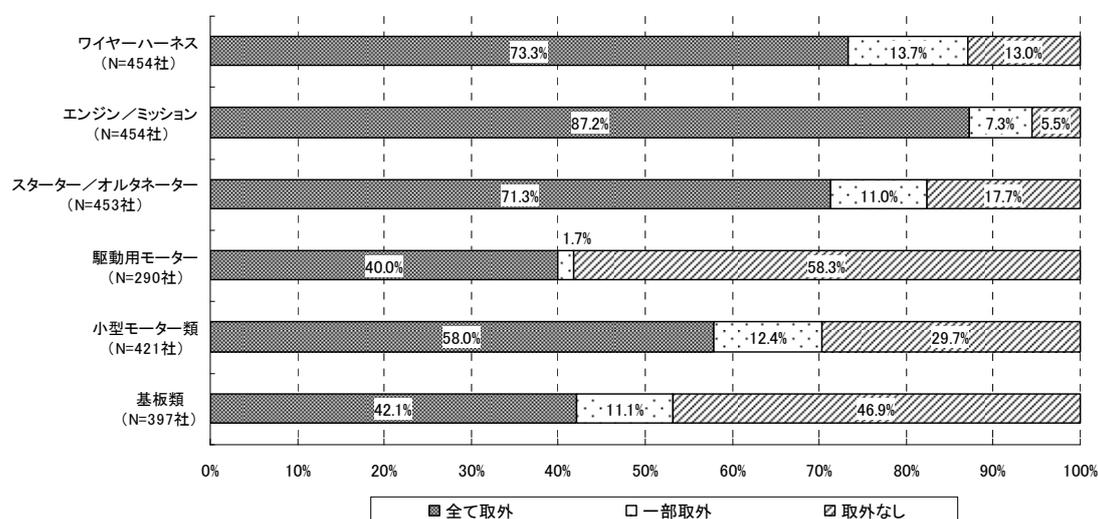
4-1. 部品別資源流出および未回収の実態と主な要因

アンケート調査を初めとしたこれまでの調査によって、今回の対象部品 8 品目においては、資源の国内循環において異なる課題を持っていることが分かった。各部品が直面している国内の資源循環における課題は、大別して以下の 4 つと考えられる。

第一に、部品回収段階で、費用対効果等の課題によって回収が進まないことである。費用対効果や、作業コストが課題となるのは、主に小型モーター類や基板類である。再度対象部品 6 品目の解体業者ベースの回収状況を参照すると、入庫がない場合の回答が混在しているとみられる駆動用モーターを除き、小型モーター類と基板類で取外なしの比率が高い。

ともに、回収時に手作業での細かな解体や分解が求められる部品であることから、回収効率が悪く、回収が進んでいない部品である。使用済自動車 1 台あたりの単価上昇を考える上で、今まで廃車ガラとして搬出していたものの中から、有価資源を回収する方法は最も効率的な方法と考えられる。そのため、回収余地のあるこれらの部品については、取外比率の向上を目指して検討を行う必要がある。

図表 4-1. 対象部品 6 品目の解体業者ベースでの回収状況【再掲】

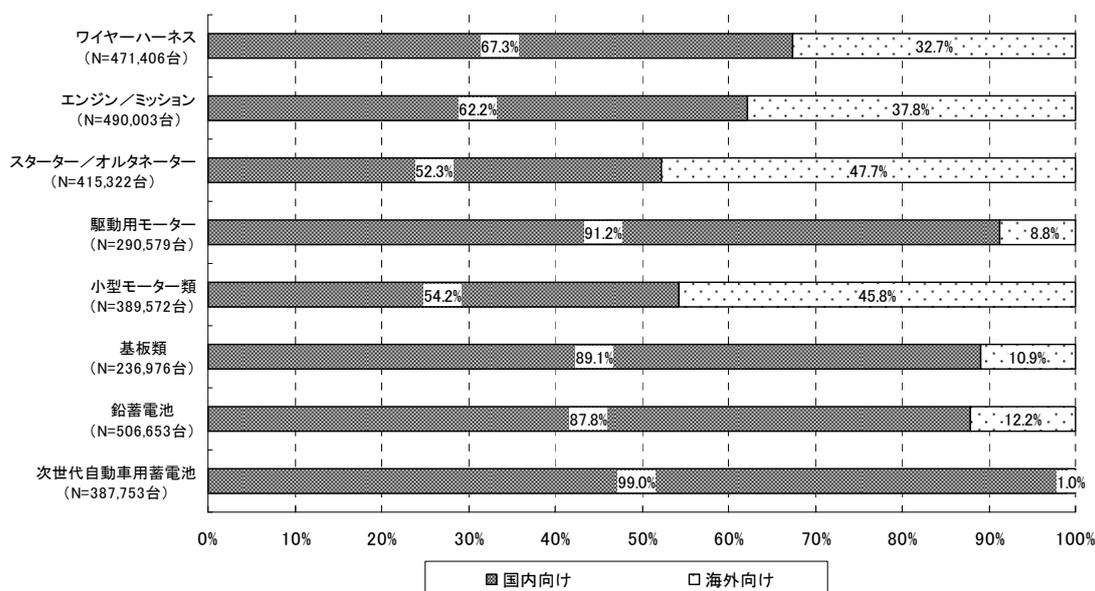


次の課題として挙げられるのは、中古部品として海外での需要が高いことである。この課題には、エンジン/ミッションや、Assy として輸出されるスターター/オルタネーター等が直面していると考えられる。再度対象 8 品目の販売先（国内向け/海外向け）を概観すると、ハーネス、エンジン/ミッション、スターター/オルタネーター、小型モーター類の 4 品目で

非常に輸出割合が高いことが分かる。ここでさらに、対象部品 4 品目の海外輸出先を参照すると、エンジン/ミッションやスターター/オルタネーターにおいて、マレーシアや UAE 等の中古部品の流通ハブとなる国々への輸出割合が高い。

これらの部品については、海外での中古部品需要の高さが国外流出の原因となっており、市場原理に従って取引が進められている。そのため、国外流出の原因となつてはいるものの、海外で不足している安価な日本車用部品への需要に対する、重要な供給源を日本の解体業者が担っており、資源の有効利用の基本となるリユースが促進されているともいえる。輸出されること自体が問題という見解もあり得るが、中古部品の貿易には特段何の問題もないため、本調査では中古部品の輸出については前章までによって明らかとなった輸出状況の把握に留めることとする。

図表 4-2. 対象 8 品目の販売先（国内向け／海外向け）【再掲】



図表 4-3 対象部品 4 品目の海外輸出先【再掲】

部品名 (N)	輸出先	1位	2位	3位	-
		輸出比率	輸出比率	輸出比率	輸出比率
ワイヤーハーネス (N=118,618、29社)	輸出先	中国	香港	フィリピン	その他
	輸出比率	98.2%	0.6%	0.3%	0.9%
エンジン/ミッション (N=123,542、132社)	輸出先	マレーシア	UAE	ロシア	その他
	輸出比率	41.8%	23.2%	8.0%	27.0%
スターター/オルタネーター (N=122,099、69社)	輸出先	マレーシア	UAE	中国	その他
	輸出比率	31.9%	27.0%	15.7%	25.4%
小型モーター類 (N=110,150、43社)	輸出先	中国	マレーシア	UAE	その他
	輸出比率	41.9%	30.7%	20.5%	6.9%

三つ目の課題として考えられるのが、買取価格の差によって生じる廃資源としての輸出である。前章のアンケート調査結果等を考慮すると、ハーネスやモーター等の銅資源がこの課題に直面している。前頁の図表 4-3 を見ると、これらの銅資源においては中国への輸出比率が非常に高く、中国の旺盛な銅需要が高値での買取価格の原因となっていると考えられる。再資源化業者等へのヒアリング調査では、国内処理向けと中国輸出向けでは、ハーネスの買取価格に 20 円/kg 程度の差があるとされていたが、図表 4-4 から海外への銅資源販売価格が 14 円～28 円/kg ほど高くなっていることが分かる。

また、銅資源だけでなく、近年では廃バッテリーの輸出が課題となっており、鉛蓄電池でも同様の事象が起きている。詳細は後述するが、韓国を中心に廃バッテリーの輸出量が増加を続けており、今回の調査でも販売価格に 10 円/kg 程度の差があった。今後も資源の流出が続くようであれば、国内の資源循環を考える上で大きな課題となる。

さらに、中古部品の輸出とは異なり、廃資源の輸出は国内再資源化業者の存続にも係る問題であることから、早急な対策が求められる。かつては国内に多数存在したハーネスのナゲット処理業者も今では数社程度に減少しているとみられるほか、廃バッテリーを原料とする再生鉛メーカー（二次製錬業者）では、廃業を決める業者も出てきており、既に国内でのリサイクルインフラが脅かされている。現在は中国や韓国でも廃資源の需要が高いが、今後もこうした状況が続くとは限らない。これらの国への輸出や、再生材の輸入が止まることも限らないため、国内のインフラを維持し続けることは不可欠である。

図表 4-4. 対象部品の資源販売価格【再掲】

	単位	国内平均	N数	海外平均	N数	全体平均	N数
ワイヤーハーネス	円/kg	237.6	306	262.3	51	241.1	357
エンジン/ミッション	円/kg	57.6	301	94.0	55	63.2	356
スターター/オルタネーター	円/kg	90.0	162	118.0	48	96.4	210
駆動用モーター	円/kg	74.2	32	91.1	7	77.2	39
小型モーター類	円/kg	60.5	163	73.2	44	63.2	207
基板類	円/kg	162.2	115	108.9	18	155.0	133
鉛蓄電池	円/kg	74.1	309	83.4	28	74.9	337
次世代自動車用蓄電池	円/個	3,003.8	93	-	-	-	-

そして、最後に課題となるのが、マテリアルリサイクルを達成するための再資源化技術の開発である。これには、大別して二つの技術開発が考えられる。一つは資源輸出が課題となっている銅資源における、再資源化コスト低減のための技術開発である。廃資源の輸出は、主に価格競争力が低いことによって生じることから、国内でのリサイクルを促進するためには、低コストでの処理技術が求められている。

二つ目は、近年発生が増えており、まだ確固としたリサイクルフローが確立していない次世代自動車用部品に向けた技術開発である。駆動用モーターに用いられるネオジム磁石や、次世代自動車用蓄電池に用いられる正極材、負極材には希少金属が多量に含まれており、そのマテリアルリサイクルが大きな課題となっている。今回のアンケート調査において、現状駆動用モーターは従来のエンジンやモーター類と同様の資源リサイクルフローを辿っているとみられ、レアメタルの価値がほとんど考慮されていないことが明らかとなった。また、次世代自動車用蓄電池についても、自動車メーカーに回収されているのは3割程度であり、残りについては適正に処理されていない可能性もある。また、メーカーに回収された場合であっても、LiBは現状マテリアルリサイクルが達成できておらず、今後の課題を残している。

図表 4-5. 各対象部品の国内資源循環における課題と現状

対象部品	課題				現状
	回収	部品輸出	資源輸出	リサイクル	
ワイヤーハーネス	—	—	○	○	多くの解体業者で回収されているが、中国への輸出が多い。国内処理促進に繋がる技術開発が求められる。
エンジン/ ミッション	—	○	—	—	多くの解体業者で回収されているが、海外での中古部品需要が多く、部品として海外に輸出される割合が高い。
スターター/ オルタネーター	—	○	○	△	多くの解体業者で回収されているが、部品として海外に輸出されている。また、スクラップとなった場合にも、銅需要が高い中国に多くが輸出されている。
駆動用モーター	—	—	—	○	入庫があった場合はエンジン等と一緒に回収されているとみられる。まだ部品・資源としての需要が明確ではないが、レアメタルの回収はほとんど行われていない。
小型モーター類	○	△	○	○	取外しやすい部分については既に7割以上の解体業者で回収されている。しかし、回収された資源の多くが中国へ輸出されているとみられる。
基板類	○	—	—	—	基板状態で回収されている量は少ない。手作業の伴う基板の取外しコストが最大の課題である。
鉛蓄電池	—	—	○	—	事前回収品目であるため、回収の課題はない。リサイクル技術も確立されているが、近年韓国への流出が大きな問題となっている。
次世代自動車用蓄電池	—	—	—	○	事前回収品目であるため、回収の課題はない。メーカーによる回収スキームも機能しているが、正極材、負極材に含有されるレアメタルの回収に課題がある。

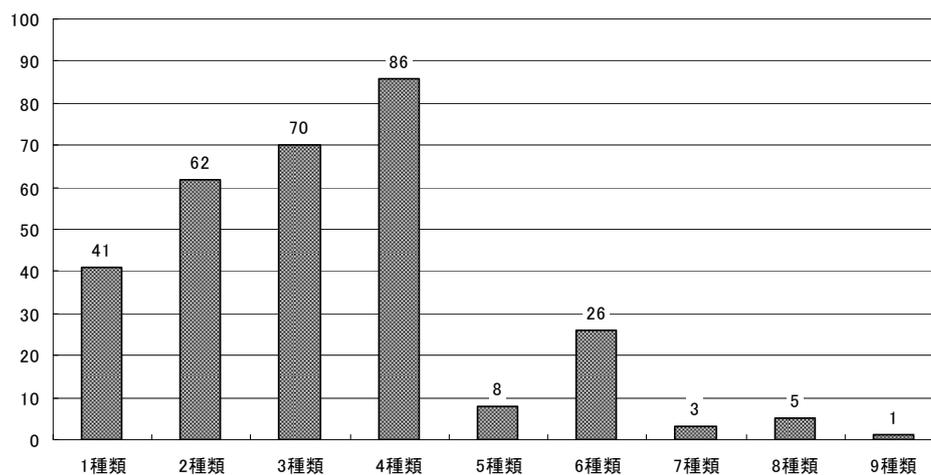
4-2. 回収段階での課題と回収促進に向けた施策

4-2-1. 小型モーター類

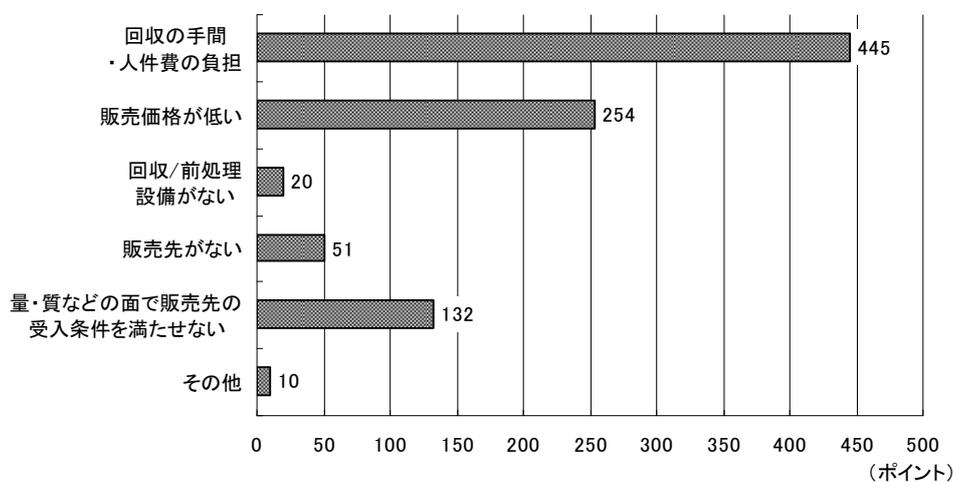
小型モーター類については、今回のアンケート調査でも引取台数ベースで76.5%の使用済自動車において取外がされており、特に取外モーターとして回答の多かったラジエーターファンモーター、ワイパーモーター等においては、回収が進んでいる状況とみられる。また、パワーウインドーモーターやABSモーター、ブロワーモーター等も取外をしている業者が多い。但し、自動車1台に搭載されている小型モーター類の数は20~40個にも達しているといわれており、車種によっても大きく異なる。そのため、そのすべてを回収している業者は全部利用業者等に限られ、取外をしている業者でも実際には数種類の小型モーターを取外すに留まっている。

小型モーター類回収の課題は、取外をしていない業者の回収促進と、取外をしている業者のさらなる回収数の増加という2つの課題に大別できるが、小型モーター類の回収は細かな手作業が伴うため、いずれの場合においても費用対効果が大きな課題と考えられる。実際に今回のアンケート調査の結果でも、回収をしない理由として「回収の手間・人件費の負担」と、「販売価格が低い」が大きな割合を占めている。また、手作業による取外には時間も要するため、引取台数の多い大規模業者だと作業が追いつかず、回収が困難な場合もある。

図表 4-6. 回収している小型モーターの種類数 (N=302社) 【再掲】



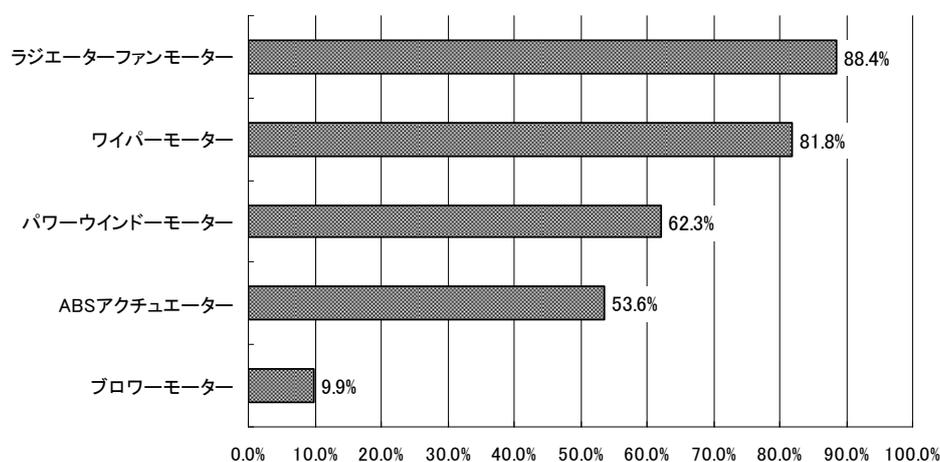
図表 4-7. 小型モーター類を回収しない理由 (N=170 社) 【再掲】



先述のように、すべての小型モーター類を取り除くことを目標とするのであれば、全部利用業者のような解体工程でなければ、実質的に困難とみられる。実際に、今回のヒアリング調査でも、在庫台数の減少が続けば、少しでも資源価値向上を目指すために全部利用を検討しているとの意見が複数あった。

一方、現状以上の回収を目指すのであれば、小型モーター類というカテゴリではなく、一部のモーターに絞り、回収促進の施策を行うことが効果的とみられる。つまり、小型モーター類によっても取外の難易度、資源価値の高低があるため、数種類の重点回収モーター等の設定が必要と考える。実際に今回のアンケート調査でも、取外しているモーターの種類については、それぞれバラつきがあった。

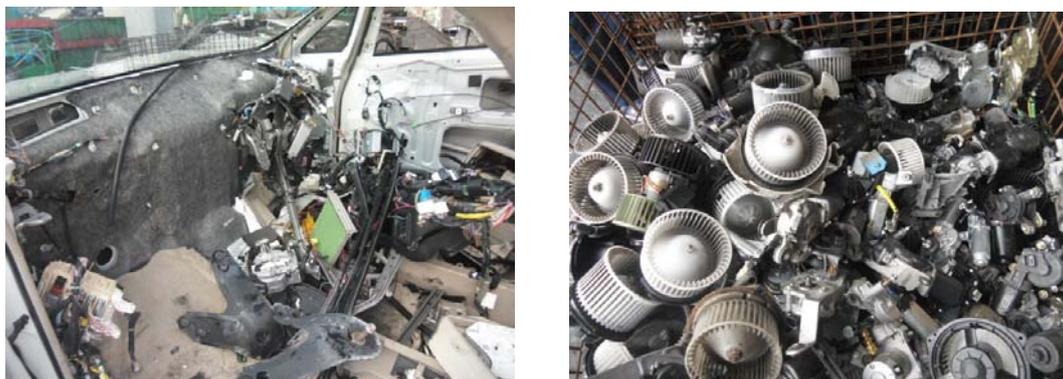
図表 4-8. 小型モーター取外業者が取外すモーターの比率 (N=302 社)



例えば、第2章で示したように銅含有率が高いモーターは、ラジエーターファンモーターやブロワーモーターである一方、ワイパーモーターやABSモーターは比較的取外しやすいともされる。また、解体工程によっても、取外しやすさは異なる。例えばドア部分の解体が通常の解体工程の流れに含まれていれば、搭載個数の多いパワーウインドーモーターは回収がしやすい。しかし、逆に言うと回収工程の見直しが進まなければ、回収は進まないとも考えられる。

これらの情報を勘案し、小型モーター類のターゲットを絞った上で、解体マニュアルの作成や簡素化設計の検討等、取外促進の施策を実施するのが効果的と考える。小型モーター類は非常に多岐に渡っているため、回収の課題も異なる。小型モーター類と一括りで考えると、全部利用か否かという極論にも陥りかねないため、どこまでの回収を目標とするか、最終的な目標は全部利用なのかといった、より詳細な目標設定が求められるだろう。

図表 4-9. 手作業での解体の様子と回収された小型モーター



手作業で解体中の車台（左）。手作業では資源となる部品は取りつくされ、小型モーター類もほとんど取外される場合もある。回収されたブロワーモーター、ラジエーターファンモーター、ワイパーモーター等（右）。

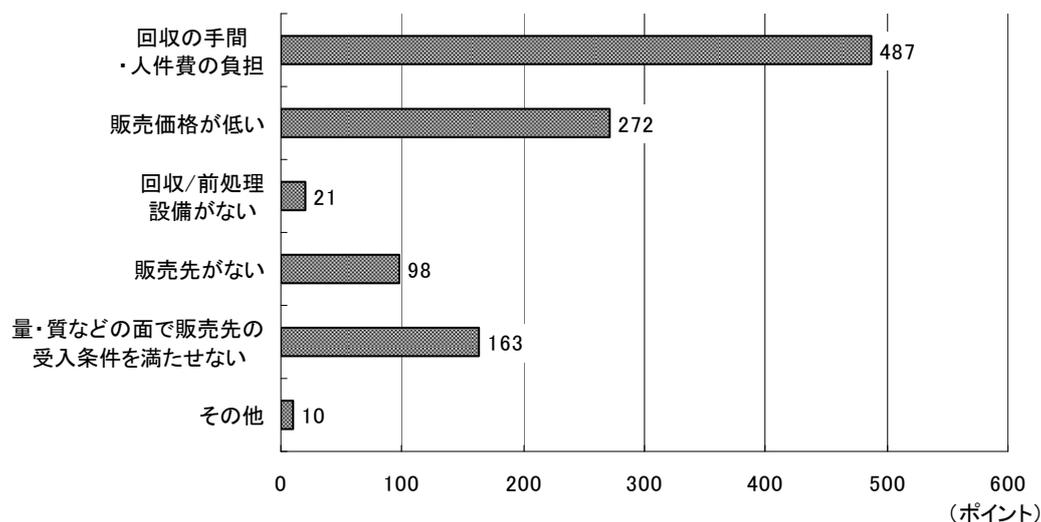
4-2-2. 基板類

基板類については、図表 4-1 でも再度示したように、解体業者ベースでの取外なしの比率が 46.9%と半数程度で取外がされておらず、今後の回収余地が高い部品であった。さらに、今回のアンケート調査では「基板が含まれている部品（ユニット）も含む」としており、ユニットから基板だけの状態にしている業者は、さらに少ないと考えられる。

解体業者へのヒアリング等からは、基板を取外しても高値での販売が難しいことから、ユニット状態で雑スクラップとして販売した方が、費用対効果が高いとの意見が目立った。実際にはユニットからの基板取外には、1 個あたり 2～3 分程度を要するとみられ、ユニットによっては取外が難しいものもあることから、それらの選別も必要となる。また、自動車 1 台あたりから回収できる基板の量は ECU 基板で 200g 程度³と微量であり、500kg の基板を集めるのにも 2,500 台分の ECU を分解する必要があることから、回収業者との取引条件を満たすのが困難であることも予測される。

前章に示した未回収理由を再度参照しても、基板類については「回収の手間・人件費の負担」が圧倒的に高く、「販売価格が低い」がそれに続いている。また、「質・量などの面で販売先の受入条件を満たせない」という回答も多く、上記に示した課題を裏付ける結果となった。そのため、基板類に限ったことではないが、今後の回収促進のためには、①作業コストの低減、②販売価格の向上、③取引条件の達成の 3 つが大きな焦点となる。

図表 4-10. 基板類を回収しない理由（N=195 社）【再掲】

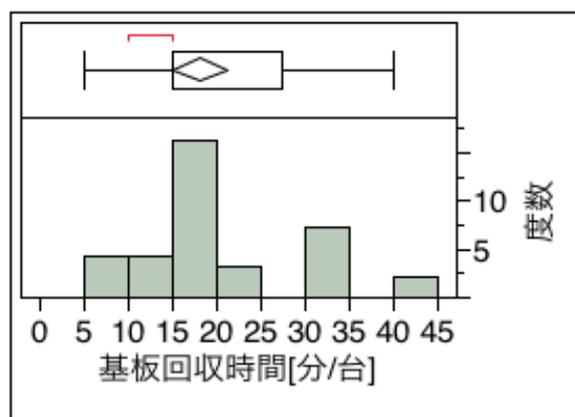


³日本 ELV リサイクル機構「平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業」

■作業コストの低減

基板類の作業コストについては、日本 ELV リサイクル機構が自動車リサイクル連携高度化事業として継続的に取組んでいる基板類の回収実証事業の報告書が詳しい。平成 25 年度の調査報告書⁴によれば、回収事業参加企業へのアンケートの結果、基板類の平均回収時間は 18.13 分（有効回答数 36 件）だったとしている。上述の報告書に従い人件費単価を 1,500 円/時と仮定すると、1 台当たり 453 円となる。1 台当たりの ECU の重量を 200g と仮定すると、この人件費を補うためには基板の価格は 2,265 円/kg となる必要があり、今回の調査結果によって判明した基板の平均販売価格を鑑みても到底割に合わない。仮に今回、雑スクラップとみられる 100 円以下の販売価格であった基板類を除いた、平均販売価格の約 400 円/kg を基準とすると、基板 1 枚当たりに掛けられる回収コストは、物流コストを考慮しない場合でも 80 円であり、時間になると約 3.2 分である。上記の 18.13 分とは大きく隔たりがあり、大幅な作業コストの低減が求められる。

図表 4-11. 基板回収時間の分布（N=36）



出所：日本 ELV リサイクル機構「環境省 平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業」

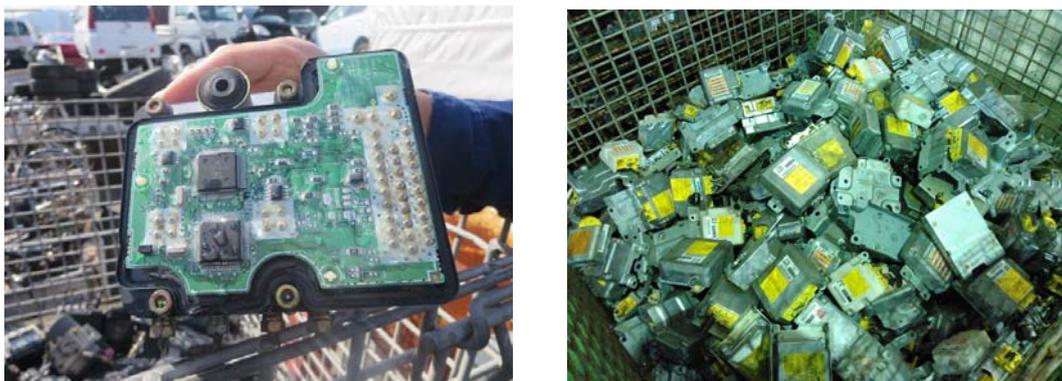
また、採算を厳密に考慮しなかったとしても、1 台当たりの単価にすると 80 円程度の基板に対して、新たな作業工程を加えてまで取組むかと言われれば、疑問が残る。他の資源に比べて単価が高いといっても、2,500 台分の ECU 基板をすべて回収して 20 万円程度である（400 円/kg の場合）。引取台数が多い業者であれば検討の余地もあるが、全車台で取外を行ったとしても、年間引取台数が 500 台規模の業者であれば 5 年に 1 度に 20 万円（約 3,000 円/月）程度の収入である。手作業での分解を初めとした追加作業のほかに、保管場所のコストや価格変動のリスク等を背負ってまで実施できるかといわれれば困難と感じざるを得ない。基板類の回収に本気で取組むためには、何らかのインセンティブの導入等も含めた検討が必要と考えられる。

⁴ 日本 ELV リサイクル機構「環境省 平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化事業」

その一方で、今回解体業者へのヒアリングの中で、ECU の分解を実演していただいたところ、ECU の状態から基板を取外すまでには2分も要さない程度であり、雑スクラップとして50～100円/kg程度で販売するのであれば、分解作業の時間が確保できれば効率的な販売方法になり得るとの印象を受けた。また、ユニットの分解に伴い基板の価格だけでなく、実際には分解の結果、選別されたアルミケースの価格も考慮する必要がある。そのため、ECU としての車台からの取外が、解体工程において行われているのであれば、十分に基板回収を検討する余地はある。

但し、その場合にも分解できるユニットと分解できないユニットの判別に時間を要すようであれば、採算性が悪化してしまう。そのため、少しでも作業コストを低減するためには、ユニットの取り付け位置や、ケース・固定ネジの規格統一等が有効な手段になり得る。取外しやすい設計や、設計の簡素化までいかなくとも、規格統一等がされれば、基板の回収においては大きな追い風となると考えられる。

図表 4-12. 基板搭載ユニット



すべてのコンピューター基板が分解可能な訳ではなく、例えばABSアクチュエーターのコンピューターは接合方法が特殊なため、取外はほとんど不可能（左）。解体業者によって集められたECU（右）。

■販売価格の向上

次の課題が販売価格の向上である。先述の通り、今回のアンケート調査では基板状態の場合の平均販売価格は約400円/kgと想定されたが、ヒアリング調査等では100～200円/kg程度で、なかなか値段が付かないという意見が多かった。実際に基板処理を行っている業者の話でも、基板の買取は成分分析によって判明する品位が前提となるので、買取価格を保証できないほか、提示できる価格では折り合いが付きにくいとの話もあった。その一方で、ECUに限れば貴金属等の品位としてはパソコンのマザーボードと同等程度との情報もあり、マザーボードも品位によってかなり差があるが、安いものでも400円/kg程度で取引されているとみられる。

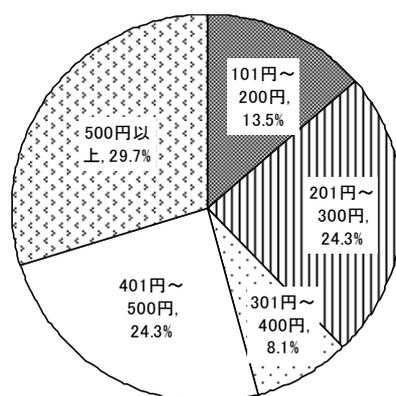
また、基板類については解体業者側からも買取業者を知らない、高値で売れないという意

見が多く、自動車基板の品位とは別に回収業者および回収ルートが限定的という課題があると考えられる。先述のとおり、自動車由来の基板は、製錬業者の基板処理量から比べると極微量とみられることから、製錬業者としても積極的な回収対象とはしていないと考えられる。

また、今回ヒアリングを行った解体業者では、500 円/kg 程度の驚くような単価でなければ、なかなか回収には動けないという意見があった。その一方で、アンケート調査では 500 円/kg 以上で販売している業者も多数存在しており、こうした情報および回収ルートが拡大されれば、他の業者でも回収が促進される可能性も十分にある。

仮に今回のアンケートの回答として複数挙がっていた 500 円/kg 以上という価格が適正価格であれば、販売価格の向上というより、求められているのは回収ルートの確立と、それに伴う適正処理価格での買取であろう。但し、先述のように、基板の買取価格は品位によっても大きな差が生じるため、車種や部位ごとの品位の公表や情報共有等も重要となると考えられる。

図表 4-13. 100 円以下の販売価格を除いた基板類の販売価格の内訳 (N=37) 【再掲】



【平均価格：397.9 円/kg】

■取引条件の達成

取引条件において課題となるのは、主にその回収量である。例えば ECU 基板を 100 枚回収した場合でも回収量は 20kg 程度であり、この程度では運搬コスト等を考慮すると引取不可や、可能であったとしても非常に低価格となる可能性が高い。

十分な販売ロットを達成するには、500kg (約 2,500 台分) や 1t (約 5,000 台分) といった基板を集める必要があるが、単一の業者でこれだけの量を集めるには長期の時間を要する。実際に基板を回収している業者でも、販売するのは半年に一度といった意見があり、定期的な収益源とはなりづらい現状がある。

こうした状況を解決するのに最も効果的な方法は、解体業者間で協力して回収・販売を行うことである。複数の解体業者が協力すれば、短期で十分な量の回収が見込め、2ヶ月に1度程度の定期的な販売も実現できる可能性が高い。しかし、実際にはどこかに集積するにしてもそこまでの運搬費がかかり、結局利幅は低減してしまう。販売ロットを満たすことで、定期的な販売は可能となっても、1業者の回収個数は変化しないため、結局少ない利幅から、さらに運搬費が削られるという事態が起こる。

その一方で、解体業者間の連携によって基板を販売している事例も確認できた。例えば、破砕業者が間に入ることで、電子機器等から発生する基板類と一緒に自動車由来の基板を販売しているケースである。廃車ガラと一緒に基板類を運べば運送費が大きな問題にならないほか、自動車由来以外の基板を取り扱っている場合、販売ロットの課題も解決できる。直接取引を持つよりは利幅が削られるかもしれないが、運搬費が発生しないことを考えると、解体業者にとってもメリットは大きい。このように既に取り引があり、物流ルートが確立されている業者間であれば、解体業者が協力して基板の販売を行える可能性がある。取引条件を満たす課題であった基板の重量の低さが、この場合には他の物品と一緒に運べるという強みになる。

また、現在は ECU 基板のみに着目しているが、他の基板類にも回収が広がれば、ロットの問題も軽減する可能性がある。例えば日本 ELV リサイクル機構によって、ECU とともに実証事業が行われたエアバッグコンピューターは 110g 程度の重量と考えられるため、ECU と合わせれば 1 台 300g を超える重量となる。また、オーディオデッキ類等からも基板を回収している業者がおり、これらも含めれば 1 台当たりの回収量はさらに増加するだろう。もちろん基板によっても品位が異なるため、基板を混ぜる場合にも何らかの基準が必要となるが、各基板の品位の公表等、目処となる数値が明らかになれば、買取業者側としても買取りやすい状況が確立できると考える。

図表 4-14. ECU、エアバッグコンピューター以外からも回収される基板



解体業者によっては ECU、エアバッグコンピューターに限らず、パッケージが外せるものはすべて選別して、まとめて分解している業者もいた。その中にはオーディオデッキ等も混在している（左）。何の基板か定かではないが、選別したものはほとんど分解しているという（右）。また、基板は品位に関わらず重量単位でまとめて販売されている。

4-3. 海外流出資源の実態

4-3-1. 廃資源流出に関する法規制

中古部品として輸出されている部品を除外すれば、主に海外に資源として流出している部品はハーネス、モーター類と、鉛蓄電池である。

流出資源の国内循環を検討するにあたり、まず日本国内における輸出規制を確認する。再生資源の流出についていえば、バーゼル法が最も代表的な規制である。バーゼル法は、1992年5月に発効された国際条約である「有害廃棄物の越境移動及びその処分の規制に関する条約（バーゼル条約）」に基づく規制である。バーゼル条約は、先進国において処理・処分困難な有害廃棄物等が、規制が緩やかで処理費用が安価な途上国へ輸出されることを防ぐ目的で制定された。そのため、条約内では有害廃棄物の輸出時の許可制や事前通告制、不適正な輸出や処分行為が行われた場合の再輸入の義務等を規定している。1993年に日本もバーゼル条約に加入しており、その履行のための国内法として、「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律（バーゼル法）」を施行している。そのため、リサイクル目的で再生資源を輸出入する場合には、バーゼル条約およびバーゼル法の規制対象となるかを判断する必要がある。

バーゼル法の対象品目については、バーゼル条約の附属書で詳細が定められているが、今回の対象部品である鉛蓄電池については、「附属書Ⅷ」において明確に規制対象とされている。そのため、金属資源として輸出する場合には、輸出時に経済産業大臣の承認を得る必要がある。なお、リユース用途での輸出では規制対象とはならないが、過去にリユース用途で輸出されたバッテリーが、実際には資源としてリサイクルされていた事象が相次いだことから、現在では輸出先において確実に中古品として利用されることに対する、詳細な確認が必要とされる。なお、今回のアンケート調査ではほとんど輸出が無かったが、実際には基板類についても含有成分によって規制対象となる可能性が高い。

一方、ハーネスやモーター等の銅スクラップについては、有害物質である鉛等が含まれている可能性があるため、事前に成分分析を行い、規制対象外であることを証明する必要がある。ハーネス、スターター、オルタネーターの3種類については、かつて経済産業省が有害性調査を行い、その結果を公表している。

自動車部品に使用されており、バーゼル法で規制対象となる自動車部品に含まれる有害物質は、鉛、水銀、カドミウム、六価クロムであり、上記3品目に用いられるこれらの有害物質の使用状況は以下の通りであった。なお、分析対象となった部品の車台については、年代別（1980年代後半・1990年代前半）、クラス別（大型・中型・小型）を考慮して、合計6台が選定されている。

図表 4-15. 対象部品 3 品目の有害物質含有量試験結果

	ワイヤーハーネス	スターター	オルタネーター
粉砕後重量(g)	273~461	1,900~7,700	2,063~3,511
含有量試験結果(mg/kg)	1,900~7,700	650~1,200	330~3,400
溶出試験結果(mg/l)	0.033~0.37	0.006~0.034	不検出~0.021

出所：経済産業省「自動車部品を再生資源として輸出される方へ」

鉛の溶出量(mg/l)において、バーゼル条約の規制対象となる基準は 0.01mg/l であるため、対象 3 品目にすべてにおいて、バーゼル規制の対象となる可能性を含んでいる。そのため、これらの部品を再生資源として輸出する場合には、鉛蓄電池と同様に、経済産業大臣の承認を含む規定の手続きが必要となる。但し、バーゼル法の対象となるのはあくまで再生資源としての輸出の場合であり、中古部品として輸出される場合には、適用対象外となることに留意する必要がある。

また、この試験データは 1990 年前後の車両を対象としているが、現在発生が見込まれる使用済自動車の年式は 2000 年頃と推測されるため、現在の状況とは乖離している可能性もある。ハーネスは鉛フリー化が進められているほか、被覆材として用いられる塩化ビニール (PVC) についても、2002 年頃からハロゲンフリー化が進められている。そのため、ハーネスの輸出をバーゼル規制によって抑制することは困難と考えられる。また、その他のモーター類についても、上記の検出時で既に規制を下回る水準に近づいていることから、同様にバーゼル規制の対象とするには、困難になることが見込まれる。

4-3-2. 中国における銅スクラップ処理の実態

■銅スクラップに関する法規制

中国では、中古部品の輸入については 2006 年に施行された「自動車製品回収利用技術政策」によって厳しく規制されており、リビルトモーター類を除き、中古部品の輸入を禁止している。原材料用途で輸入した場合でも、中古部品用途での流通や使用を禁じており、厳しい規制が整備されている。

一方、原材料用途での輸入については、バーゼル規制に抵触する可能性もあることから、国家質量監督検閲検疫総局と国家環境保護部という 2 つの政府部門で管理されている。

まず、国家質量監督検閲検疫総局では、2009 年に「原材料として利用可能な固体廃棄物に関する検閲検疫監督管理方法」及びその細則を施行しており、固体廃棄物輸出入に関わる海外輸出業者、国内輸入業者に対して事前登録を義務付けている。そのため、輸出入業者は貿易契約を締結する前に、中国質量監督検閲検疫総局に登録する必要がある。この登録の有効期限は 3 年間であり、規定の手続きによって更新することができる。また、輸入する固体廃棄物に対し、出荷前検査が義務付けられており、国内の輸入業者は出荷前検査証書を提出しなければならない。

また、国家環境保護部では 2011 年に「原材料として利用可能な固体廃棄物に関する環境保護管理規定」を施行しており、固体廃棄物の加工業者に対して、廃棄物資源の輸入許可証の申請を義務付けている。企業規模、事業設備、輸入業者との提携、環境保護関連規制への知見等といった観点から輸入許可証を発行しており、毎年 11～12 月に次年度の輸入申請を受け付けている。なお、本規定では付則 1 において「輸入許可類」、付則 2 について「輸入制限類」に関するリストを公表しており、それぞれで申請フローが異なっている。

今回の対象部品に関連するものでは、「輸入制限類」として下記の「銅回収を主とする廃モーター等（廃電線、ケーブル、雑品電気機器も含む）」が記載されており、ハーネスやモーター類については、ここに分類されると考えられる。

また、本規定に紐づく形で、各廃棄物の環境保護制御基準が公表されており、例えば下記の品目では放射性廃棄物やポリ塩化ビフェニル（PCB）含有廃棄物等の禁止混入物が定められている。輸入制限類であってもこうした輸入禁止規定に抵触する場合には、輸入が認められない。

分類	HS コード	固体廃棄物名
輸入制限類	7404.0000.10	銅回収を主とする廃モーター等 (廃電線、ケーブル、電気機器を含む)

以上のことから、中国では中古部品の輸入が禁じられている一方で、輸出入業者としての事前登録および、加工業者による輸入許可証の申請を実施することで、廃資源の輸入は可能となる。日本側のバーゼル法では、中古部品としての輸出が認められているものの、廃資源の輸出は条件付きであった。そのため、日本からハーネスやモーター類を輸出する場合には、日本側での輸出許可と、中国側での輸入許可の双方が必要となることになる。

■銅スクラップの輸入量

銅スクラップの輸入量に関しては、「銅回収を主とする廃モーター等（HSコード：7404.0000.10）」に適合するHSコードで把握可能と考えられるが、HSコードで下位2桁を含む通関実績が公表されておらず、「銅および銅合金のスクラップ（HSコード：7404.0000）」までしか今回は取得できなかった。本項目には、上記対象以外に「その他の銅スクラップ（HSコード：7404.0000.90）」も含まれている。

この実績を参照すると、中国の銅および銅合金スクラップ輸入量は、2014年で3,875千tであった。このうち日本からの輸入量は265千tで全体の約6.8%を占めている。一方、同じ項目（HSコード：7404.00）の日本から中国への輸出量は、2014年で277千tであり、他年度の推移も若干の誤差はあるものの概ね連動している。そのため、毎年250～300千t程度の銅および銅合金スクラップが日本から中国へ輸出されているとみられるが、このうちどれだけ自動車由来のハーネスやモーター類が含まれているかは不明である。

図表 4-16. 中国の銅および銅合金スクラップ輸入量（単位：千 t）

		2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
輸入量	全体	4,364	4,687	4,859	4,373	3,875
	日本	256	224	283	277	265
	日本の比率	5.9%	4.8%	5.8%	6.3%	6.8%

出所：中国貿易統計（HSコード：7404.0000）

図表 4-17. 日本の銅および銅合金スクラップ輸出量（単位：千 t）

		2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
輸出量	全体	286	288	328	313	294
	中国	263	261	307	292	277
	中国の比率	92.0%	90.8%	93.6%	93.4%	94.3%

出所：財務省貿易統計（HSコード：7404.00.000）

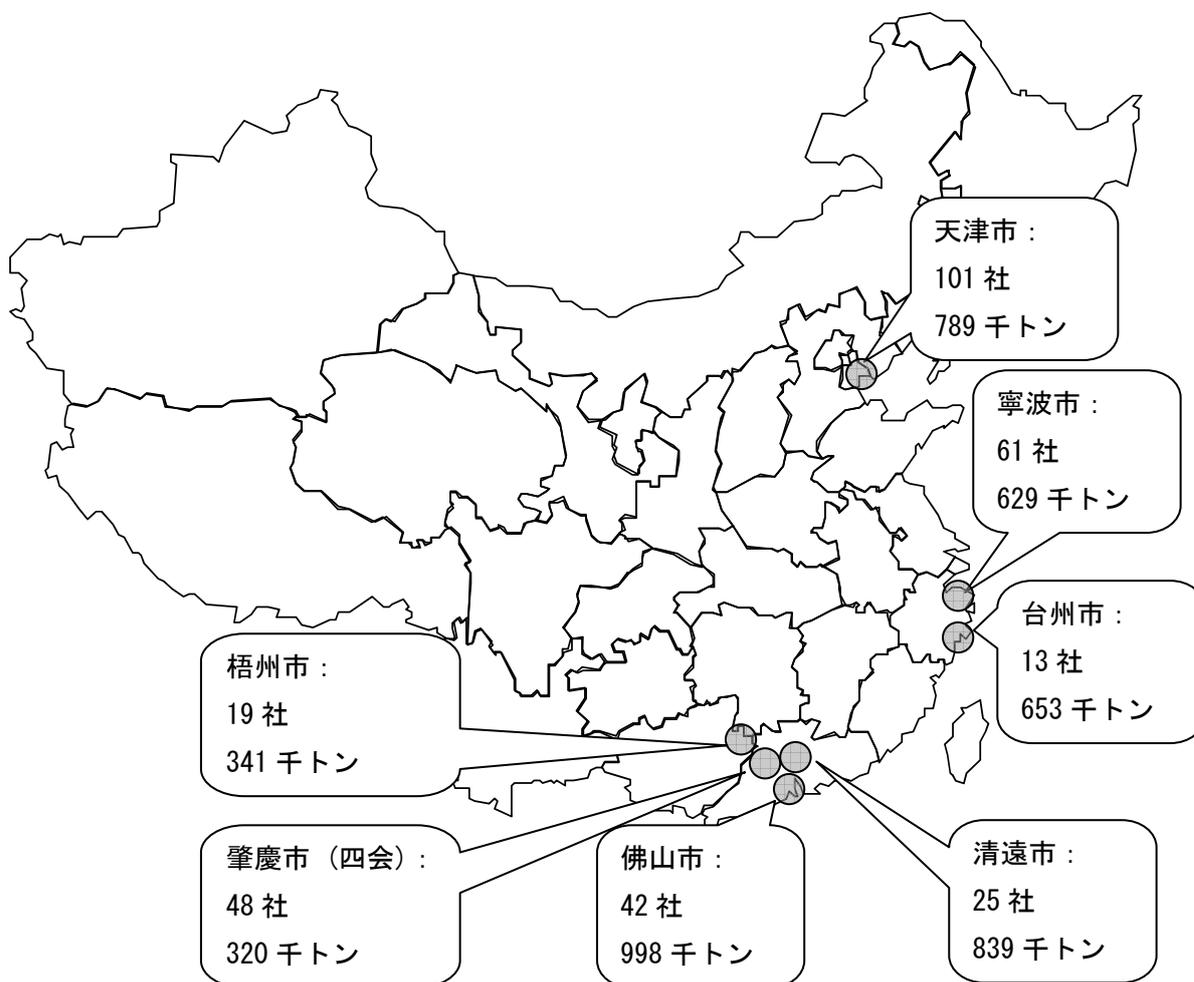
■銅スクラップの加工業者

銅スクラップの加工業者については、先述の輸入許可申請に基づいた審査承認表が公表されており、この承認表で輸入業者名、加工業者名、輸入廃棄物名、輸入申込量（トン数）、承認量（トン数）等が確認できる。

ハーネスやモーター類が該当すると考えられる「銅回収を主とするモーター等（廃電線、ケーブル、電気機器を含む）」については、2014年で合計1,367件（承認量：7,106千t）の承認実績があった。承認表に記載された業者数を参照すると、輸出業者で513社、加工業者で467社に及んでいる。また、輸出業者と加工業者を兼ねる業者は388社あるため、すべての参入企業数は592社であり、65.5%が双方の業者を兼ねていることになる。

各業者名に含まれる都市名や地域名から、銅スクラップの処理を行う加工業者の所在地を推測すると、判明した分だけでも加工業者は広東省エリア（佛山、清遠、四会）や天津市、寧波市に集積していることが分かる。図表4-18に主な加工業者の集積地をまとめたが、この7都市で処理業者の66.2%、承認量の64.3%を占めている。廃資源に由来する銅を輸入し、処理を行っていることから、沿岸部に業者が集中していることが分かる。

図表4-18. 輸入許可申請における2014年の審査承認表に基づく主な加工業者の分布



■ 銅スクラップ処理の実態

日本から輸入されたハーネスやモーター類は、上記のように許可業者によって輸入される。その後、現地の加工業者等によって再資源化されることが想定されるが、現地業者へのヒアリングでは、ハーネスは被覆やコネクタ付きのまま輸入されており、これらから異物を除去し、剥線機等を用いて選別されているという。日本では、異物除去等の人件費がかかるために、細線の剥線機での選別はほとんど行われていないとみられるが、中国では人件費が安いこと等から、一定以上の取扱量を確保することでこうした処理を実現しているものとみられる。

一部では中国の業者では野焼き等の環境コストを考慮しない処理が行われているため、高値での買取が可能との意見もあるが、現地でのヒアリング等ではそうした実態は確認できなかった。実際に日本国内の再資源化業者へのヒアリングでも、近年では中国政府も環境基準に対して敏感になっており、不適正な処理を行う業者の話はあまり聞かなくなったという。また、現地の自動車解体業者では、処理量は多くないものの選別機等の大規模な設備を導入しており、日本と同様の手段で再資源化を行う設備が整っている。

但し、これらはいくまで認可企業における状況であり、実際には非認可企業にも素材が行き渡り、不適正な手段によって選別が行われている可能性もある。上述の解体業者の話では、江蘇省等では政府も企業も環境意識が高いため、不正業者の噂はほとんど聞かないが、内陸部へいけばそうした業者も存在する可能性があるとして述べている。

図表 4-19. 中国の解体業者が保有していた選別設備（左：磁力選別機、右：重力選別機）

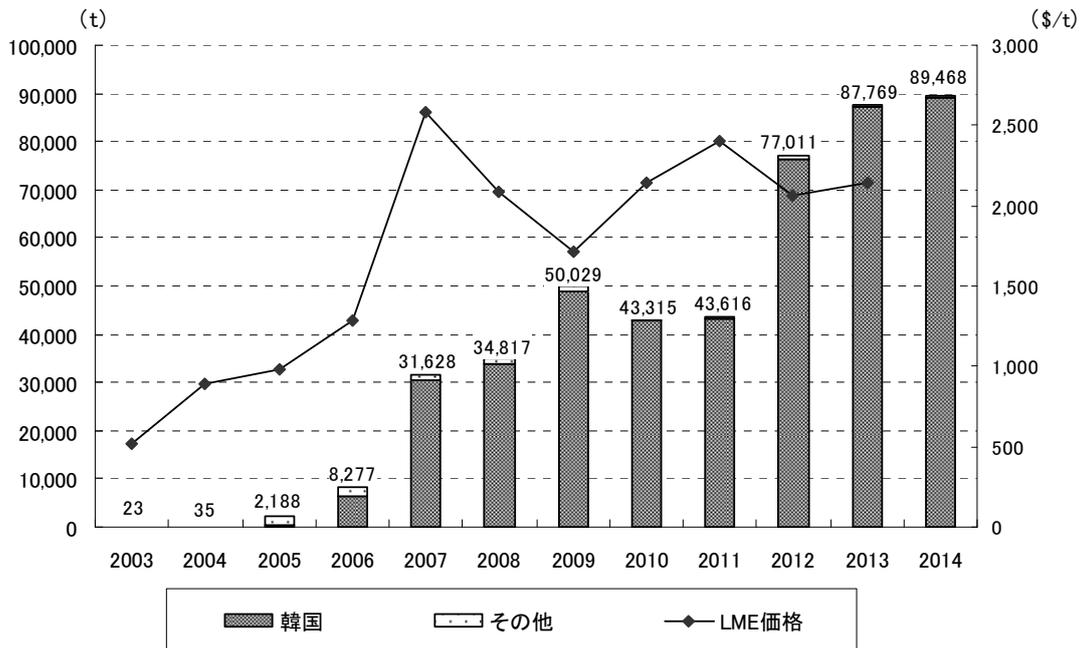


4-3-3. 韓国への廃バッテリーの流出

本調査でも繰り返し述べてきたが、鉛蓄電池（廃バッテリー）については、近年韓国への輸出量が急増し、国内の廃バッテリー不足を引き起こしている。下図を参照すると、LME価格の上昇が始まった2005年ごろから輸出が増加し始め、2009年の5万tを最初のピークにして一時落ち着いたものの、近年再度上昇を始めている。2014年には89,468tに達しており、そのうち99.7%（89,165t）が韓国向けの輸出である。9万tという量は国内で発生する廃バッテリーの3~4割にも達するとみられており、廃バッテリーを精錬原料として使用してきた国内の電気鉛メーカー（一次製錬業者）や再生鉛メーカー（二次精錬業者）は、原料調達に苦しむ事態に陥っている。実際に原料高が一因となり、廃業する製錬業者も出てきており、国内の鉛精錬事業を維持するためにも、早急に対策が求められている。

廃バッテリーの輸出については、先述のようにバーゼル法の規制対象品目となるが、輸出先側の適正処理等の条件を満たし、適正な手続きを踏めば輸出許可も取得できる。そのため、こうした業者が高値で廃バッテリーを買い集めている状況と考えられる。

図表 4-20. 使用済蓄電池の輸出量推移（単位：t、\$/t）



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
韓国	5	-	211	6,561	30,481	33,830	48,771	42,759	43,407	76,413	87,070	89,165
その他	18	35	1,977	1,716	1,147	987	1,258	557	209	598	700	302
合計	23	35	2,188	8,277	31,628	34,817	50,029	43,315	43,616	77,011	87,769	89,468
LME価格	515	887	977	1,290	2,580	2,091	1,719	2,148	2,402	2,062	2,142	-

出所：財務省貿易統計（HSコード：8548.10.000）

鉛の LME 価格は 2003 年ごろまでは 1 トン 500 ドル前後で推移していたが、04 年以降急激に上昇し、07 年には一時的に 3,720 ドルという高値も付けている。この背景には、新興国での自動車バッテリーの需要が急増しており、鉛鉱石の輸入価格もそれに伴い上昇を続けている。また、廃バッテリーが多数発生する国は、自動車の普及率が高い日本のような先進国に限られるため、韓国による日本の廃バッテリーの買付けが発生していることが考えられる。

しかし、こうした世界的な鉛価格高騰の中で、韓国に輸出が集中している理由は明らかでない。第 2 章で示したアンケート調査でも韓国は国内の買取価格より 10 円ほど高値で買取っているとみられ、ヒアリング等では 20 円ほど高値で販売できることもあるとの情報もあった。輸出時に発生する輸出コストや一時保管コスト等は 10～15 円/kg 程度発生するとみられるため、実質的には日本の国内業者よりも 20～30 円/kg ほど高い仕入価格を負担していることになる。製錬業者や鉛関連事業者へのヒアリングにおいても、韓国側がここまで高値で廃バッテリーを仕入れられる理由は把握しきれておらず、製錬業者や電池メーカーに補助金が出ている可能性を指摘する声もある。

輸出が拡大した要因の一つとして、2009 年頃から韓国の再生鉛メーカーが生産量を急拡大させたことが挙げられるが、これも高値で買取ができる理由にはならない。原因が特定できない限りは、こうした高値での輸出がいつまで続くのかの予測も難しく、輸出許可の厳格化等が行われなければ、国内の製錬業者はさらに厳しい状況に追い込まれる可能性が高い。

4-4. 対象部品リサイクル技術の開発

4-4-1. ワイヤーハーネスのリサイクル技術

■ワイヤーハーネスリサイクルの現状

ハーネスは、国内の価格競争力が低いことから、中国への資源流出が起こっている。国内でのナゲット処理業者の減少も起こっており、製錬業者に炉原料として販売される以外に、国内で処理ができなくなるリスクがある。そのため、新規技術の開発等によって、国内で再資源化が推進できる環境づくりが求められている。

まず、電線の国内処理を行うナゲット業者は、建築・設備配電用ケーブルや電線を中心に処理を行う業者が中心であり、ハーネスを専門に扱う業者は存在しない。経済産業省が 2002 年度に実施した廃電線リサイクル処理事業者の実態調査によれば、全国の廃電線処理業者は 96 社（ほぼ全数）で、その処理量は 20.1 万 t（導体：12.1 万 t）としている。しかし、現在では海外での銅需要の高まりとともに輸出される銅スクラップ量も増加しており、2002 年ごろと比べて事業者、処理量ともに 4～5 割減少しているとの見解もある。

ハーネスのナゲット処理における代表的な処理フローは、破碎後に磁力選別機で鉄不純物を除去し、コネクタ等の不純物を手作業にて選別する。その後、二次処理として粉碎機でより細かく碎き、比重選別によって塩化ビニール等と銅を選別する。このようにナゲット処理された電線（銅ナゲット）は、既に銅の純度が高く、そのまま伸銅メーカーや銅を利用するメーカーへ販売されている。なお、ナゲット処理は剥線機を利用する場合と比べて処理工程が複雑なため、銅線ロスが多くなる傾向にある。そのため、剥線機で被覆が除去できる太線等は剥離処理が施される。

しかし、銅線軸が細いハーネスは銅の回収率が低いほか、処理工程においてナゲット処理機の仕様を変更する必要がある。また、ハーネスは結束部分に粘着テープが使用されているため、そこに銅線が付着することで回収率を悪化させる可能性も高い。さらに、油分が付着していることも多く目詰まりの原因となるほか、多数のコネクタが使用されているため、事前に手作業で不純物の取外・選別が必要となる。

これらの理由から、ハーネスのナゲット処理を行っている業者は非常に少なく、国内でも数社程度との見方が多い。そのため、解体業者等へのヒアリングでは、ほとんどがハーネスは問屋やバイヤーに販売しているとしており、今回のアンケート調査でも取外されたハーネスの 80%以上が問屋や商社に販売されているという結果になった。解体業者の中には、バッテリーハーネス等の一部の太い電線については、自社で剥線機を用いて選別しているとの情報もあったが、ハーネス全体の発生量で見ると微量である。

また、ナゲット処理を行っている数社も、通常のコネクタ業者というより、自社で自動車解体や破碎を行っており、ハーネスが自社で調達できる業者がほとんどみられる。こう

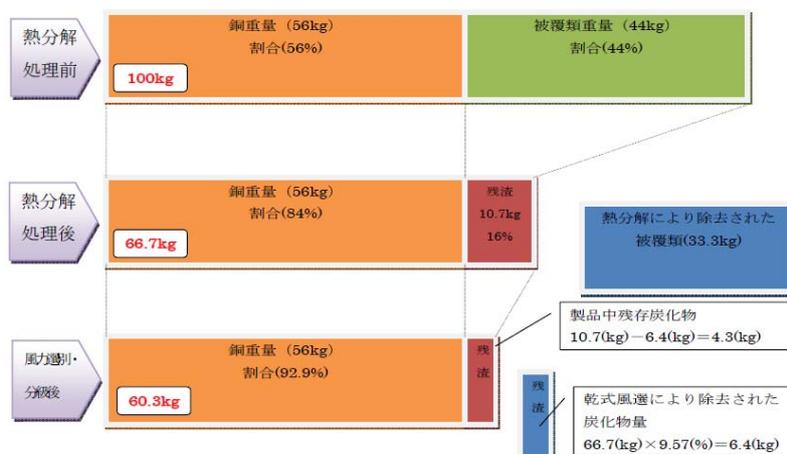
した業者がハーネスの処理を問題なくできる理由としては、安定した仕入ルートがあることに加え、破碎機や選別機をハーネスの処理を踏まえて自社でカスタマイズしているためとみられる。自社でのカスタマイズのため、多額の投資が必要となると見込まれるが、今後の国内処理の拡大可能性を残しているともいえる。

■ワイヤーハーネスのリサイクル技術

このように、取外されたハーネスが実質的にほとんど輸出されているという状況に対し、安価で被覆の分離、再資源化が可能なリサイクル技術の開発・検討も進められている。例えば近年では、経済産業省中国経済産業局が、2011年に「廃自動車から発生するハーネス中の銅資源および貴金属の高効率化回収システム事業化の可能性調査」を実施し、熱分解処理の事業化可能性を調査している。本調査での熱分解処理は、被覆ごと熱処理を加え炭化することで被覆類を除去し、風力選別機を用いて残渣を除去するという方法である。ハーネスの加熱処理は酸素雰囲気下で行うと銅線が酸化され、商品価値が著しく低下することから、酸化が生じにくい無酸素乾留方式と部分燃焼方式での検討を行っている。

結果として、熱分解処理を施したハーネスの銅品位は2方式ともに平均84.2%となり、さらに無酸素乾留方式の場合は風力選別を行うことで92.9%まで上昇した。ニブラや手解体等の取外方法による品位の差もなく、精錬原料としても問題なく使用できることを示している。但し、事業化可能性としては、ハーネスの買取価格を230円/kgとした場合、無酸素乾留方式でLME銅建値780円が損益分岐点となるとしており、銅建値によってはコスト的に困難であることも示唆している。

図表 4-21. 無酸素乾留方式による熱分解品の銅品位



出所：経済産業省中国経済産業局「廃自動車から発生するワイヤーハーネス中の銅資源および貴金属の高効率化回収システム事業化の可能性調査」（2011年2月）

また、平成 24 年度自動車リサイクル連携高度化事業において、日本 ELV リサイクル機構は、ハーネス取外後にコネクタ等を切断し、銅スクラップの二次処理業者に引渡すことで、製錬業者が買取可能な形態への加工を依頼した場合の事業性を調査している。二次処理業者の加工方法として、粗破碎後に銅ナゲットを抽出するナゲット処理と、不純物を含めたまま裁断するラフチョッパー処理（細破碎処理）の 2 つの方法で検討を行っており、両者の資源性を評価している。

その結果、ナゲット処理では品位 98.8%の銅ナゲットが得られ、採取率 99%で銅が再資源化された。また、ラフチョッパー処理では品位 66.1%の細破碎品が得られ、採取率 60%で再資源化されたとしている。

こうした中、2014 年にトヨタ自動車、矢崎総業、豊田通商の 3 社は、ハーネスの Car to Car リサイクル技術を開発したと発表した。99.96%の純度で再生材を製造する機械選別方法を開発し、矢崎総業がその再生材を用いてハーネスを製造するとしている。この技術は既に実用化も果たしており、電気銅に一定の割合の再生材を混合することで、2013 年には 20 万台の完成車生産に利用されている。トヨタは今後も再生材の利用を年間 1,000t レベルまで拡大することを示しており、ハーネスの国内循環を考える上で、流通フローに変化をもたらす可能性もある。

解体業者側の視点では、トヨタが指定した前処理（事前選別）を施した状態で、相場に処理価格を追加した価格で安定的に販売することができる。現在は豊田通商の取引先である中部地区 8 社の解体業者が参加しているが、再生材使用量の増加に伴い、トヨタは参加業者を今後も増加させていく予定としている。

本リサイクル技術のポイントとなるのは、破碎機や選別機の技術向上とみられ、トヨタによればハーネスの仕入れ以降は手作業での選別も一切不要ないという。こうした技術や設備が他にも波及されれば、高純度でのハーネスの回収が可能となり、解体業者の収益改善に繋がるほか、国内での資源循環が促進される可能性が高い。しかし実際には、現状では再生材の製造コストはバージン材のコストを上回っている状況で、本リサイクル技術と同等の設備を導入して、採算を合わせるには難しい状況と考えられる。今後処理量が増加して、設備の稼働率の向上や設備費の軽減が起これば、さらなる普及が進む可能性もあるが、コストダウンの面で課題を残している。

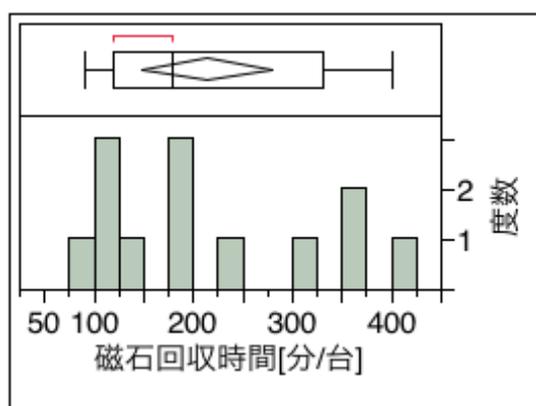
4-4-2. 駆動用モーターのリサイクル技術

第2章に示した通り、駆動用モーターには1基あたりネオジムが0.24kg、ジスプロシウムが0.12kg程度含まれているとみられ、このレアメタルの回収が求められている。しかし、第3章でみたように、現状は中古部品として販売されている以外では、エンジンと一緒にスクラップされるか、他のモーターと同様に銅資源として取引されるに留まっており、今後の次世代自動車の増加に備えてリサイクルシステムの構築が必要となる。

ネオジム磁石の回収については、平成24年度および25年度の自動車リサイクル連携高度化事業において、日本ELVリサイクル機構による実証事業が行われている。当該事業内での回収フローとしては、保管・運搬において危険を伴うネオジム磁石の強力な磁力の消磁を前提に、解体業者側で分解および消磁処理を行った後、再資源化業者に引渡すというものであった。ネオジム磁石はキュリー温度が比較的低いため、300～350℃程度に加熱すれば、磁力を失わせることができる。当該事業では、ネオジム磁石がモーターのローターに付着している状態で、バーナーによる加熱を行ったところ、15分程度で消磁が確認できたとしている。

しかし、Assyからの駆動用モーターの分離から、ステーターとローターへの分解、ローターの加熱、ネオジム磁石の取出と多数の工程が必要となるため、作業時間が非常に長くなり、費用対効果が悪化する可能性が高い。平成25年度高度化事業においては、平均回収時間が1台あたり213分(3時間33分)かかるとのアンケート結果が出ており、採算に合うよう回収を行うには大幅な作業時間の低減が必要となる。また、特別な工具等は必要とされないが、加熱の際にガスバーナー用の燃料が必要となる。当該事業では使用済自動車から回収されたLPガスを使用しているため、費用として計上していないが、今後大規模に実施することを考えれば、考慮せざるを得ない状況も出てくることも考えられる。

図表 4-22. ネオジム磁石回収時間の分布

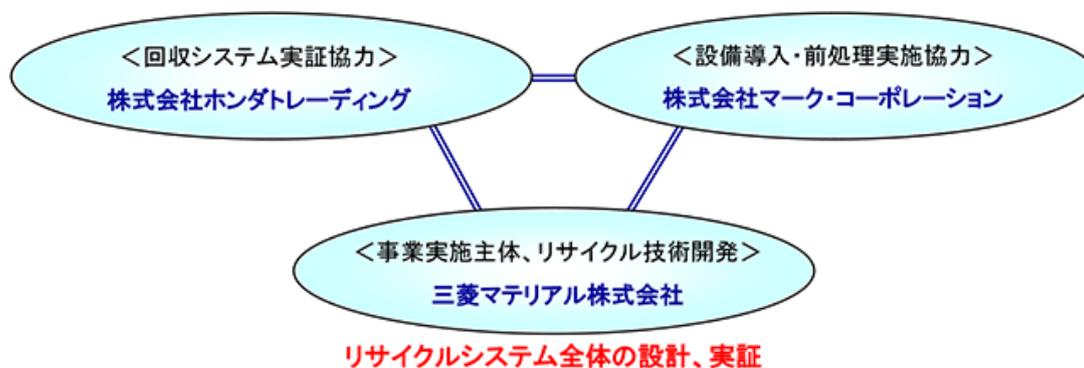


出所：日本ELVリサイクル機構「環境省 平成25年度自動車リサイクル連携高度化事業」

そうした中、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、平成 24 年度から平成 26 年度の間、「使用済モーターからの高性能レアアース磁石リサイクル技術開発」事業を実施している。本事業内の次世代自動車に関わるプロジェクトとしては、まず豊田通商、豊田メタル、豊通リサイクルが共同で「使用済 HV エンジンユニットの回収及びネオジム磁石リサイクルの事業化に向けた技術開発」がある。事業報告書が公表されていないため詳細は不明だが、トヨタは解体業者から駆動用モーターを回収し、ネオジム磁石からレアアースを抽出し、新品磁石として再生するリサイクルシステムを世界で初めて構築したとしている。このリサイクルシステムでは、モーター分解時に回収された銅も、高純度な銅資源としてリサイクルされる。

一方、同じ NEDO 事業として、三菱マテリアルが「使用済自動車からの希少金属回収技術開発」を実施している。豊田通商等の事業がトヨタ製のハイブリッド車を対象としているのに対し、本事業ではホンダトレーディング、マークコーポレーションと協力することで、ホンダ製のハイブリッド車を対象として、駆動用モーターからのネオジム磁石回収を試みている。こちらも報告書は公開されていないため詳細は不明だが、ハイブリッド車の普及において中心となるトヨタ車とホンダ車の、それぞれでネオジム磁石の回収が試みられていることから注目に値する。

図表 4-23. 三菱マテリアルのネオジム磁石回収事業実施イメージ



出所：三菱マテリアルニュースリリース

このように、各所で駆動用モーターからのネオジム磁石の回収事業が開始される一方、その採算性については悲観的な見方もある。その理由としては、まず解体工程でのネオジムの取出しが求められると考えられるが、消磁処理が大きな負担となるほか、ローター部分をまとめて加熱処理する場合にも設備投資や燃料コストが発生することである。

また、自動車メーカーでも低コスト化を図るためレアアースの添加量を削減する研究開発が進められており、特にネオジムよりも希少価値の高いジスプロシウムは、大幅な使用量削減が行われている。例えば、2012年には日産がジスプロシウムの使用量を従来比で 40%

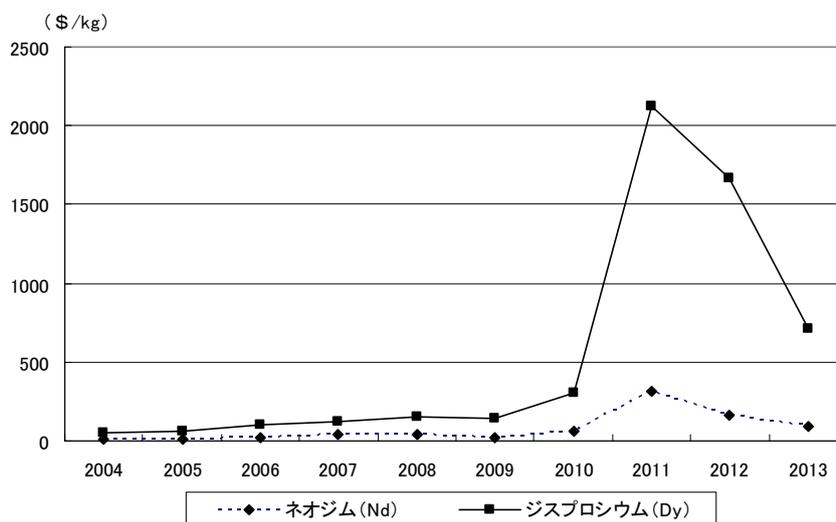
削減した EV 用モーターを開発、採用したことを発表しており、その他の各社でもこうした動きが加速している。そのため、現在使用済として発生している駆動用モーターからの資源量をベースに考えると、今後リサイクル事業の採算が合わなくなる可能性もある。

さらに、より大きな課題となるのがレアアースの価格低下である。レアアースの輸入価格は、世界需要の大部分を賄う中国が日本への輸出禁止に踏み切った 2010 年～2011 年にかけて、ネオジウムで約 300\$/kg（年平均）、ジスプロシウムで約 2,100\$/kg（年平均）まで急騰した。しかし、2011 年 8 月以降は価格調整が続いており、2013 年にはネオジウムで 100\$/kg 前後、ジスプロシウムで約 700\$/kg 程度にまで低下している。ジスプロシウムは 2014 年以降もさらに価格が低下しているとみられ、リサイクルをする価格のメリットが減少しつつある。また、各国が中国のレアアース等の輸出規制を WTO に提訴した結果、2014 年 3 月には WTO が規約違反を認める判断を下している。そのため、今後は輸出規制の是正が求められることから、規制緩和後にはさらに値下がりが見られる可能性も高い。

過去の対日輸出禁止措置の発生等を考慮すれば、当然国内でのリサイクルシステムの構築は求められる。しかし、リサイクルシステムが実際に採算に合うようになるためには、さらなる技術開発や設備稼働率の向上が必要と考えられる。

このように、ネオジウム磁石のリサイクルには、回収コストや使用量の低減、資源の市況という多方面から、採算性に関する課題を抱えているとみられる。

図表 4-24. ネオジウム、ジスプロシウムの輸入価格推移



4-4-3. 次世代自動車用蓄電池のリサイクル技術

■次世代自動車用蓄電池の現状

第2章で示したように、次世代自動車用蓄電池には、ニッケル水素電池（Ni-MH）で、約29%のニッケルと3.6%のコバルト等が、リチウムイオン電池（LiB）で、約26%のリチウム等の化合物が含まれており、図表2-5に示した次世代自動車のレアメタル需要量を参照しても、使用されるレアメタルの大部分を蓄電池が占めている。

第3章で示したアンケート結果では、発生した蓄電池のほとんど（99%）が国内で処理されており、国内で中古部品として流通しているのがそのうちの約12%であった。そのため、残りの約88%が資源として取引されているとみられるが、約38%は問屋/商社に、32.5%が自動車メーカーに、約18%が再生メーカー等その他に販売されている結果となった。第1章で示した、ハイブリッド車の解体台数は廃車ガラ輸出も含め6,439台、電気自動車は60台である。そこで、ハイブリッド車にLiBが使われ始めたのはここ数年であることから、ハイブリッド車はNi-MH、電気自動車はLiBと仮定してそれぞれの各比率をベースとした主な販売先を再度算出すると、下図のようになる。

図表 4-25. Ni-MH と LiB の販売個数

	中古部品	問屋/商社	自動車メーカー	再生メーカー	その他	海外	合計
販売比率	12.2%	37.2%	32.2%	14.5%	2.9%	1.0%	100.0%
Ni-MH	786	2,397	2,075	933	186	63	6,439
LiB	7	22	19	9	2	1	60

一方、日本自動車工業会では、使用済自動車から回収された次世代自動車用蓄電池の回収個数を公表している。その個数はNi-MHで3,083個、LiBで35個であった。そのため、アンケートの比率で算出した割合よりも回収量は多く、Ni-MHで約48%、LiBで58%の蓄電池が回収されている計算になる。但し、すべての蓄電池が解体業者から直接回収されているとは限らないほか、一時的に保管をしてから自動車メーカーに回収される分もあるとみられ、現状では回答数が少ないことから比率が上下しやすい。

いずれにせよ、自動車メーカーの回収スキームから、半数以上の蓄電池が流出しているのが現状とみられる。アンケート調査の結果からは、中古部品としての流通や、スキーム外の再資源化業者によるリサイクル等が行われているとみられる。

図表 4-26. 使用済駆動用電池の回収状況

	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) <small>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)</small>	35個 (2012年度：22個) <small>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)</small>

出所：平成 26 年度産構審・中環審合同会議資料（資料 5-3）
日本自動車工業会「次世代車における適正処理、再資源化の取組状況」（2014 年 8 月）

■ニッケル水素電池（Ni-MH）のリサイクル技術

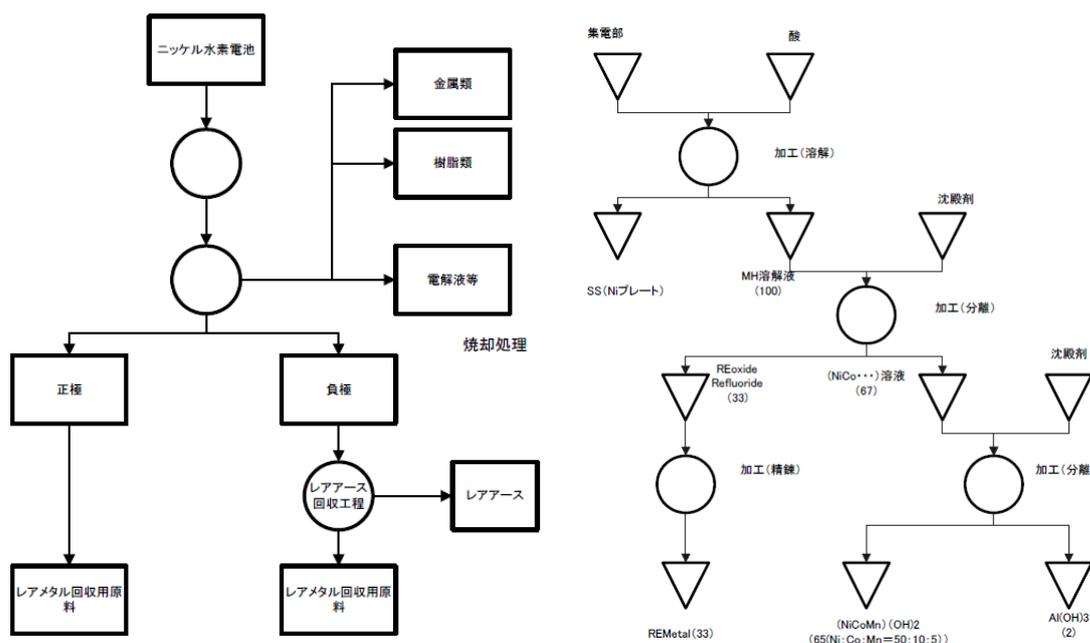
Ni-MH と LiB ではリサイクルフローが異なるため、まず Ni-MH のリサイクル技術について概観する。ニッケル水素電池にも多数のリサイクルフローが存在するが、最もシンプルなリサイクルフローとしては、パッケージを解体後に熱処理（乾式処理）を行い、その後フェロニッケル等の特殊鋼原料にリサイクルする方法である。レアメタルの抽出だけでなく、正極材と負極材の分離等も必要としないため、処理コストが低減できることが特徴である。特殊鋼原料は需要も高いことから、再生材の用途としても問題がなく、費用対効果の観点では最も効率の良いリサイクルと言える。

次に、正極材、負極材の分離を行うリサイクルフローが考えられる。パッケージを解体後に、機械を用いて正極材、セパレータ、負極材を分離する。その後、多量のミッシュメタルが使用された負極材についてはレアアースの回収を行い、それぞれニッケル、コバルト製品としてリサイクルを行うフローである。なお、レアアースは酸で溶解させた後、ニッケルとミッシュメタルに分離され、沈殿材等を用いることでミッシュメタルを各資源に分離していく湿式処理によって、選別が進められるとみられる。

こうした資源ごとにレアメタル、レアアースを抽出するリサイクル技術は、既に複数の企業で開発されているとみられるが、実際には経済性が問題となりほとんど実用化されていない。まず、化学的性質が近似したレアアース同士は、分離回収が困難な資源であり、湿式処理による分離に大きなコストがかかる。さらに、再生材は高純度で抽出ができたとしても、バージン材と比べて安値で取引が行われることが多く、設備投資や処理コストをかけてまでリサイクルをしても採算性が合いにくいことが挙げられる。

そうした中、トヨタは2010年10月から使用済となったNi-MHのバッテリーtoバッテリーリサイクルを開始している。回収スキームによって集められたNi-MHについて、破碎・選別工程を経てニッケル再生材に分離している。その後、湿式精錬によってニッケルを抽出し、水酸化ニッケルに加工することでNi-MHの正極材としてリサイクルしている。

図表 4-27. ニッケル水素電池のリサイクルフローと負極部からのレアアース回収フロー

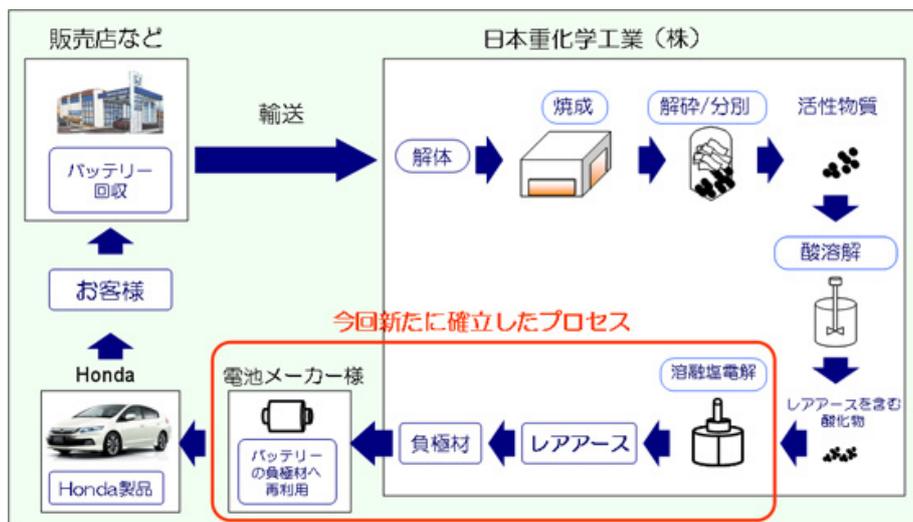


出所：北海道経済産業局「北海道における難処理大型2次電池のマテリアルリサイクルシステム確立に向けた事業化可能性報告書（2008年3月）」

一方、ホンダもこうしたバッテリーtoバッテリーリサイクルの試みを開始しており、既に東日本大震災の影響で使用できなくなった386台のNi-MHをリサイクルする等、実用化技術は整っている。さらにホンダは、2013年に高純度のニッケルだけでなく、Ni-MHからレアアースを抽出し、Ni-MHの負極材へと再利用する世界初のリサイクルシステムを開発したことも発表している。こちらもニッケルと同様に被災したNi-MHで実証済みであり、既にリサイクルシステムの運用も開始しているという。

同じ2013年には、Ni-MHから抽出したレアアースを、駆動用モーターに用いるシステムも開発したと発表をしており、今後大量に発生することが見込まれる使用済Ni-MHの処理に対して、十分な準備を整えている。

図表 4-28. ホンダの Ni-MH からレアアースを抽出するリサイクルシステム



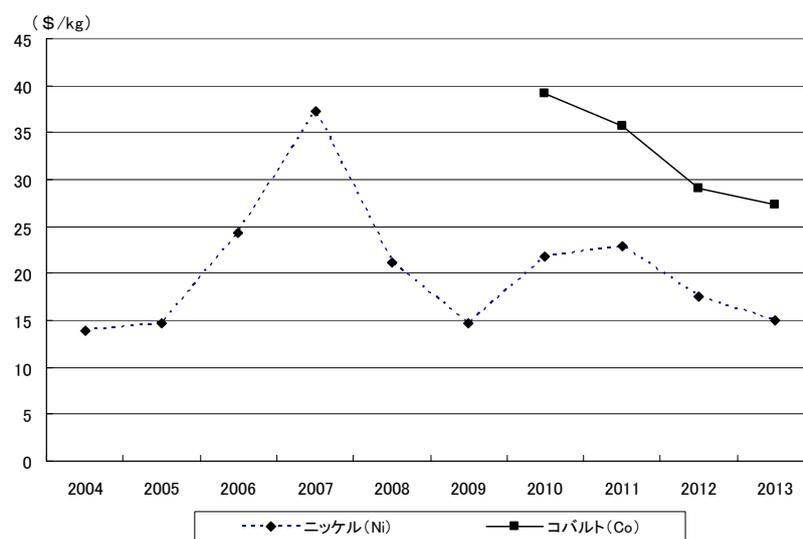
出所：本田技研工業ニュースリリース

以上のように、Ni-MH のリサイクル技術は既に確立されており、資源単位でのマテリアルリサイクルは可能となっている。また、レアメタル等の抽出過程で、アルミフレームや各種センサー等もリサイクルできることから、使用済蓄電池の回収コストを考慮したとしても、一定数の回収があれば採算を取ることが可能との意見が多い。

しかし、ここで重要となるのが各処理フローの経済性と、回収段階での価格競争力である。例えば、レアアースの資源抽出まで行う場合と、熱処理のみを施しフェロニッケルとして回収する場合では、処理コストは大幅に異なる。再資源化業者へのヒアリングでは、レアメタルの抽出や、レアアースの分離を実施すると利幅が削られることから、経済性としては特殊鋼材料として販売するのが最も効率が良いとの見方が多い。処理時の利幅が大きければ、回収時の価格競争力も増すことから、市場原理に任せれば単純な処理を行う方へ使用済電池は流れていくことになる。実際に今回の自動車メーカーへの調査でも、電池 to 電池の課題として、コスト競争力および回収力の強化が挙げられており、メーカーの回収率が半分程度に留まっている背景には、こうした価格競争力の問題もあると考えられる。さらに、ニッケルやコバルトの資源価値は近年低下傾向にあり、各資源として抽出するメリットは低減しつつある。市況に影響を受けやすい資源別の回収はリスクも大きい。

一概にリサイクルといっても、処理フローや製造された再生材の用途によって全く異なるため、リサイクル時にはそれらも考慮する必要がある。例えば、処理方法によってインセンティブを設ける等、リサイクルフローによって何らかの差を設ける制度等がなければ、資源単位でのマテリアルリサイクルが停滞する可能性もある。

図表 4-29. ニッケルとコバルトの LME 価格推移



*Co は 2010 年 2 月に LME 上場、*1lb=0.45359237kg で換算

■リチウムイオン電池 (LiB) のリサイクル技術

図表 4-26 に示したとおり、LiB はまだ使用済自動車からの発生は少なく、定置用としてのリユース用途でも研究が進んでいることから、ほとんどリサイクルされている電池はないとみられる。再資源化業者等へのヒアリングでも、自動車メーカーでの検証用サンプルとして利用される分等もあることから、まだほとんど入ってきていないとしており、本格的にリサイクルが課題となるのは早くとも 2020 年以降との見方が多い。

そのため、リサイクルシステムの構築には Ni-MH に比べて猶予があるとも考えられるが、リサイクルに向けた課題は Ni-MH 以上に多い。まず、LiB については Ni-MH のニッケルのように価値の高い資源が抽出できないことから、処理コストや回収コストを考慮すると、全く採算が取れないことになる。経済産業省による「レアメタルリサイクルの経済性に関する分析」では、2010 年と 2020 年の使用済次世代自動車の発生台数を予測し、その電池リサイクルの経済性を試算している。この分析では、レアメタルを回収するリサイクルの場合、Ni-MH では 2010 年時点でも利潤が生まれるリサイクルが可能であるほか、2020 年時点では利幅が大幅に増加しており、回収個数が増加すればさらに効率も向上することが示唆されている。その一方、LiB については 2010 年時点でレアメタル回収のリサイクルは赤字であるほか、2020 年の回収個数が増加した時点では赤字幅が増加しており、リサイクルをすればするほど赤字となる現状が明らかになっている。下図では、解体業者から回収するための回収費用や物流コスト等は考慮していないことから、これらを含めればさらに赤字幅は増加することが予測される。

図表 4-30. 「レアメタルリサイクルの経済性に関する分析」での試算前提条件

		重量(g)															
LiB 素材構成	1台当たりの電池重量		265,000		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2010年</th> <th>2020年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEV</td> <td>4,002台</td> <td>98,044台</td> </tr> <tr> <td>PHEV</td> <td>0台</td> <td>0台</td> </tr> <tr> <td>EV</td> <td>116台</td> <td>384台</td> </tr> </tbody> </table>		2010年	2020年	HEV	4,002台	98,044台	PHEV	0台	0台	EV	116台	384台
		2010年	2020年														
	HEV	4,002台	98,044台														
	PHEV	0台	0台														
	EV	116台	384台														
	1台当たりのLi使用量	PHEV	3,250														
		EV	4,200														
	1台当たりのCo使用量	PHEV	8,100														
		EV	0														
	1台当たりのNi使用量	PHEV	14,150														
EV		0															
1台当たりのMn使用量	PHEV	0															
	EV	63,533															
Ni-MH 素材構成	1台当たりの電池重量		29,750														
	1台当たりのNi使用量		10,215														
	1台当たりのCo使用量		815														

出所：経済産業省「レアメタルリサイクルの経済性に関する分析」

図表 4-31. Ni-MH リサイクルコストの試算

項目			2010年		2020年	
			フロー量	金額 (百万円)	フロー量	金額 (百万円)
レアメタル回収	費用	原料(電池)購入費	119 トン	10	2,917 トン	250
		分離・精製費	119 トン	13	2,917 トン	320
		分析費用	36 回	3	36 回	27
		合計	-	26	-	597
	収入	ニッケル	25 トン	43	601 トン	1,052
		コバルト	2 トン	5	48 トン	129
		その他固形物	93 トン	0	2,268 トン	0
		合計	-	48	-	1,181
レアメタル回収における利潤(費用-収入)			-	22	-	584

出所：経済産業省「レアメタルリサイクルの経済性に関する分析」

図表 4-32. LiB リサイクルコストの試算

項目			2010年		2020年	
			フロー量	金額 (百万円)	フロー量	金額 (百万円)
レアメタル回収	費用	原料(電池)購入費	31 トン	-3	102 トン	-11
		分離・精製費	31 トン	11	102 トン	37
		分析費用	36 回	4	36 回	4
		合計	-	12	-	30
	収入	リチウム	0.01 トン	0	0.04 トン	0.04
		コバルト	0 トン	0	0 トン	0
		ニッケル	0 トン	0	0 トン	0
		マンガン	7 トン	2	23 トン	6
		その他固形物	24 トン	0	79 トン	0
		合計	-	2	-	6
	レアメタル回収における利潤(費用-収入)			-	-10	-

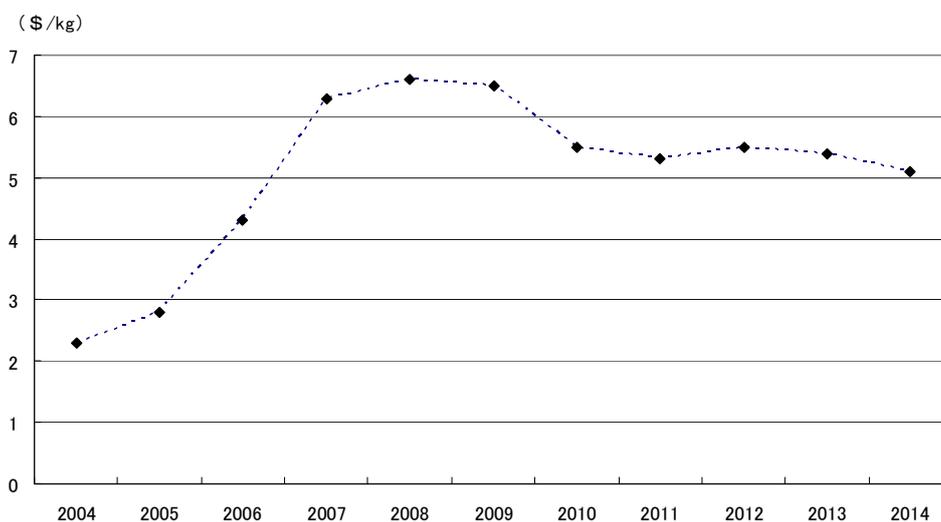
出所：経済産業省「レアメタルリサイクルの経済性に関する分析」

LiB から抽出が可能な資源としては、主にリチウムやマンガンが考えられる。2013 年の LME 平均価格ではニッケルが約 15 \$/kg、コバルトが約 27 \$/kg であるのに対し、リチウムは、国際的な価格指標が存在しないものの、LiB 正極材に多く用いられる炭酸 Li の平均輸入価格は 5.1 \$/kg 程度である。一方マンガンについても、価格決定機構が存在しないが、例えば先述の試算では 255 円/kg で試算されている程度である。これらの抽出・販売が可能なリサイクル資源の価値だけを見ても、Ni-MH のリサイクルでも採算に乗せることが難しいことを考えると、LiB で採算を取ることは現状ほとんど不可能であることが分かる。

なお、LiB の負極材にはコバルト等の希少金属も含まれている場合もあるが、日産（オートモーティブサプライエナジー）や三菱（リチウムエナジージャパン）製の自動車に搭載された LiB では、既にマンガン等のより安価な資源で代替されているほか、他の三元系材料を使用するメーカーの LiB でもコバルトの含有量は低下傾向にある。ただでさえ、抽出

資源の価値が低い LiB において、さらなる希少資源の低減が進められているため、今後はリサイクルの経済性を向上させることが、一層厳しくなることが予測される。

図表 4-33. 炭酸リチウムの輸入価格推移



出所：財務省貿易統計（HS コード：2836.91.000）
*各年の年間平均レートを利用してドル換算

こうした状況であるため、現在発生している少量の LiB については、ほとんどが焼却処理されているのが現状とみられる。複数の再資源化業者によれば、資源レベルで抽出できる技術開発は既に完了しているものの、採算が合わないため実施できない状況だという。

今後次世代自動車で搭載数の増加が予測されるのは、Ni-MH よりも低コスト化や軽量化が見込める LiB である。そのため、自動車メーカー等へのヒアリングによれば、LiB のリサイクルは、本格的な廃バッテリーの発生を前に、適正なリサイクル処理方法を検討している最中だという。特に、自動車メーカーとしては、高電圧で危険性の高い LiB については、製造者責任の点からも回収に非常に神経質になっていると考えられる。Ni-MH と比べて LiB は資源価値が低いため、回収スキームを十分に機能させなければ、不法投棄等に繋がるリスクも高い。

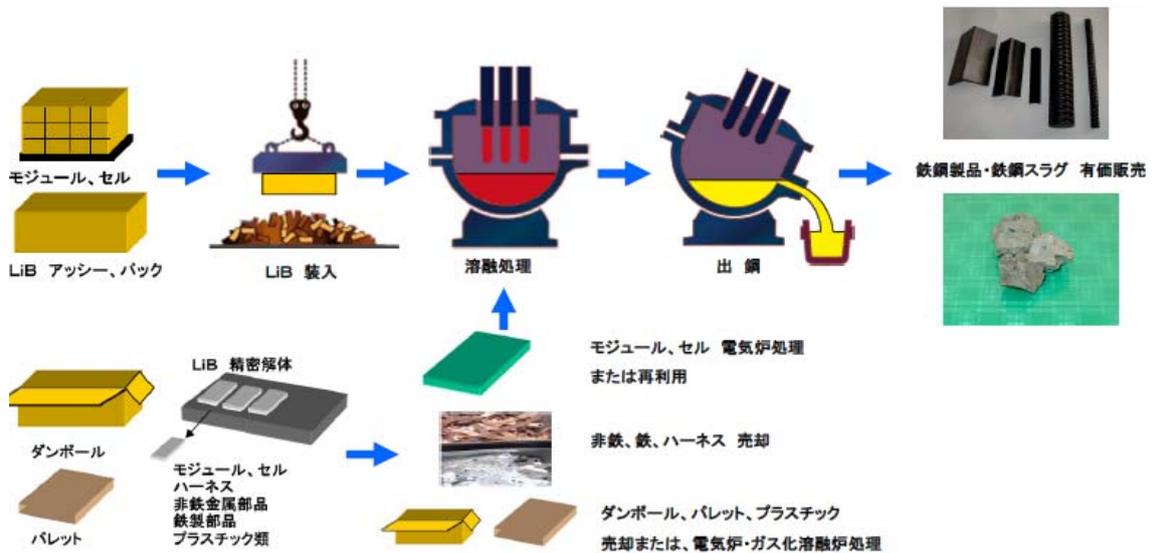
以上のことから、資源としての価値が低い LiB のリサイクルにおいては、どれだけ処理コストを下げ、利用価値のあるものを取り出すかが課題となる。こうした課題を解決する有望なリサイクル技術として、現状候補になり得るもの次頁に示す。自動車メーカーはこれらの方法を含めて各社で開発・検討が進められているとみられるが、廃 LiB が大量に発生する時代が来る前に、マテリアルリサイクルを達成する効率的なシステムの構築が期待される。

図表 4-34. LiB の再資源化技術の候補

分類	特徴	処理後
電炉	・放電・分解の前処理が不要。	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。	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。	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。	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。

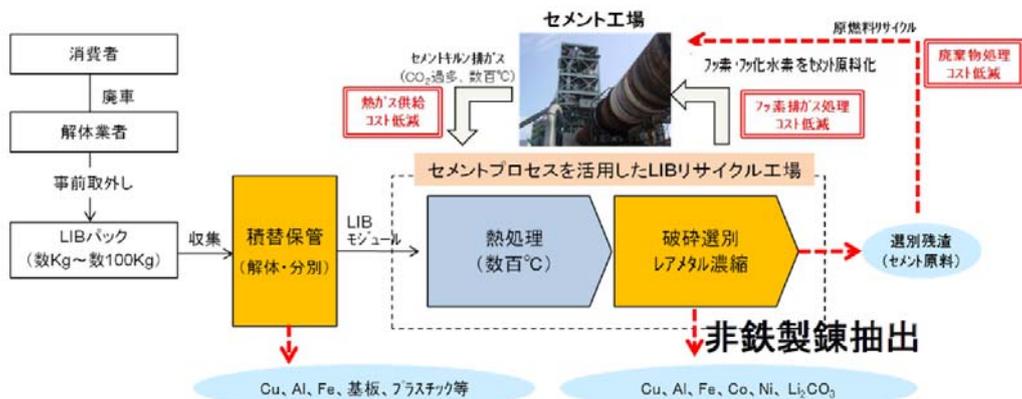
出所：日本自動車工業会「平成 26 年度産構審・中環審合同会議資料」

図表 4-35. 製鋼電気炉による LiB の再資源化例



出所：日本自動車工業会「平成 26 年度産構審・中環審合同会議資料」

図表 4-36. セメント製造プロセスを使用する LiB の再資源化例



出所：日本自動車工業会「平成 26 年度産構審・中環審合同会議資料」

第5章 資源の国内循環に向けた施策

5-1. 国内資源循環に向けた解体業者による取り組み事例

資源の国内循環に向けた施策を提示する前に、今回の調査で得られた解体業者の資源循環に向けた取り組みについて参考までに例示する。こうした事例は他項でも随所において触れてきたため繰り返しとなる部分もあるが、本項で改めて好例として紹介する。なお、解体業者による取り組みが中心であるため、回収段階で課題のあるハーネスからの銅回収や基板回収に着目した点が多くなっている。

■ ハーネス等からの銅回収における試み

① ハーネスの高性能ナゲット処理による銅資源販売価格の向上

破砕業者やナゲット業者によるリサイクルではなく、解体業者自身で高純度な銅を回収できるナゲット処理機を導入することで、99.9%以上の高純度の銅ナゲットの製造を実現し、LME 価格に近い高値で銅ナゲットの販売を試みる業者もいる。高性能ナゲット処理機の導入には、3,000～4,000 万円程度の設備投資が必要であるとされるため、導入できる業者は引取台数の多い大規模業者等に限られるが、ナゲット処理機の処理量に余裕があれば周辺業者からの回収等も考えられ、資源の国内循環という視点でも意義深い試みといえる。

② 一部ハーネスの剥線機による処理

バッテリーハーネス等の太めのハーネスであれば、剥線機の利用によって高純度の銅を得ることができるため、一部のハーネスのみ剥線処理を行っている業者もいる。剥線処理に伴う人件費が課題となるが、福祉事務所等と連携することで、雇用創出を果たすことで解決している事例もある。設備投資等の面からすべてのハーネスを自社で処理することは困難でも、一部の高価値化を図る上で有効な試みである。

③ 高性能ナゲット処理機を有するリサイクル業者の活用

直接的な解体業者の事例とは異なるが、今回の調査でハーネスのナゲット処理を行う事業者が複数確認できている。特に、自社で自動車解体も行う破砕業者等では、ナゲット処理機のカスタマイズや、安定的な雑線の仕入によってナゲット処理の課題を克服している事例もあり、解体業者自身での設備投資や取り組みが難しい場合にも、こうした事業者との取引によって通常より高値での販売が可能となる可能性がある。また、こうした破砕業者の増加が、銅資源の国内循環に繋がるとも考えられる。

④ 小型モーター類の販売方法の改善

今回のアンケート結果を概観すると、小型モーターの種類別販売および精緻分解という結果も得られた。前者の事例では、ラジエーターファンモーター、ワイパーモーター、ABS モーター等でそれぞれ別の価格で資源販売している事例があった。一般に資源販売では細かく選別すればするほど、高値での販売が可能となるため、十分な販売ロットが確保できるのであれば有効な施策と考えられる。また、後者の事例では小型モーターにおいても、アマチュアや銅のみにするとの回答があり、小型モーターの精緻分解をすることで販売価格を向上させる取り組みも確認できた。引取台数や小型モーターの回収個数によって最適な販売方法は異なると考えられるが、両社とも資源販売価格向上策として貴重な事例である。

■ 基板回収および販売における試み

① 解体業者組合による回収と販売

資源販売の売上向上を目指し、組合として基板回収に取り組む事例もある。有志の組合員で解体車両から基板を回収し、廃車ガラと一緒に基板を破砕業者に引き渡している。廃車とともに年に数回運搬する程度のため、基本的に運送費は発生しないほか、破砕業者としても基板を選別して買い取ればまとめて販売できるため、双方に利益のあるシステムとなっている。さらに、破砕業者側では自動車由来以外の電子基板も取り扱っているためロットの問題が解決でき、安定的に協力業者からの買取を行うこともできる。本事例では、基板回収のネックとなっている運送費や販売ロットの問題を上手く解決しており、基板回収を推進するための好例といえる。

② 特定基板以外の回収

基板回収においては、主に ECU とエアバッグユニットに着目される場合が多いが、分解可能なユニットすべてを分解対象とすることで、販売頻度を増やしている事業者もいる。解体工程で目に付いたユニットは外し、外した時点で分解できるユニットを選別しているという。分解できるものは休憩時間や閑散期を利用して分解を進め、分解できないものは雑品として販売している。半年に一度程度の販売とのことであるため、販売ロットの課題を完全に解決しているとは言えないかもしれないが、販売頻度を増やし、収入を安定化させるためには有効な施策といえる。

5-2. 国内資源循環促進に向けた提案

これまで見てきたように、今回の対象部品においてはそれぞれ違った課題を持ち、違った施策が求められている。しかし、根本の部分では回収段階もしくは再資源化段階での費用

対効果が悪いことに端を発しており、これにより様々な課題が顕在化しているともいえる。本論では、この課題に対して効果的と考えられる、具体的な施策について検討を行う。

A. 解体性向上を目指した設計の推進

まず、解体段階での回収が課題になる、小型モーターや基板等の部品に対して、最も効果的なのはリサイクルしやすい設計を推進することである。これらの部品については、回収することで得られる利益に対して、作業に要する時間が掛かりすぎることから回収が進んでいない部品である。そのため、接着の簡素化や規格の統一等により作業コストが低減すれば、飛躍的に取外比率が向上する可能性もある。

自動車リサイクル法でも、第3条の責務規定等に基づき、環境配慮設計に努めることとされている。例えば、実際にトヨタ自動車では、引き剥がし荷重の低減や、部品の一体化等を推進することで解体性の向上を図っており、解体作業のきっかけとなる部分に「解体性向上マーク」を付けている。

特に、取り組みが進められているハーネスの剥がしやすい設置については、複数の解体業者からハーネスの取外性が向上したとの意見があり、他部品への拡大を望む声も多い。解体性の向上は、部品の配置や構造変更等の設計に影響を与えるものだけでなく、取付ネジやビスの統一、規格化等が進むだけでも効果は大きいと考えられる。例えば第4章で示したように、基板類の取外方法がいくつかのパターンに共通化されるだけでも、解体業者の負担軽減や取外比率の向上に繋がるだろう。

こうした動きは、解体性の向上だけでなく、自動車メーカーとしても生産コストの低減等のメリットがあると考えられる。実際に2014年6月には、国内の自動車・二輪車メーカー全14社が、開発コストおよび生産コストの低減を狙い、汎用性の高い部品等の統一化に動き出している。各メーカーでは自動車部品のモジュール化や部品点数の削減も進められており、解体業者からは解体性の向上だけでなく、中古部品の在庫点数削減に繋がるとの期待もある。

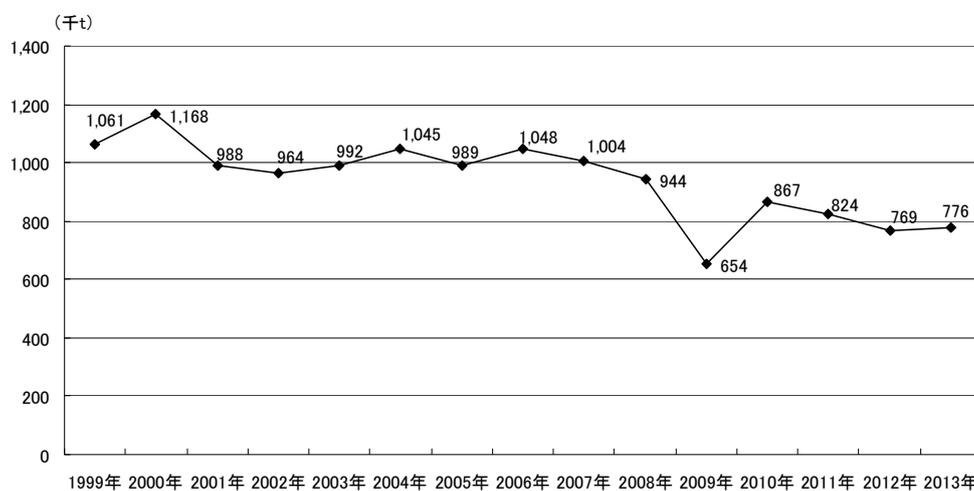
但し、解体性向上において重要なことは、それによって解体業者にもメリットがあるような取組を進めることである。取外したところで収益の向上に繋がらない部品であれば、自動車メーカーの協力があっても、回収が進まない可能性もある。例えばリサイクル可能なプラスチック材の使用が環境配慮設計の一つに挙げられることがあるが、プラスチックは単価が安いほか買取業者も限られているため、再生材の需要向上が起きない限り収益向上には大きく貢献しないだろう。今回対象とした基板類に代表されるように、回収が進んだ際に解体業者にも大きなメリットが感じられる部品を選定する必要があるが、その選定には希少資源使用部品等の情報提供を含む、解体業者と自動車メーカーの間での密接な連携が求められる。

B. 再生材の利用促進

次に求められるのが、再生材の利用促進である。例えば輸出の著しい銅スクラップのように、国内で再資源化をしても販売価格が低いため採算が合わず、流出している資源もある。このような資源については、再生材としての利用促進が大きな課題となる。

今回の調査においても、再資源化業者からは、再生材は値が付きにくく、少しの価格差であればバージン材を選択するユーザーが多いため、事業化しにくいとの意見が目立った。ハーネスのリサイクル業者からは、たとえ国内でリサイクルが達成されたとしても、需要がなければ製造された銅ナゲットが輸出されるだけとの回答もあり、当然のことながらリサイクルの推進には、その需要が大きく関わってくる。例えばナゲット処理機の導入を考えた場合にも、製造できる銅の純度によって設備投資額は大きく異なってくるのが予想される。その際に、高純度の銅ナゲットを製造するための需要がなければ、スクラップは引き続き輸出され続けるだろう。近年では伸銅メーカーの需要も低減傾向にあり、銅については国内での再生材が余っているとの見解もある。バージン材が用いられていた部分にいかに関しリサイクル銅を採用していくかが、今後の資源の国内循環を推進していくうえで大きな課題となる。

図表 5-1. 伸銅生産量の推移



出所：日本伸銅協会

こうした課題を抱えているのは、銅だけではない。今後発生が予測される次世代自動車用蓄電池や、駆動用モーターから発生するレアメタルでも大きな課題となる。特に、希土類は単一資源に分離するためには非常に多くのコストが掛かるため、高コストでリサイクルをしても、再生材の需要がなければ資源レベルでのリサイクルは進まない。さらに、今回対象部品とはしなかったが、今後はプラスチック材の利用が進むことが予測される。現状、

ポリプロピレン等のプラスチック材は再生材としての用途が限定されていることから、需要が少なく流通価格が安い。そのため、再生材を製造する場合の利幅が少なく、高グレードの資源が利用されているにも関わらず、マテリアルリサイクルがあまり進んでいない資源とされる。

リサイクルを促進させるために必要なことは、流通価格を向上させることである。いくら回収コストや再資源化コストが低下しても、再生材の国内流通価格が向上しない限りは、輸出価格に劣り国外流出が続く可能性もある。そのため、再生材の価値を向上させることが不可欠であるが、バージン材との価格差が小さい場合には、再生材を使用するメーカー側に何らかのインセンティブも検討する必要がある。また、新車販売時に再生材の比率を表示することで、ユーザーに直接訴えかける方法もある。再生材を利用することで低コスト化は実現できなくても、ユーザーによっては省資源化の部分を評価する可能性もある。また、一定の比率以上のリサイクル率を達成した自動車には、ユーザーに購入支援を行う等の施策も考えられる。

また、自動車由来の廃資源に関しては、**Car to Car** リサイクルを達成するのが理想ではある。しかし、需要用途は広ければ広いほど価値も上昇することから、対象資源の需要分野を調査し、これまでバージン材を使用していた部分に積極的に再生材を使用していくような、材料レベルでの実証研究も必要になるだろう。

C. 集約的再資源化施設の整備

リサイクルが進まない部品の経済性向上に向けた一つの施策が、集約して処理することである。今回の対象部品では、高度なリサイクルに設備投資が伴うハーネスのナゲット処理や、ネオジム磁石の脱磁処理、また販売ロットの確保が困難な基板類の回収拠点として、大きな役割を果たす可能性がある。解体業者は、解体業者という一つの括りでは収まりきらないほどに多様であり、解体業ではなく中古車輸出業や破砕業、整備業を主業とした業者も多い。また、年間 100 台未満の入庫しかない業者が多数いる一方で、1 万台以上処理する業者も存在している。そのため、これらの多様な解体業者に対して一様に同じことを求めるのは現実的ではない。例えば 1 社で資源販売が可能なロットを回収できる業者がいる一方で、いくら資源回収をしてもエンジンや廃車ガラのような重量のある資源でなければほとんど収益にならないという業者も存在する。

しかしながら、国内でリサイクルされる自動車の多くで資源回収を達成しようと思えば、すべての業者にとってメリットのあるシステムを構築する必要がある。そこで、大規模な中間処理設備を設けることで、各資源の集約処理が可能になれば、販売可能なロット数を集めやすいほか、価格交渉力も向上するとみられる。

こうした再資源化設備は、施設として必ずしも新設する必要はなく、大規模な解体業者や破砕業者等に導入できれば、周辺の解体業者から仕入れを行うことで、関連する事業者す

すべての経済性が向上する可能性がある。実際にハーネス等では、破碎業者が処理設備を導入することで、周辺業者からの買取を行っている事例があるほか、先述のように基板のリサイクルでも、破碎業者が中継地点の役割を果たしている場合もある。もちろん集約的設備を実現するためには、そこまでの運搬費用と、そこで処理する場合に得られるメリットを考慮する必要がある。しかし、例えば既に取引がある業者間であれば、運搬費用が低減できる可能性がある。

再資源化設備が普及しないうちは、国内でのリサイクルも進みようがない。そのため、周辺業者との連携構築等を条件に、設備導入支援を検討する価値も十分あると考えられる。

D. 具体的なリサイクル基準の設定

今回のヒアリング調査では、希少資源が含有される部品やその価値についての知識が乏しく、特定の部品を回収すべきという指針もないため、具体的な取組み方が分からないとの声もあった。確かに第4章で示したように、小型モーターについても具体的な推奨取外部位に関する指針はないほか、希少資源が用いられた部位等に関する情報提供も、自動車リサイクル促進センターによって公表され始めているものの限定的である。国内の資源循環を目指すといっても具体的なモデルや目標がないうちは、個々の解体業者にとっては取組を行うことも困難であろう。そのため、推奨される取外部位や取外方法等について、一つのモデルを提示することが重要と考える。但し、例えば流れ作業で大量の自動車を処理している場合等、解体業者の規模や解体工程、重機・設備の有無等によって、取外が現実的でない場合も予想できる。そのため、解体業者の規模や解体工程をパターン化する等して、それぞれに適したモデルを提示することが理想と考える。

また資源の回収段階だけでなく再資源化段階においても、リサイクルは再資源化の方法や、得られる再生資源、その用途等によってコストや収益性が大きく異なる。例えば、解体業者にとって最も効率の良い銅資源のリサイクル方法は、輸出である。自社での作業が少なく、国内業者より販売価格は高いのだから当然である。また、海外への流出を考えなかったとしても、Ni-MHの最も効率が良いリサイクル方法は、現時点では電池 to 電池ではなく、特殊鋼鉄鋼原料としてリサイクルすることだろう。

このように最も効率が良いリサイクル方法が最善なのであれば、市場原理に従って決められた現在の方法が最善となる。しかし、国内の資源循環や、資源調達のリスクを考慮したリサイクルを促進するのであれば、まずはその具体的な目標となる基準や処理方法を設定する必要がある。例えば部品ごとのリサイクルの基準やモデルを示すことで、今後の方向性を示すことや、処理方法の違いによってインセンティブを設ける等の施策が必要となる。

E. 再資源化技術のさらなる開発

第4章のリサイクル技術の項でも示したように、再資源化コストの低減や、効率的な資源回収において、まだまだ技術革新の余地は多い。特に、現時点では採算を合わせるのが困難と考えられる、ネオジム磁石やLiBのリサイクルにおいては、低コストでいかに有用な資源を回収するかが大きな課題となる。また、資源の国外流出が起きている銅資源についても、価格競争力を強化する低コストな再資源化技術が求められる。

さらに、リサイクル基準の設定とも関連するが、エンジンのリサイクルにおいては、含有されるレアメタルが不純物として取り扱われる傾向もあり、その価値を引き出す適正なリサイクルが行われていないケースも多い。経済性の問題から単一のレアメタルを抽出することは現実的でないが、同種のスクラップを集めて同種の合金をリサイクルすることで、レアメタルの価値を活かすリサイクルの促進についても検討する必要があるだろう。

5-3. 国内資源循環のモニタリング指標について

第4章で対象部品ごとの課題と現状、第5章で全体としての具体的な施策について検討した。しかし、これまで述べてきたようなリサイクル推進に向けた取組が実行されても、資源循環の定量的な指標がなければ、そうした取組が有効であったかどうかの判断が出来ない。例えば、自動車メーカーによって解体性向上に向けた取り組みが既になされているが、それによって国内資源循環がどのように変化したかは不明である。

また、自動車リサイクル法においては、ASR等の再資源化目標が設定されており、このリサイクル率に関しては定量的な把握が行われている。その一方で、使用済自動車全体での解体・破碎工程と一体化したリサイクルについては、定量的な把握がされていない。今回のアンケート調査は、こうした把握を試みたとも捉えられるが、本調査の経験や反省等も踏まえた上で、国内資源循環をモニタリングする新たな指標について最後に検討する。

■ 再資源化業者への調査の実施

自動車のリサイクル率を定量的に把握する上で、最もシンプルな方法が含有量とリサイクル量の差を求めることである。使用済自動車に含まれる資源量については、本調査でも推計したが、リサイクル量を把握するためには、自動車由来資源のリサイクル量を調査する必要がある。但し、実際には再資源化業者側で自動車由来の資源とそうでない資源を分けていることはほとんどなく、破碎業者等において中間処理を施された場合や、非鉄精錬によって炉に投入される場合には、何に由来する資源かを特定することは困難である。実際に、今回の調査でも基板類のリサイクルについて再資源化業者へのヒアリングを試みたが、自動車由来資源の資源量は不明とのことであった。

その一方で、駆動用モーターからのネオジム抽出や、次世代自動車用蓄電池の再資源化のように、リサイクルの実施事業者が少なく、資源の由来が判明しやすいものについては、リサイクル量が把握できる可能性もある。

■ 貿易統計による項目の追加

今回の調査において、最も把握が困難だったのは実際の輸出量である。第3章でも繰り返し述べてきたように、解体業者へのアンケート調査のみでは、解体業者から仲買業者等へ販売された後の行方が把握仕切れないケースが多い。アンケート結果としては国内向けの販売という回答だったとしても、実際には輸出されている量も多分に含まれていると考え

られる。また、解体業者およびその先の仲買業者では、常に同一の業者に販売しているとも限らず、金属資源のように市況によって価格が変動するものについては、複数の取引先の中から都度高値で販売できる業者へ引渡しているケースも多いと考えられる。

こうした変動する輸出量を把握するためには、最終的に輸出される出口での数量的把握が最も効果的である。現在の貿易統計では、中古部品の輸出に関する項目は中古タイヤを除いて存在しないため、中古部品輸出の正確な実態を把握することが困難である。また、資源としての輸出に関しても、各製品以外には「各金属のくず」という形でしか割り振りがないため、実際にどのような荷姿でどのようなものが輸出されているかの把握が難しい。第4章でみたように、例えば中国では「銅回収を主とした廃モーター等（廃電線、ケーブル、電気機器を含む）」といった項目にコードが振られており、今回は取得できなかったものの、より詳細な実態の把握できる可能性がある。

使用済自動車由来の国内資源循環を考える上で、中古部品および廃棄物としての資源がどの程度輸出されているかを把握できれば、貴重なモニタリングの指標となるだろう。

■ 主要部品へのトレーサビリティ機能の追加

貿易統計と同様に、輸出された中古部品や資源の数を特定する方法として、エンジンや駆動用モーター、バッテリー等の主な部品について、ICチップ等を搭載することでトレーサビリティ機能を付加することが考えられる。現在自動車の識別番号としては車台番号が、エンジンにはエンジンナンバーが用いられているが、一部の国内販売分を除いて、中古部品の流通までは把握しきれていない。部品単位での固体識別およびその追跡が可能になれば、対象部品の輸出量や廃棄量を明確にすることができる。

また、自動車由来の資源流通を把握する上で困難となるのが、家電や他の電子機器と異なり、中古部品として流通するケースが多いことである。つまり、ある部品が中古部品として流通しているのか、資源として流通しているのか、それともリビルト用途で流通しているのか、こうした用途が買い手の判断に任されている場合が多く、販売している側からは不明であるということである。そのため、各状態にある部品の量を把握することができれば、資源のモニタリング指標としても重大な意味を持つ。

また、世界各国に輸出される中古車は輸出後の行方が不透明で、途上国等では最終的に不適正な処分が行われている懸念もある。こうした場合にトレーサビリティ機能を強化すれば、中古車や中古部品の最終的な行方や、世界各国での自動車の寿命を把握する上でも大きな手がかりとなる可能性もある。