

3. 北九州エコタウン立地企業の集積を利用した効率的な企業間連携及びリサイクルに伴う CO2 排出削減効果の経済価値への転換による循環資源（廃棄物）の調達拡大及び再生資源（リサイクル製品）の供給拡大の検証

3.1 北九州エコタウンのモデル事業

3.1.1 エコタウン地域の取組状況

(1) 北九州エコタウンの特徴

① 企業・人材等の集積

北九州エコタウンには、平成9年7月にエコタウン事業の承認を受けた後、平成10年4月に「北九州エコタウンプラン 実施計画」を策定し同市若松区響灘地区で事業を開始した。平成10年7月には、西日本ペットボトルリサイクル（株）が最初のエコタウン補助金の支給を受けて操業を開始したことを皮切りに、平成22年11月までに北九州エコタウンの認定事業数（北九州市役所が認定）は29となり、全国のエコタウンでも有数の規模となっている。

このように事業数が増加する間、事業区域も拡大し、現在、北九州市全域まで広がっている。

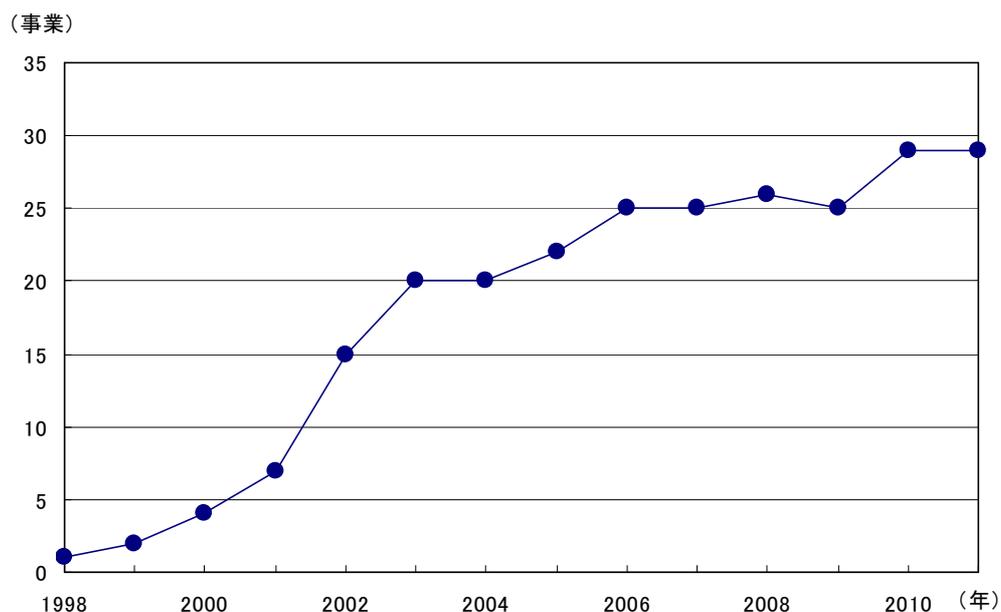


図 3-1 北九州エコタウンの事業数の推移

表 3-1 北九州エコタウンの事業区域の広がり

時期（年月）	区域
事業承認時（平成9年7月）	若松区響灘地区
第2次実施計画策定時点（平成14年8月）	若松区響灘東部地区全体
第2次実施計画〔改定〕策定時点（平成16年10月）	北九州市全域

（出典）北九州市エコタウンホームページ（<http://www.kitaq-ecotown.com/outline/>）より

このような事業の拡大に伴って、民間企業、国等、市からの約 600 億円に上る投資が行われ、地域への雇用創出効果は約 1,300 人との推計もなされており、設備や人材、事業ノウハウなどの様々な集積が地域経営のインフラとなっている。

表 3-2 北九州エコタウンの経済効果・雇用創出効果

投資額	約 600 億円 (民間: 6 割(426 億円)、国等: 3 割(117 億円) 市: 1 割(61 億円))
従業者数	約 1,300 人 (非常勤を含む)

(出典) 花田末広、「北九州エコタウン事業と今後の課題」、持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2010)、IGES ホームページ
(<http://www.iges.or.jp/jp/news/event/isap2010/pdf/day2/Hanada.pdf>、2010)

表 3-3 北九州エコタウン事業に対する補助金 (経済産業省エコタウン補助金分)

ハード施設 (補助対象施設)	事業主体	総事業費	交付額
ペットボトルリサイクル施設	西日本ペットボトルリサイクル(株)	平成 9 年度	平成 9 年度
		529,560 千円	264,779 千円
		平成 10 年度	平成 10 年度
982,750 千円	491,375 千円		
平成 9,10 年度合計	平成 9,10 年度合計		
1,512,310 千円	756,154 千円		
家電製品リサイクル施設	西日本家電リサイクル(株)	平成 10 年度	平成 10 年度
		1,540,591 千円	718,000 千円
OA リサイクル施設	リサイクルテック(株)	平成 10 年度	平成 10 年度
		120,066 千円	48,609 千円
自動車リサイクル施設	西日本オートリサイクル(株)	平成 10 年度	平成 10 年度
		898,824 千円	428,176 千円
蛍光管リサイクル施設	(株)ジェイ・リライツ	平成 12 年度	平成 10 年度
		949,200 千円	400,000 千円
廃木材・廃プラスチック製建築資材製造施設	(株)エコウッド	平成 13 年度	平成 10 年度
		1,825,393 千円	900,000 千円
製鉄用フォーミング抑制剤製造施設	九州製紙(株)	平成 16 年度	平成 10 年度
		826,700 千円	248,010 千円
合計		7,673,084 千円	3,498,949 千円

(出典) エコタウン承認地域の現状、3R 政策、経済産業省ホームページ (2008)より作成
http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r_policy/policy/pdf/ecotown/All-Ecotown.pdf

② 多様な処理対象と事業者間の連携による資源化

全国有数の規模である北九州エコタウンでは多種多様な品目を受け入れている。北九州エコタウンの再資源化対象物は図 3-2 に示すように飲料容器、OA 機器、自動車、建築廃棄物など多岐にわたる。

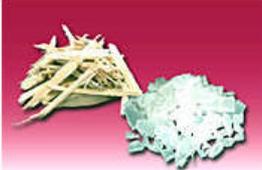
 <p>飲料用ペットボトル (西日本ペットボトルリサイクル(株))</p>	 <p>空き缶((株)北九州空き缶リサイクルステーション)</p>	 <p>古紙(西日本ペーパーリサイクル(株))</p>
 <p>廃蛍光管 (株)ジェイ・ライオン</p>	 <p>発泡スチロール製の魚箱、梱包材、端材など(西日本発泡スチロールリサイクル(株))</p>	 <p>廃食用油 (九州山口油脂事業協同組合)</p>
 <p>OA 機器 ((株) リサイクルテック)</p>	 <p>廃パチンコ台、廃パチスロ台 ((株) ユーコーリプロ)</p>	 <p>使用済み自動車 (西日本オートリサイクル(株)、北九州 ELV 協同組合)</p>
 <p>感染性廃棄物・産業廃棄物 (エコノベイト響(麻生鉱山(株)北九州事業所))</p>	 <p>廃木材・廃プラスチック (PP) ((株) エコウッド)</p>	 <p>溶剤廃液 (高野興産(株))</p>
 <p>廃プラスチック (PP/PE/PS) (高野興産(株))</p>	 <p>建設系廃棄物 (株) NRS</p>	

図 3-2 北九州エコタウンの再資源化対象物一覧

(出典) 北九州エコタウンホームページ (<http://www.kitaq-ecotown.com/torikumi/saishigenlist.php>) より作成

また、図 3-3 に示すように立地企業自らが再生品を市中へ提供するものも多いことが活動の特徴である。

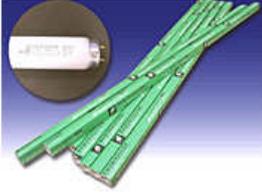
 <p>リサイクル蛍光管((株)ジェイ・リライツ)</p>	 <p>エコMウッド((株)エコウッド)</p>	 <p>家畜用古紙敷料、堆肥化用水分調整材 ((株)西日本ペーパーリサイクル)</p>
 <p>自動車の中古部品(西日本オートリサイクル(株)、北九州 ELV 協同組合)</p>	 <p>再生ペット樹脂 (西日本ペットボトルリサイクル(株))</p>	 <p>再生ペット樹脂を使った製品(西日本ペットボトルリサイクル(株))</p>
 <p>アルミペレット、スチールペレット (株)北九州空き缶リサイクルステーション)</p>	 <p>食用油を精製して出来たリサイクル製 (九州・山口油脂事業協同組合)</p>	 <p>EPS 骨材、EPS 顆粒 (西日本発泡スチロールリサイクル (株))</p>
 <p>プラスチック熱分解油 (A重油相当) (高野興産 (株))</p>	 <p>再生溶剤 (高野興産 (株))</p>	 <p>プラスチック (ABS、PC)、非金属 (導線、くぎ) ((株)ユーコーリプロ)</p>
 <p>木材チップ 石膏紛((株)NRS)</p>		

図 3-3 北九州エコタウンのリサイクル・リユース製品一覧

(出典) 北九州エコタウンホームページ (<http://www.kitaq-ecotown.com/torikumi/recycle.php>) より作成

静脈産業の集積している北九州エコタウンでは、多様な処理対象から廃プラスチックや蛍光管、紙、木くずなどが共通して発生し、エコタウン事業者間の連携によって、ゼロエミッション達成に向け、廃棄物発電を含め効率的な資源化を実施し、その資源化量は約 83,000t に上る。

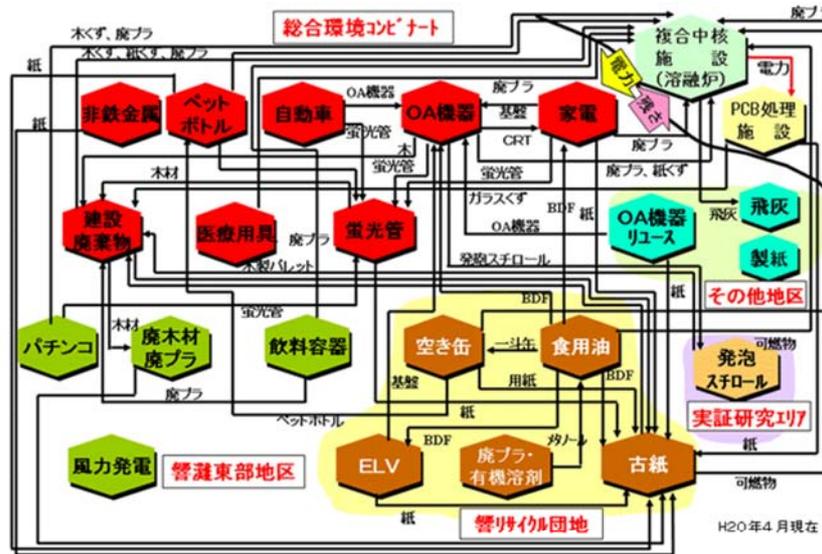


図 3-4 北九州エコタウンにおける処理フロー

(出典) <http://www.kitaq-ecotown.com/torikumi/renkei.php>



図 3-5 北九州エコタウンにおける処理対象と資源化量

③ 地理的近接性による連携効率の高さ

そして、これらの相互処理を可能としているのが北九州エコタウン企業の近接性である。北九州エコタウンは先述の通り北州市若松区響灘地区で開始され、2 度の対象地域の拡大

により市域全域に拡大したという経緯を持つ。これにより特にエコタウン事業の初期から活動する企業を中心に企業集積が非常に進んでいる。写真は北九州エコタウン総合環境コンビナートの航空写真であるが、10以上の立地企業が近接した土地で活動していることがわかる。



写真 北九州エコタウン 総合環境コンビナート

また、総合環境コンビナート外にある企業とも 30～40 分ほどで結ぶことができる。この近接性という特徴は次の背景が関係している。

- 1) 地元の動脈側企業の技術から産まれたリサイクル事業の多さ
- 2) 工業都市という背景による輸送インフラの強さ
- 3) 北九州の環境戦略への魅力

北九州エコタウン事業では、初期の計画の段階から、地元動脈側企業の技術・研究リソースを使ったリサイクル事業が数多く企画され、響灘地区の有効利用というコンセプトもその時期から作られていた。これにより集中的に企業が立地される素地ができていた。

北九州エコタウンのある北九州市は、九州でも有数の工業都市であるため大型車両による輸送を可能とする交通インフラが充実している。若松区と戸畑区を結ぶ若戸大橋や、都市高速により工場地域から市外へ短時間に輸送することが可能である。

また 21 世紀になり進出してきた企業の多くは、北九州市の環境戦略と企業の利害が合致して進出してきた企業も多い。このような条件から北九州エコタウンは物理的距離の近さと、かつ輸送インフラによる結びつきの両面により近接性を実現している。

(2) エコタウンの高度化に向けた検討の経緯

① 新エコタウン部会の設置経緯

北九州エコタウンは「企業・人材等の集積」、「多様な処理対象と事業者間の連携による資源化」、「地理的近接性による連携効率の高さ」といった特徴を持つ。これらを背景として、北九州市では「環境モデル都市」さらには「環境未来都市」を実現していくための産業部門を対象にした推進組織として、平成 22 年 2 月に「北九州市環境産業推進会議」、その下に新エコタウン部会を設けて、更なるエコタウンでの連携のあり方を検討している。

新エコタウン部会の検討目的は以下の 4 点である。

- 今後 10 年のチャレンジ=新エコタウンのイメージ企画「連携」をキーワードに、全ての事業領域・業務工程において実施施策を提案
- 新たな企業価値・地域価値の創出
- リサイクル手法の一段の効率化や資源循環の高度化に資する「企業間連携」を提案
- 結果的に、事業基盤の強化・事業活動の活性化を通じて、国内資源循環を促進すると共に、企業群又はエリア全域の CO2 排出を削減

なお、新エコタウン部会は、平成 23 年度は、本実証事業に関する「エコタウン (ET) 連携に関する研究会」のほか、「太陽光パネルリサイクル研究会」、「リチウムイオン電池リユース・リサイクル研究会」の検討及び実証事業等の実施などを担っている。

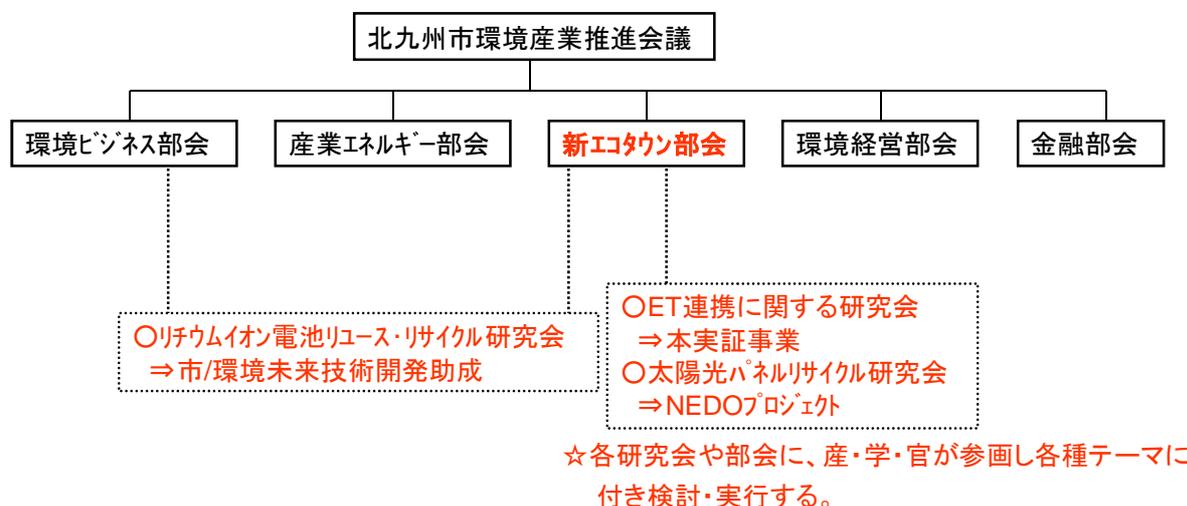


図 3-6 北九州市環境産業推進会議と新エコタウン部会の活動内容

② 新エコタウン部会の平成 22 年度検討結果の概要

平成 22 年度新エコタウン部会では、工場間連携の課題の抽出と今後の主な検討内容について検討が行われた。以下にその概要を示す。

1) 工場間連携の課題の抽出

設備、購入、置場、ユーティリティ、メンテナンスなど、多くの項目でエコタウン事業者間での連携意向のあることを確認した。

表 3-4 平成 22 年度新エコタウン部会で検討された工場間連携の課題

設備	破砕機用刃物の選定(寿命)等コストダウン ⇒刃物調達に関する研究会を実施中
購入	殆どの企業で資材類の共同購入を希望 ⇒フレコンにつき実施中
置場	半数程度で関心(運用や施設要件に課題認識あり)
ユーティリティ	工業用水(冷却、洗浄用)に関心あり (蒸気、ガス、LNGは関心少ない)
メンテナンス	共同委託・共同育成
廃棄物活用	廃棄物の燃料化や資源利活用
共同開発	選別技術 など

2) 今後の主な検討内容

今後の主な検討内容として、入口、輸送、工場間、出口、全体連携など多様な項目が挙げられた。そのうち、出口側の連携に関して、「再生資源類の付加価値向上方策」に関する関心が見られた。

表 3-5 平成 22 年度新エコタウン部会での検討成果～主な今後の検討内容

〈入口〉	<ul style="list-style-type: none"> ・共同営業のツール(HP、パンフ)活用方法の検討 ・廃棄物等発生情報の入手・共有の為の方法検討
〈輸送〉	<ul style="list-style-type: none"> ・空荷車両の利用方法の検討とテスト的運用 ・異種集荷物の集積地活用による積載効率の改善とそのCO2排出削減効果の検証 など
〈工場間〉	<ul style="list-style-type: none"> ・共同購入品目の拡大(パレット、ガソリン、セキュリティ管理) ・置場効率改善の為の共同駐車場の設置 ・設備メンテの共同委託導入に向けた検討 ・廃棄物等の利活用に必要な設備や運用方法の検討 ・協同開発の希望メンバーによる研究会の立ち上げ
〈出口〉	<ul style="list-style-type: none"> ・再生資源類の付加価値向上方策の研究 ・販売での、エコタウンブランドでの販売 (共通ロゴマークの導入、共通販売窓口など)
〈全体連携〉	<ul style="list-style-type: none"> ・規制緩和に関する具体的要望の集約と提案策定 ・特区申請、助成活用のプラン策定 (狙う分野やビジネスモデルの検討) ・共同置場、リサイクルポート利活用方案 ・企業の枠を超えた組織体の編成(協議会など)

③ 平成 23 年度の活動を踏まえたモデル事業のテーマ選定の考え方

1) 平成 23 年度の新エコタウン部会エコタウン相互連携研究会の活動

新エコタウン部会では、平成 22 年度に引き続き平成 23 年度もエコタウン相互連携研究会活動を継続した。平成 23 年度は比較的实现が可能なテーマを取り上げ、3つの分科会を設置して、各リーダーの下、重点的に連携に関する活動を実施した。

- a) 緑地・置場分科会：特例団地における緑地、環境施設の設置に関する研究
- b) 刃物・設備分科会：故障時の即時対応が可能なネットワークの横展開
- c) 共同購入分科会：共同購入による価格変化の検討と商品のデモンストレーション

3分科会の活動報告会において、平成 24 年度以降の活動についても意見が出たが、実際の進め方は今後検討することとなった。

2) エコタウン相互連携研究会の活動を踏まえたテーマ選定の視点

平成 22 年度に検討した「今後の主な検討内容」の中で、エコタウン事業者間で行う取組については既に実施しているものもあったことから、本事業では、エコタウン事業者間だけで解決できない課題（サプライチェーンでの課題）を実証実験のテーマとして取り上げることとし、出口側の連携として挙げた「再生資源類の付加価値向上方策」を、本事業の実証実験テーマの選定の視点に置くこととした。

3.1.2 モデル事業の狙いと実験対象の選定

(1) モデル事業の狙い

平成 20 年度調査で全国のエコタウンが「原料の確保」をエコタウン地域、及び補助対象施設の最大の課題として挙げているとおり、北九州エコタウンでも、エコタウン事業の継続的な競争力強化のためには、調達力の強化とそのための国内での資源循環の維持が必要である。エコタウン事業者の処理対象物の中には、消費者等からの収集過程で海外に輸出されているものがあり、また、エコタウン事業者の出口側でも海外輸出に回っているものもある。調達力強化のためには、国内循環のサプライチェーンを構築することがその方策の一つと考えられる。

そこで、エコタウン事業者間だけで解決できない課題であり、エコタウン事業の競争力強化にも資するテーマとして、「エコタウン事業者以外の事業者と連携した資源の海外流出を抑制するような事業の高度化」を掲げることとした。このテーマは、国内資源循環（国内資源確保）のほか、地域の産業活性化、リサイクル産業の連携といった多様な効果が期待できると考えられる。

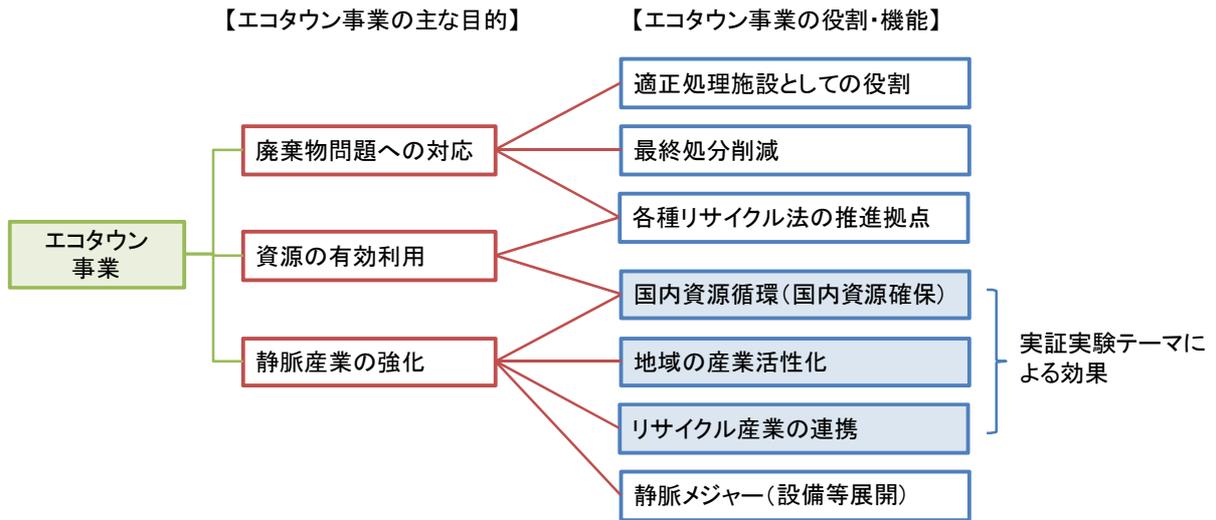


図 3-7 エコタウン事業の役割・機能とそれに対する実証実験テーマによる効果

国内循環のサプライチェーンに関するイメージを以下の図に示す。

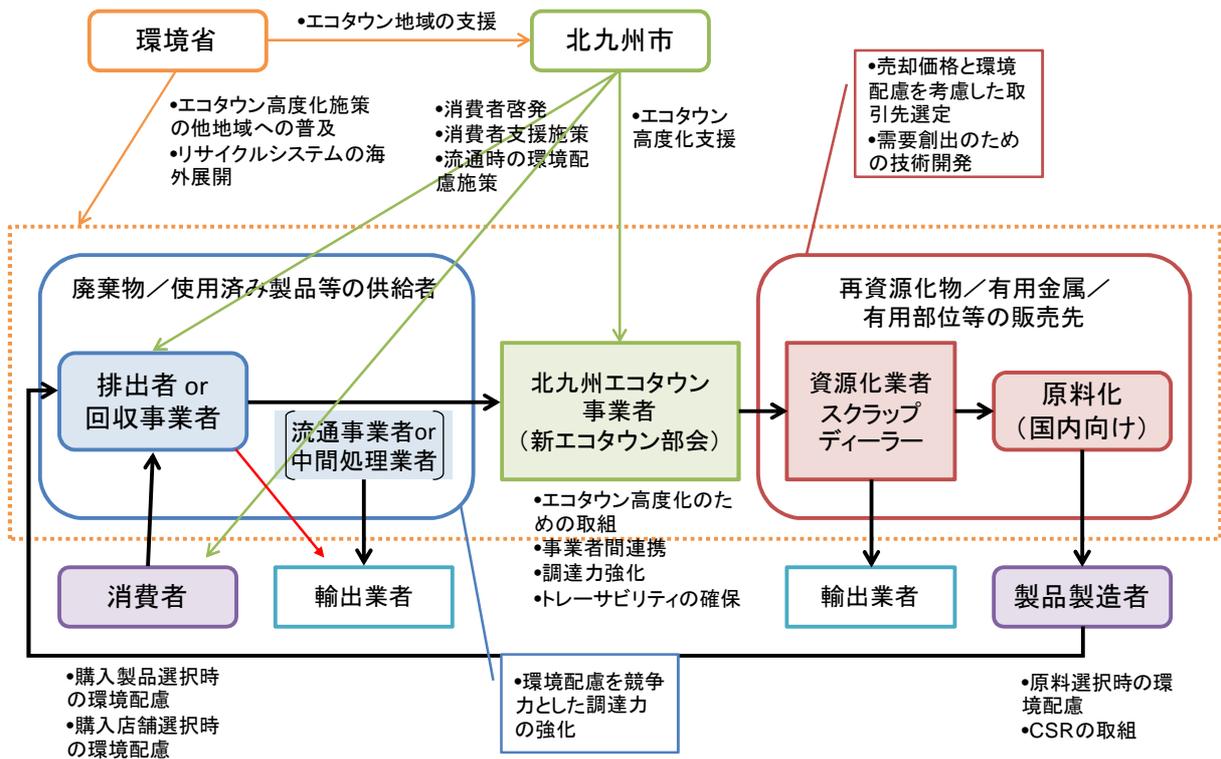


図 3-8 国内循環のサプライチェーンに関するイメージ

(2) 実験対象の選定

以上のようなモデル事業の狙いをもとに実験対象を選定する。選定の基準は以下のとおりである。

- 海外流出割合の高いもの
- 流通量の多いもの
- 国内に一定条件の需要のあるもの
- 複数の対象から発生し、エコタウン横断的な取組として位置づけができるもの

これをもとに新エコタウン部会への幹事企業を中心に検討を進めた結果、ワイヤーハーネスと廃プラスチックを実験対象とすることとした。

表 3-6 実験対象の選定理由

実験対象	選定理由
ワイヤーハーネス	<ul style="list-style-type: none">• 自動車、家電、OA 機器等からの発生• 銅資源の需要はあるものの、処理コストの関係で海外流出が一般的
廃プラスチック	<ul style="list-style-type: none">• 自動車、家電、OA 機器などから広範に発生• 使用済み製品由来のものについては、単一素材の樹脂に国内需要がほぼ限定されており、高度分別が必要

3.1.3 モデル事業に係わるリサイクルの現状と実験仮説の検討

(1) ワイヤーハーネス

① 現状

2009 年の全国における使用済自動車台数は約 392 万台であり、1 台当たりの使用済み自動車から回収可能なワイヤーハーネスと銅の重量をそれぞれ約 14kg/台、約 7kg/台⁵と仮定すると、2009 年のワイヤーハーネスと銅の回収可能量はそれぞれ約 55 千 t/年、約 27 千 t/年と推定される。

また、経済産業省関東経済産業局調査⁶によれば、使用済自動車からワイヤーハーネスを回収している事業者のワイヤーハーネスの処理方法の約 95%は、中国を中心とした海外への輸出であり、その理由は、ワイヤーハーネスから銅を分離するための国内処理コストが高く、輸出用の方が高く買われるためと考えられている。

さらに、同調査では、海外輸出向け購入価格として 100～150 円/kg が多いとされているが、エコタウン事業者に対するヒアリングによれば、平成 23 年 11 月現在には、雑銅線（銅分 43%）であれば約 230～240 円/kg で売却可能であったとされ、海外輸出向け価格は上昇傾向にある。

⁵ 平成 22 年度 3 R システム化可能性調査事業「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回収システム事業化の可能性調査」経済産業省中国経済産業局

⁶ 「使用済自動車解体工程から発生する副産物の 3 R システム構築調査報告書」、平成 18 年 3 月、経済産業省関東経済産業局

② ヒアリング

取扱資源の国内・国外の販売状況や国内循環の当たりのインセンティブ、実証実験への協力可能性について確認するため、主にエコタウン事業者と金属・非鉄金属について取引のある事業者3社を対象に、ヒアリングを実施した。その概要は下表のとおりである。

表 3-7 ヒアリング結果の概要（金属・非鉄金属関係）

	取引資源	ヒアリングの概要
A 社	金属・非鉄金属関係	<ul style="list-style-type: none"> ・エコタウン事業者とワイヤーハーネスの取引 ・ワイヤーハーネスはロットが集まれば施設を入れて処理する可能性あり。採算性重要。
B 社	金属・非鉄金属関係	<ul style="list-style-type: none"> ・九州の家電基板のほとんどが同社に集中。再生品はほとんど国内に販売。プリント基板等の高付加価値販売ノウハウ・技術を持つ。 ・リーマンショックを経て、再生品の安定供給の重要性について取引先の理解が進んだ。
C 社	金属・非鉄金属関係	<ul style="list-style-type: none"> ・現状で、金属系の資源は95%以上国内循環。高く買ってもらえる工夫を実施。 ・取引先からは、価格だけではなく供給の安定性などの総合的基準で評価されている。

③ 実験における検証内容

銅スクラップの価格は、国際価格に基づいて取引される場合が多い。海外では処理コストを安く抑えることができるため、高い価格でワイヤーハーネスを販売し、多くの利潤を得ることができる。国内資源循環を進めるためには、国内での異物除去のコストをできるだけ抑えて、それを上回る利潤を得ることが必要である。そこで、実験では、ワイヤーハーネスからの銅分の抽出コストを効率化して、その価格差をどこまで縮めることが可能なかを検証する。

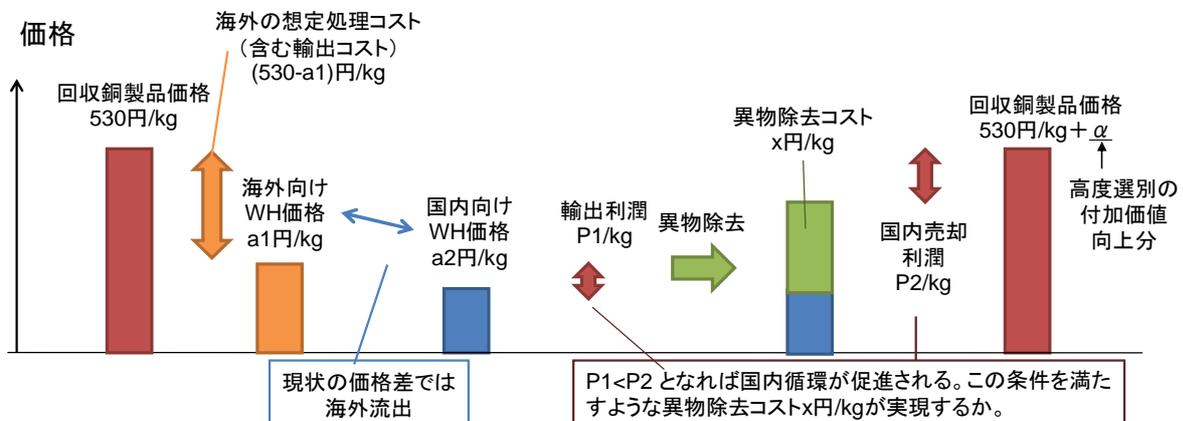


図 3-9 国内循環を促進するための国内処理価格の考え方

(2) 廃プラスチック

① 現状

乗用車1台で使用されているプラスチック（合成樹脂）の重量は119kg⁷と推計される。関東経済産業局の調査⁸によると、国内で需要のある廃プラスチック樹脂は、基本的に単一樹脂化したものに限定され、その価格はPPで10円/kg～40円/kg程度とされ、バージンPP樹脂の価格150円/kg程度に比べると大幅に安い。

一方、単一樹脂化されていないものは、国内では逆有償の廃プラ（産廃の廃プラ）となる可能性が高いが、輸出目的では、単一樹脂化されていなくとも有償で売却されることが一般的である。

② ヒアリング

ワイヤーハーネスと同様、取扱資源の国内・国外の販売状況や国内循環の当たってのインセンティブ、実証実験への協力可能性について確認するため、主にエコタウン事業者と廃プラスチックについて取引のある事業者3社を対象に、ヒアリングを実施した。その概要は下表のとおりである。

再生樹脂の製造においては、従来の着色における制約を克服するような技術を開発し、さらに既存の設備を活用して低コストで製造を行っている事例も見られる。

表 3-8 ヒアリング結果の概要（廃プラスチック関係）

	取引資源	ヒアリングの概要
D社	廃プラスチック関係	<ul style="list-style-type: none">・エコタウン事業者から純度の高いPPの供給を受けている。・PPのリサイクル技術を開発。特許を取得して事業化。・リサイクル樹脂は、高付加価値製品として、自動車用（内装材）、家電用、住設機器などの製品に利用。
E社	廃プラスチック関係	<ul style="list-style-type: none">・混合プラの場合、国内需要のある樹脂として選別する技術や設備はある。・しかし、日本メーカーの樹脂利用の基準は厳しい。また、再生材用の金型への投資も課題。
F社	廃プラスチック関係	<ul style="list-style-type: none">・国内循環が可能な廃プラを有償で買い取り、コンパウンド化して原料として販売。工場からの廃材が多い。取扱樹脂はPPが最も多く、PP、PE、ABSなど汎用樹脂が対象。・質の悪いものも含めてまとめて買い取りを行う業者が、排出事業者にとって喜ばれる傾向がある。・自動車リサイクルでは、樹脂部品の手解体、破碎して単一樹脂を選別することが国内循環強化につながるのでは。

⁷ 日本自動車工業会「日本の自動車工業 2002」、自動車検査登録協会「諸分類別自動車保有車両数」を用いて推計。

⁸ 関東経済産業局「使用済自動車解体工程から発生する副産物の3Rシステム構築調査報告書」, 平成18年3月

【PPのリサイクル事業の概要】

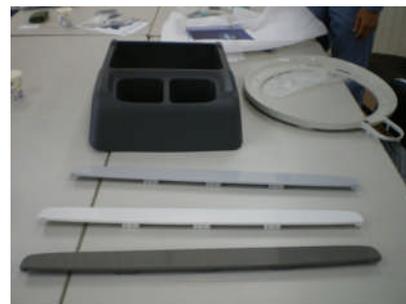
- PPのリサイクル技術を開発。特許を取得して事業化。
- 特に、従来リサイクル材の場合に見られた模様などを消し、色を付け替えて、従来難しかった目に見える部品として再利用できる技術が特徴。
- PPコンポジットバージン材を生産していたがPPからは撤退。コンポジット施設を残してリサイクル事業を始めたもの。技術としては上記のコンポジット技術があることが前提で事業化を実施。
- 今後はPP用のリサイクル技術を用いてABSでも同様のリサイクルを行う計画あり。

【リサイクル樹脂の販売引渡先】

- リサイクル樹脂は、高付加価値製品として、従来の目に見えない部分の部品ではなく、自動車用(内装材)、家電用、住設機器などの製品に利用されている。
- 家電用については、家電to家電のクローズドループのリサイクルを実施中。
- リサイクル樹脂利用メーカーによるCSRレポートでの公表例あり。

【廃PPの引取条件】

- 調達側では、PP99%以上であることが必要(99.3~99.4%程度が現状)。
- 基本的に家電リサイクル工場や成型時の端材などが主。
- 自動車由来のPPも調達したいが、ASRでは油分など不純分が多く、使えない状況で、手解体の部品のみを使用。
- その他容器包装プラも不純物が多く、調達対象ではない。



利用用途例(左上:自動車内装、右上:照明型枠、下:家電製品の部材(利用者の目にとまる部材でも利用))



従来のリサイクル材に見られるシミ

図 3-10 リサイクル樹脂の高付加価値製品としての利用例 (D社)

③ 実験における検証内容

ヒアリングを行ったF社では、一定の品質を持った汎用樹脂(PP、PE、ABS)を有価で買い取り、コンパウンド化によって再生樹脂(機能プラ)を製造し、それを国内メーカーへの販売(国内循環)していた。

そこで、使用済み自動車及び廃家電の廃プラスチック部品から、再生樹脂原料となりえる可能性のあるものを選定した上で、それを解体・分別し、それが再生樹脂原料として要求する品質に適合するのかが、また、解体・分別コストを売却益が生み出せる範囲に抑えられるかどうかを検証する。

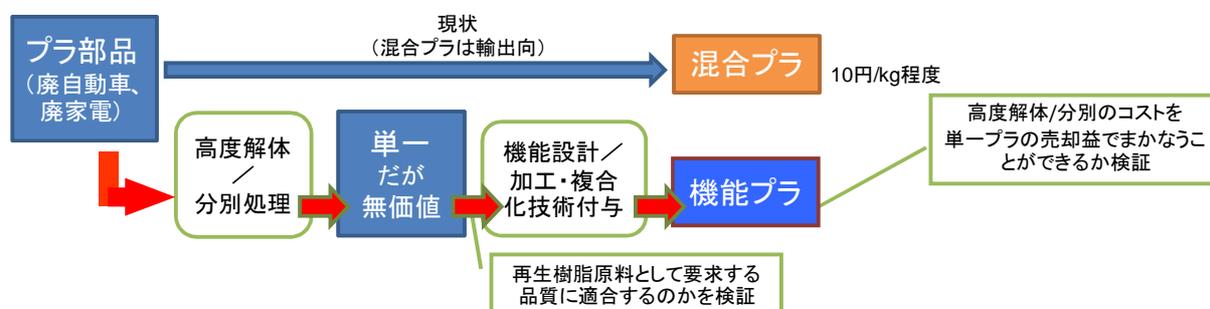


図 3-11 国内循環を促進するための廃プラスチックの解体・分別実験の考え方

3.2 モデル事業の内容と実施結果

3.2.1 ワイヤーハーネス実験

使用済み自動車から回収したワイヤーハーネスを、2つのルートを用いて銅(ナゲット銅)回収処理を行った。同処理において、コスト的に及び品質的に前処理(ナゲット処理の前に、付属する異物を事前除去すること)が重要なポイントであり、旧来の人手に替えて2方式の機械前処理を採用し、比較評価を行った。2方式の機械前処理とは、2軸破碎機+選別(以下、機械前処理方式①)とCFS⁹+選別(以下、機械前処理方式②)であり、何れもワイヤーハーネス中の銅線部分をできるだけ破碎せずに破碎・選別することを試みた。

なお、原料ワイヤーハーネスの価値を上げるため、ワイヤーハーネス自体の回収時に、大型の付属物であるメーター・スイッチボックスを予め除去した。これは機械前処理方式①と機械前処理方式②において共通であり、従って機械前処理においては、それ以外のハーネス保護カバー・コネクタ等の付属異物を分離除去した。

(1) 処理ルートと処理量

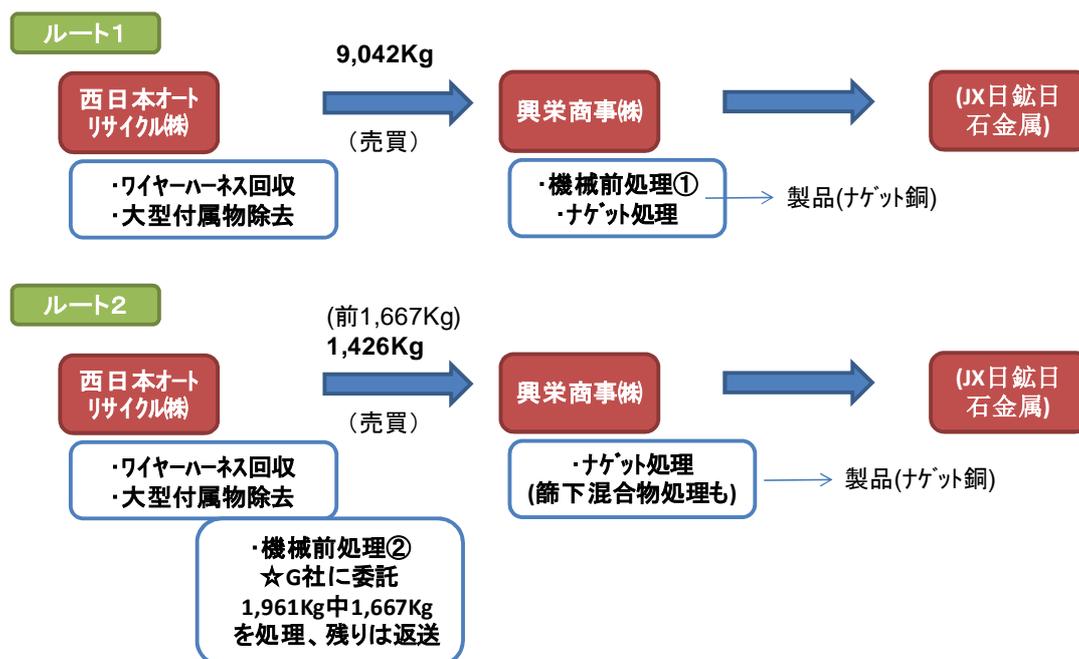


図 3-12 処理ルートと処理量 (ワイヤーハーネス)

(2) 処理工程毎の処理実績 (機械前処理方式①、②共通)

① 大型付属物除去……(写真1～2)

使用済み車の解体ラインにおいてワイヤーハーネスを回収(通常作業)するが、回収と同時に、逐次ハーネスに付属する大型の付属物であるメーター・スイッチボックスを除去(今回実験)した。

⁹ クロスフローシュレッター破碎機。

写真1 ハーネス付属異物除去作業



写真2 ハーネス付属異物品



② フレコン詰め、発送……(写真3～6)

大型付属物を除去したワイヤーハーネスの、人手によるフレコン詰めを行った。通常はバラ積み込みであるが、今回は、トレーサビリティを確保する目的でフレコン詰めとした。合計37袋で、内31袋を1グループ.(ルート1)とし、6袋を別のグループ.(ルート2)とした。

写真3 ハーネスを詰めたフレコン



写真4 ハーネスフレコンの出荷作業①



写真5 ハーネスフレコンの出荷作業②



写真6 ハーネスフレコンの出荷作業③



(3) 処理工程毎の処理実績（機械前処理方式①）

① 異物除去

西日本オートリサイクル㈱によって大型付属物が除去されたものから、さらに以下の3種類の方法で異物除去を行った。

1) 粉砕機投入前の手解体による異物を完全除去（前処理①）

銅の異物を完全に除去し経費をかけた分、伸銅メーカーに納入出来るレベルの品位にて高価売却を狙うもの。伸銅メーカーへの納入可能レベルに選別するため、異物（PVC被覆と非メッキ芯線以外）を完全に除去する必要がある、ハサミ等を用いて人手による解体、選別を行う。

ハーネスをまとめるのに使用されているビニールテープの除去と、フレコン内で絡み合っているハーネスから粉砕機に投入できる適量を切り出す処理に莫大な時間を要した。処理量は粉砕機投入前の状態まで仕上げるのに14 kg/30min（1人工）にかかったため、この時点で経費がかかりすぎると判断し実験を中止した。

2) 粉砕機が粉砕できないものみの手解体による異物除去（前処理②）

バッテリーに接続されている端子等、粉砕機に直接投入すると粉砕機が破損する箇所のみを手解体にて除去し、ある程度の品位低下は見込みつつ精錬所に納入可能なレベルを目指すもの。

ビニールテープを除去する必要は無いものの、この方法も同じく絡み合ったハーネスを取り出し、切り分け異物等を除去するのに莫大な時間（204 kg/2.25 h（1人工））を要した。こちらもやはり経費がかかりすぎると判断し実験を中止した。

3) ハンマークラッシャーにて破碎後、手選別による異物除去（前処理③）

人手による前処理の効率アップを狙い、ハンマークラッシャーにて異物を分離し手選別にて異物を除去するもの。連続処理により処理量の大幅増を期待するが、コネクタの真鍮はおそらく除去しきれないため、前処理②と同様、精錬所に納入可能なレベルを目指す。具体的には、ハンマークラッシャーに投入、ハーネスに付着している異物をはがし手選別コンベアにて異物を除去し、粉砕機への投入の手間を楽にするため、そのまま一軸の剪断式破碎機にてある程度細かく破碎する。

絡まったハーネスがまとまった状態で破碎室に落下し、破碎室の中で詰まりローターが停止するという事態が発生したため、当初の想定より時間を要した。多い日で1日に4回、破碎機を止めざるを得ない状況になり、当初8～16hで完了するであろうと思われていた破碎時間が28hと大幅増となった。処理量は8,731 kg/28h（3人工）である。内訳は2次加工行き電線（写真7）が8,218 kg、プラスチックPVCゴム等混合産廃（写真8）が385 kg、バッテリー端子等主に真鍮を主成分としたミックスメタル（写真9）が8 kg、破碎機ライン内に残留もしくは集塵機に吸われたと思われる重量が120 kgであった。

表 3-9 各処理の実際の処理量とかかった時間、および人工

	処理量	処理時間	人工
前処理①	14kg	0.5h	1人
前処理②	204kg	2.25h	1人
前処理③	8,731kg	28.0h	3人

表 3-10 前処理③にて選別された重量と構成比

	重量	比率
二次加工行き電線破砕物	8,218kg	94.1%
プラスチック、PVC、ゴム等混合	385kg	4.4%
ミックスメタル	8kg	0.1%
ライン残留、粉塵	120kg	1.4%

写真7 二次加工行き電線破砕物



写真8 プラスチック、PVC、ゴム等混合



写真9 ミックスメタル



② 粉砕選別

前処理にかけたハーネスを粉砕し選別機にて分離を行った。前処理①については少量なため、選別機にて個別処理を行わなかった。前処理②については選別後の出来が前処理③と違いがなかったため一括処理を行った。処理時間は81h、生産した銅(写真10)の総量は4,947kg、PVC他プラスチック混合産廃(写真11)は3,271kgであった。

表 3-11 粉碎選別後の重量と構成比

	重量	比率
銅	4947kg	60.2%
プラスチック、PVC ゴム等混合産廃	3271kg	39.8%

写真 10 銅



写真 11 プラスチック、PVC、ゴム等混合産廃

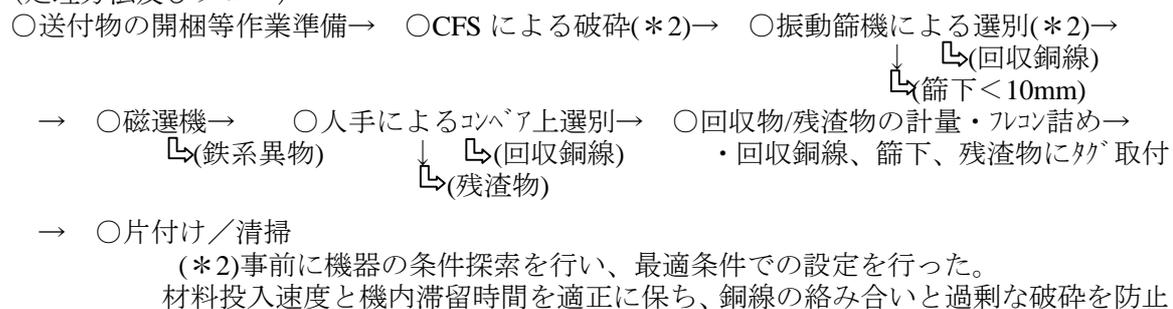


(4) 処理工程毎の処理実績（機械前処理方式②）（写真 12～29）

① 異物除去

旧来の人手に替えて機械前処理②を行うため、西日本オートリサイクル㈱から委託する形で G 社において、CFS(機種 ; S-1000)を用いた破碎と付属物選別処理を行った。ここでは、大型付属物以外のハーネス保護カバー・コネクタ等の付属異物類を分離除去した。

(処理方法及びフロー)



G 社への委託業務実施中において、西日本オートリサイクル㈱の技術者 2 名が立会し、データ計測と作業監視及び作業支援を行うと共に、業務終了時において検査を行った。

写真12 機械前処理 CFS 破砕機①



写真13 CFSコンベア部②



写真1 機械前処理 CFS 磁選機 排出口



写真2 機械前処理 CFS 集塵機



写真14 機械前処理 破砕機投入前処理作業



写真15 投入前処理をしたハーネス



写真 16 破碎機投入作業①



写真 17 破碎機投入作業②



写真 18 振動篩機からのハーネス回収作業



写真 19 振動篩機から回収したハーネス



写真 20 振動篩機下



写真 21 振動篩機下から回収したハーネス(10mm↓)



写真 22 コンヘア上の磁選機



写真 23 磁選機で回収した鉄系異物



写真 24 人手によるコンヘア上選別作業



写真 25 コンヘア上より回収したハーネス



写真 26 最終異物(残渣物)排出口



写真 27 最終異物(残渣物)



② 粉碎選別

西日本オートリサイクル㈱にて処理されたハーネスは細かく剪断され異物も少ないように見受けられたため、粉碎機を損傷させるような異物の混入が無いか確認しつつ直接粉碎選別機に投入することとした。なお、エコタウン事業者によって持ち込まれたフレコンの中に、細かく剪断され粒度 10 ミリを下回る状態になった物を集めたフレコンが 1 袋あった。こちらでも個別にデータを取り、可能性を検討した。

先に述べたとおり、西日本オートリサイクル㈱にて一次処理をかけたハーネスは若干、粉碎不可能な異物が残っていたものの、興栄商事にて 1 次処理をかけたものと状態が似ていたため、異物を確認しながら直接、粉碎選別機に投入することにした。結果は興栄商事 1 次加工品とほぼ同等品質の銅 729 kg に対して混合産廃 389 kg だった。10 ミリアンダー品については分けて粉碎選別を行い、銅 137 kg、混合産廃 149 kg が得られた。なお、10 ミリアンダー品から得られた銅（写真 30）についてはかなりの量の真鍮端子混入が見られるため銅品位の低下（価格の下落）が懸念される。

表 3-12 一次加工ワイヤーハーネス粉碎選別後の重量と構成比

	重量	比率
銅	729kg	65.2%
プラスチック、PVC ゴム等混合産廃	389kg	34.8%

表 3-13 一次加工 10 ミリアンダーワイヤーハーネス粉碎選別後の重量と構成比

	重量	比率
銅	137kg	47.9%
プラスチック、PVC ゴム等混合産廃	149kg	52.1%

写真 30 10 ミリアンダー品から得られた銅



(5) 計測データのまとめ

計測データの一覧を下表に示す。

表 3-14 計測データ一覧表

測定項目		原ハーネス (参考値)	大型付属物除去後 WARC 出荷 興栄入荷	機械前処理後 (前)	ナゲット 処理後
ルート 1	重量(kg)	11,431(注 2)	9,042	(8,935) → 8,218	4,947
	(% vs 原)	(100)	(79.1)	→14kg は off	(43.3)注 3
ルート 2	重量(kg)	2,107(注 2)	1,667	(1,118+307)→ 1,428	877
	(% vs 原)	(100)	(79.1)	(67.7)	(41.6)

注 1) 能率等コストに関わる諸データは、「3. 実験結果の評価」において記述

注 2) 後述の H 社のコネクタ等付属物の人手による分離除去実績から推定したもの

注 3) off した 14Kg 相当を減じた原ハーネスに対する比率

(6) 技術的課題

手解体については絡まったハーネスを粉砕機に投入可能な量に分離する作業があまりに困難なのと、コルゲートチューブ、ビニールテープ、芯線が太い電線等が切断を大きく妨げ、効率を上げることが最後まで出来なかった。効率を上げるために機械を用いて予め剪断しておくという方法も考えられるが、ただでさえコスト高の手解体にこれ以上の手間をかけるのは事実上不可能だと思われる。

ハンマークラッシャーによる前処理は当初 1、2 日で全量処理が終わると見込んでいたが、終わってみれば 4 日弱と予想の 2 倍近くの時間が必要だった。時間がかかった最大の要因としては、やはりローターのロックによるところが大きいですが、それ以外にも電線の抜けが悪く必要以上にハーネスを粉々にしていた為、処理スピードが思ったほど伸びなかった。今後の解決策としては、剪断式の破砕機で破砕する、少量ずつ定量供給する工夫などの対策が必要だと思われる。

粉砕選別機については処理を急いだ結果、粉砕機のロックやローターが熱を持つ事によってビニールテープ等が溶け、選別困難になる場合があり時間的ロスが発生した。この量を短時間で処理する為にはもう少し処理能力の高い粉砕選別機が必要だと感じる。

3.2.2 廃プラスチック実験

使用済み自動車及び使用済み家電から回収した廃プラに、価格又は非価格付加価値を付与する加工等を行った。対象とする廃プラの選定は、コスト(価格)競争力の故に樹脂原料として輸出に回っている廃プラ類と、国内では有償化できず素材再生用には回収されていないものを選んだ。これらの材質評価と、再生原料化する際の材質・機能設計及び適用する樹脂製品の選定が重要なポイントとなる。これに合致するよう廃プラ部品の回収と異物除去を行い、樹脂再生処理会社のノウハウを活用することで付加価値の向上を図った。

廃プラの回収から再生樹脂原料の出荷に至るサプライチェーンを通じて、価格又は非価格付加価値を付加する実験を行った。

(1) 対象とした廃プラと処理量

	(回収実績量)	(フレコン数)	
①エアコンダクト(PE)	57Kg	2袋	} 12袋
" (PP)	39Kg	1袋	
②ヒーターコアケース(PP-白)	50Kg	1袋	
" (PP-黒)	57Kg	1袋	
③エンジンアンダーカバー	(PP) 55Kg	2袋	
④スプラッシュシールド	(PE) 82Kg	2袋	
⑥ラジエーターグリル(ABS)	60Kg	1袋	
⑦ウォッシュータンク&ラジエーターリザーバータンク(PP)	63Kg	1袋	
⑧スピードメーターケース(PP)	50Kg	1袋	
⑨家電エアコンファン(PPにGF入り)	82Kg	1袋	
合計	595Kg	13袋	

1)回収状態評価とトレーサビリティ確保の為、回収後未破砕としフレコン詰めで出荷した。

(2) 処理ルート

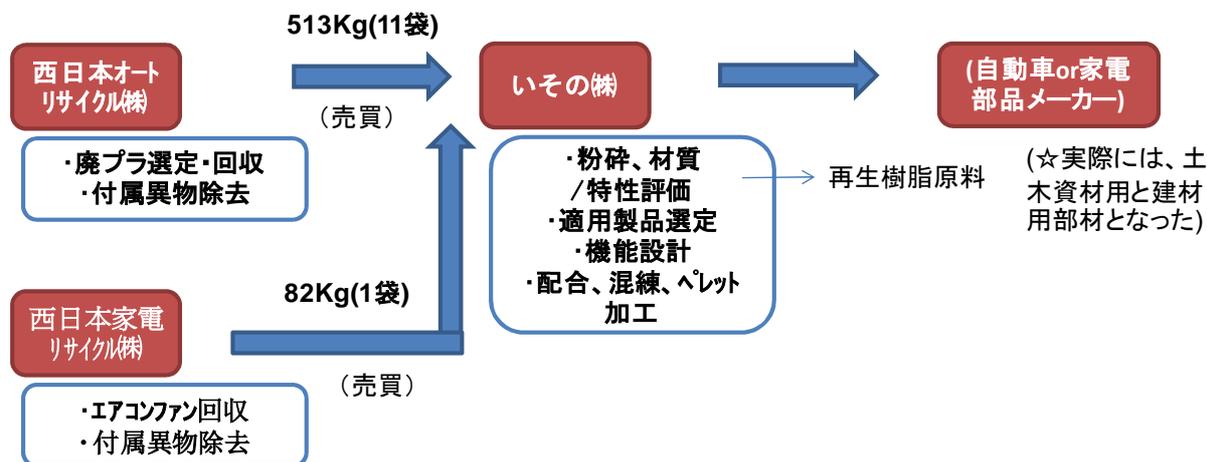


図 3-13 処理ルートと処理量 (廃プラスチック)

(3) 処理工程毎の処理実績

① 西日本オートリサイクル、西日本家電リサイクル分

1) 廃プラ選定と回収……(写真 31～40)

いその㈱における樹脂再生加工で付加価値が付与できるよう、回収する廃プラ部品類の性状を勘案し部品種類を選定した。

使用済み車及び家電の解体ラインにおいて、選定した廃プラ部品類を回収(一部は通常作業)した。

写真 31 エアコンダ外《PE》



写真 32 エアコンダ外《PP》



写真 33 ヒートコアケース(白)《PP》



写真 34 ヒートコアケース(黒)《PP》



写真 35 エンジンアンダーカバー、スプラッシュシールド《PP》



写真 36 エンジンアンダーカバー、スプラッシュシールド《PE》



写真 37 ラジエターグリル 《ABS》



写真 38 ウォッシャータンク&ラジエーターオーバータンク 《PP》



写真 39 スピードメーターケース 《PP》



写真 40 家電エアコンファン 《PP-GF》



2) 付属異物除去

解体ラインで回収した廃プラ部品類から、解体ライン外において人手により付属異物の除去を行った。異物としてはビス類・鉄片・シール等であり、これらは樹脂再生加工時の製造ラインにも大きなダメージを与えるものである。これらの異物除去は、廃プラ部品類を破碎せずに全て人手で行い、いその㈱において回収した部品類の原状が確認できるよう配慮した。従って、出荷時においても未破碎でフレコン詰めし、いその㈱/九州工場へ出荷した。

3) フレコン詰め、発送……(写真 41~42)

通常であれば破碎後フレコン詰め出荷であるが、今回実験では、上記に加えトレーサビリティを確保する目的でも未破碎フレコン詰めとした。合計 13 袋で、廃プラ種類毎に、計 10 個のバーコードタグを付与した。いその㈱/九州工場への輸送には、西日本オートリサイクル㈱の運搬車を用いた。

写真 41 廃プラ出荷写真① (フレコン)



写真 42 廃プラ出荷写真② (フレコン)



② いその分

1) 成型品受入

西日本オートリサイクル(株)及び、西日本家電リサイクル(株)より、各成形品の受入を行った。
各入荷量は表 3-15 に示す。

2) 一時保管

次の粉碎加工までの一時保管状態を以下の写真に示す。



3) 粉碎加工

固体原料を目的に応じて適当な大きさに砕く工程である。1次破碎機 (75 馬力) にて破碎後、2次粉碎機 (50 馬力) にて 12mm アンダーに粉碎した。



			
破砕後、排出状況	2次粉砕機	粉砕後、排出状況	

表 3-15 粉砕状況（入荷量、出来高量含む）

	対象品目	タグNo.	入荷量 (kg)	粉砕出来高量 (kg)	品名/品番/ロット	粉砕前	粉砕後	備考
①	家電エアコンファン (PP-GF)	0000530	80	79	PP/A-1273①/20120216			問題なし
②	自動車 エアコンダクト	PP	0000528	39	36 PP/A-1273②/20120216			問題なし
		PE	0000529	57	50 PE/A-1273②/20120216			問題なし
③	ヒーターケース	PP白	0000526	50	45 PP/A-1273③白/20120216			金属ビス 3個混入あり 
		PP黒	0000527	57	53 PP/A-1273③黒/20120216			問題なし
④	アンダーカバー類 (PP+PE)	PP	0000521	55	52 PP/A-1273④/20120216			問題なし
		PE	0000522	82	80 PE/A-1273④/20120216			問題なし
⑤	グリル(ABS)	0000523	60	50	ABS/A-1273⑤/20120216			問題なし
⑥	タンク類(PP)	0000524	60	50	PP/A-1273⑥/20120216			問題なし
⑦	レンズ類(PC)		入荷なし					
⑧	メーター周り(PP)	0000525	50	45	PP/A-1273⑧/20120216			問題なし

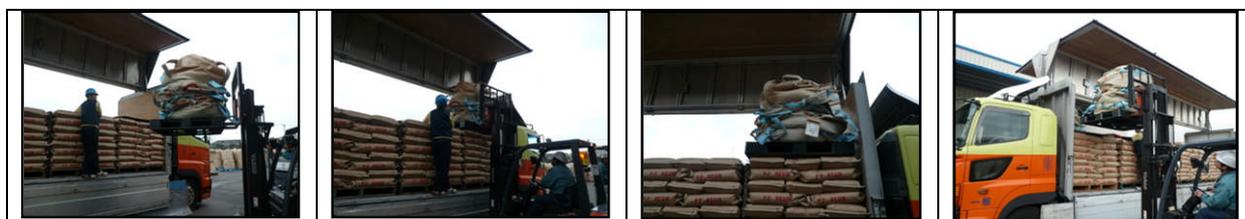
4) 包装/保管

九州工場から稲沢工場への出荷までの保管状況を以下の写真に示す。



5) 出荷

九州工場から稲沢工場への出荷状況を以下の写真に示す。



6) 粉碎受入

九州工場から各粉碎品を受け入れた。



7) 攪拌

粒状あるいは粉状の材料を攪拌機（タンブラー）にて均一化し、混合状態を良好にした。

100kg 用攪拌機



8) 押出加工

粒状或いは粉状の樹脂材料を加熱しながら、スクリューで連続混練りし、ダイから糸状物を押し出し、造粒する工程である。押出機（75mm 単軸押出機）にて、粉碎品をペレット加工し、加工状態、ペレット外観、メッシュ詰り等を確認した。

			
押出機ライン	ホッパー口	ストランド排出口	カッター口

表 3-16 品目別加工状況

	対象品目	タグNo.	加工条件								ペレット外観	メッシュ詰り等		
			C1	C2	C3	C4	D	モーター電流	回転数	水槽温度			使用メッシュ	
			(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(A)	(rpm)	(°C)				
①	家電エアコンファン(PP-GF)	0000530	230	230	230	230	220	25	74	35	なし	良好		
②	自動車 エアコンダクト	PP	0000528	230	230	230	230	220	28	74	35	40/60/40	良好	問題なし
		PE	0000529	230	230	230	230	220	35	74	35	40/60/40	良好	問題なし
③	ヒーターケース	PP白	0000526	230	230	230	230	220	25	74	35	40/60/40	良好	問題なし
		PP黒	0000527	230	230	230	230	220	23	74	35	40/60/40	良好	問題なし
④	アンダーカバー類 (PP+PE)	PP	0000521	230	230	230	230	220	25	74	35	40/60/40	良好	問題なし
		PE	0000522	230	230	230	230	220	32	74	35	40/60/40	良好	問題なし
⑤	グリル(ABS)	0000523	250	250	250	240	230	30	74	35	40/60/40	良好	サージングあり	
⑥	タンク類(PP)	0000524	230	230	230	230	220	28	74	35	40/60/40	良好	問題なし	
⑦	レンズ類(PC)													
⑧	メーター周り(PP)	0000525	230	230	230	230	220	25	74	35	40/60/40	良好	問題なし	

9) 成型加工

外観確認用プレート、物性測定用テストピースの成型加工を実施した。

30t 縦型成形機



10) 物性測定

樹脂の特性を確認するため、メルトフローレート、アイゾット衝撃強さ、表面硬度、比重を測定した。また、環境負荷物質の混入調査のため、蛍光 X 線分析を実施した。

試験項目の概要と使用した機器を下表に示す。

①～⑧（⑦を除く）全て加工面、物性面、外観面、重金属の混入共に問題なく、素材として使用可能である。最終的に PP、PE 樹脂は土木用資材に、ABS 樹脂は建材用部材に使用した。

(4) 再生樹脂適用先のとまとめ

廃プラ種類	出荷重量 (Kg)	粉碎後重量 (前) (Kg)	再生樹脂 種類	適用製品例 (注2)
エアコンダクト(PE)	57	57 50		土木資材用
〃 (PP)	39	39 36		〃
ヒーターコアケース(PP-白)	50	50 45		〃
〃 (PP-黒)	57	57 53		〃
エンジンアンダーカバー(PP)	55	55 52		〃
〃 (PE)	82	82 80		〃
<7>ラジエーターグリル(ABS)	60	60 50		建材用部材
ウォッシャータンク類((PP)	63	60 50		土木資材用
スピードメーターケース(PP)	50	50 45		〃
<10>家電エアコンファン(PP+GF)	82	80 79		〃

(合計) (595) (590) (540)

注1) 能率等コストに関わる諸データは、「3. 実験結果の評価」において記述

注2) 適用製品を選定する余裕なく記載用途に向けたが、<7><10>を除き自動車部品&家電部品に適用可能との評価

表 3-17 試験項目の概要と使用機器

試験項目	概要	試験機器
メルトフローレート	溶融状態にある樹脂の流動性を示す最も簡単な尺度のひとつ。成形性の指数ともいう。	 <p>メルトインデクサー（流動性測定）</p>
アイゾット衝撃強さ	プラスチック材料の衝撃に対する耐久力を測定する試験。	 <p>アイゾット衝撃試験機（衝撃強度測定）</p>
ロックウエル硬さ	プラスチック試料に鋼球を押し付けた時のへこみ深さから表面の硬さを測定する試験。	 <p>硬度計（表面硬度測定）</p>
比重（水中置換法）	物体の質量を、その物体と同じ体積の4℃の純粋な水の質量で割った数値。	 <p>比重計（比重測定）</p>
蛍光X線分析	環境負荷物質（Cd、Pb、Hg、Br、Cr）の含有を調査する試験。	 <p>蛍光X線分析装置（環境負荷物質定量分析）</p>

表 3-18 物性測定結果

	対象品目	タグNo.	メルトフローレート※ ¹	アイゾット衝撃値※ ²	ロックウエル硬さ	比重	蛍光X線分析結果(ppm)					
			(g/10min)	(J/m)	—	—	Cd	Pb	Hg	Br	Cr	
①	家電エアコンファン(PP-GF)	0000530	12.6	22.6	107	1.19	0	2	0	612	42	
②	自動車 エアコンダクト	PP	0000528	2.5	268	80	0.94	0	3	0	7	4
		PE	0000529	0.28	129	45	0.953	12	18	0	11	0
③	ヒーターケース	PP白	0000526	30.6	24.9	102	1.04	3	3	0	1	0
		PP黒	0000527	26.5	27.2	101	1.04	0	4	0	2	0
④	アンダーカバー類 (PP+PE)	PP	0000521	4.5	N.B.	59	0.94	0	2	0	0	0
		PE	0000522	1.1	112	45	0.948	4	1	0	9	0
⑤	グリル(ABS)	0000523	29.7	245	106	—	8	1	0	5	1	
⑥	タンク類(PP)	0000524	3.4	152	76	0.91	0	1	0	0	0	
⑦	レンズ類(PC)											
⑧	メーター周り(PP)	0000525	21.7	13.8	100	1.26	0	5	0	0	0	

※¹測定条件 PP:230°C、21N PE:190°C、21N ABS:200°C、49N

※²測定条件 23°C、ノッチ付

3.2.3 トレーサビリティ実験

(1) 実験内容

エコタウン事業者から出荷した再生資源にバーコード等を付与して、出荷先で荷が到着したと、処理後の出荷先情報の付与等を実施する。追跡単位は、フレコン単位とする。

トレーサビリティの把握は、北九州エコタウン内に事業を構える（社）資源循環ネットワークのトレーサビリティ追跡システムを使用する。なお、既に別途同様にトレーサビリティの把握できている処理ルートについては、新規の追跡実験は実施せず、既存の仕組みを通じてトレーサビリティ情報を収集する。

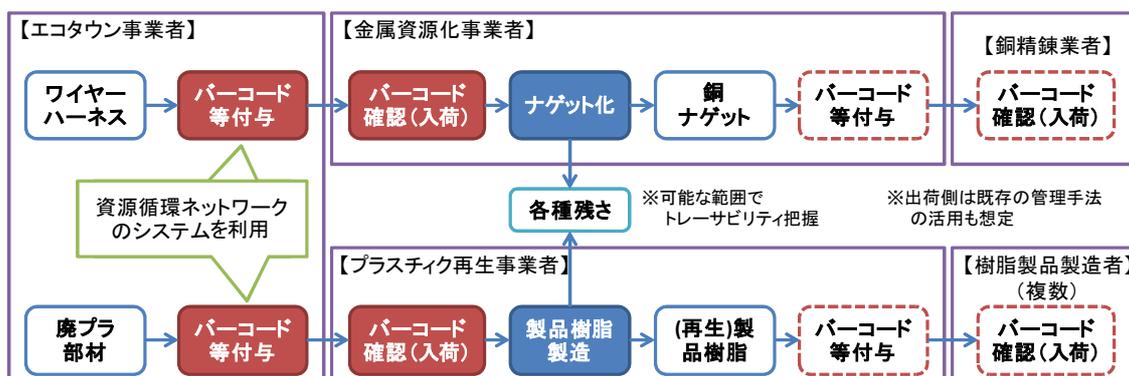


図 3-14 実験におけるトレーサビリティの把握範囲

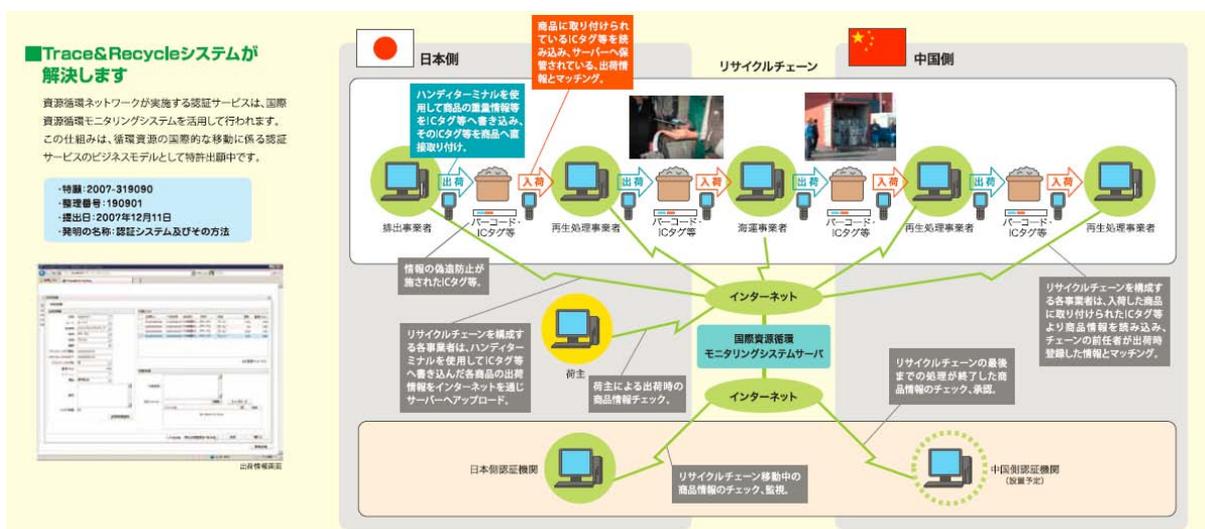


図 3-15 トレーサビリティ情報管理の例

(資料) 一般社団法人資源循環ネットワークパンフレット

表 3-19 トレーサビリティの対象品目

分類	品目		排出事業者
ワイヤーハーネス	①ワイヤー ハーネス	A 直接出荷分	西日本オートリサイクル株式会社
		B 一次処理後出荷分	
廃プラスチック	②エンジンアンダーカバーPP		
	③エンジンアンダーカバーPE		
	④ラジエータグリル ABS		
	⑤ウォッシュータンク PP		
	⑥スピードメーターケース PP		
	⑦エバポレーターケース白 PP		
	⑧エバポレーターケース黒 PP		
	⑨エアーダクト PP		
	⑩エアーダクト PE		
	⑪エアコン外気ファン ABS		西日本家電リサイクル株式会社

(2) 登録事業者

排出事業者である西日本オートリサイクル株式会社、西日本家電リサイクル株式会社、リサイクル（一次処理、二次処理）等を行う興栄商事株式会社、G 社、いその株式会社をシステムに登録した。

(3) トレーサビリティ管理の様子

トレーサビリティ管理の対象とした登録事業者の現地確認（置き場所、排出量、積み込み作業など）を行うとともに、トレーサビリティ管理を行った。なお、ワイヤーハーネスを一次処理した G 社については、遠隔地であることから、本業務では確認対象としなかった（西日本オートリサイクルの職員が確認）。

トレーサビリティ管理の様子

①ワイヤーハーネス



②廃プラスチック



(4) 追跡結果

ワイヤーハーネスと廃プラスチックのうち代表的な追跡結果を以下に示す。

表 3-20 ワイヤーハーネス（機械前処理方式①）の追跡結果

一般社団法人 資源循環ネットワーク
 〒808-0002
 福岡県北九州市若松区向洋町10番地20
 北九州市エコタウンセンター内
 TEL:093-701-9396 FAX:093-751-1005

トレーサビリティ実績報告書（個別表）
 作成日時： 2012年3月1日

1. トレーサビリティ対象物

排出No.	0000000021
排出事業者名	西日本オートリサイクル株式会社
トレース対象物	ワイヤーハーネス
材質	銅・プラスチック
由来物	自動車ワイヤーハーネス

2. リサイクルチェーン

No.	役割	事業所名	所在地	処理内容
1	排出事業者	西日本オートリサイクル株式会社	北九州市若松区	分解・選別
2	一次加工事業者	興栄商事株式会社	北九州市門司区	選別
3	材料化事業者	興栄商事株式会社	北九州市門司区	加工
4	—	—	—	—

3. トレーサビリティ情報の詳細

No.	事業所名	区分	伝票No.	入出荷日	日数	荷姿	個数	重量 (kg)	当該入出荷量 (kg)	増減量 (kg)	増減理由など
1	西日本オートリサイクル	出荷	0000000021	2012/2/14	—	フレコン	31	9,042	—	—	
		入荷	0000000121	2012/2/14	0	フレコン	31	9,042	—	—	
2	興栄商事	出荷①	0000000221	2012/2/14	0	フレコン	31	(9,042)	9,042	9,042	0
		出荷②									
		出荷③									
3	興栄商事	入荷①	0000000321	2012/2/14	0	フレコン	31	(9,042)	9,042	9,042	0
		入荷②									
		入荷③									

4. 輸送情報

径路	西日本オートリサイクル→（交栄商事がトラックで引き取り）→興栄商事
----	-----------------------------------

5. 最終製品情報

現地工場での再生品	銅原料
再生品の主な出荷先	
最終製品（予定）	

※現地工場での再生品は同工場出荷段階での製品である。

6. 異物等の処理状況

異物 処理先			



作成者	確認者	認証者

一般社団法人 資源循環ネットワーク

表 3-21 ワイヤハーネス（機械前処理方式②）の追跡結果

一般社団法人 資源循環ネットワーク
〒808-0002
福岡県北九州市若松区向洋町10番地20
北九州市エコタウンセンター内
TEL:093-701-9396 FAX:093-751-1005

トレーサビリティ実績報告書（個別表）

作成日時： 2012年3月1日

1. トレーサビリティ対象物

排出No.	0000000022
排出事業者名	西日本オートリサイクル株式会社
トレース対象物	ワイヤーハーネス
材質	銅・プラスチック
由来物	自動車ワイヤーハーネス

2. リサイクルチェーン

No.	役割	事業所名	所在地	処理内容
1	排出事業者	西日本オートリサイクル株式会社	北九州市若松区	分解・選別
2	一次加工事業者	佐藤鉄工	富山県中新川郡立山町	一次処理
3	材料化事業者	興栄商事株式会社	北九州市門司区	加工（二次処理）
4	—	—	—	—

3. トレーサビリティ情報の詳細

No.	事業所名	区分	伝票No.	入出荷日	日数	荷姿	個数	重量 (kg)	当該入出荷量 (kg)	増減量 (kg)	増減の理由など
1	西日本オートリサイクル	出荷	0000000022	2012/2/16	—	フレコン	6	1,961	—	—	
		入荷	0000000122	2012/2/20	4	フレコン	5	1,961	—	—	
2	興栄商事	出荷①	0000000222	2012/2/22	6	フレコン	5	(1,183)	1,183	5	一次処理
		出荷②	0000000223	2012/2/22	6	フレコン	1	(307)	307		一次処理（10mm以下）
		出荷③	0000000224	2012/2/22	6	フレコン	1	(182)	182		異物
		出荷④	0000000225	2012/2/22	6	フレコン	1	(294)	294		未処理
3	興栄商事	入荷①	0000000322	2012/2/25	9	フレコン	5	(1,183)	1,183	0	
		入荷②	0000000323	2012/2/25	9	フレコン	1	(307)	307		
		入荷③	0000000324	2012/2/25	9	フレコン	1	(182)	182		
		入荷④	0000000325	2012/2/25	9	フレコン	1	(294)	294		

4. 輸送情報

径路	西日本オートリサイクル→（JRコンテナ）→佐藤鉄工→（JRコンテナ）→興栄商事
----	---

5. 最終製品情報

現地工場での再生品	銅原料
再生品の主な出荷先	
最終製品（予定）	

※現地工場での再生品は同工場出荷段階での製品である。

6. 異物等の処理状況

異物 処理先		

備考：

作成者	確認者	認証者

一般社団法人 資源循環ネットワーク



表 3-22 廃プラスチック（エンジンアンダーカバー）の追跡結果

一般社団法人 資源循環ネットワーク
 〒808-0002
 福岡県北九州市若松区向洋町10番地20
 北九州市エコタウンセンター内
 TEL:093-701-9896 FAX:093-751-1005

トレーサビリティ実績報告書（個別表）

作成日時： 2012年8月1日

1. トレーサビリティ対象物

排出No	0000000001
排出事業者名	西日本オートリサイクル株式会社
トレース対象物	廃プラスチック
材質	PP
由来物	エンジンアンダーカバー

2. リサイクルチェーン

No	役割	事業所名	所在地	処理内容
1	排出事業者	西日本オートリサイクル株式会社	北九州市若松区	分解・選別
2	一次加工事業者	いその株式会社	北九州市若松区	選別
3	材料化事業者	いその株式会社	北九州市若松区	加工
4	-	-	-	-

3. トレーサビリティ情報の詳細

No	事業所名	区分	伝票No	入出荷日	日数	荷姿	個数	重量 (kg)	当該入出货量 (kg)	増減量 (kg)	増減理由など
1	西日本オートリサイクル	出荷	0000000001	2012/2/14	-	フレコン	1	55	-	-	
		入荷	0000000101	2012/2/14	0	フレコン	1	55	-	-	
2	いその	出荷①	0000000201	2012/2/14	0	フレコン	1	(55)	55	55	0
		出荷②									
		出荷③									
3	いその	入荷①	0000000301	2012/2/14	0	フレコン	1	(55)	55	55	0
		入荷②									
		入荷③									

4. 輸送情報

径路	西日本オートリサイクル→（自社持ち込み）→いその
----	--------------------------

5. 最終製品情報

現地工場での再生品	樹脂ペレット
再生品の主な出荷先	-
最終製品（予定）	-

※現地工場での再生品は同工場出荷段階での製品である。

6. 異物等の処理状況

異物 処理先		

備考：

作成者	確認者	認証者

一般社団法人 資源循環ネットワーク



(5) トレーサビリティシステム普及に向けた今後の課題

本実験における登録事業者から得られたトレーサビリティシステム利用についての意見・感想、およびトレーサビリティシステム普及に向けた今後の課題について整理した。

① 登録事業者からの意見

- ・ トレーサビリティにより安心・安全が確保できるのは良いと思う。ただし、トレーサビリティ管理にはコストがかかるため、エコポイントのような利用事業者に対するインセンティブが欲しい。
- ・ 単にトレーサビリティを把握するだけでなく、長期間処理がされていない資源についてのお知らせやリサイクルが完了したことを知らせるメール送付システムなどがあれば、良いと思う。
- ・ 既に独自にRFIDによるトレーサビリティ管理を行っており、これ以上のコストをかける予定はない。ただし、第三者機関によるトレーサビリティ認証は魅力的であり、トレーサビリティ認証によって循環資源の付加価値が上がるならば利用の検討もしていきたい。
- ・ 販売先の指示や社会的要請があれば、トレーサビリティ管理の導入も検討していく。
- ・ 現在のシステムでは情報をアップロードするためのソフトをインストールする必要があり、例えばWEB上で簡単に入力ができる方法などを導入して欲しい。

② トレーサビリティシステム普及に向けた今後の課題

1) トレーサビリティ管理の社会的な地位向上

トレーサビリティ管理の必要性をPRするとともに、排出事業者に対して循環資源リサイクルに関する「安心・安全」意識の高揚を図り、社会インフラとしてトレーサビリティ管理を普及させていく必要がある。

2) コストの削減と作業負担の軽減

トレーサビリティシステムと利用事業者サーバーとのリンクによる相互情報交換の実現、ターミナルアダプター入力からWEB入力方式への変更など、コスト削減と作業負担の軽減方法について検討していく必要がある。

3) より付加価値の高いトレーサビリティサービスの提供

トレーサビリティ認証によるエコポイント制度の導入、お知らせメールの送信など、利用事業者がトレーサビリティ管理を導入することで何らかのインセンティブが得られるような仕組みについて検討する必要がある。

3.3 環境負荷削減効果の評価

3.3.1 基本方針

LCA的手法を用いて、使用済み自動車由来のワイヤーハーネス（以下、「WH」と記す）及び使用済み家電、使用済み自動車由来の廃プラスチック部品（以下、「廃プラ部品」）の2つを対象に、国内循環推進による環境負荷低減効果进行评估する。本モデル事業によっては、以下の2つの削減効果が主に想定される。

- ① 国内循環利用による国内排出 GHG 削減効果
- ② 国内循環利用による天然資源消費削減効果

評価に当たっては上記の削減効果が評価できるように、評価範囲、ベースラインケース等の条件設定を行うこととする。

また、評価に当たっては実証実験で得られたデータを優先的に使用するが、一部で実証実験を試験的な状態で実施し、事業化の際に行う処理と異なる工程については、事業化段階で想定される処理工程でのデータを見なし値として使用する。

3.3.2 評価範囲（バウンダリ）

(1) ワイヤーハーネス

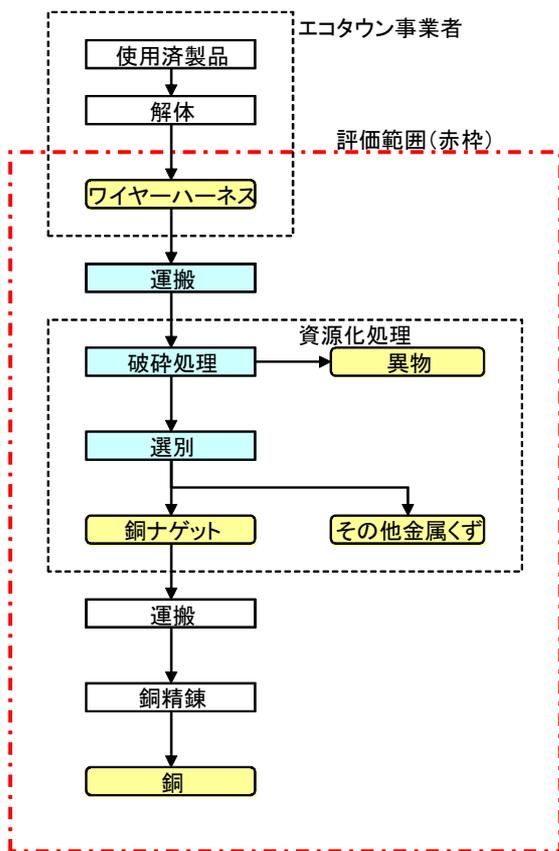
ワイヤーハーネス（WH）の国内循環処理の評価範囲は、図 3-16 及び図 3-17 に示す範囲を取り扱うこととする。図 3-16 は使用済み自動車の解体工程で WH を取り出し、銅資源化（銅ナゲット化）処理を行う事業者へ引き渡して処理をするケースである。一方、図 3-17 は解体後に解体事業者において一次的な破碎処理を行うケースとなり、今回の実証実験では両方のケースを実施した。各図で四角の枠が処理工程、角丸の四角が対象物となる。

ライフサイクルで見れば、WH の取り出した段階から銅ナゲットを用いて銅精錬を行うまでの工程の範囲を対象とする。

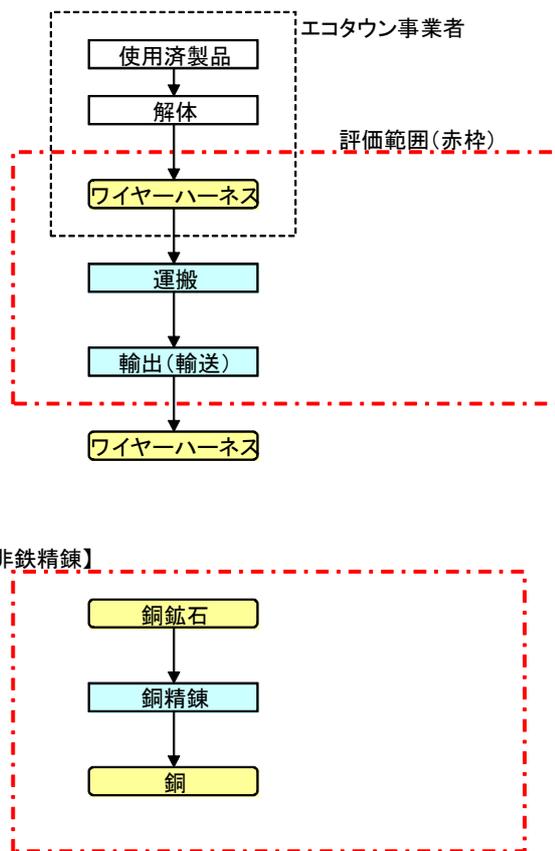
ここで、WH に相当量含まれる銅以外の素材については、多くがリサイクルされているものの、対象素材、リサイクル方法が多岐に亘ることと、条件設定が複雑になることから、これらの処理・リサイクルについては評価対象から除外することとした。

なお、貴金属など一部の非鉄金属資源については、経済的に回収効果が見込まれる場合はリサイクル事業の主たる対象として、これらの処理工程を評価範囲に加えることも想定する。一方、ベースラインケースとしては、WH の輸出と代替素材の国内製造を考慮する。

【WH・国内循環処理】



【輸出】



【非鉄精錬】

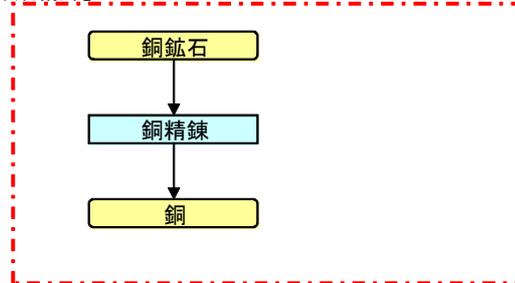
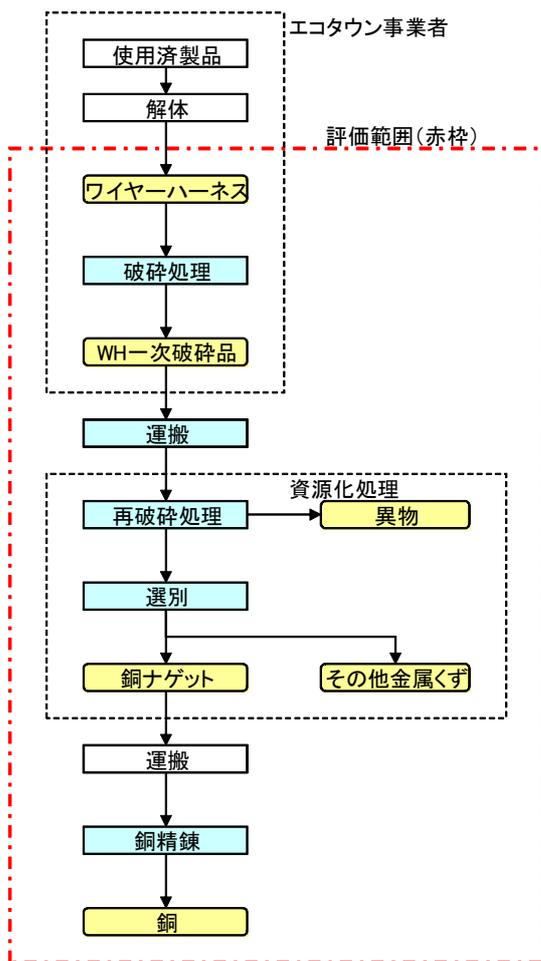


図 3-16 ワイヤハーネスの国内循環処理①の評価範囲

【WH・国内循環処理】



【輸出】

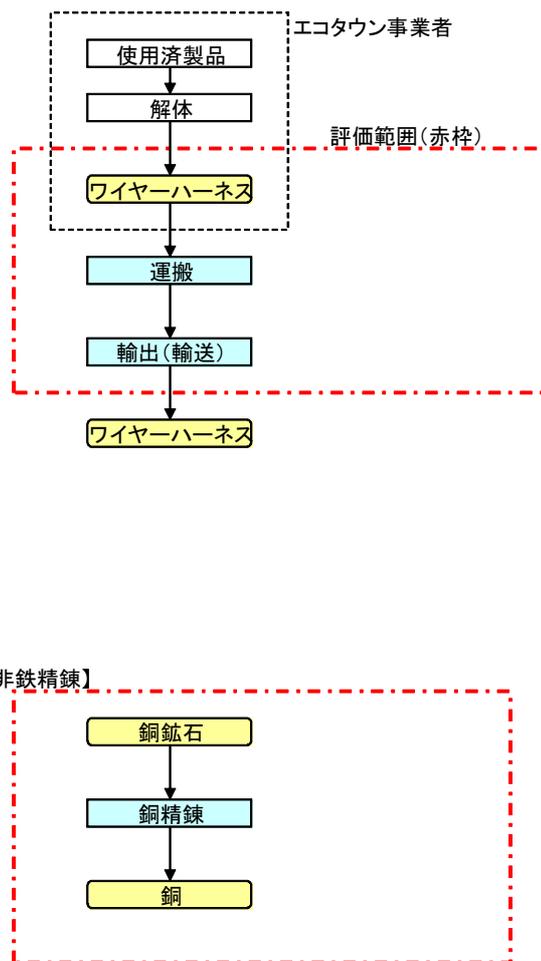


図 3-17 ワイヤーハーネスの国内循環処理②の評価範囲

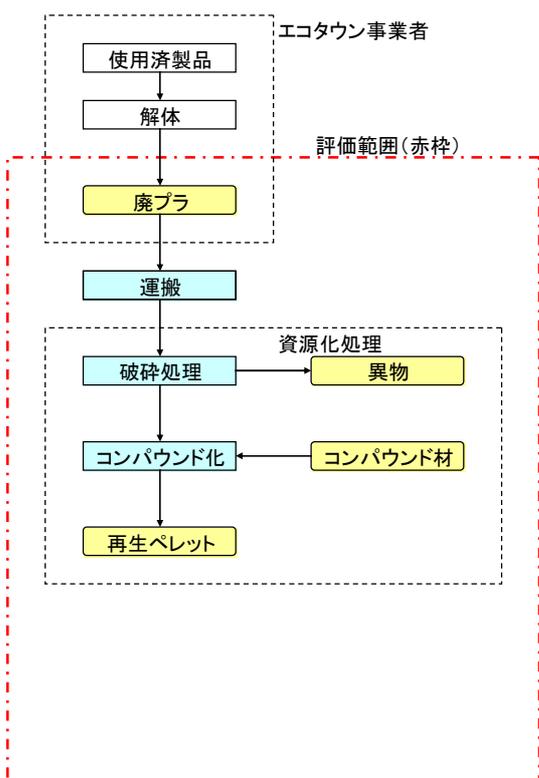
(2) 廃プラ部品

廃プラ部品の国内循環・リサイクル利用の評価範囲は、図 3-18 に示す範囲を取り扱うこととする。

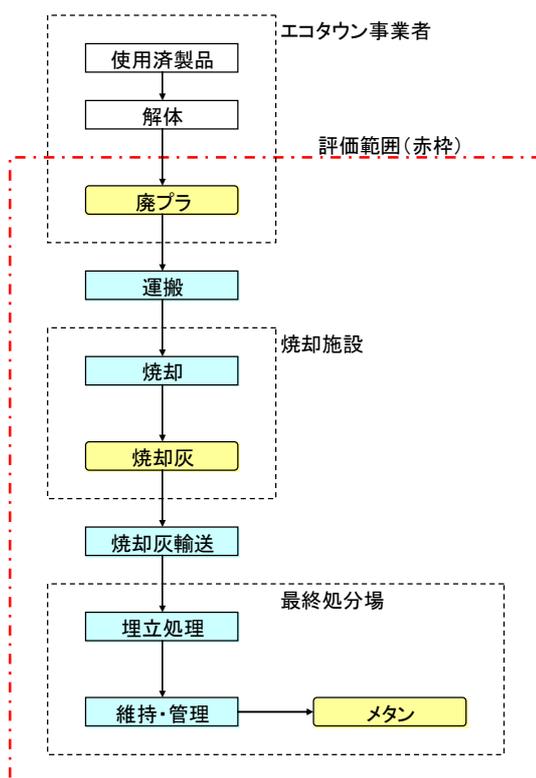
ライフサイクルで見れば、廃プラ部品を取り出した段階から再生ペレットを製造するまでの工程の範囲を対象とする。

ベースラインケースとしては、廃プラ部品の単純焼却と、代替資源としてのプラスチック樹脂利用を考慮する。

【廃プラ・マテリアルリサイクル処理】



【焼却処理】



【プラ製品製造】

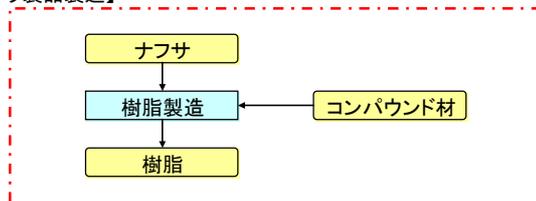


図 3-18 廃プラ部品の国内循環利用の評価範囲

3.3.3 リサイクルによる資源代替効果

(1) ワイヤーハーネス

ワイヤーハーネス（WH）の国内循環・リサイクルによる資源代替効果は、基本的に鉱石から生産する銅材（電気銅）として評価する。なお、使用済み自動車由来のWHには、コネクタやカバー等の金属・プラスチック素材が相当量含まれている。これら銅以外の素材については、国内循環処理の過程で資源化等されることとなる。例えば、プラスチックなど可燃性の素材はサーマルリサイクルされており、アルミ、鉄などの金属類も別途リサイクルされている。一部の貴金属（コネクタの金など）についても、リサイクル可能である。

しかし、銅以外の素材については処理、リサイクル方法が多様であるため、ここではリサイクルされていても代替効果として評価しないこととする。

(2) 廃プラ部品

プラスチックの材料リサイクルによる資源代替効果は、基本的にバージンのプラスチック樹脂の代替、つまり石油資源の代替として評価する。ただし、樹脂の材料リサイクルの場合には、バージン樹脂と比較して性能が劣る可能性があり、単純にバージン樹脂の代替と想定できない。

プラスチック材料リサイクルの代替効果を評価する方法としては、以下のような評価方法が考えられる。

① 機能評価

- プラスチック樹脂の機能を強度などから評価して、機能をバージン材と定量的に比較することで代替品、代替率を評価。

② 価格評価

- プラスチック樹脂の機能は、価格を反映して設定されるという想定から、バージン樹脂とリサイクル樹脂の価格の比から、代替品、代替率を評価。

今回の廃プラ部品リサイクルでは、破碎処理をした後で、他の再生樹脂原料と混合するコンパウンド化処理を行うことで、国内の樹脂需要家が利用可能な再生樹脂を製造することを狙いとしている。このため、基本的に①機能評価により代替性を評価する。

具体的には、実証実験で得られた再生樹脂の持つ機能と同等のプラスチック樹脂の代替として評価を行うこととする。

3.3.4 使用データ

(1) WH 破碎処理

実証実験を実施する興栄商事（株）、G社の破碎機での実験値データを使用する。

(2) ナゲット化処理

実証実験を実施する興栄商事（株）での実験値データを使用する。

(3) 破碎処理（標準値）

上記の実証実験データの代替として、カーボンフットプリント制度試行事業用 CO2 換算量データベース（暫定版）ver.3 の破碎処理データを使用する。

- 破碎処理 9.08E-03 kg-CO2e/kg

（出典）環境管理, Vol. 31, No. 7, p. 94(1995)、（被破碎物）～破碎

(4) 残さ埋立

一般廃棄物の焼却灰の埋立処分による GHG 排出量データは、LCA プロジェクトのデータ（埋立処分場の管理・浸出水処理含む）を使用する。

なお、データ分析の結果として焼却灰中に、未燃焼の炭素分が含有している場合には、すべてがメタンとして大気中に放出されると推計する。

- 埋立処分（一般廃棄物） 3.79E-02 kg-CO2e/kg

（出典）「平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」，社団法人産業環境管理協会、(2003)

(5) トラック輸送

トラック輸送については、カーボンフットプリント制度試行事業用 CO2 換算量データベース（暫定版）ver.3 のデータを使用する。ワイヤーハーネスの運搬は 4t 車（積載率 100%）、銅スクラップの運搬は 10t 車（積載率 100%）、海外への運搬は 4,000TEU 未満のコンテナ船を想定した。

また、廃プラスチック部品の輸送は 2t 車（積載率 50%）、廃プラスチックペレットの輸送は運搬 10t 車（積載率 100%）、ごみ収集運搬は 2t 車（積載率 50%）、焼却灰の輸送は 10t 車（積載率 100%）を想定した。

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| ● トラック輸送（2 トン車：積載率 50%） | 5.10E-01 kg-CO2/tkm |
| ● トラック輸送（4 トン車：積載率 100%） | 1.85E-01 kg-CO2/tkm |
| ● トラック輸送（10 トン車：積載率 100%） | 1.01E-01 kg-CO2/tkm |
| ● コンテナ船輸送（4,000TEU 未満） | 2.55E-02 kg-CO2/tkm |

（出典）温室効果ガスインベントリオフィス：“日本国温室効果ガスインベントリ報告書”（2009）
資源エネルギー庁：“荷主のための省エネ法ガイドブック，省エネルギーセンター”（2006），p. 103
環境省・経済産業省：“算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧”（2009）、燃料製造～トラック輸送のサービス

(6) 銅生産

銅鉱石からの銅生産による GHG 排出量データは、LCA プロジェクトのデータ（電気銅）を使用する。

- | | |
|-------|---------------------|
| ● 電気銅 | 2.68E+00 kg-CO2e/kg |
|-------|---------------------|

（出典）産業技術総合研究所（2005）、資源素材学会，資源と素材，非鉄精錬号，Vol. 109（1993），No. 12.
Robinson, T., “Electrolytic copper refining-2003 world tankhouse operating data”, Copper 2003, Vol. 5, p. 3.
一般的な製造法について、聞き取り、文献情報、モデルをもとに算出” 銅鉱石採掘～選鉱～乾式製錬～電解

(7) プラスチック製造

プラスチック樹脂製造時の CO2 排出量データについては、LCA プロジェクトのデータ（プラ樹脂（PET ボトル以外））を使用する。このデータは主要な樹脂ごとの資源やエネルギー投入量が整理されている（表 3-23）。これを元に CO2 排出量の原単位データを推計すると表 3-24 となる。

表 3-23 各種プラスチック製造プロセスの原単位データ（投入資源）

			LDPE	HDPE	PP	PS	PVC
ユーティリティ	電力	kWh	0.301	0.08	0.159	0.133	0.29
	軽油	kcal	640	471.4	504.2	600.4	751.8
	A 重油	kcal	640	471.4	504.2	600.4	751.8
	C 重油	kcal	640	471.4	504.2	600.4	751.8
	ナフサ	kcal	2018.4	1882.5	2103.6	2408.7	2344.7
	LPG	kcal	221.9	176.7	232.7	271	253.5
	NGL	kcal	72.3	67.4	75.4	86.2	84.3
	その他燃料	kcal	0	0	494.9	0	0
新製品	ナフサ	kg	0.956	0.959	0.95	0.962	0.435
	LPG	kg	0.02	0.02	0.02	0.014	0.009
	NGL	kg	0.035	0.035	0.035	0.025	0.016
	酸素ガス	kg	0	0	0	0.012	0.124
	工業塩	kg	0	0	0	0	0.618
	添加剤	kg	0.003	0.004	0.016	0.013	0.007
副産品	ロス	kg	0.014	0.017	0.022	0.075	0.039

(出典)JLCA-LCA DB 2008 年度 4 版

表 3-24 各種プラスチック製造プロセスの CO2 排出原単位データ

		LDPE	HDPE	PP	PS	PVC
CO2	kg-CO2/kg	1.326	1.035	1.323	1.346	1.522

(8) ペレット・コンパウンド化

ペレット・コンパウンド化処理については、「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討」から以下のデータを使用する。

- ペレット・コンパウンド 0.09 kg-CO2e/kg

3.3.5 環境負荷削減効果（概算推計）

(1) WHの国内循環によるCO2排出削減効果

使用済み自動車のWHの重量は表3-25のように推計されている。今回の実証実験を実施した西日本オートリサイクル(株)では、全部再資源化自動車解体を行っている。このため、表3-25の全部再資源化自動車解体の値を使って分析を行う。

輸送時の評価条件は、銅ナゲット処理工場まで30km、銅メーカーまで200kmを想定する。

自動車1台から取れるWHは13.72kg/台あり、これを2回の処理で銅を抽出すると想定する(図3-19)。この際に、2回の破碎処理によるエネルギー由来のCO2排出があるものの、銅を100%回収できると見なした場合の銅回収量は7.03kg/台となる。純粹に銅精錬が不要になると見なすと、自動車1台あたり約18.57kg-CO2のCO2排出削減効果と推計される。

なお、WHから残さが6.69kg/台発生し、主に廃プラスチックで構成されている。この残さはサーマルリサイクルを行っている。ここで、残さについては、サーマルリサイクルの効果と焼却による廃プラ由来のCO2発生がキャンセルすると仮定して、残さ処理部分は概算評価対象から除外した。

表3-25 使用済自動車から発生するワイヤーハーネスの平均重量（単位：kg/台）

部位名		通常の自動車解体		全部再資源化自動車解体		備考
			内、銅重量		内、銅重量	
エンジン ルーム	エンジンワイヤーハーネス	2.04	0.99	2.13	1.04	
	フェンダーワイヤーハーネス	1.77	0.93	2.77	1.45	
室内	インパネワイヤーハーネス	3.70	2.07	5.74	3.21	
	フロアワイヤーハーネス	0.37	0.15	0.83	0.34	
その他	トランク内ラゲージ ワイヤーハーネス	0.19	0.08	0.42	0.19	
	ドアワイヤーハーネス	0.27	0.13	1.13	0.54	
	その他	0.31	0.12	0.69	0.27	小型モーターワイヤー ハーネス、ルーフワイヤー ハーネス等
合計		8.65	4.47	13.72	7.03	

引用文献：使用済自動車解体工程から発生する副産物の3Rシステム構築調査報告書，平成18年3月，
経済産業省 関東経済産業局 資源エネルギー環境部 環境・リサイクル課

(出典) 平成22年度3Rシステム化可能性調査事業「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回収システム事業化の可能性調査」経済産業省中国経済産業局

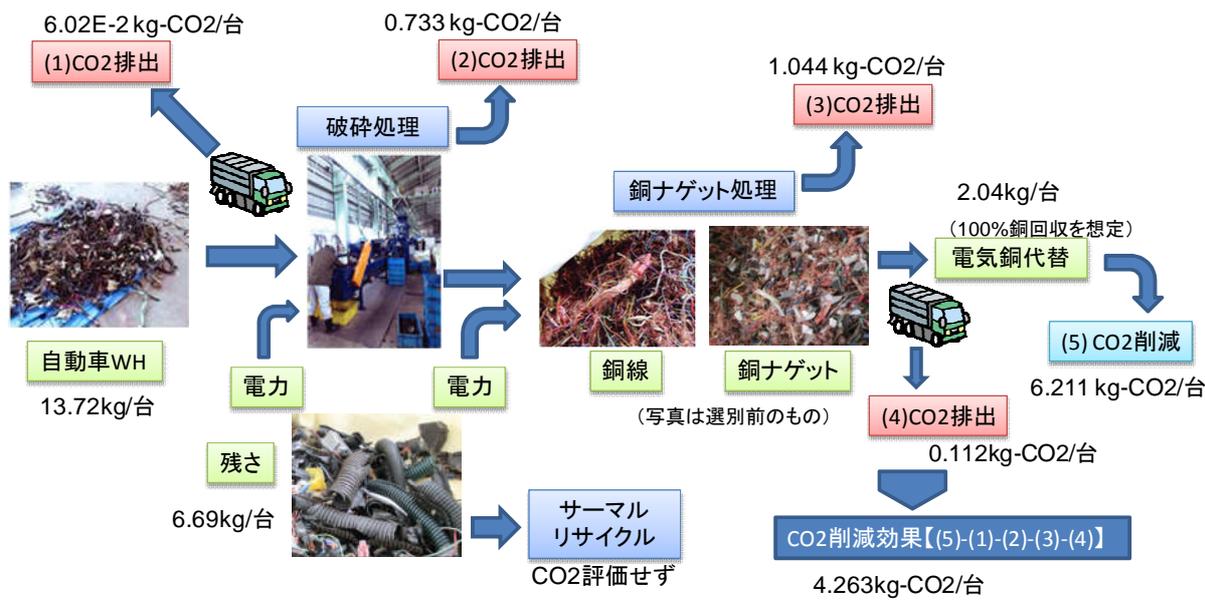


図 3-19 自動車 WH (1 台分) の銅の国内循環利用による CO2 削減効果
 (図 3-16 ワイヤーハーネスの国内循環処理①の評価範囲の条件での評価)

① 北九州エコタウンでの効果

北九州エコタウンで解体されている使用済み自動車の台数は、年間およそ 3 万台程度を見込まれる。これらの WH を国内循環した場合の効果は約 0.128 万 t-CO2 と推計される。

- $4.263 \text{ kg-CO}_2\text{e/台} \times 3 \text{ 万台} = 0.128 \text{ 万 t-CO}_2\text{e/}$

② 全国での効果

2009 年の全国における使用済み自動車台数を約 392 万台と推計されており、1 台当りの使用済み自動車から回収可能なワイヤーハーネスと銅の重量をそれぞれ約 14kg/台、約 7kg/台と仮定すると、2009 年のワイヤーハーネスと銅の回収可能量はそれぞれ約 55 千 t/年、約 27 千 t/年と推定される (平成 22 年度 3 R システム化可能性調査事業「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回収システム事業化の可能性調査」経済産業省中国経済産業局)。

これを用いて全国の使用済み自動車の WH を国内循環した場合の CO2 排出削減効果を推計すると約 1.67 万 t-CO2 と推計される。

- $4.263 \text{ kg-CO}_2\text{e/台} \times 392 \text{ 万台} = 1.67 \text{ 万 t-CO}_2\text{e}$

(2) 廃プラ部品の国内循環による CO2 排出削減効果

使用済み自動車の廃プラスチックについては一定量が国内でマテリアルリサイクルされている。今回は国内でマテリアル利用されていない部位を単独で取り出し、国内循環可能性を実証実験で検証している。このため、十分なデータが取れておらず、想定として 1kg/台の未利用廃プラ部材を国内循環する場合を想定して評価を行った（図 3-20）。

なお輸送条件は破碎・コンパウンド処理まで 10km と想定した。

概算結果として、1kg/台の未利用廃プラ部材を国内循環させて場合には、約 2.695kg-CO₂ が削減効果として推計される。

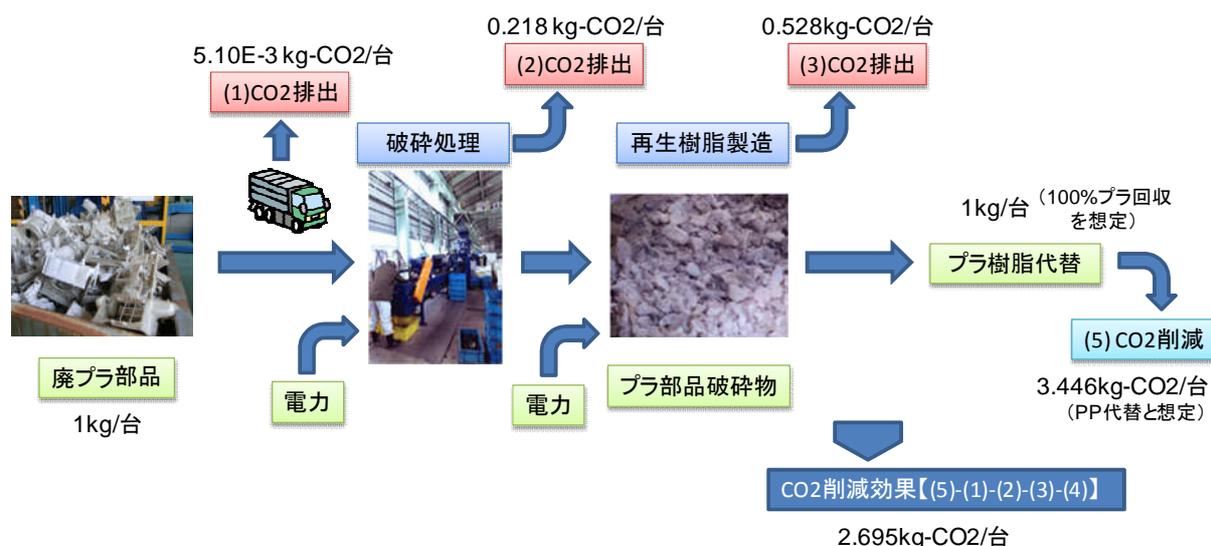


図 3-20 使用済み自動車の未利用廃プラ（1kg/台分）の国内循環利用による CO2 削減効果

① 北九州エコタウンでの効果

WH の場合と同様に、北九州エコタウンで解体されている使用済み自動車の台数は、年間およそ 3 万台程度を見込まれる。これらの廃プラ部材を国内循環した場合の効果は約 80.86 t-CO₂ と推計される。

- $2.695\text{kg-CO}_2\text{e/台} \times 3\text{万台} = 80.86\text{ t-CO}_2\text{e}$

② 全国での効果

2009 年の全国における使用済み自動車台数を約 392 万台と推計されている。これを用いて全国の使用済み自動車の未利用廃プラ部材（1kg/台）を国内循環した場合の CO₂ 排出削減効果を推計すると約 1.06 万 t-CO₂ と推計される。

- $2.695\text{kg-CO}_2\text{e/台} \times 392\text{万台} = 1.06\text{ 万 t-CO}_2\text{e}$

表 3-26 ワイヤーハーネス 1t 国内循環利用時の環境負荷削減効果（処理方法① 国内効果の評価）

◎ワイヤーハーネス1tあたりの効果

ベースラインケース	572.35	kg-CO2e/t			
国内循環利用①	179.57	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	392.78	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	1,964	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎ワイヤーハーネス国内循環利用①

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%				文献値(中国経済局)	
WH運搬	輸送距離	30	km			仮定値	
	輸送原単位	0.185	kg-CO2e/tkm	5.55	kg-CO2e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
破碎処理	破碎処理	6.75E-02	t-CO2e/t	67.51	kg-CO2e	興栄商事実験値	
	銅含有分分別比	94%				興栄商事実験値	
	銅含有分残さ	0.941	t			高位発熱量(含水率0%)	KSN実績平均値
ナゲット処理	ナゲット処理	1.02E-01	t-CO2e/t	96.21	kg-CO2e	興栄商事実験値	
	銅選別率	60%				興栄商事実験値	
	銅スクラップ残さ	0.204	t				
銅スクラップ輸送	輸送距離	500	km	10.30	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	
銅製造(スクラップ利用)	銅製造	0.000	t-CO2e/t	0.00	kg-CO2e	直接製品製造で使用できる銅スクラップと想	
	歩留まり代替銅量	92%					
合計				179.57	kg-CO2e		

◎ベースライン:ワイヤーハーネス海外輸出

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%					
WH運搬(国内)	輸送距離	100	km			CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.185	kg-CO2e/tkm	18.50	t-CO2e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
WH運搬(海外)	輸送距離	2000	km	51.00	t-CO2e	仮定値	
	輸送原単位	0.026	kg-CO2e/tkm			コンテナ船<4000TEU	CFP共通原単位DB ver.3.0
銅精錬	電気銅	2.680	t-CO2e/t	502.85	t-CO2e	銅鉱石採掘～選鉱～乾式製錬～電解	CFP共通原単位DB ver.3.0
	代替量	0.188	t				
合計				572.35	t-CO2e		

表 3-27 ワイヤーハーネス 1t 国内循環利用時の環境負荷削減効果（処理方法② 国内効果の評価）

◎ワイヤーハーネス1tあたりの効果

ベースラインケース	614.19	kg-CO2e/t			
国内循環利用②	178.41	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	435.78	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	2,179	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎ワイヤーハーネス国内循環利用②

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%				文献値(中国経済局)	
破碎処理	破碎処理	5.70E-02	t-CO2e/t	56.99	kg-CO2e	佐藤鉄工実験値	
	銅含有分分別比	86%				佐藤鉄工実験値	
	銅含有分	0.857	t				
	残さ	0.143	t			高位発熱量(含水率0%)	KSN実績平均値
WH運搬	輸送距離	30	km			仮定値	
	輸送原単位	0.185	kg-CO2e/tkm	4.75	kg-CO2e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
ナゲット処理	ナゲット処理	1.23E-01	t-CO2e/t	105.51	kg-CO2e	興栄商事実験値	CFP共通原単位DB ver.3.0
	銅選別率	65%				興栄商事実験値	
	銅スクラップ	0.221	t				
	残さ	0.636	t				
銅スクラップ輸送	輸送距離	500	km	11.16	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	
銅製造 (スクラップ利用)	銅製造	0.000	t-CO2e/t	0.00	kg-CO2e	直接製品製造で使用できる銅スクラップと想	
	歩留まり	92%					
	代替銅量	0.203	t				
合計				178.41	kg-CO2e		

◎ベースライン:ワイヤーハーネス海外輸出

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%					
WH運搬(国内)	輸送距離	100	km			CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.185	kg-CO2e/tkm	18.50	kg-CO2e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
WH運搬(海外)	輸送距離	2000	km	51.00	kg-CO2e	仮定値	
	輸送原単位	0.026	kg-CO2e/tkm			コンテナ船<4000TEU	CFP共通原単位DB ver.3.0
銅精錬	電気銅	2.680	t-CO2e/t	544.69	kg-CO2e	銅鉱石採掘～選鉱～乾式製錬～電解	CFP共通原単位DB ver.3.0
	代替銅量	0.203	t				
合計				614.19	kg-CO2e		

表 3-28 ワイヤーハーネス 1t 国内循環利用時の環境負荷削減効果（処理方法① 海外リサイクルとの比較評価）

◎ワイヤーハーネス1tあたりの効果

ベースラインケース	41.46	kg-CO ₂ e/t			
WH①ケース、国内・海外リサイクル比較	179.57	kg-CO ₂ e/t			
削減効果(CO ₂ 削減量)	-138.11	kg-CO ₂ e/t			
経済価値(J-VER換算)	-691	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎ワイヤーハーネス国内循環利用①

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%				文献値(中国経済局)	
WH運搬	輸送距離	30	km			仮定値	
	輸送原単位	0.185	kg-CO ₂ e/tkm	5.55	kg-CO ₂ e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
破碎処理	破碎処理	6.75E-02	t-CO ₂ e/t	67.51	kg-CO ₂ e	興栄商事実験値	
	銅含有分分別比	94%				興栄商事実験値	
	銅含有分	0.941	t				
	残さ	0.059	t			高位発熱量(含水率0%)	KSN実績平均値
ナゲット処理	ナゲット処理	1.02E-01	t-CO ₂ e/t	96.21	kg-CO ₂ e	興栄商事実験値	
	銅選別率	60%				興栄商事実験値	
	銅スクラップ	0.204	t				
	残さ	0.737	t				
銅スクラップ輸送	輸送距離	500	km	10.30	kg-CO ₂ e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO ₂ e/tkm			10tトラック 積載率100%	
銅製造 (スクラップ利用)	銅製造	0.000	t-CO ₂ e/t	0.00	kg-CO ₂ e	直接製品製造で使用できる銅スクラップと想	
	歩留まり	92%					
	代替銅量	0.188	t				
合計				179.57	kg-CO ₂ e		

◎ベースライン:ワイヤーハーネス海外輸出

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
ワイヤーハーネス	排出量	1.00000	t				
	銅分	34%					
WH運搬(国内)	輸送距離	100	km			CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.185	kg-CO ₂ e/tkm	18.50	kg-CO ₂ e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
WH運搬(海外)	輸送距離	2000	km	51.00	kg-CO ₂ e	仮定値	
	輸送原単位	0.026	kg-CO ₂ e/tkm			コンテナ船<4000TEU	CFP共通原単位DB ver.3.0
ナゲット処理	ナゲット処理	1.02E-02	t-CO ₂ e/t	10.22	kg-CO ₂ e	国内の10分の1と仮定	
	銅選別率	60%				興栄商事実験値	
	銅スクラップ	0.204	t				
	残さ	0.796	t				
銅製造 (スクラップ利用)	電気銅	2.680	t-CO ₂ e/t	-38.26	kg-CO ₂ e	銅鉱石採掘～選鉱～乾式製錬～電解	CFP共通原単位DB ver.3.0
	歩留まり	99%					
	代替量	0.202	t				
	差分(国内増)	-0.014	t				
合計				41.46	kg-CO ₂ e		

表 3-29 廃プラスチック部品 1t 国内循環利用時の環境負荷削減効果（焼却処理との比較）

◎廃プラ部品1tあたりの効果

ベースラインケース	3,446.0	kg-CO2e/t			
廃プラ部品マテリアル利用	750.7	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	2,695.2	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	13.476	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎廃プラ部品のマテリアル利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
廃プラ部品	排出量	1.0	t				
廃プラ部品輸送	輸送距離	10	km			仮定値	
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	5.1	kg-CO2e	・2トントラック 積載量50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
破碎処理	破碎処理	0.218	t-CO2e/t	217.9	kg-CO2e	いその実験値	
	歩留まり	92%				いその実験値	
	樹脂原料	0.915	t				
	残さ	0.085	t				
廃プラペレット輸送	輸送距離	0	km			九州工場内で再生樹脂製造可能	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm	0.0	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
再生樹脂製造	再生樹脂製造	0.577	t-CO2e/t	527.7	kg-CO2e	いその実験値	
	実験対象原料	0.543	t			いその実験値	
	混合原料	23.869	t			いその実験値	
	歩留まり	100%				仮定値	
	再生樹脂	24.412	t				
	うち廃プラ部品由来	0.543	t				
合計				750.7	kg-CO2e		

◎ベースライン:廃プラ部品の単純焼却及び代替樹脂製造

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
廃プラ部品	排出量	1.0	t				
ごみ収集運搬	輸送距離	100	km			CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	51.0	kg-CO2e	・2トントラック 積載量50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
ごみ焼却	単純焼却処理	0.0334	t-CO2e/t	33.4	kg-CO2e	一般廃棄物焼却処理	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	灰分	2%				食品廃棄物由来の灰分想定値(3%)	他調査での設定を使用
	廃プラ由来CO2	2.695	t-CO2e/t	2,641.1	kg-CO2e	混合プラ想定	
	未燃炭素分	1%				仮定値	
	未燃炭素量	0.200	kg				
焼却灰輸送	輸送距離	500	km	1.0	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	
埋立処分	廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t	0.8	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	メタン発生	0.016	kg-CH4	0.3	kg-CO2e	未燃炭素の50%分(メタン化)×12%(放出)	
プラ樹脂製造	PP	1.323	t-CO2e/t	718.4	kg-CO2e	PP製造	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	プラ樹脂代替量	0.543	t				
合計				3,446.0	kg-CO2e		

表 3-30 廃プラスチック部品 1t 国内循環利用時の環境負荷削減効果（海外輸出時の国内分との比較）

◎廃プラ部品1tあたりの効果

ベースラインケース	787.9	kg-CO2e/t			
廃プラ部品マテリアル利用	750.7	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	37.1	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	186	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎廃プラ部品のマテリアル利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
廃プラ部品	排出量	1.0	t				
廃プラ部品輸送	輸送距離	10	km			仮定値	
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	5.1	kg-CO2e	・2トントラック 積載量50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
破碎処理	破碎処理	0.218	t-CO2e/t	217.9	kg-CO2e	いその実験値	CFP共通原単位DB ver.3.0
	歩留まり	92%				いその実験値	
	樹脂原料	0.915	t				
廃プラベレット輸送	残さ	0.085	t				
	輸送距離	0	km			九州工場内で再生樹脂製造可能	
再生樹脂製造	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm	0.0	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
	再生樹脂製造	0.577	t-CO2e/t	527.7	kg-CO2e	いその実験値	
	実験対象原料	0.543	t			いその実験値	
	混合原料	23.869	t			いその実験値	
	歩留まり	100%				仮定値	
	再生樹脂	24.412	t				
	うち廃プラ部品由来	0.543	t				
合計				750.7	kg-CO2e		

◎ベースライン:廃プラ部品の単純焼却及び代替樹脂製造

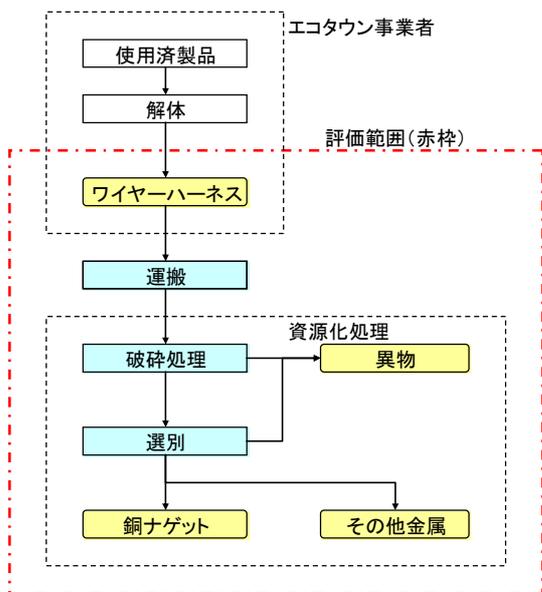
工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
廃プラ部品	排出量	1.0	t				
廃プラ部品運搬(国内)	輸送距離	100	km			CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.185	kg-CO2e/tkm	18.5	kg-CO2e	・4トントラック 積載量100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
廃プラ部品運搬(海外)	輸送距離	2000	km	51.0	kg-CO2e	仮定値	
	輸送原単位	0.026	kg-CO2e/tkm			コンテナ船<4000TEU	CFP共通原単位DB ver.3.0
プラ樹脂製造	PP	1.323	t-CO2e/t	718.4	kg-CO2e	PP製造	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	プラ樹脂代替量	0.543	t				
合計				787.9	kg-CO2e		

3.3.6 国内循環と海外循環の比較（参考）

国内循環と海外循環で環境負荷がどちらが低いかを評価するための評価範囲は図 3-21、図 3-22 に示すような範囲が想定される。

ただし、今回は海外でのリサイクル処理のデータの入手可能性、評価の主旨を考慮して具体的な評価は実施しないこととした。

【WH・国内循環処理①】



【輸出】

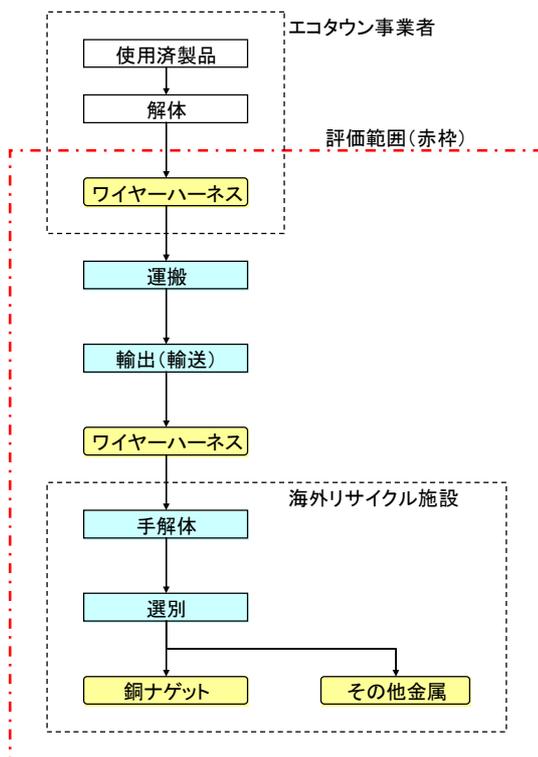
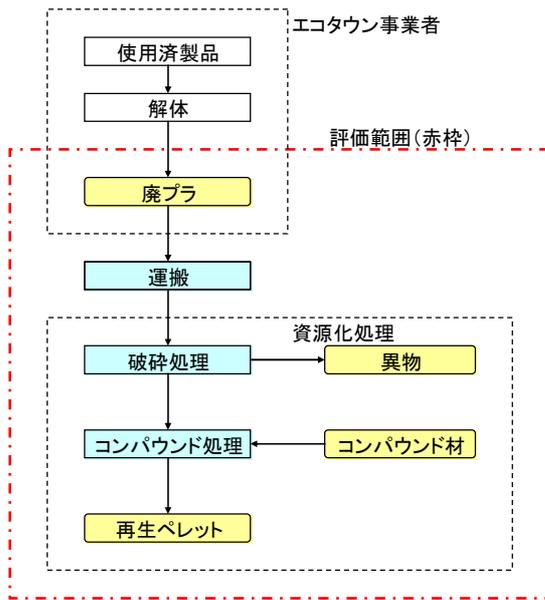


図 3-21 一括処理での WH リサイクルの国内循環と海外循環の比較範囲

【廃プラ・マテリアルリサイクル処理】



【海外リサイクル】

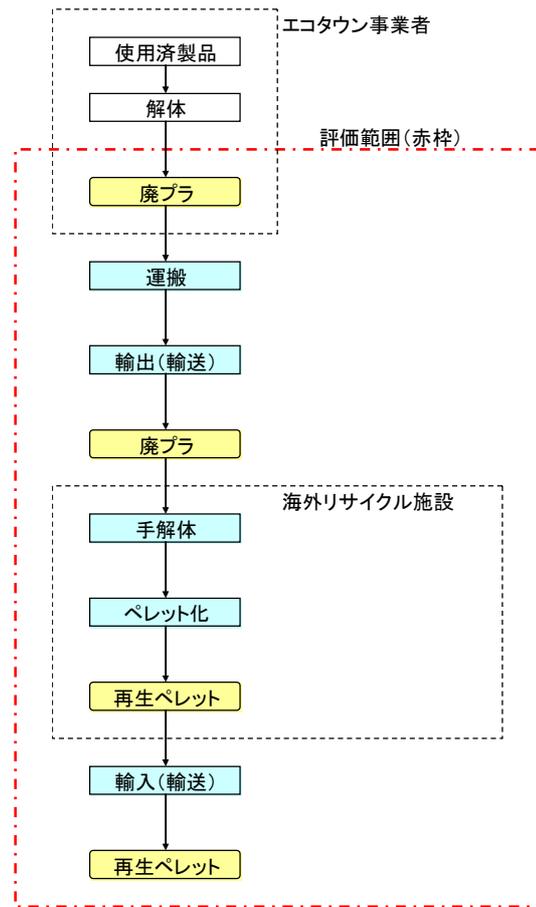


図 3-22 廃プラ部材リサイクルの国内循環と海外循環の比較範囲

3.4 コスト評価

ワイヤーハーネスと廃プラスチックの実証実験結果をもとに、処理に要したコストと、処理によって向上した付加価値を試算する。なお、処理コストは、旧来の輸出ルートと比較した追加分を抽出する。付加価値については、再生原材料製品の売上又は売価単価の向上額とする。

西日本オートリサイクル㈱からの出荷重量と興栄商事㈱及びいその㈱での入荷重量に差異が生じているが、それぞれの秤量機が異なることによる監量差であり、原単位・原単価等の算出においてはそれぞれの秤量値を用いた。但し、算定等のベースライン（分母）を、ワイヤーハーネスでは大型付属物除去後、廃プラスチックでは異物除去後破碎前、とした。重量の表示は前者を kg^{WR} 、後者を kg^{PR} とした。

3.4.1 ワイヤーハーネス

(1) 機械前処理方式①

① 大型付属物除去

実証実験で要した人件費を処理コストとする。

② 前処理

興栄商事㈱が実施した「手解体による異物完全除去」、「手解体による異物部分除去」、「ハンマークラッシャー投入から手選別にて異物除去」の3種類の前処理に要した人件費に、設備費による増分と販売マージンを考慮したものを処理コストとした。

なお、「手解体による異物部分除去」の処理コストは、1袋のみの実験データから割り出したものとなっており、絡まったハーネスをほどく作業はかなりの重労働なので、全量をこなした場合は効率の低下も考慮する必要がある。

また、「ハンマークラッシャー投入から手選別にて異物除去」の処理コストは、破碎し始めた頃は、要領が分からず頻繁にローターをロックさせていたが後半はロックの回数が減ったことから、圧縮余地はあると考えられる。

③ 粉碎選別作業

粉碎選別作業に要した人件費および電気代に、産廃処理費用とミックスメタルの売却利益を加味したものを処理コストとした。

(2) 機械前処理方式②

① 大型付属物除去

機械前処理方式①と同じ数値である。

② 前処理

実証実験に要した処理方法・処理時間等に基づく処理コストと、実機での定常処理を想定した改善案に基づく処理コスト（フルベース）を算出した。

1) 設備費

処理機 CFS(S-1000)と磁選機の償却額・金利を、処理量で割ったものを、処理単価とした。

実験結果に基づく処理単価は、西日本オートリサイクル㈱に機器を設置するイメージで、平均的な車処理量に相当する量、フルベースの処理単価は処理機 CFS(S-1000)の処理能力 0.2t/hr 見合いであり、ナゲット処理会社に設けてまとめ処理するイメージである。

2) 2人作業による追加投資と作業費

実証実験の下表（表 3-31）の実績をもとに、コストを下げるため2人作業による処理を行うとして、そのための追加投資と作業費を計上した。

表 3-31 機械前処理②(於、G社)の能率等作業実績(H24.2.20~2.22)

投入量 (kg ^{WR})	作業時間 (hr)	作業時間	
		実験時 (hr・人)	2人の時 (hr・人)
1,667	9.87	48.07	19.74

2人作業を可能とする設備投資は、手動式切断機、投入ベルトコンベア、篩上払出装置(B.C.込み)である。これらの償却額・金利を、処理量で割ったものを、処理単価とした。

3) 用役（電気代）

作業時間に要した電気代を処理コストとした。

4) 設備保全、消耗部品等

設備保全は実機時の自社処理に置き換え試算した。また、消耗部品として、機内チェーン、グリース類、機内ライナー、Vベルトを計上した。

③ 粉砕選別作業

機械前処理方式①と同じ数値である。

(3) コスト評価

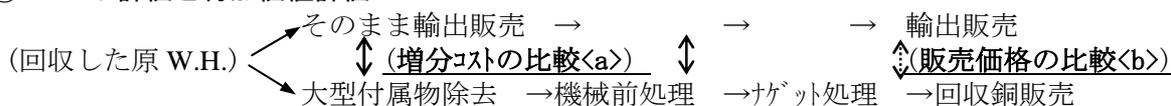
① 処理コスト

以上の考え方にに基づき機械前処理方式①、②の処理単価を計算した結果を下表に示す。この処理単価は、後述の評価を行いやすくするため、大型付属物除去のコストを除いたものとしている。

表 3-32 処理コスト総括表 (円/ kg^{WR})

ルート①	ルート②	ルート② フルベース
56.0	116.1	74.4

② コスト評価と付加価値評価



1) 最有利な工程の評価

処理コストの中で、増分コストとして最有利な工程が<ルート 1>の **56.0 円/kg^{WR}**=<a>である。

一方、回収銅の国内販売価格は 530 円/kg(歩留 92%)~556 円/kg(歩留 97%)(興栄商事(株)資料から)と想定される。これを、銅回収率を無視して、銅価換算でベースライン側に変換すると次のように試算される。

(原ハーネス) 229~241 円/kg (100%)	(大型付属物除去後) 290~304 円/kg^{WR} (79.1%)	(回収銅製品) 530~556 円/kg (43.3%)
	←	

次に、実勢のワイヤーハーネス取引価格の差は、大型付属物除去後の重量ベースで **50~60 円/kg^{WR}**である。

すなわち、増分コスト **56.0 円/kg^{WR}**を掛けて、大型付属物除去後ハーネスで **70~80 円/kg^{WR}** { **(290~304 円/kg^{WR}) - (220~230 円/kg^{WR})** } = (原ハーネスで 30~40 円/kg)の付加価値増加ができたことになる。差し引き(-<a>)は、**高々 25 円/kg^{WR}**程度の純付加価値増と算定されるが、**50~60 円/kg^{WR}**の価格差を補うには遠く及ばない。

表 3-33 実勢のワイヤーハーネスの取引価格

	原ハーネス	大型付属物除去後
国内向け	<u>~200 円/kg</u>	<u>(220~230 円/kg^{WR})</u> 実績なし、想定値
輸出向け	~240 円/kg	~280 円/kg ^{WR}
実勢価格差	40 円/kg	50~60 円/kg^{WR}

(注) 最近の、H社での入札等実績例

2) 機械前処理の技術的な意義

前述の①処理コストの中で、<ルート 1>での前処理コスト（大型付属物除去および機械前処理①）は 31.3 円/kg^{WR}であった。H社のコネクタ等付属物の人手による分離除去実績 52~66 円/kg^{WR}と比較すると、機械前処理によって 20~35 円/kg^{WR}のコストダウンが実現された。

例えば中国において、その後のナゲット処理等が同等のコストだとすれば、それ相応の競争力強化にはなるはずである。

③ 経済性評価

機械前処理（ナゲット処理）による純付加価値増は、高々25円/kg^{WR}程度と算定され、輸出対国内の価格差50～60円/kg^{WR}を補うことはできず、機械前処理を行って付加価値を高めても輸出の利潤を下回るため、ワイヤーハーネスは海外に流出してしまう。

機械前処理は、処理規模によりランニングコストが大きく変化する。内外価格差を縮めるためには、まとめ処理によるフル能力に近い稼働でコスト競争力を維持する外はない。従って、個々の自動車リサイクル（解体）事業者が導入するよりむしろ、事業者共同で導入するか、ナゲット処理事業者が導入する方が有利である。

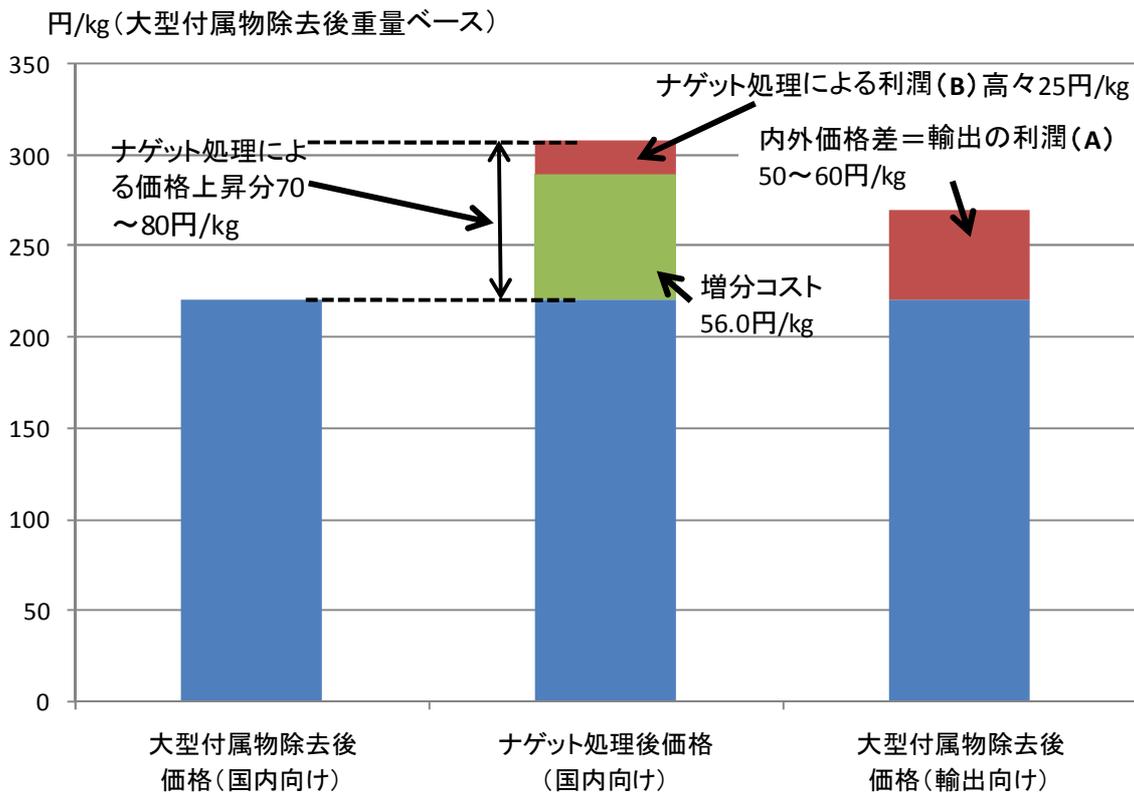


図 3-23 ナゲット処理による純付加価値増加と内外価格差の比較

3.4.2 廃プラスチック

① 処理コスト

1) 付属異物除去

西日本オートリサイクル(株)における付属異物除去コストは、実験時は車の処理台数が少なく、選定した廃プラ部品の回収律速でまとめ処理ができず、車の処理速度は通常の30%であった。また未破碎で扱ったためにハンドリング性が悪かった。

こうしたことから、以下のような点を定常作業化した場合の処理方法として、能率を5倍に高めたものを処理単価とする。

- ・ 回収した廃プラ部品を一旦溜め置き
- ・ 廃プラ種類毎に除去部位と除去方法を定型化
- ・ 廃プラ種類毎に処理チャンスを設けまとめ処理
- ・ 破碎すると共に磁選機とベルトラインを設け、異物除去精度をカバーしまとめ処理を容易化

具体的には、選定した廃プラ部品の通常の回収速度及び量として1,700kg/月に、別に処理する他の廃プラを加え～2,000kg/月で試算した。

2) フレコン詰め・輸送

フレコン1袋で350kgを収納し、輸送費用は通常と同等とした。

3) 粉碎、再生製造

いその(株)に対するヒアリング等から処理コストとした。

4) まとめ

以上の考え方にに基づき処理単価を計算した結果を表3-34に示す。改善案で209～222円/kg^{PR}となった。

表 3-34 処理コスト総括表（廃プラスチック）

実験	改善案
729～742 円/kg ^{PR}	209～222 円/kg ^{PR}

② 比較としての実績例

既に国内リサイクルしている廃プラとして、自動車バンパー等がある。それらは、異物除去後更に破碎して再生原料として国内販売しており、特殊なものを除きその販売価格は50～70円/kgが一般的である。しかし、異物除去及び破碎に要するコストが埋没コスト化（余裕人員で処理）しており、適正に把握されていない。

③ コスト評価と付加価値評価

適正な増分コストとしては、最有利な工程及び処理条件を選定しても $209 \sim 222$ 円/ $\text{kg}^{\text{PR}} = \langle a \rangle$ (ワイヤーハーネスと同様の定義付け) である。

一方、付加価値としては再生樹脂原料で $135 \sim 165$ 円/Kg(いその株資料より)との報告であり、出荷原料単位に換算($\times 540/595$)すると高々 $123 \sim 150$ 円/ $\text{kg}^{\text{PR}} = \langle b \rangle$ で、 $(\langle b \rangle - \langle a \rangle) = -(60 \sim 100)$ 円/ kg^{PR} となり増分コストには見合わない。仮に、自動車シュレッダーダスト(ASR)の再資源化コスト(約 30 円/ kg^{PR})を算入すれば、 $(\langle b \rangle - \langle a \rangle) = -(30 \sim 70)$ 円/ kg^{PR} となる。

ちなみに、対輸出ルートでは純付加価値($\langle b \rangle - \langle a \rangle$)として $0 \sim 10$ 円/ kg^{PR} 以上が、材料リサイクルとしては回収されていない廃プラにおいても同様に 0 円/ kg^{PR} 以上が算定されないと国内循環の競争力にはならない。

④ 経済性評価

増分コストが高過ぎるため、国内循環に足りる競争力にはならない。特に、付属異物除去の労務費負担が大きい。今回選定した廃プラ部品以外の廃プラの処理において、その労務費が旧来から埋没コストとして認識されていることが窺える。

今回時間的な制約もあって、 10 種の廃プラを一括りでコスト・販売価格等の評価を行ったが、廃プラ種毎個別に探索し評価し直す余地がある。コスト・価格情報から、評価し直す廃プラ種類を再選定して、国内循環での有価資源化を試みる。

3.5 経済価値化の可能性検討

3.5.1 適用可能な経済価値化手法の検討

現時点（2012年2月29日）において、温室効果ガスの排出削減の経済価値化が可能な制度は、オフセット・クレジット（J-VER）制度及び国内クレジット制度の2制度である。

マテリアルリサイクルが適用可能な方法論は、現状では承認されていない。従って、次節に示すような形で方法論を検討の上で経済価値化の具体化検討を行うことが必要である。

3.5.2 将来的な経済価値化の可能性について

(1) GHG 排出削減効果の経済価値化

マテリアルリサイクルによる GHG 削減効果を経済価値化するには、需要家側でリサイクル材を原料に使用し、鉱石・原油等からの素材製生産量を減らしたことが検証できることが必要である。

従って、素材生産事業者が中心となる方法論を構築することとなる。この場合にも経済的障壁あることが J-VER 制度適用の前提となる。

(2) その他の手法

GHG 排出削減以外に、モデル事業の実施により天然資源の使用削減が図られることになる。例えば産廃税などを、国内リサイクルを行っている場合に還元するなどの手法は、実質的な経済価値となる。

このような手法は、自治体が主体となって行うことが早期実現には有効である。

3.6 事業性の検討

本事業では、ワイヤーハーネス、廃プラスチックの分別・処理等に関する実証実験を行い、その結果を用いてコスト評価やCO₂削減量の計算を行った。既にみたとおり、CO₂削減の経済価値化（クレジット化）に関する方法論はないことから、事業化条件についてはコスト評価の結果をもとに検討するとともに、CO₂削減の経済価値化（クレジット化）や、後述する消費者の輸出抵抗感の反映については、事業化可能性を高めるための今後の検討課題と位置付けて検討する。

3.6.1 事業化条件の検討

(1) 集約化等によるコスト削減策の徹底

付加価値を高めるため高度処理を行っても、実験結果をもとにすれば正味の付加価値増分は高々25円/kgで、ワイヤーハーネスの内外価格差50～60円/kg^{WR}（大型付属物除去後重量ベース）を補うことは難しい。

同様にこれまでマテリアル利用されていない廃プラスチックを国内循環に回すよう解体・処理を行っても、収支は60～100円/kg^{PR}の赤字で、実験で行った方式では事業を成立させることが難しい。

まず、事業者の努力によって処理コストを下げるほか、今後、収集量を増加させるよう集約化を行うなどによって、ナゲット処理も含めたコストダウンを徹底させ、その価格差を縮めることが必要である。

また、処理コストの内訳を見ると、異物除去等に係るコストの割合が高いことから、異物除去を行いやすい部品の設計を行ったり、それを促すようなインセンティブを設けることが事業成立の条件の一つとなる。

表 3-35 価格・価値評価結果の総括（ワイヤーハーネス）

		内外価格差	50～60円/kg ^{WR}
高度処理	付加価値増分	70～80円/kg ^{WR}	
	処理コスト	56.0円/kg ^{WR}	
	正味付加価値増分	高々25(14～24円)/kg ^{WR}	
	内外価格差（累計）		25～35円/kg ^{WR}

表 3-36 価格・価値評価結果の総括（廃プラスチック）

高度処理	販売価格	高々123～150円/kg ^{PR}	
	処理コスト	209～222円/kg ^{PR}	
	収支	▲60～100円/kg ^{PR}	

(2) その他処理コストの詳細な洗い直し

コストの算定に当たり本事業で実施した処理は初めての試みもあったことから、徹底したコスト削減策の検討までには至らなかったところも多い。

集約化等スケールメリットの発揮のほか、ワイヤーハーネスの大型付属物除去工程の合理化、破碎処理に関する習熟度の考慮、廃プラスチックの部品別のコスト評価等処理コストの詳細な洗い直しを行うことによって、事業の成立・拡大の可能性が高まることが考えられる。

3.6.2 事業化可能性を高めるための今後の検討課題

上記の事業化条件を成立させることは容易でない。事業化可能性を高めるため、今後、以下のような検討課題を明らかにすることが必要である。

(1) CO2 削減のクレジット化等に関する手法・制度の開発

CO2 削減量のクレジット化に関する方法論はないが、ワイヤーハーネス、廃プラスチックを国内循環させることによる CO2 削減量を、J-VER 相場 5,000 円/t-CO2 を用いて経済価値化すると、それぞれ 2 円/kg^{WR}、13.5 円/kg^{PR}となった。

CO2 削減量のクレジット化のみで内外価格差や収支問題を解消できるわけではないものの、こうした経済性の改善に寄与するような手法・制度を開発することが必要である。

(2) 消費者の輸出抵抗感を反映させた国内資源循環を促進する仕組みの構築

自動車や家電等をはじめ、現在のリサイクルシステムはリサイクル事業者、素材メーカー、地方自治体、消費者等多様な関係者の協力によって成立している。そうした協力者のリサイクルの現状や貢献に関する考え方を参考に国内資源循環を促進（海外資源流出を抑制）することを貨幣価値に換算した研究事例を紹介し、その成果を活用して国内資源循環を促進する仕組みの必要性を記す。

① 消費者の輸出抵抗感の価格評価に関する研究事例の概要

家電リサイクル法では、使用済み家電のリサイクル費用の消費者による負担が義務付けられている。消費者は資源廃棄物輸出への輸出抵抗感を抱いているとの仮説の下に、消費者に対するアンケート調査で、廃冷蔵庫について国内リサイクル方式と国外リサイクル方式を選択した場合の支払い意思額を推計した研究事例¹⁰がある。以下では、その概要について紹介する。

この研究では、京都市内の一般家庭に対して行われた「選択実験で用いた属性と水準」（表 3-37）に示すアンケート調査の回答をもとにコンジョイント分析を行い、表 3-38 のような推定結果を得ている。すなわち、リサイクル方式の違いによる限界支払い意思額（MWTP）は 1,625 円であり、リサイクルを国外にすることで、支払い意思額が 1,625 円（通常のリサイクル費用を 4,830 円とすると、その 34%に相当）減少するというものである。

¹⁰ 鈴木芳幸・小泉國茂・周瑋生「リサイクル目的の資源廃棄物の輸出抵抗感に関する研究」『環境技術 Vol.37 No.5 (2008)』。コンジョイント分析による支払い意思額の算出のほか、アンケート調査を用いて、資源廃棄物輸出に対する消費者の輸出抵抗感をもたらす要因として、不法投棄などの不正処理の危険性や輸入国側の労働環境、生態系破壊リスクへの懸念が影響していることなどを明らかにしている。

表 3-37 選択実験で用いた属性と水準

属性	水準
MODE リサイクル方式	国内リサイクル、国外リサイクル
RECY 再商品化率	50%、60%、70%、80%、90%
REG 汚染状況	環境規制値内、環境規制値超過
COST 負担額	3,000 円、4,000 円、4,830 円、6,000 円、7,500 円、10,000 円

(出典) 鈴木芳幸・小泉國茂・周瑋生「リサイクル目的の資源廃棄物の輸出抵抗感に関する研究」『環境技術 Vol.37 No.5 (2008)』

表 3-38 コンジョイント分析による推定結果

	係数	t 値	MWTP
COST	-4.2517	-11.963	
MODE	-0.6825	-5.608	-1,625.3 円/ダミー
RECY	3.1159	6.500	75.2 円/%
REG	-1.5702	-10.496	-3,721 円/ダミー
サンプル数	769		
対数尤度	-619.006		

(出典) 上表と同じ。

リサイクル方式のほか、再商品化率、環境規制値の準拠状況を変えた代替案を設定することで支払い意思額の違いを見ることができる。

例えば、同じ国内リサイクル方式を選択し、環境規制値を遵守しても、リサイクル率を 60% から 90% に 30% 高めることで、 $75.2 \text{ 円}/\% \times 30\% = 2,256 \text{ 円}/\text{kg}$ (=6,767 円/kg: 代替案② -4,512 円/kg: 代替案①。四捨五入により 1 円差異が発生) だけ支払い意思額が高まる。

表 3-39 推定結果に基づく代替案評価結果

代替案評価	代替案①	代替案②	代替案③	代替案④	代替案⑤
方式	国内	国内	国外	国外	国外
再商品化率	60%	90%	60%	90%	90%
規制値	基準値内	基準値内	基準値超過	基準値超過	基準値内
支払い意思額	4,512 円	6,767 円	-834 円	1,421 円	5,142 円

(出典) 上表と同じ。

② 研究事例を用いたコスト分析結果の評価

本モデル事業の実験対象のワイヤーハーネスは、上記の研究事例における家電（冷蔵庫）と異なり自動車から発生したものでリサイクル費用も異なる。そのため、支払い意思額の違いは、絶対額 1,625 円とする場合と、リサイクル費用に対する割合 34%とする場合とが考えられる。支払い意思額の違いは、割合 34%を用いて線形的に求めるのは難しいと考えられる反面、廃自動車のリサイクル費用は高額であることから、消費者の価格反応が大きく、定額

1,625 円とすることも考えづらい。ここでは、後者の考え方を重視して、リサイクル費用に対する割合 34%を用いて支払い意思額の違いを推計することとする。

廃自動車の処理費用を 15,000 円/台、廃自動車 1 台当たりの重量を 1,200kg、海外に流出している資源の割合（重量ベース）を 70%と仮定すると、国外リサイクルによる支払い意思額の減少は、以下のとおり高々 6 円/kg^{WR}となる。

$$15,000 \text{ 円/台} \times 34\% \div (1,200\text{kg} \times 70\%) = 5.95 \text{ 円/kg}^{\text{WR}}$$

一方で国内リサイクルの実施情報（トレーサビリティ）を取得するための費用は処理対象物当たり 1.5 円/kg^{WR}とされている。

従って、大型異物除去後の粉碎処理（ナゲット化）によって 25～35 円/kg^{WR}と縮めた価格差を、消費者がリサイクル費用を選択するという仮想市場を通じて、さらに 4.5 円/kg^{WR}縮めることとなる。

また、廃プラスチックについても、ワイヤーハーネスの場合と同様の方法で国外リサイクルによる支払い意思額の減少を計算すると、高々 6 円/kg^{PR}となった。国内リサイクルの実施情報（トレーサビリティ）を取得するための費用は、ワイヤーハーネスと同様に処理対象物当たり 1.5 円/kg^{PR}である。

ワイヤーハーネス、廃プラスチックのコスト・価値評価の結果の総括表を以下に示す。

表 3-40 コスト・価値評価結果の総括（ワイヤーハーネス）

		内外価格差	50～60 円/kg ^{WR}
高度処理	付加価値増分	70～80 円/kg ^{WR}	
	処理コスト	56.0 円/kg ^{WR}	
	正味付加価値増分	高々 25 (14～24 円) / kg ^{WR}	
	内外価格差（累計）		25～35 円/kg ^{WR}
CO2 削減	CO2 削減の経済価値化	2 円/kg ^{WR}	
	内外価格差（累計）		23～33 円/kg ^{WR}
消費者輸出抵抗感	国内リサイクル付加価値	6 円/kg ^{WR}	
	トレーサビリティコスト	1.5 円/kg ^{WR}	
	正味付加価値増分	4.5 円/kg ^{WR}	
	内外価格差（累計）		18.5～28.5 円/kg ^{WR}

表 3-41 コスト・価値評価結果の総括（廃プラスチック）

高度処理	販売価格	高々 123～150 円/kg ^{PR}	
	処理コスト	209～222 円/kg ^{PR}	
	収支		▲60～100 円/kg ^{PR}
CO2 削減	CO2 削減の経済価値化	13.5 円/kg ^{PR}	
	収支（累計）		▲46.5～86.5 円/kg ^{PR}
消費者輸出抵抗感	国内リサイクル付加価値	6 円/kg ^{PR}	
	トレーサビリティコスト	1.5 円/kg ^{PR}	
	正味付加価値増分	4.5 円/kg ^{PR}	
	収支（累計）		▲42～82 円/kg ^{PR}

③ 事業化条件に関する考察

家電リサイクルに関する研究事例では、国外でリサイクルを行うことに対して抵抗感を持つ消費者が多く見られた。リサイクルの国内外の実施によって処理料金に違いを設けることができないが、仮想市場の下では、国内でリサイクルを行うことによって正味付加価値増分は 4.5 円/kg^{WR/PR}（重量ベースで評価したため、ワイヤーハーネス、廃プラスチックとも同額）となった。

動脈・静脈の関連業界の事業者や消費者が、リサイクルの実態を把握した上で、国内再生資源の購入を促すような動機付けが必要である。

仮に国内再生資源の利用や CO2 削減が事業者にとっての付加価値として認められれば、ワイヤーハーネスでは内外価格差が 18.5～28.5 円/kg^{WR}（表 3-40）まで、廃プラスチックの赤字幅は 42～82 円/kg^{PR}（表 3-41）まで縮小する。

例えば、ワイヤーハーネスの縮小した内外価格差 18.5～28.5 円/kg^{WR}は、機械前処理及びナゲット処理の設備コスト（償却費）に相当する。「(1) CO2 削減のクレジット化等に関する手法・制度の開発」のほか、銅精錬あるいは最終製品メーカーがこの設備コストを負担する代わりに、CO2 削減及び国内資源循環、地域貢献などの多様な付加価値を取得できるような仕組みが考えられる。

④ エコタウン事業に即した国内リサイクルの付加価値の定量化

上記の消費者の輸出抵抗感は、消費者の廃冷蔵庫を対象にした評価をもとにしている。このような考え方を具体的な仕組みとしていくためには、廃自動車やその部品についての輸出抵抗感はどう評価されるのか、消費者ではなく事業者が評価した場合にはどうなるのかなど、エコタウン事業に即した国内リサイクルの付加価値を定量化することが必要である。

⑤ 国内リサイクルの奨励や国外の環境規制強化の働きかけ

ワイヤーハーネスから銅の純度を高めることによって買取価格が高くなる。銅精錬の国内外のコスト差は、人件費の差が反映されやすい前処理コストの内外価格差に比べて小さいと

すると、一定以上の銅純度を高めることによって買取価格の価格差は小さくなる。

さらに、輸出抵抗感を示す国内リサイクルの実施や環境規制の遵守・強化等の外部コストを内部化する（赤点線部分）ことができれば、国内資源循環を行った方が売却価格が高まることから、国内リサイクルの奨励や資源輸出先国に対して環境規制強化を働きかけることが事業可能性を高めることにつながる。

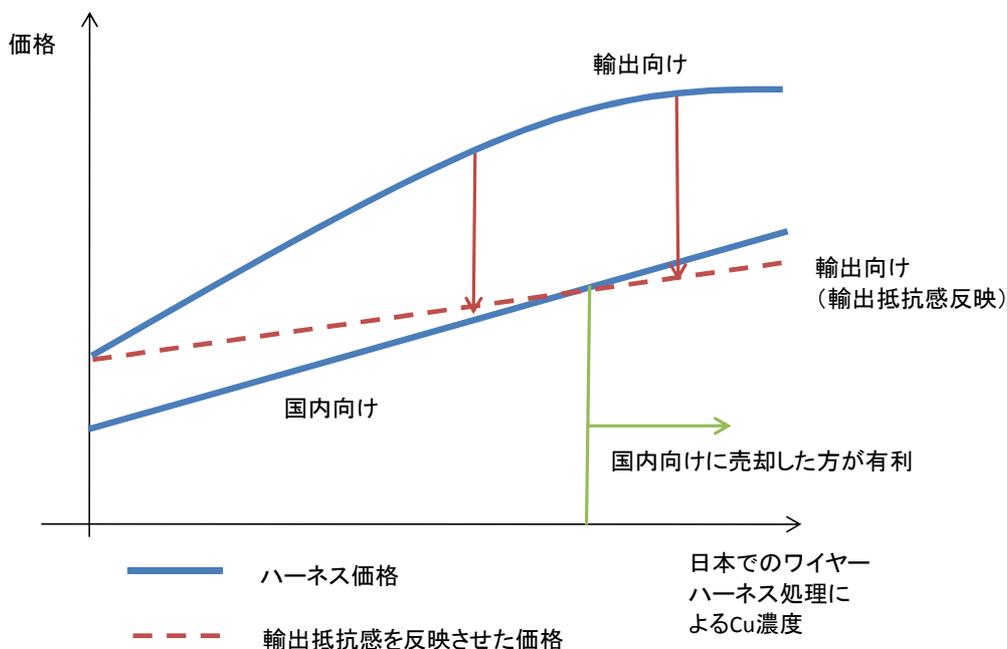


図 3-24 輸出抵抗感を反映させた価格変化のイメージ