



特集記事・6 鉄鋼業におけるリサイクルの最前線

新しい循環型システムの構築-3

WARC方式による使用済み自動車の解体リサイクル

Dismantling and Recycling of ELV by WARC Process

和田英二
Eiji Wada

西日本オートリサイクル (株)
代表取締役社長

1 緒言

日本では近年、年間およそ500万台の使用済み自動車(ELV)が発生しており、その内100万台前後が輸出され、残る400万台前後が廃車として国内で解体処理が行われている。自動車の素材構成の特徴から処理後のリサイクルは他製品に比べて相当に高いレベル(リサイクル率は80%前後)で進められているものの、解体後に行われる破碎処理に伴い発生する20%前後の非金属分を主体とする残さはシュレッダーダスト(ASR)として焼却もしくは管理型処分場に埋立てられるのが一般的である。ASRの埋立量は年間70~80万トンと言われているが、埋立処分場の逼迫並びに埋立費用の高騰により野積みや不法投棄が増加し、自律的なリサイクルが回らなくなりつつある。昨年7月に制定された自動車リサイクル法は2015年以降のリサイクル率95%を実現するためにASRのリサイクル化を推進し、埋立量の極小化を図るとともに自律的なリサイクルシステムを回復させようとするものである。

平成12年2月より北九州市エコタウン地区において操業を開始した西日本オートリサイクル(株)(略称:WARC)はシュレッダーをかけることなしに解体処理を完結させる手法(シュレッダーレスWARC方式)を導入し、足元で月間1,500

台、今までに5万台を超えるELV解体を行って来た。

本稿はその手法を紹介するとともに解体・リサイクルの今後の課題について述べるものである。

2 解体処理の現状と課題

WARCの筆頭株主である吉川工業(株)は70有余年の間に蓄積された技術・ノウハウを利用した新規事業への進出を検討するプロジェクトを1993年に発足させ、市中老廃屑として大きなウエイトを占める使用済み自動車に着目し、3年間にわたる研究を通じて「吉川方式」と呼ばれる解体リサイクル方式を確立し1996年8月に事業に着手した。事業化に先駆けて取り組んだ3年間の研究においてテーマとして据えた柱は(1)高炉メーカーが使用可能な高品位鉄スクラップの再生可能な、(2)時代の趨勢に呼応する高いリサイクルが実行可能な、そして(3)後発事業者として差別化可能な新しいコンセプトを具現化可能な解体手法を構築する事とした。事業着手後3年半、累計処理台数16千台の解体実績と研究成果の実証結果をベースに「吉川方式」を更に進化させ移植して設立されたのがWARCである。

WARCにおいては図1に示す通り、リユース可能な部品を回収した後の車を全長60mのラインにおいて流れ作業的に

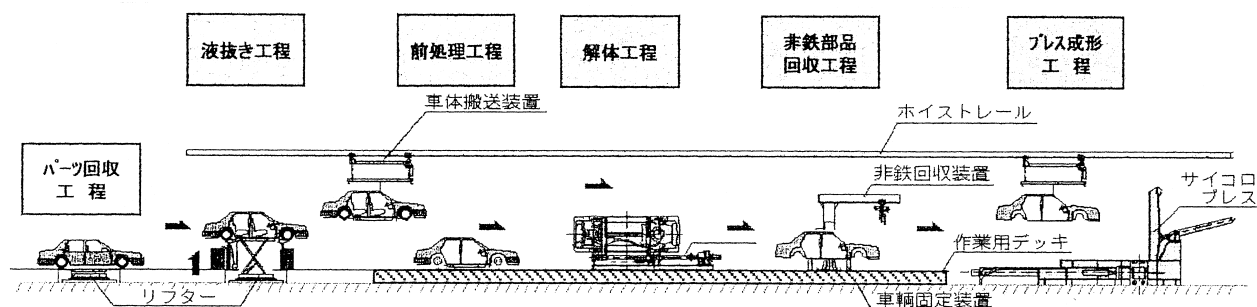


図1 WARC解体処理法の概念図

搭載された部品・部材を4つの工程で分解（解体）し、ボディシェルを第5工程に設置した三軸圧縮成形機により概略50×60×70 cm程度のサイコロプレス品に成形することで解体を完了させ、シュレッダー処理工程を省略したシュレッダーレス方式（ASR発生なし）を実現している。本ラインには合計6名のオペレーターを配置しており、全ゆるメーカーの全ゆる車種（乗用車）を混在させながら平均8.5分/台のサイクルタイムで処理している。

2.1 事前処理

リユースパーツ回収作業並びにオンライン分解作業の前処理作業としてエアバッグ・フロン・バンパーの三品目の回収を行っている。エアバッグについては電気式は車上作動方式としているが、機械式はインフレーターを回収し規定のルートで処理を行っている。当社に入荷するELVは低年式車が多いため搭載車両は未だ少ないが、一括展開仕様となっていない車種は運転席・助手席等々個別展開を余儀なくされており最大の課題はエアバッグの装備位置や個数を的確に認識することである。フロンは従来ライン内回収として来たが、昨年10月からのフロン法施行に伴い、回収の徹底化を目指して本工程及びライン内前処理工程の併用作業に変更している。平成13年～14年にかけて実施された（社）日本自動車工業会（以下自工会と呼ぶ）からのフロン回収委託実験において残留フロンは構造的な理由から一次回収後一定時間を空けた二次回収により回収率の向上が期待されることが確認された為に変更したものであるが、特に排出事業者による回収済み車両（フロン券添付なし）の回収徹底化には好ましい成果を得ている。バンパーは後述の通り、マテリアルリサイクル化の目的のために、ライン装入直前にフォークリフトにより分離回収している。本法ではビスなど異物がバンパー側に残留する傾向にあり、リサイクル原料化の為の異物除去作業が付随し省力化のための改善を検討している。

2.2 液抜き工程

ライン作業の最初の工程であるが、本ラインにはフォークリフトで装入する。本工程には真空吸引式液抜き機を2機設置している。ガソリン・軽油・冷却液（LLC）・各種オイルを個別に抜き取る作業であるが、エンジン・デフオイルのみをドレインプラグを開放して自然落下方式で抜く他はすべて真空強制吸引方式としている。抜かれた液は夫々に地下配管を経由して屋外に設置した貯蔵タンクに蓄えている。図2は1996年～2000年に取り組みまれた自工会報告書¹⁾より抜粋したものであるが、液類の回収率は種類によって変動しATF（Automatic Transmission Fluid）を除くオイル関係が平均88%程度に対しATフルードが54%と低く、LLCも57%と

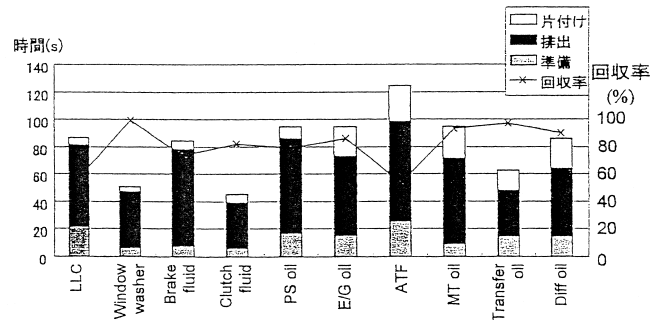


図2 液種別回収時間と回収率¹⁾
（自工会「使用済み自動車分解技術研究」報告書）

低い値を示している。これらは構造的な理由によるものとしているが、WARCプロセスにおいては、後続する解体工程において車体を反転させるために残留オイル・残留LLCが床面に漏出し足場環境を悪化させており液抜け性が最大の課題である。一方燃料も燃料タンクの構造から抜け性にバラツキがあり、車体を多少傾けてリフターに乗せ、最下端部にドリル穴を空ける工夫により回収の徹底を目指しているものの未だ不安を残している状態である。最近では自動車メーカーが独自に開発した液抜き機も市販され、回収率の改善も進んでいるが、鍵は回収時間との相関にあり液抜きを担当する解体事業者の立場からは自動車メーカーによる液抜け性向上に資する構造的改善を期待したい。

2.3 前処理工程

本工程ではタイヤ・バッテリー・フロントシート、フロント／ドアガラス及びフロンを回収する。回収したタイヤはライン横でのオフ作業としてタイヤ・ホイール・バルンサーに分離して夫々のリサイクルルートで処理する。フロントシートの回収は現時点では後続する非鉄部品回収工程でワイヤハーネスの回収作業を容易にする目的であり、電動シートの場合はシートの停止位置によりボルトオフ作業に苦戦するケースがある。リアシート含めシート内ウレタン樹脂のリサイクルシステムが確立されれば新たな効率的な樹脂分離技術の開発が必要となる。ガラスの回収方法はドアガラスはハンマーによる破碎法で、一方フロントガラスは写真1に示す通り合わせガラスのためにチゼルによる繰り抜き法を採用している。回収ガラスは現在までは路盤材に資源活用しており回収後のガラス品質としては余り厳しい要求でないことより本法を継続しているが“ガラスto ガラス”へのリサイクル化を目指して新たな回収方法を確立しつつある段階にある。フロンは事前処理として一次回収を終えているので本工程は二次回収として位置付けており経験的には0～50 g程度が追加的に回収されている。本工程における課題はタイヤ・バッテリー・フロントシート等重量物のハンドリングであり、現在作

業負荷軽減に資するハンドリング方法の研究を行っている。

2.4 解体工程

本工程ではエンジン・ミッション・足回り（サスペンション）・排気系パイプ・触媒等の所謂機能パーツの回収並びにリアガラスを回収する。これら機能パーツは車下側から主に取付けられているために車を90°反転させてエアレンチ・油圧カッター・電動カッター等を使い分けながら分解し、車を水平に戻して吊上げる動作でこれらパーツを落下させる手法としている。Rガラスは前工程でのDガラスと同様のハンマーによる破碎法で回収する。メーカーによる設計の違いを始め、エンジン駆動方式の違いなどから本工程での分解作業は最も技術・経験の必要な作業でありベテランオペレーターを配置してサイクルタイムを担保しているのが現状である（写真2）。特に4WD車やプラットフォームフレーム構造車においては作業時間が延びる為に極力集中作業化の方法で対処している。油圧カッターは操業当初より刃物寿命の問題に直面して来たが、昨年繰り返し使用に耐える構造改善により長寿命化を実現した。従って本工程での課題は反転することに



写真1 チゼルによるFガラス回収作業



写真2 エンジン等の分解作業

より残留する液類（LLC・一部オイル）の漏出による足場環境悪化と回収物が重量物であるために、そのハンドリングにおける作業負荷の大きいことが挙げられる。

2.5 非鉄部品回収工程

「吉川方式」の基本目標である高品位鉄スクラップの再生のために非鉄部品を抜取る作業を行うのが本工程である。ラジエーター・ヒーターコア・エバポレーター・ワイヤハーネス・各種モーター・CPU基盤を回収する。回収作業は車体床部を油圧式固定装置で固定し、2基のジブクレーンの先端に吊下げられた吉川工業が開発したJ型フックにより個々に引き抜く方法である。フックによる一品毎の回収であるために最も手間のかかる作業であり、ライン全体の流れの中でネックとなる工程であり、各部品の取付け構造に大きく左右されると言う意味で車種間の解体性難易度が最も如実に観測される工程でもある。オペレーターの習熟度が向上途上の時期であるが図3は平成12年5月に実施した非鉄部品毎の分解時間を測定したものである。平均時間では普通車に比べて軽自動車は約30%短く、インパネ・ヒーターコア・ワイヤハーネスの三品目が回収時間も長く且つ車種間の変動も大きいことが判る。鉄スクラップとして利用する鉄鋼メーカーの立場からは残留するCu分が鍵となるが、自動車に使用されているCu分は10～15kgとされ、その70%前後はワイヤハーネスであり、ワイヤハーネスの抜け性は解体事業者にとって重要である。最近公表された抜け性改善車投入の例にもある通り、自動車メーカーによる抜け性改善の取り組みには今後ともに大きく期待したい。一方自動車のハイテク化進展に伴いモーター類の装備個数も増加する中、これらモーター類の回収も無視出来ないレベルとなると考えられ、装備位置・個数・Cuレベル等の的確な情報入手も必要となる。

2.6 サイコロプレス工程

非鉄部品回収作業を終えた車（ボディシェル）は本工程に配置されている三軸圧縮成形機により概略50×60×70 cm

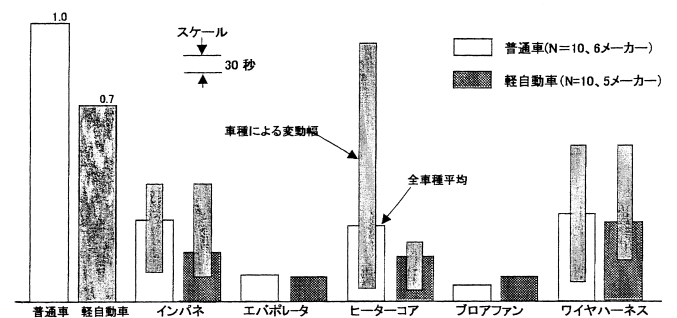


図3 非鉄部品の回収実験結果

目標に成形され、サイコロプレス品としての鉄スクラップが再生される。ライン上で回収しても個別にリサイクルする仕組みのない樹脂等非鉄部品は車体内に残されたまま成形されるため、サイコロプレスの寸法は車種により長辺が70～110 cm程度変動しており、嵩比重は2～2.5となっている。サイコロプレス内には現状では非金属分が平均20%を占め、また鉄重量当たりのCu含有率は現状では概略軽自動車で0.1%、普通車0.2%、大型車0.6%レベルであるので車種構成比率を加味すれば平均0.3%である。サイコロプレスは直接転炉または電気炉に装入される為、転炉装入の場合は水蒸気爆発予防のため屋内保管などによる“水濡れ防止”管理を行っている(写真3)。また混在する樹脂・ゴム等可燃分は定量化は難しいものの一部サーマルとして、一方不可燃分はスラグの一部としてマテリアルリサイクルされると見なしている。

2.7 非鉄再生工程

解体工程で回収されるエンジン・ミッションの内、再利用不可能なものはアルミ再生炉で加熱・溶解しAlインゴットとエンジンガラ(鉄)に分離再生する。炉装入に先立ち、セル・ダイナモ・コンプレッサーを取り外すが、エンジンブロックに直結する異物はワイヤーハーネス・ゴムホース類を始め70種類にも及び、その内約30%の部材には塩素(Cl)が含有されており溶解による排ガス中のダイオキシンが問題となる。これら部材を全てを事前に除去することが困難なために燃焼方法・冷却方法の工夫によりダイオキシンの再合成を抑えることで規制値をクリアーしている。一方非鉄部品回収工程で回収されたワイヤーハーネスは湿式ナゲット機により芯線(Cu)と被覆(塩化ビニル)に分離する。ハーネスの端子や被覆が一部混入するため再生Cuの純度は99.8～99.9%程度である。被覆の塩化ビニルは現時点ではリサイクル困難なために唯一の埋立対象としている。



写真3 サイコロプレス保管状況

3 リサイクルの現状と課題

WARCにおけるリサイクルは前項で述べた通り、回収部品単位で実行される。図4は回収された部品部材を規定の処理ルートに乗せて処理するに際して素材別に積み上げたりリサイクル率である。厳密に言えば委託処理している部品は幾つかの素材が組み合わされたものもあり、これら素材でリサイクル出来ないものもあると思われる。また前項で述べた通り、液類で未回収としてリサイクルに回らないものもある点を考慮すればWARCのリサイクル率の現状は85.5～86.4%程度と推定されリユース部品をリサイクル率に加算しても90%前後と考えている。一方平成9年に公表された通産省リサイクルイニシアティブの2015年目標95%の達成に向けて必要な課題は10%前後使用されている樹脂類のリサイクル化であるが、WARCにおいてはフロント／リアバンパーのみがマテリアルリサイクル化(約10%)している現状であり、残る90%の樹脂への取り組みが今後の課題と言える。自動車リサイクル法ではこれらリサイクル率を計算する基準はマテリアル+サーマルの合計として捉え、最終残さ量によるとされている。従ってWARCのようにサイコロプレス内に「全部再資源化」として非金属分を混入させる場合においては最終残さ量は極少量となりLLC・残留液類及びハーネス被覆を含めてリサイクル対象から外しても、リサイクル率は既に99%近傍にあると考えている。

即ちWARCの手法が法31条にある全部再資源化—全部利用の処理法として自動車メーカー及び主務大臣の認可が取得出来、法に従ったリサイクル率評価がなされるならばリサイクル面での特段の課題は無いとも言えるが、より高度なりサイクルを目指すのであれば以下の様な課題への取り組みが必要と考えている。

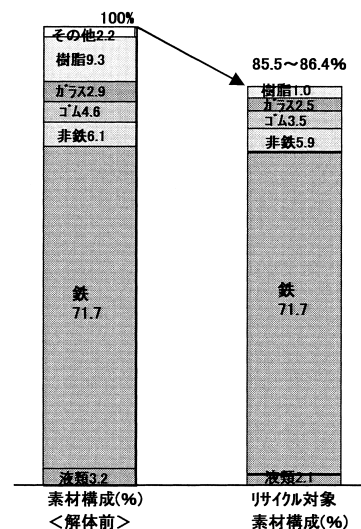


図4 WARCにおけるリサイクル率の現状 (リユース部品を除く)

3.1 樹脂類

自動車に使用されている樹脂類は重量比率で概略10%程度を占める。燃費向上のための軽量化の有力手段として樹脂使用比率は今後共に増加して行くものと考えられる。樹脂パーツには一定以上の重量物には樹脂材料種類が刻印されている。これは樹脂類のリサイクル化を容易にしようとする自動車メーカーの意思表示と理解されるが、シュレッダー法による解体—ASRとしてのリサイクルシステムにおいては意義が薄れる。樹脂類のリサイクルは技術的には種々公表され、一部処理化が進んでいるが、最大の問題は経済的なリサイクルシステムが確立されていないことである。ASRから樹脂種別に選別回収する手法にせよ、刻印された樹脂種を事前選別回収するにせよ、回収樹脂が廃棄物としてではなく有価物として引き取られる仕組みが出来ることが肝要と思われ、その役割を主体的に担い得るのは樹脂メーカーと思われる。既に樹脂部品の分解技術の開発に着手はしているものの、この仕組みが出来て始めて回収コストに関わる競争原理が機能する筈である。

3.2 ガラス類

WARCでは現在路盤材用として積極的にガラスを回収しているが、自動車用板ガラスは本質的に高級グレードであることに加え路盤材自身には規格上ガラス混入に関する規制はないものの使用の都度官庁の認可を必要とすること、或いは用途上その時々を経済事情に左右されることなどから新しいリサイクル化を探っている。現在板ガラスメーカーと共同して“ガラスtoガラス”にリサイクルすることの検討を進めているが、当該ガラスは高級品であるが故に原料に戻す為の回収品質の確保に加え合わせガラス、UVガラス、プライバシーガラス、熱線貼付けガラスなど多岐にわたっており分別回収には相当の回収方法の改良が必要である。

3.3 ゴム類

自動車には4～5%のゴム類が使用されているが、その60～70%はタイヤが占め、セメント工場の燃料として活用されている。残る30～40%はホース類やシール・マットなどであり量的には無視出来ないレベルにある。燃焼による

SOXの問題や設備の酸性腐食の問題など考慮してリサイクル化を目指してはいるものの全く検討は進んでいないのが現状である。

4 まとめ

WARC手法による解体とリサイクルの特徴を一般的手法と対比してまとめたのが表1である。第一の特徴はASRを発生させない、即ち埋立ての必要のない、日本の国土事情に適した、環境に優しい手法であり、第二の特徴は事前に搭載された部品・部材を最大限回収し、既存のリサイクルシステムで処理することで高いリサイクル率を実現した手法である。第三の特徴は鉄スクラップ中のCu含有率を低いレベルに抑えることで許容値の厳しい転炉に活用可能にした、“Car to Car”リサイクルに一步前進させた、前例のない手法である。

本稿は「自動車産業における高度リサイクルシステムの構築」の事例として寄稿の要請を頂いたものであるが、未だ課題山積の実態であり決して「高度」のレベルにない。今後各方面からのご指導を頂きながら改善を積み重ねながらステップアップを目指したい。

表1 WARC解体手法の特徴

	WARC 手法	一般手法
解体方法	事前解体	部分解体
後処理	シュレッダーレス	シュレッダー活用
スクラップ 品質	Cu=0.3%	Cu=0.5%
スクラップ 循環	転炉活用	電炉活用
リサイクル方法	全部再資源化	ASR リサイクル
現状リサイクル率	90%	75～80%

参考文献

1) 使用済み自動車分解技術研究報告書，日本自動車工業会，(2000)，3.

(2003年8月13日受付)