

# 自動車解体業へのMFCAの適用：樹脂リサイクルを対象として

Material Flow Cost Accounting (MFCA) for Car Dismantlers  
: Focus on Plastic Material Recycle

木村 眞実

Mami KIMURA

岸本 孝根

Takane KISHIMOTO

(沖縄国際大学 非常勤講師)

## 【要旨】

本稿では、ELV由来の「樹脂」を対象として、提案型MFCAによる資源の有効利用の可能性を検討している。まず、MFCAによって、ELVから樹脂を回収しないという従来からのELVの解体のフローである「従来フロー」を示すと同時に、樹脂を回収して資源、つまりマテリアルとして有効利用を行うことを想定したフローである「試案フロー」を示す。そして、従来フローと試案フローを、実際にELVを解体して得られた重量データと市場価格を考慮した金額データによって比較し、提案型MFCAによって樹脂のマテリアルリサイクルの可能性を明らかにしている。

## 【目次】

1. はじめに
2. MFCAの計算構造
3. 樹脂のリサイクルフロー
4. 回収実証試験
5. 資源の有効利用の可能性
6. おわりに

謝辞

## 1. はじめに

マテリアルフローコスト会計 (MFCA : Material Flow Cost Accounting) とは、生産プロセスで発生する廃棄物を物量データと金額データによって把握することで、工程や投入原料の見直しを通じた資源の有効利用とコストの削減を行い、自然環境への排出物の削減を可能とする環境管理会計における一手法である<sup>1)</sup>。

MFCAの発展研究として、木村[2015]では、MFCAを動脈産業と静脈産業という産業全体でのマクロの視点で考え、MFCAを動脈産業のみならず静脈産業においても適用することで、産業全体の資源の有効利用が可能となり、延いては環境面と経済面の両立が可能となることを試案MFCAによって検討している。

そこでの試案MFCAとは「現状把握型」と「提案型」によるものであり、前者は生

産プロセスの現状を把握し、物量データと金額データを、生産プロセスの改善に役立てるものである。他方、後者の提案型とは、従来の操業で行われている生産プロセスに対して、新たな資源の有効利用方法を提案するものである<sup>2</sup>。

たとえば使用済自動車（ELV：End-of-Life Vehicles）に搭載されているコンピュータ・ボックスを考えてみる。従来の操業では、コンピュータ・ボックスを解体しないで、そのまま、素材として売却している。しかし、コンピュータ・ボックスを解体することで、アルミ、基板等を回収することが出来る。つまり、解体を行わない場合に比べて、資源としての有効利用が行われる可能性があり、このような有効利用の可能性を、提案型 MFCA において示すものである。

ELV から回収される部品を、マテリアルとして有効利用することは、ELV 1 台の付加価値を高め、解体業者の収益を高めるために必要とされる。日本 ELV リサイクル機構では、「使用済み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」として、採算性を考慮した樹脂回収システムの構築に関する実証試験を実施している<sup>3</sup>。

ELV 由来の樹脂のリサイクルの現状に関して、プラスチック循環利用協会[2014]のデータによると、我が国における 2012 年の廃プラ総排出量は 929 万トンである。このうちマテリアルリサイクル向けは 204 万トン（総排出量の 22%）、ケミカルリサイクル向けが 38 万トン（同 4%）、およびサーマルリサイクル向けが 502 万トン（同 54%）であり、マテリアルとして再生利用されるよりも、サーマルリサイクルの量が多くなっている。そして、マテリアルリサイクル向けの 204 万トンのう

ち、使用済製品由来は 132 万トンであり、その内訳の上位は、ペットボトルが 50 万トン、包装用フィルムが 24 万トン、家電・筐体等が 15 万トンとなっており、自動車部品は 4 万トンと他の製品よりも少ない<sup>4</sup>。しかし、嶋田[2014]・安田[2010]が示すように次世代自動車では樹脂素材による車体軽量化が研究されている。したがって、筆者は樹脂のマテリアルリサイクルについて検討すべきであると考え<sup>5</sup>。

本稿では、ELV 由来の「樹脂」を対象として、提案型 MFCA による資源の有効利用の可能性を検討したい。以下では、まず、MFCA についてその計算構造を説明する。次いで、MFCA によって、ELV から樹脂を回収しないという従来からの ELV の解体のフローである「従来フロー」を示すとともに、樹脂を回収して資源、つまりマテリアルとして有効利用を行うことを想定したフローである「試案フロー」を示す。そして、従来フローと試案フローを、実際に ELV を解体して得られた重量データと市場価格を考慮した金額データによって比較し、提案型 MFCA によって樹脂のマテリアルリサイクルの可能性を示すものである。

## 2. MFCA の計算構造

MFCA とは環境管理会計における一手法であり、生産プロセスを物量データと金額データで把握し、製品と廃棄物の大きさを明確にする。製品と廃棄物が物量データと金額データで明確化されることによって、廃棄物の量を削減し、資源を効率的に利用するように意識付けをさせることができ、生産プロセスの改善につながると考えられる<sup>6</sup>。

簡単な例を用いて、伝統的な原価計算と

MFCA の計算構造の違いを説明しよう。図表 1 に示すように、たとえば、原材料費 1,000 円および加工費 600 円によって製品 1 個をアウトプットする生産プロセスを想定する。また、そこでの原材料の投入高は 100kg であり、最終製品は 80kg、生産プロセスで発生する廃棄物が 20kg とする。

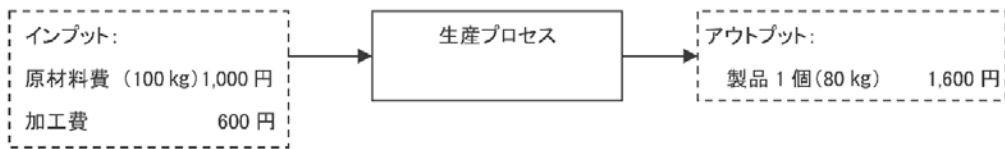
伝統的な原価計算では、廃棄物が発生していても廃棄物のコスト（金額）は計算がされないため、インプット段階での投入額である原材料費 1,000 円と加工費 600 円の合計 1,600 円が製品原価として計算される。

一方 MFCA では、図表 2 に示すように、原材料費 1,000 円は、製品（正の製品と言う）と廃棄物（負の製品と言う）の重量比

に従って配分が行われる。重量 80kg の製品（正の製品）へは、 $1,000 \text{ 円} \times 80 \text{ kg} \div 100 \text{ kg}$  の計算式によって、800 円が配分されるとともに、重量 20kg の廃棄物（負の製品）へは、 $1,000 \text{ 円} \times 20 \text{ kg} \div 100 \text{ kg}$  の計算式によって、200 円が配分されることになる。

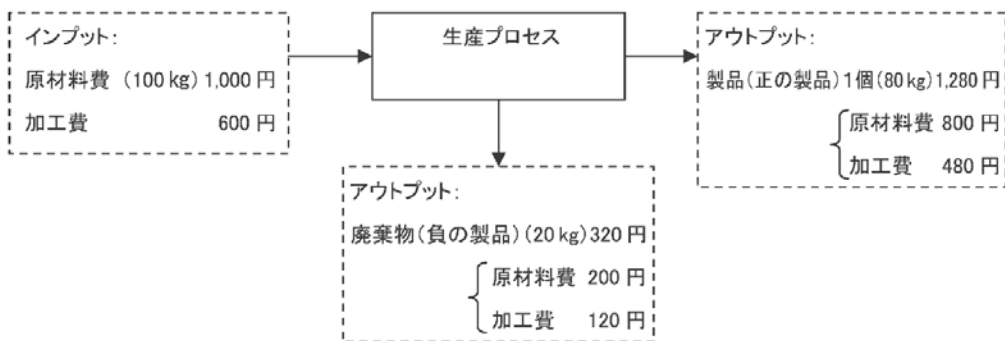
また、加工費 600 円の製品（正の製品）と廃棄物（負の製品）への配賦方法としては時間等の配賦基準が考えられるが、MFCA では、基本的に原材料の重量比を基準として配賦がされ、重量 80kg の製品（正の製品）へは、 $600 \text{ 円} \times 80 \text{ kg} \div 100 \text{ kg}$  の計算式によって、480 円が配賦されるとともに、重量 20kg の廃棄物（負の製品）へは、 $600 \text{ 円} \times 20 \text{ kg} \div 100 \text{ kg}$  の計算式によって、120 円が配賦される<sup>7</sup>。

図表 1 伝統的な原価計算



出所：Jasch[2009]p.117. 國部編著[2008]p.6.

図表 2 MFCA



出所：Jasch[2009]p.118. 國部編著[2008]p.7.

こうした計算で廃棄物（負の製品）の金額が明らかになれば、それをどのように削減するかが、生産プロセス上の課題となり、その改善によって、自然環境への排出物を

削減することも可能になる。このような仕組みを持つ MFCA は、生産プロセスの改善のみならず自然環境の改善にも資するものとなる。

つまり MFCA は、企業における環境管理と生産管理の橋渡しとなっており、生産プロセスの終了後において自然環境への排出物を管理するというエンドオブパイプでの環境改善から、生産プロセスの過程において自然環境への排出物を管理するというインプロセスでの環境改善への転換をもたらす、重要な手段となる<sup>8</sup>。

### 3. 樹脂のリサイクルフロー

これまでの MFCA の導入事例は、動脈産業や、動脈産業の生産プロセス内で発生した廃棄物のリサイクル利用に関するものである<sup>9</sup>。それに対して、木村[2015]では、MFCA を動脈産業のみならず静脈産業においても適用することで、産業全体での資源の有効利用が可能となると考えている。そして、静脈産業を対象として、従来の操業で行われている生産プロセスに対して新たな資源の有効利用方法を提案する「提案型 MFCA」を試案として示している<sup>10</sup>。

本稿においても、資源として利用されていない ELV 由来の部品に対して「提案型 MFCA」による有効利用について提案をしたいと考えている。なかでも、本稿では、樹脂を対象として検討していきたい。

現在、多くの自動車解体業者では、ELV から、樹脂の回収を行わずに、シュレッダー原料として破砕業者へ売却をしている<sup>11</sup>。その理由は、回収しても有償取引が難しいためである。さらに言えば、樹脂を再び樹脂としてマテリアルリサイクルを行う技術を持つ業者では、輸送コストを含む、マテリアルリサイクルに掛かるコストを考慮すると、樹脂を有償で引き取ることが困難な状況があるためである。

しかし、ここ数年、解体業者において回収された樹脂の状態にもよるが、樹脂を有

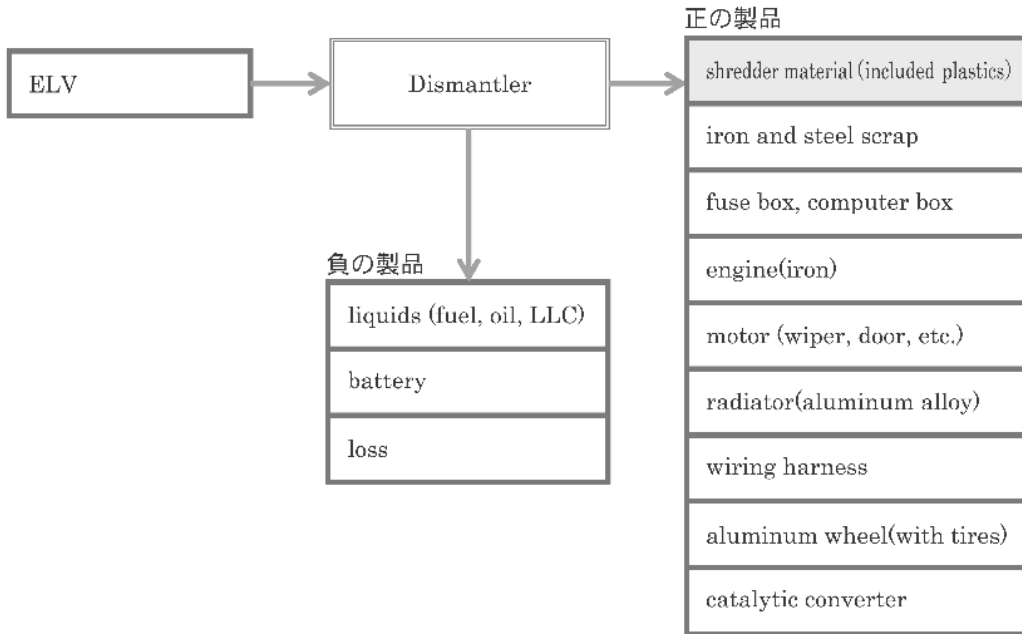
償取引で回収する業者が出てきている。その背景としては国内における樹脂リサイクルの技術革新、および国外における樹脂の需要増加がある<sup>12</sup>。

そこで、提案型 MFCA を ELV から発生する「樹脂」を対象として検討をしていくこととする。従来からのフローは、上述したように、樹脂を回収しないでシュレッダー原料（廃車ガラとも言う）として破砕業者へ売却がされる。それを従来フローとして示すと以下の図表 3 になる。

他方、樹脂を回収してマテリアルリサイクルを行う場合には、図表 4 のようなフローになる。両フローにおいて異なる点は網掛けの部分である。樹脂を回収することによって、従来フローと試案フローでは、シュレッダー原料の重量が異なり、試案フローにおいてはリサイクル可能な樹脂の重量と金額が明確化される。なお、本稿では、試案フローにおけるシュレッダー原料にも樹脂が一部含まれている。その理由は、後述する回収実証試験の時に、一般的な車両から回収できると考えられる（樹脂のマテリアルリサイクルを行う業者が考える）主な樹脂のみを回収したことによるものである。

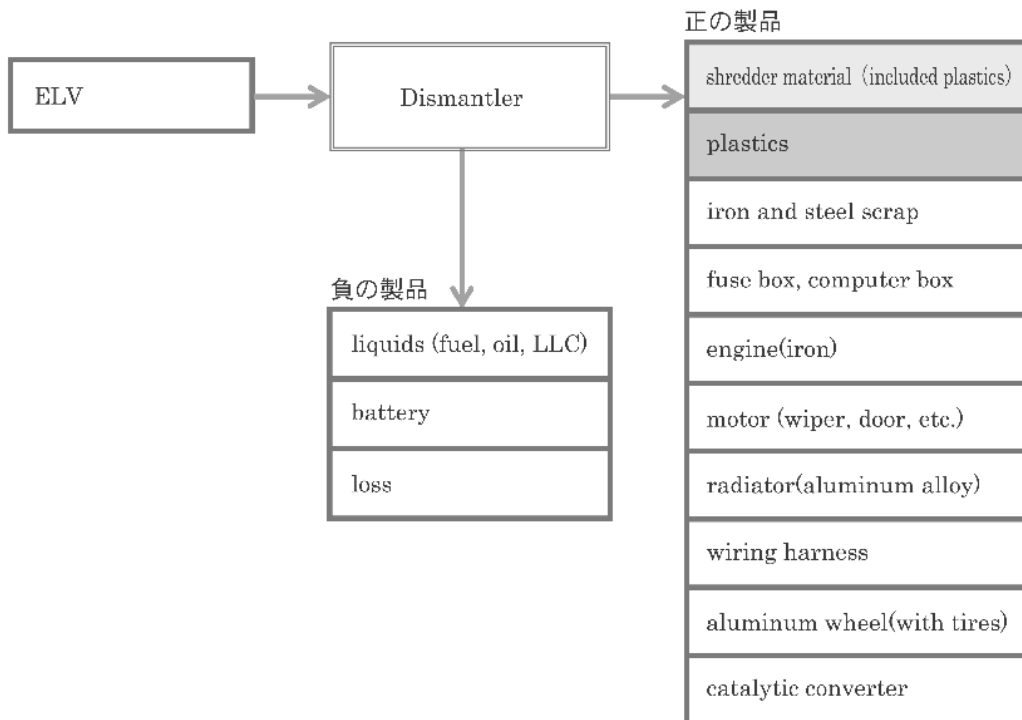
図表 4 で示すように、試案フローでは樹脂を回収してマテリアル（リサイクル樹脂の原料）として売却をするのであるが、シュレッダー原料として破砕業者へ売却をするよりも売却価格は高くなると予想される。筆者が国内の樹脂のマテリアルリサイクル業者へ確認をしたところ、2014 年 11 月における樹脂の買取価格は@10~30 円/kg である。これに対して、シュレッダー原料の価格は 30% のダスト引き後の@18.9 円/kg である。

図表3 従来フロー



出所：筆者作成。

図表4 試案フロー



出所：筆者作成。

#### 4. 回収実証試験

ELV1 台から、リサイクル可能な樹脂は、何kgの回収が可能なのであろうか。ここではH社において2014年11月に実施された回収実証試験について説明を行い、上述の、従来フローと試案フローに関する重量データと金額データを集計する。そして、資源として利用されていないELV由来の樹脂について有効利用の可能性を検討したい。

対象とする車両はトヨタVISTAの排気量2,000cc、1999年式である。解体前のELV重量は1,368.00kgである。1台の解体に掛かる作業時間は3時間であり、2人で作業を行う。回収された各部品は中古部品としてではなく、マテリアル（資源・素材）として取引されるものである。

まず、従来フローと試案フローとで、回収した部品名と回収した部品の重量を集計する。

次に、従来フローと試案フローとで、回収した部品のマテリアルとしての売却価格を集計する。計算式は、（マテリアルの重量）×（売却単価または処理単価）＝（売却価格）である。ここでの売却単価は2014年11月のH社における実際の取引価格である。ただし、LLC等（MFCAで言う負の製品）の場合は売却単価が負の価格（逆有償）になり得る。

そして、従来フローと試案フローについて、ELV1台の売却価格を集計する。なお、今回は、加工費の配賦を行っていない。というのも、回収時に、リサイクル可能な樹脂を、マテリアルリサイクル業者と解体業者とが探しながら回収を行ったため、回収作業時間を計測していなかったことによる。

従来フローと試案フローについて、重量

データと金額データを集計したものが以下の図表5と図表6である。なお、データについてはH社の営業の都合上、一部の表示としている。

表にある1次解体と2次解体の欄について説明をしよう。たとえば1次解体で回収した番号8番のフロントドアを、2次解体によって、さらに、細かな部品である9番から13番を回収するということである。番号14番のリアドアと15番から20番も同様である。

また、表の備考欄には、回収された部品が、どのようなマテリアルであるのかを示している。たとえばH3とは、回収された部品が、鉄スクラップのうち解体スクラップの規格を示すH3に該当することを言う。シュレッター原料とは、回収された部品が、破碎業者においてシュレッターの原料となることを言う。そして、PP、PE、およびABSとは、回収された部品が、どのような樹脂から出来ているのかを示す。なお、両フローで異なるデータには網掛けをしている。

なお、参考までに表に掲載されている番号1番から4番の、タイヤ、ボンネット、バンパー、アンダーカバーの回収実証試験時の写真を以下に示す。

図表5 従来フローの集計表(一部)

1次解体	2次解体	1次解体部位	2次解体部位	①重量 (kg)	②単価 (円)	売価(円) (①×②)	備考
1		タイヤ		67.00	4,800.00	4,800.00	(4本売価)
2		ボンネット		16.50	34.70	572.55	H3
3		バンパー		5.00	18.90	94.50	シュレッダー原料
4		アンダーカバー		0.62	18.90	11.72	シュレッダー原料
5		ライト		4.00	18.90	75.60	シュレッダー原料
6		フェンダ		5.00	34.70	173.50	H3
7		フェンダライナー		1.00	18.90	18.90	シュレッダー原料
8		フロントドア		50.06	18.90	946.13	シュレッダー原料
	9		ガラス	9.60	18.90	181.44	シュレッダー原料
	10		ハーネス	0.40	320.00	128.00	ハーネス
	11		レギュレータ	3.52	18.90	66.53	シュレッダー原料
	12		ドアミラー	3.20	18.90	60.48	シュレッダー原料
	13		パワースイッチ	0.22	70.00	15.40	モーター
14		リアドア		40.60	18.90	767.34	シュレッダー原料
	15		ガラス	7.60	18.90	143.64	シュレッダー原料
	16		ハーネス	0.24	320.00	76.80	ハーネス
	17		レギュレータ	3.24	18.90	61.24	シュレッダー原料
	18		その他	1.40	18.90	26.46	シュレッダー原料
	19		その他	0.44	18.90	8.32	シュレッダー原料
	20		その他	0.48	18.90	9.07	シュレッダー原料
21		スペアタイヤ		11.00	18.90	207.90	シュレッダー原料
151		フェーエルタンクフィラパイプ		1.90	18.90	35.91	シュレッダー原料
152		クーラリフリザントリキッドパイプ		0.68	18.90	12.85	シュレッダー原料
153		遮熱板		0.28	18.90	5.29	シュレッダー原料
154		プラ類		3.64	18.90	68.80	シュレッダー原料
155		ネジ類		15.06	18.90	284.63	シュレッダー原料
156		その他		0.54	18.90	10.21	シュレッダー原料
157		ガラ本体		280.00	18.90	5,292.00	シュレッダー原料
		総合計		1,362.30kg		¥53,165.27	

出所：H社提供データから筆者作成。

図表6 試案フローの集計表(一部)

1次解体	2次解体	1次解体部位	2次解体部位	①重量 (kg)	②単価 (円)	売価(円) (①×②)	備考
1		タイヤ		67.00	4,800.00	4,800.00	(4本売価)
2		ボンネット		16.50	34.70	572.55	H3
3		バンパー		5.00	10.00	50.00	PP(塗装付)
4		アンダーカバー		0.62	10.00	6.20	PE
5		ライト		4.00	18.90	75.60	シュレッダー原料
6		フェンダ		5.00	34.70	173.50	H3
7		フェンダライナー		1.00	10.00	10.00	PE
8		フロントドア		50.06	18.90	946.13	シュレッダー原料
	9		ガラス	9.60	18.90	181.44	シュレッダー原料
	10		ハーネス	0.40	320.00	128.00	ハーネス
	11		レギュレータ	3.52	18.90	66.53	シュレッダー原料
	12		ドアミラー	3.20	18.90	60.48	シュレッダー原料
	13		パワースイッチ	0.22	70.00	15.40	モーター
14		リアドア		40.60	18.90	767.34	シュレッダー原料
	15		ガラス	7.60	18.90	143.64	シュレッダー原料
	16		ハーネス	0.24	320.00	76.80	ハーネス
	17		レギュレータ	3.24	18.90	61.24	シュレッダー原料
	18		その他	1.40	30.00	42.00	PP
	19		その他	0.44	30.00	13.20	アクリル
	20		その他	0.48	30.00	14.40	ABS
21		スペアタイヤ		11.00	18.90	207.90	シュレッダー原料
151		フェーエルタンクフィラパイプ		1.90	18.90	35.91	シュレッダー原料
152		クーラリフリザラントリキッドパイプ		0.68	18.90	12.85	シュレッダー原料
153		遮熱板		0.28	18.90	5.29	シュレッダー原料
154		ブラ類		3.64	18.90	68.80	シュレッダー原料
155		ネジ類		15.06	18.90	284.63	シュレッダー原料
156		その他		0.54	18.90	10.21	シュレッダー原料
157		ガラ本体		280.00	18.90	5,292.00	シュレッダー原料
		総合計		1,362.30kg		¥53,279.41	

出所：H社提供データから筆者作成。



写真1 タイヤ



出所：H社提供。

写真2 ボンネット



出所：H社提供。

写真3 バンパー



出所：H社提供。

写真4 アンダーカバー



出所：H社提供。

## 5. 資源の有効利用の可能性

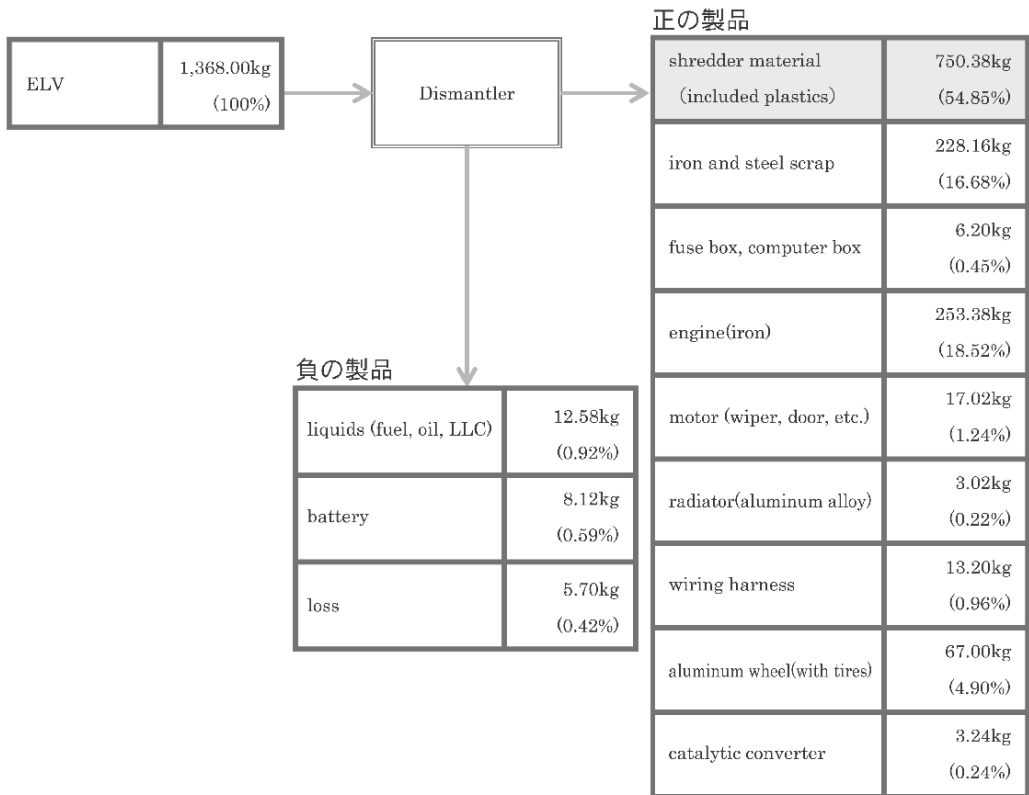
回収実証試験の集計結果を提案型MFCA（従来の操業で行われている生産プロセスに対して新たな資源の有効利用方法を提案するMFCA）で示してみよう。そして、現状では、多くがマテリアルリサイクルとしての利用がされていないELV由来の樹脂について、有効利用の可能性を検討したい。

回収実証試験の結果、負の製品と正の製品の部品名、重量データ、および金額データが明らかとなった。図表7では従来フローをMFCAで示している。MFCAで示すように、解体業者へインプットされたELV1台1,368.00kgからは、液類、バッテリー、

減損が負の製品としてアウトプットされる。また、シュレグダー原料、鉄・非鉄スクラップ、ヒューズボックス、コンピュータ・ボックス、エンジン（成分は鉄）、モーター類、ラジエーター（成分はアルミ）、ワイヤーハーネス、アルミホイール（タイヤ付き）、および触媒が正の製品としてアウトプットされる。そして、各部品の重量データを部品名の右側に示している。重量の下の括弧はインプットされたELVの重量に対する当該アウトプット品の重量の割合を示している。

同様に、図表8は試案フローをMFCAで示したものである。なお、図表7の従来フローと図表8の試案フローとで異なるデータには網掛けをしている。

図表7 従来フローのMFCA（重量データ）



出所：筆者作成。

従来フローと試案フローとを比較してみよう。

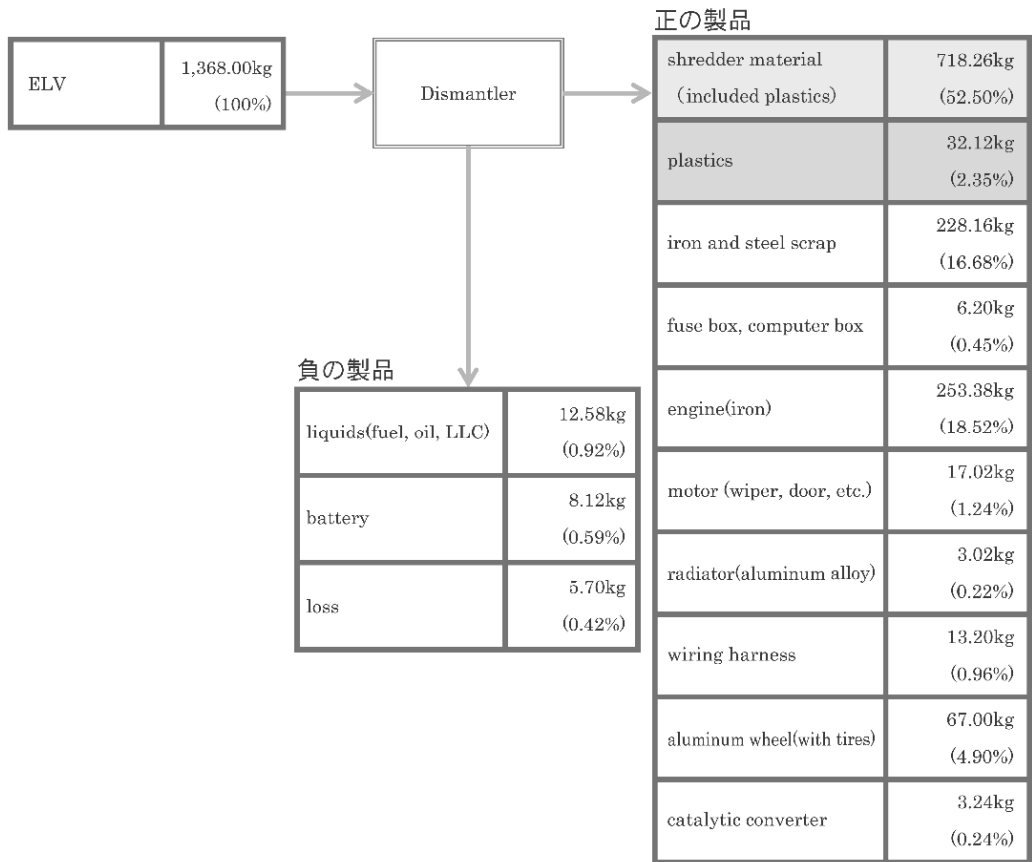
従来フローでは、樹脂の回収がされずに、シュレッダー原料である750.38kgに含まれている。しかし、試案フローでは、マテリアルリサイクルが可能である樹脂が32.12kgとなることが明らかとなった。なお、その時のシュレッダー原料は、718.26kg（一部、樹脂が含まれる）となる。

そして、両フローのELV1台の金額データについてである。液類、バッテリーについては、H社の2014年11月の実績では±ゼロ円の価格で取引がされる。また、前掲の図表5・図表6で示したように、シュレッダー原料、鉄・非鉄スクラップ等は、それぞれ、有償で取引がされている。金額の詳細なデータについてはH社の営業の

都合によって示すことが出来ないが、総額で、従来フローでは53,165.27円、試案フローでは53,279.41円である。つまり、両フローの差額は114.14円であり、この差額は試案フローで示された樹脂32.12kgの有償取引金額である。

つまり、提案型MFCAによって、従来フローと試案フローとを示すことによって、マテリアルリサイクルが可能な樹脂がELV1台から32.12kg回収可能であり、かつ、その売却価格は2014年11月の相場によれば114.14円であることが明確になったということである。別言すれば、従来フローにおいては、回収されずにシュレッダー原料となっていた樹脂であるが、リサイクル樹脂として再生使用が可能であると言える。

図表 8 試案フローのMFCA（重量データ）



出所：筆者作成。

## 6. おわりに

本稿では、ELV 由来の「樹脂」を対象として、提案型 MFCA による資源の有効利用の可能性を検討することを目的とした。従来フローと試案フローとを MFCA によって作成するために、H 社の協力のもと、実際に ELV を解体し、回収した部品の重量データと金額データの収集を行った。

その結果、上述したように、樹脂に関してもマテリアルリサイクルが可能であることが明らかとなった。この結果は、我が国における樹脂のマテリアルリサイクルの可能性を示すものであると考える。また、シュレッダー原料に含まれる樹脂が減少するこ

とによって、現在、自動車リサイクル法のもとで、シュレッダーダストの処理を行っているシュレッダー業者が苦慮する「リ券不足」の問題にも貢献するものと考えられる。

今後の課題は 2 点である。まず、加工費の配賦方法についてである。今回の試案フローでは、従来フローよりも、樹脂回収に掛かる分の作業時間が多くなっている。この点については、再度、ELV の回収実証試験を実施し、樹脂回収に掛かる時間の計測によって、加工費の集計を行いたい。同時に、ELV 全体についての加工費も回収時間等によって集計し、正の製品、負の製品への、加工費の配賦を行いたいと考えている。これによって、よりの確な金額デー

タの集計が可能となるであろう。

次に、隣国、韓国におけるELVリサイクルの現状を我が国と比較することで、これまでの我が国におけるELV由来のマテリアルリサイクルでは行われていなかった方法を明らかにしたいと考えている。たとえば、筆者の2015年2月の現地ヒアリングでは、韓国における再使用、再生使用の実務を知ることが出来た。図表9は2013年8月に韓国の自動車解体業者I社において行われた回収実証試験の結果である。車両は韓国国内において一般的な4ドアセ

ダン（排気量2,359cc）である。筆者が行った2015年2月のI社へのヒアリングでは、図表9においては再使用とされているバンパー（20.34kg）は、再生使用のためにマテリアルリサイクル業者への売却がされているということであった。バンパーを含む樹脂に関しては、我が国と比べて、有償取引の価格が高く、マテリアルリサイクルが行われているようである。この点については、引き続き、現地調査を実施して、明確にしていきたいと考えている。

図表9 韓国I社における解体実務（一部）

正の製品						負の製品		
再使用		再生使用		シュレッダー原料		気体・液体		
部品名	重量(kg)	部品名	重量(kg)	部品名	重量(kg)	部品名	重量(kg)	
ボンネット	18.6	ドラム	8.12	ガラ本体(鉄)	310.0	気体	0.5	
バンパー	20.34	安全ベルト	3.34	エアバック	12.46	燃料	5.66	
フェンダ	5.42	スピーカー	4.62	廃棄物	20.46	オイル	3.6	
バッテリー	17.94	車体前後	200.0			フロアマット		不凍液
前照灯	5.2	エンジン	230.0	真空ブレーク(鉄)	3.64			
シグナル	0.64	配線	18.2	プラスチック	24.88			
グリルフィルター	1.38	一般鉄スクラップ <sup>*</sup>	26.58	運転席(前)	6.23			
バックミラー	2.74			下の板	5.54			
ドア	37.0			助手席(前)	5.2			
ガラスギア	5.32			背板	5.78			
ドアガラス	10.0			シート骨組(鉄)	32.15			
ゴム	5.3							
コンデンサー	3.74							
ラジエター	4.62							
換風機モーター	2.38							
エアコンエバ <sup>o</sup> /ラジエター	3.08							
計	280.04		490.86		426.34		12.76	

出所：韓国資源リサイクリング学会名誉会長（延世大学名誉教授）呉在賢先生提供資料。

## 謝辞

本研究は、我が国の状況に関しては JSPS 科研費 25380632 を、韓国の状況に関しては JSPS 科研費 25370914 の助成を受けている。また、調査研究にあたっては、韓国資源リサイクリング学会名誉会長（延世大学名誉教授）呉在賢先生、熊本大学法学部外川健一先生、東北大学大学院国際文化研究科劉庭秀先生、北海学園大学経済学部浅妻裕先生との議論は大変有益であった。ここに感謝申し上げる。

## 参考文献

Jasch, C. 2009. *Environmental and Material Flow Cost Accounting : Principles and Procedures*. Springer.

ISO. 2010. *Environmental management -Material flow cost accounting- General framework*.

ISO. 2011. *ISO14051 : Environmental management -Material flow cost accounting-General framework*.

安城泰雄. 2007. 「リサイクル工程・リサイクル事業へのマテリアルフローコスト会計の適用」『環境管理』43 (6) : 75-82.

安城泰雄・下垣彰. 2011. 『図説 MFCA (マテリアルフローコスト会計) -マテリアル・エネルギーのロスを見える化する ISO14051』JIPM ソリューション.

木村眞実. 2015. 『静脈産業とマテリアルフローコスト会計』白桃書房.

経済産業省. 2008. 『マテリアルフローコスト会計 (MFCA) 導入事例集 (Ver. 1)』.

経済産業省. 2010. 『マテリアルフローコスト会計 MFCA 事例集』.

國部克彦編著. 2008. 『実践マテリアルフローコスト会計』産業環境管理協会.

産業環境管理協会. 2009. 『平成 20 年度 経済産業省委託事業 サプライチェーン省資源化連携促進事業 事例集』産業環境管理協会.

産業環境管理協会. 2010. 『平成 21 年度 経済産業省委託事業 サプライチェーン省資源化連携促進事業 事例集』産業環境管理協会.

産業環境管理協会. 2011. 『平成 22 年度 経済産業省委託 サプライチェーン省資源化連携促進事業 報告書』産業環境管理協会.

嶋田幸夫. 2012. 『平成 25 年度 技術部門管理職のための次世代自動車研究講座』.

外川健一. 2001. 『自動車とリサイクル 自動車産業の静脈部に関する経済地理学的研究』日刊自動車新聞社.

中島道靖・國部克彦. 2002. 『マテリアルフローコスト会計』日本経済新聞社.

中島道靖・國部克彦. 2008. 『マテリアルフローコスト会計 第 2 版』日本経済新聞出版社.

日本 ELV リサイクル機構. 2013. 『平成 24 年度 自動車リサイクル連携高度化事業 (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) 業務報告書』.

日本能率協会コンサルティング. 2010. 『マテリアルフローコスト会計導入実証・国内対策等事業報告書』.

プラスチック循環利用協会. 2014. 『プラスチックの基礎知識』.

安田武夫. 2006. 「自動車樹脂の材料について」『JAMAGAZINE』2006 年 3 月号 : 3・4.

安田武夫. 2010. 「素材分野から見た車体軽量化と環境性能向上」『JAMAGAZINE』2010 年 11 月号 : 3・4.

<sup>1</sup> 中畷・國部[2002][2008]、國部編著[2008]、安城・下垣[2011]、Jasch[2009]を参照。

<sup>2</sup> 木村[2015]を参照。

<sup>3</sup> 日刊自動車新聞 2014 年 11 月 6 日を参照。なお、日本 ELV リサイクル機構では貴金属・レアアースに関する実証事業も実施している。日本 ELV リサイクル機構[2013]を参照。

<sup>4</sup> ケミカルリサイクルは高炉・コークス炉原料/ガス化/油化によるものである。また、サーマルリサイクルは、固形燃料/セメント原・燃料として 107 万トン、廃棄物発電として 302 万トン、そして熱利用焼却として 93 万トンである。プラスチック循環利用協会[2014]を参照。

<sup>5</sup> 2003 年施行の我が国、循環型社会形成推進基本法に定められた処理の優先順である[1]発生抑制、[2]再使用、[3]再生利用、[4]熱回収、[5]適正処分のうち、再び樹脂としてリサイクルがされる再生利用に関する研究を行うべきと考える。

<sup>6</sup> Jasch[2009]、國部編著[2008]を参照。

<sup>7</sup> Jasch[2009]p.119、國部編著[2008]p.5。なお、MFCA に関する研究では配分と配賦の用語が必ずしも明確に使い分けられていないようであるが、本稿では、原材料費（つまりマテリアルコスト）に関しては正の製品と負の製品とへ「配分」され、加工費（つまり、システムコストとエネルギーコスト）に関しては正の製品と負の製品へ「配賦」されるとする。

<sup>8</sup> 國部編著[2008]p.8 を参照。

<sup>9</sup> 安城[2007]、安城・下垣[2011]、経済産業省[2008][2010]、産業環境管理協会[2009][2010][2011]、中畷・國部[2002][2008]、日本能率協会コンサルティング[2010]を参照。

<sup>10</sup> 木村[2015]第 1 章・第 7 章を参照。

<sup>11</sup> 解体業者と再資源化業者および自動車メーカーとが連携をすれば樹脂の回収は可能である。たとえば、マツダ株式会社では使用済みのバンパーを新車のバンパーの材料としてリサイクルする技術を 2011 年 8 月より実用化している。実用化を達成できた要素として挙

げられている点は、リサイクルしやすい設計が織り込まれた ELV の増加、解体業者（ヤマコー株式会社）との効率的なバンパーの回収方法の検討、および再資源化業者（高瀬合成化学株式会社）との使用済みバンパーの加工方法の検討とされる。新車バンパーの材料に約 10%の使用済みバンパーを混入して再生利用しているということである。以下、URL を参照。

<http://www2.mazda.com/ja/publicity/release/2011/201108/110824a.html>

<sup>12</sup> 筆者らが 2015 年 2 月に実施した韓国ソウル近郊の自動車解体業者へのヒアリングによれば、ネジ等の付き物が付いたままの状態、未破碎のバンパーは、リサイクル樹脂向けとして、@27 円/kgで有償取引がされている。