

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月14日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510039

 研究課題名（和文）東アジア地域における資源循環モデルの再構築  
 -廃車由来のプラスチックを事例に-

 研究課題名（英文） A Reconstruction of Resources Recycling Model in East Asia  
 -Case Study on the Plastics from ELV(End-of-Life Vehicle)-

研究代表者

劉 庭秀 (YU JEONGS00)

東北大学・大学院国際文化研究科・准教授

研究者番号：70323087

研究成果の概要（和文）：

これからの環境配慮型自動車生産のためには、プラスチックの使用が増えることが予想され、如何に廃車からプラスチックを回収して製造工程に戻せるかが重要である。本研究の分析結果から、既存の製造工程や制度は、プラスチックのリサイクルを考慮しておらず、再資源化を妨げていることがわかった。国内業者の連携のみならず、国際資源循環も視野に入れた再資源化システムを構築した上、資源化効率を高める必要がある。

研究成果の概要（英文）：

It needs to increase using plastics for an environmentally-friendly car manufacturing henceforth. Therefore, it is important to recycle in the product process and how many waste plastics can recover from ELVs.

According to research results, auto manufacturers have not considered eco-design, easier to recycle on the existing auto recycling policy, auto manufacturing and recycling processes. As a result, we have to construct an international recycling network and system in order to increase the recycling efficiency even though it is necessary to emphasize that between manufacturer and recycling company in Japan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境政策・環境社会システム

キーワード：東アジア、資源循環、廃車、リサイクル、プラスチック

## 1. 研究開始当初の背景

世界的な経済不況が続く中、自動車動脈産業の中心は欧米からアジアへシフトしている。このような動向を受け、今後、自動車静

脈産業（自動車リサイクル）に関しても、EUから東アジアへ主導権が移られる可能性が非常に大きい。中国をはじめとするアジア地域のリサイクルマーケットが急成長してい

ることを考慮すれば、このような動きが加速すると予想される。

近年、廃車由来の金属類（鉄・銅・アルミ・鉛・白金など）が注目されているものの、資源確保の観点から取引価格が乱高下するなど、投機の要素も伺える。しかし、廃車の中に入っている廃プラスチック類は、解体後、廃車スクラップに残され、ASR(Automobile Shredder Residue:シュレッダーダスト)になるなど、環境負荷が高く、資源として有効に利用されているとは言えない。つまり、解体して資源化する手間や人件費、材質毎の選別・識別困難、リサイクル技術の未確立、高いリサイクル費用などが、廃プラスチックを資源からごみとしている原因である。東アジア地域においては、安い人件費やリサイクル技術（中・低レベルのリサイクル）を用いて、廃プラスチック類の再利用、再資源化を行っているケースも見受けられる。

## 2. 研究の目的

既存の研究成果を中心に、廃車由来の廃プラスチックを事例に資源循環モデル構築のための基礎的なデータベースを構築していく。データの蓄積、解析方法としては、解体現場における解体実験を通して、車種カテゴリを分けて、廃車由来の廃プラスチックの材質、重量、解体容易性、人件費、資源としての価値などを分析する。

さらに、日中韓の自動車リサイクル制度の運用状況を再検討し、リサイクル技術レベルや再資源化された廃プラスチックの流通可能性などを分析する。

但し、2011年3月に発生した東日本大震災の被害により（本務先は立ち入れ禁止状態が続き、建て替えが決まっている）一部の調査地域と研究分析の範囲を縮小し、研究内容（被災車両が大量に発生している状況を考慮した被災地の調査研究など）と研究目的の一部を修正した。そして、日本の静脈産業が中国の都市鉱山事業にどのような影響を与えているのかについての分析考察を加える。

最終的には、東アジア地域における廃車由来の廃プラスチックの再利用・再資源化実態を明らかにし、人件費・技術レベルなどを考慮した上、今まで不明確だった資源循環モデルの再構築を本研究の目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、廃車由来の廃プラスチックを事例に資源循環モデル構築のために解体現場における解体実験を通して、車種カテゴリを分けて、廃車由来の廃プラスチックの材質、重量、解体容易性、人件費、資源としての価値などを分析評価した。また、日中韓における自動車リサイクル現場の特徴と課題、都市鉱山政策の比較分析を行う。特に、中国にお

ける都市鉱山プロジェクト（主に自動車リサイクル）の最新動向を分析する。

プラスチック類の回収は、投下する労働力コスト（金額）に対し、プラスチック類の販売額、カープレスの品質向上による売り渡し金額の向上分、本取り組みによる広告宣伝効果の合計金額が上回る場合にのみ市場性が見込まれる。しかし、現在のリサイクル環境下においては、販売可能なプラスチック類は、バンパーからのPP、ドアミラー等に使用されるABSに限定される。特に日本国内においては、リサイクル製品における「付き物」と呼ばれる異物（ネジ等の金属、異なる種類の樹脂、汚れ、シール、メッキ等）が忌避される。廃車からのPPやABSから、これらの付き物を除去するためには多大な労力を必要である。

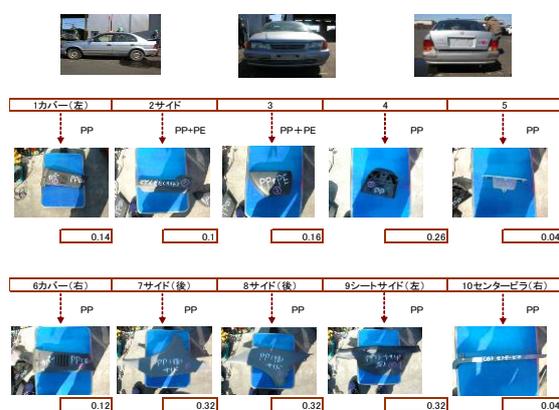


図1 解体実験の例

本検証では、各車種から可能な限りプラスチック類を取り外すこと、同時に可能な限り不純物をカープレスに持ち込まないことを念頭に解体作業を実施した。また改めて、リサイクル可能な状態、つまり付き物のない状態のPPがどの程度回収できるかを再検討した。例えば、軽自動車は解体前の重量が810kgで、解体後の重量は、エンジン類160kg、足鉄（铸铁類）150kg、銅ハーネス4kg、その他155kgとなった。その他にはプラスチック類や座席シート等が含まれ、リサイクル可能なPPの重量は10kgであった。ミニバンについては、解体前の重量が1,450kg、解体後の重量は、エンジン類250kg、足鉄250kg、銅ハーネス8kg、その他390kg、うちリサイクル可能なPPは14kgとなった。

さらに、これらの分析結果を受けて、日中韓の自動車製造工程及び都市鉱山政策におけるプラスチック類の位置づけ、再資源化の可能性について考察した。

## 4. 研究成果

解体前の重量の比率（ミニバン／軽自動車）は1.7となり、リサイクルできるPPは1.4となった。つまり、ELVにあつては、重

量増にほぼ比例するのがリサイクル可能な鉄・非鉄金属であるのに対し、リサイクル可能なプラスチック類はその比率が低く、さらにASRとなる「その他」については重量増の比率以上に増加する傾向があることが見て取れた。実際のプラスチック回収量（普通乗用車の例）は下記の通りである。

表1 廃車から回収できるプラスチック類

素材区分	PP	PP+PE	PE	不明	複合	合計(kg)
重量	19.5	2.90	2.72	0.52	0.8	26.44

また、解体容易性、資源価値、人件費などの観点からみれば、高級車の場合、解体が非常に難しく、プラスチック回収量が極端に少ない。また、複合素材の使用が多く、接着剤を使用しているなど、製造段階においてリユースやリサイクルを考慮していないことがわかった（写真1）。一方、廉価の軽自動車、営業車の場合、簡単に解体できるプラスチック部品が多く、部品も単一素材（PP）で作られているため、解体性、資源回収率ともに優れた結果が得られた（写真2）。

図2は解体容易性と資源回収率を示したものである。

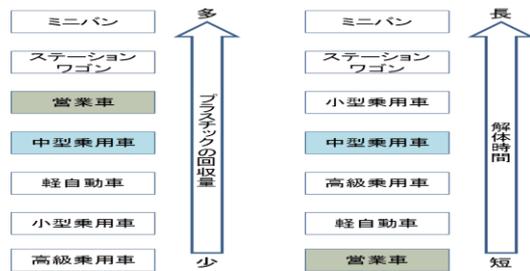


図2 車種毎の解体容易性、資源回収率



写真1 高級車の解体結果



写真2 営業車の解体結果

上記の研究結果から自動車解体業者において廃車由来のプラスチック類を回収することには、様々な課題が残っているが、既存の自動車リサイクル制度を考慮すれば、プラスチック類の回収・資源化は、シュレッダーダストを大幅に削減でき、自動車リサイクル全体でのエネルギー・資源の利用効率が向上しうる可能性がある。しかし、リサイクルの促進のためには、自動車を構成する複合素材としてのプラスチック類をリサイクルする技術を開発すべきである。複数種類が混合した状態のプラスチック類のリサイクルについては、従来容器包装リサイクル法の枠組みの中で相当程度検証が進められており、自動車に関してもその成果を応用する事も期待された。

熱源としてのエネルギー回収よりはマテリアルリサイクルを検討することが重要である。各車種のプラスチック類の回収効率、解体性を測定することで、資源循環モデルを再構築することが重要である。

中国政府は、自動車リサイクルを都市鉱山プロジェクトの中心として位置づけており、鉄・非鉄のリサイクルのみならず、プラスチック類の再資源化にも注目している。現状では、欧米諸国から廃家電類のプラスチックカバーを輸入している場合が多く、人による選別作業が行われてから単一素材としてリサイクルされている。一方、韓国は、自動車メーカーと廃プラスチックリサイクル業者とのコミュニケーションが取れており、回収された廃バンパー、内装材を中心に再資源化、再商品化を試みている。廃車由来の廃プラスチック類の再資源化は、政策的な支援があり、技術面、コスト面の問題が少ない。そのため、需要先の確保（新車部品の原料）と拡大（中国、アジア諸国）も容易であり、今後も活性化していく可能性が高い。

最後に、日本の場合、人件費、物流費などをはじめとする再資源化コストが高いため、これ以上の普及が難しい状況である。一部の解体業者は、場内に廃バンパーの再資源化プロセスを構築しており、アクリルやABS素材の部品のリサイクルを積極的に進めているケースもあるが、これ以上相場が高くなる必要があり、補助金政策を導入しない限り、国内の資源循環は厳しい状況である。結局、この現状が続く限り、廃プラスチック類も日本からアジア諸国へ輸出されることが予想される。

中国は、国営企業を中心とする都市鉱山産業を進めようとしているが、廃車及び廃家電の集荷ができず、補助金に見合った成果が得られていない。日本は、中国のリサイクルマーケットに注目し、先進的なリサイクル技術を提供して中国市場に目指しているが、正確

な実態を把握した上、中長期的な対応が必要である。

廃車由来の廃プラスチックは、日中韓の技術レベル、人件費、インフラの格差、政策方針と目的の相違等々、資源循環に関する政策、技術、経済状況が異なる。また、中国も、すでに人件費が高くなっており、手作業中心のリサイクルは難しい状況となった。そして、日本では大型機械による破碎、選別、資源化（エネルギー回収を含む）を進めてきたが、最近、廃バンパーを中心に自動車メーカーと解体業者の連携も見え始めた。つまり、解体業者が一定量の廃バンパーを回収、破碎、選別、洗浄、乾燥し、自動車メーカーに納入するシステムである。これらの行動は、リサイクル率向上だけでなく、シュレッターダストの削減にも貢献できると考える。

今後、自動車の軽量化、電子化が進む中、プラスチックの使用量が増えることが予想され、環境配慮型自動車生産のためには、如何に廃車から大量の廃プラスチックを回収して製造工程に戻せるかが鍵となる。既存の廃プラスチックリサイクルは、安い人件費、破碎・選別、エネルギー回収などに依存しており、これ以上の資源化効率向上には限界がある。例えば、韓国の低コスト塗装剥離技術、不純物除去（合法的な外国人労働者利用）、日本の高度な破碎・選別・再資源化技術を組み合わせることも可能であろう。このように国内業者の連携のみならず、国際資源循環も視野に入れた再資源化システムを構築した上、資源化効率、経済性を高めることが必要である

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計8件）

- ① 劉庭秀、アジアにおける自動車リサイクル制度の現状と課題、廃棄物資源循環学会誌、Vol. 21 No. 2、査読有、2010、87-95
- ② 齋藤優子、劉庭秀、自治体主導の都市鉱山プロジェクトの日韓比較、日本地域政策研究、第9号、査読有、2011、209-214
- ③ YU Jeongsoo、Emerging Issues in Automobile Recycling after the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake, 4th Asian Automotive Environmental Forum Guide Book, 査読無、2011、9-11
- ④ Jeongsoo Yu, Jia Che, Michiaki Omura and Kevin Roy B. Serrona, Emerging Issues on Urban Mining in Automobile Recycling: Outlook on Resource Recycling in East Asia, Integrated Waste Management II, 査読有、2011、165-180
- ⑤ 劉庭秀、大村道明、車佳、廃車由来の廃プラスチックリサイクルの検証、日本地域政策学会第10回全国研究大会発表

要旨集、10号、査読有、2011、14-15

- ⑥ 劉庭秀、車佳、東アジアにおける自動車リサイクルの最新動向、自動車技術、査読無、66巻、2012、30-36
- ⑦ 車佳、習開鵬、劉庭秀、中国における都市鉱産産業の政策体系に関する考察、日本地域政策学会第11回全国研究発表要旨集、査読有、2012、60-61
- ⑧ YU Jeongsoo、CHE Jia、ZHANG Zhengyang、OMURA Michiaki、Learn about new developments on automobile recycling in East Asia、Asian Automotive Environmental Forum Guidebook、査読有、5巻、11-13

〔学会発表〕（計8件）

- ① 崔馨鐵、劉庭秀、使用済み自動車の定義と社会的な費用便益、日本地域政策学会第9回全国大会【神奈川】大会、2010年8月、桜美林大学
- ② YU Jeongsoo、Issues on Resources Recycling in East Asia: Outlook for the Future Based on the Experience of Automobile Recycling in Japan, The 3<sup>rd</sup> Asian Automotive Environmental Forum, 2010年10月、中国無錫市
- ③ CHE Jia、YU Jeongsoo、Scenario Analysis of ELV Recycling in Japan, The 3<sup>rd</sup> Asian Automotive Environmental Forum, 2010年10月、中国無錫市
- ④ 劉庭秀、廃車由来の廃プラスチックリサイクルの検証、日本地域政策学会第10回記念全国大会【北海道】大会、2011年7月、北海道商科大学
- ⑤ 劉庭秀、東日本大震災による震災廃棄物の発生・処理状況と復興への課題-被災車を中心に-日本マクロエンジニアリング学会平成23年度総会、2011年6月、拓殖大学
- ⑥ 劉庭秀、張政陽、車佳、中国モンゴル自治区とモンゴル国の中古車流通と自動車リサイクルに見る経済と環境格差、日本地域政策学会第11回全国大会【茨城】大会、2012年7月、常盤大学
- ⑦ YU Jeongsoo、Challenge for the future through ELV recycling system in Japan, The 5<sup>th</sup> Asian Automotive Environmental Forum, 2012年11月、Gold Coast, Australia
- ⑧ 劉庭秀、韓国の資源循環法の特徴と課題、第2回酒田港国際資源循環フォーラム、2012年9月、山形県酒田市

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

劉庭秀 (YU JEONGSOO)

東北大学・大学院国際文化研究科・准教授

研究者番号：70323087

(2) 研究分担者

大村 道明 (OMURA MICHIAKI)

東北大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：70312626

戸敷 浩介 (TOSHIKI KOSUKE)

静岡県立大学・環境科学研究所・助教

研究者番号：00542424

貫 真英 (NUKI MASAHIDE)

城西大学・経済学部・助教

研究者番号：20555106

(3) 連携研究者

なし