

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K04024

研究課題名（和文）動脈産業と静脈産業のパートナーシップに関する研究：自動車の環境配慮設計を題材に

研究課題名（英文）Study on the partnership between the arterial and venous industries: the case of automotive DfE

研究代表者

木村 眞実 (kimura, mami)

東京都市大学・環境学部・准教授

研究者番号：80516865

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、製品の環境配慮設計がリサイクルの現場で活用可能であるのかを、解体実証試験、関係主体へのヒアリング調査によって、解明することを目的とした。その結果、メーカーが想定する環境配慮設計は、再資源化業における「リサイクル工程」によって活用可能（一部、活用困難）であることが理解された。また、再資源化業が想定する「リサイクル」は、サーキュラーエコノミーをはじめとする資源循環に関する政策、資源市況、リサイクル技術の高度化によって変化することから、メーカーが想定する環境配慮設計が、廃棄段階の10年・20年後のリサイクルの現場で活用可能であるかは、製品企画時点で想定することは困難である点も理解された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、リサイクルの現場での環境配慮設計の活用可能性への理解を通じて、製品を作る責任と使う責任に向けて、社会がどのように考えるのかを問うものである。本研究によって、「リサイクル」とは、政策・市況・技術によって進められるものであることが理解された。メーカーとリサイクル業は、パートナーシップを絶えず・継続的に構築し、メーカーとリサイクル業には、使用後のリサイクルも考えた製品のあり方、および消費者・社会が「資源」についてどのように考えるかという「リサイクルの思想」も描いた製品の生産活動と再資源化活動を行うことが求められる。そして、両者のパートナーシップの橋渡し役として会計学研究が求められる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to clarify whether DfE can be utilized in the recycling process through disassembly demonstration tests and interviews with related parties. As a result, it was understood that the DfE envisioned by manufacturers can be utilized or not, depending on the "recycling process" in the recycling industry. In addition, the "recycling" assumed by the recycling industry changes depending on policies related to resource recycling, including the circular economy, resource market conditions, and recycling technologies. Therefore, it is difficult to assume at the time of product planning whether the DfE envisioned by manufacturers can be utilized at the dismantling site in the disposal phase in 10 or 20 years.

研究分野：会計学

キーワード：環境配慮設計 会計学研究 使用済み製品

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、研究代表者(木村)は、2008年に、自動車メーカーによる「リサイクル設計」に関する調査研究を行った。当時は、自動車メーカーと解体業者へのヒアリング調査を通じて、必ずしもメーカーのいうリサイクル設計が解体現場において活用されてはならず、むしろ、全部再資源化(マテリアルリサイクルではなく廃車を電炉に投入してサーマルリサイクルを行う)に向けてのリサイクル設計と考えられると結論付けた。

しかし、上述の研究、および科学研究費助成事業(2013~2015年度)「自動車静脈系サプライチェーンにおけるMFCAの適用に関する研究」(研究代表者)において、解体業者の生産プロセスが低コスト・短時間で効率的に行われるためには、自動車メーカーによるDfEが大きく影響しており、これらが解体業者の生産プロセスにおいて、どの程度、浸透しているのかを、明確にすべきと考えられるようになった。

また、研究代表者(木村)が幹事を務める自動車技術会リサイクル技術部門委員会において、自動車メーカーによるDfEが2003年を境に変化したとの報告を受け、DfEの境界年を考慮して、DfEを通じた動脈静脈産業との間のパートナーシップについて検討すべきと考えられるようになった。つまり、解体業者による作業性および分別精度の向上等のためには、解体性(構成比部品を車両から外せる)、分離性(その部品を素材単位にばらせる)、識別性(その素材の名称がわかる)、再利用性(その素材がリサイクルできる)という4つの要素が重要である。これらの要素は、自動車メーカーによるDfEに起因するものであり、果たして、自動車メーカーによる環境配慮設計が、自動車の再資源化に関与する解体業者、破砕業者、およびASR再資源化業者において役立つのかどうかを、DfEの境界年を考慮し解明すべきと考えられるようになった。

そこで、本研究では、これまで研究代表者(木村)が行ってきたMFCAによる再資源化の可能性に関する研究を発展させ、DfEを題材として、自動車メーカーと解体業者・破砕業者・ASR再資源化業者等によるパートナーシップの現状と課題を明らかにすることを課題とした。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、資源循環のために求められる動脈産業と静脈産業によるパートナーシップを、環境配慮設計(以下、DfEと言う)を題材として、実証することである。動脈産業としては自動車メーカーを、静脈産業としては解体業者・破砕業者・ASR(自動車破砕くず)再資源化業者等を想定し、会計学および環境経済学の観点から考察を行う。

## 3. 研究の方法

本研究では、自動車メーカーと、解体業者・破砕業者・ASR再資源化業者等によるパートナーシップが、DfEを通じて、どのように行われ、どのような課題があるのか(現状と課題)を、研究期間内において明らかにする。研究代表者(木村)が会計学の観点から、研究分担者(外川)が環境経済学の観点から、分担・連携して研究を進めた。

本研究は当初4年計画を想定し、DfEを通じての動脈産業と静脈産業のパートナーシップの現状と課題を明らかにするために、サブテーマ1~9を設定した。

まず、環境報告書およびホームページから、トヨタ、日産、ホンダによるDfEを経年で整理し、各社のDfEを比較検討する(サブテーマ1)。そして、各社にヒアリング調査を行い、DfEの開発状況、目的を整理し、各社の取組を明確化する(サブテーマ2)。さらに、DfEに関する研究成果を中間報告書としてまとめる。

サブテーマ1・2を踏まえて、DfEではない車両(旧型)とDfEである車両(新型)への解体実証試験の方法について検討をする(サブテーマ3)。次に、実証試験において収集する物量データ・金額データ(MFCA)の検討と、解体作業実施者へ行うヒアリング調査の際に収集する定性データの検討を行い、実証試験実施要領を作成する(サブテーマ4)。そして、旧型と新型車両の解体実証試験(サブテーマ5)を研究協力者の工場において実施する。

そして、解体実証試験から得られたMFCAに関するデータ、および解体業者による評価データを分析する(サブテーマ6)。そして、DfEのうち易解体設計を優先できない要素とされる損保による補修性評価とDfE(サブテーマ7)について、損保協会と自研センターへのヒアリング調査を主として、研究を行う。

さらに、我が国のリサイクル政策、および自動車リサイクル法の現状と課題を整理する(サブテーマ8)。

解体実証試験による結果を受けて、自動車メーカー、および解体業者・破砕業者・ASR再資源化業者等へ、ヒアリング調査を行う(サブテーマ9)ことで、自動車メーカーと解体業者等のパートナーシップの現状と課題を明確にする。そして、最終報告書を作成する。

#### 4. 研究成果

本研究では、管理会計のツールである MFCA を用いて、製品への環境配慮設計がリサイクルの現場について活用可能であるのかを、解体実証試験、関係主体へのヒアリング調査によって、説明することを目的とした。

その結果、メーカーが想定する環境配慮設計は、再資源化業における「リサイクル工程」によって活用可能（一部は活用困難）であることが理解された。また、再資源化業が想定する「リサイクル」は、サーキュラーエコノミーをはじめとする資源循環に関する政策、資源市況、リサイクル技術の高度化によって変化することから、メーカーが想定する環境配慮設計が、廃棄段階の10年・20年後の解体現場において活用可能であるかは、製品企画時点で想定することは困難であることも理解された。

以下、各年度における進捗と成果を詳述する。

##### (1) 研究初年度（2016年度）:

自動車メーカー3社について、各社のホームページおよび環境報告書等から、環境配慮設計について整理を行った（サブテーマ1・2）。その結果、以下の5項目が、自動車の環境配慮設計であるが、メーカーA社では5項目全てを、メーカーB社ではフロントバンパとリヤバンパを、環境・リサイクルに対する取り組みとして掲げており、メーカーC社では5項目すべてについて、不明であった。なお、研究成果については2016年9月に学会報告を行った。

- ・インパネワイヤーハーネス：低荷重破断アース端子の設定。引き剥がし紐の設定。
- ・ドアトリム：引き剥がしポイントを設定・指かけ部位を設定。
- ・フロントバンパ：引き剥がしポイントを設定。一体化、締結点数を削減。
- ・リヤバンパ：締結点数を削減。車体へのネジ締結点数を削減。
- ・燃料タンク：燃料タンク底面に抜き位置を表示。

また、サブテーマ3・4・5の解体実証試験を実施した。メーカーによる環境配慮設計が施されていると想定される新型車と、施されていないと想定される旧型車について、解体実証試験を実施した。

なお、当年度の研究を踏まえて、新素材（CFRP）に関しても情報の整理とメーカーへのヒアリング調査を実施することとした。

##### (2) 第2年度（2017年度）:

研究代表者（木村）は、サブテーマ9に関して、解体業者への現地調査を中心に行い、DfEが樹脂部品（バンパとドアトリム）の回収時、および樹脂部品からの異物除去時に活かされているかどうかを調査した。

サブテーマ8・9に関して、分担者（外川）は、自動車メーカーや、リサイクル業者へのヒアリング調査を通じて、メーカーの易解体設計に関する取り組みの歴史的変遷と、解体業者へのメーカーの取り組みへの反映について考察を行った。なお、OECD ガイダンスマニュアルの改訂に伴い、易解体設計と関連が深い環境配慮設計全般の国際的動向と、わが国の政策的・経営戦略的な変貌の有無に関しても調査を着手した。

##### (3) 第3年度（2018年度）:

サブテーマ9に関して、研究代表者（木村）は解体業者への現地調査を実施し、DfEが車両からの樹脂とガラス回収に活かされているかどうかを調査した。また、自動車メーカーと、DfEの調査結果、およびメーカーの今後の方向性について意見交換を実施した。

当年度は、家電にも着目し、サブテーマ8・9に関して、分担者（外川）は、「家電リサイクルの場合は製品そのものが家電メーカーの指定するリサイクル工場に収集されるため、環境配慮設計が自動車の場合よりも、より易解体設計が反映される可能性が高い」という仮説を設定した。そして、家電メーカーの環境配慮設計に関する取り組みについて、家電メーカーのX社（家電リサイクルのAグループに所属）および再資源化業者のY社（家電リサイクルのBグループに所属）へのヒアリング調査を実施し、さらに資料の収集・分析を行った。

##### (4) 第4年度（2019年度）:

サブテーマ5・6に関して、初年度に国内主要メーカー2社の車両の解体実証試験を実施しているが、さらに他メーカーについても解体実証試験を行い、国内主要メーカー3社の車両について比較検討を行う予定であった。しかし、外部要因（台風による被災）によって、協力企業における解体実証が困難となった。そこで、研究期間の延長を行い、2020年度を最終年度（最終的に2021年度へ延長）として研究を実施することとした。

また、サブテーマ9に関して、ガラス回収試験を実施している解体業者へのヒアリング調査によって、車両構造と廃ガラス回収率との関連を理解した。

サブテーマ8に関して、分担者（外川）は、自動車リサイクル法の3回目の見直しに向けて、ASRの再資源化の現状を把握し、改正の論点を明確にした。

(5)第5年度(2020年度):

サブテーマ5・6に関して、外部要因によって協力企業における「車両全て」についての解体実証が困難となった。そこで、当年度では、解体対象を「車両全て」から「特定部品(樹脂・ガラス)」へと変更を行い、解体試験を行うこととした。協力企業において解体実証試験を実施し、マテリアルフローデータ(時間情報・物量情報・金額情報)の収集を行い、環境配慮設計のうち、分離性に関して、活用可能性と効果を、「回収のし易さ」、「回収量」、「回収時間」から検証した。また、自動車の範囲を、4輪車のみならず2輪車へも拡げることとし、二輪車に関するリサイクルの状況を研究/調査した。

サブテーマ8に関しては、分担者(外川)は、自動車リサイクル法の見直しに際して、ASR再資源化の観点から制度の課題等を整理し、研究成果論文として公表した。

そして、サブテーマ9に関して、日本自動車リサイクル機構の会員企業を対象とした各種調査を行うことで、同組織/業界との情報交換を積極的に実施した。

(6)第6年度・最終年度(2021年度):

サブテーマ5・6のうち、残された課題であった「特定部品(ガラスと樹脂)」を対象とした解体実証試験を実施し、ガラスに関しては、メーカーによる環境配慮設計はガラスのメーカーを把握することができる「マーキング」が唯一の環境配慮設計であり、識別性が原料回収時の品質保持に向けた目安として機能しうることが把握された。しかし、分離性に関しては、環境配慮設計は施されていないため、回収側の設備の工夫が必要であることが理解された。また、樹脂に関しては、車両からの取り外しに向けた易解体性が環境配慮設計として機能していることが把握された。たとえば、ドアトリムに含まれる「ピン」については手作業での回収がし易いことが理解された。

そして、サブテーマ9に関して、メーカー系のリサイクル研究所と、特定部品(ガラスと樹脂)の実証試験データを用いて、オンラインでのディスカッションを実施し、メーカーが目指す環境配慮設計と現場とのギャップが明らかとなった。

(以上)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 名波和幸, 木村眞実
2. 発表標題 使用済み自動車のガラス回収と回収ガラスの活用事例に関する報告 高付加価値リサイクル製品の開発
3. 学会等名 自動車技術会2021年春季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Yamane, Mami Kimura, Minagi Miyokawa, Koshiro Murakami, Hideo Miyachi
2. 発表標題 Process Visualization and Verification of Improvement Methods and Effects
3. 学会等名 Process Visualization and Verification of Improvement Methods and Effects 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics AROB 27th 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村眞実, 名波和幸, 中村禎之介
2. 発表標題 使用済み自動車由来ガラス再資源化工程の現場改善に関する研究
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 名波和幸, 木村眞実, 中村禎之介
2. 発表標題 廃車由来の廃ガラスを用いた活用事例の研究調査
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Yamane, Mami Kimura, Yutaka Asazuma
2. 発表標題 Motorcycle Recycling Flow in Japan : the number of End-of-Life motorcycles (ELMCs)
3. 学会等名 The 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村眞実, 山根拓海
2. 発表標題 中古二輪車を対象としたベトナムの再資源化ネットワークに関する研究
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 自動車解体業における仕入価格決定に役立つ試算原価計算
3. 学会等名 会計理論学会第34回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村眞実, 佐々木健一
2. 発表標題 自動車解体業者における台当たり原価計算に関する研究
3. 学会等名 第30回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名波和幸, 木村眞実
2. 発表標題 沖縄県における使用済自動車由来のガラスリサイクルの取り組み事例
3. 学会等名 第30回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 自動車再資源化産業における原価計算
3. 学会等名 日本原価計算研究学会第45回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村眞実, 名波和幸
2. 発表標題 マテフロ (MFCA) による資源効率アップへの挑戦 ~自動車解体業者・破砕業者における廃車由来プラスチック~
3. 学会等名 自動車技術会2018年春季大会フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村眞実, 名波和幸
2. 発表標題 自動車解体業者における樹脂リサイクルの改善活動に関する研究: 異物除去を中心に
3. 学会等名 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村眞実, 外川健一
2. 発表標題 自動車リサイクル工程における製造原価と易解体設計に関する研究
3. 学会等名 第28回廃棄部資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村眞実, 名波和幸
2. 発表標題 管理会計・原価計算手法によるリサイクル工程の技術開発に関する研究 : ELV由来の樹脂を対象として
3. 学会等名 第28回廃棄部資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 マテリアルフローコスト会計による樹脂リサイクル工程の評価について
3. 学会等名 環境資源工学会 第34回シンポジウム: リサイクル設計と分離精製技術(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 ELV1台の付加価値をどう高めるか: たとえば樹脂の再資源化について
3. 学会等名 一般社団法人日本ELVリサイクル機構 未来部会 事業所見学会(招待講演)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 どう思っているとお？「1台の付加価値を高めるにはどうしたらよいのか？」 - ブレインストーミングで課題の明確化-
3. 学会等名 一般社団法人日本ELVリサイクル機構 未来部会 事業所見学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村眞実
2. 発表標題 樹脂リサイクルの潮流と実務について
3. 学会等名 ELV熊本協同組合新年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 外川健一，木村眞実
2. 発表標題 自動車の易解体設計の進捗状況について 予備的考察
3. 学会等名 環境経済・政策学会2016年大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 外川健一	4. 発行年 2017年
2. 出版社 原書房	5. 総ページ数 276
3. 書名 資源政策と環境政策 - 日本の自動車 リサイクル政策を事例に	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	外川 健一  (TOGAWA Kenichi)  (90264118)	熊本大学・大学院人文科学研究部(法)・教授    (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関