

레일형 옥내화 자동차해체시스템의 전과정평가 방법을 통한 환경영향평가에 관한 연구

김대봉 · 박제철 · 박정호* · 하성용** · †성종환***

금오공과대학교 환경공학과, *인선모터스, **신한대학교 자동차공학과, *** (주)솔루티스

A Study on the Environmental Review through the Life Cycle Assessment Method of End-of-life Vehicle Dismantling Technology Via Indoor Rail Type

DaeBong Kim, JeChul Park, Jungho Park*, SeongYong Ha** and †Jonghwan Sung***

Department of Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongsangbuk-do 39177, Korea

*Insun Motors co., 286, Donggung-ro, Goyang-si, Gyeonggi-do 10317, Korea

**Department of Automotive Engineering, Shinhan University, Gyeonggi-do 11644, Korea

***Solutis co. Ltd., 501 Samsung IT valley 33Road 27, Digitalro Guro Seoul 08380, Korea

요 약

본 연구는 환경 친화적인 폐자동차 해체 및 재활용 기술을 대상으로 전과정 평가 방법을 적용하여 환경에 미치는 영향을 평가해 보았다. 폐자동차 해체 처리 과정에서 투입 원부재료 및 배출되는 해체 부품의 재활용 및 폐기 처리에 따른 자원소모, 지구온난화 등의 환경적 영향에 대한 분석을 수행했다. 본 연구를 통해 옥내화 레일형 기술이 적용된 해체 시스템을 통해 기존 해체 시스템 대비 재활용율이 약 8% 증가 됨을 확인하였으며, 이를 통해 환경 영향 범주별 3~88%의 개선효과가 있음을 확인하였다. 또한, 폐자동차의 해체 처리 속도 및 부품의 재활용 및 재자원화 비율 향상을 통해 국내외 중고부품 시장에서 약 9~67%의 부가이익을 창출할 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과를 통해, 폐자동차 처리의 법규 준수와 동시에 재자원화를 증대 및 중고 부품 시장의 활성화를 위해 레일형 옥내화 폐자동차 해체 시스템의 보급 및 확산 노력의 필요성을 확인할 수 있었다.

주제어 : 폐자동차 처리공정, 친환경적 해체 및 재활용, 전과정평가, 옥내화 레일형 해체 공정, 환경성 평가, 경제성 평가, 폐자동차 자원순환

Abstract

This study is aimed at compare and evaluate the environmental impact of End-of-Life Vehicle(ELV) on the eco-friendly technology dismantling and recycling system, using Life Cycle Assessment (LCA) method. In this study, it was analyzed for the environmental impacts of raw materials, disassemble process, recycle parts separation and waste treatment into the process of ELV treatment by greenhouse gas and resource consumption, etc. Through this study, the indoor rail type dismantling technology were recycling rate applied on the alternate system was increased by approximately 8%. As a result, it was 3 to 88% by improving the environmental impact category. In addition, the added benefit of approximately 8 - 62% in pre-market occurred through the recycling rate, improve parts reuse rate of ELV. Through the results of this study, legal compliance, improved reuse and recy-

· Received : September 13, 2016 · 1st Revised : October 4, 2016 · 2nd Revised : November 17, 2016 · Accepted : December 4, 2016

†Corresponding Author : Jonghwan Sung (E-mail : jhsung1984@gmail.com)

Consulting Business Department, Solutis Co., Ltd., 501 Samsung IT valley 33 Road 27, Digitalro, Guro, Seoul, 08380, Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

cling ratio, used parts market reach, enable exports has identified the need for the effort that the dissemination and diffusion of eco-friendly technology.

Key words : End-of-life vehicle treatment system, Eco-friendly dismantling and recycling, Life cycle assesment, Indoor rail type dismantling process, Environmental assesment, Economic assesment, End-of-life vehicle recycling

1. 서 론

1.1. 연구배경

수명을 다한 폐자동차는 2008년 1월 1일부터 시행된 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률(이하 ‘자원순환법’)」의 강화된 기준에 따라 2015년부터 자동차의 폐기단계에서 최종 재활용률 95%(열회수 10% 포함)를 달성하도록 하고 있다. 국가별 폐자동차 규제의 최종 재활용 책임 주체는 EU(제조/수입사), 일본(소비자/제조사), 한국(업계) 및 중국(제조사)에서 서로 상이하지만, 최종 재활용률 기준은 대부분의 국가가 유사한 기준(95% 재활용)이 적용되고 있다. 또한 별도 규제가 제정되지 않은 미국, 캐나다에서도 최종 재활용률

95%를 목표로 친환경 해체 및 재활용을 촉진하고 있는 추세이다.

2014년을 기준으로 통계청 자료에 따르면 우리나라의 자동차 등록대수는 2,000만대를 돌파했으며, 한해 발생되는 폐자동차는 약 76만대 정도로 집계되고 있어 폐자동차로부터 재자원화 될 수 있는 잠재량이 적지 않다. 폐자동차의 환경 고려 해체 및 재활용 촉진을 위해 국내에서도 기 시행되고 있는 자원순환법의 준수와 더불어 폐자동차를 원료로 한 업계의 부가치 극대화를 위해 적절한 해체 및 재활용 기술 개발·적용이 국내외적으로 필수적이다¹⁾.

자동차의 자원순환이란, Fig. 1에서 처럼 수명이 끝난 자동차(ELV, End-of-Life Vehicle)에 대해 Fig. 2와 같

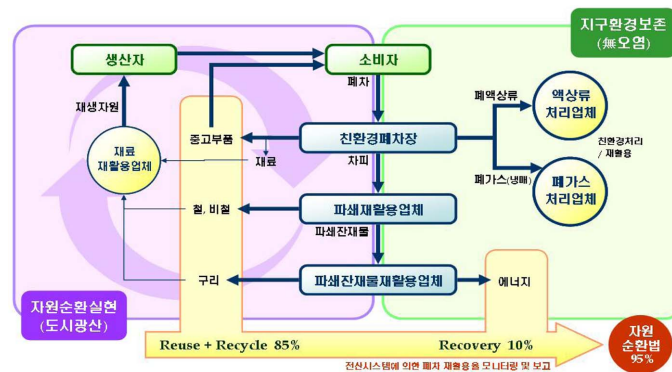


Fig. 1. Recycling the concept end-of-life vehicle (KEITI).

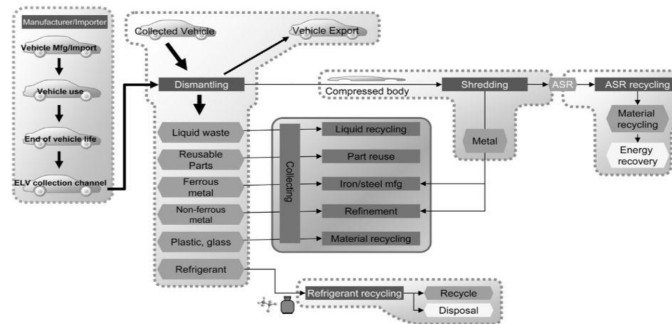


Fig. 2. ELV treatment chain⁶⁾.

이 폐자동차의 해체 과정을 거쳐 중고부품, 철, 비철, 에너지, 기타재료 등 재사용 및 재활용이 가능한 부분을 최대한 재생자원 및 에너지원으로 순환시키는 개념으로 폐액상류, 폐가스(냉매)의 친환경처리를 통해 지구환경보존에도 기여할 수 있게 한다. 폐자동차의 자원순환을 위한 첫 번째 단계로서 폐자동차 해체과정은 이후의 중간처리 및 폐자원처리 공정의 효율과 재자원화율을 결정하는 가장 중요한 단계이다. 가장 많은 규제 항목을 폐자동차 해체 과정에 집중하고 있음에 따라 국내에서도 폐자동차 해체재활용업체(폐차장)의 환경성도 획기적으로 개선되고 있으며, 특히 대다수의 업체들이 실내해체, 액상폐기물 회수 및 분리보관 등의 환경친화적 해체설비의 도입을 추진하고 있다.

1.2. 국내의 폐자동차 자원순환 산업기술 동향

국내 최대 규모의 옥내화 레일형 해체 설비 시설을 보유하고 있는 社에서는 국산 및 수입자동차 전 차종, 전 제조사 차량에 대해 전문화된 해체 서비스를 제공하고 있다. 특히기술이 적용된 40 m 길이의 레일형 반자동 해체 시스템 구축을 통해 빠르고 정확한 해체가 가능하며, 1개의 라인에서 작업할 수 있는 일 해체 능력이 25대를 상회하고 있다. 액상류를 100% 회수 등 해체 과정에서 발생할 수 있는 환경영향을 최소화 하기위해 모든 공정은 실내에서 이뤄지며, 재활용율 98% 달성을 통해 환경오염 'ZERO'센터로 운영되고 있으며,

Table 1에서처럼 기존 폐자동차 해체 사업장과 비교하여 처리효율 및 환경성이 많이 개선된 특징이 있다.

현대·기아자동차는 2005년 10월 국내 최초로 친환경 폐차처리장인 '자동차 리사이클링 센터'를 준공하여, 신차 설계 시 부품재활용 및 친환경처리방안에 대해 연구되었으며, 관련하여 국내 친환경폐차장에 폐차처리 선진기술 및 노하우를 제공하고 있다. 프랑스의 Resource社는 2006년 친환경폐차장 및 ELV R&D 센터를 구축하여, 환경 친화적 자동차 해체·재활용을 통한 법규이행 및 모니터링 중이다. 독일 BMW社는 1994년 자동차 제조사로는 최초로 재활용분해센터(RDZ)를 설립하여 유럽의 자동차 규제(ELV Directive) 대응이 가능하고, 자동차 원재료 재활용, 폐차처리기술 개발, 해체 및 재활용을 고려한 디자인 연구를 통해 친환경자동차 생산설비를 구축하고 있다. 또한 일본 Eco-R社는 1964년 설립되어 자동차재활용산업에만 몰두, 2005년 일본 자동차리사이클법 발효 후 선진기술 적용 및 新관리기법 도입을 통해 일본 자동차 자원순환 산업 대표기업 중 하나로 자리매김하고 있다²⁾.

2. 이론적 배경

2.1. 연구의 방법

2.1.1. 전과정평가 개요

LCA (Life Cycle Assessment, 전과정평가)란 대상

Table 1. Eco-friendly vehicle disassembling and Existing vehicle disassembling process characteristics

구 분	폐자동차 친환경 리사이클링센터	일반적인 폐차장
공 정	옥내화 레일형 해체 시스템	수동(독립작업)
능 력	100대/일(해체라인 4개)	10대/일(해체라인 2개)
전 경		
특 징	<ul style="list-style-type: none"> 실내에서One-Stop System작업장 구분 안전 및 신속한 구분처리 액상류 전량 회수 (폐냉매 포함) 부품은 체계적인 분류관리 파쇄가능한 부품은 전량반출 	<ul style="list-style-type: none"> 차량 내 액상처리 취약 및 미관불량 분해부품의 관리 취약 및 영세한 운영 액상류 회수설비 취약(환경오염 유발) 필요부품을 제외한 부품 처리 불가 처리 시 분진, 악취, 소음 발생

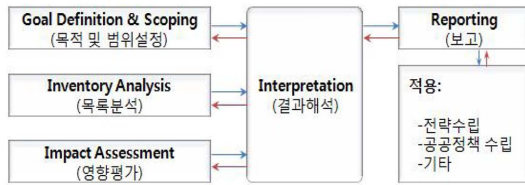


Fig. 3. Components of the LCA.

제품이나, 공정, 서비스의 정의된 시스템의 전과정에 대한 투입물 및 산출물 목록을 취합하고, 이러한 투입물, 산출물에 관련된 잠재적인 환경영향을 평가하는 방법론이다. 본 연구에서는 LCA 방법론을 적용하여 폐자동차 해체 서비스(대상차종 1대에 대한 해체) 전과정에서 발생하는 영향범주별 환경영향 평가를 Fig. 3의 과정에 따라 수행한다. 목록분석을 수행하는 일반적인 절차에 따라 폐자동차 해체 서비스와 관련된 데이터를 수집하고, 활동원에 따른 배출계수를 적용하여 배출량을 산정한다. 또한 전과정 목록분석 및 환경영향평가를 위해 환경성적표지제도 전용 LCA 소프트웨어 TOTAL (ver.5.0.1)을 사용하여 분류화 및 특성화과정을 수행했으며, 정규화 및 가중화는 고려하지 않는다.

2.1.2. 선행연구 검토

우리나라에서는 정호원(2012)¹⁾은 기존 고철회수 위주 공정에서 재활용률 목표 달성 및 고부가가치 구현 방안의 폐자동차 재활용공정 모식화 제시 및 부품별 회수율 이성과 재활용 기술의 난이도 평가하고 기술·자본적 투자 필요성 강조 했다. 홍석진(2005)⁵⁾은 폐자동차 해체와 산출물의 재활용 공정으로 인한 환경부하 및 재활용을 통한 원료 물질저감 효과를 환경이득으로 구분하여 전과정평가를 수행했으며, 높은 고철 회수율(90%)에 따라 고철 재활용공정의 개선을 통해 환경부하를 줄이는 방안을 권고하고 있다. 또한 Maria B.G. Castro (2003)⁹⁾는 유럽 ELV 법령에 의해 32 wt% 에 이르는 ASR (Automotive shredder residue)의 열회수 제한(15 wt%) 규제에 따른 합리적인 해결책을 찾기 위해 네덜란드에서의 폐자동차 해체 및 재활용에 따른 전과정 영향평가를 수행한 바가 있다.

본 연구에서는 폐자동차 해체 단계에서의 환경부하 검토 및 비교를 수행하고자 하며, 나아가 선행 연구의 폐자동차의 해체에 따른 산출물에 대한 환경부하 검토 결과를 참고하여 개선된 해체 시스템 도입의 타당성을 검토하고자 한다.

2.2. 연구의 범위 및 대상 청중

2.2.1. 연구의 범위

해체 기술별 환경성 평가 및 비교·분석을 위해 폐자동차 해체시설 중 2개 시설을 선정하고, 대상차종 1대에 대한 옥내화 레일형 폐자동차 해체 시스템을 해체 서비스를 주기능으로 하고, 우리나라 실정에 대표적인 규모의 기존 폐자동차 해체 시스템을 대조군으로 고려하여 비교 및 검토 하였다.

2.2.2. 대상 청중

연구 결과에 따른 대상청중은 폐자동차의 해체 서비스를 제공받는 소비자를 대상으로 했으며, 연구 결과에 대해 보다 쉽게 이해할 수 있도록 전과정 평가의 방법은 한국환경산업기술원의 환경성적표지 인증 작성지침에 따른 계산 방법을 적용하고, 기능단위는 동종업계에 공통적용 및 비교가능성을 고려해 계산 기준을 서비스 제공 단위인 폐자동차 해체 서비스로 정의하고, 대상차종 1대를 기준으로 산정하였다^{3,4)}.

3. 옥내화 레일형 해체시스템의 전과정평가

3.1. 목적 정의

본 전과정평가는 신규 해체 공정시스템인 옥내화 레일형 해체기술에 의해 해체되는 폐자동차의 환경영향을 파악하고, 옥내화 레일형 해체기술과 기존 해체기술에 대한 환경영향의 정량적 산출로 통합적인 환경영향을 비교·분석을 통해 신규 해체 공정 시스템의 환경적 가치를 평가하기 위해 수행되었다.

3.2. 범위 정의

3.2.1. 기능, 기능단위 및 기준흐름

본 전과정평가의 기능은 폐자동차의 발생부터 재자원화를 위한 해체 공정까지 포함하고 있으며, 해체 공정에서 발생하는 환경부하를 정량적으로 산출하고자 한다. 따라서 Table 2에서와 같이 해체 공정의 모든 기능을 대상으로 정의할 수 있으며, 기능단위로 대상차종(승용차, 15인승 이하 승합차, 적재중량 1톤 이하 화물차) 1대에 대한 해체공정으로 정의됨에 따라 평균중량 1,315 kg을 기준흐름으로 정의 한다.

3.2.2. 시스템경계

폐자동차의 해체를 위해 투입되는 자본재의 상위흐름에 대해서는 일반DB를 적용하되, 판매처에서 사업장까

Table 2. Function, Functional unit & Reference flow⁴⁾

	Definition
System	End of Life Vehicle (ELV) Treatment
Function	Recovery of parts in ELVs Disposal of ELVs
Functional unit	One ELV
Reference flow	ELV 1,315 kg

지의 운송 및 폐자동차 해체 공정을 Gate to gate로 단위공정화 하여 현장데이터를 반영하고, 해체 공정 중 발생된 폐기물의 하위흐름에 대해서는 일반DB를 적용하여 해체 공정의 전과정을 고려한다.

3.2.3. 가정 및 제한사항

서비스를 제공하기위한 준비단계의 가정 및 제한사항으로 해체 공정 중 고정형 특수장비에 대해서는 설치 이후 정기 및 수시점검 등에 따른 유지보수에 따른 설치 이후의 신규 투입되는 소모품에 대해서만 고려하였다. 소모재로 신규 투입되는 공구류에 대해서만 원부자재로 산정되었으며, 누적질량대비 95%를 포함하는 공구류에 대해 데이터 수집 범위에 대한 기준을 정의하고 재질에 따른 일반DB가 적용되었다. 소모품재의 폐기량은 투입량이 1:1로 교체되는 것으로 가정 하고, 이에 따라 투입량을 폐기량으로 고려 되었으며, 사업장에서 발생하는 고철류와 함께 재활용 처리업체에 위탁되므로 전량이 물질 재활용처리 되는 것으로 가정되었다.

폐자동차에 대한 해체 서비스 제공단계의 가정 및 제한사항으로 폐자동차의 중량은 전기전자제품 및 자동차 재활용 시스템(ECOAS)에 보고되는 인수중량과 해체중량으로 관리되며, 인수중량은 폐차의 입고량, 해체중량은 부품별로 해체 후 남은 중량이므로, 실제 배출량 산정은 인수중량이 적용 되었다. 폐자동차에 포함되어 있는 연료(경유, 휘발유, LPG)는 회수 후 내부수송용 지게차에 전량 사용되는 것으로 가정하고 산정을 제외했다. 폐자동차 해체 후 발생하는 폐냉매(HFCs)의 경우 전량 회수하여 처리업체에서 전량 재활용 처리되고 있으나, 폐냉매제 처리에 적합한 배출계수를 적용할 수 없어 처리업체의 수송에 대한 배출량을 별도로 산정하여 배출계수로 적용했다. 또한 차량별 냉매처리량을 별도로 관리되고 있지 않으므로 폐자동차의 평균 배출량인 300 g/1대 으로 적용하여 산출되었다.

3.2.4. 할당

전력은 데이터 수집기간 내에 사용한 총 전력량과 해당 제품을 생산하는데 소모한 전력량을 구한 다음 각 공정별로 사용한 전력량을 구해야 타당하나 공정별 전력 사용량을 기록·관리 하지 않으므로 총 사용 전력량을 할당하여 반영했다. 각 공정별 할당은 주요 설비의 모터 용량과 월간 평균 사용시간을 기준으로 하여 산출하고 연간 전체 해체 비율을 적용했다. 기타 공통 유틸리티의 할당 역시, 전력과 같은 기준으로 할당을 수행 하였으며, 이에 따른 계산과정은 다음과 같다.

$$\text{할당비율} = \frac{\text{서비스제공량(해체수 등)}}{(\text{서비스제공량} + \text{타서비스제공량})} \times 100$$

- 투입 전력량 = [총 전력사용량] - [재제조설비전력사용량]
- 재제조설비전력사용량 = (생산량*단위작업요소시간)*설비정격

3.3. 전과정 목록분석

3.3.1. 공정흐름도

수집된 물질 흐름을 근거로 공정흐름도를 작성하였으며, 단위 공정을 액상류 회수 및 타이어 분리, 엔진룸 및 외장재 해체, 하체 및 엔진 분리, 내장재 해체의 4 단계로 Fig. 4와 같이 구분하였다.

3.3.2. 데이터 수집 및 계산

본 연구에 포함되는 데이터 범주는 시스템 경계에 포함되는 투입물은 원료물질, 에너지 및 유틸리티가 해당되며, 산출물은 폐자동차 해체 서비스 및 부산물, 대기 및 수계배출물, 고형폐기물 등이다. 또한 현장 데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 옥내화 레이형 해체 기술을 보유하고 있는 대한민국 경기도 고양시 소재의 ㉮를 통해 2014~2015년 현장데이터를 수집하였다. 원료물질, 보조물질, 에너지 등의 상위흐름 및 하위흐름의 연결을 위하여 국내 LCI 데이터베이스(스테인레스강, 탄소강, 트럭수송, 전기, 폐합성수지, 폐금속, 폐액, 폐타이어, 폐유리)를 적용하였고, 해외 LCI 데이터베이스(폐비철금속)는 에코인벤트(Ecoinvent)에서 구축한 데이터베이스를 적용했다.

3.3.3. 데이터 품질 요건

데이터 품질에 대한 기술은 연구결과의 신뢰성을 관

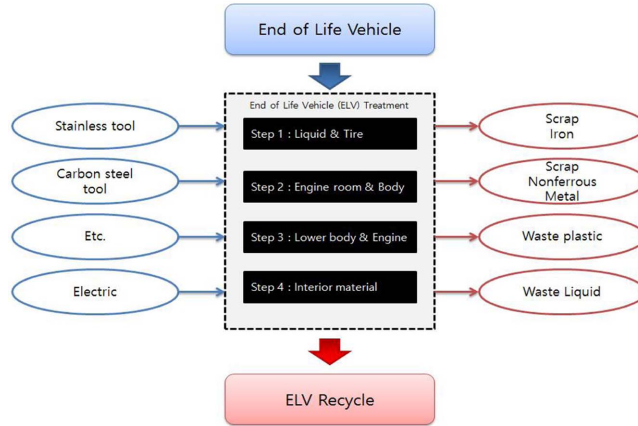


Fig. 4. End of Life Vehicle (ELV) treatment process flow chart.

단하는 것과 적절한 결과해석을 위해서 무척 중요하며 데이터 품질의 요구사항이 연구 목표와 범위에 부합하도록 규정되어야 한다. 데이터 품질은 데이터를 수집하는 방법 또는 통합하여 가공하는 방법 뿐 아니라 데이터의 정량적, 정성적 특성에 의해서 정해진다. 본 연구에서 사용된 데이터 출처의 각 항목에 대해 Table 3과 같이 정의 되었다.

3.4. 전과정 영향평가

본 전과정 영향평가는 분류화 및 특성화 단계를 수행했으며, 특성화 값은 환경부의 방법론을 적용하여 도출했다.

3.4.1. 환경성적산정 결과

옥내화 레일형 해체 공정의 전과정 평가 결과, 해체

를 위한 투입물의 자원소모지수는 1.42E-01 kg antimony-eq. 이었으며, 폐기 및 배출물에 따른 대기 영향으로 지구온난화 지수가 2.22E+01 kg CO₂-eq. 이고, 오존층 영향 지수는 1.54E-07 kg CFC₁₁-eq. 이다. 또한 수질 및 토양 영향으로 산성화 지수는 4.19E-02 kgSO₂-eq. 이고, 부영양화 지수는 1.06E-02 kg PO₄³-eq. 이며, 광화학적산화물생성 지수는 2.43E-03 kgC₂H₄ 이었다.

3.4.2. 특성화 결과

옥내화 레일형 해체 시 주요한 환경영향으로 나타난 물질은 Fig. 5와 같이 해체공정 설비의 가동을 위해 투입된 전기와 폐 배터리로부터 발생된 폐황산 및 폐유리의 폐기처리로 나타났다. 전기는 지구온난화(86.7%) 및 자원소모(85.58%), 산성화(77.83%), 부영양화(56.97%)에서 높은 영향을 나타내었다. 폐황산은 광화학적산화

Table 3. Data quality requirements and data sources⁴⁾

	ELV treatment process	Output treatment process
Time-related coverage	2014~2015	① 2014 ~ 2015 ② Within the last five years' data ③ Latest data available
Geographical coverage	ELV treatment facilities	① On site specific data ② Domestic data ③ Foreign data
Technology coverage	ELV treatment processes under study	① Recycling processes ② Data on same processes ③ Data on resembling processe
Ref.	1. LCI DB (National) 2. Research data	① On site specific data

물생성(60.43%) 및 오존층영향(24.43%)에서 높은 영향을 나타내었다. 또 폐유리는 오존층영향(44.88%) 및 광화학적산화물생성(19.34%)에서 높은 영향을 나타내었다.

4. 기존 해체시스템의 전과정평가

4.1. 목적 정의

본 전과정평가는 옥내화 레일형 해체기술과 기존 해체기술에 대한 환경영향을 비교 분석을 통해 해체 공정 시스템의 환경적 가치를 평가하기 위해 수행되었다.

4.2. 범위 정의

4.2.1. 기능, 기능단위 및 기준흐름

기존 폐자동차 해체 시스템의 기능은 옥내화 레일형 해체 공정과 같이 폐자동차를 해체하는 공정을 포함하고 있으며, 기능단위와 기준흐름은 동일 대상차종 1대와 평균중량 1,315 kg이다.

4.2.2. 시스템경계

기존 폐자동차 해체 시스템은 옥내화 레일형 해체 시스템과 폐자동차의 입고부터 해체까지의 동일한 시스템 경계로 설정한다.

4.2.3 가정 및 제한사항

기존 폐자동차 해체 시스템은 옥내화 레일형 해체 시스템과 공정의 차이만 있어 고려사항은 동일하다. 다만, 공정에 따른 액상류 및 폐냉매 등의 회수율과 폐자동차의 해체율에 따른 재활용율(폐기물 발생량)에 차이가 있으며, 이는 대조군의 기존 폐자동차 해체 사업장의 현장 데이터를 적용했다.

4.2.4. 할당

기존 폐자동차 해체 시스템 역시 공정별 전력 사용량을 기록·관리 하지 않으므로 총 사용 전력량을 할당하여 반영했다. 각 공정별 할당은 주요 설비의 모터 용량과 월간 평균 사용시간을 기준으로 하여 산출하고 연간 전체 해체 비율을 적용했다. 기타 공통 유틸리티의 할당 역시, 전력과 같은 기준으로 할당을 적용했다.

4.3. 전과정 목록분석

기존 폐자동차 해체 시스템의 공정흐름은 옥내화 레일형 해체 시스템과 동일하다. 대조군의 기존 폐자동차 해체 시스템은 대한민국 부산시 소재의 ㅍ社를 통해 2014~2015년 현장데이터를 수집하였다. 데이터 값은 제 공자의 요청에 따라 작성하지 않았다.

4.4. 전과정 영향평가

본 전과정 영향평가는 옥내화 레일형 해체 시스템과 동일하게 분류화 및 특성화 단계를 수행했으며, 특성화 값은 환경부의 방법론을 적용하여 Fig. 6과 같은 결과를 도출했다.

4.4.1. 환경성적산정 결과

기존 해체 기술을 적용된 일반적인 폐차장에서의 폐자동차 1대 해체 서비스에 대한 전과정 평가 결과, 투입물의 자원소모지수는 1.45E-01 kg antimony-eq. 이고, 폐기 및 배출물에 따른 대기 영향으로 지구온난화 지수가 2.30E+01 kg CO₂-eq. 이고, 오존층 영향 지수는 1.25E-06 kg CFC₁₁-eq. 이다. 또한 수질 및 토양 영향으로 산성화 지수는 5.03E-02 kgSO₂-eq.이고, 부영양화 지수는 1.26E-02 kg PO₄³⁻-eq. 이었으며, 광화학적산화

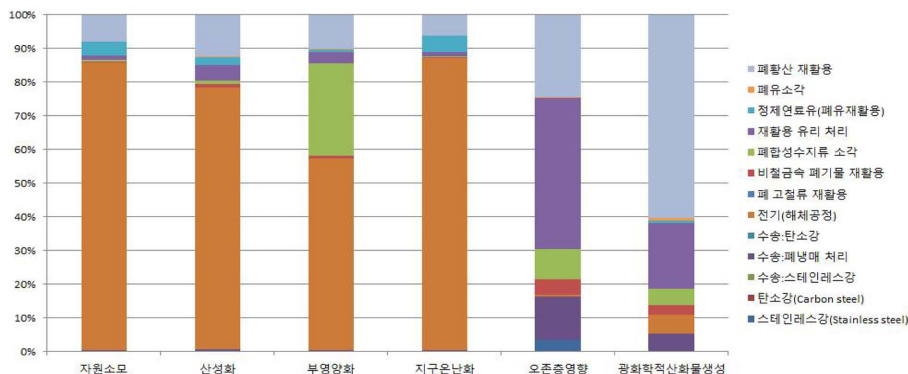


Fig. 6. LCA result of existing vehicle disassembling process.

물생성 지수는 6.80E-03 kgC₂H₄ 이었다.

4.4.2. 특성화 결과

기존 폐자동차 해체 시 주요한 환경영향으로 나타난 물질은 해체공정 설비의 가동을 위해 투입된 전기와 폐 배터리로부터 발생된 폐황산 및 폐유리의 폐기처리로 나타났다. 전기는 자원소모(62.29%), 지구온난화(62.14%), 산성화(48.03%), 부영양화(35.73%)에서 높은 영향을 나타내었다. 폐황산은 광화학적산화물생성(53.84%) 및 산성화(25.86%)에서 높은 영향을 나타내었다. 또 폐유리는 광화학적산화물생성(28.98%) 및 산성화(13.92%)에서 높은 영향을 나타내었다.

5. 옥내화 레일형 및 기존 해체시스템의 환경영향 비교

5.1. 해체 공정 순과정 환경영향 비교

친환경 해체 기술이 적용된 인선모터스의 폐자동차 해체 시스템의 경우, Fig. 7에서처럼 기존 폐자동차 해체 시스템에 비해 6가지 환경영향 범주에 대해 상대적으로 환경부하가 낮은 것으로 평가되었다. 가장 큰 효과를 나타낸 오존층 영향의 경우 총 88% 감소 효과가 있었으며, 폐자동차에 발생한 냉매의 회수율에 따른 것으로 확인되었다. 또한 재자원화(해체)율의 약 8% 증대에 따른 폐기물 최소화 노력을 통해 광화학적산화물생성(64%), 산성화(17%), 부영양화(16%)에 상대적 감소가 있었으며, 해체설비의 신기술 적용을 통한 공구 수명 증대 및 에너지 효율 증대에 따라 지구온난화(3%), 자원소모(2%)의 감소 효과가 있음을 알 수 있었다.

5.2. 옥내화 레일형 해체 시스템의 환경성 및 경제성 분석

5.2.1. 환경영향 평가

기존 폐자동차 해체 기술대비 재자원화율이 87.5%에서 95.5%로 약 8% 증가되어 버려지는 폐기물 양이 대당 약 110 kg 가량 감소된 것을 확인할 수 있었으며, 이에 따른 환경범주별 환경부하량이 감소된 것을 확인할 수 있었다. 특히, 친환경 해체 기술의 적용을 통해 기존 해체 기술 대비 대당 약 0.8 kgCO_{2-eq} 이산화탄소 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 중형승용차 기준 냉매의 평균주입량은 756 ± 123.1 g으로 가정했을 경우, 회수하지 않고 공기 중에 비산시킬 경우, 1대당 약 982.8 kgCO_{2-eq}의 온실가스가 배출되게 되지만, 친환경 해체 기술을 통한 냉매 회수율이 약 10% 향상되어 1대당 100 kgCO_{2-eq} 온실가스를 저감할 수 있게 된다. 이는 연간 폐차량을 고려했을 때 약 75,000 tonCO_{2-eq}의 온실가스 저감효과가 잠재되어 있는 것이다.

5.2.2. 경제성 평가

국내에서 발생하는 연간 75만대 정도의 폐자동차 해체를 통해 6,375억원(85만원/대당)의 직접적인 경제적 가치를 창출하고 있으며, 친환경 해체 기술의 적용을 통해 재활용율이 8% 향상될 경우, 폐차원의 가치 상승 및 매출 증가로 약 500억원의 부가 이익을 발생할 수 있게 된다. 실제적으로 친환경 해체 기술이 적용된 경우, 중고 부품 및 수출 시장에서 부가이익을 창출하고 있으며, 국내 중고부품시장에서 약 9%의 매출 신장과 해외 중고부품 수출 시장에서 약 67%의 매출 신장이 있었음을 비교할 수 있었다. 또한 폐자동차로 인해 발생하는 이산화탄소의 양은 약 100만 tonCO_{2-eq} 가량으로, 친환경 해체기

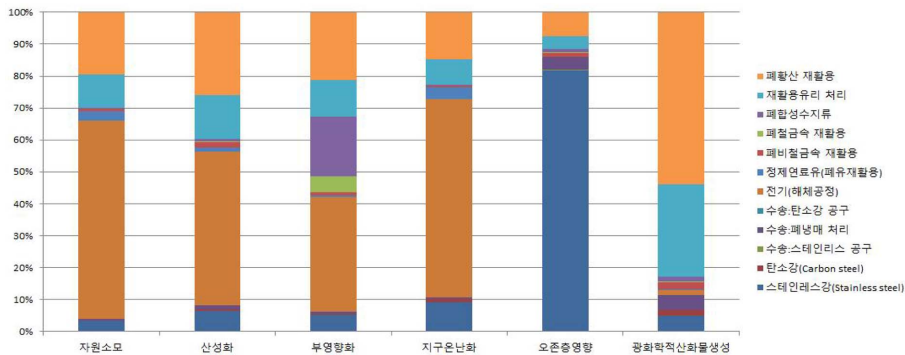


Fig. 7. Compare type of disassemble technology environmental impact.

술 적용에 따른 온실가스 감축활동을 통해 우리나라 배출권 거래제에 적용될 시에 약 75,600 tonCO_{2-eq} 가량의 온실가스 절감에 따른 13.6억원 가량의 부가적인 경제 이익을 발생시킬 수 있게 된다.

6. 결 론

20세기로 들어서며 폐금속 유용자원의 가치가 점차 증가함에 따라 폐자동차의 자원으로서의 가치가 더욱 높아지고 있다. 특히 선행 연구결과에 따르면 2008년 자원순환법 시행 이후 중형차 폐차의 매입비가 기존 30만 원대에서 50만 대로 증가하였고, 이로 인해 폐차 재활용 업계는 규제의 준수와 고부가가치 산업 실현이라는 두 가지 측면에서의 개선노력이 동시에 필요하게 되었다¹⁾.

이에 기존의 폐자동차 해체 처리 기술의 친환경 해체 시스템 적용에 따른 환경 및 경제성의 정량적 비교를 위해 전과정평가 방법을 적용하여 다음의 결과를 도출할 수 있었다.

(1) 전과정평가를 통한 친환경적인 자동차 해체 시스템의 영향범주별 환경부하량으로 자원소모 지수는 1.42E-01 kg antimony-eq, 지구온난화 지수는 2.22E+01 kg CO_{2-eq}, 오존층영향 지수는 1.54E-07 kg CFC_{11-eq}, 산성화 지수는 4.19E-02 kgSO_{2-eq}, 부영양화 지수는 1.06E-02 kg PO₄^{3-eq}, 광화학적산화물생성 지수는 2.43E-03 kgC₂H₄ 이었다.

(2) 환경성평가 결과 친환경해체 기술을 적용한 해체 시스템은 기존 해체 시스템 보다 영향범주별 환경 부하량이 낮았으며, 광화학적산화물생성 부분은 19% 수준으로 가장 큰 차이를 보였다.

(3) 기존 해체 기술대비 유가물의 재자원화률이 약 8% 증가되어 폐기물 양이 약 110 kg/대 정도 감소함에 따라 약 0.8 kgCO_{2-eq}/대 이산화탄소 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

(4) 경제성 평가 결과 친환경 해체 기술 적용을 통해 재자원화율이 약 8% 증가될 수 있으며, 이에 따라 국내 및 해외 중고품 시장에서 부가이익 창출을 통해 기존 구조에 비해 9% 및 67%의 매출 신장이 가능함을 확인할 수 있었다.

(5) 기존의 고철회수 위주의 해체 공정에 대해 해체

공정의 세분화 및 One-stop process에 따른 재활용률 증대 및 폐자원 발생 저감을 통한 효율적 재자원화가 가능해짐에 따라 환경 부하가 감소하고 경제적으로 긍정적인 개선효과가 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 폐자동차 해체 처리 기술 개선에 따른 환경영향 평가 및 경제성에 대해 검토해 보았다. 친환경 자동차 해체 시스템을 통해 법적 준수와 동시에 부가가치 향상을 위한 재자원화 및 재활용 비율 향상, 중고부품시장 확보, 수출 활성화 등이 가능해 질 것으로 보이며, 기존 폐자동차 해체 시스템의 대체 및 보급 확산을 위한 해체공정의 효율 극대화 기술개발 노력과 병행이 필요하다. 또한, 2015년부터 시행 중인 국내의 탄소배출권 거래제도에서 배출권의 판매를 위해 온실가스 감축기술에 대한 외부 감축사업 등록을 추진하고, 감축 실적에 대한 인정을 통해 탄소배출권(KCU)을 생성하여 집단적인 탄소 시장에서의 부가적인 경제적 이익을 발생시키기 위한 노력도 필요하다.

References

1. Jung et al., 2012 : Trend of Eco-friendly Dismantling Technology of ELV, Auto Journal, p.32.
2. H. C. Yi et al., 1997 : Collection and Recycling of Scrap Cars, Journal of KSAE, Vol.19(6), pp.34- 44.
3. EDP target product and guideline (Ministry of Environment Notification 2013-116), Ministry of environment
4. Ministry of environment, 2014 : Regulations on Certification of Carbon Footprint Labeling (Ministry Notification No. 2014-150), KOREA
5. K. M. Jeong et al., 2005 : Life Cycle Assessment on the End-of-Life Vehicle Treatment System in Korea, Transactions of KSAE, Vol. 13(6), pp.105-112.
6. Park et al., 2012 : A Study on Monitoring System Architecture for Calculation of Practical Recycling Rate of End of Life Vehicle, CLEAN TECHNOLOGY, Vol.18(2), pp.373-378
7. Korea Automotive Recyclers Association, 2009 : Research on effective recycling of ELV dismantled parts, KOREA.
8. Ministry of environment, 2009 : Study on efficient recycling of dismantling end-of-life vehicle parts, KOREA.
9. Maria B. G. Castro et al., 2003 : Life cycle impact assessment of the average passenger vehicle in the Netherlands, Int J LCA, Vol. 8, p.297.



김 대 봉

- 국립금오공과대학 환경공학과 박사과정
- 현재 인선이엔티 대표이사



박 제 철

- 국회환경포럼 정책자문위원
- 현재 국립금오공과대학교 화학소재 융합학부 교수



박 정 호

- 국회환경포럼 환경조사실장
- 현재 인선모터스 대표이사



하 성 용

- 자동차공학회 튜닝 및 자원순환분과 위원장
- 현재 신한대학교 자동차학과 교수



성 종 환

- 영남대학원 기계공학 석사
- 현재 (주)솔루티스 건설당사업본부 선임연구원