

## 폐자동차의 실질적 재활용률 산정을 위한 모니터링 체계에 관한 연구

박정환\*, 이화조, 박면웅<sup>†</sup>, 손영태<sup>†</sup>

영남대학교 기계공학부

712-749 경북 경산시 대동 214-1

<sup>†</sup>한국과학기술연구원

136-791 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

(2012년 11월 20일 접수; 2012년 12월 14일 수정본 접수; 2012년 12월 14일 채택)

## A Study on Monitoring System Architecture for Calculation of Practical Recycling Rate of End of Life Vehicle

Jung Whan Park\*, Hwa-Cho Yi, Myon Woong Park<sup>†</sup>, and Young Tae Sohn<sup>†</sup>

School of Mechanical Engineering, Yeungnam University

214-1 Dae-dong, Gyeongsan-si, Gyeongbuk 712-749, Korea

<sup>†</sup>Korea Institute of Science and Technology

Hwarang-ro 14-gil 5, Seongbuk-gu, Seoul 136-791, Korea

(Received for review November 20, 2012; Revision received December 14, 2012; Accepted December 14, 2012)

### 요 약

폐자동차는 재활용 자원의 주요 원천이며 단계별로 해체 재활용업자, 파쇄 재활용업자 및 파쇄잔재물 재활용업자 등 여러 주체가 재활용을 분담하고 있다. 우리나라는 2015년부터 법적으로 95% 재활용률 달성을 목표로 하고 있는데, 여러 가지 이유로 재활용 모니터링이 원활하지 않은 형편이다. 본 연구는 전기전자제품 및 자동차 재활용 시스템(EcoAS)과 연계하여 국내 폐자동차의 실질 재활용률 산정을 위한 모니터링 체계를 제안한다. 국내 대표 재활용업체를 선정 조사하여 도출한 재활용 시나리오를 바탕으로 표준 재활용률 DB를 구축하고, 이를 활용하여 실질 재활용률을 산출하고자 한다. 또한 차종별 표준 분리품 DB를 활용하여 해체단계의 중량 정보 기록 및 해체 부품 DB 업데이트를 지원함으로써 분리품 재활용 추적을 용이하게 한다.

**주제어** : 폐자동차, 재활용, 모니터링, 실질 재활용률, 표준 재활용률 DB

**Abstract** : The end-of-life vehicles (ELV) are important recycling sources, and there are several stages involved in the recycling such as dismantling, shredding, and treatment of shredder residues (ASR). The legal recycling rate should be at least 95% on and after 2015, while we need a proper system to monitor recycling of ELV components and to calculate the practical recycling rate. The paper suggests a monitoring system that calculates practical recycling rates of dismantled components by use of a database of standard recycling rate as well as a web-based monitoring, which is linked to the Eco Assurance system for electric & electronic equipment and vehicle (EcoAS). Also the system supports dismantling and monitoring process by incorporating a standard vehicular component database, which facilitates recording dismantled weight data but also monitoring of dismantled components.

**Keywords** : End of life vehicle, Recycling, Monitoring, Practical recycling rate, Standard recycling rate DB

### 1. 서 론

우리나라는 자동차/가전제품 등 주력사업에 필요한 금속 원자재의 95% 이상을 수입에 의존하고 있기 때문에 폐금속 재활용은 절실한 문제가 된다. 이와 관련하여 폐자동차의 경우

철/비철 등 금속자원이 자동차 전체 중량의 73~75%로써 재활용 가치가 높는데, 2008년에서 2010년 기간 중 국내 자동차 폐차 대수는 평균 67만대(평균 등록 대수 1,730만대)에 이른다[1].

폐자동차의 효과적인 재활용을 위해 환경부는 ‘전기전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률’(이하 ‘자원순환법’)[2]을 제정하고 2015년부터 폐자동차 재활용률을 95%(에너지 회수 10% 포함)까지 높이고자 노력하고 있다. EU(유럽연합)의 경우 Directive 2000/53/EC[3], Commission Decision 2005/293/EC[4] 등의 규정을 통하여 폐자동차 재활용 모니터링 및 재활

\* To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jwpark@yu.ac.kr

doi:10.7464/ksct.2012.18.4.373

용률에 대한 기본 지침을 제정하였다. 참고로 ISO는 ISO 22628 [5]에서 폐자동차 재활용가능률(recyclability and recoverability) 계산방법에 관한 기준을 제시하고 있다.

현재 폐자동차 재활용은 단계별로 여러 주체가 역할을 분담하고 있다. 즉 자동차 제조/수입업자, 해체 재활용업자, 파쇄 재활용업자, 파쇄잔재물 재활용업자, 폐가스류 처리업자로 구분할 수 있다. 현실적으로는 법정 재활용률을 달성하기 어려운데 그 이유로는 주체별 책임 부재, 영세한 폐차 재활용업, 부적정 처리, 유가성 중심으로만 재활용, 폐차 재활용산업의 선진화 필요, 폐냉매 등 환경오염물질 처리체계 미흡(대기방출) 등을 들 수 있다[1].

의미있는 폐자동차 재활용률을 계산하기 위해서는 적절한 모니터링 시스템이 갖춰져야 하는데, 현재 환경부는 전기전자 제품 및 자동차재활용 시스템(Eco Assurance System for electric & electronic equipment and vehicle, EcoAS)[7]을 구축하여 재활용 실적을 관리하고 있다. 하지만 재활용업체의 영세성 및 복잡한 분리품 순환 구조, 부정확한 재활용 결과(중량 데이터) 보고 등으로 재활용 모니터링이 쉽지 않기 때문에 실질적인 재활용률 산정이 어렵다.

본 연구는 EcoAS 시스템과 연계되어 국내 폐자동차의 실질적 재활용률 계산을 위한 모니터링 체계(방안)를 제안하고자 한다. 2절에서는 국내 폐자동차 재활용 및 모니터링 현황을 살펴보고, 3절에서는 현실을 감안한 모니터링 체계를 제안하였다.

## 2. 폐자동차 재활용 및 모니터링 현황

### 2.1. 재활용 순환구조 및 현황

자동차가 폐차장에 입고되면 환경부에서 정한 기본 분리품

(냉매, 액상류, 에어백, 타이어, 범퍼, 플라스틱 연료탱크, 배터리, 촉매)을 포함한 제반 분리품에 대한 해체 작업을 수행한다. 해체 후 차피는 압축하여 파쇄재활용 업체(shredder)로, 냉매는 폐가스처리 업체로 보내진다. 파쇄재활용 업체는 파쇄 후 파쇄잔재물(ASR)을 ASR 처리업체로 보낸다. 차피와 냉매를 제외한 분리품은 중고부품으로 재사용(reuse), 재제조(remanufacturing, rebuilt) 되거나, 물질 재활용(recycling) 및 에너지 회수(energy recovery) 된다. 일반적인 자동차의 자원 순환 구조를 Figure 1에 나타내었다.

국내에는 총 480여개 폐차 재활용업체(폐차장)가 등록되어 있다[1]. 업체 중 59%는 월 폐차대수 100대 미만의 영세 폐차업체이며, 18% 업체가 월 200대 이상 처리하는 대형 폐차업체이다[1]. Figure 2는 국내 A 폐차장과 거래하는 수거업체 및 2차 처리업체 현황을 나타내고 있다. 재활용 수요가 많은 고철 및 비철 분리품(예: 소음기, 라디에이터)은 소규모 수거업체가 수거한 후 별도 수집업체를 거쳐 제강업체에 전달된다. 이때 1차 수거업체는 폐자동차 분리품 이외의 금속물질(예: 폐가전 제품, 시설물)도 혼합하여 취급하는 경우도 있다.

파쇄재활용 업체로 보내지는 압축 차피는 금속 이외의 부품을 포함하지 않는 것이 이상적이지만 현실적으로는 시트, 내장재, 플라스틱, 유리, 고무류 부품이 분리되지 않은 상태로 함께 압축되고 있다. 즉 판매 가능한 중고부품 및 금속류 부품은 우선적으로 해체 즉, 하지만 그 외 부품은 차피에 압축하는 것이 현실이다.

분리품 중 중고품 수요가 있는 부품(예: 램프, 범퍼, 판금 부속류)은 폐차장에서 직접 판매하기도 한다. 그러나 판매용으로 보관하더라도 이후 수급 상황에 따라서는 차피에 압축하여 파쇄재활용 업체로 보내는 경우도 있다.

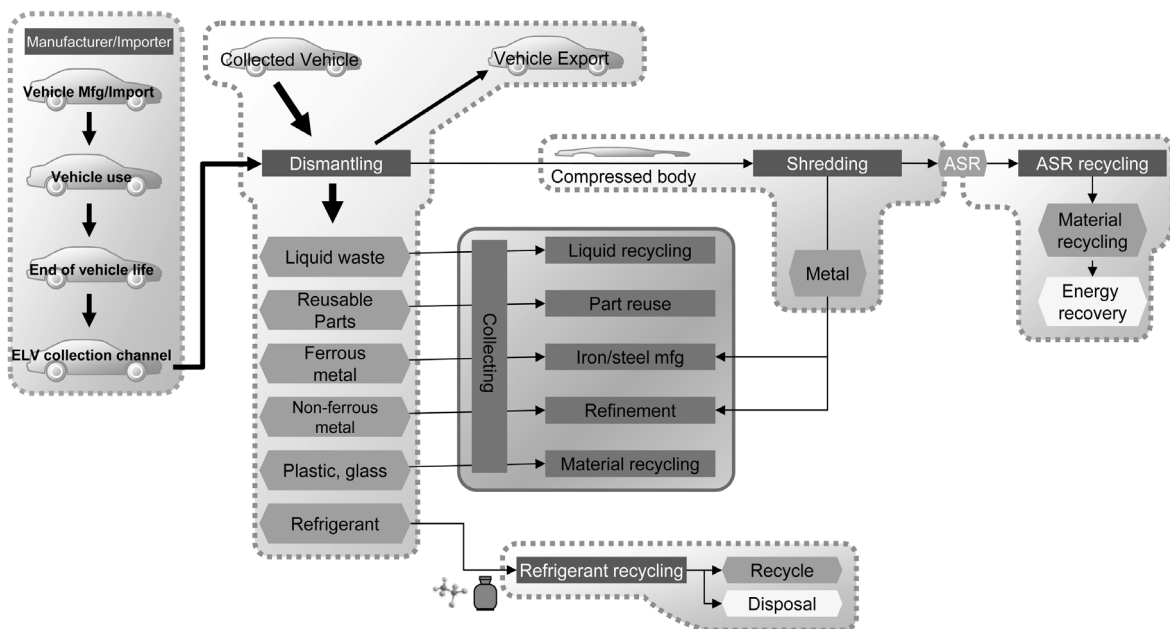


Figure 1. ELV treatment chain[6].

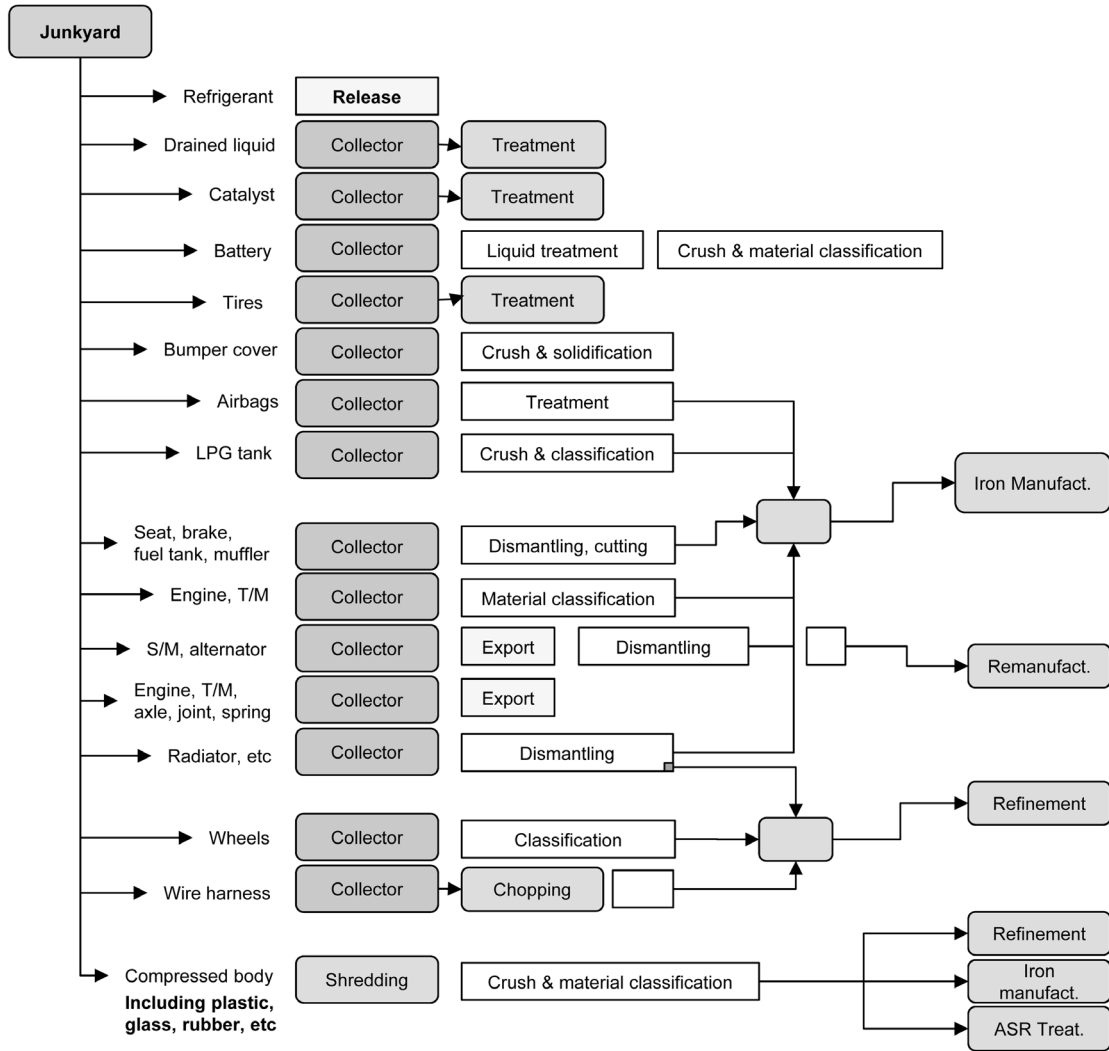


Figure 2. Typical post-treatment of ELV components.

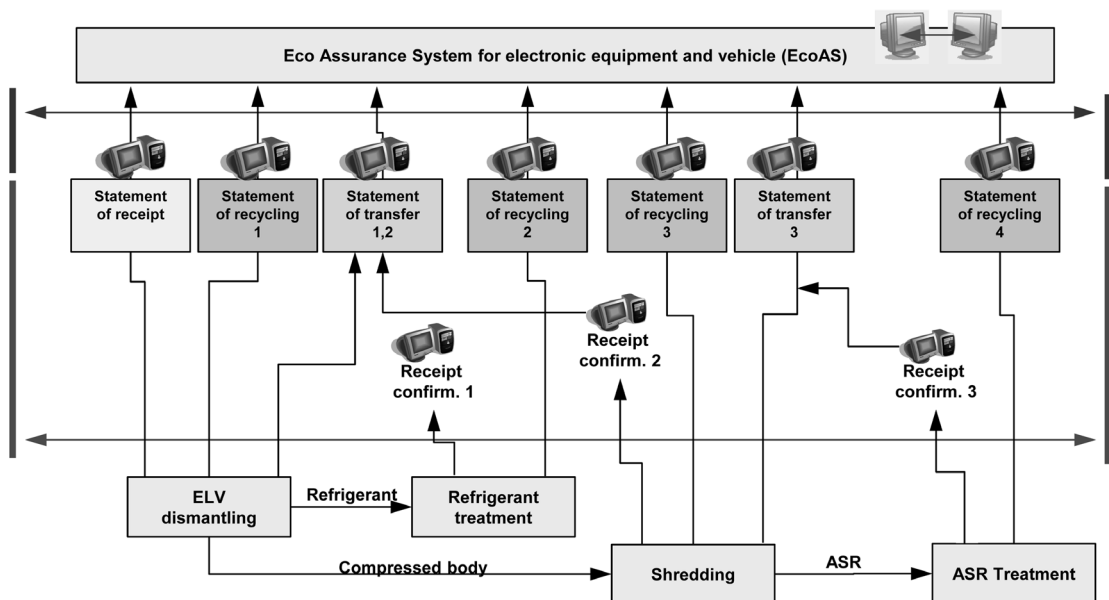


Figure 3. EcoAS system flow[7].

## 2.2. 재활용 모니터링 현황

폐자동차 재활용률 계산은 기본적으로 재사용, 재제조 및 물질 재활용된 분리품 중량을 폐자동차 중량으로 나눈 값이다. 따라서 재활용률 계산은 폐차장에서 해체된 개별 분리품의 중량을 측정 후, 이후 재사용되거나 재활용된 중량을 파악하여야 한다. 이상적으로는 폐차장 입고부터 최종 재활용에 이르기까지 폐자동차 분리품을 취급하는 모든 업체에 대해 입고 중량과 출고 중량을 모니터링할 수 있어야 한다.

현재 폐자동차 분리품 처리 실적자료 입력을 위해 EcoAS 시스템을 운영하고 있으며(‘자원순환법 38조 운영관리정보체계의 구축운영’ 근거), 폐차업자, 파쇄 재활용 업자, 폐가스류 처리업자, 파쇄 잔재물 재활용 업자로 하여금 인계 및 인수 내역과 중량을 입력하도록 하고 있는데, 이를 Figure 3에 나타내었다. 아울러 분기별로 폐자동차 재활용 결과보고서를 제출함으로써 폐차 입고 중량 및 재사용량, 재활용량, 폐가스류, 차피 인계량을 모니터링하도록 하고 있다.

이상적으로는, 폐차장 및 재활용업체가 네트워크로 연결되는 적절한 입력 및 모니터링 시스템을 구축하고 정확한 내역(품목 및 중량)을 입력하면 재활용률 계산은 특별히 문제가 없을 것이다. 그러나 현실적으로 폐차업체의 영세성, 작업 효율성 등의 문제로 해체 단계 및 인수인계 단계에서 중량을 정확하게 측정하지 않기 때문에 중량 정보가 정확하지 않으며, 또한 중고부품 판매와 관련된 전산 시스템의 미비로 정확한 재사용 결과를 파악하기 어렵다. 따라서 실질적인 폐자동차 재활용률 계산을 위한 모니터링 및 재활용률 계산 방안이 필요하다.

## 3. 모니터링 및 실질 재활용률 산출 방안

### 3.1. 시스템 특성

#### 3.1.1. 필요정보와 문제점

정확한 재활용률 계산을 위한 중량 자료 취득을 위해서는 다음과 같은 단계별 중량 정보가 필요하다.

- ① 폐차장에 입고된 폐자동차 중량
- ② 해체된 개별 분리품 중량
- ③ 재활용업체로의 출고 중량
- ④ 중고품 판매 중량
- ⑤ 재활용업체에서의 재활용 결과 및 중량

만약 폐자동차 분리품을 취급하는 업체가 적절한 네트워크 기반의 입력 체계를 활용할 수 있다고 가정하면, ①~③의 입력은 폐차장에서, ④는 폐차장 또는 중고품 판매업체, 그리고 ⑤의 입력은 개별 재활용업체에서 이루어진다. 분리품의 해체 자체를 재활용으로 인정하는 경우에는 EcoAS 실적입력 및 재활용보고서를 근거로 어느 정도 의미 있는 재활용률을 계산할 수 있겠지만, 2010년부터 해체 후 재사용/재활용된 증명을 제출하도록 하기 때문에 해체된 분리품의 재활용 결과를 모니터링할 수 있어야 한다. 이를 바탕으로 폐자동차 재활용 모니터링 시스템이 가져야 할 특성을 다음과 같이 정리하였다.

- ㉠ 해체 시 차량 중량 및 분리품 중량 데이터 입력이 간편해야 함.
- ㉡ 해체되지 않고 차피에 압축된 부품 내역 및 중량 데이터 기록이 간편해야 함.
- ㉢ 분리품이 재활용업체에 인계된 중량 데이터가 기록되어야 함.
- ㉣ 개별 재활용업체가 재활용 결과를 간편하게 입력하도록 하여야 함.
- ㉤ 재활용업체가 재활용 결과를 입력하지 않는 경우 대책이 필요함.
- ㉥ 판매된 중고부품의 이력 및 중량 데이터 기록이 가능해야 함.
- ㉦ EcoAS 시스템과 연계되어야 함.

### 3.1.2. 재활용 시나리오에 의한 표준 재활용률 DB

재활용 시나리오는 ‘폐자동차 분리품이 재활용업체에 전달되어 처리되는 일련의 과정 전체’를 의미한다. 이는 특정 분리품이 어떤 재활용업체에서 어떻게 처리되고, 처리 결과물은 어떤 업체로 전달되고 처리되는 지에 대한 과정이다. 현실적으로 폐자동차 분리품의 재활용 결과는 재활용업체의 처리과정 및 후속 처리에 따라 달라진다. 즉, 재활용 시나리오에 따라 실질 재활용률은 차이가 있다.

국내의 경우 분리품별 가능한 시나리오가 다양하지 않으므로 품목별 대표업체를 선정하여 한국형 표준 시나리오를 도출하고, 일정기간 처리 품목별 재활용률을 조사하여 표준 재활용률 DB를 구축하고자 한다. Figure 4는 폐자동차 주요 분리품에 대한 재활용 결과 집계 양식을 보이고 있다.

### 3.2. 모니터링 시스템 구조

폐자동차 재활용 모니터링 시스템의 특성(3.1절의 ㉠~㉦)을 고려하여 본 연구에서 제안하는 모니터링 시스템 구조를 Figure 5에 나타내었다. 전체 시스템은 크게 폐차장의 해체 지원 시스템, 재활용 데이터 집계를 위한 재활용 모니터링 시스템으로 구분한다.

#### 3.2.1. 해체지원 시스템

해체지원 시스템은 폐자동차 입고 및 해체 과정을 지원하는 하드웨어 및 소프트웨어 시스템이다. 해체 대상 차량이 입고되면 차종별 표준 해체부품 DB를 활용하여 해체 대상 부품 리스트를 작성한다. 표준 해체부품 DB는 차종별 부품 내역, 중량 정보 등을 포함하며, 해체 단계에서 실시간 중량 측정이 어려운 경우 중량 정보를 참조할 수 있다.

이후 각 해체 스테이션에서 해체된 부품 리스트는 해체/비해체 부품 DB를 업데이트한다. 또한 해체 단계에서는 판매용(재사용/재활용) 부품의 경우 차량 정보(예: 차종, 모델 등)를 기록한 태그(tag)를 부착함으로써, 해체 후 폐차장 출고 시 기록을 간편하게 한다. 또한 해체/비해체 부품 DB는 모니터링 시스템의 요청에 의해 재활용업체, 품목, 기간 등의 기준에 따라 해체

Category	Item	Part selling (domestic)	Part selling (export)	Part selling (remfg)	Crush & classification	Energy recovery	Disposal	Other
Refrigerant	Refrigerant							
Fuel	Gasoline, Diesel							
Oil	engine, mission, brake							
Liquid	coolant							
Metal, Ferrous	LPG Tank							
Airbag	Airbag							
Battery	Battery							
Catalyst	Catalyst							
Metal, Ferrous	engine, mission							
Metal, Ferrous	joint, hub, brake							
Metal, Ferrous	shock absorber, mounting							
Metal, Ferrous	door, hood, fender, etc							
Metal, Ferrous	radiator							
Metal, Ferrous	muffler							
Metal, Ferrous	wheel							
Metal, Ferrous	other							
Metal, Non-f.	wheel							
Metal, Non-f.	alternator							
Metal, Non-f.	start motor							
Metal, Non-f.	motor(wiper, antenna)							
Metal, Non-f.	bumper back beam							
Metal, Non-f.	other							
Wire harness	wire harness							
Plastic	fuel tank							
Plastic	bumper cover							
Plastic	dash board, console box							
Plastic	lamp(head, rear)							
Plastic	inner parts							
Plastic	radiator grill							
Plastic	plastic tanks							
Plastic	other							
Rubber	tyres							
Rubber	other							
Glass	wind shield, etc							
Seat	seat							
Seat foam	seat foam							
Electronics	audio, ECU, meter							
Etc	mat, belt							
Comp. body	Comp. body							
ASR	ASR							

Figure 4. Reference data form of ELV recycling rate.

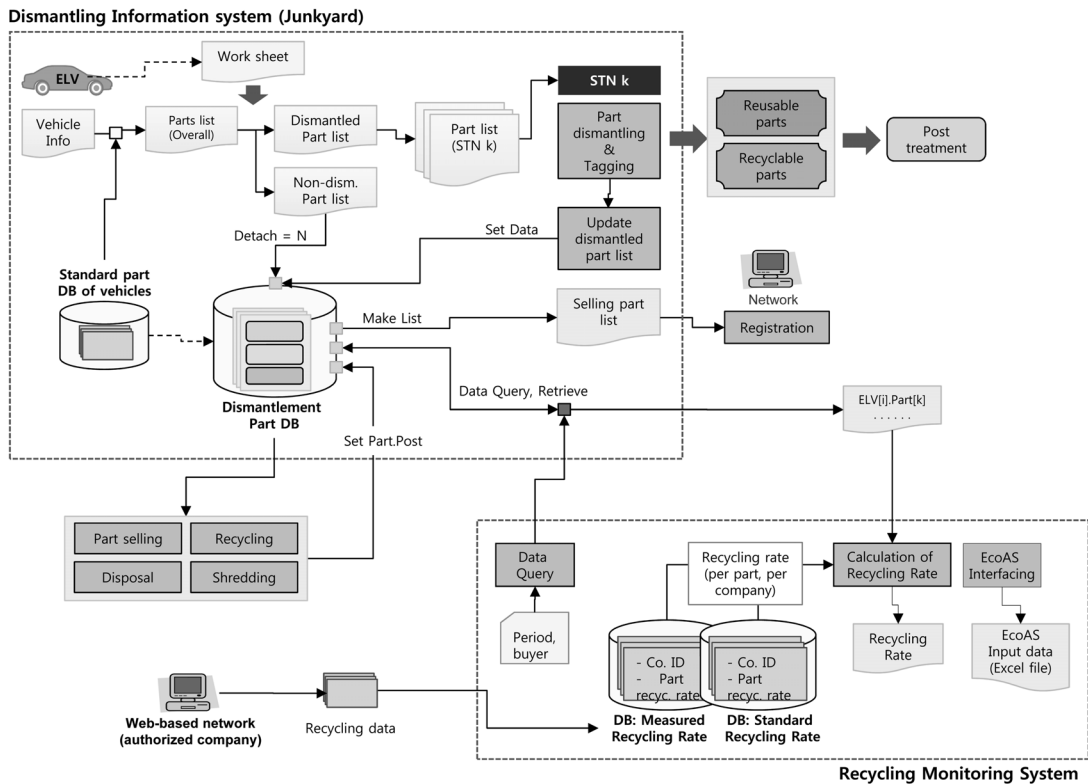


Figure 5. Proposed monitoring system.

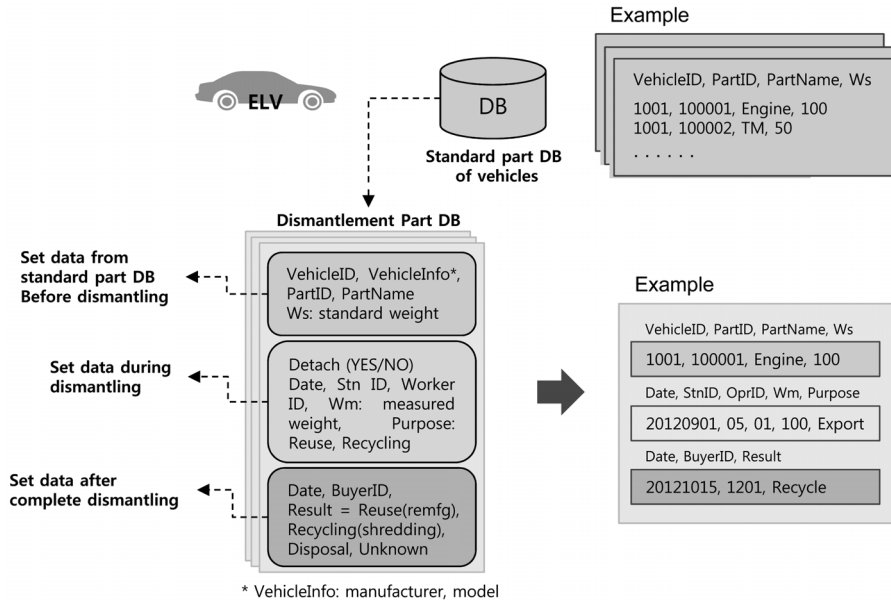


Figure 6. Reference DB and data for dismantling & post-processing.

및 출고 기록을 보내준다. Figure 6은 차종별 표준 해체부품 DB와 해체/비해체 부품 DB의 데이터를 개략적으로 나타내고 있다.

### 3.2.2. 재활용 모니터링 시스템

모니터링 시스템은 재활용 결과 실적 DB, 처리업체별 시나리오 DB(표준 재활용률 DB)를 포함하는 네트워크 기반 소프트웨어 시스템이다. 폐자동차 분리품 재활용업체는 웹 기반의 입력 시스템을 이용하여 재활용 결과를 입력하고, 이 데이터를 이용하여 모니터링 시스템의 재활용 결과 실적 DB를 업데이트한다. 폐차업체와 거래하는 재활용업체 중 재활용 결과를 입력하지 않는 경우에 대해서는 처리업체별 시나리오에 근거한 표준 재활용률 DB를 활용하여 재활용률을 추정할 수 있게 한다. 3.1절에서 제시한 특성 ㉠~㉨를 중심으로 요약하면, 우선 ㉠~㉢를 위해서는 차종별 표준 해체부품 DB와 해체/비해체 부품 DB를 구축하고 활용한다. ㉣는 웹(web) 기반의 입력 시스템(소프트웨어)을 구축하도록 한다. ㉤는 바코드 혹은 QR 코드 등의 태그를 부착하여 활용하도록 한다. 많은 재활용업체의 영세성, 정확한 입출고 자료 노출을 꺼리는 등의 이유로 ㉥와 같은 상황이 예상되는데, 이 경우 처리업체별 재활용 시나리오에 근거한 표준 재활용률 DB를 활용하고자 한다. 마지막으로 ㉨는 재활용 결과를 엑셀파일 형식으로 정리해줌으로써 업체의 EcoAS 입력을 지원하도록 한다.

## 4. 결론

본 연구는 EcoAS 시스템과 연계되어 폐자동차 재활용을 모니터링 하여 실질 재활용률을 계산하는 모니터링 체계를 제안하였다. 모니터링 시스템은 해체 지원 시스템과 재활용 모니터링 시스템으로 구성된다. 차종별 표준 부품(분리품) DB를 구축하여 해체 단계에서 분리품 리스트 및 중량 정보 기록을 간편하게 할 수 있으며, 해체/비해체 부품 DB 업데이트를 통

하여 분리품 재활용 추적이 가능하도록 하였다. 대표 재활용 업체를 선정하여 일정기간 현장 조사를 통한 업체별 재활용 시나리오를 도출한 후, 재활용 결과를 입력하지 않은 업체에 대한 표준 재활용률 DB를 활용함으로써 실질 재활용률 산정이 가능하도록 하였다.

## 감사

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐금속유용자원재활용 기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다(과제번호: 11-B16-MD).

## 참고문헌

1. The present and future of automotive recycling, The Korean Institute of Resources Recycling, Dec. 8, Korea Science & Technology Center, Seoul, (2012).
2. Act on resources recycling of electric & electronic equipment and vehicle 2012.2, Ministry of Environment, 2012.
3. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on End-of Life Vehicles-Commission Statements, 2000.
4. COMMISSION DECISION of 1 April 2005 Laying Down Detailed Rules on the Monitoring of the Reuse/recovery and Reuse/recycling Targets Set out in Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on End-of-life Vehicles (2005/293/EC), 2005.
5. ISO 22628: Road Vehicles-Recyclability and Recoverability-Calculation Method, ISO, 2002.
6. Korea Automotive Recyclers Association, Research on effective recycling of ELV dismantled parts, 2009.
7. <http://ecoas.or.kr>.