

## 廢 自動車 再活用 과정의 經濟性 評價에 관한 研究<sup>†</sup>

白美花 · 安惠晟 · \*金東秀

梨花女子大學校 環境工學科

## A Study on the Economic Evaluation of the Recycling of End-of-Life Vehicles<sup>†</sup>

Mi-Hwa Baek, Hye-Seong Ahn and \*Dong-Su Kim

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

### 요 약

국내 자동차 보유대수는 점차 증가하고 있으며 2007년도에 1,600만대를 초과하였다. 자동차 보유대수의 증가는 결국 폐 자동차 발생의 증가로 이어지고 있으며 폐 자동차의 재활용 필요성은 더욱 강조되고 있다. 폐 자동차의 재활용은 폐 자동차 처리를 용이하게 함과 동시에 환경파괴는 물론 부족한 자원을 대체할 수 있는 효과를 가진다. 본 연구는 폐 자동차를 재활용 했을 때의 편익과 폐 자동차를 처리했을 때의 비용을 비교하는 경제성 평가를 하였다. 비용/편익 분석결과에 의하면, 폐 자동차의 부품, 철, 비철 금속 스크랩을 재활용 하였을 경우 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 즉, 본 연구의 결과는 폐 자동차를 재활용함으로써 얻을 수 있는 경제적인 이득을 시사하고 있다. 따라서 정부는 폐 자동차 및 소재의 재활용을 의무화하여야 하고 기업은 효율적인 폐 자동차의 해체 및 재활용 방법 개발 등을 고려해야 한다고 사료된다.

**주제어** : 폐 자동차, 재활용, 경제성 평가, 비용편익분석

### Abstract

Number of vehicles in Korea is gradually increasing and it exceeded 16 million in 2007. Holding of vehicles is connected to disposal, owing to this reason the importance of ELVs recycling has been emphasized. The recycling of ELVs makes the disposal of ELVs easier as well as protects environment and it has the alternative effect economizing the insufficient resource. This study was carried out to evaluate the economic effect of recycling of ELVs compared with disposal of ELVs. The analysis showed that recycling process makes a profit in comparison to the disposal of ELVs. Therefore the government has to consider establishing the regulation related to recycling of ELVs or materials and car manufactures have to develop the efficient dismantling and recycling methods.

**Key word** : End-of-Life Vehicles(ELVs), Recycling, Economic Analysis, Cost-Benefit analysis

### 1. 서 론

자동차산업은 한 나라의 국민경제와 기술수준을 평가하는 대표적인 산업으로서 산업구조의 고도화와 경제성장에 결정적인 역할을 담당하고 있다. 국내 자동차산업은 1987년 이후 세계 10위권의 생산국으로 진입하여 연도별 자동차 등록대수가 꾸준히 증가하고 있으며(Fig.

1),<sup>1,2)</sup> 2008년 3월 국토해양부에 따르면 국내 자동차 등록대수가 1,600만대를 넘어서게 되었다.

자동차 등록대수 증가와 더불어 폐차 대수도 1999년 까지 점차 증가하다 감소 추세를 보이고, 2003년부터는 다시 증가하고 있으며(Table 1), 폐차율은 선진국에 비해 비교적 낮은 편이다. Table 1은 1993년부터 2003년까지 우리나라의 연도별 폐차 대수와 폐차업체수 현황을 보여주고 있다.<sup>2,3)</sup> 1995년 12월부터 폐차업이 허가제에서 등록제로 전환된 이후 해체업체수가 많이 증가

<sup>†</sup> 2009년 1월 9일 접수, 2009년 3월 16일 수리

\*E-mail: dongsu@ewha.ac.kr

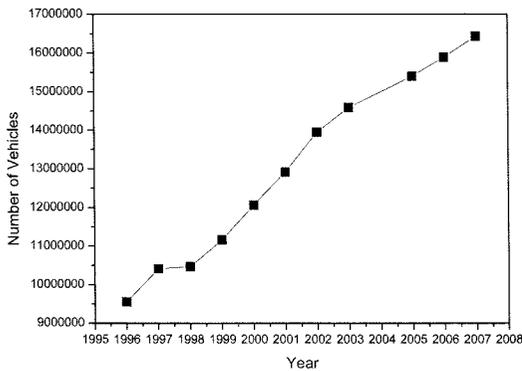


Fig. 1. Annual variation of the number of vehicles registered in Korea.

하였으며, 이 때문에 업체당 폐차대수 또한 많이 감소하고 있다.<sup>4)</sup> 폐 자동차의 급증으로 인해 폐기물 발생 및 매립지 부족 문제와 관련된 환경오염과 더불어 사회적 문제가 심각해짐에 따라 폐 자동차 관리의 중요성이 대두되고 있다. 우리나라의 폐차제도는 폐 자동차를 압축/파쇄 또는 절단하도록 하고 제한적으로 일부 부품의 재활용을 허용하는 자동차관리행정에 초점을 두어 왔다.<sup>5)</sup>

폐 자동차 처리 과정을 살펴보면, 차량 소유자 또는 사용자가 폐 자동차의 처리를 의뢰하면 폐 자동차는 해체와 파쇄 과정을 거치는데, 먼저 휘발유나 엔진 오일 등의 탈유 과정을 거친다. 다음 1차 해체 과정에서 재이용이 가능한 부품들을 분리하고, 2차 해체 과정에서 배터리나 배선, 시트와 합성수지류를 분리해 낸다. 이때 배터리나 배선은 재이용업자에게 넘겨지고, 시트나 합성수지류는 수거되어 대부분 소각된다. 다음 3차 해체 과정에서는 엔진과 전후 차축, 타이어 등 주요 부품이 분리되어 업자에 의해 수거되고, 남은 부분은 압축/절단 과정을 거쳐 파쇄된다. 파쇄 후, 철이나 비철금속은 역시 수거되어 재생과정을 거치게 되지만 나머지 ASR(슈레다더스트)은 소각 또는 매립되는 절차로 폐 자동차 처리 과정이 마무리된다.<sup>6,7)</sup> 폐차작업의 형태는 이전에는 폐차를 중고부품의 주요 공급원으로 인식하여 재사용이 가능한 부분의 회수를 주목적으로 기능성부품을 선택적으로 해체하였으나 최근에는 폐차대수가 증가하고 고철 가격이 상승하여 점차 고철 위주의 사업으로 전환되고 있다.<sup>5)</sup> 폐 자동차는 철과 비철금속, 플라스틱, 고무, 유리, 오일류 등의 다양한 소재로 되어 있으며, 구성 비율은 철과 비철이 72.6%를 차지하고 플라스틱,

Table 1. Annual variation of the number of vehicles disposed

year	No. of ELV	ratio of ELV (%)	plants for ELV	No. of ELV/plant
'93	308,252	5.9	86	3,584
'94	352,582	5.6	104	3,390
'95	406,055	5.5	114	2,880
'96	489,178	5.8	160	3,057
'97	585,641	6.1	185	3,166
'98	562,168	5.4	227	2,477
'99	456,191	4.4	259	1,761
'00	455,592	4.1	277	1,644
'01	461,621	3.8	291	1,586
'02	462,996	3.6	300	1,539
'03	549,250	3.9	310	1,772
'04	509,308	3.5	323	1,577
'05	528,998	5.0	357	1,482
'06	528,840	3.4	373	1,418
'07	570,721	3.6	391	1,460
'08	654,876	4.0	318	2,059

ratio of ELV = (No. of ELV / No. of registered vehicles) × 100

고부가 각각 7.6%와 4.6% 그리고 기타 15%로 나누어진다.<sup>8)</sup>

강에 따르면,<sup>5)</sup> 많은 양의 폐차 폐기물의 발생은 필연적으로 폐기물처리 비용의 상승을 가져와 폐 자동차가 갖고 있는 고철, 부속품 등 재활용품으로서의 고유가치보다 폐차비용이 상회하게 될 것이며 폐차의뢰시 자동차 소유자가 폐차사업자로부터 폐차가격을 지급받고 있는 현재의 폐 자동차의 거래가 오히려 폐차사업자에게 폐차비용을 지불하여야만 폐차가 가능하게 되는 시기가 도래할 수 있을 것으로 보인다고 하였다.

따라서, 본 연구는 폐차를 재활용 했을 때와 폐차를 처리했을 경우를 비교하여 발생하는 경제성 효과를 정량적으로 평가하기 위해 재활용시의 편익과 처리시의 비용의 인자들을 고려하여 경제성을 비교, 검토함으로써 재활용이 우리 사회에 얼마만큼의 편익을 가져오는지 산정해보았다. 이는 폐 자동차 폐기물의 재활용 경제성 평가와 방안 수립에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 2.1. 경제성 평가 인자

본 연구는 폐 자동차 재활용의 경제성을 평가하는 것으로 LG 환경연구원에서 직접 해체 과정을 거친 폐차 두 대의 평균치(1,500cc, 1,110 kg)를 기준 차량으로 선정하였으며,<sup>9,10)</sup> 폐 자동차 재활용시의 편익과 처리시의 비용을 비교하는 방법을 택하였다. 폐 자동차 재활용만을 대상으로 하였으며 폐차장에서 발생하는 외부효과(토지가 상승 등)는 고려하지 않았다. 재활용과정을 전처리, 해체, 파쇄, 선별 재활용, 처리 등으로 구분하고, 불안정한 철 스크랩 및 비철금속 스크랩의 가격을 감안하기 위해 국내 시장가격의 최고가, 평균가, 최소가인 경우로 각각 나누어 폐차의 순편익을 산정하였다.

일반적인 경제성 분석방법은 우선 비용/편익분석(Cost/Benefit Analysis)이 기본틀을 이루고 있고, 또한 편익/비용비율법(B/C Ratio), 내부수익률법(Internal Rate of Return), 투자비 회수기간법(Pay-Back Period) 그리고 순현재가법(Net Present Value) 등이 있다.<sup>11)</sup> 본 연구에서는 비용/편익분석 방법을 택하였다. 즉, 폐차의 재활용 과정에서 발생하는 편익과 폐차의 폐기 처분시 발생하는 비용을 비교하여 순편익을 산정하였다. 본 연구에서 설정한 비용/편익분석에 의거하여 사용한 인자들을 Table 2에 제시하였다. 폐 자동차의 재활용과 처리시의 외적비용은 현재 파악된 자료로는 정량적 해석이 곤란하므로 평가에서 제외하였다.

### 2.2. 경제성 평가 가정 및 조건

폐차의 재활용률은 에너지회수를 포함하여 약 85%이며, A-Press에서 회수되는 철과 비철금속의 구성비는 자동차 구성에서의 철과 비철금속 비율과 동일하다고 가정하였다(철 : 비철금속 = 63.4% : 9%로 가정, 해체단계에서 회수되어 판매가 가능한 부품, 중량고철이 185.8 kg, 비철금속이 1 kg으로 중량고철성분이 비철금속에 비해 회수되는 비율이 상당히 높으나, 판매가능 부품을 포함하여 중량고철과 비철금속의 성분비를 살펴보면 자동차 구성성분에서 철과 비철금속의 성분비와 유사하다. 따라서 A-Press 내 철과 비철의 구성비는 역시 자동차 구성에서의 철과 비철금속 비율과 동일하다고 볼 수가 있다. 자동차에서 회수되는 비철금속은 알루미늄, 구리, 아연, 황동, 스테인레스 강 등이다. 자동차 성분 중 알루미늄이 차지하는 비율이 높으며, 가격 역시 구리나 아연 등에 비해 알루미늄이 저렴하기 때문에 본 분석에서는 과다 편익산정을 피하기 위해 비철금속의 대표가격은 알루미늄을 기준으로 하였다. 2006년 6월 기준으로 비철금속의 가격은 Table 3과 같다.

Table 2. The factor for cost-benefit analysis

		Recycling of ELV	Disposal of ELV
Cost	Internal Cost	-	- ELV disposal cost - Transportation cost - Shredding cost - ASR disposal cost (landfill, incineration)
	External Cost	-	- Environmental pollution and influence
Benefit	Internal Benefit	- Recycling products (parts, metal, nonferrous metal, scrap) sale	-
	External Benefit	- Reduction for landfill cost of vehicles waste	-

### 3. 비용·편익 분석인자 및 경제성 평가

#### 3.1. 폐 자동차 재활용 편익

폐차를 재활용하는 과정에서 발생하는 편익은 크게 부품, 철 스크랩, 비철 스크랩 판매수입 등으로 나타난다. 폐차 해체 과정에서 엔진, 축매, 배터리, 카세트, 휠더, 소음기, 연료통, 기타 등을 회수하여 부품을 판매하고 있으며, 문헌을 통하여 본 연구에서 대상으로 한 폐자동차의 매각 가능 부품의 중량은 294 kg라는 것을 알 수 있다.<sup>10)</sup> 따라서 판매할 수 있는 부품의 중량은 294 kg이며 부품 판매 시세를 고려하여 약 24만원 정도를 부품 판매액으로 가정하였다.

철과 비철금속은 해체단계와 파쇄단계에서 회수가 되는데, 해체단계에서는 정밀해체로 회수된 중량에서 고철과 비철금속을 회수하고, 파쇄단계에서는 A-Press에서 회수되는 철과 비철 스크랩을 회수하게 된다. 철 스크랩 가격은 과거 3년(2005년~2007년) 동안의 국내 철 스크랩 최고시세와 최저시세를 활용하였으며, 비철 스크랩 가격은 알루미늄의 재질과 상태 및 가공성 등에 따라 거래구조와 가격구조가 다르므로 시세가 달라지게

되며 Table 4에 설정한 가격을 제시하였다.

해체 및 파쇄단계에서 회수한 철과 비철금속의 스크랩 총량은 다음과 같으며 판매수입은 톤당 시장가격을 곱하여 산정할 수 있다. 철 스크랩의 판매수입은 철 스크랩 시세에 따라 8만 6천원에서 19만원 정도로 차이를 나타냈으며, 비철 스크랩의 판매수입은 6만7천원에서 9만5천원으로 산출되었다.

#### 3.2. 폐 자동차 처리 비용

폐차를 처리하는 과정에서 소요되는 비용은 폐차 구매 비용, 해체 비용, 수송 비용, 파쇄 비용, ASR 처리 비용 등이 있는데, 폐차 구매 비용은 포함하지 않았다. 모든 비용 부분의 금액은 국내 폐차 재활용 실정을 반영한 국내자료를 사용하였으며, 문헌과 인터뷰를 통하여 비용부분의 금액 자료를 선정하였다.

##### 3.2.1. 해체 비용

해체 비용은 2004년에 발표된 국내자료를 인용하여 차량처리 직점원가와 일반관리비로 나누어 각각 계산하였다. 직점비용은 월 승용차 100대를 재활용하는 것을 기

Table 3. The price of nonferrous metal

	Copper	Aluminum	Stainless steel	Brass
Price (won/kg)	4,800	1,800-2,050	1,450-1,550	2,300-2,500

Table 4. The price of metal and nonferrous metal scrap

	Highest price	Average price	Lowest price
Steel scrap (won/ton)	330,000	240,000	150,000
Nonferrous metal scrap (won/ton)	1,700,000	1,450,000	1,200,000

- Amount of recovered steel from dismantling process (A): 185.8 kg
- Amount of recovered steel scrap from shredding process (B) : (a) × (b) : 390.2 kg  
445.4 × 0.876 = 390.2 kg
- Amount of steel scrap recycling from ELV (C) = (A) + (B): 576 kg
  
- Amount of recovered nonferrous metal from dismantling process (D): 1 kg
- Amount of recovered nonferrous metal scrap from shredding process (E) : (a) × (b) : 55.2 kg  
445.4 × 0.124 = 55.2 kg
- Amount of nonferrous metal scrap recycling from ELV (F) = (D) + (E): 56.2 kg
  
- Amount of steel and nonferrous metal recovering for A-Press (a): 445.4 kg
- Ratio of steel recovering for A-Press (b): 0.876
- Ratio of nonferrous metal recovering for A-Press (b): 0.124
- Composition ratio of steel and nonferrous metal : 63.4% : 9% = 0.876 : 0.124
- ※ Assuming that composition of steel and nonferrous metal in the vehicle composition is same

Table 5. The dismantling cost of ELVs<sup>12)</sup>

Direct cost		General management cost	
Item	won/vehicle	Item	won/vehicle
Labor cost	13,079	Labor cost	36,328
Employees welfare	1,432	Employees welfare	2,403
Insurance	1,578	Travel and transportation expense	817
Taxes and the public utilities' charge	301	Communication expense	1,336
Articles of consumption Expense	625	Water, lighting and heating	803
Consumption material Expense	824	Taxes and the public utilities' charge	3,005
Power cost	2,100	Depreciation cost	11,986
Equipment repair expenses	3,739	Supplies expense	533
Waste treatment cost	19,885	Vehicles maintenance expenses	2,403
Management expenses	10,614	Books printing expenses	602
		Advertising	125
		Entertainment expense	3,338
		Repair charges	1,606
		Insurance premium	1,960
		Commission expense	1,309
		Miscellaneous expense	692
Total	54,177	Total	69,246

준으로 조사하였으며 그 기본차량 중량은 1,450 kg 이었다. 일반관리비는 폐차대수 200대/월 규모 업체를 대상으로 하여 산정된 것이다. Table 5는 차량중량 1,450 kg의 해당 직직원가와 일반관리비를 나타낸 것이다.

인용한 자료에서 산출한 단위 중량당 해체 비용(85.12원)과 본 연구의 분석대상 폐차 중량(1,110 kg)을 곱하여 94,483원 이라는 총 해체 비용을 산정하였다.

Direct cost (A): 54,177 won  
 General management cost (B): 69,246 won  
 Dismantling cost per vehicle (C) = (A) + (B): 123,423 won  
 Dismantling cost per ELV weight (D) = (C)/1450kg: 5.12 won/kg  
 Weight per vehicle (kg) (E): 1,110 kg  
 Dismantling cost of ELV (F) = (D) × (E): 94,483 won

### 3.2.2. 수송 비용

수송 비용은 A-Press가 파쇄업체로 이송될 때 발생하며 인터뷰를 통해 그 비용은 20원/kg으로 조사되었다. A-Press 수송비용은 중량 616.7 kg을 기준으로 수송비용

인 20원/kg을 곱한 12,334원으로 추정하였다.

A-Press amount (A): 616.7 kg  
 Carriage-out expense per kg (B): 20 won/kg  
 A-Press carriage-out expense (C) = (A) × (B):  
 616.7 kg × 20 won/kg = 12,334 won

### 3.2.3. 파쇄 비용

파쇄 비용 역시 파쇄업체 인터뷰를 통해 산정하였으며 그 비용은 100원/kg이었다. 파쇄과정은 A-Press를 가지고 행하는 공정이므로 A-Press의 중량에 따라 비용이 발생한다. 파쇄비용은 A-Press 중량과 처리비용의 곱으로 산정되며, 해당 파쇄비용은 61,670원으로 추정되었다.

Shredding cost per kg (A): 100 won/kg  
 A-Press weight (B): 616.7 kg  
 Shredding cost (C) = (A) × (B):  
 100 won/kg × 616.7 kg = 61,670 won

3.2.4. 최종 처리 비용

ASR 처리비용은 매립과 소각 두 부분으로 나누어 산출하였으며, 매립비용은 방법에 따라 비용이 큰 차이를 보인다. 사설매립인 경우에는 톤당 6만 5천원에서 7만 원가량이며, 김포 매립지를 사용할 경우 톤당 3만 3천 원 정도가량이다. 본 추정 분석에서는 톤당 7만원 정도의 비용을 추정하여 해체물처리 비용이 충분한 비용으로 처리되는 것을 기준하였다. 소각해야 할 중량은 약 35 kg이었으며 비용은 톤당 20만원을 기준하였다. 산출한 소각비용은 6,993원이었다. 따라서 ASR 처리비용은 16,906원으로 산정되었다.

Incineration amount (A): 35.0 kg
Landfill amount (B): 141.6 kg
Incineration cost (C): 200,000 won/ton
Landfill cost (D): 70,000 won/ton
Incineration disposal expense (E) = (A) × (C): 6,993 won
Landfill disposal expense (F) = (B) × (D): 9,913 won
ASR disposal cost (G) = (E) + (F): 16,906 won

3.3. 자동차 재활용 순편익

앞에서 편익과 비용으로 구분하여 산출한 폐 자동차 재활용관련 경제성분석을 종합하면 Table 6과 같다.

먼저 부품판매 금액을 24만원으로 하고 철과 비철금속 회수에 따른 판매수입을 세 가지의 가격으로 구분하여 산출하면 최고 52만원에서 최저 39만원을 자동차 재활용 수익으로 산출하였다. 자동차 재활용에 소요되는

총비용은 해체업체 처리비용을 94,483원으로 하고, 이에 수송비용 및 파쇄비용 그리고 최종처리비용을 합하여 185,393원으로 산출하였다.

스크랩가격에 따라 자동차 재활용으로 인한 순편익은 34만원에서 20만원 정도임을 알 수 있다. 이는 현재 수도권에서 거래되고 있는 폐차 구매가격인 20만원~30만원과 비슷하게 산출되었다. 예상할 수 있는 자동차 재활용수익이 재활용 초기단계의 회수부문에서 폐차구매 비용으로 흡수되고 있음을 알 수 있다. 즉, 20만원 상당의 이 부분 수입은 일부 최종소유자에게 혹은 최초 인수업체에게 지급되고 있는 것으로 해석할 수 있다.

편익비용을 평가하기 위하여 편익/비용을 계산하여 본 결과 모두 1 이상으로 나타났으며, 이는 폐 자동차의 재활용은 수익성이 있다는 것을 의미한다. 따라서 폐 자동차를 재활용하기 위하여 정부는 폐차 또는 소재별로 정량적인 의무 재활용을 설정하거나 생산자책임확대제도를 도입하는 방안을 검토해야 될 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 재활용에서 가장 중요 부분인 경제성을 평가하기 위하여 비용/편익 모델을 이용하여 새로운 경제성 평가방법을 마련하고자 하였다. 이를 위해 폐 자동차를 재활용했을 때의 편익과 처리했을 때의 비용을 분석하여 순편익을 산정하였다. 분석결과에 의하면 폐 자동차의 부품, 철, 비철금속 스크랩을 재활용 하였을 경

Table 6. The result on economic evaluation of ELVs

Benefit (won)			Cost (won)		
Part sale	240,000		ELV dismantling cost	94,483	
Steel scrap	Highest price	190,080			
	Average price	138,240	Carriage-out expense	12,334	
	Lowest price	86,400			
Nonferrous metal scrap	Highest price	95,540	Shredding cost	61,670	
	Average price	81,490			
	Lowest price	67,440			
Total	Highest price	524,620	ASR disposal cost	Landfill	9,913
	Average price	459,730		Incineration	6,993
	Lowest price	394,840	Total		185,393
Net benefit (won) = benefit - cost			Highest price : 340,227 won Average price : 274,337 won Lowest price : 209,447 won		

우 사회적으로 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 즉, 본 연구의 결과는 폐 자동차를 재활용함으로써 얻을 수 있는 경제적인 이득을 시사하고 있으며 이를 토대로 부가가치가 높은 부산물의 재활용률을 높일 수 있는 제도적 장치 또는 신기술이 개발되어야 한다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업 중 자원 재활용기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토해양부, 2005~2007 : 자동차등록현황.
2. 이희선 등, 2004: 제3장 5절 제품재활용, 리사이클링백서, 산업폐기물재활용기술개발사업단, pp. 534. 청문각.
3. 한국자동차폐차업협회 내부자료, 2004-2008.
4. 조윤택, 2001 : 폐 자동차 플라스틱과 유리 재활용의 경제성분석, 서울대학교 석사학위논문, pp. 31.
5. 강정호, 양광모, 강경식, 2005 : 국내 폐차산업의 회수, 처리방안 개선에 관한 연구, 물류학회지, 15(2), pp. 169-190.
6. 민달기, 200 : 폐자동차의 경제적 가치 산정에 관한 연구, 환경관리학회지, 11(2), pp. 81-87.
7. 이찬희, 2001: 폐자동차 재활용 활성화 방안에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, pp. 6.
8. 유미연, 2004: 자동차 부품의 재활용을 증대를 위한 역공급사슬에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, pp. 29.
9. 김인숙, 김종성, 손홍선, 김유정, 김수연, 2006: 자동차 재활용 전략 수립연구, LG 환경연구원, pp. 1-175.
10. 김수연, 2007: 국내 폐자동차 재활용시장구조 분석, 성균관대학교 석사학위논문, pp. 59.
11. 유동윤, 1992: 제9장 제1절 비용편익분석, 환경경제학, pp. 489. 비봉출판사.
12. 강정호, 2004: 국내 폐차 산업의 현황분석 및 재활용 개선방안 연구, 명지대학교 박사학위논문. pp. 111.

---

白 美 花

- 이화여자대학교 환경공학과 박사과정
- 당 학회지 제15권 3호 참조

---

安 惠 晟

- 이화여자대학교 환경공학과 학사

---

金 東 秀

- 현재 이화여자대학교 환경공학과 교수
  - 당 학회지 제8권 5호 참조
-