

폐자동차 재활용 기술의 동향

Technological Trends in the Automobile Recycling Technologies

배 영 문* · 나 도 백* · 길 상 철* · 김 정 흠**

〈目 次〉

- | | |
|------------------------|-------------------|
| I. 서 론 | IV. 폐자동차 재활용 특허동향 |
| II. 국내 · 외 폐차대수 및 처리실태 | V. 향후 전망 |
| III. 폐자동차 재활용기술 동향 | |

<Abstract>

This study deals with the technological trends in the automobile recycling technologies. It first discusses the importance and current situation of automobile recycling. And then it discusses the technological trends in automobile recycling industry classifying the technologies into three groups: disassembling, recycling, and design. It deals with recycling of major parts of automobiles and the design of automobile for recyclability. This study also contains a patent analysis of the technologies. Different patterns in the trend of patents among various countries are discussed with the context of legal and industrial situation of each country. And finally it discusses the forecasting for the future technological and legislative trends.

Key words: 폐자동차, 재활용, 해체기술, 자동차설계기술, 설계평가

* 기계공학, ymbay@kisti.re.kr, 기계공학, nahdb@kisti.re.kr, 금속공학, kilsc@kisti.re.kr, 한국과학기술정보연구원에서 20년 이상을 기술정보분석 업무에 종사

** 자원경제학 박사, 한국기계연구원 정책실장 역임, kimjh@kimm.re.kr

I. 서론

자동차 재활용 기술은 지구 환경보호와 자원의 재활용이라는 측면에서 대단히 중요한 과제로 부각되고 있다. 우리나라에서는 1992년 말 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률'이 확정되었고, 1993년 말에는 자동차와 가전제품이 1종 지정제품으로 지정된 세부시행지침이 확정 발표되었는데, 1종 지정제품은 제조할 때부터 재활용을 고려하도록 규정하고 있다. 최근에는 국내에서도 재활용에 대한 관심이 사회 전반적으로 고조되면서 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률' (법률 6653호, 2002.2.4)을 개정하였고, 자동차 중고부품 실명제를 도입하여 소비자의 안전을 보장하면서 중고부품의 재활용율을 높이겠다는 계획을 발표한 바 있다.

한편, 국제적으로는 환경기준과 무역을 연계시킨 그린라운드(GR) 협상이 세계무역기구(WTO)의 출범과 함께 세계 무역질서의 최대 현안과제로 떠오르게 되었다. 제품 자체의 환경적 특성은 물론 제품을 생산하는 공정 및 생산방식에 대해서도 환경기준을 설정하여 그 기준에 미달하는 제품은 수입을 제한하는 조치를 취할 것을 논의하기 시작하였다. 자동차는 그 중에서도 주요 품목에 포함되어 있다.

유럽은 폐차의 회수 및 부품 재활용의 의무를 자동차 제조회사에 부과하는 방안으로 '자동차업체 폐차 회수 및 처리 의무화' 법안을 마련하여 2002년부터 시행하고자 하였다. 자동차 업계로부터의 심한 반발에 부딪쳐 그 실행시기가 2006년으로 미루어지게 되었으나 국제적으로 자동차업계에 많은 영향을 미치게 될 것임에 틀림이 없다. 자동차 수출대국의 반열

에 진입한 우리나라의 자동차 제조회사들에게도 폐자동차 회수 책임까지 떠맡아야 하는 부담을 주게 되므로 이에 대한 대응방안이 시급히 마련되어야 할 것이다.

본 고에서는 폐자동차 재활용기술의 국내·외 기술개발 동향 및 특허동향을 분석해 보고 향후의 전망을 논하고자 한다.

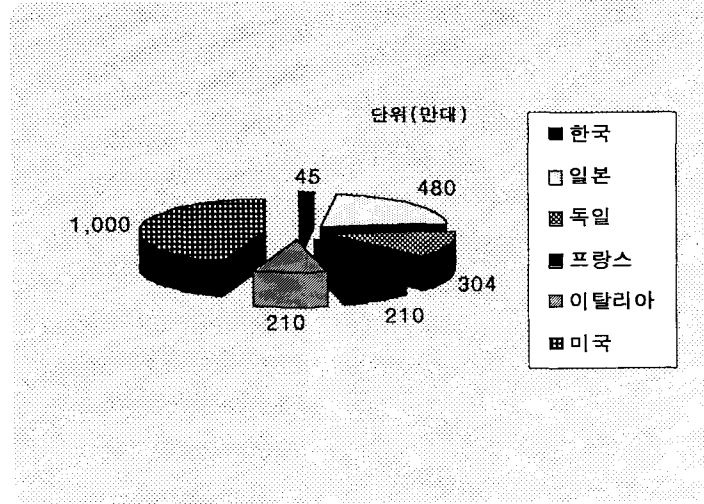
II. 국내·외 폐차대수 및 처리 실태

전 세계 폐차의 발생대수는 '99년 현재 미국 1천만대, 일본 480만대, 독일 305만대, 이탈리아와 프랑스가 각각 200만대에 이르고 있다 [그림 1].

국내의 경우 1989년 이후 자동차 등록대수와 폐차 발생대수가 급격한 증가추세를 보이고 있다. 외환위기와 경기침체 등의 영향으로 잠시 증가율이 둔화되긴 했지만 최근 경기침체를 벗어나고 있어 자동차 등록대수는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 2002년 2월에 1,200만대를 돌파한데 이어 2005년 1,536만대, 2010년에는 1,824만대로 증가할 것으로 전망되고 있다.

경제가 계속 성장하면서 자동차의 대체수요가 꾸준히 증가하고 폐차율이 점차 상승하는 것이 일반적이다. 국내에서도 1989년 이후 폐자동차 대수가 급격한 증가를 보이고 있으며 기존의 전망치(보유대수의 약 6~7%)를 고려하면 2005년에 87~102만대, 2010년에는 107~124만대로 증가할 것으로 예상된다.

폐차는 여러 가지 부품으로 이루어진 복잡한 제품인 관계로 재이용을 위한 사전처리가 필수적이고 수작업에 의존하는 비율이 높기 때문에 처리비용이 많



[그림 1] 국가별 자동차 폐차발생량(1999)

이 든다. 자동차부품은 대체로 제품주기가 짧고, 폐차의 부품은 사용수명이 끝난 제품이기 때문에 경제적 부가가치가 낮으며 극히 제한된 범위 내에서만 사용할 수 있다.

현재 폐차는 평균적으로 전체 차량 중량의 75% 정도가 재활용되고 있다. 복잡한 재료로 구성되어 있는 대형 내구 소비재는 비교적 재활용률이 양호하지만, 재활용되고 있는 것은 대부분 철과 비철금속이고 나머지 25%는 ASR(Automotive Shredder Residual: 폐차파쇄잔류)로 매립되고 있는 실정이다.

폐차에서 발생하는 쓰레기는 전체 쓰레기 발생량에 비해 많은 양이 아님에도 불구하고 환경문제가 대두되는 이유는 대부분의 ASR이 일반적으로 파쇄되어 매립 처리되기 때문에 매립지 부족현상을 가중시킬 수 있다는 점이다. 또한 ASR에는 중금속, PCB (Poly Chlorinated Biphenyl), CFC(Chlorofluorocarbon), 유기물질 등 유해물질이 상당수 포함되어 있어 매립시 종종 토양이나 지하수를 오염시키고 있다. 기술적 진보로 인해 자동차에 전자부품의 사용이 증가하면

서 납, 수은 등 중금속 및 DOP (Diocetyl Phthalate, DEHP), 브롬계 난연제 등 환경호르몬의 사용이 많아져 향후 환경오염의 가능성은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

폐차처리는 일반적으로 중고부품의 회수 및 재판매, ASR처리의 2가지로 크게 구분할 수 있다. 폐차처리를 위한 인프라는 국토가 좁은 일본이나 유럽지역 국가들에 비교적 잘 구축되어 있다. 독일의 경우 약 3,000~4,000개의 업체가 폐차를 처리하고 있다. 국토가 넓은 미국의 경우도 약 10,000개 업체가 분포되어 있으며 대부분의 폐차업체에서 인터넷을 이용한 온라인 시스템을 사용하여 효율적인 중고부품 재이용이 이루어지고 있다.

국내의 경우 폐자동차의 발생대수가 아직 경제적 가치를 창출할 있는 규모(년간 약 100만대 이상)에 도달되지 않아 폐자동차 처리를 위한 인프라 구축이 미흡하다. 또한 자동차 관리법에서 중고부품의 재사용을 제한하고 있어 국내 폐자동차 처리업체들은 중고부품의 주요 공급원으로 인식되지 못하고 단순히

폐자동차를 처리하는 기능만을 위주로 하는 업체로 간주되고 있다. 규모의 채산성을 충족시키지 못해 대부분의 업체가 매우 영세한 실정이다. 이들은 대부분 단순 절단, 압축 공정만을 수행하고 있으며 파쇄장치를 이용한 재료의 선별이나 재활용 가공은 매우 미흡하여 저급 고철(scrap)만을 생산하고 있다. 현재 국내 폐자동차 업체 291개(2001년 기준) 중 4개 업체만 파쇄처리장치를 보유하고 있을 뿐이다.

국내 중고부품의 재사용률은 약 8%로서 일본의 15~45%에 비해 현저히 낮은 수준이다. 폐차 부품의 재활용 품목을 법적으로 제한하고 있어 중고부품의 거래가 위축되고 각 부품의 단가가 낮게 책정되어 부품의 수익성을 떨어뜨리고 있다. 최근 재활용 허용 부품을 대폭 확대하는 방향으로 법규가 개정되어 중고부품의 재사용률이 제고될 것으로 전망된다.

Ⅲ. 폐자동차 재활용 기술동향

1. 해체기술

종래의 폐차 해체작업은 부품별 수작업 위주로 되어 왔다. 작업은 3단계로 이루어지는데 1차 해체(축매, 엔진부품, 하체부품, 연료탱크, 타이어, 배터리, 미러, 범퍼, 도어, 라디오, 에어컨 등)에 의한 중고부품 활용, 2차 해체(엔진, 변속기)에 의한 알루미늄과 철의 재생, 3차 해체(모터, 배터리, 전선 등)에 의한 비철금속의 재생과 기타 부품의 파쇄처리 등으로 구분된다. 최근에는 자동해체 작업을 위한 보조수단과 전용기계의 도입이 이루어지면서 해체작업의 자동화, 로봇화의 연구가 활발해지고 있다.

대표적인 사례로 네델란드의 자동차 제조업체, 핀란드의 대학연구기관, 독일 설비제조회사 등이 독일

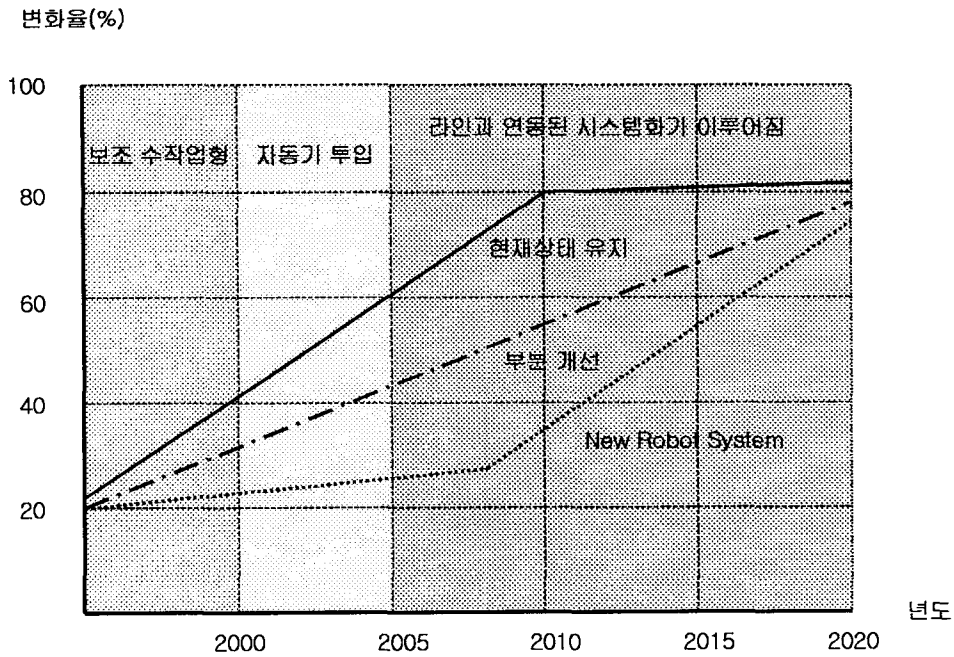
의 TUV를 협력자로 하여 컨소시엄을 조직하여 사용이 끝난 자동차를 로봇으로 해체하는 시스템을 개발하고 있다.

이 시스템은 처음에 천장에 매달려 있는 카메라로 폐자동차의 차종을 판별하고, 축적되어있는 차량 규격 데이터베이스와 조회하며, 다음 단계의 클램프, 해체 단계의 위치결정을 위해 데이터가 전송된다. 이 데이터를 기초로 해체 공정에서도 가장 작업이 쉬운 상태로 차량의 위치가 설정되고 로봇이 필요한 해체 치공구를 자동적으로 선정하여 필요한 해체작업이 이루어지게 되어 있다.

신경조직망을 이용하여 타이어는 등글고, 배터리는 사각이고, 윈도우는 투명하다는 정도까지 이해하고 분별하여 작업을 해나가도록 되어있는 것이 특징이다. 치공구도 작업내용에 따라 종류별로 정리되어 있으며, 어떤 차종이라도 작업할 수 있도록 되어 있다. 아직 연구 중이지만 해체작업이 갖고 있는 위험성, 예를 들면 에어백이 갑자기 팽창해 버린다든지, 작업자가 오일 등으로 미끄러질 위험이 있는 것을 방지하는데도 이 시스템이 효과적인 수단이 된다.

해체기술의 변화는 발전단계에 따라 보조 수작업 형태, 자동기 투입 형태, 라인과 연동된 시스템화 형태로 나눌 수 있다. 자동기계가 투입되고 리사이클링을 고려한 것을 전제로 개발된 차량이 폐차로 나오기 시작하는 2010년경부터는 로봇을 이용한 해체라인이 등장하기 시작할 것으로 예측되고 있다. 당분간은 현재와 같은 방식의 해체기술을 그대로 사용하는 시스템의 사용이 가장 급속히 증가할 것이며, 새로운 로봇시스템개발에 의한 이용은 2007년경을 기점으로 사용률이 증가될 것으로 예측되고 있다 [그림 2].

유럽지역에서는 유럽연합의 법규에 대응하기 위해 폐차 시 부품의 해체비용 감소를 목적으로 최단시간



자료: 伊藤 洋(1998)

[그림 2] 해체기술의 변화 예측

에 해체하기 위한 장치나 방법을 연구하고 있고, 액상류 처리와 폐차의 재활용률을 85% 수준까지 제고시키는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 폐차의 각 공정간 이동을 자동화하고 작업의 효율성을 향상하기 위한 기계화가 자동차 완성차 업체를 중심으로 상당한 수준까지 진행되고 있다.

폐자동차의 해체공정은 이송식공정과 격리식공정으로 구분할 수 있다. 이송식 해체공정은 초기비용은 많이 소요되나 대량 해체 시 작업이 효율적으로 이루어질 수 있어 인건비가 감소되고, 폐기물을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. BMW(Bayerische Motorenwerke)에서는 격리식 해체공정을, VW(Volkswagen)에서는 이송식 해체공정을 개발하고 있다.

일본에서는 기계기술연구소가 중심이 된 Eco-Fac-tory 프로젝트를 수행한 바 있고, 현재는 유럽에 진출한 일본 자동차 회사들이 MARI (Marken Bergreifende

Automobile-Recycling Initiative)라는 이름으로 유럽에서 연구를 하고 있는 등, 일본의 자동차 제작사들도 로봇을 이용한 분해 자동화에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다.

미국은 1986년 USCAR(United States Consortium for Automotive Research) 산하에 자동차 3사(Chrysler, Ford, GM)가 공동으로 VRP(Vehicle Recycling Partnership)을 구성하여 VRDC(Vehicle Recycling Development Center)라는 연구센터를 설립하여 재료연구와 폐자동차의 처리에 대한 다양한 연구를 하고 있다.

국내 업체들은 한국자동차공업협회, 한국자동차폐차업협회 등을 중심으로 리사이클링 관련 준비를 하고 있다. 또한 국내 자동차 회사들은 관련 부서를 신설하고, 플라스틱 부품에 재질표시를 하고 있으며, 부분적으로 리사이클링을 고려해서 부품의 단일 소재화를 추진하고 있다. 그리고 설계자들에게 리사이클

지침을 제작하여 배포하는 등 다양한 예비작업을 하고 있으며, 특히 일부 자동차업체 중에는 이미 자동차 해체공장을 설치하고 본격적인 연구를 시작하고 있는 것으로 알려져 있다.

2. 부품별 재활용 기술

최근 자동차는 충돌 안전성 향상을 위한 고장력강 등 특수재료와 연료 소비 절감을 위한 알루미늄, 플라스틱 등 경량재료 사용이 점차 증가되고 있는 추세이다. 자동차의 중량 및 사용 재료 구성 비율은 자동차 제조업체나 모델에 따라 다소 차이가 있으나 국내외의 중형차에서는 거의 비슷한 비율을 나타내고 있다. 준 중형차 기준으로 재자원화가 쉬운 철강재료가 약 63%, 비철금속재료는 9.6%이며 재자원화가 어려운 플라스틱, 고무, 유리, 기타 재료가 각각 12%, 4.4%, 3%, 1.2%를 차지하고 있다.

재료 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 잔류 차체의 고철이다. 잔류 차체는 분해 후 스크랩프레스로 압축된다. 이 상태로 직접 제철, 제강 업체에서 사용되거나 파쇄업체로 이송된다. 분해 과정에서 특히 구리나 아연 같은 비철 금속의 분리를 통하여 철강 스크랩의 품질이 향상되고 수익이 증가된다. 비철금속의 경우 엔진 부품, 연결 장치, 전기 부품, 타이어에 많이 이용되며 무엇보다도 알루미늄, 구리, 아연, 납의 분리가 중요하다. 이와 같은 재료들은 계획된 분

해를 통하여 분리되어 비철야금에 이용된다.

자동차 제조업체는 향후 폐자동차를 처리할 때 발생될 경량 파쇄폐기물의 주성분인 플라스틱 부품의 재활용을 위하여 1992년 이후 발매된 자동차의 재활용 대상 부품을 선정하고 각 부품별 재활용 기술을 개발하고 있다. 특히 부품의 제조 공정에서 불량품의 발생이 많았거나 부피가 큰 대형 부품에 대하여 다시 동종의 재료로 재활용하는 고부가가치 기술개발에 주력하고 있다. 2 종류 이상의 재질로 구성된 복합 또는 적층 부품의 경우 합성(compounding)기술을 이용하여 저가의 자동차 재료로 다시 사용할 수 있도록 하는 재생재료 혼합 기술을 개발하고 있다. 엔진 오일, 부동액과 같은 작동 유체재료에 대하여는 무교환 또는 장수명화를 통하여 작동 유체 교환에 따른 환경오염을 최소화할 수 있도록 하고 있다.

범퍼는 접촉사고 등에 의해 가장 많이 손상되는 부품이기에 수리업체에서도 많은 폐부품이 발생되어 재활용 연구가 가장 활발한 부품 중의 하나이다. 따라서 유럽과 일본의 자동차 제조회사 중심으로 도막 분리기술 개발, 폐범퍼의 회수처리 기술과 재생재료를 사용한 부품 개발에 관한 연구 사례가 많다.

범퍼 부착판의 재활용 기술은 도막을 완전 제거하여 범퍼로 다시 사용하는 기술과 일부 도막을 함유한 상태로 재가공하여 물성이 다소 낮은 재생재료로 저기능 부품을 개발하는 기술로 대별된다. 독일의 VW 은 재생재료를 신재료에 약 25% 혼합하여 새로운 범

〈표 1〉 준 중형 자동차의 재료 구성 비율(%)

구 분	철강	비철금속	플라스틱	고무	유리	기름	기타
외국V사(1.8L)	63	8	9	4	4	5	7
국내H사(1.6L)	58	11	8	7	3	5	8
국내K사(1.5L)	63	9.6	12	4.4	3	6.7	1.2

퍼 제조용으로 재활용하고, BMW와 Opel에서는 재
생재료를 이용하여 엔진룸 라이닝(Engine Room Lin-
ing)이나 공기관(Air Duct) 등의 부품에 적용하고 있
다.

자동차의 계기판(Instrument Panel)은 자동차 실내
전면에 위치하여 장식성과 함께 운전정보를 제공하
는 각종 계기를 지지하는 기능을 가지고 있다. 또한
차량 충돌 시 탑승객의 머리 및 무릎 상해를 최소화
하는 안전 보호장치 기능까지 하고 있다. 계기판 자
체는 대당 3~5kg의 중량을 가지고 있으나 여러 가지
관련 부품이 조립되어 있으므로 이 조립 부품의 재활
용까지 감안한다면 차량 전체 중량의 1~3%의 재활
용 효과를 가질 수 있는 대형 플라스틱 부품이다.

현재까지는 폐차처리 시에 계기판을 최종 폐기물
로 소각, 매립 처리되고 있으나 최근 재활용률을 높
이기 위해 재질을 선별 회수하는 기술과 재활용이 쉬
운 단일계열화 계기판재료 개발을 위한 연구가 활성
화되고 있다.

자동차 시트폼 재료로 가장 널리 사용되고 있는 것
은 폴리우레탄폼으로 탄성, 내구성, 성형성 등이 뛰어나
현대 자동차의 전체 차종에 적용되고 있다. 통상
자동차 구성 재료 중 폴리우레탄이 차지하고 있는 중
량은 약 20kg으로 이 중 시트폼 재료로 사용되는 폴
리우레탄폼은 약 14kg을 차지하고 있다. 또한 폼재료
는 실제 중량 대비 부피가 커서 폐기처리할 때 운반
비용이 많이 소요되고 또한 열경화성 수지이므로 재
료 재생이 곤란한 재료이다.

유럽과 미국의 폴리우레탄 원재료 업체를 중심으
로 폐시트폼 재료를 분말화하여 신제품 제조과정에
혼합하여 사용하거나 화학적 리사이클링 방법으로
원재료 성분을 회수하는 기술에 대한 연구가 진행되
고 있다. 폐시트에서 폼을 회수하는 공정은 주로 수

작업에 의존하고 있어 분리, 회수 비용이 아주 높다.
이 회수비용을 낮추기 위한 연구로 미국 보스톤의
MRF(Multiproducts Recycling Facility)에서는 자동차
시트폼의 금속류, 플라스틱, 섬유를 풍력을 이용하여
분리·선별하는 자동회수장치를 시험적으로 개발한
바 있다. 이 방법을 사용하여 폴리우레탄폼을 순도
95%까지 회수한 사례가 발표되었으나, 아직 경제성
은 확보되지 않은 상태이다.

일반적으로 폼을 분쇄하여 재접합 폼으로 재활용
하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 폐시트에서
폴리우레탄만을 회수할 때 감싸고 있는 섬유의 복잡
한 분리 공정이 필요하므로, 섬유의 분리 없이 혼합
하여 재생 가공하는 기술을 일본의 닛산에서 개발하
였다. 이 혼합 재생재료로 자동차용 차음부품을 개발
하여 사용하고 있다.

타이어의 재활용 방법은 크게 원형이용, 가공이용,
열에너지 이용으로 구분할 수 있다. 국내에서는 주로
페타이어를 원형상태 그대로 이용하는 군부대 진지
구축용으로 60% 이상 사용하여 왔으나 1996년을 기
점으로 그 수요가 급격히 감소되었다. 최근에는 열분
해, 발전, 시멘트 소성로 등의 열원으로 이용하거나
고무분말로 가공하여 보도블록, 매트(mat) 등의 바닥
재료로 재활용하는 방법 등에 관한 연구가 활발하게
진행되고 있다. 또한 미세분말로 가공하여 새로운 재
료에 혼합하는 고무가가치의 재생재료 기술에 대한
연구가 진행되고 있다.

최근 환경부의 발표에 따르면 국내 페타이어는 타
이어 제조업체들이 중심이 되어 구성된 대한타이어
공업협회가 전국 22개 수거업자를 통해 회수하여 재
활용업체에 공급하고 있다. 2000년에는 페타이어 추
정발생량 1,960만개의 67.7%에 해당하는 1,327만개
를 회수·재활용하였다(표 2).

〈표 2〉 폐타이어 발생량 및 재활용량

연 도	1996	1997	1998	1999	2000
발 생 량 (천개)	15,388	17,584	20,729	22,722	19,596
재활용량 (천개)	10,782	10,522	13,710	10,816	13,271
재활용율 (%)	70.1	59.8	66.1	47.6	67.7

자료 : 환경백서(2001)

자동차에 사용되는 배터리의 재료는 납(40%), 황산(26%), 폴리프로필렌 재질의 플라스틱(34%) 등으로 구성되어 있다. 특히 배터리에는 황산과 중금속인 납이 함유되어 환경오염의 피해가 우려되므로 철저한 회수처리가 필요한 부품이다.

국내 폐배터리 발생은 자동차 보유 대수의 증가에 따라 폐차장뿐만 아니라 자동차 정비소에서도 다량 발생되고 있어 2001년에는 1,000만개 이상이 될 것으로 전망된다. 폐배터리는 경제성 있는 납 성분이 40% 정도 함유되어 재활용을 위한 가치가 충분하기 때문에 국내에서도 차량 정비장과 폐차 처리장에서 발생하는 자동차용 폐배터리는 거의 전량 회수되어 활발한 재활용이 이루어지고 있다. 폐배터리의 재활용 공정은 먼저 황산을 회수하여 중화처리 하고, 나머지는 파쇄 및 분쇄과정을 거쳐서 비중차를 이용한 침전분리법으로 납과 플라스틱 케이스를 분리 회수한다. 플라스틱은 재생 폴리프로필렌 재료로, 납 성분은 재생 납덩어리로 재생한다. 그러나 폐배터리의 수거 및 운송과정을 담당하는 중간 수거업체가 영세하여 수거체계가 취약하고 비효율적이기 때문에 개선의 여지가 많다.

3. 설계기술

자동차 제조에 요구되는 조건은 계속 복잡해지고

있다. 과거에는 기능성, 안전성, 쾌적성 등이 중요하게 고려되었지만 현재는 수동적 안정성, 환경친화성 및 경제성 등이 중요한 조건으로 제기되고 있다. 따라서 자동차 제작에 경량재료의 사용이 증가되고 있으며, 플라스틱과 경량금속의 사용이 점차 증가하고 있다.

현재 신규 자동차는 자동차의 운행기간이 경과한 후에도 고부가가치를 유지하는 부품과 재료들이 많이 사용되고 있다. 지금까지 무기재료, 비금속 또는 유기재료들의 재활용은 경제성이 거의 없는 것으로 간주되어 철강 및 비철금속 부품 등 고부가가치 재료로 구성된 부품만이 중고부품시장이나 재료시장에서 판매되어 왔다. 부품이나 재료의 재활용여부는 부품의 형태, 사용 가능기간, 재료의 종류, 재료의 구성 성분, 연결기술과 같은 사항에 따라 결정된다.

재료나 부품의 판매가 폐자동차 처리업체에 중요한 경제적 요인으로 작용하기 때문에 자동차부품의 재료선택 등과 관련된 설계는 폐자동차의 재활용률에 크게 영향을 미친다.

폐자동차 처리에 있어서 경제성을 결정하는 가장 핵심적인 요소는 분해시간이다. 분해시간은 자동차의 구조에 따라 결정되므로 분해가 용이한 부품구조, 조립품을 구성하는 부품의 접합 등은 자동차 분해시간에 많은 영향을 미친다. 따라서 이러한 조건들을 고

려한 자동차설계기술의 개발이 최근 활발하게 이루어지고 있다.

1) 재활용을 고려한 자동차 설계

재활용을 고려한 제품설계는 독일에서 규정하고 있으며, 특히 분해용이성에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다. 분해를 고려한 설계의 경우 여러 가지 점검목록(설계 가이드북)을 만들어서 설계자가 이를 반영하도록 하는 방법이 많이 사용되고 있다.

현재까지 폐자동차의 재활용 과정은 자동차 제조업체가 선택한 자동차 설계와 재료 조성에 따라 결정되어 왔으며 연구 중인 분해 기술도 이러한 결정에 따라야 한다. 그러나 앞으로는 사용되고 있는 부품이나 개발 중인 부품은 재료의 재활용 공정에 적합하도록 설계하여야 한다. 폐자동차의 재활용을 위하여 구조 및 재료 조성에 요구되는 사항은 자동차 모델의 기초 설정 단계부터 고려되어야 한다. 자동차 설계자는 재료와 부품의 재활용을 고려하여 이에 따른 재료와 접합기술을 선택해야 하며 설계 검토 과정에서 재료가공 및 제조 기술의 선택은 분해의 용이성 및 재활용 가능성을 충분히 고려하여야 한다.

자동차를 개발할 때 재활용에 대한 고려는 설계단계부터 실시되어야 하며 재활용이 용이한 자동차 개발을 위하여 최종 제품의 재활용을 위한 요구 사항 리스트를 작성하여 점검하여야 한다.

2) 설계 평가

환경친화적인 설계에서 고려해야 할 제품 구조, 부품 형상, 재질 선택 등은 조립이나 가공용이성, 경제성, 사용자의 편의성, 사용 중의 안전성, 사용 중의 환경 친화성 등과 이율배반적인 경우가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 설계된 제품이

얼마나 친환경적인지 그리고 분해 시에 얼마나 경제적이고 환경친화적인지 여부를 판단할 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 방법 중의 하나가 분해성 평가이다. 사용 중의 환경친화성을 고려하기 위해서는 제품의 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 실시하여야 한다. 전과정평가는 제품의 제작, 사용 및 폐기과정에서 환경에 미치는 영향을 모두 평가하는 방법으로 ISO 14000에서 규정하고 있다. 전과정평가를 효율적으로 수행하기 위해서는 여러 가지의 광범위한 데이터베이스가 구축되어 있어야 한다. 이 방법을 이용한 평가는 평가 자체가 너무 광범위하고 결과 또한 상당히 포괄적이다.

자동차의 설계개념은 DFM(Design for Manufacturing: 제작용이 설계)에서 DFD(Design for Disassembly: 분해용이 설계)로 전환되어야 한다. 분해성을 평가하기 위해서는 분해의 목적과 범위, 그리고 직면하는 있는 여러 가지의 영향요소에 관한 자료를 확보하여야 한다. 특히 이용 가능한 시설과 기술, 제품의 생산으로부터 분해를 필요로 하게 되는 시점 그리고 여러 가지의 시장 상황 등에 따라 평가의 결과가 많이 바뀌게 된다.

제품의 환경성 평가방법에는 DFD의 적합도에 의한 방법과 분해 계획생성을 이용한 제품 평가방법이 사용된다. 분해용이 설계 적합도에 의한 방법은 분해 관련 설비 및 순서는 고려하지 않고 제품설계의 좋고 나쁨을 판단하고 설계개선의 가이드라인을 제시한다. 먼저 부품의 수, 연결요소의 수, 작업시간, 작업공구 등에 관한 DFD를 위한 설계지침을 마련한다. 그리고 이들 중 평가항목을 정하여 준수정도에 따라 점수를 부여한다. 평가항목으로는 기능 통합 정도, 부품개수의 삭감정도, 재료개선, 체결 요소의 종류, 체결 요소의 개수, 제품구조의 단순성, 재료에 관한 정보표시

등을 들 수 있다.

이 방법은 정해진 평가항목에 평점을 부여하는 정량적인 평가로 단시간 내에 효과를 기대할 수 있는 장점이 있다. 그러나 주어진 설비, 각종 주변 여건, 환경성 등이 충분히 고려될 수 없어 평가자체가 무의미하게 될 가능성도 배제할 수 없다.

제품의 구조는 분해에 상당히 많은 영향을 미친다. 특히 높은 가치를 가진 부품은 우선적으로 분해될 수 있어야 분해작업의 경제성이 향상될 수 있다. 같은 제품이라도 분해의 순서에 따라 비용이 달라질 수 있으므로 분해성에 관한 평가 시스템을 이용하는 것이 중요하다.

해체가 용이한 구조와 재생이 용이한 재료가 선정되어야 하며, 재질간 분리가 쉬운 재료를 사용해야 한다. 특히 플라스틱 재료 중에서 재활용이 어려운 열경화성 재료를 재생가공이 쉬운 열가소성 재료로 변경하고 재질이 다른 여러 재료가 혼합적으로 구성된 부품은 재질을 단순화하여 재질별로 분리, 회수가 쉽게 설계되어야 한다. 그리고 폐부품에서 회수된 재료의 부가가치 향상을 위해서는 재료별 분리기술과 함께 우수한 물성을 유지할 수 있는 재생재료 개발

기술이 요구되고 있다.

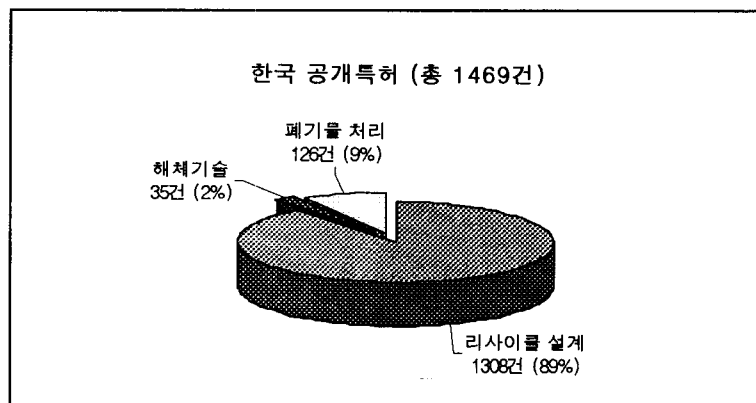
현재 각국의 자동차업체에서는 다양한 시험차량을 이용하여 해체연구가 이루어지고 있으며 해체기술의 개발과 해체 리사이클링성을 개선하는 설계에 대하여 연구가 계속되고 있다.

이론적 배경의 핵심을 이루는 리사이클링 설계 (Design For Recyclability)는 G. A. Keoleian의 자동차 수명주기 관점에서 본 산업생태학에 그 근거를 두고 있다. 여기에서는 자동차 수명주기설계(Life Cycle Design)를 4단계로 나누어 각 단계별 및 전체 수명주기에 대한 시스템적 분석으로 환경부하, 공공정책 및 규제, 설계동인, 경영기회 등을 언급하고 있다.

IV. 폐자동차 재활용기술의 특허동향

1. 기술별 동향

아래 [그림 3]은 한국공개특허 1,469건 (1983-2001)에 대한 자동차 리사이클 기술의 기술분야별 출원 분



[그림 3] 자동차 재활용 기술의 기술분야별 분포

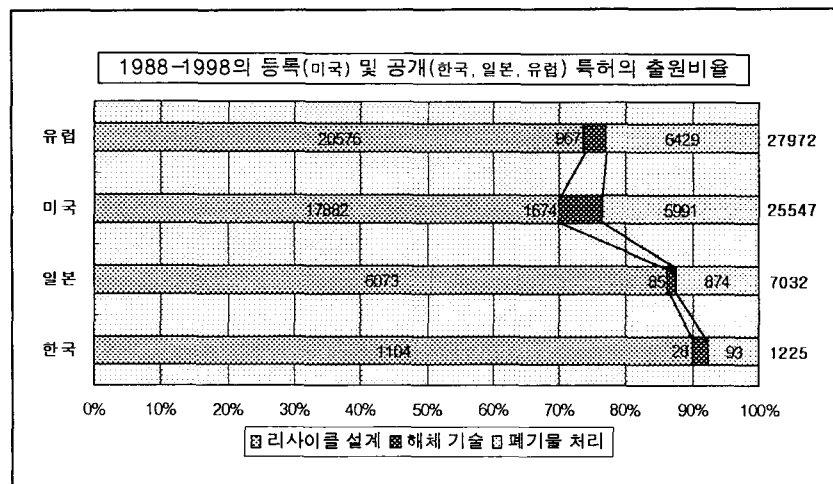
포를 나타내다. 재활용 설계기술이 약 90%로 대부분을 차지하고 있으며 폐기물 처리(9%), 폐차 해체기술(2%)의 순으로 나타나고 있다. 우리나라에서는 아직까지 폐자동차 리사이클링 산업이 활성화 되지 못하고 있어 자동차 제조회사를 중심으로 한 재활용설계에 관한 기술개발이 대부분인 것으로 나타나고 있다.

일본의 경우에도 우리나라와 유사한 분포를 보이고 있으나, 미국과 유럽의 경우에는 폐기물 처리기술에 관한 비율이 상대적으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. [그림 4]는 위와 같은 자료로 기술분야에 대한 국가별 분포 비율을 나타낸 것인데, 유럽과 미국은 폐차 해체기술이나 폐기물 처리에 관한 특허출원 비중이 높게 나타나고 있는 반면에 한국과 일본은 자동차 재활용 설계기술의 특허출원 비중이 높음을 알 수 있다. 유럽과 미국에서 폐차 회수제도나 폐기물처리, 환경오염방지 등에 대한 제도적 장치를 오래 전부터 시행하여 왔기 때문에 재활용 기술에 대한 연구개발이 다양화되고 있음을 의미하며, 또한 지구환경보전을 위한 폐기물의 회수·처리에도 상당히 많이 투자하고 있음을 알 수 있다.

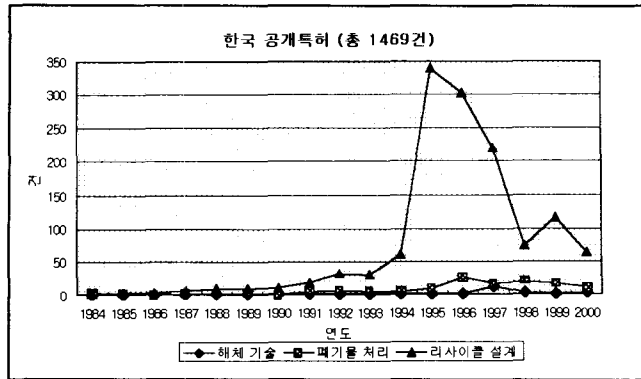
2. 주요 국가의 기술분야별 특허출원 추이 비교

한국에서는 1992년 국회에서 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률'이 확정되었고, 이에 따른 시행령과 시행규칙이 1993년 확정되었다. 또한 1993년에는 제 1종 지정제품으로 지정된 자동차에 대한 세부 시행지침이 환경부와 통상산업부의 통합고시로 확정 발표되었다. 한국의 1984-2000년 기간동안 자동차 재활용 기술의 3대 기술분야에 대한 연도별 출원건수 추이를 보면 이 시기부터 특허출원이 증가했음을 볼 수 있다 [그림 5].

국내 자동차업체는 1995년부터 재활용이 용이한 설계개선 실시사항을 매년 1월 한국자동차공업협회의 심의를 거쳐 환경부와 산업자원부에 보고해야 한다. 또한 시행규칙에서 자동차를 설계할 때 재활용을 위한 구조 및 재질개선에 대한 평가를 실시하도록 규정하고, 그 평가대장을 기록, 유지할 것을 요구하고 있다. 이 때부터 자동차 제조회사를 중심으로 재활용



[그림 4] 주요국의 자동차 재활용 기술별 특허출원 비율



[그림 5] 한국의 기술별 출원건수 추이

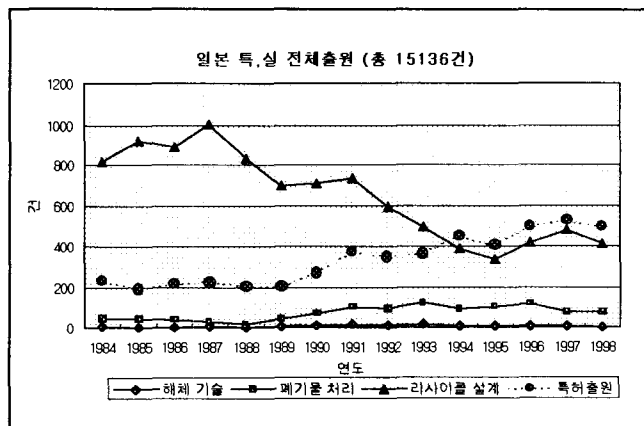
설계기술에 대한 특허출원이 급증했음을 알 수 있다.

세계에서 두 번째로 많은 자동차 보유국인 일본은 이미 1996년에 자동차보유대수가 6천 6백만대를 넘어섰고, 연간 폐자동차 발생량도 약 5백만대 수준에 도달하였다. 좁은 국토면적에 비해 엄청난 양의 폐차는 결과적으로 심각한 환경문제를 일으키고 있는 실정이다.

일본의 경우 통상산업성, 환경청 등 6개 부처가 공동으로 제정한 '재생자원의 이용 촉진에 관한 법률 (일명 리사이클법)'을 제정하여 시행하기 시작했던 1991년을 전후하여 특허출원량이 증가했음을 알 수 있다. 이 법에 의하면 설계단계에서부터 부품의 재활

용을 고려하도록 규정하고 있으나, 다른 선진국의 법규와는 달리 현실을 고려하여 업계의 자율적인 참여를 유도하는 권고 성격의 규제를 하고 있다. 이것이 일본의 폐차처리 환경을 고려할 때 미국이나 유럽의 국가들에 비해 상대적으로 특허출원이 많지 않은 현상의 한 원인이 될 수도 있다 [그림 6].

[그림 6]에서 보면 일본 특허 출원의 대부분(약 90%)을 차지하고 있는 리사이클 설계기술에 대한 출원이 1995년까지 계속 하락하고 있음을 알 수 있다. 이는 일본의 경제침체에 의한 출원건수의 감소로 생각되며, 1996년부터 리사이클 설계기술의 출원이 다시 증가하는 것은 그린라운드 협상의 진전에 따라 수



주: 특허와 실용신안권 포함

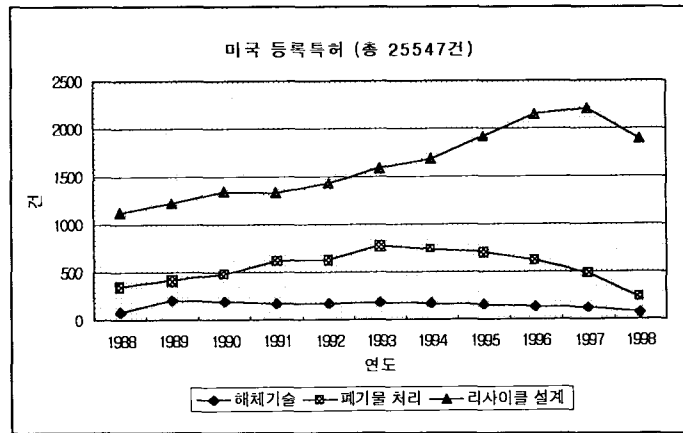
[그림 6] 일본의 기술별 특허출원 건수

지부품의 리사이클 설계기술에 대한 출원이 증가했기 때문인 것으로 사료된다.

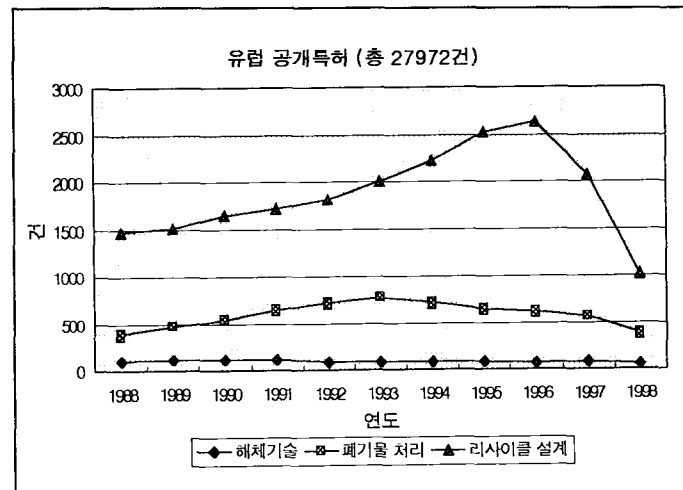
미국과 유럽의 경우 오래 전부터 자원보전이나 환경보호에 많은 관심을 보여 온 관계로 전반적으로 한국이나 일본에 비해 특허 출원이 상당히 많으면서도 꾸준히 증가해 왔다 [그림 7, 그림 8]. 미국에서는 국토가 넓어 매립비용이 소각비용보다 저렴하며, 오랜 세월을 걸쳐 축적된 폐차경험과 잘 구축된 재활용기반으로 인해 폐차 리사이클에 대한 요구가 심각하지

않아 폐차에 대한 법적 재활용규제는 아직 시행되지 않고 있다. 그러나 1976년 제정된 '자원보존과 재활용법'과 1984년 제정된 '유래 고형폐기물법' 등 환경문제 전반에 관한 법규가 오래 전부터 시행되어 왔다.

미국과 유럽에서는 폐차 해체기술과 폐기물 처리 기술에 대한 특허출원량이 상대적으로 높은 비중을 차지하고 있으며, 특히 그린라운드(GR) 협상을 주도했던 유럽의 경우에는 자동차 폐차처리에 대한 기술개발과 특허출원이 계속 상승하고 있다. 유럽연합에



[그림 7] 미국의 기술별 특허건수 추이



[그림 8] 유럽의 기술별 특허건수 추이

서는 요즈음 '자동차업체 폐차회수 및 처리의무화 법안'을 추진하고 있는데 그 주요 내용은 2006년 이전에 판매된 차량은 2006년부터 폐차될 때 제조업체가 차량 무상으로 인수하여 처리하도록 규정하는 것이다. 이는 유럽의 국가들이 이 분야의 확보된 기술경쟁력을 바탕으로 세계 자동차시장에 영향을 미치려는 시도로도 볼 수 있다.

V. 향후 전망

우리나라에서는 폐차업체가 폐자동차를 회수하여 재사용이 가능한 중고부품 등을 해체한 후, 나머지 (ASR)는 의장부품을 포함한 상태로 파쇄업체 또는 철강업체에서 고철로 재활용하고 있다. 자동차의 경량화와 고급화 추세로 철강재료의 비중이 점차 줄어들고 있어 ASR에서 의장부품을 분리하는 방법이 경제성을 가지게 되었다. 지금까지 차체와 함께 압축되어 폐기물로 처리되어 오던 의장부품을 분리하여, 재사용할 수 있는 것은 중고부품 시장으로 보내고 원료로 재활용해야 할 것은 원료공장으로 보낼 수 있는 기술개발이 활발히 수행될 것으로 예상된다.

폐자동차의 주요 리사이클 부품으로는 타이어, 라디에이터, 와이어 하니스, 배터리, 트랜스미션, 서스펜션, 축매, 휠, 바디, 새시, 엔진 등이 있으며, 여기서 분리되는 철, 알루미늄, 동, 납, 고무 등이 재활용되고 있다. 그러나 수지부품에 관해서는 재활용하지 못하고 파쇄하여 소각하거나 매립해 왔다. 최근 다이옥신 등 유해물질에 의한 2차적 환경오염의 문제가 심각하게 대두되고 있기 때문에, 재활용이 용이한 수지의 기술개발이 활발히 전개될 것으로 예상된다.

유럽연합(EU)에서는 자동차 리사이클에 대한 단계

별 목표치를 설정하여 2006년까지 자동차 중량의 85%, 2015년까지는 95%가 재사용되거나 재활용되어야 한다고 규정하고 있다. 따라서 자동차 설계단계에서부터 재료별, 부품별로 분리하여 수거할 수 있도록 자동차 리사이클에 대한 설계기술 개발이 활발히 진행되고 있으며, 이에 관한 특허출원이 상당히 많음을 앞에서 살펴볼 수 있었다.

우리나라에서도 중고부품의 유통 활성화와 실명제 방안을 마련하여 중고부품의 재사용을 촉진할 계획이라고 발표한 바 있다. 폐차업체들이 보유하고 있는 중고부품 목록을 전산관리하여 폐차장과 부품업체, 재생 처리업체 간에 네트워크 구축을 통하여 활성화 시킨다는 계획으로 인터넷을 통한 중고부품 유통업체들이 증가할 것으로 예상된다.

자동차 해체기술에 있어서는 폐자동차의 차종을 판별하여 해체하는 자동화 기술과 로봇 시스템의 개발이 활발히 전개될 것이며, 이미 유럽에서는 이 분야의 연구에 상당한 투자를 하고 있다. 그러나 다양한 기종과 작업의 복잡성 때문에 로봇을 이용한 자동 해체라인의 등장은 2010년 이후로 예측하고 있다.

세계무역기구(WTO) 내의 '무역과 환경위원회'에서 그린라운드(GR) 협상을 주도해 온 미국과 유럽연합(EU)의 경우에는 자동차 폐차처리에 대한 기술개발과 특허출원이 지속적으로 상승하고 있으며 이 분야에 대한 경쟁력을 갖추고 있다. 때문에 유럽연합(EU)은 '폐차의 회수 및 부품 재활용 의무'를 자동차 메이커들에게 부과하는 방안을 마련하여 오는 2002년부터 시행하고자 준비해 왔던 것으로 알려지고 있다. 미국과 유럽의 자동차 제조업체들에 의한 강한 반발로 그 실행시기가 2006년으로 연기되긴 하였으나, 우리나라에서도 이에 대한 준비가 갖추어져야 할 것이다.

자동차 제조회사들이 폐자동차 회수 책임까지 떠

말아야 하는 부담을 안고 있기 때문에, 이제 자동차 수출대국의 반열에 진입한 우리나라로서는 자동차 리사이클 설계기술을 비롯한 해체기술과 리사이클분야의 기술개발에 더 많은 투자를 하여 국제적으로 특허출원을 많이 함으로써 기술경쟁력을 갖추는 수밖에 없을 것이다.

참 고 문 헌

- ARGE-Altauto(2000), *Arbeitsgemeinschaft Altauto 1. Monitoringbericht*.
- Erich Schmidt Verlag GmbH(1998), *Kreislaufwirtschaft Altauto*.
- 日本自動車交通局技術安全部 整備課(2001), 「自動車のリサイクル部品の利用促進に 關する調査結果」.
- 日本自動車工業會(2001), 「減容・固化・乾留ガス化技術の研究開發」.
- _____ (2000), 「使用済み自動車自動車分解技術研究報告書」.
- 松浦 哲(1998), “自動車リサイクルへの取り組み”, 「化學の工業」, 51-12, pp. 1865-1869.
- 伊藤 洋(1998), “自動車のリサイクル現状と將來”, 「溶接學會誌」, 67-8, pp. 625-629.
- 東畑 透(1999), “自動車のリサイクルと物作り”, 「JACT NEWS」, pp. 17089-17094.
- 田 靖雄(2001), “リサイクル政策の現状と課題”, 「環境技術」, 30-1, pp. 59-64.
- 永澤卓也(2001), “國際自動車リサイクル部品コンソシアムにおける情報システム”, 「計測と制御」, 40-2, pp. 172-177.
- 박영철(1998), 「자동차 산업의 리사이클링을 통한 경쟁력 향상에 관한 연구」, 한국과학기술원 석사학위논문.
- 이성철, 옥성현(1997), “자동차 재활용의 현황과 전망”, 「자동차공학회지」, 19-6, pp. 8-16.
- 이순홍, 윤주호(1997), “자동차 리사이클의 활성화 방안”, 「자동차공학회지」, 19-6, pp. 45-57.
- 조운택(2001), 「폐자동차 플라스틱과 유리 재활용의 경제성 분석」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 현대·기아 자동차 연구개발본부(2001), 「폐자동차 국·내외 법규 현황」.
- _____ (2001), Status of ELV Recycling in Korea.