

## 국내 자동차 폐촉매의 발생 및 재활용 현황

\*권영식 · 이재천\* · 신도연\* · 이승훈 · 김형진 · 최윤근\*\*

수원과학대학교 환경보건과, \*한국지질자원연구원, \*\*(주)에코와이즈

### A Review on Recycling of Spent Autocatalyst in Korea

<sup>†</sup>Young-Shik Kwon, Jae-chun Lee\*, Do yun Shin\*, Seung-Hoon Yi,  
Hyung-Jin Kim and Yoon-Geun Choi\*\*

*Dept. of Environment and Health Science, Suwon Science College, Hwaseong, Korea*

*\*Mineral Resource Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM), Daejeon Korea*

*\*\*Eco-Wise, Ltd., Seoul Korea*

#### 요 약

백금족 귀금속이 함유된 자동차 폐촉매는 경제적 가치 및 귀금속 확보 측면에서 재활용의 중요성이 매우 높은 순환자원이다. 본 연구에서는 국내에서 발생하고 있는 자동차 폐촉매의 재활용과 관련된 정책수립 및 기술개발의 효율적 추진을 위하여 자동차 폐촉매 발생량, 유통현황, 재활용 기술 및 재활용 산업 현황을 조사하였다. 자동차 폐촉매 발생량은 자동차 등록 및 폐차 통계와 신차(新車)에 대한 촉매 장착 이력 등을 분석하여 추정하였다. 재활용 기술 및 산업 현황은 국내 최대 자동차 폐촉매 재활용 기업인 (주)희성퍼엠텍의 재활용 공정 및 현황을 중심으로 조사하였다. 더불어 자동차 폐촉매 재활용 산업의 활성화를 위한 제도적 개선 방안도 제시하였다.

**주제어** : 자동차 폐촉매, 백금족 금속, 재활용, 발생량, 기술

#### Abstract

Recycling of spent autocatalyst that includes the platinum group metals (PGMs), namely palladium, platinum and rhodium, is a very profitable endeavor. In order to ensure an efficient promotion of an appropriate policy-making and the technical development of the recycling process of spent autocatalyst in Korea, the generated amount, trading conditions, and recycling technology for spent autocatalyst were surveyed. The generated amount of spent autocatalyst was estimated by analyzing the domestic statistical data of registration & disuse of automobiles and the records of autocatalyst installation to new cars. The review of the recycling technology was carried out by surveying the recycling processes of 'Heesung PMTech Ltd.', which is the largest company in the recycling industry for spent autocatalyst in Korea. In addition to the above, some policy suggestions for the improvement of recycling industries for spent autocatalyst were offered.

**Key Word** : Spent autocatalyst, Platinum group metals(PGMs), Recycling, Generated amount, Technology

\* Received : October 24, 2013 · Revised : November 22, 2013 · Accepted : December 13, 2013

<sup>†</sup>Corresponding Author : Young-Shik Kwon (E-mail : yskwon@ssc.ac.kr)

Department of Environment and Health Science, Suwon Science College, 288 Seja-ro, Jeongnam-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 445-742 Korea

Tel : +82-31-350-2377 / Fax : +82-31-350-2230

©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.

## 1. 서 론

우리나라의 자동차 등록대수는 2012년말을 기준으로 약 1,900만대에 달하고 있으며, 이로 인해 매년 약 80~90만대의 사용 후 자동차가 폐기되고 있다.<sup>1,2)</sup> 이러한 막대한 폐자동차 물량을 효율적으로 재활용 하는 것은 폐자원 순환을 통한 자원 회수 측면뿐만 아니라 국내의 재활용 산업 활성화를 위해서도 중요한 문제로 자리 잡았다.

자동차 제조에는 다양한 물질들이 사용되고 있어 폐자동차로부터는 철금속, 비철금속, 유리, 고무, 플라스틱 류 등 각종 물질을 회수하여 재활용 할 수 있다.<sup>3)</sup> 이러한 재활용 가능 물질들 중 가장 큰 무게를 차지하는 것은 자동차 본체를 구성하는 철금속류이며 이들은 수집, 선별 된 후 대부분 제강산업의 제강(製鋼) 원료 등으로 투입되고 있다.<sup>4)</sup> 한편 중요한 비철금속으로는 배터리를 구성하는 납이 있으며, 현재 국내에서 발생하는 대부분의 폐납배터리는 수집되어 납 제련소인 (주)고려아연에서 고순도 납으로 회수되고 있다.<sup>5)</sup> 한편, 폐자동차 부품 중 단위무게 당 경제적 가치가 가장 높은 것은 백금족 금속을 함유하고 있는 배기가스 저감용 폐촉매인 것으로 알려져 있으며, 현재 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매는 거의 전량 수집되어 폐촉매 전문 리사이클링 기업인 (주)희성피엠텍에서 대부분 처리되어 백금족 금속으로 회수되거나 또는 해외 처리 기업으로 일부 물량이 수출되고 있다.<sup>6)</sup>

이와 같이 폐자동차로부터는 다양한 금속 및 비금속 물질들이 선별 회수되어 재활용되고 있으며, 재활용되는 물량은 폐자동차 중 각 물질의 구성 비율로부터 그 양을 추정 또는 산정할 수 있다.<sup>4)</sup> 그런데, 다른 구성 물질들과는 달리 폐촉매는 모든 폐자동차에서 발생하는 것이 아니라 폐자동차의 제작년도, 차량종류, 사용연료 등에 따라 그 발생여부가 달라져, 폐자동차의 발생량으로부터 단순히 그 양을 추정하기 어려운 실정이다.

이에 본 논문에서는 자동차 폐촉매와 관련된 각종 통계 및 제도, 즉, 자동차 등록 통계, 폐자동차 발생 통계, 운행 중 경유자동차에 대한 배기가스 저감장치 설치 보조사업(이하 'Retrofit 사업' - 환경부 시행) 통계 등을 분석하여 2012년 말 기준으로 국내 폐자동차로부터 발생하는 폐촉매의 양을 산정하고자 하였다. 또한 국내에서 발생하고 있는 자동차 폐촉매의 유통 및 처리 현황과 폐촉매 재활용 산업의 활성화를 위한 개선방안도 함께 분석하였다.

## 2. 국내 자동차 폐촉매 발생량 산정

### 2.1. 배기가스 저감용 촉매 장착 현황

우리나라의 경우 Table 1에서 보는 바와 같이 2012년 말 기준으로 자동차 등록대수가 약 1,900만대에 이르고 있으며, 이로 인한 연간 폐자동차 발생량도 약 80만대에 달하고 있다.<sup>1,2)</sup> 그런데 모든 폐자동차로부터 폐촉매가 발생하는 것은 아니며, 폐자동차의 차종, 제작년도 또는 사용연료 등에 따라 폐촉매 발생 여부는 달라진다. 왜냐하면 국내외적으로 자동차 배기가스의 배출허용 기준이 지속적으로 강화됨에 따라 배기가스 저감장치인 자동차 촉매를 장착하는 차량의 종류도 지속적으로 확대되어 왔기 때문이다.<sup>7,9)</sup> 따라서 폐자동차로부터 발생하는 폐촉매 현황을 분석하기 위해서는 먼저 제작 신차(新車)에 대한 자동차 배기가스 저감용 촉매 장착에 대한 그동안의 이력을 분석할 필요가 있다.

이에 먼저 등록대수가 가장 많은 휘발유 승용차의 경우를 살펴보면, '88 서울 올림픽을 계기로 대기환경 개선 필요성이 급증함에 따라, 1987년 7월부터 일부 휘발유 승용차를 대상으로 삼원촉매를 장착하기 시작하였고, 88올림픽이 열린 1988년 1월부터는 휘발유를 사용하는 전체 승용차에 대하여 삼원촉매를 의무 장착하도록 확대 실시하였다.<sup>10)</sup> 이에 따라 이후 국내에서 신규 판매되는 모든 휘발유 승용차에는 배기가스 배출허용기준을 만족하기 위해 삼원촉매를 장착하고 있다. 한편, 휘발유 승용차와 엔진의 작동 및 연소특성이 거의 같은 LPG 승용차(예 : 택시)에 대해서도 휘발유 승용차와 같은 이유로 배기가스 저감촉매로 역시 삼원촉매를 장착하고 있다.<sup>7,11)</sup>

한편, 경유자동차의 경우, 배출되는 매연 및 NOx 등에 의한 대기오염이 심각해짐에 따라 세계적 추세에 맞추어 국내에서도 1990년대 중반이후부터 유럽의 배출기준인 Euro기준 등을 참조하여 배출허용기준을 꾸준히 강화시켜 왔으며, 그 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 모든 경유 차량에 대하여 2006년부터는 Euro4 수준을, 2009년부터는 Euro5 수준의 배출허용기준을 적용하고 있다.<sup>7,9)</sup> 이에 따라 제작사들도 경유자동차의 배출허용기준을 만족하기 위해 경유용 신규차량에 대하여 배기가스 저감용 촉매 장착을 꾸준히 확대하여 왔다. 이중, 배출허용 기준이 가장 엄격한 경유 승용차의 경우는 가장 일찍부터 배기가스 저감촉매를 장착하기 시작하였는 바 즉, 2000년대 초반 전후로 처음 생산된 SUV형 경유 승용차(예 : 현대 쏘타페, 기아 소렌토, 삼성 QM5

**Table 1.** Domestic statistical data for automobile-registration and scrapped car

1) Domestic statistical data for automobile registration

Year	승용	승합	화물	특수	합계
2010 (%)	13,631,769	1,049,725	3,203,808	56,054	17,941,356
	75.98	5.85	17.86	0.31	100
2011 (%)	14,136,478	1,015,391	3,226,421	59,083	18,437,373
	76.67	5.51	17.50	0.32	100
2012 (%)	14,577,193	986,833	3,243,924	62,583	18,870,533
	77.25	5.23	17.19	0.33	100
av. %	76.63	5.53	17.52	0.32	100

2) Domestic statistical data for scrapped car

Year	승용	승합	화물	특수	합계
2010 (%)	513,359	49,014	109,764	1,779	673,916
	76.18	7.27	16.29	0.26	100
2011 (%)	646,739	68,332	129,301	1,427	845,799
	76.46	8.08	15.29	0.17	100
2012 (%)	610,743	65,364	117,932	1,127	795,166
	76.81	8.22	14.83	0.14	100
av. %	76.48	7.86	15.47	0.19	100

<출처>

- 1) 등록통계 : 국토교통부 > 국토교통 통계누리 > 분야별 통계 > 교통 > 종합일반 > 자동차등록현황보고 > 관련파일 (<https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>)
- 2) 폐차 통계 : 한국자동차해체재활용협회 (<http://www.kadra.or.kr>)

등의 경우 최초 생산 모델부터 배기가스 저감촉매로서 DOC(Diesel Oxidation Catalyst) 등을 장착한 것으로 알려져 있다.<sup>12)</sup>

한편, 2006년부터는 모든 경유차에 대한 배출허용기준이 Euro4 수준으로 강화됨에 따라, 국내의 각 차량 제작사들은 2005 ~ 2006년경부터 모든 경유용 신규차량(즉, 승용, 승합, 화물차 등)에 배기가스 저감촉매로서 DOC + DPF복합촉매(이하 복합DPF촉매; Diesel Particulate Filter) 또는 그와 유사한 형태의 배기가스 저감 촉매를 장착하여 판매하였으며, 2009년부터는 배출허용기준이 Euro5 수준으로 더욱 강화됨에 따라 보다 향상된 성능의 배기가스 저감 촉매를 장착하게 되었다.<sup>12)</sup>

한편, 배출허용기준이 강화되기 전에 제작된 경유자동차, 특히, 중·대형 차량들은 여전히 많은 매연 등을 배출하여 도심 대기오염의 주원인으로 작용함에 따라, 환경부는 이들 차량들에 대해 배기가스 저감촉매(예 : DPF, p-

DPF 등)를 장착하여 대기오염을 개선하고자 ‘운행 중 경유자동차에 대한 배기가스 저감장치 설치 보조사업(이하 Retrofit 사업)’을 추진하였다.<sup>13)</sup> 이 사업은 수도권과 5대 광역시에서 운행 중인 2003년 이전 생산된 경유차들을 대상으로 2004년 시범사업, 2005년 본 사업으로 확대 실시하며 현재까지 계속사업으로 진행하고 있다. 따라서 환경부의 Retrofit사업의 보조를 받은 경유자동차는 모두 배기가스 저감촉매(예 : DPF, p-DPF 등)를 장착하게 되었으며, 보조금으로 설치된 이들 촉매들은 차량을 폐차하는 경우 국가에 다시 반납하도록 규정하고 있어 자동차 폐촉매 발생량의 한 부분을 차지하고 있다.<sup>14,15)</sup>

이상에서 살펴본 바와 같이 국내외적으로 신규 차량의 배기가스 배출허용기준이 지속적으로 강화됨에 따라 신규 자동차의 배기가스 저감촉매 장착도 꾸준히 확대되어 왔으며, Euro4 수준의 허용기준을 적용한 2006년 이후에는 사용 연료에 관계없이 국내의 모든 신규 차동

Table 2. Korean emission standard for diesel vehicles

## 1) 경유 승용차

구분	제 작 년 도								
	91 ~ 92	93 ~ 95	96 ~ 97	98 ~ 99	2000	01 ~ 04	05	06 ~ 09.8	09.9 ~
CO (g/km 이하)	980 ppm 이하	2.11	2.11	1.5	1.2	0.5	0.64	0.50	0.50
HC (g/km 이하)	670 ppm 이하	0.25	0.25	0.25	0.25	0.01	(0.56)	(0.30)	(0.23)
NOx (g/km 이하)	850 ppm 이하	0.62	0.62	0.62	0.62	0.02	0.5	0.25	0.18
PM (g/km 이하)	×	0.12	0.08	0.08	0.05	0.01	0.05	0.025	0.005
시험모드	D-6	CVC-75	CVC-75	CVC-75	CVC-75	CVC-75	ECE-15 + EUDC	ECE-15 + EUDC	ECE-15 + EUDC
비고		Tier 0			Tier 1		Euro3	Euro4	Euro5

## Note

- ( )의 기준은 HC+NOx 기준임.
- 소형 승용차 기준이며, 구분이 모호한 경우 소형승용차와 유사한 차종의 해당 값임.
- 출처: 1) 클린 디젤자동차 현황과 전망, 국립환경과학원 교통환경연구소, 2009.12 p39  
2) 대기환경보전법 시행규칙 별표17

## 2) 대형자동차

구분	제 작 년 도								
	84 ~ 87	88 ~ 92	93 ~ 95	96 ~ 97	98 ~ 99	2000 ~ 2002.6	2002.7 ~ 2005.12	2006 ~ 2009.8	2009.9 ~
CO (g/km 이하)	980 ppm 이하	980 ppm 이하	980 ppm 이하	4.9	4.9	3.0	2.1	1.50	1.50
HC (g/km 이하)	670 ppm 이하	670 ppm 이하	670 ppm 이하	1.2	1.2	1.0	0.66	(0.46)	(0.46)
NOx (g/km 이하)	1000 ppm 이하	850 ppm 이하	750 ppm 이하	11.0	6.0 <9.0>	6.0	5.0	3.5	2.0
PM (g/km 이하)	×	×	×	0.9	0.25 <0.5>	0.2	0.10	0.02	0.02
시험모드	D-6	D-6	D-6	D-13	D-13	D-13	ND-13	ND-13	ND-13
비고					Euro1 수준	Euro2 수준	Euro3	Euro4	Euro5

## 비고

- ( )의 기준은 HC+NOx 기준임.
- < >의 기준은 시내버스 기준임.
- 대형승용차 및 대형화물차 기준이며 구분이 모호한 경우 대형차종과 유사한 차종의 해당값임.
- 출처: 1) 클린 디젤자동차 현황과 전망, 국립환경과학원 교통환경연구소, 2009.12 p39  
2) 대기환경보전법 시행규칙 별표17

차(즉, 승용, 승합, 화물, 특수)에는 배기가스 저감촉매가 장착되어 판매되고 있으며, 저감 촉매의 종류는 사용 연료에 따라 휘발유 및 LPG 차량의 경우에는 삼원촉매가, 경유 차량에는 복합DPF촉매(DOC + DPF) 또는 유사한 성능의 촉매가 장착되어 판매되고 있다. 또한 환경부의 Retrofit 사업을 통해 운행 중인 경유 차량에 대해서도 배기가스 저감촉매 부착을 지속적으로 확대하여 왔다.

## 2.2. 자동차 폐촉매 발생 현황 분석

앞에서 살펴본 바와 같이 국내의 모든 신규 및 운행 차량에 대한 배기가스 저감촉매 장착은 지속적으로 확대되어 왔다. 한편, 국내 자동차의 내구성이 전반적으로 향상됨에 따라 폐차 주기도 지속적으로 증가하여 현재는 약 10~15년 정도로 간주되고 있다.<sup>16)</sup> 따라서, 이러한 사항들을 종합적으로 고려하여 현재 시점에서 폐차되는 각종 차량으로부터의 자동차 폐촉매 발생 현황을 분석하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 휘발유 승용차의 경우, 모든 폐자동차에서 폐촉매가 발생한다.

앞에서 살펴본 대로 휘발유 승용차의 경우 약 25년 전인 1988년에 모든 운행 차량 및 신규 차량에 배기가스 저감촉매인 삼원촉매를 의무적으로 장착하도록 하였으며, 그 이후도 배출허용기준 만족을 위해 모든 신규 차량에 삼원촉매를 계속 장착하였으므로, 현 시점에서 폐차되는 모든 휘발유 승용차로부터는 폐촉매로서 삼원촉매가 발생하는 것으로 보아야 한다.

2) LPG 승용차의 경우도 모든 폐자동차에서 폐촉매가 발생한다.

LPG 승용차(예: 택시)의 경우도 휘발유 승용차와 마찬가지로 1990년대 이전부터<sup>12)</sup> 삼원촉매를 계속 장착해 오고 있으므로, 현 시점에서 폐차되는 모든 LPG 승용차로부터도 삼원촉매인 폐촉매가 발생하는 것으로 보아야 한다.

3) 경유 승용차의 경우 일부(약 70%)에서만 폐촉매가 발생한다.

앞서 살펴본 바에 따르면 경유 승용차의 경우 1990년대말 이전에 출시된 모델(예 : 겔로퍼, 구형 무쏘, 코란도 등)에는 배기가스 저감촉매가 장착되지 않은 반면, 2000년 전후로 출시된 각종 모델(예: 쉐타페, 쏘렌토, QM5 등)에는 초기 모델부터 배출허용기준을 만족하기 위해 DOC촉매 등을 장착하였다. 따라서, 폐차 주기를 약 10~15년으로 추정할 때 현재 폐차되는 경유 승용

차로부터는 모델에 따라 폐촉매 발생 여부가 달라진다.

그러나, 폐차 통계로부터 경유 승용차의 특정 모델별 폐차 통계를 따로 얻을 수 없으므로 폐촉매 발생량을 산정할 수 있는 공식통계가 없는 상황이다. 이에 현장 조사를 통해 추정값을 얻고자 폐차장 협회인 한국자동차해체재활용업협회 및 소속 폐차장에서의 현장 조사를 통해 경유 승용차로부터의 폐촉매 발생 비율을 조사하였으며,<sup>17)</sup> 그 결과 통상적으로 약 60~80%(평균 약 70%)의 폐자동차에서만 폐촉매가 발생하는 것으로 조사되었다. 이에 본 연구에서는 경유 승용차의 경우 폐자동차 물량의 70%에서만 폐촉매가 발생하는 것으로 가정하였다.

4) 폐승용차의 일부(약 10%)는 중고 승용차로 수출되므로 폐촉매 발생량에서 제외한다.

국내에서 발생하는 폐자동차 중 일부는 후진국 등으로 수출되고 있어 폐촉매 산정에서 제외해야 한다. 그러나, 관세청의 수출 통계에는 중고차 전체의 수출 통계는 있으나 수출 중고차가 폐차인지 일반 중고차인지는 구별하지 않고 있어 폐자동차의 수출량에 대한 정확한 통계는 없다.

이에 폐자동차의 수출량 역시 현장조사를 통해 추정값을 얻고자 한국자동차해체재활용업협회 및 소속 폐차장에서의 현장 조사를 수행하였으며,<sup>17)</sup> 그 결과 수출되는 차종은 주로 폐승용차이며, 수출량은 환율, 개별 폐차장 여건 등에 따라 변동폭이 매우 크지만 전체적으로 보아 약 10% 내외의 폐승용차는 꾸준히 수출되고 있는 것으로 조사되었다. 이에 본 연구에서는 폐승용차 중 최소 약 10%는 수출되므로, 이 양을 자동차 폐촉매 발생량에서 제외하는 것으로 가정 하였다.

5) 승합 및 화물차의 경우 환경부의 Retrofit사업 보조를 받은 차량에서만 폐촉매가 발생 한다.

앞서 살펴본 바와 같이 경유를 사용하는 모든 승합 및 화물차의 신규차량에 배기가스 저감촉매(예 : 복합DPF촉매)를 장착한 것은 2006~2007년경 이후의 일이다. 따라서, 통상적인 폐차 주기(약 10~15년)를 고려할 때 이들 차량들은 아직 폐차 주기가 도래하지 않았으므로 현재 폐차되는 승합 및 화물차로부터는 폐촉매가 발생하지 않는 것으로 보아야 한다.

그러나, 환경부가 Retrofit사업을 통해 운행 중인 경유차들에 대해 저감촉매 부착 또는 LPG 엔진으로의 개조를 지원함으로써 노후 된 많은 승합 및 화물 차량이 배기가스 저감촉매를 장착하게 되었다. 한편, Retrofit사업의 보조를 받은 노후 차량들이 폐차되는 경우에는 보

조 받은 폐촉매를 국가에 반납하고 있으므로, 이들 폐자동차로부터 폐촉매가 발생하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 승합 및 화물차의 경우 환경부의 Retrofit사업의 보조를 받은 차량이 폐차될 때에만 폐촉매가 발생하는 것으로 가정하였으며, 사고 및 수리 등으로 일부 발생하는 Retrofit사업 비대상 차량의 폐촉매는 그 물량도 적고 정확한 통계도 없으므로 본 연구에서는 제외하였다.

6) 이상의 경우 이외에도 특수차량, 휘발유 대형차량, 최신 경유 대형차량 등의 폐차, 수리 등을 통해 폐촉매가 발생할 수 있으나 그 양은 미미한 것으로 추정되며, 정확한 통계도 없는 상황이므로 이들 발생량은 본 연구에서는 고려하지 않았다.

이상의 분석을 종합할 때 국내에서 자동차 폐촉매가 발생하는 경우는 다음의 4가지로 요약할 수 있다.(단, 이들 폐자동차 물량 중 폐승용차는 약 10%가 수출되므로 폐촉매 발생량 산정에서 제외함.)

- 1) 모든 휘발유 승용차가 폐차되는 경우
- 2) 모든 LPG 승용차가 폐차되는 경우
- 3) 경유 승용차가 폐차되는 일부 경우(약70%)
- 4) 환경부 Retrofit사업의 보조를 받은 승합 및 화물차량이 폐차되는 경우

### 2.3. 자동차 폐촉매 발생량 산정

국내에서 발생하는 자동차 폐촉매 양을 산정하기 위해서는 앞에서 폐촉매 발생 경우로 분석된 4가지 즉, 휘발유 승용차, LPG 승용차, 경유 승용차, 및 Retrofit사업 참여 승합 및 화물 차량의 폐차 물량을 알아야 한다.

이중 환경부의 Retrofit사업 참여 차량의 폐차 통계는 한국자동차환경협회에서 제공하고 있어 폐차 물량을 정확히 알 수 있으며, 2012년의 경우 총 36,150개의 폐촉매를 회수한 것으로 조사되었다.<sup>15)</sup>

그러나 폐승용차의 경우 국토교통부 또는 한국자동차

**Table 3.** Registration data for passenger vehicles with different fuels (2000~2003)

Year	Gasoline	LPG	Diesel	Others	Total
2000	7,154,647	529,735	398,363	1,235	8,083,980
(%)	88.50	6.55	4.93	0.02	100
2001	7,367,200	840,159	680,828	1,140	8,889,327
(%)	82.88	9.45	7.66	0.01	100
2002	7,628,474	1,027,185	1,080,658	1,112	9,737,429
(%)	78.34	10.55	11.10	0.01	100
Av(%)	83.24	8.85	7.90	0.01	100

※ Note: Registration data for whole vehicles in Korea (2000~2003)

연도	승용	승합	화물	특수	합계
2000	8,083,980	1,427,207	2,510,996	37,137	12,059,320
(%)	67.04	11.83	20.82	0.31	100
2001	8,889,327	1,257,008	2,728,405	39,375	12,914,115
(%)	68.83	9.73	21.13	0.30	99.99
2002	9,737,429	1,275,319	2,894,412	42,281	13,949,441
(%)	69.81	9.14	20.75	0.30	100
평균(%)	68.56	10.23	20.90	0.30	99.99

출처: 국토교통부 > 국토교통통계누리 > 분야별통계 > 교통 > 종합일반 > 자동차등록현황보고 > 관련파일  
(<https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>)

해체재활용협회(이하 KADRA)에서 제공하는 폐차 통계 중에, 폐승용차 전체에 대한 통계는 있으나 폐승용차의 사용 연료별 통계는 따로 없어 상기 연료별 폐승용차 통계 3가지는 얻을 수 없다.

그런데, 한가지 주목할 점은 국토교통부가 제공하는 자동차 등록 통계에는 승용차의 사용 연료별 통계가 제공되고 있다는 점이다. 이에 본 연구에서는 승용차의 연료별 등록 통계를 이용하여 폐승용차의 연료별 폐차 통계를 추정하고자 하였다. 즉, 폐차 주기를 고려할 때 2012년 현재 폐차되는 승용차들이 등록된 것으로 추정되는 시점 즉, 2000~2002년 3년 동안의 승용차의 연료별 등록 비율이 현재 폐차되는 폐승용차의 연료별 폐차 비율과 동일 할 것으로 가정하였다.

이에 2000~2002년 동안의 승용차의 연료별 등록 통계를 조사한 결과 Table 3과 같았다. 즉, 이 기간 동안 평균적으로 보아 휘발유 승용차는 83.24%, LPG 승용차는 8.85%, 경유 승용차는 7.90%, 기타 0.01%의

비율로 등록되어 있었던 것으로 조사되었다. 따라서 2012년 현재 폐차되는 승용차들의 사용 연료별 폐차 비율도 상기 비율을 따른다고 가정하였으며, 이와 같은 가정 하에 2012년 현재 폐차되는 승용차의 사용 연료별 폐차 물량을 계산하면 Table 4와 같다. 즉, 2012년도 폐차 통계 중 폐승용차는 총 610,743대이므로 이를 상기 연료별 비율로 나누면 휘발유 폐승용차는 508,382대, LPG 폐승용차는 54,051대, 경유 폐승용차는 48,249대, 기타 폐승용차는 61대가 발생된 것으로 추정할 수 있다.

한편, 앞에서 가정한 바와 같이 폐승용차 중 10%는 수출되며, 사용 연료가 휘발유 및 LPG인 경우 100%, 경유인 경우 70%의 폐차에서만 자동차 폐촉매가 발생하는 것으로 가정하고, 기타 연료의 경우 폐차물량이 매우 적고 폐촉매 발생 여부도 확실하지 않으므로 산정에서 제외하였다. 이와 같은 가정하에 상기 3가지 폐승용차의 경우에 대해 폐촉매 발생량을 계산하면 다음과 같이 정리할 수 있다(Table 4 및 5 참조).

**Table 4.** The amount of spent autocatalyst from passenger vehicles (Scrapped car in 2012 = 610,743 ea/yr)<sup>1)</sup>

	Gasoline	LPG	Diesel	Others	Total
연료별 폐승용차 추정 비율(% <sup>2)</sup> )	83.24	8.85	7.90	0.01	100
연료별 폐승용차 추정 물량(대/년) <sup>3)</sup>	508,382	54,051	48,249	61	610,743
수출 제외한 폐승용차 추정 물량(대/년) <sup>4)</sup>	457,544	48,646	43,424	55	549,669
자동차 폐촉매 추정 발생량(개/년) <sup>5)</sup> (%)	457,544	48,646	30,397	0	536,587
자동차 폐촉매 추정 발생량(개/년) <sup>5)</sup> (%)	85.27	9.07	5.66	0	100

비고

- 1) 2012년도 폐차 통계 중 폐승용차는 총 610,743대 임.
- 2) 폐승용차의 연료별 추정 비율은 승용차의 연료별 등록 비율(2000~2002년)을 차용한 값임.
- 3) 폐승용차 610,743대를 연료별 추정비율에 따라 연료별 폐차량으로 계산한 값임.
- 4) 폐승용차 중 10%는 수출되는 것으로 가정하므로 자동차 폐촉매 발생량에서 제외함.
- 5) 사용연료가 휘발유 및 LPG인 경우 100%, 경유인 경우 70%에서만 자동차 폐촉매가 발생하는 것으로 가정함. 또한, 기타 연료의 경우 자동차 폐촉매 발생 여부가 확실하지 않으므로 산정에서 제외함.

**Table 5.** The amount of spent autocatalyst from whole vehicles (2012)

발 생 원	발생물량 (개/년)	%
1) 휘발유 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량	457,544	79.89
2) LPG 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량	48,646	8.49
3) 경유 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량	30,397	5.31
4) Retrofit사업 참여 폐자동차로부터 발생하는 폐촉매량 <sup>1)</sup>	36,150	6.31
합 계	572,737	100

※1) 환경부 Retrofit사업 참여 폐촉매 통계는 한국자동차환경협회가 제공한 통계를 이용함.

1) 휘발유 폐승용차에서 발생하는 폐촉매량  
앞서 살펴본 바와 같이 2012년 기준 휘발유용 폐승용차의 추정 발생량은 508,382대이다. 한편, 이 물량 중 10%는 수출되며 나머지 모든 폐차에서 폐촉매가 발생한다는 가정을 적용하면 휘발유 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량은 457,544개/년 인 것으로 추정된다. (508,382대/년  $\times$  0.9 = 457,544개/년)

2) LPG 폐승용차에서 발생하는 폐촉매량  
2012년 기준 LPG 승용차의 추정 폐차량은 54,051대이다. 역시, 이 폐차 중 10%는 수출되며 나머지 모든 폐차에서 폐촉매가 발생한다는 가정을 적용하면 LPG 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량은 48,646개/년 인 것으로 추정된다. (54,501대/년  $\times$  0.9 = 48,646개/년)

3) 경유 폐승용차에서 발생하는 폐촉매량  
2012년 기준 경유 승용차의 추정 폐차량은 48,249대이다. 이 폐차 중 10%는 수출되고 나머지 물량 중 70%에서만 폐촉매가 발생한다는 가정을 적용하면 경유 폐승용차로부터 발생하는 폐촉매량은 30,397개/년 인 것으로 추정된다(48,249대/년  $\times$  0.9  $\times$  0.7 = 30,397개/년).

이상의 내용을 종합하여 국내에서 자동차 폐촉매가 발생하는 4가지 경우 즉, 1)휘발유 폐승용차, 2) LPG 폐승용차, 3) 경유 폐승용차 및 4) 환경부 Retrofit사업 참여 폐자동차의 각 경우에 대해 산정된 폐촉매 물량을 종합하면 다음 표와 같다.

이 표에서 알 수 있는 바와 같이 2012년 기준으로 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매는 총 572,737개로 산정되었다. 그러나, 앞에서 밝힌 바와 같이 산정과정에서 추정값 및 가정값 등을 사용하였으므로 상기 산정물량과 실제 발생물량 사이에는 다소의 차이가 있을 것이다. 이에 상기 산정물량에 대해 약  $\pm$ 5%의 오차범위를 설정하면 2012년 기준 국내 발생 자동차 폐촉매량은 약 55만 ~ 60만 개/년으로 추정할 수 있다.

한편, 앞에서 살펴본 바와 같이 대기환경보전법을 통해 2006년부터 모든 차량에 대한 배출가스 규제를 선진국 수준으로 크게 강화됨에 따라,<sup>7-9)</sup> 대략 2005 ~ 2006년부터는 모든 종류의 신규 차량에 배기가스 저감 촉매를 부착하여 판매한 것으로 조사되고 있다. 따라서, 이들 차량들이 폐자동차로 발생하는 시점, 즉, 대략 2015 ~ 2016 이후가 되면 모든 폐자동차로부터 폐촉매가 발생하게 되므로 향후 폐촉매 발생량은 폐자동차 발생 증가율 보다 더 높은 비율로 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 자동차 폐촉매 재활용을 위한 관련 산업

의 확충과 제도의 재정비를 현 시점부터 고려해야 할 것으로 판단된다.

#### 2.4. 자동차 폐촉매의 경제적 가치 산정

자동차 폐촉매의 경제적 가치를 산정하기 위해서는 자동차 폐촉매의 발생량 뿐만 아니라, 폐촉매 중 담체의 무게, 담체 중 백금족 원소의 함유량 등에 대한 자료도 추가로 필요하다. 그러나 자동차 폐촉매의 종류는 차종 및 엔진특성 등에 따라 매우 다양한 종류가 발생하고 있는 반면 이들에 대한 공개된 통계자료는 없는 실정이다.

한편, 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매 중 많은 양은 국내 처리업체인 (주)희성피엠텍에서 처리되어 백금족 금속으로 회수되고 있다.<sup>6)</sup> 이에 본 연구에서는 국내 발생 자동차 폐촉매에 대한 처리 경험이 축적된 (주)희성피엠텍과의 협조를 통해 자동차 폐촉매 중 담체의 평균 무게 및 담체중 백금족 원소의 평균 함유량에 대한 자료를 분석하였으며, 그 결과 2012년 국내에서 발생한 자동차 폐촉매 중의 세라믹 담체의 평균 무게는 약 1.2 kg/개 인 것으로, 담체 중 함유된 백금족 금속의 함유량은 평균값이 백금 750 mg/kg, 팔라듐 1000 mg/kg, 로듐 250 mg/kg 으로 총 2,000 mg/kg 인 것으로 분석되었다.<sup>18)</sup> 이들 분석 자료를 앞에서 산정한 폐촉매 발생량 자료와 결합하여 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매의 경제적 가치를 분석하면 Table 6에 정리한 바와 같다.

이 표에 정리한 바와 같이 먼저 국내 자동차 폐촉매 발생량을 연간 572,737개로, 평균 무게를 약 1.2 kg/개로 추정하는 경우 폐촉매 발생 무게는 세라믹 담체 기준으로 약 690 ton/년 (즉, 687,284 kg/년)이 된다. 한편, 담체 중 백금족 금속의 평균 함유량이 백금 750 mg/kg, 팔라듐 1000 mg/kg, 로듐 250 mg/kg (즉, 평균 백금 37.5%, 팔라듐 50%, 로듐 12.5%) 인 것으로 알려져 있어 이 값을 적용하면, 자동차 폐촉매 중에 함유된 백금족 금속의 총량은 각각 백금 515.5 kg/년, 팔라듐 687.3 kg/년, 로듐 171.8 kg/년으로 계산되며 이들의 합은 1374.6 kg/년으로 계산된다. 이들 값에 2012년 평균 백금족 가격과 환율 즉, 백금 : 1551.48 US\$/oz.T, 팔라듐 : 643.53 US\$/oz.T, 로듐 : 1269.97 US\$/oz.T 및 환율 : 1126.88 원/US\$을 적용하면 자동차 폐촉매 중에 함유된 백금족의 경제적 가치는 각각 백금은 약 290억/년, 팔라듐은 약 160억/년, 로듐은 약 79억/년으로 계산되어, 그 합은 약 529억/년으로 추정된다.



**Table 6.** Estimated economic value of spent autocatalyst in Korea (2012)

<p>1. 국내 자동차 폐촉매 발생량<sup>1)</sup> : 572,737 ea/yr                  2. 자동차 폐촉매 중 세라믹 담체 평균 무게<sup>2)</sup> : 1.2 kg/ea                  3. 자동차 폐촉매 중 세라믹 담체의 연간 발생량 : <math>572,737 \times 1.2 = 687,284</math> kg (약 690 ton/yr)                  4. 자동차 폐촉매 중에 함유된 백금족 금속 농도<sup>3)</sup>                      백금(Pt) : 750 mg/kg, 팔라듐(Pd) : 1000 mg/kg, 로듐(Rh) : 250 mg/kg (합계: 약 2,000 mg/kg)                  5. 국내 발생 자동차 폐촉매 중에 함유된 백금족 금속의 합 = 1374.6 kg/yr                      백금 : <math>687,284 \times 750 \times 10^{-6} = 515.5</math> kg/yr                      팔라듐 : <math>687,284 \times 1000 \times 10^{-6} = 687.3</math> kg/yr                      로듐 : <math>687,284 \times 250 \times 10^{-6} = 171.8</math> kg/yr                  6. 국내 자동차 폐촉매 중 백금족의 경제적 가치 추정액<sup>4-5)</sup> = 약 529 억원/년                      Pt : <math>515.5</math> (kg/yr) <math>\times</math> <math>1,000</math> (g/kg) <math>\times</math> <math>[1/(31.1035\text{g/oz.T})] \times 1551</math> (US\$/oz.T) <math>\times</math> <math>1127</math> (원/\$) = 약 290억/yr                      Pd : <math>687.3</math> (kg/yr) <math>\times</math> <math>1,000</math> (g/kg) <math>\times</math> <math>[1/(31.1035\text{g/oz.T})] \times 644</math> (US\$/oz.T) <math>\times</math> <math>1127</math> (원/\$) = 약 160억/yr                      Rh : <math>171.8</math> (kg/yr) <math>\times</math> <math>1,000</math> (g/kg) <math>\times</math> <math>[1/(31.1035\text{g/oz.T})] \times 1270</math> (US\$/oz.T) <math>\times</math> <math>1127</math> (원/\$) = 약 79억/yr</p>
--

비고

- 1) 기준년도: 2012년
- 2) 세라믹담체의 평균무게는 국내 처리기업((주)희성피엠텍)의 처리물량 분석 값을 차용한 것임.
- 3) 세라믹담체 중 백금족 금속의 함유량은 국내처리기업((주)희성피엠텍)의 분석 값을 차용한 것임.
- 4) 백금족 시세는 캐나다 KITCO사에서 제공하는 2012년 평균값을 적용함. ([www.kitco.com](http://www.kitco.com))  
 백금: 1551.48 US\$/oz.T, 팔라듐: 643.53 US\$/oz.T, 로듐: 1269.97 US\$/oz.T
- 5) 환율은 외환은행에서 제공하는 2012년 평균값을 적용함. (<http://fx.keb.co.kr>)  
 2012년 평균환율 : 1126.88 원/US\$



**Fig. 1.** The photo of spent autocatalysts in storage box of junkyard

### 3. 국내 자동차 폐촉매 유통 및 처리 현황

#### 3.1. 자동차 폐촉매의 국내 유통 현황

국내에서 발생하는 자동차 폐촉매는 대부분 폐차장에서 발생한다. 물론 사고 또는 수리 등의 이유로 자동차 정비업체에서 일부 발생하는 것도 있으나 그 양은 많지 않을뿐더러 정확한 통계도 없으므로 본 연구에서는 그 양을 제외하였다.

대부분의 폐차장에서는 폐자동차에서 폐촉매를 탈착한 후 앞뒤로 연결된 배기관을 잘라내고 세라믹담체가 포함된 케이스 부분만을 회수하여 보관하는 것으로 조사되었다(Fig. 1 참조). 폐촉매는 폐자동차 부품 중 가장 가치가 높은 부품 중 하나이므로 자물쇠 등의 보안장

치가 된 컨테이너 박스 등에 따로 보관하고 있다(Fig. 1 참조). 한편, 회수된 자동차 폐촉매의 유통은 크게 다음의 3단계 즉, 폐차장 → 수집상 → 최종처리(국내처리 또는 수출)의 단계를 거치며 유통되고 있다. 그러나 각 유통단계에서의 거래 형태는 서로 다르며 이것을 종합하면 Table 7과 같다.

국내에서 발생하던 자동차 폐촉매는 2005년까지는 대부분 일본, 독일 등으로 수출되는 형태로 유통되었으나, (주)희성피엠텍이 2007년 상업운전을 시작한 이후에는 발생 물량의 약 80~90%가 국내 유통을 통해 (주)희성피엠텍에 공급되는 것으로 조사되었다.

한편, 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매는 그 종류가 매우 다양하여 폐촉매 중의 백금족 함량이나 무게 등을 하나의 값으로 규정하는 것은 불가능하다. 그러나, 앞에서 살펴본 바와 같이 국내 최종 처리업체의 자료 분석을 통해 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매 중의 백금족의 평균 함량은 대략 Pt: 약 750 mg/kg, Pd: 약 1000 mg/kg, Rh: 약 250 mg/kg (총 약 2 g/kg)의 수준이며, 폐촉매 1개 중에 포함된 세라믹담체의 평균 무게도 약 1.2 kg/개 인 것으로 조사되었다.

#### 3.2. 자동차 폐촉매의 국내 처리 현황

전세계적으로 자동차 폐촉매 중에 포함된 백금족 원

**Table 7.** The characteristics of trading stages for spent autocatalyst

Trading stage	Characteristics of trading
폐차장 → 중간수집상	- 폐촉매 갯수 단위로 거래함. - 주로 현금 거래로 이루어짐. - 경차촉매는 2~3개를 중대형차 폐촉매 1개로 인정함. - 중간수집상들 사이에서 거래하는 경우 통상 약 3~5%의 이익을 남기고 매매함.
중간수집상 → 최종 처리자	- 최종처리자는 크게 다음 2가지로 분류됨. ○ 국내의 자동차 폐촉매 처리 기업(예 : 희성피엠텍) ○ 자동차 폐촉매 수출업자 - 중간수집상과 최종처리자 사이의 거래는 폐촉매 중 백금족의 함유량을 분석하여 가격을 사후 정산하는 형태가 주거래 형태임.

출처 : 폐차장 및 자동차 중간수집상에 대한 현장조사 내용임.



**Fig. 2.** Recycling processes for spent autocatalyst in 'HeeSung PMTech' in Korea

소를 회수하는 대표적인 제련기업들로는 Umicore(벨기에), Johnson Matthey(영국), Multimetco(미국), 일본 PGM 및 다나카금속(일본), BASF(미국), 희성피엠텍(한국), Heraus(독일) 등이 있다. 이들 기업들은 세라믹담체로부터 백금족을 분리하는 공정에 건식제련 또는 습식제련 기술을 적용하고 있으며, 백금족 상호 분리 및 고순도화에는 모두 습식제련 공정을 적용하고 있다.

이 중 유일한 국내 기업인 (주)희성피엠텍은 연속 건식제련 공정을 통한 높은 처리효율로 인해 많은 관심을 받고 있다. (주)희성피엠텍은 2004년 설립 후 영국 Tetronics사의 Plasma Arc Furnace를 도입하여 이를 이용한 연속 제련공정을 자체 개발하였으며, 또한 합작회사인 BASF로부터는 Pd 및 Rh의 습식 정련기술을 이전 받음으로써 높은 회수율과 순도를 보장하는 폐촉매 처리 공정을 구축하였다. 이를 통해 현재 (주)희성피엠텍은 자동차 폐촉매로부터 약 97~99% 이상의 높은 회수율로 백금족을 회수한 후 순도 99.95~99.99%의 백금족 금속(Pt, Pd, Rh)을 생산하고 있다. 이에 따라 (주)희성피엠텍이 상업운전을 시작한 2007년 이후부터는 해외

로 수출되던 대부분의 자동차 폐촉매가 국내의 (주)희성피엠텍에서 처리되고 있다.<sup>18)</sup>

(주)희성피엠텍의 처리용량은 폐촉매의 세라믹담체 기준으로 약 2,500톤/년으로 국내 물량뿐만 아니라 해외 물량도 다량 수입하여 처리하고 있으며, 향후 더 많은 해외물량 처리를 위해 2014년경에는 6,000톤/년 규모로 처리용량을 확대할 예정이다. 이러한 처리용량 확대는 규모의 경제면에서 Johnson Matthey, 일본PGM 등과 경쟁할 수 있는 세계 최고 수준의 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상되고 있다.

1) (주)희성피엠텍의 백금족 생산 및 매출 현황

현재 (주)희성피엠텍의 백금족 생산량 및 순도는 다음과 같으며 이에 따른 2011년도 영업실적은 매출액 2,153억원, 당기순이익 119억원, 영업순이익 77억원을 기록한 것으로 알려져 있다.<sup>19)</sup>

- 백금(Pt) : 약 3,000 kg/년 (순도: 99.95% 이상)
  - 팔라듐(Pd) : 약 3,500 kg/년 (순도: 99.95% 이상)
  - 로듐(Rh) : 약 400 kg/년 (순도: 99.9% 이상)
- (주)희성피엠텍이 생산하는 백금족 금속은 모두 모두

자동차 촉매 제조에 필요한 순도를 만족하는 수준이다. 그러나 현재 생산량의 약 반이상을 불가피하게 수출하고 있는데 그 이유는 원료인 폐촉매 수입시 부과되는 수입관세 3%를 환급받기 위해서 이다. 이와 같은 제도상 문제로 인해 국내에서 회수된 백금족 금속을 국내 촉매제조 기업에 공급하지 못하고 해외로 다시 역지로 수출하고 있으며, 동시에 국내 촉매제조 기업들은 동일한 순도의 백금족을 제조원료로 다시 수입하는 모순이 발생하고 있어, 국가 전체로 보아 경제적, 물류적 측면에서 큰 손실인 것으로 분석되었으며 이러한 제도상의 문제점은 조속히 해결될 필요가 있다.

2) (주)희성피엠텍의 자동차 폐촉매 처리과정

(주)희성피엠텍의 자동차 폐촉매 처리과정은 크게 다음의 6단계로 구분된다.<sup>18)</sup>

(1) 자동차 폐촉매 입고 및 탈각(decannining)

(2) 분쇄 및 샘플링

- 처리를 위해 준비한 특정 lot의 전체 물량을 분쇄함.
- 분쇄과정을 통해 특정 lot 전체 물량을 완전히 균일 혼합시킴.
- 균일 혼합된 물량으로부터 성분분석(assaying)을 위한 샘플을 채취함.
- 이를 통해 샘플의 분석값과 원료의 백금족 함량을 완전히 일치시킬 수 있음.

(3) 성분분석(Assaying)

- 자동차 폐촉매 구매가격을 결정하기 위한 백금족 분석 실시
- 분석은 Alkali Fusion Assaying 또는 Fire Assaying 법을 모두 사용함.
- 분석값을 구매자에게 통고 후 가격 협상을 통해 최종 구매 결정함.

(4) 건식제련(Smelting)

- 2기의 Plasma Arc Furnace를 통해 폐촉매의 금속과 세라믹을 완전용융 시킴.
- 완전 용융 후 백금족 금속과 세라믹담체가 주성분인 slag으로 분리시킴.
- 많은 양이 생성되는 slag은 연속적으로 배출시킴. (연속조업 type임)
- 일정 시간마다 축적된 백금족 금속용탕을 배출시켜 금속을 회수함.

(5) 습식정련(Refining)

- 건식제련을 통해 회수한 백금족 혼합금속(백금 + 팔라듐 +로듐 )을 용해시킴.

- 백금족 혼합용액을 다양한 습식정련 공정을 거쳐 각각의 금속으로 분리함.
- 정련공정을 통해 목표순도를 지닌 백금, 팔라듐, 로듐을 회수함.

(6) 백금족 금속생산(PGM 생산)

- 분리 정제된 백금족 금속은 용도에 맞게 ingot, 분말, 용액 등으로 제조됨.
- 촉매용으로 생산된 백금, 팔라듐, 로듐은 촉매용의 순도를 확보함.
- (예 : 백금, 팔라듐 - 99.95% 이상, 로듐 - 99.9% 이상)

이 중 세라믹담체와 백금족 금속을 분리하는 건식제련공정(Smelting Process)은 다음과 같이 구성되어 있다.

1. 폐촉매 분쇄 및 분말화
2. 혼합(formation)(폐촉매 분말 + slag 조절용 첨가제)
3. Plasma Arc Smelting : PGM 금속용탕 + Slag 으로 분리
4. Slag : 연속 배출 → 냉각 → 분쇄 → 재활용
5. PGM 금속용탕: 간헐적 배출 → ingot(PGM alloy) → Refining(각 금속 분리정제)

또한 백금족 합금으로부터 각 백금족 금속을 분리하고 정제하는 습식 정련공정 (Refining Process)은 다음과 같은 5단계로 이루어져 있는 것으로 조사되었으나, 백금족의 분리, 정제에 관한 구체적인 기술은 비공개로 관리되고 있다.

1. 원료(Raw Material): Smelted Alloy, PGM Scrap 등
2. 용해(Dissolution) : 원료를 용해시켜 용액화 함
3. 분리정제(Separation/Purification): 백금, 팔라듐, 로듐으로 분리 정제함.
4. 백금족 제품 제조(PGM) : 백금족 메탈 또는 화학물로 제조함.
5. 포장 및 운송(Packaging/Shipment)

4. 자동차 폐촉매 재활용 산업의 활성화 방안

4.1. 수입관세 면제의 필요성

현재의 관세 체계에 있어서는, 재활용을 위해 국내로 수입되는 자동차 폐촉매에는 귀금속인 백금족이 함유되었다는 이유로 수입 시 수입관세(3%)가 부과되고 있다. 따라서, 수입 폐촉매로부터 회수된 백금족 금속은 반드시 다시 수출해야만 납부했던 수입관세 3%를 환급받을 수 있어, 국내 처리기업(예 : 희성피엠텍)은 수입 폐촉매

로부터 회수한 백금족 금속을 국내에서 활용하지 못하고 다시 불가피하게 수출하고 있는 상황이다. 한편, 국내 촉매제조 기업들은 동일한 등급의 백금족 금속을 산업용 재료로 다량 수입하고 있어, 백금족 금속의 수출 및 수입 측면에서 볼 때 국내 폐촉매 재활용 산업의 귀금속 거래 구조에 상당한 모순을 내포하고 있다.

한편, 백금족 중 팔라듐(Pd) 및 로듐(Rh)의 경우 국제적으로 볼 때 생산 및 유통의 독과점 구조로 인해 공급 및 가격이 불안정한 경우가 많아 이들 귀금속에 대한 안정적 자원 확보는 자원안보 측면에서 중요한 문제로 인식되고 있다. 특히 Pd 및 Rh의 공급이 단절되면 자동차용 촉매의 생산중단으로 직접 이어질 수 있고, 이는 다시 자동차 생산 중단과 같은 대형 사회문제로 확대될 수 있어 이들 백금족의 안정적 확보는 필수적이다.

따라서, 수입되는 자동차 폐촉매에 대한 수입관세 면제를 통해 (주)희성피엠텍 등의 국내 처리업체들이 해외로부터 다량의 자동차 폐촉매를 수입하여 전략금속인 백금족 금속을 회수·정제하여 국내 산업에 원활하게 공급하거나 또는 국내에 비축할 수 있게 유도하는 것이 전략물자인 백금족 금속의 원활한 공급 및 확보 측면에서 시급히 필요하다.

한편 최근 활발하게 확대 중인 FTA 측면에서도 자동차 폐촉매에 대한 수입관세 면제가 필요하다. 즉, 미국 및 EU 등 FTA를 시행하는 국가 간에는 귀금속 수출입에 대한 관세가 철폐됨에 따라 백금족 금속 자체를 무관세로 수입할 수 있게 되었다. 그러나, 백금족 금속을 회수하기 위해 수입하는 자동차 폐촉매에는 일반관세 3%가 부과되고 있어, 자동차 폐촉매를 수입해 회수한 백금족 값이 무관세로 수입한 백금족보다 오히려 더 비싸게 되어 국내 폐촉매 재활용 산업의 경쟁력을 낮추는 큰 원인으로 작용하고 있다.

이와 같은 상황들을 종합하면 국가의 관세제도가 오히려 국내 자동차 폐촉매 재활용산업의 경쟁력을 저하시키는 주요 요인으로 작용하고 있으므로, 국내 자동차 폐촉매 재활용산업의 활성화를 위해서는 수입 자동차 폐촉매에 대한 수입관세를 면제하는 것이 반드시 필요하다고 하겠다.

또한, 수입관세 면제를 통해 수입 폐촉매로부터 생산된 백금족 금속을 국내의 촉매 제조사 등에 원활하게 공급할 수 있게 한다면 수입대체 및 자원확보 측면에서 큰 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4.2. 자동차 폐촉매 수출에 대한 관세 부과의 필요성

현재 국내에서 발생하는 자동차 폐촉매의 약 20~30%는 여러 가지 이유로 인해 해외로 수출되고 있다. 그런데, 자동차 폐촉매는 전략자원인 백금족 금속을 함유하고 있는 고품위 재활용 자원이며, 또한 국내 기업(예 : 희성피엠텍, 고려이연, LS-Nikko 등)들이 국내에서 처리하여 백금족 금속을 회수할 수 있는 기술을 충분히 확보하고 있는 점을 고려할 때, 백금족의 고품위 자원인 자동차 폐촉매를 해외로 수출하는 것은 전략자원의 국내확보 측면에서 바람직하지 않은 방향이다.

따라서 자동차 폐촉매에 대하여 해외로 수출할 때 수출관세를 부과하여 해외 수출을 억제하는 정책을 추진할 필요가 있으며, 이러한 수출관세 부과를 통해 자동차 폐촉매의 국내처리 물량이 증가하는 경우 폐촉매 처리산업의 활성화를 유도할 수 있을 것으로 기대 된다.

#### 4.3. '폐기물 중간처리업' 제약 개선의 필요성

자동차 폐촉매는 환경적인 유해성은 거의 없는 반면 백금족 금속은 고품위로 함유하고 있는 귀중한 재활용 자원이나 국내 폐기물관리법 체계상 '사업장폐기물'로 분류되고 있다. 이에 따라 자동차 폐촉매 재활용 산업 역시 폐기물관리법상 '폐기물 중간 처리업'으로 분류되어 기업 운영에 있어 폐기물처리와 관련된 다양한 규제 및 제약이 부과되어 많은 애로점을 안고 있다. 특히 처리공장 등의 입지 선정 면에서 자동차 폐촉매를 처리하는 기업들은 유해한 폐기물처리업체로 분류되어 다음과 같은 각종 불이익을 받고 있다.

- 1) 입주 비용이 저렴한 '지방 산업단지' 입주에 제한이 있음.
- 2) 고급인력 확보에 유리한 '수도권 산업단지' 입주에 제한이 있음.
- 3) 입주 비용이 높은 '국가산업단지'에만 입주가 가능함.

따라서, 자동차 폐촉매 재활용 산업의 활성화를 위해서는 자동차 폐촉매 처리업을 '폐기물 중간처리업'이 아닌 '제조업'으로 분류하여 규제 수준을 제조업 수준으로 낮출 필요가 있다. 이를 위해 자동차 폐촉매를 '사업장폐기물'이 아닌 유기금속을 함유한 '재활용자원'으로 분류할 수 있도록 법령(예; 폐기물관리법 등) 개정 등이 시급하다고 판단된다. 참고로 일본의 경우 자동차 폐촉매는 폐기물이 아닌 '유기물'개념의 재활용 자원이며, 현재 많은 관련 기업들이 해외로부터 자동차 폐촉

매를 수입 및 처리하여 백금족 원소를 일본 내에 공급하거나 높은 가격으로 다시 수출하고 있다.<sup>20)</sup>

따라서 우리나라도 자동차 폐촉매를 비롯한 각종 도시광산 자원의 재활용 활성화를 위해서는 폐기물관리법 등을 개정하여 유해성이 없는 각종 유용 폐자원(예; 폐촉매)들을 ‘유가물’ 개념으로 분류하여 폐기물의 범주에서 제외시켜 규제를 완화할 필요성이 시급하다고 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호: GT-11-C-01-200-0)

### 참고문헌

1. Domestic statistical data for automobile registration (MOLIT; Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (<https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>)
2. Domestic statistical data for scrapped car (KADRA; Korea Automobile Disassemble Recycle Association) (<http://www.kadra.or.kr>)
3. Jae-Hyun Oh, 2013: *Urban Mine Resources and Recycling*, p.259, Korea Metal Journal, Seoul
4. Jae-Hyun Oh, 2003: *Travel Sketches of Automobile Recycling*, p.102, MJ Media, Seoul
5. Jae-Hyun Oh, 2013: *Urban Mine Resources and Recycling*, p.250, Korea Metal Journal, Seoul
6. Jae-Hyun Oh, 2012: J. Korean Institute of Resources Recycling, 21(2), pp.90-94,
7. Clean Air Conservation Act / Ordinance of the Ministry of

- Environment, Attached Table 17, Ministry of Environment, Korea
8. Clean Air Conservation Act / Ordinance of the Ministry of Environment, Attached Table 21, Ministry of Environment, Korea
9. Woo-Seok Lee, Sang-II Kwon, Jin-Woo Hwang, 2012: *Status and Prospect of Clean Diesel Automobile*, pp.39-42, Transportation Pollution Research Center, NIER(National Institute of Environmental Research), Korea
10. Byeong-Ryul Ko, Joon-Woo Lee, Young-Seo Park, 2003: *Catalyst for Exhaust Gas Purification*, p.7, KISTI, Seoul
11. ibid 10, p.11
12. private communication(with company of autocatalyst)
13. Press release by Metropolitan Air Quality Management Office, 2005. 5. 16 : Retrofit Project for old running diesel vehicle, Ministry of Environment, Korea <http://www.me.go.kr/mamo/>
14. Ministry of Environment, 2013: Guides for Retrofit Project for old running diesel vehicle, 2013. Jan., Ministry of Environment, Korea
15. private communication(with Korea Automobile Environmental Association, <http://www.aea.or.kr/>)
16. Newspaper article of ‘AUTO TIMES’, 2004. 2. 27: [http://autotimes.hankyung.com/apps/news.sub\\_view?popup=0&nid=81&nkey=3433](http://autotimes.hankyung.com/apps/news.sub_view?popup=0&nid=81&nkey=3433)
17. private communication(with KADRA (Korea Automobile Disassemble Recycle Association ; <http://www.kadra.or.kr/>))
18. private communication(with HeeSung PMTech, Ltd.)
19. Newspaper article of ‘Korea Metal Journal’, 2012. 4. 2 <http://www.kmj.co.kr/news/articleView.html?idxno=288718>
20. Report for Government Cabinet, 2009: *Measures for Recycling of Metals in Waste - Searching Project for Undiscovered Metal Resources*, p12, 2009. 9, Ministry of Environment, Korea



### 권영식

- 서울대학교 금속공학과 학사
- 서울대학교 금속공학과(제련공학) 석사
- 서울대학교 금속공학과(제련공학) 박사
- 현재 수원과학대학교 환경보건과 교수

### 이재천

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제10권 6호 참조



신도연

- 서울대학교 건설환경공학부 공학박사
- 가톨릭대학교 환경생물학과 이학사
- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 회유자원융합연구센터 도시광산연구실 선임연구원



이승훈

- 서울과학기술대학교 식품공학과 학사
- 명지대학교 식품영양학과 석사
- 명지대학교 식품영양학과 박사
- 현재 수원과학대학 환경보건과 겸임교수



김형진

- 서울대학교 해양학과 학사
- 중앙대학교 환경공학과(폐기물처리) 석사
- Illinois Institute of Technology, 환경공학과(수처리) 박사
- 현재 수원과학대학교 환경보건과 교수



최윤근

- 서울산업대학교 환경공학과 학사
- 중앙대학교 환경공학과 석사
- 현재 주에코와이즈 대표이사

## 學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調查의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.