

# 자동차 배출가스 후처리 장치 특허동향( I )

## Patent Map : Vehicle Emission Aftertreatment Equipment



김진곤 / 대구가톨릭대학교  
Jin-Gon Kim / Catholic University of Daegu



최성배 / 대구가톨릭대학교  
Sungbae Choi / Catholic University of Daegu

### I. 기술의 개요 및 산업 동향

#### 1. 기술의 개요 및 PM 분석 범위

약 450년 전 노스트라다무스가 자동차 출현을 예언한 이래 유럽에서 시작된 자동차 기술은 미국 신대륙으로 자리를 옮겨 헨리포드가 대량생산에 성공하게 되면서 자동차 산업은 급속도로 확장되었다. 자동차는 인간 생활의 편의성을 향상시키기 위해 개발되었지만, 자동차 보급의 급격한 증가에 따라 자동차에서 배출되는 오염 물질은 자연적으로 정화시킬 수 있는 한계를 초과하여 인간건강을 위협하는 수준에 이르게 되었다. 1954년에는 미국 로스앤젤레스에서 자동차 배출가스로 인하여 다수의 사상자가 발생한 사건을 계기로 본격적인 자동차 배출가스 규제가 시작되었다. 미국의 캘리포니아주에서는 1959년에 자동차 배출가스를 제한하는 법을 최초로 제정하였으며<sup>1)</sup>, 미국 연방정부는 1955년에 통과시킨 "Air Pollution Control Act"를 바탕으로 보다 적극적으로 대기 오염 물질 배출을 억제시키기 위하여 1963년에 대기청정법(Pollution Air Act)을 제정하

였다<sup>2)</sup>. 이 대기청정법은 이후 수 차례 개정되었으며 1965년 개정 시에는 자동차에서 발생하는 배출가스의 표준을 설정하는데 초점을 맞추었다. 또한, 이 법규는 1968년부터 생산되는 자동차에 대한 배출가스 허용기준을 명시하여 자동차에서 배출되는 대기오염물질을 강제적으로 억제하기 시작하였다. 미국을 포함한 일본, 유럽 및 한국에서의 자동차 배출가스 규제 개시 시점을 정리하면 <표 1>과 같다.

자동차 배출가스 규제 시행 초기 자동차 업체에서는 엔진 연소 개선과 같은 방법으로 대응하였으나,

<표 1> 각국의 자동차 배기가스 규제 개시<sup>3)</sup>

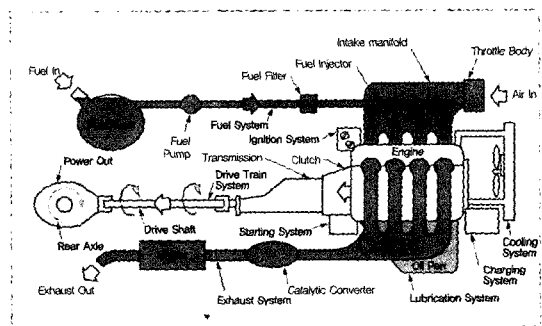
국가	배기가스 규제 개시
미 국	· 1965년 : 자동차 오염방지법 공포 · 1968년 : 생산 자동차에 적용
일 본	· 1972년 : 미국의 대기청정법 적용
유 럽	· 1970년 : CO와 HC배출기준 설정 · 1977년 : 질소산화물 배출기준 설정
한 국	· 1977년 : 생선차 배출가스 기준 설정 · 1980년 : 배출가스 기준 적용

1975년에 한층 강화된 배출가스 규제에 기술적으로 대응하기 위해 처음으로 배기후처리 방법을 소개하였다<sup>33)</sup>. 이것이 바로 가솔린엔진에서 발생한 미연소 탄화수소(HC)와 일산화탄소(CO)를 산화반응으로 저감시키는 기능을 수행하는 산화촉매(Oxidation Catalyst)이다. 아울러 대도시 오존경보의 주범인 질소산화물(NOx)의 저감시키기 위하여 배기가스재순환장치(EGR: Exhaust Gas Recirculation)를 이용하였는데, 이 장치는 GM(General Motors)이 1973년에 처음으로 차량에 적용하였다<sup>34)</sup>.

1980년대 초부터는 HC, CO와 함께 질소산화물(NOx)을 90% 이상 저감시킬 수 있는 삼원촉매(TWC: Three-way Catalyst)가 사용되기 시작하였으며, 다양한 개선 방안이 개발되어 정화 성능이 개선되면서 현재까지 사용되고 있다. 기존의 삼원촉매는 이론 공연비(Stoichiometric Ratio) 근처와 적절한 촉매 활성 온도 범위 내에서는 충분한 성능을 발휘한다. 하지만, 이를 만족하지 못하는 조건에서는 효율이 급격히 저하되는 단점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위하여 냉간 시동과 같은 엔진 운전 조건에서는 강제적으로 촉매를 예열시키거나 미연소 탄화수소를 별도의 장치에 흡착시켰다가 적절한 조건에서 연소시키는 기술들이 다양하게 제시되고 있으며, 삼원 촉매를 가능하면 배기다기관에 근접시키는 기술도 적용되고 있다. 최근에는 지구 온난화를 억제하고 휘발유 차량의 연료 효율을 증가시키기 위하여 희박 연소 엔진(Lean Burn Engine) 또는 직접분사식 가솔린엔진(GDI: Gasoline Direct Injection)이 실용화됨에 따라 삼원 촉매의 기능 중 NOx의 정화율 저하를 보완하는 NOx 촉매가 활발히 연구되고 있다.

디젤엔진은 가솔린엔진과 비교하여 규제 시행 초기에는 다소 느슨한 배출가스 규제가 적용되었고 엔

진 연소 기술의 개선만으로 강화되는 법 규제에 충분히 대응할 수 있었기 때문에 가솔린엔진에 비해 저배기 기술 개발에 대한 투자가 적어 기술수준이 뒤져 있는 상황이다. 그러나 점차 강화되는 경유자 동차의 배출가스에 대한 규제에 대하여 연소 개선만으로는 대응하는데 한계가 있음을 인지하고 가솔린엔진에서 사용되는 배기후처리 장치를 바탕으로 배기후처리 장치에 대한 기술적 관심을 갖기 시작하였다. 이러한 디젤엔진은 최근 들어 커먼레일(COMMON RAIL)방식과 전자식 연료분사펌프 등의 적용으로 낮은 연료소비율을 가지기 때문에 이산화탄소 저감규제에 유리할 것으로 예측되고 있지만, 가솔린엔진과 달리 디젤엔진에서는 연소 특성으로 인하여 영월한 난제인 입자상 물질(PM: Particulate Matter)과 NOx를 동시에 해결할 수 있는 기술개발이 절실히 필요한 현실이다. 입자상 물질을 저감하기 위한 대책으로는 매연여과장치(DPF: Diesel Particulate Filter)가 실용화되어 있으며 지속적으로 연구되고 있다. NOx는 가솔린엔진의 경우와 마찬가지로 희박 NOx 촉매(Lean NOx Converter)가 연구되고 있다. <그림 1>은 자동차의 배기시스템을 보여주고 있으며, <표 2>는 현재의 기술적인 한계로 인하여 대기로 방출할 수밖에 없는



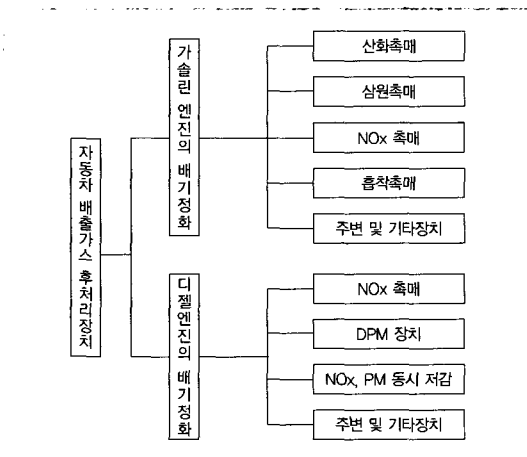
<그림 1> 자동차 배기시스템

배출가스 성분을 억제하기 위해 적용되는 후처리 기술들을 정리한 내용이다.

〈표 2〉 유해 엔진 배출가스 저감방안

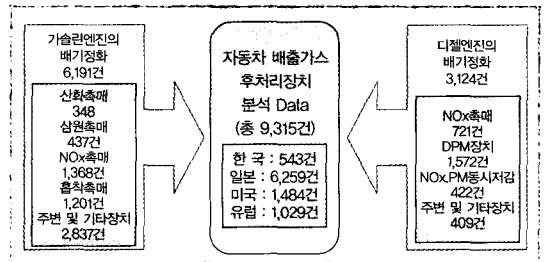
연료개선	엔진 개량	후처리 기술
- 경유 품질 개선 · 황함유량 : 0.05%이하	- 연소실 개선 (Reentrant, Toroidal)	- 입자상물질 여과장치 (DPF)
- 대체연료 · CNG · 메탄올 · CNG+경유	- 연료계 개선 · 고압분사(커먼레일) · 연료분사량 및 분사 시기 전자조절 - 터보-인터쿨러, VGT - 배출가스 재순환 (Cooled-EGR)	- 산화촉매(DOC)  - DeNOx촉매, SCR촉매

이러한 배기후처리 장치의 특허 동향 분석을 위해 서, 〈그림 2〉와 같이 연소 특성이 뚜렷이 구분되는 가솔린엔진과 디젤엔진으로 분류하여 세부 기술별로 동향을 분석하였다. 분류된 기술별로 국제특허분류체계(IPC: International Patent Classification)에 따라 한국, 일본, 미국, 유럽의 특허청에 1980년 이후부터 등록 또는 공개된 특허 중에서 가솔린 엔진 관련 6,191건, 디젤엔진 3,124건을 추출하였다.



〈그림 2〉 배기후처리 장치 기술 분류

한국, 일본, 유럽은 출원된 특허건수를 미국은 공개 제도가 1999년 이후부터 도입되었기 때문에 등록된 특허건수만을 분석에 활용하였다. 〈그림 3〉은 자동차 배출가스 후처리장치 기술의 특허동향을 분석하기 위해, 추출된 모든 특허의 초록을 검토하여 세부 기술별로 분류한 특허건수와 국가별 특허건수를 나타내고 있다.



〈그림 3〉 자동차 배출가스 후처리장치 분석에 활용된 기술별/국가별 특허건수

## 2. 기술 발전 동향 및 산업 동향

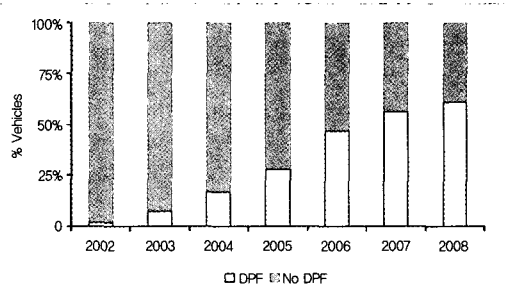
자동차 배출가스 후처리 기술의 발달은 배출가스 규제와 밀접한 관계가 있다. 따라서 배출가스 강화 수준은 배출가스 저감 기술 수준과 직접적인 연관 관계를 갖게 된다. 초기 자동차 배출가스 규제는 매우 큰 폭으로 강화되는 추세를 보였으나, 최근의 배출가스 규제 강화 수준은 이전과 비교하여 수치적인 측면에서는 두드러지지 않은 편이다. 이는 초기에는 배출가스 저감에 대한 기술적 개선 여지가 많았으며 새롭게 개발되는 개선 방안에 의하여 배출가스를 큰 폭으로 저감할 수 있었지만, 최근에는 획기적인 개선 방법 보다는 기존에 개발된 방안들의 기능 향상 등과 같은 제한된 범위에서 기술적 개선이 이루어지고 있기 때문으로 판단된다. 또한, 앞으로 시행될 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 규제도 배출가스 저감 기술 방향에 큰 영향을 미칠 것으로

판단된다.

가솔린엔진의 배기후처리 기술은 산화촉매가 삼원촉매로 대체되면서 배기가스의 주요 오염 물질인 HC, CO, NO<sub>x</sub>를 동시에 획기적으로 저감시킬 수 있게 되었다. 그러나 일반적인 엔진 운전 조건에서 벗어난 냉간 시동 시나 급격 운전 조건에서는 정화 효율이 저하되는 약점을 가진다. 이를 보완하기 위하여, 냉간 시동 시 처리되지 못하는 HC를 흡착 촉매를 이용하여 정화하고, 엔진 효율 증대를 위한 린번 엔진이나 직접분사식 엔진과 같이 희박 연소가 이루어지는 경우 NO<sub>x</sub> 정화 효율 악화를 보완하기 위하여 NO<sub>x</sub> 촉매 적용 방안이 기술적으로 고려되고 있다.

디젤엔진에서의 배출가스 후처리 기술은 주로 PM과 NO<sub>x</sub> 저감에 집중되고 있다. NO<sub>x</sub> 저감을 위한 방안이 다양하게 제시되고 있으나 현실적인 적용에는 다소 시간이 걸릴 것으로 보인다. PM을 저감하기 위하여 초기에 사용된 디젤 산화촉매기술은 PM 성분 중 입자상 성분의 정화 효율이 낮은 단점을 가진다. 이를 보완하기 위한 것이 PM 필터이며, PM 필터를 실용화하기 위한 다양한 방안들이 제시되고 있다. 이산화탄소 배출량 규제가 실시되면 연소 효율이 가솔린 엔진 보다 유리한 디젤엔진 탑재 차량이 증가하여 배기 후처리 장치 시장은 더욱 확대될 것으로 예상된다.

현재는 배출가스 후처리 DPF(Diesel Particulate Filter)의 적용비율이 <그림 4>에 나타난 바와 같이 2005년을 기점으로 급증하여 2006년에는 신규 제작된 차량의 50%정도가 경유 PM 필터(DPF)를 장착할 것으로 전망되고 있어 향후 적극적인 기술적 관심과 대응이 필요한 실정이다.

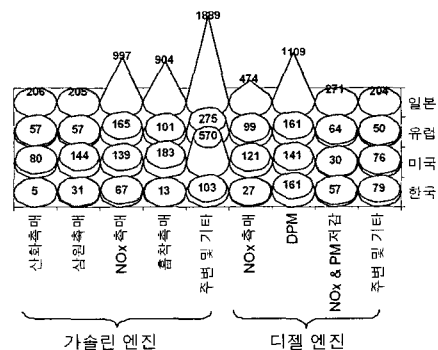


<그림 4> DPF 장착 경유 승용차 및 경량용차 DPF 장착 전망 (아시아, 유럽)<sup>5)</sup>

## II. 특허로 본 전체 기술개발동향

### 1. 기술의 구성도로 살펴본 국가별 기술개발현황

<그림 5>는 기술의 구성도로 살펴본 국가별 기술개발 현황을 보여주고 있다. 자동차 배기가스 후처리장치기술에 대한 국가별 특허동향을 분석하기 위하여 한국, 일본, 유럽에 대해서는 공개 특허를 분석 대상으로 선정하였으며, 미국은 등록건수를 대상으로 분석하였다. 이 그림으로부터 특허의 모든 기술적 분류에 대하여 일본이 수적으로는 타의 추종을 불허할 정도로 많은 특허를 보유하고 있음을 알 수 있다.



<그림 5> 배출가스 저감 장치의 국가별/기술별 특허 현황

가솔린엔진의 경우 산화촉매와 삼원촉매의 기본적인 기술이 20년 전에 개발되었기 때문에 이후에 개발되는 이 분야의 기술들은 이전의 기술을 보완 또는 개선하는 수준이기 때문에 특허수에 있어서는 다른 기술 대비 적은수의 비중을 갖는 것으로 보인다. 그러나, 최근에 관심이 고조되고 있는 지구 온난화 관련하여 가솔린엔진의 경우는 린번엔진과 직접분사식 엔진의 사용에 NOx 증가에 대응하기 위한 기술의 필요성이 크게 대두되고 있어, 이와 관련된 NOx 촉매 기술과 흡착 촉매 기술 개발이 각국에서 활발함을 보여주고 있다. 또한, 기타 및 주변 장치에 대한 특허수가 상당한 수준인 것으로 보아 배출가스 저감을 위하여 새로이 개발되는 기술 이상으로 기존의 기술을 보완하는 기술 개발이 활발함을 알 수 있다.

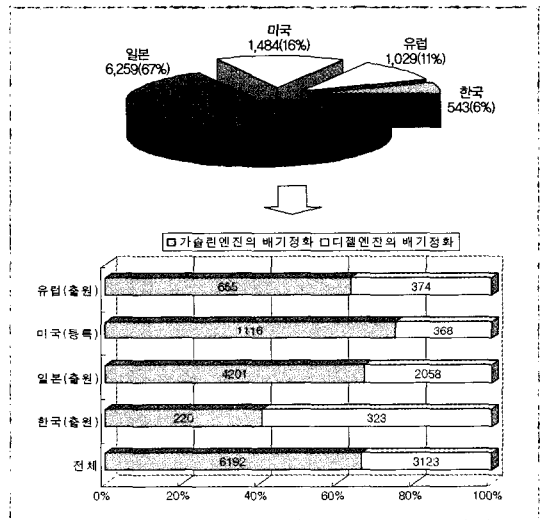
디젤엔진의 경우는 현재 강화되고 있는 배기가스 규제 수준에 따라 엔진 특성상 과다하게 배출되는 NOx와 PM의 대응 기술 개발이 각국에서 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타나 있다. PM에 대한 사회적인 관심의 증가에 따라 PM 저감 방안 고안에 관한 기술이 많이 개발되고 있음을 알 수 있다.

## 2. 국가별 기술특성

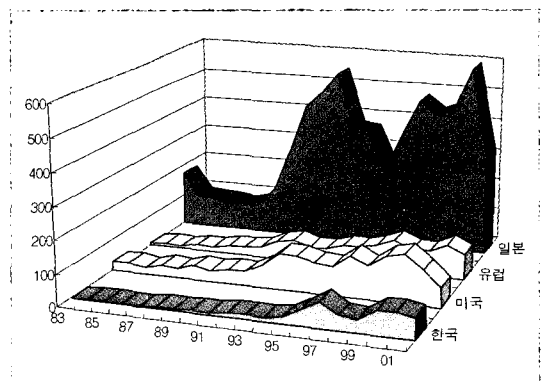
〈그림 6〉는 배출가스 후처리 기술에 따른 국가별 점유율을 보여주는 그래프이다. 배출가스 후처리장치 기술의 국가별 전체 특허의 비중을 살펴보면 일본이 전체의 약 66%를 차지하고 있으며, 다음으로 미국이 17%, 유럽이 11% 그리고 한국이 6% 정도를 차지하고 있다.

〈그림 7〉은 각 국가의 출원연도별 특허출원 또는 등록동향을 보여주는 그래프이다. 출원동향을 살펴보면 한국의 경우 일본, 미국, 유럽보다 상대적으로

늦은 1990년대 중반부터 기술에 대한 출원이 본격적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 이는 한국은 경승용차의 배출가스 허용기준의 적용이 선진국에 비해 상대적으로 늦는데 기인한 것으로, 한국에서는 1996년이 되어서야 처음으로 전기점화기관 차량의 경우 5년/8만km의 배출가스 보증기간을 적용하기 시작하였다.



〈그림 6〉 기술에 따른 국가별 점유율




〈그림 7〉 국가별 출원연도에 따른 특허출원(등록)동향

특히, 국내에서 개발 생산되는 압축착화기관을 장착하는 3.5톤 이상의 경유 차량은 2004년 9월부터 Euro-3의 규제를 받고 있으며, 2005년부터는 Euro-4의 규제를 받기 때문에 이에 대한 기술적 대응을 위해 출원이 꾸준히 증가하고 있다. 미국은 1912년 전체도시의 매연상태를 조사하여 대기오염을 최초로 측정한 나라로서, 1980년대 중반에 자동차 배기가스정화기술의 매우 중요한 전환점이 된 기존 전기점화기관에 삼원촉매를 사용하여 CO, HC, NOx를 모두 90% 이상 저감할 수 있는 기술이 개발된 시기와 비슷한 시점부터 등록건수가 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다.

일본과 유럽은 미국보다 조금 늦은 1980년대 후반부터 출원건수가 증가하고 있다. 유럽은 승용차 배출가스 허용기준이 1992년부터 적용되는 시점부터 특허의 출원이 완만하게 증가하게 있으며, 일본은 전기점화기관 자동차 배출가스 허용기준은 2000년 이후 대폭 강화되고 압축착화기관 차량의 배출가스 허용기준은 1998년부터 적용되는 등의 영향으로

1990년대 초반과 후반에 출원건수가 큰 폭으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 그래프 상으로 4개국 중 일본의 특허출원 건수가 가장 많은 것처럼 보이나 미국의 경우 등록된 특허에 해당하는 특허출원 건수만 분석되어 있으므로 미국에서 등록되지 않은 특허출원 건수는 포함되지 않았다는 점을 염두해 두어야 한다.

(김진곤 편집위원 : kimjg1@cu.ac.kr)

참고문헌 

1. 박철수, 환경규제 제도의 합리적 조정 방안, 1993
2. <http://www.ametsoc.org/sloan/cleanair>
3. Peter Eastwood, Critical topics in exhaust gas aftertreatment, Research studies press Ltd., 2000
4. <http://www.asashop.org>
5. 이춘범, 디젤 자동차 입자상물질 저감장치(DPF) 기술현황과 보급전망(1), 2003
6. 최성배, 김진곤, 2004 신기술동향조사 보고서-자동차 배출가스 후처리장치, 특허청

## 2005~2006년도 대구·경북지부 소속 분회장 선정

우리학회 본회에서는 대구·경북지부의 추천에 따라 아래와 같이 대구·경북지부 소속회원이 5명 이상인 기관의 분회장을 새로이 선임하였습니다. 새로이 선출된 분회장 분들에게 깊은 축하를 드립니다.

- |                      |                    |                     |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| ●경북대학교 분회장 손창현 교수    | ●대구대학교 분회장 이덕영 교수  | ●일진오토모티브 분회장 조하영 대리 |
| ●경일대학교 분회장 김도태 교수    | ●대구미래대학 분회장 정연중 교수 | ●포항공과대학 분회장 허강열 교수  |
| ●계명대학교 분회장 한문식 교수    | ●모토닉 분회장 김경남 과장    | ●한국파워트레인 분회장 홍순석 과장 |
| ●금오공과대학교 분회장 김세웅 교수  | ●안동대학교 분회장 신형섭 교수  |                     |
| ●대구가톨릭대학교 분회장 강성중 교수 | ●영남대학교 분회장 김수연 교수  |                     |