

# 자동차용 캐빈필터 기술

○ **나병철** | 자동차부품연구원 에너지시스템연구센터  
 팀장 / 책임연구원  
 E-mail : bcna@katech.re.kr

## 1. 머리말

### ○ 세계 자동차 생산량 증가

세계 자동차 생산량은 2004년에는 약 6천4백만 대, 2005년에는 약 6천6백만대, 2006년에는 약 6천 9백만대, 2007년에는 약 7천3백만대로 연평균 증가율은 약 4.27% 정도이다. 특히, 최근 활발한 경제 성장을 보이는 중국은 연평균 증가율이 약 20%를 넘어섰고, 일본과 독일에서는 연평균 증가율이 약 3.5% 정도이다. (세계자동차공업협회 자료, 2007)

○ 국내의 자동차 생산량은 2004년에는 약 3백4십만대, 2005년에는 약 3백6십만대, 2006년에는 약 3백8십만대, 2007년에는 약 4백만대로 연평균 증가율은 약 5.4%로 중국보다는 낮지만 미국, 일본, 독일에 비해 높다. (세계자동차공업협회 자료, 2007)

<세계 자동차 생산량>

(단위 : 만대)

국 가	2004 년도	2005 년도	2006 년도	2007 년도	성장율
Total	6,400	6,600	6,900	7,300	4.27%
일 본	1,050	1,080	1,140	1,160	3.35%
미 국	1,200	1,200	1,120	1,080	-3.45%
독 일	550	570	580	620	3.74%
중 국	520	570	720	880	19.5%
한 국	340	360	380	400	5.61%

○ 산업체에서 발생된 먼지 및 자동차 배기가스에 함유된 먼지의 입자크기는 0.01~100 $\mu$ m의 범위로 넓은 분포를 갖고 있으며, 디젤 자동차에서 배출되는 슈트는 0.01~1.0 $\mu$ m의 범위로 대단히 미세한 입자로 구성되어 있다. 이러한 미세 입자상 물질은 인체의 폐포에 직접 노출되어 치명적인 결과를 초래하는 것으로 알려져 있다(그림 1 참조).

○ 대기중 입자상 물질의 증가의 원인으로서, 최근 가속화되고 있는 지구 온난화에 따른 엘니뇨 현상 특히 중국의 급속한 산업화로 인한 사막화를 들 수 있다. 사막화는 황사 현상으로 나타나며 지역과 그 양이 전 세계적으로 증가하고 있다.

- 중국은 사막화 속도가 60년대 이전에는 1,560 km<sup>2</sup>이었으나, 70~80년대에는 2,100km<sup>2</sup>, 현재 매년 2,460km<sup>2</sup>로 가속화되고 있으며, 중국 전역의 가용 초지 가운데 매년 2%씩 사막화가 진행되고 있어 우리나라에 영향을 미치는 황사의 양이 매년 증가하고 있는 추세이다(그림 2 참조).

○ 자동차 내부에서 측정되는 인체에 치명적인 가스상 물질은 자동차의 불완전 연소 및 타이어의 마모에 따라 발생되며, 자동차의 주행시 꽃가루, 석면 입자, 디젤 슈트(Diesel soot), 박테리아, 도로먼지 등과 같은 많은 종류의 악성 미립자상 물질과 함께 자동차 내부로 유입된다. 대표적인 가스상 물질로

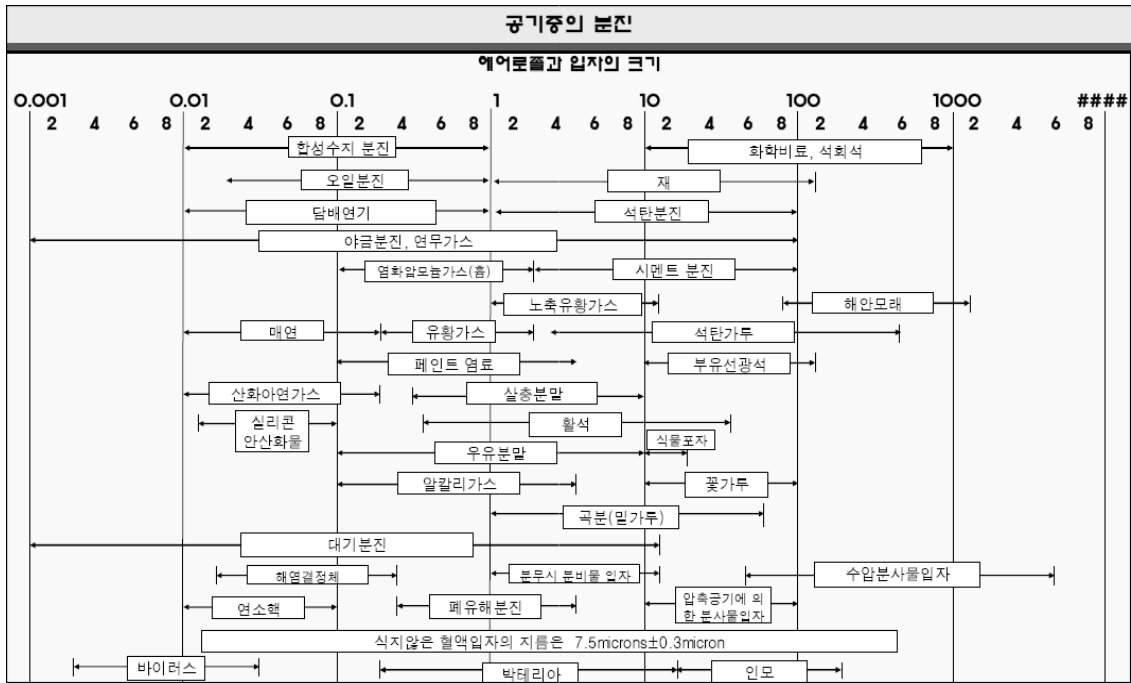


그림 1. 공기 중 분진의 종류별 입자 크기

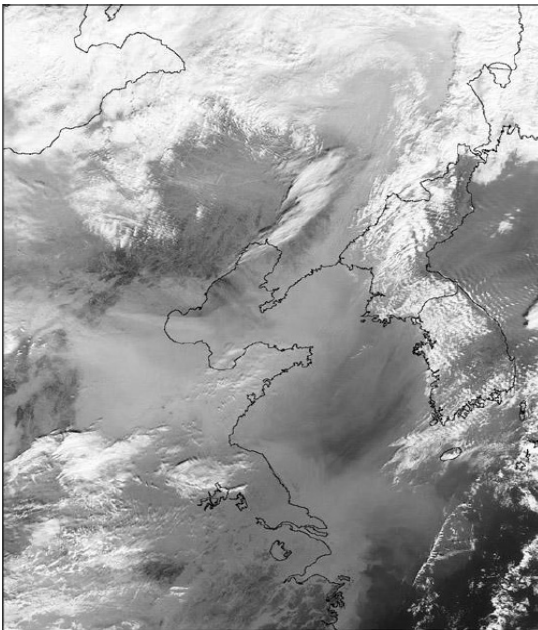
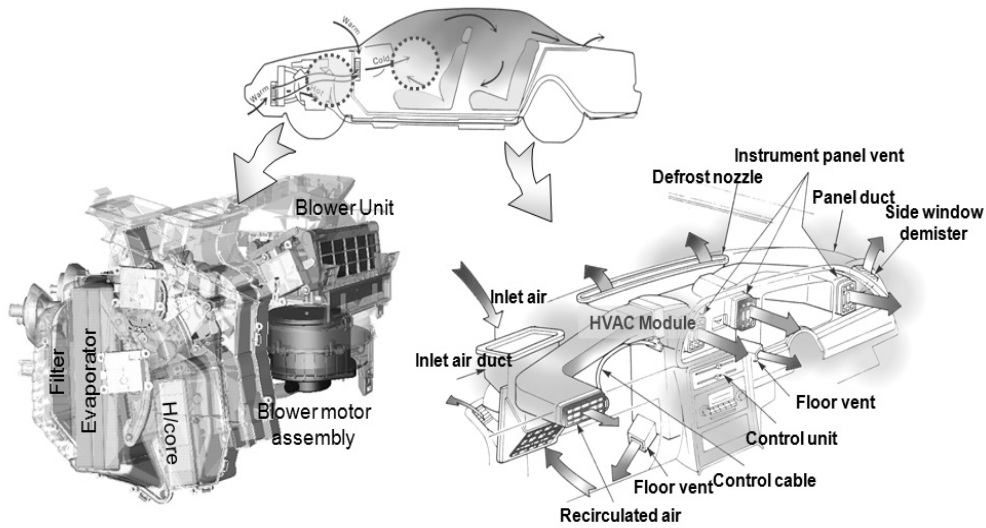


그림 2. 황사 위성 사진 (NASA 항공위성사진)

Ozone, Formaldehyde, Toluene, Xylene, Hydrogen sulphate, Carbon monoxide, Nitrogen monoxide, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide 등을 들 수 있다. 특히 최근 SUV급 디젤 자동차의 수요와 생산량의 증가 그리고 자동차의 노후화로 인해 입자상 물질 뿐만 아니라 황화합물과 같은 유해물질의 농도가 증대되고 있다.

- Formaldehyde 및 Acetaldehyde와 같은 aldehyde 류의 화학물질은 피부질환, 점막자극, 호흡기장애, 중추신경장애, 발암성, 정서적 불안감, 비염, 정신 집중곤란, 기억력상실, 호흡기(눈, 코, 입)의 자극 및 만성 염증 유발하는 대표적인 실내오염물질로 눈과 코의 자극부터 어지럼증, 피부질환, 동물실험에서 코암(비암)까지 일으키는 것으로 알려져 있다.

○ 자동차 분야에서 입자상 및 가스상의 환경유해한 물질을 제거하기 위하여 자동차 배기장치의 후처리 시스템이 개발되어 완성차에 필수적으로 장



(a) 공기조화 장치의 구성

(b) 자동차 공기조화 장치의 통풍구

그림 3. 자동차용 공기조화 시스템의 개략도

착되어 해당 오염물 발생율은 감소하였지만, 도시화로 인한 자동차 밀집도 및 자동차 생산대수의 증대로 인해 유해물질의 농도는 감소되지 않고 있다.

## 2. 자동차용 캐빈필터 기술

자동차의 개발동향이 차량 기본성능분야에서 인간감성과 관계가 있는 편리함, 쾌적성, 안전성, 등의 설계로 전환이 이루어지고 있으므로 운전자 및 탑승자가 활동하는 영역의 환경을 조절하는 공기조화 시스템의 역할이 중요해지고 있다. 그림 3은 공조장치를 개략적으로 표시한 것이다. 공조장치는 차량의 내부공기 또는 외부공기를 선택하여, 공기정화 필터를 사용하여 공기 중에 포함되어 있는 먼지 및 냄새를 제거한 후 냉방용 증발기(Evaporator)와 난방용 히터코어(Heater Core)로 송풍하고, 이들 열교환기에서 차가워지고, 더워진 각각의 공기를 적절하게 혼합하여 실내에 공급함으로써 차량 실내를 쾌적한 상태로 유지시키는 기능을 한다.

생활수준의 향상과 함께 편리함, 쾌적함을 추구하려는 인간본능이 중요시 되면서, 많은 변화가 일어나고 있다. 단순히 차 실내의 기류나 온도분포의 제어뿐만 아니라 냄새, 오염물질 등 탑승자의 감성까지 고려한 실내 공기질 제어 등 차 실내를 하나의 거주공간으로 인식한 연구들이 최근에 진행되고 있다.

차량용 실내공기 오염물질을 분류하면 외부에서 유입되는 물질과 실내에서 발생하는 오염물질로 구분할 수 있다. 외부에서 유입되는 오염물질로는 미세먼지, 꽃가루, 배출가스, 미생물, 등이 있으며, 실내에서 발생하는 오염물질은 내장재에서 발생하는 각종 휘발성 유기화합물, 인체에서 배출되는 CO<sub>2</sub>, 땀, 담배냄새, 발 냄새 등을 들 수 있다. 이런 미세입자들은 알레르기를 유발하거나, 곰팡이에 의한 불쾌한 냄새를 만든다. 공기 정화 필터의 적용은 국내에서는 1994년에 기아차의 크레도스가 최초라고 알려지고 있다. 그 후로 계속 적용이 확대되어 현재는 소형차 일부를 제외한 대부분의 승용 및 RV차량에 장착되어 있다. 공기 정화 필터는 6개월, 또는

12,000km 주행 후 교환하는 것이 권장되고 있다.

이러한 차량 실내공기를 정화하기 위하여 자동차 공조시스템에 적용되고 있는 공기정화 필터 기술을 소개하고자 한다.

최근 자동차 실내 공기의 질을 개선하기 위하여 외부공기의 차량 유입시 필터를 사용하여 입자상 및 가스상 물질을 제거하는 방법과 자동차 내부에 공기청정 필터를 사용하는 방법이 병행 실시되고 있다. 입자상 물질을 제거하기 위해서 사용되는 대표적인 필터는 정전 극세섬유 제조가 가능한 멜트브로운 공법을 이용한 제품과 Bulky 부직포에 정전 처리를 한 제품이 있으며, 극세 멜트브로운 섬유를 이용한 제품의 경우 미세입자의 제거효율은 우수하지만 먼지포집량 즉 수명이 짧은 단점이 있으며, Bulky 부직포에 정전처리를 한 제품은 생산성이 낮아 단가가 높고 포집량은 우수하지만 압력 상승시 포집된 입자의 유출의 단점이 있다.

가스상의 화합물 제거에 주로 사용되는 물질은 비표면적이 매우 큰 활성탄이 대표적이며, 활성탄의 종류는 그 크기와 형상에 따라 입상활성탄(Granular Activated Carbon; GAC), 분말활성탄(Powdered Activates Carbon; PAC)과 섬유상 활성탄(Activated Carbon Fiber; ACF)으로 나눌 수 있다.

종래의 흡착필터 소재는 입상 또는 분말상 또는 입자상 활성탄을 폴리프로필렌, 폴리에스터 재질의 부직포에 접착제로 고착하여 만들어지는 백필터(bag filter) 형태의 필터소재와 세라믹 분말 또는 고분자 분말들을 압축 소결하여 만들어지는 소결필터(sintering filter)로 크게 분류할 수 있다.

활성탄소 부직포의 경우 제조공정이 복잡하여 필터소재의 제조원가를 상승시키는 문제 및 미세분진제거용 필터소재를 활성탄소 부직포와 함께 사용해야하는 문제, 활성탄소를 부직포에 고정화하기위해 사용된 고착성분이 활성탄의 흡착능력을 저하시키는 문제에 대한 개선이 시급하며, 소결필터의 경우 모듈의 제조시 후가공성 등의 문제 및 공조시스템에서 많은 부피를 차지함으로써 설치비용 및 보수관리비의 증가되는 단점 개선 시급하다.

활성탄 필터는 표면적에 의한 물리적 흡착이 수

행됨에 따라 일정양의 가스가 흡착되면 더 이상 흡착이 이루어 지지 않고 흡착된 가스를 외부로 배출하는 탈착이 진행된다. 따라서 흡착된 가스에 대한 분해를 목적으로 활성탄 표면에 촉매(전기금속: Pt, Pd 및 착물)를 침착하는 공정이 필수적이지만 고비용의 단점이 존재함으로 저비용의 촉매기술의 개발이 시급하다.

최근 자동차용 케빈필터 분야는 3M, Carl Frudenberg에서는 입자상 및 가스상을 동시에 제거가능한 Combination type의 filter media를 출시하여 세계 시장을 점유하고 있고, 국내의 경우 Combination type의 filter media를 수입하여 고급차에 일부 사용하고 있다. 그러나 상기 필터의 경우도 가스상 물질이 탈착되는 문제에 대한 개선이 요구되고 있다. 가스상 제거에 대한 필터 적용은 현재 국내외로 고급 승용차에 국한적으로 장착되어 있다. 그러나 소형차 및 대중교통 수단인 버스 및 대형 화물차와 같은 상용차에도 확대 실시에 대한 요구가 증대되고 있으며, 유럽 및 일본 등 선진국에서는 적용을 의무화하는 노력이 진행되고 있다.

### 3. 케빈필터 신뢰성 평가기술

차 외부의 오염된 공기가 실내로 유입되는 것을 방지하기 위한 장치로는 대표적으로 공기정화 필터를 들 수 있다. 공기정화 필터는 그 기능에 따라 먼지류, 꽃가루 등 이물질을 걸러주는 정전기형 입자필터와 여기에 휴발성 유기물질 및 냄새를 흡착분해할 수 있는 기능성 공기정화 필터로 나눌 수 있다.

차 실내 공기정화에 대한 관심이 높아지면서 국내에서는 지난 2002년 지식경제부에서 실내로 유입되는 공기 중의 분진, 유해가스를 제거 목적으로 공조장치에 사용되는 환기용 공기정화 필터의 평가기준 및 신뢰성시험 평가기준을 제정하였다. (표 1, 2, 3)

표 1. 신뢰성시험 조건

항 목	시 험 조 건
시험유량(m <sup>3</sup> /h)	300m <sup>3</sup> /h
분진농도(mg/m <sup>3</sup> )	70±5mg/m <sup>3</sup>
사 용 분 진	ISO 12103-1 Fine Test Dust
온 도(°C)	23±5°C
습 도(%)	55±15%

표 2. 공기정화 필터 유닛의 품질시험 평가 기준

시 험 항 목		평가기준	시험방법
초기압력손실	450 m <sup>3</sup> /h	100Pa 이하	RS K 0011
초기분별 제거 효율 시험 (기하학적 직경)	0.3µm ~ 0.5µm	60% 이상	RS K 0011
	0.5µm ~ 1.0µm	70% 이상	
	1.0µm ~ 3.0µm	80% 이상	
	3.0µm ~ 5.0µm	90% 이상	
	5.0µm ~ 10µm	1005 이상	
유해가스 제거 효율 시험 (1분/5분)	톨루엔(80ppm)	80% / 75% 이상	RS K 0011
	n-부탄(80ppm)	70% / 45% 이상	
	아황산(30ppm)	70% / 55% 이상	
	오존(100ppm)	90% / 85% 이상	
유해가스 탈착시험		5% 미만	RS K 0011
연소성 시험	FMVSS302 또는 DIN53438	자기소화성 Self-extinguishing)	RS K 0011
내곰팡이성 시험	ISO 846 A	0 등급 혹은 1등급	RS K 0011
내균성 시험	ISO 846 C	0 등급 혹은 1등급	RS K 0011

표 3. 신뢰성 시험평가 기준

초기분별 제거 효율 시험 (기하학적 직경)	0.3µm ~ 0.5µm	60% 이상	RS K 0011
	0.5µm ~ 1.0µm	70% 이상	
	1.0µm ~ 3.0µm	80% 이상	
	3.0µm ~ 5.0µm	90% 이상	
	5.0µm ~ 10µm	1005 이상	
분진 제거 능력 시험		15g/유닛 이상	RS K 0011

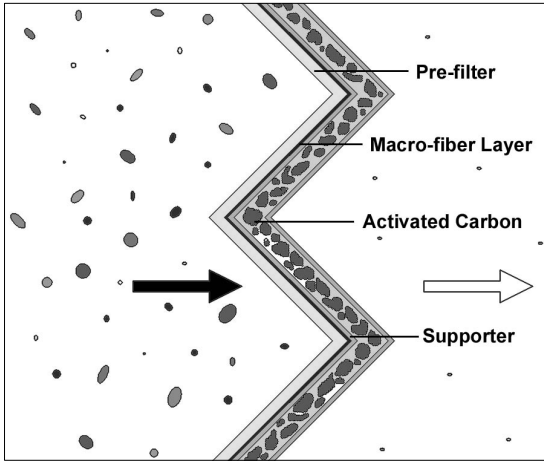


그림 4. Combination Filter 모식도

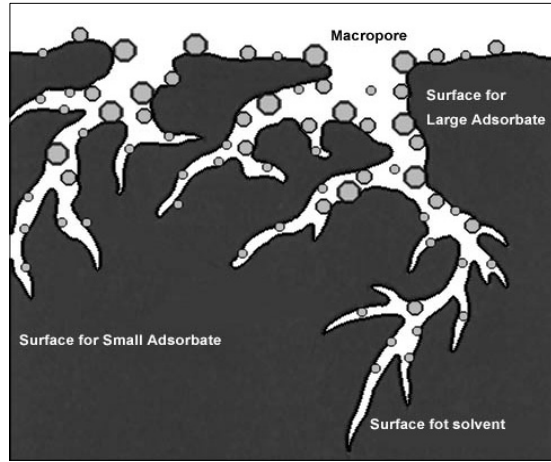


그림 5. 활성탄 모식도

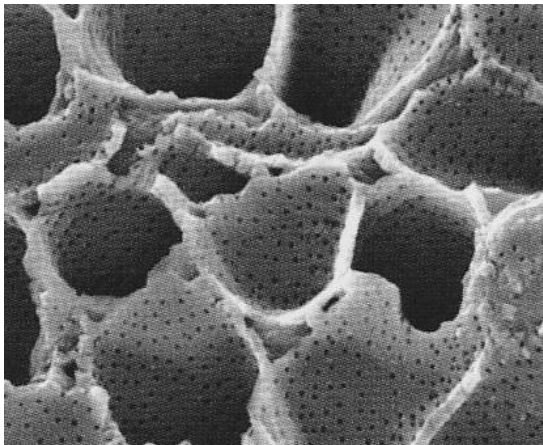


그림 6. 특수 처리한 탄소입자 사진

최근 개발된 공기정화 필터의 기능을 보면 먼지, 류나 꽃가루 등의 이물질뿐만 아니라, 냄새와 휘발성 유기 화합물을 제거하기 위하여 각종 특수처리를 한 탄소입자 필터 등이 개발되고 있다. 그림 4는 기능성 탄소입자 필터의 개략도, 그림 5는 활성탄 모식도이다. 그림 6은 특수 처리한 탄소입자의 현미경 사진을 보여주고 있다. 현미경 사진에서 볼 수 있듯이 탄소입자의 흡착능력을 최대화 시키고 탈

착현상을 감소시키기 위한 기술로 탄소입자의 도입경을 최대한 균일하게 유지하고, 표면적을 넓게 만드는 기술이 개발되었다.

과거 탄소입자 필터의 경우 활성탄에 흡착된 알데히드류(R-CHO)의 냄새가 과포화 흡착 후, 탈착 시 발생하는 시큼한 냄새가 고객의 불만이 되기도 하였는데, 최근에는 유기화합물 복합 침단 소재의 개발로 탈착 시 발생하는 냄새를 억제할 수 있는 기술들도 개발 되었다.

- 참고문헌 -

1. Toyota Technical Review Vol. 54, pp 3-13, March 2006.