最近 디이젤自動車의 排出가스 對策技術 動向

(Trends of Exhaust Emission Control Technology for Diesel Vehicles)

趙 康 來* 韓 英 出**
Kang-Rae, Cho Young-Chool, Han

1. 머리말

최근 자동차의 급격한 증가는 대도시에 있어 대기오염을 크게 악화시키고 있으며, 특히 디이젤자동차에서 많이 배출되고 있는 매연, 질소산화물 및 악취물질은 도시 대기오염에 지대한 영향을 끼치고 있다. 매연은 대기중의 부유분진 농도를 증가시켜 인체에 피해를 줄 뿐만 아니라 시야를 방해하고 자연을 오염시키는 등 그 피해가 크며 질소산화물은 탄화수소와 같이 햇빛의 존재하에서 광화학반응을 일으켜 대기중의 광화학 산화물의 농도를 증가시키며 알데히드와 같은 디이젤자동차에서 많이 배출되는 악취물질은 우리의 일상 생활에 큰 불쾌감을 주고 있다.

우리나라도 점점 늘어나는 자동차에 의한 대도시 대기오염의 저감대책의 일환으로 배출가스 허용기준을 대폭 강화하고 있으나 디이젤자동차의 배출가스 허용기준은 질소산화물의 기준을 약간 강화하였을 뿐 디이젤자동차에서 크게 문제시되는 매연과 입자상물질에 대해서는 현재의 수준을 그대로 유지하고 있다. 그리고 현재 서울과 같은 대도시에 있어서는 대기오염물질 중 가장 문제가 되고 있는 것은 부유분진으로서 이의 저감대책이 시급히 요구되고 있으며 부유분진의 큰 배출원이 시내버스를 포함한 디이젤자동차이다. 이에 따라서 디이젤자동차 배출물 특히 입자상물질 대책이 시급한 현실이다.

입자상물질을 저감시키는 방법은 크게 두 가지로 나누어진다. 하나는 기관내에서 연소조건을 개선하여 연소반응시 입자상물질이 가능한 한 적게 생성되도록 하는 기관개량(Engine Modification)방법 즉, 실린더내에서의 저감기술(In Cylinder Control Techniques)이며, 다른 하나는 기관내에서 생성된 입자상물질이 대기중에 배출되기 전에 배기관으로부터 직접 제거하는 기술이다.

보통 실린더내에서의 저감기술이 가장 바람직한 방법으로 지금까지는 이 분야의 기술이 많이 개발되어 왔으나 디이젤자동차에서 배출되는 입자상물질의 허용기준이 강화됨에 따라 기관내에서의 저감기술만으로는 목표달성이 어렵기 때문에 그 후처리기술이 필요하게 되었다.

여기서는 최근까지 연구된 저감장치에 관하여 간단히 소개하고 선진국에서 실제 자동차에 부착 사용되고 있거나 가장 효율적이며 사용가능성이 높아 연구되고 있는 입자상물질 필터 및 트랩과 그 재생장치에 대하여 상세히 기술하고자 한다.

* 國立環境硏究所 自動車公害課 硏究擔當官
** 國民大學校 工科大學 機械工學科 副敎授(工博)

2. 기존방법의 입자상물질 후처리장치

입자상물질 후처리 장치는 지금까지 여러가지 방법이 있어 왔으나 현재는 여러가지 구비요건 때문에 연구가 중단되고 있거나 보다 많은 개량이 요구되고 있다.

입자상물질 후처리 장치의 구비요건은 보통 처리효율이 높고 재생 또는 처리가 용이하며, 유지보수가 쉬워야 한다. 또한 설치 및 유지보수 비용이 적게들며 연비에 악영향을 미쳐서는 안되고, 2차공해유발을 방지할 수 있는 장치이어야 한다.

현재까지 연구된 후처리 기술장치를 기술하면 다음과 같다.

2-1 원심분리장치

배기가스중의 입자상물질을 원심력을 이용하여 가스로부터 분리 제거하는 원리를 이용한 장치로서 집진효율을 높이기 위하여 원심분리전에 입자의 응집을 돕기 위한 처리를 하고 있다. 이 장치의 문제점은 제거효율이 낮고 원심분리한 입자상물질의 처분이 문제시 된다.

2-2 스크러버(Scrabber)

디이젤자동차 배출가스를 물에 통과시켜 입자상물질을 흡수 제거시키는 것으로서 제거효율 및 포집된 입자상물질의 처리가 문제되고 물의 보충 및 동절기 동파 등의 문제점이 있어 자동차에서의 사용은 실용성이 못된다.

2-3 전기집진장치

디이젤자동차의 매연을 제거하기 위한 방법으로서 많은 검토가 되었다. 그림1은 튜브와 중앙 방전선으로 구성되어 있는 실험장치의 예를 나타낸 것이다. 배기관을 통과하는 탄소 입자는 코로나 방전에 의해서 이온으로 하전되어 관의 벽을 따라 흐르며 관 중앙의 깨끗한 공기와 분리된다. 관의 벽을 따라 흐르는 분리된 입자상물질을 함유한 가스는 제거되고 깨끗한 가스의 흐름은 관의 중앙으로부터 배출된다.

이 장치로는 운전조건하에서 배출가스 16% 내에 입자상물질 50 %를 함유하도록 할 수 있으나 제거효율이 낮고 농축된 입자상물질의 처리가 문제점으로 남아 있어 연구가 중단되고 있다.

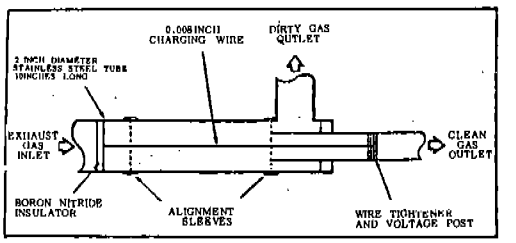

Fig. 1 Electrostatic Particulate Remover

2-4 오일베스(Oil Bath)

배출가스를 기름과 같은 액체욕에 통과시키므로서 입자상물질을 포집하는 방법이다. 그림2에 이 원리를 이용한 장치의 예를 나타내고 있다. 이 장치는 Opel 2.1ℓ기관을 사용하여 실험한 것이며, 작은 것은 에어크리나를 모방한 것이고, 큰 것은 30가론 드럼을 사용한 것이다. 이 장치는 일반 모터 오일을 사용하여 탄소입자 50 %를 제거할 수 있으나 오일 욕내에 슬럿지의 생성과 배출가스의 통과로 인한 오일 미스트의 대기중 배출이 오히려 입자상물질을 증가시키는 결과를 초래한다.

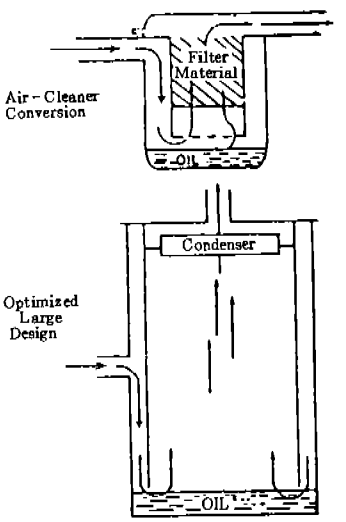

Fig. 2 Oil Bath Particulate Trap

3. 최근의 입자상물질 후처리 장치

3-1 촉매산화여과장치(CTO ; Catalytic Trap Oxidizer)

CTO는 Johnson Matthey사에서 개발한 디이젤자동차의 입자상물질 후처리 장치이다. 이 장치는 스테인레스강선에 알루미나의 얇은 막을 입힌 후 백금족의 귀금속 촉매로 처리한 여과재를 기관의 배기 매니폴드를 개조한 금속관에 넣어 입자상물질을 여과처리하거나(그림 3), 이 여과재를 넣은 적당한 금속관을 배기관의 소음기 대신 사용하는 방법이 있다.

현재 이 장치는 승용차 및 경량트럭의 1987년 미연방 기준치인 0.2 g/mile(경량트럭 0.25 g/mile) 및 1989년도의 캘리포니아주 기준치인 0.08 g/mile을 만족시키기 위하여 많은 연구가 추진되고 있으며 대형자동차인 버스 및 트럭에 적용하기 위한 실험이 캘리포니아주를 비롯한 많은 나라에서 실시되어 좋은 결과를 얻었다.

① 입자상물질의 여과

입자상물질은 여과에 의하여 배기가스로부터 제거할 수 있으며 이 여과장치는 장치의 크기, 무게 및 자동차 배기관의 배압등에 의하여 제약을 받는다. 여과는 단순히 기계적인 처리이지만 디이젤자동차 배출가스의 입자상물질 필터는 여과된 입자상물질을 배기가스 흐름의 열역학적 환경하에서 다른 공해를 유발하지 않은 방법으로 처리할 수 있어야 한다.

여과된 입자상물질은 600 ℃이상의 온도에서 연소시켜 제거할 수 있으나 디이젤기관의 배기가스 온도는 실제적으로는 이 온도보다 낮다. 도로를 주행하는 자동차의 배기가스 온도는 보통 100 ℃~350 ℃ 범위에 있다. 그러므로 보통 배기가스 온도에서 축적된 입자상물질을 연소시키는데 필요한 촉매가 필터내부에 필요한 것이다.

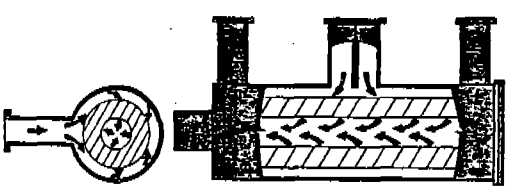

Fig. 3 Catalytic Wire Mesh Diesel Particulate Trap

여과는 다음 두 가지의 기본적인 원리에 의하여 이루어질 수 있다.

a) 여과하려는 입자보다 적은 구경을 가진 물체를 이용하여 여과하는 방법

b) 충돌에 의한 여과 즉 입자상물질을 포함한 배기가스 흐름의 방향을 급격히 변환시켜 입자상물질의 운동량을 변환시켜 여과시키는 방법이 있다.

Johnson Matthey에서 개발한 CTO는 압력저하, 크기 및 무게제한을 동시에 만족시킨 것으로 방사선 흐름 필터(Radial Flow Filter)이다.

② CTO의 설계

디이젤자동차 입자상물질 저감장치의 설계에 영향을 미치는 주요한 인자는 기관 배기량, 기관형태 및 배기가스 온도이다. 디이젤자동차의 배기량은 같은 크기의 가솔린자동차보다 4~10배의 가스흐름이 있기 때문에 디이젤자동차에 사용하는 촉매의 크기는 가솔린자동차보다 더 커야 한다.

여과재는 스테인레스 강선으로 만든 것으로 선형의 흐름을 이루도록 만들어졌으며, 이 여과재는 최대의 표면적을 가지면서 배기가스 흐름의 방해를 최소로 하도록 되어 있다. 이 여과재는 배기가스 매니홀드에 설치하여 배기가스 온도를 최대로 이용할 수 있도록 기관에 가능한 가까이 설치하는 것이 좋으나 기관에 따라서는 소음기 대신에 이 촉매여과 장치를 설치할 수 있다.

일반적으로 2사이클기관의 배기가스 온도는 낮으므로 배기매니홀드 개조형을 사용하며 4사이클 대형기관은 배기가스 온도가 높으므로 소음기대신 사용할 수 있다. 여과재의 밀도는 CTO의 여과 특성을 맞추기 위하여 조절할 수 있다. 메쉬필터(Mesh Filter)를 만드는 선의 비표면적(S/V)은 장치의 여과 특성에 따라 조절한다. 표 1은 CTO구조의 보기와 장치의 여

과효율을 나타낸 것이다.

Table 1 Particulate Removal Efficiency of Various CTO Structure

Density	S/V Ratio	Particulate Removal (%)
JM 4 Reference	Reference	51.3
JM 7 Increased	Same	66.8
JM 8 Same	Increased	78.9
JM 9 Same	Graduated	77.1
JM10 Graduated	Graduated	78.1

촉매장치는 자연분사기관(Naturally Aspirated Engine)으로부터 배출되는 입자상물질을 산화시키기 위한 온도가 약 350℃가 되어야 한다. 그림 4는 탄화수소의 함유량 및 촉매 유무에 따른 입자상물질의 점화온도를 나타낸 것으로 이 온도는 디이젤자동차기관의 작동범위내의 고부하 조건에서의 온도이다.

그림 5는 5단기어를 가진 2ℓNA기관에 대한 속도와 배기가스 온도를 나타낸 것이다. 배기가스 온도는 배기가스 매니폴드로부터 약60 *cm* 떨어진 배기관에서 측정한 온도이다.

자동차가 작동하는 대부분의 시간은 배기가스 온도가 350℃이하이며, 입자상물질의 산화를 위해서는 촉매가 필요하게 된다. 배기가스 온도가 350℃ 이하에서는 촉매필터는 입자상물질을 포집 보관하여 낮은 속도에서는 이 상태가 계속된다.

③ 촉매작용

CTO의 촉매는 몇가지 기능을 갖는다. 첫째 목표는 탄소성 입자물질을 연소시키는 낮은 온도의 제공이며 온도가 증가함에 따라 축적된 입자상물질로부터 배출되는 휘발성 물질을 촉매학적으로 산화시키는 기능이다. 이 성질은 방향족 탄화수소와 관련된 심한 악취물질을 제거할 수 있다. 표2는 미량 악취물질에 대한 CTO의 제거효율을 나타낸 것이다.

CTO는 디이젤자동차 배출가스중의 일산화탄소(CO) 및 경질 탄화수소(HC)도 산화시킨다. 그림 6은 CTO를 장착한 PERKINS 4.2

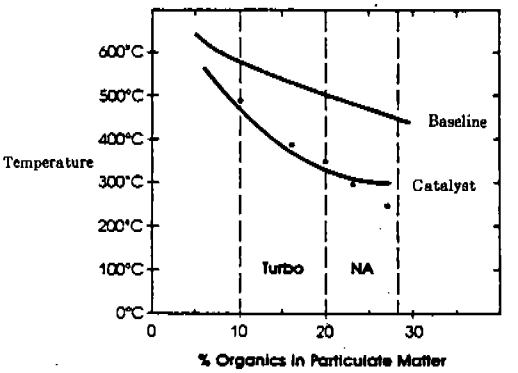

Fig. 4 Catalytic Ignition Temperatures

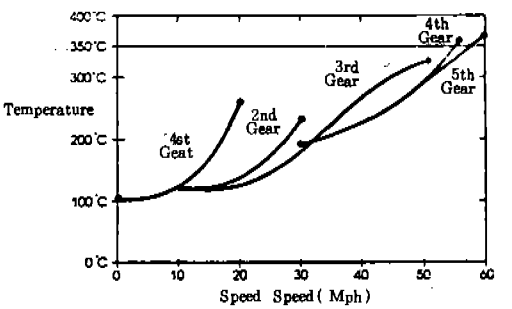

Fig. 5 Exhaust Temperature vs Speed (2.0 Litre, 5 Speed Diesel)

Table 2 CTO Trace Emission Removal

Emission	mg/min	
	Baseline	CTO
Ammonia	66.0	3.2
Phenols	68.0	7.5
Formaldehyae	18.0	0.0
Methylethyl Ketone	14.0	0.0
Benzaldehyde	7.5	0.8
Acetaldehyde	5.3	0.0
Acetone	1.0	0.0
Isobutyraldehyde	4.3	0.0
Crotonaldehyde	1.4	0.0
Hexanaldehyde	1.4	0.0
Benzene	9.0	0.1
Toluene	4.3	0.0

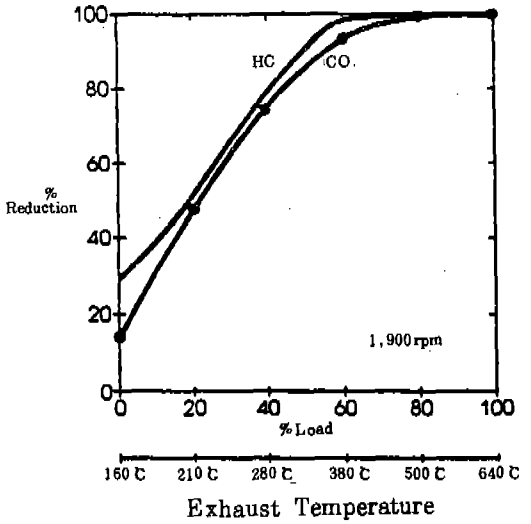

Fig. 6 Gaseous Emission Control Perkins 4.2 Litre Engine Fitted with CTO

ℓ기관의 배출가스를 측정한 것으로 배기가스 온도 및 부하에 따라 CO 및 HC의 제거효율을 나타낸 것이다.

백금은 처음에는 산화촉매로 사용하였기 때문에 SO_2를 SO_3로 산화시켜 황함유량이 많은 디이젤을 사용하는 자동차에는 황산화합물의 배출이 문제시 된다. 그러나 특수하게 개량된 백금촉매는 황을 함유한 경우의 황산화합물의 배출을 억제할 수 있다. 표3은 온도에 따라 촉매장치의 SO_2 변환율을 50시간동안 시험한 결과를 나타낸 것이다.

④ CTO 작동

CTO는 다음 3가지 모우드에 의해서 작동한다.

Table 3 SO_2 Conversion

Temperature %	Conventional Catalyst	Initial CTO	LDT* CTO	Proposed HD* CTD
100	2	2	1	1
200	10	9	3	2
300	15	18	3	2
400	30	26	7	3
500	48	30	10	6
600	61	45	18	8

a) 입자상물질 포집(Collection Phase):이 모드에서는 입자상물질이 포집되며 시간이 지나감에 따라 배압이 증가한다. 이 모드에서는 온도가 낮기 때문에 포집된 입자상물질의 제거를 위한 산화는 일어나지 않으나 CO 및 HC는 산화될 수 있다.

b) 평형점(Balance Point): 이 모드는 입자상물질의 포집과 산화가 평형을 이루는 점으로 필터의 포집효율 및 입자상물질 점화온도에 따라 다르다. 이 모드에서는 시간에 따라 배압이 일정하게 유지된다.

c) 재생시기(Regeneration Phase): 이 모드에서는 입자상물질의 파괴가 포집보다 일찍 일어나며 여과 포집된 입자상물질이 연소되어 필터장치가 깨끗이 되고 배압이 감소된다. 입자상물질 트랩이 이들 각각의 모드에서 소요되는 시간의 양은 자동차의 운전모드나 균형온도(Balance Temperature)의 함수이다. 각각 상이한 촉매 또는 비촉매 트랩에 대한 균형온도를 Oser와 Thoms가 측정한 것을 보면 다음과 같다.

세라믹 휠타 : 553℃

일반금속 촉매를 입힌 세라믹 휠타 : 468℃

귀금속 촉매를 입힌 세라믹 휠타 : 520℃

귀금속 촉매 CTO : 320℃

⑤ 경량자동차에 CTO응용

과급기가 부착된 2.4ℓ Fiat 131 세단에 CTO JMB/11형을 장치하여 배출가스 저감성능을 EPA의 자금에 의해 SWRI(South-West Research Institute)에서 실험하였다. 실험방법은 10분간 온도조절된 실내에서 방치한 후 4단기어에서 64㎞/h로 1시간 운전하고 LA-4모드에 의해 운전후 백에 시료채취 분석하였다. 이 실험시 배기가스 온도는 그림7과 같으며 온도는 때때로 300℃에 도달하였다.

NYCC(New York City Cycle) 모드는 아이들링 시간이 많은 도시의 저속 모드이며 짧고 급격한 가속모드를 포함한다. 이 모드의 촉매 입구 온도는 200℃ 이하였다. FTP(Federal Test Procedure) 모드는 중간온도의 모드이며 때때로 배출가스 온도가 300℃에 도달

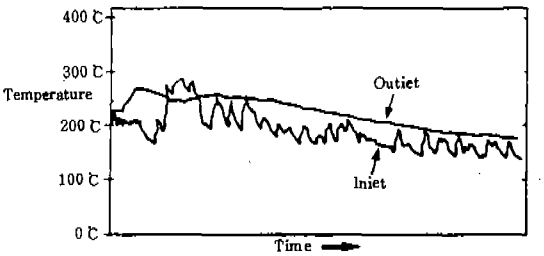

Fig. 7 Hot Start LA-4 Cycle

하고 고속도로 연비모드(Highway Fuel Economy Cycle)는 고속모드로서 배출가스 온도가 350～400℃에 도달하였다. 표4에 3개의 대표모드와 85㎞/h의 정속모드에서 CTO의 배출가스 저감율을 측정하여 나타내었다. 이 표에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 모드에서 오염물질이 감소하였으며 다만 입자상물질 연소시 높은 온도때문에 질소산화물이 약간 증가하였다. CTO장치는(JMB) Volkswagon Rabbit에 설치하여 50,000mile 시험을 1982년도에 완료하였으며 만족할 만한 결과를 얻었다.

Table 4 Average Emissions Reductions

Test	HC	CO	NOx	Particulate
3 Bag FTP	60 %	73 %	-3 %	72 %
HFET	75 %	84 %	-5 %	46 %
NYCC	76 %	76 %	-7 %	69 %
85㎞/H Steady State	96 %	88 %	-11 %	27 %

⑥ 대형 디이젤자동차에 CTO 응용

장기간 낮은 배기가스 온도에서 운전되는 경량 디이젤자동차에 비하여 트럭이나 버스와 같은 대형 디이젤자동차의 배출가스 온도는 자주 높은 온도에 도달한다. 그림8에 버스의 배출가스 온도 기록결과를 나타내었다.

대형 디이젤자동차는 운전시간의 최소 25 % 이상이 보조수단없이 여과 포집된 입자상물질을 재생시킬 수 있는 상태에서 운전되고 있다. CTO의 대형 자동차에 대한 실험은 로

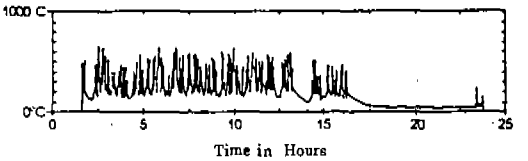

Fig. 8 Bus Exhaust Temperature Trace

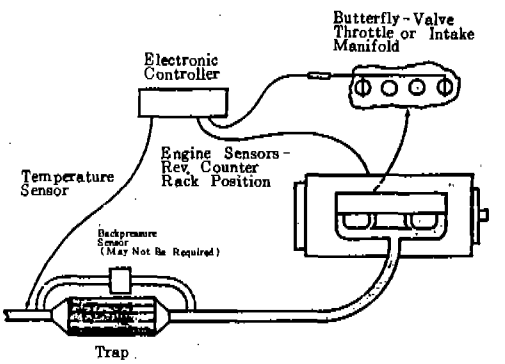

Fig. 9. CTO System

스엔젤레스, 필라델피아, Tucson 과 같은 미국의 도시에서 실험하고 있을 뿐만아니라 유럽의 Munich, Cologne, Rotterdam 및 Upsala 와 같은 도시에서도 실험하고 있다.

⑦ CTO 의 특징

CTO 장치는 그림9에서 보는 바와 같이 트랩, 전자조절장치 및 트랩의 입자상물질을 재생하기 위하여 배기가스중 CO 및 HC량을 증가시키기 위한 흡입 매니폴드의 나비형 밸브(Butterfly Valve)로 구성되어 있다. 이 장치는 다른 장치에 비하여 구조가 간단하고 배압이 적게 걸리며, 재생조작이 간단할 뿐만 아니라, 일산화탄소나 탄화수소까지도 저감시키는 장점이 있다. 재생을 위해서 배기가스 온도를 높이기 위한 조치만 하면 된다. 그러나 이 장치의 결점은 촉매로 귀금속을 사용하기 때문에 필터장치의 비용이 많이 들며 특히 배출가스량이 많은 대형자동차에 대해서는 많은 비용이 소요된다. 그러므로 승용차나 경량트럭에 사용하는 것이 바람직하다.

흡기의 트로틀링에 의해 배기가스 온도를 높일 때와 표준기관의 차속과 배기가스 온도와의 관계를 보면 그림10과 같다.

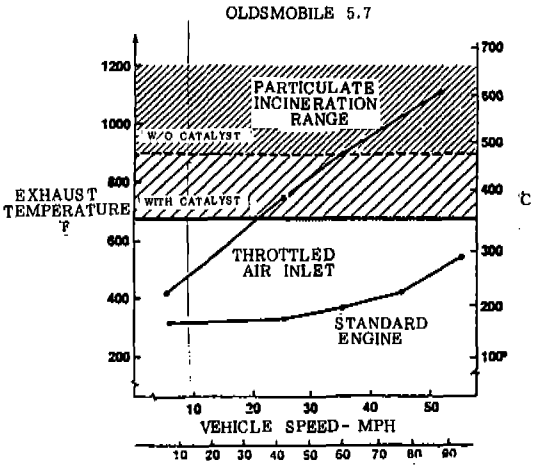

Fig. 10. Effect of Intake Throttling on Exhaust Temperature

3-2. 자기제 모노리스여과장치 (Ceramic Monolith Trap)

디이젤자동차 입자상물질 저감장치는 크게 3가지 분야 즉 여과장치(Trap or Filter), 재생기술(Regeneration Technique), 조절 및 작동부(Control and Actuation System)로 구분된다.

지금까지 개발된 여러가지 여과장치중 실용성이 있는 장치로는 자기제모노리스 여과장치(Ceramic Monolith Trap), CTO (Catalyzed Trap Oxidizer) 및 다공 금속판위에 석영섬유로 짜서 만든 촛대모양의 여과장치(Silicon Fiber Candle Trap)로 나눌 수 있다.

여기서 Ceramic Monolith Trap은 Corning Glass Co. 에서 생산하고 있으며 이 장치의 원리는 그림 11에서 볼 수 있는 바와 같이 많은 통로를 가진 세라믹 여과재의 한쪽끝을 서로 교대로 봉합한 것으로 배기가스가 한쪽끝이 막힌 세라믹 여과막을 통과하면 입자상물질이 세라믹 벽에 부착 여과되고 깨끗한 배기가스만이 통과되도록 설계된 것으로서 입자상물질이 벽에 많이 부착하면 배압이 증가하게 된다. 그러므로 일정배압에 도달하면 재생장치에 의해 포집된 입자상물질을 연소 재생시킨다.

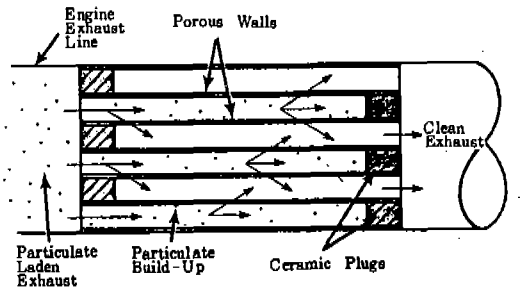

Fig. 11. Flow Through Wall of Ceramic Monolith

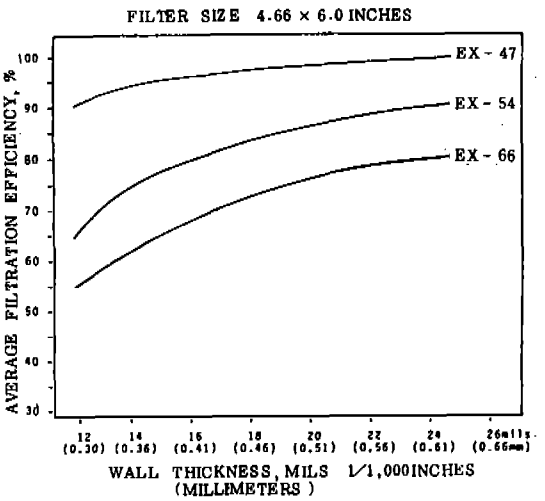

Fig. 12. Efficiency Change With Wall Thickness

Ceramic Monolith Trap은 단순히 다공성 자기벽에 입자상물질을 여과 포집하기 때문에 자연연소는 기대하기 어려우며 일정 간격으로 연소될 수 있도록 하는 재생장치가 필요하다.

① Ceramic Monolith Trap

이 장치는 가솔린자동차의 촉매전환장치에 이용되고 있는 것을 디이젤자동차의 여과재로 개량한 것이다. 현재 Corning Glass Co. 에서는 Ex-47, Ex-54 및 Ex-66과 같은 종류의 것을 생산하고 있으며 이들은 그림 12에서 보는 바와 같이 입자상물질 포집효율이 다르다. 포집효율은 여과재의 두께에 따라 상이하다. 즉, Ex-47은 여과재의 두께 0.3㎜에서

90 %, 0.66㎜에서 거의 100 %의 효율을 나타내며 Ex-66은 0.3㎜에서 55 %, 0.66㎜에서 약 80 %의 효율을 나타낸다.

이 여과장치로 배기가스중의 입자상물질을 포집할 때는 필터내부의 온도가 약 400℃, 외부온도가 200℃이나 재생시에는 내부온도가 900℃, 외부온도가 200℃이므로 온도차이에 의한 열충격에 의해서 여과장치가 파손될 수가 있다. 그러므로 여과장치를 용기에 장착할 때는 충격흡수 및 보온재료를 사용하여 열충격에 의한 파손을 방지하고 외부용기 재료의 선택과 구조에 주의하여야 한다. 여과장치의 외부용기 재료 및 보온재료의 설치 보기를 그림 13에 나타내었다.

② 재생장치

Ceramic Monolith Trap의 재생장치로 사용할 수 있는 것은 여러가지 종류가 있으며, 그 종류 및 장단점을 표 5에 나타내었다.

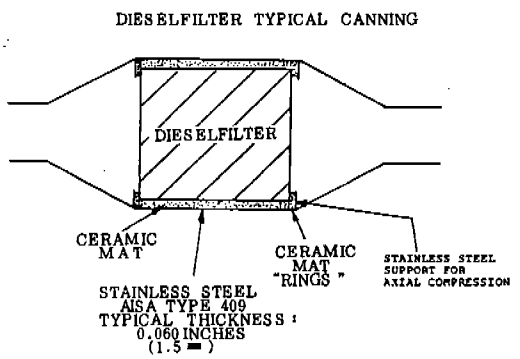

Fig. 13. Dieselfilter Typical Canning

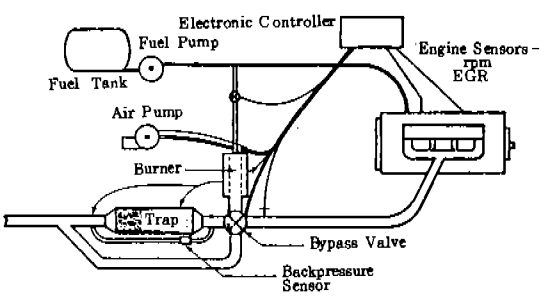

Fig. 14. Ceramic Monolith Trap/Burner System

③ 장치의 구성

a) Ceramic Monolith Trap / Burner System

이 장치의 구성도를 개략적으로 나타내면 그림 14와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 이 장치의 구성은 용기에 포함된 Ceramic Monolith Trap, 버너 재생시 바이패스를 위한 관 및 장치를 조정하기 위한 각종 검출소자, 콘트롤장치, 작동기구로 구성되어 있다.

Table 5. Regeneration System of Ceramic Monolith Trap

System	Advantage	Disadvantage
DPF without Assistance	• Simple/Uncomplicated	
	• No Additional Costs	• Requires EGT Great than 500℃
Burners (Natural Gas/Diesel Fuel	• Positive Regeneration	• Complicated System
		• Costly System
		• Can Cause "Hot" in Filter
		• Reduced Fuel
		• Safety
Electric Heaters	• Positive Regeneration	• Complicated System
	• Known Technology	• Requires Large Amounts of Power (~5,000 Watts)
Fuel Additive	• Ignition Temperature Reduced by 100-300℃	• Non-Combustible a Residue
	• Relatively Low Cost	• Metering/Storage System
	• Evidence of Lowering Mutagenicity of Emissions	
Applied Catalyst (Precious/Non-Precious Metals)	• Uncomplicated	• Sulfate Emission (Precious Metals)
	• Ignition Temperature Reduced by 50-100℃	
		• Potential Cost
		• Possible Increase in Back Pressure

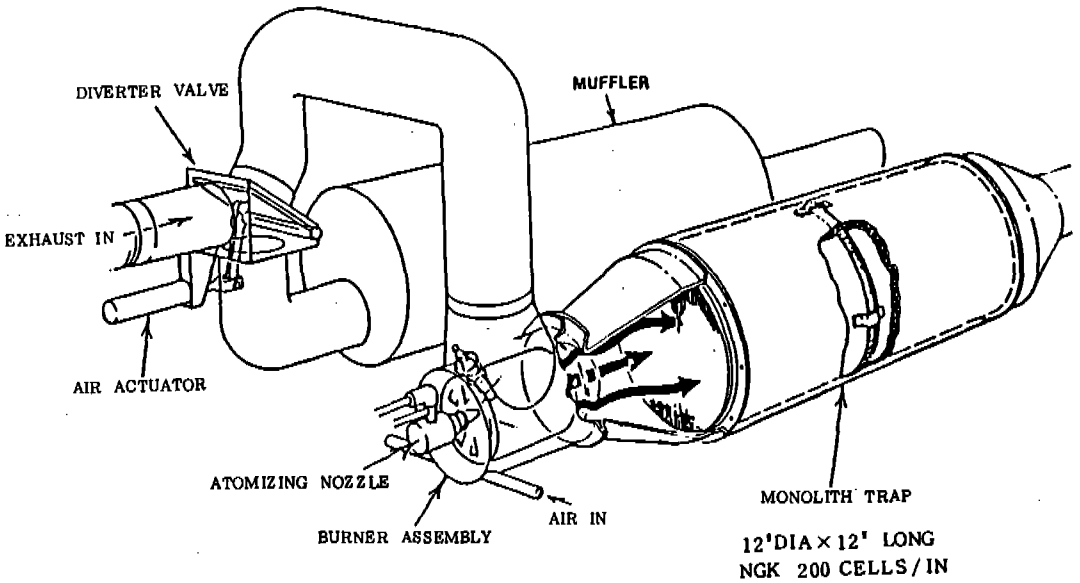

Fig. 15. V-8.2 Truck Particulate Trap Installation

이 장치는 구조가 복잡하여 신뢰성이 문제가 될 뿐만아니라 장치가 고가이고 유지보수비가 많이 드는 결점이 있다. 입자상물질의 포집효율이 높은 장점이 있으나 재생시 순간적인 높은 열 때문에 장치가 파손되는 등의 문제점이 있어서 아직 실용화 단계는 아니다. 버너를 사용한 장치의 보기를 들면 그림 15와 같다.

b) Ceramic Monolith Trap／Fuel Additive System

이 장치의 구성은 그림 16과 같으며 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 용기에 들어있는 여과트랩, 안전성을 고려한 바이패스관, 별도의 연료첨가제 용기와 연료펌프로 구성되어 있으며, 연료첨가제만으로 재생이 불완전할 때는, 보조 점화장치를 사용한다.

연료첨가제의 공급은 연료첨가제를 첨가한 디이젤을 판매하는 방법과 연료첨가제를 별도의 용기에 담아 필요할 때 공급하는 방법이 있으나 전자의 방법은 장시간 보관시에 연료첨가제의 침전과 이 장치를 사용하지 않는 자동차나 기타 연소장치에 사용시 연료첨가제가 함유된 디이젤에서 배출되는 중금속 등이 대기

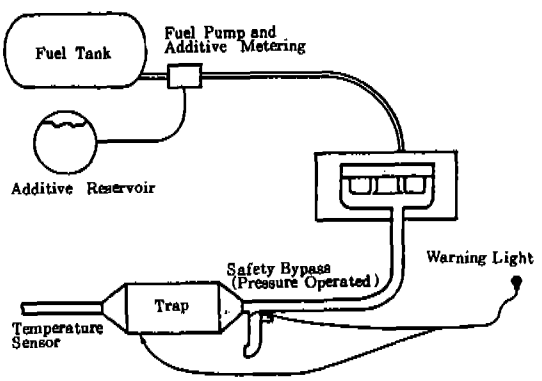

Fig. 16. Ceramic Monolith Trap／Fuel Additive System

오염을 일으킬 염려가 있다.

연료첨가제로는 많은 유기 금속화합물이 있으며 이들 유기 금속화합물을 사용하면 필터트랩에 포집된 입자상물질의 연소온도를 낮추는 역할을 하므로 자동차의 운전조건에서 자연연소가 일어나 재생이 쉽다. 그러나 저속이나 저부하시에는 배기가스 온도가 낮으므로 재생이 힘들며 이 때는 보조 점화장치로 프로판 점화장치, 전기히터 등이 사용되며 전기히터 장치는 그림 17에서 보는 바와 같이 Gl-

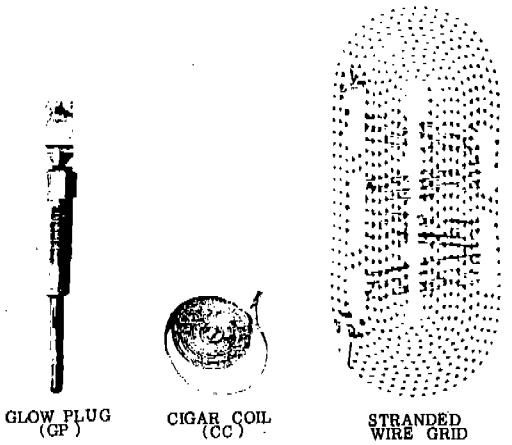

Fig. 17. Experimental Igniters Evaluated with Fuel Additives on Ceramic Wall-Flow Traps.

ow Plug, Cigar Coil 및 Stranded Wire Grid 등이 있다.

연료첨가제의 종류로서는 동 화합물, 납 화합물, 세리움(Cerium) 화합물, 망간 화합물 등을 들 수 있으며, 동 화합물이나 납 화합물은 배연에 좋은 산화제로서 작용하지만 기관에 침전물이 생겨 배출가스 및 성능저하를 가져오며 연소생성물의 95% 이상은 여과되지만 대기중에 배출된 납화합물이나 구리산화물의 독성이 문제시 된다. 그러나 세리움이나 망간은 대기중에 독성이 크게 문제되지 않으며 매연의 산화에 도움이 되므로 이들의 이용이 기대되며 이들 첨가제의 사용에 의한 재생효과를 측정한 결과는 그림 18 및 그림19 와 같다.

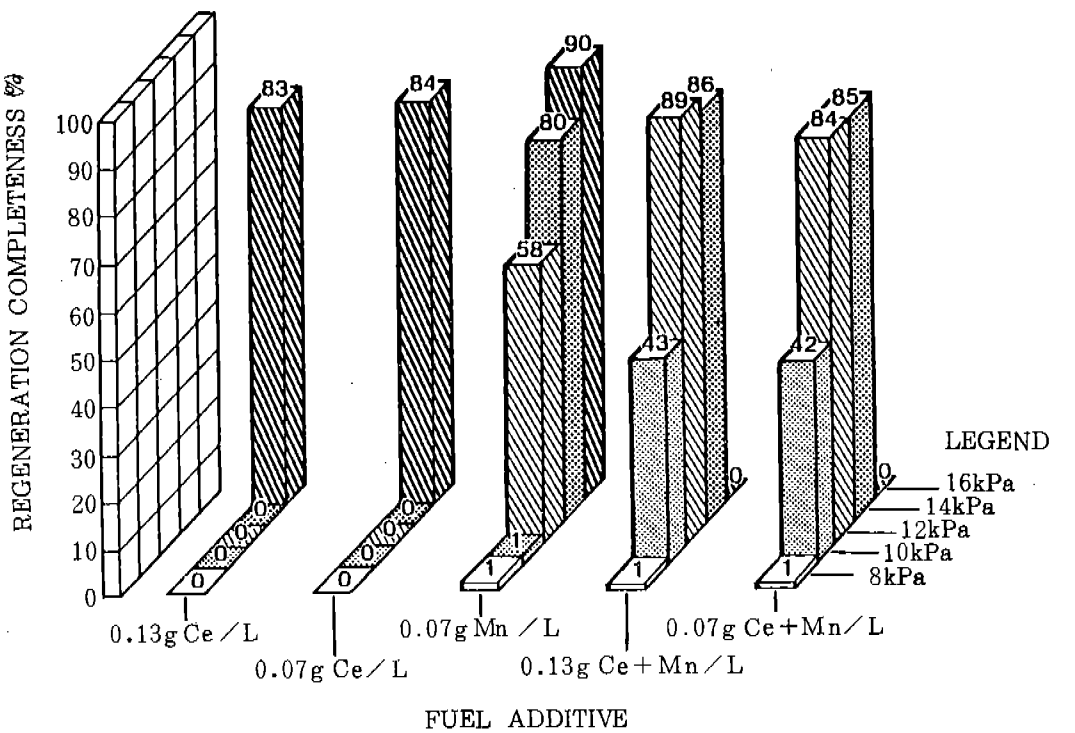

Fig. 18. Effect of Additive Species/Concentration on the Regeneration Characteristics of a Ceramic Fiber Trap("D"-Mullite), Using Glow Plug Igniters. Installed on a 4.3L Engine, Operated at "Idle"-900 RPM/75 kpa BMEP.

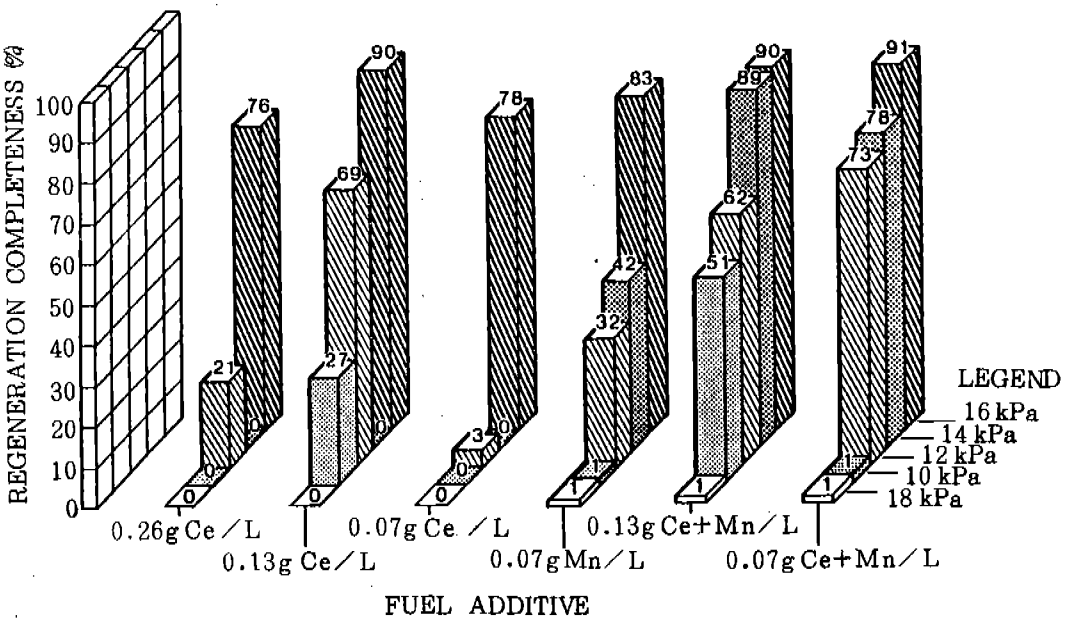

Fig. 19. Effect of Additive Species/Concentration on the Regeneration Characteristics of a Ceramic Fiber Trap("D"－Mullite), Using Glow Plug Igniters. Installed on a 4.3L Engine, Operated at "64 *km*／h"－1,240 RPM／210 kpa BMEP.

3－3. 실리카－화이버 캔들 트랩과 촉매 장치(Silica－Fiber Candle Trap／Catalyst System)

이 장치는 대형자동차에 사용하기 위하여 특별히 개발된 것으로 경량자동차에는 아직 실험된 바 없다. 이 장치의 실험은 Daimler Benz 에 의해서 보고되었을 뿐이므로 그 자료가 충분하지 못하나 시험 결과는 아주 좋아 앞으로 활용될 전망이 좋은 장치이다. 이 장치는 그림 20 에서 볼 수 있는 바와 같이 큰 용기에 수용된 촛대와 같은 많은 숫자의 여과부로 구성되어 있으며, 이 여과부는 다공의 금

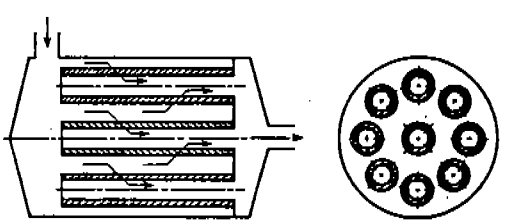

Fig. 20. Silica Fiber Candle Type Trap

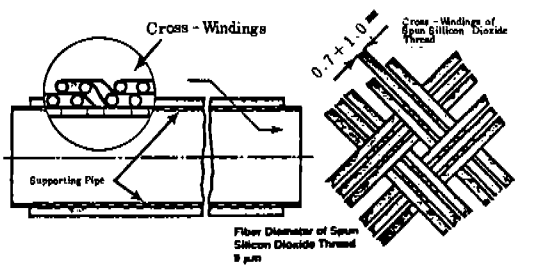

Fig. 21. Support Pipe and Silicon Dioxide Thread Cross Winding.

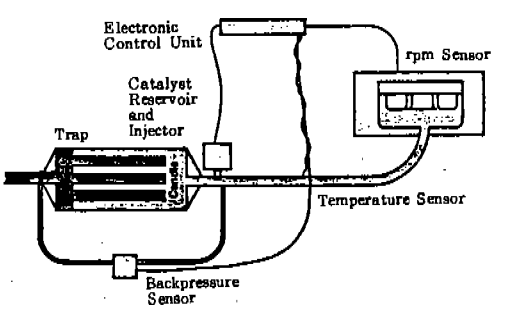

Fig. 22. Silica Fiber Candle／Catalyst Regeneration System.

속관 위에 특수처리한 석영섬유로 짜서 만든 것으로 여과포의 구성은 그림 21 에서 보는 것과 같다. 이 장치의 구성은 그림 22 와 같다.

이 장치는 그림에서와 같이 여과재, 촉매용기 및 분사장치와 전자조절장치로 구성되어 있다. 이 장치의 장점은 배압이 낮고 좋은 내구도 및 신뢰도를 가지며 비교적 간단하고 값싼 재생장치로 되어 있다.

4. 맺 는 말

가솔린기관에 있어서도 지금까지의 여러 저감대책들이 거의 완성단계에 이르렀다. 즉 CO, HC, NOx 등을 동시에 저감시키는 삼원촉매방식이 바로 그러한 예이다. 그러나 지금까지의 연구결과 디이젤기관의 배출가스중 대기오염에 영향이 큰 입자상물질의 저감대책은 최적으로 연소실 형상을 개량하고 정비를 철저히 하며 알맞은 운전조건으로 운행하여도 절대적인 후처리기술이 필요하게 되었다.

따라서 이제까지의 원심분리장치, 스크러버, 전기집진장치, 오일베스 등은 비용이 많이든다든가, 실용성이 곤란하다든가 등의 여러 문제점들이 있는 바 앞으로는 선진국 등에서 현재 연구 추진중에 있는 CTO 방식 등 트랩이나 필터에 의해 입자상물질을 처리하는 방법의 연구가 바람직하며 개발되어 실용화되어야 할 줄 믿는다.

디이젤자동차의 보유비율이 대체로 높은 우리나라에서도 입자상물질에 의한 대기오염의 정도가 점점 높아지고 있는 바 선진 여러나라에서 채택하고 있는 대기오염 허용기준에 따른 규제를 도입채택하여 입자상물질에 의한 대기오염 방지에 기여하는 기술개발이 뒤 따라야 할 줄 믿는다.