

# 디젤 입자상 물질 필터 트랩 시스템의 기술 동향

## Trends in Technology of Diesel Particulate Trap System

박 정 규, 정 인 승  
J. K. Park, I. S. Chung



박 정 규  
· 1957년 2월 7일생  
· 건국대 기·공, 정회원  
· 연소공학 및 내연기관  
· 관심분야 - 디젤연소 및 배  
기저감



정 인 승  
· 1957년 6월 17일생  
· 만도기계 중앙연구소 열유체  
연구실  
· 항공공학  
· 디젤 입자상 물질 트랩 시스  
템 개발

고, 또 엔진 개량의 진전도 있어서 트랩시스템의 개발은 주로 대형 디젤 자동차의 입자상 물질 규제(Table 1)에 따라서 수행되고 있다.<sup>(1)</sup>

그러나, 1991년 입자상 물질 0.25 g/BHP·hr의 규제치도 엔진등의 개량으로 대응이 가능하게 되었고, 현재는 1996년 도시 버스의 0.05 g/BHP.hr의 규제에 대해서는 엔진 개량과 함께 촉매 converter의 개발도 진행되고 있다. 또, 일본, 유럽에 대해서도 입자상물질의 규제가 강화되고 있고 이의 대응을 위한 노력이 계속되고 있다. 이와 같은 규제대응과는 별도로 인구 밀집

### 1. 서 언

디젤자동차로 부터 배출되는 입자상 물질은 건강에 나쁘기 때문에 1980년에 미국 환경보호청(EPA)에 의해서 디젤승용차 및 디젤 소형트럭의 입자상 물질 규제가 제정되고 이의 대책으로서 엔진 개조와 병행해서 후처리장치, 주로 입자상 물질 트랩 시스템의 개발이 미국, 유럽, 일본에서 시작되었다. 각종의 트랩시스템의 개발이 진행되는 가운데 서독 벤츠사가 개발한 촉매부착 세라믹 monolith 트랩을 탑재한 자동차가 1985년 캘리포니아에서 1986년, 1987년에 미국 전역에서 판매됐다. 그후 미국에서는 디젤승용차의 판매가 연료 사정이 좋아지면서 감소하게 되었

Table 1 미국의 대형 디젤 자동차의 입자상 물질 규제치

대형 트럭 (8,500 POUND GVWR*이상)	
1988-1990 연방 및 캘리포니아	0.6 g/BHP-hr**
1991-1993 연방 및 캘리포니아	0.25
1994 이후 연방 및 캘리포니아	0.1
시내버스	
1988-1990 연방 및 캘리포니아	0.6
1991-1992 연방	0.25
캘리포니아	0.1
1993 연방 및 캘리포니아	0.1
1994 연방	0.05
캘리포니아	0.1
1996이후 연방 및 캘리포니아	0.05

\* Gross Vehicle weight rating

\*\* grams per Brake horse power-hour

도시에서의 대기오염 개선을 위해 유럽, 미국에서는 이미 입자상 물질 트랩 시스템 탑재 도시버스 및 운송 트럭을 도입하는 demonstration 프로그램이 진행되고 있고, 현재 많은 도시에서 시험운행되고 있다. 또, 특수한 환경하에서의 작업, 예를 들면, 지하광산, 터널건설작업의 디젤 차량, 옥내 작업의 디젤 포크리프트에서는 입자상 물질 트랩이 일부에서 실용되고 있다.

그러나 트랩시스템은 아직 개발단계에 있고 여러가지로 개발과 개량이 계속되고 있다. 여기에서는 그들의 개발의 동향을 소개한다.

## 2. 입자상 물질 트랩 시스템

입자상 물질 트랩 시스템은 기본적으로 필터, 재생장치, 콘트롤장치의 3개 부분에 의해서 구성되고 있다. 필터는 디젤엔진의 배기계에 부착되고, 배기가스가 필터를 통과할 때, 입자상 물질이 포집되어서, 필터내에서 퇴적된다. 시간경과와 함께 엔진배압이 상승하므로 엔진 허용 배압을 초과하지 않도록 필터내에 퇴적된 입자상 물질을 제거해서, 필터를 재생한다. 필터의 재생은 센서로 재생이 필요한 시기를 감지해서 콘트롤한다. 아래와 같이 각종 필터의 재료, 재생방법이 검토되고 있다.

### 2.1 필터재료

디젤 자동차용 트랩시스템이 필터 재료로서 요구되는 특징은 다음과 같다: 필요한 포집특성을 갖고 또한 엔진출력을 크게 떨어뜨리지 않는 범위의 압력손실일 것, 유지 및 사용중의 진동에 대해서 충분한 기계적인 내구성을 갖을 것, 배기가스 및 재생시의 온도변화에 대해서 충분한 열적 내구성을 갖을 것, 차량 탑재에 적합한 크기일 것.

(1) Metal Wire Mesh: 스테인레스 와이어 메쉬를 中空실린더 상 블록에 성형한 것으로서 배기가스는 실린더 외측으로부터 내측의 반경방향으로 흐른다. 알루미늄을 코팅하고, 촉매를 담지해서 사용한다. 초기단계에 개발되고, 테스트되었다.(Johnson Matthey).<sup>(2)</sup>

(2) Ceramic Fiber-적층 tube: 스테인레스 다공관의 주위에 세라믹 Fiber를 다층으로 둘러 감고 관의 일단을 봉해서 필터로 한 것으로 복수 개를 세트로 해서 사용된다(Mann & Hummel, 캔들타입, Fig.1)<sup>(3),(4)</sup>. 또, 1개씩을 카트리지로 해서 재생시키기 위한 전열히터를 조립한 것도 개발되고 있다(3M).

(3) Ceramic Foam: Cordierite 또는 Cordierite Mullite 등으로 만들어진 세라믹 Foam으로 블록상에서 이용되지만 퇴적된 입자상물질의 blow-off를 막고, 포집효율을 개선하기 위해서 가스 출구측에 마이크로 pore를 갖는 세라믹 막

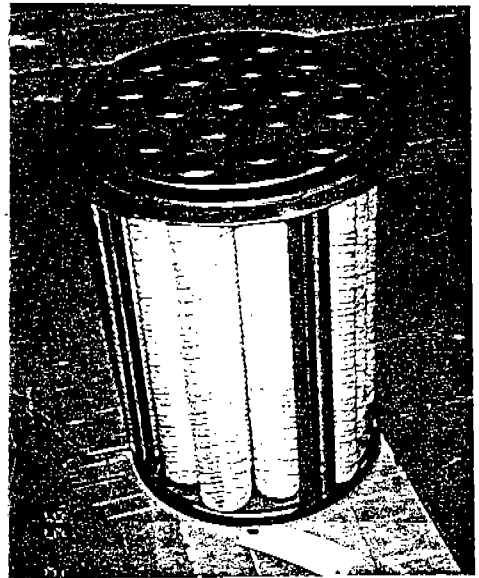


Fig.1 Candle-type ceramic laminated tube

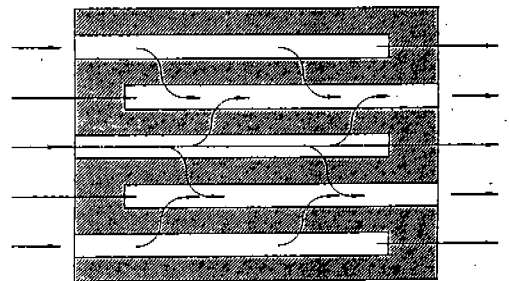


Fig.2 Z-flow ceramic foam

을 형성한것(Cercona)<sup>(8)</sup>, 또 스테인레스 케이스에 수납을 용이하게 하고, 포집량, 압력 손실을 개선한 유동 타입도 있다(Alsuisse, Fig.2)<sup>(6)</sup>.

(4) Mullite Fiber-Ceramic Cordierite Honey Comb : 무라이트 Fiber 세라믹스를 이용해서 성형된 Cordierite상의 Honey comb 타입 채널의 입구와 출구가 봉해져 있는 벽유동(wall-flow) 필터이고, 저 압력손실, 고 포집율이고 경량이다(마쯔시다 전기)<sup>(7)</sup>.

(5) Cross Flow Type-Ceramic Filter : Porous-Cordierite 세라믹스로 된 필터판을 맞춘 것으로 각 필터판에는 배기가스가 유입하는 수원형의 작은 구멍이 복수개 열려 있고, 이 구멍으로 부터 들어간 배기가스가 필터판을 통과해서

판과 판 사이의 갭으로 부터 배출되는 것 같이 되어 있다. 타원형 소공의 벽면에 퇴적한 입자상 물질은 압축 공기의 역세에 의해서 필터가 재생된다(Fig.3)<sup>(8)</sup>.

(6) Honey-Comb Type Ceramic Monolith Filter : 다공질 Cordierite로 된 세라믹 honey comb의 채널의 입구와 출구를 서로 봉한 wall flow type의 필터이다(Corning, 일본의 사이시, Fig.4)<sup>(9),(10)</sup>. 트랩시스템의 개발에는 이 필터가 최대로 넓게 사용되어, 현재 다음과 같은 것이 제공되고 있다.

- 크기 : 일체형일 것    반경 286~305mm
- (11.25" 또는 12.0")까지
- 길이 356mm
- (14")까지
- Segment 타입    반경 508mm
- (20")까지
- 길이 381mm
- (15")까지
- 각형 635mm
- (25"×25")까지

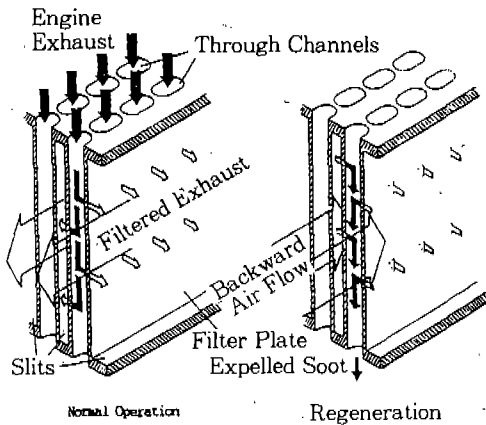


Fig.3 Cross-flow type filter

대표적 Cell 구조 :

- Cell 수 15.5/cm(100개/in) 벽두께 0.43mm
- Cell 수 31/cm(200개/in) 벽두께 0.3mm

재료 : 고폐집율 타입, 저압력 손실타입, 중간 타입이 있다. 현재, 고폐집율, 저압력 손실의 양 특성을 갖는 것도 개발되고 있다.

이것들의 필터는 여러가지 특색을 갖는 재료가

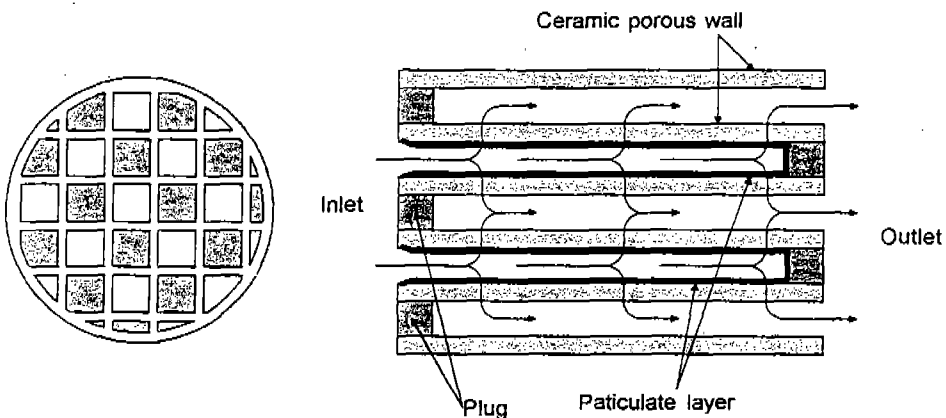


Fig.4 Ceramic monolith filter

고, 여러가지의 재생방법에 합당한 개선이 진행되고 있다. 필터 포집효율은 엔진, 배기가스 조성, 온도, 필터의 부착위치에 의해서 다르지만, 보통, 60~90% 정도가 선정된다.

## 2.2 필터 재생

(1) 연소에 의한 재생 : 입자상 물질은 약 500°C 이상의 온도에서 착화 연소한다. 지금까지 제일 넓게 검토되고 있는 것은 다음과 같다.

### a) 자연 재생

- 배기가스가 500°C를 초과하는 빈도가 많은 경우에는 자연 착화해서 재생한다.

### b) 배기가스 또는 필터를 가열하는 방법

- 버너에 의한 가열
- 전기히터에 의한 가열
- 흡기 또는 배기 throttling에 의한 배기가스 온도를 높인다.

### c) 입자상 물질의 착화온도를 낮추는 방법

- 필터에 촉매의 담지 : 귀금속 촉매, 비금속 촉매 또는 이들 혼합촉매를 담지한다. 50~100°C 착화온도가 저하된다. 귀금속 촉매는 효과가 크지만 연료중의 유황분의 산화에 의한 sulfate가 생성되므로 유황분의 저하가 필요하다.
- 연료첨가제의 사용 : Mn, Cu, Fe, Ce 등의 화합물을 연료중에 첨가한다. 100~300°C의 착화온도 저하가 기대되지만 2차오염의 검토가 필요하다.

(2) 역세에 의한 재생법 : 축적된 입자상 물질

을 압축공기로 역세해서 필터를 재생한다. 필터로부터 이탈한 입자상 물질을 별도로 포집해서 연소등에 의해서 처리한다.

## 3. 입자상 물질 트랩 시스템의 개발 상황

### 3.1 자연재생 시스템

지하 광산용 차량에 적용이 되고 있다. 광산용 차량에는 고부하이동에 의해서 배기가스 온도가 높은 경우가 많지만, 배기가스 온도는 엔진, 차량, 광산, 작업내용에 따라서 크게 다르다. 캐나다에서 7개소의 지하광산에 걸친 세라믹 monolith 필터의 적용 프로그램이 실시되었다<sup>(11)</sup>. 배기가스 온도가 1시간 내에 500°C 이상 5분 연속한 경우는 촉매가 부착되지 않은 필터, 400°C 이상 5분간 연속하는 경우에는 촉매부착 필터, 그 이하의 경우는 재생보조부착 촉매 필터가 이용되고 있다. 이 중에 촉매부착 필터만의 적용 케이스가 가장 많고, 또 필터내열용력을 작게 하기 위해서는 500°C 이상 경우에도 촉매부착 필터를 사용하는 것이 좋았다. 당초의 수명 목표는 2000시간이지만 5000시간을 초과해서 사용하고 있는 곳도 많고, 캐나다, 미국에서 지하광산 세라믹 모노리스 필터의 사용이 넓어지고 있다<sup>(12)</sup>.

Load haul dump에서 15"×15" 길이의 세라믹 모노리스 필터(촉매없이)를 이용한 예에서는 4,000시간 이상 사용후 필터에서 압력손실의 상승이 있지만, 필터재질, 강도에는 특별한 변화가 없고, ash가 필터길이 50%까지 퇴적되어 있다고 보고되고 있다<sup>(13)</sup>.

일본에서는 터널 공사용 로더에 촉매 부착 세라믹 모노리스 필터 시스템이 개발되었고, 1988년부터 실용화되고 있다. 필요에 따라서 흡기 throttling에 의한 강제 재생을 실시할 수 있는 시스템도 고안되고 있다<sup>(14)</sup>.

### 3.2 전기 히터 재생 시스템

(1) Volvo(스웨덴)에서는 촉매 부착 세라믹 monolith 필터를 이용한 입자상 물질 저감을 80%의 "City filter"를 개발했다(Fig.5).<sup>(15), (16)</sup> 이 시스템은 터미널 등에서 엔진 정지중에 필터 하

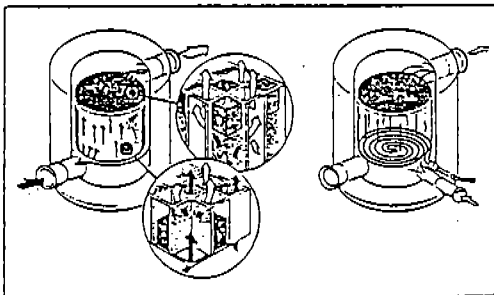


Fig.5 Volvo "City Filter"

부에 부착된 전기히터에 외부전원을 연결하고, 공기를 도입하면서 재생하는 것으로 재생에 약 3시간이 걸린다. 이 시스템 사용은 1주일 주행 거리가 300km까지 도시 및 그 주변을 운행하는 버스, 운송 트럭에 한한다. 입자상 물질외에 HC와 CO를 함께 줄여서 각각 60%와 50% 저감하는 것이 가능하고, 소형 경량이고, 가격이 싼 이점을 갖는다고 알려졌다. 서비스 수명은 30만 km로 추정되고, 1989년 부터 시판되고 있다.

(2) Donaldson(미국)에서는 중형 및 대형엔진용에 마이크로 프로세서를 이용한 전자동 전기히터식의 바이 패스 트랩 시스템을 개발했다(Fig.6)<sup>(17), (18)</sup>. 세라믹 모노리스 필터 앞면에 전기 히터를 붙인다. 트랩의 압력손실, 엔진 입구 공기유량, 트랩 앞면의 온도를 연속적으로 모니터링해서, 엔진 운전조건과는 독립된 입자상 물질 퇴적량에 비례하는 인자(K factor)를 산출하고 이 K factor가 설정점에 달할 경우, 배기가스를 바이패스시키고 히터에 점화, 전기를 도입해서 재생을 개시한다. 공기 도입량과 가열속도를 컴퓨터로 제어한다. 재생은 트랩의 크기, 입자상 물질의 양에 따라 다르지만 6~15분에서 종료된다. 필터내의 온도구배로 부터 오는 열용력에 의한 필터 파손을 막기위해서 입자상 물질의 퇴적을 보다 균일하게 하고, 또 히터에 의한 가열도 보다 균일하게 가능하도록 검토되고 있다. 필터를 2 set를 이용한 dual system도 개발되고 있고, 재생이 번갈아 실시되고 있다. 이 시스템은 트럭이외의 시스템에도 탑재되고 Minneapolis, Los Angeles, New York등<sup>(19)</sup>에서의 버스 demonstration 프로그램에서 운행테스트 됐다. 1992년에는 이 시스템을 탑재한 TMC의 버스 약 400대가 New York에서 운행에 들어갔다.

(3) Donaldson과 3M은 스테인레스 다공판에 세라믹 fiber를 다층으로 둘러 감고 이것에 전열선을 조립해 넣은 필터 cartridge를 복수개 병렬로 사용한 트랩 시스템을 개발했다. 재생은 cartridge마다 실시된다. 현재, 미국내에서 이 시스템을 이용한 fleet test가 실시되고 있다<sup>(20)</sup>.

(4) Huss(독일)에서는 디젤 fork lift용으로 촉매 부착 세라믹 monolith 필터를 이용한 전기

재생 시스템을 개발, 실용화 하고 있다. 엔진 용량에 의해 5.66"×6.0" 길이 필터를 2개부터 5개 탑재해서 1일 분의 입자상 물질 퇴적량을 야간에 천천히 재생하는 시스템이다.

### 3.3 버너 재생 시스템

(1) Iveco/Dereco(이탈리아)에서는, 세라믹 monolith 필터를 이용한 버너 재생시스템을 개발했다<sup>(21), (22)</sup>. 필터재생시, 배기가스를 바이패스하고 머플러를 통해서 외기에 배출하는 single 시스템과 2개 필터를 이용하고 한쪽은 재생하는 중 또 다른 한쪽은 포집하는 dual 시스템이 있다(Fig.7). 필터의 입자상물질 퇴적은 연속적으로 모니터링된다. 필터의 압력손실과 필터후에 부착된 벤츄리 압력으로 부터 퇴적량이 계산된다. 안전한 재생을 위해서 퇴적량의 한계는 9"×12" 길이의 필터의 경우 70g이다. 7kw의 디젤버너를 이용해서 8분간 가열한 후, 버너를 끈후 12분간 재생을 완성시킨다. 재생시 필터내 온도 profile을 Fig.8(a)에 나타낸다. 재생중의 필터내의 온도 구배를 낮추고 필터의 내구성을 개선하기 위해 버너 및 가열방법의 개선이 진행되고 있다. Fig.8(b)는 15kw에서 4분간 가열하고, 남은 15분간을 6kw에서 가열한 경우에 필터내의 최고 온도차가 800~900℃로 부터 400~

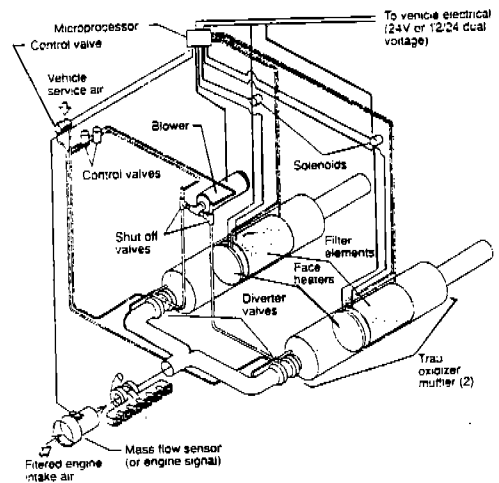


Fig.6 Donaldson Trap Oxidizer System

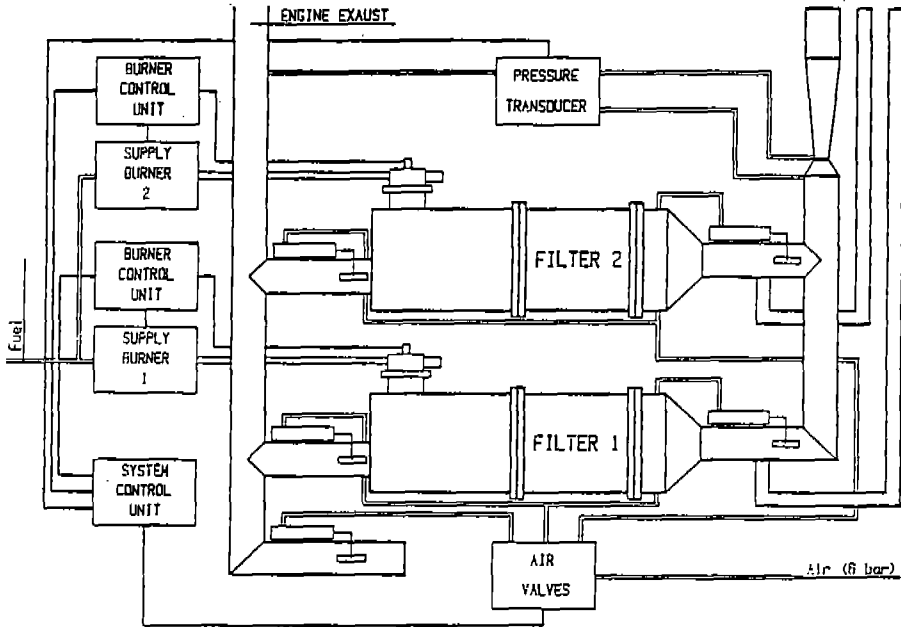


Fig.7 Iveco dual type

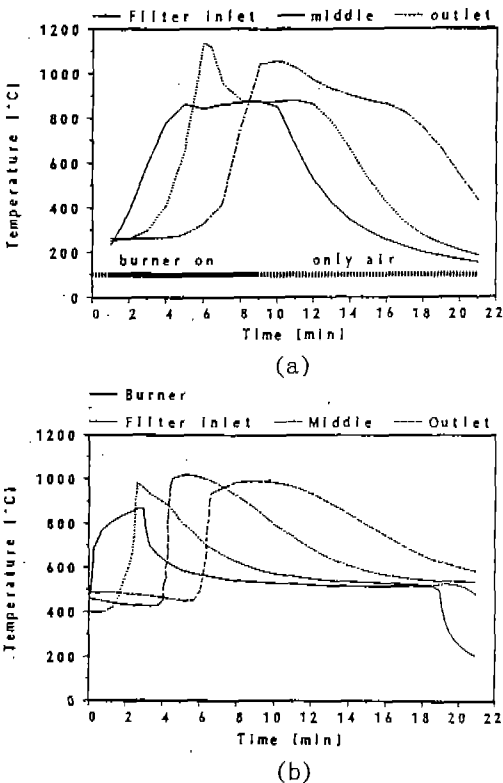


Fig.8 Temperature profile of Iveco system

500°C로 개선되고 있다. Single 시스템을 탑재한 9대의 버스 테스트가 1988년에 rome 등 이탈리아의 많은 도시에서 시작되었고, 1989년에는 2대의 dual 시스템을 탑재한 버스의 field test가 Bologna에서 개시됐다. 이후 이탈리아 국내 중심으로 이 시스템 탑재버스의 시험 사용이 넓혀지고 있다.

(2) MAN(독일)은 세라믹 monolith 필터를 이용한 single 버너, 2개의 필터방식을 개발하고 있다(Fig.9).<sup>(15)</sup> 2개 필터로 포집을 실시하고 재생은 butterfly 밸브로 한쪽씩 차단을 실시해서 전체가 자동으로 제어되고 있다. 버너용의 공기는 송풍기를 이용해서 밖으로 부터 공급된다. 독일 UBA(환경청)의 보조금 프로그램에 참가해서, 트럭 및 버스에 탑재, 몇몇 도시에서 주행 테스트가 실시되고 있다.

(3) KHD(독일)은 세라믹 monolith 필터를 이용한 in-line full flow 재생시스템을 개발했다(Fig.10).<sup>(23)</sup> 엔진 배기가스를 전량 필터에 흘려 보내면서 재생하는 것으로 버너의 일차연소에 소량의 외부공기를 이용하지만 2차 연소에서는 엔진 배기가스중의 산소를 사용한다. 이 시스템의

이점은 필터를 통과하는 가스량이 많고, 재생중의 필터내의 국소 고온화에 의한 필터 열파손을 피하는 점이 있다. 운전중의 배기가스량, 온도, 산소량, 백동, 압력 등의 변화에 대응해서 점화, 연소 가능한 특수한 버너가 개발됐다. 1:4의 출력조정이 가능하고, 엔진 부하변동에 신속한 반응이 가능하다. 필터내의 입자상 물질 퇴적을 균일하게 하고, 또, 버너에 의한 가열을 균일하게 하기 때문에, 버너가스와 엔진 배기가스를 적절하게 혼합하는 mixing chamber를 고안했다. 필터 상류의 배기가스 압력을 측정하고, 재생을 개시한다. 전체 전자 콘트롤 된다. Fig.11은 비

정상 테스트에서의 재생의 예이다. 재생은 약 5분으로 마친다. 버스에 탑재되어서 Koeln, Erlangen, Bremen등에서 운행 테스트 되고, 순차 확장되고 있고, UBA 프로그램에 참가하고 있다.

(4) Zeuna Starker(독일)<sup>(24)</sup>, Webasto(독일)<sup>(15)</sup>에서도 in-line full flow 재생시스템을 개발하고 있고, 함께 UBA의 프로그램에 참가하고 있다.

### 3.4 Throttling/연료첨가제

Thessaloniki 대학/Elbo(그리스)에서는 배기 쓰로틀링과 연료첨가제를 조합한 시스템 버스로 개발했다.<sup>(25), (26)</sup> 이 시스템은 Fig.12에 나타낸 것같이 4개의 5.6"×6"길이의 소형 세라믹 monolith 필터를 2개 모듈로서 병렬로 사용하고 있다. 배기 쓰로틀링은 2곳의 필터에의 입구에 장착된 west gate 밸브에 의해서 작동된다. 또 재생중의 필터의 과열을 미연에 막기 위해서 배기를 바이패스하기 위한 butterfly 밸브가 부착되어 있다. 보통 운전에서는 쓰로틀링 밸브가 열려져 있고, 바이패스 밸브가 닫혀 있고, 배기가스는 필터를 통과한다. 쓰로틀링에 의한

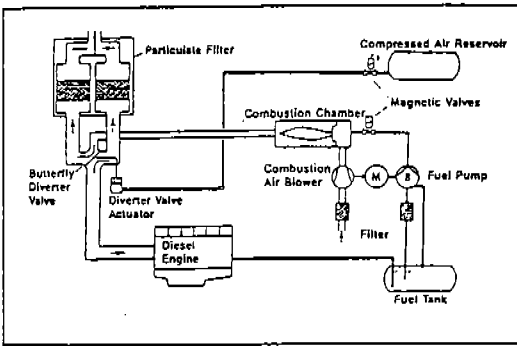


Fig.9 MAN system

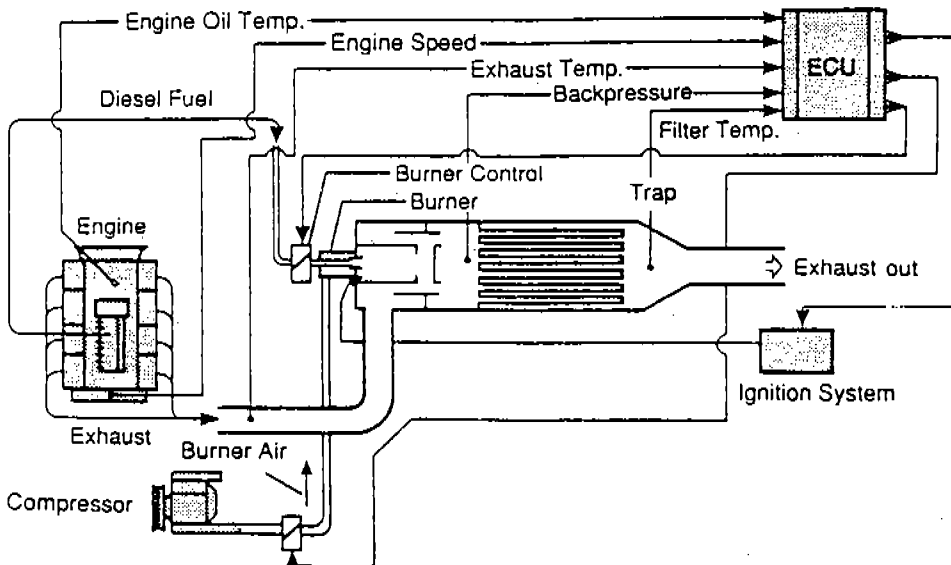


Fig.10 KHD system

재생이 필요한 때는 쓰로틀링 밸브가 필요한 레 벨까지 닫혀진다. 필터온도가 지나치게 올라가서 과열의 위험성이 있는 경우에는 바이패스 밸브가 열려지고 쓰로틀링 밸브가 닫혀진다. 시스템은 완전히 전자 콘트롤러에 의해서 제어된다. 필터 입구 온도, 4 장소의 필터의 출구온도, 필터의 배압이 모니터 된다. 배압이 허용 한계에 달하면 배기 쓰로틀링이 작동된다.

Rhone-Poulence에 의해서 개발된 셀리움 나 프타세트가 Ce로서 25~150ppm(중량) 연료에 첨가된다. Fig.13은 대표적인 온도 profile이다.

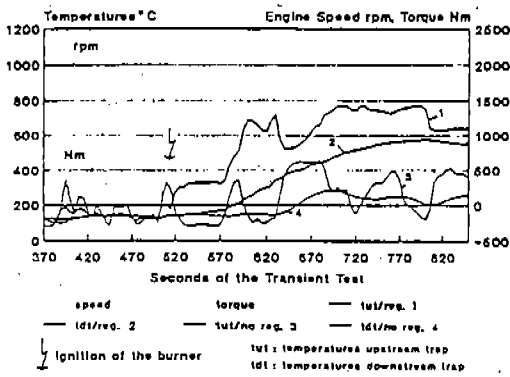


Fig.11 KHD regeneration temperature profile

아테네 시가의 실 주행 1,100시간의 결과에서는 98%가 보통 작동상태이고, 쓰로틀링과 바이패스 phase는 2%이다. 연료첨가제를 이용하면 ash가 필터내에 퇴적하고 배압이 상승한다. 퇴적된 ash의 제거에 압축공기 물세척등이 효과적이고, 배압은 90%까지 회복된다. 이 시스템을 탑재한 약 250만대의 버스가 아테네시에서 테스트 운행중이고 600만 km 주행 내 20만 km 주행의 데이터에 기초해서, 세라믹 모노리스 필터는 적어도 10만 km는 문제없이 사용이 가능한 것으로 되었다.

### 3.5 촉매코팅

Mann & Hummel이 Mercedes-Benz와 공동으로 stainless 다공관에 세라믹 fiber를 다층으로 둘러 감은 tube에 산화동을 코팅한 candle type 시스템을 개발했다(Fig.14).<sup>(15),(27)</sup> 이 동은 촉매로 일하고, 입자상 물질 연소 온도를 250°C 까지 낮춘다. 필터온도가 낮은 때에는 촉매 활성 화용 아세틸렌 아세톤을 필터에 분무한다. 다시 필터가 가열된 때, 재생이 일어난다. 전부 자동으로 작동한다. UBA의 프로그램에 가담해서 독일내에서 대규모로 시험 사용되고 있다.

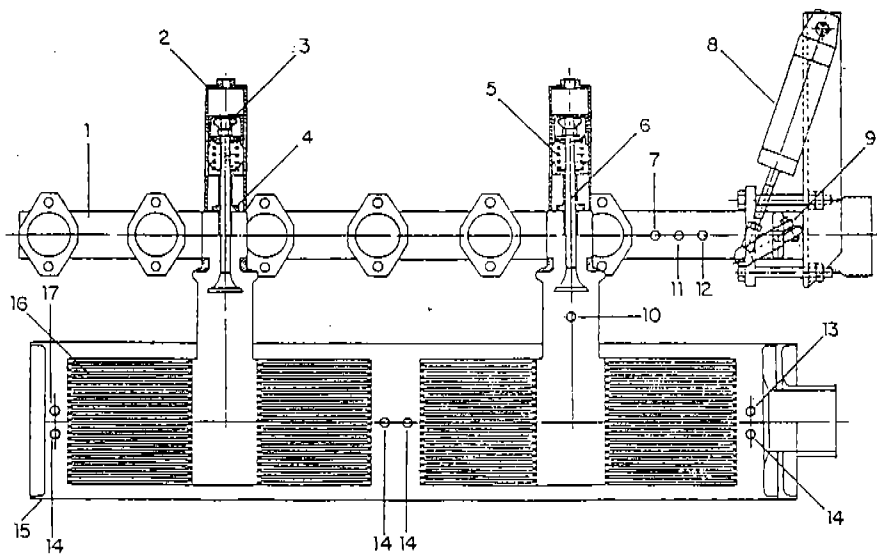


Fig.12 Thessaloniki university system



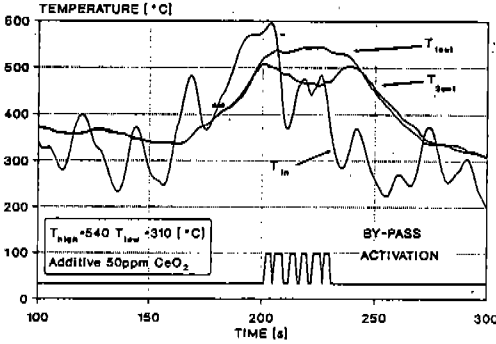


Fig.13 Thessaloniki university system temperature profile

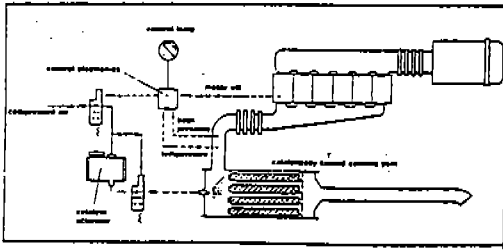


Fig.14 Mann & Hummel system

#### 4. 금후의 과제

이들 시스템의 입자상 물질 포집 성능은 충분히 요구치를 만족하고 있다. 금후의 과제는 신뢰성을 확보하고 내구성을 확인하고 필터 Maker, 시스템 Maker, 엔진 및 자동차 Maker에서 이들을 조립하고 있다. 필터 Maker에서는 필터의 안전 재생 한계를 확인하고<sup>(28)</sup>, 또 재료의 피로 특성 데이터로부터 요구 수명에 대한 필터 재생 중의 허용용력을 추정하고 있다<sup>(29)</sup>.

시스템 메이커, 자동차 메이커에서는 재생 시 물레이터, 엔진 bench 등에서의 내구 테스트를 계속하고, fleet 테스트를 실시하고, 버스운행 테스트에 참가하고, 시스템 개량을 해 가면서 내구 확인을 진행하고 있다. 현재, 미국, 유럽등에서의 트랩시스템 부착 버스 테스트 프로그램이 진행되고 있다. 주 프로그램은 다음과 같다.

유럽 :

독일...UBA의 주도에 의해서, 정부보조금

으로 1,500대 트럭 및 버스에 트랩시스템을 장착해서 테스트 프로그램이 1989년에 시작해서 1991년 12월에 중간결과가 종합되었다.

이탈리아...Iveco에 의한 도시버스의 프리트 테스트는 이탈리아 운수성 및 각 도시의 교통국과의 협력으로 진행됐고, 금후 더욱 트랩시스템 탑재 버스 및 사용차의 확대 추진을 검토중이다.

그리스...현재 그리스 정부는 아테네에서의 시내 버스 트랩 시스템의 테스트 프로그램에 자금을 원조하고 있고, 아테네시 버스 약 1,800대 전 차량에 장착할 것을 검토되고 있다.

북미 : New York, Los Angeles, Minneapolis, Boston, Dayton, Toronto등에서 버스 demonstration program이 진행되고, New York에서는 1989년부터 운행 테스트를 실시하고, 1991년에 트랩 부착 버스 약 400대를 구입 운행에 들어가고 있다. 또, 미국에서는 1993년의 도시 버스의 0.1 g/BHP.hr의 규제 및 더욱 강화되는 규제를 향해서, 트랩 부착 버스 인증테스트를 실시하고 있다.

국내 : Thessaloniki대/Elbo 개발의 시스템을 도입, 한국형으로 개조해서, 환경청, 환경연구소에 의해 1991년 5월부터, 서울시내에서 주행 테스트되고 있다<sup>(30)</sup>. 또한 G7 프로젝트의 일환으로 1993년부터 만도기계에서 전기 히터식 DPF의 트랩 시스템의 개발 및 버스 주행 테스트가 실시되고 있다.

이들 program test를 통해서 트랩 시스템의 신뢰성, 내구성이 확인되어서, 널리 실용화 되기를 기대하고 있다.

#### 참 고 문 헌

1. M. P. Walsh : Diesel Particulate Control Around the World, SAE Paper 910130
2. B. E. Enga et al : Catalytic Control of Diesel Particulate, SAE Paper 820184
3. H. O. Hardenberg et al : Experiences in the Development of Ceramic Fiber Coil Particulate Traps, SAE Paper 870015
4. J. P. Norbye : Truck Industry Meeting

- Diesel Emissions Challenge, High Speed Diesels & Drives, July-August, P. 22
5. R. Helferich et al : Regeneration Performance of a Catalized Versus a Non-Catalyzed Ceramic Membrane Diesel Particulate Trap, SAE Paper 910327
6. J. P. Gabathuler et al : New Development of Ceramic Foam as a Diesel Particulate Filter, SAE Paper 910325
7. T. Mihara et al : Diesel Particulate Trap of Corrugated Honeycomb Fabricated with Mullite Fiber Ceramics, SAE Paper 860010
8. K. Takesa et al : Development of Particulate Trap System with Cross Flow Ceramic Filter and Reverse Cleaning Regeneration, SAE Paper 910326
9. J. S. Howitt et al : Cellular Ceramic Diesel Particulate Filter, SAE Paper 810114
10. 樋口. 中村 : ハニカムセラミックス. 工業材料 31. 1984
11. F. Breu et al : Application Engineering of Particulate Control Systems for Underground Use, SAE Paper 870255
12. B. E. Enga : Off-Highway Applications of Ceramic Filter, SAE Paper 890398
13. D. L. Sherwood : Evaluation of a Wall Flow Diesel Filter after 4000 Hours of Use on an Underground Mining Vehicle, SAE Paper 912336
14. 日刊建設通信. 昭和63年3月18日
15. Proposed European Emission Standards For Particulates Force The Pace Of Filter Development, HIGH SPEED DIESEL & DRIVES, May 1990
16. Fuel quality, diesel emissions and the City filter, Automotive Engineer Vol.15, No.5
17. M. A. Barris et al : Development of Automatic Trap Oxidizer Muffler Systems, SAE Paper 890400
18. M. A. Barris : Durability Studies of Trap Oxidizer Systems, SAE Paper 900108
19. K. Ha et al : Particulate Trap Technology Demonstration at New York City Transit Authority, SAE Paper 910331
20. Donaldson 資料
21. S. Meinnad et al : Laboratory Results in Particulate Trap Technology, SAE Paper 890170
22. A. Balzotti et al : Italian City Buses with Particulate Traps, SAE 900114
23. W. Huehn et al : The New Deutz Particulate Trap System for Trucks and Buses, SAE Paper 892429
24. P. Kuland et al : Cleaner Diesel-Full Flow Soot Filter Regeneration System, SAE Paper 910133
25. K. Pattas et al : On-Road Experience with Trap Oxidiser Systems Installed on Urban Buses, SAE Paper 900109
26. K. Pattas et al : Urban Buses Retrofitted with Smoke Filters Regenerated by Fuel Additive and Exhaust Gas Throttling, Emerging Issues in Asia proceedings of Second IUAPPA Regional Conference on Air Pollution, Sept. 1991
27. E. Hoepke, HIGH SPEED DIESEL & DRIVES, Jan. 1990.
28. 土方. 梅原. 北川 : ディーゼル微粒子用セラミックフィルターの再生条件. 自動車技術会學術講演會前刷集 911018
29. S. Gulati et al : Dynamic Fatigue Data for Cordierite Ceramic Wall-Flow Diesel Filter, SAE Paper 910135
30. Kang-Rae Cho et al : Diesel Particulate Control by a Trap Oxidizer System, Proceeding of the 2nd IUAPPA Regional Conference on Air Pollution, Seoul, Korea, Sept. 1991