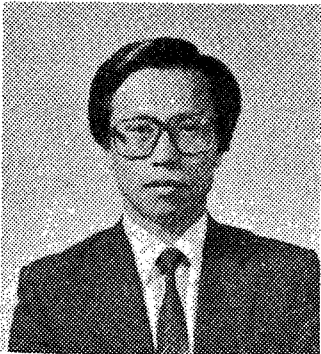


디젤 自動車煤煙防止技術^③

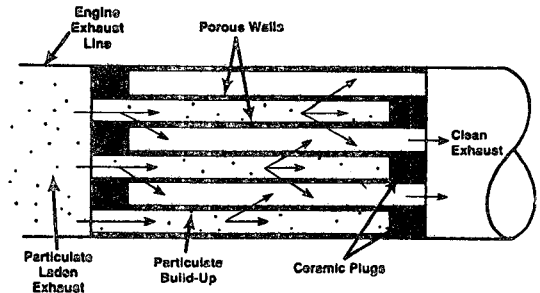


국립환경연구원 자동차공해 담당관
技術士 조 감 래

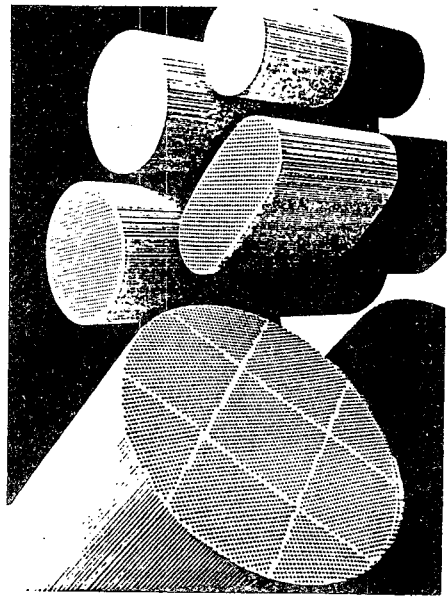
3.2 세라믹 濾過裝置 (Ceramic monolith filter)

세라믹 濾過裝置는 Corning Glass 社에서 개발한 것으로서 <그림-9> 및 <그림-10>에서 볼 수 있는 바와 같이 벌집모양의 많은 통로를 가진 세라믹 여과제의 한쪽 끝을 서로 교대로 封合한 것으로 배기가스가 한쪽 끝이 막힌 세라믹 濾過膜을 통과하면 粒子狀物質이 濾過壁에 濾過附着되고 깨끗한 가스상 물질만이 통과되도록 된 것이다.

이 여과장치는 소형 경유자동차에 적용하기 위하여 많은 연구가 수행되었으며 1986년 캘리포니아 規制를 만족시키기 위하여 Daimler



<그림-9> 세라믹 여과장치의 매연여과 원리도



<그림-10> 세라믹 여과장치의 여러 모형

Benz 승용차에 裝着 캘리포니아州에서 판매되고 있다.

이 여과장치는 여과효율이 높고 온도의 허용 범위가 높으며 耐久度 및 裝置價格이 높지 않은 장점이 있으나 배압의 증가가 심하여 열 충격에 의해서 파손되기 쉬운 결점이 있다.

매연을 濾過膜에 여과한 후 일정한 배압에 도달하면 燃燒裝置에 의해 연소시켜야 하는데 이

때 여과재의 내부와 외부의 온도차가 심하며 열 충격에 의한 여과재의 파손이 일어나기 쉽다.

여과장치에 포집된 매연의 燃燒를 위해서 배기가스 온도만으로는 연소에 필요한 충분한 온도를 얻기가 어렵기 때문에 여러가지 再生裝置 및 이들 再生操作에 필요한 조절장치를 사용하여 한다.

<표-9> 세라믹 여과장치의 재생장치

System	Advantage	Disadvantage
DPE without Assistance	<ul style="list-style-type: none"> • Simple/Uncomplicated • No Additional Costs 	<ul style="list-style-type: none"> • Requires EGT Great than 500 °C
Burners (Natural Gas/Diesel Fuel)	<ul style="list-style-type: none"> • Positive Regeneration • Known Technology 	<ul style="list-style-type: none"> • Complicated System • Costly System • Can Cause "Hot" in Filter • Reduced Fuel
Electric Heaters	<ul style="list-style-type: none"> • Positive Regeneration 	<ul style="list-style-type: none"> • Safety • Complicated System
Fuel Additive	<ul style="list-style-type: none"> • Known Technology 	<ul style="list-style-type: none"> • Requires Large Amounts of Power(~5000 Watts)
Applied Catalyst (Precious/Non-Precious Metals)	<ul style="list-style-type: none"> • Ignition Temperature Reduced by 100-300 °C • Relatively Low Cost • Evidence of Lowering Mutagenicity of Emissions • Uncomplicated • Ignition Temperature Reduced by 50-100 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Non Combustible a Residue • Metering/Storage System • Sulfate Emission (Precious Metals) • Potential Cost • Possible Increase in Back Pressure

<表-9>에 세라믹 여과장치에 사용될 수 있는 각종 再生方法의 장·단점을 나타내었다.

1) 세라믹 濾過材(Ceramic monolith trap)

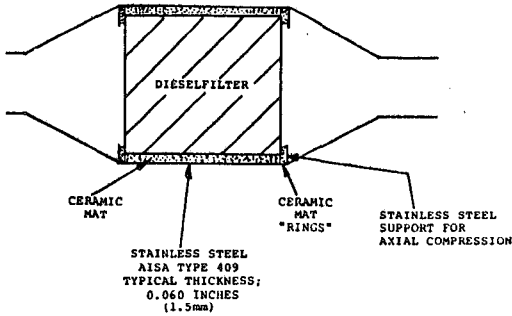
이 장치는 휘발유 자동차의 觸媒 전환 장치에 이용되고 있는 것을 디젤자동차의 여과재로

개량한 것으로 Corning Glass 社에서 생산하고 있다.

이 여과장치로 배기가스 중의 입자상 물질을 포집할 때는 필터내부의 온도가 약 400 °C, 외부 온도가 200 °C이나 재생시에는 내부온도가 900 °C 외부온도가 200 °C이므로 온도차이에 의한 열

충격에 의해서 여과장치가 파손될 수가 있다. 그러므로 여과장치를 용기에 장착할 때는 충격 흡수 및 보온재료를 사용하여 열충격에 의한 파손을 방지하고 외부용기 재료의 선택과 구조에 주의하여야 한다.

여과장치의 외부용기 재료 및 보온재료의 설치 보기를 <그림-11>에 나타내었다.



<그림-11> 세라믹 여과장치의 Canning

2) 再生裝置(regeneration system)

충분한 酸素가 있다 할지라도 觸媒가 없이 디젤 매연이 연소되기 위해서는 약 500~550℃의 온도가 필요하다.

디젤 배기가스 중에는 충분한 산소가 함유되어 있지만 디젤 배기가스 온도는 보통 400℃정도이므로 매연은 스스로 연소되기 어렵다. 그러므로 매연여과장치에 捕集된 매연을 연소시키기 위해서는 특별한 燃燒裝置가 필요하다. 이러한 기술 중에는 매연의 연소에 필요한 온도로 배기가스 온도를 높이거나 배기가스 온도에서 연소될 수 있도록 매연의 點火온도를 낮추는 기술이 적용된다. 그러므로 매연 재생장치는 두 가지로 나누어 생각할 수 있다.

즉 하나는 일정한 量의 매연이 여과장치에 포집되면 버너같은 點火裝置를 사용하여 매연을 연소시키는 強制再生裝置(positive regeneration system)와 다른 하나는 자동차가 정상적으로 작동하는 배기가스 온도에서 포집된 매연이 自動적으로 연소되는 再生裝置(self regeneration system)이다. Positive regener-

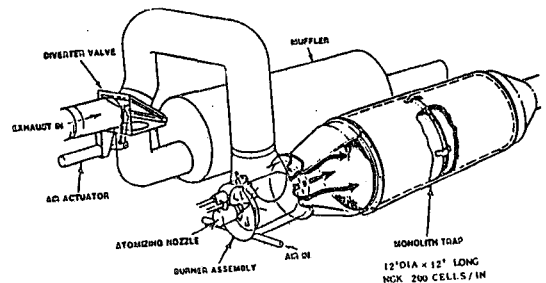
ation 기술에는 매연을 점화시키는 디젤 오일 버너 장치가 있으며 self-regeneration 기술에는 매연의 점화온도를 낮추기 위하여 觸媒金屬을 함유한 燃料添加劑를 사용하는 방법과 觸媒處理된 여과재(catalyzed monolith trap)을 사용하는 방법이 있다.

다음에 이들 기술에 대하여 더 구체적으로 살펴보고자 한다.

가) 디젤 오일버너(diesel oil burner)

대부분의 小型 디젤자동차를 생산하는 회사에서는 세라믹 여과재와 디젤 오일버너를 가지고 실험하였다.

Wade 등(1983)은 포드자동차에 버너시스템을 장착하여 실험하였다. 이 기술은 잘 알려져 있는 기술이라는데 利點이 있지만 매연이 연소할 때 높은 열이 발생하는 조건에서 장기간 동안 신뢰성이 있는 버너시스템의 설계에 어려운 점이 있다. 또한 필요이상의 열을 발생하여 熱衝擊에 의한 濾過材가 파손되지 않도록 하기 위한 버너의 정밀한 조절을 하는데 어려움이 있다. 이러한 이유 때문에 이 장치가 최근에는 연구가 활발하지 않으나 大型 디젤기관 製作會社에서는 아직 이 장치에 관한 연구를 계속하고 있다. <그림-12>에 디젤 오일버너장치의 보기를 나타내었다.



<그림-12> V-8.2트럭의 입자상물질 필터트랩 및 버너장치

나) 燃料添加劑에 의한 再生

이 기술은 디젤오일 버너를 사용하는데 여러가지 문제점이 발견되자 소형 디젤자동차에

적용하기 위하여 많은 연구가 이루어졌다.

이 기술은 경유 1갤론에 수십분의 1g의 有機金屬 化合物을 添加하여 연소시키면 여과재에 포집된 매연이 정상적인 배기가스 온도에서도 점화된다는 것으로 소형 디젤자동차에 실용될 수 있는 기술이다. 대형 자동차에도 이 기술을 적용하기 위한 많은 연구가 추진되고 있다. 이 기술은 연료에 添加한 金屬이 여과재에 축적되어 여과재의 구멍을 막히게 하므로 장기간의 사용에 배압의 문제가 있다. 그러나 이러한 문제는 70,000mile에서 100,000mile까지도 사용할 수 있으며 적절한 연료첨가제의 선택으로 해결할 수 있다고 한다.

연료첨가제로는 많은 유기 금속화합물이 있으며 이들 유기 금속화합물을 사용하면 필터트랩에 포집된 입자상물질의 연소온도를 낮추는 역할을 하므로 자동차의 운전조건에서 자연연소가 일어나 재생이 쉽게 된다. 그러나 저속이나 저부하시에는 배기가스 온도가 낮으므로 재생이 힘들며 이 때는 보조·점화장치의 사용이 요구된다. 이 보조·점화장치는 프로판 점화장치, 전기히터 등이 사용되며 전기히터 장치는 <그

연료첨가제의 종류로서는 구리 화합물, 납 화합물, 세륨(cerium)화합물, 망강화합물 등을 들 수 있으며 구리 화합물이나 납 화합물은 매연에 죽은 산화제로서 작용하지만 기관에 침전물이 생겨 배출가스 및 성능저하를 가져오며 연소생성물의 95% 이상은 여과되지만 대기중에 배출된 납화합물이나 구리산화물의 독성이 문제된다. 그러나 세륨이나 망간은 대기중에 독성이 크게 문제되지 않으며 매연의 산화에 도움이 되므로 이들의 이용이 기대된다.

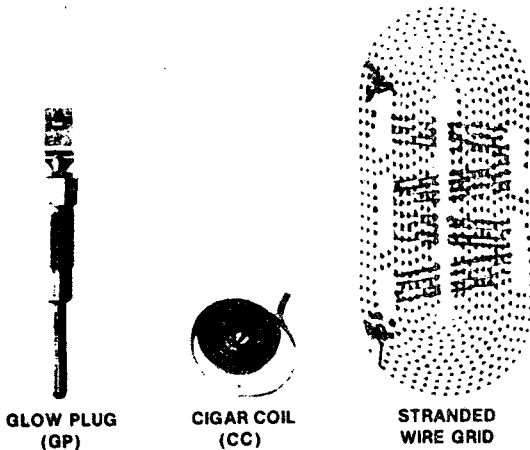
다) 기타 再生技術

세라믹 여과기에 포집된 매연을 일정 간격으로 연소시켜 재생시키는 방법으로는 위에서 설명한 두 가지 방법 이외에 배기관에 드로틀 장치를 하여 배기가스의 흐름을 억제함으로써 엔진의 부하를 증가시켜 배기가스 온도를 높여 연소시키는 방법과 세라믹 여과기에 촉매 처리하여 매연의 연소온도를 저하시키는 방법 등이 연구되고 있다.

3) 裝置의 構成

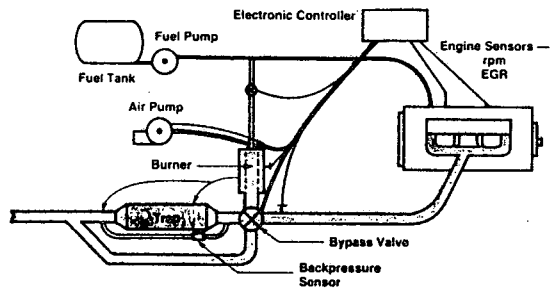
가) 세라믹 濾過材/버너 시스템

이 장치의 구성도를 개략적으로 나타내면 <그림-14>와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같



<그림-13> 연료첨가제 사용 세라믹 여과장치에 사용하는 보조가열장치

림-13>에서 보는 바와 같이 glow plug, cigar coil 및 stranded wire grid 등이 있다.



<그림-14> 세라믹 여과장치 및 버너 시스템

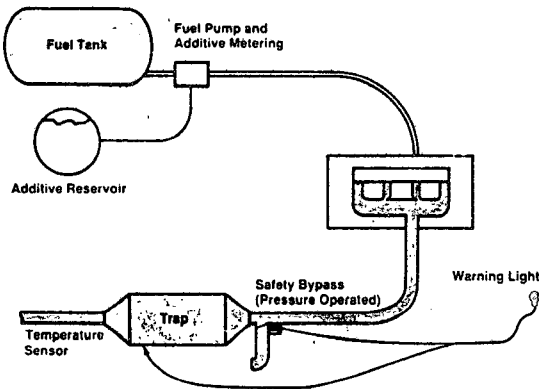
이 장치의 구성은 용기에 포함된 Ceramic Monolith trap, 버너 재생시 바이패스를 위한 관 및 장치를 조절하기 위한 각종 검출소자, 콘트롤장치, 작동기구로 구성되어 있다.

이 장치는 구조가 복잡하여 신뢰성이 문제가 될 뿐만 아니라 장치가 고가이고 유지 보수비가

많이 드는 결점이 있다. 입자상 물질의 포집 효율이 높은 장점이 있으나 재생시 순간적인 높은 열 때문에 장치가 파손되는 등의 문제점이 있어서 아직 실용화 단계는 아니다.

나) 세라믹 濾過材 / 燃料添加劑

이 장치의 구성은 <그림-15>와 같으며, 그림에 볼 수 있는 바와 같이 용기에 들어있는 여



<그림-15> 세라믹 여과장치 및 연료첨가제 시스템

과트랩, 안정성을 고려한 바 이 패스관 별도의 연료첨가제 용기와 연료펌프로 구성되어 있으며, 연료첨가제만으로 재생이 불완전할 때는 보조 점화장치를 사용한다.

연료첨가제의 공급은 연료첨가제를 첨가한 경우를 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 경우에서 배출되는 중금속 등이 대기오염을 일으킬 염려가 있다.

연료첨가제의 연소시 발생하는 금속 화합물이 濾過材에 蓄積되어 장시간 사용시 濾過材의 微細孔을 막아 배압이 증가된다. 평균 수명이 100,000~150,000mile 인 소형자동차에 있어서는 큰 문제가 아니나 수명이 500,000mile 이상인 트럭과 같이 장기간 사용되는 자동차에 이 장치를 사용시는 2~5 번의 교환이 필요하다.

4) 세라믹 여과장치의 응용

이 장치는 이미 설명한 바와 같이 소형 디젤 자동차에 장착하여 實用化되고 있으며 특히 Daimler Benz 디젤 승용차에 장착하여 1986년 모델의 캘리포니아 규제기준을 만족시키고 있다.

이 장치를 버스 및 대형 디젤 트럭에 응용하기 위한 많은 연구가 되고 있으며 특히 사용 중인 자동차에 이 장치를 裝着함으로써 매연을 획기적으로 줄일 수 있는 기술을 연구하고 있다.

3.3 실리카纖維材 캔들형 濾過裝置 (silica-fiber candle trap)

이 장치는 Daimler Benz 에 의해 보고 되었으며 이 분야의 연구는 많이 이루어지지 않아 자료가 그렇게 많지 않으나 이 장치의 실험결과가 좋으며 대형 자동차에 이용하는데 있어서 기술적 타당성이 인정되고 있다.

이 장치는 <그림-16>에서 볼 수 있는 바와 같이 큰 용기에 여러 개의 촛대 모양의 여과기가 들어 있는 것이다.

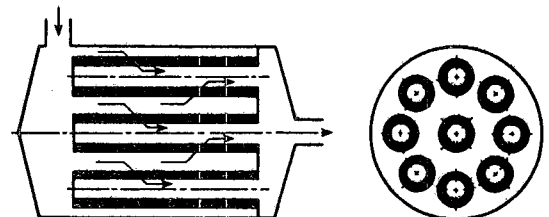
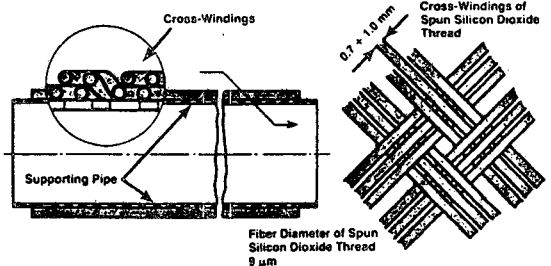


Fig.2-45 Silica Fiber Candle Type Trap

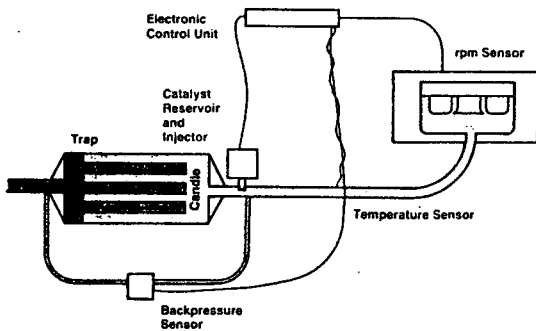


<그림-16> 실리카여과재 캔들형여과기

이 여과기는 多孔性 金屬지지대에 특수 처리한 실리카纖維로 편조한 것으로 배출가스는 여

과기의 밖으로부터 안쪽으로 흐르면서 매연이 섬유층에 여과된다. 이 여과기는 濾過效率이 좋고 배압이 적은 이점이 있으나 다른 濾過裝置보다 부피가 큰 것이 결점이다.

이 장치의 매연 再生은 觸媒鹽化구리($CuCl_2$)와 같은 분말을 배기가스에 噴射하여 포집된 매연을 연소시키는데 필요한 온도를 낮추어 연소시키는 것이다. 이 장치는 <그림-17>과 같이 구성할 수 있으며 그림에서 볼 수 있는 바와 같



<그림-17> 실리카섬유제 캔들형 여과장치 및 촉매 재생 시스템

이 電子調節裝置, 背壓檢出器, 排氣가스, 溫度檢出器 및 機關回轉速度, 檢出器로 구성되어 있다.

3.4 기타 매연 後處理 裝置

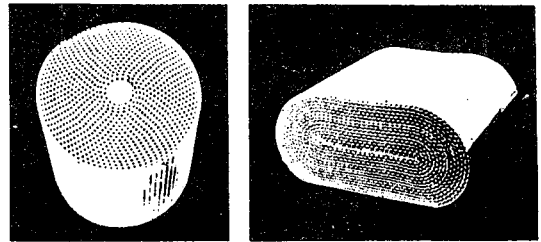
1) Mullite fiber ceramic filter

이 장치는 Matsushita Electric Industrial社에서 최근 연구된 것으로서 여과효율이 높고 (약 75%) 耐熱性이 강하며 배압이 적은 이점이 있다. Mullite fiber란 alumina silica(alumina silicate) 섬유로서 보통 세라믹 섬유라 부른다.

세라믹 섬유를 <그림-18>과 같이 만들어 여과재로 사용하며 이는 세라믹 필터와 같은 기능을 갖는다.

2) Ceramic foam filter

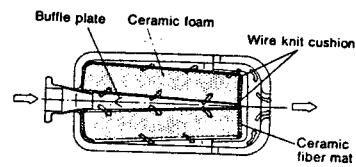
이 장치는 Mitsubishi Motor에서 개발된 것으로 세라믹 필터 대신에 <그림-19>와 같은 세라믹 폼(ceramic foam)을 여과재로 사용한 것이며 재생기술은 촉매처리한 필터를 사용하거



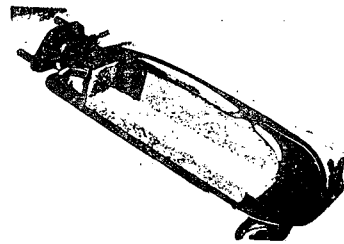
(Honey Comb Type)

(R Type)

<그림-18> Mullite Fiber Ceramic을 이용한 입자상물질 여과장치



Configuration of particulate trap oxidizer



<그림-19> 세라믹 폼 여과기

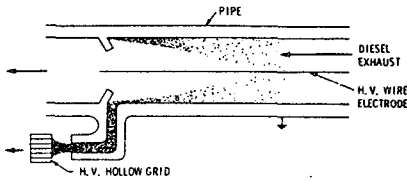
나 燃料添加劑를 사용하는 방법이 사용된다.

매연저감은 0.15g/mile 목표를 달성할 수 있으며, 燃費低下를 최대한 줄일 수 있고, 再生期間 중에 필터의 파손이나 응용을 막을 수 있고 가격을 저렴하게 할 수 있으며 높은 耐久度, 信賴性 및 實用性이 있다고 한다.

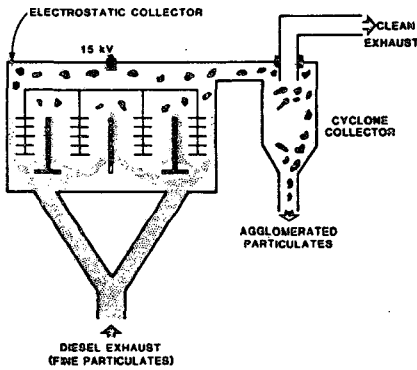
3) 電氣集塵裝置 (electrostatic precipitator)

이 장치는 배기가스 중의 매연을 코로나放電에 의하여 凝集시킨 후 사이클론에 의하여 제거하는 방법이다 <그림 20 및 21>

이 장치는 그간 많은 연구가 되고 있으나 아



〈그림-20〉 Schematic Representation of an Electrostatic Precipitator for Diesel Particulates Agglomeration



〈그림-21〉 Schematic Diagram of the Combined Electrostatic Collector-Cyclone Separation Device

직 실용화는 되고 있지 않다.

4) 遠心分離裝置

배기가스중의 粒子狀物質을 遠心力을 이용 가스로부터 分離제거하는 원리를 이용한 장치로서 集塵效率을 높이기 위하여 遠心分離전에 粒子의 凝集을 돕기 위한 처리를 하고 있다.

이 장치의 문제점은 제거효율이 낮고 遠心分離한 粒子狀物質이 處分이 문제시된다.

4. 結 論

디젤자동차는 燃料經濟性의 이유 때문에 전세계적으로 계속 증가되고 있는 실정이며 특히 우리나라에 있어서는 경유의 가격이 휘발유보다 훨씬 저렴하기 때문에 디젤자동차의 보유비율이 세계 어느나라보다 높다. 또한 서울과 같은 대도시에 있어서는 부유분진이 환경기준치를 초과하고 있으며 이로인한 인체피해, 시정장해 및 재산상의 피해는 우리가 매일 피부로 느끼는 바와 같다. 이의 주요 원인은 확실하지는 않으나 시내버스, 트럭과 같은 각종 디젤 자동차에서 배출되는 입자상물질이 크게 기여할 것이라는 것은 쉽게 알 수 있다.

미국 등에서 지금까지 연구한 각종 자료에 의하면 디젤입자상물질은 암의 유발은 물론 기관지염, 천식, 심장병질환자 및 독감에 걸린 사람들의 질병을 악화시키는 것과 밀접한 관계가 있다고 한다.

이러한 디젤입자상물질을 줄이기 위해서는 여러가지 기술이 개발되고 있으나 특히 최근 많은 연구가 추진되고 있는 입자상물질 후처리 기술에 대하여 검토하여 보았다.

디젤자동차의 매연후처리기술개발에 관심이 있는 자나 이 분야 관련자에 다소나마 도움이 되었으면 한다.*

오염되고 후회말고

늦기전에 환경보전