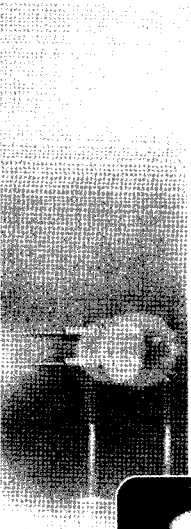


자동차가 대기오염에 미치는 영향과 저감방안

Air Pollution by Automobiles and Ways of Reduction



글 / 金大植

(Kim, Dae Sik)

차량기술사,

김대식기술사사무소 대표

E-mail: kds1997@unitel.co.kr

Due to the rapid increase of automobiles and daily driving distances, air pollution by automobiles is still dominant problem of large city in spite of strict emission regulation and development of reduction technologies. Among the air pollution resources of automobile, industry, electricity generation and heating, automobile keeps 51% of total nationwide air pollution in 1998 and this proportion is increasing in large cities from 65% to 85%. To reduce these air pollution, catalytic converter and electronic engine control, exhaust gas re-circulation and evaporative emission control system have continuously developed and applied to automobiles since 1987. Also strong emission standards and emission durability warranty have enforced and monitored annually by sampling several vehicle models. But technologies and regulations are incomplete, driver should participate in reducing air pollution for himself by planning driving, avoiding unnecessary idle and air conditioning, keeping periodic maintenance and using mass transportation.

1. 자동차와 대기오염의 관계

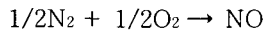
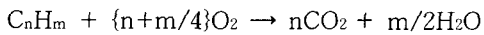
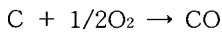
100여 년 전에 자동차가 처음 발명된 후 많은 기술적 발전으로 성능과 쾌적성 면에서 큰 향상이 있었지만 이제는 사람과 조화롭게 지낼 수 있고 환경 친화적인 자동차가 우리에게 더 필요한 현실이 되었다. 최근의 신기술 적용으로 자동차의 제어기가 보다 정밀해지고 전자화되었지만 액체의 석유 에너지를 연소시켜 기계적인 에너지로 바꾸는 열효율(熱效率)은 30%를 조금 넘는 수준에 불과하다. 탄소와 수소원자로 구성된 휘발유나 경유가 공기중의 산소와 결합하여 연소가 일어나는데 산소의 부족으로 불완전연소(不完全燃燒)하는 일산화탄소(CO)와 연소 화염이 제대로 전파되지 않아 미연소(未燃燒)하는 탄화수소(HC)와 입자상물질(PM), 공기중의 질소와 산소가 높은 온도의 연소실에서 열해리(熱解離) 반응하는 질소산

화물(NOx) 등이 발생하게 된다. 이러한 성분은 인체에 아주 자극적이고 장기간 기준 이상으로 노출되면 폐렴, 폐암 등의 질병을 발생할 수 있고 스모그 현상으로 도시 전체를 오염시키기도 한다. 완전연소(完全燃燒) 되어 발생하는 이산화탄소(CO₂)도 인체에 직접적으로는 무해하나 발생량 자체가 증가하면서 온실효과(溫室效果) 등 지구 환경적인 문제를 일으킨다. 따라서 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 자동차에 의한 대기오염을 아주 엄격한 규제치와 인증절차로 관리하여 그동안 많은 개선이 되어 온 것이 사실이나 자동차 대수의 급격한 증가와 일일 주행거리 증가로 개선되어야 할 부분이 많다. 따라서 자동차 대기오염의 발생원인과 총 발생량 및 저감기술에 대해 이해하고 우리의 일상생활에서 기여할 수 있는 것이 무엇인지 노력하는 것은 쾌적한 환경을 위하여 우리

모두가 관심을 가지고 실천해야 할 과제이다.

2. 발생원인

우리가 사용하는 휘발유는 탄소와 수소가 체인이나 링 모양으로 결합해 있는 탄화수소 혼합물이다. 연료탱크에 주입된 휘발유는 연료펌프에 의해 압력을 받아 엔진 내로 분사되고 에어클리너를 통해 흡입된 공기와 연소실에서 혼합되어 혼합기체(混合氣體)의 형태로 존재한다. 여기에 스파크 플러그를 통해 전기적 에너지를 가하면 화염(火焰)이 발생하여 연소가 전파되면서 급격한 팽창이 일어나고 피스톤을 밀어 기계적 에너지로 변하게 된다. 이론적으로는 연료 1g당 14.7g의 공기가 있으면 100% 연소하여 이산화탄소나 수증기, 질소 등으로 변하지만 공기와 연료의 혼합비가 마이크로 프로세서를 이용한 전자 장치에 의해 제어되어도 1% 내외의 오차를 가지게 되어 미연소나 불완전연소에 의해 대기오염 물질이 발생하게 된다.



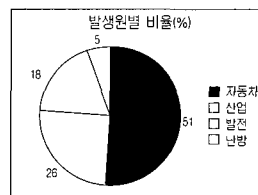
이론적인 혼합비일 때는 일산화탄소나 탄화수소의 발생량이 최소가 되지만 이것을 벗어나면 그 발생량이 급격히 증가한다. 이론공연비(理論空燃比)는 차량이 일정한 속도로 운전할 때는 유지 가능하나 가속이나 언덕길 주행 같은 큰 힘이 필요할 때는 20~30% 많은 연료량을 분사하게 되어 일산화탄소와 탄화수소의 발생량이 많아진다. 더구나 시동시에는 엔진의 회전수가 낮아 흡입되는 공기량이 적고 정지되어 있던 엔진을 회전시키기 위해 큰 힘이 필요하므로 5~6배 많은 연료를 분사하게 되어 일산화탄소와 탄화수소의 발생량이 급격히 증가하고 엔진이 충분히 데워지고 촉매장치 등 배출가스 저감장치가 정상적인 효율을 도달할 때까지 이러한 상태는 계속된다. 기온이 낮

거나 엔진이 충분히 난기(暖機)되지 않으면 연소실에 흡입된 혼합기가 낮은 온도의 연소실 벽면에 응축되어 연소화염이 제대로 전파되지 않아 미연의 탄화수소가 특히 많이 발생하게 된다.

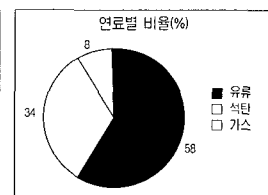
질소산화물은 엔진이 충분히 난기되고 정상적인 성능을 발휘할 때 연소실 온도가 섭씨 1,000도 이상의 고온으로 상승해 공기중의 질소와 산소가 열해리 반응을 일으켜 질소산화물을 다량 배출하게 된다. 이것은 엔진의 효율과 연료소비율이 좋을수록 더욱 많이 발생하게 되고 이론적인 공기량보다 많은 공기과잉(空氣過剩) 상태에서 현저하다. 따라서 탄화수소, 일산화탄소는 질소산화물과 상반되는 조건에서 많이 발생하는데 이러한 세 가지 성분을 동시에 줄이기 위해서 이론공연비 근처의 공기 연료 혼합비를 유지하고 촉매장치를 부착하는 방법을 사용하게 되었다.

3. 발생량

대기오염을 일으키는 주요 발생원을 보면 자동차, 산업, 발전, 난방 등으로 분류할 수 있는데 '98년의 경우 총배출량 3,768,000톤 중 <그림 1>과 같이 자동차 51%, 산업 26%, 발전 18%, 난방 5%의 비율인 것으로 집계되었고 연료별로는 <그림 2>와 같이 유류 58%, 석탄 34%, 가스 8%인 것으로 나타났다.



<그림 1> 발생원별 비율



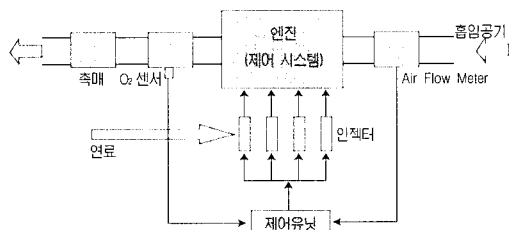
<그림 2> 연료별 비율

대도시의 경우 자동차에 의한 대기오염의 비율이 높아 전국 7대 도시의 평균이 약 65%이고 서울의 경우는 그 비율이 더욱 높아 85% 정도가 된다. 전국의 자동차 대수는 1,100만대를 상회하고

이들 자동차에서 발생하는 연간 총 대기오염 물질은 전체 대기오염 배출량의 약 51%인 1,922,000톤이다. 탄화수소 배출량은 141,000톤이고 그 중 92%가 자동차에서 발생하며 질소산화물은 총 1,084,000톤으로 자동차가 47%를 점유하고있다. 서울의 경우 자동차에 의한 총오염물질이 331,000톤으로 전체 발생원의 85%를 차지하고 있고 다른 지역보다 자동차에 의한 대기오염의 영향이 높다. 자동차 대수의 증가와 일일 주행거리의 증가에 따른 배출량 증가를 억제하기 위하여 해마다 강화된 배출가스 기준을 적용하여 전체 발생량은 점차 줄어드는 것으로 집계되고 있지만 사용중인 자동차의 배출가스 발생특성을 더욱 세분하여 고려할 필요가 있다.

4. 저감기술

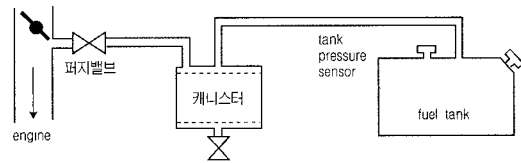
1980년대부터 대기오염의 심각성을 깨닫고 이를 개선하기 위해 많은 연구와 개발 끝에 세라믹 담체에 백금(Pt), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd) 등의 귀금속을 코팅한 촉매장치를 부착하게 되었다. 휘발유차의 연소과정에서 발생하는 탄화수소와 일산화탄소, 질소산화물은 90% 이상 촉매장치에서 정화(淨化)되어 대기중에 방출된다. 촉매장치의 효율은 이론공연비(理論空燃比)의 ±1% 내에서만 탄화수소와 일산화탄소, 질소산화물을 동시에 저감시킬 수 있기 때문에 <그림 3>과 같은 산소센서와 마이크로프로세서를 이용한 피이드백 제어가 필수적이어서 엔진제어의 전자화도 함께



<그림 3> 피이드백 제어

진행되었다.

연소시 고온에서 열해리(熱解離)에 의한 질소산화물 발생을 억제하기 위하여 연소실에 배기가스의 일부를 재순환 시키는 배기가스재순환장치가 부착되었다. 엔진의 배기다기관에서 배출가스를 재순환 시키거나 실린더헤드의 배기포트에서 직접 흡기다기관으로 재순환 시키는 방법이 있다. 배기가스재순환은 불활성(不活性)가스가 연소실에 유입되기 때문에 최고연소 온도가 저하되고 출력이 떨어지나 오존(O₃) 발생의 원인이 되는 질소산화물을 줄이기 위해 대부분의 엔진에 사용되고 있고 최근에는 전자제어식으로 엔진의 부하, 회전수, 가감속 등의 상태에 따라 최적의 배기가스 재순환 상태를 유지할 수 있다.



<그림 4> 증발가스 방지장치

엔진에서 연소과정(燃燒過程) 중에 발생하는 탄화수소 뿐 아니라 연료탱크에서도 증발탄화수소(蒸發炭化水素)가 발생하는데 <그림 4>와 같이 대기중으로 방출하지 않고 캐니스터에 흡착하였다가 엔진에 재공급하여 주는 증발가스 방지장치가 부착되어 있다. 캐니스터는 활성탄(活性炭)으로서 증발 연료가스를 흡착하였다가 엔진이 정상적으로 운전할 때 공기와 함께 흡입하여 연소실로 유입되어 연소하게 된다. 이밖에 연소실의 개량, 연료분사 인젝터의 개선, 점화시기의 전자제어, 엔진의 경량화, 제어 속도의 개선 등 배기가스저감과 엔진 성능을 동시에 달성하는 방법들이 개발되어 사용되고 있다.

5. 제도적 관리

국내에서 제작 및 수입 판매되는 자동차는 대기

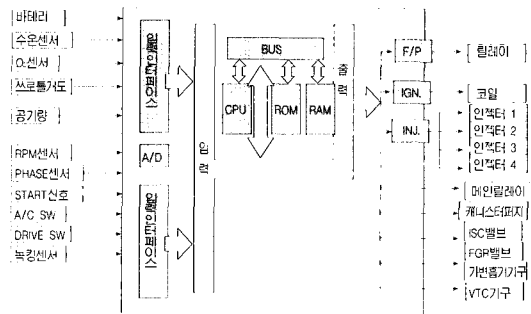
기술예시

환경보전법에 의해 배출가스 인증기준을 만족하여야 한다. 1987년부터 선진국 수준의 배출가스 기준이 도입되면서 무연휘발유와 촉매장치의 부착으로 휘발유차에서 발생하는 배출가스는 지속적으로 감소하여왔다. 1991년부터 5년 8만km의 배출가스 내구보증 제도의 도입으로 자동차의 열화(劣化)에 따른 배기가스 증가를 방지하였고 2000년부터는 배출가스기준의 강화와 10년 16만km의 내구보증거리가 적용되고 있다. 이러한 사용중인 자동차의 배출가스 만족 여부를 확인하기 위하여 1년에 10여 차종의 자동차를 선정하여 배출가스결합여부를 시험하고 있어 배출가스의 발생은 효과적으로 관리되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 엄격한 배출가스 규제치를 만족하기 위하여 대부분의 자동차가 전자제어시스템을 사용하고 있기 때문에 배출가스 저감장치 시스템이 정상적으로 작동하는지 파악이 힘들어지고 배출가스방지장치의 고장시에 사용자가 인식할 수 없는 경우가 대부분이기 때문에 실제 사용중인 자동차의 배출가스 특성이 어떻게 유지되는지 판단하는 것은 어려운 일이다. 결합확인제도도 1년에 한 차종당 5대의 자동차를 샘플 선정하여 시험하고 있기 때문에 그 차종의 배출가스 특성을 대표한다고 말하기 힘들다. 이러한 현재의 제도적인 불완전성을 보완하기 위해 우리의 관심과 노력이 필요하다.

6. 사용자의 관리

자동차가 우리에게 많은 편리함과 유익함을 주고 기술의 발달로 배출가스 발생은 예전에 비해 줄었지만 자동차 대수의 증가와 운전상태에 따라 대기오염물질의 발생을 피할 수 없기 때문에 가능한 우리의 생활에서 대기오염을 줄일 수 있는 것들을 실천하는 것이 중요하다. 그 중에 먼저 어디를 가고자 할 때 운전을 계획하는 습관을 갖는 것이 중요하다. 깨끗한 공기뿐 아니라 사고의 예방

과 연료소모량의 절약을 위해서 어떤 코스로 갈 것인가, 용무는 효과적으로 계획되었는가, 시간은 여유 있게 잡았는가를 사전에 점검해 보는 것이 필요하다. 또한 근거리는 자전거나 걸어서 가는 것을 습관하면 건강에도 많은 도움을 줄 것이다.



〈그림 5〉 엔진전자제어 흐름도

일정속도로 정속주행(定速走行)하는 것은 엔진이 이론공연비에서 운전되기 때문에 연료소모량과 배출가스의 발생면에서 아주 좋은 조건이다. 과속을 피하고 경제속도(經濟速度)에서 운행하면 10% 정도의 연료절감효과가 있고 급출발이나 급가속, 급감속을 피할 경우 20% 정도의 연료절감 효과와 배출가스 저감효과가 있다.

최근의 엔진은 전자연료분사식으로 연료제어와 점화제어가 되기 때문에 시동후에 예전과 같은 긴 난기시간이 필요하지 않다. 시동후 공회전을 계속 하면 낮은 엔진회전수를 보상하기 위해 많은 양의 연료를 분사하여 대기오염을 가중시키고 저온에서 엔진부품들이 작동하므로 마모면에서도 좋지 않다. 하절기에는 15~30초, 동절기에는 2분 이내면 예열(豫熱)시키는데 충분하다. 자동차에서 소비되는 연료의 40%가 실제로 공회전 상태에서 소모될 정도로 공회전의 비율이 많고 전조등, 에어컨 등 전기장치를 작동하면 연료소모가 더욱 많아지기 때문에 불필요한 공회전을 관리하는 것이 중요하다. 주유할 때, 원격조정장치를 이용하여 시동을 걸었을 때, 택시 등으로 승강장에서 손님

을 기다릴 때, 화물을 싣거나 내릴 때, 버스 등을 차고지에 정차해 놓았을 때 불필요한 공회전을 줄이는 노력이 필요하다.

배출가스는 자동차의 배기계에 장착되어 있는 촉매에 의해 거의 90% 이상 인체에 무해한 성분으로 산화(酸化) 또는 환원(還元)된다. 이러한 촉매의 정화효율을 유지하기 위해 <그림 5>와 같이 O₂센서, RPM센서, 수온센서, 공기량센서 등을 사용하여 연료분사제어, 점화시기제어, 공회전제어, 시동제어를 하므로 전기적인 결함이 있을 때는 엔진의 제어가 정상적으로 되지 않는다. 따라서 퓨즈, 커넥터 등 이상이 발견되면 즉시 수정이 필요하고 점화플러그 등 전기적 소모부품은 필요한 시점에 교환하여 주는 것이 중요하다. 또한 자동차의 타이어는 공기량에 따라 지면과 접촉하는 마찰력이 크게 변화하여 연료소모와 배기가스에 영향을 주므로 적정공기량을 유지하면 10% 정도의 연료소모량과 배기가스 저감효과가 있다.

여름철에 사용하는 에어컨은 엔진의 크랭크축 풀리에 연결된 벨트로 에어컨 컴프레서를 구동하여 냉방을 하므로 엔진 출력을 저하시킨다. 공회전이나 엔진회전수가 낮은 영역에서는 엔진에 큰 부담이 되므로 연료소모량과 배출가스가 증가하게 된다. 특히 배출가스는 에어컨의 사용 단수에 민감하여 단수가 높아질수록 배출가스 발생은 급격히 증가하는데 에어컨을 작동하면 저부하에서 엔진이 순간적으로 불안정해지므로 20~40%의 배출가스가 증가하게 된다. 외국에서는 에어컨을 사용하는 조건에서 배출가스를 측정할 정도로 그 영향을 관리하고 있는데 에어컨 사용 빈도를 줄이고 높은 단의 사용을 피한다면 배출가스를 줄이는데 크게 기여할 것이다.

우리나라의 경우 버스·지하철 등 대중교통수단 이용율이 서울은 60.2%, 부산은 46.3%로 동경의 74%, 런던의 83%에 비하여 낮은 것으로

나타났다. 산술적으로 시내버스 1대는 승용차 40대를 대체할 수 있어 40대의 승용차가 소비하는 연간 수만리터의 연료와 수톤의 오염물질을 줄일 수 있다. 이외에도 대중교통수단을 이용하는 경우에는 자가용 운행량의 감소로 인한 도로 혼잡이 감소되고 주차비용절감, 차량유지관리비용절감, 도로건설을 위한 세금부담 감소 등 부수적인 이득이 있다. 따라서 일주일에 2번 이상 대중교통을 이용하려고 노력해 볼만하다.

7. 맺는말

전자기술의 발달로 배출가스를 저감하는 장치의 부착이 실용화되고 그 제어도 미세하게 이루어지고 있으나 운전상태, 차량의 노후화, 교통혼잡, 주행거리 증가 등으로 배출가스에 의한 대기오염은 크게 개선되지 않고 있다. 대기오염과 관련된 이러한 인자(因子)와 사용자가 할 수 있는 것이 무엇인지 이해하고 자동차를 운전한다면 우리 주변의 대기오염을 개선시키는데 많은 기여를 하게 될 것이다. 대기오염은 다른 환경문제와 마찬가지로 당사자가 직접 피해를 입지않고 다수의 다른 사람이 피해를 입으며 무한한 것 같아 보이는 공기가 오염되기 때문에 잘 깨닫지 못하게 된다. 그러나 이러한 오염이 누적되면 피해의 범위가 광범위하고 회복하는데 많은 비용과 시간이 소요되기 때문에 발생원인을 이해하고 우리 스스로가 줄일 수 있는 방안을 실천하는 것이 중요하다.

(원고 접수일 2001년 6월 19일)

참고 문헌

- 1) 년도별, 배출원별 오염물질 배출량, 2001년 3월, 환경부
- 2) 21세기 자동차기술과 환경, 1999년 5월 서울모터쇼기념세미나, 국립환경연구원
- 3) Automotive Handbook, 2000년 9월, Bosch
- 4) 내연기관공학, 97년 1월, 조진호, 학연사
- 5) 오존 오염의 현황과 대응방안, 2001년 5월, 환경부