

자동차연료의 저 공해화 기술



김 경 원

(주)유공 울산연구소 석유연구실

●1960년생.
●화학공학을 전공하였으며, 석유제품의 품질 연구에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

인구의 증가와 문명의 발달로 가속화된 에너지 소비는 필연적으로 환경오염을 수반하여 세계적으로는 지구 온난화와 산성비 문제를 야기하고 국지적으로는 대도시 스모그(smog)현상, 독성물질 과다노출 등에 따른 인체 장애의 문제를 낳고 있다. 국내에서는 경제성장 및 국민 소득의 증가와 더불어 '80년대에 들어 자동차 보급이 급격히 늘어남으로써 자동차 배출 물질에 의한 대기오염 문제가 날로 심각해지고 있다. 표 1은 오염물질 배출량 및 기여도를 나타

낸다.

승용차, 버스, 트럭 등은 상당한 양의 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx)과 분진(particulates)을 배출한다. 이 오염 물질들은 건강을 해치고, 식물을 고사시키며 인간의 정상적인 삶을 방해한다. 대기오염에는 많은 원인이 있지만 자동차는 특히 심각한 영향을 끼치는 것으로 일산화탄소의 37.6%, 탄화수소의 60.0%, 질소산화물의 83.2%가 자동차에서 배출된다는 것으로 능히 짐작할 수 있다. 분진의 경우 수송 부문이 차지하는 비율은 9.3%에 불과하나 디젤 엔진에서 배출되는 분진은 매우 미세하여(평균 직경

표 1 대기 오염 물질 배출량 및 기여도⁽²⁾

(단위 : 톤/년)

오염물질 배출원	SO ₂	CO	HC	NO ₂	분진(TSP)
난방 부문	337,160 (23.3)	911,538 (59.5)	26,384 (13.8)	53,359 (4.8)	105,877 (27.4)
산업 부문	736,805 (51.0)	36,288 (2.4)	37,184 (19.4)	70,280 (6.2)	136,000 (35.3)
수송 부문	132,651 (9.2)	574,747 (37.6)	114,687 (60.0)	933,069 (83.2)	35,731 (9.3)
발전 부문	239,194 (16.5)	7,061 (0.5)	12,933 (6.8)	64,842 (5.8)	108,003 (28.0)
계	1,445,310 (100.0)	1,529,634 (100.0)	191,188 (100.0)	1,121,550 (100.0)	385,611 (100.0)

표 2 수송 부문 대기 오염 물질의 차종별 분포⁽²⁾

오염물질 \ 차종	SO ₂	CO	HC	NOx	분진(TSP)
택시	—	30.0	14.1	11.3	5.8
승용차	2.1	24.9	27.1	10.0	6.0
버스	32.3	13.5	12.2	31.8	32.6
트럭	65.5	19.8	20.8	46.5	54.0
오토바이	0.1	11.8	25.7	0.4	1.5

0.2미크론 정도) 인체 폐포에의 흡착성이 높고 내부에 발암성 물질인 다핵방향족탄화수소(PAH, Polynuclear Aromatic Hydrocarbon)를 포함하고 있어 일반 분진에 비해 독성이 특히 높아 중요시되고 있다.

수송 부문의 오염 물질을 차종별로 살펴 보면 표 2와 같이 CO, HC, NOx, 분진 모두에서 경유차량의 기여율이 가장 높으며 특히 NOx 및 분진은 거의 전량이 경유차량에서 배출되고 있다. 이는 산업 연료라는 인식하에서의 저가 정책으로 인한 경유차량의 보급 확대에 기인하는 것으로 추정된다. 휘발유 자동차에서는 CO와 HC의 배출이 높은 편이며 현재로서는 경유차량에 비해 심각성이 다소 적은 편이나 최근 들어 전체 차량 중에서 승용차가 차지하는 비중이 크게 증가하고 있음을 감안할 때 향후에는 휘발유 자동차가 CO 및 HC의 주 배출원으로 작용할 것으로 예상된다. 표 3은 연도별 자동차 등록대수를 나타내며 표 4는 국가별 경유차량 비율 및 가격을 나타낸다.

미국은 자동차에 의한 대도시의 대기오염 문제가 심각하여 자동차 및 자동차 연료에 대한 저 공해화를 법적으로 유도하기 위해 1990년 역사상 가장 강력한 대기정화법 개정안(CAAA; Clean Air Act Amendments)을 공포함으로써 전 세계 자동차 및 석유 업계에 지대한 영향을 미치고 있다. 국내 환경처에서도 '93년부터 휘발유의 전면 무연화, 경유의 황함량 규제 강화, 자동차 배출가스 규제 강화 등 자동차 및 석유제품에 대한 단계적인 저 공해화를 법적으로 유도하고 있어 관련 업계의 신속한 대응이

요구되고 있다. 이러한 대기 오염 저감 추세에 능동적으로 대처하기 위한 정유사의 노력으로는 무엇보다도 연료의 저 공해화 및 대체에너지의 개발이 중요하다.

대체에너지는 경제성, 기술, Infrastructure의 제약 등으로 인해 장기적인 대응 방안인데 반해 현재 쓰고 있는 휘발유, 경유 등 석유계 연료의 저공해화(fuel reformulation)는 상대적으로 낮은 비용 상승, 기술 확보의 용이성, 현재의 Infrastructure 하에서 쉽게 적용 가능

표 3 국내의 연도별 자동차 등록 대수⁽³⁾

차종 \ 연도	승용차	버스·화물(경유)	계
1965	13,001 (30.6)	28,510 (69.4)	42,511
1970	60,677 (48.0)	65,829 (52.0)	126,506
1975	84,212 (43.4)	109,715 (56.6)	194,927
1980	249,102 (47.2)	278,627 (52.8)	527,729
1985	556,659 (50.0)	556,771 (50.0)	1,113,430
1988	1,117,999 (54.9)	917,449 (45.1)	2,035,448
1989	1,558,660 (58.6)	1,101,552 (41.4)	2,660,212
1990	2,074,920 (61.1)	1,319,881 (38.9)	3,394,803

표 4 국가별 경유 차량 비율 및 가격⁽¹⁾

국 명	경유 차량 비율(%)	가격(휘발유=1.0)
미 국	3	1.04
일 본	13	0.64
독 일	약 20	0.75
영 국	약 20	0.98
대 만	—	0.71
한 국	41	0.35

표 5 휘발유 성상 변화에 따른 배기가스 변화

	1990 US Avg.	RVP 변화	MTBE 변화	Aromatics 변화	Olefins 변화	1990 Avg.	Benzene 변화	Sulfur 변화	50%BP 변화	90% BP 변화
휘발유 성상										
RVP, psi	8.7	7.0				8.7				
MTBE, %	0.0		15.0			0.0				
Aromatics, %	32.0			25.0		32.0				
Olefins, %	9.2				6.0	9.2				
Benzene, %	1.6					1.6	1.0			
Sulfur, wppm	349					349		40		
50% BP, °C	100					100			99	
90% BF, °C	166					166				149
배기가스변화 (%)										
HC	Base	-7.8	-5.4	-1.8	1.8	Base		-12.5		-8.9
CO	Base	-19.1	-13.0	-4.1	0.5	Base	*	-11.0	*	-0.3
NOx	Base	-1.2	2.1	-0.3	-1.7	Base		-7.3		1.9

* 현재 모델이 미정립되어 예측할 수 없음. 향후 보완 계획임.

표 6 미국, 일본, 한국 휘발유의 배기가스 비교

	미 국					일본 1989 Avg.	한 국 1991 Avg.	정유사 A
	1990 US Avg.	CAAA Ozone	CAAA CO	ARCO EC-1	CARB Phase II			
휘발유 성상								
RVP, psi	8.7	9.0	—	7.6	7.0	9.3	8.7	8.2
MTBE, %	0.0	11.0	15.0	5.6	11.0	0.0	3.0	6.3
Aromatics, %	32.0	25.0	—	19.0	25.0	35	42.6	41.1
Olefins, %	9.2	—	—	10.0	6.0	15	1.0	1.0
Benzene, %	1.6	1.0	—	0.7	1.0	3	4.1	5.0
Sulfur, wppm	349	—	—	245	40	13	10	10
50% BP, °C	100	—	—	98	99	94	99	88
90% EP, °C	166	—	—	177	149	150	154	147
rol additives	yes	yes	yes	yes	yes	premium only	yes	yes
Deposit cont-								
배기가스변화, (%)								
HC	Base	-5.3	-4.2	-11.7	-30.2	-20.2	-17.1	-24.1
CO	Base	-11.9	-10.0	-33.7	-49.9	-5.0	-9.3	-18.5
NOx	Base	2.7	2.3	-2.2	-4.7	-2.3	-10.3	-9.4

• 한국의 MTBE 함량은 1992.1.(-6) 평균임

• RVP는 하절기 기준이며 기타 성상은 연간 평균치임

한 점 등으로 인해 단기적이고도 경제적인 대기 오염 저감 대책으로 주목받고 있다.⁽⁹⁾

표 3은 연도별 자동차 등록 대수를 나타내며 표 4는 국가별 경유 차량 비율 및 가격을 나타낸다.

2. 휘발유의 저 공해화

휘발유 자동차에서 배출되는 오염 물질로는 현재 규제 대상인 CO, HC, NOx와 규제 대상은 아니나 독성 물질로서 중요시되는 벤젠, 1, 3-부타디엔, 포름알데히드, 아세트알데히드 등이 있다. 위의 오염 물질 배출에 영향을 미치는 휘발유의 성상으로는 여러 가지가 있겠으나 중요하게 취급되는 것으로 합산산화합물 함량(혹은 산소 함량), 증기압, 방향족함량, 올레핀함량, 벤젠함량, 황함량, 50% 증류점, 90% 증류점, 청정제의 종류 및 주입량 등이 꼽힌다.

최근 미국에서 14개 정유사와 3대 자동차사가 공동 수행중인 AQIRP(auto/oil air quality improvement research program)는 현재의 차종을 대상으로 위에 열거한 휘발유 성상의 배기가스 영향을 정확히 밝혀주고 있다. 그러나 독성 물질 배출량은 유의하지 못한 실험 결과를 보여 앞으로 많은 개선을 요한다. AQIRP의 중간 결과와 기타 자료를 토대로 휘발유 성상이 배기가스에 미치는 영향을 살펴보면 표 5와 같으며 표 6은 미국, 일본, 한국의 휘발유 배기가스를 비교하였다.

2.1 RVP, MTBE 함량, 방향족 함량

RVP, MTBE 함량 및 방향족 함량 변화는 휘발유 자동차의 배출 가스에 서로 유사한 영향을 미친다. 즉, RVP와 방향족 함량은 낮을수록, MTBE 함량은 높을수록 HC와 CO를 감소시키며 특히 CO의 감소 폭이 현저하다. NOx의 변화량은 유의하지 못한 수준이다.

2.2 올레핀 함량

올레핀 함량을 낮추면 HC의 증가는 미미하

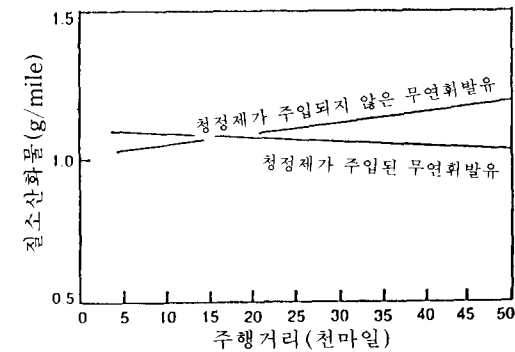
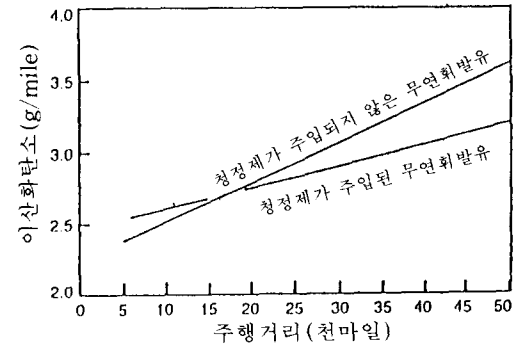
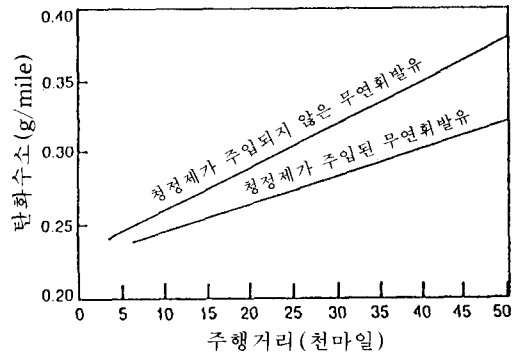


그림 1 청정제의 배기가스 저감 효과⁽¹⁰⁾
(자료 : Chevron Chemical Company)

나 NOx 저감에는 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 국내 휘발유에는 현재까지는 분해 가솔린이 배합되지 않아 올레핀 함량 저감에 따른 배기가스 개선을 기대할 수는 없는 상태이다.

2.3 황함량

황은 지금까지 알려진 바와는 달리 휘발유

자동차의 배기가스 개선에 매우 효과적인 것으로 나타났다. 황함량을 낮출 경우 HC, CO 및 NOx가 전반적으로 크게 감소하여 향후 휘발유의 탈황에 관한 관심이 높아질 것으로 예견된다. 국내의 경우에는 아직 중질유 접촉 분해공정이 없어 휘발유 중의 황함량이 10ppm 수준으로 극히 낮은 편이므로 현재로서는 황함량 저감에 의한 배기 가스 감소효과는 기대할 수 없으나 향후 FCC(fluid catalytic cracking) 공정과 같은 중질유 접촉 분해 시설이 신설·가동될 경우에는 휘발유의 탈황에 주의를 기울여야 할 것이다.

2.4 90% 증류점

90% 증류점은 특히 HC의 배출 감소에 효과적인 것으로 나타났으며 CO 및 NOx 억제

에는 효과가 없는 것으로 보인다. 휘발유에는 증류점이 높고 휘발유 품질에 있어서는 바람직하지 못한 중질 방향족 유분이 함유되어 있으며 90% 증류점을 낮출 경우에는 이러한 중질 방향족 유분을 제거함으로써 배기가스를 개선하는 것으로 해석된다.

2.5 청정제

엔진 및 연료 공급 계통의 청정성은 자동차의 성능과 밀접한 관계를 갖는다. 청정제는 연료에 소량 첨가되어 기화기나 PFI(port fuel injector), 흡입밸브 및 연소실내의 침적물 생성을 방지함으로써 자동차의 성능을 향상시키고 배기가스를 저감시키며 저감효과는 사용 기간에 비례하여 향상된다. Chevron Chemical Co.의 실험 결과에 의하면 청정제가 주입된 휘

표 7 캘리포니아주의 자동차 배기가스 규제치 및 기술적 대안⁽⁵⁾

차량 구분	도입 연도	5,000마일 주행 후 규제치 (g/mile)			규제치를 충족시킬 수 있는 기술적 대안
		NMOG	CO	NOx	
TLEV	1994	0.125	3.4	0.4	-Closed-coupled catalyst (CCC)에 기존 휘발유를 사용하는 소형차 -Reformulated gasoline(REG)/M85/E85를 사용하는 자동차 -CNG/LNG를 사용하는 자동차 -휘발유·전기 병용 혹은 전기자동차
LEV	1997	0.075	3.4	0.2	-Electrically-heated catalyst(EHC)에 기존 휘발유를 사용하는 자동차 -CCC에 RFG/M85/E85사용 자동차 -CCC에 CNG/LPG를 사용하는 자동차 -휘발유·전기 병용 혹은 전기자동차
ULEV	1997	0.040	1.7	0.2	-EHC에 기존 휘발유를 사용하는 소형차 -EHC에 REG/M85/E85사용 자동차 -EHC에 LPG를 사용하는 자동차 -CCC 혹은 EHC에 CNG 사용 자동차 -휘발유·전기 병용 혹은 전기자동차
ZEV	1998	0.0	0.0	0.0	-전기 자동차

LEV : Low Emission Vehicles(T : transitional, U : ultra, Z : zero)

NMOG : Non-Methane Organic Gases(methane은 photochemical reactivity가 없어 대기권의 오존 생성에 영향을 미치지 못하므로 제외함)

발유를 사용하여 5만 마일 주행한 자동차의 배기가스는 청정제를 사용하지 않은 경우에 비해 HC, CO, NO_x가 15~20% 감소하는 효과를 보여주고 있다. 청정제의 효과는 엔진 유형, 청정제의 종류 및 사용량에 따라 큰 차이를 보일 수 있으므로 사용시에는 주의를 요한다.

그림 1은 청정제를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 경우의 배기가스 저감효과를 나타내었다.

2.6 기타

벤젠 및 50% 증류점도 배기가스에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나 현재까지는 모델이 미정립된 상태이며 향후 실차 혹은 엔진 시험 결과를 토대로 보완되어야 할 부분이다. 벤젠의 경우에는 규제 대상 배기가스의 저감보다는 강한 발암성 물질인 벤젠 자체의 대기중 배출을 억제하기 위한 것으로 벤젠 저감에 의한 HC, CO 및 NO_x의 변화는 미미할 것으로 추측된다.

2.7 CARB의 배기가스 규제 충족 기술

CARB(california air resources board)는 연방 규제와는 별도로 캘리포니아주에 한하여 특별히 자동차에 공해규제를 강화하여 1998년부터는 자동차사로 하여금 적어도 2% 이상의 ZEV(zero emission vehicles)를 생산토록 의무화하는 등 강력한 규제책을 마련하였으며 이를 충족하기 위한 기술적 대안을 표 7과 같이 제시하고 있다.

표 7에서 특기할 만한 것은 휘발유를 대체에너지로 대신하지 않고서도 배기가스 후처리 기술, 즉 전기가열식 촉매 정화 장치와 저공해 휘발유로서 ULEV(ultra low emission vehicles)의 수준까지 도달할 수 있다는 점이다.

3. 경유의 저 공해화

경유 차량에서 배출되는 주요 대기 오염 물질로는 NO_x, 분진, CO, HC, SO_x 등이 있으

며 특히 분진은 인체 폐포 조직에의 강한 흡착성과 내부에 함유된 발암성의 PAH로 인해 강력히 규제되고 있다. 위의 오염 물질에 영향을 미치는 경유의 성상으로는 여러 가지가 있겠으나 그 중에서도 세탄가, 황함량, 방향족함량 그리고 청정제의 종류 및 주입량 등이 매우 중요시되고 있다.

3.1 황함량

경유 중의 황은 연소 후 아황산가스를 발생시키며 이는 질소산화물과 함께 공기중의 수분과 결합, 황산 및 질산 에어로졸(aerosol)을 형성하여 산성비를 만들기도 한다. 그러나 황의 중요성은 이러한 산성비 문제보다는 황이 디젤 분진 증가의 직접적인 원인으로 작용하는데에 있다. 특히 미국은 그림 2와 같이 1994년부터 중량 자동차의 분진을 0.1g/bhp.hr 이하로 규제하고 있고 이를 만족하기 위해서는 경유중의 황함량을 0.05% 이하로 낮추어야 한다(현재 국내 수준은 0.4%, 1993년 1월부터는 0.2%, 1996년 1월부터는 1.1% 이하로 규제 예정). 즉, 0.1g/bhp.hr의 규제를 충족하기 위해서는 배기가스 후처리 장치가 장착되어야 할 것으로 예상되는데 이들 장치는 산화 촉매로서 백금을 주로 사용하고 있어 경유중의 황함량이 높을 경우에는 백금 촉매에 의해 아황산가스가 황산으로 전환되는 양이 탄화수소 감소량을 능가하게 되어 오히려 분진의 증가를 초래할 수 있기 때문에 경유차량에 후처리 장치를 장착할 경우에는 이 점을 고려하여야 한다.⁽⁶⁾

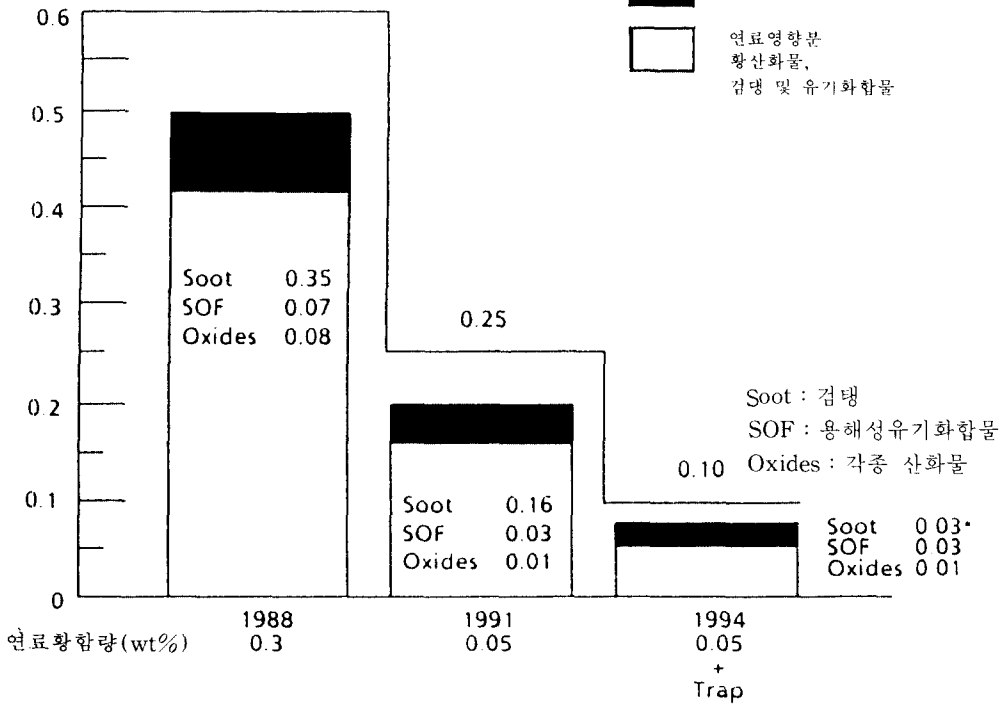
3.2 세탄가

세탄가는 방향족함량과 함께 경유자동차의 배기가스에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그림 4와 같이 세탄가가 증가할수록 HC, CO, NO_x와 분진이 모두 감소하며 감소 효과는 세탄가가 높을수록 둔화되는 경향을 보인다. 세탄가향상제를 주입한 경유(기호 B, E, F, H, L)에서도 이러한 경향은 동일하게 나타난다.⁽⁸⁾

입자상물질

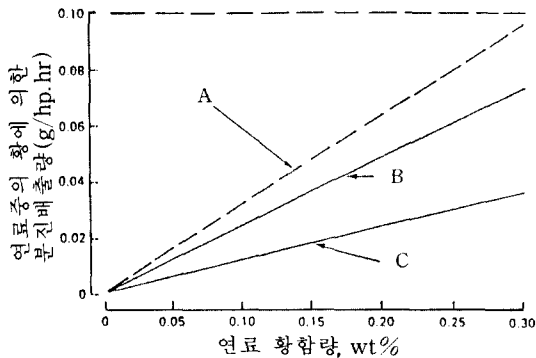
배출량(g/bhp.h)

규제치 0.6



* Trap Reduction Efficiency = 80%

그림 2 중량 경유 자동차의 분진 배출⁽⁷⁾



- A: 무황황산+수증기 및 탄화수소분에 백금촉매를 코팅한 trap oxidizer 장착에 따른 증가분 30%를 더한 양
 - B: 무황황산+수증기 및 탄화수소
 - C: 무황황산(sulfuric acid mist)
- 그림 3 황 함량이 분진에 미치는 영향⁽⁶⁾

3.3 방향족함량

그림 5에 나타낸 바와 같이 경유중의 방향족 함량을 낮추면 CO, HC의 배출량은 변하지 않으나 NOx 및 분진은 상당한 수준으로 저감시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 저감효과는 그림 6과 같이 Transient 상태에서 특히 크게 나타나며 Steady State에서의 저감 효과는 미미한 수준이다.⁽⁸⁾

3.4 첨가제

청정제의 첨가는 표 8과 같이 디젤 엔진의 연료공급 계통, 특히 인젝터의 침적물 생성을 방지하여 연료 공급량과 분사 형태(spray pattern)를 정상적으로 유지시킴으로써 배기가

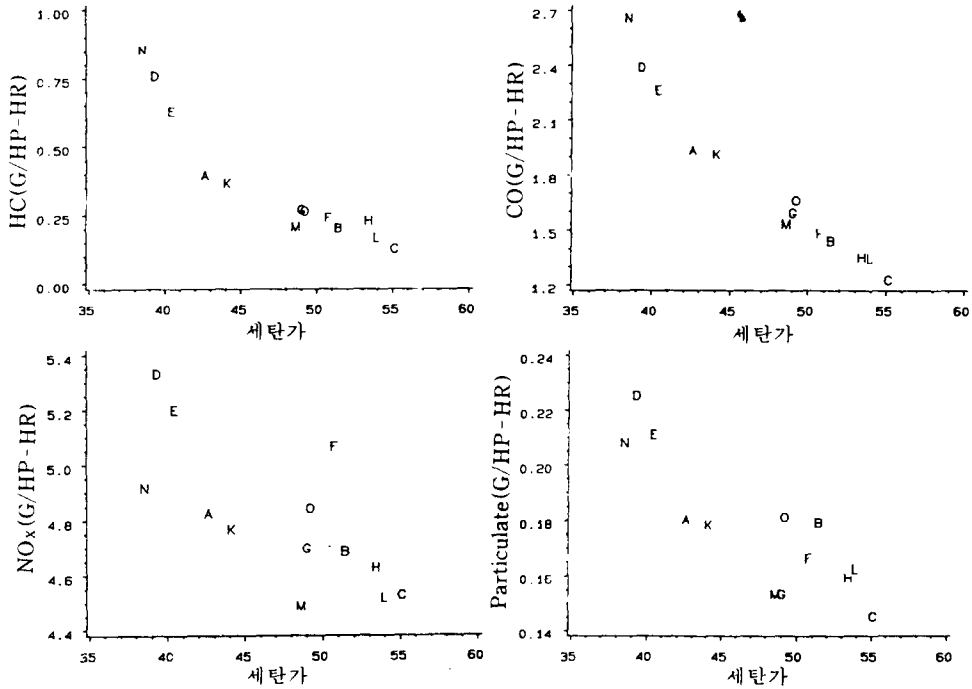


그림 4 세탄가가 경유자동차 배기가스에 미치는 영향⁽⁸⁾

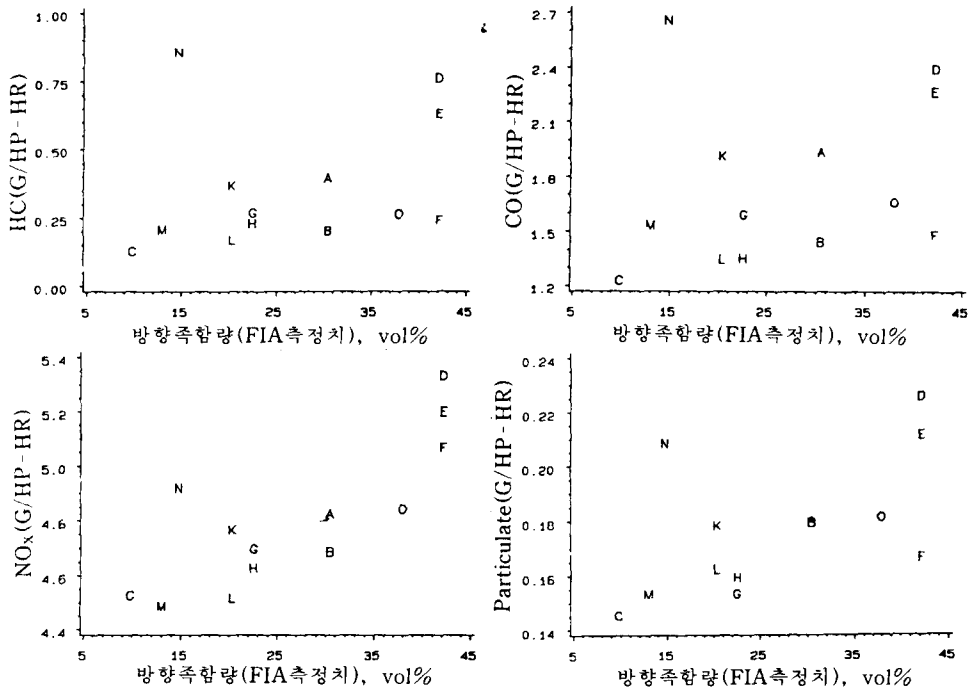


그림 5 방향족 함량이 경유자동차 배기가스에 미치는 영향⁽⁸⁾

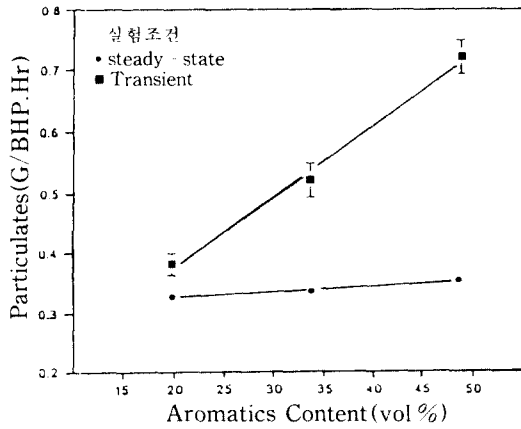


그림 6 방향족 함량이 경유자동차 배기가스에 미치는 영향⁽⁶⁾
(중량 엔진에서의 steady state versus transitional tests)

스를 저감시키며 연비 (fuel economy)의 향상도 기대할 수 있다. 연소촉진제 (combustion improver)를 주입하여 배기가스를 개선시킬 수도 있으나 이들 첨가제가 대부분 유기 금속 물질로 구성된 만큼 CARB (california air resources board)와 미국 EPA (environmental

표 8 경유 청정제 주입효과⁽¹¹⁾

성능	480Km 주행후의 변화폭, %	1930Km 주행후의 변화폭, %
0.2~0.4mm lift (*)에서의 평균유속	+15	+24
배기가스(FTP)		
CO	0	-6
HC	-3	-19
NOx	0	0
Particulate(FTP)		
FTP-75	-20	-22
Cold Transient Phase	-55	-59
연(FTP)	-3	-4

(*) Injector의 전형적인 작동 범위
(자료 : The Lubrizol Corporation)

protection agency)에서 강력히 반대하고 있는 입장이며 이를 극복하기 위해서는 이들 금속유기물의 생체 영향이 무시할 만하다고 입증할 수 있는 막대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 예상되어 귀추가 주목된다.⁽⁶⁾

4. 맺음말

자동차 공해를 저감하기 위해서는 정부 당국의 도로 여건 개선을 통한 교통 체증의 해소, 자동차 제조기술(연소, 제어, 배기가스 정화 등)의 개선, 정유사의 저공해 연료 개발 및 운전자 개인의 운전 습관 개선, 차량 정비 점검 등 제반 노력이 합치되어야 할 것이다. 이 중 연료 측면에서의 대기오염 개선을 위한 저공해화 기술을 요약하면 다음과 같다.

4.1 휘발유

현재 국내 대기 오염 현황을 살펴볼 때 휘발유는 경유에 비해 시급성이 다소 떨어지는 편이나 최근 들어 휘발유 자동차의 소비 구성비가 급격히 증가하고 있는 점을 감안하면 멀지 않아 휘발유가 대도시 대기 오염의 주범으로 부상할 가능성이 매우 높다.

자동차 배기가스에 영향을 미치는 휘발유의 주요 성분으로는 RVP, 합산소화합물함량, 방향족함량, 올레핀함량, 황함량, 90% 증류점, 50% 증류점, 벤젠함량 등이 있다. 황함량을 낮추면 휘발유 자동차의 유해 배기가스 배출이 전반적으로 감소한다. RVP와 방향족 함량은 낮을수록, 합산소화합물함량은 높을수록 HC와 CO를 저감시키며 특히 CO의 저감이 현저하다. 90% 증류점을 낮추면 HC 배출량이 크게 감소하고 올레핀함량을 낮추면 NOx배출이 억제된다. 벤젠 및 50% 증류점의 배기가스 영향은 미파악된 상태이며 향후 실차 혹은 엔진 시험을 통해 보완되어야 할 부분이다.

국내 휘발유는 외국의 휘발유에 비해 배기가스 측면에서는 매우 우수하여 미국의 CAAA에서 규정한 오존 규제 미충족 지역에서 1996

년부터 적용될 Reformulated Gasoline보다도 우수한 배기가스 성능을 갖고 있다. 그러나 향후 석유 소비의 경질화에 따른 수급 불균형을 해소하기 위해 중질유 접촉 분해시설을 신설하여 가동할 경우에는 벤젠 및 방향족 함량은 낮출 수 있으나 황함량, 올레핀함량, 90% 증류점 등이 증가할 가능성이 있어 적절히 품질을 관리하지 못할 경우에는 배기가스의 악화를 초래할 수도 있다.

4.2 경유

경유는 현재 국내 자동차 대기 오염의 주범으로서 이를 개선하기 위해 경유의 황함량 및 경유 자동차의 배기가스에 대한 정부의 규제가 급속히 강화되고 있다. 경유 차량의 배기가스에 영향을 미치는 주요 성분으로는 황함량, 세탄가, 방향족함량, 청정제의 종류 및 주입량 등이 꼽힌다.

황함량이 증가할수록 디젤 분진은 직선적으로 증가하며 1994년 CARB의 분진 규제치 0.1 g/bhp.hr 이하를 충족시키기 위해서는 Particulate Trap의 사용과 함께 황 함량을 0.05wt% 이하로 낮추어야 한다. 세탄가를 증가시키면 HC, CO, NOx 및 분진이 모두 저감되며 저감 효과는 세탄가가 높아질수록 둔화된다.

방향족 함량은 HC 및 CO 배출량과의 상관성은 없으나 NOx 및 분진과는 밀접한 상관관계를 갖고 있어 방향족 함량을 낮출 경우에는 20~30% 내외의 NOx 및 분진 저감을 기대할 수 있다. 그러나 방향족 함량은 경유 성상중에서 가장 조절하기 힘든 것으로 원유의 특성에 크게 좌우되며 이를 조절하기 위해서는 경유 수소화 공정과 같은 막대한 투자를 요한다.

청정제를 사용하면 디젤 인젝터의 침적물 생성을 억제함으로써 배기가스 및 연비의 개선을 기대할 수 있다.

참고문헌

- (1) 나상천, 1991, "자동차연료의 품질과 환경 오염," 석유협회보.
- (2) 정 용, 1991, "자동차 배출물질과 건강 장애," 대기보전세미나(자동차 공해방지 대책).
- (3) 성준용, 1992, "환경 문제와 석유 제품 품질," 제3차 SICHEM 심포지움.
- (4) Cohu, K., Rapp, L.A. and Segal, J.S. (ARCO Products Company), 1989, "EC-1Emission Control Gasoline-Final Report," ARCO Products Co..
- (5) CARB(California Air Resources Board), 1989, "Low-Emission Vehicles/Clean Fuels and New Gasoline Specifications-Progress Report," CARB.
- (6) Springer, K.J., 1989, "Low-Emission Diesel Fuel for 1991-1994," Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 111.
- (7) Wagner, J.M., 1990, "Refiners and Engine Builders Working Together to Solve Diesel Emissions," NPRA National Fuels and Lubricants Meeting, Nov. 1-2.
- (8) Ullman, T.L., Mason, R.L. and Montalvo, D.A., 1990, "Effects of Fuel Aromatics, Cetane Number, and Cetane Improver on Emissions from a 1991 Prototype Heavy-Duty Diesel Engine," SAE 902171.
- (9) Kelly, M. Brown(Ford Motor Company), 1990, "Detroit View on Alternative Fuels," DeWitt Petrochemical Review.
- (10) Marketing Brochure, Chevron Chemical Company, 1990, "Motor Gasolines."
- (11) Marketing Brochure, The Lubrizol Corporation, 1988, "GEN III-Multifunctional Diesel Fuel Additives." 