2005年 8月 工學碩士學位論文

모노 에틸렌글리콜을 혼합한 냉각수에 규산염 첨가시 엔진 성능 향상에 관한 연구

朝鮮大學校 産業大學院 機 械 工 學 科 金 榮 九

모노 에틸렌글리콜을 혼합한 냉각수에 규산염 첨가시 엔진

성능 향상에 관한 연구

A Study on the improvement of engine performance in case of adding silicate to the cooling water mixed ethyleneglycol fluid

2005年 8月25日

朝鮮大學校 産業大學院 機 械 工 學 科 金 榮 九

모노 에틸렌글리콜을 혼합한 냉각수에 규산염 첨가시 엔진 성능 향상에 관한 연구

指導教授 洪 明 錫

이 論文을 工學碩士學位 申論請文으로 提出함.

2005年4月29日

朝鮮大學校 産業大學院 機械工學科 金 榮 九

金榮九의 碩士學位論文을 認准함.

審查 委員長 朝鮮大學校 教授 김 종 일 印審 查 委 員 朝鮮大學校 教授 김 진 흥 印審 查 委 員 朝鮮大學校 教授 홍 명 석 印

2005 年 5 月 31 日

朝鮮大學校 産業大學院

목 차

LI	ST	OF	FIGU	RES	•••••	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •		Ш
LI	ST	OF	TAB	LES		•••••	••••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••		V
ΑI	BST	`RA	CT ·	•••••	•••••	•••••	••••••	•••••	• • • • • • •	•••••		•••••	•••••		VI
제	1	장	서	론	•••••					•••••	•••••	•••••	· • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	••••	01
제	2	장	연호	문의	연소	및 유	라해성	분의] 빌	· 생	특	징			
	2.	1 0	료의	연소								•••••		••••	03
	2.	2 유	-해성분	분의 별	날생특정	·									04
	2.	3 운	-전조건	년별 H	바기가스	느 발생트	특징		•••••	•••••		•••••		••••	07
제	3	장	유경	해성	분 저	감방인	<u>}</u>								
	3. 1	삼	원촉매							•••••					10
	3. 2	2 배	기가스	재순	환 장치	i]	•••••					•••••	•••••		12
	3. 3	} 0]-	온을 ㅇ]용한	연소	활성화					•••••	•••••			12
	3. 4	TRACT	13												
제	4	장	실형	험장:	치 및	방법									
	4.	1 실]험 장	최		•••••				•••••	•••••				15
	4.	2 실	험 방	법											19

제 5 장 실험 결과 및 고찰

5. 1 배출가스 변화량 분석	. 22
5. 2 엔진성능 개선여부 분석	28
제 6 장 결 론	. 30
참 고 문 헌	. 31

LIST OF FIGURES

Fig. 2-1 the structure of laminar premixed frame	03
Fig. 2-2 the relationship between crank angle and pressure	04
Fig. 2-3 the relationship between HC gas concentration	
and air-fuel rate	05
Fig. 2-4 the relationship between CO gas concentration	
and air-fuel rate	06
Fig. 2-5 CO gas change according to driving condition	06
Fig. 2-6 the relationship between Nox concentration	
and air-fuel rate	07
Fig. 2-7 exhaust gas volume and fuel consumption rate	
according to driving speed	08
Fig. 3-1 purification efficiency of catalyst converter	11
Fig. 3-2 the temperature of cylinder wall and its circumference	13
Fig. 3-3 the relationship among horsepower, fuel consumption volume	
and cylinders wall wear according to the temperature of	
cooling water	14
Fig. 4-1 the constituent diagram of inspection equipment system	16
Fig. 4-2 the computer constituent diagram between the ministry	
of construction and transportation and inspection equipment	17
Fig. 4-3 exhaust gas analyser used test vehicles	20
Fig. 4-4 computer monitor reflected for the test result of vehicles	21
Fig 5-1 the relationship between CO gasand vehicles measure	
for adding additive before and after	24

Fig 5-1 the relationship between CO gas and vehicles measured	
for adding additive before and after	25
Fig 5-3 the relationship between Nox gas and vehicles measured	
for adding additive before and after	26
\it{Fi} g 5-4 the relationship between O_2 and vehicles measured	
for adding additive before and after	27
Fig 5-5 the improvement efficiency of fuel consumption measured	
for adding additive before and after	29

LIST OF TABLES

Table 4-1 vehicles specification	15
Table 4-2 Measurement of boundary for exhaust gas	18
Table 4-3. Measurement of conditions for exhaust gas analyser	18
Table 5-1 the comparison of exhaust gas volume for adding	
additive before and after	23
Table 5-2 the improvement efficiency of fuel consumption measured	
for adding additive before and after	29

ABSTRACT

A Study on the Development of engine performance in case of adding silicate to the cooling water mixed ethyleneglycol fluid

By Kim, Young-Goo

Advisor: Prof. Hong, Myung-Seok, Ph.D.

Department of Mechanical Engineering

Graduate School of Chosun University

The gasoline engine of vehicle elapsed the period in use gradually increase exhaust gas particles and are decreased the horsepower of engine with the accumulated carbon in intake manifold system lowering the precise degree of electronic control system an O_2 sensor, mechanical wear in alternating and rotating motion, Cooling water used long period lowering heat transfer of cylinder block and radiator. The main treatise was studied for decreasing exhaust gas particles and the rate of fuel consumption by mean of removing the water fur and activating mixed fuel-air in combustion chamber of cylinder in case of adding admixture of SiO_2 and anorthite, $35m\ell$ to the cooling water in radiator.

The developed mixture of SiO_2 and anorthite which is generating positive ion in cooling water changes the direction and speed of frame, miniaturing fuel condition by interacting between positive ions and ions in combustion chamber so that could increase combustion efficiency and also it improves heat transfer in outside cylinder block and inside radiator with removing water fur in cooling system so that could increase it.

The government is doing exhaust gas condition as inspection guide of motion vehicle that is elapsed for some time by using ASM 2525 mode. Therefore by testing that mode. First test condition do after sufficiently warming up engine without adding admixture. Second test condition do after running 30 minutes with adding admixture to first condition vehicle.

As the result of test carbon monoxide (CO) was decreased from $0.3 \sim 0.5\%$ to 0%, hydrocarbon(HC) from $108 \sim 159 \mathrm{ppm}$ to $10 \sim 20 \mathrm{ppm}$, Nox from $600 \sim 1900 \mathrm{ppm}$ to $10 \sim 20 \mathrm{ppm}$ remarkably and fuel consumption was improved to the degree of $1 \sim 3\%$.

제 1 장 서 론

현대 사회의 생활 필수품 이라고 여겨지는 자동차의 사용기간이 경과하면서 배출가스의 농도가 증가하여 심각한 사회적 문제 즉, 대기중 자외선에 의해 질소산화물(Nox), 탄화수소(HC)가 광화학적 반응을 일으켜 발생하는 스모그 현상으로 심하면 호흡곤란을 일으키고, 식물의 광합성 작용이 방해를 받으며 이산화탄소(CO₂)에 의한 오존층 파괴로 지구온난화 등 인간의 생존을 위협하는 재앙으로 다가오고 있다.

따라서 이미 1950년대에 자동차의 배출가스에 의한 공해 문제가 대두되어 배출가스 저감에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재도 매년 그 규제가 강화되고 있는 한편 최근 들어 저공해, 저연비도 강력하게 대두되어 배출가스 저감에 대한 연구는 매우 중요한 문제의 하나가 되었다. 또한 세계 각 지역에서 자동차 배기가스 규제가 강화되고 있는데 그 중 북미 캘리포니아 주에서는 HC(Hydron Carbon)의 배출량을 1992년 기준으로 1996년에 도입된 저공해차 LEV(Low Emission Vehicle)의 1/6로 1999년 도입된 초저공해차 ULEV(Ultra Low Emission Vehicle)에서는 1/9로 낮추는 규제를 시행하고 있다.

이러한 자동차 배출가스저감에 대한 세계적인 노력으로 인하여 신차에 대한 배출가스 배출량은 감소되고 있지만 사용기간이 경과한 차량에서는 부품의 성능저하 등의 원인들로 배출가스 배출량이 증가하여 대기환경 오염에 악영향을 미치고 있다.

자동차의 배출가스를 유형별로 고찰해 보면 엔진의 기화기 장치와 연료탱크 내의 연료가 연료 캡을 통하여 대기 중에 방출되는 주 성분이 탄화수소(HC)인 증발가스, 피스톤과 실린더 벽 사이의 간극을 통하여 유출되는 주성분이 탄화수소(HC)인 blow-by 가스, 불완전 연소에 의해 생성된 물질 CO, HC, NOX,

매연 등이 배기관을 통하여 배출되는 배기가스 등으로 분류할 수 있다

이러한 배출가스가 신차에서는 배출가스 감소장치 즉, 연료탱크 증발가스를 포집하여 연소실로 보내는 canister, blow-by 가스를 회수하여 Intake Manifold 로 보내는 PCV(positive crankcase ventilation)Valve , 질소산화물(NOX)을 감소시키기 위하여 배기가스 일부를 흡기측에 재순환시키는 EGR(exhaust gas recirculation) Valve, 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC)를 저감하기 위한 Catalyst Converter 등이 부착되어 배출가스를 감소시키고 있다. 그러나 사용기간이 경과하면서 Valve Timing에 의한 흡입계통에 carbon 누적으로 전자제어 시스템정밀도 저감, 왕복 회전부분 기계적 마모에 의한 압축압력 손실, 각종 센서의정밀도 감소로 인한 공연비 불균일, 점화장치 노후화로 전압장화, Catalyst Converter와 산소 센서 응답성 저하 등으로 인해 배출가스 배출량이 증가된다. 또한 부동액을 장기간 사용함으로 인하여 냉각계통 즉, 실린더 블록 과 라디에이터 내면에 물때로 열전도율이 감소되어 엔진온도가 상승하고 불완전 연소의발생빈도가 증가하여 엔진의 출력이 저하되고 연료 소모량과 배출가스 증가가 심화되고 있다

따라서 사용기간이 경과한 차량을 대상으로 생산 판매시 부착된 배기가스 저 감 장치를 유지하면서 엔진의 성능을 향상시키고 배기가스를 저감시키기 위하여 본 논문에서는 연소를 활성화시키고 냉각계통에 물때를 제거할 수 있도록 냉각수에 촉매제인 Sio₂ 와 anorthite성분의 분말을 추가하여 이온효과에 의한 연소실의 불꽃방향과 연소 속도 변화, 연소실의 열전달 향상 등으로 인한 연소의 활성화 여부를 실험하였다

제 2 장 연료의 연소 및 유해성분의 발생 특징

2. 1 연료의 연소

가솔린 기관의 연소는 기체연료 혹은 액체연료의 증기와 공기의 정적 혼합기를 연소실 내에 흡입하여 압축한 후 적당한 엔진의 최고 압축압력이 상사점을 지나 10℃ 근방에서 발생할 수 있도록 최적의 시기에 점화장치에 의하여 점화하면 화염핵으로 부터 화염면이 연소실에 전파하여 연소가 되는 예혼합 연소방식이다. 층류 예혼합 화염의 구조는 화염대를 예열대 와 반응대로 Fig 2-1같이 크게 나누어 연료의 농도, 미연소 혼합기의 온도, 연소생성물의 농도, 열 발생율 등의 변화를 나타내고 있다

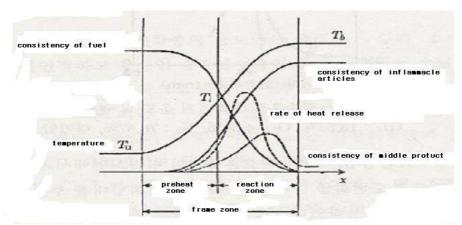


Fig. 2-1 the structure of laminar premixed frame

불꽃착화 기관의 연소과정은 Fig. 2-2 에서와 같이 a에서 점화하면 플러그에서 불꽃이 발생하여 혼합기를 화학적으로 활성화시키는데 필요한 시간인 b점까지를 착화지연이라 하는데 이는 혼합기의 농도 전극부근의 유동상황, 온도, 압력, 엔진의 회전수, 부하 상태 등에 따라 변한다. b-c는 화염전과 기간으로 불꽃에 의해 화염핵이 생기면 초기 화염전과는 혼합기의 불균형성이나 난류에 의하여 영향을 받으며 화염 속도에 따라 기관의 효율이 영향을 받는다.

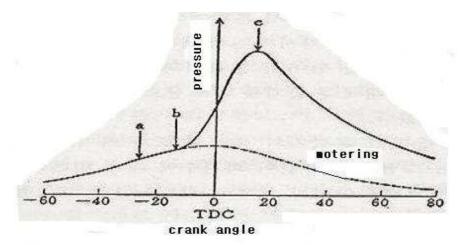


Fig. 2-2 the relationship between crank angle and pressure

화염속도는 특히 혼합기의 유동에 의해 수반되는 난류에 비례하고 또한 화염이 전도성을 가지고 있으므로 이온농도를 증가시켜 이온전류를 이용하면 화염형상 이 바뀌거나 연소속도가 변한다.

이온 측면에서 살펴보면 탄화수소의 화염 중에는 H_3 O^+ , C_3 H_3 $^+$, CH_4 O^+ , CHO^+ , CH_5O_2 $^+$ 등의 +이온이 많으며 O^- , OH^- , C_2 $^-$ 등의 -이온도 약간 존재한다

또한 연료는 공기와 접촉면을 확대시켜 반응을 촉진시키기 위하여 미립화하여 분무상으로 잘 혼합되게 하여야 화염속도가 증가한다.

2. 2 유해성분의 발생특징

2.2.1 HC(Hydrocarbon)배출농도와 요인

HC는 연료의 일부가 미연의 형태 혹은 분해된 형태로 배출되는 것으로 Fig. 2-3 와 같이 혼합기가 농후한 곳에서는 증가하고 희박한 곳에서는 감소한다.

HC의 주요 발생원인은 산소부족에 의한 불완전연소 혹은 실화(misfire), 연소실 벽에서의 Quenching 작용에 의한 소염, 희박혼합기에서의 연소온도의 저하와 실화기회의 증가, 밸브 오버랩에 의한 흡기 밸브로 빠짐, piston과 cylinder 사이로 연소실에서 빠져나가는 blow-by Gas, 연료탱크에서 증발 등에 의하여발생한다.

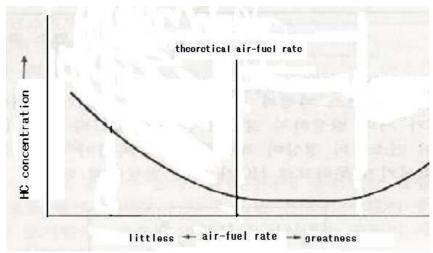


Fig. 2-3 the relationship between HC gas concentration and air-fuel rate

2.2.2 CO 배출농도와 그 요인

CO 의 발생은 연소시 Fig. 2-4 과 같이 산소가 부족하여 불완전 연소할 경우 CO는 CO₂ 로 산화되지 못하여 발생하므로 공기가 충분하면 CO량은 줄일 수 있다. 또한 운전 상태별로 CO 배출농도를 살펴보면 Fig. 2-5 과 같이

① 공회전시: 흡입공기량이 적어 연료의 무화상태가 좋지 않으므로 엔진의 회전을 원활하게 유지하기 위하여 농후한 혼합기가 필요하며 CO 배출량이 증가한다.

②가속시: 엔진의 출력은 이론공연비 보다 약간 농후한 경우 최대가 되므로 큰회전력이 필요한 가속시 농후한 혼합기가 단속적으로 증가하여 시간에 따른 CO 변화는 파상적으로 발생 한다

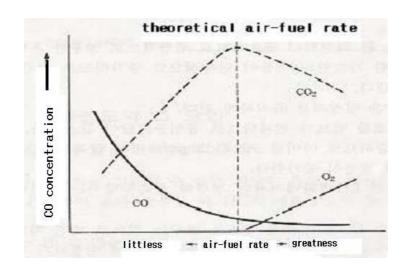


Fig. 2-4 the relationship between CO gas concentration and air-fuel rate

③감속시: Throttle body Valve가 전폐되므로 흡입공기량이 감소하여 혼합기가 농후하게 되므로 CO발생량이 증가한다. 따라서 Fig 2-5 과 같이 경부하 상태로 운전하면 CO발생량을 줄일 수 있다.

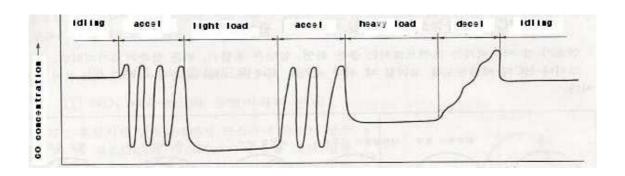


Fig. 2-5 CO gas change according to driving condition

2.2.3 Nox 배출농도와 그 요인

Nox는 대기 속의 N_2 에 기안하는 열생성 질소산화물과 연료속의 질소화합물에 기인하는 연료기원 질소화합물로 대별되고 대부분은 연소실 내에서 온도가 1500~ 1600 $^{\circ}$ 근방에서 N_2 가 O_2 와 반응하여 다음과 같이 NO가 발생한다.

$$N2 + O \rightarrow NO + N$$
, $O_2 + N \rightarrow NO + O$

NO의 발생은 연료 희박상태에서는 화염대 후류에서 일어나고 연료 과농상태에서는 화염대에서 급격하게 발생한다. 또한 공연비 관련하여 Fig 2-6 과 같이 Nox 농도는 화염온도와 산소농도에 크게 의존하고 있으므로 화염온도와 산소 농도를 저하 시키면 NO를 감소시킬 수 있다.

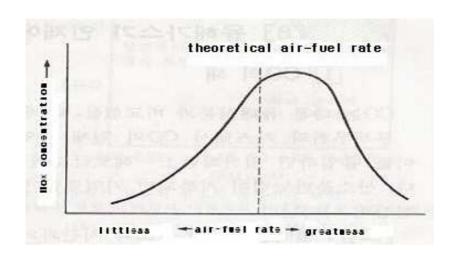


Fig. 2-6 the relationship between Nox concentration and air-fuel rate

2.3 운전조건별 배기가스 발생특징

2.3.1 엔진의 부하

엔진의 부하가 증가하면 연소실의 온도가 상승하여 화염면이 전달되지 않은 연소실 벽 근처의 경계층 두께도 그만큼 얇아진다. 또한 배기가스 온도가 높기 때문에

동력행정과 배기행정에서의 후반응이 활성화 된다. 따라서 부하가 증가함에 따라 HC와 CO의 발생량은 감소한다. 이는 활발한 후반응에 의해 일산화탄소가 이산화탄소로 변화하기 때문이다. 그러나 연소실 온도가 상승하므로 Nox는 증가한다.

2.3.2 차량의 주행속도

차량의 주행속도가 증가하면 연료소모율과 총 배출가스량도 Fig. 2-7 과 같이 증가 한다.

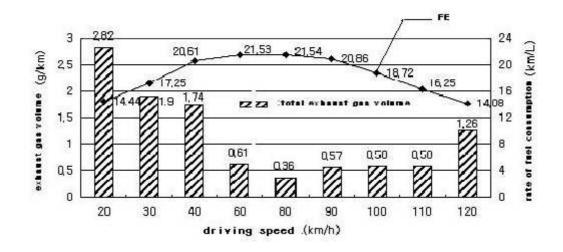


Fig. 2-7 exhaust gas volume and fuel consumption rate according to driving speed

참고로 HC와 CO는 경제속도(60~80km/h)를 넘어서면서 약간씩 증가하고 Nox 는 주행속도에 비례하여 증가한 것으로 알려져 있다.

2.3.3 공기과잉율과 배출가스

공기 과잉율 측면에서 배출가스의 영향을 살펴보면 일반적으로 가솔린 엔진은 5~10% 공기부족(λ=0.95~0.9) 상태에서 최대 출력을 발생시키므로 전부하시에는 대부분 농후한 혼합기를 공급하여 배출가스가 증가한다. 또한 약 10%정도의 공기과잉 (λ=1.1) 상태로 운전할 때 연료소비율은 가장 낮지만 엔진의 출력이 감소하고 연소속도가 느리기 때문에 엔진의 온도가 상승하여 일산화탄소와 미연 HC의 비율이 증가한다.

2.3.4 점화시기와 배출가스

점화시기를 앞당기면 그만큼 연소시간이 길어져 완전연소에 가까우며 Nox발생이 증가하나 점화시기를 지연시키면 연소시간이 짧아져 불완전 연소하여 CO, HC가 증가한다. 따라서 점화에너지를 안정적으로 충분히 얻을 수 있도록 주기적으로 점화장치의 부품 즉, Plug, High tension cord, Rotor & cap 등을 교환하여 사용하고, 사용이 경과한 차량에서는 점화시기를 잘 조절하여 사용하여야 배출가스를 줄일 수 있다.

.

제 3 장 유해성분 저감방안

3. 1 삼원촉매

3.1.1 촉매의 구조 및 기능

촉매 내부구성은 담체(substrate)와 담체위의 중간층(wash-coat)그리고 중간층위에 도포된 촉매물질의 얇은 층으로 되어있으며 담체는 구슬형(Pellet type),세라믹 허미컴형(Ceramic honeycomb type),금속와이어(Metal wire)등이 있다.구슬형 담체는 작은 구슬 수천개를 금형으로 찍어서 금속캔 속에 넣고 그사이로 배기가스가 통과하도록 하는 구조로 허니컴형에 비하여 배기가스 압력이 크게 증가하여 엔진의 동력손실이 크다.

세라믹 허니컴형을 내열성이 높은 마그네슘-알미늄 실리케이트(2MgO, 2Al₂ O 3,5SIO₂) 가 주성분으로 수천개의 벌집형 통로로 배기가스가 통과시 배기가스 압력은 낮으나 진동이나 충격에 약하여 금속섬유(Metal-wood)등과 같은 탄성물질의 패드를 사용하여 담체의 팽창계수 차이를 보상시켜 기계적 응력을 흡수하게 하여 자동차에 가장 많이 사용된다.

금속와이어 담체는 $0.5\sim1.0$ mm 정도의 내열, 내부식성의 철선으로 원통형으로 감거나 짠 그물망의 띠를 감아서 만든 것으로 그 표면에 촉매물질을 도포하여 배기가스가 통과하도록 되어있다. 따라서 세라믹 담체에 비해 작동 온도에 달하는 시간이 단축되고 열전도율이 높아 용융 위험이 적다.

3.1.2 촉매의 작용

촉매장치는 이론 공기과잉율($\lambda=1$) 부근의 좁은 영역에서 작용할 경우에 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC) 및 질소산화물(Nox) 등 유해한 물질을 90%이상 Fig 3-1 과 같이 정화할 수 있다

그러나 엔진의 모든 운전조건에서 $\lambda=1$ 부근의 좁은 영역으로 공연비를 유지하

는 것은 어려우므로 제어 폭을 두어 공연비를 제어한다. 이 좁은 제어 영역을 공연비 창 또는 촉매 창 (Lamda Window)이라고 하고 공연비를 λ =1부근으로 유지하기 위하여 배기가스 중의 산소 농도를 측정하여 전압 신호를 F/B(feed back) 시키는 O_2 센서를 사용 한다.

또한 촉매의 작동 온도가 250℃이상으로 가열되어야 촉매작용을 시작하므로 촉매작용율을 높이고 내구성을 증대시키기 위하여 작동 온도는 400~800℃가 가장 바람직 하다. 800℃이상에서는 열적 노화현상이 증대되어 촉매층과 담체의 산화알루미늄층이 녹게 되어 유효표면적이 감소하여 배기가스 압력이 증가한다.

따라서 임계온도가 약950℃이상 가열되지 않은 촉매온도는 순간적으로 1400℃까지 상승하여 담체층이 녹아 촉매가 파손되므로 불완전 연소나 무부하 급가속 시키지 않도록 하여야 한다. 그리고 엔진오일이 소모될 경우 퇴적물이 촉매에 쌓여 다공층의 구멍을 막아 배압이 증가하고 엔진의 출력이 떨어져 고속 영역에서 배기가스의 온도가 상승하면 촉매 내에 연소가 일어나 용융현상이 일어난다.

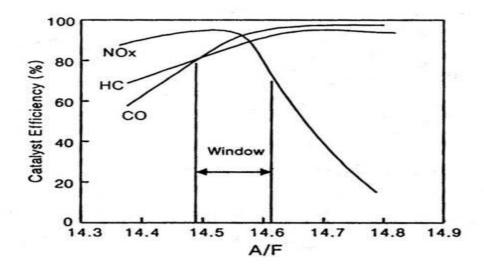


Fig. 3-1 purification efficiency of catalyst converter

3. 2 배기가스 재순환 장치(Exhaust Gas Recirculation)

배기가스 재순환 장치는 배기가스 중의 일부(혼합기의 약 15%정도까지)를 흡기 통로에 보내어 연소 와 공기의 혼합기에 혼합시켜 다시 연소실에서 재연소시키는 것이다.

배기가스를 재순환 시키면 새혼합기의 충진율이 낮아진다. 그리고 재공급된 배기가스는 질소에 비하여 열용량이 큰 탄산가스가 많이 함유되어 있어 더 이상연소 작용을 할 수 없어 동력 행정시 연소온도가 낮아진다. 연소온도가 낮아지면 Nox량은 최대 60% 까지 감소하나 HC 와 CO량은 변하지 않는다.

EGR율은 다음 (1)식과 같이 표시된다.

3. 3 이온을 이용한 연소 활성화

화염은 전도성을 갖고 있는 것으로 알려져 있으므로 화염면에 이온전류가 흐르면 화염형상이 바뀌거나 연소속도가 변화하는 것으로 관찰되고 있다. 따라서 냉각수에 이온을 발생시키는 SiO_2 와 anorthite 등의 분말상태의 혼합물을 추가하면 냉각수에 양이온이 발생하게 하여 연소실 내부의 탄화수소 화염 중에 H_3 O^+ , C_3 H_3 +, C_2 H_3 O^+ , CH_4 O^+ , CHO^+ , CH_5O_2 $^+$ 등의 +이온과 O^- , OH^- , C_2 $^-$ 등의 -이온 등이 전자기 유도에 의해 전류가 흐르게 한다. 실험적인 측면에서 +, - 이온이 생성되는 위치는 열 발생율의 증가와 거의 일치해서 발광영역과 peak 가 일치 한다

3. 4 냉각장치의 내부 물때 제거

냉각장치는 엔진을 냉각하여 과열을 방지하고 엔진의 온도를 알맞게 유지하는 장치다, 통상 실린더 안의 연소가스 온도는 Fig 3-2와 같이 2000℃ 이상에 이르며 상당한 열이 실린더, 실린더 헤드, 피스톤, 밸브 등에 전도된다.

이러한 부품의 온도가 과도하게 높아지면 재료의 강도가 저하되어 고장이 생기 거나 수명이 단축되고, 엔진 오일의 점도가 저하되어 윤활기능의 저하 및 오 일의 변질로 소음 , 마모증대 및 연소상태 불량으로 노킹이나 조기점화가 발생 하여 기관의 출력이 저하된다.

반대로 지나치게 냉각되면 연소시 발생한 열량 일부분이 냉각으로 손실되는 열량이 크기 때문에 엔진의 열효율이 낮아지고 연료 소모량의 증가 및 실린더저온마멸 등의 악영향이 발생한다. 따라서 시험에 의하면 Fig. 3-3 과 같이 냉각수 온도는 80℃ 전후에서 엔진 효율이 가장 좋다.

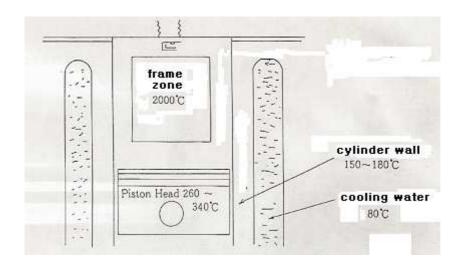


Fig. 3-2 the temperature of cylinder wall and its circumference

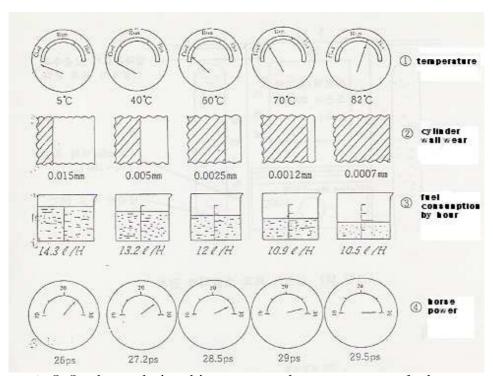


Fig.3-3 the relationship among horse power, fuel consumption volume and cylinders wall wear according to

the temperature of cooling water

물을 냉매로 사용할 경우 열용량이 커서 효과적으로 열을 제거할 수 있으나 빙점이 높아서 동결할 때 약 9%의 부피팽창을 일으켜 엔진의 실린더 블럭을 파괴 시킨다. 또한 물이나 저질의 부동액을 장시간 사용하면 엔진 블록과 워터펌프의 Cavitation 부식이나 라디에이터 코아 막힘 현상, 냉각장치의 부식 생성물이나 실린더 외벽에 형성된 물때에 의하여 실린더 내부에서 발생하는 열을차단하고 라디에이터 내부에 형성된 물때에 의하여 냉각수가 열을 방열시키지못하여 열전도율 저하된다. 따라서 냉각계통은 주기적으로 점검하여 열전달이잘될 수 있도록 물때를 제거하고 금속부식 방지제, 산화방지제, 기포방지제, 동결방지제가 충분히 함유되어 있는 부동액으로 교환하여 사용해야 한다.

제 4 장 실험장치 및 방법

4. 1 실험장치

본 실험은 첨가제(SiO_2 ,anorthite 혼합물)를 운행 중인 자동차의 냉각수에 추가하여 ASM 2525 모드로 실험하였다

시험차량은 국내에서 생산되어 연식이 경과한 차량을 대상으로 하였으며 차종과 연식은 Table 4-1과 같다

실험장비는 환경부 소관 대기환경보전법에 의하여 2002.5월부터 시행하고 있는 운행차 정밀검사 장비로 차대동력계, 배출가스 측정기, 매연측정기, 배출가스 포집기, 운전자 모드 보조 장치 등으로 Fig 4-1과 Fig 4-2 와 같이 구성되어 교통안전 공단의 주 전산기와의 통신기에 의하여 검사결과를 실시간으로 전송된다.

차대동력계는 ASM 2525 모드로 실험시 25%의 부하마력으로 40km/h(25mile)의 속도로 주행하도록 하고 배출가스 측정기 제원은 Table 4-2, Table 4-3 과 같다

Table 4-1 vehicles specification

VEHICLE	YEARS	DISTANCE	DISPLACEMENT
ACCENT	97	98380km	1300сс
SONATA	93	237000km	1800cc
ELANTRA	93	150300km	1500cc
SONATAII	96	104111km	1800cc
EF-SONATA	02	98000km	1800cc

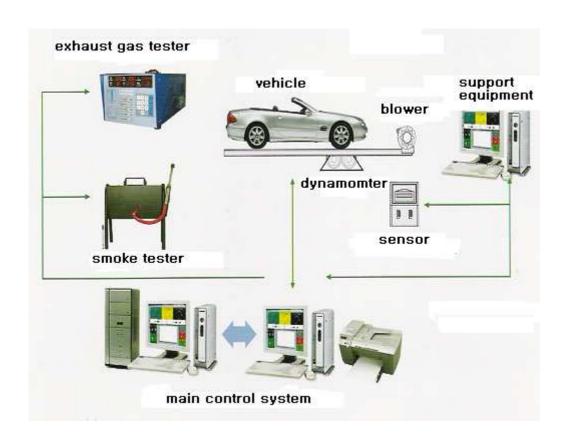


Fig. 4-1 the constituent diagram of inspection equipment system

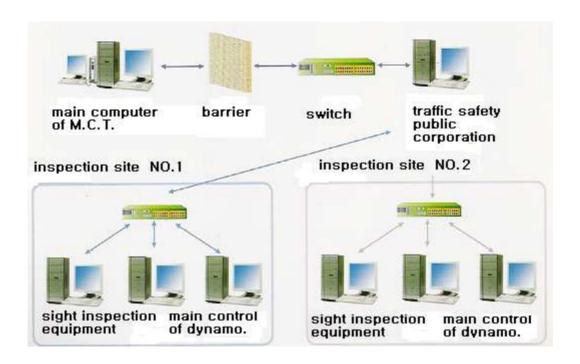


Fig. 4-2 the computer constituent diagram between the ministry of construction and transportation and inspection equipment

Table 4-2. Measurement of boundary for exhaust gas

Gas	Measurement range	Minimum scale	
НС	0~9999ppm	1 ppm	
СО	0~10%	0.01%	
CO_2	0~20%	0.01%	
Nox	0~5,000ppm 1 ppm		
O_2	0~25%	0.01%	

Table 4-3. Measurement of conditions for exhaust gas analyser

Heating time	15minutes		
Revision method	zero : auto revision, span : span gas use auto revision		
Institution circumstance	Temperature : -10 °C ~40 °C, Humidity :90% under		
Pump of flow meter	1.5//min		
Indication method	Digital method		
Electric power source	AC220V 50W		
Size	250×190×400		
Weight	7kg		

4. 2 실험 방법

실험 차량의 냉각수에 첨가제(SiO₂ 와anorthite 혼합물)를 추가하여 일정시간 이 경과한 후 배출가스 상태를 실험하였다

시험방법은 ASM 2525 모드(대기환경보전법 제37조의 3항 규정)에 의해 대상 차량을 충분히 Warming up 시킨 후 배출가스 상태를 측정하고, 냉각수에 분말 상태로35㎡의 SiO₂ 와anorthite 혼합물을 첨가하고 30분 주행 후 재시험하여 전후 배출가스 상태를 비교하였다

실험방법은 차대 동력계 위에서 실험 자동차의 도로부하 마력의 25%에 해당하는 부하마력을 설정하고 시속 40 km/h의 속도로 주행하면서 배출가스를 측정한다. 주행상태에서 배출되는 일산화탄소, 탄화수소 및 이산화탄소의 농도는 비분산적외선(NDIR)방법, 질소산화물의 농도는 전기화학식 또는 비분산 적외선방법을 채택한 분사기를 사용하여 Fig.4-3과 Fig.4-4와 같이 측정하였다.

H: 부하마력(ps)

부하마력 설정방법은 다음 (2)식과 같이 한다

W:관성중량(차량중량+136)

부하 마력 설정 후 40 km/h의 주행속도를 유지하고 수동변속기는 3단, 자동변속기는 드라이브(D)상태에서 실시한다.

주행을 시작하여 자동차의 주행속도가 40 ± 2.0 km/h 이내를 10초 동안 유지하면 검사모드를 시작하게 된다. 검사모드 시작 25초 경과 이후 모드가 안정되면 10초 동안 배출가스를 측정하여 산술평균한 값을 측정값으로 한다.

비분산적외선 방법은 배출가스 특정성분에 대한 적외선 흡수량의 변화를 측정 하여 특정성분의 농도를 구하는 방법이다.



Fig. 4-3 exhaust gas analyser used test vehicles



Fig. 4-4 computer monitor reflected for the test result of vehicles

제 5 장 실험결과 및 고찰

5. 1 배출가스 변화량 분석

본 연구에 사용된 자동차는 3년에서 12년 동안 사용한 차량을 대상으로 선택하여 실험을 실시하였다. Table 5-1은 시험 대상차량의 냉각수에 첨가제 추가 전후의 배 출가스를 측정한 결과를 나타낸 것이다

CO, HC는 연소실에서 농후한 혼합기, 불충분한 불꽃과 점화시기, 압축압력손실로 엔진 오일의 연소, 연료와 공기의 접촉면적 불균일 등에 의하여 생성되고 그중 HC는 화염대부근에서 열분해 되어 생성되는데 HC속의 H는 H_2 O로, C는 CO와 CO $_2$ 로 산화된다. 표 5-1과 같이 시험결과를 고찰해 보면 냉각수에 SiO2와 anorthite(CaAl2 Si2O8)혼합물만 추가하고 공연비 관련 전자제어 부품은 조정하지 않고 시험한 결과 공연비는 일정하게 유지되고 O_2 의 농도가 감소되는 것을 볼 수 있다. 냉각수에 SiO2와 anorthite (CaAl2 Si2O8)혼합물 추가 후 O_2 의 농도가 감소하는 것은 연소가 활성화되어 배출가스가 감소 된 것으로 고찰된다. 따라서 CO와 HC양이 감소할수록 연소효율이 향상되어 연료소모량이 감소함을 알 수 있다.

연소의 활성화 측면을 고찰해 보면 냉각수에 추가한 SiO₂ 와 anorthite(CaAl₂ Si₂ O₈) 혼합물에서 (CaO, AlO₃, 2SiO₂ 형태)에서 발생한 +이온과 연소실 내의 탄화수소 화염 중에 존재한 H₃ O⁺, C₃ H₃ +, C₂ H₃ O⁺, CH₄ O⁺, CHO⁺, CH₅O₂ + 등 다량의 +이온과 O⁻, OH⁻, C₂ - 등 소량의 -이온이 상호 작용하여 연소실내의 혼합기에 와류작용이 가속화되어 불꽃의 속도와 방향이 활성화 되어 CO 와 HC의 배출가스가 저감되는 것으로 고찰되었다. O₂ 농도 감소측면에서 NO는 화염온도와 산소농도에 크게 의존하므로 화염온도를 낮추고 산소의 농도를 저하시키면 Nox의 발생량을 저감시킬 수 있다. 따라서 활성화로 HC중의 H는 산소와 결합하여 H₂ O를 생성하여 연소실의 온도를 낮추면서 산소의 농도를 저감시켜 Nox의 발생량이 저감되는 것으로 고찰된다.

Table 5-1 the comparison of exhaust gas volume for adding additive before and after

vehicle		accent(97)	elantra (93)	sonata -∭(96)	sonata(93)	ef-sonata (02)
СО	전	0.3	0.3	0.1	0.5	0.3
(%)	Š.	0	0	0	0	0
НС	전	159	148	108	109	124
(ppm)	亨	18	20	19	11	3
NOX	전	803	670	983	1900	620
(ppm)	Š	183	0	5	584	13
CO2	전	14.4	14.9	15.5	14.8	11.4
(%)	호	14.5	14.8	15.2	15.0	11.5
O_2	전	0.7	0.3	0.5	0.8	0.4
(%)	产	0.3	0	0.1	0.3	0.2
-	전	1.01	1	1.01	1.01	1.23
入	, p-	1.01	0.99	1	1.01	1.17

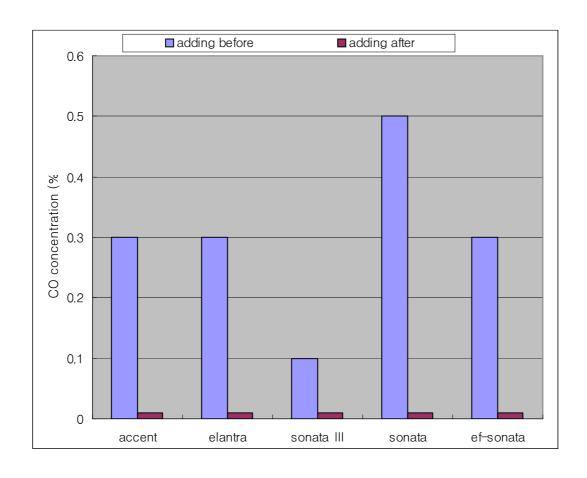


Fig 5-1 the relationship between CO gas and vehicles measured for adding additive before and after

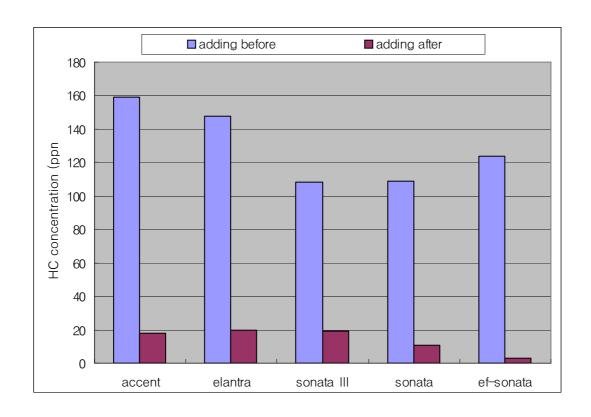


Fig 5-2 the relationship between HC gas and vehicles measured for adding additive before and after

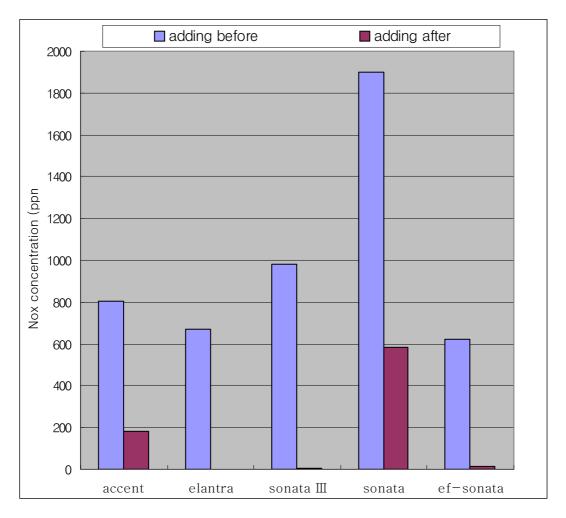


Fig 5-3 the relationship between Nox gas and vehicles measured for adding additive before and after

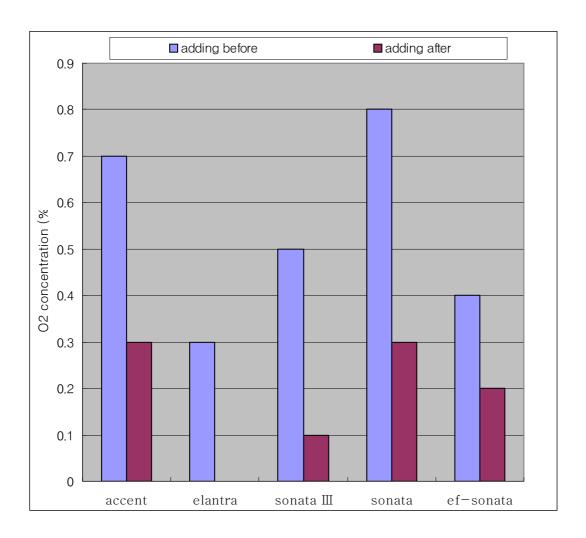


Fig 5-4 the relationship between O_2 and vehicles measured for adding additive before and after

5. 2 엔진성능 개선여부 분석

엔진성능 개선여부는 배출가스 감소와 관련하여 탄소균형법에 의하여 근사적으로 연료소비량을 계산하여 개선율을 예측할 수 있다

탄소균형법이란 연료중의 탄소량과 자동차 배출가스 중에 함유되어 있는 탄산가스 (CO₂),탄화수소(HC), 일산화탄소(CO) 중의 탄소량이 동일하다고 가정한 것이다 단, 연비의 정확한 계산은 CVS(constant volume sampling)-75 모드에 의하여 단계 별 주행거리 마다 배출가스 농도를 측정하여 계산하여야 하나 설비상 CVS-75모드 로 측정은 불가하여 정부가 시행중인 운행차 부하검사 기준인 ASM 2525모드에 의 하여 측정한 배출가스 결과에 의하여 근사적으로 계산하였으며 그 결과는 Table 5-2와 같다

CVS(constant volume sampling)-75 모드에 의한 연비계산 방식은 식 (3)과 같다 연비 $(km/\ell) = 640(g/\ell)/(0.866 \times HC + 0.429 \times CO + 0.273 \times CO_2)$(3) 단, HC, CO, CO₂ 는 배출가스량(g/km)

배출가스 농도(g/km)=(A+B)/(C+D)×0.43+(B+E)/(D+F)×0.57......(4)

A: 1단계 농도 중량(g/단계) C: 1단계 주행거리(5.78km)

B: 2단계 농도 중량(g/단계)

D; 1단계 주행거리(6.29km)

E: 3단계 농도 중량(g/단계)

F; 1단계 주행거리(5.78km)

단계별 농도중량: Vmix×측정가스 밀도×측정가스 농도(ppm.%)...... (5)

Vmix: 표준상태에서 희석배기 가스량(3㎡으로 가정)

측정가스 밀도(kg/m³)

HC:0.5768 (kg/m³)

 $CO:1.164 (kg/m^3)$

 $CO_2 : 1.830 (kg/m^3)$

단, 측정 단계별 주행거리 마다 배출가스량은 동일하다고 가정하였다

	accent	elantra	sonata-Ⅲ	sonata	EF-sonata
before({ /km)	8.75	8.48	8.25	8.42	11.03
after(ℓ /km)	8.89	8.72	8.32	8.59	11.23
improvement	1.0	0.0	0.0	9	1.0
efficiency(%)	1.6	2.8	0.8	Δ	1.8

Table 5-2 the improvement efficiency of fuel consumption measured for adding additive before and after

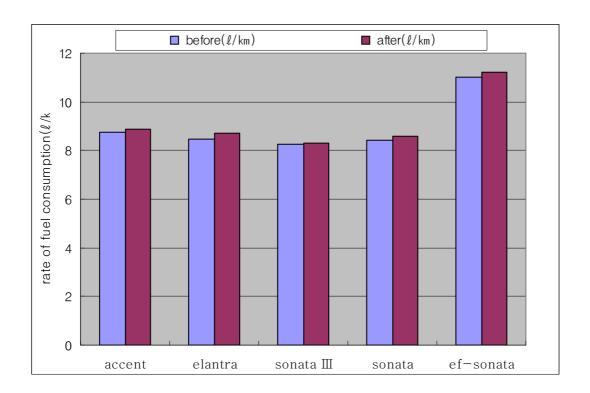


Fig 5-5 the improvement efficiency of fuel consumption measured for adding additive before and after 상기 결과에 의거 고찰해 보면 배출가스가 감소한 만큼 탄소균형법에 의거 연소 효율이 증가되어 연비가 향상되었음을 확인할 수 있었다

제 6 장 결론

본 논문은 가솔린 자동차 엔진의 연소효율 개선으로 배출가스 저감에 관한 것으로써 SiO_2 과 anorthite혼합물을 냉각장치인 라디에이터 내의 냉각수에 분말상태로 $35m\ell$ 첨가하여 운행차 부하검사인 ASM 2525 모드에 의하여 배출가스 각각의 배출량을 실험하여 CO, HC, CO_2 , Nox, 산소농도 등을 고찰한 후다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1. 냉각수에서 발생한 이온과 연소실 내의 이온이 상호 작용하여 혼합기에 와 류작용이 가속화되어 연료의 미립화 와 연소 작용 활성화로 HC, CO의 배출 량이 82~99% 정도 감소되었다.
- 2. 냉각계통의 물때 제거로 연소실내의 열전도율이 향상되어 연소실 온도를 낮추고, 연소 작용 활성화로 산소의 농도를 감소시켜 Nox의 배출량이 78~98% 정도 감소되었다.
- 3. 배출가스 중 산소의 농도가 50% 정도 감소한 것은 연소의 활성화로 연비가 $1\sim3\%$ 정도 향상된 것으로 고찰된다.

참 고 문 헌

- 1. A study on automotive pollutants and it's preventive method., K. M. Jae, hanyang university
- 2. Thompson, N. D., and J.S. Wallace (1994), "Effect of engine operating variables variables and piston and ring parameters on crevice hydrocarbon emission", SAE Paper-941994
- 3. Yang, J., E. W. Kaiser, W. O. Siegl, and R. W. Anderson(1993). "Effects of port-injection timing and fuel droplet size on total and speciated hydrocarbon emissions". SAE Paper 930711.
- 4. Harrington, D. L. (1994), "Fuel- air mixture preparation in I.C. engines key research needs for 1995-1999", presentation at the DOE Workshop: Cylinder Design for Reduced Emissions, Dearborn, MI, Oct.
- Kaiser, E. W., W. O. Siegl, D. F. Cotton, and R. W. Anderson (1992),
 "Effect of fuel structure on emissions from a spark- ignited engine.
 2naphthene and aromatic fuels". Environmental Science and Technology
 26(8):1581-1586
- 6. Jackson, M. W., Wiese, W. M., and Wentworth , J. T.:"The Influence of Air-Fuel Ratio, Spark Timing. and Combustion Chamber Deposits on Exhaust Hydrocarbon Emissions," SAE paper 486. in Vehicles Emissions, vol. TP-6, SAE, 1962
- 7. 홍명석 교수외 2인 공저, 연소공학, 2000
- 8. 조사연구보고서, 휘발유 자동차의 배출가스 방지장치 내구성 평가에 관한 연 구91996),국립환경 연구원 자동차공해연구소

- 9. 정용일, 자동차와 환경(1998)
- 10, 淺川勇吉, 전열연구,p 134, 1987
- 11,한국자동차기술검정연구회, 자동차전자제어 엔진 실무,2000