

자동차용 휘발유의 조성성분이 엔진 및 차량에 미치는 영향에 관한 연구

김정환 · 김성우 · 박종배 · 김재권 · 정충섭
한국석유관리원 연구센터

1. 서론

현재 전 세계적으로 자동차 유해배기가스 배출에 의한 문제가 크게 대두되고 있으며, 배기가스를 줄이기 위한 연구가 크게 주목을 받고 있다.

국내에서 가장 많이 운행되고 있는 가솔린 엔진은 냉시동 초기 및 공회전 상태에서 매우 많은 유해배기가스를 방출한다. 특히 냉시동 및 냉시동 직후의 공회전 상태로 인해 정화되지 않은 유해가스가 그대로 대기로 방출되기 때문에 환경오염에 많은 영향을 주고 있다.

실제로 국내 자동차 배기가스 실험이나 미국의 FTP 모드에 의한 배기가스 실험의 결과에 의하면 HC 배출은 60~80%가 시동 후 처음 1~2분 사이에 발생하는 것으로 알려지고 있다

그리고 가솔린 연료는 여러 성분의 혼합물이고, 각각의 성분들은 비등점의 범위가 크다. 이러한 점으로 인해 엔진시동 초기에는 연료 중에서 낮은 비등점의 성분들이 연소실내로 흡입되어 엔진이 구동되므로 저온시동 초기와 엔진이 가열된 후의 배기가스의 구성 성분이 다를 뿐만 아니라 유해배기가스의 특징도 변하게 된다.

또한, 자동차 배기가스 발생의 주요 원인은 자동차 엔진 자체의 결함 요인과 자동차에 공급되고 있는 연료의 품질 문제 요인으로 나눌 수 있다. 그러나 현재 많은 엔진 기술의 발전으로 인하여 오히려 연료의 품질 문제로 인한 요인의 중요성이 증대되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 차대동력계 및 배기가스 분석기 등을 이용하여 가솔린 연료의 특성에 따른 차량의 저온시동 초기의 배기가스와 엔진의 운전 특성의 경향을 살펴보고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험용 차량 및 엔진

가솔린의 구성성분에 따른 엔진 및 차량에 미치는 영향을 평가하기 위해 현대 자동차의 세타엔진을 장착한 NF Sonata를 사용하여 차량의 배출가스 특성을 평가하였다. 시험용 사용한 엔진 및 차량의 제원은 표 1과 같다.

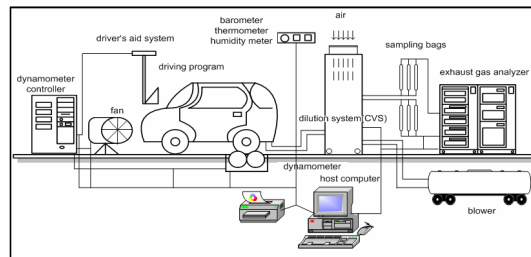
[표 1] 시험용 차량 및 엔진 제원

Type	Inlined spark-ignited 4 stroke 4 cylinder engine	
Valve mechanism	DOHC (direct attack with hydraulic tappets) - VVT type	
Fuel supply type	Gasoline Injector	
Bore × Stroke	86.0 mm × 86.0 mm	
Compression ratio	10.5 : 1	
Max. Power	144 ps / 6000 rpm	
Max. Torque	19.1 kg.m / 4250 rpm	
Rotation inertia	0.4 kgm ²	
Valve timing	I/O/IVC	ATDC 11 deg (BTDC 34 deg) / ABDC 67 deg (ABDC 22 deg)
	EVO/EVC	BBDC 34 deg / ATDC 10 deg
Combustion chamber	Pent roof	
Intake charging	Naturally aspirated	

2.2 차대동력계 및 배기가스 분석 장치

차량의 배기가스를 측정할 수 있는 차대동력계 및 배기가스 분석 장치의 전체적인 개략도를 그림 1 에 나타내었다.

차량 배기가스의 측정 시험방법은 CVS-75모드이며, 시험차량을 12시간 이상 soaking시킨 후 차대동력계에서 각 주행모드로 차량을 운전하여 주행속도별 실시간 배기가스 및 차량의 데이터를 확보하고, 포집백 분석을 통하여 최종 결과를 분석하였다.



[그림 1] 차대동력계 시스템 개략도

3. 시험결과

3.1 연료물성 시험 결과

본 시험에 사용된 연료들의 물성시험결과 및 석유 및 석유대체연료 사업법의 품질기준을 나타내었다. 물성결과에서 알 수 있듯이 I형의 경우 자동차용 휘발유의 품질기준을 모두 만족하였으나, II~IV형의 경우 증류성상(10%유출온도), 증기압, 방향족화합물 함량 및 산소함량이 품질기준에 부적합한 결과값을 나타내고 있다.

[표 2] 휘발유 물성측정결과

		품질기준	I형	II형	III형	IV형
옥탄값		91~94	91	93	100이상	100이상
증류성상	초류점	-	30	72	52	51
	10%유출온도	70이하	59	85	55	53
	50%유출온도	125이하	89	96	58	57
	90%유출온도	175이하	156	109	107	99
	종말점	225이하	186	115	118	122
증기압(37.8℃,kPa)		44~82	47	22	59	61
황분(mg/kg)		50이하	27	0	4	4
밀도@15℃(kg/m ³)		-	733	798	778	771
성분분석 (부피%)	Paraffins	-	47	19	18	18
	Olefins	18(21)이하	15	0	2	1
	Naphthene	-	8	30	29	28
	Aromatics	30(27)이하	14	44	25	15
	- Benzene	-	0.3	0	0.01	0.01
	- Toluene	-	2.8	44	25	15
	- Xylene	-	2.8	0.1	0.09	0.09
	- Others	-	8.0	0.2	0.16	0.14
메탄올(무게%)		0.5~2.3	0	0	26.3	37.4

증류성상 중 I형에 비해 높은 50%유출온도와 낮은 종말점은 증류성상 특성을 가지는 II~IV형의 휘발유는 현저히 낮은 시동성과 워밍업을 일으켜 배출가스가 증가할 수 있다는 것을 예측할 수 있으며, 낮은 증기압은 엔진에 유입되는 연료량을 증가시켜 연료를 농후하게 공급하게 된다. 과대한 방향족 탄화수소 부피(%)는 THC를 포함하여 배출가스량을 증가시키고, 또한 엔진내 퇴적물을 증가시켜 배출가스 증가의 주요요인이 된다.

3.2 차량 배기가스 분석 결과

CVS-75 모드의 방법에 의해 측정된 차량의 배기가스 결과를 표 3에 나타내었으며, 그 결과 유형 I의 휘발유에 대하여 Phase별로 배기가스 결과를 살펴보면

Phase 1에서 많은 배출을 하였다. 이것은 저온시동 초기조건인 Phase 1이 배기가스 배출에 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

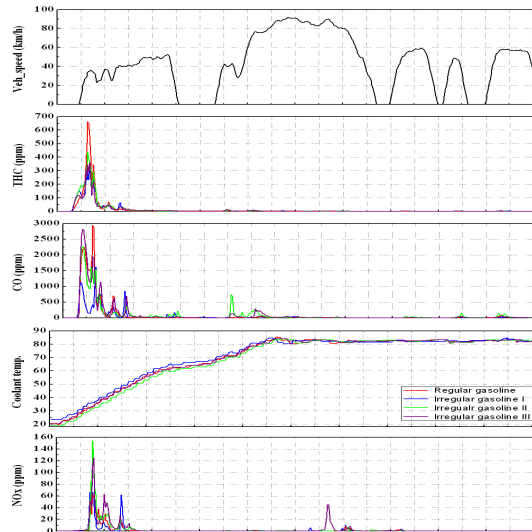
배기가스 총량의 결과에서는 의 경우가 I 유형의 휘발유를 사용한 경우보다 THC는 22.2%, CO는 70.4% 증가하는 경향을 보이고 있다. 이 결과를 Phase별로 다시 살펴보면 배기가스 THC, CO, NOx 모두가 Phase 1인 경우에 크게 증가되었다. II~IV유형의 휘발유 배기가스 배출 특성은 고온의 조건보다는 저온시동 조건일 경우에 많이 배출되었으며, 이후의 배기가스 결과는 Phase 1 부분을 통하여 확인하였다.

[표 3] 정상 및 유사휘발유 차대동력계 시험결과

		THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)
I 형	1 Phase	0.077	0.724	0.034
	2 Phase	0.002	0.097	0.001
	3 Phase	0.003	0.109	0.006
	총량	0.018	0.230	0.009
II 형	1 Phase	0.102	1.312	0.038
	2 Phase	0.000	0.112	0.000
	3 Phase	0.003	0.227	0.005
	총량	0.022	0.392	0.009
III 형	1 Phase	0.095	1.358	0.055
	2 Phase	0.001	0.050	0.000
	3 Phase	0.004	0.185	0.011
	총량	0.021	0.358	0.014
IV 형	1 Phase	0.105	1.416	0.062
	2 Phase	0.002	0.170	0.008
	3 Phase	0.006	0.320	0.017
	총량	0.024	0.470	0.022
증가량	유사 I 형	0.004(22%증가)	0.162(70%증가)	0.000(증가없음)
	유사 II 형	0.003(17%증가)	0.128(56%증가)	0.005(56%증가)
	유사 III 형	0.006(33%증가)	0.240(104%증가)	0.013(144%증가)

차량의 CVS-75 모드의 Phase 1에서 배기가스와 차량 엔진의 상태를 실시간으로 측정된 결과를 그림 2에 도식하였다. 차량의 속도는 시험차량의 실제속도이고, 나머지 데이터 결과는 각각의 유형별 배기가스 결과를 비교하여 나타낸 것이다. II~IV유형의 휘발유 경우 I 형에 비해 배출가스가 증가되어 배출되었으나, 각 유형별로는 표 3의 결과에서 볼 수 있듯이 THC, CO, NOx 모두 초기에 급격히 증가하다가 냉각수 온도가 50℃ 이상으로 증가 할수록 감소하여 배출량이 거의 배출되지 않는다. 엔진냉각수 온도가 증가한다는 것은 엔진에서 열이 발생

하여 엔진의 온도를 안정화시켜주게 되고, 이 결과를 통하여 배기가스의 배출량은 전체 배기가스 배출량에 대하여 100 초 이내에서 거의 이루어지고 있음을 알 수 있다.



[그림 2] CVS-75 Mode 실시간 데이터
(THC, CO, NOx, Engine speed, Coolant)

Ⅱ~Ⅳ유형의 휘발유가 I형 보다 THC, CO, NOx 모두 증가하여 배출되고, 이러한 결과는 냉각수의 온도상승이 I형의 경우가 약간 높은 값으로 증가하기 때문인 것으로 분석된다. 이것은 발열량이 차이에 따른 결과라 할 수 있다. 이러한 냉각수 온도는 250초 정도에서 엔진으로부터의 열을 흡수하여 거의 일정한 온도를 가진다. 엔진속도와 흡기부압의 결과에서는 Ⅱ~Ⅳ유형의 경우가 더 심하게 속도 및 부압이 변화고 있어, 배기가스 결과에 엔진의 속도와 부압이 영향을 주고 있음을 볼 수 있다. 또한 이러한 속도와 부압의 변동은 차량을 운행할 시에 차량 성능을 떨어트릴 수 있는 요인라고 할 수 있다.

4. 결론

1. 배기가스 결과 CVS-75모드의 Phase 1 구간인 저온시동 초기조건에서 가장 많은 배기가스가 배출되어 Ⅱ~Ⅳ유형이 I형보다 THC 는 22%, 17%, 33% 증가되어 0.004g/km, 0.003g/km, 0.006g/km가 배출되었고, CO는 70%,56%,104% 증가되어 각각 0.162g/km, 0.128g/km, 0.240g/km가 배출되었

다.

2. 차량 배기가스의 실시간 측정결과 THC, CO, NO_x 모두 증가되었으며, 측정 시간 75초, 냉각수 온도 50℃ 정도에서 배기가스가 급격히 감소(100ppm이하)하여 나타나게 되는데, 이 결과는 엔진예열에 의한 것이라고 판단된다.
3. 엔진의 저온시동 초기조건에서의 배기가스 배출 경향도 차량의 결과와 동일하게 THC, CO, NO_x 모두 초기에 많이 배출되었다가 엔진이 예열되면서 감소하였다.

5. 참고문헌

- 1) Jeonghwan Kim, Minho Lee, Giho Kim, Jaigyeon Kim, Seongchul Shin, " A study on the characteristics of engine performance and exhaust emission for the regular and irregular gasoline fuel using the FT-IR spectroscopy", KSAE06-F0101, pp.648~653, 2006
- 2) 이항구, 조철, 김경유, "세계 자동차산업의 구조조정과 우리의 대응", 산업연구원 보고서, 2006
- 3) Xinghu Li, Xiaofeng Zhou, "The properties of gasoline and effect of these properties on calculation of air-fuel ratio.", SAE Paper 2003-01-1911, 2003
- 4) Richard Stradling et al., "Fuel effects on regulated emissions from modern gasoline vehicles", SAE paper 2004-01-1886, 2004
- 5) Hejun Guo, Zhizhong Liu, "Study on performances of two new types of gasoline detergents and their effects on fuel properties.", SAE Paper 2004-01 -2004, 2004
- 6) Robert E. Klebba et al., "A comparison of fourier transform infrared spectroscopy with traditional analyzers for enhanced inspection and maintenance testing.", SAE Paper No.950219, 1995