

메탄올/가솔린 혼합연료의 배기가스 분석 연구

홍 광 표* · 박 명 호** · 김 성 준***

Analysis of Exhaust Gas of Methanol/Gasoline Fuel Mixture

Hong, Kwang-Pyo* · Park, Myung-Ho** · Kim, Sung-Joon***

ABSTRACT

DOHC gasoline engine(4-cylinder in line type, 1600cc) is modified for the experiment to develop an alternative fuel. The modified engine is tested with the various combination of gasoline and methanol. Pollutant emissions of CO and HC are measured at the end of exhaust manifold. The concentration of CO and HC in exhaust gas is greatly reduced with the increase of coolant temperature of engine. HC concentration is reduced until methanol content reaches to thirty percent and then increased with the volumetric percentage of methanol in fuel. On the other hand, the concentration of CO is reduced as the methanol content is increased up to 20 percent and then it becomes constant even though the methanol content is raised. The effect of engine RPM on the HC and CO exhaust is investigated. HC concentration is reduced as the engine RPM is increased but the typical trends of variation are not found in the measured value of CO concentrations.

1. 서 론

자동차의 유해배출 가스의 농도를 저감시키기 위한 목적으로 처음 연구되기 시작한 알코올 연료는 1차 석유 파동후 내연기관의 대체연료로서 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 알코올 연료¹⁾는 식물의 발효에 의해 얻어지는 에탄올과 석유, 천연

가스 또는 석탄등에서 생산되는 일산화탄소와 수소를 인공적으로 합성한 메탄올 등으로 분류할 수 있고, 경제적인 면에서유리하지는 못하지만 석유계 연료가 한정 자원임을 고려할때 미래의 대체 연료로서 상당히 유망한 대체 연료로 주목받고 있다. 그러나 알코올 연료는 기관을 부식시키며 낮은 동점성으로 인해 연료 펌프나 노즐등의 마멸을 초래하므로 이러한 문제점에 대한 대책을 세워야 한다는 단점이 있다. 또한 자동차기관의 연료로서 알코올을 사용하기 위해서는 에탄올 연료는 실산염계통, 메탄올 연료는 초산 Amine 및 초산 Hexane등

* 강원대학교 기계공학과 석사과정

** 강원대학교 시간강사

*** 강원대학교 기계공학과 교수

의 착화 촉진제를 첨가하거나 다른 착화 보조 수단이 필요하다고 볼 수 있다.^{[2],[3]} 이러한 착화 보조 수단으로 연소실에 점화플러그를 설치하여 강제 착화시키는 방식, 연소실벽의 온도를 높이는 열면착화방식등이 있다.^[4]

알코올을 가솔린과 함께 가솔린 기관의 연료로 사용할 경우에는 가솔린의 착화제 역할을 하기 때문에 다른 보조 수단이 필요하지 않다. 이러한 혼합연료 사용법에는 알코올과 가솔린을 미리 혼합하여 단일 노즐을 통해서 분사하는 방법과 흡기다기관내에 두 개의 노즐을 설치하여 알코올과 가솔린을 분사하는 방법 등이 있다.^{[5],[6]}

본 연구에서는 기존의 자동차 기관을 대체연료 개발·연구용으로 개조·구성하였으며 가솔린과 메탄올을 혼합한 7가지 혼합연료를 만들어 기관에서 연소시키면서 운전조건과 혼합연료의 구성비의 변화가 HC와 CO가스 배출농도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 엔진본체, 운활장치, 냉각장치, 연료측정장치, CO 및 HC 측정장치로 구성되어 있으며, 실험장치의 개략적인 구성은 Fig.1과 같다. 또한 엔진의 주요제원은 Table.1에 나타내었다.

Table. 1 Specifications of Test Engine

TYPE		4-Cylinder in-line Vertical Type DOHC 16-Valve Gasoline Engine
Displacement Volume(cc)		1596
Bore×Stroke(mm)		∅82.3×750
Number of Cylinder		4
Compression Ratio		9.2
Valve Timing	Intake Valve Open	26 °(BTDC)
	Intake Valve Close	38 °(ABDC)
	Exhaust Valve Open	53 °(BBDC)
	Exhaust Valve Close	7 °(ATDC)

기관본체는 DOHC 직렬 4기통 1600cc 자동차를 연구목적에 맞게 개조·구성하여 다음과 같은 조건을 갖추도록 하였다. ① 연구용 기관 조작성 간편할 것 ② 운전상태 확인 및 조정이 쉬울 것 ③ 연료공급장치 개조가 용이할 것 ④ 점화시기 및 타이밍을 조절할 수 있을 것

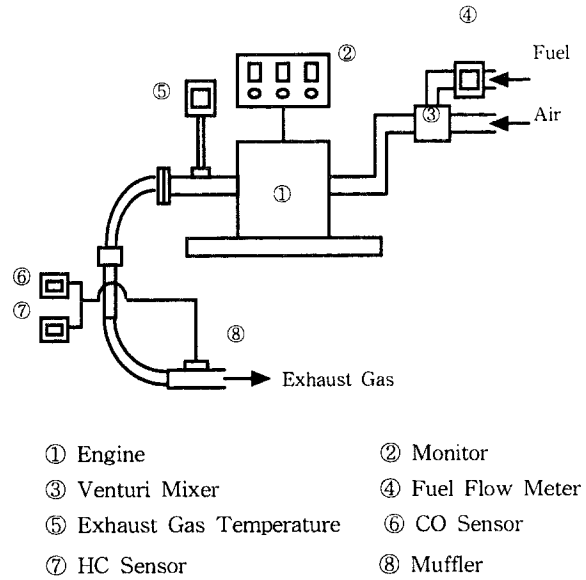


Fig.1 Schematic Diagram of Testing Apparatus

⑤ 실험공간이 최소화 될 것 등이다.

위 조건에서 연구용 기관 조작성 간편하게 하고 실험 공간을 최소화하기 위하여 변속기, 현가장치, 조향장치, 브레이크 장치와 에어컨 시스템을 제거하여 연구용 기관을 간편하게 하였고 기관 적치대를 설계·제작하였다.

2.2 실험방법

연료탱크의 연료는 펌프에 의하여 여과기를 거쳐 공급 라인에 보내지고, 솔레노이드 밸브로 작동되는 인젝터에 항상 일정한 압력(39psi)이 유지되도록 압력 조절기가 설치되어 있다. 압력 조절기로부터 되돌려지는 연료는 모두 연료탱크로 재순환되며, 기관회전수를 실험 조건의 회전수에 맞추기 위하여 악셀레이터 케이블을 미세하게 조절할 수 있는 조절너트를 별도로 제작 부착하였다. 또한 본 연구에 사용된 메탄올/가솔린 혼합비율의 구성비를 Table. 2에 나타내었고, 이 때 단위는 체적백분율을 의미한다.

Table. 2 Kind of Fuels, unit : %

Constituent Type	Gasoline	Methanol
	1	100
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	40	60

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가솔린 연소시 HC 및 CO가스 배출 농도 측정
연구용 기관에서 무부하로 흡기 포트에 가솔린을 분사·연소시켰다. 이때의 기관의 회전속도는 2000 ± 25rpm으로 고정하였고 냉각수 온도는 60℃에서 110℃까지 변화시켰다. HC와 CO가스의 배출농도 값은 Table.3에 나타내었다.

Table. 3 Operating Conditions of Engine and Amount of Pollutants

WTS (℃)	INJ TIME (ms)	SPK TIME (°)	AFS (Hz)	ATS (℃)	TPS (mV)	HC (ppm)	CO (%)
60	28	2.5	82	15	672	115	0.86
70	26	2.5	80	15	672	101	0.79
80	27	2.5	80	15	671	93	0.77
90	26	2.3	79	14	679	66	0.40
100	25	2.3	79	15	675	30	0.22
110	25	2.3	79	15	664	10	0.02

실험에서의 측정값은 10회 측정값의 산술평균값이며 WTS(water temperature sensor)는 냉각수의 온도(℃), INJ TIME은 인젝터의 개도시간(ms), SPK TIME은 불꽃점화시간으로 피스톤이 상사점전(BTDC)몇도, AFS(air flow sensor)는 흡기 유량 센서(Hz), ATS(air temperature sensor)는 흡기 온도센서(℃), TPS(throttle position sensor)는 드로틀 위치 센서를 의미한다.

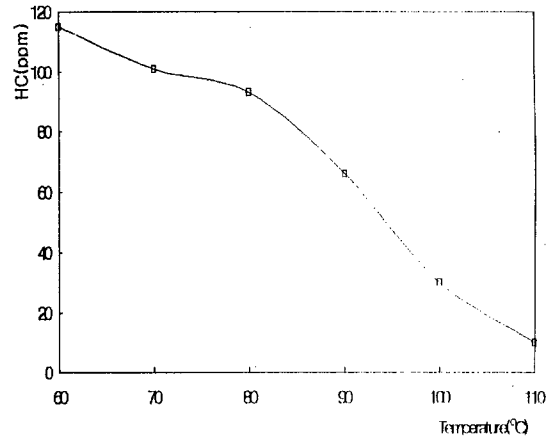


Fig.2 The Variation of HC Exhaust with the Temperature of Cooling Water

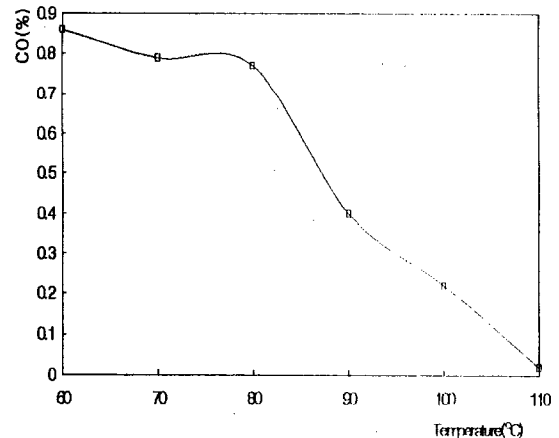


Fig.3 The Variation of CO Exhaust with the Temperature of Cooling Water

가솔린을 실험용 기관에서 연소시켰을 때 냉각수의 온도변화에 따른 HC가스의 배출농도 변화를 Fig.2에 나타내었다. HC가스의 배출농도가 냉각수의 온도에 많은 영향을 받았으며 냉각수의 온도가 높아지면 HC가스의 배출농도가 감소하는 것을 볼

수 있었다. 또한 CO가스의 배출 농도 변화를 Fig.3 에 나타냈는데 CO 가스의 배출농도가 냉각수의 온도에 커다란 영향을 받았고 냉각수의 온도가 높아지면 CO 가스의 배출농도 역시 감소함을 알 수 있었다.

Fig.2 와 Fig.3을 비교할 때 온도에 따른 감소율이 HC와 CO가스가 매우 유사함을 확인할 수 있었다.

3.2 혼합연료 연소시 HC 및 CO가스 배출 농도 측정

냉각수 온도가 86℃일 때 혼합연료의 종류에 따른 운전조건과 HC와 CO가스의 배출농도가 기관 회전수에 따라 Table. 4, Table. 5, Table. 6 과 Table. 7에 각각 소개되어 있다.

Table. 4 Operating Conditions of Engine at 1000 rpm and the Concentration of Exhausted Pollutants

Type of Fuel	INJ TIME (ms)	SPK TIME (°)	AFS (Hz)	ATS (°C)	TPS (mV)	HC (ppm)	CO (%)
1	3.0	10	43	17	566	150	0.7
2	3.0	11	43	17	566	120	0.6
3	2.8	19	43	20	546	115	0.4
4	3.0	11	50	17	566	100	0.13
5	3.0	11	50	17	566	110	0.15
6	3.3	11	50	17	565	125	0.1
7	3.5	12	50	16	605	150	0.12

Table. 5 Operating Conditions of Engine at 1500 rpm and the Concentration of Exhausted Pollutants

Type of Fuel	INJ TIME (ms)	SPK TIME (°)	AFS (Hz)	ATS (°C)	TPS (mV)	HC (ppm)	CO (%)
1	2.5	16	62	17	644	90	0.85
2	2.8	17	62	17	644	70	0.8
3	2.8	17	62	19	624	55	0.2
4	2.8	18	68	17	644	50	0.14
5	3.0	19	68	17	644	45	0.15
6	3.0	18	75	17	644	80	0.1
7	3.3	20	75	16	683	95	0.12

Table. 6 Operating Conditions of Engine at 2000 rpm and the Concentration of Exhausted Pollutants

Type of Fuel	INJ TIME (ms)	SPK TIME (°)	AFS (Hz)	ATS (°C)	TPS (mV)	HC (ppm)	CO (%)
1	2.5	26	81	18	703	50	0.8
2	2.5	26	75	18	703	45	0.7
3	2.5	27	81	20	690	35	0.17
4	2.8	30	87	18	703	33	0.15
5	2.8	31	87	17	722	35	0.1
6	3.0	31	93	18	742	42	0.02
7	3.0	30	93	16	742	60	0.07

Table. 7 Operating Conditions of Engine at 2500 rpm and the Concentration of Exhausted Pollutants

Type of Fuel	INJ TIME (ms)	SPK TIME (°)	AFS (Hz)	ATS (°C)	TPS (mV)	HC (ppm)	CO (%)
1	2.5	31	100	20	761	40	0.5
2	2.5	30	93	19	761	30	0.6
3	2.5	30	100	20	761	20	0.1
4	2.8	33	106	19	781	10	0.05
5	2.8	33	106	18	781	10	0
6	3.0	34	112	19	800	15	0
7	3.0	34	118	17	820	20	0

혼합연료를 실험용 가솔린 기관에서 연소시켰을 경우 기관의 회전수 변화에 따른 HC가스 배출 농도의 변화를 Fig.4에 나타내었다. HC가스의 배출 농도가 메탄올의 함량을 증가시키면 메탄올 함량이 30%일 때 까지 HC가스 농도는 감소하다가 그 이후 다시 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 HC 가스 배출농도를 감소시키기 위한 메탄올 혼합비율의 최적치가 존재함을 확인할 수 있었다. 한편 메탄올 함량이 30%이상으로 증가하면 HC가스 배출농도가 급격히 증가하는 이유는 연소의 불안정에서 기인하는 것으로 볼 수 있으며, 기관의 회전수에 따른 CO가스 배출 농도 변화를 Fig.5에 도시화하였다. CO가스 배출농도는 메탄올이 10%~20%사이에서 격감함을 확인할 수 있었고 20% 이상이 넘을 경우 그 배출가스 양의 변화는 그리 심하

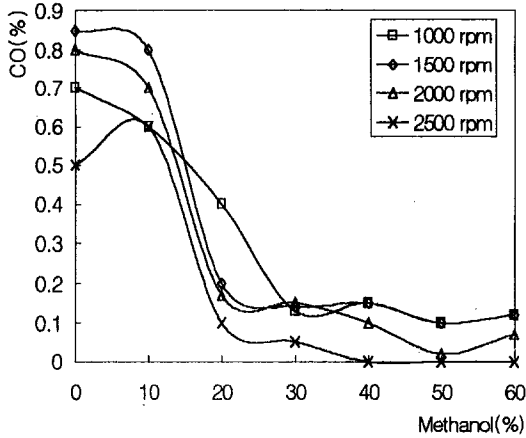


Fig.4 The Variation of HC Exhaust with the Volumetric Percentage of Methanol

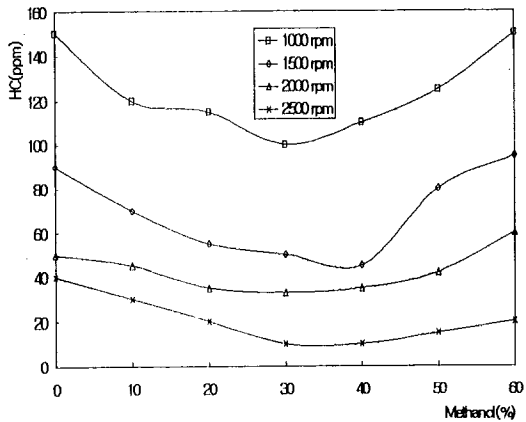


Fig.5 The Variation of CO Exhaust with the Volumetric Percentage of Methanol

지 않았고 거의 일정함을 볼 수 있었다. 이것은 CO가스의 불완전 연소에서 생기는 현상임을 고려할 때 기관의 연소상태가 기관 회전수 보다는 연료의 물성치에 지대한 영향을 받음을 확인할 수 있었다. 즉 메탄올이 20% 이상이 되면 모든 기관 회전수에서 거의 완전 연소가 이루어짐이 확인되었다.

또한 Fig.6 는 기관의 회전수와 HC가스 농도 변화를 도시하고 있는 데, 모든 종류의 혼합 연료에서 정도의 차이는 있지만 회전수가 증가할수록 HC가스의 배출농도가 격감함을 확인할 수 있었다. 이는 회전수가 증가함에 따라 연소실안의 난류가

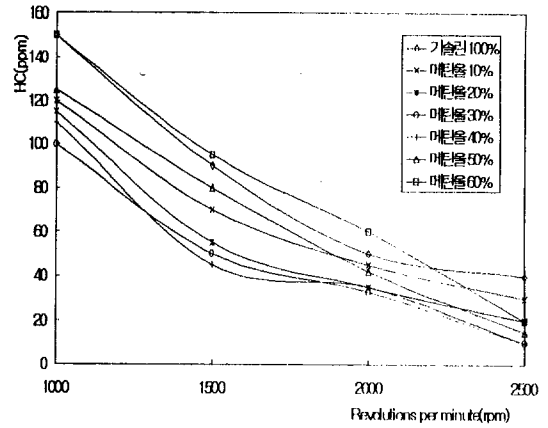


Fig.6 The Variation of HC Exhaust with the RPM of Engine

심하여져 연료와 공기의 혼합이 보다 균일하여 짐에 따라 나타나는 현상으로 보여진다. Fig.7은 기관 회전수의 변화에 따른 CO가스 배출농도를 보여주고 있는데 CO가스 역시 기관의 회전수가 증가하면 감소하는 것을 볼 수 있으나 Fig.5와 비교할 때 기관의 회전수보다는 메탄올의 함량에 많은 영향을 받음을 알 수 있었다.

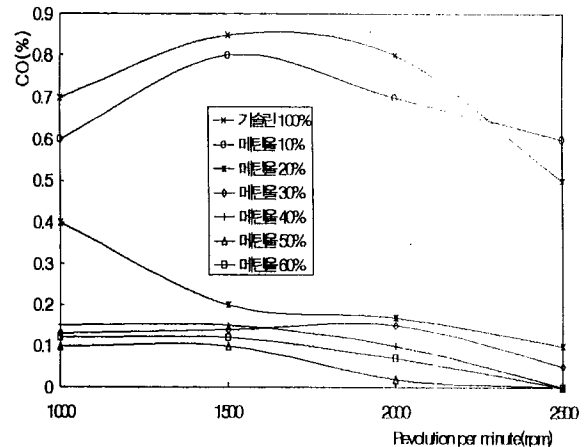


Fig.7 The Variation of CO Exhaust with the RPM of Engine

4. 결 론

DOHC 16밸브 1600cc 가솔린 엔진을 실험용으로 개조·제작하여, 혼합비율이 서로 다른 가솔린/메탄올의 7가지 혼합연료를 만들어 기관의 회전수를 변화시키면서 실험을 수행하여 HC 및 CO가스

를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻어낼 수 있었다.

1. 개조·제작한 연구용 기관은 조작성 간편하고 운전상태 확인 및 조정이 쉬워졌으며, 실험 공간의 최소화를 달성할 수 있었다.
2. HC가스와 CO가스의 배출농도는 냉각수 온도의 영향을 많이 받으며, 냉각수의 온도가 증가할수록 큰 폭으로 감소함이 확인되었다.
3. HC가스의 배출농도는 메탄올을 30%까지 첨가했을 경우 다소 감소하였으나 그 이상 첨가했을 경우는 증가하는 경향이 나타났다. 또한, CO가스의 배출농도는 메탄올이 10~20%사이에서 격감함이 확인되었다.
4. 회전수가 증가할수록 HC 및 CO가스의 배출농도가 감소하였는 데, 회전수의 증가가 흡입공기의 흐름을 빠르게 하고 난류 및 선회류를 일으켜 이로 인한 영향으로 감소되었다고 판단된다.

위의 실험결과로 부터 기관의 연소상태가 기관의 회전수보다는 연료의 물성치에 많은 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었고, 이들 결과가 앞으로의 배기가스중의 공해물질을 감소시키는 데 크게 기여하기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 竹内貴一郎, 塚本時弘, 北田泰造 : “燃料用アルコールの燃焼特性”, 内燃機關, Vol. 21, No.263, pp.9~18, 1982.
- [2] 김 응 단, “가솔린엔진”, 서울특별시, 동일문화사, 1989.
- [3] Ansgar, J. S., and Horst, O. H., “ Ignition Improvers for Ethanol Fuels ”, SAE Paper 905134, 1990.
- [4] Rodica, A. B., “Fumigation of Alcohols in a Multi Cylinder Diesel Engine-Evaluation of Potential”, SAE Paper 860308, 1986.
- [5] Mattavi, J. N., “ The Attributes of Fast Burning Rates in Engines”, SAE Paper 80920, 1980.
- [6] P. Von Korff, “Alternative Fuel and Drive Systems for City Buses”, SAE Paper 905134, 1990.