

## 가솔린-에탄올 혼합연료 사용시의 MPI 가솔린 기관의 성능에 관한 연구

### A Study on the Performance of the MPI Gasoline Engine with Gasoline-Ethanol Blends

윤 건 식\*, 신 승 한\*\*  
Keon-Sik Yoon, Seung-Han Shin

#### ABSTRACT

The effect of ethanol-blending on the performances of the MPI gasoline engine was examined. The experiments were carried out for the stoichiometric conditions under MBT spark timing over various operating conditions. The blending rate of ethanol were determined as 10 to 30 percent according to the analysis of the properties of blended fuels. The engine with ethanol-blended fuels showed improved performances such as brake torque, brake power, brake thermal efficiency and exhaust emissions compared with those of pure gasoline over most operating conditions. Though the brake specific fuel consumption was increased by ethanol-blending due to their lower heating values, the increasing rates of the brake specific fuel consumption were limited to the half of the blending rates owing to the increase in the thermal efficiency.

주요기술용어 : MPI gasoline engine (분사식 가솔린 기관), Ethanol (에탄올), Blended fuel (혼합연료), Performance (성능), Exhaust emission (배기가스)

#### 1. 서 론

1970년대 두 차례의 석유과동을 거치면서 고유가시대의 막이 열리게 되었다. 1983년 이후 유가는 비교적 안정되어 왔으나 경제위기에 이은

환율상승 및 최근의 급격한 유가인상 등으로 석유에너지 획득에 따른 비용은 크게 증가되었으나 석유수요는 경제규모의 확대에 따라 계속적으로 증가할 전망이다. 장기적으로 보면 석유 생산량의 감소 및 유가의 상승이 예견되므로 대체에너지의 개발은 절실한 문제이다. 특히 최근에는 공해문제로 인하여 자동차 배출물에 대한 규제가 점점 강화됨에 따라 저공해 또는 무공해 에너지에 관심이 집중되고 있다.

자동차용 기관의 대체에너지는 현재의 기관형

\* 회원, 창원대학교 기계공학과

\*\* 회원, 창원대학교 대학원

태를 가급적 크게 변화시키지 않으면서 그 효율성을 유지할 수 있어야 하기 때문에 대체에너지원의 선택에 있어 제한을 받게 된다. 그러므로 이와 같은 경우 기존의 석유계열 연료와 유사한 연소특성을 가지는 연료를 선택하여야 한다. 이 중에서 알코올과 수소는 기존의 기관형태를 크게 변화시키지 않고 자동차용 기관의 에너지원을 대체할 수 있다는 점에서 특히 주목받고 있다. 그 중에서도 천연가스와 석탄 등에서 얻어지는 메탄올과 사탕수수과 곡물류에서 추출되는 식물성 알코올인 에탄올은 연소속도가 빠르고 열효율이 높아서 공해를 유발시키는 배출가스가 적어 다른 대체연료보다 오랜 연구개발 역사를 갖고 있다. 알코올은 상온에서 액체이고 취급이 용이하며, 특히 현재 사용되고 있는 기관을 기본으로 새로운 개선 부위나 개발 요소를 가능한 한 적게 하여 운전조건에 따라 연료를 정확하게 계량, 분배할 수 있다는 점에서 스파크 점화기관의 연료로서의 장점을 지니고 있다.

본 논문에서 대상으로 한 에탄올의 경우는 메탄올에 비해 가용성이 좋고 물과의 친화력이 강하므로 가솔린과의 혼합시 혼합물의 분리위험을 현저하게 감소시켜주고 냉시동성이 좋고, 베이퍼록의 발생이 적으며 발열량이 더 높다는 장점을 갖고 있다.<sup>1)</sup> 가솔린과 비교시 에탄올은 높은 옥탄가, 희박연소성, 낮은 공해물질 배출 및 높은 증발잠열로 인해서 가솔린엔진의 연료로서 많은 관심을 끌고 있으나, 저위발열량이 낮다는 점에서 성능저하의 요인이 있다고 하겠다.

알코올을 자동차기관의 연료로 이용하기 위한 연구들은 가솔린/메탄올,<sup>2,3)</sup> 가솔린/에탄올,<sup>4-6)</sup> 그리고 디젤/알코올<sup>7,8)</sup> 등의 혼합연료에 관한 것들이 대부분이며 브라질을 비롯한 중남미 나라에서는 가솔린/알코올 혼합연료로 운전되는 자동차가 이미 실용화되어 있다.

국내에서도 알코올 연료 사용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 메탄올의 경우엔 차량생산단계에 까지 이르렀으나 에탄올의 경우엔 정등<sup>9)</sup> 또는 梁<sup>10)</sup>의 연구 이외에는 비교적 최근까지

도 거의 찾아보기 힘든 실정이다. 정 등은 4기통 가솔린 기관에서 가솔린에 에탄올을 40% 혼합한 혼합연료를 사용한 연구를 기화기식 기관에 대하여 수행하였으며 梁은 에탄올의 특성과 에탄올-가솔린 혼합연료를 사용한 경우의 MPI (multi-point injection) 기관의 성능에 관한 연구를 수행한 바 있다. 이 연구에서는 에탄올-가솔린 혼합연료의 특성에 관한 분석을 통하여 대체연료로서의 가능성을 입증하였으나 기존의 기관에 전혀 수정을 가하지 않고 그대로 운전함으로써 에탄올 혼합비율에 따라 출력성능이 저하되는 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서는 무연가솔린과 공업용 에탄올을 여러 비율로 혼합한 혼합연료의 주요 특성의 변화를 먼저 규명하고, 이 혼합연료로 자동차용 가솔린 분사기관을 이론공연비에서 운전하여 혼합연료의 주요 특성이 기관 성능에 미치는 영향을 검토하여 대체연료 기관에 관한 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

## 2. 시 료

### 2.1 시료의 특성

실험에 사용한 연료는 시판되는 무연가솔린을 기유(base oil)로 하고, 이것에 공업용 에탄올을 일정비율로 혼합하여 가솔린 기관의 대체연료로서의 가능성을 검토하였다.

가솔린과 에탄올 및 가솔린/에탄올 혼합연료의 특성 및 성분조성은 梁<sup>10)</sup>에 의하여 검토되었으며 그 주요결과를 Table 1에 인용하였다. 梁은 가솔린에 에탄올을 40%~60%의 비율로 혼합한 경우는 상분리 현상이 발생하여 연료로서 적당치 않다고 보고하여 검토대상에서 제외하였으며 에탄올을 10%, 20% 및 30% 혼합한 경우에 대하여 집중적으로 그 특성을 검토하였다.

Fig. 1은 에탄올 혼합율에 따른 옥탄가의 변화를 나타내고 있다. 에탄올의 혼합에 따라 옥탄가는 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 에탄올을 30%까지 혼합한 경우는 17.3 정도의 옥탄가 향

상을 보이고 있으나 이 비율 이상 혼합하여 100% 에탄올에 이르기까지는 약 2 정도의 증가만을 보이고 있어서, 에탄올 30% 이상의 혼합은 옥탄가에 큰 영향을 미치지 않고 있음을 알 수 있다. 옥탄가의 증가는 기관에 에탄올을 사용할 경우 기존의 경우보다 압축비를 증가시켜 열효율의 향상을 도모할 수 있는 가능성을 암시한다.

Table 1에 나타난 리드 증기압은 휘발성의 척도로서 37.8°C(100°F)에서 연료의 증기압으로서 나타낸다. 일반적으로 리드 증기압은 여름용은 0.45~0.7 bar, 겨울용은 0.6~0.9 bar로 제한하고 있으나 최근에는 연료의 리드 증기압을 높게 하는 경향이 있다. 이 기준에서 보면 에탄올을 30% 이내까지 혼합한 연료의 리드 증기압은 제한범위 내에 있다.

Fig. 2는 각 시료의 ASTM 증류곡선을 나타

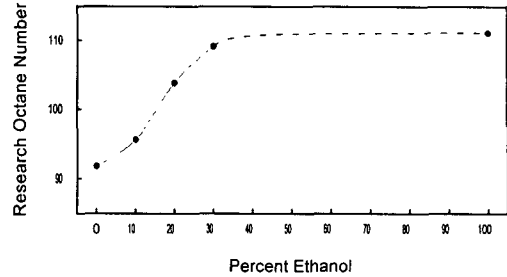


Fig. 1 Research octane number of fuels

내고 있다. 에탄올을 30% 이내로 혼합한 경우의 증류곡선은 전반적으로 가솔린과 거의 유사한 모양을 나타낸다. 그러나 에탄올을 70% 이상 혼합하게 되면 증류곡선의 형태가 가솔린의 경우와 완전히 달라지게 된다. 즉 기관의 시동성과 밀접한 관계가 있는 10%증류점이 가솔린의 경우보다 훨씬 높게되고 50% 이상의 연료가 에탄올의 비등점 부근에서 모두 증류해 버리므로 90%증류점

Table 1 Properties of test fuels

Item	Method (ASTM)	Analysis Results								
		0%E*	10%E	20%E	30%E	70%E	80%E	90%E	100%E**	
API Specific Gravity	D 1298	57.9	56.3	54.8	53.3	46.7	44.9	43.6	42.2	
Specific Gravity		0.747	0.753	0.759	0.765	0.794	0.802	0.808	0.814	
Research Octane Number	D 2699	91.8	95.6	103.8	109.1	-	-	-	111	
Gross Heat Value(kJ/kg)		48326	46626	44504	43022	35652	33664	32400	30696	
Distillation	D 86	IBP <sup>+</sup>	34	36	36	38	43	49	56	78
		10%	52	48	48	52	62	71	76	78
		50%	87	68	68	71	77	77	78	78
		90%	139	139	136	134	78	78	78	78
		EP <sup>++</sup>	174	171	170	168	79	79	79	79
		Residuals(vol.%)	0.9	0.8	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2
Pb(g/l)	D 3329	< 0.0005								
Water and Sediment(vol.%)	D 2709	< 0.005								
Reid Vapor Pressure(kg/cm <sup>2</sup> )	D 323	0.74	0.78	0.79	0.79	0.62	0.48	0.34	0.21	
Total Sulfur(wt.%)	D 2622	< 0.01								
Existence Gum(mg/100ml) (washed/unwashed)	D 331	0.4/2.4	0.4/3.4	0.2/1.8	0.2/1.2	-/0.8	-/0.6	-/0.2	-/0.2	

\* Base Gasoline , \*\* Ethanol

<sup>+</sup>IBP : Initial Boiling Point , <sup>++</sup>EP : End Point

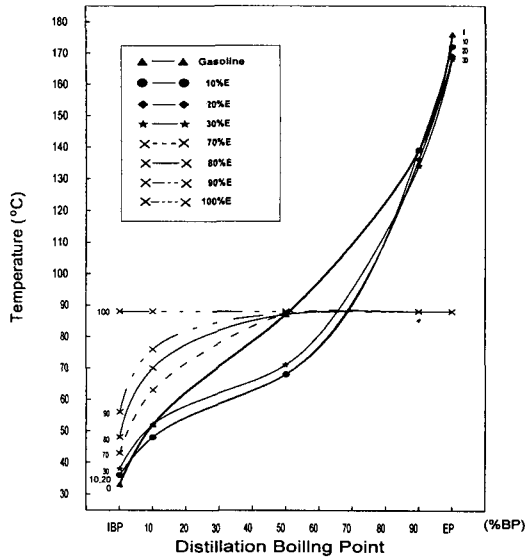


Fig. 2 ASTM distillation curves of fuels

이 매우 낮아 출력저하 및 윤활유 오염의 우려가 있다. 에탄올을 많이 포함한 시료의 경우는 작게 포함한 시료의 곡선보다 기울기가 급한데, 이는 에탄올이 적게 포함된 연료에 비해서 고온에서는 증기폐색 현상으로 장애를 일으키는 경향을 나타낼 수 있음을 뜻한다.

이상의 결과를 종합하면 반노크성은 에탄올 혼합율에 따라 증가하고 휘발성은 에탄올을 10%~30% 혼합한 경우는 ASTM 증류곡선 상에서 50% 증류점이 가솔린보다 크게 낮을 뿐 (19°C~16°C) 다른 항목의 특성은 가솔린과 거의 같은 것으로 나타났다. 연료의 30%~60% 증류점의 온도가 너무 낮으면, 기온이 높은 경우에는 퍼콜레이션 현상 때문에 저속운전시 장애가 발생할 가능성이 있다. 따라서 여름철에 기온이 높은 경우엔 별도의 대책이 필요하지만 그 외의 계절에는 10%~30%의 에탄올을 혼합한 혼합연료를 가솔린 기관의 연료로 사용하는데 큰 지장이 없을 것으로 판단된다. 그러나 에탄올을 40%~60% 혼합한 구간에서는 전술한 바와 같이 상분리현상이 나타나며, 70%~100% 혼합한 경우는 가솔린과 비교할 때 휘발성에 큰 차이가 있다. 그

러므로 에탄올 함유량이 40%~100%인 경우는 가솔린 기관의 구조를 변경시키거나 연료의 특성을 변화시키지 않고는 가솔린 분사기관의 연료로 사용하기에 부적당한 것으로 판단된다.

그러므로 본 실험에서는 가솔린에 에탄올을 10%, 20%, 30% 혼합한 연료를 사용한 경우의 여러 성능인자들을 가솔린을 사용한 경우와 비교하기로 한다.

## 2.2 공연비와 발열량

Table 2는 가솔린과 에탄올 및 혼합연료에 대한 이론공연비와 발열량을 정리한 것으로 발열량은 에탄올 혼합율에 따라 거의 직선적으로 감소하고 있음을 보여주고 있다. 따라서 열효율이 동일하다고 가정할 경우 동일한 출력을 얻기 위해서는 에탄올 혼합율의 증가에 따라 더 많은 양의 연료를 공급하여야 한다. 가솔린의 발열량은 에탄올의 1.64배 정도로서 동일한 양의 연료를 공급할 경우 가솔린의 공급열량이 이 비율만큼 더 크게 된다. 한편 공급된 연료를 완전 연소하기 위한 이론공기량의 경우 에탄올이 가솔린의 경우에 비하여 1/1.63배 정도이므로 동일한 체적의 실린더 내에 연료를 공급할 경우 에탄올의 경우 가솔린에 비하여 1.63배만큼 더 많은 연료가 공급될 수 있으며 이는 발열량에서의 차이를 거의 상쇄하게 된다. 그러므로 이론공연비를 유지하고 기관을 운전할 경우 연료에 관계없이 거의 비슷한 공급열량을 유지하고 결과적으로 거의 같은 출력을 낼 수 있는 가능성을 가지게 된다.

Table 2 Stoichiometric air-fuel ratio and lower heating value for blended fuels

Ethanol Percentage	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
Stoichiometric A/F Ratio	14.7	14.06	13.47	12.88	12.29	11.72	11.16	10.6	10.06	9.53	9.01
Lower Heating Value (kJ/kg)	43948	42085	40256	38461	36703	34974	33275	31609	29972	28365	26787

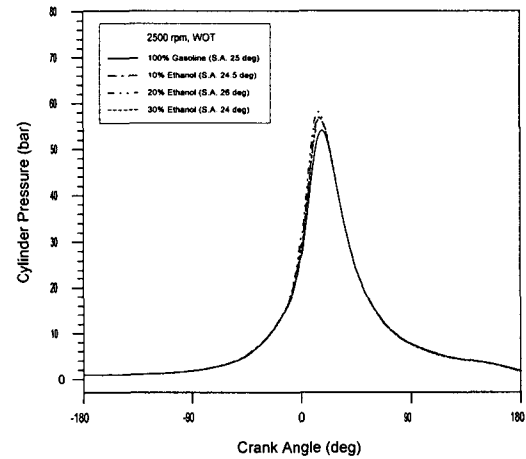


#### 4. 결과 및 고찰

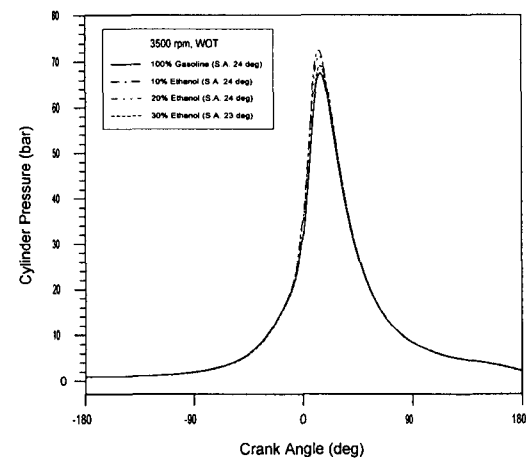
Fig. 4는 전부하 운전조건에서 기관회전속도 2500rpm과 3500rpm에 대하여 실린더내의 압력 변화를 각 연료에 대하여 나타내고 있다. 2500 rpm의 경우 에탄올을 20% 혼합연료의 점화시기가 가솔린을 연료로 한 경우보다 1° 정도 빠른 것을 제외하고는 나머지 조건의 점화시기가 다소 늦음에도 불구하고 에탄올을 혼합한 경우가 가솔린만을 사용한 경우 보다 연소 초기의 압력 상승이 더 빠른 것으로 나타나고 있다. 3500rpm의 경우는 가솔린만을 사용한 경우의 점화시기가 다른 경우와 동일하거나 또는 더 빠름에도 불구하고 연소압력의 상승률은 에탄올을 혼합한 경우 더 높게 나타나고 있다. 이는 에탄올을 혼합한 경우 가솔린만을 사용한 경우 보다 연소속도가 빠른 것을 알 수 있게 하는 것이다. 기화기식 기관을 사용한 일부 연구에서는 에탄올의 높은 증발잠열로 인하여 에탄올을 혼합한 경우가 가솔린만을 사용한 경우에 비하여 연소속도가 감소하는 것으로 보고하고 있다.<sup>9)</sup> 그러나 분사식 기관을 사용하고 또 에탄올 혼합비율이 30% 이하인 본 연구에 있어서는 증발잠열에 의한 연소 둔화 효과보다는 에탄올의 빠른 연소 특성이 보다 더 부각되어 에탄올을 혼합한 경우가 보다 빠른 연소를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 각 운전조건에 대한 실린더 최고압력의 변화를 나타내고 있으며 Fig. 6은 각 경우에 있어서 MBT 점화시기를 표시하고 있다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 각 조건에 따라 점화시기는 조금씩 다르나 실린더 최고압력은 에탄올을 혼합한 경우가 가솔린만을 사용한 경우보다 더 높은 수치를 보여주고 있다. 이는 앞서 특정 운전조건에서의 압력-크랭크 각 선도에서 보여진 바와 같이 에탄올 혼합에 따른 연소 속도의 증가를 반영하는 것으로 판단된다. Fig. 6에 나타난 점화시기의 변화를 보면 흡기관 압력과 기관회전속도의 변화에 따른 점화시기의 변화 경향은 각 연료에

대하여 거의 유사하게 나타나고 있다. 각 조건에서 에탄올 혼합에 따라 MBT 점화시기가 약간씩 달라지기는 하나 그 차이는 매우 작게 나타나고 있으며 이는 에탄올 혼합연료를 대상으로 한 兪<sup>11)</sup>의 결과와 유사하다. 30% 이내의 범위에서 에탄올을 혼합할 경우 MBT 점화시기에 큰 차이를 나타내지 않는다는 사실은 기존 기관에 혼합연료를 사용할 경우 ECU의 점화시기 관련 자료를 수정하지 않아도 성능 상 큰 차이가 없을 것이라는 것을 암시한다.



a) 2500 rpm



b) 3500 rpm

Fig. 4 Cylinder pressure variation

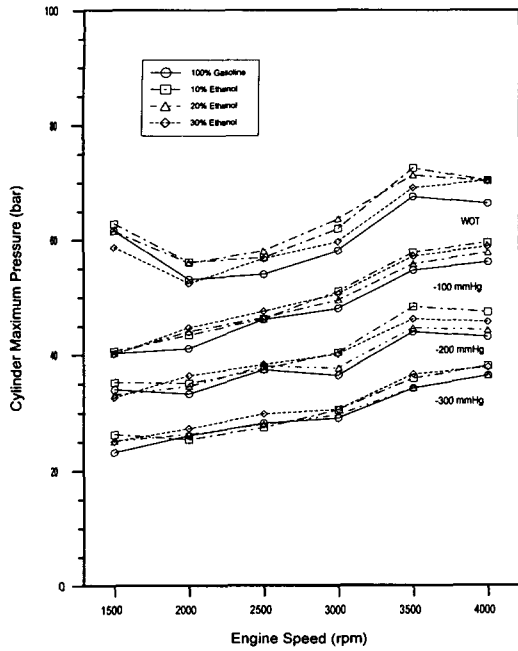


Fig. 5 Variation of cylinder maximum pressure

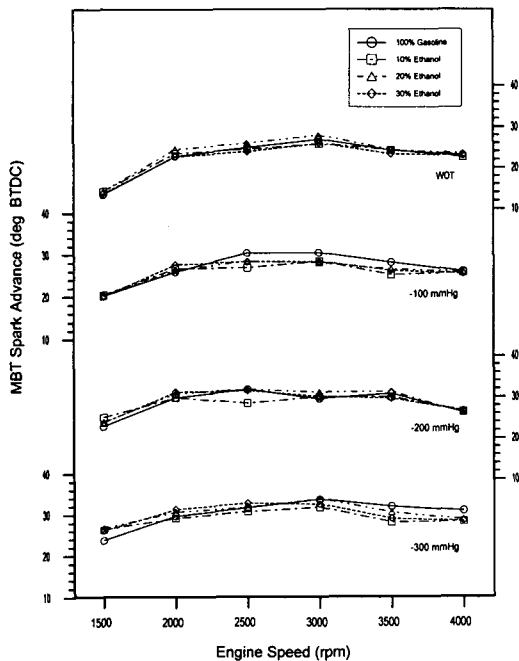


Fig. 6 Variation of MBT spark advance

Fig. 7은 기관회전속도에 따른 충전효율의 변화를 보여주고 있다. 각 연료의 변화가 같은 경향을 보이며 혼합연료가 가솔린보다 약간 높은 충전효율을 나타내고 있으나 그 차이는 미소하며 약 4%이내의 증가율을 보이고 있다. Bolt<sup>12)</sup>는 에탄올 연료를 사용한 경우 높은 증발잠열로 인하여 흡기관 내의 온도가 내려가므로 공기의 밀도가 낮아져 충전효율이 높아지는 것으로 보고하였으나 Bolt가 시험한 기관은 기화기식 기관인데 반하여 본 연구에서 사용한 시험기관은 MPI 방식이므로 연료를 흡기밸브 가까이에서 분사하여 흡기관내의 온도 강하에 큰 영향을 미치지 못하고 따라서 에탄올 혼합연료를 사용한 경우 충전효율이 증가하기는 하나 그 증가량은 그리 크게 나타나지 않고 있다.

Fig. 8과 Fig. 9는 여러 부하조건에서 기관 회전속도에 따른 제동토크와 제동마력의 변화를 각각 보여주고 있다. 기관회전속도에 따른 제동토크의 변화는 4가지 시료 모두 같은 경향으로 변화하고 있다. 즉 2000rpm에서 일단 극대점을

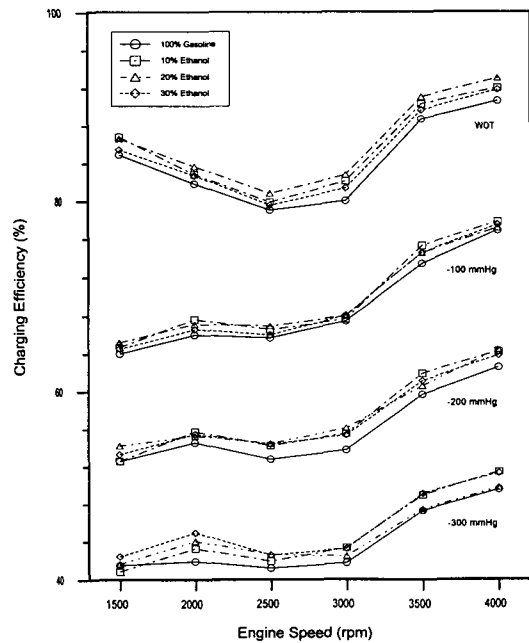


Fig. 7 Variation of the charging efficiency

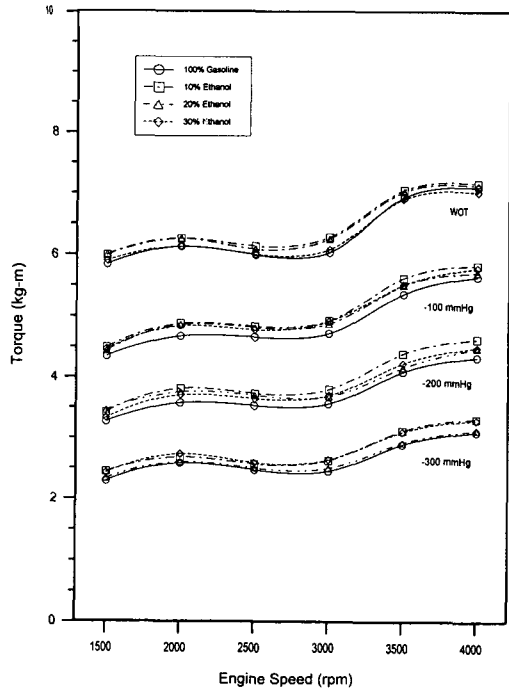


Fig. 8 The brake torque characteristics

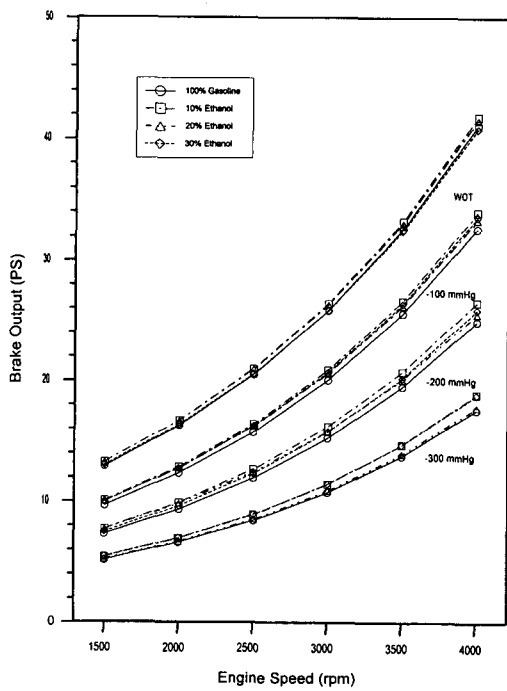


Fig. 9 The brake output characteristics

보이고 2000~3000rpm에서는 완만한 감소를 보이고 있으나, 3000rpm 이후에서 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 제동마력의 변화도 시료의 종류에 관계없이 동일한 변화경향을 보여주고 있다. 거의 대부분의 운전조건에서 가솔린만을 사용한 경우보다 에탄올을 혼합한 경우에서 더 큰 출력성능을 나타내고 있음을 알 수 있다. 운전조건에 따라 다르지만 에탄올 10%를 혼합한 경우는 흡기관 압력에 따라 평균 1~8%정도, 20%를 혼합한 경우는 1~6%정도, 30%를 혼합한 경우는 0~8%정도의 성능 향상을 보이고 있다. 이는 에탄올 혼합에 따른 충전효율의 향상과 함께 Fig. 10의 제동열효율의 변화에서 알 수 있듯이 에탄올을 혼합한 경우가 가솔린만을 사용한 경우보다 열효율이 높게 나오기 때문이다. Chui 등<sup>13)</sup>은 브라질에서 시판되는 가솔린을 기유로 하고 여기에 에탄올을 20% 혼합한 혼합연료로 기관을 전부하 운전한 결과, 혼합연료의 열효율이 가솔린보다 높게 나타남을 보고하였고, Bernstein 등<sup>6)</sup>은 에탄올을 10% 혼합한 경우 열효율은 약 1.5% 정도 증가함을 보고하였는바 본 연구에서도 이와 유사한 경향을 나타내고 있다.

Fig. 11은 여러 운전조건에 대한 제동연료소비율의 변화를 나타내고 있다. 에탄올의 낮은 발열량 때문에 에탄올의 혼합비율이 높아질수록 제동연료소비율은 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 에탄올 혼합에 따른 제동연료소비율의 증가율은 에탄올 혼합비율과 반드시 일치하지는 않는다. 에탄올 혼합으로 제동열효율이 증가하였기 때문에 에탄올을 30% 혼합한 경우의 제동연료소비율의 증가는 최대 15% 정도에 그치고 있으며 20%를 혼합한 경우는 9% 이내의 증가를 보이고 있다. 열효율이 전반적으로 가장 크게 나오고 있는 에탄올 10% 혼합의 경우는 일부 조건에서 오히려 제동연료소비율이 감소하는 있는 현상도 관찰할 수 있다.

출력성능에 관한 이상의 검토를 통하여 에탄올을 혼합한 연료를 사용한 경우가 가솔린만을 사



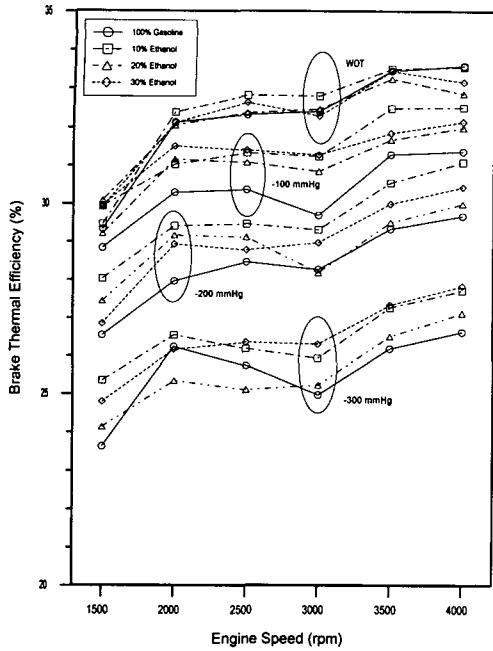


Fig. 10 The characteristics of the brake thermal efficiency

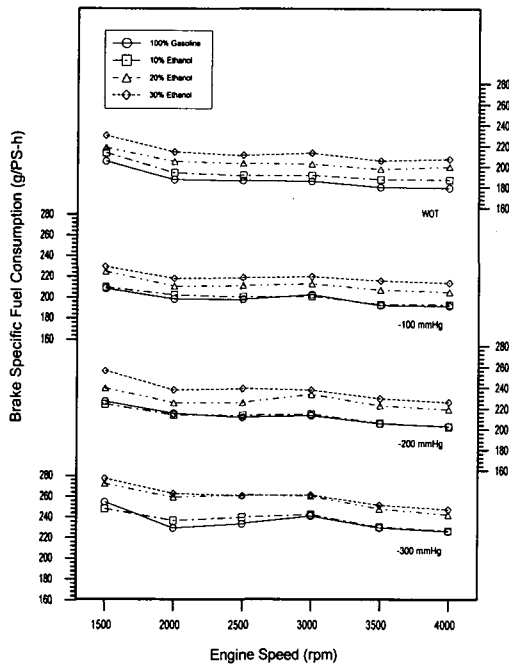


Fig. 11 The characteristics of the brake specific fuel consumption

용한 경우보다 제동토크, 제동마력 및 열효율의 측면에서 보다 우수한 성능을 보여주고 있는 것을 알 수 있으며 결과적으로 기존의 가솔린 기관에 큰 수정 없이 에탄올 혼합연료를 사용하여도 기존의 기관과 동일한 또는 그 이상의 출력 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다. 그러나 에탄올의 혼합율이 30% 이하인 본 실험에서는 에탄올 혼합에 따른 성능의 향상은 분명하나 에탄올 혼합에 따른 출력 증대율의 순서가 명확하게 나타나고 있지는 않다.

Fig. 12는 흡기관 압력 -100mmHg인 운전조건에서 배기가스 중 NOx, HC 및 CO의 농도 변화를 각 시료에 대하여 도시한 것이다. 일반적으로 NOx의 농도는 연소최고온도와 산소의 이용성에 크게 의존한다. 이론공연비로서 공기과잉율이 일정한 본 실험의 경우는 앞서 Fig. 4와 Fig. 5에 나타난 바와 같이 에탄올 혼합연료의 경우가 연소가 빠르고 아울러 실린더 최고압력이 크므로 배기가스 중의 NOx의 농도가 전반적인

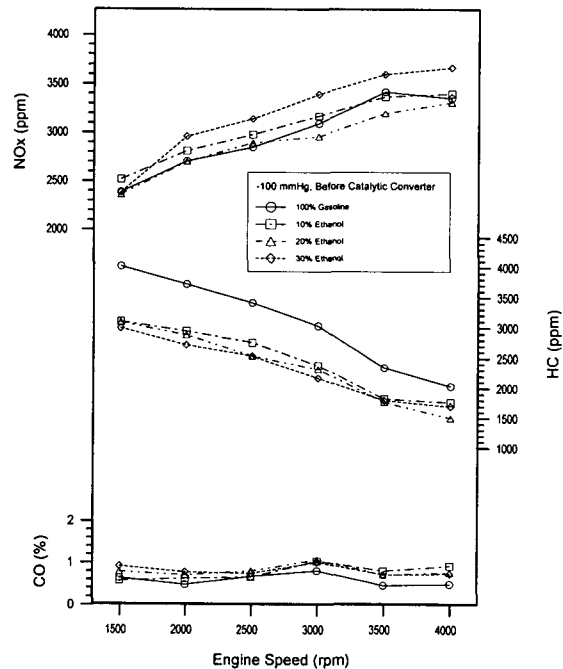


Fig. 12 The exhaust emission characteristics

로 높게 나타나고 있다. 대표적인 불완전 연소 생성물인 HC의 경우 에탄올의 함산소성과 혼합 연료의 높은 연소압력 때문에 혼합연료의 경우 HC 배출농도가 낮게 나타나고 있다. CO의 경우는 근소하나마 혼합연료의 경우가 오히려 높은 농도를 나타내고 있는 바 이는 CO의 농도에 민감한 영향을 주는 공기과잉율의 미세한 차이에 기인하는 것으로 생각되며 보다 정밀한 측정이 요구된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 분사식 가솔린 기관의 연료에 에탄올을 혼합시킨 경우의 성능특성을 검토하기 위하여 기유인 가솔린과, 여기에 에탄올을 10%, 20% 및 30%의 비율로 혼합한 혼합연료에 대하여 여러 가지 운전조건에서 기관성능 실험을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 대부분의 운전조건에서 에탄올 혼합연료가 가솔린보다 연소진행속도가 빠르게 나타나기 때문에 연소 최고 압력이 높게 나타난다.
- 2) 에탄올 혼합에 의하여 대부분의 운전조건에서 가솔린의 경우 보다 높은 제동토크와 제동출력을 나타내고 있다. 에탄올 10%를 혼합한 경우는 흡기관 압력에 따라 평균 1~8% 정도, 20%를 혼합한 경우는 1~6% 정도, 30%를 혼합한 경우는 0~8% 정도의 성능 향상을 보이고 있다.
- 3) 에탄올 혼합에 의하여 전반적으로 제동열효율이 향상되고 있다. 제동열효율 증가의 정도는 최대 1.7% 포인트 정도로 나타나고 있다.
- 4) 에탄올의 낮은 발열량으로 에탄올의 혼합에 따라 제동연료소비율은 증가되고 있다. 그러나 에탄올 혼합에 따라 제동열효율이 향상되므로 제동연료소비율의 증가율은 에탄올 혼합비율의 절반 정도의 수치를 나타내고 있

다.

- 5) 에탄올 혼합에 의하여 NOx의 배출농도는 높게, HC의 배출농도는 낮게 나타나고 있다. CO의 경우는 혼합연료의 경우가 높게 나타나고 있으나 그 차이는 근소하다.

## 참고 문헌

- 1) H. Menrad, "Athanol als Kraftstoff fur Ottomotoren", ATZ 81-6, pp.279-282, 1979.
- 2) R. R. Adt, Jr., K. A. Chester, M. Harrenstein, C.N. Kurucz, J. Pappas, S. Rajan, K.T. Rhee, W.F. Spurny and M. Swain, "Characterization of Alcohol/ Gasoline Blends as an Automotive Fuel -Performance and Emissions Characteristics", University of Miami, Department of Mechanical Engineering, 1981.
- 3) L.G. Goeran Svahn, "Methanol/Gasoline Mixtures in Four Stroke Otto Engines", Proceedings of the 3rd International Symposium on AFT, Vol.1, pp.94-105, 1979.
- 4) G. Pischinger, N.L.M. Pinto, "Experience with the Utilization of Ethanol/Gasoline and Pure Ethanol in Brazilian Passenger Cars", Proceedings of the 3rd International Symposium on AFT, Vol.1, pp.71-78, 1979.
- 5) Richard D. Lawrence, "Emissions from Gasohol Fueled Vehicles", Proceedings of the 3rd International Symposium on AFT, Vol.2, pp.176-185, 1979.
- 6) L.S. Bernstein, N.D. Brinkman, R.R.

- Carlson, "Performance Evaluation of 10% Ethanol-Gasoline Blends in 1980 Model Year U.S. Cars", SAE 821185, 1982.
- 7) M. Mori, "Ethanol Blended Fuels for Diesel Engine", Proceedings of the 4th International Symposium on AFT, Vol.2, pp.595-602, 1980.
- 8) C.A. Moses, T.W. Ryan, W.E. Likos, "Experiments with Alcohol/Diesel Fuel Blends in Compression-Ignition Engines", Proceedings of the 4th International Symposium on AFT, Vol.2, pp.493-501, 1980.
- 9) 정영식, 최동천, 조원진, 정성찬, 채재우, "가솔린-알코올 혼합연료의 성능 및 배기특성에 관한 연구", 한국자동차공학회 1994년도 추계학술대회 논문집, pp.128-138, 1994.
- 10) 양창석, "에탄올/가솔린 혼합연료가 분사식 스파크 점화기관의 성능에 미치는 영향", 창원대학교 석사학위 논문, pp.16-22, 1998.
- 11) 유병철, "메탄올 사용시의 전기점화 기관의 성능에 관한 연구", 대한기계학회 논문집 제6권 2호, pp.121-132, 1982.
- 12) J.A. Bolt, "A Survey of Alcohol as a Motor Fuel", SP-254 presented at SAE Summer Meeting, Chicago, Illinois, June 1964.
- 13) G.K. Chui, R.D. Anderson, R.E. Baker, F.B.P. Pinto, "Brazilian Vehicle Calibration for Ethanol Fuels", Proceedings of the 3rd International Symposium on AFT, Vol.2, pp.186-198, 1979.