

고농도 알코올 혼합 석유제품이 자동차 성능 및 배출가스에 미치는 영향 연구

김성우[†] · 도진우 · 김기호 · 하종한
한국석유관리원 석유기술연구소

The Study on Effect of Emissions and Performance of a Conventional Vehicle using the High Concentration Alcohol Blended Petroleum Product

SUNG-WOO KIM[†], JIN-WOO DOE, KI-HO KIM, JONG-HAN HA

Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority,
Chungcheongbuk-do, 28115, Korea

Abstract >> As concern about energy security and global warming many countries have been making effort to reduce fossil fuel. In the case of US, as one of the efforts, the standards of the alcohol vehicle fuels(including blended with gasoline) have been established. Alcohol is known that make some trouble concerning startability, durability and corrosion when using as fuel of a conventional vehicle. For these reason, alcohol usage needs not only the fuel standard, but also a modified car. In the case of Korea, although there are no the standard and the modified vehicle yet, high concentration alcohol blended fuel has being sold at illegal market. In this study, exhaust gas and performance of the conventional vehicle that alcohol(methanol and isopropyl alcohol) blends were fueled were measured to notify danger of using them without preparation of institutional arrangements. Also, to analyze correlation characteristics of the fuels and them, property test of the fuels was conducted. The test result show that bad-startability caused by low RVP and high T10 affected increase in NMOG and CO. NO_x was increased under the highest short term fuel trim caused by high Oxygen content and low NHV of alcohol. According to increasing as alcohol content, fuel economy and acceleration ability were decreased but CO₂ was not significantly decreased.

Key words : Alcohol Fuel(알코올 연료), Emission(배출가스), Startability(시동성), Driveability(운전성), Fuel Economy(연료소비효율)

1. 서 론

세계 각국은 자국의 에너지안보 확보 및 지구온난화 우려에 따른 온실가스 감축을 위한 노력을 지속

하고 있다. 이 노력의 일부로써 미국 등 일부 주요국은 알코올을 연료로 사용하거나 휘발유에 혼합하여 사용가능토록 알코올연료 또는 알코올 혼합연료의 품질기준을 정하고 있다. 대체연료로써 알코올계 연료는 재생 가능한 원료로부터 얻어질 수 있어 석유 의존도를 줄일 수 있고 식물계로부터 얻어지는 경우 재배단계에서 온실가스 저감 효과를 얻을 수 있다.

[†]Corresponding author : ksw0020@kpetro.or.kr

Received : 2015.10.30 in revised form : 2015.11.23 Accepted : 2015.12.30

Copyright © 2015 KHNES

또한, 알코올계 연료는 높은 옥탄가를 가지고 있어 일반 가솔린 자동차 보다 높은 압축비 구현이 가능하며, 알코올 연료에 최적화된 차량에 알코올 혼합연료(M85, E85)를 사용할 경우 일반 휘발유차량과 동등 수준의 성능을 가짐과 동시에 온실가스(CO₂)의 배출량은 일반 휘발유 차량 대비 낮은 것으로 보고되었다¹⁾.

그러나 알코올 연료 또는 혼합 연료의 경우 특정 물질에 강한 부식성을 띠고 있고^{2,4)}, 대기 중 수분흡입으로 인하여 상 분리 발생우려가 있으며⁵⁾, 낮은 증기압에 따라 시동성이 불량하고^{6,7)}, 산소를 함유하고 있어 일반 휘발유 보다 상대적으로 높은 배기온도를 형성함에 따라 일부 차량에서는 배출가스 저감장치에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다^{8,9)}. 따라서 기존 휘발유 전용차량에 고농도 알코올 연료를 적용할 경우 부식 등에 따른 연료 누출, 시동성 불량, 저감장치 고장 등의 우려가 있다. 더불어 알코올을 함유한 연료는 독성물질인 포름알데히드를 기존 가솔린 보다 많이 배출하는 것으로 알려져 있어⁶⁾ 알코올이 혼합된 연료를 사용하는 자동차의 경우 포름알데히드 배출량 규제를 별도로 하고 있다.

알코올 혼합연료를 차량에 적용한 미국의 경우 알코올계 연료가 야기하는 문제점을 보완하기 위하여 적정수준의 알코올 또는 혼합연료의 품질기준을 마련하고 일반차량의 경우 품질기준 내에서 성능과 내구성을 유지하도록 하여 저농도 알코올연료 사용이 가능토록 하였으며, 고농도 알코올 혼합 연료 사용은 FFV (Flexible fuel vehicle) 차량 또는 알코올 연료 전용차량에만 사용토록 하고 있다.

이와 같이 고농도 알코올이 혼합된 연료를 일반 휘발유 차량에 사용하였을 때의 위험성에도 불구하고 공업용 메탄올의 낮은 가격(정상 휘발유 판매가 대비)을 이용하여 고농도 메탄올 연료가 가짜석유 판매업자에 의하여 유통되고 있다.

본 연구는 고농도 알코올 연료의 국내 도입을 위

한 기술적 기초 검토와 품질기준 등 제도적 장치가 완비되지 않은 상태에서 가짜석유업자에 의해 유통되는 고농도 알코올 혼합연료의 위험성을 밝히고자 공업용 메탄올, 이소프로필알코올이 휘발유에 고농도(25, 50, 75, 100%)로 혼합되었을 때 시료의 물성 변화와 차량에 적용 시 발생하는 단기적 영향(시동성, 가속성, 주행성, 배출가스 및 연비)을 측정하여 원인을 분석하고자 하였다.

2. 시험장치 및 시험방법

2.1 시험대상

시험연료로 시중 유통되는 공업용 메탄올(MeOH) 및 이소프로필알코올(IPA)을 선정하였으며 정상 휘발유에 각 연료를 25%, 50%, 75%를 혼합하는 방법으로 시료를 제조하였다. 각 시료명은 각 원료물질의 약어와 원료물질의 총 함량으로 표현하였다.

시험차량은 국내 'H'사의 2006MY 일반 휘발유 차량이며 누적주행거리는 2만km이고 MPI 방식 연료분사 시스템을 장착하고 있다. Table 1에 상세한 엔진제원을 표기하였다.

Table 1 Specifications of test vehicle

Type	Inlined spark-ignited 4 stroke 4 cylinder engine	
Valve mechanism	DOHC (direct attack with hydraulic tappets) - VVT type	
Fuel supply type	Multi Point Injection	
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
Intake charging	Naturally aspirated	

2.2 시험장치

본 연구를 위하여 사용된 시험 장치는 차대동력계 시스템으로 Fig. 1과 같이 가솔린 배출가스 희석장치 및 분석기, 차대동력계로 구성되어 있다. 차대동력계는 자동차가 실제도로를 주행할 때 정지→가속→정속→감속 등을 반복하는 과정을 대표화한 실측 주행 모드를 사용하여 주행할 수 있도록 자동차에 부하를 가해주는 장치로서 시험에 사용한 차대동력계는(AVL社) 관성중량(Inertia weight), 동력흡수계(Power absorption unit), 제어기(Controller)로 구성되어 있으며 상세 제원은 Table 2에 나타내었다.

배출가스 측정장치(HORIBA社. MEXA series)는 자동차의 배출가스 중 CO, THC, NOx, CO₂, CH₄를 분석할 수 있는 장치로서 분석원리로 CO 및 CO₂는 비분산적외선분석법(Nondispersive Infrared), THC는

열식불꽃이온화 검출기법(Heated Flame Ionization Detector), NOx는 화학발광법(Chemiluminescence Detector), CH₄는 GC-FID (Gas chromatography-FID)를 사용하며 정용량 시료채취기를 통하여 각 Phase에서 포집된 배출가스를 분석한다. 본 시스템은 국내 총중량 3.5 ton 미만의 소형, 승용 및 화물자동차에 대하여 배출가스 및 연료소비율을 측정할 수 있도록 형식승인된 시험 장비이다.

각 연료의 증기압(RVP) 시험은 미니증기압 시험기를 이용 ASTM D 5191:2009 시험법을 적용하였으며, 증류성상(Distillation)은 자동증류성상 시험기를 이용 ASTM D 86:2010 시험법을 적용하였고, C/H ratio는 PONA-GC를 이용하여 JIS K 2536-2:2003 시험법을, 밀도는 KS M 12185:2003 시험법을 적용하였다. 연료의 산소 함량은 C/H ratio의 나머지로 추정하였으며, NHV는 Base 휘발유와 각 알코올의 참발열량을 직접 측정하여 혼합된 비율로 환산하여 추정하였다.

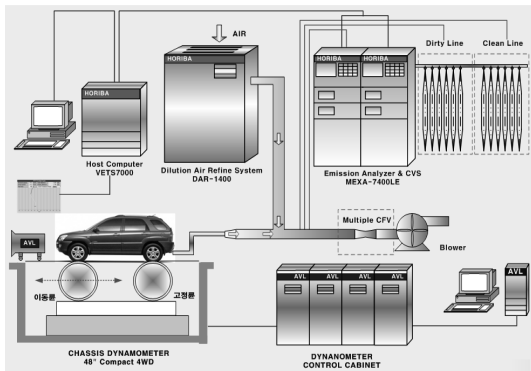


Fig. 1 Diagram of chassis dynamometer system

Table 2 Specifications of dynamometer

Roll type & diameter	Single Roll 48 inch (MIM type)
Simulated vehicle weight	1000 ~ 15000 lbs
Electric motor absorber type	AC IGBT Vector
Max. speed	200 km/h
Registration of actual speed value	± 0.01 % km/h
Registration of actual tractive force value	± 0.1 % F.S
Measurement of driving distance	Encoder type
Flow rate of cooling fan	63000 CFM

2.3 시험방법

연료교체는 특수 제작된 연료탱크 최하단의 드레인 밸브를 이용하여 매 연료 교체 시 연료를 제거하고 공회전으로 엔진이 정지될 때까지 방치하여 연료 펌프 어셈블리에 남아있는 연료를 제거하였다. 연료 제거 후 새로운 연료를 주유하고 10 km 실도로 주행으로 차량의 상태를 확인하였다.

냉간 시동성은 연료교체 및 확인 주행 후 차대동력계상에서 UDSS 모드를 1회 주행하고 25±5°C의 온도조건에서 12~32시간 Soaking 한 후 시동성 시험을 시험하였다. 15초간 Cranking을 1회로 정하고 시동이 원활히 이루어질 때 까지 시동 시도를 하였으며 10회의 시도에도 시동이 불가능한 경우는 시동 불가능으로 판단하였다. 예열 시동은 아래에 설명된 FTP-75모드의 Phase 3 시작을 위한 시동으로 평가하였으며 냉간 시동과 동일한 시동 시도 조건을 적용하였다.

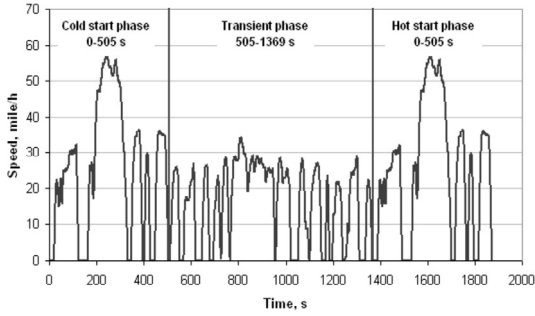


Fig. 2 Vehicle speed schedule of FTP-75 mode

시동이 불가능한 시험연료의 경우 차량 자체의 문제 여부를 파악하기 위하여 정상 휘발유로 교체한 후 정상 여부를 확인하여 연료 자체에 의한 문제인 것을 다시 한 번 확인하였다.

배출가스와 연비 시험을 위하여 국내 휘발유 자동차의 배출가스 규제 시험모드로 사용되는 FTP-75 모드를 사용하였으며 모드의 속도 스케줄은 Fig. 2에 나타냈었다. Phase 1 (Cold start)는 시동성 평가방법에서 언급한 바와 같이 냉간시동 조건이며, Phase 2 (Transient)는 Phase 1에서 엔진 정지기간 없이 연속으로 이어지고, Phase 3 (Hot start)은 Phase 2 종료 후 Key off 상태에서 600±60초간의 Soak 기간을 두고 재시작 된다.

주행성은 배출가스 및 연비 시험동안에 ECU (Engine control unit)에서 제공되는 OBD (On board diagnostics) II정보를 1초 단위로 수집하여 평가하였으며 가속성은 배출가스 및 연비시험이 종료된 후 엔진 예열조건에서 WOT조건으로 0 km/h에서 100 km/h에 도달하는 측정시간을 5회 반복하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 물성시험 결과

Table 3은 정상 휘발유에 메탄올이 혼합된 비율에 따른 물성시험 결과를 나타내고 있으며 Table 4는 이

Table 3 Properties of the MeOH blends

Property	Alcohol proportion	MeOH			
		25	50	75	100
RVP(kPa)		95.1	88.4	72.4	31.8
Distillation (°C)	T10	43.7	48.4	57.0	64.8
	T50	59.0	62.5	64.5	64.8
	T90	129.4	65.5	65.3	64.9
CH ratio	C	72.00	60.50	49.00	37.50
	H	13.81	13.23	12.64	12.50
Estimated O ratio		14.19	26.27	38.36	50.00
Density(kg/m ³)		0.7365	0.7568	0.7758	0.7958
Estimated NHV(MJ/kg)		40.2	34.4	28.5	22.6
Driveability index		528	615	766	907

Table 4 Properties of the IPA blends

Property	Alcohol proportion	IPA			
		25	50	75	100
RVP(kPa)		68.6	59.3	41.7	n/a
Distillation (°C)	T10	53.1	58.9	70.2	82.1
	T50	74.8	78.9	81.6	82.2
	T90	12.3	84.6	83.4	82.2
CH ratio	C	77.65	71.77	65.88	60.00
	H	14.26	13.95	13.64	13.33
Estimated O ratio		8.09	14.28	20.48	26.67
Density(kg/m ³)		0.7350	0.7520	0.7710	0.7890
Estimated NHV(MJ/kg)		42.5	39.1	36.3	33.4
Driveability index		405	567	659	745

소프로필알코올 혼합비율에 따른 물성시험결과를 나타내고 있다 알코올 혼합에 따라 공통적으로 증기압 및 T90, 발열량이 낮아지며 T10, T50과 밀도가 높아졌다. 또한 알코올 연료와 정상 휘발유의 발열량을 기준으로 추정된 각 연료의 발열량 역시 혼합량이 높아짐에 따라 낮아진다. 증기압 감소와 T10의 증가를 통하여 시동성에 문제가 있을 수 있음을 예측할 수 있고 연료의 증류성상과 산소함량으로 인한 DI (Driveability Index) 증가로 운전성이 나빠지고 HC 배출량이 증가할 수 있음을 예상할 수 있다¹⁰⁾.

3.2 시동성 및 주행성, 가속성 시험결과

Table 5는 각 시험연료 주유 후 냉간 및 예열조건에서 실시한 시동이 완료될 때 까지 시도 횟수이다. 냉간 시동성은 알코올 75% 혼합비 시동성에서 문제가 발생하였다. MeOH75와 IPA75는 냉간조건에서 2회의 시도에 시동이 가능하였고 예열조건에서는 1회 시도에 시동이 가능하였다. MeOH100은 냉간 및 예열 두 조건 모두에서 시동이 불가능하였고 IPA100은 냉간시동 조건에서 5회의 시도에 시동이 가능하였으며 예열조건에서는 1회 시도에 시동이 가능하였다. 차량의 냉간 시동온도가 낮을수록 RVP가 높아야 시동이 가능하기 때문에^{11,12)} 동절기 시동성은 알코올 50% 함유 이하 시험연료에서도 불량할 것으로 판단된다.

Table 6는 각 시험연료 주유 후 예열조건에서 실시한 가속성 결과를 나타내고 있다. MeOH 함유량에 따라 100 km/hr 도달 시간은 점차 증가되었으며, IPA의 경우 IPA25와 50이 동일한 시간을 보였으나 IPA50부터 점차 증가하였다. 알코올 연료 혼합량 증가에 따른 가속성 악화는 WOT (Wide open throttle) 운행의 Open loop 제어에서 알코올이 가진 낮은 T90과

Table 5 Attempts for start up

Alcohol Proportion	MeOH		IPA	
	Cold Start	Hot Start	Cold Start	Hot Start
100	N/A*	N/A	5	1
75	2	1	2	1
50	1	1	1	1
25	1	1	1	1

Table 6 Time for reaching from 0 to 100kph

Alcohol Proportion	MeOH	IPA
100	N/A	13.1sec
75	45.3sec	12.6sec
50	12.8sec	12.5sec
25	12.5sec	12.4sec

발열량이 주요한 역할을 한 것으로 판단된다.

위 결과로 미루어 볼 때 소비자가 주행 중 가속성능에 문제가 느껴질 경우 고농도 알코올 함유 가짜 석유를 의심해볼 필요가 있다.

Fig. 3은 Phase 1에서 MeOH 혼합 휘발유의 차량 속도 및 엔진속도, 스로틀 개도율을 나타내고 있다. FTP-75 모드 주행 시 MeOH75를 제외한 연료에서는 Stall, Surge 등의 이상 현상을 발견할 수 없었다. 그러나 MeOH75의 경우 Phase 1 및 3의 두 번째 segment 가속 시 WOT 상태의 운전에도 불구하고 FTP-75 모드의 목표 주행속도를 추종할 수 없었으며 고속주행에서도 역시 추종이 불가능하였다.

3.3 배출가스 및 연비 시험결과

휘발유 엔진은 산소센서에서 수집된 산소농도를 기준으로 A/F를 추정하고 이론공연비에 가깝도록 연

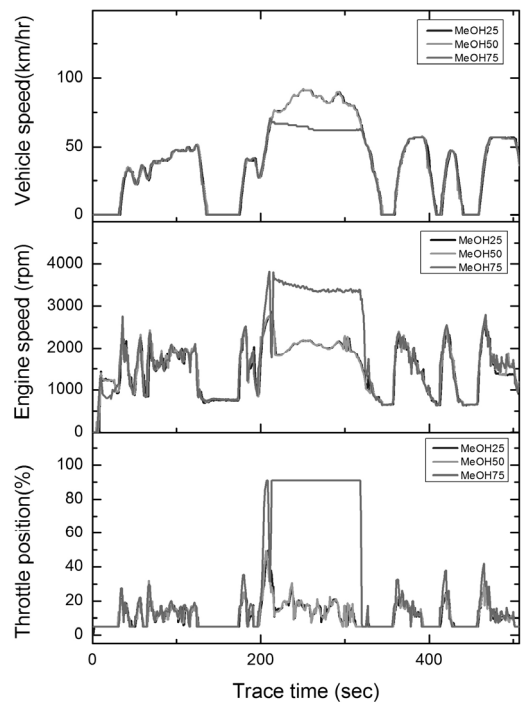


Fig. 3 Driveability of MeOH blends

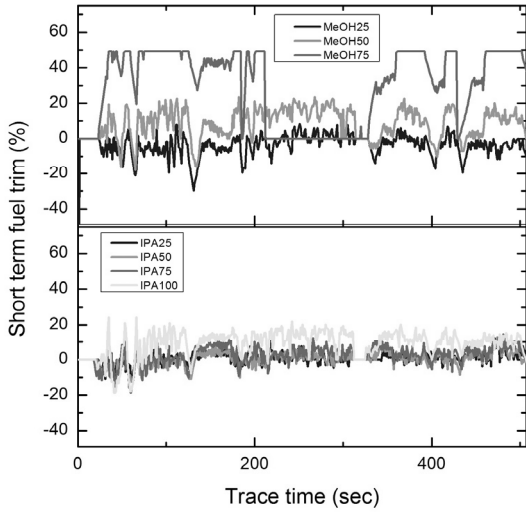


Fig. 4 Short term fuel trim at Phase 1

로 분사량을 보정한다. 앞서 물성시험결과에 밝힌바와 같이 발열량은 MeOH가 IPA보다 발열량이 낮고 동일 부피당 산소의 함량은 반대이다. 발열량이 상대적으로 낮고 동일 부피 당 산소의 함량이 높을수록 연소 후 배기가스에 산소의 농도가 높을 것이다. 이를 인지한 ECU는 A/F를 수정하고 분사시간을 길게 조정하여 분사한다. Fig. 4는 FTP-75 mode 시험 중 MeOH 혼합 연료의 수집된 짧은 혼합비 보정값(Short term fuel trim)을 나타내고 있다. MeOH75 연료의 경우 보정 값의 최댓값에 도달하는 것을 알 수 있고 높은 출력이 요구되는 Phase 1, 3의 2 segment 가속구간에서는 A/F 보정이 0에 가까운 것을 볼 수 있으며 Phase 1의 가속 후 목표 속도를 추종할 수 없어 가속 페달을 WOT로 운행함에 따라 Open loop 제어를 하고 있음을 알 수 있다.

MeOH 및 IPA 혼합연료의 각 Phase 및 총 배기가스 배출량을 Table 7과 Table 8에 나타내었다. 앞서 시동성 결과에 밝힌 2회 이상의 시동이 필요했던 시험연료의 Phase 1에서 급격한 NMOG가 배출됨을 알 수 있다. 시동이 완료되기 전 실린더 내 분사된 연료가 연소되지 않은 채로 배기관으로 배출되었거나 실

Table 7 Emission and fuel economy of MeOH blends

Emission		Alcohol proportion	MeOH			
			25	50	75	100
NMOG (g/km)	Phase1		0.073	0.092	0.178	N/A
	Phase2		0.002	0.001	0.002	N/A
	Phase3		0.011	0.006	0.018	N/A
	Total		0.02	0.022	0.047	N/A
CO (g/km)	Phase1		1.196	1.048	0.457	N/A
	Phase2		0.112	0.239	0.006	N/A
	Phase3		0.584	0.765	0.043	N/A
	Total		0.467	0.551	0.105	N/A
NOx (g/km)	Phase1		0.086	0.146	0.773	N/A
	Phase2		0.001	0.018	0.792	N/A
	Phase3		0.016	0.043	0.82	N/A
	Total		0.023	0.051	0.796	N/A
CO ₂ (g/km)	Phase1		205.3	203.7	309.5	N/A
	Phase2		215.9	212.7	200.0	N/A
	Phase3		183.2	179.3	228.5	N/A
	Total		204.7	201.7	229.3	N/A
Fuel Economy (km/L)			9.858	9.284	7.421	N/A

Table 8 Emission and fuel economy of IPA blends

Emission		Alcohol proportion	IPA			
			25	50	75	100
NMOG (g/km)	Phase1		0.112	0.087	0.193	0.631
	Phase2		0.001	0.001	0.003	0.003
	Phase3		0.011	0.005	0.004	0.003
	Total		0.028	0.021	0.044	0.134
CO (g/km)	Phase1		1.110	1.006	1.497	1.436
	Phase2		0.059	0.046	0.037	0.048
	Phase3		0.291	0.268	0.241	0.174
	Total		0.341	0.306	0.396	0.370
NOx (g/km)	Phase1		0.074	0.052	0.053	0.041
	Phase2		0.000	0.001	0.003	0.002
	Phase3		0.002	0.01	0.005	0.003
	Total		0.016	0.014	0.014	0.010
CO ₂ (g/km)	Phase1		217.1	214.7	218.9	221.1
	Phase2		221.9	221.1	223.0	223.5
	Phase3		187.7	185.7	190.1	188.5
	Total		211.5	210.4	213.1	213.4
Fuel Economy (km/L)			9.958	9.829	9.372	9.015

린더 내에 액상으로 누적되어 있던 연료가 시동 완료 후 불완전 연소되어 미연소연료로 배출된 것으로 판단된다. Phase 2, 3의 NMOG 배출량은 혼합량이 높아짐에 따라 동등 수준 또는 감소되는 결과를 볼 때 초반 시동성의 결과가 NMOG 배출가스에 미치는 영향이 매우 큼을 알 수 있다. 시동 후 505초 동안 (Phase 1)의 THC 실시간 농도를 나타내는 Fig. 5는 초반 100초 이내에 촉매가 예열되지 않은 상황에서 농도가 높음을 알 수 있고 시동성이 나뉘었던 시험연료에서 고농도의 THC가 상대적으로 긴 시간동안 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 상온 냉간 시동조건(25°C)이므로 보다 낮은 온도에서는 50% 이하의 알코올 혼합량에서도 시동성에 문제가 발생되어 THC 배출량을 증가시킬 것으로 판단된다.

Table 7과 Table 8에 나타난 동일 모드에서 각 Phase 및 총 CO 배출량은 NMOG와 같이 촉매의 낮은 온도로 인하여 초반 냉간 시동에서 배출되는 CO가 예열 후 CO의 배출량 보다 높음을 알 수 있다. 그러나 MeOH75의 경우 초반 시동이 불량하였음에도 불구하고 Phase 1의 CO 배출량이 MeOH25 및 50보다 낮음을 확인할 수 있다. 또한 두 알코올 혼합연료에서 혼합량 25%대비 50%의 CO 배출량이 낮음을 알 수

있다. 이 결과는 초반 A/F보정이 이루어지지 않기 때문에 상대적으로 과희박 영역에서 idle상태를 유지함에 따라 CO의 생성자체가 낮았던 것으로 판단된다. 반면 IPA의 경우 75%의 시동불량에 따라 Phase 1의 CO배출이 25% 함유량보다 높았음을 확인할 수 있다. Fig. 6은 Phase 1의 실시간 배출농도를 나타내며 위에서 언급한 CO 배출량 경향을 나타내고 있다.

NOx 배출량은 MeOH의 혼합량이 높아질수록 높아졌고 A/F 보정이 원활히 이루어지지 않은 75%에서는 급격한 NOx의 증가가 나타났다. 이 결과는 혼합량이 많은 알코올 혼합에서 낮은 발열량과 높은 산소함량으로 인하여 발생하는 분사량 보정관계 구간에서 흡입공기량 대비 연료분사가 부족하여 발생하는 희박배기가스에 의한 삼원촉매의 NOx 전환율 악화가 원인 것으로 판단된다. 반대로 A/F 보정이 원활히 이루어진 것으로 보이는 IPA 혼합연료는 혼합량이 높아질수록 NOx의 배출량이 낮아졌다. 단, IPA 함유에 따른 NOx 감소는 시동성 악화에 따른 THC 증가결과를 미루어볼 때 A/F 보정 또는 연료의 특성 보다는 실린더 및 배기관에 축적되었던 미연소연료로 인하여 상대적으로 농후한 배기가스가 생성된 결과로 추측된다.

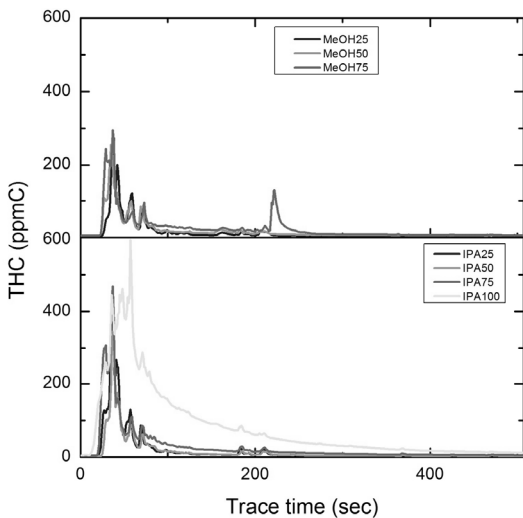


Fig. 5 THC concentration at Phase 1

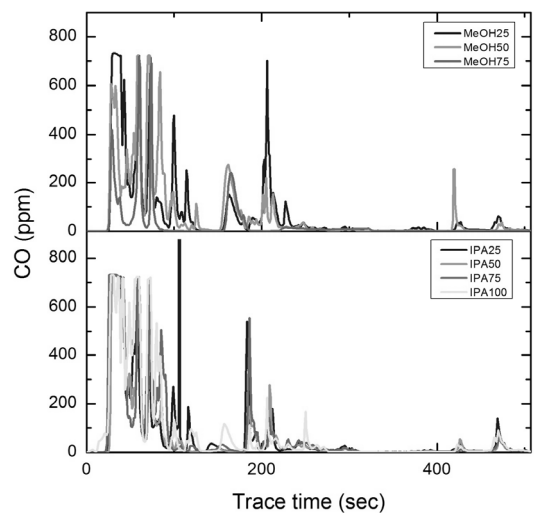


Fig. 6 CO concentration at Phase 1

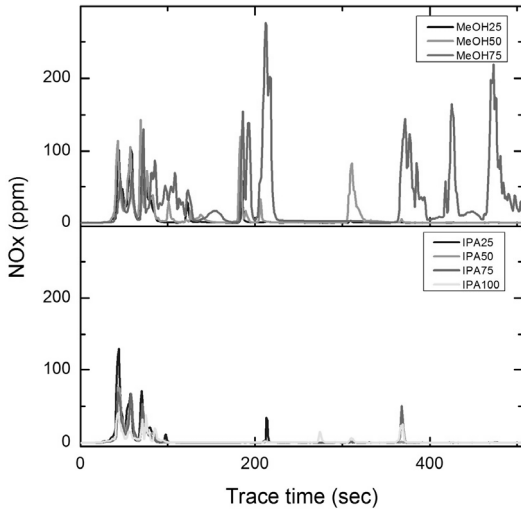


Fig. 7 NOx concentration at Phase 1

CO₂는 MeOH75를 제외하고 시동성에 이상 유무와 관계없이 총 배출량은 동등 수준으로 나타났다. 냉간 시동이 포함된 Phase 1과 예열조건인 Phase 2, 3 모두 동등 수준의 배출량을 나타내었다. 반면 연비의 경우 동등 수준의 CO₂ 배출량에도 불구하고 알코올 연료의 연료소모량이 높음을 확인할 수 있다. 이는 각 알코올의 낮은 CWF (Carbon weight factor)로 인하여 Carbon balance 법에 의한 연비가 낮게 산출된 것이다. 단, 20%까지 에탄올이 혼합된 경우 FTP-75 모드 연비를 Carbon balance 법으로 계산할 때 R-factor (연료의 발열량과 자동차 연비 결과의 민감도) 차이가 보이지 않는 것으로 알려져 있으나¹³⁾ 본 연구에서는 25% 이상의 알코올이 혼합되었기 때문에 미루어 볼 때 정량적인 비교는 어려울 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 고농도 알코올 혼합 연료에 대한 제도 및 알코올에 최적화된 차량의 부재인 국내 상황에도 불구하고 가짜석유 판매업자에 의해 유통되는 고농도 알코올 함유 가짜석유가 차량의 성능 및 배출가스에 미치는 영향을 확인하고자 공업용 알코

올을 일반 휘발유에 혼합한 시험연료로 시동성 및 배출가스, 연비에 대한 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 알코올 함유량이 높아질수록 시험연료의 RVP, T90 발열량, CWF은 낮아지고 T10, T50, 밀도가 상승하였다.
- 2) 알코올이 고농도로 혼합됨에 따라 가속성이 악화(1~262%)되었다.
- 3) 탄소 비율이 낮고 발열량이 가장 낮은 MeOH75에서 주행성능에 이상이 발견되었다.
- 4) 알코올이 고농도로 혼합된 연료는 냉간 시동성에 영향을 미치며 이에 시동성이 불량한 경우 NMOG 증가(10~378%)에 큰 영향을 미쳤다.
- 5) MeOH가 고농도로 혼합될 경우 냉간시동영역에서 A/F 보정이 이루어지지 않을 때 시동불량에 관계없이 과회박 상황에서 CO의 배출량이 감소하나 IPA은 시동불량의 영향으로 초반 CO 증가(8.5~16.1%)에 영향을 미쳤다.
- 6) 메탄올이 고농도로 혼합될 경우 A/F 보정한계 제어구간에서 NOx 배출량이 급격한 증가(122~3360%)를 보였다.
- 7) CO₂의 경우 알코올의 혼합량 증가 및 시동성 불량에 관계없이 동등 수준의 배출량을 보였고 Carbon balance법으로 산출된 연비의 경우 CWF가 낮은 연료일수록 연비가 크게 악화(1.3~24.7%)되었다.

References

1. K. Kelly, L. Eudy, and T. Coburn, 1999, "Light-Duty Alternative Fuel Vehicles: Federal Test Procedure Emissions Results", NREL Technical report, NREL/TP-540-25818.
2. Atsushi Kameoka, Keiichi Nagai, Gen Sugiyama and Toshiyuki Seko, 2005, "Effect of Alcohol Fuels on Fuel-Line Materials of Gasoline Vehicles", SAE technical paper series 2005-01-3708.

3. K. I. Min, B. K. Na, E. S. Yim, C. S. Jung, and U. R. Lee, 2011, "Study of applicability of car parts on bio-ethanol blend(E85)", KSAE 2011 spring conference, pp. 417-423.
4. Henning Kleeberg FEV, Inc., 2012, "Intermediate-level Ethanol Blends Engine Durability Study", CRC Project CM-136-09-1B.
5. E. S. Yim, K. I. Min, C. H. Jeon, D. M. Lee, J. R. Kim, S. S. Kim, E. J. Jang, C. K. Park, C. S. Jung, J. K. Kim, Y. K. Lim, and S. C. Shin, "Actual Assessment to Introduce Bio-ethanol Blended Fuel in Domestic", journal of Korean Society for New and Renewable Energy(KSNRE)/ Volume 3, No. 4, pp.98-103
6. Owen, K. and T Coley, 1995, "Automotive Fuels Reference Book(2nd Edition)", Society of Automotive Engineers.
7. Andy Stodart, Jim Maher, Lars Greger and Jan-Olof Carlsson, 1998, "Fuel System Development to Improve Cold Start Performance of a Flexible Fuel Vehicle" SAE technical paper series 985232.
8. Transportation Research Center Inc., 2009, "Mid-Level Ethanol Blends Catalyst Durability Study Screening", CRC Report: E-87-1.
9. Orbital Engine Company, 2003, "Market Barriers to the Uptake of Biofuels Study, A Testing Based Assessment to Determine Impacts of a 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on the Australian Passenger Vehicle Fleet Report to Environment Australia".
10. ACEA, Alliance, EMA and JAMA, 2013, "WORLDWIDE FUEL CHARTER(5th Ed.)".
11. Coordinating Research Council, INC., 2009, "Cold-Start and warmup E85 Cold Ambient Temperature Driveability program", CRC Report No. 654.
12. Sam Reddy, 2011, "Mathematical Prediction of Flammability of Ethanol-Containing Fuels", CRC Report No. 661.
13. C. Scott Sluder, Brian H. West, Aron D. Butler, William J. Ruona, and Arvon L. Mitcham, 2014, "Determination of the R Factor for Fuel Economy Calculations Using Ethanol-Blended Fuels over Two Test Cycles", SAE Int. J. Fuels Lubr. / Volume 7, Issue 2.