

## 국내 바이오에탄올 혼합연료유 시범보급 유통시스템에 관한 연구

임의순<sup>1)</sup>, 민경일, 임영관, 전철환, 이돈민, 김종렬, 장은정, 박천규, 정충섭, 김재곤, 신성철

### Study of Demonstration & Dissemination for Distribution System to Introduce Bio-ethanol Blended Fuel in Domestic

EuiSoon Yim<sup>1)</sup>, Kyungil Min, Young-Kwan Lim, Cheol-hwan Jeon, Don-min Lee, Jong-Ryeol Kim, Eun-Jung Jang, Cheon-Kyu Park, Chung-Sub Jung, Jae-Kon Kim, and Seong-Cheol Shin

**Key words** : Bio-ethanol(바이오에탄올), Demonstration and Dissemination(시범보급), Sub-octane gasoline(서브옥탄가솔린), Bio-ethanol blended fuel(바이오에탄올 혼합연료유)

**Abstract** : 세계적인 화석연료사용의 급증으로 인해 지구온난화와 자원고갈의 문제가 크게 대두되어지고 있다. 이를 해결하기 위해 많은 국가와 연구기관이 재생 가능한 에너지로서 바이오연료의 개발과 사용에 관심을 기울이고 있다. 바이오에탄올은 자동차용 휘발유와 혼합하여 사용할 수 있는 연료로서 많은 국가에서 상용화하고 있다. 우리 연구그룹은 혼합비율에 따른 자동차용 휘발유의 품질특성시험(상분리 모사시험, 금속류 부식시험, 고무류 침지시험 등)을 한 결과 국내 최적의 혼합량(E3, E5)을 도출하였다. 이로부터 현재 전국 4개 시범주유소를 운영하면서 바이오에탄올 실증평가를 수행 중에 있다. 본 논문에서는 바이오에탄올 혼합연료유 도입을 위한 실증평가 연구를 통해 국내 바이오에탄올의 도입·활성화 가능성과 최적의 유통인프라 구축방안에 대해 논의하고자 한다.

#### subscrip

E3, E5 : 3, 5% bio-ethanol blended gasoline  
MTBE : methyl tertiary butyl ether  
BD : bio-diesel  
PV : pressure vent  
MSDP : molecular sieve dehydration process

### 1. 서론

산업혁명 이후 화석연료의 사용으로 인해 인류의 문명은 급속도로 발전해 왔지만 그로 인한 지구온난화와 화석연료 고갈이라는 문제점이 발생되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원(대체연료, 원자력, 태양열, 지열, 풍력, 수력, 등)에 대한 연구가 활발해지고 있다. 특히 자동차가 산업발전에 지대한 영향을 미친 반면 대기환경의 주범으로 알려져 있기 때문에 기존의 자동차 연료를 대체할 수 있는 친환경적인 대체연료의 개발이 시급한 현실이다.<sup>(1)</sup>

현재 자동차의 연료로 휘발유와 경유가 주로 사용되고 있으며 이를 대체할 수 있는 연료로서 바이오에탄올(bio-ethanol)과 바이오디젤(bio-diesel)이 알려져 있으며, 이에 대한 연구 및 상용보급시도가 지속적으로 이루어지고 있다.<sup>(2)</sup>

바이오디젤은 식물성유지(vegetable oil), 동물성지방(animal fat), 또는 유리지방산(free fatty acid)으로부터 전이에스테르화반응(transesterification) 또는 에스테르화반응(esterification)을 통해 생성되는 석유대체연료이다.<sup>(3)</sup> 이는 기존의 경유와 물성 및 연료특성이 유사해 직접 경유와 혼합해 사용할 수 있기 때문에 우리나라는 4년간(2002-2006년) 바이오디젤 시범보급사업(Demonstration & dissemination)을 거쳐 2006년 7월부터 전국주유소를 통해 공급하고 있으며, 현재(2008년)는 경유에 1%를 혼합하여 판매되고 있다.<sup>(4)</sup>

최근 국내의 바이오디젤 상용보급에 이어 바이

1) 한국석유품질관리원  
Korea Institute of Petroleum Quality, Chungcheongbuk-Do, 363-883, Korea

오에탄올의 도입의 필요성이 대두되어지고 있다. 일반적으로 바이오에탄올 10%를 기존 휘발유에 혼합하면 옥탄가가 2-3정도 상승하여 결과적으로 연비가 1-2% 개선된다고 한다. 이 때문에 기존의 토양오염 및 지하수 오염문제를 야기시키는 옥탄가 향상제 MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether)를 대신해 바이오에탄올을 사용이 시도되고 있다. 현재 바이오에탄올은 미국, 브라질을 중심으로 상용화 되어있으며 인도, 중국, 일본 등 아시아 지역에서도 바이오에탄올 도입을 위해 많은 노력을 기울이고 있다.<sup>(5), (6)</sup>

바이오에탄올은 사탕수수나 옥수수 등과 같은 바이오원료를 발효시켜 생산(sugar fermentation process)되며, 최근에는 비식량자원인 목질계 바이오매스(cellulose, hemicellulose, lignin), 농업 폐기물, 산업폐기물로부터 바이오에탄올생산에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 에탄올은 휘발유 중의 펜탄과 헥산 등의 물질과 공비혼합물을 형성하여 에탄올 혼합 연료의 50% 유출온도를 낮추며, 에탄올 5% 혼입에 증기압을 7-8 kPa로 상승시키는 품질특성이 있다. 또한, 에탄올의 극성 작용기인 수산기(-OH) 즉 친수성기에 의해 수분혼입으로 휘발유와 에탄올·물 층으로 상분리(phase separation)가 일어나 연료로서의 기능저하 및 상실을 초래하고 금속, 고무 재질 등의 부식을 발생시켜 유통 시 취급에 어려움이 있다.<sup>(7)</sup> 따라서 실제 바이오에탄올 혼합연료유의 제조, 공급, 저장, 판매 등에 대하여 전반적인 유통인프라에 대한 실증평가가 면밀한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 혼합비율에 따른 자동차용 휘발유의 품질특성시험(상분리 모사실험, 금속류 부식 실험, 고무류 침지실험 등) 결과를 토대로 실제 바이오에탄올 혼합연료유 제조, 공급, 저장, 판매 등의 실증평가를 수행하였다. 이를 위해 1개 바이오에탄올 혼합연료유 제조소와 입지 및 환경조건이 다른 전국 4개 주유소(E5 : 경기, 충청지역, E3 : 호남, 영남지역)를 대상으로 저장, 공급 중의 품질 변화, 주유기 성능평가, 주요부품의 부식성 등을 평가 하고 있다. 또한 시범주유소 운영의 일환으로 실제 소비자 전국 특정소비자(Fleet user, 587명)를 대상으로 바이오에탄올 혼합연료유를 보급하고 있으며, 차후 실 소비자를 대상으로 사용 소감에 대하여 설문조사를 실시하고자 한다.

## 2. 바이오에탄올 혼합연료유 실증평가 방법

바이오에탄올 혼합연료유 국내 도입에 따른 기존 유통인프라에 미치는 영향 평가를 위해 크게

바이오에탄올 및 바이오에탄올 혼합연료유 제조소와 시범주유소 운영에 대하여 면밀히 검토하고 실증평가를 수행 하였다. Figure 1은 바이오에탄올 혼합연료유 제조, 공급, 저장, 판매에 대한 실증평가 흐름도를 나타내었다.

서브옥탄가솔린(sub-octane gasoline)과 무수 에탄올(anhydrous ethanol)을 라인블렌딩(line blending)장치를 통해 E3와 E5농도로 제조를 한 뒤 시료운반 탱크로리를 이용해 전국 4개의 실증평가 시범주유소에 운송되어 지하연료탱크에 저장 하면서 특정소비자에게 공급되어 사용된다.

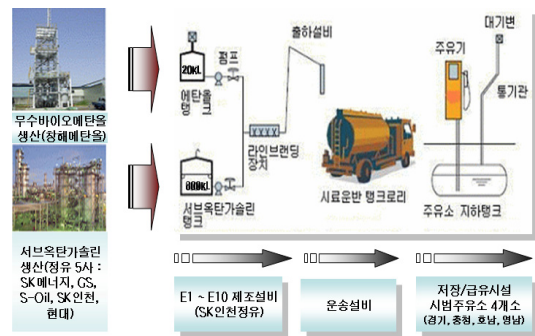


Figure 1. Production of blended bio-ethanol, supply, storage, and sale process

Table 1은 지식경제부 고시에서 정한 자동차용 휘발유의 품질기준표를 나타내며<sup>(8)</sup> 본 연구를 진행하면서 E3, E5의 연료품질 기준으로 활용되었다.

Table 1. Specification of gasoline for automobile fuel

		1호(보통 휘발유)
증류성상	옥탄값(리서치법)	91이상 - 94미만
	10%유출온도(°C)	70이하
	50%유출온도(°C)	125이하
	90%유출온도(°C)	175이하
	종말점(°C)	225이하
물과 침전물(부피%)	잔류량(부피%)	2.0이하
	동관부식(50°C, 3h)	0.01이하
증기압(37.8°C, kPa)		44-82 (여름용:44-65, 겨울용:44-96)
세척현존검(mg/100mL)	산화안정도(분)	480이상
	황분(mg/kg)	5이하
	색(육안식별)	노란색
	납 함량(g/L)	0.013이하
	인 함량(g/L)	0.0013이하
	방향족화합물 함량(부피%)	30(27)이하
	벤젠 함량(부피%)	1.0이하
	올레핀 함량(부피%)	18(21)이하
	산소 함량(무게%)	0.5이상-2.3이하
	메탄올 함량(무게%)	0.1이하

## 2.1 바이오에탄올 및 바이오에탄올 혼합연료유 제조소 실증평가

1) 무수바이오에탄올(anhydrous bio-ethanol) 생산 파일럿 플랜트의 운전 성능 평가

### ① 목적

수분제거를 위하여 분자체 탈수법 공정(MSDP ; Molecular Sieve Dehydration Process)을 적용하여 무수바이오에탄올의 순도가 99.5% 이상으로 생산되는지 운전성능을 평가하였다.

### ② 시험방법

무수바이오에탄올 생산 파일럿 플랜트의 운전 성능을 평가하기 위해 먼저 공정상의 적정 운전조건을 설정하고 정상 운전조건을 위하여 3~4시간 안정화(탈수탑 Bed 및 탈수탑 내의 흡착제인 Zeolite 안정화)한다. 탈수탑의 온도가 일정온도(110 ~ 120 ℃) 이상 유지되면 생산된 제품의 일부를 시료로 채취하여 순도를 측정함으로써 운전 성능을 판단하였다. 이러한 방식으로 약 7일간의 운전을 실시하여 제품의 순도 변화를 관찰하였다.

2) 바이오에탄올 혼합연료유 제조 및 공급, 저장 안정성

### ① 목적

A사 정유공장에 구축한 바이오에탄올 혼합연료유(E3, E5)의 라인브랜딩 시설 성능, 바이오에탄올 저장탱크 안정성, 서브옥탄가솔린의 저장안정성 및 탱크로리 운송 시 E3, E5 안정성을 평가하기 위함이다.

### ② 시험방법

가. 바이오에탄올 혼합연료유(E3, E5) 제조 정밀도 평가

바이오에탄올 혼합연료유(E3, E5)제조·출하는 출하 당일 정량 조절 가능한 유량계 및 라인브랜딩 장치를 이용하여 제조와 동시에 탱크로리에 적재된다. 이때 탱크로리에서 시료를 채취하여 시험 분석 하였다. 매 출하 시마다 E3, E5의 에탄올 함량을 분석하여 바이오에탄올 혼합장치의 제조 성능을 평가 하였다.

나. 바이오에탄올 저장탱크의 안정성 평가

바이오에탄올 저장탱크는 에탄올에 의한 부식을 최소화하기 위해 스테인레스 재질로 제작하였고 수분혼입방지를 위해 통기구 부분에 실리카 데시케이터(silica decicator)를 설치하였다. 부식 및 수분혼입 방지를 위해 제작된 바이오에탄올 저장탱크의 안정성 평가는 에탄올 공급 후 1개월 마다 수분 및 에탄올 함량 등을 분석하여 품질변화 및 오염여부를 평가 하였다.

다. 서브옥탄가솔린 저장안정성 평가

서브옥탄가솔린의 장기 저장에 따른 품질변화

평가는 2개월 간격으로 시료를 채취하여 옥탄가, 증기압 등 19개 시험항목에 통하여 정밀 분석 하였다.

라. E3, E5의 탱크로리 운송에 대한 안정성 평가

출하당일 제조된 E3, E5를 출하장에서 시범주유소까지 탱크로리 운송 시에 안정성을 평가하기 위하여 E3, E5 제조·공급 시점에 출하 전·후 탱크로리에서 시료를 채취하여 수분 및 에탄올 함량 변화에 대하여 정밀분석 하였다.

## 2.2 시범주유소 실증평가

1) 바이오에탄올 혼합연료유 시범주유소 운영

### ① 목적

바이오에탄올 혼합연료유(E3, E5)를 실제 주유소에 공급·판매 할 경우 지하매장 연료탱크내의 E3, E5 수분혼입, 품질변화 및 주유기 성능변화, 주요부품 부식 여부 등을 평가하기 위함이다.

### ② 시범주유소 운영 현황 및 방법

가. 시범주유소 운영 현황

전국 4개 시범주유소 인근에 주거하고 있는 공무원, 회사원, 자영업자 등 다양한 직종과 휘발유 차량(587대)을 대상으로 실증평가를 수행하였다. 시범주유소 및 실 사용자(Fleet User) 현황을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Status of model gas station management

에탄올 함량	판매주체	주유소	Fleet User(명)
E5	A 사	행복 (경기 용인)	146
	B 사	신봉 (충북 청주)	155
E3	C 사	혹석 (전남 광주)	144
	D 사	운산공단 (경남 울산)	142
총원			587

실증평가 효율화를 위해 실 사용자를 대상으로 협약서를 작성하고 연구 배경 및 개요 등을 전파하여 연구 참여도를 고취시켰고, 시범주유소 및 평가 차량에 Figure 2와 같이 주유기 및 차량의 구분을 위해 스티커를 부착하였다. 또한 판매실적을 효율적으로 관리하기 위하여 POS(point of sale) 시스템을 도입하였다.



Figure 2. Model gas station and vehicle of fleet user

나. 바이오에탄올 혼합연료유 저장안정성 평가  
 시범주유소의 지하매장 연료탱크 내의 E3, E5 저장 중 수분혼입, 품질변화 등에 대한 평가를 위해 먼저 배기구를 통한 대기 중 수분혼입에 대한 평가로 E3, E5 각 1개 주유소에 수분혼입방지장치인 PV(Pressure Vent)벤트를 연료탱크 배기구에 장착하고 주단위로 시료를 채취하여 품질분석하였다. 또한 휴대용 수분시험기(Vaisala 사, M170)를 이용하여 현장에서 수분함량을 관찰하였다. Figure 3은 시범주유소를 통해 수분, 연료품질 및 주유기 성능평가에 관한 상세한 운영체계를 보여준다.

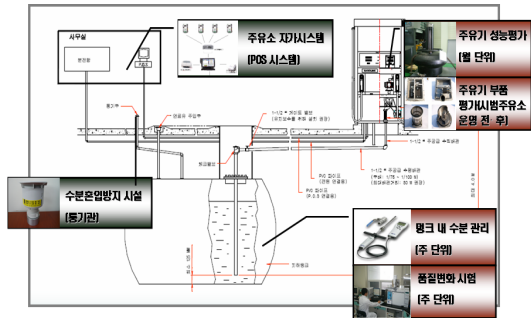


Figure 3. Operation system of model gas station

다. 주유기 성능 및 부식성 평가

주유기에 대한 평가로 주유기 주요부품 부식성 및 성능평가를 실시하였다. 부식성은 주유소 실증평가 시작 및 종료 시점에 주유기를 분해하여 주요부품 사진 비교로 평가하고, 성능평가는 월단위로 표준 실린더를 활용하여 성능변화를 관찰 하였다. Figure 4에 나타낸 표준 실린더는 교정성적서가 첨부된 시료 20 L를 측정할 수 있는 용기로 1 mL 단위까지 측정이 가능하기 때문에 주유기로부터 주유된 부피의 오차로부터 주유성능의 이상여부를 판단할 수 있다.



Figure 4. Performance test of fuel dispenser using standard cylinder

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 바이오에탄올 및 바이오에탄올 혼합연료유 제조소 실증평가

1) 무수바이오에탄올 생산 파일럿 플랜트의 운전 성능 평가

7일간의 제품 순도변화 관찰결과 에탄올 함량이 최소 99.6부피%에서 최대 99.9부피%까지 측정되었으며, 해외 무수바이오에탄올 품질기준(유럽 pr EN 15376) 99.5부피% 이상을 유지하며 안정적으로 생산되는 것을 확인하였다. Figure 5는 무수바이오에탄올을 생산 파일럿 플랜트를 7일동안 운전하면서 에탄올의 순도를 분석한 결과를 보여준다.

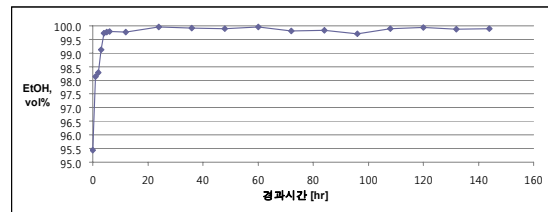


Figure 5. Purity test of anhydrous bio-ethanol during plant operation

2) 바이오에탄올 혼합연료유 제조 및 공급, 저장 안정성

가. 바이오에탄올 혼합연료유(E3, E5) 제조 정밀도 평가

시범 주유소에 매 출하 시마다 시험분석(10회)한 E3의 에탄올 함량을 분석한 결과 설정농도 3.0 부피%에서 평균값은 3.0부피%이고 최소값은 2.7 부피%, 최대값은 3.2부피%를 나타내었다. 또한 E5의 7회 출하한 연료의 에탄올 함량을 분석한 결과 설정농도 5.0부피%에서 평균값은 4.9부피%이고 최소값은 4.8부피%, 최대값은 5.0부피%를 나타내었다. Figure 6은 제조된 E3와 E5에 대한 에탄올함량을 매회 분석한 결과값을 보여준다.

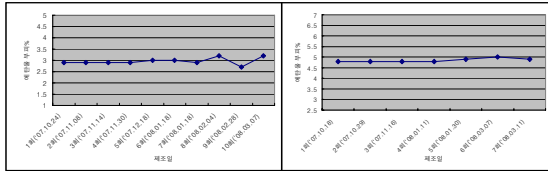


Figure 6. Analysis of ethanol content in blended gasoline

나. 바이오에탄올 저장탱크의 안정성 평가

무수바이오에탄올 생산 초기 수분 1530 ppm에서 3개월 지난 후 약 1800 ppm이 되었으며 그 이후 1개월 간격으로 수분을 분석한 결과 약 1550 ~ 1750 ppm을 유지하였다. 외부 기온차에 의해 저장탱크 내의 대기 중 수분응축과 무수바이오에탄올의 추가공급으로 인해 수분변화가 소포 발생된 것으로 판단되며, 최대 1800 ppm의 수분을 혼입한 무수바이오에탄올로 제조한 바이오에탄올 혼합연료유의 수분함량은 약 350 ppm이하로 상분리 취약 조건을 가정한 1000 ppm 이하를 유지하였다. 또한 바이오에탄올 함량을 분석한 결과 수분함량변화에 반비례하여 에탄올 함량이 변화하였으며, 최소값이 99.8부피%으로 해외 무수바이오에탄올 품질기준인 99.5부피%이하까지는 내려가지 않았다. 아래의 Figure 7은 에탄올의 수분을 정기적으로 분석한 결과값을 보여준다.

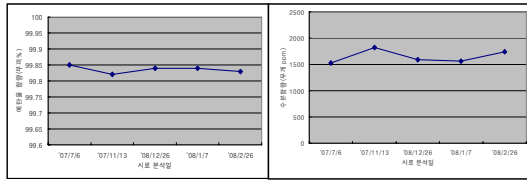


Figure 7. Stability test of anhydrous bio-ethanol in storage tank

다. 서브옥타가솔린 안정성 평가

서브옥타가솔린의 장기 저장안정성을 실증평가 기간동안 Table 3와 같이 2개월 간격으로 연료의 물성 및 특성을 평가한 결과 품질변화 없이 안정적인 저장성을 확인하였다.

라. 바이오에탄올을 혼합연료유(E3, E5) 공급 안정성 평가

각 4개 주유소에 총 17회 연료를 공급하였으며 탱크로리 운반 전·후 시료를 평가한 결과 품질변화 없이 모두 안정적인 것을 확인 하였다.

Table 3. Storage stability of sub-octane gasoline

항 목	'07년		'08년
	11월	1월	3월
옥탄값(리서어치법)	91.1	91.0	91.0
동판부식(50℃, 3h)	1이하	1이하	1이하
증기압(37.8℃, kPa)	48.2	49.1	48.6
산화안정도(분)	480이상	480이상	480이상
세척현존점(mg/100mL)	5이하	5이하	5이하
색(육안식별)	노란색	노란색	노란색
방향족화합물함량(부피%)	23	26	25
벤젠 함량(부피%)	0.5	0.5	0.5
올레핀 함량(부피%)	18.37	17.96	18.00
산소 함량(부피%)	0.03	0.03	0.02
밀도@15℃(g/cm³)	0.7389	0.7389	0.7388
수분함량(부피 ppm)	143	159	154

3.2 시범주유소 실증평가

1) 시범주유소 저장 안정성 평가

주단위로 각 시범주유소의 시료를 채취하여 19 종류의 시험항목을 통해 바이오에탄올이 혼합된 연료를 분석한 결과 실증평가 기간 동안 품질변화 없이 안정적인 것을 확인하였다. 또한 대기중 수분 혼입에 대한 평가를 위해 2개의 주유소(E3(호남), E5(용인))의 연료탱크 배기구에 수분혼입방지 장치인 PV벤트를 설치하였다. 매주 연료의 수분함량을 분석한 결과 PV벤트를 설치한 주유소와 설치하지 않은 주유소(E3(영남), E5(충청))의 연료 내 수분함량은 큰 차이가 없었다. 따라서 연료탱크 배기구를 통한 대기 중 수분혼입은 미미한 것을 확인하였다. Table 4는 시범주유소(용인, 행복주유소)의 E5를 매주 채취하여 분석한 결과값을 나타 내었다.

가. 수분함량 변화

혹한기 시료온도를 최소 0℃로 가정했을 경우 E3 상분리 수분함량은 약 1000 ppm 이다. E3, E5가 보급되어있는 4개 주유소에서 시료중의 수분함량을 조사했을 시 모두 350 ppm 이하로 유지 되었으며 상분리 취약 조건을 가정한 1000 ppm 이하를 유지하였다.

나. 에탄올 함량

에탄올 함량은 미국재료시험협회(American society for testing and materials)에 등록된 ASTM D 6839 조건하에서 가스크로마토그래피(reformulyzer gas chromatography, Agilent 6890N/AC system)를 이용해 분석한 결과 E3와 E5의 순도변화가 없는 것을 확인하였다.

Table 4. Regular fuel quality test of model gas station

항목	2007년 11월					2007년 12월					2008년 1월					2008년 2월					2008년 3월				
	1일	12일	19일	23일	3일	10일	17일	24일	2일	14일	21일	28일	4일	11일	18일	25일	10일	17일	24일	31일					
옥탄값(리서어치법)	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93			
증류성상	10%유출온도(°C)	54	52	53	53	52	53	53	54	53	52	53	52	52	52	53	52	53	52	53	52	52			
	30%유출온도(°C)	97	93	93	94	93	93	94	94	95	93	92	94	92	93	92	93	93	93	94	94	94			
	90%유출온도(°C)	166	162	164	164	164	163	164	164	167	163	164	163	163	163	164	163	164	163	164	165	163			
	중말점(°C)	190	191	192	191	192	190	192	191	192	191	191	189	196	197	195	196	196	196	196	191	192			
잔류량(부피%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
물과 침전물(부피%)	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하				
동관부식(50°C, 3h)	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하	1이하			
증기압(37.8°C, kPa)	57	58	57	59	57	57	56	57	58	57	58	57	57	59	59	59	58	59	58	59	58	59			
산화안정도(분)	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상	480이상			
세척원존집(mg/100mL)	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하			
황분(mg/kg)	12	11	13	12	11	11	12	10	12	12	13	12	12	12	12	12	12	12	12	11	13				
색(육안식별)	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색	노란색			
납 함량(g/L)	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하				
인 함량(g/L)	0.001 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하	0.013 이하				
방향족화합물 함량(부피%)	25	24	24	24	24	24	24	24	24	23	23	22	25	25	26	25	25	25	25	25	25	25			
벤젠 함량(부피%)	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4				
올레핀 함량(부피%)	16	16	17	17	16	16	16	17	16	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16			
산소 함량(무게%)	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2				
메탄올 함량(무게%)	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하	0.1°이하				
에탄올 함량(부피%)	4.8	4.8	4.9	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.7	4.8	4.7	4.9	4.8	4.7	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	5.0				
밀도(g/cm3)	0.74210	0.74240	0.74250	0.74240	0.74280	0.74390	0.74260	0.74250	0.74260	0.74250	0.74240	0.74240	0.74080	0.74080	0.74080	0.74080	0.74080	0.74080	0.74080	0.74160	0.7416				
수분(무게 ppm)	260	250	280	273	290	292	351	310	332	301	312	314	204	220	262	332	310	298	283	334	334				

다. 옥탄가, 증기압, 밀도 등

옥탄가(ASTM D 2699 시험방법), 증기압(KS M ISO 3007 시험방법), 밀도(KS M 2002 시험방법) 등 기타 물성을 분석한 결과 바이오에탄올 혼합연료를 제조했을 당시와 비교했을 때 뚜렷한 품질변화가 관찰되지 않았으며 상세한 분석결과값은 Table 4에 나타내었다.

2) 주유기 성능평가

월단위로 주유기 성능평가를 수행한 결과 물 이외의 액체 측정시스템 일반규정 시험방법(KS B 50117)의 정확성 평가 기준인 최대허용오차 0.5%를 실증평가 기간 동안 모두 만족 하였다. Figure 8은 5개월동안 정기적으로 주유기 성능평가를 실시한 결과를 나타내었다.

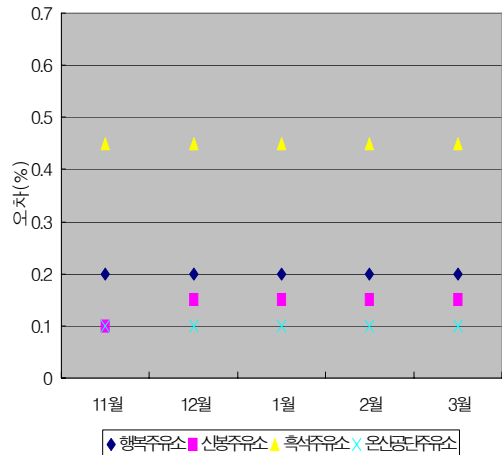


Figure 8. Corrosive test for main part of petrol pump

4. 결론

우리 연구그룹에서는 서브옥탄가솔린과 무수 에탄올을 제조해 바이오에탄올 혼합연료 E3, E5의 제조, 공급, 저장, 판매 4단계의 실증평가를 수행한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 분자체 탈수법 공정(MSDP)을 이용한 무수 바이오에탄올 제조 플랜트의 성능을 7일동안 조사

한 결과 바이오에탄올 함량이 최소 99.6% 이상을 유지하였다.

2. 바이오에탄올 혼합연료유 제조의 정밀도와 수분방지 설비를 갖춘 바이오에탄올 저장탱크의 수분함량이 1800 ppm 이하로 유지되어 연료의 층 분리 가능성은 없었다.

3. 바이오에탄올 혼합연료유 공급, 저장안정성 및 시범주유소를 운영하면서 연료의 품질특성을 정기적으로 분석한 결과 초기 생산과정과 최종적인 소비자에게 공급할 때까지 연료특성이 큰 변화 없이 자동차용 휘발유 품질기준을 모두 만족하였다.

따라서 본 연구과제를 통해 자동차용 휘발유의 대체연료로서 E3, E5의 국내 시범보급 실증평가를 7개월간 진행하면서, 이들의 유통시스템에 있어 문제가 야기되지 않았으며, E3와 E5의 국내 도입은 지구온난화를 가속화 시키는 온실가스(CO<sub>2</sub>) 배출을 감축시키면서 기존의 휘발유를 대체할 수 있는 재생에너지로서 실사용이 가능하리라 사료된다.

## 후 기

본 연구는 2006년 에너지관리공단으로부터 지원받은 '바이오에탄올 혼합연료유 도입을 위한 실증평가연구'의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

- [1] J. Sheehan, M. Hinnel, 1999, " Enzymes, Energy, and the Enviroment: A strategic perspective on the U.S. Department of Energy's research and development activities for Bioethanol." *Biotechnol. Prog.* Vol. 15, pp. 817-827.
- [2] E-S. Yim, K. Min, C. Jeon, D. Lee, J-R. Kim, S-S Kim, E. J. Jang, C-K. Park, J-K. Kim, Y-K. Lim, S-C. Shin, 2007, " Actual Assessment to Introduce Bio-ethanol Blended Fuel in Domestic" *New & Renewable Energy*, Vol. 3, No. 4, pp. 98-103.
- [3] Y-K. Lim, S-C. Shin, Y-S. Yim, H-O. Song, 2008, "The effective product method of biodiesel" *J. Korean Ind. Eng. Chem.* Vol. 19, pp. 137-144.
- [4] 재정경제부·농림부·환경부·건설교통부, 2007, "바이오디젤 중장기 보급 계획".
- [5] 산업자원부, 2005, "해외바이오에탄올의 도입 타당성 분석 연구".
- [6] I. C. Macedo, 1998, "Greenhouse gas emission and energy balances in bio-ethanol production and utilization in brazil", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 14, No. 1, pp. 77-81.
- [7] H. Blottnitz, M. A. Curran, 2006, "A review of assessments conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective", *J. Cleaner. Production*, Vol. 15, pp. 607-619.
- [8] 지식경제부 고시 제 2006-42호, "석유제품의 품질기준과 검사방법 및 검사수수료에 관한 고시"