

바이오에탄올 혼합가솔린 품질특성 및 유통인프라 대응

정중섭*

Quality property of bioethanol blends & counterplan of infrastructure

Choongsub Jung

Abstract 에탄올은 금속, 고무·수지를 부식시키고 열화시키기 때문에 FFV 등 알코올 대응차량이 아닌 경우 에탄올 허용농도가 제한되고 있으며, 물과의 상호용해성과 흡습성으로 수분혼입에 의한 상분리가 발생하여 혼합가솔린의 유통에서의 취급에 어려움이 야기되고 있다. 또한, 에탄올은 가솔린과 혼합되면 공비현상으로 인하여 50%유출온도가 크게 떨어지고 증기압이 7kPa 정도 상승을 초래하는 점도 간과하지 않을 수 없다. 따라서, 자동차용휘발유에 에탄올을 혼합하여 사용할 경우, 가솔린기재를 적절히 선택하여 적정품질을 유지하여야 하며 무엇보다도 에탄올 혼합농도에 따른 저장탱크와 주유기 등의 부품에의 영향과 저장시의 상분리 문제를 충분히 규명하여 유통인프라에서의 적절한 대응책이 마련되어야 한다. 유통 인프라 대응을 위해서는 우선 생산단계에서 수분 혼입을 최소화하기 위하여 저유소의 출하지점에서 서브옥탄가솔린과 에탄올을 라인브랜딩에 의해 제조하는 방법이 가장 타당하며, 수송부문에서는 탱크로리 등의 공급라인인 파이프와 실링 재질 등에 대해서 면밀한 검토가 필요하다고 할 수 있다. 주유소에서의 대응은 에탄올 혼합연료와 직접 접촉하는 연료계 등 부품재질을 내부식성의 재질로 변환시켜야 하며, 수분혼입을 최소화하기 위한 이중탱크 설치, 지하탱크 환기구내의 대기밸브 설치 등이 필요하며, 기타, 품질 및 수분관리 대책 등도 마련되어야 할 것이다.

Key words Bioethanol(바이오에탄올), Gasoline(자동차용휘발유), Oxigenated fuels(합산소연료), Sub-octane gasoline(서브옥탄가솔린), Gasoline ethanol blends(에탄올 혼합가솔린), Phase separation(상분리), Corrosion(부식), Vapour pressure(증기압), Octane number(옥탄가), Distillation(증류성상), Distribution infrastructure(유통인프라), Terminal(저유소), Gas station(주유소), Line blending(라인브랜딩)

* 한국석유품질관리원 연구센터

☐E-mail : csjung@kipeq.or.kr ☐Tel : (043) 240-7910 ☐Fax : (043) 240-7949

subscripts

MTBE : methyl ter-butyl ether
 ETBE : ethyl ter-butyl ether
 FFV :flexible fuel vehicle
 E3,E5,E10 : 3,5,10% ethanol blending gasoline

1. 서론

자동차용휘발유의 기재로서 합산소연료는 1970년대 후반부터 가솔린의 옥탄가를 높이는데 사용되기 시작하였으며, 1980년대에 미국에서 겨울철 자동차에 의한 대기중의 일산화탄소

를 줄이기 위해 대기질 개선 프로그램에 의해 본격적으로 도입되었고, 유럽과 일본 등에서도 자동차용휘발유의 품질기준에 산소함량이 명기되어 사용되고 있다. 우리나라에서는 1996년부터 합산소물질을 첨가하기 시작하였으며, 현재 2.3%이하로 규정되어 Mthyl tert-butyl ether(MTBE)만 한정하여 사용하고 있다.

가솔린에 첨가되는 합산소물질에는 MTBE를 비롯하여 에탄올과 같은 알코올류 화합물과 Ethyl tert-butyl ether(ETBE), tert-amyl methyl ether(TAME) 및 Diiso propyl ether(DIPE)가 있으나 MTBE와 에탄올이 대부분을 차지하고 있으며 ETBE는 생산단가가 높아 사용량은 매우 제한적이고 기타의 합산소연료는 거의 사용되지 않고 있다. 표1에 대표적인 합산소연료인 에탄올, MTBE 및 ETBE를 가솔린과 비교하여 특성을 나타내었다.¹⁰⁾

Table 1 Property of oxygenates

Item	unit	EIOH	MTBE	ETBE	Gasoline	
D	kg/m ³	796	746	747	710 - 780	
O.C	wt %	34.8	18.2	15.7	0	
B.P	℃	78.3	55.2	71.7	25 - 210	
V.P	kPa	15.9	55	27.6	55 - 90	
H.C	MJ/kg	26.7	35.2	37.8	43.9	
Octane	RON	-	111	117	118	93
	MON	-	92	101	102	87
W.S	wt %	S	4.3	1.2	0.02	
A/F	-	9	11.7	12.1	14.6	

MTBE는 메탄올과 이소프렌의 합성반응에 의해 생산되며, 메탄올 대신 에탄올을 사용할 경우 이소프렌과 반응하여 합산소연료로서 사용 가능한 ETBE가 합성된다. 이 가운데 MTBE는 제조단가가 낮고 옥탄가 향상, 배기가스 감소 기능과 더불어 자동차용휘발유(탄화수소)와 분리되지 않는 등 저장안정성이 우수하여 널리 사용되어 왔으나, MTBE가 혼입된 자동차용휘발유의 저장 및 수송과정에서 누출에 의해 지하수 오염을 야기하게 되어, 이를 근거로 MTBE의 규제 및 오염방지 대책이 주별로 마련되고 이에 따라 MTBE에서 에탄올로 서서히 대체되고 있다. 반면에 유럽이나 일본의 경우 MTBE에 대한 조사는 산발적인 연구수준에 머물러 있으며 공식적인 모니터링 계획에 의해 수행되고 있지 않고 MTBE 규제에 대한 움직임도 없다. 단, 일본의 경우 2003년부터 정유사가 자체적으로

MTBE를 자동차용휘발유에 사용하지 않고 있으며 2004년부터는 에탄올과 ETBE 사용을 적극 검토하고 있다.

현재, 각국에서 보급이 확산되고 있는 에탄올은 자동차용휘발유의 연소성을 향상시키고 옥탄가를 선행적으로 향상시키는 등 합산소 연료로서 우수한 특성을 가지고 있다. 특히 사탕수수나 옥수수 등의 바이오메스를 원료로 하여 생산된 바이오에탄올은 식물생장과정에서 자동차 배기가스 중의 CO₂를 흡수하기 때문에 카본뉴트랄이란 관점에서 각국에서 정책적으로 사용을 적극 권장하고 있다.

그러나, 에탄올은 금속, 고무·수지를 부식시키고 열화시키기 때문에 자동차용 연료로 사용할 경우 FFV(Flexible Fuel Vehicle) 등 알코올 대응차량이 아닌 경우 에탄올 허용농도를 제한하고 있다. 일반적인 가솔린자동차에서는 에탄올 혼입량이 10%이하인 경우는 자동차의 안전이나 배출가스 측면에서 문제가 없는 것으로 검증되고 있으나, 저장탱크, 탱크로리, 송유관 및 주유기 등 연료 유통인프라에서 사용되는 금속 및 고무재질에 대한 부식여부 등이 최근 논란이 되고 있어 에탄올 연료 사용을 위해서는 보다 체계적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.

2. 에탄올의 연료품질 특성

에탄올은 산소가 함유된 극성화합물이기 때문에 탄화수소로만 구성되어 있는 기존 자동차용휘발유와 비교할 시 에탄올 혼합 농도에 따라 품질특성이 다른 경향을 보이고 있다.

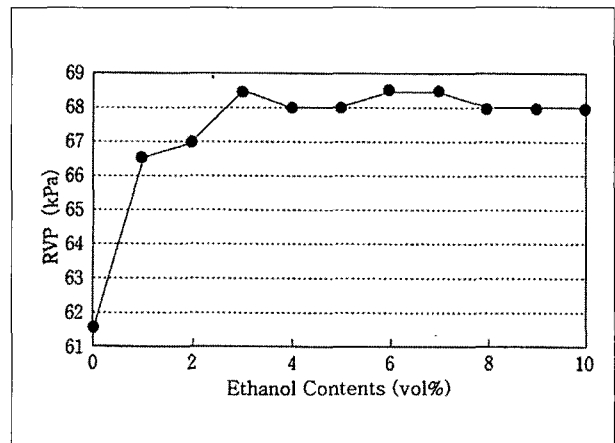


Fig. 1 Vapor pressure of ethanol blends

2.1 증기압

에탄올 자체의 증기압은 자동차용휘발유와 비교하여 대단히 낮지만 약 3% 혼합 시까지는 공비현상으로 인하여 급격한 상승을 보이고 있다. 이러한 증기압 상승은 여름철 VOC를 다량 배출하게 되어 대기환경을 오염시키게 되고 자동차 연료계통에서 증기폐쇄를 발생하여 연료공급의 부조화를 일으킬 수 있다.

2.2 증류성상

증기압과 유사하게 연료의 중요한 특성인 증류성상에서 5% 이상의 에탄올을 혼합하게 되면 50%유출온도가 크게 떨어지는 것을 알 수 있다. 증류성상은 자동차의 시동성, 주행성 등과 밀접한 관계를 갖고 있다. 따라서, 자동차용 연료로서 요구되

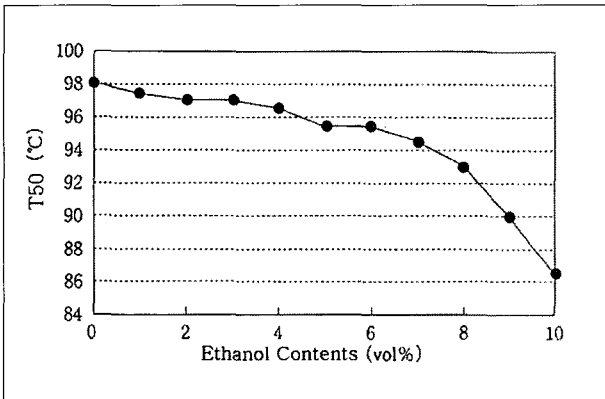


Fig. 2 50%Dist. of ethanol blends

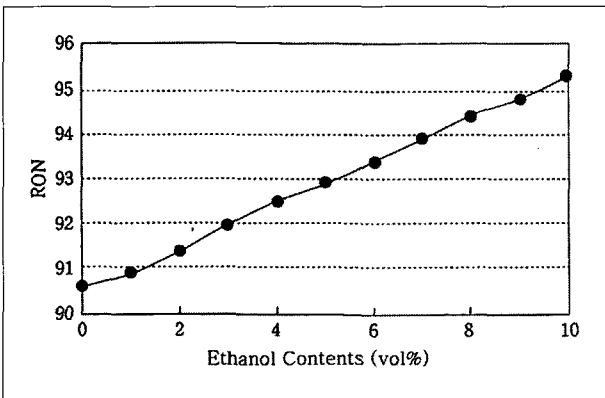


Fig. 3 Octane number of ethanol blends

는 성능에 적합하도록 에탄올 함량에 따라 배합되는 서브옥탄 기술린을 적절하게 조절할 필요가 있다.

2.3 옥탄가

자동차 엔진에서의 안티녹킹 성향을 나타내는 옥탄가는 에탄올의 함량에 따라 선형적으로 증가하고 있어 자동차용휘발유의 옥탄가 향상 기재로서는 대단히 양호한 연료임을 알 수 있다.²⁾

3. 에탄올혼합기술린의 유통인프라 대응

에탄올은 자동차용휘발유와는 달리 극성화합물로서 부식성이 강하고 친수성이기 때문에 기존 자동차용휘발유의 유통인프라에 대한 재검토가 필요하게 된다.

3.1 에탄올의 재질에 대한 영향

에탄올은 알루미늄, 납 및 구리 등의 금속재질을 부식시키고 네오프렌고무, 우레탄 수지 등의 고무재질을 변형시키는 특성을 갖고 있다. 이러한 특성은 에탄올 혼합기술린 중의 에탄올 농도에 크게 의존하므로 에탄올 혼합량에 따라 기존의 차량과 유통인프라에서의 각 재질에 대한 면밀한 검토와 보완이 이루어져야 한다.

Table 2 Influence on materials

Metals	Organics
<ul style="list-style-type: none"> ○ Unsuitable - Aluminum - Lead - Copper 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Unsuitable - Neoprene rubber - Urethane resin - Nylon66
<ul style="list-style-type: none"> ○ Suitable - Stainless steel - Carbon steel 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Suitable - Fluorine contained rubber - HDPE - PP - Acetal resin

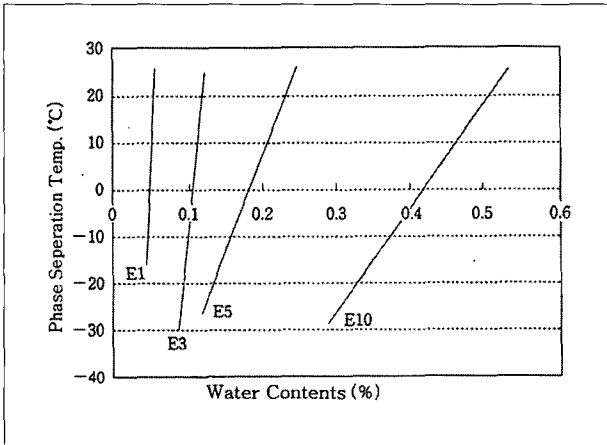


Fig. 4 Phase separation of ethanol blends

3.2 에탄올 혼합가솔린의 상분리 특성

에탄올은 물과 상호 용해성과 흡습성을 갖고 있어 대기 중의 수분이 에탄올 혼합가솔린에 혼입하게 되면 탄화수소층(서브옥탄가솔린)과 물·에탄올층으로 상분리가 발생하게 된다. 상분리가 발생하면 옥탄가가 떨어지는 등 연료로서의 기능이 저하되어 차량에서의 성능저하는 물론 일부 재질에 손상을 일으킬 수 있다

3.3 유통인프라 대응

에탄올 혼합가솔린이 도입된 미국과 브라질에서는 수분혼입을 최소화하기 위하여 정유공장에서는 에탄올을 제외한 가솔린 기재를 혼합한 서브옥탄가솔린을 제조하여 이를 저유소로 수송하는 한편, 연료에탄올도 에탄올 제조공장에서 저유소로 수송하여 저유소에서는 서브옥탄가솔린과 연료에탄올을 라인브랜드장치에 의해 곧바로 탱크로리에 충전하여 출하하고 있다.⁹⁾ 최종 판매단계인 주유소의 경우 주유기 등의 부품을 내부식성 재질로 교체하고 수분혼입을 방지하기 위하여 탱크환기구에 방습장치를 설치하였다. 따라서, 우리나라에 에탄올혼합가솔린을 도입하기 위해서는 이와 같이 자동차용휘발유의 유통인프라 전반에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

에탄올 혼합연료를 국내에 보급할 경우의 대응책은 에탄올 농도를 어떻게 설정하느냐에 따라 대응방법이 약간은 다를 것으로 예상된다. 이는 에탄올 농도가 높을 경우에는 부식성이 커지기 때문에 부식에 대한 철저한 대응이 필요하게 되고, 에탄올 농도가 낮을 경우에는 상분리가 쉽게 발생하기 때문에 수분혼입 방지책을 강구하여야 되기 때문이다. 그러나, 에탄올 혼합률 10% 이내의 범위에서는 혼합률에 따른 차별적인 대응보다는 동일한 대응책을 강구하는 것이 운용상이나 비용 측면에서 유리할 것으로 판단된다. 에탄올 혼합 자동차용휘발유의 제조는 수분 혼입을 최소화하기 위하여 정유공장이 아닌 저유소의 최종출하지점에서 서브옥탄가솔린과 에탄올을 라인브랜드에 의해 제조하는 방법이 가장 타당할 것으로 판단되며, 수송부문에서는 탱크로리 등의 재질을 검토하여야 하며, 일반적으로 스테인레스강으로 구성되어 있기 때문에 큰 문제는 없을 것으로 판단되나 공급라인인 파이프와 실링 재질 등에 대해서는 보다 면밀한 검토가 필요하다고 할 수 있다. 주유소에서의 대응은 에탄올 혼합연료와 직접 접촉하는 연료계 등 부품재질을 내부식성의 재질로 변환시켜야 할 것이며, 수분혼입을 최소화하기 위한 이중탱크 설치, 지하탱크 환기구내의 대기벨브 설치 등을 검토하여야 할 것이다. 기타, 품질 및 수분관리 대책(매뉴얼) 등도 구체적으로 마련하여야 할 것이다.

References

- (1) Keith Owen and Trevor Coley, 1995, "Automotive Fuels Reference Book," SAE Inc., pp. 261-278
- (2) Robert E. Reynolds, 2000, "The Current Fuel Ethanol Industry Transportation, Marketing, Distribution, and Technical Considerations," Downstream Alternative Inc., pp. 84
- (3) 小西 誠一 외 12인, 2004, "エタノール添加ガソリン及、びバイオディーゼル導入時の課題に関する調査報告書", 石油産業活性化センター, pp. 27-37

정충섭



1988년 전남대학교 공과대학 화학공학과 공학사
2000년 강원대학교 공과대학 화학공학과 공학석사
2005년 서울시립대학교 환경공학과 공학박사 수료

현재 한국석유품질관리원 연구개발팀장
(E-mail : csjung@kipeq.or.kr)