

차량용 연료로 사용되는 바이오에탄올과 가소홀

이진휘[†] · 임화준

서울과학기술대학교 화공생명공학과
(2012년 9월 20일 접수 ; 2012년 9월 24일 수정 ; 2012년 9월 25일 채택)

Overview of the Bioethanol and Gasohol as a Fuel for Vehicle

Jin-Hui Lee[†] · Hwa-Jun Rheem

*Department of Chemical Engineering, Seoul National University of Science and Technology,
Seoul, 139-743, Korea*

(Received September 20, 2012 ; Revised September 24, 2012 ; Accepted September 25, 2012)

요약 : 가솔린과 에탄올의 혼합물인 가소홀은, 현재 세계 각국에서 가솔린 차량에 사용되고 있다. 본 연구는 바이오에탄올을 도입하게 된 배경, 제조공정, 생산량, 특성, 규격, 적용방법, 규정, 정책 등에 대하여 세계적인 관점에서 자료들을 조사하여 연구를 수행하였다. 따라서, 바람직한 방향을 모색하는 사람들이 참고로 할 수 있도록 하기 위하여, 여러 각도로 가소홀과 관련된 정보를 수집하고 조사하였다. 조사 결과, 바이오에탄올과 가소홀은 여전히 유용한 신재생에너지의 하나이므로, 각국이 처한 현재의 상황과 입장에 따라서 여러 가지 각도로 사용방법을 마련할 수 있도록 접근하여 관련공업에서 일보전진할 수 있도록 방향을 제시하였다.

주제어 : 바이오에탄올, 가소홀, 규격, 기준, 표준.

Abstract : Gasohol which is the mixture of gasoline and ethanol, is used to gasoline vehicles worldwide currently. This study is performed by the methods of the review of references, and includes the background introduced, manufacturing processes, amounts produced, original properties, specifications, ways of applied currently, regulations and policies as a fuel for gasoline vehicles on individual countries through the scope of worldwide, especially focused on bioethanol and gasoline. By the reason above, it is prepared by focused on multiple angles for the person who want to getting information and searching desired ways in the future regarding to bioethanol and gasohol. It is concluded that gasohol is one of the useful renewable energies, and must to take a step forward by the approaching of multiple points, and finally showed some directions by the way of comparing of the situations and references nowadays.

Keywords : bioethanol, gasohol, standard, specification, regulation.

[†]주저자 (E-mail : jinhui@snut.ac.kr)

1. 서론

오늘날 에너지 자원에 관한 문제는 국가를 넘어 전 세계적인 문제가 되고 있다. 화석연료는 한정된 매장량과 일부지역에 편중되어 있어 수급 불안정이란 문제점을 내포하고 있다 [1]. 이에 바이오에탄올(bioethanol)을 혼합한 가솔린(gasoline)은 재생이 가능한 에너지라는 점에서 석유자원 고갈에 대응하기 위해 도입되었고, 또한 이산화탄소 배출 감소에 의한 기후변화협약에 대응하기 위해 보급 필요성이 제기되었다[2].

가소홀은 가솔린과 바이오에탄올의 혼합물로서 경제적, 기술적으로 연구되고 있는 소재이다. 연구 사례로는 바이오에탄올을 가솔린과 혼합한 연료의 품질특성에 관한 연구와 상분리 및 부식성 문제에 대한 연구[3], 가솔린의 첨가물질이 가소홀에 미치는 영향에 관한 연구[4], 바이오에탄올의 제조공정과 에너지절약에 관한 연구[5], MTBE(Methyl tert-butyl Ether) 및 상분리 억제제에 의한 가소홀의 상분리 억제 효과에 관한 연구[6], 에탄올과 가솔린 혼합상에 대한 상분리 현상에 관한 연구[7], MTBE에 대한 연구[8-11]가 있다. 세계 각국에서는 가소홀에 관한 차량연료의 규격 및 기준과 관련된 연구가 수행되고 있다. 가소홀과 관련된 국가기준으로 미국은 ASTM(American Society for Testing and Materials)[12], 유럽은 European Biofuel Standards and Regulations[13], 인도는 Biofuel Standards and Regulations in India[14], 그리고 태국은 Biofuel Standards and Regulations in Thailand[15] 등이 있다.

본 논문에서는 가소홀과 관련된 자료를 통하여, 차량에 도입하게 된 배경, 가소홀 관련 물질의 제조공정, 세계 각국의 바이오에탄올 생산량, 가소홀의 특성, 바이오에탄올 및 가소홀 적용과 제품규격 및 각국의 정책을 제시함으로써 가소홀과 관련된 장래의 정책수립에 참고 하도록 하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 가솔린의 생산방법 및 품질특성

가솔린은 원유를 분별 증류하여 30~200°C 범위의 끓는점에서 액체 상태로 얻을 수 있다. 가솔린은 상온에서 증발하기 쉽고, 인화성이 커서 공기와 혼합될 경우 폭발할 가능성이 높다. 가솔린은 차량의 연료로서 사용되는데, 원유를 분별 증류하여 얻어지는 가솔린은 C₅~C₁₂의 분자 크기로 곧은 사슬구조로 되어 있어서 옥탄가가 55로 매우 낮으므로, 연료가 연속적으로 연소하기 어렵게 되고, 따라서 노킹 현상을 초래하여 엔진의 출력이 감소되고 엔진의 손상을 가져오는 원인이 된다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 가솔린을 방향족 화합물로 변환시키거나 합산소화합물을 가솔린에 배합하여 옥탄가를 높여주어야 한다[6].

가솔린의 옥탄가를 높이기 위하여 사용하는 합산소물질에는 MTBE, 에탄올, ETBE(Ethyl tert-butyl Ether) 등이 있으며, ETBE는 생산단가가 높아 사용량이 매우 제한적이다[16]. MTBE는 석유에서 나온 물질에 의하여 제조되었으므로 가솔린 차량에 의하여 연소될 때 대기 중으로 온실가스를 방출하게 되는 것과는 달리 에탄올은 대기의 탄소 농도 증가를 유발하지 않으나 -OH의 친수기가 대기 중의 수분을 흡수하기 쉬우므로, 주행 중 엔진에 문제를 일으킬 위험이 있다[4]. 한국 가솔린의 품질규격은 Table 1에 나타내었다[18].

Table 1에 의하면 한국에서 가솔린의 품질규격을 결정하는 요소는 옥탄가 등 대략 14개 항목으로 구분하여 관리하고 있다.

Table 2는 주요 선진국의 가솔린 품질규격을 비교한 것이다. 옥탄가의 경우 일본이 가장 낮은 값을 가졌으며, 한국의 경우 영국과 일본과는 다르게 옥탄가의 상한가를 가지고 있다. 증기압의 경우 한국의 범위가 44~82로 가장 넓으며 영국의 범위가 가장 좁다. 황 함량의 경우 일본의 함량이 가장 적으며 영국은 황 함량에 관해서는 다른 두 나라에 비해 높은 편이다. 벤젠함량은 영국과 일본보다 한국측이 다소 높다. 올레핀 함량의 경우 일본은 그와 관계된 규정이 따로 없지만 한국과 영국에는 있는 등 국가별로 관리되는 규격의 차이가 다소 있음을 알 수 있다.

Table 1. The Standard of Gasoline in South Korea[17]

Items		Specifications
Octane value		#1 : above 91~ below 94 #2 : above 94
Distillation	10% efflux temp.(°C)	below 70
	50% efflux temp.(°C)	below 125
	90% efflux temp.(°C)	below 175
	Ending point(°C)	below 225
	Residue (vol %)	below 2.0
Amount of water and residue(vol %)		below 0.01
Corrosion of Cu(50°C/3h)		below 1
Vapor pressure(37.8°C, kPa)		44~82 (summer:44~70, winter:44~96)
Stability of oxidation(min, 8h standard)		above 480
Solvent washed gum(mg/100ml)		below 5.0
Sulfur(mg/kg)		below 130
Color		#1 : Yellow #2 : Green
Lead(g/l)		below 0.013
Phosphorus(g/l)		below 0.0013
Aromatics(vol%)	Total aromatics	below 35
	Benzene	below 1.5
Olefin(FTO, vol%)		below 18(23)
Oxygen(MTBE, wt%)		above 0.5~below 2.3 (winter:above 1.0~below2.3)

Table 2. Comparison of Standards in the Advanced Countries[18]

Items	UK BS EN 228	Japan JIS K 2202	South Korea Law of PB
Octane value	above 90	above 89	91~94
Vapor pressure (37.8°C, kPa)	45~70 (winter 70~100)	44~78 (winter 44~93)	44~82 (winter 44~96)
Sulfur(wt%)	below 150 mass ppm	below 100 mass ppm	below 130 mass ppm
Benzene(vol%)	below 1.0	below 1	below 1.5
Olefin(vol%)	below 21.0	-	below 18(23)

2.2. 바이오에탄올의 생산방법 및 품질특성

바이오에탄올의 대표적인 원료는 사탕수수·밀·옥수수·감자·고구마·보리 따위의 녹말 작물이다. 사탕수수로부터 추출한 사탕액은 효모에 의해 직접 에탄올 농도 12~15%의 용액으로 전환된다. 이후 에탄올을 농축하여 무수 에탄올로 만든다. 옥수수, 고구마 등과 같은 전분계 바이오매스를 원료로 사용하는

경우는 바이오매스에 포함된 녹말을 효모가 발효할 수 있는 당으로 전환하기 위한 증자단계가 추가된다[19]. 바이오매스를 원료로 하여 생산된 바이오에탄올은 식물생장 과정에서 자동차 배기가스 중의 CO₂를 흡수하기 때문에 탄소중립(carbon-neutral)이란 관점에서 각국이 정책적으로 사용을 적극 권장하고 있다[17]. 그러나 에탄올은 금속재질을 부식시키

고 고무재질을 변형시키며, 물과 상호 용해성 및 흡습성을 갖고 있어서 에탄올과 가솔린을 혼합한 혼합물의 경우, 대기 중의 수분을 흡수하거나 수분이 혼입 되어 일정량 이상의 수분 농도가 되면 가솔린층과 물-에탄올층으로 분리되는 상분리 현상이 발생하고, 상분리가 일어나면 옥탄가가 떨어지는 등 연료로서의 기능이 저하되어 차량에서의 성능저하는 물론 차량 부품에 손상을 일으킬 수 있다[3].

바이오에탄올은 1970년대 중반 이후 브라질을 중심으로 상용화되어, 미국은 1990년대, 유럽국가들은 2000년 이후, 인도와 태국, 중국, 오스트레일리아, 캐나다는 2001년 이후 그리고 뒤이어 페루와 콜롬비아 등 중남미 국가들에서 생산량의 급격한 증가하거나 새로이 생산을 시작하였다. 브라질과 미국은 세계 생산량의 약 70% 정도를 차지하고 있다[1]. 바이오에탄올의 규격은 4절, Table 3~11에 보였다.

2.3. 가소홀의 생산방법 및 품질특성

가소홀은 가솔린베이스(gasoline base) 즉, MTBE를 포함하지 않은 서브 옥탄 가솔린(sub-octane gasoline)에 메탄올·에탄올 등의 알코올류를 혼합한 연료이다[20]. 에탄올은 구조식에 C_2H_5- 의 친유기와 $-OH$ 의 친수기를 동시에 갖고 있기 때문에 친유기와 가솔린과의 혼화성은 좋은 반면, 친수기는 대기 중의 수분을 흡수하기 쉽다[4]. 가소홀에 포함된 수분 함량 증가 또는 온도가 낮아짐에 따라 가솔린-에탄올 층과 물 층의 상분리 현상이 가속된다. 이와 같은 상분리 현상은 연료효율의 감소 뿐 만 아니라 엔진문제로 인한 차량사고의 원인이 되므로, 에탄올의 유통과정에 있어서 수분의 혼입 가능성을 최소화 하여야 하기 때문에 미국과 브라질의 경우 정유소가 아닌 저유소에서 에탄올과 가솔린을 혼합하여 주유소로 보내며 주유소의 저장 탱크에 대해서는 별도의 시설 보수를 통해 수분 혼입 가능성을 최소화하고 있다[20].

무수에탄올을 가솔린베이스와 임의의 농도로 혼합한 가소홀을 실험온도($-40\sim 20C$)에서 측정할 결과 상분리 현상이 일어나지 않았으며, 무수에탄올과 가솔린베이스를 혼합한 가소홀 용액(E1~E70)에 0~5%의 수분을 첨가한 실험의 경우, 가소홀에 0~2%의 수분을 첨가한

경우 상분리가 일어나지 않았고, E30~E70에서 상분리 현상이 일어나지 않았다[4].

3. 각국의 자동차 연료용 바이오에탄올 규격

브라질, 미국, 아시아 국가 및 유럽의 차량 연료용 바이오에탄올 품질규격을 Table 3~11에 소개하였다[21, 22]. Table 3은 브라질 석유청 제정한 규격으로 가솔린 혼합용 무수에탄올을 대상으로 한 「연료용 무수에탄올 규격(무수규격)」과 에탄올 자동차용 순수 합수 에탄올을 대상으로 한 「연료용 합수에탄올 규격(합수규격)」의 두 종류가 있다. Table 4는 미국의 규격으로, 스파크 점화식 자동차엔진용 가솔린에 첨가되는 무수 변성연료 에탄올에 관한 것이다. Table 5는 2001년 중화인민공화국 국가품질 기술 감독국에서 제정한 「연료용 변성에탄올」 규격이다. Table 6은 2006년 일본의 사단법인 자동차기술회에서 제정한 「자동차 연료-혼합용 에탄올」이다. Table 7은 인도의 자동차 연료용 무수에탄올 규격, Table 8은 태국에서 2005년 제정한 「변성연료에탄올 규격」, Table 9는 필리핀 에너지성(省) 석유제품 및 첨가물 기술위원회에서 2005년에 제정한 「바이오에탄올연료(E100)규격」이다[21]. 스웨덴과 폴란드의 규격은 각각 Table 10과 Table 11에 보였다[22].

3.1. 각국의 자동차 연료용 바이오에탄올 규격

Table 3에 보는 바와 같이 브라질의 규격은 15개의 항목으로 되어 있다.

Table 4에 보는 바와 같이 미국의 규격은 12개의 항목으로 되어 있다.

Table 5에 보는 바와 같이 중국의 규격은 9개의 항목으로 되어 있다.

Table 6에 보는 바와 같이 일본의 규격은 11개의 항목으로 되어 있다.

Table 7에 보는 바와 같이 인도의 규격은 11개의 항목으로 되어 있다.

Table 8에 보는 바와 같이 태국의 규격은 12개의 항목으로 되어 있다.

Table 9에 보는 바와 같이 필리핀의 규격은 12개의 항목으로 되어 있다.

Table 3. The Standard of Ethanol as a Fuel in Brazil[21]

브라질 국가 석유청 명령 No. 2. 2002년 1월 16일

Items	Units	Anhydrous ethanol	Hydrous ethanol
Apperance	-	transparent and no suspension	
Color	-	colorless or pale yellow	
Acidity	mg/L	below 30	
Conductivity	$\mu\text{S/m}$	below 500	
Density(20C)	kg/m^3	below 791.5	807.6-811.0(*1)
Alcohol content	wt%	below 99.3	92.6-93.8(*2)
pH	-	-	6.0~8.0
Residue after distillation(*3)	mg/100ml	-	below 5
Hydrocarbon content(*3)	vol%	below 3.0	
Chloride ion(*3)	mg/kg	-	below 1
Ethanol content(*4)	vol%	above 99.3	above 92.6
Sulfate	mg/kg	-	below 4
Iron		-	below 5
Sodium		-	below 2
Copper(*5)		below 0.07	-

*1: 수입 및 유통에는 805.0-811.0 적용

*2: 수입 및 유통에는 92.6-94.7 적용

*3: 수입 및 유통에 적용

*4: 사탕수수의 발효 이외의 방법으로 생산된 에탄올 함량에 적용

*5: 제조설비와 배관 등에 구리 또는 구리합금이 사용되고 있는 경우에 적용

Table 4. The Standard of Ethanol as a Denatured Fuel in USA[21]

ASTM D 4806-07 (2007년 7월 15일 승인)

Items	Units	Denatured ethanol
Appearance	-	transparent and no suspension
Ethanol	vol%	above 92.1
Methanol		below 0.5
Solvent washed gum	mg/100ml	below 5.0
Moisture	vol%	below 1
Denaturant content		1.96~4.76
Inorganic chloride	ppm(mg/ml)	below 40(32)
Copper	mg/kg	below 0.1
Acidity(as a acetic acid)	mass%(mg/L)	below 0.007(56)
pH	-	6.5~9.0
Sulfur	mass ppm	below 30
Sulfate salt		below 4

Table 5. The Standard of Ethanol as a Denatured Fuel in China[21]
[GB 18350-2001 (2001년 4월 15일 실시)]

Item	Units	Denatured ethanol
Appearance	-	transparent and no suspension
Ethanol	vol%	above 92.1
Methanol		below 0.5
Solvent washed gum	mg/100ml	below 5.0
Moisture	vol%	below 0.8
Chloride ion	mg/L	below 32
Acidity(as a acetic acid)		below 56
Copper		below 0.08
pH	-	6.5~9.0

Table 6. The Standard of Japanese Automobile Standard Organization (JASO)[21]
JASO M 361:2006 「자동차연료-혼합용 에탄올」 (2006년 10월 3일 제정)

Items	Units	Specifications
Appearance	-	transparent and no suspension
Alcohol content	vol%	above 99.5
Methanol	g/L	below 4.0
Moisture	mass%	below 0.70
Organic impurities (except methanol)	g/L	below 10
Conductivity	$\mu\text{S/m}$	below 500
Residue after distillation	mg/100ml	below 5.0
Copper	mg/kg	below 0.1
Acidity(as a acetic acid)	mass%	below 0.0070
pH	-	7.0 \pm 1.0
Sulfur	mg/kg	below 10

Table 7. The Standard of Anhydrous Ethanol as a Automobile Fuel in India[21]

Items	Units	Specifications
Specific gravity at 15.6/15.6C	-	below 0.7961
Ethanol content at 15.6C (except denaturant content)	vol%	above 99.5
Immiscibility	-	Admixture
Basicity	-	not detected
Acidity(as a acetic acid)	mg/L	below 30
Residue after distillation	wt%	below 0.005
Aldehyde(as a acetaldehyde)	mg/L	below 60
Copper	mg/kg	below 0.1
Conductivity	$\mu\text{S/m}$	below 300
Methanol	mg/L	below 300
Appearance	-	transparent liquid

Table 8. The Standard of Ethanol as a Denatured Fuel in Thailand[21]

Items	Units	Specifications
Ethanol and saturated higher alcohols	vol%	above 99.0
Saturated alcohols as carbon No. 3-5		below 2.0
Methanol		below 0.5
Solvent washed gum	mg/100ml	below 5.0
Water	wt%	below 0.3
Inorganic chlorides	mg/L	below 20
Copper	mg/kg	below 0.07
Acidity(as a acetic acid)	mg/L	below 30
pH	-	6.5~9.0
Conductivity	μS/m	below 500
Apperance	-	transparent, no suspension and no phase separation
Additives	-	approved by Govt. authority

Table 9. The Standard of Bioethanol as a Fuel(E100) in Philippines[21]

Items	Units	Specifications
Denatured content*	vol%	1.96~4.76
Ethanol content(Denatured)		above 95.8
Methanol		below 0.5
Acidity/Basicity	pHe	6.5~9.0
Copper	mg/kg	below 0.1
Specific gravity (at 20°C)(not denatured)	kg/L	below 0.7915
Conductivity	μS/m	below 500
Ethanol content(Manufactured)	vol%	above 99.3
Inorganic chlorides	mg/L	below 40
Acidity(as a acetic acid)	vol%	below 0.007
Moisture		below 0.7
Apperance	-	transparent, no suspension and no phase separation

* 무연가솔린(프리미엄급 이상)만 사용 가능.

Table 10. The Standard of Ethanol as a Sekab 99.5% in Sweden[22]

Items	Units	Specifications
Apperance	-	transparent and no suspension
Ethanol content	vol%	above 99.8
Moisture content	wt%	below 0.3
Aldehyde(as a acetaldehyde)	wt%	below 0.0025
Acidity(as a acetic acid)	wt%	below 0.0025
Methanol content	mg/L	below 20
Density	g/mL	below 0.790

Table 11. The Standard of Ethanol as a Fuel in Poland[22]

Items	Units	Specifications
Ethanol content	vol%	above 99.6
Moisture content	wt%	below 0.4
Chlorine content	mg/L	below 40
Copper content	mg/kg	below 0.1
Methanol content	vol%	below 0.2
Acidity(as a acetic acid)	g/L	below 0.03

Table 12. Comparison of Appearances

Countries	Brazil	USA	China	Japan	India	Sweden	Tailand	Philippines	Poland
Specifications	transparent and no suspension								-
	-						no phase separation		-

Table 13. Minimum Ethanol Content

	Countries	Specifications
Brazil	Anhydrate ethanol	above 99.3mg/kg
	Hydrate ethanol	above 92.6mg/kg
	India	above 99.5vol%
	Tailand	above 99.0vol%
	Philippines	above 95.8vol%
	Sweden	above 99.8vol%
	Poland	above 99.6vol%
	USA	above 92.1vol%
	China	
	Japan	

Table 10에 보는 바와 같이 스웨덴의 규격은 7개의 항목으로 되어 있다.

Table 11에 보는 바와 같이 폴란드의 규격은 6개의 항목으로 되어 있다.

Table 13은 에탄올 함량에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 스웨덴은 99.8vol%로 가장 높은 반면 일본과 미국은 92.1vol%로 가장 낮다.

4. 각국의 자동차 연료용 바이오에탄올 규격 비교

4.1. 바이오에탄올 규격 비교

다음 Table 12 ~ 18은 각국의 바이오에탄올 규격을 비교, 정리한 것이다.

Table 12는 외관에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 대부분의 국가들은 투명성과 부유물을 대상으로 하고 있으나, 태국과 필리핀은 상분리를 규격에 포함하고 있다.

Table 14. Maximum Moisture Content

Countries	Specifications
Brazil	-
USA	below 1vol%
China	below 0.8vol%
Philippines	below 0.7vol%
Tailand	below 0.3wt%
Sweden	
Poland	below 0.4wt%
Japan	-
India	-

Table 15. Comparison of Conductivities

Countries	Specifications
Brazil	below 500 μ S/m
Japan	
Tailand	
Philippines	
India	below 300 μ S/m
USA	-
China	-
Sweden	-
Poland	-

Table 16. Maximum Methanol Content

Countries	Specifications
Brazil	-
USA	below 0.5vol%
China	
Tailand	
Philippines	
Japan	below 4.0g/L
India	below 300mg/L
Sweden	below 20mg/L
Poland	below 0.2vol%

Table 14는 수분함량에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 미국은 1vol% 미만인 반면, 태국과 스웨덴은 0.3wt%로 가장 엄격하다.

Table 15는 전기전도도에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 인도의 기준이 300 μ S/m으로

가장 낮고, 브라질 등 3개국은 500 μ S/m이하이며, 미국 등 몇나라의 규정에는 이 항목이 없다.

Table 16는 메탄올에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 브라질은 규정에 이 항목이 없으며, 미국 등 3개국은 0.5vol%인 반면 폴란드는 0.2vol%로 가장 엄격하다.

Table 17는 구리함량에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. Table 17은 구리 함량에 대한 비교이다. 허용범위는 0.07mg/kg~0.1mg/kg이 나, 브라질의 함수에탄올과 스웨덴, 폴란드에는 이 항목이 없다.

Table 18은 산도에 대한 각국의 기준을 비교한 것이다. 스웨덴의 0.0025wt%이하이고, 미국 등은 0.007mass%이하로 규정하고 있다.

Table 18. Comprison of Acidities

Countries	Specifications
Brazil	30mg/L
Tailand	
India	
Poland	
USA	below 0.007mass% (56mg/L)
China	
Japan	
Philippines	below 0.007vol%
Sweden	below 0.0025wt%

Table 17. Maximum Copper Content

Countries	Specifications	
Brazil	Hydrous as fuel ethanol	-
	Anhydrous as fuel ethanol	below 0.07mg/kg
Tailand	below 0.1mg/kg	
USA		
Japan		
India		
Philippines		
China		0.08mg/L
Sweden	-	
Poland	-	

5. 국가별 에탄올 생산, 소비 및 수출입 현황

국가별 생산, 소비 및 수출입 현황을 Table 19 ~ 23에 나타내었다[23].

Table 19는 과거 미국의 에탄올 수요, 공급의 전환점을 맞이한 시기를 보인다. 표에서 2006년 1월에 미국의 에탄올 생산량은 3.75×10^8 gal으로 소비량인 3.5×10^8 gal을 초과하였으나, 같은 해 12월에는 에탄올 소비량의 빠른 증가로 생산량이 소비량에 미치지 못하게 되었다.

미국은 2008년 미국의 바이오에탄올 생산량은 9.24×10^8 gal으로 미국 전체 수송연료 소비량의 4~5%를 차지했다.

Table 20은 과거 브라질의 에탄올, 생산, 소비 및 수출과의 관계를 보인다. 브라질은 꾸준히 바이오에탄올의 생산 증가를 보이고 있으며, 2004년부터는 수출량이 급격하게 늘어나고 있고, 현재 세계적으로 유력한 바이오에탄올 수출국가이다.

브라질은 자국 내 풍부한 사탕수수로부터 추출한 당을 원료로 생산한 바이오에탄올을 자동차용 연료첨가제가 아닌 주 연료의 형태로 적용하고 있다. 즉, 전체 휘발유 차량에 의해 소비되는 연료의 40%를 자국 내에서 생산된 바이오에탄올로 충당하고 있다. 이와 같은

바이오에탄올의 적극 보급은 자국에서 생산되는 사탕수수의 안정적인 소비처를 확보하게 함으로써 농민들에게 안정적 수입을 보장할 뿐만 아니라 원유 수입량을 줄임에 의한 무역수지를 개선하는 등 다각적인 효과를 얻고 있다.

Table 21. The Amount of Production for Ethanol in China

Year	2004	2005
Production	3.0×10^5 ton	9.2×10^5 ton

Table 21, 22는 중국의 바이오에탄올 생산, 수입, 수출자료인 데, 표에서 중국은 2004년과 2005년의 1년 사이에 에탄올 생산량이 3배가량 급격히 증가한 것을 알 수 있다.

Table 22는 중국의 에탄올을 수출량은 수입량보다 월등히 많다는 것을 알 수 있다. 그러나 그 수입물량은 점점 증가하고 있다. 최대수출국은 일본으로 2005년 중국의 총 에탄올 수출량의 약 49%를 차지하고 있고, 최대수입국은 South Africa로서 2005년 중국의 에탄올 수입량의 59.26%를 차지했다.

Table 23은 독일과 프랑스의 바이오에탄올 생산량을 나타내었다. 독일의 바이오에탄올 생산량은 2004년 2.0×10^4 ton (2.4×10^7 리터)에서

Table 19. The Amount of Production, Consumption, Import and Export for Ethanol in USA

Years	Production (1000gal)	Import (1000gal)	Export (1000gal)	Consumption (1000gal)
Jan. 2006	375,564	2,687	0	352,631
Dec. 2006	462,966	37,561	0	520,147
Jan. 2007	488,082	44,433	0	538,983

Table 20. The Amount of Production, Consumption and Export for Ethanol as a Fuel in Brazil

Year	Production, $\times 10^3$ kL	Consumption, $\times 10^3$ kL	Export, $\times 10^3$ kL
2000	10,520	10,293	227
2001	11,470	11,124	346
2002	12,490	11,732	758
2003	14,660	12,703	757
2004	15,160	12,752	2,408

Table 22. The Amount of Import and Export for Ethanol as a Fuel in China

	Countries	2001(ton)	2002(ton)	2003(ton)	2004(ton)	2005(ton)
E x p o r t	Japan	141,310	81,971	152,755	49,975	79,375
	South Korea	72,719	18,874	80,664	16,881	39,144
	Taiwan	10,741	10,177	26,363	21,909	22,655
	North Korea	2,348	2,053	1,690	6,844	14,648
	Singapore	744	372	15,189	46	5,063
	Myanmar	667	623	734	417	309
	Orders	10,894	1,179	6,707	840	1,010
	Sum	249,423	115,248	284,101	96,912	162,204
I m p o r t	South Africa	0	0	0	0	11,610
	Brazil	0	1,335	2,139	1	3,542
	Japan	52	1,765	1,827	1,900	1,807
	New Zealand	0	0	0	36	1,298
	South Korea	40	21	24	40	992
	Australia	35	20	33	1,877	108
	Taiwan	87	134	109	114	103
	USA	15	9	31	25	35
	UK	17	29	32	9	31
	Germany	4	7	7	32	31
	Order	205	238	115	218	32
	Sum	455	3,558	4,317	4,252	19,589

Table 23. The Amount of Production for Ethanol in Europe

Countries	2004	2005
Germany	$2.0 \times 10^4 \text{ton} (2.4 \times 10^7 \text{L})$	$1.2 \times 10^5 \text{ton} (1.44 \times 10^8 \text{L})$
France	$8.09 \times 10^4 \text{ton} (9.7 \times 10^7 \text{L})$	$9.98 \times 10^4 \text{ton} (1.2 \times 10^8 \text{L})$

2005년 1.2×10^5 톤(1.44×10^8 리터)로 600% 증가하였다.

프랑스는 유럽에서 스페인, 스웨덴, 독일과 함께 바이오에탄올의 주요 생산국이다. 2005년 프랑스에서 바이오에탄올 소비량은 1.11×10^5 톤(1.34×10^8 리터)로 이 양은 프랑스 가솔린 총 소비량의 0.82%에 해당되는 양이다.

6. 각국의 가소홀 관련정책

Table 24는 각국의 가소홀 적용방법과 정부의 지원 및 정책을 보인 것이다.

Table 24에 보인 바와 같이, 바이오에탄올을 차량에 적용하는 방법은 바이오에탄올 전용차

량에 100% 또는 거의 100%에 육박하는 양과 가솔린을 혼합하여 사용하는 방법, 가솔린에 바이오에탄올을 10~20%의 비교적 대량으로 사용하는 방법, 그리고 가솔린에 3~75의 소량을 혼합하여 사용하는 방법 등을 적용하고 있다. 바이오에탄올을 적극적으로 장려하는 브라질, 미국의 경우는 바이오에탄올 전용차량과 FFV를 구분하여 놓고 있고, 미국은 일반 가솔린차량에도 바이오에탄올을 사용할 수 있게 하였다.

각국의 정책은 지원정책과 의무적으로 부과하는 정책으로 나뉠 수 있으며, 의무적인 정책에는 브라질에서 22% 이상의 바이오에탄올 사용 의무, 중국에서 E10 사용을 의무 한 것과 미국의 경우 토양오염 등 환경문제 때문에

Table 24. Policy and Application of Bioethanol for Automobile[24]

Country	Mixing Ratio	Vehicles	Policy
Brazil	100% as Bioethanol	B.E. exclusively	· Obligation as a mixture with gasoline and 22±2% as B.E.
	Gasoline 80%+Bioethanol 20%	FFV (Flexible-fuel vehicle)	· Federal tax of Industry is exemption for the vehicle of B.E. exclusively and FFV · Exemption of local tax for B.E. exclusively and FFV(25% mean)
U.S.A.	Gasoline 15%+ Bioethanol 85%	B.E. exclusively	· Prohibition to add MTBE
	Gasoline 90%+Bioethanol 10%	FFV	· Exemption of tax for the mixture of gasoline and B.E. (51 ¢/gal.)
	Gasoline 93%+Bioethanol 7%	Gasoline Vehicle	· Ethanol producer of small scale be received the support and finance
Europe	Gasoline 95%+Bioethanol 5%	Gasoline Vehicle	· Tax cut and exemption for gasohol in France and Germany · Farmhouse for B.E. plantation be received the finance by law · In Germany, sales E10 in the all gas stations from early 2011, and sales E85 in the 350 gas stations.
Japan	Gasoline 97%+Bioethanol 3%	Gasoline Vehicle	· Enact the law of "Expansion of New Energy"
	Gasoline 90%+Bioethanol 10%	under Investigation	· Mixing of bioenergy is possible in the gas station, and introduce the exemption of tax.
China	Gasoline 90%+Bioethanol 10%	Gasoline Vehicle	· Obligation for the use of E10 from 2005 · Oil company be received the support of 1,373CNY(178,490won) for use of B.E.

MTBE의 사용을 금지하고 있고, 또한 바이오연료 보급을 위해서 재생가능 연료혼합 의무화제도(Renewable Fuel Standard: RFS)를 2005년부터 시행하고 있다.

지원정책은 우선, 브라질과 같이 바이오에탄올을 사용차량에 대한 세금감면의 방법, 둘째로는 미국, 유럽, 일본, 중국과 같이 가솔린에 대한 세금감면의 방법, 세번째로 미국과 같이 바

이오에탄올 제조사에 대한 보조 및 용자지원을 하는 경우와, 유럽국가들의 작물재배 농가에 보조하는 경우를 들 수 있다.

각국의 주요정책을 세부적으로 알아보면, 독일의 경우 휴경보조금 제도를 통해 경작면적의 10%를 휴경지로 지정하여 휴경함을 원칙으로 하나, 에너지작물의 경우 예외적으로 재배를 허용하고 있다. 2011년 초부터 독일 내

모든 주유소에서 E10을 판매하기 시작하였다. 일본의 경우 휘발유 97%와 바이오 에탄올 3%의 비율로 일반 차량에 사용되고 있으며 향후 휘발유 90%와 바이오 에탄올 10%의 혼합비율의 사용에 대해 검토중이다. 중국은 2005년부터 5개성(흑룡강성, 길림성, 요녕성, 하남성, 안휘성)에서 E10사용을 의무화 하였다. 인도정부는 2003년부터 Punjab 등 9개의 주요 사탕수수 재배주와 Daman & Diu 등 4개 연합지역에 E5 보급의무화를 추진하였다.

7. 결과 및 고찰

바이오에탄올은 화석에너지의 가체한계량, 자원의 편중, 온실가스의 방출 등의 문제점으로 인하여 세계 각국은 차량연료로써 가솔린의 대체연료로서 적극 검토하고 있으며, 이미 많은 세계 주요 국가에서 사용되고 있는 중이다.

바이오에탄올을 차량용 연료로 사용하기 위해서는 에탄올 전용차량을 이용하여 바이오에탄올 100%에 의하여 차량을 구동하는 방법과, 가솔린-에탄올 혼용차량을 이용하여 기존에 사용하고 있는 가솔린에 바이오에탄올을 혼합하여 사용하는 방법이 있다. 바이오에탄올을 차량용 연료로 사용하는 데 있어서 가장 문제가 되는 점은, 바이오에탄올 연료는 유통과정에서 필연적으로 수분과 접하게 되며 수분이 일정 범위 이상 혼합되는 경우에는 연료로서의 성능저하와 함께 차량 부품의 손상 및 승객의 안전에 심각한 문제를 초래할 수 있으므로 각별한 주의가 요망된다.

각국은 차량용 연료로서 바이오에탄올에 대한 규격을 정하여 관리하고 있는 데, 국가별로 항목이 다소 다르기는 하지 만, 공통적으로 외관, 에탄올 함량, 수분함량, 메탄올 함량, 전도도, 구리함량, 산도 등의 항목에 규격을 정하여 관리하고 있다. 이것은 에탄올 이외의 불순물 혼입으로 인한 연료로서의 성능저하는 물론 각종 문제점 발생에 대한 우려와, 수분혼입에 의하여 발생하는 문제점을 없애는 데 필요한 수분양의 규제 필요성, 유해 불순물에 의한 환경오염을 방지하기 위한 관점에서 규격이 제정되었다고 할 수 있다.

바이오에탄올은 브라질, 중국, 미국이 생산대

국이며 이들 나라에서 이미 시행되고 있는 바이오에탄올 차량에 의한 소비로 인하여 사용량이 급격하게 증가하고 있으며, 바이오에탄올의 생산량이 미미하거나 없는 국가에서 바이오에탄올 차량을 보급하기 위하여는 다른 국가에서 수입 또는 자체 생산 등의 방법을 강구하여야 하므로, 세계 각국의 바이오에탄올 시장동향과 수요 확보에 노력을 기울여야 할 것이다.

자동차 연료용 관련 바이오에탄올에 대한 각국의 지원 및 의무제도 중 의무정책으로는 바이오에탄올 사용 의무, MTBE의 사용 금지조항을 들 수 있다. 지원정책은 바이오에탄올 전용차량 또는 바이오에탄올과 가솔린을 다소간에 혼합한 가소홀을 사용하는 방법으로 나뉘며, 전용차량과 FFV 및 일반 가솔린 차량에 바이오에탄올을 적용하는 방법으로 구분하여 바이오에탄올 사용차량 또는 가소홀에 대한 세금감면의 방법, 바이오에탄올 제조사에 대한 보조 및 융자지원을 하는 경우와, 작물재배 농가에 보조하는 등의 방법을 사용하고 있다.

8. 결론

차량용 연료로 사용되는 바이오에탄올과 가소홀에 대하여 조사 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 바이오에탄올과 가소홀은 화석에너지가 갖는 문제점인 자원고갈에 대한 대책, 자원의 편중으로 인한 에너지난의 해소, 온실가스 방출 등의 문제점으로 인하여 적극 검토하여야 한다.
2. 바이오에탄올을 차량용 연료로 사용하기 위해서는 수분관리를 적절히 하여, 인명 및 차량의 위해에 대한 대비를 철저히 하여야 하므로 바이오에탄올, 가솔린, 가소홀에 대한 특성 파악으로 차량과 바이오에탄올의 친화성을 최대한 높여야 한다.
3. 바이오에탄올 생산대국인 브라질, 중국, 미국과 잠재적인 생산대국인 동남아시아와 아프리카의 생산 및 시장동향을 파악하여, 국내 도입과 관련된 사전 연구를 통하여 바이오에탄올의 예상되는 수요를 확보하여야 한다.

4. 바이오에탄올의 수요 창출을 위하여 각국에서 시행되고 있는 지원, 금지 및 의무혼합제도를 적극 검토하여, 지역 및 환경 특성에 맞는 제도를 도입하여야 하며, 새로운 대안의 검토도 적절하게 이루어져야 한다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 일반과제 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. R. Kim, Current Status and Prospect of Bioethanol, *Auto Journal*, 30,32,33 (2010).
2. C. S. Jung, The Korean Society of Automotive Engineers 2007 Fuel and lubrication Research Workshop, 61 (2007).
3. C. S. Jung, *Renewable Energy*, **2(4)**, 104 (2006).
4. J. H. Lee, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, **28(3)**, (2011).
5. Shiro Ikeda, *Fine Chemicals*, **37(4)**, (2008).
6. J. H. Lee, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, **25(2)**, (2008).
7. J. H. Lee, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, **24(1)**, (2007).
8. Y. W. Chung, *The journal of Korean Society of Soil and Groundwater Environment*, **12(2)**, 27 (2007).
9. C. G. Lee, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **32(8)**, 767 (2010).
10. K. C. Cho, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **30(2)**, 190 (2008).
11. Y. J. An, *J. Environ.Toxicol.*, **21(2)**, 93 (2006).
12. Ben Bonazza, International Conference on Bioifuels Standards, Brussels, 27 (2007).
13. Barry Cahill(PSA Peugeot Citroen), European Biofuel Standards and Regulations, Convenor Cen Task Force Ethanol Convenor Cen Task Force Biodiesel, 27 (2007).
14. Y. P. Rao, International Conference on Biofuels Standards, Brussels, 27 (2007).
15. Panida Thepkhun, International Conference on Biofuels Standards, Brussels, 27 (2007).
16. Korea Environment Institute, Research Report for Bio-fuel, Ministry of Environment, (2007)
17. SeoulTech, Study on the Development of Bio-gasohol Fuel with Fermentative Ethanol and Engine Application Performance for Automobile; Study on the Bio-ethanol Fuel on Engine Performance and Exhaust Emission Characteristics, 32 (2006).
18. J. M. Lee, Trends of Quality Control of Automotive Fuel, 11 (2005).
19. Setting a Quality Standard for Fuel Ethanol, IFQC(International Fuel Quality Center), 29 (2004).
20. SeoulTech, Ministry of Commerce, Study on the Development of Bio-gasohol Fuel with Fermentative Ethanol and Engine Application Performance for Automobile; Study on the Bio-ethanol Fuel on Engine Performance and Exhaust Emission Characteristics, 37 (2005).
21. J. S. Lee, Current Aspects and Future Prospects of Bioethanol as a Motor Fuel, 25 (2006).
22. J. H. Kim, Manufacturing Technology and Application for Bioethanol, 195 (2007).
23. New-Renewable Energy Center in the Korea Energy Management Corporation, 2030 Series of RD & D Strategy for Bioenergy Vehicle, Bookshill, 71 (2008).
24. C.S.jung, Actual Assessment to Introduce Bio-ethanol Blended Fuel. Ministry of Knowledge Economy, 34 (2008).
25. Ministry of Knowledge Economy, News of Middle East Investment, **245**, 29 (2011).

26. K. S. Kwon, The Current Situation and Prospect of Bioethanol on Brazil, Focus in the Knowledge & Economy of Kiep **7(16)**, 4 (2007).
27. J. I. Ryu, *Journal of Korea Society of Automotive Engineers(KSAE)*, **9(2)**, 12 (1987).
28. Y. E. Na, *J. of Korea*, **18(3)**, 14 (2010).