

수송용 바이오 연료의 보급 현황 및 관련 기술 동향

이용규, 오승묵, 강건용, 정동수 | 한국기계연구원

1. 서론

석유 부존 자원의 고갈에 따른 미래 에너지 보급 위기와 자동차에서 배출되는 이산화탄소 발생량 증가에 따른 지구 온난화 현상에 대한 불안감은 최근에 들어 바이오 연료에 대한 관심과 그 시장의 성장을 가져왔다. 이러한 성장의 이면에는 세계 각국의 바이오 연료 공급에 대한 정책적인 의무 규정과 재정적인 지원 정책이 존재하고 있어, 법규 만족을 위해서라도 바이오 연료 시장은 더욱더 성장할 것으로 예상되고 있으며, 그 연료 공급 경로 또한 국제적인 규모로 성장할 것으로 예상된다.

본 고에서는 현재 대표적인 가솔린 대체 연료인 바이오 에탄올과 디젤 대체 연료인 바이오 디젤 연료에 대한 보급 동향과 자동차 적용 관련 기술을 소개하고자 한다.

2. 바이오디젤

2.1 바이오 디젤의 개요

바이오디젤(bio-diesel)은 유채, 해바라기씨, 팜유 등과 같은 식물성 오일, 우지 등과 같은 동물성 지방, 혹은 폐 식용유 등과 같이 다양한 자원으로부터 얻은 메틸 에스테르(methyl esters) 연료를 총칭하는 것으로서, [그림 1]에 나타난 것과 같이 그 화학 구조가 경유와 유사해 디젤 대체 연료로서 사용될 수 있다는 의미를 내포하고 있다.

일반적으로 바이오 디젤은 트랜스-에스테르화 과정(trans-esterification)이라 불리는 촉매 반응을 거쳐 제조되는데, 이 촉매 과정 중에 메탄올과 같은 알콜과 촉매기에 의해서 그 반응이 촉진된다. 유럽의 경우, 유채꽃을 이용한 바이오 디젤 제조 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 미국의 경우는 대두유가 그 제조 원료의 주를 이루고 있다. 개략적인 바이오 디젤의 제조 공정을 [그림 2]에 나타내었다.

이러한 공정의 최종 생산물인 바이오 디젤은 디젤 연료와 물성치 측면에서 흡사하고 자발화의 척도가 되는 세탄가가 비슷하지만, 단위 질량당 에너지 함유량이 낮고, 점도가 다소 높다는 특징이 있다. 또한 연료 자체에 질량 기준으로 11% 정도의 산소가 함유되어 있어, 연소실에서 Soot 성분의 산화 과정을 일으켜 입자상 물질(PM, particulate matter)의 발생이 억제된다. 하지만 연소실의 고온 고압 상태에서 가용 산소 성분의 존재는 NO_x의 생성을 촉진하는 문제를 일으키기도 한다. 바이오 디젤과 디젤 연료의 주요 물성치를 [표 1]에 나타내었다.

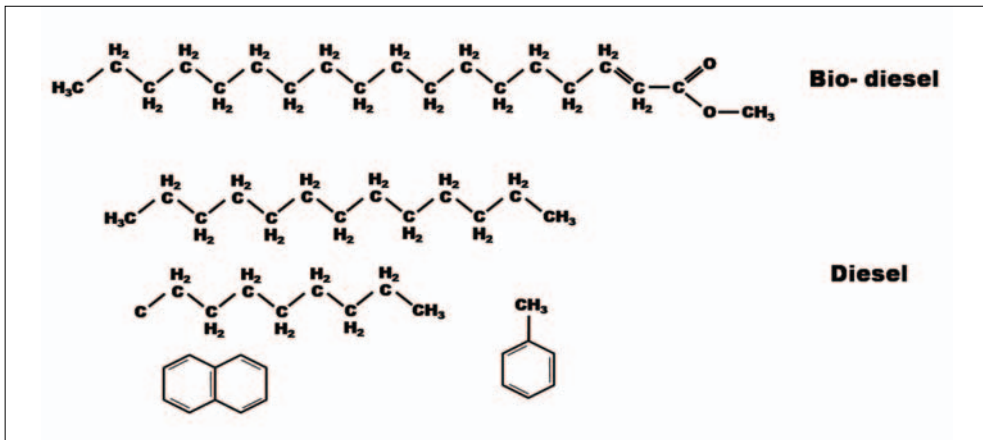


그림 1. 바이오 디젤과 디젤 연료의 화학 구조

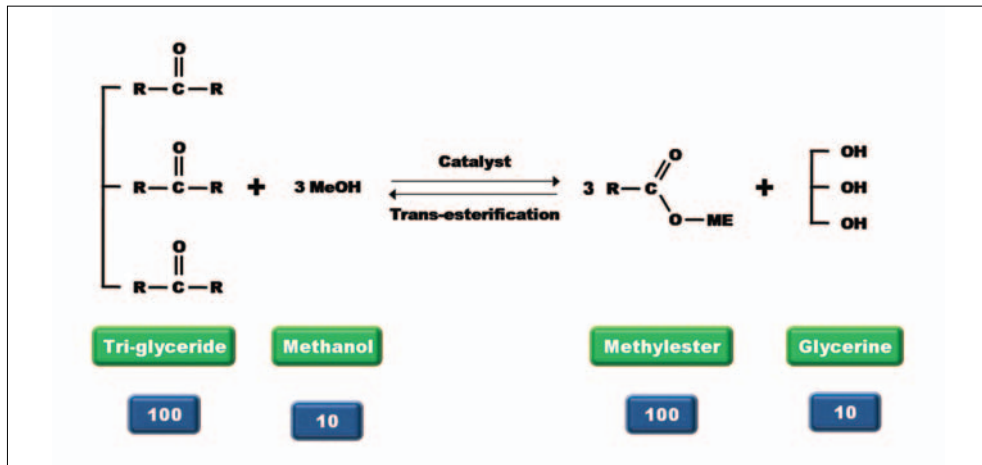


그림 2. 바이오 디젤의 제조 방법

표 1. 바이오디젤 연료의 물성치

Properties	Diesel	Bio-diesel
Lower heating value ,Btu/gal	131.295	117.093
Kinematic viscosity@40℃	1.3 ~ 4.1	1.9 ~ 6.0
Oxygen, wt %	0	11
Density, lb/gal @15℃	7.079	7.328
Sulfur, wt%	0.05 max	0.0 ~ 0.0024 max
Boiling point, ℃	188 ~ 343	182 ~ 338
Cloud point, ℃	-15 ~ 5	-3 ~ 12
Flash point, ℃	60 ~ 80	100 ~ 170
Pour point, ℃	-35 ~ -15	-15 ~ 10
Centane number	40 ~ 55	48 ~ 65
Stoichiometric AF ratio	15	13.8

바이오디젤을 디젤 대체 연료로 적용할 경우, 가장 큰 장점은 물성치의 유사성으로 인해 기존의 디젤 엔진의 큰 개조 없이도 적용이 가능하다는 것이다. 그러나, 바이오 디젤과의 접촉에 의한 연료 계통 고무 성분의 열화 특성, 저온에서의 저유동 특성에 의한 예열 장치의 보완 등이 요구 되고 있는 실정이다. 바이오디젤 연료의 적용에 따른 장단점을 [표 2]에 나타내었다.

표 2. 바이오디젤의 디젤 대체 연료로서의 장단점 비교

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> · 식물 자원 활용을 통한 에너지 증대 및 폐자원 활용성 증대 · 바이오작물 육성 과정에서의 이산화탄소 배출 저감 (BD20 적용시 CO₂ 15% 저감) · 디젤 차량 개조없이 적용 가능 · 디젤 유해 배출물 저감 (BD20 적용시, SO_x 20%, PM 18%, 저감) · 높은 생화학적분해도(bio-degradability)로 유출시 환경오염 저감(석유 연료 대비 4배의 분해도) 	<ul style="list-style-type: none"> · NO_x 배출 증가 · 낮은 연료 안정성(연료품질변화, 연료공급계 손상, 고무류 열화 특성) · 높은 담점(clouding point)으로 인한 저장 및 운송 비용 증가

2.2 바이오 디젤의 보급 현황

바이오 디젤은 높은 생산 비용에도 불구하고(경유 대비 41% 제조 비용 증가), 작물의 육성 과정에서 흡수되는 우수한 온실 가스 저감 특성과 재생에너지의 활용이라는 장점이 부각되어 1988년 오스트리아에서 년 간 500 톤의 소규모 생산으로 상용화 된 이후, 그 생산량이 빠른 속도로 증가하고 있다. 특히, 유럽의 경우, 2010년까지 총 에너지의 12%를 바이오 에너지로 대체할 계획을 수립하고 2010년까지 액체 바이오 연료(바이오 디젤 80%, 바이오 에탄올 20%)를 1억 8천만톤 보급할 계획을 수립하였다. 또한, 2003년 5월에 발효된 EU Directive 2003/30/EC에 의해, 2020년까지 단계적으로 자동차 연료의 2%(2005년), 5.75%(2010년), 20%(2020년)를 바이오 디젤 연료로 대체하기로 함에 따라 다른 지역보다 바이오 디젤의 생산이 급격히 증가하고 있는 상황이다. [그림 3]에 나타난 것과 같이 전 세계적으로 바이오 디젤의 생산량은 2005년 현재 41.25억 리터 규모이다. 그 중에서 독일의 연간 생산 규모가 19.21억 리터로서(세계 생산량의 46.57%) 가장 활발하게 바이오 디젤의 사용하고 있다.

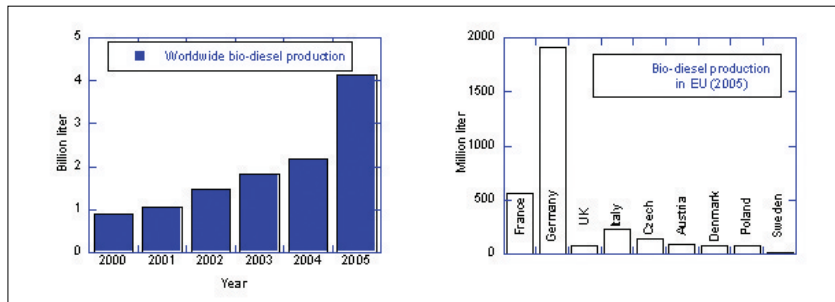


그림 3. 바이오 디젤의 국가별 생산 규모

독일의 경우, 정책적으로 100%의 바이오 디젤 연료(BD100)를 사용하는 소비자에게 세금 감면의 혜택을 통해 그 사용을 권장하고 있으며, 독일 내에만 1,500개의 BD100 연료를 판매하는 주유소가 설치 운영되고 있다. 당초 분사계와 배관계의 재료 등을 개조한 OEM 차량을 대상으로 BD100을 보급하여 왔던 독일은 2003년에는 승용차와 fleet 트럭 등을 대상으로 BD100을 공급하였다. 2004년부터는 일반 차량에 BD5의 보급에 착수하여 2005년 현재 전체 바이오 디젤 보급량의 40%가 BD5 형태로 공급되고 있으며, 전체 바이오디젤 생산량 중에서 승용차에 10%, fleet 차량에 45%, 농업기계에 5%의 BD100이 공급되고 있는 실정이다.

오스트리아의 경우, 그라츠시에서 폐식용유를 이용한 바이오 디젤 연료를 일반 버스에 적용하고 있으며, 그라츠시 환경국의 지원을 받아 운영되고 있는 에코 서비스사가 가정, 식당에서 방출되는 폐식용유를 수거하여 바이오 연료를 제조, 시정부의 지원 하에 화물회사(BD30 적용)와 택시회사(BD 100 적용)에서 바이오 디젤 연료를 사용 중에 있다.

유럽의 경우, 바이오 디젤의 원료로는 유채유가 80% 이상을 점유하고 있으며 이에 따른 바이오 디젤 연료 품질에 대한 규정을 설정하여 보급하고 있다. 바이오디젤 함유량이 5% 이하의 연료의 경우, 일반 차량 적용을 위하여서는 EN 590의 연료 규격을 만족해야 하며 100% 바이오 디젤은 전용 차량의 경우 EN 14214, 난방용 연료의 경

표 3. 세계 각국의 바이오 디젤 보급 현황

국 가	사용방식	사 용 처	정책지원
독일	BD5 BD100	일반 경유차량 도심버스, BD전용차량	세금감면
프랑스	BD3 BD30	일반 경유차량 도심버스, 관용차량, 대형트럭	세금감면
이탈리아	BD3 BD100	도심버스 도심버스, 대형트럭	세금감면
스웨덴	BD5 ~ BD30	도심버스 대형트럭	세금감면
벨기에	BD20	도심버스	세금감면
미국	BD20	관용차량, 공공버스, 대형트럭	보조금지급

표 4. 유럽의 바이오 디젤 정책 지원

국 가	경유소비세 (Euro/liter)	BDF 세금 우대		비고
		공제액(Euro/liter)	공제율	
독일	0.47	0.47	100	- 세금우대는 2009년말까지 - 2004년부터 혼합연료도 적용
프랑스	0.417	0.33	79	생산할당액 387,500 톤/년
이탈리아	0.403	0.403	100	생산할당액 300,000 톤/년
오스트리아	0.310	0.310	100	2005년 신제도 도입
덴마크	0.37	0	0	바이오디젤연료수출
영국	0.682	0.3	44	보급 저조
스페인	0.294	0.294	100	해바라기유 이용
스웨덴	0.368	0.368	100	세금우대 2008년말까지

우, EN 14213 규격을 만족할 것을 요구하고 있다. 유럽의 바이오 디젤 연료 보급과 정책 지원 현황을 [표 3]과 [표 4]에 나타내었다.

바이오디젤 보급에 있어 유럽에 비해 다소 미온적인 미국은 90% 바이오 디젤 제조 원료로 대두유를 사용하고 있으며, 2005년 현재 바이오 디젤의 연간 생산 규모 2.84억 리터의 규모로 관용차량, 공공버스, 대형 트럭의 경우에 BD20의 바이오 연료를 정부 보조금 지원 하에 보급 중이다. 또한 ASTM D 6751과 EN 14241 규정을 만족하는 BD100을 경유에 최대 5% 혼합할 수 있도록 허용하며, 이러한 혼합 연료가 ASTM D 975 규정을 만족할 경우에만 자동차용 연료로서의 적용이 가능하도록 하고 있다. 그러나 시험 연료의 경우, 최대 BD20 까지 사용을 인정하고 있다. 그러나 여전히 연료 공급사와 자동차 업계간의 연료 품질에 대한 이견으로 그 보급의 확대에 어려움을 겪고 있는 실정이다. [표 5]에 엔진 제작사들이 발표한 바이오 디젤의 차량 적용 문제에 대한 시험 결과를 정리하여 나타내었다.

표 5. 엔진 제작사들의 바이오 디젤 연료의 차량 적용성 검토

엔진제작사	바이오 디젤 시험 결과
Caterpillar	- BD5의 경우 엔진오일 분석을 통한 교환주기 확인 요망
Daimler-Chrysler	- 품질기준 만족시 BD5의 모든 차량 적용 가능 - BD20에 대한 현상태 보증은 불가능
DEER	- BD5까지는 보증하나 그 이상은 불가
GM	- BD20을 위한 Fleet special equipment option 장착차량의 경우 BD20 사용 허용 - BD100은 ASTM 6751, 경유의 경우 ASTM D 975 만족 요구 그 이상의 혼합은 추천하지 않음
Cummins Inc.	- 바이오디젤 연료의 PM 저감효과 확인(DPF 장치 및 미장착 차량 모두 가능)

국내의 경우, 2002년 산업자원부 제정 “바이오 디젤 시범 보급 사업 추진에 관한 고시”에 의거하여 수도권과 전라북도에서 지정 주유소를 대상으로 BD20의 보급을 시작으로 그 보급이 확산되어 2002년에 2개의 바이오 디젤 생산업체에서 2006년 현재 9개의 제조업체로 증가함으로써 년 간 20만 톤 규모의 바이오 디젤을 생산하고 있다. 그러나 바이오 디젤 혼합 연료의 저온 시동성 문제와 연료계에 대한 품질 보증 문제 등으로 인하여 자가 주유 및 정비 시설을 갖춘 사업장 차량을 대상으로 그 보급이 제한되어 있다. 그러나 2007년 말까지의 연간 9만킬로리터 보급 계획에 따라 일반 경유에 약 0.5%의 바이오 디젤을 혼합하여 판매하고 있으며, 향후 그 혼합율을 5%까지 증가시킬 계획이다.

국내 자동차 업계의 경우 바이오디젤의 저온 필터 막힘 현상 등과 같은 저온 시동성 및 주행성 문제 등으로 그 품질을 유채유 기준으로 제정된 유럽의 EN 14214 규정 수준으로 요구하고 있으나 대부분이 대두유를 원료로 사용하는 국내 바이오 디젤 품질 기준의 경우, 유리 글리세린과 글리세라이 등에 대한 품질 기준이 아직 마련되어 있지 않고, 요오드가 높아 산화 안정성이 낮은 특성 때문에 바이오 디젤 제조 원료별, 함량별 성분 분석 및 이에 대한 성능 평가 연구가 진행되고 있다.

3. 수송용 바이오 에탄올

3.1 바이오 에탄올 개요

바이오 에탄올은 당질계(사탕수수), 전분질계(곡물류), 셀룰로오스계(목재, 야생풀)와 같은 다양한 바이오자원에서부터 생산이 가능하다. 1세대 원료인 당질계, 전분질계는 식량자원의 남용이라는 비판에 직면하여 현재는 2세대 셀룰로오스계 비식용 원료로부터 에탄올을 생산하기 위한 노력이 진행되고 있다.

당질기반의 대표적 자원인 사탕수수는 브라질과 같은 일부 제한된 아열대 지방에서만 재배가 가능하여 지역적 제한이 있지만 에탄올 생산이 다른 원료에 비해 상대적으로 단순한 설비공정과 적은 생산비용이 소요되는 유리한 면이 있다. 에탄올 생산을 위한 전분질 원료는 옥수수, 쌀, 보리, 밀, 감자, 고구마 등 대부분의 식용작물이 해당되므로 지역 특성과 국가 단위의 농업기반에 적합한 원료의 선택이 가능한 잇점이 있다. 당질계와 같이 생산기술이 이미 확립된 상태이지만 당질계에 비하여 상대적으로 높은 생산비용이 소요된다. 마지막으로 셀룰로오스계는 리그닌(lignin)을 제거하기 위해 산과 열을 필요로 하는 전처리 과정이 필요하여 고가의 생산설비를 갖추어야 하며 세 가지 원료 중 가장 생산수율이 낮다. 그러나 리그닌을 생산공정에서 필요한 연료로 사용할 수 있어서 생산원가를 줄일 수 있다. [표 6]은 바이오에탄올의 생산 기술을 비교한 표이다.

바이오 에탄올을 생산하기 위한 공정에는 여전히 많은 양의 화석연료가 투입되고 있는 것이 현실이며 특히, 증류과정 중에 필요한 에너지를 얻기 위하여 천연가스, 석탄을 사용하고 있다. 여기에 발효과정 중에 나오는 CO₂ 발생량을 고려하면 기존 화석연료와 비교하여 온실가스저감은 크지 않게 나타나고 있다. 셀룰로오스 에탄올은 비식용 식물에서부터 생산이 가능하기 때문에 전 세계적으로 가장 활발히 연구되고 있지만 실용화되지는 못하고 있으

표 6. 바이오 에탄올 원료별 생산 특성 비교

Feedstock	Regions where currently produced	Greenhouse gas reduction impacts vs. petroleum fuel	Costs	Yield per hectare of land	Land type
Grains (wheat, maize)	US, Europe, China	Low-moderate	Moderate	Moderate	Croplands
Sugar cane	Brazil, India, Thailand	High	Low	High	Croplands
Biomass (cellulose)	None	High	High	High	Croplands, Marginal lands

(출처) IEA

표 7. 가솔린대비 바이오 에탄올 현황 비교

Type	Retail price(per gallon)	Energy balance(output/input)	GHG emission(production and use)(lbs/gallon)	Remarks
Gasoline	\$3.03/\$4.91	-	20.4	US/Brazil
Corn ethanol	\$2.62(E85)(\$3.71, energy equivalent)	1.3	16.2(22% less)	Based on US data
Cane ethanol	\$2.92(\$3.88, energy equivalent)	8	9.0(56% less)	Based on Brazil data
Cellulosic ethanol	N/A	2-36	1.9(91% less)	-

며 효율적인 전처리 기술개발과 효소 경제성을 높이기 위한 노력을 계속하고 있다. 미국에서는 토착 야생식물인 Switchgrass나 조류(algae)로부터 바이오 에탄올을 추출하기 위한 연구가 활발하다. 다년생 초원식물인 Switchgrass는 사탕수수 수준의 단위 경작 면적당 에탄올 생산이 가능하기 때문에 앞으로 안정적 에탄올 공급에 있어서 매우 중요한 자원으로 기대를 모으고 있다. 조류로부터 얻을 수 있는 에탄올의 양은 이론적으로 옥수수보다 단위 면적당 수확율이 15배 이상으로 확보할 수 있고 바이오 디젤도 생산이 가능하므로 재배 및 생산방식의 경제성 확보를 위해 많은 노력을 기울이고 있다.



그림 4. Switchgrass



그림 5. Algae planting 전경

3.2 바이오 에탄올 산업 동향

바이오 에탄올에 관한 한 브라질을 빼놓고 이야기 할 수 없다. 브라질은 70년대 오일위기가 이후 사탕수수로부터 얻은 에탄올 연료를 사용하기 위한 노력을 꾸준히 진행하여 왔으며 현재 브라질에서 팔리는 자동차의 85% 정도가 가솔린과 에탄올의 혼합연료를 사용할 수 있는 FFV(flexible fuel vehicle)이다. 2004년에 160억 리터를 생산하여 가솔린 생산량(158억리터)보다 앞선 상태이며 그 중에 25억리터는 수출을 하였다. 브라질에서는 모든 주유소에서 E95, E25가 팔리고 있으며 2005년 기준으로 평균 전체 자동차 연료의 44%를 바이오 에탄올이 차지하고 있으며 앞으로는 바이오 에탄올 사용이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 브라질은 25년간 “ProAlcool” 프로그램을 통하여 자동차용 에탄올 연료 사용을 장려하여 왔으며 평균적으로 20~25% 사이에서 에탄올 혼합연료가 팔리고 있다.

통계상으로 미국은 세계최대의 에탄올 생산 및 소비 국가이다. 1990년대 이후로 연료첨가제로 사용되었던 발암물질인 MTBE(methyl tertiary butyl ether)가 미국전역의 지하수에서 발견되면서 그 대용으로 에탄올의 사용이 급증하게 되었다. 현재 미국의 18개 주에서 MTBE의 사용이 금지되고 있으며 다른 여러 주들도 사용금지를 위한 입법화를 진행 중에 있다. 에탄올 생산은 1996년 40억 리터에서 2004년에 140억 리터로 증가하였으며 매년 15~20% 증가세를 보였다. 2005년까지 400개의 주유소(대부분 중서부 지역의 북부)가 E85를 판매하고 있으며 E10까지 포함하면 더 많아 지게 된다. 2005년까지 연간 디젤연료를 제외하고 소모되는 자동차연료 5300억 리터

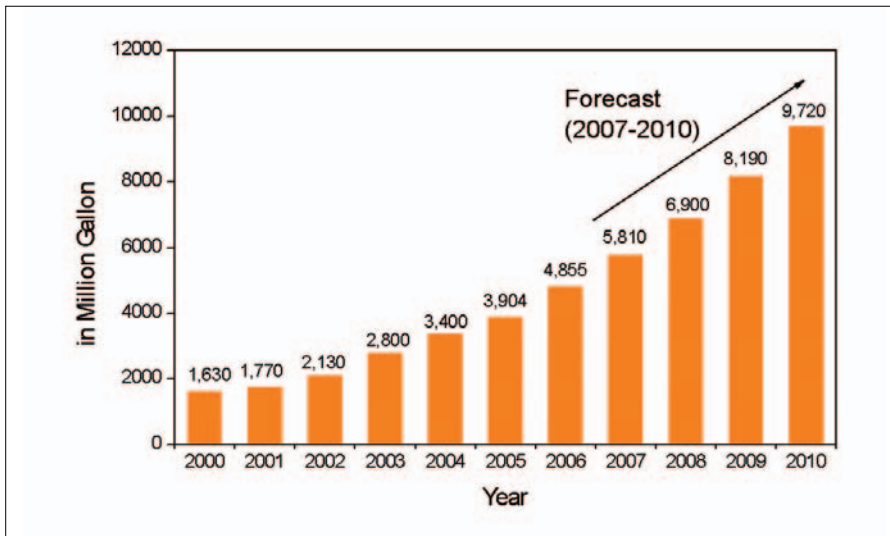


그림 6. 미국의 바이오 에탄올 생산 추이(2007-2010은 예측치)

중 2.6%(136억 리터) 에탄올 연료가 혼합되었다. 미국에서 에탄올 사용은 1990년에 의회를 통과한 Clean Air Act Amendments(CAAA90)에 의해서 크게 증가하게 되었다. 이 법안에 의하면 특정지역에서 동절기에 일산화 탄소 발생을 줄이기 위하여 최소 2.7%의 함산소연료(oxygenated fuel)를 사용할 것을 의무화하고 있다. 미국에서는 하와이, 미네소타(2013년 20%), 몬타나 3개의 주에서 E10 사용을 의무화하고 있으며 다른 주에서도 에탄올 혼합연료 사용을 고려하고 있는 중이다.

아시아에서는 중국이 바이오 에탄올 생산에 매우 적극적으로 나서고 있으며 정책적으로 2010년까지 48억 리터 생산을 목표로 하고 있다. 중국에서 바이오 에탄올 주 원료는 옥수수로 2005년에 생산된 바이오 에탄올의 80%가 옥수수를 원료로 하였다. 옥수수 외에도 지역에 따라 밀, 수수, 카사바, 쌀 등이 원료로 사용되고 있으나 식량자원 으로부터의 바이오 에탄올 생산을 벗어나고자 하는 정부의 노력이 진행 중에 있다.

인도에서는 바이오 에탄올을 사탕수수 제당 부산물로 나오는 몰라세스(molasses)로부터 생산하고 있다. 정책 적으로 에탄올 생산공장이 꾸준히 늘어나고 있으며 2005년에 생산된 에탄올 중 2억 리터가 정부가 정한 기술린

표 8. 국가별 바이오 에탄올 보급 실태

Country	Mixing ratio(%)	Feedstock	Government support
U.S.A	More than 10%	Corn	Federal government provides gasoline refiners and marketer that blend ethanol into gasoline with a tax credit of 51 cents per gallon.
Brazil	More than 20-25%	Sugarcane	Tax credit for bioethanol vehicles.
China	More than 10%	Corn, Wheat	Provides tax credit for bioethanol producers.
France	6-7%	Sugarbeet, Wheat	Subsidy for cultivation of biofuel feedstock crops.

연료에 5% 혼합규정을 지키는데 사용되었다. 일본은 2010년까지 전체 수송용 연료의 0.6%인 5억 리터를 바이오 연료로 사용하기 위한 노력을 전개하고 있다. 일본 또한 지역에 따라 바이오 에탄올의 원료가 다르게 사용되고 있다. 북부지역(홋카이도, 아미가타 등)은 밀, 옥수수, 수수와 같은 곡물류를 열대지역인 오키나와에서는 사탕수수를 도입할 계획을 가지고 있다. 일본은 전통적으로 건축에 목재류가 많이 사용되기 때문에 오키나와 지역에서 폐목재를 활용하여 연료용 에탄올을 생산하는 프로젝트가 진행 중이다.

유럽에서는 바이오 디젤의 비중이 바이오 에탄올보다 크지만 2005년에 생산된 총 바이오 연료 중 18.5%에 해당하는 8.7억 리터의 바이오 에탄올을 생산하였고 2007년에는 2배 이상 성장할 것으로 예상하고 있다. EU국가들 중에서 스페인, 독일, 프랑스가 바이오 에탄올 생산을 선도하고 있으며 스웨덴은 바이오 에탄올 소비를 선도하고 있으며 그 대부분을 브라질로부터 수입하고 있다. 스페인에는 유럽에서 바이오 에탄올 시장을 주도하고 있는 Abegoa Bioenergia, S.A.사 소속의 세 군데 공장에서 연간 5억 리터 정도의 바이오 에탄올을 생산하고 있다. 2003년에 1.8억 리터, 2004년에 2억 리터 정도가 가솔린의 연료 첨가제로 사용되었다. 스페인에서 바이오 에탄올 생산은 밀, 보리, 와인 및 와인제조공정에서 나오는 폐기물이 사용되고 있으나 옥수수는 사용되지 않고 있다. 프랑스는 2005년에 1.3억 리터의 바이오 에탄올이 연료첨가제인 ETBE(Ethyl Tertio-Butyl Ether)에 45% 첨가되어 사용되었으며 이는 총 가솔린 소비량의 0.82%에 해당된다. 프랑스 정부는 2006년에 시범적으로 FFV를 도입하여 운행함으로써 바이오 에탄올의 대중화를 위한 준비를 하고 있다. 독일은 세계적으로 바이오 디젤 사용을 가장 앞서 선도하고 있는 나라이지만 바이오 에탄올의 생산도 폭발적으로 늘어나고 있다. 2004년에 0.24억 리터에서 2005년에 1.44억 리터로 500% 이상의 성장을 보였으며 계획하고 있는 세계의 대규모 생산공장을 완성하면 연간 총 6억 리터의 생산규모 갖게 될 예정이다.

3.3 바이오 에탄올 자동차 기술

에탄올 연료는 가솔린 연료 대비하여 에너지 함량이 단위 부피당 67%이지만 옥탄가가 107(ROK기준)이므로 가솔린 보다 노킹현상을 억제할 수 있어 압축비의 증가가 가능하므로 엔진의 성능 및 연비 향상에 효과적이다. 또한, 합산소 연료이므로 CO와 같은 유해배출가스 감소도 가능하다. 일반적으로 기존 가솔린 자동차에서 10%의 에탄올 첨가는 문제가 없는 것으로 알려져 있기 때문에 특별한 개조 없이도 현재 운행 중인 자동차에 E10 수준의 적용은 가능하다. 브라질에서는 대부분의 자동차가 바이오 에탄올 혼합연료로 운행이 가능한 FFV이며 GM, 폭스바겐을 비롯한 대부분의 세계적 자동차 메이커가 FFV 모델을 시판하고 있다. 바이오 에탄올이 10% 이상 첨가된 혼합연료를 자동차에 적용하기 위해서는 기존 자동차의 연료시스템 개선이 우선 필요하다. 에탄올이 고무류 부식 및 알루미늄 계통의 재질에 백화현상(efflorescence)을 일으키기 때문에 연료공급파이프, 압력게이지, 증발가스관련 부품, 센서 등에서 재질변경 혹은 표면처리를 통하여 에탄올 성분과의 반응성을 가지지 않도록 부품계의 개선이 요구된다. 또한, 연료성분변화에 따라 점화시기, 공연비 제어를 통하여 엔진연소를 최적화시키는 소프트웨어적인 작업도 동시에 필요하다. 자동차 연료로서 바이오 에탄올의 품질은 전반적으로 우수한 편이지만 배출가스 측면에서 알데히드(aldehyde) 계통의 유해 성분 배출이 증가하거나 가솔린과의 혼합시 바이오 에탄올에 포함된 수분에 의해서 상분리가 일어날 수 있는 현상은 바이오 에탄올의 사용의 단점으로 지적되고 있다. 따라서, 경제적인 무수 에탄올 생산공정 기술개발 및 배출가스 저감과 관련된 기술개발이 계속적으로 이루어지고 있다.

3.4 바이오 에탄올 국내 동향

국내에서는 2006년 기준 3억 리터의 바이오 에탄올이 생산되고 있으나 그 중의 93%가 음료용이며 나머지 7% 정도는 의약품, 식품첨가물과 같은 산업용으로 사용되고 있다. 국내 대부분의 바이오 에탄올 생산은 진로발효, 한 국알콜산업, 창해에탄올 등과 같은 주정회사를 통해서 이루어지고 있다. 국내에서도 2011년까지 1차 에너지의 5%를 신재생에너지(바이오 연료 0.21%)로 대체하기 위한 노력의 일환으로 바이오 에탄올 도입을 위한 생산 및 실증 시범연구가 진행 중에 있다. 바이오 에탄올을 혼합한 연료를 도입할 경우 발생할 수 있는 품질 특성 및 제조 운반 과정에서의 안정성 등을 평가하기 위한 실증 평가가 2006년 8월부터 2년간의 계획으로 진행 중에 있다. 유통

표 9. 국가별 바이오 에탄올 보급 실태

Maker	Environmentally friendly cars	New car release and sales plan	Market
GM	<ul style="list-style-type: none"> - Already shipped 200,000 ethanol vehicles (FFVs) for the north American market - About 50% of cars made in Brazil are ethanol cars(New cars made in Brazil by all automakers are about 1.7million cars. More than half of these are ethanol vehicles). - GM is planning to release new 2007FFVs models (Engine size : 5.3 liter, and 3.9 liter 	For 2007 : Plan to sell400,000 FFVs in North American	Build up American market, and increase production volume for Brazilian market.
Ford	<ul style="list-style-type: none"> - Ford has sold more than 1.6 million ethanol vehicles in the North American market since 1996 - Ford has 13types of ethanol cars. 	Ford will announce 2007 Ethanol cars, based on the existing design	Ford Considers the U.S market as a strategic market, and it is planning to strengthen the market.
Daimler Chrysler	- Developing four models of bioethanol cars (4.7 Liter class)	2007	North America
Mercedes-Benz	- Planning to rollout 2.5 Liter C230 bioethanol car.	2007	North America
Volkswagen	- Developed 100% ethanol fuel vehicle.	2007	North America
Toyota	- Toyota has already sold 660,000 hybrid vehicles, and taking the lead in the hybrid market. Bit, Toyota is launching ethanol vehicle responding to the market needs.	2007	Brazil U.S.A.
Hohda	<ul style="list-style-type: none"> - Hohda has sold 140,000 hybrid cars. - The company is going into the ethanol car field from now on. 		
Nissan	- Making FFV ethanol cars in the U.S. Already released Titan truck in 2005. Planning to launch a new 2007 model : 5.6 Liter Armada.	2006: Titan 55,000 cars 2007: Armada 22,000 cars	Brazil U.S.A.

인프라 구축을 위한 실증 평가와 동시에 생산 및 혼합을 위한 시설 구축사업도 동시에 진행하고 있다. 친환경 바이오 에너지 연구사업에서는 바이오 에너지 원료 작물 품종 개발 및 생산 기술 개발을 위하여 국제적인 에너지 위기에 대응한 새로운 에너지 자원의 확보와 농촌경제의 활성화를 목표로 연구를 추진 중에 있다. 그러나 아직 국내에서 바이오 에탄올이 가격 경쟁력을 갖추기 위해서는 넘어야 할 산이 많은 것이 사실이다. 먼저 바이오 에탄올을 생산하기 위한 원료가 현재로서는 국내에서는 여의치가 않으며 수입에 의존할 경우 생산원가가 상승하며 원유와 같은 상황이 벌어질 수 있으므로 크게 의미가 없을 수 있다. 해외 플랜팅 사업이나 국내 산림자원, 목재 폐기물을 활용하는 목질계 바이오 에탄올 연구도 진행되고 있지만 많은 시간이 걸릴 것으로 예상되고 있다. 또한, 자동차용 연료에 부과되는 각종 세금문제가 해결되어야만 시장경쟁력을 가질 수 있는데 유류세의 면제 혹은 감세는 국가 경영상 신중하게 접근해야 하는 부담을 안고 있다. 따라서 국내에서 바이오 에탄올 연료가 수송용 연료로 사용할 수 있도록 자리 잡기 위한 경제적이면서 환경 친화적인 방법을 찾기 위해서는 아직까지 뚜렷한 정답이 없기 때문에 다각도의 검토가 필요할 것으로 판단된다.



그림 7. 바이오 에탄올 적용 차량

4. 맺음말

바이오 연료는 재생이 가능한 바이오 자원 혹은 폐식용유 등의 재활용을 통한 에너지 원이라는 특성으로 가솔린과 디젤 엔진의 대체 연료로서 적용이 가능하며, 이러한 연료의 보급의 확산을 통해 지구 온난화 가스의 원천적인 저감과 차량에서 배출되는 입자상 물질, NOx, 미연탄화 수소 등과 같은 대기 오염 물질의 저감을 꾀할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 특히, 우리나라와 같이 석유 수입 의존도가 매우 높은 나라의 경우, 향후 석유 부존 자원의 고갈에 따른 고유가 시대에 대응하여 다양한 미래 에너지원의 확보를 통한 자체적인 에너지 수급 방안의 제시라는 측면에서도 바이오 연료의 보급 확대와 자동차 적용 기술의 개발이 더욱 필요한 상황이다.

바이오 연료의 원활한 보급을 위해서는 바이오 연료의 제조 원료의 확보와 제조 기술의 개선 및 다양한 연료 품질 기준의 제정과 그 성능 시험 방법 등에 대한 개선과 보안이 요구되고 있으며, 자동차 적용 기술 측면에서도 해결해야 할 많은 문제들이 남아 있다. 하지만, 이러한 신 미래 에너지원에 대한 정부의 적극적인 지원과 산업계과 연구소를 주축으로 한 연료 및 자동차 대응 기술의 개발을 통해, 바이오 연료 시장에서의 경쟁력 확보와 무한히 열린 새로운 시장 개척을 위한 계기를 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

❁ 참고 문헌

- [1] 2007 핵심 신에너지 기술 · 시장분석과 개발사례 및 사업화 전략 세미나, 산업교육연구소, 2007. 4.
- [2] An Overview of Biodiesel and Petroleum diesel life cycle, National Renewable Energy Laboratory, May, 1998
- [3] Biofuel market worldwide(2007-2010), RNCOS, May 2007.
- [4] 신재생에너지 연료 Special Edition, 오토저널 제28권 제5호, 2006
- [5] U.S. Bioethanol & cellulosic ethanol markets & future directions, Fuji-Keizai USA Inc., Sep. 2006.
- [6] 차세대 자동차 에너지 정책 토론회 발표자료, 2006년 7월 국회도서관
- [7] National geographic magazine, p.38-59, Oct. 2007.



이 용 규

- 한국기계연구원 환경기계연구본부
친환경엔진연구팀 선임연구원
- 관심분야 : 대체 연료 이용 기술, 신 엔진 연소 기술
- E-mail : ylee@kimm.re.kr



오 승 목

- 한국기계연구원 환경기계연구본부
친환경엔진연구팀 선임연구원
- 관심분야 : 대체 연료 이용 기술,
가스 엔진 이용 기술
- E-mail : mook@kimm.re.kr



강 건 용

- 한국기계연구원 환경기계연구본부장 책임연구원
- 관심분야 : 가스 엔진 이용 기술,
신 엔진 연소 기술
- E-mail : kykang@kimm.re.kr



정 등 수

- 한국기계연구원 환경기계연구본부
친환경엔진연구팀 책임연구원
- 관심분야 : 대체 연료 이용 기술, 소형 엔진 기술
- E-mail : dsjeong@kimm.re.kr