

# EU지정 10개 수송용 바이오연료 및 자동차 개발 현황

Development Process States of 10 Bio Fuels and Green Vehicle in Europe



이진욱 · 송실대학교  
Jin Wook Lee · Soongsil University

## 1. 서론

현재 세계 자동차 시장은 에너지와 친환경 기술이 경쟁력을 좌우하는 시대가 되었으며, 특히 기후변화협약(정식명칭: 기후변화에 관한 유엔 기본협약, UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)과 관련하여 이산화탄소를 비롯한 온실가스 배출량을 줄이지 못하면, 환경부하 증가로 인해 생존하기가 결코 쉽지 않을 전망이다. 따라서 자동차 산업의 지속적인 성장을 위해서는 친환경 자동차 개발이 필수적인데, 세계 자동차 제작사들은 이를 위한 기술개발 투자를 점차 확대하고 있는 실정이다.

친환경 자동차에 사용되는 동력시스템에 있어서 탄화수소계 화석연료를 사용하는 내연기관을 중심으로 한 동력시스템의 경우, 가솔린엔진은 디젤엔진 만큼 효율적이도록(연비 향상), 그리고 디젤엔진은 가솔린엔진 만큼 청정하도록(PM 및 NOx 대폭 저감) 관련 첨단기술 개발에 역점을 두고 현재 진행 중에 있다. 이를 위한 다양한 기술적 접근 방식 중에서 사용 연료에 대한 영향지수는 매

우 크며, 또한 연료 효율성을 높이는데 보다 합리적이고 경제적인 옵션이 될 수 있는 일부 지역과 교통상황에 따라 이의 중요성이 점차 부각되고 있다. 따라서 기존 동력시스템에 기반을 둔 친환경 자동차에 있어서 기존 연료보다 청정하고 실질적으로 대체 가능한 연료를 사용할 경우, 이는 신차 뿐 만 아니라 비록 추가적인 기술적인 과정이 필요할지라도, 기존 시장의 모든 자동차까지도 친환경 청정 자동차로 만들 수 있기에 이는 매우 효과적일 수 있다. 왜냐하면 미래형 친환경 자동차 개발 시, 이의 성공을 보장할 수 있는 유익한 추진력은 궁극적으로 기존 자동차의 점진적 친환경화를 통해 형성되는 사회·문화적 공감대에 따라 영향을 받을 수 있기 때문이다.

물론 이러한 점은 그동안 유럽 자동차 제작사에서 진행된 친환경 자동차 기술개발 과정을 보면 보다 뚜렷이 알 수 있다. 메르세데스-벤츠는 향후에도 내연기관이 자동차 동력원으로써 절대 필요한 동력기반이 될 수 있도록 친환경 청정연료와 함께 이를 보다 더 확립하는데 매우 적극적이다. 물론 수소연료전지에 대한 개발도 동시에 진행 중에 있다. 또한 내연기관에 휘발유와 수소를 합

계 사용할 수 있는 Bi-fuel 방식의 수소-내연기관 자동차의 실용화 개발을 이끈 BMW는 다양한 방식의 수소연료 자동차 기술을 개발 중에 있다. 특히 폭스바겐은 청정 바이오연료 (바이오디젤과 바이오에탄올)사용에 가장 적극적이다.

이러한 맥락에서 볼 때, 최근 국내에서 부각되고 있는 그린카 기술개발에 있어서 신재생 저탄소 연료의 중요성은 간과할 수 없는 상황이다. 따라서 본 고에서는 바이오연료의 본산지(本產地)라 할 수 있는 유럽에서 공식 사용 중인 10가지 바이오연료들의 특성과 함께 이를 사용하는 주요 바이오연료 자동차들의 개발현황들에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

## 2. EU지정 10개 바이오연료 특성 및 이를 활용한 주요 자동차 개발 현황

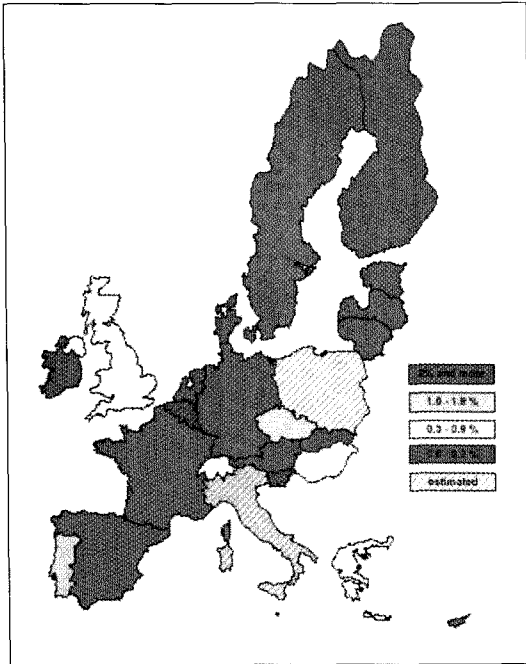
2003년부터 EU에서는 『수송용 바이오연료 또는 다른

재생가능연료 사용 촉진(The Promotion of the use of Biofuels or other Renewable Fuels for Transport)』을 통해 10가지 바이오연료를 지정해 보급을 촉진하고 있다. 이에 해당되는 10가지 바이오연료로는 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스, 바이오메탄올, 바이오디메틸에테르, 바이오-ETBE, 바이오-MTBE, 합성 연료, 바이오수소, 순수 식물오일(PVO)이다. <표 1>은 이들 연료에 대한 정의를 각각 구분해서 나타낸 것이다 (2003 Biofuel Directive 참조). 이 지침을 통해 EU 회원국들이 전체 수송연료 중 바이오연료 사용비율을 2010년까지 평균 5.75%가 되도록 규정함과 동시에 바이오연료 사용시, 다양한 세금혜택이 부여될 수 있도록 관련 제도를 마련하여 시행중에 있다. <그림 1>은 2005년 EU에서 사용된 바이오연료의 비율을 유럽대륙에 걸쳐 나타낸 것으로서, 평균 2% 수준에 있음을 알 수 있다. 특히, 독일(주로 바이오디젤), 프랑스(일정량 사용 의무화), 스웨덴(주로 에탄올), 오스트리아(일정량 사용 의무화) 등에서는 상당

<표 1> European Biofuels or other Renewable Fuels for Transport

Fuel Name	Definition
① Bioethanol	• Ethanol produced from biomass and/or the biodegradable fraction of waste, to be used as biofuel
② Biodiesel	• A methyl-ester produced from vegetable or animal oil, of diesel quality, to be used as biofuel
③ Biogas	• A fuel gas produced from biomass and/or from the biodegradable fraction of waste, that can be purified to natural gas quality, to be used as biofuel, or woodgas
④ Biomethanol	• Methanol produced from biomass, to be used as biofuel
⑤ Biodimethylether	• Dimethylether produced from biomass to be used as biofuel
⑥ Bio-ETBE (Ethyl-tertiary-butyl-ether)	• ETBE produced on the basis of bioethanol. The percentage by volume of Bio-ETBE that is calculated as biofuel is 47%
⑦ Bio-MTBE (Methyl-tertiary-butyl-ether)	• A fuel produced on the basis of biomethanol. The percentage by volume of Bio-MTBE that is calculated as biofuel is 36%
⑧ Synthetic Biofuels	• Synthetic hydrocarbons or mixtures of synthetic hydrocarbons, which have been produced from biomass
⑨ Biohydrogen	• Hydrogen produced from biomass, and/or from the biodegradable fraction of waste, to be used as biofuel
⑩ Pure Vegetable oil	• Oil produced from oil plants through pressing, extraction or comparable procedures, crude or refined but chemically unmodified, when compatible with the type of engines involved and the corresponding emission requirements

(출처 : 2003 Biofuel Directive)



〈그림 1〉 Geographical Overview of the Biofuel use in EU (2005)  
출처 : Project Report by Energy Research Centre of the Netherlands

한 양의 바이오연료가 자동차 연료로써 많이 사용 중인 것으로 판단된다.

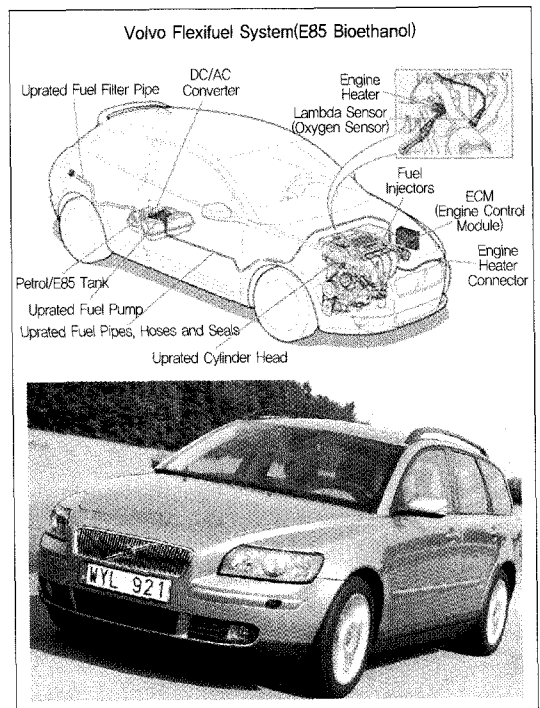
▶ 바이오에탄올과 Bio-ETBE

자동차 연료로 사용 중인 바이오에탄올은 발효 공정 또는 유기물의 분해를 통해 얻을 수 있다. 이때 무수화(無水化) 공정이 필요하며, 발효를 통한 에탄올 생산(주원료 : 옥수수, 사탕수수, 사탕무)은 벨기에, 이탈리아, 프랑스, 네델란드 등에서 중요한 역할을 하고 있다. 생산된 바이오에탄올의 활용 방법은 기존 휘발유에 일정량을 혼합하는 방식(10% 이상 혼합비율로 사용 중인 대표적인 국가 : 미국, 캐나다, 페루, 콜롬비아 등)과 바이오에탄올을 이소부틸렌(Isobutylene)과 반응시켜 Bio-ETBE로 전환해 휘발유에 1~8% 혼합(소위, 바이오가솔린)해서 활용하는 방식으로 구분할 수 있다. 즉, 사탕수수, 사탕

무, 옥수수 등을 발효·증류하여 제조한 알코올인 바이오에탄올은 차량의 연료 첨가제 형태로 사용되는 바이오연료에 해당된다. 이 연료를 사용하는 대표적인 예로써, Volvo는 E85 바이오에탄올(휘발유 15%와 에탄올 85% 혼합)과 휘발유를 함께 사용할 수 있는 Flexifuel 모델 〈그림 2〉을 개발하여 자국 내 시판약 320여개의 주유소 보유)중에 있으며, 휘발유와 바이오에탄올의 혼합 비율을 센서가 감지해 엔진온전(연료분사시기와 점화시기 제어)을 능동적으로 최적화해 주는 기능을 가지고 있다.

▶ 바이오디젤

바이오디젤은 식물성 유지(쌀겨, 폐식용유, 대두유, 유채유 등)나 동물에 있는 지방성분을 알코올과 반응시켜 메틸/에틸 에스테르로 전환(대개 메탄올을 사용하기에 Methyl Ester)시켜(순도가 95%이상) 경유를 대체하거나



〈그림 2〉 Volvo사 1.8L E85 Flexifuel Eco-vehicle

# Europe

세계 자동차 기술 동향 | 유럽

경유에 혼합하여 디젤엔진에 사용할 수 있도록 만든 바이오연료이다. 이러한 바이오디젤의 생산 및 보급에 있어서 가장 중요한 요소는 바이오디젤 생산비용의 85%까지 차지하는 원료(Feedstock)인데, 원료의 재질에 따라 지방산 메틸 에스테르(Fatty Acid Methyl Ester, FAME), 유채유 메틸 에스테르(Rapeseed Oil Methyl Ester, RME), 식물성 메틸 에스테르(Vegetable Oil Methyl Ester, VOME)로 구분할 수 있다. 현재 유럽은 바이오디젤 원료로서 주로 유채유를 사용하고 있으며, 독일과 프랑스가 바이오디젤의 최대 생산국이다. <표 2>는 주요 유럽국가별 바이오디젤 혼합비율과 적용 차종을 나타낸 것인데, 독일에서는 2006년부터 시내버스와 대형 트럭에 100% 바이오디젤 연료 사용을 의무화하고 있는 등, 도심지 버스, 대형 트럭, 청소차 등에 바이오디젤 연료 사용을 의무화하고 있다(그림 3). 참고로 같은 해부터 국내에서는 일반경유에 5%의 바이오디젤이 섞인 혼합 경유를 시판하고 있는 중이다.



<그림 3> 유럽 내 운행중인 바이오디젤 차량 (예)

<표 2> 주요 유럽국가별 바이오디젤 혼합비율 및 적용 차종

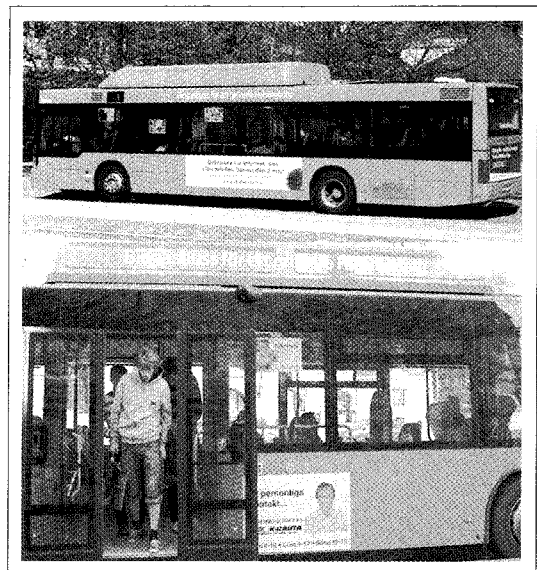
국가명	BD 혼합율	대상 차종
프랑스	• 경유 70% + BD 30%	• 도심버스, 관광서차량
	• 초저유황경유 70% + BD 30%	• 대도시 버스
독일	• 경유 97% + BD 3%	• 일반 경유 차량
	• BD 100%	• 도심용 버스, 트럭
이탈리아	• 경유 95% + BD 5%	• 일반 경유 차량
	• BD 100%	• 난방용 연료
	• 경유 70% + BD 30%	• 대도시 버스

## ▶ 바이오가스

폐수 및 고농도 유기성 생활 폐기물질(축산분뇨, 하수 슬러지, 음식쓰레기) 등의 바이오매스를 메탄 생성 세균에 의해 혐기성 분해(메탄발효)할 때, 발생하는 메탄(65%)과 이산화탄소(35%)의 혼합물로 구성되는 바이오가스를 가장 적극적으로 활용하고 있는 유럽 국가로는 스웨덴과 스위스를 들 수 있다. 그동안 바이오가스 내 메탄 함량이 기존 천연가스에 비해 현저히 낮고, 불순가스가 많았는데, 최근 유럽을 중심으로 바이오가스의 단순 이용보다는 바이오가스 정제를 통해 메탄함량을 높이고 불순가스를 제거한 바이오메탄(바이오천연가스)으로 새롭게 등장하고 있다. 또한 이 바이오가스는 지역사회의 중요한 에너지원이 될 수 있으며, 식량자원을 사용하지 않기에, 잠재력이 매우 높은 바이오연료로 평가받고 있다.

## ▶ 바이오메탄올과 Bio-MTBE

목재를 분해증류 또는 촉매를 사용해 일산화탄소와 수소를 직접 반응할 때 생성되는 알코올의 일종인 메탄올(메틸 알코올)은 옥탄가가 높아(100이상) 연소에 유리하



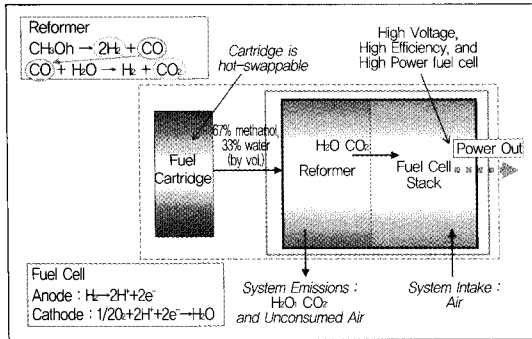
<그림 4> 스웨덴에서 운행중인 바이오가스 버스

기에 자동차 휘발유의 주요 대체연료로 사용중이다. 즉, 천연가스, 석탄, 나무 등으로부터 공업적으로 제조할 수 있는 연료인 무색의 휘발성 액체인 메탄올은 에탄올에 비해 탄소와 수소를 적게 포함하고 있으며, 메탄올의 끓는점(약 64℃)이 에탄올(약 78℃)보다 낮다. 그러나 동일 체적당 발열량이 가솔린의 약 50% 정도로 작아, 동일 거리 주행 시 2배 정도 큰 연료탱크 용량이 필요하다. 바이오메탄올을 기존 휘발유와 혼합하거나 병용하는 자동차 적용방식에 대해서는 타 바이오연료들에 비해 일찍부터 (1990년대 초) 많은 연구들이 진행이 되어져 왔으며, 현재에는 메탄올로부터 수소를 추출하여 연료전지에 사용

하는 메탄올 수소연료전지가 다임러크라이슬러를 중심으로 전 세계적으로 많이 개발 중에 있다(〈표 3〉, 〈그림 5〉). 그리고 Bio-MTBE는 메탄올과 이소부텐(Isobutene)을 반응시켜 제조되는데, 이에 포함되어 있는 산소 덕분에 연소성능을 향상시키며, 엔진의 노킹현상을 억제할 수 있기에, 기존 휘발유의 첨가제로 사용되는 연료이다.




▶ DME (디메틸에테르, Dimethyl Ether)

합성가스(기본적으로 수소(H<sub>2</sub>)와 일산화탄소(CO)의 혼합물)로부터 제조되며, 가장 간단한 에테르 형태인 CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> 분자 구조로 이루어지는 DME 연료는 상온 조건하에서 액체로 존재하는 화학물질이다(20℃ 시, 증기압 5atm). 따라서 프로판과 부탄의 중간 정도의 증기압을 지니고 있어 저장 및 이용에 있어서 LPG와 매우 유사한 특징이 있고, 세탄가가 높아서 디젤 차량 및 LPG 대체 연료, 연료전지 등으로 사용할 수 있는 등 활용범위가 매우 넓다. 특히 이 연료는 대기 중에 오랫동안 노출되어도 과산화물 형태로 생성되지 않는 안전한 화합물로서 비활성이고 부식성이 없다. 또한 마취성이 강한 디에틸에테르(Diethyl Ether)와 달리 발암성 및 마취성이 없어 인체에 무해한 무색 기체이다. 그리고 DME 연료는



〈그림 5〉 Schematic Diagram of a Reformed Methanol Fuel Cell

〈표 3〉 Methanol-base Fuel Cell Vehicles in EU

Automaker	Vehicle Type	Fuel Cell Size / Type	Engine Type	Fuel Type	Picture
Daimler-Chrysler	Jeep Commander (SUV)	50kW / PEM	Fuel Cell / Battery Hybrid	Methanol	
	NECAR 5	85kW / PEM	Fuel Cell	Methanol	
VW	VW Estate	15kW / PEM	Fuel Cell / Battery Hybrid	Methanol	

# Europe

세계자동차기술동향 | 유럽

동일부피에서 LPG보다 적은 열량을 지니고 있으나, 메탄올보다는 많은 열량을 지니고 있는 특성이 있다. 유럽에서는 높은 세탄가를 지니는 DME 연료를 압축착화방식의 디젤 엔진에 사용하기 위해, 주로 디젤 대체연료로서 DME연료에 대한 연구개발에 집중하고 있다. 대표적으로 Volvo사는 AFHD (Alternative Fuel for Heavy Duty) 프로젝트를 통해 <그림 6>과 같이 DME버스(테마크와 협력)와 DME트럭 개발을 완료한 상태이다.

### ▶ Synthetic Biofuels

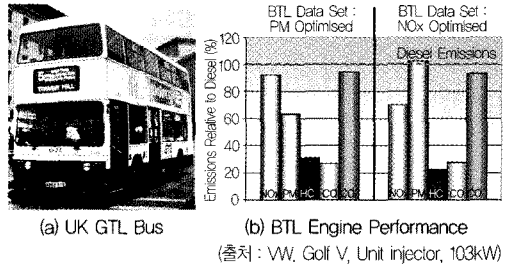
천연가스, 석탄, 바이오매스(생물 유기체) 등으로부터 생산되는 액체연료인 합성 바이오연료로는 BTL (Biomass To Liquid), CTL(Coal to Liquid), GTL(Gas To Liquid) 등을 대표적으로 들 수 있다. 천연가스를 원료로 해서 합성 액체연료로 전환하는 GTL(가스액화연료) 직·간접 합성기술은 현재 상업생산이 진행될 만큼 빠르게 발전하고 있다. 이와 더불어 CTL(석탄액화연료)과 바이오원료를 합성원유로 전환해서 생성되는 BTL(바이오매스액화연료)연료도 CO<sub>2</sub> 저감효과 측면에서 우수 <그림 7> 할 뿐 만 아니라 에너지안보 강화의 일환으로 매우 활발한 연구개발이 진행 중에 있다.

### ▶ Pure Vegetable Oil

식물에서 짠 식용유(대두유, 유채유, 야자유 등) 또는 폐식용유를 복잡한 정유과정 없이 직접 자동차연료로 사용하는 순수 식물유는 CO<sub>2</sub> 저감 효과가 80% 이상(바이오디젤의 경우, 약 70%)이고, 바이오디젤보다 가격이 최소 30% 낮은 것으로 알려져 있다. 이 식물성 기름을 직접 사용하기 위해서는 점도를 낮추어야 하는데, 현재에는 메탄올과 혼합하여 화학처리 후, 글리세린을 분리한 바이오디젤유의 형태로 많이 사용 중이다. 또 다른 방법으로는 식물성 기름을 가열하여 점도를 낮추는 것이다. 참고로 유럽에서는 수송용 식물연료(CO<sub>2</sub> 중립)내 바이오디젤유와 순수 식물유를 구분해서 규정하고 있으며, 이



<그림 6> DME-fueled Volvo Bus



<그림 7> Results of Two Synthetic Biofuels (GTL/BTL Fuel)

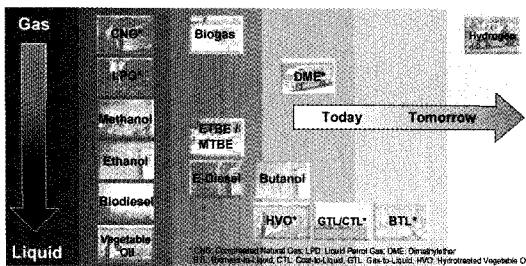


<그림 8> Volkswagen Golf IV 1.9 TDI PVO Vehicle and Engine with PVO Tank

를 통해 별도의 기술 변환없이 폭 넓게 사용할 수 있는 석유 대체수단으로 이 식물성 기름을 적극적으로 보급하여 활용 중에 있다. <그림 8>은 약 2,000여개 이상의 식물성 연료 판매 주유소를 보유하고 있는 독일에서 운행

중인 PVO 자동차와 엔진 그리고 PVO연료탱크를 나타낸 것이다. 이와 더불어 전용 연료공급장치와 저온 유동성을 향상시키기 위한 장치 등을 Kit형식으로 제작하여 보다 쉽고 간편히 순수 식물유를 자동차에 사용할 수 있도록 많은 시도를 하고 있다.

〈그림 9〉는 이상과 같이, 현재 유럽에서는 진행중인 다양한 바이오연료들의 향후 전망을 비교해서 나타낸 것인데, 이에 맞춰 향후 해당 바이오연료의 생산과 사용이 급격히 증가할 것으로 예상된다. 물론 국내에서 이러한 바이오연료의 사용을 위해서는 연료 수급 문제와 인프라 시설 그리고 바이오연료의 품질 안정성 등 근본적인 문제들이 먼저 해결되어야 하는데, 현재까지 몇몇 바이오연료를 제외하고는 시장진입이 어려운 상황이다.



〈그림 9〉 Prospect of various Bio-fuels used in Europe  
(출처 : Report of Alternative Fuel Concepts in Daimler-Chrysler, 2006)

### 3. 결론

현재 바이오디젤과 바이오에탄올의 실용적 보급을 중심으로 점차 사용이 확대되고 있는 바이오연료는 환경과 에너지 안보 측면에서 볼 때, 이의 도입 시점과 보급정책 그리고 관련 산업의 육성이 매우 중요하다. 그동안 다양한 바이오연료로 기존 석유 대체를 위한 연구들이 많이 진행되어 왔으며, 특히 유럽에서는 10개 수송용 바이오연료 보급 촉진 지침을 마련하여 보급 정책을 활발히 시

행하고 있는 중이다. 즉, 저탄소연료인 천연가스 또는 석탄 등으로부터 생성되는 GTL 등의 합성 바이오연료, 재생 가능한 바이오매스로부터 추출되는 바이오디젤이나 바이오에탄올, 그리고 이산화탄소를 전혀 배출하지 않는 수소연료와 순수 식물유 등이 이에 포함되어져 있다. 참고로, 지난 7월에 개최된 G8 기후변화 회의에서 『세계를 바꾸는 기술 7개』 분야 중, 바이오에너지 선도국가로 브라질 선정 그리고 첨단자동차 선도국가는 미지정된 바 있다. 이미 몇 차례 강조한대로 저탄소배출 친환경자동차의 기술개발 격차가 그다지 크지 않은 현 시점에서, 바이오에너지를 활용한 첨단 자동차의 핵심 전략기술을 보다 더 중점적으로 육성한다면, 이는 저탄소 녹색성장 사회 구현을 위한 중요한 환경에너지기술이 될 수 있을 것이다. 다행히 국내에서는 지난 6월 한국자동차공학회와 한국석유관리원 주관으로 『국내 자동차연료의 현황 및 미래 시나리오』 주제의 워크숍을 개최(주요 참여기관 : 대한석유협회, SK가스, 한국가스공사, 한국바이오디젤협회, 창해연구소, GS칼텍스, 한국석유관리원, 이상 주제발표 순서임)하여 국내 자동차연료의 현황과 미래 방향에 대하여 상호 의견 제시와 토론을 통해 유익한 정보가 교류될 수 있는 계기를 마련한 바 있다. 따라서 향후, 보다 더 적극적으로 유럽에서 이미 상용화된 바이오연료를 중심으로 기술개발과 보급을 체계화하고 통합 관리하여, 수송용 바이오연료 정책이 일관성 있게 추진되길 바라면서, 이 글을 맺고자 한다.

(이진욱 편집위원 : immanuel@ssu.ac.kr)