



# 연일

계속되는 원유가의 신기록 행진에 온 국민이 국내의 에너지 정책뿐 아니라 지구촌의 에너지 정책에도 관심을 갖는 상황이다. 이러한 현실에서 해외로부터 들려오는 바이오연료에 대한 뉴스는 어느 때보다도 높은 관심을 받고 있고 우리나라에도 바이오에탄올의 도입을 추진하기를 희망하는 여론이 커지고 있다. 수송용 연료로써 바이오에탄올을 활용하는 방법은 생산된 휘발유에 직배합하여 사용하는 방식과 바이오에탄올을 이소부틸렌(isobutylene)과 반응시켜 바이오 ETBE(Ethyl tertiary butyl ether)로 전환하여 활용하는 방식이 대표적이라 할 수 있다.

본고에서는 수송용 연료로 사용되는 바이오에탄올의 국내 도입 방식에 대한 검토와 향후 해결해야하는 과제를

짚어 보았다. 우선 바이오에탄올을 이미 도입하여 사용하고 있는 해외 각 나라의 사례로부터 시사되는 점들을 살펴보고, 위 두 가지 바이오에탄올의 활용방법에 대한 기술적, 경제적 장단점을 검토하여 우리에게 유리한 바이오에탄올 도입 방안과 향후 해결과제들을 제시해보고자 한다.

## 해외 바이오에탄올 보급배경

전 세계적인 바이오연료 도입 경쟁은 자국의 농업 보호와 석유의존도 감소를 통한 에너지안보 확보, 그리고 이산화탄소 감축 의무 준수에 대한 대응 배경으로 자연스럽게 전개되어 왔다. 바이오에탄올을 직배합하거나 ETBE로 전환하여 사용하고 있는 나라는 G7을 포함하여 30여개국에 달하며, 각각의 나라의 도입시기와 도입당시 배경 역

시 다양하다. <표 1>에 주요 바이오에탄올 사용국에 대한 보급 배경과 현황을 요약하였다. 미국, 브라질, 그리고 농업이 발달한 EU의 일부 국가들은 자국의 막대한 양의 잉여 바이오매스(사탕수수, 밀, 옥수수 등)를 활용해 바이오에탄올을 생산하고 휘발유에 직접 혼합해 사용함으로써 농작물 수요 증가를 통한 농업 활성화와 자국 자원을 이용한 에너지 자급률 제고를 꾀하고 있다.

반면, 그 밖의 다른 나라의 바이오에탄올의 활용 방식은 주로 자국의 산업 여건, 도입 당시의 각 방식의 경제성 등을 고려하여 선택되어 왔다. 예를 들어 스페인과 프랑스, 독일과 같이 휘발유 수송에 있어서 주로 송유관을 사용하거나 상대적으로 석유화학산업이 발달한 국가에서는 바이오에탄올 직배합보다는 바이오 ETBE로 전환하여 휘발유에 배합하는 것을 선호하고 있음을 알 수 있으며 이러한 점은 우리나라 상황과 유사하여 참고가 될 만하다.

한편, 스웨덴과 같은 나라는 자국에서 휘발유를 생산하지 않고 전량 수입하므로 자국내 바이오 ETBE 생산이 불가하여 바이오 ETBE 수입보다는 에탄올 직배합이 경제적 이므로 바이오에탄올을 휘발유에 직접 혼합해 사용하고 있다. 가까운 일본에서는 바이오에탄올의 직배합과 ETBE 전환 사용에 관해 모두 실증 연구를 진행하고 있으나, 일본 기후 특성상 습도가 높아 바이오에탄올을 직배합하는 방법은 수분 혼입에 의한 휘발유내 상분리 문제가 제기되고 있다. 이와 같은 상분리 현상은 연료 품질 저하와 막대한 연료 공급 인프라 비용 문제를 수반할 것으로 예상된다.

### 바이오에탄올과 바이오 ETBE

바이오에탄올과 바이오 ETBE에 대한 비교는 다음과 같

이 크게 세가지 정도를 살펴 볼 수 있다. 첫 번째는 연료로서의 특성, 두 번째는 환경 또는 유해성 문제, 세 번째는 사업성이다. 먼저 연료로서의 특성은 국내에서도 실증연구가 진행되고 있는데, 바이오에탄올은 휘발유에 혼합하는 경우, ETBE에 비해 연료로서 장점이 거의 없는 것으로 파악되고 있다.

바이오에탄올을 휘발유에 혼합하면 휘발유의 증기압이 증가(에탄올 5% 혼합시 약 7kPa)하는데 이로 인해 증발가스 문제를 일으키게 되며 증기압 상승 억제를 위한 추가적인 조치가 필요하다. 또한 바이오 에탄올은 수분과 친화력이 좋아 수분을 쉽게 흡수하여 연료의 상분리 현상이 발생(에탄올 5% 혼합시 수분함량 0.2%에서 상분리 발생)될 수 있으며, 에탄올 자체의 물성으로 인해 차량 연료 관련 시스템의 재질을 부식시키거나 팽윤시키는 등의 호환성 문제가 있어 바이오에탄올의 직배합을 고려한다면 유통, 취급, 차량 등에 관한 경제적, 기술적 검토와 해결방안이 필요한 것으로 판단된다.

바이오 ETBE의 경우는 바이오에탄올과 같은 증기압 상승이나 상분리, 부식 문제가 없으며, 이미 합산소기재로 다른 나라에서 오랜 기간 사용한 경험이 있어 연료로서의 품질면에는 우려할 바가 없다.

두 번째로 유해성에 관해서 살펴보면, 인체에 대한 유해성에 관해 바이오에탄올은 문제가 없으며, 바이오 ETBE 또한 2006년 EU의 유해성 조사 결과, 인체 유해성이 없는 것으로 판명되었다. 다만, ETBE는 후각에 대한 역치가 낮아, 지하수 등에 유입되면 심미적인 문제가 있을 수도 있으나, 식수원의 대부분을 강물로 사용하는 우리나라의 여건을 고려할 때, 지하수 오염으로 인한 부정적인 영향은 미미할 것으로 예상된다.

〈표 1〉 해외 바이오에탄올 도입배경과 현황

국가	도입방법	도입배경	도입목표	정부지원정책
미국	직접혼합 (E10, E85)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MTBE 사용규제</li> <li>• 석유 에너지 의존도 감소</li> <li>• 자국의 풍부한 바이오매스(옥수수)이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2006년 40억 갤런 도입 (휘발유 유통량의 2.78%)</li> <li>• 2012년 75억 갤런 도입 (2,800만 kℓ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유에 대한 세액공제</li> <li>• 소규모 에탄올 제조 사업에 대한 보조 및 용자 사업</li> </ul>
브라질	직접혼합 (E20-E25, E100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유 파동에 대한 대외 채무를 줄이기위함</li> <li>• 자국의 풍부한 바이오매스(사탕수수) 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에탄올 20~25% 혼합의무</li> <li>• 휘발유차량 전체 E25보급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에탄올 전용차 및 FFV의 연방공급세 및 지방세 감세</li> </ul>
스웨덴	직접혼합 (E5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유의존도 감소 및 온실가스 감축</li> <li>• 도입당시, 바이오 에탄올 가격이 ETBE 보다 저렴해서 도입함</li> <li>• 스웨덴 정유사에서는 휘발유를 생산하지 않고 모두 수입함 (자국 내 바이오 ETBE 생산 불가)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2005년 말 현재 바이오 연료 3% 도입목표</li> <li>• EU지시에 따라 2010년 5.75% 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유 과세경감</li> <li>• 원료작물 재배 시 보조</li> </ul>
인도	직접혼합 (E5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경문제 개선 및 석유의존도 저감</li> <li>• 자국의 사탕수수 재배 농민보호의 목적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2003년부터 E5 전국보급</li> <li>• E10전국보급이 최종목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유 과세경감</li> </ul>
중국	직접혼합 (E10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유의존도 감소 및 농민소득 증대</li> <li>• 환경보호</li> <li>• 식량부족을 우려해 곡물을 원료로 한 바이오 에탄올 확대계획 전면 중지함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2005년말까지 휘발유 자동차의 E10화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에탄올생산업자 소비세면제</li> <li>• 원료작물 재배 시 보조</li> <li>• 에탄올에 대한 간접세 환급</li> </ul>
스페인	ETBE (3~4%, 6~7%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도입당시, ETBE 가격이 MTBE에 비해 저렴하였고, 미국 캘리포니아에서 MTBE 금지 법안이 발효되면서 도입됨</li> <li>• 국토 면적이 넓어 송유관이 1,500km에 달하는, 바이오 에탄올의 경우 수분혼입에 의한 상분리 송유관 수송이 불가능하므로 바이오 ETBE로 전환해 사용됨</li> <li>• 정부의 권고가 아닌 메이저 정유사에 의해 시작되어 실효성을 얻어 보급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2005년 말 바이오 연료 3% 도입목표</li> <li>• 2008년까지 3.4%, 2010년까지 5.83% 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유 과세경감</li> <li>• ETBE 제조사업자 면세</li> <li>• 원료작물 재배 시 보조</li> </ul>
프랑스	ETBE (6~7%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실가스 배출 감소</li> <li>• 에너지 자원의 안정적 확보</li> <li>• 농업에서 정유회사에 이르기까지의 강한 제휴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2005년 말 현재 바이오 연료 3% 도입목표</li> <li>• 2008년 5.75%, 2010년 7%, 2015년 15% 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유 과세경감</li> <li>• 원료작물 재배 시 보조</li> </ul>
독일	ETBE (BE 기준 5%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고유가시대 에너지안보증대 및 농업부양</li> <li>• 2004년 바이오 연료에 대해 전면 세금을 면제하는 것으로 조세 정책이 바뀌면서 정유 회사에 의해 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2005년 말 현재 바이오 연료 2%도입목표</li> <li>• EU지시에 따라 2010년 5.75% 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼합휘발유 면세</li> <li>• 원료작물 재배 시 보조</li> </ul>
일본	직접혼합 (E3) / ETBE(7%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교도협약 준수를 위한 온실가스 감축</li> <li>• 환경성은 이산화탄소 저감효과에 중점을 두고 바이오 에탄올 도입에 적극적임</li> <li>• 경제산업성은 경제적 효율성을 중시하여 바이오 에탄올과 ETBE 사용에 있어 신중한 입장임</li> <li>• 습도가 높아서 바이오 에탄올 도입 시 상분리 발생 가능하고, 유통 인프라 구축을 막대한 추가 비용 발생 예상</li> <li>• 바이오 ETBE의 경우 수분혼입 문제가 없어 유통과정에서 관리가 용이하고, 국가적 규모로 쉽게 실현되는 이점으로 정유업계에 의해 도입됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010년까지 전체 휘발유 최대 1/2 E3 또는 ETBE 도입</li> <li>• 2020년까지 전체 휘발유 최대 2/3 E3 또는 ETBE 도입</li> <li>• 2010년까지 전체 휘발유에 E10 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보조금 지급</li> </ul>

한편, 환경적인 측면에서 또 한 가지 고려해야 할 문제는 두 물질의 첨가에 따른 자동차 배출가스 변화인데, 합산소기재라는 특성상 두 물질 모두 배출가스 중 일산화탄소와 이산화탄소를 감소시키고 질소산화물을 다소 증가시키는 결과를 보이거나 바이오에탄올을 배합할 경우 알데히드의 배출량이 바이오 ETBE 배합시보다 다소 증가하는 결과가 보고된 바 있다.

세 번째로 사업성을 비교해보면, 바이오에탄올을 직배합할 경우, 앞에서 언급한 에탄올 혼합 휘발유 특성상 송유관 수송이 어려워, 각 저유소마다 탱크를 신설하고 블렌딩 설비 등을 설치하고 주유소에서도 에탄올 혼합 휘발유에 적합한 재질로 주유설비를 교체해야하며 전 유통과정에서 수분혼입을 방지하는 설비를 해야 하는 등 적지 않은 비용이 예상된다. 이미 실증 평가를 수행한 일본의 자료를 참고하면 일본의 경우, 바이오에탄올의 직배합 방식을 도입할 경우, 약 3조원의 비용이 소요될 것으로 추정되며, 국내 휘발유 일 소모량 160,000 B/D를 기준으로 환산



해보면, 에탄올 3% 직배합시 약 5,000억원의 초기 투자 비용이 소요될 것으로 예상된다.

한편, 바이오 ETBE는 바이오에탄올과 이소부틸렌을 원료로 생산해야하는 추가적인 공정 비용이 발생하는데, 국내 휘발유 일 소모량 160,000 B/D를 기준으로, ETBE 7% 배합시 약 700억원 정도의 초기 투자 비용이 소요될 것으로 예상된다. 현재 국내 관련업체에서 보유하고 있는 MTBE 제조공정은 ETBE 제조 공정으로 개조가 가능한데 유럽 등에서 사용 중인 MTBE/ETBE dual 생산 시스템을 구축한다면 바이오 에탄올의 수급 상황이 불안정할 때에는 ETBE 생산공정을 MTBE 생산 공정으로 전환하는 등 탄력적인 대처도 가능할 것이다.

### 바이오에탄올 도입에 따른 과제

2007년 사이언스에 실린 논문에는 푸른 숲을 가꾸는 것이 바이오연료를 통해 온실가스를 절감하는 것보다 최고 9배의 온실가스 저감효과가 있는 것으로 주장하고 있다. 바이오연료는 도입당시 배정과 달리, 최근 전 세계적인 식량문제와 미미한 온실가스 저감효과 등으로 확산이 제한될 것으로 예상된다. 산술적으로도 세계 각국의 바이오에탄올 도입 목표는 이미 생산량을 훨씬 능가하여 우리나라와 같이 경제적인 문제로 바이오에탄올을 거의 전량 수입해야하는 경우에는 바이오에탄올의 안정적인 확보도 큰 문제가 될 것이다.

지금까지 살펴본 것처럼, 만약 바이오에탄올을 도입한다면 지금 현재 사용하고 있는 합산소기재인 MTBE를 대신할 수 있는 바이오 ETBE로의 전환 사용방식이 소비자 및 제조자, 그리고 국가에 모두 유리하고 가장 현실적인 대안으로 판단된다. ◆