

바이오디젤의 상용화 현황 및 전망

디젤 차량의 연료인 경유를 대체하기 위하여 개발된 청정 재생 연료로 EU 및 미국 등 선진국에서 보급이 급속하게 이루어지고 있는 바이오디젤의 활용 현황에 대해 소개하고자 한다.

이진석

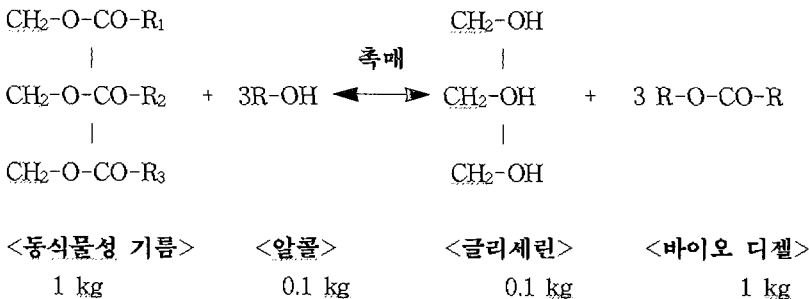
한국에너지기술연구원 바이오매스센터 (bmjslee@kier.re.kr)

고유가가 계속되면서 대체 연료에 대한 관심이 높아지고 있다. 식물로 대표되는 바이오매스(유기물 자원)로부터 생산 가능한 바이오 연료는 직접 차량 연료로 활용 가능하며 CO₂ 및 공해 물질 저감 효과가 우수하며 자원 고갈의 우려가 없어 전 세계적으로 점차 사용량이 증가하고 있다. 이러한 바이오 연료의 대표적인 것으로는 휘발유 대체 연료인 바이오 에탄올과 경유 대체 연료인 바이오디젤이 있다. 본고에서는 바이오디젤의 국내외 활용 현황에 대해 기술하고자 한다.

바이오디젤이란?

바이오디젤은 동, 식물성 기름을 촉매(산 또는 알

카리)를 넣고 알콜과 반응시키면 생성되는 에스테르 화물을 지칭하며 경유와 비슷한 물성을 갖는다(그림 1). 바이오디젤은 경유에 비해 다양한 장점이 있다. 첫째 바이오디젤은 재생 특성을 갖는 식물(유)로부터 생산되므로 석유에서와 같은 자원의 고갈 문제가 없다. 둘째 공정의 전 주기(life cycle) 관점에서 볼 때 바이오디젤의 연소에 의해 배출된 CO₂는 유지 식물이 성장하는 과정에서 흡수되므로 경유에 비해 CO₂의 순 저감 효과가 크다(그림 2). 미국의 신재생 에너지 연구소(national renewable energy laboratory, NREL)의 연구 결과에 따르면¹⁾ 100% 바이오디젤을 디젤 차량에 연료로 사용할 때 CO₂의 순 배출량은 138 g(유지 식물의 경작 및 바이오디젤 제조 과정에서 투입된 에너지에 의한 CO₂ 발생임)으로



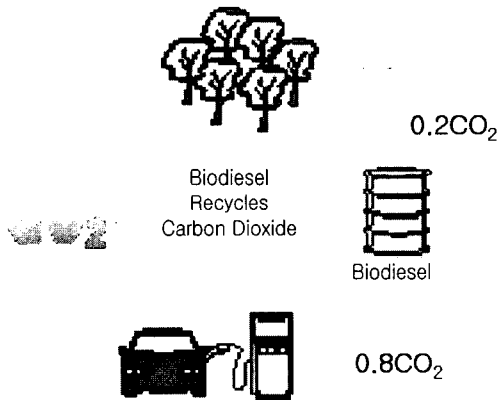
[그림 1] 바이오디젤 생산 반응 메커니즘

1) DOE 보고서, NREL / SR 580-24089 (1998)

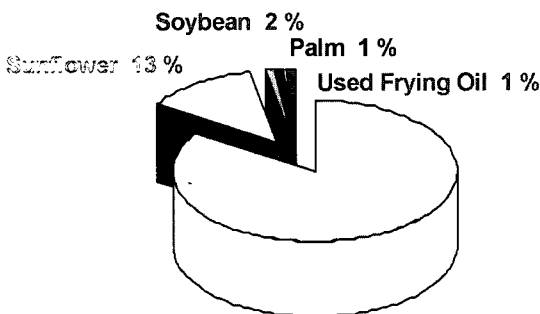
경유에 비해 78% 낮았고 미국에서 주로 사용하고 있는 바이오디젤이 20% 첨가된 혼합 경유 연료의 사용 시에도 CO₂ 배출량은 534 g으로 16% 감소하였다(그림 3). 이런 점은 현재 국제 사회에서 국가별 CO₂ 배출량을 규제하려는 기후 변화 협약의 비준을 추진하고 있다는 점을 고려할 때 바이오디젤의 활용성이 높다. 또한 순수 바이오디젤은 10~12%의 산소를 포함하고 있으며 그 결과 연료로 사용시 완전 연소가 이루어지며 매연, 미세 분진, 아황산가스(SOx) 등의 공해 물질이 경유에 비해 50~70% 적게 배출된다(표 1).

바이오디젤의 생산 현황 및 경제성 분석

앞에 기술한 바와 같이 바이오디젤은 모든 동/식물

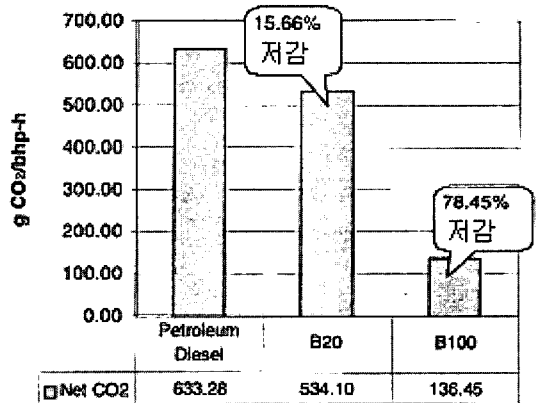


[그림 2] 바이오디젤의 연료 사용에 따른 CO₂의 재순환



[그림 4] 상용화 바이오디젤 생산 공정에 사용되는 원료

성 기름으로부터 생산 가능하지만 여러 가지 제약 여건 때문에 실제 상용화 공정에 사용되는 원료 종은 4~5 종에 불과하다(그림 4). 그림에 나타난 바와 같이 바이오디젤의 보급이 가장 활성화되어 있는 EU의 경우 주 경작 식물인 유채유(rapeseed oil)를 원료로 사용하므로 유채유의 비중이 가장 높다. 미국은 콩이 주 작물이므로 콩 식용유를 바이오디젤 생산 원료로 사용하고 있다. 이와 같이 식물성 기름을 원료로 바이오디젤을 생산하는 경우 원료비 비중이 총 생산비의 70~80%에 달하게 된다(그림 5). 따라서 최근 폐식용유를 원료로 하는 바이오디젤 생산 공정이 개발되어 일부 적용되고 있다. 그림 5에 나타난 바와 같이 저급 폐유지(yellow grease)를 원료로 하는 경우 식물성 기름을 원료로 생산한 바이오디젤 생산비 대비 약 50% 이상 비용 감소가 가능하다.



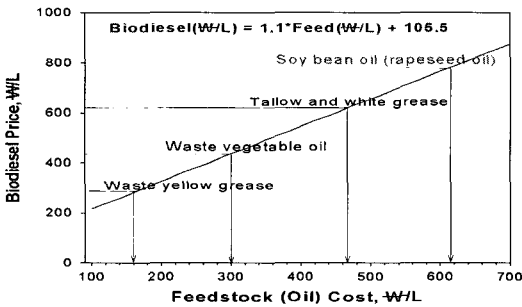
[그림 3] 바이오디젤의 사용에 따른 CO₂ 저감량

<표 1> 경유 대비 바이오디젤에 의한 공해 물질 배출 감소율

	100% 바이오디젤 (B100)	바이오디젤 20% 혼합 경유 (B20)
매연	-67%	-20%
일산화탄소	-48%	-12%
미세 분진 (PM10)	-47%	-12%
NOx	+10%	+2%
SOx	-100%	-20%
방향족 화합물	-80%	-13%

EU 및 미국의 바이오디젤 보급 지원 정책

바이오디젤은 경유에 비해 생산 원가가 월등히 높아 단순 경제성 논리를 적용하면 보급이 불가능하다. 따라서 EU와 미국 등 주요 선진국은 바이오디젤의 보급 확산을 위해 다양한 지원 정책을 마련해 시행하고 있으며 그 내용은 각 국가의 실정에 맞게 시행되므로 다르다. 즉 EU는 우리나라와 같이 석유류에 대해 많은 특별 소비세(Mineral oil tax, Eco-tax 등)를 부과하는 반면 바이오디젤에 대해서는 모든 특별 소비세를 면제하고 있다. 이를 통해 바이오디젤의 판매 가격이 경유의 시장 가격에 비해 낮게 형성되도록 정책적으로 조정하고 있다. 예로서 바이오디젤의 보급에 가장 적극적인 독일의 경우 경유에 대해 광유세(Mineral oil tax)를 부과하고 1999년부터 5년간 한시적으로 매년 증가하는 Eco-tax를 부과하여 시장에 판매되는 경유의 가격이 바이오디젤에 비해 10% 이상 높게 형성되도록 하고 있다(표 2).

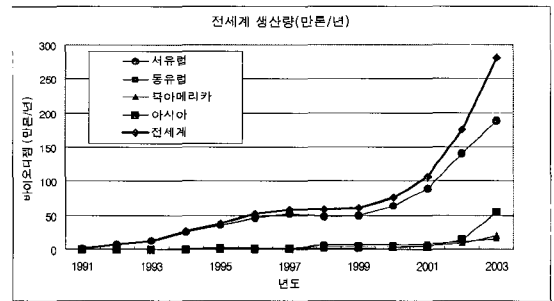


[그림 5] 원료에 따른 바이오디젤 생산 비용

반면 바이오디젤에 대해서는 특별 소비세를 완전 면제시키고 있다. 그 결과 독일에서의 바이오디젤 생산량은 크게 증가하여 현재 약 105 만톤/년 생산 시설을 가동 중이다. 반면 미국은 석유류에 대해 특별 소비세를 부과하지 않고 있어 통상의 시장 논리에 의한 바이오디젤 시장 보급이 불가능하다. 따라서 미국 정부는 일정 규모 이상의 운수업자들은 연간 일정량 (1,200 L)의 대체 연료를 의무 사용하도록 법(EPAAct)을 제정하여 바이오디젤의 판매를 간접 지원하고 있다.

EU 및 미국의 바이오디젤 상업화 및 보급 현황

최근 고유가와 기후 변화 협약이 국제 사회의 주요 이슈로 떠오름에 따라 이에 대응 가능한 바이오디젤의 생산 확대를 위해 각국 정부에서는 적극적인 지원 정책을 시행하고 있으며 그 결과 2000년 이후 바이오디젤의 생산량은 가파르게 증가하고 있다(그림 6).



[그림 6] 전 세계의 바이오디젤 생산량

<표 2> 독일의 경유와 바이오디젤 세금 비교

(단위: 마르크/L)

년도	경유				바이오디젤
	2000	2001	2002	2003	2003
경유가격 ²⁾ (세금전)	0.42	0.42	0.42	0.42	-
광유세(Mineral oil tax)	0.68	0.68	0.68	0.68	0
Eco-Tax ³⁾	0.06	0.12	0.18	0.24	0
세금 후 경유 가격	1.16	1.22	1.28	1.34	-
식물유 가격	-	-	-	-	0.8
바이오디젤 가격	-	-	-	-	0.99 - 1.05

2) 원유 가격 \$28/bbl 기준임

3) 1999년부터 2003년까지 매년 0.06마르크씩 인상

기후 변화 협약의 도입에 적극적인 EU는 교토협약에서 제시한 CO₂ 저감량 목표를 달성하는데 바이오 연료의 보급 확대가 필수적이라는 인식 하에 바이오 연료의 시장 보급 목표를 정하고 이의 실현을 위해 적극적인 정책을 실시하고 있다(표 3).

국내의 보급 상용화 및 보급 현황

국내에서도 바이오디젤 생산 상용화 공정이 개발되어 가동 중이다(그림 7). 과거에는 바이오디젤에 대한 정책적 지원이 없어 일부 지역의 시내 버스를 대상으로 매우 제한적으로 상용되었다. 하지만 경유의 과다 사용에 의한 대기 오염 문제가 대도시 지역에서 특히 심각하여짐에 따라 정부에서는 2002년 개최된 한-일 월드컵 대회를 계기로 바이오디젤, LNG

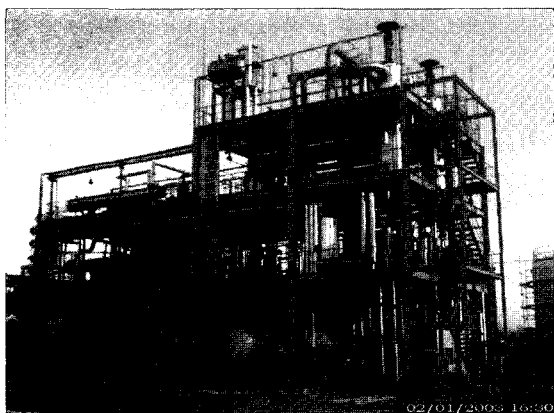
등의 경유 대체 청정 연료의 도입을 적극 추진하였다. 하지만 LNG의 경우 고압 가스 충전소의 설치에 대한 지역 주민의 거부감 때문에 LNG의 차량 연료화는 일부 버스에 제한적으로 적용되고 있다. 바이오디젤은 기존 주유소의 활용이 가능하다는 점과 공해 오염 물질이 경유에 비해 50%~70% 가량 적게 나온다는 사실이 공공 기관에서 수행한 시험에 의해 확인됨에 따라 보급을 활성화시키기 위해 바이오디젤을 특수세가 면제되는 신재생 에너지로 분류하여 보급을 촉진하려는 지원 방안이 마련되었다.

100% 바이오디젤을 연료로 사용할 경우 바이오디젤의 용매 효과 때문에 차량에 부작용이 있을 수 있다는 해외 연구 결과를 참조하여 국내에서는 바이오디젤 20%를 혼합한 경유를 표준 규격(B-20)으로 정하여 2002년 5월부터 수도권과 전라북도의 지정 주

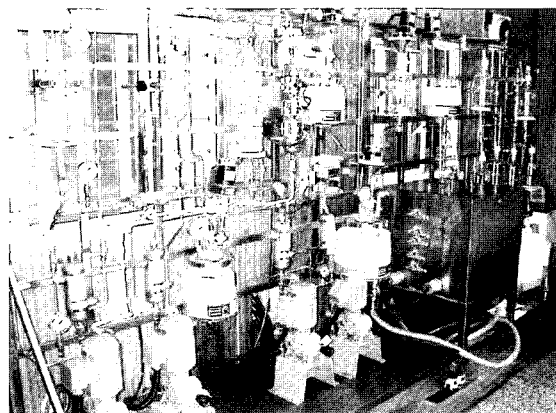
<표 3> EU의 바이오연료 보급 목표.

단위: 천톤

연도	바이오에탄올(ETBE)	바이오디젤	바이오 연료(합계)	최소 대체율*, %
2005	2341	2532	4873	2.0
2006	3219	3482	6701	2.75
2007	4096	4431	8527	3.5
2008	4974	5381	10355	4.25
2009	5852	6331	12183	5.0
2010	6730	7280	14010	5.75



[그림 7] 국내에서 개발 바이오디젤 상용화 공장 (용량: 100,000톤/년)



[그림 8] 국내에서 개발중인 폐식용유로부터 바이오디젤 생산 공정

유소에서 일반 차량을 대상으로 시범 보급하고 있다.

이와 병행하여 바이오디젤의 생산 단가를 낮추기 위한 연구도 진행되고 있다. 국내에서는 매년 약 20만톤의 폐식용유가 배출되지만 이의 안정적인 소비 방안이 구축되지 않아 일부 불법 폐기되어 환경 오염 문제를 야기하고 있다. 이러한 폐식용유를 원료로 바이오디젤을 생산하는 기술 개발이 과학기술부 21세기 프론티어 사업으로 2000년부터 시작되어 현

재 파일럿 공정 개발 단계에 있으며 앞으로 1~2년 내에 실용화 가능할 것으로 예상된다(그림 8). 본 기술이 실용화되면 국내 폐자원의 활용에 의한 청정 연료 생산이라는 일석이조의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 앞에 기술한 바와 같이 바이오디젤은 대체 연료로서 활용 가치가 매우 높아 국내와 해외에서 바이오디젤의 전망은 매우 밝다고 할 수 있다. ④