

바이오디젤



심 상 준
성균관대학교
simsj@skku.edu

1. 서론

지속적으로 상승하고 있는 원유가격, 수십 년에 걸쳐 꾸준히 상승하고 있는 지구의 온도는 현재의 인류가 당면하고 있는 가장 큰 문제점이다. 19세기 후반부터 화석연료를 기반으로 급속한 발전을 거듭한 인류는 점점 고갈되어 가고 있는 화석연료와, 연료의 사용에 따라 발생하는 CO₂가 지구 온난화의 주범이라 여겨지고 있는 현 상황에 적지 않게 당황하고 있다. 화석연료는 에너지원 뿐 아니라, 각종 생산품의 원료가 되는, 그 유래를 찾아 볼 수 없을 만큼 유용한 물질이기 때문이다. 경제적으로 보나 기술적으로 보나 화석연료를 대체할 만한 확실한 대안이 아직 없다. 대부분의 사람들이 인지하고 있듯이, 멀지 않은 미래에 적합한 대체 에너지원을 개발해야만 한다. 이러한 어려운 상황에서 바이오디젤은 지속적이고 친환경적인 에너지원으로써 지속적인 관심을 받고 있다.

2. biodiesel의 정의

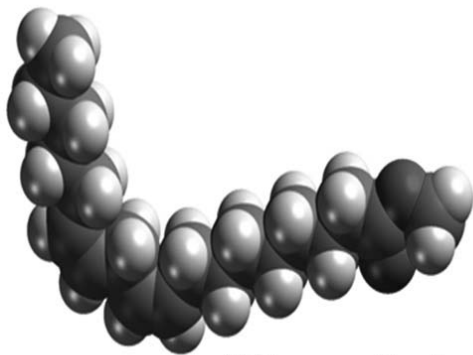
석유자원은 고갈되어 가고 있는 반면, 화석연료의 사용량은 늘어나고 있는 어려운 상황에서 기존 화석연료를 대체할 수 있는 에너지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 화석연료를 대체할 수 있는 기술로 수력, 태양력, 조력, 풍력, 파력, 지열 등을 이용하는 기술들이 개발 되었다. 이중 자연계에 풍부하게 존재하는 바이오 에너지에 대한 중요도가 급부상하고 있다(Sensoz et al., 2000). 바이오 연료는 자연계에 존재하는 바이오매스로부터 제조되는 에너지로서, 동물, 식물, 미생물 등 생물체의 유기물 및 농림업에서 나오는 부산물 및 폐기물, 음식물 쓰레기, 생물체로 된 산업폐기물과 바이오 연료를 생산하기 위해 재배된 작물 등으로부터 얻을 수 있다. 대표적인 바이오 연료로 메탄올, 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스 등이 있으며, 현재까지 바이오에탄올과 바이오디젤이 수송용 연료로서 상업화되고 있다. 바이오디젤은 주로 식물성 오일로부터 제조할 수 있는 디젤엔진

의 대체연료로서 석유 소비량을 줄일 수 있으며, 매연, 탄화수소 및 황 등의 오염물질을 줄일 수 있는 환경 친화적인 관점과 이산화탄소의 배출량을 줄일 수 있어 일석이조의 에너지라고 말할 수 있다(서홍성 등, 2005).

바이오디젤은 화학적으로 긴 지방산 체인을 가진 단일 알킬 에스터를 뜻한다

(<http://www.wikipedia.org/>). 재생 가능한 연료로써 기존 경유를 대체 할 수 있고, 기존의 시설을 통해 운반, 판매가 가능하기 때문에, 수송 화석 연료의 유력한 대안으로 꼽히고 있다(Fernando et al., 2006).

현재, 바이오디젤은 기존 경유와 섞어서 사용되기도 하는데, 디젤 엔진 제조 회사에 따라 다르지만 낮은 혼합비의 바이오디젤의 경우 디젤 엔진의 특별한 변형 없이 바로 바이오디젤을 이용할 수 있다. 이 경우 B100, B80, B50, B20, B5 등으로 바이오디젤을 표기, 분류 하며 이는 바이오디젤과 기존 경유의 혼합비를 뜻한다 (Ayhan Demirbas, 2008). (예 : B100은 바이오디젤 100%, 순수한 바이오디젤을 뜻하고 B80의 경우 바이오디젤 80% 기존 경유 20% 혼합 연료를 뜻한다.)



출처 : www.wikipedia.org

그림 2. 대두유와 메탄올로 만든 리놀레익산 메틸 에스터

3. Biodiesel의 특징

① 지속생산, 재생 가능 에너지

바이오디젤 원료는 앞에서 말한 것과 같이 바이오매스로, 대부분이 유채나 대두, 해바라기 등의 식물성 유지, 혹은 돼지기름 등의 동물성 유지이다. 식물은 대기 중의 산소, 이산화탄소, 물을 이용하여 태양에너지를 에너지원으로 하여 광합성을 통해 지속적으로 유지를 생산할 수 있다. 또한 동물성 유지는 식물 등의 사료를 섭취하여 만들어낸 자원이라고 할 수 있다. 바이오디젤은 이와 같이 지속적 생산이 가능하며, 매장량이 한정되어 있는 화석연료와 비교하여 고갈되지 않는 재생 가능 에너지이다.

② 경유 대체연료

바이오디젤은 디젤엔진용 액체연료, 즉 경유대체연료로써 인화점이 160~180℃로 비교적 높기 때문에, 기존의 가솔린엔진으로는 착화시키기 어렵다. 하지만, 앞에서 말했듯이 경유와 혼합할 경우 직접적으로 기존 디젤엔진에 바로 적용이 가능하며, 높은 혼합비의 연료도 비교적 간단한 디젤엔진의 개조를 통해서 사용가능하다. 또한 바이오디젤은 중유를 증류하여 정제하는 화석연료와 달리, 휘발성분이 많이 포함되어 있지 않기 때문에 인체에 자극성이 적으며, 경유에 반해 탄화수소에 산소를 함유하고 있어 발열량은 낮지만 연소성이 좋은 특성을 지닌다.

③ 탄소중립

UN에서는 바이오디젤의 이산화탄소 배출에 관련한 기본개념을 카본뉴트럴, 즉 탄소중립으로 인정하고 있다. 탄소의 순환을 생각한 경우, 지하 화석연료

에서 얻은 석유, 가솔린, 경유 등은 지하에 고정되어 있던 탄화수소를 연소함으로써 대기 중의 탄소량이 증가되지만, 바이오매스에서 얻은 연료는 대기중의 이산화탄소를 광합성에 의해 흡수, 고정화한 것으로, 처음부터 대기중에 존재한 것으로 인식, 전체적으로 대기 중의 이산화탄소량을 증가시키지 않는다고 평가된다. 따라서 바이오디젤의 사용량이 증가 할수록, 종전의 화석연료를 대체한 만큼 이산화탄소 배출량 삭감효과를 가진다고 말할 수 있다(최병철 등, 2009).

④ 에너지 자급률 향상

식물성 유지를 주로 원료로 하기 때문에 농지와 강수가 있다면, 에너지 확보, 자급이 가능하고 원유의 중등 의존도를 저감시켜 에너지 자급률을 개선할 수 있다.

⑤ 생분해성, 안정성

바이오디젤은 생분해성이 강하여 National Biodiesel Board (NBB)에서는 ‘설탕보다 생물분해되기 쉽고, 소금보다 독성이 적다.’ 라고 표현하고 있다(최병철 등, 2009). 또한 인화점이 180℃에 달하고, 화석연료와 달리 방향족화합물 등도 함유하고 있지 않기 때문에, 초보자도 안전하게 다룰 수 있다.

4. 생산기술

유지를 디젤기관의 연료로 사용하기 위해서는 높은 점도, 산화도, 유리 지방산의 농도, 수분, 검 형성 등의 문제를 해결해야 한다. 바이오디젤의 생산기술로는 직접이용법, 열분해법, 마이크로에멀션법 및 전이 에스테르화법 등이 있다(서홍석 등, 2005).

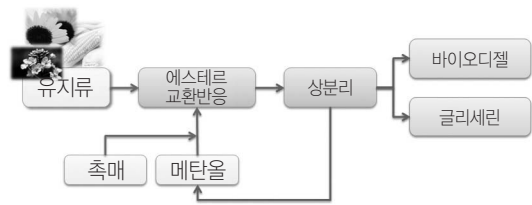


그림 3. 전이에스테르화를 이용한 바이오디젤의 제조 프로세스

- 직접이용법은 말 그대로 유지와 디젤유를 직접 혼합하여 사용하는 것으로 동절기에 시동과 연료 분사 및 탄소 침적 등이 발생하는 문제점이 있다.
- 열분해법은 유지를 고온으로 가온하고 무산소 분위기에서 촉매를 사용하여 열분해 시키는 방법으로, 에너지 비용이 과다한 것으로 평가되며 생성되는 재나 탄소의 집적이 문제가 되고 있다.
- 마이크로에멀션법은 유지를 바이오디젤로 직접 사용할 경우 유지의 고점도에 따른 연료분사 문제를 해결하기 위한 방법으로, 유지와 함께 페트로 디젤, 에탄올 및 부탄올을 혼합하여 1~150nm의 콜로이드성 분산연료를 얻는 방법이지만 근본적인 해결방법은 아니다.
- 상업적 규모로 생산하는 방법으로는 주로 전이 에스테르화 공정이 사용되고 있으며, 사용하는 촉매에 따라서 염기 촉매법, 산 촉매법 및 효소 촉매법으로 나뉜다. 촉매의 존재 하에서 메탄올로 전이 에스테르화 하여 지방산 메틸에스테르와 글리세린을 얻는 방법이다. 이 방법은 다른 방법에 비해 장치의 구조가 간단하고 장치의 조작성이 뛰어나다. <그림 2>는 전이에스테르화를 이용한 바이오디젤 제조 프로세스를 간단히 도식화 한 것이다. 이 기술에서 핵심적인 반응은 유지류, 즉 트리글리세라이드의 알콜(주로 메탄올)에 의한 전이 에

스테르반응이다(그림 3). 이 반응은 단계적으로 트리글리세라이드가 디글리세라이드, 모노글리세라이드, 글리세롤 순으로 분해된다(Yusuf Chisti, 2007).

- 새로이 주목받고 있는 기술로는 초임계법이 있는데, 이는 원료유지가 약간의 수분과 유리지방산을 포함하고 있어도 제조할 수 있으며, 멸티원료유지에 대한 적용면에서 이 방법은 다른 어떠한 방법보다 우수하다고 평가 받고 있다.

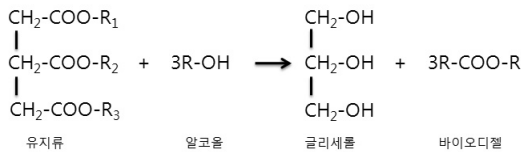


그림 4. 글리세라이드의 전이 에스테르 반응

5. 국내외 바이오디젤 현황

바이오디젤을 비롯한 바이오매스 에너지는 오랜 세월동안 존재하고 있었으며, 옛날부터 세계 각지에서 소규모적 생산 및 사용이 있었으나 그것들은 단편적인 것에 지나지 않았다. 바이오디젤에 관해서도 상당히 이전부터 세계 각지에서 소규모적으로는 생산되어 왔지만, 최근 몇 년 사이에 폭발적인 관심과 함께 대규모로 생산 및 연구되고 있다. 1991년부터 EU를 중심으로 생산량이 증대되어, 특히 2000년 이후 정부, 민간 기업에 의해 폭발적인 생산량 증대가 일어났다. 원유 가격의 상승과, 기상이변 등의 기후변동으로 바이오연료가 주목받게 되었기 때문이다(이진석, 2004).

① EU

유럽에서는 바이오디젤 생산이 상당히 빨리 이루어졌다. 1980년대 오스트리아의 농업협동조합이 바이오디젤 생산을 처음 시작하였고, 1991년에 오스트리아에서 상업생산이 시작되었다. 1990년대에 들어오면서 유럽 각국으로 바이오디젤 생산이 확대되었다(<http://www.iea.org/>). 1990년대 초 프랑스에서 처음 버스 및 트럭용 연료로써 바이오디젤을 사용한 이래로 독일, 스웨덴, 벨기에, 이탈리아 등의 유럽 30개 도시의 대형 버스·청소차·관용차에 의무적으로 사용되고 있다. 그리고 바이오디젤에 적합하도록 개조한 차량에 대해서는 100% 바이오디젤을 사용하였으며, 일반 경유 차량의 경우에는 30%이내의 바이오디젤을 경유와 혼합하여 사용하고 있다. 2005년 바이오디젤 연료의 세계 생산량의 89%가 EU에서 생산되었고, 독일 한 나라에서만 바이오디젤의 세계 총생산량의 절반 이상인 190만 kL를 생산하였다.

〈표 1〉에서 보듯이 사용되는 바이오디젤과 경유의 혼합 비율, 지원정책은 나라마다 차이를 보이고 있다. 정부의 지원은 바이오디젤이 대량 생산되고 있는 경

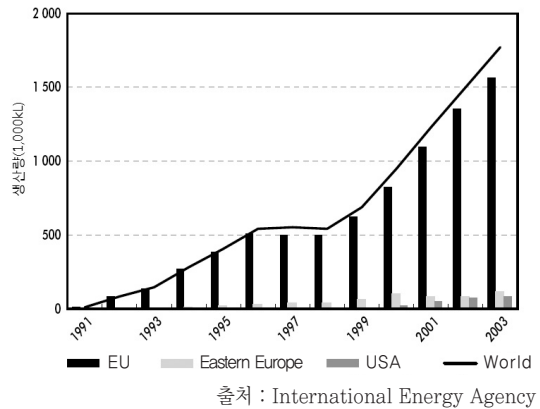


그림 4. 세계 바이오디젤 생산량

유에 비해 생산단가가 높기 때문이지만, 석유 가격이 지속적으로 오를 경우 바이오디젤이 이러한 보조 없이도 가격 경쟁력이 생겨날 것으로 판단된다.

또한 EU는 역내 국가별 표준을 통합하기 위해 1997년 말 EU의 표준화 기구인 CEN의 주도하에 표준화 작업에 착수, 2003년 10월 EU통합표준안인 EN14214를 확정하였다.

② 미국

미국에서는 주행테스트와 환경청의 환경과 건강 기준을 통과한 바이오디젤만이 에너지부와 교통부에서 자동차연료로 승인한 유일한 대체에너지이다. 미국은 National Biodiesel Board (NBB)가 설립된 이래, 정부주도하에 대체 에너지 개발을 추진하였다. 이러한 정부의 적극적인 도입 정책과 지원 아래 바이오디젤의 보급실적은 매년 증가하였다. B100의 경우 특정

군용선박, 발전용, 농가차량 등에 보급되었고, B20은 국립공원 및 지방자치단체 차량, 통학 버스 등에 보급되었다. 일반차량의 경우는 B2를 사용하고 있으며 2010년까지 화석에너지 수요의 10%를 대체할 계획에 있다. 특히 바이오디젤에 0.35\$의 수입세를 부과하여 국내 바이오디젤 원료농산물 생산자들의 보호에도 힘쓰고 있다.

미국은 2003년 American Society for Testing and Materials (ASTM) 주도로 ASTM D 6751 바이오디젤 표준안을 제정하였다.

③ 한국

국내 경유 자동차 대수는 전체 자동차의 29%에 불과하지만, 공해 배출량은 전체 자동차공해의 약 52%를 차지할 정도로 대기오염의 주범으로 지목되고 있다. 바이오디젤은 B20의 경우만 해도 기존의 경유에 함유되어 있는 난산화성 물질의 산화를 촉진하여 자

표 2. 유럽 및 EU의 바이오디젤보급 현황 및 정책

국가	사용방식	사용차량	정책적 지원	기타
프랑스	BD30	도심버스, 관용차량, 대형트럭	• 바이오디젤 면세 • 공공기관 및 시내버스	면세액 (414원/리터)
	BD30(+ULSD)	대도심버스	향산소 연료사용 의무화	
	BD3	도심주변 일반차량	• 도시지역 30% 바이오디젤 사용 의무화	
독일	BD100	도심버스	• 바이오디젤 면세	면세액 (432원/리터)
	BD5	도심주변 일반차량		
스웨덴	BD5~BD30	도심버스, 대형트럭	• 바이오디젤 면세	
벨기에	BD20	도심버스	• 바이오디젤 면세	
이탈리아	BD100	도시버스, 대형트럭	• 바이오디젤 면세	면세액 (420원/리터)
	BD30	도심버스		
EU	2005년까지 총에너지의 5%, 2010년까지 12%를 바이오에너지로 대체 2010년까지 액체 바이오연료(바이오디젤 70~80%, 바이오알콜 20~30%) 1억 8천만 톤 보급			

(출처 : 바이오디젤의 대기환경개선효과 및 국내의 보급현황, 한국에너지기술연구원 2005)

동차 공해를 대폭 감소시킬 수 있다. 그러나 국내의 바이오디젤의 사용 실태와 연구는 아직 미미하다. 2002년부터 바이오디젤을 생산 시작하였으며, 2007년 총 16개사가 바이오디젤 생산 회사로 등록되어있다. 2008년 바이오디젤 가능 생산량은 67만 kL이지만, 대부분이 저렴한 원료인 대두유를 수입하여 생산한 것으로 전량 수입한 원료로 국내에서 정제 및 판매만 하는 전통적 석유자원의 생산 방식일 뿐이다 (<http://kostat.go.kr/>).

우리나라에서는 B20이 시험 보급 사업 중에 있으며, 공급량은 미미한 실정이지만, 앞으로 점차 확대할 계획을 추진 중에 있다. B5의 경우는 매년 0.5%씩 늘어 2012년까지 3%의 보급을 목표로 삼고 있으며 중장기적으로는 5%를 지향하고 있다.

(http://www.autotimes.co.kr/article_view.php?id=28538)

바이오디젤의 조기 정착을 위해 2000년부터 현재까지 21세기 프론티어 연구개발사업·차세대 환경기

표 3. 국내의 바이오디젤 사용현황

사용방식		BD20
2002년	2월	• 환경부에서 바이오디젤 및 바이오디젤 혼합 경유에 대해 배출 가스 측정 시행
	5월	• 환경부가 지식경제부에 바이오디젤을 대체에너지로 인정하여 특소세 면제토록 요청
2004년	5월	• 지식경제부에서 바이오디젤 혼합경유(BD20)을 수도권과 전라북도 소재 지정 주유소에서 일반 차량에 판매토록 허용하여 바이오디젤 시범 보급 사업에 착수
	9월	• 시범 보급 사업 1년 연장
2005년	5월	• 바이오디젤 관련 전문가들의 참여하에 국내 바이오디젤 신규격 초안 완성
	5월	• 시범 보급 사업 2005년 말까지 2차 연장
2006년	7월	• 바이오디젤 전국 보급 예정

(출처 : 한국해양대학교 바이오디젤 프로젝트)

표 4. 국내외 표준규격

항목	단위	EU (EN 14214)	미국 (ASTM 6751)	한국 (산자부 고시)
에스테르 함량	%	96.5% 이상	-	95%이상
밀도	g/cm ³	0.86-0.90	-	0.815-0.855
동점도	mm ² /s	3.5-5.0	1.9-6.0	1.9-6.0
인화점		120 이상	130이상	100이상
황함량	mg/kg	10이하	15이하	20이하
탄소잔류분	% mass	-	0.05이하	0.5이하
세탄가	-	51이상	47이상	49이상
황산화분	% mass	0.02이하	0.02이하	-
수분	mg/kg	500이하	500이하	-
협잡물	mg/kg	24이하	-	-

(출처 : 한국에너지기술연구원 (2005), 바이오디젤)

술개발사업·대체에너지 실용화개발사업의 일환으로 거액의 연구개발비를 투자하여 사업을 주도하고 있으며, 특히 2002년 처음으로 바이오디젤 주유소 개소와 더불어 이를 확대해 나갈 것을 계획하고 있다. 서울시 등에서는 관내 청소차, 폐기물 운반차량에 대하여 의무적으로 사용하도록 정책을 유도하고 있으며, 관용차량 및 발전소, 기관차등으로 바이오디젤의 사용처를 확대 도입의 적합성을 검토 중에 있다(이석기, 2008).

한국은 2002년 바이오디젤 시범 보급을 위해 임시 표준안을 산자부 고시로 발표 하였으며 2003년 9월에 차량 연료 제조, 유통 및 규제 등에 관련된 모든 기관이 참석하여 바이오디젤 보급 활성화를 위한 표준안 규격 마련에 합의 하였다.

6. 바이오디젤 전망

국내 경유시장은 15조원 규모(2005년)이나 바이오디젤 시장규모는 100억원 이하이다. 국내 잠재시장은 경유 소비량의 2%인 약 30만톤, 3000억원으로 추정되고 있으며, 수요 확대를 위해서는 일반차량의 사용여부가 관건이며, 현재에는 주로 관공서 청소차량, 버스 화물트럭 등에 사용되고 있다.

국내에는 아직 시장도입기로 관련법규의 세부규정이 미비하고 안정적인 원재료를 대부분 수입에 의존하고 있어 공급확보가 어려운 실정이다. 따라서 원료물질의 확보를 위해서는 국내에서의 에너지 작물 재배를 위한 새로운 전략 확보와 단기간에 많은 양을 재배할 수 있는 다수확 신품종 개발 등의 농업정책이 필요하다. 또한 안정적인 원료물질의 확보를 위해 해외 공급원을 확보할 필요성도 제기된다.

현재는 식물에서 원재료를 주로 얻어내고 있지만, 이는 앞으로 늘어나는 수요에 대비, 경작지부족으로 인한 문제점에 봉착할 것으로 보인다. 유럽에서는 이미 바이오디젤 원료인 유채유가 부족하기 시작했고, 동남아시아에서 생산되고 있는 야자유 등의 수입이 검토되고 있다. 야자는 현재 가장 저렴하고 공급량도 많으나 야자 재배 적지는 한정되어 있으며, 그 생산량을 확대하려면 산림파괴가 불가피하다. 가까운 장래에는 이것도 부족하게 될 것으로 예상되고 있으며, 이를 해결하기 위한 연구가 활발하기 진행 중이다. 작물류 뿐 아니라 미생물과 조류의 체내에도 대량의 기름을 축적하고 있는 것이 존재하며, 이들 단세포생물은 3차원적 공간에서 배양이 가능하여 광대한 경기 고갈에서 벗어날 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

바이오매스 액체연료의 수요는 확실히 높아지고 있기 때문에 앞으로는 종래의 방법에 얽매이지 않은 새로운 바이오디젤 생산기술의 개발이 요구된다.

7. 맺음말

지금까지 바이오디젤, 특성, 생산기술, 국내외 현황 및 전망에 대하여 간략하게 알아보았다. 고갈되어 가고 있는 화석연료와 높아져 가는 지구의 온도에 인류는 친환경적이면서 재생 가능한 대체 에너지를 갈망하고 있다. 바이오연료는 이러한 요구에 부합하는 신에너지임이 분명하다. 현재까지는 기존 화석연료의 가격경쟁에서 밀려 정부의 도움이 필요하지만, 앞으로 기존연료가격의 상승과 함께, 더욱 저렴한 바이오디젤 원재료의 확보, 대량생산기술의 발전 등으로 인해 가격 경쟁력을 확보 할 수 있을 것으로 예상된다.

또한, 원재료 확보에 있어, 바이오디젤 시장의 확장

은 침체되어 있는 국내 농업시장에 활력을 불어 넣을 것이며, 높은 에너지원의 해외 의존도를 낮추어 건실한 경제의 밑거름이 될 것이다. 현재 바이오디젤 분야에 있어서 유럽, 미국등의 선진국에 크게 뒤떨어져 있지만, 국내 관계부처의 인식이 높아져 가고 있고, 품질기준도 제시됨에 따라 점점 세계 각국과 경쟁할 수 있는 최소한의 체제가 정비 되었다. 비록 유리한 기후 환경과 풍부한 경작지를 가지지 못하였지만, 공격적인 투자와 개발을 통해 앞선 기술을 확보하여 새로이 다가올 신에너지 시장에서 경쟁력을 확보하도록 정부, 민간기업 및 개인이 힘을 합쳐 노력해야 할 것이다. 지금까지의 짧은 소개글이 바이오디젤에 대한 전반적인 이해를 늘리고 많은 이들의 관심을 이끌어내 현재의 불리한 상황을 타개 할 수 있는 작은 밑거름이 되기를 희망한다.

참 고 문 헌

Ayhan Demirbas. 2008. Biodiesel. p.111-118

Fernando, S., Hall, C., Jha, S., 2006, NOx reduction from biodiesel fuels, Energy Fuels 20:376-382

Sensoz, S., Angin, D., Yorgun, S. 2000, Influence of particle size on the pyrolysis of rapeseed L fuel properties of bio-oil, Biomass Bioenergy 19:271-279

Yusuf Chisti, 2007, Biodiesel from microalgae, Biotechnology Advances 25:294-306

<http://www.wikipedia.org/>

<http://www.iea.org/>

<http://kostat.go.kr/>

http://www.autotimes.co.kr/article_view.php?id=28538
서홍성, 이준우, 2005, 바이오디젤, 한국과학기술정보연구원

이석기, 2008, 바이오디젤 산업 기술, 아진

이진석, 2004, 바이오디젤의 상용화 현황 및 전망, 설비저널, p.45

최병철, 김종호, 박돈희, 김건중, 이부귀, 나현숙, 2009, 바이오디젤의 최전선

기획: 홍성구 편집부위원장 bb9@hknu.ac.kr