

바이오 디젤의 발전용 연료화 타당성 평가

허 광범¹⁾, 박 정극¹⁾, 임 상규¹⁾, 이 정빈¹⁾

Feasibility Evaluation & Strategy of Replacement of Power Generation Fuel by Using Bio-diesel

Kwang-beom Hur, Jung-keuk Park, Sang-gyu Rhim, Jung-bin Lee

Key words : Bio-diesel(바이오 디젤), Renewable Portfolio Standards(신재생에너지 의무발전비율), Clean Development Mechanism(청정개발체제), Crude Palm Oil(팜원유), Cold Filter Plugging Point(필터 막힘점)

Abstract : Availability of reliable and affordable energy supply is a prerequisite for economic growth. Renewables are the third largest contributor to global electricity production after coal and natural gas and account for a share of 18%. Power generating capacity from renewables has increased to around 900GW by the year 2007. Today biodiesel fuels have been in commercial use in many countries and recently the world-wide biodiesel market has experienced considerable growth, which is partly due to various tax concession programs and other financial incentives. In Korea, biodiesel has already been used for transportation fuel, but not used for power generation fuel yet. Korean government has a strategy for renewable energy propagation, especially the goal of power generation amount by renewable energy is 3% of total power production by 2012. This paper focuses on the feasibility study for adaptability and strategy of using biodiesel as power generation fuel. The study also has the plan to replace the fuel of thermal power plant, gas turbine and distributed power system. As the increase of biodiesel fuel, I look forward to environment-friendly power generation and the strategy of Renewable Portfolio Standards(RPS).

1. 서론

정부의 신재생에너지 보급 확대 정책에 따른 대응책 마련과 화석에너지의 고갈 및 기후변화 협약으로 인하여 바이오에너지에 대한 관심이 높아지고 가운데, 기존의 에너지 패러다임에 대한 변화가 불가피한 실정이다.

우리나라의 총 1차에너지 대비 신재생에너지공급 비중은 2005년 기준 2.13%로 '04년 세계 평균 16.7%에 많이 뒤처지는 상황이어서, 정부에서는 '02년 『대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법』에 따라 2011년까지 신재생에너지 보급률을 5%로 높일 계획이고 이와 함께 발전차액 보전 제도과 Renewable Portfolio Standards(RPS, 신재생에너지발전 의무발전비율)를 동시에 운영할 계획에 따라, 전력회사에서는 발전사 별로 신재생

에너지 이용 발전 시스템에 대한 대응책 마련이 절실히 필요한 상황이다. 국내 에너지 상황에 따른 효율적인 바이오 디젤에 대한 발전용 연료화 적용 연구·개발이 중요한 이슈로 대두되고 있다.

본 연구에서는 바이오 디젤의 발전용 연료로 적용하기 위해서 국내외 기술개발 동향을 분석하고 발전용 연료로의 타당성과 추진전략을 조사 분석하고자 한다.

1) 한국전력공사 전력연구원
E-mail : kbhur5798@hanmail.net
Tel : (011)852-5619 Fax : (042)865-5304

2. 바이오 디젤 현황 및 기술개발 동향

2.1 국외 현황

미국 정부의 신재생에너지 보급정책인 『Energy Policy Act 1992』에 의하여 바이오 에너지 발전에 kWh 당 1.5 cent의 세금 감면혜택을 주고 있다. 이러한 제도적인 지원은 바이오 에너지를 이용한 발전사업자에게 지속가능한 산업의 경쟁력을 뒷받침하도록 도와주고 있다. 미국내 많은 산업에서 볼 수 있듯이, 주정부차원에서 바이오 에너지 사업을 RPS 정책의 일환으로 이미 21개주에서 시행하고 있다. [1]

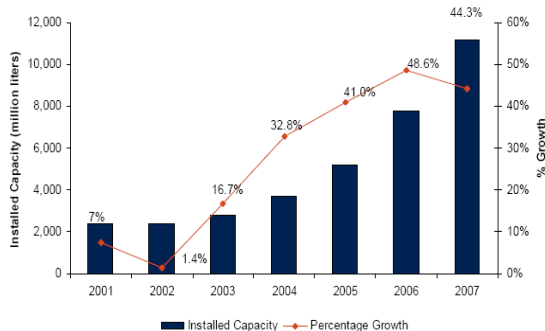


Fig. 1 Global, Biodiesel Production and % Growth, Million Liters, 2001-07[1]

세계적으로 바이오 디젤 사용량은 Fig.1에서 살펴보듯이 2007년 기준 11,175million liters로 증가하였다. 바이오디젤의 전체적인 증가추세는 2001년부터 2006년까지 지속적으로 증가하였으며 특히 2005년에는 41%의 증가율을 보여주고 있다.

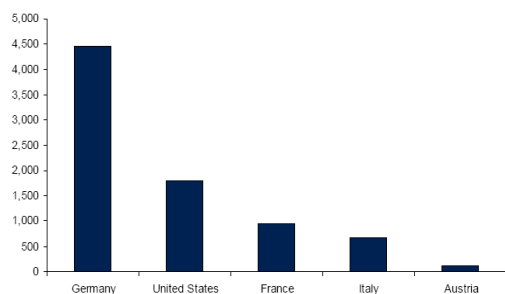


Fig. 2 Global, Top 5 Countries Biodiesel Production, Million Liters, 2007[1]

Fig. 2에서 보듯이 전세계 독일을 비롯한 5개국에서 전체 바이오 디젤 생산량의 87%를 생산하고 있으며 지난 3년간 생산량이 급격히 증가하였다. [1]

EU는 2006년 기준 전 세계 바이오디젤 생산량의 약 72%인 400여만톤을 생산하여 보급하였다. 1991년 최초 상용화 공장 가동 이래 바이오디젤 생산량이 서서히 증가하였으며 지구 온난화 문제가 본격 이슈화 된 2002년부터 2006년 사이 4배가 증가하였다. EU에서 최대 바이오디젤 생산 업체는 프랑스의 Diester Industrie이며 동 기업은 Grand-Couronne 소재 250,000톤 공장을 비롯해 Compiègne (83,500톤), Sete (200,000톤)과 Sites in Le Meriot (200,000톤) 등의 생산시설을 보유하여 총 생산 용량이 74만톤에 이른다. EU의 두 번째 바이오디젤 업체는 미국의 다국적 곡물 메이저인 Archer Daniels Midland (ADM)으로서 총 생산 용량은 545,000톤에 이른다. 다음은 또 다른 미국의 곡물 메이저인 Cargil이며 총 생산 용량이 500,000톤에 이른다. 이외에도 EU에는 많은 바이오디젤 업체들이 가동중이며 2006년말 기준 120여 곳의 바이오디젤 생산 공장이 운전중이며 총 생산 용량은 6,070,000톤에 이르는 것으로 보고되었다. [2-3]

France: Diester / Grand Couronne - 250.000 t



Fig. 3 프랑스 최대 바이오 디젤 공장 Diester Industrie, 250,000톤 규모[3]

미국의 Iowa 주에서는 발전을 위하여 BD10%~100%를 사용한 실증을 수행하였고[4] Texas 주에서는 디젤 전동차에 바이오디젤을 적용하는 응용연구를 수행하였으며 같은 원리로 대형 디젤 발전기에 적용하여 상용화를 시켰다.[5] 콜로라도주는 실증 연구를 통하여 대기 전력 발전에 바이오디젤 20%를 혼합한 연료를 사용할 수 있는 허가를 내주었다.[6] Massachusetts의 Oil Heat Council 이나 BNL에서는 바이오디젤을 보일러 연료로서 성능 검증을 시도한 바 있다.[7,8]

또한, 텍사스 Oak Ridge North에 위치한 Bio Fuel사는 5MW급 바이오 디젤 전용 발전소를 건설, 운영중에 있다. 아래의 Fig.4는 바이오 디젤 발전시스템을 보여주고 있으며 주요 원료는 식물성 폐기물 및 동물성 폐기물을 주로 사용하고 있으며, 생산된 전기는 인근지역 1,500세대에 전기를 공급하고 있다. 향후 10MW까지 추가 설치할 계획이다.[9]

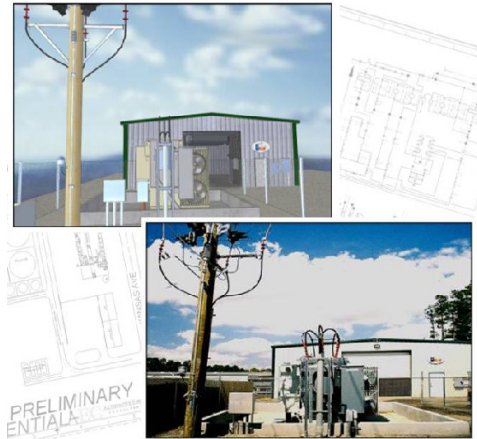


Fig. 4 바이오 디젤 전용 발전플랜트 (텍사스 Oak Ridge North, 5MW급)[9]

2.2 국내 현황

2002년부터 수도권과 전라북도의 산업자원부 지정 주유소 130 여곳에서 BD20을 일반 차량을 대상으로 판매하면서 국내 바이오디젤 시범보급을 시작한 이후 바이오디젤의 품질 기준 마련 및 실증 평가 연구 등을 거치 후 2006년 7월부터 새로운 바이오디젤 보급 유통 구조하에 전국 보급을 시작하였다. 일반 차량에 대해서는 BD5 (바이오디젤 5% 이하 혼합 경유)를 정유사 책임하에 바이오디젤 업체로부터 바이오디젤을 납품 받아 조제하여 전국 주유소를 통해 판매하도록 하였으며 2008년부터 경유중 바이오디젤 함량을 매년 0.5%씩 높여 2012년에는 시중에서 판매되는 경유중 바이오디젤 함량이 3%까지 높아지도록 하였다 ([Table 1]). 따라서 2008년 현재 일반 주유소를 통해 BD5로 공급되는 바이오디젤의 양은 200,000kL이며 2012년 약 60만 kL로 늘어날 전망이다. BD20은 수요처가 매우 제한되어 2007년 상반기 기준 약 47kL의 바이오디젤이 공급돼 BD5에 비해 보급이 매우 미미한 실정이지만 앞으로 BD20을 사용할 수 있는 수송업체에 대한 자격 기준이 완화되면 시장

이 상당히 커질 것으로 예상된다 (약 10만 kL 이상/년).

또한, 정부는 지자체 및 운수업체 등에 대해서 BD20의 사용을 적극 늘린다는 방침을 가지고 있으며 환경부에서도 공해가 심한 대도시 지역에서 바이오 디젤로 대표되는 친환경 연료의 의무사용을 추진하는 방안에 대해 타당성 검토 중이어서 바이오 디젤의 보급은 앞으로 크게 늘어날 것으로 예상된다.[10-13]

Table 1. 바이오 디젤 보급 증장기 목표[10]

년도	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2012 이후
바이오 디젤 보급량 (1000 L/년)	100	200	300	400	500	600	1,000
국내 경유 사용량 대체	0.5%	1%	1.5%	2%	2.5%	3%	5%

3. 바이오 디젤의 기술특성

3.1 바이오 디젤의 특성

바이오 디젤은 현재 사용되는 경유나 등유와는 특성이 유사하도록, 동식물성 유지와 메탄올 (또는 에탄올)을 화학 반응시켜 합성하는 연료이다.

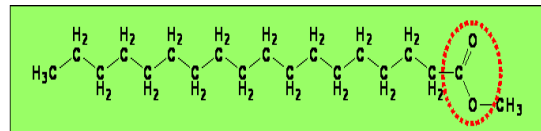


Fig. 5 바이오 디젤 구조식

바이오 디젤은 식물이 CO₂를 흡수하고 태양에너지를 이용하여 만든 액체 형태의 고밀도 에너지원이다 또한 다량의 알킬기를 포함하고 있어 석유계 에너지와 비슷한 수준의 열량을 낼 수 있다.

IPCC는 이러한 고밀도 액체에너지의 온실가스 저감 효과와 관련하여 유채유-바이오디젤 1톤 사용으로 인한 CO₂ 배출 저감량이 2.2~2.8톤임을 인정하고 있다.

한편 바이오 디젤은 성능상에 몇가지 큰 장점을 가지고 있다. 바이오 디젤은 분자내에 산소를 10%정도 포함하고 있는 함산소 연료이다. 따라서 혼합성이 우수한 바이오 디젤을 단독 또는 석유계 경유, 등유, 중유 등에 혼합할 경우 분자내 산소가 연소를 촉진시켜 공해저감 효과가 매우 탁월하다. 또한 황함량이 매우 낮음에도 불구하고 (5ppm 미만) 윤활성이 우수하여 엔진 등의 내구성을 증

대시킨다.

3.2 바이오 디젤의 생산공정 분석

1990년 초 바이오 디젤의 생산공정은 대부분 Batch type 시스템이 적용되었다. 프랑스의 Novance사는 최초로 80ton 반응기를 설치하여 sodium hydroxide를 촉매로 이용하여 연간 3만톤의 바이오 디젤을 생산하였으며 이후 유럽에서는 년산 2만톤 이하의 30여개 바이오 디젤 공장이 같은 방식의 Batch System으로 설치되었다. 그리고 오스트리아 특허 PJ 1105/88(1988)에 기초한 2단계 연속식 교반탱크 반응 시스템이 (CSTR, continuous stirred tank reactor) 1990년대 중반 개발되어 상용화 되었다. [14]

현재 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 대량생산이 가능한 저가의 저급원료를 이용하여 바이오 디젤을 제조해야 하는 필요성이 강하게 대두되고 있다. 그러나 이러한 균질 강염기 촉매를 이용하는 공정으로는 저급 원료들, 즉 CPO, palm sludge oil, palm distilled fatty acid와 같은 고산가 원료로 바이오 디젤을 생산할 수 없다.

따라서 전 세계적으로 바이오 디젤이나 글리세린에 용해되지 않는 또한 대량 생산 가능한 저가의 저급원료를 사용할 수 있는 새로운 개념의 촉매 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 비균질 촉매는 또한 상기 단점을 상당히 보완해주어 Salt free 바이오 디젤이나 글리세린을 얻을 수 있는 가능성을 주기 때문에 지난 10여 년간 집중적인 노력이 유럽을 중심으로 이루어져 왔다.

현재 전 세계적으로 비균질 촉매를 이용하여 바이오 디젤을 생산하는 상용화 공정은 두 곳에 적용되었다. 첫 번째로는 금속 산화물계 스피날 구조의 촉매 시스템을 도입한 최초의 상용화 공정은 프랑스 IFP에서 개발되었으며 프랑스의 Diester industry사가 라이선스를 얻은 후 연산 15만톤의 바이오 디젤 공장에 적용하고 있으며, 2006년 준공되어 현재 가동중에 있다.

두 번째로 비균질 촉매를 이용한 상용화 공정은 년 15,000톤 규모로 국내에 건설되어 있으며 현재 가동중에 있다.[15] 이공정은 세라믹화 시킨 금속 고체 촉매를 사용하는 공정으로 촉매를 한번 장착하면 6개월에서 1년동안 사용이 가능하다. 이 공정의 가장 큰 장점으로는 고산가의 저급원료를 이용할 수 있다는 것이다. 이 공정은 원료에 포함된 지방산의 함량에 관계없이 고순도의 바이오 디

젤을 간단한 공정을 통하여 합성할 수 있으며 바이오 디젤과 글리세린의 정제과정 또한 매우 단순하기 때문에 저렴한 저급 CPO 등을 사용할 수 있어 경제성 있는 바이오 디젤 생산에 매우 유리하다.

종합적으로 볼 때 향후 발전용 바이오 디젤은 신 공정에 의하여 생산되는 것이 최적인 것으로 판단되며, 발전연료 품질기준이 정해지면 이에 따른 공정의 추가개발 등을 통하여 발전용 연료 확보 체계를 마련하는 하는 것이 바람직하다.

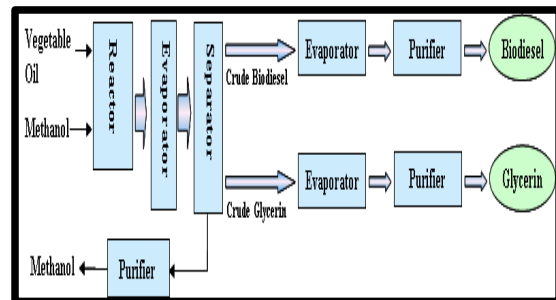


Fig. 6 세라믹 촉매를 이용하는 생산공정[14]

3.3 바이오 디젤의 품질특성

바이오 디젤을 발전용으로 사용할 시에는 수송용 에너지로 사용하는 것에 비하여 몇가지 차이점이 있다. 수송용 바이오 디젤의 품질기준은 수송용 연료가 접할 수 있는 최악 조건을 고려하여 만들어진 기준이다. 그러나 발전용 연료의 경우 연료의 보관부터 발전까지 관리가 가능하기 때문에 수송용 품질기준을 그대로 적용할 필요가 없을 것으로 판단된다.

품질기준의 명확한 검증을 위하여 설비의 핵심 부품인 발전기의 내구성과 환경성에 영향을 미치는 항목을 도출하고 이를 검증하는 것이 바람직하며, 불필요한 항목은 규정을 완화하거나 조정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

아래의 Table. 2에서는 이를 위하여 검토 가능한 항목만을 선택하여 현황을 기술하였다. 바이오디젤은 기존 석유계 연료와 다른 물성을 가져 발전 연료로 사용하기 위해서는 연소 성능 등에 대한 평가가 선행되어야 한다.

Table. 2 바이오 디젤 물성 비교표[16]

물성 항목	경유	유체 BD	팜 BD ¹
발열량, Kcal/kg	10,500	9,840	9,830
유동점, °C	0 이하	-12	16
인화점, °C	40 이상	162	165
동점도, mm ² /s	1.9-5.5	5.0-6.9	4.3-6.3

10% 잔유중 잔류탄소분, %	0.15 이하	0.05	0.02- 0.22
황분, %	0.043 이하	-	0.04
세탄값	45 이상	49-62	50-70
동판 부식	1	1	1
필터 막힘점, °C	-16 이하	-15	+14
밀도, kg/m ³	815-855	0.87	0.87

특히, 팜 바이오디젤은 포화지방산 함량이 높아 겨울철 응고되어 연료로 사용하기 어려운 문제가 발생할 수 있다. 팜 또는 부산물을 이용한 바이오디젤을 발전 연료로 사용하기 위한 실증 연구에서 검토해야 할 기술적인 사항은 다음과 같다. 팜 바이오디젤의 연료 물성중 발전 연료 사용시 문제가 될 수 있는 사항을 요약하면 다음과 같다 (Table 3).

Table 3. 팜 바이오디젤의 주요 점검사항[11]

물성	점검 사항
유동점	팜 바이오디젤의 높은 응고점으로 인한 연료의 가운 필요성
발열량	바이오디젤의 낮은 발열량으로 인한 고품량 바이오디젤 연료 적용시 운전 제약 가능성
인화점	미연소 연료에 의한 침전물 생성 가능성
기타	NOx의 배출 증가에 따른 처리 방안

바이오 디젤유의 세탄가는 생산된 유지나 지방족의 지방산의 분포에 의존하여 지방산 탄소사슬이 길고 분자량이 포화될수록 세탄가는 더 높아진다. 높은 세탄가에 의한 좋은 착화는 쉬운 점화를 하게하고, 저온-저착화 압력에서 점화하게 하며, 낮은 노킹 특성으로 부드러운 작동을 하게 한다. 좋지 않은 착화 품질을 가진 저세탄 연료는 실화를 야기하고 피스톤과 엔진 부품을 손상시키고 거친 작동과 큰 노킹을 야기한다. 세탄가가 증가하면 백연의 배기 배출물을 증가시킨다.

바이오 디젤유의 세탄가는 경유의 세탄가보다 대체적으로 높기 때문에 특별한 규정을 두지 않아도 되지만, 경유의 세탄가 이상으로 규정하는 것이 바람직하다고 판단된다. 참고로, 세탄가를 유

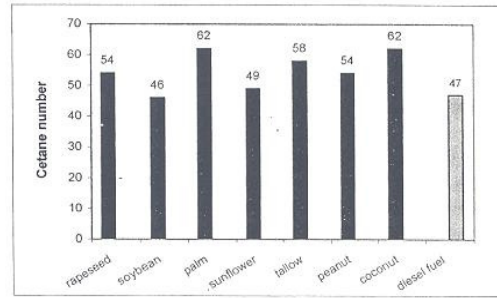


Fig. 7 Comparison of cetane numbers for FAME fuels of different origin and fossil diesel[16] 유럽에서는 51 이상으로, 미국에서는 47 이상으로만 규정하고 있다.

4. 바이오 디젤의 경제성 분석

4.1 세계 시장 현황

전세계 바이오 디젤 시장은 '07년 \$17bIn.에서 '12년 \$28bIn.으로 그리고 생산량은 '07년 9.6 백만 K1에서 ' 12년 15백만 K1로 증가할 전망이다.

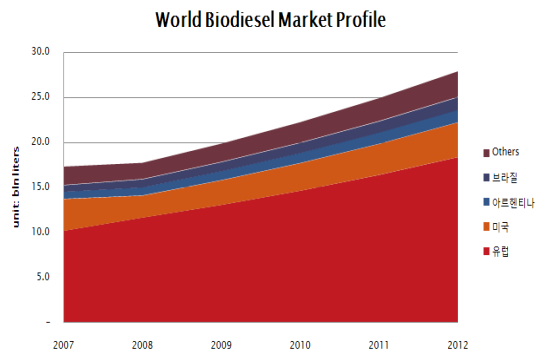


Fig. 8 전세계 바이오디젤 시장의 성장 추세[17]

2007년 세계 바이오디젤 지역별 시장 비중은 EU가 전체 시장의 49%를 점유하고 있고, 미국 31%, 중남미 11%, 아시아가 6%를 차지하고 있는 것으로 나타난다.

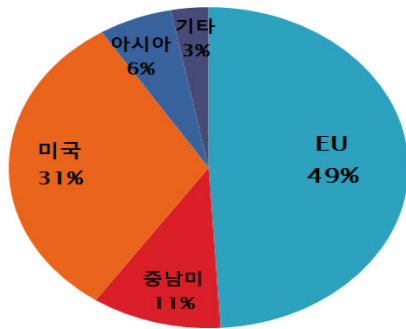


Fig. 9 2007년 전 세계 바이오디젤 시장 구조 [17]

2007년 1월에서 2008년 3월간 전세계 바이오디젤 가격추세는 초반에는 톤당 유채 \$800대, 대두 \$600대, 팜 \$500대였으나 최근 각각 \$1600, 1500, 1400대로 상승함으로써 1년 사이 2-3배 상승하였다. 즉, 원료를 직수입할 경우 가격 변동성에 의해 바이오디젤의 사업성은 크게 변동할 수 있기 때문에 최근 국내 바이오디젤 업체들은 앞다투어 해외 직접 투자를 통해 원료 확보에 나서고 있는 실정이다.

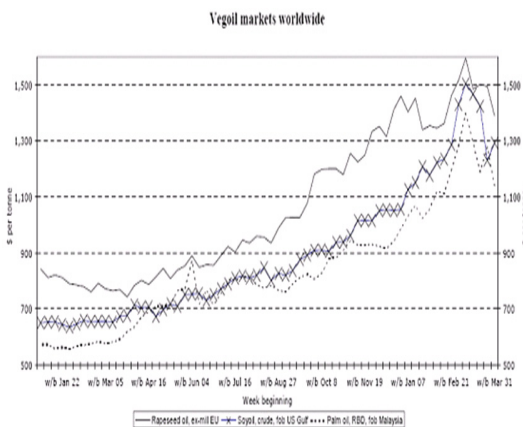


Fig. 10 유채유와 대두유 및 팜유의 국제 가격 추세 [18]

4.2 바이오 디젤 원료 생산성 및 경제성 분석

현재 바이오디젤의 생산원가 중 80%를 차지하는 원료유지의 가격은 바이오 디젤의 경제성 확보에 가장 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 저렴한 원료유를 대량 확보하는 경우 매우 큰 이익을 확보할

수 있는 것이다.

원유 가격이 60 US\$/bbl일 경우 유지의 가격이 kg당 500원이면 이를 원료로 바이오 디젤을 생산할 경우 l당 800원으로 900원/l인 중유가격보다도 저렴하게 생산 가능하다. 그리고 유지의 가격이 kg당 750원 미만이면 생산되는 바이오 디젤은 l당 1150원미만으로 1100원/l인 등유가격보다도 저렴하게 생산가능하며 kg당 1000원 미만인 원료로 바이오 디젤을 생산할 경우 1480원/l인 경유가격과 비교하더라도 경제성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 현재 50 US\$/bbl인 원유가격을 고려하여 본다면 kg당 약 500원 이하의 원료를 사용하여 바이오 디젤을 생산할 경우 중유가격보다 저렴하며 kg당 약 750원 이하의 원료를 사용하면 등유가격보다 저렴한 바이오 디젤을 생산할 수 있을 것으로 판단되어진다. [14]

이러한 여러 가지 저가의 원료 중에서 대량생산이 되고 있는 CPO(crude palm oil)의 경우 현재 인도네시아와 말레이시아에서 2007년기준 3,100만톤이 생산되어졌다. 하지만 인도네시아와 말레이시아에서 생산될 수 있는 CPO의 생산 용량은 약 5,000만톤 이상이다. 또한 CPO는 ha당 4~4.5ton의 CPO가 생산가능하지만 2005년 자료에 따르면 ha당 2.8ton의 CPO가 생산되고 있으며 현재도 마찬가지라고 할 수 있다. 이렇게 생산용량에 비하여 실제 생산량이 적은 이유는 CPO의 경우 수확하는 시기에 따라서 산가의 함량이 매우 다르다. 현재 수확 시기에 정상적으로 착유되는 CPO의 경우 지방산을 약 5%함유하고 있지만 수확시기가 조금이라도 지난 뒤 착유된 CPO의 경우 지방산을 최대 20%까지 함유하고 있어 전처리하는 공정비용 소모가 매우 높아지는 특성을 갖고 있다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 바이오 디젤의 국내 발전용 연료로 적용하기 위한 국내의 기술개발 현황 및 타당성을 평가하였다.

1) 국내 운전중인 발전설비의 주요 적용 대상으로는 화력발전소 보일러 기동용 연료, 유류 발전소, 가스터빈 복합 발전시스템, 도서 내연 발전기등으로 요약할 수 있으며 2006년 기준 발전회사의 총 경유사용량은 약 12만kl이다. 바이오 디젤 1리터 당 약 0.0024톤의 온실감축 효과가

있어 경유 소비량을 바이오디젤로 대체할 경우 약 56,000톤의 온실가스 감축 효과와 향후 RPS 정책에 적극적으로 대응하기 위한 전략으로 중요한 의미를 가지고 있다.

2) 바이오디젤과 발전용 경유의 특성은 유사한데 이를 발전소에 적용하기 위해서는 동점도, 발열량과 연소 후 재 발생 등에 대한 검토를 통해 바이오디젤의 적용성을 판단할 필요가 있다.

3) 발전용 연료화 생산에 필요한 바이오디젤의 원료확보를 위하여 해외 플랜테이션을 통한 방법이 함께 고려하여야 한다. 해외 생산 원료중 유망한 원료는 팜과 자트로파 오일인 것으로 밝혀졌다. 팜은 현재 생산되고 있는 원료중 가장 생산성이 높으며 수출여력이 큰 것으로 나타나 현재 확보 가능한 해외 원료중 수급 안정성 및 경제성이 가장 우수하였다. 자트로파 오일은 비식용 작물로서 현재 활용되지 않는 버려진 땅에서 경작 가능하다는 장점을 가지고 있다.

4) 향후 대규모로 발전용 연료를 대체하고자 할 경우 국내의 공급 잠재력과 공급 방식에 대한 검토, 공급 방식에 따른 경제성 비교, 경제성 확보를 위한 공동 생산물의 활용 방안, 중장기 예측에 의한 불확실성 분석, 정부의 법제도 개선에 의한 지원 방안 등이 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Global Markets Direct, 2008, "Global Bioenergy Markets - Key Trends and Challenges", pp. 10-20.
2. F.O. Licht, 2007, "World Biodiesel Markets Outlook to 2010".
3. Werner Koerbitz, 2005, "Best Practice Biodiesel Production Plants in Europe", 2004 Austrian Biofuels Institute. Central European Biomass Conference.
4. Song-Charng Kong, Anne Kimber, 2008, "Effects of Biodiesel Blends on the Performance of Large Diesel Engines."
5. S. G. Fritz, 2004, "Evaluation of Biodiesel Fuel in an EMD GP38-2 Locomotive."
6. Aquila, Inc. - Pueblo Power Plant, 2008, "Colorado Department of Public Health and

Environment", Air Pollution Control Division Colorado Operating Permit."

7. John E. Batory, PE, Energy Research Center, Inc., 2003, "Combustion Testing of a Biodiesel Fuel Oil Blend in Residential Oil Burning Equipment", Massachusetts Oilheat Council & National Oilheat Research Alliance."

8. C. R. Krishna, 2001, "Biodiesel Blends in Space Heating Equipment", United States Department of Energy.

9. <http://www.biofuelspower.com/>

10. 이진석 외 13인, 2007, "신재생 에너지 R&D 전략 2030-수송용 바이오", 산업자원부, 에너지 관리공단 보고서, pp. 118.

11. 이진석, 2008, "바이오디젤의 발전용 연료화를 위한 추진전략" 자문보고서, pp. 25-35.

12. 이영재, 유정우, 오영택, 이진석, 2004, "바이오 디젤 품질 기준(안) 구축" 산업자원부 보고서, pp. 18.

13. 이영재, 유정우, 오영택, 이진석, 2004, "바이오 디젤 품질 기준(안) 구축" 산업자원부 보고서, pp. 20.

14. 유정우, 2008, "바이오디젤 발전연료화 기술 개발 로드맵 수립" 자문보고서, pp. 21-30.

15. 유정우 외 4인, 2005, "비균질 복합고체촉매를 이용한 차세대 바이오 디젤 생산기술 개발" 환경부 보고서

16. M. Mittelbach and C. Remschmidt, 2004, "Biodiesel Handbook".

17. F.O.Lichts, 2008, "World Ethanol and Biofuels Report"

18. F.O.Lichts, 2008, 'World Biodiesel Price Report'