

한국의 바이오디젤 원료 잠재량 분석 연구

민경일^{1†} · 박천규¹ · 김재곤¹ · 나병기²

¹한국석유관리원 석유기술연구소, ²충북대학교 화학공학과

Study on Potential Feedstock Amount Analysis of Biodiesel in Korea

KYONG-IL MIN^{1†}, CHEON-KYU PARK¹, JAE-KON KIM¹, BYUNG-KI Na²

¹Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority,
Chungcheongbuk-do, 28115, Korea

²Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University, Gaesin-dong,
Heungduk-ku, Cheongju 361-763, Korea

Abstract >> Recently, the Renewable Fuel Standard(RFS) has been commenced from July 31, 2015 in the New and Renewable Energy Act for expanding the supply of renewable energy and reduction of national GHG target in Korea. The biodiesel is only a means of implementation for the RFS, therefore the biodiesel supply expansion is important for fulfilling the RFS obligation policy. The major key points of the biodiesel supply are expanding domestic feedstocks due to the over 60% dependence on foreign feedstock and reducing the price of feedstock because of the over 70% occupation of feed stock price in the biodiesel production cost. Therefore, we estimated actual amount of potential feedstocks which are possible to use for biodiesel production in Korea and investigated technical and political improvements for expanding biodiesel. For estimating a potential feedstocks, first selected the potential biodiesel feedstocks by investigating the status of global biodiesel feedstocks and then analyzed the possible potential amount of each feedstock by surveying the generation situations, the distribution structures and the technical level.

Key words : Biofuels(바이오연료), Biodiesel(바이오디젤), Bioenergy(바이오에너지), Feedstock(원료물질)

1. 서 론

세계 각국이 현재 경제성 관점이 아닌 에너지 안보, 에너지원 다양화 및 온실가스 감축 등의 목적으로 신재생에너지를 확대·추진하고 있으며, 최근 국내 정부도 제2차 국가에너지 기본계획(2014.1.14.)에서 2035년까지 신재생에너지 보급목표를 11%로 설

정하였다¹⁻²⁾. 특히, 제4차 신재생에너지 기본계획에서 수송부문 신재생에너지 연료 혼합의무화제도(Renewable Fuel Standard, RFS)가 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법(이하 신재생에너지법)」에 근거하에 2015년 7월 31일부터 전면 도입되었다¹⁻²⁾. 그간 「석유 및 석유대체연료 사업법(이하 석유사업법)」 상 경유의 품질기준 고시에 의하여 바이오디젤 2~5% 즉, 2% 이상의 바이오디젤을 경유에 강제적으로 혼합하던 것을 「신재생에너지법」에서 체계화된 의무화 혼합이 시행된 것이다. 본 RFS 제도는 초기에 바이

[†]Corresponding author : muggu@kpetro.or.kr

Received: 2016.7.19 in revised form: 2016.8.8 Accepted: 2016.8.30

Copyright © 2016 KHNES

오디젤만이 의무이행수단으로 되어있고, 바이오디젤 중장기 보급 혼합비율은 2015년 7월 31일부터 2.5%로 상향되어 2017년까지 유지하고, 2018년부터 2020년까지 3.0%로 상향할 계획이다. 하지만 바이오디젤 원료의 경우 2015년 현재 동남아시아의 팜유 위주의 수입 원료가 약 60%, 폐식용유 위주의 국산원료가 약 40%로, 원료의 공급이 불규칙한 해외 원료의 의존도가 높고, 폐식용유의 수거한계로 인해 국산원료의 확보도 어려운 상황이다. 또한 국내 바이오디젤 생산단가의 약 70% 이상이 원료가격에 의존하고 있어 단기 및 중장기적 바이오디젤 원료확보가 RFS 제도 이행의 중요한 요소로 작용할 수밖에 없는 상황이다¹⁻²⁾. 따라서 본 연구를 통해 국내 바이오연료의 보급 활성화를 위한 잠재력 있는 원료의 발굴과 기술 개발 수준 및 중장기적인 잠재량 등을 조사 하였다.

2. 국내의 바이오디젤 원료현황 분석

2.1 국외 바이오디젤 원료 현황

전세계 바이오디젤 원료는 각 나라별 바이오매스 확보 환경에 적합한 동·식물성유지를 이용하고 있다. 바이오디젤 보급을 선도하고 있는 유럽은 유채유가 바이오디젤 원료의 약 55%를 차지하고 있으며, 나머지 팜유와 폐식용유 등이 이용되고 있으며, 최근에는 폐식용유가 의무혼합의 더블카운팅 인정으로 확대되고 있는 추세이다. 북미주는 대두유가 주요원료이며 동남아시아는 인도네시아와 말레이시아의 팜유가 많이 사용되고 있다. 최근에는 식량과의 경쟁문제와 온실가스 저감효과 등으로 인해 동물성유지 및 폐식용유 등의 2세대와 온실가스 저감효과가 큰 미세조류 원료들이 각광받고 있는 추세이다³⁻⁴⁾.

전 세계 바이오디젤 총 생산량은 급격한 증가 이후 2014년부터 정체되어 약 3천만톤/년이 생산되고 있으며, 2015년 기준 EU-28에서 약 40%인 12백만톤, 미국 17%인 5백만톤, 브라질 12%로 3.5백만톤 그리고 인

도네시아가 약 5%인 1.4백만톤을 생산하였다⁵⁻⁶⁾.

바이오디젤의 생산 주요원료의 점유율을 보면 2015년 기준으로 총 동·식물성유지 중 약 14%가 바이오디젤용으로 사용되고 있으며, 이중 동남아시아의 팜유와 미국 등의 대두유가 각 4%씩 차지하며, 약 4%가 유럽의 유채유 그리고 약 1%가 동물성유지이다⁵⁻⁶⁾.

전 세계 동·식물성유지 중 가장 많이 생산 및 사용되고 있는 팜유는 생산 최적지인 적도 ±5도 지역의 인도네시아와 말레이시아에서 대부분 생산되며, 각각 33백만톤(전 세계 53%)과 2천만톤(전 세계 32%)으로 전세계 생산량의 약 85%를 생산하고 있다. 이중 약 72%는 식용, 약 16%는 바이오디젤용 그 외 약 8%가 케미칼용으로 사용되고 있다⁵⁻⁶⁾.

2.2 국내 바이오디젤 원료 현황

국내 바이오디젤 주요원료는 초기 도입 시장에서는 대두유였으나, 현재는 가격경쟁력에 우위가 있는 폐식용유와 수입 팜유가 대부분을 차지하고 있다. 즉, 수입 팜유 및 팜부산물이 약 52%, 국내 폐식용유가 약 34%로이고, 나머지가 수입 유채 및 국내 동물성유지 등이다. 국산화율은 점진적으로 증가하여 2015년 기준 약 40%를 차지하고 있다¹⁻²⁾.

2.3 국내 잠재 바이오디젤 원료 선별

본 과제에서는 현재 국내 원료로 사용되고 있는 폐식용유 및 동물성유지 뿐만 아니라 중장기적으로 국내에 보급 가능한 원료들을 검토·선별하였다. 각 원료별 선별 배경 및 잠재량 분석 방향에 대해서 간략히 알아본다.

폐식용유는 국내 주요 바이오디젤 원료로서 현재의 발생가능 수준과 향후 추가확보 가능량에 대해서 분석하였고, 동물성유지는 현재는 유가하락 및 타 연료인 팜유와 폐식용의 가격 하락으로 인하여 경쟁력이 부족하지만 향후 경쟁력이 확보될 경우를 대비하

Table 1 Law materials for producing biodiesel in Korea

Law materials		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Rate in 2015
Domestics	Used cooking oil	77	78	111	160	191	181	185	34%
	Animal fat	-	-	-	-	14.6	15.3	27.4	5%
	Others	2.2	-	3	-	0.5	5.3	4.5	1%
Imports	Soy bean oil	52	80	34	19	12	3.5	2.8	1%
	Palm byproducts	63	102	115	136	187	154.8	169.6	31%
	Palm oil (RBD)	59	69	91	108	79	105.4	116.3	21%
	Used cooking oil	16	25	35	38	44	34.8	34.5	6%
	Animal fat	-	-	-	-	3.2	-	-	0%
	Others	13.0	4.0	31.5	10.0	6.0	5.2	7.1	1%
Domestics		79.2	78.0	114.0	160.0	206.1	201.6	216.9	40%
Imports		203	280	306.5	311	331.2	303.7	330.3	60%
Total		282.2	358.0	420.5	471.0	537.3	505.3	547.2	100%
Rate of domestics		28%	22%	27%	34%	38%	40%	40%	

여 바이오디젤로 사용가능한 량을 분석 하였다. 또한 설령탕, 족발, 오리훈제, 소머리 및 삼겹살 등 식당에서 발생하는 저급 동물성폐유에 대해서도 수거 가능량 및 기술개발 수준 등에 대해서 검토 하였고, 최근 바이오연료사들의 관심과 기술개발 정책과제 주제로 각광받고 있는 음식물류 폐기물의 음폐수에서 발생하는 유분인 음폐유에 대해서도 국내 보급가능 량과 기술개발 수준에 대해서 검토하였다. 유채유는 국내 유일한 바이오디젤용 에너지작물로서 2007년부터 2010년까지 시범재배사업을 수행한 바가 있으나, 경험부족, 기후 및 기술문제 등으로 실패한 적이 있다⁷⁾. 하지만 국산원료의 수급한계 시점에서 시범 재배사업의 경험을 토대로 재개발 필요성이 있는 것으로

판단되는 바, 원료로서의 잠재량에 대해서 검토하였다. 미세조류는 온실가스 저감의 탁월한 우수성과 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 조건과 맞물려 차세대 원료로 각광받고 있는 원료로서 국내외 기술개발수준 및 상용가능성 등에 대하여 검토 하였고⁸⁾, 마지막으로 수입 팜유와 팜부산물에 대해서 중장기적으로 국내에 도입 가능한 잠재량에 대해서 분석하였다. 또한 최근에는 하수슬러지 중의 유분을 추출하여 바이오디젤 및 바이오중유 연료로 사용하고자 하는 연구가 일부 추진되고 있으나, 품질 및 기술적인 면에서 바이오중유로의 사용이 타당할 것으로 판단되어 본 연구에서는 검토하지 않았다. Table 2에 국내 보급 잠재원료에 대해서 정리하였다.

Table 2 Potential feedstocks for producing biodiesel in Korea

Feedstocks		Contents
Domestic	Used cooking oil	Commercialized
	Animal fat	Extracted and refined oil from the animal residues of slaughterhouse and butcher's shop
	Low grade animal fat	Refined waste oil generated from restaurants of Animal feet, Smoked duck, Ox head soup, Pork belly etc.
	Food waste oil	Extracted and refined oil from the waste water of food waste treating process
	Rapeseed oil	Resource circulation model (sightseeing-food-BD) in land not in use
	Microalgae	Next generation feedstock
Import	Palm byproducts (PFAD, PSO)	Use of low priced palm byproducts in east asia area
	Palm oil (RBD)	Use of rich palm oil in east asia area

3. 국내 잠재원료 수급 가능량 분석

3.1 잠재원료 분석 방법

일반적으로 자원의 잠재량은 그 정의와 그에 따른 범위를 어떻게 설정하느냐에 따라 규모가 달라지기 때문에 잠재량 산정 목적에 따라 적절한 정의의 설정이 중요하다. Fig. 1과 같이 신재생에너지 분야에서는 여러 가지 기준 또는 목적에 따라 잠재량을 정의한다. 특정 영역, 예컨대 한 국가의 영토 또는 권역의 지리적 범위 내에 존재하는 자원의 총량, 지리적 여건 등과 같은 물리적 특성을 고려하여 활용이 가능한 자원의 총량, 현재 기술 수준에서 활용이 가능한 자원의 총량, 그리고 경제성 등 현재 시장 상황에서 활용이 가능한 자원의 총량 등을 잠재량으로 정의할 수 있다. 이러한 잠재량은 독립적으로 정의되기 보다는 그 범위가 가장 넓은 것부터 가장 좁은 것으로 단계별로 정의하며, 잠재량 산정 또한 자원의 총량에서 출발하여 단계별로 점차 범위가 좁은 정의의 잠재량을 산정해 내려가는 방법을 취하고 있다. 이때문에 가장 높은 수준의 잠재량부터 위로 갈수록 감소해 가는 단계별 피라미드형 구조를 이루고 있다⁹⁾.

이해를 돕기 위해서 폐식용유 원료를 예를 들어본다. 폐식용유의 이론적 잠재량은 한반도 전체에서 발생될 수 있는 폐식용유의 총량으로 할 수 있고, 지리적 잠재량은 수거 가능량, 기술적 잠재량은 유통·정제과정에서의 손실을 제외한 량, 마지막으로 시장잠



Fig. 1 Analysis method of potential feedstock⁹⁾

재량은 사료 등 타용도의 사용 부분을 제외한 량으로 정의될 수 있다.

3.2 선행연구 사례 분석

본 과제와 관련된 선행연구과제로는 우선 2011년 에너지경제연구원에서 산업부 정책과제로 ‘국내 바이오디젤 원료수급체계 구축방안’ 연구가 있다. 본 연구에서는 바이오디젤로 전환 가능한 폐식용유 원료의 잠재량에 대해서 국내 유지사용량 등 실질적인 통계와 설문조사를 통해 가정, 급식소, 업소 등 발생 분야별로 발생 가능량 및 수거량을 체계적으로 산정하였고 동물성유지에 대해서도 국내 축종별 도축두수를 기반으로 동물성유지의 발생 가능량에 대하여 추정하였다⁷⁾. 2012년 전북녹색환경지원센터의 ‘폐식용유 발생량 및 온실가스 감축효과 조사’에서는 전주시의 폐식용유와 동물성유지의 바이오디젤 원료로서의 잠재량에 대해서 실험과 주민의 설문조사를 통하여 발생 가능 량을 추정하였으며, 특히 전주시 자체 수거체계 구축과 시행을 통해 발생가능 잠재량에 대해 실질적인 조사 및 사업을 시행하였다¹⁰⁾. 2013년 에너지경제연구원의 기본연구보고서(소진영)에서는 ‘RPS 대응 국내외 바이오·폐기물에너지원 잠재량 분석 및 확보방안’에 대해서 연구하였는데 본 보고서에서는 발전부문의 RPS에 한정된 원료에 대해서 연구하여 바이오디젤 원료에 대해서는 실질적인 내용은 수록되어있지 않다. 하지만 전반적인 원료의 잠재량 분석 방법론적인 부분에 대해 체계적인 접근을 하였으며, 일부 바이오디젤 원료와 관련이 있는 음식물류 폐기물의 발생과 증장기 발생 가능 량에 대하여 추정하였다⁹⁾. 마지막으로 최근 2015년 한국능률협회에서 수행된 산업부 정책과제인 ‘국내·외 바이오에너지 원료 수급 중장기 방안 수립연구’에서는 바이오에너지 전반에 대한 원료수급 잠재량과 전망에 대해 분석 하였다. 특히 바이오디젤과 관련된 원료로 폐식용유, 동물성유지, 음폐유 및 유채유의 잠

재량과 전망에 대해 분석하였다. 하지만 바이오에너지 전반에 대한 광범위한 원료의 분석으로 인해 다소 현실적인 부분이 반영되지 않은 아쉬운 부분이 있다¹¹⁾. 따라서 본 과제에서는 선행연구의 면밀한 분석을 통해 국내 환경을 최대한 반영한 원료의 잠재량과 전망치를 분석하고자 노력하였다.

3.3 잠재 원료별 수급 가능량 분석

3.3.1 폐식용유

폐식용유의 이론적 잠재량은 국내 식용유지 소비총량을 기준으로 하여 2011년 에너지경제연구원 산업부 정책보고서의 폐식용유 발생율과 최근 업계의 의견수렴을 통해 전체 폐식용유의 발생량으로 하였으며, 지리적 잠재량은 이론적 잠재량에 에너지경제연구원의 수거율과 바이오에너지협회(BD사)의 의견수렴을 통해 최근 수거율을 고려한 잠재량으로 하였다. 기술적 잠재량은 바이오에너지협회(BD사)의 의견수렴을 통해 불순물 등 정제손실을 제외한 양으로 하였고, 시장잠재량은 사료용 등 타용도 사용량을 제외한 잠재량으로 하였다.

2016년 농수산식품유통공사(aT) 2016년 식품통계에 의하면 국내 유지사용량이 2013년 기준으로 약 100만톤이며, 대부분 대두유와 팜유이다. 최근에는 팜유의 사용 확대 추세이다. 에너지경제연구원 정책연구의 국내 식용유지의 소비처별 비중을 보면 일반음식점이 약 28%로 가장 많고, 식품제조업과 가정 각각 약 22%이며, 급식소 등이 약 15%, 치킨전문점이 9%, 패스트푸드점이 약 4%이다. 폐식용유 발생 비율은 치킨전문점이 가장 많은 약 66%이고 다음으로 급식소 및 기타 약 60%, 패스트푸드점이 약 44%, 일반음식점이 약 33%이고 가정이 약 7.7%로 가장 저조한 것으로 나타났으며, 식품제조업은 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다⁷⁾. 하지만 가정 부분의 발생량이 최근 한국학술정보를 근거로 한 바이오에너지

지협회 추정값에 의하면 약 26%로 추정되고 있어 본 보고서에서는 후자의 추정값을 채택하였다.

지리적 잠재량 산정도 에너지경제연구원 정책연구의 폐식용유 수거율을 주로 참조 하였다. 보고서에 의하면 급식소 및 치킨전문점 등은 대부분 수거가 되는 것으로 나타났고, 패스트푸드점 및 일반음식점 등도 약 60% 이상 수거가 되고 있는 것으로 나타났다. 하지만 가정부분은 약 19%로 저조 하였다⁷⁾. 최근에는 폐식용유의 시장이 고가의 바이오디젤 원료로의 사용에 힘입어 수거율이 증가하고 있는 추세이며, 패스트푸드점은 거의 전량 입찰판매로 수거 되고 있고, 일반음식점도 수거율이 증가되어 약 70%에 해당하는 것으로 바이오에너지협회를 통해 조사 되었다. 따라서 에너지경제연구원의 정책연구 보고서와 최근 조사 근거를 토대로 지리적 잠재량을 추정하였다.

기술적 잠재량은 바이오에너지협회와 바이오디젤사 등의 의견을 수렴하여 약 3%의 불순물 등 정제손실율을 고려하여 지리적 잠재량에서 손실량을 제외한 양으로 하였다. 끝으로 시장 잠재량은 타 용도의 사용량을 제외한 양으로 추정하였는데, 타용도 사용량을 보면 과거 2007년에는 바이오디젤, 사료 및 지방산 생산 등 분산 사용되고 있었으나, 최근에는 바이오디젤용으로서 사용이 확대되며, 사료의 수분 유지제로서의 고정물량인 28천톤/년과 가정부분에서 발생하는 폐식용유의 비누화 물량인 약 5천톤/년을 제외하고는 대부분 바이오디젤용으로 전환되었다. 바이오디젤용으로 사용된 폐식용유량은 바이오디젤 보급초기부터 급격히 확대되어 2013년 이후 연간 약 18만톤~19만톤으로 일정하게 유지되고 있다(Table 3).

국내 바이오디젤원료로서 폐식용유의 2015년 기준 잠재량은 Table 4와 같으며, 폐식용유 발생량인 이론적 잠재량은 약 29.3만톤이며, 수거 가능량을 고려한 지리적 잠재량은 약 22.5만톤, 정제기술 등 손실율을 고려한 기술적 잠재량은 약 21.8천톤이며, 사료용 및 비누화 등 타용도 사용량을 제외한 시장

Table 3 Usage of Used Cooking Oil (UCO) in Korea

		2007		2013		2015	
		Use (ton/yr)	Rate (%)	Use (ton/yr)	Rate (%)	Use (ton/yr)	Rate (%)
Biodiesel		36,000	28%	190,997	85%	185,316	85%
Others use	Feed	28,000	22%	28,000	13%	28,000	13%
	Organic acid	21,600	17%				
	Soap	18,000	14%	5,000	2%	5,000	2%
	Cutting oil	14,400	11%				
	Heating oil	12,000	9%				
	Subtotal	94,000	72%	33,000	15%	33,000	15%
Total		130,000	100%	223,997	100%	218,316	100%

잠재량은 약 18.5만톤으로 추정되었다. 이 잠재량은 2015년 현재 바이오디젤 사용량인 약 18.5만톤과 수치적으로 일치한다. 즉 현재로서는 폐식용유의 수거율이 저조한 가정부문의 수거를 확대하지 않는 이상 수거 한계에 달한 상황이다. 하지만, 폐식용유 수거 경험이 있는 전주시청 담당자에 의하면 가정부문의 폐식용유 수거는 주민들의 관심부족과 폐식용유의 소량(아파트 1동당 평균 3개월 20리터) 발생에 따른 경제성 부족으로 위탁업체 및 관리사무소의 적극적인 참여 유도가 어려우며, 또한 소량의 발생에 따른 수거 주기가 장기간(6개월 이상) 소요되어 부패 및

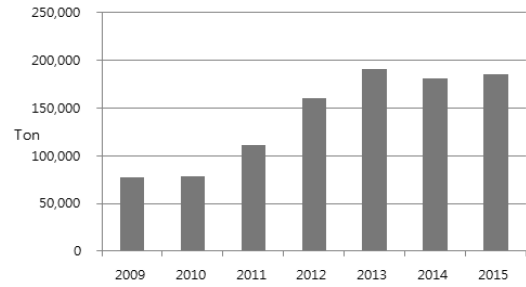


Fig. 2 Trend of the UCO for producing biodiese (ton)

관리 어려움 등이 내재되어 현실적으로 추가 물량확보는 어려운 것으로 조사되었다.

3.3.2 동물성유지

동물성유지의 이론적 잠재량은 국내 동물성유지 시장의 약 50%이상을 점유하고 있는 국내 기업체인 대경오앤티의 의견과 2015년 농림축산 정책보고서를 참조하여 국내 소, 돼지 도축두수와 소, 돼지별 유지발생량을 고려한 국내 동물성유지 발생량과 기타 소, 돼지의 뼈와 내장 중의 유지와 닭 및 오리 등 가금류 등에서 발생하는 유지 물량을 합한 양으로 하였고, 지리적 잠재량은 이론적 잠재량에 대경오앤티의 의견수렴을 통한 유분 수거율을 고려하여 추정한

Table 4 Potential amount of Used Cooking Oil (UCO) for producing biodiesel in 2015

		Theoretical amount			Geographical amount		Technical amount		Market amount	
		Food oil consumption (ton)	Generation rate of UCO (%)	Generation amount of UCO (ton)	Collection rate of UCO (%)	Collection amount of UCO (ton)	Loss rate (%)	Collection amount-loss (ton)	Others use (ton)	Except for others use (ton)
Household		225,039	25.7	57,835	18.6	10,756	3.0	10,433	-	-
Business	Chicken	95,919	65.7	63,046	98.0	61,785	3.0	59,932	-	-
	Fast food	46,450	44.0	20,423	98.0	20,014	3.0	19,414	-	-
	Ordinary restaurant	291,906	20.2	58,868	70.0	41,208	3.0	39,972	-	-
	Subtotal	434,275	32.8	142,337	86.4	123,007	3.0	119,317	-	-
Food manufacturer		224,683	0.0	0	0.0	0	3.0	0	-	-
Foodservices and others.		158,004	58.8	92,859	98.0	91,001	3.0	88,271	-	-
Total		1,042,000	28.1	293,030	76.7	224,764	3.0	218,021	33,000	185,021

값으로 하였다. 기술적 잠재량 또한 대경오엔티의 의견수렴을 통해 불순물 등 정제손실을 제외한 량으로 하였고, 시장잠재량은 사료용 등 타용도 사용량을 제외한 잠재량으로 하였다.

국내 도축두수의 대부분이 돼지이며, 2013년 기준 총 17,202천 도축두수에 돼지가 약 94%, 소가 약 6% 정도를 차지하였다. 돼지 도축두수는 2008년 감소를 제외하고는 거의 일정하게 유지되고 있으며, 2013년 기준 약 16,103천 두수이다. 소 도축두수는 점진적으로 증가 추세이며, 2013년 기준 약 1,072천 두수이다.

동물성유지의 이론적 잠재량을 구하기 위하여 우선 국내 소, 돼지 도축두수에 두당 생지 발생량을 곱하여 추정하였는데, 두당 생지 수율을 보면 소가 140 kg/두이고, 돼지의 약 90%를 차지하는 180일 성장의 육돈의 경우는 12 kg/두, 약 10%인 4~5년 성장의 모돈은 육돈의 3.5배 정도인 42 kg/두로 조사 되었다. 또한 여기에 소 및 돼지의 뼈와 내장 및 닭, 오리 등의 가금류의 유지발생량을 더하여 최종 이론적 잠재량을 추정하였다. 기타 유지의 통계 값은 공식적인 통계 값이 없어서 업계 의견에 따라 약 45천톤/년을 기타 물량으로 하였으며, 지리적 잠재량, 기술적 잠재량에 대해 동일하게 간주하였다.

지리적 잠재량은 대경오엔티의 의견 수렴을 통해 도축두수 등으로 추정한 이론적 잠재량에 수분과 단백질 등의 손실을 고려한 소, 돼지 유지추출(렌더링) 수율인 소 약 60%, 돼지 약 48%를 고려하여 추정하였고, 기타 물량은 이론적 잠재량과 동일하게 하여 추정하였다.

기술적 잠재량 역시 대경오엔티의 의견 수렴을 통하여 정제 손실률을 고려하여 추정하였으며, 추출된 유지의 손실률은 일부 단백질 잔량 손실인 약 0.7% 수준으로 미미하였다.

끝으로 시장 잠재량은 타용도의 사용량을 제외한 양으로 추정하였는데, 타용도 사용량을 보면 대부분 사료용으로 사용되고, 나머지 물량에 대하여 기타 공

Table 5 Usage of animal fat in Korea

		2013		2014		2015	
		Use (ton/yr)	Rate (%)	Use (ton/yr)	Rate (%)	Use (ton/yr)	Rate (%)
Biodiesel		13,000	6	14,900	7	27,400	11
Others use	Biofueloil	0	0	45,000	20	29,000	12
	Feed	170,000	82	140,000	63	165,000	69
	Industrial	25,000	12	22,000	10	17,000	7
	Subtotal	195,000	94	207,000	93	211,000	89
Total		208,000	100	221,900	100	238,400	100

업용 등에 사용되고 있다. 또한 바이오디젤용으로 2011년 사용 승인이후 점진적으로 사용 확대되어 2015년 현재 약 2.7만톤/년이 바이오디젤용으로 사용되고 있다. 그리고 2014년부터는 바이오중유 시범 보급사업이 시행되면서 일부 물량이 바이오중유용으로 사용되고 있다. 따라서 시장잠재량은 사료용 및 바이오중유 등 기타 물량을 제외한 량으로 추산하였다.

국내 바이오디젤원료로서 동물성유지의 2015년 기준 잠재량은 Table 6과 같으며, 전체 생지 발생량인 이론적 잠재량은 약 41.1만톤이며, 유지추출(렌더링) 수율을 고려한 지리적 잠재량은 약 23.9만톤/년, 정제기술 등 손실율을 고려한 기술적 잠재량은 약 23.8천톤/년이며, 사료용 및 공업용 등 타용도 사용량을 제외한 시장 잠재량은 약 2.7만톤/년으로 추정되었다. 현재로서는 저유가와 경쟁연료인 팜유의 하락 등으로 사료용에 비해 경쟁력이 약해서 미미한 물량이지만, 업계 의견에 따르면 향후 바이오디젤용의 경쟁력 회복과 사료용 대체제로 팜유, 수입유지, 옥수수, 유화제, 글리세린 및 기타 저급유지 등의 사용을 통해 충분히 동물성유지를 바이오디젤용으로 전환 가능하다는 의견이다.

3.3.3 저급 동물성유지

설령탕, 족발, 오리훈제, 소머리, 삼겹살유 등 식당 폐유의 경우는 현재 초기 시장으로 충분한 통계가

Table 6 Potential amount of animal fat for producing biodiesel in 2015

	Theoretical amount			Geographical amount		Technical amount		Market amount	
	Butchery (head)	Generation amount of crude fat per head (kg)	Generation amount of crude fat (ton)	Fat yield (%)	Collection amount of fat (ton)	Loss (%)	Collection amount-loss (ton)	Others use (ton)	Except for others use (ton)
Cow	1,101,400	140	154,196	60.0	92,518	0.7	91,870	-	-
Pig (for pork)	12,728,700	12.0	152,744	48.0	73,317	0.7	72,804	-	-
Pig (for baby)	1,414,300	42.0	59,401	48.0	28,512	0.7	28,313	-	-
Others			45,000		45,000		45,000	-	-
Total	15,244,400	194	411,341	2	239,347	0	237,987	211,000	26,987

없는 상황이다. 따라서 수거 경험이 있는 업체를 통해 현황 조사를 수행 하였으며, 물량은 약 2.5만톤/년 수준으로 발생하는 것으로 의견수렴 되었다. 따라서 이론적, 지리적 잠재량을 2.5만톤/년으로 하였고, 기술적 잠재량과 시장 잠재량은 아직 바이오디젤 전환 기술개발이 산업부 과제로 진행 중이어서 현재 시점에서는 '0'로 하였다. 즉, 향후 기술개발이 완료되어 바이오디젤 생산에 사용될 경우 최대 약 2.5만톤/년이 확보 가능할 것으로 판단된다.

식당폐유의 유통은 주로 폐식용유의 유통체계인 수집상과 정제업체의 유통경로가 될 것으로 판단되며, 품질적인 면을 보면 유통경로에 따라 다르나 부패로 인해 산가가 높고, 음식물에서 유래된 염분, 동물성유지의 인지질에서 유래된 인함량 및 기타 분순물들이 과량 함유되어 있어서 전처리 및 바이오디젤 전환공정에 대한 기술개발이 중요할 것으로 판단된다. 전처리 공정은 나트륨 등 금속분과 배출가스 저감 장치의 촉매 피독 현상 등 치명적인 영향을 줄 수 있는 인함량의 제거 공정이 중요하다. 현재 국내에 상용화된 바이오디젤 전환기술은 수산화나트륨(NaOH) 등 액상 염기촉매를 이용한 유리지방산(FFA) 함량 5% 이하의 저산가 원료이용 공정과 유리지방산함량 90%이상의 고산가 원료를 이용한 SK케미칼의 무촉매 공정이 있다. 즉, 중간 산가의 원료를 이용한 공정의 개발이 필요한 상황이며, 식당폐유 및 음폐유 등

이 여기에 해당된다¹²⁻²³⁾. 이에, 현재 산업부 에너지기술개발 사업으로 고체산 촉매(미활용 폐유지의 바이오디젤 전환 핵심기술 개발 및 상용화 연구(웰크론한텍, '13.6~'16.5)) 을 이용한 기술과 생축매(효소)(에너지 저소비형 바이오디젤 생산을 위한 생축매 이용 공정기술 개발(비츠로테크, '15.12~'18.9))를 이용한 기술개발이 추진 중에 있다.

3.3.4 음폐유

음식물류 폐기물의 음폐수에서 발생하는 유분의 이론적 잠재량은 전국 음식물류 폐기물 처리과정에서 발생하는 음폐수 총량중의 유분량으로 하였고, 지리적 잠재량은 국내 최대로 수거 가능한 음폐유량으로 하였으며, 기술적 잠재량과 시장 잠재량은 아직 바이오디젤 전환 기술개발이 산업부 과제로 진행 중이어서 현재 시점에서는 '0'로 하였다.

Table 7 Usage of animal fat in Korea

Feedstock	Catalyst	Status	Note
FFA 5% ↓	Basic catalyst	Most BD companies	5% loss
FFA 90% ↑	No need	Only SKC	10% loss
FFA 0~100%	Solid acidic catalyst	Under developing	-
FFA 0~100%	Enzyme catalyst	Under developing	-

국내 음식물류 폐기물 발생량은 2008년 정점 이후로 2010년 관계부처 합동 ‘음식물 쓰레기 종합대책(종량제 확대 등)’ 등으로 발생량이 줄어들고 있는 추세이다. 2014년 기준 약 500만톤이 발생하였고 이중 약 94%가 비료, 사료 및 바이오가스 등으로 재활용 되었다. 최근 환경부의 음식물류 폐기물 정책 우선순위는 발생량 줄이기가 최우선이고 유기성 자원의 에너지화 등 재활용이 다음 순이다. 음식물류 폐기물의 에너지화 정책은 2008년 ‘폐자원 및 바이오매스 에너지 대책’ 및 2009년 대책 시행계획을 발표가 있으며, 여기에 유기성 폐기물의 38%를 에너지화 하는 목표가 포함되어 있다.

국내 음식물류 폐기물 처리는 공공 또는 민간사업장에서 음식물류 폐기물 자원화시설을 이용하여 퇴비, 사료 및 바이오가스 등으로 자원화 하고 있으며 2015년 6월 기준 음식물류 폐기물 처리업체는 약 286개소이며, 시설용량은 약 19,534톤/일, 가동률은 약 70%이다.

또한 런던의정서(한국은 2009년 가입)가 2006년에 발효되고 국내에는 2011년 12월에 해양환경관리법령 개정으로 2013년부터 음식물류 재활용 과정에서 발생하는 폐수의 해양배출이 금지되었다. 따라서 약 42%에 해당하는 음폐수의 해양 배출이 육상처리로 전환되어 현재 약 60%가 공공하수처리장으로 가고 있고, 약 19%가 바이오가스화 되고 있으며, 침출수 처리장에는 9%, 자가처리와 폐수처리업체에 각 6%, 그리고 폐수처리장에 3%가 처리되고 있는 실정이다. 이러한 음식물류 폐기물의 해양배출이 육상처

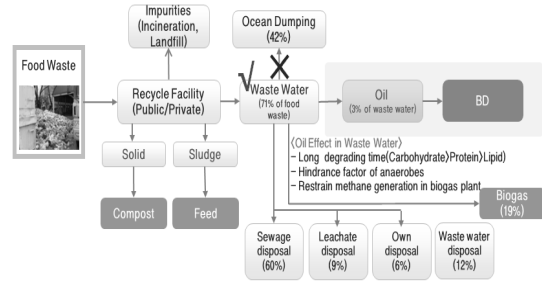


Fig. 3 Optimized energy recovery system of food waste

리로의 전환으로 처리비용이 해양배출 시 약 3만원/톤에서 육상처리 약 6만원/톤으로 2배 정도가 증가했으며, 악취 및 오염 등으로 민원이 급속히 증가하였다. 이에, 2007년 환경부에서는 ‘음식물류 폐기물 처리시설 발생폐수 육상처리 및 에너지화 종합대책(2008~2012년)’ 수립 등 적극적인 정책대응을 해왔다. 또한 음폐수 중의 유분에 의하여 폐수처리에도 어려움 겪고 있으며, 바이오가스 전환에도 탄수화물 및 단백질에 비해 긴 분해시간과 혐기성 미생물 저해인자, 메탄생성억제 인자 등의 방해 요인으로 바이오가스 전환에 어려움을 겪고 있다. 따라서 음폐수 중의 유분을 수거하여 바이오디젤화 하고 난 후의 폐수를 바이오가스로 전환하는 시스템이 최적의 음폐수 처리 시스템으로 판단된다(Fig. 3).

전국 음식물류 폐기물 발생량은 환경부 통계자료를 활용하였고 음식물류 폐기물 중의 음폐수 발생율은 전국 음식물류 폐기물량인 500만톤/년과 음폐수 발생량인 353만톤/년(9,671톤/일)을 기준으로 추산된 71%로 하였다. 음폐수 중의 유분함량은 전국 음식물류 폐기물 처리업체를 직접 방문하여 음식물 중의 유분 추출 경험이 있는 업체를 대상으로 조사한 결과로 약 2%의 유분이 함유된 것으로 하여 국내 총 음식물류 폐기물 발생량에 음폐수 발생률과 유분 추출율을 곱하여 이론적 잠재량을 산출하였다. 그 결과 약 7.1만톤/년이 발생하는 것으로 추정되었다. 지리적 잠재량은 환경부 2015년 6월 처리업체 통계 분석을 통해 1일 처리용량이 약 10톤/일 이하인 소규모

Table 8 Generation amount of waste water from food waste disposal facility in Korea

	Number of Facility	Facility Capacity	Disposal Capacity (ton/day)	Capacity Use (%)	Generation amount of waste water (ton/day)
Public	105	8,449	6,911	82	7,043
Private	181	11,085	6,779	61	2,628
Total	286	19,534	13,690	70	9,671

Table 9 Potential amount of food waste oil for producing biodiesel in 2015

	Theoretical amount					Geographical amount		Technical amount	Market amount
	Generation amount of food waste (ton)	Generation rate of waste water (%)	Generation amount of waste water (ton)	Oil content in waste water (%)	Generation amount of Food waste oil (ton)	Collection rate of food waste oil (%)	Collection amount of food waste oil (ton)	Under developing	-
Potential Amount (ton)	5,000,000	70.6%	3,530,063	2%	70,601	82%	57,893	0	0

처리업체에서는 유분 추출이 어려울 것으로 판단하여 해당업체 약 18%를 제외한 업체에서 발생 가능한 음폐수 중의 음폐유 량을 지리적 잠재량으로 추정하여 약 5.8만톤/년이 발생하는 것으로 추정되었다. 기술적 잠재량과 시장 잠재량은 아직 바이오디젤 전환 기술개발이 산업부 과제로 진행 중이어서 현재 시점에서는 ‘0’로 하였다. 즉, 향후 기술개발이 완료되어 바이오디젤 생산에 사용될 경우 음식물 줄이기 정책으로 전체 발생량은 줄어들 것으로 예상되나, 반대로 에너지화 정책으로 최대 약 5.8만톤/년이 확보 가능할 것으로 판단된다.

3.3.5 유채유

유채유는 국내 바이오디젤 원료로서 재배 가능한 유일한 에너지작물로서 동계작물의 특성상 남부지역의 휴경논을 이용한 2목작과 경제성확보를 위한 관광-식용-폐식용유 에너지화 등의 자원순환형 타운구성이 중요할 것으로 판단하다. 따라서 본 보고서에서는 남부지역의 휴경논 경작 가능지 면적을 기반으로 유채 종자생산 수율 및 유채유 착유율 등을 고려한 확보 가능량을 이론적 잠재량으로 하였고, 지리적 잠재량은 자원순환형 타운구성을 전제로 유채유를 식용으로 사용한 후 폐식용유로 수거 가능한 량(폐식용유 잠재량 분석시 사용된 수거율 28% 고려)으로 하였으며, 기술적 잠재량은 폐식용유 전처리 손실률을 고려하였다. 마지막으로 시장 잠재량은 전량 바이오디젤화 하는 전제로 기술적 잠재량과 동일하게

보았다.

국내 유채유 재배 가능지역은 동계온도 -5°C 이하가 10일 이상 지속되지 않는 지역으로 남부지방 약 18만ha가 해당되며, 유채유 종자 생산수율 1.2톤/ha 과 유채유 생산 수율 456 kg/ha(착유율 38%)를 고려할 경우 약 8.2만kL/년가 생산 가능한 것으로 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에 의해 조사되었다. 현재는 약 3천ha에 재배 중이다. Fig. 4에 이모작 가능지역 및 기간 등을 나타내었다.

유채유 자원순환형 타운 구성은 과거 시범보급사업 경험을 토대로 남부지역의 휴경논에 유채재배를 통한 관광산업과 동시에 양봉 등 수익산업을 추진하고, 수확 시 발생하는 부산물인 유채박은 토양선충 방제제나 가축사료 또는 유기질 비료로 사용, 생산된

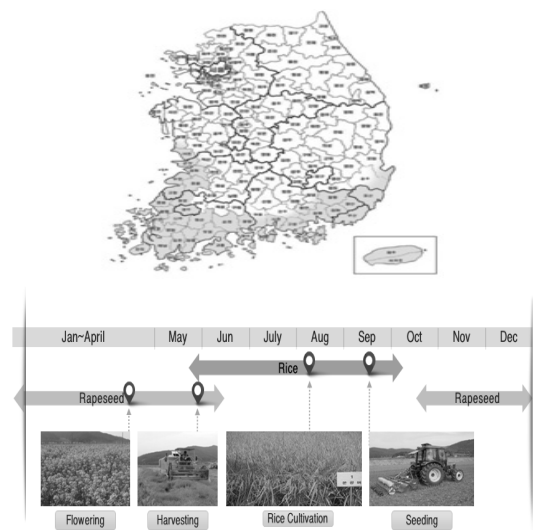


Fig. 4 Possible double-cropping area and cultivation period

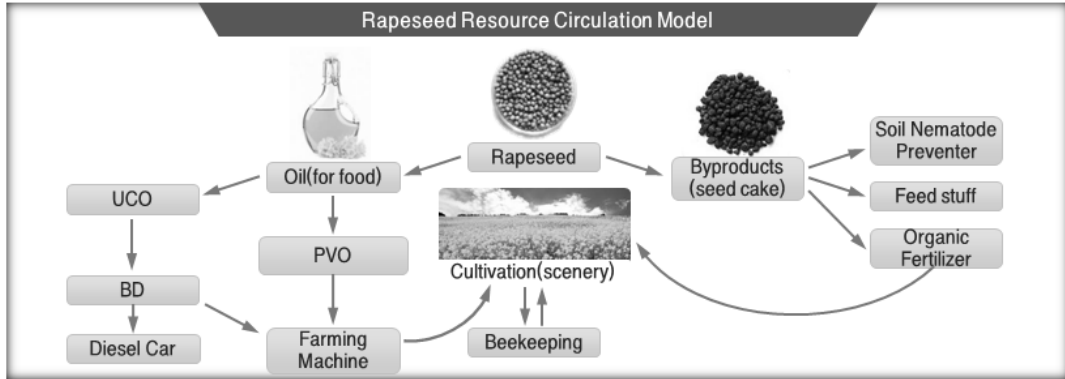


Fig. 5 Scheme of Rapeseed Resource circulation model

유채씨는 오일추출을 통해 식용으로 사용 또는 국내에는 적용되고 있지 않지만 유럽에서 많이 사용되고 있는 순수 식물성 기름(PVO)을 바로 농기계에 적용하여 유채재배에 활용할 수 있다. 또한 식용으로 사용된 후 발생하는 폐식용유는 수거 및 바이오디젤로 전환하여 일반 차량에 활용함으로써 경제성이 확보된 자원순환형 타운을 구성할 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 5). 이러한 사업은 범부처간의 적극적인 협력을 통해 가능할 것이다. 국내 바이오디젤원료로서 유채유의 잠재량은 자원순환타운 사업이 성공적으로 추진된다는 가정에서 분석하였다. 국내 유채재배 가능 지역에서 재배·생산 가능량인 이론적 잠재량은 약 8.2만톤이며, 유채유를 식용으로 활용하고 수거되는 폐식용유의 양인 지리적 잠재량은 약 2.3만톤이다. 기술적 잠재량과 시장 잠재량은 자원순환타운 사업의 추진에 의존될 것으로 판단된다.

3.3.6 팜유 및 팜부산물

팜유의 이론적 잠재량은 전 세계 팜유 시장규모로 하였고, 지리적 잠재량은 팜유 수출시장 규모로 하였으며, 기술적 잠재량은 전처리 정제 손실률을 고려하여 손실량을 제외한 물량으로 하였다. 시장 잠재량은 기술적 잠재량 중에 국내 시장으로 도입할 수 있는 물량으로 하였다.

팜유의 잠재량을 추정하기 위해서 우선, 바이오디젤 주요 원료인 동·식물성유지의 전 세계 동향과 팜유 시장에 대해 알아보았다. 2003년 이전에는 동·식물성유지 생산량의 증가 대두유였으나, 이후에는 가격 경쟁력과 바이오디젤로의 활용 등으로 팜유의 수요가 급증하여 2015년 기준 팜유 생산량이 약 62.7백만톤/년으로 세계 최대 시장을 형성하고 있으며, 꾸준한 증가 추세이다. 이중 약 76%인 47.7백만톤/년이 수출시장이다.

Table 10 Potential amount of rapeseed oil for producing biodiesel in 2015

	Theoretical amount				Geographical amount		Technical amount	Market amount
	Possible area for cultivating rapeseed (ha)	Yield of rapeseed (ton/ha)	Oil extraction rate (%)	Possible amount of rapeseed oil (ton)	Collection rate of UCO (%)	Collection amount of UCO (ton)	Resource circulation town	-
Potential Amount (ton)	180,000	1.2	38	82,080	28	23,064	0	0

Table 11 Potential amount of palm oil and palm oil byproducts in 2015

	Theoretical amount	Geographical amount		Technical amount		Market amount	
	Global palm oil market capacity (ton)	Palm oil export market rate (%)	Palm oil export market amount (ton)	Loss (%)	Export amount- loss (ton)	Domestic secure rate (%)	Domestic secure amount (ton)
Refined Palm Oil (RBD)	62,700,000	76	47,652,000	3	46,222,440	5	2,311,122
Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)	3,135,000	-	3,135,000	10	2,821,500	10	282,150
Palm Sludgy Oil (PSO)	1,254,000	-	1,254,000	100*	0	20	0
Total	67,089,000	-	67,089,000	-	49,043,940	-	2,593,272

* PSO's current potential amount is considered '0' because technology for utilizing it is developing

팜유의 추출-정제과정을 보면 먼저 팜 열매의 중과피(Mesocarp)에서 팜원유(CPO)를 추출하며, 이 과정에서 나오는 폐수에 포함된 기름성분이 팜슬러지 오일(PSO)로서 팜원유(CPO)의 약 2% 수준으로 발생된다. PSO는 생산국 내에서 메탄 즉, 온실가스 발생의 주요 요인으로 간주되어 처리에 어려움을 겪고 있는 상황으로, 최근에는 최대한의 오일 회수 및 정제처리를 하거나, 바이오가스 생산을 통해 처리하고자 하는 노력을 하고 있다. 그리고 팜원유(CPO)를 정제하여 정제팜유인 RBD 팜오일과 RBD 팜오일을 다시 분리한 RBD 올레인과 스테아린 등을 생산하여 식용 및 바이오디젤 원료 등으로 사용하게 되는데, 이 과정에서 PFAD라는 고 산가의 부산물이 발생되고 팜원유(CPO)의 약 5% 수준이다. PFAD는 현재도 저급비누 및 지방산 생산에 활용되고 있고, 국내 SK 케미칼에서 바이오디젤의 원료로 사용하고 있다. 장기적으로 팜유의 생산량 증가에 따라 PFAD 발생량도 증가될 것으로 전망된다. 이에, 고부가가치화에 대한 노력도 필요한 실정이다.

이러한 팜유 시장 배경 하에서 팜유의 이론적 잠재량을 전 세계 팜유관련 최대 컨퍼런스인 2016년 POC 컨퍼런스'의 자료를 인용하여 전 세계 팜유 생산량인 62.7백만톤/년으로 하였고, 지리적 잠재량은 팜유 시장의 76%인 수출량 47.7백만톤/년, 기술적 잠재량은 전처리 손실률인 약 3%를 고려하여 불순

물 등 정제 손실량을 제외한 46.2백만톤/년으로 하였다. 마지막으로 시장 잠재량은 바이오에너지협회 등 업계 의견수렴을 통해 기술적 잠재량 즉, 손실률을 감안한 팜유 수출시장 규모의 약 5% 수준을 국내에 확보 가능한 것으로 하여 약 2.3백만톤/년으로 추정하였다. 팜 부산물인 PFAD와 PSO는 전 세계 팜유 생산량의 약 5%와 2% 발생량을 고려한 31.4백만톤/년과 12.5백만톤/년을 이론적 잠재량으로 보았고, 지리적 잠재량은 발생하는 대부분의 부산물은 수거되어 활용될 수 있는 것으로 판단되는 바, 이론적 잠재량과 동일한 량으로 간주하였다. 기술적 잠재량은 PFAD의 불순물 등 전처리 손실률인 10%를 고려하여 약 2.8백만톤/년으로 하였고, PSO는 아직 바이오디젤 전환 기술이 개발되지 않은 상황으로, 현재 음폐유 및 저급 동물성유지와 함께 정책과제로 기술개발 중에 있다. 따라서 현재 시점에서는 기술적 잠재량을 '0'로 하였다. 마지막으로 시장 잠재량은 팜유와 마찬가지로 국내 시장으로 도입 가능한 량으로 하여 PFAD의 경우 28만톤/년으로 추정하였고, PSO는 기술개발 도입시기인 2019년 이후로 국내 시장에 도입될 예정으로 추정하였다.

3.3.7 미세조류

미세조류는 단위면적당 월등한 온실가스 저감효과와 빠른 성장속도, 높은 지질함량 및 폐수활용 가

능 등의 이유로 미국, 유럽 및 일본 등 활발한 연구를 수행 중에 있다. 또한 국내에서는 미래부의 카이스트 주관으로 (재)차세대바이오매스연구단(2010~2019년, 1,065억원)과 해수부의 인하대 해양바이오에너지 생산기술개발연구단(2009~2019년, 490억원)에서 연구 중에 있다⁸⁾.

미세조류는 기술개발요소 및 경제성 확보 관점에서 보면 다양한 연구개발이 필요한 중장기적 원료로 보여 진다. 1세대의 동·식물성유지와는 달리 수상에 서 배양하고, 과량의 수분함유, 지질 외 다양한 구성 성분 등으로 다방면의 연구개발이 필요하다. 미세조류의 기술개발 요소는 1)고효율 미세조류 개발, 2)미세조류 대량 배양, 3)수확, 4)오일 추출, 5)바이오디젤 전환, 6)부산물 활용 등의 6개 분야의 기술개발로 구분할 수 있고 각 분야별로 다양한 연구가 필요한 실정이다. 경제성은 현재 1세대 동·식물성유지 대비 열악한 상황이며, 아직은 상용화를 위한 단계는 아니지만, 현재 기술개발수준에서는 최소 3~5배 정도 고가인 것으로 조사되고 있다(LG경제연구원(2010) : 5.4달러/L, 삼성경제연구원(2012) : DOE 인용 2.8~5.3 달러/L 추정, 경제성 확보시기 2020년 추정). 미세조류의 경제성은 정부와 기업의 투자규모, 온실가스 규제정책, 유가 등 대내외 환경변화에 의존하는 부분으로 경제성 및 상용화 시점 등을 예측하기가 힘들다^{8, 24-26)}.

결론적으로 미세조류는 이산화탄소 저감효과가 크고, 비식량계이며, 육지가 아닌 해양에서도 대량생산이 가능하다는 점 등에서 우리나라와 같이 좁은 국토면적의 삼면이 바다로 둘러싸인 곳에서의 미세조류 생산은 상당한 이점을 보유하고 있다. 하지만 일반적인 동·식물성유의 바이오디젤 원료와 전혀 다른 생산-추출-전환 공정을 거치게 되어 기술개발요소가 많으며, 전 세계적으로도 활발한 연구가 수행중이나, 경제성 확보에는 어려움이 있는 실정이다. 따라서 장기적인 관점에서 연구개발에 지속적인 투자가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

바이오디젤은 수송부문의 온실가스 저감을 위한 규제 수단인 RFS의 유일한 정책수단이며, 최근 이슈화되고 있는 미세먼지 저감의 대안으로 중요한 역할을 할 수 있는 연료로서 보급 활성화가 중요한 시점이다. 이에 본 연구를 통해 보급 활성화의 수단으로서 국산 원료의 잠재량에 대하여 분석하였다.

국내 보급가능 원료의 잠재력 순위를 확보가능 물량, 원료가격 및 생산단가 등을 고려하여 나열해 볼 경우, 동남아시아 팜유가 가장 경쟁우위가 있으며, 다음으로 폐식용유, 동물성유지, 저급 동물성유지, 음폐유, 국내 유채유 및 미세조류 순으로 검토되었다. 하지만 각 원료별로 국산원료확대, 중장기 확대 전망 및 기술개발 측면 등에서 각 원료별로 특징이 있는 상황이다.

국내 유일한 국산원료인 폐식용유는 수거한계에 달한 상황으로 미활용 되고 저급 동물성유지(식당폐유)와 음폐유 등의 활용을 위한 기술개발이 필요하고, 국내 유일의 에너지작물인 유채유는 산업부와 농식품부 등 부처간 협업과제로 자원순환모델(관광-식용-폐식용유-에너지화 등) 사업 추진이 필요하며, 차세대 국산원료로 각광받고 있는 미세조류는 대규모 생산 및 단가 저감을 위한 연구개발에 지속적으로 투자하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 해외 팜유 등 원료에 대해서는 안정적 시장형성 및 확대를 위해 해외 농장개척 등도 고려할 필요가 있다. 국산원료로서 폐식용유 외에 두 번째로 잠재력 있는 원료는 동물성유지이다. 현재 동물성 유지는 가격 경쟁력 부족과 사료용과의 경합 등으로 보급이 어려운 실정이나, 향후 국제 유가 상승 및 사료용 대체제 보급 활성화의 노력을 통해 충분히 주력 원료가 되리라 판단된다. 또한 공공사업(지자체 차량 및 우체국 물류 지원 등)에 BD20 연료를 확대하는 사업을 추진함으로써 바이오디젤의 보급 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2015년 산업통상자원부 전력정보화 및 정책지원사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다(‘수송용 바이오연료 보급활성화 정책개선 수립 연구’, No. 2015PPS20S04)

References

1. J. -K. Kim, E.-S. Yim, and C. Jung, “Study on comparison of global biofuels mandates policy in transport Sector”, *New & Renewable Energy*, 7, 2011, pp. 18.
2. J. -K. Kim, E.-S. Yim, and C. Jung, “Study on review sustainability criteria and key approaches for biofuel”, *New & Renewable Energy*, 3, 2013, pp. 1.
3. Y. Su, P. Zhang, and Y. Su, “An Overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 2015, pp. 991.
4. S. N. Naik, V.G. Vaibhav, K.R. Prasant, and K.D. Ajay, “Production of first and second generation biofuels : A comprehensive review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2010, pp. 578.
5. POC2016 : Palm Oil and Lauric Oils Price Outlook Conference.
6. Oilseeds and Products Annual GAIN Report (MY5007, ID1529), USDA.
7. H. S. Kwon and S. M. Jo, “Study on establishment of a secure system of biodiesel feedstock in Korea”, 2011.
8. Y. G. Oh and J. G. Na, “Microalgal Biodiesel Production Process” *KIC News* 18, 2015.
9. J. Y. So, “Analysis of potential amount of bio and waste energy source and secure method”, 2013.
10. Y. D. Lee and S. H. Kim, “Research on UCO generation amount and GHG reduction effect”, 2012.
11. B. S. Kim and J. O. Kim, “Study on long-term plan to secure the bioenergy resource from domestic and foreign area”, 2015.
12. G. Baskar and R. Aiswarya, “Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57, 2016, pp. 496-504.
13. M. R. Anuar and A. Z. Abdullah, “Challenges in biodiesel industry with regards to feedstock, environmental, social and sustainability issues: A critical review” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 58, 2016, pp. 208-223.
14. D. D. Bala, K. de Souza and M. Misra, and D. Chidambaram, “Review of process parameters for biodiesel production from different feedstocks” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62, 2016 pp.1063-1071.
15. D. D. Bala, K. de Souza and M. Misra, and D. Chidambaram, “Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks” *Journal of Cleaner Production* 104, 2015 pp. 273-281.
16. T. L. Kwong and K. F. Yung, “One-step production of biodiesel through simultaneous esterification and transesterification from highly acidic unrefined feedstock over efficient and recyclable ZnO nanostar catalyst” *Renewable Energy* 90, 2016 90, pp. 450-457.
17. D. L. Manuale, G. C. Torres, C. R. Vera and J. C. Yori, “Study of an energy-integrated biodiesel production process using supercritical methanol and a low-cost feedstock” *Fuel Processing Technology* 140, 2015, pp. 252-261.
18. D. D. Bala, M. Misra and D. Chidambaram, “Solid-acid catalyzed biodiesel production, part I: biodiesel synthesis from low quality feedstock” *Journal of Cleaner Production*, 2015.
19. D. D. Bala, K. de Souza and M. Misra, and D. Chidambaram, “Conversion of a variety of high free fatty acid containing feedstock to biodiesel using solid acid supported catalyst” *Journal of Cleaner Production* 104, 2015, pp. 273-281.
20. D. M. Reinoso, D. E. Damiani and G. M.

- Tonetto, "Efficient production of biodiesel from low-cost feedstock using zinc oleate as catalyst" *Fuel Processing Technology* 134, 2015 pp. 26-31.
21. S. Hama and A. Kondo, "Enzymatic biodiesel production: An overview of potential feedstocks and process development" *Biorefineries, Bioresource Technology* 135, 2013 pp. 386-395.
 22. I. M. Atadashi, M. K. Aroua, A. R. Abdul Aziz and N. M. N. Sulaiman, "Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(5), 2012 pp. 3275-3285.
 23. G. B. André and V. Parente, Virginia "Organic municipal solid waste (MSW) as feedstock for biodiesel production: A financial feasibility analysis" *Renewable Energy* February 86, 2016 pp. 1422-1432.
 24. A. E. Abomohra, W. Jin, R. Tu, S. F. Han, M. Eid and H. Eladel, "Microalgal biomass production as a sustainable feedstock for biodiesel: Current status and perspectives" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 64, 2016 pp. 596-606.
 25. C. L. Chen, C. C. Huang, K. C. Ho, P. X. Hsiao, M. S. Wu, J. S. Chang, "Biodiesel production from wet microalgae feedstock using sequential wet extraction/transesterification and direct transesterification processes" *Bioresource Technology* 194, 2015 pp. 179-186.
 26. H. Qiao, S. X. Zhang, Z. H. Yang, H. Hao, "Production of Microalgal Lipids as Biodiesel-Feedstock with Fixation of CO₂ by *Chlorella vulgaris*" *Food Technology & Biotechnology* 52, 2014, pp. 285-291.