New & Renewable Energy 2016. 9 Vol. 12, No. 3
ISSN 1738-3935
http://dx.doi.org/10.7849/ksnre.2016.9.12.3.149

[2016-9-RP-016]

초본계 바이오에탄올 생산의 경제성과 파급효과 분석

조지혜[1] · 정준성[2] · 배정환[3]*

Economic Feasibility and Impact Analysis of Cellulose Bioethanol Production in Korea

Ji He Jo[1] · Jun Seong Jeong[2] · Jeong Hwan Bae[3]*

Received 7 July 2016 **Revised** 7 July 2016 **Accepted** 1 August 2016

ABSTRACT This study investigated the economic feasibility and economic and environmental impacts of a commercialized cellulose bioethanol production in South Korea. As the enzyme cost fundamentally affects the average production cost of cellulose ethanol, low, medium, and high enzyme price scenarios were analyzed by NPV, B/C, and IRR. Only a low enzyme price scenario provides economic feasibility in the commercialization of cellulose ethanol. As economic spill-over effects, the forward and backward linkage effects were over 127.6 and 177.2 billion KRW, while the gross employment effect was 518 persons. For environmental effects, approximately 57,000TCO_2 per annum were mitigated by this project. We suggest that the reduction of enzyme is essential to commercialize cellulose ethanol, so the Korean government should support R&D investment on the development of low-cost enzymes.

Key words Cellulose Bioethanol(초본계 바이오에탄올), Economic Feasibility(경제성), Impact Analysis(영향 분석)

Nomenclature

TCO2 : ton of CO_2
KRW : Korean won
B/C : Benefit-cost ratio
IRR : Internal rate of return
RFS : Renewable Fuel Standard

subscript

NPV: Net present value

1) Korea Environment Institute (KEI)
2) Changhae Ethanol Co., LTD.
3) Department of Economics, Chonnam National University
E-mail: jhbae@jnu.ac.kr
Tel: +82-62-530-1542 Fax: +82-62-530-1559

1. 서 론

본 연구는 억새나 보리짚 등 국내에서 공급가능한 초본류 바이오매스를 이용하여 생산된 수송용 바이오에탄올의 경제성을 평가하고, 연관산업에 미치는 파급효과와 환경적 효과를 분석함을 목적으로 한다.

바이오디젤과 바이오에탄올은 주로 식량용 원료를 이용하여 생산되어왔기 때문에 식량가격 폭등의 원인으로 지목되기도 했다(Cha and Bae, 2011).[1] 이에 따라 미국과 유

Copyright ⓒ 2016 by the New & Renewable Energy
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

럽에서는 비식량원료를 이용한 바이오연료 개발에 앞장서 왔고, 특히 미국은 RFS(Renewable Fuel Standard) stage II에서 보다 강화된 비식량원료 기반 바이오연료에 대한 쿼터를 중장기적으로 크게 늘렸다. 이에 따라 미국은 2020년까지 전체 바이오연료 생산목표 300억 갤런 가운데 1/3에 해당하는 105억 갤런을 초본계 바이오연료로 생산하도록 쿼터를 상향조정하였다(미국 RFS제도 홈페이지).[2] 다만 아직까지 초본계 바이오에탄올의 경제성이 확보되지 못하고 있고, 상업화에도 상당한 시간이 소요될 것으로 보인다. 지난 2013년 기준으로 미국의 초본계 바이오에탄올 쿼터는 618만KL이지만 생산량이 3000KL에 불과했다(미국에너지부 홈페이지).[3]

우리나라는 바이오디젤에 대한 수송부문 신재생연료의 무화제도(RFS)는 시행되고 있으나 바이오에탄올은 2016년 하반기부터 실증사업을 한 다음에 2017년에나 시행될 것으로 전망되고 있다(김재곤, 2013).[4] 우리나라도 향후 식량원료에 기반한 바이오에탄올 사용시 식량부문에 미치는 영향을 감안한다면 초본계 바이오에탄올 공급 방안을 강구할 필요가 있다. 그러나 아직까지 국내에서 초본계 바이오에탄올을 이용할 경우 과연 경제성이 있는지, 또한 연관산업이나 환경에 미치는 영향은 어떠할 것인지에 대한 연구가 미흡하다.[1)]

따라서 본 연구에서 초본계 바이오에탄올에 대한 경제성을 통해 상업화를 위한 전제조건을 도출하고, 연관산업과 환경에 미치는 효과는 어떠한지를 분석함으로써 향후 초본계 바이오에탄올의 상업화와 RFS 제도내에 연착륙할 수 있는 초석을 마련하고자 한다.

논문은 우선 경제성 분석의 기본전제, 경제성 분석결과, 경제적, 환경적 파급효과, 결론 및 정책적 시사점의 순으로 구성되었다.

2. 경제성 분석의 기본전제

경제성 분석을 위해 전체 사업기간, 바이오매스 생산성, 잠재량, 비용과 수입에 대한 기본적인 가정이 필요하다.

2.1 사업 기본 전제

초본계 바이오에탄올 생산을 위한 전체 사업기간은 21년으로 하고, 첫 1년은 공장건설기간으로 설정하였다. 미국의 국가재생에너지연구소(NREL)(Humberd et al., 2011)[5]에서는 연산 23만KL급 초본계 에탄올 공장의 운영기간을 30년으로 전제하고 있으나 20년 이후부터 주요 설비 노후화로 대체비용이 소모된다는 점에서 본 연구는 20년을 사업기간으로 보았다.

사업의 규모는 초본류 바이오매스인 억새(Miscanthus) 588,235톤을 이용하여 연간 10만톤의 에탄올을 생산하는 것으로 전제하였다. 농진청 실증연구 결과에 의하면 에탄올 생산성은 바이오매스 1톤당 170L로 나타났다.[6] 또한 전북 익산의 억새재배 시범단지에서 헥타르당 25톤의 억새가 생산되는 것으로 나타났고, 이에 기초하면 10만KL의 에탄올 생산을 위해서는 588,235톤의 바이오매스가 필요하다. 중장기적으로 농진청 분석에 의하면 보릿짚이 연간 124,585톤, 수변구역 유휴지 억새재배로 425천톤으로 초본계 바이오매스 잠재량은 연간 543,285톤으로 추정된다.[6]

사업의 경제성을 분석하려면 기본적으로 할인율과 에탄올 판매가격을 가정해야 하는데, 본 연구는 2015년 중소기업 기준 대출이자율인 3.7%를 적용하고, 에탄올 가격은 고정비용, 가변비용, 에탄올 기업의 평균 마진율인 8%를 적용하였다.[6]

2.2 투자비와 변동비 구성

사업 총 투자비는 1,004억원으로 전제하고, 투자비는 토지임대료, 공장 설치비, 전처리, 화학공정, 폐수처리, 보일러, 에너지시설비로 구성하였다.

우선 토지임대료는 군산 제2산단에 공장이 건설된다고 보고, 평당 15만원으로 공장부지 면적 15헥타르를 기준으로 총 6806백만원인 것으로 전제하였다. 또한 공장건물 80억원, 전처리시설 10억원, 화학공정시설 8억원, 증류공정 110억원, 폐수처리 공정 220억원, 저장시설 3억원, 보일러 및 발전시설 420억원, 에너지시설 45억원으로 전제하였다.

이상의 고정비를 연간 비용으로 전환하기 위해 연간자본균등화 비율(amortization factor)인 7.16%를 적용하면 에탄올 리터당 72원으로 추산되었다.

1) 2015년에 우리나라 해조류 바이오매스를 이용한 에너지화 공정의 경제성 분석에 대한 연구가 있었다(배정환 외, 2015)[5]

다음으로 변동비에는 바이오매스 원료비, 엔자임(효소) 비용, 화학원료 투입비, 폐수처리비, 냉각수 및 전력 비용, 스팀비용, 노동투입비, 수선비 및 판매관리비로 구성된다. 각 항목별 비용은 다음 표를 참조하고, 총 변동비는 에탄올 생산 리터당 1,171원으로 추정되었다.

한편 초본계 바이오에탄올을 생산하면 부산물로 자일로스(Xylose molasses)와 리그닌이 발생하고 이를 자일리톨 원료 및 보일러 원료로 이용하면 에탄올 리터당 538원의 부산물 수입이 발생한다. 따라서 가변비용과 연간 고정비, 부산물 수입을 모두 고려하면 에탄올 리터당 생산비는 705원이 된다(Table 1).

Table 1. Average production cost of cellulose bioethanol

Item	KRW/liter
1) Variable cost	633
Feedstock cost	432
Enzyme cost	304
NaOH	29
H2SO4	12
Urea	9
Wastewater management	35
Fresh water	6
Electricity	106
Steam	201
Labor and marketing	36
2) Byproduct revenue	−538
3) Annual fixed cost	72
Average production cost (1+2+3)	705

(Source: 창해에탄올, 2013 '초본계 바이오에탄올 경제성 및 파급효과' 용역 보고서[7])

2.3 수입 구성

수입은 에탄올 판매수입과 온실가스 배출권 거래시장에서의 배출권 판매 수입, 에너지 안보 편익으로 구성하였다.

우선 에탄올 판매수입을 추정하기 위해 에탄올 가격을 평균 생산비+평균 에탄올 업계 마진율로 하였는데, 평균 생산비가 Table 1에서 산출된 리터당 705원이고, 마진이 56.36원이므로 판매가격은 760.91원이 된다. 단 여기서 유류세는 제외한 값이다.

다음으로 탄소배출권 수입 및 에너지 안보 편익은 기본 시나리오(baseline)에는 포함시키지 않고, 대안 시나리오(alternative)에 포함시켰다. 즉 배출권거래제의 경우 정부 제시가격인 톤당 1만원을 탄소배출권 수입으로 간주하였고, 에너지 안보편익은 우리나라 휘발류 소비자의 국산 원료를 이용한 국산에탄올에 대한 비시장 편익인 리터당 52.34원을 적용하였다.[2)]

2.4 경제성 분석 기준

일반적으로 투자사업의 경제성은 순현재가치기법(Net Present Value: NPV), 내부수익률법(Internal Rate of Return: IRR), 편익비용비율(B/C ratio)법에 근거하여 사업 시행 여부를 판단하게 된다(Rosen and Gayer, 2010[9]).

세 가지 기법 모두 현재 시점을 기준으로 미래에 발생할 비용과 편익을 평가하기 때문에 할인율(discount rate)을 적용하게 되고, 본 연구는 전술했듯이 중소기업 평균 대출이자율인 3.7%를 적용하였다. 이를 이용하여 사업의 편익(수입)과 비용을 현재 시점 기준으로 전환한 다음 NPV의 경우는 편익의 순현재가치에서 비용의 순현재가치를 차감하여 0보다 크면 사업을 시행하고, 그렇지 않으면 미시행하게 된다. 또한 IRR의 경우는 사업의 순현재가치가 0이 되도록 하는 할인율을 구하고, 이것을 기준 할인율(3.7%)과 비교하여 더 크면 사업을 시행한다. 마지막으로 편익비용비율법은 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나누어 그것이 1보다 크면 시행한다.

통상 세 가지 기법이 각기 장단점이 있기 때문에 경제성을 판단하기 위해 세 가지 분석 결과를 비교하는 것이 일반적이다.

3. 경제성 분석 결과

3.1 기준 시나리오

기준 시나리오에서는 탄소배출권 및 에너지안보 편익과 같은 사회적 편익은 제외하고 경제성을 분석하였다. 기준 시나리오도 핵심 비용인 엔자임 비용이 최저, 중간, 최고인

2) 에너지 안보편익에 대한 구체적인 내용은 Bae, J.H., 2014, 'Non-linear preferences on bioethanol in South Korea', Environmental and Resource Economics Review Vol.23 No.3, p515-551 참조[8]

세 가지 경우로 나누어 분석하였다. 이처럼 엔자임 비용을 기준으로 한 이유는 생산비에서 가장 비중이 높은 항목이 원료비와 엔자임이고, 원료비는 변동성이 낮지만 엔자임은 변동성이 높기 때문에 엔자임 비용을 기준으로 시나리오를 구성한 것이다.

우선 엔자임 비용이 최저인 경우인데, 미국 NREL 연구결과에 따르면 에탄올 리터당 엔자임 비용을 304원으로 추정하였다. 이때 에탄올 가격은 760.91원이 되고, NPV 기준 78,676백만원, B/C 기준 1.08, IRR 기준 7.3%로 경제성이 있는 것으로 평가된다.

다음으로 엔자임 비용이 리터당 944원이 되는 경우로 이는 국내 엔자임 생산업체에서 공급가능한 최소 가격을 기준으로 한 것이다. 에탄올 거래가격을 2013년 미국 에탄올 시장 평균거래가격인 갤런당 $3.14를 적용하면 리터당 874.57원이 되고, NPV는 –656,197백만원, B/C율은 0.65, IRR은 0미만이 되어 경제성이 없는 것으로 나타났다.

세 번째로 엔자임 비용이 국내 엔자임 생산업체에서 개발 중인 C-TECH2 가격인 리터당 1,758원인 경우로 이때 에탄올 가격을 874.57원으로 할 경우 NPV는 –1,792,428백만원, B/C율은 0.41, IRR은 0미만으로 경제성이 없는 것으로 나타났다.

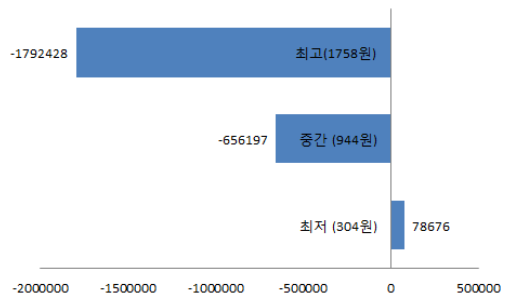

Fig. 1. Baseline 시나리오: 순현재가치(NPV) 비교(단위: 백만원)

한편 초본계 바이오에탄올 사업의 경제성을 확보하기 위한 엔자임 비용을 도출해 보았다. 즉 NPV=0 또는 B/C=1을 만족시키는 엔자임 비용을 추정해 본 결과 리터당 473.8원으로 나타났다. 또한 IRR이 대출 이자율인 3.7%와 같아지도록 하기 위해서는 447원이 되어야 하는 것으로 추정되었다.

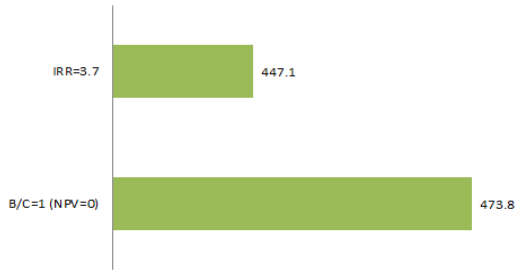

Fig. 2. 경제성 확보를 위한 적정 엔자임 비용(기준 시나리오)(단위: 원/리터)

3.2 대안 시나리오

대안 시나리오에서는 탄소배출권 수입과 에너지 안보 편익을 추가로 고려하였다. 우선 탄소배출권 수입을 계산하기 위해 초본류 에탄올의 온실가스 저감효과를 리터당 0.57kg으로 전제하였다. 이는 에너지관리공단에서 제공하는 휘발류에 대한 온실가스 배출계수를 적용한 것이다. 탄소 배출권은 톤당 1만원을 기준으로 하였다. 따라서 초본계 에탄올 리터당 5.7원의 온실가스 저감편익이 적용된다.

다음으로 에너지 안보편익을 리터당 52.34원으로 계산하였다. Bae(2014)[7]의 연구에 의하면, 2012년 우리나라 휘발류 소비자 500명을 대상으로 다양한 종류의 바이오에탄올에 대해 실시한 선호도 설문 결과, 국산원료를 이용한 국산 바이오에탄올에 대한 지불용의액이 리터당 52.34원으로 나타났다. 이를 에너지안보 편익으로 간주한 것이다.

따라서 총 사회적 편익(탄소배출권 수입 + 에너지안보 편익)은 리터당 58원으로 추정되었고, 엔자임 최저비용 시나리오에 적용하면 NPV는 159,651백만원, B/C율은 1.16, IRR은 13.66%로 나타났다.

한편 엔자임 중간비용 시나리오에 의하면 NPV는 –574,716백만원, B/C는 0.69, IRR은 음의 값을 갖는 것으로 나타

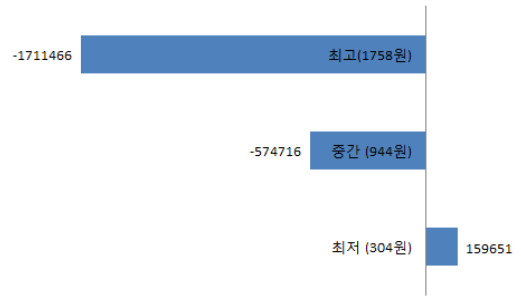

Fig. 3. 대안 시나리오의 엔자임 비용별 NPV(단위: 백만원)

났다. 엔자임 최고비용 시나리오는 이 보다 더 경제성이 악화되었다.

한편, 사업 경제성에 사회적 편익이 포함되었을 경우, 경제성 확보에 필요한 엔자임 비용을 산출하였다. 에탄올 가격 리터당 874.57원에 사회적 편익 58원을 반영할 경우 NPV=0 또는 B/C=1을 만족시키는 엔자임 가격은 531.8원이었고, IRR=3.7%을 만족시키는 엔자임 가격은 505.1원으로 나타났다.

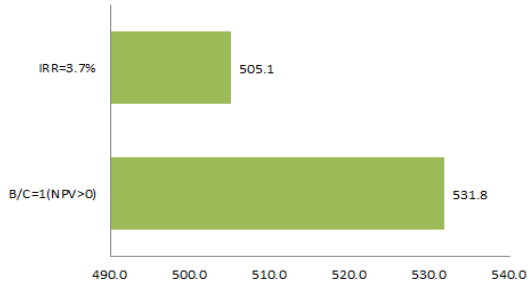

Fig. 4. 사회적 편익 반영시 경제성 확보를 위한 엔자임 가격(단위: 원/리터)

3.3 민감도 분석

사업의 경제성은 다양한 요인의 변동에 의해 영향을 받는다. 모든 변동 요인을 고려하지는 못하기 때문에 몇 가지 중요한 요인들의 변동에 대해 사업 경제성이 어떻게 영향을 받는지를 분석하는 것이 민감도 분석이다. 본 연구에서는 바이오매스 원료비 변동과 할인율 변동만을 고려하였다.

우선 원료비가 10% 상승하는 경우와 10% 하락하는 경우를 살펴보았다. 원료비가 10% 상승하면 NPV=0 또는 B/C=1이 되기 위해 필요한 엔자임 가격은 리터당 430.6원으로 나타났고, IRR=3.7%이기 위한 엔자임 가격은 403.8원으로 감소하였다. 한편 원료비가 10% 하락하면 NPV=0 또는 B/C=1이기 위한 엔자임 가격은 471.4원이 되고, IRR=3.7%인 엔자임 가격은 432.4원으로 나타났다.

다음으로 할인율이 10% 상승하면 NPV=0 또는 B/C=1이기 위한 엔자임 가격은 471.4원이고, IRR=3.7%인 엔자임 가격은 432.4원으로 나타났다. 한편 할인율이 10% 하락하면 NPV=0 또는 B/C=1이기 위한 엔자임 가격은 476.2원이고, IRR=3.7%인 엔자임 가격은 449.9원으로 나타났다.

4. 경제적·환경적 파급 효과

4.1 경제적 파급효과

경제적 파급효과는 기준 시나리오를 대상으로 산업연관분석을 통해 전후방연쇄효과와 부가가치 유발효과, 취업 및 고용유발효과를 중심으로 분석하였다(Miller and Blair, 1985).[10] 경제적 파급효과 분석을 위해서는 산업연관분석 모형을 사용하고, 분석에 필요한 데이터는 각 효과별 유발계수로서 초본계 바이오에탄올 산업이 없기 때문에 가장 인접 산업인 주류산업의 유발계수를 적용하였다[3](Table 2).

Table 2. 주류산업의 유발계수

산업파급효과	주류산업
전방연쇄효과	1.459
후방연쇄효과	2.026
부가가치유발계수	0.853
취업유발계수(명/10억원)	5.921
고용유발계수(명/10억원)	3.834

경제적 파급효과 분석을 위해 우선 RFS제도에서 바이오에탄올 생산 계획을 가정하였다. 즉 2017-2018년은 E3(3% 바이오에탄올)를 30만KL, 2021년 E5를 50만KL, 2022년 이후 E7를 70만KL로 확대하는 것으로 가정하였다. 한편 에탄올 생산원료의 경우 한국환경정책평가연구원 자료(2015)[11]에 의하면 수입에탄올, 국산원료에탄올, 수입원료기반 국산에탄올의 비중을 1/3씩 전제하고 있다. 이에 따라 초본계 바이오에탄올이 향후 20년간 연간 10만KL가 생산되는 것으로 전제하였다. 에탄올 가격을 리터당 874.6원으로 하면 총 매출액이 875억원이 된다.

이에 따라 전방연쇄효과는 1276억원, 후방연쇄효과는 1772억원, 부가가치유발효과는 746억원, 취업 및 고용유발효과는 518명과 335명으로 추정되었다.

4.2 환경적 효과

초본계 에탄올 생산 증가로 대기오염 개선효과와 온실가스 저감효과가 기대된다. 우선 E3를 기준으로 하면 일산화

3) 이는 한국은행 2010년 산업연관표 소분류(168부문)에서 주류산업 유발계수를 인용한 것임.[11]

탄소는 순수 휘발류 대비 29.2% 감소하지만, VOC 및 NOx는 1.9% 및 6.8% 증가한다. 따라서 대기오염 저감 효과는 일률적으로 바이오에탄올이 휘발류보다 우수하다고 하기는 어렵다.

한편 바이오에탄올 10만KL를 휘발류에 대해 대체할 경우 휘발류 온실가스 배출계수 리터당 0.58KG[12]을 적용하면 연간 57,000톤이 저감되고, 20년간의 사업기간동안 총 1,140,000톤이 저감된다.

5. 결 론

국내에서 억새와 보리짚과 같은 초본계 바이오매스를 이용하여 바이오에탄올을 생산하는 사업의 경제성을 검토한 결과 엔자임 투입비용 절감이 결정적인 것으로 나타났다.

미국 NREL 보고서(Humberd et al, 2011)[6]에 따르면 전체 초본계 바이오에탄올 생산비에서 엔자임 비용이 차지하는 비중이 2000년경 50%에서 2012년까지 10%로 감소한다고 추정하였다. 반면에 원료비용은 2000년 30%에서 2012년 50% 이상 상승하는 것으로 추정하였다. 그만큼 미국은 엔자임 투입비 절감에 있어서 많은 개발이 이루졌다는 것을 의미한다. 그러나 우리나라는 엔자임 개발 분야에서 미국보다 크게 뒤쳐져 있고, 국내 회사에서 개발한 엔자임 가격은 미국 노보사 엔자임보다 10배 이상 비싸다. 본 연구에서 실시한 경제성 분석에서도 엔자임 비용이 미국 기준으로 감소하는 경우에만 초본계 바이오에탄올의 경제성이 확보되는 것으로 나타났다. 따라서 우리나라가 향후 RFS 제도에 에탄올 공급을 의무화하고, 초본계 에탄올에 대한 쿼터를 도입하기 위해서는 엔자임 가격을 전폭적으로 낮출 수 있는 R&D 개발이 선행되어야 할 것이다. 현재 국내에서는 민간기업이 엔자임을 개발할 유인과 여건이 열악하고 아직 미국이 엔자임 시장을 주도하고 있기 때문에 국가가 나서서 엔자임 개발에 연구개발 투자를 확대할 필요가 있다.

특히 초본계 바이오에탄올은 비식량원료이고, 온실가스 및 대기오염 저감효과가 식량기반 에탄올보다 우수하기 때문에 더 높은 가중치를 부여하여야 할 것이며, 적어도 사회적 편익인 리터당 58원만큼 유류세 저감 정책 등이 필요할 것으로 판단된다.

또한 중장기적으로 국내 휘발류 소비자에 대한 선호 분석과 생산비 분석에 기초하여 바이오에탄올에 대한 국산-수입 에탄올 비중 및 국산 바이오에탄올에 대한 수입원료-국산원료 비중[4]에 대한 보급계획을 수립해야 할 것이다.

후 기

본 연구는 2015년에 수행된 창해에탄올의 '초본계 바이오에탄올의 경제성 및 파급효과 분석' 연구용역사업 결과의 일부를 수정 및 발전시킨 것입니다.

References

[1] Cha, K.S., Bae, J.H., 2011, "Dynamic Impacts of High Oil Prices on the Bioethanol and Feedstock Markets", Energy Policy, 39, 753-760.

[2] 미국 RFS 제도 홈페이지: (http://www.ethanolrfa.org/pages/renewable-fuel-standard)

[3] 미국 에너지부 홈페이지: (http://www.afdc.energy.gov/data/search?q=cellulosic#10423)

[4] 김재곤, 2013,『지속가능한 바이오연료의 보급정책과 기술개발 동향』, KIC News, Vol. 16, No.2: 1-15.

[5] 배정환, 정해영, 김미정, 2015, "해조류 바이오매스 에너지화 사업의 경제적 타당성과 파급효과 분석", New&Renewable Energy 11(2), 29-38.

[6] Humbird et al., 2011, 'Process Design and Economics for Biochemical Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol: Dilute-Acid Pretreatment and Enzymatic Hydrolosis of Corn Stover, NREL.

[7] 창해에탄올, 2013 '초본계 바이오에탄올 경제성 및 파급효과' 용역 보고서.

[8] Bae, J.H., 2014, "Non-linear Preferences on Bioethanol in South Korea", Environmental and Resource Economics Review, 23(3), 515-551.

[9] Rosen, H. S. and T. Gayer, 2010, "Public Finance",

4) Bae, JH(2014)[14]의 연구에 의하면 소비자 선호 및 생산비를 감안했을 때, 국산원료를 이용한 바이오에탄올과 수입에탄올간 적정 비중이 76%: 24%로 나타났다.

McGraw Hill International Edition.

[10] Miller, R. E. and P.D. Blair, 1985, “Input-output analysis: foundations and extensions”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

[11] 한국은행, 2012, ‘2010년 산업연관표’, 한국은행 경제통계시스템.

[12] 한국환경정책평가연구원, 2015, ‘수송용 바이오연료 생산 확대에 따른 연관산업 파급효과 분석.

[13] 에너지관리공단, 2013, “온실가스 배출계수정보”, http://co2.kemco.or.kr/toe/toe.aspx.

[14] Bae, J.H., 2014, “Supply Portfolio of Bioethanol in the Republic of Korea”, The Korean Economic Review, 30 (1), 133-161.