

바이오디젤부문의 경제적 파급효과 비교 분석

서형주* · 정순철** · 전의찬***†

*에코네트워크(주) 팀장, **에코네트워크(주) 본부장, ***세종대학교 환경에너지공간융합학과 교수

Economic Effects of a Biodiesel Sector Analyzed Using Input-Output Analysis

Seo, Hyoung-Ju*, Jung, Soon-Chul** and Jeon, Eui-Chan***†

*Team Leader, Sustainability Division, Econetwork Co., Ltd., Sungnam, Korea

**General Manager, Sustainability Division, Econetwork Co., Ltd., Sungnam, Korea

***Associate Professor, Department of Environment and Energy, Sejong Univ., Seoul, Korea

ABSTRACT

This study sought to investigate the economic effects of a biodiesel sector. To achieve this goal, this study applied an input-output (IO) analysis to evaluate the economic effects of biodiesel and diesel sectors using the 2018 IO table published by the Bank of Korea in 2020. As a result of IO analysis for a biodiesel mixing ratio of 3% (750 thousand kl), biodiesel showed a higher production-inducing effect, value-added creation effect, and employment-inducing effect over diesel. In comparisons between biodiesel scenarios, with the exception of the import-inducing effect, the higher the proportion of domestic raw materials, the higher the production, value-added, and employment inducing effects were.

Key words: Biodiesel, Input-Output Analysis, Economic Effects of Biofuel, Renewable Fuel Standard (RFS)

1. 서론

최근 우리 정부는 ‘2050 장기저탄소발전전략’(LEDS, Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)을 통해 발전, 건물, 수송 등 여러 부문에 걸쳐 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 장기 비전을 확정 지었다. 에너지 분야 온실가스 배출량의 약 16%(98.3백만 tCO₂eq)를 차지하는 수송 부문의 경우(GHG Inventory and research center, 2019), 친환경차 보급 확대 및 평균 연비 개선과 더불어 바이오연료 혼합이 온실가스 감축수단으로 제시되었다.

바이오연료의 하나인 바이오디젤은 2002년부터 수송용 연료의 국산화 및 다각화 측면에서 수송용 경유의 대체연료로 국내에 도입되었으며(Bae, 2009), 2015년부터 국내

수송용 경유에 의무적으로 혼합되고 있다.¹⁾ 최근 정부는 『제5차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획』에서 2021년 이후의 바이오디젤 혼합 비율을 현 수준인 3.0%에서 단계적으로 상향할 계획임을 밝힌 바 있다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2020).

바이오디젤의 보급 확대 가능성에도 불구하고 바이오디젤 관련 최근 국내 연구는 주로 바이오디젤의 연소 특성(Lee, 2019; Yoo et al., 2020)이나 생산 기술(Bak et al., 2019)에 집중되어 있다. 반면, 바이오디젤 관련 정책 연구는 「제1차 바이오디젤 증장기 보급계획」(2007) 및 「제2차 바이오디젤 증장기 보급계획」(2010)의 수립 시기에 집중되어 있으며, 2011년 바이오디젤 혼합이 법제화된 이후부터는 관련 연구가 거의 이루어지지 않고 있다(Park, 2019).

1) 바이오디젤은 『신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법』 및 신재생에너지 연료 혼합의무화제도(RFS, Renewable Fuel Standard)에 법적·제도적 기반을 두고 있다.

†Corresponding author : ecjeon@sejong.ac.kr (143-747, 98 Gunja-dong, Gwangjin-gu, Seoul, Republic of Korea. Tel. +82-02-3408-3388) ORCID 서형주 0000-0003-0840-9807 정순철 0000-0002-0666-7178 전의찬 0000-0003-2783-4550

본 연구는 바이오디젤 정책 연구의 일환으로 바이오디젤의 보급이 국내 산업에 미치는 경제적 파급효과를 정량화하고자 한다. 분석방법은 거시 경제 분석 모형인 산업연관분석(Input-Output analysis)을 활용하였으며, 다음의 두 가지 관점에서 분석을 수행하였다.

첫째는 바이오디젤과 경유의 경제적 파급효과를 비교하는 것으로 바이오디젤의 경유 대체가 연관 산업에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 둘째는 바이오디젤의 경제적 파급효과가 국산원료와 수입원료의 비중에 따라 어떻게 달라지는지 살펴보는 것으로 바이오디젤의 국산원료 비중이 확대 또는 축소하는 경우에 따른 산업연관효과를 비교 분석하였다.

2. 선행연구

선행연구 고찰 시 다양한 경제적 파급효과 연구사례를 살펴보고자 바이오디젤과 동일한 목적을 가진 바이오에탄올의 경제적 파급효과 연구를 함께 검토하였다.

Park (2009)은 바이오디젤의 원료 작물로 국내 농지에 유채를 재배할 경우를 가정하고, 다지역 투입산출모형을 이용하여 산업별 직간접 파급효과를 분석하였다. 또한, 지자체 단위로 산업별 파급효과를 배분하여 지역별 파급효과를 살펴보았다.

Kim (2013)은 바이오디젤의 원료로 미세 조류를 활용할 경우 따른 경제적 파급효과를 수요유도형 모형을 이용하여 분석하였다. 산업연관표 기본부문에서 연관 산업(66개 부문)을 추출한 뒤, 이를 대부분류의 '해양바이오에너지 개발사업'으로 정의하고, 해당 부문을 외생화하여 분석을 수행하였다.

Lee (2009)은 국산 보리, 옥수수 등을 바이오에탄올의 원료로 이용하는 것을 가정하고 각 원료의 활용에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다. 산업연관표 기본부문의 기타유기화합물 부문을 바이오에탄올의 생산부문으로 가정하고, 생산 및 고용 유발계수를 도출하였다.

Bae (2015)은 해조류 기반의 바이오에탄올의 경제적 파급효과를 분석하였다. 연관 산업으로 수산 양식업, 주류산업, 연료유 산업을 설정하고, 산업별 전후방 연쇄효과 및 생산·부가가치·취업유발계수를 추정하였다.

Cho (2016)는 국산 역새, 보리짚 기반의 바이오에탄올

에 대한 경제적 파급효과를 분석하였다. 바이오에탄올 관련 부문을 별도의 산업으로 정의하기보다 주류산업의 유발계수를 적용하여 전후방 연쇄효과 및 생산·부가가치·취업·고용 유발효과를 추정하였다.

이상 살펴본 선행연구는 바이오연료의 원료의 전면 국산화를 가정하였다는 특징이 있다. 원료의 종류에 따라 연구 결과의 차이가 크게 나타나므로 연구 간 상호 비교가 다소 어려우나, 원료 제조업과 연관성이 높은 부문일수록 유발효과가 크게 나타난다는 공통점을 보였다.

바이오연료의 이용에 있어 원료의 자급률을 높이는 것은 중요한 과제이나, 원료 가격 경쟁력 및 현 정책을 고려할 때 원료의 전면 국산화가 즉각적으로 이루어지기는 어려울 것으로 보인다. 본 연구는 바이오디젤 원료 수급 현황을 고려함으로써 현시점에서의 정책 방향 설정에 시사점을 제공하고자 하였으며, 타 연구에서 다루지 않은 수입 유발효과를 계측하였다는 점에서 선행연구와 차별성을 가진다.

3. 연구방법²⁾

산업연관분석은 자기부문의 경제적 효과뿐 아니라 연관 산업에 미치는 유발효과까지 계측함으로써 경제 정책의 수립, 정책의 측정 등에 활용되고 있다(Lee et al., 2014).

산업연관분석의 수요유도형 모형은 최종수요를 충족시키는 데 필요한 산출량 계산에 활용되며, 본 연구에서는 이를 이용하여 바이오디젤 및 경유부문의 생산·부가가치·수입·고용 유발효과를 분석하였다. 또한, 감응도 및 영향력계수를 도출하여 전후방 산업 간 연계효과를 파악하였다.

3.1 수요유도형 모형

한 나라의 경제가 n 개의 산업부문으로 구성되어 있다고 가정하고, X_i 는 i 부문의 산출액, Y_i 는 i 부문의 최종수요액, M_i 는 i 부문의 수입거래액, z_{ij} 는 j 부문을 생산하기 위한 i 부문의 중간수요액, a_{ij} 는 z_{ij} 를 해당 부문의 총 투입액으로 나눈 부문별 중간투입계수로 정의하면, 산업연관표의 행은 i 부문의 산출구조는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

2) 산업간 연쇄효과 및 수요유도형 모형은 Seo (2018)를 참고하여 작성하였다.

$$X_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i - M_i \quad (1)$$

이를 행렬식으로 나타내면 $AX + Y - M = X$ 와 같으며, 이를 전개하여 X 에 대해 풀면 식 (2)와 같은 생산유발관계식이 도출된다. 이러한 식을 수요유도형 모형이라고 하며, 이 식의 $(I - A)^{-1}$ 는 생산유발계수행렬 또는 레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)이라고도 한다.

$$X = (I - A)^{-1}(Y - M) \quad (2)$$

위 식으로부터 본 연구의 분석 대상인 바이오디젤(B)을 외생화하여 정리하면 다음 식 (3), (4), (5), (6)이 유도된다.³⁾

식 (3)은 생산유발효과 도출에 활용하는 식으로 ΔX^e 는 B부문을 제외한 타 부문의 산출량 변동, $(I - A^e)^{-1}A_B$ 는 B부문의 산출 1원의 변화가 타 부문에 미치는 생산유발효과를 의미한다. A_B^e 는 A에서 B부문에 해당하는 열벡터만 추출한 후 B부문에 해당하는 행의 값만 제거한 열벡터를 의미한다.

$$\Delta X^e = (I - A^e)^{-1}(A_B^e \Delta X_B) \quad (3)$$

B부문을 제외한 타 부문의 부가가치 변화분으로 이루어진 열벡터를 V^e 라고 할 때, 부가가치계수의 대각행렬에서 B부문의 행과 열을 제외하고 남은 행렬인 \hat{A}_v^e 을 만들 수 있다. 이 식에 생산유발계수 $(I - A^e)^{-1}(A_B X_B)$ 를 대입하면 식 (4)의 부가가치유발 관계식을 도출할 수 있다.

$$\Delta V^e = \hat{A}_v^e \Delta X^e = \hat{A}_v^e (I - A^e)^{-1}(A_B^e \Delta X_B) \quad (4)$$

B부문을 제외한 타 부문의 수입액 변화분으로 이루어진 열벡터를 M^e 라고 하고 수입유발행렬을 A_M^e 라고 할

때, 이 식에 생산유발계수를 대입하면 식 (5)의 수입유발 관계식을 도출할 수 있다.

$$\Delta M^e = A_M^e \Delta X^e = A_M^e (I - A^e)^{-1}(A_B^e \Delta X_B) \quad (5)$$

B부문을 제외한 각 부문별 고용자 수를 L_w^e 라 하고, 고용계수 대각행렬에서 B부문을 제외하고 남은 행렬을 \hat{l}_w^e 라 할 때, B부문의 산출액이 미치는 고용유발효과는 식 (6)과 같다.

$$L^e = \hat{l}^e \Delta X^e = \hat{l}^e (I - A^e)^{-1}(A_B^e \Delta X_B) \quad (6)$$

3.2 산업간 연쇄효과

산업연관분석을 활용하면 특정 부문을 중심으로 다른 부문에 대한 전후방연쇄효과와 같은 상호의존 정도를 측정할 수 있다.

전방연쇄효과(forward linkage effect)는 전 산업의 생산물에 대해 최종수요가 각각 1단위씩 발생할 때 이를 충족시키기 위해 특정 부문에서 유발되는 산출액을 전 산업 평균 산출액에 대한 상대적 크기로 나타낸 것이다. 이는 감응도 계수로 구할 수 있으며, 특정 부문의 생산유발계수행의 합을 전체 산업 생산유발계수의 평균으로 나누어 산출한다(식 (7)). 여기서, r_j 는 j 산업의 감응도계수, b_{ij} 는 역행렬계수의 원소, n 는 산업부문 수를 의미한다.

$$r_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{b_{ij}}{n}} = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{b_{ij}}{n}} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (7)$$

후방연쇄효과(backward linkage effect)란 특정 부문의 생산물에 대해서 최종수요가 한 단위 발생할 때 이를 충족시키기 위해 전 산업에서 유발되는 산출액을 전 산업 평균 산출액에 대한 상대적 크기로 나타낸 것이다. 이는 영향력 계수에 의해 구할 수 있으며, 생산유발계수표에서 특정 부

3) 내생변수와 외생변수가 분리되어 있지 않으면 다른 산업에 미치는 영향이 자기 산업에 영향을 미치는 부분을 포함하여 중복산정의 오류를 범할 수 있다. 이를 피하기 위해 본 연구에서는 외생화 모형을 적용하였다. 외생화 행렬에는 'e'라는 위첨자를 붙였다.

문의 생산유발계수 열의 합을 전체 산업 생산유발계수의 평균으로 나누어 구할 수 있다(식 (8)). 여기서, e_j 는 j 산업의 영향력계수, b_{ij} 는 역행렬계수의 원소를 의미한다.⁴⁾

$$e_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

4. 자료

4.1 산업연관표 재구성

산업연관표는 산업간 거래관계를 행렬형식으로 기록한 통계표로 산업연관분석에 이용된다. 2020년 기준 최신의 산업연관표는 2020년 6월에 한국은행이 공표한 2018년도 산업연관표로, 기본부문(381부문), 소분류(165부문), 대분류(33부문)로 구성되어 있다. 본 연구에서는 2018년도 산업연관표 가운데 생산자가격 기준의 투입산출표를 분석에 이용하였다.⁵⁾

특정 부문의 파급효과를 분석하기 위해서는 산업연관표 상에서 해당 부문이 독립된 부문으로 구분되어야 하는데, 현행 산업연관표에서는 바이오디젤 부문이 별도로 구분되어 있지 않다. 먼저 바이오디젤을 별도의 부문으로 분리하기 위해 다음의 절차를 수행하였다.

첫 번째 단계에서는 바이오디젤 제조에 따른 투입 산출액을 추정하였다. 바이오디젤의 투입 내역을 추정하기 위해 Bae (2006)가 제시한 바이오디젤 생산원가를 활용하여 투입 내역별 생산원가비율을 계산하였다.⁶⁾ 동 연구에서 제시되지 않은 원료구성비는 한국바이오에너지협회가 제공한 원료 수급 비율을 참고하였다(Table 2 참고). 산업연관표와 시계열 일치성을 위해 바이오디젤의 보급용량 및 공급가격은 2018년 기준인 75만kl, 872원/L로 설정하였다(Korea Bioenergy Association, 2019). 2018년 바이오디젤 매출액인 8,138억 원(Korea Energy Agency, 2019)을 총

투입으로 가정하고, 생산원가 비율을 적용하여 투입항목별 투입액을 결정하였다.

다음으로 바이오디젤의 투입 항목을 산업연관표 대분류의 각 부문에 대응시켰다. Seo (2018)의 부문 분류 사례를 참고하였으며, 가장 세분화된 분류표인 기본부문에서 대응 작업을 수행하였다. 산업연관표의 대분류 대응 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Biodiesel sector's input (100 million KRW)

Sectors		Domestic	Imports
Purchases from	Food, beverages and tobacco products	2,100	1,028
	Agricultural, forest, and fishery goods	-	2,810
	Chemical products	86	106
	Transportation	53	-
	Electricity, gas, and steam supply	206	-
	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	46	-
	Total intermediate input	2,491	3,944
Total value added		1,702	
Gross input		8,138	

마지막 단계에서는 바이오디젤을 포함하고 있는 기존 산업으로부터 바이오디젤의 투입산출액을 추출하였다. 대분류 상 바이오디젤을 포함하고 있는 부문은 ‘화학제품’으로 해당 부문의 열로부터 바이오디젤의 투입액을 추출하였다.⁷⁾ 바이오디젤은 차량에만 이용되고 있으므로, 대분류 상 ‘도로운송서비스’ 부문의 행으로부터 바이오디젤의 배분액을 추출하였다. 추출된 행과 열을 대분류 ‘바이오디젤’ 부문으로 통합하였다.

산업연관표에서 경유를 개별 부문으로 분리하는 과정은 다음과 같다. 기본부문 상 경유가 별도 부문으로 구분되어 있으나, 해당 부문에는 도로 수송 외 기타 용도로 이용되는 경유의 투입액이 모두 포함되어 있다. 도로 수송용 경유 부문만을 추출하기 위해 기본부문에서 ‘도로여객운송서비스’ 및 ‘도로화물운송서비스’에 분배된 경유의 투입액

4) 감응도계수가 1보다 큰 산업은 다른 산업으로부터의 영향을 많이 받는 산업을 뜻하며, 영향력계수가 1보다 크면 해당 산업의 수요 증가로 인해 전체 산업에 미치는 생산유발효과의 영향이 평균보다 큰 산업이라는 것을 의미한다(Lde, 2007).
 5) 산업연관표는 거래내역의 가격평가 방법에 따라 기초가격표, 생산자가격표 등으로 구분된다. 생산자가격에는 생산물세가 포함되어 있어 수요자의 세율 차이를 배제하기 위해서는 기초가격평가표를 이용하는 것이 적절하나, 최신 산업연관표에는 기초가격표가 부재하여 본 연구에서는 생산자가격표를 활용하였다.
 6) Bae (2006)에 따르면 원료 및 촉매 등 재료비가 공급가격의 80%를 차지하며, 인건비 등이 13% 가량 차지한다.
 7) 산업연관표 작성을 담당하는 한국은행 투입산출팀에 우선 확인을 통하여 바이오디젤의 현행 분류 현황을 파악하였다.

합계(107,592억 원)를 경유의 총 투입액으로 가정하고, 이를 기본부문 상 경유 부문의 투입액 비율로 할당하여 경유의 투입항목별 투입액을 도출하였다.

경유 부문의 배분 구조(행)는 바이오디젤과 동일하게 대분류 상 ‘도로운송서비스’ 부문에 전량 배분되도록 하고, 분리된 행과 열을 대분류 ‘경유’ 부문으로 통합하였다.

고용유발효과를 분석하기 위해 바이오디젤과 경유 부문의 고용인원을 파악해야 한다. 한국에너지공단에 따르면 2018년 기준 바이오디젤 제조부문의 고용인원은 271명이다(Korea Energy Agency, 2019). 경유의 경우 산업연관표의 부속표인 고용표로부터 고용인원을 추정하였는데, 먼저 소분류(165부문) 상의 ‘원유정제처리제품’ 부문의 피용자 수(8,353명)에 ‘원유정제처리제품’ 중 경유가 차지하는 매출액 비중(38.8%)을 곱하여 경유 부문의 피용자수(3,240명)를 도출하였다.⁸⁾ 여기에 경유의 총 소비량 중 도로 수송 부문의 소비량 비중인 82%(Korea National Oil Corporation, 2020)를 적용하여 도로 수송용 경유의 고용인원(2,657명)을 도출하였다.

4.2 시나리오 구성

Table 2에 제시된 바와 같이, 바이오디젤의 국산원료 비중은 2016년 ~ 2018년 평균 35%이며, 수입원료 비중은 65%이다. 국산원료 중 폐식용유의 비중이 30%로 가장 높고, 수입원료 중에서는 팜 부산물에 대한 의존도가 45%로 가장 높다.

본 연구에서는 바이오디젤의 국산원료 비중 변화에 따른 경제적 파급효과를 살펴보기 위해 바이오디젤에 대한 세부 시나리오를 구성하였다(Table 3 참조).

BD1은 기준 시나리오로, 국산원료와 수입원료의 비율을 현 수준인 35:65로 설정하였다. BD2는 국산원료와 수입원료의 구성비가 50:50으로, 현 수준 대비 국산원료 비중이 15% 증가하는 것을 가정하였다. BD3은 국내원료 비중이 15% 축소되고 수입원료가 그만큼 확대되는 것으로 가정하였으며, BD3의 국산원료 대 수입원료 비율은 20:80로 설정하였다.

BD2와 BD3은 바이오디젤 원료 잠재량을 고려한 것으로, Min et al. (2016)에 따르면 국산 폐식용유의 원료 잠재량은 한계점에 도달하였다. 폐식용유가 현재의 절대량을 유지하고 바이오디젤 혼합률이 5%로 증가할 경우, 국산원료의 비중은 35%에서 20%로 15%가 낮아지게 된다(BD3). BD2에서는 동일한 비율(15%)만큼 국산원료가 확대될 수 있는 것으로 가정하였다.⁹⁾

Table 2. Composition of feedstock used in biodiesel production in Korea (Korea Bioenergy Association, 2019)

Division	Feedstock	Inputs* (10 thousand ton)	Ratio (%)
Domestic	Used cooking oil	15.7	30.3%
	Animal fat	2.2	4.3%
	Others	0.2	0.4%
Imports	Palm by-products	23.6	45.4%
	Palm oil	7.1	13.6%
	Used cooking oil	1.7	3.3%
	Soy been oil	0.5	0.9%
	Others	0.9	1.8%
Total		51.9	100%

note: Average inputs between 2016 and 2018

Table 3. Definition of scenarios

Division		Biodiesel			Diesel
		BD1 (Baseline)	BD2	BD3	
Feed-stocks Ratio (%)	Domestic	35%	50%	20%	
	Imports	65%	50%	80%	

note: BD - Biodiesel

8) 산업연관표 소분류 상 ‘원유정제처리제품’에는 나프타, 휘발유, 경유 등이 포함되어 있다. 원유 정제공정 특성상 정제처리제품별로 피용자 수를 구분하는 것이 어려우므로 매출액 비중을 기반으로 경유 제조의 피용자 수를 할당하였다.

9) Min et al.(2016)에 따르면 2015년 기준 국내 폐식용유의 잠재량은 18.5만 톤으로 가정부문의 수거를 확대하지 않는 이상 수거 한계에 달한 상황이다. 동물성 유지의 경우 기술적 잠재량은 23.8만 톤/년이나, 타 용도로 사용되고 있는 양을 제외한 시장 잠재량은 약 2.7만 톤/년에 불과하다. 따라서 국산원료에 동물성 유지의 절대량을 높이기 위해서는 타 용도의 사용분을 바이오디젤 원료용으로 전환할 필요가 있다.

5. 연구결과

5.1 전후방연쇄효과

바이오디젤과 경유의 전후방연쇄효과는 Table 4와 같다. 먼저 전방연쇄효과를 살펴보면, 경유와 바이오디젤의 전방연쇄효과는 0.54 ~ 0.55 수준으로 거의 동일하게 나타났다. 전 부문 평균(1.0) 대비 낮게 나타났다. 이는 본 연구에서 경유가 수송 외의 용도로 사용되고 있는 점을 배제하고 수송부문에 전량 투입되는 것으로 가정하였기 때문에 나타난 결과로 해석된다.

후방연쇄효과는 바이오디젤 시나리오에 따라 경유가 0.6배 ~ 0.8배 낮게 나타났다. 경유는 바이오디젤보다 중간재를 사용하는 정도가 낮아 후방산업에 미치는 영향이 적게 나타났다.

바이오디젤 시나리오 간 연쇄효과를 비교해보면, 전방연쇄효과는 국산원료 비중이 낮은 BD3(0.5498)에서 비교적 높게 나타났으나 시나리오 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 후방연쇄효과는 국산원료 비중이 높은 BD2(1.0332)에서 전 부문 평균(1.0) 이상으로 계속되었다. 중간재의 사용 정도가 높을수록 후방연쇄효과는 높고 전방연쇄효과는 상대적으로 낮게 나타남을 알 수 있다.

‘화학제품’ 및 ‘석탄 및 석유제품’의 전방연쇄효과가 평균(1.0) 이상이며(Bank of Korea, 2019), 신재생에너지부문의 전후방연쇄효과가 평균 이상(Kwon, 2016)으로 나타난 점을 고려할 때, 바이오디젤을 수송용으로 제한하지 않고 일반 경유의 대체재로 활용하도록 한다면, 전방연쇄효과를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

Table 4. Total backward and forward output linkage indices

Division		Forward Linkage Index	Backward Linkage Index
Biodiesel	BD1	0.5477	0.8980
	BD2	0.5455	1.0332
	BD3	0.5498	0.7682
Diesel		0.5532	0.6297

5.2 유발효과

Table 5는 바이오디젤 또는 경유의 최종수요가 한 단위 증가할 경우, 국가 경제 전체에서 직간접적으로 유발되는 생

산액의 단위를 나타낸 것이다. 시나리오별 총생산 유발계수의 크기를 비교해보면 국산원료 비중이 가장 높은 BD2(1.894)에서 생산 유발계수가 가장 높게 나타났으며, 경유의 유발계수가 1.153으로 가장 낮게 나타났다. 국산원료 비중이 가장 낮은 BD3(1.405)에서도 경유 대비 1.22배 높게 분석되었으며, 이는 국산원료 비중이 15%까지 감소하더라도 경유 대비 국내 생산유발효과가 높음을 의미한다. 현재의 국산원료 비중을 의미하는 BD1(1.644)의 경우 경유 대비 1.43배 높은 생산 유발계수가 나타났다.

바이오디젤의 최종수요 증가로 인해 생산유발효과가 가장 크게 영향을 받는 부문은 ‘음식료품’, ‘농림수산물’ 등 원료 연관 산업으로 나타났으며, 경유의 경우, ‘전문·과학 및 기술 서비스’, ‘전력·가스 및 증기’ 등에서 생산 유발효과가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 6은 바이오디젤 또는 경유의 최종수요가 한 단위 증가할 경우 국가 경제 전체에서 직간접적으로 유발되는 부가가치의 단위를 제시하였다. 총부가가치 유발계수는 BD2(0.515) > BD1(0.429) > 경유(0.381) > BD3(0.347) 순으로 나타났는데, 이는 바이오디젤의 국산원료 비중이 감소할 경우, 경유보다 바이오디젤의 부가가치 유발효과가 낮아질 수 있음을 의미한다. 자기부문 내의 부가가치 유발효과를 비교해보면, 바이오디젤의 모든 시나리오에서 경유보다 낮게 나타나는데, 이는 바이오디젤 생산 시 중간재 투입률이 높기 때문으로 해석된다.

바이오디젤과 경유의 최종수요 증가로 부가가치 유발효과가 높게 나타나는 부문은 생산 유발효과에서 영향을 받는 부문과 유사하게 나타났다. BD1에서 가장 높은 부가가치 유발효과를 나타낸 부문은 ‘음식료품’으로 0.078원의 부가가치 증가 효과가 있었으며, 경유의 경우, ‘전문·과학 및 기술 서비스’에서 0.011원의 부가가치 증가 효과가 있었다.

Table 7은 바이오디젤 또는 경유의 최종수요가 한 단위 발생하면 국민경제 전체에서 직간접적으로 유발되는 수입 단위를 분석한 것이다. 수입 유발계수는 자기부문에 의한 직접 수입효과와 타 부문에 의한 수입 유발효과로 구분할 수 있다. 전자는 바이오디젤과 경유의 생산 증가를 위해 직접 수입함으로써 발생한 효과를 의미하며 후자는 타 부문 생산 활동 과정에서 유발된 수입효과를 의미한다.

직접 수입효과의 경우 경유가 0.595로 모든 바이오디젤 시나리오 대비 높게 나타나며, 간접 수입효과는 상대적으로 경유가 낮게 나타났다. 총수입유발계수는 BD3(0.6121)

> 경유(0.6119) > BD1(0.499) > BD2(0.380) 순으로 분석되었는데, 현 원료 구성비 수준에서는 바이오디젤이 경유 대비 수입 유발효과가 0.82배 낮게 나타나지만, 수입원료 비중이 15% 증가할 경우, 바이오디젤의 수입 유발효과가 경유의 수입 유발효과와 거의 동일하게 나타나는 것으로 분석되었다.

바이오디젤의 최종수요 증가로 인해 수입 유발효과가 가장 크게 영향을 받는 부문은 ‘농림수산물’으로 0.353원의 수입 유발효과가 있는 것으로 나타났으며, 경유의 경우, ‘광산품’에서 0.577원의 가장 높은 수입 유발효과가 나타났다.

바이오디젤 또는 경유부문에서 10억 원의 생산으로 인

해 전체 부문에 유발되는 직간접 고용 유발인원은 Table 8에 나타났다. 바이오디젤과 경유 모두 직접적인 고용효과보다 타 산업부문의 간접적인 고용 유발효과가 크게 나타났다. 시나리오별 총 고용 창출효과를 살펴보면, BD1에서 2.077명, BD2에서 2.765명, BD3에서 1.422명으로, 경유의 고용 창출효과인 0.838명에 비해 1.7배 ~ 3.3배 높게 나타났다.

바이오디젤의 최종수요 증가로 고용 유발효과가 높게 나타나는 부문은 ‘음식료품’, ‘도소매 및 상품중개서비스’, ‘운송서비스’이며, 경유의 경우, ‘전문·과학 및 기술 서비스’, ‘도소매 및 상품중개서비스’에서 고용 유발효과가 높게 나타났다.

Table 5. Production inducement coefficients of the biodiesel and diesel sector

Division	BD1		BD2		BD3		Diesel	
	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*
Top Sectors	Food, beverages and tobacco products	0.306	Food, beverages and tobacco products	0.441	Food, beverages and tobacco products	0.176	Professional, scientific, and technical services	0.023
	Agricultural, forest, and fishery goods	0.074	Agricultural, forest, and fishery goods	0.107	Agricultural, forest, and fishery goods	0.043	Electricity, gas, and steam supply	0.019
	Electricity, gas, and steam supply	0.040	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.047	Electricity, gas, and steam supply	0.036	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.013
Bottom Sectors	Education services	0.000	Education services	0.000	Education services	0.000	Mined and quarried goods	0.000
	Mined and quarried goods	0.000	Mined and quarried goods	0.001	Mined and quarried goods	0.000	Education services	0.000
	Public administration, defense, and social security services	0.001	Public administration, defense, and social security services	0.001	Public administration, defense, and social security services	0.000	Other manufactured products	0.000
Indirect effect	1.644		1.894		1.405		1.153	
Direct effect	1.000		1.000		1.000		1.000	
Total	1.894		1.894		1.405		1.153	

note: Val=Value

Table 6. Value Added inducement coefficients of the biodiesel and diesel sector

Division	BD1		BD2		BD3		Diesel	
	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*
Top Sectors	Food, beverages and tobacco products	0.078	Food, beverages and tobacco products	0.112	Food, beverages and tobacco products	0.045	Professional, scientific, and technical services	0.011
	Agricultural, forest, and fishery goods	0.039	Agricultural, forest, and fishery goods	0.057	Agricultural, forest, and fishery goods	0.023	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.007
	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.018	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.025	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.011	Electricity, gas, and steam supply	0.005
Bottom Sectors	Others	0.000	Others	0.000	Others	0.000	Others	0.000
	Mined and quarried goods	0.000	Mined and quarried goods	0.000	Mined and quarried goods	0.000	Mined and quarried goods	0.000
	Education services	0.000	Education services	0.000	Education services	0.000	Other manufactured products	0.000
Indirect effect	0.220		0.306		0.138		0.061	
Direct effect	0.209		0.209		0.209		0.320	
Total	0.429		0.515		0.347		0.381	

note: Val=Value

Table 7. Import inducement coefficients of the biodiesel and diesel sector

Division	BD1		BD2		BD3		Diesel	
	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*
Top Sectors	Agricultural, forest, and fishery goods	0.353	Agricultural, forest, and fishery goods	0.238	Agricultural, forest, and fishery goods	0.463	Mined and quarried goods	0.577
	Food, beverages and tobacco products	0.136	Food, beverages and tobacco products	0.136	Food, beverages and tobacco products	0.137	Petroleum and coal products	0.021
	Chemical products	0.005	Chemical products	0.004	Chemical products	0.007	Chemical products	0.004
Bottom Sectors	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Others	0.000
	Construction	0.000	Construction	0.000	Construction	0.000	Construction	0.000
	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Water supply, sewage and waste treatment and disposal services	0.000	Health and social care services	0.000
Indirect effect	0.028		0.023		0.031		0.017	
Direct effect	0.472		0.357		0.581		0.595	
Total	0.499		0.380		0.6121		0.6119	

note: Val=Value

Table 8. Employment inducement coefficients of the biodiesel and diesel sector

Division	BD1		BD2		BD3		Diesel	
	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*	Sector	Val*
Top Sectors	Food, beverages and tobacco products	0.603	Food, beverages and tobacco products	0.871	Food, beverages and tobacco products	0.348	Professional, scientific, and technical services	0.134
	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.241	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.343	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.144	Wholesale and retail trade and commodity brokerage services	0.094
	Transportation	0.143	Transportation	0.186	Transportation	0.102	Business support services	0.063
Bottom Sectors	Others	0.000	Others	0.000	Others	0.000	Others	0.000
	Petroleum and coal products	0.001	Petroleum and coal products	0.001	Petroleum and coal products	0.001	Petroleum and coal products	0.000
	Mined and quarried goods	0.001	Mined and quarried goods	0.002	Mined and quarried goods	0.001	Mined and quarried goods	0.001
Indirect effect	1.744		2.432		1.089		0.591	
Direct effect	0.333		0.333		0.333		0.247	
Total	2.077		2.765		1.422		0.838	

note: Val=Value

6. 결론

본 연구에서는 산업연관분석 기법을 이용하여 서로 대체 관계에 있는 바이오디젤과 경유부문을 대상으로 자기 산업 및 타산업의 경제적 파급효과를 비교 분석하였다. 또한, 바이오디젤의 국산원료와 수입원료의 구성비 변화 시나리오를 통해 바이오디젤 국산원료 비중의 확대 및 축소에 따른 경제적 파급효과를 살펴보았다. 주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 산업간 전후방연쇄효과 분석결과, 바이오디젤과 경유부문 모두 평균 이하로 전방 및 후방 산업에 미치는 영향이 낮은 것으로 나타났다. 경유와 바이오디젤의 전방 연쇄효과는 거의 동일하게 나타났으며, 후방연쇄효과의 경우 바이오디젤이 경유보다 높게 나타났다. 바이오디젤의 국산원료 비중을 높이고, 일반 경유의 대체재로서 활용처를 다양화한다면, 바이오디젤의 전후방 연쇄효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 수요유도형 모형을 이용하여 바이오디젤과 경유 부문의 생산·부가가치·수입·고용 유발효과를 분석한 결과, 바이오디젤의 기준시나리오(BD1)는 경유 대비 생산 유발 효과가 1.43배, 부가가치 유발효과는 1.26배, 고용 유발효

과는 2.48배 더 높게 나타났다.

바이오디젤 시나리오 간 비교에서는 국산원료 비중이 높을수록 생산·부가가치·고용 유발효과가 더 높게 나타났다. 그러나 국산 원료 비중이 가장 높은 시나리오(BD2)의 경우 바이오디젤 혼합을 확대 시(5%) 타 용도로 이용되고 있는 동물성 유지를 원료 가격 상승 없이 바이오디젤의 원료로 전환한다는 가정이 필요하므로, 현실성이 다소 부족하다.

국내 경제적 파급효과 측면만을 고려할 경우 바이오디젤의 국산원료 비중이 가장 낮은 시나리오(BD3)에서도 경유 대체가 타당한 것으로 보인다. 그러나 수입 유발효과와의 경우, 바이오디젤의 국산원료 비중이 20%로 낮아지면 바이오디젤의 수입 유발효과가 경유보다 높아지게 된다. 즉, 바이오디젤이 경유의 수입을 대체함으로써 자국의 에너지 안보를 강화한다는 정당성을 확보하기 위해서는 국산원료를 일정 비율 이상으로 유지하도록 유도할 필요가 있을 것이다.

연구결과에서 나타난 바와 같이 바이오디젤의 보급 확대가 환경·경제적 측면에서 긍정적인 의미를 갖기 위해서는 국산원료의 사용이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 원료의 국산화를 위한 지속적인 연구개발이 이루어져야 하

며, 국산원료의 사용을 유도하도록 관련 정책 개선도 수반되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구결과는 최신 산업연관표를 활용하여 바이오디젤과 경유의 경제적 파급효과를 비교 분석하고 바이오디젤 원료의 국산화율 변동에 따른 파급효과를 실증적으로 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 바이오디젤이 경유에 혼합된 상태로 이용됨에 따라 정확한 투입산출 구조의 추정이 어려운 점, 바이오디젤의 생산비 관련 최신 자료의 확보가 어려운 점 등은 추후 연구에서 지속해서 보완할 필요가 있다.

사사

본 연구는 환경부 “기후변화특성화대학원사업”의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Bae JH. 2006. An analysis of prospect for diffusion of biofuels and social cost and its benefits. Ulsan, Korea: Korea Energy Economics Institute. Irregular research report.
- Bae JH. 2009. Economic and Environmental Assessment of Bio-diesel Supply Policy. Ulsan, Korea: Korea Energy Economics Institute. Occasional report 09-01.
- Bae JH, Jeong HY, Kim MJ. 2015. Economic Feasibility and Impact Analysis on Energy Transformation Project of Macro-Algae Biomass. *New & Renewable Energy* 11(2): 29-38.
- Bak YC, Choi JH. 2019. Feasibility Study of Bio-diesel Production from Soybean Oil by Using Oyster Shell Catalysts. *Korea Society of Waste Management* 36(6): 517-523.
- Bank of Korea. 2014. Quarterly national accounts review. Seoul, Korea: BOK.
- Bank of Korea. 2019 Mar 15. Result of preparation of "2015 Standard Year of Input Output Table". Seoul, Korea: BOK. Press release.
- GHG Inventory and research center. 2019. National greenhouse gas inventory report of Korea. Seoul, Korea: GIR.
- Ide M. 2007. Introduction to interindustry analysis using Excel. Jeju, Korea: Jeju National University Press.
- Jo JH, Jeong JS, Bae JH. 2016. Economic Feasibility and Impact Analysis of Cellulose Bioethanol Production in Korea. *New & Renewable Energy* 12(3): 149-155.
- Kim TY, Jin SJ, Park SH, Pyo HD. 2013. The Economic Impacts of Marine Bio-energy Development Project. *Journal of Energy Engineering* 22(2): 184-196.
- Korea bioenergy association. 2019. Composition of feedstock used in biodiesel production in Korea.
- Korea Energy Agency. 2019. New & Renewable Energy Statistics in 2018. Ulsan, Korea: KEMCO.
- Korea National Oil Corporation. 2020. Supply&Demand; [accessed 2020 Dec 23]. <https://www.petronet.co.kr/>
- Kwon SM, Kim HN, Jeon, EC. 2016. A Study on the Economic Effects of Renewable Energy Industry. *Journal of Climate Change Research* 7(1): 59-68.
- Lee JI, Choi HJ, Jung HD, Choi YS. 2009. Evaluating Economic Feasibility of Bio-ethanol Production Using Fallow Fields. *Journal of the Korean Society for International Agricultural Development* 21(2): 102-110.
- Lee KY. 2019. Effect of Adding Biodiesel to Premixed Flames of Diesel Fuel Surrogate. *The Korean Society of Mechanical Engineers* 43(2): 145-152.
- Lee WG, Lee GH, Lee MG. 2014. Input-Output Analysis Commentary. Seoul, Korea: Bank of Korea.
- Miller RE., Blair PD. 2009. Input-Output Analysis (2nd ed.). New York: Cambridge UNIVERSITY PRESS Publications.
- Min KI, Park CK, Kim JK, Na BK. 2016. Study on Potential Feedstock Amount Analysis of Biodiesel in Korea. *Transactions of the Korean Hydrogen and Energy Society* 27(4): 447-461.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2020. The 5th Basic Plan for the Development and Utilization and Dissemination of Renewable Energy Technology.
- Park JS. 2009. Analysis of the economic ripple effect of expanding the domestic biodiesel raw material market. Ulsan, Korea: Korea Energy Economics Institute.

Research report 09-16.

Park YS. 2019. Current Status and Improvement Tasks of Renewable Fuel Standard. Seoul, Korea: National Assembly Research service. NARS Issue Analysis 2019-59.

Seo HJ. 2018. Environmental, Social, and Economic Effects of Bio-fuel Industry [dissertation]. University of Sejong, Seoul, Korea.

Yoo BO, Yoon SK, Kim MS, Choi NJ. 2020. Effect of Diesel-Palm Oil Biodiesel-Ethanol Blends on Combustion and Emission Characteristics in a Common Rail Diesel Engine at Low Idling Operations. Korean Society of Mechanical Technology 22(1): 125-130.