

SRF 제조·활용 시설 확대의 경제적 파급효과 분석

조용철 · 박소연 · 유승훈[†]

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과

(2016년 8월 11일 접수, 2016년 9월 13일 수정, 2016년 9월 19일 채택)

The Economic Effects of the Expanding Manufacture and Utilization of Solid Refuse Fuel (SRF) Facilities in Korea : An Input-output Analysis

Yongcheol Cho, Soyeon Park, Seunghoon Yoo[†]

Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment,
Seoul National University of Science & Technology

(Received 11 August 2016, Revised 13 September 2016, Accepted 19 September 2016)

요 약

정부는 온실가스 배출을 저감하면서 친환경적으로 폐기물·에너지를 활용하기 위해 폐기물을 고형연료(SRF, solid refuse fuel)로 제조 및 활용하는 시설을 확대하고자 한다. 이에 본 연구에서는 한국은행에서 가장 최근에 발표한 2014년 산업연관표를 이용하여 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 경제적 파급효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 수요유도형 모형을 적용하여 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과에 대한 결과를 제시한다. 한편, SRF 제조·활용 시설 부문이 산업연관표에 정의되어 있지 않기 때문에 이에 대한 새로운 정의를 시도하여 SRF 제조·활용 시설 부문을 중심에 두고 외생화를 하였다. 분석결과, SRF 제조·활용 시설 확대를 위한 1원 투자의 생산유발효과는 1.9993원이었으며, 부가가치 유발효과는 0.6747원이었다. 아울러 SRF 제조·활용 시설 확대를 위한 10억원 투자의 취업유발효과는 11.1982명으로 분석되었다. 이러한 정략적인 정보는 SRF 제조·활용 시설 확대의 경제적 파급효과를 사전적으로 예측하는 데 유용한 자료로 활용될 수 있다.

주요어 : 고형연료제품, 경제적 파급효과, 수요유도형모형, 산업연관분석, 외생화

Abstract - The government is trying to expanding the manufacture and utilization of solid refuse fuel (SRF) facilities in order to mitigate greenhouse gases reducing and eco-friendly waste-to-energy recovery. In this regard, this study attempts to look into the economic effects of expanding the manufacture and utilization of SRF facilities by applying an inter-industry analysis using a 2014 input-output table. Specifically, by applying the demand-driven model presents the results for the production-inducing effect, value-added creation effect, and employment-inducing effect. In particular, this study attempted to redefine for the SRF. In addition, it was accessed by exogenous around the manufacture and utilization of SRF sector. The results show that production-inducing effect and value-added creation effect of expanding the manufacture and utilization of SRF facilities for the investment of 1.0 won are estimated to be 1.9993 and 0.6747, respectively. The employment-inducing effect of one billion of investment in the expanding the manufacture and utilization of SRF facilities is computed to be 11.1982 persons. This information can be utilized in predicting the economic effects of the manufacture and utilization of SRF.

Key words : solid refuse fuel, economic effects, demand-driven model, inter-industry analysis, exogenous specification

[†]To whom corresponding should be addressed.

Tel : 02-970-6802 E-mail : shyoo@seoultech.ac.kr

1. 서론

전 세계에 걸쳐 기후변화문제가 심각해지면서 온실가스 감축에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히 우리나라는 2014년 기준 중국, 미국, 인도, 러시아, 일본, 독일에 이어 온실가스를 많이 배출하는 국가로 선정되면서 2015년 프랑스 파리에서 열린 제21차 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP21)에서 온실가스를 국내적으로 25.7%를 감축하고 국제시장을 활용해 11.3%를 추가로 줄여, 국가 전체적으로 2030년 BAU(business-as-usual)대비 37%로 감축하는 목표가 담긴 자발적 감축 목표(INDCs, Intended Nationally determined contributions)를 발표했다.

이에 따라 정부는 온실가스 배출을 완화하기 위해 2035년까지 1차 에너지의 11%를 신재생에너지로 공급하는 목표를 세우고, 신재생에너지 원별로 차별화된 관리 정책을 마련하고 있다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2014). 특히 국내에서 이용되고 있는 신재생에너지원 중에서 64%를 차지하는 폐기물에너지의 경우 처리 및 사용과정에서 다른 신재생에너지원과 달리 환경문제와 직접적으로 관련이 있다. 따라서 친환경적으로 폐기물 에너지를 활용하는 것이 요구되기 때문에, 이를 위해 미국과 유럽 등 선진국에서는 폐기물의 발생량, 성상 및 형상, 발열량 등이 발생원과 시간 등에 따라 변동이 심하여 원형 상태로는 연료 사용이 제한되는 폐기물의 특성을 고려하였다. 그 결과 연료로 사용하기 적합한 형태로 변환하고 수분 등의 불연성분을 제거하여 석탄과 같은 고체연료 형태로 가공된 연료인 폐기물 고형연료(SRF, solid refuse fuel)를 가장 널리 이용하고 있다.

실제로 미국의 경우 SRF와 석탄을 혼합하여 연소하는 발전소를 30여개 이상 운영하고 있다. 아울러 개인회사 또는 공공기관에서는 SRF의 생산과 소비가 동시에 이루어지고 있으며, 전기회사 등 에너지 수요처는 생산된 SRF를 소비하는 체계를 유지하고 있다. 유럽연합의 경우 1999년 매립지 내에 가연성 및 생분해성 폐기물의 매립을 점진적으로 억제하는 법을 통해 사전적으로 가연성 및 유기성 폐기물이 분리되어 자원화되는 시스템으로 전환되었다. 특히, 독일, 스웨덴, 네덜란드, 이탈리아 등은 SRF의 생산량이 많으며, 주로 가정의 연료나 중·소규모 산업용 보일러, 지역난방용 연료로 SRF가 사용되고 있다(Korea Environment Corporation, 2009; Korea Environmental Industry & Technology Institute, 2013).

우리나라는 2009년 ‘폐기물 에너지화에 대한 종합대책’을 마련하여 매립되는 가연성 폐기물과 해양에 투기

되는 폐기물을 2020년까지 전량 에너지화하는 계획을 수립하였다. 이에 따라 폐기물 에너지는 청정처리 및 자원 재활용 효과가 우수한 에너지원으로서 단기간에 상용화 및 대량 생산·보급이 가능한 분야로 인식되고 있다. 아울러, 지난 2012년 이전까지는 폐기물 고형연료를 생활폐기물 중 불연물, 유기물, PVC 등을 제거한 가연물 ‘RDF(Refuse Derived Fuel)’, 60% 이상의 폐플라스틱을 사용해 만든 ‘RPF(Refuse Plastic Fuel)’, 페타이어를 사용해 만든 ‘TDF(Tire Derived Fuel)’, 1,2등급 폐목재를 사용한 ‘WCF(Wood Chip Fuel)’로 구분하여 제조가 이루어졌다. 그리고 2013년부터는 이를 성형 과정의 유무에 따라 SRF와 바이오 고형연료(Bio-SRF, biomass-solid refuse fuel)로 새롭게 구분하여 각각의 품질 기준에 맞게 제조되고 있다. 이렇게 제조된 고형연료는 지역난방시설 및 산업용 보일러, 발전소 등 사용이 적합한 시설에서 사용이 확대되고 있다. 그 결과 2009년 원주를 기점으로 수도권 매퍼지, 부산, 포항 등 지자체까지 SRF 제조 시설의 설치가 확대되었다. 현재 2015년 기준 국내 고형연료제품 제조시설은 257개이며, 사용시설은 150개가 설치되어 운영되고 있다(Ministry of Environment, 2016). 이와 같이 정부는 온실가스를 감축하기 위해 국민들의 세금을 기반으로 조성된 많은 재원을 통해 SRF 제조·활용 시설을 확대하고 있다. 따라서 이 시설 확대에 대한 경제적 파급효과의 정량적인 정보가 필요한 실정이다.

하지만 지금까지 국내·외의 연구는 Lee et al. (2011), Joo et al. (2014), Hiber et al. (2015), Casado et al. (2016), Passamani et al. (2016), Grosso et al. (2016)와 같이 SRF의 제조 기술 개선 및 이용 방안에 대한 연구가 대부분이었다. 다만 Choi et al. (2012)와 Jang and Cho (2013)의 연구에서 고형연료의 제조기술과 사업에 대한 경제성을 평가하였고, Han and Lee (2012)의 연구에서는 SRF 시설의 편익을 나타냈지만 경제적 파급효과는 언급되지 않았다. 아울러 국외의 연구에서도 산업연관분석을 통해 경제적 파급효과를 언급한 연구사례는 찾아보기 어려운 상황이다.

한편 산업연관분석은 경제구조를 구체적으로 분석하는데 유리하며, 소비, 투자, 수출 등의 변화에 따른 부문별 생산, 고용, 수입 등에 대한 분석을 포함한 경제계획의 수립 및 예측 등에 유익한 자료를 제공한다(Kim et al., 2013). 따라서 본 연구에서는 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 경제적 파급효과를 분석하고자 하며, 분석에 있어 가장 최근에 발행된 산업연관표를 사용하고, 수요유도형 모형(demand-driven model)을 적용하고자 한다.

또한 SRF 제조·활용 시설 부문을 외생적으로 취급하며, 결과적으로 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과를 분석한다. 본 논문의 이후 구성으로는 제2절에서 연구방법론인 산업연관분석의 개요를 제시하며, 제3절에서 분석에 사용한 자료를 설명한다. 제4절에서는 분석결과를 제시하며, 마지막 절은 결론으로 할애한다.

2. 연구방법론: 산업연관분석

2-1. 산업연관분석의 개요

앞서 언급하였듯이, 본 논문에서는 SRF 제조·활용 시설 확대의 경제적 파급효과를 분석하기 위하여 각 부문의 생산 활동에 따른 부문 간 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 방법인 산업연관분석을 적용한다(Ghosh, 1958). 특히 산업연관분석은 산출량 결정에 대해 선형인 부문 간 모형을 갖는 특징 때문에 특정 한 부문의 생산수준 변화가 다른 부문의 생산물에 대한 연속적인 수요를 어떻게 변화시키는지 분석할 수 있다. 그러므로 거시적 분석이 미치지 못하는 산업간 연관관계의 분석에도 유리하다(Kang, 2000). 아울러 산업연관분석 모형은 투입요소의 구매와 판매 사이의 연관관계에 강조를 둔 일반 균형모형의 성격을 갖기 때문에 경제적 영향의 전반적인 분석과 예측에 유용한 방법이다(Ciaschini, 1988; Miller and Blair, 2009). 본 절에서는 이러한 제반하에서 경제적 파급효과에 대한 분석모형을 소개한다.

산업연관분석에서는 분석대상 변수를 외생적으로 다루 분석대상 변수가 내생적인 경제부문에 미치는 영향을 쉽게 살펴볼 수 있는데, 이를 외생화(exogenous specification)라고 한다. 외생화를 통해 총수요가 아닌 특정 부문의 산출물이 미치는 영향과 그 산출물이 타 산업을 유발하는 효과를 더욱 명확히 알 수 있다. 분석대상 변수를 외생적으로 다루지 않는다면 SRF 제조·활용 시설 확대에 따라 최종수요가 증가하면 이에 따른 SRF 제조·활용 시설의 산출물이 가장 크게 증가하는 논리적 모순이 발생할 뿐만 아니라 SRF 제조·활용 시설 부문이 중복되어 계산되는 오류가 발생한다(Kwak et al, 2002; Yoo et al., 2004; Yoo, 2007).

2-2. 산업연관분석 기본모형

한 경제 내에 n 개의 산업이 존재한다고 가정하면, 생산된 재화는 다른 산업의 중간재로 공급되면서 또한 최종재로 소비되기도 한다. 이때 편의상 중간재를 z 로 나

타내고 i 부문에서 j 부문으로 투입되는 중간재의 양을 z_{ij} 라 정의한다. 산업연관표를 행으로 보면 i 부문의 산출구조를 보다 자세하게 파악할 수 있는데 i 산업의 중간수요는 z_{ij} 로 기록되며, 최종수요와 총산출은 각각 Y_i , X_i 로 기록된다. 아울러 본 연구에서는 수입(M_i) 항목을 제외한 국산거래표를 분석대상으로 하여 국내에서의 파급효과 계측에 초점을 맞추고 있다. 이상의 관계를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

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

여기서 a_{ij} 는 j 부문의 총투입 중에서 i 재의 투입량의 비중($a_{ij} = z_{ij} / X_j$)으로 정의되며, 이를 투입계수(input coefficient) 또는 기술계수(technical coefficient)라고 한다. 이 비율은 j 부문에서 한 단위의 산출물을 생산하기 위해 투입된 i 산업의 산출물을 의미하며, 투입과 산출 간의 관계를 나타내기 때문에 부문별 기술구조 또는 생산관계를 나타낸다. 즉, j 부문의 총투입 중에서 i 부문에서 투입된 것의 비중은 그 부문 특유의 기술적 특성을 반영한다. 아울러, 식 (1)은 i 부문의 총산출이 경제 내 모든 부문의 한 단위 생산을 위해 중간재로 투입되는 i 번째 부문의 생산액과 소비지출, 수출, 투자, 정부지출의 합으로 정의되는 최종수요를 합한 것과 같다는 것을 의미한다(Yoo and Yoo, 2009).

2-3. 수요유도형 모형

2-3-1. 생산유발효과

식 (2)는 일반적인 수요유도형(demand-driven model) 모형에서 분석대상인 SRF 제조·활용부문(이하 S 부문)을 외생화하여 행렬로 나타낸 뒤 'e'란 상첨자를 붙여 생산유발효과(production-inducing effect)를 식으로 정리한 것이다. 생산유발효과란 특정 부문의 생산 또는 투자가 1원만큼 증가했을 때, 특정 부문을 제외한 타 부문에서 생산이 얼마나 증가하는지를 의미한다.

$$\Delta X^e = (I - A^e)^{-1} (A_S^e \Delta X_S) \quad (2)$$

위 식에서, ΔX^e 는 SRF 제조·활용 시설 부문을 제외한 나머지 부문의 산출량으로서 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 산출 변화에 영향을 받은 타 부문의 산출 증감량을 의미한다. $(I - A^e)^{-1}$ 는 투입계수행렬에서 SRF

제조·활용 시설 부문이 포함된 열과 행을 제외하고 작성한 레온티에프 역행렬을 나타낸다. A_S^e 는 투입계수행렬 A 에서 SRF 제조·활용 시설 부문을 나타내는 열벡터 중 SRF 제조·활용 시설 부문을 제외한 열벡터이다. 또한 X_S 는 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 산출액을 나타낸다.

아울러 식 (2)는 분석대상인 SRF 제조·활용 시설 부문을 중심으로 생산유발효과를 나타내는 식으로서 SRF 제조·활용 시설 확대에 따라 변화하는 산출이 나머지 다른 부문의 산출에 미치는 직·간접적인 효과를 나타낸다. 또한 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 산출효과 뿐만 아니라 타 산업 부문의 생산을 유발시켜 최종적으로 산업 전체 생산을 촉진하는 연관 효과가 있으므로 식 (2)로부터 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 총 산출 또는 총 투자로 인한 파급효과를 구할 수 있다(Yoo and Yang, 1999).

2-3-2. 부가가치 유발효과

최종수요의 발생은 국내생산을 유발하며, 생산활동으로 부가가치가 창출되기 때문에 결과적으로 최종수요의 발생이 부가가치 창출의 원천이라고 할 수 있다. 부가가치 유발효과는 최종수요 한 단위 변화가 부가가치 부문에 미치는 파급효과를 나타낸 것이다. 여기서 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 산출액 증가가 타 부문에 미치는 부가가치 유발효과를 관찰하기 위해 최종수요의 변동이 없다는 가정을 한 뒤 SRF 제조·활용 시설 부문을 외생화 하면 식 (3)과 같다.

$$\Delta W^e = \widehat{A}_v^e (I - A^e)^{-1} (A_S^e \Delta X_S) \quad (3)$$

위 식에서, ΔW^e 는 분석대상인 S 부문을 제외한 나머지 부문의 부가가치 변화를 의미하며, \widehat{A}_v^e 는 부가가치 계수의 대각행렬에서 SRF 제조·활용 시설 부문을 제외한 행렬을 의미한다. 결과적으로, 식 (3)을 통해 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 산출액 증가로 인한 타 부문 부가가치 유발효과를 구할 수 있다.

2-3-3. 취업유발효과

최종수요는 생산을 유발시키고 생산은 다시 노동수요를 유발한다. 따라서 최종수요와 노동수요 유발을 연결 시킴으로써 취업유발효과를 구할 수 있다. 이를 위해서는 취업계수와 생산유발계수를 기초로 취업유발계수를

도출해야 한다. 취업계수(n_i)란 일정기간 동안 생산 활동에 투입된 노동량(N_i)을 총산출액(X_i)으로 나눈 계수($n_i = N_i/X_i$)로서 한 단위 생산에 직접 소요된 노동량을 의미한다(한국은행, 1987). 투입된 노동량(N_i)은 한국은행에서 발표한 산업연관표 부속표에 포함되어 있는 고용표에서 알 수 있다. 즉, SRF 제조·활용 시설 부문을 외생화하면 식 (4)와 같이 표현되며, 이는 SRF 제조·활용 시설 부문에서 10억원의 생산 또는 투자가 발생할 경우 타 부문에 유발되는 취업인원을 나타낸다.

$$\Delta N^e = \widehat{n}^e \Delta X^e = \widehat{n}^e (I - A^e)^{-1} (A_S^e \Delta X_S) \quad (4)$$

식 (4)에서 N^e 는 SRF 제조·활용 시설 부문을 제외한 나머지 부문별 취업자 수를 나타내며, ΔN^e 는 그 변동량을 의미한다. \widehat{n}^e 는 취업계수 대각행렬에서 SRF 제조·활용 시설 부문의 행과 열을 제외하고 남은 행렬이다.

3. 분석 자료

3-1. SRF 제조·활용 시설 부문의 정의

앞서 언급했듯이 본 논문은 한국은행에서 가장 최근에 발표한 2014년 산업연관표(한국은행, 2016)를 사용하여 SRF 제조·활용 시설 확대의 경제적 파급효과를 분석한다. 일반적으로 한국은행은 5년 단위로 산업연관표의 실측표를 작성하며, 나머지 연도에는 필요에 따라 연장표를 발표한다. 본 논문의 2014년 산업연관표는 2010년 실측표를 기준으로 발표된 연장표이며, 국내 산업을 대분류 30부문, 중분류 82부문, 소분류 161부문, 기본분류 384부문으로 분류한다.

현재 SRF 제조·활용 시설 부문의 경우는 산업연관표 내에 별도로 정의되어 있지 않다. 따라서 SRF 제조·활용 시설 부문을 새롭게 정의할 필요가 있다. 이에 본 논문에서는 SRF 제조·활용 시설 부문에 대한 정의를 SRF를 제조하고 활용하며, 이를 최종소비자에게 에너지로 공급하는 부문까지로 포함한다. 즉, 산업연관표 해설집(2014)에 근거하여 ‘제278부문 신재생에너지’, ‘제280부문 증기 및 온수’, ‘제284부문 폐기물 수집 운반 및 처리(국공립)’, ‘제285부문 폐기물 수집 운반 및 처리(산업)’, ‘제299부문 전력시설’을 SRF 제조·활용 시설 부문으로 새롭게 정의하였다.

3-2. SRF 제조·활용 시설 부문의 분류

본 논문에서는 한국은행 30부문 대분류 방식에 근거하여 새롭게 분류한 SRF 제조·활용 시설 부문을 제31 부문으로 분리하는 외생화를 통해 산업연관분석을 수행한다. 이를 통해 SRF 제조·활용 시설 확대의 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과를 분석하여 SRF 제조·활용 시설 확대가 타 산업에 미치는 경제적 파급효과를 정량적으로 제시한다.

Table 1은 SRF 제조·활용 시설 부문을 새롭게 분류한 것으로 앞서 정의한 ‘제278부문 신재생에너지’, ‘제280부문 증기 및 온수’, ‘제284부문 폐기물 수집 운반 및 처리(국공립)’, ‘제285부문 폐기물 수집 운반 및 처리(산업)’, ‘제299부문 전력시설’을 해당 대분류에서 별도로 분리해내어 제31 부문으로 재분류하였다. 이 과정에서 Han et al. (2004), Yoo and Yoo (2009), Heo et al. (2010), Kim et al. (2013), Lee and Yoo (2014) 등의 선행연구에서도 사용된 분석방법을 적용하였다. 분석하고자 하는 산업이 산업연관표 상에 정의되어 있지 않을 경우에는 산업연관표의 부문 분류를 재분류하는 과정이 필요하다. 이때, SRF 제조·활용 시설만을 추계하기 위해 SRF에 대한 통계자료(매출, 부가가치 등)에 근거하여 일정비중을 산정한 뒤 산업연관표의 열 또는 행의 값에 곱하여 조정할 수 있다. 하지만 세부 산업별 비중을 정확히 추계하는 것은 현실적으로 매우 어려운 일이다. 그러므로 해당

기본부문 전체가 모두 SRF 제조·활용 시설 부문에 해당한다는 가정 하에 재분류를 실시하였다. 이러한 방법은 앞서 언급한 선행연구 외에 다른 많은 논문에서도 불가피한 대안으로 사용되고 있다.

4. 분석 결과

이미 앞 절에서 설명하였듯이 수요유도형 모형을 사용하면 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 생산 또는 투자의 증가로 각 산업부문에 직·간접적으로 유발되는 생산액, 부가가치액, 취업자 수의 수준을 알 수 있다. 따라서 수요유도형 모형을 적용하여 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과를 추정하였고, 그 결과를 Table 2에 제시하였다.

가장 먼저 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 1원 생산 또는 투자의 증가로 각 산업부문에 직·간접적으로 유발되는 생산액 수준을 의미하는 SRF 제조·활용 시설 부문의 생산유발효과는 타 부문에서 0.9993원의 생산을 유발하는 것으로 분석되었다. 아울러 국민경제 전체로는 1.9993원의 생산을 유발하는 것으로 나타났다. 부문별 자세한 생산유발효과를 살펴보면 ‘제12부문 전기 및 전자기기’의 생산유발효과가 0.1649원으로 가장 높았으며, ‘제9부문 1차 금속제품’, ‘제10부문 금속제품’이 각각 0.0823원 0.0778원으로 ‘제12부문 전기 및 전자기기’의

Table 1. Classification of sectors to be studied

부문 코드	부문명	부문 코드	부문명	부문 코드	부문명
1	농림수산물	11	기계 및 장비	21	음식점 및 숙박서비스
2	광산물	12	전기 및 전자기기	22	정보통신 및 방송 서비스
3	음식료품	13	정밀기기	23	금융 및 보험 서비스
4	섬유 및 가죽제품	14	운송장비	24	부동산 및 임대
5	목재 및 종이, 인쇄	15	기타 제조업 제품 및 임가공	25	전문, 과학 및 기술서비스
6	석탄 및 석유제품	16	전력, 가스 및 증기	26	사업지원서비스
7	화학제품	17	수도 및 재활용서비스	27	공공행정 및 국방
8	비금속광물제품	18	건설	28	교육서비스
9	1차 금속제품	19	도소매서비스	29	보건 및 사회복지서비스
10	금속제품	20	운송서비스	30	문화 및 기타서비스
	-		-	31	SRF 제조·활용 시설

주: 제16, 17, 18부문의 한국은행 통합 대분류 방식에서의 제16, 17, 18부문의 달리 SRF 제조·활용 시설 부문은 제외되어 있다.

Table 2. Results of manufacture and utilization of Solid Refuse Fuel-based input-output analysis.

부문 코드	부문명	1원 투자 혹은 생산의 생산유발효과		1원 투자 혹은 생산의 부가가치유발효과		10억원 투자 혹은 생산의 취업유발효과	
		값	순위	값	순위	값	순위
1	농림수산물	0.0039	26	0.0022	24	0.0979	15
2	광산품	0.0018	29	0.0010	29	0.0057	28
3	음식료품	0.0077	23	0.0012	27	0.0232	27
4	섬유 및 가죽제품	0.0097	22	0.0023	23	0.0429	22
5	목재 및 종이, 인쇄	0.0179	16	0.0048	19	0.0852	16
6	석탄 및 석유제품	0.0510	8	0.0033	21	0.0042	30
7	화학제품	0.0740	4	0.0145	11	0.1028	14
8	비금속광물제품	0.0196	15	0.0053	17	0.0475	21
9	1차 금속제품	0.0823	2	0.0109	12	0.0663	18
10	금속제품	0.0778	3	0.0236	4	0.2007	8
11	기계 및 장비	0.0564	7	0.0160	7	0.1901	10
12	전기 및 전자기기	0.1649	1	0.0451	1	0.2675	6
13	정밀기기	0.0073	24	0.0021	25	0.0262	25
14	운송장비	0.0166	18	0.0037	20	0.0326	23
15	기타 제조업 제품 및 임가공	0.0154	20	0.0065	15	0.1093	13
16	전력, 가스 및 증기	0.0719	5	0.0189	6	0.0528	20
17	수도 및 재활용서비스	0.0323	12	0.0151	10	0.1360	11
18	건설	0.0031	28	0.0011	28	0.0247	26
19	도소매서비스	0.0667	6	0.0338	2	0.9362	1
20	운송서비스	0.0435	9	0.0156	8	0.4724	2
21	음식점 및 숙박서비스	0.0166	17	0.0063	16	0.2834	5
22	정보통신 및 방송 서비스	0.0212	13	0.0093	14	0.1173	12
23	금융 및 보험 서비스	0.0410	11	0.0218	5	0.2209	7
24	부동산 및 임대	0.0205	14	0.0153	9	0.0751	17
25	전문, 과학 및 기술서비스	0.0417	10	0.0238	3	0.4520	3
26	사업지원서비스	0.0160	19	0.0107	13	0.3855	4
27	공공행정 및 국방	0.0040	25	0.0030	22	0.0315	24
28	교육서비스	0.0004	30	0.0003	30	0.0056	29
29	보건 및 사회복지서비스	0.0039	27	0.0020	26	0.0559	19
30	문화 및 기타서비스	0.0101	21	0.0050	18	0.1922	9
타부문 효과		0.9993		0.3245		4.7434	
자기부문 효과		1.0000		0.3502		6.4548	
합계		1.9993		0.6747		11.1982	

뒤를 이어 생산유발효과가 높은 것으로 나타났다.

반면, '제18부문 건설', '제2부문 광산품', '제28부문 교육서비스'가 각각 0.0031원, 0.0018원, 0.0004원으로 낮은 생산유발 효과가 있는 것으로 나타났다. 전기 및 전자기기의 생산유발효과가 가장 높게 나타나는 것은 SRF를 제조·활용하는 시설이 확대됨에 따라 발전기 및 전동기, 변압기, 전기 변환장치, 전선 및 케이블, 기타 전기 장비 등이 공급되기 때문인 것으로 판단된다. 다음으로 생산유발효과가 큰 1차 금속제품과 금속제품의 경우에도 SRF 제조·활용 시설이 확대되면서 제조·활용 시설에 설치 또는 부착되는 각종 구조용 금속제품들의 공급이 필요하기 때문인 것으로 보인다.

다음으로 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 1원 생산 또는 투자의 증가로 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 부가가치액 수준을 의미하는 SRF 제조·활용 시설 부문의 부가가치 유발효과는 '제12부문 전기 및 전자기기'가 0.0451원으로 가장 높은 부가가치 유발효과가 있는 것으로 나타났다. 다음으로 '제19부문 도소매서비스'가 0.0338원, '제25부문 전문, 과학 및 기술서비스'가 0.0238원으로 뒤를 이었다. 전기 및 전자기기, 도소매서비스, 전문 과학 및 기술서비스 부문들은 SRF 제조·활용 시설 확대에 따라 산출액이 증가하면 높은 부가가치를 유발하는 산업이라 할 수 있다. 특히 도소매서비스의 경우 SRF 제조·활용 시설이 확대되면서 제조된 SRF의 유통과, 건축 기자재의 공급이 활발히 이루어지기 때문에 부가가치 유발효과가 큰 것으로 판단된다.

하지만 '제18부문 건설' 0.0011원, '제2부문 광산품' 0.0010원, '제28부문 교육서비스' 0.0003원은 가장 낮은 부가가치 유발효과를 갖는 것으로 나타났다. 즉, 타 부문 부가가치 유발효과와 합은 0.3244원이며, SRF 제조·활용 부문의 총 투입에서 부가가치가 차지하는 비중인 부가가치계수는 0.3502원이므로 국민경제 전체적으로 0.6747원의 부가가치를 유발한다.

마지막으로 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 10억 원 생산 또는 투자의 증가로 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 취업자 수를 의미하는 SRF 제조·활용 시설 부문의 취업유발효과는 '제19부문 도소매서비스'가 0.9362명으로 가장 높은 취업유발효과를 갖는 것으로 나타났다. 다음으로는 '제20부문 운송서비스'가 0.4724명, '제25부문 전문, 과학 및 기술서비스'가 0.4520명의 높은 취업유발효과를 갖는 것으로 나타났다. 도소매서비스와 운송서비스의 취업유발효과가 높게 나타나는 것은 SRF의 제조·활용이 활발히 이루어지면서 SRF의 거래

및 유통이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

반면, '제2부문 광산품'과 '제28부문 교육서비스', '제6부문 석탄 및 석유제품'이 각각 0.0057명, 0.0056명, 0.0042명으로 낮은 취업유발효과를 갖는 것으로 분석되었다. 아울러 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 10억 원 생산 또는 투자에 따른 국민경제 전체에 발생하는 취업유발 효과는 11.1982명으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 한국은행에서 가장 최근에 발표한 2014년 산업연관표를 이용하되, 수요유도형 모형을 적용하여 SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과를 정량적으로 분석하였다. 이때, 산업연관표 분류체계에 SRF 제조·활용 시설 부문이 정의되어 있지 않기 때문에 SRF 제조·활용 시설 부문을 새롭게 정의하려고 시도하였으며, 외생화 방식을 적용하여 SRF 제조·활용 시설 부문을 중심으로 분석하였다.

분석결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, SRF 제조·활용 시설 확대에 의한 1원 생산 또는 투자는 1.9993원의 생산과 0.6747원의 부가가치를 유발한다. 특히 '제12부문 전기 및 전자기기'의 생산유발효과와 부가가치 유발효과 각각 0.1649원, 0.0451원으로 타 부문들에 비해 상대적으로 높은 생산유발효과와 부가가치 유발효과를 갖는 것을 알 수 있다. 또한 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 10억 원 생산 또는 투자의 취업유발효과는 11.1982명으로 나타났으며, 취업유발효과가 가장 높은 부문은 '제19부문 도소매서비스'로 0.9362명으로 나타났다.

아울러 본 연구 결과를 폐기물 에너지화와 관련하여 공급 확대 또는 시설 확대의 경제적 파급효과를 분석한 기존 연구들과 비교할 수 있다. 먼저 Baek et al. (2014)는 바이오가스 공급확대의 경제적 파급효과를 분석하였다. 분석결과 생산유발효과가 1.0539원, 부가가치 유발효과가 0.1998원, 취업유발효과가 0.5279명으로 나타났다. 이어서 Cho et al. (2015)의 경우 유기성 폐기물 에너지화 시설 확대의 경제적 파급효과를 분석하였다. 분석결과는 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과가 각각 1.0798원, 0.1736원, 0.8820명으로 나타났다. 이와 같은 기존 연구의 결과와 본 연구의 결과를 비교하면 생산유발효과와 취업유발효과를 비교하면 1.9993원이 가장 높음을 알 수 있다. 또한 부가가치 유발효과와 취업유발효과를 비교하면 본 연구에서 분석한 0.6747원으로 분석되었으므로, 기존 연구 보다 상대

적으로 높은 부가가치 유발효과가 나타남을 알 수 있다. 마지막으로 취업유발효과도 본 연구에서 11.1982 명으로 분석되어 기존 연구에 비해 상당히 높은 취업유발효과가 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 본 연구의 결과는 폐기물 에너지화와 관련된 기존 연구들과 비교한 결과 상대적으로 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과 모두 높은 값을 갖는 것으로 나타났다.

본 논문은 SRF 제조·활용 시설 확대의 국민 경제적 파급효과를 정량적으로 분석하였다. 이러한 정량적 정보는 다음과 같은 의의를 갖는다. 첫째, 한국은행에서 발표하는 산업연관표의 산업분류체계에 SRF 제조·활용 시설 부문이 정확히 정의되어 있지 않다. 따라서 이에 대한 새로운 정의를 시도하여 SRF 제조·활용 시설 부문을 중심으로 국내 경제에 미치는 파급효과를 분석하였기 때문에 SRF 제조·활용 시설 부문을 대상으로 한 다양한 정책 평가에 기초자료로 활용될 수 있다. 둘째, 본 연구 결과와 SRF 제조·활용 시설 확대와 유사한 기존연구 결과를 비교하면 보다 명확한 SRF 제조·활용 시설 확대에 따른 파급효과의 이해가 가능하며, 그 결과 폐기물 에너지화에 대한 투자가 이루어질 경우 사업의 우선순위를 결정함에 있어 참고자료가 될 수 있다. 셋째, SRF 제조·활용 시설 부문의 정량적 국민경제적 파급효과는 SRF 제조·활용 시설 확대의 경제적 파급효과뿐만 아니라 SRF 제조·활용 시설 부문 기술개발사업의 경제적 파급효과를 사전적으로 진단하는데 유용하게 활용될 수 있다. 넷째, 비교적 산출비중이 높고 파급효과가 큰 타 부문들과 SRF 제조·활용 시설 부문의 연계화를 촉진하여 SRF 제조·활용 시설의 확대가 타 산업의 성장을 견인할 수 있도록 연관 산업에 대한 기술의 공유 및 개발 등이 이루어질 필요가 있다.

본 연구에서는 산업연관표를 이용하여 SRF 제조·활용 시설 확대에 대한 경제적 파급효과를 분석한 결과 값을 활용하여 정책적 시사점을 유도하고자 하였다. 그러나 본 연구의 결과 값이 정책결정에 있어 정확한 자료라고 할 수는 없다. 아울러 본 연구에서는 SRF 제조·활용 시설 부문을 정의함에 있어 세부 산업별 가중치에 대한 고려가 이루어지지 못하였으며, 산업연관표가 작성되는 다른 국가에 대한 비교도 이루어지지 못하였다. 따라서 향후 후속 연구로 세부 산업별 가중치를 고려한 분석과 현재 SRF 제조·활용이 이루어지고 있는 미국, 유럽 등을 중심으로 다국가의 비교 분석이 이루어진다면, 보다 정확한 경제적 의미 및 정책적 함의를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 국가별로 차별화된 SRF 제조·활용 시설 확대에

따른 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2016년도 SL공사의 환경에너지대학원 인재양성 프로그램에서 지원받아 수행된 연구임

References

1. Baek, M. J., Kim, H. Y. and Yoo, S. H., 2015, An analysis on the economic impacts of the waste disposal and material recycling services sector, *J. of Korea Society of Waste Management* Vol. 32, No. 3, pp. 247-259.
2. Bank of Korea, 1987, 2014, The commentary of inter-industry analysis.
3. Bank of Korea, 2016, I-O Tables in 2014 year.
4. Casado, R. R., Rivera, J. A., Garcia, E. B., Cuadrado, R. E., Llorente, M. F., Sevillano, R. B. and Delgado, A. P., 2016, Classification and characterisation of SRF produced from different flows of processed MSW in the Navarra region and its co-combustion performance with olive tree pruning residues, *Waste Manage.*, Vol. 47, pp. 206-216.
5. Cho, Y. C., Park, S. Y. and Yoo, S. H., 2015, The economic effects of the expanding organic waste-to-energy facilities in Korea: An input-output analysis, *Innovation Studies*, Vol. 10, No. 2, pp. 159-173.
6. Choi, Y. S., Choi, H. S. and Kim, S. J., 2011, An economic evaluation of MSW RDF production plant, *New & Renewable Energy*, Vol. 7, No. 1, pp. 29-35.
7. Ciaschini, M., 1988, Input-output analysis, London, Chapman and Hall.
8. Ghosh, A., 1958, Input-output Approach to an Allocative System, *Economica*, Vol. 25, pp. 58-64.
9. Grosso, M., Dellavedova, S., Rigamonti, L. and Scotti, S., 2016, Case study of an MBT plant producing SRF for cement kiln co-combustion, coupled with a bioreactor landfill for process residues, *Waste Manage.*, Vol. 47, pp. 267-275.
10. Han, S. Y., Yoo, S. H. and Kwak, S. J., 2004, The role of the four electric power sectors in the Korean national economy: An input-output analysis, *Energy*

- Policy, Vol 32, pp. 1531-1543.
11. Han, Y. H. and Lee, H. S., 2012, Cost-Benefit analysis by resource recovery facility for municipal waste, JKAIS, Vol. 13, No. 6, pp. 2833-2845.
 12. Heo, J. Y., Yoo, S. H. and Kwak, S. J., 2010, The role of the oil industry in the Korean national economy: An input-output analysis, Energy Sources, Vol. 5, No. 4, pp. 327-336.
 13. Hilber, T., Maier, J., Scheffknecht, G., Agraniotis, M., Grammelis, P., Kakaras, E., Glorius, T., Becker, U., Derichs, W., Schiffer, H. P., De Jong, M. and Torri, L., 2015, Advantages and possibilities of solid recovered fuel cocombustion in the European energy sector, Journal of the Air&Waste management Association, Vol. 57, No. 10, pp. 1178-1189.
 14. Jang, E. M. and Cho, Y. S., 2013, The economic analysis of a Solid Refuse Fuel (SRF) project in the urban area. J. Climate Change Res., Vol. 4, No. 3, pp. 245-254.
 15. Joo, B. K., Yeon, H. J., Lee, S. I., Ahn, S. J., Lee, K. J., Jang, E. S. and Won, J. C., 2014, Conversion of wood waste into solid biofuel using catalytic HTC process, New & Renewable Energy, Vol. 10, No. 2, pp. 12-18.
 16. Kang, G. H., 2000, Interindustry, Yeonamsa.
 17. Kim, T. Y., Jin, S. J., Pakr, S. H. and Pyo, H. D., 2013, The economic impacts of marine bio-energy development project, KOSEE, Vol. 22, No. 2, pp. 01-13.
 18. Korea Environment Corporation, 2009, Waste-to-energy and biomass technologies.
 19. Korea Environmental Industry & Technology Institute, 2013, Waste-to-energy technology trends report.
 20. Kwak, S. J. and Yoo, S. H., 2002, The economic effects of nuclear power generation; an input-output analysis, The Korean Journal of Economic Studies, Vol. 50, No. 3, pp. 83-109.
 21. Lee, H. D., Cho J. H., Kim, I. D., Kim, Y. S. and Oh, K. J., 2011, Environmental assessment and characteristic of refuse derived fuel by mixed biomass with binder, Clean Technol., Vol. 17, No. 4, pp. 336-345.
 22. Lee, M. K. and Yoo, S. H., 2014, The role of the capture fisheries and aquaculture sectors in the Korean national economy: An input-output analysis, Marine Policy, Vol. 44, pp. 448-456
 23. Miller, R. E., Blair, P. D., 2009, Input-output Analysis: Foundations and Extension. 2nd ed., New Jersey: Prentice-Hall.
 24. Ministry of Environment, 2016, Solid refuse fuel products manufacture, use, import performance status in 2015.
 25. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2014, The 4th Renewable energy master plan.
 26. Passamani, G., Ragazzi, M. and Torretta, V., 2016, Potential SRF generation from a closed landfill in northern Italy, Waste Manage., Vol. 47, pp. 157-163.
 27. Yoo, S. H. and Yang, C. Y., 1999, Role of Water Utility in the Korean National Economy, International Journal of Water Resources Development, Vol. 15, No. 4, pp. 527-542.
 28. Yoo, S. H. and Yoo, T. H., 2009, The role of the nuclear power generation in the Korean national economy: an input-output analysis, Progress in Nuclear Energy, Vol. 51, pp. 86-92.
 29. Yoo, S. H., 2007, The effects of industrializing the deep sea water on the national economy using inter-industry analysis, RBE, Vol. 20, No. 4, pp. 1345-1357.
 30. Yoo, S. H., Heo, j. Y. and Kim K. J., 2004, The role of the wireless communications industry in the Korean national economy: an input-output analysis, RBE, Vol. 17, No. 5, pp. 1593-1612.