연구논문 「환경정책」 제28권 제1호 2020. 3: 211-250
DOI http://dx.doi.org/10.15301/jepa.2020.28.1.211
pISSN 1598-835X eISSN 2714-0601

폐기물처분부담금 인상은 매립지 부족을 완화시키는가?: 축차 동태 KLWR CGE 모형의 적용*

Raising Waste Disposal Charge Rate Will Alleviate the Shortage in Landfill Capacity in Korea?: A Recursive Dynamic KLWR CGE Model

이효창** · 김진태*** · 김금수**** · 한택환*****
Hyochang Lee · Jintae Kim · Geumsoo Kim · Taek-Whan Han

요약: 본 연구는 폐기물 처리서비스와 재활용을 자본, 노동과 대체성이 있는 생산요소로 간주한 축차 동태 연산가능 일반균형모형을 사용하여 최종 처분부담금 요율 인상에 따른 경제 및 환경적 영향을 분석하였다. 처분부담금 도입과 무관하게 경제의 현 추세와 폐기물 정책의 기조가 유지된다면 폐기물 발생량이 빠른 속도로 증가하지만, 최종처분량의 감소속도가 이를 따라잡지 못하기 때문에 잔존 매립지는 대폭 고갈될 것으로 전망된다. 처분부담금 도입을 통하여 폐기물 최종처분 감소와 잔존 매립지 보전에 미치는 영향은 비교적 유의하게 나타나고 있다. 처분부담금 연 15% 인상 시나리오에서 2030년에 잔존 매립지는 51%로서 BAU 대비 4.1% 증가하며, 처리량 중 재활용 비율은 8.3%로서 BAU 대비 50% 하락하고 있다. 반면, 처분부담금이 실질 국내총생산에 미치는 영향은 -0.006% 변화로서 받아들일 수 있는 수준이다. 잔존 매립지 고갈의 추세가 뚜렷하여 이를 보전하기 위해서 소각 비중 증대의 허용, 처분부담금 요율 대폭 인상과 동시에 최종처분의 제약에 각 산업이 적응하도록 폐기물 처분서비스 가격이 점진적으로 상승하도록 유도하는 정책이 필요하다고 판단된다.

핵심주제어: 폐기물처분부담금, 폐기물처리서비스, 재활용, 최종처분, 매립, 소각, 연산가능 일반균형 모형, 축차 동태모형, KLWR모형

Abstract: This study applied a recursive dynamic CGE model to analyze the economic and environmental impacts of raising the final disposal charge rate. The model considers waste treatment services and recycling as production factors as well as capital and labor. The results of the BAU model run indicates that waste generation will increase significantly and the final disposal will not decrease, inferring potential rapid depletion of the remaining landfill capacity. In contrast, the final disposal of waste is projected to reduce with the introduction of the disposal charge, which will therefore conserve the remaining landfill

* 본 논문은 대한민국 교육부와 한국연구재단(NRF-2016S1A5B5A07918197)의 지원과 환경부 기후변화 대응 사업(2014001300002)의 지원을 받아 수행된 연구이다. 본 논문은 2018년 10월 한국환경정책학회 추계학술대회와 2019년 2월 한국환경정책학회 춘계학술대회에서 발표된 논문을 수정, 보완한 것임을 밝혀둔다.
** 주저자, 한국외국어대학교 교수
*** 공동저자, KAIST 지속발전연구센터 연구원
**** 공동저자, 호서대학교 글로벌통상학과 교수
***** 교신저자, 서경대학교 금융경제학과 교수

capacity. A 15% annual increase in disposal charges would lead to a remaining landfill capacity of 51% in 2030, which is 4.1% higher than that of the BAU projection. Moreover, the recycling share of the total treated waste would be 50% lower than that of the BAU projection at 8.3%. The impact of disposal charges on the economy would also be mnimal, with only a -0.006% decrease in GDP. However, it is necessary to increase both the incineration share and the disposal charge rate. In addition to these measures, we suggest a need for a policy that implements a gradual rise in the price of waste disposal services by initiating non-price regulatory schemes.

Key Words: Waste Disposal Charge, CGE, Waste Disposal Service, Recycling, Final Disposal, Landfill, Incineration, Recursive Dynamic Computable General Equilibrium Model, KLWR Model

I. 서론

우리나라 폐기물 배출량은 1996년 175,334톤/일에서 2018년 430,713톤/일로 약 2.5배 증가하였다.[1] 폐기물 처리방법별 추세를 보면 재활용은 1996년 대비 4배, 소각은 2배 증가하고 매립은 절반 수준으로 감소하였다. 2018년 기준 재활용 87%, 소각 6%, 매립 7%이다. 전국적으로 매립지가 부족하고 매립에 따른 환경피해가 증대하고 있다. 따라서 매립을 줄이는 것은 자원순환정책에 있어서 최우선 순위라고 할 수 있다. 또한, 소각처리도 2차 오염의 발생으로 인한 피해와 소각로 부지선정에 따른 문제 등으로 조만간 한계에 부딪힐 가능성이 있다. 더구나 최근 중국이 플라스틱 폐기물의 수입을 중단하면서 매립과 소각 등 최종처분을 줄이고 재활용을 증대시키며 폐기물 발생을 감소시키기 위한 정책 개발과 실행이 더욱더 중요해졌다.

폐기물 서비스[2]는 이제 생산요소의 하나로 간주할 수 있다. 왜냐하면, 경제 전체적으로 볼 때 폐기물 서비스의 가용성과 생산성이 산업의 산출량과 수익성을 결정하는 요인 중의 하나이며, 그리고 자본이나 노동, 토지

1) 지정폐기물 발생과 처리는 반영하지 않음.
2) 폐기물 서비스 산업은 재활용산업과 폐기물처리서비스 산업의 두 부분으로 구성되어 있다.

등과 대체관계에 있다고 볼 수 있기 때문이다. 폐기물 매립 용량이 유한한 (폐기물 서비스의 부존이 적은) 국가나 지역에서는 폐기물을 다량으로 배출하는 (즉, 폐기물 서비스 집약적인) 산업은 경쟁력을 유지하기 힘들다. 이것은 자본 노동 등 생산요소의 상대적 부존에 따라 비교우위와 산업구조가 결정되는 것과 마찬가지로 폐기물 서비스라는 생산요소의 부존에 따라 한 국가나 지역의 생산 및 교역 패턴이 결정될 수 있음을 의미한다.

폐기물 최종처분은 토양, 수질, 대기 등에 미치는 환경오염의 유발이라는 환경적 외부성 측면에서뿐만 아니라 매립지와 소각로 부지의 유한성 측면에서 이해되어야 한다. 여러 가지 이유로 인하여서 폐기물 최종처분 서비스의 가격에는 환경적 외부성과 함께 매립지의 고갈이라는 동태적 측면이 충분히 반영되지 못하는 경향이 있다. 폐기물처분부담금제도는 환경적 외부성을 교정하면서 동시에 매립, 소각부지 고갈을 근본적으로 해결하기 위한 제도이지만 현재 시행되고 있는 처분부담금 요율은 이러한 목적을 달성하는 데에는 매우 낮은 요율로 평가되고 있다.

본 연구는 폐기물 서비스를 생산요소로 본 축차동태 모형을 사용하여 폐기물 서비스의 생산요소로서의 측면을 강조하고 이를 폐기물 최종처분량 및 재활용량과 연계하였다. 이러한 모형을 사용함으로써 경제 전체의 변수들과 함께 연동하여 폐기물 발생량과 처리량을 전망하고 최종처분 부담금제도 도입되는 정책 시나리오를 통해 경제적 영향과 폐기물 발생 및 처리량 등에 미치는 영향을 분석하고 폐기물관리 정책의 시사점을 도출할 수 있다. 또한, 재활용과 최종처분 그리고 자본 및 노동의 대체를 설정함으로써 폐기물 처분부담금과 같은 폐기물서비스의 가격변화 충격에 대하여 경제 전체가 어떻게 반응하는지를 분석할 수 있도록 구성되어 있다는 점이 본 연구의 차별화된 특징이다.

Ⅱ. 폐기물 산업과 처분부담금

1. 재활용, 폐기물 처리서비스 산업의 정의

본 연구에서의 폐기물 산업은 2010년 산업연관표의 분류에 따라 재활용산업[3]과 폐기물처리서비스 산업[4]의 두 개로 구분되어 모형에 포함되어 있다. 본 연구는 재활용산업의 산출량과 재활용량을, 그리고 폐기물처리서비스산업의 산출량과 폐기물 최종처분량을 연결하여 분석하고 있다.

폐기물재활용업의 내부 구조를 보자. 폐기물재활용업은 최종재활용업, 중간재활용업, 종합재활용업 등으로 구성되어 있다(〈표 1〉 참조).[5] 폐기물재활용업 내부의 물질 흐름을 보면 배출산업→ 중간재활용업→최종재활용업의 방향으로 이동하여 최종재활용업에서 최종적으로 재활용이 되는 구조로 볼 수 있다.[6] 즉, 동일한 양의 폐기물이 배출산업에서 중간재활용업을 거쳐 중간처리된 후 최종재활용업으로 이동하여 최종적으로 재활용되는 것으로 볼 수 있다. 이렇게 보면 폐기물 중간재활용업과 폐기물 최종

3) 산업연관표에서 자원재활용서비스업은 "잔폐물 및 재활용 물질을 수입 판매하는 활동과 재사용 및 재생에 이용할 수 있는 상태로 만드는 산업 활동"을 말한다.

4) 산업연관표에서 폐기물 처리업은 "가정 및 사업장에서 발생하는 폐기물을 수집운반, 처리 및 처분하는 사업 활동과 폐기물, 스크랩, 기타 폐품 등을 처리하여 재생용의 금속 또는 비금속 원료 물질로 전환하는 산업 활동"을 말한다. 기본분류에서 처리산업은 공공, 민간부문 두 산업으로 구분되어 있지만 본 연구에서는 이를 모두 통합하였다.

5) 폐기물관리법 제25조에 따른 폐기물처리업의 분류와 그 정의는 다음과 같다. 1. 폐기물 수집·운반업: 폐기물을 수집하여 재활용 또는 처분 장소로 운반하거나 폐기물을 수출하기 위하여 수집·운반하는 영업, 2. 폐기물 중간처분업: 폐기물 중간처분시설을 갖추고 폐기물을 소각 처분, 기계적 처분, 화학적 처분, 생물학적 처분, 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 중간처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 방법으로 중간처분하는 영업, 3. 폐기물 최종처분업: 폐기물 최종처분시설을 갖추고 폐기물을 매립 등(해역 배출은 제외한다)의 방법으로 최종처분하는 영업, 4. 폐기물 종합처분업: 폐기물 중간처분시설 및 최종처분시설을 갖추고 폐기물의 중간처분과 최종처분을 함께 하는 영업, 5. 폐기물 중간재활용업: 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업, 6. 폐기물 최종재활용업: 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항에 따라 재활용하는 영업, 7. 폐기물 종합재활용업: 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간재활용업과 최종재활용업을 함께 하는 영업

6) 종합재활용업은 중간재활용업과 최종재활용업을 겸하는 업종이다.

재활용업은 완전한 보완관계라고 할 수 있다. 따라서 폐기물 재활용산업 산출(폐기물중간재활용업 산출과 폐기물최종활용업 산출의 합)은 폐기물 재활용량(재활용된 폐기물의 물리적 양)과 비례관계인 것으로 간주할 수 있다.

〈표 1〉 산업연관표 폐기물 산업과 법정 폐기물 처리산업 비교

구분	385 분류 산업연관표	법정 폐기물 처리산업	본 연구
282	하수 폐수 및 분뇨처리(국공립)	해당 없음	수도 및 폐수처리
283	하수 폐수 및 분뇨처리(산업)		
284	폐기물 수집 운반 및 처리(국공립)	폐기물 수집·운반업 폐기물 중간처분업 폐기물 최종처분업 폐기물 종합처분업	폐기물 처리서비스
285	폐기물 수집 운반 및 처리(산업)		
286	자원재활용서비스	폐기물 중간재활용업 폐기물 최종재활용업 폐기물 종합재활용업	재활용 서비스

자료: 한국은행(2014) 및 폐기물관리법 제25조

한편, 폐기물 처리서비스산업은 〈표 1〉에서 보듯이 수집운반업, 중간처분업, 최종처분업, 종합처분업으로 구성되어 있다. 물질흐름은 배출산업→수집운반업→중간처분업→최종처분업으로 이동할 것이다.[7] 그런데 재활용업 내부에서의 물질흐름과는 달리 이 흐름상의 폐기물 양이 동일하다고 보기 어렵다. 왜냐하면, 중간처리업은 그 속성상 폐기물의 양을 감량하는 경우가 많고 따라서 최종처분량을 줄이는 효과가 있기 때문이다. 그러므로 폐기물 중간처리업은 최종처분업과 완전한 보완관계가 아니라 상당한 수준의 대체관계에 있을 개연성이 높다. 또한 폐기물수집운반업은 폐기물 중간처리업이나 최종처분업에만 그 서비스를 공급하지 않고 배출사업으로부터 폐기물을 인수하여 재활용업이나 최종처분업으로 전달하는 역할을 할 것이다. 따라서 이 업종도 최종처분업과 완전한 보완관계에 있다고 보기 어렵다. 이상을 종합하여 판단하면 폐기물 처리업의 산출량(수집운반업, 중간처분업, 최종처분업의 산출량 합계)이 최종처분량(최종처

7) 종합처분업은 중간처분업과 최종처분업을 겸하는 업종이다.

분되는 폐기물의 물리적 양)과 비례 관계에 있다고 보기는 어렵다고 판단된다. 최종처분서비스의 가격이 상승 추세인 점을 고려하여보면[8] 최종처분서비스 가격의 상승은 대체관계로 인하여 폐기물 처리서비스산업 내에서 최종처분 산업의 비중 감소를 가져올 것이다. 그러므로 폐기물 최종처분량의 폐기물 처리서비스산업의 산출 대비 비중(원단위)은 감소 추세일 것이다. 실제로 폐기물처리서비스 산업의 처리서비스 매출액 대비 최종처분량의 비중, 즉 원단위는 하락하고 있으며, 이는 뒤집어서 말하면 최종처분량의 처분 단가는 상승하고 있는 것으로 해석된다. 본 연구에서는 재활용산업의 산출은 재활용량과 비례관계 있는 것과(즉 원단위가 불변) 그리고 폐기물 처리서비스 산업의 경우 최종처분량의 폐기물 처리서비스 산업 산출량에 대한 비중(원단위)이 감소 추세인 것으로 가정했다.[9]

2. 처분부담금제도[10]

2018년부터 「자원순환기본법」에 따라 폐기물처분부담금이 시행되고 있다. 폐기물처분부담금은 "순환 이용할 수 있음에도 불구하고 소각 또는 매립의 방법으로 폐기물을 처분하는 경우" 최종처분되는 폐기물에 대해 처분량에 비례해 부과함으로써 재활용 등 순환이용을 촉진하고 처녀자원의 사용량을 억제하고자 하는 경제적 유인제도이다. 폐기물 처분부담금 제도는 폐기물 유형, 처리 방법, 성상(가연성, 불연성)에 따라 부과하는 요

8) 미디어SR(2019).

9) 2009~2017년 폐기물 최종처분량, 폐기물 재활용량, 폐기물처리서비스산업 매출액, 재활용산업매출액 데이터로 분석하여보면 최종처분량/폐기물처리서비스산업 매출액의 비율은 뚜렷이 하락하고 있다. 단순회귀분석 결과를 보면 다음과 같다. $I_D = -0.3094t + 626.2\,(R^2 = 0.9871)$, 단 ID는 폐기물처리서비스산업의 최종처분량 집약도이고 t는 연도임. 반면, 재활용량/재활용산업매출액 비율은 일정한 수준을 유지하고 있다. 단순회귀분석 결과를 면 다음과 같다. $I_R = 0.0825t - 150.85\,(R^2 = 0.0085)$, 단 IR은 재활용산업의 재활용량 집약도이고 t는 연도임.

10) 처분부담금은 최종처분량에 부과되는 부담금이다. 최종처분에 수반되는 비용은 매립수수료, 소각 수수료 등이 있으며 최종처분부담금은 여기에 추가로 정부가 부과하는 부담금이다.

율에 차이가 있으며 매년 환경부 장관이 산정지수를 고시하여 물가상승률을 반영하게 되어있다. 처분부담금의 현행 요율은 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 폐기물처분부담금 부과요율 (2020.01월 기준)

폐기물 유형		요율	
		매립하는 경우	소각하는 경우
1. 생활폐기물		kg당 15원	kg 10원
2. 사업장폐기물 (건설폐기물 제외)	불연성	kg당 10원	-
	가연성	kg당 25원	kg당 10원
3. 건설폐기물		kg 30원	kg당 10원

자료: 한국환경공단(2020)

Ⅲ. 선행연구

본 연구는 폐기물 정책이 경제와 폐기물 발생과 처리에 미치는 영향을 CGE 모형을 사용하여 분석하고자 하고 있다. 이와 유관한 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

1. 폐기물 부문 및 처분부담금 관련 국내 선행연구

백민지 등(2015)은 산업연관표를 이용하여 폐기물처리 및 자원재활용 서비스 부문에서 생산 혹은 투자가 1원 외생적으로 증가하면 경제 전체적으로 생산이 1.9324원 (부가가치는 0.7217원) 증가하는 것으로 분석했다. 환경부(2015)는 전문가 대상 설문 조사를 바탕으로 최종처분부담금 부과에 따른 매립-재활용 탄력도를 계산한 후 부담금부과의 사회적 편익과 세수를 계산하였다.

박진규·김란희·이남훈(2018)은 유럽에서 매립세 도입이 폐기물처리에 미치는 영향을 문헌적으로 분석하고 이로부터 우리나라 폐기물 처분부담금제도의 정책적 시사점을 논하였다. 유럽에서 도입한 매립세 도입은 폐기물 매립량을 감소시켰으나 폐기물 발생량 감소에는 영향을 미치지 못했

다. 유럽 사례와 같이 효과적으로 매립량을 줄이기 위해서는 향후 매립세율의 단계적 인상이 필요하며 세율의 산정은 매립처분의 외부성이 반영이 필요하다고 보았다. 국내에서 자원순환기본법 시행과 함께 폐기물처분부담금이 적용되어 폐기물처리 형태도 변화될 것으로 예상하지만, 국내 재활용 시장의 한계와 재활용 기술개발 및 상용화에 많은 시간이 필요하므로 매립량 감소와 재활용 비율의 증가는 한계가 있을 것으로 보았다. 이러한 분석은 경제학적으로 말하자면 폐기물 최종처분과 재활용 간의 대체탄성치가 그리 높지 않을 것이라고 해석할 수 있다.

이효창·김금수(2018)는 정태적인(static) ORANI CGE 모형을 사용하여 폐기물처분부담금으로 인한 산업별 생산, 고용 효과를 분석하였다. 기업의 생산함수 구조에서 본원 요소로 폐기물 처리서비스와 재활용 서비스를 고려하여 두 투입요소의 대체관계를 반영하였다. 분석결과 처분부담금 도입이 각 산업의 산출에 미치는 영향은 미미하지만 1차 금속 산업, 용수 및 폐수처리 산업 및 재활용산업이 부담금에 의해 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이효창·김금수(2018)는 자본, 노동, 폐기물처리서비스, 재활용서비스 등을 생산요소로 간주한 일종의 KLWR(Capital-Labor-Waste-Recycling) 모형을 사용하여 최종처분과 재활용의 대체관계를 포함하고 있으나 그런데도 재활용산업의 산출량을 외생적으로 증가시키는 설정을 주고 있다. 또한, 폐기물 모듈을 구축하지 않아서 경제적 영향만을 분석하고 폐기물의 발생량, 재활용량, 최종처분량에 미치는 영향은 분석하지 않고 있다.

2. 폐기물 부문 및 처분부담금 관련 해외 선행연구

Okushima and Yamashita(2005)는 CGE 모형을 통해 일본의 산업폐기물세(매립세)가 각 산업의 생산, 폐기물 배출량 및 재활용량에 미치는 효과를 분석했다. 이들은 산업을 14개 부문의 일차제품산업(primary industry), 4개 부문의 에너지산업, 그리고 7개의 재활용산업(secondary industry)으로 구분하였으며 일차제품산업과 재활용산업은 대체성을 가지고 경쟁한

다. 최종처분단계에서 부과되는 산업폐기물세는 원자재산업제품의 가격을 상승시키며 이는 대체효과를 통해 재활용제품의 수요를 증가시키는 것으로 보았다. 그러나 이 연구는 폐기물 처리서비스나 재활용처리서비스산업이 별도로 존재하여 생산요소의 하나로 설정하는 방식을 취하지는 않고 일차제품-재활용품 복합재라는 개념을 설정하여 복합재 내의 일차제품과 재활용품 간의 대체관계를 설정하였다. 산업폐기물세는 일차제품산업만이 부담하는 것으로 설정하였다.

Bateling et al.(2005)은 정태적인 폐기물 CGE 모형을 사용하며 1995년 이후 시행되고 있던 네덜란드의 매립세에 대한 시나리오별 영향분석을 시도하였다. 이 연구는 기존의 산업에 매립, 소각, 재활용, 폐기물 수집 등을 추가한 투입산출표를 작성하였다. 원재료 생산부문, 8개의 재화와 서비스를 생산하는 생산부문, 재활용부문, 폐기물수집부문, 폐기물 최종처분 부문의 5개 부문으로 구성되어 있다. 이 연구의 특징은 화폐단위로 표시되지 않는 폐기물 부문을 화폐단위로 표시되는 다른 부문과 같이 일종의 투입산출표를 작성하여 이를 바탕으로 분석하였다는 것이다. 따라서 이 모형은 일반적인 CGE 모형을 이용하여 폐기물 관련 분석을 한 것이 아니고 폐기물 분석을 위한 별도의 투입산출표를 작성하였으므로 '폐기물 CGE'라고 부를 수 있겠다. 여기서는 자본, 노동, 재활용, 최종처분, 폐기물 수집 등으로 구성된 CES(Constant Elasticity of Substitution, CES) 복합재를 구축하여 사용하고 있으며 본 연구와 유사하다고 할 수 있다. 시나리오 분석결과 매립세율이 높을수록 매립 감소와 재활용 및 소각 증대를 보여주었다.

Wiebelt(2001)는 1990년대 남아프리카 공화국 광산부문에서 발생하는 유해 폐기물 관리 정책의 일반균형효과를 분석하였다. 동 연구는 충격을 광산품에 대한 세율 상승으로 주었으며 이는 광산품 산출량을 감소시켰으나 반면 조립금속 및 기계, 건설 등은 폐기물처리 관련 투자수요의 증가로 제품의 산출량이 증가하는 것으로 분석되었다. 동 연구는 폐기물처리부문이 없고 재활용부문은 있지만, 레온티에프(Leontief) 함수형태로 처리되어

폐기물처리와 재활용 혹은 자본 및 노동과의 대체관계는 반영하지 않고 있다.

Masui et al.(2000)은 폐기물 발생과 처리가 고려된 다(多) 부문 거시경제 모형을 구축하여 산업의 최적화 행태를 가정하여 재활용 촉진 정책의 경제적, 환경적 파급효과를 분석하였다. 해당 연구의 특징은 폐기물의 매립 제약을 고려하였으며 폐기물이 재활용되어 다시 시장으로 공급되는 경로를 고려하였다는 점이다. 연구결과 매립지가 부족하지 않은 시나리오에서는 소각이 매립을 대체하였고 매립공간이 심하게 부족한 시나리오에서는 폐기물 매립비용의 상승으로 인해 재활용의 비중이 증가하였다. 그러나 Masui et al.(2000)은 폐기물 부문을 별도로 분류하지 않았고 각 산업 산출 등의 활동도 데이터를 이용하여 발생량을 추정하는 방식을 사용하였다. 그러므로 이러한 연구방법은 처분부담금과 같이 폐기물 부문에 직접 적용되는 가격 충격을 통하여 폐기물 최종처분의 감소와 재활용의 증가를 의도하는 정책의 효과를 분석하는 용도로는 적합하지 않다. 또한, 동 연구는 가격 변수가 명시적으로 도입되지 않은 공학적 모형으로서 시장균형과 가격요인의 고려가 어려운 모형이기도 하다.

Sjöström and Östblom(2010)은 스웨덴의 경제성장과 폐기물 발생량의 탈동조화(Decoupling)를 달성하기 위한 폐기물 집약도 개선 정도를 계산하였다. 그러나 Sjöström and Östblom(2010) 역시 폐기물 부문을 별도로 분류하지 않았으며 처분부담금과 같이 폐기물 최종처분의 감소와 재활용의 증가를 의도하는 정책의 효과를 분석하는 용도로는 충분히 적합하지 않다.

Sigman(1996)은 노동, 자본, 에너지, 원재료, 그리고 폐기물을 생산요소로 하는 생산함수(KLEMW: Capital-Labor-Energy-Material-Waste) 모형을 설정하고 이로부터 폐기물 수요함수를 실증적으로 추정하였다. Sigman(1996)의 연구는 실증모형이지만 이 개념을 연산가능 일반균형모형에 적용할 수 있다.

3. 선행연구의 본 연구에 대한 시사점

본 연구는 Sigman(1996), Bartelings et al.(2005) 연구와 같이 자본과 노동에 부가하여 폐기물이나 재활용산업들을 대체성을 가진 생산요소로 취급하는 모형을 구축하고자 한다. 그러나 Sigman(1996)은 통계적 모형이고 Bartelings et al.(2005)은 정태 CGE 모형이다. Masui et al.(2000)은 잔존 매립량을 고려한 동태적 관점에서 모형을 구축하였으나 경제학적 모형이라기보다는 공학적 모형에 가깝다. 이효창·김금수(2018)는 폐기물 부문과의 연계성이 부족하였다. 본 연구는 기존 연구들의 장점을 종합하여 KLWR 축차 동태 CGE 모형에 폐기물 모듈을 부가한 모형의 구축을 시도하였다.

CGE 모형은 정책의 일반균형적 효과를 파악할 수 있으므로 부분균형모형에 대비하여 우수하다. 그러나 폐기물 정책을 CGE 모형으로 분석하는 것은 그동안 많이 시도되지 않았다, 그 이유 중 하나는 유의미한 통계의 부족, 경제변수와 폐기물 물량 지표와의 연계의 부정합성, 그리고 처분부담금의 규모가 작아서 그 영향이 사소하다는 점 등이다. 그러나 최근에는 각국에서 산업연관표상 폐기물 관련 산업이 집계되면서 유의미한 CGE 분석들이 나오고 있다. 또한, 폐기물 정책의 경제적 산업적 영향 이외 최종처분량, 재활용량, 발생량 등에 미치는 영향을 중심으로 분석하는 것이 가능해졌다.

본 연구는 폐기물 산업 내부의 구조를 감안한 폐기물 모듈을 적용하여 경제변수와 폐기물의 물리적 양을 연계하였으며 KLWR 모형을 통하여 처분부담금 등 가격적 요인들이 폐기물 처리방식 간의 선택, 그리고 자본 및 노동 등 생산요소와의 선택에 미치는 영향을 모형화하였다. 이러한 모형화는 부분균형적인 계량경제 모형이나 공학적 모형, 그리고 정성적 방법 등을 통하여서는 달성하기 어려우며 이것이 축차동태 KLWR CGE 모형을 방법론으로 채택한 이유이다.

Ⅳ. 연구방법

1. 본 연구의 내용과 특성

1) KLWR CGE 모형

본 연구는 폐기물처리서비스 산업과 재활용산업을 자본, 노동과 같이 생산요소의 하나로 취급한 자본-노동-폐기물처리서비스-재활용서비스(KLWR: Capital-Labor-Waste-Recycle) 모형이라고 할 수 있다. 처분부담금은 조세의 일종으로 가격에 영향을 주고 조세가 부과된 산업의 수요를 감소시키겠지만 이는 대체재의 수요를 증대시킬 수도 있다. 보통의 CGE 모형에서 자본, 노동 등은 본원 생산요소로 취급되면서 대체성이 허용되어 CES 함수 등의 형태를 가진다. 그러나 여타의 상품은 대체성이 없는 레온티에프 함수 형태를 가지고 있어 가격 변동에 따른 투입물의 대체가 허용되지 않는다. 가격효과를 분석하기 위한 용도로서는 폐기물처리서비스와 재활용서비스를 자본, 노동과 마찬가지로 CES 생산함수가 적용되는 생산요소의 하나로 보고 구축한 모형이 적합하다. 위에서 소개한 선행연구 중에서는 이런 측면에서만 보자면 Bartelings et al.(2005)과 유사하며, 통계적 연구이기는 하지만 KLEMW 모형을 구축한 Sigman(1996)과 같은 개념적 틀을 가지고 있다고 할 수 있다. 본 연구는 KLWR 모형으로서 폐기물처리서비스산업과 재활용산업은 폐기물 CES 복합재를 구성하며 이 복합재가 다시 자본-노동 CES 복합재와 결합하여 다시 폐기물-본원 요소 복합재를 구성하도록 설정하였다.

본 연구는 KLWR 모형으로서 생산요소로서의 폐기물처리서비스-재활용-노동-자본의 대체관계를 명시적으로 고려하고 있다. 이를 좀 더 구체적으로 설명하면 다음 식 (1)과 같다.[11] 산업의 산출은 아밍턴(Armington) 중간 복합재(X_S)와 폐기물처리 복합재-본원요소 복합재($XPRIM$)의 Leontief 함수로 식 (1)과 같이 구성된다. c는 상품, s는 수입 및 국산, i는

11) Horridge(2013).

산업을 의미한다.

$$
\begin{aligned}
&X(i) = \min[X_S(c,i), XPRIMW(i)] \\
&X(i) = i\text{산업 산출} \\
&X_S(c,i) = i\text{산업의 } c\text{상품 중간 복합재} \\
&XPRIMW(i) = i\text{산업의 폐기물처리} - \text{본원요소 복합재}
\end{aligned} \tag{1}
$$

식 (2)는 폐기물처리 복합재와 본원요소 복합재 CES 함수를 표시한 수식이다. 본원요소 복합재는 자본, 노동 등 생산요소들의 CES 복합재이다.

$$
\begin{aligned}
&XPRIMW_i = (\delta_i [XPRIM_i]^{-\rho} + (1-\delta_i)[WASTE_i]^{-\rho})^{-1/\rho} \\
&XPRIMW_i = i\text{산업의 폐기물처리} - \text{본원요소 복합재} \\
&XPRIM_i = i\text{산업의 본원요소 복합재} \\
&WASTE_i = i\text{산업의 폐기물처리복합재} \\
&\delta_i = \text{배분파라미터} \\
&\rho = \text{대체탄력성파라미터 } (\sigma = 1/(1+\rho))
\end{aligned} \tag{2}
$$

식 (3)은 폐기물처리 복합재 CES 함수를 표시한 수식이다. 폐기물처리 복합재는 폐기물처리 서비스와 재활용 서비스의 CES 복합재이다.

$$
\begin{aligned}
&WASTE_i = (\delta_i [disposal\ service_i]^{-\rho} + (1-\delta_i)[recycle\ service_i]^{-\rho})^{-1/\rho} \\
&WASTE_i = i\text{산업의 폐기물처리 복합재} \\
&disposal_i = i\text{산업의 폐기물처리 서비스} \\
&recycle_i = i\text{산업의 재활용서비스} \\
&\delta_i = \text{배분파라미터} \\
&\rho = \text{대체탄력성파라미터} (\sigma = 1/(1+\rho))
\end{aligned} \tag{3}
$$

본 모형에는 각 산업의 생산함수와 이윤극대화조건을 통하여 도출된 수요함수를 통하여 기업의 폐기물처리서비스와 재활용서비스의 투입량을 결정하는 미시적 의사결정 구조가 명시적으로 구현되어 있다. 예를 들면 처분부담금 요율이 인상되면 폐기물 처리서비스의 수요함수에서 가격상승으로 인하여 수요가 감소하며, 대체재인 재활용 수요함수에서는 대체탄성치로 표현되는 대체효과를 통하여 수요가 증가한다.

또한, 가계소비는 하나의 대표적 소비가계(Representative consuming

household)가 존재한다고 가정하며 가계는 주어진 예산제약에서 최적의 상품 묶음을 선택하여 효용을 최대화한다. 식 (4)는 이 효용함수를 식으로 표현한 것으로 ORANI 모형에서 효용함수는 Klein-Rubin 효용함수를 가정하고 있다.[12] Klein-Rubin 효용함수는 가계 소비지출을 사치재(Luxury)와 필수재(Subsistence)로 구분하여 소비하는 행태를 반영한다. 폐기물 처리서비스도 재화(국산재와 수입재의 아밍톤 복합재)의 하나로 효용함수를 구성하고 있다.

$$U = \prod_i (X3_S(i) - \psi_i)^{\beta_i}$$
$$X3_S(i) = \text{아밍턴 복합재}$$
$$\psi_i = \text{필수소비량} \qquad (4)$$
$$\beta_i = \text{한계 예산 비중}\ (the\ marginal\ budget\ shares)$$

본 모형에서는 폐기물 처리서비스에 대한 수요는 가계의 효용함수와 효용극대화조건을 통하여 유도된 수요함수를 통하여 명시적으로 고려되고 있으나 재활용서비스는 포함되어 있지 않다. 그 이유는 산업연관표의 편제상 산업에 대한 투입만 존재하고 가계에 대한 최종수요로는 발생하고 있지 않기 때문이다. 따라서 가계소비에서 폐기물처리서비스와 재활용의 대체관계는 고려하지 않고 있다. 처분부담금 요율 인상은 폐기물 처리서비스 가격을 인상해 처리서비스 수요를 감소시킨다.

한편, 본 모형은 일국 개방경제 모형으로서 내수시장에서는 수입재와 국산재가 전술한 바와 같이 아밍톤 복합재로 대체 경쟁 관계에 있는 것으로 설정하였다. 그리고 수출은 수출함수가 설정되어 있으며 환율과 수출가격이 주요한 변수 중 하나이다. 그리고 재정 측면에서는 총 정부지출이 총 가계소비와 비례관계에 있도록 설정을 하였고 정부지출은 조세수입과 독립적으로 결정된다.

12) Horridge(2013).

2) 폐기물 발생, 처리량 계산과 폐기물 모듈

본 연구의 또 다른 특징은 폐기물 모듈을 설정하여 폐기물 발생량과 처리량을 추정하고 있다는 점이다. 이를 위하여서는 기준년도 폐기물 발생량과 처리량 데이터를 본 연구에서 사용된 산업 분류에 맞게 재분류하고 다시 정리하여 산업별 폐기물의 발생량과 처리량(재활용 및 최종처분량)을 나타내는 기준년도 폐기물 처리행렬을 작성할 필요가 있다.[13] 이 값들을 산업별 폐기물처리서비스 투입량으로 나누어주면 폐기물처리서비스의 산업별 투입의 최종처분량 원단위가 계산된다. 이 원단위들을 외생변수로 간주하면 기준년도 이후의 중량으로 표시되는 폐기물처리량은 산업별 폐기물처리서비스상품 투입량과 재활용상품 투입량에 원단위를 곱한 값을 합산하여 계산된다. 산업, 처리방식별 폐기물은 식 (5)에 의하여 계산된다.

$$
\begin{aligned}
&W_{ij} = A_{ij} X_{ij} \\
&\text{여기서} i = \text{폐기물처리방식(최종처분,혹은재활용)} \\
&j = \text{산업혹은최종수요} \\
&W_{ij} = i\text{처리방식에 의한 } j\text{산업의 폐기물처리량} \\
&X_{ij} = j\text{산업/최종수요에 대한 } i\text{폐기물산업의 투입량} \\
&A_{ij} = j\text{산업/최종수요에 대한 } i\text{폐기물산업의 투입량의 원단위}
\end{aligned}
\tag{5}
$$

이 식을 근거로 하여 기준년도의 폐기물 재활용량 최종처분량에 본 CGE 모형의 재활용산업과 폐기물처리산업의 투입량과 최종수요량의 변화율을 적용하여 폐기물의 재활용량과 최종처분량을 계산할 수 있다.[14]

---

13) 각 산업의 폐기물 자가처리는 폐기물 처리서비스 산업의 중간투입으로 잡히지 않고 개별 산업의 비용 항목으로 잡힐 것이기 때문에 산업연관표에서는 파악되지 않는다. 본 연구의 기준연도 폐기물은 국가 통계와의 비교를 위하여 총량을 일치시켰다. 단, 처분부담금 대상이 되는 폐기물 최종처분량은 2010년 자가처리 비중을 적용하여 자가처리를 제외하여 부담금을 계산하였다.

14) 다른 방법으로 산출량 중심의 활동도 지표의 CGE 결과치에 원단위를 적용하여 폐기물 발생량을 계산하는 것이다. 이러한 방식은 구체성이라는 점에서 장점이 있다. 즉, 성상별 폐기물 종류별 계산이 가능하다. 그러나 큰 단점이 있다. 본 연구는 폐기물 처리산업과 재활용산업을 생산요소로 간주하고 있는데 이 산업의 각 산업의 투입액으로부터 산업별 폐기물 발생량을 구할 수 있어야 논리적으로 정합성이 있다. 그런데

그러나 원단위가 안정적으로 고정되어 있는지에 대한 검토가 필요하다.

2010~2017년 7년간의 추세를 검토하여 보면 이러한 방식으로 예측된 재활용량과 실제의 재활용량이 거의 일치한다. 즉, 재활용산업의 원단위는 안정적이라고 볼 수 있다. 하지만 실제 최종처분량은 폐기물처리서비스업의 예측치로부터 추정된 최종처분량 예측값보다 상당히 작은 것으로 나타났다. 그 이유는 다음의 세 가지를 들 수 있다. 첫 번째, 폐기물 매립지나 소각로 부지 등의 제약이 존재하는데 모형에서는 반영되지 않고 있기 때문이거나, 두 번째, 폐기물 처리서비스산업 내의 중간처리서비스산업의 비중이 증가한 결과이거나, 세 번째, 혹은 폐기물 처분을 억제하는 환경규제의 영향일 수 있다.[15] 이러한 요인들을 제대로 해결하기 위하여서는 폐기물처리서비스 산업을 다시 폐기물 최종처분서비스산업, 폐기물 중간처분산업, 폐기물 수집운반업 등으로 다시 세분류하고 매립지의 제약으로 명시적으로 고려한 폐기물 동태모형을 구축하여 이를 CGE 모형 내에 통합하여야 한다.

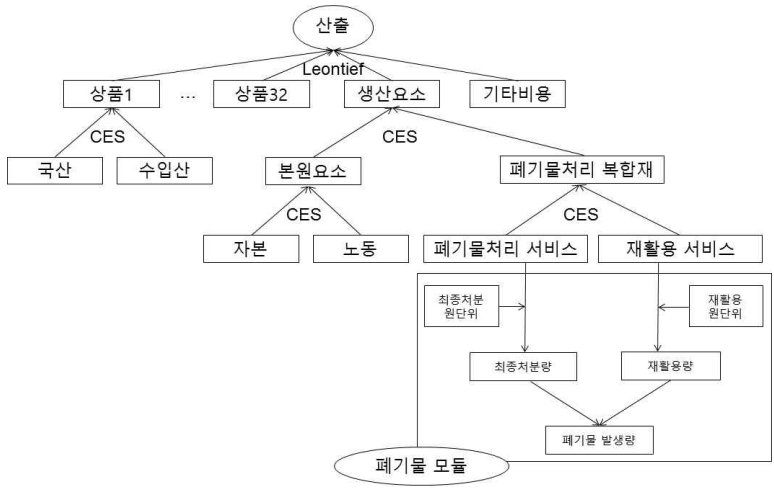
본 연구에서는 이러한 요인들을 고려하여 폐기물처리서비스산업의 산출과 폐기물 최종처분량과의 관계를 규정하기 위하여 폐기물처리서비스산업의 원단위가 시간에 걸쳐 지수적으로 감소하도록 설정하였다.[16] 〈그림 1〉은 설정된 폐기물 모듈을 포함한 KLWR CGE 모형으로서 후술하는 축차 동태모형 부분을 제외한 모형의 정태적 구조(생산함수)를 보여주고 있다.

활동도 지표에 의하여 발생량과 처리량을 계산하는 방식을 적용하면 처분부담금의 적용에 따른 발생량 저감효과를 제대로 측정하기 어렵다. 또한, 이러한 방식으로 처리량이나 재활용량을 계산하면 본 연구의 가장 큰 특징인 KLWR 모형에서 폐기물 처분과 재활용의 대체관계를 충분히 반영하는 것이 불가능하다.

15) 예를 들면 매립을 억제하거나 금지하는 정책, 플라스틱 매립금지 등의 직접규제들이 있을 수 있다. 그 외에 폐기물관련 법과 규제 때문에 폐기물의 처분에 따른 실효적 비용이 커질 수도 있다.

16) 2017년 예측치와 실제 값이 일치하도록 지수함수를 설정하여 구한 폐기물처리서비스 산업의 최종처분량 원단위 식은 다음과 같다.
$A_d(t) = A_d(0)e^{-0.03458383542t}$, 여기서 d는 최종처분($disposal$)을 의미

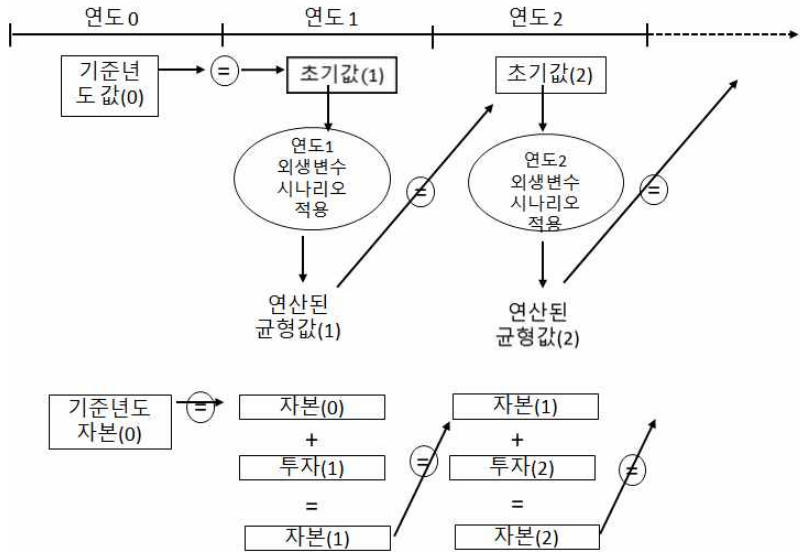
〈그림 1〉 모형의 정태적 구조 (KLWR CGE 모형과 폐기물 모듈)



3) 축차 동태모형

본 연구의 또 다른 특징은 동태모형이라는 것이다. 축차 동태모형(Recursive Dynamic Model)은 매기마다 정태균형이 존재하며 동태균형은 정태균형들이 연결되어 이루어진다. 차기 자본축적은 당기의 산업별 투자로 결정된다. 당기의 기대수익률은 적응적 조정과정(adaptive adjustment process)을 통해 전기 기대수익률과 당기 수익률의 가중평균으로 계산된다. 이렇게 계산된 당기 기대수익률과 장기적 추세수익률의 차이가 당기의 투자와 자본축적을 결정하는 구조로 되어있다. 이러한 과정은 각 기의 균형수익률이 정기적 추세수익률에 축차적으로 수렴해가는 과정이라고 말할 수 있다. 매기의 균형은 이러한 동태적 과정 이외에 시나리오에 의하여 설정된 외생변수의 변화를 반영하여 균형 값이 결정된다. 축차 동태모형의 이러한 구조를 관계를 도시한 것이 〈그림 2〉이다.

〈그림 2〉 본 모형의 축차 동태적 구조



2. 데이터

본 연구에서 사용된 데이터는 기준년도 데이터로 사용되는 2014년 한국은행에서 발표한 2010년 산업연관표의 기초가격 거래표이다. 부속 표의 순생산물세, 고정자본형성표 등은 5년마다 제공되기 때문에 현재로서는 2014년에 발표한 2010 산업연관표가 최신데이터라고 할 수 있다.[17] 본 연구에서는 폐기물처리, 재활용서비스를 별도로 분리하여 독립된 부문으로 추가함으로써 기존의 30개 부문 산업 분류를 32개 부문으로 재분류하였다. 이를 위해 산업연관표의 161개 소분류를 상향식(bottom-up approach)으로 통합(aggregation)하거나 부문별 분류가 되어있지 않은 고정자본형성표, 조세표의 경우는 하향식(top-down approach)으로 분해(disaggregation)하였다. 상품, 산업 분류는 〈부록〉의 〈부표 1〉과 같다. 농

17) 2015년 산업연관표가 발표되었지만 본 연구에서는 이를 활용하지 않고 2010년 산업연관표를 사용하였다. 처분부담금이 2018년도부터 도입(본 연구에서는 2019년부터 도입되는 것으로 처리)되었으므로 2010년 산업연관표를 사용하여도 큰 무리가 없다고 보았기 때문이다.

업 1개, 제조업 14개, 건설, 전력 등 인프라 관련 3개, 서비스 12개 그리고 본 연구의 중점 분석 부문인 폐기물 처리서비스와 재활용 서비스를 별도로 구분하여 32개 산업과 상품으로 구분하였다.

탄성치 등 모수 값은 이효창·김금수(2018)에서 사용한 값들을 기본으로 몇 가지 수정을 가하였다. 다만, Horridge(2013)가 0.5로 일률적으로 주어졌던 자본-노동간 대체 탄력성은 김성태 등(2011)이 추정하고 이효창·김금수(2018)에서 사용된 산업별 탄성치 값들을 이용하였다.[18] 자본-노동 대체탄성치는 권오상 등(2018) 추정치도 있으나 이는 21년간의 장기탄성치라고 볼 수 있는 값이고 김성태 등(2011)의 값은 4년간의 데이터를 사용하여 추정한 것이므로 단기 값으로 볼 수 있다. 본 모형은 축차 동태모형으로 전체적인 시간 범위는 장기적이지만 매년의 모형에서 투자가 결정되고 이 투자가 다음 연도의 자본을 결정하는 구조로 매년의 모형은 단기모형에 가깝다. 따라서 김성태 등(2011)의 값을 사용하는 것이 더 타당하다고 판단되어 이를 사용하였다.

폐기물-재활용복합재(폐기물 관련 서비스 전체)와 본원 요소 복합재 간의 대체 탄력성 추정치가 많지 않다. 네덜란드 매립세 도입 효과에 대하여 분석한 Bartelings et al.(2005)은 CGE 모형에서 폐기물 산업과 본원 요소 복합재간의 산업별 대체탄성치를 구하였는데 대체로 평균적으로 0.5 수준이었다. 그런데 이 탄성치는 약 8년간의 데이터를 이용하여 추정하였으므로 장기추정치에 가깝다고 볼 수 있다. 본 모형은 단기에 기반을 둔 축차 동태모형이므로 이보다는 훨씬 작은 값이 타당할 것이다. 따라서 본 모형에서는 에너지복합재의 모형에 주로 사용되는 본원 요소-에너지복합재 간의 대체탄성치인 0.1을 사용하였다.[19] 한편 폐기물처리서비스와 재활

18) 자본-노동의 대체탄성치에 추정에 관한 연구는 김성태 등(2011) 말고도 권오상 등(2018)이 있다. 김성태 등(2011)은 2005~2008년 4년간의 데이터를 사용하였고, 권오상 등(2018)은 1980~2013년 21년간의 자료를 사용하였다. 권오상 등(2018)의 자본-노동 대체탄성치는 평균적으로 1.0 정도이고 김성태 등(2011)에서는 평균적으로 0.5 정도였다. 이 차이는 추정 기간이 대체탄성치의 기간과 연계된다고 볼 때 장단기 탄성치의 차이라고 해석된다.

19) 한택환·임동순·김진태(2019) 및 Yusuf and Resosudarmo(2007) 등.

용서비스 간의 대체탄성치는 환경부(2015)에서 진행한 설문 조사 결과를 따라서 매립과 재활용 간의 탄성치를 폐기물 성상별로 추정을 한 값들의 산술평균인 0.1을 적용하였다.[20] 탄성치에 관한 자세한 수치들은 부록의 〈부표 2〉에 실었다.

본 연구에서 폐기물은 폐기물 지정폐기물을 제외한 생활폐기물(가정, 사업장), 사업장 배출시설계, 건설폐기물을 고려하였으며 폐기물 성상은 구분하지 않았다. 폐기물 모듈의 기준년도 폐기물 최종처분량 및 재활용량은 환경부(2011) '전국 폐기물 발생 및 처리현황'의 2010년도 산업별 폐기물 최종처분, 재활용량을 CGE 모형 산업분류를 기준으로 재분류하여 집계하여 사용하였다. 한편 추가적으로 폐기물처리서비스 및 재활용산업의 원단위 추세 분석등을 위하여서는 해당 자료의 시계열을 확장하여 1996~2017년 자료를 사용하였다.

3. 시나리오의 구성과 충격의 부여

BAU(정책 충격 없는 상황: Business-as-Usual) 시나리오는 노동 부존은 연 0.33% 증가하는 것으로 그리고 총 요소 생산성은 연 1.3% 개선되는 것으로 가정하였다.[21] 초기 기대수익률과 장기추세 수익률은 9%로 Horridge(2002)를 참고하여 동일하게 반영했으며 자본 스톡(stock)의 감가상각률은 3% 적용하였다.[22] BAU에서는 최종처분부담금은 적용되지 않는다. 정책적용 시나리

---

20) 환경부(2015)에서는 설문지 방식으로 교차 탄성치를 0.0041(건설폐기물, 매립 대 재활용), 0.1982(불연성 사업장폐기물, 매립 대 재활용), 0.0544(가연성 사업장폐기물, 매립 대 재활용), 0.4206(생활폐기물, 매립 대 소각) 등으로 추정하였다. 이 탄성치를 설문지로 구할 때의 단기 개념인 것을 고려하더라도 매우 낮은 수치이다. 반면에 생활폐기물에서의 소각과 매립의 교차 가격탄성치는 비교적 높다. 환경부(2015)의 값은 대체탄성치가 아니고 교차 가격탄성치인데 이는 한 재화의 가격을 고정하고 다른 재화의 수량을 고정한 상태에서의 대체탄성치와 같은 개념이다. 따라서 이는 대체탄성치와 직접 비교 가능한 수치이다. 그리고 소각은 매립과 유사한 최종처분의 하나이므로 매립과 재활용의 대체탄성치를 사용하여도 무방하다고 생각된다.

21) 노동 증가는 통계청(2016) 중위 인구 추계, 총 요소 생산성 증가는 국회예산정책처(2016) NABO 장기재정전망 2016의 2010~2030년 전망치를 사용하였다.

22) 실제로는 총수익률과 감가상각률은 산업별로 상이하다. 그러므로 산업별로 상이한

오는 2019년에 최종처분부담금이 처음 적용되어(평균세율 대략 톤당 15,000원) 그 후 매년 요율이 0% 5%, 10%, 15%, 25% 인상되는 시나리오(S1~S5)로 구성하였다(〈표 3〉 참조).[23]

〈표 3〉 시나리오 구성

시나리오	처분부담금 관련 내용	기타 설정
BAU	처분부담금 적용하지 않음	노동: 연 0.33% 증가 총 요소 생산성: 연 1.3% 개선 자본: 감가상각률 3%, 장기추세 수익률: 9%, 초기 기대수익률: 9%
S1(0%)	2019년 처분부담금 도입 이후 세율인상 없음 (톤당 약 1.5만 원)	
S2(5%)	연평균 5% 상승한 처분부담금 반영	
S3(10%)	연평균 10% 상승한 처분부담금 반영	
S4(15%)	연평균 15% 상승한 처분부담금 반영 (2030년 현재 영국 매립세 수준에 근접)	
S5(25%)	연평균 25% 상승한 처분부담금 반영	

경제적 영향은 현실적으로 처분부담금 요율 인상이 가능한 S1~S4 시나리오를 대상으로 분석했으며 분석 기간은 2010~2030년으로 설정했다. 환경적 영향은 최종처분, 잔존 매립지 분석을 위해 S5 시나리오를 추가하였고 분석 기간은 2010~2040년으로 설정했다. 처분부담금제도가 시행되는 정책 시나리오의 충격을 계산하기 위해 2019년에 실제로 부과된 처분부담금을 계산하고 이로부터 2019년의 처분부담금만큼 폐기물처리산업의 중간수요 및 최종수요에 종가세의 형식으로 부담금이 반영되도록 중간투입세율 및 소비세율에 충격을 주었다.[24][25]

수익률을 추정하여 사용하여야 한다. 또한, 장기적 추세수익률도 그 수치의 결정에 따라 결과가 달라질 수 있다. 그러나 산업별 수익률의 추정은 데이터의 정합성 문제로 인하여 시도되지 못하였으며 향후 연구되어야 할 과제이다.

23) 처분부담금 제도는 2018년부터 시행되었지만, 본격적인 징수는 2019년부터 시작되었다고 판단되어 본 연구에서는 2019년부터 처분 부담금액을 부과하였다(기재부 2018년 부담금운용종합보고서, 환경부 2019년, 2020년 예산 각목명세서 세입 내용 참고).

24) 이는 이효창·김금수(2018)의 연구에서 처분부담금을 폐기물처리서비스산업의 생산물세에 부가되는 것과는 상이하다. 본 연구의 방법은 산업별 특성을 좀 더 반영할 수 있으며 또한, 실제로 처분부담금은 배출업체가 부담하고 있는 현실을 반영한 것이기도 하다.

각 시나리오의 산업별 처리서비스업 세율 계산은 아래 식 (6)과 같으며 처분부담금이 도입되는 2019~2030년 BAU와 정책 시나리오 세율변화만큼을 CGE 모형의 정책 시나리오 충격으로 반영한다. 폐기물 처분부담금은 기존의 중간투입에 대한 조세(intermediate tax)에 처분부담금이 부과되는 것으로 계산하고 종량세이지만 종가세인 것으로 간주하여 계산하였다. 기준년도 중간투입세액을 중간투입액으로 나누어주어 이를 중간투입세율로 계산하고 2019년의 처분부담금액을 중간투입액으로 나누어서 2019년 처분부담금의 종가세율을 계산해주고 이를 2010년(기준년도)의 중간투입세율 대비 증가율로 간주하고 이를 기본 시나리오(S1)의 중간투입세율 증가율 충격(shock)으로 간주한다. S2~S4 시나리오는 이 중간투입세율이 매년 5%, 10%, 15%씩 증가하는 것으로 충격을 준 것이다. 기본 시나리오 중간투입세의 변화율(t^{ij}_{mw})은 다음과 같이 정의되고 계산된다.

$$t^{ij}_{mw} = \left(\frac{T^{ij}_m + T^{ij}_w}{V^{ij}_m} - \frac{T^{ij}_m}{V^{ij}_m}\right) \Big/ \frac{T^{ij}_m}{V^{ij}_m} = \frac{T^{ij}_w}{T^{ij}_m} \quad (6)$$

여기서 V는중간투입액, T는종가세,
하첨자m은중간투입세를의미,
하첨자w는폐기물처분부담금,
하첨자i는투입산업,
하첨자j는폐기물처리서비스가투입되는산업

위의 각 시나리오 중간투입세율 변화율 식은 폐기물 처리서비스산업 중간투입의 중량표시 물량의 폐기물처리서비스산업의 중간투입액에 대한 비율, 즉 원단위가 불변이라는 암묵적 가정하에 성립하는 식이다. 그런데 우리는 전술한 바와 같이 폐기물 처리서비스산업의 원단위가 지수적으로 감소하는 것으로 가정하고 있다. 실제의 처분부담금은 중량에 대하여 부과되므로 폐기물처리서비스산업의 투입액에 대한 종가세율은 이를 반영하여야 올바로 계산될 것이다. 지수적으로 감소하는 원단위를 적용한 각

25) 여기서 중간투입세율에 충격을 주었으므로 처분부담금 부과금액은 내생변수가 된다. 또한, 처분부담금의 실제 부담 주체가 어디인지, 즉 조세의 전가가 어떤 방향으로 이루어졌는지도 분석할 수 있다. 조세의 전가는 본 연구의 주된 관심사가 아니므로 그에 대한 분석은 여기서는 다루지 않았다.

시나리오 산업별 폐기물 처리서비스 중간투입세율의 변화율은 다음 식 (7)과 같이 계산된다.

$$t_{mw}^{ij}(k) = t_w^{ij} e^{(r-0.03458383542)k} / t_m^{ij} \quad (7)$$

여기서 t_w^{ij}는 폐기물 처분부담금율의 종가세율,
t_m^{ij}는 중간투입세율
k는 연속적으로 주어지는 충격의 순차(연도)
r은 시나리오별 연증가율

즉, 기준년도 폐기물처리산업의 산업별 중간투입액, 중간투입세액, 처분부담금만 알면 이로부터 기준년도 중간투입세율과 폐기물처분부담금 종가세율을 계산할 수 있고, 여기에 중간투입세율이 불변이라는 가정하에, 폐기물처리서비스 산업의 원단위 변화율에 대한 식을 적용하면 폐기물 처리서비스 산업의 각 산업에 대한 중간투입세율의 변화율을 위와 같이 구할 수 있다.

Ⅴ. BAU 추세전망 및 분석결과

1. BAU 추세전망

CGE 모형은 기본적으로 정책 충격 이전의 BAU와 시행 이후의 상태를 비교 분석하기 위한 모형이다. 그러나 본연구의 목적은 정책의 효과를 분석하는 것인데 이것은 단순히 충격 이전과 이후의 주요변수의 변화율을 보여주는 것만으로는 달성되지 않는다. 처분부담금의 정책효과에 대한 평가는 정책 시행 이전의 추세적 평가가 선행되어야만 제대로 할 수 있다. 따라서 여기서는 BAU 대비 변화율을 보여주기 이전에 축차 동태모형을 적용하여 얻은 BAU 추세전망을 통하여 거시경제 및 개별 산업의 산출, 폐기물 발생량, 최종처분 및 재활용량, 잔존 매립 가능량 등에 대한 평가와 분석을 수행하였다.[26]

26) 본연구의 BAU 전망치란 거시적 변수들의 기존 전망치를 원용하여 축차 동태모형 연

본 모형의 BAU 설정에 따른 축차 동태모형 전망에 따르면 실질 국내총생산은 연평균 2.17% 정도 성장하는 것으로 전망되었다. 폐기물처리산업은 연 2.17% 증가하고 재활용산업은 2.13% 증가하는 것으로 전망된다. 산출량 전망은 산업별로는 큰 차이가 없는 것으로 전망되고 있다. 총 가격은 연 -1.83% 하락하는 것으로 전망되고 있다. 폐기물처리와 재활용의 가격은 모두 -1.51% 정도 하락하고 있다.[27]

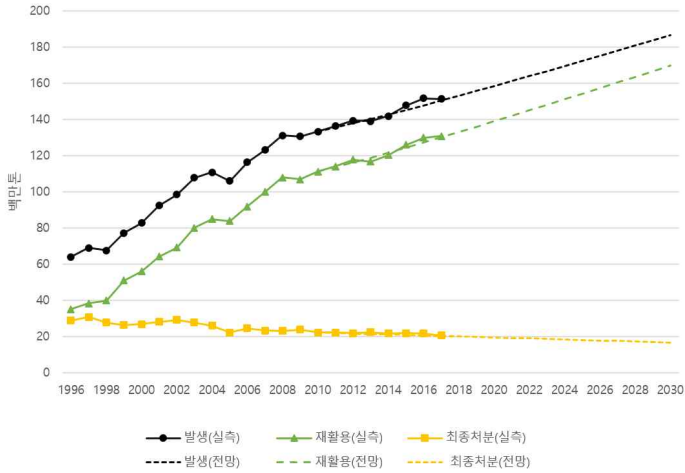
폐기물 처리산업과 재활용산업의 산출량이 균등하게 성장하고 있는 것으로 전망되고 있으나 이러한 전망은 폐기물의 산출량 기준이지 폐기물의 발생량과 처리량 기준으로 전망된 것은 아니다. 전술한 바와 같이 재활용산업의 산출량은 재활용량과 비례하나, 폐기물처리산업의 산출량은 폐기물처리량과 비례하지 않으며 폐기물처리산업의 폐기물 최종처분량 원단위는 지수적으로 감소하는 것으로 가정하였다. 이러한 가정에 따르면 폐기물 발생량은 연평균 1.69% 증가, 최종처분량은 연평균 -1.4% 감소, 폐기물 처리서비스 상품의 가격은 연평균 1.96% 상승하는 것으로 전망된다.[28] 〈그림 3〉은 2010년 이후의 BAU 시나리오 연산을 한 결과를 바탕으로 폐기물 모듈의 연산 과정을 거쳐 계산된 폐기물 발생량과 재활용량의 예측치와 실제치를 도시한 것이다. 폐기물 최종처분량은 2017년 실제 폐기물 최종처분량에 해당연도의 2017년 대비 폐기물 산업 산출량증가율을 적용한 뒤 원단위 감소율을 적용하여 계산한 것이다. 폐기물 재활용량은 2017년 실제 폐기물 재활용량에 해당연도의 2017년 대비 재활용산업 산출량증가율을 적용하여 계산한 것이다. 폐기물 발생량은 처리량과 동일한 것으로 가정해 재활용량과 최종처분량을 합산하여 계산하였다.

산을 통하여 생성된 값들이다.

27) 물가수준이 아닌 총 가격이라는 표현을 쓴 것은 거시경제학적인 물가수준 개념과의 혼동을 피하기 위해서이다. CGE 모형에는 물가수준과 같은 명목변수가 존재하지 않으며 총 가격변화율이란 개별 가격변화율의 가중평균이다.

28) 이것은 실제로 최종처분수수료가 상승하고 있는 것과 일치한다. 이것은 매립지와 소각로의 제약으로 인한 현상으로서 잔존 매립지의 경제적 지대가 상승하고 있는 현상이라고 보아야 할 것이다(미디어SR(2019) 참고).

〈그림 3〉 BAU 시나리오 폐기물 발생, 최종처분, 재활용 전망과 실제치

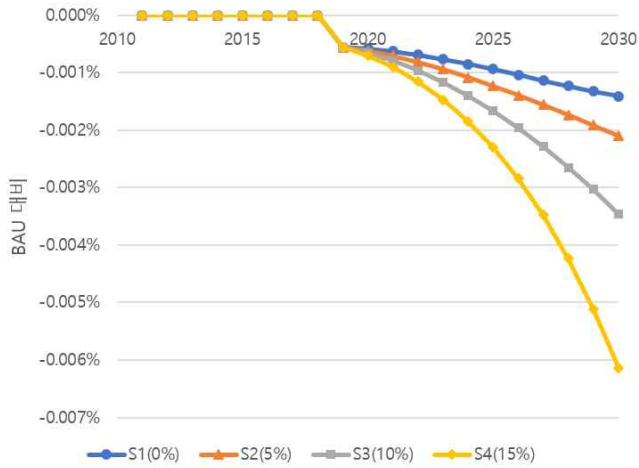


2. 처분부담금의 경제적 파급효과

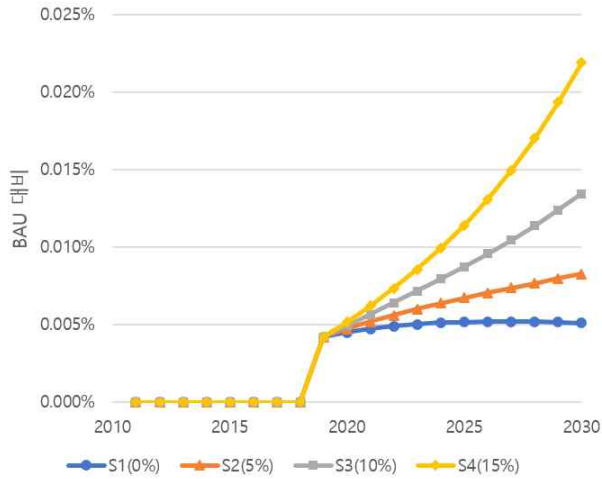
폐기물처분부담금 부과가 경제의 전반적인 거시경제 성과에 미치는 영향은 분명히 부정적이지만 그 크기는 비교적 미미하다.[29] 가장 강력한 시나리오인 S4 하에서도 실질 국내총생산의 BAU 대비 감소율은 -0.006%가 조금 넘는 수준이다(〈그림 4〉). 한편 물가수준은 소폭 상승하고 있어 S4 시나리오의 경우에 총 가격변화율은 BAU 대비 0.22% 정도이다(〈그림 5〉). 이는 부담금액이 실질 국내총생산에 대비하여 매우 낮은 비율이므로 자연스러운 결과라고 할 수 있다.[30]

29) CGE 모형에서 대표적으로 사용하는 후생지표로 CV(Compensation Variation: 가격변화 이후 가격 기준 후생변화 평가), EV(Equivalent Variation: 가격변화 이전 가격 기준 후생변화 평가), 실질 GDP 등이 있다. 실질 GDP는 가격변화에 따른 후생변화를 포착하기 어려우며 가격변화를 수반하는 후생변화의 측정에는 주로 EV가 사용된다. 그러나 본 연구에서는 EV 등을 사용하지 않고 실질 GDP를 평가하였다는데 그 이유는 다음의 두 가지이다. 첫째는 처분부담금의 종합적인 후생효과를 측정하려면 최종처분량의 감소에 따른 외부성 감소의 후생을 측정하여야 하는데 이것은 CGE 모형에서는 나타나지 않는다. 따라서 이를 포함 시킬 수 없는 상황에서 종합적 후생지표의 선택이 큰 의미가 없다. 두 번째 이유는 본 연구는 후생 측정보다는 폐기물 최종처분부담금 도입에 따른 산출량 감소 측정이 주된 목적이기 때문이다. 후생 측정은 폐기물 최종처분량(매립 및 소각) 감소와 GDP를 포함한 사회 후생함수 개념을 도입하여 수행되어야 하며 이는 본 연구 범위를 넘어서는 것이다.

〈그림 4〉 시나리오별 실질 국내총생산



〈그림 5〉 시나리오별 가격수준



30) 본 연구는 조세 중립을 가정한 세수의 환류는 모형에 설정하지 않았다. 그러나 본 모형에서 재정지출은 소비지출과 비례관계에 있도록 설정되어 있다. 연산결과를 보면 다른 변수와 달리 소비지출은 BAU 대비 증가(S4 2030년에 BAU 대비 0.004% 증가)하고 있고 그에 따라 정부소비지출도 증가(소비지출과 동일한 비율)하고 있다. 이것이 처분부담금의 GDP에 대한 부정적 영향을 완화시켜주고 있다.

이처럼 경제 전체에 미치는 거시적 영향은 미미하지만, 산업에 따라 받는 영향은 상당히 다를 수 있다. 재활용, 처리서비스업을 포함한 산업별 산출량과 가격변화율을 보자. 〈표 4〉는 S4 시나리오 하에서의 2030년 기준 BAU 대비 산출량 및 가격변화율이다. 폐기물처리서비스산업의 감소율이 가장 높은 것(약 -3.96%)은 예상할 만하다. 재활용산업도 약 -0.07% 감소하였다. 폐기물 관련 산업을 제외하면 가장 감소율이 높은 산업은 수도 및 폐수처리산업으로서 -0.24%이다.

폐기물 처리서비스산업은 산출이 상당 폭 감소하였는데 가격상승률은 미미하여 0.1%도 되지 않는다. 처분부담금이 최종처분산업의 산출에 미치는 영향이 -3.96%로 상당히 부정적인데 가격의 상승이 그것을 충분히 보상해주지 못하고 있어서 최종처분부담금의 도입으로 폐기물처리산업의 산출액은 상당 폭 감소할 것으로 예측된다. 반면에 재활용산업은 산출이 -0.07%로 소폭 감소한 데 비하여 가격은 0.53% 정도 상승하여 처분부담금제도로 가장 수혜를 보는 산업이라고 할 수 있다.

〈표 4〉 S4 시나리오 산업별 산출량 및 가격 변화율(BAU 대비 2030년)

부문	산출	가격	부문	산출	가격
농림수산품	0.00%	0.00%	수도, 폐수처리	-0.24%	0.26%
광산품	-0.02%	-0.07%	건설	-0.03%	-0.01%
음식료품	0.00%	0.02%	도소매서비스	0.00%	-0.02%
섬유 및 가죽제품	-0.03%	0.02%	운송서비스	-0.01%	0.00%
목재 및 종이, 인쇄	-0.07%	0.11%	음식점 및 숙박서비스	0.01%	0.01%
석탄 및 석유제품	-0.01%	0.00%	정보통신 및 방송서비스	0.01%	-0.02%
화학제품	-0.01%	0.00%	금융 및 보험서비스	0.00%	-0.02%
비금속광물제품	-0.02%	0.02%	부동산 및 임대	0.01%	0.03%
1차금속제품	-0.02%	0.00%	전문 과학 및 기술 서비스	-0.01%	-0.03%
금속제품	-0.02%	-0.01%	사업지원서비스	0.00%	-0.02%
기계 및 장비	-0.02%	0.00%	공공행정 및 국방	0.00%	0.03%
전기 및 전자기기	0.00%	0.00%	교육서비스	0.04%	-0.02%
정밀기기	0.00%	-0.01%	보건 및 사회복지서비스	0.02%	-0.01%
운송장비	-0.02%	0.01%	문화, 기타서비스	0.02%	0.00%
기타 제조	-0.07%	0.11%	폐기물 처리서비스	-3.96%	0.07%
전력, 가스 및 증기	-0.03%	0.15%	자원재활용서비스	-0.07%	0.53%

3. 최종처분부담금 부과가 폐기물 발생, 재활용, 최종처분에 미치는 영향

다음 〈그림 6〉은 폐기물 발생량의 BAU 대비 변화율 추이를 보여주고 있다. 처분부담금 도입은 S1을 제외한 모든 시나리오에서 폐기물 발생량을 감소시키고 있으며 S4의 경우 2040년 기준 약 -1.5% 감소하고 있다. 그리고 비교를 위하여 부가적으로 설정한 시나리오 S5(연 25% 증가)의 경우에는 2040년 기준 약 -3.5%의 감소율을 보인다. 그러나 발생량의 감소율이 증가하는 것은 S3, S4, S5 시나리오의 경우에 국한되며 S1, S2 시나리오에서는 발생량 감소율의 추세가 역전되고 있다.[31] 최종처분부담금의 도입 이후 발생량 감소율이 처분부담금 요율의 증가만큼 커지지 않는 이유는 처분부담금이 최종처분업체의 행태에 영향을 미치는 정도가 해가 갈수록 작아지기 때문이다. 그 이유는 종량세인 처분부담금 요율이 지수적으로 증가하여도 종가세 기준으로는 그만큼 증가하지 않기 때문이다.[32]

시나리오별 최종처분량의 BAU 대비 변화율은 〈그림 7〉에 나타나 있다. 모든 시나리오에서 최종처분량은 감소하지만, S1의 경우에는 해가 갈수록 감소 폭이 작아지고 있다. 이 역시 종량세로 정의된 최종처분 부담금이 폐기물처리산업 산출액보다 비중이 작아지면서 그 영향이 축소되는 데 따른 현상이다. S4의 경우에는 2030년에 BAU 대비 -8.2% 정도, 그리고 2040년 기준으로는 -18.5%만큼 최종처분량이 감소하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 참고를 위하여 설정한 시나리오인 S5하에서는 2030년 기준 -17.6% 그리고 2040년에는 -38.5%가 감소하는 것으로 분석되고 있다. S1

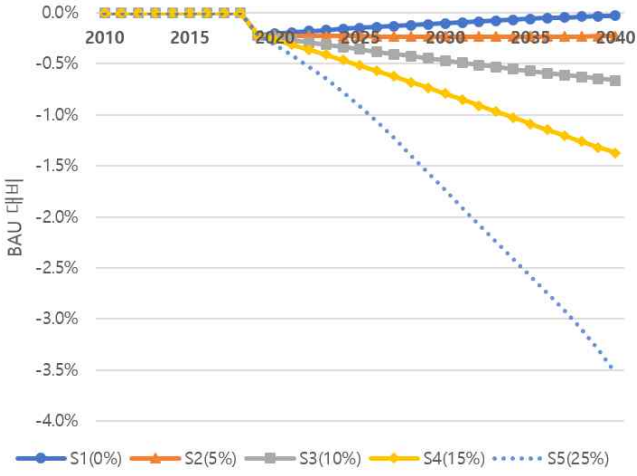
31) 폐기물처리서비스산업과 재활용산업의 대체탄성치가 일정 수준 이상 커지면 재활용량이 커지고 때에 따라서는 재활용량과 최종처분량의 합인 폐기물 발생량이 증가할 수도 있다. 현 모형은 대체탄성치를 0.1로 설정한 결과이다.

32) 처분부담금은 처분폐기물의 중량 단위당 부과되는 것인데 (종량세) 본 모형에서는 측정단위가 화폐단위이기 때문에 금액 기준으로 변환해 주어야 한다. 즉, 최종처분 톤당으로 정의되어있는 최종처분부담금은 본 모형에서는 폐기물처리서비스 산업의 산출액 단위당 부과되는 것으로 (종가세 기준으로) 전환되어 계산된다. 그런데 폐기물 처리산업의 추세를 보면 폐기물처리산업 산출량 대비 최종처분량, 즉 원단위가 지속적으로 감소하고 있다. 따라서 모형 내에서 주어지는 충격의 크기는 지속적인 세율인상 시나리오에도 불구하고 그만큼 커지지 않는다.

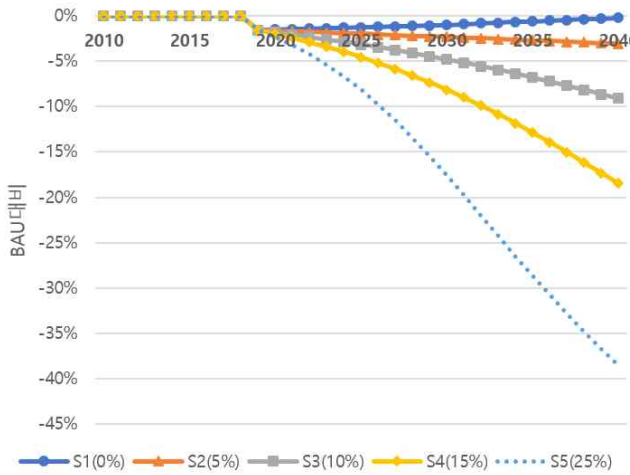
하에서 2040년이 되어도 BAU 대비 감소율이 -0.2%밖에 되지 않는 것과 비교하면 큰 차이이다. 즉, 현행 처분부담금 요율 수준은 최종처분량을 줄이는 데 거의 아무런 소용이 없지만, 처분부담금 요율을 S4 시나리오 이상으로 인상하면 상당한 감소를 가져올 수 있다는 것이다.

다음에는 재활용을 검토해 보자. 〈그림 8〉은 시나리오별 재활용산업 산출량의 BAU 대비 변화율을 보여주고 있다. 모든 시나리오에서 재활용량은 매우 미세하게 감소하고 있다. S4 시나리오의 경우 2030년 -0.1%, 2040년 -0.2% 감소하는 것으로 나타났다. S5 시나리오의 경우 2030년 -0.2%, 2040년 -1.1% 감소했다. 재활용량 감소율이 거의 0에 가까운데 이것은 폐기물처리산업의 대체재로서의 최종처분가격 상승으로 인한 대체효과의 존재와 각 산업의 산출 감소 효과의 순 효과가 거의 0에 가깝기 때문으로 해석된다.

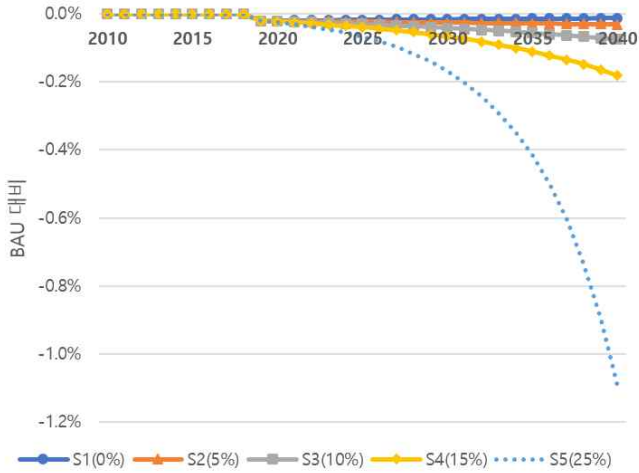
〈그림 6〉 시나리오별 폐기물 발생량 변화율



〈그림 7〉 시나리오별 폐기물 최종처분량 변화율



〈그림 8〉 시나리오별 재활용량 변화율



4. 최종처분부담금 부과와 잔존 매립 가능량, 그리고 최종처분가격 추이

본 연구에서 정책적으로 가장 중요한 연산결과 중 하나는 현재 추세(BAU)에서 매립지나 소각로 부지 등 잔존 최종처분 능력이 얼마나 빠른

속도로 고갈될 것인지를 전망하는 것이고 최종처분부담금의 도입이 이러한 잔존 최종처분능력의 고갈을 얼마나 완화할 수 있을 것인지 판단하는 것일 것이다. 그리고 잔존 최종처분능력의 고갈이 최종처분서비스의 가격에 어떠한 영향을 주는지 그리고 최종처분부담금의 도입이 최종처분의 가격에는 어떠한 영향을 주는지에 대한 분석도 중요하다.[33] 또한, 처분부담금제도의 도입을 통하여 최종처분량이 발생량(=처리량) 대비 비중 측면에서 얼마나 축소시킬 수 있는지 판단하는 것도 중요하다.

우선 폐기물처분부담금의 도입이 폐기물처리량 중 최종처분의 비중을 얼마나 축소할 수 있는지 본 모형의 결과로 계산하고 이 결과를 정부의 계획과 비교하여 정부계획의 실현 가능성을 평가하여 보자. 환경부(2018)의 제1차 자원순환 기본계획 내용을 보면 2027년 폐기물 발생량(=처리량) 중 매립의 비중을 2017년의 9%에서 2027년까지 3%로 줄이도록 계획하고 있다. 본 모형은 매립과 소각을 합쳐서 최종처분으로 간주하고 있으므로 매립 비중을 예측할 수는 없고 처리량 중 최종처분의 비중을 예측하여야 한다. 최종처분 중 매립의 비중이 불변이라는 가정을 하면 정부의 폐기물처리량 대비 매립 비중 감소목표를 최종처분 비중 감소목표로 환산할 수 있다. 정부의 매립 비중 감소율 66.7%를 2017년 우리나라 최종처분 비중 13.6%에 적용하여 계산하면 2027년에는 최종처분 비중이 4.53%가 되어야 한다. 그런데 다음 〈표 5〉의 최종처분 비중 전망으로 보면 S4 시나리오를 적용하여도 2030년 최종처분 비중이 8.3%로 감소하는 데에 그칠 뿐이다.

33) 잔존 최종처분능력의 고갈은 잔존 매립지 등의 잠재 가격(동태적 의미의)을 급속하게 상승시킨다. 그러나 최종처분 서비스의 시장가격은 이를 반영하지 못할 가능성이 크며, 따라서 최종처분부담금의 도입은 후생을 증진 시킬 것이다. 또한, 최종처분서비스 가격은 매립과 소각에 따른 환경오염의 외부성도 충분히 반영하지 못하고 있을 것이다. 따라서 최종처분부담금의 도입으로 최종처분서비스의 가격이 상승한다면 이는 후생을 개선시키는 것으로 해석될 수 있을 것이다.

〈표 5〉 폐기물처리량 중 최종처분 비중 주요 연도별 전망(%)

구분	BAU	S1	S2	S3	S4	S5
2010	16.6%	16.6%	16.6%	16.6%	16.6%	16.6%
2017	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%	13.5%
2030	9.0%	8.9%	8.8%	8.6%	8.3%	7.5%
2040	6.5%	6.5%	6.3%	6.0%	5.4%	4.1%

그러므로 최종처분부담금 요율 인상이라는 수단만으로 최종처분비율 감축 목표를 달성하기는 어렵다고 판단된다. 시점을 2040년까지 보면 S4 시나리오로 5.4%가 되며 더욱 강력한 시나리오인 S5하에서는 2040년 이전에 이 목표가 달성될 것으로 전망된다. 따라서 이 목표를 2027년까지 달성하려면 적어도 S4 시나리오를 채택하고 여기에 부가하여 각종 비시장적인(처분부담금 등 경제적 수단이 아닌 각종 조치) 조치를 동시에 취하여야만 한다고 평가할 수 있다. 그렇지만 현실적으로는 매립보다는 소각의 비중을 증대시키는 방향으로 이 목표가 보다 빨리 달성될 가능성도 있을 것이다.

한편, 본 CGE 연산결과를 적용하여 2030년 및 2040년 기준으로 잔존 매립 가능량을 계산하여 보면 〈표 6〉과 같다. 이 계산은 2017년 최종처분 중 매립 비중(57%)이 유지되고 매립지 용량의 신규 증가는 없다는 가정하에 한 것이다.

〈표 6〉 2017년 대비 2030년 및 2040년 누적매립량 및 잔여매립 가능 비율 전망

구분	2017~2030년		2017~2040년	
	누적매립량 (백만 톤)	잔여매립 가능 비율	누적매립량 (백만 톤)	잔여매립 가능 비율
BAU	147	49.1%	235	19.0%
S1	146	49.6%	232	19.7%
S2	145	49.8%	230	20.6%
S3	144	50.4%	225	22.4%
S4	142	51.0%	217	24.9%
S5	137	52.5%	199	31.2%

S4하에서도 2030년 잔존 매립 가능량은 2017년 289.51 백만 톤의 51.0%에 그치게 될 것이다. 그리고 극단적인 시나리오인 S5를 적용하여도 2030년에 잔존 매립 가능량은 52.5%로서 BAU의 49.1 와 큰 차이가 없다. 그러나 시점을 2040년으로 좀 더 길게 보면 S5 시나리오에 잔여매립 가능 비율이 31.2%로서 BAU의 19.0%에 비하면 상당히 큰 차이를 보인다. 즉, 매우 강력하게 매년 25%씩 처분부담금 요율을 인상하고 이를 2040년까지 일관되게 행하여야만 처분부담금이 잔존 매립량 보전에 유의한 영향을 끼칠 수 있다고 전망되고 있다. 물론 소각 비중의 증대가 있고 추가적인 매립지 부지확보도 있을 것이지만 이러한 점을 고려하여도 계산 결과를 기준으로 판단하면 잔존 매립량 감소율은 여전히 심각한 수치이다. 그러므로 최종처분부담금만으로 잔존 매립량 보전이 이루어지지는 못할 것이며 종국적으로는 매립지의 제약으로 인하여 폐기물의 발생량이 감소하고 매립량이 많이 감소하는 변화가 일어나야 하는데 이러한 과정에서 최종처분서비스의 가격 자체가 크게 상승할 것으로 예측된다.

본 연구모형에서는 이러한 동태적 인과관계를 모형에 넣지는 못하였지만 2010년과 2017년 사이에 추세적으로 관찰되는 폐기물처리서비스산업의 원단위 감소율을 적용하여 원단위가 지수적으로 감소하는 것으로 설정하여 이러한 요인을 부분적으로는 반영하고 있다. 왜냐하면, 원단위 하락은 단가 상승을 의미하기 때문이다.[34] 폐기물 모듈을 적용하기 전 CGE 연산결과를 보면 폐기물 처리서비스 산업의 가격은 BAU와 S1, S2, S3, S4 시나리오 모두 하락추세이지만 원단위 개념을 적용하여 조정하여 보면 최종처분(폐기물처리서비스) 산업의 가격은 상승하고 있다.[35] 이를 반영하

34) 단가 상승의 원인은 원단위 하락과 마찬가지로 폐기물 처리서비스산업 내의 최종처분산업 비중의 감소 요인과 최종처분서비스 산업의 원단위 하락의 두 가지 요인으로 구성된다. 즉, 다음의 두 식이 성립한다.

$$\text{원단위} = \frac{\text{최종처분중량}}{\text{폐기물처리서비스량(금액)}} = \frac{\text{최종처분중량}}{\text{최종처분서비스량}} \times \frac{\text{최종처분서비스량}}{\text{폐기물처리서비스량(금액)}}$$

$$\text{단가} = \frac{\text{폐기물처리서비스량(금액)}}{\text{최종처분중량}} = \frac{\text{최종처분서비스량}}{\text{최종처분중량}} \times \frac{\text{폐기물처리서비스량(금액)}}{\text{최종처분서비스량}}$$

35) BAU에서 최종처분(폐기물 처리서비스)가격의 최종처분 톤당 가격은 2030년에 기준년도 대비 48% 증가한다.

여 최종처분량의 전망치 역시 하향조정된 것인데, 여기에 최종처분가격의 상승과 이에 따른 최종분량의 하락이 추세적으로 일정 수준 반영되어 있다. 따라서 본 모형의 잔존 매립량 추정결과는 잔존 매립량 감소에 따른 매립지고갈 완화 효과가 완전히 반영되지는 못하고 부분적으로만 반영된 것이며, 향후 연구에서는 보완이 필요하다.

Ⅵ. 결론 및 시사점

본 연구는 환경부(2015)와 이효창·김금수(2018)의 연구 내용을 바탕으로 좀 더 발전시킨 연구로 정태모형이 아닌 축차 동태모형을 채택하여 처분부담금 요율 인상 시나리오를 설정하여 연차적으로 시간 경로를 추정하였다. 또한, 폐기물 모듈(폐기물 최종처분, 재활용 계산 절차)을 구축하여 CGE 모형을 폐기물 부분과 연계하여 이 모형을 통하여 동태적으로 매년의 폐기물 최종처분(매립, 소각) 및 재활용량을 계산하여 정책적 시사점을 제시하였다.

처분부담금 요율 인상 정책의 시사점은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫 번째, 최종처분부담금이 폐기물 배출업체의 총비용에 차지하는 비중이 작아 주요 거시경제 변수들에 미치는 영향은 매우 제한적이다. 산업별 영향을 매출액 기준으로 보면 큰 영향은 없으나 최대수혜산업은 재활용산업이고 최대피해산업은 폐기물처리산업이다. 다만, 본 CGE 모형의 특성상 완전경쟁을 가정하고 있는데 만약 최종처분 업체들이 독점력을 가지고 있다면 최종처분업체들에 별다른 피해가 없고 오히려 이익일 수도 있다. 이 부분은 별도의 미시적인 연구가 필요하다.

두 번째, 거시적 영향이 미미한 것과 달리 폐기물 최종처분부담금은 최종처분량을 뚜렷하게 감소시키지만, 재활용량에는 거의 영향이 없는 것으로 나타나 폐기물 발생량은 유의하게 감소시키는 것으로 나타나고 있다. 이에 따라 폐기물 발생량 중 최종처분의 비중은 감소하고 재활용의 비중

은 증가하는데 그 효과가 극적이지는 않다. 따라서 폐기물 최종처분부담금은 폐기물의 최종처분과 발생을 억제하여 잔존 매립 가능량을 유지하는데 미세하나마 유의한 효과가 있다. 그러나 현재 처분부담금 요율에서는 최종처분억제 효과가 미미하고 연 15% 요율을 증가시키는 수준으로도 충분치 않으며 획기적인 수준의 요율 인상이 있어야 목표 수준에 어느 정도 근접할 수 있다.

세 번째, 최종처분부담금은 폐기물 최종처분의 외부성을 교정하는 역할도 중요하지만, 그보다는 최종처분능력 고갈이 가격 신호로 나타나도록 유도하는 역할이 더욱 중요하다. 왜냐하면, 처분부담금보다는 처분수수료의 비중이 더 크기 때문이다. 만약에 시장에서 잔존 매립, 소각부지의 변화가 가격으로 구현되지 못한다면 이를 반영하여 처분부담금 요율을 점진적으로 인상하되 인상률을 대폭 상승시킬 필요가 있다고 판단된다.

본 연구의 한계를 적으면 다음과 같다. 모형의 폐기물 처리서비스 가격은 잔존 매립, 소각부지의 고갈을 반영하지 않고 있다. 또한, 연구 방법상 폐기물 처리서비스 부문을 상세히 구분하지 못해 처분부담금이 중간처리시장에 미치는 영향을 분석하는 데 어려움이 있다. 이를 해결하는 방법으로 폐기물 처리서비스산업의 '최종처분 원단위'라는 개념을 도입하여 문제를 어느 정도 해소하였으나 추후의 연구에서는 더욱 정밀한 모형이 필요하다는 문제의식을 가지고 있다. 또한, 최종처분에서 소각과 매립의 비중이 일정하다는 가정을 부과하였는데 이는 향후의 연구에서는 소각과 매립의 비중이 내생적으로 변화하는 모형이나 별도의 시나리오 구성 등을 통하여 개선되어야 할 것이다.

추가 분석으로 처분부담금 세수를 정부 소득으로 귀속하지 않고 이를 가계로 이전하는 세수 중립(revenue neutral) 시나리오를 고려할 수 있지만, 처분부담금의 규모가 경제 수준 대비 규모가 크지 않아 본 연구에서는 고려하지 않았다는 점을 지적해 둔다.

▮참고문헌▮

국회예산정책처, 2016,『2016~2060 NABO 장기 재정전망』, 서울: 국회예산정책처.

권오상·이한빈·노재선, 2012, "주요 곡물 수출국의 작황 부진이 국내 경제에 미치는 영향,"『농촌경제』, 35(5), pp.1-26.

권오상·한미진·반경훈·윤지원, 2018, "한국 경제의 KLEM DB 구축과 중첩 CES 생산함수 추정,"『자원·환경경제연구』, 27(1), pp.29-66, DOI: 10.15266/KEREA.2018.27.1.029.

기획재정부, 2019,『2018년도 부담금운용종합보고서』, 세종: 기획재정부.

김성태·이상돈·조경엽·임병인, 2011, "한국의 산업별 생산의 대체 탄력성 추정,"『응용경제』, 13(3), pp.99-122.

박진규·김란희·이남훈, 2018, "자원순환기본법에서의 매립처분부담금이 폐기물 매립지 관리에 미치는 영향 고찰,"『한국폐기물자원순환학회지』, 35(4), pp.287-296, DOI: 10.9786/kswm.2018.35.4.287.

백민지·김호영·유승훈, 2015, "폐기물처리 및 자원재활용서비스 부문의 경제적 파급효과 분석,"『한국폐기물자원순환학회지』, 32(3), pp.247-259, DOI: 10.9786/kswm.2015.32.3.247.

이효창·김금수, 2018, "폐기물처분부담금 부과가 산업별 생산과 고용에 미치는 일반균형 효과: ORANI CGE 모형을 통한 시나리오 분석,"『환경정책』, 26(4), pp.21-44, DOI: 10.15301/jepa.2018.26.4.21.

한택환·임동순·김진태, 2019, "전기 및 수소차 보급 확산의 환경적·경제적 영향분석: 계산가능일반균형모형(CGE)의 적용,"『자원·환경경제연구』, 28(3), pp.231-276.

통계청, 2016,『장래인구추계 2016』, 대전: 통계청.

폐기물관리법 제25조, 2020, 법률 제17091호.

한국은행, 2014,『2010 산업연관표』, 서울: 한국은행.

환경부, 2011,『2010년 전국 폐기물 발생 처리현황』, 세종: 환경부.

_____, 2015,『자원순환사회 전환을 위한 부담금 운영방안 마련 연구 I』, 세종: 환경부.

_____, 2018,『제1차 자원순환기본계획(2018~2027)』, 세종: 환경부.

_____, 2019,『2019년 예산 각목 명세서』, 세종: 환경부.

_____, 2020,『2020년 예산 각목 명세서』, 세종: 환경부.

Bartelings, H., P. Van Beukering, O. Kuik, V. Linderhof, and F. Oosterhuis, 2005, *Effectiveness of landfill taxation*, (Technical Report IVM-R-05/05), IVM Institute Of Environmental Studies, Amsterdam: Vrije Universiteit.

Horridge, M., 2002, *ORANIGRD: A recursive dynamic version of ORANIG*, Center of Policy Studies and Impact Project, Victoria University, Australia.

_____, 2013, *ORANI-G: A generic single-country computable general*

equilibrium model, Center of Policy Studies and Impact Project, Victoria University, Australia.

Masui, T., T. Morita, and J. Kyogoku, 2000, "Analysis of recycling activities using multi-sectoral economic model with material flow," *European Journal of Operational Research*, 122(2), pp.405-415, DOI: 10.1016/S0377-2217(99)00242-8.

Okushima, S. and H. Yamashita, 2005, "A general equilibrium analysis of waste management policy in Japan," *Hitotsubashi Journal of Economics*, 46(1), pp.111-134, DOI: 10.15057/7658.

Sigman, H., 1996, "The effects of hazardous waste taxes on waste generation and disposal," *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(2), pp.199-217, DOI: 10.1006/jeem.1996.0014.

Sjöström, M. and G. Östblom, 2010, "Decoupling waste generation from economic growth—A CGE analysis of the Swedish case," *Ecological Economics*, 69(7), pp.1545-1552, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.02.014.

Wiebelt, M., 2001, "Hazardous waste management in South African mining-A CGE analysis of the economic impacts," *Development Southern Africa*, 18(2), pp.169-187, DOI: 10.1080/037/68350120041884.

Yusuf, A. A. and B. Resosudarmo, 2007, *On the distributional effect of carbon tax in developing countries: The case of Indonesia*, (Working paper No. 200705), Bandung: Padjadjaran University.

미디어SR, 2019, "폐기물 처리업체, 주가 상승세 이어져," https://www.mediasr.co.kr, [2019.12.16]

한국환경공단, 2020, "자원순환제도 운영·관리," https://www.keco.or.kr/kr, [2020.3.8]

〈부표 1〉 본 연구를 위한 상품(산업)분류

번호	상품이름	Tablo코드	번호	상품이름	Tablo코드
1	농림수산품	AgricForFis	17	수도, 폐수처리	WaterSewage
2	광산품	CoalOilGas	18	건설	Construction
3	음식료품	FoodBevToba	19	도소매서비스	Trade
4	섬유 및 가죽제품	TCF	20	운송서비스	TransportSv
5	목재 및 종이, 인쇄	WdPaperPrint	21	음식점 및 숙박서비스	RestrnHotel
6	석탄 및 석유제품	PetroCoal	22	정보통신 및 방송서비스	CommuniBroa
7	화학제품	ChemicalPro	23	금융 및 보험서비스	FinanceInsu
8	비금속광물제품	NmetlMinPrd	24	부동산 및 임대	Realestate
9	1차금속제품	PrimMetalPr	25	전문 과학 및 기술 서비스	ScienTecServ
10	금속제품	MetalPrd	26	사업지원서비스	BusiService
11	기계 및 장비	MachineryEq	27	공공행정 및 국방	PublicAdmin
12	전기 및 전자기기	ElectroElec	28	교육서비스	Education
13	정밀기기	PrecisionEq	29	보건 및 사회복지서비스	HealMedSocia
14	운송장비	TransEquip	30	문화 및 기타 서비스	SoicaOtrSvc
15	기타 제조업 제품 및 임가공	FurnOthManu	31	폐기물 처리서비스	Waste
16	전력, 가스 및 증기	ElecGasWater	32	자원재활용 서비스	Recycle

〈부표 2〉 모형 주요 모수 값

모수	내용	범위	출처
SIGMA1WPRIM	본원 요소 복합재와 폐기물 복합재 간의 대체 탄력성	0.1	연구 가정
SIGMA1PRIM	본원 요소(노동-자본) 대체 탄력성	0.5 0.386~0.554	Horridge(2013) 김성태 등(2011)
SIGMA1WAS	폐기물 처리서비스와 재활용 간의 대체 탄력성	0.1	환경부(2015) 평균치 적용
SIGMA1	아밍턴 탄력성(중간재)	1.9~4.5	권오상 등(2012) 이효창·김금수 (2018)
SIGMA2	아밍턴 탄력성(투자재)		
SIGMA3	아밍턴 탄력성(소비재)		
Frisch	-(총지출/사치재지출)	-1.15	Horridge(2013)
EPS	소득에 대한 가계지출탄력성, Engel Aggregation(평균지출탄력성의 합이 1이 되어야함)	〉1, 수송, 주거, 가구, 교육, 보건 등 〈 1 그 이외	Horridge(2013) 이효창·김금수 (2018)
SIGMA1OUT	산출물 전환 탄력성	0 대체 불가	Horridge(2013) 이효창·김금수 (2018)
SIGMA1LAB	노동 분류 간 대체 탄력성	0 노동 분류 없음	-
IsIndivExp	개별수출상품	〉0.5, 1	Horridge(2013) 이효창·김금수 (2018)
EXP_ELAST	수출수요 탄력성	-5.0	Horridge(2013) 이효창·김금수 (2018)

이효창: 현재 한국외국어대학교 외래교수이자 환경경제연구소 대표이사이며, University of Utah에서 경제학 박사학위를 받았다. 관심분야는 미세먼지, 폐기물관리 CGE Modelling 등이다(hyolee14@naver.com).

김진태: 현재 KAIST 지속발전연구센터 연구원이며 서울대학교 환경대학원에서 석사학위를 받았다. 관심분야는 에너지·환경정책, CGE Modelling, Energy Systems Modelling 등이다(kimjintae9011@kaist.ac.kr).

김금수: 현재 호서대학교 글로벌통상학과 교수로 재직 중이며, Texas A&M University에서 경제학 박사학위를 받았다. 관심분야는 폐기물관리, 국제환경협약, 자율규제 등이다. 자원환경경제연구, 환경정책, Environmental Economics and Policy Studies, Korean Economic Review 등 국내외에 다수의 논문을 발표하였다(gsgim@hoseo.edu).

한택환: 현재 서경대학교에 교수로 재직 중이며 University of Utah에서 경제학 박사학위를 받았다. 대외경제정책연구원, 산업연구원, 한국환경정책평가연구원, 한화경제연구원 등에 재직한 바 있으며, World Bank, ESCAP, 환경부 등의 다양한 연구 과제를 수행한 바 있다(twhan@skuniv.ac.kr).

투 고 일: 2020년 03월 09일
심 사 일: 2020년 03월 09일
게재확정일: 2020년 03월 17일