

에너지 세제 개편의 경제효과 분석:

에너지 부문의 상류탄소세와 하류탄소세에 대하여*

An Economic Impact Analysis of Reforming the Energy Tax: Up- and Downstream Carbon Tax in the Energy Sector

박경원** · 강성원***

Kyungwon Park · Sungwon Kang

요약: 본 연구는 불완전경쟁 일반균형모형을 활용하여 에너지 부문의 상류탄소세와 하류탄소세에 따른 경제적·환경적 효과를 비교한 연구이다. 상류탄소세에 따라 에너지 부문의 상류 산업인 석탄 및 석유산업의 최종생산물에 부과되는 세금이 증가하고, 하류탄소세에 따라 전환에너지 산업과 에너지 다소비 산업의 최종생산물에 부과되는 세금이 증가하였다.

분석결과는 다음과 같다. 첫째, 국가 전체의 원단위 배출량(총배출량/GDP) 개선은 상류탄소세보다 하류탄소세에 따라 더욱 개선된다. 둘째, 최종 소비 부문의 원단위 배출량(배출량/최종소비) 개선은 상류탄소세에 따라 개선되는 반면 하류탄소세에 따라 악화된다. 셋째, 상류탄소세에 따라 모든 에너지 복합재(석탄 복합재, 석유복합재, 가스복합재, 전력복합재, 열에너지)의 가격이 소폭 상승한다. 반면 하류탄소세에 의해서는 오직 전력복합재와 열에너지의 가격이 상승하여 에너지 간 상대가격 격차는 증가한다.

동일한 수준의 온실가스 감축에 따른 GDP 손실은 상류탄소세 보다 하류탄소세에서 낮게 도출되었다. 그러나 하류탄소세에 따라서 전환에너지 가격과 에너지 다소비 산업의 산출물 가격 상승은 동반 될 수 있다. 본 연구의 결과는 온실가스 감축 효과와 경제 효과를 동시에 고려한다면 하류탄소세가 보다 효율적이며, 다만 정책시행 과정에서 발생할 수 있는 전력요금과 에너지 다소비 업종 가격의 상승에 대비하고 이에 대한 국민적 수용성을 제고할 필요가 있음을 보여준다.

핵심주제어: 에너지 세제, 상류탄소세, 하류탄소세, 일반균형모형, 불완전경쟁

Abstract: We analyzed the impact of the upstream and downstream carbon tax on the Korean energy sector. We used a single-country static imperfect competition computable general equilibrium (CGE) model with internalized greenhouse gas emissions. The tax rates levied on final electricity generation and industries with intensive energy consumption increase according to downstream carbon tax scenarios, but tax rates on fossil fuel industries increase according to upstream carbon tax scenarios.

The results are as follows. First, national emission intensity (emissions per unit of production) has improved after the levying of the downstream carbon tax. Second, emission

* 이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5B5A01024600). This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017S1A5B5A01024600).

** 주저자, 선문대학교 글로벌지속가능발전경제연구소(GSEI) 학술연구교수

*** 교신저자, 한국환경정책·평가연구원 선임연구위원

intensity in the final consumption sector has deteriorated upon imposition of the downstream carbon tax, whereas it has improved significantly upon imposition of the upstream carbon tax. Third, prices for all energy sources (electricity, heat, coal, oil, and gas) have increased upon imposition of the upstream carbon tax. However, prices of electricity and heat have increased significantly, and the prices of coal, oil, and gas have decreased upon imposition of the downstream carbon tax.

Key Words: Energy Tax, Upstream Carbon Tax, Downstream Carbon Tax, CGE Model, Imperfect Competition

I. 서론

온실가스 감축을 위해 주로 활용되는 규제 방식은 직접규제(command and control), 배출권거래제(transferable discharge permit system), 배출부과금(emission tax 또는 emission charge) 등이 있다. 직접규제는 배출량 상한을 설정하여 오염 행위를 직접 통제하는 방식이고, 배출권거래제는 국가 전체의 목표 배출량을 설정한 뒤 기업에게 배출권을 배분하고 배출권거래 시장에서 거래하게 함으로써 배출량을 감축한다. 이에 반해 배출부과금은 가격변수를 활용하여 배출량을 조절하는 방식으로 배출량 당 일정 수준의 세금이나 수수료를 납부하게 함으로써 기업의 배출량 감축을 유도한다. 배출부과금은 효율성과 기술혁신 측면에서 직접규제보다 우월한 제도로 평가 받지만 실제 정책 집행 비용이 높기 때문에 현실에서 활용되는데 한계가 존재한다. 따라서 배출부과금의 효과를 유지하되 정책 비용을 줄이기 위한 방안으로 조세 부과 단위가 배출량이 아닌 제품인 제품부과금(product tax 또는 product charge)이 고려될 수 있으며 제품부과금 징수는 기업의 생산량을 감소시킴으로써 배출량 감축을 유도한다(권오상, 2013).

에너지 부문에 부과되는 배출부과금(emission tax)이나 제품부과금(product tax)은 동일한 수준의 과세라도 에너지의 생산, 전환, 소비 과정에서 어느 단계에서 특히 징수되는지에 따라 규제의 환경성과에 차이가 발생할 수 있다(Hobbs et al., 2010). 에너지는 석탄, 원유, 천연가스로부터

일차에너지(무연탄, 유연탄, 휘발유, 경유, 중유, LNG, 도시가스 등)가 생산된 뒤 일부가 소비되기도 하고, 이어서 전력 등 최종에너지로 전환되어 소비된다. 이와 같이 에너지의 수입, 판매, 소비단계는 연결되어 있으므로 이 경로를 따라 탄소가 이동하게 된다. 그리고 각 단계에서 징수되는 조세는 생산자의 의사결정에 영향을 주게 된다. 즉 전력 생산 기업은 상류탄소세가 부과될 때 투입요소에 대한 지출을 줄이기 위하여 일차 에너지 투입량을 감소시키고, 하류탄소세가 부과될 때 최종생산물인 전력의 생산량을 줄이게 된다(Sugeta and Matsumoto, 2007).

상류 및 하류조세에 대한 초기 연구에 의하면 상류조세는 에너지 투입에 대한 조세(input tax), 하류조세는 최종생산물이나 배출량에 부과되는 조세(output tax, emission tax)로 모형화 된다(Schmutzler and Goulder, 1997; Smulder and Vollebergh, 1999). Sugeta and Matsumoto(2007)는 정부 세입 대비 사회적 효용 증가 관점에서 상류조세인 에너지 투입에 대한 조세(input tax)보다 하류조세인 배출세(emission tax)가 우월한 정책이라고 평가하였다. 최종생산물에 부과되는 제품부과금(product tax)이라도 상류조세와 하류조세를 구분할 수 있는데, 에너지 부문에 있어 상류탄소세는 경로의 전반부에 존재하는 석탄, 원유, 천연가스, 일차에너지에 부과하는 조세를 의미하고 하류탄소세는 최종에너지와 에너지 다소비 산업의 산출물에 부과하는 조세를 의미한다. 본 연구는 GDP 또는 산업 생산 감소와 같은 경제 활동 손실을 최소화하면서 온실가스를 효과적으로 감축하는 상류탄소세와 하류탄소세의 효율성에 대하여 분석하고자 한다.

본 연구에서는 에너지 산업의 수직적 관계를 고려하면서 동시에 기업, 가계, 정부 등 모든 경제 주체를 고려한 에너지 부문의 상류탄소세와 하류탄소세에 따른 경제적·환경적 파급효과를 도출하기 위하여 CGE모형을 활용하였다. 에너지 부문을 상류산업과 하류산업으로 구분하고 산업의 최종생산물에 부과되는 제품부과금 세율 변화를 통해 상류탄소세와 하류탄소세를 모형화 한다. 특히 한국의 에너지 산업이나 에너지 다소비 산업의 불완전경쟁성은 다른 산업에 비해 상대적으로 높기 때문에 본 연구에서는

일부 산업의 불완전경쟁성과 고정비용을 고려한 불완전경쟁 CGE모형을 구축하여 분석의 신뢰도를 높이고자 한다. 본문은 다음으로 구성되어 있다. 2장에서는 본 연구에서 구축한 CGE 모형에 대하여 서술한다. 3장에서는 분석에 활용된 자료에 대하여 설명하고, 4장에서는 분석 시나리오와 분석결과를 서술한다. 5장은 분석결과를 토대로 시사점을 도출하고, 6장은 연구의 결론을 서술하였다.

II. CGE 모형

CGE모형은 경제 주체인 생산, 소비, 정부, 저축 및 투자, 해외부분의 비용최소화 또는 효용극대화 조건과 같은 최적 의사결정 식과 경제 주체 간 재화 및 생산 요소의 이동을 나타내는 식으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 박경원(2015)과 박경원 등(2018)의 연구에서처럼 표준적인 CGE모형 중 하나인 Ecomod(2011)를 연구목적에 맞게 수정하였다. 박경원 등(2018)의 모형에서 적용한 방법론을 활용하여 불완전경쟁 시장구조를 가진 산업에 쿠르노과점시장 특성이 반영된 생산함수와 가격결정구조를 도입하였다. 에너지 산업이나 에너지다소비 산업에 부과되는 세율 변화에 따른 경제효과 분석을 위하여 에너지원을 세분화하고, 다단계 에너지 복합단계를 구성한 것이 본 연구에서 구축한 모형의 특징이다.

1. 생산

본 연구의 생산부문은 <그림 1>과 같이 각 산업의 계층적(nested) CES(constant elasticity of substitution) 생산함수의 결합으로 상품을 생산하고, 투입요소 사용량은 각 생산단계의 생산함수가 반영된 비용최소화 과정을 거쳐 도출한다. i 개의 산업이 존재할 때, 산업별 최종생산물(XD_i)은 자본-노동-에너지복합재(KLE_i)와 타 산업의 최종생산물인 중간투입

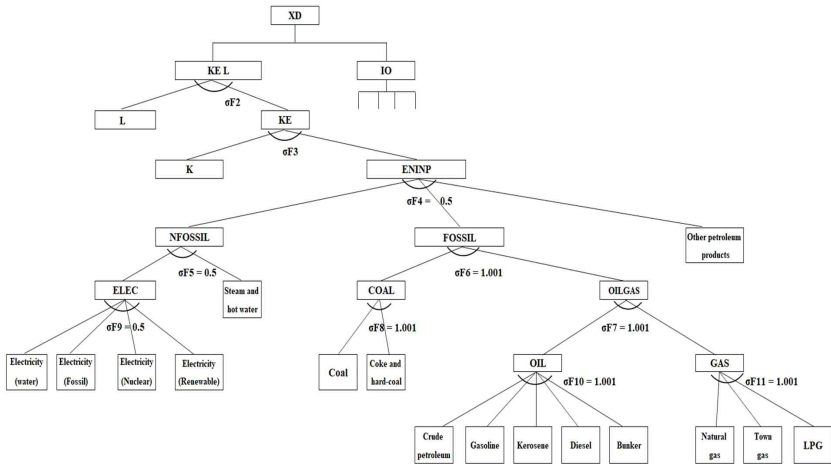
재(IO_i)의 레온티에프 결합으로 생산된다. 자본-노동-에너지복합재(KLE_i)를 생성하는 단계와 그 이하의 단계는 CES 생산함수를 통해 결합된다. 자본-노동-에너지복합재(KLE_i)는 자본-에너지복합재(KE_i)와 노동(L_i)간의 결합으로 생산되고, 자본-에너지복합재(KE_i)는 자본(K_i)과 에너지복합재($ENINP_i$)의 결합으로 생산된다. 16개의 세부 에너지원이 전력복합재($ELEC_i$), 열($HEAT_i$), 석유복합재(OIL_i), 석탄복합재($COAL_i$), 가스복합재(GAS_i)를 생성하며 다단계 복합단계를 통해 최종적으로 에너지복합재($ENINP_i$)를 생성한다.

레온티에프 생산함수가 적용된 자본-노동-에너지복합재(KLE_i)와 중간투입재(IO_i)가 최종생산물(XD_i)을 생산하는 단계와 각 산업의 최종생산물이 중간투입재(IO_i)를 생산하는 단계에서의 대체탄력성은 0이다. 노동(L_i)과 자본-에너지복합재(KE_i)가 자본-노동-에너지복합재(KLE_i)를 생산하는 단계의 대체탄력성(σF_2)과 자본(K_i)과 에너지 복합재($ENINP_i$)가 자본-에너지복합재(KE_i)를 생산하는 단계의 대체탄력성(σF_3)은 권오상 등(2018)이 국내 자료를 활용하여 추정한 탄력성 수치를 적용하였다(〈표 1〉). 16개의 세부 에너지원이 에너지 복합재($ENINP_i$)를 구성하는 단계에서는 Paltsev et al.(2005)에서 적용된 값을 활용하였다.

한편 각 산업은 최종생산물(XD_i)의 생산량에 따라 일정한 비율로 생산물세와 기타생산세를 납부한다. 생산물세는 생산자가 재화 및 서비스를 생산·판매하였을 때 생산량에 따라 부과되는 조세이다. 반면 기타생산세는 생산에 사용된 토지와 같은 자산의 이용이나 노동력에 대한 조세를 의미한다(강성원 등, 2012; 김용건 등, 2013).¹⁾ 본 연구에서는 시나리오에 의해 생산물세의 세율은 변화하고, 기타생산세의 세율은 기준년도의 수치가 유지된다고 가정한다.

1) 투입산출표의 기초가격평가표에서는 순생산물세(생산물세-생산물보조금)는 중간투입항목에 기입하고, 순기타생산세(기타생산세-기타생산보조금)는 부가가치 항목에 기입한다.

〈그림 1〉 에너지 복합재(ENINP) 및 생산 구조



본 연구는 에너지 부문을 특화한 국내 CGE모형을 구축하는 과정에서 한국의 에너지 산업 및 에너지 다소비 산업의 주요 특징인 불완전경쟁성을 반영하고자 한다. 이를 위하여 일부 불완전경쟁적 산업의 경우에는 가격형성조건이 변화하고, 고정비용 존재를 대입하는 것으로 불완전경쟁 CGE모형을 구축하였다.²⁾ 완전경쟁모형과 비교하여 가격 형성조건은 $PD\left(1 - \frac{1}{\epsilon_{CR} \cdot n}\right) = mc$ 으로 변화하게 되고, 불완전 경쟁적 기업이 인지하는 시장 수요의 탄력성은 기준년도의 자료로 도출된다. 이 탄력성을 활용하여 고정비용이 존재하는 노동과 자본비용에서 고정노동과 고정자본비용을 도출할 수 있다. 또한 산업별 총 노동 수요함수는 가변노동 수요와 고정노동 비용의 합으로, 총 자본 수요함수는 가변자본 수요와 고정자본 비용의 합으로 나타낸다. 결과적으로 투입요소인 노동, 자본, 에너지 중에서 노동과 자본의 일부가 고정비용으로 전환되었기 때문에 기업의 가변비용에서 에너지원의 비중이 증가하게 된다.

2) 이는 Ecomod(2011)에서 일반균형모형에 불완전경쟁성을 반영하는 방법론으로 자체 한 설명은 박경원(2015)과 박경원 등(2018)을 참고할 수 있다.

2. 가계

전체 소비자를 대표하는 가계 부문은 생산부문에 노동과 자본을 공급하고 가계소비, 가계저축, 조세 납부를 담당한다. 가계부문의 소득은 노동 및 자본 공급을 통한 소득과 정부로 부터의 이전소득이고, 소득에서 소비세, 순생산물세, 소득세, 저축을 뺀 가치분소득은 소비재에 모두 지출된다. 소비자의 효용함수로 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 함수를 활용하였고, 효용함수의 파라미터는 기준년도 자료로부터 캘리브레이션된다. 소비재에 대한 수요함수는 예산제약하의 효용극대화 과정을 통해 도출되었다.

3. 정부

정부 수입은 소비세, 생산물세, 생산세, 소득세, 관세로 구성되고, 정부 지출은 소비재, 노동, 자본에 대한 정부소비와 가계이전지출이다. 정부는 정부 수입에서 정부소비 및 정부지출을 수행하고 남은 금액을 정부저축으로 전환한다. 정부는 소비재, 노동, 자본에 대하여 지출하며 효용을 극대화하는 것으로 의사결정을 한다. 정부 소비재에 대한 수요함수도 콥-더글라스 함수의 효용극대화 문제를 통해 도출한다.

4. 투자

경제 내부의 총 저축은 가계저축, 정부저축, 해외저축으로 구성된다. 총 저축이 각 산업으로 투자되는데, 각 산업별 투자수요함수는 총 저축액 내에서 효용극대화 문제를 통해 도출한다. 본 연구에서는 투자부문의 효용함수로 콥-더글라스 함수를 활용하였다.

5. 해외

국내에서 생산된 최종생산물(XD_i)은 수출(E_i)되거나 국내시장으로 공

급(XDD_i)된다. 본 연구에서는 다음의 수식과 같이 수출수요는 수출재(E_i)의 가격 탄력성(μ_i)에 따라 결정된다고 모형화 한다. 수출재의 가격탄력성은 모형이 수렴하는 범위 내에서 국내 생산비 증가에 따라 탄력적으로 수출량이 결정될 수 있도록 3을 가정하였다.

$$E_i = aE \times (PE_i/ER)_i^{-\mu}$$

단, PE_i = 수출재가격, ER = 환율

국내에서 생산되어 국내로 공급된 국내재(XDD_i)는 수입재(M_i)와 복합되어 최종재(X_i)를 생산한다. 이 때 최종재(X_i)는 국내재(XDD_i)와 수입재(M_i)의 CES 결합을 의미하는 아밍톤함수(Armington)에 의해 생산된다. 국내재(XDD_i)와 수입재(M_i)의 수요량은 생산단계에서의 비용 최소화 조건으로 도출된다. 수입재와 국내재 아밍톤 결합에서의 대체탄력성은 강성원 등(2012)을 고려하되 ENV-Linkage 모형 및 김수이 등(2010)과 같은 국내외 문헌에서 주로 적용하는 탄력성 값의 범위 내에 있도록 2를 가정하였다.

III. 자료

1. 산업 분류

본 연구는 한국은행(2016)의 '2014년 투입산출표(기초가격평가표)'와 통계청의 '2014년 소득세' 자료를 반영하여 기준년도 사회회계행렬(SAM, social accounting matrix)을 작성하였다. 본 연구에서 구축한 CGE모형은 총 30개의 산업으로 구성되어 있고, 이 중 비에너지 산업은 14개, 에너지 산업은 16개이다. 비에너지 산업은 대부분 투입산출표의 대분류(30부문)의 기준에 따라 구분하였고, 에너지 산업은 투입산출표의 기본분류(384부

문)를 기준으로 하되 에너지에 부과되는 세율과 에너지밸런스의 분류기준을 반영하여 16개의 에너지원으로 세분화하였다. 생산의 투입요소인 에너지 복합재($ENINP_i$)는 16개의 에너지원이 다중 복합되어 최종적으로 구성되는 것으로 가정한다. 최종적인 산업구분은 <표 1>와 같다.

<표 1> 자본-에너지-노동 복합재(σF_2)와 자본-에너지 복합재(σF_3) 생산의 대체탄력성과
불완전경쟁을 가정한 산업의 기업수

비에너지 산업(14)				에너지 산업 (16)			
산업명	대체탄력성		기업수 (HHI)	산업명	대체탄력성		기업수 (HHI)
	σF_2	σF_3			σF_2	σF_3	
농림수산물	1.181	1.005		전력(수력)	1.131	0.953	3
광산물	1.4	0.99	1.78 (5,616)	전력 (화력·자가발전)	1.131	0.953	5
음식료품	0.711	1.001		전력(원자력)	1.131	0.953	3
섬유 및 가죽제품	6.236	1.001		전력(신재생)	1.2	1.008	
목재 및 종이, 인쇄	0.844	0.863		증기및온수	1.131	0.953	
화학제품	1.131	0.953		석탄	1.223	1.006	1.71 (5,864)
비금속광물제품	1.131	0.953		석탄제품	1.089	1.003	
1차 금속제품	0.979	1.001		원유	1.006	0.999	1.71 (5,864)
금속제품 및 기계 및 장비	1.131	0.953		휘발유	1.046	1.006	
전기 및 전자기기 및 정밀기기	0.844	0.863	2.65 (3,772)	등유	1.013	1.001	
운송장비	0.711	1.001		경유	1.038	1.012	
기타 제조업 제품 및 임가공	0.711	1.001		중유	1.058	0.983	
수도, 폐기물 및 재활용서비스 및 건설	0.711	1.001		천연가스	1.001	1.001	1.71 (5,864)
서비스	1.131	0.953		도시가스	0.993	0.999	
				LPG	1.029	0.999	
				기타에너지	1.001	1.001	

자료: 권오상 등(2018), 이재형 등(2017)

본 연구에서는 허쉬만-허핀달지수(HHI, Hirschman-Herfindahl Index, 이하 HHI)를 활용하여 불완전경쟁적인 시장구조를 가진 산업을 식별하였다. <표 2>은 국가 전반을 포괄하며 광업 및 제조업 부문의 산업집중도

를 주기적으로 측정한 연구인 이재형 등(2013, 2017)의 2010년, 2014년 기준 산업별 *HHI* 지수이다. 산업별 *HHI* 지수를 활용하여 동등규모 기업 수를 도출한 뒤 산업 내 기업수로 활용할 수 있다. 본 연구에서는 기준년도인 2014년의 *HHI*가 3,000 이상인 산업을 불완전 경쟁적인 산업으로 가정한다.

〈표 2〉 광업 및 제조업 부문의 산업별 *HHI* (2014년)

산업명		2010년	2014년	산업명		2010년	2014년
05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	5,783	5,864	20	화학물 및 화학제품	1,242	967
06	금속 광업	5,694	5,616	21	의료용 물질 및 의약품	420	375
07	비금속 광물 광업	378	403	22	고무제품 및 플라스틱제품	544	508
08	광업 지원 서비스업	10,000	10,000	23	비금속 광물제품	1,783	992
10	식료품	995	798	24	1차 금속	2,448	1,981
11	음료	2,532	2,326	25	금속가공제품	977	952
12	담배	6,143	5,635	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	2,707	3,772
13	섬유제품, 의복제외	1,021	575	27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	1,228	615
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품	764	646	28	전기장비	1,232	725
15	가죽, 가방 및 신발	876	730	29	기타 기계 및 장비	742	656
16	목재 및 나무제품	588	658	30	자동차 및 트레일러	1,591	1,715
17	펄프, 종이 및 종이제품	1,137	1,000	31	기타 운송장비	3,790	2,355
18	인쇄 및 기록매체 복제업	172	699	32	가구	490	407
19	코크스, 연탄 및 석유정제품	2,478	2,203	33	기타 제품	962	951

자료: 이재형 등(2013, 2017)

2014년을 기준으로 *HHI*가 3,000 이상인 산업 중 석탄, 원유 및 천연가스 광업(05)은 본 연구의 산업분류에서 석탄, 원유, 천연가스 산업에 해당한다. 금속광업(06)과 광업 지원 서비스업(08)은 본 연구의 산업분류에서 광산품에 해당한다. 그러나 광업 지원 서비스업(08)이 차지하는 비중이 작으므로 금속광업(06)의 수치를 광산품 산업에 적용하였다. 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비(26)는 본 연구의 산업분류에서 전기 및 전자기기 및 정밀기기 산업에 해당한다. 담배(12)는 식료품(10), 음료(11)와 함께 본 연구의 음식료품에 해당한다. 그러나 음식료품 산업 중 담배(12)의 비

중이 작으므로 음식료품 산업은 불완전경쟁성을 보이지 않는다고 가정하였다. 이 외에도 코크스, 연탄 및 석유정제품(19), 1차 금속(24), 기타 운송장비(31)산업은 한국 경제에서 산업집중도가 높은 것으로 여겨지지만 2014년 기준 *HHI*가 3,000 이상이 아니므로 불완전경쟁적 산업에서 제외하였다.

쿠르노과점 시장의 가격결정조건을 식별하기 위해서는 산업 내 기업 수 자료가 필요하므로, *HHI* 지수를 변환하여 산업 내 동등규모 기업 수를 도출한다. *HHI* 지수를 활용하여 동등규모 기업 수를 도출하면 시장의 불완전경쟁적 산업의 구조를 보다 효과적으로 표현이 가능하다는 장점이 있다. 예를 들어 산업 내 다수의 기업이 존재하더라도 최초 기업의 점유율이 압도적으로 높다면 *HHI* 지수는 10,000에 가까워진다. 이 수치를 동등규모 기업수로 역산할 경우 1에 가까운 수치가 도출되므로 시장의 특성을 직관적으로 보여줄 수 있다. *HHI* 지수를 통해 동등규모 기업수를 도출하는 과정은 다음과 같다.³⁾

$$HHI = \sum_{i=1}^N s_i^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{100}{n}\right)^2 = n \left(\frac{100}{n}\right)^2 = \frac{10,000}{n}$$

단, s_i = 시장점유율 (%)

n = 동등규모 기업수

$$\therefore n = \frac{10,000}{HHI}$$

최종에너지 산업의 경우에는 실제 존재하는 기업 수를 모형에 반영하였다. 현재 한국의 전력 부문은 여섯 개의 발전회사와 민간발전회사에서 생산한 전력을 전력거래소에서 구입하여 판매하는 구조를 가지고 있다. 한국전력의 발전자회사 중 화력발전사는 다섯 개[동서발전, 남동발전, 중부

3) 지수로부터 동등규모 기업수를 환산하는 과정은 박경원(2015)와 박경원 등(2018)을 참고할 수 있다.

발전, 서부발전, 남부발전]이므로, 이 수치를 반영하여 전력(화력·자가발전)산업 내 기업수는 5라고 전제하고 분석에 반영하였다. 발전자회사 중 한국수력원자력은 수력과 원자력 발전을 담당하고 있다. 단, 전력(수력)과 전력(원자력) 산업은 모형 값 수렴을 위한 최소값을 고려하여 산업 내 기업수를 3으로 전제하고 분석에 반영하였다. 따라서 본 연구의 30개 산업 중 불완전 경쟁을 가정한 산업은 모두 8개 산업으로 광산품, 전기 및 전자기기 및 정밀기기, 전력(수력, 화력·자가발전, 원자력), 석탄, 원유, 천연가스 산업이다. 불완전경쟁적 산업에는 쿠르노과점적 가격결정구조와 고정비용을 대입하였고, 그 외 22개 산업은 완전경쟁적 시장구조를 가지고 있다고 가정한다.

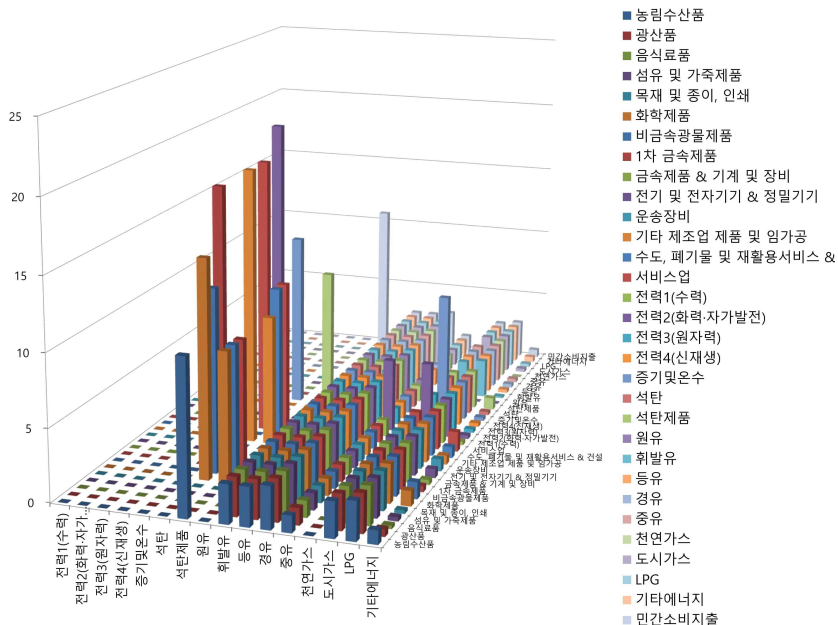
2. 에너지 투입액 대비 배출량

본 연구에서 구축한 일반균형모형에 온실가스 배출량을 내생화하기 위해서는 SAM과 동일한 산업분류로 구분된 온실가스 배출량 자료가 필요하다. 뿐만 아니라 세부 에너지원별 소비 변화에 따른 온실가스 배출량 변화를 도출하기 위하여 기준년도 배출량 자료는 산업별·에너지원별로 구분되어야 한다. 본 연구에서는 한국환경정책·평가연구원(2016)의 온실가스 산업연관표를 반영하였다. 한국환경정책·평가연구원(2016)의 온실가스 산업연관표는 산업연관표의 기본부문(384부문)을 기준으로 각 산업의 최종 생산물 생산과정에서 배출한 온실가스 배출량을 투입된 중간재의 양에 따라 배분한 자료이다. 우선적으로 산업별 온실가스 배출량은 에너지 밸런스 상의 에너지 총수요량을 통해 계산된다. 이렇게 계산된 산업별 온실가스 배출량은 투입산출표(기초가격평가표)의 투입-산출 구조를 반영하여 각 산업의 중간재 투입액에 비례하여 배분되었다. 본 연구에서는 온실가스 산업연관표의 배출량(tonCO_2eq)을 본 연구의 에너지원 분류에 따라 구분한 뒤, 투입산출표의 에너지 투입액(백만원)으로 나누어 에너지 투입액당 배출량($\text{tonCO}_2\text{eq}/\text{백만원}$)을 계산하였다. 최종적으로 계산한 에너지 투입액 대비 배출량은 다음의 <그림 2>와 같다.

위의 온실가스 산업연관표는 간접배출량을 고려하지 않고 산업과 최종 수요 부문의 화석연료 사용에 의한 배출량으로 산정한 것이다. 간접배출량을 고려하지 않았기 때문에 전원별 전력, 증기 및 온수 산업의 최종생산물의 에너지 투입액 대비 배출량은 0이다.⁴⁾ 그러나 이것이 위의 산업별 배출량이 0임을 의미하는 것은 아니다. 전 산업의 배출량은 각 산업의 일차에너지 사용량에 따라 계산할 수 있다. 예를 들어 화력발전 산업의 경우에는 석탄, 도시가스, 중유를 주된 투입요소로 사용하고 있다. 이 경우 화력발전 산업의 배출량은 각 투입요소별 에너지 투입액 대비 배출량을 활용하여 계산된다.

산업간 거래액이 존재하지 않는 모든 경우에서 온실가스 산업연관표의 배출량도 존재하지 않았고, 이 경우 배출계수는 0으로 가정하였다. 유연탄과 무연탄을 포함하는 석탄의 배출계수가 산업별로 약 12.2~21.2(톤CO₂eq/백만원)로 가장 높고, 석탄제품의 배출계수도 8.99~10.65(톤CO₂eq/백만원)로 높게 계산되었다. 석유제품의 배출계수(톤CO₂eq/백만원)는 경유[약 2.9], 등유[약 2.7], 휘발유[약 2.7], 중유[약 1.2], 기타에너지[약 1.0] 순이었고, 다만 전력(화력·자가발전)에 투입되는 중유의 배출계수는 약 5.1(톤CO₂eq/백만원)로 높게 계산되었다. 도시가스는 약 2.5(톤CO₂eq/백만원)의 값을 갖지만 전력(화력·자가발전)에 투입되는 경우 약 5.1(톤CO₂eq/백만원), 증기및온수에 투입되는 경우 약 8.8(톤CO₂eq/백만원)의 높은 값을 보였고, LPG의 배출계수는 약 2.7(톤CO₂eq/백만원)로 나타났다.

4) 원유와 천연가스 산업의 경우에는 원유와 천연가스를 석유제품과 가스로 전환하는 과정에서 온실가스가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 전환 과정에서 발생한 온실가스를 석유제품과 가스를 사용하는 과정에서 발생하는 온실가스에 포함하여 계산하였다.

〈그림 2〉 에너지 투입액 대비 배출량(CO₂eq/백만원)

IV. 분석결과

1. 시나리오

투입산출표 상에서 생산 활동과 관련하여 생산자에게 부과하는 세금에는 생산물세와 기타생산세가 있다. 본 연구에서는 모든 산업이 부담하는 생산물세 중 약 20%가 에너지 관련 조세로서 탄소세라고 전제하고,⁵⁾⁶⁾ 각

5) 국세청(2015)의 '국세통계연보'와 행정자치부(2015)의 '지방세통계연감' 등을 활용하여 기준년도 전체 세수에서 에너지 관련 세수의 비중을 도출하였다. 2014년 국세와 지방세 합인 약 120(조원) 중 에너지관련 세수는 약 25(조원)으로 약 20.7%를 차지한다. 이를 적용하여 본 연구에서는 기준년도 순생산물세의 20.7%가 에너지 관련 세수로 탄소세라고 전제한다. 에너지관련 세수는 집계 방식은 선행연구에서 조사한 내용을 본 연구의 기준년도 자료로 연장한 것이다. 에너지관련 세수는 약 14(조원, 2001년), 약 20(조원, 2005년), 약 24(조원, 2010년), 약 23(조원, 2011년)으로 자세한 내용은 강만옥 등(2012), 김용건 등(2013)을 참조할 수 있다.

산업의 생산량 대비 탄소세의 비율을 '탄소세율'로 정의하였다. 그리고 산업별 탄소세율과 온실가스 배출량 간의 관계를 분석한 뒤 세율 변동에 대한 시나리오를 수립하였다. <그림 3>은 기준년도에서의 탄소세율과 생산량 대비 온실가스 배출량을 보여준다. 전력(화력·자가발전), 증기 및 온수, 비금속 광물제품, 1차 금속제품, 화학제품 산업은 배출량이 가장 높은 산업이지만 현재 부과되는 탄소세율은 높지 않은 것을 알 수 있다. 반면 석탄, 석탄제품, 도시가스 산업의 탄소세율은 배출량에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

첫 번째 시나리오에서는 탄소세율을 생산량 당 배출량에 비례하여 설정하였다. 그 결과 온실가스 배출량에 비해 탄소세율이 낮은 산업-전력(화력·자가발전), 증기 및 온수, 비금속 광물제품, 1차 금속제품, 화학제품의 세율이 증가하였다. 다른 산업의 세율은 기준년도의 세율 대비 약 6%(농림수산물)에서 98%(도시가스)까지 감소하였다. 즉 이 기준은 전환에너지 산업과 주요 에너지 다소비 산업의 탄소세율을 증가시켜 하류탄소세의 효과를 나타낸다.

두 번째 시나리오는 첫 번째 시나리오에 대한 대조군으로서 상류탄소세의 효과를 나타낼 수 있도록 본 연구의 16개 에너지 산업 중 상류산업으로 분류되는 원자재 산업과 일차에너지 산업의 탄소세율을 높인 시나리오이다.⁷⁾ 석탄, 석탄제품, 원유, 휘발유, 등유, 경유, 중유, 천연가스, 도시가스, LPG, 기타에너지 산업의 기준년도 탄소세율을 원별 온실가스 배출계수(IPCC, 2006)로 가중하여 재 작성하였다.⁸⁾ 반면 나머지 산업의 세율은

6) 에너지 관련 세수는 에너지를 판매하는 과정에서 납부되는 부가가치세, 개별소비세, 교통에너지환경세, 교육세, 주행세 등을 포함하기 때문에 전 산업이 공통비율로 납부하기 보다는 에너지 산업이 상대적으로 많이 부담하였을 것이다. 그러나 본 연구는 조세의 부과 기준에 따른 경제적·환경적 변화가 분석대상임으로, 분석의 편의성을 제고하기 위하여 모든 산업에 일괄적으로 순생산물세 중 에너지 관련 세수 비율을 적용하였다.

7) 실제 한국의 에너지 세제 및 에너지 상대가격 체계는 후자에 가깝다고 볼 수 있다. 즉 석탄·석유제품 보다 전력부문에 더 큰 세제 혜택을 더 제공하고, 에너지다소비 업종에게 온실가스 배출량에 비례하는 온실가스 감축의무나 비용을 부과하지는 않는다.

8) 즉 기준년도의 탄소세율에 온실가스 배출계수를 곱하여 새로운 세율을 작성하고, 기준

〈표 3〉 탄소세율

기준년도 탄소세율 [A]			하류탄소세의 에너지 탄소세율 [B] 변화 (%); ($\frac{100 \times (B - A)}{A}$)		상류탄소세의 탄소세율 [C] 변화 (%); ($\frac{100 \times (C - A)}{A}$)		
산업명		세율 (%)					
비에너지 산업	농림수산물	0.20	세율 상승 [t ≥ 0]	화학제품 비금속광물제품 1차 금속제품 전력(화력·자가발전) 증기및온수	세율 상승 [t ≥ 0]	석탄 석탄제품 원유 휘발유 등유 경유 중유 천연가스 도시가스 LPG 기타에너지	
	광산물	0.44					
	음식료품	0.35					
	섬유 및 가죽제품	0.12					
	목재 및 종이, 인쇄	0.08					
	화학제품	0.08					
	비금속광물제품	0.19					
	1차 금속제품	0.02					
	금속제품 및 기계 및 장비	0.08					
	전기 및 전자기기 및 정밀기기	0.06					
에너지 산업	운송장비	0.05	세율 감소 [-30 ≤ t < 0]	농림수산물 목재 및 종이, 인쇄 기타 제조업 제품 및 임가공 전력(수력) 전력(신재생)	세율 감소 [t < 0]	농림수산물 광산물 음식료품 섬유 및 가죽제품 목재 및 종이, 인쇄 화학제품 비금속광물제품 1차 금속제품 금속제품 및 기계 및 장비 전기 및 전자기기 및 정밀기기 운송장비 기타 제조업 제품 및 임가공 수도, 폐기물 및 재활용서비스 및 건설 서비스	
	기타 제조업 제품 및 임가공	0.11					
	수도, 폐기물 및 재활용서비스 및 건설	0.41					
	서비스	0.42					
	전력(수력)	0.07					
	에너지 산업	전력(화력·자가발전)	0.22	세율 감소 [-60 ≤ t < -30]	광산물 금속제품 및 기계 및 장비 전기 및 전자기기 및 정밀기기 운송장비 전력(원자력) 원유 휘발유 경유 천연가스 기타에너지	세율 감소 [t < 0]	전력(수력) 전력(화력·자가발전) 전력(원자력) 전력(신재생) 증기및온수
		전력(원자력)	0.16				
		전력(신재생)	0.08				
		증기및온수	0.47				
		석탄	0.81				
에너지 산업		석탄제품	0.49	세율 감소 [-90 ≤ t < -60]	음식료품 섬유 및 가죽제품 수도, 폐기물 및 재활용서비스 및 건설 서비스	세율 감소 [t < 0]	전력(수력) 전력(화력·자가발전) 전력(원자력) 전력(신재생) 증기및온수
		원유	0.06				
		휘발유	0.28				
		등유	0.37				
		경유	0.27				
	에너지 산업	중유	0.34	세율 감소 [t < -90]	석탄 석탄제품 도시가스	세율 감소 [t < 0]	전력(수력) 전력(화력·자가발전) 전력(원자력) 전력(신재생) 증기및온수
		천연가스	0.07				
		도시가스	1.01				
		LPG	0.36				
	기타에너지		0.23				
합계 (0.26)			합계 (0.26)		합계 (0.26)		

〈표 4〉 GDP, 온실가스 배출량, 원단위 배출량 변화

(단위: %)

	하류탄소세 (downstream carbon tax)	상류탄소세 (upstream carbon tax)
GDP	-0.12	-0.08
온실가스 배출량	-3.94	-2.58
원단위 배출량	-3.82	-2.50

〈표 5〉는 시나리오에 따른 국가 전체 배출량 중 산업부문의 배출량 변화와 산업 생산량 변화이다. 하류탄소세와 상류탄소세 부과에 따라 전체 산업 생산량은 0.61%, 0.63% 감소하였다. 반면 배출량은 4.38%, 2.44% 감소하여 비교적 유사한 수준의 생산량 변화에 비해 온실가스 배출량 변화에는 큰 차이가 있다. 이것을 원단위로 환산하면 하류탄소세에서는 산업 부문 원단위가 3.79% 개선된 반면 상류탄소세에서는 산업부문 원단위가 1.82% 개선되었다.

모든 시나리오에서 탄소세 기준에 따른 생산량 변화 보다 배출량 변화가 더 크게 발생하여 높은 원단위 개선 성과가 나타났다. 이와 유사한 분석결과로 Lai(2016)와 Yahoo(2017)는 환경세 도입은 GDP나 산업 생산량 변화 보다는 배출량 감축 효과가 있어 국가 총량기준으로 높은 원단위 개선의 결과를 가져옴을 보여주었다. 특히 상류탄소세보다 하류탄소세 부과에 따라 더 큰 원단위 개선 성과를 보였다. 이와 더불어 Smulder and Vollebergh(1999)는 배출량 기준의 조세(emission tax)는 에너지 투입에 대한 조세(input tax)보다 배출량에 직접적으로 과세하기 때문에 자원을 효율적으로 할당함을 보여준다.

시나리오에 따른 생산량 감소 차이에 비해 온실가스 배출량 감소 차이가 더 큰 이유는 하류탄소세에 따라 전력(화력·자가발전) 산업의 배출량이 매우 큰 폭으로 감소했기 때문이다. 〈표 5〉에서 음영으로 표시한 부분은 전력(화력·자가발전) 산업의 기준년도 온실가스 배출량과 시나리오에 따른 배출량 변화이다. 기준년도의 전력(화력·자가발전) 산업의 배출량은 약 237백만(톤CO₂eq)으로 산업부문의 배출량의 약 43%를 차지한다. 초기 균형에서 전력(화력·자가발전) 산업이 차지하는 비중이 압도적으로 크기

때문에 전력(화력·자가발전)산업의 배출량 감소가 산업부문 배출량 증가에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 전력(화력·자가발전) 산업에 부과되는 세율을 크게 높인 하류탄소세의 온실가스 감축효과가 보다 크게 나타나는 것이다.

〈표 5〉 산업부문의 생산량, 온실가스 배출량, 원단위 배출량 변화

(단위: %, CO₂eq)

		하류탄소세 (downstream carbon tax)	상류탄소세 (upstream carbon tax)
생산량	합계	-0.61	-0.63
배출량	합계 (배출량: 557,490,974)	-4.38 (-24,405,317)	-2.44 (-13,614,951)
	전력(화력) (배출량: 237,414,501)	-7.81 (-18,550,629)	-1.71 (-4,053,515)
원단위	합계	-3.79	-1.82

〈표 6〉는 민간소비와 정부소비의 합인 최종소비부문의 소비량, 온실가스 배출량, 원단위 배출량 변화를 보여준다. 최종소비 부문의 경우에는 하류탄소세에 따라 소비량은 0.03% 증가하고, 배출량은 0.37% 증가하였다. 소비량 증가 보다 더 큰 온실가스 배출량 증가가 나타나 원단위는 0.34% 악화되었다. 반면 상류탄소세에 의한 최종소비량은 0.11% 증가하고, 배출량은 3.89% 감소하였다. 최종소비량이 증가했음에도 배출량이 감소하였기 때문에 원단위는 3.99% 개선되었다. 즉 최종소비의 경우에는 시나리오에 따라 소비량은 증가하지만 온실가스 배출량의 증가 혹은 감소가 다르게 나타난다. 하류탄소세에 따라 산업부문의 원단위는 개선되고 최종소비의 원단위는 악화되었다. 반면 상류탄소세에 따라 산업부문보다도 더 큰 원단위 개선이 최종소비에서 발생하는 것으로 나타났다.

상류탄소세에 의해 최종소비 부문의 원단위 개선 성과가 크게 나타난 이유는 휘발유, 도시가스과 같은 일차에너지 소비량 감소가 배출량 감소로 이어졌기 때문이다. 최종소비부문의 주된 에너지원은 전력(화력·자가발전), 휘발유, 도시가스 인데, 하류탄소세에 의해서는 전력(화력·자가발전)의 소비량이 감소하고, 상류탄소세에 의해서는 휘발유와 도시가스의

소비량이 감소하게 된다. 본 연구에서는 직접배출량으로 배출량을 산정하고 있기 때문에 최종소비 부문의 주요 에너지원 중 도시가스와 휘발유의 소비량 감소가 최종소비 부문의 배출량 감소에 큰 비중을 차지하게 되었다. <표 6>에서 음영으로 표시한 부분은 휘발유와 도시가스 산업으로 부터의 배출량 변화를 보여준다. 휘발유와 도시가스의 소비량 감소를 유발하는 상류탄소세에 의한 배출량 감소와 원단위 개선 성과가 큰 것을 확인할 수 있다.

〈표 6〉 최종소비부문의 소비량, 온실가스 배출량, 원단위 배출량 변화

(단위: %, CO₂eq)

		하류탄소세 (downstream carbon tax)	상류탄소세 (upstream carbon tax)
소비량	합계	0.03	0.11
배출량	합계 (배출량: 57,180,427)	0.37 (+213,339)	-3.89 (-2,437,289)
	휘발유 (배출량: 18,822,136)	-0.1 (-15,064)	-2.1 (-396,406)
	도시가스 (배출량: 22,636,644)	1.0 (+228,220)	-6.5 (-1,469,904)
원단위	합계	0.34	-3.99

3. 불완전경쟁적 산업의 국내 생산가격과 생산량 변화

다음의 <표 7>는 불완전경쟁을 가정한 8개 산업의 시나리오에 따른 국내 생산가격과 생산량 변화를 보여준다. 괄호 안의 수치는 전 산업이 완전경쟁적이라고 가정한 경우의 결과이다. 시나리오에 따라 세율이 증가한 산업은 음영으로 표시되었다. 산업의 시장 구조와 관계없이 산업에 부과하는 세율이 증가함에 따라 각 산업의 국내 생산가격은 상승하고 국내생산량은 하락한다. 그러나 동일한 시나리오에 대하여 쿠르노과점 시장 구조를 가질 때 산업의 국내생산가격은 더 높게 국내생산량은 더 낮게 균형이 성립한다. 이 차이는 일부 산업의 불완전경쟁적 구조 때문에 발생하는 것이다. 즉, 모든 산업이 완전경쟁시장임을 가정한다면 오직 세율 증가에 의하여 가격 상승으로 인한 최적생산량 감소가 발생한다. 반면 일부 산업이 불완전경쟁적 시장임을 가정한다면 세율증가로 인한 가격 상승 효과에

불완전경쟁시장에서의 가격결정 조건에 의한 가격상승 효과가 가중되는 것이다. 이와 관련하여 Orlov et al.(2012)의 연구는 쿠르노과점 시장은 이미 불완전 경쟁으로 인한 시장왜곡이 존재하는 상태이므로 여기에 세제 변동이라는 외부 충격이 더해지면 세율 인상으로 인하여 최적생산량 수준에 미치지 못하는 효과가 가중되는 것을 보여준 바 있다. 국내생산가격 변화는 수출에도 영향을 미친다. 즉, 국내생산가격이 상승하면 해외 시장에서 상품의 가격 경쟁력은 하락하기 때문에 수출량은 감소한다. 산업이 불완전경쟁적일 때 국내 생산가격이 더 높게 결정되므로 수출 감소 폭은 더 크게 나타나게 된다.

〈표 7〉 불완전경쟁적 산업의 국내생산 가격과 국내 생산량 변화율

(단위: %)

	하류탄소세 (downstream carbon tax)						상류탄소세 (upstream carbon tax)					
	국내생산가격		국내생산량		수출량		국내생산가격		국내생산량		수출량	
광산품	0.8	(-0.1)	-3.8	(-2.1)	-2.4	(0.0)	0.2	(-0.3)	-2.1	(-1.6)	-1.6	(-0.4)
전기 및 전자기기 및 정밀기기	0.3	(0.02)	-0.8	(-0.4)	-0.8	(-0.4)	-0.1	(-0.2)	-0.9	(-0.6)	-0.9	(-0.7)
전력(수력)	0.3	(-0.1)	-1.5	(-0.9)	-1.1	(-0.1)	0.01	(-0.2)	-1.1	(-0.9)	-1.1	(-0.6)
전력(화력·자가발전)	11.8	(9.5)	-7.6	(-6.2)	-28.5	(-24.0)	2.8	(2.1)	-2.9	(-2.4)	-9.1	(-7.4)
전력(원자력)	0.4	(-0.03)	-1.5	(-1.0)	-1.3	(-0.2)	0.02	(-0.2)	-1.1	(-0.9)	-1.2	(-0.6)
석탄	1.4	(-0.4)	-8.1	(-4.0)	-4.1	(1.0)	18.4	(10.5)	-29.9	(-15.7)	-40.4	(-26.9)
원유	0.01	(-0.2)	-0.8	(-0.4)	-	-	2.2	(0.4)	-9.5	(-5.7)	-	-
천연가스	0.6	(-0.2)	-3.9	(-1.9)	-	-	2.4	(0.3)	-11.0	(-7.4)	-	-

* 음영으로 표시한 셀은 각 시나리오에서 세율이 증가한 산업임

* 괄호 안의 수치는 전 산업이 완전경쟁적임을 가정한 상태에서의 결과임

* 불완전경쟁 산업 중 원유와 천연가스 산업의 수출은 존재하지 않음

4. 에너지원 상대가격 체계

최종균형에서 에너지(복합재)의 가격은 다음의 〈표 8〉과 같다.¹⁰⁾ 하류

10) 에너지(복합재)의 구조는 〈그림 1〉을 따른다. 전력(복합재)는 전력(수력), 전력(화력·자가발전), 전력(원자력), 전력(신재생) 복합재를 의미하고, 석탄(복합재)는 석탄과 석탄제품의 복합재를 의미한다. 석유(복합재)는 원유, 휘발유, 등유, 경유, 중유의 복합재를 의미하고, 가스(복합재)는 천연가스, 도시가스, LPG의 복합재를 의미한다.

탄소세에 의해서는 전력과 열에너지(증기 및 온수)의 가격이 상승한다. 전력복합재의 가격은 약 9% 상승하고, 증기 및 온수산업의 열에너지 가격은 약 5% 상승하는 것으로 나타났다. 반면 석탄, 석유, 가스 복합재의 가격은 소폭 감소하였다. 그러나 상류탄소세 의해서는 모든 에너지재화의 가격 상승이 발생한다. 전력, 석탄, 가스 복합재의 가격이 약 2% 상승하고, 열에너지 가격은 약 1% 상승한 반면 석유복합재의 가격은 약 0.4% 상승하였다. 따라서 에너지원간 상대가격의 변화는 하류탄소세에 따라 큰 폭으로 변화하게 된다.

〈표 8〉 에너지원 상대가격

기준년도 가격 = 1	하류탄소세 (downstream carbon tax)	상류탄소세 (upstream carbon tax)
전력 (복합재)	1.091	1.022
증기및온수	1.047	1.010
석탄 (복합재)	0.999	1.021
석유 (복합재)	0.9998	1.004
가스 (복합재)	0.995	1.029

V. 시사점

본 연구의 결과가 주는 시사점은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 하류탄소세에 따라 GDP 감소 대비 온실가스 배출량 감축 성과가 크기 때문에 높은 원단위 배출량 개선 성과가 나타났다. 이 결과는 배출량을 기준으로 탄소세를 징수했을 때 온실가스 감축 효과가 보다 높아질 수 있음을 보여준다. 에너지 산업이 집중적으로 탄소세를 부담하는 경우와 비교하여 기대되는 온실가스 감축량이 크고 감축 목표를 달성을 위한 경제 손실이 더 적기 때문이다.

둘째, 반면 상류탄소세와 하류탄소세에 따라 최종소비부문이 온실가스 감축량에 기여하는 정도에 큰 차이가 발생했다. 상류탄소세에 의한 최종소비 부문의 감축 부담이 더 크다. 그러나 상류탄소세의 경우에는 최종소

비부문에서 상대적으로 많은 감축량을 담당했음에도 국가 총 배출량에 대한 원단위 개선 성과가 하류탄소세에 미치지 못하였다.

셋째, 일부 산업의 불완전경쟁 구조를 고려했을 때 결과는 전 산업의 완전경쟁적 시장구조를 전제하고 도출한 결과와 비교하여 국내 생산 가격은 더 높고 생산량은 더 낮게 도출된다. 이는 불완전경쟁을 반영하였을 경우 새로운 균형에서 산업 생산량 감소가 심화될 가능성을 보여준다. 따라서 완전경쟁을 가정하고 산정한 환경정책의 경제적 비용은 실제 발생하는 비용을 과소평가할 가능성이 있다.

마지막으로, 하류탄소세가 상류탄소세에 비해 생산량 감소와 온실가스 감축 측면에서 보다 비용효과적인 전략임을 전제한다면 이에 따른 전환 에너지 가격 상승은 감안해야 할 부분이다. 하류탄소세에 따라 전력가격이 약 9% 증가하는 등 전환에너지 가격이 크게 상승한 반면 일차 에너지원의 가격은 감소하여 에너지원간 상대가격 차이가 크게 발생하였다. 반면 상류탄소세에서는 모든 에너지원의 가격이 소폭 증가하였기 때문에 에너지원간 상대 가격 차이가 크지 않다. 이 결과는 효율적인 배출량 감축 과정에서 전력요금과 전환에너지 가격, 에너지 다소비 업종 가격의 전반적인 상승이 동반될 수 있음을 보여준다.

VI. 결론

본 연구는 한국 에너지부문의 상류탄소세와 하류탄소세에 의한 경제적·환경적 효과를 불완전경쟁 CGE모형을 활용하여 분석한 연구이다. 탄소세를 실제 온실가스 배출량이 높은 산업으로부터 징수하는 경우(하류탄소세)와 일차에너지 산업 자체에 징수하는 경우(상류탄소세)를 비교하였다. 시나리오에 의해 변동된 세율은 각 산업의 최종생산물에 부과되는 생산물세에 적용되는 세율로 하류탄소세에서는 1차 금속제품, 비금속광물 제품, 화학제품, 화력 및 자가발전, 증기 및 온수 산업의 세율이 크게 상승

하였고, 상류탄소세에 의해서는 석탄, 석탄제품, 원유, 휘발유, 등유, 경유, 중유, 천연가스, 도시가스, LPG, 기타에너지 산업과 같은 일차에너지 산업의 세율이 크게 상승하였다.

분석결과 하류탄소세가 상류탄소세보다 GDP 감소 대비 온실가스 배출량 감축량이 크기 때문에 원단위 배출량 개선 성과가 크다. 하류탄소세는 산업부문이 주도하는 온실가스 감축이 이루어지는 상태에서 원단위 개선 효과가 높고 감축의 평균손실 비용이 낮다는 점에서 효과적인 정책방향을 제시하고 있다. 이 과정에서 하류탄소세에 따라 전력 가격이 약 9%, 열에너지 가격이 약 5% 상승하였는데, 이는 실제로 많은 양의 에너지를 사용하는 전환에너지 산업의 세금이 상승하여 나타나는 필연적인 결과이다. 이때 석탄, 석유, 가스의 가격은 소폭 하락하였고, 모든 에너지원의 가격이 증가한 상류탄소세에 따른 에너지원 상대가격 체계와 더욱 차이가 발생하였다. 이것은 에너지원의 상대가격 체계를 조정하고 전력의 생산을 위한 실제 비용과 환경비용을 반영하여 전력요금을 책정하는 것이 사회적 비효율을 완화할 수 있음을 보여주고 있다. 더불어 최종소비의 배출량 억제를 위해서도 에너지원 상대가격 체계 변화는 효율적인 정책이 될 것이다.

본 연구의 결과는 온실가스 배출에 대한 부담을 누가 더 많이 지拂하는 것이 환경·경제적으로 효과적인지 보여주고 있다. 본 연구는 에너지 분야의 큰 정책 방향 점검을 위하여 경제를 구성하는 모든 재화와 서비스의 관계를 고려한 에너지 세제 변화의 일반균형효과를 도출하였다는 점에 연구의 성과가 있다.¹¹⁾ 더불어 일부 산업에 쿠르노과점적 가격결정구조와 고정비용의 존재를 반영하여 불완전경쟁적인 성격이 강한 에너지 산업을 분석하는데 보다 정교한 분석결과를 도출하였다는 점에 학문적 기여도가 높다고 하겠다. 본 연구의 결과는 구체적인 에너지원에 대한 과세정책과 세제혜택 및 보조금 지급의 정책방향을 결정하는데 활용될 수 있을 것이다.¹²⁾

11) 본 연구는 특정한 에너지원에 부과되는 세금이나 보조금 지급과 같은 구체적인 정책 분석을 대상으로 한 것이 아닌 에너지부문에서 상류기업에게 탄소세가 부과되는 경우(upstream carbon tax)와 하류기업에게 탄소세가 부과되는 경우(downstream carbon tax)에 대하여 일반균형효과 도출을 목적으로 한다.

■ 참고문헌 ■

- 강만옥·김용건·허경선·조정환·이슬, 2012, 『화석연료 사용의 사회적 비용 추정 및 가격구조 합리화 방안 (I)』, (경제·인문사회연구회 협동연구 총서; 12-32-01-02, 사업보고서; 2012-15-02), 서울: 한국환경정책·평가연구원.
- 강성원·김용건, 2012, 『환경정책 파급효과 분석을 위한 일반균형 모형개발』, (연구보고서; 2012-16), 서울: 한국환경정책·평가연구원.
- 국세청, 2015, 『2015 국세통계연보』, 세종: 국세청.
- 권오상, 2013, 『환경경제학』, 서울: 박영사.
- 권오상·한미진·반경훈·윤지원, 2018, “한국 경제의 KLEM DB구축과 중첩 CES 생산함수 추정,” 『자원·환경경제연구』, 27(1), pp.29-66, DOI: 10.15266/KEREA.2018.27.1.029.
- 김수이·조경엽·노동운, 2010, “국내 온실가스 감축정책의 지역별 효과 분석,” 『한국경제연구』, 28(3), pp.29-57.
- 김용건·강만옥·허경선·서영·유종현·이슬, 2013, 『화석연료 사용의 사회적 비용 추정 및 가격구조 합리화 방안 (II)』, (사업보고서; 2013-09-02), 서울: 한국환경정책·평가연구원.
- 박경원, 2015, “불완전경쟁 CGE모형을 이용한 한국 배출권 거래제의 경제효과 분석,” 박사학위 논문, 서울대학교, 서울.
- 박경원·권오상, 2018, “불완전경쟁 CGE모형을 이용한 배출권거래제의 경제효과 분석,” 『환경정책』, 26(3), pp233-265, DOI: 10.15301/jepa.2018.26.3.233.
- 이재형·양정삼·이상무, 2013, 『시장구조조사』, 서울: 한국개발연구원.
- _____, 2017, 『시장구조조사』, 세종: 한국개발연구원.
- 한국은행, 2016, 『2014년 산업연관표』, 서울: 한국은행.
- 한국환경정책·평가연구원, 2016, 『한국형 상하향식 온실가스 통합감축 시스템 개발(2차년도 보고서)』, 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 행정자치부, 2015, 『2015 지방세통계연감』, 서울: 행정자치부 지방세정책과.
- Ecomod, 2011, “Environmental CGE Modeling with GAMS,” Workshops featuring GAMS, Ecomod Modeling School, Washington DC, USA.
- Hobbs, B., J. Bushnell, and F. Wolak, 2010, “Upstream vs. downstream CO₂ trading: A

12) 본 연구에서 탄소세로 정의한 각 산업별 생산물세 중 온실가스 배출량 관련 조세가 차지하는 비중이 일괄적으로 약 21%라고 가정한 점에는 연구의 한계가 있음을 밝힌다. 이것은 각 산업별이 지불하는 생산물세 중 탄소세의 비중을 세밀하게 반영하는 것으로 발전시킬 계획이다. 그리고 전력요금을 구성하는 세부적인 전원별 분석을 추가하고, 에너지원을 대상으로 구체적인 세제 및 보조금 혜택과 외부비용을 고려한 분석을 추진하는 방향으로 발전시킬 계획이다.

- comparison for the electricity context," *Energy Policy*, 38(7), pp.3632-3643, DOI: 10.1016/j.enpol.2010.02.040.
- Schmutzler, A. and L. H. Goulder, 1997, "The choice between emission taxes and output taxes under imperfect monitoring," *Journal of Environmental Economics and Management*, 32(1), pp.51-64, DOI: 10.1006/jeem.1996.0953.
- Sugeta, H. and S. Matsumoto, 2007, "Upstream and downstream pollution taxation on vertically related markets with imperfect competition," *Environmental and Resource Economics*, 38(3), pp.407-432, DOI: 10.1007/s10640-007-9085-8.
- IPCC, 2006, *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*, In H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (Eds), Hayama: IGES.
- Lai, C. F., 2016, "Examining the double dividend effect of energy tax with the overlapping generations model," *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(1), pp.53-57.
- Orlov, A. and H. Grethe, 2012, "Carbon taxation and market structure: A CGE analysis for Russia," *Energy Policy*, 51, pp.696-707, DOI: 10.1016/j.enpol.2012.09.012.
- Paltsev, S., J. M. Reilly, H. D. Jacoby, R. S. Eckaus, J. McFarland, and M. Sarofim et al., 2005, *The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) model: Version 4*, (Report No. 125), Cambridge, MA: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Smulders, S. and H. J. Vollebergh, 1999, *Green taxes and administrative costs: The case of carbon taxation*, (NBER Working Paper No. 7298), Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Yahoo, M. and J. Othman, 2017, "Carbon and energy taxation for CO₂ mitigation: A CGE model of Malaysia," *Environment, Development and Sustainability*, 19(1), pp.239-262, DOI: 10.1007/s10668-015-9725-z.
- 통계청, 2014, "소득세 통계자료," <http://kosis.kr>, [2020.4.1]

〈부표 1〉 기준년도와 시나리오의 세율

	기준년도				하류탄소세			상류탄소세		
	세율 (A)		온실가스 배출원단위 (CO ₂ eq/백만원)		세율 (B)		변화율 ($\frac{100 \times (B-A)}{A}$, %)	세율 (C)		변화율 ($\frac{100 \times (C-A)}{A}$, %)
농림수산물	0.002044	16	0.111646	7	0.001917	7	-6.2	0.000589	18	-71.2
광산물*	0.004381	5	0.177193	6	0.003043	6	-30.5	0.001262	13	-71.2
음식료품	0.003454	10	0.021466	24	0.000369	24	-89.3	0.000995	16	-71.2
섬유 및 가죽제품	0.001183	19	0.022531	23	0.000387	23	-67.3	0.000341	21	-71.2
목재 및 종이, 인쇄	0.000812	23	0.034867	20	0.000599	20	-26.3	0.000234	25	-71.2
화학제품	0.000801	24	0.187283	5	0.003216	5	+301.7**	0.000231	26	-71.2
비금속광물제품	0.001944	17	0.376772	3	0.006471	3	+232.8**	0.000560	19	-71.2
1차 금속제품	0.000249	30	0.373657	4	0.006417	4	+2,473.4**	0.000072	30	-71.2
금속제품 및 기계 및 장비	0.000839	21	0.033641	21	0.000578	21	-31.1	0.000242	23	-71.2
전기 및 전자기기 및 정밀기기*	0.000570	28	0.015235	28	0.000262	28	-54.1	0.000164	28	-71.2
운송장비	0.000477	29	0.014866	29	0.000255	29	-46.4	0.000137	29	-71.2
기타 제조업 제품 및 임가공 수도, 폐기물 및 재활용서비스 및 건설	0.001071	20	0.045253	15	0.000777	15	-27.5	0.000309	22	-71.2
서비스	0.004092	7	0.041489	17	0.000713	17	-82.6	0.001179	15	-71.2
서비스	0.004169	6	0.077831	9	0.001337	9	-67.9	0.001201	14	-71.2
전력(수력)*	0.000718	25	0.037995	18	0.000653	18	-9.1	0.000207	27	-71.2
전력(화력·자가발전)*	0.002204	15	5.298538	1	0.090998	1	+4,027.9**	0.000635	17	-71.2
전력(원자력)*	0.001590	18	0.041675	16	0.000716	16	-55.0	0.000458	20	-71.2
전력(신재생)	0.000826	22	0.037569	19	0.000645	19	-21.9	0.000238	24	-71.2
증기및온수	0.004730	4	2.422248	2	0.041600	2	+779.6**	0.001363	12	-71.2
석탄*	0.008067	2	0.018589	27	0.000319	27	-96.0	0.099482	1	+1,133.2**
석탄제품	0.004933	3	0.025063	22	0.000430	22	-91.3	0.060838	3	+1,133.2**
원유*	0.000597	27	0.019657	26	0.000338	26	-43.5	0.005709	10	+856.0**
휘발유	0.002810	12	0.074131	12	0.001273	12	-54.7	0.025383	8	+803.4**
등유	0.003709	8	0.075600	10	0.001298	10	-65.0	0.034747	4	+836.9**
경유	0.002737	13	0.068068	13	0.001169	13	-57.3	0.026430	7	+865.6**
중유	0.003432	11	0.075529	11	0.001297	11	-62.2	0.034613	5	+908.6**
천연가스*	0.000665	26	0.020132	25	0.000346	25	-48.0	0.004865	11	+631.3**
도시가스	0.010141	1	0.012700	30	0.000218	30	-97.8	0.074163	2	+631.3**
LPG	0.003562	9	0.061295	14	0.001053	14	-70.4	0.029283	6	+722.2**
기타에너지	0.002349	14	0.083173	8	0.001428	8	-39.2	0.022461	9	+856.0**
합계	0.002617		0.152402		0.002617		-	0.002617		-

* 불완전경쟁시장구조를 가진 산업

** 시나리오에서 세율이 상승한 산업

박경원: 서울대학교 농경제사회학부에서 경제학 박사학위를 취득하고 현재 선문대학교 글로벌지속가능발전경제연구소(GSEI)에서 학술연구교수로 재직 중이다. 경제학을 기반으로 기후변화 및 환경 정책을 분석하는 연구를 주로 수행하고 있다. 주요 연구 실적으로는 박경원 등(2018), “불완전경쟁 CGE모형을 이용한 배출권거래제의 경제효과 분석” (환경정책, 제26권, 제3호)와 박경원 등(2015), “농업부문모형을 이용한 기후변화의 지역별·품목별 경제적 효과 분석” (경제학연구, 제63권, 제1호) 등이 있다(erfolg28@snu.ac.kr).

강성원: Rutgers, the State University of New Jersey 경제학 박사를 취득했으며 현재 한국환경·정책평가연구원에서 선임연구위원으로 재직 중이다. 온실가스 감축정책의 경제적 파급효과를 주로 연구하고 있다. 주요 연구실적으로는 강성원 등(2017/2018/2019), “환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 I/II/III” (기후환경정책연구 2017-07/2018-08/2019-08 한국환경정책·평가연구원)과 강성원 등(2014), “중장기 환경전망 및 대응전략: KEI 통합환경모형연구” (기후환경정책연구 2014-01, 한국환경정책·평가연구원) 등이 있다(swkang@kei.re.kr).

투 고 일: 2020년 04월 02일
심 사 일: 2020년 04월 17일
게재확정일: 2020년 04월 22일