Check for updates

Journal of Climate Change Research 2020, Vol. 11, No. 5-2, pp. 539~546
DOI: http://dx.doi.org/10.15531/KSCCR.2020.11.5.539

배출권거래제 하에서의 온실가스 배출 의사결정 행태에 대한 분석

김영덕[*] · 한현옥[*†]

부산대학교 경제학부 교수[*]

Empirical Analysis of the Impacts of Emission Trading from the Perspective of Firm Decision Making

Kim, Youngduk[*] and Han, Hyun-Ok[*†]

[*]*Professor, Dept. of Economics, Pusan National University, Korea*

ABSTRACT

We analyze the impacts of emission trading on the decision making of firms. Under the assumptions that firms treat emissions as inputs in production, pay for reducing emissions, and sell or buy emission permits, we propose a simple model for profit-maximizing firm's optimal decision making on emissions, abatements, and permits. We use equations derived from the model to estimate emission behaviors of firms in 2015 and 2016. The empirical results are summarized as follows. First, industries with higher valued-added or more patents tend to reduce emissions more. Second, industries with a higher market concentration tend to emit more. Third, net-additional allocations (one of policy variables) are significantly positively related to emissions. Fourth, permit price has a significant negative effect on emissions. This result is noteworthy because it shows permit prices cause firms to reduce emissions, despite the investigation being limited to the early stage of emission trading.

Key words: *Greenhouse Gas Emissions, Emission Trading Scheme, Optimal Emissions*

1. 서론

배출권거래제를 시행한 이후 배출권거래제가 기업이나 산업의 배출 의사결정과 배출 행태를 변화시켰을 것이라고 쉽게 예상할 수 있다. 그러나 구체적으로 어떠한 변화가 있는지 또는 없는지에 대해서 이론적 또는 실증적인 연구들이 많은 편은 아니다. 배출권거래제 초기에는 거래량이 너무 적어 배출권거래시장이 제 역할을 하지 못하고 유명무실하다는 연구(Chae and Park, 2016), 이행연도를 거듭할수록 배출권거래제의 감축비중이 큰 폭으로 확대되어 국가목표를 달성하는데 감축역할이 증대될 것이라는 연구(Lee and Kim, 2017), 초기 배출권거래제의 온실가스 감축성과가 목표관리제와 비교하여 효과적이라고 하기는 어렵지만 배출권거래제 하에서 온실가스 배출량 추세가 감소하는 방향이 나타난다고 언급한 연구(Lee, et al., 2017) 등은 초기 배출권거래제 역할의 한계를 지적하고 있다. 한편 Yu, et al. (2017)은 2015년 업체를 대상으로 분석한 결과 산업부문에서는 배출권거래제의 감축효과가 있었지만, 발전부문에서는 효과가 유의적이지 않다는 분석결과를 보이고 있다.

초기 배출권거래제에 대한 연구들은 배출권거래제의 효과가 미미하다는 점은 밝히고 있으나 그 한계의 원인에 대

†**Corresponding author** : hhan@pusan.ac.kr (46241, Busandaehak-ro 63beong-gil 2, Geumjeong-gu, Busan, Republic of Korea. Tel.+82-51-510-2529)

ORCID 김영덕 0000-0001-5609-8754 한현옥 0000-0003-2290-1355

Received: September 5, 2020 / Revised: October 5, 2020 / Accepted: October 14, 2020

한 논의를 시도한 연구는 드물다.[1] 이에 본고에서는 배출권거래제 하에서 기업의 배출의사결정에 관한 간단한 이론적 모형을 통해 기업의 배출의사결정을 이해하고자 한다. 이를 위해 기업은 배출을 투입요소로 하여 생산하고, 배출을 저감하는데 비용을 지불하며, 배출권을 구매 또는 판매할 수 있다고 가정했다. 이러한 가정 하에 기업의 이윤을 극대화하는 적정 배출량, 저감량, 배출권 구매량을 도출하고, 이로부터 적정화된 배출행태식을 도출하고자 한다.

또한, 이러한 모형으로부터 도출된 배출 추정식을 통하여 초기 배출권거래제에서의 기업의 배출 행태를 실증적으로 분석하고자 한다. 추정을 위해서 제1차 계획기간의 1,2차 이행연도에서의 산업별 배출량 자료를 이용한다. 대상 기간은 2015년과 2016년이며, 산업분류는 Lee and Kim (2017)의 산업분류를 그대로 적용한다. 산업별 자료의 관찰치가 제한적이어서 2015년과 2016년을 연결(pooling)하여 사용하며, 추정방법으로는 pooled OLS를 사용하였다.

본고의 구성은 다음과 같다. 우선, 다음 장에서 기업의 이윤극대화를 통한 적정배출 결정모형을 도출하였으며, 3장에서 이 모형을 바탕으로 기업의 적정배출식을 추정하여 2015, 2016년의 배출행태를 실증분석하였다. 마지막으로 4장에서 실증분석의 시사점과 결론을 제시하였다.

2. 배출권거래제 하에서의 배출 의사결정 모형

배출권할당량과 배출량을 중심으로 배출권거래제하에서의 의사결정에 대한 영향을 분석하기 위해서 할당량이 주어진 상황에서 배출권거래제에 참여하는 기업들이 배출량에 대한 의사결정을 어떻게 하고 그들의 행태를 어떻게 조정하는지를 이해하려고 한다. 배출권거래제에 대한 기본적인 내용은 국가 온실가스 배출목표 하에서 배출량 목표를 설정하고 이 목표배출량을 배출권으로 배출 기업들에게 할당한 후 배출권을 시장에서 거래하게 함으로써 배출권 가격을 형성하고 이에 대응하여 기업으로 하여금 배출량을 감축하는 감축투자 및 감축행동을 유인하는 것을 내용으로 한다. 따라서 배출권거래제가 시행되어 배출권거래 가격이 형성되면 감축투자 및 감축행동을 유발할 것으로 기대된다. 이러한 내용을 기반으로 본고에서는 할당량과 배출량에 영향을 미치는 요인들은 무엇이며, 배출권거래제가 기업의 활동에 어떠한 영향을 미쳤는지를 분석하고자 한다.

우선 모형의 단순화를 위해 기업은 배출량을 투입하여 산출물을 생산한다고 가정한다. 생산함수는 다음과 같이 표현된다.

$$y = f(e - l_0 + a) = (e - l_0 + a)^{\alpha}, \quad \alpha > 0$$

상기의 생산함수에서 기업은 총배출량에 사전할당량을 제외하고 감축된 배출량을 더한 배출량을 투입하는 것으로 가정하였다.[2] e는 총배출량, a는 감축활동에 의해 감축된 배출량을 의미하며, l_0는 무상으로 할당된 배출권의 사전 할당량을 의미한다.

기업이 직면하는 수요함수는 다음과 같이 단순하게 가정한다. 기업은 시장지배력(market power)을 가지고 있어 수요함수에 따라 가격을 설정한다고 가정한다.

$$y = p^{-\frac{1}{\gamma}}, \ \gamma > 0$$

여기에서 $1/\gamma$는 수요의 가격탄력성을 의미한다. 가격탄력성이 비탄력적일수록 기업의 시장지배력이 높다고 볼 수 있으므로 가격탄력성으로부터 시장지배력을 유추할 수 있다.

배출 저감노력 비용은 $\frac{\eta}{2}a^2(\eta > 0)$로 배출저감에 대한 한계비용은 배출량에 대해 체증하는 것으로 가정한다[3]. 이러한 비용을 들여 기업이 배출을 저감하는 노력인 저감활동 a를 수행한다면, 저감된 a상당의 배출만큼 투입요소가 증가되는 방식으로 생산에 기여하게 된다. 여기서는 모형 단순화를 위해 배출권을 구매하는 기업에 초점을 맞춰 분석하고자 한다. 따라서 기업은 배출권가격이 한계저감

1) 김영덕(2020)은 배출권가격 자료를 이용하여 정부의 시장안정화조치가 배출권가격(KAU15, KAU16)의 주기적 비선형적 움직임을 설명하는 것으로 논의하고 있다.

2) 강한 가정이기는 하지만 사전에 무상으로 할당된 배출권 이상의 배출만을 투입요소로 투입한다고 가정한다. 기업이 무상으로 할당된 배출권만큼의 배출은 무상으로 기본적으로 사용한다고 보았다.

3) 여기에서는 배출저감의 한계비용이 체증하는 경우로 가정하고 있으나 실제로는 산업이나 개별 기업의 속성, 개별 기업이 직면하는 배출규제의 강도 등에 따라 한계비용이 불변이거나 체감할 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 배출저감량이 증가됨에 따라 추가적인 설비가 필요하거나 더 높은 비용의 기술을 사용해야 하는 등 조정비용(adjustment costs)이 발생하여 체증하는 경우가 더 많을 것으로 보인다.

비용보다 높지 않는 한, 무상할당 배출권량 l_0 밑으로 배출을 줄이지는 않는다고 가정한다.

배출권의 총구매비용은 $p_e(e-l_0)$이라고 할 수 있으며, p_e는 배출권가격이다. c는 배출권을 저렴하게 구입할 수 있도록 정부의 개입을 요구하는 기업의 능력을 나타내며, 그 비용을 λc라고 하자. 또한, 기업의 능력 c는 무상으로 추가획득하게 되는 배출권비중으로 나타난다고 가정한다.[4] 이 경우 기업의 배출권 구입비용은 $(1-c)p_e(e-l_0)$이 되어 기업의 총비용은 $\frac{\eta}{2}a^2+\lambda c+(1-c)p_e(e-l_0)$이 된다. 그 결과 기업의 이윤은 다음과 같다.

$$\pi = p\big((e-l_0)+a\big)^{\alpha}-(\eta/2)a^2-\lambda c-(1-c)p_e(e-l_0)$$

앞에서 언급하였듯이 배출권을 구매하는 기업에 초점을 맞추어 배출량이 사전할당량보다 많은 기업을 중심으로 모형을 전개한다. $m=e-l_0$라고 할 때 p에 수요함수를 대입하면, $m\geq 0$인 기업의 이윤은 다음과 같다.[5]

$$\pi = (m+a)^{\alpha-\gamma}-(\eta/2)a^2-\lambda c-(1-c)p_e m$$

기업은 이윤을 극대화하는 m, a, c를 선택한다. 한편, c와 관련해서 $p_e m\geq\lambda$를 가정한다. 이는 c 한 단위를 사용해서 얻게 되는 순 한계편익이 0보다 작지 않다는 것을 의미한다. 이 경우 c가 클수록 기업은 이득을 얻게 된다. c가 무한정 커지는 것을 제한하기 위하여 $0\leq c\leq \bar{c}\leq 1$를 가정하며, $\bar{c}$는 c의 상한값을 의미한다. 따라서 기업은 $p_e m\geq\lambda$인 경우에 c의 상한값인 $\bar{c}$까지 지불한다. 여기서 $\bar{c}$는 정부가 기업에게 사후적으로 무상으로 줄 수 있는 배출권 비중의 최대치라고 볼 수 있다. $c=\bar{c}$인 상황에서 기업은 이윤을 극대화하는 m과 a를 선택하게 된다.

$$\max_{\{m,a\}}\pi = (m+a)^{\alpha-\gamma}-(\eta/2)a^2-\lambda\bar{c}-(1-\bar{c})p_e m \tag{1}$$

$$(m):\ (\alpha-\gamma)(m+a)^{\alpha-\gamma-1}=(1-\bar{c})p_e$$

$$(\alpha-\gamma)y^{\frac{\alpha-\gamma-1}{\alpha}}=(1-\bar{c})p_e \tag{2}$$

$$(a):\ (\alpha-\gamma)(m+a)^{\alpha-\gamma-1}=\eta a$$

$$(\alpha-\gamma)y^{\frac{\alpha-\gamma-1}{\alpha}}=\eta a \tag{3}$$

식(2)와 (3)을 결합하면 다음을 얻을 수 있다.

$$\eta a=(1-\bar{c})p_e$$

$$a=\frac{1}{\eta}(1-\bar{c})p_e \tag{4}$$

식(4)는 적정 감축활동을 표현하고 있다. 적정 감축활동은 감축활동의 비용 규모 모수인 η가 클수록 작아지며, 정부의 정책변경 모수인 $\bar{c}$가 클수록 줄어들며, 배출권가격인 p_e가 높을수록 큰 것을 알 수 있다. 정부 정책변경을 위한 로비에 따른 이득이 커질수록 감축투자 등 기업의 감축활동을 위축시키는 것을 확인할 수 있다. 이제 식(4)를 다시 식(2)에 대입하면 m의 적정해를 구할 수 있다.

$$m=\left\{\frac{(1-\bar{c})p_e}{\alpha-\gamma}\right\}^{\frac{1}{\alpha-\gamma-1}}-\frac{1}{\eta}(1-\bar{c})p_e \tag{5}$$

이때 적정 배출량은 다음과 같다.

$$e=\left\{\frac{(1-\bar{c})p_e}{\alpha-\gamma}\right\}^{\frac{1}{\alpha-\gamma-1}}-\frac{1}{\eta}(1-\bar{c})p_e+l_0 \tag{6}$$

식(6)으로부터 적정 배출량에 영향을 미치는 요인들을 파악할 수 있다. 감축활동 비용 규모 모수인 η가 클수록 감축활동이 줄어들어 배출량은 증가하는 것을 알 수 있으며, 정부의 정책변경 모수인 $\bar{c}$가 클수록 감축활동이 줄어들어 배출량은 증가하는 것으로 나타나고 있다. 한편, 배출권 가격인 p_e가 높을수록 감축활동이 커지므로 배출량은 줄어드는 것을 알 수 있다. 수요의 가격탄력성이 비탄

4) 실제로 무상으로 부여받는 것은 아니고 정부의 보유분이나 추가적인 할당 등을 통해 배출권거래시장의 배출권공급을 증대시켜 가격을 하락시키고 수월하게 배출권을 구입할 수 있게 된 배출권의 비중이 된다. 이는 사실상 무상으로 할당받은 배출권량의 증가로 해석할 수 있다.

5) $m<0$인 기업의 경우, 이윤은 $\pi=(k-a)^{\alpha}(-m+\mu a)^{1-\alpha}-\eta a^{1+\gamma}-\lambda c-(1-\theta c)p_e m$로 표현할 수 있다.

력적일수록(γ가 클수록) 배출량은 증가하는 것을 보이고 있는데 이는 시장지배력이 커질수록 배출량이 증가하는 것으로 볼 수 있다. 또한, 사전 할당량이 클수록 배출량은 증가하는 것을 알 수 있다.

식(6)으로부터 배출량과 사전할당량의 차이를 종속변수로 하는 추정식을 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$e = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 p_e + \beta_5 l_0 + u \quad (7)$$

$$m = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 p_e + u \quad (8)$$

여기서 e는 배출량으로 앞서 정의와 같다. x_1은 감축활동 비용과 관련한 변수를 의미하며, x_2는 수요의 가격탄력성과 관련한 변수로 시장지배력을 나타내는 변수이며, x_3는 정부의 정책변경의 용이성과 관련한 변수이며, p_e는 배출권 가격이며, l_0는 사전할당량을 의미한다. $m = e - l_0$로 정의하였으므로 식(7)과 식(8)의 차이는 식(7)의 β_5를 1로 고정시켰다는 것이다. 식(8)은 식(5)의 추정식으로 볼 수 있다.

3. 추정결과

본고는 우리나라 배출권거래제에서 배출량 또는 배출량에서 사전할당량을 차감한 배출량이 어떠한 요인에 의해서 영향을 받는지에 대해서 설명하고자 한다. 이를 위해서 상기의 식(7)과 (8)을 실증적으로 추정하였다. 식(7)과 (8)을 추정하기 위하여 Lee and Kim (2017)의 배출권 할당량과 배출량의 자료를 활용하였다. 설명변수는 산업연구원의 『주요산업동향지표』 자료와 한국개발연구원의 『시장구조조사』 자료를 이용하였다. 추정에 사용한 변수들은 Table 1과 같다. 변수의 구성은 산업별이며, 2015년과 2016년의 산업별 자료를 연결(pooling)하여 사용하였다. 산업분류는 Lee and Kim (2017)의 산업분류를 그대로 적용하였다.식(7)의 종속변수는 배출량(로그)이며 식(8)의 종속변수는 사전할당량 대비 배출량의 로그값이다. 식(7)과 식(8)의 공통변수는 감축활동비용 관련변수, 수요의 가격탄력성(시장지배력) 관련 변수, 정부정책 변경 관련 변수 및 배출권 가격(로그)으로 구성된다. 감축활동비용 관련변수로는 부가가치(로그)와 특허등록/매출액 비율(로그)을 사용하였다. 부가가치가 높은 산업일수록 온실가스감축비용이 낮을 것으로 예측되며,[6] 특허등록이 상대적으로 높은 산업일수록 혁신적인 산업으로 온실가스감축비용을 낮추는 활동에 적극적이고 감축비용을 낮추는 특허가 등록되었을 가능성이 있어서 감축비용이 상대적으로 낮을 것으로 볼 수 있다. 부가가치는 생산자물가지수로 나누어 실질화하였다.

Table 1. Variables

	Variable	Description	
e	e	log(emissions)	dependent variable in eq.(7)
m	$m = e - l_0$	log(emission/allowance)	dependent variable in eq.(8)
x_1	lva $rlprs$	log(value-added in real) log(# of patents/sales)	variables for abatement costs
x_2	$hhia$ $hhiw$	HHI*(simple average) HHI*(weighed average)	variable for price elasticity of demand
x_3	$lgpa$	log(net-additional-allowance(early action + additional allowance - cancelled allowance))	variable for government policy
p_e	lcp	log(permit price in real)	KAU15 in 2015, KAU16 in 2016
l_0	l_0	log(allowance)	allowance determined by allowance plan in 2014. 9. 11

*Hirfindahl-Herschman Index

6) 부가가치가 높은 산업이 산출액도 높아 온실가스배출량이 클 가능성도 배제할 수는 없다. 하지만, 산업 간 비교에서는 부가가치가 높은 산업일수록 산출대비 배출량이 적을 가능성이 높아 생산에 따른 배출 규모효과를 압도할 것으로 보았다. 실제 추정결과를 통해 부호의 방향으로부터 두 효과의 상대적 크기를 살펴볼 수 있다.

본 모형에서 수요의 가격탄력성은 기업의 시장지배력을 나타내는 변수로 산업의 허핀달-허쉬만지수(HHI)를 활용하였다. 시장집중도가 높은 산업일수록 시장지배력이 높고 상대적으로 수요의 가격탄력성이 비탄력적일 가능성이 높다.[7] 식(6)에서처럼 가격탄력성이 비탄력적인 산업일수록 비용전가가 용이해지고 이는 배출을 감축하려는 유인을 낮추어서 배출량에 대해 양(+)의 효과를 가진다고 볼 수 있다. 따라서 시장집중도의 부호는 양(+)의 부호를 가질 것으로 예측할 수 있다. 시장집중도가 온실가스배출량에 미치는 영향은 온실가스 감축정책의 정책적 시사점에서 중요하다. 시장집중도가 온실가스 감축정책에 의한 산업간 비대칭적 영향을 야기할 수 있으며, 온실가스 감축정책의 효과에도 영향을 줄 수 있기 때문이다.

정부정책 변경 관련 변수로 순추가할당(조기감축실적+추가할당-할당취소)을 사용하였다. 2015년 2월 배출권거래제 도입 직후 업체들의 이의신청 결과가 반영된 추가할당과 할당취소를 포함하였으며, 2차 이행연도 추가할당량에 조기감축이 인정되어 할당량에 포함되어 이 역시 정부의 정책 변수로 활용하였다.[8] 2차 이행연도에서는 1차에 비하여 할당취소업체수가 감소하여, 1차 연도에는 취소할당량이 추가할당량을 초과하는 업종이 13개인 반면 2차 이행연도에서는 4개 업종에 불과하다.[9] 이 역시 정부의 정책변경으로 볼 수 있다. 따라서 순추가할당이 많은 산업일수록 배출량이 증가할 것으로 예측할 수 있다. 정부의 정책 변화는 온실가스 감축정책의 효과에 지대한 영향을 줄 수 있다. 추가할당이 할당취소를 압도하는 변경이 이루어진다면 기업은 배출을 줄이려는 시도 대신에 정부의 정책을 변경하려는 시도를 강화할 가능성이 있으며 이는 온실가스 감축효과에 부정적인 영향을 줄 수밖에 없다.

배출권가격 변수는 1차이행연도의 KAU15와 2차이행연도의 KAU16의 배출권 평균가격을 사용하였다. 배출권가격은 생산자물가지수로 나누어 실질화하였다.[10] 배출권가격은 기업의 배출량 의사결정과 정부의 정책변경을 요구하는 데 충분한 정보를 제공하였을 것으로 예측할 수 있다. 즉, 배출권가격이 상승하면 배출량을 줄이려는 시도를 하였을 것으로 예상할 수 있다.

사전할당량은 2014년 9월 11일 할당계획에서 확정한 할당량을 사용하였다. 2015년 2월의 이의신청이 반영된 할당량은 이미 기업의 2015년 온실가스 배출에 영향을 미쳤을 것으로 볼 수 있어 이를 배제하기 위하여 2014년 9월의 사전할당량을 이용하였다. 아래의 표는 변수들의 기본적인 통계값을 정리한 것이다.

Table 2. Basic statistics

	obs	mean	std. dev.
e	50	1.9417	1.8163
$m=e-l_0$	50	0.0231	0.1784
lva	44	5.1220	1.0394
$rlprs$	30	1.2024	1.6036
$hhia$	45	1490.011	730.250
$hhiw$	45	1395.634	1084.212
$lgpa$	50	0.0762	0.1830
lcp	44	4.7889	5.0657
l_0	50	1.9186	1.8299

식(7)의 추정결과는 아래의 Table 3에 제시되어 있다. 열(1)~(2)와 열(3)~(4)는 감축비용 관련 변수로 각각 부가가치(lva)와 특허등록/매출액 비율의 로그값($rlprs$)을 사용한 결과를 제시하고 있다.

우선, (1)열과 (2)열을 살펴보면, 감축비용 관련 변수인 부가가치(lva)는 모두 유의한 음(-)의 값을 가지는 것으로 추정되었으며, 이는 부가가치가 높은 산업일수록 배출을

7) 예를 들어 Cournot 과점 모형을 가정한 경우 $\frac{(p-mc)}{p}=\frac{HHI}{\epsilon}$로($\epsilon$는 수요의 가격탄력성) 시장지배력(market power)은 HHI와 비례하고 가격탄력성과는 반비례하는 관계를 보이므로 HHI를 시장지배력을 나타내는 변수로 사용함에 큰 무리가 없을 것으로 보인다. 다만 실제로 산업간 비교일 경우 각 산업의 제품이나 서비스에 대한 대체재 여부나 정도가 상이하므로 반드시 HHI가 가격탄력성의 일관성 있는 대표지수가 된다고 보기는 어렵다.

8) 2차 이행연도에서 이전과 비교하면 할당취소량에 비하여 추가할당이 대폭 증가하게 된다. 이는 1차 계획기간 3차 이행연도인 2017년에 배분하기로 한 조기감축실적을 2차 이행연도에 조기 배분하였기 때문이다. 따라서 조기감축실적을 정책변경변수로 포함하는 것은 타당하다고 볼 수 있다.

9) 자세한 사항은 Lee and Kim(2017)에서 살펴볼 수 있다.

10) 배출권가격의 시계열이 2개 연도에 불과하여 산업별 가격의 차이가 생산자물가지수의 차이로 반영될 가능성이 높다. 자기 산업 가격에 대한 실질가격을 가지고 배출권을 평가하여 배출권 구입과 배출량을 결정하는 것이 그 산업의 배출권가격 변화에 대응한 의사결정을 적절하게 반영한다고 볼 수 있다. 다만, 2개 연도라는 자료 상의 제약으로 산업 간 생산자물가지수 차이로 발생한 산업간 가격차이에 의해서 나타난 가격효과가 전체 가격효과를 주도하는 문제를 가지고 있다.

쉽게 줄이는 것을 의미한다. 시장집중도 변수인 허핀달-허쉬만 지수의 계수는 10% 유의수준에서 모두 유의한 양(+)의 값을 가지는 것으로 추정되었으며, 시장집중도가 높은 산업일수록 배출량을 증가시키는 것으로 나타나고 있다. 이는 시장지배력이 높은 산업일수록 배출량을 증대시키는 것이 용이하다는 것을 의미한다.

Table 3. Estimation of eq. (7)

e	(1)	(2)	(3)	(4)
lva	-0.0226 (0.0120)*	-0.0324 (0.0120)**		
$rlprs$			-0.0155 (0.0098)	-0.0173 (0.0098)*
$hhia$	0.00004 (0.00002)*		0.00007 (0.00002)**	
$hhiw$		0.00002 (0.00001)*		0.00003 (0.00001)**
$lgpa$	0.9970 (0.0664)***	1.0013 (0.0657)***	0.6477 (0.1952)***	0.6159 (0.1953)***
lcp	-0.3138 (0.0892)***	-0.3217 (0.0890)***	-0.1988 (0.1201)	-0.2150 (0.1194)*
l_0	1.0217 (0.0086)***	1.0243 (0.0081)***	1.0063 (0.0118)***	1.0112 (0.0109)***
con	1.4484 (0.4173)***	1.5595 (0.4210)***	0.7950 (0.5704)	0.9238 (0.5653)***
obs	38	38	28	28
$adj-R^2$	0.9981	0.9981	0.9978	0.9978

Standard errors in parentheses, *** p<0.01, ** p<0.05, * p< 0.1

정책변경 변수인 순추가할당($lgpa$)의 경우에는 모두 1에 근접한 값으로 유의적인 양(+)이 값을 가지는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 기업이 배출량을 조정하는 방법으로 정부의 정책변경이 가장 효과적인 대응전략이 될 수 있음을 시사한다. 배출권가격 변수(lcp)의 경우에는 유의적인 음(-)의 값이 추정되었으며, 배출권가격은 산업에서 배출량을 줄이는 중요한 정보를 제공하는 것임을 확인할 수 있다. 사전할당량인 l_0의 계수는 모두 유의적으로 양(+)이 값을 가지나 5% 유의수준 하에서 1보다 큰 것으로 추정되었다. 이는 사전할당량을 많이 배정받은 산업일수록 배출량도 그 이상 증대시킨 것으로 볼 수 있다.

열(3)과 (4)를 살펴보면, 감축비용 관련변수인 매출액대비 특허등록($rlprs$)이 클수록 배출량을 줄이는 것으로 추정되었다. 특허등록이 상대적으로 많은 산업일수록 배출을 줄이는데 더 용이한 것으로 볼 수 있다. 허핀달-허쉬만 지수의 계수 역시 5% 유의수준 하에서 유의적인 양(+)의 값으로 추정되어 시장집중도가 높은 산업일수록 많이 배출하는 유형이 뚜렷이 존재하고 있음을 확인하고 있다. 순추가할당($lgpa$)의 계수도 유의적인 양(+)의 값을 가지는 것으로 추정되었으며, 정책변경이 배출량에 미치는 영향이 현저하게 높음을 확인할 수 있다. 배출권가격의 경우에는 유의성이 다소 떨어지긴 했지만 음(-)이 값을 유지하고 있어, 배출권가격이 배출량 감축 정보를 가지고 있음을 볼 수 있다. 사전할당량 계수는 거의 1의 값을 가지는 것으로 추정되고 있어, 사전할당량이 배출량에 1:1로 영향을 주고 있음도 확인할 수 있다.

Table 4. Estimation of eq. (8)

$m=e-l_0$	(1)	(2)	(3)	(4)
lva	-0.0121 (0.0121)	-0.0240 (0.0130)*		
$rlprs$			-0.0173 (0.0091)*	-0.0211 (0.0091)**
$hhia$	0.00006 (0.00002)***		0.00008 (0.00002)***	
$hhiw$		0.00003 (0.00001)**		0.00003 (0.00001)***
$lgpa$	0.9505 (0.0686)***	0.9461 (0.0703)***	0.6408 (0.1917)***	0.6002 (0.1950)**
lcp	-0.3070 (0.0960)***	-0.3074 (0.0990)***	-0.1963 (0.1181)	-0.2128 (0.1195)*
con	1.3734 (0.4483)***	1.4873 (0.4684)***	0.7859 (0.5612)	0.9320 (0.5659)
obs	38	38	28	28
$adj-R^2$	0.8476	0.8395	0.4840	0.4727

Standard errors in parentheses, *** p<0.01, ** p<0.05, * p< 0.1

위의 Table 4는 식(8)의 추정결과를 제시하고 있다. 식(7)과의 차이는 사전할당량의 계수를 1로 고정시켰다는 점이다. 식(7)과 식(8)의 추정결과가 유사하다면 식(7)과 식(8)을 도출한 이론의 실증적 타당성이 부여된다고 하겠다. Table 4의 추정결과를 살펴보면 감축비용 관련 변수인 부가가치(lva)와 매출액대비 특허등록($rlprs$)의 계수는 여전히 음(-)의 값을 가지는 것으로 추정되고 있어 Table 3의 결과와 유사하다. 시장집중도인 허핀달-허쉬만지수의

계수는 유의성이 강화된 양(+)의 값으로 추정되었으며, 순추가할당($lgpa$)의 계수도 유의적인 양(+)의 값을 가지는 것으로 추정되었으며, 정책변경이 배출량에 미치는 영향이 현저하게 높음을 확인하고 있다. 배출권가격의 계수도 Table 3과 유사한 유의성을 가지며 음(-)의 값을 가지는 것으로 추정되었다. Table 3과 비교하여 계수값의 차이가 나타나는 것은 관찰치가 줄어든 영향이 컸기 때문인 것으로 보인다. 이러한 점을 제외하면 계수의 유의성이나 부호의 방향은 거의 유사하다고 볼 수 있다. 따라서 앞에서 도출한 이론적 논의가 우리나라 배출권거래제에서 산업의 온실가스 배출 의사결정 행태를 설명하는데 도움을 줄 수 있음을 의미한다.

상기의 추정결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 감축비용 관련 변수인 부가가치와 매출액 대비 특허등록 변수는 온실가스 배출량과 음(-)의 유의적 관계가 있으며, 다른 조건이 일정할 때 부가가치가 높은 산업일수록 또는 특허등록이 상대적으로 많은 산업일수록 온실가스 배출량을 줄이는 것으로 볼 수 있다. 둘째, 다른 조건이 일정할 때, 시장집중도가 높은 산업일수록 배출량이 큰 것으로 추정되어, 시장지배력이 높은 산업일수록 배출에 대한 비용 전가가 용이해져 상대적으로 더 많이 배출하는 것으로 해석할 수 있으며, 시장 경쟁을 활성화하는 정책과 온실가스 배출 저감정책인 배출권거래제 간의 정책적 결합이 온실가스 배출 저감목표 달성에 효과적일 수도 있음을 시사한다. 다시 말해서 다른 조건이 주어졌을 때 시장 경쟁이 온실가스 배출을 감축하는데 수월한 환경을 조성할 수 있음을 시사한다. 셋째, 정부의 정책변경 변수인 순추가할당 변수는 온실가스 배출량과 유의적인 양(+)의 관계가 존재하는 것으로 추정되고 있어, 정책변경에 따른 순추가할당의 변경은 온실가스 배출과 매우 유의적으로 밀접한 관계가 존재함을 확인할 수 있다. 이러한 관계의 확인은 정책 변경이 온실가스 배출에 직접적이고 강도 높은 영향을 주고 있음을 의미하며, 정책적 의사결정이 배출권거래제에서 온실가스 배출목표 달성을 좌우하는 중요한 요인임을 시사하는 것이다. 넷째, 배출권가격은 온실가스 배출량과 음(-)의 유의적 관계가 존재하고 있으며, 배출권가격이 온실가스 배출을 저감하는 유인을 제공하고 있음을 의미한다. 이는 1차 계획기간의 1, 2차 이행연도라는 초기 배출권거래제에 대한 평가임에도 불구하고 배출권가격이 배출 저감 유인을 제공하고 있다는 것을 확인하였다는 점에서 의미를 가진다. 다섯째, 식(7)과 식(8)에 대한 추정 결과가 간단한 이론에서 도출된 것임에도 불구하고 계수의 부호나 유의성에서 적합성을 보여주고 있는 것도 초기 배출권거래제 의사결정 모형으로서 의미를 지닌다고 볼 수 있다.

4. 결론 및 시사점

본고는 배출권거래제 하에서 기업의 배출에 대한 의사결정과 배출행태를 분석하고자 하였다. 이를 위해서 간단한 모형을 통해 기업의 배출행태를 보였으며, 이를 바탕으로 온실가스 배출권거래제의 제1차 계획기간의 1,2차 이행연도 자료를 이용하여 실제 기업의 배출 행태를 실증적으로 추정하였다. 실증분석의 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 다른 조건이 일정할 때 부가가치가 높은 산업일수록 또는 특허등록이 상대적으로 많은 산업일수록 온실가스 배출량을 줄이는 것으로 나타났다. 둘째, 다른 조건이 일정할 때, 시장집중도가 높은 산업일수록 배출량이 큰 것으로 추정되어 시장 경쟁을 유도하는 것이 배출 감축에 수월한 환경을 조성할 수 있음을 시사한다. 셋째, 정부의 정책변경 변수인 순추가할당 변수는 온실가스 배출량과 유의적인 양(+)의 관계가 존재하는 것으로 추정되고 있어, 정책변경에 따른 순추가할당의 변경은 온실가스 배출과 매우 유의적으로 밀접한 관계가 존재함을 확인할 수 있다. 넷째, 배출권가격은 온실가스 배출량과 음(-)의 유의적 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 1차 계획기간의 1, 2차 이행연도라는 초기 배출권거래제에 대한 평가임에도 불구하고 배출권가격이 산업에 대해 배출 저감 유인을 제공하고 있다는 것을 확인하였다는 점에서 의미를 가진다. 다섯째, 도출된 이론 모형을 기반으로 추정한 결과 계수의 부호나 유의성에서 적합성이 나타나고 있어, 도출된 모형이 초기 배출권거래제 의사결정 모형으로서 의미를 가지는 것으로 볼 수 있다.

흥미로운 것은 기업의 배출행태가 모형에서 예측한대로 나타나고 있으며, 배출권가격이 감축 유인을 제공하고는 있지만, 정책변경의 배출 영향력이 강하고 시장집중도도 배출에 대한 영향력이 유의적임을 감안하면, 초기 배출권거래제의 효과가 미미할 수밖에 없는 원인에 대해 중요한 시사점을 준다고 볼 수 있다. 다시 말해서 초기 배출권거래제 역할의 한계는 정책 변경에 따른 순추가할당의 증대와 산업의 시장지배력에 따른 배출 저감 유인의 약화에 의한 결과일 수 있다는 논의가 필요함을 제시한다.

사사

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음(한현옥).

References

Chae JO, Park SK. 2016. Status of Korea ETS and Strategies to Improve in One Year After Launching - Through Comparing with EU ETS. Journal of Climate Change Research. 7 (1): 41-48.

Korea Fair Trade Commission, Korea Development Institute. 2017. 2015 Market Structure Research. Korea Development Institute.

Korea Institute for Industrial Economics and Trade. 2017 Key Indicators of Major Industries. KIET.

Kim YD. 2020. An Empirical Analysis of Changes in Market Price of Emission Allowance. Journal of the Korean Data Analysis Society. 22 (2):609-618.

Lee SR, Cho YS, Lee SK. 2017. Analysis of CO2 Reduction Effected by GHG·Energy Target Management System (TMS) and Korea Emissions Trading Scheme (ETS). Journal of Climate Change Research. 8 (3):221-230.

Lee SY, Kim DS. 2017. Analysis of the ETS and Key Drivers in the National Greenhouse Gas Emissions in Korea. KEI Research Paper 2017-05. Korea Environment Institute.

Ministry of Environment. 2014. The National Emission Permit Allocation Plan for the First Plan Period for the Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme (2015-2017). Ministry of Environment.

Yu JM, Yoo JH, Kim JT, Lee JE. 2017. The Effectiveness of GHG Abatement Policies in Korea: Examining Changes since the Launch of the ETS. Journal of Environmental Policy and Administration. 25 (2):231-247.