탄소비용의 전가율이 친환경 시설 전력비용절감에 미치는 영향

윤정선¹⁾ · 최정현^{2)*}

The Effects of Carbon Price Pass-through Rate on the Electricity Cost Savings of Eco-friendly Facility

Jeongsun Yun and Jung Hyun Choi*

(Received 29 July 2014; Final version Received 3 October 2014; Accepted 16 October 2014)

Abstract : This paper provides a case analysis to examine impacts of carbon cost incurred by ETS(Emission Trading System) on the incentives of economic entities to invest in eco-friendly facility. We estimate the present value of the savings of the energy cost(PVS) of ECC building of Ewha Womans University relative to a traditional building for the analysis of the economic value of eco-friendly facilities. Increases in electricity price due to the pass-through effect of carbon costs are taken into consideration to estimate PVS. We first find that PVS increases as the rate of pass-through increases. However, this increase is less prominent as the pass-through is delayed as a result of the governmental effort to reduce the carbon cost. The results suggest that ETS may increase incentives to invest in eco-friendly facilities and the increase in the incentives is greater as the pass-through is prompt and the rate of the pass-through is higher.

Key words : Eco-friendly facility, Carbon cost, Pass-through rate, ETS(Emission Trading System)

요약 : 본 연구는 탄소배출권거래제 도입에 따른 전력요금인상이 친환경 시설 도입에 미치는 영향을 사례분석을 통하여 검증하였다. 탄소 비용의 일부 혹은 전부 이상이 전력요금인상으로 전가될 경우를 가정하고 친환경 시설의 경제성을 추정하였다. 또한, 친환경 시설의 경제성이 배출권거래제 도입 방식에 따라 달라질 수 있으므로, 탄소배출권의 점진적 도입에 따른 전가지연현상이 발생할 경우 친환경 시설의 경제성을 추정하였다. 분석 결과 친환경 시설의 경제성은 전가율이 높을수록 증가하지만, 정부의 규제를 바탕으로 전가가 지연될 경우에는 경제성이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 분석결과는 탄소배출권거래제 도입이 친환경 시설을 유인할 수 있으며, 이와 같은 유인 효과는 동 제도의 도입이 보다 즉각적으로 이루어질수록 더 크게 될 것임을 시사한다.

주요어 : 친환경 시설, 탄소 비용, 전가율, 탄소배출권거래제

서론

우리나라는 2010년 기준 이산화탄소 배출량이 세계 7위를 기록하는 등 온실가스 배출량이 매우 높은 국가이며 절대적 비중으로 보아도 전 세계 배출량의 약 2.2%를 차지하고 있다(Kim and Yoo, 2012). 또한 국내의 산업구조 상 화석연료에 대한 의존도가 높은 에너지 다소비 산업구조를 갖고 있어 에너지 소비로 인한 탄소배출량이

전체 이산화탄소의 대부분을 차지하고 있다(Lee *et al.*, 2012). 따라서 과도한 탄소배출량을 줄이기 위해서는 친환경 에너지원의 활용을 제고하고 친환경 건물 건설 등을 통해 에너지 소비를 절감하는 것이 가장 바람직한 방향이라고 할 수 있다. 그러나 친환경 에너지원의 활용이나 친환경 건물의 건설 등은 높은 초기 투자비용 혹은 건설비용으로 인해 실효성이 부족한 실정이다.

한편 정부는 2020년까지 국가 온실가스 배출량을 전망배출량(BAU: Business as Usual) 대비 30% 감축하는 것을 목표로 설정하고, 이를 위한 조치 중 하나로 2015년 1월 온실가스배출권거래제도를 시행할 예정이다. 배출권거래제도가 도입되면 규제 대상이 되는 기업들은 기준이 되는 배출량에 대한 배출권을 정부로부터 무상 또는 유상으로 할당 받게 된다. 만약 실제 배출량이 할당받은

1) 국민대학교 경영대학

2) 이화여자대학교 공과대학 환경공학과

*Corresponding Author(최정현)

E-mail: jchoi@ewha.ac.kr

Address: Dept. of Environmental Science and Engineering,
College of Engineering, Ewha Womans University,
Seoul, Korea

양을 초과하는 경우 배출권 시장에서 배출권을 구매하여 제출하여야 하며, 제출하지 않을 경우 벌금을 부과 받게 된다. 반면 실제 배출량이 할당된 배출량에 비하여 적은 기업은 잔여배출권을 시장에서 매각함으로써 수익을 얻을 수 있게 된다. 따라서 화석연료를 주로 사용하는 전력산업의 경우에는 탄소배출권거래제가 도입되면 에너지 생산원가의 상승이 불가피하여 전력요금 인상에 대한 압력을 가중시킬 것으로 예상된다(Yun *et al.*, 2014).

EU에서는 2005년 탄소배출권 거래시장이 개설된 후, 배출권 거래비용이 소비자의 전력요금 인상에 영향을 미친 것으로 나타났다(Sjim *et al.*, 2005). 특히 Chen 등(2008)은 이론적 검증을 통해 전가율(pass-through rate)이 시장의 수요 및 공급의 가격탄력성에 따라 달라지며, 상황에 따라서는 전가율이 전부 또는 그 이상을 초과할 수도 있음을 보였다. Shin 등(2010)은 국내에서 탄소배출권거래제가 시행되어 탄소배출권 거래비용이 전력요금으로 전가된다고 가정할 경우, 탄소배출권거래 이전에 비하여 전력요금이 최고 11% 가량 인상되는 효과를 유발할 수 있다고 추정하였다.

본 연구는 탄소배출권거래제도의 도입이 친환경 건물의 경제성에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

친환경 건물은 에너지 절감 설비 등을 도입하여 에너지 효율을 증대시키고 전기사용량을 줄여 운영비용을 절감할 수 있도록 한다. 만약 선행연구들의 분석결과에서와 같이 탄소배출권거래제도의 도입이 전력요금의 인상을 초래할 경우, 친환경 건물은 에너지 절감효과의 경제적 가치가 상승되므로, 친환경 건물의 건설을 유인할 수 있을 것으로 기대한다. 이와 같은 장점에도 불구하고 에너지 절감 설비의 도입은 높은 초기 건설비용을 유발하게 되므로, 초기건설비용 증가가 에너지 사용량 감소로 인한 운영비용 절감치의 현재가치를 초과할 경우 경제성이 확보되지 못하게 될 수 있다. 따라서, 이번 연구에서는 친환경 건물의 경제성 분석을 위하여 전력 사용 감축으로 인한 운영비용 절감효과를 탄소배출권거래제도의 도입으로 인한 전력요금 상승을 고려하여 분석하였다. 특히 탄소배출권거래제도가 전력요금에 미치는 영향을 분석에 활용하기 위하여 탄소배출권 비용의 전가율에 따른 전력요금 인상률을 분석에 포함하였다.

연구방법

본 연구에서는 이화여자대학교 내 신축된 친환경 건물인 ECC관을 탄소배출권거래제 도입에 따른 전력요금인상이 친환경 시설 유인에 미치는 영향을 검증하기 위한 사례로 활용하였다. ECC관의 경제성을 확인하기 위하

여 ECC관의 전력사용량과 캠퍼스 내 유사용도를 지닌 전통적 건물인 P관의 전력사용량의 차이를 비교·분석하였다. 특히, ECC관과 P관의 건물 활용도가 다를 수 있다는 점을 고려하여 강의실 회전률(Turnover Rate)을 고려한 단위면적당 전력사용량을 계산한 후, 두 건물 간의 전력사용량의 차이를 친환경 시설 사용에 따른 전력사용량의 감소치로 정의하여 전력비용 감소액의 현재가치를 추정하였다.

전가율은 전력비용 감소액의 현재가치에 영향을 미치는 가장 중요한 요인 중 하나이지만 선행연구들의 분석결과에 따르면 전가율이 경제상황이나 시장상황에 따라 크게 달라질 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 전가율에 대한 신뢰성있는 사전적 예측이 현실적으로 매우 어렵다는 점을 감안하여 다음의 2가지 방식을 통해 전력비용 감소액의 현재가치 추정치에 대한 신뢰성을 제고하였다. 첫째, 전가율에 대한 선행연구의 분석결과를 바탕으로 5가지 전가율 시나리오에 따라 친환경 시설의 경제성이 어떻게 달라지는지를 분석하였다. 둘째, 탄소배출권거래제 도입으로 초래될 수 있는 경제·사회적 부담을 완화하기 위하여 정부가 이를 점진적으로 적용하고자 할 경우 발생할 수 있는 전가 지연현상을 고려하여 동일한 경제성 분석을 실시하였다.

친환경 건물(ECC)의 개요 및 에너지 사용 실태

이화여자대학교의 Ewha Campus Complex(이하 ECC)는 프랑스 건축가 도미니크 페로(Dominique Perrault)가 설계하였다. 폭 20 m, 길이 300 m에 달하는 “Campus Valley”가 정문과 본관 사이를 연결하며, 하부 2개 층의 주차장 시설과 상부 4개 층의 교육 및 문화 복지 시설로 구성되어 있다. ECC는 캠퍼스 내 공간 부족 현상을 해결하고 21세기 비전을 상징하는 공간 창출을 위해 친환경적인 지하캠퍼스를 목표로 계획되었다. 친환경적인 지하캠퍼스를 위해 다양한 1차 연료 사용량 저감 방안이 적용되어 에너지 절약, 운전비 절감 및 환경부하가 저감될 수 있도록 하였다. 연중 일정한 온도를 가지는 지중의 특성을 이용하여 도입외기를 예냉 및 예열하는 열 미로, 지중과의 열교환을 통해 냉방 및 난방을 하는 지열 에너지 등을 활용하여 냉·난방 에너지를 절약할 수 있도록 하였고, 최상부층 옥상 녹화, 지하수, 우수, 영구배수 등의 다양한 수자원을 적극 활용하였다. 이와 같이 ECC는 에너지를 최소한으로 사용하고, 사용된 에너지를 최대한 재활용하는 것에 중점을 둔 국내 지하캠퍼스 중 완성도 있는 친환경 건물로 인정받고 있다(Chung, 2007; Wee and Choi, 2013).

분석에 사용된 두 건물의 에너지 사용 실태를 살펴보

면 Table 1과 같다. 두 건물은 대부분의 공간이 교실로 사용되고 있으므로 교실회전율을 고려하여 실질적인 공간 이용에 대한 전력량 및 전력요금을 산출하는 것이 더 적합하다. 두 건물에 있는 교실들이 수업을 위해 사용되는 시간을 확인하여 하루 중 교실의 사용비율을 교실회전율로 정의한 후, 사용된 전력량 및 전력요금에 교실회전율을 나눔으로써 실질적인 공간 이용에 대한 전력량 및 전력요금을 산출하였다.

온실가스 배출량 산정 방법

건축물의 에너지 사용은 대부분 전력에 의존하고 있으므로 건축물의 에너지 절감 효과는 주로 전력 생산을 감소시키게 된다. 따라서, 에너지 절감에 의한 온실가스 배출 저감을 추정함에 있어 전력 생산에서 발생하는 온실가스 배출을 고려한 배출계수를 이용하는 것이 적절하다. 한국 전력거래소에서 제시한 전력부문 온실가스 배출계수 현황 자료 중 생산된 전기가 공급되면서 발생하는 손실을 고려한 사용단 기준의 배출계수를 적용하였다 (Table 2).

현금흐름 분석 방법

본 연구에서는 친환경 건물의 경제성 분석을 위하여 ECC 건물 내 친환경 시설 도입으로 인한 전력요금 절감 효과의 현재가치를 추정하였다. 전력요금 절감효과를 계산하기 위하여 ECC 건물의 단위면적당 연간전력사용량

과 유사한 용도를 지닌 교내 P관의 단위면적당 연간전력 사용량의 차이를 계산하고 이 값에 전력요금을 곱한 값을 연간 절감된 전력비용으로 가정하였다. 그리고 분석 기간 동안의 전력요금 절감효과는 매년 발생하는 전력요금 절감효과를 사회적 할인율을 이용하여 현재가치로 환산한 후 그 값을 더하여 계산하였다.

$$PVS = \sum_{t=1}^T \frac{P_t \Delta C_t}{(1+R)^t} \quad (1)$$

위 식에서 ΔC_t 는 t기에 발생한 P관 대비 ECC관의 단위면적당 전력사용량의 차이를, P_t 는 동일한 시점의 전력요금을, 따라서 $P_t \Delta C_t$ 는 t기에 발생한 P관 대비 ECC관의 단위면적당 전력비용 차이를 각각 나타내며, R 은 사회적 할인율을 나타낸다. 따라서 PVS는 분석 기간인 T기간 동안 친환경 시설 도입으로 인한 단위면적당 전력사용 감소를 통해 절감된 비용의 현재가치의 합을 나타낸다. 만약 이렇게 추정한 PVS가 친환경 시설을 도입하기 위한 초기 투자비용에 비하여 더 크다면 친환경 시설의 도입을 유인할 것으로 결론지을 수 있을 것이다.

PVS를 추정하기 위하여 Wee와 Choi(Wee and Choi, 2013)가 제시한 수치를 활용하여 P관 대비 ECC관의 전력사용 감소분을 T기간 동안 동일하게 적용하였다. 계산에 필요한 할인율은 한국개발연구원(Korea Development Institute)에서 예비타당성 조사에 사용하는 사회적 실질

Table 1. Comparison of Electricity Consumption of Two Buildings

Contents	ECC	P-building
Area (m ²)	66,534.61	18,843.05
Available areal electricity (kWh/m ²)	141.0	152.6
Available areal electricity charge (won/m ²)	11,222	13,354
Areal construction expenses (won/m ²)	1,779,515	1,483,958

Source: Wee and Choi(2013)

Table 2. Annual Electricity Greenhouse Gas Emission Factor

Year	Emission Factor (tCO ₂ eq/MWh)	
	Generation Terminal	Use Terminal
2006	0.4243	0.4420
2007	0.4447	0.4632
2008	0.4503	0.4691

Source: Korea Power Exchange, www.kpx.or.kr

할인을 5.5%(KDI, 2012)를 사용하였다. 또한 본 연구에서는 PVS 를 추정하기 위하여 전력요금의 변화를 동시에 고려하였다. $t-1$ 기에서 t 기 사이의 전력요금 인상률을 π_t 라고 하면, $P_t = (1 + \pi_t)P_{t-1}$ 이 된다. 모든 t 에 대하여 이 관계가 성립되므로 P_t 는 주어진 초기 전력요금 P_0 에 대하여 t 기 이전의 전력요금 인상률을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_t = (1 + \pi_1) \times \dots \times (1 + \pi_t)P_0 \quad (2)$$

위 식은 t 기의 전력요금 P_t 가 과거 전력요금 인상률에 전적으로 의존하게 된다는 것을 보여 준다. 본 연구에서는 PVS 를 추정하기 위하여 배출권거래제도가 도입되지 않을 경우의 전력요금 인상률을 과거 7년 간 연평균 전력요금 인상률인 5%로 가정하였다(Table 3).

PVS 를 추정하는데 사용된 분석기간은 일반적으로 콘크리트의 수명이라고 받아들이는 60년¹⁾을 최장기간으로, 그리고 편의시설의 노후화로 인한 재건축 필요성이 제기될 수 있는 30년을 최단기간으로 하여 30년, 50년, 그리고 60년 간 절감된 전기요금의 현재가치의 합을 각각 계산하였다.

탄소배출권거래제도와 전력요금

탄소배출권거래제도 하에서 정부의 배출량 규제로 인해 전력생산비용이 증가하게 된다. 정부는 기업으로 하여금 일정량의 탄소를 배출할 수 있는 배출권을 유·무상으로 할당하게 되며, 할당된 배출권은 시장에서 자유롭게 거래될 수 있다. 특히 탄소배출량이 할당된 배출권보

다 많은 기업은 시장에서 배출권을 추가로 매입하여 정부에 제출하여야 하며 이를 이행하지 않을 경우 과징금을 부과 받게 된다. 따라서 탄소배출권거래제도 하에서 배출량 규제에 의한 배출권 매입비용은 다음과 같이 기업의 이윤에서 차감되게 된다.

$$\Pi(q) = p(q) \cdot q - c(q) - p_c \cdot CO_2(q) \quad (3)$$

$p(q)$: 가격, q : 생산량, $\Pi(q)$: 이익, $c(q)$: 비용, p_c : 탄소배출권의 가격, $CO_2(q)$: 탄소배출량을 각각 의미한다.

이와 같은 이윤극대화 문제를 풀기 위해 주어진 식을 생산량 q 에 대하여 미분하면 다음과 같은 1계 조건을 얻게 된다.

$$\frac{dp(q^*)}{dq} \cdot q + p(q^*) - \frac{dc(q^*)}{dq} - p_c \cdot \frac{dCO_2(q^*)}{dq} = 0 \quad (4)$$

1계 조건이 성립할 때 공급량 q^* 는 탄소배출 규제가 이루어지기 전에 비하여 감소하게 되고 수요-공급의 원리에 의하여 시장가격이 상승하게 될 것이다. 이는 $p_c \cdot \frac{dCO_2(q^*)}{dq}$ 가 정(+)의 값을 갖게 되기 때문인데 이 항은 탄소배출 규제로 인해 증가하게 되는 한계비용 변화분을 나타낸다. 특히 $\frac{dCO_2(q^*)}{dq}$ 는 생산량 증가에 따른 CO_2 배출량의 증가로 한계배출지수로 정의된다. 따라서 탄소배출권거래제 도입으로 인해 생산원가는 탄소배출권의 가격이 높을수록 그리고 한계배출지수가 높을수록 증가하게 되어 전력요금 인상에 대한 압력이 증가하게 될 것이다. 이는 탄소배출권거래제도가 도입된다면 전력요금 인상으로 귀결되는 전가(pass-through) 현상으로 인해 전력요금 인상률의 증가가 불가피하게 될 것임을 의미한다. 따라서 s 기에 전가현상이 발생하게 된다면 이를 반영한 s 기의 전력요금 인상률(i_s)은 다음과 같이 정의된다.

$$i_s = (1 + \pi_s)(1 + \tau) - 1 \quad (5)$$

식 (5)에서 τ 는 s 기의 탄소비용이 전력요금에 반영된 전가율을 나타낸다. 따라서 만약 탄소배출권거래제도가 도입되고 이로 인해 s 기에 전가현상이 발생한다면 전력요금 인상률은 s 기에서만 일시적으로 5%보다 높아지고 다른 기간에는 여전히 5%로 동일하게 될 것이다. 이와

Table 3. Comparison of Electricity Consumption of Two Buildings

Date	Electricity Inflation Rate (%)
2008.1	4.5
2009.7	3.9
2010.8	3.5
2011.9	4.9
2011.12	4.5
2012.8	4.9
2013.1	4
2013.11	4.9
2014	0

Source: Korea Investors Service, Inc. (2013, 5)

1) (Wee and Choi, 2013) 참조

같은 분석을 통하여 전가현상을 반영한 t 기의 전력요금은 다음과 같이 추정된다.

$$P_t(\tau) = (1+\tau)(1+\pi_1) \times \dots \times (1+\pi_t)P_0 \quad (6)$$

본 연구에서는 위 식을 이용하는데 있어 모든 전가율이 일시에 전력요금 인상으로 귀결되며, 전가율을 제외한 전력요금 인상률은 매년 5%로 일정하다고 가정하였다.

분석결과

전가율(Pass-through rate)과 경제성

전가율의 해외연구동향

EU는 2005년 탄소배출권 거래시장을 개설하고 탄소배출권거래제도를 시행함에 따라 탄소비용으로 인해 전력생산 기업의 이익이 감소할 것으로 기대하였다. 그러나 실제로는 배출권 거래비용의 일부 혹은 전부가 소비자에게 전력요금 인상으로 전가되고 일부 전력회사는 오히려 이익이 증가하는 현상이 발견되었다. 이처럼 탄소비용의 전가로 인해 전력요금이 인상되자 생산원가의 증가가 전력요금에 미치는 영향을 실증적으로 분석하는 다양한 연구가 이루어졌다. 특히 Chen 등(2008)은 전가율(pass-through rate)이 시장의 수요 및 공급의 가격탄력성에 따라 달라지며 만약 공급자가 독점기업일 경우 전가율이 100%를 초과할 수도 있음을 보여주었다.

Table 4은 EU에서 탄소배출권거래제 도입 이후 발생한 전력생산 원가상승이 EU 각국의 전력요금에 미치는

영향을 연구한 선행연구들로부터 탄소배출권거래제도 도입이 전력요금에 미치는 전가율 추정치를 요약하였다.

Table 4에서 보는 바와 같이 EU 각국을 대상으로 계산된 전가율은 국가별로 또는 시장별로, 그리고 연구자별로 모두 상이한 값을 갖는 것으로 나타났다. 특히 여러 연구에서 전가율이 100%를 훨씬 넘는 것으로 분석되어, 전력생산 기업의 이익이 탄소거래제도 도입 이후 증가할 수 있었던 요인으로 탄소비용의 과도한 전가율이 고려될 가능성이 있음을 보여준다.

전가율에 따른 전력요금 분석

전가율의 국제적 연구동향에서 보는 바와 같이 전가율은 해당국가의 시장상황이나 선·현물 여부 등에 따라 매우 다양하여 일률적인 평가를 제시하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 다양한 범위의 전가율을 가정하고 경제성 분석을 수행하고자 한다.

Shin 등(2010)은 국내 전력시장에서 전가율이 40%, 70%, 100%라는 시나리오에 바탕을 두고 탄소배출권거래제도 도입으로 인한 비용이 전력요금에 미치는 영향을 분석하였다. 그러나 EU의 전력요금 분석결과에서 나타난 바와 같이 전가율은 선·현물 시장에서 모두 낮게는 40%, 높게는 300%에 이르는 넓은 범위를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 전가율이 실제로 100%를 넘을 수 있다는 점을 고려하여, Shin 등(2010)의 전가율 시나리오를 확장하여 전가율이 150%와 200%인 경우에 대하여도 분석을 수행하였다. Table 5는 전가율에 따르는 단위전력당 탄소비용, 그리고 이에 따른 전력요금의 인상률을 추정

Table 4. Previous empirical results of pass-through rate in EU countries

Country	Market	Pass-through rate	Reference
Germany	Forward	1.0	Bauer and Zink(2005)
		0.48	Levy(2005)
	Spot	3.33	Levy(2005)
		0.50-2.50	Sijm <i>et al.</i> (2006)
UK	Forward	1.84	Levy(2005)
		0.89-0.98	Riechmann <i>et al.</i> (2006)
	Spot	2.19	Levy(2005)
France	Forward	0.42	Bunn and Fezzi(2007)
	Spot	0.56	Levy(2005)
Spain	Forward	2.21	Levy(2005)
	Spot	2.21	Levy(2005)
Italy	Spot	3.53	Levy(2005)
		2.04	Levy(2005)

Source: Sijm *et al.*(2008)

한 값을 보여주고 있다. 추정에 필요한 배출권 가격과 평균전력요금은 Shin 등(2010)의 연구에서와 같이 2007년 자료를 바탕으로 탄소배출권 가격 22,474원/tCO₂과 평균 전력 가격 94.78원/kWh를 활용하였다.

분석결과에 따르면 전가율이 40%에 그칠 경우에는 전력요금 인상률이 4.38%에 그치지만 전가율이 100%에 이를 경우에는 전력요금 인상률은 10.95%에 달하는 것으로 분석되었다. 또한 전가율을 200%라고 가정하였을 경우에는 전력요금이 21.91%나 인상되는 것으로 분석되었다.

전가율과 친환경 시설의 경제성 분석

Table 6는 Table 5에서의 분석결과를 적용하여 친환경 시설 도입으로 인한 단위면적당 전력요금절감효과의 현재가치(PVS) 분석결과를 전가율에 따라 보여주고 있다.

본 연구에서의 분석기간은 콘크리트 건물의 수명연한인 60년을 최대 기간으로 설정하였다. 또한 최근 아파트 등 공공주택의 재건축 연한과 관련된 법률개정을 통해 알 수 있는 바와 같이, 각종 편의시설의 노후화로 인한 재건축의 필요성이 부각될 수 있는 기간이 30년이므로 이를 감안하여 분석을 진행하였다. 그 외에도, 기계설비 등의 노후화도 고려되어야 할 요소이지만, 친환경 건물에 사용된 설비의 수명이 제각각 다르고, 이에 대한 정보

도 충분하지 않아 친환경 시설과 전통적 시설의 수명 및 유지·보수 비용은 동일하다고 전제하였다.

분석결과를 보면 PVS는 전가율에 따라 그 차이가 두드러지게 달라진다는 것을 알 수 있다. 우선 전가율이 40%일 경우 분석기간을 60년으로 하면 PVS가 115,903.9원인 반면 전가율이 200%일 경우에는 PVS가 135,369.3에 이르러 16.8% 증가하는 것으로 나타났다. 한편 분석기간을 30년으로 단축할 경우에는 전가율에 따라 PVS가 최소 62,074.6원에서 최대 72,499.6원으로 나타났다.

초기 시설비용 회수기간

본 연구에서는 PVS 추정치를 이용하여 친환경 시설 도입이 경제적으로 가치가 있는지를 분석하기 위하여 친환경 시설 도입으로 인한 추가적인 초기 시설비용의 회수기간을 추정하였다. 회수기간 추정을 위해서는 PVS 이외에도 친환경 시설 설치를 위한 추가적인 투자비용에 대한 정보가 필요하다. 그러나 불행하게도 ECC관의 전체 투자비용은 알려져 있지만 그 중 친환경 시설 설치에 소요되는 비용이 전체 건설비에서 차지하는 비중이 알려져 있지는 않다. ECC관의 단위면적당 건설비용이 P관에 비하여 높은 것은 사실이지만 이와 같은 차이가 친환경 시설 설치에 모두 소요되었다고 보기에는 어려움이 있다. ECC관과 P관의 이러한 건설비용의 차이는 친환경

Table 5. Increase in the electricity price due to pass-through

Pass-through rate (%)	Carbon cost (won/kWh)	Relative to current electricity price (%)
40	4.15	4.38
70	7.27	7.67
100	10.38	10.95
150	15.57	16.43
200	20.77	21.91

Source: Shin *et al.*(2010)

Table 6. Present value of electricity cost saving according to pass-through rate

Pass-through (%)	Present Value (won/m ²)		
	30yr	50yr	60yr
40	62,074.6	98,806.2	115,903.9
70	64,031.1	101,920.5	119,557.1
100	65,987.7	105,034.8	123,210.4
150	69,240.7	110,212.7	129,284.3
200	72,499.6	115,400.1	135,369.3

경 시설에 대한 투자비용 뿐만 아니라 건설지역의 지형적 위치에 따른 건설 공법의 차이, 건설 자재의 질적 차이 등으로 인해 발생한 건설비용의 차이까지 모두 반영하고 있어 실질적으로 친환경 시설 설치에 소요된 비용을 산출하기가 어려운 실정이다. 본 연구에서는 두 건물 간 건설비용의 차이 중 일부만이 친환경 시설에 대한 투자비용이라고 전제하고 전체 추가비용 중 친환경 시설에 대한 투자비용의 비중을 α ($0 < \alpha < 1$)로 표기하였다.

Table 7은 친환경 시설에 대한 투자비용의 비중 α 의 변화에 따라 회수기간이 어떻게 달라지는지를 분석한 결과를 보여 준다.

분석 결과를 보면 전가율이 100%일 경우 α 가 10%이면 친환경 시설비용 회수에 13년이, α 가 30%이면 41.6년이 걸리는 것으로 나타났다. 이는 전가율이 0%인 경우에 비하여 각각 2.5년과 6.4년이 단축된 기간이다. 따라서 전가율이 증가할수록 회수기간이 단축됨을 알 수 있다. 한편 α 가 50% 이상이면 전가율이 어떤 값을 갖더라도 회수기간이 60년을 초과하여 친환경 시설이 사실상 경제성이 없음을 알 수 있다.

그러나 이와 같은 전력비용의 감소만을 고려한 분석은 실제로 ECC관이 갖는 다양한 용도 및 가치를 고려하지 않았다는 한계를 가지고 있다. 우선 ECC관과 P관의 실

질적인 공간 이용율을 계산할 당시 ECC관 면적의 1/3 정도를 차지하고 있는 주차장에 대한 공간 이용율을 계산하지 않았다. 또한 ECC관의 옥상 녹지 조성이 캠퍼스를 사용하고 방문하는 사람들에게 줄 수 있는 심리적인 가치를 경제성 평가에 활용하지 않았다는 점 또한 한계로 지적될 수 있다. 따라서 Table 7에서의 분석결과만을 기초로 친환경 시설의 경제성을 논하는 것은 학교전체 구성원의 편익증진의 경제적 가치를 정확히 반영하지 못하는 측면이 있다고 할 수 있을 것이다.

전가지연에 따른 경제성 감소효과

위에서 살펴본 바와 같이 배출권거래제도의 도입으로 인한 전력생산원가의 증가는 전력요금으로 일부 또는 전부 이상이 전가됨으로써 전력요금 인상률의 증가로 귀결될 것이라고 유추할 수 있다. 특히 국내 전력생산은 한국전력에 의하여 독점적으로 이루어지고 있으며 이와 같은 독점적 성격은 전가율을 높이는 요인이 될 것이다. 그러나 다른 한편으로는 정부가 배출권거래제도 도입이 기업의 수익성 악화로 이어질 수 있다는 점을 고려하여 다양한 관리방안을 동시에 시행할 경우 생산원가의 증가가 전력요금 인상으로 전가되는 현상이 지연될 가능성 또한 배제할 수 없다. 사실 정부는 이미 탄소배출권거래제도

Table 7. Payback period of initial cost of facility installation based on alpha value and pass-through

Pass-through (%)	alpha-value (%)		
	10	30	50
0	15.5 year	47.0 year	> 60 years
40	14.0 year	44.3 year	
70	13.5 year	42.8 year	
100	13.0 year	41.6 year	
150	12.3 year	39.4 year	
200	11.8 year	37.4 year	

Table 8. Increase of annual electricity inflation rate due to pass-through rate and delayed period

Pass-through (%)	Delay (yr)				
	1	3	5	7	10
40	0.0438	0.0144	0.0086	0.0061	0.0043
70	0.0767	0.0249	0.0149	0.0106	0.0074
100	0.1096	0.0353	0.0210	0.0150	0.0105
150	0.1643	0.0520	0.0309	0.0220	0.0153
200	0.2191	0.0683	0.0404	0.0287	0.0200

가 전통적 산업의 경쟁력을 저해할 수 있다는 우려를 불식시키고자 탄소배출권 거래로 인한 비용증가를 점진적으로 가격에 반영되도록 시행 초기인 2015년부터 3년간은 탄소배출권을 무상으로 할당하기로 하였다. 이로 인해 탄소배출권거래제도가 시행된 이후에도 상당기간동안은 무상할당량을 초과하는 배출량에 대해서만 거래비용이 발생하게 될 것이므로 전력요금의 인상 또한 점진적으로 이루어질 것으로 판단된다. 또한, 무상할당량을 다 사용하지 않는 기업은 이를 배출권 시장에서 매각할 수 있으므로 오히려 수익이 발생할 수도 있을 것이다.

Table 8은 전력 생산 원가가 전력요금에 전가되는 기간이 최단 1년에서부터 최장 10년인 경우를 가정하여 해당 기간동안의 전가율에 따른 연간 전력요금 인상률의 증가분을 보여 주고 있다. 각 전가율당 연간인상률의 증가는 전가율에 따른 전력요금 인상률이 전가가 지연되는 기간 동안 매년 동일한 비율로 인상된다는 전제하에 계산하였다.

예를 들어, Table 8의 6열은 전력 생산 원가의 증가가 향후 10년간에 걸쳐 전력요금에 전가될 경우 전가율이 100%인 경우에는 기존 5%의 전력요금 인상률에 더하여 향후 10년간 매년 1.05%의 전력요금 추가인상이 발생할 것이라는 것을 보여주고 있다. Fig. 1은 Table 8에서 나타난 연간전력요금 인상률의 증가분을 토대로 PSV를 계산한 것이다.

Fig. 1에서 보이는 바와 같이 배출권거래제도로 인한 전력 생산 원가의 상승이 전력요금 인상으로 전가되는 기간이 정부의 개입 등으로 지연될수록 친환경 시설의 전력사용감소효과의 경제성이 감소하게 된다. 이는 1년 안에 전기요금 인상으로 전가되어야 할 원가상승 효과가

수년간에 걸쳐 전가됨으로써 전기요금 인상이 지연되므로 전력요금 절감의 현재가치가 감소하기 때문이다. 그러나 그 감소효과는 그리 크게 나타나지 않으므로, 결국 친환경 시설의 경제성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 전가율이 될 것임을 알 수 있다.

결론

본 연구는 탄소배출권거래제 도입에 따른 전력요금 인상이 친환경 시설 도입에 미치는 영향을 사례분석을 통하여 검증하였다. 탄소배출권거래제도가 도입되면 전력 산업에 탄소비용을 부과함으로써 전력 생산 원가가 증가하게 된다. 이미 탄소배출권거래제도가 도입된 EU 여러 국가에서는 이와 같은 전력 생산 원가의 증가분 중 일부 또는 전부 이상이 전력요금의 증가로 귀결되는 전가현상이 나타나는 것으로 분석되고 있다. 분석을 위하여 이화여자대학교 교내에 건설된 친환경 건물인 ECC관을 전력사용 절감효과와 사례로 활용하였다. 친환경 건물인 ECC관과 전통적인 건물인 P관의 전력사용량의 차이를 경제적 가치로 환산함에 있어, 탄소배출권거래제도가 전력요금에 미치는 영향을 반영하기 위하여 전가율을 고려하였다. 먼저 전가율에 따른 전력요금 인상률을 추정하고, 이를 이용하여 친환경 시설을 이용한 전력요금 절감효과의 현재가치를 추정하였다. 분석결과 PVS는 전가율에 따라 그 차이가 두드러지게 달라졌다. 전가율이 40%일 경우와 전가율이 200%일 경우의 PVS를 비교해보면 그 차이가 16.8%에 이르는 것으로 나타났다. PVS를 추정 결과를 이용하여 친환경 시설 도입이 경제적으로 가치가 있는지를 분석하기 위하여 초기 시설비용의 회수기간을 추정하였고, 분석 결과 전가율이 100%인 경우에는 전가율을 반영하지 않은 경우에 비하여 초기 시설비용 회수기간이 10%이상 단축되는 것으로 나타났다.

마지막으로 본 연구에서는 정부가 배출권거래제 도입으로 인해 기업들의 경쟁력이 저하되는 것을 우려하여 탄소배출권을 무상할당하는 등 점진적 도입 방식을 택하리라 예상되므로, 이러한 탄소배출권의 점진적 도입에 따른 전가지연현상이 발생할 경우 친환경 시설의 경제적 효과가 어떻게 달라지는지를 분석하였다. 분석 결과 동일한 전가율에 대하여 전가지연기간이 길어질수록 친환경 시설의 경제적 가치는 감소하지만 그 크기는 크지 않은 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시한 친환경 시설의 경제적 가치에 대한 분석은 다음과 같은 한계로 인해 즉각적인 적용은 제한적일 수 있을 것으로 판단된다. 첫째, 본 연구에서 사용되고 있는 ECC 관의 친환경 시설 도입원가에 대한 정

Fig. 1. PVS depending on pass-through rate and delayed period.

보가 알려져 있지 않다는 점이다. 이로 인해 본 연구에 사용된 ECC관과 P관의 건설비용의 차이는 친환경 시설에 대한 투자비용 뿐만 아니라 건물의 지형적 위치에 따른 건설 공법의 차이, 건설 자재의 질적 차이, 그리고 ECC 연면적의 1/3을 차지하고 있는 주차시설 등으로 인해 발생한 비용까지 모두 반영하고 있어 실질적으로 친환경 시설의 설치에 소요된 비용을 산출하기가 어려운 실정이다. 이로 인해 본 연구에서는 두 건물 간 초기 투자비용의 차이 중 친환경 시설 도입비용이 차지하는 비중을 따라 회수기간이 달라진다는 한계를 가지고 있다. 둘째, ECC관과 P관의 실질적인 공간 이용율을 계산할 때 ECC관 면적의 상당부분을 차지하고 있는 행정실을 분석에서 제외하였다는 점이다. 만약 행정실을 분석에 포함할 경우 현재 강의실 활용도 위주로 추정된 것에 비하여 ECC 관의 회전율(Trunover)이 증가하고 따라서 회전을 고려한 ECC 관의 단위면적당 전기사용량이 감소하여 전력비용의 절감효과가 증가하게 될 것으로 판단된다. 이는 본 연구에서 추정된 PVS가 과소평가되었을 가능성이 있음을 의미한다.

사 사

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0083527).

References

- Bauer, C. and Zink, J., 2005, "Korrelation zwischen Strompreisen und CO₂-Zertifikatspreisen," *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Vol. 55, No. 8, pp. 574-577.
- Bunn, D. and Fezzi C., 2007. "Interaction of European Carbon Trading and Energy Prices," *London Business School*, London.
- Chen, Y., Sijm, J., Hobbs, B.F. and Lise, W., 2008, "Implications of CO₂ emissions trading for short-run electricity market outcomes in northwest Europe," *J. of Regulation Economics*, Vol. 34, pp. 251-281.
- Chung, C., 2007, "ECC, Ewha Campus Center Hardware Design Practices," *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 52-65.
- Kim, J. and Yoo, T.H., 2012, "A critical review on the greenhouse gas emission trading schemes," *Trends and Prospects*, Vol. 85, pp. 330-357.
- Korea Development Institute(KDI), 2012, Introduction to the Framework and Analytic Methodology for Preliminary Feasibility Study of Business by Public Companies and Para-Government Agencies.
- Lee, J., Choi, M., Choi, J. and Hong, S., 2012, "A study on the regulation impact and acceptance improvement depending on the introduction of ETS," *KIPA(Korea Institute of Public Administration)*.
- Levy, C., 2005, "Impact of Emission Trading on Power Prices: A Case Study from the European Emission Trading Scheme," University Paris Dauphine and DEA d'Economie Industrielle, Paris.
- Riechmann, C., Etten, M. and Elms, N., 2006, "The Role of CO₂ in power markets - in line with Competition," *Frontier Economics*, London.
- Shin, S., Rho, J., Cho, Y., Park, H. and Han, J., 2010, "An Assessment of the feasibility of the emission trading system for the electric power sector in Korea," *KEI(Korea Environment Institute)*.
- Sijm, J., Bakker, S., Chen, Y., Harmsen, H. and Lise, W., 2005, "CO₂ price dynamics: The implications of EU emissions trading for the price of electricity," *ECN Policy Studies, ECN-C-05-081*, Energy Research Center of the Netherlands (ECN).
- Sijm, J., Hers, S., Lise, W. and Wetzelaer, B., 2008, "The impact of the EU ETS on electricity price," *ECN-E-08-007*, Petten/Amsterdam.
- Sijm, J., Neuhoff, K. and Chen, Y., 2006, "CO₂ cost pass through and windfall profits in the power sector," *Climate Policy*, Vol. 6, pp. 29-72.
- Wee, D. and Choi, J., 2013, "Analysis of energy cost savings by an eco-friendly building in a university campus," *J. of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, Vol. 50, No. 2, pp. 195-203.
- Yun, J., Lee, J. and Choi, J., 2014, "Effects of Carbon Emission Trading System on the Economic Value of Wood Pellet Boiler," *J. of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, Vol. 51, No. 3, pp. 358-365.

윤 정 선

현재 국민대학교 경영대학 부교수
(本學會誌 第51卷 第3号 参照)

최 정 현

현재 이화여자대학교 환경공학과 부교수
(本學會誌 第51卷 第3号 参照)