

# 온실가스 배출규제와 탄소누출\*

김 수 이 (원광대학교 국제통상학부 조교수)

오 인 하 (선문대학교 국제경제통상학부 조교수)

## 1. 서 론

교토의정서의 1차 공약기간의 만료시점인 2012년이 끝나가지만 1차 공약기간 이후의 공약기간과 각국의 감축목표, 형태 등을 규정하는 기후변화 국제협상은 더디게 진행되고 있다. 2009년 덴마크 코펜하겐 당사국총회에서 코펜하겐 합의문에 따라 각국은 2020년을 기준으로 한 중장기 감축목표를 국제사회에 발표하였으나 여전히 교토의정서 체제를 크게 벗어나지는 못하고 있다. 즉 선진국과 개도국의 이분화된 감축 의무부담이라는 큰 틀은 깨지지 않고 있다.

각 국가들이 서로 다른 감축의무를 가질 때 나타나는 문제점은 온실가스 배출 관련 규제가 있는 국가의 배출량 감소가 관련 규제가 없는 국가의 배출량 증가를 초래하는 것을 나타내는 ‘탄소누출(carbon leakage)’이다. 특히 산업이 경쟁관계에 있는 국가간에는 이러한 탄소누출의 가능성이 더욱 커지게 된다. 탄소누출 비율은 규제되는 국가에 의한 총배출량 감소에 의하여 규제가 없는 국가에서 발생하는 총배출량 증가의 비율로 정의할 수 있다. 누출 비율이 높으면 몇몇 국가 내에서의 감축이 타국의 배출량 증가로 이어지므로 전 지구적 기후 정책의 효과가 약해질 것이다.

이러한 탄소누출에 대해서는 세 가지 주요 채널이 알려져 있다. 첫 번째 채널은 단기 경쟁력 채널로서, 온실가스 배출이 규제되는 업계가 수출 감소 및 수입 증가를 통하여 시장 점유율을 잃어서 규제대상국이 아닌 국가에서의 경쟁업체가 이익을 얻게 되는 것이다. 두 번째는 투자 채널로서, 한쪽에 치우친 배출규제와 관련된 자본 수익률의 차이로 인하여 기업이 온실가스 감축정책이

\* 이 글은 편집자의 요청에 의하여 에너지경제연구원의 2011년 사업 “배출규제가 탄소누출에 미치는 영향 분석 및 전망 - 소비관점의 탄소회계와 국경조치의 영향을 중심으로” 보고서와 김수이(2012) 등에 기재된 내용을 발췌하고 재정리 혹은 일부 내용 수정하여 작성된 것임.

비교적 덜한 국가로 자본을 재배치하는 동기를 갖게 하는 경로를 뜻한다. 마지막은 화석연료의 가격 채널로서, 배출 규제가 있는 국가에서의 에너지 수요 감소로 인한 전 세계 에너지 가격의 감소로 인하여 다른 곳, 특히 배출에 대한 구속력이 없는 국가에서의 에너지 수요와 온실가스 배출량이 증가하는 것을 뜻한다.

우리나라는 2009년말 코펜하겐 기후변화당사국총회를 기점으로 중기 감축목표(2020년 BaU (Business as Usual) 대비 30% 감축)를 발표하였다. OECD 국가의 감축목표 중 ‘충분함’ 범주에 들어가는 목표를 발표한 나라는 일본, 노르웨이 그리고 한국뿐이라고 분석하고 있을 정도로 우리나라의 감축목표는 타 주요국에 비해 강도가 높은 것으로 평가받고 있다. 이는 앞으로 우리나라도 감축의무 부담이 없었던 지금까지와 달리 탄소누출에 의한 국가경쟁력의 약화와 이에 따른 경제적인 손실 등을 걱정해야 할 시기가 왔다는 것을 시사한다. 특히 우리나라는 작년 배출권거래제법이 통과됨에 따라서 2015년부터 배출권거래제가 본격적으로 시행될 예정이다. 그리고 현재 정부에서는 배출권거래제 시행령이 입법예고되어 있는 상황이다. 따라서 배출권거래제가 본격적으로 시행된다면 탄소누출에 대한 가능성은 더욱더 증가할 것으로 판단된다.

한편, 탄소누출과 관련하여 함께 논의되는 두 가지 이슈가 있다. 하나는 선진국 그룹에서 주로 주장하는 탄소누출에 대응하기 위한 국경조치(border adjustment measure)이고 또 하나는 배출의 책임을 제품의 생산지역이 아니라 소비지역 중심으로 돌려야 함을 주장하는 소비관점의 탄소회계(consumption-based carbon accounting)이다.

국경조치는 자국 내 산업, 특히 온실가스 다배출산업의 탄소누출에 의한 쇠퇴를 막기 위하여 보호조치를 취하는 것으로, 온실가스 다배출산업에 대한 무상할당이나 감축의무가 없는 국가에 대한 탄소관세의 적용 등을 들 수 있다. 무역규제를 통해 전 세계적으로 탄소 비용을 내재화시켜, 탄소 누출 문제를 해결하고, 각국이 자국 내에서 온실가스를 감축하도록 유도하는 조치이다. 상대적으로 온실가스 감축에 소극적인 국가를 대상으로 온실가스 감축을 위한 국제적 노력에 참여하도록 동기를 제공해야 한다는 데에서 비롯된 국경조치는 EU가 미국의 교토 의정서에 참여를 유도하기 위한 수단으로 처음 논의되었지만, 이제는 온실가스 감축을 위한 정책 및 조치를 취하지 않는 국가에 대한 대응책으로 EU와 미국 양쪽에서 활발히 논의되고 있다(Zhou et al., 2010). 그러나 탄소관세는 ‘공동의 차별화된 책임’하에 진행되는 국제사회 기후변화 대응의 틀 자체를 깰 위험이 있어 개도국의 심한 반발을 사고 있다. 또한 일부 국경조치는 세계무역기구(World Trade Organization, WTO)의 협정에도 위반될 소지가 있다.

소비관점의 탄소회계는 국가별 온실가스 배출을 계산할 때, 의무감축국에서의 소비를 위해 비의무감축국에서 의무감축국으로 수출되는 재화생산으로 인한 배출을 기후변화 협상에서 고려해야 한다는 개념이다. 현재의 UNFCCC에서 사용하는 각국의 경계 내에서 제품생산 등에 의해 발생하는 온실가스를 각국의 온실가스 인벤토리로 간주해야 한다는 개념이 아니라 각국의 소비에 의해 발생하는 온실가스를 인벤토리로 고려해야 한다는 것이다. 이는 즉, 수출과 수입을 통해 제

품에 내재되어 유출입되는 탄소를 고려하여 기후변화 대응정책을 마련해야 한다는 것이다. 이러한 소비관점의 탄소회계는 개도국 관점에서는 선진국의 감축의무부담 강화 및 소비기반 온실가스 인벤토리 작성을 통한 온실가스 배출 책임의 경계설정 등을 주장하는 근거가 된다(Yunfeng et al., 2011). 반면 선진국은 소비관점의 탄소누출을 고려하면 비의무감축국에서 의무감축국으로 수출되는 제품 생산에 들어가는 배출량도 고려해야 한다고 말하며 이러한 관점에서 탄소누출은 더욱 커지게 되기 때문에(Peters, 2008), 자국 내의 감축노력을 전 세계적으로 전파시키기 위해서는 소비하는 제품에 내재된 탄소까지 고려한 내재된 탄소관세(embodied carbon tariff)를 설계하고 적용을 고려해야 한다고 주장하게 된다(Böhringer et al., 2011).

우리나라는 2020년 중기 자발적 감축목표를 발표함에 따라 탄소누출의 가능성이 증대하고 있다. 과거 우리나라는 선진국으로부터의 탄소유입의 형태로 중화학공업 등이 발전해온 부분이 있는 반면, 앞으로는 탄소누출에 의한 경쟁력 약화를 고려해야 하기 때문이다. 또한 향후, 기후변화 협상의 난항 등에 따라 의무감축국들이 자국 산업의 보호를 위해 탄소관세 등의 국경조치를 시행할 경우, 우리나라도 이에 대응해야 할 필요가 있다.

이에 본 연구의 목적은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 현재 주장되는 소비관점의 탄소회계 관점에서 보았을 때 우리나라의 배출과 이에 따른 국제사회에서의 위상변화를 관찰한다. 소비관점의 탄소회계는 이를 위한 가용한 자료의 업데이트 주기가 느리고 분석방법론에 대한 중지가 모아지지 않았기 때문에 가까운 시간에 현실화되기는 어려우나 우리나라의 기후변화 대응 입장정리를 위해 이를 관찰할 필요가 있다. 둘째, 탄소누출의 채널 중에는 해외직접투자의 경로가 있다. 해외직접투자는 기업이 경영적 선택에 의해 생산수단을 부분적으로 이동하는 것으로도 볼 수 있다(Sanna-randaccio & Sestini, 2010). EU가 과거 배출권거래제를 시행한 기간 동안 해외직접투자자에 어떤 영향을 끼쳤는지 분석하여 실제 각국의 감축정책이 탄소누출에 미치는 영향의 단편을 살펴보고자 한다.

## 2. 소비관점의 탄소회계

소비관점의 탄소회계는 국가별 온실가스 배출을 계산할 때, 의무감축국에서의 소비를 위해 비의무감축국에서 의무감축국으로 수출되는 재화생산으로 인한 배출을 고려하기 위해 생긴 개념이다. 현재의 UNFCCC에서 사용하는 각국의 경계 내에서 제품생산 등에 의해 발생하는 온실가스를 각국의 온실가스 인벤토리로 생각하는 개념<sup>1)</sup>이 아니라 각국의 소비에 의해 발생하는 온실가스를 고려하는 것이다. 이는 즉, 수출과 수입을 통해 제품에 내재되어 유출입되는 탄소를 고려하는 것으로 이의 계산을 위해서는 GTAP(Global Trade Analysis Project) 등의 전 세계 산업구조 및 무

1) 이는 생산자원칙을 따른 것으로 계측이 쉽고, 각국이 주권에 따라 감축정책을 시행할 수 있는 범위를 대상으로 하는 장점이 있으며, 오염자부담의 원칙(polluter-pays-principle)을 따르는 개념이라 할 수 있다.

역구조를 포함하는 데이터베이스가 필요하다.

이러한 소비관점의 탄소회계는 개도국 관점에서는 선진국의 의무부담 강화 및 소비기반 온실가스 인벤토리 작성을 통한 온실가스 배출 책임 경계 설정 등을 주장하는 근거가 된다(Yunfeng et al., 2011). 반면 선진국은 소비관점의 탄소누출을 고려하면 비의무감축국에서 의무감축국으로 수출되는 제품 생산으로부터 초래되는 배출량도 고려해야 한다고 말하며 이러한 관점에서 탄소누출은 더욱 커지게 되기 때문에(Peters, 2008), 자국 내의 감축노력을 전 세계적으로 전파시키기 위해서는 소비하는 제품에 내재된 탄소까지 고려한 내제된 탄소관세(embodied carbon tariff)를 설계하고 적용을 고려해야 한다고 주장하게 된다(Böhringer et al., 2011).

예를 들어, Eckersley(2010), Davis & Caldeira(2010)에 따르면, EU는 모범적으로 국제사회에서 기후변화 대응에 앞장서는 국가군으로 여겨지지만, EU 자국 경계 내의 배출량 감축은 대부분 수입재 이용에 따른 간접배출의 증가를 초래하였고, 소비관점의 탄소회계를 도입할 경우, 오스트리아, 프랑스, 스웨덴, 스위스, 영국 등 부유한 유럽국가의 경우 수입재에 포함된 간접배출이 전체 배출의 30% 이상을 차지할 것이라 보았다.

산업부문별 생산과정에서 이산화탄소의 배출은 생산과정을 통한 직접 배출과 국내외 중간재 소비의 이용에 따른 간접 배출로 나누어진다. 여기에서는 이러한 관점에서 소비되는 제품에 내재된 이산화탄소 배출량을 계산하였다. 여기에서 사용한 방법론은 Böhringer et al.(2011)이 제안한 축차적 다지역 투입산출 모형(recursive multi-region input-output)을 따랐다. 식 (1)에서와 같이 제품에 내재된 총배출량은 생산과정의 직접배출과, 국내외 중간재 이용에 따른 간접배출로 나누어진다.

$$x_{gr}^y vom_{gr} = co2e_{gr} + \sum x_{ir}^m vifm_{igr} + \sum x_{ir}^y vdfm_{igr} \quad (1)$$

단,  $x_{gr}^y$  : 생산재 단위당 내재된 온실가스 배출량

$x_{ir}^m$  : 수입재 단위당 내재된 온실가스 배출량

$co2e_{gr}$  : 직접배출

$vom_{gr}$  : 총산출량

$vifm_{igr}$  : 수입 중간투입재

$vdfm_{igr}$  : 국내 중간투입재

식 (2)는 수입재에 내재된 이산화탄소 배출량을 나타내는데, 이는 수입재의 원산지 국가의 생산에 내재된 온실가스와 수송과정에서 발생하는 온실가스 배출량으로 나누어진다.

$$x_{ir}^m vim_{ir} = \sum_s x_{is}^y vxmd_{isr} + \sum_j x_j^t vtwr_{jisr} \quad (2)$$

단,  $vim_{ir}$  : 수입량

$vmd_{isr}$  : 수입 국가원별 수입량

$vtwr_{jst}$  : 수송서비스

$x_j^t$  : 수송에 내재된 온실가스 배출량

마지막으로 수송 서비스에 내재된 온실가스 배출량은 식 (3)과 같다. 수송서비스에 내재된 온실가스 배출량은 수송서비스에 투입되는 생산요소에 내재된 온실가스 배출량으로 이루어진다.

$$x_j^t vtw_j = \sum x_{jr}^y vst_{jr} \quad (3)$$

단,  $vtw_j$  : 수송서비스

$vst_{jr}$  : 수송서비스 투입요소

이러한 내재된 온실가스 배출량은 축차적 알고리즘을 통해 계산된다. 다지역 투입산출모형의 축차적 균형해를 구하기 위해 다음과 같은 계산단계를 거친다. 먼저 산출단위당 온실가스 배출계수를 도출하고, 이를 바탕으로 수송서비스에 내재된 온실가스 배출량을 계산한다. 그리고 식 (3)에서 계산한 수송서비스에 내재된 온실가스 배출량과 산출단위당 온실가스 배출량을 바탕으로 수입에 내재된 온실가스를 계산한다. 마지막으로 식 (2)에서 계산한 수입에 내재된 온실가스를 이용하여 산출 단위당 온실가스 배출량을 재계산한다. 이러한 과정을 반복적으로 거치면서 균형해를 도출한다. 이렇게 계산된 내재된 단위당 온실가스 배출량은 제품생산 전 과정에 들어가는 국내 중간재 및 수입재 등의 생산에서 발생하는 온실가스 배출량도 포함하게 된다.

이 연구에서 이용한 자료는 GTAP 7.1이며 2004년을 기준연도로 하고 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 분석대상은 22개 국가(군)와 22개 산업부문에 분류하였다. 데이터베이스는 투입-산출자료, 무역, 에너지, 그리고 이산화탄소 배출량을 모두 포함하고 있다.

분석대상 산업분류는 에너지부문은 천연가스, 전력, 원유, 석탄, 석유제품 등으로 세분화하였으며, 에너지다소소비산업인 철강, 화학, 비철금속, 비금속, 수송 장비, 제지/인쇄 등을 반영하였다. 그리고 국가는 G20 국가를 중심으로 분류하였다.

2004년을 기준으로, 우리나라 주요 교역 국가별 수출입에 내재된 온실가스 배출량과 탄소수지를 살펴보면 <표 2>와 같다. 탄소수지가 적자인 대표적 국가로는 중동국가와 중국을 들 수 있다. 중동국가에서 2,048천 톤CO<sub>2</sub>를, 중국에서는 1,064천 톤CO<sub>2</sub>를 수입하는 효과가 있는 것을 알 수 있다. 반면에 독일, 영국, 미국, 기타 유럽과 교역 시에는 우리나라의 수출품에 내재된 이산화탄소 배출량이 수입품에 내재된 이산화탄소 배출량보다 높게 분석되었다. 기타 국가와의 교역에 내재된 탄소를 살펴보면, 한국은 호주/뉴질랜드, 아르헨티나, 브라질, 인도네시아, 일본, 러시아, 중동

국가, 남아공, 중위소득국가 등과 교역할 때 제품에 내재된 탄소를 수입하고, 캐나다, 프랑스, 독일, 인도, 이탈리아, 멕시코, 터키, 영국, 미국, 기타 유럽 등과 교역 시 탄소를 제품에 내재화하여 수출하는 것으로 분석되었다.

<표 1> 분석대상의 국가 및 산업분류

산업분류	국가분류
천연가스	호주/뉴질랜드
전력	아르헨티나
석유제품	브라질
석탄	캐나다
원유	중국
철강	프랑스
화학	독일
비철금속	인도
비금속	인도네시아
수송장비	이탈리아
기타기계업	일본
광업	멕시코
식품산업	러시아
제지/인쇄	중동국가
목재/목제품	남아공
건설	한국
섬유산업	터키
기타제조업	영국
농업	미국
육상/해상수송	기타유럽
항공수송	저소득국가
서비스업	중위소득국가

G20국가를 중심으로 2004년의 경우 국가별로 탄소수지를 살펴보면, 전체국가와의 교역에서는 중국, 러시아, 중동국가, 남아공 등 개도국이 탄소수지 흑자를 기록하는 반면 OECD 국가들의 탄소수지는 적자인 것으로 분석되었다.<sup>2)</sup> 그러나 교역대상국을 OECD국가와 비OECD국가로 나누어서 살펴보면 뚜렷한 특성을 알 수 있다. 즉 OECD국가들의 탄소수지 적자 대부분은 비 OECD 국가와의 교역에서 발생하고 있다는 것을 알 수 있다(<표 3>참조).

2) 이 분석에서 OECD 국가군은 국가분류 중 호주/뉴질랜드, 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본, 멕시코, 한국, 터키, 영국, 미국, 기타유럽로 정의하였다.

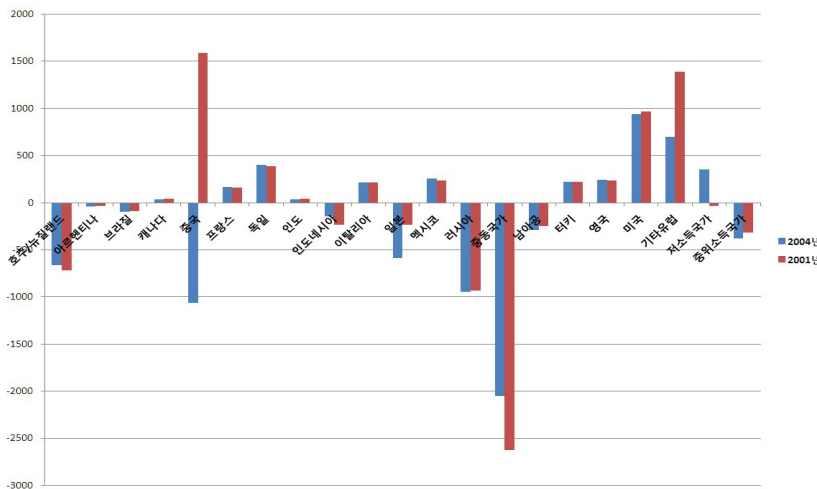
<표 2> 우리나라 주요 교역국가별 탄소수지(2004년)

(단위: 천 톤CO<sub>2</sub>)

	총수출	총수입	탄소수지
호주/뉴질랜드	395.7	1,061.5	-665.8
아르헨티나	31.9	72.6	-40.7
브라질	168.2	264.1	-95.9
캐나다	338.6	300.3	38.2
중국	6,666.0	7,730.6	-1,064.7
프랑스	321.4	154.8	166.7
독일	825.7	426.3	399.3
인도	344.9	307.6	37.3
인도네시아	362.3	507.6	-145.4
이탈리아	362.4	144.5	217.9
일본	2,202.2	2,786.1	-583.9
멕시코	325.6	70.9	254.7
러시아	229.6	1,171.8	-942.2
중동국가	764.5	2,812.6	-2,048.0
남아공	96.0	386.0	-290.0
터키	234.9	16.1	218.8
영국	472.2	228.0	244.2
미국	4,141.5	3,204.1	937.3
기타유럽	1,650.8	953.4	697.5
저소득국가	463.7	108.9	354.8
중위소득국가	4,199.2	4,579.7	-380.5

<그림 1> 우리나라 주요 교역국가별 탄소수지

(단위: 천 톤CO<sub>2</sub>)



한국의 경우에는 2,690천 톤CO<sub>2</sub>의 적자를 보여 오히려 무역 시 제품에 내재된 탄소를 수입하는 국가가 되었다. 이는 비OECD 국가와의 거래 시 탄소수지가 적자(4,615천 톤CO<sub>2</sub>)이고 OECD 국가와의 거래 시 탄소수지가 흑자(1,925천 톤CO<sub>2</sub>)인 데서 기인한다.

2004년의 탄소수지 적자는 비록 소폭이나 이러한 제품에 내재된 탄소의 무역행태는 우리나라가 선진국과 무역 시 제품에 내재된 탄소를 수입하는 국가가 된 것을 뜻하며, 소비관점의 탄소회계로 우리나라의 배출량을 산정할 경우 생산관점의 경우보다 소폭 상승하게 될 것을 뜻한다.

〈표 3〉 주요 국가별 탄소수지(2004년)

(단위: 천 톤CO<sub>2</sub>)

	탄소수지		
	OECD 국가와의 교역	비OECD 국가와의 교역	전체 국가와의 교역
호주/뉴질랜드	2,308.4	-1,491.1	817.3
아르헨티나	1,437.4	1,522.7	2,960.1
브라질	3,254.8	-1,035.6	2,219.2
캐나다	7,718.0	-4,405.8	3,312.3
중국	89,635.9	-1,104.9	88,530.9
프랑스	-7,600.5	-9,417.8	-17,018.3
독일	-3,168.1	-18,113.9	-21,282.0
인도	5,666.6	-341.7	5,324.9
인도네시아	4,886.1	-316.5	4,569.5
이탈리아	-3,024.1	-11,076.8	-14,100.9
일본	-1,333.5	-29,049.5	-30,383.0
멕시코	688.0	-3,208.4	-2,520.3
러시아	23,917.9	10,284.8	34,202.7
중동국가	15,218.3	4,247.0	19,465.3
남아공	8,238.4	3,648.1	11,886.6
한국	1,924.9	-4,615.2	-2,690.2
터키	1,107.3	-2,910.1	-1,802.8
영국	-8,078.9	-16,536.6	-24,615.4
미국	-3,438.2	-65,146.1	-68,584.3
기타유럽	12,896.5	-39,988.2	-27,091.6
저소득국가	1,009.9	-6,663.0	-5,653.1
중위소득국가	52,694.1	-10,240.8	42,453.3

### 3. EU배출권거래제와 탄소누출의 상관관계

여기에서는 앞에서 언급한 바와 같이 탄소누출의 두 번째 경로에 초점을 맞추어서 분석하기로 한다. 즉 탄소누출을 한쪽에 치우친 배출규제와 관련된 자본 수익률의 차이로 인하여 기업이 온실가스 감축정책이 비교적 덜한 국가로 자본을 재배치하는 것으로 간주하였다. 사실 이러한 분석을



위해서는 기업의 해외투자동기가 탄소누출에 의한 것이라는 명백한 근거가 필요하다. 하지만 현실적으로 그러한 변수를 찾기란 쉽지 않아서 본 연구에서는 해외직접투자를 탄소누출의 지표로 활용하여 EU ETS 기간 전과 후의 탄소누출을 실증적으로 분석하였다. EU ETS 실시 후에 산업의 해외직접투자가 증가하였다는 것은 산업이 해외로 이전하였다는 것을 의미하며, 이러한 산업의 해외이전은 EU내 온실가스 배출의 저감으로 이어지지만 다른 의미로는 역외 배출량 증가로 해석할 수 있으며, 이는 탄소누출로 평가할 수 있다. 그리고 다양한 해외투자의 동기를 control하기 위해서 노동비용의 상승, 자본비용의 상승, 해외시장의 확대 등을 나타내는 변수를 함께 고려하여 분석하였다.

분석 방법으로는 고정효과모형(Fixed Effect Model)와 확률효과모형(Random Effect Model)을 고려하였다. 고정효과 모형에서는 각 국가의 효과(Country Specific effect), 연도 효과(year effect)가 각각 혹은 동시에 존재하느냐 여부에 따라서 적합한 모형이 설정하여야 한다. 그리고 확률효과가 존재하는지를 검증하기 위하여 하우스만 테스트(Hausman Test)를 실시하였다. Hausman Test를 실시한 결과 Random Effect가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 분석에서는 고정효과모형과 확률효과 모형 모두를 대상으로 분석하고 상호 비교하여 설명하였다. 또한 각 모형은 다시 횡단면 효과와 시계열 효과를 각각 볼 것이냐 아니면 같이 볼 것이냐에 따라서 one way effect model과 two way effect model로 분류된다(Greene, 1993; Baltagi, 1996) 또한 이분산(heteroscedasticity)과 자기상관(autocorrelation)에 의한 영향을 배제시켜야 한다. 그러나 본 분석에서는 데이터의 특성상 연도 효과는 배제하기로 한다.

고정효과모형의 분석식은 식 (4)과 같다.

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \beta_3 x_{it3} + \beta_4 x_{it4} + \beta_5 x_{it5} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$y_{it}$ 의  $i$  국가의  $t$ 기의 해외직접투자액의 로그변수를 나타낸다.  $x_{it1}$ 는  $i$  국가의  $t$ 기의 각각의 생산요소비용 중 이자비용의 로그변수를 나타내며,  $x_{it2}$ 는  $i$  국가의  $t$ 기의 각각의 생산요소비용 중 노동비용의 로그변수를 나타내며,  $x_{it3}$ 는  $i$  국가의  $t$ 기의 각각의 법인세율의 로그변수를 나타내며,  $x_{it4}$   $i$  국가의  $t$ 기의 각각의 생산요소비용 중 환경비용을 나타내는 더비변수이다.  $x_{it5}$   $t$ 기의 EU 지역 이외의 GNP에 대한 로그변수를 나타낸다.  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ 는 각각  $x_{it1}, x_{it2}, x_{it3}, x_{it4}, x_{it5}$ 에 대한 계수값을 나타낸다.  $i$ 는 분석대상인 11개 국가를 나타내며  $t$ 는 1995년부터 2009년을 각각 나타낸다.  $\alpha_i$ 는 각 국가의 고유의 절편(intercept)를 나타낸다.  $\epsilon_{it}$ 는 white noise이다.

확률효과모형의 분석식은 식 (5)와 같다.  $u_i$ 는  $i$ 번째 관측치의 확률오차(random disturbance)를 나타내는데 이는 각 변수  $x_{itj}$ 와는 상관없는 부분이다.

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \beta_3 x_{it3} + \beta_4 x_{it4} + \beta_5 x_{it5} + u_i + \epsilon_{it} \quad (5)$$

$$cov(x_{itj}, u_i) = 0$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

본 연구에서 사용한 데이터의 기초통계량은 <표 4>에서 보는 바와 같다. 모든 변수들은 로그값을 나타낸다. 즉 FTA( $y_{it}$ )는 해외직접투자액의 로그변수를 나타내며, INT( $x_{it1}$ )는 자본비용의 로그값, LAV( $x_{it2}$ )는 노동비용의 로그값, TAX( $x_{it3}$ )는 법인세율의 로그값, RW( $x_{it5}$ )는 EU 이외 지역 GNP의 로그값을 나타낸다.

<표 4> 기초통계량

변수	관측개수	평균	표준편차	최소치	최대치
FTA	165	9.646	2.015	0.000	12.526
INT	165	1.238	0.469	-0.920	2.347
LAV	165	3.484	0.207	2.780	3.827
TAX	165	3.443	0.181	2.762	3.974
RW	165	7.823	0.135	7.597	8.017

<표 5>는 EU 제조업에 대한 탄소누출의 가능성에 대한 분석결과를 보여주고 있다. 모형 (I)과 모형 (II)는 생산비용만을 고려한 것이며, 모형 (III)과 모형 (IV)는 생산비용과 시장잠재력 모두 고려한 것이다. 모형 (I)과 모형 (II)에서는 고정효과가 있는 것으로 분석되었으며, 모형 (III)과 모형 (IV)에서는 확률효과가 있는 것으로 분석되었다. <표 5>의 결과를 보면, 생산비용만 고려하였을 때와 시장잠재력을 함께 고려하였을 때 연구결과가 상이하게 나타나고 있다. 우선 생산비용만 고려한 모형 (I)과 모형 (II)의 결과를 보기로 하자. 이자율의 경우에는 해외직접투자를 증가시키는 것으로 나타나고 있다. 노동비용과 법인세의 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 보여주지 않고 있다. 환경비용을 대표하는 더미변수(DUM)는 고정효과모형의 경우에는 5% 유의 수준에서, 확률효과모형에서는 10% 유의수준에서 계수값이 유의한 것으로 나타났다. 즉 EU 배출권거래제가 실시된 2005년 이후 제조업의 해외직접투자가 증가한 것으로 나타났다. 제조업의 경우에는 EU배출권거래제 실시에 따른 기업의 비용증가로 탄소누출(해외직접투자)이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 결과는 시장잠재력을 함께 고려하였을 때 통계적으로 유의하지 않는 결과로 나타나고 있다. 모형 (III)과 모형 (IV)는 이러한 환경더미 변수에 대한 계수값이 통계적으로 유

의하지 않게 나타나고 있다. 따라서 제조업의 경우에는 일부모형에서 탄소누출의 가능성이 부분적으로 실증적으로 검증되었다고 할 수 있다. 하지만 시장잠재력이라는 변수를 추가할 때 탄소누출의 가능성이 온전히 검증되지는 않았으므로 이 시점에서 EU 역내 제조업의 경우 EU 배출권거래제로 인한 탄소누출이 온전히 검증되었다고 판단하기는 이르다. 하지만 이와 같이 제조업을 대상으로 한 일부 모형에서 탄소누출의 가능성이 나타난 이유는 제조업의 경우에는 알루미늄, 철강, 자동차, 조선, 전자 등 탄소집약적인 산업을 포함하고 있기 때문이다.

〈표 5〉 배출권거래제와 탄소누출의 연관관계 분석(제조업)

	(I) Fixed Effects Model	(II) Random Effects Model	(III) Fixed Effects Model	(IV) Random Effects Model
INT	2.142***	2.267***	2.176***	2.317***
LAV	-0.939	1.604	-13.149***	-0.377
TAX	1.886	2.648*	3.942**	3.286*
DUM	1.711**	1.286*	0.718	0.856
RW	-	-	18.342***	4.419
R <sup>2</sup>	0.374	0.128	0.406	0.133
F-value	6.411	5.896	6.790	4.879
Test for Fixed Effects (F value)	4.747** (d.f. 10, 150)	-	5.761** (d.f. 10, 149)	-
Hausman Test ( $\chi^2$ value)	-	2.720 <sup>3)</sup> ** (d.f. 4)	-	9.779 <sup>4)</sup> ** (d.f. 5)

주: LAV(노동비용의 로그값), INT(자본비용의 로그값), TAX(법인세율의 로그값), DUM(더미변수), RW(EU 이외 지역 GNP의 로그값).

\* (10% 유의수준), \*\* (5% 유의수준), \*\*\* (1% 유의수준).

이와 같은 결과는 다음과 같은 사항을 고려해 보았을 때 중요한 시사점을 제공하고 있다. 첫째, 본 분석대상에서 2005년에서 2007년까지는 EU 배출권거래제 1기 즉 시범기간으로 배출권의 과당할당 문제가 있었다. 따라서 시범기간 초기에 형성된 배출권가격은 2006년 중반이후부터 가격이 급격히 하락하여 기업들에게 실질적인 비용증가로 이어졌다고 보기는 어렵다. 이러한 사실에도 불구하고 제조업을 대상으로 한 일부 모형에서 탄소누출의 가능성이 확인되었다는 것은 의미가 있다.

둘째, 2008년부터 시작된 EU 배출권거래제 I기는 분석대상기간이 2008년 2009년으로 한정되

3) 자유도 4에 대한 신뢰도 95%하에서  $\chi^2$ 값의 critical value는 9.4877로 나타난다. 따라서 2.720이라는  $\chi^2$ 값은 확률효과가 있다는 귀무가설을 기각할 수 없다.

4) 자유도 5에 대한 신뢰도 95%하에서  $\chi^2$ 값의 critical value는 11.0705로 나타난다. 따라서 9.779이라는  $\chi^2$ 값은 확률효과가 있다는 귀무가설을 기각할 수 없다.

어 있어, 교토의정서의 이행을 위한 부담이 적절히 반영되었다고는 보기 힘들다. 이는 교토의정서 이행에 대한 부담감이 초기에는 별로 나타나지 않고, 2012년 교토의정서 이행기간이 만료되는 때를 기준으로 각 의무당사국들이 부담을 가지게 될 것이기 때문이다. 따라서 이러한 분석의 기간이 2010년, 2011년, 2012년 등으로 확장된다면 탄소누출의 가능성은 더욱 커질 것으로 전망된다.

한편 본 분석에서는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 해외직접투자(Ourward FDI)가 실질적으로 일어나는 데는 기업의 비용부담 뿐만 아니라 다른 중요한 요소들이 작용할 수 있기 때문이다. 가령 예를 들면 비관세 무역장벽 등이 해외에서의 현지생산을 촉진할 수 있기 때문이다. 본 분석에서는 이러한 측면에 대한 분석이 결여되어 있다. 이와 같이 비관세 무역장벽 등을 계량화하기에는 분석상 어려운 측면이 있다. 또한 기업들은 해외직접투자를 단지 비용상의 측면에서 하는 것이 아니라 해외시장 확보를 위해서 할 수도 있는데 본 분석에서는 단지 EU 지역 이외의 GNP 증가로만 지표를 설정했다는 것이 한계점이다.

#### 4. 정책 시사점

다양한 채널을 통해 이루어지는 탄소누출을 감소시키기 위한 의무감축국들의 조치는 저감비용 축소조치 및 국경조치의 두 가지로 나뉠 수 있다. 저감비용 축소조치는 탄소가격 제한, 배출권 할당량의 대부 및 저축, 총량제한 배출권거래제에서의 무상할당, 탄소세하에서의 세금 공제, 상쇄, 면제, 그리고 탄소비용으로부터 나온 추가적 재원의 활용 등을 포함한다. 국경조치는 무역을 통해 거래되는 상품에 관세 등의 처리를 통하여 다른 국가의 경쟁 산업에 비슷한 비용을 적용하는 조치를 뜻한다. 에너지 집약적이고 무역에 노출된 산업에 대한 무상할당 등의 저감비용 축소조치는 WTO 규정과 양립할 수 있는 가능성이 있으나, 탄소 관세 등의 국경조치는 설계가 어렵고 개도국의 강한 반발에 부딪히며 기후변화협상 등에 파괴적인 영향을 끼칠 것으로 예상되며 WTO하 적법성 또한 의문시된다. 그럼에도 불구하고 탄소 관세는 비의무감축국에 대한 압박수단으로 계속 제안될 것으로 보인다.

우리나라는 2015년부터 배출권거래제를 본격적으로 실시하기로 하였으며, 현재 온실가스 배출권거래제 시행령이 입법예고되어 있다. 특히 우리나라의 경우에는 EU와는 달리 산업구조가 에너지 다소비 업종이 다수를 차지하고 있다. 즉 철강산업, 시멘트산업, 석유화학산업, 수송산업 등은 배출권거래제도가 향후에 어떻게 설계되느냐에 따라서 크게 영향을 받는다. 따라서 이러한 업종에 대한 부정적인 영향을 최소화하면서 효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 정책적인 배려가 필요하다. 향후 기후변화대응 차원에서 국내 배출권거래제 도입과 관련하여 다음과 같은 정책적 함의를 제공해 줄 수 있을 것이다.

첫째, 국내 배출권거래제 도입시 국내 산업의 탄소누출의 가능성을 염두에 두고 국가경쟁력 차원에서 제도도입을 고려해야 할 것이다. EU의 경우에는 우리나라보다는 경제발전단계가 앞선 지역으로 탄소누출의 가능성이 상대적으로 우리나라에 비해서 적을 것으로 예상됨에도 불구하고 실

증분석결과 탄소누출의 가능성이 일부 모델에서 확인되었다. 특히 우리나라는 EU국가에 비해서 철강, 석유화학, 자동차, 전자 등 에너지다소비 업종이 국내 GDP에서 차지하는 바 크다. 특히 이들 산업들은 수출위주의 산업으로 국내 탄소비용이 기업의 실질적인 부담으로 작용할 때에는 중국, 인도 등 인근 아시아지역으로 생산 활동이 이전할 가능성이 크다. 이미 POSCO와 같은 회사는 인도와 중국 등지에 생산기반을 마련해 놓은 상황에서 배출권거래제 등으로 국내에서의 환경비용부담이 증가할 경우 국내 생산 능력을 줄이고 해외 생산 능력을 증산시키는 방향으로 향후 투자가 이루어질 전망이다. 따라서 온실가스 저감 비용을 줄일 수 있는 다양한 정책적 조합이 필요할 것으로 사료된다. 이러한 온실가스 저감비용 축소를 위한 조치로는 배출권 가격 제한, 배출권 할당량의 저축(Banking) 및 대부(Borrowing), 총량제한배출권거래제(grandfathering)에서의 무상할당(Free Allocation), 상쇄(Offsets) 등 여러 가지 형태가 있을 수 있다. 최근 EU에서의 정책은 배출권거래제에서의 무상할당이 가장 큰 역할을 하고 있으며, 그 외에도 배출권 할당량의 저축(Banking) 및 대부(Borrowing) 등을 통해서 가격조절을 하고 있다. 따라서 국내에서는 배출권거래제 초기에 기업들의 부담을 최소화하는 차원에서 무상할당의 비율을 산업별로 유연하게 제시하는 정책적인 배려가 필요하다.

둘째, 배출권거래제가 본격적으로 도입되기에 앞서 국내 기업들에 대한 탄소누출의 가능성에 대한 다각적인 분석이 전제되어야 할 것이다. 배출권거래제 시범사업 등을 통하여 국내 기업들의 배출권거래제에 대한 유연한 안착이 될 수 있을지에 대해서도 주기적인 모니터링이 필요하다. 이를 위해서는 EU 배출권거래제 등에서 제시된 무역집약도와 탄소집약도를 객관화하여 지표로 활용하는 것도 한 방법이 될 수 있다.

셋째, 부문별 접근법을 통하여 2012년 이후 기후변화 체제에 대한 참여를 확대하는 것도 탄소누출을 방지할 수 있는 한 방법이다. 부문별 접근법은 다양한 방법을 통해서 이루어지고 있다. 감축 잠재량을 측정하거나, 시범사업을 공유하거나, 지역과 국가별로 벤치마킹을 하거나 연구개발, 국제정책협력 등 여러 가지가 있을 수 있다. 그리고 이러한 다양한 부문별 접근법은 협약의 형태를 취할 수도 있다. 예를 들면 같은 부문에 속한 기업들 간의 협약 등의 형태이다. 대표적인 것은 WBSCD Cement Sustainable Initiative(CSI)의 시멘트 부문 협약이다. 국제적인 수준에서 특정부문의 온실가스 감축은 배출권거래제에 따른 경쟁력 문제를 해결할 수 있으며, 잠재적으로는 탄소누출을 저하시킨다. 하지만 부문별 접근법은 당초에 탄소누출 대응정책으로 마련되지는 않았기 때문에, 탄소누출과 연관되어서는 다양한 정책적인 배려가 필요하다.

넷째, 장기적으로는 산업구조조정을 통한 온실가스 감축이 더욱 진전되어야 할 것이다. 다른 선진국과 비교해 보더라도 산업구조조정에 의한 온실가스 감축은 상대적으로 저조한 실정이다. 경제성장이 진행될수록 산업은 에너지저소비형 저탄소산업으로 전환해 나가겠지만 정부에서 이러한 산업구조조정이 보다 원활히 이루어질 수 있도록 인센티브 위주의 지원정책이 필요할 것이다. 그리고 산업을 더욱 고부가가치산업으로 전환하여 생산액 대비 탄소배출량을 줄이는 방안도 모색

되어야 할 것이다. 그러나 이러한 산업구조조정은 10년, 20년 장기간에 걸쳐서 일어나므로 장기적인 산업구조조정에 대한 계획이 수반되어야 할 것이다.

## ■ 참고문헌

- 오인하, “배출규제가 탄소누출에 미치는 영향 분석 및 전망 - 소비관점의 탄소회계와 국경조치의 영향을 중심으로,” 기본연구보고서 11-03, 경제·인문사회연구회 녹색성장 종합연구 총서 11-02-19, 에너지경제연구원, 2011.
- 김수이, “EU ETS 실시 이후 탄소누출 가능성 산정 연구,” 『자원·환경경제연구』, 제21권 제3호, 2012, 519-542.
- 이선화, “탄소누출에 의한 제조업경쟁력 약화효과 및 보완방안,” 『저탄소 녹색성장을 위한 정책과제(상)』, 제6장, 한국경제연구원, 2011.
- Babiker, M.H. and T. Rutherford, “The Economic Effects of Border Measures in Subglobal Climate Agreements,” *The Energy Journal*, 26, 2005, 99-126.
- Baron, R., J. Reinaud, M. Genasci and C. Philibert, “Sectoral Approaches to Greenhouse Gas Mitigation,” IEA Information Paper, OECD/IEA, 2007.
- Böhringer, C., J.C. Carbone and T. Rutherford, “Embodied Carbon Tariffs,” NBER Working Paper 17376, 2011.
- Braathén, N.A., “Carbon-Related Border Tax Adjustments,” In L. Brainard, Chair, Climate Change, Trade and Competitiveness, Conference Conducted by the Brookings Institution in Washington, D.C. 2008, June.
- Carbon Trust, Tackling Carbon Leakage - Sector Specific Solutions for a World of Unequal Carbon Prices, Carbon Trust, UK, 2010.
- Commission of the European Communities, Accompanying Document to the Communication from the Commission - Progress Towards Achieving the Kyoto Objectives (Required under Article 5 of Decision 280/2004/EC of the European Parliament and of the Council Concerning a Mechanism for Monitoring Community Greenhouse Gas Emissions and for Implementing the Kyoto Protocol), Commission Staff Working Document, {COM(2008) 651}, 2008.
- Davis, S.J. and K. Caldeira, “Consumption-Based Accounting of CO<sub>2</sub> Emissions,” PNAS, March 8, doi:10.1073/pnas.0906974107, 2010.
- Demailly, D. and P. Quirion, “CO<sub>2</sub> Abatement, Competitiveness & Leakage in the European Cement Industry under the EU-ETS: Grandfathering vs. Output-Based Allocation,” *Climate Policy*, 6, 2006, 93-113.
- \_\_\_\_\_, “Changing the Allocation Rules for EU Greenhouse Gas Allowances: Impact on Competitiveness & Economic Efficiency,” Congrès de L’Association Française de Science Économique, 2007, September.
- \_\_\_\_\_, “European Emission Trading Scheme & Competitiveness: A Case Study on the Iron & Steel Industry,” *Energy Economics*, 30, 2008a, 2009-2027.
- \_\_\_\_\_, Leakage from Climate Policies & Border Tax Adjustment: Lessons from a Geographic Model of the Cement Industry, Forthcoming in Roger Guesnerie & Henry Tulkens, Editors,

- The Design of Climate Policy, Papers from a Summer Institute Held in Venice, CESifo Seminar Series*, Boston: The MIT Press, 2008b.
- Dellink, R., G. Briner and C. Clapp, "The Copenhagen Accord/Cancun Agreements Emission Pledges for 2020: Exploring Economic and Environmental Impacts," *Climate Change Economics*, 2, 2011, 53–78.
- Duscha, V., J. Graichen, S. Healy, J. Schleich and K. Schumacher, "Post–2012 Climate Regime – How Industrial and Developing Nations Can Help to Reduce Emissions – Assessing Emission Trends, Reduction Potentials, Incentive Systems and Negotiation Options," UMWELTBUNDESAMT, 2010.
- Eckersley, R., "The Politics of Carbon Leakage and the Fairness of Border Measures," *Ethics and International Affairs*, 24, 2010, 367–393.
- EIA, International Energy Outlook, US Department of Energy/EIA, 2010.
- Gielen, D. and Y. Moriguchi, "CO<sub>2</sub> in the Iron & Steel Industry: An Analysis of Japanese Emission Reduction Potentials," *Energy Policy*, 30, 2002, 849–863.
- Gros, D., C. Egenhofer, N. Fujiwara, S.S. Guerin and A. Georgiev, "Climate Change and Trade: Taxing Carbon at the Border?," Centre for European Policy Studies, Brussels, 2010.
- Haywood, C., "Carbon Leakage – The First Mover Disadvantage: Australia's Trade-Related Assistance Measures for Emissions-Intensive," *Trade-Exposed Industries*, RECIEL, 20, 2010, 78–90.
- Hertel, T.W., *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge University Press, 1997.
- Hidalgo, I., L. Szabo, I. Calleja, J.C. Ciscar, P. Russ, A. Soria and P. Russ, "Energy Consumption & CO<sub>2</sub> Emissions from the World Iron & Steel Industry," Technical Report Series, EUR 20686, DG JRC–IPTS Report, 2003.
- Houser, T., R. Bradley, B. Childs, J. Werksman and R. Heilmayr, "Leveling the Carbon Playing Field: International Competition and US Climate Policy Design," Peterson Institute for International Economics and World Resources Institute, Washington, D.C., 2008.
- Hufbauer, G.C., S. Chamowitz and J. Kim, "Global Warming and the World Trading System," Peterson Institute for International Economics, Washington, D.C., 2009.
- Karousakis, K., B. Guay and C. Philibert, "Differentiating Countries in Terms of Mitigation Commitments," Actions and Support, OECD/IEA, 2008.
- Kallbekken, S., L.S. Flottorp and N. Rive, "CDM Baseline Approaches and Carbon Leakage," *Energy Policy*, 35, 2007, 4154–4163.
- Koopman, G.J., "Preparations for a Survey on the Impact of Future Carbon Constraints on the International Competitive Position of European Energy Intensive Industries," Ad-Hoc Meeting of the EEC Working Group on Emissions Trading on Carbon Leakage and Auctioning, 2008.4.11.
- Lim, J., "Impacts and Implications of Implementing Voluntary Greenhouse Gas Emission Reduction Targets in Major Countries and Korea," *Energy Policy*, 39, 2011, 5086–5095.
- Manne, A.S. and L. Mathiesen, "The Impact of Unilateral OECD Carbon Taxes on the Location of Aluminium Smelting," *International Journal of Global Energy Issues*, 6, 1994, 52–61.
- Mckibbin, W.J., A.C. Morris and P.J. Wilcoxon, "Comparing Climate Commitments: A Model-Based Analysis of the Copenhagen Accord," *Climate Change Economics*, 2, 2011, 79–103.
- Morgenstern, R.D., J.E. Aldy, E.M. Herrnstadt, M. Ho and W.A. Pizer, "Competitiveness Impacts of Carbon Dioxide Pricing Policies on Manufacturing," Issue Brief CPF–7, Resources for the Future, Washington,

2007.

- Neuhoff, K., Tackling Carbon: How to Price Carbon for Climate Policy. University of Cambridge, 2008.
- OECD, "Environmental Policy in the Steel Industry: Using Economic Instruments," COM/ENV/EPOC/DAFFE/FCA(2002)68/FINAL, 2003.
- Peters, G., "Reassessing Carbon Leakage, Eleventh Annual Conference – Future of Global Economy," 2008.6.12–14, Helsinki, Finland.
- Ponssard, J.P. and N. Walker, "EU Emission Trading & the Cement Sector: A Spatial Competition Analysis," University College Dublin & Ecole Polytechnique, Paris, 2008.
- Reinaud, J., "European Refinery Industry under the EU Emissions Trading Scheme – Competitiveness, Trade Flows & Investment Implications," IEA Information Paper, 2005.
- \_\_\_\_\_, "Issues Behind Competitiveness and Carbon Leakage – Focus on Heavy Industry," IEA Information Paper, 2008.
- Rutherford, T.F. and S.V. Paltsev, "GTAP–Energy in GAMS: The Dataset and Static Model," Discussion Papers in Economics, University of Colorado at Boulder, 2000.
- Sanna-Randaccio, F. and R. Sestini, "The Impact of Unilateral Climate Policy with Endogenous Plant Location and Market Size Asymmetry," Working Papers 2010.107, Fondazione Eni Enrico Mattei, 2010.
- Sijm, J., O.J. Kuik, M. Patel, V. Oikonomou, E. Worrell, P. Lako, E. Annevelink, G.J. Nabuurs and H.W. Elbersen, "Spillovers of Climate Policy," ECN Report, 2004.
- UNFCCC, "Information Provided by Parties Relating to Appendix I of the Copenhagen Accord," <http://unfccc.int/home/items/5264.php>, 2010a.
- \_\_\_\_\_, "Information Provided by Parties Relating to Appendix II of the Copenhagen Accord," <http://unfccc.int/home/items/5265.php>, 2010b.
- van Asselt, H. and T. Brewer, "Addressing Competitiveness and Leakage Concerns in Climate Policy: An Analysis of Border Adjustment Measures in the US and the EU," *Energy Policy*, 38, 2010, 42–51.
- Yunfeng, Y., Y. Laike and J. Priewe, "The Impact of China–EU Trade on Climate Change," Working Paper, 02/2011, Competence Center – Money, Trade, Finance and Development, Berlin, 2011.
- Zhou, X., S. Kojima and T. Yano, "Addressing Carbon Leakage by Border Adjustment Measures," Economy and Environment Group, Institute for Global Environmental Strategies, 2010.