

배출권거래제 시행이 중소 제조기업의 기후기술 특허 및 생산성에 미치는 영향 분석

임 지 예 서울대학교 환경대학원 환경계획학과



1. 서론

파리협정(Paris Agreement) 채택 이후 기업들의 온실가스 감축을 촉진하는 사회적 요구가 증가하였다. 2015년부터 한국 정부는 시장유인적 규제 방식의 ‘온실가스 배출권거래제’(이하 배출권거래제)를 시행하고 있으며, 2023년 기준 제3차 계획기간(2021~2025)이 시행 중이다. 배출권거래제에 대한 선행 연구의 평가는 전체 참여기업 차원에서의 온실가스 배출량, 업종별 배출 평가를 위주로 이루어졌다.¹⁾ 하지만 개별 기업의 규모와 기업의 한계저감 비용은 상이하고, 이에 따라 각 기업은 저감비용, 행정비용을 아울러 환경 규제 이행 수준을 결정한다.²⁾ 따라서 기업 규모에 맞춰 정책 효과성을 평가할 필요가 있다.

중소기업과 중견기업(이하 ‘중소기업’)은 국내 기업의 99.9%를 차지하며,³⁾ 배출권거래제에 참여기업의 72%를 차지한다. 그러나 발전, 철강, 시멘트 등 다배출업종에 공기업 및 대기업이 포진하며 중소기업은 국

1) 이상엽 외, 2017; 유종민 외, 2017; 이세림 외, 이영지, 2021

2) Hofer et al., 2012

3) 산업통상자원부, 2021

가 온실가스 관리 정책 주체로서 많은 관심을 받지 못하였다. 중소기업은 대기업에 비해 총 배출량은 적지만 산업의 온실가스 집약도(온실가스 배출량/매출액) 및 에너지 집약도(에너지사용량/매출액)가 더 높다. 예를 들어, 시멘트 업종의 온실가스 집약도가 대기업이 10.35인 것에 비해, 중소기업은 68.96의 대비적인 수치를 보였다.⁴⁾

표 1 기업 규모에 따른 업종별 온실가스 및 에너지 집약도 비교

	온실가스 집약도 (온실가스배출량/매출액, tCO ₂ /백만 원)		에너지 집약도 (에너지사용량/매출액, KJ/백만 원)	
	중소기업	대기업	중소기업	대기업
유리요업	5.95	0.45	17.13	5.63
기계	1.94	0.04	12.79	0.81
석유화학	3.84	0.33	7.86	5.90
반도체, 디스플레이, 전기전자	1.23	0.07	11.91	1.00
섬유	2.07	0.25	10.66	4.61
시멘트	68.96	10.35	26.21	55.05
음식료품	0.51	0.07	9.09	1.42
철강	2.62	1.39	8.88	17.40
통신장비	1.21	0.08	24.92	1.57
제지	14.26	0.70	12.91	13.00
목재	0.77	0.38	9.92	12.13
자동차	0.47	0.03	4.38	0.53
광업	4.44	0.35	21.34	7.05
비철금속	0.48	0.27	4.04	4.06

출처: 신미자·김종대, 2015

2023년부터 시범 도입되는 EU의 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)는 중소기업의 탈탄소 조치를 촉구한다. 장기적으로 탄소국경조정제도는 EU, 미국 등 선진국을 중심으로 간접배출(Scope 2 & 3)로의 확장이 전망된다. 간접배출로 규제대상이 확대될 시 주요 하청업체인 중소기업은 온실가스 다배출 산업구조로 인해 수출 불이익을 직간접적으로 받을 우려가 커진다.⁵⁾ 또한 국내 기업의 99% 이상을 차지하는 중소기업이 경제적 타격을 입는다면 국가 무역 수지와도 연결되어 국내 경제의 타격이 불가피할 것이다. 이러한 우려에도 불구하고 아직 중소기업의 탄소중립 대응과 관심은 미흡한 상황이며, 필요한 투자 자금 역시 부족하다.⁶⁾

4) 신미자 외, 2015

5) 박혜리 외, 2021

6) 기술보증기금, 2021

본고에서는 이러한 문제점을 바탕으로 국내 중소기업⁷⁾, 특히 중소 제조기업을 대상으로 배출권거래제 이행의 효과성을 포터가설(Porter Hypothesis)에 입각해 감축, 기후기술 혁신, 생산성 세 가지 측면에서 분석하고자 한다. 우선 감축 효과성 측면에서 많은 선행연구가 국내 배출권거래제 시행에 따른 참여기업의 감축 효과성을 입증한 바 있다.⁸⁾ 더 나아가 포터가설은 효율적인 환경정책은 환경적 개선뿐 아니라 기업의 혁신 및 생산성 증진까지 유발할 수 있다고 주장한다. 배출권거래제 시행 이후 중소기업의 기후기술 발전을 분석하는 것은 약형 포터가설(Weak Porter Hypothesis)에 따라 환경규제가 기후기술 개발을 얼마나 촉진했는지 보여준다. 동시에 중소기업의 환경기술 분야의 시장 진출 수준을 파악하는 주요한 지표일 것이다. 마지막으로, 배출권거래제 시행 전후 중소기업의 생산성 증진 분석은 환경경제학의 고전적인 질문인 환경규제와 경제성장 간의 충돌 또는 상생 여부를 살펴볼 수 있다. 특히 대기업에 비해 시장 점유율, 매출액이 떨어지는 중소기업은 온실가스 감축 규제에 의해 생산성 저해의 우려가 따른다.⁹⁾ 중소기업이 온실가스 규제를 받음에도 불구하고 생산성이 증진했다면 강형 포터가설(Strong Porter Hypothesis)에 부합한 결과이지만, 동시에 더 강건한 온실가스 감축 정책의 필요성으로 해석할 수 있을 것이다.

2. 연구방법

본고는 세 가지 가설을 설정하였다. 첫 번째 가설은 배출권거래제가 중소기업의 온실가스 감축에 효과적이었을 것이라고 가정한다. 두 번째 가설은 배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진했을 것이라고 가정한다. 마지막으로, 세 번째 가설은 배출권거래제가 중소기업의 생산성 증진에 영향을 미쳤을 것이라고 가정한다. 세 가설의 공통적인 연구 대상은 2012년부터 2019년까지 지속적으로 목표관리제(2012~2014)에 이어 배출권거래제(2015~2019)에 참여한 중소 제조업 기업 107개이다.

가. 배출권거래제가 중소기업의 온실가스 감축에 효과적(H1)

첫 번째 가설은 동태적 패널 모형을 통해 검정했다(식2.1). 식 2.1의 α 는 상수항, $y_{i(t-1)}$ 는 이전년도 종속 변수, X 는 통제변수, μ 는 기업의 개별효과, ϵ 는 오차항이다. 동태적 패널 모형은 일반적으로 고정효과 모형과 유사하지만, 동태적 패널 모형은 종속변수의 과거변수(lagged dependent variable, $y_{i(t-1)}$)를 설명 변수로 사용한 점이 고정효과 모형과 가장 차이점이다.¹⁰⁾ 첫 번째 가설의 변수는 국내 배출권거래제의 감축 효과성을 연구했던 이영지(2021)와 김지태(2019)의 선행연구를 참고해 통제변수로 매출액, 에너지집약도, 1인당 명목 GDP, 화석연료 가격, 배출권 가격을 선정했다. 자세한 변수 설명은 <표 2>와 같다.

$$y = \alpha + \delta y_{i(t-1)} + \beta_1 ETS_{2015} + \gamma X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (\text{식2.1})$$

7) 2015년 기준 상호출자제한기업이 아닌 기업을 중소기업으로 정의

8) 유종민 외, 2017; 김지태, 2019; 이영지, 2021

9) Koo et al., 2019

10) 한치록, 2015

표 2 첫 번째 가설 변수 설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	emission	ln(배출량, tCO ₂ eq)	-	GIR
설명변수	ETS	시기변수, 2015년 이후=1, if not=0	-	-
통제변수	sales	ln(매출액, 천 원)	김지태(2019)	DATA GUIDE
	ei	ln(에너지집약도=에너지사용량/매출액)	이영지(2021)	GIR, DATA GUIDE
	gdp	ln(1인당 명목 GDP, 달러)	김지태(2019)	KOSIS
	coal, oil	석탄, 석유 연간 수입가격, 원	김지태(2019)	KESIS
	ETSprice ¹¹⁾	ln(연간 배출권 증가 평균, 원)	이영지(2021)	KRX

나. 배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진(H2)

두 번째 가설은 고정효과 모형을 통해 검정했다(식2.2). 식 2.2의 α 는 상수항, X 는 통제변수, μ 는 기업의 개별효과, ϵ 는 오차항이다. 고정효과 모형은 인과관계 추정 시 시간에 따라 변화하지 않는 개체의 요인이나 연구자가 관찰하지 못한 요인을 통제하여 개체 내 효과(within effect)를 분석하는 방법이다.¹²⁾

기후기술 혁신의 조작적 정의는 기후기술 특허로 지정하였다. 기후기술 특허는 특허청의 CPC(Cooperative Patent Classification) Y코드 자료를 사용했다. CPC 코드는 미국의 특허상표청과 유럽 특허청이 공동 개발한 분류체계로, Y섹션은 기후변화를 하부 카테고리 가진다. 국내 기후기술 통계를 담당하는 녹색기술센터는 기후기술 특허를 Y02A(적응), Y02B(건물), Y02C(온실가스 포집 및 저장), Y02E(전력 생산 및 송배전), Y02T(수송), Y02P(제품의 생산과 공정), Y02W(수처리 및 폐기물 관리), Y04S(스마트 그리드)로 분류한다. 본고 역시 해당 분류체계 인용해 CPC Y코드에 해당하는 특허를 기후기술 혁신으로 조작적 정의하였다.

기후기술 특허 자료를 종속변수로 지정하고 2015년 이후 거래제 시행 시기를 나타내는 시기 변수를 주요한 설명변수로 하였다. 중국 배출권거래제 시행으로 인한 기후기술 특허 증진을 분석한 선행연구들은 도시 단위를 연구대상으로 하며 통제변수로 도시의 사회경제적 수준을 설명하는 1인당 GRDP, 에너지집약도, 그리고 R&D 자원을 나타내는 고등교육자 수, R&D 근로자 수, R&D 투자금 등을 활용했다.¹³⁾ 다만 본고는 도시 단위가 아닌, 기업 단위를 연구 대상으로 하기 때문에 변수들을 기업 단위로 좁혀 기업의 매출액, 기업별 에너지 집약도, 그리고 전체 종업원 수를 기타 설명변수로 삼았다. 자세한 변수 설명은 <표 3>과 같다.

$$y = \alpha + \beta_1 ETS_{2015} + \gamma X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (\text{식2.2})$$

11) 2015년 이전의 배출권 가격은 2015년 거래시작 가격인 7,860원 적용

12) 한치록, 2015

13) Yao et al., 2021; Fu et al., 2022

표 3 두 번째 가설 변수 설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	cpc	연간 기후기술 특허 등록 수	-	특허청
설명변수	ETS	시기변수, 2015년 이후=1, if not=0	-	-
통제변수	sales	ln(매출액, 천 원)	Yao et al.,(2021), Fu et al.(2022)	DATA GUIDE
	research	연구개발비, 천 원	Yao et al.,(2021), Fu et al.(2022)	
	employee	전체 종업원 수, 명	Yao et al.,(2021), Fu et al.(2022)	
	ei	ln(에너지집약도=에너지사용량/매출액)	Yao et al.,(2021), Fu et al.(2022)	GIR, DATA GUIDE

다. 배출권거래제가 중소기업의 생산성 증진에 영향(H3)

마지막으로 세 번째 가설은 이중차분분석(Difference-in-Difference)을 통해 검정했다(식2.3). 식 2.3의 α 는 상수항, X 는 통제변수, μ 는 기업의 개별효과, ϵ 는 오차항이다. 선행연구를 따라 본고도 매출액을 이용해 생산성을 측정했다.¹⁴⁾

이중차분분석은 비처치집단을 상정해야 하는데, 따라서 2012~2019년 목표관리제만 지속적으로 참여한 미할당 제조기업 17개를 비처치집단으로 가정했다. 종속변수로 매출액을 지정하고 설명변수로 참여기업과 정책시기 더미변수를 삼았다. 이밖에 선행연구를 참고하여 통제변수로 광고선전비, 현금흐름, 현금성자산, 토빈의 Q, 유형자산, 부채비율을 넣었다.¹⁵⁾ 자세한 변수 설명은 다음 <표 4>와 같다.

$$y = \alpha + \beta_1 treated_i + \beta_2 period_t + \beta_3 (treated_i * period_t) + \gamma X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (\text{식}2.3)$$

표 4 세 번째 가설 변수 설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	sales	ln(매출액, 천 원)	-	DATA GUIDE
	Treated	할당업체=1, 미할당업체=0	-	GIR
설명변수	ETS	시기변수, 2015년 이후=1, if not=0	-	-
	phase1	15~17년=1,if not=0	-	-
	phase2	18~19년=1,if not=0	-	-
통제변수	ads	ln(광고선전비, 천 원)	이영지(2021)	DATA GUIDE
	cashflow	ln(현금흐름, 천 원)	Jung et al. (2021)	
	cashasset	ln(현금 및 현금성 자산, 천 원)	Jung et al. (2021)	
	tobin	토빈의 Q, 시가총액/총자산	Jung et al. (2021)	
	tangible	ln(유형자산, 천 원)	Jung et al. (2021)	
	debt	부채/총자산 *100	이영지(2021)	

14) Anger and Oberndorfer, 2008; 이영지, 2021 참조

15) Jung et al., 2021; 이영지, 2021

3. 연구결과

가. 배출권거래제가 중소기업의 온실가스 감축에 효과적(H1)

우선 첫 번째 가설의 검정 결과는 감축에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 동태적 패널 모형 분석 결과에 따르면, 거래제 참여 기업의 온실가스 배출량은 2015년 이후 약 15%의 감축 효과가 나타나 가설을 지지했다. 또한 모형에서 온실가스 감축에 영향을 주는 유인으로서 매출액, 석유가격, 에너지 집약도가 통계적 유의성을 지녔다.

표 5 첫 번째 가설 검정 결과

변수	DIFF-GMM
ETS	-0.133**(0.046)
sales	0.562*** (0.047)
coal	0.001** (0.001)
oil	-0.003*** (0.001)
GDP	0.268* (0.154)
ETSprice	-0.069** (0.027)
ei	63711.98*** (4775.506)
y(t-1)	0.172 (0.106)
상수항	-3.936** (1.825)
Obs	625
AR(1)	0.0643*
AR(2)	0.9521
Sargan Test ¹⁶⁾	0.2308

* p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01

나. 배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진(H2)

두 번째 가설 검정에 앞서 거래제 참여 기업의 연간 특허 등록 추이를 살펴보았다. 대기업과 중소기업은 모두 아울러 특허 등록 수는 2012년부터 2019년까지 1,793개, 2,152개, 4,120개, 3,494개, 1,526개, 2,437개, 784개, 424개로 총 16,030개, 연평균 2,003개의 기후기술 특허를 등록한 것으로 나타났다. 가장 많이 특허 등록이 발생한 해는 2014년이였다. 이중 중소기업은 8년에 걸쳐 총 532개의 기후기술 특허를 등록하였고, 연평균 0.4개의 특허 등록 수를 보였다. 대기업의 기후기술 특허 수준은 연평균 8.84개이기 때문에 중소기업과 약 20배 수준의 매우 큰 기술 수준 격차를 보였다.

16) 자기상관 검정(AR(1), AR(2))과 과대식별 모델 검정(Sargan Test)을 통과하여 모델의 신뢰성을 확보

두 번째 가설 ‘배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진했다.’는 거래제가 시행된 2015년을 설명변수로 하여 거래제 참여 중소기업을 대상으로 고정효과 모형 분석을 하였다. 분석 결과, 거래제 참여는 참여기업의 특허 등록에 유의한 영향을 주지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대기업에도 마찬가지로 나타났다.

표 6 두 번째 가설 검정 결과

변수	중소기업	대기업
ETS	0.143(0.108)	1.321(9.154)
sales	0.594**(0.287)	-20.659(18.486)
research	0.000*** (0.000)	-0.000(0.000)
employee	-0.001*** (0.000)	0.014*** (0.003)
ei	38310.14**(27447.63)	-54787.74(1396176)
상수항	-11.089*(5.737)	372.932(392.1595)
Obs	102	545
R-sq	0.06	0.08

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

포터가설이 성립한다면, 거래제 시행 후 특허가 증가하여 두 번째 가설을 지지해야 하지만 앞서 해외 선행연구는 제도 초기의 불안정성으로 인해 유의한 특허 증진이 어렵다고 밝혔다.¹⁷⁾ 김길환·노동운(2017)은 목표관리제와 배출권거래제 첫해에 감축 효율성이 각각 개선된 것으로 분석하였는데, 이는 제도 시행 초기의 패널티에 대한 불확실성이 작용한 것으로 보았다.

따라서 본고는 추가적으로 환경부가 거래제 시행령(안)을 발표한 2012년 이후 기업들이 제도의 불확실성에 대한 우려와 거래제 시행의 대비로서 사전적 기술 혁신이 있었는지 확인하였다. 동일한 연구대상의 2009년부터 2019년까지의 기후기술 특허 등록 수를 종속변수로 하여 분석했다. 2012년을 시기 변수로 하고 동일한 통제변수로 고정효과 모형 분석을 한 결과, 2012년 이후 중소기업은 0.3개, 대기업은 43개의 특허 등록 증가가 있는 것으로 나타났다.

17) Yao et al., 2020; Fu et al., 2022; Brohé·Burniaux, 2015; Löfgren et al., 2013; Lyu et al., 2020

표 7 거래제 시행령(안) 발표 후 특허 등록 변화 분석

변수	중소기업	대기업
ETS2012	0.324**(0.136)	43.693*** (11.466)
sales	0.516*(0.289)	-31.876*(0.084)
research	0.000*** (0.000)	-0.000*(0.000)
employee	-0.001** (0.000)	0.012*** (0.003)
ei	40438.17(27400.23)	988417.1(1389444)
상수항	-9.665*(5.77)	595.83(394.85)
Obs	1024	545
R-sq	0.06	0.08

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

두 번째 가설 검정의 연구결과를 종합하면, 중소기업과 대기업 모두 시행령(안) 발표 후 유의하게 기후기술 특허 등록이 증가하였으며 선제적인 감축 노력, 기술 혁신이 존재했음을 확인하였다. 이는 배출권거래제 시행령(안) 발표로 인한 선제적 조치와 2011년 이후 목표관리제 시행 효과로 인한 것으로 추정된다. 그러나 실제 배출권거래제를 시행한 2015년 이후 유의한 특허 증진이 나타나지 않았기 때문에, 포터가설에 따라 배출권거래제가 중소기업의 실질적인 기후기술 혁신을 유발한 정책이라고 엄격히 보기는 어려울 것이다. 한편 기후기술 특허 외 일반 특허나 연구개발비 등의 다른 혁신 변수를 종속변수로 한다면 다른 결과가 나올 가능성이 존재한다. 그러나 기후기술 특허가 녹색성장의 중요한 요소인 만큼 중장기적인 관점에서 연구를 수행할 필요성이 제기된다.

다. 배출권거래제가 중소기업의 생산성 증진에 영향(H3)

마지막으로 세 번째 가설은 이중차분모형 분석을 통해 검정하였다. 이중차분모형은 처치집단과 비교집단 간 시간에 따른 동일한 추세, 즉 평행추세가정(parallel-trend)을 만족시켜야 한다. 세 번째 가설 또한 종속변수인 매출액에 대한 평행추세가정을 입증한 결과, $F(3,848)=0.12$, $p\text{-value}=0.9495$ 로 나와 평행추세 가정을 입증하였다<표 8>.

표 8 매출액에 대한 평행추세가정 입증

T=2012~2014년: before treatment, T=2015~2019년: after treatment	
평행추세가정	$y = \alpha + \beta_{12}(t_{12} \times Ti) + \beta_{13}(t_{13} \times Ti) + \beta_{14}(t_{14} \times Ti) + \beta_{15}(t_{15} \times Ti) \\ + \beta_{16}(t_{16} \times Ti) + \beta_{17}(t_{17} \times Ti) + \beta_{18}(t_{18} \times Ti) + \beta_{19}(t_{19} \times Ti) + t + ui + e$
귀무가설	$H_0 : \beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} = 0$

연구 결과를 나타난 <표 9>의 참여기업(treated)과 정책시기 변수(ETS, phase1, phase2; period)를 곱한 상호작용항이 정책효과를 나타내는 변수이다. 상호작용항 결과 해석에 따르면, 거래제에 참여한 할당 중소기업은 제2차 계획기간(2018~2019)에 미할당기업과 비교해 약 21%의 매출액 개선 효과를 보였다. 그러나 전체 기간과 제1차 계획기간에는 유의한 효과가 나타나지 않았다. 제2차 계획기간부터 100% 무상할당에서 벗어나 97% 무상할당과 3%의 유상할당, 일부 섹터에 대한 벤치마크 할당을 시작함에 따라 기업 경쟁력 축진이 유의하게 발생한 것으로 해석할 수 있다.

표 9 거래제 시행령(안) 발표 후 특허 등록 변화 분석

변수	거래제 전체시기 ETS	제1차 계획기간	제2차 계획기간
treated	0.035(0.08)	-0.126**(0.064)	0.087(0.058)
ETS (period)	-0.207**(0.94)		
phase1 (period)		-0.072(0.095)	
phase2 (period)			-0.18(0.11)
treated*period	0.159(0.101)	0.0156(0.101)	0.194*(0.117)
ads	0.07*** (0.008)	0.072*** (0.008)	0.072*** (0.008)
cashflow	0.253*** (0.023)	0.255*** (0.023)	0.255*** (0.023)
cashasset	0.111*** (0.012)	0.108*** (0.012)	0.108*** (0.012)
tobin	-134.44*** (25.6)	-133.62*** (25.65)	-136.4*** (25.6)
tangible	0.394*** (0.027)	0.391*** (0.027)	0.393*** (0.027)
debt	0.0002** (0.0001)	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)
상수항	5.39*** (0.343)	5.356*** (0.344)	5.332*** (0.342)
adj R-sq	0.86	0.86	0.86

* p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01

4. 결론 및 시사점

중소기업은 한국 기업의 99% 이상을 차지하고 배출권거래제 참여기업 중 약 72%를 차지하지만, 이들의 감축 행태와 고충에는 대기업에 비해 관심이 부족한 실정이다. 대기업에 비해 에너지 집약도가 높고 여유자원이 부족한 중소기업이 온실가스 감축 정책에 효과적으로 대응하지 않는다면, 향후 탄소국경조정제도나 기타 수출 환경세의 간접배출 규제에 의해 하청 업체인 중소기업의 경제적 타격이 불가피할 것이다.

본고는 중소기업의 배출권거래제 규제 이행을 온실가스 감축 측면에서 살펴보고, 더불어 포터가설에 근거해 거래제가 기업들의 혁신성, 생산성 개선을 가져왔는지 검토하였다. 첫 번째 가설은 배출권거래제 정책이 중소기업들의 온실가스 감축에 효과적이었을 것으로 가정했다. 검정 결과, 거래제 도입 이후 참여기업들은 15%의 감축 효과를 보인 것으로 나타났다. 두 번째 가설은 거래제 시행 이후 할당기업의 기후기술 특허 등록이 증가하였을 것으로 가정했다. 연구결과 거래제 시행 이후에는 중소기업과 대기업 모두 유의한 결과



를 보이지 않았다. 그러나 2012년 배출권거래제 시행령(안) 발표 후 유의한 기후기술 특허 증진을 중소기업과 대기업 모두에서 포착하였다. 이를 통해 거래제 시행 전 시행령(안) 발표로 인해 기업들의 선제적인 감축 노력이 있음을 확인하였다. 하지만 기업들의 기후기술 혁신이 거래제 시행 이후에 유의하지 않았기 때문에, 배출권거래제의 제도적 감축 시그널이 떨어짐을 지적할 수 있다. 이를 위해 할당량, 벤치마크 제도, 유상할당 등 제도적 요소를 좀 더 엄격히 수정할 필요성이 제기된다. 마지막으로 세 번째 가설은 배출권거래제에 참여한 기업의 생산성은 향상했을 것으로 가정했다. 검정 결과, 할당기업은 제1차 계획기간 또는 전체 시기 전반에서는 유의한 결과가 도출되지 않았다. 그러나 2차 시기에는 미할당기업 대비 생산성이 21% 증가하는 양상을 보였다. 이를 통해 제1차 계획기간에 비해 제2차 계획기간에 제도가 좀 더 엄격히 다듬어졌음에도 불구하고 생산성에 타격을 입지 않은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 두 번째 가설의 결과 해석과 동일하게, 배출권거래제의 좀 더 강건한 제도적 개선이 요구된다.

본고의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 표본의 상당수가 중견기업이기 때문에 중소기업과 중견기업 간 차이는 분석할 수 없었다. 그러나 정책 현장에서 중견기업보다 더 여유자원이 부족한 중소기업에게 적절한 지원책이 요구되는 바이다. 둘째, 기후기술 특허 변수에서 특허의 개수를 주요 변수로 삼았기 때문에 특허 기술의 난이도, 품질까지 비교할 수 없었다. 아직 한국의 기후기술 발전단계가 '성장기'에 60% 이상 포진되어 있기 때문에¹⁸⁾, 장기적으로 기후기술 전반이 '성숙기'로 진입할 시 기술의 난이도 및 품질까지 비교하는 연구가 필요할 것이다.

마지막으로, 배출권거래제의 제도적 엄격성을 개선할 필요를 강조함과 동시에 중소기업에 대한 정부의 적극적인 관심과 지원을 촉구한다. 기후기술 특허에서 대기업은 연평균 8.84개의 특허를 등록하지만 중소기업은 연평균 0.47개의 매우 적은 특허를 등록하는 것으로 나타났다. 또한 107개 기업 중 약 20개의 중소기업만이 특허 등록을 하였기에 중소기업 간 격차도 존재한다. 기술보증기금(2021)의 설문조사 결과, 탄소중립에 준비가 되어 있다고 밝힌 중소기업은 3.2%에 불과하며, 기업별 탄소중립 평균 투자 금액은 4.34억 원으로 약 10억 원이 부족하다고 밝혔다. 중소기업에 대한 정부의 저탄소/친환경 제조 전환을 위한 자금 지원, 교육 및 정보 제공, 친환경 제품 개발을 위한 R&D 지원 등이 향후 중소기업에 대한 지원 과제이다. 환경부는 2022년부터 배출권거래제 할당기업을 중심으로 904억 원 규모의 탄소중립설비를 지원한다는 정책을 제시했다. 설비 지원에서 더 나아가 기업들이 자발적인 기후기술 혁신을 진행해 산업 경쟁력을 확보하도록 정부의 중장기적 지원과 대책이 필요하다.

18) 녹색기술센터, 2021

참고문헌

국내 문헌

- 기술보증기금. (2021). 2021년 중소기업 저탄소·친환경 경영실태 보고서.
- 김길환&노동운. (2017). 목표관리제 시행에 따른 온실가스 감축효율성에 대한 실증연구.
- 김지태. (2019). 기후변화 대응 및 영향에 관한 실증분석. 서울대학교 환경대학원 도시계획학 박사 학위논문.
- 김창훈. (2015). 온실가스 감축정책의 기업규모별 효과분석. 에너지경제연구원 기본연구보고서, 15(10).
- 녹색기술센터. (2018). 기후기술 국가별 특허현황 분석.
- 녹색기술센터. (2021). 2020년도 기후기술 산업통계.
- 박혜리&박지현. (2021). 탄소국경조정제도(CBAM)의 중소기업에 대한 영향과 해외 정책사례. 대외경제정책연구원 세계경제포커스, 4(53).
- 신미지&김종대. (2015). 배출권거래제 대응 중소기업 정책방안. 「환경법과 정책」, 14: pp. 171-196.
- 온실가스종합정보센터. (2020). 제2차 계획기간 2018-2020 배출권거래제 운영결과보고서.
- 유종민, 유재형, 김지태, & 이종은. (2017). 한국 온실가스 감축정책의 효과. 「환경정책」, 25(2), pp. 231-247.
- 이상엽, 김대수. (2017). 국내 온실가스 배출권거래제 시행 효과 분석. KEI 연구보고서 2017-05.
- 이세림, 조용성, 이수경. (2017). 온실가스-에너지 목표관리제 및 배출권거래제 대상 기업의 명세서를 이용한 온실가스 감축 실적 분석. Journal of Climate Change Research, 8(3), pp. 221-230.
- 이영지. (2021). 배출권거래제의 정책효과 실증연구 - 기업의 온실가스 감축과 배출구성, 경쟁력을 중심으로. 서울대학교 환경대학원 도시계획학 박사 학위논문.
- 한치록. (2015). 최근 패럴자료 연구의 동향. 1-17차년도 한국노동패널 학술대회.

해외 문헌

- Anger and Oberndorfer. (2008). Firm performance and employment in the EU emissions trading scheme: An empirical assessment for Germany. 「Energy Policy」, 36, pp.12-22. DOI: :10.1016/j.enpol.2007.09.007
- Arnaud Broh· Sylvain Burniaux (2015) The impact of the EU ETS on firms' investment decisions: evidence from a survey, Carbon Management, 6:5-6, 221-231, DOI: 10.1080/17583004.2015.1131384
- Löfgren, Markus Wråke, Tomas Hagberg & Susanna Roth. (2013). The Effect of EU-ETS on Swedish Industry's Investment in Carbon Mitigating Technologies. University of Gothenburg, Working Papers in Economics, 565.
- Du K. and Li J. 2019. Towards a green world: How do green technology innovations affect total factor carbon productivity. Energy Policy, 131:240-250.
- Hail Jung, Seyeong Song, Young-Hwan Ahn & Chang-Keun Song. (2021). Effects of emission trading schemes on corporate carbon productivity and implications for firm-level responses. Nature scientific reports, 11:1679, DOI: https://www.nature.com/articles/s41598-021-91193-4
- Hofer et al. (2012). The competitive determinants of a firm's environmental management activities : Evidence from US manufacturing industries. Journal of Operations Management, 30, pp. 69-84.
- Lina Fu, Yang Yi, Ting Wu, Ruiwen Cheng, & Zuoming Zhang. (2022). Do carbon emission trading scheme policies induce green technology innovation? New evidence from provincial green patents in China, Environmental Science and Pollution Research, DOI: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22877-1
- Shiyue Yao, Xueying Yu, Sen Yan, Shiyen Wen, Heterogeneous emission trading schemes and green innovation, Energy Policy, Volume 155, 2021, 112367, ISSN 0301-4215, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112367.
- Xiaohuan Lyu, Anna Shi & Xin Wang (2020) research on the impact of carbon emission trading system on low-carbon technology innovation, carbon Management, 11:2, 183-193, DOI: 10.1080/17583004.2020.1721977
- Yoonmo Koo, Yoonha Lee & Yong-gun Kim (2019) The differentiated impact of emissions trading system based on company size, Climate Policy, 19:7, 923-936, DOI:10.1080/14693062.2019.1605329

