creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

도시계획학 석사 학위논문

배출권거래제 시행이 중소 제조기업의 기후기술 특허 및 생산성에 미치는 영향 분석

2023년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과 환경관리학전공

임 지 예

배출권거래제 시행이 중소 제조기업의 기후기술 특허 및 생산성에 미치는 영향 분석

지도교수 홍 종 호

이 논문을 도시계획학 석사 학위논문으로 제출함
2023년 2월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과 환경관리학전공
임 지 예

임지예의 석사 학위논문을 인준함
2023년 2월

위 원 장 윤순진 (인)

부위원장 송재민 (인)

위 원 홍종호 (인)

국문초록

본 논문은 온실가스 감축을 위해 2015년 도입된 배출권거래제가 중소기업의 온실가스 감축, 기후기술 특허, 생산성에 미치는 영향을 분석했다. 한국은 온실가스 감축 규제의 수단으로서 2015년부터 본격적으로 시장유인 방식의 온실가스 감축 정책인 배출권거래제를 도입하였다. 배출권거래제는 상대적으로 목표관리제보다 효과적이라는 평가를 받고 있지만, 제2차 계획시기(2018~2020)까지 과잉할당과 시장 유동성 부족 등의 이유로 아직 온실가스 감축에 효과성에 대해 논쟁적인 요소가 많다. 하지만 많은 선행연구들이 실증적 분석을 통해 배출권거래제가 목표관리제보다 감축을 더 촉진하고 있다고 분석하였고, 장기적인 관점에서 정책을 개선해나가야 한다고 주장했다.

한국의 중소기업은 국내 기업의 99% 이상을 차지하고 배출권거래제 참여기업의 약 72%를 차지한다. 국가 경제에서 중소기업이 갖는 비중이 크고, 대기업의 주요 협력사로서 중소기업이 지니는 ESG 대응에서의 Scope 3 감축 중요성은 간과할 수 없다. 또한 2026년 탄소국경조정제도의 도입 예고와 미국 증권거래위원회의 기후공시 의무화 등으로 인해 Scope 3 협력사 대응이 더욱 중요해진 상황이다. 만약 중소기업의 부적절한 온실가스 감축 대응으로 인해 해외 기업과의 계약이 갱신되지 못하거나 파기된다면, 그로 인한 국민경제의 타격 또한 상당할 것으로 예상된다. 따라서 국내 중소기업의 선제적인 온실가스 감축 대응이 필요한 상황이며 이는 장차 기업과 국가 경제에 대한 투자이다.

하지만 중소기업은 대기업에 비해 온실가스 집약도, 에너지 집약도가 높고 여유자원과 인력이 부족해 상대적으로 대기업에 비해 환경규제에

대응하기 어렵다는 한계가 지적되었다. 그럼에도 불구하고 기존의 배출권거래제 관련 연구들은 배출권거래제 전반의 감축 효과성에 초점을 맞춰왔다. 그로 인해 중소기업이 배출권거래제로 인해 감축 활동을 잘 이행하고 있는지, 기후특허 기술력은 확보하고 있는지, 더 나아가 환경규제로 인해 기업 경쟁력을 훼손 받고 있지 않은지에 대한 관심이 부족하였다. 한국은 기후기술 세계 4위 수준임에도 불구하고, 배출권거래제와 기후기술 특허와 관련된 연구는 국내에서 거의 시행된 바가 없다. 또한 기후기술은 녹색성장 수준을 보여줄 수 있는 지표이기 때문에 중요한 연구적 의의를 지닌다고 할 수 있다.

본 연구는 앞서 언급한 중소기업과 관련된 환경규제의 문제점에 착안해 온실가스 감축, 기후기술 특허, 경쟁력의 변화를 포터가설(Porter Hypothesis)에 입각해 분석을 진행했다. 포터가설은 효율적인 환경규제 정책은 기업의 환경적 개선뿐 아니라, 기업의 혁신, 더 나아가 기업 또는 업종의 경쟁력 향상까지 도모할 수 있다고 주장한다. 본 연구는 중소기업의 배출권거래제 이행과 관련해 포터가설을 검정하고자 세 가지 가설을 다음과 같이 세웠다.

- 첫째, 배출권거래제 정책이 중소기업의 온실가스 배출량 감축에 효과적이었을 것이다.
- 둘째, 배출권거래제 시행 이후 할당 기업의 기후기술 개발 혁신은 촉진됐다.
- 셋째, 배출권거래제에 참여하며 집단의 경쟁력(매출액)은 향상했다.

연구 결과, 배출권거래제 시행은 중소기업의 온실가스 감축과 생산성에는 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 그러나 기후기술 특허 촉

진에는 2015년 배출권거래제 시행 당시보다 배출권거래제 시행령 예고가 발표된 2012년 직후에 더 효과적이었던 것으로 분석 결과 밝혀졌다. 따라서 중소기업들이 기술 개발을 하지 않은 이유는 단순히 여유자원의 부족 외에도 배출권거래제의 제도적 강건성 문제를 추정할 수 있다. 또한 분석 시기에는 배출권거래제가 기업의 경쟁력을 훼손하지 않은 것으로 나타났기 때문에, 향후 배출권거래제의 할당량이나 할당방식, 벤치마킹 등의 제도적 활용을 통해 기업들에게 기후기술 촉진의 유인을 제공할 필요성이 있다.

주요어 : 배출권거래제, 중소기업, 온실가스 감축, 기후기술 특허, 기업 경쟁력, 포터가설
학 번 : 2021-23163

목 차

제 1 장 서론 ····· 1
제 1 절 연구배경 ····· 1
제 2 절 연구목적 ····· 6

제 2 장 선행연구 ····· 8
제 1 절 온실가스 감축정책 효과성 연구 ····· 8
제 2 절 배출권거래제의 포터가설 검정 연구 ····· 10
1. 배출권거래제가 혁신성에 미치는 영향에 대한 연구 ··· 10
2. 혁신성이 기업 경쟁력에 미치는 영향에 대한 연구 ····· 12
3. 중소기업의 환경규제 이행연구 ····· 13
4. 선행연구 종합 ····· 15

제 3 장 자료 및 연구방법 ····· 20
제 1 절 온실가스 감축 분석 ····· 20
제 2 절 기후기술 특허 분석 ····· 24
제 3 절 기업 경쟁력 분석 ····· 27

제 4 장 연구결과 ····· 30
제 1 절 기초통계 ····· 30
제 2 절 온실가스 감축 효과 ····· 31
제 3 절 기후기술 특허 촉진 효과 ····· 33
제 4 절 기업 경쟁력 증진 효과 ····· 38

제 5 장 결론 ····· 43

참고문헌 ·····46
Abstract ·····51

표 목 차

[표 1] 기업 규모에 따른 업종별 온실가스 및 에너지 집약도 비교 ····· 3
[표 2] 선행연구 요약 ····· 16
[표 3] 첫 번째 가설 변수 설명 ····· 21
[표 4] 두 번째 가설 변수 설명 ····· 24
[표 5] 세 번째 가설 변수 설명 ····· 27
[표 6] 주요 종속변수 기초통계 ····· 29
[표 7] 첫 번째 가설 검정 결과 ····· 31
[표 8] 두 번째 가설 검정 결과 ····· 33
[표 9] 거래제 시행령(안) 발표 후 특허 등록 변화 분석 ··· 35
[표 10] 매출액에 대한 평행추세가정 입증 ····· 37
[표 11] 거래제 참여 기업의 생산성 개선 효과 ····· 39
[표 12] 기후기술 개발 및 거래제 참여한 기업의 생산성 개선 효과 ····· 41

그 림 목 차

[그림 1] ····· 20

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경

파리협정(Paris Agreement)이 2015년 채택되며 기업들의 온실가스 감축을 촉진하는 사회적 요구가 증가하였다. 한국은 온실가스 배출 규제를 위해 기업들을 대상으로 2011년부터 「저탄소녹색성장기본법」에 따라 명령통제적 규제 방식인 ‘온실가스•에너지 목표관리제(이하 ‘목표관리제’)’를 시행하였다. 이후 2015년부터 시장유인적 규제 방식인 ‘온실가스 배출권거래제(이하 ‘배출권거래제’)’를 시행하고 있다.

목표관리제는 350개 업체 및 사업장(2021년 7월 2일 기준)을 대상으로 5개 정부 부처(산업부・국토부・해수부・농식품부・환경부)가 각각 관장한다. 하지만 환경부, 해수부를 제외하고 목표 감축량을 달성하지 못하였고, 감축목표 불이행에 대한 처벌 및 과징금도 집행되지 않았다.[1] 이는 명령통제적 규제 정책임에도 불구하고 정책의 실효성에 의문을 가질 수 있는 지점이다.

한편 배출권거래제는 2015년 시작하여 제3차 계획기간(2021~2025)에 접어들었다. 제3차 계획기간에 돌입하였음에도 불구하고 여전히 과잉할당, 거래 유동성 경직 등의 문제가 제기된다. 그러나 상대적으로 목표관리제보다 배출량 감소에 효과적이라는 평가를 받고 있다(이세림 외, 2017). EU의 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)의 도입이 확실해지며, 국내 온실가스 다배출 산업이 수출 위기에

1) JTBC. (2021.10.04.). “온실가스 관리 손 놓았나? 목표 못 지켜도 ’과태료 1건’뿐…마음 놓은 기업들”, https://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB12025705

처한 가운데, 정부에서는 이에 대응하고자 2022년 11월 ‘배출권거래제 제도 개선방안’이라는 제3차 계획기간의 추가적인 제도 강화 계획을 발표하기도 하였다. 정부는 2023년 상반기까지 강화된 중장기 대안을 발표할 예정이다(기획재정부, 2022).

목표관리제, 배출권거래제는 기업의 생산성, 매출액이나 기업 규모를 따르지 않고, 최근 과거 3년의 온실가스 배출량 연평균 총량에 의해 규제 편입 여부를 가르는 대표적인 규모의존적(size-dependent) 정책이다(김창훈, 2015). 기업 실적과 비례하여 할당하는 방식이 일부 논의되고 있지만 국내는 여전히 과거 배출량에 의존한 그랜드파더링(Grandfathering) 무상할당 방식이 지배적이다. 그렇기 때문에 정책에 대한 선행연구의 평가는 전체 참여 기업의 배출량, 업종별 배출량 개선을 위주로 이루어져 왔다(이상엽 외, 2017; 유종민 외, 2017; 이세림 외, 2017; 손인성 외, 2019; 이영지, 2021). 하지만 개별 기업의 규모와 기업의 한계저감 비용은 다르고, 각 기업은 저감비용, 행정비용을 아울러 환경규제 이행 수준을 결정한다(Hofer et al., 2012). 따라서 기존의 배출총량 차원의 평가 방식은 기업의 규모별 정책 효과성을 살펴볼 수 없었다.

중소・중견기업(이하 ‘중소기업’)은 국내 기업의 99.2%를 차지한다(산업통상자원부, 2021). 그렇기 때문에 이들 중소기업이 국내 경제에서 갖는 비중은 대기업만큼은 아니지만 국민의 일자리와 연계되어 그 영향력이 상당하다고 할 수 있다. 그러나 발전, 철강, 시멘트 등 다배출 업종에 대기업이 포진하며 중소기업은 국가 온실가스 관리 정책 대상으로서 많은 관심을 받지 못하였다.

신미지 외(2015)는 중소기업이 대기업에 비해 총 배출량은 적지만 산업의 온실가스 집약도, 에너지 집약도가 더 높게 나타남을 보였다(표1). 기

계 부문의 경우, 온실가스 집약도가 약 40배까지 차이가 나며, 에너지 집약도는 약 15배 차이가 나는 것으로 나타난다. 특이한 점은 온실가스 집약도는 전 업종에서 중소기업이 더 높게 나타난다. 그러나 에너지 집약도는 시멘트, 철강, 제지 등 일부 업종에서 대기업의 에너지 집약도가 더 높게 나타나기도 한다. 시멘트, 철강 부문은 타 부문에 비해 온실가스 다배출 업종이자 에너지 다소비 업종이기 때문에, 대기업과 중소기업의 공통된 감축 노력이 요구된다.

<표1> 기업 규모에 따른 업종별 온실가스 및 에너지 집약도 비교

	온실가스 집약도 (온실가스배출량/매출액, tCO_2 /백만원)		에너지 집약도 (에너지사용량/매출액, KJ/백만원)	
	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: 신미지•김종대, 2015

2026년부터 시행 예정인 EU의 탄소국경조정제도(CBAM) 역시 중소기

업의 탈탄소 움직임을 촉구한다. 탄소국경조정제도의 직접배출(Scope 1) 규제로 인한 국내 對EU 무역의 영향은 크지 않다고 예상되지만, 제도적 불투명성이 있는 상태에서 한국 기업에게 타격으로 작용할 가능성은 간과할 수 없다. 장기적으로 탄소국경조정제도는 EU와 선진국을 중심으로 Scope 3 감축 요구의 확장이 전망된다. 간접배출로 규제 대상이 확대된다면 대기업의 주요 하청 업체인 국내 중소기업은 온실가스 다배출 산업구조로 인해 수출 불이익을 직간접적으로 받을 것이다. 특히 한국 중소기업은 직접 수출보다 간접 수출 피해가 클 것으로 전망된다. 간접 수출이란 국내 수출품에 내장되는 원자재나 부품으로 인한 수출 실적을 의미한다. Scope 3처럼 최근 협력사의 친환경적 전환을 요구하는 움직임이 커지기 때문에 중소기업의 전환 역시 동시대적으로 필요하다. 또한 RE100 이니셔티브의 확산처럼, 국내 기업 뿐만 아니라 해외 수출기업으로부터 친환경 제품의 공급을 요구받는 등 간접적으로 영향을 받게 될 가능성도 배제할 수 없다(박혜리 외, 2021). 만약 중소기업이 이에 제대로 응하지 못해 계약이 갱신되지 못하거나 파기될 시, 이는 국가 무역수지와도 연결되어 국내 경제에 타격이 불가피할 것이다.

중소기업의 감축 행위의 가장 큰 장애물은 기술력 및 여유자금의 부족으로 여겨진다. 배출권거래제 대응 시 중소기업은 대기업에 비해 감축기술에 투자할 여유자원이 부족해 배출권 구매로 규제에 순응한다는 선행연구 결과가 있다(Park, 2020; 김지태, 2019). 마찬가지로 온실가스종합정보센터(2020)의 설문조사에 따르면, 대기업은 거래제 대응을 위해 감축설비 및 기술 등 내부 투자를 진행하는 비율(60%)이 배출권 거래 참여(50%)보다 높게 나타났다. 하지만 중소기업은 내부 투자(중견기업: 49.2%, 중소기업 41.7%)보다 배출권 구입(중견기업: 64.8%, 중소기업: 79.2%)에 더 높은 응답률을 보였다. 또한 기술보증기금이 중소기업을 대

상으로 진행한 설문조사에 따르면, 탄소중립에 대비가 되었다고 응답한 기업은 3.2%에 불과하며, 평균적인 투자 금액은 약 4억 원 규모로 10억 원의 추가적인 탄소중립 투자가 필요하다고 밝혔다. 동일 설문조사에서 중소기업은 설비 투자를 위한 정부의 재정적 지원을 가장 선호한다고 나타났다(기술보증기금, 2021).

여유자원과 더불어 기후기술의 확보는 온실가스 감축의 중요한 조건이다. 2015년부터 정부에서 중소기업 배출권 할당대상업체를 대상으로 감축설비 비용을 지원하거나 기후기술 보증을 통한 저금리 대출을 통해 기술혁신을 장려하고 있다. 환경부는 배출권거래제 기업을 대상으로 지원하는 탄소중립 설비 예산을 기존 222억 원에서 979억 원으로 증액하기도 하였다[2].

그럼에도 불구하고 학술적으로 중소기업을 대상으로 배출권거래제가 온실가스 감축을 촉진했는지, 또는 기후기술 혁신을 촉진해 녹색성장을 이룬 것인지에 대한 성과 분석은 거의 이루어진 바 없다. Kim et al. (2020)은 582개의 중소기업을 분석하며 기후기술보증기금의 기업 생산성 증진에 대한 효과를 분석하였다. 분석 결과, 신용 지원과 중소기업의 특허 증진이 생산성 향상에 긍정적으로 기여함을 발견했다. 한편 동시에 정부가 기술 보증을 하는 것이 기업의 특허 등록과 매출성장률 간 관계는 약화시킨다는 것을 밝혀, 정부의 신용 보증으로 인한 과잉 혜택은 지양하고 자발적인 혁신을 이룰 수 있도록 장려해야 함을 피력했다. Kim et al. (2020)의 연구는 중소기업을 대상으로 기후기술 보증기금과 특허, 매출성장률 간의 상호적인 관계를 입증하였으나, 배출권거래제 시행으로

2) 환경부. (2022.01.06.). “배출권거래제 참여업체 탄소중립설비 지원한다” http://me.go.kr/home/web/board/read.do;jsessionid=iKho7OTl6FihNAool-FxGJbh.mehome1?pagerOffset=90&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=&orgCd=&boardMasterId=1&boardCategoryId=&boardId=1500350&decorator=

인한 중소기업의 혁신, 생산성 증진에 대한 연구는 이루어지지 못하였다. 포터가설(Porter Hypothesis)에서 주장하는 바대로, 중소기업을 대상으로 효율적인 환경규제는 기업의 혁신, 경쟁력 증진까지 이룰 수 있을지 검증할 필요가 있다. 따라서 국내 중소기업의 배출권거래제 효과성을 기술혁신 정도, 경쟁력 증진과 함께 검토할 필요성이 있으며, 그에 따른 적절한 정책 수정과 지원책을 마련해야 할 것이다.

제 2 절 연구목적

본 연구는 국내 중소기업, 특히 중소 제조기업을 대상으로 배출권거래제 이행의 효과성을 포터가설(Porter Hypothesis)에 입각해 감축, 기후기술 혁신, 경쟁력 세 가지 측면에서 분석하고자 한다. 포터가설은 효율적인 환경정책은 감축뿐 아니라 기업의 혁신 및 경쟁력 증진까지 유발할 수 있다고 주장한다. 많은 선행 연구들이 국내 배출권거래제 시행의 감축 효과성을 전체 참여기업 차원에서 검정한 바 있다(유종민 외, 2017; 김지태, 2019; 이영지, 2021). 이를 중소기업으로 한정하여 배출권거래제가 이들에게도 효과가 있었는지 살펴보고자 한다.

기후기술은 온실가스 감축에 필수적인 조건이다. 환경부는 2015년부터 중소기업 배출권 할당 업체를 대상으로 감축설비 비용을 지원하고 기후기술 보증을 통한 저금리 대출을 제공해 기후기술 혁신을 장려한다. 2022년부터는 환경부의 탄소중립 설비 예산 지원이 222억 원에서 979억 원으로 증액되며, 기술의 확보가 온실가스 감축의 핵심임을 보여주었다. 또한 슘페터는 국가 경제 발전을 위해 기업의 혁신성이 우선해야 함을 강조하는데(정선양, 2020), 기후기술 혁신은 온실가스 감축기술이라는 녹색성장 신산업 분야에서 기업의 시장 발전 수준을 보여준다. 따라서 배

출권거래제 시행 이후 중소기업의 기후기술 발전을 분석하는 것은 약형 포터가설(Weak Porter Hypothesis)에 따라 환경규제가 혁신을 얼마나 촉진했는지 보여준다. 동시에 중소기업의 환경기술 분야의 시장 진출 수준을 파악하는 데 주요한 지표일 것이다.

마지막으로 배출권거래제 시행 이후 중소기업의 경쟁력 증진 분석은 환경경제학의 고전적인 질문인 환경규제와 경제성장 간의 충돌 또는 상생 여부를 살펴볼 수 있을 것이다. 특히 대기업에 비해 시장 점유율, 매출액이 떨어지는 중소기업은 온실가스 감축 규제로 인해 생산성 저해의 우려가 있다(Koo et al., 2019). 따라서 중소기업이 온실가스 규제를 받으며 경쟁력이 훼손되지 않았다면, 이는 강형 포터가설(Strong Porter Hypothesis)에 부합한 결과이며 동시에 더 강건한 온실가스 감축 정책이 등장할 수 있다고 해석할 수 있을 것이다.

정리하자면 본 연구는 배출권거래제의 시행으로 인한 중소 제조기업의 영향을 온실가스 감축, 기후기술 혁신, 경쟁력의 측면에서 분석한다. 국가의 탄소중립 목표에 맞춰 중소기업이 적절히 대응하고 있는지 확인하고, 중장기적으로 정부가 배출권거래제 정책 수정 및 지원책을 제시함에 연구적 기반을 제공하고자 한다.

제 2 장 선행연구

제 1 절 온실가스 감축정책 효과성 연구

목표관리제는 명령통제 방식의 감축 정책인 반면, 배출권거래제는 경제적 인센티브 방식의 감축 정책이다. 앞서 목표관리제의 효과성 평가를 위해 김길환・노동운(2017)은 목표관리제 도입 초기 2011~2015년 산업에너지 부문 251개 목표관리 대상기업을 선정하여 거리함수(distance function)를 활용해 온실가스 감축효율성을 실증분석하였다. 김길환・노동운(2017)은 매출액, 에너지 사용량, 유형자산, 노동자 수 등을 설명변수로 넣어 분석하였다. 분석결과 각각 2012년, 2015년에 기업의 감축효율성이 개선된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 목표관리제와 배출권거래제 시행 첫 해에 다수의 기업들이 정책 불확실성에 따른 과태료, 처벌에 대한 두려움에 감축 노력을 진행한 결과로 보았다. 왜냐하면 이후 목표관리제 시행에 대한 불확실성이 해소되며 온실가스 감축 효율성은 감소한 것으로 나타났기 때문이다. 업종별로는 석유화학, 철강, 섬유, 자동차, 기계, 비철금속, 정유가 감축효율성을 개선한 결과를 보였으며, 반도체, 디스플레이, 전기전자, 조선, 요업, 발전•에너지, 시멘트, 통신, 광업은 효율성이 낮아졌다. 김길환・노동운(2017)의 실증연구 외에는 목표관리제에 대한 질적 연구가 다수 진행되었다. 이승지・윤순진(2013)은 전문가와 이해당사자를 대상으로 설문조사 및 인터뷰를 진행하여 목표관리제와 당시 도입 예정이었던 배출권거래제에 대한 의견을 수집하였다. 이승지・윤순진(2013)은 목표관리제는 감축 효과에 비해 행정비용이 크고 과징금 1천만 원 수준의 패널티가 실효성이 없을 정도로 낮은 점을 지적하였다. 향후 목표관리제의 제도적 개선점으로 규제 방식보다 인센티브나 지원 방

식으로 접근함이 필요함을 나타냈다. 한편 비산업 부문이나 소규모 사업장의 감축 정책에 대해서 이들의 배출량이 작고 실적 측정 한계가 있지만, 저탄소 사회 전환을 위해서는 궁극적으로 이들에 대한 온실가스 관리가 이루어져야 함을 드러냈다. 마지막으로 목표관리제의 긍정적인 측면으로 산업계와 중앙 부처의 감축 필요성에 대한 인식을 증진하고 MRV(Monitoring, Reporting, Verification) 체계를 수립하는 데 기여했다고 평가했다.

국내 배출권거래제 효과성에 대한 연구도 다양하게 이루어졌다. 감축 효과성에 대한 실증연구로는 2012~2015년 목표관리제(~2014년)와 배출권거래제(2015년)에 참여한 기업을 대상으로 이세림 외(2017)가 배출권거래제 도입 초기에 연구를 진행한 바 있다. 이세림 외(2017)는 반도체, 디스플레이, 전기전자 업종의 경우 배출권거래제에서 효과적인 감축을 이루고 있으나, 시멘트나 정유 업종은 오히려 목표관리제에서 감축 효과가 더 크게 나타났다고 분석하였다. 2010~2017년 목표관리제와 배출권거래제 참여한 제조업체들을 대상으로 실증분석을 진행한 김지태(2019)는 순수한 감축 효과는 통계적으로 유의하지 않은 결과를 얻었지만, 대기업 계열사는 非대기업 계열사에 비해 온실가스 배출량을 더 감축하는 양상을 밝혔다. 이는 자본 조달이 용이한 기업일수록 더 적극적인 감축 행위(온실가스 관리 시스템 도입, 전략수립 컨설팅 등)가 가능함을 보여주는 연구결과다. 이후 이영지(2021)는 분석 대상 시기를 연장하여 2012년부터 배출권거래제 제2기 2019년까지의 감축 및 재무성과를 분석하였다. 분석 결과, 순 감축 효과는 제2차 계획기간의 감축 효과가 제1차 기간보다 적었다고 분석하였는데, 그 원인으로 국가 온실가스 감축 로드맵의 변경으로 인해 제2차 기간의 캡(Cap, 배출허용총량)이 증가한 것을 원인으로 꼽았다. 이밖에 감축 효과성 측면에서 각 시기와 업종마다 감축 정도가

달랐으나, 전반적으로 긍정적인 감축 효과성을 보였다.

제 2 절 배출권거래제의 포터가설 검정 연구

1. 배출권거래제가 혁신성에 미치는 영향에 대한 연구

배출권거래제는 시장 참여자들의 효율적 거래를 추구하기 때문에 포터가설의 전제조건인 효율적 환경정책의 정의에 부합하는 정책이라고 할 수 있다. 그러나 효율성의 정의가 자원의 파레토 효율적 분배라고 한다면 배출권거래제의 과잉할당의 문제가 효율성을 저해할 여지가 있다.

많은 선행연구들이 혁신과 생산성에 대한 조작적 정의에 따라 다양한 지표를 갖고 배출권거래제와의 관계를 분석하였다. 혁신은 단순히 기술적 변화가 아니라, 제품 또는 서비스의 디자인, 부품, 생산방식, 마케팅 방식 등 다양한 형태로 나타난다(Porter and van der Linde, 1995). 선행연구에서 포터가설의 혁신성을 위해 가장 많이 활용한 지표는 R&D 투자액과 특허 수로 여겨진다(Ambec et al., 2010).

배출권거래제 시행으로 인한 기업의 혁신 유발을 분석한 연구는 다수 진행되었다. Calel and Dechezleprêtre(2016)는 EU의 배출권거래제 참여기업 전반의 저탄소기술 특허 등록이 비참여기업에 비해 약 10% 증진되었음을 밝혔다. 그러나 일부 선행연구는 배출권거래제와 기업의 혁신성 간 유의 관계를 발견하지 못하거나 오히려 부정적 결과를 초래했다고 보았다(Hermwille et al., 2015; Löfgren et al., 2013; Lyu et al., 2020). 특히 EU-ETS 1기와 관련해 기술혁신 유도에 부정적인 결과를 보이는 선행연구가 많았다. 주요 원인은 EU-ETS 1기 당시 경기 불황으로 인한 잉여

배출권, 과잉 무상할당, 낮은 배출권 시장 가격 등 여러 요인으로 인한 것으로 추정했다(Brohé•Burniaux, 2015). Löfgren et al. (2013)은 EU ETS 1기에 참여한 스웨덴 기업의 혁신성을 실증 분석했는데, 배출권 도입 여부와 기후기술 투자 규모 간 유의한 결과를 도출하지 못하였다. 다만 에너지 집약도, 녹색 연구개발이나 환경과 관련된 초기 투자 규모가 배출권거래제 도입 이후의 투자 결정을 내리는 데에 중요한 역할을 한다고 보았다. 2020년 이후 중국 파일럿 배출권거래제를 대상으로 분석한 연구가 급증하였다. 중국은 2014년부터 시행한 파일럿 배출권거래제 종료 후 2021년 7월부터 전국 통합 배출권거래제를 시행하였다. Lyu et al. (2020)은 중국의 배출권거래제 파일럿 프로그램 도입 이후 기술 수준은 높아졌으나 저탄소기술 특허 등록은 저해되었다고 밝혔다(Lyu et al., 2020). Yao et al. (2021)은 중국 파일럿 배출권거래제를 시행한 지역을 대상으로 후베이성에서만 유의한 특허 증진이 있다고 밝혔다. 이는 후베이 배출권 시장이 다른 지역에 비해 유상할당을 적극적으로 진행하고 탄소 크레딧 거래 유동성이 컸기 때문이라고 추정했다. 또 다른 중국의 배출권거래제와 기후기술 촉진 간 관계를 분석한 연구는 전반적인 기후기술 특허 등록은 증가했으나 투자 촉진을 위한 낮은 수준의 기후 특허 등록이 남발되었다고 분석했다(Fu et al., 2022). 2020년 이후 중국을 중심으로 배출권거래제와 기후기술 특허 촉진 간 실증연구가 축적되는 가운데, 연구 대상이 시(중국의 성) 단위인지, 기업 단위인지에 따라 결과가 상이하고, 연구기간을 5년 내 단기로 잡는지, 또는 10년 이상의 중장기로 잡는지에 따라 결과가 상이하게 나타나고 있다. 이처럼 중국의 배출권거래제 연구 사례를 참고한다면, 한국의 배출권거래제 분석 연구 또한 좀 더 장기적인 관점에서 기술 촉진 영향에 대한 실증 분석을 축적할 필요가 있을 것이다.

국내 배출권거래제 도입과 특허개발 촉진의 상관성을 분석한 연구는 아직 진행된 바 없다. 하지만 한국의 기후기술 특허개발 수준이 미국, 일본, 독일에 이어 세계에서 4번째로 큰 규모이기 때문에(녹색기술센터, 2018), 한국 기업의 녹색성장 혁신성을 기후기술 특허를 통해 살펴보는 연구는 의의가 있다. 국외에서 이루어진 선행연구 다수가 배출권거래제 초기와 특허 증진 간 유의하지 못한 결과를 도출하짐 못했다. 이러한 연구들이 불안정한 제도 도입 초기를 대상으로 진행한 연구임을 감안한다면, 한국 배출권거래제에서도 유의하지 못하거나 오히려 배출권거래제가 기술촉진을 저해하였다는 연구결과가 도출될 수 있다. 따라서 이번 연구를 기반으로 하여 향후 기후기술 촉진과 관련하여 지속적인 모니터링 연구가 필요할 것으로 보인다.

2. 혁신성이 기업 경쟁력에 미치는 영향에 대한 연구

기업의 경쟁력은 다양하게 정의할 수 있다. Porter(1991)는 잘 설계된 엄격한 환경규제는 혁신을 자극하고, 궁극적으로 기업의 생산성과 최종 사용자의 제품 가치를 향상할 수 있다고 하였다. Anger and Oberndorfer(2008)은 기업 경쟁력의 조작적 정의로 '판매능력(ability to sell)'으로 삼고 경쟁력을 생산성의 측면으로 보아 '매출액'으로 조작적 정의했다. 이영지(2021) 또한 매출액, ROA를 생산성의 조작적 정의로 활용하였다. 따라서 본 연구도 매출액을 이용해 기업별 경쟁력을 측정하고자 한다.

포터가설에 입각해 혁신성과 생산성 간의 관계를 분석한 연구도 있다. Kim et al. (2020)은 중소기업을 대상으로 특허 등록과 매출액 향상의 유의한 결과를 발견했다. Du and Li(2019)는 전 세계 특허 데이터 분석을

통해 에너지 기술 특허와 탄소 생산성 사이의 관계를 분석하여, 소득이 높은 국가의 특허는 탄소 생산성에 유의한 영향을 미칠 수 있음을 밝혔다. 모정윤(2021a)은 국내 배출권거래제 참여 기업을 대상으로 연구개발 투자액과 탄소생산성 간의 유의한 관계를 발견하였다. 또한 모정윤(2021b)은 배출권거래제 참여 기업의 R&D 투자에 따른 생산성(매출액, 탄소배출량, 특허출원)을 추정하기도 하였다. 분석결과 배출권거래제 도입 이후 총 요소 R&D(자본, 노동 및 연구개발 투자액) 생산성의 증가가 발견되었다. 산업별로 석유화학, 기계 및 반도체 산업은 총 요소 R&D 생산성의 증가가 있었지만, 섬유, 발전/에너지 및 비철금속 산업은 총 요소 R&D 생산성이 낮은 산업으로 나타났다.

제 3 절 중소기업의 환경규제 이행 연구

환경규제 이행 측면에서 중소기업은 대기업에 비해 규제에 대응하기 열악하다고 알려져 있다. Sanchez(1997)는 규모가 큰 기업들은 환경규제에 대응하기 위한 전략, 기반을 지니고 있고, 대규모 조직에 따른 자원풀(pool of resource)과 조직여유(slack organization)에 따라 배출 규제 순응 비용을 줄여준다고 주장했다. 김지태(2019)는 국내 배출권거래제 감축 효과성을 대기업과 非대기업으로 나누어 분석해 대기업의 감축 효과성이 더 크다는 사실을 밝혔다. 또한 온실가스 종합정보센터(2020)의 설문조사에 따르면 업체 규모가 클수록 내부 대응 조직 구성을 통해 배출권거래제 대응을 하는 것으로 나타났다. 환경규제 대응에 유능한 인재의 존재가 중요한데, 기업 규모가 클수록 인재 유치에 유리하다는 것이다. 마지막으로 규모가 큰 기업은 규제 이행의 유연성이 있다. 이는 배출권거래제 참여 기업 중 대기업 계열사들이 장외거래(전체 거래 중 65%)로 배출

권을 유연하게 조절하는 전략을 구사함에서 드러난다(온실가스 종합정보센터, 2020). Koo et al. (2019)는 배출권거래제 기업 규모에 따라 기업규모 및 업종별 미치는 영향이 다를 것이며, 중소기업은 대기업보다 온실가스 감축 부담은 적으나 경제적으로 더 부정적인 영향에 직면할 것이라고 밝혔다.

그렇다면 어떤 조건이 중소기업의 효과적인 환경규제, 더 나아가 생산혁신까지 유발할 수 있을까? 슘페터는 기업가 정신에 따른 혁신, 경제발전을 유도하기 위해서는 신용과 생산자원의 조달이 용이해야 한다고 주장하였다(정선양, 2020). Kim et al. (2020)은 기후기술 보증을 제공받은 중소 기업을 대상으로 특허 등록 수와 기업의 매출액 성장 정도를 실증분석했다. 분석 결과 신용 보증 제공 여부와 특허 등록은 기업의 매출액 성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 박재민•김선우(2010)의 연구는 녹색성장의 관점에서 중소기업의 생산혁신 활동을 유발하는 대내외적 요인을 분석하였다. 분석 결과 기업의 녹색경영 전략의 대응의지, 녹색경영 의지가 높을수록 기술성, 수익성, 성장성 등이 증가하는 경향을 보였다. 또한 국제 환경규제나 기후변화 협약에 대응하는 상태일수록 녹색경영에 양의 혁신 효과가 나타났다. 중소기업의 환경규제와 관련된 선행연구를 요약하자면, 중소기업을 대상으로 하는 정부의 재정적 신용지원, 기업 자립형 기술육성 프로그램과 기업의 녹색 혁신에 대한 대내외적 의지가 동반된다면 환경규제을 효과적으로 이행하면서 동시에 경제적 성장을 도모할 수 있을 것이다.

제 4 절 선행연구 종합

선행연구를 종합해 본 연구 결과를 예상해본다면, 우선 중소기업 역시 긍정적인 감축 효과성을 보일 가능성이 크다. 동일 연구기간을 연구대상으로 한 이영지(2021)는 배출권거래제 제1기에 7.9%, 제2기에 8.9%의 감축 효과성을 보였다. 둘째, 배출권거래제와 특허와 관련된 혁신성 연구는 국내에서 거의 진행된 바 없기 때문에 본 연구의 결과를 예상하기 어렵다. 하지만 해외 사례에서 제도 초입과 관련해 긍정적인 혁신성 효과는 제한적이었기 때문에 한국 사례에서도 부정적인 혁신 효과가 포착될 수 있다. 그러나 앞서 언급했듯이 거래제와 기후특허 혁신 간 관계를 분석한 연구가 없었기 때문에 연구적 의의가 크다. 마지막으로 생산성 개선 효과는 국내 연구에서 이영지(2021)가 진행하였는데, 중소기업에서 다른 결과가 나올 수 있지만 연구 기간이 동일하기 때문에 긍정적인 생산성 효과를 기대할 수 있다.

또한 변수에 있어 앞서 김지태(2019), 이영지(2021), Jung et al. (2021)이 국내 데이터로 배출권거래제 1기 또는 2기를 대상으로 감축 효과성 및 재무 생산성 개선 연구를 하였기 때문에, 이들 연구로부터 주요 변수를 참고할 수 있을 것이다. 혁신성 유발 효과의 변수는 중국의 파일럿 배출권거래제와 기후특허 간 관계를 대상으로 연구를 진행한 Yao et al. (2021), Fu et al. (2022)를 참고할 수 있을 것이다.

전체 선행연구 사례 중 포터가설에 근거해 배출권거래제 효과성을 분석한 선행연구를 다음과 같이 표로 요약하였다.

<표2> 선행연구 요약

연구주제	연구자 (연도)	방법론	변수	연구결과
온실가스 감축	이세림 외 (2017)	z - 변 형 정규화	기업별, 업종별 배출량	• 배출권거래제 1차 기간 참여 기업이 과거 목표관리제 참여보다 더 높은 감축 실적
	유종민 외 (2017)	고정효과 모형	기업별 배출량, 실질 GDP, 기업별 에너지집약도, 신재생에너지 비중, 탄소집약도, 에너지 평균가격, 2015년 배출권거래제 더미변수	• 배출권거래제 1차 기간 참여 기업이 목표관리제 참여 기업보다 더 높은 감축 실적 • 그러나 일부 발전 부문 같은 경우 감축 효과성이 나타나지 않음
	김지태 (2019)	이중차분 분석, 고정효과 모형	기업별 배출량, GDP, 석탄 및 석유 가격, 냉난방도일, 배출권거래제 전후의 연도별 더미변수	• 2015년 이후 거래제 참여한 기업들의 감축 효과는 유의하지 않았음 • 배출권거래제

				에 참여하며 매출액이 증가한 기업은 온실가스를 많이 배출 • 대기업계열사는 중소기업보다 배출량이 많지만, 거래제 시행 이후 더 큰 감축량을 보임
	이영지 (2021)	고정효과 모형, 동태적 패널 모형	목표관리제 시기 더미변수, 배출권거래제 계획연도별 더미변수, 매출액, 에너지원단위, GDP, 화석연료 가격(석탄, 석유, 가스), 배출권 가격	• 동태적 패널 모형 결과에서 약 6~7%의 계획기간별 감축 효과가 나타남
기후기술 특허	Yao et al. (2021)	이중차분 분석, 통제 집단 합성법	도시별 녹색특허 수, 1인당 GDP, 에너지 집약도, 고등교육	• 후베이성에서만 유의한 특허 증진 • 후베이 배출권 시장이 다

			자 수, R&D 지원금 및 고용인력 수	른 지역에 비해 유상할당을 적극적으로 진행하고 탄소 크레딧 거래 유동성이 컸기 때문이라고 추정
	Fu et al. (2022)	이중차분분석	도시별 녹색특허 수, 등록된 특허 또는 실용신안 수, 실질 GDP, R&D 집약도(R&D투자금/지역 GDP), 인력투자비용, 해외투자 집약도(해외투자금/지역 GDP), 환경규제 집약도, 고용인력 평균 교육연도, 도시별 에너지집약도	• 전반적인 기후기술 특허 등록은 증가 • 그러나 투자 촉진을 위한 낮은 수준의 기후 특허 등록이 남발
기업 생산성	이영지 (2021)	이중차분분석	목표관리제 및 배출권거래제 시기별 더미변	• 모든 시기에 참여한 할당기업의 매출

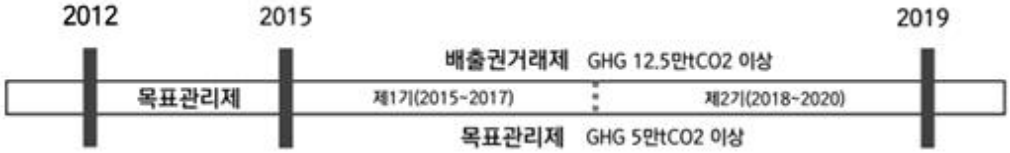
			수, 자산, 부채비율, 자본적흐름, 매출증가율, 연구개발비, 광고선전비	액이 제2기(2018~2019)에만 약 9% 증가 • 거래제 시행 후 매출원가율은 1.9% 하락, ROA는 1.5% 상승
	Jung et al. (2021)	고정효과 모형	탄소생산성(매출액/온실가스 배출량), 배출권 거래제 참여 더미변수, ROA 더미변수, 특허 더미변수, 환경에 관심이 있거나 교육 받은 CEO 더미변수, 기업 총자산, 토빈의 Q, 매출액, 유형자산, 순현금자산, 현금흐름	• 거래제 시행 전 후(2011~2018) 일반 특허를 보유한 기업의 탄소생산성이 비할당 기업보다 2.1% 상승

제 3 장 자료 및 연구방법

제 1 절 온실가스 감축 분석

본 연구의 첫 번째 가설은 온실가스 배출량 감축의 측면에서, 배출권거래제 정책이 중소기업의 감축에 효과적이었을 것이라고 가정한다. 표본 집단을 2012년부터 2019년까지 지속적으로 목표관리제(2012~2014년)와 배출권거래제(2015~2019년)에 참여한 중소 제조업 기업 107개로 상정하였다. 중소기업 기준은 공정거래위원회가 공정거래법에 의해 지정하는 상호출자제한집단에 속하지 않는 기업 집단을 중소기업으로 간주했다. 따라서 2015년 기준 상호출자제한기업과 계열사로 분류된 기업을 제외하는 것으로 삼았다.

우선 전체 연구대상 기업은 2012년부터 2014년까지 목표관리제에 공통적으로 참여한다. 이후 온실가스를 이산화탄소 기준 연간 12.5만 톤 배출하거나 한 사업장에서 5만 톤 이상 배출하는 기업은 배출권거래제로 편입되었다. 배출권거래제 제1기는 2015년부터 2017년까지이며, 이 시기는 제도 안착을 위해 전면 무상할당으로 배출권이 지급되었다. 이후 제2기에서는 2018년부터 2020년까지 계획기간을 잡았으며, 3% 유상할당과 97% 무상할당으로 진행되었다. 본격적인 제도 디자인의 구성과 유상할당, 벤치마킹 제도 등의 시작은 제2기부터라고 볼 수 있다. 제3기는 2021년부터 2025년까지 시행예정이며, 유상할당 10%와 무상할당 90%로 구성된다. 점진적으로 유상할당을 늘리고 무상할당을 줄여 나가는 방식으로 제도가 진화할 방침이다. 자세한 자료 요약과 방법론은 하단의 설명과 같다.



<그림1> 첫 번째 가설 연구대상 설명

- H1. 배출권거래제 정책이 중소기업의 온실가스 배출량 감축에 효과적이었을 것이다.

- 자료: 2012년부터 2019년까지 지속적으로 목표관리제(~2014년)와 배출권거래제(2015~2019년)에 참여한 중소 제조기업 107개의 배출량 자료

<표3>에 주요 설명변수 및 통제변수, 종속변수를 설명하였다. 주요 설명변수인 거래제 도입 시기 더미변수(ETS) 외 통제변수는 매출액, 에너지 집약도(매출액 대비 에너지 사용량), 1인당 명목 GDP, 화석연료 가격(석탄, 석유), 연간 배출권 종가 평균을 사용했다. 매출액과 온실가스 배출량은 동조화한다는 전제 하에 기업 경제 규모를 통제하기 위해 사용되었고(김지태, 2019), 마찬가지로 1인당 명목 GDP 역시 국가 경제에 따른 기업 경제 영향을 통제할 수 있다는 점에서 사용되었다. 에너지 집약도는 개선이 이루어진다면 온실가스 배출량도 감축할 수 있는 주요 근거이기 때문에 통제변수로 활용되었다. 이밖에 화석연료 가격은 김지태(2019), 이영지(2021)가 주요하게 활용했다. 한국의 주요 에너지원의 80% 이상이 화석연료이기 때문에 주요한 설명변수로 여겨진다. 마지막으로 이영지(2021)는 배출권 가격을 기타 설명변수로 활용했는데, 배출권 가격의 등락은 과잉할당을 보여줄 수 있는 지표이고 기업의 온실가스 감축 유인의 강도를 평가할 수 있는 자료이다. 본 연구에서는 2015년 이전 배출권 가격이 존재하지 않기 때문에, 2015년 거래 시작 가격을 2012~2014

년에 투입하였다. 매출액, 1인당 명목 GDP, 배출권 가격은 자연로그를 취하였다.

- 변수 요약

<표3> 첫 번째 가설 변수 설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	emission	ln(배출량, tCO_2 eq)	-	GIR
설명변수	ETS	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*	ln(연간 배출권 종가 평균, 원)	이영지(2021)	KRX

* 2015년 이전은 2015년 배출권거래제 거래 시작 가격인 7,860원 적용

- 방법론: 동태적 패널 모형(식 3.1)

$$y = \alpha + \delta y_{i(t-1)} + \beta_1 ETS + \gamma X + \mu_i + \epsilon$$

첫 번째 가설(배출권거래제가 중소기업의 온실가스 감축에 효과적이었다.)은 동태적 패널 모형을 통해 검정한다(식 3.1). 방법론은 동태적 패널 모형을 이용하였다. 식 3.1의 α는 상수항, $y_{i(t-1)}$는 이전년도 종속변수, X는 통제변수, μ는 기업의 개별효과, ϵ는 오차항이다. 동태적 패널

모형은 고정효과 모형을 유사한 점이 많지만, 동태적 패널 모형은 고정효과 모형의 특성에 추가적으로 종속변수의 과거변수(lagged dependent variable, $y_{i(t-1)}$)를 설명변수로 사용한 점이 가장 큰 차이점이다. 패널자료는 이전 시기의 자료들이 미래 자료에 영향을 주는 경우가 존재하고, 오형나 외(2018)와 이영지(2021)는 에너지 소비나 배출권거래제 감축 정도를 분석할 시 동태적 패널 모형을 활용한 바 있다. 본 연구에서는 동태적 패널 모형에서 보편적으로 사용되는 알레라노-본드 추정을 통한 차분 GMM(Difference Generalized Method-of-Moments) 방식을 이용했다.

제 2 절 기후기술 특허 분석

두 번째 가설은 혁신성의 측면에서 배출권거래제 시행 이후 기업의 기후기술 개발이 촉진되었을 것으로 가정했다. 기후기술 특허를 통해 혁신성을 살펴봄으로써 약형 포터가설(Weak Porter Hypothesis)을 입증한다. 연구대상은 첫 번째 가설과 동일하나, 이들의 2009년부터 2019년까지의 기후기술 특허 자료를 살펴보았다. 방법론은 고정효과 모형(fixed effect model)을 적용하였다.

본 연구에서 활용하는 기후기술 특허 자료는 특허청의 CPC(Cooperative Patent Classification) Y코드 자료이다. CPC는 미국의 특허상표청과 유럽 특허청이 함께 개발한 특허 분류체계로, A부터 Y까지 9개의 섹션으로 구성되며 총 25만 개의 카테고리로 특허를 분류한다. 그중 Y 섹션은 기후변화를 하부 카테고리(Y02, Y04)로 가진다. 교토 의정서는 Y02, Y04를 인간이 유발한 온실가스 배출을 통제, 감소, 또는 방지하는 기술에 대한 분류로 지정했다. Y02, Y04는 감축, 적응, 적용 분야를 7개의 대분류와 51개의 하위분야로 분류한다(녹색기술센터, 2020). 이 중 CPC 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(스마트그리드)를 본 연구에서 기후기술 특허 자료로 다루었다.

- H2. 배출권거래제 시행 이후 할당 기업의 기후기술 개발 혁신은 촉진됐다.

- 자료: 2012년부터 2019년까지 지속적으로 목표관리제(~2014년)와 배출권거래제(2015~2019년)에 참여한 중소 제조업 기업 107개의 2009년부

터 2019년까지 기후기술 특허 자료(CPC Y코드)

주요 설명변수는 거래제 도입 시기 더미변수(ETS2015)를 사용한다. 이 밖에 통제변수로 기업별 매출액, 연구개발비, 총 종업원 수를 활용했다. 중국 배출권거래제 시행으로 인한 기후기술 특허 증진을 분석한 선행연구들은 지방도시들을 연구대상으로 했다. 그렇기 때문에 통제변수로 도시의 사회경제적 수준을 설명하는 1인당 GRDP, 에너지 집약도, 그리고 R&D 자원을 나타내는 고등교육자 수, R&D 근로자 수, R&D 투자금 등을 활용했다(Yao et al., 2021; Fu et al., 2022). 본 연구는 도시 단위가 아닌, 기업 단위를 연구 대상으로 하기 때문에 변수들을 기업 단위로 좁혀 기업의 매출액, 기업별 에너지 집약도, 그리고 기업의 총 종업원 수를 통제변수로 삼았다.

- 변수 요약

<표4> 두 번째 가설 변수설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	cpc	연간 기후기술 특허 등록 수	-	특허청
설명변수	ETS2015	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

- 방법론: 고정효과 모형(식 3.2)

$y = \alpha + \beta_1 ETS_{2015} + \gamma X + \mu_i + \epsilon$

두 번째 가설(배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진했다.)은 고정효과 모형을 통해 검정한다(식 3.2). 식 3.2의 α는 상수항, ETS_{2015}는 배출권거래제 도입으로 인한 효과를 나타내는 변수다. X는 통제변수, μ는 기업의 개별효과, ϵ는 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. 따라서 기업 각각의 개체 특성을 통제하여 거래제 도입으로 인한 효과를 보는데 적합하다.

제 3 절 기업 경쟁력 분석

마지막으로 세 번째 가설은 배출권거래제에 참여한 집단의 경쟁력은 향상했을 것으로 가정한다. 포터가설은 시장에 기반한 효율적인 환경규제 정책은 기업 또는 업종의 경쟁력을 제고할 수 있다고 주장한다. 과거에 환경규제가 생산성을 떨어뜨린다는 주장과 달리, 자원의 과소비를 줄이고 효율적으로 기업을 운영하도록 하는 것이 오히려 생산성을 증진한다는 것이다. 이에 따르면 기업들은 '혁신차감 효과(innovation offset effect)', 혁신을 유발하며 기업의 규제 순응 비용(compliance cost)를 상쇄하는 경쟁력 증진 효과를 가져올 수 있다(Ambec and Barla, 2002; Ambec et al., 2010). 본 연구는 배출권거래제에 참여한 중소기업에게 혁신차감 효과가 발생했는지 강형 포터가설(Strong Porter Hypothesis)의 세 번째 가설 차원에서 검정하고자 한다.

- H3. 배출권거래제에 참여한 집단의 경쟁력(매출액)은 향상했다.
- 자료: 2012년부터 2019년까지 지속적으로 목표관리제(~2014년)와 배출권거래제(2015~2019년)에 참여한 중소 제조업 기업 107개와 목표관리제만 지속적으로 참여한 미할당기업 17개의 매출액 자료

선행연구를 참고하여 통제변수로 광고선전비(ads), 현금흐름(cashflow), 현금성 자산(cashasset), 토빈의 Q(tobin), 유형자산(tangible), 부채비율(debt)을 넣었다(Jung et al., 2021; 이영지, 2021).

- 변수 요약

<표5> 세 번째 가설 변수설명

변수	변수명	설명	선행연구	출처
종속변수	sales	ln(매출액, 천 원)	-	DATA GUIDE
설명변수	Treated	할당업체 = 1, 미할당업체 = 0	-	GIR
	ETS	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)	

- 방법론: DID(Difference-in-Differences) 모형(식 3.3)

$$y = \alpha + \beta_1 treated_i + \beta_2 period_t + \beta_3 (treated_i * period_t) + \gamma X + \mu_i + \epsilon$$

마지막으로 세 번째 가설(배출권거래제에 참여한 집단의 경쟁력을 향상했다.)은 이중차분 분석(Difference-in-Difference)을 통해 검정한다(식 3.3). 식 3.3의 α는 상수항, X는 통제변수, μ는 기업의 개별효과, ϵ는 오차항이다. 정책효과(treated)와 정책시기(period)의 상호작용항을 통해

정책효과를 검증한다. 또한 이중차분 분석을 위해 비처치 집단을 상정해야 한다. 기존 연구 대상인 할당업체 107개 기업을 비처치 집단으로 삼아 목표 관리제만 지속적으로 참여한 미할당 제조 기업 17개의 매출액을 DID 분석으로 비교한다.

제 4 장 연구결과

제 1 절 기초통계

먼저 각각 목표관리제와 배출권거래제에 지속적으로 참여해온 124개의 중소 제조기업들의 주요 종속변수 기초통계 결과를 살펴본다. ETS는 배출권거래제, TMS는 목표관리제를 의미한다. 전반적으로 배출권거래제 참여기업의 배출량, 기후기술 특허, 매출액 평균 모두 더 높은 수준이었다. 특히 기후기술 특허의 경우, 배출권거래제 기업 38개가 1개 이상의 기후기술 특허를 보유한 데 비해, 목표관리제 참여 기업 중 오직 1개의 기업만 기후특허를 개발한 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 배출권거래제에 참여한 기업들이 목표관리제에 참여한 기업보다 더 기후기술 특허 개발에 적극적이었음을 보여주는 지표다.

<표6> 주요 종속변수 기초통계

변수	제도	Mean	Std.Dev	Min	Max	해당기업
배출량 (tCO_2 eq)	ETS	338,453	979,260	10,193	9,603,008	107개
	TMS	28,864	21,273	10,062	102,379	17개
연간 기후 특허 (개수)	ETS	0.47	2.904	0	35	38개
	TMS	0.013	0.114	0	1	1개
매출액 (억원)	ETS	15,600	55,500	96	581,000	107개
	TMS	4,610	4,410	219	22,900	17개

제 2 절 온실가스 감축 효과

첫 번째 가설 ‘배출권거래제 정책이 중소기업의 온실가스 감축에 효과적이었을 것이다’는 동태적 패널 모형(일차차분 GMM)을 적용해 분석했다. 분석결과, 동태적 패널 모형에서는 거래제 참여 기업의 배출량이 2015년 이후 약 15% 감축 효과가 있는 것으로 나타나 가설을 지지했다. 또한 모형에서 배출량 감축에 영향을 주는 요인으로는 매출액(sales), 석유가격(oil), 에너지 집약도(EI)가 통계적 유의성을 확보했다.

또한 모형이 자기상관 검정(AR(1), AR(2))과 과대식별 모델 검정(Sargan Test)을 통과하는 것으로 나타났다. 자기상관 검정은 동태적 패널 모형에서 이용한 차분 오차항이 시계열 상관이 없음을 검정하는 것이다. 이를 위해 1계 검정(AR(1) 기각)에서는 시계열 상관을 지녀야 하고, 2계 이상의 시계열(AR(2) 기각하지 않음)은 상관관계를 지니지 말아야 한다(한치록, 2015). 검정 결과 AR(1)은 유의수준 10% 수준에서 AR(1)을 기각하고 AR(2)는 기각하지 않았다.

추가적으로 동태적 패널모형의 도구변수 과대식별 검정을 위해 Sargan Test를 진행하였는데, Sargan test의 귀무가설은 적률 조건들이 모두 충족된다는 것이므로 이를 기각하지 못함을 검정해야 한다(한치록, 2015). 검정 결과 p-value가 0.2308로 나와 귀무가설을 기각하지 못하여서 적절한 모형임을 보였다.

이영지(2021) 연구는 본 연구와 동일 기간, 전체 할당기업을 대상으로 제1기 7.9%, 제2기 8.9%의 감축 효과를 보인 것으로 나타났다. 통제변수 유의성도 본 연구와 유사하게 석유가격, 배출권 가격과 음의 관계를 발견하고 에너지 집약도, 매출액, GDP에서는 양의 관계가 드러났다.

<표7> 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	0.2308

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

제 3 절 기후기술 특허 촉진 효과

두 번째 가설 검정에 앞서 배출권거래제 참여 기업의 연간 특허 등록 추이를 살펴보았다. 추가적인 비교를 위해 동일한 가설로 대기업을 대상으로 하여 동일한 분석을 진행해 중소기업과 비교하였다. 대기업과 중소기업을 모두 아울러 특허 등록 수는 연평균 2,003개의 기후기술 특허를 등록한 것으로 나타났다. 이중 중소기업은 연평균 0.4개의 특허 등록 수를 보였다. 배출권거래제에 참여하는 대기업의 기후기술 특허 등록은 연평균 8.84개이기 때문에, 중소기업과 약 20배 수준의 매우 큰 기술 격차를 보였다. 중소기업의 기후기술 개발에 대한 정부 지원이 필요하다고 여겨지는 대목이다.

두 번째 가설 '배출권거래제가 중소기업의 기후기술 혁신을 촉진했다.'는 거래제가 시행된 2015년을 설명변수로 하여 배출권거래제 참여 중소기업을 대상으로 고정효과 모형 분석을 진행하였다. 그러나 연구 결과, 배출권거래제 참여는 참여기업의 특허 등록에 유의한 영향을 주지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대기업에도 마찬가지로 나타났다. 중소기업 연구결과에서 통제변수는 매출액, 연구개발비, 고용된 직원 수, 에너지 집약도가 유의하게 나왔다.

<표8> 두 번째 가설 검정 결과

변수	중소기업	대기업
ETS2015	**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	1024	545
R-sq	0.06	0.08

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

포터가설이 성립한다면, 배출권거래제 시행 후 특허가 증가하여 두 번째 가설을 지지해야 하지만 본 연구 결과와 해외 선행연구들은 제도 초기의 불안정성으로 인해 유의한 특허 증진이 어렵다고 밝혔다(Yao et al., 2021; Fu et al., 2022; Brohé•Burniaux, 2015; Löfgren et al., 2013; Lyu et al., 2020). 김길환•노동운(2017)은 목표관리제와 배출권거래제 첫 해에 감축 효율성이 각각 개선된 것으로 분석하였는데, 이는 제도 시행 초기의 패널티에 대한 불확실성이 작용한 것으로 보았다. 이는 제도 도입 당시보다 오히려 제도 도입 예고에 따른 불확실성, 우려로 인해 기업들의 행동을 더 촉진할 수 있다는 것이다. 따라서 본 연구는 추가적으로 환경부가 거래제 시행령(안)을 발표한 2012년 이후 기업들이 제도의 불확실성에 대한 우려와 거래제 시행의 대비로서 사전적 기술 혁신이 있었는지 확인하였다.

이를 위해 동일한 연구대상의 2009년부터 2019년까지의 기후기술 특허 등록 수를 종속변수로 하여 분석을 진행했다(표9). 2012년을 시기 변수로 하고 동일한 통제변수로 고정효과 모형 분석을 한 결과, 2012년 이후 중소기업은 0.3개, 대기업은 43개의 특허 등록 증가가 있는 것으로 나타났다. 대기업과 중소기업 모두 유의한 결과였으며, 중소기업이 연평균 0.7개의 기후기술 특허를 등록함을 감안할 때, 0.3개 증가는 유의한 기술 투자를 보여주는 수치이다. 또한 대기업의 경우 연 평균 43개 증가하여 2012년 이후 상당한 상승률을 보여준다. 이는 배출권거래제 도입 예고가 자본력을 갖춘 대기업의 기후기술 특허 촉진에 더 확실한 효과가 있었음을 보여준다.

<표9> 거래제 시행령(안) 발표 후 특허 등록 변화 분석

변수	중소기업	대기업
ETS	**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 2012년 시행령(안) 발표 후 유의하게 기후기술 특허 등록이 증가하였으며 선제적인 감축 노력(기술혁신)이 존재했음을 확인하였다. 이는 배출권거래제 시행령(안) 발표로 인한 기업들의 선제적 조치와 2011년 이후 목표관리제 시행 효과로 인한 것으로 추정된다.

그러나 실제 배출권거래제를 시행한 2015년 이후 유의한 특허 증진이 나타나지 않았기 때문에, 포터가설에 따라 엄격히 말하자면 배출권거래제가 중소기업의 실질적인 기후기술 혁신을 유발한 정책이라고 보기는 어려울 것이다.

한편 기후기술 특허 외 일반 특허나 연구개발비 등의 다른 혁신 변수를 종속변수로 한다면 다른 결과가 나올 가능성이 존재한다. 이영지(2021)는 DID 분석으로 거래제 시행 효과로 연구개발비가 16.4%, 제2기에는 25.4% 증진되었음을 확인하였으나, 전체 연구개발비의 증진이 기후기술 특허의 증진으로 이어지는 것은 아직 학술적으로 확인된 바 없다. 기후기술 특허가 녹색성장의 중요한 요소인 만큼 좀 더 중장기적인 관점에서 연구를 수행할 필요성이 제기된다.

제 4 절 기업 경쟁력 증진 효과

이중차분 분석에 들어가기 앞서, 이중차분 분석에서는 처치집단과 비교집단 간 시간에 따른 추세가 동일한 경향을 보여야 한다. 이를 평행추세가정(parallel-trend assumption)이라고 하며, 이중차분 분석에 앞서 검정을 진행했다. 매출액에 대해 평행추세가정을 입증한 결과 F(3,848)=0.12, p-value가 0.9495로 나와 평행추세가정을 입증하였다. 다음 <표10>은 세 번째 가설의 종속변수인 매출액에 대한 평행추세가정을 입증한 것이다.

<표10> 매출액에 대한 평행추세가정 입증

평행추세 가정	T=2012~2014년: before treatment, T=2015~2019년: after treatment $y = \alpha + \beta 12(t12 \times \mathrm{T}i) + \beta 13(t13 \times \mathrm{T}i) + \beta 14(t14 \times \mathrm{T}i) + \beta 15(t15 \times \mathrm{T}i) + \beta 16(t16 \times \mathrm{T}i) + \beta 17(t17 \times \mathrm{T}i) + \beta 18(t18 \times \mathrm{T}i) + \beta 19(t19 \times \mathrm{T}i) + t + ui + e$
귀무가설	$\mathrm{H0} : \beta 12 = \beta 13 = \beta 14 = 0$

연구 결과를 나타낸 <표11>의 참여기업(treated)과 정책시기 변수(ETS, phase1, phase2; period)를 곱한 상호작용항이 정책효과를 나타내는 변수이다. 상호작용항 결과를 해석하면 거래제에 참여한 할당 중소기업은 제2차 계획기간(2018~2019)에 미할당기업과 비교해 약 21%의 매출액 개선 효과를 보였다. 그러나 전체 기간과 제1차 계획기간(2015~2017)에는 유의한 생산성 효과가 나타나지 않았다. 이영지(2021) 또한 전체 할당기업에

대하여 제2차 계획기간에만 유의한 매출액 증가를 포착하였다. 이밖에 광고선전비, 현금흐름, 현금성 자산, 토빈의 Q, 유형자산, 부채비율이 매출액에 유의한 영향을 미치는 변수로 나타냈다.

제2차 계획기간은 제1차 계획기간의 100% 무상할당에서 벗어나 97% 무상할당과 3%의 유상할당, 일부 섹터에 대한 벤치마크 할당을 시작한 시기이다. 따라서 이러한 혁신적 요소가 기업 경쟁력 촉진을 유발한 것으로 해석할 수 있다. 하지만 반대로 기업들에게 환경규제가 미약하였기 때문에, 오히려 생산성 향상에 걸림돌이 되지 않았다는 해석 또한 가능하다. 이는 좀 더 장기적인 연구가 필요한 지점이다.

<표11> 거래제 참여 기업의 생산성 개선 효과

변수	배출권거래제 전체시기 (2015~2019)	제1차 계획기간 (2015~2017)	제2차 계획기간 (2018~2019)
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

한편 배출권거래제 참여와 기후기술 혁신을 함께 고려할 시 매출액과 관련하여 유의한 결과가 나오지 않았다(표12). 배출권거래제 참여 시기와 무관하게 2012년에서 2019년 사이 기후기술을 개발하고 배출권거래제에 참여한 기업(cpcdummy*ETS; treated)은 미할당기업에 비해 약 13~16% 매출액이 향상한 것으로 나타났다. 이밖에 통제변수는 앞선 세 번째 검정결과와 동일한 변수들이 유의하게 나타났다.

선행연구에서 Jung et al. (2021)은 일반 특허를 지닌 할당기업은 미할당기업 대비 2.1%의 탄소생산성(매출액/온실가스 배출량) 증진 효과가 있다고 밝혔다. 본 연구에서는 일반 특허가 아닌 기후기술 특허로 한정지어 녹색혁신 성격을 강화했다. 그러나 일반 특허와 같은 종합적인 기업 혁신 변수로 분석할 시 긍정적인 생산성 개선 결과가 나올 가능성도 존재한다.

<표12> 기후기술 개발하고 배출권거래제 참여한

기업의 생산성 개선 효과

변수	거래제 * 기술개발 ETS	거래제 * 기술개발 Phase1	거래제 * 기술개발 Phase2
cpcdummy*ETS (treated)	0.124** (0.06)	0.141** (0.047)	0.15** (0.044)
ETS (period)	-0.084** (0.042)		
Phase1 (period)		-0.07* (0.041)	
Phase2 (period)			-0.014 (0.047)
Treated*Period	**0.046 (0.073)**	**0.033 (0.073)**	**0.015 (0.081)**
ads	0.064*** (0.008)	0.065*** (0.008)	0.066*** (0.008)
cashflow	0.237*** (0.023)	0.241*** (0.023)	0.241*** (0.023)
cashasset	0.109*** (0.012)	0.105*** (0.012)	0.105*** (0.012)
tobin	-119.436*** (25.317)	-120.36*** (25.323)	-122.944*** (25.352)
tangible	0.406*** (0.027)	0.402*** (0.027)	0.402*** (0.027)
debt	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)
상수항	5.54*** (0.346)	5.563*** (0.346)	5.548*** (0.347)
adj R-sq	0.85	0.86	0.86

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

제 5 장 결 론

본 연구는 에너지 집약도가 높고 여유자원이 부족한 중소기업에 정책적 관심이 부족하다는 것에 출발하였다. 중소기업은 한국 기업의 99% 이상을 차지하고 배출권거래제 참여기업 중 약 72%를 차지하지만 이들의 감축 행태와 고충은 대기업이 받는 관심에 비해 여전히 부족한 실정이다. 하지만 중소기업이 온실가스 감축 정책에 효과적으로 대응하지 않을 시, 2026년 도입 예정인 탄소국경조정제도의 Scope 3 규제에 의해 주요 하청 업체인 중소기업의 경제적 타격이 불가피할 것이다. 국민경제에서 중소기업이 갖는 비중이 큰 만큼 국가 및 기업 경쟁력을 위해 적절한 온실가스 감축 대응이 필요할 것이다.

본 연구는 중소기업의 배출권거래제 규제 이행을 배출량 감축 측면에서 살펴보고, 포터가설에 근거해 배출권거래제가 기업들의 혁신성, 생산성 개선을 가져왔는지 검토하였다. 이를 위해 2012년부터 2019년까지 목표관리제(2012~2014년)와 배출권거래제(2015~2019년)에 지속적으로 참여한 할당기업 107개와 목표관리제만 지속적으로 참여한 미할당기업 17개를 주요 연구대상으로 삼았다.

첫 번째 가설은 배출권거래제 정책이 기업들의 감축에 효과적이었을 것으로 가정했다. 분석결과, 거래제 도입 이후 참여 중소기업들은 15%의 감축 효과를 보인 것으로 나타났다. 두 번째 가설은 거래제 시행 이후 할당기업의 기후기술 특허 등록이 증가하였을 것으로 가정했다. 연구결과, 배출권거래제 시행 이후에는 중소기업과 대기업 모두 유의한 결과를 보이지 않았다. 그러나 배출권거래제 시행령(안) 발표 후를 기점으로 봤을 때 중소기업과 대기업 모두 유의한 기후기술 특허 등록 수 증가를 포착하였다. 이를 통해 거래제 시행 전 기업들의 선제적인 감축 노력이 있

음을 확인하였다. 하지만 기업들의 기후기술 혁신이 거래제 시행 이후에 유의한 증가가 없었기에 배출권거래제의 감축 신호가 떨어짐을 지적할 수 있다. 향후 배출권거래제 내 할당량, 벤치마크 제도, 유상할당 등 제도적 요소를 좀 더 엄격히 수정할 필요성이 제기된다. 마지막으로 세 번째 가설은 배출권거래제에 참여한 기업의 경쟁력은 향상했을 것으로 가정했다. 분석결과, 할당기업은 제1차 계획시기 또는 전체 시기에서는 유의한 결과가 도출되지 않았지만, 제2차 계획시기에는 미할당기업 대비 생산성이 증가하는 양상을 보였다. 그러나 기후기술 혁신과 거래제 참여를 함께 고려하였을 때 이 기업들의 유의미한 생산성 증가는 나타나지 않았다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 중소기업의 공시자료 부족으로 중소기업과 중견기업 간 차이는 분석하지 못하였다. 또한 포함된 중소기업들이 대부분 다배출업종에 종사한다는 점도 특징이다. 둘째, 기후기술 특허 변수에서 특허의 개수를 주요 변수로 삼았기 때문에 특허 기술의 난이도, 품질까지 비교하지 못했다. 하지만 한국의 기후기술 발전단계가 ‘성장기’에 60% 이상 포진하였기 때문에(녹색기술센터, 2021), 이후 상당 기업의 기후기술이 ‘성숙기’로 진입할 시 기술의 난이도 및 품질까지 비교하는 연구가 필요할 것이다.

요약하자면, 중소기업에게 배출권거래제 시행이 감축 및 생산성 증진(제2차 계획시기) 측면에서 효과적임을 알 수 있었다. 기술혁신과 관련해, 배출권거래제 시행 이전에는 유의한 감축 노력이 존재하나 배출권거래제 시행 후에는 유의한 혁신 촉진이 나타나지 않음을 알 수 있었다. 배출권거래제 시행 후 특허가 증진되지 않은 원인에 대해 추가적인 분석이 필요하나, 배출권거래제 시행 전 기후기술 특허 증진이 있었기 때문에 중소기업의 투자자원 부족만이 원인은 아닐 것으로 여겨진다. 이를

통해 배출권거래제의 제도적 엄격성을 개선할 필요가 있음을 강조함과 동시에 중소기업에 대한 정부의 지원이 적극적인 관심과 지원이 요구된다. 연평균 8.84개의 기후기술 특허를 등록하는 대기업에 비해 중소기업은 연평균 0.47개의 매우 적은 기후기술 특허를 등록하는 것으로 나타났다. 또한 기술보증기금(2021)의 설문조사 결과, 탄소중립에 준비가 되어 있다고 밝힌 중소기업은 3.2%에 불과하며, 기업별 탄소중립 평균 투자금액은 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. 이에 대해 환경부에서 2022년부터 배출권거래제 할당기업을 중심으로 904억 원 규모의 탄소중립설비를 지원한다는 정책을 제시했다. 2023년에는 증액되어 환경부는 약 1,388억 원 규모의 탄소중립 설비를 지원할 예정이다.[3] 설비 지원에서 더 나아가 기업들이 자발적인 기후기술 혁신을 전개할 수 있도록 정부의 중장기적 지원과 관심이 필요하다.

3) 대한민국 정책브리핑. (2023.01.09.). “환경부, ‘배출권거래제’ 대상업체 탄소중립설비 지원 공모”. https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148910307

참 고 문 헌

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 Brohé & 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

Å 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.

Calel, Raphael and Dechezlepretre, Antoine (2016) Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market. Review of Economics and Statistics, 98 (1), pp. 173-191. ISSN 0034-6535, DOI: 10.1162/REST_a_00470

Carol M. Sanchez. (1997). Environmental regulation and firm-level innovation: the moderating effects of organizational and Invididual-level variables. Business & Society, 36(2), pp.140-168.

DaEun Kim, Sungchan Yeom, and Myeong Chul Ko. (2020). The interactive effect of Governmental Financial Support and Firms' innovative efforts on company growth: A focus on climate-tech SMEs in Korea. Sustainability, 2020, 12, 9666: DOI: https://doi.org/10.3390/su12229666

Du K. and Li J. 2019. Towards a green world: How do green technology innocations 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, 11:11679, DOI: https://www.nature.com/articles/s41598-021-91193-4.

Lukas Hermwille, Wolfgang Obergassel & Christof Arens (2015) The transformative potential of emissions trading, Carbon Management, 6:5-6, 261-272, DOI: 10.1080/17583004.2016.1151552.

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.

Hyemin Park. (2020). Factors to enhance reduction technology development through ETS. Energy Strategy Reviews 29, DOI: https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100489

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

Michael Porter. (1991) America’ s Green Strategy. Scientific American 264: 168.

Porter, Michael E., and Claas van der Linde. 1995. “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship.“ Journal of Economic Perspectives, 9 (4): 97-118. DOI: 10.1257/jep.9.4.97

Shiyue Yao, Xueying Yu, Sen Yan, Shiyan 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.

Stefan Ambec and Barla, Philippe, (2002), A theoretical foundation of the Porter hypothesis, Economics Letters, 75, issue 3, p. 355-360, https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ecolet:v:75:y:2002:i:3:p:355-360.

Stefan Ambec, Mark A. Cohen, Stewart Elgie, and Paul Lanoie. (2010). The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?

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

기술보증기금. (2021). 2021년 중소기업 저탄소ㆍ친환경 경영실태 보고서

기획재정부. (2022.11.24.). “온실가스 감축 촉진 및 현장애로 해소를 위한 배출권거래제 제도개선방안 마련”, Retrieved from https://www.moef.go.kr/nw/nes/detailNesDtaView.do?searchBbsId1=MOSFBBS_000000000028&searchNttId1=MOSF_000000000061986&menuNo=4010100

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. (2020). 2018년도 기후기술 산업통계.

녹색기술센터. (2021). 2020년도 기후기술 산업통계.

모정윤. (2021a). 확률프론티어분석을 이용한 R&D 생산성 추정: 배출권거래제 참여 기업을 대상으로. Journal of Climate Change Research, 12(5-1), pp. 431-441. DOI: https://doi.org/10.15531/KSCCR.2021.12.5.431

모정윤. (2021b). 혁신 활동 및 정책이 탄소 생산성에 미치는 영향: 배출권거래제 참여 기업들을 대상으로. Journal of Climate Change Research, 12(3), pp. 231-239. DOI: https://doi.org/10.15531/KSCCR.2021.12.3.231

박재민 and 김선우. (2010). 녹색기술개발의 비용과 혁신성과에 관한 연구 : 중소기업 생산환경혁신 활동을 중심으로. 기술혁신연구, 18(1), 199-218.

박혜리&박지현. (2021). 탄소국경조정제도(CBAM)의 중소기업에 대한 영향과 해외 정책사례. 대외경제정책연구원 세계경제포커스, 4(53).

산업통상자원부. (2021). 중견기업 기본통계. http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=164993&bbs_cd_n=81&currentPage=61&search_key_n=title_v&cate_n=&dept_v=&search_val_v=

손인성&김동구. (2020). EU 배출권거래제 4기의 핵심 설계 변화 분석과 국내 배출권거래제 3기에의 시사점. 에너지경제연구원 수시 연구보고서 20-02.

신미지&김종대. (2015). 배출권거래제 대응 중소기업 정책방안. 「환경법과 정책」, 14: pp. 171-196.

오형나, 신석하, 주용성, 주효연, 이정복 (2018), 제1차 계획기간(15-17년) 배출권거래제 경제적 영향분석 연구, 경희대학교 산학협력단, 온실가스종합정보센터.

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.

윤순진 and 이승지. (2013). 기후변화 완화정책에 대한 전문가와 이해당사자 입장 분석: 심층면접을 바탕으로. 한국사회와 행정연구, 24(3), 151-187.

이영지. (2021). 배출권거래제의 정책효과 실증연구 - 기업의 온실가스 감축과 배출구성, 경쟁력을 중심으로. 서울대학교 환경대학원 도시계획학 박사 학위논문.

정선양. (2020). 슘페터와 기술혁신: 「경제발전의 이론」 독일어 제1판의 주요 내용과 현대에 대한 시사점. 기술혁신학회지, 23(2), pp. 181-207.

한치록. (2015). 최근 패널자료 연구의 동향. 1-17차년도 한국노동패널 학술대회.

Abstract

An Analysis of the Effectiveness of Emission Trading System on Climate Technology Patents and Productivity of Small and Medium-Sized Manufacturing Companies

Jiyae Yim
Environmental Planning Major
The Graduate School of Urban Planning
Seoul National University

This paper analyzed the impact of the emission trading system, which was introduced in 2015 to reduce greenhouse gas, on climate technology patents, and productivity of small and medium-sized companies. Korea started the target management system in 2011, as a means of regulating greenhouse gas reduction to establish an MRV system for the emission trading system. After that, in 2015, the emission trading system, a market-inducing greenhouse gas mitigation policy, was introduced in earnest. Although the emission trading system has been assessed relatively more effective than the target management system, there are still many controversial factors about the effectiveness of greenhouse gas reduction due to excessive allocation and lack of market liquidity by the second planning period (2018-2020). However, many previous studies proved that the emission trading system has been promoting greenhouse gas mitigation more than the target management system, and argued that the policy should be improved in a long-term perspective.

Meanwhile, Small and Medium-sized companies account for more than 99% of domestic companies and about 72% of companies participating in the emission trading system. As such, the SMEs have significant roles in the national economy, and the importance of reducing Scope 3 as a major partner of large companies in ESG response cannot be overlooked. In addition, dealing with the Scope 3 disclosure has become more important because of the announcement of carbon border adjustment system in 2026 and the U.S. Securities and Exchange Commission's mandatory climate disclosure. If contracts with overseas

companies are not renewed or canceled down due to improper greenhouse gas reduction measures, the resulting damage to the national economy is also expected to be massive. Therefore, it is necessary to preemptively respond to greenhouse gas reduction for domestic SMEs, which is investment in companies and the national economy in the future.

However, it was pointed out that it is relatively difficult for SMEs to respond properly to environmental regulations compared to large companies. It is caused by their high greenhouse gas intensity and energy intensity and lack of spare resources and manpower. Nevertheless, the past studies related to the emission trading system have focused on the effectiveness of reduction of all companies. As a result, there was a lack of interest in whether SMEs are well adjusting and adapting well on environmental regulations, securing a climate technology, and furthermore, whether productivity is not being damaged. Although Korea ranks fourth in global climate technology, few studies have conducted the relationship between the emission trading system and climate technology patents in Korea. Climate technology can be said to have important research significance because it is an indicator that can show the level of Green Growth in Korea.

Based on the Porter Hypothesis, this study analyzed greenhouse gas reduction, climate technology patents, and productivity changes based on the aforementioned environmental regulations related to SMEs. Porter's hypothesis argues that efficient environmental regulation policies can not only improve the environment, but also improve

corporate innovation, and further improve the competitiveness of companies/industries. This study established three hypotheses as follows to test the Potter hypothesis regarding the implementation of the emission trading system for SMEs.

- First, the emission trading system policy would have been effective in reducing greenhouse gas emissions of the SMEs.
- Second, innovation in climate technology development of allocated companies has been promoted since the implementation of the emission trading system.
- Third, the group's competitiveness (sales) improved by participating in the emission trading system.

As a result of the study, it was found that the implementation of the emission trading system had a positive effect on greenhouse gas reduction and productivity for the SMEs. However, the analysis found that there was a more preemptive development of climate technology patents immediately after 2012, when the announcement of the enforcement ordinance of the emission trading system was come out. The reason why the SMEs did not develop technology can be seen to be the problem of institutional robustness of the emission trading system in addition to the lack of free resources. In addition, since the emission trading system did not damage productivity during the period, it is regarded as necessary to provide incentives to companies to promote climate technology through institutional use of quotas,

allocation methods, and benchmarking of the emission trading system in the future.

keywords : Emission trading system, SMEs, greenhouse gas mitigation, climate technology patent, corporate competitiveness, Porter hypothesis
Student Number : 2021-23163