



간행처
간행인
발행처
발행일
발행주체
발행형태
발행빈도
발행권역
발행언어
발행가격

탄소배출권 거래제와 온실가스 배출량의 재무적 설명요인에 관한 연구

이정미, 윤성호, 전택승

To cite this article : 이정미, 윤성호, 전택승 (2023) 탄소배출권 거래제와 온실가스 배출량의 재무적 설명요인에 관한 연구, 정부회계연구, 21:2, 1-32

① earticle에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 학술교육원은 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.

② earticle에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포, 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우, 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

www.earticle.net

탄소배출권 거래제와 온실가스 배출량의 재무적 설명요인에 관한 연구*

이정미**

윤성호***

전택승****

국문요약

우리나라는 기후변화에 대응하기 위한 온실가스 배출량 감축의 정책수단으로서 온실가스 목표관리제를 통한 배출권거래제를 도입하여 시행하고 있다. 온실가스 배출권 거래제는 1기, 2기, 3기의 계획기간을 설정하여, 각 기간별로 할당량과 운영목표를 달리하여 진행하고 있다. 1기는 2015~2017로 전량 무상할당으로 운영하였고, 2기는 2018~2020으로 유상할당 비율 3%를 적용하였으며, 3기는 2021~2025로 유상할당비율을 10% 적용하고 있다.

이에 본 연구는 국가온실가스 종합관리시스템(NGMS)의 업체별 온실가스배출량 정보와 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 결합하여 866개 기업에 대해서 2011년부터 2021년까지 11년간의 패널자료를 구성하여, 탄소배출권 거래제의 실효성을 검증하고, 할당량의 비율과 운영목표를 달리한 시기별 차이를 분석하였다.

실증분석 결과 탄소배출권 정책과 무관하게 매출액의 증가는 온실가스 배출량을 증가시키지만 배출권 시행 1기와 2기의 매출액에 대한 배출량의 순수 변동효과는 모두 음수로 나타나서 탄소배출 저감에 기여한 것으로 판단된다. 아울러 전액무상할당의 1기보다 유상할당이 포함된 2기에 감축효과가 더 크게 나타났다. 산업별로 탄소배출권 거래제 1, 2기의 효과를 분해하여 분석한 결과, 산업별로 1기와 2기의 효과가 다르게 추정되었다. 또한 기업의 재무지표 분석을 통해서 기업의 건전성을 나타내는 순이익률과 자산회전율은 탄소배출량과 음의 관계를 가짐을 보여주었다.

■ 한글색인어: 온실가스 배출량, 탄소배출권 거래제, 기업 재무정보, 탄소배출 감축 정책

* 논문접수일: 2023년 6월 19일, 논문심사일: 2023년 6월 19일, 게재확정일: 2023년 7월 4일
이 논문은 이정미 박사학위논문(2023.8)의 일부를 수정 보완하여 게재하였음

** 제1저자, 경희대학교 경제학 박사, E-mail: jung@kipf.re.kr

*** 제2저자, 한국조세재정연구원 국가회계재정통계센터 결산팀장, E-mail:shyoon@kipf.re.kr

**** 교신저자, 경희대학교 경제학과 교수, E-mail: tj32k@khu.ac.kr

1. 서론

지구온난화와 생태계 파괴를 우려하는 흐름에 따라 전 세계는 92년 리우회의를 필두로, 97년 교토의정서에서 선진국 위주로 온실가스 감축노력을 기울였으나 국가간 갈등이 야기되면서 불참국 확대로 성과를 내지 못하다가, 2015년 파리협정을 통해 모든 가입국이 온실가스 감축 및 기후변화 대응에 합의하였다. 우리나라도 1990년 환경정책기본법을 제정하고 2010년 저탄소 녹색성장기본법을 제정하면서 환경에 대한 정책과 제도를 마련하였다.

최근 각국은 탄소중립 목표 및 국가별 온실가스 감축목표를 설정하고 탄소배출량을 줄이도록 유도하는 유인정책 수단으로서 탄소배출에 가격을 부여하는 다양한 탄소가격제를 시행하고 있다. 대표적인 제도로는 온실가스 배출에 대해 세금을 부과하는 탄소세와 온실가스 배출업체에 할당을 부여하고 사업장간 거래를 허용하는 탄소배출권 거래제가 있으며 최근 들어 EU와 미국을 중심으로 탄소국경조정제도의 도입이 논의되고 있다.

우리나라는 배출량 감축의 정책수단으로서 온실가스 목표관리제를 통한 배출권거래제를 도입하여 시행하고 있다. 정부는 기업의 온실가스 감축을 위해 2009년부터 국가 온실가스감축 목표의 수단으로서 온실가스 목표관리제를 시행하였으나 감축목표치 설정의 어려움과 기업의 비용부담 등 한계에 봉착하였다. 이에 2015년부터 교토의정서에 규정된 온실가스 감축체제인 배출권거래제를 도입하였다. 온실가스 배출권 거래제는 1기, 2기, 3기의 계획기간을 설정하여 각 기간 별로 할당량과 운영목표를 달리하여 진행하고 있다. 1기는 2015년~2017년 제도 안착시기로서 전량 무상할당으로 운영하였고, 2기는 2018년~2020년으로 유상할당 비율 3%를 적용하였으며, 3기는 2021년~2025년까지 유상할당비율을 10%로 확대 적용하여 운영하고 있다.

이에 본 연구는 탄소 배출권거래제가 탄소배출을 감축하는데 기여했는지를 실증적으로 분석하고자 한다. 특히, 탄소 배출권거래제 시행으로 기업의 매출액과 여타 재무지표에 따른 차별적인 효과가 발생되었는지를 알아보하고자 한다. 이를 위해서 우리나라 기업의 2011년부터 2021년까지 NGMS의 업체별 온실가스

배출량 정보와 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 결합하여 배출량 감축의 정책 수단인 탄소배출권 거래제의 실효성을 검증하고, 할당량의 비율과 운영목표를 달리한 각 시기별 차이를 검증하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2장에서는 산업별 온실가스 배출현황과 기업별 온실가스 배출현황을 검토한다. 제3장에서는 탄소배출권 거래제의 전세계적 추이와 우리나라의 도입배경과 운영현황을 살펴보고 관련 선행연구를 검토한다. 제4장에서는 2011년부터 2021년까지 11년간의 기업별 온실가스 배출량과 기업의 재무정보를 결합하여 구축한 패널자료의 설명과 기초통계량을 살펴본다. 아울러 탄소배출권 거래제 시행 시기에 대한 설명과 온실가스 배출량과 매출액의 분포추이를 살펴보고, 이 분포에 기반하여 분석에 사용된 모형에 대해 설명한다. 제5장에서는 모형의 분석 결과인 탄소배출권 거래제 시행의 1기와 2기의 효과를 검증하고, 산업별로 1기와 2기에 어떤 변화를 보이는가를 살펴본 후, 분석의 한계점과 향후 연구의 방향성을 제시한다. 마지막으로 제6장에서 결론으로 마무리한다.

II. 우리나라의 온실가스 배출 현황

2.1. 국가 온실가스 배출현황

우리나라의 국가온실가스 배출량 추이를 살펴보면 2010년 약 6억 6천만톤에서 지속적으로 배출량이 증가되어 2018년 7억 3천만 톤으로 정점을 찍고 현재 6억 8천만톤을 기록하고 있다. 정부는 2022년 6월, 2021년도 잠정배출량을 공개¹⁾했는데, 전년보다는 3.5% 증가했으며 정점인 2018년보다 6.5% 낮게 나타났다고 보도했다. 그래프를 살펴보면 2018년 이후 급격히 감소하여 2020년 6억 6천만톤으로 10년 전인 2010년과 유사한 배출량을 나타냈으나, 이는 경기둔화 및 생산활동 감소로 이어진 코로나19의 여파로서 낮아진 결과이다. 즉, 2020년의 수치는 일시적인 배출량 감소로서 전 세계의 생산활동이 회복되고 이동수요

1) 환경부, 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 공개, 보도자료, 2022.6.28.

가 증가하면서 2021년 온실가스 배출량은 세계적으로 증가하였다.

〈그림 1〉 2010년 이후 국가 온실가스 배출량 추이



자료: 환경부, 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 공개, 보도자료, 2022.6.28.

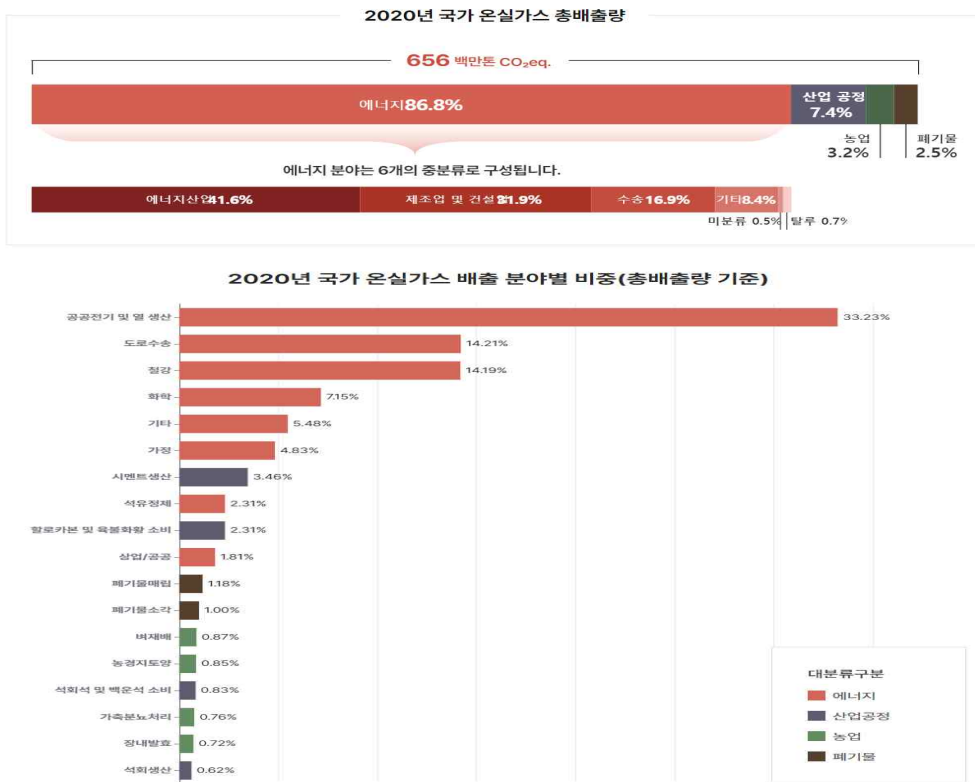
정부의 잠정배출량 보도자료에 의하면, 우리나라의 배출량 증가율은 3.5%로 전세계 평균인 5.7%에 비해서 낮은 수준이고, 주요국인 미국은 6.2%, 유럽연합은 7%, 중국은 4.8%인 것을 감안하면 소폭 증가한 것으로 보도하고 있다. 그러나 이 수치는 코로나 19로 세계경제가 급격히 위축되었던 기저효과가 반영된 전년 대비 증가율이므로 미국, EU의 증가율뿐만 아니라 다양한 지표들과 함께 비교해야 할 필요가 있다.

2.2. 산업·기업별 온실가스 배출 현황

우리나라는 다른 국가들에 비해 제조업 비중이 높고 탄소를 많이 배출하는 산업구조를 가지고 있다. 이는 2020년 산업분야별 국가온실가스 배출량에서도 확인할 수 있다. 우리나라의 국가온실가스 배출량은 1996년 이후 정부 간 협의체(IPCC) 지침에 따라 5개 분야의 대분류(에너지, 산업공정, 농업, 폐기물, LULUCF)로 나누고 20개의 중분류, 90여개의 소분류로 나뉘지고 있다. 5개 분류 중 산업이 차지하고 있는 에너지와 산업공정을 합한 온실가스 배출량은 약 94.2%로 국가 배출량의 대다수를 차지한다. 압도적 비중인 86.6%를 차지하는 에너지분야를

살펴보면 산업에 해당되는 분야는 공공전기를 생산하는 발전분야가 33%를 차지하고 철강분야가 14.1%이고 화학이 7.2%, 시멘트가 3.5%를 나타내고 있다. 에너지분야에서 산업분야에 포함되지 않는 것은 도로수송(14.2%)과 가정 및 상업공공(6.6%)이 전부이다. 우리나라의 이런 탄소 다배출 산업구조는 이후 어느 부문에 탄소 저감을 위한 정책적 노력이 필요한가를 보여주는 가늠자가 된다.

〈그림 2〉 2020년 산업분야별 국가온실가스 배출량



자료: 그래프로 알아보는 국가 온실가스 배출량, 한국에너지기술연구원 기술정책플랫폼

이에 탄소배출량이 가장 많은 산업분야인 철강산업, 석유화학산업, 시멘트산업, 반도체, 디스플레이산업에 대한 전체적인 상황과 탄소배출 현황을 살펴보고자 한다. 특히 우리나라와 같이 수출의존도가 높은 경제구조에서 산업 경쟁력은 국제 경쟁력과 동시에 이루어져야 하는데, 이러한 탄소다배출 산업구조로는

RE100, 탄소국경조정제도 등을 비롯하여 국제적 환경경쟁력을 확보할 수 없으므로 산업구조 변화와 기술개발을 통한 산업생태계의 대 변화가 요구되는 시점이라고 할 수 있다.

먼저 철강산업을 살펴보면, 철강은 생산량 세계 6위, 수출 세계 3위로 높은 설비 및 품질경쟁력을 가지고 있으나, 온실가스를 대량 배출하는 산업이다. 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 통계에 의하면 국가 내 온실가스 배출량의 약 14%를 차지하여 산업부분에서는 가장 많은 탄소를 배출하는 분야이다. 철강산업은 고로에 높은 온도와 압력을 이용하여 철광석과 석탄 등을 가열하고 처리하여 철강을 생산하는 과정에서 대량의 에너지가 사용되고 탄소가 배출된다. 둘째, 석유화학 산업을 살펴보면, 생산규모면에서 세계 4위, 국내 제조업에서 5위를 기록하는 산업으로서, 주원료는 원유, 천연가스, 석탄 등인데, 주로 원유에 의존하고 있다. 석유화학은 에너지 집약적이며 원료지향형 산업으로 탄소 직접배출량은 철강에 이어 2위이며 간접배출량 역시 상당한 수준이다. 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 통계에 의하면 국가 내 온실가스 배출량의 약 7%를 차지하여 제조업 중 철강 다음으로 높은 배출량을 보인다. 셋째, 시멘트 산업은 건설에 필요한 시멘트를 생산하는 산업으로서, 생산된 시멘트는 대부분이 국내에서 소비되므로 수출에 대한 비중은 낮은 편이다. 그러나 이 산업은 탄소집약적 산업으로 다량의 탄소를 배출하는 탄소다배출 산업이다. 시멘트 산업의 공정과정은 석회석 공정, 원료 공정, 소성 공정, 시멘트 분쇄 및 출하 공정으로 나뉘지며 석회석 원료를 더 작게 분쇄하고 고온에서 혼합하는 과정이다. 즉, 먼저 원자재인 석회석과 굴착된 석탄 등을 가열하여 클링커(Clinker)를 생산하고, 이후 클링커와 석고(Gypsum)를 혼합하여 시멘트를 생산하는 과정이다. 이 중에서 앞선 과정이 대부분의 탄소배출량을 발생시키는 원인으로 지목되고 있다. 네 번째로 반도체와 디스플레이 산업은 다른 산업에 비해 직접 배출량이 적다. 그러나 관련 연관업체를 통한 간접배출량이 직접 배출량의 약 20배를 초과하는 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 반도체 및 디스플레이는 국가경제의 주요한 수출산업으로서, 세계 시장 점유율이 세계 1~2위를 차지하고 있다. 다른 다배출 산업(철강, 화학, 시멘트)은 공정전환 및 설비교체 등 산업의 구조를 전면적으로 변경해야만 탄소

저감효과를 기대할 수 있는 반면, 반도체·디스플레이 산업은 단기적으로는 배출 제어를 통해 감축률을 확대할 수 있고, 장기적으로는 F가스를 대체하고 저감장치 효율을 향상하면 높은 감축효과를 거둘 수 있으므로 단기적으로 탄소배출을 가장 많이 저감할 수 있는 산업분야이다.

이제 30대 기업의 분야별 배출량과 최고 배출 기업을 살펴보자. 산업별로도 탄소다배출 산업의 치증현상이 나타나듯이, 기업별로도 약 30대 기업의 배출량이 전체 배출량의 약 70%를 차지하고 있다. 최고기업의 배출량을 살펴보면, 우리나라의 기업별 배출량 중 1위는 철강산업의 포스코다. 철강분야는 전체 배출량의 약 17%를 차지하는데 그중에서 포스코와 현대제철이 대부분을 차지하고 있다. 전기생산을 담당하고 있는 한국전력 소속의 5개 발전사가 2위부터 6위를 나타내고 있다. 5개 발전사 모두 석탄화력 발전으로서 원재료로 유연탄을 사용하여 막대한 양의 탄소배출을 기록하고 있다. 5개사의 탄소배출량은 전체 배출의 약 1/4을 차지하고 있으며 현재 국가차원에서 온실가스 감축을 위한 발전소 폐쇄전략이 꾸준히 진행되고 있다. 철강, 발전에 뒤를 이어 탄소배출량이 많은 기업은 반도체 제조업인 삼성전자로서 8위를 기록하고 있다. 반도체와 디스플레이분야에서는 우리나라의 대표 반도체 기업인 삼성전자와 SK하이닉스가 속해 있으며, 디스플레이 업종으로 삼성 디스플레이와 LG디스플레이가 30대 배출기업에 포함된다. 시멘트 제조업에서 1위 기업은 쌍용씨앤이로 2021년도 기업 배출량에서 9위를 차지하고 있다. 시멘트 제조업은 30위 안에 5개의 기업이 속해 있는데, 삼표시멘트, 성신양회, 한라시멘트, 한일시멘트가 그곳이다. 시멘트 제조는 전통적인 탄소 다배출 산업으로서 공정과정에서 특히 많은 탄소를 배출하고 있다. 공정과정의 개선을 포함하여 폐자원 활용 및 탄소포집 기술 활용 등의 다양한 정책이 필요하다. 화학분야도 30위 안에 4개의 화학제조업이 존재하는데, 그중에서 가장 많은 탄소를 배출하는 기업은 LG화학으로서 11위를 기록하고 있다.

〈표 1〉 30위 기업의 분야별 배출량과 비중 및 최고 배출기업

(단위: tCO₂-eq)

분야	탄소배출량	기업 총 배출량 대비 비중	국가 총 배출량 대비 비중	최고 배출기업
발전	204,559,763	33.3%	30.1%	한국남동발전_2위
정유	32,707,345	5.3%	4.8%	S-oil(주)_10위
철강	106,973,163	17.4%	15.7%	포스코_1위
화학	25,194,248	4.1%	3.7%	LG화학_11위
시멘트	30,272,629	4.9%	4.5%	쌍용씨앤이_9위
반도체 분야	반도체	19,016,041	3.1%	삼성전자_8위
	디스플레이	9,459,573	1.5%	
총합계	428,182,762	69.6%	63.0%	

주: 발전분야는 전기를 생산하여 산업을 비롯한 각종 부문에 공급하므로 이 분류에는 중복이 포함되어 있으나 현재 중복을 명확히 제거할 수 있는 측정기준이 마련되지 않아 NGMS 배출량 기준에 따라 비중계산
 자료: 국가온실가스종합관리시스템(NGMS), 2021년도 업체별 명세서 주요정보('22.12.21 기준)

Ⅲ. 탄소배출권 거래제 및 선행연구

3.1. 전 세계의 탄소배출권 거래제 동향

최근 각국은 탄소중립 목표 및 국가별 온실가스 감축을 위해 탄소배출에 가격을 설정하여 배출량을 줄이도록 유도하는 유인정책으로 여러 가지 수단을 사용하고 있다. 가장 대표적인 제도로는 온실가스 배출에 대해 일정액의 세금을 부과하는 탄소세와 온실가스 배출업체에 할당을 부여하고 사업장간 거래를 허용하는 탄소배출권 거래제가 있으며 그 외 EU와 미국을 중심으로 탄소국경조정제도의 도입이 논의되고 있다.

〈그림 3〉은 전세계 탄소세 및 탄소배출권 거래제 시행현황으로서 세계 각국은 탄소배출권 거래제를 가장 많이 시행하고 있으며, 탄소세와 배출권 거래제를 함께 병행하는 나라들이 다수 있는 것으로 나타났다. 탄소세와 배출권 거래제를 병행하는 나라들은 배출권 가격변동시 보완수단으로 탄소세를 사용하고 있다.

〈그림 3〉 전세계 탄소세 및 탄소배출권 거래제 시행현황



원자료: Worldbank, “State and Trends of Carbon Pricing”, 2021

자료: “태정림(2022), 탄소가격제도 운영현황 및 시사점, 국회예산정책처”에서 재인용

3.2. 우리나라의 탄소배출권 거래제

우리나라는 기업의 온실가스를 관리하기 위해 2009년부터 국가 온실가스감축의 수단으로서 온실가스 목표관리제²⁾를 시행하였다. 온실가스 목표관리제는 해당 기업의 과거 3년간 배출 실적과 경제 상황, 생산량 예상, 온실가스 감축 계수 등을 포괄적으로 고려하여 감축 목표치를 설정하고 이를 달성하지 못할 경우 과태료를 부과하였다. 그러나 이러한 목표관리제는 감축목표치 설정의 어려움과 기업의 비용부담 등 한계를 가져서 정부는 2015년부터 배출권거래제³⁾를 도입하였다.

온실가스 배출권거래제는 교토의정서에 규정된 온실가스 감축체제로서, 온실가스를 배출하는 기업을 대상으로 연간 배출권을 할당하고, 할당된 기업의 온실

2) 저탄소 녹색성장 기본법에 따른 국가 온실가스 감축 목표(2030년까지 2017년도 배출량의 1000분의 244 감축)를 달성할 수 있도록 일정 수준 이상의 온실가스를 배출하고 에너지를 소비하는 업체 및 사업장을 관리업체로 지정하여 온실가스 감축목표, 에너지 절약목표를 설정하고 관리하기 위한 제도(NGMS 제도 소개).

3) 배출권거래 제도란 기업에게 온실가스 배출권을 할당하고, 할당 범위 내에서 자유롭게 여분 및 부족분의 기업 간 거래를 허용하여 온실가스를 감축하는 방식으로, 기업은 스스로의 감축 여력에 따라 온실가스 감축 또는 외부 배출권 구입 등을 선택할 수 있다.

가스 배출량을 평가하여 배출권 잉여기업과 배출권 부족기업 간 거래를 허용하는 제도이다. 우리나라 배출권거래제는 2010년 제정된 저탄소 녹색성장기본법에 의거, 온실가스 배출권 할당 및 거래에 관한 법률이 제정되어 2015년부터 시행되고 있다.

우리나라는 탄소배출권 거래제를 제1기, 제2기, 제3기로 나눠서, 시기별로 주요 목표와 할당의 비중을 달리 적용하여 운영하고 있다. 제1기는 제도의 안착기로서 할당량의 100%를 전량무상으로 지급하였고, 제2기는 실질적 온실가스 감축을 시작하는 시기로서 기업에 할당되는 배출권의 3%를 유상으로 할당하였다. 1기의 전량 무상할당에는 배출량기반할당이 적용되었는데, 이는 오염자부담원칙이 적용되지 않는 부작용이 우려되었다. 즉, 현재의 배출량에 비례하여 이후의 배출량을 결정하므로 1기에는 감축의 유인효과가 반감되었으며, 오히려 이후 배출권 할당을 많이 받기 위해 감축하지 않는 역효과가 초래되기도 하였다. 이는 임형우 외(2020)에서 무상배분 중심 배출권거래제의 과도한 배출권 배분이 기업의 탄소효율성 개선을 저해할 수 있다는 결과와 결을 같이 한다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 2기에는 벤치마크 할당방식을 적용하여 해당산업의 기업에서 중위값을 기준으로 저배출 기업에게는 더 많은 배출권을 할당하고, 고 배출기업에게는 더 적은 배출권을 할당하는 방식을 적용하고 기업의 부담과 재정확보를 위해 유상할당비중을 3%로 증가하였다. 그리고 제3기는 적극적으로 온실가스를 감축하는 시기로서 배출권의 10%를 유상할당으로 확대하였다. 그러나 이러한 할당비중은 다른 나라들과 비교하여 매우 낮은 수준인데, EU ETS는 2020년 기준 유상할당의 평균 비율이 57%이며, 캘리포니아는 32%, 미국 발전분야의 의무화된 배출권 거래제인 RGGI는 100% 유상할당을 적용⁴⁾하고 있다. 유상할당이 기업에게는 부담으로 작용하지만, 이 재원은 재정수입으로 전환되어 온실가스감축을 위한 재생에너지 산업육성이나 기업의 비용증가로 인한 물가 상승 등을 보전하는 여러 가지 재정수단으로 작용하게 된다. 특히, 연구자들은 무상할당의 비율(1기: 전량 무상, 2기: 97% 무상, 3기 90% 무상)이 지나치게 높아서 제도의 실효성 및 속도를 따라가기에 역부족이라는 지적을 내놓고 있다.

4) 송홍선, 2050 탄소중립과 배출권거래제의 활성화, 자본시장연구원, 이슈보고서 21-23.

〈표 2〉 배출권거래제의 시기별 주요 목표 및 제도운영 현황

구분	제1기('15~'17년)	제2기('18~'20년)	제3기('21~'25년)
주요 목표	경험축적 및 거래제 안착	상당수준의 온실가스 감축	적극적인 온실가스 감축
제도 운영	인정범위 등 제도의 유연성 제고 MRV 집행 위한 인프라 구축	범위확대 및 목표 상향조정 배출량 보고·검증 기준고도화	자발적 감축유도 제3자 거래제 유동성 공급 확대
할당	전량 무상할당 목표관리제 경험 활용	유상할당 개시 (무상: 97%, 유상: 3%) 벤치마크 할당방식	유상할당 비율 확대 (무상: 90%, 유상: 10%) 선진적 할당방식 정착

자료: 국가온실가스종합관리시스템(NGMS), 배출권 거래제도 소개

3.3. 선행연구

온실가스 배출량과 기업의 재무적 요인을 연결하여 관계를 분석한 국내연구는 많지 않다. 탄소효율성과 기업성과간의 관계를 분석한 연구는 신동현(2019)과 모정윤(2022)이 있다. 그 외 임형우, 김재혁, 신동현(2020)은 배출권 과다배분 하에서 탄소효율성과 기업성과의 관계를 분석하였는데, 이 역시 신동현(2019)과 맥을 같이 한다. 신동현(2019)은 국가온실가스 종합관리시스템을 통해 2012~2018년까지 362개의 유가증권 시장에 상장된 기업을 대상으로 국내 기업의 탄소효율성 현황을 분석하였다. 패널회귀분석을 통해 실제로 2015년을 기점으로 탄소효율성을 검증하였고 분석 결과, 2015년을 기점으로 CO₂ 배출량은 유의적으로 감소하였음을 검증하였다. 임형우, 김재혁, 신동현(2020)은 배출권거래제 시행 직후 탄소비효율적인 기업의 평균 수익률이 더 높게 나타났으며, Fama-MacBeth 분석 및 GRS 검정 결과 이러한 효과가 유의함을 보여주었다. 즉, 무상배분 중심의 배출권거래제에서 과다한 배출권이 배분된다면 기업의 탄소효율성 개선을 저해할 수 있음을 지적하였다. 추가적으로 모정윤(2022)에서는 기업의 연구개발비 지출이 탄소집중도를 낮춘다고 보고하였고, 탄소집중도를 탄소배출량을 매출액으로 나눈 값으로 정의하였다. 그러나 이러한 접근법은 기업의 생산활동에 따른 탄소배출이 기업의 운영전략이나 산업별 특성에 따라 달라질 수 있음을 충실히 반영하기는 어려운 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 기업의 생산활동과 탄소배출량간의 관계 자체가 배출권거래제 도입에 따라, 거래제 시기별로 어떻게 변화하

는지를 살펴보고자 한다. 아울러 기업의 운영효율과 이익률의 영향 및 산업별 특성에 따른 변화를 파악하고자 듀퐁분석과 산업별 감축효과를 살펴보고자 한다.

국내연구는 미진하지만 해외에서는 환경성과나 탄소효율성이 기업의 성과와 어떤 관계가 있는가에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 이러한 연구들은 과거부터 두 가지 논쟁적 연구가 진행되었는데, 하나는 탄소감축이 기업의 경쟁력을 개선하여 기업의 성과를 높일 것이라는 주장이었고, 두 번째는 탄소배출량 증가가 기업의 성과에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 연구였다. 그러나 온실가스 배출이 전지구적 위기로 등장하고 산업혁명 이후 인류가 뿜어낸 이산화탄소가 주범임을 확실시하는 2015년 파리협정 이후에는 탄소배출량 증가가 기업의 성과에 긍정적 영향을 미친다는 연구는 거의 존재하지 않는 것으로 파악된다.

이에 탄소영향 및 환경영향이 기업성과에 미치는 관계를 분석한 해외연구를 살펴보면, 다음과 같다. In et al. (2019)은 탄소효율성과 기업 수익률의 관계를 검증하였는데, 탈탄소화에 대한 시장 평가를 2005년 1월~ 2015년 12월까지 미국 기업 736개의 74,486개 관측치를 분석하여 기업 차원의 탈탄소화, 재무적 특성, 주가 수익률 간의 관계를 실증적으로 조사하였다. Gallego-Álvarez et al.(2015)은 탄소배출량과 기업의 재무 및 운영성과에 미치는 영향을 분석하였다. 21개 국가 89개 기업의 연도별 자료를 바탕으로 기업규모, 업종, 성장성, 지속가능성 지수, 법제도 등을 통제변수로 패널분석을 수행하였다. 분석결과 온실가스배출량 감축이 재무성과에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. Lee et al.(2015)은 2003~2010년까지 362개 기업을 대상으로 패널분석을 실시하였으며, 탄소배출량과 기업의 환경성과(친환경 R&D) 및 기업의 재무성과 사이의 관계를 분석하였다. 분석 결과, 탄소 배출량 감소와 친환경 R&D 증가가 기업성과 개선으로 나타났음을 분석했다. Alexopoulos et al.(2018)은 그리스 제조업을 대상으로 ROE와 FP를 재무성과 지표로 사용하여 분석한 결과, 환경성과가 재무성과에 영향을 미치는가는 확인되지 않았으나, 재무성과가 우수한 기업이 더 나은 환경성과를 달성하는 것으로 파악되었다.

Ⅳ. 자료의 기초통계량과 모형 설정

4.1. 자료설명

온실가스 정보관리센터인 NGMS는 온실가스목표관리제와 탄소배출권거래 제도를 소개하고 이에 대한 기업 및 배출량 정보를 매년 공개하고 있다. NGMS는 2011년부터 업체별 온실가스 배출정보를 제공하고 있으며 11년차인 2021년 업체별 온실가스 배출량까지 공개되어 있다. 이와 같이 제공되는 각 연도의 업체별 온실가스 배출량 정보는 매해 각각 할당대상 업체에 대하여 조사하고 공개하므로, 데이터베이스화 되어 있지 않다. 즉, 매해 기업의 명칭이 통일되어 있지 않고 때로는 같은 기업이 중복되어 포함된 사례도 존재하였다. 이에 대해 11년간의 기업별 연도별 패널자료를 사용하기 위하여 중복기업을 제거하고 기업의 회사명 변경 및 업종변경 등으로 인한 연간배출량의 불일치를 조정하였다. 기업의 명칭불일치와 중복, 그리고 회사명 변경 및 인수합병 등으로 변화된 기업을 찾아 연결하여 최종적으로 866개 기업에 대해서 2011년부터 2021년까지 11년간의 기업별 연도별 온실가스 배출량의 패널자료를 구성하였다.

이렇게 정리된 기업의 온실가스 배출량 정보와 기업별 재무정보를 결합하기 위하여 기업별 재무정보를 제공하고 있는 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 활용하였다. NICE 기업 재무정보는 기업의 특성을 나타내는 기업 개요정보와 재무상황을 나타내는 매출액, 영업이익, 당기순이익, 총자산, 총부채, 총자본 등의 재무정보로 구분된다. NICE 자료의 특성상 기업재무정보는 현재(2021) 시점을 기준으로 기업규모, 산업구분, 상장구분을 수집하였다. 기업규모는 대기업, 중소기업, 중견기업, 기타로 구분되어 있으며, 상장구분은 코스피, 코스닥, 코넥스를 상장에 포함하고 제3시장과 대상아님을 0으로 취급하였다. 재무정보는 해당 시점의 기업에 대하여 연도별 재무정보를 취합하여 두 자료를 결합하였다. 이렇게 결합된 자료를 바탕으로 기업의 재무정보가 온실가스배출량에 미치는 영향과 탄소배출권거래제에 대한 유효성 분석을 실시하였다. 또한 산업별로 배출권 시행 기간에 따른 감소효과도 분석에 포함하였다.

4.2. 기초통계량

분석에 사용된 자료의 기초통계량을 살펴보기 위해 분석변수의 기본적인 통계량과 함께 연도별 탄소배출량과 기업 재무정보의 평균값 추이를 살펴보았다.

〈표 3〉 분석에 사용된 기초통계량

(단위: 천톤co2_eq, 10억원)

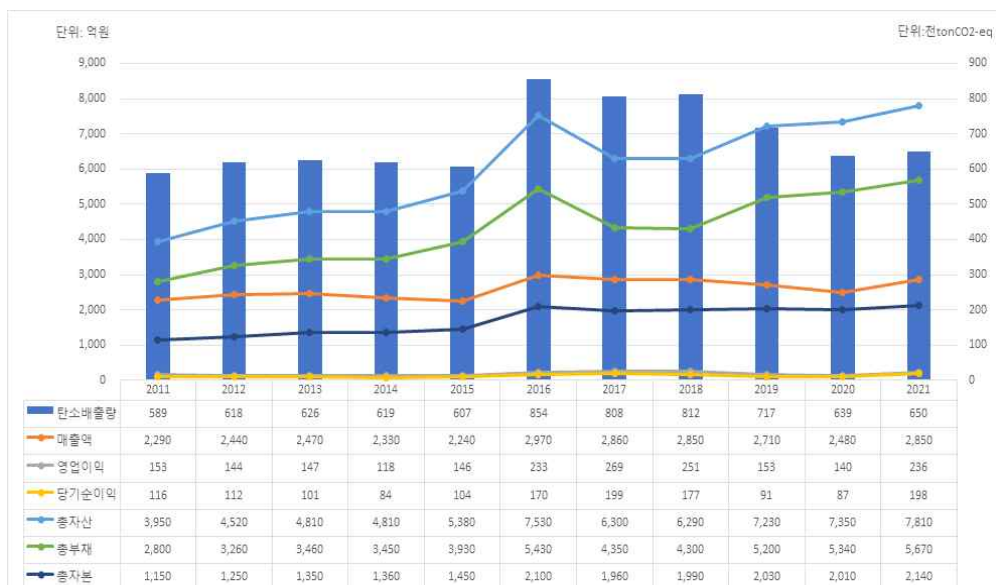
	N	mean	sd	min	max	p25	p50	p75	p95	p99
탄소배출량	7,654	797.3	4,656.5	0.00	80,597	16.5	45.9	166	2,483	15,096
매출액	7,654	2,689.9	11,492	0.00	279,605	71.6	250	902	13,319	48,740
레버리지	7,654	-8.28	91.48	-187.5	988.3	0.50	1.06	2.02	6.77	20.74
총자산 수익률	7,654	0.04	0.12	-3.47	0.68	0.01	0.04	0.08	0.16	0.28
자산회전율	7,654	1.03	0.77	0.00	11.48	0.57	0.87	1.30	2.29	3.96
순이익률	7,654	-0.18	10.96	-795.8	1.00	0.02	0.04	0.09	0.22	0.36
대기업 더미	7,654	0.23	0.42	0	1	0	0	0	1	1
중소기업 더미	7,654	0.28	0.45	0	1	0	0	1	1	1
중견기업 더미	7,654	0.48	0.50	0	1	0	0	1	1	1
상장여부	7,654	0.38	0.49	0	1	0	0	1	1	1
발전산업 더미	7,654	0.05	0.22	0	1	0	0	0	1	1
철강산업 더미	7,654	0.06	0.24	0	1	0	0	0	1	1
화학산업 더미	7,654	0.08	0.27	0	1	0	0	0	1	1
시멘트 산업 더미	7,654	0.02	0.13	0	1	0	0	0	0	1
반도체 산업 더미	7,654	0.05	0.22	0	1	0	0	0	1	1
디스플레이 산업 더미	7,654	0.02	0.13	0	1	0	0	0	0	1

자료: NGMS 업체별 온실가스 배출량과 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 결합한 패널자료

탄소배출량의 경우 2015년까지 약 60만 tonCO₂-eq를 기록하였으나 2016년 급격한 상승을 일으켜 80만 tonCO₂-eq 이상을 기록하였다. 이는 탄소배출권 거

래제 시행 직후 무상배분 중심의 배출권거래제에서 과다한 배출권이 배분되었음을 지적한 임형우 외(2020)의 연구결과를 반영한다. 아울러 총자산과 총부채도 탄소배출량과 유사한 패턴을 나타내다가 최근 들어 2020년 이후부터 탄소배출량은 감소하고 자산과 부채는 증가하는 현상을 보이고 있다. 기업의 매출액 평균은 지난 10년간 큰 폭의 변동은 보이지 않고 있다.

〈그림 4〉 연도별 탄소배출량과 기업의 재무정보 추이(평균값)



자료: NGMS 업체별 온실가스 배출량과 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 결합한 패널자료로 저자분석

산업별 탄소배출량과 기업 재무지표의 기초통계량을 배출권거래제 시기별로 나누어 살펴보았다. 전체 기간과 배출권거래제 시행전과 이후 1기, 2기로 구분하여 산업별로 탄소배출량과 매출액을 포함하여 영업이익, 당기순이익, 총자산, 총부채, 총자본의 기초통계량을 살펴보았다. 산업분야별로 분포하고 있는 기업 수를 거래제 기간별로 표시하였고, 탄소배출량과 매출액 등의 재무정보는 모두 평균값으로서 기업당 배출량과 재무지표를 의미한다.

이제 산업별로 거래제 기간에 따른 변화를 배출량과 매출액에 대해서만 살펴보고자 한다. 탄소배출량의 경우 전체적으로는 1기에는 상승하고 2기에는 감소

한 것으로 나타났다. 발전의 경우 1기와 2기 모두 감소하였고, 시멘트는 2기에 감소하였다. 그러나 철강, 화학, 반도체, 디스플레이 산업의 기업당 평균 배출량은 1, 2기 모두 증가한 것으로 나타났다. 다음은 매출액의 변화를 살펴보면, 전체적으로는 매출액은 증가하는 경향을 보였는데, 1기의 증가폭이 2기에 비해 컸다. 산업별로는 반도체와 디스플레이의 경우 1, 2기 모두 평균 매출액이 상승하였고, 발전은 1, 2기 모두 평균 매출액이 감소하였다. 그 외 철강과 화학은 1기에 매출액이 다소 감소하였으나 2기에는 상승하였다.

〈표 4〉 산업별 탄소배출량과 기업재무지표의 평균값(배출권 거래제 시기별)
(단위: 천tonCO₂-eq, 10억원)

		기업수	탄소 배출량	매출액	영업 이익	당기 순이익	총자산	총부채	총자본
전 체 기 간	발전	385	7,056	3,040	189	92.4	8,740	5,410	3,330
	철강	449	2,553	2,560	154	76	3,380	1,590	1,800
	화학	623	726	2,030	150	105	1,950	903	1,050
	시멘트	125	3,243	466	42.6	19.9	849	470	379
	반도체	391	443	7,900	1,240	980	10,400	3,170	7,200
	디스플레이	129	885	9,360	507	319	9,680	4,230	5,450
	기타	5,552	197	2,280	111	80.3	6,320	5,030	1,290
	전산업	7,654	797	2,690	184	132	6,090	4,330	1,760
거 래 제 이 전	발전	117	8,304	3,420	161	34.4	8,630	5,300	3,330
	철강	169	2,360	2,520	136	64	3,250	1,650	1,600
	화학	226	684	2,040	108	73.6	1,560	743	819
	시멘트	39	3,583	454	26.5	0.0113	798	504	294
	반도체	146	345	6,650	815	699	6,950	2,370	4,570
	디스플레이	53	774	7,710	349	220	6,860	3,070	3,790
	기타	2,130	165	2,130	101	74.8	4,720	3,720	1,000
	전산업	2,880	732	2,500	146	106	4,640	3,300	1,340
1 기	발전	103	7,262	2,990	429	312	8,610	5,120	3,490
	철강	120	2,489	2,360	138	54.5	3,390	1,560	1,830
	화학	161	719	1,780	176	124	1,820	807	1,010
	시멘트	32	3,551	440	50.9	29.4	774	392	383
	반도체	95	424	8,350	1,410	1,090	10,800	3,140	7,630
	디스플레이	33	943	9,880	602	429	10,200	4,500	5,750
	기타	1,356	230	2,390	122	86	6,820	5,420	1,390
	전산업	1,900	873	2,760	216	155	6,430	4,560	1,870

2기	발전	165	6,044	2,800	59.4	-3.69	8,890	5,670	3,220
	철강	160	2,806	2,760	185	105	3,520	1,540	1,980
	화학	236	771	2,200	171	122	2,400	1,120	1,280
	시멘트	54	2,816	490	49.3	28.6	930	492	437
	반도체	150	551	8830	1,550	1,180	13,500	3,970	9,490
	디스플레이	43	978	11,000	628	357	12,700	5,470	7,260
	기타	2,066	208	2,360	115	82.2	7,660	6,120	1,530
	전산업	2,874	812	2,830	201	142	7,320	5,200	2,110

주: 배출량과 기업의 재무정보는 모두 산업별 평균값이며, 기업수는 패널자료에서 사용된 관측치
자료: NGMS 업체별 온실가스 배출량과 NICE KISVALUE 기업 재무정보를 결합한 패널자료

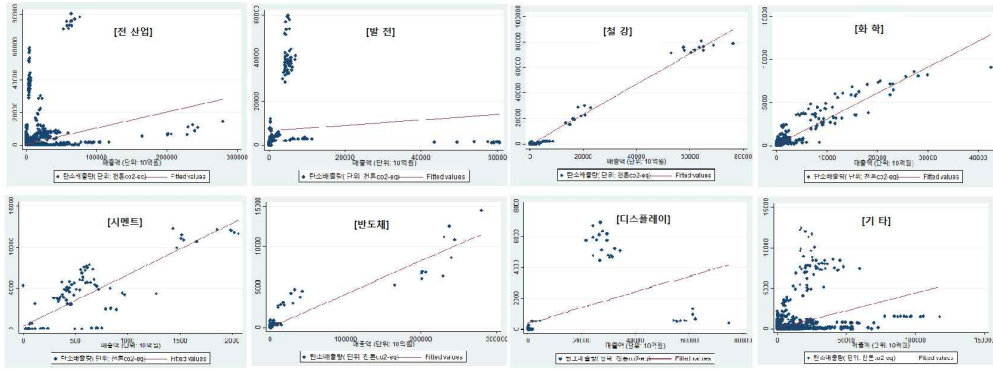
3.3. 모형 설명

온실가스 배출량과 기업재무정보의 관계분석은 현재 탄소배출량을 직접적으로 제어하는 기업의 재무정보가 보고되지 않음에 따라 기업의 생산활동을 대표하는 매출액을 기준으로 분석하였다. 2011년부터 2021년까지 11년간의 패널자료를 바탕으로 기업의 재무정보 중 매출액과 온실가스 배출의 상관관계를 살펴 보았다.

〈그림 5〉는 산업별 온실가스배출량과 매출액 간의 관계를 보여준다. 철강과 시멘트 산업의 경우는 매우 강한 양의 상관관계가 나타나며 화학과 반도체 및 디스플레이, 발전산업은 약하지만 양의 상관관계가 관찰된다. 반면 기타 산업은 특정한 상관관계를 보이지 않는다. 즉, 산업별 차이는 존재하나 기업의 생산 및 영업활동에는 다양한 에너지와 재료가 사용되고 이에 따른 탄소배출량 증가가 수반됨을 알 수 있다.

본 연구에서는 배출권 도입 이후 기업의 온실가스 감축 노력이 반영되었다면 매출액 대비 배출량의 증가속도는 감소하게 될 것이라는 가정에서 출발한다. 이러한 증가속도의 감소효과가 배출권 거래제 정책시행 후 반영되었는가의 유효성을 검증하고자 한다.

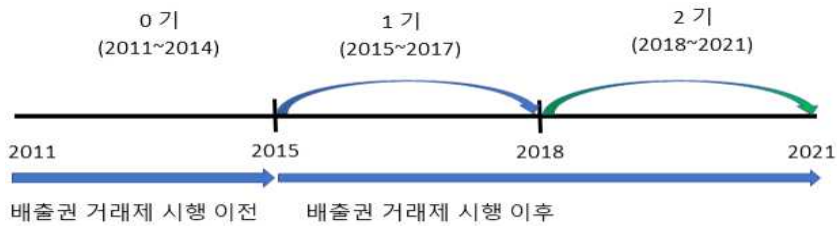
〈그림 5〉 산업별 온실가스배출량과 매출액의 분포 추이



분석에 사용된 자료는 2011년~2021년까지이며, 배출권거래제는 2015년에 도입되었다. 이에 〈그림 6〉과 같이 2011년~2014년까지를 시행 전 0기로 놓고 이 시점을 분석의 기준으로 설정하였다. 이후 거래제가 시행된 2015년~2017년을 1기로 설정하고 2018년~2021년을 2기로 설정하여 시행 전과 비교하여 어떤 변화가 나타나는지를 Pooled OLS와 FE모형을 이용하여 분석하였다.

배출권거래제의 1,2,3기에 유무상 배분이 다르게 적용되었으므로, 탄소배출권 거래제의 시기별 적용시점을 달리하여 정책의 유효성을 판단하고자 하였다. 1기에는 모든 기업에게 무상으로 배출권을 지급하였으므로 기업은 온실가스 배출량을 줄일 유인이 부족했을 것으로 판단된다. 2기부터는 3%의 유상할당 비중이 포함됨에 따라 기업의 배출량을 감소시킬 유인이 증가할 것으로 기대되며 이를 추정하고자 한다. 3기가 시행된 2021년에는 10%로 유상할당 비중이 증가하였으나, 현재 제공되는 배출량 정보는 2021년까지만 조사되어 그 효과를 파악하기에는 조사 기간이 부족하여 3기 시행 1차 연도를 2기에 포함하여 분석하였다.

〈그림 6〉 탄소배출권 거래제 시행 과정



실증적으로 탄소배출권 거래제 시행의 효과를 파악하기 위하여 시행 전의 효과를 기준으로 탄소배출권 거래제 1기, 2기 시행연도에 해당되는 d_1 과 d_2 를 기간 더미로 사용하여 시행시기의 연간 효과를 통제하였다. 즉 $d_1 \times \ln sales_{i,t}$ 과 $d_2 \times \ln sales_{i,t}$ 의 기간더미와 매출액간 교차항을 포함하여 배출권 거래제의 변화가 매출액이 탄소배출에 미치는 영향을 변화시키는지 분석하였다. 또한 산업별로 위와 같은 탄소배출권 거래제 시행단계와 매출액의 영향이 차별화되는지를 알아보기 위해서 기간더미, 매출액, 산업더미의 곱으로 이루어진 교차항을 확장 모형으로 회귀분석에 포함하였다.

매출액 이외에 기업의 이익률과 운용효율이 탄소배출량에 미치는 영향을 파악하고자 듀퐁분석(최승욱(2019) 참조)을 활용하였다. 듀퐁분석(DuPont Analysis)은 자기자본순이익률(ROE)을 매출이익률, 총자산회전율, 자기자본승수의 요소로 나눠 기업의 현재 수익성을 분석하는 방법이다. 본 연구에는 총자산수익률을 두 가지 요소로 분해한 순이익률과 자산회전율이 탄소배출량에 미치는 영향을 추정하였다. 첫 번째 분석(분석1)에서는 재무영향을 파악할 수 있는 변수로 금융레버리지(levrg)와 총자산수익률(ROA)을 사용하였고, 다음 분석(분석2)에서는 총자산수익률을 두 가지 요소로 나눠서 순이익률(prof)과 자산회전율(Aturn)을 변수로 포함하여 분석하였다. 그 외 기타 통제변수로 기업규모, 상장여부를 분석에 사용하였다.

실증분석을 위한 기본모형은 다음과 같다.

$$\ln C_{i,t} = \alpha + \beta_1 d_1 \times \ln sales_{i,t} + \beta_2 d_2 \times \ln sales_{i,t} + \gamma \ln sales_{i,t} + d_1 + d_2 + \sum_j \{ID_j\} + F_{i,t} \Gamma + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

위 모형에 기간 더미, 매출액, 산업더미의 곱으로 이루어진 교차항 포함하여 다음과 같이 확장할 수 있다.

$$\ln C_{i,t} = \alpha + \beta_1 d_1 \times \ln sales_{i,t} + \beta_2 d_2 \times \ln sales_{i,t} + \gamma \ln sales_{i,t} + d_1 + d_2 + \sum_{j,k} \{ID_j \times d_k\} + \sum_{j,t} \{ID_j \times \ln sales_{i,t}\} + \sum_{i,j,k} \{\delta_{i,j,k} d_k \times ID_j \times \ln sales_{i,t}\} + \sum_j \{ID_j\} + F_{i,t} \Gamma + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

여기서 $C_{i,t}$ 는 기업 i 의 연도 t 의 탄소배출량(tCO₂-eq)이며, $sales_{i,t}$ 는 기업 i 의 연도 t 의 매출액, d_1 , d_2 는 탄소배출권 거래제의 제 1기, 2기 더미, $F_{i,t}$ 는 기업 i 의 연도 t 의 재무제표 관련 변수들(금융레버리지, 총자산 수익률, 자산회전율, 순이익율)을 포함한다. 총자산 수익률은 보편적으로 당기순이익을 사용하지만, 기업전체의 투입요소인 자산에서 산출되는 이익은 영업이익이므로 여기서는 영업이익을 사용하였다. 매출액을 매개변수로 사용하는 자산회전율과 순이익률에 대해 독립변수 간 상관성을 검증하고자 분산팽창지수를 통해 확인한 결과, 약 1 정도의 매우 낮은 값으로 나타나서 다중공선성으로 인한 분석결과의 왜곡은 무시해도 될 것이다. 이 이외에도 기업의 규모, 산업과 증권시장 상장여부를 분석의 통제변수로 포함했다. 분석에 사용된 기업은 총 866개 기업이다. <표 5>에는 모형에서 사용된 변수를 정의하였다.

기본모형 (식 1)의 주요 관심은 β 와 Γ 의 추정치이다. β_1 과 β_2 는 탄소배출권제도의 변화가 매출액의 탄소배출량에 미치는 영향을 나타낸다. Γ 는 기업재무지표의 변화가 탄소배출량에 미치는 효과를 나타낸다. 확장 모형 (식 2)에는 (식 1)의 변수 외에도 $\delta_{i,j,k}$ 의 추정을 통해 산업별로 탄소배출권제도의 변화가 매출액의 탄소배출량에 미치는 영향이 차별화 되는지를 추정할 수 있다.

〈표 5〉 기업별 탄소배출 효과분석 변수 정의

변수명	설명
$\ln C$	온실가스 배출량의 로그값
d_1	2015-2017년 기간 더미 (탄소배출권 거래제 1기)
d_2	2018-2021년 기간 더미 (탄소배출권 거래제 2기)
$\ln sales$	매출액의 로그값
ID_j	산업 더미 ($j = \text{pow}$ (발전), steel (철강), chem (화학), cem (시멘트), cond (반도체), disp (디스플레이)). 6개 대표산업을 제외한 나머지 산업이 누락변수에 포함된다.
$d_i \times \ln sales$	기간 더미와 매출액 로그값의 교차항
$d_i \times \ln sales \times ID_j$	기간 더미, 매출액 로그값, 산업더미의 교차항
levrg	금융레버리지 (총부채/총자산)
ROA	총자산수익률 (영업이익/총자산)
Aturn	자산회전율 (매출액/총자산)
prof	순이익률 (영업이익/매출액)
s_k	기업규모 더미 (1 대기업, 2 중견기업). 중소기업 및 기타에 포함되는 분류가 누락변수에 포함된다.
stock	상장기업 더미 (상장기업에는 코스피, 코스닥, 코넥스를 포함한다.)

V. 분석결과

기본 모형 (식 1)의 실증분석결과는 〈표 6〉에 정리하였다. 분석방법론으로 Pooled OLS와 고정효과모형을 사용하였고, 거래제 전후의 단절된 탄소배출량의 효과를 통제하기 위하여 Heckman 모형을 사용하였다. 또한 전 기간의 추세를 보정하고자 time trend와 time trend의 제곱항을 모형에 포함하였다.

분석결과 배출권거래제 실시 이전에 비하여 배출권 거래제 이후 기업의 탄소배출량 증가속도는 감소되었으며, 감소폭도 1기에 비해 2기에 다소 커졌음을 확인할 수 있다. 추정(FE 2)의 결과를 살펴보면 매출액에 대한 탄소배출량의 증가는 거래제 실시 이전 1.26이었으나, 거래제 1기에 -0.48만큼 감소하였고 거래제 2기에는 -0.88만큼 감소한 결과를 확인할 수 있다. 즉, $\ln sales$ 의 계수값을 기본

으로 하여 d_1 , d_2 와 매출액의 교차항($d_i \times \ln sales$)이 모두 음수이며 1기보다 2기에 더 큰 음수값을 나타내서 배출권 거래제로 인한 탄소배출 감축효과를 보여주고 있다.

다음은 탄소배출권 거래제 시행의 1기(전액무상할당)보다 2기(3%유상할당)에 탄소배출량 감축효과가 크게 나타났는가를 검증하는 것이다. 이를 위해서 두 교차항의 차이가 통계적으로 유의미한 차이인지를 검증하였고, 검증 결과 그 차이는 통계적으로 유의했다. 즉, 무상할당의 1기의 감축효과 보다 유상할당이 포함된 2기의 감축효과가 더 크게 나타났음을 확인할 수 있다.

듀퐁분석에 따른 순이익률 및 자산회전율과 탄소배출량의 관계는 음의 관계가 있는 것으로 추정된다. OLS분석에서 금융레버리지(levrg)는 통계적으로 유의미하지 못하며, 고정효과 모형에서는 양의 효과를 가지는 것으로 추정되나 그 크기가 매우 작다. 총자산수익률(ROA) 또한 통계적으로 유의미한 영향을 보여주지 못한다. 듀퐁분석을 활용하여 총자산수익률(ROA)을 순이익률과 자산회전율로 구분하여 추정한 결과 대체적으로 통계적으로 유의미한 음(-)의 효과를 가짐을 알 수 있다. 즉, 생산활동을 위한 운영효율을 향상시킨 기업의 경우 탄소배출 감축효과가 나타난 것으로 추정되었다는 의미이며, 이는 Alexopoulos et al.(2018)의 재무성과가 우수한 기업이 더 나은 환경성과를 달성하는 것과 유사한 결과임을 확인할 수 있다.

이러한 추정결과에도 배출권 거래제 더미변수인 d_1 , d_2 가 높게 나타났다. 이는 거래제 시행이전 보다 1기와 2기에 평균적으로 기업별 배출량이 증가되었음을 나타낸다. 즉, 기업은 영업활동을 위해 생산량과 매출액을 증가시킬 것이고, 매출액 증가를 위한 명목상의 탄소배출량은 증가하였음을 의미한다. 이러한 추정결과에 대해서는 몇 가지 가능한 설명이 존재한다.

먼저 시간에 따른 배출량 증가효과를 고려하고자 전 기간 추세인 time trend와 time trend의 제곱항을 모형에 포함하여 추정하였다. 추정결과 시간에 대한 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

두 번째는 거래제 시행으로 인한 신규 할당업체들의 진입을 고려할 수 있다. 즉, 거래제 이전에는 목표관리 및 할당대상업체에 속하지 않아 배출량 조사에 빠

져있었으나, 배출권 거래제 시행으로 할당대상업체에 등록되고 배출량을 기록하고 보고하게 된 경우이다. 이 경우 거래제 이전에도 기업활동으로 인한 탄소배출량은 존재하나 배출량의 보고누락으로 단절된 형태의 자료를 갖게 된다. 이에 이와 같은 탄소배출량의 단절 효과를 보정하고자 Heckman 2단계 모형⁵⁾으로 추정해보았다. 추정결과 매출액인 $\ln sales$ 을 기본으로 하여 교차항($d_i \times \ln sales$)이 모두 음수이며 1기보다 2기에 더 큰 음수값을 나타내서, Pooled OLS와 고정효과모형의 결과를 뒷받침하고 있다. 아울러 d_1 , d_2 의 계수값은 현저히 줄어들었다.

세 번째는 거래제 시행 이후 무상할당 중심의 배출권 과다 배분에 대한 지적이다. 탄소배출량에 대한 기초통계를 확인하면 2016년 급격한 상승이 확인된다. 이는 탄소배출권 거래제 시행 직후 무상배분하여 배출권이 과다 배분되어 급격한 배출량의 상승을 기록할 가능성을 시사하며, 이는 임형우 외(2020)의 연구결과에서 검증하였으나 본고는 다루지 못하였다.

이와 같은 다양한 이유는 거래제 시행 이후 탄소배출량의 증가를 설명하고 있다. 시간에 따른 증가는 다소 미미하였으나, 거래제 이후 신규진입이나 보고누락은 거래제 시행 이후의 배출량 증가를 다소 설명하는 것으로 생각된다. 마지막으로 과다배출권 배분의 문제도 간과할 수 없으므로 더 정밀한 모형을 통한 후속연구를 기대한다.

〈표 6〉 기업별 탄소배출 효과분석의 추정결과 (식 1)

종속변수: $\ln C$	Pooled OLS		Fixed Effect		Heckman 2단계 (Sample Selection)
	(1)	(2)	(1)	(2)	
d_1	14.27***	14.61***	12.31***	12.36***	1.374**
d_2	23.26***	23.39***	23.54***	23.46***	2.099***
$\ln sales$	1.258***	1.337***	1.148***	1.260***	0.542***
ID_{pow}	3.906***	3.461***			2.647***

5) Heckman 2단계 모형은 기혼여성의 임금에 대한 추정에 주로 사용되는데, 임신, 출산, 육아 등의 사유로 경력단절이 생길 경우 표본 내에 선택적 편이가 발생하고, 이 결과 분석의 추정 결과에 편이가 발생할 가능성이 존재하여, 이의 보정을 위하여 Sample Selection 모형인 Heckman 2단계 모형을 사용하여 추정한다.

ID_{steel}	1.026***	1.055***			0.447***
ID_{chem}	1.934***	2.002***			1.012***
ID_{cem}	3.043***	2.836***			2.826***
ID_{cond}	-0.0191	-0.1010			-0.0785
ID_{disp}	-0.845**	-0.902***			0.264**
$d_1 \times \ln sales$	-0.517***	-0.531***	-0.458***	-0.461***	-0.0435*
$d_2 \times \ln sales$	-0.865***	-0.869***	-0.885***	-0.883***	-0.0693***
levrg	-3.59e-05	-3.15e-05	2.02e-05	1.98e-05	
roa	0.590		-0.870**		
aturn		-0.685***		-0.598***	
prof		-0.00665*		-0.000883	
s_1	0.125	-0.1730			-0.0355
s_2	-0.0783	-0.1750			-0.265***
stock	0.183*	-0.0194			-0.146***
관측치	7,654	7,654	7,654	7,654	7,654
R^2	0.429	0.439	0.408	0.410	-

주: $\ln C$ 와 $\ln sales$ 는 자연로그를 취하기 위해 결측값의 경우 1로 치환하여 로그값을 0으로 변환하여 추정함
 *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. 상수항은 생략함
 모든 모형에 trend와 trend의 제곱항을 포함하여 연간 추세를 통제함

다음은 산업별 효과를 거래제 1기와 2기로 나누어 분석하였다. 이에 OLS와 FE모형으로 탄소배출권거래제 1기와 2기의 기업의 생산활동에 따른 산업별 변동효과를 확인하기 위해 (식 2)를 pooled OLS와 고정효과 모형으로 추정하였다.

〈표 7〉에 회귀분석 결과를 요약하였다. $d_i \times \ln sales \times ID_j$ 의 추정계수에 따르면 OLS 모형에서는 철강, 화학산업은 1기에서 감소 효과를 나타냈고, 시멘트 산업은 1, 2기에서 모두 감소 효과를 보여주었다. 고정효과 모형에서는 OLS의 결과보다 산업별 감축효과가 더 많이 나타났다. 철강산업, 시멘트산업, 디스플레이산업에서 1기와 2기에 감축효과를 보여주었다. 분석 결과 모형에 따라서 산업별 탄소배출권거래제의 변화가 다르게 추정되었다. 평균값을 추정하는 OLS는 산업별로 1기의 효과가 두드러졌으나, 시간에 따른 변화를 통제하고 변수들의

차이만을 포착하는 고정효과 모형에서는 철강, 시멘트, 디스플레이 산업에서 1기와 2기에 감축효과를 나타내었다. 즉, 대표적인 탄소다배출 산업인 시멘트분야가 탄소배출권 시행에 대해 두 모형 모두 1,2기에 강한 감축효과를 나타낸 것은 탄소배출 저감에 대한 세계적인 요구에 적응하기 위해 탄소배출량의 명목수치와 증가속도를 모두 줄이려는 노력이 반영된 것으로 판단된다. 아울러 철강산업과 디스플레이 산업도 대량의 탄소배출 산업이지만 두 모형을 비교해봤을 때 OLS모형과 FE모형에서 차이를 나타내고 있다. 이 두 산업은 시멘트 산업보다 자동차 및 전자부분에 필요한 재료를 생산하는 분야로서 현재 경제에 더 필수적인 재화생산을 담당한다. 이는 시간에 따른 경제성장 및 기업의 생산활동을 통제하지 않은 평균적 변화를 파악하는 OLS모형에서는 2기에 탄소배출저감효과가 나타나지 않았으나, 시간적 변화를 통제한 고정효과모형에서는 감축효과를 나타내서 명목상의 탄소배출량은 증가하고 있지만 증가속도는 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다.

〈표 7〉 산업별 탄소배출 효과분석의 추정결과 (식 2)

종속변수: $\ln C$	Pooled OLS	Fixed Effect
d_1	11.83***	8.841***
d_2	21.45***	21.16***
$\ln sales$	1.131***	1.268***
ID_{pow}	-2.6070	
ID_{steel}	-22.59***	
ID_{chem}	-18.29***	
ID_{cem}	-80.57***	
ID_{cond}	-20.89***	
ID_{disp}	-23.12***	
$d_1 \times \ln sales$	-0.414***	-0.319***
$d_2 \times \ln sales$	-0.779***	-0.780***
$d_1 \times \ln sales \times ID_{pow}$	-0.00820	-0.1280

$d_2 \times \lnsales \times ID_{pow}$	0.253	0.152
$d_1 \times \lnsales \times ID_{steel}$	-0.559**	-0.826***
$d_2 \times \lnsales \times ID_{steel}$	-0.316	-0.566***
$d_1 \times \lnsales \times ID_{chem}$	-0.527**	-0.544***
$d_2 \times \lnsales \times ID_{chem}$	-0.350	-0.1990
$d_1 \times \lnsales \times ID_{cem}$	-2.705***	-1.348***
$d_2 \times \lnsales \times ID_{cem}$	-1.975***	-1.516***
$d_1 \times \lnsales \times ID_{cond}$	-0.327	-0.2080
$d_2 \times \lnsales \times ID_{cond}$	-0.343	-0.1860
$d_1 \times \lnsales \times ID_{disp}$	-0.445	-0.531**
$d_2 \times \lnsales \times ID_{disp}$	-0.475	-0.438*
levrg	-2.93e-05	2.25e-05
aturn	-0.665***	-0.557***
prof	-0.00425	-0.00169
s_1	-0.0455	
s_2	-0.0316	
stock	-0.0341	
관측치	7,654	7,654
R^2	0.458	0.427

주: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. 상수항, $d_i \times \lnsales$ 과 $\lnsales \times ID_j$ 의 추정결과는 생략함
모형에 trend와 trend의 제곱항을 포함하여 연간 추세를 통제함

VI. 결론

정부는 국가온실가스 감축을 위한 기업부분의 정책수단으로 2015년부터 기업의 탄소배출권 거래제 제도를 시행하였다. 1기에는 할당량 전부를 무상으로 제공하였고, 2기에는 3%의 유상할당을 추가하였으며, 2021년 현재 10%의 유상할당을 적용하고 있다. 2021년 시작된 3기는 현재 시행 1년으로 그 효과를 파악하기 어려우므로 이를 2기에 포함하여, 1기와 2기에 대한 제도의 실효성을 파악

하고 정책의 효과를 시기별로 검증해 보았다.

실증분석 결과 탄소배출권 거래제 1기와 2기의 탄소배출량에 대한 매출액의 변동효과만을 추정한 결과는 음수로 나타났으며, OLS 모형과 FE 모형에서 유사한 결과를 보여주었다. 이는 비록 배출권 제도를 시행하며 1기에는 전액 무상할당 방식을 취하였음에도, 거래제 시행이라는 정부의 신호효과가 반영되어 탄소배출의 증가속도를 감소시킨 것으로 해석된다.

또한, 탄소배출권 거래제 1기(전액무상할당)보다 2기(3%유상할당)에 변동효과가 더 큰가를 분석하였는데, 1기, 2기가 각각 -0.5, -0.9로 추정되고 두 추정계수 간의 차이를 검증한 결과 명백한 차이를 보여서 유상할당이 포함된 2기에 감축효과가 더 크게 나타났음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 배출권 배분을 무상할당보다 유상할당으로 전환하였을 때 감축효과가 크다는 의미이므로, 향후 정부의 정책에 대한 방향성을 시사하고 있다. 아울러 현재 제기되고 있는 과도한 무상할당배분이라는 지적과도 맥을 같이 하는 것으로서, 탄소배출의 감축의지와 제도 안착도 중요하지만 그에 못지않게 감축의 속도 역시 중요하므로 배출권 유상할당의 비중을 높이고, 배출권 가격도 상향하는 등의 조치가 필요할 것으로 생각되며, 배출량의 감축속도와 기업의 원활한 영업활동 사이의 적절한 지점을 찾는 후속연구가 요구된다.

추가적으로 산업별로 탄소배출권 거래제 1, 2기의 효과를 분해하여 분석해보았는데, 산업별로 1기와 2기의 효과가 다르게 추정되었다. OLS 모형에서는 철강, 화학 산업은 1기에서 감소 효과를 나타냈고, 시멘트 산업은 1, 2기에서 모두 감소 효과를 보여주었다. 반면, 고정효과 모형에서는 철강산업, 시멘트 산업, 디스플레이산업이 1기와 2기에 감축효과를 보여주었다. 이와 같이 산업별로 탄소배출량의 감축효과가 다르게 나타나는 것은 모형 간 차이의 결과이기도 하고 산업간 특수성에 의한 차이의 결과이기도 하다. 그러므로 추후 산업별 특수성을 감안한 정밀한 분석을 통하여 추후 산업별 상황에 맞는 적절한 정책을 개발하여 2030 탄소배출량 감축 목표 달성을 위한 정부의 노력이 수반되어야 할 것이다.

앞서 선행연구에서 살펴본 바와 같이 기업의 탄소배출량과 기업재무정보 관련된 연구는 매우 미진하다. 그 이유로 첫째는 온실가스 배출과 기업 재무정보

간 분석의 특정모형을 찾기 어렵다는 것이다. 아울러 기업들이 온실가스 배출 관련된 공시를 거의 하지 않고 있으며, 상장기업 중심으로 발간되는 기업의 지속가능보고서에서도 ESG에 대한 포괄적 내용만을 제시할뿐 수치로서 사용할 정보는 거의 전무한 현실이다. 그러므로 현재는 가용정보 내에서 가설에 기반하여 모형을 설정하는 단계이며 추후 다양한 연구들이 보완되면서 정교한 모형 설정을 기대할 수 있을 것이다.

연구미진의 두 번째 이유로는 탄소배출량 관련 기업 공시정보의 부재로 인해 연구와 분석에서 많은 한계를 가지기 때문이다. 할당량 상위 30개사의 경우 탄소배출량 관련 기업공시현황을 살펴보면, 무상할당의 수량, 보유배출권 수량, 배출권의 자산, 부채, 배출량 추정치를 모두 공시하는 회사는 단 6개뿐이며, 모두 미공시하는 회사도 9개나 된다(한올회계법인 2021). 즉, 정부에서 무상으로 배출권을 할당받는 업체는 마땅히 관련 자료를 공시해야 하지만 법적 규정과 제도적 장치가 마련되지 않아서 정확한 정보를 제공하지 않고 있다. 이러한 자료의 한계와 정보의 제약으로 본 연구 또한 탐색적이고 시도적 연구를 진행한 바, 향후 탄소배출량과 연동되는 배출권 관련 공시가 진전되어 풍부한 자료를 활용하여 좀 더 정밀한 연구분석이 나오기를 희망한다.

[참고문헌]

- 권승문·전의찬 2016. 경제성장과 산업구조 변화에 따른 장기 온실가스 배출량 전망 시나리오 분석, *Journal of Climate Change Research* 2016, Vol. 7, No. 3.
- 김형건. 2018. 수송용 유류세의 소득재분배 효과, *에너지경제연구*(제17권 제1호).
- 모정윤. 2022. 탄소 집중도와 혁신활동의 동태적 관계 분석: 배출권거래제 참여 기업들을 대상으로, *기업과 혁신연구*(제45권 2호).
- 박지용·이성인. 2021. 산업부문 에너지효율 성과공유 및 평가체계 구축방안, *에너지경제연구원*.
- 산업통상자원부. 2021. 정의로운 에너지 전환을 위한 폐지 석탄발전소 활용방안 연구. 산업연구원. 2021.08.31. '산업부문 탄소중립 추진전략과 주요 과제', 온라인 세미나.
- 송홍선. 2021. 2050 탄소중립과 배출권거래제의 활성화, *자본시장연구원*, 이슈보고서 21-23.
- 신동현. 2019. 탄소효율성과 기업성과 간 관계 분석: 국내 기업의 사례 분석.
- 유승훈, 제9차 전력수급기본계획의 주요내용과 향후과제, *에너지포커스 2021 봄호* (제18권 제1호 통권79호).
- 유종민. 2021. 탄소권 부과대상 및 최적세율에 대한 정책연구 - 배출권 시장과의 연계를 중심으로 -, *한국조세재정연구원*.
- 이동규·강성훈. 2022. 2030 국가온실가스 감축목표(NDC)와 관련한 수송부문 탄소세 도입효과 연구, *에너지경제연구*(제21권 제2호).
- 이철용. 2021. 에너지 전환에 따른 신재생에너지 산업의 경제적 파급효과 추정, *한국혁신학회지*(제16권 제3호).
- 임형우·김재혁·신동현. 2020. "배출권 과다배분 하에서의 탄소효율성과 기업성과의 관계 분석", *산업경제연구*(제33권 제6호, 통권 152호).
- 태정림. 2022.04.18. 탄소가격제도 운영현황 및 시사점 -주요국을 중심으로-, *국회예산정책처 나보포커스*(제43호).
- 최승욱. 2019. 이익 창출 능력과 재무제표 비교가능성: DuPont 분석의 이용, *회계저널*(제23권 제3호).
- 차상권·김동필. 2021. 이익창출능력과 조세회피, 세무와 *회계연구*(제10권 제2호).

- 한국은행. 2021.9. 기후변화 대응이 산업에 미치는 영향.
- 한국전자정보통신산업진흥회. 2021. 10. 25. 기후변화 대응이 산업에 미치는 영향, 에너지 이슈 브리핑(제173호).
- 한울회계법인. 2021. 상장법인의 온실가스 배출권 재무공시 현황 분석 및 주식공시 모범사례 마련.
- Alexopoulos, I., Kounetas, K. and Tzelepis, D., 2018. "Environmental and financial performance. Is there a win-win or a win-loss situation? Evidence from the Greek manufacturing" *Journal of Cleaner Production*, 197.
- Gallego-Álvarez, I., Segura, L. and Martínez-Ferrero, J., 2015. "Carbon emission reduction: The impact on the financial and operational performance of international companies" *Journal of Cleaner Production*, 103.
- Horváthová, E., 2012. "The impact of environmental performance on firm performance: Short-term costs and long-term benefits?" *Ecological Economics*, 84.
- In, S.Y., Park, K.Y. and Monk, A.H., 2019. "Is 'Being Green' Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns" Working Paper.
- Lee, K.H., Min, B. and Yook, K.H., 2015. "The impacts of carbon (CO₂) emissions and environmental research and development (R&D) investment on firm performance" *International Journal of Production Economics*, 167.
- Rhodes-Kropf, M., Robinson, D. T. and Viswanathan, S., 2005. Valuation waves and merger activity: The empirical evidence, *Journal of Financial Economics* 77(3), Elsevier.
- Sheela, S. C. and Karthikeyan, K., 2012. Financial performance of pharmaceutical industry in India using dupont analysis, *European Journal of Business and Management* 4(14), IISTE.
- Soliman, M. T., 2008. The use of DuPont analysis by market participants, *The Accounting Review* 83(3), American Accounting Association.
- Worldbank, 2021. "State and Trends of Carbon Pricing".

관련 기사

impact on, 탄소 배출량 많은 산업군, 배출 현황과 2050년 탄소중립 전략은?, 21.08.31

<https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=2418>

한겨레, 10대 그룹서 국가 온실가스 36% 배출… 한전 포함하면 64%, 21.10.25

<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/1016677.html>

그린포스트코리아, 탄소중립 선언한 10대 그룹...온실가스 배출량은?, 22.02.11

<http://www.greenpostkorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=200061>

기업의 수익 모델을 분석하는 방법 - 듀퐁 분석 (Dupont Analysis)

<https://steemit.com/kr/@alphaj/dupont-analysis>

관련사이트 및 통계자료

국가온실가스종합관리시스템(NGMS), <https://ngms.gir.go.kr/main.do>

산업통상자원부, 2021 산업부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계, 2021.12

KISVALUE 기업재무정보 사이트, <https://www.kisvalue.com/web/index.jsp>

한국에너지기술연구원 기술정책플랫폼

https://www.kier.re.kr/tpp/energy/B/view/1?contentsName=green_gas&menuId=MENU00961#

환경부, 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 공개, 보도자료, 2022.6.28.

carbonpricing dashboard, https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

“본 논문은 다른 학술지 또는 간행물에 게재되었거나 게재 신청되지 않았음을 확인함”

Effects of carbon trading system and corporate financial indicators on greenhouse gas emissions

Jung-mi Lee*
Seong-ho Yun**
Tackseung Jun***

Abstract

As a policy tool for reducing greenhouse gas emissions, Korea has introduced and implemented an emission trading system for greenhouse gas. The emission trading system sets the planning period for the first, second, and third periods where each period has different emission allowances allocation rules. In the first period (2015-2017), emission allowances were allocated free of charge. In the second period (2018-2020), the three percentages of emission allowances were priced, which was extended to 10 percent since 2021.

This study uses panel data for 866 companies between 2011 and 2021 by combining National Greenhouse gas Management System (NGMS)'s greenhouse gas emission information and NICE KISVALUE corporate financial information to verify the effectiveness of the carbon emission trading system and analyze differences by period. We show that regardless of the carbon emission policy, an increase in a firm's sales increases greenhouse gas emissions, but the introduction of an emission trading system reduced such increases, and the reduction is greater in the second period, compared to the reduction in the first period. The effects of the first and second carbon emission trading systems were decomposed and analyzed by industry. We find that there is a great variation in the effects of emission trading systems by industry. We also find that the firm's financial wellness status such as its high asset turnover rate and net profit margin leads to lower greenhouse emissions.

Key Words: Greenhouse gas emissions, Emission trading system, Corporate financial indicators, Carbon emission reduction policy

* Ph.D. Economics at Kyung Hee University

** Korea Institute of Public Finance, National Fiscal Accounting Statistics Center, Chief of Financial Reporting and Education Team

*** Professor of Economics at Kyung Hee University