

환경규제가 기술혁신에 미치는 영향: 기술집약도와 기업규모를 중심으로

The Effects of Environmental Regulations on Technology Innovation: Focusing on the Technology Intensity and Firm Size

노대민* · 이응균**

Daimin Noh · Eungkyoon Lee

요약: 본 연구는 기술집약도와 기업규모의 상호작용을 고려하여 환경규제가 기술혁신에 미치는 영향을 검토하였다. 분석 결과, 전기, 화학, 자동차 등 친환경·저탄소 수요가 형성되고 있는 중·고기술집약도 기업에서는 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮았고, 고기술집약도 기업에서도 유의미하지 않았다. 이는 기술혁신에 대한 환경규제의 영향이 모든 기업에게 동일하게 나타나지 않아 규제정책이 유의미하게 실현되기 어려운 대상이 있음을 시사한다. 기업규모의 측면을 고려하면 중·고기술집약도를 지닌 중견·대기업의 기술혁신은 규제의 영향을 받을 확률이 높았지만 다른 수준의 기술집약도를 보이는 중견·대기업의 경우에는 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮게 나타났다. 이러한 연구결과는 기존의 환경규제를 통해 친환경 혁신을 유도해야 하는 기업들과, 정부 중심의 규제가 아니라 스스로의 자율성에 맡겨야 하는 기업들을 구분하기 위한 조언을 제공한다.

핵심주제어: 환경규제, 기술혁신, 기술집약도, 기업규모

Abstract: This research examines the effects of environmental regulation on technology innovation, with particular focus on technology intensity and firm size. Our analyses show that environmental regulations were less likely to affect innovation in the case of medium-high technology intensity (e.g., electrics, chemicals, and vehicles) where there is explicit market demand for low-carbon and eco-friendly products. Results were also statistically insignificant for firms with high technology intensity. Our results demonstrate that due to the uneven effects of regulatory policies across firms, the patterns of innovation vary. Regarding the interaction between firm size and technology intensity, the technology innovation of medium- and large-sized firms with medium-high technology intensity were more likely to be affected by environmental regulations, unlike their counterparts with different levels of technology intensity. These findings help distinguish between firms that should continue innovating with existing regulations and those for which non-regulatory measures are more effective.

Key Words: Environmental regulation, Technological innovation, Technology intensity, Firm size

* 제1저자, 한국원자력안전재단 기금관리부 선임연구원

** 교신저자, 고려대학교 행정학과 교수

I. 서론

환경규제는 기업의 자율성을 확대하는 방향으로 점차 변화해왔다. 표준화된 규제를 일방적으로 강제하는 명령통제형 규제에서 기업에게 규제 순응에 대한 자율성을 일정 부분 허용하는 시장기반형 규제로의 변화가 대표적인 사례이다. 나아가 정보 공개의 측면에서도 강제적으로 정보공개의 무 부여를 넘어, 일부이기는 하지만 점차 자율적으로 정보를 공개하도록 유도하는 등 오늘날의 환경규제는 기업의 자율성을 점차 존중해가며 (김기환·문성진, 2018) 다양한 제도를 탄생시켰다.

이처럼 정부에 의한 환경규제가 기업의 활동을 최소한으로만 제한하고 자율성을 확대한 것에서 더 나아가 최근에는 기업 스스로가 활동 과정에서 환경을 고려해야 한다는 목소리가 커지고 있다 (Flammer, 2021; Jiang, Wang, and Zeng, 2020; 곽배성·이재혁, 2021). 예를 들어 ESG (Environmental, social, and governance)로 일컬어지는 이른바 지속가능발전 지표는 기업들로 하여금 환경 위험에 대해 자발적으로 정보를 공개하고 적절한 시스템을 구축할 것을 요구한다(Connolly, Certo, Ireland, and Reutzel, 2011). 시장에서의 수요 역시 기업들이 환경을 고려한 경영을 펼치도록 유도하고 있으며, 이에 발맞춰 기업들은 다양한 친환경 혁신을 추진하고 있다. 즉 오늘날 환경문제 해결의 주체는 점차 정부에서 기업으로 변화하는 경향을 보인다(Bowen and Panagiotopoulos, 2020).

그렇다면 정부의 환경규제와 기업의 자발적인 친환경 노력은 어떻게 공존할 수 있는가? 그리고 두 접근 방법은 각각 어떠한 대상에 효과적인가? 정부의 환경규제가 한정된 자원에 기반해 있다는 점을 고려해 볼 때, 효과적인 환경규제를 위해서는 규제의 영향을 더 많이 받고, 상대적으로 덜 받는 대상들이 구분되어야 한다. 기존의 많은 연구는 환경규제가 모든 적용 대상에게 영향을 준다는 가정을 바탕으로, 환경규제가 기술혁신을 비롯한 친환경적 기업활동에 미치는 긍·부정의 영향에만 집중하고 있다 (Blind, 2016; Horbach, 2019). 그러나 그에 앞서 적용 대상 별로 환경규

제가 미치는 영향이 실제로 존재하는지 유무를 식별하는 것이 선행되어야 한다. 만약 한 기업에게 환경규제가 유의미한 영향을 미치지 못한다면, 이는 해당 기업이 기술혁신을 비롯한 친환경적 기업활동을 추구할 유의미한 유인을 제공하지 못함을 의미한다. 따라서 이들에 대한 규제는 다른 적용 대상과는 다르게 설계되어야 한다.

본 연구는 기존의 환경규제를 통해 친환경 혁신을 유도해야 하는 기업들과, 정부 중심의 규제가 아니라 스스로의 자율성에 맡겨야 하는 기업들을 구분하고자 한다. 이를 위해, 우리의 연구는 모든 기업들에게 환경규제가 동일하게 적용된다고 가정하는 기존의 연구들과는 달리(Blind, 2016; Horbach, 2019), 환경규제 준수를 위한 의무가 있는 기업들을 구분하고, 동시에 정부 정책의 지원 대상이 되는 중소기업 유무를 주요한 변수로 포함하여 분석을 진행하였다. 또한, 환경규제가 상대적 기술 우위를 가정하고 있다는 점에 착안하여 기술집약도와 기업규모의 상호작용 역시 고려하였다.

1,739개 기업을 대상으로 한 분석의 결과, 환경규제의 기술혁신에 대한 영향의 정도는 모든 기업에게 동일하지 않았다. 준거그룹(중저 medium-low 기술집약도) 대비, 금속, 비금속, 플라스틱 등 자연환경과 밀접한 중간기술 집약도를 갖는 기업은 환경규제가 기술혁신에 영향을 줄 확률이 높았으나, 화학, 자동차 등 저탄소·친환경의 사회적 수요가 형성되고 있는 중고 (medium-high)기술집약도의 기업은 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않을 확률이 높았다. 반면 정보·컴퓨터, 의약품 등 가장 높은 기술집약도의 기업은 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 유의미한 확률이 나타나지 않았다. 또한, 중견·대기업이 중소기업보다 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률은 전반적으로 낮았지만, 기업규모와 기술집약도의 상호작용을 고려한다면 중고 (medium-high) 기술집약도를 갖는 대규모 기업의 경우, 환경규제가 기술혁신에 대한 영향을 미칠 확률이 높았다.

이러한 분석 결과는 환경규제가 기술혁신에 미치는 영향의 방향성에만 초점을 맞춰왔던 기존 연구들과는 다른 새로운 시각을 제공한다. 환경규

제가 기술혁신에 영향을 줄 확률이 낮은 기업의 경우, 환경규제가 이들로 하여금 추가적으로 친환경 혁신을 추구할 유인이 되는 것을 기대하기 어렵다. 이러한 측면에서 우리의 연구는 환경규제가 모든 기업의 기술혁신에 유의미한 영향을 미치는 것이 아니며, 이러한 영향의 정도는 기술집약도와 기업규모에 따라 다르다는 점을 제시하고 있다. 이는 향후 규제를 해야 하는 대상과 규제가 아닌 간접적인 지원을 제공해야 하는 대상을 구분하여 더 효과적인 환경정책을 설계하는 데 도움을 줄 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 환경규제의 기술혁신에 대한 영향을 다룬 기존 논의에 기반하여 기술집약도와 기업규모에 관한 가설을 도출하며, 3장은 2장의 토론을 바탕으로 실증분석을 설계하고, 4장에서 분석결과를 제시한다. 마지막으로 5장은 연구의 요약과 확장을 위한 논의를 담는다.

II. 이론적 배경과 가설

1. 환경규제의 기술혁신에 대한 영향

환경규제에 대한 기존 연구들은 환경규제가 기업에 미치는 긍정·부정의 영향에만 초점을 맞추고 있다(Horbach, 2019). 환경오염은 사회적으로 부의 외부효과를 만들어내기 때문에 정부는 기업활동을 일정 부분 제재하는 규제를 부과하게 되고, 이러한 규제는 최적화된 기업의 생산체계에 일정한 비용과 비효율을 낳는다(Coase, 1992; Kalt, 1985). 즉, 환경규제는 일차적으로 기업의 성과를 저해한다는 것이다. 그러나 이와 달리 환경규제가 기술혁신을 촉진해 기업의 생산성을 향상시키고 장기적 경쟁우위를 이끌 수 있다는 포터의 가설이 제기되면서(Porter, 1991; Porter and van der Linde, 1995), 환경규제가 기업의 경제적·기술적 성과에 긍정적일 수 있다는 논의가 시작되었다. 그에 따르면 환경오염은 생산체계가 최적화되지 않아 발생하는 자원의 낭비로 환경규제를 통해 생산과정의 비효율을 확인하

고 개선하면, 오염물질 배출감소 뿐 아니라 환경개선에도 기여할 수 있다 (Porter, 1991). 그의 가설은 지금까지도 수많은 실증연구를 통해 다양한 관점에서 검증되고 있다. 그러나 이에 대한 대부분의 연구들은 지역 및 산업분야에 따라 상반되는 결과를 나타내며(Shao, Hu, Cao, Yang, and Guan, 2020), 일관된 결론을 내리지 못하고 있다(Blind, 2016; Horbach, 2019).

여기서 주목할 점은 이러한 연구들은 대체로 동일하게 환경규제가 모든 기업에게 영향을 미치고 있음을 전제로 하고 있다는 것이다. 그러나 현실에서 환경규제가 기술혁신을 위한 유인으로 작용하지 않는 기업이 있을 수 있다. 우선 첫째로, 기술분야 특성상, 자연환경이 기업운영에 중요하지 않거나(Flammer, 2021), 오염물질 배출이 미미하다면(S. Wang, Tang, Du, and Song, 2020; 신석하, 2014) 환경규제의 영향은 미미할 수 있다. 포터는 환경규제가 자원 이용의 효율성을 높이고 생산성을 제고함으로써 기업성장에 긍정적인 영향을 끼칠 있다고 주장했지만(Porter and van der Linde, 1995), 일부 분야에 있어 이러한 비효율 개선이 꼭 기업경쟁력의 핵심으로 여겨지는 것은 아니다(Dosi, Riccio and Virgillito, 2021). 둘째, 포터의 주장대로 환경규제 하에서 기술혁신을 이뤄내 경쟁우위를 반복적으로 경험한 기업의 경우를 생각해보자. 이러한 경우에는 굳이 추가적인 환경규제가 없더라도 이와는 관계없이 자신들의 경쟁우위를 유지하기 위한 목적으로 기술혁신을 추구할 수 있다(Li-Ying, Mothe, and Nguyen, 2018). 셋째, 환경규제가 요구하는 안전수준이나 오염물질 배출수준을 이미 확보한 기업 역시 존재할 수 있다. 이처럼 환경규제가 요구하는 기준이 기업이 현재 가지고 있는 기술 수준 이하에 맞춰진다면 기업이 환경규제로 인해 지불해야 하는 규제비용은 발생하지 않는다(Shao et al., 2020). 환경규제 하에서 기술혁신에 대한 유인은 기술혁신의 기대가치와 규제비용에 따라 좌우되는데(Olmstead, 2018), 이처럼 규제비용이 발생하지 않는다면 환경규제가 기술혁신에 영향을 끼치기란 어렵다.

이와 같이, 기업의 특성과 그 영역을 불문하고 모든 기업들이 환경규제

의 기술혁신에 대한 영향을 긍정 혹은 부정이라는 단일한 방향으로 받고 있다고 주장할 수는 없으며(Shao et al., 2020), 이에 대한 설부른 시도는 분석 결과의 편향으로 이어질 수 있다(Becker and Egger, 2013; Hill, Johnson, Greco, O'Boyle, and Walter, 2021). 따라서 본 연구는 기술혁신에 대한 환경규제의 영향을 분석함에 있어 그 방향이 아닌 영향의 존재 유무에 초점을 두고, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않는 대상을 탐색해내는 데 그 목표를 둔다.

2. 기술적 역량: 기술집약도

기술적 역량은 기술혁신을 위한 전제조건이다. Zawislak, Fracasso, and Tello-Gamarra (2018)에 따르면, 기업의 기술적 성과(innovative performance 중 technical performance)는 기술적 역량(technological capability)과 운영 역량(operational capability)을 통해 달성할 수 있다. 기술적 역량은 R&D 등을 통해 축적한 기술적 지식을 의미하며, 운영 역량은 생산 최적화, 품질 제고 및 유지와 관련된 역량을 뜻한다(Zawislak et al., 2018). 따라서, 다른 조건이 동일하다면, 기술적 역량을 가진 기업은 기술혁신에서 우위를 점할 확률이 높다.

환경규제의 관점에서 이러한 기술적 역량은 환경오염을 방지하기 위해 발생하는 지출, 즉 규제비용을 낮출 수 있는 요소 중 하나로 다루어진다(Horbach, 2019; Olmstead, 2018; Porter and van der Linde, 1995). 동일한 규제 하에서 기술적 우위가 있는 기업은 규제비용을 낮춰 경제적 인센티브를 가질 수 있는 반면, 그렇지 않은 기업은 규제준수를 위해 추가적인 투자를 해야 하기 때문이다(Coase, 1992; Gunningham and Sincalir, 2017; Olmstead, 2018). 이러한 규제비용 저감은 궁극적으로 기술혁신의 기대가치를 높이기 때문에(Olmstead, 2018), 기업이 지닌 기술적 역량은 기술혁신 성과를 창출하기 위한 전제조건이자, 환경규제가 기술혁신으로 이어지기 위한 연결고리로 볼 수 있다(Liao and Tsai, 2019).

이러한 맥락에서 기존 연구들은 R&D 투자, 내외부 R&D 활동, 특히 등으로 측정되는 기업의 기술적 역량을 환경규제 하에서 기술혁신 성과가 발

생할 수 있는 조건으로 여겨왔다(Blind, 2016; Horbach, 2019). 기존 연구들을 종합해보면 대체적으로 환경규제는 기업의 R&D 투자 및 활동에는 유의미하게 긍정적인 영향을 미쳤지만, 기술혁신 성과에는 일관된 결과를 내놓지 못했다(Horbach, 2019; Shao et al., 2020). 이는 기존의 연구들이 기술혁신 성과에 영향을 미칠 수 있는 규제수단, 기술분야, 개별 기업의 특성 등의 다양한 측면에 대한 종합적인 고려가 미비했기 때문이라고 볼 수 있다(Blind, 2016). 이러한 측면에서 기술적 역량이 높은 기업이 갖는 특성을 이해하는 것은 환경규제와 기술혁신 성과 간의 연결고리를 찾는 데 유용할 수 있다. 기술적 역량이 높은 기업들은 환경규제가 강화될 때 규제가 적용되지 않는 영역으로 기술혁신을 추구하여 환경규제의 영향에서 벗어나는 특성을 보인다(Rubim de Pinho Accioli Doria, 2010; Shao et al., 2020). 이에 더하여 고도화된 기술의 경우, 환경규제의 대상이 되는 오염물질을 배출하는 정도 역시 적다는 점을 고려하면, 이렇게 기술적 역량이 높은 기업들에게 환경규제가 미치는 영향은 미미할 수 있다(P. Wang, Wu, Zhu, and Wei, 2013; S. Wang et al., 2020; 신석하, 2014).

만약 포터가 주장한 바처럼 환경규제가 기술혁신을 유인해 기업의 효율을 개선하고 규제비용을 상쇄해 경쟁우위를 가져다 준다면(Porter, 1991; Porter and van der Linde, 1995), 기술적 역량을 갖춘 기업은 환경규제 하에서도 여전히 기술혁신을 추구할 유인이 충분할 것이다. 그러나 Shao et al. (2020)의 지적과 같이, 환경규제 이전에 이미 오염물질의 배출저감을 위한 기술에 투자했거나 기술적 역량으로 인해 환경규제 준수에 큰 비용이 들지 않는 경우, 환경규제의 강도를 증가시키더라도 이들로 하여금 추가적인 기술혁신에 나서도록 유도할 수 없다. 이러한 경우, 환경규제가 기술혁신에 미치는 순 영향은 '0'에 가까울 수 있다는 것이다. 이는 기술과 시설에 대한 표준을 정하고 이를 지키도록 강제하는 직접규제의 방식은 결코 혁신을 유인할 수 없다는 논리의 연장 선상에 있다(Gunningham and Sinclair, 2017). 이와 동시에 포터가 가정한 것처럼 새로운 규제가 기업으로 하여금 기술혁신을 유인한다 하여도(Porter and van der Linde, 1995),

이때 환경규제는 혁신의 기회를 제공하는 것일 뿐 기업들에게 규제비용을 반드시 부과하는 것은 아닐 수 있다(Shao et al., 2020). 즉, 선제적으로 기술적 역량을 확보한 기업이나 규제를 통해 기술적 우위를 반복적으로 경험한 기업의 경우, 어떠한 환경규제 하에서도 기술혁신을 추구할 수는 있으나, 이러한 기술혁신을 꼭 환경규제의 결과로 보기는 어렵다는 것이다.

이상의 논의를 정리하면, 기업의 기술적 역량은 환경규제의 기술혁신에 대한 영향을 조절할 수 있는 변수이다(Shao et al., 2020; Sun, Wang, Liang, Cao, and Wang, 2021; M. Wang, Li, Li, and Wang, 2021). 기술적 우위는 규제비용을 낮춰 경제적 인센티브와 경쟁우위를 제공할 수 있지만, 이미 환경규제의 기준을 초과하는 기술적 우위를 가진 기업에게 환경규제는 기술혁신 유인으로 작동하기 어려울 수 있다(Blind, 2016; Horbach, 2019; Shao et al., 2020). 즉, 이들의 기술혁신에 환경규제가 영향을 미칠 확률은 낮을 수 있다는 것이다. 이에 따라 본 연구의 첫번째 가설은 다음과 같다.

[가설 1] 기술적 우위를 갖는 기업일수록 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률은 낮을 것이다.

3. 운영역량: 기업규모

앞서 살펴보았듯 기술혁신을 위해서는 기술적 우위뿐 아니라 생산 최적화, 품질 제고·유지, 조직과 같은 운영 역량(operational capability) 역시 충족되어야 한다(Zawislak et al., 2018). 환경규제는 규제비용을 발생시켜 기업 활동에 제약을 부과하지만, 운영 역량을 갖춘 기업은 재무적, 조직적 역량을 바탕으로 혁신을 추진할 수 있다(Blind, 2016; Horbach, 2019; Shao et al., 2020; 문미라·윤순진, 2016). 또한, 환경규제가 기업의 비효율을 인식하도록 도와 기술혁신을 유인한다는 주장의 측면에서 볼 때 (Porter and van der Linde, 1995), 환경회계, 환경관리 전담인력 등 환경관리시스템을 운영할 수 있는 역량을 갖춘 기업은 생산과정의 비효율을

더 빠르게 파악하고 그 효율성을 높이기 위한 노력을 경주할 수 있다 (Carrillo-Hermosilla, Kiefer, and del Río, 2019; Horbach, 2019).

기존의 연구에서 이러한 기업의 운영 역량은 주로 기업규모라는 변수로 반영되어 왔으며, 대부분의 경우 유의미한 설명력을 제공했다. 기업규모가 커질수록 규제준수의 어려움은 감소했으며, 이와 동시에 큰 규모의 기업은 규제와 시장 등 외부환경이 변할 때 장기적인 시야를 갖추고 규제 외의 영역으로 기술혁신의 방향을 전환하거나 공정과 제품을 선제적으로 변경해 규제의 부담을 최소화하는 모습을 보였다. 하지만 이와 반대로 소규모 기업의 경우, 환경규제 하에서 기술혁신은 오히려 감소했다(Ashford and Heaton Jr, 1983; Blind, 2016; Horbach, 2016; Rubim de Pinho Accioli Doria, 2010; Shao et al., 2020).

이처럼 운영 역량을 갖춘 대규모 기업은 일시적으로 부과되는 규제비용에 제약받지 않고 기술혁신을 추진하거나 환경규제가 부과되는 제품과 공정의 기술혁신 방향을 변경했다(Blind, 2016; Rubim de Pinho Accioli Doria, 2010). 그러나 이 경우, 이들의 기술혁신의 직접적인 원인을 환경규제로 보기는 어렵다. 기본적으로 규제비용이 이들의 기술혁신을 크게 제약하지 않았고, 또한 이들 대규모 기업들은 규제를 회피하는 방향으로 기술혁신을 추구했기 때문에 환경규제가 기술혁신을 제약하거나 유인했다고 판단할 근거는 충분치 않다. 오히려 이보다는 운영 역량의 측면에서 환경규제 준수에서 우위를 갖춘 기업들에게 있어 환경규제의 영향력은 미미하다고 보는 것이 더 정확한 설명이 된다(Blind, 2016; Love and Ashcroft, 1999; Zawislak et al., 2018). 다시 말해 이들은 자체 운영 역량을 통해 환경규제의 부정적 영향을 최소화하거나 아예 회피해버릴 수 있으므로, 환경규제로 인해 발생하는 규제비용이나 기술혁신 유인이 기술혁신에 분명한 영향력을 미치기 어렵다는 것이다.

이러한 논의들을 고려하면, 대규모 기업은 운영 역량에 기반하여 환경규제의 영향을 상쇄시키며 환경규제의 영향과는 별개로 기술혁신을 추진할 수 있다. 또한, 기술혁신을 달성하기 위해 기술적 역량과 운영 역량이

동시에 요구된다는 점을 고려해 볼 때(Zawislak et al., 2018), 운영 역량을 나타내는 기업규모 변수는 기술적 역량과 상호작용하여 환경규제의 기술 혁신에 대한 영향을 조절할 것이다. 따라서 본 연구의 두번째 가설은 다음과 같다.

[가설 2-1] 규모가 큰 기업일수록 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮을 것이다.

[가설 2-2] 기술적 우위가 높은 기업에서, 기업규모는 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률을 낮출 것이다.

III. 실증분석 설계

1. 데이터 및 변수

본 연구는 2020년 한국기업혁신조사(Korea Innovation Survey, KIS 2020)의 제조업 부문 데이터를 과학기술정책연구원으로부터 제공받아 사용하였다. KIS는 국제혁신조사 가이드 라인인 OECD 오슬로 매뉴얼에(OECD & Eurostat, 2018) 기반하여 수행되는 기업 단위 조사이다. 이러한 KIS는 80개 이상 국가에서 20년 이상 진행되며 관련 연구가 꾸준히 축적되고 있어(Biscione, Caruso, and de Felice, 2021), 각 문항의 정의와 측정 등 설계와 결과에 대한 충분한 합의와 검증이 이루어진 데이터이다. 또한, 국가별로 문항의 차이가 있기는 하지만, CO2배출, 순환경제, 환경규제 등의 문항이 꾸준히 포함되고 있어 환경친화 혁신을 연구하는 데에도 많이 사용되고 있다(Biscione et al., 2021).

KIS 2020은 2017~2019년 간 기업활동을 영위한 상용근로자 10인 이상의 제조업체를 대상으로 2020년 8~10월에 걸쳐 기업혁신활동에 관한 항목을 측정하였다(이정우 et al., 2020). KIS 2020의 문항 중 환경상의 규제가 혁신활동을 촉진했는지, 저해했는지 묻는 문항¹⁾은 본 연구의 주요한 초

점이 된다. 해당 문항은 기존의 2018년 조사에서는 ‘매우 저해-저해-보통-촉진-매우 촉진’으로 측정되었으나, 2020년부터는 ‘해당없음’이 추가되었고, ‘보통’이 ‘보통·영향없음’으로 변경되었다. 이를 통해 응답에서의 편향이 완화되었고, 환경규제에 해당되지 않는 기업을 구분할 수 있게 되었다. 이에 본 연구는 해당 문항을 활용해 환경규제의 적용대상을 구분하였다. ‘해당없음(0)-매우저해(1)-다소저해(2)-영향없음/보통(3)-다소촉진(4)-매우촉진(5)’로 측정된 응답 중, ‘해당없음’으로 응답한 기업을 제외하고, 1~5까지 응답한 기업을 샘플($n=1,739$)로 사용하였다. 기존의 많은 연구는 환경규제를 오염방지시설의 설치·운영 비용을 측정함으로써 분석에 반영해 왔다(Grover, 2017; Huang and Liu, 2019; Rubashkina, Galeotti, and Verdolini, 2015; Y. Wang, Sun, and Guo, 2019). 그러나 이는 규제와는 상관없이 해당 시설을 도입하거나 도입하지 않는 기업을 구분할 수 없어 환경규제와 다른 변수와의 관계에 편향을 줄 우려가 있다(Huang and Liu, 2019; Jaffe and Palmer, 1997). 따라서 본 연구에서는 ‘해당없음’으로 응답한 환경규제의 적용을 받지 않는 기업을 제외하여 기존 연구들의 문제로 제기되어 왔던 편향을 줄이고자 하였다.

이후 본 연구는 해당 문항을 기술혁신 활동을 촉진 또는 저해했는지에 대한 답변 중 ‘매우 저해·다소 저해·다소 촉진·매우 촉진’을 ‘영향있음’으로 재코딩하여, 환경규제 영향 유무로 조작화하고(0=영향없음, 1=영향있음), 이를 종속변수로 활용하였다. KIS 2020의 문항은 환경규제가 혁신활동을 촉진 또는 저해했는지를 서열을 갖는 척도로 측정했지만, 순서형로짓(ordered logit)의 가정과 같이(Long and Freese, 2014; Powers and Xie, 2008) 해당 문항의 각 범주들이 단일한 차원(single dimension)에서 하나의 서열을 갖는다고 보기 어렵다. 환경규제가 기술혁신을 촉진·저해하는 데에는 매출액, R&D 투자와 같은 양적 차이 뿐 아니라, 기업이 속한

1) “[문23] 아래는 기업 혁신활동에 영향을 줄 수 있는 규제를 유형별로 제시한 것입니다. 지난 3년간(2017~2019년) 아래의 규제가 귀사의 혁신활동을 촉진하였습니까. 아니면 저해하였습니까? 그 영향의 방향과 수준을 평가하여 주십시오” 중 ‘환경상의 규제’ 해당 항목을 사용

기술분야, 노조와 주주 등의 이해관계자 유무, 기술혁신 전략, 경쟁우위와 같은 질적 차이 역시 존재하기 때문이다(Blind, 2016; Horbach, 2019). 또한, 혁신의 촉진·저해 여부가 매우 저해부터 매우 촉진의 순서로 위계가 존재한다고 보는 것 역시 문제가 있을 수 있는 것으로 나타났다²⁾. 따라서, 환경규제가 모든 적용 대상에게 영향을 준다고 가정한 기존연구와 차별화하여, 본 연구는 환경규제의 기술혁신에 대한 영향 유무를 우선적으로 식별하기 위해 해당 문항을 영향있음과 영향없음으로 재코딩하여 이항변수로 활용한다.

주요 독립변수는 기술집약도와 기업규모, 그리고 이 두 변수의 상호작용항이다. 기술집약도(technology intensity)는³⁾ 본 연구에서 상대적인 기술우위를 반영하는 변수로, OECD 가이드라인에 기반하여 산업별 부가가치 대비 R&D 비율을 구분한 Galindo-Rueda and Verger (2016)에 따라 연구샘플의 한국표준산업분류코드를 매칭하여 사용한다. 기술집약도는 범주형 변수로 중저(medium/low), 중(medium), 중고(medium/high), 고(high) 4개 그룹으로 구분된다. 두 번째로, 기업규모는 법정기업규모를 활용한다. 법정기업규모는「중소기업기본법」등 개별 법률에 따라 동종 업종 내 매출액 규모와 독립성을 기준으로 소기업, 중기업, 중견기업, 대기업으로 구분되고 있으며, 본 연구에서는 중소기업을 기준으로 하는 더미변수가 활용되었다(소기업 또는 중기업=0, 중견기업 또는 대기업=1). 세 번째로, 두 변수의 상호작용항(기술집약도 × 기업규모)을 사용한다. 이는 환경

2) 매우저해(1)부터 매우촉진(5)까지를 순서를 갖는 변수로 하여 순서형로짓(ordered logit)으로 분석하고, 개별항목의 동등한 지위를 가정하는 다항로짓으로(multinomial logit) 분석한 결과 두 모형의 예측패턴이 상이했으며, 두 모형 모두 공통으로 “보통/영향없음”에서는 매우저해/다소저해/다소촉진/매우촉진과 한계효과가 상이하게 나타나 “영향없음”과 “영향있음”이 구분되었다

3) - Medium/low : 식료품, 음료, 섬유제품, 의복, 가죽/가방/신발, 목재/나무제품, 펄프/종이제품, 인쇄/기록매체, 코크스/연탄/석유정제품, 가구

- Medium: 고무, 플라스틱, 비금속/광물제품, 1차금속, 금속가공제품, 기타제품, 산업용기계/장비수리

- Medium/high: 화학/화학제품, 의료/정밀/광학기기/시계, 전기장비, 기타 기계/장비, 자동차/트레일러, 기타 운송장비

- High: 의료용물질/의약품, 전자부품/컴퓨터/영상/음향 및 통신장비

규제하에서 기술집약도에 따라 기업규모가 기술혁신에 미치는 영향을 어떻게 차별화하는지 확인하기 위한 것이다.

이외에 본 연구는 환경규제가 기술혁신에 미치는 영향과 관계된 기술혁신의 기대가치와 규제비용과 관련된 변수들을 통제하였다. 구체적으로 기술혁신과 직접적으로 관계된 내외부의 자금조달 시도건수와 사용한 혁신 전략 수(Cainelli, D'Amato, & Mazzanti, 2020; Colombo, Foss, Lyngsie, & Lamastra, 2021), 그리고 노조 유무와 주식시장 상장 여부를 통제하였다(Horbach, 2016, 2019; Liu, Shadbegian, & Zhang, 2017; 김선화 & 김영오, 2016). 마지막으로 정책적 측면에서는 정부지원제도 활용 유무와 독점, 가격제한 등 경제적 규제 해당유무를 통제하였다(김권식, 2014; 김권식·이광훈, 2014; 김태운, 2012; 문미라·윤순진, 2016; 윤효진 등, 2018).

〈표 1〉 변수설명 및 조작화 방식

구분	변수(변수명)	설명 및 조작화	비고
종속 변수	환경규제의 기술혁신 지난 3년간('17-'19) 환경상의 규제가 기업의 혁신 활동에 대한 영향(impact) 등에 영향을 미쳤는지 유무(영향없음=0, 영향있음=1)		KIS2020문23-⑥
독립 변수	기업규모(size)	법정기업규모로 중소기업 유무(중·소기업=0, 중견·대기업=1)	문36
변수	기술집약도(technology)	기업의 기술집약도 1. Medium-low(=1) 2. Medium(=1) 3. Medium-high(=1) 4. High(=1)	KSIC코드 매칭
	상호작용항(size x technology)	1. Medium-low(=1) × size(=1) 2. Medium(=1) × size(=1) 3. Medium-high(=1) × size(=1) 4. High(=1) × size(=1)	
통제 변수	정부지원(gov)	지난 3년간('17-'19) 활용 정부지원제도* 수 * ①조세지원, ②자금지원, ③금융지원, ④인력지원, ⑤기술지원, ⑥인증지원, ⑦구매지원	문22
	경제적규제(ecoreg)	지난 3년간('17-'19), 경제적 규제* 해당 유무(해당없음=0, 해당=1) * 독점규제에 의한 경쟁 제한/가격제한/공공재화-서비스 민간진입규제/중소기업적합업종 규제/금융시장 규제와 은산분리	문23-①~⑤
	자금조달(financing)	지난 3년간('17-'19) 혁신활동을 위한 유형별* 자금조달 시도 수 * ①회사자체, ②계열사/제휴회사, ③은행 등 투/융	문19

	자, ④주식발행, ⑤회사채발행, ⑥투자전문 개인/기관, ⑦중앙정부, ⑧지자체지원	
전략(strategy)	지난 3년간('17-'19) 사용 전략* 수	
	* ①기존 제품/서비스 개선, ②신상품 출시, ③가격경쟁력, ④품질경쟁력, ⑤상품다양화, ⑥핵심상품에 집 문1중, ⑦기존 고객층 만족, ⑧신규 고객층 확보, ⑨상품표준화, ⑩고객 맞춤형 상품	
상장여부(stock)	주식시장 상장여부(상장=1, 해당없음=0)	문36
노조유무(union)	소속 사업장에 노동조합 유무(유=1, 무=0)	문39

아래 <표 2>는 각 변수들에 대한 기술통계 결과이다. 본 연구의 분석에 활용된 샘플의 36.2%가 환경상의 규제가 기술혁신에 영향을 미쳤다고 응답했으며, 28.9%의 기업이 중견·대기업에 속했고, 71.1%가 중소기업에 해당된다는 점을 알 수 있다. 기술집약도를 보면, 중고(medium-high) 기술집약도를 갖는 기업이 48%로 가장 많았고, 중저(medium/low)-중(medium)-고(high)가 각각 19.38%, 20.64%, 11.96%로 나타났다.

<표 2> 기술통계

Variable	Obs	Mean(%)	Std.dev.	Min	Max	비고
impact	1,739	0.362	0.481	0	1	환경규제영향(yes=1)
size	1,739	0.289	0.454	0	1	기업규모(SMEs)=1)
						기술수준 (%)
						1. mlow 19.38
technology	1,739	2.526	0.936	1	4	2. m 20.64
						3. mhigh 48.02
						4. high 11.96
gov	1,739	0.665	0.472	0	1	정부지원제도활용(yes=1)
ecoreg	1,739	0.809	0.394	0	1	경제적규제 해당유무(yes=1)
financing	1,739	1.658	1.608	0	8	자금조달 시도 유형 수
strategy	1,739	7.713	3.165	0	10	사용 전략 수
stock	1,739	0.217	0.412	0	1	상장유무(yes=1)
union	1,739	0.223	0.416	0	1	노조유무(yes=1)

또한, 환경상의 규제가 기술혁신에 영향을 미쳤는지 여부(impact) 별로 기술통계를 분석해보면, 중소기업과 중견·대기업의 분포는 유사하다는

것을 알 수 있다. 기술집약도 별로는 중고(medium-high)의 범주에서만 환경규제가 혁신활동에 영향을 미치지 않았다고 보고한 기업의 비중이 (55.14%) 영향을 미쳤다고 보고한 것보다(35.45%) 더 높았고, 그 외 기술 집약도 범주에서는 환경 상의 규제가 기술혁신에 영향을 미쳤다는 응답이 더 높게 나타났다.

〈표 3〉 종속변수 및 주요 독립변수 교차표

		impact			Size		
		0.no	1.yes	total	0.SMEs	1.>SMEs	total
기술집약도 (Technology)	1. mlow	17.84%	22.10%	19.38%	70%	30%	100%
	2. m	15.50%	29.73%	20.64%	73%	27%	100%
	3. mhigh	55.14%	35.45%	48.02%	74%	26%	100%
	4. high	11.53%	12.72%	11.96%	58%	42%	100%
기업규모 (size)	0. SMEs	70.72%	71.70%	71.08%			
	1. >SMEs	29.28%	28.30%	28.92%			
Total	Obs	1,110	629	1,739	1,236	503	1,739
	%	63.83%	36.17%	100%	71%	29%	

2. 분석방법

본 연구의 종속변수는 환경규제의 기술혁신에 대한 영향 유무인 (영향있음=1, 영향없음=0) 이항변수이다. 종속변수가 이항변수인 경우, 로짓(logit)이나 프로빗(probit) 모형이 주로 사용된다. 그러나 이러한 비선형 모형은 계수의 직관적 해석이 어렵고, 상호작용항을 포함하고 있는 경우 더욱 모형의 비교와 해석이 곤란하다(Breen, Karlson, and Holm, 2018; Franzese and Kam, 2009; Hayes, 2017). 따라서 본 연구는 로짓모형을 사용하되, 이와 더불어 선형확률모형을 함께 제시한다. 또한, 모형의 강건성을 교차검증하기 위해 로짓모형의 분석결과를 한계효과(average marginal effects)와 함께 제시하고, 선형확률모형의 이분산성을 보정하기 위해 표준강건오차(robust standard error)를 사용하였다.

아래의 식은 본 연구에 활용된 모형을 보여준다. 구체적으로 본 모형은 환

경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률과 독립변수들과의 선형관계를 가정하고, 이를 기술집약도와 기업규모 등으로 설명하고자 하였다. 첫번째 모형은 기업규모와 기술집약도를 반영한 기본모형이고, 두번째 모형은 기업규모와 기술집약도의 상호작용항을 포함한 모형이다. 이때 기술집약도는 범주형 변수로, 중저(medium-low=1, otherwise=0), 중간(medium=1, otherwise=0), 중고(medium-high=1, otherwise=0), 고(high=1, otherwise=0)로 구분되며, 기업규모는 중소기업을 기준으로 하는 더미변수가 활용되었다(중소기업=0, 중견/대기업=1).

$$(1) E(Y|X) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Size} + \beta_2 \times \text{Technology}(\text{medium}) + \beta_3 \times \text{Technology}(\text{medium-high}) + \beta_4 \times \text{Technology}(\text{high}) + \sum \gamma_j \times \text{Controls}_j$$

$$(2) E(Y|X) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Size} + \beta_2 \times \text{Technology}(\text{medium}) + \beta_3 \times \text{Technology}(\text{medium-high}) + \beta_4 \times \text{Technology}(\text{high}) + \beta_5 \times \text{Size} \times \text{Technology}(\text{medium}) + \beta_6 \times \text{Size} \times \text{Technology}(\text{medium-high}) + \beta_7 \times \text{Size} \times \text{Technology}(\text{high}) + \sum \gamma_j \times \text{Controls}_j$$

두번째 모형에 포함되어 있는 β_5 , β_6 , β_7 는 각 기술집약도×기업규모 상호작용항의 계수로, 기준범주에 비해 각 그룹이 기업규모로 인해 가지는 추가적인 효과(premium)를 의미한다. 중견·대기업인 경우, 각 기술집약도가 준거집단 대비 갖는 격차는 다른 변수들을 다 통제한 후에 갖는 조건부평균으로 중간(medium) 기술집약도인 경우, $\beta_1 + \beta_2 + \beta_5$, 중고(medium-high) 기술집약도는 $\beta_1 + \beta_3 + \beta_6$, 고(high) 기술집약도는 $\beta_1 + \beta_4 + \beta_7$ 이다.

IV. 분석결과

1. 기본모형

〈표 4〉는 기업규모와 기술집약도의 상호작용항을 포함하지 않은 기본 모형의 분석결과이다. 모형(1)과 (2)는 이항로짓모형의 분석 결과로 모형 (2)는 통제변수를 포함한 결과이다. 모형 (3)과 (4)는 선형확률모형의 분석 결과로, 모형(4)가 통제변수를 포함한 결과이다. 아래 〈표 4〉에서 볼 수 있듯이 로짓모형과 선형확률모형에서 유의미한 변수와 그 방향은 유사하게 나타났다.

〈표 4〉 기본모형 회귀분석 결과

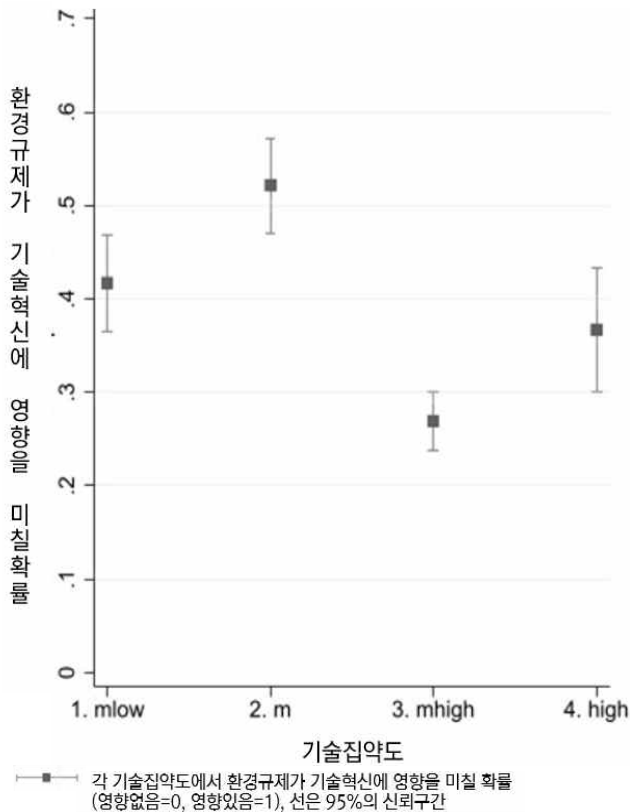
		Logit				LPM	
		(1)		(2)		(3)	(4)
		<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>ME</i>	<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>ME</i>	<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>b</i> (<i>se</i>)
기업 규모	size(=1)	-0.075 (0.114)	-0.017 (0.025)	-0.197 (0.159)	-0.041 (0.033)	-0.017 (0.025)	-0.042 (0.031)
기술 집약도	medium (=1)	0.435** (0.153)	0.096** (0.033)	0.405* (0.158)	0.085* (0.033)	0.108** (0.038)	0.095** (0.036)
	m/high(=1)	-0.659*** (0.136)	-0.145*** (0.029)	-0.658*** (0.141)	-0.138*** (0.029)	-0.146*** (0.031)	-0.140*** (0.031)
	high(=1)	-0.107 (0.181)	-0.024 (0.040)	-0.169 (0.205)	-0.035 (0.043)	-0.026 (0.043)	-0.036 (0.045)
Controls		No		Yes		No	Yes
Constant		-0.331** (0.116)		0.582** (0.178)		0.418*** (0.028)	0.626*** (0.040)
Observations		1739		1739		1739	1739
R-squared		0.034 (Pseudo)		0.064 (Pseudo)		0.044	0.091
AIC		2209.712		2209.712		2317.710	2242.157
BIC		2237.018		2237.018		2345.015	2302.228
ll		-1099.856		-1099.856		-1153.855	-1110.078

¹⁾ 정부지원, 경제적규제, 자금조달, 전략, 노조유무, 상장유무를 통제함

²⁾ 선형확률모형(LPM)에서는 표준강건오차(Robust standard error)를 사용함

³⁾ 양측검증 * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

〈그림 1〉 기술집약도별 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치는 확률



가설 1에서 본 연구는 상대적인 기술적 우위를 갖는, 다시 말해 기술집약도가 높은 기업일수록 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않을 것으로 예상했다. 그러나 모델(4)에서 볼 수 있듯, 중간(medium) 기술집약도는 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 중저(medium/low, 준거그룹) 기술집약도 대비 9.5%p 높았고($p < 0.01$), 중고(medium/high) 기술집약도는 14%p 낮았다($p < 0.001$). 즉, 중고 기술집약도를 갖는 기업은 환경상의 규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않을 확률이 높았다. 〈그림 1〉은 다른 변수들을 모두 각각의 평균에 고정시키고, 각 기술집약도별로 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률(영향없음=0, 영향있음=1: predicted probability)을 95% 신뢰구간(confidence interval)과 함께 나타낸 것으로,

중고기술집약도 기업이 타 기술집약도 대비 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 현저히 낮은 것을 보여준다. 반면, 고(high) 기술집약도는 준거그룹(medium/low) 대비 차이가 유의미하지 않았고, 기업규모도 유의미하게 나타나지 않았다.

이러한 중간기술집약도에는 금속, 비금속 처리공정 등 원재료의존도가 높은 분야가 포함되어 있다. 원재료처리를 위해서는 특수공정과 장비가 필요한데, 기술혁신을 위한 장비와 공정의 개선은 생산원가를 높이기 때문에 이러한 중간기술집약도를 지닌 기업의 기술혁신 유인은 낮은 편에 속한다(Leon-Gonzalez and Tole, 2015). 더욱이 분야의 특성 상 제품 수명주기가 길고 시장의 변화가 적어 기술혁신 필요성 역시 낮다. 그러나 이와 동시에 원재료 처리 과정 중에 발생하는 오염물질 배출수준이 높아(Fahad, Bai, Liu, and Baloch, 2022; Song, Peng, Shang, and Zhao, 2022), 환경규제가 배출비용 저감을 위한 기술혁신에 영향을 미치는 것으로 보인다. 실제로 기존 연구에서도 자원배분의 효율성이 경쟁우위와 밀접한 기업은 환경규제에 선제적으로 대응한다는 점을 지적하고 있으며(Lepak, Smith, and Taylor, 2007; Song, Peng, Shang, and Zhao, 2022; Teece, 2014), 환경규제는 자원기반산업(resource-based industry)의 기술혁신과 유의미한 관계를 맺는 것으로 나타난 바 있다(Song et al., 2022). 앞서 환경규제가 기술혁신을 통해 자원의 효율성과 생산성 개선에 기여할 수 있다는 포터의 가설(Porter and van der Linde, 1995)이 성립하기 위해서는 기본적으로 최적화된 원재료사용과 생산 시스템이 중요한 기업이어야 하는데, 이러한 중간기술집약도를 갖춘 기업들이 바로 그 사례라고 할 수 있다. 다시 말해 기업의 환경규제에 대한 선제적인 대응이 반드시 기술혁신 성과로 연결되는지는 확신할 수 없지만 (Shao et al., 2020), 최소한 환경규제는 자원의 효율성이 중요한 기업들의 기술혁신에는 영향을 주는 것으로 나타나고 있는 것이다.

이에 비해 중고(medium-high) 기술집약도를 갖춘 기업의 경우, 기술혁신에 환경규제의 영향이 없을 가능성이 높았다. 여기에는 화학과 화학제

품, 의료·정밀 기기, 전기장비, 자동차 및 트레일러, 그리고 기타 운송장비가 포함되는데, 이들은 최근 탄소중립과 지속가능발전으로 인한 저탄소친환경 수요가 집중되고 있는 분야이다(Horbach, 2019). 이러한 경우, 안전한 화학물질 사용과 고효율·친환경 에너지원, 온실가스 배출저감 등 시장수요에 대응하기 위한 시의성 있는 기술혁신이 중요하기 때문에 자체적으로 친환경 혁신을 추구할 유인이 강한 반면(Liao and Tsai, 2019), 정부에 의한 환경규제와 같은 외부 동인은 유의미하지 않을 수 있다(Li-Ying et al., 2018). 기존 연구에서 역시 해당 분야(전기 및 광학기기, 운송장비, 기계장비)에서 기술의 발달은 경제적 이익과 탄소배출 저감에 기여하기 때문에 시장수요에 기반한 친환경 혁신이 기업성장에 중요하다는 점을 지적하고 있다(S. Wang et al., 2020). 이처럼 중고 기술집약도의 경우, 친환경에 대한 사회적 수요가 집중되는 분야이지만 환경규제의 기술 혁신에 대한 영향은 미미하다는 점은, 향후 정책 수립에 있어 큰 시사점을 갖는다.

마지막으로 높은 기술집약도의 경우, 의약품, 전자부품·컴퓨터·음향통신 등이 포함된다. 이 분야의 경우, 기술변화의 속도가 빨라 지속적인 혁신과 이를 유지하는 것이 시장에서의 경쟁우위를 결정하므로 자체적인 혁신 동인이 강하다(Gilbert, 2020; Wu, 2012). 또한, 분야 특성상 오염물질 배출수준이 낮은 점을 감안하면(P. Wang et al., 2013; S. Wang et al., 2020; 신석하, 2014) 기술혁신을 통한 규제비용 저감 필요성 역시 미미할 수밖에 없다(Olmstead, 2018). 다시 말해 이들 기업에게 있어 환경규제는 기술혁신 결정에서 중요한 고려 사항이 아니기 때문에(Liao & Tsai, 2019), 환경규제와 기술혁신 간에 유의미한 관계가 성립하지 않을 수 있다는 것이다.

2. 상호작용모형

아래 <표 5>는 기업규모(중견·대기업=1, 중·소기업=0)와 기술집약도의 상호작용항을 포함한 모형의 분석결과이다. 모델(5)과 (6)은 로짓모형의 분석결과로 모델(6)이 통제변수를 포함한 결과이며, (7)과 (8)은 선형확률

모형의 분석결과로 모델(8)이 통제변수를 포함한 결과이다. 기본모형과 동일하게 상호작용항을 포함한 모형에서도 로짓과 선형확률모형에서 유의미한 변수와 그 방향은 유사하게 나타났다.

〈표 5〉 기업규모×기술집약도 상호작용모형 회귀분석결과

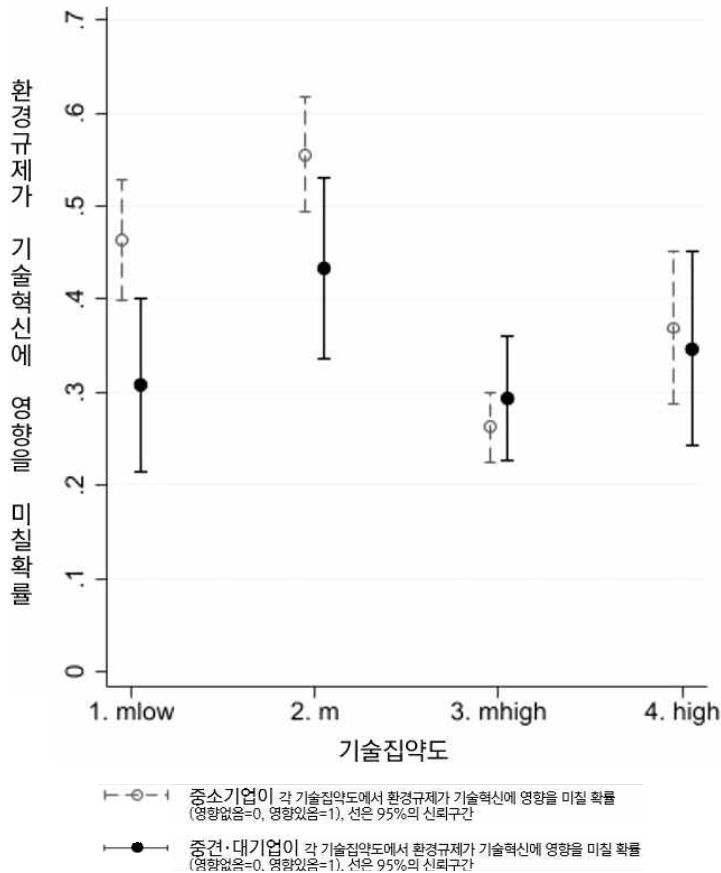
		Logit				LPM	
		(5)		(6)		(7)	(8)
		<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>ME</i>	<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>ME</i>	<i>b</i> (<i>se</i>)	<i>b</i> (<i>se</i>)
기업 규모	size(=1)	-0.480 (0.248)	-0.015 (0.025)	-0.701* (0.281)	-0.042 (0.033)	-0.113* (0.057)	-0.154** (0.060)
기술 집약도	medium (=1)	0.389* (0.180)	0.094** (0.033)	0.341 (0.187)	0.083* (0.033)	0.097* (0.045)	0.081 (0.044)
	m/high (=1)	-0.881*** (0.161)	-0.142*** (0.029)	-0.911*** (0.166)	-0.135*** (0.029)	-0.196*** (0.037)	-0.193*** (0.037)
	high(=1)	-0.192 (0.228)	-0.021 (0.040)	-0.346 (0.257)	-0.037 (0.044)	-0.047 (0.055)	-0.076 (0.055)
상호작용	medium * size(=1)	0.137 (0.344)		0.191 (0.358)		0.028 (0.082)	0.039 (0.078)
	m/high * size(=1)	0.789** (0.302)		0.891** (0.311)		0.176** (0.067)	0.187** (0.066)
	high * size(=1)	0.325 (0.381)		0.563 (0.396)		0.077 (0.089)	0.122 (0.085)
Controls	No	yes		No		yes	
Constant	-0.214 (0.131)	0.731*** (0.191)		0.447*** (0.033)		0.658*** (0.043)	
Observations	1739	1739		1739		1739	
R-squared	0.0374 (Pseudo)	0.0689 (Pseudo)		0.049		0.096	
AIC	2206.838	2133.727		2314.504		2237.716	
BIC	2250.527	2210.182		2358.193		2314.171	
ll	-1095.419	-1052.863		-1149.252		-1104.858	

1) 정부지원, 경제적규제, 자금조달, 전략, 노조유무, 상장유무를 통제함

2) 선형확률모형(LPM)에서는 표준강건오차(Robust standard error)를 사용함

3) 양측검증 * p(0.05), ** p(0.01), *** p(0.001)

〈그림 2〉 기업규모에 따른 기술집약도별 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률



본 연구는 두 번째 가설에서, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률은 중소기업 대비 중견/대기업이 더 낮을 것이며(가설2-1), 기술집약도가 높을수록 기업규모는 이 확률에 부(-)의 프리미엄을 가질 것으로 예상했다(가설2-2). 앞선 기본모형 분석에서는(표 4) 기업규모(size)가 유의미하게 나타나지 않았다. 그러나 기업규모와 기술집약도의 상호작용항을 고려한 분석에서는(표 5) 기업규모가 부(-)의 방향으로 유의미하여($p < 0.01$), 기업규모가 반영하는 기업의 역량은 환경규제가 기술혁신에 미칠 가능성을 낮추는 것으로 기존 연구결과와 부합하게 나타났다(Ashford and Heaton Jr,

1983; Blind, 2016; Horbach, 2016; Rubim de Pinho Accioli Doria, 2010).

그러나 가설 2-2와는 다르게 기업규모×기술집약도의 상호작용항은 중고(medium/high) 기술집약도에서만 정(+)의 부호를 가지는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 모델(8)에서 중고(medium/high) 기술집약도를 갖는 중·소 기업은, 준거그룹 대비(중저 기술집약도를 갖는 중소기업) 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 19.3%p 낮았으나($p < 0.001$), 중견·대기업인 경우 18.7%p의 정(+)의 프리미엄을 가져($p < 0.01$) 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 가능성을 높였다. 그 외 중간(medium)과 높은(high) 수준의 기술집약도에서는 기업규모와의 상호작용항이 유의미하지 않았다.

위의 분석결과를(모델8) 그래프로 나타내면 <그림 2>와 같다. 앞서 <그림 1>과 마찬가지로 이 그래프는 다른 변수들을 모두 각각의 평균에 고정시키고, 기술집약도에 따라 기업규모별로 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률(영향없음=0, 영향있음=1: predicted probability)을 95% 신뢰구간(confidence interval)과 함께 나타낸 것이다. 중고 기술집약도를 갖는 그룹에서, 중소기업(size=0)과 중견·대기업(size=1)의 신뢰구간이 일부 겹치지만, 환경규제가 중소기업의 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 중견·대기업보다 낮아 타 기술집약도와는 상이한 결과를 보여주고 있다.

중고기술집약도 분야의 경우, 앞서 설명한 바와 같이, 화학과 화학제품, 전기장비, 자동차 및 트레일러, 기타 운송장비 등 탄소중립과 지속가능발전 을 위한 저탄소·친환경에 대한 시장과 규제 의 사회적 수요가 집중되고 있다. 분석결과에 따르면 이러한 사회적 압력은 주로 중소기업보다는 대규모 기업에 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 환경경영(environmental management)의 중요성에 대한 시장의 관심과 이를 달성할 것을 요구하는 규제의 영향력은 중소기업에 비해 대규모 기업에게 훨씬 크기 때문에 (Altmann, 2015; Hoejmosse, Brammer, and Millington, 2012), 이들은 끊임없이 이를 충족하기 위한 노력을 기울여야만 한다. 또한, 이러한 친환경에 대한 사회적 압력이 존재하는 상황에서, 규모가 큰 기업은 중소기업에

비해 시장에서의 평판이 악화될 위험성이 더 크므로 환경문제에 더 적극적으로 행동할 필요가 있다(Johnson and Schaltegger, 2016). 실제 실증연구에서도 규제에 의한 위험노출수준이 높은 대규모 기업은 ESG 수준 향상, 환경위험감소를 위한 투자확대 등을 선제적으로 고려했고(Verheyden, Eccles, and Feiner, 2016), 주주 등 이해관계자로부터의 압력 완화 및 투자매력도를 유지하기 위해 환경위험을 낮추는 경향을 보였다(Flammer, 2013, 2021; 곽배성·이재혁, 2021). 이를 고려할 때, 본 연구의 분석결과는 저탄소·친환경의 압력이 높은 중고기술택약도 분야의 경우 환경규제는 규모가 큰 기업의 기술혁신에 유의미한 영향을 행사한다는 점을 보여준다.

그러나 중고기술택약도의 중소기업의 경우, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 가능성이 타 기술집약도와 다르게 중견·대기업보다 낮았다. 앞서 설명한 바와 같이 대규모 기업에게 환경규제의 영향력이 더 먼저 전달된다는 점을 고려하면, 이러한 분석 결과는 공급사슬(supply chain) 관점에서 생각해 볼 필요가 있다(Altmann, 2015). 자동차와 운송장비, 화학제품 등은 원재료와 부품, 완제품까지 상대적으로 복잡한 공급구조를 가지는데, 소규모 기업은 일반적으로 공급망의 상류(upstream)에 위치한다(Stekelorum, Laguir, and ElBaz, 2020). 물론 환경에 대한 인식은 공급망의 상류와 하류에 모두 영향을 미치지만(Altmann, 2015), 이 영향은 소규모 기업과 대규모 기업에게 동일하지 않다. 즉 이는 대규모 기업이 먼저 고객과 규제기관으로부터 친환경에 대한 압력을 받고, 그 이후 이를 공급망 전체에 전달하기에(Jaiswal, Samuel, and Ganesh, 2019; Namagembe, Sridharan, and Ryan, 2016), 환경인식에 민감한 중고기술택약도 분야라 할지라도 중소기업의 기술혁신에 환경규제가 미치는 영향은 직접적으로 이뤄지지 않을 수 있다는 것이다. 또한, 중소기업은 대규모 기업에 비해 기본적인 자원이 부족하기 때문에(El Baz, Laguir, Marais, and Stagliano, 2016), 기술혁신과 같은 역량개발보다는 비용 효과적인 공급망 내부에서 주어지는 요구사항들을 준수하는 데 중점을 두는 경향이 있다(Shibin, Gunasekaran, and Dubey, 2017; Stekelorum et al., 2020). 따라서 환경

규제가 중소기업의 직접적인 기술혁신에 영향을 미칠 확률은 대규모 기업에 비해 낮을 수 있는 것이다.

다음으로 중저(medium-low) 기술집약도 분야에서는, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률은 중소기업보다 중견·대기업이 15.4%p($p<0.01$) 낮았다. 중저기술집약도는 식/음료, 섬유 등 범용화된 기술을 사용하는 분야로, 기술개발보다는 관리와 운영, 거래 등의 역량으로 혁신을 추진하며, 원가절감이 기업경쟁력에서 중요하다(Galindo-Rueda and Verger, 2016; Zawislak et al., 2018). 따라서 이들의 기술혁신 중요성은 상대적으로 낮을지라도, 대규모 기업은 규모의 경제를 통한 비용절감과 운영역량 측면에서 중소기업보다 우위를 가지므로, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않을 가능성이 높을 수 있다.

반면, 중간기술집약도와 높은 기술집약도는 기업규모와의 상호작용향이 유의미하지 않았다. 앞선 기본모형 분석에서, 중간기술집약도는 원재료 위주의 공정으로 인해 상대적으로 오염물질 배출이 높아 환경규제가 기술혁신에 영향을 줄 확률이 높았다. 원재료 처리를 위한 장비와 공정의 특성상 규모가 큰 기업이 원가절감에 유리하나(Galindo-Rueda and Verger, 2016; Zawislak et al., 2018), 금속, 플라스틱 등의 분야는 규제 변화가 미미해 중소기업과 대규모 기업의 규제순응에서의 차이는 유의미하지 않을 수 있다. 또한, 높은 기술집약도 분야의 경우는 빠른 기술과 시장의 변화로 인해 자체혁신 동인이 강한 그룹으로(Gilbert, 2020; Mohannak, 2007; Wu, 2012), 앞선 기본모형 분석결과와 같이 환경규제와 같은 외부요인이 기술혁신에 영향을 미치지 않기 때문에, 기업규모 구分的 효과도 유의미하지 않게 나타난 것으로 보인다.

V. 결론

기존의 환경규제의 기술혁신에 대한 연구들은 대부분 환경규제가 모든 기업에게 영향을 미친다는 전제를 가지고 있었다. 그러나 이와 달리 본 연

구는 환경규제가 모든 기업의 기술혁신에 동일한 영향을 미치지 않는다는 가정 하에, 기술적 우위와 역량을 갖춘 기업은 환경규제가 기술혁신에 영향을 줄 가능성이 낮을 것이라는 가설을 설정하고 이를 실증적으로 분석했다. 자연환경에 대한 고려가 기업운영에 중요하지 않거나, 실질적으로 오염물질 배출이 낮아 규제비용이 크지 않다면, 환경규제는 기술혁신에서 고려해야 할 변수가 아닐 수 있다(Flammer, 2021). 기술적 우위를 갖는 기업은 규제비용을 최적으로 저감할 수 있고(Olmstead, 2018), 규모가 큰 기업은 조직과 재무 등 기술 외적인 운영 역량에 기반하여 기술혁신을 추진할 수 있기 때문에(Zawislak et al., 2018), 환경규제가 기술혁신에 미치는 영향은 기술적 우위와 기업규모에 따라 미미한 수준에 그칠 수 있다는 것이다. 본 연구의 분석결과는 이러한 가설들을 상당 부분 뒷받침 하고 있다. 기본모형에서〈표 4〉 상대적으로 높은 기술집약도(medium/low 대비 medium)의 기업은 환경규제가 그들의 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮았으며〈표 4〉, 상호작용항을 포함한 모형에서〈표 5〉 중견·대기업은 중소기업보다 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮았다. 그러나 중고기술택약도는 다른 기술집약도와 달리 환경규제가 그들의 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮았으며, 중견·대기업이 중소기업보다 규제의 영향을 받을 가능성이 높았다. 가장 높은 기술집약도는 두 모형에서 모두 유의미하지 않았다.

이러한 분석의 결과는 환경규제의 기술혁신에 대한 영향이 모든 기업에게 동일하지 않다는 것을 보여준다. 규제비용이 미치는 부(-)의 영향이나 기술혁신 유인으로서 정(+)의 영향만을 고려하고 있는 기존 연구와는 달리, 본 연구는 환경규제가 기술혁신에 유의미한 영향을 미치지 않을 수 있음을 시사한다. 예를 들어 중고기술택약도의 화학, 전기, 자동차 및 트레일러, 운송장비 분야는 저탄소·친환경 시장수요로 자체적인 친환경 혁신 유인이 강하기예(Horbach, 2019), 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치는 것은 어려울 수 있다. 그러나 더 구체적으로 살펴보면 해당 분야에서 중견·대기업이 중소기업보다 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 높았다. 탄소중립과 지속가능발전과 같은 친환경에 대한 사회적 수요가 높

아질 때, 이러한 압력은 중소기업보다 대규모 기업에게 보다 직접적으로 영향을 미치는 경향이 있다. 대규모 기업의 경우 시장에서 평판 악화에 민감하며, 정보공시 의무와 주주 등 이해관계자의 압력에서 자유롭지 못하다(Johnson and Schaltegger, 2016). 또한, 이들은 사회에서 주어지는 친환경 압력을 공급망 전반에 전달하는 경향이 있다(Jaiswal et al., 2019; Namagembe et al., 2016). 즉 환경에 대한 인식이 확산되고 있는 중고기 기술집약도에서 환경규제의 기술혁신에 대한 영향은 중소기업에 비해 대규모 기업에게 직접적으로 작용하게 된다는 것이다.

본 연구의 분석 결과는 환경규제와 기술혁신의 관계에 대한 이해에 중요한 함의를 갖는다. 우선 이론적 측면에서, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 가능성이 낮은 그룹을 식별하여 기존의 논의를 확장한다. 특히 본 연구는 환경규제가 기술혁신 유인을 제공하는지의 여부가 아니라, 환경규제가 아예 기술혁신과 관련이 없을 수도 있음을 시사하고 있다. 물론, 이것이 환경규제의 기술혁신에 대한 영향이 완전히 '0'임을 의미하지는 않는다. 그러나 기술혁신의 유인과 역동성의 맥락에서(Blind, 2016; Horbach, 2019), 환경규제가 기술혁신을 저해하거나 촉진하는 것 만이 아닌, 해당 영향의 방향이 불분명한 지점이 있을 수 있다는 논의는 충분히 가능하다. 특히 본 연구는 기술집약도와 기업규모를 통해 이러한 지점을 식별해 규제의 효과성이 낮은 대상을 특정해 볼 수 있다는 점에 그 의의가 있다. 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠 확률이 낮은 기업은 최소한의 규제 준수 외의 효과를 기대하기 어렵고, 그렇지 않은 기업은 규제의 변경에 민감하기 때문에 각각 다르게 규제의 수준을 설정함으로써 규제의 목적을 달성할 수 있을 것이다. 이러한 점에서 본 연구는 “환경규제가 어떤 기업의 기술혁신에는 긍정·부정의 영향을 미치는 반면, 어떤 기업은 그렇지 않은가?”에 대해 가능한 답을 제공할 수 있을 뿐 아니라, 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않는 그룹을 특정함으로써 그간 이뤄져온 실증연구의 한계를 일정 부분 해소하는 데 기여할 수 있다.

다만 본 연구의 결과를 해석하는 데에는 주의사항이 있다. 본 연구에서

종속변수로 사용한 환경규제의 기술혁신에 대한 영향 유무가 자기보고에 기반하고 있다는 점이다. 대부분의 기존 연구는 환경규제가 기술혁신을 유인하는지, 그렇지 않은지를 자기보고 또는 신제품 매출액, 신규 장비 도입 비용 등을 통해 반영했다(Biscione et al., 2021; Horbach, 2019; Weiss, Stephan, and Anisimova, 2019). 기존 연구들처럼 환경규제 하에서 발생한 신제품 출시와 공정 개선을 환경규제의 기술혁신 유인에 따른 결과로 보기 위해서는 환경규제에 따른 기술혁신의 경우만을 특정할 수 있어야 하지만, 실제로 해당 기술혁신이 환경규제로 인함인지, 원래의 전략에 의한 성과인지 구분하는 것은 어렵다(Jaffe and Palmer, 1997). 물론 직접적인 환경규제의 기술혁신에 대한 영향 유무를 정량적으로 측정할 수 있다면, 환경규제가 기술혁신에 영향을 주는지 여부를 보다 정확하게 반영할 수 있을 것이다. 그러나 환경규제가 기술혁신을 저해 또는 촉진하는 정도, 혹은 그 영향 유무는 상대적인 인식일 수 있다(Bitat, 2018). 환경규제가 기술혁신에 영향을 미칠지라도, 기업의 역량에 따라 실제적인 해당 영향에 대한 정도는 다를 수 있기 때문이다. 또한, 환경규제의 기술혁신에 대한 영향의 방향과 관계없이 영향의 유무로 종속변수를 사용했기 때문에 상이한 특성이 단일한 값으로 반영되었을 수 있다. 그러나 본 연구가 환경규제가 기술혁신에 영향을 미치지 않는 대상을 탐색하는데 초점이 있음과 활용 가능한 변수의 제약을 고려할 필요가 있다.

그럼에도 불구하고, 본 연구의 결과는 환경규제의 기술혁신에 대한 영향에 관한 기존 연구를 확장하고, 기술적 우위와 기업규모의 중요성을 시사한다. 기존의 논의가 환경규제가 기술혁신에 미치는 영향을 긍부정으로만 구분하고 있는 것과 달리, 본 연구의 결과는 환경규제는 기업의 기술혁신에 영향을 주지 않을 수 있다는 점을 제시하고, 기업의 기술적 역량과 기업규모를 통해 이러한 대상을 특정하는 것이 가능하도록 한다. 이러한 연구의 결과에 기반한다면, 향후 환경규제 정책 설계에 있어 규제의 효과성이 낮은 대상과 그렇지 않은 대상에 따라 규제수준을 적절히 조정하여 환경규제의 목표를 보다 효과적으로 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 참고문헌 ■

- 곽배성·이재혁, 2021, “기업의 ESG 수준과 외국인투자자 비중과의 관계: 규제위험 노출 수준에 따른 투자자 민감도”, 『전략경영연구』, 24(1), pp.35-66.
- 김권식, 2014, “경제성장 잠재력 확충을 위한 규제개혁의 양대 축: 경제적 규제완화와 사회·환경적 규제강화” ISSUE PAPER(한국행정연구원) (Vol. 통권 2014-06)
- 김권식·이광훈, 2014, “환경규제 수단의 선택에 미치는 영향요인 탐색: 지방분권화, 입법주체 및 규범형식을 중심으로”, 『지방행정연구』, 28(1), pp.167-191.
- 김기환·문성진, 2018, “환경규제는 자발적일 수 없는가?: 자율환경협약의 논리와 효과성”, 『한국공공관리학보』, 32(4), pp.79-98.
- 김선화·김영오, 2016, “중소기업의 녹색인증이 지속성장성과 자기자본비용에 미치는 영향”, 『환경정책』, 24(2), pp.1-27.
- 김태윤, 2012, “경제적 규제와 사회적 규제의 비차별성에 대한 연구”, 『규제연구』, 21(1), pp.3-32.
- 문미라·윤순진, 2016, “한국 제조업의 환경혁신 결정요인 분석”, 『환경정책』, 24(3), pp.73-94.
- 신석하, 2014, “오차수정모형을 이용한 한국의 탄소배출량 결정요인 분석”, 『경제학연구』, 62(3), pp.5-28.
- 윤효진·홍아름·정성도, 2018, “중소기업의 연구개발 및 기술혁신 역량과 기술혁신 지원 제도가 기업성과에 미치는 영향”, 『한국혁신학회지』, 13(2), pp.209-238.
- Altmann, M., 2015, “A supply chain design approach considering environmentally sensitive customers: the case of a German manufacturing SME”, *International Journal of Production Research*, 53(21), pp.6534-6550.
- Ashford, N.A. and Heaton Jr, G.R., 1983, “Regulation and technological innovation in the chemical industry”, *Law & Contemp. Probs.*, 46, p.109.
- Becker, S. O., & Egger, P. H., 2013, “Endogenous product versus process innovation and a firm’s propensity to export”, *Empirical Economics*, 44(1), pp.329-354.
- Biscione, A., Caruso, R., & de Felice, A., 2021, “Environmental innovation in European transition countries”, *Applied Economics*, 53(5), pp.521-535.
- Bitat, A., 2018, “Environmental regulation and eco-innovation: the Porter hypothesis refined”, *Eurasian Business Review*, 8(3), pp.299-321.
- Blind, K., 2016, The impact of regulation on innovation, In J. Elder, P. Cunningham, A. Gök and P. Shapira(Eds.), *Handbook of innovation policy impact*, (pp.450-482), Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Bowen, F., and Panagiotopoulos, P., 2020, “Regulatory roles and functions in information-based regulation: a systematic review”, *International Review of Administrative Sciences*, 86(2), pp.203-221.

- Cainelli, G., D'Amato, A., and Mazzanti, M., 2020, "Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU firms", *Research Policy*, 49(1), p.103827.
- Chen, Y. and Chen, I.J., 2019, "Mixed sustainability motives, mixed results: the role of compliance and commitment in sustainable supply chain practices", *Supply Chain Management*, 24(5), pp.622-636.
- Coase, R. H., 1992, "The economic structure of production". *American Economic Review*, 82(3), pp.713-719.
- Colombo, M. G., Foss, N. J., Lyngsie, J., & Lamastra, C. R., 2021, "What drives the delegation of innovation decisions? The roles of firm innovation strategy and the nature of external knowledge", *Research Policy*, 50(1), p.104134.
- Connelly, B. L., Certo, S. T., Ireland, R. D., and Reutzel, C. R., 2011, "Signaling theory: A review and assessment", *Journal of management*, 37(1), pp.39-67.
- Dosi, G., Riccio, F., and Virgillito, M. E., 2021, "Varieties of deindustrialization and patterns of diversification: why microchips are not potato chips", *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, pp.182-202. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.01.009
- El Baz, J., Laguir, I., Marais, M., and Staglianò, R., 2016, "Influence of national institutions on the corporate social responsibility practices of small-and medium-sized enterprises in the food-processing industry: Differences between France and Morocco", *Journal of Business Ethics*, 134(1), pp.117-133.
- Fahad, S., Bai, D., Liu, L., and Baloch, Z. A., 2022, "Heterogeneous impacts of environmental regulation on foreign direct investment: do environmental regulation affect FDI decisions?", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(4), pp.5092-5104.
- Flammer, C., 2013, "Corporate social responsibility and shareholder reaction: The environmental awareness of investors", *Academy of management journal*, 56(3), pp.758-781.
- Flammer, C., 2021, "Corporate green bonds", *Journal of Financial Economics*, 142(2), pp.499-516. DOI:10.1016/j.jfineco.2021.01.010
- Galindo-Rueda, F. and F. Verger, 2016, "OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 04, DOI: 10.1787/5jlv73sqqp8r-en.
- Gilbert, R. J., 2020, Should Competition Policy Differ for the High-Technology Economy?, In Gilbert, R.J., *Innovation matters: competition policy for the*

- high-technology economy* (pp. 13-39), Cambridge: MIT Press.
- Grover, D., 2017, "Declining pollution abatement R&D in the United States: theory and evidence", *Industrial and corporate change*, 26(5), pp.845-863.
- Gunningham, Neil. and Darren Sinclair., 2017, Smart regulation, In P. DRAHOS (Ed.), *Regulatory theory: Foundations and applications*, (pp.133-148), Canberra: ANU Press, <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1q1crtm.16>
- Hill, A. D., Johnson, S. G., Greco, L. M., O'Boyle, E. H., and Walter, S. L., 2021, "Endogeneity: A review and agenda for the methodology-practice divide affecting micro and macro research", *Journal of management*, 47(1), pp.105-143.
- Hoejmose, S., Brammer, S., and Millington, A., 2012, "Green supply chain management: The role of trust and top management in B2B and B2C markets", *Industrial Marketing Management*, 41(4), pp.609-620.
- Horbach, J., 2016, "Empirical determinants of eco-innovation in European countries using the community innovation survey", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 19, pp.1-14.
- Horbach, J., 2019, Determinants of eco-innovation at the firm level. In Boons, F. and McMeekin, A(Eds), *Handbook of Sustainable Innovation* (pp. 60-77), Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Huang, X., and Liu, X., 2019, "The impact of environmental regulation on productivity and exports: A firm-level evidence from China", *Emerging Markets Finance and Trade*, 55(11), pp.2589-2608.
- Jaffe, A. B., and Palmer, K., 1997, "Environmental regulation and innovation: a panel data study", *Review of economics and statistics*, 79(4), pp.610-619.
- Jaiswal, A., Samuel, C. and Ganesh, G.A., 2019, "Pollution optimisation study of logistics in SMEs", *Management of Environmental Quality*, 30(4), pp.731-750. DOI: 10.1108/MEQ-04-2018-0077
- Jiang, Z., Wang, Z., and Zeng, Y., 2020, "Can voluntary environmental regulation promote corporate technological innovation?" *Business Strategy and the Environment*, 29(2), pp.390-406.
- Johnson, M. P., and Schaltegger, S., 2016, "Two decades of sustainability management tools for SMEs: How far have we come?", *Journal of Small Business Management*, 54(2), pp.481-505.
- Kalt, J.P., 1985, *The impact of domestic environmental regulatory policies on US international competitiveness*. Harvard Univ: Cambridge, MA (USA). Energy and Environmental Policy Center.

- Leon-Gonzalez, R., and Tole, L., 2015, "The determinants of mergers & acquisitions in a resource-based industry: What role for environmental sustainability?", *Review of Economic Analysis*, 7(2), pp.111-134.
- Lepak, D. P., Smith, K. G., and Taylor, M. S., 2007, "Value creation and value capture: A multilevel perspective", *Academy of management review*, 32(1), pp.180-194.
- Li-Ying, J., Mothe, C., and Nguyen, T. T. U., 2018, "Linking forms of inbound open innovation to a driver-based typology of environmental innovation: Evidence from French manufacturing firms", *Technological Forecasting and Social Change*, 135, pp.51-63.
- Liao, Y. C., and Tsai, K. H., 2019, "Innovation intensity, creativity enhancement, and eco-innovation strategy: The roles of customer demand and environmental regulation", *Business Strategy and the Environment*, 28(2), pp.316-326.
- Liu, M., Shadbegian, R., and Zhang, B., 2017, "Does environmental regulation affect labor demand in China? Evidence from the textile printing and dyeing industry", *Journal of Environmental Economics and Management*, 86, pp.277-294.
- Love, J. H., & Ashcroft, B., 1999, "Market versus corporate structure in plant-level innovation performance", *Small business economics*, 13(2), pp.97-109.
- Mohannak, K., 2007, "Innovation networks and capability building in the Australian high-technology SMEs", *European Journal of Innovation Management*, 10(2), pp.236-251. DOI: 10.1108/14601060710745279
- Namagembe, S., Sridharan, R. and Ryan, S., 2016, "Green supply chain management practice adoption in Ugandan SME manufacturing firms: The role of enviropreneurial orientation", *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 13(3), pp.154-173. DOI: 10.1108/WJSTSD-01-2016-0003
- OECD and Eurostat, 2018, Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing, DOI: 10.1787/9789264304604-en.
- Olmstead, S. M., 2018, Applying market principles to environmental policy. In N. J. Vig & M. E. Kraft (Eds.), *Environmental policy* (pp. 206-229). Washington, D.C: CQ Press. (Reprinted from: 10).
- Porter, M. E., 1991, "Towards a dynamic theory of strategy". *Strategic management journal*, 12(S2), pp.95-117.

- Porter, M. E., and van der Linde, C., 1995, "Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship", *Journal of economic perspectives*, 9(4), pp.97-118.
- Rubashkina, Y., Galeotti, M., and Verdolini, E., 2015, "Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors", *Energy Policy*, 83, pp.288-300.
- Rubim de Pinho Accioli Doria, M., 2010, "Innovation and Regulation in the Chemical Industry: The case of the European Union, 1976-2003", Doctoral dissertation, University of Trento, Italy
- Shao, S., Hu, Z., Cao, J., Yang, L., and Guan, D., 2020, "Environmental regulation and enterprise innovation: A review", *Business Strategy and the Environment*, 29(3), pp.1465-1478.
- Shibin, K., Gunasekaran, A., and Dubey, R., 2017, "Explaining sustainable supply chain performance using a total interpretive structural modeling approach", *Sustainable Production and Consumption*, 12, pp.104-118.
- Song, M., Peng, L., Shang, Y., and Zhao, X., 2022, "Green technology progress and total factor productivity of resource-based enterprises: A perspective of technical compensation of environmental regulation", *Technological Forecasting and Social Change*, 174, p.121276.
- Stekelorum, R., Laguir, I., and ElBaz, J., 2020, "Can you hear the Eco? From SME environmental responsibility to social requirements in the supply chain", *Technological Forecasting and Social Change*, 158, p.120169.
- Sun, Z., Wang, X., Liang, C., Cao, F., and Wang, L., 2021, "The impact of heterogeneous environmental regulation on innovation of high-tech enterprises in China: mediating and interaction effect", *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), pp.8323-8336.
- Teece, D. J., 2014, "The foundations of enterprise performance: Dynamic and ordinary capabilities in an (economic) theory of firms", *Academy of Management Perspectives*, 28(4), pp.328-352.
- Tidd, J., & Bessant, J. R., 2020, *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*, 7th Edition, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Verheyden, T., Eccles, R. G., and Feiner, A., 2016, "ESG for all? The impact of ESG screening on return, risk, and diversification", *Journal of Applied Corporate Finance*, 28(2), pp.47-55.
- Wang, M., Li, Y., Li, J., and Wang, Z., 2021, "Green process innovation, green product innovation and its economic performance improvement paths: A

- survey and structural model", *Journal of Environmental Management*, 297, p.113282.
- Wang, P., Wu, W., Zhu, B., and Wei, Y., 2013, "Examining the impact factors of energy-related CO₂ emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China", *Applied Energy*, 106, pp.65-71.
- Wang, S., Tang, Y., Du, Z., and Song, M., 2020, "Export trade, embodied carbon emissions, and environmental pollution: An empirical analysis of China's high-and new-technology industries", *Journal of Environmental Management*, 276, p.111371.
- Wang, Y., Sun, X., and Guo, X., 2019, "Environmental regulation and green productivity growth: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from OECD industrial sectors", *Energy Policy*, 132, pp.611-619.
- Weiss, J., Stephan, A., and Anisimova, T., 2019, "Well-designed environmental regulation and firm performance: Swedish evidence on the Porter hypothesis and the effect of regulatory time strategies", *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(2), pp.342-363.
- Wu, J., 2012, "Technological collaboration in product innovation: The role of market competition and sectoral technological intensity", *Research Policy*, 41(2), pp.489-496.
- Zawislak, P.A., Fracasso, E.M. and Tello-Gamarra, J., 2018, "Technological intensity and innovation capability in industrial firms", *Innovation & Management Review*, 15(2), pp.189-207. DOI: 10.1108/INMR-04-2018-012

노대민: 고려대학교 행정학과에서 행정학 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국원자력안전재단 기금관리부 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 환경규제와 위험사회, 과학기술정책이다(nohdaimin@korea.ac.kr).

이응균: MIT 도시계획학과에서 정책학 박사학위를 취득하였다. 현재 고려대학교 행정학과 교수로 재직 중이다. 대표 논문으로 "From intention to action" (Energy Research & Social Science), "Green transition of iron cities: A comparative case study of Kitakyushu and Pohang" (Journal of Environment and Development), "Information, interest intermediaries and regulatory compliance" (Journal of Public Administration Research & Theory) 등이 있다. 주요 관심분야는 환경규제 및 규제준수이론, 기후변화, 환경정의 이다(elee@korea.ac.kr).

투 고 일: 2022년 08월 02일
심 사 일: 2022년 08월 16일
게재확정일: 2022년 09월 12일

〈부록 1〉 기본모형 회귀분석 결과: 통제변수 포함

		Logit				LPM	
		(1)		(2)		(3)	(4)
		b(se)	ME	b(se)	ME	b(se)	b(se)
기업 규모	size(=1)	-0.075 (0.114)	-0.017 (0.025)	-0.197 (0.159)	-0.041 (0.033)	-0.017 (0.025)	-0.042 (0.031)
기술 집약도	medium (=1)	0.435** (0.153)	0.096** (0.033)	0.405* (0.158)	0.085* (0.033)	0.108** (0.038)	0.095** (0.036)
	m/high(=1)	-0.659*** (0.136)	-0.145** (0.029)	-0.658*** (0.141)	-0.138*** (0.029)	-0.146*** (0.031)	-0.140*** (0.031)
	high(=1)	-0.107 (0.181)	-0.024 (0.040)	-0.169 (0.205)	-0.035 (0.043)	-0.026 (0.043)	-0.036 (0.045)
통제 변수	정부지원 (gov)			-0.044 (0.145)	-0.009 (0.030)		-0.009 (0.032)
	경제적규제 (ecoreg)			-0.564*** (0.153)	-0.118*** (0.032)		-0.130*** (0.035)
	자금조달 (financing)			0.092* (0.041)	0.019* (0.009)		0.020* (0.009)
	전략 (strategy)			-0.082*** (0.021)	-0.017*** (0.004)		-0.018*** (0.005)
	노조유무 (union)			0.565*** (0.155)	0.119*** (0.032)		0.122*** (0.033)
	주식상장유무 (stock)			-0.228 (0.160)	-0.048 (0.033)		-0.047 (0.032)
Controls		No		Yes		No	Yes
Constant		-0.331** (0.116)		0.582** (0.178)		0.418*** (0.028)	0.626*** (0.040)
Observations		1739	1739	1739	1739	1739	1739
R-squared		0.034 (Pseudo)		0.064 (Pseudo)		0.044	0.091
AIC		2209.712		2209.712		2317.710	2242.157
BIC		2237.018		2237.018		2345.015	2302.228
Log-likelihood		-1099.856		-1099.856		-1153.855	-1110.078

1) 선형확률모형(LPM)에서는 표준강건오차(Robust standard error)를 사용

2) 양측검증 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

〈부록 2〉 상호작용 모형 회귀분석 결과: 통제변수 포함

		Logit				LPM	
		(1)		(2)		(3)	(4)
		b(se)	ME	b(se)	ME	b(se)	b(se)
기업 규모	size(=1)	-0.480 (0.248)	-0.015 (0.025)	-0.701* (0.281)	-0.042 (0.033)	-0.113* (0.057)	-0.154** (0.060)
기술 집약도	medium (=1)	0.389* (0.180)	0.094** (0.033)	0.341 (0.187)	0.083* (0.033)	0.097* (0.045)	0.081 (0.044)
	m/high (=1)	-0.881*** (0.161)	-0.142*** (0.029)	-0.911*** (0.166)	-0.135*** (0.029)	-0.196*** (0.037)	-0.193*** (0.037)
	high(=1)	-0.192 (0.228)	-0.021 (0.040)	-0.346 (0.257)	-0.037 (0.044)	-0.047 (0.055)	-0.076 (0.055)
상호 작용	medium (=1)*size(=1)	0.137 (0.344)		0.191 (0.358)		0.028 (0.082)	0.039 (0.078)
	m/high(=1)* size(=1)	0.789** (0.302)		0.891** (0.311)		0.176** (0.067)	0.187** (0.066)
	high(=1)* size(=1)	0.325 (0.381)		0.563 (0.396)		0.077 (0.089)	0.122 (0.085)
통제 변수	정부지원 (gov)			-0.053 (0.146)	-0.011 (0.030)		-0.010 (0.033)
	경제적규제 (ecoreg)			-0.567*** (0.154)	-0.118*** (0.032)		-0.129*** (0.035)
	자금조달 (financing)			0.098* (0.041)	0.020* (0.009)		0.021* (0.009)
	전략 (strategy)			-0.082*** (0.021)	-0.017*** (0.004)		-0.018*** (0.005)
	노조유무 (union)			0.577*** (0.156)	0.120*** (0.032)		0.125*** (0.033)
	주식상장유무 (stock)			-0.239 (0.159)	-0.050 (0.033)		-0.049 (0.032)
Controls		No		Yes		No	Yes
Constant		-0.214 (0.131)		0.731*** (0.191)		0.447*** (0.033)	0.658*** (0.043)
Observations		1739		1739		1739	1739
R-squared		0.0374 (Pseudo)		0.0689 (Pseudo)		0.049	0.096
AIC		2206.838		2133.727		2314.504	2237.716
BIC		2250.527		2210.182		2358.193	2314.171
Log-likelihood		-1095.419		-1052.863		-1149.252	-1104.858

1) 선형확률모형(LPM)에서는 표준강건오차(Robust standard error)를 사용

2) 양측검증 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001