

환경규제, 기업 이질성, 그리고 기업의 혁신 활동에 대한 행태적 접근

박민제* · 진병채**

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경 및 연구 가설의 설정
- III. 연구 방법
- IV. 실증분석 결과
- V. 결론 및 고찰

국문초록 : 정교히 디자인된 정부의 환경규제는 기업의 혁신을 촉진할 수 있다는 마이클 포터의 주장 이후로 환경규제와 기업혁신간의 관계에 대해 많은 선행 연구가 진행되었다. 선행 연구의 결과를 보면, 정부 규제의 효과성에 대해 여전히 상충되는 결과를 보이기도 한다. 이에, 본 연구에서는 기업 행태 이론과 기업 이질성 관점에 기반하여, 환경규제의 강도와 정부의 규제 발표 후 실제 시행될 때까지 남은 기간의 정도가 개별 기업의 혁신 활동에 어떤 영향을 주는지 실증 분석하였다. 미국의 자동차 연비규제 사례를 바탕으로 분석한 결과, 발표된 환경규제 기준을 달성하지 못한 후발 기업의 경우 규제의 강도가 증가함에 따라 선도 기업 대비 기존과는 다른 기술 지식을 탐색하지만 출원하는 특허의 임팩트는 감소하는 경향성을 보였다. 또한, 규제 시행일이 다가옴에 따라, 후발 기업은 선도 기업 대비 더 많은 특허를 출원했지만, 출원한 특허의 임팩트는 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구의 실증 결과는 정부의 환경규제에 대응하는 기업의 혁신 전략이 성과에 대한 기대 수준, 기대 수준과 실제

* 티맥스 엔터프라이즈 연구원 (pminje@gmail.com)

** 한국과학기술원 경영대학 경영공학부 교수, 교신저자 (bjin@kaist.ac.kr)

성과간 격차, 그리고 기업의 기술 역량에 따라 어떻게 달라질 수 있는지 검증하였다는 점에 그 이론적, 실무적 공헌점이 있다.

주제어 : 환경규제, 기술혁신, 기업 형태 이론, 기업 이질성, 성과피드백

Environmental Regulation, Firm Heterogeneity and Innovation

Minje Park · Byungchae Jin

Abstract : Since Michael Porter (1991) has proposed that environmental regulation can help a firm increase its competitiveness by encouraging it to engage in more innovative activities to meet the environmental regulation, a number of researchers have empirically investigated the “Porter Hypothesis.” However, the empirical results still remain mixed. Combining the perspectives of the behavioral theory of the firm and firm heterogeneity, we argue that the levels of regulation stringency and time-pressure would differentially influence a firm’s innovative behavior depending on the firm’s aspiration level, performance feedback and technological capabilities. Using the U.S. Corporate Average Fuel Efficiency (CAFE) regulation context, we empirically demonstrate that lagging firms that do not meet the new regulation standard announced by the government tend to search for more distant knowledge and that the impact of the patents they file for decreases as the regulation becomes more stringent. In addition, we also find that as time-pressure increases, lagging firms stand to apply for more patents than do leading firms whereas the overall impact of the patents decreases. These results help us advance our understanding of the nuanced causal relationship between regulation and innovation and provide practical implications for policymakers.

Key Words : Environmental Regulation, Technological Innovation, Behavioral Theory of the Firm, Firm Heterogeneity, Performance Feedback

I. 서론

혁신은 기업 경쟁력(Competitive Advantage)의 원천이 될 수 있다. 특히 첨단 기술 산업에서 지속적인 기술혁신 활동(Innovation Activity)은 기업의 기술 역량(Technological Capability)을 키우기에 매우 중요하다. 이에 기업의 혁신 활동에 영향을 주는 여러 요인에 관한 연구가 진행되었으며, 그중 하나로 정부의 성과기반 규제 시스템에 대한 논의가 여럿 진행되었다(Jaffe et al., 2002; Kemp, 1997). 정부 규제는 관련 기업에 비용적 부담을 유발할 수 있지만, Porter는 규제가 기업의 기술적 혁신을 촉진할 수 있다고 주장하며 환경규제와 기업 혁신의 양(Positive)적 관계에 대해 조명했다(Porter, 1991). 이는 규제가 사회적으로 필요하지만, 경영 활동에는 피해를 준다고 인식했던 신고전파 경제학적 인식과는 다른 관점이며, 이후의 연구들을 통해 정교히 디자인된 환경규제는 기업의 혁신을 촉진하고 경영 성과에도 긍정적 영향을 줄 수 있다는 가능성이 제기되었다(Porter & Van der Linde, 1995; Talay & Yoon, 2013). 특히, 여러 가지 유형의 환경규제 중, 정해진 기준을 발표하고 기업이 개별적으로 이를 달성하도록 하는 성과기반 규제(Performance-Based Technology-Forcing Regulation)는 관련 기업들이 혁신 활동에 더 많은 자원을 투자하도록 유도한다는 연구가 진행되었다(Bauman et al., 2008; Jaffe et al., 2002). 이를 바탕으로 환경규제와 기업 혁신 성과의 관계에 관한 연구가 많이 진행되었으나, 양(Positive)의 관계(Brunnermeier & Cohen, 2003), 음(Negative)의 관계(Walker et al., 2008)를 비롯해 유의한 영향을 보이지 않는다는 연구(Jaffe & Palmer, 1997)가 모두 존재하며 규제와 혁신 성과의 관계에 대한 논쟁은 여전히 진행 중이다.

성과기반 환경규제와 기업 혁신의 관계를 살펴보았던 과거의 연구들은 규제의 강도(Stringency)에 대한 분석이 주로 진행되었다. Brunnermeier와 Cohen은 산업 수준의 규제강도 자료를 이용해 규제강도가 기업의 추후 특허 출원 수와 양의 상관관계를 보인다는 것을 밝혔다(Brunnermeier & Cohen, 2003). 추가로, Mohr는 수리 모형을 통해 환경규제 강도와 기술 개발은 양의 상관관계를 보이는 등 환경규제 강도는 기업 혁신에 중요한 요소로 인식되었다(Mohr, 2002). 그러나 산업 내 평균적 오염 감소 비용 등을 규제강도의 대체 지표(Proxy)로 분석하면 산업 단위 데이터의 사용으로 기업의 각기 다른 기술 역량 및 환경을 고려하지 못한다는 한계점을 갖는다(Jaffe & Palmer, 1997). 특히, 기업이 규제에 대해 인지하는 서로 다른 압력과 부담은 다양한 기업의 혁신 의사결정을 유도할 수 있으며, 이를 고려하지 않은 분석은 일관되지 않은 결과로 이어질 수 있다.

이에 본 연구에서는 행태적 접근을 통해 성과기반 환경규제가 기업 혁신에 어떤 영향을 미치는지에 대한 이해를 넓히고자 한다. Cyert와 March에 의해 제시된 기업 행태 이론(Behavioral Theory of the Firm)은 기업 매니저의 제한된 인지 능력(Cognitive Capability)을 기반으로 성과피드백(Performance Feedback)과 탐색 활동(Search Behavior)을 통해 기업 활동을 설명한다(Cyert & March, 1963). 기업의 경영진은 인지 능력이 제한되어 있기에 기업 내·외부의 수많은 정보를 모두 고려해 의사결정을 내리기 어렵다. 그 대안으로, 그들은 하나의 기준 성과를 설정해 두고, 이를 초과하는 기업 성과는 성공으로, 그 반대의 경우 실패로 인식하게 된다. 여기서 기준이 되는 요구수준(Aspiration Level)은 기업 내에서 성공으로 판단될 수 있는 최소 성과로 정의되며, 다른 기업들과의 사회적 비교(Social Comparison)를 통해 결정된다(Schneider, 1992). 관련 산업의 기술 수준을 고려해 발표되며 반드시 달성해야 한다는 점에서, 성과규제 기준은 기업에 사회적 요구수준으로 인식된다. 요구수준과 성과피드백을 통해 규제가 혁신 활동에 갖는 효과를 해석하는 것은 산업 수준의 분석에 비해 몇 가지 장점이 있다.

먼저, 기업의 혁신 활동은 경영진에 의해 결정되기에 경영진이 주어진 규제기준에 기업 성과를 비추어 보는 방식을 이해한다면 규제와 기업 혁신의 관계를 더 잘 이해할 수 있다. 일반적으로 기업 경영진은 위험 회피적 성향이 강하며, 변화에 저항하는 특징을 가진다. 하지만, 정부 규제는 이러한 성향을 변화시킬 수 있다. 예를 들어, 기업의 성과가 규제기준을 밑돈다면 가해지는 성과 개선 압력이 증가할 것이고, 혁신 활동에 대한 위험감수 성향을 증가시켜 신규 투자를 유도할 수 있다(Ambec et al., 2013). 이처럼, 기업이 주어진 기준에 어떻게 대응하며 의사결정 과정을 거치는지를 살펴보는 것은 규제와 혁신의 관계를 이해하는 데 도움이 될 수 있다.

두 번째로, 규제기준을 상회, 혹은 하회하는 기업의 서로 다른 행동 양상을 관찰할 수 있기에 추후 규제기준 설정에 대한 정책적 인사이트를 제공할 수 있다. 산업 수준의 획일적 규제강도 지표를 이용한 분석은 산업의 전반적인 경향성을 파악하기에는 좋지만, 산업 내 서로 다른 기술 수준을 가진 선도 및 후발 기업들이 같은 규제에 대해 어떻게 반응하는지 세부적으로 파악하는 데 어려움이 있다. 같은 기준에 대한 서로 다른 성과피드백은 이어지는 기업 활동에 차이를 보이기 때문에(Cyert & March, 1963) 선도 및 후발 기업을 하나의 집단으로 분석하는 것은 규제 효과의 크기 및 방향을 왜곡하는 결과를 도출할 수 있다. 이러한 맥락에서, 규제기준 대비 상대적 성과를 바탕으로 한 분석은 기업의 서로 다른 환경 및 기술 수준을 반영해 규제가 기업 혁신에 갖는 영향을 포괄적으로 이해하는 데 도움이 될 수 있다.

추가로, 본 연구에서는 규제 환경에서 부여되는 시간적 압력을 고려해 요구수준 달성 시기가 다가옴에 따른 혁신 양상에 대해 분석하고자 한다. 이를 통해 기존의 행태적 이론에 시간 차원을 도입하고자 한다. 기존의 연구에서는 기업이 이미 결정된 과거의 성과와 요구수준의 비교를 통해 앞으로의 활동을 결정한다고 보았기 때문에 목표 달성까지의 시간은 고려 대상이 아니었다. 이는 기업마다 각기 다른 목표 달성 계획 및 일정에 대한 정보를 얻기 힘든 실증적 제약에 기반하였다. 하지만, 목표 달성 기한이 다가옴에 따른 기업의 의사결정 방식에 대해 이해하는 것은 매우 중요하다. 일례로, 같은 기술 수준과 규제 강도 환경을 가진 기업일지라도 목표 달성을 위한 시간이 많이 남아있을 때와 압박했을 때, 기업의 혁신 활동 양상이 다를 수 있다. 이에 본 연구에서는 목표 달성까지 남은 시간을 변수로 시간적 압력이 기업의 혁신 활동에 어떤 영향을 미치는지에 대해 분석하고, 이를 통해 기업 행태 이론을 확장해 보고자 한다.

1978년 시작된 미국의 CAFE (Corporate Average Fuel Economy) 연비규제는 본 연구에 매우 적합한 설정을 제공한다. 규제 하에서 미국에서 판매되는 자동차들을 생산하는 완성차 제조 기업(OEM)들은 규제 시행 시점까지 판매되는 차량의 평균 연비를 기준 수치 이상으로 달성해야 한다. 해당 규제는 2000년대 이후 1년에서 3년까지의 여유 기간을 두고 차례로 발표되었으며, 규제가 시행되기 전에 규제기준을 이미 달성한 선도 기업과 달성하지 못한 후발 기업이 모두 존재한다. CAFE 규제기준은 발표되며 변화하는 규제강도와 남은 시간을 보이기 때문에 서로 다른 성과피드백에 의한 기업의 탐색 활동 양상을 면밀히 관찰할 수 있다. 이후의 장에서는 규제가 기업에 부여하는 기술적, 시간적 압력과 이로 인해 달라지는 기업의 탐색 활동에 대해 논의하도록 한다.

II. 이론적 배경 및 연구 가설의 설정

인간은 제한된 합리성을 가지고 있으며, 기업의 매니저들은 의사결정에 필요한 모든 정보를 사용할 수 없기에 조직의 목표를 대변하는 요구수준(Aspiration Level)을 정하고 이를 기준점으로 현재 기업의 성과를 판단한다(Cyert & March, 1963). 기업의 요구수준은 과거 성과에 기반한 역사적 요구수준(Historical Aspiration Level)과 비슷한 전략적 목표와 행동을 보이는 비교 기업의 성과를 기반으로 산출되는 사회적 요구수준(Social Aspiration Level)의 가중 평균으로 계산되는데, 정해진 요구수준을 상회하는 성과는 성공으로 인식되며, 요구수준을 하회하는 성과는 실패로 인식된다. 즉, 요구수준은 의사결

정권자들이 만족할 만한 최소한의 결과물 혹은 성과를 의미한다(Schneider, 1992). 요구 수준을 상회 및 하회하는 기업 성과는 기업의 서로 다른 전략적 의사결정을 유도하고, 이는 각기 다른 탐색 활동(Search Behavior)으로 이어진다. 이러한 성과피드백에서 기인한 탐색 활동은 조직 학습, 위험감수 및 혁신에 지대한 영향을 미친다는 것이 확인되었다(Levitt & March, 1988; Bromiley, 1991; Greve, 2003a).

성과가 요구수준을 하회할 경우 문제 해결적 탐색(Problematic Search)이 진행된다. 관련 부서로부터 개선 작업이 시작되며, 조직적 관성에 따라 이전에 비슷한 문제를 해결했던 방식을 다시 시도해 보는 등의 과정을 거치게 된다(Kelly & Amburgey, 1991). 예를 들면, 기술 기업의 경우 연구개발(R&D) 부서에 더 많은 자원을 할당하며, 이는 새로운 연구 프로젝트의 시작이나 기존에 진행되던 연구의 가속화를 유도할 수 있다(Boeker, 1989; Greve, 2003a). 반면, 요구수준을 뛰어넘는 성과를 보인 기업들은 상대적으로 여유 있는 기업 역량 및 자원을 보유한다. 여유 자원(Slack)은 기업의 효율적 작동을 위해 필요한 자원 대비 초과하여 보유하고 있는 자원으로 정의될 수 있으며, 외부 환경을 견딜 수 있는 완충재 구실을 한다. 따라서 여유 자원을 이용한 탐색(Slack Search)은 기업이 자원의 부족(Scarcity) 상황에서 수행하는 연구와는 다른 형식의 연구가 진행된다(Cyert & March, 1963). 즉, 요구수준 대비 상대적 성과는 기업의 서로 다른 탐색 활동(Search Behavior)을 유발하며, 이는 기업이 혁신에 임하는 자세 및 결과에 영향을 주게 된다.

1. 환경규제 강도와 기업 혁신

정부는 관련 산업에 속한 기업의 기술 수준을 고려해 환경규제 기준을 설정한다. 규제 기준이 설정되면, 이를 바탕으로 성과 평가가 진행되고, 각기 다른 탐색 활동이 일어나게 되며, 결과적으로 기업의 혁신 방향에 변화를 가져오게 된다. 즉, 성과기반 환경규제의 기준 또한 요구수준의 역할을 하며, 기업의 행동 양상을 바꾸는 기준점으로 작용할 수 있다(Ambec et al., 2013). 정부가 규제기준을 발표하면, 기업들은 규제기준을 상회하는 기술을 보유한 선도 기업(Leader Firms)과 규제기준을 만족하지 못하여 기술 발전이 필요한 후발 기업(Laggard Firms)으로 나뉜다. 선도 기업의 경우 그들이 사회적 요구수준을 뛰어넘는 성공적인 성과를 창출하고 있다고 인식하며, 후발 기업의 경우에는 바람직하지 않은 기술 성과를 보인다고 느낀다. 이러한 인식 차이는 기업 혁신에 관한 서로 다른 의사결정을 유도하게 된다.

정부의 환경규제 기준을 만족하지 못한 후발 기업들은 그들의 사회적 요구수준을 충족하지 못한 상태(Non-Satisfactory)에 놓이게 된다. 이는 기업의 기술 수준이 사회적으로 기대되는 정도에 미치지 못한 상태임을 암시하며 기업에 가해지는 주주 및 기타 이해관계자들의 성과 개선 압력은 더욱 강해지게 된다. 결국, 기업은 문제 해결적 탐색 과정을 거치게 되고 조직적 전략 변화를 시도할 확률은 더 높아지게 된다(March & Simon, 1958). 정부의 기술적 요구수준을 맞추기 위한 방법으로 기업은 연구개발에 더 많은 자원을 투입할 수 있다(Boeker, 1989). 기술 격차를 극복하기 위해 R&D 집중도(R&D Intensity)를 증가시킬 것이며(Greve, 2003a), 이는 새로운 프로젝트에 사용되거나 진행 중인 연구에 투입되어 결과 도출을 가속할 수 있다. 따라서 후발 기업의 환경규제 관련 특허 출원 수는 증가할 것이다. 규제강도가 증가하면, 후발 기업의 기술 수준과 규제기준의 격차 또한 증가하고, 이는 해당 기업에 더 큰 성과 개선 압력을 부여한다. 따라서 규제강도의 증가는 후발 기업에 더 활발한 특허 출원 활동을 일으킬 수 있다.

반면 선도 기업의 경우에는 문제 해결적 탐색 과정을 거치지 않고, 여유 자원 탐색 활동(Slack Search)이 일어난다. 요구수준을 상회하는 기술 수준은 여유 자원(Slack)으로 작용하며, 매니저들은 그들이 잘 하고 있다고 생각하게 된다(Kim et al., 2015). 이는 경영적 통제의 완화로 이어질 수 있는데, 연구개발 집중도를 감소시키거나(Greve, 2003a), 연구 프로젝트에 느슨한 모니터링을 한다거나, 혹은 내부적으로 덜 엄격한 성과 기준을 적용하게 된다(Jelinek & Schoonhoven, 1990). 추가로, 여유 자원은 성과가 부진한 다른 분야로의 자원 이동을 초래할 수 있으며, 새로운 혁신보다는 기존 기술의 효율적 운영, 혹은 시장 경쟁력 강화 등 다른 활동에 집중하게 된다. 즉, 여유 자원을 이용한 탐색 활동은 선도 기업들의 혁신량을 줄이는 역할을 할 수 있다(Palmer & Wiseman, 1999).

또한, 선도 기업의 경우, 성과 개선에 대한 압력이 후발 기업에 비해 작기에, 후발 기업보다 규제강도의 증가에 덜 민감하게 반응한다. 이와 일관된 연구로, 규제기준과 이를 상회하는 성과의 차이가 큰 기업일수록 기업은 현재 상태(Status Quo)에 만족하게 되며, 좋은 기술 기회가 있더라도 투자를 꺼리게 된다는 실증분석이 진행되었다(Chattopadhyay et al., 2001). 선도 및 후발 기업의 서로 다른 탐색 메커니즘을 토대로, 다음과 같이 가설 1을 도출하였다.

가설 1: 규제강도가 증가하면, 관련 기술 분야에서 선도 기업 대비 후발 기업의 특허 출원이 더 많이 증가할 것이다.

정부의 규제기준을 바탕으로 평가된 기업의 성과는 기술 탐색 방향성에도 영향을 미친다. 사회적 요구수준을 하회하는 성과를 보일수록 성과 개선 압력은 증가하며, 기업은 저조한 성과를 개선하고자 위험감수 경향을 보인다(Bromiley, 1991). 즉, 기업 성과가 요구수준을 하회할 경우, 이는 조직의 변화 가능성을 높이며(March & Simon, 1958) 새로운 연구개발 방법의 시행을 촉진할 수 있고(Bolton, 1993), M&A나(McDonald & Westphal, 2003) 생산품 구성 방식의 변화(Greve, 1998) 등을 촉진할 수 있다. 즉, 규제기준 대비 부진한 성과를 보이는 기업일수록 해당 기업이 보유한 기술 포트폴리오를 넓히는 방향으로 문제 해결적 탐색이 일어나게 되고, 이는 연구 개발과정에서 조금 더 생소한 기술에 대한 탐색(Explorative Search)으로 이어진다.

반면, 규제기준을 상회하는 선도 기업의 경우에는 보유한 지식기반과 유사한 기술을 연구하는 지역적 탐색(Local Search)에 집중할 가능성이 존재한다. 선도 기업들은 기준을 상회하는 성과를 통해 현재의 연구개발 방식이 옳다고 인지하게 되며, 이전에 효과를 발휘했던 연구개발 전략을 그대로 사용하는 것은 증명되지 않은 탐색 과정을 시도하는 것보다 더 효율적라고 생각하게 된다(March, 1991). 많은 경험으로 인해 연구에 관한 결과가 더욱 예측 가능해지고(Eisenhardt & Tabrizi, 1995), 관련 분야의 중요한 기술적 요소들에 대해 잘 이해할 수 있게 되기 때문이다(Cohen & Levinthal, 1990). 따라서, 선도 기업들의 탐색 활동은 기존 기술 주위의 지역적 탐색 위주로 유지된다.

추가로, 사회적 요구수준은 각 기업의 기술 역량 혹은 기타 환경적 변수가 고려되지 않은 상태에서 비교그룹의 성과만을 바탕으로 결정된다. 타 기업의 혁신에 관한 정보들은 보통 외부에 공개되지 않기 때문에(Kim & Miner, 2007), 사회적 요구수준을 기반으로 성과를 판단하는 기업들은 타 기업이 어떤 배경과 과정을 통해 성과를 달성했는지 확인하지 못한 채 드러난 성과 수치에만 집중하게 된다. 그 결과, 우월한 성과를 보인 선도 기업들은 성공 요인을 환경적 요인이 아닌 자신의 기술 역량 및 연구 방식의 우월성에서 찾게 되며 그들의 역량을 과대평가하게 된다(Powell et al., 2006). 이는 연구개발 방식 및 탐색 과정에 대한 선도 기업들의 조직적 관성(Organizational Inertia)을 강화할 수 있고, 따라서 기준에 기업이 보유한 지식기반에서 크게 벗어나지 않는 범위에서의 연구개발 과정을 거칠 것이다.

선도 기업이 기존의 기술 분야와 가까운 거리의 기술을 연구하는 경향성은 규제강도가 증가하며 더 강화될 수 있다. 규제기준이 증가함에 따라, 선도 기업에서 여유 자원(Slack)으로 작용했던 기술 성과와 사회적 요구수준의 차이는 줄어들고, 새로운 분야의 투자로 인한 기회보다 곧 규제기준을 달성하지 못할 수 있다는 두려움이 크게 작용한다.

의사결정권자들의 위험 회피 성향은 점점 증가하고, 결국 보유 기술과 유사한 분야의 연구가 진행된다. 결과적으로, 규제강도가 증가함에 따라 선도 기업과 후발 기업의 기술 탐색 거리는 서로 다른 움직임을 보인다. 이를 바탕으로 가설 2를 도출하였다.

가설 2: 규제강도가 증가하면, 선도 기업 대비 후발 기업은 기존 기술과는 더 생소한 기술을 탐색할 것이다.

규제강도가 증가하면, 낮은 기술 수준을 가진 후발 기업들의 경우 각 기업의 기술 수준과 사회적 요구수준(규제기준)의 차이는 점점 더 증가할 것이고, 이는 해당 기업의 의사결정권자들에게 더 큰 성과 개선 압력을 부여하게 된다. 앞서 논의된 대로, 규제강도의 증가는 후발 기업에 문제 해결을 위한 더 큰 동기(Motivation)를 유발할 수 있지만, 이러한 동기가 반드시 과급력 있는 혁신 성과로 이어지지 않을 수 있다.

후발 기업은 요구수준을 하회하는 성과 개선에 대한 강한 압력을 받으며, 이러한 압력은 기업이 규제 성과를 크게 밑돌수록 강해진다. 그 결과, 기업은 문제 해결적 탐색 과정에 돌입하며, 이 탐색의 목적은 다음 연도에 평가받는 기업의 성과를 반드시 개선하는데 맞춰지게 된다. 이러한 상황에서 규제기준을 상회하는 성과를 보이는 선도 기업들의 기술을 습득하는 것은 좋은 목표가 될 수 있다. 왜냐하면, 선도 기업에서 검증된 기술을 추구함으로써 매우 작은 비용으로 규제기준 달성에 대한 불확실성을 현저히 낮출 수 있기 때문이다(Mansfield et al., 1981). 즉, 가설 2에서 논의된 대로 후발 기업은 문제 해결적 탐색 과정을 통해 보유한 기술 기반과는 거리가 있는 기술을 추구하지만, 탐색이 방향은 이미 규제기준을 달성한 선도 기업의 기술 영역을 향해있을 가능성이 크다.

하지만 선도 기업의 기술에 대한 습득 및 개선 방식의 연구는 상위 기술에 관한 연구, 혹은 새로운 분야에 관한 연구에 비해 낮은 임팩트를 보인다. 이미 많은 연구가 진행된 분야이기에 신기술의 과급력이 낮으며, 기존 지식의 연장 선상에서 더 하위 계층의 기술이나 지엽적인 기술의 개발이 진행되는 경우가 많기 때문이다. 즉, 후발 기업은 규제강도가 강해질수록 임팩트 있는 연구보다는 존재하던 기술의 점진적인 개선에 집중하는 연구를 수행하게 될 수 있다. 이를 바탕으로 가설 3을 도출하였다.

가설 3: 규제강도가 증가하면, 선도 기업 대비 후발 기업에서 더 임팩트가 작은 특허를 출원할 것이다.

2. 시간적 압력과 기업 혁신

행태적 관점에서 기업은 어떠한 시점에서 기업이 나타내는 성과와 요구수준의 비교를 통해 성공과 실패를 결정하고, 각기 다른 탐색 활동을 거치게 된다. 이러한 논리를 바탕으로, 많은 연구자는 기업의 현재 상태와 그들의 목표 혹은 요구수준의 차이를 기업 행동 변화의 주요한 원인으로 보았으며, 특정 시점에서 요구수준을 상회 혹은 하회하는 성과가 이어지는 추후의 기업 행동에 어떤 영향을 주는지에 집중해 살펴보았다. 하지만, 성과피드백에 의한 기업의 조직적 변화가 시간에 따라 어떤 패턴을 따라 진행되는지에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

기업은 단기, 혹은 장기적 목표를 모두 정할 수 있으며 이에 따른 전략 또한 달라진다. 목표 달성까지의 시간적 압력이 낮은 기간에는 여러 실험적 시도들을 진행해 볼 수 있지만, 달성 기한이 다가옴에 따라 결과가 불확실한 실험적 시도 보다는 예측 가능한 결과를 가진 연구에 집중할 수 있다. 같은 맥락에서 Kumpe와 Bolwijn은 연구개발 과정에서 시간적 압력이 존재할 경우 기존과 다른 새로운 계획과 의사결정 시스템이 도입되며, 결과 중심의 연구개발 과정들이 더 많이 진행된다는 것을 보였다(Kumpe & Bolwijn, 1994). 이렇듯, 기업이 느끼는 시간적 압력은 각기 다른 기업의 전략적 선택으로 이어지며, 특히 혁신과 기업 경쟁력이 직결되는 기술 기업의 경우에는 연구개발의 특성과 방향 및 성과가 달라진다. 그러므로 요구수준에 대한 성과 차이만을 이용해 기업 활동을 설명하는 것은 불완전한 분석이 될 수 있다. 본 연구에서는 요구수준을 만족해야 하는 시기가 다가올 때 기업의 혁신 활동이 어떻게 달라지는지도 알아보고자 한다.

요구수준 달성에 부여되는 시간적 압력이 기업의 기술혁신 양상에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 연구하는 것은 매우 중요하지만, 기업은 목표 성과 수준과 달성 기간에 대해 각기 다른 계획을 세우며, 이에 대한 정보는 많은 경우 기업의 내부자들에게만 공개된다(Kim & Miner, 2007). 따라서 각각의 기업이 성과를 개선하기 위해 계획한 시간 및 그에 따른 시간적 압력을 알아내는 것은 매우 어렵다. 하지만 규제 환경에서는 기업이 목표 달성을 위해 받는 시간적 압력을 외부에서 관찰하기 쉽다. 왜냐하면, 정부 규제는 대부분 발표 이후 일정 기간을 두고 시행되는데 규제 수준을 만족하지 못하는 기업들은 규제가 효력을 발휘하는 시점이 다가올수록 증가하는 시간적 압력을 받기 때문이다. 예를 들어 미국에서 1978년부터 시행된 자동차 연비규제의 경우 시행까지 1년에서 3년까지 다양한 여유 기간을 두고 발표되었으며, 기업은 그들의 혁신 전략을 포함한 의사결

정 과정에서 규제 시행까지 남은 기간을 중요하게 고려하게 된다. 시행까지 남은 시간이 줄어들수록 기업은 느끼는 시간적 압력은 증가하고, 이에 따라 기업의 혁신 활동이 변할 수 있다. 이와 일관된 연구로 Rothwell은 환경 보호 규제의 시간 압력이 기업의 혁신 과정에 가장 큰 장벽이 된다고 주장하기도 했다(Rothwell, 1992). 즉, 규제 시행 일자는 반드시 요구수준을 맞춰야 하는 시간의 개념으로 적용될 수 있으며, 그 시간이 다가오며 성과 개선에 대한 상당한 시간적 압박을 받게 된다.

공표된 환경규제 기준에 비해 낮은 기술 수준을 가진 후발 기업들은 규제 시행 시기가 다가올수록 큰 성과 개선 압력을 받는다. 따라서 후발 기업의 경영진은 “규제 시행 시점까지 해당 성과 기준을 맞출 수 있는가”에 연구개발의 초점을 맞추게 되며, 이러한 경향성은 시행 시기가 다가올수록 점점 커진다. 결과적으로 저조한 성과를 보이는 관련 연구부서, 혹은 팀으로의 자원 분배가 늘어나고, 증가한 자원은 남은 시간 내에 기술 수준의 향상을 이루어 내도록 사용된다. 이렇게 진행되는 연구들은 매우 구체적인 목표를 가지며, 무엇보다 완료 시점에 가장 큰 중요도를 둔 프로젝트로 이어진다(Kumpe & Bolwijn, 1994). 프로젝트 완료까지 시간이 오래 걸리지 않는 연구들이 진행되거나, 완료가 임박한 연구 프로젝트로 자원이 집중될 수 있다. 즉, 규제 시행으로 인해 후발 기업에 가해지는 시간적 압력은 기업의 즉각적인 혁신 결과물 도출로 연결되며(Ashford et al., 1985), 이는 규제 시행이 다가올수록 증가하는 특허 출원 경향으로 이어질 것이다.

반면, 선도 기업의 경우 이미 규제기준을 만족한 상태이며, 시행 시기가 다가오더라도 프로젝트를 서둘러 마무리하거나, 규제 일정에 맞추어 새로운 프로젝트를 시작할 이유가 없다. 오히려 자동차 생산기업처럼 복수의 사업부를 갖는 기업의 경우, 자원의 효율적 배분이 중요하기에 충족되지 않은 다른 기술 분야, 혹은 부서의 목표 달성을 위해 규제 관련 부서에 배분되는 자원은 줄어들 수 있다. 이를 바탕으로 가설 4를 도출하였다.

가설 4: 규제 시행까지의 시간적 압력이 증가하면, 관련 기술 분야에서 선도 기업 대비 후발 기업의 특허 출원이 더 많이 증가할 것이다.

규제로 인한 시간적 압박이 가해지면 기업의 연구개발 전략이 급격히 달라지기에 혁신의 양적 측면뿐만 아니라 방향성과 임팩트 또한 달라질 수 있다. 규제기준을 만족해야 하는 시기가 다가오면서 기준보다 떨어지는 성과를 보이는 기업의 경영진은 단기간 내에 성과를 개선해야 하는 압박을 받게 된다. 하지만, 결과의 불확실성이 높은 연구개발 과정의 특성상 연구 프로젝트와 그 결과에서의 인과관계가 확실치 않고, 이로 인해 경영

진은 더욱 위험 회피적 성향을 보일 수 있다(Tversky & Kahneman, 1974). 특히, 저조한 성과와 시간적 압력으로부터 오는 복합적인 성과 개선 스트레스는 추가적인 실패에 대한 회피 성향을 강하게 증가시킬 것이다. 즉, 좋은 투자 기회, 혹은 기술 개발 기회가 있음에도 익숙하지 않은 기술 분야에 대해서는 장기적 이익에 대해 제대로 이해하지 못하고 해당 투자가 위험하거나 부담스럽다고 느끼게 된다. 그 결과, 매니저들은 기존의 연구개발 분야와 다른 분야의 연구를 시도하기보다는 단기적 프로젝트에 집중하게 된다(Eisenhardt & Tabrizi, 1995; Levinthal & March, 1981). 성과 개선에 대한 시간적 압력이 증가할수록 이 현상은 더 심해질 것이며, 이를 바탕으로 가설 5를 도출하였다.

가설 5: 규제 시행까지의 시간적 압력이 증가하면, 선도 기업 대비 후발 기업은 기존 기술과 유사한 기술을 탐색할 것이다.

시간적 압력이 이어지는 혁신의 질 및 임팩트에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 주로 팀 수준에서 이루어져 왔다(Amabile et al., 2002; Andrews & Farris, 1972). 대부분의 기업 내 기술 개발 프로젝트는 팀 단위로 진행되기에, 본 연구에서는 팀 수준에서 진행된 연구들을 바탕으로 확장하여 시간적 압력이 선도 기업과 후발 기업 각각의 혁신 임팩트에 어떠한 방식으로 영향을 미치는지 확인해 보고자 한다.

선행 연구로부터 시간적 압력은 단기적 관점에서 차선의 해결책을 탐색하도록 이끌거나(Rothwell, 1992), 기존의 해결책을 조금 개선한 결과(Ashford et al., 1985)를 일으킬 수 있다는 것이 확인되었다. 하지만 이와 상반하여, 증가하는 시간적 압박이 조직의 창의성을 높인다는 연구(Andrews & Farris, 1972)도 존재하며, 시간적 압력은 팀의 창의성과는 관계가 없다는 연구 또한 발표되었다(Amabile et al., 2002). 즉, 시간적 압력이 기업의 기술혁신 임팩트에 어떤 영향을 미치는지, 특히 성과기반 규제 상황에서는 기술 선도 기업과 후발 기업에 규제 시행의 시간적 압력이 어떠한 영향을 주는지에 대한 명확한 연구는 되어있지 않다. 현실에서 기업은 항상 시간적 압력을 느끼며 혁신 활동을 진행하기에, 시간적 압력과 혁신 양상에 관해 탐구하는 것은 매우 중요하다.

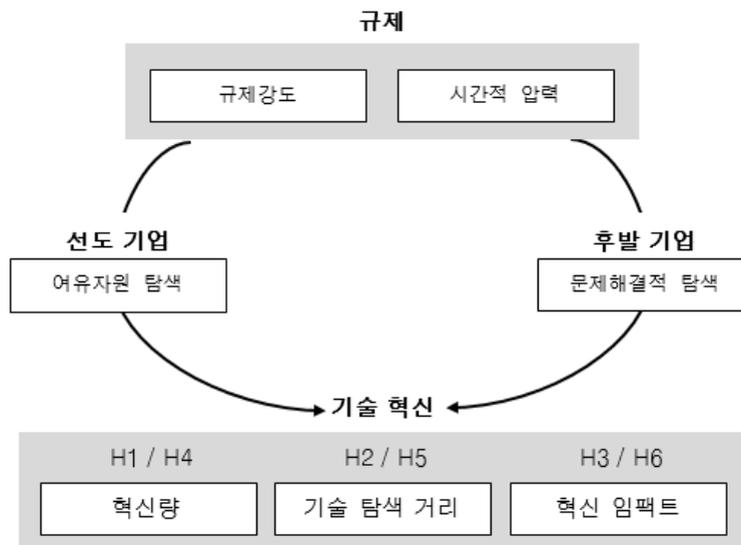
앞서 가설 3에서는, 규제 환경에서 후발 기업의 경영진에 가해지는 성과 개선 압력이 선도 기술의 모방을 유도할 수 있음에 대해 논의하였다. 같은 맥락으로, 특정 시점까지 규제기준을 반드시 만족해야 하는 성과기반 환경규제의 특성상, 규제 시행 일자가 가까워지며 시간적 압력이 증가하게 되면 기술을 자체적으로 개발하는 것보다 선도 기술의 모방에 관한 연구를 수행할 수 있다(Mansfield et al., 1981). 앞서 논의한 대로, 기존 기

술에 대한 모방 및 개선은 낮은 과급력을 보이며, 따라서 선도 기업 대비 후발 기업은 시간적 압력이 증가하며 기존보다 낮은 임팩트의 특허를 출원하게 될 것이다.

이와 더불어, 시간적 압력은 그 자체로 후발 기업의 기술 목표 달성 및 창의성에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 연구개발팀에 가해지는 시간적 압력은 두 가지로 나뉠 수 있는데, 도전적인 시간 압력(Challenge Time Pressure)은 긍정적인 자극 요인으로 판단되어 성과 달성에 긍정적인 영향을 미치게 된다. 반면 저해적 시간 압력(Hindrance Time Pressure)은 부정적인 제한요인으로 인식되어 목표 달성에 좋지 않은 영향을 미친다 (Chong et al., 2011). 성과기반 환경규제 하에서는, 규제의 효력 발생 시기 내에 기준을 만족하지 못하면 벌칙금 등으로 불이익을 받게 되기에 환경규제의 시간적 압력은 저해적 시간 압력으로 작용한다. 즉, 규제 시기가 다가오며 시간적 압력이 증가하게 되면, 기준을 충족하지 못한 후발 기업에서 개발되는 기술의 임팩트는 감소할 수 있다.

즉, 시간적 압력이 증가함에 따라 후발 기업은 선도 기술에 관한 모방적 연구를 수행할 수 있으며, 저하된 창의성과 목표 달성에 대한 부정적 제한요인으로 선도 기업 대비 매우 감소한 과급력을 가진 특허를 출원할 수 있다.

가설 6: 규제 시행까지의 시간적 압력이 증가하면, 선도 기업 대비 후발 기업에서 더 임팩트가 작은 특허를 출원할 것이다.



<그림 1> 가설 모형

Ⅲ. 연구 방법

행태적 관점에서 정부의 성과기반 환경규제가 기업의 기술혁신 활동에 주는 영향에 대해 실증적으로 분석하기 위해, 본 연구에서는 미국의 자동차 연비규제 사례를 이용하였다. 특히, 다양한 관점에서 기업의 혁신 활동을 분석하기 위해, 기업이 출원한 환경규제 관련 기술 특허의 개수, 과거 지식기반과의 기술 거리(Technological Distance), 그리고 피인용 지수를 이용했다. 또한, 개별 기업의 인지 규제강도(Perceived Stringency)를 이용해 성과피드백에 의한 서로 다른 기술 개발 전략 설정에 대해 분석해 보고자 한다. 이후의 절에서는 미국 연비규제에 대한 설명과 자료 수집 과정, 분석 방법과 변수 설정에 대해 논의하였다.

1. 표본 선정 및 자료 수집

1.1. 미국의 Corporate Average Fuel Efficiency 규제

미국의 Corporate Average Fuel Efficiency (CAFE) 규제는 미국에서 판매되는 자동차들의 평균 연비를 규제하는 법령이다. 1973년에 있었던 오일쇼크 사태로 인해 자동차의 연비 효율에 관심이 증가하며 제정되었으며 1975년에 미국의 Energy Policy and Conservation Act (EPCA)에서 승용차와 소형 트럭을 시작으로 연비에 대한 규제가 정립되었다(Energy Policy and Conservation Act, 1975; Shiau et al., 2009). CAFE 규제 정책으로 인해 자동차 생산기업들은 판매되는 자동차 모델의 판매량 기반 가중 평균 연비를 기준 수치 이상으로 달성해야 하며, 달성하지 못할 시 판매량 및 기준 수치와의 괴리에 비례하여 불이익¹⁾을 받게 된다.

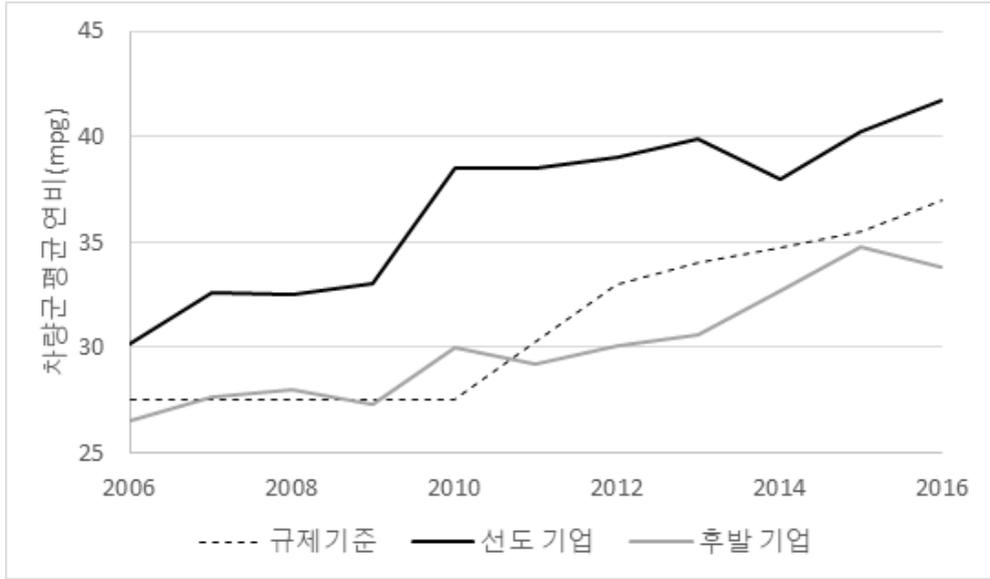
1978년에 처음 제정된 CAFE 규제는 1985년까지 미국 내 자동차의 평균 연비 수준을 27.5mpg까지 끌어올리는 것을 목적으로 하였으며, 이 기준은 2000년대 초반까지 유지되었다. 이후 2007년에는, 미국 의회가 Energy Independence and Security Act of 2007 (EISA)을 통과시키며 기업별 차량 군 평균 연비를 2020년까지 35mpg 이상으로 올리는 목표를 세웠다. 또한, 따로 적용되던 승용차와 소형 트럭의 규제기준을 점진적으로 통합

1) 1978년 이후 규제를 충족하지 못할 시 자동차 1대 당, 1mpg 당 \$55의 벌칙금을 부여받는다 ("The Inflation Adjustment Act," 1990).

하고자, 규제기준을 제정하고 관리하던 National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)로 하여금 매년 새로운 규제기준을 제정할 것을 요구하였다(Energy Independence and Security Act, 2007). 그 결과 NHTSA는 2008년 4월, 2011~2015년도의 연비 규제 기준을 공표했으며, 2009년에는 2011년도의 규제기준을 재발표하였다. 또한, 2011년에는 2017~2025년에 생산되는 자동차 모델들에 대한 규제기준이 발표되었고, 매년 점진적으로 증가하여 2025년에는 최종적으로 54.5mpg를 달성하는 것을 목표로 한다(Shiau et al., 2009).

NHTSA에서 제정 및 발표하는 CAFE 연비규제는 크게 두 가지 관점에서 사회적 요구수준에 따른 기업의 혁신 양상을 연구하기에 좋은 배경이 된다. 먼저, NHTSA는 미국의 전체 차량 군 평균 연비 수준과 기술적 가능성을 모두 고려해 매년 바뀌는 연비 기준을 설정한다. 예를 들어, 2008년에 공표되었던 2011~2015년 연비규제 계획은 당시 운행 중인 자동차의 평균 연비 수준을 반영하여 다음 해인 2009년에는 이전보다 조금 낮게 수정되었다. 두 번째로, CAFE 규제는 1980년대 이후 거의 개정되지 않아 약 10년간 미국의 평균 자동차 연비보다 훨씬 낮게 유지되었지만, 2008년 이후의 급격한 기준 향상으로 인해 현재는 미국 평균 자동차 연비와 비슷하거나 높은 수준으로 바뀌었다. 특히 2009년에는 Barack Obama 체제 하에 기존보다 더 강화된 규제 목표가 설정되었으며 2016년까지 35.5mpg를 달성하도록 규제기준이 수정되었다. 이는 과거 EISA 법률에서 제안되었던 2020년까지 35mpg를 달성하는 목표를 훨씬 뛰어넘는 수치이며, 더 많은 기업이 규제기준을 만족하지 못하게 되었다는 것을 의미한다. 규제기준을 충족하지 못하면 그와 비례하는 타격을 받을 수 있기에 관련 기술에 대한 혁신은 기업의 중요한 목표(Goal), 혹은 성패 판단의 기준점으로 설정된다. 즉, CAFE 규제 환경은 행태적 관점에서 사회적 요구수준과 기업의 혁신 양상을 살펴보는 데 유용한 설정을 제공한다.

<그림 2>에서 확인할 수 있듯 규제기준이 증가함에 따라 기업의 기술 수준 또한 선도 기업과 후발 기업 모두에서 증가하는 경향성을 보인다. 그러나, 규제강도가 본격적으로 증가하기 시작한 2011년을 기점으로 후발 기업이 선도 기업보다 상대적으로 빠른 기술 진보를 보였음을 확인할 수 있다. 이후의 절에서는 앞서 논의한 가설들을 바탕으로 규제강도가 선도 및 후발 기업들의 혁신 활동에 어떤 영향을 미쳤는지 세부적으로 실증분석해 보았다.



<그림 2> 선도 및 후발 기업의 연도별 평균 연비

1.2. 자료 수집

기술혁신에 대한 측정 지표로 많은 지표가 사용되었지만 여러 한계점으로 인해 아직 완벽한 혁신 지표는 개발되지 않았다. 연구개발 비용, 및 연구 인력 수 등의 자료는 혁신 결과가 아닌 투입자원(Input) 관점에서의 특성만을 나타내기에 완벽한 지표가 아니라는 단점이 있다. 또한, 혁신에 대한 결과물에 집중하는 특허 자료는 각 특허의 가치에 대해 정확히 알기 힘들고(Popp, 2005), 각 산업 및 지역마다 특허 출원 경향성이 다를 수 있다(Griliches, 1990). 이러한 단점에도 불구하고 본 연구에서는 CAFE 환경규제에 대응하는 기업들의 혁신 활동에 대한 지표로 관련 기술 분야의 특허 자료를 사용했는데, 1) 축적된 다년간의 데이터를 얻기 쉬우며, 2) 분석에 효율적으로 사용될 수 있는 자료 형식을 가지고 있고, 3) 특정한 기술 분야로 쉽게 분류될 수 있기 때문이다(Johnstone et al., 2010). 행태적 관점에서 조직의 목표와 관련성이 약한 분야에서는 문제 해결적 탐색이 일어나지 않는다는 점을 고려할 때(Greve, 2003b), 연비를 개선하는 기술을 분류해 분석하는 것은 기업의 규제에 대한 반응을 이해하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

분석에 사용된 특허 데이터베이스는 미국 특허청(USPTO)에서 제공하는 PatentsView 데이터베이스²⁾를 기반으로 구성되었다. PatentsView 데이터베이스는 미국 특허청의 주

2) PatentsView (www.patentsview.org) 참고

도로 구축되었으며, 미국 내 1976년부터 가장 최근의 업데이트 시까지의 특허 데이터를 제공한다. 이어 미국 NHTSA에서 운영하는 CAFE 규제 공공정보센터(CAFE Public Information Center)³⁾와 자동차산업 관련 정보 서비스를 제공하는 Marklines⁴⁾를 이용해 미국의 주요 자동차 생산기업이 출원해온 특허 정보와 연도별 각 기업의 차량 군 평균 연비, 그리고 연비 규제기준 정보 및 기업별, 연도별 자동차 판매량 자료를 수집하였다.

이어 환경오염 절감 관련 기술과 그 국제 특허 분류 코드(International Patent Classification)에 관해 설명된 OECD 연구 보고서를 바탕으로 자동차 연비 향상과 관련된 기술 분류 코드를 선정하였다(OECD, 2011). 자동차 연비 향상 관련 기술은 크게 엔진 구조를 개선하는 기술(Improved Engine Design), 엔진에 투입되는 연료의 조성비를 개선하는 기술(Adjusting Fuel Characteristics), 엔진 외 기타 자동차의 구조를 개선하는 기술(Improved Vehicle Design), 그리고 전기 등의 대체연료를 활용하는 기술(Alternative Fuel Vehicle)로 구분된다. 예를 들어 엔진 구조 개선 기술에는 점화 플러그 작동 타이밍을 조절한다거나, 엔진 작동 시 전자적으로 공기와 연료의 비율을 조절하는 기술 등이 포함되며, 연비 향상을 위해 공기저항을 줄이는 자동차 외형 구조나 타이어, 및 서스펜션의 개선 기술은 자동차 구조 개선 기술 분류에 포함된다. 이렇게 선정된 국제 특허 분류 코드를 이용해 각 기업의 연비 개선 기술에 대한 연도별 특허 정보를 추출하였으며, 각 기술에 대응하는 특허 분류 코드 및 그에 대한 설명은 <표 1>에 나타내었다. 최종적으로 2004년부터 2016년까지 미국의 주요 자동차 생산기업과 그 자회사의 연도별 연비 개선 기술 관련 특허 활동 정보를 수집할 수 있었으며, 분석 기업에는 포드자동차(Ford Motor Company), 제너럴모터스(GM), 피아트(Fiat), 도요타 자동차(Toyota Motors), 및 현대자동차(Hyundai Motor Company) 등이 포함되었다. 수집된 기업-연도 관측쌍 수는 481개였으며, 이 중 연비 개선 기술 관련 특허가 출원된 관측쌍 수는 192개였다.

3) CAFE Public Information Center (one.nhtsa.gov/cape_pic/CAFE_PIC_Home.htm) 참고

4) Marklines (www.marklines.com/portal_top_en.html) 참고

<표 1> 연비 개선 기술 관련 국제 특허 분류 코드⁵⁾

기술 종류	특허 코드	기술 분류 정의	세부 코드
Improved Engine Design	F01M	Crankcase ventilating or Breathing	13
	F01N	Gas flow silencers or exhaust apparatus for internal combustion engines	03, 05, 09, 11
	F02B	Internal combustion piston engines, combustion engines in general	47, 43
	F02D	Controlling combustion engines	19, 21, 41, 43, 45
	F02M	Supplying combustion engines in general with combustible mixtures or constituents thereof	03, 21, 23, 25, 27, 31, 39, 67
	F02P	Ignition, other than compression ignition, for internal combustion engines; testing of ignition timing in compression ignition engines	05
	G01M	Testing static or dynamic balance of machines or structures	15
Adjusting Fuel Characteristics	C10L	Use of additives to fuels or fires	10
Improved Vehicle Design	B60C	Devices or arrangements related to vehicle tires	23
	B60G	Vehicle suspension arrangements	13
	B60K	Arrangement or mounting of propulsion units or of transmissions in vehicles	01, 06, 16, 31
	B60W	Conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function	30
	B60T	Vehicle brake control systems or parts thereof	01
	B62D	Motor vehicles and trailers	35, 37
Alternative Fuel Vehicle	B60L	Propulsion of electrically-propelled vehicles	07, 08, 11, 15
	B60R	Electric or fluid circuits specially adapted for vehicles and not otherwise provided for	16
	B60S	Servicing, maintaining, repairing, or refitting of vehicles	05
	B60W	Control systems specially adapted for hybrid vehicles	10, 20
	H01M	Processes or means, e.g. batteries, for the direct conversion of chemical energy into electrical energy	08, 10

5) OECD (2011), “Invention and Transfer of Environmental Technologies” 참고

2. 분석 방법 및 변수 측정

2.1. 분석 모형

분석을 위해 사용된 특허 자료는 관측값이 음이 아닌 정수인 가산 자료(Count Data)이며, 특정 시점에서의 관측값이 시간의 흐름에 따라 구성되어 있다. 또한, 각 기업의 특허 자료 관측값의 분산이 매우 커서 특정 연도에는 연비 개선 기술 관련 특허를 하나도 내지 않은 기업과 760개의 특허를 낸 기업이 공존하는 등 과대 산포(Over-Dispersion)의 형태를 나타낸다. 즉, 표본의 평균과 분산이 크게 다르며, 규제 강도 및 시간적 압력 등 규제 특성에 대한 설명변수가 변함에 따라 종속변수의 분산이 달라지는 이 분산성(Heteroskedasticity)을 보이기도 한다. 일반적인 선형 회귀모형에 비해 음이항 회귀모형을 이용하면 앞서 언급한 가산성 및 이 분산성 등 특허 자료의 특성을 잘 반영한 모형을 구성하고 분석할 수 있다(Hausman et al., 1984). 따라서, 가설 1, 3, 4, 6의 검정에는 음이항 회귀모형(Negative Binomial Regression)을 사용하였다. 구체적으로, 연구 가설의 검정에 사용되는 조건부 기댓값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(y_{i,t}|X_{i,t}, Z_t) = \exp(\beta \cdot X_{i,t-1} + Z_t + \mu_i)$$

위 모형에서 $y_{i,t}$ 는 기업 i 에서 t 기에 출원된 연비 개선 관련 특허의 수 및 피인용 지수를 나타내며, $X_{i,t-1}$ 는 기업 i 에서 $t-1$ 기에 보인 연비 수준 및 시간적 압력 등을 포함하는 설명변수들을 나타내는 벡터이다. 또한, Z_t 와 μ_i 는 각각 시간 고정효과(Fixed-Effects) 및 기업 고정효과를 나타낸다. 시간 및 기업 고정효과 분석을 사용함으로써 인해 기업 및 연도별로 달라질 수 있는 관측되지 않은 요인의 영향을 통제할 수 있다. 예를 들어, 기업이 가진 서로 다른 기술적 역량과 투자 경향성, 특허 출원 경향성, 특정 연도의 출원 경향성 및 경제 상태 등에 의해 왜곡될 가능성이 있는 분석 결과를 교정할 수 있다(Pavitt, 1985).

가설 2와 5는 규제의 성격이 기업의 기술 탐색 거리에 미치는 영향에 대해 분석한다. 이 과정에서 또한 가설 검정을 위해 특허 자료를 기반으로 한 분석을 진행하지만, 가설 2 및 5의 검정에 사용되는 종속변수인 기술 탐색 거리는 가산형 변수(Count Variable)가 아닌 연속적인 값을 갖는 변수이다. 따라서, 가설 1, 3, 4, 6의 검정에 사용되었던 음이항

회귀분석 모형이 아닌 단순 최소 자승 회귀분석 모형(OLS)을 이용하였다. 마찬가지로, 기업별로, 혹은 시간의 흐름에 따라 달라지는 관측되지 않은 요인의 영향을 통제하고자 기업 고정효과와 시간 고정효과 분석을 사용했다.

2.2. 종속변수의 설정

환경규제의 강도 및 시간적 압력과 기업 혁신량의 관계에 대해 논의한 가설 1과 4를 검증하기 위해, 첫 번째 종속변수인 연비 개선 기술 관련 특허 출원 수가 사용되었다. 특허 개수는 혁신의 양적 측면에 대한 분석을 위해 일반적으로 사용되며(Brunnermeier & Cohen, 2003), 본 연구에서는 특정 기업이 특정 연도에 출원한 연비 개선 기술 관련 특허의 개수를 의미한다. 특허 등록 연도가 아닌 출원 연도에 기반한 분석을 진행하면 등록 과정에서 생길 수 있는 변수들의 영향을 줄일 수 있을 뿐만 아니라(Lee et al., 2011), 기업의 연구개발 비용 지출(R&D Expenditure)과 강한 연관성을 보이기에(Griliches, 1990) 혁신 활동에 대한 시간적 분석에 유용하게 사용될 수 있다.

가설 2와 가설 5는 규제가 기업의 기술 탐색 거리에 어떤 영향을 미치는지에 대해 분석한다. 가설 검증 과정에서 종속변수로 사용된 기술 탐색 거리는 기업의 전체 기술 포트폴리오와의 유클리디안 거리(Euclidean Distance)를 이용해 계산하였다(Jaffe, 1986). 이 방법은 기술 분류에 따른 기업의 특허 비중이 그 기업의 지식 분포를 반영한다는 가정을 바탕으로 하며, 직전 5년간 등록된 특허들의 분류 별 비중에 비해 얼마나 새로운 기술을 연구하였는지를 나타낸다. 기술 탐색 거리를 계산하기 위해, 먼저 기업 i 가 직전 5년간 출원한 미국 특허청(USPTO)에 등록된 특허들의 3자리 국제 특허 분류 코드(IPC)를 바탕으로 코드별 비중을 성분으로 하는 포트폴리오 벡터 $(p_{i,T})$ 를 생성한다. 예를 들어, 한 기업 i 의 과거 5년간 등록된 특허의 분류 코드가 F01과 B60 두 가지이며, 40%의 F01 특허와 60%의 B60 특허를 보유하고 있다면 해당 기업의 포트폴리오 벡터 $(p_{i,T})$ 는 $(p_{i,T}^{F01}, p_{i,T}^{B60}) = (0.4, 0.6)$ 이 된다. 관측년도 t 에서 기업이 출원한 등록 특허의 포트폴리오 벡터 $(p_{i,t})$ 또한, 같은 방법으로 생성되며, 두 포트폴리오 벡터 사이의 유클리디안 거리를 통해 기술 탐색 거리 변수를 계산할 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$D_{i,t} = \sqrt{\sum_{c=1}^N (p_{i,T}^c - p_{i,t}^c)^2}$$

마지막으로, 규제에 대응하는 기업의 기술혁신 임팩트에는 대해 논의한 가설 3과 6을 검증하기 위해, 기업의 연비 개선 관련 기술 특허의 피인용 지수를 이용하였다. 많은 선행 연구로부터 특허의 피인용 지수는 해당 특허의 파급력을 의미하며, 많이 인용된 특허는 그만큼 중요한 기술적 진보에 관한 내용을 포함한다는 것이 밝혀졌다(Hall et al., 2001). 특히, 피인용 지수는 특허가 등록된 이후 출원된 다른 특허가 얼마나 해당 특허를 인용했는지에 대한 정보를 담고 있기에 해당 기술과 관련된 후속 연구가 얼마나 진행되고 있는지에 대한 척도로 생각될 수 있다. 즉, 관련 기술 분야에서 지속적인 투자가 일어나고 있다는 것을 의미하며, 그만큼 해당 기술이 중요한 임팩트를 갖는 것임을 확인하는 척도가 된다. 이에 본 연구에서는 기업이 특정 연도에 출원한 연비 개선 기술 관련 특허의 총 피인용 지수를 종속변수로 사용하였다.

2.3. 독립변수의 설정

본 연구에서는 독립변수로 규제강도를 사용하였다. 규제강도와 혁신 성과의 관계를 살펴본 많은 연구에서는 기준을 만족하기 위한 산업 수준의 오염감소비용을 규제강도의 대용 지표(proxy)로 측정하였다(Brunnermeier & Cohen, 2003; Jaffe & Palmer, 1997; Lee et al., 2011). 그러나 기업의 기술 역량에 따라 공표된 규제강도에 어떻게 대응하는지 살펴보기 위해서는 기업 수준의 세밀한 측정치가 필요하다. 기업의 개별 오염 감소 비용 데이터는 구하는데 제약이 존재하기에, 본 연구에서는 다른 대용 지표를 이용했다. 구체적으로, CAFE Public Information Center에 공개된 주요 자동차 생산기업의 연도별 평균 연비를 발표된 가장 최신의 규제기준에서 뺀 값으로 기업별 규제강도를 측정하였다. 즉, 특정 연도에 어떤 회사의 차량 군 평균 연비가 규제 연비 기준보다 높다면 규제강도 변수는 음수로 계산되며, 평균 연비가 규제 연비 기준보다 낮은 경우 규제강도는 양의 값을 갖게 된다. 다시 말해, 규제강도 변수는 기업이 발표된 환경규제 기준보다 얼마나 좋은, 혹은 좋지 않은 상대적 성과를 보이는지에 대한 정보를 포함한다. 앞서 논의한 바와 같이, 규제기준은 기업의 사회적 요구수준으로 해석될 수 있으며, 이에 비해 높거나 낮은 성과는 기업의 탐색 활동을 유발한다. 사회적 요구수준과 역사적 요구수준은 복합적으로 작용해 기업의 탐색 활동의 변화를 일으키는 만큼, 선행 연구들에서는 기업의 요구수준을 측정할 때 역사적 요구수준 및 사회적 요구수준을 모두 고려하여 통합적 요구수준을 계산했다(Hu et al., 2017; Vissa et al., 2010). 하지만 달성하지 못할 시 벌칙금이 부여되는 규제 환경의 특성상 규제기준으로 대변되는 사회적 요구수준이 역사적

요구수준보다 상대적으로 더 중요하게 고려된다. 따라서 사회적 요구수준인 연비규제 기준과 기업의 차량 군 평균 연비의 차이를 독립변수로 사용하고, 역사적 요구수준에 의한 영향은 기업 고정효과 분석을 통해 통제하였다. 이는 역사적 요구수준과 사회적 요구수준은 기업의 성과피드백 과정에서 서로 작동하는 메커니즘 및 영향이 다르다는 연구(Kim et al., 2015)에 기인하였다.

가설 4, 5, 6을 검정하기 위해, 규제 시행 시기가 다가옴에 따라 기업이 받는 시간적 압력을 독립변수로 사용해야 한다. 기업의 경영 시스템은 성취해야 할 목표까지 필요한 노력의 양과 프로젝트 종료까지 남은 기간을 바탕으로 필요 인력 수준을 결정하고, 이를 바탕으로 여러 프로젝트 간 인적 자원을 분배하게 된다(Abdel-Hamid, 1989). 즉, 경영진은 규제 시행까지 남은 시간이 줄어들수록 시간적 압력이 선형적으로(Linear) 증가한다고 판단한다. 본 연구에서는 이를 반영해 규제 시행까지 남은 시간을 이용해 선형적으로 변수를 구성하였다. 특히 CAFE 연비규제 하에서 정부가 규제 시행까지 1년에서 3년까지의 여유 시간을 두고 규제를 발표했던 점을 고려해, 4에서 규제 시행까지 남은 연수를 뺀 값을 기업이 느끼는 시간적 압력으로 계산했다.⁶⁾ 또한, 새로운 규제가 발표되지 않아 가해지는 시간적 압력이 없던 시기의 경우, 시간 압력 변수는 0으로 계산하였다.

현재의 상대적 규제강도 및 시간적 압력은 기업의 탐색 활동에 영향을 주며, 미래의 혁신에 영향을 미치기에 분석 과정에서 모든 독립변수에 1년의 지연 시간을 적용해 분석하였다.

2.4. 통제변수의 설정

본 연구에서는 기업의 혁신 양상에 영향을 줄 수 있는 두 가지 통제변수가 사용되었다. 먼저 지식기반 크기 변수는 기업의 각기 다른 지식기반의 크기에 의한 영향을 통제하기 위해 도입되었다. 자동차 기술 전반에 대해 많은 기술을 보유한 기업은 상대적으로 관련 시스템을 더 잘 이해하고, 중요한 지식 및 기술을 선별해낼 수 있으므로 혁신 방향성 및 임팩트 면에서 차이를 보일 수 있다(Cohen & Levinthal, 1990). 선행 연구에서는 이를 통제하기 위해 기업의 과거 연구개발 비용을 이용했지만, 연구개발 비용과 기업의 특허 출원 수는 강한 연관성이 있기에 본 연구에서는 기업의 연도별 자동차 기술 특허수에 15%의 시간적 가치 하락 비율(Depreciation Rate)을 적용해 계산하였다(Griliches, 1990; Hall, 1990). 또한, 기업의 크기에 따른 연구개발 투입자원의 차이 및 시장 점유율

6) 시행까지 남은 시간이 3년, 2년, 1년이라면 시간적 압력 변수는 각각 1, 2, 3으로 계산되었다.

에 따른 기타 효과를 통제하기 위해 미국 내 판매생산량 변수를 도입했다(Shefer & Frenkel, 2005). 규제기준을 충족하지 못할 시 받는 불이익은 해당 기업의 자동차 판매 대수에 비례해 책정되므로 판매생산량 변수는 기업의 서로 다른 판매량에 의한 혁신량 변화를 잘 통제할 수 있을 것이다. 모든 통제변수는 마찬가지로 지연 변수로 사용하였으며, 왜도(Skewness)에 대한 보정을 위해 로그(Log)를 취해 분석 모형에 적용했다.⁷⁾

2.5. 선도 기업과 후발 기업

앞서 2장에서는 주어진 규제기준을 상회, 혹은 하회하는 기업의 기술 역량은 성과피드백에 의해 서로 다른 탐색 활동과 혁신 양상을 야기할 것이라고 논의했었다. 이에 기업을 선도 기업과 후발 기업으로 나누어 각 표본에서 규제 강도와 시간적 압력이 기업 혁신 양상에 미치는 영향을 분석하였다. 구체적으로, 특정 연도 $t-1$ 에서 기업이 공표된 연비 규제기준 중 가장 달성하기 어려운 기준보다 높은 차량 군 평균 연비를 보이는 경우 해당 기업은 선도 기업으로 분류되었다. 반면, $t-1$ 에서 기준 이하의 차량 군 평균 연비를 보인 기업은 기준 달성을 위해 추가적인 기술 역량 향상이 필요한 후발 기업으로 분류되었다.

7) 지식기반 크기 변수는 0인 경우를 고려하여 모든 관측값에 1을 더해 로그를 취하였다.

IV. 실증분석 결과

<표 2>와 <표 3>에는 본 연구에 사용된 자료의 요약 통계량(Summary Statistics) 및 자료 간 상관관계를 나타내었다. 이후의 절에서는 환경규제의 강도와 준수 기한에 따른 시간적 압력이 각각 선도 기업과 후발 기업의 혁신량, 기술 탐색 거리, 및 혁신 임팩트 측면에 어떤 실증적 영향을 갖는지를 논의해 보고자 한다.

<표 2> 기초통계량

구분	평균	표준편차	최솟값	최댓값
특허 출원 수	34.33	102.73	0	760
기술 탐색 거리	.91	.10	.45	1.41
총 피인용 지수	127.40	269.08	0	1333
규제강도	-1.23	5.59	-31.10	14.70
시간적 압력	1.61	1.33	0	3
지식기반 크기(log)	2.70	2.95	0	8.65
판매생산량(log)	11.84	1.98	7.16	14.32
표본 수	192			

<표 3> 주요 변수 간 상관관계 분석

구분	1	2	3	4	5	6
특허 출원 수	1					
기술 탐색 거리	-.067	1				
총 피인용 지수	.542	-.039	1			
규제강도	-.162	-.174	-.227	1		
시간적 압력	.115	-.054	-.346	.218	1	
지식기반 크기(log)	.828	-.016	.473	-.181	.048	1
판매생산량(log)	.299	.203	.290	-.299	.055	.282

1. 환경규제와 기업의 혁신량 변화

<표 4>는 가설 1과 가설 4의 검증 결과를 나타낸다. 발표된 환경규제에 대해 선도 기업과 후발 기업을 분리하지 않은 통합 표본을 이용해 분석한 결과, (1) 열에서 나타난 바와 같이 직전 연도에 기업에 인지된 규제강도는 기업의 혁신량에 유의한 영향을 보이지 않았다. 하지만 규제 시행에 따른 시간적 압력은 기업의 특허 출원 수에 양의(Positive) 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이 결과는 성과기반 규제가 기업 혁신을 촉진할 수 있다는 과거의 연구들과 일관되며, 특히 시행 기간이 다가오며 기업이 느끼는 시간 압박이 혁신의 양적 증가에 큰 영향을 미치고 있음을 보이는 결과이다.

<표 4> 규제 특성과 혁신량에 대한 음이항 회귀분석 결과

종속변수: 특허 출원 수		통합 표본 (1)	모델 1		모델 2		모델 3	
			선도 기업 (2)	후발 기업 (3)	선도 기업 (4)	후발 기업 (5)	선도 기업 (6)	후발 기업 (7)
독립 변수	규제강도 (t-1)	-.0131 (.0116) [-.048]	-.0091 (.0144) [-.054]	-.0227 (.0438) [-.122]			-.0091 (.0144) [-.054]	-.0227 (.0438) [-.122]
	시간적 압력 (t-1)	.1140* (.0609) [.411]			.0901 (.0814) [.539]	.1880* (.1080) [1.003]	.0907 (.0810) [.542]	.1930* (.1080) [1.044]
통제 변수	지식기반 크기 (log, t-1)	.0198 (.0329) [.072]	-.0951* (.0518) [-.568]	.1840*** (.0538) [.995]	-.0983* (.0517) [-.588]	.1780*** (.0523) [.950]	-.0951* (.0518) [-.568]	.1840*** (.0538) [.995]
	판매생산량 (log, t-1)	.0920* (.0540) [.333]	.1470 (.0966) [.879]	.0766 (.1130) [.414]	.1440 (.0972) [.864]	.1150 (.0847) [.617]	.1470 (.0966) [.879]	.0766 (.1130) [.414]
관측 수		481	298	183	298	183	298	183
기업 수		50	40	29	40	29	40	29
기업 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
시간 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
로그 우도		-1028.0	-595.3	-339.4	-595.5	-339.5	-595.3	-339.4

표준오차는 소괄호 안에, 한계효과는 대괄호 안에 표기하였음

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

(2) 열부터 (7) 열은 선도 기업과 후발 기업을 분리해 기업군별 규제강도와 혁신량 변화에 대해 분석한 결과를 나타낸다. 모델 1과 3의 경우, 규제강도는 선도 기업과 후발 기업의 연비 개선 기술 관련 특허 출원 수 모두에 유의한 영향을 미치지 않았다. 즉, 가설 1은 채택되지 않았다. 시간적 압력은 선도 기업의 특허 출원 수에 유의한 영향을 주지 않았지만, 후발 기업에는 양의 영향을 주는 것으로 확인되었다. 구체적으로, 규제 시행까지 남은 여유 기간이 1년 감소할 때마다 후발 기업은 약 1.04개의 관련 기술 특허를 더 출원하는 것으로 나타났다. 하지만, 계수 및 한계효과가 표본에 따라 유의한 차이를 보이는지 검증하는 T-test는 통과되지 않았다. 즉, 가설 4는 부분적으로 채택되었다.

통제변수로 사용된 기업의 판매생산량은 연비 개선 특허 출원 수에 약한 양의 영향을 보였다. 기업의 자동차 판매생산량이 많을수록 관련 특허 또한 증가하였다. 마지막으로 기업의 지식기반 크기는 선도 기업과 후발 기업에서 다른 결과를 나타냈다. 흥미롭게도, 선도 기업의 경우 지식기반 크기는 연비 개선 특허 출원 수에 음의 영향을 보였지만 후발 기업의 경우 양의 영향을 갖는 것으로 확인되었다. 이는 기준을 충족하지 못할 시 불이익이 가해지는 규제의 특성과 이에 대한 기업의 대응을 잘 반영하는 것으로 볼 수 있다. 지식기반 크기의 계수는 선도 기업과 후발 기업에서 서로 다른 부호를 보이는데, 이는 기준 충족을 위해 기술 역량을 대부분 관련 기술의 발전에 투입하는 후발 기업과 (Problematic Search) 다른 분야의 기술 발전에 투입(Slack Search)하는 선도 기업의 차이에 의한 것으로 해석할 수 있기 때문이다.

2. 환경규제와 기업의 기술 탐색 거리 변화

규제와 기술 탐색 거리의 관계에 대해 논의한 가설 2와 5에 대한 선형 회귀분석 결과는 <표 5>에 표기되었다.⁸⁾ 먼저 통제변수로 사용된 기업의 지식기반(Knowledge Base) 크기는 통합 표본을 이용한 분석과 선도 및 후발 기업으로 나눈 표본을 이용한 분석 모두에서 기업의 기술 탐색 거리에 전반적인 음의 영향을 보였다. 이는 기업의 지식기반이 커질수록 관련 분야 연구를 성공적으로 수행할 수 있다는 점에서 합리적인 결과이며, 기존의 연구와도 일관된다. 반면, 판매생산량에 의한 영향은 유의성을 보이지 않았다.

규제강도와 기술 탐색 거리의 관계에서는 의미 있는 결과가 관찰되었다. 통합 표본을 이용했을 때 규제강도는 기업의 탐색 활동 방향성에 유의한 영향을 주지 않았지만, 선도

8) 총 487개의 기업-년도 관측 쌍 중 연비 개선 기술 관련 특허를 출원한 관측 쌍은 192개였다.

기업과 후발 기업으로 나누어 분석한 (2-7) 열에서는 높은 규제강도가 후발 기업이 새로운 기술을 탐색하도록 유도함이 확인되었다. 즉, 후발 기업의 경우 규제기준과 실제 성과의 괴리가 커질수록 문제 해결적 탐색 활동이 활발히 일어나며, 그 결과 기존에 진행하던 기술과는 거리가 있는 분야의 기술을 연구하게 된다. 선도 기업의 경우 유의성을 보이지는 않았으나, 나타난 음의 회귀 계수를 토대로 규제강도가 증가함에 따라, 보유한 여유 자원(Slack)이 줄어들며 모험적 연구보다는 그들이 기존에 성공적으로 진행하던 분야의 혁신 연구에 더 집중하게 됨을 추측할 수 있다. 추가로, 계수가 선도 기업과 후발 기업에서 통계적 차이를 보이는지 검증하기 위해 수행한 T-test에서도 높은 유의성을 보이며(t=3.45) 두 그룹 간의 차이를 보였다. 따라서 가설 2는 채택되었다.

또 다른 독립변수인 시간적 압력은 통합 표본 분석과 기업을 두 그룹으로 나누어 분석한 결과 모두에서 기업의 기술 탐색 거리에 유의한 영향을 미치지 않았으며, T-test에서 또한 계수 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 즉, 가설 5는 채택되지 않았다.

<표 5> 규제 특성과 기술 탐색 거리에 대한 단순 최소 자승 회귀분석 결과

종속변수: 기술 탐색 거리		통합 표본 (1)	모델 1		모델 2		모델 3	
			선도 기업 (2)	후발 기업 (3)	선도 기업 (4)	후발 기업 (5)	선도 기업 (6)	후발 기업 (7)
독립 변수	규제강도 (t-1)	-.0010 (.0035)	-.0060 (.0039)	.0128*** (.0038)			-.0060 (.0039)	.0128*** (.0038)
	시간적 압력 (t-1)	.0111 (.0116)			.0006 (.0180)	-.0186 (.0171)	.0029 (.0178)	-.0216 (.0185)
통계 변수	지식기반 크기 (log, t-1)	-.0215** (.0124)	-.0096 (.0146)	-.0275** (.0127)	-.0128 (.0185)	-.0231 (.0158)	-.0096 (.0146)	-.0275** (.0127)
	판매생산량 (log, t-1)	.0119 (.0204)	.0234 (.0269)	.0231 (.0161)	.0186 (.0264)	-.0014 (.0196)	.0234 (.0269)	.0231 (.0161)
관측 수		192	115	77	115	77	115	77
R-제곱 값		.109	.122	.328	.110	.291	.122	.328
기업 수		25	19	15	19	15	19	15
기업 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
시간 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES

표준오차는 소괄호 안에 표기하였음

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

3. 환경규제와 기업의 혁신 임팩트 변화

가설 3에서는 규제강도가 증가할수록 후발 기업의 혁신 임팩트는 선도 기업보다 더 많이 감소할 것으로 예측하였다. <표 6>에서 확인할 수 있듯 규제강도와 추후 이어지는 혁신 임팩트는 선도 기업에서 유의하지 않은 관계를 보였지만, 후발 기업에서는 약한 음의 유의성을 보였다. 두 그룹 간 계수의 T-test 또한 95% 신뢰 수준에서 가설 3을 지지하였다. 연비규제 강도가 출원하는 관련 특허의 총 피인용 지수에 가하는 한계효과 역시 후발 기업에서 더 감소했다. 연비규제 강도가 1mpg 증가하면, 후발 기업이 출원하는 특허의 총 피인용 지수는 약 1.1만큼 감소했지만, 선도 기업의 경우 유의하지 않은 범위에서 오히려 증가하는 결과를 보였다. 즉, 선도 기업보다 후발 기업에서 규제강도가 증가할 때 출원하는 특허의 임팩트는 더 많이 감소하며, 이에 가설 3은 채택되었다.

<표 6> 규제 특성과 혁신 임팩트에 대한 음이항 회귀분석 결과

종속변수: 총 피인용 지수		모델 1			모델 2		모델 3	
		통합 표본 (1)	선도 기업 (2)	후발 기업 (3)	선도 기업 (4)	후발 기업 (5)	선도 기업 (6)	후발 기업 (7)
독립 변수	규제강도 (t-1)	-.004 (.020) [-.008]	.022 (.031) [.056]	-.137** (.067) [-1.100]			.022 (.031) [.056]	-.137* (.067) [-1.100]
	시간적 압력 (t-1)	-.740*** (.105) [-1.502]			-.748*** (.140) [-1.856]	-.932*** (.141) [-6.082]	-.744*** (.140) [-1.866]	-.954*** (.138) [-7.661]
통제 변수	지식기반 크기 (log, t-1)	.141** (.065) [.287]	.098 (.083) [.246]	.292** (.140) [2.343]	.106 (.082) [.264]	.167 (.123) [1.089]	.098 (.083) [.246]	.292** (.140) [2.343]
	판매생산량 (log, t-1)	-.087 (.082) [-.177]	-.042 (.115) [-.105]	-.121 (.183) [-.970]	-.035 (.113) [-.088]	.129 (.145) [.842]	-.042 (.115) [-.105]	-.121 (.183) [-.970]
관측 수		192	115	77	115	77	115	77
기업 수		25	19	15	19	15	19	15
기업 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
시간 고정효과		YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
로그 우도		-725.3	-430.7	-214.1	-431.0	-216.1	-430.7	-214.1

표준오차는 소괄호 안에, 한계효과는 대괄호 안에 표기하였음

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

마지막으로 규제에 대한 시간적 압력이 선도 및 후발 기업의 혁신 임팩트에 가하는 서로 다른 영향에 대해 예측한 가설 6의 검정 결과 역시 <표 6>에 나타나 있다. 이 경우, 증가하는 시간적 압력은 모든 표본에서 일관되게 기업의 혁신 임팩트를 감소시키는 유의한 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 증가하는 시간적 압력이 연구팀의 창의성 및 성과를 감소시킨다는 기존의 팀 수준 연구와도 일치하는 결과이다(Clark & Fujimoto, 1991). 선도 기업과 후발 기업을 분리해 분석한 (4-7) 열에서는 시간적 압력이 증가함에 따라, 선도 기업보다 후발 기업에서 추후 출원하는 특허의 임팩트가 더 많이 감소하는 것이 확인되었다. 수치적으로는, 규제 시행까지 남은 시간이 1년 감소할 때마다 기업이 출원하는 관련 기술의 총 피인용 지수는 후발 기업은 약 7.66, 선도 기업은 약 1.87만큼 감소했다. 두 그룹의 한계효과 차이에 대한 T-test 또한 95% 신뢰 구간에서 유의성을 보이며 가설 6을 지지했다.

통제변수 중 지식기반 크기 변수는 전반적으로 약한 유의성을 보이며 특허의 총 피인용 지수에 양의 영향을 끼침을 확인할 수 있었으며, 판매생산량 변수는 유의한 영향을 보이지 않았다.

V. 결론 및 고찰

본 연구에서는 미국 자동차산업의 연비규제 사례를 바탕으로 성과기반의 환경규제가 기업의 기술혁신량, 방향성, 및 그 임팩트 측면에서 어떤 영향을 미치는지에 대해 살펴 보았다. 실증분석 결과에 의하면, 증가하는 규제강도와 시간적 압박은 선도 기업과 후발 기업에 확연히 다른 영향을 끼치게 됨을 확인할 수 있었다. 구체적으로, 발표된 규제강도를 상회하는 성과를 보인 선도 기업보다 후발 기업에서는 규제강도가 증가함에 따라 기술 탐색 거리를 높이고 실험적인 연구를 수행하며(가설 2), 그에 반해 개발되는 기술의 임팩트는 하락하는 결과를 초래한다는 것(가설 3)을 확인할 수 있었다. 또한, 규제 시행 시기가 다가오며 기업에 가해지는 시간적 압력이 증가할수록, 후발 기업에서는 선도 기업보다 특허 출원 수를 증가시키지만(가설 4), 출원하는 특허의 임팩트는 매우 감소함(가설 6)을 보였다. 즉, 성과기반 환경규제는 규제강도 및 시행까지 남은 시간 측면에서 각각 선도 및 후발 기업에 서로 다른 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

분석 결과는 앞서 <그림 2>에서 살펴보았던 2011년 이후의 선도 및 후발 기업의 기술 진보 속도 차이를 설명하는 데 도움이 될 수 있다. 미국의 CAFE 규제는 2008년을 시작

으로 2011년부터 적용되는 연비 기준이 발표되었으며, 과거의 기준에 비해 급격히 그 강도가 증가하였다. 또한, 다음 연도의 새로운 기준이 발표되는 주기도 점점 빨라지게 되었다. 이러한 제도적 특성은 규제기준을 만족하지 못한 후발 기업들이 규제 시행이 다가오면서 더 많은 모방적 특허를 출원하도록 유도하며, 결과적으로 빠르게 규제기준과의 기술 격차를 줄일 수 있었음을 암시한다.

흥미로운 부분은, <표 6>에서 나타난 것과 같이, 선도 기업의 경우 통계적 유의성을 보이지는 않았지만 낮은 규제강도가 설정되었을 때 오히려 과급력이 떨어지는 특허를 출원하는 경향성을 보인다는 점이다.⁹⁾ 이는 규제기준 대비 뛰어난 성과를 보일수록 더 많이 일어나는 여유 자원 탐색(Slack Search) 활동에 의한 것으로 해석될 수 있는데, 다른 분야로의 자원 이동 및 연구개발 집중도 감소 등으로 출원하는 특허의 임팩트 또한 감소하는 결과가 유도될 수 있을 것이다. 이러한 경향성 또한 <그림 2>에서 나타난 선도 기업과 후발 기업의 기술 격차 수렴 현상을 일부 설명할 수 있다. 규제기준 대비 월등한 상대적 성과를 보인 선도 기업들은 점점 임팩트 있는 기술을 개발하지 않게 되며, 이는 더딘 기술 발전으로 이어질 수 있기 때문이다.

1. 의의 및 한계점

이 연구는 몇 가지 실증적, 이론적, 그리고 정책적 함의를 제공한다. 먼저, 산업 수준에서 정립된 오염물질 저감 비용을 규제강도의 지표로 적용했던 과거의 연구들과 달리, 서로 다른 기업의 자원 및 기술 역량을 고려해 규제기준 대비 상대 성과를 바탕으로 개별 기업이 인지하는 규제강도를 계산하였다. 또한, 출원 특허 수만을 종속변수로 살펴보았던 기존의 연구를 발전시켜 선도 기업과 후발 기업이 혁신량, 기술 탐색 거리, 및 혁신 임팩트 측면에서 어떠한 다른 접근을 취하는지 실증적으로 분석하였다. 이는 성과기반의 환경규제와 기업의 혁신 활동을 포괄적으로 이해하는 데 도움이 될 수 있다.

두 번째로, 이 연구는 기업이 환경규제를 바라보는 두 가지 측면 중 많이 연구되던 규제기준으로 인한 압력에 더해 규제가 부여하는 시간적 압력 측면의 분석을 제공함으로써, 기업의 행태적 관점에 대한 이론적 이해를 확장한다. 기업은 내부적으로 요구수준과 현재 성과의 비교를 통해 그들의 전략을 개편하게 된다. 기업은 목표 수준에 대한 설정뿐만 아니라 달성을 위한 시간적 계획 또한 정하게 되는데, 이러한 시간적 측면은 외부

9) 규제강도 변수는 (규제기준 - 기업 성과)로 정의되었다.

에 잘 공개되지 않기 때문에 완료 시점까지의 시간적 패러다임 하에서 기업이 어떠한 패턴을 가지고 혁신 활동을 수행하는지에 대한 연구는 어려운 상황이었다. 그러나 환경규제 설정 하에서는 강제성을 지닌 시간적 압력이 외생적으로 기업에 적용되었다. 따라서 기업이 성과 개선에 대해 느끼는 시간적 압력에 대한 관측이 용이했으며, 이를 바탕으로 분석한 결과 목표 달성 기한이 다가옴에 따라 요구수준을 하회하여 문제 해결적 탐색 과정에 있는 기업은 혁신 속도를 늘리며, 그에 대한 트레이드오프로 기술의 임팩트는 줄어든다는 결론을 얻을 수 있었다. 이는 요구수준의 괴리가 목표 달성 시점까지 남은 시간과 같이 작용하며 기업의 탐색 및 혁신 양상을 변화시킬 수 있다는 가능성을 제안한다. 즉, 요구수준과의 괴리를 통해 기업의 문제 해결 활동을 설명했던 기업 행태 이론을 시간적 차원으로 확장했다는 공헌점을 갖는다.

마지막으로, 본 연구는 환경규제 강도와 시행 시점의 설정이 개별 기업의 기술혁신 활동에 어떤 영향을 미치는지에 대해 다방면으로 분석함으로써 실제 규제 정책을 디자인하는 실무자들에게 정책적 인사이트를 제공한다. 예를 들어, 후발 기업에 모방적 기술 혁신을 유도해 선도 기업과의 기술 격차를 빠르게 줄이기 위해 정부는 규제 발표 주기를 단축할 수 있을 것이다. 또한, 규제 설계 시 새로운 분야로의 기술 탐색을 유도하기 위해 규제기준을 높일 수 있지만, 이는 반드시 성공적인 결과로 이어지지 않는다는 것을 인지해야 한다. 이처럼, 본 연구 결과를 활용해 규제가 갖는 성격에 따라 기업의 혁신량, 방향성, 및 임팩트에 어떤 차이가 발생하는지 파악하고, 정부가 이루고자 하는 목표 달성을 위해 규제강도와 시행 시점을 적절히 조절하는 것이 가능해질 것이다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 갖는다. 먼저 관측된 데이터의 수가 작았고, 미국의 사례에 한정되었기에 추가적인 Cross-Country 분석이 요구된다. 또한, 본 연구에서는 기업이 판매하는 차량 군의 구성에 대해 고려하지 못했다. 기업의 판매 모델 중 승용차, 트럭 등 차량 종류에 따른 매출 비중이 달라지면, 목표로 하는 소비자층과 규제에 대한 기업 활동 변화의 민감도가 달라질 수 있다. 모델별 판매량과 같은 세부적인 자료를 구하는 데 따르는 한계로 인해 이를 제대로 통제하지 못했지만, 기업별 규제 민감도와 같은 통제변수가 추가된다면 더 정확한 연구 결과가 도출될 수 있을 것이다.

마지막으로, 본 연구에서는 실증분석을 통해 성과기반 환경규제가 기업 혁신의 여러 측면에 미치는 영향에 대해서는 포괄적으로 분석하였지만, 가설 설정 단계에서 제시한 선도 및 후발 기업들의 대응 메커니즘이 실제로 일어나는지에 대한 분석은 진행하지 않았다. 후속 연구에서는 어떤 행태적 메커니즘을 통해 기업이 정부 규제에 대응하며 그들의 연구개발 시스템을 변화시켜 나가는지에 대한 논의가 진행될 수 있을 것이다.

참고문헌

(1) 국내문헌

(2) 국외문헌

- Abdel-Hamid, T. K. (1989), "The Dynamics of Software Project Staffing: A System Dynamics Based Simulation Approach", *IEEE Transactions on Software engineering*, 15(2), 109-119.
- Amabile, T. M., Mueller, J. S., Simpson, W.B., Hadley, C. N., Kramer, S. J., & Fleming, L. (2002), "Time Pressure and Creativity in Organizations: A Longitudinal Field Study". Working paper, Harvard Business School.
- Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P. (2013), "The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?", *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2-22. doi:10.1093/reep/res016
- Andrews, F. M., & Farris., G. F. (1972), "Time Pressure and Performance of Scientists and Engineers: A Five-Year Panel Study", *Organizational Behavior and Human Performance*, 8(2), 185-200.
- Ashford, N. A., Ayers, C., & Stone, R.F. (1985), "Using Regulation to Change the Market for Innovation", *Harvard Environmental Law Review*, 9(2), 419-466.
- Bauman, Y., Lee, M., & Seeley, K. (2008), "Does Technological Innovation Really Reduce Marginal Abatement Costs? Some Theory, Algebraic Evidence, and Policy Implications", *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 507-527.
- Boeker, W. (1989), "Strategic Change: The Effects of Founding and History", *Academy of Management Journal*, 32(3), 489-515.
- Bolton, M. K. (1993), "Organizational Innovation and Substandard Performance: When is Necessity the Mother of Innovation?", *Organization Science*, 4(1), 57-75.
- Bromiley, P. (1991), "Testing a Causal Model of Corporate Risk Taking and Performance", *The Academy of Management Journal*, 34(1), 37-59.
- Brunnermeier, S. B., & Cohen, M. A. (2003), "Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries", *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(2), 278-293. doi:10.1016/s0095-0696(02)00058-x
- Chattopadhyay, P., Glick, W. H., & Huber, G. P. (2001), "Organizational Actions in Response to Threats and Opportunities", *The Academy of Management Journal*, 44(5), 937-955.
- Chong, D. S. F., Eerde, W. V., Chai, K. H., & Rutte, C. G. (2011), "A Double-Edged Sword:

- The Effects of Challenge and Hindrance Time Pressure on New Product Development Teams”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 58(1), 71-86.
- Clark, K. B., & Fujimoto, T. (1991), “Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World auto Industry”, Harvard Business School Press, Boston.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990), “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Cyert, R. M., & March, J. G. (1963), “Behavioral Theory of the Firm” (Vol. 43), Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Eisenhardt, K. M., & Tabrizi, B. N. (1995), “Accelerating Adaptive Processes: Product Innovation in the Global Computer Industry”, *Administrative Science Quarterly*, 40(1), 84-110.
- Energy Independence and Security Act, 42 U.S.C. § 17001 (2007).
- Energy Policy and Conservation Act, (1975).
- Greve, H. R. (1998), “Performance, Aspirations, and Risky Organizational Change”, *Administrative Science Quarterly*, 43, 58-86.
- Greve, H. R. (2003a), “A Behavioral Theory of R&D Expenditures and Innovations: Evidence from Shipbuilding”, *The Academy of Management Journal*, 46(6), 685-702.
- Greve, H. R. (2003b), “Organizational Learning from Performance Feedback”, Cambridge University Press, Cambridge.
- Griliches, Z. (1990), “Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey”, *Journal of Economic Literature*, 28, 1661-1707.
- Hausman, J. A., Hall, B. H., & Griliches, Z. (1984). “Econometric Models for Count data with an Application to the Patents-R&D Relationship”, *Econometrica*, 52(4), 909-938.
- Hu, S., He, Z.-L., Blettner, D. P., & Bettis, R. A. (2017), “Conflict Inside and Outside: Social Comparisons and Attention Shifts in Multidivisional Firms”, *Strategic Management Journal*, 38(7), 1435-1454. doi:10.1002/smj.2556
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2002), “Environmental Policy and Technological Change”, *Environmental and Resource Economics*, 22(1-2), 41-70.
- Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997), “Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study.” *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610-619.
- Jelinek, M., & Schoonhoven, C. B. (1990), “The Innovation Marathon: Lessons from High Technology Firms”, Jossey-Bass Publishers.
- Johnstone, N., Haščič, I., & Popp, D. (2010), “Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence based on Patent Counts”, *Environmental and Resource Economics*, 45(1), 133-155.

- Kelly, D., & Amburgey, T. L. (1991), "Organizational Inertia and Momentum: A Dynamic Model of Strategic Change", *Academy of Management Journal*, 34(3), 591-612.
- Kemp, R. (1997), "Environmental Policy and Technical Change", Edward Elgar.
- Kim, J.-Y., Finkelstein, S., & Halebian, J. (2015), "All Aspirations are not Created Equal: The Differential Effects of Historical and Social Aspirations on Acquisition Behavior", *Academy of Management Journal*, 58(5), 1361-1388.
- Kim, J.-Y., & Miner, A. S. (2007), "Vicarious Learning from the Failures and Near-Failures of Others: Evidence from the U.S. Commercial Banking Industry", *Academy of Management Journal*, 50(2), 687 - 714.
- Kumpe, T., & Bolwijn, P. T. (1994), "Toward the Innovative Firm—Challenge for R&D Management", *Research Technology Management*, 37(1), 38-44.
- Lee, J., Veloso, F. M., & Hounshell, D. A. (2011), "Linking Induced Technological Change, and Environmental Regulation: Evidence from Patenting in the US Auto Industry", *Research policy*, 40(9), 1240-1252.
- Levinthal, D., & March, J. G. (1981), "A Model of Adaptive Organizational Search", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 2, 307-333.
- Levitt, B., & March, J. G. (1988), "Organizational Learning", *Annual Review of Sociology*, 14, 319-338.
- Mansfield, E., Schwartz, M., & Wagner, S. (1981), "Imitation Costs and Patents: An Empirical Study", *The Economic Journal*, 91(364), 907-918.
- March, J. G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- March, J. G., & Simon, H. A. (1958), "Organizations", John Wiley & Sons, New York.
- McDonald, M. L., & Westphal, J. D.(2003), "Getting by with the Advice of Their Friends: CEOs' Advice Networks and Firms' Strategic Responses to Poor Performance", *Administrative Science Quarterly*, 48, 1-32.
- Mohr, R. D. (2002), "Technical Change, External Economies, and the Porter Hypothesis", *Journal of Environmental Economics and Management*, 43(1), 158-168.
- OECD. (2011), "Invention and Transfer of Environmental Technologies".
- Palmer, T. B., & Wiseman, R. M. (1999), "Decoupling Risk Taking from Income Stream Uncertainty: A Holistic Model of Risk", *Strategic Management Journal*, 20(11), 1037-1062.
- Pavitt, K. (1985), "Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems", *Scientometrics*, 7(1-2), 77-99.

- Popp, D. (2003), "Pollution Control Innovations and the Clean Air Act of 1990", *Journal of Policy Analysis and Management*, 22(4), 641-660.
- Popp, D. (2005), "Lessons from Patents: Using Patents to Measure Technological Change in Environmental Models", *Ecological Economics*, 54(2-3), 209-226.
- Porter, M. (1991), "America's Green Strategy", *Scientific American*, 264(4), 168.
- Porter, M., & Van der Linde, C. (1995), "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Powell, T. C., Lovallo, D., & Caringal, C. (2006), "Causal Ambiguity, Management Perception, and Firm Performance", *The Academy of Management Review*, 31(1), 175-196.
- Rothwell, R. (1992), "Industrial Innovation and Government Environmental Regulation: Some Lessons from the Past", *Technovation*, 12(7), 447-458.
- Schneider, S. L. (1992), "Framing and Conflict: Aspiration Level Contingency, the Status Quo, and Current Theories of Risky Choice", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(5), 1040-1057.
- Shefer, D., & Frenkel, A. (2005), "R&D, Firm Size and Innovation: An Empirical Analysis", *Technovation*, 25(1), 25-32.
- Shiau, C.-S. N., Michalek, J. J., & Hendrickson, C. T. (2009), "A Structural Analysis of Vehicle Design Responses to Corporate Average Fuel Economy Policy", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(9-10), 814-828.
- Talay, M. B., & Yoon, E. (2013), "Corporate Response to the Regulations for Sustainability: A Case Study of the Leading Global Corporations", *Journal of International Management Studies*, 13(1), 43-54.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974), "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases", *Science*, 185(4157), 1124-1131.
- Vissa, B., Greve, H. R., & Chen, W.-R. (2010), "Business Group Affiliation and Firm Search Behavior in India: Responsiveness and Focus of Attention", *Organization Science*, 21(3), 696-712.
- Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. (2008), "Drivers and Barriers to Environmental Supply Chain Management Practices: Lessons from the Public and Private Sectors", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 14(1), 69-85.

□ 투고일: 2022.02.18. / 수정일: 2022.02.23. / 게재확정일: 2022.02.23.