

성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)을 활용한 환경기술개발사업의 기업지원 효과 분석*

Analysis of the Effective of Corporate Support for Environmental R&D
using Propensity Score Matching and Difference in Differences

신광근** · 김정인***

Kwang keun Shin · Jeong in Kim

요약: 본 연구는 정부의 환경기술개발사업 지원이 연구과제 수행기업의 경영성과에 미치는 효과를 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)을 활용하여 정량적으로 분석하였다. 2011년부터 2020년까지의 기업 재무제표 자료를 바탕으로 환경기술개발사업 지원에 따른 평균처리효과(ATT)를 사업 참여 4년 이후까지 분석하였다. 분석 결과, 시차의 차이는 있으나 환경기술개발사업 지원기업들은 그렇지 않은 기업들에 비해 종업원 수, 연구개발비증가율, 매출액증가율, 총자산증가율, 총자산순이익률이 증가하는 것으로 확인되었다. 이러한 분석 결과는 시장실패의 보완자로서 환경기술개발사업 지원의 당위성을 확인하였다는 점에서 의의가 있으며, 환경기업의 기술혁신을 위하여 후속 연구개발 등 지속적인 정부지원이 필요함을 나타낸다.
핵심주제어: 환경기술개발사업, 경영성과, 처리효과, 성향점수매칭, 이중차분법

Abstract: In this study, a quantitative analysis was conducted by using propensity score matching and difference-in-differences method to measure how much the government's environmental research and development (R&D) support affects corporate management performance. Based on corporate financial statements from 2011 to 2020, the average treatment effect was analyzed for four years after companies received government support. The analysis results confirmed that, although a time lag exists, the number of employees, growth rate of R&D expenditure, sales growth rate, total asset growth rate, and return on asset of government-supported companies had increased compared to companies that were not receiving government support. These results are meaningful in that they confirmed the justification for supporting environmental R&D projects as a complement to market failure, and that they indicate that continuous government support, such as follow-up R&D, is necessary for environmental companies to implement technological innovation.

Key Words: Environmental R&D, Management performance, Treatment effect, PSM, DID

* 본 논문은 신광근(2022)의 경제학 박사학위 논문 내용을 수정, 보완하여 학술논문 형태로 작성한 것임을 밝힌다.

** 주저자, 한국환경산업기술원 선임연구원

*** 교신저자, 중앙대학교 경제학부 교수

I. 서론

우리나라는 선진국 대비 부족한 환경기술 수준을 향상시키고 기술격차를 좁히기 위하여 1992년에 최초의 본격적인 환경기술개발사업이라고 할 수 있는 ‘G-7 환경공학기술개발사업’(1992년~2001년)을 시작하였으며, 이후 ‘차세대 핵심환경기술개발사업’(2001년~2010년) 등을 거쳐 2021년에는 총 40개의 다양한 매체별·목적별 환경기술개발사업¹⁾을 추진하고 있다.

과학기술정보통신부(2021)에 따르면, 2021년 기준 환경부의 R&D 예산은 4,072억 원으로 국가 R&D 총예산 27조 4천억 원의 약 1.5%에 불과하지만, 전년 대비 13.1%의 큰 증가치를 기록하였다.

이러한 환경기술에 대한 지속적 투자에 힘입어 환경 관련 분야 기술 수준은 2010년 62.2%에서 2020년 81.1%로 상승하였으며, 최고기술국인 미국과의 기술격차도 2010년 5.5년에서 2020년 3.7년으로 좁힐 수 있었다(한국과학기술기획평가원, 2021).

그러나 정부의 환경기술개발사업 투자가 우리나라 환경기술 수준 향상시킨 것과는 별개로, 환경기술을 개발하는 환경기업의 성과에 미치는 효과에 대해서는 실증연구를 통한 확인이 필요하다. 또한 인공지능, 로봇 등 미래산업 먹거리 창출을 위한 성장 동력 분야에 대한 정부투자는 일반적으로 시장실패 극복이라는 관점에서 지원의 당위성이 인정되고 있으나, 후발 주자로 선진국과 기술격차가 크며 R&D 의존도가 높고 투자의 위험도가 큰 산업은 정부 지원이 불필요한 기업의 무임승차 또는 일부 좀비기업의 생명 연장 역할만 하는 ‘정책 실패’의 가능성도 상존하기 때문에, 정부의 재정 투자 효과성을 보다 체계적으로 분석할 필요성이 제기되고 있다(신복균 등, 2017).

이에 본 연구에서는 환경기술개발사업을 지원받은 기업들이 정부 지원을 통해 어떠한 효과를 얻었는가를 정량적으로 분석하였다. 즉 환경기술

1) 환경기술개발사업 종류 등에 대해서는 환경부·한국환경산업기술원(2021)을 참조하기 바란다.

개발사업 지원의 처치 효과를 측정하였다.

구체적으로, 평균처치효과(Average treatment effect on treated, 이하 ATT)를 도출하기 위하여 환경기술개발사업 지원 여부가 지원기업의 재무제표상의 경영성과에 미치는 영향을 분석하였다. 하지만 정책 지원과 같이 특정 집단을 지원 대상으로 선정할 때에는 지원 여부가 무작위로 결정되지 않기 때문에 선택편의(Selection bias)가 발생하며, 정부 지원의 성과가 과대 또는 과소 추정될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 선택편의 문제를 최소화하고 객관적인 정부지원 성과를 도출하기 위하여 성향점수매칭(Propensity score matching, 이하 PSM)과 이중차분법(Difference in differences, 이하 DID)을 사용하였다. 먼저 매출액, 종업원 수, 총자산, 유형고정자산, 자본금, 부채총액, 연구개발비, 업력, 소재 지역을 공변수로 설정한 성향점수매칭(PSM) 방법을 활용하여 실험 대상(처치 집단)과 서로 동질적인 표본을 비교 집단(통제 집단)으로 추출하였다. 이후 이중차분법(DID)을 활용하여 고용창출, 혁신성, 성장성, 수익성, 안전성, 활동성에 있어서 정책지원의 순효과(ATT)를 측정하였다. 분석 결과, 시차의 차이는 있으나 환경기술개발사업 지원의 순효과가 고용창출, 혁신성, 성장성, 수익성에서 정(+)의 효과로 나타났음을 확인하였다.

본 연구는 국가연구개발사업 중에서도 환경기술개발사업의 지원 효과를 분석한 유일한 실증논문이라는 차별성을 가진다.

연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 국가연구개발사업 지원 효과에 관한 선행연구와 환경기술개발사업 관련 선행연구를 검토하였으며, 이를 토대로 본 연구의 차별성을 제시하였다. 제3장에서는 본 연구에서 적용한 성향점수매칭(PSM), 이중차분법(DID) 등 분석 모형을 설명하고, 제4장에서는 실증분석을 위한 분석자료 및 변수 등을 설명하였다. 제5장에서는 본 연구의 실증분석 결과를 제시하고, 제6장에서는 실증분석 결과를 바탕으로 정책적 함의와 시사점을 도출하였다.

II. 선행연구

1. 국가연구개발사업 효과에 관한 연구

먼저, 환경분야에 특정되지 않은, 전 기술 분야 또는 다른 기술 분야에서의 국가연구개발사업 지원 효과를 분석한 선행연구를 살펴보면 크게 매출액 등 기업 재무성과에 미친 효과를 분석한 연구, 기업 자체 연구개발비 지출에 미치는 효과를 분석한 연구, 기업의 고용창출에 미치는 효과를 분석한 연구 등으로 분류할 수 있다.

첫째, 기업 재무성과에 미친 효과를 분석한 연구를 살펴보면, 오승환·김선우(2017), 이준영·기지훈(2020), 문해주 등(2017), 임채린 등(2019), 양현경 등(2019)의 연구들에서 국가연구개발사업 지원을 받은 기업들이 시차와 성과 변수의 차이는 있으나, 일반적으로 재무성과가 증가함을 제시하였다. 오승환·김선우(2017)는 국가연구개발사업 전 분야의 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)으로 분석하여 국가연구개발사업 지원을 받은 중소기업이 1~5년 후 성장성²⁾과 혁신성³⁾이 증가하였으나, 수익성⁴⁾은 유의미한 영향을 미치지 못하였음을 제시하였다. 이준영·기지훈(2020)은 ICT 분야 국가연구개발사업 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)으로 분석하여 R&D 지원을 받은 기업이 3~6년 후 매출액, 자산, 부채, 종업원 수, 연구개발 투자액이 증가하였음을 제시하였고, 문해주 등(2017)은 원자력 비발전분야 국가연구개발사업 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)으로 분석하여 국가 R&D 지원을 받은 중소기업이 1~5년 후 자산 증가율, 고용 창출, R&D 투자 증가율이 증가하였음을 제시하였다. 임채린 등(2019)은 국가 R&D 지원이 항공·우주 부품제조 기업에 미치는 효과를 성향점수매칭(PSM)으로 분석하여 국가 R&D 지원을 받은 기업이 매출액, 자산총액, 영업이익이 증가하

2) 매출액 증가율, 자산 증가율, 종업원 증가율, 부채 증가율

3) 연구개발 투자액 증가율, 종업원 1인당 연구개발 투자액 증가율

4) ROA 증가율, ROE 증가율, 매출액 당 영업이익률 증가율

였음을 제시하였고, 양현경 등(2019)은 ICT 분야 중소기업에 대한 국가연구개발사업 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)으로 분석하여 R&D 지원을 받은 ICT 분야 중소기업이 1인당 매출액, 1인당 영업이익 등이 증가하였음을 제시하였다.

반면 오승환·이철용(2014), 강기춘·김진옥(2013)의 연구에서는 국가연구개발사업 지원을 받은 기업들에게서 통계적으로 유의한 재무성과 증가가 도출되지 않았다. 오승환·이철용(2014)은 신재생에너지 분야 국가연구개발사업 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)으로 분석하여 R&D 지원을 받은 신재생에너지 기업이 성장성, 수익성, 안전성, 혁신성을 유의미하게 증가시키지는 않았으나, 에너지원별로 구분하여 추가 분석한 결과 태양광 분야는 1~4년 후 성장성과 혁신성이 증가하였음을 제시하였다. 또한 강기춘·김진옥(2013)은 성향점수매칭(PSM)과 자료포락분석(Data envelopment analysis, 이하 DEA) 방법을 활용하여 제주지역산업기술개발사업 지원기업에 대한 지원 효과를 분석하였으며, 지원기업이 매출액, 순이익, 고용에 미치는 효과는 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았음을 제시하였다.

둘째, 기업 자체 연구개발비 지출에 미치는 효과를 분석한 연구를 살펴보면, 성향점수매칭(PSM)을 활용한 최석준·김상신(2009), 그랜저 인과성 검정(Granger Causality Test)을 활용한 유승훈(2003), 패널토빗(Panel Tobit) 모형을 활용한 김동준 등(2014)의 연구들에서 국가연구개발사업 지원을 받은 기업들이 기업 자체 연구개발비 지출을 증가시키는 것으로 나타나 국가연구개발사업 지원이 기업의 연구개발비 지출에 유인효과가 존재함을 제시하였다. 반면 고정효과(Fixed effects) 모형과 이중차분법(DID)을 활용한 권남훈·고상원(2004)의 연구에서는 국가연구개발사업 지원기업이 자체 연구개발비 지출을 감소시키는 대체효과가 존재함을 제시하였다.

마지막으로 기업의 고용창출에 미치는 효과를 분석한 연구를 살펴보면, 오승환·장필성(2019)은 국가연구개발사업 지원이 기업의 고용에 미치는 효과를 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)으로 분석하여 국가연구개

발사업이 지원기업의 종업원 수 증가율, 임금 증가율 등 고용의 양적 확대에는 긍정적인 효과가 있으나, 종업원 1인당 임금 증가율 등 질적인 측면에서는 부정적인 효과가 있음을 도출하였다. 반면 노용환(2015)은 구매조건부 중소기업상용화기술개발사업 지원 효과를 성향점수매칭(PSM)과 회귀 단절(Regression Discontinuity) 모형으로 분석하였으나, 중소기업의 고용과 매출액 증가에 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

〈표 1〉 선행연구 정리: 국가연구개발사업 효과에 관한 연구

연구자	분석방법	주요 내용
오승환·김선우 (2017)	성향점수매칭· 이중차분법	- 국가R&D 지원을 받은 중소기업은 1~5년 후 성장성(매출액 증가율, 자산 증가율, 종업원 증가율, 부채 증가율)과 혁신성(연구개발 투자액 증가율, 종업원 1인당 연구개발 투자액 증가율)에서 정(+)의 효과
이준영·기지훈 (2020)	성향점수매칭· 이중차분법	- ICT 분야 국가R&D 지원을 받은 기업은 연구과제를 시작한 지 3~6년 이후부터 종업원 수, 자산, 부채, 매출액, 연구개발 투자액이 정(+)의 효과
문해주 등 (2017)	성향점수매칭· 이중차분법	- 국가R&D 지원을 받은 중소기업은 1~5년 사이 자산 증가율, 고용 창출, R&D 투자 증가율에서 지속적인 정(+)의 효과
임채린 등 (2019)	성향점수매칭	- 국가R&D 지원을 받은 항공·우주 부품제조 기업이 매출액, 자산 총액, 영업이익에서 정(+)의 효과
양현경 등 (2019)	성향점수매칭	- ICT 분야 국가R&D 지원을 받은 중소기업은 1인당 매출액, 1인당 영업이익 등에서 정(+)의 효과
오승환·이철용 (2014)	성향점수매칭	- 신재생에너지 분야 국가R&D 지원기업은 성장성, 수익성, 안정성, 혁신성에서 지원받지 않은 기업과 유의미한 차이를 보이지 않음 - 세부적으로 태양광 분야에서는 국가R&D 지원기업이 1~4년 후 성장성과 혁신성에 정(+)의 효과
강기춘·김진욱 (2013)	성향점수매칭· 자료포락분석	- 제주지역산업R&D 지원을 받은 기업은 매출액, 순이익, 고용에 있어서 정(+)의 효과를 보였으나, 통계적으로 유의하지 않음
최석준·김상신 (2009)	성향점수매칭	- 국가R&D 지원을 받은 기업은 연구개발 투자를 평균 7억 원 더 지출
유승훈 (2003)	그랜저 인과성 검정	- 국가R&D 지원과 민간 연구개발 투자 사이에는 양방향의 인과성 존재
김동준 등 (2014)	패널토빗모형	- 국가R&D 지원은 기업의 연구개발 투자를 증진시키는 유인효과가 있음
권남훈·고상원 (2004)	고정효과모형· 이중차분법	- 국가R&D 지원을 받은 기업은 연구개발 투자를 감소시키는 대체효과를 보임
오승환·장필성 (2019)	성향점수매칭· 이중차분법	- 국가R&D 지원을 받은 기업은 종업원 수 증가율, 임금 증가율 등 고용의 양적 측면과 매출 증대, 자체 연구개발비 투자 유인에 정(+)의 효과 - 종업원 1인당 임금 증가율 등 고용의 질적인 측면에서는 부정적 효과
노용환 (2015)	성향점수매칭· 회귀단절모형	- 구매조건부 중소기업상용화R&D를 지원받은 중소기업은 고용과 매출액에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않음

2. 환경기술개발사업 관련 연구

본 연구의 대상이 되는 환경분야 국가연구개발사업인 환경기술개발사업을 분석한 연구는 매우 부족한 실정이지만, 환경기술개발사업 지원 성과에 영향을 미치는 요인을 분석한 김주경(2013), 한대훈(2019), 김정인·신광근(2021)의 연구와 환경기술개발사업의 효율성을 분석한 가순규(2020)의 연구가 있다.

먼저 환경기술개발사업 지원 성과에 영향을 미치는 요인을 분석한 선행 연구를 살펴보면, 김주경(2013)은 환경기술개발사업 중 차세대핵심환경기술개발사업을 분석하여 연구인력 수는 논문 성과에 정(+)의 영향을 미치고, R&D 스톡, 연구인력 수, 연구수행기간은 특히 성과에 정(+)의 영향을 미친다는 것을 제시하였다. 한대훈(2019)은 환경기술개발사업의 정부 연구개발비 투자가 연구개발 성과에 미치는 영향을 분석하여, 정부 연구개발비 규모는 논문 수, 특허 수, 기술료 액수에 정(+)의 영향을 미치고, 연구수행주체와 연구개발단계에 따라 정부 연구개발비 규모가 성과에 미치는 영향의 차이가 나타남을 제시하였다. 허들 모형(Hurdle model)을 활용하여 사업화 여부와 사업화 매출액 크기에 영향을 미치는 요인을 분석한 김정인·신광근(2021)은 사업화 여부와 사업화 매출액의 크기에 영향을 미치는 변수가 반드시 일치하는 것은 아니며, 사업화 여부는 선정시점, 연구수행 건수 등이 정(+)의 영향을, 사업화 매출액은 연구개발비 등이 정(+)의 영향을 미치는 것을 제시하였다. 또한 한계효과를 도출하여 연구개발비가 1억 원 증가할 때 사업화 매출액은 8억 원 증가함을 제시하였다.

한편 가순규(2020)는 환경기술개발사업의 효율성을 확인하고 비효율적 지표의 효율화 방안 마련을 위하여 9개 부처별 국가연구개발사업을 대상으로 자료포락분석(DEA)을 실시하였으며, 9개 부처별 국가연구개발사업 중 환경기술개발사업의 효율성이 산출지표인 특허출원이나 SCI 논문 모두 저조하며, 기존 대비 2~3배의 추가 성과를 달성해야 효율적 운영이 가능함을 제시하였다.

〈표 2〉 선행연구 정리: 환경기술개발사업 관련 연구

연구자	분석방법	주요 내용
김주경 (2013)	일 원 배 치 분 산 분석·회귀분석	- 연구인력 수는 논문 성과에 정(+)의 영향 - R&D 스톡, 연구인력 수, 연구수행기간은 특허 성과에 정(+)의 영향
한대훈 (2019)	다중회귀분석	- 정부 연구개발비 규모는 논문 수, 특허 수, 기술료 액수에 정(+)의 영향 - 연구수행주체와 연구개발단계에 따라 정부 연구개발비 규모가 성과에 미치는 영향은 차이가 있음
김정인·신광근 (2021)	허들모형	- 사업화 여부와 사업화 매출액의 크기에 영향을 미치는 변수가 반드시 일치하는 것은 아님 - 사업화 여부는 선정시점, 연구수행 건수 등이 정(+)의 영향을, 사업화 매출액은 연구개발비 등이 정(+)의 영향을 미침
가순규 (2020)	자료포락분석	- 환경기술개발사업의 효율적 운영을 위해서는 특허출원이나 SCI 논문에서 기존 대비 2~3배의 추가 성과를 달성해야 함

3. 기존 선행연구와의 차별성 및 의의

이상의 선행연구들을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 국가연구개발사업 지원을 받은 기업들은 대체로 성장성과 혁신성이 증가하는 것으로 나타나으나, 개별 기술 분야별로 분석 결과의 차이가 존재하였다. 결론적으로, 국가연구개발사업 지원 효과에 대한 선행연구들은 기술 분야와 성과 변수에 따라 각기 다른 결과를 제시하였다. 이는 선행연구의 분석결과를 환경 분야에 그대로 적용할 수 없으며, 별도의 환경분야 국가연구개발사업 지원 효과에 관한 연구가 필요함을 시사한다. 둘째, 환경기술개발사업을 대상으로 분석한 연구는 매우 부족한 실정이며, 그마저도 환경기술개발사업 지원 성과 영향 요인을 분석한 연구와 환경기술개발사업의 효율성을 분석한 연구로 한정되고 있다. 다시 말하자면 그린뉴딜, 탄소중립 등 정부의 주요 정책 추진을 위해서도 환경기술은 매우 중요한 분야에 해당되나, 환경기술개발사업 지원에 대한 효과성 분석은 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 국가연구개발사업 중에서도 환경기술개발사업의 지원 효과를 분석한 유일한 실증논문이라는 차별성을 가지며, 실증분석 결과를 토대로 환경기술개발사업을 더욱 효과적으로 추진하기 위한 정책적 시사점을 제공한다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.

III. 분석 모형

통상적으로 특정한 처리 효과를 파악하기 위해서는 측정하고자 하는 요인 이외의 변수를 통제한다. 그러한 요인이 특정 정책일 경우의 처리는 정책의 지원을 받았거나 받지 않은 경우의 두 가지 형태로 나타나며, 처리 효과는 정책지원을 받았을 경우 얻게 되는 성과(Factual)와 동일한 대상이 정책지원을 받지 않았을 경우 얻게 되었을 성과(Counterfactual)의 차이(Difference)로 나타낼 수 있다(윤윤규·고영우, 2011). 하지만 정책지원을 받지 않았을 경우 얻게 되는 성과는 현실에서는 있을 수 없는 반사실적 조건(Counterfactual framework)이기 때문에, 이를 대체하기 위하여 지원 집단과 유사한 특성을 가지는 비지원 집단을 대상으로 비교 집단으로 구성하게 된다.

일반적으로 실험을 설계하는 경우에는 무작위 배정 방식을 통해 ‘처치와 기타 요인의 영향력은 같다’라고 가정할 수 있으나, 일반적으로 정책지원 여부는 선정평가 과정을 거치기 때문에 필연적으로 선택 편이가 발생할 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 선택 편이를 최소화하기 하고자, 성향점수매칭(PSM) 방법을 활용하여 지원 집단과 동질적인 비교 집단을 추출하였으며, 이중차분법(DID)을 활용하여 정책지원의 순효과(ATT)를 측정하였다.

1. 성향점수매칭(PSM)

성향점수매칭(PSM)은 Rosenbaum and Rubin(1983)이 최초로 제안한 방법론이며, 지원집단과 유사한 비교집단을 인위적으로 구성하거나 찾는 방법이다. 본 방법론은 정책지원을 받은 집단(처치집단)과 매칭된 비교집단(통제집단)과의 성과 차이를 도출함으로써 준사실적 상황을 극복할 수 있다(Rosenbaum and Rubin, 1983). 즉, 정책지원을 받기 이전의 처치집단의 특성 변수들을 사용하여 성향점수(Propensity score)를 도출한 후 가장 가까운 성향점수를 가진 비교 대상을 추출한다(Rosenbaum and Rubin, 1983).

성향점수는 매칭의 기준이 되는 점수로서, 주어진 변수를 바탕으로 처치집단에 속할 조건부 확률로 정의되며, 이 성향점수의 추정은 처치 여부를 나타내는 이변량 변수를 이용해 로짓(Logit) 모형 또는 프로빗(Probit) 모형으로 추정하는 것이 일반적이다(Rosenbaum and Rubin, 1983). 본 연구에서는 환경기술개발사업 지원 여부를 종속변수로 하는 프로빗 모형을 이용하여 성향점수를 추정하였으며, 성향점수는 다음 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$PS(X) = \Pr(D=1|X) \quad (1)$$

$PS(X)$ 가 유사한 값을 갖는다는 것은 그 기업에 대한 정책지원 확률이 동일해진다는 것을 의미하며, 이를 통해 관측된 변수들로부터 야기될 수 있는 선택 편의를 해결할 수 있다. 한편 성향점수매칭(PSM)을 위해서는 조건부 독립성 가정(Conditional independence assumption)과 공통 영역 조건(Common support condition)을 만족하여야 한다. 조건부 독립성 가정은 $(Y_{0i}, Y_{1i}) \perp D_i | X_i$ 로서 공변수 X 가 주어졌을 때, 처리 할당 여부 반응변수 D 는 Y_i 와 독립적이라 가정한다(김소연·백종일, 2016). 공통 영역 조건은 $0 < \Pr(D=1|X) < 1$ 로 표현하며, 처치집단과 통제집단의 참여 확률 분포가 같은 범위 안에 속한다는 가정이다(Rosenbaum and Rubin, 1983).

성향점수를 추정한 후에는 통제집단을 구성하기 위한 매칭 방법을 결정해야 하며, 본 연구에서는 여러 가지 매칭 방법 중 최근거리(Nearest Neighbor) 매칭을 사용하였다. 최근거리 매칭은 처치집단 기업의 성향점수와 가장 근접한 성향점수를 갖는 통제집단 기업을 매칭하는 방법으로, 하나의 처치집단 기업에 대해 하나의 통제집단 기업을 매칭하거나 유사성이 높은 순서로 다수의 통제집단 기업을 매칭하는 방법이다. 최근거리 매칭은 식 (2)와 같으며, $C(i)$ 는 PS 추정량이 P_i 인 처치 집단과 짝을 이루는 통제 집단을 의미한다.

$$C(i) = \{j | \min \| P_i - P_j \| \} \quad (2)$$

한편, 매칭 시 처치집단 기업 하나에 몇 개의 통제집단 기업을 매칭하는 것이 적절한지는 정해진 바가 없다. 다만 처치집단과 통제집단의 표본 수가 많은 경우에는 1:2 매칭이 1:1보다는 좋은 검정력을 가지나 1:5 이상은 검정력 증가가 미미하다(이석민, 2018). 또한 처치집단과 통제집단의 표준 편차가 클 경우에는 상대적으로 덜 유사한 통제집단의 기업이 처치집단에 매칭될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 충분한 숫자의 통제집단을 매칭하기 위해서 1:4 매칭을 실시하였으며, 범위(Caliper)를 0.003 만큼 지정하여 범위 내 유사한 성향점수를 가진 통제집단 기업이 없을 경우 해당 처치집단 기업이 매칭에서 제외되도록 하였다.

많은 연구자들이 성향점수매칭(PSM) 시 각 집단 사이의 균형을 평가하기 위해 표준화 차이(Standardized difference)를 이용한다(Rosenbaum and Rubin, 1983). 따라서 본 연구에서도 매칭 이후 표준화 차이(Standardized difference)를 확인하였으며, 추가로 T-test를 통해 두 집단 간 평균 차이에 대한 통계적 유의성을 확인하였다.

2. 이중차분법(DID)

성향점수매칭(PSM)을 통해 처리집단과 통제집단을 선정하는 경우 두 집단의 관찰 가능한 특성들은 상당히 유사한 분포를 갖게 되며, 무작위 배정과 같은 선택 편이의 통제 효과를 갖게 된다. 하지만 성향점수매칭(PSM)으로는 관찰 가능한 특성에 대한 통제만 가능하며 관찰할 수 없는 특성의 통제는 원천적으로 불가능하다는 한계점을 가지고 있다(문형찬, 2019). 정부가 정책을 지원하고 지원받은 기업이 성과를 도출하는 과정에는 관찰할 수 없는 다양한 변수들이 존재하며, 이러한 변수들로 인해 정책 지원의 효과 측정 결과가 편향될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 관찰 불가능한 변수들에서 발생할 수 있는 선택 편이를 해결하기 위해서 이중차

분법(DID)을 활용하였다.

이중차분법(DID)은 처치집단과 통제집단의 성과를 계산하여 이들의 차이를 구하는 방식이며(Heckman et al., 1998), 처치집단과 통제집단의 처치 전 시점에서의 차이에 처치 후 시점에서의 차이를 차감함으로써 시간 변화에 대해 관찰 불가능한 변수의 영향을 통제할 수 있다.

이중차분법(DID)은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta ATT = E[(Y_t^1 - Y_t^1 | D = 1) - (Y_t^0 - Y_t^0 | D = 0)] \quad (3)$$

위 식의 ATT값을 추정하기 위해서는 아래와 같은 가정이 필요하다.

$$E(Y_t^0 - Y_t^0 | D = 1) = E(Y_t^0 - Y_t^0 | D = 0) \quad (4)$$

이는 시차 변화에 의한 선택 편이가 선형(Linear) 관계에 있다는 것을 의미한다. 즉, 처치집단과 통제집단은 정책지원 영향을 주는 기간 동안에는 관측 불가능한 요인들에 의한 영향이 동일하다는 것이다. 따라서 경제 상황, 산업의 특성 등 외부 여건으로부터 생긴 성과 차이가 상쇄되며, 궁극적으로는 비관측적 요인으로부터 발생할 수 있는 편의를 제거할 수 있다(Heckman et al., 1998).

이중차분법은 처치집단과 통제집단에 대한 처치 유무만 차이가 있고, 다른 특성은 비슷한 집단으로 설정해야 하는 것을 전제로 한다. 따라서 분석 대상이 되는 두 집단이 유사한 특성을 가져야 하며, 성향점수매칭(PSM)을 통해 구성된 처치집단과 통제집단은 이러한 전제 조건을 만족하는 분석 대상이라고 할 수 있다. 따라서 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)을 함께 사용할 경우 관찰 가능한 선택적 편의와 더불어 관찰 불가능한 선택적 편의도 제거할 수 있다는 점에서 상호 보완적이다.

IV. 분석 자료

1. 분석 대상 및 자료 수집

본 연구에서는 환경부의 연구관리 전문기관인 한국환경산업기술원(KEITI)에서 관리하는 환경기술개발사업 연구개발과제 중 2011년 1월부터 2016년 12월까지의 기간 동안 사업화 목적 과제⁵⁾의 주관연구기관으로 선정된 기업들을 처치집단으로 설정하였다. 환경기술개발사업 연구개발과제에 대한 정보 및 수행기업 목록은 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)의 국가연구개발사업 조사·분석 원시자료를 제공받아 추출하였다.⁶⁾ 이때 주관연구기관이 대기업 또는 중견기업인 경우 분석에서 제외하였다. 대기업이 국가 R&D 지원을 받는 경우는 전사적인 차원이 아니라 부서의 작은 조직에서 국가 R&D를 활용하는 경우가 대다수이기 때문에 이를 대기업 전체 성과로 확대해석하면 안 되며, 방법론 측면에서도 주요 몇몇 대기업의 경우 쌍둥이 기업을 찾는 것조차 불가능한 일이기 때문이다(오승환·장필성, 2019).

또한 이현준(2013) 등 다수의 연구에서 국가연구개발사업 성과의 시간 지연(Time lag)이 1~2년으로 나타났음을 고려하여 성과 변수의 관찰 기간을 지원 후 4년으로 설정하였으며, 관찰기간 동안 다른 연구과제를 동시에 수행한 기업의 경우 분석 대상에서 제외하여 총 252개의 지원기업 목록을 추출하였다. 이들 지원기업 목록과 한국기업데이터에서 제공하는 2010년부터 2020년까지의 기업 재무정보를 사업자 번호를 기준으로 병합하였으며, 이후 휴·폐업 기업과 재무정보가 온전히 확보되지 않은 일부

-
- 5) 환경기술개발사업은 국가연구개발사업의 분류 방식인 연구개발단계(기초, 응용, 개발, 기타)와는 별개로 「환경기술개발사업 운영규정」 제2조 1항에 따라 과제 추진 단계를 “실용화과제”, “실증화과제”, “공공활용과제”, “원천기술과제” 등으로 구분하고 있으며, 사업별 추진계획 공고문에서 과제별 추진 단계를 확인할 수 있다(김정인·신광근, 2021). 본 연구에서 사업화 목적 과제는 “실용화과제”와 “실증화 과제”를 의미한다.
- 6) 국가연구개발사업 조사·분석은 매년 실시되며, 계속과제의 경우 다년간의 연도별 데이터를 한 개의 과제로 병합하는 작업이 필요하다.

기업들을 제외하여 최종적으로 128개 기업으로 구성된 균형 패널데이터를 구축하였다.

한편 매칭을 위해서는 환경기술개발사업 지원을 받지 않은 기업들, 즉 통제집단에 대한 재무정보가 필요하다. 따라서 한국기업데이터를 통해 98,610개 기업의 재무정보를 확보하였으며, 처치집단과 마찬가지로 대기업과 중견기업, 휴폐업 기업, 재무정보가 온전히 확보되지 않은 일부 기업을 제외하였다. 이후 처치집단 기업들의 10차 표준산업분류코드 5자리를 기준으로 통제집단 기업을 추출하여 최종적으로 16,677개의 통제집단을 구성하였다.

2. 변수 설정

성향점수매칭(PSM) 시 공변수(Covariate)를 선정하는 것은 선택 편의를 통제하고 매칭의 질을 결정하는 중요한 단계이다(Heckman et al., 1997; Smith and Todd, 2005). 앞서 제시한 조건부 독립성 가정을 충족시키기 위해서는 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 많은 공변수를 선정하여 선택 편의를 줄여야 하는데, 너무 많은 공변수를 선정할 경우 공통 영역 조건이 문제가 될 수 있다(Heckman et al., 1997; Bryson et al., 2002). 따라서 공변수 선정은 연구영역에 대한 지식(Domain knowledge)에 근거하여 도출해야 하고 지금까지 연구되어 축적된 과학적인 선행연구들에 기반하여 선택되어야 한다(이석민, 2018).

본 연구에서는 문해주 등(2017), 오승환·장필성(2019), 오승환·이철용(2014), 윤윤규·고영우(2011), 최석준·김상신(2009)의 선행연구에 기반하여 기업 특성과 규모를 나타내는 매출액, 종업원 수, 총자산, 유형고정자산, 자본금, 부채총액, 연구개발비, 업력, 소재지 등 총 9개 변수를 공변수로 사용하였다.

공변수 선정 후에는 공변수 선정 시와 동일한 선행연구를 기반으로 성장성(매출액증가율, 총자산증가율, 순이익증가율), 수익성(영업이익률, 총자산순이익률, 자기자본이익률), 안전성(부채비율, 차입금의존도, 이자보

상배율), 활동성(매출채권회전율, 총자산회전율, 자기자본회전율)의 4개 범주별 성과 변수에 고용 창출(종업원 수) 및 혁신성(연구개발비증가율) 관련 변수를 더하여 총 14개 성과 변수를 선정하였다.

V. 실증분석 결과

1. 기초통계량

〈표 3〉 기초통계량 분석

특성 변수 및 성과 변수			처치집단(obs=128)		통제집단(obs=16,677)		평균차 이결과
			평균	표준편차	평균	표준편차	
특성 변수	규모	매출액(백만원)	13,720.1	20,785.1	8,475.7	14,728.9	***
		종업원 수(명)	47.6	81.8	30.9	44.2	***
		총자산(백만원)	13,665.0	25,297.7	7,270.3	14,213.7	***
		유형고정자산(백만원)	4,862.2	11,824.8	2,798.5	5,931.7	***
		자본금(백만원)	1,902.6	7,902.5	644.1	1,803.8	***
		부채총액(백만원)	6,893.1	13,806.9	4,116.5	8,042.0	***
		연구개발비(백만원)	643.7	1,383.5	186.6	610.6	***
	지역 (더미)	업력(년)	20.3	7.9	17.8	7.8	***
		서울권	0.162	0.369	0.148	0.357	
		경기권	0.359	0.480	0.445	0.499	**
		충청권	0.112	0.316	0.180	0.385	**
		전라권	0.065	0.246	0.070	0.257	
		경상권	0.029	0.453	0.141	0.349	***
		강원권	0.013	0.112	0.016	0.125	
성과 변수	고용창출	종업원 수(명)	47.6	81.8	30.9	44.2	***
		혁신성 연구개발비증가율(%)	84.9	710.0	11.5	90.2	***
	성장성	매출액증가율(%)	15.1	48.5	25.0	81.7	
		총자산증가율(%)	20.8	32.4	29.0	113.4	
		순이익증가율(%)	-14.6	442.8	65.3	898.8	
	수익성	영업이익율(%)	1.7	19.5	3.7	28.8	
		총자산순이익율(%)	1.7	54.3	5.7	17.2	**
		자기자본이익율(%)	11.0	51.7	24.5	741.7	
	안전성	부채비율(%)	149.2	141.6	230.0	1,827.5	
		차입금의존도(%)	34.1	24.1	38.4	25.0	*
		이자보상배율(%)	8.4	22.8	-5.5	2,651.8	
	활동성	매출채권회전율(%)	9.6	12.1	18.0	289.4	
		총자산회전율(%)	1.3	0.9	1.5	1.1	***
		자기자본회전율(%)	2.9	2.2	4.8	27.4	

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

처치집단 및 통제집단의 지원 전년도 기준 기업 규모, 지역 등 특성 변수와 혁신성, 성장성 등 성과 변수들의 기초통계량은 <표 3>과 같다.

공변수에 대한 집단 간 기초통계량 및 t-test 결과를 살펴보면 처치집단과 통제집단이 지역(서울권, 전라권, 강원권 더미) 변수를 제외하고는 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전술한 바와 같이 이처럼 특성의 차이가 큰 두 집단을 단순 비교하게 되면 선택 편의의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 성향점수매칭(PSM)을 통해 처치집단과 유사한 특성을 지니는 적절한 통제집단을 구성하여 선택 편의를 최소화할 필요가 있다.

2. 성향점수 추정 및 매칭을 위한 프로빗 분석 결과

앞서 선정한 매출액, 종업원 수, 총자산, 유형고정자산, 자본금, 부채총액, 연구개발비, 업력, 소재 지역 등 공변수를 활용하여 성향 점수를 추정 한 프로빗 분석 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 프로빗 분석 결과

공변수		추정계수	표준오차	유의도
규모	매출액(백만원, 로그값)	-0.086	0.024	***
	종업원 수(명, 로그값)	-0.064	0.024	***
	총자산(백만원, 로그값)	0.081	0.039	**
	유형고정자산(백만원, 로그값)	-0.028	0.009	***
	자본금(백만원, 로그값)	0.163	0.016	***
	부채총액(백만원, 로그값)	-0.259	0.026	
	연구개발비(백만원, 로그값)	0.076	0.004	***
	업력(년)	0.008	0.002	***
지역 (더미)	경기권	0.138	0.043	***
	충청권	0.200	0.051	***
	전라권	0.096	0.066	
	경상권	-0.13	0.052	**
	강원권	0.155	0.116	
상수항		-3.206	0.126	***
Log Likelihood		-4,009.061		
Pseudo R2		0.111		
LR chi2(p)		1,003.70(0.000)		

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

성향점수매칭(PSM)을 위한 프로빗 분석에서는 최대한 많은 변수를 활용하여 성향점수를 추정하는 것이 목표이기 때문에 분석 시에 변수 간 상관관계나 다중공선성 문제를 고려하지 않으며 프로빗 분석 결과는 통계적으로 해석하지는 않는다(문해주 등, 2017).

3. 매칭 균형성 검정

앞서 도출한 성향점수를 토대로 매칭된 결과는 <표 5>와 같다. 매칭 과정에서 처치집단 기업 4개가 매칭에서 탈락하여 최종적으로 124개의 처치집단 기업에 472개의 통제집단 기업이 매칭되었으며, 매칭의 질을 확인하기 위하여 t-test 및 표준화 차이를 확인하였다.

<표 5> 매칭 후 집단 간 평균 비교 및 t-test 분석 결과

특성 변수		처치집단(obs=124)		통제집단(obs=472)		평균차이 결과
		평균	표준편차	평균	표준편차	
규모	매출액(백만원)	12,376.1	18,883.5	10,495.6	14,568.9	
	종업원 수(명)	44.1	78.2	43.0	57.8	
	총자산(백만원)	10,727.6	14,754.0	9,052.9	13,038.4	
	유형고정자산(백만원)	3,500.1	5,610.6	3,528.5	5,761.4	
	자본금(백만원)	1,051.1	1,476.3	755.5	1,228.9	**
	부채총액(백만원)	5,502.9	8,221.1	5,194.2	8,195.7	
	연구개발비(백만원)	548.1	1,082.9	255.5	572.4	***
	업력(년)	19.9	7.3	19.1	7.6	
지역 (더미)	서울권	0.153	0.362	0.176	0.381	
	경기권	0.452	0.500	0.301	0.459	***
	충청권	0.169	0.377	0.144	0.352	
	전라권	0.073	0.260	0.572	0.232	
	경상권	0.137	0.345	0.309	0.463	***
	강원권	0.016	0.126	0.013	0.112	

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

<표 5>에서 나타난 바와 같이, 매칭 후 지역(서울권, 경기권, 전라권, 경상권 더미) 변수를 제외한 나머지 공변수에서 매칭 전보다 평균치의 차이

가 감소하였으며, t-test 결과에서도 자본금, 연구개발비, 지역(경기권, 경상권 더미) 변수를 제외하고는 처치집단과 통제집단의 특성이 유사해졌음을 확인할 수 있었다.

또한 <표 6>과 같이 표준화 차이 검증 결과, 매칭 후 모든 변수의 편차 절댓값이 20% 이내에 포함되었고, 분산비 또한 1에 가까워져 균형적인 매칭이 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

〈표 6〉 표준화 차이 검증 결과

공변수		표준화 차이		분산비	
		Raw	Matched	Raw	Matched
규모	종업원 수	0.261	0.029	1.041	0.965
	총자산	0.365	0.024	1.234	1.175
	유형고정자산	0.238	-0.025	0.775	0.949
	자본금	0.629	-0.071	0.855	0.982
	부채총액	0.298	0.030	1.031	0.984
	연구개발비	1.070	0.133	0.392	0.871
	업력	0.300	-0.096	0.930	0.776
지역	경기권	0.193	-0.040	1.087	0.994
	충청권	0.168	-0.057	1.435	0.908
	전라권	0.030	0.032	1.118	1.115
	경상권	-0.382	0.030	0.577	1.067
	강원권	0.029	0.016	1.276	1.141

4. 환경기술개발사업 지원 효과 분석

환경기술개발사업 지원의 순효과(ATT)를 측정하기 위하여 성향점수매칭(PSM)으로 도출된 처치집단과 통제집단을 활용하여 이중차분(DID) 분석을 실시하였다. <표 7>부터 <표 12>까지의 수치는 처치집단과 통제집단의 지원 후 1년부터 4년까지 각 성과변수별 차분 값의 차이로 사업 지원의 순효과(ATT)에 해당한다.

1) 고용 창출

고용 창출을 나타내는 종업원 수에 대한 사업지원 순효과(ATT)는 <표 7>과 같다. 환경기술개발사업 지원기업은 비지원기업에 비하여 연구개발 과제 참여 2년 후부터 3년 후까지 통계적으로 유의한 정(+)의 효과를 보이는 것으로 나타났다.

일반적으로 국가연구개발사업 지원기업은 연구개발비를 활용하여 설비를 늘리거나 연구 인력의 인건비를 지급할 수 있다. 환경기술개발사업을 통해 인건비를 대체하는 경우 추가 인력을 고용할 수 있는 여력이 생기며, 이러한 인력 충원의 효과가 2년 후부터 3년 후까지 나타난 것으로 판단된다.

<표 7> 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 고용 창출

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
종업원 수	0.053	0.116	0.169*	0.157*	0.140

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

2) 혁신성

혁신성을 나타내는 연구개발비 증가율에 대한 사업지원 순효과(ATT)는 <표 8>과 같다. 환경기술개발사업 지원기업은 비지원기업에 비하여 사업 참여 당해년도에 유의한 정(+)의 효과가 나타났고, 참여 3년 후에는 유의한 부(-)의 효과를 보이는 것으로 나타났다.

<표 8> 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 혁신성

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
연구개발비 증가율	69.039**	-46.754	-29.071	-70.557**	-29.302

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

도출된 결과는 환경기술개발사업 지원기업이 참여 당해년도에 연구개발과제 수행을 위한 추가 자금을 투입하거나, 연구개발과제 외에 추가적인 연구를 별도로 수행하는 경우가 많다는 의미로 해석할 수 있으며, 환경기술개발

사업 지원이 기업의 연구개발비 투자를 유도하는 “유인 효과(Crowding-in effect)”가 있음을 보여준다. 물론 일반적으로 기업이 연구기관일 경우 일정 비율의 민간 매칭펀드가 요구되기 때문에 지원기업의 연구개발비 증가는 당연한 결과일 수도 있다. 하지만 제도적인 차원의 결과일지라도 환경기술개발 사업 지원에 따른 기업 연구개발비 증대 효과를 확인할 수 있었다.

반면, 참여 3년 후에는 오히려 연구개발비 증가율이 상대적으로 감소한 것으로 나타났으며, 환경기술개발사업 지원의 유인 효과를 지속시킬 수 있도록 추가 기술개발, 기술이전·사업화 등 연구개발 관련 후속 지원을 적극 추진할 필요가 있다.

3) 성장성

성장성을 나타내는 매출액증가율, 총자산증가율, 순이익증가율에 대한 사업지원 순효과(ATT)는 <표 9>와 같다.

<표 9> 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 성장성

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
매출액증가율	8.649	2.444	10.751	21.122***	2.228
총자산증가율	9.976	15.525**	-0.012	1.374	1.875
순이익증가율	13.606	98.600	-63.884	-58.049	-63.942

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

먼저, 매출액증가율에 있어서 환경기술개발사업 지원기업은 비지원기업에 비하여 사업 참여 3년 후에 유의한 정(+)의 효과가 나타났다. 국가연구개발사업 지원에 따른 매출액 성과는 연구개발 결과에 대한 기술이전 또는 사업화를 통한 매출액 등으로 산출되며, 환경기술개발사업의 지원 효과가 매출액 성과에 이르기까지 약 3년의 시간이 필요하다는 것을 의미한다. 이는 국가연구개발사업 성과의 시차효과를 1년~3년으로 도출한 기존 연구(이현준, 2013; 김근령·김기홍, 2016; 심우중·김은실, 2010)와 비교했을 때 긴 기간에 속하며, 이러한 결과는 환경산업의 특징으로 인한

것으로 판단된다.⁷⁾

또한, 총자산증가율은 환경기술개발사업 지원기업이 참여 1년 후에 유의한 정(+)의 효과를 보였다. 이는 환경기술개발사업 지원기업이 사업 참여 1년 후에 상대적인 기업 규모가 성장하였다는 것을 나타낸다.

반면, 순이익증가율은 전 구간에 걸쳐 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 않았다.

4) 수익성

수익성을 나타내는 영업이익률, 총자산순이익률, 자기자본이익률에 대한 사업지원 순효과(ATT)는 <표 10>과 같다.

<표 10> 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 수익성

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
영업이익률	0.308	5.585	12.035	10.224	19.861
총자산순이익률	3.589	4.761	4.857	4.908	7.840*
자기자본이익률	35.124	50.779	72.153	41.823	480.676

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

먼저, 총자산순이익률에 있어서 환경기술개발사업 지원기업은 비지원 기업에 비하여 사업 참여 4년 후에 통계적으로 유의한 정(+)의 효과가 나타났다. 이는 환경기술개발사업 지원기업이 사업 참여 4년 후에 상대적인 자산 운용 효율성이 좋아졌음을 나타낸다. 반면, 영업이익률과 자기자본 이익률은 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 않았다.

7) 한국환경산업기술원(2018)은 환경산업의 특징으로 ① 공공부분에 의한 투자 비중이 높은 공공재적 특성이 강한 산업, ② 환경규제 및 환경정책 등 법적·제도적 요인에 의해 수요가 창출되는 인위적 시장 시장 창출산업 등을 제시하였다.

5) 안전성

〈표 11〉 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 안전성

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
부채비율	-34.710	-93.820	-255.006	-288.232	-7,258.893
차입금의존도	0.325	0.816	-0.080	1.646	-0.709
이자보상비율	-670.104	-731.735	-736.321	-724.293	-730.550

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

안전성을 나타내는 부채비율, 차입금의존도, 이자보상배율에 대한 사업 지원 순효과(ATT)는 〈표 11〉과 같으며, 세 성과 변수 모두 전 구간에 걸쳐 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 않았다.

6) 활동성

활동성을 나타내는 매출채권회전율, 총자산회전율, 자기자본회전율에 대한 사업지원 순효과(ATT)는 〈표 12〉와 같으며, 안전성과 마찬가지로 모든 변수가 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 않았다.

〈표 12〉 환경기술개발사업 지원 순효과(ATT): 활동성

성과 변수	참여 당해년도	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후
매출채권회전율	1.840	7.271	7.587	3.418	-55.543
총자산회전율	0.024	0.052	0.036	0.027	0.029
자기자본회전율	2.551	2.727	1.254	-0.460	-72.656

주) *** $p \leq 0.01$; ** $p \leq 0.05$; * $p \leq 0.1$

V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 정부의 환경기술개발사업 지원이 기업의 경영성과에 미치는 효과를 정량적으로 살펴보고자 하였다. 이를 위해 한국환경산업기술원(KEITI)에서 관리하는 환경기술개발사업 연구개발과제 중 2011년부터

2016년까지 사업화 목적 과제의 주관연구기관으로 선정된 128개 기업을 분석 대상으로 선정하였다.

또한 선행연구를 참조하여 고용 창출(종업원 수), 혁신성(연구개발비증가율), 성장성(매출액증가율, 총자산증가율, 순이익증가율), 수익성(영업이익률, 총자산순이익률, 자기자본이익률), 안전성(부채비율, 차입금의존도, 이자보상배율), 활동성(매출채권회전율, 총자산회전율, 자기자본회전율) 등 14개 성과 변수를 설정하였다.

환경기술개발사업 지원의 순효과(ATT)를 측정하는 데 있어서 선택 편위의 문제를 해결하기 위하여 성향점수매칭(PSM)을 활용하여 처치집단과 유사한 특성을 가진 기업들을 통제집단으로 추출하였으며, 매칭된 처치집단과 통제집단을 대상으로 이중차분법(DID)을 적용하였다.

분석 결과, 시차의 차이는 있으나 환경기술개발사업 지원의 순효과(ATT)가 고용창출, 혁신성, 성장성, 수익성에서 정(+)의 효과로 나타났음을 확인하였다. 세부적으로는 고용창출 측면에서 지원기업의 종업원 수가 연구개발과제 참여 2년 후부터 3년 후까지 유의한 정(+)의 효과가 나타났으며, 혁신성 측면에서 연구개발비증가율이 사업 참여 당해년도에 유의한 정(+)의 효과가 나타났다. 또한 성장성 측면에서 매출액증가율, 총자산증가율이 각각 사업 참여 3년 후, 1년 후에 유의한 정(+)의 효과가 나타났으며, 수익성 측면에서 총자산순이익률이 사업 참여 4년 후에 통계적으로 유의한 정(+)의 효과가 나타났다.

이러한 분석 결과는 몇 가지 중요한 정책적 시사점을 제공한다. 첫째, 환경기술개발사업 지원에 따른 매출액 상승의 순효과(ATT)를 기대하기까지 3년의 기간이 필요함을 나타내고 있다. 이는 곧 기술개발부터 사업화에 이르기까지 소요되는 회임 기간을 의미하며, 이 기간을 보다 앞당기기 위해서 기술수요처와 연계한 기술거래 협상, 기술 도입·사업화 컨설팅, 기술사업화 자금 확보를 위한 기술금융, 공공시장 진출을 위한 혁신조달 연계 사업화 등 다양한 기술이전·사업화 프로그램을 확대할 필요가 있다. 둘째, 환경기술개발사업의 고용창출 효과가 확인된 바, 현재에도 환경기

술개발사업을 수행하는 기업을 대상으로 청년의무채용,⁸⁾ 청년추가채용,⁹⁾ 청년인력 고용연계 기술료 감면¹⁰⁾ 등 고용창출을 위한 다양한 제도를 마련하여 운영 중이나, 고용창출을 확대하기 위하여 보다 다양한 인센티브 발굴이 필요하다고 판단된다. 셋째, 환경기술개발사업 지원기업은 지원 초기에 자체 연구개발비를 증가시키는 ‘유인 효과’가 나타났으나, 시간이 흐를수록 자체 연구개발비를 감소시키는 ‘대체효과’로 전환되는 것으로 나타났다. 이는 환경기업의 기술혁신을 위해 후속 연구개발 등 지속적인 정부지원이 필요하다는 것을 보여준다.

본 연구는 기업에 대한 환경기술개발사업 지원 효과를 체계적으로 분석한 최초의 연구로, 시장실패의 보완자로서 환경기술개발사업 지원의 당위성을 확인하였다는 점에서 의의가 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 중소기업 재무정보 확보의 어려움으로 인하여 환경기술개발사업 지원기업 일부가 처치집단에서 제외되었다. 둘째, 환경산업에 대한 파급효과나 국가 경제에서 미치는 거시적인 영향은 고려하지 않았다. 셋째, 분석 대상을 기업으로 제한함에 따라 대학, 정부출연연구기관 등의 성과는 제외되었다. 마지막으로, 국가연구개발사업의 성과는 사업화, 논문, 특허, 공공활용 등 다양하기 때문에 기업의 경영성과만을 국가연구개발사업의 성과로 판단하기에는 대표성이 떨어진다고 할 수 있다.

따라서 시사점 및 한계점을 토대로 향후 환경기술개발의 경제적 파급효과 분석 등 다양한 후속연구가 수행되기를 바라며, 이러한 연구들의 시작점으로 본 연구의 학술적 기여를 기대한다.

8) 연구개발기관이 기업일 경우 5억원 당 1명 신규채용 의무화

9) 중소·중견기업이 청년의무채용 외 추가로 신규채용할 경우 신규인력의 인건비를 현금 또는 현물로 산정 가능

10) 기술실시계약 체결일로부터 2년간 고용유지 시, 채용된 인력에게 2년간 지급된 금액의 50% 만큼 정부납부기술료 감면

■ 참고문헌 ■

- 가순규, 2020, “환경분야 연구개발사업의 효율성 분석 및 제고 방안 연구: 국가연구개발 사업 수행 부처간 비교를 중심으로,” 석사학위논문, 서울대학교, 서울.
- 강기춘·김진옥, 2013, “지역산업기술개발사업이 참여기업의 성과에 미치는 효과 분석,” 『한국지역경제연구』, 26, pp.23-43.
- 과학기술정보통신부, 2021, 『2021년 정부연구개발사업 온라인 부처합동설명회 - 2021년 정부 R&D 예산 주요특징』, 세종: 과학기술정보통신부.
- 권남훈·고상원, 2004, “기업 R&D 투자에 대한 정부 직접 보조금의 효과,” 『국제경제연구』, 10(2), pp.157-181.
- 김근령·김기홍, 2016, “계약기업 R&D투자의 시차효과에 관한 연구,” 『보건경제와 정책 연구』, 22(1), pp.21-38.
- 김동준·이종하·김동립, 2014, “정부보조금이 기업의 연구개발투자에 미치는 영향: 지역 산업지원사업 수혜기업을 중심으로,” 『재정정책논집』, 16(4), pp.77-101.
- 김소연·백종일, 2016, “성향점수매칭 방법을 사용한 로지스틱 회귀분석에 관한 연구,” 『신뢰성응용연구』, 16(4), pp.323-330.
- 김정인·신광근, 2021, “환경기술개발사업 사업화 성과 결정요인 분석,” 『환경정책』, 29(3), pp.113-129, DOI: 10.15301/jepa.2021.29.3.113.
- 김주경, 2013, “환경 R&D 투자성과에 영향을 미치는 요인 및 전략 연구: 차세대핵심환경기술개발사업을 중심으로,” 박사학위논문, 경희대학교, 서울.
- 노용환, 2015, “중소기업 R&D 지원의 성장효과 분석,” 『산업혁신연구』, 31(2), pp.103-132, DOI: 10.22793/indinn.2015.31.2.005.
- 문해주·박재민·오승환, 2017, “중소기업에 대한 정부 R&D 지원의 효과성 분석: 원자력 비발전분야 기업을 중심으로,” 『생산성논집』, 31(4), pp.187-214.
- 문형찬, 2019, “금융공기업의 중소기업 직접투자 정책효과에 대한 연구: 표본선택편의 해결을 위한 성향점수매칭(PSM) 및 이중차이분석(DID) 결합 방법을 중심으로,” 석사학위논문, 서울대학교, 서울.
- 신광근, 2022, “환경기술개발사업 지원이 기업의 경영성과에 미치는 효과에 관한 연구,” 박사학위논문, 중앙대학교, 서울.
- 신복균·박항식·이영수, 2017, “정부 R&D 지원이 항공제조기업의 경영성과에 미치는 영향 분석,” 『한국항공경영학회지』, 15(2), pp.63-75.
- 심우중·김은실, 2010, “우리나라 국가연구개발사업 정부연구비의 투입 대비 성과의 다각적 분석,” 『기술혁신학회지』, 13(1), pp.1-27.
- 양현경·양현석·송운경, 2019, “정부의 중소기업 연구개발 지원 효과성 분석: 정보통신기술 산업을 중심으로,” 『한국경영과학회지』, 44(3), pp.31-44, DOI: 10.7737/JKORMS.2019.44.3.031.

- 오승환·김선우, 2017, “중소기업 R&D 지원의 현황과 성과분석,” STEPI Insight, 211, pp.1-27.
- 오승환·이철용, 2014, “국내 신재생에너지 R&D 사업의 경제적 성과 분석,” 『에너지경제 연구』, 13(2), pp.171-197, DOI: 10.22794/keer.2014.13.2.007.
- 오승환·장필성, 2019, “정부 R&D 지원이 기업의 고용에 미치는 효과에 대한 연구,” 『한국 혁신학회지』, 14(4), pp.201-234, DOI: 10.46251/INNOS.2019.11.14.4.201.
- 유승훈, 2003, “정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 분석,” 『기술혁신연구』, 11(2), pp.175-193.
- 윤윤규·고영우, 2011, “정부 R&D지원이 기업의 성과에 미치는 효과 분석: 동남권 지역 산업진흥사업을 중심으로,” 『기술혁신연구』, 19(1), pp.29-53.
- 이석민, 2018, 『R과 STATA를 활용한 평가방법론』, 파주: 범문사.
- 이준영·기지훈, 2020, “ICT 분야 정부 R&D 지원의 효과성 분석,” 『기술혁신학회지』, 23(4), pp.698-722, DOI: 10.35978/jktis.2020.8.23.4.698.
- 이현준, 2013, “기업 연구개발 성과의 시차효과 분석 연구 - Almon 모형을 중심으로,” 석사 학위논문, 서울대학교, 서울.
- 임채린·양현석·송운경, 2019, “성향점수매칭을 활용한 정부 연구개발 지원 효과 분석: 항공·우주산업을 중심으로,” 『한국항공경영학회지』, 17(5), pp.37-53, DOI: 10.30529/amsok.2019.17.5.003
- 최석준·김상신, 2009, “성향점수 매칭을 이용한 정부 연구개발 보조금 효과분석,” 『한국 산학기술학회논문지』, 10(1), pp.200-208.
- 한국과학기술기획평가원, 2021, 『2020년 기술수준평가』, 음성: 한국과학기술기획평가원.
- 한국환경산업기술원, 2018, 『환경산업 해외진출 촉진 중장기 추진전략 수립』, 서울: 한국 환경산업기술원
- 한대훈, 2019, “환경분야 R&D 사업 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구,” 석사학위 논문, 서울대학교, 서울.
- 환경부·한국환경산업기술원, 2021, 『환경기술개발사업 추진계획』, 세종: 환경부.
- Bryson, A., R. Dorsett, and S. Purdon, 2002, “The use of propensity score matching in the evaluation of active labour market policies,” *Department for Work and Pensions*, Working paper number 4.
- Heckman, J. J., H. Ichimura, and P. E. Todd, 1997, “Matching as an econometric Evaluation Estimator: Evidence from evaluating a job training programme,” *The review of economic studies*, 64(4), pp.605-654, DOI: 10.2307/2971733
- Heckman, J. J., H. Ichimura, J. A. Smith, and P. E. Todd, 1998, “Characterizing selection bias using experimental data,” *Econometrica*, 66(5), pp.1017-1098, DOI: 10.2307/2999630
- Rosenbaum, P. R and D. B. Rubin, 1983, “The central role of the propensity score in observational studies for causal effects,” *Biometrika*, 70(1), pp.41-55, DOI:

10.1093/BIOMET/70.1.41

Smith, J. A. and P. E. Todd, 2005, "Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators?," *Journal of econometrics*, 125(1-2), pp.305-353, DOI: 10.1016/j.jeconom.2004.04.011

국가과학기술지식정보서비스(NTIS), <http://www.ntis.go.kr>, [2021.9.16.]

신광근: 중앙대학교 대학원 경제학과에서 응용경제를 전공하여 경제학 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국환경산업기술원에서 선임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 환경기술 개발 및 환경기업 지원 관련 정책분석 등이다(high9sky@keiti.re.kr).

김정인: 미국 미네소타 대학에서 환경경제학 박사학위를 취득하고, 포항제철 경영연구소에서 수석 연구원 역임 후 2000년부터 중앙대학교 경제학부 교수로 재직 중이다. 주요 저서로는 『녹색성장 1.0』, 『물과 인권』, 『물과 사회적 가치』, 『기후변화와 인간복지』, 『그린잡(Green Job)』 등 다수가 있다. 이외에 배출권거래제, 기후변화 관련 다수의 학술지를 집필했다(jeongin@cau.ac.kr).

투 고 일: 2022년 04월 06일
심 사 일: 2022년 04월 26일
게재확정일: 2022년 05월 11일