

연구개발 수행기관 및 협력유형이 소재부품 R&D 효율성에 미치는 영향

천동필* · 우청원** · 조용곤*** · 한명훈****

<목 차>

- I. 서론
- II. 선행 연구
- III. 연구 모형
- IV. 분석 결과
- V. 결론

국문초록 : 완제품 제조업 중심의 성장을 진행한 한국경제는 소재부품산업의 경쟁력 강화를 통한 산업고도화를 지향하고 있다. 소재부품산업은 기존 핵심산업의 경쟁력 유지 및 4차 산업혁명 시대에 요구되는 신산업의 육성 측면에서 더욱 주목받고 있다. 이러한 중요성에도 불구하고, 소재부품산업의 효율적인 R&D를 위한 연구가 매우 부족한 현황이다. 본 연구는 정부의 소재부품기술개발사업 성과 데이터를 기반으로 R&D 효율성 분석과 이에 기업규모와 협력유형이 미치는 영향에 대하여 탐색적 연구를 진행하였다. 분석결과, 전반적으로 R&D 효율성은 낮은 것으로 나타났으나, 이는 경제적 성과가 반영된 산출변수 설정에 기인한 결과로 판단한다. 중소기업이 주관기관일 경우가 대기업보다 규모 성과가 우수한 것으로 나타났

"이 논문은 2016학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(C-D-2016-1160)"

* 부경대학교 기술경영전문대학원 조교수, performance@pknu.ac.kr, 051-629-5647

** 과학기술정책연구원(STEPI) 부연구위원, woocw@stepi.re.kr, 044-287-2176

*** 한국산업기술평가관리원 책임연구원, ygcho94@keit.re.kr, 053-718-8611

**** 강원대학교 산학협력단(경영회계학부) 부교수, 96332472@kangwon.ac.kr, 033-250-6586 (교신저자)

으며, 산학연이 협력할 경우가 그렇지 않은 경우와 비교하여 성과가 저조한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 연구개발 수행기관 및 협력유형에 따른 R&D 성과 창출에 대한 시사점을 제시하였다. 이는 국내 소재부품산업이 당면한 질적 성장을 위한 산업정책 기획, R&D 투자 및 배분 전략 수립에 도움을 줄 것으로 기대한다.

주제어 : 소재부품기술개발사업, R&D 효율성, 연구개발 수행기관, 협력유형

The effects of R&D institutions and cooperation types on R&D efficiency in the components and materials industry

Dongphil Chun · Chungwon Woo · Yonggon Cho · Myunghoon Han

Abstract : The Korean economy has undergone growth based on manufacturing end products. The Korean government aims to advance industry by strengthening the materials and components industry, which is attracting more attention in terms of maintaining the competitiveness of existing key industries, and fostering new industries required in the era of the Fourth Industrial Revolution. Despite this importance, there is insufficient related research on the efficient R&D of the materials and components industry. This study analyzed the R&D efficiency. In addition, exploratory research was conducted on the impact of corporate size and type of cooperation on R&D efficiency. Output variables were set to reflect economic performance and the empirical analysis revealed that overall R&D efficiency is low. Small firms were found to perform better than large firms in terms of firm-size, and the efficiency of business-university-research cooperation is worse than other types of cooperation. This study is exploratory research considering the materials and components industry, and the results provide implications for research institutions and regarding types of cooperation. This is expected to help develop policies for qualitative growth and R&D strategies for investment and allocation.

Keywords : Materials and components industry, R&D efficiency, R&D institutions, Cooperation type

I. 서론

한국의 제조업은 주로 조립 기반 완제품을 중심으로 성장해왔으며, 산업경쟁력 강화를 위하여 2001년 ‘부품소재전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법’ 제정을 통하여 소재부품산업 육성을 동시에 진행해왔다(원동진, 2011). 소재부품산업은 제조업 전반 경쟁력의 근본적 강화에 중요한 역할을 하는 핵심 영역이다(신중경, 2008). 2001년과 대비하여 2015년 기준 소재부품산업의 수출은 4.3배, 무역수지는 39배 증가하였으며, 세계수출시장 점유율은 10위에서 5위로 강화되었다(산업통상자원부, 2016). 과거 완제품 업체와 소재부품 업체 간 경쟁 체계를 가지고 있었으나, 최근에는 수평적 협력 체계 구축 등 가치사슬 전단계의 경쟁력 강화를 위해 지속적인 노력을 진행중이다(신중경, 2008).

위와 같이 노력에도 불구하고, 대일 무역 적자 확대와 대중 수출 의존도 확대, 기술경쟁력 보다는 가격경쟁력 기반의 수출 확대 등 질적 개선이 뒷받침되지 못한 양적 확대의 진행이라는 한계점이 존재한다(현대경제연구원, 2013). 또한, 반도체 등 일부 품목에 집중된 수출 또한 주요 한계로 지적되고 있다(신근순, 2018).

소재부품의 중요성은 최근 주목받고 있는 신산업인 친환경 자동차, 신재생에너지 등 다양한 분야에서 대두되고 있다. 전기차의 전체 구성요소 중 배터리가 차지하는 비중은 약 40% 내외에 이르고 있으며, 장기적으로 20% 대로 하락할 것으로 예상하고 있다(양은연, 2019). 특히, 내연기관에서 전기차로 전환 시 전체 자동차 구성 부품 중 약 37%가 사라질 것으로 전망되고 있다(박선후, 2018). 태양광발전의 경우 태양전지용 저가 소재 개발이 시급하며, 대표적인 이차전지인 리튬전지의 경우 주요 핵심소재의 수입의존도가 매우 높은 현황에 있다(김기봉·정혜경, 2018). 이처럼 기존 핵심산업과 신산업의 경쟁력 강화를 위하여 우수한 소재부품 기술의 확보와 이의 국산화가 기업과 국가 경제의 지속적인 성장을 위한 핵심 역량으로 주목받고 있다. 연구개발을 통한 혁신을 기반으로 고부가가치 소재 및 부품 개발 기반의 체질 강화가 필요하며, 정부의 지속적인 지원과 관련 중소기업의 경쟁력 강화가 수반되어야 한다(산업통상자원부, 2016). 그럼에도 불구하고, 효율적인 연구개발의 수행을 위한 실증분석이 진행된 기존 선행연구 중 한국의 소재부품 산업에 초점을 맞춘 연구가 매우 부족한 상황이며, 정부 연구개발 관점으로 좁혀본다면 이러한 상황은 더욱 분명하게 드러난다.

소재부품산업은 4차 산업혁명 시대에 반드시 필요한 산업이며, 이를 반영하듯 기술과 산업의 융복합이 요구되는 특성을 지니고 있다(신근순, 2018). 관련된 많은 기업들이 중

소기업임을 감안하면 한정된 자원 기반의 성과 창출을 위해 협력 연구개발이 중요하다. 연구개발 성과 분석에 영향을 미치는 요인 중 협력 연구의 주요 특성인 주관기관과 협력 유형에 대해 살펴보는 연구가 중요하나, 과거 선행연구들은 이러한 부분에 많은 주목을 하지 못하고 있다.

종합적으로, 소재부품산업의 중요성과 이의 경쟁력 강화를 위하여 효율적인 R&D의 실행이 매우 중요함에도 불구하고, 우리나라에서는 현재까지 소재부품 R&D의 효율성 및 이에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 효율적인 정부의 R&D 예산배분과 기업의 R&D 수행을 위해 ‘소재부품산업의 경우 어떠한 요인이 R&D를 통한 기술적, 경제적 성과 창출을 촉진할 수 있는가’와 관련한 연구가 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구는 탐색적 연구로서 소재부품 R&D의 효율성을 제고할 수 있는 2가지 요인, 즉 연구개발 수행기관 및 협력유형의 영향력을 살펴보고자 하였다. 물론, 이외에도 R&D 효율성 제고에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 많은 요인들이 존재하겠지만, 본 연구에서 이들을 모두 다룰 수 없기에 소재부품 산업의 특성 상 R&D 성과에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 2가지 요인에 주목하였다. 이를 위해 기업이 수행한 정부 소재부품 R&D 과제의 성과분석을 실시하고, 분석결과를 기반으로 사후분석을 통하여 영향력을 살펴보았다. R&D 투입으로는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자를 적용하였고, 산출로는 특허출원, R&D 프로젝트에 따른 신규고용, 사업화를 통한 신규 매출을 적용하여 기업의 경제적 성과를 연구모형에 반영하였다.

연구의 설계에 있어 기업의 협력 R&D를 중점적으로 다루고, 이에 따른 직접 경제적 성과 관점의 변수를 포함하였다는데에 그 의의가 존재한다. 본 연구의 분석결과는 R&D 예산 편성, 기획 및 관리와 관련된 정책 의사결정자 및 기업 관계자들에게 향후 관련 연구개발 성과 관리에 대한 의미있는 시사점 제안이 가능할 것이다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 소재부품산업의 특성과 연구개발 프로젝트 성과 분석에 대한 선행연구를 제시하고 있다. III장에서는 DEA, 연구모형의 소개, 그리고 분석을 위한 데이터를 제시하고 있으며, IV장에서는 실제적인 성과분석과 영향요인 규명을 위한 비교분석 결과를 제시하였다. 마지막 V장은 결론으로, 연구의 요약, 시사점, 그리고 한계점을 포함하고 있다.

II. 선행연구

1. 소재부품산업의 특성

소재부품산업은 원자재부터 합성 또는 가공 공정을 거쳐 여러 가지 기능과 형상의 소재와 부품을 제조하는 산업을 의미하며, 제조업의 경쟁력을 결정하는 기반산업의 성격이 강하고 일반적으로 원자재-중간재-최종재까지의 가치사슬 상에서 중간재에 해당한다. 소재부품은 산업, 에너지, 환경, 문화 등 생활 모든 영역에서 혁신과 변화를 선도하는 근원으로 작용하며, 연구개발 측면에서 장기간의 막대한 투자에도 성공가능성은 낮지만 개발에 성공하면 부가가치와 다른 산업으로의 과급효과가 매우 큰 특성을 가지고 있다. 따라서 소재부품산업은 산업경쟁력 측면에서 우리나라가 선진국으로 진입할 수 있는 첩경이라고 할 수 있다. 우리나라 정부는 이러한 소재부품 산업의 중요성을 인지하고 2001년 소재부품기술개발사업이 착수되었고, 사업 추진의 강력한 견인을 위해 2001년 2월 ‘부품소재전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법’을 제정하여 2017년까지 약 3.8조원의 R&D 예산이 투입되었다.

그러나 그 간의 연구개발 노력에도 불구하고 글로벌 시장변화에 대한 시의적절한 소재 기술경쟁력 대응 미비로 우리나라 소재분야 기술경쟁력은 84.1%로 일본의 99.2% 대비 큰 기술격차를 보이고 있는데(한국산업기술평가관리원, 2018), 이는 소재부품산업의 특성상 소재부품 수요기업과 연구개발 기관과의 협력연구 시스템이 효율적으로 운영되어야 함에도 불구하고 산·학·연 기관 간 연계가 미흡한 것이 하나의 원인으로 이슈화되고 있다. 따라서 향후 소재부품산업의 기술격차 해소를 통한 선진국의 진입을 위해서는 정부 소재부품기술개발사업의 연구수행기관 및 협력 유형에 따른 R&D성과 효율성을 분석하여 현재의 상태를 정확하게 진단해 볼 필요가 있다.

2. R&D 성과

일반적으로 R&D 성과는 효과성과 효율성의 관점에서 평가가 가능하다. 효과성은 R&D의 결과가 최초 목표 대비 어느정도 달성되었는지를 의미하며, 효율성은 투입된 자원과 이에 따른 산출물 간의 비율을 의미한다(박만희, 2008; 김영훈·김선근, 2011). 본 연구는 효율성 관점의 성과 분석을 진행하고자 하며, R&D 성과의 개념을 포괄적인 관점

에서 살펴보고자 한다. R&D 투입(Input)에 따른 직접성과(Output)로는 논문, 특허와 같은 지식 성과가 있을 수 있다. 이에 더 나아가 직접효과(Outcome)까지 나아가한다면 매출 증대, 고용유발 등 경제적 성과가 고려될 수 있다(김선경 외, 2016). 본 연구에서 다루는 R&D 성과는 투입에서 직접효과까지에 이르는 범위를 포함하여 산출된 R&D 효율성으로 정의하고자 한다.

정부 연구개발의 성과를 분석하기 위해 DEA를 활용한 국내·외 주요 연구를 살펴보았다. Lee et al.(2009)는 국가 R&D 프로그램에 대한 성과분석을 시도하였으며, 투입변수로는 자금과 연구원을, 산출변수로는 논문, 특허, 졸업 학생수를 설정하였다. 해당 연구는 이질적인 목적을 지닌 정부 R&D 프로그램들에 대한 DEA 활용방안을 제안하고, 추가 분석 방법론으로써 비모수적 통계기법인 Kruskal-Wallis H test와 Mann-Whitney U test의 적용을 제안하였다. 변상규·한상희(2009)는 신성장동력핵심기술개발사업의 2008년 성과 분석을 진행하였다. 투입변수로는 정부 투자, 민간 투자, 투입인력을, 산출변수로는 SCI 및 기타논문 게재, 특허출원 및 등록, 기술료 수입, 기술이전 건수를 설정하였다. 분석결과 사업 내부 목적과 기업, 대학, 국가출연연구소 등 주관기관에 따른 효율성 차이는 나타나지 않은 것으로 밝혀졌다. 김태희 외.(2009)는 교육과학기술부의 기초연구개발사업, 특정연구개발사업 및 원자력연구개발사업 내 세부사업을 대상으로 성과분석을 실시하였다. 투입요소로는 연구비와 연구원수를, 산출변수로는 SCI논문과 기술확산을 설정하였다. 원자력연구개발사업 내 모든 세부사업이 비효율적으로 나타났으며, 모든 사업에 있어서 연구수행 주체가 대학인 경우 효율적인 것으로 나타났다. 대학의 경우 인건비가 연구소보다 상대적으로 적게 투입될 가능성이 높은 것이 효율적인 성과의 주요 원인으로 추정하였다. 박석중 외.(2011)은 정부 R&D 사업의 3년간의 총 정부투자비를 투입변수로, SCI 논문 건수와 국내 특허출원 및 등록 건수를 산출변수로 설정하였다. 기초원천 R&D의 논문, 특허 등의 R&D stock 증가에 따라 효율성이 우수한 것으로 나타났으며, 대학이 수행하는 연구에 투자하는 비중이 높을수록 효율성이 높게 나타났다. Hsu and Hsueh(2009)는 대만의 110개 정부지원 R&D 프로젝트를 대상으로 실증연구를 수행하였으며, 기업의 규모와 전체 예산 중 정부의 보조금이 차지하는 비중을 기술효율성에 영향을 미치는 요인으로 밝혔다. 기업의 규모가 클수록 상대적 효율성이 낮은 것으로 나타났으며, 이는 대기업의 성과가 높지만 이 때 투입되는 기타 자원 또한 높기에 나타나는 현상으로 해석하였다. 또한, 전체 예산 중 정부 보조금의 비중이 높을수록 성과가 낮은 것으로 밝혀졌는데, 이는 다양한 산업에 속한 기업들의 투자 및 참여가 저조해질 수 있고, 이에 따라 기술적 장벽을 해결하는데 부정적 영향을 끼치며 궁극적으로 성

과가 낮아지는 데 영향을 미치는 것으로 해석하였다.

<표 1>은 상기 제시한 정부의 연구개발 사업 또는 프로젝트에 대하여 DEA를 활용하여 성과분석을 실시한 주요 선행연구의 정리 결과이다. 대부분의 연구들이 VRS 모델을 사용하였다. 투입변수로는 주로 연구개발 자금과 인력을, 산출변수로는 그에 따른 논문 또는 특허 등의 지표를 사용하였다.

기존의 선행연구들은 특정 산업보다는 R&D 사업 또는 프로그램에 집중된 한계가 존재한다. 본 연구는 소재부품 산업에 초점을 맞추어, 관련 이해관계자들에게 더욱 유익한 정보의 제공을 위해 소재부품기술개발사업의 세부과제를 대상으로 탐색적 연구를 진행하고자 한다.

<표 1> DEA 활용 정부 R&D 효율성 관련 선행연구

연구	모델	사용변수
Lee et al.(2009)	산출지향 AR-VRS	투입 : 자금, 연구원 산출 : 논문, 특허, 졸업 학생 수
변상규와 한정희(2009)	산출지향 VRS	투입 : 정부 투자, 민간 투자, 투입인력 산출 : 논문, 특허, 기술이전
김태희 외.(2009)	산출지향 VRS	투입 : 자금, 연구원 산출 : 논문, 기술확산
박석중 외. (2011)	투입지향 VRS, CRS	투입 : 자금 산출 : 논문, 특허
Hsu and Hsueh (2009)	투입지향 VRS 기반 3 단계 DEA	투입 : 연구원, 보조금, 연구기간 산출 : 논문, 특허

3. 연구개발 수행기관 및 협력유형에 따른 R&D 성과

기업의 R&D 협력은 참여 기업에 있어서 다양한 이점이 있는 것으로 많은 선행연구에서 제시하고 있다(장금영, 2010; H.Okamuro, 2007). 주로 기업 간 협력은 점진적 혁신 및 생산성 향상에 따른 수익성 측면에서 도움을 주는 반면, 대학 등 연구기관과의 협력은 급진적 혁신에 의한 신제품 출시와 이를 통한 매출액 개선 관점에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 협력유형에 따른 R&D 성과는 매우 다양한 결과로 나타나고 있는데, 이는 각 연구의 지역, 시점, 산업 등에 대한 차이와 협력을 통한 연구개발과 그에 대한 성과 간의 시차를 적절하게 고려하지 못한 가능성이 존재한다. 기존 관련 문헌들은 필요한 목적에 따른 협력 유형의 선택이 그에 따른 성과를 높일 수 있을 것이라고 제시하고

있다(Belderbos et al., 2004).

협력 조직 유형의 종류와 절대적 수가 많아질수록, 거래비용의 관점에서 복잡성의 증가로 인한 조정 및 관리의 정도가 강해져 성과에 부정적인 영향을 미칠 가능성도 존재한다. 혁신을 추구하는 기업은 그들의 목적에 따른 협력 파트너를 선택해야 한다(Van et al., 2014). 예를 들어, 기초 연구가 필요할 경우 대학 또는 공공연구기관과의 협력이 유리하다(Tether, 2002; Van et al., 2008). Leeuw et al.(2014)에 따르면, 기업의 협력 유형의 다양성이 높아질수록 급진적 혁신에는 뒤집어진 U자 형태 곡선의 성과를, 점진적 혁신에는 일관된 긍정적인 효과를 불러일으키는 것으로 나타났다.

관련 문헌 중 국내에 집중된 선행연구들이 다음과 같이 존재한다. Kang and Kang (2010)은 한국의 제조 기업을 대상으로 연구를 진행한 결과 경쟁기업, 고객기업, 공급기업, 그리고 대학 중 고객기업과 대학과 협력한 경우 제품 혁신에 긍정적인 영향을 미쳤음을 밝혔다. Shin et al.(2016)은 한국의 바이오테크 산업을 중심으로 협력 유형과 기술적 혁신 성과에 대한 관계를 살펴보았으며, 제약기업 및 대학, 정부연구기관과 같은 연구기관과의 협력이 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다.

박용 외.(2017)은 2016년 한국전자통신연구원의 산·연 기술협력 수요조사를 기반으로 기업과 출연연구기관 간 R&D 협력에 미치는 영향 및 R&D 협력이 기업의 혁신에 미치는 영향을 살펴보았다. 산·연 R&D 협력은 기업의 제품혁신과 공정혁신에 모두 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 기반으로 출연연구기관과 기업과의 기술협력 확대를 제안하였다. 조정래·김태운(2017)은 DEA를 활용하여 국가에너지기술개발사업을 대상으로 공기업을 포함한 주관기관에 따른 R&D 효율성 차이 규명을 수행하였다. 공기업은 민간 기업 대비 효율성은 낮은 것으로 나타났으나, 출연연 및 대학보다는 높은 것으로 밝혀졌다. 이는 공기업이 민간 기업 대비 공공성과 안정성 추구 등에 기인한 것으로 해석하였다. 다만, 각 주관기관 별 효율성 점수 차이를 살펴봄에 있어서 통계적으로 유의한 결과가 아닌 단순 산술평균에 의한 결과 제시라는 한계점이 존재하였다. 박성민(2014)는 지식경제기술혁신사업을 대상으로 주관기관 유형을 대학, 국공립연구소, 대기업, 중소기업으로 구분하여 주관기관 별 R&D 성과에 미치는 영향을 살펴보았다. 로짓(Logit) 회귀분석을 사용하였고, 논문, 특허, 매출액, 신규고용을 종속변수로 설정하고, 이를 구분하여 분석을 실시하였다. 연구개발협력에 대한 영향도 살펴보았으나, 협력파트너 별 구분이 아닌 협력 유무만을 고려하였다. 기술적 산출 성과인 논문과 특허 측면에서는 대학 및 국공립연구소가 주관기관일 경우 성과에 유의한 정(+)의 영향을 미쳤으며, 경제적 성과인 신규고용에 대하여는 대기업과 중소기업일 경우 성과에 유

의한 정(+)¹의 영향을 있음이 밝혀졌다. R&D 협력의 경우 모든 성과 지표에 있어서 유의한 정(+)¹의 영향을 미치고 있었다. 장금영(2010)은 주관기관의 유형과 산학연의 협력이 R&D 성과에 미치는 영향을 살펴보았다. 종속변수로는 특허등록건수와 논문게재건수를 설정하여 포아송 회귀분석을 실시하였다. 분석결과, 대학의 경우 기업이나 연구소와 비교하여 논문 성과가 더욱 높은 것으로 나타났다. 이는 대학 교수들이 특허등록이나 논문게재 차원에서 적극적인 대응을 하고 있는 것으로 해석하였다. 벤처기업이 중소기업 보다 특허 성과가 높은 것으로 나타났으며, 대체적으로 산학연의 협력개발이 단독개발에 비하여 대체적인 R&D 성과의 개선을 불러 오는 것으로 밝혀졌다. 김주경 외.(2014)는 정부의 농업분야 기후변화 관련 R&D 사업을 대상으로 논문과 특허 성과에 영향을 미치는 요인을 규명하였다. 이 중 협력유형에 따른 성과 차이에 초점을 맞춘다면, 대학과 협력을 할 경우에는 논문 성과에 긍정적인 영향이, 기업과 협력을 할 경우 특허 성과에 긍정적인 영향이 있었음이 밝혀졌다.

대부분의 선행연구들은 다양한 R&D 성과를 개별적으로 살펴보고, 각 개별 성과에 영향을 미치는 요인을 살펴보고자 하는 시도를 진행하였다. 또한, 협력의 경우 협력 유형이 아닌 협력 여부에 집중을 하거나 주요 혁신 주체인 산학연 중 일부만 다룬 연구가 대부분이었다. 마지막으로, 최근 중요성이 대두되고 있는 기술사업화를 통한 경제적 성과 창출의 핵심 주체인 기업과 관련된 산출변수에 주목한 연구가 미비하다는 한계점이 존재하였다. 기존 선행연구의 한계점을 인지하고, 본 연구는 기업을 중심으로 진행된 소재부품산업 연구과제를 대상으로 다양한 R&D 산출을 종합적으로 반영하고자 하였다. 또한, 기업규모와 협력유형이 R&D 성과에 미치는 영향을 살펴보고자 하며, 이의 결과는 소재부품산업 R&D의 특성을 살펴볼 수 있는 기회를 마련할 것으로 판단한다.

<표 2> 주관기관과 협력유형에 따른 R&D 성과분석 관련 선행연구

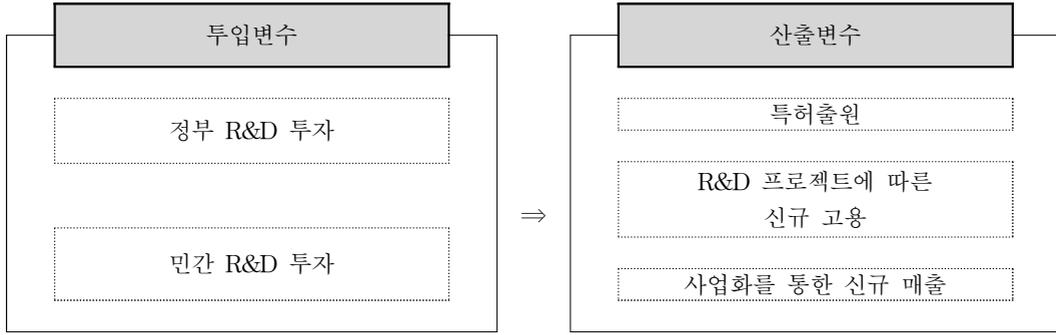
연구	모델	주요결과
Kang and Kang (2010)	음이항 회귀분석	고객기업 및 대학과의 R&D 협력은 제품혁신에 정(+) ¹ 의 영향
Shin et al. (2016)	음이항 회귀분석	전방기업 및 연구조직과의 협력은 기술혁신에 정(+) ¹ 의 영향
박용 외. (2017)	이분형 로지스틱 다중회귀분석	산·연 R&D 협력은 제품혁신과 기업혁신 모두에 정(+) ¹ 의 영향
조정래·김태운 (2017)	산출지향 VRS DEA	공기업의 R&D 효율성은 민간 기업 대비 낮음

연구	모델	주요결과
박성민 (2014)	Logit 회귀분석	기술적 산출 성과에는 대학 및 국공립연구소가 주관기관일 경우 기술적 산출 성과에 유의한 정(+)의 영향을 미쳤으며, 경제적 성과에는 기업이 주관기관일 경우 성과에 유의한 정(+)의 영향 R&D협력은 모든 성과에 정(+)의 영향
장금영 (2010)	포아송 회귀분석	대학이 주관기관일 경우 기업이나 연구소와 비교하여 논문 성과에 정(+)의 영향 벤처기업은 중소기업보다 특히 성과에 정(+)의 영향 산학연 협력개발은 R&D 성과에 정(+)의 영향
김주경 외. (2014)	다중회귀분석	대학과의 협력은 논문 성과에 정(+)의 영향을, 기업과의 협력은 특히 성과에 정(+)의 영향

Ⅲ. 연구모형

1. 연구설계

소재부품기술개발사업의 성과 분석을 위하여 본 연구는 산출지향 CRS와 VRS DEA 모델을 적용하였다. 투입변수로는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자를, 이에 따른 산출 변수로는 특허출원 건수, 신규 고용 인원, 사업화를 통한 매출액을 설정하였다. 본 연구에서 설정한 산출변수는 R&D 성과 측면에 있어서 기술적 측면과 경제적 측면을 함께 고려하였다는 장점이 있다. 영향요인 규명을 위한 비교 변수로는 연구개발 수행기관 유형과 협력 유형을 고려하였다. 분석을 위하여 본 논문은 Microsoft Excel에 add-in 옵션으로 적용가능한 DEA Frontier 소프트웨어를 사용하였다. 이에 더하여 DEA 분석 결과를 기반으로 이에 영향을 미치는 영향요인을 규명하고자 노력하였으며, 비교분석 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 사후분석을 실시하였다.



- * 비교변수 : 연구개발 수행기관 유형, 협력 유형
- * 연구모형 : 산출지향 CRS & VRS DEA

<그림 1> 분석모형

산출지향 CRS와 VRS DEA 모델의 수식은 아래와 같다. ϕ 는 산출하고자 하는 의사결정단위의 효율성점수 측정치를 의미한다. ϵ 는 비아르키메디안(non-archimedean) 상수로 0에 근접한 10^{-6} 을 의미한다. S_i^- 와 S_r^+ 는 산출과 투입요소의 여유변수를 의미하며, x_{ij} 와 y_{rj} 는 의사결정단위 j의 i번째 투입과 r번째 산출요소를 의미한다. 이 때 j는 의사결정단위를, r은 산출요소를, i는 투입요소를 나타내는 지수이며, λ_j 는 각 프론티어 상에 존재하게 할 수 있는 의사결정단위들의 가중치이다 (김종대 외., 2014; Zhu, 2014).

산출지향 CRS

$$\begin{aligned} \max \phi - \epsilon & \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= x_{i0}, i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ &= \phi y_{r0}, r = 1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

산출지향 VRS

$$\begin{aligned} \max \phi - \epsilon & \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= x_{i0}, i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ &= \phi y_{r0}, r = 1, 2, \dots, s; \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned}$$

<그림 2> 산출지향 CRS 및 VRS 모델 수식

2. 데이터

본 연구는 산업통상자원부 산하의 한국산업기술평가관리원에서 관리한 소재부품기술 개발사업의 성과 데이터를 기반으로 분석을 실시하였다. 소재부품기술개발사업은 2001년부터 시작된 계속사업이며, 2015년 2,863억원, 2016년 2,881억원 등 연간 3,000억원 내외의 정부출연금이 투입된 사업이다. 본 연구에서 활용된 데이터는 시작년도 기준 2005년 - 2013년, 종료년도 기준 2011년 - 2015년에 해당하는 R&D 프로젝트를 대상으로 한다. 연구개발의 투입과 산출 간에 회임기간을 가정하는 것이 일반적인 구조이나, 본 연구의 경우 각 과제 별 추적조사에 따른 산출 데이터를 적용하여 더욱 실제적인 결과의 도출이 가능하다. 이에 더하여, 추적조사를 통하여 실제 기업에서 수행한 R&D 과제를 통해 발생한 신규 고용 및 사업화에 따른 매출액 등 경제적 성과 또한 파악하여 분석에 적용하였다. 이는 선행연구 대비 본 연구의 독창성을 더해 줄 것으로 판단한다.

수행기관과 협력유형에 따른 R&D 성과 차이를 살펴보기 위하여 모든 분석 데이터는 기업이 주관기관인 경우로 한정하였다. 즉, 기업이 주도한 연구 프로젝트 데이터를 대상을 진행하였다. 분석대상 과제의 수는 총 273개이며, 각 비교변수 별 해당 샘플수는 <표 3>에서 확인할 수 있다. 협력유형에서 ‘산’은 협력하지 않은 경우, ‘산산’은 기업과 기업이 협력한 경우, ‘산학’은 기업과 대학이 협력한 경우, ‘산연’은 기업과 공공연구소가 협력한 경우, 그리고 ‘산학연’은 기업, 대학, 공공연구소가 협력한 경우를 의미한다.

<표 3> DEA 분석 및 비교분석 활용 변수 정보

변수구분	변수명	단위	관련 선행연구
투입변수	정부 R&D 투자	억원	Lee et al.(2009) 변상규·한정희(2009) 김태희 외.(2009) 박석중 외.(2010)
	민간 R&D 투자	억원	박웅 외.(2017) 김주경 외.(2014)
산출변수	특허출원	건	Lee et al.(2009) 변상규·한정희(2009) 박석중 외.(2010) Hsu and Hsueh(2009) 장금영(2010) 김주경 외.(2014) 박웅 외.(2017)

변수구분	변수명	단위	관련 선행연구
	매출액	백만원	박성민(2014) 박웅 외.(2017)
	신규고용	명	박성민(2014)
비교변수	주관기관(N)	대기업(27), 중견기업(29), 중소기업(217)	조정래·김태운(2017) 박성민 (2014) 장금영 (2010) 김주경 외. (2014) 박웅 외. (2017)
	협력유형(N)	산(15), 산산(38), 산학(60), 산연(75), 산학연(85)	장금영 (2010) 박성민 (2014)

DEA 투입 및 산출변수 간 상관관계를 파악하기 위하여 Pearson 상관관계 분석을 실시하였으며, <표 4>를 통해 결과를 확인할 수 있다. 정부투자비가 높을 경우 민간투자비 또한 높은 것으로 판단할 수 있으며, 정부투자비의 경우 모든 산출변수와, 민간투자비의 경우 특허출원과 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이고 있었다.

<표 4> DEA 투입 및 산출변수에 대한 Pearson 상관관계 분석 결과

	정부투자비	민간투자비	특허출원	매출액	신규고용
정부투자비	1	-	-	-	-
민간투자비	.808**	1	-	-	-
특허출원	.512**	.439**	1	-	-
매출액	.242**	.108	.149*	1	-
신규고용	.120*	.098	.093	.150*	1

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

IV. 분석결과

<표 5> 는 소재부품기술개발사업 성과분석을 위해 적용된 투입변수, 산출변수, 그리고 효율성 점수에 대한 기술통계량 분석 결과이다. 총 273개 프로젝트에 대하여 성과분석을 실시하였다. 정부 R&D 투자가 민간보다 평균적으로 큰 것으로 나타났다. 산출변수의 경우 각 변수 별로 최소값, 평균이 상이하며 사업화에 따른 매출액이 평균 대비 표준

편차의 크기가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 소재부품 R&D를 수행한 기업 간 기존 매출액과 사업화 역량이 큰 차이가 있음을 간접적으로 설명하고 있는 결과이다. 통상적으로 DEA 효율성 점수는 0에서 1 사이의 값을 가진다. 이를 고려할 때 산출지향 CRS와 VRS 모두 0.25를 하회함을 고려하면 비교적 낮은 것을 알 수 있다. 일반적으로 CCR 효율성은 BCC 효율성보다 작거나 같기 때문에 규모 효율성은 1보다 작거나 같다.

CCR 효율성은 기술효율성(technical efficiency; TE)으로 표현하기도 하며, BCC 효율성은 규모수익가변의 특성을 가정하기 때문에 이를 반영한 명칭인 순수 기술효율성(pure technical efficiency; PTE)이라 표현한다. 이러한 개념을 반영하여 효율성의 대하여 'TE = PTE × 규모효율성(Scale efficiency)'의 수식으로 표현할 수 있다. 이와 같은 관점을 통하여 각 의사결정단위의 비효율성의 원인이 운영의 측면인지, 또는 규모에 기인한 결과인지에 대한 판단이 가능하다. 본 연구에서는 가독성을 높이기 위하여 규모효율성을 규모성과로 표현하고자 하며, 전체 분석대상의 규모성과 평균은 약 0.62로 나타났다.

<표 5> 분석변수 및 DEA 효율성 기술통계량 분석 결과

	최소값	최대값	평균	표준편차
정부 R&D 투자	1.200	94.350	24.013	19.650
민간 R&D 투자	.400	94.350	12.212	15.657
특허출원	.00	56.000	5.115	7.801
매출액	.00	3409.500	73.4489	317.432
신규고용	.00	136.000	4.890	14.732
산출지향 CRS	.000	1.000	.1436	.176
산출지향 VRS	.000	1.000	.234	.243
규모성과	.192	1.000	.618	.173

소재부품기술개발사업을 수행한 주관기관에 따른 R&D 성과에 미치는 영향요인 규명을 시도하기 위해서 주관기관은 대기업, 중견기업, 중소기업으로 구분하여 각 기업 규모별 R&D 성과 차이를 살펴보고자 하였다. 분석 결과 기업 규모에 따른 차이는 규모 성과에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

<표 6> 주관기관에 따른 R&D 효율성 차이 분석 결과

	산출지향 CRS	산출지향 VRS	규모성과
Chi-Square	1.057	3.275	9.199
df	2	2	2
Asymp. Sig.	.590	.194	.010***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

이를 더욱 자세히 살펴보기 위하여 Tamhane의 T2 사후분석을 실시하였다. 사후분석 결과 중소기업과 대기업 간 성과 차이가 있음이 나타났으며, 중소기업의 효율성 점수 평균이 대기업의 평균보다 통계적으로 유의한 수준에서 약 0.12 높은 것으로 나타났다. 중견기업은 중소기업과 대기업의 중간 정도의 성과를 보이고 있었으나, 통계적으로 유의한 수준의 차이는 나타나지 않았다.

<표 7> 주관기관에 따른 R&D 효율성 차이에 대한 사후분석

종속변수	주관기관 (I)	주관기관 (J)	평균차이 (I-J)	표준편차	유의확률
규모성과	대기업 (N=27)	중견기업	-.076	.046	.283
		중소기업	-.117*	.034	<u>.004***</u>
	중견기업 (N=29)	대기업	.076	.046	.283
		중소기업	-.041	.035	.583
	중소기업 (N=217)	대기업	.117*	.034	<u>.004***</u>
		중견기업	.041	.035	.583

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

또 다른 주요 영향 변수로 살펴보고자 한 협력유형에 따른 성과 차이를 살펴보기 위하여 기업을 산, 대학을 학, 연구소를 연으로 표현하고, 협력 유형을 산학연의 협력 조합을 기반으로 5개로 구분하였다. 협력 유형에 따른 R&D 성과 차이는 다음과 같다. 모든 관점에서 협력 유형에 따른 차이가 존재하고 있음이 나타났으며, 이를 더욱 자세히 살펴볼 필요가 있다고 판단하였다.

<표 8> 협력유형에 따른 R&D 효율성 차이 분석 결과

	산출지향 CRS	산출지향 VRS	규모성과
Chi-Square	9.719	8.286	47.160
df	4	4	4
Asymp. Sig.	<u>.045**</u>	<u>.082*</u>	<u>.000***</u>

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

이를 위하여 Tamhane의 T2 사후분석을 실시하였으며, 사후분석 결과 실제 통계적으로 유의한 차이가 발견된 영역은 규모성과이다. 이에 따른 규모성과의 사후분석 결과는 <표 9>와 같다. 주요 결과로는 산학연이 협력한 경우 R&D 성과가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 산, 산산, 산학, 산연 모두와 비교해도 동일한 결과를 보이고 있다. 또한, 산,

산산, 산학, 산연 간에는 통계적으로 유의한 수준의 R&D 성과 차이가 나타나지 않고 있음을 확인하였다.

<표 9> 협력유형에 따른 R&D 효율성 차이에 대한 사후분석

종속변수	협력유형 (I)	협력유형 (J)	평균차이 (I-J)	표준편차	유의확률
규모성과	산 (N=15)	산산	.066	.059	.960
		산학	.023	.058	1.000
		산연	.074	.056	.900
		산학연	.197*	.056	<u>.026**</u>
	산산 (N=38)	산	-.066	.059	.960
		산학	-.044	.034	.901
		산연	.008	.031	1.000
		산학연	.130*	.030	<u>.000***</u>
	산학 (N=60)	산	-.023	.058	1.000
		산산	.0436	.034	.901
		산연	.051	.029	.558
		산학연	.174*	.028	<u>.000***</u>
	산연 (N=75)	산	-.074	.056	.900
		산산	-.008	.031	1.000
		산학	-.051	.029	.558
		산학연	.123*	.023	<u>.000***</u>
	산학연 (N=85)	산	-.197*	.056	<u>.026**</u>
		산산	-.130*	.030	<u>.000***</u>
		산학	-.174*	.028	<u>.000***</u>
		산연	-.123*	.023	<u>.000***</u>

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

V. 결론 및 토론

1. 연구 요약

본 연구는 DEA 방법론을 적용하여 정부의 소재부품기술개발사업에 대한 연구개발 수행기관 및 협력유형에 따른 성과차이 분석을 시도한 탐색적 연구이다. 소재부품기술개발사업의 R&D 투입과 산출, 그리고 비교변수 정보를 기반으로 분석을 실시하였으며, 시

작년도 기준 2005년 - 2013년, 종료년도 기준 2011년 - 2015년에 해당하는 R&D 과제들을 대상으로 하였다. DEA의 투입 및 산출변수, 그리고 비교변수의 결측치를 제외하여 최종적으로 총 273개 과제를 대상으로 분석을 실시하였다. 투입변수로는 정부 R&D투자 와 민간 R&D투자를, 산출변수로는 특허출원, 사업화를 통한 신규매출액, R&D프로젝트를 통한 신규고용을 설정하였다. 비교변수인 주관기관의 경우 중소기업, 중견기업, 대기업으로 구분하였으며 협력유형은 산, 산산, 산학, 산연, 산학연의 5개 유형으로 구분하였다.

DEA 분석 결과 효율성 점수는 CRS와 VRS 모두에서 성과가 저조한 것으로 나타났으며, 두 결과를 함께 고려한 규모성과에서 또한 0.6 내외의 평균을 보이고 있어 규모 관점 성과 또한 우수한 편은 아닌 것으로 나타났다. 이는 정부 연구개발 과제의 성과에 경제적 성과의 중요 지표인 사업화를 통한 신규매출액과 신규고용이라는 시장지향적 변수를 산출변수에 적용한 결과로 판단한다. 또한, 매출액과 신규고용의 경우 평균대비 표준편차의 폭이 다른 변수들보다 큰 것을 알 수 있는데, 이는 연구개발을 수행한 기업들 간의 절대적 또는 상대적 역량의 차이가 존재한다는 것이다. 이에 따라 의사결정단위 (Decision making unit, DMU) 내에서의 Frontier line을 생성하여 계산되는 DEA의 특성 상 절대적으로 우수한 기업이 소수 존재할 경우 대부분 기업의 효율성 점수가 저하되는 현상을 예상할 수 있다. 이는 이상치 문제와 연계될 수 있으나 투입과 산출 변수가 동시에 고려된 효율성 분석 결과라는 점, 본 결과의 기반이 되는 데이터는 추적조사를 통해 확보된 데이터라는 점에서 본래 분석결과를 제시하였다.

2. 기업규모와 R&D성과

주관기관에 따른 성과 차이를 살펴본 결과 CRS와 VRS 성과 모두에서 대기업, 중견기업, 중소기업 간의 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 규모성과 관점에서 통계적으로 유의미한 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 대한 세부적인 파악을 위하여 Tamhane의 T2 사후분석을 실시한 결과 중소기업과 대기업 간의 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것이 밝혀졌다. 중소기업이 대기업과 비교하여 규모성과가 우수한 것으로 나타났으며, 대기업과 중견기업, 중견기업과 중소기업 간 통계적으로 유의미한 수준의 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 중견기업의 효율성 점수를 볼 때 대기업과 중소기업의 중간 단계 정도의 규모성과를 지니고 있는 것으로 나타났다. 기업의 규모와 R&D 성과 간의 관계에 대하여 많은 선행연구가 진행되었지만, 일치되는 의견의 제시는 힘든 실정이다. 그 이유로는 기업의 규모가 R&D 성과에 영향을 미치는 요

인은 확실하지만(Mansfield, 1981), 업종과 국가 등 다양한 요인들이 두 변수 사이에서 조절 및 매개 작용을 일으키며 결과에 영향을 미치기 때문이다. 효율성 관점에서 생각해 본다면 기업의 규모에 따른 투입의 증가와 그에 상응하는 산출의 크기에 대한 문제로 좁힐 수 있다. 이 관점에서 대기업과 중소기업의 R&D 성과, 특히 규모에 따른 운용 성과에 대한 결과의 해석이 가능하다. 주관기관의 규모가 대기업인 경우 중소기업보다 규모 성과가 낮은 이유는 단순한 기업 규모 뿐 아니라 기업 규모에 따른 과제 규모, 협력 유형, 과제의 난이도 등 다양한 변수가 영향을 미칠 것으로 판단하지만, 본 연구에서는 결과의 해석에 있어서 가장 직접적인 원인인 기업 규모에 집중하고자 한다. 대기업의 경우 기존의 기술적 자원을 포함한 유무형의 자원이 풍부하여 성과를 촉진할 수 있는 다양한 역량이 중소기업보다 우수하기 때문에 연구개발 성과 또한 우수할 것으로 보는 학자들이 존재한다. 즉, 중소기업이 대기업보다 다양한 자원의 한계와 조직구조의 지나친 비공식성으로 인하여 효율성이 떨어진다고 설명할 수 있다 (Hudson et al, 2001; Bessant and Tidd, 2007; Buisseret et al., 1995). 반대로, 중소기업은 한정된 범위의 제품과 제한된 시장을 대상으로 활동하기에 조직의 유연성이 대기업과 비교하여 중요한 경쟁우위로 작용하여 오히려 효율성에 유리할 수 있다는 의견도 존재한다(Appiah-Adu and Singh, 1998; Fiengenbaum and Karnani, 1991; Vossen and Nooteboom, 1996). 기업의 규모가 클수록 연구개발 투자에 더욱 적극적일 것으로 제시한 결과 또한 다양하게 존재한다 (Fisher and Temin, 1973; Dosi, 1988). 즉, 대기업의 상대적으로 큰 규모의 R&D 투자에 대하여 그에 상응하는 성과의 창출 또는 R&D에서 또한 규모의 경제를 실현하여 더욱 우수한 성과를 창출할 수 있는지 여부에 따라 중소기업과의 성과 간극이 생길 수 있다.

정부연구개발 프로젝트 성과와 관련한 연구로 범위를 좁혀보면 기업의 규모가 크다면 이는 기술적 성공과 사업화 기간 모두에 긍정적인 영향을 미친다는 결과가 존재한다 (Bizan, 2003). 이에 더하여 추정업(2008)에 따르면 소재부품기업의 대기업과 중소기업 모두에서 관련 연구개발이 기업의 생산물 산출구조와 생산요소의 투입구조에 영향을 미치고, 이는 비용구조 변화를 초래하며 결과적으로 2개 기업군 모두에서 규모의 경제를 실현하고 있다고 밝히고 있다. 조정래·김태운(2017)은 국가에너지기술개발사업의 경우 R&D를 통한 경제적 성과 측면에 있어서 중소·중견기업의 효율성이 대기업보다 비교적 우수한 것으로 밝히고 있다. 박성민(2014)는 정부의 지식경제기술혁신사업의 경우 대기업, 중소기업이 주관기관일 경우 대학, 국공립연구소보다 성과가 우수한 것으로 밝혔으며, 중소기업이 매출액 창출과 신규고용 측면 모두에서 대기업보다 좋은 성과를 창출한 것으로 밝혔다. 장금영(2010)은 벤처기업의 성과가 대기업보다 우수한 것을 확인하였으

며, Hsu and Hsueh(2009)는 대만의 정부지원 R&D 프로젝트의 경우, 대기업이 중소기업보다 효율성이 낮은 것을 밝혔으며, 이는 대기업은 성과창출을 위해 투입되는 기타 자원의 양 또한 많기에 나타나는 결과로 해석하였다. 본 연구는 다양한 국내·외 선행연구에서 밝히고 있는 기업 규모에 따른 R&D, 특히 정부지원 R&D의 성과의 차이가 소재부품 영역에서 존재하는지 살펴보았으며, 한국의 경우 중소기업이 상대적으로 우수하다는 결과를 제안하고 있다. 이는 정부의 소재부품사업의 지원방향이 중소기업 중심의 정책이고 중소기업에 많은 예산이 투입된 결과로 보여진다. 소재부품산업 특성상 장기간 많은 투자가 필요한 분야임에도 대기업에 대한 연구개발 지원은 소홀하였음이 분석결과 확인되었다.

3. 협력유형과 R&D성과

주관기관과 더불어 협력 유형에 따른 성과 차이에 대하여 Kruskal-wallis H test를 통하여 살펴본 결과 산출지향 CRS, VRS, 규모효율 성과 모두에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 Tamhane의 T2 사후분석 결과 규모성과에서만 협력유형에 따른 성과 차이가 통계적으로 유의미한 수준으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 산학연이 협력할 경우 성과가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이는 산, 산산, 산학, 산연과 개별 비교를 해도 동일한 결과를 보이고 있었다. 협력 파트너의 지나친 다양성은 성과에 좋지 못한 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다. 기업의 연구개발 협력은 성과 창출을 위하여 다양한 이점이 있으나(장금영, 2010; H.Okamuro, 2007), 반대의 결과도 존재한다(Link and Bauer, 1989; Dietz, 2004). 본 연구가 제시하고 있는 단독 연구개발의 상대적 성과가 비교적 우수한 것을 볼 때, 협력 연구개발이 반드시 도움이 된다고 볼 수 없는 선행 연구들의 결과를 부분적으로 반영하고 있다. 이는 거래비용 및 복잡성의 증가에 의한 협력의 부정적인 영향이 어느정도 발현된 것으로 해석할 수 있다. Branstetter and Sakakibara(1998)은 미국의 정부지원 연구개발에 대하여 연구개발 협력이 성과에 긍정적인 효과가 없음을 제시하며 다시한번 이와 같은 사실을 지지하고 있다. Becker and Dietz (2004)는 독일 제조기업의 연구개발 협력과 혁신활동에 대한 분석을 실시하였으며, 분석결과 R&D 협력 여부와 협력 주체 개수 모두 연구개발 투입을 증가시키는 것을 확인하였으며, 반면 신제품 개발에는 협력 주체 개수는 유의미한 영향을 미치지 못하고 있음을 확인하였다. 즉, 효율성 관점에서 투입과 산출 모두에서 연구개발 협력은 유의미한 정(+)의 영향을 미치고 있지만, 협력 주체의 개수는 산출에는 영향을 미치지 못함으

로써 본 연구와 같은 산학연 협력이 성과에 긍정적인 영향을 미치지 못한 결과가 지지될 수 있음을 알 수 있다.

국내연구의 경우 주로 협력은 R&D 성과에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 밝히고 있다. 한국전자통신연구원의 산·연 기술협력 수요조사를 이용하여 수행된 연구를 살펴보면 기업과 출연연구기관의 R&D 협력은 제품혁신과 공정혁신 모두에서 긍정적인 영향을 미치고 있다고 밝히고 있다(박웅 외, 2017). 박성민(2014)는 연구개발 협력은 R&D 성과에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 밝혔다. 장금영(2010)은 산학연의 협력이 성과에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 제시하였다. 하지만, 대부분의 연구가 모수적 통계기법을 통한 인과관계 및 효과성 관점의 결과라는 점과 R&D 성과를 특허등록건수와 논문게재건수로 진행하여 본 연구에서 주목한 경제적 성과와는 연구의 설계에서 다소 차이가 있다. 이는 산학연 협력 효과에서 본 연구와의 결과와 상이한 결과가 제시된 주요 원인 중 하나로 판단한다.

소재부품산업은 산학연 기관 간 연계를 통한 협력연구의 효율적 운영이 매우 중요한 산업이다. 본 연구에서 살펴본 바에 따르면 정부투자비와 민간투자비가 높은 상관관계를 보이고 있으며, 이는 전체 예산 중 정부투자비의 비교적 높은 비중을 유추해볼 수 있다. 다양한 주체의 협력 및 이의 효율적인 운영을 위해 정부투자비의 비중을 낮추고, 각 주체 별 투입 예산의 비중을 높일 것을 제안하고자 한다. 또한, 소재부품사업을 위한 협력 연구 시스템의 부재에서 나타난 결과로 해석하고자 한다. 올바른 산학연 협력 파트너의 선택을 위하여 주관적 선택이 아닌 각 기관 및 연구자의 주요 보유 기술 및 특허 등을 쉽게 확인할 수 있는 플랫폼의 구축 및 이를 통한 객관적 선택을 지향할 것을 제안한다.

4. 연구의 의의와 한계점

본 연구는 소재부품산업과 관련된 기업의 정부지원 R&D 성과를 살펴본 탐색적 연구이다. 특히, 기업의 규모에 따른 주관기관의 구분과 협력 유무가 아닌 협력 유형에 따른 성과 차이를 규명한 연구임에 차별점이 존재하며, 각 DMU의 산출 역시 실제 추적조사를 통해 확보된 데이터를 적용함으로써 분석 결과의 신뢰성이 확보되었다. 소재부품산업은 대한민국 경제의 큰 축이자 전반적인 산업경쟁력 향상에 중요한 분야이며, 미래에도 그 중요성이 더욱 대두될 수 있는 핵심 산업이다. 본 연구는 소재부품산업을 대상으로 연구개발 성과와 이에 영향을 미치는 요인의 탐색을 시도한 연구로써, 현재 국내·외에서 강조되고 있는 연구개발의 경제적 성과와 연구개발 협력 유형을 세분화하여 살펴보았다

는 데에 그 의의가 존재한다.

연구설계에 있어서 제한된 자료를 기반으로 탐색적 연구를 진행함에 따른 한계점이 존재한다. 한 기업이 복수의 연구 프로젝트에 참여한 경우를 고려하지 못하였으며, 연구 개발의 투입과 성과에 영향을 미칠 수 있는 프로젝트 수행기간과 같은 요인에 대해 통제하지 못한 한계점이 존재하며 향후 연구에서는 이를 보완할 필요가 있다. 이를 위하여 기업을 둘러싼 다양한 환경에 대응한 활동을 파악할 수 있는 재무정보를 함께 고려한 연구가 진행되어야 할 것이다. 방법론에서 또한 개선이 가능할 것으로 판단하는데, DEA 효율성 점수의 비교가 아닌 효율성 점수를 종속변수로 한 토빗(Tobit) 회귀분석 등과 같은 방법론의 적용을 통한 더욱 정밀한 분석의 진행이 그 대안이 될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 탐색적 연구의 진행을 통해 많은 시사점을 주고 있는 연구들이 다수 존재하며 (Sueyoshi and Aoki, 2001; Wanke, 2013; González and Gascón, 2004; Zhong et al., 2011), 본 연구에서 살펴본 기업규모와 협력유형은 향후 연구에서의 통제변수로서 활용을 제안하고자 한다.

또한, 경제적 산출이 타 유형보다 유리할 것으로 보이는 조합인 ‘산산’ 조합에 대한 통제가 부족하다. 본 연구의 대상 산업인 소재부품산업의 특성 상 R&D 투입에 따른 성과의 차이가 기술적 성과인 특허출원에서 유의하게 나타났으며, R&D를 통한 신규 매출액과 신규고용 측면에서는 협력유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것을 확인하였다. 이는 기술확보 이후 성공적인 사업화를 위한 지속적인 제도적 지원 및 기업의 노력이 필요함을 보여주고 있다. 그럼에도 불구하고, 향후 타 산업을 대상으로 유사한 연구를 진행할 경우에는 연구설계 단계에서 협력유형과 변수 선정에 대해 더욱 신중해야 할 것이다.

샘플링에 대한 선택편의를 줄이기 위해 Chun et al. (2015)의 연구처럼 성향점수매칭 (Propensity scoring matching, PSM) 방법론과 DEA를 접목하는 방안 또한 고려가 가능하다. 마지막으로, 본 연구의 대상이 된 각 DMU 간 투입과 산출 변수들의 격차가 큰 것 또한 한계점으로 제시가 가능하며, 이의 부분적인 개선을 위해 Super efficiency DEA 모델의 적용이 가능할 것으로 판단한다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 김기봉·정혜경 (2018), “정부의 에너지전환 정책에 따른 전력 분야 R&D 투자 방향”, 「KISTEP Issue Weekly」, 2018-10.
- 김선경·이길우·안혜린·방은진 (2016), “2015년 국가 R&D 성과 Scoreboard 구축을 위한 연구”, 한국과학기술기획평가원.
- 김영훈·김선근 (2011), “우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석 : OECD 국가와의 비교를 중심으로”, 「기술혁신연구」, 19(1), 1-27.
- 김주경·김영곤·강재상 (2014), “정부 R&D 사업성과의 영향요인에 관한 연구”, 「한국정책과학학회보」, 18(4), 229-256.
- 김종대·조영석·박송춘 (2014), “부트스트랩 DEA 기법을 이용한 지역신탁의 경영 효율성 분석”, 「금융공학연구」, 13(1), 101-127.
- 김태희·김인호·안성봉·이계석 (2009), “자료포락분석법을 활용한 국가연구개발사업의 효율성 분석 -원자력연구개발사업을 중심으로”, 「기술혁신학회지」, 12(1), 70-87.
- 박만희 (2008), “효율성과 생산성 분석”, 한국학술정보.
- 박석중·김경화·정상기 (2010), “과학기술적 성과 관점에서 정부 R&D 사업 효율성 분석에 관한 연구”, 「한국기술혁신학회 학술대회」, 120-130.
- 박선후 (2018), “한국 자동차부품산업의 경쟁력분석과 대응방안”, IBK 경제연구소.
- 박성민 (2014), “실증사례연구: 국가연구개발사업 성과의 주관기관 유형별 비교”, 「대한경영학회지」, 27(7), 997-1012.
- 박용·박호영·염명배 (2017), “ICT 중소기업의 산·연 R&D 협력이 기술혁신성과에 미치는 영향”, 「벤처창업연구」, 12(6), 139-150.
- 변상규·한정희 (2009), “Efficiency Estimations for the government driven R&D projects in IT industries”, 「과학기술법연구」, 15(2), 179-206.
- 산업통상자원부 (2016), “제4차 소재·부품발전 기본계획”.
- 신근순 (2018), “소재부품 산업의 현황과 발전방향”, 「신소재경제」, URL : <http://www.amenews.kr/m/view.php?idx=36437>
- 신중경 (2008), “부품·소재산업의 현황과 정책방향”, 「기은연구」, 가을호, 28-48.
- 양은연 (2019), “전기차 시대, 배터리 산업 경쟁력 강화를 위한 정책 과제”, 「KERI Brief」, 19(1).
- 원동진 (2011), “부품·소재산업의 위상”, 「과학과 기술」, 3월호, 52-59.
- 장금영 (2010), “연구개발투자의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 정부의 산업기술개발사업을 중심으로”, 「기술혁신연구」, 18(1), 75-98.

- 조정래·김태운 (2017), “공기업 주관 R&D 효율성의 특성 분석”, 「규제연구」, 26(2), 147-187.
- 추정엽 (2008), “부품소재기업의 연구개발투자와 비용효율성의 관련성에 관한 실증연구”, 「산업경제연구」, 21(6), 2413-2431.
- 한국산업기술평가관리원 (2018), “2017년 산업기술수준조사”.
- 현대경제연구원 (2013), “한국 소재 산업의 국제경쟁력 변화와 시사점”, 통권 513호.

(2) 국외문헌

- Appiah-Adu, K., & Singh, S. (1998), “Customer orientation and performance: a study of SMEs”, *Management decision*, 36(6), 385-394.
- Baker, R. and S. Talluri. (1997), “A closer look at the use of data envelopment analysis for technology selection”, *Computers & Industrial Engineering*, 32(1), 101-108.
- Becker, W. and Dietz, J. (2004). “R&D cooperation and innovation activities of firms—evidence for the German manufacturing industry”, *Research policy*, 33(2), 209-223.
- Belderbos, R., Carree, M., & Lokshin, B. (2004). “Cooperative R&D and firm performance”, *Research policy*, 33(10), 1477-1492.
- Bessant, J. and Tidd, J. (2007). “Innovation and entrepreneurship”, John Wiley & Sons.
- Bizan, O. (2003), “The determinants of success of R&D projects: evidence from American - Israeli research alliances”, *Research Policy*, 32(9), 1619-1640.
- Branstetter, L. and Sakakibara, M. (1998). “Japanese research consortia: a microeconomic analysis of industrial policy”, *The Journal of Industrial Economics*, 46(2), 207-233.
- Buisseret, T. J., Cameron, H. M., and Georghiou, L. (1995). “What difference does it make? Additionality in the public support of R&D in large firms”, *International Journal of Technology Management*, 10(4-6), 587-600.
- Chun, D., Chung, Y., Woo, C., Seo, H., and Ko, H. (2015), “Labor union effects on innovation and commercialization productivity: An integrated propensity score matching and two-stage data envelopment analysis”, *Sustainability*, 7(5), 5120-5138.
- Dosi, G. (1988). “Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation”, *Journal of economic literature*, 1120-1171.
- Dvir, D. and Lechler, T. (2004), “Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success”, *Research policy*, 33(1), 1-15.
- Fiegenbaum, A. and Karnani, A. (1991). “Output flexibility—a competitive advantage for small firms”, *Strategic management journal*, 12(2), 101-114.
- Fisher, F. M., and Temin, P. (1973), “Returns to scale in research and development: What does the Schumpeterian hypothesis imply?”, *Journal of Political Economy*, 81(1), 56-70.

- G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon. (1955), "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A247, 529 - 551.
- González, E., and Gascón, F. (2004), "Sources of productivity growth in the Spanish pharmaceutical industry (1994 - 2000)", *Research Policy*, 33(5), 735-745.
- Hollanders, H. and F. Celikel-Esser. (2007), "Measuring innovation efficiency", INNO-Metics Thematic Paper.
- Hsu, Fang-Ming, and Chao-Chih Hsueh. (2009), "Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach", *Evaluation and program planning*, 32(2), 178-186.
- Hudson, M., Smart, A., & Bourne, M. (2001), "Theory and practice in SME performance measurement systems", *International journal of operations & production management*, 21(8), 1096-1115.
- Kang, K. H., & Kang, J. (2010), "Does partner type matter in R&D collaboration for product innovation?", *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(8), 945-959.
- Lee, H., Y. Park, and H. Choi, (2009), "Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach", *European Journal of Operational Research*, 196(3), 847-855.
- Leeuw, T., Lokshin, B., & Duysters, G. (2014), "Returns to alliance portfolio diversity: The relative effects of partner diversity on firm's innovative performance and productivity", *Journal of Business Research*, 67(9), 1839-1849.
- Link, A. N., and Bauer, L. L. (1989), "Cooperative research in US manufacturing: Assessing policy initiatives and corporate strategies", Free Press.
- Mansfield, Edwin. (1981), "Composition of R&D Expenditures: Relationship to Size of Firm, Concentration, and Innovative Output", *The Review of Economics and Statistics*, 63, 610 - 615.
- Okamuro, H. (2007), "Determinants of successful R&D cooperation in Japanese small businesses: The impact of organizational and contractual characteristics", *Research Policy*, 36(10), 1529-1544.
- Shin, K., Kim, S. J., & Park, G. (2016), "How does the partner type in R&D alliances impact technological innovation performance? A study on the Korean biotechnology industry", *Asia Pacific Journal of Management*, 33(1), 141-164.
- Sueyoshi, T., and Aoki, S. (2001), "A use of a nonparametric statistic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test", *Omega*, 29(1), 1-18.
- Tether, B. S. (2002), "Who co-operates for innovation, and why: an empirical analysis",

Research policy, 31(6), 947-967.

- Van Beers, C., Berghäll, E., & Poot, T. (2008), "R&D internationalization, R&D collaboration and public knowledge institutions in small economies: Evidence from Finland and the Netherlands", *Research Policy*, 37(2), 294-308.
- Van Beers, Cees, and Fardad Zand. (2014), "R&D cooperation, partner diversity, and innovation performance: an empirical analysis", *Journal of Product Innovation Management*, 31(2), 292-312.
- Vossen, R. W., and Nooteboom, B. (1996), "Firm size and participation in R&D. In *Determinants of Innovation*", Palgrave Macmillan, London, 155-168.
- Wanke, P. F. (2013), "Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: A two-stage network-DEA approach", *Journal of Air Transport Management*, 31, 1-5.
- Zhong, W., Yuan, W., Li, S. X., and Huang, Z. (2011), "The performance evaluation of regional R&D investments in China: An application of DEA based on the first official China economic census data", *Omega*, 39(4), 447-455.
- Zhu, J. (2014), "Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets", Springer, New York.

□ 투고일: 2019.03.29. / 수정일: 2019.07.07. / 게재확정일: 2019.08.07.