

과학기술정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향 분석

A Study on Examining the Impact of Science and Technology Policy Mix
on R&D Efficiency

우청원(Chungwon Woo)*, 천동필(Dongphil Chun)**

목 차

- | | |
|--------------|--------------|
| I. 서론 | IV. 연구결과 |
| II. 기존 연구 검토 | V. 정책제언 및 결론 |
| III. 연구 방법 | |

국문 요약

본 연구는 2014년과 2016년 한국 제조업 부문 기술혁신조사 자료를 활용하여 과학기술혁신을 촉진하기 위한 정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향을 실증분석하였다. 정책조합을 시장중심, 공급중심, 수요중심으로 구분하고, DEA-Tobit분석을 통해 정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향을 추정하였다. DEA분석 결과, 한국 제조업의 R&D효율성은 높지 않은 것으로 분석되었고, 그 원인은 투입요소 중 R&D투자액이 효율적으로 활용되지 못했기 때문이다. Tobit모형의 추정결과에 따르면 정책조합은 R&D 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 시장중심 정책조합, 시장·공급중심, 공급·수요중심 정책조합이 R&D효율성과 정(+)의 관계를 확인할 수 있었다. 국내 R&D효율성을 개선하기 위해서는 R&D 투자 포트폴리오 전략 수립이 필요하고, 정부는 기업의 특성과 정책수단 간의 정합성을 고려해서 정책조합을 활용해야 한다.

핵심어 : 과학기술정책, 정책조합, R&D 효율성, 자료포괄분석-토빗분석

※ 논문접수일: 2018.8.2, 1차수정일: 2018.9.10, 2차수정일: 2018.11.13, 게재확정일: 2018.12.4

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

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

ABSTRACT

This study examines the effects of policy mix on R&D efficiency in by using data from 2014 and 2016 Korean Innovation Survey. The DEA-Tobit analysis is used to estimate the impact of policy mix on relative R&D efficiency. As a result of the DEA analysis, the R&D efficiency of the Korean manufacturing industry firms is low, because the R&D investment has not been used effectively. According to the Tobit model, policy mix have a positive effect on R&D efficiency. In particular, the combination of market-oriented, market·supply-oriented, and supply·demand-oriented policy mix showed a positive relationship with R&D efficiency. R&D portfolio is necessary to improve R&D efficiencies and government has to facilitate a policy mix in view of the nature of firms and Consistency of policy tools.

Key Words : Science and Technology Policy (STP), Policy Mix, R&D Efficiency, DEA-Tobit

I. 서 론

정책은 정부의 기능에 따라 사회, 문화, 경제, 과학기술 등으로 구분할 수 있고, 그 중에서 과학기술정책(Science and Technology Policy: STP)은 과학과 기술을 통한 혁신과정에 정부가 개입하거나 회피하여 국가 과학기술 발전이나 경제 발전을 촉진하는 총체적 활동이라고 볼 수 있다(이장재 외, 2011). 과학기술분야에서 정부의 역할은 시장실패, 정부의 책무성, 기술 협력 등이 있다(홍형득, 2016). 과학기술은 불확실성이 크고, 공공재 성격이 크기 때문에 과학기술분야에 민간이 참여하지 않아서 시장실패 상황이 발생할 수 있다. 정부는 국방, 보건, 에너지 등 민간 부분에서 R&D활동이 적극적으로 이루어지지 않는 분야도 지원해야 하는 임무를 가지고 있다. 기존의 방식으로는 사회문제를 해결하기 어려워지면서 산·학·연이 개별적으로 R&D활동을 하는 것이 아니라 협력해서 R&D활동을 할 수 있도록 정부가 지원하게 되었다.

과학기술정책 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 한정된 국가 자본을 효율적으로 배분하고, 관리하는 것이 과학기술정책의 중요한 임무이다. R&D효율성을 높이는 것이 과학기술정책의 하나의 주요한 목표라고 볼 수 있다. 세계적인 경기침체가 계속되고, 복지·국방수요가 증대함으로써 국가 R&D 투자를 지속적으로 증대하기 어려운 상황에서 R&D효율성 확보는 더욱 중요한 요소가 되었다. 정부R&D사업의 효율성을 높이는 것도 중요하지만, 본 연구에서는 민간 R&D효율성을 높일 수 있는 영향요인에 초점을 두었다. 정부는 과학기술이 불확실성, 공공성을 가지고 있더라도 국가경쟁력을 확보하기 위해서는 민간 부문이 과학기술분야에 투자를 할 수 있도록 직·간접적인 정책수단을 활용해서 지원해야 한다(홍형득, 2016).

민간기업의 R&D활동을 지원하기 위해 다양한 정책수단들이 활용되었다. 보조금이나 조세지원을 통해 경제적인 지원을 해주는 시장중심 정책수단, 민간기업이 R&D활동에 필요한 재화나 용역을 지원해주는 공급중심 정책수단, 민간기업의 수요를 반영한 공공구매나 인증지원과 관련된 정책수단, 강제성을 동반한 규제와 같은 정책수단 등이 있다. 이러한 정책수단들이 혁신활동에 미치는 영향에 대한 연구도 지속적으로 이루어져 왔다. Rubenstein and Ettl(1979)는 미국 자동차 부품 제조업체를 대상으로 정부규제가 기술혁신을 촉진할 수도 있고, 저해할 수도 있다는 규제의 양면성을 밝혔고, Shan et al.(1994)는 정부의 금융, 인력, 판로지원이 기업의 혁신활동에 긍정적인 영향을 준다는 것을 보여주었다. 최석준·김상신(2007)은 정부 보조금을 증가시킬수록 기업 내부 R&D 투자가 증가한다는 것을 밝혔다.

R&D성과 및 활동에 영향을 주는 정책수단들에 대한 선행연구들은 몇 가지 한계점을 지니고 있다. 먼저, 대부분의 연구들은 정책조합에 대한 영향은 반영하지 못하였다. 과학기술정책의 목표를 달성하기 위해서는 단일의 정책수단이 아니라 복수의 정책수단을 활용한다(김윤희,

2011). 정책조합은 거시경제에서 재정·금리·환율 간의 균형을 통해 경제성장과 경제안정이라는 두 가지 목표를 달성하기 위해 처음으로 활용되었다. 과학기술분야에서도 경제 발전과 국민의 삶의 개선 등 다양한 목표를 달성해야 하기 때문에 정책조합이 필요하다. 다음으로는 일부 연구에서 정책조합의 필요성이나 정책조합 방안을 제시하고 있지만(김운형, 2011; 성지은, 2012), 계량적인 방법을 통해 정책조합이 R&D성과에 미치는 영향을 본 사례는 드물다. 본 연구에서는 논문, 특허와 같이 과학적·기술적 성과를 직접적으로 종속변수로 활용하는 것이 아니라 DEA분석을 통해 R&D효율성을 분석해서 정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향을 분석하였다. R&D 효율성이 과학기술정책에서 주요한 성과지표로 부상하고 있는 상황에서 본 연구를 수행해야 하는 필요성이 있다고 볼 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장은 R&D효율성, 정책조합에 관한 기존 연구들을 검토하고 정리하였다. 3장은 분석에 필요한 DEA와 Tobit분석에 대한 설명과 분석에서 활용한 자료 및 변수 선정과정을 설명했다. 4장은 정책조합이 R&D효율성에 미치는 효과를 추정한 결과를 제시했다. 마지막으로 5장은 본 연구의 시사점과 한계점에 대해 논의했다.

II. 기존 연구 검토

1. R&D 효율성

한국은 혁신을 통한 경제성장을 촉진하기 위하여 중앙정부 및 지자체 차원의 다양한 R&D 정책수단이 기획 및 이행되고 있다. 이는 시장중심, 공급중심, 수요중심의 정책수단으로 크게 구분이 가능하다. 모든 정책수단은 궁극적으로는 이행을 위하여 정부의 예산이 투입되고 있다. 이러한 현황에서 정부 예산이 투입된 만큼 R&D 정책의 수혜기업들은 이에 대한 성과 창출이 매우 중요하다.

R&D는 투입과 성과 창출, 특히 재무적 성과 측면에서 투입에서부터 성과까지 이르는 과정이 블랙박스라 같다. 이러한 이유로 국내·외 많은 연구들이 R&D 성과와 이에 미치는 영향 요인에 대하여 규명을 진행하고 있다. R&D 성과에 대한 영향요인을 살펴보는 연구에 더하여, 정부 예산이라는 한정된 자원을 포함한 영향요인에 대한 R&D 성과 차이를 규명할 시에는 투입 대비 산출이라는 개념이 포함된 효율성의 개념에 집중하는 것이 필요하다. 효율성에 영향을 미치는 요인을 규명할 시에는 향후 관련 자원의 효율적인 배분에 도움을 줄 수 있는 정보의 제공이 가능하기 때문이다. 이러한 관점에서 많은 분야에서 지속적으로 활용되고 있는 효율성 분석의

방법론인 DEA는 가장 적합한 방법론 중 하나라고 볼 수 있다.

DEA는 모수적 통계기법과 비교하여 몇 가지 장점들이 있으며(Martin-Cejas, 2002), 특히, R&D 성과 중 중요 관점인 상대적인 효율성 측정에 있어서 강점이 존재한다. 첫째, 다중 투입과 산출을 고려하여 의사결정단위(Decision making unit: DMU)들의 상대적인 효율성을 측정함에 있어서 시장 가격에 대한 고려가 불필요하다(Wang and Huang, 2007). 둘째, R&D의 투입과 성과에 있어서 특정 형태에 대한 함수가 정의되고 있지 않고 있는데, DEA는 이러한 특성에 대하여 별도의 전제가 요구되지 않는다(Guan et al., 2006; Martin-Cejas, 2002; Wang and Huang, 2007; 김태희 외, 2009). 셋째, 모수적 통계 기법은 이러한 다중 투입 및 산출을 종합적으로 포함하는데 약점을 지니고 있는데, DEA는 이러한 약점을 보완하며 R&D 성과를 분석할 수 있다(Wang and Huang, 2007; 조윤기, 2010).

DEA는 R&D 성과분석을 포함하여 조직, 경영 등 다양한 분야에서 보편성을 바탕으로 널리 활용되고 있다. DEA는 투입과 산출에 대한 데이터를 기반으로 효율성 분석이 진행되는 만큼, 이의 적용을 위하여 가장 중요한 과정 중 하나는 투입 및 산출 변수의 선정이다. 조직성과, 경영성과와 같이 연구 상황에 부합하는 적절한 변수들이 존재하고 있으며, R&D 분야 또한 예외는 아니다. 이에 따라, 본 연구는 연구의 분석 범위에 맞게 다양한 연구 중 기업을 대상으로 진행된 DEA를 적용한 R&D 성과분석 관련 선행연구를 조사 및 정리하였다. 윤정목 외(2014)는 산업단지 내 강소기업의 R&D 효율성 평가를 위하여 DEA를 활용하였다. 투입변수로는 기술개발 인력, 기술개발 투자액을 설정하였고, 산출변수로는 매출액, 기술개발실적, 경영평가, 사업성, 기술성을 설정하여 연구를 진행하였다. 이후 DEA 분석 결과를 기반으로 강소기업의 그룹을 구분하고, 각 그룹 별 특성에 대한 분석을 시도하였다. 김창희 외(2016)는 IT 기업을 대상으로 R&D 투자 및 운영 효율성 분석을 시도하였다. 이 때, 서비스업과 제조업을 구분하여 접근하였다. 2-stage DEA 방법론을 활용하였으며, 1단계에서는 투자 효율성을 살펴보기 위한 변수로 기업의 총자산과 R&D투자를 투입변수로, 자기자본이익률(Return on equity: ROE)과 총자산순이익률(Return on assets: ROA)을 산출변수로 설정하였다. 2단계에서는 1단계의 산출변수가 투입변수가 되고, 최종 산출변수로 영업이익과 주당 순이익(Earning per share: EPS)을 설정하여 분석을 실시하였다. 분석결과, 투자 효율성에서는 IT 제조업이, 운영 효율성에서는 IT 서비스업의 효율성이 우수한 것으로 밝혀졌다. 우청원·정양현(2016)은 기업의 원가관리가 내부 및 외부 R&D 효율성에 미치는 영향을 살펴보았다. 투입변수로는 R&D 전담인력, 내부 R&D 비용, 외부 R&D 비용을 설정하였으며 산출변수로는 국내 특허 등록 건수, 매출액, 시가총액을 활용하였다. 분석결과 원가관리 수행여부에 대하여 공시하는 기업군의 R&D 효율성이 그렇지 않은 기업군보다 상대적으로 우수한 것을 확인하였다. 홍성효·김경근(2015)은 중소기업

업 R&D 활동과 관련한 외부조달 재원의 효과에 대한 실증분석을 시도하였다. 이를 위하여 DEA 투입변수로는 노동자수, 업력, 대표자 연령, 성(gender)을 선정하였고, R&D 활동에 의한 매출액과 기술개발 성공건수를 산출변수로 선정하여 분석을 실시하였다. 중소기업 R&D 효율성이 지역 간 차이를 보이고 있음이 나타났으며, R&D 투자 규모 자체가 관련 효율성을 향상시키며 내부 및 외부 자금 투자 모두 통계적으로 유의미한 정(+)의 효과를 가지고 있음을 제시하였다. 이종대·정양현(2014)은 한국 중소 제조기업의 R&D 효율성 분석을 실시하며 R&D 단계 및 산업 유형에 따른 차이를 살펴보고자 하였다. 2-stage DEA를 적용하였으며, 투입변수로는 내부 및 외부 R&D 투자, R&D 인력을, 중간재변수로는 공정혁신 및 제품혁신 특허출원 건수를, 산출변수로는 매출액, 영업이익을 설정하여 연구를 진행하였다. 분석결과 상업화 단계의 효율성이 혁신 단계보다 상대적으로 우수한 것으로 나타났으며, 두 단계 모두에서 High-tech 기업의 R&D 효율성이 상대적으로 우수한 것으로 밝혀졌다. 천동필 외(2014)는 KOSPI 200 기업 중 비금융업 기업군을 대상으로 R&D 효율성 분석을 실시하였다. 투입변수로는 비용화

〈표 1〉 DEA 활용 R&D 효율성 관련 선행연구

연구	연구대상	투입변수	산출변수
윤정목 외 (2014)	한국 강소기업	- 기술개발 인력 - 기술개발 투자액	- 매출액 - 기술개발실적 - 경영평가 - 사업성 - 기술성
김창희 외 (2016)	한국 IT 제조업 및 서비스업	- 총자산 - R&D투자 - ROE (중간변수) - ROA (중간변수)	- 영업이익 - EPS
우청원·정양현 (2016)	Asset 4 평가 한국 제조업 중 R&D 수행 기업	- R&D 전담 인력 - 내부 R&D 비용 - 외부 R&D 비용	- 국내특허등록건수 - 매출액 - 시가총액
홍성효·김경근 (2015)	제조업 및 사업서비스업을 영위하는 기술개발수행 중소기업	- 노동자수 - 업력 - 대표자의 연령과 성	- 매출액 - 기술개발실적
이종대·정양현 (2014)	2010년 기술혁신활동조사 응답 제조기업	- 내부 R&D 투자 - 외부 R&D 투자 - R&D 인력 수 - 공정혁신특허(중간변수) - 제품혁신특허(중간변수)	- 매출액 - 영업이익
천동필 외 (2014)	KOSPI 200 섹터지수 포함 대기업	- 비용처리 R&D비 - 자산처리 R&D비	- 국내특허등록건수 - 매출액 - 영업이익

처리 및 자산화 처리된 R&D비를 선정하고, 산출변수로는 국내 특허 등록 건수, 매출액, 영업이익을 선정하여 연구를 진행하였다. 분석결과 철강과 소재 산업에 속한 기업군의 R&D 효율성이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다.

선행연구 검토 결과, 기업의 R&D에 있어서 투입변수로는 종합적으로 관련활동에 활용되는 인적, 물적 자원을 대변할 수 있는 R&D투자액과 관련 인력을 주로 선정하고 있음이 나타났다. 산출변수로는 기업의 혁신 성과와 사업화 성과를 종합적으로 파악할 수 있는 특허관련 정보와 혁신을 통한 매출액이 중요하게 다뤄지고 있음을 파악할 수 있었다. <표 1>은 DEA를 통한 R&D 성과 분석과 관련된 선행연구들을 정리한 결과이다.

2. R&D 효율성에 영향요인

DEA와 Tobit을 결합하여 2단계 분석모형을 구성한 후 종속변수에 대한 영향요인을 규명하고자 하는 시도에 대한 관련 선행연구는 DEA의 경우처럼 다양한 분야에서 진행되었다. 본 연구의 경우 R&D 효율성에 중점을 두고 있는 만큼, 해당 분야에서 진행된 선행연구를 중심으로 검토를 진행하였다.

백철우 외(2009)는 아시아 국가의 기술혁신 환경요인이 R&D 효율성에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. 한국을 포함한 아시아 5개 국가의 R&D 효율성을 DEA로 측정 후, 이를 토빗 모형의 종속변수로 설정하였다. 설명변수로는 개방성, 지식재산권 보호정도, 벤처캐피털 시장 발전정도 등 기술혁신 환경요인을 설정하였다. 주요 결과로는 한국, 일본, 중국이 2003년 이후 R&D 효율성 우수 국가로 자리매김하고 있었으며, 지식재산권 보호의 강화와 벤처캐피털 시장의 발전도가 R&D 효율성에 음(-)의 영향을 미치고 있었다고 보고하였다. 백철우·노민선(2013)은 연구원수와 R&D투자액을 DEA의 투입변수로, 특허출원과 기술수출을 산출변수로 설정하여 DEA 분석을 수행 후 토빗 분석에서 이에 영향을 미치는 설명변수로 해외기술도입, R&D 아웃소싱, 외부로부터의 R&D 자금도입으로 구성된 개방형 혁신전략을 설정하였다. 분석결과 R&D 아웃소싱 전략은 저기술 산업에 속한 대기업일수록 그 효과가 큰 것으로 나타났으며, 외부 R&D 자금 도입은 R&D 효율성에 음(-)의 영향을 미치고 있는 것으로 밝혀졌다. 조남권 외(2018)는 전기전자산업과 기계산업을 대상으로 DEA와 토빗분석을 통하여 R&D 효율성 분석과 영향요인 분석을 시도하였다. 특징적으로는 DEA를 수행함에 있어서 R&D를 지식재산의 창출화 단계와 지식재산을 통한 사업화 단계로 정의하여 분석을 실시하였다는 것이다. 이 중 지식재산을 통한 사업화 단계에 한해서 토빗분석 실시하여 영향요인 규명을 시도하였다. 분석 결과, R&D 투자비용과 총자산, 기업의 업력이 사업화 효율성에 긍정적인 영향을 미치고 있음

이 밝혀졌으며, 총 보유특허는 효율성에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 이철행·조근태(2014)는 보건의료기술 R&D 사업의 효율성 분석을 실시 후 단독연구와 협동연구로 구분 하고 연구 유형별로 세부적으로 고효율질환과 저효율질환으로 구분하였다. 이후 토빗 분석을 실시하여 인당연구비, 지역, 박사급인력 비율이 R&D 사업 효율성에 미치는 영향을 살펴 보았다. 주요 결과로는 인당 연구비가 대부분 유형의 효율성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인 으로 밝혀졌다. Cullmann et al.(2009)는 OECD 국가를 대상으로 R&D 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 미치는 변수로써 각국의 규제 환경을 주목하여 토빗 분석을 실시하였다. 분석 결과 스웨덴, 독일, 미국이 전 세계에서 가장 우수한 R&D 효율성을 보이고 있음을 밝혀냈으며, 토빗분석을 통하여 각국의 규제는 기업의 경쟁 환경을 약화시키고, 이에 따라 규제의 강도가 강할수록 R&D 효율성은 낮아진다는 결과를 제시하였다.

이처럼 국내·외 연구에서 DEA와 토빗분석을 결합하여 연구를 진행하고 있으며 R&D 환경에

〈표 2〉 DEA-Tobit 활용 R&D 관련 선행연구

연구	연구대상	독립변수	주요결과
백철우 외 (2009)	OECD MSTI, IMD 국가경쟁력지표 내 자료확보 가능 35개국	- 개방성 - 지식재산권 보호 정도 - 반독점정책 - 산학연계 - 벤처캐피탈 활용정도	- 지식재산권 보호 정도 (+) - 반독점정책 (-) - 산학연계 (-)
백철우·노민선 (2013)	R&D활동조사, 기술무역통계, 한국특허정보원, 한국신용평가정보 내 정보 존재 한국 기업	- 아웃소싱 - 외부R&D자금조달 - 해외 기술도입	- 아웃소싱 (+) - 외부R&D자금조달 (-)
조남권 외 (2018)	기계 및 전기전자산업 46개 중소·중견기업	- R&D비 - 총 보유특허 - 산업집적도	- R&D비(+)
이철행·조근태 (2014)	2008년-2010년 수행된 316개 보건의료기술 R&D 프로젝트	- 인당연구비 - 지역 - 박사급인력 비율	- 인당연구비(+)
Cullmann et al. (2009)	OECD 국가	- 라이선스와 허가시스템 - 물과 절차의 커뮤니케이션과 간 소화 - 기업의 행정적 부담 - 지주회사의 행정적 부담 - 산업 별 특성에 따른 행정적 부담 - 법적 장벽 - 독점 면제	- 물과 절차의 커뮤니케이션 과 간소화 (+) - 산업 별 특성에 따른 행정 적 부담 (+) - 독점 면제 (+)

서 또한 활발히 진행되었다. 하지만, 선행연구 검토 결과 R&D 환경과 전략을 주요 영향요인으로 설정하고 분석이 실시된 측면이 있으며 본 연구에서 진행하고자 하는 R&D정책, 특히 정책조합에 대한 연구는 아직 진행되지 않고 있다. 이에 본 연구는 최근 국가의 경쟁력 강화를 위해 그 역할이 대두되고 있는 R&D정책조합이 기업의 R&D 효율성에 미치는 영향을 토빗분석을 통하여 규명하고자 한다.

3. 정책조합(Policy mix)

정부 정책은 국가가 추구하고자 하는 목표를 뜻하기도 하고, 이를 위해 활용하는 정책 수단도 포함한다. 정부 정책의 효율성을 제고하기 위해 정책수단을 개발한다. 정책수단은 정치적인 요소를 배제하고 있어서 가치중립적인 성격을 띤다. 행정학 연구에서는 정책도구를 다양하게 정의했다. Doern and Phidd(1983)는 정책도구를 정책 이해관계자들이 정책 목표를 달성하기 위해 사용하는 모든 수단이라고 정의했고, Vedung(1998)은 정부가 정책을 수행하기 위해 활용하는 다양한 기법이라고 정의했다.

정책수단 유형은 시간이 지나면서 여러 기준에 따라 세분화되었다. 정책수단은 정부가 활용할 수 있는 자원과 목적에 따라 분류할 수 있다. 정부가 활용할 수 있는 자원으로는 지문, 보조금, 법률, 서비스 전달 등이 있고, 정책수단 목적은 사회행위자 행동변화와 사회행위자 행동감시로 나눌 수 있다(Hood, 1986). 정책수단은 강제성 수준에 따라서 규제, 유인, 정보제공으로 나눌 수 있다(Vedung, 1998). 규제가 가장 강한 강제성을 가진 수단으로 법에 근거해서 사회구성원들이 따라야 하는 제도를 포함한다. 그 다음으로 유인은 사회 구성원들이 직접적으로 정부로부터 재정적 지원을 받을 수 있는 보조금과 같은 요소가 포함된다. 정보제공은 정부가 사회구성원들에게 정부사업정보나 기술정보를 지원하는 것을 포함한다. Salamon(2002)은 정책수단을 직접적 도구와 간접적 도구로 분류했다. 직접적 정책 도구에는 재화나 용역을 제공하거나 공정 가격을 규정하는 것을 포함하고, 간접적 정책 도구는 정보, 서비스, 사회적 보호 등을 포함한다. 정책도구별로 전달방식과 전달기관이 달라질 수 있다. 하현희·문명재(2007)는 직접적 도구와 간접적 도구에 적극성 정도를 상(High), 중(Middle), 하(Low)로 표현해서 정책수단 유형을 세분화했다. 정부가 직접적으로 제품이나 서비스를 제공하면 적극성이 상이고, 정부 보험은 중이고, 정보제공은 하에 속한다.

Linder and Peters(1989)는 정책도구별 특성을 연속성 지표로 표현할 수 있는 예시를 제시했다. 정책도구의 특성 기준은 운영복잡성(Complexity of operation), 공적 가시성(Level of Public visibility), 사용자 적응성(Adaptability Across uses), 개입성(Level of intrusiveness),

상대적 비용(Relative costliness), 실패가능성(Chances of failure), 대상정밀성(Precision of targeting), 시장의존성(Reliance of market)이 포함된다.

〈표 3〉 정책수단 유형 분류 기준

정책수단 유형 기준	저자
1. 정책 목적(사회참여자 행동변화, 사회참여자 행동감시) 2. 정부가 활용할 수 있는 자원(연결형, 재정형, 권위형, 조직형)	Hood(1986)
1. 규제(강제성 上) 2. 유인(강제성 中) 3. 정보제공(강제성 下)	Vedung(1998)
1. 직접적 정책도구(재화 및 자원 제공) 2. 간접적 정책도구(정보제공, 대출지원, 조세지원 등)	Salamon(2002)
1. 정부직접공급, 사회적 규제, 민간 보험(적극성 上) 2. 보조금, 조세지출, 정부 보험(적극성 中) 3. 정보제공(적극성 下)	하현희·문재명(2007)

정책조합(Policy mix)라는 개념은 1960년대 경제학에서 처음 언급되었다. 노벨상 수상자인 Robert Mundell은 물가안정과 경제성장이라는 목표를 달성하기 위한 방법으로 통화·재정·환율을 정책의 상호작용을 고려한 정책조합을 제시했다. 경제 성장과 물가안정은 상충되는 목표이기 때문에 하나의 정책으로는 달성하기 어렵기 때문에 경제정책수단을 효율적으로 배합해서 복잡한 정책목표를 달성하고자 하는 노력이 계속되고 있다. 거시경제에서 정책조합이 시작되었지만, 산업정책, 환경정책, 혁신정책 등 다양한 분야에서 정책조합의 중요성이 언급되고 있다. 특히 1990년대부터 지속가능발전이 강조되면서 사회·경제·환경 등 다양한 목표를 달성하기 위해 정책간의 정합성을 높이기 위한 노력이 지속되어 왔다(Lafferty and Hovden, 2003). 과학기술혁신정책에서도 경제성장과 사회문제 해결이라는 목표를 달성하기 위해 혁신정책의 정책조합이 주목받고 있다(김윤형, 2011). 혁신정책은 과학기술분야뿐만 아니라 안전, 에너지, 환경, 안보 등 다양한 분야 정책과 연계되면서 통합형 혁신정책으로 전환되면서 혁신지원수단 조합의 필요성이 강조되고 있다(김윤형, 2011).

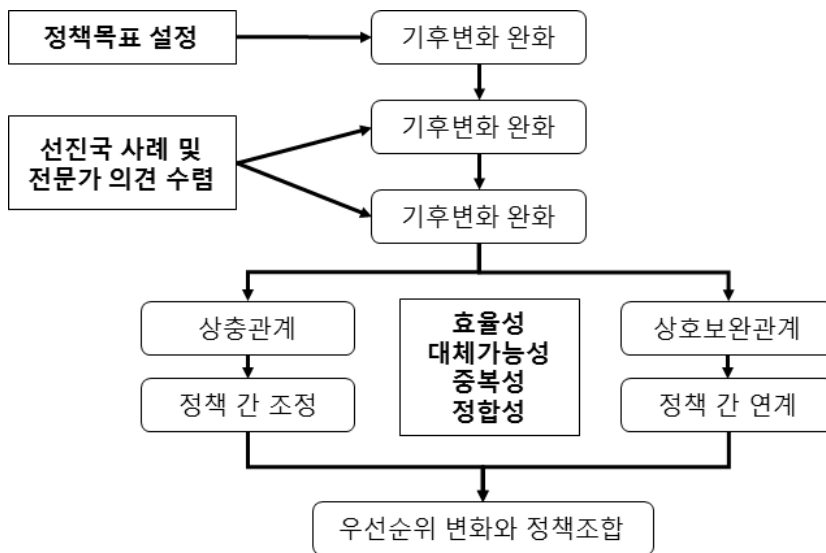
단수의 정책수단으로는 복잡한 이해관계자들이 얽혀있는 사회문제를 해결하기 어렵기 때문에 다수의 정책수단을 순차적 혹은 동시에 사용한다. 정책조합 방법은 3가지로 나눌 수 있다. 첫째는 정책수단 간의 유사성이다. 성격이 유사한 정책수단을 활용할 수 있고, 성격이 다른 정책수단을 활용할 수 있다. 둘째는 정책조합의 강도이다. 정책조합에 활용한 정책수단의 개수를 말한다. 정책조합에 활용하는 정책수단이 무조건 많다고 효율적인 것은 아니다. 정책수단을 많이 활용할수록 공적자금이 많이 투입되기 때문에 정책조합을 구성할 때 최적화된 정책수단의

배합을 고려해야 한다. 셋째는 순차적 정책조합이다. 시간이 지남에 따라 기존의 정책조합을 계속 활용할 수도 있고, 정책수단들을 바꾸어가면서 활용할 수도 있다. 정책조합 방법을 달리하는 목적은 정책수단 간의 정합성을 높여서 정책효과를 높이는 것이다.

김윤형(2011)은 녹색성장이라는 목표를 달성하기 위해 농업 관련 정책조합 방안을 제시하는 연구를 수행했다. 기후변화 완화를 위한 정책수단은 시장 중심적 정책과 비시장중심적 정책으로 나눌 수 있다. 시장중심적 정책은 온실가스의 일정량을 배출할 수 있도록 권리를 주는 배출권거래제, 세제 혜택, 탄소세, 보조금 제도 등이 있고, 비시장중심적 정책은 규제, 기술 보급 등과 같은 공급중심형과 공공구매, 교육 및 홍보 등과 같은 수요중심형이 있다. 정책조합 방안을 도출하기 위한 순서는 1) 정책목표 설정, 2) 정책수단 분류 및 정책수단 간 관계 파악, 3) 우선순위 설정, 4) 정책조합 수립 순으로 진행되어야 한다. 정책조합을 구성할 때 정책수단 간의 효율성, 대체가능성, 중복성, 정합성 등을 파악할 수 있어야 한다.

정책조합을 구성하는 과정에서 고려해야 하는 요소는 정책도구가 선택되는 환경과 정책도구 특성이다. 정책조합은 기존의 정책조합을 계속사용하려는 경로의존적 성격이 존재하고, 정책도구와 관련된 정치경제적 요인에 영향을 받는다. 또한 정책 이해관계자들의 가치와 신념도 정책조합 과정에 영향을 준다(오민수·김재일, 2009).

정부는 다양한 정책수단을 활용해서 기업 혁신활동을 직·간접적으로 지원했다. 정책수단의 종류에 따라 기업혁신활동이나 재무성과에 미치는 영향은 다르게 나타났다. 정책수단 중에 강



*자료 : 김윤형(2011), p. 84

(그림 1) 기후변화 완화를 위한 정책조합 순서도

한 강제성을 가진 규제가 기업 성과에 미치는 영향은 여전히 논쟁거리이다. 최영훈(1997)은 정부 규제정책은 기업 기술혁신 활동에 미치는 영향이 선형적이지 않다고 설명했다. Rubenstein and Zegveld(1981)은 환경규제는 기업들의 단기적 재무성과에 나쁜 영향을 미칠 수도 있지만, 환경 변화에 적응하기 위해 기업혁신활동을 촉진하는 경향이 있다고 설명했다.

정책수단 중 유인정책과 정보제공정책은 대체적으로 기업 성과나 기술혁신 성과에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이의영 외(2009)는 정부 R&D 투자액이 노동생산성과 총요소생산성에 긍정적인 효과를 미친다는 것을 Tobit모형을 통해 밝혔고, Guellec and Potterie(2004)는 방위산업에서 정부 R&D지원금과 민간 R&D 투자액은 기업성과에 긍정적인 영향 미치지만, 혁신성과에는 유의한 영향을 주지 못했다. 김기완(2008)은 정부 R&D 보조금은 기업 자체 R&D자금을 증가시키는 효과가 있지만, 기업 노동생산성을 향상시키는 않는다고 밝혔다. 이병헌 외(2008)는 인력에 대한 투자가 R&D 혁신활동에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 류숙원·김상윤(2010)은 중소기업을 대상으로 정책수단별 중소기업혁신에 미치는 영향을 분석했다. 규제에 대해 부정적으로 생각하는 중소기업일수록 기업 혁신성과에 긍정적인 영향을 미쳤고, 조세감면이나 기술정보 제공도 기업혁신에 긍정적인 영향을 미쳤다.

정책조합은 정책수단들 간에 시너지 효과를 발생해서 기업 성과나 혁신성과에 긍정적인 영향을 준다. 황석원 외(2016)는 다중회귀분석을 통해 정책조합이 기업성과와 혁신성과에 미치는 영향을 분석하였다. 정책조합은 기업규모에 긍정적인 영향을 미치고, 유인 정책수단들을 활용한 정책조합은 신규고용창출효과, 매출액 증가, R&D 집중도에 긍정적인 영향을 미쳤다. 오승환(2014)은 중소기업이 신용보증기금으로부터 받는 보증과 기술보증기금으로부터 받는 인증을 모두 받으면, 그렇지 않은 기업보다 기업성과나 R&D 투자가 향상되는지를 분석했다. 그룹 간 기업 특성 편차를 줄이기 위해 성향점수매칭(Propensity Score Matching: PSM)을 활용했다. 정책조합은 3년이 지난 이후에 매출액 증가율이나 자산 증가율에 영향을 미친다. 이러한 연구들은 주로 정책조합의 경제적인 효과나 R&D 투자효과를 보았다. 국내 R&D 투자 규모가 정체되고 있는 상황에서는 과학기술 정책조합을 통해 R&D 투자 효율성 제고 방안을 모색해야 한다.

III. 연구 방법

1. 자료포락분석(DEA)

DEA는 분석 단위 간 상대적인 효율성을 분석하는 방법론으로써, 지난 수십 년간 이론과 실증

연구를 통하여 발전하였다(Cook and Seiford, 2009). 민간과 공공 영역을 포함한 다양한 영역에서의 성과 분석을 중심으로 활용되었으며(Färe and Grosskopf, 1996; Wang and Huang, 2007), 기업의 R&D 성과 분야에서 또한 활발히 적용되고 있다.

Charnes et al.(1978)의 연구를 시작으로 DEA 방법론에 대한 논의와 응용이 본격적으로 확대되기 시작하였다. DEA의 주요 특징은 다중투입과 이에 따른 다중산출의 가정이다. 이 때, 분석 대상의 표현 단위는 의사결정단위 (Decision Making Unit, 이하 DMU)라고 한다. DMU 별 투입 규모에 무관하게 수익이 불변한다는 가정은 규모수익불변(Constant Returns to Scale, 이하 CRS)라 하며 Charnes et al.(1978) 논문의 각 저자 이름의 첫 글자를 따서 CCR 모형이라고도 한다. 이후 경우에 따라 규모의 비효율성에 대한 반영이 필요하다는 요구를 수용하여 규모수익가변(Variable Returns to Scale, 이하 VRS) 가정 하의 BCC 모형 또는 Banker et al.(1984) 논문의 각 저자 이름의 첫 글자를 따서 BCC 모형으로 명명된 모델이 제시되었다.

CCR 모형은 모든 분석 대상 DMU가 규모수익불변 상태에 존재한다는 가정에서 방법론이 적용되므로 규모수익가변 상태에 있는 대상들에 대한 적용이 힘들다. 즉, DMU의 효율성에 대해 투입 규모가 미치는 영향을 파악하는 것이 불가하다(박만희, 2008). 이는 보완한 BCC 모형을 함께 살펴봐야 하는 이유이다. 정리하자면, CCR 모형의 경우 운영 성과와 규모 효과가 혼재된 분석 결과가 산출된다. 하지만, BCC 모형의 경우 규모 효과를 배제한 순수 운영 성과만이 도출된다. 통상적으로 BCC 모형의 결과는 CRS의 결과보다 크거나 같기 때문에 CRS/VRS 로 산출되는 규모 관점의 효율성 비율은 1보다 작거나 같은 결과를 나타내게 된다(오동일, 2001; 김지혜 외, 2012). DEA는 CCR, BCC 모형과 함께 산출지향(Output-oriented)과 투입지향(Input-oriented)으로 구분된다. 산출지향은 투입량을 고정시킨 상태에서 산출량의 확대에 초점을 맞춘다면, 투입지향은 산출량을 고정시킨 후 투입량의 절감에 중점을 둔다(천동필 외, 2014).

2. DEA-Tobit 분석

DEA 분석을 통해 산출된 효율성 점수를 기반으로 이에 대한 영향요인 규명을 위하여 적합한 방법론으로는 Tobin(1958)이 제시한 토빗(Tobit) 모형을 선정하였다. DEA의 경우 대부분의 분석모형의 결과 값이 0과 1 사이의 연속변수의 형태를 띠고 있으며, 동시에 절단된(truncated) 성격을 지니고 있다. 이러한 경우 다중회귀분석과 같이 최소자승법(Ordinary least square) 기반 방법론을 사용할 경우, 불일치한 추정치를 산출하게 된다. 따라서 종합적으로 판단할 때 토빗 모형이 DEA를 통해 산출된 R&D 효율성 점수를 종속변수로 설정하여 적용가능한 가장 적합한 접근이라고 볼 수 있다(백철우·노민선, 2013).

3. 분석 자료 설명

본 연구에서는 정책조합과 R&D 효율성을 측정하기 위해 과학기술정책연구원(STEPI)이 2016년과 2014년에 실시한 제조업 부문 기술혁신 조사자료와 기업 공시 재무자료를 활용하기 위해 kis-value를 활용했다. 기술혁신조사는 2-3년마다 국내 기업대상으로 혁신 활동 현황과 특성을 파악하기 위해 2002년부터 실시되고 있다. 국제적으로 혁신활동을 비교분석 할 수 있도록 수행되는 Community Innovation Survey(CIS)와 Oslo Manual을 기반으로 설문지가 구성되어 있다. 2003년부터 통계청으로부터 '국가승인통계'로 지정된 국내 유일한 기업단위 혁신활동 설문조사이다. 설문조사 모집단은 2011년부터 2015년까지 기업 활동을 수행한 상시종사자수 10인 이상의 제조업체이다. 2014년 자료는 2011년부터 2013년까지 혁신 활동한 기업을 포함하고, 2016년 자료는 2013년부터 2015년까지 활동한 기업을 포함한다. 본 연구는 분석결과의 강건성을 높이기 위해 2014년 자료와 2016년 자료를 매칭했다. 2012년 자료부터 R&D 투입 및 산출과 관련된 자료가 설문수행한 시점만 제공하기 때문이다. R&D투자 후 일정기간이 지난 후에 성과가 창출되기 때문에 본 연구는 이를 고려하였다. DEA-tobit 모형에 분석한 최종 표본은 42개이다.

4. DEA 투입·산출변수 선정

DEA모형을 통한 상대적 효율성은 변수의 내용 및 개수에 따라 차이가 크므로 투입·산출변수 선정이 중요한 작업이다. DEA 기법에서 투입·산출변수가 너무 많을 경우 효율적인 DMU수가 많아져 효율성 결과에 대한 변별력이 떨어질 수 있다(정재명, 2015). 적절한 DMU개수는 선행연구에 따라 기준이 차이가 있다. Banker et al.(1984)는 투입요소와 산출요소 합이 세배 이상이 적절하다고 했고, Boussofiane et al.(1991)는 투입요소와 산출요소의 곱보다 많아야 한다고 밝혔고, Dyson et al.(2001)는 투입요소와 산출요소의 곱의 두 배 이상이 필요하다고 했다. 본 연구에서 사용한 DMU개수는 42개이고, 투입변수와 산출변수가 각각 2개이므로 앞서 언급한 적절한 DMU개수를 모두 만족시킨다. 투입변수나 산출변수 간에 상관관계가 높을 경우 중복적인 변수 활용 문제가 있으므로 변수 간 상관관계를 분석해야 한다.

DEA분석에 활용된 투입·산출 변수는 선행연구에서 주로 사용된 변수들을 중심으로 선정했다. R&D 투입요소로는 인력과 예산과 관련된 변수를 사용했다(권일숙 외, 2013; Lee et al., 2009; Hashimoto and Haneda, 2008). 인력변수로는 2013년 R&D 전담인력을 활용했고, 예산변수로는 2013년에 투자한 R&D금액을 사용했다. 산출변수로는 특허와 혁신매출액을 선정

했다. R&D 인력, 예산, 특허 변수 정보는 기술혁신 조사 자료에서 확보하였으며, 혁신매출액 추정을 위하여 NICE 신용평가정보에서 제공하는 kis-value 데이터베이스를 기술혁신조사 자료에 매칭하여 활용하였다.

특허변수는 2013년부터 2015년 간 혁신활동을 통해 출원된 특허 건수를 사용했다(Lee et al., 2009; Hashimoto and Haneda, 2008). 혁신매출액은 2013년부터 2015년까지 출시된 시장 최초 제품혁신활동이나 귀사 최초인 제품혁신활동으로 발생한 매출액 비중과 kis-value 2015년 매출액의 곱으로 계산했다. 기술혁신조사표에 2015년 매출액을 활용할 수 있지만, 결측치가 존재해서 샘플수가 줄어들기 때문에 공시된 자료를 기반으로 재무정보를 제공하는 kis-value 2015년 매출액을 사용하였다.

R&D 효율성 분석을 위한 투입과 산출변수를 선정하고, 이를 분석에 적용하기 위하여 투입과 산출변수 간 회임기간과 연구개발의 투입에서 성과까지의 개념을 고려하였다. 연구개발은 자원 투입 후 이의 성과 창출까지 일정 정도의 시간이 요구되며, 기업의 R&D 또한 예외는 아니다. 통상적으로 투입단계에서 연구인력과 예산을, 이에 따른 과학기술적성과인 투입이 산출되고, 결과적으로 경제적 성과인 매출액이 발생하게 되는 일련의 프로세스를 거치게 된다(김선경 외, 2016). R&D 활동은 불확실성을 가지고 있기 때문에 회임기간을 정하기 쉽지 않다(Wang and Huang, 2007). R&D 회임기간은 사업 특성에 따라 다를 수도 있다(Goto and Suzuki, 1989). 기술혁신조사를 활용한 실증연구에서는 주로 2년의 회임기간을 사용했다(Woo et al., 2014). 따라서 본 연구는 이러한 개념과 이에 따른 시차를 적용하기 위하여 투입에서 경제적 성과까지의 회임기간을 2년으로 고려하고, 이의 중간 과정인 특허출원과 관련하여 과정적 특성을 반영하여 변수처리를 시도하였다.

선정된 변수 간에 다중공선성 문제를 확인하기 위해 상관분석을 실시했고, 투입변수나 산출변수 간에 상관계수가 절대값 기준으로 모두 0.5이하이므로 다중공선성 문제는 없었다. 대부분의 실증연구들에 있어서 배병렬(2002)에 기반하여 상관계수가 0.8 미만일 경우 다중공선성 문제에서 자유로운 것으로 판단하고 있다(남인수·김명미, 2010; 김민성·김종필, 2010). 또한, 유정빈(1996) 역시 보수적으로 접근하여도 상관계수 0.6 미만일 경우를 다중공선성이 일어나지

〈표 4〉 R&D효율성 분석을 위한 투입요소와 산출변수

변수종류	변수명	시기
투입	R&D 전담인력(명)	2013년
	R&D 투자비(백만원)	2013년
산출	특허 출원수(건)	2013년~2015년 합
	혁신매출액(백만원)	2015년

〈표 5〉 변수 간 상관관계

		R&D 전담인력	R&D 투자비	특허 출원수	혁신매출액
투입요소	R&D 전담인력	1			
	R&D 투자비	0.18	1		
산출요소	특허 출원수	0.28	0.02	1	
	혁신매출액	0.18	0.13	-0.02	1

〈표 6〉 투입·산출변수의 기초통계량

		평균	표준편차	최소값	최대값
투입요소	R&D 전담인력	33	36	3	200
	R&D 투자비	4,641	11,793	20	76,200
산출요소	특허 출원수	9	16	1	84
	혁신매출액	30,980	25,764	937	121,852

않는 기준으로 살펴보고 있음을 감안할 때, 본 연구에 활용된 독립변수 간 최대 상관관계수인 0.28은 다중공선성을 일으키지 않는다고 볼 수 있다.

6. DEA-Tobit 분석을 위한 변수 선정

DEA-Tobit 모델을 가지고 정책조합이 R&D 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위해 독립변수, 통제변수, 종속변수를 선정했다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{it} + \beta_2 age_i + \beta_3 sales_i + \beta_4 industry_i \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

종속변수(y_i)는 BCC모형에서 도출된 순수 기술 효율성이다. CCR모형의 기술효율성은 규모의 경제를 고려하지 못하기 때문에 이를 개선한 BCC모형의 효율성을 사용했다. 독립변수(x_{it})는 정책조합, 시장중심 정책조합, 공급중심 정책조합, 수요중심 정책조합, 시장·공급중심 정책조합, 시장·수요중심 정책조합, 공급·수요중심 정책조합으로 나누었다. 이러한 분류방법은 국가혁신체제(National Innovation System)에서 언급하는 정책 유형 중 기술공급정책과 기술수요정책 기준과 김윤희(2011)에서 활용한 정책유형을 활용했다. 정책조합 변수는 정부가 기업혁신활동을 지원하기 위해 사용하는 정책 수단으로 조세지원, 자금지원, 금융지원, 인력지원, 기술지원, 인증지원, 구매지원 중 2개 이상의 정책지원수단을 기업이 활용한 경우 1이고, 아닌

경우는 0인 명목변수이다. 시장중심 정책조합은 기업이 조세지원, 자금지원, 금융지원 정책 중에서 2개 이상의 정책지원수단을 활용하면 1이고, 아닌 경우는 0인 명목변수이다. 공급중심 정책조합은 기업이 인력지원, 기술지원 정책 중에서 2개 이상의 정책수단을 활용하면 1이고, 아닌 경우는 0인 명목변수이다. 수요중심 정책조합은 기업이 인증지원, 구매지원 정책 중에서 2개 이상의 정책지원수단을 활용하면 1이고, 아니면 0인 명목변수이다. 시장·공급중심 정책조합은 기업이 시장중심정책(조세, 자금, 금융)과 공급중심정책(인력, 기술)에서 각각 1개 이상 활용한 경우 1이고, 아니면 0인 명목변수이고, 시장·수요중심 정책조합과 공급·수요중심 정책조합도 같은 방법으로 변수를 만들었다. 통제변수로는 기업규모를 나타내는 매출액 로그값($sales_i$)과 기업나이(age_i), 산업더미 변수($industry_i$)를 선정했다. 매출액은 2016년 말 공시자료를 활용했고, 기업나이는 2016년에서 설립연도를 뺀 값을 사용했다. 산업더미는 산업분류체계를 OECD에서 활용하는 기술분류에 따라서 High Technology, High-Middle Technology, Low-Middle Technology, Low Technology 4개 더미변수로 구성했다(Czarnitzki and Thorwarth, 2012). <표 8>은 DEA-Tobit분석에 사용된 변수들의 기초 통계량을 보여준다. 경제적 지원을 포함하고 있는 시장중심 정부지원을 받은 기업이 가장 많은 것으로 나타났다. 수요중심 정부지원에 대한 수요가 증가하고 있지만, 아직까지는 활용하고 있는 기업이 많지 않다는 것을 확인할 수 있다. 대상기업의 76%가 HT, MHT산업에 포함되고 있고, 설립연도는 12년 이상인 것을 확인할 수 있다.

〈표 7〉 변수명 및 변수측정지표

변수명		변수측정지표설명
종속변수	R&D효율성	BCC모형 R&D 효율성 값
독립변수	정책조합	기업이 조세, 자금, 금융, 인력, 기술, 인증, 구매 관련 정책지원수단 중 2개 이상을 활용한 여부
	시장중심	기업이 조세, 자금, 금융 관련 정책지원수단 중 2개 이상을 활용한 여부
	공급중심	기업이 인력, 기술 관련 정책지원수단 중 2개 이상을 활용한 여부
	수요중심	기업이 인증, 구매 관련 정책지원수단 중 2개 이상을 활용한 여부
	시장/공급 중심	기업이 시장중심정책과 공급중심정책 중 각각 1개 이상을 활용한 여부
	시장/수요 중심	기업이 시장중심정책과 수요중심정책 중 각각 1개 이상을 활용한 여부
통제변수	공급/수요 중심	기업이 공급중심정책과 수요중심정책 중 각각 1개 이상을 활용한 여부
	매출액	Log(2016년 말 기준 매출액)
	설립연도	2016 - 설립년도
	산업더미	OECD 기술분류에 따른 HT, HMT, LMT, LT 더미변수

주 : HT(High Technology), MHT(Middle-High Technology), MLT(Middle-Low Technology), LT(Low Technology)

〈표 8〉 R&D효율성 결정요인 기술 통계치

		평균	표준편차	최소값	최대값
종속변수	R&D효율성	0.52	0.38	0.05	1.00
독립변수	정책조합	0.50	0.51	0.00	1.00
	시장중심	0.45	0.50	0.00	1.00
	공급중심	0.26	0.45	0.00	1.00
	수요중심	0.17	0.38	0.00	1.00
	시장/공급 중심	0.36	0.48	0.00	1.00
	시장/수요 중심	0.36	0.48	0.00	1.00
	공급/수요 중심	0.31	0.47	0.00	1.00
통계변수	log(매출액)	14.54	1.05	11.45	16.32
	설립연도	26.12	9.13	12.00	49.00
	HT	0.31	0.47	0.00	1.00
	MHT	0.45	0.50	0.00	1.00
	MLT	0.17	0.38	0.00	1.00
	LT	0.07	0.26	0.00	1.00

주 : HT(High Technology), MHT(Middle-High Technology), MLT(Middle-Low Technology), LT(Low Technology)

IV. 연구결과

42개 제조업을 대상으로 DEA분석을 통해 투입지향 R&D효율성을 분석한 결과는 〈표 9〉와 같다. 투입지향 R&D효율성을 분석한 이유는 저성장기조가 계속되고, R&D 성과에 대한 불확실성이 커지면서 R&D투자 증가율이 낮아지고 있기 때문이다. 저성장기조에 따른 R&D투자 증가율 저하는 정부와 민간 차원 모두에서 공통적으로 나타나고 있다. 한용용·김주일(2018)은 정부 R&D 예산 증가율이 2015년 6.2%에서 2016년 1.1%로 감소한 후, 2018년 또한 1.1%를 기록한 것을 밝혔다. 또한, 황석원 외(2017)은 민간 R&D 투자 증가율이 2011년 16.8%로 최고 점을 기록한 후 계속적으로 감소하여 2015년 2.4%를, 2017년에는 1.5%로 감소할 것으로 전망하였다.

기술효율치, 순수기술효율치, 규모효율치 중에서 규모효율치가 0.75로 가장 높게 나왔다. CCR 모형으로 분석했을 경우, 6개의 기업이 효율적으로 나왔고, BCC 모형으로 분석했을 경우, 12개 기업이 효율적으로 나왔다. 기업 간에 효율성 편차는 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 기술혁신조사에 응답하는 제조업간에 R&D역량 차이가 존재하고, 2014년과 2016년도 기술혁신조

〈표 9〉 DEA모형별 R&D효율성

순위	효율성			순위	효율성		
	BCC기준	CCR	BCC		SE	BCC기준	CCR
1	0.98	1.00	0.98	26	0.19	0.24	0.79
2	1.00	1.00	1.00	27	0.17	0.24	0.72
3	0.88	1.00	0.88	28	0.12	0.21	0.60
4	0.95	1.00	0.95	29	0.09	0.20	0.44
5	0.47	1.00	0.47	30	0.16	0.19	0.81
6	0.66	1.00	0.66	31	0.12	0.18	0.67
7	1.00	1.00	1.00	32	0.13	0.16	0.77
8	0.15	1.00	0.15	33	0.13	0.16	0.83
9	1.00	1.00	1.00	34	0.08	0.15	0.55
10	1.00	1.00	1.00	35	0.11	0.13	0.82
11	1.00	1.00	1.00	36	0.09	0.09	0.93
12	1.00	1.00	1.00	37	0.07	0.09	0.76
13	0.69	0.93	0.74	38	0.08	0.09	0.82
14	0.66	0.89	0.75	39	0.05	0.08	0.65
15	0.61	0.85	0.72	40	0.04	0.07	0.56
16	0.72	0.81	0.89	41	0.05	0.06	0.84
17	0.42	0.72	0.58	42	0.02	0.05	0.43
18	0.19	0.60	0.31	평균	0.41	0.52	0.75
19	0.51	0.55	0.94				
20	0.46	0.53	0.87	표준편차	0.36	0.38	0.21
21	0.39	0.45	0.86				
22	0.19	0.35	0.54	최소값	0.02	0.05	0.15
23	0.27	0.32	0.84				
24	0.17	0.31	0.57	최대값	1.00	1.00	1.00
25	0.28	0.30	0.94				

참고 : DEA-Tobit모형에서 BCC모형 결과값을 사용하기 때문에 BCC기준으로 정렬함

사 결과를 매칭하는 과정에서 결측치가 발생했기 때문이다.

〈표 10〉은 Tobit모형을 이용해 정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향을 추정한 결과를 보여준다. 모델 (1)을 보면 정책조합은 R&D효율성에 긍정적인(+)영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 정책조합을 통해 정책수단 간에 시너지 효과를 발현해서 정책 목표를 효율적으로 달성한다는 황석원 외(2016)와 오승환(2014)의 연구결과를 뒷받침한다. 구체적으로 어떤 정책조합이 R&D효율성에 영향을 미쳤는지를 확인하기 위해 정책조합별 효과를 분석해본 결

과, 시장중심 정책조합, 시장·공급중심 정책조합, 공급·수요 중심 정책조합이 R&D효율성과 양(+)의 관계에 있는 것으로 나타났다. 정책 성격이 같은 정책조합 중에서는 시장중심 정책조합만이 R&D효율성에 긍정적인 영향을 미쳤다.

〈표 10〉 정책조합이 R&D효율성에 미친 영향

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
정책조합	0.25** (0.12)						
시장중심		0.21* (0.11)					
공급중심			0.20 (0.13)				
수요중심				0.13 (0.15)			
시장/공급 중심					0.23* (0.12)		
시장/수요 중심						0.13 (0.12)	
공급/수요 중심							0.23* (0.12)
log(매출액)	0.01 (0.06)	-0.01 (0.06)	-0.04 (0.06)	-0.04 (0.06)	-0.02 (0.06)	-0.03 (0.06)	-0.03 (0.06)
설립연도	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)
HT	-0.28 (0.22)	-0.24 (0.22)	-0.20 (0.23)	-0.21 (0.23)	-0.23 (0.22)	-0.22 (0.23)	-0.19 (0.22)
MHT	-0.09 (0.22)	-0.08 (0.22)	-0.04 (0.22)	-0.01 (0.23)	-0.07 (0.22)	-0.06 (0.22)	-0.07 (0.22)
MLT	-0.08 (0.24)	-0.08 (0.24)	-0.05 (0.25)	-0.06 (0.25)	-0.05 (0.24)	-0.06 (0.25)	-0.04 (0.24)
상수항	0.34 (1.13)	0.70 (1.11)	1.17 (1.10)	1.11 (1.12)	0.87 (1.09)	0.96 (1.12)	1.01 (1.09)

주 : 괄호안 수치는 표준오차를 나타냄.

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

즉, 공급중심 정책조합과 수요중심 정책조합은 시너지 효과가 나타나지 않았다. 공급중심 정책조합은 R&D효율성에 긍정적인 영향을 미치지 못했지만, 시장중심 정책이나 수요중심 정

책과 같이 기업을 지원할 경우 R&D효율성을 높인다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 정책수단 간에 정합성과 중복성에 따라서 R&D효율성이 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

VI. 정책제언 및 결론

본 연구에서는 DEA를 통해 한국 제조업 42개 기업의 R&D효율성을 비교하고, 그 영향요인인 정책조합을 Tobit분석을 이용해 분석했다. R&D활동을 통해 성과를 얻는 데에는 일정 시간(time lag)이 필요하기 때문에 기술혁신조사 2014년도와 2016년도 자료를 매칭해서 투입변수와 산출변수 간에 시간차를 고려했다. 연구결과에 따르면 한국 제조업의 효율성 평균은 높지 않은 것으로 분석되었다. CCR모형에서는 41%, BCC모형에서는 52%로 효율성이 높지 않았다. 비효율적인 DMU의 원인을 살펴보기 위해 슬랙값을 조사한 결과, 연구개발비에서만 슬랙값이 존재하였다. 따라서 R&D 효율성을 높이기 위해서는 연구개발비를 효율적으로 활용할 필요가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 42개 DMU중에서 28개 DMU가 규모수익체증(Increasing Returns to Scale, 이하 IRS)이라서 투입 확대를 통해 효율성을 제고할 수 있다는 것을 알 수 있다. R&D효율성 영향요인을 분석한 Tobit분석결과에 따르면 정책조합은 R&D효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 정책조합 구성 중에서 시장중심 정책조합이 R&D효율성에 정(+)의 영향을 미쳤다. 이는 보조금지원이나 조세지원 등 기업이 바로 R&D에 활용할 수 있는 경제적 지원이 R&D효율성을 높인다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 정부보조금이나 조세지원이 혁신성과에 긍정적인 영향을 미치는 것을 밝힌 기존 선행연구들과 맥을 같이한다고 볼 수 있다(최석준·서영웅, 2010; 이병헌 외, 2014). 시장·공급중심 정책조합과 공급·수요중심 정책조합도 R&D효율성에 긍정적인 영향을 미쳤고, 공급중심 정책조합, 수요중심 정책조합, 시장·수요중심 정책조합은 유의미한 영향을 주지 못했다. 정책수단 간의 정합성에 따라서 정책조합이 R&D효율성에 미치는 영향은 다를 수 있다는 것을 보여준다. 시장중심적인 지원과 비시장중심적인 지원(기술, 인력)이 함께 되었을 때 R&D효율성이 높아진다는 것을 확인할 수 있고, 정부 주도인 공급중심 지원과 수요자 참여가 필요한 수요중심 지원이 함께 되었을 때 R&D효율성을 높인다는 것을 알 수 있다.

본 연구의 시사점으로는 먼저, 한국 제조업은 R&D효율성을 높이기 위해서는 R&D투자효율화가 필요하다. DEA모형에 상관없이 전체적으로 효율성이 낮은 상태이고, 비효율성이 발생하는 주요한 투입변수가 R&D투자액이기 때문이다. R&D투자 시 우선순위에 따라서 선택과 집중이 필요하고, 포트폴리오 전략을 수립할 필요가 있다. 선택과 집중, 효율적인 포트폴리오 전략

수립을 위하여 고려해야 할 관점은 R&D 기간, 기술확보 방안, 주체로 구분이 가능하다. 우선, 중장기 관점의 R&D와 단기 R&D를 구분한 지원이 필요하다. 4차 산업혁명 관련 다양한 예산과 정책이 존재하지만, 한국의 혁신역량과 산업 기반 등을 고려한 한국이 강점을 나타낼 수 있는 중장기 관점의 영역과 당장 기업들이 접근 가능한 단기적 영역을 구분하여 포트폴리오를 구성해야 할 것이다. 예를 들어, 인공지능 알고리즘 개발도 중요하지만, 이와 함께 빅데이터 처리를 특화 반도체 설계, 해당 칩에 필요한 소재개발을 함께 염두에 둔 포트폴리오 구성이 가능하다. 또한, 기업들이 기술을 확보하는 방안을 직접 R&D와 외부 R&D에서 확보된 기술을 구매하는 방안으로 구분하여 각 영역에서 요구되는 정책을 지원해야 한다. 마지막으로, 정부 부처 간 칸막이에 따른 중복 지원을 지양하고 산·학·연의 역할 구분, 벤처, 창업, 중소기업 등 기업규모 별 접근 가능한 R&D를 사전에 인지하고 이에 따른 R&D 예산 집행과 포트폴리오 전략 수립이 중요하다. IRS인 기업들은 투입을 확대함으로써 더 많은 성과물을 낼 수 있기 때문에 중장기적인 관점에서 지속적인 투자전략 수립이 필요하다. 즉, 투입을 확대하기 위하여 시장 중심 정책지원이 요구된다. 직접적인 자금 지원을 포함한 조세지원을 통한 민간의 R&D 투자확대 또한 이에 해당한다고 볼 수 있다. 반대로 CRS 또는 규모체감(Decreasing Return to Scale, 이하 DRS)인 기업들을 위하여 시장·공급 중심 또는 공급·수요 중심 정책을 선별적으로 지원하는 것이 요구된다. 해당 기업들은 R&D 체질강화 또는 산출강화가 요구되는 기업들이다. 체질강화를 위하여 기술인력, 기술지원 등의 공급중심 정책과 산출강화를 위한 우선부 구매 등이 포함된 수요중심 정책의 활용이 가능하다.

둘째, 정부는 기업 R&D효율성을 향상시키기 위해서는 정책수단의 특성을 고려한 정책조합이 필요하다. R&D효율성을 향상시키기 위한 정책조합을 구성할 때, 사용가능한 정책수단의 특성을 파악해보고, 정합성, 중복성 등을 고려해야 한다. 정책조합의 필요성은 관점에 따라 일부기업에 대한 중복지원으로 인식될 수도 있다. 본 연구가 주목한 부분은 시장, 공급, 수요중심 관점으로 구분하고, 각 영역내 또는 영역 간 상이한 정책지원을 조합하여 활용하고 있는 정책 수요자인 기업과, 이를 위한 정책 공급 현황을 인지한 상태하의 정책성과 극대화이다. 일부기업들에 대한 중복지원 문제를 지양하기 위하여 수도권과 비수도권, 기업규모 등에 따른 정책 정보에 대한 정보의 비대칭성 해소 또는 일정기간 동안 정책 총 수혜 횟수 제한 등 정책운영 개선방안 모색이 동반되어야 할 것이다. 정부가 기업R&D를 지원할 수 있는 제원은 제한적이기 때문에 정책목표를 효과적으로 달성할 수 있도록 정책조합 구성이 중요하다. 마지막으로 본 연구는 실증분석을 통해 혁신정책분야에 정책조합 효과를 제시함으로써 정책조합이 다양한 분야에 활용가능하다는 선행연구를 뒷받침하였다(김윤형, 2011).

본 연구에서는 한국 제조업의 R&D효율성과 영향요인을 분석을 하는데 제한된 샘플을 사용

했다. 그 이유로는 투입변수와 산출변수 간에 시간차를 고려하기 위해 2014년과 2016년 기술혁신조사 설문조사를 매칭하면서 많은 샘플이 제외되었기 때문이다. 기술혁신조사는 3년마다 조사대상이 무작위로 선정되기 때문에 2014년과 2016년 연속으로 기술혁신조사 설문에 응답한 기업의 수가 적었다. 또한 설문조사를 기반으로 한 자료이기 때문에 무응답으로 인한 결측치가 발생하였다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 기술혁신자료로 한국제조업의 R&D효율성을 분석하고, 그의 영향요인으로써 정책조합을 분석한 첫 연구라는 것에서 의의가 있다고 볼 수 있다. 본 연구의 또 다른 한계점은 분석 결과의 해석에 일부 존재한다. 정책조합이 R&D 효율성에 미치는 효과를 분석한 후, 분석결과를 기반으로 구체적인 방안을 제시해야 하는 것이 원론적으로 옳은 방향이라고 본다. 그러나 정책조합에 따른 이행이 기업의 운영 및 이에 따른 성과에 미치는 광범위한 파급효과에 대한 예측이 힘들기에 다소 선언적인 해석이 불가피하게 존재한다.

향후 연구로는 정책조합 강도에 따라서 R&D효율성에 미치는 영향차이를 확인해봄으로써 정책조합의 시너지를 확인하는 것이다. 제한된 샘플 수로 인해 분석 그룹을 분야별 정책조합별로 나누어서 수행하지 못했지만, 정책조합을 보다 정교하게 구성하기 위해서는 필요한 연구이다. 이러한 시도를 통하여 보다 깊이 있는 시사점과 구체적 방안의 제시가 가능할 것이다.

참고문헌

- 권일숙·박성민·설원식 (2013), “제조업의 R&D 투자와 효율성 : 2 단계 DEA 모형의 적용을 중심으로”, 『경영컨설팅연구』, 13(3): 155-174.
- 김기완 (2008), 「정부 R&D 보조금 의 기업 성과 에 대한 효과 분석」, 세종 : 한국 개발 연구원.
- 김민성·김종필 (2010), “초등학교 태권도 수련생의 참여동기와 수련만족이 학교생활태도에 미치는 영향”, 『한국체육교육학회지』, 15(1): 355-369.
- 김선경·이길우·안혜린·방은진 (2016), 「2015년 국가 R&D 성과 Scoreboard 구축을 위한 연구」, 서울 : 한국과학기술기획평가원.
- 김윤형 (2011), 「녹색성장을 위한 농업부문 정책조합 방안」, 한국농촌경제연구원 기본연구보고서, 1-110.
- 김지혜·김해수·임빛나·윤장혁 (2012), “DEA와 맘퀴스트 생산성 지수를 활용한 OECD 국가 간 의료서비스 효율성 분석”, 『한국경영과학회지』, 37(4): 125-138.
- 김창희·이규석·김수욱 (2016), “IT 기업의 R&D 투자 및 운영 효율성 분석 : 서비스업 및 제조

- 업의 비교를 중심으로”, 「한국 IT 서비스학회지」, 15: 51-63.
- 김태희·김인호·안성봉·이계석 (2009), “자료포락분석법을 활용한 국가연구개발사업의 효율성 분석”, 「기술혁신학회지」, 12(1): 70-87.
- 남인수·김명미 (2010), “중, 고교 검도선수들의 성취목표성향이 자기관리 및 수행전략에 미치는 영향”, 「한국여성체육학회지」, 24(2): 193-205.
- 류숙원·김상운 (2010), “정책 도구의 선택이 중소기업혁신에 미치는 영향에 관한 연구”, 「한국정책과학학회보」, 14(2): 65-90.
- 박만희 (2008), 「효율성과 생산성 분석」, 서울 : 한국학술정보.
- 배병렬 (2002), 「LISREL 구조방정식 모델 이해와 활용」, 서울 : 대경.
- 백철우·노민선 (2013), “기업의 개방형 혁신전략의 R&D 효율성 제고 효과”, 「생산성논집」, 27(4): 302-319.
- 백철우·권명화·유승훈 (2009), “아시아 국가의 기술혁신 환경요인이 R&D 효율성에 미치는 영향 분석”, 「아시아연구」, 12(2): 113-139.
- 성지은 (2012), 「통합형 혁신정책과 정책 조합」, 세종 : 과학기술정책연구원.
- 오민수·김재일 (2009), “정책 도구 조합과정 분석틀의 모색”, 「한국공공관리학보」, 23(4): 309-332.
- 오승환 (2014), “혁신 정책의 중복지원, 반복지원, 순차지원으로 발생하는 보완 효과에 대한 연구”, 서울대학교 기술경영경제 정책 프로그램 박사학위 논문.
- 오동일 (2001), “DEA를 이용한 IMF 체제하의 우리나라 우량 상장 건설업체의 경영 효율성 평가와 관리적 시사점”, 「회계학연구」, 26(4): 27-61.
- 우정원·정양현 (2016), “원가관리가 기업 내부·외부 연구개발 효율성에 미치는 영향”, 「관리회계연구」, 16(2): 59-77.
- 유정빈 (1996), “선형회귀모형에서 다중공선성이 존재할 때 결정계수에 대한 연구”, 「응용과학연구」, 5(1): 123-130.
- 윤정목·류태수·황승준·박근완 (2014), “DEA 를 통한 산업단지내 강소기업의 효율성 평가 및 특성에 관한 연구”, 「대한경영학회지」, 27(10): 1747-1765.
- 이의영·김경환·신범철 (2009), “기술개발 지원 정책이 기업성과에 미치는 효과”, 「e-비즈니스연구」, 10(4): 367-389.
- 이병헌·이수욱·위세안 (2014), “정부의 기술개발 지원이 중소기업의 기술혁신 성과에 미치는 영향”, 「벤처창업연구」, 9(5): 157-171.
- 이병헌·강원진·박상문 (2008), “혁신형 중소기업과 일반 중소기업간 기술혁신 및 성과 차이와 정책적 시사점”, 「벤처경영연구」, 11(1): 79-100.

- 이장재·현병환·최영훈 (2011), 「과학기술정책론 : 현상과 이론」, 서울 : 경문사.
- 이종대·정양현 (2014), “한국 중소 제조기업의 R&D 생산성 분석 : R&D 단계 및 산업 유형”, 「회계정보연구」, 32(1): 51-68.
- 이철행·조근태 (2014), “DEA 를 이용한 보건의료기술 R&D 사업의 효율성 분석과 전략적 포트폴리오 모형”, 「대한산업공학회지」, 40(2): 172-183.
- 정재명 (2015), “DEA와 Tobit회귀를 이용한 공공도서관의 효율성 및 영향요인 분석”, 「지방정부연구」, 19(2): 141-171.
- 조남권·김규환·이석진 (2018), “DEA 를 통한 중소·중견기업의 R&D 효율성 분석”, 「지식재산연구」, 13(2): 207-236.
- 조윤기 (2010), “국제경제 : 한, 중, 일 연구개발투자의 효율성 및 생산성변화 비교 분석”, 「국제지역연구」, 14(2): 43-60.
- 최석준·서영웅 (2010), “조세감면이 기업의 R&D 혁신성과에 미치는 영향”, 「한국산학기술학회 논문지」, 11(9): 3223-3231.
- 최석준·김상신 (2007), “정부 연구개발 보조금의 기업자체 R&D 투자에 대한 효과 분석”, 「기술혁신학회지」, 10(2): 706-726.
- 천동필·정양현·방성식 (2014), “한국 주요 기업의 연구개발 생산성 분석”, 「회계연구」, 19(4): 173-190.
- 최영훈 (1997), “행정규제와 기술혁신 : 다양한 선택의 길들”, 「한국행정학회 학술대 발표논문집」, 475-486.
- 하연희·문명재 (2007), “정책목표의 변화에 따른 정책 도구의 전략적 선택과 효과 : 우리나라 인구 정책을 중심으로”, 「정부학연구」, 13(2): 75-106.
- 한용용·김주일 (2018), 「2018년 정부 R&D 예산의 주요 현황과 특징」, 서울 : 한국과학기술기획평가원.
- 황석원·오승환·우청원·장필성·홍사균·강희중·최창택·김기환·이재진·김지훈 (2016), 「R&D 투자영향평가 기반 구축 및 시범분석」, 세종 : 과학기술정책연구원.
- 황석원·정기철·김지훈 (2017), 「2017 민간 R&D 투자 전망 : 전망은 밝지 않으나, R&D 투자 의지는 살아있다」, 세종 : 과학기술정책연구원.
- 홍성효·김경근 (2015), “중소기업 R&D 활동에서 외부조달 재원의 효과에 대한 실증분석”, 「경제연구」, 33(3): 85-105.
- 홍형득 (2016), 「과학기술정책론」, 서울 : 대영문화사.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991), “Applied Data Envelopment

- Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 52(1): 1-15.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management science*, 30(9): 1078-1092.
- Cook, W. D. and Seiford, L. M. (2009), “Data Envelopment Analysis (DEA)-Thirty years on”, *European Journal of Operational Research*, 192(1): 1-17.
- Cullmann, A., Schmidt-Ehmcke, J. and Zloczynski, P. (2009), “Innovation, R&D Efficiency and the Impact of the Regulatory Environment: A Two-Stage Semi-Parametric DEA Approach”, *German Institute for Economic Research*, Discussion papers.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Czarnitzki, D. and Thorwarth, S. (2012), “Productivity Effects of Basic Research in Low-Tech and High-Tech Industries”, *Research Policy*, 41(9): 1555-1564.
- Doern, G. B. and Phidd, R. W. (1983), “Canadian Public Policy: Ideas, Structure, Process”, Methuen.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. and Shale, E. A. (2001), “Pitfalls and Protocols in DEA”, *European Journal of operational research*, 132(2): 245-259.
- Fare, R. and Grosskopf, S. (1996), “Productivity and Intermediate Products: A Frontier Approach”, *Economics Letters*, 50(1): 65-70.
- Goto, A. and Suzuki, K. (1989), “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries”, *The Review of Economics and Statistics*, 71: 555-564.
- Guan, J. C., Yam, R. C. M., Mok, C. K. and Ma, N. (2006), “A Study of the Relationship between Competitiveness and Technological Innovation Capability Based on DEA Models”, *European Journal of Operational Research*, 170(3): 971-986.
- Guellec, D. and Van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004), “From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter?”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66: 353-378.
- Hood, C. (1986), *The Tools of Government*, Chanthan, NJ: Chatham House.
- Hashimoto, A. and Haneda, S. (2008), “Measuring the Change in R&D Efficiency of the

- Japanese Pharmaceutical Industry”, *Research Policy*, 37(10): 1829-1836.
- Lafferty, W. and Hovden, E. (2003), “Environmental Policy Integration: Towards an Analytical Framework”, *Environmental politics*, 12(3): 1-22.
- Linder, S. and Peters, G. (1989), “instruments of Government: Perceptions and Contexts”, *Journal of Public Policy*, 9(1): 35-58.
- Lee, H., Park, Y. and Choi, H. (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.
- Martín-Cejas, R. R. (2002), “An Approximation to the Productive Efficiency of the Spanish Airports Network through a Deterministic Cost Frontier”, *Journal of Air Transport Management*, 8(4): 233-238.
- Rubenstein, A. H. and Zegveld, W. (1981), “Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and 1990s”, Westport, Conn: Greenwood Press.
- Rubenstein, A. H., and Etlie, J. E. (1979), “Innovation among Suppliers to Automobile Manufacturers: An Exploratory Study of Barriers and Facilitators”, *R&D Management*, 9(2): 65-76.
- Salamon, L. M. (2002), “The New Governance and the Tools of Public Action: An Introduction”, In L. M. Salamon, (ed) *The Tools of Government: A Guide to the New Governance*, Oxford University Press.
- Shan, W., Wlaker, G. and Kogut, B. (1994), “Interfirm Cooperation and Startup Innovation in the Biotechnology Industry”, *Strategic Management Journal*, 15(5): 387-394.
- Tobin, J. (1958), “Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables”, *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 26(1): 24-36.
- Vedung, E. (1998), *Carrot, Sticks, and Sermons: Policy Instruments and their Evaluation*, New Jersey: New Brunswick.
- Wang, E. C. and Huang, W. (2007), “Relative Efficiency of R&D Activities: A Cross-Country Study accounting for Environmental Factors in the DEA Approach”, *Research Policy*, 36(2): 260-273.
- Woo, C., Chung, Y., Chun, D., Han, S. and Lee, D. (2014), “Impact of Green Innovation on Labor Productivity and its Determinants: An Analysis of the Korean Manufacturing Industry”, *Business Strategy and the Environment*, 23(8): 567-576.

우청원

KAIST 기술경영학과에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 과학기술정책연구원(STEPI)에서 부연구위원으로 재직 중이다. 혁신전략 및 에너지 정책과 관련한 다수의 국내외 논문들을 게재한 바 있다. 연구 관심분야는 국가연구개발분석 및 에너지 산업혁신 등이다.

천동필

KAIST 기술경영학과에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 부경대학교 기술경영전문대학원 조교수로 재직 중이다. 산업 및 공공 연구개발 성과분석과 관련한 다수의 국내외 논문들을 게재한 바 있다. 연구 관심분야는 연구개발 성과분석 및 데이터 기반 과학기술정책이다.