



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위 논문

국가에너지기술개발사업의
성과창출 요인에 관한 연구

*A study on the factors of successful Korean government R&D program
: Focusing on Energy industry*

2017. 2.

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
이 주 영

국가에너지기술개발사업의 성과창출
요인에 관한 연구

지도교수 황 준 석

이 논문을 경영학석사학위 논문으로 제출함

2017년 2월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
이 주 영

이주영의 경영학석사학위 논문을 인준함

2017년 2월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

초 록

혁신(Innovation)은 조직의 지속가능성을 위해 필수적인 요소이다. 기업은 혁신을 통해 경영을 지속할 수 있고, 정부 역시 혁신을 통해 예산집행의 효율성을 확보하고 국정을 지속적으로 운영할 수 있기 때문이다. 특히 에너지분야는 국제적인 온실가스 감축의무, 국가별 에너지안보 및 경제성장 등 사회전반적인 이슈와 밀접한 관련이 있음에도 불구하고, 분야의 특성상 민간의 혁신의지가 부족한 실정이다. 이에 정부는 에너지분야의 시장실패를 극복하기 위하여 에너지분야의 기술개발(Research and Development)을 적극적으로 지원하여 에너지분야의 기술혁신을 도모할 필요가 있다.

본 논문에서는 국가에너지기술개발사업의 성공적인 성과창출을 위하여 정책결정자의 의사결정사항이 연구개발성과에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 본 연구가 검증하고자 하는 가설은 국가에너지기술개발사업에서 1) 상향식(Bottom-up) 기획과제에서 하향식(Top-down) 기획과제보다 높은 성과가 발생하는지, 2) 연구개발의 성과인 산출(논문성과 및 특허성과)과 결과(사업화성과)는 서로 유의미한 양(+)의 관계가 있는지 이다. 또한 에너지분야는 세부기술별 특징이 상이하기 때문에 에너지분야 세부기술별로 성과에 미치는 영향을 분석하였다.

본 연구의 실증분석 대상은 2011년부터 2015년에 종료된 에너지기술개발사업 1,204건이며, Crepon, Duguet and Mairesse 모형을 변형하여 기술혁신투입(Innovation Input)-기술혁신산출(Innovation Output)-기술혁신결과(Innovation Outcome)간의 종합적인 관계를 확인하였다. 기술혁신투입요소로 정책결정자의 의사결정사항인 과제기획유형, 정부지원금(출연금)의 규모, 과제수행 참여기관의 유형을 고려하였고, 연구개발에 따른 기술혁신산출로 논문성과 및 특허성과, 기술혁신결과로 사업화성과를 측정하였다.

계량분석결과는 다음과 같다. 첫째, 과제기획유형은 하향식(Top-down) 기획과제가 상향식(Bottom-up) 기획과제에 비해 기술혁신산출(논문성과 및 특허성과)이 유의미하게

긍정적이었으나, 과제기획유형으로는 기술혁신결과(사업화성과)를 설명할 수 없었다. 둘째, 정부지원금(출연금)은 기술혁신산출(논문성과 및 특허성과)과 유의미한 양(+)의 관계를 보였으나, 기술혁신결과(사업화성과)는 설명할 수 없었다. 셋째, 과제수행 참여기관의 유형이 기술혁신산출(논문성과 및 특허성과)에는 영향을 미치나, 기술혁신결과(사업화성과)에는 영향을 미치지 않았다. 넷째, 기술혁신투입과 기술혁신산출 중에 논문성과는 기술혁신결과(사업화성과)를 설명할 수 없으나, 기술혁신산출 중에 특허성과는 기술혁신결과(사업화성과)에 유의미한 양(+)의 관계임을 보였다.

주요어: 국가연구개발사업, 에너지기술개발사업, 연구개발성과, 혁신
학 번: 2014-20615

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구 배경	1
제2절 연구 목적	9
제2장 문헌 고찰	11
제1절 연구개발(R&D)의 혁신성과	11
1. 연구개발성과의 정의	11
2. 연구개발 성과간의 관계	13
제2절 국가연구개발사업	15
1. 한국 정부의 국가연구개발사업	15
2. 국가연구개발사업의 투입요소	16
가. 기획유형	17
나. 정부지원금 (정부출연금)	21
다. 협력연구(컨소시엄)의 유형	26
3. 국가연구개발사업의 기술혁신성과	30

제3장 연구모형	35
제1절 분석대상	35
제2절 연구모형	36
제3절 변수의 정의 및 측정방법	38
제4절 계량분석 모형	41
1. 논문성과	41
2. 특허성과	42
3. 사업화성과	42
제4장 연구결과	43
제1절 기술통계량	43
제2절 산출(논문성과 및 특허성과)에 대한 분석결과	45
1. 논문성과에 대한 분석결과	47
2. 특허성과에 대한 분석결과	49
제3절 사업화성과에 대한 분석결과	51
제5장 결론	54
제1절 결론 및 시사점	54
제2절 연구의 한계와 향후 연구방향	59
참 고 문 헌	61

표 목 차

[표 1] 연구개발 성과 관련 선행연구	12
[표 2] Measuring R&D productivity (Brown and Svenson(1989) 등)	13
[표 3] 연구개발 성과간의 관계 선행연구 (1)	14
[표 4] 연구개발 성과간의 관계 선행연구 (2)	15
[표 5] 기획유형에 따른 기술개발성과에 대한 선행연구	18
[표 6] 국가연구개발사업의 공모유형 및 기획유형 구분	20
[표 7] 정부지원금이 연구개발성과에 미치는 영향	22
[표 8] 정부지원금이 민간 연구개발투자에 미치는 영향	24
[표 9] 협력연구의 특징에 따른 기술개발성과에 대한 연구	27
[표 10] 협력연구의 특징에 따른 기술개발성과에 대한 연구	29
[표 11] 국가연구개발사업의 혁신성과 관련 연구	31
[표 12] 국가연구개발사업 유형 및 기간에 따른 5대 핵심성과	32
[표 13-1] Brown and Svenson의 모형(1989)([표2]와 동일)	33
[표 13-2] Brown and Svenson의 모형(1989)의 변형	33
[표 14] 변수명 및 변수 내용	38
[표 15] 에너지기술개발사업 표본의 통계량	44
[표 16] AIC 모형 분석	46
[표 17] 논문성과에 대한 분석결과	48
[표 18] 특허성과에 대한 분석결과	50
[표 19] 사업화성과에 대한 분석결과	52
[표 20] 기술혁신투입과 기술혁신성과의 관계	56
[표 21] 에너지세부기술과 기술혁신성과의 관계	58

그림 목 차

[그림 1] 산업별 연구개발 및 사업화 소요기간	6
[그림 2] 연구모형	37
[그림 3] 논문성과와 특허성과의 분포	45

제1장 서론

제1절 연구 배경

혁신(Innovation)은 새롭거나 획기적으로 개선된 제품/서비스나 공정, 새로운 마케팅 방법 또는 사업수행과정, 업무조직, 외부와의 관계 등에서 새로운 조직적 방법을 실행한 것을 의미한다 (OECD, 2005). 전 세계적으로 경쟁하는 무한경쟁 체제에서 기업이 생존하기 위하여 가장 중요한 요소는 지속가능성이다. 기업의 지속가능한 경영을 위해 기업생산성에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 여러 학자들에 의해 혁신이 기업생산성 향상에 긍정적인 영향을 준다는 연구가 진행되었다 (Griffith et al., 2006).

1912년 Schumpeter가 기술혁신을 통해 경제발전이 일어난다는 ‘혁신이론’을 제안한 이후 혁신에 관한 많은 연구가 진행되었다. Carlsson and Stankiewicz(1991)는 혁신과 혁신의 확산은 다양한 상품과 서비스의 생산을 의미하며, 이는 경제변화의 근본적 원동력이라고 주장했다. 그 후 기업의 혁신에 대한 연구가 지속적으로 이루어졌으며, 기업의 혁신을 기술력, 사업화 성공, 손익분기 시점 등으로 정의했다 (Montoya-Weiss and Calantone, 1994 : Copenhagen, 2000 : Palmberg, 2006).

성공적인 혁신을 위해 중요한 사항 중 하나는 기업의 제품이 상품화 될 때까지 걸리는 시간과 손익분기점을 지나 기업이 흑자로 전환되기까지 걸리는 시간을 단축하는데 있다. 제품의 기술수명주기가 짧아지고, 고객의 요구가 다양화 되고, 시장이 세분화 되고, 국제화가 진행되는 등 시장의 경쟁은 점점 심화되고 있다. 시장 경쟁이 치열한 환경에서 기업의 연구개발투자비 증가는 불

가피한 상황이고, 이에 따라 기업이 아이디어 발생부터 사업화까지 걸리는 시간을 단축시키는 역량은 기업의 경쟁력 중 하나가 되었다 (Nevens, 1990 : Cooper, 2001 : S. Lee et al., 2009). 기업은 아이디어 발생부터 사업화까지 걸리는 시간을 단축함으로써 시장선도자(First-mover)로서 경쟁우위를 차지하게 된다. 또한 손익분기점까지 도달하는 시간이 짧으면 지속적으로 혁신에 투자하고 빠르게 발전할 수 있을 것이다 (Ali et al., 1995 : Karlsson and Ahlstrom, 1999).

많은 연구자들은 혁신을 위해서는 기업의 연구개발(Research and development)이 반드시 필요하다는 것을 보였다 (Freeman, 1987 : Carlsson and Stankiewicz, 1991 : Lai and Chang, 2010). Scherer(1965)는 미국 Fortune 500대 기업을 대상으로 산업의 특허와 매출 등의 관계에 대한 연구결과를 발표하고 특허가 기업의 혁신활동을 나타내는 대표적 성과지표임을 보였다. Dugal and Morbey(1995)는 1982년부터 1991년 사이의 경기침체 기간 동안에 연구개발투자액을 증가시킨 기업이 그렇지 않은 기업보다 높은 매출성장률을 보였음을 설명하였다. Foster(2003)는 각 업종을 대표하는 1,200개 글로벌(Global) 기업들이 1990년대 경기침체 기간에도 연구개발사업에 투자를 확대하였으며, 그로 인해 경쟁사에 비해 높은 경영성과를 낼 수 있었다고 분석하였다. Mairesse and Mohnen(2004)은 첨단기술(High-tech)산업과 기술수준이 낮은(Low-tech)산업에서 연구개발이 혁신에 미치는 영향을 평가하였는데, 연구개발은 혁신에 대해 양의 상관관계를 갖는다고 밝혔다.

한국 기업의 혁신 연구로 이성화·조근태(2012)는 기술개발 연구소를 보유하고 있는 민간기업 118개를 대상으로 분석하여 기술개발 투자가 기술사업화 성과, 매출액 증가율, 영업이익증가율 등 경영성과에 모두 긍정적인 영향을

미친다고 분석하였다. 신용세 · 하규수(2012)는 기술개발투자를 기술경영능력의 주요요소로 정의하고 실증 분석한 결과, 기술경영능력과 기술사업화는 양(+)의 관계가 있다고 분석하였다.

그러나 기업의 기술개발투자와 기업의 생산성간에 관계가 없거나 음의 관계가 있다는 연구도 있었다. Jaruzelski et al.(2005)은 세계 1,000대 기업을 대상으로 6년간 기술개발투자와 기업성과 간의 관계를 조사한 결과, 기술개발투자와 기업성과 간에 유의한 관계가 존재하지 않는 것으로 나타났다. 오히려 도요타나 구글 같은 업계 최고의 기업들은 경쟁사와 비교했을 때 매출액 대비 연구개발 투자비중이 상대적으로 낮는데 기업의 성과는 높은 것으로 분석하였다. 신영수 외(2009)는 기술개발 연구소를 보유한 175개 국내회사를 대상으로 실증 분석한 결과 기술개발 투자수준과 기업성과 간에 음(-)으로 유의한 관계가 있는 것으로 분석하였으며, 기술개발 투자금액보다는 이를 어떻게 효과적으로 사용하느냐가 더 중요하다고 설명하였다.

연구개발을 통한 혁신에 대한 연구는 기업뿐만 아니라 정부에서도 관심을 갖는 주제이다. 기업의 연구개발투자뿐만 아니라 국가의 연구개발사업을 통한 기업적, 사회적 혁신 연구도 진행되었다. 국가연구개발사업을 통한 혁신에 대한 연구는 1960년대에 시작하여 1990년 이후에 본격적으로 진행되었다. 초기에는 민간부문의 연구개발 투자가 과소투자 되기 때문에 발생하는 시장실패(Market failure)를 해소하기 위해 정부가 개입해야 한다는 연구가 주를 이뤘고, 최근에는 기술혁신의 시스템 실패(Systemic failure)를 해소하기 위해 정부가 개입해야한다는 연구가 진행되었다 (이용석 · 노도환, 2009). David et al.(2000)은 기업이 혁신을 위해 신규 연구개발에 투자할지를 결정할 때 초기 투자비용에 대한 부담 때문에 투자를 망설이는 경우가 많으며, 이때 정부

에서 기업의 연구개발 투자금의 일부를 지원(보조) 해준다면 초기 투자비용이 감소함을 보였다. 연구개발투자에 대한 부담이 감소한 기업은 연구개발을 적극적으로 추진할 것이고, 국가연구개발사업이 기업의 연구개발에 따른 혁신을 견인한다고 주장했다. Dinges et al.(2007)은 국가연구개발사업의 세 가지 목적을 제시했다. 첫 번째로 경쟁이 치열하거나 진입장벽이 높아서 기술개발을 시도하지 못하는 기업의 연구개발 지원하기 위함이다. 기업은 불확실성이 높거나 실패할 확률이 높은 시장에서는 위험회피적인 선택을 한다. 특히 자금력 및 인력이 부족한 신생기업의 경우 해당시장에 관심이 있더라도 경쟁이 치열하거나 진입장벽이 높은 경우 시장진입을 포기할 것이다. 이에 정부는 중소기업 및 신생기업의 연구개발을 지원함으로써 해당기업이 시장에 진입할 수 있게 도와주고, 이를 통해 시장의 경쟁을 향상시켜 소비자의 효용을 높일 수 있다. 두 번째로 기술개발은 완료되었지만 기술이 고착(Lock-in)되어있는 경우 기술의 보급 및 확산을 지원함으로써 연구개발의 성과를 확대할 수 있다. 세 번째로 국방 분야의 기술개발과 같이 보안이 중요한 기술의 경우 정부에서 민간의 기술을 구매하여 국가기술경쟁력을 증진하는 경우가 있다.

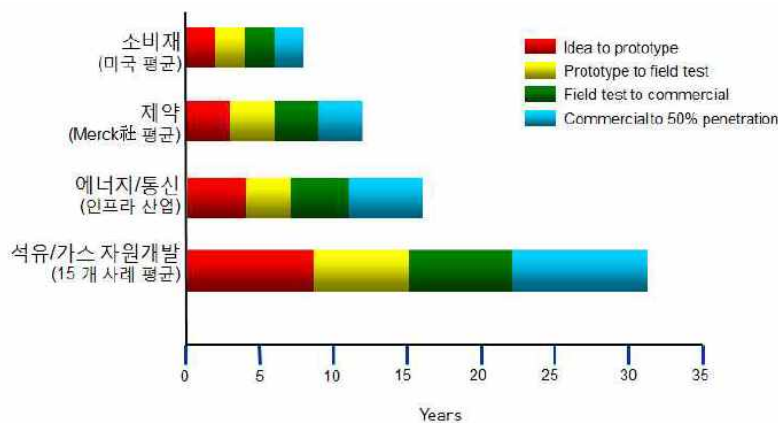
국가연구개발사업이 사회 전체적인 효용을 증가시킨다는 연구도 있었다. Arrow(1962)는 연구개발이 기술적, 경제적 확산효과가 있기 때문에 정부에서 민간의 연구개발을 지원했을 때 해당 민간의 이익보다는 사회적인 이익이 더 크다고 주장했다. Romer(1989)은 지식생산은 경제성장에 중요한 요인이며, 특정기업이 연구개발을 수행했을지라도 연구개발에 의한 사회적인 이득이 연구개발을 수행한 특정기업이 얻는 이득보다 크기 때문에 많은 국가들이 다양한 방법(대출, 보조금, 정부출연연구소, 세금감면 등)으로 연구개발을 지원해야 한다고 주장했다. 또한 Kok report(EC, 2004)는 유럽국가에서 연구개발

투자와 연구개발 성과 확산 덕분에 노동생산성이 약 40% 향상되었음을 보였다. Dinges et al.(2007)은 국가연구개발사업이 유럽국가에서 전반적인 경제 성장의 요소라고 주장했다. David et al.(2000)은 연구개발 투자의 주체(정부, 민간 등)에 상관없이 연구개발에 대한 투자가 GDP의 증가에 직접적인 관계가 있다고 주장했다.

일부 연구자들은 정부에서 지원하는 연구개발사업과 민간이 투자하는 연구개발사업을 비교하는 연구를 수행하였는데, 정부가 연구개발사업 지원을 줄이고 민간에서 연구개발사업을 주도할 경우 고위험(High-risk)에 장기(Long-term)로 성과가 발생할 수 있는 기술개발에 대한 투자가 줄고 저위험(Low-risk)에 단기(Short-term)로 성과가 발생하는 기술개발 위주로 연구개발 과제가 지원되는 것을 확인하였다(Dooley, 1998 : Riley et al., 1996). 이뿐만 아니라 기관간의 공동연구가 감소하고 사내(In-house) 연구개발이 증가하여 전체적으로 연구개발의 효율이 떨어지는 것을 확인했다 (The Netherland's Economic Ministry, 1996).

Supapol(1990)은 민간연구개발사업의 목적은 기술의 사업화에 있기 때문에 사업화 성과가 높을수록 성공적이라고 할 수 있지만, 국가연구개발사업은 성공률만을 중요한 요소로 보지 않아야 한다고 주장했다. 정부주도의 기술개발로 시작하였지만 성공적으로 스핀오프(Spin-off)하여 민간에서 활용하게 된 사례들을 보였으며, 국가연구개발사업은 민간에서는 수행하지 않는 위험도가 높은 연구개발을 수행해야하고 기술개발 완료 직후에는 해당기술의 상업화가 실패했더라도 향후 해당기술을 통해 신기술시장을 창출하기도 한다는 것을 보였다.

에너지분야는 에너지 안보, 국제적 온실가스 감축의무, 경제성장 등 사회전반적인 이슈와 밀접한 관련이 있다 (Tilton 2015 : Hendry et al., 2010 : Aghion et al., 2009). 에너지분야의 특징은 공급부문(발전)이 중앙집중적이고, 이미 시장을 차지한 몇 기업들이 과점으로 운영하는 경우가 많기 때문에 민간의 혁신의지가 적은 분야 중 하나이다. 또한 시장진입을 위한 고정비용이 크기 때문에 신규기업의 진입이 어려운 산업구조이다 (Costa-Campi et al., 2013). 에너지분야 기술의 범위는 소재에서 플랜트 건설 및 운영까지 다양한 형태이고, 제품은 고내구성 및 장수명을 요구한다 (산업통상자원부 전략기획단, 2015). 기술 완성주기(Life cycle)가 산업기술에 비해 길기 때문에 장기적인 투자가 필요하며, 관련 시스템과의 호환성 및 연계성과 함께 실제 환경에서의 안전성과 신뢰성 검증이 필요하다 (Tilton, 2015 : Hendry et al., 2010 : 산업부 전략기획단, 2015 : Sagar and Holdren, 2002 : Paul Ching, 2005).



[그림 1] 산업별 연구개발 및 사업화 소요기간¹⁾

1) Paul Ching's Shell International Exploration & Production presentation at SPE-IADC Conference (2005)

이와 같은 에너지분야의 특성 때문에 많은 기업들이 에너지시장에 신규로 진입하거나, 에너지기술개발에 민간자금을 투자하여 적극적인 혁신을 시도하는데 주저하고 있다 (Costa-Campi et al., 2013). 이는 기업 간의 자유로운 경쟁을 통해 사회적 이득을 극대화 하지 못하는 시장실패(Market failure)로 이어지게 될 것이고, 정부는 시장실패를 보완하기 위해 연구개발을 지원할 필요가 있다 (김현민, 2012 : 김재홍, 2010 : 김종범, 1993).

에너지기술 사업화에 대한 연구는 1979년 RAND 연구소에서 최초로 수행하였다. RAND 연구소에서는 미국 연방정부의 에너지기술개발사업의 사업화를 위해서 연구과제의 기획단계가 중요함을 강조했다. 국가에너지기술개발사업의 사업화 성공 요소로 1) 기획단계 사업자 참여, 2) 민간부담금 의무화, 3) 사업화를 목적으로 한 프로그램 추진을 제시했다.

한국 정부의 국가에너지기술개발사업 최종목표는 기술사업화이며, 정책결정자의 의사결정을 통해 국가연구개발사업의 과제를 기획하고 선정한다. RAND 연구소에서 제시한 국가에너지기술개발사업의 사업화 요인과 한국 정부의 국가에너지기술개발사업을 비교하면 다음과 같다. 1) 기획단계의 사업자 참여 : 정책결정자는 담당사업의 과제별 과제공모 유형을 결정한다. 과제공모유형은 정책지정공모, 지정공모, 품목지정공모, 자유공모 4가지로 구성되어 있다. 정책지정공모와 지정공모 유형은 정부에서 과제기획위원회를 구성하여 정부의 에너지정책 및 중장기 전략에 부합하는 도전적 과제를 기획(연구개발이 필요한 대상기술과 기술목표를 제시)한다. 기획한 과제를 공고하여 사업수행희망자를 모집하고 사업수행희망자가 제출한 사업계획서를 평가하여 최종적으로 사업수행자를 선정한다. 반면에 품목지정공모와 자유공모 유형은 사업수행희망자가 자유롭게 개발하고자 하는 기술과 목표를 제시하고, 정부는 사업수행

희망자가 제출한 사업계획서를 평가하여 최종적으로 사업자를 선정한다. 2) 민간부담금 의무화 : 정부는 산업기술혁신사업 공통 운영요령 제24조에 따라 영리기관이 과제수행에 참여할 경우 민간부담금 납부를 의무화하고 있다. 3) 사업화 프로그램 : 산업통상자원부 에너지기술개발사업의 최종목적은 기술사업화에 있다. 따라서 국가에너지기술개발사업의 사업화 촉진과 중소기업 연구개발 역량강화를 위하여 대부분의 과제에 중소기업의 참여를 의무화하고 있다.

제2절 연구 목적

혁신(Innovation)은 기업뿐만 아니라 정부에서 추진하는 사업에서도 중요한 요소이다. 특히 에너지분야는 사회적 효용과 밀접한 관련이 있는 분야임에도 불구하고 기업의 혁신의지가 부족한 분야이기도 하다. 정부는 국가에너지기술개발사업을 통하여 에너지분야의 혁신을 촉진하고 있으며, 정책결정자의 의사결정을 통해 국가연구개발사업의 과제를 기획하고 선정한다.

국가연구개발사업을 통해 선정한 과제는 국가연구개발사업등의성과평가및 성과관리에관한법률에 따라 지속적으로 성과를 관리하고 평가하게 되는데, 현재 국가연구개발사업의 성과는 투입요인(주로 정부지원금)과 연구개발성과가 선형적인 관계가 있다고 가정하고 예산집행의 효율성을 평가하고 있다. 이는 성과가 투입의 직접적인 영향으로 발생하는지 또는 간접적인 영향으로 발생하는지를 고려하지 않는 성과평가 방법이며, 성과 간에는 어떤 영향이 있는지를 고려하지 않는 등 투입 및 성과에 관한 종합적인 연구가 어려운 평가 방법이다.

본 연구는 기존에 부분적으로 수행한 투입요인과 각 단계별 성과를 종합적으로 고려하는 모형을 수립하였다. 국가에너지기술개발사업을 대상으로 1) 국가에너지기술개발사업의 과제기획단계에서 정책결정자의 의사결정사항이 기술개발과제의 성과에 미치는 영향을 분석하고, 2) 국가에너지기술개발사업의 성과간의 관계를 실증 분석할 것이다.

Sagar and Holdren(2002)가 연구개발의 투입과 산출 간의 관계를 연구한 이후로 Salies(2013), Lee and Park(2005), Cozzarin(2008), Costa-campi et al.(2014) 등이 실증분석을 수행했지만, 해당연구들은 해외데이터를

분석을 했거나 산업분야의 기술혁신 위주로 분석을 수행하였다. 그러므로 본 연구에서는 한국 정부의 국가에너지기술개발사업 과제별 성과를 계량분석하고, 국가에너지기술개발사업 기술혁신 제고를 위한 기획단계에서의 요인을 제시할 것이다. 이는 국가에너지기술개발사업을 통한 혁신창출 및 효율적인 국정예산 집행을 고려하는 정책결정자의 의사결정 참고자료로 활용될 것이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구개발의 성과에 관한 기존 논문들을 고찰하고, 3장에서는 이 논문에서 사용한 연구모형과 연구방법을 설명하였다. 4장에서는 산업통상자원부의 성과활용조사 자료를 계량분석하여 연구결과를 도출하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 언급하였다.

제2장 문헌 고찰

제1절 연구개발(R&D)의 혁신성과

1. 연구개발성과의 정의

Cohen and Levinthal(1989)는 연구개발성과를 ‘연구과정에서 창출되어 공개적으로 이용가능한 모든 독창적이고 가치 있는 지식’으로 정의하였다. 하지만 연구개발은 성과가 불확실하고 성과의 명확한 인과관계를 도출하기 어렵기 때문에 연구개발사업을 추진하는 기관들은 연구개발성과를 개념화하는데 어려움을 겪고 있다 (이정원, 2000 : 최태진, 2007 : 김대인, 2010).

연구자들은 연구개발성과를 여러 단계로 나누어 제시하였다. 김재홍(2010)은 연구개발 투자의 성과는 연구개발 활동을 통해 얻게 되는 논문, 특허, 기술적 노하우 등 직접적 산출물과 산출된 지식과 기술의 사용을 통해 얻어지는 기업의 경제적 수익, 기술의 사회적 확산 등을 통해 발생하는 사회적 수익으로 구분할 수 있다고 주장했다. 김한주(2007)는 연구개발성과를 특허, 실용신안, 논문 등의 기술적 성과와 기술적 성과를 통해 발생한 경제적 성과로 구분하였다. Fahrenkrog et al.(2002)은 연구개발성과를 산출(output)과 영향(impact)로 구분했다. 산출은 논문, 특허, 제품, 공정, 인력, 과학적 지식 등이고 이에 따른 과학기술적 영향, 경제적 영향, 사회적 영향, 정책적 영향으로 세분화하여 간접적 성과에 의한 파급효과라고 정의했다. 이길우 외(2012)도 연구개발성과를 1차 성과와 2차 성과로 구분하였는데, 1차 성과인 연구결과(output)는 논문, 특허, 시제품, 2차 성과(outcome)는 비용절감, 매출증대,

품질개선, 인력양성, 경제적 파급효과, 수입대체효과 등을 의미한다고 주장했다 ([표 1] 참고).

[표 1] 연구개발 성과 관련 선행연구

구분	주요 논문 내용
김재홍 (2010)	연구개발성과를 직접적 산출물(논문, 특허, 기술적노하우 등)과 기술사용을 통해 얻어지는 사회적 수익(경제적 수익, 사회적 확산 등)으로 구분
김한주 (2007)	연구개발성과를 기술적성과(특허, 실용신안, 논문 등)와 경제적성과(기술적 성과를 통해 발생)로 구분
Fahrenkrog, et al.(2002)	연구개발성과를 산출(논문, 특허, 제품, 공정, 인력, 과학적 지식 등)과 영향(과학기술적 영향, 경제적 영향, 사회적 영향, 정책적 영향)으로 구분
이길우 외(2012)	연구개발성과를 연구성과를 1차적 성과인 연구결과(논문, 특허, 시제품)과 2차적 성과(비용절감, 매출증대, 품질개선, 인력양성, 경제적 파급효과, 수입대체효과 등)로 구분
Brown and Svenson (1989) 등	연구실을 하나의 시스템으로 간주하고 연구개발성과를 투입(인력, 아이디어, 투자, 정보 등)을 통해 발생한 1차적 성과인 산출(output)과 사업수행과정에서 2차적 성과인 결과(outcome)로 구분

Brown and Svenson(1989), Cozzarin(2008), Kerssens-van Drongelen et al.(2000) 등은 연구실을 하나의 시스템으로 간주하고 연구개발에 투입(인력, 아이디어, 투자, 정보 등)을 통해 1차적 성과인 산출(output)이 발생하고, 사업수행과정에서 2차적 성과인 결과(outcome)가 발생한다고 주장했다 ([표 2] 참고). 또한 연구개발사업의 측정 및 평가시스템이 성공적으로 작용하기 위해서는 연구개발사업의 과정 및 행위에 대한 지나친 관심보다는 객관적이고 가치 있는 산출과 결과에 초점을 둔 단순한 측정시스템을 갖춰야 한다고 주장했다 (Brown and Svenson, 1989).

[표 2] Measuring R&D productivity (Brown and Svenson(1989) 등)

투입 (input)	성과 (performance)		영향 (impact)
	산출 (output)	결과 (outcome)	
인력, 아이디어, 정보, 장비, 시설, 투자, 수요	특허, 신제품, 신규공정, 지식, 논문	비용절감, 매출, 기술이전	기술, 사회, 과학, 경제

2. 연구개발 성과간의 관계

연구개발의 성과간의 관계를 설명한 연구들도 진행되었는데, 주로 특허성과와 경제적성과(사업화성과 등)가 유의미한 양의 관계임을 주장했다. Pavitt (1985)는 특허통계를 이용하여 기업의 혁신활동 패턴과 기업성과 및 산업구조에 대한 영향, 서로 다른 기술 영역과 산업분야에서 혁신 활동의 속도와 방향 등을 보이며, 특허가 혁신활동의 대리지표(proxy measure)로 사용할 수 있음을 주장했다. Supapol(1990)는 특허가 기술개발사업의 성과지표로 선정되는 경우에 해당기술이 더 높은 비율로 사업화를 한다는 것을 보였다. Choi et al.(2012)는 KIS 데이터를 이용하여 비축된 특허가 많을수록 연계된 기술에 사업화 성과가 높음을 보였다. Cohen et al.(2000)은 특허 등이 기업의 이윤을 창출하는 요소임을 주장했다. 이기환·윤병섭(2006)은 발명기술의 고급정도와 종업원 1인당 특허지표는 기업성장성에 유의한 정(+)의 영향을 주는 것을 보였다.

[표 3] 연구개발 성과간의 관계 선행연구 : 특허와 사업화는 양(+의 관계

구분	주요 논문 내용
Pavitt(1985)	특허를 혁신활동의 대리지표(proxy measure)로 사용할 수 있음
Supapol (1990)	특허를 기술개발사업의 성과지표로 선정하면 해당기술의 사업화율이 높아짐
Choi et al. (2012)	비축된 특허가 많을수록 연계된 기술에 사업화 성과가 높음
Cohen et al. (2000)	특허가 기업의 이윤을 창출하는 요소임
이기환 · 윤병섭(2006)	발명기술의 고급정도와 종업원1인당 특허지표는 기업성장성에 양(+의 영향임

반면에 특허성과와 경제적성과가 서로 관련이 없다는 연구도 있었다. Galli ni(2002)는 기업이 강력한 지적재산권을 보유하고 있다고 해서 신기술의 사업화에 긍정적인 영향을 미치는지 알 수 없음을 보였고, Palmberg(2006)은 기업이 특허를 보유하고 있다고 해서 해당기술을 빨리 사업화시킬 수 없다고 주장했다. Webster and Jensen(2011)은 특허를 보유하고 있더라도 제조능력이 부족한 기업의 사업화 성과에는 크게 영향을 주지 않음을 보였다. Hahn (2003) 역시 특허권이 기업의 경제적 성과에 대해 미치는 영향에 대한 연구가 많이 이루어지지 않았음을 주장했다. 또한 여러 연구자들이 기업들이 보유한 기술을 대부분은 대학에서 개발한 기술을 구매한 것이지 기업의 기술력이 아니라고 지적하였다 (Arora et al., 2001 : Santoro and Chakrabarti, 2002 : Thursby and Thursby, 2004).

[표 4] 연구개발 성과간의 관계 선행연구 : 특허와 사업화는 음(-)의 관계이거나 관련 없음

구분	주요 논문 내용
Gallini (2002)	기업이 지적재산권을 보유하고 있다고 해서 기술의 사업화에 긍정적인 영향을 미치는지 알 수 없음
Palmberg (2006)	기업이 특허를 보유하고 있다고 해서 해당기술을 빨리 사업화시킬 수 없다
Webster and Jensen (2011)	특허를 보유하고 있더라도 제조능력이 부족한 기업의 사업화 성과에는 크게 영향을 주지 않음
Hahn(2003)	특허권이 기업의 경제적 성과에 대해 미치는 영향에 대한 연구 부족함
Arora et al. (2001) 등	기업들이 보유한 기술을 대부분은 대학에서 개발한 기술을 구매한 것이지 기업의 기술력이 아니

제2절 국가연구개발사업

1. 한국 정부의 국가연구개발사업

한국은 1965년부터 국가연구개발사업을 추진하였으며, 국가연구개발예산은 통상적으로 정부에서 공공기관, 민간기업 등에게 국가재원을 이전하여 지출하는 정부 이전지출의 한 유형인 ‘출연금²⁾’ 형태로 지원한다. 2016년도 국가연구개발사업예산(일반+특별+기금)은 19조 942억원이고, 1965년부터 2016년까지 국가연구개발예산은 연평균 18.6% 증가하였다. 한국의 국가연구

2) 출연금이란 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제2조에 따라 ‘연구개발사업의 목적을 달성하기 위하여 국가가 반대급부 없이 예산이나 기금 등에서 연구수행기관에게 지급하는 연구소요경비’ 라고 정의한다.

개발사업 예산이 지속적으로 증가되면서 정부의 예산을 효율적으로 집행하기 위하여 국가연구개발사업의 정의, 추진 목적 및 성과 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (한국과학기술기획평가원, 2016).

엄익천·이장재(2009)는 국가연구개발예산을 민간의 연구개발 활동을 보완하고, 미래 핵심기술의 선행적 개발을 지원하며, 시장실패가 나타날 수 있는 기술영역인 기초, 공공, 복지 분야 등의 기술을 개발하기 위한 목적을 지닌다고 정의하였다. 김종범(1993), 이장재 외(2011) 또한 한국정부에서 연구개발 활동에 자금을 지원하는 목적은 시장실패 때문이라고 주장했다. 일단 과학기술분야의 투자는 사회적으로는 긍정적인 외부효과가 크지만 시장에서는 사회적이익의 극대화가 어렵고, 기술개발의 결과에 대한 불확실성이 크기 때문에 기업 입장에서 초기에 기술개발투자를 결정하기가 어렵다. 또한 정부의 입장에서는 국가 안보를 위한 기술력의 습득이 필요하고 시스템의 실패를 최소화하기 위하여 정부의 연구개발사업 추진이 필요하다고 주장했다.

2. 국가연구개발사업의 투입요소

1979년 RAND 연구소에서 발간한 The role of department of Energy field offices in the commercialization of energy technology에 따르면 미국 연방정부의 에너지분야 연구개발사업이 사업화를 성공하기 위해서는 연구과제의 기획단계가 중요하며, 연방정부의 에너지기술개발사업 사업화 성공을 위하여 1) 기획단계 사업자 참여, 2) 민간부담금 의무화, 3) 사업화를 목적으로 한 프로그램 추진을 제시했다. 한국 정부의 에너지기술개발사업 역시 정책결정자의 의사결정으로 연구개발 과제를 기획하고 지원한다. 한국 정부의 국가에너지기술개발사업 정책결정자가 의사결정을 하는 사항에 RAND 연구소에

서 제시한 사업화 성공 요소를 반영하기 위하여, 과제의 1) 기획유형, 2) 정부지원금(정부출연금) 규모, 3) 협력연구(컨소시엄)의 특징에 대한 문헌조사를 수행하였다.

가. 기획유형

Kassicieh and Radosevich(2013)은 공공분야에서 지원하는 기술개발사업이 정책결정자들의 의사결정과정을 거치기 때문에 시장수요를 반영하지 못하고 사업화 성과가 낮을 수밖에 없다고 주장하였다. Supapol(1990)는 정부 지원 연구개발사업의 사업화에 대한 연구를 진행하였는데, 일정 목적을 갖고 정부가 지원한 기술이 스핀오프(Spin-off)되어 사업화에 성공한 사례는 있었으나, 시장의 수요를 반영한 자유공모형(unsolicited) 프로젝트가 더 높은 사업화 실적이 있음 보였다. Goldfarb and Henrekson(2003)는 대학에서 발생한 지적재산권(Intellectual Property)을 사업화시키기에 좋은 정책을 연구하였는데 스웨덴과 미국의 정책사례를 비교하였다. 스웨덴의 대학들은 학문적성과는 우수하지만 미국의 대학들에 비해 사업화 비율은 떨어진다. 이에 대한 이유로 스웨덴은 국가연구개발사업의 과제가 하향식(Top-down)으로 추진되어 연구자간에 경쟁을 저하시키지만, 미국은 국가연구개발사업이 상향식(Bottom-Up)으로 추진되어 연구자간에 경쟁이 촉진되고 연구기관과 산업체의 자발적인 의사소통이 일어나게 되어 사업화율이 높다고 주장했다. Balachandra et al.(2010)은 신재생에너지기술과 에너지효율향상기술의 확산 요인을 분석하였는데, 하향식(Top-down)의 확산 정책은 일부만 성공했으며, 정부주도가 아닌 비즈니스모델(business model)을 고려하여 시장참여자(사업자)가 주도

할 수 있는 확산정책이 필요하다고 주장했다.

유동수(2011)는 시장선도기술은 현업에서 활동하고 있는 사업가나 기술자의 아이디어를 수렴하기 때문에 하향식(Top-down)이 아니라 상향식(Bottom-up)을 위주로 아이디어를 발굴하는 시스템이 필요하다고 주장했다. 유형선 외(2013)는 국가 차원의 전략육성 산업을 반영하는 측면에서는 하향식(Top-down)의 중점지원분야 선정방식이 적절하지만 중소기업의 수요를 반영하지 못한다는 점을 지적했다. 이에 따라 혁신형 중소기업 육성을 지원하기 위해서는 중소기업의 기술개발 수요를 가장 우선적으로 반영하는 상향식(Bottom-up)방법으로 과제를 추진해야 한다고 주장했다.

[표 5] 기획유형에 따른 기술개발성과에 대한 선행연구

구분	주요 논문 내용
Kassicieh and Radosevich (2013)	공공분야에서 지원하는 기술개발사업은 정책결정자들에 의해 정책의사결정과정을 거치기 때문에 시장수요를 반영하지 못하고, 이에 따라 사업화 성과가 낮을 수밖에 없음
Supapol (1990)	일정 목적을 갖고 정부가 지원한 기술이 스핀오프(spin-off)되어 사업화에 성공한 사례는 있었으나, 시장의 수요를 반영한 자유공모형(unsolicited) 프로젝트가 더 높은 사업화 실적이 있음
Goldfarb and Henrekson (2003)	하향식(Top-down 방식) 과제보다 상향식(Bottom-Up 방식)과제의 사업화율이 낮음
Balachandra et al.(2010)	정부주도가 아닌 비즈니스모델(business model)을 고려하여 시장(해당분야 사업자)이 주도하는 필요함
유동수 (2011)	시장선도기술을 개발하기 위해서는 하향식(Top-down 방식)이 아니라 상향식(Bottom-up 방식) 위주로 기획해야함
유형선 외(2013)	국가 차원의 전략육성 산업을 반영하는 측면에서는 하향식(Top-down)의 중점지원분야 선정방식이 적절하지만 중소기업의 수요를 반영하지 못함

한국정부는 매년 국회를 통해 사업별 예산을 확정한다. 사업별 예산을 바탕으로 공모유형의 비율을 결정하는데, 공모유형은 정책지정공모, 지정공모, 품목지정, 자유공모 4가지 유형으로 분류한다. 정책지정공모와 지정공모는 정부에서 과제의 기획위원회를 구성하여 정부의 에너지정책 및 중장기 전략에 부합하는 도전적 과제를 기획하며, 과제의 기술개발내용 및 목표를 제시한다. 정부는 기획한 과제를 공고하여 사업수행희망자를 모집하고 사업수행희망자가 제출한 사업계획서를 평가하여 최종적으로 사업수행자를 선정하는데, 과제의 기획기간이 필요하므로 기획위원회 구성부터 사업자 선정 후 과제를 시작할 때까지 1년 이상의 시간 소요된다. 정책지정공모는 사업수행자를 정부에서 지정하기 때문에 사업수행희망자 간에 경쟁이 없지만, 지정공모는 사업공고 후 사업수행희망자의 사업계획서를 평가하여 최종적으로 사업수행자를 선정하기 때문에 사업수행희망자 간에 경쟁이 발생한다.

하지만 품목지정공모는 정부에서 지원할 기술의 세부분야만 공고하고 사업수행희망자가 자유롭게 과제의 기술개발내용, 목표, 기술개발 방법론 등을 제시하는 형식이고, 자유공모는 정부에서 기술분야만 공고하고 사업수행희망자들이 기술개발내용, 목표, 기술개발 방법론 등을 제시하는 형식의 공모방식이다. 품목지정공모와 자유공모는 과제의 기획위원회 운영이 필요하지 않기 때문에 아이디어부터 과제시작 시점까지의 기간이 짧다. 또한 기업에서 필요하거나 연구자가 관심 있는 분야의 기술개발내용을 직접 제시하기 때문에 경쟁률이 높다. 이에 산업통상자원부는 ‘성과제고를 위한 ‘17년 산업 R&D 제도 개선방안’에 품목지정공모와 자유공모를 확대하겠다고 밝힌 바가 있다. (산업통상자원부, 2016)

[표 6] 국가연구개발사업의 공모유형 및 기획유형 구분

공모유형	내용	기획유형
정책지정 공모	· 정부에서 과제의 기획위원회를 구성 · 사업수행자를 정부에서 지정하여 경쟁이 없음	하향식 (Top-down)
지정공모	· 정부에서 과제의 기획위원회를 구성 · 사업수행자를 정부에서 지정하지 않아 사업수행희망자간에 경쟁이 발생	
품목지정	· 정부에서 과제의 기획위원회를 구성하지 않고 기술세부분야 공고 · 사업자가 자유롭게 과제의 기술개발내용, 목표, 기술개발 방법론 등을 제시	상향식 (Bottom-up)
자유공모	· 정부에서 과제의 기획위원회를 구성하지 않고 기술분야 공고 · 사업자가 자유롭게 과제의 기술개발내용, 목표, 기술개발 방법론 등을 제시	

이 연구에서는 과제기획방식에 따라 하향식(Top-down)과 상향식(Bottom-up)으로 구분하여 기획유형에 따른 성과를 비교하고자 한다. 하향식(Top-down) 과제기획은 정부가 주도하여 과제를 기획하고 공모한 유형인 정책지정공모와 지정공모가 해당되고, 상향식(Bottom-up)방식은 시장의 수요로부터 아이디어가 제안되고, 사업자에 의해 과제세부내용이 결정되는 품목지정공모 및 자유공모가 해당된다.

많은 선행연구에서 국가연구개발사업의 상향식(Bottom-up)과제의 성과가 높다는 것을 확인했으며, 산업분야의 국가연구개발사업은 사업성과 제고를 위해 2017년부터 상향식(Bottom-up)과제를 확대하겠다는 정부의 발표가 있었다. 그럼에도 불구하고, 지난 2011년부터 2015년까지의 국가에너지기술개발사업 종료과제 1,204개 중 하향식(Top-down(정책지정공모, 지정공모))과제는 589개이고 상향식(Bottom-up(품목지정공모, 자유공모))과제는 615개로 비슷한 비율로 하향식(Top-down)과제와 상향식(Bottom-up)과제가 추진되었다.

본 연구에서는 국가에너지기술개발사업에서 상향식(Bottom-up)과제 비율을 확대할 필요가 있는지를 알아보고자 한다. 이에 따라 국가에너지기술개발사업의 과제기획유형에 따른 성과에 대한 설명력을 확인하고, 성과제고를 위한 기획유형에 대한 제언을 하고자 한다.

나. 정부지원금 (정부출연금)

OECD(2006)는 국가연구개발사업을 연구소, 대학이 수행하는 정부기금과 공공부문에서 기업에 지원한 보조금으로 정의한다. 정부에서 지원하는 연구개발사업은 중앙부처로부터 예산을 배정받아 집행하기 때문에 사업의 효율적 운영에 대한 연구가 많이 진행되었다. 정부의 연구개발사업 지원금(정부지원금)에 관련된 연구는 주로 정부지원금이 연구개발성과 및 민간 연구개발투자에 미치는 영향에 대한 연구다.

Pavitt(1984)는 산업 특성에 따라 정부지원금이 기술개발성과에 미치는 영향에 차이가 있다는 것을 보였다. 공급자주도형 산업의 경우 정부지원금이 특허출원수에 유의한 수준으로 영향을 미치는 것을 확인했다. Rogers et al. (2000)은 국가연구개발사업의 사업비가 클수록 사업화율이 높다고 주장했다. 김민창·성낙일(2012)은 정부지원금과 중소기업의 성과의 관계를 연구하였다. 정부의 연구개발사업지원은 중소기업의 기술적 성과를 증가시켰지만, 경제적 성과에는 유의미한 영향을 미치지 못함을 보였다. 이용석·노도환(2009)은 신재생에너지 생산량에 대해 연구개발 총사업비는 정(+)의 영향을 미치고 정부지원금은 정(+)의 영향이지만 민간부담금은 역(-)의 영향을 미침을 보였다. 반면 신재생에너지 발전량에 대해 연구개발 총사업비는 정(+)의 영향

을 미치는데, 정부지원금과 민간부담금은 모두 영향관계가 없는 것으로 나타났다. 장금영(2010)은 국가연구개발사업에서 총사업비가 클수록 연구개발의 성과가 높고, 민간부담금의 비중이 높을수록 연구개발과제의 성과 높음을 확인했다. 이는 연구개발사업비에서 정부지원금이 차지하는 비율이 낮을수록 과제의 성과는 높다는 것을 의미한다. 심우중·김은실(2010)은 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 이용하여 정부지원금과 연구개발사업의 성과를 분석했다. 정부지원금이 과제지원 직후의 기술적성과 및 사업적성과의 상관관계는 낮으나, 정부지원금의 투입 3년 후에는 기술개발성과와 상관계수가 높아짐을 보였다. 이는 연구비의 투입이 성과로 나타나기까지 일정시간이 소요됨을 의미한다.

[표 7] 정부지원금이 연구개발성과에 미치는 영향

구분	주요 논문 내용
Pavitt(1984)	공급자주도형 산업의 경우 정부지원금이 특허출원수에 유의한 수준으로 영향
Rogers et al. (2000)	정부지원금이 클수록 사업화률이 높음
김민창·성낙일(2012)	정부의 지원은 중소기업의 기술적 성과를 증가시켰지만, 경제적 성과에는 유의미한 영향을 미치지 못함
이용석·노도환(2009)	정부지원금은 신재생에너지 생산량에 대해 정(+)의 관계이지만, 신재생에너지 발전량에 대해 영향관계가 없음
장금영(2010)	전체 과제규모에서 정부지원금이 차지하는 비율이 낮을수록 과제의 성과가 높음
심우중·김은실(2010)	정부지원금 투입 3년 후에는 성과와 정부지원금의 상관계수가 높아짐

정부의 연구개발지원금이 민간의 연구개발투자에 미치는 영향에 관련하여 다음과 같은 연구가 이루어졌다. Pavitt(1984)는 규모집약형 산업에서 정부 지원금이 기업의 혁신노력이나 기술적 성과와의 유의성을 찾을 수 없었으나, 정부지원금과 민간 연구개발투자금 사이에 보완성이 존재함을 확인했다. Ali-Yrkko(2005)는 정부의 연구개발사업은 자금이 부족하여 혁신을 하지 못하는 기업들의 지원을 위해서 필요하다고 주장했다. 정부가 민간의 연구개발사업을 지원하면 민간의 투자를 증가시키는 보완효과가 일어나고, 보완효과는 특히 대기업에서 크다는 것을 보였다. David et al. (2000)에 의하면 정부의 연구개발지원금과 민간의 연구개발투자금은 개별회사의 수준에서는 음의 관계이지만, 사회전체의 수준에서는 양의 관계임을 보였다. 따라서 정부의 연구개발지원금이 사회 전체의 연구개발투자금의 증가의 요인이 된다고 결론지었다. OECD(2006)는 한국정부의 연구개발지원금은 민간의 연구개발투자금액(민간부담금)을 증가시켰으며, 이로 인해 국가 전체의 효용이 향상되었음을 보였다. 김호·김병근(2012)은 정부지원금이 민간연구개발투자에 대해 보완효과가 일부 있는 것으로 확인했고, 지속적인 연구개발의 투자효과도 있는 것을 확인했다. 또한 대기업보다는 중소기업이 정부보조금에 대한 민간연구개발투자에 대해서 긍정적인 효과를 보임을 확인했다. 최석준·김상신(2007)은 정부지원금이 기업 자체 연구개발비를 증가시키는 효과가 있음을 보였으며, 대기업의 경우 정부보조금을 받은 경우 자체 연구개발비를 증가시키지만 중소기업 및 벤처기업은 연구비를 늘리지 않음을 보였다. 또한 기업의 핵심역량(연구원 보유 여부, 벤처 및 이노비즈 인증여부 등), 재무적 특성(매출액 대비 수출액 비중 등), 기업이 속한 산업분야에 따라 정부보조금의 민간연구개발투자에 대한 효과가 다르며, 종업원수, 업력, 기업형태, 소재지역 등에서는 의미가 없음을 보

였다. 그 외 여러 연구에서 정부의 연구개발 보조금 지원이 기업 자체의 연구 개발비를 증가시키는 효과가 있는 것으로 분석되었으나(오준병, 2008 : 김현, 2008 : 송종국·김혁준, 2009), 일부 정부의 연구개발지원이 기업의 연구개발 자체부담금을 감소시키는 경향이 있다는 상반된 결론의 연구도 있었다(권남훈·고상원, 2004 : 김학수, 2007).

[표 8] 정부지원금이 민간 연구개발투자에 미치는 영향

구분	주요 논문 내용
Pavitt(1984)	정부지원금과 민간 연구개발투자금은 보완 관계임
Ali-Yrkko (2005)	정부지원금과 민간 연구개발투자금은 보완 관계이며 대기업에서 보완관계가 더 큼
David et al. (2000)	정부의 연구개발지원금이 개별회사의 연구개발투자금과는 음(-)의 관계지만, 사회 전체의 연구개발투자금의 증가의 요인임
OECD (2006)	한국정부의 연구개발지원금은 민간의 연구개발투자금액(민간부담금)을 증가시킴
김호·김병근 (2012)	정부출연금이 민간연구개발투자에 대해 보완효과. 중소기업이 더 긍정적인 효과를 보임
최석준·김상신(2007)	정부출연금이 대기업의 연구개발투자금은 증가시키나, 중소기업의 연구개발투자금을 증가시키지는 않음
권남훈·고상원(2004) 등	연구개발지원이 기업의 연구개발 자체부담금을 감소시키는 경향

위와 같이 정부의 연구개발 정부지원금(정부출연금)에 대한 연구는 1) 정부지원금에 따른 성과에 대한 연구, 2) 정부지원금과 민간연구개발투자금의

상관관계에 대한 연구가 진행되었다. 본 논문은 국가연구개발사업에서 정책결정자의 의사결정사항에 따른 연구개발사업의 성과를 분석하기 때문에 민간연구개발투자금에 관련된 사항은 제외하고 국가에너지기술개발사업의 정부지원금에 따른 연구개발 성과를 분석하고자 한다.

다. 협력연구(컨소시엄)의 유형

기술과 시장이 급격하게 변하는 세계 시장에서 연구개발(R&D)은 기업이 혁신할 수 있는 가장 큰 요소 중 하나이다. 기업은 생존을 위해 거래비용(Transaction cost)을 최소화해야 하는데, 이를 위해서 외부주체와 협력연구 등 개방형혁신(Open innovation)의 중요성이 부각되었다(Carlsson and Stankiewicz 1991 : Nalebuff and Brandenburger, 1997 : Chesbrough, 2003 : Rothwell, 1991 : 황정태 외, 2010 : Branstetter and Sakakibara, 2000 : Lai and Chang, 2010). Beije(1989)는 서로 다른 지식과 경험을 공유하는 외부 네트워크를 통해서 혁신이 가능하다고 주장했으며, Carlsson and Stankiewicz(1991) 역시 성공적인 혁신활동을 위해서는 서로 다른 자원을 묶는 것이 필요하다고 주장했다. Powell and Grodal(2005)는 경쟁업체들과의 공동연구는 새로운 시장에 진입하거나 위험을 분산하여 초기단계의 연구개발 비용을 줄이는 기본적인 전략이라고 주장했으며, 네트워크를 바탕으로 한 기관 간의 공동연구는 기업전략의 핵심이라고 주장했다. Das and Teng(2000), Hagendoorn et al.(2000)등은 대학은 기초연구능력, 정부출연연구소는 응용연구능력 기업은 기술의 상용화능력이 높기 때문에 산학연 기관간의 협력이 상호

보완을 통해 연구개발 성과를 향상시킬 수 있다고 주장했다. Branstetter and Sakakibara(2000)는 협력연구가 일본 정부연구개발사업의 성과에 미치는 영향을 분석하였고, 유사한 자원을 보유한 기업 간에 수행한 공동연구는 혁신적인 성과를 내기 어렵다는 것을 보였다. 또한 협력연구는 컨소시엄 내부의 연구개발성과 향상뿐만 아니라 스페illover(Spillover)효과로 인해 컨소시엄 외부에도 긍정적인 영향을 미침을 보였다. 특히 일정 목적을 갖고 정부가 지원한 연구개발사업이 스핀오프(Spin-off)되어 사업화되었음을 확인했다.

이뿐만 아니라 어떤 유형의 기관이 연구개발을 수행해야 우수한 성과가 발생할 수 있는지에 대한 연구가 진행되었다. 일부 연구자들은 성과항목이 연구수행주체에 따라 다르게 발생한다고 주장했는데, 공공부문에서 추진한 연구는 논문 등을 위주로 성과가 발생하고, 민간부문에서 추진한 연구는 특허 등을 위주로 성과가 발생한다고 주장했다 (김해도, 2006 : 최태진 2007). Schwartz et al.(2012)은 대학이 참여한 연구는 논문성과가 우수하고, 대기업이 참여한 연구는 특허 성과가 우수함을 보였다. 또한 Costa-Campi et al.(2014)는 에너지산업에서 혁신하기 위한 연구개발 요소와 혁신을 방해하는 연구개발 요소를 분석하였는데, 규모가 작은 기업이 더 많은 경제적성과를 보임을 확인했다. 또한 신생기업은 일단 연구개발을 시작하면 연구개발에 더 많은 노력을 함을 보였다.

[표 9] 협력연구의 특징에 따른 기술개발성과에 대한 연구

구분	주요 논문 내용
Beije(1989)	서로 다른 지식과 경험을 공유하는 외부 네트워크를 통해서 혁신이 가능함
Carlsson and Stankiewicz (1991)	성공적인 혁신활동을 위해서는 서로 다른 자원을 묶는 것이 필요함
Das and Teng(2000) 등	산학연 각각의 강점이 있기 때문에, 기관간의 협력이 상호보완을 통해 연구개발 성과를 향상시킴
Powell and Grodal (2005)	경쟁자들과 공동연구는 새로운 시장에 진입하거나 위험을 분산하여 초기단계의 연구개발 비용을 줄이는 기본적인 전략임
Branstetter and Sakakibara(2000)	협력연구의 성과는 컨소시엄 내부의 연구개발성과 향상뿐만 아니라 스펠오버(spillover)효과로 인해 컨소시엄 외부에도 긍정적인 영향을 미침
김해도(2006), 최태진(2007)	공공부문에서 추진한 연구는 논문 등을 위주로 성과가 발생하고, 민간부문에서 추진한 연구는 특허 등을 위주로 성과가 발생
Schwartz et al(2012)	대학이 참여한 연구는 논문성과가 높고, 대기업이 참여한 연구는 특허 성과가 우수
Costa-Campi et al.(2014)	에너지 분야에서 규모가 작은 기업이 연구개발에 참여했을 때 더 많은 경제적성과를 보임

협력연구의 참여기관을 구성할 때도 하향식(Top-down, 정부에서 연구참여기관을 지정해주는 경우)일 경우와 상향식(Bottom-up, 민간에서 자발적으로 연구참여기관을 구성하는 경우)일 경우에 따라 성과의 차이가 발생한다. 많은 학자들이 협력연구의 참여기관 구성은 기본적으로 민간의 의지를 반영한 상향식(Bottom-up)으로 구성되어야 하며 시장이 협력연구 참여기관 간의 네트워크를 주도해야한다고 주장했다(Roelandt et al., 2000, p 13 : Enright, 2003 : Formica, 2003). 하지만 Fromhold-Eisebith and Eisebith(2005)은 협력연구의 참여기관구성 유형에 관계없이, 협력연구를 통해 정보의 교류

가 증가하고, 새로운 협력이 창출되며, 산업에 대한 이해도가 상승하고, 경쟁력과 혁신도 역시 상승한다고 주장했다.

한국도 산학연합동연구개발촉진법(1994) 및 산학연 선진화방안(2010) 등을 제정하여 기관간의 협력 연구를 장려하고 있다. 산학연 협력이란 기업, 대학, 연구소가 공식, 비공식 협정을 통하여 자원을 공동 투자, 활용하여 기술적 지식을 공동개발하고 획득하는 것으로 정의한다 (서상혁, 2003). 국가연구개발사업의 성과향상을 위해서 산학연 협력연구가 필요하며 (국가과학기술자문회의, 2004, 심우중·김은실, 2010), 협력연구의 활성화를 위해 국내의 대학들은 산업교육진흥및산학연협력촉진에관한법률(2003)에 근거하여 대학의 산학연협력 사업을 관리 및 지원하는 전담조직을 둘 수 있다.

장금영(2010)은 단독개발에 비해 협력개발을 했을 때 대체적으로 기술개발의 성과가 높음을 확인하였다. 또한 기업이나 연구소에 비해 대학이 특허 및 논문성과가 높은 것으로 나타났으며, 신생기업의 특허성과가 높은 것을 확인했다. 배진희 외(2014)는 협력연구가 단독연구에 비해 성과가 높게 나타나고, 민간기업이 주관하는 연구는 비영리기관과 협력할 때 성과가 증가하는 반면, 민간기업간 협력연구의 성과는 감소함을 보였다. 정도범 외(2012)은 국가연구개발사업을 수행한 중소기업에 대해 기업간의 협력연구는 기술적 성과에 음(-)의 관계에 있고, 기업-학교-연구소의 협력연구는 기술적 성과에 양(+)의 관계로 유의함을 보였다. 그러나 경제적 성과는 협력유형과 큰 관련이 없는 것으로 나타났다. 권재철 외(2012)는 대학이 포함된 협력연구의 논문성과가 정부출연연구기관이나 산업체가 포함된 협력연구에 비해 높고, 산업체가 포함된 협력연구는 특허의 성과가 높게 나타남을 보였다. 정태원 외(2014)는 한국의 정부출연연구기관이 협력연구에서 더 높은 논문성과를 내는 방법은 협

협력활동이 적은 기관의 협력을 늘리는 것이라고 주장했다. 이에 따라 협력활동이 적은 기관과 기존에 협력활동이 활발한 기관의 협력을 우선적으로 추진할 것을 제안했다. 염동기·신현대(2013)은 대학의 산학협력단의 상대적 효율성을 자료포락분석(DEA)을 이용하여 평가하였는데, 지방 국공립대학의 산학협력단이 가장 효율적임을 보였다.

[표 10] 협력연구의 특징에 따른 기술개발성과에 대한 연구 (한국사레 위주)

구분	주요 논문 내용
장금영 (2010)	단독개발에 비해 협력개발이 대체적으로 기술개발성과가 높음. 기업이나 연구소에 비해 대학이 특허 및 논문성과가 높은 것으로 나타났으며, 신생기업의 특허성과가 높음
배진희 외 (2014)	협력연구가 단독연구에 비해 성과가 높음. 민간기업이 주관하는 연구는 비영리기간과 협력할 때 성과가 증가하는 반면, 민간기업간 협력연구의 성과는 감소
정도범 외 (2012)	산산 협력연구는 기술적 성과에 음의 관계에 있고, 산학연 협력 연구는 기술적 성과에 양의 관계. 경제적 성과와는 관계 없음
권재철 외 (2012)	대학이 포함된 협력연구의 논문성과가 출연연이나 산업체가 포함된 컨소시엄에 비해 높고, 산업체가 포함된 협력연구는 특허의 성과가 높음
정태원 외 (2014)	정부출연연구기관이 협력연구에서 더 높은 논문성과를 내는 방법은 협력활동이 적은 기관의 협력을 늘리는 것임
염동기·신현대 (2013)	대학중 지방 국공립대학의 산학협력단의 경제성 성과가 가장 우수함

3. 국가연구개발사업의 기술혁신성과

국가연구개발사업의 기술혁신성과에 대한 논의는 1970년대에 시작되어 현재까지 진행되고 있다. Hansen(2001)은 혁신에 관한 정부정책은 촉진자로서

혹은 규제자 그리고 민간분야의 상충되는 이해를 조정하는 조정자로 활동하고, 이를 위해서 기술혁신을 이해하고 측정해야 한다고 주장했고, Georghiou (1998)는 국가연구개발사업을 통해 향상시키고자 하는 혁신시스템의 성과는 평가를 통해 확인이 가능하다고 주장했다. OECD는 기술혁신조사 방법론의 표준화 과정에 대한 논의 결과로 기업의 혁신수준 평가도구인 Oslo manual을 발간했다. 이를 바탕으로 EU차원에서 CIS1(Community innovation survey) 시행 이후 서비스부문의 기술혁신활동을 조사에 포함한 개정판을 발간하여 CIS2를 시행하였다. CIS2에서는 기술혁신을 크게 기술제품의 혁신과 기술 프로세스의 혁신으로 분류하고, 제품혁신을 신제품과 기존 제품의 개선으로 나누었다.

다수의 연구에서는 연구개발성과를 산출(Output), 결과(Outcome), 영향(Impact)으로 구분하여 정의했다. 이 중 산출은 투입된 예산에 대한 직접적이고 일차적인 유형의 성과로서 여러 연구에서 국가연구개발사업에 대한 성과를 논문과 특허로 측정했다 (Crespi and Geuna, 2006 : Bozeman, 2002 : 장금영, 2010, 이철주 외, 2012).

반면 간접적인 성과인 기술사업화에 대한 연구도 진행되었다. 1979년 RAND 연구소에서는 미국 연방정부 에너지기술개발사업의 사업화를 위해서는 연구과제의 기획단계가 중요하며, 사업화 성공 요소로 기획단계의 사업자 참여, 민간부담금 의무화, 사업화를 목적으로 한 프로그램 추진을 제시했다. Ettlíe (1982)는 미국 연방정부의 연구개발사업의 사업화에 영향을 미치는 요인으로 점진적인 혁신, 가격 잠재력, 실행의 용이성임을 보였고, 시장 잠재력은 유의성이 없음을 보였다. Brown et al. (1991)은 국가연구개발사업 지원 대상기술의 기술사업화 영향요인으로 기술지표, 시장지표 정책지표의 18가지 요인을

도출하였으며, 특히 공정/제품기술속성, 연구개발 속성, 기술성속도 및 복잡성, 정보특성(적합도 정도), 기술적 불확실성을 기술지표로 설정하였다.

[표 11] 국가연구개발사업의 혁신성과 관련 연구

구분	주요 논문 내용
Hansen (2001)	혁신에 대하여 정부는 촉진자, 규제자, 조정자로 활동하고 기술혁신을 이해하고 측정해야함
Georghiou (1998)	정부연구개발사업의 혁신시스템 성과는 평가를 통해 확인 가능함
OECD 기술혁신조사	기술혁신을 기술제품의 혁신과 기술 프로세스의 혁신으로 분류하고, 제품혁신을 신제품과 기존 제품의 개선으로 분류
Crespi and Geuna (2006) 등	투입된 예산활동에 대한 직접적이고 일차적인 유형의 결과물로서 여러 연구에서 정부 연구개발사업에 대한 성과를 논문과 특허
Rand (1979)	미국 연방정부 에너지연구개발사업의 사업화를 위해서는 연구과제의 기획단계가 중요하며, 사업화 성공 요소로 기획단계의 사업자 참여, 민간부담금 의무화, 사업화를 목적으로 한 프로그램 추진
Ettlie (1982)	미국 연방정부의 연구개발사업의 사업화에 영향을 미치는 요인으로 점진적인 혁신, 가격 잠재력, 실행의 용이성임
Brown et al. (1991)	정부연구개발사업 지원 대상기술의 기술사업화 영향요인으로 정/제품기술속성, 연구개발 속성, 기술성속도 및 복잡성, 정보특성(적합도 정도), 기술적 불확실성을 기술지표로 설정

또한 Kimura(2010)는 정부연구개발사업의 효율을 높이려면 장기 기술개발 프로젝트로 진행해야 하고, 프로젝트에 시장의 수요를 반영해야하고, 기술보급정책이 있어야 하며, 비용 및 시장수요에 대한 평가를 사전에 수행해야함을 제시했다. Spann et al.(1993) 등은 정부연구개발사업의 기술사업화를 제고하기 위한 방안을 제시하기도 했다.

현재 한국 정부는 부처가 추진하는 소관 국가연구개발사업의 효율적 추진

을 위해 매년 성과목표지표점검을 실시하여 사업별 특성에 따른 성과지표 및 목표를 설정하고, 이에 따라 사업별 목표 달성도를 점검한다. 또한 국가연구개발사업 자체평가 및 상위평가를 실시하여 국가 연구개발사업의 효율성을 제고시키는 노력을 하고 있다. 해당 평가에서는 연구개발사업의 성과를 과학적 성과(새로운 발견 등), 기술적 성과(특허, 논문 건수), 경제적성과(매출, 기술이전 등), 사회적 성과(고용창출 등)등으로 구분하여 정부출연금 대비 성과를 사업별로 비교분석한다 (미래창조과학부, 2015 : 미래창조과학부, 2014).

[표 12] 국가연구개발사업 유형 및 기간에 따른 5대 핵심성과

사업유형 / 기간	초기	중기	장기
1. 기초연구	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과, 경제적성과, 사회적성과
2. 단기산업기술개발	기술적성과, 경제적성과	기술적성과, 경제적성과	기술적성과, 경제적성과
3. 중단기산업기술개발	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과, 경제적성과	경제적성과
4. 공공기술개발	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과, 사회적성과	경제적성과, 사회적성과
5. 지역연구개발	과학적성과, 기술적성과, 경제적성과	기술적성과, 경제적성과, 사회적성과	경제적성과, 사회적성과
6. 국방기술개발	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과
7. 인력양성	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과	경제적성과, 사회적성과
8. 시설장비구축	인프라성과	인프라성과	경제적성과, 사회적성과, 인프라성과

9. 성과확산	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과	기술적성과, 경제적성과, 인프라성과
10. 국제협력	과학적성과, 기술적성과	과학적성과, 기술적성과	경제적성과, 사회적성과

정부의 연구개발 5대 핵심성과 유형과 서론에서 제시한 Brown and Svenson(1989)의 성과모형을 비교해보면, 정부 핵심성과유형 중 기술적성과가 Brown and Svenson 모형의 산출(output)과 대응되고, 정부핵심성과유형 중 경제적성과는 Brown and Svenson 모형의 결과(outcome)에 대응됨을 알 수 있다 ([표13-1], [표13-2] 참고).

[표 13-1] Brown and Svenson의 모형(1989)([표2]와 동일)

투입(input)	성과(performance)		영향(impact)
	산출(output)	결과(outcome)	
인력, 아이디어, 정보, 장비, 시설, 투자, 수요	특허, 신제품, 신규공정, 지식, 논문	비용절감, 매출, 기술이전	기술, 사회, 과학, 경제

[표 13-2] Brown and Svenson 모형(1989)의 변형

투입(input)	성과(performance)		영향(impact)
	산출(output)	결과(outcome)	
정부의 의사결정사항 (기획유형, 정부지원금, 협력유형)	기술적성과 (논문, 특허성과)	경제적 성과 (사업화 매출액 등)	기술, 사회, 과학, 경제

이에 따라 정책결정자의 의사결정사항에 따른 혁신성과에 대한 두 가지 가설을 검증하고자 한다. 가설1. 상향식(Bottom-up) 기획과제에서 하향식(To

p-down) 기획과제보다 긍정적인 산출(Output) 및 결과(Outcome)가 발생한다. 가설2. 정부지원금의 규모가 클수록 우수한 성과가 발생한다. 가설3. 단독수행과제보다 협력연구과제에서 더 우수한 성과가 발생한다. 또한 대학이 참여한 과제는 논문성과가 우수하고, 기업이 참여한 과제는 특허성과가 우수하다. 가설4. 연구개발의 산출(논문, 특허 등)과 결과(사업화 매출액 등)는 서로 유의미한 양(+)의 관계가 있다.

제3장 연구모형

제1절 분석대상

본 연구에서 활용한 데이터는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원에서 발간한 에너지기술개발 성과활용조사·분석보고서(2016)이다. 한국에너지기술평가원은 산업통상자원부 소관 위탁집행형 준정부기관으로 에너지법 제13조를 근거로 하여 에너지기술개발에 관한 사업의 기획, 평가 및 관리 등을 효율적으로 지원하기 위해 설립되었다. 국가연구개발사업등의성과평가및성과관리에관한법률 제8조에 따라 과제 종료 후 5년간 동일한 연구개발사업 수행주체를 대상으로 매년 동일한 조사표에 의한 성과조사를 실시하며, 사업별 성과 분석보고서 및 성과활용보고서를 매년 발간하고 있다. 연구개발에 대한 투자는 과제수행기간 중에 이루어지지만, 연구개발성과는 일정한 시차를 두고 누적적으로 발생하기 때문에 성과가 발생하는 기간 동안의 누적적인 성과총량을 조사하였다.

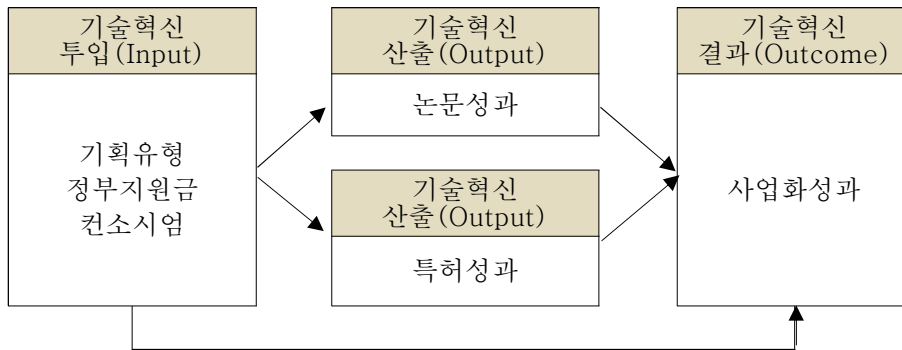
실증 분석 대상은 2011년부터 2015년까지 국가에너지기술개발사업 수행을 종료한 1,204개의 연구개발과제이다. 이 과제들을 산업통상자원부에서 수립한 제3차 에너지기술개발계획(2014)에 따라 에너지수요기술 546개, 공급기술 658개로 분류했고, 공급기술은 에너지원에 따라 신재생에너지기술 384개, 화력기술 65개, 원자력기술 129개, 자원기술 80개로 구분했다.

제2절 연구모형

Crepon, Duguet and Mairesse 모형(이하 CDM 모형)은 혁신활동의 성과를 분석하는 계량분석 모델 중 하나이다(Crepon, Duguet and Mairessec, 1998; Hall and Mairesse, 2009; Heshmati and Loof, 2005). CDM 모형은 Cobb-douglas 생산함수를 기본으로 하는 이론적 배경에 기술혁신 투입(innovation input), 기술혁신 산출물(innovation output), 생산성(productivity)간의 관계를 분석하는 모형으로, 기술혁신 투입요소뿐만 아니라 기술혁신 산출물이 생산성에 영향이 있음을 보이며 이를 통해 혁신과정에서의 종합적인 관계를 살펴볼 수 있다. 이러한 새로운 방법론의 등장으로 기술혁신조사를 이용한 기업수준의 기술혁신 성과 및 생산성 연구가 가능해졌다. Crepon, Duguet and Mairesse에 의해 본 모형이 제시된 이후로 선택도(selectivity)문제와 생산성과의 동시성(simultaneous)문제 등을 해결하기 위해 Loof and Heshmati(2002), Griffith et al.(2005) 등이 더 정교하게 계량된 CDM 모형을 제안했다.

표준 CDM 모형은 연구개발사업의 시작부터 성과가 발생하기까지를 4단계로 나누고 있다. 1단계: 기업이 혁신활동의 수행 여부를 결정하는 단계, 2단계: 기업이 혁신활동을 수행하기로 결정했다면 혁신활동에 투입할 재원의 규모를 결정하는 단계, 3단계: 혁신 투입(innovation input)을 통해 혁신 산출물(innovation output)이 발생하는 단계, 4단계 : 혁신 산출물(innovation output)을 통해 생산성(productivity)이 발생하는 단계이다.

본 논문에서는 국가연구개발사업의 성과에 대한 분석을 수행하므로, 표준 CDM 모형을 변형하여 활용하려고 한다. 기관이 국가연구개발사업을 수행했다는 것은 기관이 이미 혁신활동을 수행하기로 결정했다는 것을 의미하므로, 본 연구의 데이터에서는 표준 CDM 모형의 1단계에서 차이가 발생하지 않는다. 이에 따라 본 연구에서는 표준 CDM 모형에서 1단계를 제외하고 2~4 단계를 변형하였다. 본 논문에서 사용한 모형은 그림2와 같다.



[그림 2] 연구모형

1. 기술혁신 투입(Input) : 투입변수로 정책결정자의 의사결정요소를 고려하여, 과제의 기획유형, 정부지원금(출연금)의 규모, 협력연구의 형태를 기술혁신 투입으로 설정하였다.

2. 기술혁신 산출(Output) : 특허성과 및 논문성과를 기술혁신 산출로 측정했으며, 기술혁신 투입과의 관계를 분석하였다.

3. 기술혁신 결과(Outcome) : 사업화성과를 기술혁신 결과로 측정했으며, 기술혁신 투입 및 기술혁신 산출과의 관계를 분석하였다.

제3절 변수의 정의 및 측정방법

본 연구에서 사용된 변수는 [표 14]과 같으며, 변수의 정의 및 측정방법은 아래와 같다.

[표 14] 변수명 및 변수 내용

구분	변수명	내용
기술혁신 투입 (Input)	기획유형 (Plan)	과제기획의 유형으로 하향식(Top-down)과 상향식(Bottom-up)으로 구분
	정부지원금 (Fund)	과제 수행 기간 동안 연구개발비로 정부에서 지원한 총 정부출연금 (단위:억원)
	협력연구유형 (Cons)	협력연구의 기관 참여형태로 산, 학, 연, 기타, 산산, 산학, 산연, 학학, 학연, 연연, 산학연로 구분
기술혁신 산출 (Output)	논문성과 (PUBLI-CATION)	과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 발생한 논문건수의 합
	특허성과 (PATENT)	과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 발생한 특허건수의 합
기술혁신 결과 (Outcome)	사업화성과 (COMM)	과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 사업화 성과가 발생했는지 여부

* 통제변수 : 에너지 세부기술 (수요기술, 공급기술(신재생, 화력, 원자력, 자원))

- 기획유형(더미변수) : 기술혁신 투입(Input)에 해당한다. 연구개발과제의 기획 유형에 따라 하향식(Top-down)과 상향식(Bottom-up)으로 구분하였다. 과제기획유형에 따른 성과의 차이를 확인하고자 한다.

- 정부지원금 : 기술혁신 투입(Input)에 해당한다. 과제 수행 기간 동안 연구개발비로 정부에서 지원한 총 정부출연금으로 본 연구에서의 단위는 억원이다. 정부지원금 규모에 따른 성과의 차이를 확인하고자 한다.

- 협력연구(컨소시엄)의 유형(더미변수) : 기술혁신 투입(Input)에 해당한다. 협력연구의 유형은 기관의 단독연구개발수행인지 기관간 협력연구개발수행인지 구분하고, 협력연구개발수행일 경우 어떤 유형의 기관이 참여했는지로 구분할 수 있는데, 단독연구는 4개(산, 학, 연, 기타), 협력연구는 7개(산산, 산학, 산연, 학학, 학연, 연연, 산학연)로 분류된다. 협력연구 참여기관의 유형에 따른 성과의 차이를 확인하고자 한다,

- 논문성과 : 기술혁신 산출(Output)에 해당한다. 과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 발생한 논문건수의 합으로 연구개발의 1차성과 이다. 기술혁신 투입(Input) 및 기술혁신 결과(Outcome)와의 관계를 확인하고자 한다.

- 특허성과 : 기술혁신 산출(Output)에 해당한다. 과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 발생한 특허건수의 합으로 연구개발의 1차성과 이다. 기술혁신 투입(Input) 및 기술혁신 결과(Outcome)와의 관계를 확인하고자 한다.

- 사업화성과 : 기술혁신 결과(Outcome)에 해당한다. 과제수행기간 및 과제 종료 후 2015년까지 사업화 성과가 발생했는지 여부이다. 기술혁신 투

입(Input)과 관계가 있는지 또는 기술혁신 산출(Output)과 관계가 있는지 확인하고자 한다.

- 에너지 세부기술(더미변수) : 통제변수에 해당된다. 에너지기술은 범위와 쓰임이 광범위해서 세부기술별 특징을 확인하고자 에너지 세부기술을 구분했다. 제3차 에너지기술개발계획(2014)에 따라 에너지수요기술과 에너지공급기술(신재생, 화력, 원자력, 자원)로 구분하였다. 에너지 세부기술별 성과에 대한 설명력을 확인하고자 한다.

제4절 계량분석 모형

본 분석이 CDM 모형을 수정하였으므로 각 단계별로 회귀분석을 실시하였다. Becheikh et al.(2006)에 따르면 여러 가지 분석 방법이 혁신연구에 이용될 수 있다. 최소제곱법을 이용한 회귀분석(Ordinary Least Square regression)은 가장 기본적인 회귀분석 방법이고, 종속변수의 형태에 따라 로짓(Logit), 토빗(Tobit), 프로빗(Probit), 음이항(Negative binomial), 포아송(Poisson) 모형 등을 적용할 수 있다. 본 연구 역시 종속변수의 형태를 고려하여 음이항 회귀분석(Negative binomial regression)과 이원 로지스틱 회귀분석(Binary logistic regression)을 실시하였으며, 각 단계별 계량분석은 아래와 같이 수행하였다.

1. 논문성과

$$PUBLICATION_i = \beta_1 \times Fund_i + \beta_2 \times Plan_i + \beta_3 \times Cons_i + \epsilon_i \quad \text{수식 1}$$

종속변수가 빈도 변수(Count variable)일 때는 일반적으로 포아송 회귀분석(Poisson regression)을 사용하는데, 포아송 회귀분석은 평균과 분산의 값이 동일할 때 가능하다(De and Heller, 2008). 에너지기술개발사업 표본의 경우 종속변수의 분산이 평균에 비해 큰 과대산포(over-dispersion) 문제가 발생하여 음이항(Negative Binomial) 회귀분석을 실시하였다. 독립변수로 투입요소(Input)인 과제의 기획유형, 정부지원 규모, 협력연구의 유형을 고려하였다. 종속변수로는 해당과제를 통해 발생한 논문의 건수를 고려하였다.

2. 특허성과

$$PATENT_i = \beta_4 \times Fund_i + \beta_5 \times Plan_i + \beta_6 \times Cons_i + \epsilon_i \quad \text{수식 2}$$

특허성과를 분석하기 위한 모형은 논문성과와 동일하다. 특허성과 역시 종속변수의 분산이 평균에 비해 큰 과대산포(over-dispersion) 문제가 발생하여 음이항(Negative Binomial) 회귀분석을 실시하였다. 독립변수로 투입요소(Input)인 과제의 기획유형, 정부지원 규모, 협력연구의 유형을 고려하였고, 종속변수는 해당 과제를 통해 발생한 특허의 건수를 고려했다.

3. 사업화성과

$$COMM_i = \beta_7 \times Fund_i + \beta_8 \times Plan_i + \beta_9 \times Cons_i + \beta_{10} \times PUBLICATION_i + \beta_{11} \times PATENT_i + \epsilon_i \quad \text{수식 3}$$

해당 단계에서는 종속변수인 사업화성과를 0과 1로 구성(0은 사업화 실패, 1은 사업화 성공)하였으므로 이원 로지스틱 회귀분석(binary logistic regression)을 실시하였다. 해당 분석이 CDM 모형을 이용했기 때문에 독립변수로 투입요소(Input)인 과제의 기획유형, 정부지원 규모, 과제참여자의 특성과 논문성과 및 특허성과를 고려하고, 종속변수는 사업화성과의 유무로 설정하였다.

제4장 연구결과

본 연구에서는 국가에너지연구개발사업의 성과 제고요인을 도출하기 위해 계량 분석을 실시하였다. 표준 CDM 모형을 수정하여 연구개발의 기술혁신 투입요소(Input), 기술혁신 산출요소(Output), 기술혁신 결과요소(Outcome)를 정의하였고, 각 단계에서 어떤 요인이 연구개발사업의 성과요인인지 분석하였다. 본 연구가 국가연구개발사업에 관한 연구이므로 연구개발의 기술혁신 투입(Input)은 정책결정자의 의사결정요소인 과제 기획유형, 정부지원금의 규모, 과제수행 협력연구의 유형으로 설정하고, 기술혁신 산출(Output)은 특허성과 및 논문성과로 설정하고, 기술혁신 결과(Outcome)는 사업화성과로 설정하였다.

제1절 기술통계량

국가연구개발사업의 성과에 미치는 영향요인에 대한 분석을 위해 사용한 표본에 대한 기본적인 통계를 살펴보고자 한다. 사용된 표본은 제3차 에너지기술개발계획(2014)에 따라 에너지수요기술과 에너지공급기술로 나누어지며, 에너지공급기술은 에너지원에 따라 신재생, 화력, 원자력, 자원으로 나뉘었다 ([표 15] 참고).

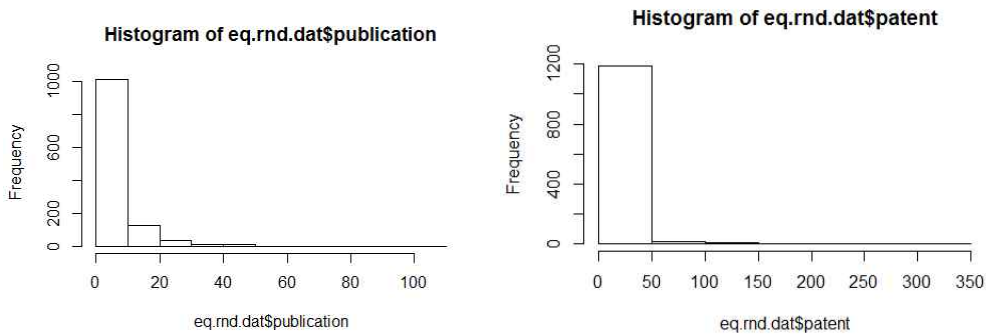
또한 변수간의 상관관계를 분석하였는데, 독립변수간의 상관계수가 부록1.과 같이 0.4 이하로 독립변수간의 상관관계를 고려하지 않았다.

[표 15] 에너지기술개발사업 표본의 통계량

변수구분	투입유형		평균	표준편차	최소값	최대값	
독립변수	기획 유형	하향식(TD)	0.49	0.50	0	1	
		상향식(BU)	0.51	0.50	0	1	
	정부 지원금	정부출연금 (단위:억원)	19.5	30.1	0	348	
	협력 특성	단독	산	0.10	0.30	0	1
			학	0.08	0.27	0	1
			연	0.04	0.2	0	1
			기타	0.01	0.08	0	1
		협력	산산	0.07	0.25	0	1
			학학	0.04	0.2	0	1
			연연	0.01	0.09	0	1
			산학	0.22	0.41	0	1
산연			0.16	0.36	0	1	
학연			0.06	0.24	0	1	
산학연	0.22	0.42	0	1			
통제변수	수요 기술	수요기술	0.45	0.50	0	1	
	공급 기술	원자력기술	0.11	0.31	0	1	
		신재생기술	0.32	0.47	0	1	
		화력기술	0.05	0.23	0	1	
		자원기술	0.07	0.25	0	1	
종속 변수	논문성과		5.73	8.43	0	101	
	특허성과		7.52	15.23	0	344	
	경제적성과		0.18	0.38	0	1	

(유효수 : 1,204개)

제2절 산출(논문성과 및 특허성과)에 대한 분석결과



[그림 3] 논문성과(왼쪽)와 특허성과(오른쪽)의 분포

논문성과 및 특허성과는 빈도변수이기 때문에 음이항 회귀분석(Negative binomial regression)을 실시하였다. 빈도변수에 대한 회귀모형은 Poisson 모형으로 설명할 수 있지만, Poisson 모형은 분산과 평균이 동일할 때 사용할 수 있기 때문에 평균보다 분산이 큰 본 데이터에서는 음이항 회귀분석을 실시하였다. 논문성과와 특허성과의 분포는 [그림 3]과 같다.

다음으로는 회귀분석을 위한 변수설정을 위해 Akaike Information Criterion (AIC)를 이용했다. AIC는 주어진 데이터 세트에 대한 통계모형의 상대적 품질을 측정하는 것이다. AIC를 측정하는 법은 수식4와 같으며, L 은 모형의 우도함수(likelihood function)의 최대값이고 k 는 모형에서 추정된 매개 변수(estimated parameter)이다.

$$AIC = 2k - 2\ln(L) \quad \text{수식 4}$$

여러 AIC모형 중 최소 AIC값을 갖는 모형이 선호모형이다 (Akaike, 1974). AIC의 결과는 [표 16]과 같은데, 에너지기술전체에 대한 산출을 분석하는 것보다는 에너지세부기술별 산출을 분석해야 모형의 설명력이 높아짐을 확인하였다.

[표 16] AIC 모형 분석

	논문 성과				특허 성과			
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.41		0.26		0.26		0.01	
하향식	0.43	***	0.40	***	0.19	***	0.34	***
정부지원금	0.01	***	0.01	***	0.02	***	0.01	***
산	-0.64		-0.61		1.01	**	1.03	**
학	1.30	***	1.32	***	0.98	**	0.85	*
연	1.22	**	1.22	**	0.83	*	0.83	*
산산	0.06		0.06		1.25	***	1.26	***
학학	1.63	***	1.66	***	1.25	**	1.02	**
연연	0.88		0.94		1.20	**	1.10	*
산학	0.93	**	0.94	**	1.14	**	1.12	**
산연	0.45		0.46		1.00	**	1.02	**
학연	1.65	***	1.69	***	1.34	***	1.12	**
산학연	1.05	**	1.05	**	1.28	***	1.21	***
수요기술			0.17				0.15	
공급(원자력)			-0.14				-0.25	
공급(신재생)			0.11				0.64	***
공급(화력)			0.45	**			-0.12	
AIC	6423.2		6419.1		7004.4		6933.2	

1. 논문성과에 대한 분석결과

[표 17]에 따르면 논문성과는 1% 유의수준에서 하향식(Top-down) 기획유형(0.43), 정부지원금(0.01)에 양(+)으로 유의미함을 보였다. 또한 대학 단독수행과제(1.30)와 대학이 참여한 협력수행과제(학학 1.63, 학연 1.65)가 1% 유의수준에서 양(+)의 관계임을 보였다. 모형의 분석결과를 5% 유의수준에서 확인해보면 비영리 기관이 과제에 참여할 때 논문성과가 우수함을 확인하였다 (학연(1.65) > 학학(1.63) > 학(1.3) > 연(1.22) > 산학연(1.05) > 산학(0.93)). 상대적으로 대학이 참여한 협력수행과제에서 높은 논문성과가 발생했으나, 연구소가 참여한 협력수행과제(연연, 산연)는 논문성과를 유의미하게 설명하지 못했다.

에너지기술별 논문성과에 대한 설명력을 비교해보면 원자력분야는 논문성과에 대해 1% 유의수준에서 음(-0.31)의 관계를 보였고, 화력분야는 5%의 유의수준에서 논문성과에 대해 양(0.35)의 관계를 보였다. 그 외의 기술분야(수요, 신재생, 자원개발)에서는 유의미성을 확인할 수 없었다. 이 결과를 통해 에너지부문에서도 세부기술별 논문성과에 대한 설명력이 다르다고 해석할 수 있다. 원자력발전은 기저발전원으로 에너지 세부기술 중 가장 보수인 분야이기 때문에 신기술을 개발했어도 기술적용이 쉽지 않다는 특징이 있다. 이에 따라 다른 세부분야에 비해 기술혁신의 동기부여가 적은 경향이 있다. 또한 원자력분야의 고정비용은 다른 세부분야에 비해 크기 때문에 혁신이 부족한 측면이 있기 때문에 다른 에너지 세부기술에 비해 논문성과가 부족한 것으로 보인다. 반면에 화력분야는 다른 에너지 세부기술에 비해 논문성과가 우수하다. 이는 정부지원에서 최근 이슈가 되고 있는 대기오염문제에 대응하기 위한 연구개발 성과에 주목하고 있고, 이를 통해 기술혁신을 도모한 것으로 보인다.

[표 17] 논문성과에 대한 분석결과

	에너지 전체		수요기술		공급기술(신재생)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.41		0.35		0.41	
하향식(TD)	0.43	***	0.42	***	0.42	***
정부지원금	0.01	***	0.01	***	0.01	***
산	-0.64		-0.61		-0.64	
학	1.30	***	1.33	***	1.30	***
연	1.22	**	1.23	**	1.22	**
산산	0.06		0.10		0.06	
학학	1.63	***	1.66	***	1.63	***
연연	0.88		0.91		0.89	
산학	0.93	**	0.96	**	0.93	**
산연	0.45		0.46		0.45	
학연	1.65	***	1.70	***	1.66	***
산학연	1.05	**	1.08	**	1.06	**
수요기술			0.07			
공급(신재생)					-0.01	

변수	공급기술(원자력)		공급기술(화력)		공급기술(자원)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.42		0.42		0.40	
하향식(TD)	0.43	***	0.41	***	0.43	***
정부지원금	0.01	***	0.01	***	0.01	***
산	-0.58		-0.70		-0.63	
학	1.31	***	1.28	***	1.30	***
연	1.23	***	1.20	**	1.23	**
산산	0.11		-0.02		0.06	
학학	1.64	***	1.61	***	1.63	***
연연	0.93		0.87		0.89	
산학	0.94	**	0.90	**	0.95	**
산연	0.46		0.42		0.46	
학연	1.66	***	1.64	***	1.66	***
산학연	1.05	**	1.02	**	1.07	**
공급(원자력)	-0.31	***				
공급(화력)			0.35	**		
공급(자원)					-0.16	

* p-value : ***은 1%에서 유의, **은 5%에서 유의, *은 10%에서 유의

2. 특허성과에 대한 분석결과

[표 18]에 따르면 특허성과 역시 1% 유의수준에서 하향식(Top-down) 기획유형(0.19), 정부지원금(0.02)에 양(+)으로 유의미함을 보였다. 또한 협력유형은 1%의 유의수준에서 기업이 참여한 협력수행과제(산산 1.25, 산학연 1.28)와 학연(1.34) 협력유형에서 양(+)의 관계를 보였다. 5% 유의수준에서는 대부분의 협력유형에서 양(+)의 관계를 보였다 (학연(1.34) > 산학연(1.28) > 산산(1.25) = 학학(1.25) > 연연(1.20) > 산학(1.14) > 산(1.01) > 산연(1.00) > 학(0.98)).

에너지기술별 특허성과에 대한 설명력을 비교해보면, 1%의 유의수준에서 신재생기술(0.59)은 양의 관계를 보였고, 수요기술(-0.19)과 원자력기술(-0.58)은 음의 관계를 보였다. 공급부문의 신재생기술은 다른 세부기술보다 우수한 특허성과가 발생하고, 수요기술과 공급부문의 원자력기술은 다른 세부기술보다 미흡한 특허성과가 발생함을 확인했다. 이를 통해 Pavitt(1984)가 주장했던 “공급자주도형 산업에서는 정부지원금이 특허출원수에 유의한 수준으로 영향을 미침”을 일부 확인했다. 반면에 원자력분야는 논문성과 분석결과에서 확인한 바와 같이 기저발전원으로 에너지기술 중에서 가장 보수적인 기술분야이기 때문에 기술적용이 쉽지 않고 고정비용이 큰 특징이 있다. 이에 따라 다른 세부기술에 비해 기술혁신의 동기부여가 적은 경향이 있고, 원자력 기술이 다른 에너지 세부기술에 비해 특허성과가 부족한 것으로 보인다.

[표 18] 특허성과에 대한 분석결과

	에너지 전체		수요기술		공급기술(신재생)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.26		0.41		0.13	
하향식(TD)	0.19	***	0.24	***	0.36	***
정부지원금	0.02	***	0.02	***	0.01	***
산	1.01	**	0.92	*	0.92	**
학	0.98	**	0.90	*	0.80	*
연	0.83	*	0.74		0.71	
산산	1.25	***	1.20	**	1.20	***
학학	1.25	**	1.14	**	0.96	**
연연	1.20	**	1.09	*	1.00	*
산학	1.14	**	1.07	**	1.07	**
산연	1.00	**	0.95	**	0.96	**
학연	1.34	***	1.21	**	1.03	**
산학연	1.28	***	1.21	***	1.17	***
수요기술			-0.19	***		
공급(신재생)					0.59	***

	공급기술(원자력)		공급기술(화력)		공급기술(자원)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.29		0.25		0.26	
하향식(TD)	0.20	***	0.21	***	0.20	***
정부지원금	0.02	***	0.02	***	0.02	***
산	1.08	**	1.05	**	1.04	**
학	1.00	**	1.00	**	0.99	**
연	0.95	*	0.84	*	0.84	*
산산	1.27	***	1.30	***	1.26	***
학학	1.25	**	1.26	**	1.26	**
연연	1.27	**	1.21	**	1.21	**
산학	1.14	**	1.17	**	1.17	**
산연	1.04	**	1.02	**	1.02	**
학연	1.37	***	1.36	***	1.36	***
산학연	1.27	***	1.30	***	1.30	***
공급(원자력)	-0.58	***				
공급(화력)			-0.36	**		
공급(자원)					-0.26	**

* p-value : ***은 1%에서 유의, **은 5%에서 유의, *은 10%에서 유의

제3절 사업화성과에 분석결과

사업화 실적에 대하여 투입요소와 산출요소의 로지스틱 회귀분석(logistic regression)을 실시하였다. 로지스틱 회귀분석을 실시하기 전에 변수간의 상관관계를 비교하였는데, [부록 2]와 같이 투입요소간의 상관관계가 0.4이하이고, 본 단계에서는 독립변수인 논문실적과 특허실적의 상관관계도 0.26으로 본 단계에서의 독립변수 간의 상관관계는 고려하지 않았다.

모형의 적합도를 확인하기 위해 Hosmer-Lemeshow 검정을 실시하였다. Hosmer-Lemeshow 검정은 로지스틱 회귀모형에 대한 적합도의 통계적 검정으로 관찰된 사건의 비율이 모델 집단의 하위 집단에서 예상되는 사건의 비율과 일치 하는지를 평가한다(Lemeshow and Hosmer, 1982). Hosmer-Lemeshow 검정 통계량은 수식 5와 같다.

$$H = \sum_{g=1}^G \frac{(O_g - E_g)^2}{N_g \pi_g (1 - \pi_g)} \quad \text{수식 5}$$

여기서 O_g , E_g , N_g , π_g 는 각각 g 번째 위험 분위수 그룹의 관측된 사건, 예상된 사건, 관찰 및 예측된 위험을 나타내며, G 는 그룹의 수이다 (Lemeshow and Hosmer, 1982). 이 방법을 사용하여 사업화성과에 대한 모델의 적합성을 검정하고 귀무가설을 수락하였다 (수식 6 참고).

$$X\text{-squared} = 12.3968, \quad df = 8, \quad p\text{-value} = 0.1344 \quad \text{수식 6}$$

[표 19] 사업화성과에 대한 분석결과

	에너지 전체		수요기술		공급기술(신재생)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	-1.92	*	-2.03	*	-1.96	*
하향식(TD)	-0.10		-0.13		-0.07	
정부지원금	0.002		0.002		0.002	
산	0.82		0.87		0.81	
학	-2.13		-2.09		-2.13	
연	-16.77		-16.73		-16.78	
산산	0.78		0.81		0.78	
학학	-16.83		-16.77		-16.83	
연연	-16.80		-16.76		-16.83	
산학	0.54		0.58		0.53	
산연	0.56		0.59		0.55	
학연	-2.61	*	-2.52	*	-2.67	*
산학연	0.03		0.06		0.01	
특허성과	0.03	***	0.03	***	0.03	***
논문성과	-0.004		-0.005		-0.004	
수요기술			0.17			
공급(신재생)					0.14	

	공급기술(원자력)		공급기술(화력)		공급기술(자원)	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(Intercept)	0.29		0.25		0.26	
하향식(TD)	-0.10		-0.09		-0.10	
정부지원금	0.002		0.002		0.002	
산	0.86		0.85		0.84	
학	-2.09		-2.11		-2.11	
연	-16.74		-16.76		-16.76	
산산	0.77		0.84		0.79	
학학	-16.80		-16.82		-16.80	
연연	-16.79		-16.79		-16.80	
산학	0.52		0.56		0.56	
산연	0.55		0.58		0.57	
학연	-2.60	*	-2.60	*	-2.60	*
산학연	0.0004		0.05		0.04	
특허성과	0.03	***	0.03	***	0.03	***
논문성과	-0.004		-0.004		-0.004	
공급(원자력)	-0.45					

공급(화력)			-0.39			
공급(자원)					-0.18	

* p-value : ***은 1%에서 유의, **은 5%에서 유의, *은 10%에서 유의

[표 19]와 같이 1% 유의수준에서 기획유형, 정부지원금, 협력유형이 사업화성과를 설명할 수 없음을 확인하였다. 이는 국가 에너지기술개발사업 정책 결정자의 의사결정이 사업화에는 직접적인 영향을 미치지 않음을 의미한다. 산출성과 중에는 특허성과(0.03)가 1% 유의수준에서 양(+)으로 유의미하고, 논문성과로는 사업화성과를 설명할 수 없음을 확인했다. 논문성과는 연구개발 3단계 중 1단계인 기초연구의 산출물로 발생하는데 (Freeman, 1982), 기초연구의 목적은 원천기술의 확보에 있으며 사업화성과가 발생하기까지 후속연구 등이 필요하다. 본 분석에서 사용한 자료는 과제 종료 후 최장 5년간의 성과만 조사한 자료이기 때문에 논문성과로 사업화성과를 설명하는데 어려움이 있다.

10%의 유의수준을 고려하면 학연(-2.61) 참여유형은 사업화성과에 대해 음(-)으로 유의미함을 보였다. 에너지기술별 사업화성과에 대한 설명력은 모든 군에서 설명하지 못함을 보였다.

제5장 결론

제1절 결론 및 시사점

기존의 정부연구개발사업의 기술혁신투입-기술혁신산출-기술혁신결과 간의 실증분석 연구는 해외자료로 분석을 했거나 산업분야의 기술에 대한 분석 위주로 수행되었다. 또한 현재까지 정부는 국가연구개발사업 성과를 투입요인(주로 정부지원금)과 연구개발성과가 선형적인 관계가 있다고 가정하고 예산 집행 효율성을 평가하여 투입 및 성과에 관한 종합적인 연구가 어려웠다.

본 연구는 한국 정부의 국가에너지기술개발사업 성과활용조사의 자료를 C repon, Duguet and Mairesse 모형을 활용하여 계량분석함으로써 투입과 성과간의 관계를 분석하고, 한국 정부의 국가에너지기술개발사업의 특징을 확인하였다. 또한 에너지 세부기술별로 성과에 미치는 영향을 분석하였다.

에너지기술개발사업 기획유형과 성과

하향식(Top-down) 기획유형과제는 기술혁신 산출(논문성과 및 특허성과)에 대해 상향식(Bottom-up) 기획유형과제에 비해 양(+)의 유의미성이 있음을 확인했으나, 기술혁신 결과(사업화성과)는 설명할 수 없음을 확인했다. 본 연구의 하향식(Top-down) 기획유형과제의 기술혁신 성과가 높다는 결과는 이전 연구들의 주장에 반하는 결과이다. 이는 에너지분야가 1) 정부의 정책주도로 시장이 형성되는 산업이고, 2) 다양한 기술이 융합된 종합 시스템산업으로 독립적인 연구개발사업만으로는 성과가 발생하기 어렵기 때문이다. 또

한, 3) 한국의 에너지기술은 선진국의 에너지기술과 기술격차가 존재하기 때문에 정부가 주도하여 과제를 기획하는 하향식(Top-down) 기획유형의 과제에서 더 높은 성과가 발생하는 것으로 볼 수 있다.

에너지기술개발사업 정부지원금과 성과

정부지원금의 규모는 기술혁신 산출(논문성과 및 특허성과)에 대해 양(+)의 유의미성이 있음을 확인했으나, 기술혁신 결과(사업화성과)는 설명할 수 없음을 확인했다.

에너지기술개발사업 협력유형과 성과

세 가지 투입요인 중에 과제수행 협력유형이 가장 기술혁신 산출(논문성과 및 특허성과)에 대한 설명력이 높았다. 논문성과는 대학이 참여한 협력수행과제의 성과가 가장 높음을 확인했다(1% 유의수준에서는 학연>학학>학, 5% 유의수준에서는 학연>학학>학>연>산학연>산학). 또한 특허성과는 대부분의 협력유형이 특허성과에 유의미함을 보였다(1% 유의수준에서는 산학연>산산>학연, 5% 유의수준에서는 학연>산학연>산산=학학>연연>산학>산>산연>학). 하지만 기술혁신 결과(사업화성과)는 협력유형으로 설명할 수 없음을 확인했다.

[표 20] 기술혁신투입과 기술혁신성과의 관계

	논문성과	특허성과	사업화성과
기획유형	하향식>상향식	하향식>상향식	설명할 수 없음
정부지원금	+	+	설명할 수 없음
협력유형	단독<협력(학)	단독<협력(산학연)	설명할 수 없음
논문성과			설명할 수 없음
특허성과			+

에너지기술개발사업 세부기술과 성과

에너지수요기술은 논문성과는 설명할 수 없었으며, 특허성과에 대해 음(-)으로 유의미성을 보였고, 사업화성과를 설명할 수 없었다. 수요기술은 K-Meg(제주 EMS실증프로젝트)과 같은 사업화를 위한 과제 위주로 지원해온 결과 논문성과 및 특허성과가 다소 부족한 경향이 있다. 사업화성과는 기술개발 지원 후 성과발생 시까지 일정 시간이 소요되므로 차후에 추가적으로 성과추적을 할 필요가 있다. 에너지수요기술 중 우수한 성과를 달성한 과제의 특징은 에너지다소비기기의 효율향상 인증 획득 관련 과제였다. 이는 에너지다소비기기는 인증을 획득한 과제만 사업화가 가능한 정부 정책 때문이다. 에너지다소비기기 연구개발의 성과를 향상시키기 위해서는 연구개발 내용에 인증연계를 포함할 필요가 있다.

신재생기술은 논문성과는 설명할 수 없었으며, 특허성과에 대해 양(+)으로 유의미성을 보였고, 사업화성과를 설명할 수 없었다. 이는 신재생분야가 기술적성과는 우수하나 사업화성과는 미흡함을 의미한다. 신재생분야는 범국가적 이슈인 기후변화대응을 위해 정부에서 많은 예산을 편성했으며 이에 기술적

성과는 우수하게 발생했다. 하지만 2014년부터 국제적인 경기침체와 저유가가 지속되면서 사업화 성과는 저조한 것으로 보인다. 개별과제를 분석해보면, 실증형 연구개발을 추진했으나 사업화성과 실적이 미흡하고, 인증 및 보급 연계 연구개발의 지원이 부족하다. 이에 따라 연구개발사업 기획 시 실증·인증·보급의 연계방안을 고려하면 사업화성과를 제고할 수 있을 것이다.

원자력분야는 논문성과와 특허성과에 대해 음(-)으로 유의미성을 보였고, 사업화성과를 설명할 수 없었다. 원자력분야는 그간 후쿠시마 원전사고, 경주 지진 등의 민생에 밀접한 관련이 있는 이슈가 발생함에도 불구하고 성과가 낮다. 원자력발전은 기저발전원으로 가장 보수적인 분야이기 때문에 기술적용이 쉽지 않다는 특징이 있다. 이에 따라 다른 분야에 비해 기술혁신의 동기부여가 부족한 경향이 있다.

화력분야는 논문성과에 대해 양(+)의 유의미성을 보였으며, 특허성과는 설명할 수 없었고, 사업화성과를 설명할 수 없었다. 정부지원에서 리트로핏 기술 등 최근 이슈가 되고 있는 대기오염문제에 대응하기 위한 연구개발 성과에 주목하고 있고, 이에 따라 기술혁신을 도모한 것으로 보인다. 화력분야와 원자력분야는 기술의 수요처가 제한(발전사)되어 있다는 특징이 있다. 따라서 화력분야와 원자력분야의 사업화성과 제고를 위해서는 수요처의 구매를 연계한 과제를 추진할 필요가 있다.

자원분야는 논문성과, 특허성과, 사업화성과를 설명할 수 없었다. 2013년 경제적인 불황으로 광물자원의 가격이 하락하였고, 2014년 이후 세계적으로 저유가 기조를 이어가면서 자원개발기술의 경쟁력이 떨어지고 있다. 게다가 한국은 천연자원이 부족한 국가이기 때문에 실증을 할 수 있는 장소가 국내에 없어 기술을 개발하더라도 기술의 적용처를 찾는 데 어려움이 있다. 또한 그간

대학 및 연구소 위주로 연구개발을 추진하여 사업화에 대한 고려가 부족하여 국내기술의 경쟁력이 떨어질 수밖에 없었다. 기업위주의 연구개발을 장려하여 사업화율을 제고할 필요가 있다.

[표 21] 에너지세부기술과 기술혁신성과의 관계

		논문성과	특허성과	사업화성과
수요	수요기술	설명할 수 없음	-	설명할 수 없음
공급	신재생	설명할 수 없음	+	설명할 수 없음
	원자력	-	-	설명할 수 없음
	화력	+	설명할 수 없음	설명할 수 없음
	자원	설명할 수 없음	설명할 수 없음	설명할 수 없음

본 연구는 한국 정부의 국가에너지기술개발사업의 성과를 향상시키기 위한 정책결정자의 의사결정요인을 확인하였으며, 하향식(Top-down)과제가 상향식(Bottom-up)과제보다 논문성과 및 특허성과가 우수함을 확인하였고, 정부 지원금과 논문성과 및 특허성과는 양(+)의 관계임을 확인하였다. 또한 연구 참여기관의 유형이 논문성과 및 특허성과에 영향을 미침을 확인하였고, 특허 성과만 사업화성과에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 마지막으로 에너지세부기술 별로 성과에 미치는 영향이 다르다는 것을 확인했다.

이에 따라 본 연구를 통해 국가에너지기술개발사업을 추진하는데 향상시키고자하는 기술혁신성과에 따라 어떤 기술혁신투입을 고려해야하는지를 알 수 있었으며, 더 나아가 에너지세부기술별로 기술혁신성과와의 관계를 확인할 수 있었다.

제2절 연구의 한계와 향후 연구방향

본 연구는 그간 이루어지지 않았던 한국 정부의 국가에너지기술개발사업 성과를 실증 데이터와 이론을 근거로 검증했다는 점에서 의의가 있으나 연구로서의 한계가 존재하며 추가적인 연구를 통해 보완할 필요성이 있다. 향후 연구방향을 정리하면 아래와 같다.

첫째, 연구개발을 통해 기술적성과와 사업화성과가 발생하기 위해서는 기술개발 종료 후 일정기간 이상의 시간이 소요되며(정병호 외, 2012), 특히 에너지분야는 다른 분야에 비해 사업화까지 더 많은 기간이 필요하다 (Paul Ching, 2005). 본 연구에서는 최근 5년(2011~2015년) 종료과제의 성과활용조사 자료를 분석하여 비교적 최근에 종료한 과제의 성과를 측정하는데 한계가 있었다. 또한 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」 제 8조(자체성과평가의 실시)에 따라 과제종료 5년 이후의 연구개발성과는 조사하지 않기 때문에 연구개발 후 장기적으로 발생하는 성과에 대한 분석은 수행할 수 없었다.

둘째, 현재 타 산업과의 비교 및 관리의 용이성을 위해서 공통성과지표로 논문, 특허, 기술수준, 기술격차, 사업화(매출액) 등을 조사하고 있다. 하지만 산업별, 과제별로 목표와 특성이 상이함에도 동일한 지표를 조사하고 비교하는 것은 실질적인 사업성과를 측정하고 평가하는데 한계가 있다. 산업 및 과제의 특성을 분석하고 그 특성을 반영한 성과지표를 개발해야 한다.

셋째, 본 연구에서는 국가연구개발사업 정책결정자의 의사결정에 따른 연구개발사업의 혁신요인을 분석했으나, 연구개발사업의 성공요인은 정책결정자의 의사결정사항 외에도 많을 것이다. 예를 들어 경제적 상황, 대외적 환경,

기업의 재무상태, 수행참여자의 학위 및 경력 등 외부요인 및 연구참여기관 내부요인 등을 반영해야 성과제고요인에 대한 분석이 더 정확하게 이루어질 것이다.

넷째, 본 연구에서는 산업통상자원부 에너지기술개발사업의 과제 성과활용 조사 데이터를 분석했기 때문에 대부분의 과제가 응용연구 및 개발연구 단계를 수행했다. 에너지분야 국가연구개발사업의 기초연구 단계의 성과 현황을 파악하려면 추가적인 자료조사가 필요하다.

참 고 문 헌

A. B. Supapol, “The commercialization of government-sponsored technologies: Canadian evidence,” *Research Policy*, Vol. 19, No. 4, 1990, pp. 369–378.

Achilladelis, B., Schwarzkopf, A. and M. Cines, “A study of innovation in the pesticide industry: analysis of the innovation record of an industrial sector,” *Research Policy*, Vol. 16, No. 2–4, 1987, pp. 175–212.

Aghion, P., Veugelers, R. and D. Hemous, No green growth without innovation (No. 353), 2009.

Ali, A., Krapfel, R. and D. LaBahn, “Product innovativeness and entry strategy: impact on cycle time and break-even time,” *Journal of product innovation management*, Vol. 12, No. 1, 1995, pp. 54–69.

Arora, A., Fosfuri, A. and A. Gambardella, “Markets for technology and their implications for corporate strategy,” *Industrial and corporate change*, Vol. 10, No. 2, 2001, pp. 419–451.

B. Bozeman, “Public Value Mapping of Science Outcomes: Theory and Method,” A Project for the Global Inclusion Program of the Rockefeller Foundation, Vol. 2, 2002, pp. 3–48.

B. P. Cozzarin, “Data and the measurement of R&D program impacts. Evaluation and Program planning,” Vol. 31, No. 3, 2008, pp. 284–298.

Balachandra, P., Nathan, H. S. K. and B. S. Reddy, “Commercialization of sustainable energy technologies,” *Renewable Energy*

y, Vol. 35, No. 8, 2010, pp. 1842–1851.

Becheikh, N., Landry, R. and N. Amara, “Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003,” *Technovation*, Vol. 26, No. 5, 2006, pp. 644–664.

Branstetter, L. G. and M. Sakakibara, “When do research consortia work well and why? Evidence from Japanese panel data,” *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 1, 2002, pp. 143–159.

Brown, M. A., Berry, L. G. and R. K. Goel, “Guidelines for successfully transferring government–sponsored innovations,” *Research Policy*, Vol. 20, No. 2, 1991, pp. 121–143.

Brown, M. G. and R. A. Svenson, “Measuring r&d productivity. *Research–Technology Management*”, Vol. 31, No. 4, 1988, pp. 11–15.

C. Freeman, “*Economics of Industrial Innovation*” MIT Press, 1982.

C. Freeman, “Technology policy and economic policy: Lessons from Japan,” Frances Pinter, London, 1987.

C. Palmberg, “The sources and success of innovations—Determinants of commercialisation and break–even times,” *Technovation*, Vol. 26, No. 11, 2006, pp. 1253–1267.

Carlsson, B. and R. Stankiewicz, “On the nature, function and composition of technological systems,” *Journal of evolutionary economics*, Vol. 1, No. 2, 1991, pp. 93–118.

Choi, D., Lee, S. and Y. Kim, “The complementarities and cont

externalities of corporate R&D strategies: An empirical analysis of Korean manufacturing industry,” *Journal of Management & Organization*, Vol. 18, No. 03, 2012, pp. 311–333.

Chudnovsky, D., Lopez, A. and G. Pupato, “Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms’ behavior (1992–2001),” *Research policy*, Vol. 35, No. 2, 2006, pp. 266–288.

Cohen, W. M. and D. A. Levinthal, "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D," *The Economic Journal*, Vol. 99, No. 397, 1989, pp. 569–596

Cohen, W. M., Nelson, R. R. and J. P. Walsh, “Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why US manufacturing firms patent (or not) (No. w7552),” *National Bureau of Economic Research*, 2000.

Costa-Campi, M. T., Duch-Brown, N. and J. Garcia-Quevedo, “R&D drivers and obstacles to innovation in the energy industry,” *Energy Economics*, Vol. 46, 2014, pp. 20–30.

Crepon, B., Duguet, E. and J. Mairessec, “Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level,” *Economics of Innovation and new Technology*, Vol. 7, No. 2, 1998, pp. 115–158.

Crespi, G. and A. Geuna, “The productivity of UK universities,” *University of Sussex, SPRU*, 2006.

Das, T. K. & B. S. Teng, “A Resource-Based Theory of Strategic Alliances,” *Journal of Management*, Vol. 26, 2000, pp. 31–60.

David, P. A., Hall, B. H. and A. A. Toole, “Is public R&D a co

plement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence,” *Research policy*, Vol. 29, No. 4, 2000, pp. 497–529.

De Jong, P. and G. Z. Heller, “Generalized linear models for insurance data (Vol. 136),” Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

Dinges, M., Berger, M., Frietsch, R. and A. Kaloudis, “Public versus private funded business R&D: Sector specific specialisation indices as a tool for policy analysis,” 2007.

Dugal, S. S. and G. K. Morbey, “Revisiting corporate R&D spending during a recession. *Research–Technology Management*,” Vol. 38, No. 4, 1995, pp. 23–27.

E. Salies, A Test of the Schumpeterian Hypothesis In a Panel of European Electric Utilities, Vol. 8, 2013, pp. 419–425

Eldred, E. W. and M. E. McGrath, “Commercializing new technology—I. *Research–Technology Management*,” Vol. 40, No. 1, 1997, pp. 41–47.

F. Castellacci, “How does competition affect the relationship between innovation and productivity?,” *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 20, No. 7, 2011, pp. 637–658.

F. M. Scherer, “Firm size, market structure, opportunity, and the output of patented inventions,” *The American Economic Review*, Vol. 55, No. 5, 1965, pp. 1097–1125.

F. Malerba, “Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs across Sectors,” *The Oxford Handbook of Innovation*, 2006.

Fahrenkrog, G., Polt, W., Rojo, J., Tubke, A. & K. Zinocker,

“RTD Evaluation Toolbox: Assessing the Socio Economic Impact of RTD-Policies. Brussels: Institute for Prospective Technological Studies,” EUROPEAN COMMISSION, 2002.

Fromhold-Eisebith, M. and G. Eisebith, “How to institutionalize innovative clusters? Comparing explicit top-down and implicit bottom-up approaches,” *Research policy*, Vol. 34, No. 8, 2005, pp. 1250–1268.

Glennan Jr, T. K., Baer, W. S. and P. L. Ellickson, “The Role of Department of Energy Field Offices in the Commercialization of Energy Technologies,” RAND Corporation, 1979.

Goldfarb, B. and M. Henrekson, “Bottom-up versus top-down policies towards the commercialization of university intellectual property,” *Research policy*, Vol. 32, No. 4, 2003, pp. 639–658.

Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J. and B. Peters, “Innovation and productivity across four European countries,” *Oxford review of economic policy*, Vol. 22, No. 4, 2006, pp. 483–498.

H. Akaike, “A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*,” Vol. 19, No. 6, 1974, pp. 716–723.

H. Chesbrough, “The logic of open innovation: managing intellectual property,” *California Management Review*, Vol. 45, No. 3, 2003, pp. 33–58.

H. E. Tilton, “distinctive characteristics of Energy R&D. U.S. Energy R & D Policy: The Role of Economics,” Abingdon: Routledge, 2015.

Hagedoorn, J., Link, A. N. and N. S. Vonortas, “Research Part

- nerships,” *Research Policy*, Vol. 29, No. 4, 2000, pp. 567–586.
- Hall, B. H., Mairesse, J., and P. Mohnen, “Measuring the Returns to R&D (No. w15622),” National Bureau of Economic Research, 2009.
- Hendry, C., Harborne, P. and J. Brown, “So what do innovating companies really get from publicly funded demonstration projects and trials? Innovation lessons from solar photovoltaics and wind,” *Energy Policy*, Vol. 38, No. 8, 2010, pp. 4507–4519.
- J. A. Hansen, “Technology innovation indicators. In *Innovation Policy in the Knowledge-Based Economy* (pp. 73–103)”, Springer US, 2001.
- J. A. Schumpeter, “1934, *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*,” Trans. Redvers Opie. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1912.
- J. Ali-Yrkko, “Impact of Public R & D Financing on Employment (No. 039),” European Network of Economic Policy Research Institutes, 2005.
- J. Cobbenhagen, “Successful innovation: towards a new theory for the management of small and medium sized enterprises,” Edward Elgar Publishing, 2000.
- J. E. Ettlé, “The commercialization of federally sponsored technological innovations,” *Research Policy*, Vol. 11, No. 3, 1982, pp. 173–192.
- J. J. Dooley, “Unintended consequences: energy R&D in a deregulated energy market,” *Energy Policy*, Vol. 26, No. 7, 1998, pp. 547–555.

Jaruzelski, B., Dehoff, K. and R. Bordia, "Money Isn't Everything Lavish R&D budgets don't guarantee success. The Booz Allen Hamilton Global Innovation 1000 tracked the world's heaviest innovation spenders against common measures of performance and success," *Strategy and Business*, Vol. 41, 2005, pp. 54.

Jeong, W. S. and S. K. Kim, "Relations between ICT and Productivity: An Empirical Analysis on SMEs in Korea," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 40, No. 11, 2015, pp. 2238–2249.

Johansson, B. and H. Loof, "Innovation, R&D and Productivity –assessing alternative specifications of CDM–models," KTH Royal Institute of Technology, 2009.

K. Arrow, "Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*" , Princeton University Press, 1962, pp. 609–626.

K. Pavitt, "Patent statistics as indicators of innovative activities: possibilities and problems," *Scientometrics*, Vol. 7, No. 1–2, 1985, pp. 77–99.

K. Pavitt, "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory," *Research policy*, Vol. 13, No. 6, 1984, pp. 343–373.

Karlsson, C. and P. Ahlstrom, "Technological level and product development cycle time," *Journal of product innovation management*, Vol. 16, No. 4, 1999, pp. 352–362.

Kassicieh, S. K. and H. R. Radosevich (Eds.), "From lab to market: commercialization of public sector technology," Springer

Science & Business Media, 2013.

Kerssens-van Drongelen, I., Nixon, B. and A. Pearson, "Performance measurement in industrial R&D," *International Journal of Management Reviews*, Vol. 2, No. 2, 2000, pp. 111–143.

L. Georghiou, "Issues in the evaluation of innovation and technology policy," *evaluation*, Vol. 4, No. 1, 1998, pp. 37–51.

Lai, W. H. and P. L. Chang, "Corporate motivation and performance in R&D alliances," *Journal of Business research*, Vol. 63, No. 5, 2010, pp. 490–496.

Lee, H. Y. and Y. T. Park, "An international comparison of R&D efficiency: DEA approach," *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol. 13, No. 2, 2005, pp. 207–222.

Lee, S., Yoon, B., Lee, C. and J. Park, "Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, No. 6, 2009, pp. 769–786.

Lemeshow, S. and D. W. Hosmer, "A review of goodness of fit statistics for use in the development of logistic regression models," *American journal of epidemiology*, Vol. 115, No. 1, 1982, pp. 92–106.

Loof, H. and A. Heshmati, "Knowledge capital and performance heterogeneity: a firm-level innovation study," *International Journal of Production Economics*, Vol. 76, No. 1, 2002, pp. 61–85.

Loof, H. and A. Heshmati, "The impact of public funds on private R&D investment: New evidence from a firm level innovation study," *MTT Discussion Papers*, Vol. 3, 2005, pp. 1–26.

M. J. Enright, "Regional clusters: what we know and what we should know," In *Innovation clusters and interregional competition* (pp. 99–129). Springer Berlin Heidelberg, 2003.

Mairesse J. and P. Mohnen, "The importance of R&D for innovation: a reassessment using french survey data," NBER Working Paper Series, No. 10897, 2004.

Mankiw, N. G., Romer, D. and D. N. Weil, "A contribution to the empirics of economic growth (No. w3541)," National Bureau of Economic Research, 1990.

Martin, B. R. and R. Johnston, "Technology foresight for wiring up the national innovation system: experiences in Britain, Australia, and New Zealand," *Technological forecasting and social change*, Vol. 60, No. 1, 1999, pp. 37–54.

Masso, J. and P. Vahter, "Innovation and firm performance in a catching-up economy," Retrieved, Vol. 5, No. 18, 2012.

Montoya-Weiss, M. M. and R. Calantone, "Determinants of new product performance: a review and meta-analysis," *Journal of product innovation management*, Vol. 11, No. 5, 1994, pp. 397–417.

Mortensen, P. S. and C. W. Bloch, "Oslo Manual—Guidelines for collecting and interpreting innovation data. Organisation for Economic Cooperation and Development," OECD, 2005.

N. T. Gallini, "The economics of patents: Lessons from recent US patent reform," *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 16, No. 2, 2002, pp. 131–154.

Nalebuff, B. J. and A. M. Brandenburger, "Co-opetition: Comp

etitive and cooperative business strategies for the digital economy,” *Strategy & leadership*, Vol. 25, No. 6, 1997, pp. 28–33.

O. Kimura, “Public R&D and commercialization of energy-efficient technology: A case study of Japanese projects,” *Energy Policy*, Vol. 38, No. 11, 2010, pp. 7358–7369.

OECD, “Government R & D Funding and Company Behaviour: Measuring Behavioural Additionality,” 2006.

OECD, “Main Science and Technology Indicators 2015–1,” 2016.

OECD, *Government R&D Funding and Company Behaviour Measuring Behavioural Additionality*, 2006.

P. Beije, “Innovation and information transfer in interorganizational networks: behavior of actors and performance of meso-economic groups,” Ph. D. dissertation, Erasmus University, 1989.

P. Formica, “Corporate governance of cluster development agencies: the case for market orientation,” In *Innovation Clusters and Interregional Competition* (pp. 241–271). Springer Berlin Heidelberg, 2003.

P. Romer, “Endogenous technological change (No. w3210),” National Bureau of Economic Research, 1989.

Powell, W. W. and S. Grodal, “Networks of innovators,” *The Oxford handbook of innovation*, 2005, pp. 56–85.

Powell, W. W. and S. Grodal, “Networks of innovators,” *The Oxford handbook of innovation*, 2005, pp. 56–85.

Paul Ching's Shell International Exploration & Production presentation at SPE–IADC Conference (2005)

Powell, W. W. and S. Grodal, "Networks of innovators," *The Oxford handbook of innovation*, 2005, pp. 56-85.

R. G. Cooper, "Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch," 2001.

R. N. Foster, "Corporate performance and technological change through investor's eyes," *Research-Technology Management*, Vol. 46, No. 6, 2003, pp. 36-43.

R. Rothwell, "External Networking and Innovation in Small and Medium-sized Manufacturing Firms in Europe," *Technovation*, Vol. 11, No. 2, 1991, pp. 93-112.

R. W. Hahn, "The economics of patent protection: Policy implications from the literature," Available at SSRN 467489, 2003.

Riley, D., Salisbury, M. J., Walker, S. K. and J. Steinberg, "Parenting the first year: Wisconsin statewide impact report," Madison: University of Wisconsin, School of Human Ecology, 1996.

Roelandt, T., Gilsing, V. and J. van Sinderen, "New Policies for the New Economy," 2003.

Rogers, E. M., Yin, J. and J. Hoffmann, "Assessing the effectiveness of technology transfer offices at US research universities," *The Journal of the Association of University Technology Managers*, Vol. 12, No. 1, 2000, pp. 47-80.

Sagar, A. and K. S. Gallagher, "Energy technology demonstration and deployment. Ending the Energy Stalemate: A Bipartisan Strategy to Meet America's Energy Challenges," Vol. 117, 2004.

Sagar, A. D. and J. P. Holdren, “Assessing the global energy innovation system: some key issues,” *Energy Policy*, Vol. 30, No. 6, 2002, pp. 465–469.

Santoro, M. D. and A. K. Chakrabarti, “Firm size and technology centrality in industry–university interactions,” *Research Policy*, Vol. 31, No. 7, 2002, pp. 1163–1180.

Schwartz, M., Peglow, F., Fritsch, M. and J. Gunther, “What drives innovation output from subsidized R&D cooperation?—Project–level evidence from Germany,” *Technovation*, Vol. 32, No. 6, 2012, pp. 358–369.

Spann, M. S., Adams, M. and W. E. Souder, “Improving federal technology commercialization: some recommendations from a field study,” *The Journal of Technology Transfer*, Vol. 18, No. 3–4, 1993, pp. 63–74.

T. Hayashi, “Effect of R&D programmes on the formation of university–industry–government networks: comparative analysis of Japanese R&D programmes,” *Research Policy*, Vol. 32, No. 8, 2003, pp. 1421–1442.

T. M. Nevens, “Commercializing technology: what the best companies do,” *Planning review*, Vol. 18, No. 6, 1990, pp. 20–24.

Thursby, J. and M. C. Thursby, “Buyer and seller views of university/industry licensing,” *Buying in or selling out*, 2004, pp. 103–116.

V. Norberg–Bohm, “Creating incentives for environmentally enhancing technological change: lessons from 30 years of US energy technology policy,” *Technological forecasting and social change*

ange, Vol. 65, No. 2, 2000, pp. 125-148.

Webster, E. and P. H. Jensen, “Do patents matter for commercialization?,” *Journal of Law and Economics*, Vol. 54, No. 2, 2011, pp. 431-453.

국가과학기술자문회의, “산학 협력 활성화 방안에 관한 연구,” 2004.

국회예산정책처, “국가 연구개발 투자의 성과 측정 방법 연구,” 2013.

권남훈 · 고상원, “기업 R&D 투자에 대한 정부 직접 보조금의 효과” 『국제경제연구』, 제10권, 제2호, 2004, pp. 157-181.

권재철 · 문중범 · 유왕진 · 이철규, “대형 연구개발사업의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구,” 『기술혁신학회지』, 제15권, 제1호, 2012, pp. 185-202.

김대인, “연구조직의 국제공동R&D 협력수준이 R&D성과에 미치는 영향에 관한 실증 연구: 한국의 연구개발사업을 중심으로,” 건국대학교 대학원, 박사학위 논문, 2010.

김민창 · 성낙일, “정부 R&D 자금지원과 중소기업의 성과. 중소기업 연구,” 제34권, 제1호, 2012, pp. 39-60.

김재홍, “개방형 혁신여건 조성을 통한 정부R&D투자의 성과제고,” 『디지털정책연구』, 제8권, 제2호, 2010, pp. 29-42.

김중범, 『과학기술정책론』, 대영문화사, 1993.

김한주, “기업의 국제화 수준과 연구개발 성과와의 관계 연구,” 성균관대학교 대학원, 박사학위논문, 2007.

김해도, “국가연구개발사업의 지적재산권 관리에 관한 연구,” 충남대학교, 박사학위논문, 2006.

김현민, “정부 R&D 과제의 협력적 특성과 성과와의 관계에 대한 연구 : 프로젝트 특성의 조절효과를 중심으로,” 건국대학교 대학원, 박사

학위논문, 2012.

김호 · 김병근, “정부보조금의 민간연구개발투자에 대한 효과분석,” 『기술혁신학회지』, 제15권, 제3호, 2012, pp. 649-674.

미래창조과학부, “2014년도 연구개발활동 조사결과,” 2015.

미래창조과학부, “2015 국가연구개발사업 자체평가 지침(중간평가),” 2015.

미래창조과학부, “국가연구개발사업 표준성과지표,” 2014.

미래창조과학부, “정부R&D 혁신방안(2016.5),” 2016.

배진희 · 오명준 · 김현, “산업기술혁신사업의 성과창출에 미치는 영향에 관한 연구: 산학연 협력형태를 중심으로,” 『기술혁신학회지』, 제17권, 제3호, 2014, pp. 604-628.

산업기술진흥원, “2014년 기술이전/사업화 조사분석 자료집,” 2015.

산업통상자원부, “17년 산업 R&D 제도 개선방안,” 2016.

산업통상자원부, “2015년 에너지기술개발사업 성과활용분석조사 보고서(2016.9),” 2016.

산업통상자원부 전략기획단, “에너지산업 사업화 성과제고를 위한 R & D 활성화 방안,” 『MD 이슈리포트』, 2015.

서상혁, “산학연 협력의 필요성과 기대효과,” 『산업입지』, 제12권, 2003, pp. 2-9.

신영수 · 장성근 · 정해혁, “R&D 투자, 기술경영능력, 기업성과간의 관계. 경영학연구”, 제38권, 제1호, 2009, pp. 105-132.

신용세 · 하규수, “기술경영능력이 기술사업화 성공에 미치는 영향. 디지털융복합연구,” 제10권, 제8호, 2012, pp. 97-110.

심우중 · 김은실, “우리나라 국가연구개발사업 정부연구비의 투입 대

비성과의 다각적 분석,” 『기술혁신학회지』, 제13권, 제1호, 2010, pp. 1-27.

엄익천·이장재, “2010년도 정부 연구개발투자의 편성(안) 분석과 향후 투자 방향,” 『과학과 기술』, 제42권, 제12호, 2009, pp. 40-43.

염동기·신현대, “자료포락분석 (DEA) 을 이용한 산학협력단의 상대적 효율성 평가,” 『행정논총』, 제51권, 제1호, 2013, pp. 293-319.

유광수, “산학연 협력 현황과 대학의 역할,” 『세라미스트』, 제11권, 제1호, 2008, pp. 19-25.

유동수, “중소기업의 기술개발 활성화 방안,” 『기계저널』, 제51권, 제8호, 2011, pp. 59-61.

유형선·김지희·전승표·서진이·유재영, “중소기업 기술혁신 극대화를 위한 중점지원분야 선정방안 연구,” 『기술혁신학회지』, 제16권, 제1호, 2013, pp. 41-62.

이기환·윤병섭, “특허활동이 경영성과에 미치는 영향: 벤처기업 대 일반기업,” 『기술혁신연구』, 제14권, 제1호, 2006, pp. 67-99.

이길우·김홍범·장인호, “정부 R&D 성과 관리 활용 체계 현황진단과 시사점 : 연구자 인식도 조사를 중심으로,” KISTEP, 2012.

이성화·조근태, “R&D 투자가 경영성과에 미치는 영향: 기술사업화 능력의 매개효과를 중심으로,” 『기술혁신연구』, 제20권, 제1호, 2012, pp. 263-294.

이용석·노도환, “신재생에너지 기술혁신 개발과 R&D 성과 사업화 촉진 방안,” 『기술혁신학회지』, 제12권, 제4호, 2009, pp. 788-818.

이장재·현병환·최영훈, 『과학기술정책론-현상과 이론』, 경문사, 2011.

이정원, “R&D 평가시스템의 이론적 체계구축 및 적용방안에 관한 연구,” 정책연구(2000-07), 2000.

이철주 · 이강택 · 신준석, “정부지원 중소기업 R&D 프로젝트의 사업화 성과 영향요인 분석: 인증과 특허의 영향을 중심으로,” 『기술혁신연구』, 제20권, 제3호, 2012, pp. 230-254.

장금영, “연구개발투자의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 정부의 산업기술개발사업을 중심으로,” 『기술혁신연구』, 제18권, 제1호, 2010, pp. 75-98.

정도범 · 고윤미 · 김경남, “중소기업의 산학연 연구개발 (R&D) 협력과 기업 성과 분석,” 『기술혁신연구』, 제20권, 제1호, 2012, pp. 115-140.

정병호, 천강민, & 양재경. (2012). 국가연구개발사업의 학술적 성과의 시차효과에 관한 실증적 연구. 산업경영시스템학회지, 35, 87-92.

정우수 · 김승건, “정보통신(ICT)과 생산성의 관계 연구: 우리나라 중소기업에 대한 실증분석,” 『한국통신학회논문지』, 제40권, 제11호, 2015, pp. 2238-2249.

정태원 · 정동섭 · 김정흠, “공동논문 현황을 통한 정부출연 (연) 의 협력네트워크 구조와 논문성과와의 관계 분석,” 『기술혁신학회지』, Vol. 17, No. 1, 2014, pp. 242-263.

최석준 · 김상신, “정부 연구개발 보조금의 기업자체 R&D 투자에 대한 효과 분석: 2000년 이후 국내기업 사례를 중심으로,” 『기술혁신학회지』, 제10권, 제2호, 2007, pp. 706-726.

최태진, “국가연구개발사업의 유형별 성과분석을 통한 전략적 연구관리 체계 구축에 관한 연구,” 건국대학교 대학원, 박사학위논문, 2007.

특허청, “2014년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 결과,” 2015.

특허청, “정부R&D 특허성과 조사분석결과,” 2014.

한국과학기술기획평가원, “2016년도 정부연구개발예산 현황분석 (조

사자료 2017-001),” 안승구, 김주일, 2016.

한국산업기술진흥원, “2014년 기술이전·사업화 조사분석 자료집,” 2015.

황정태·한재훈·강희중, “혁신을 위한 외부협력이 중소기업성장에 미치는 영향에 대한 다각적 분석,” 『기술혁신학회지』, 제13권, 제2호, 2010, pp. 332-364.

[부록 1]

	type. TD	dura- -tion	fund	type.i	type.u	type.r	type.ot her	type.ii	type.u u	type.rr	type.iu	type.ir	type.ur	type. iur
type.TD	1	0.147	0.354	-0.046	-0.243	-0.041	0.043	0.094	-0.140	0.020	-0.059	-0.011	0.002	0.276
duration	0.147	1	0.308	-0.121	-0.065	0.024	-0.039	-0.048	0.046	0.033	-0.053	0.021	0.109	0.097
fund	0.354	0.308	1	-0.115	-0.144	-0.051	-0.044	-0.027	-0.087	-0.005	-0.097	-0.012	0.005	0.372
type.i	-0.046	-0.121	-0.115	1	-0.098	-0.069	-0.027	-0.089	-0.067	-0.030	-0.172	-0.142	-0.085	-0.175
type.u	-0.243	-0.065	-0.144	-0.098	1	-0.063	-0.024	-0.081	-0.061	-0.027	-0.156	-0.128	-0.077	-0.159
type.r	-0.041	0.024	-0.051	-0.069	-0.063	1	-0.017	-0.057	-0.043	-0.019	-0.110	-0.091	-0.054	-0.112
type.other	0.043	-0.039	-0.044	-0.027	-0.024	-0.017	1	-0.022	-0.017	-0.007	-0.043	-0.035	-0.021	-0.044
type.ii	0.094	-0.048	-0.027	-0.089	-0.081	-0.057	-0.022	1	-0.055	-0.025	-0.142	-0.117	-0.070	-0.145
type.uu	-0.140	0.046	-0.087	-0.067	-0.061	-0.043	-0.017	-0.055	1	-0.019	-0.107	-0.088	-0.053	-0.109
type.rr	0.020	0.033	-0.005	-0.030	-0.027	-0.019	-0.007	-0.025	-0.019	1	-0.048	-0.039	-0.024	-0.049
type.iu	-0.059	-0.053	-0.097	-0.172	-0.156	-0.110	-0.043	-0.142	-0.107	-0.048	1	-0.226	-0.135	-0.279
type.ir	-0.011	0.021	-0.012	-0.142	-0.128	-0.091	-0.035	-0.117	-0.088	-0.039	-0.226	1	-0.111	-0.230
type.ur	0.002	0.109	0.005	-0.085	-0.077	-0.054	-0.021	-0.070	-0.053	-0.024	-0.135	-0.111	1	-0.137
type.iur	0.276	0.097	0.372	-0.175	-0.159	-0.112	-0.044	-0.145	-0.109	-0.049	-0.279	-0.230	-0.137	1

[부록 2]

	type.TD	duration	fund	demand	supply.nuclear	supply.renewable	supply.fuel	other	type.i	type.u
type.TD	1	0.147271	0.354108	0.093101	-0.02206	-0.18129	0.104414	0.085817	-0.0462	-0.2427
duration	0.147271	1	0.307551	-0.08597	-0.00632	0.074646	0.079747	-0.03235	-0.1211	-0.06536
fund	0.354108	0.307551	1	-0.0716	-0.01638	0.122977	-0.0102	-0.05742	-0.11525	-0.14368
demand	0.093101	-0.08597	-0.0716	1	-0.31555	-0.62336	-0.21761	-0.24302	-0.05665	0.003405
supply.nuclear	-0.02206	-0.00632	-0.01638	-0.31555	1	-0.23706	-0.08275	-0.09242	0.09487	0.083475
supply.renewable	-0.18129	0.074646	0.122977	-0.62336	-0.23706	1	-0.16348	-0.18257	-0.03198	0.00485
supply.fuel	0.104414	0.079747	-0.0102	-0.21761	-0.08275	-0.16348	1	-0.06373	0.020889	-0.05767
other	0.085817	-0.03235	-0.05742	-0.24302	-0.09242	-0.18257	-0.06373	1	0.03632	-0.06722
type.i	-0.0462	-0.1211	-0.11525	-0.05665	0.09487	-0.03198	0.020889	0.03632	1	-0.09766
type.u	-0.2427	-0.06536	-0.14368	0.003405	0.083475	0.00485	-0.05767	-0.06722	-0.09766	1
type.r	-0.04083	0.023691	-0.05134	0.023791	0.047142	-0.04659	-0.03199	0.010122	-0.069	-0.0626
type.other	0.042669	-0.039	-0.04384	0.048712	0.004722	-0.03403	-0.01954	-0.02182	-0.02683	-0.02435
type.ii	0.094414	-0.04815	-0.02675	0.015544	-0.00946	-0.08773	0.152597	0.006385	-0.08927	-0.081
type.uu	-0.13997	0.045558	-0.0865	-0.01507	0.02549	0.042729	-0.04868	-0.03732	-0.06685	-0.06066
type.rr	0.020284	0.033281	-0.00548	-0.00983	0.027475	-0.02335	-0.02186	0.049074	-0.03002	-0.02724
type.iu	-0.05945	-0.05296	-0.09659	0.02658	-0.07025	-0.00696	-0.00879	0.055112	-0.17176	-0.15584
type.ir	-0.01123	0.020821	-0.01165	0.056368	-0.00923	-0.03566	-0.01216	-0.02345	-0.14157	-0.12845
type.ur	0.00213	0.109285	0.004512	-0.14504	0.010714	0.184927	-0.04636	-0.02737	-0.08456	-0.07672
type.iur	0.275824	0.09684	0.372064	0.025625	-0.08738	0.017881	0.023383	0.002617	-0.17471	-0.15852
publication	0.165321	0.252447	0.250186	-3.22E-05	-0.09498	0.072953	-0.00192	-0.01675	-0.18345	0.008483
patent	0.187624	0.091567	0.456907	-0.07411	-0.07393	0.177215	-0.04752	-0.04855	-0.06592	-0.06764

	type.r	type.other	type.ii	type.uu	type.rr	type.iu	type.ir	type.ur	type.iur	publication	patent
type.TD	-0.04083	0.042669	0.094414	-0.13997	0.020284	-0.05945	-0.01123	0.00213	0.275824	0.165321	0.187624
duration	0.023691	-0.039	-0.04815	0.045558	0.033281	-0.05296	0.020821	0.109285	0.09684	0.252447	0.091567
fund	-0.05134	-0.04384	-0.02675	-0.0865	-0.00548	-0.09659	-0.01165	0.004512	0.372064	0.250186	0.456907
demand	0.023791	0.048712	0.015544	-0.01507	-0.00983	0.02658	0.056368	-0.14504	0.025625	-3.22E-05	-0.07411
supply.nuclear	0.047142	0.004722	-0.00946	0.02549	0.027475	-0.07025	-0.00923	0.010714	-0.08738	-0.09498	-0.07393
supply.renewable	-0.04659	-0.03403	-0.08773	0.042729	-0.02335	-0.00696	-0.03566	0.184927	0.017881	0.072953	0.177215
supply.fuel	-0.03199	-0.01954	0.152597	-0.04868	-0.02186	-0.00879	-0.01216	-0.04636	0.023383	-0.00192	-0.04752
other	0.010122	-0.02182	0.006385	-0.03732	0.049074	0.055112	-0.02345	-0.02737	0.002617	-0.01675	-0.04855
type.i	-0.069	-0.02683	-0.08927	-0.06685	-0.03002	-0.17176	-0.14157	-0.08456	-0.17471	-0.18345	-0.06592
type.u	-0.0626	-0.02435	-0.081	-0.06066	-0.02724	-0.15584	-0.12845	-0.07672	-0.15852	0.008483	-0.06764
type.r	1	-0.0172	-0.05723	-0.04286	-0.01925	-0.1101	-0.09075	-0.05421	-0.112	0.010673	-0.04132
type.other	-0.0172	1	-0.02225	-0.01667	-0.00748	-0.04282	-0.03529	-0.02108	-0.04355	-0.03498	-0.03167
type.ii	-0.05723	-0.02225	1	-0.05545	-0.0249	-0.14245	-0.11742	-0.07013	-0.1449	-0.10447	-0.00888
type.uu	-0.04286	-0.01667	-0.05545	1	-0.01865	-0.10668	-0.08793	-0.05252	-0.10851	0.068007	-0.02788
type.rr	-0.01925	-0.00748	-0.0249	-0.01865	1	-0.04791	-0.03949	-0.02359	-0.04873	0.004026	-0.00794
type.iu	-0.1101	-0.04282	-0.14245	-0.10668	-0.04791	1	-0.22591	-0.13493	-0.27879	-0.00764	-0.05535
type.ir	-0.09075	-0.03529	-0.11742	-0.08793	-0.03949	-0.22591	1	-0.11122	-0.22979	-0.11781	-0.04895
type.ur	-0.05421	-0.02108	-0.07013	-0.05252	-0.02359	-0.13493	-0.11122	1	-0.13725	0.169365	0.004276
type.iur	-0.112	-0.04355	-0.1449	-0.10851	-0.04873	-0.27879	-0.22979	-0.13725	1	0.170104	0.23346
publication	0.010673	-0.03498	-0.10447	0.068007	0.004026	-0.00764	-0.11781	0.169365	0.170104	1	0.260016
patent	-0.04132	-0.03167	-0.00888	-0.02788	-0.00794	-0.05535	-0.04895	0.004276	0.23346	0.260016	1

Abstract

For the sustainability of the organizations, innovation is one of the most crucial factors. As corporations can sustain their management through innovation, the government also can attain efficiency in budget execution and sustain the government operation through innovation. Especially, the energy sector is closely related with overall social issues such as global greenhouse gas reduction obligation, national energy security and economic growth, however, the private sector lack willingness for innovation. Therefore the government needs to actively support the research and development in the energy industry and promote the innovation in the field.

Soon thereafter, the effectiveness of public funded R&D is called into questions: what are the determinants of successful government R&D and how can the government R&D performance in energy field be maximized? This research aims to analyze 1,204 completed national energy R&D projects from 2011 to 2015. And this study examines two hypotheses: (1) whether bottom-up approach has positively influenced the public R&D performance (outputs and outcome) compared to top-down approach, (2) whether outputs (publications and patent performance) have positively influenced the outcome (commercialization) of public R&D. I build a modified CDM-model for estimating the various performance, considering inputs from policymaker's decision.

Econometric analysis result demonstrates four things: (1) For the planning type, the top-down shows significantly positive relation with the technology innovation outputs(publications and patent performance) than with that of the bottom-up. However, both top-down and bottom-up cannot explain the techno

logy innovation outcome (commercialization). (2) The government fund has a statistically significant and positive relation with the technology innovation outputs (publications and patent performance), however, it cannot explain the technology innovation outcome (commercialization). (3) The project cooperation type does influence the technology innovation outputs (publications and patent performance) but does not influence the technology innovation outcome (commercialization). (4) Technology innovation inputs and the publication performance cannot explain the technology innovation outcome (commercialization), but the patent performance has statistically significant and positive relation with the technology innovation outcome (commercialization).

Keyword: Government funded R&D, Energy industry, R&D performance, Innovation
Student Number: 2014-20615