



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](#)

경제학석사 학위논문

우리나라의 에너지 부문
민간 R&D 스톡 추계

2017년 8월

서울대학교 대학원

경제학부 경제학 전공

이 영 한

우리나라의 에너지 부문 민간 R&D 스톡 추계

지도 교수 김 소 영

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함

2017년 3월

서울대학교 대학원

경제학부 경제학 전공

이 영 한

이영한의 경제학석사 학위논문을 인준함

2017년 6월

위 원 장 _____ 이 철 인 _____ (인)

부위원장 _____ 김 소 영 _____ (인)

위 원 _____ 표 학 길 _____ (인)

초 록

본 논문은 2004년부터 2014년 기간의 우리나라 에너지 부문의 민간 R&D 투자를 에너지 자원 8대부문으로 나누어 추계하고, 이를 바탕으로 2009년부터 2020년 기간의 R&D 스톡을 추계한 결과를 수록하였다. 우리나라의 에너지 부문 민간 R&D 명목 투자는 2014년 기준 약 1.2조원으로 추계되었고, 명목 스톡은 2014년 기준 약 3.8조원, 2015년 기준 약 4.2조원, 2016년 기준 약 4.8조원으로 추계되었다. 또한 2009년~2020년 기간의 실질 스톡 연평균 성장률은 약 8% 정도로 2020년 기준 실질 스톡은 약 6.1조원 추계되었다. 우리나라 민간의 전산업 R&D 투자 집약도가 2014년 기준 2.54%인 것을 감안할 때, 에너지 부문의 R&D 투자 집약도(매출 대비 R&D 투자)는 2004년~2014년 기간 동안 1.1%~1.3%에서 홍보하는 수준으로 에너지 산업의 R&D 투자가 매출에서 차지하는 비중이 타 산업에 비해 낮은 수준이라고 평가할 수 있다. 효율적인 R&D 투자를 위해서는 과거부터 현재까지의 정확한 투자(flow) 현황 통계와 투자가 누적되어 현재까지 어느 정도 수준(stock)에 있는지에 대한 적절한 분석이 선행되어야 하므로 본 논문의 연구 결과가 정부 및 민간에서 향후 에너지부문 R&D 투자 계획을 세우는 데에 기여할 수 있을 것이다.

주요어 : R&D 투자, R&D 스톡, 에너지 R&D, R&D 스톡 조정모형

학 번 : 2014-20215

목 차

제 1 장 서 론.....	1
제 1 절 연구의 배경.....	1
제 2 절 연구의 내용.....	3
제 2 장 본 론.....	4
제 1 절 에너지 부문 민간 R&D 투자 추계	4
제 2 절 에너지 부문 민간 R&D 스톡 추계	18
제 3 절 R&D 스톡조정모형	28
제 3 장 결 론.....	32
참고문헌.....	33
Abstract.....	35

표 목차

[표 1]	2004년~2014년 기간의 코스피(KOSPI) 시장 현황.....	4
[표 2]	2004년~2014년 기간의 코스닥(KOSDAQ) 시장 현황	5
[표 3]	에너지자원 산업 8대 부문 분류표	6
[표 4]	코스피 시장 에너지 부문 관련 기업 분류표.....	7
[표 5]	코스닥 시장 에너지 부문 관련 기업 분류표.....	7
[표 6]	에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과 (1).....	9
[표 7]	에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과 (2).....	9
[표 8]	GDP 디플레이터 (2010년 기준)	11
[표 9]	에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과 (1).....	12
[표 10]	에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과 (2)	12
[표 11]	에너지 부문 R&D 투자 집약도 (1).....	16
[표 12]	에너지 부문 R&D 투자 집약도 (2).....	21
[표 13]	에너지자원 8대 부문별 R&D 투자 연평균 증가율, 진부화율, 연구개발시차.....	19
[표 14]	에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과(1)	23
[표 15]	에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과(2)	23
[표 16]	에너지 부문 명목 R&D 스톡 추계 결과 (1)	25
[표 17]	에너지 부문 명목 R&D 스톡 추계 결과 (2)	25
[표 18]	R&D 스톡 조정모형 계수 추정치 (1)	30
[표 19]	R&D 스톡 조정모형 계수 추정치 (2)	30
[표 20]	R&D 스톡 조정모형에 의한 스톡 추계 결과 (1).....	31
[표 21]	R&D 스톡 조정모형에 의한 스톡 추계 결과 (2).....	31

그림 목차

[그림 1]	에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과.....	10
[그림 2]	에너지 8대 부문별 명목 R&D 투자 추계 결과.....	10
[그림 3]	에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과.....	13
[그림 4]	에너지 8대 부문별 실질 R&D 투자 추계 결과.....	13
[그림 5]	에너지 부문 R&D 집약도	17
[그림 6]	에너지 8대 부문별 R&D 집약도	17
[그림 7]	에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과.....	24
[그림 8]	에너지자원 8대 부문별 실질 R&D 스톡 추계 결과.....	24
[그림 9]	에너지 부문 명목 R&D 스톡 추계 결과.....	26
[그림 10]	에너지자원 8대 부문별 명목 R&D 스톡 추계 결과.....	26

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경

R&D(연구개발)는 최근 들어 자본, 노동과 함께 중요한 경제변수 중 하나로 자리잡고 있다. 자본과 노동의 증가가 한계에 다다른 저성장 국면에서 R&D가 경제성장요소에서 차지하는 역할의 비중은 점점 커지고 있다고 볼 수 있다. 여러 선행연구에서도 R&D가 경제에 미치는 영향에 대해 분석을 시도하고 있고, 이러한 분석을 위해 합리적 R&D 투자 및 스톡 추정을 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 신태영(2004)¹과 KISTEP(2009)²에서는 연구개발투자와 경제성장에 대해 분석하였고, KISDI(2015)³에서는 지식 자본스톡 구축 방법론에 대해 분석하였다.

활발히 진행되고 있는 선행연구뿐만 아니라 실제로도 R&D의 투자 규모도 증가하고 있다. R&D 부문의 확대는 최근 우리나라의 R&D 투자 동향을 봐도 알 수 있다. 미래창조과학부(2016)⁴에서는 2015년까지의 우리나라의 R&D 투자 추이 및 국제비교 등을 조사하였는데, 이 자료에 의하면 우리나라의 R&D 투자는 2005년 24조 1,554억원(GDP대비 2.63%)에서 2015년 65조 9,594억원(GDP대비 4.23%)으로 10년간 3배 가까이 증가했다. 투자액이 꾸준히 증가함과 동시에 R&D 집약도⁵도 지속적으로 증가해왔음을 보여주고 있다. 국제비교를 통해서도 우리나라의 R&D 부문의 역할이 점차 확대되고 있음을 볼 수 있다. 국가별로 R&D 투자수준을 비교해보면 한국의 2015년도 R&D

¹ 신태영. (2004). 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도. *정책자료*, 1-27, pp. 15-19

² KISTEP. (2009). 우리나라 연구개발투자와 경제성장의 관계분석, R&D focus, 2009-13호(통권 제24호), pp. 23-30

³ KISDI. (2015). 과학기술과 ICT의 역할 분석을 위한 ICT 자본스톡 및 지식 자본스톡 구축 방법론 연구, 경제·인문사회연구회 협동연구총서 15-23-02, 정보통신정책연구원 기본연구 15-13-02, pp. 83-130

⁴ 미래창조과학부(2016). 2015년도 연구개발활동조사결과, 2016.12.8, pp. 1-5

⁵ GDP 대비 R&D 투자의 비중

투자액은 583억 1,100만달러로 절대 규모로는 세계 6위이며 GDP 대비 연구개발비 비중으로는 세계 1위를 차지하고 있다. 연구개발비 내에서도 특히 민간 부문이 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있는데, 2015년도 우리나라 R&D 투자액을 재원별로 보면 정부 · 공공이 16조 2,935억원(24.7%), 민간이 49조 1,700억원(74.5%), 외국이 4,959억원(0.8%)으로 민간 부문으로부터 조달되는 R&D 투자액의 비중이 현저히 높음을 알 수 있다. 기업유형별로 살펴보면 2015년 대기업의 R&D 투자액은 38조 9,303억원, 중소기업은 6조 3,753억원, 벤처기업은 5조, 8,308억원으로 우리나라 대기업의 R&D 투자액이 중소기업과 벤처기업에 비해 상당히 높은 수준임을 알 수 있다. 2015년에 조사된 우리나라 기업 전체의 매출액은 1천 690.8조원으로 기업의 R&D집약도(매출액 대비 R&D투자액)는 3.02%로 추정되고 있다.

이처럼 민간이 주도하는 우리나라의 R&D 투자는 지속적인 증가추세에 있고 세계 주요국과 비교해서도 그 비중이 매우 높음을 알 수 있다. 이 중에서도 파리기후협정(Paris Climate Change Accord)과 같이 온실가스 감축 등의 환경문제가 주요 이슈로 꾸준히 부각되면서 에너지 부문의 R&D 투자가 많은 관심을 받고 있다. 여러 주요 선진국들은 환경에 해를 끼치지 않으면서 지속적인 경제성장이 가능한 녹색성장(Green Growth)⁶을 추진하고 있고, 녹색성장을 실현하기 위해 에너지와 자원의 효율적 사용으로 환경오염을 최소화 하는 녹색기술(Green Technology)에 대한 관심 및 투자도 크게 증가하고 있다. 우리나라도 2012년에 녹색기술센터를 설립하고 국가과학기술위원회에서 녹색기술에 대한 연구개발 투자를 집중적으로 해오고 있다. 효율적인 투자를 위해서는 과거부터 현재까지의 정확한 투자(flow) 현황 통계가 필요하고 그 투자가 누적되어 현재까지 어느 정도 수준(stock)에 있는지에 대한 적절한 분석이 선행되어야 한다.

⁶ Elkins, P. (2000). Economic growth and environmental sustainability, p. 142

이를 기반으로 향후 에너지부문 R&D 정책 수립의 올바른 방향을 설정할 수 있을 것이다.

요약하면, 본 연구논문의 주요 배경으로는 1. 우리나라 및 세계적으로 확대되고 있는 R&D 부문의 규모와 경제분석에서의 중요성, 2. 친환경 성장을 추구하는 국제적인 추세 속에서 증대되는 에너지 부문의 역할을 고려하여 우리나라의 에너지 부문 민간 R&D 투자 및 스톡을 추계하여 적절한 통계 제시의 필요성을 인지하여 연구하게 되었다.

제 2 절 연구의 내용

본 논문은 2004년부터 2014년 기간의 우리나라 에너지 부문의 민간 R&D 투자를 에너지 자원 8대부문으로 나누어 추계하고, 이를 바탕으로 2009년부터 2020년 기간의 R&D 스톡을 추계한 결과를 수록하였다. 에너지자원 산업은 미래지향적이고 국가 경제에 중요한 역할을 하고 있는 것이 분명하다. 선행연구 중에서도 R&D 스톡 추계에 대한 연구가 부족하고 본 연구가 에너지 부문을 세분화하여 R&D 스톡 추계를 한 연구로 거의 유일하다는 데에 의의가 있다. 본 연구로부터 추계된 에너지자원 산업 부문별 R&D 투자 및 스톡자료는 국가 경제정책 수립 및 분석에 중요한 지표와 유용한 변수로 사용될 수 있을 것이다.

제2장 제1절에서는 에너지부문 민간 R&D 투자 추계, 제2절에서는 에너지부문 민간 R&D 스톡 추계에 대한 분석방법 및 결과를 제시하고 있고 제3절에서는 R&D 스톡 조정모형에 대해 소개하고 있다. 제3장에서는 추계 결과에 대한 요약 및 결론을 제시하고 있다.

제 2 장 본 론

제 1 절 에너지 부문 민간 R&D 투자 추계

에너지부문의 민간 R&D 투자액을 추계하기 위해 2004년부터 2014년 기간의 코스피(KOSPI)와 코스닥(KOSDAQ)에 상장되어 있는 기업들의 에너지부문 민간 R&D 투자액을 전수 조사하였다. 2014년을 기준으로 코스피(KOSPI)에는 693개의 기업이, 코스닥(KOSDAQ)에는 942개의 기업이 상장되어 있다. 전수 조사 방법은 금융감독원의 ‘전자공시 시스템’ (<https://dart.fss.or.kr>)의 ‘정기공시’에서 ‘사업보고서’에 작성된 내용을 기초로 하여 각 기업의 매출액, R&D투자액, 사업내용 등의 자료를 수집하였다.

조사한 결과에 의하면 코스피 시장은 2004년 522개 상장기업의 총 매출액이 549조원, R&D투자액이 13조원정도이고 이후 점차 증가하여 2014년 693개 상장기업의 총 매출액이 1,305조원, R&D투자액이 33조원으로 조사되었다.

[표 1] 2004년~2014년 기간의 코스피(KOSPI) 시장 현황

연도	시장	기업 수	매출액	R&D 투자	R&D 집약도
2004년	코스피	522	548,553,172	12,988,173	2.37%
2005년	코스피	537	575,122,119	13,897,762	2.42%
2006년	코스피	558	627,502,471	14,256,402	2.27%
2007년	코스피	571	719,552,497	16,009,443	2.22%
2008년	코스피	593	911,430,756	18,636,883	2.04%
2009년	코스피	608	927,781,815	20,074,417	2.16%
2010년	코스피	638	1,111,195,198	24,728,242	2.23%
2011년	코스피	663	1,226,590,460	26,037,935	2.12%
2012년	코스피	673	1,288,036,077	27,050,926	2.10%
2013년	코스피	683	1,311,556,901	28,446,312	2.17%
2014년	코스피	693	1,305,426,678	32,771,504	2.51%

주1) 단위: 백만원

코스닥 시장의 경우 2004년 512개 상장기업의 총 매출액은 36조, R&D투자액은 7,012억원이고 마찬가지로 점차 증가하여 2014년 942개 상장기업의 총 매출액은 109조원, R&D투자액은 3조원으로 조사되었다.

[표 2] 2004년~2014년 기간의 코스닥(KOSDAQ) 시장 현황

연도	시장	기업 수	매출액	R&D 투자	R&D 집약도
2004년	코스닥	512	36,495,637	701,276	1.92%
2005년	코스닥	560	40,467,497	913,352	2.26%
2006년	코스닥	603	45,290,016	1,158,296	2.56%
2007년	코스닥	654	50,083,376	1,369,575	2.73%
2008년	코스닥	687	60,324,087	1,595,928	2.65%
2009년	코스닥	734	66,646,372	1,818,647	2.73%
2010년	코스닥	787	81,383,458	2,196,104	2.70%
2011년	코스닥	845	95,452,263	2,417,532	2.53%
2012년	코스닥	869	102,096,752	2,680,013	2.62%
2013년	코스닥	907	109,260,729	3,148,798	2.88%
2014년	코스닥	942	109,331,872	3,228,543	2.95%

주1) 단위: 백만원

에너지 부문의 R&D 투자를 추계하기 위해 각 기업 사업보고서의 사업내용을 참고하여 해당 기업이 에너지 부문 관련 사업을 진행하고 있는지 확인하였다. 기업의 에너지 부문 사업 유무 확인 및 투자 추계는 2004년~2014년 기간의 11개 사업보고서를 확인하여 연도별로 에너지 부문 사업 유무를 판단하고 투자를 추계하였다.

에너지 부문의 하위 분류는 산업자원부 R&D전략기획단이 제공한 에너지자원 산업 8대부문 기준에 따라 분류하였다. 다음은 산업자원부 R&D전략기획단이 제공한 에너지자원 산업의 중분류 및 소분류 표이다.

[표 3] 에너지자원 산업 8대 부문 분류표

대분류	중분류	소분류
에너지자원	신재생 에너지	태양광, 풍력, 연료전지, 바이오 IGCC, 해양에너지, 지열, 폐기물
	자원개발	금속광물, 비금속/에너지광물, 광물자원탐사, 광물자원개발, 신석유자원, 신가스자원, 일반석유가스, 석유가스탐사
	온실가스	환경플랜트, 유해가스정화, CDM, 냉매가스
	원자력	수출형 플랜트, APR+ 핵심기기, 원전운영 total solution, 중소형 원자로
	전력 (송배전)	초전도, 스마트그리드
	에너지 저장	전기 자동차용 시스템, 전력 저장용 시스템, 이차 전지
	에너지 효율향상	그린카, 에너지절약형건물, 히트펌프, CCS, 고효율 신광원, 석유화학공정 및 혁신 제철 기술, 차세대건조기, 고효율 염색공정, 미활용 에너지, 가전기기, 고효율 정보화기기, 전동기, 열교환기, 유체기기, 에너지소재, 연소기기, 소형열병합
	청정화력	100MW+급 가스터빈, USC 화력발전, 고성능 고온부품

주1) 자료: 산업자원부 R&D 전략기획단

[표 3]을 기준으로 하여 에너지 부문 관련 사업을 하고 있는 기업들을 8부문으로 세분화하였다. 연도별로 2004년: 78개, 2005년: 79개, 2006년: 83개, 2007년: 96개, 2008년: 102개, 2009년: 110개, 2010년: 115개, 2011년: 123개, 2012년: 128개, 2013년: 131개, 2014년: 143개 코스피 및 코스닥 기업의 에너지자원 부문 R&D 투자자료가 합산되었다. [표 4]와 [표 5]는 2004~2014년에 걸쳐 에너지부문 관련 사업을 하고 있는 코스피와 코스닥 시장의 기업들을 에너지자원 8대 부문별로 분류해 놓은 것이다.

[표 4] 코스피 시장 에너지 부문 관련 기업 분류표

에너지 부문	코스피
신재생 에너지	삼천리, 한국지역난방공사, 대성에너지, 세아베스틸, 현대제철, 남선알미늄, 현대하이스코, 씨에스윈드, 신성솔라에너지, 대경기계기술, 두산중공업, 한미반도체, 신성이엔지, 신성에프에이, 케이씨코트렐, 대유에이텍, 디아이씨, 현대중공업, 대우조선해양, 한솔테크닉스, 동원시스템즈, 엘지전자, 웅진에너지, 넥솔론, 대원전선, 선도전기, 광명전기, 케이씨그린홀딩스,
자원개발	경동도시가스, 예스코, 서울도시가스, 현대하이스코, 이구산업, 현대중공업, 동원, 삼천리, 경동도시가스, 예스코, 서울도시가스
온실가스	케이씨코트렐, 세종공업, 휴켄스, 후성, 케이씨그린홀딩스
원자력	한국전력공사, 현대건설, 두산중공업
전력 (송배전)	한국전력공사, 현대건설, 삼화콘덴서공업, 삼화전기, 선도전기, LS산전, 광명전기, 일진전기, 경동도시가스
에너지 저장	코스모신소재, 아남전자, 세방전지, 삼성SDI
에너지 효율향상	엘지전자, 금호전기, 경동나비엔, LS산전, 한국단자공업, 동양강철, 나라케이아이씨, 한신기계공업, 대경기계기술, S&TC, S&T모티브, 한솔테크닉스
청정화력	이건산업, 한솔홈테코, 삼천리, 한국전력공사, 포스코, 두산중공업, STX중공업, 세원셀론텍, 현대중공업, 현대로템

[표 5] 코스닥 시장 에너지 부문 관련 기업 분류표

에너지 부문	코스닥
신재생 에너지	동국산업, 코센, 태웅, 현진소재, 삼영엠텍, 한솔신텍, 동국에스엔씨, 웰크론강원, 스펜코, 유니슨, 원익아이피에스, 주성엔지니어링, 파루, 디엠에스, 제우스, 에스엔유프리시전, 아바코, 유니테스트, 일진파워, 톱텍, 대성파인텍, 뉴인텍
자원개발	삼강엠엔티, 웰크론강원
온실가스	에코프로
원자력	포스코아이씨티, 태웅, 한솔신텍, 일진파워, 우리기술
전력 (송배전)	제룡산업, 세진전자, 피앤이솔루션
에너지 저장	누리플랜, 피엔티, 디에이테크놀로지, 삼진엘앤디, 상아프론테크, 파워로직스, 비즈로셀, 피앤이솔루션, 에코프로, 코디에스
에너지 효율향상	한솔신텍, 유니셈, 주성엔지니어링, 파루, 동부라이텍, 한국테크놀로지, 탑엔지니어링, 에스엔유프리시전, 비에이치아이, 아바코, 유니테스트, 아이윈스, 제이엔케이히터, 대성파인텍, 한라아이엠에스, 케이엠더블유, 루멘스, 누리텔레콤, 포스코아이씨티
청정화력	웰크론강원

에너지자원 사업을 진행하고 있는 대부분의 기업들은 대체로 하나의 에너지 부문에 특화 하여 사업을 하고 있었지만, 동시에 여러 에너지 부문에 걸쳐 사업을 하고 있거나 에너지자원 부문과 관련이 없는 사업과 에너지자원 관련 사업을 같이 진행하고 있는 경우도 있었다. 금융감독원의 전자공시 시스템의 사업보고서에는 해당 기업 연구개발비의 사업별 세부 내역이 공개 되어있지 않고 1개년도의 총 연구개발비 지출만 공시되어 있기 때문에 에너지자원 각 부문의 연구개발비를 추계하기 위해서 총 연구개발비 지출을 해당 기업의 매출액 비중으로 분배하여 추계하였다. 실제로 조동훈, & 김태형(1999) 7와 Jaruzelski, B., Dehoff, K., & Bordia, R. (2005) 8 등의 연구에서 연구개발비와 매출액 증가율은 서로 양(+)의 상관관계가 있음을 보이고 있다. 이는 더 많은 매출 비중을 보이는 사업부문에 상대적으로 더 많은 연구개발비를 지출한다는 것으로 해석할 수도 있다.

위에서 설명한 방법을 기준으로 에너지부문을 8대부문으로 세분화 하여 추계한 명목 R&D 투자는 [표 6], [표 7]과 [그림 1], [그림 2]와 같다.

⁷ 조동훈, & 김태형. (1999). 연구논문: 자동차 및 트레일러제조업의 연구개발비와 기업 성장률의 관련성에 관한 실증적 연구. *세무회계연구*, 6(단일호), 75-99, pp. 94-95

⁸ Jaruzelski, B., Dehoff, K., & Bordia, R. (2005). Money isn't everything: the Booz Allen Hamilton global innovation 1000.

[표 6] 에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과 (1)

연도	신재생 에너지	자원개발	온실가스	원자력
2004	38,678	2,984	5,347	29,875
2005	40,660	3,309	7,171	29,265
2006	43,192	5,105	7,946	36,963
2007	55,702	3,612	11,853	43,813
2008	76,293	8,426	14,248	59,184
2009	83,905	14,143	19,687	64,531
2010	126,372	22,491	24,574	88,506
2011	152,436	10,484	28,721	57,172
2012	168,412	19,283	33,830	55,163
2013	143,252	15,533	37,786	51,571
2014	123,289	12,296	39,373	55,442

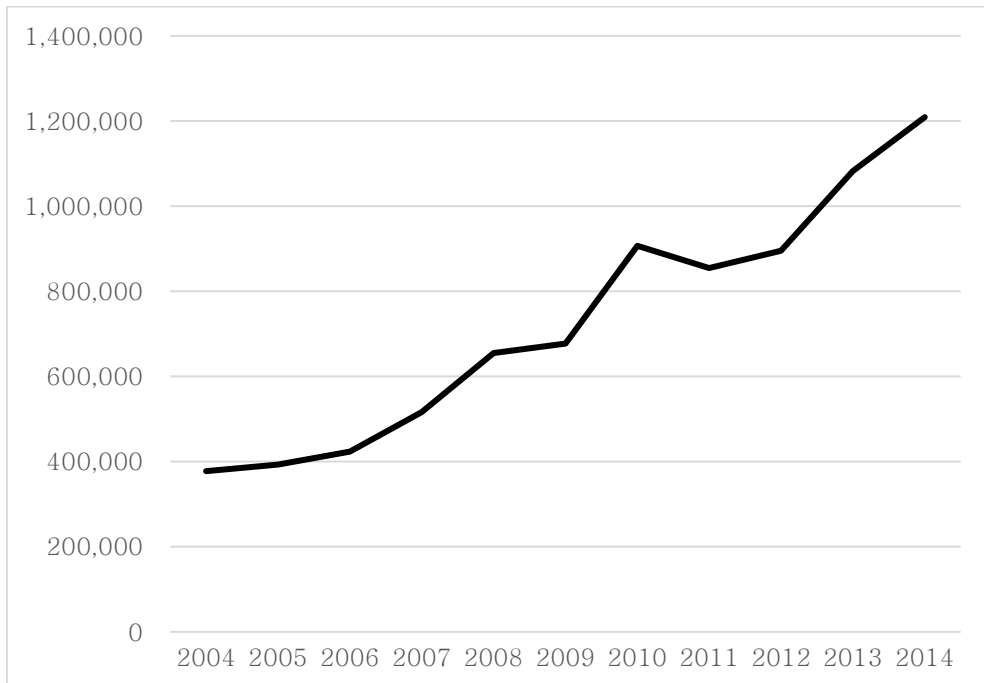
주1) 단위: 백만원

[표 7] 에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과 (2)

연도	전력 (송배전)	에너지 저장	에너지 효율향상	청정화력	총계
2004	150,005	35,686	30,047	84,945	377,567
2005	151,644	44,030	31,724	85,239	393,042
2006	165,491	38,689	29,413	96,701	423,501
2007	175,049	68,364	45,600	112,383	516,377
2008	180,187	129,525	60,292	126,943	655,096
2009	177,936	119,615	63,031	134,266	677,114
2010	259,349	106,503	101,779	177,272	906,847
2011	210,706	125,462	122,306	147,496	854,783
2012	165,949	202,500	106,887	143,211	895,235
2013	196,247	302,766	170,027	165,434	1,082,617
2014	199,483	402,139	245,512	131,602	1,209,135

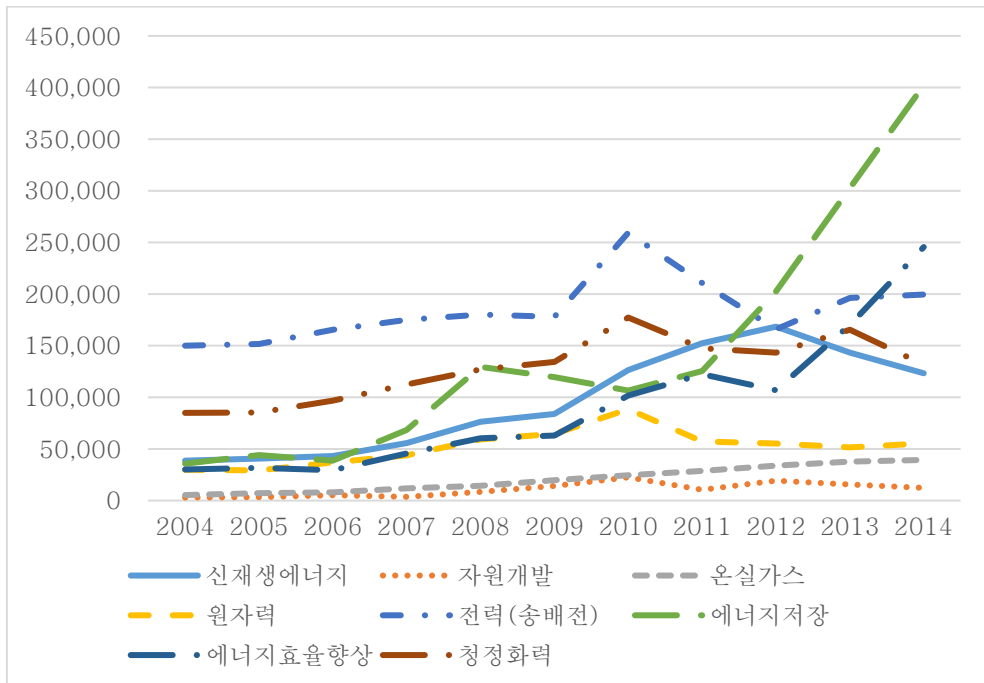
주1) 단위: 백만원

[그림 1] 에너지 부문 명목 R&D 투자 추계 결과



주1) 단위: 백만원

[그림 2] 에너지 8대 부문별 명목 R&D 투자 추계 결과



주1) 단위: 백만원

위에서 구한 명목 R&D 투자 자료를 실질로 변환시켜주기 위해 연구개발 디플레이터 (R&D deflator)의 대응변수로 GDP 디플레이터를 사용하였다. 한국은행 경제통계시스템(ECOS)에서 제공하고 있는 2004년~2016년 기간의 GDP 디플레이터는 [표 8]과 같다.

[표 8] GDP 디플레이터 (2010년 기준)

연도	GDP 디플레이터
2004	88.018
2005	88.926
2006	88.802
2007	90.931
2008	93.619
2009	96.935
2010	100
2011	101.585
2012	102.645
2013	103.521
2014	104.142
2015	106.636
2016	108.563

주1) 자료: 한국은행 경제통계시스템(ECOS)

위의 GDP 디플레이터를 이용하여 에너지부문을 8대부문으로 세분화하여 추계한 실질 R&D 투자는 [표 9], [표 10]과 [그림 3], [그림 4]과 같다.

[표 9]. 에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과 (1)

연도	신재생 에너지	자원개발	온실가스	원자력
2004	43,943	3,391	6,075	33,942
2005	45,723	3,721	8,064	32,910
2006	48,638	5,749	8,948	41,625
2007	61,258	3,973	13,036	48,182
2008	81,493	9,001	15,219	63,218
2009	86,558	14,590	20,309	66,571
2010	126,372	22,491	24,574	88,506
2011	150,057	10,321	28,272	56,280
2012	164,073	18,786	32,958	53,741
2013	138,380	15,005	36,501	49,817
2014	118,385	11,807	37,807	53,237

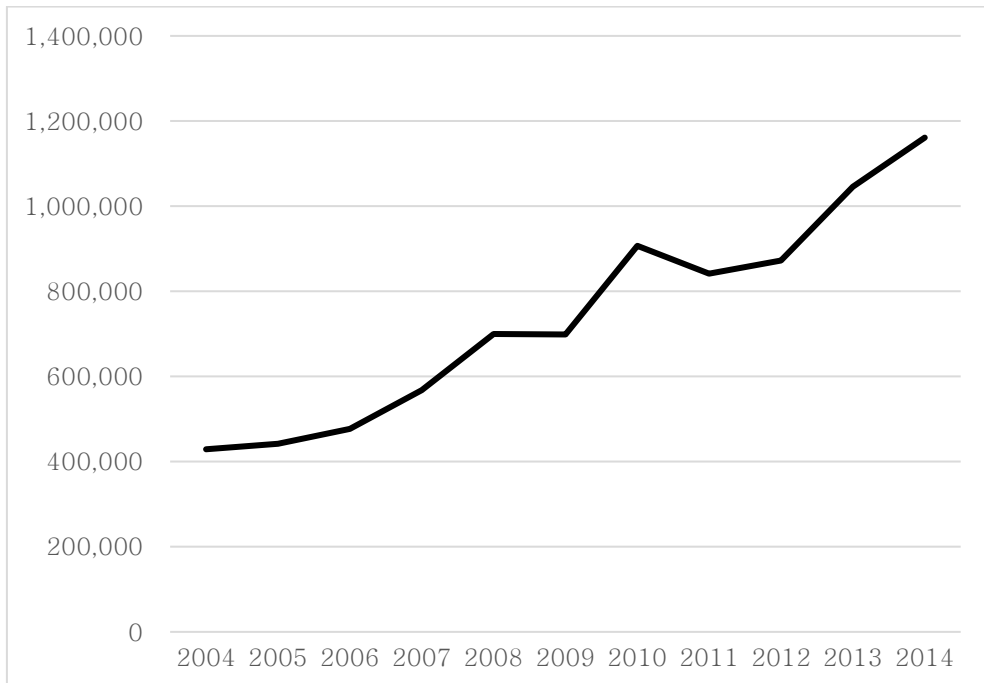
주1) 단위: 백만원

[표 10]. 에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과 (2)

연도	전력 (송배전)	에너지 저장	에너지 효율향상	청정화력	총계
2004	170,425	40,544	34,137	96,509	428,966
2005	170,528	49,513	35,675	95,854	441,988
2006	186,359	43,568	33,122	108,895	476,905
2007	192,508	75,182	50,148	123,592	567,878
2008	192,468	138,353	64,401	135,596	699,747
2009	183,563	123,397	65,024	138,512	698,524
2010	259,349	106,503	101,779	177,272	906,847
2011	207,418	123,505	120,398	145,195	841,446
2012	161,672	197,282	104,133	139,521	872,166
2013	189,573	292,468	164,244	159,807	1,045,795
2014	191,549	386,145	235,747	126,368	1,161,045

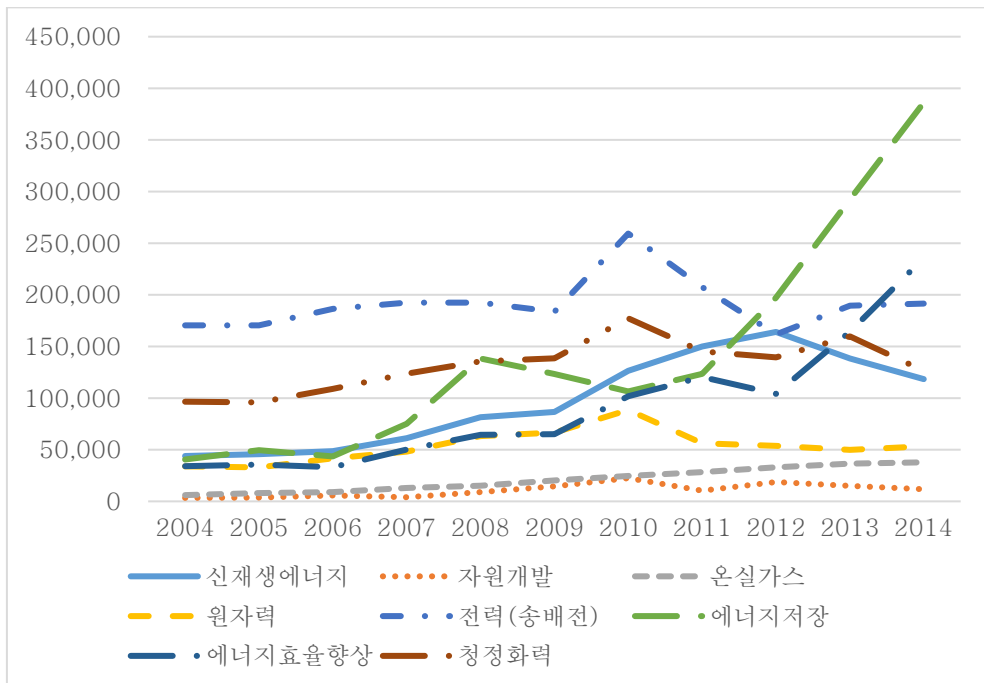
주1) 단위: 백만원

[그림 3] 에너지 부문 실질 R&D 투자 추계 결과



주1) 단위: 백만원

[그림 4] 에너지 8대 부문별 실질 R&D 투자 추계 결과



주1) 단위: 백만원

R&D 투자 추계 결과를 부문별로 살펴보면 신재생에너지는 2014년 기준 전년 대비 감소했고 2012년에 가장 높은 연구개발 투자를 지출한 이후 감소추세를 보이고 있다. 자원개발은 2014년 기준 전년 대비 소폭 감소했고 2004년 이후 투자 규모는 크게 증가했으나 2010년 최고치 달성 이후 불안정한 투자를 보이며 2014년에는 2009년 투자 수준으로 감소했다. 온실가스는 2004년 이후 꾸준히 증가하는 투자 추세를 보이고 있다. 증가속도는 점차 줄어들고 있지만 규모면에서는 여전히 증가하고 있다. 원자력은 2004년부터 꾸준히 증가하다가 2010년에 투자 최고치를 달성한 이후 비교적 안정적인 투자수준을 보이고 있다. 전력(송배전)도 원자력과 비슷한 양상을 보이고 있는데 2010년 최고의 투자규모를 달성한 이후 안정적인 투자를 해오고 있는 것으로 나타난다. 에너지저장은 2004년부터 눈에 띄는 투자규모의 성장을 보여주고 있고 2009년도와 2010년도에 소폭 감소했던 경우를 제외하고는 2014년까지 크게 증가함을 보여주고 있다. 에너지 효율향상도 마찬가지로 약 10년사이 급격한 R&D 투자의 성장을 보이고 있고 2012년에 투자가 소폭 감소한 것을 제외하면 꾸준한 성장을 나타내고 있다. 청정화력은 원자력 및 전력(송배전)과 비슷한 양상을 보이는데 2010년 최고의 투자수준 달성 이후 점차 감소함을 볼 수 있다. 종합적인 평가를 하자면 과거 원자력, 전력(송배전), 청정화력 중심의 R&D 투자 추세에서 최근 들어 에너지 효율향상, 에너지 저장 부문이 성장속도뿐만 아니라 규모면에서도 앞서고 있다. 신재생 에너지 부문 또한 투자의 규모가 최근 감소하긴 했지만 2014년 기준 2004년 대비 꾸준한 성장을 보이고 있는데 이러한 부문들의 투자 성장은 최근 수년간 지속적으로 이슈화 되고 있는 친환경 에너지의 추세를 민간 기업에서도 상당 부분 받아들이고 있고 발전소 중심의 에너지 산업에서 친환경 에너지 산업으로의 전환을 추구하고 있는 것으로 볼 수 있다. 다만, 2010년 전후를 중심으로 원자력, 전력(송배전), 청정화력 부문에서 보여지는 큰 폭의 투자는 2010년 우리나라의 UAE 원전 수주로부터 조성된 기대감이 R&D 투자에도 반영되고 이에 따라 일시적이지만 큰 폭의

투자가 이루어졌다고 해석할 수 있다. 전부문 총계 투자자료를 보면 2004년부터 2014년까지 약 3배에 가까운 투자 규모의 증가를 보여주고 있다. 총계 역시 2010년에 일시적인 정점을 나타내고 있는데 이는 위에서 언급한 원자력, 전력(송배전), 청정화력 부문에서 2010년도의 큰 폭의 투자 증가가 반영된 것이라고 볼 수 있다.

위에서 추계한 R&D 투자 자료를 이용하여 에너지 부문별로 R&D 투자 집약도를 산출할 수 있다. R&D 투자 집약도는 해당 부문의 매출(S_i)에서 R&D 투자(RI_i)가 차지하는 비중(RI_i/S_i)인데, 단순히 투자의 규모를 보는 것보다 비율을 봄으로써 R&D 투자 추이를 다른 시각에서 볼 수 있다는 장점이 있다.

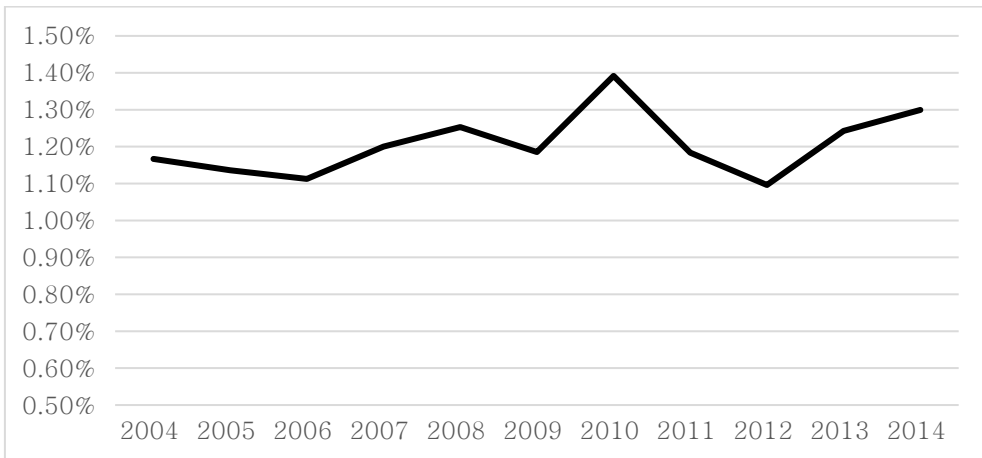
[표 11]. 에너지 부문 R&D 투자 집약도 (1)

연도	신재생 에너지	자원개발	온실가스	원자력
2004	1.16%	0.60%	2.19%	1.00%
2005	1.09%	0.72%	2.06%	0.93%
2006	0.98%	0.86%	1.95%	1.05%
2007	1.01%	0.53%	2.29%	1.11%
2008	0.99%	0.98%	2.54%	1.14%
2009	1.00%	1.38%	3.83%	1.14%
2010	1.29%	1.73%	3.09%	1.43%
2011	1.29%	0.81%	3.49%	0.92%
2012	1.22%	1.30%	3.65%	0.89%
2013	1.05%	1.06%	4.13%	0.85%
2014	0.79%	0.93%	4.65%	0.74%

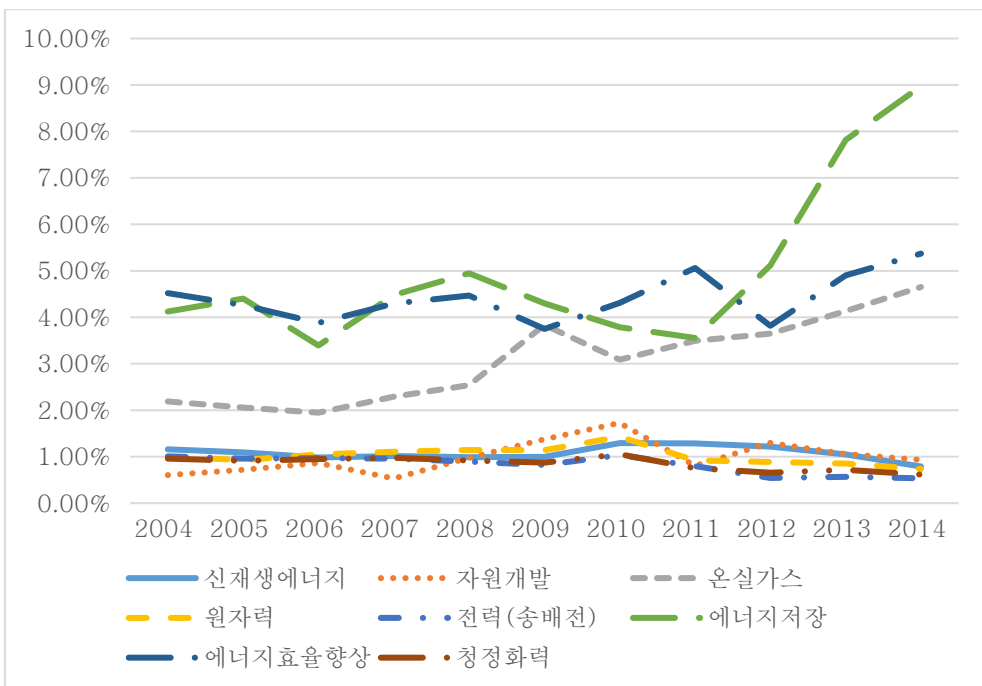
[표 12]. 에너지 부문 R&D 투자 집약도 (2)

연도	진력 (송배전)	에너지저장	에너지 효율향상	청정화력	총계
2004	1.01%	4.13%	4.52%	0.96%	1.17%
2005	0.96%	4.40%	4.26%	0.91%	1.14%
2006	0.97%	3.39%	3.88%	0.95%	1.11%
2007	0.96%	4.48%	4.30%	0.97%	1.20%
2008	0.89%	4.95%	4.47%	0.92%	1.25%
2009	0.82%	4.30%	3.75%	0.87%	1.19%
2010	1.03%	3.79%	4.31%	1.05%	1.39%
2011	0.80%	3.56%	5.06%	0.75%	1.18%
2012	0.54%	5.12%	3.82%	0.65%	1.10%
2013	0.57%	7.81%	4.90%	0.72%	1.24%
2014	0.54%	8.97%	5.37%	0.62%	1.30%

[그림 5] 에너지 부문 R&D 집약도



[그림 6] 에너지 8대 부문별 R&D 집약도



우리나라 민간의 전산업 R&D 투자 집약도가 2014년 기준 2.51%인 것을 감안할 때, 에너지 부문의 R&D 투자 집약도는 2014년 기준 1.3% 정도로 추정된다. 특히, 원자력, 전력(송배전), 청정화력 부문은 R&D 집약도가 2010년 이후로 감소추세로 접어든 것을 볼 수 있다.

제 2 절 에너지 부문 민간 R&D 스톡 추계

R&D 스톡 추계는 기본적으로는 자본스톡 추계와 형식이 비슷하지만 유형자산으로 분류되는 자본과 달리 무형자산이라는 특징이 있고, R&D 투자가 이루어지고 난 후 스톡이 되어 쌓이기 까지 연구개발 시차라는 것이 존재하는 등의 차이가 있다. 또한 자본의 감가상각률(depreciation rate)과 비슷한 개념인 진부화율(rate of obsolescence)의 적정 값을 찾는 데에도 차이가 존재하므로 신중을 기할 필요가 있다. 본 연구에서는 R&D 스톡을 아래의 식(1)을 이용하여 추계하였다.

$$RK_t = RI_{t-s} + (1 - \delta)RK_{t-1} \quad (1)$$

(단, RK : R&D 스톡, RI : R&D 투자, δ : 진부화율, s : 연구개발시차)

식(1)에서 t 기의 R&D 스톡을 구하는 데 있어 t 기의 R&D 투자를 사용하지 않고 t 기에서 연구개발시차 s 를 뺀 $t-s$ 기의 R&D 투자를 사용한 이유는 R&D 스톡이 형성되기까지 R&D과정의 시간이 소요되고 생산활동에 직접 투입되기까지의 시간이 소요되기 때문이다. 표학길·이영한(2016)⁹에서는 연구개발시차를 반영하지 않은 t 기의 R&D투자(RI_t)를 t 기의 R&D 스톡 추계식에서 사용하였다. 위 연구에서는 R&D 투자가 자본 투자와 같이 투자 행위가 발생됨과 동시에 스톡으로 축적된다고 보았는데, 본 연구에서는 연구개발시차를 적용하여 R&D 투자가 스톡으로 축적되기까지 일정 시간이 소요된다고 본 점에서 차이가 있다고 할 수 있다.

연구개발시차는 연구개발의 성격이나 산업 부문 등에 따라 상이하게 나타나지만, 현실적으로 연구개발시차의 분포를 정확하게 파악하는 데에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 대부분의 연구에서는 설문을 통하여 응답자가 밝힌 시차의 평균값 또는 중앙값을 쓰고 있다.

⁹ 표학길,&이영한. (2016). 에너지산업의 민간 R&D 동향 분석 보고서, 산업통상자원 R&D전략기획단 용역보고서, pp. 13-18

한국은행과 한국과학기술평가원이 공동으로 실시한 연구 KISTEP(2013)¹⁰에서는 국내 870개의 기업과 191개의 기관을 대상으로 R&D 투자의 내용연수(service life)를 조사하였는데, 이 연구에 의하면 제조업의 경우 평균 8.8년, 비제조업의 경우 10.2년, 전산업 평균 9.6년으로 추정하였다. 안병민(2013)¹¹에서는 일본 문부과학성 과학기술정책 연구소(NISTEP)에서 대학 및 공공기관에 재직중인 960명을 대상으로 실시한 R&D 스톡 데이터에 대해 분석하였는데, 에너지 부분의 경우 6.3년의 연구개발시차 중앙값을 나타낸 것으로 보고되었다. 위 연구들의 결과로 볼 때 에너지부분의 연구개발시차 또는 R&D투자 내용연수가 다른 부분의 산업에 비해 비교적 짧은 기간임을 알 수 있다. 즉, 에너지 부문 산업이 타 산업에 비해 R&D 투자가 발생하고 나서 연구개발에 소요되는 시간과 실질적인 생산에 투입되기까지의 시간이 상대적으로 짧다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 안병민(2013)에서 분석한 에너지부분의 연구개발시차 6.3년을 채택하기로 하고 분석의 편의를 위해 식(1)의 연구개발시차(s)에 6을 상수로 대입하기로 하였다.

진부화율(rate of obsolescence)은 자본의 감가상각률(depreciation rate)과 마찬가지로 스톡 추계에 있어 중요한 부분이다. 진부화율을 추정하는 방법으로는 R&D 특허의 잔존률 또는 잔존건수를 이용한 통계분석 방법이 있고, R&D 기술의 평균수명에 대한 설문을 통해 추정하는 방법이 있다. 본 연구 모형에서는 R&D 기술의 평균수명을 통해 구해진 진부화율을 선택하여 사용하였다. 이는 R&D의 투자로 인한 성과가 새로운 R&D 투자의 성과로 대체되기까지의 기간(D)의 역수($1/D$)를 취함으로써 진부화율을 구할 수 있다. Fraumeni(1997)¹²에서는 정부지식 재산생산물 (Government Intellectual Property

¹⁰ KISTEP. (2013). KISTEP InI 제5호 July 2013, pp. 30-45

¹¹ 안병민. (2013). 일본의 R&D 지식스톡 분석, *KISTEP 통계브리프*, 2013년 제9호, p. 6

¹² Fraumeni, B. (1997). The measurement of depreciation in the US national income and product accounts. SURVEY OF CURRENT BUSINESS-UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE, 77, pp. 7-23.

Products)에서 비국방 (Nondefense) R&D의 에너지부문 진부화율을 9.35%로 추정하였다. 연구개발시차와 마찬가지로 NISTEP에서 조사한 R&D 기술의 평균 수명 및 진부화율을 정리한 안병민(2013)¹³에 따르면 에너지 부문 R&D 스톡 수명(D)의 중앙값이 9년으로 조사되었고, 진부화율($1/D$)은 11.1%로 조사되었다. 본 연구에서는 안병민(2013)의 진부화율 값을 채택하여 R&D 스톡추계에 사용하였다.

본격적으로 R&D 스톡 추정식을 통한 추계를 위해서 초기 년도의 R&D 스톡을 추정해야 한다.

goldsmith(1962)¹⁴의 영구재고법에 의하면 에너지 각 부문별 초기 년도의 R&D 스톡은 아래의 식(2)로 추정할 수 있다.

$$RK_{i,0} = RI_{i,0} \cdot \frac{g_i}{(g+\delta)} \cdot \frac{1-e^{-n(g_i+\delta)}}{1-e^{-g_i}} \quad (2)$$

(단, $RK_{i,0}$: i 부문 초기 R&D 스톡, $RI_{i,0}$: i 부문 초기 R&D 투자,
 g_i : i 부문 기준년도 이후 R&D 투자 연평균 증가율,
 δ : 진부화율, n : 내용연수)

만일 식(2)에서 내용연수(n)가 매우 크다면 $1 - e^{-n(g_i+\delta)}$ 항이 1로 수렴할 것이고, R&D 투자의 기준년도 이후 연평균 증가율이 매우 작다면 $g_i \approx 1 - e^{-g_i}$ 가 될 것 이므로 결국 식(3)을 도출할 수 있다.

$$RK_{i,0} = \frac{RI_{i,0}}{g_i+\delta} \quad (3)$$

(단, $RK_{i,0}$: i 부문 초기 R&D 스톡, $RI_{i,0}$: i 부문 초기 R&D 투자,
 g : i 부문 기준년도 이후 R&D 투자 연평균 증가율, δ : 진부화율)

¹³ 안병민. (2013). 일본의 R&D 지식스톡 분석, *KISTEP 통계브리프*, 2013년 제9호, p. 6

¹⁴ Goldsmith, R. W. (1955). The National Wealth of the United States in the Postwar Period.

대부분의 선행연구에서는 R&D 스톡 초기치를 구하는 데 있어 식(3)을 이용하고 있다. 다만, 본 연구에서의 에너지 부문 R&D 투자 추계 결과로 미루어볼 때 내용연수가 6.3년으로 상대적으로 짧고, 기준년도 이후 R&D 투자의 연평균 증가율 또한 특정 에너지 부문의 경우 30%에 근접하게 나타나기도 하므로 내용연수가 매우 길고 기준년도 이후 투자의 연평균 증가율이 0에 가깝다는 가정을 적용한 식(3)을 사용하지 않고 식(2)를 통하여 초기 R&D 스톡을 추정하였다. 대부분의 연구에서 초기 R&D 스톡을 구할 때 분석의 편의를 위해 식(3)을 사용하지만, 실제로 아주 긴 시간의 내용연수(n)와 0에 가까운 기준년도 이후의 R&D 투자 연평균 증가율(g)을 가정한 식(3)을 사용한 경우 식(2)를 통해 추정된 초기 스톡보다 많게는 2배이상 과대 추정되는 것으로 나타났다.

본 논문에서는 6년의 연구개발시차를 가정하였고 에너지부문 R&D 투자 추계 자료가 2004년부터 존재하므로 2009년부터 2020년까지의 12개년도 에너지부문 R&D 스톡을 추계하였다. 식(2)의 R&D 초기 스톡 추정 모형에 사용된 변수는 아래의 [표 13]과 같다.

[표 13] 에너지자원 8대 부문별 R&D 투자 연평균 증가율, 진부화율, 연구개발시차

	신재생 에너지	자원 개발	온실 가스	원자력	전력 (송배전)	에너지 저장	에너지 효율 향상	청정 화력
g	8.4	17.1	16.7	-0.5	2.1	21.9	27.3	0.3
δ	11.1							
n	6.3년							

주1) g : 2009년도 이후 R&D 투자 평균 증가율(%), δ : 잔존화율, n : 내용연수

[표 13]에서 R&D 투자 연평균 증가율(g)은 본 연구 스톡 추계의 기준연도인 2009년부터 2014년까지의 자료를 사용하였고, 진부화율(δ)과 연구개발시차(n)은 모든 부문에 걸쳐 각각 11.1%,

6.3년으로 상정하였다. 2009년~2014년 R&D 투자의 연평균 증가율을 보면 원자력(-0.5%), 전력(2.1%), 청정화력(0.3%)에 비해 신재생에너지(10.57%), 자원개발(17.1%), 온실가스(16.7%), 에너지저장(21.9%), 에너지효율향상(27.3%) 부문에서 더 높은 연평균 투자 증가율을 보이고 있다.

아래의 [표 14], [표 15]와 [그림 7], [그림 8]는 에너지 부문 8대 부문별 실질 R&D 스톡을 추계한 결과이고, [표 16], [표 17]과 [그림 9], [그림 10]는 에너지 부문 8대 부문별 실질 R&D 스톡을 추계한 결과이다. R&D 스톡을 추계하는 데 있어 실질과 명목의 다른 점은 실질의 경우 2015년~2020년 기간 R&D 스톡의 잠정추정이 가능하다는 것이다. 이는 자본스톡과 다르게 연구개발시차가 존재하는 R&D의 특징 중 하나인데, 본 논문에서 가정한 6년의 연구개발시차를 적용하면 사용 가능한 자료의 가장 마지막 해인 2014년의 R&D 투자가 2020년 R&D 스톡에 반영될 것이므로 스톡 추정식에 의해 시스템적으로 2020년까지의 R&D 스톡을 추정할 수 있다. 다만, 명목의 경우에는 실질 R&D 스톡을 명목 R&D 스톡으로 전환해주는 과정에서 필요한 GDP 디플레이터 자료가 2016년도까지 밖에 존재하지 않으므로 명목 R&D 스톡은 2009년~2016년 기간의 추계 결과를 제시하였다.

[표 14] 에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과(1)

연도	신재생 에너지	자원개발	온실가스	원자력
2009	327,555	46,746	65,520	305,310
2010	335,139	44,948	64,323	305,363
2011	343,662	43,679	65,246	304,377
2012	354,154	44,580	66,952	312,216
2013	376,100	43,604	72,556	325,742
2014	415,846	47,765	79,721	352,802
2015	456,245	57,053	91,181	380,212
2016	531,974	73,211	105,635	426,515
2017	622,982	75,406	122,182	435,452
2018	717,904	85,822	141,578	440,858
2019	776,596	91,301	162,364	441,739
2020	808,779	92,973	182,148	445,943

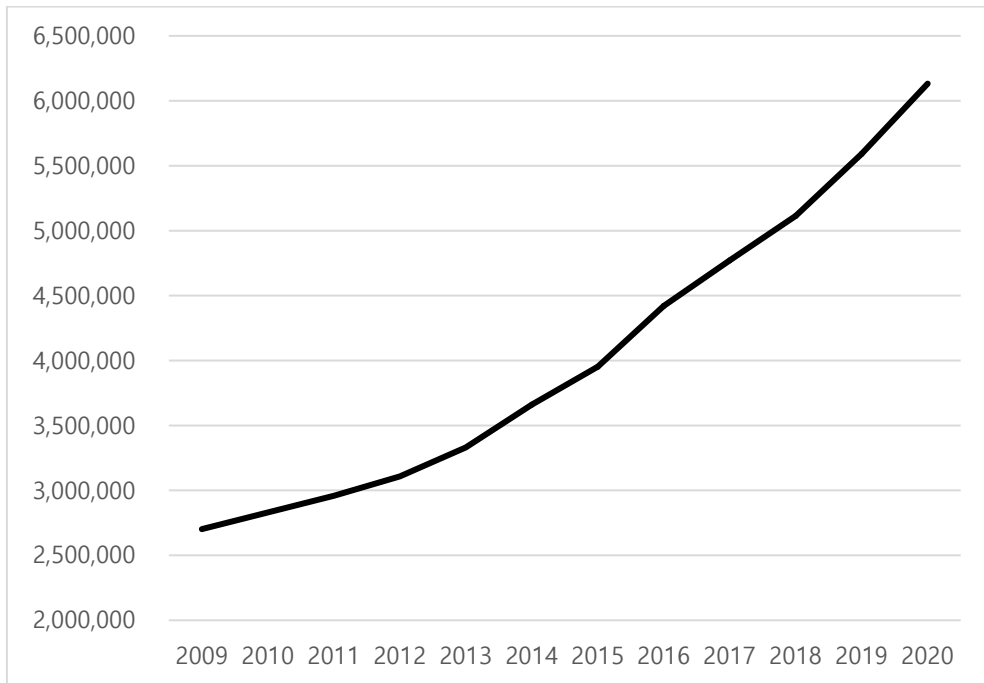
주1) 단위: 백만원

[표 15] 에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과(2)

연도	전력 (송배전)	에너지 저장	에너지 효율향상	청정화력	총계
2009	792,663	364,223	176,394	623,600	2,702,011
2010	875,102	364,338	190,952	650,889	2,831,054
2011	948,494	373,410	205,431	674,494	2,958,795
2012	1,029,571	375,529	215,750	708,520	3,107,273
2013	1,107,796	409,028	241,950	753,466	3,330,243
2014	1,177,299	501,978	279,495	805,427	3,660,334
2015	1,230,181	569,656	313,494	854,536	3,952,560
2016	1,352,980	612,928	380,476	936,955	4,420,673
2017	1,410,218	668,397	458,641	978,148	4,771,425
2018	1,415,356	791,487	511,865	1,009,095	5,113,963
2019	1,447,824	996,100	619,292	1,056,892	5,592,108
2020	1,478,665	1,271,677	786,298	1,065,945	6,132,428

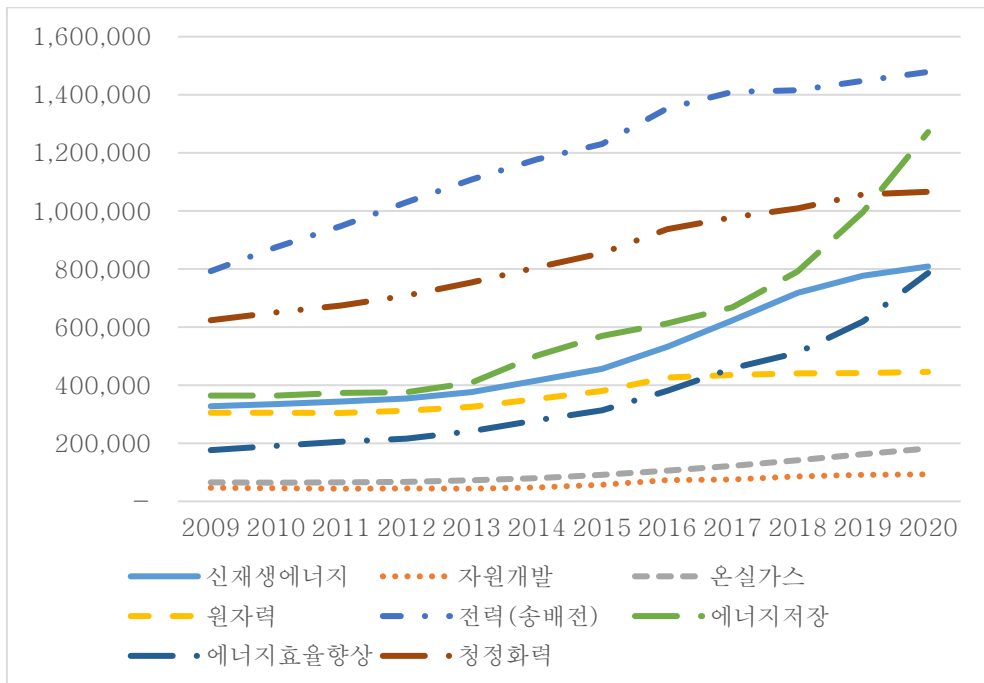
주1) 단위: 백만원

[그림 7] 에너지 부문 실질 R&D 스톡 추계 결과



주1) 단위: 백만원

[그림 8] 에너지자원 8대 부문별 실질 R&D 스톡 추계 결과



주1) 단위: 백만원

[표 16]. 에너지 부문 명목 R&D 스투크 추계 결과 (1)

연도	신재생 에너지	자원개발	온실가스	원자력	
2009	317,516	45,313	63,512	295,952	768,368
2010	335,139	44,948	64,323	305,363	875,102
2011	349,109	44,372	66,281	309,201	963,528
2012	363,521	45,759	68,723	320,474	1,056,803
2013	389,343	45,140	75,111	337,211	1,146,802
2014	433,070	49,743	83,023	367,415	1,226,063
2015	486,522	60,839	97,232	405,443	1,311,816
2016	577,527	79,481	114,680	463,037	1,468,836

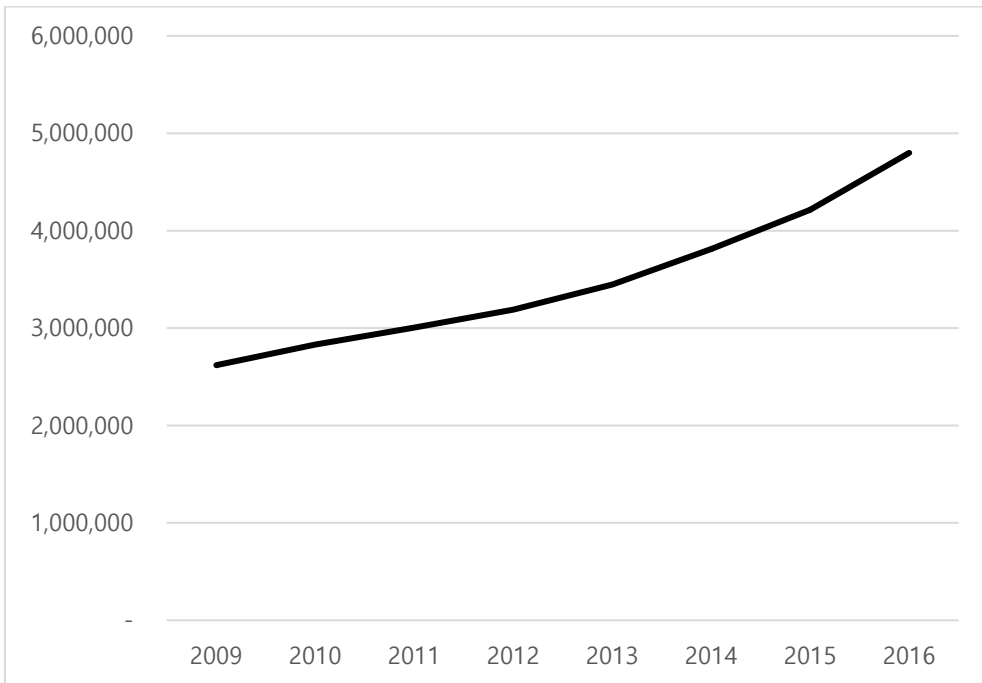
주1) 단위: 백만원

[표 17]. 에너지 부문 명목 R&D 스투크 추계 결과 (2)

연도	전력 (송배전)	에너지 저장	에너지 효율향상	청정화력	총계
2009	768,368	353,059	170,988	604,486	2,619,194
2010	875,102	364,338	190,952	650,889	2,831,054
2011	963,528	379,329	208,687	685,185	3,005,691
2012	1,056,803	385,462	221,457	727,261	3,189,460
2013	1,146,802	423,429	250,469	779,996	3,447,501
2014	1,226,063	522,770	291,071	838,788	3,811,945
2015	1,311,816	607,458	334,298	911,244	4,214,852
2016	1,468,836	665,413	413,056	1,017,186	4,799,216

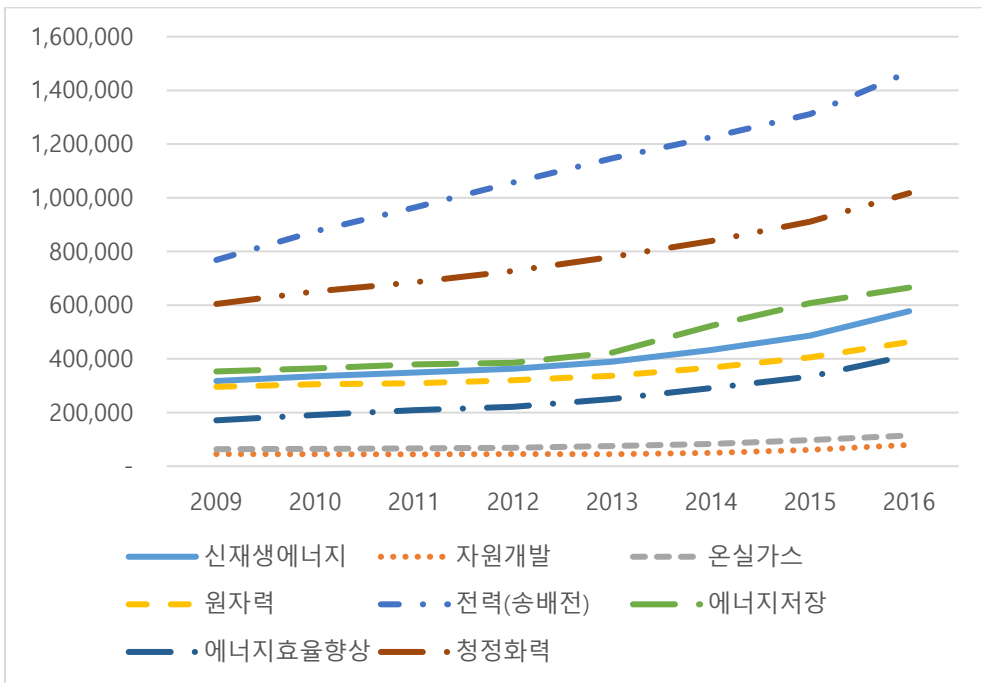
주1) 단위: 백만원

[그림 9] 에너지 부문 명목 R&D 스톡 추계 결과



주1) 단위: 백만원

[그림 10] 에너지자원 8대 부문별 명목 R&D 스톡 추계 결과



주1) 단위: 백만원

스톡 추계결과를 부문별로 살펴보면 전력(송배전), 청정화력, 신재생에너지, 전력, 자원개발 부문은 2020년까지 정상 상태(steady state)에 접어드는 것으로 볼 수 있다. 다만, 에너지 저장과 에너지 효율향상 부문은 투자의 규모가 2020년에도 급격한 성장속도를 보이며 증가하는 것으로 추계되고 있다. 이는 에너지 저장과 에너지 효율향상 부문이 2014년까지 보여준 급속한 투자의 성장이 약 6년의 연구개발시차를 보이며 2020년에 스톡에 반영되는 것이라고 볼 수 있다. 온실가스 부문의 경우 자원개발 부문과 마찬가지로 스톡의 규모는 다른 부문들에 비해 상대적으로 매우 적은 수준이지만 투자는 꾸준히 증가하고 있다. 전부문 총계를 보면 2009년부터 2020년까지 급속한 성장을 보이고 있고 특히 2013년 이후 스톡이 이전보다 빠르게 축적되고 있음을 알 수 있다. 이러한 R&D 스톡 규모와 증가속도는 에너지 저장과 에너지 효율향상 부문과 같은 친환경 관련 부문들이 주도하고 있는 것으로 볼 수 있다.

제 3 절 R&D 스투크 조정모형

R&D 스투크 조정모형이란 표학길, & 이영한(2016)¹⁵에서도 소개한 바와 같이 코익모형(Koyck Model)에서 부분조정모형(Partial Adjustment Model)과 적응적 기대모형(Adaptive Expectation Model)을 결합한 이중코익모형(Double Koyck Model)이라고 할 수 있다.

Gordon(1978)¹⁶ 과 Johnston(1984)¹⁷ 을 따라서 기업은 예상매출(S^*)에 비례하는 최적 R&D 스투크(R^*)을 보유하고자 한다고 가정할 수 있다.

$$R_t^* = \beta S_t^* \quad (4)$$

최적 R&D스투크(R^*)은 부분조정모형(Partial Adjustment Model)을 따른다고 가정하고 이를 R_t 에 대해 정리하면 식(5)를 도출 할 수 있다.

$$R_t - R_{t-1} = \theta(R_t^* - R_{t-1})$$
$$R_t = \theta R_t^* + (1 - \theta)R_{t-1} \quad (5)$$

예상매출(S^*)은 적응적기대모형(Adaptive Expectation Model)에 의해 형성된다고 가정하고 이를 S_t^* 에 대해 정리하면 식(6)을 도출할 수 있다.

$$S_t^* - S_{t-1}^* = \gamma(S_t - S_{t-1}^*)$$
$$S_t^* = \gamma S_t + (1 - \gamma)S_{t-1}^* \quad (6)$$

위에서 도출한 식(4)를 식(5)에 대입하면 식(7)을 도출할 수 있다.

¹⁵ 표학길,&이영한. (2016). 에너지산업의 민간 R&D 동향 분석 보고서, 산업통상자원 R&D전략기획단 용역보고서, pp.8-10

¹⁶ Johnston, J. Econometric Methods, Third Edition, McGraw Hill Book Company, 1984, pp. 346-352

¹⁷ Gordon, Robert J. Macroeconomics, Little Brown and Company (Inc), 1978, p. 398

$$R_t = \theta(\beta S_t^*) + (1 - \theta)R_{t-1} \quad (7)$$

식(7)을 1기(t) 뒤로 미루고 양변에 $(1 - \gamma)$ 를 곱해주면 식(8)을 도출할 수 있다.

$$(1 - \gamma)R_{t-1} = \theta\beta(1 - \gamma)S_{t-1}^* + (1 - \theta)(1 - \gamma)R_{t-2} \quad (8)$$

식(6)을 식(7)에 대입하면 식(9)를 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} R_t &= \theta\beta[\gamma S_t + (1 - \gamma)S_{t-1}^*] + (1 - \theta)R_{t-1} \\ &= \theta\beta\gamma S_t + \theta\beta(1 - \gamma)S_{t-1}^* + (1 - \theta)R_{t-1} \end{aligned} \quad (9)$$

식(9)에서 식(8)을 빼주고 R_t 에 대해 정리하면 식(10)을 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} R_t - (1 - \gamma)R_{t-1} &= \theta\beta\gamma S_t + \theta\beta(1 - \gamma)S_{t-1}^* + (1 - \theta)R_{t-1} \\ &\quad - \theta\beta(1 - \gamma)S_{t-1}^* - (1 - \theta)(1 - \gamma)R_{t-2} \\ &= \theta\beta\gamma S_t + (1 - \theta)R_{t-1} - (1 - \theta)(1 - \gamma)R_{t-2} \\ R_t &= \theta\beta\gamma S_t + \{(1 - \theta) + (1 - \gamma)\}R_{t-1} - (1 - \theta)(1 - \gamma)R_{t-2} \end{aligned} \quad (10)$$

결국 식(10)은 식(11)로 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} R_t &= \theta\beta\gamma S_t + \{(1 - \theta) + (1 - \gamma)\}R_{t-1} - (1 - \theta)(1 - \gamma)R_{t-2} \quad (10) \\ R_t &= \alpha_0 S_t + \alpha_1 R_{t-1} - \alpha_2 R_{t-2} \end{aligned} \quad (11)$$

식(11)을 보면 t기의 R&D 스톡은 t기의 매출과 t-1기와 t-2기의 R&D 스톡의 함수로 정의되므로 추정 가능한 식이 된다.

위의 추정식을 단순최소자승법(OLS)을 통해 계수들의 추정치를 구하고 그 추정치를 이용하여 스톡을 추계하였다. 계수 추정 및 스톡 추계 결과는 아래의 <표 18>, <표 19>, <표 20>, <표 21>과 같다.

[표 18] R&D 스톡 조정모형 계수 추정치 (1)

계수	신재생 에너지*	자원개발*	온실가스*	원자력*
α_0	-0.0003	-0.0024	0.0002	0.0048
α_1	3.1407	0.7630	1.9447	2.2966
α_2	-2.1445	0.3199	-0.9134	-1.3794

[표 19] R&D 스톡 조정모형 계수 추정치 (2)

계수	전력 (송배전)*	에너지 저장*	에너지 효율향상*	청정화력*	총계*
α_0	-0.0014	-0.0993	0.0182	0.0054	0.0090
α_1	1.7271	5.2427	0.6836	2.6879	2.6221
α_2	-0.6607	-3.2446	0.1584	-1.8824	-1.8890

총계(전부문)를 포함한 대부분의 에너지 부문에서 R_t 는 R_{t-1} 과 R_{t-2} 와 양(+)의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으나 S_t 와는 부문에 따라 양(+) 또는 음(-)의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 총계의 경우에는 R_t 가 R_{t-1} , R_{t-2} , S_t 와 모두 양(+)의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 다만, 총계(전부문)의 경우를 제외하고는 각 부문별의 추정치가 통계적으로 유의하지 않는 편인 것으로 나타났기 때문에 큰 의의를 부여하기는 어려울 것으로 보인다. 시계열 자료의 길이가 매우 짧아 유의미한 통계 분석을 도출하는 데에 한계가 존재하나, 자료가 오랜 시간 동안 축적되어 오랜 기간의 시계열 자료 확보 가능성이 가능하고 자료의 분포를 보다 더 정확하게 알 수 있는 경우 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 이용하여 통계분석을 한다면 보다 더 유의미한 결과를 도출할 수 있을 것이다.

[표 20] R&D 스탁 조정모형에 의한 스탁 추계 결과 (1)

연도	신재생 에너지*	자원개발*	온실가스*	원자력*
2011	346,214	46,186	65,375	309,805
2012	356,104	44,242	68,280	307,248
2013	370,871	44,599	70,751	325,563
2014	416,695	44,503	80,079	352,520

주1) 단위: 백만원

[표 21] R&D 스탁 조정모형에 의한 스탁 추계 결과 (2)

연도	전력 (송배전)*	에너지 저장*	에너지 효율향상	청정화력*	총계*
2011	952,296	383,463	201,748	680,460	2,956,563
2012	1,019,565	392,761	220,314	703,425	3,123,733
2013	1,106,028	385,650	240,961	755,375	3,313,041
2014	1,184,449	498,757	279,409	803,022	3,663,626

주1) 단위: 백만원

R&D 스탁 조정모형에 의한 스탁 추계 결과를 보면 자원개발 부문을 제외한 대부분의 부문에서 제2장 2절에서 도출한 스탁 추계의 결과와 매우 근접한 것으로 나타났다. 자원개발 부문의 경우에는 제2장 제2절에서 추계한 것과 매우 상이한 결과를 보여주는 데 이는 자원개발 부문의 R&D 투자의 규모가 너무 작기 때문에 R&D 스탁조정모형에 의해 적절한 추계치가 도출되지 못하는 것으로 보인다.

제 3 장 결 론

우리나라의 에너지 부문 민간 R&D 명목 투자는 2014년 기준 약 1.2조원으로 추계되었고, 명목 스톡은 2014년 기준 약 3.8조원, 2015년 기준 약 4.2조원, 2016년 기준 약 4.8조원으로 추계되었다. 또한 2009년~2020년 기간의 실질 스톡 연평균 성장률은 약 8% 정도로 2020년 기준 실질 스톡은 약 6.1조원 추계되었다. 다만, 우리나라 민간의 전산업 R&D 투자 집약도가 2014년 기준 2.54%인 것을 감안할 때, 에너지 부문의 R&D 투자 집약도(매출 대비 R&D 투자)는 2004년~2014년 기간 동안 1.1%~1.3%에서 횡보하는 수준으로 에너지 산업의 R&D 투자가 매출에서 차지하는 비중이 타 산업에 비해 낮은 수준이라고 평가할 수 있다.

본 논문의 한계점으로는 첫째, 에너지 부문 R&D 투자 자료를 2014년까지만 식별 및 추계했기 때문에 2015년과 2016년의 투자 자료를 반영하지 못했다는 점이다. 이는 2015년과 2016년의 투자 자료를 업데이트하여 개선할 수 있다. 둘째, 본 논문에서 사용한 스톡 추정식은 에너지 산업의 평균적인 연구개발시차를 적용했기 때문에 가령 R&D 투자가 연구개발시차보다 일정 부분 빠르게 스톡에 축적되는 경우를 반영하지 못할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 R&D 투자가 스톡에 축적되는 과정에 있어서 일정 기간을 두고 순차적으로 반영시킬 수 있는 모형을 연구해 볼 수 있다.

참고 문헌

- 미래창조과학부. (2016). 2015년도 연구개발활동조사결과, 2016.12.8
- 신태영. (2004). 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도. 정책자료, 1-27.
- 안병민. (2013). 일본의 R&D 지식스톡 분석, *KISTEP 통계브리프*, 2013년 제9호
- 조동훈, & 김태형. (1999). 연구논문: 자동차 및 트레일러제조업의 연구개발비와 기업성장률의 관련성에 관한 실증적 연구. *세무회계연구*, 6(단일호), 75-99.
- 표학길, & 이영한. (2016). 에너지산업의 민간 R&D 동향 분석 보고서, 산업통상자원 R&D전략기획단 용역보고서.
- 하정훈, & 이동욱. (2009). 우리나라 연구개발투자와 경제성장의관계분석. *KISTEP R&D FOCUS*, 13, 1-34.
- Abel, A. B., Bernanke, B. S., & Croushore, D. (2008). *Macroeconomics (6th edn)*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Adanu K (2005) A cross-province comparison of Okuns coefficient for Canada. *Appl Econ*, 37(5), 561570
- Aghion.
- Elkins, P. (2000). Economic growth and environmental sustainability.
- Fraumeni, B. (1997). The measurement of depreciation in the US national income and product accounts. *SURVEY OF CURRENT BUSINESS-UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE*, 77, 7-23.
- Goldsmith, R. W. (1955). *The National Wealth of the United States in the Postwar Period*.

Gordon, Robert J. Macroeconomics, Little Brown and Company(Inc), 1978.

Jaruzelski, B., Dehoff, K., & Bordia, R. (2005). Money isn't everything: the Booz Allen Hamilton global innovation 1000.

Jones, C. I. (2014). Macroeconomics, Third Edition, W.W. Norton

Johnston, J. (1984). Econometric Methods, Third Edition, McGraw Hill Book Company

KISDI. (2015). 과학기술과 ICT의 역할 분석을 위한 ICT 자본스톡 및 지식 자본스톡 구축 방법론 연구, 경제·인문사회연구회 협동연구총서 15-23-02, 정보통신정책연구원 기본연구 15-13-02

KISTEP. (2013). KISTEP InI 제5호 July 2013

Abstract

R&D Stock Estimation of the Private Sector in Energy Industry

Younghan Lee

Department of Economics

The Graduate School

Seoul National University

This thesis estimates R&D investment of the private sector in the energy industry from 2004 to 2014 by dividing it into eight energy categories and estimates R&D stock from 2009 to 2020. The nominal R&D investment for private sector in Korea was estimated at KRW 1.2 trillion as of 2014, while nominal stock was estimated at KRW 3.8 trillion as of 2014, KRW 4.2 trillion as of 2015, and KRW 4.8 trillion as of 2016. The average annual growth rate of real R&D stock for 2009–2020 is about 8%, and real stock as of 2020 is estimated to be about 6.1 trillion won. Considering that the R&D investment to sales ratio of the private sector in Korea is 2.54% as of 2014, the R&D investment to sales ratio in the energy industry (1.1%~1.3% during 2004~2014) is considered to be lower than that of other industries. In order to conduct an efficient R&D investment, it is necessary to analyze the accurate R&D flow statistics from past to present and to analyze how much investment has accumulated to the present level. Therefore, this thesis will contribute to establishing a future R&D investment plan for the energy sector.

Keywords : R&D investment, R&D stock, Energy R&D, R&D Stock Adjustment Model

Student Number : 2014–20215