

연구개발투자의 효율성 분석

김인철 · 김원규 · 김학수

2003. 12



머리말

우리나라는 현재 지속적인 경제 성장의 실현과 삶의 질 향상을 위해 혁신주도형 경제(innovation-driven economy)로의 전환을 적극 모색하고 있습니다. 혁신주도형 경제란 혁신을 주된 동력으로 하여 경제 전체의 효율성을 지속적으로 높여가는 경제를 의미합니다. 그리고 혁신의 핵심 요소는 기술의 발전입니다. 노동이나 자본 등의 투입 요소를 확대하는 성장 전략이 더 이상 우리 경제의 생존을 보장하지 못하는 이 시기에 기술의 발전이야말로 혁신주도형 경제로의 이행을 위한 가장 중요하고도 효과적인 방법이 되기 때문입니다.

따라서 기술의 발전·습득·확산의 전제가 되는 연구개발투자는 과거 그 어느 때보다 더 중요한 의미를 가진다고 여겨집니다. 실제로 우리나라는 1990년대부터 본격적으로 공공부문과 민간부문 모두 연구개발투자에 힘을 기울여 온 결과 2001년에 연구개발투자 집약도가 3%(세계 4위)에 달하는 등 양적인 측면에서는 선진국 수준에 도달하였습니다. 그러나 연구개발투자의 양적인 증대와 그 중요성에 대한 인식의 확대에도 불구하고 국내에서는 아직 연구개발투자가 효율적으로 이루어지고 있는가에 대한 실증적인 연구가 부족하여 연구개발투자의 질적 향상을 위한 기초 연구에 대한 필요성이 강하게 대두되고 있습니다.

이러한 상황을 반영하여 산업연구원에서는 이번에 「연구개발투자의 효율성 분석」이라는 연구보고서를 발간하게 되었습

니다. 이 보고서에서는 다양하고 심층적인 계량경제학적 분석 방법을 사용하여 산업별 연구개발스톡이 총요소생산성에 미치는 영향과 공공부문의 연구개발투자가 민간 부문의 연구개발 투자에 미치는 영향을 분석하였습니다. 분석결과 자체 산업과 여타 산업의 연구개발 노력은 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미치고, 국가연구개발사업에 따른 공적 연구개발투자가 민간부문의 연구개발투자에 정의 효과를 미치는 것으로 나타났습니다. 이외에 다양한 계량분석적 시도들을 통하여 연구개발투자의 질적 향상을 위한 의미있는 정책적 시사점들을 도출하였습니다.

본 보고서가 자료의 한계로 인하여 정부의 연구개발투자 지원과 기업의 성과 간의 직접적인 관계를 분석하지 못한 것은 아쉬운 점으로 남습니다. 그러나 본 보고서는 지속적이고도 더 나은 연구의 진행을 위한 충분한 초기 투자의 역할을 해줄 수 있을 것으로 기대합니다. 그리고 더 나아가 연구개발투자의 효율성 향상과 관련된 학문적 성과와 정책 수립에 다소나마 기여하기를 바라는 바입니다.

2003년 12월

산업연구원장 **한석수**

차 례

요약	1
Abstract	4
제 I 장 서 론	7
제 II 장 우리나라의 연구개발투자 현황	10
1. 총연구개발투자 추이	10
2. 공공 연구개발투자의 추이	14
제 III 장 연구개발스톡과 총요소생산성 간의 관계 분석 ...	21
1. 기존의 연구 결과	22
2. 분석방법과 통계자료	27
(1) 분석방법	27
(2) 통계자료와 변수의 측정	31
3. 산업별 총요소생산성 및 연구개발스톡 비중과 규모의 경제 여부 검정	36
(1) 산업별 총요소생산성 추이	36
(2) 산업별 연구개발스톡 비중 추이	39
(3) “규모에 대한 수익불변” 가정의 타당성 검정	41
4. 산업별 총요소생산성과 연구개발스톡 비중 간의 관계 ...	43
(1) 자체 산업 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중의 효과 ·	43
(2) 산업 특성에 따른 효과 차이의 분석	48

제IV장 공공 및 민간 연구개발투자의 관계 분석	54
1. 기존의 연구 결과	57
2. 통계자료와 분석방법	67
(1) 통계자료	67
(2) 분석방법	77
3. 실증분석 결과	83
(1) 기본모형의 추정결과	83
(2) 연구개발 단계 더미변수 모형의 추정결과	84
(3) 기술수명주기 더미변수 모형	86
(4) 참여기업형태 더미변수 모형	88
(5) 분석결과의 한계 및 향후 연구방향	90
제V장 결론 및 정책 시사점	92
〈참고문헌〉	97

〈 표 차례 〉

〈표 II-1〉 연구개발투자 금액 추이	11
〈표 II-2〉 주요국의 연구개발투자 추이	11
〈표 II-3〉 주요국의 산업재산권 출원 및 등록 건수	13
〈표 II-4〉 전세계 특허 및 실용신안 출원의 국가별 현황 및 순위	13
〈표 II-5〉 주요국의 기술무역액 현황	14
〈표 II-6〉 공공 및 민간 연구개발금액 추이	15
〈표 II-7〉 주요국의 공공 연구개발투자 비중 비교	16
〈표 II-8〉 정부예산 중 공공 연구개발예산 추이	16
〈표 II-9〉 전산업의 매출액 대비 연구개발투자 추이	17
〈표 II-10〉 연구개발투자 금액의 기관별 사용 및 부담 비율	17
〈표 II-11〉 국가연구개발사업 조사 및 분석 대상 추이	18
〈표 II-12〉 주요 부처별 연구개발투자 비중 추이	18
〈표 II-13〉 주요 경제사회목적별 연구개발투자 비중 추이	19
〈표 II-14〉 연구개발단계별 연구개발투자 비중 추이	20
〈표 III-1〉 대상 산업	32
〈표 III-2〉 변수명 및 산출근거	33
〈표 III-3〉 산업별 노동소득분배율(1995~2002년 연평균 기준)	36
〈표 III-4〉 중요소생산성	37
〈표 III-5〉 연구개발스톡/자본스톡 비중	40
〈표 III-6〉 추정결과	42
〈표 III-7〉 추정결과	44
〈표 III-8〉 추정결과	45
〈표 III-9〉 추정결과	46
〈표 III-10〉 추정결과	47
〈표 III-11〉 산업특성에 따른 산업구분	49
〈표 III-12〉 산업별 특성을 반영한 추정결과	53
〈표 IV-1〉 연도별 과제 수	68
〈표 IV-2〉 연구개발 단계별 투자비중 추이	70

<표 IV-3> 기술수명주기별 투자비중 추이	71
<표 IV-4> 참여기업형태별 투자비중 추이	72
<표 IV-5> 국가 연구개발사업 평균 투자액	75
<표 IV-6> 기본모형 추정결과	84
<표 IV-7> 연구개발 단계 더미변수 모형의 추정결과	85
<표 IV-8> 연구개발 단계별 간접효과	85
<표 IV-9> 기술수명주기 더미변수 모형의 추정결과	87
<표 IV-10> 기술수명주기별 간접효과	87
<표 IV-11> 참여기업형태 더미변수 모형의 추정결과	89
<표 IV-12> 참여기업형태별 간접효과	89

〈 요 약 〉

본 보고서에서는 연구개발투자와 관련된 중요한 두 가지 문제를 다룬다. 첫째는 연구개발스톡과 총요소생산성 간의 관계를 추정하는 것이고 둘째는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향을 살피는 것이다. 이는 우리나라의 총연구개발투자와 공공 연구개발투자가 얼마나 효율적으로 이루어지고 있는가를 분석함으로써 연구개발투자의 질적 향상을 이루기 위해 취해야 할 정책적 판단의 근거를 마련하기 위해서이다.

먼저 Ⅲ장의 분석결과에 따르면, 자체 산업의 연구개발 노력과 자체 산업을 제외한 여타 산업의 연구개발 노력이 자체 산업의 총요소생산성에 모두 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이는 산업별 특성에 따라 다양하게 변화하는 것으로 드러났다. 또한 그 효과에 있어서 자체 산업의 연구개발 노력보다는 여타 산업의 연구개발 노력과 그로부터 파급된 기술확산이 자체 산업의 총요소생산성에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과가 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, 자체 산업의 연구개발 노력이 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 사실에서 지속적인 경제성장을 위해 연구개발 활동이 매우 중요함을 알 수 있다. 둘째, 여타 산업의 기술확산 효과가 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 자체의 연구개발 노력보다 더 큰 효과를 미친다는 사실은 자체 산업의 연구개발 노력뿐만 아니라 외부로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량을 갖추는 것이 생산성 향상을 위해 매우 중요함을 의미한다. 셋째, 여타 산업의 연구개발 노력이 자체 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 준다는 사실은 연구개발투자의 외부효과가 존재함을 의

2 연구개발투자의 효율성 분석

미하며 이는 연구개발투자의 사회적 수익률보다 사적 수익률이 낮아 연구개발투자가 사회적 최적 수준에 비해 저투자될 가능성이 큼을 시사한다. 넷째, 고기술산업의 경우 저기술산업에 비해 외부로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량은 크지만 자체 연구개발투자의 성과는 저기술산업의 경우와 차이가 없다는 점에서 고기술산업의 기술개발 성과를 제고하는 노력이 있어야 할 것으로 보인다. 다섯째, 중화학공업이나 대기업의 자체 연구개발투자의 성과가 경공업 또는 중소기업에 비해 크게 다르지 않고 대기업이 외부로부터 기술확산을 흡수하는 능력도 중소기업과 크게 다르지 않음으로 미루어 연구개발로부터 얻는 편익은 기업 규모와 관계가 없어 보인다. 여섯째, 수출기업의 경우 내수 위주 기업에 비해 자체 연구개발투자의 성과나 여타 산업으로부터의 기술확산 효과가 높지 않아 이들의 연구개발투자 효율성이 낮게 나타났다. 일곱째, 공공 연구개발투자는 해당 산업의 연구개발성과보다는 외부효과의 향유를 높이는 데 기여한 것으로 판단된다. 끝으로, 기초 연구개발투자의 비중이 높은 산업의 경우 그렇지 않은 산업과 비교할 때 자체 및 여타 산업의 연구개발 노력에 대한 성과에 있어 큰 차이가 없는데, 기초연구의 성격상 그 성과분석에 있어 보다 장기적인 자료를 분석할 필요는 있으나, 최근 5개년의 자료에 국한하여 판단할 경우, 우리나라에 있어 기초연구에 대한 지나친 강조는 바람직하지 않은 것으로 보인다.

한편 IV장의 기본모형의 결과에 따르면, 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 보완 촉진하는 것으로 나타났다. 이 결과는 최소한 국가연구개발사업 내에서는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 대체하지 않고 사회적 효율성을 높이려는 공공 연구개발투자 본래의 목적에 부합하도록 행해졌음을 시사한다. 두 번

제로 분석한 연구개발 단계 더미변수 모형의 결과에 따르면, 기초 연구와 개발연구의 경우에는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발 투자를 보완·촉진한다는 가설을 지지해 주지 않고 응용연구의 경우에만 보완·촉진하는 것으로 나타났다. 정부와 민간의 투자비중이 모두 높은 개발연구의 경우에 보완적 관계에 대한 실증적 증거를 찾을 수 없다는 점은 향후 개선되어야 할 것이다. 세 번째 모형인 기술수명주기 더미변수 모형의 결과는 기술의 잠재적 가치가 높은 성장기와 성숙기의 기술에서는 보완적인 관계를 보였으며 도입기와 쇠퇴기 및 기타 기술에서는 통계적으로는 유의하지 않을지라도 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 구축되는 것으로 나타났다. 도입기의 기술은 성장기와 성숙기를 거쳐 우리 경제에 큰 기여를 할 수 있는 기술이 포함되어 있으므로 민간의 참여와 기여를 확대할 수 있는 방안을 모색해야 할 것으로 판단된다. 네 번째로 참여기업형태 더미변수 모형의 결과에 따르면, 대기업 중심의 경우보다는 중소기업 중심의 경우에 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 보다 더 촉진되는 것으로 나타났으며 대기업과 중소기업이 공동으로 참여한 경우에 미세하나마 보다 더 많은 민간 연구개발투자가 촉진된 것으로 나타났다. 그러나 공공 연구개발투자의 비중이 큰 대학 및 기업을 제외한 기타 연구기관의 경우에는 그 효과가 아주 미미하게 나타났다. 이 결과는 두 가지 정책적 방향성을 시사해준다고 볼 수 있다. 하나는 민간 연구개발투자를 보다 효율적으로 촉진하기 위해서는 공공 연구개발투자의 비중을 민간기업 쪽으로 이동시켜야 한다는 것이며, 다른 하나는 공공 연구개발투자를 행할 때 민간기업 중 대기업보다는 혁신성향이 높은 중소기업이나 대기업과 중소기업의 공동 참여를 유도하는 것이 보다 성공 가능성이 높다는 것이다.

〈 Abstract 〉

An Analysis on Efficiency of R&D Investment

Inchul Kim, Won Kyu Kim, and Hag-Soo Kim

The purpose of this paper is twofold, first to examine the effect of R&D investment on total factor productivity of various industries and second to investigate the effect of public R&D investment on private R&D investment. The R&D activity and its high efficiency is the core of the innovation-driven economy. So the analysis of this research is expected to serve us as a dependable yardstick to develop and/or improve policy measures which are designed to increase social as well as private production capability of the economy. Through this study we could obtain several meaningful results as follows.

Both *within-industry* and *across-industry* effects of R&D investment on total factor productivity of the industry in question were found stochastically significant and positive. The presence of a positive within-industry effect of R&D suggests that R&D is a key to sustain industrial economic growth. Moreover, the presence of a positive across-industry effect of R&D implies that the realized R&D investment could be lower than the socially optimal level and consequently well-established governmental policies might be strongly needed.

The fact that the latter effect is bigger than the former requires that an industry should keep an absorption capability to utilize the R&D products not only by itself but also by other industries.

The regression analysis of public R&D investment on private R&D investment showed that the former enhanced the latter in harmony with its original end that public R&D investment should work as a complement to private R&D investment. However, it was not the general case. Not every type of public R&D investment was found to complement private R&D investment - the result varied according to R&D stages, technology life cycles, or participating entities.


 제 I 장

서 론

OECD 국가를 비롯한 세계 각국은 연구개발투자의 중요성을 일찍부터 인식하여 과학·기술·산업 정책의 일환으로 연구개발투자와 혁신에 대한 지원을 늘리고 있다. 특히 기술개발의 열쇠가 되는 연구개발투자의 경우 각국 정부는 공공 부문과 민간 부문의 연구개발투자를 확대하고 질적 향상을 이루기 위하여 다양한 제도와 정책을 사용하고 있다.

우리나라의 경우도 공공 부문과 민간 부문 모두 연구개발투자의 중요성을 인식하여 2001년 현재 GDP 대비 총 연구개발비 비중이 2.96%에 이르고 있으며 총연구개발비 중 공공 부문의 부담 비중은 26%를 차지하고 있다. 또한 다양한 국가연구개발사업을 통하여 2002년 정부예산의 5%를 연구개발에 투자하고 있다. 우리나라 연구개발투자의 양적 확대 추세는 최근 들어 선진국 수준에 달했으며 일부 부분에서는 이미 선진국 수준을 상회하고 있다.

그러나 연구개발투자의 양적 규모가 증대되고 있는 것과 달리, 연구개발투자가 효율적으로 이루어지고 있는지 또는 과거보다 질적으로 향상되고 있는지에 대해서는 아직까지 많은 의문이 있다. 이와 관련하여 우리나라의 경우 선진국들과 달리 연구개발투자에 대한 효율성을 분석한 의미 있는 연구 결과가

매우 부족한 실정이다. 특히 산업(기업)의 연구개발 자본스톡이 얼마만큼 산업(기업)의 성과에 영향을 미치는가, 이 과정에서 산업(기업)간 기술확산의 정도는 어떠한가, 그리고 정부의 연구개발 지원이 그 본래의 의도대로 민간의 연구개발을 보완하고 촉진하는가를 분석한 연구가 아직 존재하지 않거나 완전하지 않은 실정이다.

본 보고서에서는 연구개발과 관련하여 위에서 언급된 여러 가지 주제 중에 실증적, 정책적 측면에서 매우 중요한 두 가지 문제를 다룬다. 첫째, III장에서는 연구개발스톡과 총요소생산성 간의 관계를 분석한다. 이는 우리나라의 총연구개발투자가 실제로 우리나라 산업의 생산성을 높이는 데에 얼마나 기여하고 있는가 하는 물음에 대하여 답하기 위한 시도로서 우리나라 연구개발투자 전체의 효율성을 추정하는 것이다. 이를 위해 산업별 자료(21개 산업, 1995~2002년)를 사용하여 산업별 총요소생산성이 자체 산업의 연구개발스톡과 자체 산업을 제외한 여타 산업의 연구개발스톡에 의해 각각 어떤 영향을 받는지를 추정하고 그 결과를 해석한다. 둘째, IV장에서는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향을 분석한다. 이는 민간의 연구개발투자와 달리 그 속성상 사회 전체의 생산 효율성 향상을 목적으로 한 공공 연구개발투자가 과연 효율적으로 이루어졌는가를 분석하기 위한 것이다. 이를 위해 국가연구개발사업의 투자 자료를 사용하여 공적 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 어떤 영향을 미쳤는가를 추정하고 그 결과를 해석한다.

본 연구는 우리나라 전체의 연구개발투자의 효율성을 분석함으로써 그동안 연구개발투자가 과연 얼마만큼의 성과를 거

두었는지를 가늠할 수 있을 뿐만 아니라 앞으로 연구개발투자의 효율성을 제고하기 위한 정책적 시사점을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 정부의 공공 연구개발투자가 본래의 목적대로 민간의 연구개발투자를 촉진하고 있는지, 그리고 우리나라 전체의 연구개발 성과를 극대화하기 위하여 정부가 어떠한 방향의 노력을 기울여야 하는지를 평가할 수 있는 체계적인 정책평가 모형을 개발하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.


 제II장

우리나라의 연구개발투자 현황

1. 총연구개발투자 추이

우리나라의 연구개발투자는 1970년대까지 연구개발투자에 대한 필요성이 크게 인식되지 않아 낮은 수준을 기록하였다. 그러나 두 차례의 석유파동과 선진국들의 생산성 하락, 그리고 그에 따른 보호무역주의의 확산으로 인해 기술과 자본을 수입하여 국내의 노동과 결합하여 생산하고 수출하는 전략을 지속하기가 어려워짐에 따라 1980년대부터 기술개발을 위한 연구개발투자를 늘려 나가기 시작하였다. 특히 1990년대에 들어서면서 자본이나 노동 등 투입 요소의 확대에 의한 경제성장이 한계를 드러내기 시작하고 선진국의 기술보호주의 및 후발국의 추격이 더욱 치열해짐에 따라 자체적인 기술 개발 능력의 배양과 기술 보유에 대한 필요성이 절실해졌다. 특히 최근에 들어와서는 기술혁신을 통한 경쟁력 강화가 국민경제적으로 가장 큰 관심사가 되면서 우리나라의 연구개발투자는 양적으로 급속히 팽창하고 있다.

먼저 우리나라와 주요국의 연구개발투자와 관련된 양적 지표를 살펴보자. <표 II-1>에는 지난 30년간 연구개발투자 총액과 국민총소득 대비 비중의 추이가 나타나 있다. 1970년에

〈표 II-1〉 연구개발투자 금액 추이

단위 : 억 원, %

	1970	1980	1990	1995	2000	2001
연구개발투자 총액	105	2,825	33,499	94,406	138,485	161,105
국민총소득 대비 비중	0.4	0.8	1.9	2.5	2.7	3.0

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

〈표 II-2〉 주요국의 연구개발투자 추이

단위 : 억 달러, %

	한 국	미 국	일 본	독 일	프랑스	영 국	대 만
연구개발투자 총액	125	2,653	1,420	463	278	273	66
GDP 대비 비율	3.0	2.7	3.0	2.4	2.2	1.9	2.1

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

주 : 한국 2001년, 기타 국가의 경우 2000년 기준.

각각 105억 원과 0.4%에 불과하던 두 수치가 1990년에는 3조 3,000억 원과 1.9%에 이르렀으며 지난 2001년에는 16조 원과 3.0%에 달하는 빠른 증가 추이를 보였다.

우리나라의 연구개발투자를 다른 주요 국가들과 비교해 보면 빠른 증가세에도 불구하고 절대 규모면에서 아직 부족한 수준임을 알 수 있다. 〈표 II-2〉에 드러난 바와 같이 2001년 경상가격을 기준으로 한 우리나라의 연구개발투자 총액 125억 달러는 미국의 1/22, 일본의 1/11, 독일의 1/3 수준으로, 대만을 제외한 여타 기술 선진국들에 비해 크게 못 미치는 상태이다. 그러나 국가간 경제규모의 차이를 고려하여 명목 GDP 대비 연구개발투자의 비율을 비교하면 우리나라는 약 3.0%로 미국, 일본 등과 함께 세계 최상위의 수준을 보이고 있다. 한편,

우리나라의 기술도입의존도¹⁾는 1996~2001년 연평균 23.7%로 미국, 일본, 프랑스 등의 국가들보다는 높지만 독일이나 영국, 그리고 OECD 평균(35.9%)보다는 낮은 수준이다.²⁾

위의 통계로부터 우리나라는 연구개발투자 비율은 높고 기술도입의존도는 낮아 해외로부터의 기술에 의존하기보다는 자체적인 기술개발이 상대적으로 더 활발하다는 결론을 유추할 수 있다. 이는 최근 우리나라의 연구개발이 적어도 외형적, 양적으로는 바람직한 방향으로 이루어지고 있음을 시사한다. 단, 높은 연구개발투자 비율은 분명 고무적인 내용임이 틀림없으나, 실제로 기술 개발에 있어 투입요소로 사용되는 것은 연구개발투자(유량, flow)가 아닌 연구개발스톡(저량, stock)임을 상기할 필요가 있다. 따라서 연구개발을 통한 기술의 생산 경험이 비교적 일천하여 연구개발스톡의 크기가 크지 않은 우리나라가 높은 수준의 연구개발스톡을 축적하기 위해서는 앞으로도 지속적으로 높은 비율의 연구개발투자가 이루어져야 하는 것이다.

다음으로 우리나라와 주요국의 연구개발투자와 관련된 성과 지표들을 살펴보기로 하자. <표 II-3>에는 우리나라와 주요 기술선진국들의 연구개발 성과를 나타내는 지표의 하나로 볼 수 있는 산업재산권 출원 및 등록 건수가 비교되어 있다. 우리나라의 경우 각각 약 28만 4,000건과 14만 8,000건으로 미국, 일본, 독일보다는 못하나 프랑스, 영국을 앞서고 있다. 특기할 사항은 기술적으로 아직 선진국들에 비해 뒤쳐진 것으로 여겨지

1) 기술수입액을 연구개발투자액으로 나눈 백분율 값. 기술수입액은 뒤의 <표 II-5> 참조.

2) OECD, *Main Science and Technology Indicators*, 2003/2.

던 중국의 기술개발 성과로서 산업재산권 출원 및 등록 건수 규모가 독일과 대등한 수준을 보이고 있다는 점이다. 또 다른 성과지표의 하나인 특허 및 실용신안 출원 결과가 <표 II-4>에 나타나 있다. 2001년을 기준으로 할 때 우리나라는 총 16만 4,000건을 출원하여 일본, 미국, 독일, 영국, 스페인, 스웨덴에 이어 세계 7위를 차지하였다.

위의 성과 지표들로 보면 여타 국가들과 비교할 때 우리나라는 연구개발투자의 절대 규모가 열세임에도 불구하고 비교적 좋은 성과를 보였다고 할 수 있다. 그러나 이와는 배치되는 결과도 동시에 관찰된다.

<표 II-3> 주요국의 산업재산권 출원 및 등록 건수

단위: 천 건

	한 국	미 국	일 본	독 일	프랑스	영 국	중 국
출 원	284	573	611	341	247	273	352
등 록	148	256	337	215	133	102	215

자료: 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

주: 1999년 기준.

<표 II-4> 전세계 특허 및 실용신안 출원의 국가별 현황 및 순위

단위: 천 건

	1	2	3	4	5	6	7
국 가	일 본	미 국	독 일	영 국	스페인	스웨덴	한 국
건 수	453	295	244	193	166	165	164

자료: 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

주: 2001년 기준.

〈표 II-5〉 주요국의 기술무역액 현황

단위 : 억 달러

	한 국 (2000)	미 국 (1999)	일 본 (2000)	독 일 (1998)	프랑스 (1998)
수출액	2.0	364.7	110.2	32.5	23.3
수입액	30.6	132.8	113.0	48.9	27.1

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

〈표 II-5〉에는 우리나라와 주요국의 최근 기술무역액 현황이 나와 있다. 우리나라의 경우 2000년에 기술수출액은 2억 달러에 불과한 반면 기술수입액은 30억 달러가 넘는 것으로 나타나 기술무역수지가 큰 역조를 보이고 있다. 반면 기술선진국들은 기술무역수지가 흑자거나 적자라도 그 폭이 크지 않다. 이를 앞서 나왔던 우리나라의 높은 연구개발투자 비율 및 낮은 기술도입의존도와 연결지어 보면, 우리나라는 자체 기술개발이 비교적 활발히 이루어지고 있으나 대외적으로 기술개발 부문의 비교열위 또는 경쟁력 열세가 두드러진다고 할 수 있다. 또한 미국과 일본에 생산 기술을 의존하는 정도가 1990년대(1990~99년 연평균 81.5%)에 비해 최근 들어 점차 낮아지는 추세이긴 하나 2001년 현재 아직도 두 국가를 합쳐 71.7% (미국과 일본 각기 56.8%와 14.9%)의 높은 의존도를 나타내고 있어 기술 종속의 우려가 가시질 않고 있다.

2. 공공 연구개발투자의 추이

우리나라 전체의 연구개발투자는 공공 연구개발투자와 민간

연구개발투자로 나눌 수 있다. 그리고 연구개발투자가 지니는 공공적 속성상 민간 연구개발투자가 행하지 못하는 부분에 대한 공공 연구개발투자의 역할은 최근에 들어 연구개발투자가 국가경쟁력의 요체로 등장하고 있기 때문에 더욱 강조되고 있다. 그에 따라 전체 연구개발투자 중 공공 연구개발투자가 차지하는 비중은 점차 늘어나고 있는 추세이다.

〈표 II-6〉에는 우리나라 전체 연구개발투자액, 그리고 공공과 민간 연구개발투자의 구성비 변화 추이가 나타나 있다. 1990년 19.4%와 80.6%를 차지하던 공공 대 민간 연구개발투자의 비율은 2001년 26.0%와 74.0%로 변화하여 이 기간 동안 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자보다 상대적으로 더 빠른 속도로 늘어났음을 알 수 있다.

그러나 〈표 II-7〉에서 볼 수 있듯 26.0%의 공공 연구개발투자 비중은 주요 선진국의 비중과 비교할 때 일본을 제외하면 아직 낮은 수준이다. 따라서 우리나라 공공 연구개발투자가 여타 선진국 수준의 비중으로 증가할 것으로 추측한다면 앞으로 더 늘어날 여지가 남아 있다고 할 수 있다.

〈표 II-6〉 공공 및 민간 연구개발금액 추이

단위 : 억 원, %

	1990		1995		2000		2001	
	총액	구성비	총액	구성비	총액	구성비	총액	구성비
공공	6,510	19.4	17,796	18.9	34,518	24.9	41,874	26.0
민간	26,989	80.6	76,610	81.1	103,967	75.1	119,231	74.0
합계	33,499	100.0	94,406	100.0	138,485	100.0	161,105	100.0

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

16 연구개발투자의 효율성 분석

〈표 II-7〉 주요국의 공공 연구개발투자 비중 비교

단위 : %

	한 국	미 국	일 본	독 일	프 랑스	영 국	대 만
공공 연구개발 투자 비중	26.0	27.8	20.7	33.9	35.6	31.0	37.5

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

주 : 한국 2001년, 기타 국가의 경우 2000년 기준.

〈표 II-8〉 정부예산 중 공공 연구개발예산 추이

단위 : %

	1999	2000	2001	2002	2003
연구개발예산/정부예산	3.67	4.00	4.30	4.68	4.71

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

공공 연구개발투자의 증가세는 정부 예산에서 차지하는 비중의 변화 추이를 살펴봐도 알 수 있다. 〈표 II-8〉에 드러난 것처럼 지난 5년 간 공공 연구개발투자가 정부 예산에서 차지하는 비중은 매년 지속적으로 증가해 왔으며 2003년에는 4.71%에 이르렀다.

전체 산업의 매출액에서 민간 연구개발투자가 차지하는 비중 역시 〈표 II-9〉에서 나타나는 것처럼 지난 10여 년 동안 계속하여 증가세를 보이고 있다. 그러나 그 속도는 공공 연구개발투자가 정부 예산에서 차지하는 비중의 증가 속도에 미치지 못한다.

〈표 II-10〉에는 2001년 우리나라 전체의 연구개발투자 총액 16조원에 대한 기관별 사용액과 부담액이 나타나 있다. 공공

부문에서 부담한 공공 연구개발투자 26.0%의 절반 정도에 해당하는 12.3%가 공공 부문에서 사용되었고 나머지는 민간 부문에서 사용되었다. 민간 부문 중 특히 민간기업이 차지하는 비중이 절대적임을 알 수 있다.

〈표 II-11〉에는 공공 연구개발투자의 결과로 이루어진 국가 연구개발사업의 지난 5년간 투자액, 사업 수, 과제 수의 변화 추이가 나타나 있다. 투자액은 1998년부터 2002년 사이 2조 5,000억 원에서 4조 7,000억 원으로 연평균 16.7%의 빠른 증가세를 보였다. 연구사업 수는 1998년 19개 정부 부·청 154개에서 2002년 20개 부·청 211개로 연평균 8.2% 증가하였으며,

〈표 II-9〉 전산업의 매출액 대비 연구개발투자 추이

단위 : %

	1990	1995	2000	2001
연구개발투자액/매출액	1.7	2.2	2.0	2.3

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

〈표 II-10〉 연구개발투자 금액의 기관별 사용 및 부담 비율

단위 : %

	정부 기관	정부 출연 기관	기타 비영리 기관	국공립 대학	사립 대학	공공 연구개발 투자기관	민간 기업
사 용	2.3	10.0	1.1	3.9	6.5	2.5	73.7
부 담	22.5	3.5	0.4	0.6	1.1	2.7	69.7

자료 : 한국산업기술진흥협회, 「산업기술주요통계요람」, 2002/2003.

주 : 2001년 연구개발투자 금액 16조원 기준.

18 연구개발투자의 효율성 분석

이들 연구사업에 속한 연구과제의 숫자는 같은 기간 동안 1만 4,000개에서 2만 3,000개로 연평균 13.7% 증가하였다. 이에 따라 사업당 연구과제 수는 1998년 89건에서 2002년 109건으로, 연구과제당 연구비는 1억 8,000만 원에서 2억 1,000만 원으로 증가하였다.

〈표 II-12〉에는 주요 부처의 연구개발투자 비중의 변화가 나타나 있다. 정부 부처 가운데서 과학기술부의 비중이 가장

〈표 II-11〉 국가연구개발사업 조사 및 분석 대상 추이

단위 : 억 원, 건수, %

	1998	1999	2000	2001	2002	연평균증가율 (1998~2002)
투 자 액	25,312	27,013	30,746	45,283	46,984	16.7
연구사업 수	154	197	204	217	211	8.2
연구과제 수	13,715	14,284	16,812	21,237	22,921	13.7

자료 : 국가과학기술위원회, 「2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과」, 2003. 8.

〈표 II-12〉 주요 부처별 연구개발투자 비중 추이

단위 : %

	1998	1999	2000	2001	2002
과학기술부	25.5	28.8	28.7	22.7	25.3
산업자원부	16.4	17.2	18.1	19.7	23.2
정보통신부	15.5	13.1	10.9	22.4	16.2
기 타	42.6	40.9	42.3	35.2	35.3

자료 : 국가과학기술위원회, 「2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과」, 2003. 8.

큰 반면, 산업자원부는 그 증가세가 두드러진다. 최근 5년간 산업자원부의 연평균 투자액 증가율은 27.2%에 이르는데 이는 1997년 외환위기 이후 정부의 산업경쟁력 강화를 위한 연구개발투자 확대가 주된 이유인 것으로 보인다. 정보통신부의 경우 비중의 변화가 타 부처에 비하여 상대적으로 심한 편이다. 이는 정보통신부의 투자가 대부분 기금에 의해 이루어지기 때문에 기금 규모의 변화에 크게 영향을 받기 때문이다.

주요 경제사회목적별 연구개발투자의 비중 변화를 살펴보면 <표 II-13>에 나와 있듯 산업개발진흥을 위한 투자의 비중이 가장 크고 또한 지난 5년 사이 27.8%에서 32.5%로 가장 크게 증가했음을 알 수 있다. 이는 산업경쟁력 강화를 위한 연구개발투자의 증대에 기인한 것으로 앞서 언급된 산업자원부의 투자 증가와 연관된다. 전반적 지식 증진을 위한 투자는 특히 2002년 들어 감소하였는데 정보통신인력양성기금의 감소가 주된 이유이다.

<표 II-13> 주요 경제사회목적별 연구개발투자 비중 추이

단위 : %

	1998	1999	2000	2001	2002
산업개발진흥	27.8	28.2	29.2	31.5	32.5
전반적 지식증진	20.2	21.8	19.1	20.9	17.5
기반구축	14.8	12.4	12.2	14.0	12.4
기 타	37.2	37.6	39.5	33.6	37.6

자료 : 국가과학기술위원회, 「2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과」, 2003. 8.

20 연구개발투자의 효율성 분석

〈표 II-14〉 연구개발단계별 연구개발투자 비중 추이

단위 : %

	1998	1999	2000	2001	2002
기초연구	18.5	18.7	18.0	17.3	19.0
응용연구	25.0	24.9	24.9	24.2	28.4
개발연구	56.5	56.4	57.1	58.5	52.6

자료 : 국가과학기술위원회, 「2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과」, 2003. 8.

정부의 연구개발투자 예산 중 기초연구의 비중은 1998년부터 2001년 사이 18.5%에서 17.3%로 지속적으로 하락하였으나 2002년에 기초연구 비중이 높은 사업들의 예산이 증가함에 따라 다시 19.0%로 상승하여 외환위기 이전 수준으로 회복되었다. 그 반면 개발연구의 비중은 1998년부터 2001년까지 대체로 증가세를 보였으나 2002년에 들어 절대 규모의 소폭 증가에도 불구하고 그 비중은 크게 떨어졌다.


 제III장

연구개발스톡과 총요소생산성 간의 관계 분석

현재 우리 경제는 혁신주도형 경제(innovation-driven economy)로의 전환을 통하여 1인당 국민소득 2만 달러대 진입의 기반을 구축하는 데 많은 노력을 경주하고 있다. 이러한 시점에서 연구개발 노력의 성과를 극대화하는 것이 주요 과제로 대두되고 있다. 따라서 본 장에서는 산업별·연도별로 구성된 패널자료(panel data)를 사용하여 연구개발스톡 및 기술확산(spillover) 정도와 총요소생산성(total factor productivity) 간의 관계를 분석하고자 한다.

본 장에서는 우선 연구개발스톡(연구개발투자)과 생산성(생산성 증가율) 간의 관계를 분석한 기존의 연구결과들을 살펴보고, 분석을 위한 방법과 이를 위해 사용되는 통계자료에 대해 언급하고자 한다. 그 다음 산업별 총요소생산성과 연구개발스톡 비중의 추이를 개관해보고, 제4절에서는 자체 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중과 총요소생산성 간의 관계를 추정하고자 한다. 이와 더불어 산업별 특성에 따라 자체 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중의 효과에 있어 차이가 발생하는지를 분석하고자 한다. 끝으로 요약과 결론으로 본 장의 마무리를 하고자 한다.

1. 기존의 연구 결과

연구개발스톡(또는 연구개발 투자집약도)과 생산성(또는 생산성 증가율) 간의 관계, 즉 연구개발스톡의 탄력성(또는 연구개발투자의 수익률)을 추정한 연구들은 1970년대 이후 다양하게 수행되어 왔다.

이러한 연구들은 종속변수로서 총요소생산성 또는 노동생산성의 사용여부, 기업별·산업별·거시경제 자료의 사용여부, 시계열·횡단면·패널 자료의 사용여부, 독립변수로서 자체의 연구개발 노력뿐만 아니라 외부로부터의 기술확산의 정도를 나타내는 변수의 사용여부, 산업내(intraindustry)·산업간(inter-industry)·국제간 기술확산 여부 등에 따라서 그 종류를 달리 하고 있다.

그리고 추정모형의 표기(specification)에 있어서도 생산성과 연구개발스톡 간의 관계를 추정함으로써 연구개발스톡의 탄력성을 분석하기도 하고, 생산성 증가율과 연구개발 투자집약도 간의 관계를 추정하여 연구개발투자의 수익률을 측정하기도 한다. 이러한 표기문제는 다음과 같은 추정식의 도출과정에서 비롯된다고 할 수 있다.

식 (3.1)은 규모에 대한 수익불변(constant returns to scale)을 가정하는 콥-더글라스 생산함수(Cobb-Douglas production function)를 나타낸다.

$$Y(t) = B(t)K(t)^{1-\lambda}L(t)^{\lambda}R(t)^{\delta} \quad (3.1)$$

단 여기에서 t 는 연도, Y 는 부가가치, K 는 자본스톡, L 은 노

동, R 은 연구개발스톡, B 는 부가가치중 노동, 자본스톡, 연구개발스톡에 의해 설명되지 않는 나머지 부분, λ 는 노동소득분배율, δ 는 연구개발스톡의 탄력성을 의미한다. 다음으로 식 (3.2)는 솔로우 잔차(Solow residual)로서의 총요소생산성이 산출되는 방식을 나타내며, 다시 총요소생산성은 연구개발스톡과 잔차항의 부분으로 구분된다.

$$\begin{aligned} \ln A(t) &\equiv \ln Y(t) - (1 - \lambda) \ln K(t) - \lambda \ln L(t) \\ &= \delta \ln R(t) + \ln B(t) \end{aligned} \quad (3.2)$$

식 (3.3)은 식 (3.2)를 차분(difference)한 결과인데, 이는 다시 연구개발스톡의 탄력성 개념과 연구개발스톡에 대한 로그차분(log-difference)의 개념을 사용하면 식 (3.3)의 마지막 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln A(t) &= \delta \Delta \ln R(t) + \Delta \ln B(t) \\ &= \frac{\Delta Y(t)}{\Delta R(t)} \frac{R(t)}{Y(t)} \frac{\Delta R(t)}{R(t)} + \Delta \ln B(t) \\ &= \frac{\Delta Y(t)}{\Delta R(t)} \frac{\Delta R(t)}{Y(t)} + \Delta \ln B(t) \end{aligned} \quad (3.3)$$

단, 여기에서 $\delta \equiv \frac{\Delta Y(t)}{\Delta R(t)} \frac{R(t)}{Y(t)}$ 이고 $\Delta \ln R(t) \equiv \frac{\Delta R(t)}{R(t)}$ 로 정의된다. 식 (3.3)에서 연구개발스톡의 감가상각률을 0으로 가정할 경우, 부가가치에 대한 연구개발스톡 증감의 비율은 연구개발 투자집약도로 전환되므로 식 (3.4)와 같이 표시할 수 있다.

$$\Delta \ln A(t) = \rho \frac{RI(t)}{Y(t)} + \Delta \ln B(t) \quad (3.4)$$

식 (3.4)에서 $\rho \equiv \frac{\Delta Y(t)}{\Delta R(t)}$ 는 연구개발스톡의 한계생산, 즉 연구개발투자의 수익률을 나타내고, $RI(t)$ 는 연구개발투자이다. 연구개발스톡의 축적방식은 $R(t) = (1 - \beta)R(t-1) + RI(t)$ 인데, 여기에서 감가상각률(β)을 0으로 가정한다면 $\Delta R(t) = RI(t)$ 의 관계가 성립한다.

식 (3.2)에 기초한 추정식은 연구개발스톡과 총요소생산성 간의 관계에 기초하여 연구개발스톡의 부가가치 탄력성을 추정하는 경우이고, 식 (3.4)에 기초한 추정식은 연구개발 투자집약도와 총요소생산성 증가율 간의 관계에 기초하여 연구개발투자의 수익률을 추정하는 경우라고 할 수 있다. 통상적으로 연구개발스톡의 탄력성보다는 연구개발투자의 수익률에 대한 추정계수가 보다 안정적이라고 간주하여 후자의 추정방식을 선호하고 있기도 하다.

앞에서 언급한 바와 같이 연구개발스톡(연구개발 투자집약도)과 총요소생산성(총요소생산성 증가율) 간의 관계를 분석한 연구들은 매우 다양한데, 여기서는 산업별 자료를 사용한 경우에 국한하여 기존연구들을 살펴보고자 한다. 대표적인 연구들로는 ① Sveikauskas(1981), ② Griliches(1994), ③ Griliches and Lichtenberg(1984b), ④ Terleckyj(1980), ⑤ Scherer(1982), ⑥ Griliches and Lichtenberg(1984a) 등이 있다.

상기의 연구들은 모두 미국의 산업들을 대상으로 하고 있으며, 또한 식 (3.4)에 기초하고 있다. 다만 ⑤ Scherer(1982)의 경우에는 총요소생산성 증가율 대신에 노동생산성 증가율을 사용하고 있다. 한편, ①, ②, ③의 경우에는 자체 산업의 연구

개발 투자집약도만을 독립변수로서 사용하고 있으나, 나머지 ④, ⑤, ⑥의 경우에는 자체 산업의 연구개발 투자집약도뿐만 아니라 여타 산업으로부터의 기술확산 정도를 독립변수로서 고려하고 있다. 여타 산업으로부터의 기술확산을 나타내는 변수로는 여타 산업의 연구개발 투자집약도를 산업간의 투입산출계수를 활용하거나 특허자료 등에 기초한 산업간 기술적 연관 행렬(technology flow matrix)을 사용하여 가중 평균한 변수를 사용하고 있다.

자체 산업의 연구개발 투자집약도의 효과만을 분석한 ①, ②, ③의 연구결과에 따르면, 연구개발 투자집약도의 추정계수들은 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지며 그 크기는 0.17~0.34를 나타내고 있다. 자체 산업의 연구개발투자의 효과뿐만 아니라 여타 산업으로부터의 기술확산 정도를 고려한 ④, ⑤, ⑥의 경우 자체 산업의 연구개발 투자집약도의 추정계수는 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지면서 0.25~0.30을 나타내고 있으며, 여타 산업으로부터의 기술확산을 의미하는 변수의 추정계수는 5% 수준에서의 통계적 유의성 확보와 함께 0.41~0.82의 수준을 나타내고 있다.

여기서 알 수 있는 것은, 첫째, 자체 산업의 연구개발투자와 여타 산업의 연구개발투자는 해당 산업의 생산성 증가율에 플러스의 효과를 미친다는 것이다. 둘째, 자체 산업의 연구개발 투자 효과보다는 여타 산업으로부터의 연구개발투자에 따른 기술확산의 효과가 더욱 크다는 것이다. 셋째, 여타 산업의 기술확산에 대한 추정계수가 플러스의 부호를 보이고 있다는 두 번째 결과로부터 자체 산업 연구개발 투자집약도의 추정계수인 사적 수익률(private rate of return)보다 사회적 수익률

(social rate of return)이 클 것이라는 추론이 가능하다. 이는 바로 사적 수익률의 대상으로 고려되지 않는 외부효과(external economies)가 연구개발투자에 존재하고 이러한 외부효과의 존재로 인하여 연구개발투자가 사회적으로 바람직한 투자 수준보다 적게 이루어지는 저투자(underinvestment)의 가능성이 있음을 강하게 의미한다.

이외에도 많은 연구결과들이 있으나, 여기서는 산업별 자료를 사용한 최근의 연구라고 판단되는 Griffith, Redding and Reenen(2001)의 연구결과만을 간략히 소개하기로 한다. 동 연구는 연도별(1974~90년), 국가별(OECD 12개국), 산업별 자료를 사용하여 국가간의 상대적 총요소생산성 수준, 연구개발 투자집약도, 인적자본, 수입성향 등과 총요소생산성 증가율 간의 관계를 분석하였다. 상대적 총요소생산성 수준과 연구개발 투자집약도만을 독립변수로서 고려할 경우, 연구개발 투자집약도의 추정계수는 5% 수준에서 통계적 유의성을 확보하는 가운데 0.62의 수준을 나타내고 있다. 기술흡수 역량을 나타내는 인적자본을 포함한 결과에 따르면, 총요소생산성 증가율에 있어 인적자본 역할의 중요성이 발견되고, 각 국가들의 연구개발 투자집약도가 총요소생산성 증가율에 미치는 효과(제조업 전체 기준)는 0.43~0.95의 수준을 나타내고 있다.

한편 우리나라를 대상으로 연구개발투자의 효과를 분석한 국내 연구들은 그동안 간헐적으로 수행되어 왔으며, 최근의 연구로는 이원기, 김봉기(2003)를 들 수 있다. 동 연구는 연도별(1980~2001년), 산업별(제조업 8개 산업) 자료를 이용하여 연구개발투자의 생산성 파급효과를 분석하였다. 노동 한 단위당 연구개발스톡 증가율과 노동생산성 증가율 간의 관계를 분석

한 결과(독립변수로서 노동 한 단위당 자본스톡 증가율, 규모 변수인 노동증가율도 고려)에 따르면, 노동 한 단위당 연구개발스톡 증가율의 추정계수는 1% 수준에서 통계적 유의성을 가지면서 0.13의 수준을 나타내고 있다. 그리고 산업간의 기술 확산을 나타내는 간접 연구개발스톡 변수를 독립변수로서 추가한 경우에는 노동 한 단위당 연구개발스톡의 증가율과 노동 한 단위당 간접 연구개발스톡의 증가율의 추정계수들은 모두 5% 수준에서 통계적 유의성의 확보와 함께 각각 0.14와 0.17의 수준을 나타내고 있다. 여기에서 간접 연구개발스톡은 여타 산업의 연구개발스톡을 산업연관표상의 투입산출계수를 이용하여 가중 평균한 변수를 사용하고 있다.

2. 분석방법과 통계자료

(1) 분석방법

여기서는 우리나라의 제조업내 21개 산업별 자료와 1995년부터 2002년 기간 동안의 연도별 자료를 사용하여 자체 산업의 연구개발스톡 및 여타 산업으로부터의 기술확산과 총요소생산성 간의 관계를 살펴보기 위해 우선 규모에 대한 수익불변의 가정하에 식 (3.5)와 같은 콥-더글라스 생산함수를 사용하고자 한다.

$$Y(i, t) = A(i, t)K(i, t-1)^{1-\lambda(i)}L(i, t)^{\lambda(i)} \quad (3.5)$$

여기에서 i 는 산업, t 는 연도, K 는 자본스톡, L 은 노동, A 는

총요소생산성, λ 는 노동소득분배율이다.

식 (3.5)의 기초 하에 총요소생산성은 솔로우 잔차로서 식 (3.6)과 같이 측정되고, 이는 자체 산업의 연구개발스톡과 여타 산업으로부터의 기술확산의 함수로서 정의한다.

$$\begin{aligned} \ln A(i, t) &\equiv \ln \frac{Y(i, t)}{K(i, t-1)} - \lambda(i) \ln \frac{L(i, t)}{K(i, t-1)} \\ &= \alpha(i) + \beta(t) + \delta \ln RS(i, t-p) \\ &\quad + \ln SO(i, t-q) + \epsilon(i, t) \end{aligned} \quad (3.6)$$

여기에서 $\alpha(i)$ 는 산업별 더미, $\beta(t)$ 는 연도별 더미, RS 는 자체 산업의 연구개발스톡, SO 는 i 산업을 제외한 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡, p , q 는 시차수, ϵ 는 오차항이다. 실제의 추정에 있어서는 RS 대신에 RSK (연구개발스톡 비중)를, SO 대신에 SOD (여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중)를 사용한다.

이러한 추정식에서는 산업별·연도별 특성을 고려하기 위해 산업별 더미변수와 연도별 더미변수를 포함하는 고정효과모형(fixed effect model)을 사용한다. 특히 여기서는 자체 산업의 연구개발스톡 및 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡과 총요소생산성 간의 시차효과를 고려하는데, 이는 현재의 자체 산업 연구개발스톡 또는 여타 산업의 연구개발스톡이 증가한다고 하더라도 총요소생산성에 대한 그 효과들이 시차를 두면서 발생할 수 있다는 데 기초하고 있다. 고정효과모형을 추정하기 위해서는 기본적으로 이분산성(heteroskedasticity)을 해소하기 위해 일반 최소자승법(GLS, generalized least square estimation)

을 사용한다.

한편, 앞에서 언급한 기존 문헌들과는 달리 여기서는 총요소생산성 증가율과 연구개발 투자집약도 간의 관계보다는 총요소생산성과 연구개발스톡 간의 관계에 초점을 맞추고 있는데, 이는 다음과 같은 요인에 기인한다. 첫째, 여기서는 연구개발 투자의 수익률보다는 연구개발스톡의 탄력성을 추정하는 데 그 목적을 두고 있기 때문이다. 그리고 연도별 자료의 경우 1995~2002년간의 8개년을 대상으로 하고 있으므로 연구개발스톡의 탄력성이 크게 변화하지 않을 것으로 생각된다. 외환위기에 따른 왜곡 가능성도 있으나, 연도별 더미변수의 사용으로 인하여 그러한 문제가 어느 정도 해소될 것으로 기대한다. 둘째, 여기 분석에서 사용하고 있는 자료의 특성에 기인한다. 기본 자료는 주로 한국은행 기업경영분석 자료를 사용하는데, 연구개발 투자집약도의 경우 단지 1998~2002년 기간의 자료만 이용 가능하므로 시차효과 등을 감안한다면 상당한 자유도(degree of freedom)를 잃게 되는 문제를 초래할 수 있다.

한편 이원기·김봉기(2003)의 경우와 달리 과학기술부의 과학기술연구활동조사보고 자료를 사용하지 않은 것은 우선 동 자료의 연구개발투자 집약도를 독립변수로서 그대로 사용하기 어렵다는 점 때문이다. 본 장에서는 연구개발비/부가가치 자료가 필요한 반면, 과학기술부의 자료는 연구개발비/매출액으로 연구개발투자 집약도를 산출하고 있다. 과학기술부 자료상의 연구개발투자 집약도를 그대로 사용한다는 것은 연구개발스톡의 감가상각률이 0이라는 무리한 가정을 따르는 것과 다름이 없기 때문이다. 둘째, 본 장에서는 종속변수인 총요소생산성도 한국은행의 기업경영분석자료를 사용하여 측정되므로 종속변

수와 독립변수가 동일한 자료원으로부터 측정된다는 장점이 있다. 그러나 과학기술부의 연구개발투자 집약도를 독립변수로 사용할 경우 종속변수인 총요소생산성의 측정을 위해서는 별도의 한국은행 국민계정 자료, 다른 문헌에 의존한 자본스톡 자료, 노동부의 노동관련자료 등 다양한 자료원에 기초해야 하고, 이는 그만큼 산업별 조사표본의 불일치로 인한 왜곡현상을 초래할 가능성이 크다고 할 수 있다. 셋째, 과학기술부의 연구개발투자 자료를 사용하여 연구개발스톡을 추정할 수는 있으나, 산업별 감가상각률에 대한 자료의 부재, 산업별로 초기 연구개발 자본스톡을 추정해야 하는 등의 문제가 있으며, 더욱이 과학기술부의 연구개발투자 자료가 조사연도마다 조사 표본이 상이함에 따라 시계열적인 의미를 가질 수 있는지가 의문시되는 난점이 있다.

본 장에서 한국은행 기업경영분석 자료를 사용함으로써 야기될 수 있는 문제는 식 (3.6)의 연구개발스톡이라고 할 수 있다. 한국은행의 기업경영분석 자료도 연도별 조사표본의 차이로 인해 비율변수가 아닌 경우에는 특히 시계열적인 의미를 상실할 수 있다. 연구개발스톡으로 대차대조표상의 개발비 항목³⁾을 사용하는데, 이러한 변수 역시 시계열적인 문제가 나타

3) 한국은행 「기업경영분석」 대차대조표상의 개발비는 특정 신제품 또는 신기술의 개발과 관련하여 발생한 비용(소프트웨어 개발과 관련된 비용을 포함)으로서 미래의 경제적 수익을 확실하게 기대할 수 있는 것으로 한다. 연구개발비중 미래 경제적 수익이 불확실한 연구비는 전액 당기비용으로 처리하고 개발비도 일정요건을 충족하는 경우에 한하여 자산으로 인식한다. 한편 신제품이나 신기술 개발 등과 같은 기업의 연구개발활동과 관련하여 얼마만큼의 비용을 지출하였는가를 나타내는 비율인 연구개발비 대 매출액비율에서 정의하고 있는 연구개발비는 대차대조표상의 개발비 증가액, 손익계산서상의 경상개발비·연구비, 개발비상각액, 제조원가명세서상의 경상개발비 등을 모두 합산한 것이다. 이러한 정의들에 비추어볼 때 대차대조표상의 개발비, 즉 전기까지의 연구개발비에 금기의 연구개발비를 더하고 개발비상각액을 차감한 수치는 연구개발스톡으로 간주될 수 있다.

날 수 있으므로 본 장에서는 연구개발스톡 대신에 연구개발스톡 비중, 즉 연구개발스톡/자본스톡을 사용한다. 이는 비율 변수의 경우 시계열적인 의미를 가질 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 또한 여타 산업으로부터의 기술확산을 나타내는 변수의 경우에도 여타 산업의 연구개발스톡 비중을 가중 평균한 변수를 사용하기로 한다.

(2) 통계자료와 변수의 측정

대상 산업으로는 <표 III-1>에 나타난 바와 같이 제조업내 21개 산업을 고려하고 있으며, 대상기간으로는 1995~2002년의 기간을 고려하고 있다. 대상기간을 1995년 이후로 한정된 것은 가능한 최근의 연구개발 활동의 성과를 분석하고자 하는 의도에 기인하고, 또한 산업분류의 변화, 회계기준의 변경 등에 따라 빈번히 발생하는 시계열 단층문제를 다소나마 줄이고자 하는 목적에 기인한다.

식 (3.6)의 총요소생산성과 추정식의 변수들을 측정하기 위해 기본적으로 한국은행 기업경영분석의 자료를 사용한다. <표 III-2>에서처럼 우선 불변기준 부가가치(Y)는 경상기준 부가가치(YN)를 부가가치 디플레이터(P)로 나누어 산출되고, 경상기준 부가가치는 설비투자효율에 (유형자산-건설중자산(ASS))을 곱하여 산출된다. 그리고 부가가치 디플레이터는 생산자물가지수를 (명목부가가치율/실질부가가치율)로 곱하여 산출한다. 여기에서 실질부가가치율로 1995년 명목부가가치율을 사용한다.

불변기준 자본스톡(K)은 불변기준의 건축구축물(KI), 기계

〈표 III-1〉

대상 산업

	대상 산업			
	기업경영분석	국내계 투입산출표	총고정자본형성표	
			공급측면	수요측면
1	음식료품	9~18	-	8~17
2	섬유제품	19~20, 22	111, 113	18, 20
3	봉제의복/모피제품	21	-	19
4	가죽/가방/신발	23	-	21
5	목재/나무제품	24	-	22
6	펄프/종이/종이제품	25	-	23
7	인쇄/출판/기록매체복제업	26	-	24
8	코크스/석유정제품/핵연료가공업	27~28	-	25
9	화합물/화학제품	29~35	-	26~32
10	고무/플라스틱제품	36~37	-	33~34
11	비금속광물제품	38~41	-	35~38
12	제1차금속	42~44	-	39~40
13	조립금속제품	45	218~219, 227	41
14	기타 기계/장비	46~47, 52	228, 231~246, 271~275	42~43, 48
15	컴퓨터/사무용 기기	51	269~270	47
16	기타 전기기계/전기변환장치	48	247~250, 254	44
17	전자부품/영상/음향/통신장비	49~50	263~268	45~46
18	의료/정밀/광학기계/시계	53	276~281	49
19	자동차/트레일러	54	282~288	50
20	기타 운송장비	55~56	289~295	51~52
21	가구/기타 제조업	57~58	296~304	53~54

〈표 III-2〉 변수명 및 산출근거

변수	변수명	산출방식	자료원
<i>Y</i>	부가가치(불변)	$YN(\text{명목 부가가치})/P(\text{부가가치 디플레이터})$	
<i>YN</i>	부가가치(경상)	설비투자효율*ASS/100	
	설비투자효율		기업경영분석
<i>ASS</i>	유형자산-건설증자산		기업경영분석
<i>P</i>	부가가치 디플레이터	(생산자물가지수/100)*(명목 부가가치율/실질 부가가치율)	
	생산자 물가지수		한국은행
	명목 부가가치율		기업경영분석
	실질 부가가치율	1995년 명목 부가가치율	
<i>K</i>	실질 자본스톡	$K1+K2+K3+K4$	
<i>K1</i>	건축구축물(불변)	$KN1(i,t)/PK1(t)$	
<i>KN1</i>	건축구축물(경상)		기업경영분석
<i>PK1</i>	비주거용건물·기타구축물 디플레이터		한국은행
<i>K2</i>	기계장치(불변)	$KN2(i,t)/PK2(t)$	
<i>KN2</i>	기계장치(경상)		기업경영분석
<i>PK2</i>	기계류 디플레이터		한국은행
<i>K3</i>	선박차량운반구(불변)	$KN3(i,t)/PK3(t)$	
<i>KN3</i>	선박차량운반구(경상)		기업경영분석
<i>PK3</i>	운수장비 디플레이터		한국은행
<i>K4</i>	토지(불변)	$KN4(i,t)/PK4(t)$	
<i>KN4</i>	토지(경상)		기업경영분석
<i>PK4</i>	전국 공장용지 지가		한국토지공사
<i>L</i>	노동	$(E*ER)*(HW*12)$	
<i>E</i>	총종업원수	ASS/노동장비율	
	노동장비율		기업경영분석
<i>PK134</i>	기계류를 제외한 자본스톡 디플레이터	$[PK1(t)*K1(i,t)+PK3(t)*K3(i,t)+PK4(t)*K4(i,t)]/[K1(i,t)+K3(i,t)+K4(i,t)]$	
<i>SOD</i>	I산업 제외 여타산업의 연구개발자본스톡 비중	$\sum_{j=1, j \neq i}^n (j,i)*[RS(j,t-p)/K(j,t-p)], i \neq j$	
$\sum_{j=1}^n$	산업간 기술의 연계성	<i>i</i> 산업 중간재(또는 자본재) 투입 중 <i>j</i> 산업의 비중	한국은행

장치($K2$), 선박차량운반구($K3$), 토지($K4$)의 합계로 산출되며, 정상기준을 불변기준으로 전환하기 위한 건축구축물의 디플레이터($PK1$)는 한국은행의 비주거용건물·기타구축물투자 디플레이터를, 기계장치 디플레이터($PK2$)는 한국은행의 기계류투자 디플레이터를, 선박차량운반구 디플레이터($PK3$)는 한국은행의 운수장비투자 디플레이터를 사용한다. 다만 토지의 경우($PK4$)에는 한국토지공사의 전국 공장용지 가격을 디플레이터로 사용한다.

노동(L)의 경우에는 연구개발 관계 종사자수⁴⁾를 제외한 종업원 수에 근로시간(HW)을 곱하여 계산된다. 여기에서 연구개발 관계 종사자수를 제외하는 것은 연구개발투자가 연구개발 관계 종사자에 대한 인건비를 포함하고 있음에 따라 노동변수와 연구개발스톡 간의 중복성 문제를 회피하기 위해서이다. 연구개발 관계 종사자수를 제외한 종업원 수는 총종업원수(E)에 비연구개발 관계 종사자수 비율(ER)을 곱하여 산출되며, 총종업원 수(E)는 한국은행 기업경영분석에서 (유형자산-건설중자산)을 노동장비율로 나누어 산출하고, 비연구개발 관계 종사자 수 비율(ER)은 과학기술부 과학기술연구활동조사보고의 연구개발 관계 종사자 수와 총종업원 수를 고려하여 산출한다. 다만 2002년의 경우에는 자료의 부재로 인하여 2001년의 비연구개발 관계 종사자수 비율을 그대로 사용한다. 또한 근로시간(HW)은 통계청의 연평균 근로시간을 사용한다. 그리고 노동소득분배율(μ)은 한국은행 기업경영분석의 자료를 사용한다.

한편 식 (3.6)의 추정식에 나타나는 독립변수들 중 연구개발

4) 연구개발관계 종사자는 연구원, 상근 상당 연구개발인력, 연구보조원(연구지원·기능인력 및 기타 연구개발지원업무 종사자)을 포함하고 있다.

스톡 비중(RSK)은 불변기준 연구개발스톡(RS)을 불변기준 자본스톡(K)으로 나누어 산출하였는데, 불변기준 연구개발스톡(RS)은 경상기준 연구개발스톡(대차대조표상의 개발비; RSN)을 연구개발스톡 디플레이터(PR)로 나누어 산출하였다. 연구개발스톡 디플레이터(PR)로는 기계류투자 디플레이터($PK2$)와 기계류를 제외한 투자디플레이터($PK134$)를 가중 평균하여 사용하였으며, 가중치(θ)는 과학기술부 자료 중 자본지출 연구개발투자(1995~2001년 누적기준)에 대한 토지·건물 연구개발투자(1995~2001년 누적기준)의 비율로 산출된다.

추정식 식 (3.6)의 나머지 독립변수인 여타 산업으로부터의 기술확산 변수(SOD)는 여타 산업들의 연구개발스톡 비중을 가중 평균하여 산출한다. 그런데 가중치로 두 가지 종류가 고려되는데, 하나는 i 산업의 중간재 투입 중 j 산업의 비중이고, 다른 하나는 i 산업의 자본재 투입 중 j 산업의 비중이다. 전자는 산업간의 기술과급효과가 중간재 투입과정을 통하여 이루어진다는 사실에 기초하고 있는 반면, 후자는 산업간 기술확산이 자본재 구입을 통하여 실현된다는 데 기초하고 있다. 전자의 가중치 산출을 위해서는 국내재에 대한 투입산출표를 사용하고, 1995년과 1996년의 경우 1995년 투입산출표, 1997년과 1998년의 경우 1998년 투입산출표, 1999~2002년의 경우 2000년 투입산출표를 각각 사용한다. 그러나 후자의 경우에는 현재 시점에서 1995년의 총고정형성표만 이용 가능하므로 가중치의 산출을 위해 모든 기간에 1995년의 총고정형성표를 사용한다. 물론 가중치를 산출하기 전에 투입산출표와 총고정형성표의 산업분류를 <표 III-1>의 방식에 따라 한국은행 기업경영분석의 산업분류로 일치시키는 과정을 거친다.

3. 산업별 중요소생산성 및 연구개발스톡 비중과 규모의 경제 여부 검정

(1) 산업별 중요소생산성 추이

식 (3.6)의 측정방식에 따라 산업별 중요소생산성을 측정하기 위해 <표 III-3>의 산업별 노동소득분배율(1995~2002년 기간 동안의 산업별 평균치)을 적용하였다. 그 결과 산출된 중요소생산성을 보면, 우선 제조업 전체의 중요소생산성은 외환위기에 직면하여 1998년과 1999년에 연속적으로 감소하였고, 2000년부터는 증가추세를 보이고 있다. 결과적으로 중요소생산성은

<표 III-3> 산업별 노동소득분배율(1995~2002년 연평균 기준)

산 업	노동소득분배율	산 업	노동소득분배율
제조업	0.4821	11	0.4392
1	0.5043	12	0.3789
2	0.5564	13	0.6364
3	0.6793	14	0.5963
4	0.6084	15	0.6354
5	0.6063	16	0.5332
6	0.4479	17	0.3579
7	0.6348	18	0.5934
8	0.2167	19	0.6587
9	0.4098	20	0.8317
10	0.5311	21	0.6451

자료 : 한국은행, 「기업경영분석」, 각 연도.

주 : 컴퓨터/사무용기기(15)는 1995~2001년간의 평균치임. 2002년의 수치가 과도하게 높아 제외하였음.

〈표 III-4〉

총요소생산성

	연도별 총요소생산성							연평균	
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	수준	증가율
제조업	0.1335	0.1462	0.1325	0.1217	0.1298	0.1335	0.1532	0.1358	2.32
1	0.0909	0.0960	0.0989	0.0852	0.0911	0.0879	0.0961	0.0923	0.92
2	0.0657	0.0864	0.0754	0.0676	0.0661	0.0711	0.0758	0.0726	2.42
3	0.0514	0.0636	0.0721	0.0703	0.0640	0.0594	0.0703	0.0645	5.37
4	0.0759	0.0741	0.0748	0.0589	0.0606	0.0619	0.0611	0.0668	-3.55
5	0.0619	0.0667	0.0653	0.0583	0.0677	0.0843	0.0338	0.0626	-9.59
6	0.1372	0.1323	0.1139	0.1367	0.1048	0.1039	0.1150	0.1205	-2.90
7	0.0595	0.0677	0.0539	0.0598	0.0642	0.0650	0.0659	0.0623	1.71
8	0.3918	0.2905	0.1932	0.1321	0.1572	0.1411	0.1309	0.2053	-16.70
9	0.1822	0.1913	0.1946	0.1707	0.1880	0.1774	0.2287	0.1904	3.86
10	0.0826	0.0935	0.0973	0.0966	0.0901	0.0935	0.0968	0.0929	2.69
11	0.1152	0.1251	0.1073	0.1065	0.1124	0.1157	0.1254	0.1154	1.42
12	0.1756	0.2046	0.1731	0.1536	0.1574	0.1506	0.1651	0.1686	-1.02
13	0.0706	0.0824	0.0644	0.0578	0.0548	0.0675	0.0668	0.0663	-0.92
14	0.0843	0.0900	0.0814	0.0848	0.0831	0.0882	0.1181	0.0900	5.79
15	0.1070	0.1233	0.1303	0.2204	0.3347	0.2313	0.2519	0.1998	15.34
16	0.1111	0.1270	0.1042	0.1126	0.1106	0.1124	0.1230	0.1144	1.70
17	0.3588	0.4296	0.4244	0.4363	0.4980	0.5455	0.8193	0.5017	14.75
18	0.0718	0.0881	0.0812	0.0892	0.1311	0.1049	0.1304	0.0995	10.45
19	0.0754	0.0854	0.0739	0.0718	0.0825	0.0969	0.0998	0.0837	4.78
20	0.0403	0.0479	0.0474	0.0378	0.0464	0.0479	0.0558	0.0462	5.59
21	0.0511	0.0573	0.0546	0.0494	0.0628	0.0783	0.0822	0.0622	8.23

1996~2002년의 기간 동안 연평균 2.3% 증가한 것으로 나타나 2002년 현재의 총요소생산성은 외환위기 이전인 1996년의 수준을 넘어서고 있다.

총요소생산성의 연평균 증가율 기준으로 제조업 전체 수준

을 넘어서는 산업으로는 21개 산업 중 11개 산업을 들 수 있는데 그 중에서 컴퓨터/사무용기기(15), 전자부품/영상/음향/통신장비(17), 의료/정밀/광학기계/시계(18) 등이 10%를 상회하는 높은 증가세를 나타냈고, 봉제의복/모피제품(3), 기타기계/장비(14), 기타 운송장비(20), 기타제조업(21) 등이 5~10% 사이의 증가세를 나타냈다. 반면에 중요소생산성이 1996년에 비해 2002년 현재 감소세를 보인 산업으로는 가죽/가방/신발(4), 목재/나무제품(5), 펄프/종이/종이제품(6), 코크스/석유정제품/핵연료가공업(8), 제1차금속(12), 조립금속제품(13) 등 6개 산업인데, 이 중에서 코크스/석유정제품/핵연료가공업이 가장 큰 감소세(연평균 -16.7%)를 나타내고 있다. 한편 1996~2002년의 기간평균 기준으로 중요소생산성이 제조업 전체의 평균보다 높은 수준을 나타내는 산업으로는 코크스/석유정제품/핵연료가공업(8), 화합물/화학제품(9), 제1차금속(12), 컴퓨터/사무용기기(15), 전자부품/영상/음향/통신장비(17) 등 5개 산업에 불과하고, 나머지 16개 산업의 중요소생산성은 제조업 전체의 평균보다 낮은 수준을 나타내고 있다.

이러한 결과들을 종합해볼 때, 제조업 전체보다 중요소생산성의 수준과 증가율이 높은 산업은 21개 산업 중 3개 산업(화합물/화학제품(9), 컴퓨터/사무용기기(15) 전자부품/영상/음향/통신장비(17))에 불과하고, 제조업 전체보다 중요소생산성의 수준과 증가율이 낮은 산업은 8개 산업(음식료품(1), 가죽/가방/신발(4), 목재/나무제품(5), 펄프/종이/종이제품(6), 인쇄/출판/기록매체복제업(7), 비금속광물제품(11), 조립금속제품(13), 기타전기기계/전기변환장치(16))에 달한다. 이는 그만큼 1990년대 후반 우리 경제가 일부 산업에 의존하고 있음을 의미하고,

산업 전반적으로 생산성을 제고시켜야 할 필요성이 매우 크다는 것을 의미하기도 한다.

(2) 산업별 연구개발스톡 비중 추이

총요소생산성에 영향을 미치는 주요 변수로서 연구개발스톡 비중은 제조업 전체 기준으로 1997년 3.4% 수준을 보인 후 대체로 감소추세를 보이고 있다. 2002년 현재 동 비중은 1996년 대비로 연평균 4.8%나 감소하고 있는 실정이다. 이러한 연구개발스톡 비중의 감소추세는 경제전체의 생산성 제고의 필요성 측면에서 매우 우려할 만한 사항이 아닐 수 없다.

연구개발스톡 비중이 증가세를 보인 산업으로는 가죽/가방/신발(4), 목재/나무제품(5), 인쇄/출판/기록매체복제업(7), 코크스/석유정제품/핵연료가공업(8), 화합물/화학제품(9), 고무/플라스틱제품(10), 조립금속제품(13), 기타기계/장비(14), 컴퓨터/사무용기기(15), 기타전기기계/전기변환장치(16), 의료/정밀/광학기계/시계(18) 등 11개 산업이다. 그 반면, 제조업 전체 평균보다 더욱 크게 감소세를 보인 산업은 음식료품(1), 섬유제품(2), 펄프/종이/종이제품(6), 전자부품/영상/음향/통신장비(17), 자동차/트레일러(19), 기타 운송장비(20) 등 6개 산업이다.

한편 1996~2002년의 기간평균 기준으로 연구개발스톡 비중이 제조업 전체에 비해 높은 수준을 나타내고 있는 산업으로는 21개 산업 중 7개 산업(기타기계/장비(14), 컴퓨터/사무용기기(15), 기타전기기계/전기변환장치(16), 전자부품/영상/음향/통신장비(17), 의료/정밀/광학기계/시계(18), 자동차/트레일러(19), 기타 운송장비(20))에 불과한 반면, 제조업 전체 평균보다 낮은 수준을 보인 산업이 나머지 15개 산업에 달한다.

〈표 III-5〉

연구개발스톡/자본스톡 비중

순위	연도별 연구개발스톡/자본스톡 비중							연평균	
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	수준	증가율
제조업	0.0274	0.0337	0.0270	0.0225	0.0252	0.0220	0.0204	0.0254	-4.81
1	0.0075	0.0094	0.0021	0.0021	0.0038	0.0048	0.0047	0.0049	-7.60
2	0.0107	0.0138	0.0118	0.0059	0.0047	0.0064	0.0024	0.0080	-21.77
3	0.0009	0.0018	0.0010	0.0005	0.0005	0.0023	0.0008	0.0011	-1.90
4	0.0028	0.0063	0.0002	0.0003	0.0157	0.0487	0.0132	0.0125	29.23
5	0.0011	0.0074	0.0020	0.0079	0.0012	0.0059	0.0060	0.0045	32.09
6	0.0006	0.0028	0.0005	0.0003	0.0009	0.0005	0.0003	0.0008	-13.44
7	0.0103	0.0067	0.0106	0.0025	0.0089	0.0174	0.0231	0.0114	14.38
8	0.0050	0.0045	0.0027	0.0023	0.0036	0.0048	0.0063	0.0042	4.08
9	0.0143	0.0135	0.0101	0.0100	0.0145	0.0186	0.0171	0.0140	3.12
10	0.0040	0.0030	0.0026	0.0023	0.0041	0.0074	0.0077	0.0044	11.65
11	0.0031	0.0048	0.0035	0.0015	0.0012	0.0028	0.0025	0.0028	-3.91
12	0.0074	0.0046	0.0039	0.0029	0.0042	0.0055	0.0057	0.0049	-4.36
13	0.0098	0.0245	0.0149	0.0183	0.0186	0.0224	0.0254	0.0191	17.13
14	0.0256	0.0397	0.0300	0.0245	0.0300	0.0440	0.0390	0.0333	7.27
15	0.1456	0.2809	0.2063	0.1867	0.0584	0.0681	0.2925	0.1769	12.32
16	0.0328	0.0270	0.0206	0.0236	0.0292	0.0460	0.0434	0.0318	4.77
17	0.0744	0.0891	0.0837	0.0612	0.0793	0.0287	0.0290	0.0636	-14.51
18	0.0649	0.0635	0.0637	0.0089	0.1921	0.2600	0.2631	0.1309	26.29
19	0.0695	0.0861	0.0521	0.0529	0.0516	0.0603	0.0385	0.0587	-9.36
20	0.0620	0.0697	0.0505	0.0424	0.0178	0.0170	0.0196	0.0399	-17.45
21	0.0076	0.0094	0.0045	0.0175	0.0108	0.0111	0.0066	0.0097	-2.27

주 : 불변기준.

이러한 결과를 종합해볼 때, 연구개발스톡 비중과 동 비중의 증가율 측면에서 제조업 전체보다 높은 수준을 나타내는 업은 4개 산업(기타기계/장비(14), 컴퓨터/사무용기기(15), 기타전기기계/전기변환장치(16), 의료/정밀/광학기기/시계(18))이

고, 제조업 전체보다 모두 낮은 수준을 나타내는 산업은 3개 산업(음식료품(1), 섬유제품(2), 펄프/종이/종이제품(6))이다.

(3) “규모에 대한 수익불변” 가정의 타당성 검정

연구개발스톡 비중 및 여타 산업으로부터의 기술확산 정도와 총요소생산성 간의 관계를 살펴보기 전에 콥-더글라스 생산함수에서 가정한 규모에 대한 수익불변에 대한 타당성을 검정하고자 한다. 이러한 가정은 솔로우 잔차로서 총요소생산성을 측정하는 데 매우 중요한 역할을 하기 때문이다.

식 (3.6)과 같이 총요소생산성을 측정할 경우, 규모에 대한 수익체증(increasing returns to scale) 또는 규모에 대한 수익체감(decreasing returns to scale)이 발생한다면, 아래의 식 (3.7)과 같은 추정식을 얻을 수 있다.

$$\ln A(i, t) = \alpha(i) + \beta(t) + \mu \ln K(i, t-1) + \eta(i, t)^5 \quad (3.7)$$

식 (3.7)의 추정결과, $\mu > 0$ 이라면 규모에 대한 수익체증, $\mu = 0$ 이라면 규모에 대한 수익불변, $\mu < 0$ 이라면 규모에 대한 수익체감을 의미한다. 그러나 식 (3.7)의 고정효과모형을 단순히 통상 최소자승법(OLS ordinary least square estimation)으로 추

5) 생산함수 $Y(i, t) = A_0(i, t)K(i, t-1)^{\lambda_1(i)}L(i, t)^{\lambda_2(i)}$,

단, $\lambda_1(i) + \lambda_2(i) = 1 + \mu(i)$ 로부터 총요소생산성은 아래와 같이 도출된다.

$$\begin{aligned} \ln A(i, t) &\equiv \ln \frac{Y(i, t)}{K(i, t-1)} - \lambda_2(i) \ln \frac{L(i, t)}{K(i, t-1)} \\ &= \ln A_0(i, t) + [\lambda_1(i) + \lambda_2(i) - 1] \ln K(i, t-1) \\ &= \alpha(i) + \beta(t) + \mu \ln K(i, t-1) + \eta(i, t). \end{aligned}$$

정할 경우 오차항(η)의 이분산성(heteroskedasticity) 문제뿐만 아니라 오차항과 자본스톡 간의 상관관계로 인해 추정계수가 왜곡될 가능성이 크다. 따라서 여기서는 통상 최소자승법 외에 일반 최소자승법(GLS generalized least square estimation), 이단계 최소자승법(2SLS two stage least square estimation), GMM(generalized method of moments) 추정 방식을 사용한다. 단, 이단계 최소자승법과 GMM 추정을 위한 수단변수(instrumental variables)로서 산업별 더미변수, 연도별 더미변수, 1기전과 3기전까지의 자본스톡의 시차변수들을 사용하고자 한다.

추정결과에 따르면, 추정방식에 상관없이 식 (3.7)의 자본스톡 추정계수(μ)가 0과 동일하다는 귀무가설(null hypothesis)을 10% 유의수준에서 기각하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 바로 본 장에서 총요소생산성을 측정하기 위해 사용하는 콥-더글라스 생산함수에서 규모에 대한 수익불변을 가정하는 것이

〈표 III-6〉 추정결과

	OLS	GLS	2SLS	GMM
μ	-0.0178 (-0.19)	-0.0178 (-0.13)	0.0087 (0.10)	-0.0119 (-0.09)
Adj. R ²	0.8885	0.8885	0.9220	0.8872
p값	-	-	0.5049	0.9828

주 : 2SLS과 GMM 추정을 위한 수단변수(instrumental variable)로는 산업별 더미, 연도별 더미, 그리고 1기전부터 3기전까지의 자본스톡을 사용함. 한편 ()안은 t값을 나타내고, Adj. R²는 조정결정계수(adjusted coefficient of determination), p값은 수단변수들의 타당성 검정을 위한 Hansen 통계치의 통계적 유의성을 의미함.

통계적으로 타당하다는 것을 의미한다.

한편 이단계 최소자승법과 GMM 추정을 위한 수단변수들이 Hansen의 검정방법에 의할 경우 10% 유의수준에서 타당성을 가질 수 있는 것으로 나타났다. 단, 상기 추정식에서 독립변수로서 사용된 자본스톡이 한국은행 기업경영분석의 한계로 인해 시계열적인 의미를 가지고 있는가에 대한 의문은 아직 남아있다.

4. 산업별 총요소생산성과 연구개발스톡 비중 간의 관계

(1) 자체 산업 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중의 효과

추정식 (3.7)로부터 규모에 대한 수확불변을 가정하는 것이 통계적으로 타당하다는 결과를 얻었으므로, 여기서는 식 (3.6)의 추정식에 기초하여 우선 자체 산업의 연구개발스톡 비중과 총요소생산성 간의 관계를 살펴보고자 한다. 여기서는 독립변수인 연구개발스톡 비중의 시차효과를 파악하기 위해 1기전부터 3기전까지의 시차변수들을 하나씩 고려하면서 일반 최소자승법에 의해 추정하였는데, 그 결과를 보면 <표 III-7>에 나타난 것처럼 2기전의 연구개발스톡 비중이 현재의 총요소생산성에 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지면서 플러스의 효과를 보이는 것으로 나타났다.

〈표 III-7〉

추정결과

$$\ln A(i, t) = \alpha(i) + \beta(t) + \delta \ln RSK(i, t-p) + \epsilon(i, t)$$

독립 변수	모형		
	1-1	1-2	1-3
$RSK(i, t-1)$	-0.0135(-0.57)	-	-
$RSK(i, t-2)$	-	0.0531(1.96)	-
$RSK(i, t-3)$	-	-	-0.0199(-0.50)
산업별/연도별 더미	포함	포함	포함
Adj. R ²	0.8888	0.9108	0.9225
DW	1.49	1.82	2.24
자유도	119	99	79

주 : RSK, DW, ()안은 각각 연구개발스톡 비중, 더빈·왓슨(Durbin-Watson) 통계치, 그리고 t값을 나타냄.

다음으로 독립변수로서 자체 산업의 연구개발스톡 비중 외에 여타 산업으로부터의 기술확산을 의미하는 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중 변수를 포함하여 앞에서와 같은 방식으로 추정하였다. 〈표 III-8〉에서 볼 수 있듯이 우선 기술확산이 중간재 투입을 통하여 이루어진다고 가정할 경우, 2기전의 자체 산업 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중이 각각 현재의 총요소생산성에 최소한 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지면서 플러스의 효과를 미치는 것으로 나타났다. 다만 현재의 총요소생산성에 2기전의 자체 산업 연구개발스톡 비중이 미치는 효과는 0.05인 반면, 2기전의 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중이 미치는 효과는 자체 산업의 경우보다 훨씬 큰 0.38로 나타났다.

〈표 III-8〉 추정결과

$$\ln A(i, t) = \alpha(i) + \beta(t) + \delta \ln RSK(i, t-p) + \gamma \ln SOD(i, t-p) + \epsilon(i, t)$$

독립 변수	모형		
	2-1	2-2	2-3
$RSK(i, t-1)$	-0.0126(-0.53)	-	-
$RSK(i, t-2)$	-	0.0535(2.12)	-
$RSK(i, t-3)$	-	-	-0.0202(-0.51)
$SODI(i, t-1)$	0.0464(0.39)	-	-
$SODI(i, t-2)$	-	0.3834(2.65)	-
$SODI(i, t-3)$	-	-	0.0473(0.23)
산업별/연도별 더미	포 함	포 함	포 함
Adj. R ²	0.8881	0.9177	0.9216
DW	1.48	1.70	2.24
자유도	118	98	78

주 : SOD는 산업연관표를 이용하여 산출된 여타산업으로부터의 기술확산 정도를 나타내는 변수(여타 산업 연구개발스톡 비중의 가중평균)임. SODI은 가중치의 계산시 1995년과 1996년의 경우 1995년의 산업연관표를, 1997년과 1998년은 1998년의 산업연관표를, 1999~2002년의 기간은 2000년의 산업연관표를 각각 사용한 경우임. ()안은 t값을 나타냄.

앞에서는 여타 산업 연구개발스톡 비중의 가중치를 계산하는 데 기간을 달리하면서 1995년, 1998년, 2000년의 투입산출표를 사용하였다. 이번에는 기간에 구분없이 동일하게 1995년 투입산출표에 기초한 가중치를 사용하여 여타 산업의 연구개발스톡 비중을 가중평균한 변수를 고려하여 앞서와 동일한 방식에 의해 추정하였는데, 〈표 III-9〉에서 볼 수 있듯이 그 결과는 앞의 결과와 매우 유사한 것으로 나타났다.

〈표 III-9〉 추정결과

$$\ln A(i, t) = \alpha(i) + \beta(t) + \delta \ln RSK(i, t-p) + \gamma \ln SOD(i, t-p) + \epsilon(i, t)$$

독립 변수	모형		
	2-1	2-2	2-3
$RSK(i, t-1)$	-0.0144(-0.61)	-	-
$RSK(i, t-2)$	-	0.0568(2.13)	-
$RSK(i, t-3)$	-	-	-0.0196(-0.48)
$SOD2(i, t-1)$	-0.0417(-0.29)	-	-
$SOD2(i, t-2)$	-	0.3754(2.16)	-
$SOD2(i, t-3)$	-	-	0.0436(0.26)
산업별/연도별 더미	포함	포함	포함
Adj. R ²	0.8880	0.9141	0.9215
DW	1.49	1.74	2.24
자유도	118	98	78

주 : SOD2은 가중치의 계산시 1995~2002년의 기간에 대해 1995년의 산업연관표를 동일하게 사용한 경우임. ()안은 t값을 나타냄.

한편 기술혁신의 메커니즘으로 중간재 구입 대신에 자본재 구입을 가정하는 경우에도 〈표 III-10〉에 나타난 것처럼 2기전의 자체 산업 연구개발스톡 비중 및 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중이 각각 현재의 총요소생산성에 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지면서 플러스의 효과를 갖는 것으로 나타났다. 이 경우에도 자체 산업연구개발스톡 비중의 효과보다는 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중의 효과가 더욱 큰 것으로 나타났다. 이 경우 특히 여타 산업 연구개발스톡 비중의 가중치 계산시 1995년의 총고정자본형성표만을 사용하였는데, 앞서의 중간재 투입의 경우에 비추어 볼 때 해당 자료

가 부채하지만 기간마다 상이한 총고정자본형성표에 기초하여 가중치를 계산하고, 이를 바탕으로 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중 변수를 독립변수로 사용하여 추정한다고 하더라도, 그 결과는 앞의 결과와 크게 다르지 않을 것으로 예상된다.

이상의 추정결과들로부터 알 수 있는 것은, 첫째, 자체 산업의 연구개발스톡 비중의 효과보다 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중의 효과가 더 크다는 점이다. 이는 자체 연구

〈표 III-10〉 추정결과

$$\ln A(i, t) = \alpha(i) + \beta(t) + \delta \ln RSK(i, t-p) + \gamma \ln SOD(i, t-p) + \epsilon(i, t)$$

독립 변수	모형		
	3-1	3-2	3-3
$RSK(i, t-1)$	-0.0106(-0.47)	-	-
$RSK(i, t-2)$	-	0.0562(2.45)	-
$RSK(i, t-3)$	-	-	-0.0200(-0.50)
$SOK(i, t-1)$	0.1489(0.76)	-	-
$SOK(i, t-2)$	-	0.5096(2.11)	-
$SOK(i, t-3)$	-	-	-0.6626(-1.18)
산업별/연도별 더미	포 함	포 함	포 함
Adj. R ²	0.8885	0.9157	0.9237
DW	1.48	1.64	2.14
자유도	118	98	78

주 : SOK는 가중치의 계산시 총고정자본형성표를 사용하여 산출된 여타 산업으로 부터의 기술확산 정도를 나타내는 변수임. 다만 1995~2002년의 전 기간에 대해 1995년의 총고정자본형성표를 사용함. ()안은 t값을 나타냄.

개발 노력보다는 여타 산업으로부터의 기술확산이 해당 산업의 성과를 제고하는 데 더욱 크게 기여함을 의미한다. 둘째, 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중이 가중치로서 국내재의 투입산출표와 총고정자본형성표의 사용여부에 관계없이 동일하게 총요소생산성에 플러스의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 한 산업의 기술확산은 중간재 및 자본재 구입 모두를 통하여 이루어짐을 의미한다.

(2) 산업 특성에 따른 효과 차이의 분석

여기서는 앞에서 살펴본 자체 산업의 연구개발스톡 비중과 여타 산업들의 가중평균된 연구개발스톡 비중이 해당 산업의 총요소생산성에 미치는 효과가 산업의 특성에 따라 달라지는가를 살펴보려고 한다.

산업별 특성은 연구개발스톡 비중, 연구개발 투자집약도, IT 산업, 중화학공업, 대기업, 수출기업, 공적연구개발투자 비중, 기초연구개발투자 비중 등에 따라 구분하고자 한다.

우선 연구개발스톡 비중의 경우 산업을 제조업 전체 평균(1995~2002년 평균 2.5%)보다 높은 산업과 낮은 산업으로, 연구개발 투자집약도의 경우에도 제조업 전체 평균(1998~2002년 평균 6.5%)보다 높은 산업과 낮은 산업으로 구분하였다. 또한 IT산업인지의 여부에 따라 IT산업과 비IT산업으로 구분하였는데, 한국은행 기업경영분석상의 정의에 따라 IT산업을 광의로 정의하는 한편, IT산업을 컴퓨터/사무용기기, 전자부품/영상/음향/통신장비 등 협의로 정의하기도 하였다.

〈표 III-11〉

산업특성에 따른 산업구분

산업특성/ 산업별 (k)	연구개발스톡/ 자본스톡 (1)	연구개발투자/ 부가가치 (2)	IT산업(협의) (3)	중화학공업 (4)
1				
2				
3				
4				
5				
6				●
7			●	
8				●
9				●
10				
11				●
12				●
13				●
14	●			●
15	●	●	●(●)	●
16	●			●
17	●	●	●(●)	●
18	●	●	●	●
19	●	●		●
20	●			●
21				
기 준	제조업전체 수준 (1995~2002년 평균) 0.0252 이상	제조업전체 수준 (1998~2002년 평균) 0.0648 이상	‘기업경영분석’의 정의	‘기업경영분석’의 정의

〈표 III-11〉 산업특성에 따른 산업구분(계속)

산업특성/ 산업별 (k)	대기업 위주 산업 (5)	수출산업 (6)	공적연구개발 투자 비중 (7)	기초연구개발 투자 비중 (8)
1	●			●
2		●	●	●
3		●		●
4		●		
5				●
6				●
7				
8	●			
9	●		●	●
10				
11				●
12	●		●	
13			●	●
14			●	
15		●	●	
16			●	
17	●	●		
18		●	●	
19	●			
20	●	●	●	
21		●		
기 준	기업경영분석의 대기업 매출비중 0.64(2002년 제조업전체) 이상	수출률 0.23 (2000년 산업 연관표상의 공산품 기준) 이상	0.06 (과학기술부 : 1995~2001년 제조업 평균) 이상	0.0744 (과학기술부 : 1995~2001년 제조업 평균) 이상

한편 산업을 한국은행 기업경영분석의 정의에 따라 중화학공업과 경공업으로 구분하고, 기업경영분석(2002년 기준)상의 산업별 대기업 매출비중과 제조업 전체의 대기업 매출비중(64%)에 기초하여 대기업 위주 산업과 중소기업 위주 산업으로 구분하였다. 또한 2000년 산업연관표 기준 산업별 수출률(수출/총산출)과 제조업 전체의 수출률(23%)에 기초하여 수출위주 산업과 내수위주 산업으로 산업을 구분하였다. 그리고 과학기술부 자료에 기초하여 총연구개발투자 중 공적연구개발투자의 비중이 제조업 전체(1995~2001년 평균 6.0%)보다 높은 산업과 낮은 산업으로 구분하였으며, 또한 총연구개발투자 중 기초연구개발투자 비중이 제조업 전체(1995~2001년 평균 7.4%)보다 높은 산업과 낮은 산업으로 구분하였다.

이러한 산업별 특성에 따라 효과의 차이를 분석하기 위해 다음과 같은 추정식을 설정하였다. 다만 여기서는 여타 산업 연구개발스톡 비중의 가중치 계산시 국내재의 투입산출계수(1995년, 1998년, 2000년)를 사용한 경우를 분석대상으로 한다. 식(3.8)에서 연구개발스톡 비중이 높은 산업의 경우 자체 산업 연구개발스톡 비중과 여타 산업들의 가중평균된 연구개발스톡 비중의 추정계수는 각각 $\delta + \delta(1)$ 과 $\gamma + \gamma(1)$ 이 되고, 연구개발스톡 비중이 낮은 산업의 추정계수들은 각각 δ 와 γ 가 된다. 따라서 연구개발스톡 비중이 높은 산업과 낮은 산업 간의 효과 차이를 검정하기 위해서는 $\delta(1)$ 과 $\gamma(1)$ 이 0과 다른가에 대한 통계학적 검정을 수행한다. 이러한 방식은 산업구분의 종류에 관계없이 동일하게 적용된다.

$$\begin{aligned}
\ln A(i, t) = & \alpha(i) + \beta(t) \\
& + \delta \ln RSK(i, t-2) + \gamma \ln SOD(i, t-2) \\
& + \delta(k) DUM(k) \ln RSK(i, t-2) \\
& + \gamma(k) DUM(k) \ln SOD(i, t-2) + \epsilon(i, t)
\end{aligned} \quad (3.8)$$

여기에서 k 는 <표 III-11>에 나타난 산업별 구분의 종류를 의미하고 DUM 은 산업별 구분에 따라 0 또는 1을 나타내는 더미변수를 나타낸다.

식 (3.8)에 기초하여 각각의 산업별 특성을 반영하여 추정한 결과는 <표 III-12>에 나타나 있다. 우선 연구개발스톡 비중이 높은 산업과 낮은 산업 간에는 자체 산업의 연구개발스톡 비중이 총요소생산성에 미치는 효과에 있어 10% 수준에서도 차이를 갖지 않는 것으로 나타난 반면, 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중의 경우에는 연구개발스톡 비중이 높은 산업이 낮은 산업에 비해 효과가 플러스의 방향으로 더욱 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과와 유사한 결과를 나타내는 산업 구분의 종류로는 연구개발투자집약도가 높은 산업과 낮은 산업, IT산업과 비IT산업(광의 및 협의의 IT산업 모두 포함), 중화학공업과 경공업, 공적연구개발투자비중이 높은 산업과 낮은 산업 간의 산업구분을 들 수 있다. 따라서 이러한 결과들은 연구개발스톡 비중이 높은 산업, 연구개발 투자집약도가 높은 산업, IT산업, 중화학공업, 공적연구개발 투자비중이 높은 산업의 경우 그렇지 않은 산업에 비해 자체의 기술개발역량보다는 여타 산업으로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량(absorption capability)이 매우 크다는 것을 의미한다.

한편 대기업과 중소기업 위주 산업의 구분, 수출산업과 내수

〈표 III-12〉 산업별 특성을 반영한 추정결과

k	δ	γ	$\delta(k)$	$\gamma(k)$	Adj. R ² [자유도]	DW
(1)	0.0615 (2.18)	0.2622 (1.91)	-0.0103 (-0.19)	0.4614 (2.55)	0.9210 [96]	1.60
(2)	0.0565 (2.13)	0.3025 (2.46)	-0.0300 (-0.55)	0.6728 (2.85)	0.9223 [96]	1.64
(3)-1	0.0567 (2.00)	0.2842 (2.26)	-0.0216 (-0.42)	0.4309 (2.07)	0.9195 [96]	1.62
(3)-2	0.0545 (2.22)	0.2809 (2.40)	0.0487 (0.41)	0.9491 (3.33)	0.9259 [96]	1.65
(4)	0.0423 (1.44)	0.2332 (1.45)	0.0662 (1.32)	0.3258 (1.82)	0.9217 [96]	1.59
(5)	0.0425 (1.67)	0.4258 (2.59)	0.1380 (1.51)	-0.0618 (-0.35)	0.9183 [96]	1.75
(6)	0.0946 (2.11)	0.2743 (1.76)	-0.0788 (-1.62)	0.2198 (1.52)	0.9188 [96]	1.64
(7)	0.0608 (1.91)	0.2414 (1.39)	0.0121 (0.24)	0.3361 (2.07)	0.9196 [96]	1.66
(8)	0.0457 (1.59)	0.5338 (3.10)	0.0219 (0.45)	-0.2660 (-1.64)	0.9179 [96]	1.64

주 : ()안은 t값을 나타냄. 진한 글씨는 10% 수준에서 통계학적 유의성을 가짐을 의미함.

산업의 구분, 기초연구개발투자와 응용연구개발투자 위주의 산업구분 등에 있어서는 자체 산업의 연구개발스톡 비중뿐만 아니라 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중의 경우도 산업구분간에 10% 유의수준에서도 통계학적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 바는 대기업 위주 산업, 수출산업, 또는 기초연구개발투자 위주의 산업이라 하더라도 그렇지 않은 산업에 비해 자체의 기술개발역량뿐만 아니라 여타 산업의 기술확산의 흡수역량에 있어서도 차이가 없음을 의미한다.


 제IV장

공공 및 민간 연구개발투자의 관계 분석

전세계적으로 많은 국가들은 성장 잠재력을 확충하기 위한 노력의 일환으로 공공 연구개발투자를 확대하고 있다. 이를 통하여 총연구개발투자를 확대할 뿐만 아니라 민간의 연구개발 투자를 보완·촉진함으로써 기술 진보의 방향과 크기에 영향을 줄 수 있다고 믿기 때문이다. 즉, 공공 연구개발투자의 중심적 논거는 사회적 최적 수준의 연구개발투자에 비해 민간 부문의 저투자를 초래하는 시장의 실패가 존재하므로 정부의 개입을 통해 이러한 시장실패를 개선할 수 있다는 신념에 있다. 이 같은 논리 하에서, 연구개발투자를 확대하고 이를 통해 궁극적으로 혁신을 통한 국가의 번영과 국민의 후생증진을 달성하기 위한 많은 정부 정책들이 시행되어 왔다. 조세감면, 연구개발보조금, 국가 연구개발 실험실의 지정 및 운영 등이 그러한 정부 정책의 대표적 형태이다. 본 장에서는 우리나라의 국가연구개발 사업별 통계자료를 이용하여 “공공 연구개발투자의 원래 취지와 부합하게 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완하고 촉진하였는가, 아니면 대체하였는가?”라는 질문에 대한 실증적 분석결과를 제시하고자 한다.

공공 연구개발투자는 총연구개발투자에 두 가지 효과를 가져올 수 있다. 즉, 공공 연구개발투자는 총연구개발투자를 증

가시키는 직접효과와 민간의 연구개발투자를 대체하거나 보완하는 간접효과를 갖는다. 따라서 공공 연구개발투자가 총연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과와 간접효과의 합으로 규정할 수 있다.

민간 연구개발투자에 변화가 없다는 가정 하에서 공공 연구개발투자의 증가는 총연구개발투자의 증가를 가져올 것이다. 이를 직접효과라 일컫는다. 그러나 공공 연구개발투자가 어떤 과제에 이루어지는지를 민간 부문이 관찰한 후에 그들의 연구개발투자 계획을 수정한다면 총연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과의 크기와 다를 수 있다. 이러한 결과는 간접효과에 의해 초래되는데 간접효과의 크기는 세 가지의 가능성을 지닌다.

간접효과가 0인 경우는 다음과 같은 예로 설명할 수 있다. 민간의 연구개발투자 계획이 공공 연구개발투자 결정에 의해 아무 영향을 받지 않고 민간 부문이 처음 계획했던 대로 투자를 집행하는 경우일 수 있다. 또 다른 경우로는 민간 부문이 공공 부문의 연구개발투자 결정을 관찰하고 민간 부문의 연구개발투자 계획을 수정하였지만 수정 전과 후의 투자 총액이 같은 경우를 생각해 볼 수 있다. 이러한 경우에 공공 연구개발투자가 총연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과와 같게 된다.

간접효과가 음(-)인 경우는 공공 부문의 연구개발투자 결정을 관찰한 후 민간 연구개발투자 계획이 축소된 경우로서 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자는 대체관계를 갖게 된다. 이러한 경우는 공공 부문이 투자를 결정한 연구개발 과제와 동일한 과제에 민간 부문이 투자 계획을 갖고 있었으나 공

공 부문의 결정을 관찰한 후 민간 부문이 그 투자 계획을 취소하거나 투자금액을 축소할 경우로서 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 완전 혹은 일부 대체되는 경우일 것이다. 이러한 경우들에서 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 구축하게 되며 총연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과보다 작게 된다.

끝으로 간접효과가 양(+인 경우는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향들 중에 가장 이상적이고 바람직한 보완관계의 경우로서 총연구개발투자가 공공 연구개발투자의 직접효과보다 더 크게 증가하는 경우이다. 이 같은 경우 공공 연구개발투자의 결정은 민간 부문에 일종의 신호로 작용하는 것으로 생각할 수 있다. 즉 공공 연구개발투자가 이루어진 연구개발 분야의 잠재수익률이 높은 것으로 민간 부문은 받아들이고 그들의 연구개발투자를 처음 계획보다 확대하는 것이다. 이 경우 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 보완하고 촉진하는 관계를 지니고 공공 연구개발투자 본연의 취지와 부합하게 된다고 할 수 있다.

이론적으로 볼 때 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계는 일의적으로나 사전적으로 결정되지 않는다. 따라서 이들간의 관계는 결국 실증분석을 통해 파악되어야 하며 그 결과는 국가마다 혹은 산업마다 다를 수 있다. 본 장의 1절에서 개관할 기존의 실증분석 연구결과들을 살펴보더라도 기존의 연구는 서로 다른 결과들을 제시하고 있다. Lach(2002)는 이스라엘의 통계자료를 이용하여 중소기업에 지원된 정부의 연구개발 보조금은 중소기업의 연구개발투자를 크게 증대(보완)시키는 것으로 나타났으나 대기업의 경우에는 민간 연구개발투자를

구축(대체)한다는 실증 분석결과를 제시하고 있다. Diamond (1999)는 미국 국립과학재단(National Science Foundation)의 통계자료를 이용하여 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이에 보완 관계가 있음을 보였다. 반면, Wallsten(2000)은 미국의 소기업 혁신연구 프로그램(Small Business Innovation Research Program)의 자료를 이용하여 공공 연구개발투자의 증가분만큼 민간 연구개발투자가 감소한다는 실증결과를 제시하고 있다.

이와 같이 이론적으로나 실증적으로나 불분명한 관계를 갖고 있는 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계를 본 장에서는 우리나라의 통계자료를 이용하여 분석하고자 한다. 분석 결과를 소개하기에 앞서, 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자의 관계에 대한 기존의 연구결과를 1절에서 개관하고, 2절에서는 사용된 통계자료와 분석방법에 대한 설명을 하고자 한다. 그리고 3절에서는 앞서 제기한 질문에 대한 실증적 분석 결과 및 분석의 한계와 후속 연구방향을 명시하며 본 장을 마치고자 한다.

1. 기존의 연구 결과

연구개발투자에 대한 정부의 지원정책은 최근 산업기술정책의 주요한 수단으로 자리잡고 있다. 본 장의 서두에서 언급된 바와 같이, 연구개발에 대한 정부 지원의 중심적 논거는 민간 부문이 과학·기술·지식의 사회적 최적수준 생산량보다 적게 생산하는 시장실패를 정부의 개입으로 개선해야 한다는 것이

다. 이러한 시장실패를 개선하기 위해 정부가 취할 수 있는 정책수단은 크게 직접수단과 간접수단으로 나뉜다. 연구개발 보조금과 같은 직접수단은 연구개발투자에 대한 사적 수익률을 높이는 반면 연구개발 조세감면과 같은 간접수단은 연구개발투자의 사적 한계비용을 낮추는 효과를 갖는다. 이러한 수단들은 연구개발투자의 수요곡선(사적 한계수익률)을 우상방향으로 이동시키거나 연구개발투자의 공급곡선(사적 한계비용)을 좌하방향으로 이동시켜서 연구개발투자를 확대시키고 사회적 최적 수준의 연구개발투자에 이르게 한다.⁶⁾

정부의 연구개발 지원정책의 직접수단의 대표적인 형태인 공공 연구개발투자는 크게 두 가지로 나누어진다. 그 하나는 공공기관이 발주하는 용역계약의 형태를 띠고 다른 하나는 양여금이다. 일반적으로 용역계약에 의한 공공 연구개발투자는 생산된 연구결과가 발주 기관의 효율적 임무수행에 도움을 준다는 기대 속에 집행된다. 한편, 정부 양여금은 새로이 부상하는 기술 분야와 지식을 배양하기 위한 실험적이고 도전적인 연구 분야에 재원을 지원하는 역할을 한다. 이와 같은 공공 연구개발투자는 앞서 언급한대로 총연구개발투자를 증가시키는 직접효과와 민간의 연구개발투자를 대체하거나 보완하는 간접효과를 갖는다. 공공 연구개발투자가 총연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과와 간접효과의 상대적 크기에 의해 결정되므로 이를 알아보기 위하여 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계에 대한 많은 실증적 시도가 이루어졌다.

6) 조세감면과 같은 간접수단의 효율성에 대한 기존의 연구결과는 본 연구의 범위에서 벗어나므로 생략한다. 관심 있는 독자들은 Hall and Reenen(2000), 손원익(2002)을 참조하기 바란다.

민간 연구개발투자를 종속변수로 설정하고 정부에서 지원한 공공 연구개발투자 및 여타 외생변수를 독립변수로 설정하고 회귀분석을 하는 것이 일반적인 계량경제학적 접근이다. 공공 연구개발투자에 대한 추정계수가 0보다 클 경우에 민간과 공공 연구개발투자 사이에 보완적 관계가 존재하는 것을 보여주는 것으로 해석한다. 그 반대의 경우, 즉 공공 연구개발투자에 대한 추정계수가 음(-)일 경우에는 민간과 공공 연구개발투자 사이에 대체적 관계가 존재한다고 해석할 수 있다.

Blank and Stigler(1957)를 시작으로 많은 연구가 이루어졌다. Blank and Stigler(1957)는 먼저 1951년의 1,564개 기업 자료를 이용하여 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자의 관계를 분석하였다. 그들은 회귀분석을 사용하지 않고 단순히 연구직 종사자의 비율을 비교하는 방법을 사용하였다. 공공기관의 용역계약을 체결한 기업의 연구직 종사자 중 민간 연구개발프로젝트에 종사하는 연구직 종사자의 비율이 용역계약이 없는 기업의 비율보다 낮다는 관점에서 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 대체된다는 결과를 제시하였다. 그러나 미국 제조업부문의 연구개발투자를 하는 기업들로 분석의 대상을 축소하여 분석한 경우에는 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 대체되었다는 증거를 찾을 수 없었다. 끝으로 종업원 수가 5,000명 이상의 기업을 대상으로 한 분석에서는 민간 연구개발투자와 공공 연구개발투자의 보완관계를 제시하였다. 이는 많은 기업들이 공공 연구개발투자 재원으로 그들의 연구개발 예산을 대체할 유인을 갖고 있지만, 대기업의 경우에는 기술확산(spillovers)의 장점을 보다 잘 활용할 수 있음을 의미한다. 그러나 Blank and Stigler(1957)는 그

들의 추정치가 개별기업들이 갖고 있는 다양한 기술 수준 등에 기인한 이질성(heterogeneity)에 의해 왜곡(bias)될 수 있음을 지적했다.

최초로 회귀분석 기법을 사용하여 민간과 공공 연구개발투자 사이의 관계를 분석한 논문은 Hamberg(1966)로 알려져 있다. 1960년 미국 국방부 용역계약 통계자료를 이용하여 8개의 산업으로 구분하여 통상최소자승법을 사용하여 분석하였다. 여기서 그는 화학, 전자부품 및 통신장비, 기타 전기 장치, 그리고 사무용품 산업에서만 통계적으로 유의한 민간과 공공 연구개발투자의 보완적 관계가 있고 여타 산업에서는 유의하지 않거나 대체적 관계가 있다는 분석결과를 제시하였다. 특히, 국방부 용역계약의 거의 90% 수준에 이르는 자금이 지원된 항공 산업과 미사일 산업에서 보완적 관계를 보여주는 정(+)의 부호를 갖기는 했지만 통계적으로 유의하지는 않았다. David and Hall(2000)은 공공 연구개발투자가 총연구개발투자에서 차지하는 비중이 크거나 공공 연구개발투자가 민간 부문의 생산성을 많이 향상시키지 못할 때 이러한 결과를 갖게 됨을 보이고 있다.

Higgins and Link(1981)와 Link(1982)는 1977년의 174개 기업 자료를 이용하여 민간 부문 연구개발투자의 구성이 어떻게 공공 연구개발 지원에 반응하는지를 분석하였다. Higgins and Link(1981)는 연구에 할애된 민간 연구개발투자의 비율이 정부 지원이 증가함에 따라 감소한다는 점에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 구축한다는 결론을 내렸다. 그러나 연구에 할애된 민간 연구개발투자의 비율은 총 민간 연구개발예산의 일부분에 지나지 않는다는 점을 Link(1982)가 지적하고 연방정부의 연구개발은 총 민간 연구개발 집약도를 높인다

는 실증결과를 보이고 있다. 특히, 민간 연구개발투자를 기초 연구, 응용연구, 그리고 개발연구로 나누고 실증분석을 수행한 경우 민간의 기초연구는 공공 연구개발투자에 의해 감소되고, 응용연구는 공공 연구개발투자에 의해 유의한 영향을 받지 않지만, 개발연구는 보완되고 촉진된다는 결론을 보여주고 있다.

Scott(1984)는 산업분류 단계상 4단위 259개 산업에 속하는 437개의 기업 자료를 이용하여 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자와 정(+)의 상관관계를 갖는다는 실증분석 결과를 제시하였다. 산업과 관련된 더미변수를 포함시킴으로써 민간과 공공 부문의 투자계획 결정 과정에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 추정식에 포함하지 않아서 발생할 수 있는 내생성(endogeneity)의 문제는 어느 정도 완화되었을 것으로 보이나 다른 연구들과 같이 내생성의 문제를 명시적으로 해결하지는 못했다.

Lichtenberg(1984, 1987, 1988)는 공공기관의 용역계약을 통한 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계를 분석하는데 있어서 제기되는 계량경제학적 이슈들을 강조했다. 수요와 공급의 구조 속에서 공공 연구개발 용역계약은 기업 수준의 분석에서는 내생변수로 간주되어야 한다는 점과 정부에 판매하는 제품이 보다 연구개발 집약적이므로 모형을 설정할 때 정부에 대한 매출액을 설명변수로 포함해야 한다는 점을 강조했다. Lichtenberg(1984)에서는 1967년, 1972년, 그리고 1977년의 기업 통계자료를 이용하여 패널 자료를 구축하고 산업 더미변수와 시간 더미변수를 설명변수의 일부로 설정한 고정효과(fixed effect) 모형으로 분석하였다. 분석 결과는 민간 연구개발투자와 공공 연구개발투자 사이에 대체 관계가 존재하는 것으로 나타났

다. 또한 Lichtenberg(1987, 1988)는 정부에 대한 매출액을 또 다른 설명변수로 설정하였다. Lichtenberg(1987)는 COMPUSTAT 과 연방 조달청 데이터를 통합하여 1979년부터 1984년까지의 기간동안 187개 기업의 자료를 이용하여 패널 데이터를 구축하여 풀링(pooling)한 자료를 통상의 최소자승법(ordinary least squares)으로 분석하였다. 정부에 대한 매출액을 설명변수로 설정한 경우에 공공 연구용역 계약금액 변수의 추정계수는 유의하지 않다는 결과를 보였다. Lichtenberg(1988)는 그의 1987년 논문과 같은 데이터베이스를 사용하였으나 169개 기업의 자료를 이용하여 정부에 대한 매출액을 설명변수로 설정한 고정효과 모형과 내생성을 수정하기 위한 도구변수 모형을 각기 사용하여 결과를 분석하였다. 고정효과 모형으로 추정된 경우에는 보완관계의 결론을 보였지만, 내생성의 문제를 고려하여 기업이 생산하는 제품에 대한 잠재적 용역계약을 도구변수로 사용한 경우에는 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 대체된다는 결과를 보여주고 있다.

Leyden and Link(1991)는 민간과 공공 연구개발투자 사이의 실증적 관계를 분석하기 위해 보다 정교한 구조식 모형을 개발하였다. 3개의 구조식으로 구성된 모형을 3단계 최소자승법(3-stage least squares)을 사용하여 추정하였으며 1987년의 기업 연구개발 실험실 통계자료를 이용하였다. 이 모형의 내생 변수들은 실험실의 총 민간 연구개발 예산, 실험실의 지식공유 노력정도, 그리고 기술적 지식을 위한 정부의 총 지출이며 각 실험실의 총 정부지출은 공공기관으로부터 받은 용역계약, 양여금, 정부의 재정지원으로 구입한 기자재 및 시설의 가치를 포함한다. Layden and Link(1991)의 모형은 공공 연구개발투

자가 민간의 연구개발 예산에 직접적으로 영향을 주는 한편 실험실의 지식 공유를 통하여 간접적으로 영향을 주도록 설계되어 있다. 1단계의 축약식으로부터 예측된 값을 도구변수로 사용함으로써 민간과 공공의 투자결정 과정에서 발생하는 내생성의 문제를 해결하였다. 그들의 추정결과에 의하면 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자와 지식 공유를 보완·촉진하는 긍정적 영향을 준 것으로 나타났다.

Wallsten(2000)은 미국 소기업 혁신연구 프로그램(SBIR)의 통계자료를 이용하여 민간 연구개발투자와 공공 연구개발투자 사이의 관계를 분석하였다. 1990년부터 1992년까지 SBIR로부터 지원을 받은 기업의 데이터와 SBIR에 지원을 했으나 받지 못한 기업의 자료 및 SBIR로부터 지원을 받을 자격 조건을 갖추었으나 지원하지 않은 기업들의 통계자료를 이용하였다. 이 논문에서는 SBIR 지원금의 지원결정과정과 기업의 반응을 모형 내에 포괄하는 3개의 식으로 구성된 모형을 설정하였다. 이 모형을 3단계 최소자승법으로 추정하였는데 이 때 지원을 받은 프로그램의 총 예산을 도구변수로 사용하였다. Wallsten(2000)은 통계적으로 유의한 결과를 제시하지는 못하였다. 그러나 분석의 대상을 공기업으로 제한하여 481개의 관측치에서 81개로 표본의 크기를 줄인 후 분석한 결과에 따르면 SBIR의 지원금이 민간 연구개발투자를 거의 일대일의 비율로 감소시킨다고 주장하였다. 그러나 후자의 분석결과는 공기업의 경우에만 성립한다는 점에 주목해야 한다.

산업별 통계자료를 사용하여 민간과 공공 연구개발투자 사이의 관계를 분석한 기존의 연구결과는 Goldberger(1979)와 Levin and Reiss(1984) 등에서 찾아볼 수 있다. 이 두 연구 결

과 모두 미국 국립과학재단(NSF)의 통계자료를 이용하였다. Goldberger(1979)는 신고전학파의 투자론 접근법에 따라 생산 한 단위당 민간 연구개발투자를 현재의 생산 한 단위당 연방정부의 연구개발투자, 지난 기의 생산 한 단위당 연방정부의 연구개발투자, 산업 더미변수 등의 설명변수에 대해 회귀분석을 시도하였다. 현재의 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 대체하지만 전기의 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 보완하는 결과를 제시하였다. 두 추정계수의 합을 고려하면 연방정부의 연구개발투자가 민간의 연구개발투자를 미약하게나마 보완하는 것으로 나타났다. Levin and Reiss(1984)는 3개의 구조식으로 구성된 연립방정식 모형을 설정하고 2단계 최소자승법으로 보완적 관계의 실증분석 결과를 제시하였다. Levin and Reiss(1984)는 연방정부의 연구개발투자 1달러의 증가가 민간 연구개발투자를 0.07~0.74달러만큼 증가시켰다고 주장한 반면에, 앞서 소개한 Lichtenberg(1984)는 연방정부의 연구개발투자 1달러 증가가 민간 연구개발투자를 0.08달러만큼 구축했다고 주장했다.

위에서 소개한 연구결과 이외에, 산업별 통계자료를 사용하여 분석한 기존의 연구결과들 중에 가장 널리 알려진 것은 Mansfield and Switzer(1984)이다. 이 연구에서는 전기 장치, 석유, 일차 금속, 그리고 화학 산업에 속하는 민간 기업의 연구개발 책임자들과의 면담을 통해 구축한 통계자료를 이용하였다. 저자들은 공공 연구개발투자의 변화에 대한 민간 연구개발투자의 변화를 추정하면서 민간 연구개발투자의 반응이 비대칭적임을 보였다. 즉, 공공 연구개발투자가 1달러만큼 증가하면 처음 2년 동안 민간 연구개발투자는 0.06달러만큼 증가하

고 그 다음부터는 변화하지 않는다는 결과를 보인 반면에, 공공 연구개발투자가 1달러만큼 감소하면 처음 2년 동안 0.25달러의 감소를 보이고 셋째 해에도 0.19달러만큼의 추가적 감소를 보인다는 것이다.

Robinson(1993)과 Diamond(1999)는 미국 국립과학재단(NSF)의 통계자료를 이용하여 거시 계량경제학적 분석을 시도한 연구들 중의 하나이다. 그러나 이들은 모두 기초연구에 국한하여 분석했다. Robinson(1993)은 1956년부터 1988년까지의 데이터를 이용하여 민간의 기초연구투자가 연방정부에 의해 지원된 다양한 형태의 공공 연구개발투자에 어떻게 반응하는지를 분석하였다. Robinson(1993)은 민간이 수행한 기초연구의 변화와 기초연구에 투입된 공공 연구개발투자의 변화는 정(+)의 관계가 존재하며 연방정부의 응용 및 개발연구 개발 투자의 수준과도 정(+)의 관계가 존재한다는 분석결과를 제시하고 있다. 그리고 Diamond(1999) 역시 민간의 기초연구 투자액의 변화는 정부의 기초연구 투자액의 변화와 정(+)의 관계가 존재한다는 결과로부터 국가 전체로 볼 때 민간 연구개발투자와 공공 연구개발투자는 대체적인 관계가 아닌 보완적인 관계라는 결론을 도출하였다. 그러나 이 두 연구결과는 미국의 경기변동과 연방정부의 재정정책의 변화를 조정할 수 있는 도구변수를 사용하지 않았다는 문제점이 있다.

끝으로 가장 최근에 발표된 연구결과 중 하나인 Lach(2002)를 소개하고자 한다. Lach(2002)는 이스라엘 산업통상부에서 주관하는 OCS(Office of Chief Scientist) 프로그램의 1990~1995년까지의 통계자료를 이용하여 민간과 공공 연구개발투자의 관계를 분석하고 있다. 이 연구의 특징은 “역사적 대응 사

실에 의거한 분석기법(counterfactual analysis)”을 사용하여 OCS 프로그램에 의해 지원받은 기업들이 지원받지 못한 경우에 집행했을 연구개발투자를 측정한 후 이를 회귀분석에 이용하였다. 일반적으로 정부의 지원을 받은 기업들이 지원받지 않았을 경우라는 역사적 가정 하에서 집행했을 연구개발투자는 관측되지 않는다. 이러한 관측 불가능한 역사적 대응사실을 정부의 지원을 받지 않은 기업들의 평균 연구개발투자를 이용하여 일관성(consistency)을 갖는 추정법을 소개하였다. 따라서 이 논문에서 연구개발 보조금의 효과는 정부의 지원을 받은 기업의 관측된 실제 연구개발투자와 정부의 지원을 받지 않은 기업의 추정된 연구개발투자의 평균적 변화로 정의된다. 중소기업의 경우에는 통계적으로 유의한 보완관계를 갖고 있는 것으로 나타났고 대기업의 경우에는 통계적으로 유의하지는 않지만 정부의 연구개발 보조금이 민간의 연구개발투자를 대체하는 것으로 나타났다. 저자는 현재 이스라엘의 연구개발 보조금이 대기업중심으로 이루어져 있음을 지적하고, 보다 많은 보조금을 중소기업에 제공함으로써 민간 연구개발투자 활동을 촉진시킬 수 있을 것이라는 결론을 제시하고 있다.

이상에서 살펴본 연구결과 이외에도 많은 연구들이 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계를 실증적으로 분석하고 있다. 대부분의 기존 연구들은 기업별 통계자료를 사용하고 있으며 산업별 혹은 국가 전체 내지 국가별 거시 패널 자료를 사용하는 경우는 많지 않다. 이론적으로 불분명한 공공과 민간 연구개발투자 사이의 관계처럼, 기존 연구들의 실증분석 결과도 어느 한쪽만을 지지해주지는 않고 있다. 이하에서는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향에 대

하여 우리나라의 사용 가능한 통계자료를 이용한 분석을 행하고자 한다.

2. 통계자료와 분석방법

(1) 통계자료

본 장의 목적인 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자의 관계를 분석하기 위하여 사용되는 자료는 한국과학기술기획평가원에서 1998년에 처음으로 데이터베이스화하기 시작한 국가연구개발사업의 세부과제별 통계자료(1999~2002년)이다. 이 자료에 의하면 동 기간 동안 20개의 정부부처에서 연구개발투자를 주관한 것으로 나타났다.⁷⁾ <표 IV-1>에 나타나 있는 바와 같이, 1999년부터 2002년까지 20개의 정부 부처에서 수행한 연구개발사업의 세부과제 중 표본에 포함된 통계자료의 수는 1999년 1만 4,284과제에서 2002년 2만 3,117과제에 달하여 총 7만 5,449개의 연구과제가 4년의 기간 동안 수행된 것으로 나타났다.

여기에는 국가연구개발사업의 각 연도별 세부과제에 대한 공공 연구개발투자액, 민간 연구개발투자액, 연구개발 단계 구분, 기술수명주기, 참여기업형태에 대한 자료 등이 포함되어 있다.⁸⁾ 연구개발 단계 구분은 OECD에서 제시하는 기준에 따

7) 먼저 자료수집에 큰 도움을 주신 한국과학기술기획평가원의 염승호 박사께 감사드린다. 국가연구개발사업을 주관해 온 20개 부처는 다음과 같다. 건설교통부, 과학기술부, 교육인적자원부, 국무조정실, 국방부, 기상청, 노동부, 농림부, 농업진흥청, 문화관광부, 보건복지부, 산림청, 산업자원부, 식품의약품안전청, 정보통신부, 중소기업청, 철도청, 해양수산부, 행정자치부, 환경부(가나다 순).

8) 2002년의 통계자료는 연구개발 단계 구분, 기술수명주기, 참여기업형태에 대한 자료가 누락

〈표 IV-1〉 연도별 과제 수

연 도	과제 수
1999	14,284
2000	16,822
2001	21,226
2002	23,117

라 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분되고, 기술수명주기는 크게 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기 및 기타로 구분되며, 참여기업형태는 국가 연구개발사업에 참여하는 민간기업의 참여 형태를 크게 민간기업 불참, 대기업만 참여, 중소기업만 참여, 대기업/중소기업 공동참여로 구분된다.

연구개발단계의 구분 중 기초연구는 특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 않고, 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 습득하기 위하여 행해지는 이론적 혹은 실험적 연구로 규정된다. 응용연구에는 기초연구의 결과에서 얻어진 지식을 이용하여, 실용적인 목적 하에 새로운 과학적 지식을 획득하기 위한 독창적인 연구과제들이 속한다. 끝으로 개발연구는 기초 및 응용연구에서 얻어진 과학적 지식을 이용하여 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, 이미 생산 또는 설치된 것을 개선하기 위한 체계적 연구과제들을 포함한다.

기술수명주기의 도입기는 기술의 잠재적 가치만 인정되고 응용분야와 개발비용도 불확실하거나 기술을 생산에 적용하더라도 기술개발자가 기술을 독점하여 기술개발주체만이 제품생

되어 있어 3질의 실증분석 모형에 이와 같은 변수가 들어가는 경우에는 2001년까지의 통계 자료만 이용하여 추정하였다.

산을 할 수 있는 단계를 일컫는데 그 예로는 21세기 프론티어 연구개발사업의 지능형 마이크로 시스템 개발이 있다. 성장기의 기술은 점진적으로 기술의 가치가 상승하며, 기술의 복잡성으로 인해 기술개발자와 기술격차가 작은 기업으로만 기술이전이 가능한 단계의 기술을 일컫는데 중점국가연구개발 사업 중 무기물 침전 분리 수자원 활용 공정을 예로 들 수 있다. 기술의 성숙기는 선진기업간에 기술이전이 활발해지고 기술도 표준화되면서 후발기업으로 이전되는 단계를 지칭하는데, 기술의 이전가치가 낮아지게 되어 기술이전이 활성화된다. 그 예로는 공통핵심기술개발사업의 초음파 용접기 및 응용기술 개발 등이 있다. 기술수명주기의 마지막 단계인 쇠퇴기에서는 기술가치의 하락이 급격히 이루어지며 후발 기업간의 기술이전거래가 활발히 이루어지는 단계로서 신기술창업보육사업의 조직배양기술을 이용한 시험관내 개화 장미 생산과 같은 과제를 예로 들 수 있다. 한편 기술수명주기를 앞의 네 가지 기술주기로 평가할 수 없는 경우에는 기타기술로 분류되는데 분석의 편의상 쇠퇴기와 기타기술을 하나의 범주로 간주하여 쇠퇴기 및 기타로 분류하였다.

세부과제별 통계자료의 참여기업형태의 구분 중 첫 번째인 민간기업 불참의 경우는 국책연구소나 대학 등의 연구기관에서 수행된 것이다. 대기업만 참여한 경우의 과제는 여타 연구기관이 대기업과 콘소시엄을 구성해서 연구 과제를 수행한 경우도 포함되어 있다. 중소기업만 참여한 경우도 중소기업 단독으로 수행한 과제일 수도 있지만 대기업을 제외한 여타 연구기관과 함께 참여한 과제도 포함한다. 끝으로 공동참여의 경우는 하나의 과제를 중소기업과 대기업이 공동으로 수행한 경우로서 여타 연구기관의 참여도 포함한다.

〈표 IV-2〉 연구개발 단계별 투자비중 추이

	연구개발단계	1999	2000	2001
공공 투자	기초연구	22.1	19.7	17.8
	응용연구	20.9	23.1	27.1
	개발연구	57.0	57.2	55.0
민간 투자	기초연구	12.8	6.5	7.1
	응용연구	8.7	12.3	18.4
	개발연구	78.5	81.3	74.5
총 투자	기초연구	19.6	16.3	15.2
	응용연구	17.7	20.3	25.0
	개발연구	62.7	63.4	59.9

1999년부터 2001년까지의 기간 동안 이러한 과제 특성변수 별로 국가 연구개발사업 내의 공공 연구개발투자, 민간 연구개발투자, 그리고 민간 연구개발투자와 총투자의 합인 총투자의 투자비중의 추이를 살펴보았다. 〈표 IV-2〉에 연구개발단계별 투자비중 추이를, 〈표 IV-3〉에 기술수명주기별 투자비중 추이를, 그리고 〈표 IV-4〉에 참여기업형태별 투자비중 추이를 수록하였다.

먼저 공공과 민간의 연구개발투자의 절반 이상이 개발연구에 집중되어 있음을 쉽게 알 수 있다. 특히 국가연구개발사업 내의 민간 연구개발투자는 개발연구에 집중되어 있으며 기초연구와 응용연구에 대한 투자는 2001년에 민간 연구개발투자 총액의 25% 수준을 약간 상회한 것으로 나타났다.

〈표 IV-3〉의 기술수명주기별 투자비중 추이를 살펴보면 도입기와 성장기의 기술에 투자가 점차 확대되어 2001년에는 정

〈표 IV-3〉 기술수명주기별 투자비중 추이

	기술수명주기	1999	2000	2001
공공 투자	도입기	26.0	30.6	31.9
	성장기	35.8	37.3	44.4
	성숙기	9.2	18.5	16.3
	쇠퇴기/기타	29.0	13.6	7.4
민간 투자	도입기	15.0	16.4	13.5
	성장기	49.1	42.3	58.3
	성숙기	8.2	32.2	26.7
	쇠퇴기/기타	27.7	9.1	1.6
총 투자	도입기	23.1	27.1	27.4
	성장기	39.3	38.5	47.8
	성숙기	8.9	21.9	18.9
	쇠퇴기/기타	28.7	12.5	5.9

부와 민간 연구개발투자의 75% 수준에 달하고 있다. 공공 연구개발투자는 성숙기의 기술보다는 도입기의 기술에서 더 많이 이루어지는 반면, 2000년 이후 민간 연구개발투자는 도입기의 기술보다는 성숙기의 기술에 더 많이 이루어지는 것으로 나타났다. 정부와 민간 모두 절반에 가까운 투자를 성장기의 기술에 집중하고 있는 것으로 나타났다. 이는 실현가능한 잠재적 가치가 가장 큰 기술은 성장기의 기술임을 보여주는 것으로 판단된다.

〈표 IV-4〉의 참여기업형태별 투자비중 추이를 살펴보면, 공공 연구개발투자의 60% 가량이 민간기업이 참여하지 않고 대학이나 출연연구소와 같은 여타 연구기관이 수행한 과제에 투

〈표 IV-4〉 참여기업형태별 투자비중 추이

	참여기업형태	1999	2000	2001
공공 투자	민간기업불참	64.8	58.3	61.3
	대기업	7.6	8.2	7.5
	중소기업	16.5	24.8	20.8
	공동참여	11.1	8.7	10.4
민간 투자	민간기업불참	25.4	12.3	16.3
	대기업	25.5	21.9	17.6
	중소기업	24.9	47.3	42.1
	공동참여	24.1	18.5	24.1
총 투자	민간기업불참	54.3	46.5	50.2
	대기업	12.4	11.7	10.0
	중소기업	18.8	30.6	26.0
	공동참여	14.5	11.2	13.8

자된 것으로 나타났다. 중소기업이 수행한 연구과제에 투자된 정부의 연구개발투자는 20% 수준으로 대기업보다 훨씬 큰 것으로 나타났으나 공공 연구개발투자액의 절반 이상이 민간기업이 참여하지 않은 연구과제에 지원된 것은 문제점으로 보인다.

국가연구개발사업 내의 민간 투자의 가장 큰 부분은 중소기업의 경우로 2000년 이후 40% 수준을 상회하는 것으로 나타났다. 그러나 이것은 대기업의 연구개발투자가 중소기업보다 작다는 것을 의미하는 것은 아니다. 현재 우리가 가지고 있는 표본은 정부 부처가 주관한 연구개발 세부과제를 대상으로 하고 있으므로 정부의 연구개발 투자가 이뤄지지 않고 민간의 주도로 수행된 연구개발 과제에 대한 정보는 분석의 대상에

포함되어 있지 않다. 따라서 본 연구의 분석의 범위와 목적을 국가 연구개발사업 내에서의 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계 분석에 두고자 한다.

입수한 “과제별” 통계자료를 사용하면 불균형 패널 데이터(unbalanced panel data)를 구축할 수 있다(각주 9 참조). 그러나 이 경우 불균형 패널 데이터의 크기가 너무 방대해지므로 본 연구의 범위와 목적에 벗어나지 않는 범위 내에서 자료를 총합(aggregate)하여 데이터의 크기를 줄일 필요가 있다. 자료를 살펴보면 과제별 공공 연구개발투자액 대비 민간 연구개발투자액의 비율은 하나의 국가 연구개발사업 내의 과제들에서조차 상이하게 나타난다. 이는 “매칭펀드”라는 단어가 줄 수 있는 “공공부문과 민간부문이 동일한 금액을 투자한다.”라는 일반적 오해를 불식시켜 준다. 한편 동일한 금액은 아닐지라도 사전에 정해진 비율로 공공부문과 민간부문이 투자를 한다는 의미의 “매칭펀드”방식이라면 공공부문의 투자가 증가할 때 민간부문의 투자도 당연히 증가하므로 두 변수 사이에 정(+)의 관계가 당연히 존재할 것이라는 의문이 제기될 수 있다. 그러나 각 사업과 각 과제별로 민간부문과 공공부문의 투자비율이 상이하므로 국가연구개발사업 전체적으로 공공부문의 투자가 1원 증가할 때 민간부문의 투자가 평균적으로 어떻게 반응할지는 사전적으로 알 수 없다. 그러므로 앞에서 언급한 세 가지 간접효과의 열린 가능성 중에서 국가연구개발사업의 통계자료가 어떤 관계를 갖고 있는지는 실증분석의 문제로 남게 된다. 이처럼 민간부문과 공공부문의 투자비율이 서로 상이한 세부과제별 통계자료를 각 과제가 속한 “사업별” 자료로 총합하였다. 따라서 3절에서 소개될 본 연구의 분석결과는 국가 연

구개발 “사업별” 단계에서 공공 연구개발투자가 1원 증가할 때 민간 연구개발투자가 어느 정도 증가 또는 감소하는가를 보여주며 이를 통해 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완·촉진 또는 대체하고 있는지 여부를 계량경제학적으로 검정할 수 있다.

세부과제별 통계자료를 사업별 통계자료로 총합하는 과정에서 연구개발단계, 기술수명주기, 참여기업형태와 같은 과제별 특성변수를 사업별 특성변수로 전환할 필요가 있다. 사업별 특성변수로의 전환은 연구사업별 총 연구개발 투자액 대비 과제별 총 연구개발 투자액의 비중을 이용하여 한 연구사업에 속하는 과제별 특성변수를 가중 평균하고 가중 평균 값에 가장 가까운 정수를 그 연구사업의 특성변수로 사용하였다. 예를 들어, 연구개발단계의 기초연구는 1, 응용연구는 2, 개발연구는 3으로 계량화하고, 계량화된 과제별 연구개발단계 구분을 연구사업의 총 투자액 대비 과제의 총 투자액의 비중으로 가중 평균한 값에 가장 가까운 정수를 그 사업의 연구개발단계 구분의 관측 값으로 대응하였다. 따라서 사업별 자료의 특성변수는 그 특성을 대표하는 과제의 비중이 높았다고 해석해야 한다. 즉, 어느 한 사업의 연구개발단계가 기초연구로 나타났다면 그 사업에서 수행한 과제들 중 기초연구에 해당하는 과제의 비중이 가장 컸다는 것으로, 기술수명주기가 성장기로 나타났다면 그 사업에서 수행한 과제들 중 성장기의 기술에 해당하는 과제의 비중이 가장 컸다라고 보아야 한다. 참여기업형태의 구분도 마찬가지이다. 과제별 자료의 경우에는 대기업만 참여, 중소기업만 참여 등으로 구분하였으나 사업별 자료에서는 대기업 중심으로 참여, 중소기업 중심으로 참여 등으로 이해하여야

한다.

1999년부터 2002년까지 수행된 총 7만 5,449 세부과제별 자료를 사업별 자료로 전환하면 1999년에 195개, 2000년에 207개, 2001년에 221개 그리고 2002년에 211개, 총 834개의 국가 연구개발사업이 수행된 것으로 나타났으며 이를 통해 횡단면 관측 단위를 연구개발사업으로 하는 1999년부터 2002년까지의 불균형 패널 데이터를 구축할 수 있다.⁹⁾

〈표 IV-5〉에 나타나 있듯이 20개 정부 부처에서 주관한 국가 연구개발사업의 평균 공공 연구개발투자액은 1999년과 2000년에는 120억원 규모였으나 2001년에 180억원 규모로 급상승하여 2002년에 200억원 수준을 넘는 것으로 나타났다. 한편,

〈표 IV-5〉 국가 연구개발사업 평균 투자액

단위 : 백만원

	사업수	공공 연구개발투자	민간 연구개발투자
1999	195	12,050.58	4,386.14
2000	207	12,598.31	4,367.15
2001	221	18,630.55	6,132.05
2002	211	20,618.58	19,281.48

9) 불균형 패널 데이터를 구축한 이유는 특정연도에 없던 국가 연구개발사업이 이후에 새로이 시작되거나 특정연도에 수행되었던 사업이 이후에 종료되는 경우가 있기 때문이다. 이러한 사업들의 공공 연구개발투자액을 0으로 처리하여 통상적인 균형 패널 데이터(balanced panel data)를 구축할 수도 있으며 그럴 경우 매해 288개의 국가 연구개발사업이 존재했던 것으로 가정하게 된다. 그러나 정부의 투자액이 0인 사업에 민간의 투자액을 0으로 처리하는 것은 데이터를 왜곡할 여지가 있어 옳지 않다. 국가가 투자를 하지 않았어도 민간 부문에서 투자했을 가능성이 있으며 단지 우리가 관측할 수 없을 뿐이기 때문이다.

민간 투자액은 1999년과 2000년에 43억원 수준에서 2001년에는 61억원 수준으로 상승하고 2002년에 190억원 수준으로 상승한 것으로 나타났다. 시계열이 4개년으로 국한되어 있어서 단정적으로 말할 수는 없지만, 2001년의 사업 평균 정부 투자액의 급상승을 1년의 시차를 두고 사업 평균 민간 투자액의 급상승이 뒤따르고 있음을 목측할 수 있다.

1절에서 소개한 기존의 연구결과들은 대부분 기업별 통계자료를 구축하고 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자의 관계를 분석하였으나 분석에 사용된 통계자료에는 정부의 연구개발 지원을 받은 기업과 받지 않은 기업의 통계자료가 모두 포함되어 있다. 그러나 현재 사용 가능한 우리나라의 연구개발 통계자료는 국가가 주도한 연구개발사업의 통계자료에 국한되어 있다. 공공 연구개발투자가 국가 전체의 민간 연구개발투자에 미치는 영향이나 민간 기업의 성과에 미치는 영향 등과 같은 보다 세련된 분석을 위해서는 현재 가용한 통계자료를 토대로 하여, 국가 연구개발사업에 참여한 민간 기업들, 즉 정부의 연구개발 지원을 받은 기업들과 그렇지 않은 기업들(정부의 연구개발사업에 참여하고자 했으나 심사과정에서 탈락된 기업들과 정부의 연구개발사업에 참여할 의사가 없었던 기업들)의 정보를 포괄하는 통계자료가 필요하다. 이러한 통계자료는 설문조사를 통하여 매출액, 고용, 연구직 종사자 수 등과 같은 기업특성변수를 포괄하는 데이터베이스의 구축이 선행되거나 과학기술부에서 매해 발간하는 「과학기술 연구개발활동조사보고」의 기업별 원자료에 접근할 수 있어야 한다. 그러나 개별 연구자가 수행하는 설문조사에 대한 피설문기업들의 응답의 신뢰성에 의문이 제기될 수 있으며 그 비용 역시 적지

않은 걸림돌이다. 후자 역시 개별 연구자에게 가용한 자료가 아니다. 저자가 신뢰할 수 있고 가용한 자료는 앞에서 언급했듯이 과학기술기획평가원의 협조로 구할 수 있었던 국가연구개발사업의 세부과제별 자료이고, 분석에 사용된 자료는 이들을 총합하여 구축한 사업별 자료이다.

이와 같이 구축된 국가 주도의 연구개발사업의 통계자료를 이용하여 정부에서 주관한 연구개발사업 내에서 정부의 연구개발지원이 민간 연구개발투자를 촉진하는 역할을 하여 왔는지 여부를 실증적으로 분석하고자 한다. 다음의 소절에서 연구의 목적과 범위에 부합하도록 구축된 통계자료를 어떻게 분석할 것인가에 대해서 논의하고자 한다.

(2) 분석방법

1999년부터 2002년까지 4년 동안 정부 부처가 주관해온 국가 연구개발사업의 통계자료를 이용하여 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이에 어떤 관계가 존재하는지 검정하기 위해 관측되어지지 않는 연구개발사업 고유의 상수항을 포함시키는 고정효과 모형을 설정할 수 있다. 일반적인 고정효과 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta Z_{it} + u_{it}, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, N \quad (41)$$

여기서 $Z_{it} = (X_{it}, W_{it}^T)^T$ 는 $K \times 1$ 의 설명변수 벡터로 t 년도 i 연구개발사업의 정부부문 투자액 X_{it} 와 $(K-1)$ 개의 다른 설명변수 W_{it} 를 포함하고 있으며 Y_{it} 는 t 년도 i 연구개발사업의 민간

부문 투자액이다. α_i 는 연구개발사업 고유의 상수항으로 연구 개발사업별 고정효과이며 u_{it} 는 $E[u_{it} | \alpha_i, Z_{i1}, \dots, Z_{iT}] = 0$ ¹⁰⁾의 조건을 만족하는 오차 항이다.

위에서 설정한 모형에 $E[u_i u_i^T | \alpha_i, Z_i] = \sigma^2 I_T$ ¹¹⁾의 추가적인 가정이 첨부되면 일반적인 고정효과 모형의 표준오차와 검정 통계량이 유효하지만 이와 같은 오차 항에 대한 제한적인 가정 없이 일관적이고 점근적으로 \sqrt{N} -정규성을 갖는 Wooldridge(1995)의 추정법을 사용하고자 한다.

앞의 소절에서 설명한 바와 같이 특정 연도에 수행되었던 국가 연구개발사업이 그 이후에 중단된 경우도 있고 특정연도에 새로이 시작된 사업의 경우도 있다. 따라서 현재 우리가 가지고 있는 통계자료는 특정연도 특정사업의 공공 연구개발투자액, 민간 연구개발투자액 및 여타 특성변수들에 대한 관측치가 없는 경우가 있으며 이러한 사업들의 공공 연구개발투자액과 민간 연구개발투자액을 0으로 처리하여 균형 패널 자료로 만들지 못하는 이유 역시 각주 9에서 설명하였다. 우리가 갖고 있는 불균형 패널 자료를 이용하여 식 (4.1)의 모형에서 관심의 대상인 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과를 추정하기 위해 사용하고자 하는 일관적이고 점근적으로

10) 이 조건은 Z_{it} 가 외생적임을 의미하고, 이 조건하에서 Wooldridge(1995)가 제시한 고정효과 모형의 추정치 $\hat{\beta}$ 은 일관적이고 점근적으로 \sqrt{N} -정규성을 갖는다. 보다 자세한 사항은 Wooldridge(1995)를 참조하기 바란다.

11) 여기서 $u_i = (u_{i1}, \dots, u_{iT})^T$, $Z_i = (Z_{i1}, \dots, Z_{iT})^T$ 로 정의한다. 이 조건은 사업별 오차항의 시간에 대한 동분산성의 가정을 하고 있으나 이를 완화하여 일반최소자승법 (generalized least squares)을 사용할 수 있도록 $\sigma^2 I_T$ 를 정부호(positive definite)의 $T \times T$ 행렬 Ω 로 대체할 수 있다.

\sqrt{N} -정규적인 Wooldridge(1995)의 추정법은 다음과 같다.

$$\hat{\beta} = \left(N^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it} \ddot{Z}_{it}^T \right)^{-1} \left(N^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it}^T \ddot{Y}_{it} \right), \quad (4.2)$$

단, 여기서 $s_{it} = 1$ ((Z_{it}, Y_{it}) 가 관측되는 경우)¹²⁾이고,

$$\ddot{Z}_{it} \equiv Z_{it} - T_i^{-1} \sum_{r=1}^T s_{ir} Z_{ir} \text{로 정의되며, } \ddot{Y}_{it} \equiv Y_{it} - T_i^{-1} \sum_{r=1}^T s_{ir} Y_{ir},$$

$$T_i = \sum_{t=1}^T s_{it} \text{ 이다.}$$

식 (4.2)의 추정법은 $s_{it} = 1$ 인 경우의 관측치 (Z_{it}, Y_{it}) 를 $(\ddot{Z}_{it}, \ddot{Y}_{it})$ 로 전환하여 풀링한 최소자승법(pooled ordinary least squares)과 동일함을 쉽게 알 수 있다. 다시 말해, 식 (4.1)의 모형은 다음의 모형으로 다시 쓸 수 있다.

$$\ddot{Y}_{it} = \beta \ddot{Z}_{it} + e_{it}, E[e_{it} | Z_{it}, s_{it} = 1] = 0, t = 1, \dots, T \quad (4.3)$$

식 (4.3)에는 관측되지 않는 고정효과를 나타내는 사업 고유의 상수항 α_i 가 포함되지 않는데, 이는 식 (4.2)에서 제시하는 변수의 전환과정에서 0으로 사라지기 때문이다. 전환된 변수들을 이용하여 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과를 나타내는 β 를 최소자승법으로 추정할 수 있다는 것이 Wooldridge(1995)가 제시한 방법이다. 그러나

12) $s_{it} = 1(A)$ 는 지시 함수(indicator function)로서 괄호 안의 A라는 조건이 만족되면 $s_{it} = 1$ 이고 그렇지 않은 경우에는 $s_{it} = 0$ 이 됨을 의미한다. 따라서 (Z_{it}, Y_{it}) 가 관측되면, $s_{it} = 1$ 이고, 관측되지 않으면 $s_{it} = 0$ 이 된다.

$E[u_i u_i^T | \alpha_i, Z_i] = \sigma^2 I_T$ 혹은 $E[u_i u_i^T | \alpha_i, Z_i] = \Omega$ 와 같은 오차항의 조건부 분산에 대한 추가적인 가정을 하지 않았으므로 OLS 추정법의 표준오차와 검정통계량은 유효하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Wooldridge(1995)는 로버스트한 분산-공분산 행렬(robust variance-covariance matrix)의 일반적인 추정법을 제시하고 있다. 우리가 다루고 있는 모형의 경우에는 아래의 식 (4.4)가 성립하므로 Wooldridge(1995)가 제시한 $\hat{\beta}$ 의 점근적 분산-공분산 행렬의 일반적인 추정법은 식 (4.5)로 표시될 수 있다. 즉,

$$\sqrt{N}(\hat{\beta} - \beta) \xrightarrow{d} N(0, A^{-1}BA^{-1}), \quad (4.4)$$

단, $A = E\left(\sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it} \ddot{Z}_{it}^T\right)$, $B = E\left(\sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it} e_{it} \sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it}^T e_{it}\right)$ 이므로,

$$\text{Asym. Var}(\hat{\beta}) \equiv N^{-1} \hat{A}^{-1} \hat{B} \hat{A}^{-1}, \quad (4.5)$$

여기서 $\hat{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it} \ddot{Z}_{it}^T$,

$\hat{B} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it} \hat{e}_{it} \sum_{t=1}^T s_{it} \ddot{Z}_{it}^T \hat{e}_{it} \right)$ 이고, $\hat{e}_{it} = \ddot{Y}_{it} - \hat{\beta} \ddot{Z}_{it}$ 이다.

이상에서 살펴본 Wooldridge(1995)의 추정법을 이용하여 다음의 4가지 모형을 추정하고 추정결과를 토대로 국가 연구개발사업 내에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과의 크기를 검정하고자 한다. 그 첫 번째 모형은 여타 설명변수가 포함되지 않은 가장 기본적인 모형으로 아래

의 식 (4.6)과 같이 나타낼 수 있다. 이 모형은 식 (4.1)의 Z_{it} 에 W_{it} 가 포함되지 않은 것으로 $Z_{it} = X_{it}$ 이다.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad (4.6)$$

여기서 β 의 추정치가 0보다 크고 통계적으로 유의하면 민간 연구개발투자는 공공 연구개발투자에 의해 보완·촉진된다고 할 수 있다.

두 번째로 분석할 모형은 W_{it} 에 연구개발 단계 더미변수 RD_{2it} 와 RD_{3it} 를 X_{it} 에 곱하여 새로이 생성한 변수들을 포함시킨 것이다.¹³⁾ 이 모형에서는 연구개발 단계에 따라 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향이 다르다는 것을 가정하고 있다. 이 연구개발 단계 더미변수 모형은 식 (4.7)로 나타낼 수 있다.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it} RD_{2it} + \beta_3 X_{it} RD_{3it} + u_{it} \quad (4.7)$$

단, β_1 의 추정치는 기초연구의 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향을 나타낸다. 응용연구의 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향은 β_1 과 β_2 의 추정치의 합으로 구할 수 있다. 그리고 개발연구의 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향은 β_1 과 β_3 의 추정치의 합으로 구한다.

13) $RD_{2it} = 1(A)$, $A =$ 해당 연구개발 사업이 응용연구, $RD_{3it} = 1(D)$, $D =$ 해당 연구개발 사업이 개발연구임을 나타낸다.

세 번째 모형은 기술수명주기 더미변수 TD_{2it} , TD_{3it} 와 TD_{4it} 를 X_{it} 에 곱하여 생성한 변수들을 W_{it} 에 포함시킨 모형으로 기술수명주기에 따라 민간의 연구개발투자는 공공 연구개발투자에 의해 다르게 영향받을 것이라는 가정을 하고 있다.¹⁴⁾ 이러한 기술수명주기 더미변수의 모형은 식 (4.8)로 나타낼 수 있다.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it} TD_{2it} + \beta_3 X_{it} TD_{3it} + \beta_4 X_{it} TD_{4it} + u_{it} \quad (4.8)$$

앞에서 소개한 연구개발 단계 더미변수 모형에서와 같이, 기술수명주기가 도입기인 경우에 민간 연구개발투자에 미치는 공공 연구개발투자의 간접효과는 β_1 의 추정치로 구하고, 성장기에서 공공 연구개발투자의 간접효과는 β_1 과 β_2 의 추정치의 합으로, 성숙기에서의 간접효과는 β_1 과 β_3 의 추정치의 합으로, 그리고 쇠퇴기에서의 간접효과는 β_1 과 β_4 의 추정치의 합으로 각각 구할 수 있다.

마지막으로 고려할 모형은 참여기업형태 구분 더미변수 FD_{2it} , FD_{3it} , 그리고 FD_{4it} 를 X_{it} 에 곱하여 생성한 변수들을 W_{it} 에 포함시킨 모형으로 참여기업의 형태에 따라 간접효과의

14) $TD_{2it} = 1 (G)$, $G =$ 해당 연구개발사업의 기술수명주기가 성장기, $TD_{3it} = 1 (M)$, $M =$ 해당 연구개발사업의 기술수명주기가 성숙기, $TD_{4it} = 1 (R)$, $R =$ 해당 연구개발사업의 기술수명주기가 쇠퇴기임을 각각 나타낸다.

크기가 달라진다는 가정을 하고 있다.¹⁵⁾ 참여기업형태 더미변수 모형은 식 (4.9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \alpha_i + \beta_1 X + \beta_2 X FD_2 + \beta_3 X FD_3 + \beta_4 X FD_4 + u \quad (4.9)$$

대학 및 여타 연구기관 중심으로 참여한 경우의 간접효과는 β_1 의 추정치로, 민간기업 중 대기업 중심으로 참여한 경우의 간접효과는 β_1 과 β_2 의 추정치의 합으로, 중소기업 중심으로 참여한 경우의 간접효과는 β_1 과 β_3 의 추정치의 합으로, 그리고 공동 참여한 경우의 간접효과는 β_1 과 β_4 의 추정치의 합으로 각각 구할 수 있다.

식 (4.6)부터 식 (4.9)로 나타낸 4가지 분석모형을 식 (4.3)의 형태로 각각 전환하고 추정한 결과 및 그 의미를 다음 3절에서 소개하고자 한다.

3. 실증분석 결과

(1) 기본모형의 추정결과

<표 IV-6>은 식 (4.6)에서 설정된 기본모형을 식(4.3)의

15) $FD_{2it} = 1(L)$, L = 해당 연구개발사업에 대기업 참여, $FD_{3it} = 1(S)$, S = 해당 연구개발사업에 중소기업 참여, $FD_{4it} = 1(B)$, B = 해당 연구개발사업에 공동참여임을 각각 나타낸다.

〈표 IV-6〉 기본모형 추정결과

$\hat{\beta}$	<i>t</i> - <i>stat.</i>	<i>p</i> - <i>value</i>	<i>adj.</i> - R^2
0.39285	2.91669	0.00382	0.98987

형태로 전환하여 추정한 결과를 보여주고 있다. 추정에는 1999년부터 2002년까지의 통계자료를 이용하였다. 추정결과에 따르면 우리 국가 연구개발사업 내에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과는 대체적이지 않고 보완적인 것으로 나타났다. $\hat{\beta}$ 의 값이 0보다 큰 0.393으로 추정되었으며 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

위의 결과에 따르면 공공 연구개발투자에 의해 민간 연구개발투자를 촉진하겠다는 국가 연구개발사업의 목적 중의 하나와 부합하게 공공 연구개발투자가 수행되어 왔음을 시사한다.

(2) 연구개발 단계 더미변수 모형의 추정결과

연구개발 단계를 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분하고 연구개발 단계별로 다른 간접효과를 갖도록 모형을 설정하였다. 식 (4.7)에서 설정된 연구개발 단계 더미변수 모형을 식 (4.3)의 형태로 전환하여 추정한 결과는 〈표 IV-7〉에 수록되어 있다. 이 모형과 이후의 모형의 추정에는 앞에서 언급한 바와 같이 1999년부터 2001년까지의 통계자료를 이용하여 추정하였다. 〈표 IV-7〉에 수록된 추정계수를 이용하여 연구개발 단계별 간접효과를 구하고 이를 〈표 IV-8〉에 수록하였다.¹⁶⁾

〈표 IV-8〉의 연구개발 단계별 간접효과를 살펴보면, 응용연구의 간접효과만이 보완관계를 지지하고 있다. 기초연구나 개발연구의 간접효과 역시 0보다 큰 것으로 추정되었지만 10%의 유의수준에서도 유의하지 않음을 알 수 있다. 응용연구와 달리 기초연구나 개발연구 단계에서는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완·촉진한다는 결론을 내리기 어렵다.

〈표 IV-7〉 연구개발 단계 더미변수 모형의 추정결과

	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
추정치	0.05763	0.08249	-0.04541
<i>t</i> -stat.	1.20195	1.72580	-0.94822
<i>p</i> -value	0.11519	0.04273	0.17191
<i>adj.</i> - R^2	0.79848		

〈표 IV-8〉 연구개발 단계별 간접효과

연구개발단계	간접효과	<i>t</i> -stat.	<i>p</i> -value
기초연구	0.05763	1.20195	0.11519
응용연구	0.14012	21.87268	0.00000
개발연구	0.01222	1.11682	0.13251

16) 식 (4.5)에 의해 구해진 점근적 분산-공분산 행렬을 이용하여 연구개발 단계별 간접효과와 분산을 구하고 이를 이용하여 〈표 IV-8〉에 수록된 *t*-stat과 *p*-value를 계산하여 수록하였다. 즉, 응용연구의 간접효과는 $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$ 로 정의되므로 그 분산은 아래 식에 의해 구해진다.

$$Var(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2) = Var(\hat{\beta}_1) + Var(\hat{\beta}_2) + 2Cov(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2).$$

기초연구단계의 간접효과가 통계적으로 유의하지 않은 점은 기초연구의 사적 한계수익률이 실용성과 신제품 개발 및 개선을 중심으로 하는 응용연구나 개발연구보다 낮기 때문으로 해석할 수 있다. 그러나 한 가지 주목할 것은 개발연구의 간접효과가 통계적으로 유의하지 않다는 점이다. 기초연구와 응용연구의 결과를 바탕으로 신제품을 개발하거나 기존의 제품을 개선하는 연구단계라는 개발연구의 정의와 2절에서 살펴본 개발연구에 대한 정부의 투자비중을 고려하면, 이는 국가 연구개발사업의 일환으로 공공 부문이 개발연구 단계의 과제에 투자를 수행할 때 민간 부문의 투자를 효율적으로 유도하지 못했다고 볼 수 있다.

(3) 기술수명주기 더미변수 모형

기술의 수명을 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기 및 기타로 구분하여 더미변수로 설정하고 기술수명주기마다 다른 간접효과를 갖도록 모형을 설정하였다. 연구개발 단계 더미변수 모형과 같은 이유로 1999년부터 2001년까지의 통계자료를 이용하여 추정하였다. 식 (4.8)에 설정된 모형을 식 (4.3)으로 전환하여 추정한 결과는 <표 IV-9>에 수록하였고, 이를 이용하여 계산된 기술수명주기별 간접효과는 <표 IV-10>에서 찾아볼 수 있다.¹⁷⁾

기술수명주기 더미변수 모형의 추정결과를 살펴보면 성장기와 성숙기에서는 공공 연구개발투자가 민간의 연구개발투자를 보완·촉진하는 것으로 나타났다. 성장기와 성숙기의 간접효과로 추정된 계수들은 1%의 유의수준에서 유의한 것으로 나타

17) <표 IV-10>에 나타난 *t-stat*과 *p-value*에 대해서는 각주 16을 참고하기 바란다.

〈표 IV-9〉 기술수명주기 더미변수 모형의 추정결과

	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
추정치	-0.00532	0.35413	0.28619	-0.02525
<i>t</i> -stat.	-0.95259	30.43933	20.77907	-4.09790
<i>p</i> -value	0.17080	0.00000	0.00000	0.00003
<i>adj.</i> - R^2	0.35896			

〈표 IV-10〉 기술수명주기별 간접효과

기술수명주기	간접효과	<i>t</i> -stat.	<i>p</i> -value
도입기	-0.00532	-0.95259	0.17080
성장기	0.34880	29.17040	0.00000
성숙기	0.28087	18.66210	0.00000
쇠퇴기	-0.03058	-3.35169	0.00046

났다. 그러나 도입기와 쇠퇴기에서는 공공 연구개발투자가 민간의 연구개발투자를 구축하는 것으로 나타났다. 구축효과를 보이는 도입기의 추정계수는 10%의 유의수준에서도 유의하지 않은 것으로 나타났으나 쇠퇴기의 구축효과는 1%의 유의수준에서도 유의한 것으로 나타났다.

이러한 추정결과는 사전적 예측과 부합하는 결과로서, 기술수명주기에 따라 내재된 잠재적 위험(혹은 잠재적 가치)의 크기와 민간 부문의 사적 한계수익률로 설명할 수 있다. 기술수명주기 중에 도입기와 쇠퇴기에 해당하는 기술에 내재되어 있는 잠재적 위험은 성숙기와 성장기의 기술에 내재되어 있는

잠재적 위험보다 더 크다고 볼 수 있으며 도입기의 기술에 내재된 잠재적 위험보다는 쇠퇴기에 접어든 기술에 내재된 잠재적 위험이 더 클 것으로 판단된다. 이러한 위험은 민간 부문이 연구개발 과제를 수행했을 때 부담해야 할 잠재적 위험이다. 연구개발 과제에 내재되어 있는 잠재적 위험이 클수록 그 과제를 수행하는 민간 부문의 사적 한계수익률은 낮아질 것이다. 따라서 내재된 위험이 큰 기술에서는 민간 부문의 연구개발투자는 공공 부문에 의해 대체되는 것으로 볼 수 있다.

한편 공공 연구개발투자에 의해 민간 연구개발투자가 보완·촉진되는 것으로 나타난 성장기와 성숙기의 간접효과의 크기를 비교해 보면 성장기의 간접효과의 크기가 성숙기의 간접효과의 크기보다 6.8% 정도 큰 것으로 나타났다. 이는 성장기의 기술의 잠재적 가치가 이미 성숙기에 들어선 기술의 잠재적 가치보다 크기 때문에 민간 부문이 공공 부문의 투자에 보다 더 큰 반응을 보인 것으로 볼 수 있다.

(4) 참여기업형태 더미변수 모형

참여기업형태를 대학 및 연구기관 중심, 대기업 중심, 중소기업 중심, 대기업/중소기업 공동참여로 구분하여 더미변수로 설정하고 참여기업형태별로 다른 간접효과를 갖도록 모형을 설정하였다. 기본모형을 제외한 이전의 다른 모형과 같은 이유로 1999년부터 2001년까지의 통계자료를 이용하여 추정하였다. 식 (4.9)에 설정된 모형을 식 (4.3)으로 전환하여 추정한 결과는 <표 IV-11>에 수록하였고, 이를 이용하여 계산된 기술수명

주기별 간접효과는 <표 IV-12>에서 찾아볼 수 있다.¹⁸⁾

<표 IV-12>에 수록된 참여기업형태별 간접효과를 살펴보면 모든 참여기업형태의 간접효과는 보완적이고 1%의 유의수준에서 모두 유의함을 알 수 있다. 특히 주목할 만한 것은 대기업 중심보다는 중소기업 중심의 참여기업형태에서 민간 연구개발투자가 보다 많이 촉진되는 것으로 나타났으며 대기업 및 중소기업이 공동으로 참여한 경우에 미세하나마 간접효과의 크기가 가장 큰 것으로 나타났다.

<표 IV-11> 참여기업형태 더미변수 모형의 추정결과

	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
추정치	0.02930	0.19237	0.43768	0.43952
<i>t</i> -stat.	6.60864	8.97844	12.32223	6.57085
<i>p</i> -value	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<i>adj.</i> - R^2	0.38360			

<표 IV-12> 참여기업형태별 간접효과

참여기업형태	간접효과	<i>t</i> -stat.	<i>p</i> -value
대학 및 연구기관 중심	0.02930	6.60864	0.00000
대기업 중심	0.22168	10.30852	0.00000
중소기업 중심	0.46698	12.84487	0.00000
공동참여	0.46882	7.06867	0.00000

18) <표 IV-12>의 *t*-stat과 *p*-value에 대해서는 각주 16을 참조하기 바란다.

이러한 결과 역시 사전적 예측과 부합하는 결과이다. 먼저 대기업 중심의 간접효과보다는 중소기업 중심의 간접효과가 큰 점은 자본시장에서의 기업형태별 연구개발투자 재원조달의 용이성을 반증하는 것으로 볼 수 있다. 상대적으로 자본시장의 접근성이 떨어지는 중소기업의 연구개발투자는 정부의 지원에 보다 민감하게 반응하고 있음을 말해 주고 있으며 자본시장에서 보다 원활하게 연구개발재원을 조달할 수 있는 대기업의 경우에는 정부의 지원에 상대적으로 작은 크기의 반응을 보이는 것으로 볼 수 있다. 한편 공동참여형태의 간접효과가 가장 큰 것은 대기업과 중소기업의 공동참여로 미약하나마 일종의 시너지 효과를 유발하는 것으로 판단된다.

(5) 분석결과의 한계 및 향후 연구방향

2절에서 언급한 바와 같이 연구개발투자 관련 통계자료 구축의 어려움 때문에 국가의 주도로 수행된 연구개발 사업으로 분석의 범위를 한정하여 과연 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완·촉진하는지 아니면 대체하는지를 실증적으로 분석하였다. 통계자료 구축의 어려움 때문에 분석의 범위를 국가 연구개발사업으로 한정하였으나 공공 부문의 주도하에 기업별 특성변수를 포함하는 보다 포괄적인 통계자료를 구축하여 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과뿐만 아니라 민간 기업의 성과에 미치는 영향을 분석해 볼 필요가 있다. 한편, 현재 국가가 관리하고 있는 관련 통계자료를 개별 연구자들이 보다 쉽게 이용하여 많은 연구를 수행할 수 있도록 관계 기관 및 부처의 협조가 요구된다.

또한 분석과정에서 공공 연구개발투자의 결정은 민간 연구개발투자의 결정과 독립적으로 이루어진다고 가정하였다. 그러나 공공 연구개발투자의 결정과정에 어떠한 형태로든 민간 연구개발투자의 결정이 영향을 준다면 독립적이라는 가정은 한계를 갖는다. 따라서 앞에서 검토한 모형의 설명변수로 설정된 공공 연구개발투자는 내생성의 문제를 갖게 된다. 설명변수의 내생성의 문제는 적절한 도구변수의 활용이나 공공 부문과 민간 부문의 투자결정 과정을 모형 내에 포함시킴으로써 해결될 수 있을 것으로 판단된다. 이는 후속연구의 하나로 남겨둔다.


 제V장

결론 및 정책 시사점

최근 우리 경제는 그 어느 때보다도 새로운 경제성장 패러다임을 구축해야 하는 전환기적 국면에 처해 있다. 이러한 국면에서 혁신주도형 성장전략(innovation-driven growth strategy)의 추진 필요성이 강하게 제기되고 있으며, 이러한 전략의 요체 중 하나는 연구개발투자의 확대와 강화를 통한 기술개발이다. 이와 관련하여 특히 연구개발투자가 효율적으로 이루어지고 있는가는 최근 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 III장에서 연구개발투자의 성과를 분석하기 위하여 자체 산업 및 여타 산업의 연구개발스톡 비중과 해당 산업의 총요소생산성 간의 관계를 살펴보았고, 또한 IV장에서는 공공 연구개발투자의 효율성을 검토하기 위하여 국가 연구개발사업 내에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완·촉진하고 있는지를 살펴보았다.

III장의 분석결과에 따르면, 자체 산업의 연구개발 노력과 여타 산업의 연구개발 노력이 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 그 효과에 있어서는 자체의 연구개발 노력보다는 여타 산업으로부터의 기술확산이 해당 산업의 총요소생산성에 플러스의 방향으로 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이것은 어느 한 산업의 경제

적 성과를 높이기 위해서는 자체적인 연구개발 노력도 중요하지만, 여타 산업으로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량을 갖추는 것 또한 매우 중요하다는 것을 의미하기도 한다.

이러한 분석 외에 다양한 산업별 특성에 따라 산업을 구분하고, 이러한 산업구분 하에서 자체 산업의 연구개발스톡 비중과 여타 산업의 가중평균된 연구개발스톡 비중이 총요소생산성에 미치는 효과가 산업의 특성에 따라 차이가 발생하는지도 살펴보았다. 그 결과에 따르면, 대기업 위주 산업, 수출산업, 또는 기초연구개발 투자비중이 높은 산업의 경우에는 그렇지 않은 산업에 비해 자체 산업의 연구개발 노력이나 여타 산업의 연구개발 노력이 해당 산업의 성과에 미치는 효과에 있어 차이가 발생하지 않는 것으로 나타났다. 한편 연구개발스톡 비중이 높은 산업, 연구개발 투자집약도가 높은 산업, IT산업, 중화학공업, 또는 공적연구개발 투자비중이 높은 산업의 경우에는 그렇지 않은 산업에 비해 자체 연구개발 노력의 효과에 있어 차이가 발생하지 않으나, 여타 산업 연구개발 노력의 효과는 더욱 큰 것으로 나타났다.

이러한 분석결과가 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, 자체 산업의 연구개발 노력이 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 사실은 지속적인 경제성장을 위해 연구개발활동이 매우 중요함을 알 수 있다.

둘째, 여타 산업의 기술확산 효과가 해당 산업의 총요소생산성에 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 자체의 연구개발 노력보다 해당 산업의 총요소생산성에 더욱 큰 효과를 미친다는 사실은 자체의 연구개발 노력도 중요하지만, 외부로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량을 갖추는 것 또한 중요하다는

것을 의미한다.

셋째, 바로 앞에서 언급한 두 번째의 사실은 외부효과에의 지나친 의존으로 자체의 연구개발의욕이 저하될 수 있고, 이로 인해 해당 산업의 연구개발투자가 저투자될 가능성을 시사한다. 따라서 자체의 연구개발 유인을 제고하기 위한 보다 적극적인 정부의 역할이 요청된다고 하겠다.

넷째, 높은 연구개발소득 비중 또는 연구개발 투자집약도, 그리고 IT산업으로 대변되는 고기술산업(high-technology industry)의 경우 저기술산업에 비해 외부로부터의 기술확산을 흡수할 수 있는 역량이 크다는 것을 알 수 있다. 반면에 고기술산업의 경우 자체 연구개발 노력의 성과에 있어서 저기술산업의 경우와 별 차이가 없다는 점에서 고기술산업의 자체적인 기술개발 성과를 제고하는 노력이 더욱 필요하다고 할 수 있다.

다섯째, 중화학공업 또는 대기업 위주 산업의 경우에 자체 연구개발 노력의 성과가 경공업 또는 중소기업에 비해 차이가 없다는 점은 자체 연구개발의 성과가 기업의 규모와는 관계가 없다는 것을 의미하기도 한다. 한편 대기업 위주 산업의 경우에는 기대와는 달리 외부로부터의 기술확산 효과에 있어서도 중소기업 위주 산업의 경우와 별 차이가 없다는 점을 유념할 필요가 있다고 하겠다.

여섯째, 수출기업 위주 산업의 경우 기대와는 달리 내수기업 위주 산업에 비해 자체 연구개발 노력의 성과나 여타 산업으로부터의 기술확산 효과에 있어 다르지 않다는 점은 우리나라 수출산업이 기술 등의 비가격요인보다도 지나치게 환율 등의 가격요인에 의존하고 있다는 반증일 수도 있음을 유념할 필요가 있다.

일곱째, 공공 연구개발투자는 해당 산업의 연구개발성과보다는 외부효과의 향유를 높이는 데 기여한 것으로 판단된다. 이는 IV장의 주된 연구 주제이기도 하나 공공 연구개발투자가 주로 외부효과의 창출을 위한 혁신시스템 구축에 초점을 맞춘 결과일 수 있다.

끝으로, 기초 연구개발투자의 비중이 높은 산업의 경우 그렇지 않은 산업에 비해 자체 및 여타 산업의 연구개발 노력에 대한 성과에 있어 큰 차이가 발생하지 않고 있는데, 기초연구의 성격상 그 성과분석에 있어 보다 장기적인 자료를 분석할 필요가 있으나, 최근 5개년의 자료에 국한할 경우, 우리나라에 있어 기초연구에 대한 지나친 강조는 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

한편 IV장의 기본모형의 결과에 따르면, 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 보완 촉진하는 것으로 나타났다. 이 결과는 최소한 국가 연구개발사업 내에서는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 대체하지는 않았음을 시사한다.

두 번째로 분석한 연구개발 단계 더미변수 모형의 결과에 따르면, 기초연구와 개발연구의 경우에는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완·촉진한다는 가설을 지지해 주지 않고 응용연구의 경우에만 보완·촉진하는 것으로 나타났다. 정부와 민간의 투자비중이 모두 높은 개발연구의 경우 기대했던 보완적 관계에 대한 실증적 증거를 찾을 수 없다는 점은 향후 관련 정책이 개선되어야 할 필요가 있음을 의미한다.

세 번째 모형인 기술수명주기 더미변수 모형의 결과는 기술의 잠재적 가치가 높은 성장기와 성숙기의 기술에서는 보완적인 관계를 보였으나 도입기와 쇠퇴기 및 기타 기술에서는 통

계적으로는 유의하지 않을지라도 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 구축되는 것으로 나타났다. 도입기의 기술은 성장기와 성숙기를 거쳐 우리 경제에 큰 기여를 할 수 있는 기술이 포함되어 있으므로 민간의 참여를 확대할 수 있는 방안을 모색해야 할 것으로 판단된다.

끝으로 참여기업형태 더미변수 모형의 결과에 따르면, 대기업 중심의 경우보다는 중소기업 중심의 경우에 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 보다 더 촉진되는 것으로 나타났으며 대기업과 중소기업이 공동으로 참여한 경우에 미세하나마 보다 더 많은 민간 연구개발투자가 촉진된 것으로 나타났다. 그러나 공공 연구개발투자의 비중이 큰 대학 및 기업을 제외한 기타 연구기관의 경우에는 그 효과가 아주 미미하게 나타났다. 이러한 결과는 두 가지 정책적 방향성을 시사한다고 볼 수 있다. 그 첫째는 민간 연구개발투자를 보다 효율적으로 촉진하기 위해서는 공공 연구개발투자의 비중을 민간기업 쪽으로 이동시켜야 한다는 것이며, 둘째는 민간기업 중 대기업보다는 혁신성향이 높은 중소기업이나 대기업과 중소기업의 공동 참여를 유도해야 한다는 것이다.

참 고 문 헌

<국문자료>

- 국가과학기술위원회(2003), 「2002년도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 결과」, 2003. 8.
- 국가연구개발종합관리시스템, www.kordi.go.kr
- 김원규, 신현수, 김정홍, 배상근, 최호상, 황윤진, 이원빈(2000), 「한국산업의 생산성분석」, 산업연구원, 2000. 12.
- 김상춘, 김영재(2002), “공공 부문 R&D의 민간 부문 R&D투자에 대한 영향 - Schumpeterian 모형을 이용한 이론적 분석,” 「국제경제연구」, 2002년 8월, 191-209.
- 김태기, 장선미(2003), “기업의 R&D투자와 생산성 변화 : 한국 기업 자료를 이용한 실증분석”, 전남대학교.
- 손원익(2001), 「연구개발투자에 대한 조세지원의 실효성 분석」, 한국조세연구원, 2002. 12.
- 이원기, 김봉기(2003), “연구개발투자의 생산성 파급효과 분석,” 한국은행, 「Monthly Bulletin」, 2003. 5., 24-51.
- 한국과학기술기획평가원, www.kistep.re.kr
- 한국산업기술진흥협회(2003), 「산업기술주요통계요람 2002/2003」, 2003. 1.
- 한국산업기술진흥협회, kita.technet.or.kr
- 한국은행, 「기업경영분석」, 각 연도.

<영문자료>

- Blank, D. M. and G. J. Stigler (1957), *The Demand and Supply of Scientific Personnel*, NBER, New York.
- Cameron, G. (2000), *R&D and Growth at the Industry Level*, Nuffield College, Oxford, January.
- Capron, H. and B. Pottelsberghe (1997), “Public Support to Business R&D : A Survey and Some New Quantitative Evidence” OECD Conference on Policy Evaluation in Innovation and Technology, 171-187.
- David, P. A. and B. H. Hall (2000), “Heart of Darkness : Modelling Public-Private Interactions inside the R&D Black Box,” *Research Policy*, Vol. 29, 1165-1183.
- David, P. A., B. H. Hall, and A. A. Toole (2000), “Is Public R&D A Complement or Substitute For Private R&D? A Review of The Econometric Evidence,” *Research Policy*, Vol. 29, 497-529.
- Diamond, A. M. (1999), “Does Federal Funding “Crowd In” Private Funding of Science?” *Contemporary Economic Policy*, Vol. 17, 423-431.
- Goldberger, L. (1979), “The Influence of Federal R&D Funding on the Demand For and Returns To Industrial R&D,” The Public Research Institute, Working Paper CRC-388.
- Griffith, R., S. Redding, and J. V. Reenen (2001), “Mapping the Two Faces of R&D : Productivity Growth

in a Panel of OECD Industries,” The Institute for Fiscal Studies.

- Griliches, Z. (1979), “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth,” *The Bell Journal of Economics*, Vol. 10, 92-116.
- Griliches, Z. (1980), “R&D and the Productivity Slowdown,” *American Economic Review*, Vol. 70, 343-348.
- Griliches, Z. (1984), ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1994), “Productivity, R&D and the Data Constraint,” *American Economic Review*, Vol. 84, 1-23.
- Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984a), “Inter-industry Technology Flows and Productivity Growth : A Reexamination,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, 324-329.
- Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984b), “R&D and Productivity Growth at the Industry Level : Is There Still a Relationship?” in Z. Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press, 1984.
- Hall, B. H., and J. V. Reenen (2000), “How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence,” *Research Policy*, Vol. 29, 449-469.
- Hamberg, D. (1966), *R&D : Essays on the Economics of Research and Development*, New York : Random House.
- Higgins, R. S. and A. N. Link (1981), “Federal Support of Technological Growth in Industry : Some Evidence of

Crowding Out,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-28, 86-88.

- Jones, C. I. and J. C. Williams (1998), “Measuring The Social Return to R&D,” *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 113, 1119-1135.
- Klette, T. J., J. Moen, and Z. Griliches (2000), “Do Subsidies to Commercial R&D Reduce Market Failure? Microeconomic Evaluation Studies,” *Research Policy*, Vol. 29, 471-495.
- Kwon, Hyeog Ug and Tomohiko Inui (2003), “R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms,” Economic and Social Research Institute, Discussion Paper Series No. 44.
- Lach, S. (2002), “Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence From Israel,” *Journal of Industrial Economics*, Vol. 50, 369-390.
- Lederman, D. and W. F. Maloney (2003), “R&D and Development,” World Bank, Policy Research Working Paper 3024.
- Lee, Chang-Yang (2003), “Firm Density and Industry R&D Intensity : Theory and Evidence”, *Review of Industrial Organization*, Vol. 22, 139-158.
- Lee, Chang-Yang (2002), “Industry R&D Intensity Distributions : Regularities and Underlying Determinants”, *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 12, 307-341.
- Levin, R. C. and P. Reiss (1984), “Tests of Schumpeterian

Model of R&D and Market Structure,” in Z. Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press, 1984.

- Leyden, D. P. and A. N. Link (1991), “Why are Government and Private R&D Complements?” *Applied Economics*, Vol. 23, 1673-1681.
- Lichtenberg, F. R. (1984), “The Relationship between Federal Contract R&D and Company R&D,” *American Economic Review Papers and Proceedings*, Vol. 74, 73-78.
- Lichtenberg, F. R. (1987), “The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development : A Re-assessment,” *Journal of Industrial Economics*, Vol. 36, 97-104.
- Lichtenberg, F. R. (1988), “The Private R&D Investment Response to Federal Design and Technical Competitions,” *American Economic Review*, Vol. 78, 550-559.
- Link, A. N. (1982), “An Analysis of the Composition of R&D Spending,” *Southern Journal of Economics*, Vol. 49, 203-228.
- Mansfield, E. and L. Switzer (1984), “Effects of Federal Support on Company-Financed R&D : The Case of Energy,” *Management Science*, Vol. 30, 562-571.
- Mansfield, E. (1980), “Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing,” *American Economic Review*, Vol. 70, 864-873.

- OECD (2003), *Main Science and Technology Indicators*, 2003. 2.
- Robinson, M. (1993), "Federal Funding and the Level of Private Expenditure on Basic Research," *Southern Economic Journal*, Vol. 60, 63-71.
- Scherer, F. M. (1982), "Inter-industry Technology Flows and Productivity Growth," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, 627-634.
- Scott, J. T. (1984), "Firm versus Industry Variability in R&D Intensity," in Z. Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press, 1984.
- Sveikauskas, L. (1981), "Technological Inputs and Multifactor Productivity Growth," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 63, 275-282.
- Terleckyj, N. E. (1980), "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries," in J. W. Kendrick and B. N. Vaccara, eds., *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chicago : University of Chicago Press.
- Wallsten, S. J. (2000), "The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D : The Case of the Small Business Innovation Research Program," *RAND Journal of Economics*, Vol. 31, 82-100.
- Wang, J.-C. and K.-H. Tsai (2003), "Productivity Growth and R&D Expenditure in Taiwan's Manufacturing Firms,"

NBER Working Paper 9724.

- Wooldridge, J. M. (1995), "Selection Corrections For Panel Data Models Under Conditional Mean Independence Assumptions," *Journal of Econometrics*, Vol. 68, 115-132.

연구보고서 제485호

연구개발투자의 효율성 분석

2003年 12月 16日 印刷

2003年 12月 18日 發行

發行處

産業研究院

서울特別市 東大門區 清涼里洞 206-9

☎ 130-742

電話 : 3299-3114

登錄 1983年 7月 7日 第6-0001號

發行人

한 덕 수

印刷處

태 광 인 쇄

購讀問議 : 편집 · 보급팀(3299-3151)

內容의 無斷轉載 · 譯載 禁함.

普及價 5,000원

ISBN 89-90789-26-5 93320
