

공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자의 관계 분석

김 학 수

(부연구위원 · 산업경쟁력실)

hskim@kiet.re.kr

〈요 약〉

사회적 최적 수준에 미치지 못하는 것으로 알려진 연구개발투자를 확대하고 궁극적으로 혁신을 통한 국가의 번영과 국민의 후생증진을 위해 많은 정책들이 시행되어 왔다. 본 연구는 이러한 정책들 중에서 공공 연구개발투자가 본연의 취지와 부합하게 민간 연구개발투자를 보완하고 촉진하여 왔는지를 실증적으로 분석하고 있다.

우리나라의 국가 연구개발사업별 통계자료를 이용하여 분석한 결과에 따르면, 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 전반적으로 보완·촉진한 것으로 나타났다. 과제의 특성별 분류를 이용한 분석결과 중에서, 첫 번째로 연구개발 단계 더미변수를 이용한 분석 결과는 응용연구사업의 경우에는 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 보완·촉진되었음을 보여주는 반면에 기초연구나 개발연구에서는 보완적 관계를 지지해 주지 않는다. 두 번째로 기술수명주기 더미변수를 이용한 분석에서는 성장기와 성숙기의 기술에서는 보완·촉진된 것으로 나타났으나 도입기와 쇠퇴기/기타의 기술에서는 공공 연구개발투자에 의해 민간 연구개발투자가 통계적으로는 유의하지 않을지라도 구축되는 것으로 나타났다. 끝으로 참여기업형태 더미변수를 이용한 모형의 결과에 의하면, 대기업보다는 중소기업 중심의 경우에 민간 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 의해 보다 더 촉진된 것으로 나타났으며 대기업과 중소기업이 공동 참여한 경우에 미세하나마 보다 더 많은 연구개발 투자가 촉진된 것으로 나타났다.

이러한 분석결과로부터 다음의 세 가지 시사점을 찾을 수 있다. 먼저 정부와 민간의 투자 비중이 모두 높은 개발연구와 정부의 투자비중이 30%를 상회하는 도입기의 기술에 대한 민간의 참여를 보다 효율적으로 유도할 수 있는 방안이 검토되어야 할 것이다. 둘째로는 공공 연구개발투자의 비중을 민간 기업 쪽으로 이동시킴으로써 보다 많은 민간 연구개발투자를 유도할 수 있을 것으로 판단되며, 셋째로는 민간기업 중 대기업보다는 혁신성향이 높은 중소기업이나 대기업과 중소기업의 공동참여를 유도해야 한다는 것이다.

1. 序

한 국가의 성장 잠재력을 확충하기 위한 노력의 일환으로 많은 국가의 정부들은 공공 연구개발투자의 확대를 통하여 총 연구개발투자뿐만 아니라 민간의 연구개발투자를 확대하고 기술 진보의 방향과 정도에 영향을 줄 수 있다고 믿고 있다. 다시 말해서, 정부의 연구개발지원의 중심적 논거는 사회적 최적 수준의 연구개발투자에 비해 과소 투자하도록 민간부문을 유인하는 시장실패가 존재하며 정부의 개입으로 과소투자를 유발하는 이러한 시장실패를 개선할 수 있다는 신념에 있다. 이러한 신념 속에서, 연구개발투자를 확대하기 위한 궁극적으로 혁신을 통한 국가의 번영과 국민의 후생증진을 위한 많은 정부정책들이 시행되어 왔다. 수많은 사례 중에 조세감면, 연구개발보조금, 국가 연구개발 실험실의 지정 및 운영 등이 그러한 정부정책의 대표적 형태이다. 본 연구에서는 우리나라의 통계자료를 이용하여 “공공 연구개발투자의 원래 취지와 부합하게 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완하고 촉진하였는가, 아니면 대체하였는가?”라는 질문에 대한 실증적 분석결과를 제시하고자 한다.

앞에서 언급한 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 최적수준의 연구개발투자에 이르게 한다.

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 탐험적이고 도전적인 연구 분야에 재원을 지원하는 역할을 한다. 이와 같은 공공 연구개발투자는 총 연구개발투자를 증가시키는 직접효과와 민간의 연구개발투자를 대체하거나 보완하는 간접효과를 갖는다. 따라서 공공 연구개발투자가 총 연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과와 간접효과의 합으로 규정할 수 있다.

민간 연구개발투자에 변화가 없다

는 가정하에서 공공 연구개발투자의 증가는 총 연구개발투자의 증가를 가져올 것이다. 이를 직접효과라 일컫는다. 그러나 공공 연구개발투자가 어떤 과제에 이루어지는지를 민간부문이 관찰한 후에 그들의 연구개발투자 계획을 수정한다면 총 연구개발투자에 미치는 순효과는 직접효과의 크기와 다를 수 있다. 이러한 결과는 간접효과에 의해 초래되는데 간접효과의 크기는 세 가지의 가능성을 지닌다.

간접효과가 영(0)인 경우는 다음과 같은 예로 설명할 수 있다. 민간의 연구개발투자 계획이 공공 연구개발투자 결정에 의해 아무 영향을 받지 않고 민간부문이 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 총 연구개발투자에 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 공공부문이 투자를 결정한 연구개발 과제와 동일한 과제에 민간부문이 투자 계획을 갖고 있었

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

끝으로 간접효과가 양(+)인 경우는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향들 중에서 가장 이상적이고 바람직한 보완관계의 경우로서 총 연구개발투자가 공공 연구개발투자의 직접효과보다 더 크게 증가하는 경우이다. 이러한 경우에서 공공 연구개발투자의 결정은 민간부문에 일종의 신호로 작용하는 것으로 생각할 수 있다. 공공 연구개발투자가 이뤄진 연구개발 분야가 잠재수익률이 높은 것으로 민간부문은 받아들이고 그들의 연구개발투자를 처음 계획보다 확대하는 경우일 것이다. 이 경우에 공공 연구개발투자는 민간 연구개발투자를 보완하고 촉진하는 바람직한 관계를 갖고 공공 연구개발투자 본연의 취지와 부합한다고 할 수 있다.

이처럼 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 상관관계는 이론적으로 명확하지 않다. 이는 실증 분석의 문제이며 국가마다 혹은 산업마다 다른 결과를 보일 수 있다. 공공 연구개발투자가 총 연구개발투자

에 미치는 순효과는 간접효과에 의해 결정되므로 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계에 대한 많은 실증적 연구가 이루어졌으나 기존의 실증 분석결과들 역시 서로 다른 결과들을 제시하고 있다. 최근의 실증 분석 결과들 중, Lach(2002)¹⁾는 이스라엘의 통계자료를 이용하여 중소기업에 지원된 정부의 연구개발 보조금은 중소기업의 연구개발 투자를 크게 증대시키는 것으로 나타났으나 대기업의 경우에는 민간 연구개발투자를 구축한다는 실증 분석결과를 제시하고 있다. Diamond(1999)²⁾는 미국 국립과학재단(NSF : National Science Foundation) 통계자료를 이용하여 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이에 보완관계가 있음을 보였다.

반면, Wallsten(2000)³⁾은 미국의 소기업혁신연구 프로그램(Small Business Innovation Research Program)의 자료를 이용하여 거의 공공 연구개발투자의 증가만큼 민간 연구개발투자가 감소한다는 실증결과를 보이고 있다.

이와 같이 이론적으로나 실증적으로 불분명한 관계를 갖고 있는 공공 연구개발투자와 민간 연구개발투자 사이의 관계를 우리나라의 통계자료를 이용하여 분석하고자 한다. 분석결과를 소개하기에 앞서, 다음 절에서 사용된 통계자료와 분석방법에 대한 논의를 하고자 한다. 그리고 제3절에서 앞에서 제기한 질문에 대한 실증적 분석결과를 제시하고 제4절 요약과 결론을 끝으로 본 연구를 마치고자 한다.

2. 분석방법과 통계자료

(1) 통계자료

한국과학기술평가원에서 협조받은 국가연구개발사업의 세부과제별 1999년부터 2002년까지의 통계자료를 토대로 연구개발사업별 통계자료로 전환하여 분석에 사용하였다. 통계자료에 의하면 동 기간 동안 20개의 정부 부처에서 연구개발투자를 주관한 것으로 나타났다.⁴⁾ 1999년부터 2002년까지 20개의 정부 부처에서 수행한 연구개발

1) Lach, S.(2002), "Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence From Israel," *Journal of Industrial Economics*, Vol. 50, pp. 369~390.

2) Diamond, A.M.(1999), "Does Federal Funding "Crowd In" Private Funding of Science?," *Contemporary Economic Policy*, Vol. 17, No. 4, pp. 423~431.

3) 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, No. 1, pp. 82~100.

4) 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)

사업의 세부과제 중 표본에 포함된 통계자료의 수는 1999년 14만 284과제에서 2002년 23만 117과제에 달하여 총 75만 449개의 연구과제가 4년의 기간 동안 수행된 것으로 나타났다.

국가 연구개발사업의 각 연도별 세부과제에 대한 정부투자액, 민간투자액, 연구개발 단계 구분, 기술수명주기, 참여기업형태에 대한 자료를 한국과학기술평가원으로부터 협조받았다.⁵⁾ 연구개발 단계 구분은 OECD에서 제시하는 기준에 따라 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분되고, 기술수명주기는 크게 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기 및 기타로 구분되며, 참여기업형태는 국가 연구개발사업에 참여하는 민간기업의 참여형태를 크게 민간기업 불참, 대기업만 참여, 중소기업만

참여, 대기업·중소기업 공동참여로 구분하고 있다.

1999년부터 2001년까지의 기간 동안 이러한 과제 특성변수별로 국가 연구개발사업 내의 정부투자, 민간투자, 그리고 민간투자와 총투자의 합인 총투자의 투자비중 추이를 살펴보았다. <표 1>에 연구개발단계별 투자비중 추이를, <표 2>에 기술수명주기별 투자비중 추이를, 그리고 <표 3>에 참여기업형태별 투자비중 추이를 수록하였다.

먼저 정부와 민간의 연구개발투자의 절반 이상이 개발연구에 집중되어 있음을 쉽게 알 수 있다. 특히 국가 연구개발사업 내의 민간 연구개발투자는 개발연구에 집중되어 있으며 기초연구와 응용연구에 대한 투자는 2001년에 민간 연구개발투자 총액의

<표 1> 연구개발 단계별 투자비중 추이

단위 : %

	연구개발단계	1999	2000	2001
정부 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
총투자	기초연구	19.6	16.3	15.2
	개발연구	17.7	20.3	25.0
	응용연구	62.7	63.4	59.9

5) 자료수집에 큰 도움을 주신 한국과학기술평가원의 염승호 박사께 감사드린다. 한편, 2002년의 통계자료는 연구개발 단계 구분, 기술수명주기, 참여기업형태에 대한 자료가 누락되어 있어 3절의 실증분석 모형에 이와 같은 변수가 들어가는 경우에는 2001년까지의 통계자료만 이용하여 추정하였다.

〈표 2〉 기술수명주기별 투자비중 추이

단위 : %

	기술수명주기	1999	2000	2001
정부 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
총투자	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

〈표 3〉 참여기업 형태별 투자비중 추이

단위 : %

	참여기업 형태	1999	2000	2001
정부 투자	민간기업 불참	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	민간기업 불참	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
총투자	민간기업 불참	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

25% 수준을 약간 상회한 것으로 나타났다.

〈표 2〉의 기술수명주기별 투자비중 추이를 살펴보면 도입기와 성장기의 기술에 투자가 점차 확대되어 2001년

에는 정부와 민간투자의 75% 수준에 달하고 있다. 공공 연구개발투자는 성숙기의 기술보다는 도입기의 기술에 더 많이 이루어지는 반면, 2000년 이후 민간 연구개발투자는 도입기의 기

술보다는 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 기술이 성장기의 기술임을 보여주는 것으로 판단된다.

〈표 3〉의 참여기업 형태별 투자비중 추이를 살펴보면, 정부투자의 60% 가량이 민간기업이 참여하지 않고 대학이나 출연연구소와 같은 여타 연구기관이 수행한 과제에 투자된 것으로 나타났다. 중소기업이 수행한 연구과제에 투자된 정부의 연구개발투자는 20% 수준으로 대기업보다 훨씬 큰 것으로 나타났으나 정부투자액의 절반 이상이 민간기업이 참여하지 않은 연구과제에 지원된 것은 문제점으로 보여진다.

국가 연구개발사업 내의 민간투자의 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 통계자료는 정부 부처가 주관한 연구개발 세부과제를 대상으로 하고 있으므로 정부의 연구개발 지원 없이 민간의 주도로 수행된 연구개발 과제에 대한 정보는 분석

의 대상에 포함되어 있지 않다.

국가 연구개발사업 내에서 과연 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 보완하는지 아니면 대체하는지를 분석한다는 본 연구의 목적에 부합하고 분석상의 편의를 위해 이러한 세부과제별 통계자료를 연구개발 사업별 통계자료로 합계하였다. 이 과정에서 연구개발 단계, 기술수명주기를 참여기업 형태와 같은 과제 특성변수를 사업별 특성변수로 전환할 필요가 있다. 사업별 특성변수로의 전환은 연구사업별 총 연구개발 투자액 대비 과제별 총 연구개발 투자액의 비중으로 한 연구사업에 속하는 과제별 특성변수를 가중 평균하고 가중 평균값에 가장 가까운 정수를 그 연구사업의 특성변수로 사용하였다.

1999년부터 2002년까지 수행된 총 75만 449개 세부 연구개발과제 통계자료를 연구사업별 자료로 전환하면 1999년에 195개, 2000년에 207개, 2001년에 221개 그리고 2002년에 211개로, 총 834개의 국가 연구개발사업이 수행된 것으로 나타났으며 횡단면 관측단위를 연구개발사업으로 하는 1999년부터 2002년까지의 불균형 패널 데이터(Unbalanced Panel Data)를 구축할 수 있다.⁶⁾

6) 불균형 패널 데이터를 구축한 이유는 특정 연도에 없던 국가 연구개발사업이 이후에 새로이 시작되거나 특정 연도에 수행되었던 사업이 이후에 종료되는 경우가 있기 때문이다. 이러한 사업들의 정부투자액을 0으로 처리하여 통상적인 균형 패널 데이터(Balanced Panel Data)를 구축할 수도 있으며 그럴 경우 매해 288개의 국가 연구개발사업이 존재했던 것으로 가정하게 된다.

〈표 4〉 국가 연구개발사업 평균 투자액

단위 : 백만원

	사업수	정부투자	민간투자
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

〈표 4〉에 나타나 있듯이 20개 정부 부처에서 주관한 국가 연구개발사업의 평균 정부투자액은 1999년과 2000년에는 120억원 규모였으나 2001년에 180억 규모로 급상승하여 2002년에 200억원 수준을 넘는 것으로 나타났다. 한편, 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 2002년의 사업 평균 민간 투자액의 급상승이 뒤따르고 있음을 목측할 수 있다.

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.

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

$Z_{it} = (X_{it}, W_{it}^T)^T$ 는 $K \times 1$ 의 설명변수 벡터로 t 년도 i 연구개발사업의 공공

그러나 정부의 투자액이 0인 사업에 민간의 투자액을 0으로 처리하는 것은 데이터를 왜곡할 여지가 있어 옳지 않다. 국가가 투자를 하지 않았어도 민간부문에서 투자했을 가능성이 있으며 단지 우리가 관측할 수 없을 뿐이기 때문이다.

부문 투자액 X_{it} 와 (K-1)개의 다른 설명변수 W_{it} 를 포함하고 있으며 Y_{it} 는 t 년도 i 연구개발사업의 민간부문 투자액이다. α_i 는 연구개발사업 고유의 상수항으로 연구개발사업별 고정효과이며 u_{it} 는 $E[u_{it}|\alpha_i+Z_{it}, \dots, Z_{iT}] = 0$ ⁷⁾의 조건을 만족하는 오차 항이다.

위에서 설정한 모형에 $E[u_{it}u_{it}^T|\alpha_i, Z_{it}] = \sigma^2 I_T$ ⁸⁾의 추가적인 가정이 성립되면 일반적인 고정효과 모형의 표준오차와 검정통계량이 유효하게 된다. 그러나 이와 같은 오차 항에 대한 제한적인 가정을 하지 않고 일관적이고 점근적으로 \sqrt{N} -정규성을 갖는 Wooldridge(1995)⁹⁾의 추정법을 사용하여 다음의 네 가지 모형을 추정하고 추정결과를 토대로 국가 연구개발사업 내에서 공공연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과의 크기를 검정하고자 한다.

그 첫 번째 모형은 여타 설명변수가 포함되지 않은 가장 기본적인 모형으로 아래의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 이 모형은 식 (1)의 Z_{it} 에 W_{it} 가 포함되지 않은 것으로 $Z_{it} = X_{it}$ 이다. 식(2)에서의 추정치가 0보다

크고 통계적으로 유의하면 민간 연구개발투자는 공공 연구개발투자에 의해 보완·촉진된다고 할 수 있다.

$$(2) Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it}$$

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.¹⁰⁾ 이 모형에서는 연구개발 단계에 따라 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향이 다르다는 것을 가정하고 있다. 이 연구개발 단계 더미변수 모형은 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

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

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 개

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

8) 여기서, $u = (u_{it}, \dots, u_{iT})^T$, $Z_i = (Z_{it}, \dots, Z_{iT})^T$ 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.

9) 추정법에 관한 자세한 사항은 다음의 논문을 참조하기 바란다. Wooldridge, J.M.(1995), "Selection Corrections For Panel Data Models Under Conditional Mean Independence Assumptions," *Journal of Econometrics*, Vol. 68, pp.115~132.

10) $RD_{2it} = 1(A)$, A = 해당 연구개발 사업이 응용연구, $RD_{3it} = 1(D)$, D = 해당 연구개발 사업이 개발연구.

발연구의 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 영향은 β_1 과 β_3 의 추정치의 합으로 구한다.

세 번째 모형은 기술수명주기 더미 변수 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.¹¹⁾ 이러한 기술수명주기 더미변수의 모형은 식 (4)로 나타낼 수 있다.

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

앞에서 소개한 연구개발 단계 더미 변수 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 크기가 달라진다는 가정을 하고 있다.¹²⁾ 참여기업형태 더미변수 모형은 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(5) Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it} FD_{2it} + \beta_3 X_{it} FD_{3it} + \beta_4 X_{it} FD_{4it} + u_{it}$$

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 (2)~식 (5)로 나타낸 네 가지 분석모형을 Wooldridge(1995)가 제안한 방식으로 각각 전환하여 추정한 결과 및 그 의미를 다음 3절에서 소개하고자 한다.

3. 실증분석 결과

(1) 기본모형의 추정 결과

아래의 <표 5>는 식 (2)에서 설정

11) $TD_{2it}=1(G)$, G=해당 연구개발사업의 기술수명주기가 성장기, $TD_{3it}=1(M)$, M=해당 연구개발사업의 기술수명주기가 성숙기, TD_{4it} , R=해당 연구개발사업의 기술수명주기가 쇠퇴기.

12) $FD_{2it}=1(L)$, L=해당 연구개발사업에 대기업 참여, $FD_{3it}=1(S)$, S=해당 연구개발사업에 중소기업 참여, $FD_{4it}=1(B)$, B=해당 연구개발사업에 공동참여.

〈표 5〉

기본모형 추정 결과

$\hat{\beta}$	t-stat.	p-value	adj.-R ²
0.39285	2.91669	0.00382	0.98987

된 기본모형을 추정한 결과를 보여주고 있다. 추정에는 1999년부터 2002년까지의 통계자료를 이용하였다. 추정결과에 따르면 우리 국가연구개발사업 내에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과는 대체적이지 않고 보완적인 것으로 나타났다. $\hat{\beta}$ 의 값이 0보다 큰 0.39285로 추정되었으며 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 공공 연구개발투자에 의해 민간 연구개발투자를 촉진하겠다는 국가연구개발사업의 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 (3)에서 설정된 연구개발 단계 더미변수 모형을 추정한 결과를 이용하여 연구개발 단계별 간접효과를 구하고 〈표 6〉에 수록하였다.¹³⁾

〈표 6〉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.

기초연구 단계의 간접효과가 통계적으로 유의하지 않은 점은 기초연구의 사적 한계수익률이 실용성과 신제품 개발 및 개선을 중심으로 하는 응

〈표 6〉

연구개발 단계별 간접효과

	간접효과	t-stat.	p-value
기초연구	0.05763	1.20195	0.11519
응용연구	0.14012	21.87268	0.00000
개발연구	0.01222	1.11682	0.13251

13) Wooldridge(1995)에 의해 제안된 점근적 분산-공분산 행렬을 이용하여 추정치의 분산을 구하고 이를 이용하여 각 연구단계별 간접효과의 분산을 토대로 하여 〈표 6〉에 수록된 t-stat과 p-value를 계산하였다. 다시 말해, 응용연구의 간접효과는 $\beta_1 + \beta_2$ 로 정의되므로 $\text{Var}(\beta_1 + \beta_2) = \text{Var}(\beta_1) + \text{Var}(\beta_2) + 2\text{Cor}(\beta_1 + \beta_2)$ 에 의해 구해진다.

용연구나 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 공공부문이 개발연구 단계의 과제에 투자를 수행할 때 민간부문의 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 모형에서와 같이, 식 (4)에 설정된 모형을 추정한 결과를 이용하여 계산된 기술수명주기별 간접효과는 <표 7>에서

찾아 볼 수 있다.¹⁴⁾

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 나타났다. 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 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다.

이러한 추정결과는 사전적 예측과 부합하는 결과로서, 기술수명주기에 따라 내재된 잠재적 위험(혹은 잠재적 가치)의 크기와 민간부문의 사적한계수익률로 설명할 수 있다. 기술수명주기 중에 도입기와 쇠퇴기에 해당하는 기술에 내재되어 있는 잠재적 위험은 성숙기와 성장기의 기술에 내재되어 있는 잠재적 위험보다 더 크

<표 7> 기술수명주기별 간접효과

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

14) <표 7>에 나타난 t-stat과 p-value에 대해서는 각주 13)을 참고하기 바란다.

다고 볼 수 있으며 도입기의 기술에 내재된 잠재적 위험보다는 쇠퇴기에 접어든 기술에 내재된 잠재적 위험이 더 클 것으로 판단된다. 이러한 위험은 민간부문이 연구개발 과제를 수행했을 때 부담해야 할 잠재적 위험이다. 연구개발 과제에 내재되어 있는 잠재적 위험이 클수록 그 과제를 수행하는 민간부문의 사적 한계수익률은 낮아질 것이다. 따라서 내재된 위험이 큰 기술에서는 민간부문의 연구개발투자는 공공부문에 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 민간부문이 공공부문의 투자에 보다 더 큰 반응을 보인 것으로 볼 수 있다.

(4) 참여기업 형태 더미변수 모형

참여기업 형태를 대학 및 연구기관 중심, 대기업 중심, 중소기업 중심, 대기업·중소기업 공동참여로 구분하여 더미변수로 설정하고 참여기업 형태별로 다른 간접효과를 갖도록 모형을 설정하였다. 앞의 두 모형에서와 같이, 식 (5)에 설정된 모형을 추정한 결과를 이용하여 계산된 기술수명주기별 간접효과는 <표 8>에서 찾아볼 수 있다.¹⁵⁾

<표 8>에 수록된 참여기업 형태별 간접효과를 살펴보면 모든 참여기업 형태의 간접효과는 보완적이고 1%의 유의수준에서 모두 유의함을 알 수 있다. 특히 주목할 만한 것은 대기업 중심보다는 중소기업 중심의 참여기업 형태에서 민간 연구개발투자가 보다 많이 촉진되는 것으로 나타났으며 대기업 및 중소기업이 공동으로 참여한 경우에 미세하나마 간접효과의 크기가 가장 큰 것으로 나타났다.

이러한 결과 역시 사전적 예측과 부합하는 결과이다. 먼저 대기업 중심

<표 8> 참여기업 형태별 간접효과

	간접효과	t-stat.	p-value
대학/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

15) <표 8>의 t-stat과 p-value에 대해서는 각주 13)을 참조하기 바란다.

의 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 연구개발 재원을 조달할 수 있는 대기업의 경우에는 정부의 지원에 상대적으로 작은 크기의 반응을 보이는 것으로 볼 수 있다. 한편 공동참여 형태의 간접효과가 가장 큰 것은 대기업과 중소기업의 공동참여로 미약하나마 일종의 시너지 효과를 유발하는 것으로 판단된다.

(5) 분석결과의 한계 및 향후 연구방향

2절에서 언급한 바와 같이 국가의 주도로 수행된 연구개발사업으로 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 설문조사를 통해 보다 포괄적인 통계자료를 구축하여 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자에 미치는 간접효과뿐만 아니라 민간 기업의 성과에 미치는 영향

을 분석해 볼 필요가 있다.

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 공공부문과 민간부문의 투자결정 과정을 모형 내에 포함시킴으로써 해결될 수 있을 것으로 판단된다. 이는 후속연구의 하나로 남겨둔다.

4. 요약 및 결론

최근 우리 경제는 차세대 성장동력의 발굴 및 기술혁신 역량 강화, 연구개발지원 확대, 정보화 추진 등을 통하여 혁신을 통한 국가 경쟁력 제고를 위한 노력을 아끼지 않고 있다. 이러한 노력들이 원래 목표한 방향으로 진행되고 있는지 검토해 볼 필요가 있다. 여러 혁신을 위한 국가적 노력 중 공공 연구개발투자의 효율성을 검토하기 위해 국가 연구개발사업 내에서 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 본연의 취지대로 확대하는데 일조하고 있는지 분석해 보았다.

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, 기초 연구와 개발연구의 경우에는 공공 연구개발투자가 민간 연구개발투자를 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 나타났

다. 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 정부투자 비중이 큰 기업을 제외한 기타 연구기관과 대학의 경우에는 그 효과가 아주 미미하게 나타났다. 이러한 결과는 두 가지를 시사한다. 그 첫째는 민간 연구개발투자를 보다 효율적으로 촉진하기 위해서는 정부투자의 비중을 민간기업 쪽으로 이동시켜야 한다는 것이며, 둘째는 민간기업 중 대기업보다는 혁신성향이 높은 중소기업이나 대기업과 중소기업의 공동 참여를 유도해야 한다는 것이다. ④