

정책연구 2008-07

기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석

Economic Impacts of Basic R&D

황석원 · 김병우 · 유승훈 · 박규호 · 류태규 · 추기능 · 이민규

발간사

기초연구 투자 확대는 선진국으로 도약하기 위한 주요 국가 전략 가운데 하나이다. 모방을 통한 캐치업 전략이 더 이상 통용되지 않는 상황이므로 기초연구를 통해 원천기술을 확보하고 세계 수준의 경쟁력을 유지/강화해야 하는 것이다. 이러한 문제의식에서 기초연구에 대한 투자가 대폭 확대되고 있다. 최근 정부는 2012년까지 연구개발예산 중 기초연구 투자비중을 35%까지 확대하겠다는 계획을 발표하였다. 투자가 느는 만큼 기초연구의 경제적 성과 및 파급효과 분석에 대한 수요도 급증하고 있다. 본 연구는 이러한 외부 정책 수요에 대응하기 위해 다음과 같은 목적을 염두에 두고 기획된 것이다.

첫째, 거시적 관점에서 기초연구 투자의 경제적 파급효과를 측정한다.

둘째, 미시적 관점에서 다양한 기초연구 투자의 경제성 분석 수요에 대응할 수 있는 방법론 및 절차를 수립한다.

본 연구의 분석에 따르면 기초연구 분야에서 논문이나 특허의 단순한 양적 성과는 그다지 두드러지지 않는다. 그러나 상대적으로 우수한 논문이라고 평가받는 SCI 논문, 특허 청구항 수, 특허 유지기간 등 질적 측면에서는 응용/개발 분야보다 성과가 우수하다. 이처럼 기초연구는 ‘양보다 질’이라는 특징을 갖는데, 원천기술 확보를 위해 기초연구 투자를 늘려야 할 주요 근거가 된다. 본 연구의 분석 결과, 거시적 관점에서 SCI 논문으로 대표되는 지식스톡의 총요소생산성 탄력성이 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다. 지식스톡이 1% 증가할 때 총요소생산성이 최대 1.3% 증가하는 결과를 보여주고 있다. 이는 기초연구 투자가 단지 지식증진이나 진리탐구뿐만 아니라 경제적 파급효과와도 밀접하게 연관된다는 것을 의미한다.

한편, 개별 기초연구 프로젝트의 경제성을 미시적 관점에서 분석하는 것도 대단히 중요하다. 기초연구는 원천기술적 성격으로 인해 불확실성이 크

고 응용분야가 광범위하다는 특징을 갖는다. 또, 시장에서 거래되는 재화로
는 표출되지 않는 비시장가치가 강하게 나타난다. 예컨대 가속기는 당장의
사업화를 전제로 한 응용개발 연구보다는 기초 연구가 중심일 것이고, 기초
과학 발전, 노벨상 수상 가능성 등이 우리가 기대할 수 있는 편익일 것이다.
국민 개개인이 이러한 편익을 어떻게 ‘효용’으로 느끼는지, 그러한 효용 증
가에 대해 어느 정도의 세금을 부담할 의사가 있는지 조사할 수 있다. 시장
에서 거래되는 재화로부터 얻는 편익이 아니라는 점에서 이러한 접근법은
‘기초연구의 비시장가치 측정 접근법’이라 할 수 있다. 본 연구에서는 실험
적인 연구로서 차세대 양성자가속기를 대상으로 조건부가치측정법(CVM,
Contingent Valuation Method)을 적용한 결과 1조2600억원의 가치가 있는
것으로 조사되었다.

본 연구를 통해 기초연구 투자가 의미있는 경제적 파급효과를 가진다는
점을 확인하였다. 이는 관련 전문가 및 일반 국민에게 홍보할 수 있는 근거
로 삼을 수 있다. 한편, 개별 기초연구 프로젝트의 비시장가치 측정을 위한
방법론 실증연구는 실험적 연구로서 후속 연구를 위한 가이드라인 역할을
할 것으로 기대된다.

2008년 12월
과학기술정책연구원
원 장 김 석 준

■ ■ 요약

1. 연구의 필요성 및 목적

- 국가적으로 기초연구의 중요성이 제고됨에 따라 투자규모가 대폭 확대되는 추세임
 - 최근 정부는 2012년까지 연구개발예산 중 기초연구 투자비중을 35%까지 확대하겠다는 계획을 발표
 - 특히, 기초연구에 대한 투자전략을 선진국 도약을 위한 주요 국가 전략으로 간주하고, 기초연구를 통해 원천기술을 확보함으로써 세계 수준의 과학기술경쟁력을 확보하겠다는 계획임
- 투자규모의 확대와 더불어 기초연구의 경제적 성과 및 파급효과에 대한 연구수요도 증가
 - 사전적으로 기초연구의 성과 및 파급효과를 추정함으로써 재원배분 및 투자방향 설정을 위한 기초 자료로 활용 가능
 - 사후적으로 연구성과가 어느 정도인지 평가하고 투자전략의 수정·보완을 위한 참고자료로 활용 가능

기초연구의 개념 및 특징

○ 개념

: '기초연구'라 함은 기초/응용/개발의 단계별 구분에서 기초 단계에 해당하는 연구로서 '특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 않고 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위해 최초로 행해지는 이론적 또는 실험적 연구(OECD Frascati Manual)'를 의미

○ 특징

- : 연구착수에서부터 사업화까지의 시간격차가 크고, 기술개발 성공률이 낮고 시장의 형성되어 있지 않아 기술적·경제적 불확실성이 크며, 원천기술에 해당하여 응용 범위가 넓음
- : 순수 기초과학이나 공공 기술개발을 위한 기초연구의 경우 비시장가치를 고려해야 함



[그림 1] 기초연구의 특징

□ 문제 제기

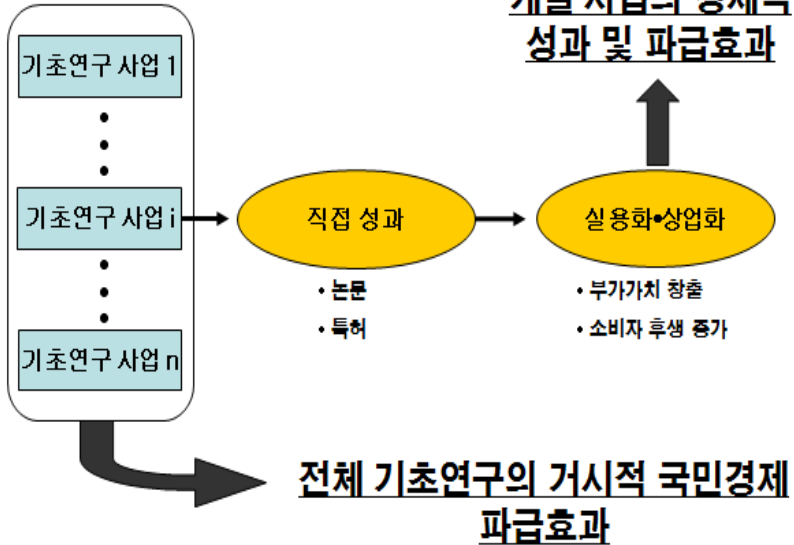
○ 거시적 관점

- 기초연구에 대한 투자가 국가 경제에 미치는 파급효과는 무엇인가?
- 기초연구 투자의 수익률과 최적 투자 수준은 얼마나 될 것인가?

○ 미시적 관점

- 특정 기초연구 사업의 경제적 가치와 파급효과를 어떻게 측정할 것인가?

국내 총 기초연구 투자



[그림 2] 기초연구 투자의 파급효과에 대한 미시적 관점과 거시적 관점

□ 연구 목적

- 기초연구의 경제성 및 파급효과에 대한 정책 수요 대응
- 관련 분석 방법론, 절차 등에 대한 연구 기반 확보

2. 연구의 범위 및 주요 내용

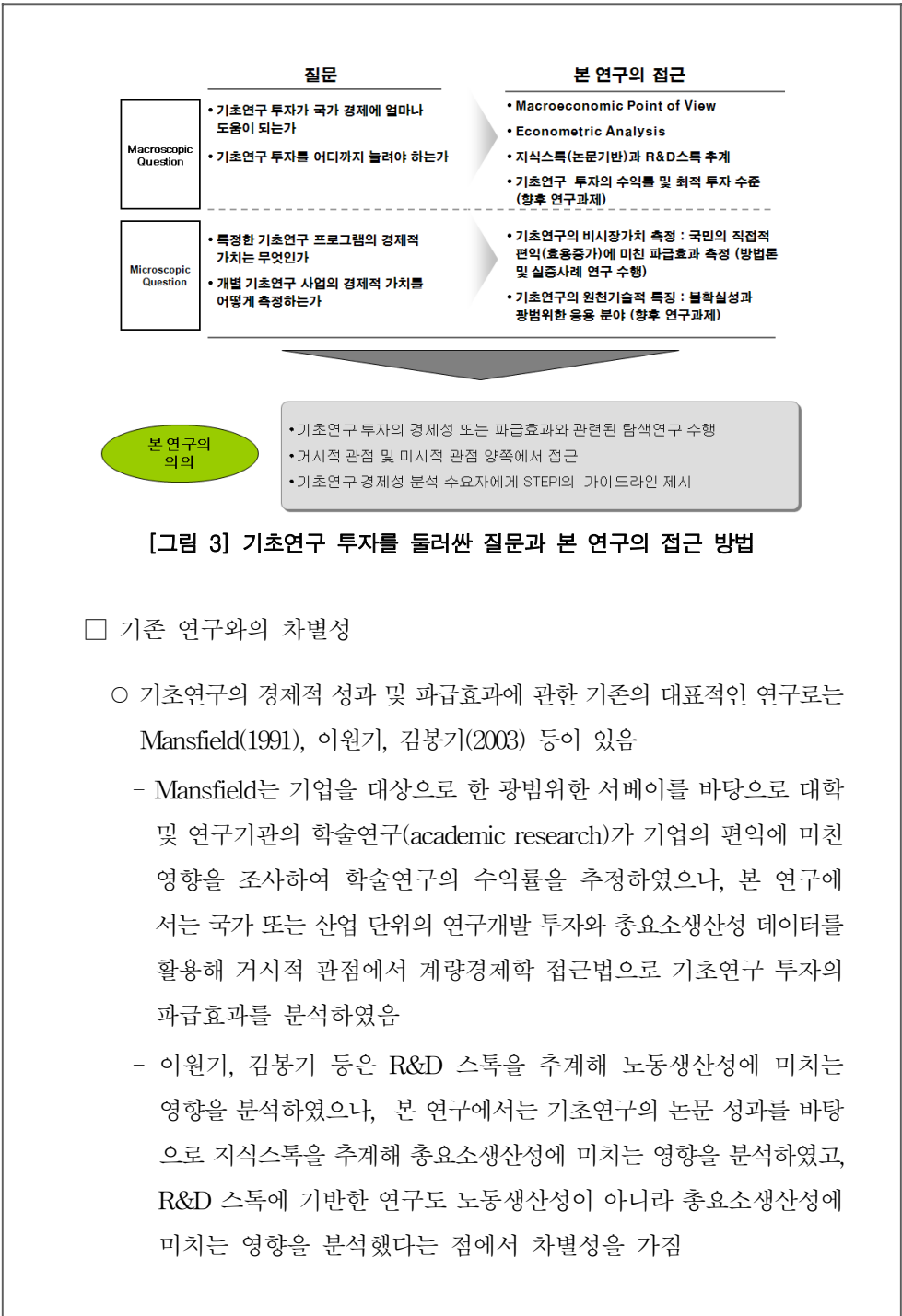
- 본 연구에서는 기초연구 투자에 관하여 제기되는 미시적, 거시적 관점의 문제들에 관한 분석을 통하여 합리적인 정책의사결정을 위한 참고자료를 제시하고자 함
 - 이를 통하여 기초연구의 성과 및 파급효과 분석 방법론, 절차 등에

대한 근거를 제공

- 다만, 앞서 제시한 경제적·기술적 불확실성이 큰 기초연구의 특성을 감안할 때, 본 연구에서 분석·적용한 방법론은 탐색연구적 성격을 지니고 있음

□ 주요 연구내용

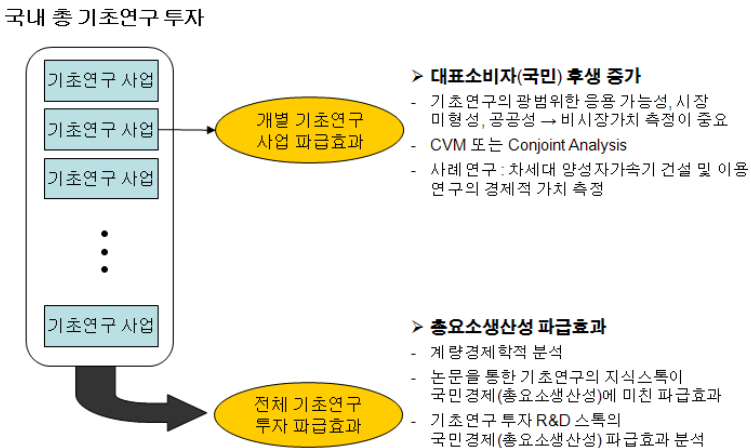
- 거시적 관점 : 계량경제학적 접근법을 사용해 기초연구 투자가 경제 성장이나 총요소생산성 등에 어느 정도 긍정적 영향을 미치는지 살펴봄
 - 기초연구의 성과는 주로 논문, 특히 SCI 논문으로 대표됨
 - 따라서 SCI 논문을 바탕으로 지식스톡을 추계하고 지식스톡이 국가의 총요소생산성에 미치는 영향, 즉 파급효과를 살펴보는 접근 방법을 택함
- 미시적 관점 : 비시장가치 측정법을 이용하여 기초연구의 가치를 측정하고자 함
 - 기초연구의 원천기술적 성격과 관련해서는 불확실성이 크다는 점, 응용 범위가 광범위하다는 점 때문에 세세한 데이터와 광범위한 시장 자료 및 설문 조사가 필요
 - 이 경우 기본적으로 경제성 및 파급효과 분석 방법론은 응용/개발 연구의 경우와 다를 것이 없이 DCF나 실물옵션 등의 방법론을 사용할 수 있음
 - 탐색적 성격이 강한 본 연구는 방법론과 실증 사례 양쪽 모두에서 새로운 접근법이 필요한 비시장가치 측정, 즉 국민의 직접적 편익(효용)증가에 미치는 파급효과 측정에 초점을 맞춤



○ 또한, 개별 연구개발 사업의 경제성 및 파급효과 분석은 STEPI를 비롯한 많은 연구기관에서 수행(이철원의(2003), 황석원(2006), 황석원(2007)) 되어 왔으나, 대부분 기초연구보다는 상용화를 염두에 둔 응용개발 연구에 초점을 두고 주로 DCF나 실물옵션 등의 접근 방법을 사용하고 있음

- 본 연구는 기초연구 가운데 시장(가격)이 존재하지 않는 경우에 초점을 두고 있기 때문에 DCF나 실물옵션 등의 접근법이 적절하지 않으므로 해당 기초연구 성과의 수혜를 입은 소비자의 효용 증가나 지불의사액(WTP)을 측정하거나, 생산자의 비용절감 효과나 생산성 증가 효과 등을 측정할 필요가 있음
- 이를 위하여 본 연구에서는 기초연구 투자가 국민의 직접적 편익(효용) 증가에 미치는 파급효과를 CVM을 통해 측정함

3. 연구의 틀 및 방법론



[그림 4] 본 연구의 틀

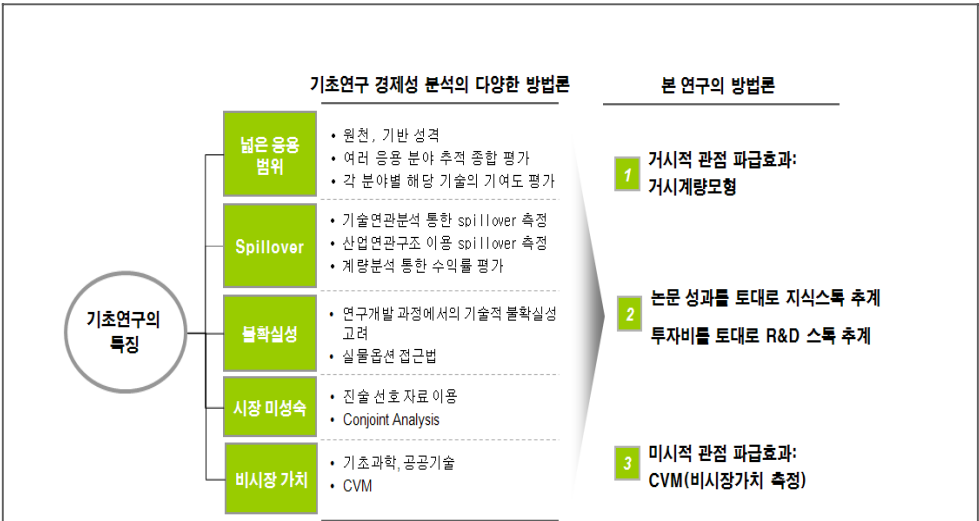
□ 거시적 관점

- 이론적으로는 개별 기초연구 사업의 경제적 가치 또는 파급효과의 합이 전체 기초연구 투자의 파급효과가 되어야 할 것임
 - 그러나 실제로는 수만개의 세세부 과제를 대상으로 개별 기초연구 사업의 파급효과를 일일이 측정한다는 것은 거의 불가능함
 - 따라서 기초연구 투자의 파급효과는 거시적 관점에서 종합적으로 분석할 필요가 있음
- 본 연구에서는 국가별 또는 업종별 연구개발 투자 자료와 생산성 자료를 활용하여 거시계량모형을 활용해 기초연구 투자의 거시 국민경제적 파급효과를 추정하는 접근법을 사용
 - 기초연구 투자비(투입)를 바탕으로 R&D 스톡을 추계하여 총요소 생산성 탄력성을 추정하는 연구와 더불어 기초연구 성과(특히 논문 성과)를 바탕으로 지식스톡을 추계하여 총요소생산성 탄력성을 추정하는 연구를 동시에 수행

□ 미시적 관점

- 본 연구에서는 기초연구의 주요 특징 가운데 하나인 비시장가치에 초점을 맞추어 분석함
- 또한, 조건부가치추정법(CVM)을 실험적으로 적용하여 개별 기초연구사업을 대상으로 사례분석을 시도하였음
- 사례연구 대상은 차세대 양성자가속기 개발 및 이용 연구사업¹⁾

1) 기초연구 분야의 대형장비 관련 사업들이 '장비 건설 따로 연구 따로'가 아니라는 점에 유의해야 함. 대형 장비 개발과 건설 사업은 장비를 활용한 연구개발사업과 긴밀히 융합돼 있음

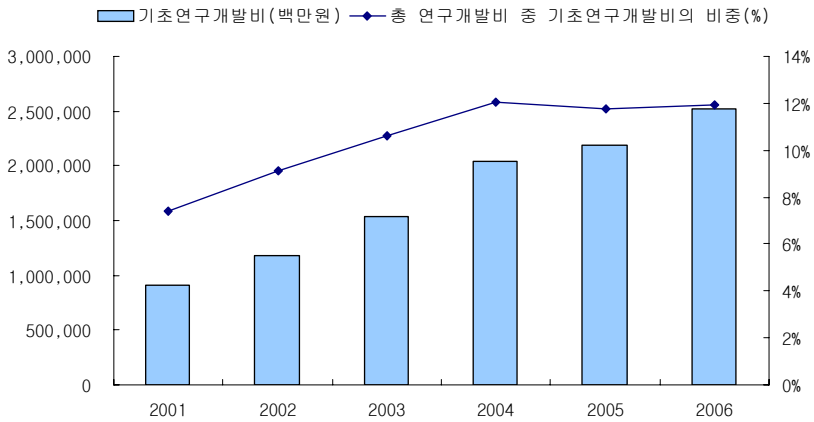


[그림 5] 본 연구의 방법론

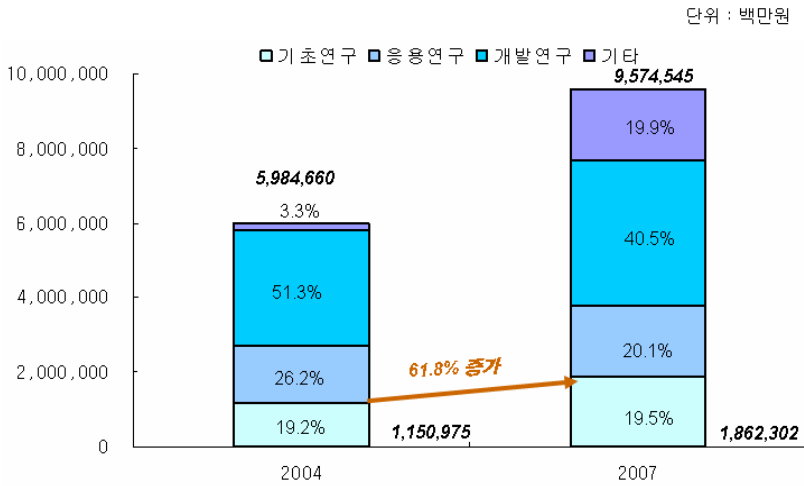
4. 국내 기초연구 투자현황 및 주요 성과

□ 기초연구 투자 현황

- 민간기업의 기초연구 투자는 금액면에서는 꾸준히 늘고 있으나 비중면에서는 2004년 이후 정체되어 있어 민간 투자를 유인할 수 있는 정책이 시급히 요구됨
- 정부의 기초연구 투자는 금액면에서 대폭 증가하였고 비중면에서도 다소 증가하였음
 - 2004년과 2007년 사이에 기초/응용/개발 분류 기준이 달라졌다는 점을 감안하면 비중면에서의 실제 증가폭은 훨씬 더 큼(22~23% 수준)



[그림 6] 기업의 기초연구개발 투자 추이



[그림 7] 정부 기초 연구 투자 추이

□ 기초연구의 주요 성과

- 기초연구 성과를 나타내는 대표적 지표는 SCI 논문임
 - 양적 건수 관점에서나 단위 투자비(1억원)당 성과 관점에서나 기초 연구 성과는 SCI 논문 성과에서 가장 두드러짐
 - 이러한 사실은 기초연구의 지식스톡을 추계할 때 특허보다는 논문 성과를 바탕으로 하는 것이 적절하다는 점을 의미
- 그에 따라 국가단위 총요소생산성에 미치는 기초연구 지식스톡의 파급 효과 분석에서 지식스톡은 SCI 논문성과를 바탕으로 추계하였음

<표 1> 2006, 2007년 기초연구 투자 성과 현황

성과		분야	2006	2007
SCI 논문	논문 수(건)	기초	7,482	15,876
		응용	5,635	14,675
		개발	2,788	5,311
	논문 수(건) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.47	0.85
		응용	0.34	0.76
		개발	0.08	0.14
특허 등록	등록 수(건)	기초	629	1,469
		응용	1,226	4,126
		개발	2,162	4,752
	등록(건) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.04	0.08
		응용	0.07	0.21
		개발	0.06	0.12
기술료	금액(백만 원)	기초	2,024	3,893
		응용	18,713	17,528
		개발	47,537	87,756
	금액(백만 원) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.13	0.21
		응용	1.11	0.91
		개발	1.32	2.26

5. 주요 연구결과

1) 지식스톡이 국가단위 총요소생산성에 미친 파급효과

□ SCI 논문수를 활용한 지식스톡의 추계

- 기초연구가 경제 전체의 지식스톡을 증가시켜 경제성장을 제고시키는 효과를 발휘한다는 점에 주목하고 기초연구가 일반적으로 학술논문의 출간 형태로 산출물을 낸다는 점에 착안하여, 출간논문수를 활용한 경제 전체의 지식스톡을 추정
- 지식스톡의 핵심은 명시적 지식이고 외부에서의 파급 역시도 내부의 명시적 지식수준이 핵심적인 역할을 수행한다고 볼 수 있음. 따라서 출간 논문을 활용하여 전반적인 기술혁신과 경제성장에 영향을 미치는 지식스톡을 추정하는 것은 나름대로 의미를 갖는다고 할 수 있음

〈표 2〉 지식스톡이 국가단위 총요소생산성에 미친 파급효과

	시차			
	0	3	5	10
pooled estimation	0.567815	0.553273	0.531648	0.465949
fixed effect	1.227869	1.308939	1.321737	1.304245
random effect	1.175179	1.241466	1.248772	1.228463

□ 경제전체의 지식스톡과 총요소생산성(TFP)과의 관계 분석

- 기초연구 성과는 학술논문으로 대표된다는 점에 착안하여 지식스톡을 형성하는 학술논문의 경제적 효과를 추정하였음
 - 이때, 국가 사이에 스페illo버(spill-over) 효과는 없다고 가정

- 국가 간 스피로버는 각국의 지식역량에 크게 의존하므로, 스피로버 수준은 지식역량 수준, 즉 지식스톡수준에 비례하는 관계를 보인다는 점에서 정당성을 찾을 수 있음

○ OECD 회원국을 대상으로 한 1976-2004년의 패널데이터를 활용하여 패널분석을 시도

- 탐색적인 연구라는 점을 감안해서, 시차(time lag)를 0년, 3년, 5년, 10년 등 네 가지 형태로 고려해서 추정을 시도하였고, 각각에 대해 pooled estimation, fixed effect model, random effect model에 대한 추정을 시도
- 분석 결과, 지식스톡에 대한 총요소생산성의 탄력성은 0.46~1.30
- 이는 지식스톡의 1% 증가할 때 총요소생산성이 최대 1.3% 증가한다는 것을 의미
- 이러한 결과는 OECD 회원국을 대상으로 선행 연구에서 수행된 총요소생산성에 대한 R&D투자의 탄력성 분석 결과(평균 0.185~0.195)와 비견될 만함(이우성, 2007)

2) R&D 투자(flow) 및 스톡(stock)이 산업단위 총요소생산성에 미치는 파급효과

□ 산업단위 총요소생산성에 미치는 기초연구 R&D스톡의 파급효과 분석

- 다양한 모형과 추정 방법을 사용하여 통계적으로 유의미한 결과를 산업별로 도출
 - 주어진 패널데이터에서 보다 많은 정보(R&D의 생산성 탄력성)를 추출하기 위해 다양한 모형 및 추정방법 활용
- 기초연구 R&D 투자(flow)가 총요소생산성에 유의한 영향을 미치는 부문

은 통칭 기계산업(Machinery), 구체적으로는 기계장비, 기구및운수장비, 조립금속제품인 것으로 나타났음

- 탄력성 계수값이 0.13인 것은 연간 기초 R&D 투자를 1% 늘릴때 기계산업 총요소생산성이 0.13% 증가함을 의미

○ 기초연구 직접 R&D스톡(stock)이 총요소생산성에 유의한 영향을 미치는 부분은 금속산업(basic_metals)과 화학산업, 음식산업으로 나타났음

- 화학산업의 경우 기초 R&D스톡이 1% 증가할 때 총요소생산성이 1.14% 증가함을 의미

○ 기초연구 투자가 타 산업으로 파급되어 축적된 간접 스톡의 효과가 큰 부분은 기계산업(기계장비, 기구및운수장비, 조립금속제품)과 화학산업 부문으로 나타났음

<표 3> R&D 투자(flow) 및 스톡(stock)이 산업단위 총요소생산성에 미친 파급효과

	음식 산업	섬유 산업	목재 산업	화학 산업	비금속 산업	금속 산업	기계 산업	기타 산업
응용R&D flow	·	·	·	·	0.08	·	0.18	·
기초R&D flow	·	·	·	·	·	·	0.13	·
기초R&D stock	17.82	·	·	1.14	·	0.23	·	
응용R&D stock	·	0.21	·	·	·	·	·	
간접 기초 R&D stock				1.26	·	·	1.37	1.42
간접 응용 R&D stock				·	2.92	1.29	·	·

□ 산업별 파급효과 분석의 의의

- 분석 결과 전체적으로 보아 기계장비, 기구 및 운수장비, 조립금속제품 등 주요한 업종이 포함된 산업 분야에서 기초연구의 파급효과가 잘 나타나고 있음을 알 수 있음
- 본 연구에서는 산업별 파급효과를 별도로 추정하였는데, 산업별로 차별화된 연구개발 지원 정책을 수립할 때 근거 자료가 될 수 있음
 - 이원기, 김봉기(2003) 등 다른 선행연구에서 전체 산업에 동일한 기초연구의 파급효과를 추정한 것과 대비됨

3) 개별 기초연구 사업의 파급효과 분석: 차세대 양성자 가속기 사례 연구

□ 개별 기초연구사업 파급효과 분석의 사례연구 대상은 방법론 측면에서 새롭고 실험적인 접근법을 사용한다는데 의의를 두고 선정하였음

□ 기초연구의 비시장가치: 국민의 후생증가에 미친 파급효과로 간주

- 개별 기초연구 사업의 경제적 파급효과를 비시장가치 측정에 초점을 두고 분석
- 이는 특정한 기초연구 사업이 상업화라는 시장 메커니즘을 통하지 않고 국민의 후생증가에 직접 영향을 미칠 경우, 해당 사업의 비시장가치를 측정함으로써 그 파급효과를 측정하는 접근법

□ 사례연구 분석 결과

- 사례연구 대상은 대표적 기초연구 사업이라 할 수 있는 차세대 양성자 가속기 개발 및 이용 연구사업

- 최근 기초연구 투자와 관련해 가장 큰 이슈는 과학비즈니스벨트 및 그 내부에 건설될 중이온가속기라고 할 수 있는데, 본 사례연구는 중이온 가속기의 경제적 파급효과 분석이 필요할 경우 방법론 측면에서 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대
- 차세대 양성자가속기 사업의 경제적 편익은 조건부가치측정법(CVM)으로 측정
 - 경제적 편익은 2008년 불변가치 기준으로 향후 10년 동안 연간 1,677.6억 원에 달하는 것으로 나타났음
 - 한국개발연구원에서 2008년 10월 현재 공공투자사업의 평가 시 사용하고 있는 할인율인 5.5%를 이용하여 향후 10년간 발생하는 경제적 편익의 2008년 기준 현재가치를 구해보면, 1조 2,645.3억 원에 달함

〈표 4〉 양성자가속기 사업의 경제적 편익

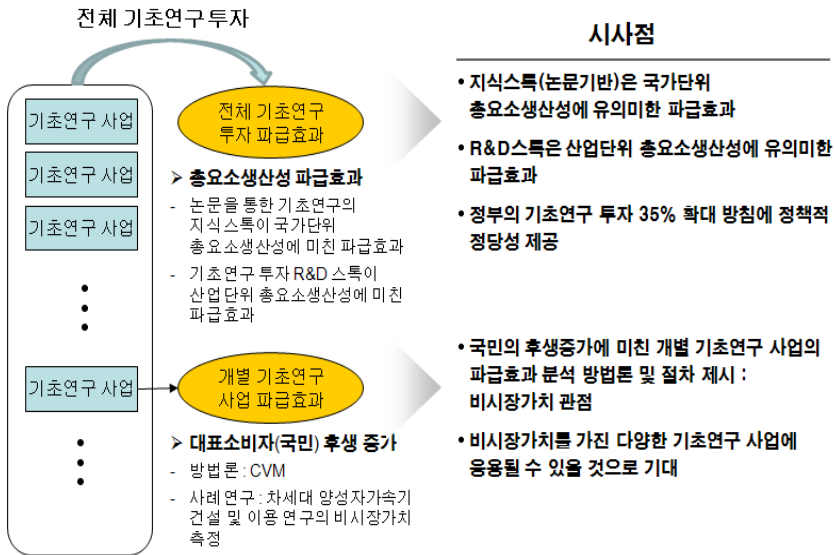
(단위 : 억 원)

연간 경제적 편익 (억 원, 2008년 불변가격)	할인율	평가기간	2008년 기준 현재가치 (억 원)
1,677.6	5.5%	10년간 (2008년~2017년)	12,645.3

6. 결론 및 정책적 시사점

- 기초연구 투자 확대의 정당성 제공
 - 지식스톡 관점에서 국가단위의 총요소생산성에 미치는 기초연구의 파급 효과와 R&D스톡 관점에서 산업단위의 총요소생산성에 미치는 파급 효과는 모두 통계적으로 유의미하게 양의 효과를 나타내고 있음

- 특히 지식스톡의 경우 1% 증가가 총요소생산성을 최대 1.3% 증가시키는 것으로 분석
- 이는 정부의 기초연구 투자 확대 정책이 충분한 정당성을 가지고 있다는 점을 잘 보여줌
- 한발 더 나아가, 거시적 관점에서 기초연구 투자의 수익률을 측정하고 최적 기초연구 투자 수준, 즉 전체 연구개발투자 가운데 기초연구의 최적 비중을 구하는 문제도 대단히 중요한데, 이는 향후 연구 과제로 남겨둠
- 기초연구의 경제적 성과 및 파급효과분석을 위한 정책연구가 지속적으로 확대될 필요가 있음



[그림 8] 연구의 시사점

□ 개별 기초연구 사업의 비시장가치 측정 방법론 및 절차 제공

- 개별 기초연구 투자의 파급효과와 관련해 본 연구는 국민이 직접적으로 느끼는 후생증가에 초점을 맞추어 사례연구를 수행하였음
- 조건부가치측정법(CVM)을 사용해 기초연구의 중요한 특징 가운데 하나인 비시장가치를 측정함으로써 국민이 직접적으로 느끼는 편익(후생증가)을 구하였는데, 이러한 방법론은 향후 널리 응용될 것으로 기대됨
- 실험적 연구이긴 하지만 기초연구의 비시장가치 측정을 위한 방법론과 절차를 구체적 사례를 통해 제시하였다는 점도 본 연구의 주된 기여 가운데 하나임

■ ■ 목 차

요약	1
제1장 서론	31
제1절 연구의 필요성 및 목적	31
제2절 연구의 이론적, 실증적 배경	35
제3절 연구의 틀 및 방법론	47
제2장 기초연구 투자와 성과 현황	50
제1절 기초연구개발비 추이	50
제2절 정부의 기초연구개발투자 성과	71
제3장 기초연구 지식스톡의 경제적 파급효과 :	
국가단위 중요소생산성	83
제1절 분석방법론	83
제2절 분석데이터	89
제3절 분석결과	97
제4절 요약 및 소결	103
제4장 기초연구 R&D스톡의 경제적 파급효과 :	
산업단위 중요소생산성	105
제1절 선행연구 검토	105

제2절 기초연구 R&D 투자(flow)와 총요소생산성	106
제3절 직접 및 간접 R&D 스투의 총요소생산성 탄력성 측정	112
제4절 요약	116

제5장 개별 기초연구 사업의 파급효과 :

차세대 양성자 가속기의 비시장가치 측정118

제1절 개요	118
제2절 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method)	126
제3절 실증분석 절차	132
제4절 추정모형	140
제5절 실증분석 결과	149

제6장 결 론 161

참고문헌 167

[부록 1] 기초연구과제의 특허성과 분석 174

제1절 특허성과 분석방법론 및 그 분석방향에 대한 논의	174
제2절 기초연구의 특허 성과 및 경제적 성과 분석	185
제3절 소결	197

[부록 2] 기초연구 특허의 가치 : 생존분석 199

제1절 개 요	199
제2절 분석모형	199
제3절 자료 및 기초통계량	201
제4절 분석결과	203

제5절 소결론	210
[부록 3] 기초연구의 비시장가치 측정 방법론	211
제1절 비시장가치: 조건부 가치측정법	211
제2절 컨조인트 분석법	224
[부록 4] 정부의 기초연구투자 현황	241
[부록 5] OECD 주요국 데이터	245
[부록 6] 기초연구 R&D스톡의 경제적 파급효과 추정결과 ·	254
[부록 7] 설문지 : 양성자가속기에 대한 서울시민 여론조사 ·	271
SUMMARY	281
CONTENTS	283

■ ■ 표목차

〈표 1-1〉 농업 분야 정부 R&D 수익률 추정	42
〈표 2-1〉 2006년 연구과제 성과	71
〈표 2-2〉 2007년 정부의 연구과제 성과	77
〈표 3-1〉 학술논문 기초통계	90
〈표 3-2〉 지식스톡 기초통계	94
〈표 3-3〉 pooled estimation의 추정결과(시차=0)	98
〈표 3-4〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=0)	98
〈표 3-5〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=0)	99
〈표 3-6〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=3)	99
〈표 3-7〉 fixed model의 추정결과 (시차=3)	100
〈표 3-8〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=3)	100
〈표 3-9〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=5)	101
〈표 3-10〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=5)	101
〈표 3-11〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=5)	101
〈표 3-12〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=10)	102
〈표 3-13〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=10)	102
〈표 3-14〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=10)	102
〈표 4-1〉 1997년 이전과 1998년 이후 산업분류 비교	107
〈표 4-2〉 SUR: 기초 R&D 와 응용 R&D(flow)	109
〈표 4-3〉 산업별 파급효과: 기초 R&D 와 응용 R&D	110
〈표 4-4〉 SUR: 정부 R&D 와 민간 R&D(flow)	110

〈표 4-5〉	과급효과: 정부 R&D 와 민간 R&D	111
〈표 4-6〉	2SLS: 응용 R&D 와 기초 R&D	112
〈표 4-7〉	2SLS: 정부 R&D와 민간 R&D	112
〈표 4-8〉	R&D stock 유도 방법	113
〈표 4-9〉	SUR: 정부 R&D 와 민간 R&D(stock)	115
〈표 4-10〉	SUR: 기초 R&D 와 응용 R&D(stock)	115
〈표 4-11〉	SUR: 간접 기초 및 응용 R&D(stock)	116
〈표 4-12〉	R&D 투자(flow) 및 스톡(stock)의 총요소생산성 과급효과 분석 요약	116
〈표 5-1〉	비시장재화의 가치추정 방법론	123
〈표 5-2〉	문화시설의 가치추정 연구』에 제시된 방법론적 지침	124
〈표 5-3〉	공공사업에 대한 편익을 추정한 몇 가지 사례에서 사용된 방법론	126
〈표 5-4〉	CVM의 지불의사 유도방법	129
〈표 5-5〉	시나리오 설계 기준과 CVM결과	131
〈표 5-6〉	설문지에서 재화를 묘사하고 지불수단을 제시하는 부분 ..	135
〈표 5-7〉	WTP 질문의 중요한 부분	147
〈표 5-8〉	배경질문에 대한 분석 결과	150
〈표 5-9〉	WTP 응답의 분포	151
〈표 5-10〉	단일경계 스파이크 모형의 추정결과	153
〈표 5-11〉	단일경계 스파이크 모형에 근거한 평균값 WTP의 추정결과	154
〈표 5-12〉	이중경계 스파이크 모형의 추정결과	155
〈표 5-13〉	표본의 정보를 모집단으로 확장하는 과정	158
〈표 5-14〉	2005년 전국 광역지방자치단체의 세대수 및 가계부문	

민간소비지출	159
〈표 5-15〉 양성자가속기 사업의 경제적 편익 (단위 : 억 원)	160
〈표 6-1〉 2006, 2007년 기초연구 투자 성과 현황	162
〈표 6-2〉 지식스톡이 국가단위 총요소생산성에 미친 파급효과 (총요소생산성 탄력성)	162
〈표 6-3〉 R&D 투자(flow) 및 스톡이 산업단위 총요소생산성에 미친 파급효과	164
〈표 6-1〉 양성자가속기 사업의 경제적 편익 (단위 : 억 원)	165
〈표 부록1-1〉 국내외 특허관련지표 이용현황	175
〈표 부록1-2〉 특허성과 분석에 사용된 데이터 필드 (NTIS, 특허정보원)	182
〈표 부록1-3〉 과제건수 대비 기초·응용/개발연구의 성과	187
〈표 부록1-4〉 과제건수 대비 기초·응용/개발연구의 성과	187
〈표 부록1-5〉 과제건수 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 민간 vs 공공	189
〈표 부록1-6〉 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 민간 vs 공공	190
〈표 부록1-7〉 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 특허 1건당 청구항수 비교	190
〈표 부록1-8〉 기초·응용/개발연구의 성과: 특허 1건당 발명자수, 발명자수 대비 기술료	191
〈표 부록1-9〉 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교	192
〈표 부록1-10〉 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교	193
〈표 부록1-11〉 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교: 공공 vs 민간	194

〈표 부록1-12〉 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교 : 공공 vs 민간	195
〈표 부록1-13〉 기초·응용/개발연구의 성과 비교: 특허 1건당 청구항 수 기준	196
〈표 부록1-14〉 기초·응용/개발연구의 성과 비교 : 특허 1건당 발명자수, 발명자수 대비 기술료 기준	197
〈표 부록2-1〉 기술통계량(전체)	202
〈표 부록2-2〉 외감기업 특허의 기술통계량	203
〈표 부록2-3〉 중간값 추정(전체)	204
〈표 부록2-4〉 중간값 추정(대학)	206
〈표 부록2-5〉 기술 분야별 관측치수(외감기업)	207
〈표 부록2-6〉 Cox의 비례위험모형 회귀분석 결과	209
〈표 부록2-7〉 출원인별 Cox 회귀분석결과	209
〈표 부록2-8〉 외감기업의 Cox 회귀분석결과	210
〈표 부록3-1〉 CVM의 질문 설계방법	214
〈표 부록3-2〉 각 지불의사액 측정수단의 장·단점	215
〈표 부록3-3〉 시나리오 설계 기준과 CVM결과	215
〈표 부록3-4〉 조사방법에 대한 평가 비교	217
〈표 부록3-5〉 편익 추정방법론에 대한 평가	220
〈표 부록3-6〉 CVM의 장단점	221
〈표 부록3-7〉 조건부 선택법 선택대안의 예시	229
〈표 부록3-8〉 조건부 순위결정법 및 조건부 등급결정법 선택대안의 예시	230
〈표 부록 4-1〉 과학기술분류별 연구개발비 금액 및 비중	241
〈표 부록 4-2〉 6T분류별 연구개발비 금액 및 비중	242

〈표 부록 4-3〉 수행주체별 연구개발비 금액 및 비중	242
〈표 부록 4-4〉 지역별 연구개발비 금액 및 비중	243
〈표 부록 4-5〉 기술수명주기별 연구개발비 금액 및 비중	243
〈표 부록 4-6〉 참여기관별 연구개발비 금액 및 비중	244

■ ■ 그림목차

[그림 1-1] 기초연구의 특징	32
[그림 1-2] 기초연구 투자를 둘러싼 질문과 본 연구의 접근 방법	33
[그림 1-3] 기초연구 투자의 파급효과에 대한 미시적 관점과 거시적 관점	34
[그림 1-4] 혁신 시스템에서의 R&D	40
[그림 1-5] 본 연구의 틀	48
[그림 1-6] 본 연구의 방법론	49
[그림 2-1] 연도별 기업체 기초연구개발비 금액 및 비중	50
[그림 2-2] 연도별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비	51
[그림 2-3] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중 : 매출액 10억 원 미만 기업체 대상	52
[그림 2-4] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중 : 매출액 10억 원 이상 100억 원 미만 기업체 대상	52
[그림 2-5] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중: 매출액 100억 원 이상 1,000억 원 미만 기업체 대상	53
[그림 2-6] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중: 매출액 1,000억 원 이상 기업체 대상	53
[그림 2-7] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (1)	54
[그림 2-8] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (1)	55
[그림 2-9] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (2)	56
[그림 2-10] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (2)	57
[그림 2-11] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (3)	57

[그림 2-12] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중(3) ...	58
[그림 2-13] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (4) ...	59
[그림 2-14] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (4) ...	59
[그림 2-15] 정부 연구개발비 추이	60
[그림 2-16] 부처별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	61
[그림 2-17] 사업목적별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	61
[그림 2-18] 연구수행주체별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	62
[그림 2-19] 지역별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	63
[그림 2-20] 기술수명주기별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	63
[그림 2-21] 6T분류별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	64
[그림 2-22] 경제사회목적별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중	65
[그림 2-23] 과학기술표준분류별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중 ...	66
[그림 2-24] 과학기술분류별 연구개발비 비중	67
[그림 2-25] 6T분류별 연구개발비 비중	67
[그림 2-26] 수행주체별 연구개발비 비중	68
[그림 2-27] 지역별 연구개발비 비중	69
[그림 2-28] 기술수명주기별 연구개발비 비중	69
[그림 2-29] 참여기관별 연구개발비 비중	70
[그림 2-30] 2006년 연구과제 성과 : 비SCI 논문	72
[그림 2-31] 2006년 연구과제 성과 : SCI 논문	73
[그림 2-32] 2006년 연구과제 성과 : 특허 출원	73
[그림 2-33] 2006년 연구과제 성과 : 특허 등록	74
[그림 2-34] 연구과제 성과 : 2006년 기술료(당해연도 징수액)	75
[그림 2-35] 2006년 연구과제 성과 : 사업화(고용창출 인원수)	75

[그림 2-36] 2006년 연구과제 성과 : 인력양성(석·박사 배출)	76
[그림 2-37] 2007년 연구과제 성과 : 비SCI 논문	78
[그림 2-38] 2007년 연구과제 성과 : SCI 논문	78
[그림 2-39] 2007년 연구과제 성과 : 특허 출원	79
[그림 2-40] 2007년 연구과제 성과 : 특허 등록	80
[그림 2-41] 2007년 연구과제 성과 : 기술료(당해연도 징수액)	80
[그림 2-42] 2007년 연구과제 성과 : 사업화(고용창출 인원수)	81
[그림 2-43] 2007년 연구과제 성과 : 인력양성(석·박사 배출)	82
[그림 3-1] 지식스톡 추정 및 파급효과 측정 모형	87
[그림 3-2] 연평균증가율과 국가별 합계	91
[그림 3-3] 학술논문 수 추이	92
[그림 3-4] 주요국 논문건수 추이	93
[그림 3-5] 대상국 전체의 지식스톡 추이	95
[그림 3-6] 주요국 지식스톡 추이	96
[그림 3-7] 주요국 총요소생산성 추이	97
[그림 5-1] 적용가능한 연구방법론	123
[그림 5-2] 본 연구에서 채택한 편익 추정 방법론	125
[그림 5-3] 조건부 가치측정법의 5단계	129
[그림 5-4] 본 연구에서의 CVM 실증연구 절차	132
[그림 5-5] 설문지 작성절차	137
[그림 6-1] 연구의 시사점	166
[그림 부록2-1] 기초기술과 응용기술의 생존곡선	204
[그림 부록2-2] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(기업)	204
[그림 부록2-3] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(연구원)	205

[그림 부록2-4] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(대학)	206
[그림 부록2-5] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(개인)	207
[그림 부록2-6] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(외감기업)	208
[그림 부록3-1] 조건부 가치측정법의 5단계	213
[그림 부록3-2] 컨조인트 분석법의 적용절차	227

| 제1장 | 서론

제1절 연구의 필요성 및 목적

기초연구 투자가 크게 늘고 있다. 정부는 2009년 기초연구 투자를 35%까지 확대하겠다는 계획을 발표하기도 했다. 기초연구 투자 확대는 선진국으로 도약하기 위한 주요 국가 전략으로까지 여겨지고 있다. 이제는 자동차, 전자 등 주요 산업에서 모방을 통한 캐치업 전략이 더 이상 통용되지 않는 상황이다. 따라서 기초연구를 통해 원천기술을 확보함으로써 세계 수준의 경쟁력을 유지/강화할 필요가 있는 것이다. 이렇게 투자가 느는 만큼 기초연구의 경제적 성과 및 파급효과 분석에 대한 수요도 급증하고 있다. 사후적 관점에서 어느 정도 성과가 났는지 평가하여 투자 전략을 수정보완하기 위해 시사점을 도출하는 것과, 사전적 관점에서 성과 및 파급효과를 추정하고 이를 의사결정의 기초 자료로 활용하는 것 모두에서 수요가 증가하고 있는 것이다.

‘기초연구’라 함은 기초/응용/개발의 단계별 구분에서 기초 단계에 해당하는 연구를 의미한다. OECD Frascati Manual에 의하면, ‘특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 않고 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위해 최초로 행해지는 이론적 또는 실험적 연구’를 뜻한다. 기초연구에 대한 OECD 정의는 기초과학과 다소 비슷한 점이 있다. ‘기초과학’은 표준과학기술분류체계상의 분류 가운데 하나로 수학, 물리학 등의 기초 과학을 의미한다. 기초연구는, 현실적으로는, 기초-응용-개발-상용화의 가치사슬 흐름에서 초기 단계의 연구로서 실용화(상용화) 시기가 불확실하고 응용 범위가 넓은 기술에 대한 연구 정도로 받아들여지고 있다.

[그림 1-22] 기초연구의 특징

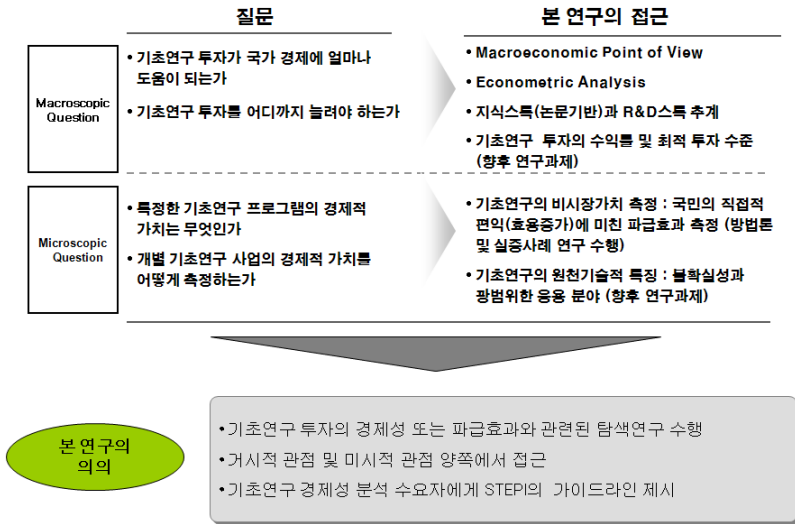


기초연구는 몇 가지 특징을 갖고 있다. 우선 기초-응용-개발-상용화의 가치사슬에서 초기 단계에 해당하기 때문에 사업화까지의 시간 격차가 크고 기술개발 성공가능성을 둘러싼 기술적 불확실성도 크다. 주로 원천기술적 성격을 갖기 때문에 응용 범위가 넓다. 시장 자체가 형성되지 않았거나 초기 성장 단계인 경우가 많고, 그에 따라 시장 불확실성이 크다. 성공할지 여부가 불투명하지만 일단 성공하면 큰 경제적 성과와 파급효과를 기대할 수 있다. 한편, 시장과 관련이 없는 기초연구도 많다. 순수 기초과학이나 공공 부문에서 사업화가 이루어지는 경우가 그렇다. 예컨대 초신성 연구나 물질 표준 등에 관한 연구는 시장에서 거래되는 대상이 아니므로 가격이 존재하지 않는다. 가격이 존재하지 않는다고 해서 가치까지 없는 것은 아니다. 만약 그렇다면 아예 국민이 세금을 사용해 연구비를 지원하는데 동의하지도 않을 것이다. 이러한 기초연구의 경우는 모종의 비시장가치를 갖고 있다고 해야 할 것이다.

기초연구 투자를 둘러싼 질문은 미시적 관점과 거시적 관점으로 나누어 생각해볼 수 있다. 거시적 관점의 질문은 두 가지다. 첫째, 기초연구 투자가 국가 경제에 어떠한 영향, 즉 어떤 파급효과를 주는가? 둘째, 기초연구 투자의 수익률과 최적 투자 수준은 어느 정도인가? 미시적 관점의 질문은, 특정

기초연구 사업의 경제적 가치 또는 파급효과를 어떻게 측정할 것인가?

[그림 1-23] 기초연구 투자를 둘러싼 질문과 본 연구의 접근 방법



앞에서 언급한 기초연구의 특징들은 이러한 질문들, 즉 기초연구의 경제적 성과와 파급효과 분석을 대단히 어렵게 만든다. 미시적 관점의 질문과 관련해, 시장(따라서 가격)이 존재하지 않는 경우에는 현금흐름(cash flow)에 기반을 둔 현금흐름할인법(DCF, Discounted Cash Flow)이나, 가격 또는 가치의 변동성을 고려한 실물옵션(real option) 등과 같은 일반적 방법으로는 접근하기 어렵다. 시장이 존재하는 경우라 하더라도 불확실성이 대단히 크기 때문에 경제성 및 파급효과 분석의 신뢰성을 확보하기가 쉽지 않다. 거시적 관점의 질문과 관련해서는 국가 또는 산업 단위의 데이터가 충분히 신뢰할 수 있을 만큼 축적되어 있지 않다. 이런 상황에서는 자칫 잘못된 결과가 도출되기 쉽다.

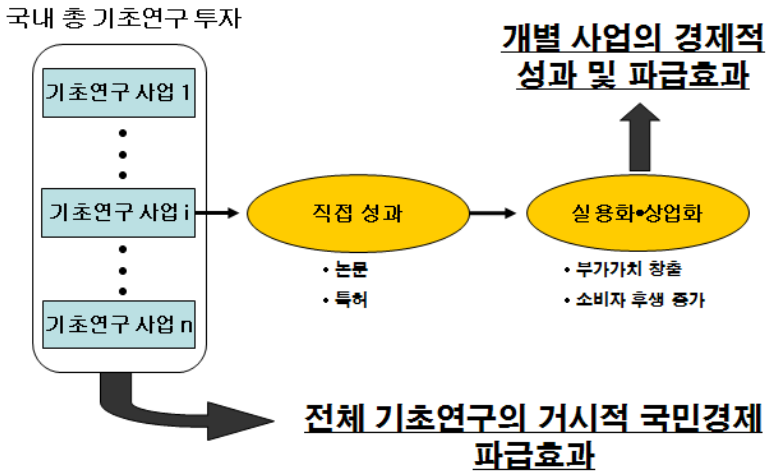
또, 기초연구에 대해 경제성 또는 경제적 파급효과라는 잣대를 들이대는 것은 바람직하지 않다는 비판도 많다. 자칫 손에 잡히는 수치에 연연하다가 정량적 접근으로 잡히지 않는 기초연구의 본질적 가치를 놓치고 잘못된 의

사결정을 유도할 수 있기 때문이라는 것이다. 나름대로 충분히 일리가 있다.

이런 모든 어려운 점에도 불구하고 기초연구 투자의 경제성 및 파급효과 분석에 대한 수요가 증가하는 것은 그만큼 기초연구의 중요성이 부각되고 있고 그에 따라 투자가 크게 늘고 있기 때문이다.

본 연구의 기본적 목적은 기초연구의 경제성 및 파급효과에 대한 정책 수요에 대응하는 것이다. 그와 관련된 분석 방법론, 절차 등에 대한 연구 기반을 확보하는 것도 연구의 주요 목적 가운데 하나이다. 다만, 기초연구 투자와 관련된 질문에 제대로 답하기 위한 충분한 기반이 아직 갖춰져 있지 않은 상황이므로 어디까지나 탐색 연구에 가깝다는 점에 유의해야 할 것이다.

[그림 1-24] 기초연구 투자의 파급효과에 대한 미시적 관점과 거시적 관점



앞에서 언급한 거시적 관점의 첫 번째 질문과 관련해 본 연구에서는 계량 경제학적 접근법을 사용해 과연 기초연구 투자가 경제성장이나 총요소생산성 등에 어느 정도 긍정적 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 2장에서 본격적으로 다루어지겠지만, 기초연구의 성과는 주로 논문, 특히 SCI 논문으로 대표된다. 따라서 SCI 논문을 바탕으로 지식스톡을 추계하고 지식스톡이 국가의 총요소생산성에 미치는 영향, 즉 파급효과를 살펴보려는 것이다. 특

허를 바탕으로 지식스톡을 추계하는 접근법은 많이 사용되지만 논문을 바탕으로 한 접근법은 흔하지 않다.

거시적 관점의 두 번째 질문, 즉 기초연구의 수익률 및 최적 투자 수준과 관련해서는 본 연구에서 다루지 않고 향후 연구과제로 남겨둔다.

미시적 관점의 질문은 세부적으로 보면 기초연구의 원천기술적 성격과 비시장가치 측정의 문제로 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 비시장가치 측정에 초점을 맞추었다.

기초연구의 원천기술적 성격과 관련해서는 불확실성이 크다는 점, 응용범위가 광범위하다는 점 때문에 세세한 데이터와 광범위한 시장 자료 조사 및 설문 조사가 필요하다. 그러나 기본적으로 경제성 및 파급효과 분석과 관련한 방법론은 응용/개발 연구의 경우와 다를 것이 없다. DCF나 실물옵션 등의 방법론을 사용하되 넓은 응용범위를 고려해 광범위한 자료 조사가 필요하고 그에 따라 연구기간이 많이 소요된다는 점이 다를 뿐이다. 따라서 어떤 특정한 기초연구 사업(예컨대 신성장동력 과제 가운데 기초연구 성격의 사업)의 경제성 및 파급효과 분석이 필요할 경우 별도의 연구를 수행하면 된다. 탐색적 성격의 본 연구는 방법론과 실증 사례 양쪽 모두에서 새로운 접근법이 필요한 비시장가치 측정, 즉 국민의 직접적 편익(효용)에 미치는 파급효과 측정에 초점을 맞춘 것이다.

제2절 연구의 이론적, 실증적 배경

1. 대학의 기초연구 관련 선행 연구

대학의 기초연구 결과가 사회에 전파되어 기업의 기술 혁신으로까지 이어지는 효과는 장기간에 걸쳐 서서히 발생한다. 이러한 대학 기초연구의 속성으로 말미암아 대학의 기초연구와 기업의 기술 혁신 간의 관계를 측정하는데에는 어려움이 따른다. Mansfield(1991)는 대학 기초연구의 경제적

편익을 측정하기 위해 사회적 수익률을 측정하는 방법을 택했다. 그는 7가지 제조업(정보처리, 전자기기, 화학, 기계, 제약, 금속, 정유) 분야에 속한 76개 미국 기업의 연구개발 담당자를 대상으로 설문조사를 실시하여 대학의 기초연구와 기업의 기술 혁신 간의 관계를 규명하였다. 그는 기업의 기술혁신이 대학의 기초연구에 얼마나 의존하는지, 대학의 기초연구가 상업화되기까지 얼마의 시간이 걸리는지에 대한 조사를 실시하였다. 그 결과, 대학의 연구가 없었다면 상업화에 실패할 비율이 신제품(new product)의 경우 11%, 신공정(new process)의 경우 9%를 차지하였다. 또한, 대학의 기초연구로 인해 신제품 중에서 8%, 신공정 중에서 6% 가량이 더욱 개선될 수 있었던 것으로 나타났다. Mansfield(1991)는 대학 연구에 의해 상업화가 이루어진 신제품과 신공정의 가치를 측정하기 위해 기초연구 투자 시점으로부터 8년이 지났을 때 상업화로 이어진다고 가정했다. 이에 신제품 사용자로부터 추정된 편익을 포함하여 분석한 결과 대학 기초연구 투자의 사회적 수익률은 28%에 이르는 것으로 조사되었다.

Grossman et al.(2001)은 대학 연구가 산업계에 미치는 파급 효과를 분석하기 위하여 총 5대 산업(항공 우주산업, 네트워크 통신 산업, 의료 기기 산업, 금융업, 운송업)의 해당 분야 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 그는 대학 연구의 성과를 다음과 같이 7가지로 분류했다. ① 숙련된 대학원생의 증가(research-trained graduates), ② 기초연구 성과(basic, long-term research contributions), ③ 응용연구 성과(applied research contributions), ④ 핵심적인 아이디어 창출(key ideas and incremental advances), ⑤ 다양한 분야로의 기술 전파(cross-sector technology flows and indirect research contributions), ⑥ 다학제적인 성과(social science and multidisciplinary contributions), ⑦ 기술 라이선싱, 논문, 학회 등을 통한 성과의 전파(multiple, mutually reinforcing pathways of contribution) 등이 그것이다. 분석 결과에 의하면, 해당 산업계 전문가들 모두 대학 연구가 각 산업의 발전에 많은 기여를 하고 있다는 생각을 갖고 있었다. 특히 응답자들은, 대학 기초연구 분야에 대한 산업계의 관심과 참여가 빠르게 증가하고 있음에도 불구하고 실질적으로 투자가 부족한 상황이므로 정부 차원

의 투자가 더욱 요구된다고 밝혔다. 또한, 새로운 의료 기기를 개발하기 위해서는 전자 공학, 기계 공학, 물리학 관련 연구가 함께 진행되어야 하고 마찬가지로 다양한 전공의 연구자들이 함께 참여하는 연구 포트폴리오(research portfolio) 구성이 바람직하다는 의견도 내놓았다.

Jaffe(1989)는 대학 연구가 상업적 혁신으로 이어지는 체계를 설명하기 위해서 지리적 과급효과(geographically mediated spill-overs)에 대한 분석을 실시하였다. 지리적 과급효과의 대표적인 사례인 캘리포니아 산호세 지역의 실리콘밸리(Silicon Valley)와 보스톤 인근의 Route 128 지역은 각각 스탠포드대학교, 매사추세츠공과대학교(MIT)와의 근접성으로 인하여 혁신 센터로서의 지위가 높다. 즉, 두 지역은 우수한 대학원생, 아이디어를 제공하는 교수, 높은 수준의 도서관 등 대학이 보유한 역량으로 인해 지역 기업에게 혁신을 촉진할 수 있는 좋은 여건을 조성한다. Jaffe(1989)는 지식 생산함수(knowledge production function)를 이용하여 미국의 다양한 지역에 분포되어 있는 기업들의 특허 등록 추이와 기업 R&D, 대학 R&D와의 관련성을 분석하였다. 그가 사용한 지식 생산함수는 식 (1-1)과 같다.

$$\log(P_{ik}) = \beta_{1k} \log(I_{ik}) + \beta_{2k} \log(U_{ik}) + \beta_{3k} [\log(U_{ik}) \times \log(C_{ik})] + e_{ik} \quad (1-1)$$

P : 특허 획득한 발명의 개수

I : 기업의 R&D 지출액

U : 대학에서 수행한 연구 지출액

C : 기업과 대학 간의 지리적 근접성 척도

i : 미국의 주

k : 산업 분야

그는 대학 연구에서 과급되는 기업의 혁신 산출 지표로서 특허를 사용하였고, 대학과 기업의 지리적 근접성이 어떤 효과를 발휘하는지도 분석하였다. Jaffe(1989)의 분석은, 대학의 기초연구에서 상업적 활용으로 연결되는

파급효과가 반드시 존재한다는 것을 보여준다.

Acs et al.(1991)은 혁신 지표로써 특허 대신 혁신 건수를 사용하여 생산 함수를 추정하였다. 특허화는 되었지만 시장에서 구현 불가능한 발명은 혁신 건수에서 제외되는 경우가 있고 또한 특허를 획득하지 않은 발명이 혁신 건수에 포함되는 경우가 있기 때문에 특허 건수와 혁신 건수 중 어느 것을 반영하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있다. 이로 인한 분석 결과는 Jaffe (1989)와 대체적으로 유사하긴 하지만, 대학 연구의 파급효과와 지리적 근접성의 효과는 특허보다는 혁신 건수 지표를 이용했을 때 더욱 크게 나타난다는 측면에서 차이가 난다. Acs et al.(1991)에 의하면, 전자 산업에서는 특허 건수의 증가에 대해서 기업의 R&D 투자가 양의 효과를 나타내지만, 혁신 활동에 대해서는 통계적으로 유의한 효과가 없다. 하지만 이와 다르게 기계 산업에서는 기업의 R&D 투자 규모가 커질수록 특허 수와 혁신 건수가 증가하는 것으로 추정되었다. 이는 전자 산업과 기계 산업은 Winter (1984)가 언급한 기술 체제(technological regime) 측면에서 차이가 있다는 것을 의미한다.

Katz(1994)는 문헌 지표(bibliometric indicators)를 활용하여 대학 간의 협력 연구가 지리적 인접성과 관련성이 높다는 것을 보여 주었다. 그는 세 국가(캐나다, 호주, 영국)의 대학 간 협력 연구 분석을 통해서 지리적인 거리가 가까운 대학일수록 많은 협력 연구를 수행한다는 것을 확인했다. 또한 서로간의 대면(face to face)을 통한 교류가 협력 연구의 중요한 요소이며, 지리적 거리가 멀수록 서로 교류하기 위한 추가적인 비용과 시간이 요구되므로 협력 연구를 진행하기 어렵다고 지적했다.

R&D 파급 효과에 관한 여러 문헌에서 지리적 연관성이 많이 고려된 이유는 R&D가 기업의 연구자와 대학교, 연구 기관 사이의 활발한 교류에 의해서 진행되기 때문이다(Martin and Salter, 1996). 이와 같이 새로운 지식을 개발하거나 기존의 지식을 전달하기 위해서는 연구자와 연구 결과를 원하는 수요자 사이에 친밀한 공감대가 형성되어야 한다. 또한 덧붙여서, 정보를 효율적으로 공유하고 전달하기 위해서는 기업과 개인들이 일정한 지역에서 함께 교류하는 것이 필수적이다. 결론적으로 연구자 집단의 교류는 기

초연구를 기술 발전으로 유도하는 데 있어서 대단히 중요한 요소이다.

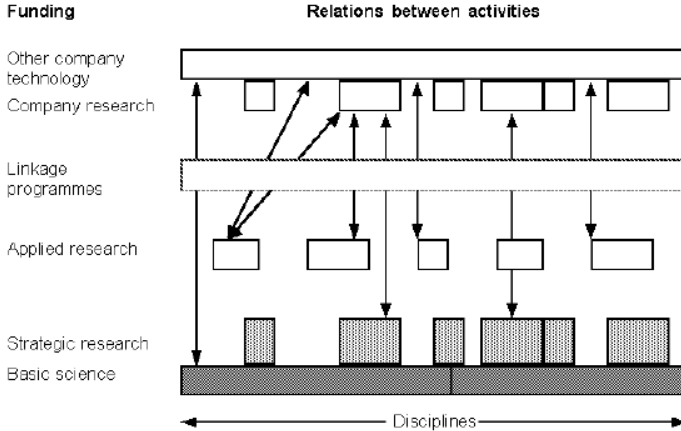
2. 정부지원 기초연구 관련 선행 연구

정부가 지원하는 기초연구 투자의 규모를 고려한다면 정부 지원 기초연구와 경제적 편익간의 관계를 규명하는 것은 상당히 중요하다고 여겨진다. 기초연구는 공공재(public goods)적인 측면이 있으므로 기초연구의 과정 및 결과로부터 도출된 정보들은 많은 기업들이 신제품 및 신공정을 개발하는데 활용될 수 있다. 또한, 일반적으로 과학적 지식이 개인 및 조직에 체화되는(embodied) 경향이 있기 때문에 기초연구를 수행하면 전문가 양성이나 네트워크 형성 등의 효과를 얻을 수 있다. 이런 기초연구의 특징들이 곧 정부의 기초연구 지원에 대한 근거라고 할 수 있다.

Pavitt(1995)에 따르면, 기초연구로 인해 생산되는 경제적 가치가 있는 결과들은, 물론 체계화된 정보로 가공하기 위해서는 적절한 투자가 필요하지만, 이전하거나 사용하는데 있어 비용을 필요로 하지 않으므로 공공재적인 속성을 지닌다고 볼 수 있다. 그러므로 기초연구의 결과는 모든 사람들이 이를 공유할 수 있을 때 비로소 경제적으로 효율적이라 할 수 있을 것이다. 이러한 기초연구의 속성은 기업이 수행한 기초연구 결과를 전유하기 어렵게 만들기 때문에 사회적으로 바람직한 수준보다 낮은 투자가 이루어진다. 이와 같은 시장 실패에 따른 자원 배분의 비효율성은 정부가 기초연구에 대한 투자를 늘림으로써 보완될 수 있다.

Arnold and Thuriaux(2001)에 따르면, 정부가 지원하는 기초연구는 [그림 1-4]와 같은 메커니즘(mechanism)에 의해 산업계 수요(industrial needs)를 충족시킬 수 있다. [그림 1-4]에서 어둡게 표시된 영역이 기초과학을 나타내는데 이에 대한 수요는 상당한 수준이며 넓은 범위에 걸쳐 형성되어 있다.

[그림 1-25] 혁신 시스템에서의 R&D



자료: Arnold and Thuriaux(2001)

정부가 지원하는 기초연구로부터 얻을 수 있는 경제적 편익을 추정하기 위해서는 크게 세 가지를 고려할 필요가 있다. 수익률(rates of return) 추정을 목적으로 하는 계량경제학적 연구(econometrics studies), 산업계 R&D 담당자를 대상으로 하는 설문조사(surveys), 기초연구가 혁신으로 이어지는 메커니즘을 규명하기 위한 사례 연구(case studies) 등이 그것이다.

(1) 계량경제학적 연구

Smith(1991)는 정부가 지원하는 기초연구 사업의 경제적 편익을 측정하기가 쉽지 않다는 점을 지적하고 있다. 즉, 정부의 기초연구가 비경제적인 동기로 수행되는 경우가 있고, 정부 연구개발이 공공재적인 성격을 가지고 있는데다가, 공공부문의 산출물을 측정하기 쉽지 않으며, 기초연구에서 혁신으로 이어지는 과정이 일반적으로 간접적이며 예측하기가 어렵기 때문에 기초연구에 대한 사회적 또는 사적 수익률을 계산할 때에는 많은 주의를 기울여야 한다는 것이다.

그 동안 기초연구 투자액과 산업의 생산성 증가와의 관계를 분석해 기초연구 투자의 수익률을 측정하는 연구가 많이 진행되어 왔다. Terlecky

j(1974), Mansfield(1980)는 노동(labor), 자본(capital), R&D 스톡을 생산 요소로 취급하는 Cobb-Douglas 생산함수(production function)를 기반으로 연구를 진행하였다.

$$Q_i = AL_i^\alpha K_i^\beta R_i^\gamma \quad (1-2)$$

α, β, γ : 변수의 산출탄력성

Q_i : i 산업의 부가가치액

L_i : i 산업의 노동

K_i : i 산업의 자본

R_i : i 산업의 누적연구개발투자액

식 (1-2)의 생산 함수 모형은 노동과 자본 그리고 R&D 스톡을 제외한 다른 요소의 영향을 고려하지 않은 점, 기술변화의 과정을 고려할 수 없다는 점, 생산요소의 동질성(homogeneous inputs)과 분리성(separability) 등에 대한 가정, R&D 스톡 추계에 있어서의 가정 등에 문제가 있을 수 있다. 이러한 문제의 이유 중 하나는, R&D 스톡을 측정하기 위해서는 시간에 따른 감가상각률(the speed of depreciation)을 적용해야 하는데 R&D의 경우 비경합성(non-rivalry) 및 비배제성(non-excludability) 속성으로 인해 계산하기 어려운 측면이 있다는 데에 있다. 또한, R&D가 기술 발전에 대해서 단지 20% 가량 기여한다는 Denison(1985)의 주장을 따른다면 R&D 스톡을 기술 변화에 영향을 미치는 유일한 요인으로 가정한 식 (1-2)의 모형은 설명력에 한계가 있다.

Grilliches(1986)는 기초연구에 대한 정부 R&D와 기업 R&D의 성과를 비교하는 연구를 실시하여 기업 R&D에 비해서 정부 R&D의 수익률이 낮다는 결과를 도출해 냈다. 하지만 기초연구는 효과가 장기간에 걸쳐 나타나기 때문에 짧은 기간의 데이터 분석은 한계가 있으며, 기업 R&D 효과는 제품 개발 정도를 통해 쉽게 측정될 수 있지만 정부 R&D의 효과는 측정하기 어

려운 측면이 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 또한, 미국의 정부 R&D는 상당 부분 경제적 수익률이 낮고 정치적 목적이 뚜렷한 군사 분야에 투자되고 있기 때문에 Grilliches(1986)의 연구 결과를 해석할 때는 이러한 측면들을 고려해야 한다.

기초연구의 수익률 연구는 기초연구가 통계적으로 유의한 경제적 편익을 창출한다고 주장하고 있다. 아래 <표 1-1>는 농업 분야에 투자한 정부 R&D의 경제적 수익률을 조사한 Grilliches(1995)의 연구 내용을 보여주고 있는데 이를 보면 경제적 수익률이 모두 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 하지만 일반적으로 R&D 활동은 실패 위험이 높기 때문에, <표 1-1>처럼 아무리 수익률이 높게 나타난다 하더라도 이는 R&D에 성공한 경우만을 분석 데이터로 활용했다는 한계점을 가지고 있다.

<표 1-1> 농업 분야 정부 R&D 수익률 추정

	대상	정부 R&D 수익률(%)	연구기간
Grilliches(1958)	교배종 옥수수	34-40	1949-59
	교배종 수수	20	1949-59
Peterson(1967)	가금류	21-25	1915-60
Schmitz-Seckler(1970)	토마토 수확기구	37-46	
Grilliches(1964)	전체 농업	35-40	
Evenson(1968)	전체 농업	28-47	1949-59
Knutson-Tweeten (1979)	전체 농업	37	1974
Huffman-Evenson(1993)	수확물	45-62	
	가축	11-83	
	전체 농업	43-67	

자료: Grilliches(1995)

(2) 설문조사 및 사례조사

Martin and Salter(1996)는 기초연구가 신제품 및 신공정 개발에 어떻게 기여하는가를 추정하기 위해서는 전문가를 대상으로 하는 설문조사 방법이

유용하다고 주장하였다. 설문조사를 이용하면 과학과 기술의 상호 연관 관계와 혁신 과정에서 기초연구의 역할을 파악할 수 있기 때문이라는 것이다. 설문조사 분석결과는 대체로 기초과학과 응용과학의 중요성이 각 산업별로 다르며 과학과 기술의 연관성을 파악하기가 쉽지 않다는 점을 알려준다. 이와 같은 설문조사 방법은 혁신 체계 내에서 다양한 조직 사이의 관계를 이해하는데 도움이 되지만, 설문대상이 주로 대기업의 R&D 담당자이기 때문에 기업이 수행하고 있는 연구와 기초연구 간의 연관성을 인식하지 못할 수 있다는 한계점을 가지고 있다(Martin and Salter, 1996).

또한 Martin and Salter(1996)는 특정 분야나 기술의 사례 연구를 통해서 기초연구의 경제적 편익을 조사할 수 있다고 언급했다. 일반적으로 사례 연구는 기초과학의 간접적 연관성을 비롯하여 혁신의 다양한 사례를 소개하고 분석하는 방식으로 진행된다. 하지만 사례조사 연구를 활용하더라도 기초연구에서 혁신으로 이어지는 구조와 원리를 완벽하게 설명할 수는 없으며, 몇 가지 사례로 기초연구의 경제적 편익을 일반화하기에는 무리가 있다.

설문조사 및 사례 조사는 기초연구 투자에 대한 국가별 비교 연구에도 적용될 수 있다. De Marchi and Rocchi(2000)는 설문조사와 사례조사를 활용하여 국가 경쟁력은 국가 시스템이 우수한 성능의 신기술을 개발할 수 있는 여건을 얼마나 조성할 수 있는가에 의해 좌우된다고 언급하면서, 기업과 정부에서 수행하는 기초연구의 결과에 의해서 기술 혁신이 촉진된다고 주장하였다. 또한 이탈리아의 산업별 R&D 투자에 대한 그들의 분석에 의하면 대부분의 기초연구는 규모가 큰 기업 위주로 이루어지고 있으며, 이탈리아와 OECD 5개 국가(프랑스, 독일, 일본, 영국, 미국)와의 GDP 대비 R&D 투자 비중을 비교했을 때 이탈리아가 가장 낮은 수치를 보이고 있다.

Arnold and Thuriaux(2001)은 아일랜드의 기초연구 프로젝트 지원 조직(Basic Research Grants Scheme) 관련자를 대상으로 설문조사를 실시하여 기초연구와 산업과의 관계에 대해 알아보았다. 분석 결과, 많은 문헌에서 언급되는 선진국의 기초과학과 산업 간의 연관성(links between basic science and industry)이 개발도상국인 아일랜드에서도 마찬가지로 나타나고 있었다. 이에 따라 그들은 기초연구에 적절한 토대와 자금이 뒷받침이 된다면

아일랜드의 기술기반 투자촉진 정책이 성공할 수 있을 것이라고 주장했다.

설문조사와 사례조사를 통하면 기초연구의 경제적 편익 중 수량화할 수 없는 항목들도 도출할 수 있다. Martin and Salter(1996)는 과학기술 정책 관련 문헌조사를 통해 기초연구로부터 얻을 수 있는 경제적 편익을 여섯 가지로 분류했는데 ① 유용한 정보 축적량의 증가(increasing the stock of useful information), ② 새로운 방법론의 개발(new instrumentation and methodologies), ③ 숙련된 대학원 인재의 배출(skilled graduates), ④ 전문 네트워크 형성(professional networks), ⑤ 기술적인 문제의 해결(technological problems solving), ⑥ 새로운 기업의 창출(creation of new firms) 등이 그것이다.

이러한 다양한 기초연구의 편익 중에서 어떤 편익이 가장 중요한지는 기초연구의 속성에 따라 다르다. 또 기초연구의 편익은 상호 연계되어 있으며 상호보완적이다. 따라서 기초연구의 다양한 편익을 기업이 어떻게 활용하는지에 대한 조사가 이루어진다면 기초연구의 경제적 편익에 대해 보다 현실적인 분석이 이루어질 수 있을 것이다(신태영, 1996).

① 유용한 정보 축적량의 증가

새롭고 유용한 정보가 증가하는 것은 기초연구의 가장 분명한 결과이다. Senker and Faulkner(1995)는 정부 지원 연구가 산업계에 기여하는 부분은 누적적인 효과가 큰, 보이지 않는 지식의 흐름이라고 강조했다. 또한 Nelson and Levin(1986)은 미국의 R&D 담당자 600명을 대상으로 한 설문조사 결과를 분석하여 기초연구가 기술 발전에 기여하는 부분은 체계화되지 않은 지식의 창출과 기술 이전에 있다는 것을 밝혀냈다.

② 새로운 방법론의 개발

기초연구를 통해 개발된 새로운 방법론은 자본재(capital goods)의 속성을 가지고 있기 때문에 산업계로 전파되어 생산 및 산업 연구에서 도구로 활용될 수 있다. De Solla Price(1984)는 방법론 그리고 과학적 훈련을 통해 습득된 노하우 등에 의해서 과학과 기술이 서로 연결될 수 있다고 주장한

다. 하지만 기초연구에 의해 고안된 새로운 방법론을 사용해서 과학적 사실을 활용 가능한 기술로 변환하기 위해서는 일반적으로 오랜 시간이 요구될 뿐만 아니라 소요되는 시간을 추정할 수도 없다는 문제가 있다(Rosenberg, 1992).

③ 숙련된 석·박사급 인재의 배출

숙련된 석·박사급 인재를 배출하는 것은 기초연구에서 산업으로 이어지는 중요한 단기 효과이다. 기초연구를 통한 기초과학 교육은, 각 산업의 R&D 종사자들이 계속적으로 연구를 수행할 수 있도록 대학원에서 훈련받은 연구자들을 끊임없이 배출한다는 점에서 중요하다. 가령 물리학 전공 대학원생과 박사 이상 연구원들이 산업계에서 중요한 기술을 개발하는 경우가 있다. 뿐만 아니라 Martin and Irvine(1983)이 지적했듯이 천문학 분야의 석사와 박사들이 본인의 전공과 다른 분야로 진출했을 때에도 뛰어난 능력을 발휘하는 경우가 있다.

④ 전문 네트워크 형성

기초연구로 인해 전문가들과 네트워크를 형성하게 되는데 이러한 효과는 기업 R&D 부서에 특히 중요하다. 또한 과학자들은 첨단 지식을 개발하는 연구자들로 구성된 네트워크를 형성하여 서로 협력하면서 신지식을 일찍 습득할 수 있다(de Solla Price, 1963). Hicks(1995)는 산업계의 R&D 부서가 기초과학 관련 네트워크에 참가하여 기초연구 결과를 발표하는 것은 국제적인 과학 네트워크에 참여하기 위한 필수 단계라고 지적했다.

⑤ 기술적인 문제의 해결

Senker and Faulkner(1995)에 의하면 첨단 산업 기업들은 기초연구를 통해 기술개발과정에서 발생하는 문제점을 해결하려고 한다. 실제로 특허 및 인용 데이터를 이용하여 분석한 결과, 기초 화학 연구 결과에서는 화학 산업 혁신 과정에서 생기는 문제점을 해결할 방법을 제시한다. 또한 화학, 생물학, 의학 분야는 각 분야를 바탕으로 한 산업 분야와 강한 연관성을 가지

고 있으며, 물리학과 수학 분야에서의 연구 성과는 공학 분야의 발전에 많은 기여를 한다.

⑥ 새로운 기업의 창출

스핀오프 기업(spun-off company)의 창출을 기초연구의 편익으로 간주할 수 있다. 기초연구의 아이디어는 스핀오프 기업을 통해서 상업적인 결과로 구현될 수 있기 때문이다. 이러한 기초연구와 기업 창출의 연관 관계에 관한 조사는 많지 않지만 실제로 대학의 기초 연구 학과에서 기업이 탄생한 사례는 많이 존재한다(Arnold and Thuriaux, 2001).

3. 본 연구의 차별성

앞의 소절에서 언급한 Mansfield(1991)의 접근은 기본적으로 기업을 대상으로 한 광범위한 서베이를 바탕으로 한 것이다. 대학 및 연구기관의 학술연구(academic research)가 기업의 편익에 미친 영향을 조사하여 학술연구의 수익률을 추정한 것이다. 개별 기업을 대상으로 자료를 수집하였기 때문에 기본적으로 미시 데이터를 사용했다고 할 수 있다. 본 연구에서는 국가 또는 산업 단위의 연구개발 투자와 총요소생산성 데이터를 활용해 거시적 관점에서 계량경제학 모형을 활용해 기초연구 투자의 파급효과를 분석한다는 점에서 차이가 있다.

이원기, 김봉기(2003)의 연구는 R&D 스톱을 추계해 노동생산성에 미치는 영향을 분석한 것이다. 본 연구에서는 기초연구의 논문 성과를 바탕으로 지식스톱을 추계해 총요소생산성에 미치는 영향을 분석했다는 점에서 차이가 있다. 또, 본 연구 내용 가운데 R&D 스톱에 기반한 연구도 노동생산성이 아니라 총요소생산성에 미치는 영향을 분석했다는 점에서 차별성을 가진다.

신태영(2004)의 연구는 정부의 기초연구 투자가 민간 연구개발 투자를 유인하는 효과가 있는지를 분석한 것으로 본 연구의 관점과 궤를 달리한다.

미시적 관점의 경제적 성과 및 파급효과에 관한 연구는 STEPI를 비롯한 많은 연구기관들에 의해 수행되어 왔다(이철원의(2003), 황석원(2006), 황석원(2007)). 이들 연구는 대부분 기초연구보다 상용화를 염두에 둔 응용개발 연구에 초점을 두고 주로 DCF나 실물옵션 등의 접근 방법을 사용하였다. 본 연구는 기초연구 가운데 시장(가격)이 존재하지 않는 경우에 초점을 두고 있기 때문에 DCF나 실물옵션 등의 접근법이 적절하지 않다. 해당 기초연구 성과의 수혜를 입은 소비자의 효용 또는 지불의사액(WTP)을 측정하거나, 생산자의 비용절감 효과 또는 생산성 증가 효과 등을 측정할 필요가 있으며, 이를 위해서는 조건부가치측정법(CVM), 컨조인트 분석(Conjoint Analysis) 등 별도의 방법론을 사용해야 한다. 본 연구에서는 기초연구 투자가 국민의 직접적 편익(효용) 증가에 미치는 파급효과를 CVM을 통해 측정하는 사례연구를 수행한다. 방법론과 관련해, 전문성이 강한 연구개발사업에 대해 국민을 대상으로 설문조사를 실시하는 CVM 접근법이 과연 올바른지 비판의 소지가 있다. 그러나 다른 방법이 여의치 않을 경우 실험적으로 새로운 방법론을 적용해본다는 데 의의를 두고 이 접근방법을 적용해 연구를 수행하였다.

제3절 연구의 틀 및 방법론

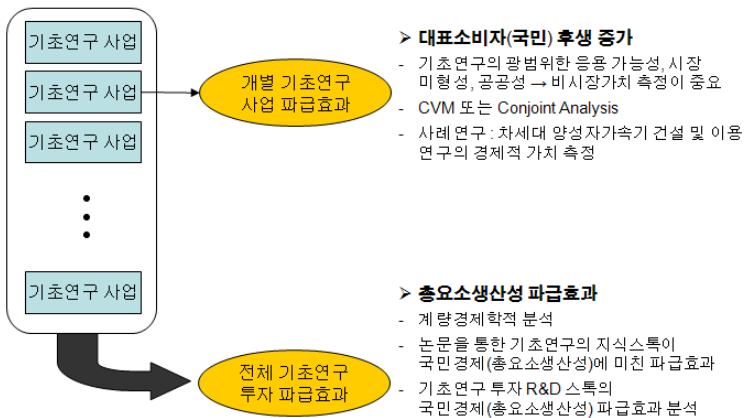
본 연구는 기초연구 투자를 거시적 관점과 미시적 관점 양쪽에서 살펴본다. 전체 기초연구 투자는 개별 기초연구 사업 연구비의 합이다. 개별 기초연구 사업의 경제성 및 파급효과는 다양한 방법으로 분석할 수 있는데, 본 연구에서는 기초연구의 주요 특징 가운데 하나인 비시장가치에 초점을 맞추어, 조건부가치측정법(CVM)을 실험적으로 적용한 사례연구를 수행한다.

이론적으로 개별 기초연구 사업의 경제적 가치 또는 파급효과의 합은 전체 기초연구 투자의 파급효과가 되어야 한다. 그러나 세부과제 단위로 볼 때 정부 투자에서만 3만여 개에 가까운 프로젝트가 있는데 이 모두를 대상으로 개별 기초연구 사업의 파급효과를 일일이 측정한다는 것은 사실상 불

가능하다. 따라서 전체 기초연구 투자의 파급효과는 거시적 관점에서 종합적으로 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 국가별 또는 업종별 연구개발 투자 자료와 생산성 자료를 활용하여 거시계량모형을 활용해 기초연구 투자의 거시적·국민경제적 파급효과를 추정하는 접근법을 사용한다.

[그림 1-26] 본 연구의 틀

국내 총 기초연구 투자



전체 기초연구 투자의 파급효과는 노동생산성, 고용, 중요소생산성 등 다양한 관점에서 계량경제학적 접근법을 사용할 수 있다. 본 연구에서는 이 가운데 중요소생산성에 초점을 맞추어 기초연구 투자가 중요소생산성에 미치는 파급효과를 측정한다. 기초연구 투자비(투입)를 바탕으로 R&D 스톱을 추계하여 중요소생산성 탄력성을 추정하는 연구와 더불어 기초연구 성과(특히 논문성과)를 바탕으로 지식스톡을 추계하여 중요소생산성 탄력성을 추정하는 연구를 동시에 수행한다.

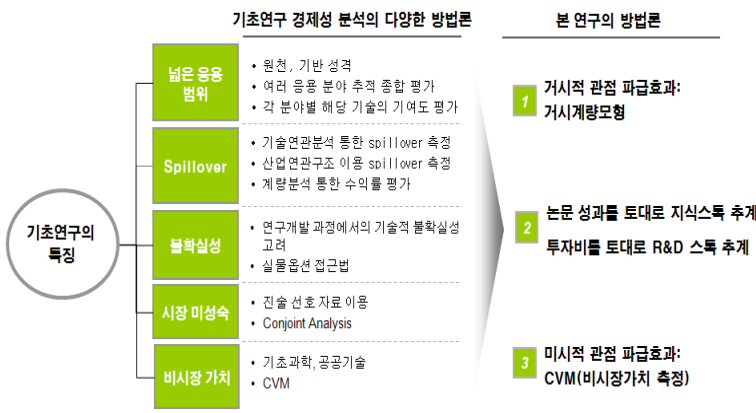
개별 기초연구 사업의 경제성 및 파급효과 역시 각각의 사례에 따라 다양한 방법론을 활용할 수 있다. 연구성과의 사업화와 관련해 시장이 형성되어 있거나 앞으로 형성될 것으로 기대되는 경우 응용/개발 연구와 방법론 측면에서 거의 동일하게 접근할 수 있다. 대체로 창출된 부가가치나 기업의 비용절감 효과 등을 추정한 후 이를 현금흐름할인법으로 현재가치화하여 비

용편익을 분석하는 절차를 밟는다.

본 연구에서는 방법론 측면에서 새롭고 실험적인 접근법을 사용한다는 데 의의를 두고 기초연구 사업의 비시장가치 측면에 초점을 맞추어, 이를 조건부가치추정법으로 측정한다. 사례연구 대상은 차세대 양성자가속기 개발 및 이용 연구사업이다. 주의할 것은 기초연구 분야의 대형장비 관련 사업들이 ‘장비 건설 따로 연구 따로’가 아니라는 점이다. 대형 장비 개발과 건설 사업은 장비를 활용한 연구개발사업과 긴밀히 융합돼 있다.

대형장비가 관련되지 않은 기초분야 연구도 많고, 대체로 그런 경우 대형 사업 안에서 매우 다양한 세부/세세부 과제들이 복합적으로 추진된다. 이러한 복합 대형 사업은 내부의 세부 과제들마다 파급효과를 추정해 합산하면 전체 사업의 파급효과가 계산될 수 있지만, 비용과 시간이 많이 들고 연구자의 반복 작업이 필요하다는 점에서 탐색적 성격의 본 연구 분석 대상으로는 적절치 않다. 필요하다면 별도 연구 과제로 실무적/이론적 작업을 수행하면 될 것이다.

[그림 1-27] 본 연구의 방법론



제2장 | 기초연구 투자와 성과 현황

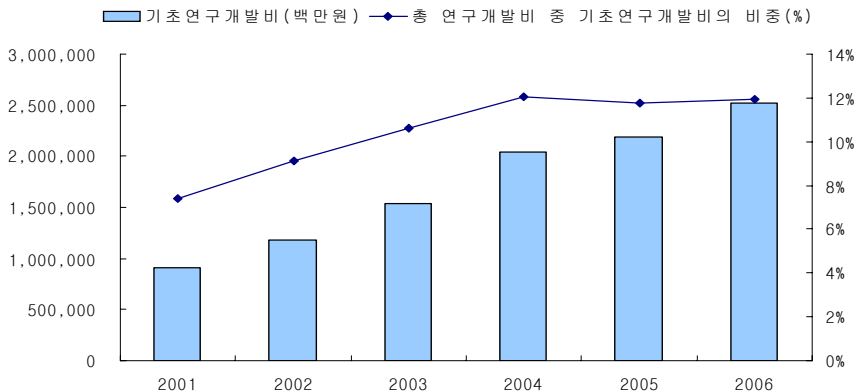
제1절 기초연구개발비 추이

1. 기업체 기초연구개발비 추이

(1) 연도별 기업체 기초연구개발비 추이

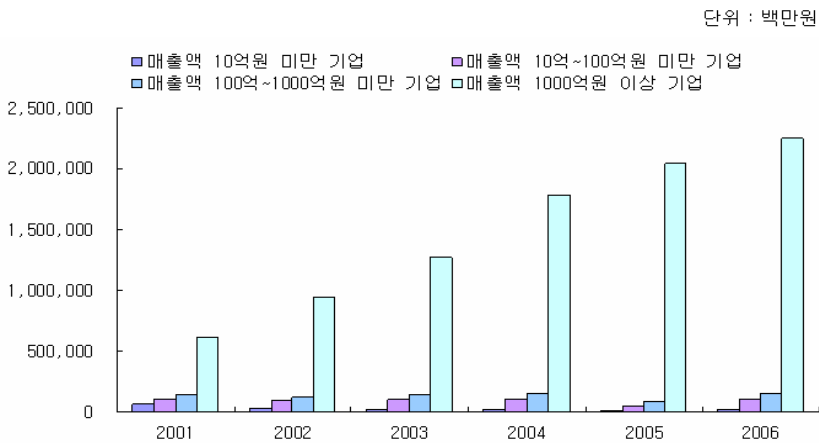
교육과학기술부가 보유하고 있는 연구개발 활동조사 DB를 활용하여 민간의 기초연구 투자 현황을 분석 하였다. [그림 2-1]에서 연도별 전체 기업체 기초연구개발비 추이를 살펴보면, 2001년에 약 9,000억 원에서 2006년 약 2조 원으로 5년 동안 1조 1천억 원이 증가하였다. 또한, 전체 기업체 기초연구개발비가 매년 23% 가량 꾸준히 증가하는 경향을 보이고 있다. 총 연구개발비 중 기초연구개발비가 차지하는 비중은 2001년 7.4%에서 2006년 11.9%로 증가했으나, 2004년부터는 거의 변화가 없다.

[그림 2-1] 연도별 기업체 기초연구개발비 금액 및 비중



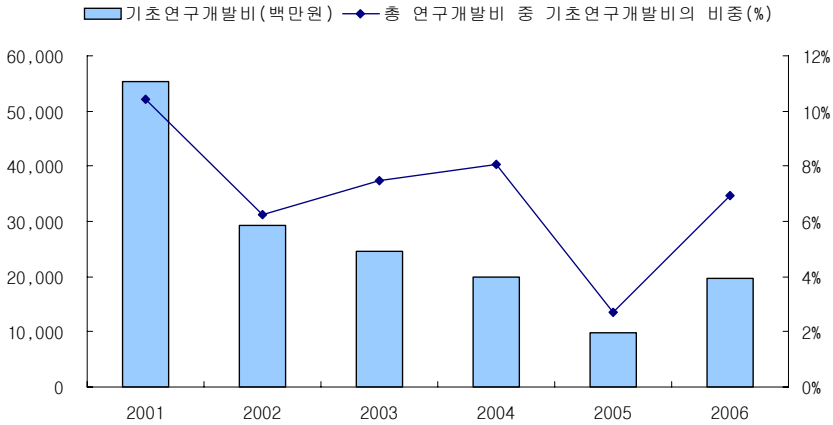
매출액 규모에 따른 기초연구개발비 차이를 살펴보기 위해서 전체 기업을 매출액 규모 기준으로 네 가지 기업군으로 분류한다. 매출액 10억 원 미만 기업군, 매출액 10억 원 이상 100억 원 미만 기업군, 매출액 100억 원 이상 1,000억 원 미만 기업군, 매출액 1,000억 원 이상 기업군의 연도별 기초연구개발비를 살펴보면, 매출액이 큰 기업군일수록 기초연구개발비가 크다.

[그림 2-2] 연도별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비



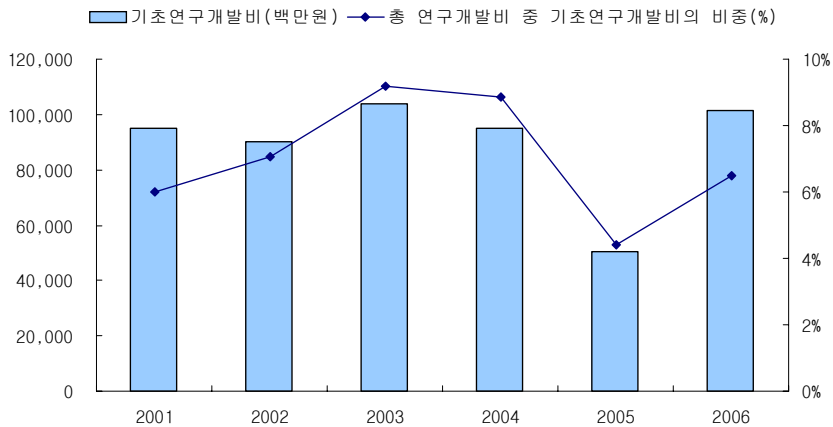
매출액 10억 원 미만 기업군의 경우 연도별 기초연구개발비 금액이 감소하는 추세를 보이고 있으며, 총 연구개발비 중 기초연구개발에 투자하는 비중도 감소하는 경향을 나타낸다.

[그림 2-3] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중
: 매출액 10억 원 미만 기업체 대상



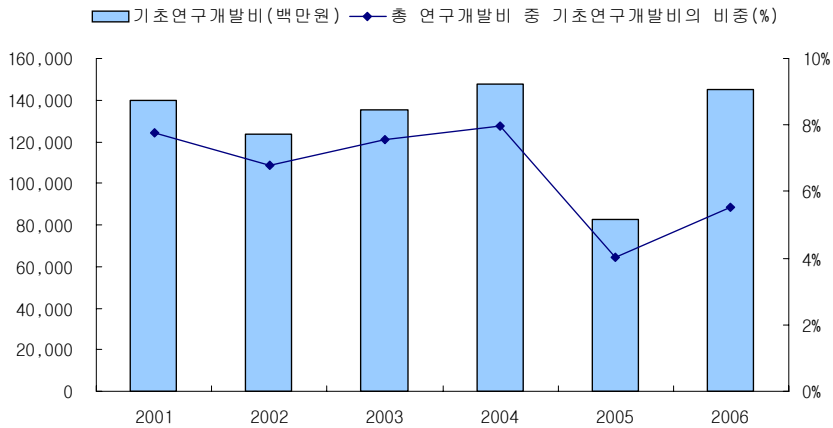
매출액 10억 원 이상 100억 원 미만의 기업군, 매출액 100억 원 이상 1,000억 원 미만 기업군의 경우 기초연구개발비 금액 및 비중에 있어서 2005년을 제외하고는 전체적으로 유사한 형태를 나타내고 있다.

[그림 2-4] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중
: 매출액 10억 원 이상 100억 원 미만 기업체 대상

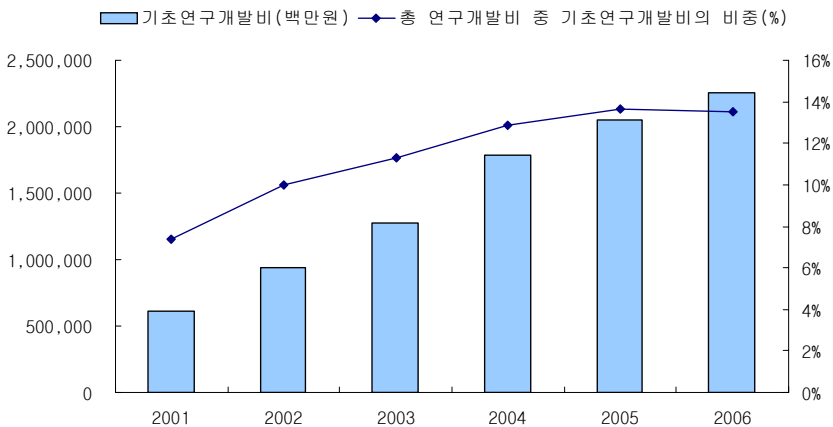


매출액 100억원이상 1,000억원 미만 기업군의 경우 매출액 1,000억 원 이상 기업군의 경우 기초연구개발비 금액이 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 총 연구개발비 중 기초연구개발비의 비중도 매년 증가하는 추세이다.

[그림 2-5] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중
: 매출액 100억 원 이상 1,000억 원 미만 기업체 대상



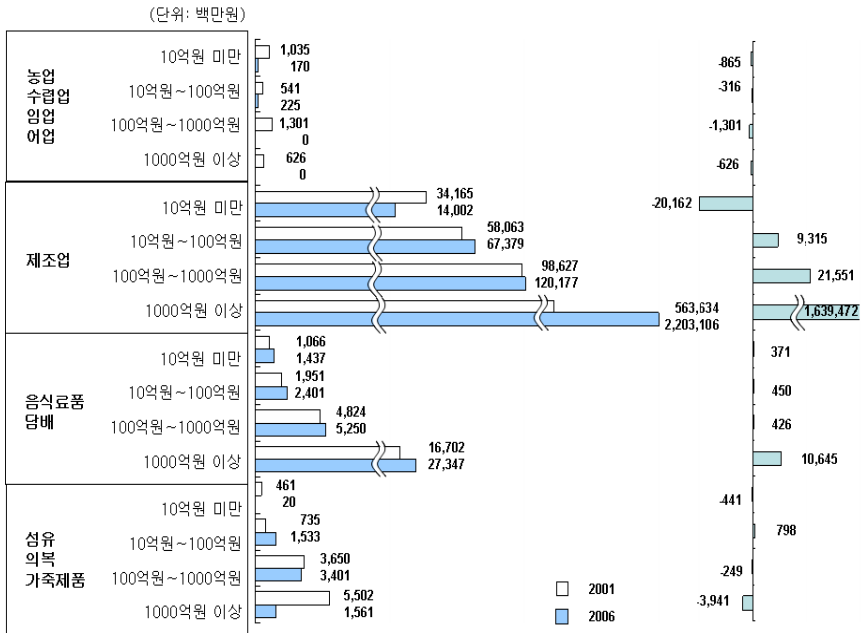
[그림 2-6] 연도별 기업체 기초연구개발비 규모 및 비중
: 매출액 1,000억 원 이상 기업체 대상



(2) 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비

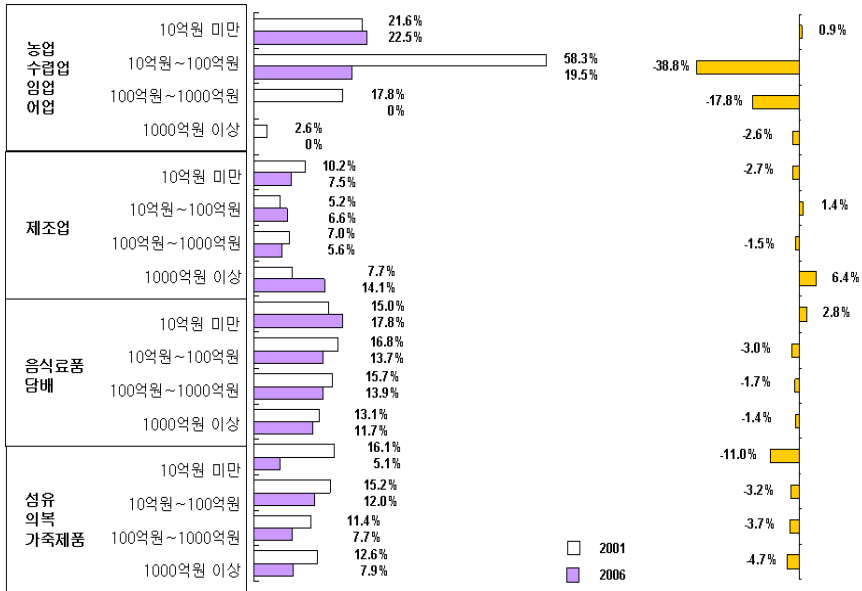
전체 기업을 산업별로 나누고 이들을 다시 매출액 규모별로 분류하여 2001년과 2006년의 기초연구개발비 금액 및 비중을 비교해 보았다. 이 중 금액에 대한 비교를 나타낸 [그림 2-7]을 살펴보면 먼저 농업·수렵업·임업·어업의 경우 2001년에 비해 2006년 기초연구개발비 금액과 비중이 모두 줄어들었음을 알 수 있다. 이와 달리 제조업 분야에서는 매출액이 1,000억 원 이상인 기업의 기초연구개발비가 2001년에 비해 2006년에 약 1조6천억 원이나 증가하였으며 음식료품·담배 분야에서도 매출액 1,000억 원 이상의 기업들의 기초연구개발비가 10억 원 가량 증가하였다.

[그림 2-7] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (1)



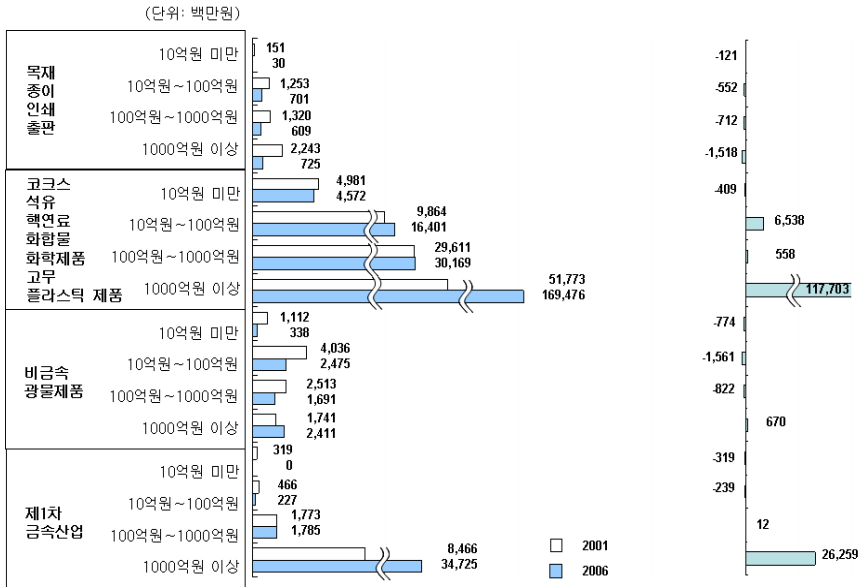
[그림 2-8]은 위에서 언급한 기업체들의 총 연구개발비 중 기초연구개발비 비중이 어떻게 달라졌는지를 나타내고 있다. 눈에 띄는 것은 농업·수렵업·임업·어업군의 경우 기초연구개발비 비중이 큰 폭으로 감소하였다는 점이다. 특히 매출액 10억 원 이상 1000억 원 미만의 기업체들은 비중이 크게 감소하였다. 또한 섬유·의복·가죽제품군의 경우 모든 기업체들의 기초연구개발비 비중이 줄어든 것으로 나타났다.

[그림 2-8] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (1)



[그림 2-9] 역시 산업별 그리고 매출액 규모별 기업체의 기초연구개발비를 나타내고 있다. 이 그림에서 눈에 띄는 증가폭을 나타내는 산업군은 코크스·석유·핵연료·화합물·화학제품·고무·플라스틱 제품군인데 이들 기업들은 대체적으로 2001년에 비해 2006년 기초연구개발비가 증가하였다. 특히 매출액 1,000억 원 이상의 기업들의 2006년 기초연구개발비는 2001년에 비해 1,177억 원 증가하였다. 이 외에 제1차 금속산업군의 매출액 1,000억 원 이상의 기업들이 262억 원 가량 기초연구개발비 증가를 나타냈다.

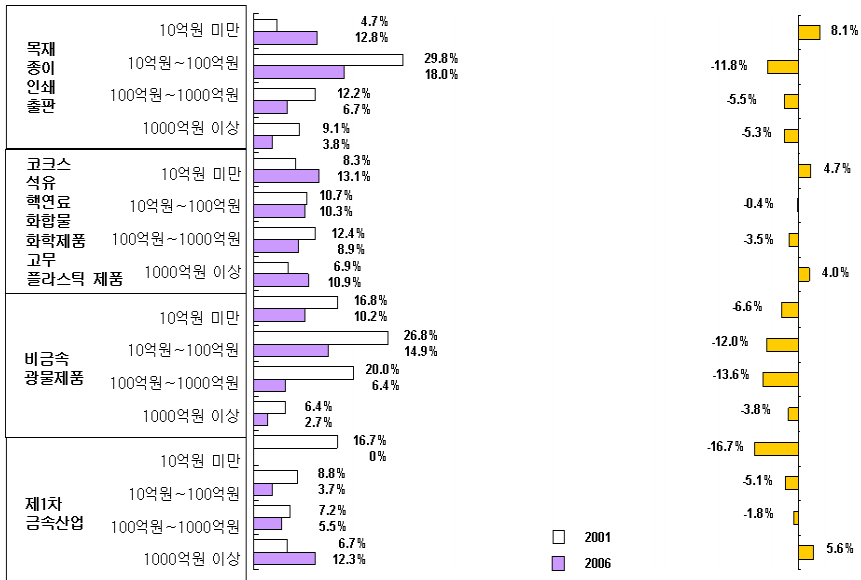
[그림 2-9] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (2)



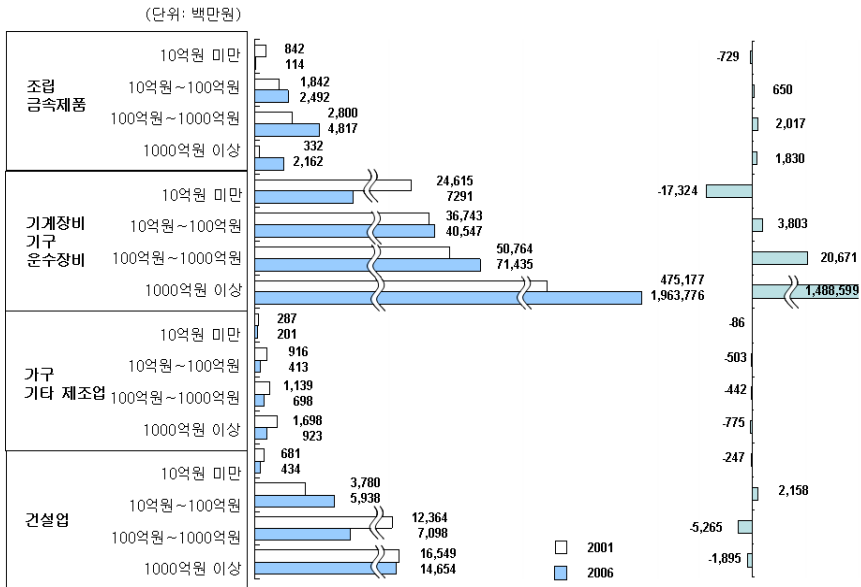
[그림 2-10]에 나타나는 산업군의 기업들은 대부분 기초연구개발비 비중이 감소했음을 알 수 있다. 특히 비금속 광물제품군의 기업체들은 매출액 규모에 상관없이 모두 기초연구개발비 비중이 감소했다.

[그림 2-11]에서 보는 바와 같이 기계장비·기구·운수장비군에 속한 기업의 경우에는 매출규모가 클수록 기초연구개발비 규모가 크게 나타나고 있다. 규모뿐만 아니라 이 산업군에서는 매출액 10억 원 미만 기업군을 제외하고는 모두 2001년에 비해 2006년에 기초연구개발비 규모 증감폭이 크게 나타났는데, 특히 매출액 1,000억 원 이상 기업들의 2006년 기초연구개발비는 2001년에 비해 1조 4,886억 원 가량 증가하였다. [그림 2-12]는 이들의 비중 변화를 나타내고 있는데 조립·금속제품군과 건설업의 경우 2001년에 비해 2006년 기초연구개발비 비중이 대부분 기업에 있어 감소하였다.

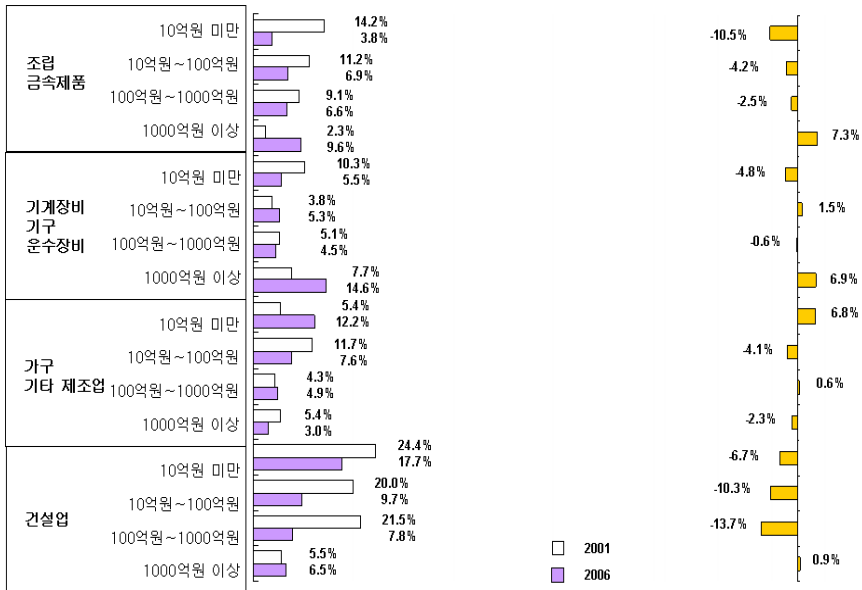
[그림 2-10] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (2)



[그림 2-11] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (3)

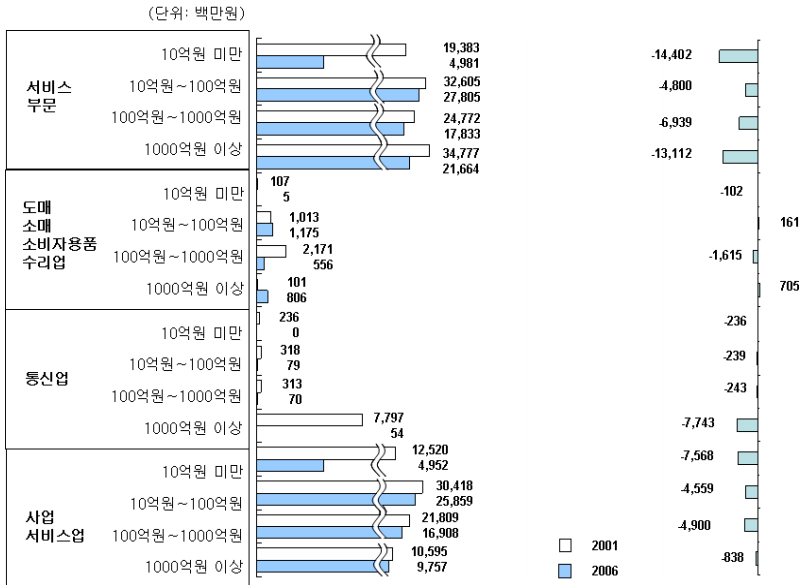


[그림 2-12] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중(3)

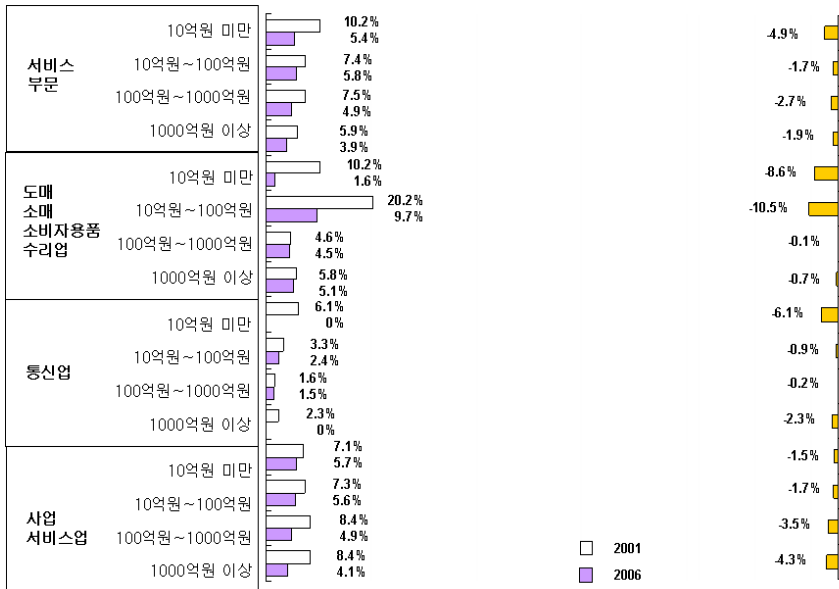


[그림 2-13]에서는 서비스부문, 도매·소매·소비자용품·수리업, 통신업, 사업·서비스업의 네 가지 산업에 속한 기업들의 기초연구개발비 변화를 보여주고 있는데 이 그림에 나타난 대부분 기업의 기초연구개발비가 감소했으며, [그림 2-14]에서는 이들의 전체 연구개발비 중 기초연구개발비가 차지하는 비중도 모두 감소한 것을 볼 수 있다.

[그림 2-13] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 규모 (4)



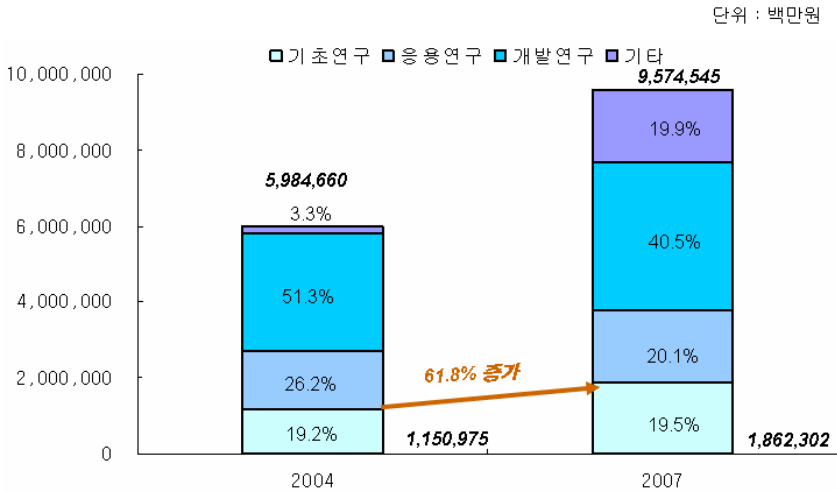
[그림 2-14] 산업별 매출액 규모별 기업체 기초연구개발비 비중 (4)



2. 정부 기초연구개발비 추이

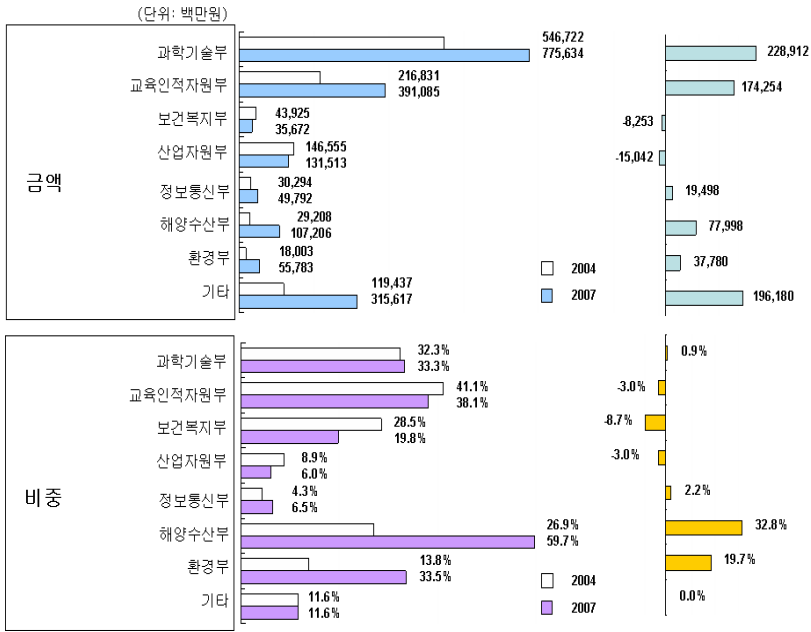
교육과학기술부가 보유한 조사분석DB(2004~2007년)를 활용하여 정부의 기초연구투자현황을 분석하였다. 정부의 연구개발비 추이를 [그림 2-15]를 통해 살펴보면 정부 기초연구개발비는 2004년 1조 1,151억 원에서 2007년 1조 8,623억 원으로 61.8% 증가하였다. 이에 비해 전체 연구개발비에서 기초연구개발비가 차지하는 비중은 2004년 19.2%에서 2007년 19.5%로 소폭 증가하였다. 정부 연구개발비를 전체적으로 살펴보면 개발연구와 응용연구 비중은 줄어들었고 그 외 기타 연구 비중은 늘어났다. 유의할 점은 2004년과 2007년의 분류기준이 다르기 때문에 두 시점의 수치를 수평 비교하기는 어렵다는 점이다.

[그림 2-15] 정부 연구개발비 추이

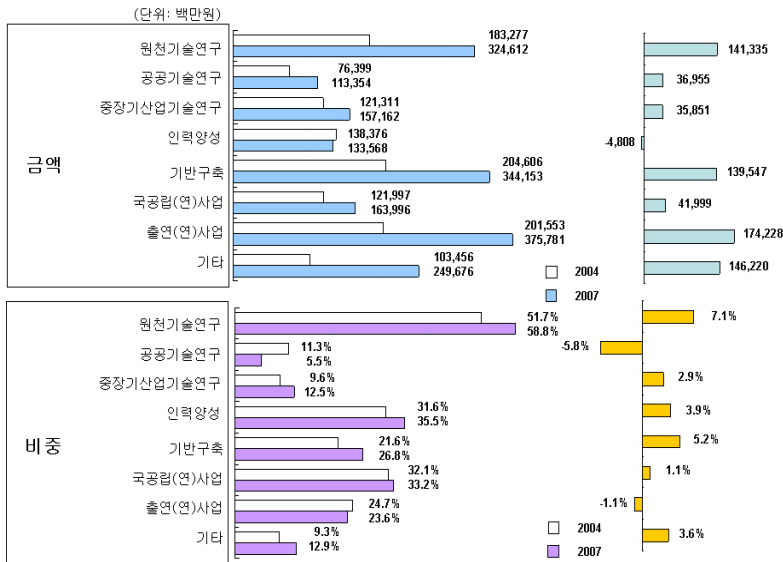


[그림 2-16]의 부처별 정부기초연구개발비 규모 및 비중 변화를 살펴보면 다른 부처에 비해 과학기술부와 교육인적자원부에서 기초연구개발에 많이 투자했음을 알 수 있다. 또한, 해양수산부와 환경부의 경우 2004년에 비해 2007년에는 기초연구개발비 비중을 상당량 늘렸다.

[그림 2-16] 부처별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중

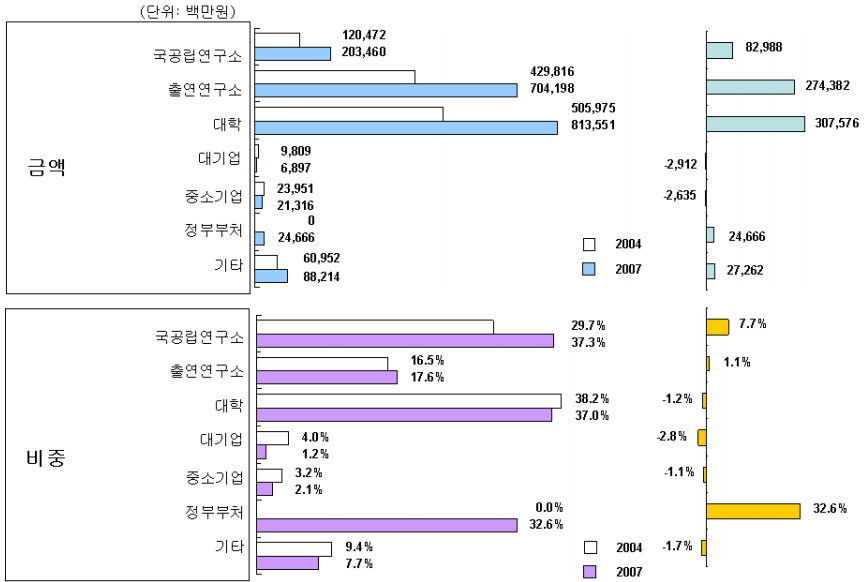


[그림 2-17] 사업목적별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



[그림 2-17]의 사업목적별 정부기초연구개발비를 살펴보면 원천기술연구, 기반구축, 출연(연) 사업 목적을 위한 정부기초연구개발투자가 많으며, 특히 원천기술연구의 경우, 기초연구개발비의 비중이 50% 이상이다.

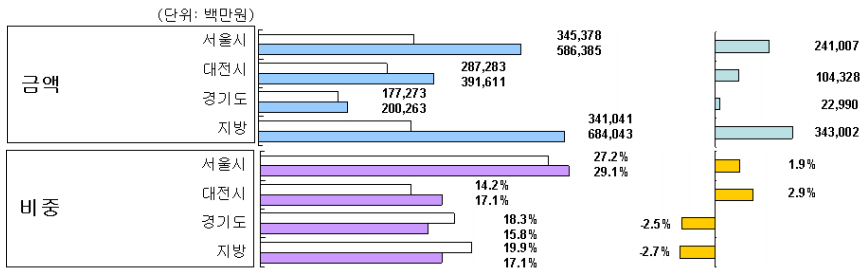
[그림 2-18] 연구수행주체별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



연구수행주체별로 살펴보면 [그림 2-18]과 같이 대기업, 중소기업, 정부 부처에 비해 국공립연구소, 출연연구소, 대학에서 기초연구개발비를 많이 투자하는 경향이 있다.

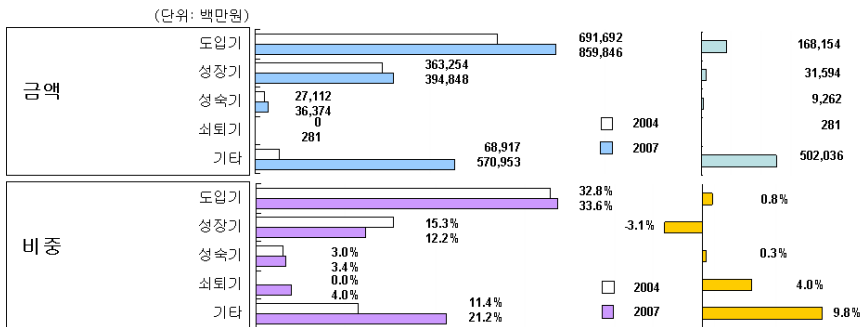
다음은 지역에 따른 정부 기초연구개발비 규모 및 비중을 나타낸 그림이다. 이에 따르면 대전시에서 수행하는 연구개발에 투자된 정부 기초연구개발비는 경기도의 경우보다 크며, 그 비중도 증가하고 있다.

[그림 2-19] 지역별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중

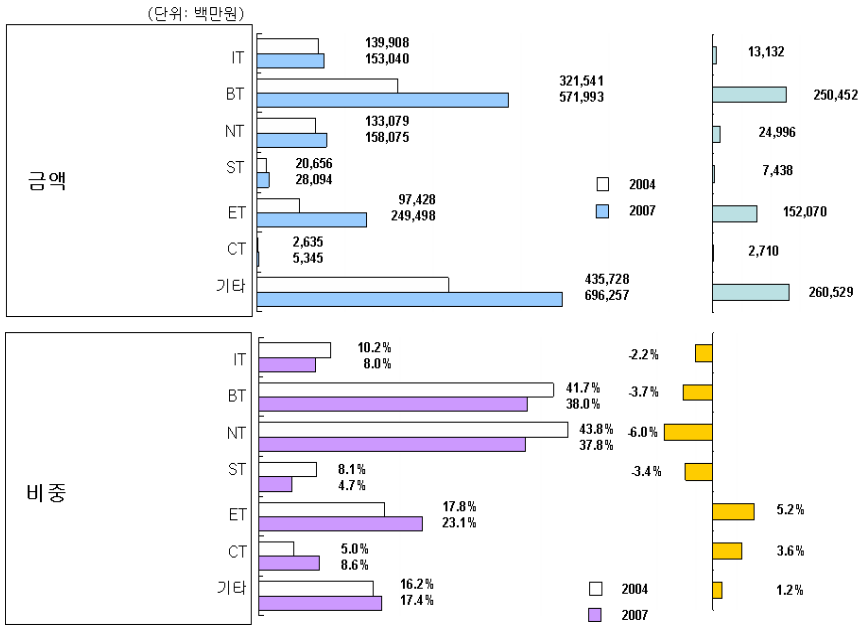


[그림 2-20]에서 기술수명주기별로 정부 기초연구개발비 규모와 비중 변화를 살펴보면, 도입기에 기초연구개발비가 많이 투자되며 성장기, 성숙기, 쇠퇴기로 갈수록 정부의 기초연구개발비가 적어짐을 알 수 있다.

[그림 2-20] 기술수명주기별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



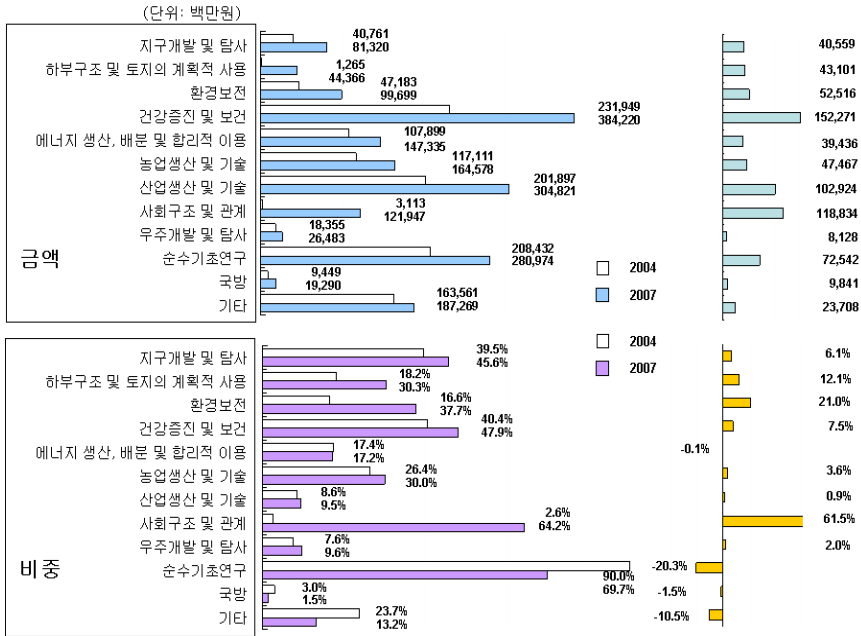
[그림 2-21] 6T분류별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



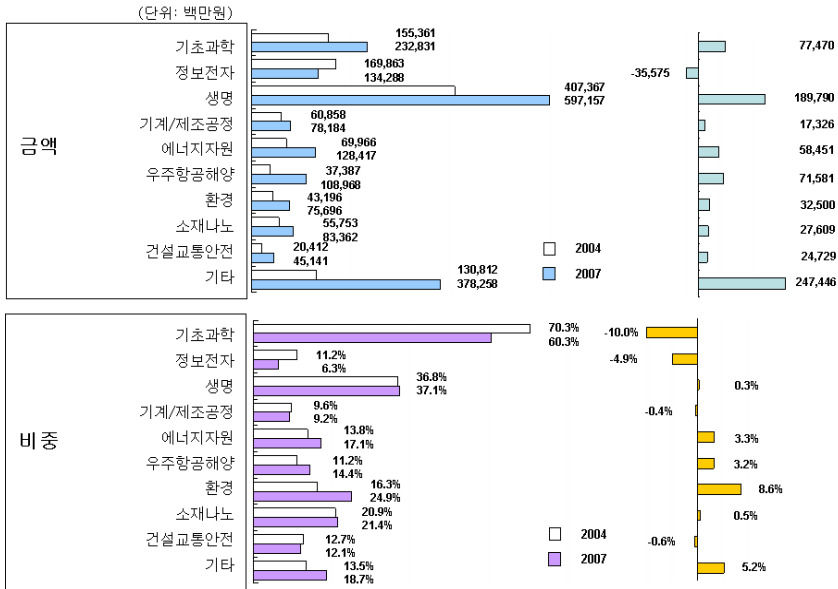
[그림 2-21]은 6T 분류에 따라 정부 기초연구개발비가 어떻게 달라지는지를 나타내고 있는데 이 중 BT에 투자되는 정부기초연구개발비가 가장 눈에 띄게 큰 것은 다른 기술에 비해서 BT가 기초연구에 가깝다는 사실과 관련이 있다.

경제사회목적별로는 [그림 2-22]에서 볼 수 있듯이 건강증진 및 보건, 산업생산 및 기술, 순수기초연구에 정부기초연구개발비가 많이 투자되었다.

[그림 2-22] 경제사회목적별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



[그림 2-23] 과학기술표준분류별 정부 기초연구개발비 규모 및 비중



과학기술표준분류별로 살펴보면 생명 과학 분야에서는 2004년에 비해 2007년에 정부 기초연구개발비가 1,898억 원이 증가하였고, 기초과학분야에서 775억 원 가량 증가하였다. 정부기초연구개발비 비중은 대부분 과학기술 분야에서 증가하였지만, 기초과학분야에서는 10% 가량 감소하였다.

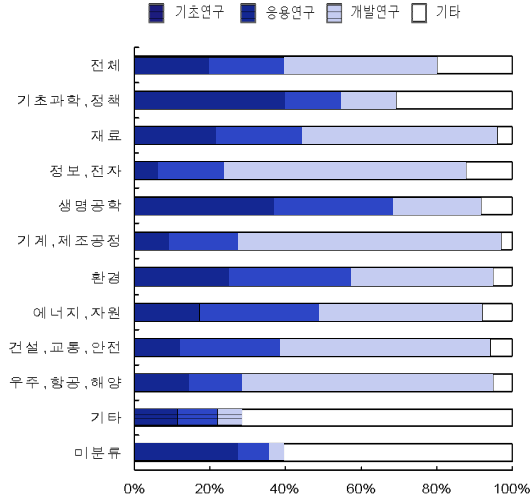
3. 2007년 정부의 연구개발비 규모 및 비중

2007년 정부의 연구개발비에 대한 각 연구개발단계의 비중을 살펴보면 기초연구의 경우 19.5%이고 응용연구는 20.1%이다. 또한, 개발연구가 40.5%를, 그 외 기타 단계는 19.9%를 차지하고 있다. 연구개발비 비중을 과학기술분류, 6T분류, 수행주체, 지역, 기술수명주기, 참여기관에 따라 나눌 수 있다. 지금부터는 다양한 분류에 따른 기초연구, 응용연구, 개발연구, 기타의 연구개발비 비중을 알아보려고 한다.

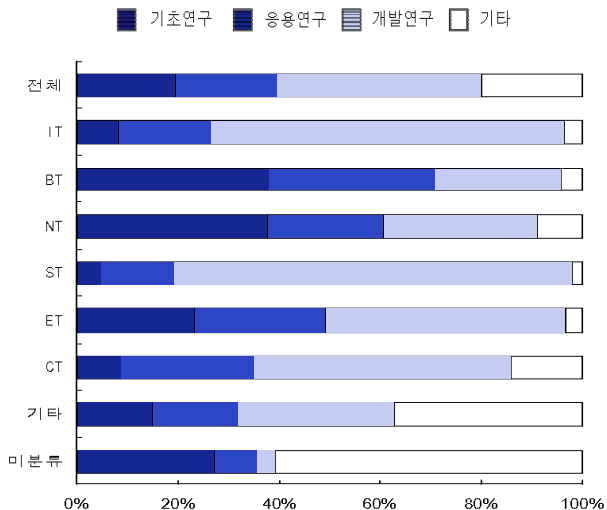
먼저 [그림 2-24]를 통해 과학기술별 연구개발비 규모와 비중을 살펴보면

기계, 제조공정 및 우주, 항공, 해양 관련 연구개발의 경우 다른 과학기술에 비해 개발연구 비중이 높음을 알 수 있다. 이와 다르게 기초과학, 정책 분야의 연구개발비는 주로 기초연구단계에서 많이 지출되고 있다.

[그림 2-24] 과학기술분류별 연구개발비 비중

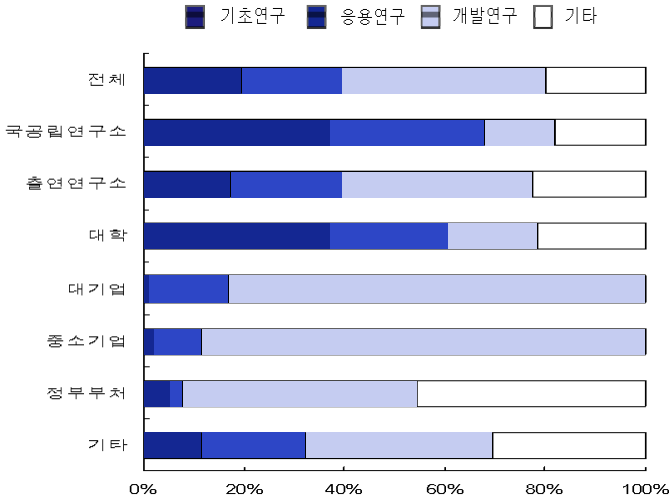


[그림 2-25] 6T분류별 연구개발비 비중



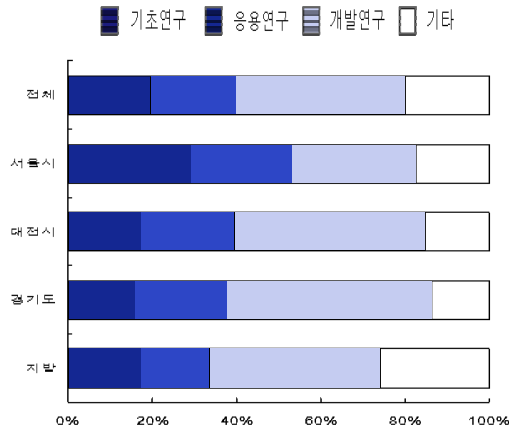
[그림 2-25]의 6T 분류별 연구개발비 비중을 살펴보면 BT와 NT 분야에
서 특히 기초연구 비중이 높게 나타나고 있는 반면, 상업화가 많이 진행된
IT와 ST에서는 개발연구가 많이 진행되고 있다.

[그림 2-26] 수행주체별 연구개발비 비중



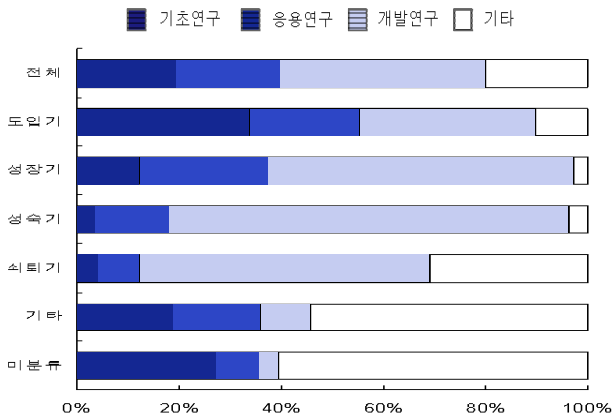
[그림 2-26]의 수행주체별 연구개발비 비중을 살펴보면 대학과 국공립연
구소에서는 다른 수행주체에 비해 기초연구단계의 비중이 높은 반면, 대기
업과 중소기업은 주로 개발연구에 주력하고 있다. 기초연구의 결과는 공공
재적인 성격이 있어 기업은 기초연구 결과를 전유하기가 어렵기 때문에, 사
회적으로 바람직한 수준보다 낮은 투자가 이루어진다고 볼 수 있다.

[그림 2-27] 지역별 연구개발비 비중



지역에 따라 연구개발비 비중이 어떻게 달라지는지를 [그림 2-27]에서 살펴보면 서울시의 경우 다른 지역에 비해 기초연구비의 비중이 다소 높을 뿐 다른 지역들의 연구개발비 비중은 거의 유사하다.

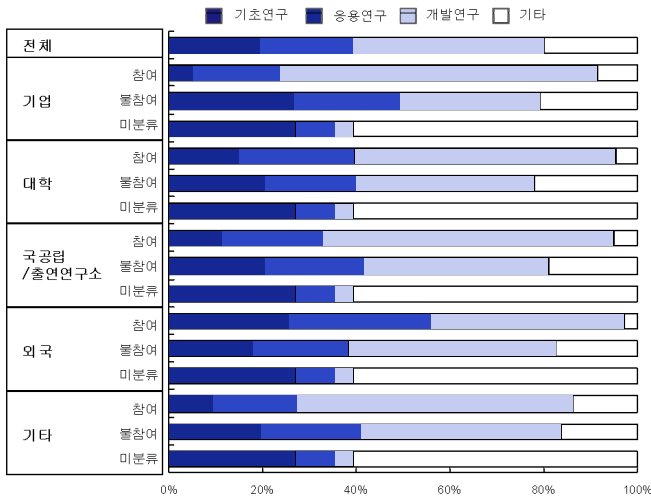
[그림 2-28] 기술수명주기별 연구개발비 비중



다음 [그림 2-28]은 기술수명주기에 따른 연구개발비 비중을 나타내고 있다. 기술수명이 도입기에서 성장기 그리고 성숙기로 진행될수록 기초연구비

의 비중은 급격히 줄어들지만 개발연구의 비중은 증가한다. 기초과학 연구의 목적은 새로운 원리나 사실을 발견해냄으로써 자연에 대한 이해를 확장시키거나 기반 지식을 획득하는 데 있기 때문에 기술 도입기에는 특히 기초연구가 중요하다.

[그림 2-29] 참여기관별 연구개발비 비중



참여기관별 연구개발비 비중에 있어서는 대학이나 외국에서의 연구과제 참여가 국공립/출연연구소, 기업 등의 참여보다 기초연구의 비중이 높다.

제2절 정부의 기초연구개발투자 성과

1. 2006년 연구과제 성과

2006년 연구과제의 논문, 특허, 기술료, 사업화 등에 관한 성과는 다음 <표 2-1>과 같다.

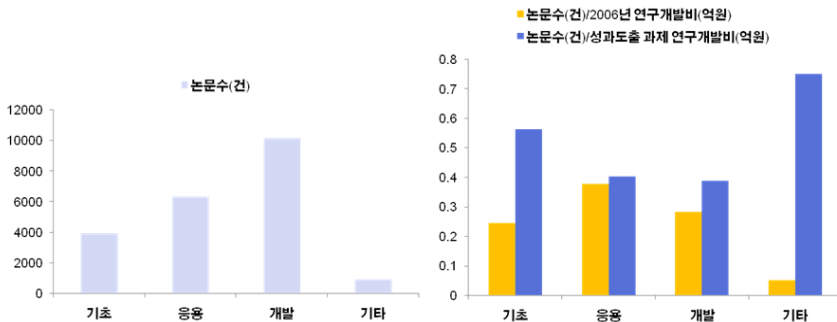
<표 2-1> 2006년 연구과제 성과

성과		구분	기초	응용	개발	기타
논문	비SCI	논문 수(건)	3,930	6,361	10,153	948
		논문 수(건)/2006년 연구개발비(억 원)	0.24	0.38	0.28	0.05
		논문수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.56	0.40	0.39	0.75
	SCI	논문 수(건)	7,482	5,635	2,788	295
		논문 수(건)/2006년 연구개발비(억 원)	0.47	0.34	0.08	0.02
		논문 수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.79	0.44	0.17	0.67
특허	출원	출원 수(건)	1,135	2,466	4,396	146
		출원 수(건)/2006년 연구개발비(억 원)	0.07	0.15	0.12	0.01
		출원 수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.44	0.43	0.33	0.40
	등록	등록 수(건)	629	1,226	2,162	28
		등록 수(건)/2006년 연구개발비(억 원)	0.04	0.07	0.06	0.00
		등록 수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.35	0.32	0.21	0.25
기술료	당해 년도 정수액	금액(백만 원)	2,024	18,713	47,537	897
		금액(백만 원)/2006년 연구개발비(억 원)	0.13	1.11	1.32	0.05
		금액(백만 원)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	7.21	10.29	7.67	4.48
사업화	고용 창출 인원수	인원수(명)	459	4,125	10,314	2,551
		인원수(명)/2006년 연구개발비(억 원)	0.03	0.25	0.29	0.14
		인원수(명)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	1.72	5.84	4.44	6.90
인력양성	석·박사 배출 인원	인원수(명)	1,890	2,353	5,999	6,193
		인원수(명)/2006년 연구개발비(억 원)	0.12	0.14	0.17	0.33
		인원수(명)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	8.53	3.63	14.92	14.87

교육과학기술부가 보유한 R&D 성과DB를 활용하여 정부기초연구투자의 성과를 분석하였다. R&D 투자와 성과사이에는 시간격차가 존재하는데, 본 연구에서 확보한 투자 데이터(조사분석DB)는 2004년부터 2007년까지로 제한되었기 때문에 결과의 해석에 유의해야한다. 예컨대 본 연구에서 2007년 연구성과는 2004~2007년 사이에 연구투자가 이뤄진 사업으로부터 2007년도에 성과가 도출된 것을 의미한다.

먼저 비SCI 논문 건수를 살펴보면 2006년에는 개발연구 분야에서의 논문 수가 10,153건으로 가장 많았고 이는 그 다음으로 높은 수치를 기록한 응용연구 분야 논문 수 6,361건의 약 1.6배에 해당하는 수치이다. 이와 달리 2006년 연구개발비 금액 당 비SCI 논문 건수는 응용연구 분야에서 가장 많았으며, 성과도출 과제 연구개발비 금액 당 비SCI 논문 건수는 기타연구부분에서 가장 큰 수치를 기록했다.

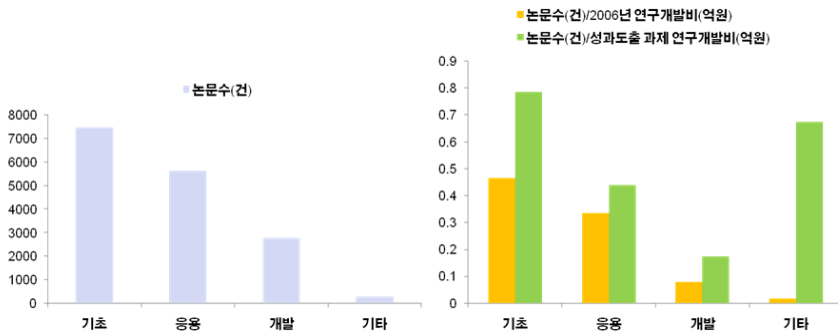
[그림 2-30] 2006년 연구과제 성과 : 비SCI 논문



[그림 2-31]은 각 연구단계별 2006년 SCI 논문 성과를 보여주고 있다. 그림에서 가장 큰 특징은 2006년에 SCI 논문은 물론, 연구개발비 금액 당 논문과 성과도출 과제 연구개발비 당 논문 수에서 모두 기초연구 분야가 가장 높은 수치를 기록했다는 것이다. 구체적인 건수를 살펴보면 기초연구 분야에서의 2006년 SCI 논문 수는 7,482건으로 그 다음으로 높은 수치를 기록한 응용연구 분야보다 약 2천 건이나 많은 수를 기록했다. 이처럼 2006년에 기초연구 분야의 SCI 논문 건수가 가장 많았고 투입된 금액 대비 산출된 SCI

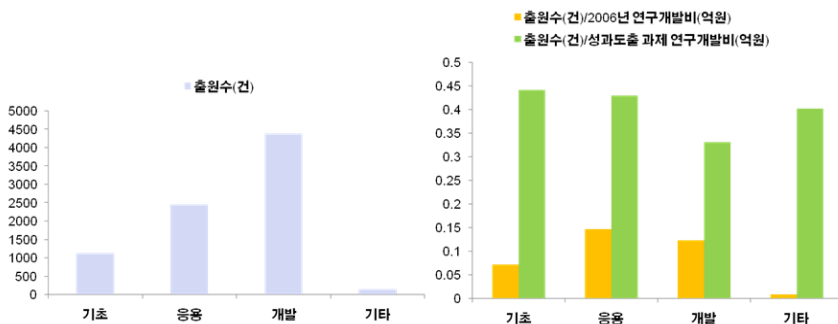
논문 건수도 역시 가장 많았다는 사실은, 기초연구 분야에 대한 정부 지원이 타당함을 입증 한다.

[그림 2-31] 2006년 연구과제 성과 : SCI 논문



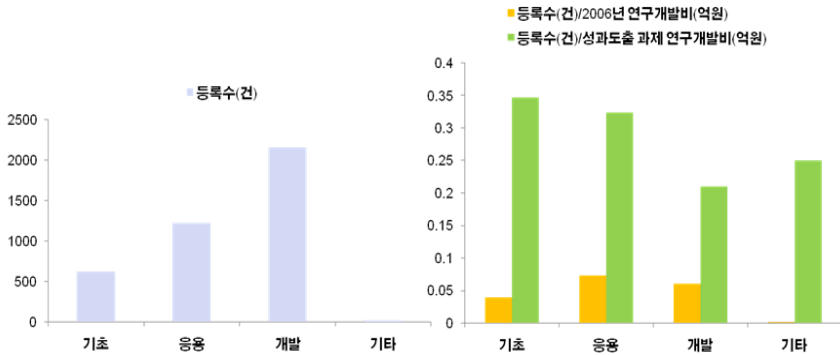
다음으로, 2006년 연구과제 성과 중 특허 출원 수를 나타낸 [그림 2-32]을 살펴보면 특허 출원 수에 있어서 상용화를 염두에 둔 개발연구 분야가 가장 많은 수를 기록했다. 특허 출원 수만을 비교했을 때는 기초연구 분야가 낮은 수치를 보이고 있지만 오른쪽 그림의 성과도출 과제 연구개발비 금액 당 특허 출원 수를 살펴보면 기초연구 분야가 가장 높은 수치를 기록했는데 이는 0.44건으로, 이는 기초연구 과제 중에서도 특허 출원이 잘 이루어지는 분야가 있음을 나타낸다.

[그림 2-32] 2006년 연구과제 성과 : 특허 출원



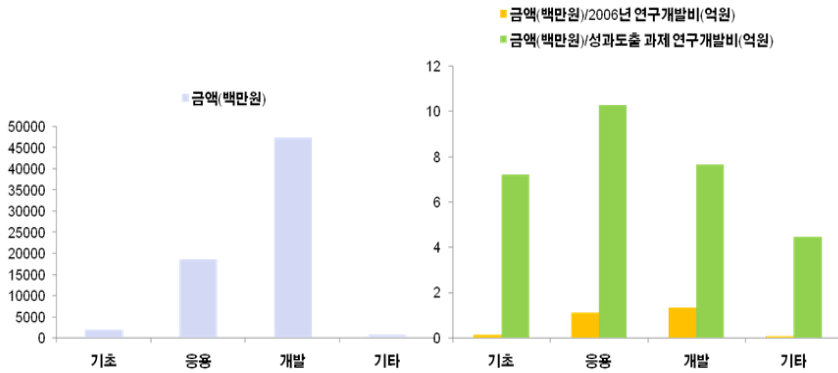
2006년 연구과제 성과 중 각 연구 분야별 특허 등록 수를 살펴보면 가장 높은 수치를 나타내는 분야는 특허 출원 수와 마찬가지로 개발연구 분야이다. 전체적으로 특허 출원 수와 비슷한 그림을 보여주고 있는데, 성과도출 과제 연구개발비 당 등록 수는 역시 기초연구 분야에서 가장 높은 수치를 기록했다. 이는 0.35건으로 가장 낮은 수치를 보인 개발연구 분야의 수치보다 0.14건이나 높다.

[그림 2-33] 2006년 연구과제 성과 : 특허 등록

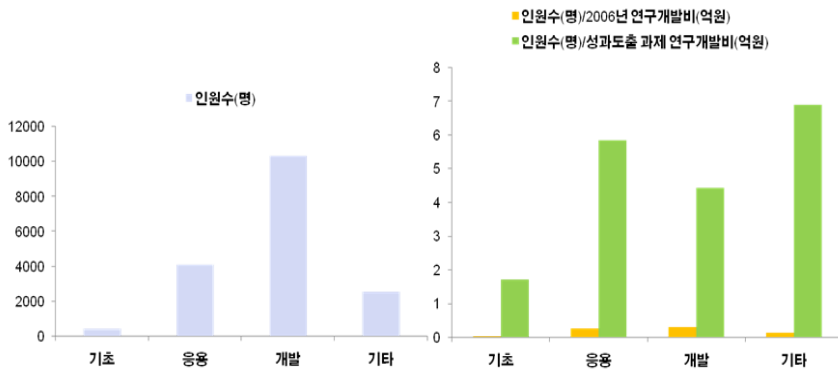


다음 [그림 2-34]는 당해연도 징수액을 기준으로 한 기술료에 대해서 나타내고 있는데 여기에서는 개발연구 분야에서 가장 높은 수치를 나타내고 있다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 2006년 당해연도 기술료 징수액은 기초연구 분야에서 약 20억 원, 응용연구 분야에서 약 187억 원, 개발연구 분야에서 약 475억 원, 기타연구 분야에서 약 9억 원을 기록했다. 기초연구 분야에서는 가장 높은 수치를 보인 개발연구 분야의 약 1/20배에 해당하는 기술료를 징수하여 상당히 저조한 성과를 보이고 있다.

[그림 2-34] 연구과제 성과 : 2006년 기술료(당해연도 징수액)



[그림 2-35] 2006년 연구과제 성과 : 사업화(고용창출 인원수)

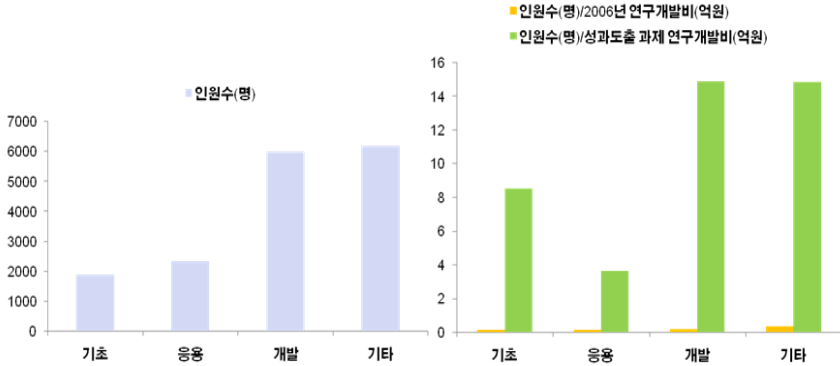


위 [그림 2-35]는 2006년 사업화를 통한 고용창출 인원수를 보여주고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 2006년에 사업화로 가장 많은 고용을 창출한 연구 분야는 개발 연구 분야인데 이는 총 10,314명으로 두 번째로 높은 수치를 보인 응용연구 분야의 수치 4,125명의 두 배가 넘는다. 2006년 연구개발비 금액 기준 고용 창출 효과도 개발연구 분야에서 가장 크게 나타났다.

석·박사 배출인원은 2006년에 기초연구 분야에서 1,890명, 응용연구 분야에서 2,353명, 개발연구 분야에서 5,999명 그리고 기타 분야에서 가장 많은 6,193명을 기록하였다. 개발연구 분야와 기타연구 분야에서 각각 약

6,000명의 석·박사 인력을 배출했지만 기초 및 응용연구 분야에서는 이에 크게 못 미치는 수치를 기록했다. 성과도출 과제 연구개발비 금액 당 석·박사 배출인원수 측면에서도 마찬가지로의 결과를 보여주고 있다.

[그림 2-36] 2006년 연구과제 성과 : 인력양성(석·박사 배출)



2. 2007년 연구과제 성과

<표 2-2>는 논문, 특허, 기술료, 사업화, 인력양성 측면에서의 2007년 연구과제 성과를 보여준다.

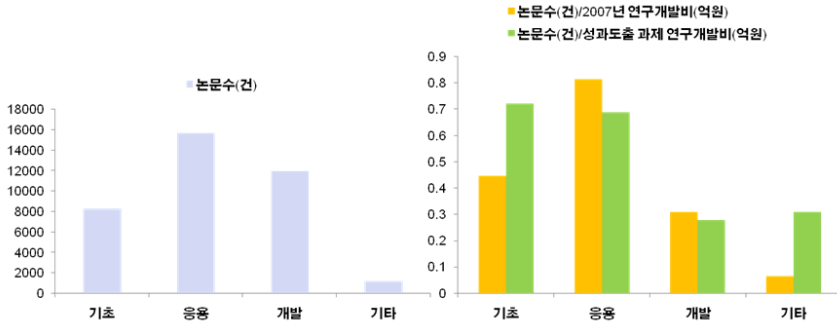
〈표 2-2〉 2007년 정부의 연구과제 성과

성과		구분	기초	응용	개발	기타
논문	비SCI	논문수(건)	8,302	15,676	11,960	1,229
		논문수(건)/2007년 연구개발비(억 원)	0.45	0.81	0.31	0.06
		논문수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.72	0.69	0.28	0.31
	SCI	논문수(건)	15,876	14,675	5,311	811
		논문수(건)/2007년 연구개발비(억 원)	0.85	0.76	0.14	0.04
		논문수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	1.02	0.78	0.22	1.12
특허	출원	출원수(건)	3,251	7,280	9,448	286
		출원수(건)/2007년 연구개발비(억 원)	0.17	0.38	0.24	0.01
		출원수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.65	0.77	0.38	0.20
	등록	등록수(건)	1,469	4,126	4,752	167
		등록수(건)/2007년 연구개발비(억 원)	0.08	0.21	0.12	0.01
		등록수(건)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	0.39	0.60	0.27	0.19
기술료	당해 년도 징수액	금액(백만원)	3,893	17,528	87,756	516
		금액(백만원)/2007년 연구개발비(억 원)	0.21	0.91	2.26	0.03
		금액(백만원)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	4.98	5.96	9.73	3.66
사업화	고용 창출 인원수	인원수(명)	977	3,943	28,946	1,671
		인원수(명)/2007년 연구개발비(억 원)	0.05	0.20	0.75	0.09
		인원수(명)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	5.31	5.98	6.86	5.88
인력양성	석·박사 배출 인원	인원수(명)	15,975	21,952	6,156	8,159
		인원수(명)/2007년 연구개발비(억 원)	0.86	1.14	0.16	0.43
		인원수(명)/성과도출 과제 연구개발비(억 원)	3.49	5.61	4.07	8.88

먼저 보다 쉬운 비교를 위해 각 성과분야 종류별로 수치를 그림으로 나타내어 비교해 보았다. [그림 2-37]은 2007년 연구과제 성과 중 비SCI저널 논문게재 건수를 각 연구 분야별로 비교한 그림이다. 2007년에는 응용연구 분

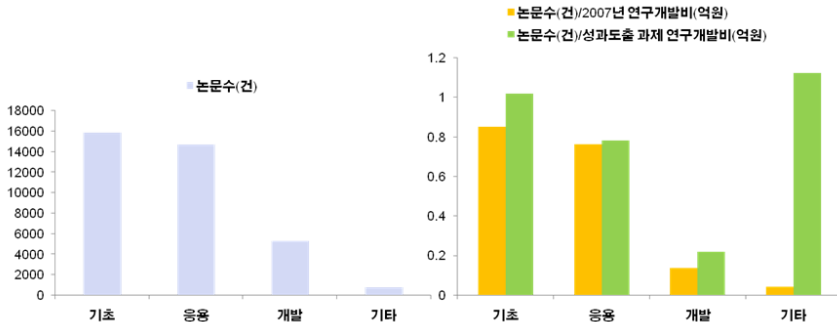
야에서 가장 많은 비SCI 논문을 게재한 것으로 나타났는데 이는 총 15,676건으로 그 다음으로 많은 논문을 게재한 개발연구 분야의 11,960건보다 약 4,000건이나 높은 수치이다. 그 외에 2007년 기초연구 분야에서는 8,302건 그리고 기타연구 분야에서는 1,229건의 비SCI논문을 게재하였다. 2007년 연구개발비 당 비SCI 논문 수와 성과도출 과제 연구개발비 당 비SCI 논문 수도 이와 유사한 분포를 나타내고 있다.

[그림 2-37] 2007년 연구과제 성과 : 비SCI 논문



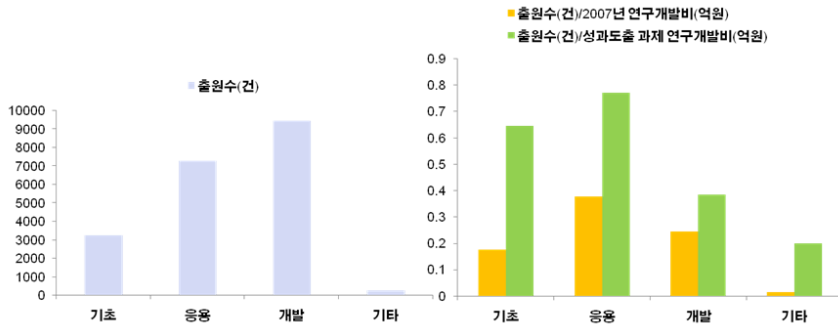
다음 [그림 2-38]은 2007년 연구분야별 SCI저널 논문게재 건수를 보여주고 있다. 가장 높은 건수를 기록한 것은 기초연구 분야인데 이는 가장 낮은 수치를 기록한 기타연구 분야보다 약 20배나 높은 수치이다.

[그림 2-38] 2007년 연구과제 성과 : SCI 논문



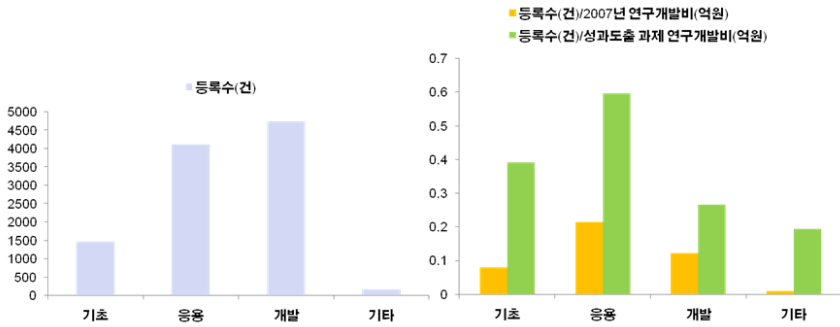
응용연구 분야의 경우 기초연구 분야의 논문 건수에 조금 못 미치는 14,675건의 논문을 게재하였고 개발연구 분야에서는 5,311건을 기록하였다. 2007년 연구개발비 금액 기준 논문게재 건수에 있어서도 마찬가지로 기초연구 분야의 논문게재 건수가 가장 높다. 기초연구 분야는 특허, 기술료, 인력양성 등의 다른 성과보다 SCI저널 논문게재에서 특히 뛰어난 성과를 보여준다.

[그림 2-39] 2007년 연구과제 성과 : 특허 출원



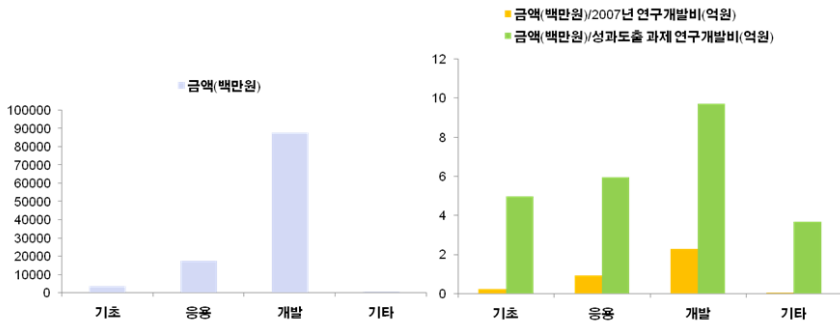
[그림 2-39]는 2007년에 각 연구 분야에서 얼마나 많은 특허를 출원했는지를 보여주고 있다. 분포를 살펴보면 응용연구와 개발연구 분야에서 특허 출원이 많이 이루어지고 있는데, 전자의 경우 7,280건의 특허를 출원했고 후자의 경우 9,448건의 특허를 출원했다. 성과도출 과제의 연구개발비에 대한 출원을 고려했을 때는 단순히 출원 수만을 보았을 때와 분포가 조금 달라지는 데 여기서 기초연구 분야는 연구개발비 1억 원당 0.65건의 특허를 출원하여서 응용연구 분야 다음으로 높은 수치를 기록했다.

[그림 2-40] 2007년 연구과제 성과 : 특허 등록



위 [그림 2-40]은 2007년 연구과제의 성과를 특허 등록 수를 통해 보여주고 있는데 기초연구 분야에서 1,469건의 특허를 등록했고 응용연구 분야에서는 4,126건, 개발연구 분야에서는 4,752건 그리고 기타연구 분야에서는 167건의 특허를 등록하였다. 연구 분야별 특허 등록 수 분포는 앞에서 살펴본 특허 출원 수 분포와 비슷한 분포를 나타내고 있는데 이는 2007년 연구개발비 그리고 성과도출 과제 연구개발비 1억 원 당 등록수도 마찬가지로 이다.

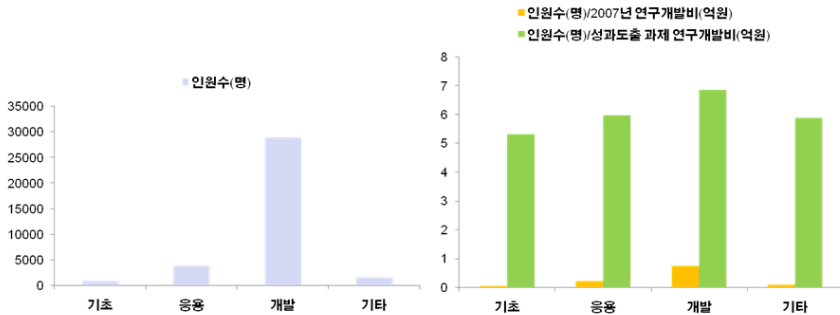
[그림 2-41] 2007년 연구과제 성과 : 기술료(당해연도 징수액)



기술료 측면에서는 개발연구 분야에서 880억 원 가량의 가장 많은 기술료 징수액을 기록하였는데 이는 2006년 개발연구 분야의 기술료 징수액인

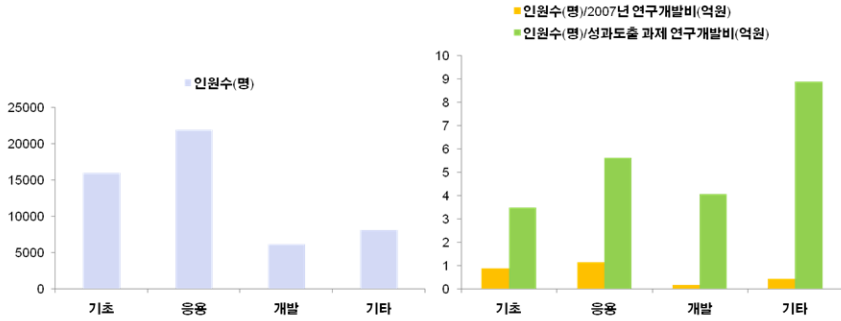
약 475억 원의 2배에 조금 못 미치는 수치이다. 이와 달리 기초연구 분야에서는 2006년과 마찬가지로 매우 저조한 수치를 보여주고 있는데 구체적으로 살펴보면 기초연구 분야에서 약 39억 원, 응용연구 분야에서 약 175억 원, 개발연구 분야에서 약 880억 원 그리고 기타 연구 분야에서 약 5억 원의 수치를 보여주고 있다. 이를 통해 각 연구 분야별로 기술료 징수액 규모에 있어서 큰 차이가 나타나고 있음을 알 수 있다.

[그림 2-42] 2007년 연구과제 성과 : 사업화(고용창출 인원수)



2007년 사업화를 통한 고용창출은 개발연구 분야에서 가장 많이 이루어졌다. [그림 2-42]의 왼쪽 그래프를 살펴보면 다른 연구 분야가 모두 5,000명에 못 미치는 고용창출 수를 기록한데 비해 개발연구 분야에서는 거의 3만 명에 달하는 인원을 창출하였다. 기초연구 분야에서는 총 977명의 고용을 창출하여 기타 연구 분야보다 700명 가량 적은 수로 가장 낮은 수치를 기록했다. 하지만 성과도출 과제 연구개발비 1억 원당 고용창출 인원 분포를 살펴보면 기초연구 분야에서도 개발연구 분야와 크게 다르지 않은 고용을 창출한 것으로 나타나고 있다.

[그림 2-43] 2007년 연구과제 성과 : 인력양성(석·박사 배출)



2007년 연구과제 성과 중 하나로 석·박사 배출인원을 통해 인력 양성효과 분포는 위 [그림 2-43]과 같다. 각 연구 분야별로 살펴보면 기초연구 분야의 경우 2007년 한 해 동안 총 15,975명의 석·박사를 배출하였고 응용연구 분야에서는 21,952명으로 가장 많은 인원을 배출하였다. 또한 개발연구 분야에서는 가장 적은 6,156명의 석·박사를 배출하였고 기타연구 분야에서는 8,159명을 기록하였다. 연구개발비를 통한 분석에 따르면 기초연구 분야에서 연구개발비를 1억 원 투자했을 때 0.86명의 석·박사를 배출하는 효과를 기대할 수 있다.

제3장 | 기초연구 지식스톡의 경제적 파급효과 : 국가단위 총요소생산성

이 장에서는 기초연구를 통해 생성된 학술논문에 주목해서 기초연구의 경제적 효과를 측정한다. 여기서 경제적 효과의 측정, 최종 분석 대상은 상이하지만, 한국학술진흥재단(2008)¹⁾의 논의 및 방법론을 활용하여 이루어졌다.

제1절 분석방법론

경제성장에서 기술혁신이 차지하는 비중이 높아지면서 기술혁신에 대한 관심이 확대되고 있다. 기술혁신수준의 제고와 기술혁신활동의 활성화가 이론적, 정책적으로 중요해지면서 기술혁신의 활성화를 위한 핵심적인 요소에 대한 탐구가 점차 확산되고 있다.

기술혁신을 지식차원에서 바라보는 경우, 기술혁신은 지식의 생산과 확산, 활용이라는 점에서 기술혁신의 활성화가 필요하다. 이러한 이유로 지식의 생산에서 기초연구가 차지하는 역할은 보다 중요해진다.

통상 기초연구가 경제성장에 기여하는 다양한 유형은 다음과 같이 정리할 수 있다(Martin et al, 1996, Salter and Martin, 2001). 첫째, 유용한 지식스톡의 증가, 둘째, 숙련 인력의 훈련, 셋째, 새로운 과학적 기구 및 방법론 설계, 넷째, 지식생산에 필수적인 네트워크 형성 및 사회적 상호작용 촉진, 다섯째, 과학기술적 문제해결 역량 제고, 여섯째, 신생기업 형성의 기초 확보가 그것이다. 이하에서는 이들 요소에 대해 간략히 살펴본다.

첫째, 지식스톡의 증가이다. 여기에서는 기초연구가 기업이 기술개발에서

1) 한국학술진흥재단, 2008 학술연구조성사업 투자효과분석, 2008

활용할 수 있는 유용한 과학적 정보를 확장시킨다는 점에 주목한다. 기술혁신의 직접적인 상업화와 전유수단 확보에 주력하는 기업은 통상 새로운 아이디어나 기술지식의 원천으로 기초연구의 성과에 크게 의존한다. 기초연구 성과가 충분하지 않을 경우에 기업은 직접적인 상업화의 커다란 원천을 확보하기 어렵다.

그러나 과학적 진전의 상업적 활용은 과학적 발견 당시에 그 활용방식이 분명하게 지정되기 어려운 측면이 강해서 과학적 발견의 상업적 가치는 즉각적으로 분명하게 드러나지 않는다. 따라서 시장수요의 확인 및 조직화와 보완적인 요소의 확보를 통해서만 상업적 가치가 분명해진다는 점에서 사전적으로 가치를 확정하기 힘든 시차를 갖는다.

그렇지만, 기초연구는 산업계 R&D의 역량을 자극하고 제고하며, 기술적 기회를 확장시키는 역할을 수행한다. 즉 직접적으로 상업화 대상이 되지 않더라도 전반적인 연구개발능력을 제고하고 기술혁신의 원천이 되는 요소를 풍부화하는 역할을 수행한다.

한편, 지식을 명시적 지식과 암묵적 지식으로 구분할 때, 통상 명시적 지식의 효과의 활용은 암묵적 지식의 존재를 전제한다. 이때, 기업은 명시적 지식을 드러낼 뿐 아니라 묵시적 지식과 전문성을 드러내는 출간논문을 활용한다(Hick, 1995).²⁾

기초연구에 대한 투자가 논문출간으로 이어지는 만큼 관련 암묵지식의 식별에 도움을 준다. 공개 출판은 기초과학 연구의 핵심적인 측면이고 기업이 과학공동체에서 지식과 숙련기반에 접근할 수 있는 기회를 확장시킨다.

둘째, 숙련 인력의 훈련. 즉, 기초연구를 통해 양성된 연구 인력이 과학기술인력을 필요로 하는 기업에 제공된다. 새로운 연구 인력의 창출은 최신의 과학기술에 대한 지식을 갖고 있을 뿐만 아니라 복잡한 문제를 해결하고 연구개발을 수행할 수 있는 연구자를 공급한다는 점에서 중요하다.

셋째, 새로운 과학적 기구 및 방법론 설계. 즉 기초연구를 수행하는 과정

2) D. Hicks, 1995, Published papers, tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge, *Industrial and Corporate Change* 4

에서 연구자들은 문제해결을 위한 새로운 도구나 방법론을 개발하고 이러한 도구 및 방법론은 산업계로 확산되어 기술혁신의 수준을 제고한다.

넷째, 네트워크 형성 및 사회적 상호작용 촉진. 즉 기초연구를 통해 전문가의 머리 속에만 머물러 있던 창의적인 지식이 외부로 발현되고, 이러한 지식은 지식공동체의 공유를 통해 또 다른 지식을 창출하여 사회적으로 유익한 영향을 미친다.

다섯째, 과학기술적 문제해결 역량 제고. 기초연구는 다양한 아이디어와 실험을 통해 산업체에게 기술적 문제를 해결하는데 직, 간접적으로 기여한다. 이러한 효과는 주로 기초연구를 수행하는 대학과 산업체의 활발한 연계를 통해 커질 수 있다. 즉 산학협동연구를 수행하는 과정에서 기업체에 필요한 기술이 개발되고, 이를 통해 기업체의 과학기술적 문제가 해결될 가능성이 커진다.

여섯째, 신생기업 형성의 기초 형성. 새로운 분야의 연구개발을 수행하던 교수나 연구원들이 직접 기업을 창업하여 경영함으로써 사회적으로 경제적 효과를 발휘할 수 있다.

이처럼 다양한 효과를 발휘함에도 불구하고 기초연구의 성과의 핵심은 논문출판을 통한 지식스톡의 증대라고 할 수 있다. 따라서 우리는 출판된 논문의 경제적 효과에 집중하여 기초연구의 경제적 효과를 분석하기로 한다.

학술논문의 경제적 효과나 생성 가치에 집중하는 경우에 그 경제적 효과에 접근하는 방식은 크게 세 가지 방식으로 대별할 수 있다.

첫째, 전통적인 방식으로 무형자산의 가치 측정방식을 들 수 있다. 이러한 방식은 원가접근법, 시장가격 접근법, 시장가치 접근법, real option법 등 전통적인 기업가치 평가법으로 설계되어 유형자산 평가법, 무형자산 평가법으로 확장되는 기법이라 할 수 있다. 여기에서는 무형자산의 핵심인 기술에 대한 가치평가와 유사하게 논문에 대한 가치평가를 시도한다. 대표적으로는 국내에서 이루어진 연구인 장진규(2005), 정광호(2006) 등이 있다.

둘째, 연구자에 대한 경제적 인센티브 접근법을 들 수 있다. 여기에서는 주로 출간논문의 가치를 연구자의 급여에 대한 출간의 한계적 기여도 차원에서 접근하여 직접적 가치를 추정한다. 즉 연구자의 급여를 논문 출간과 기타 특성의 함수로 간주하여 추정하는 방식이다. 대표적으로 Bertin and

Zivney(1992)와 STEVE SWIDLER and ELIZABETH GOLDREYER (1998) 등을 들 수 있다.

셋째, 지식스톡의 경제성장애의 영향을 분석하는 방식을 들 수 있다. Adams(1990) 등에서 시도되는 방식으로 학술논문을 활용하여 경제전체의 장기지식스톡을 추정하여, 총요소생산성에 대한 기여도를 분석한다.

참고로 Adams(1990)의 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 D l_u x_t &= l_u x_{t+7} - l_u x_t = l_u (x_t y_{xt}) \cong \frac{\Delta x_t}{x_t} \\
 - D \ln q_t &\cong \gamma + \eta_z D \ln z_t + \eta_K D \ln KN_{t-m} + \eta_I D \ln I_{t-n} \\
 - g_t &\cong \gamma + \eta_K D \ln KN_{t-m} + \eta_I D \ln I_{t-n} \\
 - \eta_K D \ln KN_{t-m} &= \left(\frac{\delta \ln Q_t}{\delta \ln KN_{t-m}} \right) D \ln KN_{t-m} = \frac{\rho_K D KN_{t-m}}{Q_t} \\
 - D KN_{t-m} &\cong \sum_{j=1}^F l_{t+1-mj} N_{t+1-m-kj}
 \end{aligned}$$

(단, q_t - 산출물, z_t - 전통적인 투입물, KN - 자신의 지식, I - 파급지식, g_t - 생산성 성장, ρ_k - 수익률, l - 산업의 총과학자, γ - 비체화 기술변동비율, η_z - 전통적인 투입재의 산출탄력성, η_K - 자기 지식스톡(KN_{t-m})의 산출탄력성, η_I - 차입스톡(I_{t-n})의 산출탄력성, m, n - 흡수와 적용 사이의 시차)

여기에서는 세 번째 방식을 활용하여 기초연구의 직접적 산출물의 경제적 효과를 추정하기로 한다. 즉 기초연구는 경제 전체의 지식스톡을 증가시켜 경제성장을 제고시키는 효과를 발휘한다³⁾는 점에 주목한다. 이때, 경제전체의 지식스톡은 출간논문수를 활용하여 추정한다.

통상 경제전체의 지식스톡은 크게 명시적 지식과 암묵적 지식으로 구분할 수 있고, 내부에서 생성된 지식과 외부로부터의 파급된 지식으로 구분할

3) F. Martin, 1998, The economic impact of Canadian university R&D, Research Policy 27

수 있다. 지식의 생성방식차원에서 지식은 과학기술지식 생성을 통하거나 경험지식을 통해 생성되는데⁴⁾, 각국마다 지배적인 방식이 다르겠지만, 경제성장이 일정단계에 도달한 경우에는 전자의 방식이 핵심적일 수밖에 없다는 점을 고려하면 지식스톡의 핵심은 명시적 지식이고 외부에서의 파급역시도 내부의 명시적 지식수준이 핵심적인 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 따라서 출간논문을 활용하여 전반적인 기술혁신과 경제성장에 영향을 미치는 지식스톡 추정치는 의미를 갖는다고 할 수 있다.

이상의 맥락에 따라 우리가 설정하는 연구모형은 다음과 같다.

[그림 3-1] 지식스톡 추정 및 파급효과 측정 모형



이러한 모형을 배경으로 일정한 질을 가진 SCI journal article을 대상으로 하여, 경제전체의 지식스톡을 추정⁵⁾하고 경제전체의 지식스톡과 총요소생산성(TFP)과의 관계 분석을 통해 기초연구의 경제적 효과를 추정하고자 한다.

이때, 국가 사이에 spill-over는 없다고 가정한다. 이러한 가정은 실제 국가간 spill-over는 각국의 지식역량에 크게 의존하므로, spill-over수준은 지식역량 수준과 지식스톡수준에 비례하는 관계를 보인다는 점에서 의미가 있다.

나아가 Adams(1990)처럼 장기시계열 데이터를 구축하기 어렵다는 점을 감안하여, OECD 회원국을 대상으로 추정하는 방식을 취한다.

이때, 지식스톡 추정법은 다음과 같다. 통상 지식스톡은 학술논문보다 coverage가 좁을 수밖에 없는 특허출원(등록)건수나 투입측면이 강한 연구개발투자를 활용한 경우가 많아서 한계가 있다.

특허출원건수를 활용한 지식스톡 추정은 통상 아래와 같다(조윤애 외,

4) STI mode 및 DUI mode (Lundvall, 2007) 논의를 참조

5) J. Adams, 1990, Fundamental stocks of knowledge and productivity growth, JPE vol.98 No.4

2006, 산업연구원)

$$KUPAS(t) = (1 - \delta_p)KUPAS(t-1) + KUPA(t)$$

$$KUPAS(0) = \frac{KUPA(0)}{(g_p + \delta_p)}$$

$KUPAS(t)$: t시점의 지식스톡

$KUPA$: 특허출원건수

δ_p : 감가상각률

g_p : 대상기간 동안의 특허출원건수 증가율

여기에서 감가상각률은 Abdih and Joutz(2005)⁶⁾에 따라 0.15로 가정하고 있다.

또한, 연구개발투자를 활용한 지식스톡 추정도 이와 유사하다(신태영, 2002).

$$TS_t = TF_t + (1 - \delta)TS_{t-1}$$

TS_t : t 시점의 지식스톡

TF_t : t 시점에 새로운 연구개발투자

δ : 지식의 진부화율(감가상각률)

이때, 기준이 되는 첫 해(t_0)의 R&D 스톡은 이미 오래 전부터 매년 새롭게 형성된 연구개발이 누적되어 온 결과로 정의하면, 다음 식이 성립한다.

$$TS_{t_0} = \sum_{i=0}^{\infty} TF_{t_0-i} (1 - \delta)^i$$

기준이 되는 첫 해 이전의 지식스톡 증가율을 첫 해가 지난 이후에 실현

6) Abdih, Y. and F. Joutz(2005), "Relating the Knowledge Production Function to Total Factor Productivity", IMF Working Paper, April

된 평균적인 지식스톡의 증가율(g)과 같다고 정의하면,

$$TS_{t_0} = TF_{t_0} \left[\frac{1+g}{g+\delta} \right]$$

이때 연구개발 시차는 3년으로, 진부화율은 0.14286으로 가정된다(R&D 스톡이 감가상각 되는 기간을 7년으로 가정한 경우임).

이상에서의 지식스톡 추정방식을 활용하여 본 연구에서는 학술논문을 활용한 지식스톡을 추정한다.

$$KS(t) = (1 - \delta)KS(t - 1) + KF(t)$$

$$KS(0) = \frac{KF(0)}{(g + \delta)}$$

$KS(t)$: t시점의 지식스톡

$KF(t)$: t시점에서의 SCI논문 출간건수

δ : 감가상각률(진부화율)

g : 대상기간 동안의 학술논문 출간건수 증가율

이때 δ 를 0.15로 가정한다.

제2절 분석데이터

여기에서는 OECD 회원국을 대상으로 1976-2004년 SCI 논문 출간수를 활용하여 지식스톡을 측정하고 총요소생산성과의 관계를 분석한다. 여기서 데이터 입수가능성을 고려하여, 대상국가는 호주, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 그리스, 아이슬란드, 아일랜드, 이탈리아, 일본, 한국, 네덜란드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국 등 20개국으로 설정하였다.

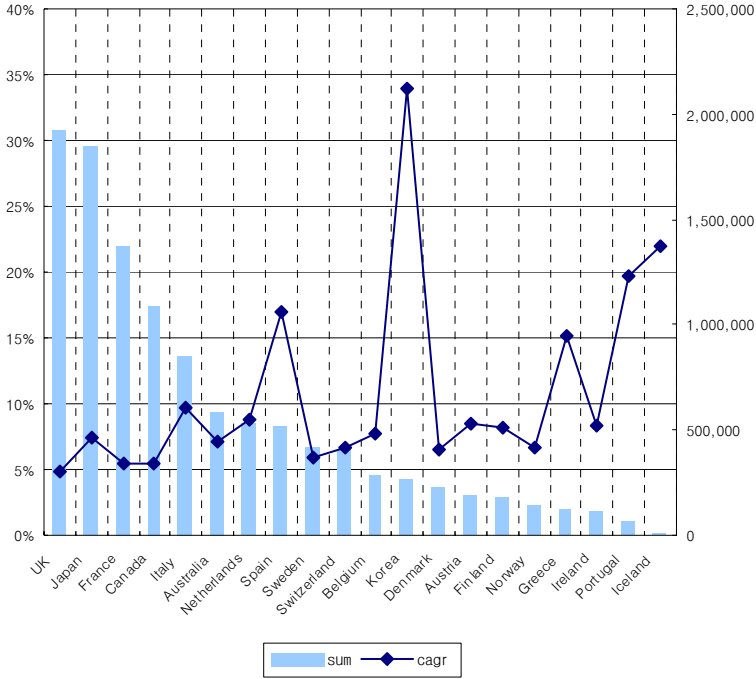
1. OECD 논문 생산 추이

1975-2007년을 대상으로 한 기초통계는 다음 <표 3-1>과 같다. 분석대상 국가 전체의 평균 연평균 증가율은 7.27%에 이르렀고, 한국, 그리스, 스페인 등이 평균을 상회하였고 작은 규모인 포르투갈과 아이슬란드도 평균을 상회하였다. 상위국 중에서는 일본이 7%를 상회하는 증가율을 보였다. 국가별로 전체 규모를 보면, 예상대로, 영국, 일본, 프랑스, 캐나다, 이탈리아가 상위 그룹을 형성하였다.

<표 3-1> 학술논문 기초통계

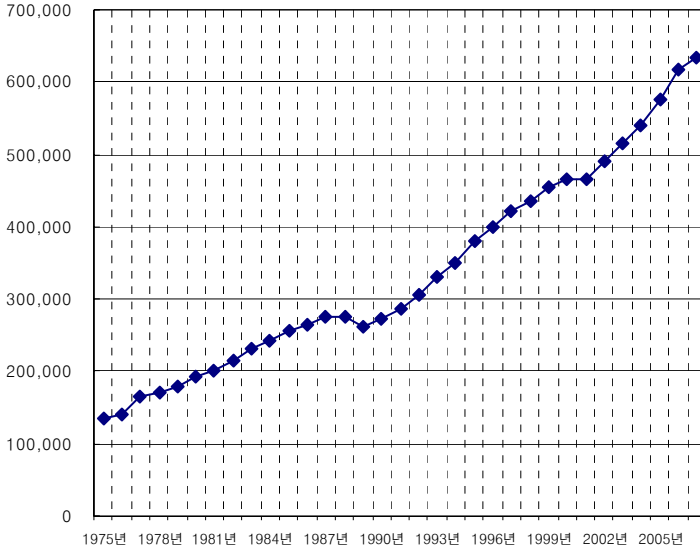
Member Countries	cagr	sum	max	min	sd
UK	4.82%	1,918,891	89,864	31,912	16466.06
Japan	7.49%	1,850,177	92,713	18,116	23490.6
France	5.52%	1,376,604	65,785	20,157	13322.81
Canada	5.46%	1,091,036	56,071	17,419	10160.12
Italy	9.71%	851,340	57,410	6,318	14476.81
Australia	7.06%	584,198	34,764	7,756	7365.352
Netherlands	8.73%	531,130	30,881	4,898	7405.369
Spain	16.94%	518,200	42,871	1,372	11879.66
Sweden	5.91%	418,723	20,716	5,863	4405.196
Switzerland	6.68%	403,861	23,329	5,536	4753.464
Belgium	7.69%	283,753	17,289	3,244	3897.294
Korea	33.91%	268,052	33,305	49	10546.94
Denmark	6.51%	225,092	12,204	3,050	2588.674
Austria	8.56%	194,019	12,585	1,721	2976.162
Finland	8.13%	183,581	10,134	1,816	2527.211
Norway	6.63%	137,622	8,468	1,988	1677.423
Greece	15.18%	119,909	12,060	538	3166.479
Ireland	8.26%	117,678	8,033	1,402	1829.113
Portugal	19.69%	69,531	7,757	143	2283.578
Iceland	21.99%	7,513	634	8	176.0141
sum	7.27%	11,150,910	632,925	135,124	143293.7

[그림 3-2] 연평균증가율과 국가별 합계



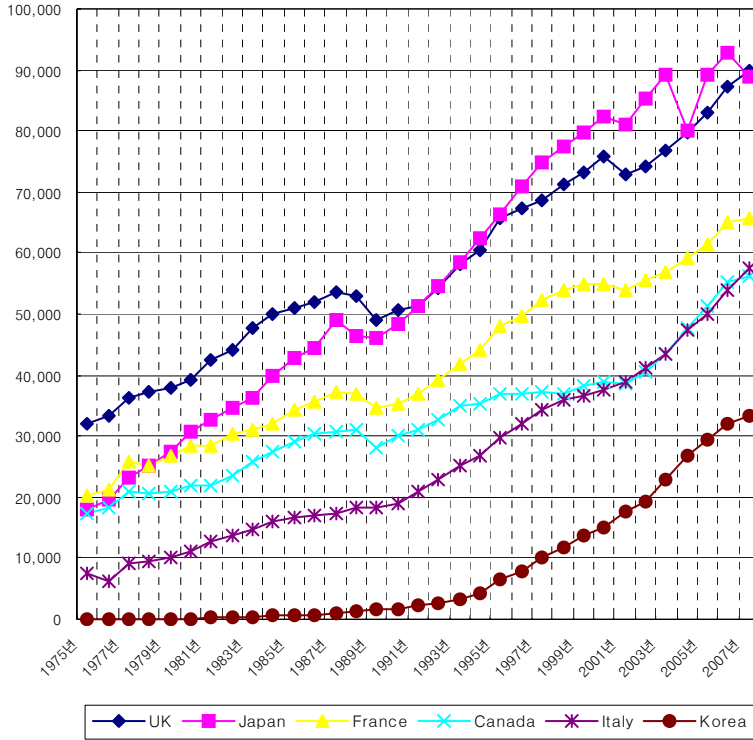
전체적으로 연도별 추이를 보면, 1989~1990년 전후 시기와 2000~2001년 전후 시기를 제외하고는 지속적인 성장을 보이고 있으며, 최근 들어 그 성장률 폭은 이전보다 급격한 모습을 보였다.

[그림 3-3] 학술논문 수 추이



상위그룹을 형성하는 주요국의 논문 건수 추이를 보면, 일본의 급격한 성장이 두드러지고, 1990년대 상반기를 거치면서 영국을 제치는 논문건수의 성장을 보이고 있다. 또한 이탈리아의 경우에도 1970년대에는 주요국에 훨씬 못 미치는 수준이었으나, 1980년대 이후 급격하게 성장하고 1990년대 이후 더욱 가속화되면서 캐나다를 제치는 논문 성과를 보였다. 한국은 1990년대 초반을 거치면서 1990년대 중반부터 급격하게 성장하는 모습을 보였다.

[그림 3-4] 주요국 논문건수 추이



2. 지식스톡

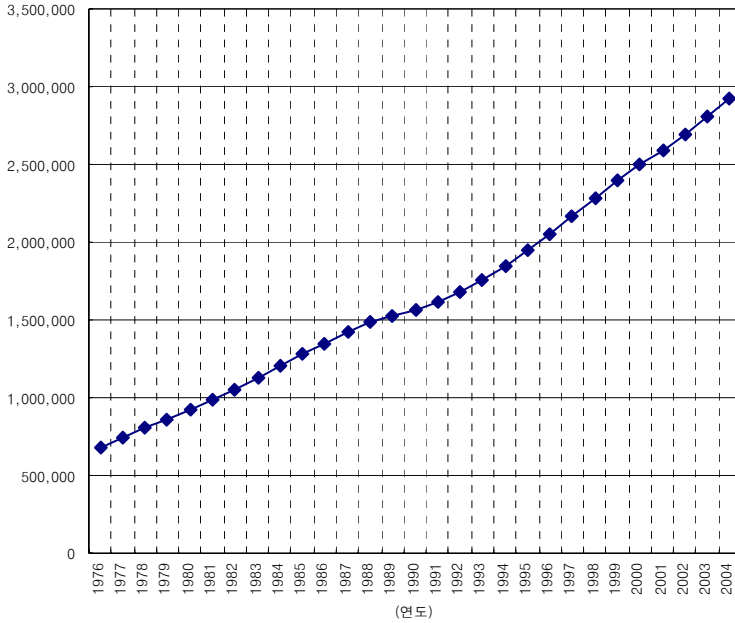
앞에서의 측정방법론에 따라 논문출간건수를 활용한 각국의 지식스톡을 계산했다. 간략한 기초통계는 다음과 같다.

〈표 3-2〉 지식스톡 기초통계

Member Country	avg	max	min	sd
AUSTRALIA	87359.48	150112.7	38043.53	31558.56
AUSTRIA	27368.42	53384.13	9179.147	12336.97
BELGIUM	41421.56	74982.13	15931.58	16774.81
CANADA	175462.6	259006.2	90653.75	50141.71
DENMARK	34487.46	57660.59	15207.95	12275.23
FINLAND	26784.64	50112.8	8528.079	12352.14
FRANCE	219821.9	342999.8	104629.3	71356.27
GREECE	13200.82	36247.65	2387.079	9472.752
ICELAND	873.7413	2338.364	56.3842	670.5619
IRELAND	16600.02	31386.73	6566.804	7034.741
ITALY	116053.7	239510.9	32006.95	62262.94
JAPAN	277625.9	496705.3	87905.31	127669.2
KOREA	20515.15	98990.5	142.8397	28425.21
NETHERLANDS	76934	140936.1	22741.58	36265.87
NORWAY	20897.41	34185.36	10095.3	6745.147
PORTUGAL	6463.342	23438.9	505.6003	6597.255
SPAIN	61476.54	159133.9	5188.751	47232.37
SWEDEN	65734.86	106102.5	29810.73	22896.5
SWITZERLAND	61512.98	102380.1	27609.53	20773.54
UK	314521.2	465326.9	170137.3	88238.2

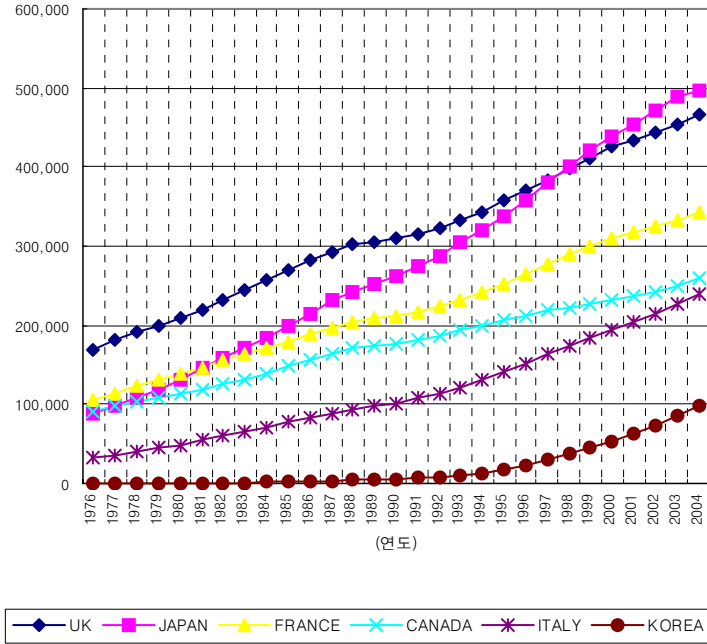
대상국 전체의 지식스톡은 앞서의 대상국 전체의 논문건수와 유사한 추이를 보이고 있다. 다만 2000년 전후의 둔화는 보이지 않는다는 차이점이 있다.

[그림 3-5] 대상국 전체의 지식스톡 추이



주요국 지식스톡의 추이는 생산된 지식의 누적적 효과 때문에 앞서의 논문출간보다는 시차를 보이고 있다. 일본은 1990년대 후반에 가서야 영국의 수준을 앞서는 모습을 보이고 있다. 이탈리아와 한국의 급격한 성장세도 눈에 띄는 특성이다.

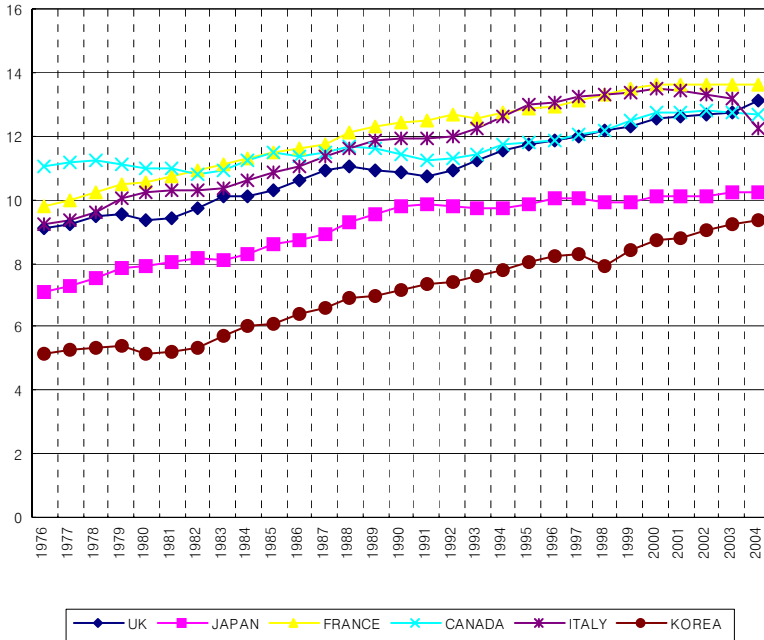
[그림 3-6] 주요국 지식스톡 추이



3. 총요소생산성

총요소생산성은 총고정자본 투자스톡의 진부화율 0.04, 노동소득분배율 0.7을 가정하여 추정된 총요소생산성 수치를 활용하였다(이우성 외, 2006). 상위그룹 국가의 총요소생산성 추이를 살펴보면, 프랑스가 상대적으로 높고, 일본이 상대적으로 낮으며, 한국은 1980년과 1998년의 둔화를 제외하면 꾸준한 성장을 보이고 있다.

[그림 3-7] 주요국 총요소생산성 추이



제3절 분석결과

본 연구는 SCI논문 출간건수를 활용한 지식스톡총량과 총요소생산성 사이의 관계를 분석하여, 기초연구의 경제적 효과를 측정하는데 목적이 있다. OECD 회원국을 대상으로 한 1976-2004년의 패널데이터를 활용하여 아래와 같은 추정모형을 대상으로 패널분석을 시도하였다.

$$\text{추정 모형 } \ln(TFP) = f(\ln(KS))$$

탐색적인 연구라는 점을 감안해서, 시차(time lag)를 0년, 3년, 5년, 10년 등 네 가지 형태로 고려해서 추정을 시도하였고, 각각에 대해 pooled

estimation, fixed model, random model에 대한 추정을 시도하였다. 그 결과, 지식스톡에 대한 중요소생산성의 탄력성은 0.46 - 1.30로 드러났다.

우선 생성된 지식스톡이 중요소생산성에 영향을 미치는 시차를 0으로 전제했을 때, 지식스톡의 중요소생산성에 대한 탄력성은 0.56 - 1.22로 나타났다.

〈표 3-3〉 pooled estimation의 추정결과(시차=0)

pooled estimation				
Intfp	Coef.	Std.err.	t	P>t
Inks	0.567815	0.04008	14.17	0.00
_cons	4.502239	0.424011	10.62	0.00
F(1,578) = 200.71				
Prob > F = 0.00				
R-squared = 0.2577				
Adj R-squared = 0.2565				

〈표 3-4〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=0)

fixed effects				
Intfp	Coef.	Std.err.	t	P>t
Inks	1.227869	0.051491	23.85	0.00
_cons	-2.39431	0.539241	-4.44	0.00
F(19,559) = 71.09				
Prob > F = 0.00				

〈표 3-5〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=0)

random effects				
Intfp	Coef.	Std.err.	z	P>z
Inks	1.175179	0.050429	23.3	0.00
_cons	-1.84377	0.604331	-3.05	0.002
Wald chi2(1) = 543.06				
Prob > chi2 = 0.00				

생성된 지식스톡이 총요소생산성에 영향을 미치는 시차를 3으로 전체했을 때, 지식스톡의 총요소생산성에 대한 탄력성은 0.55 - 1.30로 나타났다. fixed model과 random model의 경우에 시차를 고려하는 경우에 탄력성이 보다 크게 나타났다.

〈표 3-6〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=3)

pooled				
L3.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	0.553273	0.043292	12.78	0.00
_cons	4.396459	0.462634	9.5	0.00
F(1,518) = 163.33				
Prob > F = 0.00				
R-squared = 0.2397				
Adj R-squared = 0.2383				

〈표 3-7〉 fixed model의 추정결과 (시차=3)

fixed				
L3.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	1.308939	0.058023	22.56	0.00
_cons	-3.59116	0.614305	-5.85	0.00
F(19,499) = 77.41				
Prob > F = 0.00				

〈표 3-8〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=3)

random				
L3.Intfp	Coef.	Std.	z	P>z
Inks	1.241466	0.056662	21.91	0.00
_cons	-2.87795	0.668856	-4.3	0.00
Wald chi2(1) = 480.06				
Prob > chi2 = 0.00				

생성된 지식스톡이 총요소생산성에 영향을 미치는 시차를 5로 전제했을 때, 지식스톡의 총요소생산성에 대한 탄력성은 0.53 - 1.32로 나타났다. 이 경우에는 시차를 3으로 전제했을 경우보다 fixed model과 random model 모두에서 보다 탄력성이 높게 나타나 높은 효과를 보이는 것으로 해석할 수 있다.

〈표 3-9〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=5)

pooled				
L5.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	0.531648	0.045061	11.8	0.00
_cons	4.442126	0.484519	9.17	0.00
F(1, 478) = 139.2				
Prob > F = 0.00				
R-squared = 0.2255				
Adj R-squared = 0.2239				

〈표 3-10〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=5)

fixed				
L5.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	1.321737	0.06105	21.65	0.00
_cons	-3.96783	0.650665	-6.1	0.00
F(19,459) = 85.56				
Prob > F = 0.00				

〈표 3-11〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=5)

random				
L5.Intfp	Coef.	Std.	z	P>z
Inks	1.248772	0.059543	20.97	0.00
_cons	-3.19116	0.700452	-4.56	0.00
Wald chi2(1) = 439.84				
Prob > chi2 = 0.00				

마지막으로, 생성된 지식스톡이 총요소생산성에 영향을 미치는 시차를 10로 전제했을 때, 지식스톡의 총요소생산성에 대한 탄력성은 0.46 - 1.30로 나타났다. 이 경우에는 시차를 5로 전제했을 경우보다 fixed model과

random model 모두에서 보다 탄력성이 낮게 나타나 10년 정도의 시차가 진행되면 지식스톡이 미치는 효과가 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 3-12〉 pooled estimation의 추정결과 (시차=10)

pooled				
L10.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	0.465949	0.051185	9.1	0.00
_cons	4.729821	0.55805	8.48	0.00
F(1, 378) = 82.87				
Prob > F = 0.00				
R-squared = 0.1798				
Adj R-squared = 0.1776				

〈표 3-13〉 fixed effect 모형의 추정결과 (시차=10)

fixed				
L10.Intfp	Coef.	Std.	t	P>t
Inks	1.304245	0.066027	19.75	0.00
_cons	-4.33113	0.714184	-6.06	0.00
F(19,359) = 124.65				
Prob > F = 0.00				

〈표 3-14〉 random effect 모형의 추정결과 (시차=10)

random				
L10.Intfp	Coef.	Std.	z	P>z
Inks	1.228463	0.064465	19.06	0.00
_cons	-3.51202	0.761098	-4.61	0.00
Wald chi2(1) = 363.14				
Prob > chi2 = 0.00				

제4절 요약 및 소결

본 연구는 기초연구가 경제 전체의 지식스톡을 증가시켜 경제성장을 제고시키는 효과를 발휘한다는 점에 주목하고 기초연구가 일반적으로 학술논문의 출간 형태로 산출물을 낸다는 점에 착안하여, 출간논문수를 활용한 경제 전체의 지식스톡을 추정하였다. 지식스톡의 핵심은 명시적 지식이고 외부에서의 파급 역시도 내부의 명시적 지식수준이 핵심적인 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 따라서 출간논문을 활용하여 전반적인 기술혁신과 경제성장에 영향을 미치는 지식스톡 추정은 의미를 갖는다고 할 수 있다.

이에 따라 일정한 질을 가진 SCI journal article을 대상으로 하여, 경제전체의 지식스톡을 추정하고 경제전체의 지식스톡과 총요소생산성(TFP)과의 관계 분석을 통해 지식스톡을 형성하는 학술논문의 경제적 효과를 추정하고자 했다. 이때, 국가 사이에 spill-over는 없다고 가정하였는데, 이러한 가정은 실제 국가 간 spill-over는 각국의 지식역량에 크게 의존하므로, spill-over수준은 지식역량 수준과 지식스톡수준에 비례하는 관계를 보인다는 점에서 정당성을 찾을 수 있다.

OECD 회원국을 대상으로 한 1976-2004년의 패널데이터를 활용하여 패널분석을 시도하였다. 탐색적인 연구라는 점을 감안해서, 시차(time lag)를 0년, 3년, 5년, 10년 등 네 가지 형태로 고려해서 추정을 시도하였고, 각각에 대해 pooled estimation, fixed model, random model에 대한 추정을 시도하였다. 그 결과, 지식스톡에 대한 총요소생산성의 탄력성은 0.46 - 1.30로 드러났다.

이러한 결과는 본 연구와 유사하게 OECD 회원국을 대상으로 다양한 노동소득분배율과 자본투자의 감가상각률을 고려한 신태영 외(2007)에서 추정된 총요소생산성에 대한 R&D투자의 탄력성의 OECD 평균인 0.185-0.195(이우성, 2007에서 재인용)와 비교될 수 있다. R&D 지출이 기술혁신에 대한 투입요소를 대표한다는 점에서 의미가 있지만, (측정이 용이하지 않은) 비(非)R&D지출을 포착하지 못하고, 지식생산과의 연계가 분명하지 않다는 점을 고려하면, 학술논문은 일정하게 지식생산에 성공했다는 점

을 포괄한다는 점에서 학술논문이 연구개발지출에 비해 상대적으로 총요소 생산성에 미치는 효과가 크다고 할 수 있다.⁷⁾

또한 기초연구에서 생성된 학술논문과 응용연구를 통해 생성된 학술논문을 구분하여 그 경제적 효과를 파악할 때 기초연구를 통한 지식생산의 경제적 효과가 객관적으로 분석될 수 있다는 점을 고려할 때, 본 장의 연구는 이러한 구분을 수용하지 못한 점에서 한계를 갖는다. 향후 학술논문을 기초연구와 응용연구로 구분하여 그 효과를 측정할 수 있는 분류 프레임워크⁸⁾를 개발하고 이를 통해 객관적인 효과 측정과 이론적, 정책적 시사점 도출이 필요하다고 할 수 있다.

7) 다만 학술논문은 R&D지출에 비해 그 대상 coverage가 좁을 수 밖에 없고 학문과 학술연구자 집단의 특성에 크게 좌우될 수밖에 없다는 점에서 한계를 갖는다.

8) 본 연구는 SCI의 학문분류기준을 활용하여 대략적인 구분(rough classification)을 시도하였으나, 학문 전 영역을 대상으로 한다는 점에서 시간적, 물리적 제약을 극복하기 어려웠다.

| 제4장 | 기초연구 R&D스톡의 경제적 파급효과 : 산업단위 총요소생산성

제1절 선행연구 검토

총요소생산성을 사용하여 기술진보를 측정할 대표적인 연구방법으로는 성장회계(growth accounting) 방식을 들 수 있다. 그 연구 방법에 따르면 총요소생산성(TFP)은 다음과 같이 잔차형태로 계산될 수 있다.

$$\ln A = \ln Y - \alpha \ln K - (1 - \alpha) \ln L$$

Y: 부가가치

K: 자본스톡

L: 취업자수

(1- α): 노동소득분배율

총요소생산성 증가율과 R&D집약도간의 관계식은 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수에 기초하여 다음과 같이 증가율 형태로 계산할 수 있다.

$$(\Delta A/A) = (\Delta Y/Y) - \alpha(\Delta K/K) - (1 - \alpha)(\Delta L/L)$$

또한 R&D투자와 생산성간의 관계를 다음과 같은 식을 통해 추정할 수 있다.

$$(\Delta A/A) = \alpha_1 + \beta(RD/Y)$$

위와 같은 과정을 통해, R&D집약도의 총요소생산성 증가율에 대한 추정치로 0.17~0.34라는 추정결과를 얻었다.

2002년 산자부 자료에 따르면, 우리나라 거시경제에 대한 실물경기변동(RBC; Real Business Cycle) 모형에서 연구개발사업투자를 10% 증가시키

면 0.9%정도의 총요소생산성 증가가 발생하는 것으로 나타났다.⁹⁾

이원기·김봉기(2003)는 R&D 투자의 생산성 파급효과를 자기산업으로부터의 직접효과와 타 산업으로부터의 간접효과로 구분하여 생산성에 미치는 탄력성을 도출하였다. 이를 위해 산업연관표를 이용하되 국산거래표에서 각 상품의 중간수요 중 타 산업의 중간재로 사용되는 비율을 구한 후, 동 비율에 해당 상품을 생산하는 산업의 R&D스톡을 곱하여 간접 R&D스톡을 구하였다. 이를 통해 1980~2001년의 제조업 패널자료를 사용, 1% R&D 투자증가가 노동생산성을 0.13% 증가시킨다는 실증분석 결과를 도출하였다.

하준경(2004)은 기술전파효과를 고려한 확장성장모형을 통해 우리나라의 경우, R&D 1% 증가가 장기성장률을 0.16% 증가시킨다는 결론을 내놓았으며, 이러한 수준의 탄력성이 미국의 2.75%에 비해 아주 작은 수치임을 지적하였다.

신태영(2004)은 R&D 기반 성장모형을 사용하여 우리나라의 GDP에 대한 R&D 탄력성이 13.9%임을 지적하고 이 수치가 일본보다는 낮지만 여타 선진국과 비교할 때 다소 높은 수치라고 주장하였다.

제2절 기초연구 R&D 투자(flow)와 총요소생산성

1. 데이터

기초 R&D가 우리 경제 제조업 각 8부문의 생산성에 미치는 영향을 추정하기 위해 패널데이터를 구성하였다. 데이터는 1993년부터 2005년까지 수록되었으며 총 96개의 표본수를 지닌다.

회귀방정식에서 사용되는 변수의 데이터는 우리나라 1991년부터 2004년까지의 연간(annual) 산업별, 유형별 시계열 데이터를 사용하였다. R&D투

9) 또한, 김원규 등(2000)에 따르면 제조업부문에서 R&D투자가 10%증가 시 총요소생산성이 4.9% 정도 증가하는 것으로 나타났으며, 조운애(1994)의 경우, R&D 투자 10% 증가가 직간접효과를 통해 제조업 총요소생산성에 0.57%정도 영향을 미치는 것으로 나타났음.

자액은 통계청의 ‘KOSIS 국가통계포털’, ‘민간 기업체의 주요산업별 총연구개발비’, 과학기술기획평가원의 ‘과학기술통계서비스’ 및 한국산업기술진흥협회의 ‘산업기술주요통계요람’에서 자료를 각각 구하였다. TFP자료는 신태영 외(2006, STEPI)에서 구하였다.

한편, 제7차 한국표준산업분류 개정(1998.2.18, 통계청고시 제1998-1호)을 반영하여 각 항목 데이터를 조정하여 구하였으며 신·구 산업분류를 간결히 대조하기 위해 산업분류 개편내용을 <표 4-1>에 수록하였다.

<표 4-1> 1997년 이전과 1998년 이후 산업분류 비교

1997 이전 산업분류	변수표	1998년 이후 산업분류
전산업	all_industry	전체 산업
농업, 수렵업, 임업 및 어업	agriculture_forestry	농업, 수렵업, 임업 및 어업
광업	mining_quarrying	광업
제조업	manufacturing	제조업
음식료품 및 담배업	food_beverages	음식료품및담배
섬유, 의복 및 가죽제품	textiles	섬유, 의복및가죽제품
목재, 펄프, 종이제품 및 출판업	wood_cork	목재, 종이, 인쇄및출판
화학제품	chemicals	코크스, 석유, 핵연료, 화합물및 화학제품, 고무및플라스틱제품
비금속광물제품	non_metallic_products	비금속광물제품
제1차 금속산업	basic_metals	제1차금속산업
기계제조업	machinery_manufaturing	조립금속제품 기계장비, 기구및운수장비
기타 제조업	other_manufacturing	가구및기타제조업 재생재료가공처리업 도·소매및소비자용품수리업
전기, 가스 및 수도업	electricity	전기, 가스및수도사업
건설업	construction	건설업
운수,창고 및 통신업	transport_warehousing	운수및창고업
		통신업
기술사업서비스업	tech_biz_service	금융및보험업

1997 이전 산업분류	변수표	1998년 이후 산업분류
		사업서비스업
		부동산및임대업
		교육서비스업
기타산업	other_industry	보건및사회복지사업
		오락, 문화및운동관련서비스업
		기타공공, 사회및개인서비스업

2. SUR 추정

일반적으로 패널데이터는 “long and narrow” 형태와 “short and wide” 형태의 두 유형으로 나뉜다. 전자의 경우 SUR 추정법을 많이 사용하고, 후자의 경우 Fixed-effects 또는 Random-effects 모형을 주로 사용한다.

본 연구에서 구축한 패널데이터도 실상 후자의 접근법을 사용하는 것이 바람직하나 우선 SUR 추정법을 적용하기로 한다. 이렇게 추정하는 가장 큰 이유는 Fixed-effects 또는 Random-effects 모형 추정법의 경우 본 연구의 관심인 R&D 효율성 추정치가 산업구분에 관계없이 (공통적으로) 단 하나만 도출되는 단점이 있기 때문이다. 즉, 본 연구에서는 산업별 기초 R&D의 효율성을 비교하고 정책 시사점을 찾는 데 목적이 있기 때문이다.

그렇다고 해서, 각 산업별 데이터에 대해 따로 OLS를 적용하게 되면 다음과 같은 문제가 발생한다. 즉, 산업별 TFP의 교란항들이 R&D의 파급효과(spill-over)로 상관관계(correlation)가 존재하는 경우, OLS를 적용하게 되면 추정량의 표준오차(standard error)가 커져 부정확한 추정치를 얻을 가능성이 발생한다.

이러한 이유로 본 연구에서는 seemingly unrelated regressions 추정법을 사용하였다. 즉, 산업별 생산성 방정식의 교란항간 동시적 상관(contemporaneous corr.)이 존재함을 명시적으로 고려하여 GLS를 적용하였다.

구체적으로 추정방법은 다음과 같다.

첫째, 산업별 생산성 방정식을 따로 OLS를 적용하여 추정한다.

둘째, 여기서 구한 잔차를 통해 각 교란항의 분산과 교란항간 상관계수를 구한다.

셋째, 이 정보를 이용하여 다시 전체 방정식을 동시에 GLS를 적용하여 추정한다.

기초 R&D 지출이 통계적으로 유의한 부문은 기계장비,기구및운수장비(MACHINERY)로 나타난다. 응용 R&D의 경우, 목재종이인쇄(WOOD) 기타제조업(OTHER) 부문이 유의한 것으로 나타난다.

그러나 이는 계량경제 방법론상 중요한 문제점을 내포하고 있다. 즉, 개별 회귀계수는 대부분 유의하지 않지만 전체 적합도를 나타내는 F-검정은 유의하게 나타나는 다중공선성(multicollinearity)의 문제를 드러낸다. 두 유형의 R&D 간 상관계수는 0.8을 초과할 정도로 두 변수는 같이 움직이는 관계를 드러낸다.

본 연구에서는 이를 극복하기 위해 상태공간모형으로 전체 R&D 탄력성의 시계열을 추정한 다음 이를 사용하여 SUR 추정에서의 비표본 정보(nonsample information)을 사용하였다. 이는 일종의 제약 회귀직선(restricted regression)을 사용하는 것으로 다중공선성에 따른 통계방법상의 문제를 어느 정도 해소할 수 있다.

〈표 4-2〉 SUR: 기초 R&D 와 응용R&D(flow)

	음식산업	섬유산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	.	.	0.16	0.90	.	.	-2.05	.
Log (응용R&D)	.	.	0.04	0.06
Log (기초R&D)	0.13	.

생산성 회귀방정식에서 교란항은 (직접적) R&D 이외에 TFP에 영향을 주는 요인에 영향을 받는다. 이러한 예로는 설비가동률(capacity utilization), 경제 상태, 간접 R&D 등을 들 수 있다. 특히, 타 산업에서 축적

된 간접 R&D스톡은 분석대상 산업의 교란항에 영향을 미친다. 이같이 교란항 상관계수 행렬을 통해 파악한 R&D spill-over가 큰 부문은 <표 4-3>의 *표시된 부분과 같다.

<표 4-3> 산업별 파급효과: 기초 R&D 와 응용R&D

	TFP_FOOD	TFP_TEXTILES	TFP_WOOD	TFP_CHEMICALS	TFP_NONMETALLIC	TFP_METALS	TFP_MACHINERY	TFP_OTHER
TFP_FOOD	1							
TFP_TEXTILES	0.274175	1						
TFP_WOOD	0.063596	0.553237*	1					
TFP_CHEMICALS	-0.18633	-0.29281	0.563332*	1				
TFP_NONMETALLIC	0.317155	0.892143*	0.500982*	-0.22204	1			
TFP_METALS	0.165474	0.373141	0.152591	-0.3237	0.472075	1		
TFP_MACHINERY	0.174699	0.742479*	0.629212*	-0.14891	0.779911*	0.627415*	1	
TFP_OTHER	0.289093	0.771562*	0.769891*	0.136084	0.700837*	0.377607	0.744735*	1

정부 R&D 지출이 통계적으로 유의한 부문은 음식료품(FOOD), 목재종이 인쇄(WOOD), 비철금속(NONMETALLIC), 기계장비, 기구및운수장비(MACHINERY), 기타제조업(OTHER)로 나타난다. 민간 R&D의 경우, 화학(CHEMICALS), 비철금속(NONMETALLIC), 기타제조업(OTHER) 부문이 유의한 것으로 나타난다. 정부 및 민간 R&D의 경우에는 다중공선성 문제가 그리 심각하지 않다.

<표 4-4> SUR: 정부 R&D 와 민간R&D(flow)

	음식산업	섬유산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	20.16	.	0.63	.	-2.77	.	-2.25	-0.76
Log (정부R&D)	0.31	.	0.01	.	0.07	.	0.19	.
Log (민간R&D)	.	.	.	0.14	0.19	.	.	0.13

〈표 4-5〉 산업별 파급효과: 정부 R&D 와 민간 R&D

	TFP_ FOOD	TFP_ TEXTILES	TFP_ WOOD	TFP_ CHEMICALS	TFP_ NONMETALLIC	TFP_ METALS	TFP_ MACHINERY	TFP_ OTHER
TFP_FOOD	1							
TFP_TEXTILES	0.155703	1						
TFP_WOOD	-0.01428	0.695621*	1					
TFP_CHEMICALS	-0.30646	0.232142	0.537278*	1				
TFP_NONMETALLIC	-0.01013	0.49953	0.435862	0.436317	1			
TFP_METALS	-0.09733	0.239975	0.022441	0.398775	0.488907	1		
TFP_MACHINERY	0.30947	0.609567*	0.674155*	0.34693	0.47565	0.326444	1	
TFP_OTHER	-0.11067	0.711403*	0.892934*	0.613524*	0.345019	0.089701	0.572191*	1

3. Two Stage LS 추정법

이제까지의 SUR추정법에서는 표준선형모형에서 사용하는 중요한 암묵적인 가정을 하였다. 즉, 설명변수인 유형별 R&D 투자와 생산성 방정식의 교란항간 상관관계가 없다는 가정을 하였다. $E(e|RD)=0$ 그러나 이 가정은 위배될 수 있다. 간접 R&D(스톡)을 제외하고 생산성 방정식에 OLS를 적용하면 업종별 교란항간 상관관계가 존재함은 물론이고 중요변수의 누락(omission) 또는 측정오차(measurement error)로 인해 (직접) R&D 와 교란항간 상관관계가 존재할 수 있기 때문이다. 이 경우 내생성(endogeneity) 문제로 OLS추정량이 비일치적(inconsistent)일 수 있게 된다. 따라서 본 절에서는 (직접) R&D 투자의 내생성 문제를 고려하여 2단계 최소자승 추정법(2SLS)을 적용한다.

첫째, 생산성 교란항과 상관관계가 없으며 설명변수와 강한 상관관계가 존재하는 도구변수(instrumental variable)에 대해 설명변수를 회귀분석한다.

둘째, 여기서 구한 설명변수 추정치로 생산성 방정식에 대한 OLS를 적용한다.

응용 R&D 지출이 통계적으로 유의한 부문은 비철금속(NONMETALLIC), 기계장비, 기구및운수장비(MACHINERY)로 나타난다. 기초 R&D의 경우,

기계장비, 기구및운수장비(MACHINERY) 부문이 유의한 것으로 나타난다. 이 경우에도, 탄력성은 응용의 경우에 비해 작은 것으로 나타난다.

〈표 4-6〉 2SLS: 응용 R&D 와 기초 R&D

	음식산업	섬유산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	.	.	.	1.40	-3.58	.	-4.15	.
Log (응용R&D)	0.08	.	0.18	.
Log (기초R&D)	0.13	.

정부 R&D 지출이 통계적으로 유의한 부문은 비철금속(NONMETALLIC), 기계장비, 기구및운수장비(MACHINERY)로 나타난다. 민간 R&D의 경우, 비철금속(NONMETALLIC), 기타제조업(OTHER) 부문이 유의한 것으로 나타난다. 정부 및 민간 R&D의 경우에는 다중공선성 문제가 그리 심각하지 않다.

〈표 4-7〉 2SLS: 정부 R&D와 민간 R&D

	음식산업	섬유산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	-3.49	.	-2.21	-0.84
Log (정부R&D)	0.10	.	0.38	.
Log (민간R&D)	0.23	.	.	0.19

제3절 직접 및 간접 R&D 스톡의 총요소생산성 탄력성 측정

스필오버(spill-over) 효과로 인해 R&D 투자의 사적 수익률보다 더 큰 값의 사회적 수익률을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 수익률 대신 총요소생산성 탄력성을 구하였다. 이는 R&D가 생산성 및 나아가 성장에 미치는

효과가 본 분석의 주된 관심이기 때문이다. 스피로버 효과는 간접 R&D 스톡이 총요소생산성에 미치는 영향으로 측정하였고, 그와 동시에 직접 R&D 스톡이 총요소생산성에 미치는 영향도 계량모형을 추정함으로써 분석하였다.

〈표 4-8〉 R&D stock 유도 방법

□ R&D stock 유도 방법

1. 기본 산업별 R&D flow data는 KISTEP 과학기술연구개발활동조사보고 자료를 이용하여 집계함
2. R&D Stock을 구하는 전체적인 방법은 신태영(2003)의 “Long-Run Effects of R&D Investment on Nation”에서 사용한 방법을 따랐음.
3. 세부 방법론

세부방법을 살펴보면,

$$TS_t = TF_t + (1 - \delta_t)TS_{t-1} \dots\dots\dots (1)$$

- 여기서 TF_t 는 산업별 연구개발비(KISTEP자료)를 사용하였음.
- δ_t 는 진부화율로써 자료는 신태영 연구보고서 27p~28p에 있는 산업별 진부화율을 각 산업에 적용시킴
- (1)식을 확장하면 TS_0 를 구해야 함. 즉 각 초기 R&D Stock을 알아야 각 산업의 R&D Stock을 time series로 구할 수 있음
- 초기 R&D stock(TS_0)는 다음 식으로 구함

$$TS_0 = TF_0 \left[\frac{1+g}{g+\delta_T} \right] \dots\dots\dots (2)$$

- R&D flow가 주어진 년도($t=0$)가 1991년이며 1991~2006년까지의 평균 R&D 증가율을 g 로 설정하여 초기 R&D stock을 구함
- $t=1$ (1992년)이후 R&D stock은 (1) 식을 이용하여 구함

□ 간접 R&D stock 유도 방법

1. 간접 R&D Stock은 각 산업의 R&D 스톡에 산업연관표를 이용하여 구한 중간거래비율을 곱한후 행합계하여 간접 R&D 스톡으로 정의하였음.
2. 산업이 3개인 경우의 예를 들어 설명하면 아래와 같음

산업별 R&D stock	산업 1	산업 2	산업 3
1995년	I1	I2	I3

중간재 투입비율	산업 1	산업 2	산업 3
산업 1	A11	A12	A13
산업 2	A21	A22	A23
산업 3	A31	A32	A33

간접 산업별 R&D stock	산업 1	산업 2	산업 3
1995년	$A_{11}I_1 + A_{21}I_2 + A_{31}I_3$	$A_{12}I_1 + A_{22}I_2 + A_{32}I_3$	$A_{13}I_1 + A_{23}I_2 + A_{33}I_3$

□ 산업연관표를 이용하여 구한 중간재거래비율

- 중간재 거래비율은 국산거래표(경상표, 28부문)에서 각 부문을 열합계인 중간수요계로 나누어 구함
- 각 산업부문에서 생산활동의 중간재로 사용하기 위하여 재화나 서비스를 수요하는 것이 중간수요임
- 기본적으로 각 산업의 간접 R&D stock을 구함에 있어 각 산업 R&D stock이 산업연관표 상에 나타난 중간재의 유입 비율과 동일하게 유입됨을 가정하여 간접 R&D stock을 구함.

분석 결과, 정부 및 민간 부문 R&D 스톡을 사용하여 구한 생산성에 대한 탄력성은 <표 4-9>와 같으며 일반적 제조업의 생산성은 역시 민간 R&D에 의해 주로 영향을 받으며 그 효과는 화학산업의 경우 가장 크다.

〈표 4-9〉 SUR: 정부 R&D 와 민간 R&D(stock)

	음식산업	섬유산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	·	10.9	·	-8.03	-5.49	10.45	-4.65	·
Log (정부R&D)	·	2.87	·	·	·	·	·	0.25
Log (민간R&D)	·	·	·	1.26	0.40	0.19	0.42	·

기초 및 응용 부문 R&D 스톡을 사용하여 구한 생산성에 대한 탄력성은 <표 4-10>과 같으며 기초 R&D에 의해 주로 영향을 받는 산업부문은 응용 R&D에 의해 주로 영향을 받는 산업부문보다 그 효과가 큰 편이다.

〈표 4-10〉 SUR: 기초 R&D 와 응용 R&D(stock)

	음식산업	목재산업	화학산업	비금속산업	금속산업	기계산업	기타산업
C	94.00	·	1.95	-10.94	·	-2.62	-0.77
Log (기초R&D)	17.82	·	·	1.14	·	0.23	·
Log (응용R&D)	·	0.21	·	·	·	·	·

본 연구에서 가장 중요한 분석이며 간접 기초 및 응용 부문 R&D 스톡을 한국은행의 산업연관표 중 국산거래표를 사용하여 추계하였다. 이원기·김봉기(2003)와 본 연구의 차별성은 첫째, 간접지식스톡을 기초와 응용의 두 유형별로 따로 산출하였으며 둘째, 통상최소자승법이 아닌 패널자료를 이용한 시스템 추정법(SUR)을 적용하였다는데 있다.

간접 기초 R&D에 의해 주로 영향을 받는 산업부문은 화학, 기계 및 기타 제조업 산업 등으로 나타난다.

주어진 패널데이터에서 보다 많은 정보(R&D의 생산성 탄력성)를 추출하기 위해 시도한 본 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기초 R&D투자가 생산성에 유의한 영향을 미치는 부문은 화학 및 기계산업으로 나타난다.

둘째, 기초 R&D투자가 타 산업으로 파급되어 축적된 간접 스톡의 효과가 큰 부문은 역시 화학, 기계 및 기타 제조업 부문으로 나타난다.

셋째, 정부 R&D 활동을 통해 민간 R&D 활동을 유발하여 생산성을 제고시키는 경우, 그 효과가 큰 부문은 화학, 기계 및 기타 제조업 부문으로 나타난다.

| 제5장 | 개별 기초연구 사업의 파급효과 : 차세대 양성자 가속기의 비시장가치 측정

제1절 개요

1. 편익 추정의 범위

연구개발사업의 편익은 원칙적으로 연구개발활동의 결과로 나타나는 모든 경제적 효과를 의미하며, 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정 한 후, 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산해야 한다. 특정 공공투자사업으로부터 발생하는 편익은 크게 소비자와 공급자의 두 측면에서 나타난다. 연구개발사업도 예외는 아니므로, 혜택을 얻는 경제주체를 크게 소비자(가계 또는 국민)와 생산자(기업 또는 산업)로 구분한다면, 경제학적 후생의 관점에서 소비자에게 발생하는 편익은 소비자 잉여(consumer surplus)로 평가되고 생산자에게 발생하는 편익은 생산자 잉여(producer surplus) 혹은 부가가치의 관점에서 평가되어야 한다. 수혜의 대상을 소비자와 생산자로 뚜렷하게 구분하기 어려운 경우에는 국가 전체의 부가가치 창출에서 평가할 수 있다(한국과학기술기획평가원, 2006a).

연구개발사업의 편익은 사업마다 다를 뿐만 아니라 동일한 종류의 사업이라도 투자규모에 따라 달라질 수 있다. 편익을 추정한다는 것은 가치를 어떻게 측정하느냐와 직접적으로 결부되어 있다. 가치를 측정하기 위한 접근방법은 가치창출의 수혜자가 소비자와 생산자 중에 누구냐에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 양성자가속기 사업의 경우 편익을 크게 소비자 관점과 생산자 관점으로 구분할 수 있다.

첫째, 생산자 관점에서 본다면 양성자가속기 사업의 과정에서 그리고 최종 결과물에서 나타나는 해당 산업 및 관련 산업의 부가가치 유발효과가 있

다. 예를 들어, 양성자가속기의 이용으로 인해 새로운 반도체 소자의 개발이 가능해지거나 의료 분야에서 새로운 박막을 개발함으로써 상업적 가치, 즉 부가가치가 발생한다면 이것을 양성자가속기 사업의 편익으로 볼 수 있다.

둘째, 양성자가속기 사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해보면, 이 사업으로 인해 국민들은 자긍심을 느끼고 기초과학의 발전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과도 이 사업의 편익으로 포함된다. 이 사업을 통해서 국민적 자부심을 제공하는 올림픽 금메달, 비록 방문할 가능성은 없지만 유물들이 잘 보존 및 관리되는 것만으로 만족을 느끼게 하는 박물관 신축, 한국 천문학의 발전을 위한 대형광학망원경 사업의 사례와도 유사한 효용을 국민들에게 제공할 수 있다.

본 연구에서는 두 번째 범주만을 연구대상으로 삼는다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 기술개발에는 상당한 불확실성이 따르므로 그 효과를 미리 예측하기 어려우며, 예측을 시도하더라도 해당 산업의 국내 발전이 아직 미미하여 효과를 예측할 만한 기초자료를 확보하기가 어렵다. 둘째, 소비자 측면의 편익만을 추정하여 경제성 분석을 했는데 경제성이 충분하다면 공급자 측면의 편익 추정은 큰 의미가 없을 수 있다. 따라서 첫 번째 범주는 정성적 수준에서 다루고 실제 편익을 추정하는 것은 두 번째 범주에 국한하는 전략을 취할 것이다.

2. 편익 추정의 원칙 : 지불의사액

일반적인 재화의 가치는 시장의 거래를 통해서 가격이란 형태로 관측되기 때문에 가치나 편익의 추정이 용이하다. 시장에서 거래되고 있는 재화의 경우라면, 해당 재화가 소비자에게 제공하는 효용 내지는 혜택이 명확하며, 해당 재화에 대해 소비자가 지불하고 있는 가격 정보를 이용하여 해당 재화의 가치를 추정할 수 있다. 아울러 해당 재화에 대한 수요함수를 추정함으로써 해당 재화가 제공하는 편익도 쉽게 추정할 수 있다.

반면 본 조사의 대상이 되고 있는 양성자가속기 사업의 경우, 언뜻 보아 가치가 잘 정의되지 않으며, 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정

할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 양성자가속기 사업의 혜택이 한국 기초과학 발전의 획기적 전기 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 매우 추상적이기 때문이다. 아울러 양성자가속기의 입지 자체도 수도권이 아닌 경북 경주이기 때문에 사업 수혜자의 범위가 제약적일 수 있다. 즉 사업 수혜자의 범위를 양성자가속기를 이용할 과학자로 국한해야 하는지 아니면 국가적 사업이란 관점에서 수혜자를 국민 전체로 봐야 할지에 대해 의문이 발생한다.

이렇게 사업의 효과가 추상적이며 사업의 수혜자가 일반 국민인 것 같지만 대다수의 국민들이 직접적으로 이용할 가능성은 없는 재화에 대해서는 특별히 고안된 방법론을 적용하여 가치나 편익을 추정할 수밖에 없다. 이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market)라고 하는데, 이것은 해당 재화가 시장에서 거래되고 있지 않으며, 또한 거래되기도 어려운 측면을 반영하고 있다. 경제학자들은 지난 수십 년 동안 이러한 비시장재화의 가치를 추정하기 위하여 많은 고민과 연구를 해 왔으며, 1990년대에 이후에 비시장재화 가치추정 방법론은 어느 정도 정립되면서 비약적인 발전을 해 오고 있다.

양성자가속기 사업과 재화의 특성이 유사한 비시장재화에 대해 국내에서 적용된 몇 가지 사례를 소개하면 다음과 같다. 첫째, 대한체육회 선수촌(태릉선수촌)의 시설이 낙후되고 부지가 부족한 상황이라 부족한 훈련시설을 확충 및 보강하기 위해 추진되고 있는 대한체육회 선수촌 이전사업에 대해 편익이 추정되었다(한국개발연구원, 2004a). 둘째, 하계 올림픽 및 동계 올림픽 금메달의 가치에 대한 추정이 이루어졌다(곽승준 외, 2007). 셋째, 경기도 과천에 국립과학관을 신축함으로써 발생하는 국민경제적 편익에 대한 추정도 이루어졌다(허재용 외, 2005). 넷째, 서울 용산에 국립박물관을 신축하는 사업이 국민들에게 제공하는 편익을 추정하였다(이주석 외, 2005). 다섯째, 경기도 과천에 종합직업체험관인 Job World를 신축하는 사업으로부터 발생하는 편익을 추정하였다(한국개발연구원, 2004b). 여섯째, 멕시코에 천문학자들의 염원인 대형광학망원경을 설치하는 사업으로부터 발생하는 편익을 평가하였다(한국과학기술기획평가원, 2006b). 이들 6가지 재화는 모

두 비시장재화로서, 비시장재화의 편익을 추정한다는 측면에서 양성자가속기 사업과 유사한 점이 많다.

이러한 비시장재화의 공급으로 인해 발생하는 가치 혹은 편익을 추정하는데 있어서의 기본 원칙은 해당 재화를 공급받기 위한 소비자의 지불의사액(WTP: willingness to pay)을 추정하는 것이다(Brent, 1995). WTP란 사람들이 특정 공공재나 비시장재화를 공급받기 위해 또는 특정 공공재나 비시장재화의 공급 지장을 피하기 위해 지불할 의사가 있는 최대금액을 의미한다. 즉 일정한 소득 하에서 다른 재화에 대한 소비지출을 줄이고 그 만큼 특정 재화의 소비를 위해 지출하고자 한다면 이 금액만큼을 편익으로 보는 것이다. 이러한 WTP의 개념은 편익을 추정하는 데 있어 매우 직관적이며 현대 후생경제학의 기본이론에 부합하기에 편익 추정의 기본 원칙이 되고 있다.

3. 편익의 추정방법

시장을 통한 거래가 이루어지지 않아 가격을 관찰할 수 없는 비시장재화에 대한 WTP를 추정하는 방법에 대한 연구는 여러 가지 방향에서 이루어져 왔다. 그 방법론들은 몇 가지 기준에 따라 다음과 같이 구분될 수 있다.

첫 번째 기준은 WTP 추정에 사용되는 정보를 사람들의 행동을 직접 관찰하여 얻는가, 또는 가상적인 질문에 대한 응답을 통해 얻는가에 의한 구분이다. 두 번째 기준은 화폐적 가치를 직접적으로 추정하는가, 또는 어떤 간접적인 방법으로 추정하는가에 의한 구분이다. 직접 시장을 관찰하는 방법은 제약조건 하에서 효용극대화 행동을 관찰함으로써 이루어진다. 즉, 재화의 가격이 주어졌을 때, 소비자의 선택을 직접 관찰함으로써 화폐단위로 나타난 가치가 추정된다. 간접적인 방법의 경우, 추정대상의 가치는 시장재화와 추정대상 간의 어떤 관계를 토대로 추정된다. 이 경우 추정대상과 시장재화 간에는 대체적인 관계나 보완적인 관계를 갖는 것이 일반적이다.

앞서 서술했듯이, 비시장재화의 공급에 대한 개개인의 후생변화를 화폐단위로 추정하기 위해서는 비시장재화의 직접적인 거래를 관찰하는 것이

불가능하므로, 시장재를 이용하여 간접적으로 편익을 추정하거나 가상적인 시장을 만들어야 한다. 사람들의 행동으로 나타난 선호를 바탕으로, 즉 현시된 선호(revealed preference)에 기반하여 비시장재화의 가치를 추정하는 전자의 방법을 현시선호 평가법이라 할 수 있다. 이렇게 시장에서 거래행위가 관찰되는 보완재를 이용하여 간접적으로 가치를 추정하는 대표적인 방법론에는 여행비용 접근법(travel cost method), 헤도닉 가격기법(hedonic price technique) 등이 있다.

반면에 현시된 선호를 관측하기 어려울 때나 그 선호가 정확하다고 보기 어려울 때, 가상적인 시장에 사람들을 몰입시키고 그 상황에서 가상적인 거래를 어떻게 할지에 대해서 질문하고 이에 대해 대답한 선호, 즉 진술된 선호(stated preference)를 이용하여 편익을 추정하는 방법을 진술선호 평가법이라 한다. 이 방법으로는 조건부 가치추정법(contingent valuation method, CVM)과 킨조인트 분석법(conjoint analysis)이 대표적이다. 조건부 가치추정법은 대상재화에 대한 WTP를 응답자에게 직접적으로 질문하는 방식이며, 킨조인트 분석법은 가격을 포함한 여러 가지 속성들로 이루어진 대안들을 활용하여 대상재화의 가치를 간접적으로 추정하는 방법이다.

<표 5-1>은 이러한 관계를 요약하고 있다. 현시선호 평가법은 시장에서의 거래행위 관찰에 근거하고 있으므로 사후적인 평가방법이라 할 수 있으며, 진술선호 평가법은 시장에 존재하지 않는 재화에 대한 가상적 시장을 이용하므로 사전적 평가법이라 할 수 있다. 한편 최근 들어서는 현시선호 평가법의 장점과 진술선호 평가법의 장점을 모두 이용하기 위해 현시선호 자료와 진술선호 자료를 결합한 결합모형(joint model)의 적용도 등장하였다.

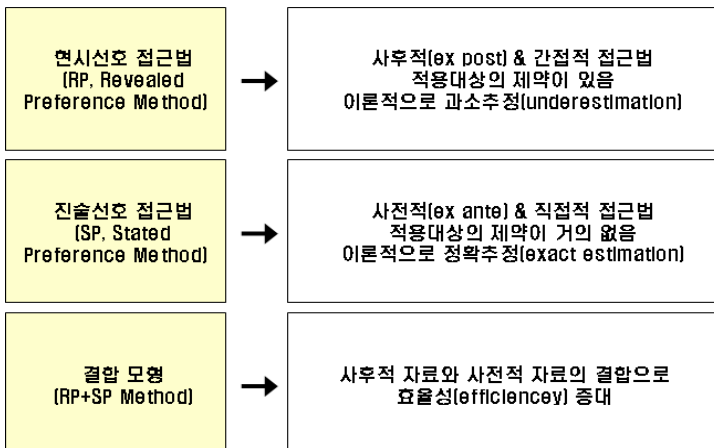
〈표 5-1〉 비시장가치의 가치추정 방법론

구 분	현시선호 평가법	진술선호 평가법
직접적 추정법	경쟁시장에서의 가격	조건부 가치측정법
간접적 추정법	여행비용 평가법 헤도닉 가격기법	컨조인트 분석법
특 징	시장에서의 거래행위 관찰 사후적 평가법	가상적 시장 이용 사전적 평가법

4. 본 연구에서 채택한 방법론

큰 틀에서 적용가능한 방법론을 정리해 보면 [그림 5-1]과 같다. 양성자 가속기 사업의 편익을 추정하기 위한 방법론의 선정은 매우 중요한 문제이다. 왜냐하면 과학적이면서 학계에서 보편적으로 받아들여지고 있는 방법론을 사용해야 하는데, 만약 그렇지 못하다면 편익추정 결과에 대해 불필요한 소모적 논쟁을 일으키면서 합리적인 결론에 도달하는 것이 어려워지기 때문이다. 잘못하면 오히려 편익을 추정하지 않는 편이 더 나올 수도 있게 된다. 이와 관련하여 본 연구에서는 두 가지 기준에 따라 연구방법론을 선정하고자 한다.

[그림 5-1] 적용가능한 연구방법론



첫째, 현재까지 개발되고 응용되어 온 연구방법론 중에서 가장 널리 사용되면서 가장 공감을 얻고 있는 방법론을 선정하고자 한다. 이와 관련하여 여러 방법론에 대해 앞에서 간략하게 검토하였다. 결론적으로, 본 연구에서는 현시선호 평가법과 진술선호 평가법 중에서 진술선호 평가법을 이용하고자 한다. 왜냐하면 현시선호 평가법은 사후적인 평가법이기 때문에 아직 존재하지 않는 양성자가속기에 대해 적용하는 것이 불가능하기 때문이다. 따라서 결합모형도 적용이 불가능하다.

둘째, 한국개발연구원(2004)의 『문화시설의 가치추정 연구』 상에서 제안된 방법론적 지침을 적극 수용하고자 한다. 이 보고서에서는 박물관, 과학관, 종합직업체험관, 선수촌 이전 등의 문화과학시설의 가치 내지는 편익을 추정하기 위해서는 소비자 설문조사를 통해 WTP를 추정해야 한다고 언급하면서 실제로 각 시설에 대한 실증분석 결과를 제시하고 있다. 이 보고서에서 결론적으로 제시한 방법론적 지침을 정리하면 <표 5-2>와 같다.

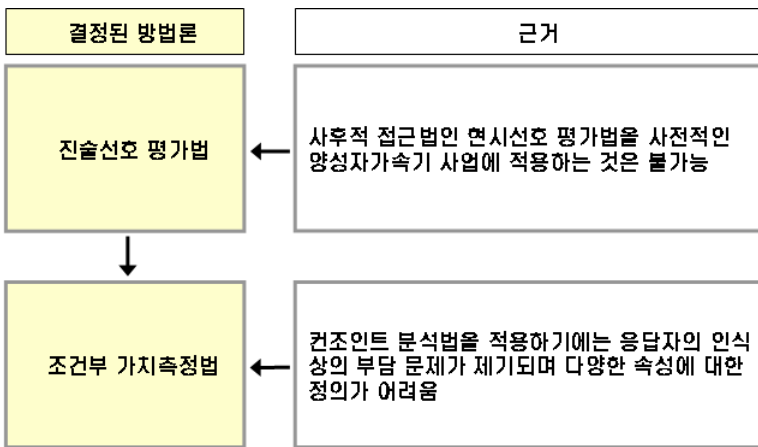
<표 5-2> 『문화시설의 가치추정 연구』에 제시된 방법론적 지침

사업목적이 특수한 개별 문화과학시설의 가치를 추정하기 위해서는 조건부 가치측정법 또는 컨조인트 분석법을 적용하여 시설물의 가치를 추정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 비시장재화의 가치추정에 있어서 조건부 가치측정법과 컨조인트 분석법 가운데 어느 기법을 선택하느냐의 문제는 일반 응답자들이 선택 가능하고 적절한 대안들을 쉽게 식별할 수 있는 경우 컨조인트 분석법을, 다른 대안이 모색되지 않는 경우는 조건부 가치측정법을 사용하는 것이 일반적이라 할 수 있다. 그러나 어느 방법을 선택할 경우라도 그 구체적인 추정(추정방정식 포함)이나 설문 방법은 각각의 사례에 맞게 적절하게 선택되어야 하는 문제가 있기 때문에 다소의 편차를 가지고 쓸 수 있으므로 추정방법에 신중한 접근이 필요하다.

이 지침에 부합하는 것은 진술선호 평가법이며, 본 연구에서는 진술선호 평가법의 하나인 조건부 가치측정법을 이용하고자 한다. 그 이유는 본 연구에서 평가해야 할 양성자가속기 사업에 대해 컨조인트 분석법을 적용하기에는 응답자의 인식상의 부담 문제가 제기되며, 평가에 필요한 다양한 속성에 대한 정의가 용이하지 않기 때문이다. 아울러 컨조인트 분석법보다는 조

건부 가치측정법이 보다 광범위하게 활용되고 있으며, 타당성 및 신뢰성이 어느 정도 확인되었다. 요컨대 본 연구에서는 [그림 5-2]와 같이 조건부 가치측정법을 적용하여 양성자가속기 사업의 경제적 편익을 추정하고자 한다. 따라서 다음 소절에서는 조건부 가치측정법에 대해 좀 더 자세하게 살펴보고자 하겠다.

[그림 5-2] 본 연구에서 채택한 편익 추정 방법론



참고로 앞서 언급하였던 양성자가속기 사업과 유사한 공공사업에 대해 편익을 추정한 6개 연구사례에서 사용되었던 방법론을 정리해보면 <표 5-3>과 같다. 모든 연구사례에서 진술선호 평가법을 이용했으며, 비교적 다양한 속성으로 정의될 수 있는 올림픽 금메달 및 종합직업체험관 건립사업에 대한 편익 추정을 제외하고는 모두 조건부 가치측정법이 사용되었다. 이러한 점은 양성자가속기 사업의 편익을 추정할 때 조건부 가치측정법을 사용하고자 하는 본 연구의 구도가 여러 관련 연구의 구도와 부합함을 의미한다.

〈표 5-3〉 공공사업에 대한 편익을 추정한 몇 가지 사례에서 사용된 방법론

편익추정 대상	자료원	사용된 방법론
대한체육회 선수촌 이전사업	한국개발연구원(2004a)	조건부 가치측정법
하계 올림픽 및 동계 올림픽 금메달	곽승준 외(2007)	컨조인트 분석법
국립과학관 신축사업 (경기도 과천시 입지)	허재용 외(2005)	조건부 가치측정법
국립박물관 신축사업 (서울시 용산구 입지)	이주석 외(2005)	조건부 가치측정법
종합직업체험관 건립사업 (경기도 과천시 입지)	한국개발연구원(2004b)	컨조인트 분석법
대형광학망원경 개발사업 (멕시코 입지)	한국과학기술기획평가원 (2006b)	조건부 가치측정법

제2절 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method)

1. 조건부 가치측정법의 개요

WTP를 구할 수 있는 방법 중에서 가장 널리 사용되는 것은 CVM이다. CVM은 비시장재화에 대한 공공의 WTP를 추정하기 위해 지금까지 개발된 여러 방법들 중에서 가장 널리 사용되고 있는 방법으로서 다른 방법보다 정확하여 사용이 널리 확산되고 있다. CVM은 설문조사를 할 때 가상시나리오를 통해 가상시장을 만들며, 특별하게 고안된 설문지는 공공재나 비시장재화의 공급수준 변화에 대해 가상의 상황을 설정하고 여러 조건을 달아 사람들을 가상의 상황에 결합시킨다.

이런 조건하에서 응답자들은 공공재나 비시장재화 공급의 가상의 변화에 대해 어느 정도 지불의사가 있는지를 대답하게 된다. CVM은 경제학적인 방법론으로 다양한 대상에 적용될 수 있는 장점을 가지고 있어 국제적으로 볼 때 응용사례연구가 대단히 많으며 연구절차도 상당 부분 표준화되어 있지만, 선호를 나타내려는 응답자의 의사와 선호를 이끌어내는 연구자의

능력에 크게 의존하고 있어 세심한 접근이 필요하다.

설문조사에서 응답자가 진술한 가치를 WTP의 추정치로 사용하는 CVM 기법의 타당성에 대해 많은 검토가 있었다. 가장 중요한 것은 타당성 (validity), 즉 응답자들이 설문조사에서 진술한 금액을 실제로 지불할 것인가의 문제이다. 진술된 WTP의 타당성을 검증하는 데에는 여러 가지 접근 방법이 있었는데, 주로 CVM 설문조사로부터 얻은 가치와 실제 행동에 근거한 자료를 이용하는 기법, 즉 여행비용 접근법, 헤도닉 가격기법, 실제 지출액 분석과 같은 현시선호 평가법의 적용으로부터 얻은 가치를 비교하는 방식을 취한다. 주요 연구사례를 검토해보면, CVM으로부터 얻은 가치는 실제 WTP 값과 같거나 25% 이내의 범위에서 더 크다는 결론에 도달했다 (Mitchell and Carson, 1989). 따라서 CVM의 타당성은 어느 정도 검증되었다고 할 수 있다.

다음으로 현시선호 평가법을 적용할 수 없는 경우에도 CVM 적용으로 얻은 응답에 대한 타당성을 검증해야 하는데 이 작업은 대단히 어렵다. 사람들에게 친숙하지 않은 비시장재화에 대한 CVM의 WTP 추정치가 얼마나 정확한가라는 문제에 대해 여러 실증 연구가 이루어졌는데, CVM으로부터 얻게 되는 응답은 대체적으로 믿을 만하다는 결론을 얻었다(Loomis, 1990; Bjornstad and Kahn, 1996). CVM 결과의 정확성은 설문조사에 포함된 정보와 설문조사 시행의 정확성에 부분적으로 근거하고 있는 것이다. 이렇게 CVM은 그 타당성과 정확성이 입증되어 각종 문헌에서 자주 등장하고 있다.

특히 노벨 경제학상 수상자인 K. Arrow 및 R. Solow 등으로 구성된 패널은 1993년 미국 대기해양청에 제출한 보고서를 통해 CVM이 법정에서 사용될 수 있을 만큼 충분히 믿을만한 편익 추정치를 제공한다고 결론을 내렸다. 이렇게 CVM은 학문적 영역에서만 아니라 소송 등의 법적 영역, 주요 정부 부서, 국제기구(World Bank, Asian Development Bank, Inter-American Development Bank, OECD 등)에서 광범위하게 활용되고 있다.

CVM이 성공적으로 편익 추정에 사용되려면 설문지 작성, 설문과정 등 적용과정에서 CVM의 배경 상 논쟁이 되었던 전략적 행위, 가상성 등을 충

분히 살펴보면서 설문지 작성 시 반영되어야 한다. 또 설문방식을 편의 추정 수단으로 사용하기에 지불의사 유도방법, 설문방법, 지불수단, 지불기간, 지불원칙 등도 CVM에서는 중요한 부분이 된다.

2. CVM을 이용한 가상시장의 설계

CVM의 적용은 [그림 5-3]의 5단계를 거치게 된다(Yoo and Chae, 2001). 먼저 1단계에서 연구대상 비시장재화를 설정한다. 2단계에서는 설정된 비시장재화에 대해 전달하고자 하는 내용을 정확하게 전달하면서 응답자들이 이해하기 쉽도록 묘사할 수 있는 시나리오를 작성한다. 3단계에서는 CVM의 운용에서 예상되는 여러 가지 편의를 방지할 수 있도록 설문지를 보완한다. 4단계는 직접 현장에 나가 설문을 시행하는 단계로서 충분히 교육받은 설문조사원의 역할이 강조된다. 5단계에서는 설문으로부터 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 이끌어낸다.

3단계에서 사용되는 지불수단은 <표 5-4>와 같이 4가지가 있다. 첫째, 직접질문법(direct open-ended question)은 각 응답자에게 어떠한 값도 제시하지 않고 최대 WTP를 직접 질문하는 방식으로 응답자들이 질문에 대답하기가 어려운 단점이 있어 잘 사용되지 않는다.

경매법(bidding game)은 응답자들이 최대 WTP에 도달할 때까지 점점 더 높은 금액을 응답자에게 제시하는 방식으로 가장 오래되고 가장 많이 사용되고 있다. 설문조사원이 유능할수록 응답자가 느끼는 WTP를 잘 유도해 낼 수 있는 장점이 있지만, 시작하는 액수가 높을수록 최종합의를 보는 WTP가 커지는 출발점 편의(starting point bias)의 문제가 있다.

[그림 5-3] 조건부 가치측정법의 5단계



〈표 5-4〉 CVM의 지불의사 유도방법

질문 방식	내 용
개방형 질문법	응답자가 직접 WTP를 대답하도록 개방형으로 질문한다.
경매법	임의의 WTP에 대한 지불의사를 질문하는 과정을 되풀이하여 일정 금액에 수렴하면 질문을 중지한다.
지불카드법	다른 항목의 가구당 평균적인 지출 목록을 함께 제시하면서, 연구대상 환경재에 대한 지출액을 답하도록 한다.
양분선택형 질문법	일정금액을 지불할 의사가 있는지 여부를 묻고 예/아니오' 로 대답하도록 한다.

지불카드법(payment card)은 소득수준이나 제공받는 공공서비스의 수준에 따라 응답자들을 구분하여 카드에 지출자료를 제시하여 참고자료로 이용하게 하는 방법이다. 이 방법은 직접질문법이 갖는 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다. 하지만 지불카드에 기입되는 다른 비시장재화 소비에 대한 지출내역이 평가하고자 하는 대상과 큰 관련이 없어야 하는데 둘 사이에 관련이 있다면 질문 받는 사람들은 평가하는 대상과 관련이 깊은 지출내역

에 근사한 값을 자신의 WTP로 밝히는 고정점 편의(anchoring bias)의 문제가 있다.

양분선택법(dichotomous choice or take-it or leave-it or referendum data method)은 어떤 단일한 금액을 무작위로 제시하고 응답자들이 ‘예’ 또는 ‘아니오’를 대답하도록 하는 방법으로 logit 또는 probit 모형 등의 계량경제분석을 통해 WTP를 추정한다. 응답자들이 대답하기 용이하고 출발점 편이나 설문조사원 편 의(interviewer bias)에 의한 영향이 적으며 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적다. 반면에 불연속적인 WTP 액수에 대한 정보를 제공하므로 다른 방법보다 WTP에 대한 정보가 적다. 따라서 많은 관측치를 확보해야만 신뢰성을 높일 수 있으므로 비용이 많이 든다. 또한 WTP의 평균에 중요한 영향을 미치는 응답자에게 제시되는 값을 설정하는 어려움이 있다. 하지만 지불의사 유도가 유인 일치적이며(incentive-compatible) 저항적 지불의사(protest bids)를 사전에 방지할 수 있다는 점에서 가장 널리 사용된다.

CVM을 이용하여 편익을 정확하게 추정하기 위해서는 가상시장에서 응답자들이 실제로 물건을 구매하는 것처럼 생각할 수 있도록 해야 한다. 그러나 비시장재화는 무형(intangible)이므로 그 작업이 쉽지 않다. 따라서 응답자들이 가치평가 대상물을 쉽게 이해할 수 있도록 충분한 시각적인 자료를 제공하는 등의 작업이 필요하다.

이렇게 비시장재화가 팔리는 상황을 성공적으로 묘사한 다음에는 비시장재화가 팔리는 시장구조를 성공적으로 묘사하는 것이 필요하다. 즉, 비시장재화의 경우에는 무임승차자의 문제(free rider's problem)를 배제할 수 있도록 시장구조를 잘 묘사해야 한다. 응답자가 스스로를 비시장재화의 소비자라고 생각할 수 있도록 그리고 설문문항이 편익 추정 결과에 영향을 주지 않도록 시나리오를 짜는 것이 대단히 중요하다. 가상시장을 설계할 때는 이렇게 경제이론이 요구하는 조건들을 만족시키면서 응답자에게 의미 있고 이해할 수 있는 질문을 제공하는 것이 필요하다. 가상시장 설계에 대한 5가지 기준은 <표 5-5>와 같으며 각각은 충분조건이 아닌 필요조건이며 5가지 모두가 만족되면 필요충분조건이다. 당연한 얘기이겠지만, 가상시장에서

가치화되는 비시장재화와 연구자가 가치화하고자 비시장재화 사이에 차이가 없을수록 결과는 신뢰성을 확보한다.

〈표 5-5〉 시나리오 설계 기준과 CVM결과

시나리오	응답자의 반응	측정결과
이론적인 정확성	잘못된 값을 진술 (이론적 오류)	잘못된 값을 측정
정책과 관련 여부	잘못된 값을 진술 (정책설정 오류)	잘못된 값을 측정
응답자의 이해 여부	잘못된 값을 진술 (개념적 오류)	잘못된 값을 측정
설득력의 여부	다른 조건으로 대체 심각하게 받아들이지 않음	신뢰할 수 없고, 편이가 의심스러우며, 저항(protest)이 없음
유의미성 여부	심각하게 받아들이지 않음	신뢰할 수 없고, 편이가 의심스러우며, 저항(protest)이 없음

3. CVM 설문조사에서 주의할 점

CVM 연구에서 설계자가 명심해야 할 가장 중요한 것은 응답자들이 평가되는 재화에 익숙하지 않아도 유효하고 믿을만한 값을 제공할 수 있도록, 시나리오를 응답자에게 충분히 이해할 수 있고, 납득할 수 있고, 의미 있게 만드는 것이다. 연구자가 의도한 바를 응답자가 제대로 이해하지 못한다면 가치화가 제대로 되었다고 할 수 없으며, 지불수단이 이해가 된다고 해도 시장이 납득되지 않으면 문제가 있다. 또한 응답자에게 시장이 정말로 의미가 있도록 만들면서 응답자의 개인적인 지식과 경험을 시장과 결부시킬 수 있도록 해야만 진정한 가치를 제공하도록 노력할 유인을 제공할 수 있다.

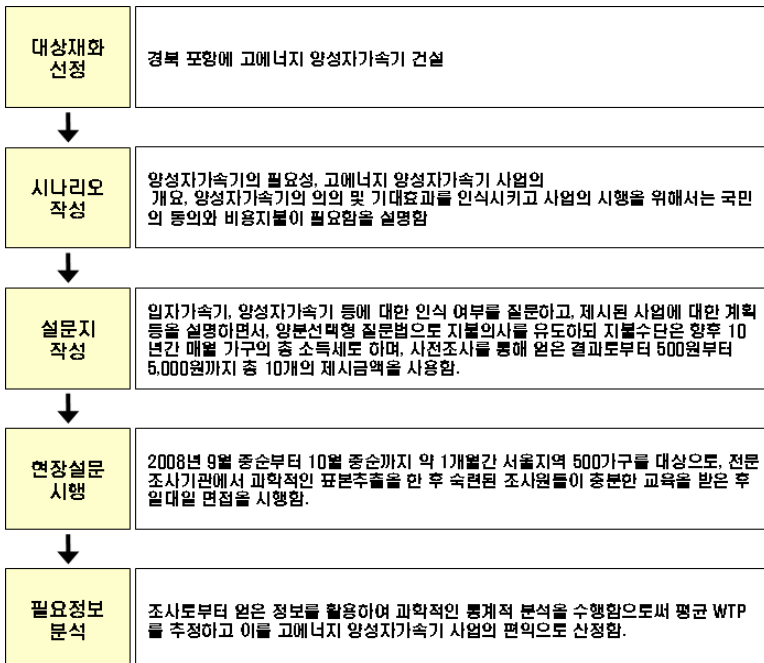
설문조사 방법에는 일반적으로 개별면담설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. CVM 응용연구에서는 WTP 유도에 있어서 몇몇 복잡한 내용이 포함되기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자의 충분한 이해를 도모하기 위해 충분한 예산을 확보하여 일대일 개별면접 설문을 실시하

는 것이 적절하다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문조사에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접을 사용해야 한다고 강조하고 있다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 서베이 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하고, 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻는 절차가 요구된다.

제3절 실증분석 절차

양성자가속기 사업의 경제적 편익 추정을 위해, 본 연구에서 CVM을 적용한 실증적인 연구절차는 [그림 5-4]에 요약되어 있다. 각 단계별로 보다 자세하게 논의하도록 하겠다.

[그림 5-4] 본 연구에서의 CVM 실증연구 절차



1. 대상재화 설정

본격적인 설문조사를 하기 위한 첫 단계로서 대상재화와 이에 대한 조건부 시장을 설정해야 한다. WTP에 관한 핵심질문을 하기 전에 설문지는 조건부 시장의 일반적 상황부터 만들어 갔다. 먼저 응답자에게 양성자가속기 혹은 입자가속기에 대해 들어본 적이 있는지에 대해 질문하였다. 다음으로 양성자가속기 혹은 입자가속기가 자연의 근본 법칙, 우주의 신비를 파헤치는 천체물리학 등에 이용되고 있는 사실에 대한 인지여부에 대해 물었고, 고등학교 또는 대학교에서 물리학을 배웠는지 여부, 경주시에 양성자가속기를 건설하고 있다는 사실을 아는지 여부 등에 대해 질문하였다.

그 다음 단계로 양성자가속기 사업을 추진하기 위해서는 비용이 소요될과 이를 통하여 생기게 될 경제적 상황을 설명하면서 기꺼이 추가적으로 지불하고자 하는 금액에 대해 질문하였다. 이 과정에서 양성자가속기를 활용한 과학기술 발전가능 분야를 설명하는 그림, 경주 양성자가속기 입지도, 세계 주요 양성자가속기 현황 등 총 5개의 시각적 보기카드를 응답자들에게 제공하여 응답자들의 이해를 도모하였다.

특히 CVM을 적절하게 운용하기 위해서는 가치를 평가하고자 하는 비시장재화의 공급이전 상황과 공급이후 상황을 분명하게 묘사해야 하며, 구체적인 정책수단도 아울러 제시하여 설문에 대한 신뢰성을 확보해야 한다. 공급이전 상황으로서 기초연구에 사용할 수 있는 고에너지 양성자가속기는 전 세계적으로 100여 대가 있음에도 불구하고, 한국에는 아직 없기 때문에 핵물리, 입자물리, 천체물리 등의 기초과학 분야 연구를 제대로 수행하기 어렵다는 것을 설명하였다. 아울러 현재 우리나라 연구진이 미국, 유럽, 일본 등 해외 가속기를 이용하고 있는데, 독자적으로 연구를 제안하고 수행할 기회가 부족한 점도 설명하였다. 사업내용으로서 기초과학 발전과 미래원천기술 확보를 위해 고에너지 양성자가속기 개발 및 이용 사업을 추진하고 있으며, 사업기간은 9년으로 2012년에 착수하여 2020년에 완료됨을 설명하였다. 이 프로그램이 시행되기 이전은 현재 상태로 우리나라 소유의 양성자가속

기를 보유하지 못하는 상황이며, 이 사업이 시행된 이후로는 양성자가속기를 보유하고 이용하여 다양한 성과를 낼 수 있게 된다.

2. 지불수단 선택

조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 점, 가상적 상황을 더욱 현실화시킨다는 점, 그리고 의향과 행동 간의 관계를 밀접하게 파악할 수 있다는 점에서 중요하다. 특정한 지불수단을 결정할 때는 우선, 평가하고자 하는 재화와의 관련 정도, 둘째, 응답자의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편의를 제거할 수 있는 정도를 기준으로 삼게 된다. 즉, 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단을 선택해야 한다는 것이다.

본 연구에서는 평가하고자 하는 양성자가속기 사업의 시행을 위한 재원 확보 차원과 응답자의 친숙성을 종합적으로 고려하여 소득세를 지불수단으로 하였다. 많은 CVM 실증연구들이 소득세를 지불수단으로 사용하고 있다. 또한 Arrow et al.(1993)의 지침대로 응답된 WTP에 대한 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식시켰다.

한편 지불원칙 및 지불기간은 가구당 1개월 1회 향후 10년 동안 부담하는 것으로 하였으며 설문조사원들은 이 점을 응답자에게 강조하였다. 또한 가구의 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 양성자가속기 사업 외에도 많다는 사실을 고려하면서 WTP 질문에 대답할 것을 명시적으로 요청하였다. <표 5-6>은 이와 관련된 설문지 지문이다.

〈표 5-6〉 설문지에서 재화를 묘사하고 지불수단을 제시하는 부분

고에너지 양성자가속기를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.

- ① (원자력 기초연구) 파쇄 중성자를 사용한 원자력·핵융합 재료 연구, 안전성 및 방사성 폐기물 문제를 획기적으로 개선할 수 있는 원자력 기초 연구, 중성자를 이용한 수소 에너지 공정개발 등에 이용
- ② (신물질) 반도체 소재개발, 중성자빔을 이용한 나노분석, 중성자빔을 이용한 첨단 신소재 및 정보통신 소재 개발 등에 이용
- ③ (의생명과학) 양성자빔을 사용하는 암치료 연구, 진단/치료용 동위원소 생산 등 방사선·의생명과학 연구에 활용
- ④ 양성자가속기 개발 및 이용에 관해 세계를 선도할 수 있는 연구그룹을 만들어, Science, Nature와 같은 세계 최고 수준의 학술지에 논문을 발표
- ⑤ 국제적인 수준의 연구경쟁력을 확보하고 연구기반을 구축함으로써 국가 이미지 제고 및 국민의 자긍심 고취에 기여

이러한 고에너지 양성자가속기 사업을 시행하기 위해서는 많은 비용이 소요되며, 이 비용 중 일부는 각종 세금으로 충당될 수 있습니다. 만약 많은 사람들이 그 비용을 지불하지 않는다면 고에너지 양성자가속기 사업의 추진은 어렵습니다. 반면, 많은 사람들이 그 비용을 지불하는데 동의한다면 고에너지 양성자가속기 사업은 원만하게 추진될 수 있습니다. 이제 이를 위해 귀하가 고에너지 양성자가속기 사업을 위해 얼마나 지불하실 의사가 있는지를 알고자 합니다. 만약 귀하가 지불에 동의하신다면 그 금액은 향후 10년간 귀하의 가구가 추가적으로 부담해야하는 소득세를 통해 충당하게 됩니다. 귀하 가구의 소득은 제한되어 있고 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 양성자가속기 사업 외에도 많다는 사실을 고려하신 후 다음 질문에 신중하게 대답하여 주시길 부탁드립니다.

3. 지불의사 유도방법 선택

본 연구에서는 현실시장에서 소비자들의 행동을 결정하는 유형과 국민투표에서 투표하는 유형 및 유사한 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도한다. 예컨대, 구매하고자 하는 물건의 시장 가격이 1,000원일 때, 합리적 소비자라면 그 물건의 사용으로부터 얻게 될 효용이 1,000원보다 크거나 같으면 물건을 구매할 것이고 그렇지 않다면 구매하지 않을 것이다. 또한 특정 법안에 대해 국민투표를 시행 시 투표자는 그 법안에 내용이 좋으면 ‘예’라는 응답을, 싫으면 ‘아니오’라는 응답을 할 것이다. 이렇게 양분선택형 질문

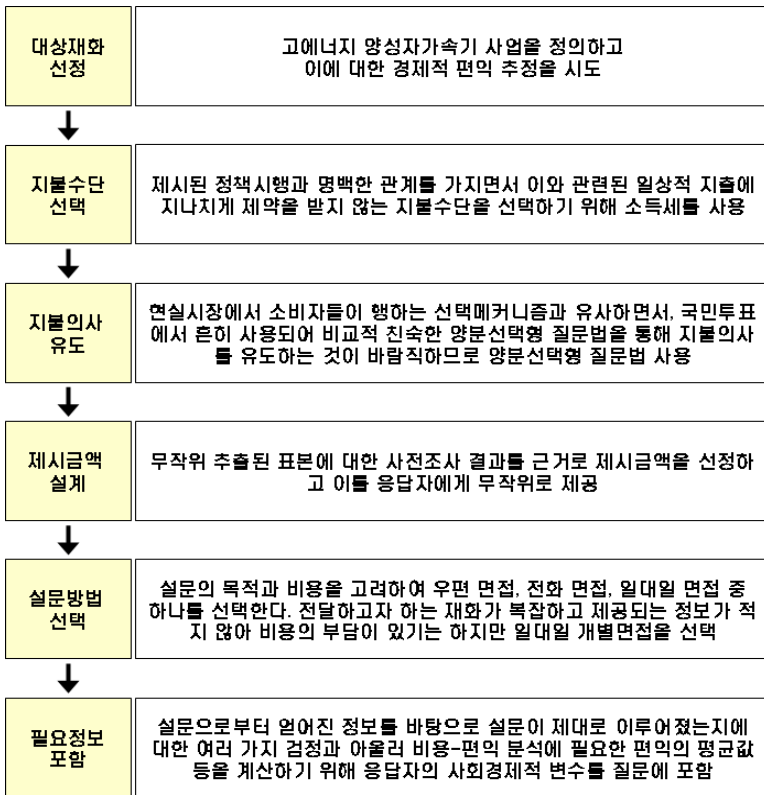
은 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을“공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가”라고 물어보면, 응답자가 ‘예/아니오’로 한번만 대답하는 방식이다.

이 때 예상되는 평균 지불의사액에 의거하여 설문하고자 하는 금액들이 결정되며, 이들 중 임의로 한 가지 금액을 각 응답자에게 제시한다. 다만 각 금액들은 비슷한 수의 응답자들에게 배당된다. 응답자는 제시된 금액이 본인의 지불의사액보다 같거나 작으면 ‘예’라고 대답하고, 높으면 ‘아니오’라고 대답하게 된다. 이렇게 얻어진 자료를 이용하여 제시된 금액과 ‘예’라고 대답한 응답자의 비율을 분석함으로써 평균 지불의사를 측정하게 된다.

요약하면, 본 연구에서는 지불의사 유도방법으로서 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편이나 설문조사원 편이에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적으면서 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택형 질문법을 이용하였다.

본 연구에서 사용된 설문지는 설문조사 전문기관의 조언으로 가능한 한 쉽고, 간단하며, 압축된 형태로 만들었다. 응답자들이 얼마나 잘 이해하는지를 확인하기 위해 본 설문에 들어가기 전에 서울지역의 30여 실험 가구를 선택하여 일대일 개별면접조사를 통해 설문지의 내용을 검증하였다. 이러한 결과를 바탕으로 난해한 문장을 수정하는 등 효과적인 설문지를 작성할 수 있었다. 설문지 작성 절차는 [그림 5-5]에 도시되어 있다.

[그림 5-5] 설문지 작성절차



4. 제시금액 설계

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정되어야 한다. 본 연구에서는 무작위 추출된 30명을 대상으로 사전 설문조사를 실시하여 제시금액의 범위를 결정하였다. 이를 통하여 도출된 제시금액은 500원, 1,000원, 1,500원, 2,000원, 2,500원, 3,000원, 3,500원, 4,000원, 4,500원, 5,000원의 총 10개이다. 전체 응답자를 무작위로 10개 그룹으로 분류하여 제시금액을 고르게 할당하였다. 즉 총 500명의 응답자를 대략 50명씩 10개 그룹으로 분할한 다음, 각각의 그룹에 대해 10개의 금액을 배정하였다. 첫 번째 제시금액에 대해

“예”라고 응답한 응답자에 대해서는 첫 번째 제시금액의 2배에 해당하는 금액을 제시하고, “아니오”라고 응답한 응답자에게는 첫 번째 제시금액의 $\frac{1}{2}$ 배에 해당하는 금액을 제시하였다.

5. 설문방법 선택

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. 양성자가속기 사업의 경제적 편익 추정의 경우 몇몇 복잡한 내용이 포함되어 있기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접 설문조사에 근거해야 한다고 강조한 바 있다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 서베이 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하였고 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻었다.

6. 표본 설계

설문조사 대상지역은 서울시로 한정하였다. 이것은 설문조사 예산상 전국을 대상으로 하기에는 문제가 있으며, 서울은 인구의 1/4 가량이 살고 있는 지역이기 때문에 서울만 대상으로 하더라도 어느 정도의 대표성을 확보하고 있다고 볼 수 있다. 각 지역의 전체 인구를 대상으로 임의표본(random sample)을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구 구성비를 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 그리고 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하여, 무작위 추출된 총 500 가구의 설문결과를 얻을 수 있었다.

설문조사는 서울 지역에 대해 9월 중순부터 10월 중순까지 과학기술정책 연구원, 호서대학교, 동서리서치 동서조사연구소의 공동주관으로 실시되었

다. 표본추출 및 면접조사는 조사전문기관인 (주)동서리서치에 의뢰하였다. 책임 있는 가구의 의견에 대한 정보를 도출하기 위해 조사대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였다. 서울시 25개 구 전체에 대해 인구비례 표본추출을 하였다.

적절한 표본의 크기는 그 결과의 신뢰성과 밀접한 관련을 갖고 있다. 즉, 선택된 표본이 모집단을 대표할 수 있는가와 관련된 문제이다. 그러나 현대 통계학과 조사방법론에 근거한 과학적인 표본추출법의 획기적인 발전에 힘입어 미국의 경우에는 100명 정도의 표본이면 대통령 선거결과를 거의 정확하게 예측할 수 있게 되었다. 또한 김희경(1995)에 따르면 일반적으로 전체 모집단이 100만 이상일 때 400명 정도의 표본만으로 전체의 의견을 거의 정확하게 알아낼 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구도 여론조사 전문기관의 과학적인 표본추출, 전화나 우편조사가 아닌 여론조사 숙련가들의 능숙하고 세련된 일대일 면접조사 등에 근거하였으므로 500명에 대한 설문은 서울시 대다수 가구의 의견을 거의 정확하게 반영한다고 볼 수 있다.

7. 설문조사

설문전문회사에 소속된 전문가의 도움으로 설문지를 가능한 한 쉽고, 짧고, 압축된 형태로 만들고자 하였으며 사람들이 얼마나 이해하는지를 확인하기 위해 실험 가구를 선택하여 설문지의 내용을 검증하였다. 최종 설문지는 실사를 맡은 국내 유수의 설문조사기관 중 하나인 (주)동서리서치의 전문가로부터의 조언과 실험가구의 결과를 반영하였다. 또한 설문조사는 (주)동서리서치의 관리·감독 하에 실시되었다.

선발된 조사원들은 모두 시장실태조사 경험을 갖고 있었지만 본 연구의 조사방법은 지불금액에 대한 양분선택형 질문을 하는 색다른 것이므로 그들에게 특별교육을 하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 따라서 여러 단계에 걸쳐 조사원 교육을 실시하였다. 먼저 질문사항을 자세히 설명하고 설문

지와 보조자료 등의 사용법을 알려 주었다. 다음으로 조사원들이 실제 설문지를 사용해서 서로에게 인터뷰하는 연습을 하였다. 그리고 각자의 가족들에게 인터뷰해 보고 그 결과를 가져오도록 하였다. 마지막으로 설문회사의 감독자들이 그 결과를 점검하도록 하였다. 즉, 조사원들이 조사목적과 설문내용을 정확히 이해하였는지 또한 적절하게 응답자들을 인터뷰할 수 있는지 검토하였다.

제4절 추정모형

1. 효용격차 접근법 대 WTP 함수 접근법

양분선택형 WTP 자료를 모형화하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫째, WTP 함수 접근법은 Cameron and James(1987)가 제안한 것으로 초창기에 널리 이용되었다. 반면에 Hanemann(1984)은 효용격차(utility-difference) 접근법을 제안하였다. McConnell(1990)에 따르면 두 가지 접근법은 쌍대(duality)의 관계에 있으며 어느 방법을 사용하느냐 하는 것은 옳고 그름의 문제가 아니라 단지 연구자의 스타일의 문제이다. 따라서 두 가지 중에서 어느 한 가지 접근법을 이용하면 된다. 하지만 대부분의 실증연구에서는 효용격차 접근법이 보다 널리 이용된다. 단, 계량경제학적 이슈를 다루거나 특정 디자인 이슈를 다룰 때는 WTP 함수 접근법을 적용하는 것이 편리하고 유용하므로 부분적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 보다 널리 사용되고 있는 효용격차 접근법에 근거하여 양성자가속기 사업의 편익을 추정하고자 한다.

2. WTP 유도방법

양분선택형 질문법 중에서 한 번의 질문만 하는 단일경계 양분선택형

(SBDC, single-bounded dichotomous choice) 질문유형보다는 후속질문을 한 번 더 하는 이중경계 양분선택형(DBDC, double-bounded dichotomous choice) 질문유형이 CVM 실증연구에서 보다 널리 사용되고 있다. 이는 DBDC 질문으로부터 얻은 응답을 분석하는 것이 SBDC 질문으로부터 얻은 응답을 분석하는 것보다 훨씬 더 효율적이기 때문이다(Hanemann et al., 1991). DBDC 질문은 각 응답자에게 두 개의 금액을 제시하여 자신의 WTP가 제시된 금액보다 크거나 같은지에 대해 “예” 또는 “아니오”의 응답을 요구한다. 두 번째 제시되는 금액은 첫 번째 제시되는 금액에 따라 달라지는데, 첫 번째 제시금액에 대한 응답이 “예”이면 이보다 큰 금액을 제시하고 “아니오”이면 이보다 작은 금액을 제시한다.

본 연구에서는 DBDC 질문법을 사용하고자 하기 때문에, DBDC 질문의 사용과 관련된 한 가지 중요한 측면에 대해 논의할 필요가 있다. 즉, 삼중경계(triple-bounded) DC 모형과 같은 다중경계 모형을 왜 사용하지 않느냐에 관한 것이다. 두 번째 제시금액에 대해 지불의사 여부를 질문한 후에 응답자의 응답이 “예”라면 보다 높은 금액에 대한, “아니오”라면 보다 낮은 금액에 대한 지불의사를 묻는 세 번째 혹은 네 번째 질문을 할 수 있을 것이다. 실제로 Langford et al.(1996)는 삼중경계 모형을 적용한 바 있다.

추가적인 질문은 응답자의 WTP에 대해 보다 많은 정보를 제공하여 WTP의 범위를 좁히므로, 다중경계 모형이 DBDC 모형에 비해 보다 효율적인 결과를 가져다주는 것은 당연하다. 그러나 Cooper and Hanemann(1995)의 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation) 결과에 따르면, DBDC 모형과 비교할 때 세 번째 질문을 추가함으로써 인해 발생하는 효율성의 개선은 상대적으로 크지 않다. 추가적인 질문을 통해 얻을 수 있는 대부분의 통계적 혜택은 SBDC 모형 대신에 DBDC 모형을 사용할 때 이미 충분히 얻어진다. 더군다나 삼중경계 모형의 사용으로 내적 일관성을 해치는 반응효과(response effects)가 발생할 가능성은 매우 커지는 반면에 통계적 효율성은 조금만 증진된다(Hanemann and Kanninen, 1999). 따라서 대부분의 연구에서는 삼중경계 모형과 같은 다중경계 모형을 사용하지 않는다. Hanemann and Kanninen(1999)에서도 단일경계 모형이나 삼중경계

모형이 아닌 이중경계 모형의 사용을 적극 권유하고 있다.

3. 구간자료 모형 대 이변량 모형

DBDC 자료를 모형화하는 방법으로 크게 두 가지가 개발되었다. 첫째, 구간자료 모형(interval data model)이 통상적으로 널리 적용되었다. 이에 대한 대안으로 Cameron and Quiggin(1994)은 첫 번째 제시금액에 대한 응답과 두 번째 제시금액에 대한 응답을 두 개의 분리된 응답으로 간주하여 분석하되 이변량 정규분포의 틀을 운용하여 상관관계를 허용하는 분석방법을 제안하였으며 이 모형을 이변량 모형이라 한다.

Alberini(1995)는 이변량 모형과 구간자료 모형에 대한 몬테칼로 모의실험을 하여 구간자료 모형으로부터 도출된 평균값 및 중앙값 WTP 추정치가 낮은 값의 상관계수에 대해서도 놀라울 정도로 강건함(robust)을 발견하였다. 즉, 구간자료 모형이 정형오류(mis-specification error)를 가지는 경우조차도 평균자승오차(mean squares error)의 관점에서 구간자료 모형이 이변량 모형보다 우수하였다. 따라서 구간자료 모형을 이용하는 것이 적절하다고 볼 수 있으며, 본 연구에서는 구간자료 모형을 이용한다.

4. 일반적인 WTP 모형

본 연구에서 적용하는 효용격차모형은 다음과 같은 절차를 따르고 있다. 우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 다음 단계로 분포의 성격과 평균값 또는 중앙값의 정의를 이용하여 WTP의 평균값 또는 중앙값을 계산한다.

응답자가 자신의 효용함수를 정확하게 알고, 주어진 화폐소득(m)과 개인의 특성벡터(S)에 근거하여 비시장재화의 상태(j)에 대해 느끼는 효용은 다음과 같은 간접효용함수 u 로 표현될 수 있다.

$$u = u(j, m; S), \quad j = 0, 1 \quad (5-1)$$

여기서, $j = 0$ 는 비시장재화를 이용할 수 없는 또는 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며 $j = 1$ 는 비시장재화를 이용할 수 있는 또는 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다. 그런데 연구자에게는 응답자가 측정 대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재한다. 따라서 간접효용함수는 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j, m; S)$ 과 관측 불가능한 확률적 부분 ϵ_j 로 구성된다.

$$u(j, m; S) = v(j, m; S) + \epsilon_j \quad (5-2)$$

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ϵ_j 는 j 에 상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0이다. 각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하자. 그렇다면 각 개인은 다음의 조건을 만족할 때, “당신은 비시장재화의 이용을 위해 또는 비시장재화의 공급받기 위해 A 원을 지불할 의사가 있습니까?”란 질문에 대해 “예”라고 대답하면서 A 원을 기꺼이 지불함으로써 효용을 최대화한다.

$$v(1, m - A; S) + \epsilon_1 \geq v(0, m; S) + \epsilon_0 \quad (5-3)$$

또는

$$v(1, m - A; S) - v(0, m; S) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1 \quad (5-3')$$

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}\Delta v(A) &\equiv v(1, m - A; S) - v(0, m; S) \\ \eta &\equiv \varepsilon_0 - \varepsilon_1 \quad (5-3'')\end{aligned}$$

그렇다면 “예”라고 응답할 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{\Delta v(A) \geq \eta\} \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (5-4)$$

여기서 $F_\eta(\cdot)$ 는 η 의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)이다. “예”란 응답은 $\Delta v \geq 0$ 일 때 관측되며, “아니오”란 응답은 $\Delta v < 0$ 일 때 관측된다. 지금부터 C 로 표기할 WTP는 확률변수로서 이의 cdf는 $G_C(A)$ 로 정의된다. 한편 식 (4)는 다음과 같이 다르게 표현될 수 있다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{C \geq A\} \equiv 1 - G_C(A) \quad (5-5)$$

따라서 식 (5-4)와 식 (5-5)를 비교하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$1 - G_C(A) \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (5-6)$$

이 결과는 이산반응모형 (5-4)를 적합시키는 것이 곧 WTP의 분포함수인 $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것으로 해석될 수 있다는 점을 시사한다. 이 때 C 는 $j=0$ 상태에서 $j=1$ 의 상태로 변화하기 위한 WTP이다. C 가 음의 값도 가질 수 있을 때의 평균(C^+)은 흔히 다음과 같이 계산된다.

$$C^+ = E(C) = \int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \quad (5-7)$$

또한 중앙값 $WTP(C^*)$ 는 다음의 방정식을 C 에 대해 풀면, 구할 수 있다.

$$G_C(C) = 0.5 \quad (5-8)$$

만약 WTP 가 0보다 크거나 같아야 한다면, 이 때의 평균값 $WTP(C^{++})$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$C^{++} = \int_0^{\infty} [1 - G_C(A)] dA \quad (5-9)$$

주어진 양성자가속기 사업에 대해 i 번째 응답자는 첫 번째 제시금액(A_i)을 지불할지 여부에 대해 “예” 혹은 “아니오”로 응답한다. “예”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액과 “아니오”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액은 각각 A_i^H 및 A_i^L 로 표시한다. 아울러 WTP 질문에 대한 응답을 간단하게 나타내기 위해 다음과 같이 몇 가지 변수를 더 정의한다.

$$\begin{cases} I_i^{YY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “예-예”}) \\ I_i^{YN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “예-아니오”}) \\ I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-예”}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오”}) \end{cases} \quad (5-10)$$

여기서 $\mathbf{1}(\cdot)$ 은 인디케이터함수(indicator function)로서 괄호 안의 조건이 만족되면 1의 값을 취하고 만족되지 않으면 0의 값을 갖는다. 예를 들어, I_i^{YY} 는 i 번째 응답자의 응답이 “예-예”이면 1이고, 아니면 0의 값을 취한다. 이제 효용극대화를 추구하는 응답자 N 명의 표본을 가정할 경우 i 번째 응답자의 응답결과를 구분하여 다음과 같이 로그-우도함수를 구성할 수 있다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i^H)] + I_i^{YN} \ln[G_C(A_i^H) - G_C(A_i)] \right. \\ \left. + I_i^{NY} \ln[G_C(A_i) - G_C(A_i^L)] + I_i^{NM} \ln G_C(A_i^L) \right\} \quad (5-11)$$

통상적인 관례에 따라, $F_\eta(\cdot)$ 를 로지스틱(logistic) cdf로 정형화하고 이것을 $\Delta = a - bA$ 와 결합하면 WTP의 cdf는 다음의 형태를 취하게 된다.

$$G_C(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1} \quad (5-12)$$

이제 식 (5-12)를 이용하고 식 (7), (8), (9)에 근거하여 WTP의 평균값과 중앙값을 다음과 같이 구할 수 있다. 식 (5-13)은 일반적 의미에서의 평균값이며 식 (5-14)는 음의 부분이 잘렸다는 측면에서 절단된 평균값(truncated mean)이 된다.

$$C^+ = C^* = a/b \quad (5-13)$$

$$C^{++} = (1/b) \ln[1 + \exp(a)] \quad (5-14)$$

5. 스파이크 모형

지금까지는 WTP 모형을 둘러싼 중요한 논의와 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였다. 이제는 양성자가속기 사업에 국한된 WTP의 성격에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 사실 양성자가속기는 일반 국민들에게 매우 생소한 재화이며, 양성자가속기 사업의 시행을 위해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다. 따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이 모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완될 필요가 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서 사용한 설문지에는 단 1원의 지불의사가 있

는지 없는지를 물어보는 질문도 포함되어 있다. 즉 <표 5-7>에 제시되어 있듯이, 제시금액에 대한 두 번의 질문에서 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자에게는 A12의 질문을 하였다. 이 질문에 대해 “지불할 의사가 있다”고 응답한다면 양의 WTP를 가지며, “지불할 의사가 없다”고 응답한다면 영의 WTP를 가질 것이다.

<표 5-7> WTP 질문의 중요한 부분

- A9. 그렇다면 귀하의 가구는 양성자가속기 사업을 위해 향후 10년간 매월 가구 총 소득세를 통해 [제시금액] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있습니까?
 (1) 있다 ⇒ [A10으로 가십시오] (2) 없다 ⇒ [A11로 가십시오]
- A10. 그렇다면 귀하의 가구는 양성자가속기 사업을 위해 향후 10년간 매월 가구 총 소득세를 통해 [2배 가격] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있습니까?
 (1) 있다 ⇒ [A13으로 가십시오] (2) 없다 ⇒ [A13으로 가십시오]
- A11. 그렇다면 귀하의 가구는 양성자가속기 사업을 위해 향후 10년간 매월 가구 총 소득세를 통해 [1/2배 가격] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있습니까?
 (1) 있다 ⇒ [A13으로 가십시오] (2) 없다 ⇒ [A12로 가십시오]
- A12. 그렇다면 귀하의 가구는 단 1원도 지불하실 의사가 없습니까?
 (1) 지불할 의사가 있다
 (2) 지불할 의사가 없다

사전적인 예상대로, 조사대상 500 가구의 47.4%에 해당하는 237 가구는 양성자가속기 사업에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔다. 이러한 상황은 WTP에 관한 서베이 자료에서 흔히 관측된다(Yoo et al., 2001a, 2001b). 영의 WTP는 양성자가속기 사업이 가구의 후생에 전혀 기여하지 못하거나 혹은 가구가 양성자가속기 사업에 완전히 무관심할 때, 다음과 같은 소득 제약 하에서의 소비자 효용극대화 문제 모서리해(corner solution)로서 도출될 수 있으므로, 경제적 행위에 부합한다.

$$\max_{y, Z} [U(y, Z; h) \mid y + Z \leq m] \quad (5-15)$$

여기서, $U(\cdot)$ 는 효용함수, y 는 양성자가속기 사업에 대한 WTP, Z 는 모든 다른 지출, h 는 개인특성을 나타내는 벡터, m 는 소득이다.

영의 값을 가진 WTP 자료의 분석을 위해서는 다수의 가구들이 양성자가속기 사업에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 다시 말해서, WTP의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 양의 WTP를 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 것이다. 경제성 분석 등에 사용될 수 있는 WTP의 평균값을 구하기 위해서는 WTP의 분포를 구해야 하고, WTP의 분포를 구하기 위해서는 이러한 점이 반드시 고려되어야 한다. 만약 0의 WTP 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 된다. 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, WTP 자료와 같이 영의 값과 양의 값을 함께 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화(specification)에 있어서 어려움이 존재한다.

이러한 0의 WTP 자료를 처리하기 위해 널리 이용되는 모형은 Kriström(1997)이 제안한 스파이크 모형(spike model)이다. 그런데 스파이크 모형은 애초 단일경제 자료에 맞추어 개발되어 이중경제 자료에 맞도록 적절한 조정을 해야 한다. 특히 Yoo and Kwak(2002)은 이중경제 자료에 적합한 스파이크 모형을 제안하였는데, 그 유용성이 입증되어 실증연구에서 널리 적용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 모형을 이용하고자 한다.

이제 스파이크 모형에 대해 정형화하겠다. 식 (5-10)의 마지막 부분에 있는 “아니오-아니오”의 응답은 0의 WTP와 두 번째 제시금액(A^L)보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^{NV} 은 다시 I_i^{NVY} 와 I_i^{NVN} 로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NVY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-예”}) \\ I_i^{NVN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-아니오”}) \end{cases} \quad (5-16)$$

앞에서와 마찬가지로, WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다. 스파이크 모형에 있어서, $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수는 식 (5-17)과 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (5-17)$$

이 모형에 대한 로그우도함수(log-likelihood function)는 다음과 같다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \ln \left\{ I_i^{YY} \left[1 - G_C(A_i^H; \theta) \right] + I_i^{YN} [G_C(A_i^H; \theta) - G_C(A_i^B; \theta)] + I_i^{NY} [G_C(A_i^B; \theta) - G_C(A_i^L; \theta)] + I_i^{NNY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NNN} \ln[G_C(0; \theta)] \right\} \quad (5-18)$$

이 때 스파이크는 $1/\ln[1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 한편 평균값 WTP는 다음과 같이 추정된다.

$$\overline{WTP} = (1/b) \ln[1 + \exp(a)] \quad (5-19)$$

제5절 실증분석 결과

1. 배경질문에 대한 분석 결과

앞서 언급하였듯이, 설문조사 시 응답자들을 가상시장으로 몰입시키기 위해, 양성자가속기와 관련하여 4개의 배경 질문을 하였다. 이에 대한 분석 결과는 <표 5-8>에 요약되어 있다.

〈표 5-8〉 배경질문에 대한 분석 결과

질문 내용	구 분	있다	없다	계
귀하께서는 이 설문지를 받기 이전에 양성자가속기 혹은 입자가속기에 대해 들어 본 적이 있습니까?	명 수	91	409	500
	백분율(%)	18.2	81.8	100.0
귀하께서는 양성자가속기 혹은 입자가속기를 이용하여 자연의 근본 법칙, 우주의 신비를 파헤치는 천체물리학 등이 연구되고 있다는 사실을 알고 있습니까?	명 수	79	421	500
	백분율(%)	15.8	84.2	100.0
귀하께서는 고등학교 또는 대학교에서 물리학을 배운 적이 있습니까?	명 수	304	196	500
	백분율(%)	60.8	39.2	100.0
귀하께서는 이 설문지를 받기 이전에 경주시에 양성자가속기가 건설되고 있다는 사실을 알고 있었습니까?	명 수	19	481	500
	백분율(%)	3.8	96.2	100.0

양성자가속기 혹은 입자가속기 대한 인지도는 18.2%에 불과하다. 양성자가속기 혹은 입자가속기를 이용하여 자연의 근본 법칙, 우주의 신비를 파헤치는 천체물리학 등이 연구되고 있다는 사실을 알고 있느냐는 질문에 대해서는 더 낮은 15.8%의 응답자만이 알고 있다고 응답하였다. 고등학교 또는 대학교에서 물리학을 배운 적이 있느냐란 질문에 대해서는 60.8%의 응답자들이 그렇다고 응답하였다. 마지막으로, 이 설문지를 받기 이전에 경주시에 양성자가속기가 건설되고 있다는 사실을 알고 있었느냐는 응답자의 3.8%에 해당하는 19명만이 알고 있다고 응답하였다.

2. 자료

WTP 질문에 대한 응답의 분포는 <표 5-9>에 제시되어 있다. 스파이크 모형을 운용할 수 있도록 응답유형을 “예-예”, “예-아니오”, “아니오-예”, “아니오-아니오-예”, “아니오-아니오-아니오”의 5개로 구분하였다. 전체의 47.4%에 해당하는 237 가구는 양성자가속기 사업을 위해 단 1원도 지불할 의사가 없다고 응답하였다.

〈표 5-9〉 WTP 응답의 분포

첫 번째 제시금액	표본크기	응답유형별 응답자수				
		“예-예”	“예-아니오”	“아니오-예”	“아니오-아니오-예”	“아니오-아니오-아니오”
500원	50	14	18	5	1	12
1,000원	49	10	13	7	4	15
1,500원	49	1	7	11	8	22
2,000원	52	0	12	9	8	23
2,500원	50	1	10	9	9	21
3,000원	50	4	3	7	7	29
3,500원	52	1	7	8	9	27
4,000원	48	0	0	5	17	26
4,500원	49	2	3	2	12	30
5,000원	51	3	0	2	14	32
계	500	36	73	65	89	237

※ 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시금액에 대한 응답이 “예”이면 첫 번째 제시금액의 2배이며, “아니오”이면 첫 번째 제시금액의 절반이다.

절반 조금 못 미치는 응답자들의 WTP가 0이므로 이를 반영할 수 있는 모형을 적용해야 하며 이때 가장 널리 적용되는 모형이 스파이크 모형임을 감안할 때, 본 연구에서 WTP가 0인지 여부를 질문하여 답을 얻은 다음에 스파이크 모형을 적용하는 것은 매우 적절한 전략임을 알 수 있다.

3. 단일경계 WTP 모형의 추정 결과

본 조사에서는 이중경계 양분선택형 질문법을 이용했지만, 추정과정에서 두 번째 제시금액에 대한 응답 정보를 이용하지 않고 첫 번째 제시금액에 대한 응답 정보만을 이용하면 단일경계 모형을 추정할 수 있다. 물론 이중경계 모형은 단일경계 모형에 비해 편의는 조금만 늘어나는데 비해 효율성이 크게 증진된다는 점에서 보다 바람직하지만 편의가 늘어날 수 있다는 점은 이중경계 모형의 이용가능성을 제약하는 것도 사실이다.

즉 단일경계 모형 대신에 이중경계 모형을 사용할 때, 상당한 정도의 통계적 효율성 증진이 있다 하더라도 어느 정도의 편의를 초래할 가능성도 커

진다는 것이다. 이것은 두 번째 질문에 대한 응답이 첫 번째 질문에 대한 응답과 일관성을 유지하지 못한다는 실증적 증거가 있기 때문이다. 예를 들어, Cameron and Quiggin(1994)은 이중경계 모형의 비일관성과 관련하여 두 가지 가능성을 제기하였다. 첫째, 본인의 진실된 지불의사액으로 볼 때 두 번째 질문에 대해 “아니오”라고 응답해야 함에도 불구하고, 설문조사원이 한 번 더 질문을 하는 것에 대해 응답자가 미안하게 느껴 “예”라고 거짓으로 응답할 가능성이 있다. 둘째, 본인의 진실된 지불의사액으로 볼 때 두 번째 질문에 “예”라고 응답해야 함에도 불구하고, 설문조사원이 한 번 더 질문을 하는 것에 대해 응답자가 귀찮고 짜증나게 여겨 “아니오”라고 거짓으로 응답할 가능성이 있다.

다시 말해서, 첫 번째 질문에 대한 응답이 시사하는 선호의 분포가 첫 번째 질문에 대한 대답과 두 번째 질문에 대한 응답이 함께 시사하는 분포와 같지 않을 수 있다는 것이다. 이 문제를 다루기 위해 많은 연구들이 있었다 (McFadden, 1994; Carson et al., 1999; Bateman et al., 2000). 따라서 첫 번째 질문에 대한 응답만을 이용한 단일경계 모형의 주요 적용결과를 먼저 살펴본 다음에, 이중경계 모형을 적용한 결과도 살펴보는 것이 바람직할 것이다.

식 (5-12)를 이용하여 식 (5-18)의 모수를 추정한 결과는 <표 5-10>에 요약되어 있다. 최우추정법의 적용을 용이하게 하기 위해 제시금액은 1,000원 단위로 사용하였다. 추정된 방정식의 통계적 유의도를 살펴기 위해, ‘모든 추정계수는 0이다’라는 귀무가설을 상정하면 다음과 같이 Wald-통계량 (W)을 구성할 수 있다.

$$W = \delta' [\hat{V}(\hat{\delta})]^{-1} \hat{\delta} \quad (5-20)$$

여기서 $\hat{\delta}$ 은 추정계수벡터이며, $\hat{V}(\hat{\delta})$ 은 $\hat{\delta}$ 의 분산에 대한 추정치이다. 검정통계량 W 는 귀무가설 하에서 χ^2 -분포를 따르며, 이때 자유도는 $\hat{V}(\hat{\delta})$ 의 위수(rank)이다.

〈표 5-10〉 단일경계 스파이크 모형의 추정결과

변 수	추정결과
상수항	0.0869 (0.97)
제시금액	-0.6297 (13.99)#
스파이크(spike)	0.4783 (21.33)#
관측 가구 수	500
로그우도(Log-likelihood)	-498.71
Wald 통계량: (p-value)	207.91 (0.000)

※ 제시금액은 편의상 1,000원 단위의 값을 이용하였다. Wald 통계량은 추정되어야 할 모수의 값이 모두 '0' 이라는 가설 하에서 계산된 것이다. 추정치 아래의 괄호 안에 있는 숫자는 t-값이다. #는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

Wald 통계량을 이용할 경우 추정된 모든 계수가 0이라는, 즉 추정된 결과가 무의미하다는 귀무가설을 유의수준 1%에서 기각할 수 있다. 또한 제시금액에 대한 추정계수가 음수인 것은 제시금액이 높아질수록 “예”라고 응답할 확률이 낮아짐을 시사한다. 이것은 설문조사가 제대로 수행되었음을 의미한다. 아울러 모든 추정계수가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

한편 스파이크는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 0.4783으로 추정되었다. 500 가구 중에서 영의 WTP를 밝힌 가구 수가 237이므로 영의 WTP를 밝힌 표본 비율 47.4%(=237/500)와 대략 유사함을 알 수 있다. 따라서 스파이크도 적절하게 추정되었다.

4. 단일경계 모형에 근거한 평균값 WTP의 추정 결과

스파이크 모형의 추정결과와 식 (5-19)를 이용하여 구한 평균값 WTP의 추정결과는 <표 5-11>에 제시되어 있다. 평균값 WTP는 월 가구당 1,171원으로 계산되었으며, 델타법(delta method)을 적용하여 추정된 이 값에 대한 표준오차는 93.4이다. 따라서 t-값은 12.54로 계산되므로, 추정된 평균 WTP

는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

<표 5-11> 단일경계 스파이크 모형에 근거한 평균값 WTP의 추정결과

구 분	추정결과
평균 WTP(매월 가구당)	1,171원
- 표준오차	93.4
- t-값	12.54#
- 95% 신뢰구간	[1,035.0 - 1,341.1]
- 99% 신뢰구간	[1,008.9 - 1,379.5]

※ 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였다. #는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

아울러 CVM 질문에 대한 응답과정에서의 불확실성과 WTP 모형 추정 과정 및 평균값 WTP 계산과정에서의 불확실성을 명시적으로 반영하기 위해 신뢰구간을 제시하고자 한다. 신뢰구간의 계산을 위해서는, Krinsky and Robb(1986)이 제안한 모수적 부트스트랩(parametric bootstrap) 기법인 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 적용한다. 몬테칼로 시뮬레이션 기법의 적용 절차는 다음과 같다. 우선 (a,b) 의 추정치와 이에 대한 분산-공분산 행렬을 이용하여 (a,b) 의 다변량 정규분포로부터 (a,b) 의 값을 발생시켜 평균 WTP를 계산하며 이 과정을 R 회 반복한다. 이렇게 발생된 R 개의 평균 WTP 값을 크기순으로 나열한 다음 양끝에서 각각 2.5%를 버리면 95% 신뢰구간을 얻을 수 있으며, 양끝에서 각각 0.5%를 버리면 99% 신뢰구간을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 무작위 반복표본추출의 회수를 5,000회로 하였다. 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간의 계산결과와 <표 7-11>의 하단부에 제시되어 있다. 당연한 얘기이겠지만, 99% 신뢰구간의 폭보다 95% 신뢰구간의 폭이 더 좁음을 알 수 있다.

5. 이중경계 모형과의 비교

<표 5-12>는 이중경계 모형의 추정결과를 요약하고 있다. 주요 추정계수 및 스파이크의 추정결과는 이중경계 스파이크 모형의 추정결과와 거의 유사하다. 하지만 평균값 WTP는 1,058원으로 단일경계 스파이크 모형의 추정결과 1,171원과 113원 정도 차이가 난다. 즉 이중경계 모형의 추정결과가 더 작다. 따라서 양성자가속기 사업의 편익을 추정하는 데 있어서 보수적 접근법을 취한다면 단일경계 스파이크 모형의 추정결과 대신에 이중경계 모형의 추정결과를 이용할 수 있다.

〈표 5-12〉 이중경계 스파이크 모형의 추정결과

변 수	추정결과
상수항	0.0589 (0.66)
제시금액	-0.6832 (-21.24)#
스파이크(spike)	0.4853 (21.75)#
관측 가구수	500
로그우도(Log-likelihood)	-688.44
Wald 통계량: (p-value)	488.25 (0.000)
평균 WTP(매년 가구당)	1,058원
- 표준오차	70.5
- t-값	15.00#
- 95% 신뢰구간	[946.5 - 1,181.5]
- 99% 신뢰구간	[928.8 - 1,210.9]

※ 제시금액은 편의상 1,000원 단위의 값을 이용하였다. Wald 통계량은 추정되어야 할 모수의 값이 모두 '0'이라는 가설 하에서 계산된 것이다. 추정치 아래의 괄호 안에 있는 숫자는 t-값이다. 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였다. #는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

6. 모집단으로의 확장

CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나는 표본정보를 이용하여 모집단 전체의 편익을 추정하는 것이며, 본 연구의 목적도 이와 같다. 즉 500가구라는 표본에 대해 도출된 정보를 활용하여 대한민국이라는 모집단 전체로 확장하는 작업이 마지막 단계로 요구된다. 이 과정에서 따져봐야 할 중요한 사항은 과연 표본이 모집단을 제대로 반영하고 있는지 여부이다.

앞서 언급하였듯이, 본 연구에서는 상당한 예산이 소요되에도 불구하고 국내 유수의 전문조사기관에 의뢰하여 과학적인 표본추출 및 조사를 하고자 하였다. 아울러 설문대상자도 가구 내에서 책임 있는 의사결정을 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였다. 표본도 우리나라 인구의 1/4 가량이 거주하고 있는 서울시를 대상으로 하였다. 따라서 우리나라 전체 가구, 적어도 서울시 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있으며, 가상시장을 이용했다 하더라도 책임 있는 정보를 도출했다고 볼 수 있다. 따라서 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 별 무리가 없어 보인다.

첫째, 단일경계 스파이크 모형으로부터 얻은 WTP의 평균값인 연 가구당 1,171원을 그대로 이용할지 여부이다. 이론적인 관점에서 볼 때, 다른 편익 추정기법에 비해 CVM은 편익의 정확한 값을 구할 수 있지만, 실증적으로 보면 통상 편익의 상한값을 구하는 것으로 인식되고 있다. 아울러 WTP를 계산하는 과정에서 여러 가지 불확실성이 개입되어 있다. 따라서 편익을 보수적으로 추정하는 것이 부정확한 판단을 내릴 가능성을 줄일 수 있다. 이런 관점에서 본 연구에서는 평균값 WTP 추정치를 이용하는 대신에 보수적 관점에서 95% 신뢰구간의 하한값을 이용하고자 한다.

둘째, 서울시에 대해 추정된 값을 서울시 외 15개 광역지방자치단체로 편익이전(benefit transfer)을 해야 하는데, 이때 널리 사용되는 방법은 소득에 대해 조정을 해 주는 것이다. 하지만 현재 정부에서는 행정구역별 가구당 소득자료를 공개하지 않고 있다. 가구당 지역내총생산의 이용도 고려해 볼

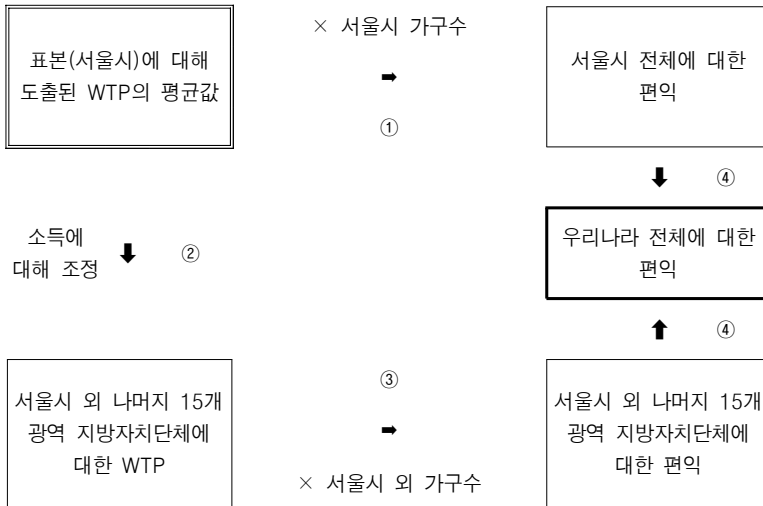
수 있지만, 우리나라의 지역내총생산은 행정구역별 소득수준을 제대로 반영하지 못하는 것으로 알려져 있다. 따라서 광역 지방자치단체별 소득수준의 차이를 반영할 수 있는 다른 지표를 찾아야 한다. 이때 한 가지 대안은 가계 부문 민간소비지출 자료를 이용하는 것이다. 박현 외(2004)에서도 민간소비지출을 이용하는 것이 가장 현실적이고 합리적임을 지적한 바 있다.

<표 5-13>은 본 연구의 표본에서 얻은 WTP의 평균값 정보를 이용하여 모집단으로 확장하는 4단계의 절차를 도시하고 있다. 각 단계별로 간략하게 설명하도록 하겠다.

- ① 서울시 지역의 2005년 기준 세대수 정보(통계청, <http://www.kosis.kr>)를 이용하여 표본에 대해 추정된 평균값 WTP를 조사대상인 서울시 지역 전체의 모집단으로 확장한다.¹⁰⁾
- ② 2005년 기준 각 광역 지방자치단체별 세대 당 가계부문 민간소비지출 자료(한국은행, <http://www.bok.or.kr>)를 이용하여, 서울시 지역에 대해 추정된 WTP의 평균값을 수도권 외 15개 광역지방자치단체로 이전한다.
- ③ 2005년 기준 수도권 외 15개 광역지방자치단체의 세대수 정보(통계청, <http://www.kosis.kr>)를 이용하여 서울시 외 지역 전체의 모집단으로 확장한다.
- ④ ①의 결과 및 ③의 결과를 합하면 우리나라 전체에 대해 양성자가속기 사업의 경제적 편익을 추정할 수 있다.

10) 2005년을 기준으로 하는 것은 2005년에 전국 모든 세대를 대상으로 하는 센서스 전수조사가 시행되어 세대에 대한 각종 정보가 비교적 정확하게 집계되었기 때문이다.

〈표 5-13〉 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 과정



2005년 기준 광역지방자치단체별 세대수, 가계소비지출, 세대 당 가계소비지출, 세대 당 가계소비지출을 이용하여 조정한 가구당 WTP 값, 2008년 불변가격으로 계산된 양성자가속기 사업의 연간 경제적 편익에 대한 정보는 <표 5-14>에 요약되어 있다. <표 5-14>에 따르면 전국적으로 연간 1,677.6억 원의 편익이 발생함을 알 수 있다.

〈표 5-14〉 2005년 전국 광역지방자치단체의 세대수 및 가계부문 민간소비지출

광역 지자체	세대수	가계최종 소비지출 (백만원)	세대당 가계최종 소비지출 (백만원)	가구당 WTP (원/월)	연간('08~'17) 경제적 편익 (억 원, 2008년 불변가격)
서울특별시	3,309,890	101,666,788	30.7	1,035.0	411.1
부산광역시	1,186,378	31,664,855	26.7	899.4	128.0
대구광역시	814,585	21,450,890	26.3	887.3	86.7
인천광역시	823,023	21,981,590	26.7	900.0	88.9
광주광역시	460,090	11,964,630	26.0	876.3	48.4
대전광역시	478,865	12,390,622	25.9	871.9	50.1
울산광역시	339,095	9,038,685	26.7	898.2	36.5
경기도	3,329,177	89,732,872	27.0	908.2	362.8
강원도	520,628	11,555,156	22.2	747.9	46.7
충청북도	505,203	11,104,494	22.0	740.6	44.9
충청남도	659,871	14,514,963	22.0	741.2	58.7
전라북도	619,958	13,948,630	22.5	758.1	56.4
전라남도	666,319	13,724,284	20.6	694.0	55.5
경상북도	938,840	20,788,888	22.1	746.1	84.1
경상남도	1,056,007	25,241,958	23.9	805.4	102.1
제주도	179,199	4,126,548	23.0	775.9	16.7
전국 합계	15,887,128	414,895,853	-	-	1,677.6

아울러 양성자가속기 사업의 경제적 편익을 분석할 결과는 <표 5-15>에 제시되어 있다. 양성자가속기 사업의 경제적 편익은 2008년 불변가치 기준으로 향후 10년 동안 연간 1,677.6억 원에 달한다. 한국개발연구원에서 2008년 10월 현재 공공투자사업의 평가 시 사용하고 있는 할인율인 5.5%를 이용하여 향후 10년간 발생하는 경제적 편익의 2008년 기준 현재가치를 구해보면, 1조 2,645.3억 원에 달한다. 따라서 경북 경주에 건립할 고에너지 양성자가속기 사업이 국민들에게 제공하는 편익은 연간 1,677.6억 원이며, 이를 전체 사업기간에 대해 확장한 후 2008년 불변가격 기준으로 환산하면 1조 2,645.3억 원이다.

〈표 5-15〉 양성자가속기 사업의 경제적 편익 (단위 : 억 원)

연간 경제적 편익 (억 원, 2008년 불변가격)	할인율	평가기간	2008년 기준 현재가치 (억 원)
1,677.6	5.5%	10년 (2008년~2017년)	12,645.3

| 제6장 | 결 론

본 연구에서는 거시적 관점과 미시적 관점 양쪽에서 기초연구 투자에 관한 분석을 실시하였다.

거시적 관점에서는 전체 기초연구 투자의 과급효과를 두 가지로 분석하였다. 첫째, 국가 단위에서 논문에 기반한 지식스톡이 총요소생산성에 미치는 과급효과를 분석하였다. 둘째, 산업 단위에서 연구개발비에 기반한 R&D 스톡이 총요소생산성에 미치는 과급효과를 분석하였다.

미시적 관점에서 개별 기초연구 사업의 경제성 및 과급효과는 다양한 방법으로 분석할 수 있는데, 본 연구에서는 기초연구의 주요 특징 가운데 하나인 비시장가치에 초점을 맞추어, 조건부가치측정법(CVM)을 실험적으로 적용한 사례연구를 수행하였다.

본격적인 분석에 앞서 기초연구 투자 및 성과 현황을 조사하였다. 통상 직접적인 연구성과는 논문, 특허, 기술이전 성과 등으로 측정되는데 기초연구 성과를 나타내는 대표적 지표는 SCI 논문인 것으로 나타났다. 양적 건수 관점에서나 단위 투자비(1억 원)당 성과 관점에서나 기초연구 성과는 SCI 논문 성과에서 가장 두드러진다. 그에 반해 응용, 개발 연구 성과는 특허 또는 기술이전에서 두드러진다. 이러한 점은 기초연구의 지식스톡을 추계할 때 특허보다는 논문 성과를 바탕으로 하는 것이 적절하다는 점을 의미한다. 기초연구 성과는 대체로 논문으로 반영된다는 점은 상식과도 잘 부합한다.

〈표 6-1〉 2006, 2007년 기초연구 투자 성과 현황

성과		분야	2006	2007
SCI 논문	논문 수(건)	기초	7,482	15,876
		응용	5,635	14,675
		개발	2,788	5,311
	논문 수(건) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.47	0.85
		응용	0.34	0.76
		개발	0.08	0.14
특허 등록	등록 수(건)	기초	629	1,469
		응용	1,226	4,126
		개발	2,162	4,752
	등록(건) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.04	0.08
		응용	0.07	0.21
		개발	0.06	0.12
기술료	금액(백만 원)	기초	2,024	3,893
		응용	18,713	17,528
		개발	47,537	87,756
	금액(백만 원) /해당연도 연구개발비(억 원)	기초	0.13	0.21
		응용	1.11	0.91
		개발	1.32	2.26

〈표 6-2〉 지식스톡이 국가단위 총요소생산성에 미친 파급효과
(총요소생산성 탄력성)

추정모형	시차			
	0	3	5	10
pooled estimation	0.567815	0.553273	0.531648	0.465949
fixed effect	1.227869	1.308939	1.321737	1.304245
random effect	1.175179	1.241466	1.248772	1.228463

이러한 점에 비추어 3장 국가단위 총요소생산성에 미치는 기초연구 지식스톡의 파급효과 분석에서 지식스톡은 SCI 논문성과를 바탕으로 추계하였다. 기초연구가 경제 전체의 지식스톡을 증가시켜 경제성장을 제고시키는 효과를 발휘한다는 점에 주목하고 기초연구가 일반적으로 학술논문의 출간 형태로 산출물을 낸다는 점에 착안하여, 출간논문수를 활용한 경제 전체의

지식스톡을 추정하는 것이다. 지식스톡의 핵심은 명시적 지식이고 외부에서의 파급 역시 내부의 명시적 지식수준이 핵심적인 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 따라서 출간논문을 활용하여 전반적인 기술혁신과 경제성장에 영향을 미치는 지식스톡을 추정하는 것은 의미를 갖는다고 할 수 있다.

이에 따라 일정한 질을 가진 SCI 논문을 대상으로 하여, 경제전체의 지식스톡을 추정하고 경제전체의 지식스톡과 총요소생산성(TFP)과의 관계 분석을 통해 지식스톡을 형성하는 학술논문의 경제적 효과를 추정하였다. 이때, 국가 사이에 스페일오버(spill-over) 효과는 없다고 가정하였다. 이러한 가정은 실제 국가 간 스페일오버는 각국의 지식역량에 크게 의존하므로, 스페일오버 수준은 지식역량 수준, 즉 지식스톡수준에 비례하는 관계를 보인다는 점에서 정당성을 찾을 수 있다.

OECD 회원국을 대상으로 한 1976-2004년의 패널데이터를 활용하여 패널분석을 시도하였다. 탐색적인 연구라는 점을 감안해서, 시차(time lag)를 0년, 3년, 5년, 10년 등 네 가지로 구분해서 추정하는 방법을 시도하였고, 각각에 대해서는 pooled estimation, fixed effect model, random effect model에 대한 추정을 시도하였다. 그 결과, 지식스톡에 대한 총요소생산성의 탄력성은 0.46 - 1.30으로 나타났다. 이는 지식스톡의 1% 증가할 때 총요소생산성이 최대 1.3% 증가한다는 것을 의미한다.

이러한 결과는 OECD 회원국을 대상으로 다양한 노동소득분배율과 자본투자의 감가상각율을 고려해 추정한 총요소생산성에 대한 R&D투자의 탄력성의 OECD 평균인 0.185-0.195(이우성, 2007)와 비견될 만한 결과이다.

〈표 6-3〉 R&D 투자(flow) 및 스톡이 산업단위 총요소생산성에 미친 파급효과

	음식 산업	섬유 산업	목재 산업	화학 산업	비금속 산업	금속 산업	기계 산업	기타 산업
Log(응용R&D flow)	·	·	·	·	0.08	·	0.18	·
Log(기초R&D flow)	·	·	·	·	·	·	0.13	·
Log(기초R&D stock)	17.82	·	·	1.14	·	0.23	·	·
Log(응용R&D stock)	·	0.21	·	·	·	·	·	·
Log (간접 기초 R&D stock)				1.26	·	·	1.37	1.42
Log (간접 응용 R&D stock)				·	2.92	1.29	·	·

4장에서는 산업단위 총요소생산성에 미치는 기초연구 R&D스톡의 파급효과를 분석하였다. 다양한 모형과 추정 방법을 사용하여 통계적으로 유의미한 결과를 산업별로 도출하였다. 주어진 패널데이터에서 보다 많은 정보(R&D의 생산성 탄력성)를 추출하기 위해 시도한 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기초연구 R&D투자(flow)가 총요소생산성에 유의한 영향을 미치는 부문은 통칭 기계산업(Machinery), 구체적으로는 기계장비, 기구 및 운수장비, 조립금속제품인 것으로 나타났다. 탄력성 계수값이 0.13인 것은 연간 기초 R&D 투자를 1% 늘릴때 기계산업 총요소생산성이 0.13% 증가함을 의미한다.

둘째, 기초연구 직접 R&D스톡(stock)이 총요소생산성에 유의한 영향을 미치는 부문은 금속산업(basic_metals)과 화학산업, 음식산업으로 나타났다. 예컨대 화학산업의 경우 기초 R&D스톡이 1% 증가할 때 총요소생산성이 1.14% 증가함을 의미한다.

셋째, 기초연구 투자가 타 산업으로 파급되어 축적된 간접 스톡의 효과가 큰 부문은 기계산업(기계장비, 기구 및 운수장비, 조립금속제품)과 화학산업 부문으로 나타났다.

전체적으로 보아 기계장비, 기구 및 운수장비, 조립금속제품 등 주요한

업종이 포함된 산업 분야에서 기초연구의 파급효과가 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 이처럼 산업별 파급효과를 별도로 추정하였는데, 이는 이원기, 김봉기(2003) 등 다른 선행연구들이 전체 산업에 동일한 기초연구의 파급효과를 추정한 것과 대비된다. 이러한 연구 결과는 산업별로 차별화된 연구개발 지원 정책을 수립할 때 근거 자료가 될 수 있다.

5장에서는 개별 기초연구 사업의 경제적 파급효과를 비시장가치 측정에 초점을 두고 분석하였다. 이는 특정한 기초연구 사업이 상업화라는 시장 메커니즘을 통하지 않고 국민의 후생증가에 직접 영향을 미칠 경우, 해당 사업의 비시장가치를 측정함으로써 그 파급효과를 측정하는 접근법이다. 사례 연구 대상으로는 대표적 기초연구 사업이라 할 수 있는 차세대 양성자가속기 개발 및 이용 연구사업을 선택했다. 최근 기초연구 투자와 관련한 가장 큰 이슈는 과학비즈니스벨트와 그 내부에 건설될 중이온가속기라고 할 수 있는데, 본 사례연구는 중이온가속기의 경제적 파급효과 분석이 필요할 경우 방법론 측면에서 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

차세대 양성자가속기 사업의 경제적 편익은 조건부가치측정법(CVM)으로 측정하였다. 경제적 편익은 2008년 불변가치 기준으로 향후 10년 동안 연간 1,677.6억 원에 달하는 것으로 나타났다. 한국개발연구원에서 2008년 10월 현재 공공투자사업의 평가 시 사용하고 있는 할인율인 5.5%를 적용하여 향후 10년간 발생하는 경제적 편익의 2008년 기준 현재가치를 구해보면, 1조 2,645.3억 원에 달한다.

〈표 6-4〉 양성자가속기 사업의 경제적 편익 (단위 : 억 원)

연간 경제적 편익 (2008년 불변가격)	할인율	평가기간	2008년 기준 현재가치
1,677.6	5.5%	10년간 (2008년~2017년)	12,645.3

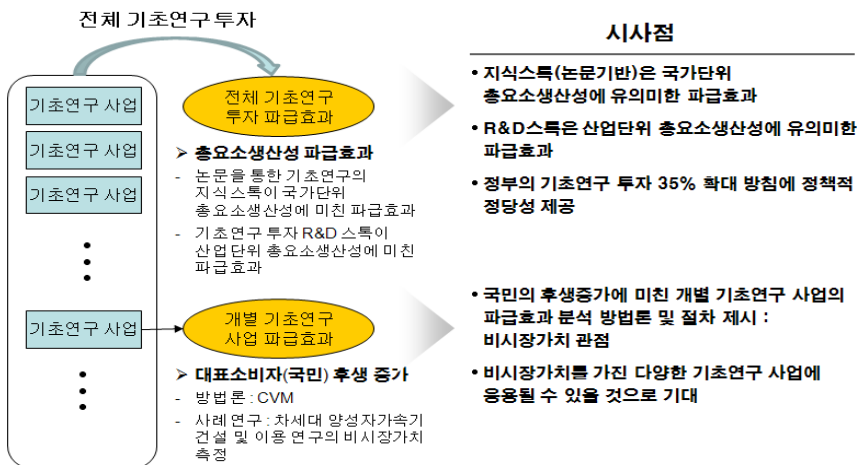
본 연구를 통해 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 지식스톡 관점에서 국가단위의 중요소생산성에 미치는 기초연구의 파급효과와 R&D스톡 관점에서 산업단위의 중요소생산성에 미치는 파급효과는 모두 통계적으로 유의미하게 양(+)의 효과를 나타내고 있다. 이는 정부의 기초연구 투자 확대 정책이 충분한 정당성을 가지고 있다는 점을 잘 보여준다. 특히 지식스톡의 경우 1% 증가가 중요소생산성을 최대 1.3% 증가시키는 것으로 분석되었다.

이러한 결과에서 한발 더 나아가, 거시적 관점에서 기초연구 투자의 수익률을 측정하고 최적 기초연구 투자 수준, 즉 전체 연구개발투자 가운데 기초연구의 최적 비중을 구하는 문제도 대단히 중요한데, 이는 향후 연구 과제로 남겨둔다.

둘째, 개별 기초연구 투자의 파급효과와 관련해 본 연구는 국민이 직접적으로 느끼는 후생증가에 초점을 맞추어 사례를 연구하였다. 조건부가치측정법(CVM)을 사용해 기초연구의 중요한 특징 가운데 하나인 비시장가치를 측정함으로써 국민이 직접적으로 느끼는 편익(후생증가)을 구하였는데, 이러한 방법론은 향후 널리 응용될 여지를 가지고 있다. 실험적 연구이긴 하지만 기초연구의 비시장가치 측정을 위한 방법론과 절차를 구체적 사례를 통해 제시하였다는 점도 본 연구의 주된 기여 가운데 하나이다.

[그림 6-1] 연구의 시사점



• 참고문헌 •

- 곽승준, 유승훈, 장정인(2007), “올림픽 금메달의 비시장가치”, 국제경제연구 제13권 제1호, 127-151, 한국국제경제학회.
- 김소은(2007), “A Comparison of Classification Trees and Cox Regression and their Application to Survival data”, 서울대 통계학과 석사학위 논문.
- 김희경(1995), 『광고와 마케팅 조사는 이렇게 한다』, 정보여행.
- 박현, 유경준, 곽승준(2004) 『문화시설의 가치추정 연구』, 연구보고서 2004-15, 한국개발연구원.
- 신태영(2002), 『연구개발투자자 지식축적량 국제비교』, 과학기술정책연구원.
- 신태영(2004), 『기초연구투자의 경제효과 분석: 사전기획연구』, 정책연구 2004-04, 과학기술정책연구원.
- 유선희(2004), “특허인용 분석을 통한 기술수명예측모델 개발에 관한 연구”, 정보관리연구 제35권 제1호.
- 윤문섭, 이우형(2002), 『IT 및 BT 분야의 기술수준 평가 및 정책적 시사점: 미국특허의 인용도 분석』, 과학기술정책연구원.
- 이병민, 고병운(1990), 『원천요소기술의 연구개발전략』, 科学技術政策 vol2 no1~2, 과학기술정책관리연구소.
- 이영규 외(2005), 『한국형 특허지표 개발』, 한국과학기술정보연구원.
- 이우성 외(2007), 『성장잠재력 제고를 위한 기술혁신 전략과 과제』, 과학기술정책연구원.
- 이원기, 김봉기(2003. 5), 연구개발투자의 생산성 파급효과 분석, 한국은행 조사통계월보.
- 이정일, 강주명, 신의섭(2000), 『99 원천기술 개발 동향』, 한국과학기술평가원.
- 이주석, 유승훈, 곽승준(2005), “국립중앙박물관 신축의 경제적 편익 측정”, 공공경제 제10권 제1호, 1-22, 한국계정공공경제학회.
- 이철원 외(2003), 『산업기술연구회 소관 출연기관 연구성과의 경제적 효과 분석』, 산업기술연구회.
- 장진규(2005), 『기초연구지원사업 및 인력양성사업의 경제사회적 성과분석』, 과학기술정

책연구원.

정광호(2006), 『한국학술진흥재단 지원사업의 투자효과분석 연구』, 과학기술정책연구원.

조운애 외(2006), 『혁신역량 강화를 위한 연구개발 투자의 효율성 제고방안』, 산업연구원.

차재형(2002), “데이터마이닝과 생존분석을 이용한 보험료 및 보험금 추정에 관한 연구”, 고려대 통계학과 대학원 박사학위 논문.

추기능(2008a), “특허권 유지료 자료를 이용한 특허의 가치 결정요인 분석”, 기술경영경제학회 하계학술대회.

추기능(2008b), 『융합기술 선정방법론 및 유망 융합기술 도출방안 연구』, 한국산업기술재단 연구용역.

하준경(2004. 8), 『R&D와 경제성장: 논쟁과 우리나라에 대한 시사점』, 한국은행 보도참고자료.

한국개발연구원(2004a), 『2004년도 예비타당성조사 보고서 : 대한체육회 선수촌 이전사업』, 공공투자관리센터.

한국개발연구원(2004b), 『2004년도 예비타당성조사 보고서 : Job World(종합직업체험관) 신축사업』, 공공투자관리센터.

한국과학기술기획평가원(2006a), 『2005년도 국가연구개발사업 사전타당성조사에 관한 연구』, 종합조정 2006-13.

한국과학기술기획평가원(2006b), 대형광학망원경개발사업 사전타당성조사 보고서.

허재용, 유승훈, 곽승준, 이주석(2005), “국립과학관 신축의 공익적 가치”, 경제학연구 제 53집 제4호, 259-278, 한국경제학회.

황석원(2006), “전략적 유연성을 고려한 연구개발사업의 경제성 평가 : 이론 및 사례 분석”, 기술혁신연구 14권 3호.

황석원(2007), 의사결정나무(Decision Tree)를 고려한 연구개발사업의 경제적 타당성 평가방법론 개발, 과학기술정책연구원.

황정태 외 3인(2007), “미래유망 파이오니어사업을 위한 융합기술 연구 추진전략”, 과학재단.

Alberini, A.(1995), “Efficiency vs bias of willingness-to-pay estimates: bivariate and interval-data models”, Journal of Environmental Economics and Management 29, 169-180.

Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. E. Leamer, R. Radner and H. Schuman (1993), “Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation”, Federal

- Register 58, 4601-4614.
- Bateman, I. J., I. H. Langford, A. P. Jones and G. N. Kerr(2000. 7), “Bound and Path Effects in Double and Triple Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation”, paper presented at Tenth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE), Rethymno, Greece.
- Bjornstad, D. J. and J. R. Kahn(1996), “The Contingent Valuation of Environmental Resources: Methodological Issues and Research Needs”, Edward Elgar.
- Brent, R. J.(1995), “Applied Cost-Benefit Analysis”, Cheltenham: Edward Elgar.
- Cameron, T. A. and D. James(1987), “Efficient estimation methods for closed-ended contingent valuation surveys”, *Review of Economics and Statistics* 69, 269-276.
- Cameron, T. A. and J. Quiggin(1994), “Estimation using contingent valuation data from a dichotomous choice with follow-up questionnaire”, *Journal of Environmental Economics and Management* 27, 218-234.
- Carson, R. T., T. Groves and M. J. Machina(1999. 6), “Incentive and Informational Properties of Preference Questions”, Plenary Address, Ninth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE), Oslo, Norway.
- Cooper, J. and W. M. Hanemann(1995), 「Referendum Contingent Valuation: How Many Bounds Are Enough?」, USDA Economic Research Search Service, Food and Consumer Economics Division.
- Hanemann, W. M.(1984), “Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses”, *American Journal of Agricultural Economics* 66, 332-341.
- Hanemann, W. M. and B. J. Kanninen(1999), “The statistical analysis of discrete-response CV data”, in I. J. Bateman and K. E. Willis, ed., “Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries”, Oxford, Oxford University Press.
- Hanemann, W. M., J. B. Loomis, and B. J. Kaninnen(1991), “Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation”, *American Journal of Agricultural Economics* 73, 1255-1263.

- Krinsky, I. and A. L. Robb.(1986), "On approximating the statistical properties of elasticities", *Review of Economics and Statistics* 68, 715-719.
- Krström, B.(1997), "Spike models in contingent valuation", *American Journal of Agricultural Economics* 79, 1013-1023.
- Langford, I. H., I. J. Bateman and H. D. Langford(1996), "A multilevel modeling approach to triple-bounded dichotomous choice contingent valuation", *Environmental and Resource Economics* 7, 197-211.
- Loomis, J.(1990), "Comparative reliability of the dichotomous choice and open-ended contingent valuation techniques", *Journal of Environmental Economics and Management* 18, 78-85.
- McConnell, K. E.(1990), "Models for referendum data: the structure of discrete choice models for contingent valuation", *Journal of Environmental Economics and Management* 18, 19-34.
- McFadden, D.(1994), "Contingent Valuation and Social Choice", *American Journal of Agricultural Economics* 76, 689-708.
- Mitchell, R. C. and R. T. Carson(1989), "Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method", Washington DC Resources for the Future.
- Yoo, S. -H. and S. -J. Kwak.(2002), "Using a spike model to deal with zero response data from double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys", *Applied Economics Letters* 9, 929-932.
- Yoo, S. -H. and K. -S. Chae.(2001), "Measuring the economic benefits of the ozone pollution control policy in Seoul: results of a contingent valuation survey", *Urban Studies* 38, 49-60.
- Yoo, S. -H., S. -J. Kwak, and T. -Y. Kim(2001b) "Modeling Willingness to Pay Responses from Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys with Zero Observations", *Applied Economics* 33(4), 523-529.
- Yoo, S. -H., T. -Y. Kim, and J. -K. Lee(2001a), "Modeling Zero Response Data from Willingness to Pay Surveys: A Semi-parametric Estimation", *Economics Letters* 71(2), 191-196.
- Abdih, Y. and F. Joutz(2005), 「Relating the Knowledge Production Function to Total Factor Productivity」, IMF Working Paper.

- Choo, Kineung, Karp-Soo Kim, and Keun Lee(2008), "Fusion Technology and Its Value: Evidence from Korean Patent Data", EPIP Conference, Bern, Switzerland.
- D. Hicks(1995), "tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge", *Industrial and Corporate Change* 4.
- Faust, K. & Schedl, H.(1982), 「International patent data: their utilisation for the analysis of technological development」, Workshop on patent and Innovation Statistics, Paris, OECD.
- F. Martin(1998), "The economic impact of Canadian university R&D", *Research Policy* 27.
- J. Adams(1990), "Fundamental stocks of knowledge and productivity growth", *JPE* vol.98 No.4.
- Lundvall et al(2007), "Forms of knowledge and modes of innovation", *research policy* 36.
- Martin et al(1996), "The Relationship Between Publicly Funded Basic Research and Economic Performance", *SPRU review*.
- OECD(2003), 「Compendium of Patent Statistics」, Paris.
- Reitzig, M(2003), "What determines patent value? Insights from the semiconductor industry", *Research Policy* 32, 13-26.
- Salter and Martin(2001), "The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review", *research Policy* 30.
- Steve Swidler and Elizabeth Goldreyer(1998), "The Value of a Finance Journal Publication", *THE JOURNAL OF FINANCE* VOL LIII, NO. 1.
- Tong, X., Frame, J.D.(1992), "Measuring national technological performance with patent claims data", *Research Policy* 23, 133-141.
- Zeebroeck, N. van(2007), "Patents Only Live Twice: A Patent Survival Analysis in Europe".
- Zivney, Terry, and William Bertin(1992), "Publish or perish: What the competition is really doing", *Journal of Finance* 47, 295-329.
- Acs, Z. J., Audretsch, D. and Feldman, M.(1991), "Real effects of academic research: comments", *American Economic Review* Vol. 82, 363-367.

- Arnold, E. and Thuriaux B.(2001), "Contribution of basic research to the Irish national innovation system", *Science and Public Policy* Vol. 28 No. 2, 86-98.
- De Marchi, M. and Rocchi, M.(2000), "Basic research in Italian industry", *R&D Management* Vol. 30 No. 1, 79-88.
- De Solla Price, D.(1963), *Little Science, Big Science*, Columbia University Press, New York.
- De Solla Price, D.(1984), "The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation", *Research Policy*, Vol. 13, 3-20.
- Denison, E.(1985), *Accounting for Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Griliches, Z.(1986), "Productivity, R&D, and basic research at the firm level in the 1970s", *American Economic Review* Vol. 76, 141-154.
- Griliches, Z.(1995), *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Grossman, J. H., Reid, P. P. and Morgan, R. P.(2001), "Contributions of academic research to industrial performance in five industry sectors", *Journal of Technology Transfer* Vol. 26, 143-152.
- Hicks, D.(1995), "Published papers, tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge", *Industrial and Corporate Change* Vol. 4, 401-424.
- Jaffe, A. B.(1989), "Real effects of academic research", *American Economic Review* Vol. 79 No. 5, 957-970.
- Katz, J. S.(1994), "Geographical proximity and scientific collaboration", *Scientometrics* Vol. 31 No. 1, 31-43.
- Mansfield, E.(1980), "Basic research and productivity increase in manufacturing", *American Economic Review* Vol. 70, 863-873.
- Mansfield, E.(1991), "Academic research and industrial innovation", *Research Policy*, Vol. 20, 1-12.
- Martin, B. and Salter, A.(1996), "The relationship between publicly funded basic research and economic performance", A SPRU Report, University of Sussex.

- Martin, B. and Irvine, J.(1983), "Assessing basic research: some partial indicators of scientific progress in radio astronomy", *Research Policy* Vol. 12, 61-90.
- Nelson, R. R. and Levin, R.(1986), "The influence of science, university research and technical societies on industrial R&D and technical advance", *Policy Discussion Paper Series No 3, Research Programme in Technological Change*, Yale University, Newhaven, Connecticut.
- Pavitt, K.(1995), "Academic research, technical change and government policy", in Krige, J. and Pestre, D. ed., *Science in the 20th Century*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- Rosenberg, N.(1992), "Scientific instrumentation and university research", *Research Policy* Vol. 21, 381-390.
- Senker, J. and Faulkner, W.(1995), "Public-private research linkages in advanced technologies", paper presented at the Indo-British Seminar on Industry-Institute Interaction, British Council Division New Delhi, 6-7 March.
- Smith, K.(1991), *Economic Returns to R&D: Methods, Results, and Challenges*, Science Policy Support Group Review Paper No. 3, London.
- Terleckyj, N.(1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Explanatory Study*, National Planning Association, Washington.
- Winter, S. G.(1984), "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization* Vol. 5, 287-320.

[부록 1] 기초연구과제의 특허성과 분석

제1절 특허성과 분석방법론 및 그 분석방향에 대한 논의

1. 특허분석 방법론의 소개 : 특허지표를 중심으로¹¹⁾

특허통계의 다양한 자료로 먼저 혁신주체로서 발명자의 특성, 기술혁신 성과, 국가기술경쟁력 등을 파악할 수 있으며 이를 과학과 산업기술정책 수립 시 의사결정을 위한 기초자료로 사용할 수도 있다. 또한 기술변화와 경제발전의 연관성을 측정할 수 있고 국가별 특허활동을 분석하여 기술 확산 및 경로를 추정할 수 있으며 기업의 특허활동을 분석하여 기업의 기술전략 등을 분석할 수도 있다.

이를 반영하듯 특허와 관련된 자료는 WIPO, OECD, WEF 등의 국제기구에서 주요 통계로 제공할 뿐만 아니라, 특허와 관련된 지표는 IMD, OECD, WEF 등에서 과학기술혁신역량이나 국가 경쟁력을 측정하는 세부 지표로서 주요한 판단기준으로 사용되고 있다.

이에 따라 본 장에서는 국가연구개발사업 중 기초연구과제의 성과를 분석함에 있어서, 특허와 관련된 연구개발성과나 경제적성과 등과 같은 다양한 성과를 과제정보와 연계하여 이를 기초과제를 중심으로 응용과제나 개발과제와 비교분석함으로써 정책적 함의를 얻고자 한다.

(1) 특허성과 분석방법론 : 주요 특허지표

특허와 관련된 다양한 기초자료를 이용하여 정책적, 전략적 의사결정에 필요한 기초자료를 생산하기 위해 미국 상무성, 일본 경제산업성, 한국의 교

11) 본 보고서에서 소개되는 주요 특허지표 및 그 계산 예는 한국형특허개발(2005) 내에서 소개된 특허 지표 및 그 사례를 중심으로 부분발췌 및 재구성하였다.

육과과학기술부, 지식경제부, 특허청 등의 정부기관과 WIPO, OECD, WEF 등의 국제기구, 미국의 IPIQ, 일본의 IPB(Intellectual Property Bank), 민간 기관이 특허지표를 이용하고 있다. 아래 <표 부록1-1>를 통해 국내외 주요 기관에서 활용하고 있는 특허관련지표 이용현황을 간단히 정리하였다.

<표 부록1-1> 국내외 특허관련지표 이용현황

지표 기관	미국특허 인용/ 피인용	특허 밀리 건수	삼극 특허 건수	특허 활동 지수 (AI)	기술력 지수 (TS)	비특허 인용 지수	기술 순환 주기	특허 생산성	특허 수익성	포트 폴리오 분석	특허 다각화 지수	셀턴 지수	인력 유입률 /유출률	100명 당 연구원 수	특허 경쟁력 지수	전요소 생산성
미국 상무성	○	○		○	○	○	○									
미국 NSF	○		○	○	○		○									
일본 경제산업성	○							○	○					○		○
IPIQ(구 CHI)	○			○	○		○									
일본 IPB								○	○	○	○					
유럽 보고서			○	○									○	○	○	
IMD	○							○						○		
WEF	○															
OECD	○		○	○												
특허청	○	○		○		○	○				○	○	○			
산업자원부	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○			
과학기술부	○							○						○		

자료)한국형 특허지표 개발(2005) 48p

상기 표에서 알 수 있듯이 미국특허 인용/피인용지수, 삼극특허건수, 특허활동지수(AI: Activity Index), 기술력지수(TS: Technology Strength), 기술순환주기, 특허생산성 및 수익성 등이 주요 특허지표로 사용되고 있다. 이외에도 많은 종류의 특허지표가 있으나, 여기서는 상기에서 열거된 주요 특허지표에 대해서만 간단히 알아보고 본 분석에 사용이 가능한지를 알아보기로 한다.

① 특허 인용 지수 (CPP: Cites per Patent)

이는 Forward Citation을 사용하는 지표로, 특정 특허가 출원된 시점보다

이후에 출원된 특허가 특정 특허를 얼마나 인용하였는가를 이용하여 그 특정 특허의 질적 가치와 기술적 영향력 및 중요성을 파악할 수 있다는 생각에서 출발하였다. 즉, 특허 인용 지수 값이 높을수록 질적으로 우수한 특허 또는 원천특허일 확률이 높음을 의미한다.

CHI社(IPIQ社의 전신) 등은 이 지수를 기술혁신 성과의 중요도 및 가치를 측정하기 위한 지표로 사용하였다.

계산방법 및 계산 예

□ 계산 방법 : $CPP = \text{인용된 회수[Forward Citation]}/\text{전체등록건수}$

□ 계산 예 : 2000년의 경우, $CPP = 4386/2432 = 1.803454$

연도	2000	2001	2002	2003	2004
전체등록건수	2432	2754	3168	3457	3872
인용된 회수	4386	1470	790	328	75
특허당 인용지수(CPP)	1.80	0.53	0.25	0.09	0.02

② 특허 피인용비 (CPP: Cites per Patent)

특허 인용 지수가 특정 특허가 인용된 평균 회수를 의미한다면, 특허 피인용 지수는 주로 특정 기술 분야의 특허가 피인용된 비율을 나타낸다.¹²⁾ 이를 통해 같은 기술 분야에서 기술참조가 얼마나 일어나는가를 알 수 있다.

계산방법 및 계산 예

□ 계산 방법 : $CR = \text{해당국가(연구주체)의 특정기술 분야 (피인용수/특허건수) 비율}$

□ 계산 예 : A분야의 경우 $88/45 = 1.96$

연도	A	B	C	D	E
특허 건수	45	23	29	85	18
피인용된 회수	88	83	10	59	30
피인용비(CR)	1.9555	3.6086	0.3448	0.6941	1.6666

12) 유선희(2004)는 미국특허를 대상으로 기술군 별 피인용비를 연도별로 나타내어 기술수명을 예측하는 데에 활용하였다.

③ 특허활동지수 (AI: Activity Index)

이는 특정 연구주체가 특정 기술 분야에서 상대적으로 얼마나 높은 비율을 차지하고 있는가를 의미하는 지수로서, 특허활동지수가 1보다 큰 경우는 특허집중도가 높음을, 1보다 작을 경우 특허집중도가 낮음을 의미한다.

이를 통해 연도별 분석도 가능하며 동일 기간 내에 경쟁사 또는 비교대상이 되는 분야별로 AI값을 비교하여 특허 활동도 및 집중도를 알아볼 수도 있다. 그러나 AI는 상대적인 비율이므로 단순히 특허활동지수 값이 크다고 해서 특허출원 건수가 많거나 특허의 질이 높다고 볼 수는 없다.

〈계산방법 및 계산 예〉

□ 계산 방법 :

$$AI = \left(\frac{\text{특정기술분야에서 특정출원인의 특허출원 건수}}{\text{특정기술분야에서 특허출원 건수}} \right) \div \left(\frac{\text{특정출원인의 전체 특허출원 건수}}{\text{전체 특허출원 건수}} \right)$$

□ 계산 예 :

연도	PDP	LCD	프로젝션 TV	전체
전체 출원 건수	620	720	290	1630
A업종 출원 건수	340	570	180	1090
B업종 출원 건수	280	150	110	540
특허활동지수 (A업종)	0.82	1.18	0.93	-
특허활동지수 (B업종)	1.36	0.63	1.14	-

④ 특허생산성

특허생산성은 출원, 심사청구, 취득으로 나누어 그 생산성을 논할 수 있으나, 특허출원생산성이 기본이 되므로 여기서는 특허출원생산성에 대해서만 논의하기로 한다.

특허출원생산성은 연구개발비 1단위(보통 10억 원) 당 출원된 특허의 청구항수를 의미하는 것으로, 이를 통해 연구개발 성과의 하나인 발명을 창출하는 생산성을 측정하여 연구개발의 효율성을 추정한다. 따라서 이 값이 클수록 연구개발에서 특허출원에 대한 생산성 높다고 볼 수 있다. 단, 기술 분야에 따라 연구개발에 필요한 연구개발비 및 청구항수가 크게 달라지기 때

문에, 동 업종 내 여러 기업의 특허출원생산성 비교나 업종 내 상위를 분석하는 목적 이외의 사용은 조심스럽게 접근해야 할 것이다. 일본의 경제산업성, OECD, 일본 IPB에서 국가 간의 투입대비 특허생산성을 평가하는 지표로 사용하고 있다.

〈계산방법 및 계산 예〉

□ 계산 방법 : n년차 출원 청구항 수 / (n-1)년도 연구개발비

□ 계산 예 :

	2001	2002	2003	2004	2005
연구개발비	4	4.3	4.9	5.4	5.6
출원 청구항수	938	1367	2056	3825	4750
특허출원생산성	-	341.75	478.14	780.61	879.63

⑤ 기술력지수 (TS: Technology Strength)

기술력지수는 해당 국가(또는 연구주체, 연구 분야 등)의 기술력을 나타내는 지수로, 이를 이해하기 위해서는 먼저 기술영향력지수(CII: Current Impact Index)를 이해할 필요가 있다.

기술영향력지수는 해당 특허가 최근 5년간 타 특허로부터 인용된 정도를 나타내는 지표로, 이 값이 클수록 향후에 나타날 특허에 더 많은 영향력을 준다고 할 수 있으며 해당 세부 기술 분야의 연구가 계속적으로 활발하게 이루어지고 있다고 볼 수 있다.

또한 기술영향력지수는 특정국가가 특정한 기술 분야에서 보유하고 있는 특허 포트폴리오의 질적 수준을 보여주는 지표로 많이 사용된다. 우리나라에서는 IT 및 BT 분야의 기술수준을 평가하는 데에 사용되기도 했다(윤문섭, 이우형, 2002). 기술영향력지수의 계산방법 및 계산 예는 아래와 같다.

〈계산방법 및 계산 예〉

□ 계산 방법 :

$$CII = \frac{\Sigma(\text{특정연도의 } A\text{사의 인용도} \times \text{특정년도 } A\text{사의 등록건수})}{\text{연도별 등록건수의 합계}}$$

$$A\text{사의 인용도} = \frac{A\text{사의 평균인용비}}{(\text{인용회수} / \text{전체등록건수})}$$

□ 계산 예 :

- 전체평균 인용비

연도	2001	2002	2003	2004	2005
전체 등록 건수	71662	72860	81954	76542	95530
인용 회수	35321	36854	50765	40970	52623
전체 평균 인용비	0.49	0.51	0.62	0.53	0.55

- A사의 평균인용비

연도	2001	2002	2003	2004	2005
등록 건수	104	250	125	180	285
인용 회수	62	130	65	102	165
A사의 평균인용비	0.6	0.52	0.52	0.57	0.58

- A사의 인용도

연도	2001	2002	2003	2004	2005
전체 평균 인용비	0.49	0.51	0.62	0.53	0.55
A사의 평균 인용비	0.6	0.52	0.52	0.57	0.58
A사의 인용도	1.22	1.02	0.83	1.07	1.05

$$\cdot CII = \frac{(1.22 \times 104) + (1.02 \times 250) + (0.83 \times 125) + (1.07 \times 180) + (1.05 \times 285)}{104 + 250 + 125 + 180 + 285} = 1.03$$

기술력지수는 기술영향력지수에 해당국가 또는 기업 등이 보유한 특허 건수를 곱한 값으로, 특허의 질과 양을 이용하여 한 국가나 기업의 기술력을 질적으로 가중평가한 값이다. 즉, 한 국가나 기업이 보유한 특허 포트폴리오의 규모에 기술영향력지수를 반영하여, 특허 포트폴리오의 수준으로 가중된 특허포트폴리오의 강도를 나타낸다고 할 수 있다. 기술력 지수의 계산

방법 및 계산 예는 아래와 같다.

〈계산방법 및 계산 예〉

□ 계산 방법 : 기술영향력지수[CII] × 특허 건수

□ 계산 예 :

- 전체평균 인용비

연도	2001	2002	2003	2004	2005
기술영향력지수	1.03				
특허 건수	104	250	125	180	285
기술력 지수	107.12	257.5	128.75	185.4	293.55

⑥ 삼극특허¹³⁾ 건수 (# of Triadic Patent Families)

삼극특허 건수는 특허의 질적 수준을 간접적으로 평가할 수 있는 양적 지표이다. 즉, 삼극특허 건수는 미국, 일본, 유럽 등에 많은 비용을 소비하면서 등록된 특허는 그 만큼 시장에서 이윤을 획득할 가능성이 높은 특허일 것이라는 평범한 가정을 바탕으로 한다. 이와 관련하여 Faust & Schedl (1982)는 특허의 질적 수준을 평가할 때에 특허 패밀리 (patent families)를 고려해야 된다고 주장하였고 OECD(2003)는 각국의 특성을 어느 정도 배제한 삼극특허가 실제 그 국가의 특허 수준을 나타낸다고 주장하였다.

⑦ 기술순환주기 (TCT: Technical Cycle Time)

특정 연구주체의 기술 변화 및 진보속도를 나타내는 지표로 이 지표 값이 작을수록 유사한 계통의 기술개발 속도가 빠름을 의미한다. 전자분야처럼 기술변화의 속도가 빠른 분야의 수명주기는 3~5년 정도로 짧지만, 선박이나 해운과 같이 기술변화 속도가 느린 분야의 수명주기는 15년 이상이나 된다. 예를 들어 우리나라의 경우 컴퓨터 및 주변장치 분야는 4.7년, 원거리통신 분야는 4.9년, 반도체 및 전자학 분야는 4.8년, 전기기구 및 부품 분야

13) 삼극특허라 함은 OECD에서 국가별 특허건수를 비교하기 위해 개발한 지표로서 미국특허청 (USPTO), 일본특허청(JPO)와 유럽특허청(EPO)에 모두 등록되어 있는 특허를 말하며, 2007을 기준으로 우리나라는 국가별 삼극특허 보유율면에서 미국, 일본, 독일에 이어 4위를 차지하고 있다.

는 7.8년으로 세계 평균과 비교해 볼 때 상당히 짧은 것으로 조사 되었다. 기술순환주기의 계산방법 및 계산 예는 아래와 같다.

〈계산방법 및 계산 예〉

- 계산 방법 : 인용특허의 평균적인 기간이 아닌 중간순위의 기간 값을 이용해 산출
 □ 계산 예 : 미국 특허 6,968,508의 기술순환주기
 - 미국특허 6,968,508의 서지사항

특허번호	출원연도	등록연도	발명의 명칭	출원인 명
6,968,508	2002	2005	Rotating User Interface	Motorola, Inc.

- 미국특허 6,968,508의 인용특허 연령분포

미국특허 6,968,508에서 인용된 특허번호	특허등록연도	연령
5,444,671	1995	10
5,754,645	1998	7
5,841,849	1998	7
5,982,710	1999	6
6,224,254	2001	4
6,535,461	2003	2
6,556,222	2003	2
6,766,182	2004	1

- ① 미국특허 6,968,508의 등록연도가 2005년이므로 2005년을 기준으로 피인용 특허 (Backward Citation Patent)들의 특허등록연도와의 차이를 구하여 연령을 구함
 ② 피인용 특허를 특허등록연도 순으로 나열하였을 때 중앙에 위치하는 미국특허 5,982,710과 6,224,254의 연령 6년과 4년의 평균을 구함
 ③ 미국특허 6,968,508의 기술순환주기는 중간 값의 평균연령인 5년이 됨

⑧ 특허수익성

특허수익성 또한 수익을 어떤 것으로 정하느냐에 따라 여러 가지로 나눌 수 있으나 여기서는 본 과제에 응용할 수 있는 가장 기초적인 것에 대해서만 소개하기로 한다.¹⁴⁾ 총사업이익(GBP: Gross Business Profit)을 보유하고 있는 「총유효특허건수」로 나눔으로써 특허 1건당의 총사업수익으로 특

14) 특허수익성을 측정하는 지표에는 여기서 소개한 것 이외에도 초과부가가치액 또는 초과제조판매이익, 초과저적자산이익 등을 기준으로 특허수익성을 측정하는 것도 있다.

허수익성을 추정하는 것이다.

〈계산방법 및 계산 예〉

- 계산 방법 : 총사업이익(GBP)/총유효특허건수(기초, 기말 평균)
- 총사업이익(GBP) = 총영업이익(GOP)+영업외 수익[특허료 등 기술료 수입]
 - 총영업이익(GOP) = 영업이익 + 연구개발비

2. 특허성과 분석을 위한 자료특성과 분석방향

(1) 특허성과 분석에 사용된 자료

본 연구에서는 국가과학기술종합정보시스템(NTIS: National Technology Information Service)에 DB로 구축되어 있는 2006년과 2007년의 과제정보와 성과정보, 특허정보원의 2006년과 2007년 특허성과 조사·분석에 사용된 기초 정보를 이용하여 기초과제의 특허성과 분석을 진행하였다. 본 분석에서 사용된 데이터 필드를 아래 <표 부록1-2>에 간단히 정리하였다.

〈표 부록1-2〉 특허성과 분석에 사용된 데이터 필드 (NTIS, 특허정보원)

과제 정보	성과 정보
과제발주 부처명, 사업명, 대과제명, 세부과제명, 사업비 및 사업비 구성, 특허출원번호, 발명자 정보, 연구개발 단계, 과제 참여자 정보	특허출원 및 등록 번호 특허별 청구항 수 기술료(기징수액, 당해 연도 징수액)

본 연구에서 단지 2006년 이후 정보만을 이용하여 특허성과를 분석하게 된 것은, 과제 관련 정보에서 핵심정보인 연구개발 단계, 성과와 관련된 핵심정보인 특허 및 기술료의 성과 등이 NTIS에 2006년도부터 DB화 되어 있기 때문이다¹⁵⁾. NTIS에 수록되어 있는 자료는 「국가연구개발사업 조사·분석·평가」 자료로서, 1999년 과학기술기본법에 근거를 마련(제12조) 하고 시

15) 현재는 2006~2007년의 정보만을 제공하고 있으며, 2006년에는 32,114개, 2007년에는 33,225개의 세부과제가 있다.

범사업을 실시한 이후, 매년 각 부처·청이 수행한 전년도 국가R&D사업의 세부과제별 투자, 참여연구원 등 주요 현황에 대해 조사·분석을 실시하고 있다. 하지만 조사 형식이 국가연구개발사업을 담당하였던 연구기관을 대상으로 한 설문조사이기 때문에 응답 기관의 성실도에 따라 자료 수집의 수준과 그 정확도가 결정되는 경향을 보인다. 또한 각 기관에서 제출하는 논문, 특허에 대해 공개 DB¹⁶⁾와의 교차검증 작업이 이루어지지 않아 최종 통계의 신뢰도에 대한 의구심이 발생할 여지를 항상 내포하고 있다.

특히 올해 연구에는 수집된 데이터 필드 가운데 사업화 성과에 대해서 다음과 같은 문제점이 발생하였기 때문에 이를 연구에 사용하지 않았다.

- ① 기 매출액과 당해 연도 매출액 등의 매출액 정보는 개별 데이터의 단위가 통일되지 않는 것으로 판단되어짐
- ② 고용창출인원은 그 과제에서 이전받은 기술에 의해 촉발된 사업화 활동에 국한하여 창출된 고용인원으로 보기 어려울 뿐만 아니라, 분명히 상당한 매출액이 발생하였음에도 불구하고 고용창출인원이 없는 경우 등이 혼재되어 있어 분석에 사용되기에는 그 신뢰성 또한 담보할 수 없음

본 연구의 목적이 기초과제의 경제적 성과를 분석하는 것이므로 ‘연구개발 단계’부문의 정보를 활용하여 기초와 비 기초분야, 즉 기초연구와 응용 및 개발연구를 나누어 분석하였다. 물론 이러한 분류가 자료를 입력한 연구자의 개인적인 판단에 근거한 것이라 객관적인 분류라 보기는 어려우나, 이에 근거하지 않고 다른 근거로써 분류한다는 것 또한 객관성을 담보하기 어려우므로 본 연구에서는 기존 자료의 분류를 그 근거로 하였다.

NTIS에서는 세부과제별로 기초 혹은 응용/개발연구를 분류하고 있으며 2006년의 경우 기초연구가 15,300건, 응용/개발연구가 15,286건, 기타연구가

16) 논문의 경우에는 Thomson Scientific의 SCI DB, 특허의 경우에는 각국 특허청이 공개하는 DB를 말하는 것이다.

1,528건, 2007년의 경우 기초연구가 14,172건, 응용/개발연구가 17,719건, 기타연구가 1,334건으로 나타났다¹⁷⁾. 이 가운데 인문·사회 부문의 연구는 근본적으로 특허출원 및 기술료 성과와는 거리가 있으므로 오히려 분석을 왜곡할 수 있는 가능성이 있어 제외하고 분석을 하였다.

이외에 특허정보원에서 획득한 2006~2007년 데이터에는 특허출원별로 청구항수가 기재되어 있어 이를 이용한 특허출원생산성을 분석할 수 있었다.

(2) 특허분석의 방향 및 방법론 : 자료의 제약조건을 고려함

상기에서 간단히 설명한 자료의 제약조건으로 인하여 다양한 특허분석을 위한 지표 및 방법론이 있음에도 불구하고 선택할 수 있는 분석 틀은 그렇게 많지 않다. 특히, 앞에서 소개한 바와 같이 의미 있는 특허통계의 분석에 필수적인 미국특허의 인용지수와 이를 이용한 지표들은 최소 5년 이상의 시계열 데이터가 필요하나 획득한 데이터는 2년간의 성과이며, 이 또한 '06년 데이터는 해외 특허출원 및 등록 정보마저 없는 상황이다. 또한 특허의 보유기간을 통해 그 특허의 질적 수준을 간접적으로 측정하는 것도 같은 맥락에서 불가능한 상황이라 할 수 있겠다. 또한, 기술료 및 사업화 성과인 고용창출과 매출액 등도 주어진 자료 그대로 해석하기에는 다소 한계가 존재하는 것이 사실이다. 예를 들어 기술료의 경우는 부처별로 상이한 전문관리 기관 반납조건이 있으며¹⁸⁾, 매출액이나 고용인원의 통계자료도 단위나 그 매출과 연동한 고용인원 등이 상식을 벗어나는 자료 수치를 보이고 있다.

다만, NTIS에서 받은 정보 중 과제건수, 투입된 연구개발비, 특허출원건수, 기술료 그리고 특허정보원으로부터 얻은 정보 중 청구항수, 발명자수의

17) 여기서 기타연구란 기초, 응용, 개발로 분류되어 있지 않은 연구이지, 이 세 가지 이외의 단계를 의미하는 것은 아니다.

18) 각 부처마다 기술료의 책정이나 징수된 기술료의 전문기관 반납과 관련된 정책이 상이하고, 이로 인하여 기술료 성과가 과제를 통해 도출된 특허성과를 일부 왜곡시킬 수 있는 가능성은 있다. 그러나 특허란 우수한 발명을 한 연구자의 성과에 대한 보상과 혁신동기를 자극하기 위해서 발명의 결과가 시장에서 독점적 지위를 보호 받도록 한 제도적 장치로서 시장에서 그 유망성과 함께 사업화 가능성을 인정받는 우수한 특허는 기본적으로 이전될 가능성과 함께 그 기술료에 있어서도 우수성에 상응하는 기술대가가 형성된다는 것은 타당성이 있는 인과관계에 있다. 따라서 기술료를 특허성과 중 경제적 성과의 지표로 쓰는 것은 타당하다고 볼 수 있다.

정보를 바탕으로 특허출원 생산성 및 수익성을 비롯하여 기초적인 분석을 수행하였다.

여기서 특허수익성은 대부분의 주관기관이 공공연구기관이므로 총사업 이익이나 초과제조판매이익, 초과부가가치 등이 발생할 수 없기 때문에 영업의 수익으로 볼 수 있는 기술료를 이용하여 분석하였다.

이외의 기초적인 분석은 국가 전체 수준에서 기초연구와 비 기초연구인 응용 및 개발연구의 특허 및 기술료 성과의 평균을 단순히 비교하는 부분(기술통계)과 세부과제별 특허 및 기술료 성과의 평균이 기초연구와 비 기초연구에 있어서 차이를 보이는가를 살펴보는 부분(가설검정)으로 크게 나눌 수 있다.

또한 상기 기초적인 분석의 각 부분은 기본적으로 과제건수대비 성과, 연구개발비 투입대비 성과 등을 비교하는 양적 비교 부문과 청구항수나 발명자수를 고려한 질적 비교 부문으로 구성되어 있다.

제2절 기초연구의 특허 성과 및 경제적 성과 분석

1. 기술통계

기초 및 응용/개발연구를 분석하기 위해서는 위에 언급한대로 인문·사회 분야의 연구를 제외하고, 먼저 세부과제건수 대비 특허성과 및 기술료성과, 연구개발비 대비 특허성과 및 기술료성과를 분석 한다¹⁹⁾. 둘째, 기초 및 응용/개발연구에 있어 특허의 질을 평가하기 위해 특허 1건당 청구항수를 비교한다. 셋째, 상기의 각 분석별로 기초 및 응용/개발연구에 있어서 민간 부문과 공공 부문별로 어떠한 차이가 있는가를 살펴본다. 마지막으로 기초

19) 여기서는 기초와 응용/개발 분야별로 세부과제 건수와 연구개발비, 특허출원 건수와 기술료의 합을 먼저 구한 다음 그 합을 비로서 성과를 측정하는 것과 추후 t-테스트를 실시할 때에는, 각 세부과제별 연구개발비가 분모가 되어 특허건수, 기술료 기정수액, 당해연도 기술료징수액을 검정하게 되므로, 각 세부과제별 연구개발비가 0인 것은 제외하고 검정하였기에 서로 그 의미가 약간은 다를 수 있다.

및 응용/개발연구의 성과를 산출하는데 있어서 얼마나 많은 연구자들이 기여하였고, 얼마나 많은 지식이 공유 및 확산되었나를 간접적으로 보여주는 ‘특허 1건당 참여한 발명자의 수’와 특허성과를 도출함에 따라 발명자가 얼마나 많은 인센티브를 받을 수 있는가를 보여주는 ‘발명자수 1인당 기술료’를 보여 준다²⁰⁾.

(1) 기초연구의 특허성과 및 경제적 성과

① 과제 건수 특허, 기술료 기정수액, 기술료 당해연도 징수액

먼저 기초연구와 응용/개발연구가 어느 정도의 특허성과 및 경제적 성과를 산출하는가를 보여주기 위해서 과제 1건당 특허 및 기술료성과인 ‘특허 출원건수/과제건수’, ‘기술료 기정수액²¹⁾/과제건수’, ‘당해연도 기술료 징수액/과제건수’를 비교하였다²²⁾. <표 부록1-3>과 같이 모든 성과 부문에 있어서 기초연구보다는 응용/개발연구가 더 앞서는 것으로 나타났다.

주어진 자료에 의한 여기서의 분석결과만으로 한정한다면 기초연구보다는 응용 및 개발연구가 실제 사업화에 더욱 근접해 있어서 특허나 기술료 성과가 높은 것은 어찌 보면 당연한 결과라 할 수 있겠다. 그러나 기초연구는 다른 응용이나 개발연구에 지식적 파급효과를 가지고 있고, 그 영향의 결과로써 응용이나 개발연구 그리고 좋은 특허 및 기술료 성과가 발생하는 데에 이바지 할 수 있는 충분한 개연성을 가지고 있으므로 여기서 나타나지는 않더라도 이러한 면을 간과할 수 없을 것이다.

20) 법에서는 기술료의 50% 이상을 발명자에게 지급하라고 되어 있으나, 기관별로 인센티브 지급비율이 다르고, 기술료 반납 절차에 따라 조금씩 차이가 나고 있다. 그러나 발명자 1인당 기술료가 발명자에게 실제로 지급되는 것은 아니라 할지라도 대리변수로서는 충분히 의미가 있다고 하겠다.

21) 당해연도 이전에 징수된 기술료의 총합을 의미한다.

22) 위의 경우와 마찬가지로 당해연도의 기초 및 응용/개발 연구의 세부과제건수의 합으로 기초 및 응용/개발분야의 특허출원건수, 기술료 기정수액, 당해연도 기술료징수액의 합을 나누어 주었다.

〈표 부록1-3〉 과제건수 대비 기초·응용/개발연구의 성과

구분	단계	2006	2007	2006-2007
특허출원건수/과제건수 (십억 원)	기초	0.103	0.152	0.123
	응용/개발	0.445	0.494	0.472
기술료 기징수액/과제건수	기초	21,608	13,235	17,158
	응용/개발	573,127	345,731	449,288
기술료 당해연도 징수액/과제건수	기초	105,003	139,076	118,524
	응용/개발	3,950,983	713,781	2,188,008

② 연구개발비 대비 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

다음으로 기초연구와 응용/개발연구가 투입된 비용대비 얼마큼 많은 특허성과 및 경제적 성과를 산출하는가를 분석하기 위해 연구개발비 10억 원 당 특허 및 기술료성과인 ‘특허출원건수/연구개발비’, ‘기술료 기징수액/연구개발비’, ‘당해연도 징수액/연구개발비’를 비교하였다²³⁾. 이 경우에서도 마찬가지로 <표 부록1-4>와 같이 모든 성과 부문에 있어서 기초연구보다는 응용/개발연구가 더 앞서는 것으로 나타났다.

〈표 부록1-4〉 과제건수 대비 기초·응용/개발연구의 성과

구분	단계	2006	2007	2006-2007
특허출원건수/과제건수 (십억 원)	기초	0.103	0.152	0.123
	응용/개발	0.445	0.494	0.472
기술료 기징수액/과제건수	기초	21,608	13,235	17,158
	응용/개발	573,127	345,731	449,288
기술료 당해연도 징수액/과제건수	기초	105,003	139,076	118,524
	응용/개발	3,950,983	713,781	2,188,008

23) 위의 경우와 마찬가지로 당해연도의 기초 및 응용/개발 연구의 연구개발비의 합으로 기초 및 응용/개발분야의 특허출원건수, 기술료 기징수액, 당해연도 기술료징수액의 합을 나누어 주었다.

(2) 민간/공공 구분에서의 기초연구의 특허성과 및 경제적 성과

① 과제건수대비 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

과제건수에 있어 위에서 비교한 ‘특허출원건수/과제건수’, 기술료 기징수액/과제건수’, ‘기술료 당해연도 징수액/과제건수’를 기준으로 기초 및 응용/연구개발 분야의 민간·공공 부문을 비교한 결과 <표 부록1-5>와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 분석 대상이 국가연구개발사업인만큼 기초 및 응용/연구개발 분야에 관계없이 거의 대부분 공공 부문이 민간 부문보다 높은 성과를 보였으나, 기초 분야의 ‘특허출원건수/과제건수’측면에 있어서는 민간 부문이 더 높은 것으로 나타났다²⁴⁾. 전체적으로 볼 때, 이윤추구가 목적인 민간 기업들이 공공기관에 비해 더 많은 특허출원과 기술료 수입을 얻어야 함에도 불구하고 이런 결과를 보이는 이유는 민간 기업들은 국가연구개발 사업에서 발생하는 연구결과를 국가에 귀속시키기 보다는 다른 형태로 출원·등록하여 기업이 특허 전체를 소유하여 자사실시 및 라이선싱을 하려는 경향이 있기 때문이라고 추측할 수도 있다²⁵⁾.

24) 2006년의 ‘기초’ 부문의 ‘특허출원건수/과제건수’는 민간 부문에 비해 공공 부문이 앞서지만, 2006-2007년의 평균은 민간 부문이 앞서는 것으로 나타남. 따라서 추후 데이터가 누적되면, 2007년 및 2006-2007년에만 한정되는 결과인가를 검증해 보아야 함.

25) 국가연구개발사업으로 발생한 특허는 정부지분이 반영되며, 기술료 또한 각 부처에서 정한 기준에 따라 정부에 일정부분 반납을 해야 하며, 특히 주관기관이 영리기관인 경우에는 그 비율 커서 민간기업의 도덕적 해이를 일으키는 유인이 되기도 한다.

〈표 부록1-5〉 과제건수 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 민간 vs 공공

구분	단계	주체	2006	2007	2006 -2007
특허 출원건수/과제건수	기초	민간	0.096	0.246	0.187
		공공	0.105	0.154	0.129
	응용/ 개발	민간	0.150	0.249	0.191
		공공	0.703	0.687	0.694
기술료 기징수액/과제건수	기초	민간	0	0	0
		공공	22,370	13,546	18,097
	응용/ 개발	민간	70,099	6,167	35,587
		공공	1,115,202	137,583	556,835
기술료 당해연도 징수액/과제건수	기초	민간	0	0	0
		공공	108,709	14,226	12,454
	응용/ 개발	민간	24,789	571,429	1,237,659
		공공	5,274,765	868,325	2,758,011

② 연구개발비대비 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

위에서 비교한 ‘특허출원건수/연구개발비’, ‘기술료 기징수액/연구개발비’, ‘기술료 당해연도 징수액/연구개발비’를 기준으로 기초 및 응용/연구개발 분야의 민간·공공 부문을 비교한 결과 <표 부록1-5>와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 거의 대부분 공공 부문이 민간 부문보다 높은 성과를 보였으나, 기초 분야의 ‘특허출원건수/과제건수’ 측면에 있어서는 민간 부문이 더 높은 것으로 나타났다²⁶⁾.

26) 2007년의 ‘기초’ 부문의 ‘특허출원건수/연구개발비’가 공공부문에 비해 민간 부문이 앞서지만, 2006-2007년의 평균은 공공 부문이 앞서는 것으로 나타남. 따라서 추후 데이터가 누적되면, 2007년에만 한정되는 결과인가를 검증해 보아야 할 것이다.

〈표 부록1-6〉 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 민간 vs 공공

구분	단계	주체	2006	2007	2006 -2007
특허출원건수/연구개발비 (십억 원)	기초	민간	0.252	1.237	0.689
		공공	0.772	0.913	0.848
	응용/ 개발	민간	0.480	0.783	0.636
		공공	1.229	1.546	1.390
기술료 지정수액/연구개발비(%)	기초	민간	0	0	0
		공공	0.016	0.008	0.012
	응용/ 개발	민간	0.022	0.002	0.012
		공공	0.195	0.031	0.112
기술료 당해연도 정수액/연구개발비(%)	기초	민간	0	0	0
		공공	0.080	0.084	0.082
	응용/ 개발	민간	0.846	0.005	0.412
		공공	0.922	0.195	0.552

(3) 청구항수

기초연구 및 응용/개발연구의 질적 성과를 보여주기 위해서 출원된 특허건수 대비 청구항수²⁷⁾의 평균을 기준으로 비교하였다²⁸⁾. 그 결과, 아래 <표 부록1-7>과 같이 기초연구가 응용/개발연구에 비해서 특허 한 건당 더 많은 청구항을 포함하고 있음이 나타났다. 이는 기초연구가 응용/개발연구에 비해 더 폭 넓은 기술적 범위를 포괄하고 있음을 의미한다.

〈표 부록1-7〉 기초 vs. 응용/개발연구의 성과: 특허 1건당 청구항수 비교

구분	단계	2006	2007	2006~2007
청구항수/특허건수	기초	10.005	10.255	10.170
	응용/개발	9.354	9.983	9.743

27) 청구항수가 특허의 질적 수준과 상관관계가 높다는 주장이 있다.(Tong & Frame, 1992; Reitzig, 2003)

28) 위의 경우와 마찬가지로 당해연도의 기초 및 응용/개발연구의 총 특허출원건수로 총 청구항수를 나누어 계산하였다.

(4) 발명자수(2006)

마지막으로 기초 및 응용/개발 분야에 있어 특허 1건을 출원하는데 얼마나 많은 연구자들이 지식을 공유하였는가를 보여주는 ‘발명자수/특허 출원건수’²⁹⁾를 비교하고, 연구자 1인당 인센티브 규모를 보여주는³⁰⁾ ‘기술료 기정수액/발명자수’와 ‘기술료 당해연도 기정수액/발명자수’의 평균을 비교 한다³¹⁾. 그 결과, 아래 <표 부록1-8>과 같이 발명자수/특허 출원건수로 보여주는 지식 공유의 정도는 응용/개발 분야가 기초 분야보다 약간 큰 것으로 나타났다. 반면 기술료 기정수액/발명자수, ‘기술료 당해연도 기정수액/발명자수’로 평가한 연구자에 대한 인센티브는 기초분야보다 응용/개발분야가 월등히 큰 것으로 나타났다.

<표 부록1-8> 기초응용/개발연구의 성과: 특허 1건당 발명자수, 발명자수 대비 기술료

구분	단계	2006
발명자수/특허 출원건수	기초	4.085
	응용/개발	4.103
기술료 기정수액/발명자수	기초	51,288
	응용/개발	340,909
기술료 당해연도 기정수액/발명자수	기초	306,451
	응용/개발	2,279,714

2. 가설검정

단순히 국가 수준에서 기초연구와 응용/개발연구의 특허성과 및 경제적 성과의 규모를 분석하는데서 벗어나 과제단위별로 평균의 차이를 보이는가

29) 출원된 특허에 발명자 수는 2006년도 자료만이 있어 2006년만 분석하였다.

30) 일반적으로 기술료가 징수되었을 때, 연구자에게는 50%가 지급되고 있다.

31) 위의 경우와 마찬가지로 당해연도의 기초 및 응용/개발연구의 총 특허출원건수로 총 발명자수를 나눈 값, 총 발명자수로 총 기술료 기 정수액과 총 당해연도 기술료징수액을 나눈 값을 사용하였다.

를 검정하기 위해서 t-테스트를 실시하였다. 위와 마찬가지로 특허출원 건수와 기술료 징수액의 차이, 특허 1건당 청구항수에 있어서의 차이, 민간·공공 분야의 차이, 발명자와 특허출원 건수 및 기술료 징수액과의 관계에 있어서의 차이에 대한 검정을 수행하였다.

(1) 기초연구의 특허성과 및 경제적 성과

① 특허 출원건수, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

가장 먼저 절대적인 특허의 출원 건수와 기술료 징수액 측면에 있어서 기초연구와 응용/개발연구 간에 차이를 보이는가를 검정한 결과³²⁾, 아래 <표 3-9>와 같이 응용/개발분야가 특허의 출원 건수, 기술료 기징수액 및 당해연도 징수액에 있어서 모두 높은 것으로 나타났다.

<표 부록1-9> 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교

구분	연도	기초	비교	응용/개발
특허 출원건수	2006	0.103a	< ***	0.445b
	2007	0.152c	< ***	0.494d
	2006-2007	0.080e	< ***	0.411f
기술료 기징수액	2006	21,608a	< ***	573,127b
	2007	12,598c	< ***	345,731d
	2006-2007	21,161e	< ***	479,869f
기술료 당해연도 징수액	2006	105,003a	< ***	3,950,983b
	2007	132,382c	< ***	713,781d
	2006-2007	82,028e	< ***	3,375,597f

***p<0.01에서 유의

a: n=10,413; b: n=13,683; c: n=10,160; d: n=16,363; e: n=20,573; f: n=30,046

32) 세부과제별로 각각 특허출원건수, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액으로 두 집단을 비교하였다.

② 연구개발비대비 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

다음으로 기초분야와 응용/개발분야를 ‘특허출원건수/연구개발비’, ‘기술료 기징수액/연구개발비’, ‘기술료 당해연도 징수액/연구개발비’의 평균 간에 차이가 존재하는가에 대해 검정한 결과, 아래 <표 부록1-10>과 같이 대부분 응용/개발분야가 기초분야보다 더 높은 것으로 나타났다³³⁾.

<표 부록1-10> 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교

구분	연도	기초	비교	응용/개발
특허 출원건수/연구개발비 (십억 원)	2006	0.711a	< ***	1.019b
	2007	1.242c	>	1.186d
	2006-2007	0.717e	< ***	1.073f
기술료 기징수액/연구개발비(%)	2006	0.008a	< ***	0.085b
	2007	0.005c	< ***	0.029d
	2006-2007	0.008e	< ***	0.071f
기술료 당해연도 징수액/연구개발비(%)	2006	0.045a	< ***	1.019b
	2007	0.021c	< ***	0.073d
	2006-2007	0.045e	< ***	0.858f

***p<0.01에서 유의

a: n=10,413; b: n=13,683; c: n=10,160; d: n=16,363; e: n=20,573; f: n=30,046

(2) 민간/공공 구분

① 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

위에서 비교한 ‘특허출원건수/연구개발비’, ‘기술료 기징수액/연구개발비’, ‘기술료 당해연도 징수액/연구개발비’를 기준으로 기초 및 응용/연구개발 분야에 있어 민간 부문과 공공 부문 간에 차이가 존재하는가를 비교한 결과, 아래 <표 부록1-11>과 같이 공공 부문이 민간부문보다 대부분 높은 값을

33) 2007년의 경우에는 기초분야가 응용/개발 분야보다 앞서는 것으로 나타나지만, 통계적으로 유의하지 않아 앞선다고 할 수 없음.

보이는 것으로 나타났다³⁴⁾.

〈표 부록1-11〉 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교: 공공 vs 민간

구분	단계	연도	공공	비교	민간
특허 출원건수	기초	2006	0.105a	>	0.096b
		2007	0.154c	<	0.246d
		2006-2007	0.129e	<	0.187f
	응용/개발	2006	0.703g	> ***	0.150h
		2007	0.687i	> ***	0.249j
		2006-2007	0.694k	> ***	0.201l
기술료 기징수액	기초	2006	22,372a	> ***	0b
		2007	13,546c	> *	0d
		2006-2007	18,097e	> ***	0f
	응용/개발	2006	1,115,033g	> ***	70,099h
		2007	137,582i	> ***	6,167j
		2006-2007	556,835k	> ***	37,341l
기술료 당해연도 징수액	기초	2006	108,720a	> ***	0b
		2007	142,026c	> ***	0d
		2006-2007	124,854e	> ***	0f
	응용/개발	2006	5,273,966g	> ***	2,647,289h
		2007	868,325i	> ***	15,265j
		2006-2007	2,758,011k	> ***	1,298,647l

*p<0.10, ***p<0.01에서 유의

a: n= 10,057; b: n= 114; c n= 9,449; d n= 175; e: n= 19,506; f: n= 289; g: n= 6,599; h: n= 6,234; i n= 8,786; j n= 6,551; k: n= 15,385; l: n= 12,785

② 연구개발비대비 특허, 기술료 기징수액, 기술료 당해연도 징수액

마찬가지로 ‘특허출원건수/연구개발비’, ‘기술료 기징수액/연구개발비’, ‘기술료 당해연도 징수액/연구개발비’를 기준으로 기초 및 응용/연구개발 분야에 있어 민간 부문과 공공 부문 간의 차이를 검정한 결과, 아래 <표 부록 1-12>와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 분석 대상이 국가연구개발사업인만

34) 2006년에는 공공 부문이 민간 부문보다 더 앞서고 있으나, 2007년, 2006-2007년에는 민간 부문이 공공 부문을 앞서고 있는 것으로 나타남 (통계적으로 의미가 있다고 할 수는 없음).

컴 기초 및 응용/연구개발 분야에 관계없이 거의 대부분 공공 부문이 민간 부문보다 높은 성과를 보였다³⁵⁾.

〈표 부록1-12〉 연구개발비 대비 기초 vs. 응용/개발연구의 성과 비교
: 공공 vs 민간

구분	단계	연도	공공	비교	민간
특허/연구개발비 (십억 원)	기초	2006	0.722a	>	0.546b
		2007	1.228c	> ***	0.531d
		2006-2007	0.968e	> ***	0.537f
	응용/개발	2006	1.662g	> ***	0.389h
		2007	1.546i	> ***	0.553j
		2006-2007	1.695k	> ***	0.473l
기술료 기정수액/연구개발비(%)	기초	2006	0.008a	> ***	0b
		2007	0.001c	> ***	0d
		2006-2007	0.007e	> ***	0f
	응용/개발	2006	0.158g	> ***	0.017h
		2007	0.007i	> ***	0.002j
		2006-2007	0.094k	> ***	0.009l
기술료 당해연도 정수액/연구개발비(%)	기초	2006	0.047a	> ***	0b
		2007	0.007c	> ***	0d
		2006-2007	0.035e	> ***	0f
	응용/개발	2006	0.486g	< ***	1.664h
		2007	0.043i	> ***	0.001j
		2006-2007	0.275k	< ***	0.819l

***p<0.01에서 유의

a: n= 10,057; b: n= 114; c n= 9,449; d n= 175; e: n= 19,506; f: n= 289; g: n= 6,599; h: n= 6,234; i n= 8,786; j n= 6,551; k: n= 15,385; l: n= 12,785

(3) 청구항수

기초연구와 응용/개발연구의 질적 성과 간 평균의 차이를 검정한 결과 아래 <표 부록1-13>과 같이 기초분야가 응용/연구개발 분야보다 특허 1건당 더 많은 청구범위를 제시하고 있어 이를 통해 우리는 기초분야가 상대적으로

35) 2006년의 결과는 유의하지 않은 것으로 나타남

로 더 폭 넓은 기술적 범위를 포괄하고 있다고 볼 수 있다.

〈표 부록1-13〉 기초·응용/개발연구의 성과 비교: 특허 1건당 청구항 수 기준

구분	연도	기초	비교	응용/개발
청구항수/ 특허건수	2006	10.005a	> ***	9.353b
	2007	10.305c	> ***	10.029d
	2006-2007	10.204e	> ***	9.770f

***p<0.01에서 유의

a: n=1,169; b: n=7,126; c: n=2,328; d: n=11,483; e: n=3,497; f: n=18,609

(4) 발명자수(2006)

마지막으로 ‘발명자수/특허 출원건수’, ‘기술료 기징수액/발명자수’, ‘기술료 당해연도 징수액/발명자수’를 기준으로 기초연구와 응용/개발연구 분야의 평균 차이를 검정한 결과, 아래 <표 부록1-14>과 같이 ‘발명자수/특허’에 있어서 기초 분야가 응용/개발분야보다 앞서는 것으로 나타났다.

이는 <표 부록1-8>에서의 결과와 상반되는 것으로 이러한 차이는 합의 비율이 아닌 비율의 평균으로 t-테스트가 진행되기 때문에 발생한 것이다. 또한 이는 기초분야의 기술개발에 있어서 보다 넓은 분야의 지식이 특허에 반영되어 있음과 동시에, 기초분야는 적용범위가 더 넓어 특허 1건당 연구자들에게 공유되는 지식이 응용/개발분야보다 더 많다고 해석 할 수 있을 것이다. 이는 기초연구과제가 특허 출원 1건당 청구항수가 더 많은 것과도 상관있는 결과로 비슷한 맥락에서 해석될 수 있을 것이다.

‘기술료 기징수액/발명자수’, ‘기술료 당해연도 징수액/발명자수’에 있어서는 응용/개발분야가 기초 분야를 앞서, 연구자 1인당 인센티브는 응용/개발 분야에서 더 많이 창출되고 있다고 할 수 있다.

〈표 부록1-14〉 기초·응용/개발연구의 성과 비교
: 특허 1건당 발명자수, 발명자수 대비 기술료 기준

구분	기초	비교	응용/개발
발명자수/특허	0.337a	> ***	0.310b
기술료 징수액(원)/발명자수	26,847a	< ***	233,496b
기술료 당해연도징수액(원)/발명자수	95,129a	< ***	937,376b

***p<0.01에서 유의

a: n= 484; b: n= 1,356

제3절 소결

본 장에서는 기초연구의 특허성과 및 경제적 성과를 응용/개발연구와 비교하여 분석하였다. 데이터의 제약으로 인해 보다 정확하고 의미 있는 분석 방법론을 사용할 수 없었으나, 대체적으로는 개념적 직관과 비슷한 결과들이 도출되었다. 다만, 기초연구의 성과가 장기간에 걸쳐서 나타나는 것을 고려하면, 2년간의 데이터를 이용하여 도출된 결과는 실제 기초연구의 성과를 응용 및 개발연구의 성과보다 축소되었을 개연성이 있다는 점에 대해 어느 정도 참작할 부분이 있다고 하겠다.

분석결과를 요약하면, 2년이라는 단기간의 데이터로 진행된 분석이라는 것을 감안하였을 때 예상했던 바대로 기초연구는 응용/개발연구에 비해 특허 및 경제적 성과³⁶⁾가 많이 나오지는 않고 있지만, 특허 및 기술료의 산출에 있어서 어느 정도 역할을 하고 있다고 볼 수 있다. 다만, 개념적인 직관으로 볼 때, 특허의 경우에는 응용/개발 과제에서 양적으로 더 많은 특허가 산출되는 것이 타당하지만, 기술료의 경우에는 기초연구의 기술료가 장기적으로는 더 많아질 수도 있고, 응용 및 개발연구에 기여하는 부분도 고려해 준다면 본 분석의 결과와는 사뭇 달라질 수도 있을 것이다.

36) 기술료 징수액으로 평가

다만, 기초연구가 가지는 응용범위나 그 지식적 파급효과가 응용 및 개발 연구보다 더 크다는 것을 특허 1건당 청구항수나 특허 1건당 참여 발명자 수로 가늠해 볼 수 있었다. 즉 특허출원생산성은 기초연구분야가 약간 높다고 할 수 있으며, 특허수익성에는 단기간의 데이터 분석으로 인해서 응용 및 개발연구 분야가 더 높게 나타났다고 해석할 수 있다.

본 장의 분석 결과는 기초연구와 응용/개발연구를 나누어 특허 및 경제적 성과를 비교하였는데 의의가 있지만 몇 가지 한계점을 가진다. 첫째, 데이터 수집 기간이 짧아 경향성을 관찰하는 것이 거의 불가능하다는 것이다. NTIS에서는 현재 2006, 2007년의 자료밖에 제공하고 있지 않아 이전의 데이터에 대한 정보는 접근하기가 어려웠다. 둘째, 기초, 응용/개발의 분류가 연구자의 주관에 의해 결정되어서 실제 정확한 연구개발 단계를 분석했는가에 대한 의문점이 제기된다. 셋째, 기초연구와 응용/개발연구가 경제적 성과를 유발하기는 하지만, “기초연구가 얼마큼 경제적 성과를 유발하고, 응용/개발연구가 얼마큼 경제적 성과를 유발하는가?”에 대한 모형을 제시하지 못하고 있다.

특히 Martin and Salter(1996)가 지적했듯이, 기초연구는 유용한 정보 축적량의 증가, 새로운 방법론의 개발, 숙련된 대학원 인재의 배출, 전문 네트워크 형성, 기술적인 문제의 해결, 새로운 기업의 창출이라는 크게 여섯 가지 분야로 파급된다. 따라서 특허 및 기술료 정보 이외에도 이공계 인적자원의 양성 측면에서 기초연구가 얼마큼 기여를 하며, 신규 기업 창출에는 어떤 영향을 미치는지 등을 살펴볼 필요가 있다. 또한 국내 상황만을 진단하는 것도 중요하지만, 우리나라보다 경제발전 단계가 앞선 국가들과의 비교를 통해 우리나라의 기초연구의 성과는 다른 국가들과 어떻게 다른가를 살펴봐야 한다.

따라서 향후에는 더 장기적인 데이터를 확보하여 전체적인 경향성을 알아보는 한편, 기초연구와 응용/개발연구의 경제적 파급효과를 분석하는 더욱 다양한 모형을 개발하는 것이 필요하다 하겠다.

[부록 2] 기초연구 특허의 가치 : 생존분석

제1절 개요

본 장에서는 기초연구와 응용연구로 구분하여 양 유형의 기술의 상대적 가치를 살펴보기로 한다. 양 기술구분을 위해서는 추기능(2008b), Choo et al.(2008)에서 융합기술 판단 여부에 사용한 방법론을 수정적용해보기로 한다. 추기능(2008b), Choo et al.(2008)에서 특허기술을 대상으로 해서 융합기술을 특정특허를 발명한 발명자들의 학문적 배경이 다양한 전공으로 구성되어 있는 경우로 정의하였다. 본 장에서는 기초연구와 응용연구를 좀 더 큰 범주에서 살펴보았다. 따라서 발명자의 전공이 자연과학 분야인 경우 기초연구로, 공학 분야인 경우 응용연구로 정의하였다. 이러한 구분이 불완전하기는 하지만 기초와 응용 간 구분의 실체를 대략적으로 파악하고 평균적인 방향성을 판단할 수는 있을 것으로 생각된다.

제2절 분석모형

특허권은 출원 후 20년간 유효하다. 이 기간 내에 유효하기 위해서는 계속적인 유지료 납부가 필요하며, 유지료를 납부하지 않는 특허들은 중도소멸하게 된다. 특허자료는 중도 소멸된 특허, 기간 만료로 소멸된 특허, 아직 유효한 신생 특허, 유효 기간이 얼마 남지 않은 특허 등으로 구성되어 있다. 즉, 전형적인 생존자료의 특성을 지니고, 따라서 특허 갱신자료에 생존분석(survival analysis) 모형을 적용할 수 있다(Zeebroeck, 2007). 특허의 감가상각이 같다는 가정 등을 하면, 특허의 생존기간은 바로 특허의 가치에 대응한다. 특허권 소멸에 걸린 시간을 가지고 생존곡선을 추정하고, 생존률에

영향을 미치는 변수들을 살펴볼 수 있으며, 본 연구에서는 기초기술/응용기술 더미를 사용한다. 본 장에서 사용될 모형은 Cox의 비례위험모형이다. Cox 모형은 공변량이 종속변수에 어떠한 영향을 미치는지를 보게 되는데, 이때 종속변수가 순간위험률이라는 것을 제외하면, 다중회귀모형과 유사하다. 본 장에서는 순간위험률 또는 생존률에 영향이 미치는 변수로써 응용연구 더미에 주목하게 된다. 아래에서는 이를 간단히 소개하기로 한다(차재형, 2002; 김소은, 2007, 추기능, 2008a).

T를 음이 아닌 연속확률변수 즉, $P(T \geq 0) = 1$ 이라 하면, 이것의 누적확률 밀도 함수는 $F(t) = \int_0^t f(u) du = \Pr(T \leq t)$ 로 정의할 수 있다.

T의 확률밀도함수는 $f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} = -\frac{dS(t)}{dt}$ 가 되며,

$$S(t) = 1 - F(t) = \Pr(T > t)$$

$$0 \leq t \leq \infty$$

$$S(t) = \int_t^{\infty} f(u) du$$

로 나타낼 수 있다.

어떤 시점 t에서의 위험함수 혹은 순간위험율(Hazard function or Hazard function rate) $h(t)$ 는

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} / \Pr(T > t) \\ &= f(t) / S(t) \end{aligned}$$

생존시간 T가 지수분포를 따르고 공변량(covariate) 또는 예측변수가 있는 경우의 순간위험률 함수는

$$h_i(t) = \exp(\alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_k x_{ik})$$

여기서 α 는 예측변수 X_i 를 하나도 가지지 않는 경우 시간 t 에서의 순간위험률(baseline hazard) 기준 위험함수(baseline hazard function) $\alpha(t) = \log h_0(t)$ 를 특정하지 않는 Cox 모형은 $h_i(t) = h_0(t)\exp(\alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_k x_{ik})$ 로 표현된다.

특정 예후인자를 가진 환자의 위험상태와 그 환자의 생존율을 추정하듯이, 어떠한 특성들을 가진 특허들의 생존기간을 그 특성들에 기반해 예측할 수 있는데, 본 장에서는 그 특성중의 하나로써 기초(응용)연구 변수를 도입하는 것이다.

제3절 자료 및 기초통계량

1. 자료

본 연구에 활용된 자료는 1991년~2005년의 등록특허로 추기능(2008a), 추기능(2008b), Choo et al.(2008)에서 사용한 자료를 활용한다. 추기능(2008b), Choo et al.(2008)의 특허 자료는 특허정보원의 무료 검색사이트 (<http://kipris.or.kr>)에서 다운받아서 정리한 것이며, 기업 자료는 한국신용평가정보(주)로부터 입수한 자료를 이용하였다. 기초/응용연구 구분은 Choo(2008), 추기능(2008b)에서 사용한 한국과학재단의 연구자 정보를 활용하였다. 기초/응용연구 구분은 연구자의 전공을 중심으로 자연과학전공인 경우 기초, 공학전공인 경우 응용연구로 구분하였다. 예컨대, 물리, 화학, 생물, 수학, 의학 등은 기초연구로, 전자공학, 재료공학, 건축공학, 환경공학 등은 응용연구로 구분하였다. 특허의 발명자의 전공을 기준으로 하되, 기초분야의 연구자가 포함되어 있으면 기초연구로 구분하였다. 기술 분류는 Observatoire des Sciences and des Techniques(OST), Institut National de la Propriete

Industrielle(INPI), Fraunhofer Gesellschaft-ISI 등 유럽 3개 기관에서 국제 특허분류(IPC)를 30개로 범주화한 것을 사용하였다(추기능, 2008a 참고).

2. 기초통계량

본 장에서는 개략적인 흐름을 파악하기 위해 통제변수를 많이 도입하지 않고, 단순한 모형을 사용한다. 변수로는 단순히 기술 분야 더미, 출원인 더미, 기초/응용더미, 청구항수 등이다. 청구항수는 인용정보가 없는 우리나라 특허자료 현실에서, 인용정보 대신 특허의 질을 나타내는 변수로 많이 사용되고 있다. <표 부록2-1>은 분석에 사용된 변수들의 요약통계량을 보여준다. 분석에 사용된 등록특허는 전체 특허 중 현재까지 발명자의 전공분야가 파악된 27,800개의 특허 중 등록된 것을 대상으로 하고 있다. 분석에 사용된 등록특허의 청구항수는 평균 7.49개이며, 최대값이 291개. 표본 특허중 연구원이 출원한 특허가 8%, 대학이 출원한 특허가 16%, 개인이 출원한 특허가 4%이며, 77%는 기업특허이다. 분석대상 특허의 평균생존연수는 8.82년이며, 최대값은 15.75년이다. 1991년 이후 출원된 특허를 대상으로 했기 때문에 아직 20년의 기간을 채운 것은 없고, 대상 특허의 약 13%가 그 권리가 소멸된 상태이다.

<표 부록2-1> 기술통계량(전체)

변수	평균	최소	최대	관측치
연구원 더미	0.08	0	1	27,800
대학 더미	0.16	0	1	27,800
기업 더미	0.77	0	1	27,236
개인 더미	0.04	0	1	27,800
특허권 소멸 더미	0.13	0	1	27,800
생존년 수	8.82	2.17	15.75	36,400
청구항 수	7.49	0	291	27,236

<표 부록2-2>는 외감기업이 출원한 특허만을 대상으로 한 기술통계량이다. 청구항수는 8.67로 전체보다1개정도 많고, 전체 표본의 약 37%가 소멸하였다. 생존연수는 9.32년으로 전체보다는 0.5년 더 지속되고 있다.

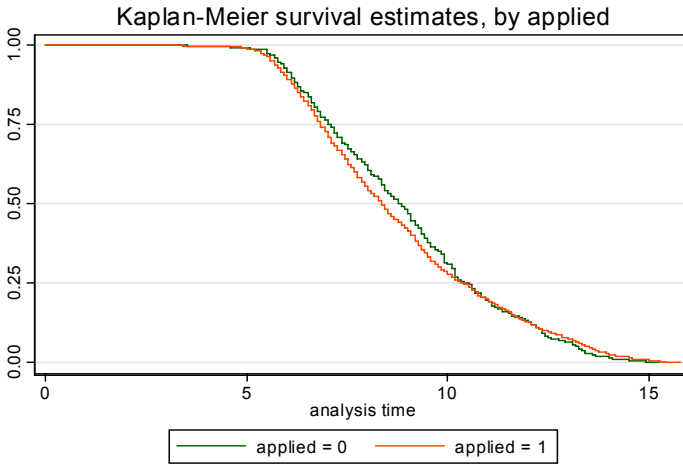
〈표 부록2-2〉 외감기업 특허의 기술통계량

변수	평균	최소	최대	관측치
청구항수	8.67	0	291	13,799
생존연수	9.32	2.17	15.75	2,275
특허권 소멸 더미	0.37	0	1	13,799

제4절 분석결과

[그림 부록2-1]은 기초기술과 응용기술의 생존곡선을 보여주고 있다. Kaplan-Meier 생존곡선은 관측대상이 시점 t 까지 얼마나 많이 살아남았는가를 나타낸다. 생존곡선이 위에 있으면 그만큼 t 시점에 살아 있는 비율이 높음을 의미한다. [그림 부록2-1]에서 응용기술의 경우 아래에 위치하고 있다. 이는 기초기술의 생존율이 높음을 의미하며, 따라서, 기초기술의 가치가 높다고 판단한 근거가 될 수 있다. 그러나 <표 부록2-3>에서 보이는 바와 같이 중간값을 추정해보면 그 차이는 미미하며, 이는 두 생존곡선에 대한 logrank test 결과에 반영되고 있다. logrank test에서 χ^2 값은 0.38로 유의확률이 0.5378로 높아 두 생존곡선의 분포가 같다는 귀무가설을 기각하지 못하고 있다. <표 부록2-3>은 평균적으로 8.4년이 경과하면특허의 약 50%가 생존하게 됨을 보여주고 있다. [그림 부록2-2]는 기업이 출원한 특허만을 대상으로 한 생존곡선 분석이다. 여기에서도 기초기술이 전반적으로 위쪽에 위치하고 있으나 그 차이는 크지 않다. logrank test에서 χ^2 값은 0.83으로 전혀 유의하지 않다.

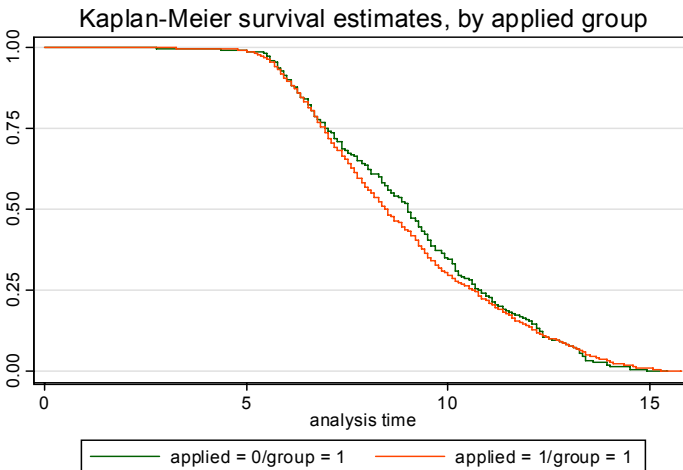
[그림 부록2-1] 기초기술과 응용기술의 생존곡선



<표 부록2-3> 중간값 추정(전체)

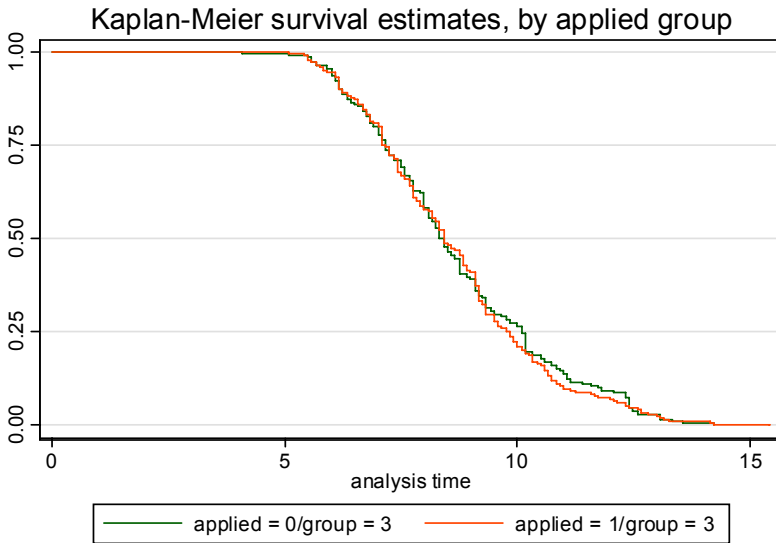
	대상수	중간값	95% 신뢰구간	
기초	781	8.75	8.50	9.08
응용	2,863	8.33	8.25	8.50
전체	3,644	8.42	8.33	8.50

[그림 부록2-2] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(기업)



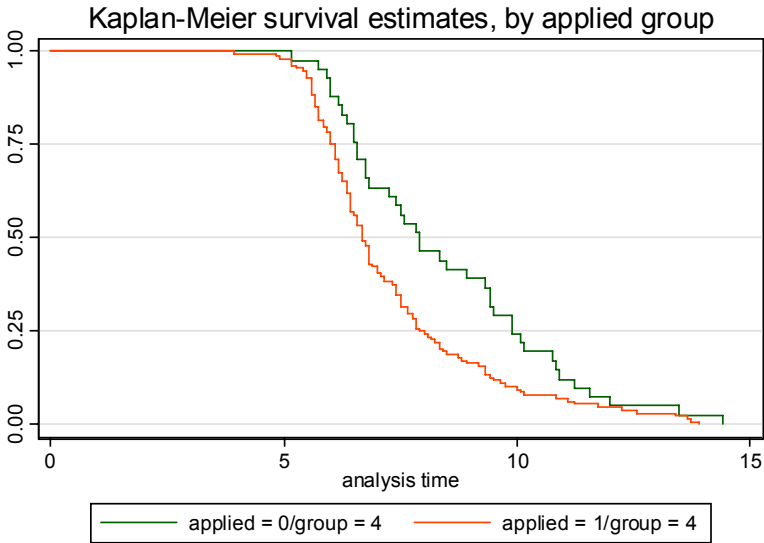
다음 [그림 부록2-3]은 출연연구기관이 출원한 특허를 대상으로 기초기술과 응용기술의 생존곡선을 추정한 것이다. 여기서 두 곡선은 비슷한 궤적을 그리며 여러 번 교차하고 있어 기초와 응용기술의 가치차이는 없다고 볼 수 있다.

[그림 부록2-3] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(연구원)



[그림 부록2-4]는 대학이 출원인인 기술의 추정된 생존곡선이다. 대학의 경우 응용과 기초기술 간의 차이가 확연히 드러나고 있는데, 이는 대학의 연구가 기초연구에 특화되어 있는 점을 반영하고 있다고 볼 수 있다. 50%가 살아남는 기간이 기초기술의 경우 7.92년으로 응용기술의 6.67년보다 1.25년이 길다. 그러나 이는 기업특허 평균인 8.42년에도 못 미치는 수치이다. 대학의 특허가 오랫동안 지속되지 못하는 것은 대학과 기업 간의 특허의 체계적인 관리수준의 차이, 대학과 기업의 특허에 대한 인식도 차이 등을 반영하는 것이라고 볼 수 있다. 최근에는 대학도 산학협력재단, 기술지주회사 설립 등으로 지적재산관리를 강화하고 있어 이러한 차이는 줄어들 것으로 보인다.

[그림 부록2-4] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(대학)

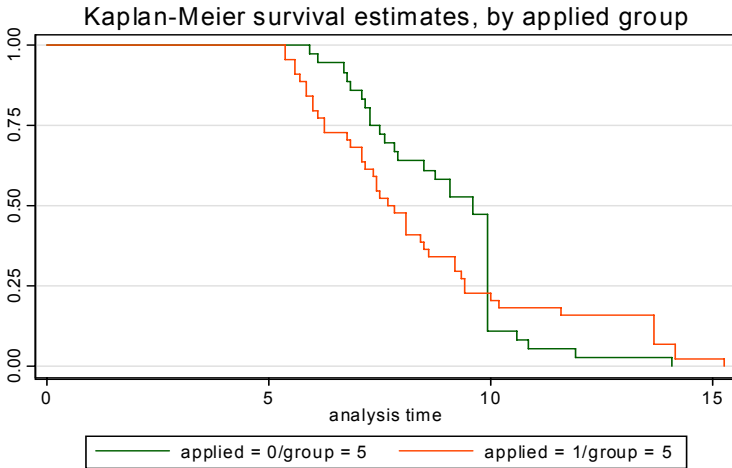


<표 부록2-4> 중간값 추정(대학)

	대상수	중간값	95% 신뢰구간	
기초	41	7.92	6.75	9.42
응용	128	6.67	6.42	7.00
전체	169	6.83	6.58	7.42

[그림 부록2-5]는 개인이 출원한 특허의 생존곡선을 보여주고 있다. 초기에는 응용기술의 생존곡선이 아래에 있다가 후기에는 위에 위치하고 있다. 또한, 생존곡선이 계단형태를 보이고 있는데, 이는 표본의 크기가 작은 까닭이다. 한편, 두 생존곡선이 교차하는 경우에는 생존곡선을 이용해 판단하기는 어렵다.

[그림 부록2-5] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(개인)

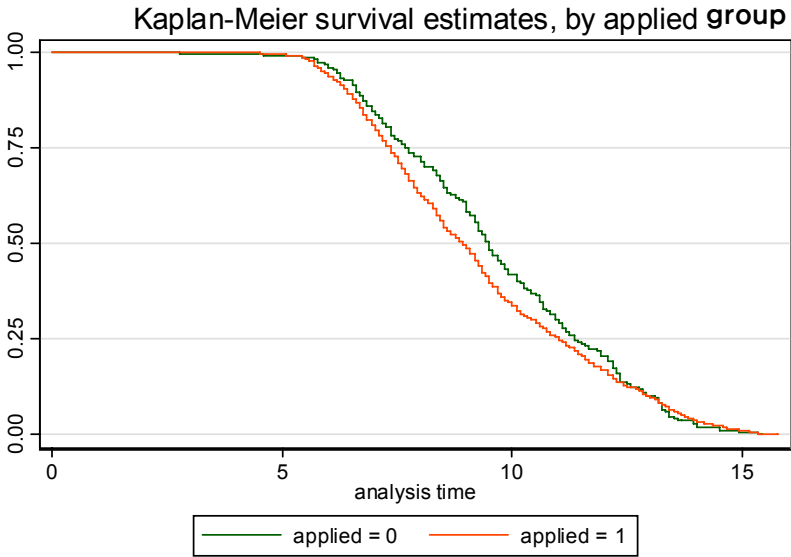


[그림 부록2-6]은 외감기업을 대상으로 한 생존곡선을 나타내고 있다. 외감기업이란 주식회사의 외부감사에 관한 법률의 규율대상이 되는 기업으로써 재무제표를 작성하여 주식회사로부터 독립된 외부의 감사인에 의한 회계감사를 받아야 하는 회사를 말한다. 현행법 하에서는 직전 사업연도말 자산총액 70억 원 이상인 기업이다. 응용기술의 생존곡선이 아래에 위치하고 있어 기초기술의 가치가 더 높다고 판단할 형태는 갖추고 있다. 그런데, χ^2 값은 2.87, 유의확률은 0.09로 한계적으로 기초기술이 응용기술보다 가치가 높다고 할 수 있다. <표 부록2-5>는 외감기업의 기술 분야별 관측치 수로 기술 분야 1(전기전자)에서의 특허수가 가장 많다.

<표 부록2-5> 기술 분야별 관측치수(외감기업)

기술 분야	관측치수
1	6,175
2	1,406
3	3,232
4	1,742
5	842
6	362

[그림 부록2-6] 기초기술과 응용기술의 생존곡선(외감기업)



<표 부록2-6>은 Cox 회귀모형의 분석결과이다. 회귀계수가 음이면, 그만큼 설명변수가 순간위험률을 낮추는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 음의 계수값을 갖는 변수는 특허가치를 높이는 영향요인이다. 응용연구 더미가 양의 값을 가지고 있지만, 그 값이 유의하지 않으므로 어떠한 결론을 내릴 수 없다. 청구항 수는 계수값이 음의 값을 지니지만 이 또한 유의하지 않다. 유의한 변수들은 연구원, 대학, 개인더미 변수이다. 회귀모형에서 특허의 출원인이 기업인 경우를 기본으로 하고 있기 때문에 이들 더미변수들이 유의한正的 값을 갖는다는 것은 이러한 출원인들의 특허는 전반적으로 기업특허보다 짧게 유지됨을 의미한다.

〈표 부록2-6〉 Cox의 비례위험모형 회귀분석 결과

	계수	z-값	유의확률
응용연구더미	0.062	1.49	0.14
청구항수	-0.003	-0.89	0.37
연구원더미	0.202	3.99	0.00
대학더미	0.597	7.48	0.00
개인더미	0.063	0.56	0.58

〈표 부록2-7〉은 출원인별로 생존회귀분석을 한 결과이다. 생존곡선분석에서 나타난 것과 같이 대학의 경우에만 응용연구가 1%수준에서 유의한 정의 값을 보여주고 있다. 이는 대학의 경우에만 기초기술이 더 가치가 높음을 나타내고 있는 것이다.

〈표 부록2-7〉 출원인별 Cox 회귀분석결과

		기업	연구기관	대학	개인
응용연구	계수	0.044	-0.006	0.480	0.231
	z-값	0.92	-0.07	2.61	0.95

청구항수	계수	0.000	-0.028	0.003	0.076
	z-값	0.00	-2.74	0.24	1.48

〈표 부록2-8〉은 외감기업을 대상으로 해서 Cox 회귀분석을 한 결과이다. 이 경우에도 청구항수와 응용연구 더미는 유의하지 않고, 기술 분야 2를 제외하고는 모든 기술 분야가 1% 수준에서 유의한 정의 값을 가지고 있다. 전기전자 기술인 기술 분야 1을 기본으로 하고 있으므로 이는 기술 분야 1과 비교해 볼 때 다른 기술 분야들은 순간위험률을 높이는 요인이 되고 있는 것이다. 즉, 기술 분야 1에 비해 다른 기술 분야들은 기술의 가치가 낮음을 나타내고 있다.

〈표 부록2-8〉 외감기업의 Cox 회귀분석결과

	계수	z-값	유의확률
응용연구더미	0.036	0.60	0.55
청구항수	-0.004	-0.88	0.38
기술 분야 2	0.239	3.00	0.00
기술 분야 3	0.095	1.72	0.09
기술 분야 4	0.345	5.67	0.00
기술 분야 5	0.573	6.68	0.00
기술 분야 6	0.773	4.62	0.00

제5절 소결론

본 장에서는 원천연구와 기초연구를 특허기술에 기초하여 발명자의 전공이 공학이나, 자연과학이나에 따라 구분하였다. 이러한 구분이 정확한 방법은 아니지만, 대체적인 모습은 그럴 수 있다고 생각된다. Kaplan-Meier의 생존곡선이 응용연구보다 기초연구의 성과물이 더 가치가 높게 나타난다고 볼만한 모양을 보여주고 있다. 그러나 logrank test나 Cox 회귀분석에서 유의하지 않은 것으로 나타난다. 다만, 대학의 특허를 두고 보면, 응용기술보다는 기초기술이 더 높은 가치를 보여주고 있다. 이는 기초연구에 특화된 대학의 특성을 반영하는 것으로 짐작할 수 있다. 본 장의 자료는 Choo(2008b)를 위해 구축된 자료의 일부를 활용하였는데, 추후 전체 자료가 확보되면 보다 분명한 결론을 내릴 수 있는 분석이 가능할 것이다. 또한, 응용과 기초연구의 구분도 보다 정교화 할 필요가 있으며, 특허의 발명자에게 그 특허를 가져오게 한 연구가 기초연구 또는 응용연구인지 및 그 가치를 설문하는 설문조사 방법을 활용하면 보다 정확한 결론에 이를 수 있을 것이다.

[부록 3] 기초연구의 비시장가치 측정 방법론

제1절 비시장가치: 조건부 가치측정법

1. 개요

비시장재화를 직접 사고 팔 수 있는 시장은 거의 없다. 따라서 가치측정을 위해서 간접적인 시장자료를 이용하는 헤도닉 가격기법, 여행비용 접근법 등이 개발되었다. 이에 대한 또 하나의 접근 방법으로, 비시장재화를 사고 팔 수 있는 시장(constructed market)을 가상으로 혹은 실제로 만들어 지불의사액(WTP)이나 수용의사액(WTA)을 직접 측정하는 조건부 가치측정법(contingent valuation method, CVM)이 있다. 여기서 사용되는 가상적인 시장은 실험시장(experimental market) 혹은 모의시장(simulated market)이라 불리기도 하는데, 중요한 특징은 시장이 가상적이든지, 모의적이든지 간에 시장의 참여자들에게 익숙하지 않다는 것이다. 정부가 공원의 조성 여부를 결정하기 위해 공원에 대한 가상시장을 만든 후 국민투표를 실시하는 것이 한 가지 예가 될 수 있다.

Bowen(1943)은 투표를 이용하여 공공재의 수요를 결정하는 방법을 보였으며, 그 후 Ciriacy-Wantrup(1947)이 토양침식(soil erosion) 방지에 의해서 발생하는 편익에 대해 언급한 문헌에서 CVM은 처음으로 소개되었다. 그는 공공재와 같이 유익한 효과를 제공하는 재화의 수요에 대한 정보를 얻기 위해, 사람들이 추가적인 한 단위의 공급에 대해 얼마만큼 지불하고자 하는가를 직접 묻는 방법(direct interview method)을 제안했다.

그러나 이를 실행에 옮기지는 못했다. 그 후로 거의 20년이 흐른 후에, 사회심리학자로서 야생생물에 대한 농부의 행동에 관심을 가지고 있던 Davis(1963)가 공공에 유익한 지역과 시설을 잘 묘사하여 시장에서의 경매

와 유사하게 설문으로 가상시장을 만들 수 있다고 주장했다. 그는 특정 휴양지의 사냥꾼과 야생지 애호가에게 부여하는 가치를 측정하고자 CVM을 최초로 설계, 시행하여 가치를 직접 측정하였고, 이를 여행비용 평가법에 의해 추정된 가치와 비교하여 유사한 결과를 얻었다. 이후 Ridker(1967)는 Davis의 영향을 받아 대기오염 개선 편익에 대해 CVM을 적용했다.

CVM은 사람들이 특정 공공재나 비시장재에 부여하고 있는 가치를 직접적으로 이끌어내는 방법이다. 즉, CVM은 개인 대 개인, 우편 혹은 전화 인터뷰를 통해 사람들이 갖고 있는 공공재에 대한 가치를 설문하는 방식을 사용하고 있다. 특별히 고안된 설문지는 공공재 변화에 대한 가상적인 상황을 설정하고 여러 조건들을 달아 사람들을 가상적인 상황에 결합시킨다. 이런 조건하에서 응답자들은 공공재의 가상적인 변화에 대해서 어느 정도 지불의사(WTP)가 있는지를 대답하게 된다.

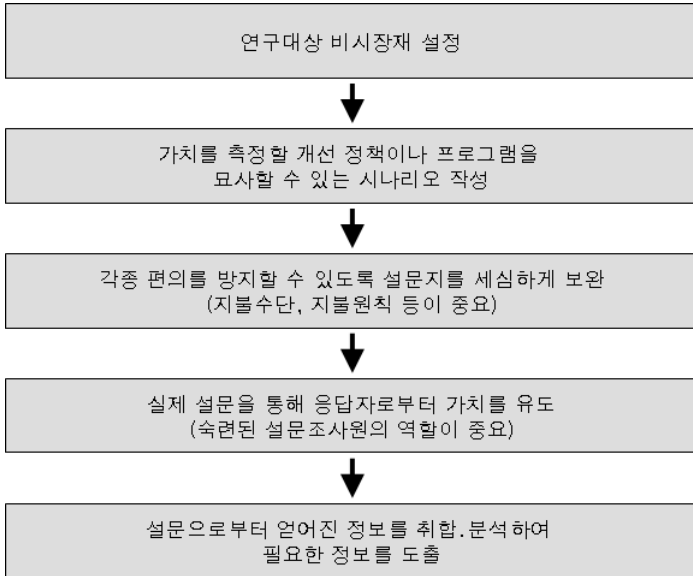
CVM은 이론적 근거가 강한 편이며 간접적 방법을 적용할 수 있는 대상에는 물론 간접적 방법을 사용할 수 없는 대상에도 다양하게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 CVM은 선호를 나타내려는 응답자의 의사와 능력에 크게 의존하고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 CVM이 성공적으로 편익 추정에 사용하려면 설문지 작성, 설문과정 등 적용과정에서 CVM의 배경상 논쟁이 되었던 전략적 행위, 가상성, 의향과 행동의 상관관계 등을 충분히 이해해야 한다. 또한 설문방식을 편익추정의 수단으로 사용하기 때문에 지불의사액 유도방법이나 설문방법 등도 CVM에서는 중요한 부분이 된다.

2. 가상시장의 설계

CVM의 적용은 [그림 부록3-1]의 5단계를 거치게 된다. 먼저 1단계에서 연구대상 공공재를 설정한다. 2단계에서는 설정된 공공재에 대해 전달하고자 하는 내용을 정확하게 전달하면서 응답자들이 이해하기 쉽도록 묘사할 수 있는 시나리오를 작성한다. 3단계에서는 조건부 가치추정법의 운용에서 예상될 수 있는 여러 가지 편의를 방지할 수 있도록 설문지를 보완한다. 4

단계는 직접 현장에 나가 설문을 시행하는 단계로 충분히 교육받은 설문조사원의 역할이 강조된다. 5단계에서는 설문으로부터 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 이끌어낸다.

[그림 부록3-1] 조건부 가치측정법의 5단계



3단계에서 사용되는 지불수단은 <표 부록3-1>와 같이 4가지가 있는데 각각의 장·단점은 <표 부록3-2>에 정리되어 있다.

먼저, 직접질문법(direct open-ended question)은 각 개인에게 어떠한 값도 제시하지 않고 최대 WTP를 직접 질문하는 방식으로 응답자들이 질문에 대답하기가 어려운 단점이 있어 잘 사용되지 않는다.

경매법(bidding game)은 응답자들이 최대 WTP에 도달할 때까지 점점 더 높은 금액을 응답자에게 제시하는 방식으로 가장 오래되고 가장 많이 사용되고 있다. 설문조사원이 유능할수록 응답자가 느끼는 WTP를 잘 유도해 낼 수 있는 장점이 있지만, 시작하는 액수가 높을수록 최종합의를 보는 WTP가 커지는 출발점 편의(starting point bias)의 문제가 있다.

〈표 부록3-1〉 CVM의 질문 설계방법

질문 방식	내 용
개방형 질문법	응답자가 직접 WTP를 대답하도록 개방형으로 질문한다.
경매법	임의의 WTP에 대한 지불의사를 질문하는 과정을 되풀이하여 일정 금액에 수렴하면 질문을 중지한다.
지불카드법	다른 항목의 가구당 평균적인 지출 목록을 함께 제시하면서, 연구 대상 공공재에 대한 지출액을 답하도록 한다.
양분선택형 질문법	일정금액을 지불할 의사가 있는지 여부를 묻고, ‘예/아니오’ 로 대답하도록 한다.

지불카드법(payment card)은 소득수준이나 제공받는 공공서비스의 수준에 따라 응답자들을 구분하여 카드에 지출자료를 제시하여 참고자료로 이용하게 하는 방법이다. 이 방법에는 직접질문법에 내포된 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다. 하지만 지불카드에 기입되는 다른 공공재 소비에 대한 지출내역이 평가하고자 하는 대상과 큰 관련이 없어야 하는데 둘 사이에 관련이 있다면 질문 받는 사람들은 평가하는 대상과 관련이 깊은 지출내역에 근사한 값을 자신의 WTP로 밝히는 고정점 편의(anchoring bias)의 문제가 있다.

양분선택법(dichotomous choice or take-it or leave-it or referendum data method)은 어떤 단일한 금액을 무작위로 제시하고 응답자들이 ‘예’ 또는 ‘아니오’를 대답하도록 하는 방법으로 Logit, Probit, Tobit 등의 계량경제분석을 통해 WTP를 측정한다. 응답자들이 대답하기 용이하고 출발점 편이나 설문조사원 편 의(interviewer bias)에 의한 영향이 적으며 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적다. 반면에 불연속적인 WTP 액수에 대한 정보를 제공하므로 다른 방법보다 WTP에 대한 정보가 적다. 많은 관측치를 확보해야만 신뢰성을 높일 수 있으므로 비용이 많이 든다. 또한 WTP의 평균에 중요한 영향을 미치는 응답자에게 제시되는 값을 설정하는 어려움이 있다.

〈표 부록3-2〉 각 지불의사액 측정수단의 장·단점

구 분	직접질문법	경매법	지불카드법	양분선택법
적용가능성	I/T/M1	I/T	I/M	I/T/M
가치화 결정의 신속성	Low	Medium	Medium	High
잠재적 편의 가능성	No	Yes	Yes	Yes
추정의 어려움	No2	No2	No2	Yes
유인일치 여부	No	No	No	Yes

※ I=in personal survey, T=telephone survey, M=mail survey

※ There are, however, problems with respect to outliers and protest bidders

이렇게 공공재가 팔리는 상황을 성공적으로 묘사하고 나서는, 공공재가 팔리는 시장구조를 성공적으로 묘사하는 것이 필요하다. 공공재의 경우에는 투표가 보다 논리적이지만 중립적이지 않기 때문에 이에 대한 고려가 있어야 한다. 즉, 무임승차자의 문제를 배제할 수 있도록 시장구조를 잘 묘사해야 한다. 응답자가 본인에 대해서 공공재의 소비자로 생각할 수 있고 설문 문항이 편익추정 결과에 영향을 주지 않도록 시나리오를 짜는 것이 대단히 중요하다.

〈표 부록3-3〉 시나리오 설계 기준과 CVM결과

시나리오	응답자의 반응	측정결과
이론적인 정확성	잘못된 값을 진술 (이론적 오류)	잘못된 값을 측정
정책과 관련 여부	잘못된 값을 진술 (정책설정 오류)	잘못된 값을 측정
응답자의 이해 여부	잘못된 값을 진술 (개념적 오류)	잘못된 값을 측정
설득력의 여부	다른 조건으로 대체 심각하게 받아들이지 않음	신뢰할 수 없고, 편익이 의심스러우며, 저항(protest)이 없음
유의미성 여부	심각하게 받아들이지 않음	신뢰할 수 없고, 편익이 의심스러우며, 저항(protest)이 없음

가상시장을 설계할 때는 이렇게 경제이론이 요구하는 조건들을 만족시키면서 응답자에게 의미 있고 이해할 수 있는 질문을 제공하는 것이 필요하다. 가상시장 설계에 대한 5가지 기준은 <표 부록3-3>와 같으며 각각은 충분조건이 아닌 필요조건이며 5가지 모두가 만족되면 필요충분조건이라고 할 수 있다. 가상시장에서 가치화되는 공공재와 정책분석가가 가치화하고자 하는 공공재 사이에 차이가 없을수록 결과가 정책결정에 대해서 더욱 관련이 있다는 것을 특히 주의해야 한다.

3. 설문방법

CVM 연구에서 설계자가 명심해야 할 가장 중요한 것은, 응답자들이 평가되는 재화에 익숙하지 않아도 유효하고 믿을만한 값을 제공할 수 있도록 시나리오를 응답자에게 충분히 이해할 수 있고, 납득할 수 있고, 의미 있게 만드는 것이다. 연구자가 의도한 바를 응답자가 제대로 이해하지 못한다면 가치화가 제대로 되었다고 할 수 없으며, 지불수단이 이해가 된다고 해도 시장이 납득되지 않으면 문제가 있다. 또한 응답자가 시장이 그들에게 정말로 의미가 있도록 시장을 그들의 개인적인 지식과 경험과 결부시키지 못한다면, 진정한 가치를 제공하도록 할 노력에 대한 유인을 제공받지 못한다.

설문조사 방법에는 일반적으로 개별면담설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. <표 부록3-4>에서는 각 조사방법들을 서로 비교하고 있다. CVM에서 설문조사 방법을 정할 때의 유의사항은 다음과 같다. 첫째, 종종 복잡한 설명을 하거나 시각적 자료를 포함할 필요가 있고, 둘째, 화폐가치가 질문문항에 포함되므로 응답자가 평소보다 더 많은 노력을 기울일 수 있도록 동기를 제공해야 할 필요가 있으며, 셋째, 누락되는 자료를 보상할 수 있는 기법을 지원하는 조사방법을 사용해야 한다.

〈표 부록3-4〉 조사방법에 대한 평가 비교

단계별 업무	면접조사	전화조사	우편조사
행정 절차			
• 비용	4	2	1
• 실시시간	4	1	4
• 필요한 인원	4	3	1
표본 추출			
• 모집단 대표성	1	2	2
• 모집단 목록을 확보할 수 있는 점	1	2	3
• 가구내 응답자의 선택과 응답자의 부재시 통제여부	1	2	4
면접			
• 응답률	1	2	4
• 응답 거부율	2	2	n.a
• 면접원 감독	3	1	n.a
• 면접원의 캐어문기	1	2	4
• 응답시 의문사항의 질문	1	2	4
• 바람직한 응답을 꺼릴 가능성	4	3	1
• 면접원의 영향 배제	3	2	1
• 질문을 빠뜨리지 않고 응답	1	2	4
설문지			
• 설문지의 길이	1	2	3
질문 유형			
• 자유응답식 질문의 가능성	1	2	4
• 복잡한 질문의 가능성	1	3	2
• 질문순서의 준수 정도	1	1	4

※ 표에서 사용된 숫자는 '1' (상대적으로 큰 장점) ~ '4' (상대적으로 큰 단점)
(자료 : 한국갤럽조사연구소(1992), 여론조사입문)

CVM 응용연구에서는 WTP 유도에 있어서 몇몇 복잡한 내용이 포함되기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자의 충분한 이해를 도모하기 위해 충분한 예산을 확보하여 일대일 개별면접 설문을 실시하는 것이 적절하다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문조사에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접을 사용해야 한다고 강조하고 있다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 서베이 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하고, 몇 가지 질문

을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻는 절차가 요구된다.

4. CVM의 적절성

서베이에서 응답자가 진술한 가치를 WTP의 추정치로 사용하는 CVM 기법에 대해 의문이 전혀 제기되지 않는 것은 아니다. 가장 중요한 것은 타당성(validity), 즉 응답자들이 서베이에서 진술한 금액을 실제로 지불할 것인가에 관한 문제이다. 진술된 WTP의 타당성을 검증하는 데에는 여러 가지 접근방법이 있는데 주로 CVM 서베이로부터 얻은 가치와 실제 행동에 근거한 자료를 이용하는 기법, 즉 여행비용 접근법, 헤도닉 가격기법, 실제 지출액 분석과 같은 현시선호기법(revealed preference method)의 적용으로부터 얻은 가치를 비교하는 방식을 취한다. 주요 연구사례를 검토해보면, CVM으로부터 얻은 가치는 실제 WTP 값과 같거나 25% 이내의 범위에서 더 크다는 결론에 도달했다(Mitchell and Carson, 1989). 따라서 CVM의 타당성은 어느 정도 검증되었다고 할 수 있다.

다음으로 현시선호기법을 적용할 수 없는 경우에 대해서도 CVM 적용으로 얻은 응답에 대한 타당성을 검증해야 하는데 이 작업은 대단히 어렵다. 사람들에게 친숙하지 않은 공공재 또는 비시장재에 대한 CVM의 WTP 추정치가 얼마나 정확한가라는 문제에 대해 여러 실증 연구가 이루어졌는데, CVM으로부터 얻게 되는 응답은 대체적으로 믿을 만하다는 결론을 얻었다(Loomis, 1990; Bjornstad and Kahn, 1996). CVM 결과의 정확성은 서베이에 포함된 정보와 서베이 시행의 정확성에 부분적으로 근거하고 있는 것이다(Gonzalez-Caban and Loomis, 1997). 이렇게 CVM은 그 타당성과 정확성이 입증되어 각종 문헌에서 자주 등장하고 있다.

한편 Kenneth Arrow, Robert Solow 등으로 구성된 미국의 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 패널은 1993년 1월 11일 보고서를 제출하여, “CVM이 비사용가치를 포함하여 피해를 법적으로

평가하는 출발점이 되기에 충분히 믿을만한 추정치를 제공할 수 있다”는 결론을 내렸다. 그러면서 이전의 CVM 연구들이 만족스럽지 못했음을 지적하며, 피해평가와 규제에 사용될 존재가치의 믿을만한 추정을 위해 지켜야 할 지침을 제시하였다. NOAA 패널 보고서에 제시된 지침 중에서 특히 중요한 지침은 다음과 같다.

- 1) 전화조사나 우편조사가 아닌 개별적인 면담조사에 근거해야 한다.
- 2) WTA보다는 WTP를 측정하는 것이 바람직하다.
- 3) 지불의사 질문법으로 양분선택법을 사용해야 한다.
- 4) 고려중인 프로그램의 기대효과를 정확하게 이해할 수 있도록 묘사해야 한다.
- 5) 응답된 WTP의 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야 함을 인식시킨다.
- 6) 대상 재화의 대체재에 대해서 충분히 알려야 한다.
- 7) 응답자가 질문을 제대로 이해하고 이성적으로 대답했는가를 확인할 수 있는 추가질문이 있어야 한다.

공공재에 대한 가치평가방법들은 기술적이고 실용적인 적용가능성(applicability)의 관점에서 평가되어야 한다. 기술적 적용가능성은 유효하고 믿을만한 값을 유도할 수 있는 정도와 포함되는 가치의 구성요소(예: 비사용가치)를 어느 정도까지 이끌어 낼 수 있느냐와 관련된 것이며, 실용적 적용가능성은 이러한 값들이 응용될 수 있는 재화의 범위와 이러한 값들을 얻는데 필요한 비용의 범위와 관련되어 있다.

〈표 부록3-5〉 편익 추정방법론에 대한 평가

평가항목	유효성 및 신뢰성	포괄성	완비성	시행의 용이성
복용-반응법	○	--	+	○
헤도닉 가격기법	○	○	-	○
여행비용 평가법	○	○	-	○
회피행동 접근법	○	○	-	○
조건부 가치평가법	○	++	++	○

※ 점수 : --(매우 낮음), -(낮음), ○(중간), +(높음), ++(매우 높음)

출처: Pething(1994)

〈표 부록3-5〉는 이러한 기준에 입각하여 여러 편익추정방법들을 평가하면서 CVM과 비교를 하고 있다. 이 표에서 기술적 적용가능성은 유효성(validity), 신뢰성(reliability), 포괄성(comprehensiveness)으로 대변된다. 이해가능성은 포함된 가치의 구성요소와 관련된 것으로 비사용가치와 소비자 잉여가 사용자 편익의 이전 추정치에 부가될 때 향상된다. 실용적 적용가능성은 완비성(completeness)과 시행의 용이성(the ease with which the methods can be implemented)으로 대표된다. 완비성은 해당 방법으로 평가될 수 있는 공공재의 개수와 관련된 것으로 지금까지 무시되어 왔던 오염원과 그들의 영향이 포함될 때 향상된다. 시행의 용이성은 유효하고 믿을만한 값을 얻는데 필요한 비용과 시간과 관련된 것이다.

앞에서 소개한 다른 추정기법과 비교한 CVM의 장단점 4가지는 〈표 부록3-6〉과 같다. CVM의 장점은 무엇보다도 수요함수를 직접 추정하여 간접적인 편익추정을 하는 다른 추정기법과는 달리 통상수요함수나 보상수요함수를 직접 추정하지 않고 적절한 Hicks적 측정치(Hicksian measures)를 구할 수 있는 장점을 가진다. 다른 간접적 추정방법을 사용할 때는 2가지 오류의 가능성이 있다. 첫째, 마샬적 소비자잉여를 결정하는 통상수요함수를 추정하는 것은 통상수요함수의 함수형태가 알려져 있지 않을 때 대개 오차가 크다. 둘째, 시장재화와 약보완성(weak complementarity)을 공유하지 않는 편익요소(benefit component)가 소비자의 효용함수에 포함되지 않아 계산이 안 될 수 있다.

〈표 부록3-6〉 CVM의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> □ 다른 기법에 비해 보다 많은 공공재에 적용될 수 있다. □ 다양한 유형의 비사용가치를 직접 측정할 수 있다. □ Hicks적 후생(Hicksian welfare)을 정확하게 직접 측정할 수 있다. □ 특정 유효성 및 신뢰성을 검사할 수 있도록 설계할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> □ 반응자의 지불의도에 좌우될 수 있다. □ 응답자에게 친숙하지 않은 예산결정을 하도록 요구한다. □ 이해되기 쉽고, 설득력 있고, 의미 있는 시나리오를 만들어야 한다. □ 사람들이 결과를 안 믿을 수 있다.

5. CVM 추정 모형

(1) WTP 유도방법

CVM의 실증연구에서 사용되는 지불의사 유도방법으로는 최근 대부분의 연구에서 Hanemann(1984)에 의해 알려진 후 널리 사용되어 온 양분선택형(DC, dichotomous choice) 질문법이 주로 사용된다. DC 질문은 모집단에서 무작위로 추출된 표본의 응답자에게 공공재의 공급을 위해 미리 정해진 특정 금액을 기꺼이 낼 의사가 있는지 혹은 없는지를 물어보는 형태를 취한다. 이 방법의 가장 큰 장점은 지불의사 유도가 유인 일치적이며(incentive-compatible), 저항적 지불의사(protest bids)를 사전에 방지할 수 있다는 것이다.

DC 질문은 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 “공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가.”라고 물어보면, 응답자가 “예/아니오”로 한번만 대답하는 방식이다. 이때 사전에 개방형 질문법으로 조사된 WTP 값을 이용하여 본 설문 시 제시할 금액들을 결정하며, 이 금액들 중 임의로 한 가지 금액을 각 응답자에게 제시한다. 다만 각 금액들은 비슷한 수의 응답자들에게 배당된다. 응답자는 제시된 금액이 본인의 WTP보다 같거나 작으면 “예”라고 대답하고, 높으면 “아니오”라고 대답하게 된다. 이렇게 얻어진 자료를 이용하여 제시된 금액과 “예”라고 대답한 응답자의 비율을 분석함으로써 WTP의 평균값을 추정하게 된다.

특히 DC 질문유형 중에서 한 번의 질문만 하는 단일경계 양분선택형(SBDC, single-bounded dichotomous choice) 질문유형보다는 후속질문을 한 번 더 하는 이중경계 양분선택형(DBDC, double-bounded dichotomous choice) 질문유형이 실제 CVM 연구에서 널리 사용되고 있다. 이는 DBDC 질문으로부터 얻은 응답을 분석하는 것이 SBDC 질문으로부터 얻은 응답을 분석하는 것보다 훨씬 더 효율적이기 때문이다(Hanemann et al., 1991). DBDC 질문은 각 응답자에게 두 개의 금액을 제시하여 자신의 WTP가 제시된 금액보다 크거나 같은지에 대해서 “예” 또는 “아니오”의 응답을 요구한다. 두 번째 제시되는 금액은 첫 번째 제시되는 금액에 따라 달라지는데, 첫 번째 제시금액에 대한 응답이 “예”이면, 이보다 큰 금액을 제시하고 “아니오”면 이보다 작은 금액을 제시한다.

본 연구에서는 DBDC 질문법을 사용하기 때문에, DBDC 질문의 사용과 관련된 한 가지 중요한 측면에 대해 논의할 필요가 있다. 즉, 삼중경계(triple-bounded) DC 모형과 같은 다중경계 모형을 왜 사용하지 않느냐에 관한 것이다. 두 번째 제시금액에 대해 지불의사 여부를 질문한 후 응답자의 응답이 “예”라고 한다면 보다 높은 금액에 대한, “아니오”라고 한다면 보다 낮은 금액에 대한 지불의사를 묻는 세 번째 혹은 네 번째 질문을 할 수 있을 것이다. 실제로 Langford et al.(1996)는 삼중경계 모형을 적용한 바 있다.

추가적인 질문은 응답자의 WTP에 대해 보다 많은 정보를 제공하여 WTP의 범위를 좁히므로, 다중경계 모형이 DBDC 모형에 비해 보다 효율적인 결과를 도출하는 것은 당연하다. 그러나 Cooper and Hanemann(1995)의 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation) 결과에 따르면, DBDC 모형과 비교할 때 세 번째 질문을 추가함으로써 인해 발생하는 효율성의 개선은 상대적으로 크지 않다. 즉, 추가적인 질문을 통해 얻을 수 있는 대부분의 통계적 혜택은 SBDC 모형 대신에 DBDC 모형을 사용할 때 이미 충분히 얻어진다. 더군다나 삼중경계 모형의 사용으로 내적 일관성을 해치는 반응효과(response effects)가 발생할 가능성은 매우 커지는 반면에 통계적 효율성은 조금만 증진된다(Hanemann and Kanninen, 1999). 따라서 대부분의 연구에

서는 삼중경계 모형과 같은 다중경계 모형을 사용하지 않는다.

(2) WTP 모형

DBDC-CVM 모형의 운용을 통해 얻어진 자료를 분석하여 WTP의 대표값을 분석할 수 있는 모형은 크게 Hanemann(1984)이 제안한 효용격차모형(utility difference model)과 Cameron and James(1987)이 제안한 WTP 함수 접근법의 2가지가 있다. McConnell(1990)는 흥미로운 연구결과를 제시하고 있는데 주요 내용에 따르면, 이와 같은 두 가지 접근법이 서로 쌍대(duality)의 관계에 있어서 어떤 방법을 사용하느냐 하는 것은 옳고 그름의 문제가 아니라 단지 연구자의 스타일의 문제라는 것이다. 따라서 두 접근법 중에 하나를 연구자가 적절하게 선택하여 사용하면 되는 것으로 인식되었다.

하지만 효용격차모형이 효용이론에 더욱 부합한다는 지적이 많이 제기되면서 거의 대부분의 실증연구에서 WTP 함수 접근법보다는 효용격차모형이 활용되고 있다. 따라서 본 연구에서도 효용격차모형을 위주로 적용한다. 이 모형의 운용은 다음의 절차를 따른다. 우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는 지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 다음 단계로 분포의 성격과 평균값 또는 중앙값의 정의를 이용하여 WTP의 평균값 또는 중앙값을 계산한다.

(3) DBDC 모형의 추정모형

DBDC 모형을 다루는 데에는 두 가지 대안이 존재하므로 이에 대해 먼저 검토할 필요가 있다. 결론적으로 본 연구에서는 구간자료 모형(interval data model)을 이용하고자 한다. 한편 이에 대한 대안으로 Cameron and Quiggin(1994)은 첫 번째 제시금액에 대한 응답과 두 번째 제시금액에 대한 응답을 두 개의 분리된 응답으로 간주하여 분석하되 이변량 정규분포의 틀을 운용하여 상관관계를 허용하는 분석방법을 제안하였는데, 흔히 이 모형

을 이변량 모형이라 한다.

그런데 Alberini(1995)는 이변량 모형과 구간자료 모형에 대한 몬테칼로 모의실험을 하여 구간자료 모형으로부터 도출된 평균값 및 중앙값 WTP 추정치가 낮은 값의 상관계수에 대해서도 놀라울 정도로 강건함(robust)을 발견하였다. 즉, 구간자료 모형이 정형오류(misspecification error)를 가지는 경우조차도 평균자승오차(mean squares error)의 관점에서 구간자료 모형이 이변량 모형보다 우수하였다. 따라서 본 연구에서 구간자료 모형만을 이용하는 것은 정당화될 수 있다.

제2절 컨조인트 분석법

1. 컨조인트 분석법의 배경

앞에서 언급하였듯이, 진술선호 평가법은 응답자들에게 가상의 상황을 제공하고 예산제약 하에서 자신의 효용을 최대화 할 수 있는 선택을 통해 평가대상 재화의 다양한 속성들에 대한 가치를 측정한다. 즉, 이때 얻어지는 가치는 주어진 가상의 상황에 대한 조건부 가치이다. 대표적인 진술선호방법으로서 공공재와 WTP의 변화에 따른 상충관계를 측정하는 CVM이 있다. CVM은 1970년대 이후 널리 사용되고 있고 그 타당성을 인정받고 있다.

그러나 CVM은 가치측정 대상이 단일속성으로 이루어진 공공재에 한정되기 때문에, 평가대상 재화의 다양한 속성의 가치를 측정하고자 할 경우에는 그 적용이 쉽지 않다. 예를 들어 디지털 기술의 발전에 따른 디지털 방송의 사전적 가치를 구한다고 한다면, 이와 관련하여 채널수, 화질, 주문형 비디오서비스 제공 여부, 시청료 수준 등이 디지털 방송의 가치에 영향을 미치는 속성들이라고 할 수 있다. CVM의 경우 이러한 속성들 중 하나의 속성 변화에 따른 지불의사액만을 측정한다. 이러한 CVM의 단점을 극복한 컨조인트 분석법은 다중속성(multiple attribute)들로 구성된 속성과 응답자의 지

불의사액간의 상충관계들을 동시에 추정할 수 있다(Mackenzie, 1993; Adamowicz et al., 1998).

컨조인트 분석법이 CVM과 다른 점은 설문지 응답자에게 주어진 재화에 대한 화폐적 평가를 제공하는 질문을 직접 하는 것이 아니라, 하나 이상의 특정 속성대안들을 포함하는 선택이나 선택집합을 제시한다는 것이다. 이렇게 얻어진 응답자의 반응으로부터 응답자의 효용함수를 추론할 수 있으며 다시 효용함수의 여러 속성에 대한 화폐적 가치를 추정하는데 사용될 수 있다(Green and Srinivasan, 1978).

컨조인트 분석법은 수리심리학(mathematical psychology)에서 태동하였지만 주로 미국을 중심으로 시장조사(market research)에의 적용을 통해 급속하게 발전했다. 교통계획분야에서 컨조인트 분석법이 통상적인 시장조사 기법으로서 처음으로 사용되었으나 수요예측과 여행시간의 가치 측정에도 널리 적용되었다(Fowkes et al., 1991). 이후에 교통정책의 영향을 평가하는데 유용하다는 것을 확인하는 연구들이 수행되었으며 공공교통의 사용가치와 비사용가치에 대해 함께 연구되었다(Hopkinson et al., 1992). 영국의 교통부도 고속도로계획의 공식적인 비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis)에 포함되는 환경영향의 범위를 확장하기 위해 CVM과 더불어 컨조인트 분석법을 정식기법으로 채택했다(Pearman, 1994). CVM의 블루리본이라 불리는 패널보고서의 작성을 주도한 미국의 NOAA에서도 컨조인트 분석법을 공공의 지불의사액을 측정하고 자연자원의 피해를 평가하는데 있어서 유용한 기법으로 채택했다(60 Fed. Reg., 39816, 39826).

컨조인트 분석법은 Adamowicz et al.(1994)에 의해 공공재 가치 측정분야에 처음으로 적용된 이후 최근 그 적용사례가 꾸준히 증가하고 있고, 대부분의 연구자들은 컨조인트 분석법의 적용결과에 대해 긍정적인 평가를 내리고 있다(Diener et al., 1998; Hanley et al., 1998; Hearne and Salinas, 2002; Mallawaarachchi et al., 2001; Morrison et al., 2002). 또한 신기술의 가치를 평가하는 데까지 적용이 확대되고 있다.

컨조인트 분석법은 지불의사 유도방법에 따라 조건부 선택법(contingent choice method), 조건부 순위결정법(contingent ranking method), 조건부

등급결정법(contingent rating method) 등 크게 3가지로 구분될 수 있다.

첫째, 조건부 선택법은 응답자에게 평가대상 재화의 다양한 속성들과 지불의사액으로 구성된 2개 이상의 가상적 대안들을 제시하고 응답자가 자신의 예산제약 하에서 가장 좋아하는 대안을 선택하게 함으로써 서로 상충관계에 놓여있는 평가대상 재화 속성의 수준변화에 대한 화폐가치를 측정하는 방법이다.

둘째, 조건부 순위결정법은 응답자들이 제시된 가상 상황들에 대한 그들의 선호를 숫자로 된 척도에 근거하여 표현하도록 질문하는 방법이다. 즉 응답자들에게 제시된 가격을 포함한 다양한 속성들로 구성된 2개 이상의 가상적 상황들에 대해서 가장 좋아하는 것(most-preferred)부터 가장 싫어하는 것(least-preferred)까지 순위를 정하도록 묻는다. 이 방법은 순위를 매겨야 할 대안의 크기가 커질수록 순위선정의 오류로 인해 응답자의 부담이 커진다는 한계가 있다. 또한 조건부 순위결정법은 선택 대안간의 무차별 문제를 해결할 수 없다(Mackenzie, 1993).

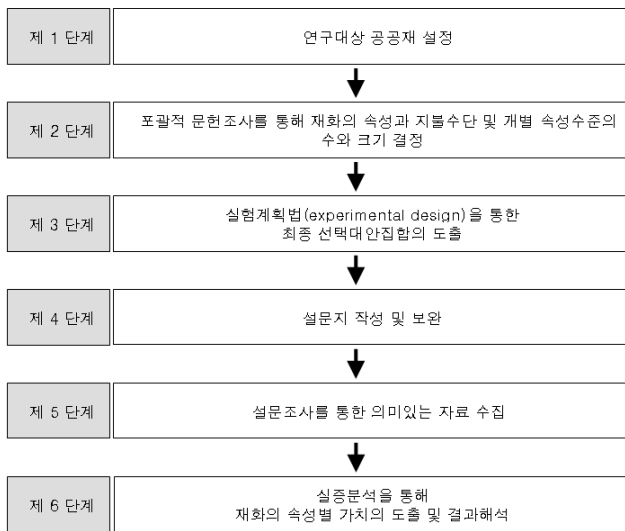
셋째, 조건부 등급결정법은 좀 더 엄밀하고 정확한 정보를 얻기 위하여 조건부 순위결정법에서 결정된 각 순위의 대안들에 대하여 그 중요도에 따라 최소 1점부터 최대 10점까지 점수를 부여하도록 하는 방법이다. 이 방법은 조건부 순위결정법과 달리 선택 대안간의 무차별한 경우를 표현할 수 있으며 대부분의 응답자들이 비율의 크기에 친숙하기 때문에 응답이 용이하다는 장점이 있다(Mackenzie, 1993).

2. 실증연구절차와 방법론적 기준들

통상 컨조인트 분석법의 적용은 [그림 부록3-2]과 같이 6단계를 거치게 된다. 우선 1단계에서는 그 가치를 측정하고자 하는 연구대상 공공재를 설정한 후, 2단계에서는 포괄적인 문헌조사를 통해 응답자가 이해하기 쉽고 측정이 가능한 평가대상 속성 및 지불수단을 선정하고 각 속성에 대한 속성 수준들을 결정한다. 이어서 3단계에서는 2단계에서 결정된 여러 속성으로

구성된 개별 속성집합에 대해 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택대안집합을 실험계획법을 수행하여 도출한다. 4단계는 설문지를 작성하고 보완하는 단계이다. 5단계에서는 현장 설문조사를 실행하여 응답자로부터 의미 있는 자료를 수집한다. 마지막으로 6단계는 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 도출하고 결과를 해석하는 단계이다.

[그림 부록3-2] 컨조인트 분석법의 적용절차



(1) 속성 및 지불수단

연구대상 공공재의 속성을 식별하기 위해서는 크게 두 단계를 거치게 된다. 우선, 광범위한 국내·외의 과학적 문헌에 근거하여 속성들을 선정한 후, 전문가 집단을 대상으로 1차 수정을 한다. 이러한 절차를 통해 자연스럽게 연구대상 공공재의 다양한 속성들을 식별할 수 있다. 두 번째 단계에서는 일반 응답자들을 대상으로 한 사전조사를 통해 2차 수정이 가해진다. 이 과정에서 연구대상 최종속성을 결정하기 위해 다음과 같은 다섯 가지 원칙이 필요하다. 첫째, 속성은 서로 독립(independent)이거나 이에 근접해야 한다. 둘째, 가능하면 속성의 수는 적어야 하는데, 8개를 넘지 않는 것이 바람

직하다(Phelps and Shanten, 1978). 셋째, 속성은 쉬운 설명과 직설적인 사진, 도표, 삽화와 같은 시각적 도구로 묘사되어야 한다. 넷째, 속성은 과학적으로 의미가 있어야 하며, 어떠한 중요한 사실도 누락되어서는 안 된다. 이때 기존 문헌들을 참고할 수 있다. 다섯째, 속성은 평가하는 사람들에게 의미가 있어야 하며 사람들의 이성과 관련성이 있어야 한다. 아울러 지불수단은 CVM에서 흔히 사용되는 공공요금, 입장료, 세금, 재화가격 등이 사용된다.

(2) 선택대안집합의 설계

컨조인트 분석법은 자료생성과정(data generating process)을 필수적으로 거쳐야 한다. 이 과정은 여러 속성들로 구성된 선택대안들이 응답자의 선택 확률에 영향을 주도록 선택대안집합(choice sets)을 설계하는 것이며, 주의 깊게 고안된 실험계획법에 의존한다. 즉, 컨조인트 분석법은 다른 선택대안에 의한 변화가 없는 모수 추정치를 얻기 위한 선택대안집합들을 유도하는데 통계적인 설계이론을 이용한다. 일반적으로 컨조인트 분석법에서는 선택행위에 대한 개별 속성들의 효과들을 분리해 내기 위해 개별 속성들간의 직교성(orthogonality)을 보장해주는 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 이용한다. 이러한 직교설계방법은 실제분석에서 속성들간의 높은 상관관계가 문제가 되는 것으로 알려진 현시선히 확률효용 모형의 단점을 개선하여 준다(Hanley et al., 1998).

만약 공공재가 N 개의 속성을 가지고 있고, 또한 개별 속성 q 는 각각 r 개의 수준을 갖고 있다면, 응답자가 직면하게 되는 하나의 선택대안에 대한 경우의 수는 $q_1^r \times q_2^r \cdots \times q_N^r$ 개가 된다. 따라서 응답자들에게 모든 선택대안들을 질문하는 것은 비현실적이기 때문에 주효과 직교설계를 수행하여 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택대안집합을 전체 선택대안집합으로부터 도출하여야 한다.³⁷⁾

<표 부록3-7>은 조건부 선택법을 이용하여 서울시 대기오염영향의 환경

37) 주효과 직교설계를 수행하기 위하여 흔히 SAS 혹은 SPSS 통계패키지가 사용된다.

비용을 측정하기 위해 사용된 선택대안의 예시이다. 일반적으로 컨조인트 분석법의 질문에서 응답자들은 여러 개의 선택대안을 직면하게 된다. 조건부 선택법의 경우, 고정된 현재 상태의 대안과 공공재의 질이 개선된 대안을 나타내는 하나 혹은 두 개의 추가적 대안들이 제시된다.

예를 들어 조건부 선택법을 이용하여 대기오염 저감 신기술의 소비자 편익을 추정한다고 할 때 속성들은 대기오염의 부정적 영향으로 정의할 수 있다. 선택대안집합은 아래 <표 부록3-7>과 같이 모든 응답자들은 5개 속성의 다양한 수준으로 정의된 2개의 선택대안과 현재의 속성수준으로 정의된 대안의 총 3개 대안 중에서 가장 선호하는 1개의 대안을 선택하도록 설계되며, 응답자는 각 대안 내의 대기오염 영향 속성과 이를 위해 지불해야 하는 가격간의 상충관계를 충분히 고려한 후, 자신이 가장 선호하는 1개의 대안을 선택하게 된다.

<표 부록3-7> 조건부 선택법 선택대안의 예시

	대안 1	대안 2	대안 3 (현재상태)
• 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수	0 명	2,500 명	변화없음(0)
• 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수	250,000 명	0 명	변화없음(0)
• 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 (%)	0 %	20 %	변화없음(0)
• 현재수준보다 증가하는 시정거리 (km)	0 km	0 km	변화없음(0)
• 추가적인 월 지불액 (원)	10,000 원	10,000 원	변화없음(0)
3개의 대안 중에서 가장 선호하는 한 개의 대안에 ✓로 표시하세요.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

이 연구의 경우, 다양한 선택대안집합들 중 직교설계로부터 48개의 선택대안집합이 도출되었고, 이것은 한 블록에 8개의 질문을 포함하도록 임의표본추출을 통해 6개의 블록으로 배분되었다.

〈표 부록3-8〉 조건부 순위결정법 및 조건부 등급결정법 선택대안의 예시

카드번호 : 1 (식별번호 : 9)	카드번호 : 2 (식별번호 : 10)
<ul style="list-style-type: none"> • 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 2,500 명 • 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 250,000 명 • 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 : 0 % • 현재수준보다 증가하는 시정거리 : 5 km • 추가적인 월 지불액 : 5,000 원 	<ul style="list-style-type: none"> • 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 0 명 • 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 0 명 • 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 : 10 % • 현재수준보다 증가하는 시정거리 : 0 km • 추가적인 월 지불액 : 15,000 원
카드번호 : 3 (식별번호 : 11)	카드번호 : 4 (식별번호 : 12)
<ul style="list-style-type: none"> • 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 2,500 명 • 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 500,000 명 • 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 : 10 % • 현재수준보다 증가하는 시정거리 : 10 km • 추가적인 월 지불액 : 5,000 원 	<ul style="list-style-type: none"> • 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 5,000 명 • 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 250,000 명 • 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 : 20 % • 현재수준보다 증가하는 시정거리 : 0 km • 추가적인 월 지불액 : 10,000 원
카드번호 : 5 (현재상태)	
<ul style="list-style-type: none"> • 폐암사망자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 0 명 • 호흡기질환자가 현재수준보다 감소하는 명수 : 0 명 • 먼지로 인한 청소비용 및 세탁비용이 현재수준보다 감소하는 비율 : 0 % • 현재수준보다 증가하는 시정거리 : 0 km • 추가적인 월 지불액 : 0 원 	

〈표 부록3-8〉은 조건부 등급결정법과 조건부 순위결정법을 이용하여 대기오염 저감 신기술의 비시장가치를 측정하기 위해 사용된 선택대안집합의 예시이다. 조건부 등급결정법과 조건부 순위결정법의 경우, 고정된 현재 상

태의 대안과 공공재의 질이 개선된 대안을 나타내는 여러 개의 추가적 대안들이 적힌 카드가 제시된다.

대기오염 저감 신기술의 비시장적 가치를 평가한다고 했을 때, 다양한 선택대안집합들 중 현재 상태를 포함하여 25개의 선택대안집합이 도출되었고, 이것은 현재 상태를 포함하여 한 블록에 5개의 카드가 제시되도록 임의표본추출을 통해 6개의 블록으로 배분되었다.

조건부 순위결정법의 경우, 모든 응답자들은 5개 속성의 다양한 수준으로 정의된 4장의 선택대안카드와 현재의 속성수준으로 정의된 대안카드의 총 5개 대안카드 중에서 가장 선호하는 1개의 대안카드부터 5위까지 순위를 매기도록 질문을 받으며, 각 대안 내의 대기오염 영향 속성과 이를 위해 지불해야 하는 가격간의 상충관계를 충분히 고려한 후, 자신이 가장 선호하는 대안 순서대로 순위를 매기게 된다.

한편, 조건부 등급결정법은 조건부 순위결정법과 마찬가지로 모든 응답자들은 5개 속성의 다양한 수준으로 정의된 4장의 선택대안카드와 현재의 속성수준으로 정의된 대안카드의 총 5개 대안카드 중에서 가장 선호하는 1위의 대안카드부터 5위까지 순위를 매기도록 질문을 받으며, 순위를 매긴 이후 각각의 카드에 대해서 정수척도로(예를 들어 1~10) 등급을 매기게 된다.

(3) 설문지 작성

일반적으로 설문지는 가능한 쉽고, 짧고, 압축된 형태로 작성되며, 크게 세 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분은 연구대상 공공재에 대한 응답자들의 일반적 태도를 묻는다. 또한 컨조인트 분석법 질문을 하기 전에 응답자들이 대상 공공재의 속성들에 익숙해지고, 개별 속성들과 관련된 그들의 과거 경험을 상기시키기 위해 개별 속성들이 자세하게 설명되어야 한다. 이를 위해서 사진과 그림 등 다양한 시각적 도구가 사용되기도 한다. 두 번째 부분에는 개별 속성들과 가격속성간의 상충관계를 고려하여 응답자들의 속성별 지불의사액을 이끌어내기 위한 컨조인트 분석법 질문들이 제시된다. 그런데

조건부 순위결정법과 조건부 등급결정법의 경우, 응답자가 질문에 싫증을 느끼거나 순위를 정하는데 어려움을 가질 수 있다. 이를 방지하기 위해 설문작성과정에 순위나 점수를 매기는데 어려움 있어서 아무렇게 정한 항목을 묻는 질문을 포함하는 것이 바람직하다. 마지막으로 세 번째 부분은 응답자의 연령, 성별, 소득 등 사회·경제적 변수에 대한 질문을 포함한다.

(4) 표본설계와 설문조사방법

설문방법은 우편조사(mail survey), 개별면접조사(In-person survey), 전화조사(telephone survey)가 있다. 국내에서는 컨조인트 분석법 연구가 시작 단계이기 때문에, 일반 응답자들이 컨조인트 분석법 질문에서 묘사되는 다양한 공공재의 속성들과 가격속성간의 상충관계를 정확하게 이해할 수 있을지가 불분명하다. 따라서 높은 설문비용의 단점에도 불구하고 설문에서의 응답률을 높이고 응답자들에게 상세한 질문 및 응답을 위한 최선의 기회를 제공하기 위해 일대일 개별면접방식이 많이 이용되고 있다.

3. 조건부 선택법의 추정모형

3가지 컨조인트 분석 모형 중에서 조건부 선택법이 가장 널리 사용되기 때문에 이 방법론에 대한 추정모형을 설명하도록 하겠다. 조건부 선택법은 각 응답자들의 속성별 지불의사액을 추정하기 위해 확률효용모형(random utility model)을 이용하여 정형화할 수 있다. McFadden(1974)에 의해 개발된 다항로짓모형(multinomial logit model)은 개별 속성들이 어떻게 응답자의 선택확률에 영향을 주는지를 모형화 하는데 있어 통계적인 체계를 제공한다.³⁸⁾ 이 모형에서 가장 기본이 되는 것은 간접효용함수이다. 응답자 i 가

38) 다중로짓모형은 선택행위들이 관련 없는 대안들로부터의 독립성(independence from irrelevant alternatives; IIA)을 따른다고 가정한다. 즉, 이것은 “한 개인이 어느 두 선택대안에 대한 선택확률의 비율은 전혀 또 다른 선택대안에 의해 영향을 받지 않는다”는 것을 의미한다. 이 가정이 받아들일만 하지 못하면, 다항프로빗(multinomial probit model)이나 계층적 로짓모형(hierarchical logit model)을 사용한다.

선택대안 집합 C_i 내의 한 선택대안 j 로부터 얻는 간접효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}, S_i) + e_{ij} \quad (\text{부록3-1})$$

여기서 V_{ij} 는 관측이 가능한 정형화된(deterministic) 부분이고, e_{ij} 는 관측이 불가능한 확률적(stochastic) 부분이다. V_{ij} 는 현재의 선택대안과 가상의 선택대안들의 속성들(Z_{ij})과 개별 응답자들의 특성치들(S_i)의 함수이다. 응답자 i 가 선택대안 집합 C_i 내의 j 번째 대안이 아닌 모든 대안 k 에 대해 $U_{ij} > U_{ik}$ 을 만족한다면, 선택대안 j 를 선택할 것이다. 이 때, 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$P_i(j|C_i) = \Pr\{V_{ij} + e_{ij} > V_{ik} + e_{ik}\} = \Pr\{V_{ij} - V_{ik} > e_{ik} - e_{ij}\} \quad (\text{부록3-2})$$

식 (부록3-2)를 추정하기 위해서는 오차항의 분포에 대한 가정이 이루어져야 한다. 다항로짓모형 하에서 오차항은 통상 독립적(independent)이며 일치적(identical)인 제 I형태 극치 분포(Type I extreme value distribution)를 따른다고 가정된다(McFadden, 1974). 이 경우 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$P_i(j|C_i) = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k \in C_i} \exp(V_{ik})} \quad (\text{부록3-3})$$

컨조인트 분석법 질문으로부터 얻어진 각 응답자의 다변량 응답(multinomial response)은 응답자의 효용극대화(utility maximization)를 위한 선택결과로서 해석될 수 있다. 컨조인트 분석법 질문에 직면한 개별 응답자 $i = 1, \dots, N$ 의 선택대안 j 에 대한 선택결과는 ‘예’ 또는 ‘아니오’가 된다. 여기에서

$Y_{ij} = 1$ (i 번째 응답자가 j 번째 대안을 선택)이며, $1(\cdot)$ 는 지시함수(indicator function)이다. 즉, $1(\cdot)$ 는 i 번째 응답자가 j 번째 선택대안을 선택하였다면 1을 취하고, 그렇지 않으면 0을 취한다. 따라서 로그-우도함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 \{ Y_{ij} \cdot \ln [\text{Pr}_i(j|C)] \} \quad (\text{부록3-4})$$

식 (부록3-4)에 최우추정법을 적용하면 필요한 모수들의 추정치를 얻을 수 있다(Stern, 1997). 한편 간접효용함수의 관측가능한 부분인 V_{ij} 를 다음과 같이 정형화할 수 있다.³⁹⁾

$$V_{ij} = \beta_1 Z_{1,ij} + \beta_2 Z_{2,ij} + \beta_3 Z_{3,ij} + \beta_4 Z_{4,ij} + \beta_5 Z_{p,ij} \quad (\text{부록3-5})$$

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_p 는 개별 속성벡터이며, 또한 β 는 응답자의 효용에 영향을 미치는 개별 속성들에 대한 계수로 추정되어야 할 모수이다. 식 (부록3-5)를 식 (부록3-3)에 대입한 후, 다시 이 식을 식 (부록3-4)에 대입하여 최우추정법을 적용하면 β 에 대한 일치추정치를 얻을 수 있다.

이제 식 (부록3-5)에 로이의 항등식(Roy's identity)을 적용하면 개별 속성에 대한 한계 지불의사액(MWTP, marginal willingness-to-pay)을 구할 수 있다. 즉, 식 (부록3-5)를 전미분한 후 약간의 조작을 하면 개별 속성의 현재수준으로부터 한 단위 증가(개선)에 대한 한계지불의사액을 다음과 같이 계산할 수 있다.

39) 추정 절차에서의 특이성(singularity) 문제를 회피하기 위해 상수항은 추정모형에서 제외되어야 한다. 이러한 특이성(singularity) 문제는 분석자료에서 상수항이 여러 선택대안들에 대해 동일하기 때문에 발생한다.

$$MWTP_{Z_1} = dZ_p/dZ_1 = -\beta_1/\beta_5 \quad (\text{부록3-6})$$

$$MWTP_{Z_2} = dZ_p/dZ_2 = -\beta_2/\beta_5$$

$$MWTP_{Z_3} = dZ_p/dZ_3 = -\beta_3/\beta_5$$

$$MWTP_{Z_4} = dZ_p/dZ_4 = -\beta_4/\beta_5$$

한편, 응답자들의 사회·경제적 변수들이 선택확률에 어떠한 영향을 주는지를 파악하기 위해 소득에 대한 공변량을 추가적으로 포함한 모형은 다음의 식 (부록3-7)과 같다. 응답자가 다수의 질문에 응답하는 경우, Greene (2000)에 제시되어 있는 특정 선택대안집합내의 개별 선택대안들에 대해 가상적으로 설정된 더미변수들(dummy variables)에 사회·경제적 변수들을 곱하는 방법은 분리된 더미변수들의 수가 급격히 증가하므로 실용적이지 못하므로 응답자들의 소득 공변량을 선택대안집합 내의 개별 속성값들에 곱함으로써 모형을 개선하고자 하였다.

$$V_{ij} = \beta_1 Z_{1,ij} + \beta_2 Z_{2,ij} + \beta_3 Z_{3,ij} + \beta_4 Z_{4,ij} + \beta_5 Z_{5,ij} + \beta_6 Z_{1,ij} \cdot S_i + \beta_7 Z_{2,ij} \cdot S_i \\ + \beta_8 Z_{3,ij} \cdot S_i + \beta_9 Z_{4,ij} \cdot S_i + \beta_{10} Z_{5,ij} \cdot S_i \quad (\text{부록3-7})$$

소득 공변량을 포함한 모형의 개별 속성에 대한 MWTP는 소득 공변량을 포함하지 않는 모형에서와 동일한 방법으로 계산되며 그 식은 다음 식 (부록3-8)과 같다.

$$MWTP_{Z_1} = dZ_5/dZ_1 = -(\beta_1 + \beta_6)/(\beta_5 + \beta_{10}) \quad (\text{부록3-8})$$

$$MWTP_{Z_2} = dZ_5/dZ_2 = -(\beta_2 + \beta_7)/(\beta_5 + \beta_{10})$$

$$MWTP_{Z_3} = dZ_5/dZ_3 = -(\beta_3 + \beta_8)/(\beta_5 + \beta_{10})$$

$$MWTP_{Z_4} = dZ_5/dZ_4 = -(\beta_4 + \beta_9)/(\beta_5 + \beta_{10})$$

4. 조건부 순위결정법의 추정모형

조건부 선택법과 마찬가지로 조건부 순위결정법도 각 응답자들의 속성별 지불의사액을 추정하기 위해 확률효용모형(random utility model)을 이용하여 정형화할 수 있다. 조건부 순위결정법은 서수적 선호의 가정만을 부과하는 단순한 서열로짓모형(ordered logit model)이나 다항로짓모형(multinomial logit model)을 이용한다. 응답자 i 가 선택대안집합 C_i 내의 선택대안을 J 개의 카드로 분류할 수 있고, j 번째 카드로부터 얻는 간접효용함수는 조건부 선택법과 마찬가지로 식 (부록3-1)과 같이 표현될 수 있다.

만약 응답자 i 가 선택대안 집합 C_i 내에서 r_1 카드를 제일 선호하고 r_2 카드를 두 번째로 선호하며 차례로 r_j 카드를 가장 덜 선호한다고 할 경우, 먼저 응답자 i 는 다른 어떤 카드보다도 r_1 카드를 선호한다면, r_1 카드가 아닌 모든 다른 r_k 카드에 대해 $U_{i1} > U_{ik}$ 을 만족할 것이다. 오차항이 제 I형태 극치 분포(Type I extreme value distribution)를 따른다고 가정할 경우, 응답자 i 가 J 개의 카드 중에 r_1 카드를 선택할 확률은 다음 식 (부록3-9)과 같이 주어진다.

$$P_i(r_1|C_i) = \Pr\{V_{i1} + e_{i1} > V_{ik} + e_{ik}\} = \Pr\{V_{i1} - V_{ik} > e_{ik} - e_{i1}\} = \frac{\exp(V_{i1})}{\sum_{k=1}^J \exp(V_{ik})}$$

단, $k \neq 1$ (부록3-9)

마찬가지로 r_2 카드에서 r_J 카드까지 $J-1$ 개의 카드 가운데 r_2 카드를 가장 선호할 확률은 다음 식 (부록3-10)과 같다.

$$P_i(r_2|C_i) = \Pr\{V_{i2} + e_{i2} > V_{ik} + e_{ik}\} = \Pr\{V_{i2} - V_{ik} > e_{ik} - e_{i2}\} = \frac{\exp(V_{i2})}{\sum_{k=2}^J \exp(V_{ik})}$$

단, $k > 2$ (부록3-10)

이상의 절차를 반복하면 r_1, r_2, \dots, J 번째 카드의 순서대로 선호할 확률은 다음 식 (부록3-11)과 같다.

$$\frac{\exp(V_{i1})}{\sum_{k=1}^J \exp(V_{ik})}, \frac{\exp(V_{i2})}{\sum_{k=2}^J \exp(V_{ik})}, \frac{\exp(V_{i3})}{\sum_{k=3}^J \exp(V_{ik})} \dots \frac{\exp(V_{i,J-1})}{\sum_{k=J-1}^J \exp(V_{ik})} \quad (\text{부록3-11})$$

이를 좀 더 일반화하여 R_{ij} 를 응답자 i 가 j 번째 카드에 부여한 순서라고 하고, 변수 β_{ijk} 는 $R_{ik} \geq R_{ij}$ 이면 1이고, 그렇지 않으면 0이라고 하자. 이 경우 응답자 i 가 선택한 순서가 발생할 확률 L_i 는 다음 식 (부록3-12)와 같다.

$$L_i = \prod_{j=1}^J \left[\frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k=1}^J \beta_{ijk} \exp(V_{ik})} \right] \quad (\text{부록3-12})$$

따라서 우도함수는 다음 식 (부록3-13)과 같이 표현된다.

$$L = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^J \left[\frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k=1}^J \beta_{ijk} \exp(V_{ik})} \right] \quad (\text{부록3-13})$$

식 (부록3-13)에 최우추정법을 적용하면 필요한 모수들의 추정치를 얻을 수 있다. 한편 간접효용함수의 형태와 MWTP는 조건부 선택법과 같은 방식으로 도출된다.

5. 조건부 등급결정법의 추정모형

조건부 등급결정법을 위한 기본적인 모형은 앞서 논의한 조건부 선택법이나 조건부 순위결정법과 같이 확률모형을 이용하여 정형화될 수 있다. 그러나 계량경제학적인 체계는 등급의 성격이 기수적이냐, 서수적이냐에 따라

서 여러 가지 방법들이 기존 연구들에서 사용되어 왔다. Roe et al.(1996)는 페놉스콧강의 언어관리에 관한 연구에서는 유계인(bounded) 정수형 자료의 성격을 반영하는 이중허들토빗(double-hurdle tobit) 모형을 사용하였다. 이러한 분석절차는 암묵적으로 선호가 기수적이라는 것을 가정한다(Morey, 1984). 그러나 Johnson and Desvousges(1997)는 응답자가 등급을 기수적으로 받아들일 것인가에 의문을 제기하며 등급을 서수적 추정치로 받아들였다. 즉 응답자들이 '8'을 '4'의 2배로, 혹은 '4'를 '2'의 2배로 받아들이는 지 여부는 명확하지 않다는 것이다. 따라서 그들은 모형의 추정에 서열프로빗(ordered probit)을 이용했다. 물론 서열프로빗의 문턱값(thresholds)들이 등간격(qually spaced)인지를 검정함으로써 기수성 여부를 체크할 수 있다.

또한 선호의 이행성을 가정하여 등급을 순위로 재해석하면 확률효용모형의 틀에서 자료를 직접 분석하는 것이 가능하다. 이 경우 서수적 선호의 가정만 부과하는 단순한 서열로짓(ordered logit) 모형이 이용되거나(Mackenzie, 1993; Roe et al., 1996), 다항로짓이 이용된다(Lareau and Rae, 1989). 이산로짓모형을 이용할 경우, 조건부 등급결정법 모형은 응답자가 현재상태에 대한재화의 등급을 더 높게 혹은 더 낮게 매기느냐 여부를 평가함으로써 추정될 수 있다. 즉 등급자료는 이행성(transitivity)을 가정하면 순위자료가 되며, 현재 상태와의 비교를 통해 이산자료가 될 수 있다.

한편 조건부 등급결정법의 등급자료로부터 보상잉여의 추정치를 유도하는 절차는 다음과 같다. 우선 간접효용함수 $V_i(\cdot)$ 가 응답자가 선택대안 i 로부터 얻는 효용이고, 효용은 변환함수 $t(\cdot)$ 를 통해 등급 $r_i(\cdot)$ 로 변환된다고 가정한다면, $t(\cdot)$ 는 아래 식 (부록3-14)과 같이 된다.

$$r_i(p_i, Z_i, m, S) = t [V_i(p_i, Z_i, m, S)] \quad (\text{부록3-14})$$

여기서 p_i 는 가격속성, Z_i 는 i 번째 재화의 속성벡터, m 은 소득을 나타내며, S 는 개인의 특성벡터, $t(\cdot)$ 는 $V_i > V_j \Leftrightarrow r_i > r_j$ 를 만족하는 단조함수로서 서로 다른 재화묶음에 대한 상대적 효용을 유계인(bounded) 정수의 등급에 대응하기 위한 변환함수이다.

현재상태의 재화 0로부터 대안재화 i 로의 이동은 다음 식 (부록3-15)와 같이 정의된다.

$$r_i(p_i, Z_i, m - C_i, S) - r_0(p_0, Z_0, m, S) = 0 \quad (\text{부록3-15})$$

여기서 C_i 는 Hicks적 보상잉여를 나타낸다. C_i 를 얻기 위해 식 (부록3-15)를 풀면, 아래 식 (부록3-16)을 얻을 수 있으며, 이때 $f(\cdot)$ 는 소득변수에 대한 $r_i(\cdot)$ 의 역함수이다.

$$C_i = m - f[r_0(p_i, Z_i, m, S), p_i, Z_i, S] \quad (\text{부록3-16})$$

이전의 조건부 등급결정법에 대한 연구들은 가정에 따라 다양한 형태의 $r_i(\cdot)$ 함수를 가정하였다. 예를 들어, Mackenzie (1993) 등은 종종 조건부 결정법의 등급 r_i 를 아래 식 (부록3-17)과 같이 소득변수를 제외한 선형함수형태로 가정하였다.

$$r_i = r_i(Z_i, p_i) = \beta_1 Z_{i1} + \beta_2 Z_{i2} + \beta_3 Z_{i3} + \beta_4 Z_{i4} + \dots + \beta_p p_i \quad (\text{부록3-17})$$

이 모형에서는 속성수준과 p_i 가 등급에 대해 회귀되며, 속성 Z_{ik} 과 Z_{ij} 간의 한계대체율은 β_k/β_j 이고 속성 Z_{ik} 의 한계가치 또는 암묵가격은 β_k/β_{p_i} 가 된다.

Anderson and Bettencourt (1993), Mackenzie (1993) 등은 소득의 한계 효용이 선형으로 일정하다고 가정할 경우, $r_i(\cdot)$ 을 아래 식 (부록3-18)와 같이 함수형태로 가정하였다.

$$r_i(p_i, Z_i, m, S) = r(Z_i, S) + a(m - p_i) \quad (\text{부록3-18})$$

또한 $r_i(\cdot)$ 을 더 이상 소득에 의존하지 않게 하기 위하여 식 (부록3-16)을 차분하여 다음 식 (부록3-19)과 같이 사용되기도 한다.

$$\Delta r_i(\Delta p_i, Z_i, Z_0, S) = r(Z_i, S) - r(Z_0, S) + a\Delta p_i^i \quad (\text{부록3-19})$$

식 (부록3-19)은 종속변수가 등급의 변화이고 설명변수가 선택 대안의 속성 변화이므로 이전의 조건부 등급결정법 응용연구와는 다르다. Hicks적 보상잉여는 식 (부록3-17)이 0이 될 때까지 Δp_i 에 일정금액을 가감함으로써 계산된다. 식 (부록3-19)을 0으로 놓고 풀면, 아래 식 (부록3-20)을 얻을 수 있다. 응답자들이 현재상태와 비교상태에 대해 등급을 매기면 C_i 는 조건부 등급결정법 설계 내에서 고려되는 현재상태로부터의 임의의 변화로부터 유도될 수 있다.

$$C_i = \frac{r(Z_0, S) - r(Z_i, S)}{a} + \Delta p_i = -\frac{\Delta r_i(\Delta p_i, Z_i, Z_0, S)}{a} \quad (\text{부록3-20})$$

또한 화폐에 대해 비선형 함수를 가정할 경우, $r_i(\cdot)$ 을 아래 식 (부록 3-21)과 같이 함수형태로 나타낼 수 있다.

$$r_i(p_i, Z_i, m, S) = r(Z_i, S) + a \ln(m - p_i) \quad (\text{부록3-21})$$

또한 식 (부록3-21)을 차분하면 아래 식 (부록3-22)를 얻을 수 있다. 식 (부록3-21)의 차분된 식 (부록3-22)는 식 (부록3-18)의 차분된 식 (부록 3-19)와 달리 소득 변수가 여전히 남게 된다.

$$\Delta r_i(\Delta p_i, Z_i, Z_0, S) = r(Z_i, S) - r(Z_0, S) + a \ln \left[1 - \frac{\Delta p_i}{m - p_0} \right] \quad (\text{부록3-22})$$

식 (부록3-21)을 이용하여 C_i 를 구하며 다음 식 (부록3-23)과 같다.

$$C_i = (m - p_0) \left(1 - \exp \left\{ \frac{\Delta r_i(\Delta p_i, Z_i, Z_0, S)}{a} + \ln \left[1 - \frac{\Delta p_i}{m - p_0} \right] \right\} \right) - \Delta p_i \quad (\text{부록3-23})$$

[부록 4] 정부의 기초연구투자 현황

〈표 부록 4-1〉 과학기술분류별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만 원), 비중(%)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체	1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
기초과학, 정책	295,536 (39.7%)	112,410 (15.1%)	108,006 (14.5%)	228,341 (30.7%)
재료	83,362 (21.4%)	89,541 (22.9%)	201,716 (51.7%)	15,630 (4.0%)
정보, 전자	134,288 (6.3%)	363,845 (17.1%)	1,361,491 (64.2%)	262,088 (12.4%)
생명공학	597,157 (37.1%)	504,914 (31.4%)	369,891 (23.0%)	136,410 (8.5%)
기계, 제조공정	78,184 (9.2%)	154,576 (18.1%)	595,785 (69.8%)	24,409 (2.9%)
환경	75,696 (24.9%)	97,899 (32.2%)	115,189 (37.9%)	14,886 (4.9%)
에너지, 자원	128,417 (17.1%)	241,107 (32.0%)	323,341 (42.9%)	59,991 (8.0%)
건설, 교통, 안전	45,141 (12.1%)	97,962 (26.2%)	208,711 (55.9%)	21,761 (5.8%)
우주, 항공, 해양	108,968 (14.4%)	105,033 (13.8%)	505,976 (66.7%)	38,576 (5.1%)
기타	97,222 (11.3%)	91,086 (10.5%)	55,823 (6.5%)	620,045 (71.7%)
미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)

〈표 부록 4-2〉 6T분류별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만 원), 비중(%)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체	1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
IT	153,040 (8.0%)	349,937 (18.3%)	1,336,139 (70.0%)	68,764 (3.6%)
BT	571,993 (38.0%)	492,760 (32.7%)	378,108 (25.1%)	63,449 (4.2%)
NT	158,075 (37.8%)	95,367 (22.8%)	127,065 (30.4%)	38,100 (9.1%)
ST	28,094 (4.7%)	86,497 (14.5%)	468,874 (78.7%)	12,515 (2.1%)
ET	249,498 (23.1%)	280,359 (25.9%)	515,426 (47.6%)	36,412 (3.4%)
CT	5,345 (8.6%)	16,430 (26.4%)	31,709 (50.9%)	8,782 (14.1%)
기타	477,926 (14.9%)	537,023 (16.8%)	988,608 (30.9%)	1,194,115 (37.3%)
미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)

〈표 부록 4-3〉 수행주체별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만원), 비중(%)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체	1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
국공립연구소	203,460 (37.3%)	167,864 (30.8%)	75,498 (13.8%)	98,338 (18.0%)
출연연구소	711,321 (17.5%)	893,598 (22.0%)	1,543,057 (38.0%)	914,812 (22.5%)
대학	813,551 (37.0%)	519,776 (23.6%)	392,943 (17.9%)	471,556 (21.5%)
대기업	6,697 (1.1%)	93,137 (15.7%)	491,635 (83.0%)	826 (0.1%)
중소기업	21,508 (2.1%)	94,919 (9.4%)	897,078 (88.4%)	1,309 (0.1%)
정부부처	24,666 (5.4%)	10,554 (2.3%)	215,510 (46.8%)	210,087 (45.6%)
기타	81,099 (11.6%)	145,788 (20.8%)	260,771 (37.2%)	213,187 (30.4%)

〈표 부록 4-4〉 지역별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만원), 비중(%)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체	1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
서울시	586,385 (29.1%)	485,790 (24.1%)	591,102 (29.3%)	352,717 (17.5%)
대전시	391,611 (17.1%)	515,643 (22.5%)	1,039,852 (45.3%)	348,337 (15.2%)
경기도	200,263 (15.8%)	275,408 (21.7%)	619,442 (48.7%)	176,148 (13.9%)
지방	684,043 (17.1%)	648,795 (16.3%)	1,626,096 (40.7%)	1,032,913 (25.9%)

〈표 부록 4-5〉 기술수명주기별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만 원), 비중(%)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체	1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
도입기	859,846 (33.6%)	556,782 (21.8%)	875,972 (34.2%)	266,073 (10.4%)
성장기	394,848 (12.2%)	818,645 (25.3%)	1,930,615 (59.7%)	88,154 (2.7%)
성숙기	36,374 (3.4%)	157,285 (14.5%)	848,879 (78.5%)	39,236 (3.6%)
쇠퇴기	281 (4.0%)	573 (8.1%)	4,015 (57.0%)	2,180 (30.9%)
기타	352,622 (18.7%)	325,088 (17.2%)	186,448 (9.9%)	1,026,494 (54.3%)
미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)

〈표 부록 4-6〉 참여기관별 연구개발비 금액 및 비중

단위: 금액(백만원), 비중(%)

기관	참여여부	기초연구	응용연구	개발연구	기타
전체		1,862,302 (19.5%)	1,925,636 (20.1%)	3,876,492 (40.5%)	1,910,115 (19.9%)
기업	참여	159,598 (5.0%)	600,535 (18.7%)	2,187,366 (68.0%)	270,723 (8.4%)
	불참여	1,484,373 (26.7%)	1,257,838 (22.7%)	1,658,563 (29.9%)	1,151,414 (20.7%)
	미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)
대학	참여	434,828 (15.0%)	717,523 (24.8%)	1,616,170 (55.8%)	127,284 (4.4%)
	불참여	1,209,143 (20.6%)	1,140,850 (19.4%)	2,229,759 (38.0%)	1,294,853 (22.0%)
	미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)
국공립/출연 연구소	참여	191,266 (11.3%)	366,884 (21.7%)	1,050,245 (62.1%)	83,798 (5.0%)
	불참여	1,452,705 (20.5%)	1,491,489 (21.1%)	2,795,684 (39.5%)	1,338,339 (18.9%)
	미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)
외국	참여	195,368 (25.6%)	231,626 (30.4%)	314,455 (41.3%)	20,699 (2.7%)
	불참여	1,448,603 (18.1%)	1,626,747 (20.3%)	3,531,474 (44.1%)	1,401,438 (17.5%)
	미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)
기타	참여	72,158 (9.4%)	136,433 (17.8%)	453,167 (59.1%)	104,830 (13.7%)
	불참여	1,571,813 (19.6%)	1,721,940 (21.5%)	3,392,762 (42.4%)	1,317,307 (16.5%)
	미분류	218,331 (27.2%)	67,263 (8.4%)	30,563 (3.8%)	487,978 (60.7%)

[부록 5] OECD 주요국 데이터

〈표 부록 5-1〉 OECD 주요국의 SCI 논문건수

Member Countries	UK	Japan	France	Canada	Italy	Australia	Netherlands
1975년	31,912	18,116	20,157	17,419	7,469	7,756	4,898
1976년	33,269	19,445	21,148	18,279	6,318	8,154	5,197
1977년	36,209	23,061	25,659	20,775	9,157	9,462	6,431
1978년	37,185	25,291	25,161	20,527	9,564	9,818	6,731
1979년	37,912	27,288	26,861	21,022	10,080	10,860	7,421
1980년	39,346	30,803	28,460	21,916	11,128	11,236	7,706
1981년	42,404	32,801	28,497	21,761	12,727	12,030	8,466
1982년	44,252	34,758	30,307	23,635	13,767	11,849	9,480
1983년	47,716	36,324	31,122	25,905	14,692	13,119	10,641
1984년	50,012	39,897	32,061	27,505	16,028	13,234	11,351
1985년	50,943	42,828	34,318	29,219	16,674	13,246	12,110
1986년	51,826	44,530	35,774	30,394	16,874	13,491	12,654
1987년	53,552	48,869	37,291	30,859	17,438	13,520	13,146
1988년	52,822	46,553	37,000	31,041	18,357	14,075	13,432
1989년	48,967	46,158	34,616	28,228	18,377	13,084	13,053
1990년	50,729	48,383	35,172	30,162	19,016	13,737	13,952
1991년	51,373	51,450	36,768	31,125	20,791	14,296	14,233
1992년	54,335	54,645	39,056	32,674	22,813	15,204	15,332
1993년	58,019	58,463	41,803	34,841	25,141	16,819	17,021
1994년	60,296	62,572	44,103	35,454	26,800	17,629	17,678
1995년	65,814	66,325	48,051	36,902	29,820	19,169	19,168
1996년	67,273	71,016	49,620	36,952	31,961	19,835	19,868
1997년	68,761	74,835	52,294	37,331	34,458	21,209	20,882
1998년	71,132	77,503	53,991	36,899	35,907	22,146	21,255
1999년	73,177	79,677	54,863	38,182	36,618	22,755	21,629
2000년	75,842	82,295	54,842	38,975	37,707	23,640	22,146
2001년	72,918	81,060	53,994	38,542	38,731	23,640	21,788
2002년	74,249	85,352	55,464	40,627	41,043	24,788	23,277
2003년	76,738	89,167	56,701	43,576	43,471	26,800	24,477
2004년	79,756	80,063	59,297	47,735	47,271	28,875	26,389
2005년	83,169	89,138	61,409	51,389	49,919	30,482	28,412
2006년	87,119	92,713	64,959	55,114	53,813	33,476	30,025
2007년	89,864	88,798	65,785	56,071	57,410	34,764	30,881
cagr	4.82%	7.49%	5.52%	5.46%	9.71%	7.06%	8.73%
sum	1,918,891	1,850,177	1,376,604	1,091,036	851,340	584,198	531,130
max	89,864	92,713	65,785	56,071	57,410	34,764	30,881
min	31,912	18,116	20,157	17,419	6,318	7,756	4,898
sd	16466.06353	23490.60185	13322.81164	10160.11508	14476.81	7365.351521	7405.369

246 기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석

Member Countries	Spain	Sweden	Switzerland	Belgium	Korea	Denmark	Austria
1975년	1,372	5,863	5,629	3,387	54	3,050	2,067
1976년	1,537	5,972	5,536	3,244	49	3,153	1,721
1977년	3,381	6,686	7,188	4,371	90	3,866	2,847
1978년	3,644	6,980	7,593	4,475	89	3,856	2,969
1979년	3,308	7,213	7,881	4,654	142	4,028	3,208
1980년	3,886	7,569	8,203	5,094	162	4,163	3,358
1981년	4,070	8,255	8,582	5,214	274	4,540	3,410
1982년	4,908	9,233	8,774	5,883	340	4,760	3,570
1983년	5,744	9,889	9,185	5,869	462	5,050	3,698
1984년	6,215	10,301	9,193	6,220	550	5,201	4,011
1985년	6,964	11,018	9,671	6,276	695	5,399	4,120
1986년	8,049	11,039	9,977	6,423	803	5,846	4,291
1987년	8,817	11,074	10,205	7,024	1,057	5,627	4,273
1988년	9,365	11,304	9,346	6,586	1,249	5,568	4,439
1989년	9,945	10,437	8,580	6,266	1,523	5,291	4,044
1990년	10,601	10,933	9,285	6,361	1,691	5,399	4,187
1991년	11,811	11,205	9,771	6,640	2,209	5,611	4,296
1992년	13,718	11,603	10,710	7,155	2,530	6,256	4,790
1993년	15,189	12,521	11,581	7,673	3,385	6,506	4,957
1994년	16,025	13,244	12,486	8,633	4,328	7,049	5,332
1995년	18,212	14,433	12,959	9,492	6,452	7,511	6,104
1996년	19,874	14,899	13,487	10,035	7,969	7,521	6,667
1997년	21,915	15,572	14,724	10,633	10,070	8,363	7,684
1998년	23,855	16,269	15,342	11,292	11,730	8,811	7,748
1999년	25,088	16,712	15,847	11,648	13,746	8,960	8,395
2000년	24,977	16,626	16,388	11,585	15,119	9,317	8,314
2001년	26,464	17,081	15,865	11,780	17,508	9,233	8,955
2002년	28,528	17,647	16,804	12,649	19,376	9,563	9,217
2003년	29,907	17,836	17,748	13,507	22,733	9,988	9,731
2004년	33,038	18,744	19,620	14,549	26,958	10,541	10,635
2005년	35,599	19,435	20,003	15,501	29,267	11,193	10,916
2006년	39,323	20,414	22,369	16,345	32,137	11,668	11,480
2007년	42,871	20,716	23,329	17,289	33,305	12,204	12,585
cagr	16.94%	5.91%	6.68%	7.69%	33.91%	6.51%	8.56%
sum	518,200	418,723	403,861	283,753	268,052	225,092	194,019
max	42,871	20,716	23,329	17,289	33,305	12,204	12,585
min	1,372	5,863	5,536	3,244	49	3,050	1,721
sd	11879.66	4405.196	4753.464	3897.294	10546.94	2588.674	2976.162

Member Countries	Finland	Norway	Greece	Ireland	Portugal	Iceland	sum
1975년	1,816	2,063	538	1,402	148	8	135,124
1976년	1,854	1,988	872	1,443	143	38	139,360
1977년	2,330	2,454	713	1,641	180	48	166,549
1978년	2,608	2,429	718	1,697	168	59	171,562
1979년	2,770	2,603	799	1,676	198	56	179,980
1980년	2,960	2,740	984	1,906	245	63	191,928
1981년	3,123	2,707	1,159	1,923	293	64	202,300
1982년	3,587	2,959	1,257	2,221	377	105	216,022
1983년	3,838	3,278	1,342	2,206	445	80	230,605
1984년	4,071	3,278	1,375	2,613	456	76	243,648
1985년	4,128	3,471	1,604	2,545	460	121	255,810
1986년	4,326	3,286	1,813	2,768	625	127	264,916
1987년	4,379	3,313	1,938	2,697	695	109	275,883
1988년	4,364	3,274	1,976	2,649	714	108	274,222
1989년	3,974	2,975	2,170	2,435	733	124	260,980
1990년	4,298	3,180	2,028	2,661	931	153	272,859
1991년	4,545	3,332	2,543	2,784	1,024	168	285,975
1992년	4,940	3,680	2,620	2,799	1,217	187	306,264
1993년	5,441	3,840	3,001	3,038	1,352	204	330,795
1994년	5,904	4,067	3,300	3,319	1,584	222	350,025
1995년	6,343	4,516	3,613	3,737	1,888	264	380,773
1996년	6,775	4,624	4,027	4,026	2,049	255	398,733
1997년	7,315	4,740	4,502	4,255	2,478	284	422,305
1998년	7,598	5,156	2,070	4,715	2,810	375	436,604
1999년	8,002	5,168	5,199	4,592	3,433	337	454,028
2000년	8,211	5,263	5,824	5,047	3,612	342	466,072
2001년	8,273	5,495	6,239	5,051	4,009	403	467,029
2002년	8,473	5,596	6,898	5,254	4,641	437	489,883
2003년	8,770	5,887	7,438	5,555	5,101	466	515,597
2004년	9,235	6,555	8,697	6,512	5,815	495	540,780
2005년	9,171	7,176	9,593	6,880	6,226	513	575,391
2006년	10,025	8,061	10,999	7,598	7,757	588	615,983
2007년	10,134	8,468	12,060	8,033	7,724	634	632,925
cagr	8.13%	6.63%	15.18%	8.26%	19.69%	21.99%	7.27%
sum	183,581	137,622	119,909	117,678	69,531	7,513	11,150,910
max	10,134	8,468	12,060	8,033	7,757	634	632,925
min	1,816	1,988	538	1,402	143	8	135,124
sd	2527.211	1677.423	3166.479	1829.113	2283.578	176.0141	143293.6525

〈표 부록 5-2〉 OECD 주요국의 지식스톡 추이

year	AUSTRALIA	AUSTRIA	BELGIUM	CANADA	DENMARK	FINLAND	FRANCE
1976	38043.53	9179.147	15931.58	90653.75	15207.95	8528.079	104629.3
1977	41799	10649.28	17912.84	97830.69	16792.75	9578.867	114593.9
1978	45347.15	12020.88	19700.92	103683.1	18129.84	10750.04	122565.8
1979	49405.07	13425.75	21399.78	109152.6	19438.36	11907.53	131041.9
1980	53230.31	14769.89	23283.81	114695.7	20685.61	13081.4	139845.6
1981	57275.77	15964.41	25005.24	119252.4	22122.77	14242.19	147365.8
1982	60533.4	17139.74	27137.45	124999.5	23564.35	15692.86	155567.9
1983	64572.39	18266.78	28935.84	132154.6	25079.7	17176.93	163354.7
1984	68120.53	19537.77	30815.46	139836.4	26518.75	18671.39	170912.5
1985	71148.45	20727.1	32469.14	148079.9	27939.93	19998.68	179593.6
1986	73967.18	21909.04	34021.77	156261.9	29594.94	21324.88	188428.6
1987	76392.11	22895.68	35942.51	163681.7	30782.7	22505.15	197455.3
1988	79008.29	23900.33	37137.13	170170.4	31733.3	23493.38	204837
1989	80241.05	24359.28	37832.56	172872.8	32264.3	23943.37	208727.5
1990	81941.89	24892.39	38518.68	177103.9	32823.66	24649.86	212590.3
1991	83946.61	25454.53	39380.87	181663.3	33511.11	25497.39	217469.8
1992	86558.62	26426.35	40628.74	187087.8	34740.44	26612.78	223905.3
1993	90393.82	27419.4	42207.43	193865.7	36035.38	28061.86	232122.5
1994	94463.75	28638.49	44509.32	200239.8	37679.07	29756.58	241407.1
1995	99463.19	30446.71	47324.92	207105.8	39538.21	31636.09	253247.1
1996	104378.7	32546.71	50261.18	212992	41128.48	33665.68	264880
1997	109930.9	35348.7	53355	218374.2	43322.21	35930.83	277442
1998	115587.3	37794.4	56643.75	222517	45634.88	38139.2	289816.7
1999	121004.2	40520.24	59795.19	227321.5	47749.64	40420.32	301207.2
2000	126493.6	42756.2	62410.91	232198.3	49904.2	42568.27	310868.1
2001	131159.5	45297.77	64829.28	235910.5	51651.57	44456.03	318231.9
2002	136273.6	47720.11	67753.88	241150.9	53466.83	46260.63	325961.1
2003	142632.6	50293.09	71097.8	248554.3	55434.81	48091.53	333768
2004	150112.7	53384.13	74982.13	259006.2	57660.59	50112.8	342999.8
총합계	2533425	793684.3	1201225	5088417	1000136	776754.6	6374836

year	GREECE	ICELAND	IRELAND	ITALY	JAPAN	KOREA	NETHERLANDS
1976	2387.079	56.3842	6566.804	32006.95	87905.31	142.8397	22741.58
1977	2742.017	95.92657	7222.783	36362.91	97780.52	211.4137	25761.34
1978	3048.714	140.5376	7836.366	40472.47	108404.4	268.7017	28628.14
1979	3390.407	175.4569	8336.911	44481.6	119431.8	370.3964	31754.92
1980	3865.846	212.1384	8992.374	48937.36	132320	476.8369	34697.68
1981	4444.969	244.3176	9566.518	54323.76	145273	679.3114	37959.03
1982	5035.224	312.67	10352.54	59942.19	158240.1	917.4147	41745.17
1983	5621.94	345.7695	11005.66	65642.87	170828	1241.802	46124.4
1984	6153.649	369.9041	11967.81	71824.44	185100.8	1605.532	50556.74
1985	6834.602	435.4185	12717.64	77724.77	200163.7	2059.702	55083.23
1986	7622.412	497.1057	13577.99	82940.05	214669.2	2553.747	59474.74
1987	8417.05	531.5398	14238.29	87937.05	231337.8	3227.685	63699.53
1988	9130.492	559.8089	14751.55	93103.49	243190.1	3992.532	67576.6
1989	9930.919	599.8375	14973.82	97514.97	252869.6	4916.652	70493.11
1990	10469.28	662.8619	15388.74	101903.7	263322.2	5870.154	73871.14
1991	11441.89	731.4326	15864.43	107409.2	275273.8	7198.631	77023.47
1992	12345.61	808.7177	16283.77	114110.8	288627.8	8648.837	80801.95
1993	13494.76	891.4101	16879.2	122135.2	303796.6	10736.51	85702.66
1994	14770.55	979.6986	17666.32	130614.9	320799.1	13454.03	90525.26
1995	16167.97	1096.744	18753.37	140842.7	339004.2	17887.93	96114.47
1996	17769.77	1187.232	19966.37	151677.3	359169.6	23173.74	101565.3
1997	19606.31	1293.147	21226.41	163383.7	380129.2	29767.68	107212.5
1998	18735.36	1474.175	22757.45	174783.1	400612.8	37032.53	112385.6
1999	21124.06	1590.049	23935.83	185183.7	420197.9	45223.65	117156.8
2000	23779.45	1693.542	25392.46	195113.1	439463.2	53559.1	121729.3
2001	26451.53	1842.51	26634.59	204577.1	454603.7	63033.24	125257.9
2002	29381.8	2003.134	27893.4	214933.6	471765.2	72954.25	129746.2
2003	32412.53	2168.664	29264.39	226164.5	490167.4	84744.11	134761.3
2004	36247.65	2338.364	31386.73	239510.9	496705.3	98990.5	140936.1
총합계	382823.8	25338.5	481400.5	3365558	8051152	594939.5	2231086

250 기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석

year	NORWAY	PORTUGAL	SPAIN	SWEDEN	SWITZERLAND	UK	총합계
1976	10095.3	505.6003	5188.751	29810.73	27609.53	170137.3	677327.4
1977	11035.01	609.7602	7791.438	32025.12	30656.1	180825.7	742277.3
1978	11808.75	686.2962	10266.72	34201.35	33650.68	190886.9	802497.7
1979	12640.44	781.3518	12034.71	36284.15	36484.08	200165.8	862103.1
1980	13484.38	909.149	14115.51	38410.53	39214.47	209486.9	924715.6
1981	14168.72	1065.777	16068.18	40903.95	41914.3	220467.9	988308.3
1982	15002.41	1282.91	18565.95	44001.36	44401.15	231649.7	1056084
1983	16030.05	1535.474	21525.06	47290.15	46925.98	244618.3	1128276
1984	16903.54	1761.153	24511.3	50497.63	49080.08	257937.5	1202683
1985	17839.01	1956.98	27798.61	53940.99	51389.07	270189.9	1278091
1986	18449.16	2288.433	31677.82	56888.84	53657.71	281487.4	1351293
1987	18994.79	2640.168	35743.14	59429.51	55814.05	292816.3	1424482
1988	19419.57	2958.143	39746.67	61819.09	56787.95	301715.9	1485032
1989	19481.63	3247.421	43729.67	62983.22	56849.75	305425.5	1523257
1990	19739.39	3691.308	47771.22	64468.74	57607.29	310340.7	1567627
1991	20110.48	4161.612	52416.54	66003.43	58737.2	315162.6	1618458
1992	20773.91	4754.37	58272.06	67705.91	60636.62	322223.2	1681954
1993	21497.82	5393.215	64720.25	70071.03	63122.12	331908.7	1760456
1994	22340.15	6168.232	71037.21	72804.37	66139.81	342418.4	1846412
1995	23505.13	7130.998	78593.63	76316.72	69177.84	356869.6	1950223
1996	24603.36	8110.348	86678.58	79768.21	72288.16	370612.2	2056423
1997	25652.85	9371.796	95591.8	83374.98	76168.94	383781.4	2170264
1998	26960.93	10776.03	105108	87137.73	80085.6	397346.2	2281329
1999	28084.79	12592.62	114429.8	90779.07	83919.76	410921.2	2393157
2000	29135.07	14315.73	122242.3	93788.21	87719.79	425125	2500256
2001	30259.81	16177.37	130370	96800.98	90426.82	434274.3	2592246
2002	31316.84	18391.76	139342.5	99927.83	93666.8	443382.1	2693292
2003	32506.31	20734	148348.1	102774.7	97364.78	453612.8	2804896
2004	34185.36	23438.9	159133.9	106102.5	102380.1	465326.9	2924941
총합계	606024.9	187436.9	1782820	1906311	1783876	9121116	48288362

〈표 부록 5-3〉 OECD 주요국의 총요소생산성

year	AUSTRALIA	AUSTRIA	BELGIUM	CANADA	DENMARK	FINLAND	FRANCE
1976	9.614589	9.622037	10.01422	11.02728	9.236529	6.73653	9.807352
1977	9.523277	9.884605	10.03819	11.14151	9.261206	6.864303	9.990558
1978	9.816432	9.733487	10.25315	11.202	9.368261	7.082695	10.22562
1979	9.952054	10.09392	10.36904	11.13607	9.323049	7.400436	10.46776
1980	9.949546	10.14098	10.7579	11.00424	9.171924	7.578297	10.56668
1981	10.02121	9.998591	10.83295	10.95188	9.259882	7.646039	10.69871
1982	9.717861	9.917675	10.96423	10.76322	9.502505	7.795317	10.92411
1983	10.24213	10.22473	11.04918	10.91504	9.625635	7.941478	11.08518
1984	10.42328	10.00148	11.30392	11.2614	9.757331	8.103302	11.27905
1985	10.535	10.19864	11.4095	11.45943	9.890193	8.285436	11.46329
1986	10.41057	10.2559	11.52316	11.36939	9.935996	8.451979	11.61266
1987	10.68308	10.30928	11.70302	11.48582	9.848327	8.790696	11.75015
1988	10.71066	10.56613	12.05641	11.6475	9.890419	9.127457	12.08567
1989	10.64678	10.78724	12.23411	11.60892	9.999618	9.287386	12.31128
1990	10.41396	11.03318	12.37239	11.44066	9.98842	9.193019	12.43343
1991	10.52784	11.16772	12.48253	11.23564	10.16204	8.90036	12.46559
1992	10.85652	11.19181	12.60698	11.29994	10.33455	9.011548	12.65831
1993	11.21545	11.08023	12.46696	11.42255	10.47843	9.315964	12.57404
1994	11.33182	10.99593	12.81753	11.71508	11.16048	9.75173	12.74854
1995	11.35554	11.0813	12.97009	11.8022	11.27228	9.939542	12.88634
1996	11.5921	11.39448	12.98555	11.83791	11.44459	10.21378	12.92138
1997	11.97593	11.50959	13.26558	12.02592	11.55873	10.67277	13.10319
1998	12.19487	11.82016	13.30389	12.17154	11.68742	10.98646	13.30995
1999	12.38339	12.02948	13.4935	12.48065	11.86055	11.06224	13.46538
2000	12.21311	12.30258	14.19869	12.76489	12.11647	11.43242	13.63415
2001	12.46893	12.26862	14.22902	12.75164	12.09402	11.38934	13.6302
2002	12.53164	12.37124	14.31912	12.80951	12.10354	11.58543	13.64119
2003	12.70513	12.40399	14.33127	12.73181	12.16514	11.85803	13.63892
2004	12.5362	11.72248	13.62548	12.66562	12.03752	12.21701	13.6317

252 기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석

year	GREECE	ICELAND	IRELAND	ITALY	JAPAN	KOREA	NETHERLANDS
1976	7.964984	9.165944	7.653369	9.233807	7.101529	5.11594	10.34193
1977	8.218107	9.785705	8.072615	9.351751	7.290125	5.289627	10.49234
1978	8.693097	10.02685	8.359324	9.628285	7.545163	5.336452	10.62715
1979	8.815207	10.31421	8.274387	10.04223	7.816039	5.396452	10.68832
1980	8.732962	10.50649	8.332569	10.24667	7.912264	5.125211	10.60733
1981	8.259393	10.45725	8.517321	10.26164	8.032745	5.206096	10.38816
1982	8.182404	10.36069	8.575713	10.30947	8.135292	5.341099	10.33367
1983	7.996881	9.988227	8.583265	10.38182	8.117458	5.70567	10.5909
1984	8.123223	10.19402	8.98447	10.6028	8.282687	6.005966	10.85433
1985	8.246574	10.17567	9.169281	10.84468	8.595914	6.07654	10.96444
1986	8.245783	10.499	9.08186	11.03604	8.731229	6.371617	11.14579
1987	8.049892	10.83068	9.407988	11.32832	8.920403	6.607088	10.44994
1988	8.283051	10.92167	9.835533	11.62306	9.310843	6.923759	10.51228
1989	8.550845	10.98778	10.33173	11.88474	9.5576	6.943739	10.79665
1990	8.445434	11.01935	10.74262	11.89569	9.79223	7.138148	10.92564
1991	8.819351	10.30927	10.8911	11.91549	9.864493	7.3463	10.92217
1992	8.764722	9.931496	11.11873	11.99925	9.781456	7.419161	10.94546
1993	8.555283	10.07658	11.22488	12.24853	9.699053	7.561967	10.91426
1994	8.59665	10.36863	11.51344	12.6278	9.719911	7.770983	11.11213
1995	8.702382	10.15668	12.08873	13.00488	9.831179	8.046097	11.15677
1996	8.801193	10.59653	12.59409	13.04868	10.04837	8.214906	11.27034
1997	9.108132	11.0694	13.4694	13.22263	10.06432	8.268545	11.3805
1998	9.172814	11.20581	13.56288	13.29922	9.934423	7.916862	11.55594
1999	9.464543	11.25838	14.07434	13.33657	9.912885	8.420926	11.71338
2000	9.796411	11.50382	14.53968	13.48331	10.10215	8.711466	11.88547
2001	10.2092	11.61835	14.86604	13.44837	10.10176	8.77691	11.83587
2002	10.44304	11.51644	15.29132	13.28541	10.1172	9.05769	11.67458
2003	10.68524	11.57096	15.51191	13.1616	10.22077	9.195837	11.51363
2004	10.89782	12.41311	15.32693	12.22323	10.21752	9.359493	11.50415

year	NORWAY	PORTUGAL	SPAIN	SWEDEN	SWITZERLAND	UK
1976	9.123997	5.937271	8.765456	8.592818	9.692389	9.081498
1977	9.259916	6.218833	8.925189	8.409587	9.897169	9.246265
1978	9.381572	6.346081	9.086441	8.513522	9.825431	9.455715
1979	9.654517	6.546067	9.117444	8.718869	9.984987	9.553045
1980	10.00235	6.6753	9.437553	8.75961	10.21228	9.333153
1981	9.908918	6.740057	9.548428	8.733696	10.20552	9.436267
1982	9.830247	6.8029	9.677194	8.830078	9.989327	9.704083
1983	10.09728	6.507757	9.819407	8.967867	10.02805	10.08953
1984	10.49704	6.417466	10.1417	9.275217	10.23492	10.12704
1985	10.79397	6.596513	10.40666	9.372629	10.42198	10.30749
1986	10.83431	6.82902	10.54257	9.640427	10.36701	10.6134
1987	10.84039	7.081369	10.66458	9.84023	10.27274	10.90193
1988	10.80547	7.403589	10.79646	9.940689	10.35971	11.04244
1989	11.09985	7.682551	10.91071	10.02744	10.60709	10.92094
1990	11.38646	7.564889	10.99207	9.989271	10.69461	10.82967
1991	11.85092	7.919804	11.07785	9.968451	10.03385	10.75883
1992	12.23054	8.006312	11.21414	10.1238	10.07199	10.90922
1993	12.52877	7.872217	11.35051	10.33946	10.05152	11.20037
1994	12.99025	7.890759	11.55397	10.79503	10.25958	11.55379
1995	13.30034	8.186672	11.58031	11.07097	10.22777	11.71664
1996	13.66082	8.356267	11.55812	11.22759	10.2001	11.85718
1997	13.9748	8.47263	11.63081	11.53756	10.3875	11.97769
1998	13.96844	8.310009	11.69322	11.79146	10.48043	12.14938
1999	14.09484	8.423883	11.65845	12.07304	10.51677	12.30303
2000	14.34201	8.462531	11.6546	12.33063	10.77928	12.56292
2001	14.58571	8.417808	11.61791	12.23223	10.7113	12.63146
2002	14.62112	8.34775	11.62453	12.40929	10.65247	12.65343
2003	14.79604	8.241337	11.60321	12.58361	10.57586	12.76638
2004	14.87446	8.225432	11.62037	12.80397	10.73042	13.11225

[부록 6] 기초연구 R&D스톡의 경제적 파급효과 추정결과

〈표 부록 6-1〉 SUR: 기초 R&D 와 응용R&D(flow)

System: SYS02				
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression				
Date: 07/24/08 Time: 17:25				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (unbalanced) observations 96				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	4.622024	3.31289	1.395164	0.1673
C(2)	-0.95351	0.588821	-1.61936	0.1097
C(3)	0.571057	0.609437	0.937023	0.3519
C(4)	0.13192	0.245248	0.537906	0.5923
C(5)	-0.0045	0.036245	-0.12427	0.9014
C(6)	0.015495	0.023485	0.659775	0.5115
C(7)	0.165979	0.07674	2.162873	0.0339*
C(8)	0.047235	0.015765	2.996149	0.0037*
C(9)	-0.04932	0.012922	-3.81705	0.0003*
C(10)	0.902847	0.328521	2.74822	0.0076*
C(11)	-0.09626	0.060961	-1.57907	0.1187
C(12)	0.055528	0.060729	0.914353	0.3636
C(13)	-1.00825	0.644275	-1.56494	0.122
C(14)	0.094939	0.063189	1.502459	0.1374
C(15)	0.018814	0.061384	0.306502	0.7601
C(16)	-0.15821	0.229031	-0.69077	0.4919
C(17)	-0.01104	0.030775	-0.35869	0.7209
C(18)	0.042888	0.036546	1.173521	0.2445
C(19)	-2.50213	0.448685	-5.57658	0*
C(20)	0.06881	0.043075	1.597441	0.1145
C(21)	0.130501	0.022965	5.682531	0*
C(22)	-0.18677	0.1265	-1.47644	0.1442
C(23)	0.060981	0.034152	1.785604	0.0784**
C(24)	-0.0223	0.037158	-0.60017	0.5503

Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(ARD_FOOD) +C(3)			
*LOG(BRD_FOOD)			
Observations: 5			
R-squared	0.295924	Mean dependent var	0.41201
Equation: TFP_TEXTILES = C(4) + C(5)*LOG(ARD_TEXTILES) +C(6)			
*LOG(BRD_TEXTILES)			
Observations: 13			
R-squared	0.053919	Mean dependent var	0.225415
Equation: TFP_WOOD = C(7) + C(8)*LOG(ARD_WOOD) +C(9)			
*LOG(BRD_WOOD)			
Observations: 13			
R-squared	0.125174	Mean dependent var	0.192053
Equation: TFP_CHEMICALS = C(10) + C(11)*LOG(ARD_CHEMICALS)			
+C(12)*LOG(BRD_CHEMICALS)			
Observations: 13			
R-squared	0.112988	Mean dependent var	0.342659
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(13) + C(14)*LOG(ARD_NONMETALLIC)			
+C(15)*LOG(BRD_NONMETALLIC)			
Observations: 13			
R-squared	0.215227	Mean dependent var	0.081116
Equation: TFP_METALS = C(16) + C(17)*LOG(ARD_METALS) +C(18)			
*LOG(BRD_METALS)			
Observations: 13			
R-squared	0.115885	Mean dependent var	0.124785
Equation: TFP_MACHINERY = C(19) + C(20)*LOG(ARD_MACHINERY)			
+C(21)*LOG(BRD_MACHINERY)			
Observations: 13			
R-squared	0.808531	Mean dependent var	0.192165
Equation: TFP_OTHER = C(22) + C(23)*LOG(ARD_OTHER) +C(24)			
*LOG(BRD_OTHER)			
Observations: 13			
R-squared	0.328747	Mean dependent var	0.178075

〈표 부록 6-2〉 SUR: 정부 R&D 와 민간R&D(flow)

System: SYS01				
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression				
Date: 07/24/08 Time: 17:08				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (unbalanced) observations 96				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	20.16608	7.088417	2.844934	0.0058
C(2)	0.310442	0.119403	2.599945	0.0113
C(3)	-1.92098	0.675705	-2.84293	0.0058
C(4)	-0.50365	0.506685	-0.99401	0.3235
C(5)	0.000441	0.027523	0.016025	0.9873
C(6)	0.065373	0.048576	1.345773	0.1826
C(7)	0.635743	0.20914	3.039798	0.0033
C(8)	0.013497	0.007086	1.904665	0.0608
C(9)	-0.05131	0.020518	-2.50077	0.0147
C(10)	0.530789	0.646396	0.821152	0.4143
C(11)	-0.19727	0.055358	-3.56344	0.0007
C(12)	0.145377	0.08226	1.767294	0.0814
C(13)	-2.77043	0.705453	-3.92716	0.0002
C(14)	0.077346	0.028863	2.679733	0.0091
C(15)	0.196067	0.061327	3.197066	0.0021
C(16)	0.027522	0.323685	0.085028	0.9325
C(17)	-0.03919	0.018748	-2.09021	0.0401
C(18)	0.043018	0.039491	1.089298	0.2797
C(19)	-2.25767	0.361983	-6.23696	0
C(20)	0.190711	0.05201	3.666804	0.0005
C(21)	-0.00656	0.058934	-0.11128	0.9117
C(22)	-0.76507	0.176993	-4.32262	0
C(23)	-0.0582	0.026977	-2.15728	0.0343
C(24)	0.132004	0.0288	4.583492	0
Determinant residual covariance		5.78E-22		
Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(GRD_FOOD) +C(3)				
*LOG(PRD_FOOD)				
Observations: 5				
R-squared	0.3149	Mean dependent var		0.41201
Adjusted R-squared	-0.3702	S.D. dependent var		0.179801

S.E. of regression	0.210467	Sum squared resid	0.088592
Durbin-Watson stat	0.607712		
Equation: TFP_TEXTILES = C(4) + C(5)*LOG(GRD_TEXTILES) +C(6) *LOG(PRD_TEXTILES)			
Observations: 13			
R-squared	0.101537	Mean dependent var	0.225415
Adjusted R-squared	-0.07816	S.D. dependent var	0.081999
S.E. of regression	0.085143	Sum squared resid	0.072494
Durbin-Watson stat	0.626929		
Equation: TFP_WOOD = C(7) + C(8)*LOG(GRD_WOOD) +C(9) *LOG(PRD_WOOD)			
Observations: 13			
R-squared	0.187286	Mean dependent var	0.192053
Adjusted R-squared	0.024743	S.D. dependent var	0.057529
S.E. of regression	0.056812	Sum squared resid	0.032276
Durbin-Watson stat	1.911681		
Equation: TFP_CHEMICALS = C(10) + C(11)*LOG(GRD_CHEMICALS) +C(12)*LOG(PRD_CHEMICALS)			
Observations: 13			
R-squared	0.469614	Mean dependent var	0.342659
Adjusted R-squared	0.363537	S.D. dependent var	0.074251
S.E. of regression	0.059236	Sum squared resid	0.035089
Durbin-Watson stat	2.086578		
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(13) + C(14)*LOG(GRD_NONMETALLIC) +C(15)*LOG(PRD_NONMETALLIC)			
Observations: 13			
R-squared	0.592293	Mean dependent var	0.081116
Adjusted R-squared	0.510752	S.D. dependent var	0.134111
S.E. of regression	0.093806	Sum squared resid	0.087995
Durbin-Watson stat	1.356265		
Equation: TFP_METALS = C(16) + C(17)*LOG(GRD_METALS) +C(18) *LOG(PRD_METALS)			
Observations: 13			
R-squared	0.17558	Mean dependent var	0.124785
Adjusted R-squared	0.010695	S.D. dependent var	0.051066
S.E. of regression	0.050792	Sum squared resid	0.025798
Durbin-Watson stat	1.403035		
Equation: TFP_MACHINERY = C(19) + C(20)*LOG(GRD_MACHINERY) +C(21)*LOG(PRD_MACHINERY)			
Observations: 13			
R-squared	0.853376	Mean dependent var	0.192165
Adjusted R-squared	0.824052	S.D. dependent var	0.144941
S.E. of regression	0.060797	Sum squared resid	0.036963
Durbin-Watson stat	2.046464		
Equation: TFP_OTHER = C(22) + C(23)*LOG(GRD_OTHER) +C(24) *LOG(PRD_OTHER)			
Observations: 13			
R-squared	0.427756	Mean dependent var	0.178075
Adjusted R-squared	0.313307	S.D. dependent var	0.109761
S.E. of regression	0.090956	Sum squared resid	0.082729
Durbin-Watson stat	1.132309		

〈표 부록 6-3〉 2SLS: 응용 R&D 와 기초 R&D

System: SYS03				
Estimation Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 07/25/08 Time: 10:50				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (unbalanced) observations 96				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	4.995901	5.705959	0.875559	0.3842
C(2)	-0.95406	1.004504	-0.94978	0.3454
C(3)	0.52859	1.047372	0.504682	0.6153
C(4)	-0.31496	0.947112	-0.33255	0.7404
C(5)	0.014031	0.149254	0.094008	0.9254
C(6)	0.045823	0.073218	0.625839	0.5334
C(7)	0.058153	0.247602	0.234866	0.815
C(8)	0.039407	0.067227	0.58618	0.5596
C(9)	-0.0266	0.054414	-0.48875	0.6265
C(10)	1.406474	0.762257	1.845143	0.0691**
C(11)	-0.11278	0.179724	-0.62753	0.5323
C(12)	0.029512	0.172642	0.170945	0.8647
C(13)	-3.58654	1.637658	-2.19004	0.0318*
C(14)	0.22856	0.132065	1.730671	0.0878**
C(15)	0.159732	0.156328	1.021776	0.3103
C(16)	-0.29263	0.348694	-0.83922	0.4041
C(17)	0.018045	0.048471	0.372281	0.7108
C(18)	0.024815	0.05974	0.415378	0.6791
C(19)	-4.15633	1.025407	-4.05334	0.0001*
C(20)	0.1833	0.100298	1.827562	0.0718**
C(21)	0.133679	0.045137	2.961602	0.0041*
C(22)	-0.34669	0.247803	-1.39906	0.1661
C(23)	0.054638	0.067226	0.81275	0.419
C(24)	0.00555	0.073143	0.075879	0.9397
Determinant residual covariance		6.85E-21		
Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(ARD_FOOD) +C(3)				
*LOG(BRD_FOOD)				
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD				
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC				
Observations: 5				
R-squared	0.376866	Mean dependent var		0.41201

Adjusted R-squared	-0.24627	S.D. dependent var	0.179801
S.E. of regression	0.200723	Sum squared resid	0.080579
Durbin-Watson stat	0.616243		
Equation: TFP_TEXTILES = C(4) + C(5)*LOG(ARD_TEXTILES) +C(6)			
*LOG(BRD_TEXTILES)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.024168	Mean dependent var	0.225415
Adjusted R-squared	-0.171	S.D. dependent var	0.081999
S.E. of regression	0.088734	Sum squared resid	0.078737
Durbin-Watson stat	0.696391		
Equation: TFP_WOOD = C(7) + C(8)*LOG(ARD_WOOD) +C(9)			
*LOG(BRD_WOOD)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.097949	Mean dependent var	0.192053
Adjusted R-squared	-0.08246	S.D. dependent var	0.057529
S.E. of regression	0.059853	Sum squared resid	0.035824
Durbin-Watson stat	1.960353		
Equation: TFP_CHEMICALS = C(10) + C(11)*LOG(ARD_CHEMICALS)			
+C(12)*LOG(BRD_CHEMICALS)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.139368	Mean dependent var	0.342659
Adjusted R-squared	-0.03276	S.D. dependent var	0.074251
S.E. of regression	0.075457	Sum squared resid	0.056938
Durbin-Watson stat	1.286346		
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(13) + C(14)*LOG(ARD_NONMETALLIC)			
+C(15)*LOG(BRD_NONMETALLIC)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			

Observations: 13			
R-squared	0.186066	Mean dependent var	0.081116
Adjusted R-squared	0.02328	S.D. dependent var	0.134111
S.E. of regression	0.132541	Sum squared resid	0.175671
Durbin-Watson stat	1.006423		
Equation: TFP_METALS = C(16) + C(17)*LOG(ARD_METALS) +C(18)			
*LOG(BRD_METALS)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.154537	Mean dependent var	0.124785
Adjusted R-squared	-0.01456	S.D. dependent var	0.051066
S.E. of regression	0.051436	Sum squared resid	0.026457
Durbin-Watson stat	1.547989		
Equation: TFP_MACHINERY = C(19) + C(20)*LOG(ARD_MACHINERY)			
+C(21)*LOG(BRD_MACHINERY)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.830892	Mean dependent var	0.192165
Adjusted R-squared	0.79707	S.D. dependent var	0.144941
S.E. of regression	0.065292	Sum squared resid	0.042631
Durbin-Watson stat	2.671201		
Equation: TFP_OTHER = C(22) + C(23)*LOG(ARD_OTHER) +C(24)			
*LOG(BRD_OTHER)			
Instruments: GRD_FOOD GRD_TEXTILES GRD_WOOD			
GRD_CHEMICALS GRD_NONMETALLIC GRD_METALS			
GRD_MACHINERY GRD_OTHER C			
Observations: 13			
R-squared	0.355294	Mean dependent var	0.178075
Adjusted R-squared	0.226353	S.D. dependent var	0.109761
S.E. of regression	0.096543	Sum squared resid	0.093205
Durbin-Watson stat	1.126135		

〈표 부록 6-4〉 2SLS: 정부 R&D 와 민간 R&D

System: SYS04				
Estimation Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 07/25/08 Time: 10:53				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (unbalanced) observations 96				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	14.62712	12.71831	1.150084	0.2539
C(2)	0.231727	0.21941	1.056137	0.2944
C(3)	-1.39059	1.21328	-1.14614	0.2555
C(4)	-0.91941	0.895514	-1.02669	0.308
C(5)	0.042365	0.060348	0.702009	0.4849
C(6)	0.073373	0.085118	0.862018	0.3915
C(7)	0.636403	0.603935	1.053759	0.2955
C(8)	0.035928	0.027006	1.330377	0.1876
C(9)	-0.06673	0.054976	-1.21386	0.2288
C(10)	0.099159	0.941679	0.1053	0.9164
C(11)	-0.18953	0.08737	-2.16928	0.0334
C(12)	0.17058	0.126668	1.346678	0.1823
C(13)	-3.49489	1.023616	-3.41426	0.0011
C(14)	0.105511	0.040864	2.582028	0.0119
C(15)	0.239687	0.090162	2.658415	0.0097
C(16)	-0.08265	0.525669	-0.15723	0.8755
C(17)	-0.02096	0.041717	-0.50252	0.6168
C(18)	0.035613	0.073768	0.48277	0.6307
C(19)	-2.2125	0.865114	-2.55746	0.0127
C(20)	0.388481	0.165179	2.351885	0.0214
C(21)	-0.17852	0.184009	-0.97019	0.3352
C(22)	-0.81076	0.384795	-2.10699	0.0386
C(23)	-0.13863	0.081957	-1.69154	0.0951
C(24)	0.197094	0.078974	2.49567	0.0149
Determinant residual covariance		1.43E-20		
Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(GRD_FOOD) +C(3) *LOG(PRD_FOOD)				
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS ARD_NONMETALLIC				
Observations: 5				

R-squared	0.407194	Mean dependent var	0.41201
Adjusted R-squared	-0.18561	S.D. dependent var	0.179801
S.E. of regression	0.195777	Sum squared resid	0.076658
Durbin-Watson stat	0.216412		
Equation: TFP_TEXTILES = C(4) + C(5)*LOG(GRD_TEXTILES) +C(6) *LOG(PRD_TEXTILES)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.145429	Mean dependent var	0.225415
Adjusted R-squared	-0.02549	S.D. dependent var	0.081999
S.E. of regression	0.083038	Sum squared resid	0.068952
Durbin-Watson stat	0.765643		
Equation: TFP_WOOD = C(7) + C(8)*LOG(GRD_WOOD) +C(9) *LOG(PRD_WOOD)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.133159	Mean dependent var	0.192053
Adjusted R-squared	-0.04021	S.D. dependent var	0.057529
S.E. of regression	0.058674	Sum squared resid	0.034426
Durbin-Watson stat	1.842073		
Equation: TFP_CHEMICALS = C(10) + C(11)*LOG(GRD_CHEMICALS) +C(12)*LOG(PRD_CHEMICALS)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.488007	Mean dependent var	0.342659
Adjusted R-squared	0.385608	S.D. dependent var	0.074251
S.E. of regression	0.0582	Sum squared resid	0.033873
Durbin-Watson stat	2.022563		
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(13) + C(14)*LOG(GRD_NONMETALLIC) +C(15)*LOG(PRD_NONMETALLIC)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			

C			
Observations: 13			
R-squared	0.611525	Mean dependent var	0.081116
Adjusted R-squared	0.53383	S.D. dependent var	0.134111
S.E. of regression	0.091567	Sum squared resid	0.083845
Durbin-Watson stat	1.82818		
Equation: TFP_METALS = C(16) + C(17)*LOG(GRD_METALS) +C(18)			
*LOG(PRD_METALS)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS			
ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.154938	Mean dependent var	0.124785
Adjusted R-squared	-0.01408	S.D. dependent var	0.051066
S.E. of regression	0.051424	Sum squared resid	0.026444
Durbin-Watson stat	1.261782		
Equation: TFP_MACHINERY = C(19) + C(20)*LOG(GRD_MACHINERY)			
+C(21)*LOG(PRD_MACHINERY)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS			
ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.801029	Mean dependent var	0.192165
Adjusted R-squared	0.761234	S.D. dependent var	0.144941
S.E. of regression	0.070823	Sum squared resid	0.050159
Durbin-Watson stat	2.392168		
Equation: TFP_OTHER = C(22) + C(23)*LOG(GRD_OTHER) +C(24)			
*LOG(PRD_OTHER)			
Instruments: ARD_FOOD ARD_TEXTILES ARD_WOOD ARD_CHEMICALS			
ARD_NONMETALLIC ARD_METALS ARD_MACHINERY ARD_OTHER			
C			
Observations: 13			
R-squared	0.44194	Mean dependent var	0.178075
Adjusted R-squared	0.330329	S.D. dependent var	0.109761
S.E. of regression	0.089821	Sum squared resid	0.080679
Durbin-Watson stat	1.17453		

〈표 부록 6-5〉 SUR: 정부 R&D 와 민간 R&D(stock)

System: SYS05				
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression				
Date: 09/23/08 Time: 16:31				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (unbalanced) observations 96				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	54.73625	44.65321	1.225808	0.2243
C(2)	-3.666025	2.409288	-1.521622	0.1325
C(3)	-0.410530	0.959166	-0.428008	0.6699
C(4)	10.90715	1.192223	9.148582	0.0000
C(5)	2.873857	1.024641	2.804745	0.0065
C(6)	-2.756993	0.757279	-3.640656	0.0005
C(7)	0.208357	0.463221	0.449801	0.6542
C(8)	0.019104	0.017810	1.072707	0.2870
C(9)	-0.015980	0.044680	-0.357667	0.7216
C(10)	-8.031877	1.222957	-6.567586	0.0000
C(11)	-0.894124	0.099784	-8.960620	0.0000
C(12)	1.260203	0.155862	8.085352	0.0000
C(13)	-5.496186	0.729346	-7.535777	0.0000
C(14)	0.020244	0.022753	0.889701	0.3766
C(15)	0.402089	0.063092	6.373026	0.0000
C(16)	10.45690	3.328182	3.141926	0.0024
C(17)	-0.924443	0.274821	-3.363797	0.0012
C(18)	0.192372	0.067368	2.855530	0.0056
C(19)	-4.655384	0.920156	-5.059343	0.0000
C(20)	-0.172545	0.219025	-0.787787	0.4334
C(21)	0.427242	0.238913	1.788278	0.0779
C(22)	-0.371099	0.274243	-1.353174	0.1802
C(23)	0.252920	0.056167	4.502995	0.0000
C(24)	-0.154740	0.056475	-2.739954	0.0077
Determinant residual covariance		9.70E-26		
Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(GRDS_FOOD) +C(3)				
*LOG(PRDS_FOOD)				
Observations: 5				
R-squared	0.610440	Mean dependent var		0.412010

Adjusted R-squared	0.220880	S.D. dependent var	0.179801	
S.E. of regression	0.158706	Sum squared resid	0.050375	
Durbin-Watson stat	2.187126			
Equation: TFP_TEXTILES = C(4) + C(5)*LOG(GRDS_TEXTILES) +C(6)				
*LOG(PRDS_TEXTILES)				
Observations: 13				
R-squared	0.865848	Mean dependent var	0.225415	
Adjusted R-squared	0.839018	S.D. dependent var	0.081999	
S.E. of regression	0.032900	Sum squared resid	0.010824	
Durbin-Watson stat	2.688836			
Equation: TFP_WOOD = C(7) + C(8)*LOG(GRDS_WOOD) +C(9)				
*LOG(PRDS_WOOD)				
Observations: 13				
R-squared	0.009259	Mean dependent var	0.192053	
Adjusted R-squared	-0.188889	S.D. dependent var	0.057529	
S.E. of regression	0.062727	Sum squared resid	0.039347	
Durbin-Watson stat	1.732141			
Equation: TFP_CHEMICALS = C(10) + C(11)*LOG(GRDS_CHEMICALS)				
+C(12)*LOG(PRDS_CHEMICALS)				
Observations: 13				
R-squared	0.576985	Mean dependent var	0.342659	
Adjusted R-squared	0.492382	S.D. dependent var	0.074251	
S.E. of regression	0.052902	Sum squared resid	0.027986	
Durbin-Watson stat	2.127665			
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(13) + C(14)*LOG(GRDS_NONMETALLI				
C) +C(15)*LOG(PRDS_NONMETALLIC)				
Observations: 13				
R-squared	0.814994	Mean dependent var	0.081116	
Adjusted R-squared	0.777993	S.D. dependent var	0.134111	
S.E. of regression	0.063190	Sum squared resid	0.039930	
Durbin-Watson stat	2.111198			
Equation: TFP_METALS = C(16) + C(17)*LOG(GRDS_METALS) +C(18)				
*LOG(PRDS_METALS)				
Observations: 13				
R-squared	0.163070	Mean dependent var	0.124785	
Adjusted R-squared	-0.004316	S.D. dependent var	0.051066	
S.E. of regression	0.051176	Sum squared resid	0.026190	
Durbin-Watson stat	1.407370			

Equation: TFP_MACHINERY = C(19) + C(20)*LOG(GRDS_MACHINERY)				
+C(21)*LOG(PRDS_MACHINERY)				
Observations: 13				
R-squared	0.886134	Mean dependent var	0.192165	
Adjusted R-squared	0.863361	S.D. dependent var	0.144941	
S.E. of regression	0.053577	Sum squared resid	0.028705	
Durbin-Watson stat	2.240603			
Equation: TFP_OTHER = C(22) + C(23)*LOG(GRDS_OTHER) +C(24)				
*LOG(PRDS_OTHER)				
Observations: 13				
R-squared	0.652307	Mean dependent var	0.178075	
Adjusted R-squared	0.582769	S.D. dependent var	0.109761	
S.E. of regression	0.070898	Sum squared resid	0.050266	
Durbin-Watson stat	2.186684			

〈표 부록 6-6〉 SUR: 기초 R&D 와 응용 R&D(stock)

System: SYS06					
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression					
Date: 09/25/08 Time: 14:48					
Sample: 1993 2005					
Included observations: 13					
Total system (unbalanced) observations 83					
Linear estimation after one-step weighting matrix					
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
C(1)	94.00649	10.38978	9.047979	0.0000	
C(2)	17.82408	1.695032	10.51548	0.0000	
C(3)	-24.23019	2.415875	-10.02957	0.0000	
C(4)	0.279155	0.360794	0.773725	0.4420	
C(5)	-0.240268	0.144090	-1.667492	0.1005	
C(6)	0.216158	0.124360	1.738169	0.0871	
C(7)	1.954948	1.106017	1.767556	0.0821	
C(8)	-0.127920	0.359502	-0.355826	0.7232	
C(9)	0.006643	0.400162	0.016600	0.9868	
C(10)	-10.94608	2.186696	-5.005762	0.0000	
C(11)	1.146565	0.505779	2.266927	0.0269	
C(12)	-0.171662	0.317270	-0.541060	0.5904	
C(13)	-0.625823	0.496773	-1.259777	0.2125	
C(14)	0.018947	0.185053	0.102385	0.9188	
C(15)	0.043326	0.144112	0.300639	0.7647	
C(16)	-2.625220	0.521224	-5.036650	0.0000	
C(17)	0.236929	0.064063	3.698379	0.0005	
C(18)	-0.044074	0.083998	-0.524701	0.6017	
C(19)	-0.775052	0.324503	-2.388429	0.0200	
C(20)	0.206937	0.235124	0.880117	0.3822	
C(21)	-0.096651	0.229863	-0.420474	0.6756	
Determinant residual covariance		2.33E-21			
Equation: TFP_FOOD = C(1) + C(2)*LOG(BRDS_FOOD) +C(3)					
Observations: 5					
R-squared	0.969245	dependent var		0.412010	
Adjusted R-squared	0.938490	dependent var		0.179801	
S.E. of regression	0.044593	squared resid		0.003977	
Durbin-Watson stat	3.207254				
Equation: TFP_WOOD = C(4) + C(5)*LOG(BRDS_WOOD) +C(6)					

Observations: 13			
R-squared	-0.007339	dependent var	0.192053
Adjusted R-squared	-0.208807	dependent var	0.057529
S.E. of regression	0.063250	squared resid	0.040006
Durbin-Watson stat	1.680248		
Equation: TFP_CHEMICALS = C(7) + C(8)*LOG(BRDS_CHEMICALS) +C(9)			
Observations: 13			
R-squared	0.318678	dependent var	0.342659
Adjusted R-squared	0.182414	dependent var	0.074251
S.E. of regression	0.067138	squared resid	0.045075
Durbin-Watson stat	1.285377		
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(10) + C(11)*LOG(BRDS_NONMETALLI +C(12)*LOG(ARDS_NONMETALLIC)			
Observations: 13			
R-squared	0.871581	dependent var	0.081116
Adjusted R-squared	0.845897	dependent var	0.134111
S.E. of regression	0.052647	squared resid	0.027717
Durbin-Watson stat	2.050337		
Equation: TFP_METALS = C(13) + C(14)*LOG(BRDS_METALS) +C(15)			
Observations: 13			
R-squared	0.238579	dependent var	0.124785
Adjusted R-squared	0.086295	dependent var	0.051066
S.E. of regression	0.048813	squared resid	0.023827
Durbin-Watson stat	1.714923		
Equation: TFP_MACHINERY = C(16) + C(17)*LOG(BRDS_MACHINERY)			
Observations: 13			
R-squared	0.889528	dependent var	0.192165
Adjusted R-squared	0.867434	dependent var	0.144941
S.E. of regression	0.052772	squared resid	0.027849
Durbin-Watson stat	2.471713		
Equation: TFP_OTHER = C(19) + C(20)*LOG(BRDS_OTHER) +C(21)			
Observations: 13			
R-squared	0.578654	dependent var	0.178075
Adjusted R-squared	0.494385	dependent var	0.109761
S.E. of regression	0.078047	squared resid	0.060914
Durbin-Watson stat	1.475615		

〈표 부록 6-7〉 SUR: 간접 기초 R&D(stock)

System: SYS07				
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression				
Date: 09/25/08 Time: 15:23				
Sample: 1993 2005				
Included observations: 13				
Total system (balanced) observations 65				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	1.003921	0.123217	8.147616	0.0000
C(2)	1.26E-06	2.81E-07	4.477052	0.0000
C(3)	-1.05E-06	1.91E-07	-5.499041	0.0000
C(4)	-0.592904	0.199955	-2.965188	0.0046
C(5)	-8.36E-08	1.17E-06	-0.071417	0.9434
C(6)	2.92E-06	8.61E-07	3.387220	0.0014
C(7)	-0.118558	0.078915	-1.502358	0.1393
C(8)	-1.96E-06	8.26E-07	-2.376553	0.0213
C(9)	1.29E-06	4.49E-07	2.876911	0.0059
C(10)	1.008910	0.685168	1.472499	0.1472
C(11)	1.37E-05	7.09E-06	1.932846	0.0589
C(12)	-4.09E-06	4.30E-06	-0.950338	0.3465
C(13)	4.470251	1.235494	3.618190	0.0007
C(14)	1.42E-05	3.97E-06	3.580393	0.0008
C(15)	-1.69E-05	5.45E-06	-3.104946	0.0031
Determinant residual covariance		6.86E-17		
Equation: TFP_CHEMICALS = C(1) + C(2)*(IBRDS_CHEMICALS) +C(3)				
Observations: 13				
R-squared	0.696978	dependent var		0.342659
Adjusted R-squared	0.636374	dependent var		0.074251
S.E. of regression	0.044774	squared resid		0.020047
Durbin-Watson stat	2.341552			
Equation: TFP_NONMETALLIC = C(4) + C(5)*(IBRDS_NONMETALLIC)				
Observations: 13				
R-squared	0.850019	dependent var		0.081116
Adjusted R-squared	0.820023	dependent var		0.134111
S.E. of regression	0.056895	squared resid		0.032370

Durbin-Watson stat	2.508849			
Equation: TFP_METALS = C(7) + C(8)*(IBRDS_METALS) +C(9)				
Observations: 13				
R-squared	0.342470	dependent var	0.124785	
Adjusted R-squared	0.210964	dependent var	0.051066	
S.E. of regression	0.045361	squared resid	0.020576	
Durbin-Watson stat	1.885307			
Equation: TFP_MACHINERY = C(10) + C(11)*(IBRDS_MACHINERY) +C(12)				
Observations: 13				
R-squared	0.878375	dependent var	0.192165	
Adjusted R-squared	0.854050	dependent var	0.144941	
S.E. of regression	0.055372	squared resid	0.030661	
Durbin-Watson stat	2.112455			
Equation: TFP_OTHER = C(13) + C(14)*(IBRDS_OTHER) +C(15)				
Observations: 13				
R-squared	0.725317	dependent var	0.178075	
Adjusted R-squared	0.670380	dependent var	0.109761	
S.E. of regression	0.063017	squared resid	0.039711	
Durbin-Watson stat	2.265662			

[부록 7] 설문지 : 양성자가속기에 대한 서울시민 여론조사



135-080 서울특별시 강남구 역삼동 683-17 동양빌딩 TEL: 568-1183 FAX: 2188-9600

dsr@dsrgroup.co.kr, <http://www.dsrgroup.co.kr>

양성자가속기에 대한 서울시민 여론조사

ID		
----	--	--

안녕하십니까?

본 설문은 양성자가속기와 관련하여 귀하의 개인적인 의견을 묻고자 하는 목적으로 서울시의 의뢰를 받아 시행되는 것입니다. 본 설문에는 절대로 옳은 답이나 틀린 답이 있는 것은 아니므로 충분히 생각하신 후, 귀하 또는 귀하 가구의 입장에서 의견을 말씀해 주시면 됩니다. 만약 이해가 되지 않는 부분이 있으시면 설문조사사원에게 말씀해 주십시오. 귀하의 고견은 향후 양성자가속기 사업과 관련된 정책방향 수립에 큰 도움이 될 것입니다. 본 설문에서 응답한 귀하의 의견에 대해서는 통계법 제13조와 제14조에 의거하여 그 비밀이 철저히 보장되오니, 번거롭더라도 성실한 답변을 해 주시어 귀하의 고견을 정책 수립에 꼭 반영할 수 있도록 해 주시면 감사하겠습니다.

2008년 9월
동서리서치

통계법 33조 (비밀의 보호)

- ① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다
- ② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 이외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

동서리서치
담당연구원 김 종 현 (02) 2188-9678
실사연구원 김 희 경 (02) 2188-9701

설문조사에 앞서 표본대상을 선정하기 위해 몇 가지 여쭙어 보겠습니다.
본 조사는 만 20세 이상 64세 이하의 세대주 혹은 주부만 대상으로 합니다.

SQ 1. 성별 (1) 남성 (2) 여성

SQ 2. 연령 만 () 세 (1) 20-29세 (2) 30대 (3) 40대 (4) 50-64세

SQ 3. 지역 01) 강북구 02) 성북구 03) 도봉구 04) 노원구 05) 중랑구
06) 동대문 07) 광진구 08) 성동구 09) 은평구 10) 서대문
11) 마포구 12) 종로구 13) 금천구 14) 용산구 15) 서초구
16) 강남구 17) 송파구 18) 강동구 19) 강서구 20) 양천구
21) 영등포 22) 동작구 23) 구로구 24) 중구 25) 관악구

면 접 후 기 록 (이 부분은 면접원이 기록하는 부분입니다)

응답자 성명		전화번호(유선)	
응답자 주소		전화번호(핸드폰)	
면 접 일 시	2008년 월 일 (오전/오후) ____시 ____분부터 ____시 ____분까지		
면접원 성명	(IC :)	슈퍼바이저	

Part A. 양성자가속기에 대한 조사

우리나라는 선진국 진입을 앞두고, 그들을 모방하는 단계를 벗어나 독자적인 기술능력을 갖추기 위해 애쓰는 중입니다. 그에 따라 기초과학을 포함한 기초연구의 중요성이 갈수록 커지고 있습니다. 양성자가속기는 종합적인 첨단기술의 집약체로서 기초과학 발전의 잣대이자 미래 전략기술의 기반 시설입니다. 기초과학분야에서부터 우주항공산업, 재료/나노기술, 생명과학, 의료보건, 정보통신 등 산업전반에 이르기까지 미래 원천 기술 확보를 위해 다양하게 이용 됩니다. 이에 2012년 완공을 목표로 경북 경주에 저에너지 양성자가속기를 건설중인데, 기초연구보다는 반도체, 소재, 신물질 등 단계적 기술 상품화를 위한 응용연구에 주로 이용됩니다. [보기카드 D1, D2 제시]

기초연구에 사용할 수 있는 고에너지 양성자가속기는 전 세계적으로 100여 대가 있음에도 불구하고, 한국에는 없어 핵물리, 입자물리, 천체물리 등의 기초과학 분야 연구를 제대로 수행하기 어렵습니다. 현재 우리나라 연구진은 미국, 유럽, 일본 등 해외 가속기를 이용하고 있는데, 독자적으로 연구를 제안하고 수행할 기회가 부족한 상황입니다.

[보기카드 D3, D4, D5 제시] 이에 관련 연구기관과 전문가들은 기초과학 발전과 미래원천기술 확보를 위해 고에너지 양성자가속기 개발 및 이용 사업을 추진하고 있습니다. 사업기간은 9년으로 2012년에 착수하여 2020년에 완료됩니다.

D1. 귀하께서는 이 설문지를 받기 이전에 양성자가속기 혹은 입자가속기에 대해 들어 본 적이 있습니까?

- ① 들어본 적이 있다 ② 들어본 적이 없다

D2. 귀하께서는 양성자가속기 혹은 입자가속기를 이용하여 자연의 근본 법칙, 우주의 신비를 파헤치는 천체물리학 등이 연구되고 있다는 사실을 알고 있습니까?

- ① 알고 있다 ② 모른다

[면접원] : 가구당 매월 1회, 향후 10년 동안 부담한다는 사실을 다시 한 번 더 주지시켜 주십시오.

D5. 귀하의 가구는 고에너지 양성자가속기 사업을 위해 **향후 10년간 매월 1회** 가구 소득세를 통해 [제시금액 Q7] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있습니까? 귀하가 지불하지 않는다면 이 사업은 추진되기 어렵습니다.

- ① 있다 → [D6으로 가십시오] ② 없다 → [D7로 가십시오]

D6. 그렇다면 귀하의 가구는 고에너지 양성자가속기 사업을 위해 **향후 10년간 매월 1회** [2배 가격] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있으십니까? 귀하가 지불하지 않는다면 이 사업은 추진되기 어렵습니다.

- ① 있다 [] ② 없다 []

D7. 그렇다면 귀하의 가구는 고에너지 양성자가속기 사업을 위해 **향후 10년간 매월 1회** [1/2배 가격] ()원을 추가적으로 지불하실 의사가 있으십니까? 귀하가 지불하지 않는다면 이 사업은 추진되기 어렵습니다.

- ① 있다 [] ② 없다 → [D8로 가십시오]

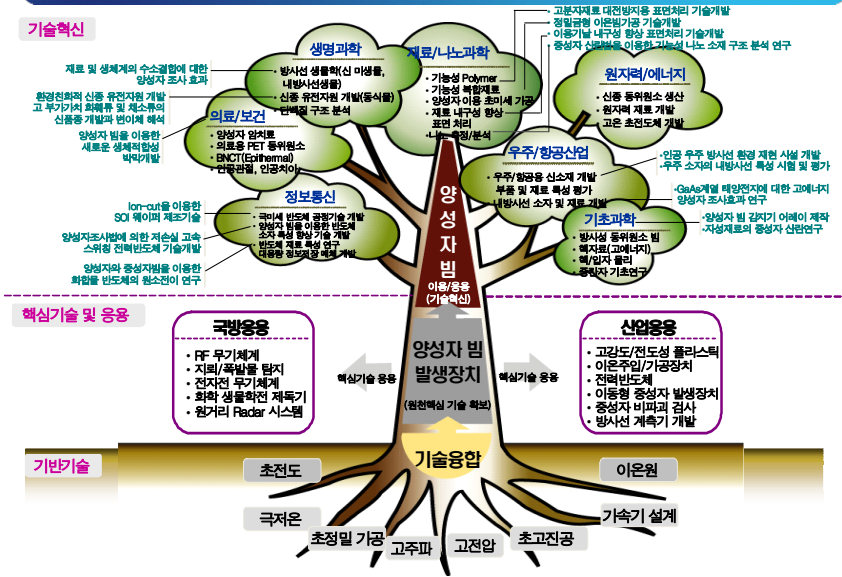
D8. 그렇다면 귀하의 가구는 단 1원도 지불하실 의사가 있습니까?

- ① 지불할 의사가 있다 ② 지불할 의사가 없다

<보기카드>

보기카드 1

양성자가속장치 및 빔 이용 관련 다양한 첨단 과학기술 발전



보기카드 2

경주 지역 양성자가속기 입지



보기카드 3

양성자가속기를 중심으로 한 연구·산업 클러스터 구축



보기카드 4

세계 주요 중성자원 양성자가속기



미국 : SNS (Spallation Neutron Source)
 1 GeV / 38 mA 양성자가속기: (중성자)
 차세대 신물질 개발, 나노기술 및 생명공학 연구
 2006년 6월 완공, 현재 시운전중 (예산: 14억불)

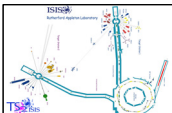


일본 : J-Parc (Japan-Proton Accelerator Complex)
 3 GeV / 0.3 mA, 50 GeV의 양성자가속기: (중성자, 양성자)
 신물질개발, 생명공학 및 고에너지 물리연구
 2008년 완공목표로 건설 중 (예산: 1,335억엔)



스위스 : SINQ(스위스)
 0.59 GeV급의 중전류 양성자가속기: (양성자)
 NT, BT, ST 및 의료용
 1990년대 후반에 완성

? 건설비: 5천~1조4천억
 ? 건설기간: 8~10년



영국 : RAL ISIS
 0.80 GeV급의 중전류 양성자가속기: (양성자)
 NT, BT, ST
 1990년대 후반에 완성, 2007. 12. 2nd 표적에 양성자 빔 입사



중국 : CSNS (Chinese Spallation Neutron Source)
 1.6 GeV급의 대전류 양성자가속기: (중성자)
 차세대 신물질 개발, 나노기술 및 생명공학 연구
 2013년 완공목표 (예산: 1.6억불)

보기카드 5

사례-미국 SNS (중성자원 양성자가속기)

- SNS(Spallation Neutron Source), Oak Ridge, USA
- 1GeV 에너지,
- 비용 약 1조 4천억원 (환율 1000원 가정)
- 2007년 서비스



SUMMARY

[Title] Economic Impacts of Basic R&D

• Project Leader: Seogwon Hwang

Abstract

In Korea, investment in basic research is considered as a key to make a leap into the group of world leading countries. Under the severe economic crisis, Korea needs to establish original technologies through basic research, for it is not possible to maintain its global competitiveness by imitating others. In this context, the Korean government is set to expand basic research investment of total public R&D up to 35% until 2012. As investment in basic research grows, the demand for analyzing the economic impacts of basic research is also increasing. Considering these policy demands, this study has set two goals as follows:

- to measure the economic impacts of basic research in the macroscopic viewpoint,
- to develop the methodologies for the economic evaluation of many individual basic research projects.

The results of this study show that quantitative outputs do not come into the picture in basic research. Meanwhile qualitative outputs such as papers highly cited (for example, SCI papers) are prominent. This is the reason why

the knowledge stock from basic research is measured by accumulating the number of SCI papers in this study. This study suggests that when the knowledge stock is increased by 1%, it will increase the total factor productivity by up to 1.3%. It means that basic research is related to not only advancement of academic knowledge but also economic impacts such as growth, productivity and so forth.

It is also important to analyse the economic impact of an individual basic research project. One of the main characteristics of basic research is that projects on that area sometimes have non-market value. In those cases, it is impossible to evaluate a basic research project by value-added approach in which value is usually measured on the basis of market exchange. CVM (Contingent Valuation Method) is used to measure such 'non-market value' in this study. The result shows that the value of the next generation proton beam accelerator in Korea is about 1.26 trillion won.

As a result, this study supports the Korean government's plan to increase investment in basic research dramatically for the next 5 years.

CONTENTS

Summary	1
Chapter 1. Introduction	31
Chapter 2. The Investment and Output of Basic Research in Korea	50
Chapter 3. The Economic Impact on National TFP of Knowledge Stock from Basic Research	83
Chapter 4. The Economic Impact on Industrial TFP of R&D Stock from Basic Research	105
Chapter 5. A Case Study on the Economic Impact of an Individual Basic Research Project : the Next Generation Proton Beam Accelerator in Korea	118
Chapter 6. Conclusion	161
References	167
Appendices	174

• 보고서 판매 안내 •

우리 연구원은 과학기술정책 분야의 연구를 전문적으로 수행하는 정부출연연구기관으로서 과학기술정책 연구 분야에 관심 있는 분들이 연구 성과물을 널리 이용할 수 있도록 아래와 같이 선별 판매를 하고 있습니다.

■ 판매대상자료목록

보 고 서 명	연구책임자	면 수	판매가격
• “과학기술과 사회”의 주요 쟁점 분석 요구	송위진 외	155	6,000
• 주요 사회적 위험에 대한 기술혁신 차원의 대응방안	이공래 외	291	8,000
• 신기술의 사회윤리적 논쟁에 관한 정책네트워크 분석 : 생명윤리와 인터넷내용규제의 입법과정을 중심으로	송성수 외	162	6,000
• 미래선도산업의 육성을 위한 중장기 기술혁신전략	이정원 외	255	8,000
• 과학기술의 질적 제고 및 불균형 완화 : 정책과제 및 개선 방안	조현대 외	212	7,000
• 한국과학기술자사회의 특성 분석 - 脫원추격체제로의 전환을 중심으로 -	송위진 외	177	6,000
• 중국의 혁신클러스터 특성 및 유형분석 : 한국 사례와의 비교	홍성범 외	174	6,000
• 신기술 변화에 대응한 산·학·연 연구개발 파트너십의 강화 방안	황용수 외	176	6,000
• 한국국가혁신체제 발전방안 연구	송위진 외	206	7,000
• 개방형 지역혁신체제 구축을 위한 공공연구	이공래 외	234	7,000
• 세계1위 상품의 한·중·일 경쟁력 비교와 정책시사점	이정원, 송중국	122	5,000
• 한국형 지역혁신체제의 모델과 전략 1 : 지역혁신의 유형과 발전경로	이정협	326	8,000
• 기술혁신과 구조적 실업에 관한 실증연구	하태정	167	4,000
• BRICs 국가들의 부상과 과학기술정책 대응방안	임덕순 외	447	11,000
• 혁신주도형 중소기업 육성을 위한 정책 : 공급가치사슬 관점에서	민철구 외	203	7,000
• 기술혁신과 경제성장 : 요소대체율과 기술진보율에 관한 실증적 고찰	신태영	100	4,000
• R&D 글로벌화 : 현황과 수준측정을 위한 지표개발	이정원 외	170	5,000
• 정부출연연구기관의 연구과제중심 운영체제(PBS) 개선방안 연구	김계수 외	248	7,000
• 다분야 기술융합의 혁신시스템 특성	이공래	132	5,000
• 제약산업의 혁신체제 개선을 위한 산학연 협력 강화 방안	김석관	250	6,000

보 고 서 명	연구책임자	면 수	판매가격
• 고급 과학기술인력 양성 관련 정부지원사업의 성과평가방안	박재민, 조현대	175	6,000
• BT분야 혁신기반 실태분석 및 선진화 방안	조현대	379	10,000
• 정부출연 연구기관 연구과제중심 운영제도(PBS) 대체모델 적용 연구	김계수	144	5,000
• R&D 프로그램의 유형별 경제성 평가 방법론 구축	황석원	122	5,000
• 선진 혁신클러스터 구축을 위한 가상 클러스터 활용방안 : 지리적 클러스터의 보완적 관점에서	김왕동	185	5,000
• 과학기술인력의 학교에서 직업으로의 이행과정 및 취업구조 분석	박재민	141	5,000
• 한국형 지역혁신체제의 모델과 전략 : 지역혁신의 유형과 발전경로	이정협	326	8,000
• 지속적 경제성장을 위한 최적 R&D 집약도 도출 : 파레토 최적배분을 위한 탐색적 연구	김병우	59	4,000
• R&D 투자 촉진을 위한 재정지원정책의 효과분석	송중국	101	4,000
• 혁신클러스터의 네트워크 평가지표 개발 및 적용 : 대덕 IT 클러스터를 중심으로	김왕동, 김기근	148	4,000
• 기술기반 문화콘텐츠 서비스업의 혁신특성과 R&D 전략 : 온라인 게임산업을 사례로	최지선 외	522	6,000
• 지역혁신 거버넌스의 진단과 대안 모색 : 대기업 중심 생산 집적지의 전환을 중심으로	이정협 외	290	4,000
• 국내외 공공연구시스템의 변천과 우리의 발전과제	조현대 외	440	6,000
• 미래 환경변화에 따른 HRST 정책진단 및 중장기 정책방향	진미석 외	400	4,000
• 사회적 목표를 지향하는 혁신정책의 과제	송위진 외	333	4,000
• 사회적 목표를 지향하는 혁신정책의 과제 : Synthesis Report	송위진 외	92	2,000
• 기초연구투자의 경제적 파급효과 분석	황석원 외	286	4,000
• 제조업 성장에 기여하는 R&D서비스업 육성전략	최지선 외	300	6,000
• R&D 서비스기업 사례연구집	최지선 외	207	
• 출연연구기관의 지속가능성 분석 및 제고방안	조현대 외	384	4,000
• 공공연구조직의 창의성 영향요인 및 시사점	김왕동	98	4,000
• 대학 연구기능 활성화를 위한 교육 연구 연계	민철구 외	184	4,000
• 한국선도산업의 혁신경로 창출능력	이공래 외	340	10,000
• 2005년도 한국의 기술혁신조사:제조업	엄미정 외	608	30,000
• 한국의 혁신수준분석-European Innovation	엄미정 외	157	5,000
• 2006년도 한국의 기술혁신조사:서비스	엄미정 외	308	14,000
• 2008년도 한국의 기술혁신조사 : 제조업	김현호 외	501	30,000
• 21세기 과학기술정책의 부분별 과제	이언오	342	9,000
• 일본·미국·유럽연구개발프론티어	김갑수	762	50,000
• 탈추격형기술혁신체제의모색	송위진 외	447	10,000

STEPI 자료 판매코너

• 교보문고 정부간행물 코너(02-397-3628) • 영풍문고 정부간행물 코너(02-399-5632) • 북스리브로 정부간행물 코너(02-757-8991) • 정부간행물판매센터(02-394-0337)

저 자

- 황석원 | 과학기술정책연구원 부연구위원 |
- 김병우 | 과학기술정책연구원 부연구위원 |
- 유승훈 | 호서대학교 교수 |
- 박규호 | 한국기술교육대학교 교수 |
- 류태규 | 한국지식재산연구원 연구위원 |
- 추기능 | 해군사관학교 교수 |
- 이민규 | 한국해양수산개발원 책임연구원 |

:: 정책연구 2008-07

기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석

2008년 12월 일 인쇄

2008년 12월 일 발행

著 者 | 황석원 · 김병우 · 유승훈 · 박규호 · 류태규 · 추기능 · 이민규

發行人 | 김석준

發行情 | 과학기술정책연구원

서울특별시 동작구 보라매길 44(신대방동 395-70) 전문건설회관 26층

Tel: 02)3482-1800 FAX: 02)849-8016

登 錄 | 2003년 9월 5일 제20-444호

組版 및 印刷 | 대종파이오 Tel:02)2631-0146 FAX: 02)2635-4401

ISBN: 978-89-6112-040-1 93320

가격 : 4,000원