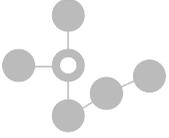


kistep
R&D focus

2009-13호(통권 제24호)

우리나라 연구개발투자와
경제성장의 관계 분석


KISTEP



kistep
R&D focus

국가 R&D사업과 관련된 주요 현안과 이슈를 심층적으로 분석하여
국가 R&D 정책결정자 및 연구수행자 등에게 정책적 시사점을 제공함으로써
국가 R&D 정책 수립 및 정부 R&D 투자의 효율성 제고에 기여하고자 발간되고 있습니다.

kistep
R&D focus

우리나라 연구개발투자와 경제성장의 관계 분석

● ● ● ● 하정훈 · 이동욱 ●

C O N T E N T S

발간사	01
Ⅰ. 연구의 배경	02
Ⅱ. 기존연구	05
Ⅲ. 기초분석	08
Ⅳ. 연구개발과 경제성장에 대한 실증분석	23
Ⅴ. 결론 및 시사점	31

++++
++++
발 간 사
++++
++++



글로벌 금융위기가 실물경제로 전이되면서 촉발된 유례없는 경기침체가 이어지고 있습니다. 주요 선진국뿐만 아니라 우리나라 역시 R&D 투자 확대를 통한 과학기술역량 확보가 경기침체 극복을 위한 주요한 해법임을 인식하고, 전략적 R&D 투자 확대 등의 정책을 펼치고 있습니다.

경제학 이론에 따르면 R&D 투자는 기술진보와 기술혁신을 야기함으로써 기술과 산업의 구조를 변화시키고, 장기적으로 경제성장에 영향을 끼치게 됩니다. 즉, 기존에 경제성장에 영향을 미치는 것으로 알려졌던 노동과 자본이라는 요소 이외에 R&D 투자 역시 경제성장의 중요한 요인이라는 것이 학계의 정설입니다.

그러나 R&D는 비전유성과 불확실성 등의 특성으로 인해 경제성장에 미치는 영향을 정밀하게 분석하기가 매우 어렵습니다. R&D의 효과를 측정하는 과정에서 크고 작은 오차가 발생하기도 하며, 각 나라별, 사회별로 R&D 기반과 특성 또한 다르기에 다른 나라의 사례를 일방적으로 적용하기도 어려운 것이 사실입니다.

이에 본 고에서는 우리나라의 R&D 투자가 경제성장에 미치는 영향을 분석함에 있어 신뢰도와 정확도를 높이기 위해 다양한 노력을 경주하였습니다. R&D 투자비 흐름을 통해 우리나라 R&D 투자의 특성을 파악하였고, R&D 투자가 경제성장에 미치는 영향을 자원별, 연구수행주체별, 연구개발단계별로 나누어 분석하였습니다.

본 고의 분석결과를 통해 우리나라 R&D 투자의 현황과 문제점을 파악하고, R&D 투자효율성을 제고함으로써 경제성장에 기여할 수 있는 정책 제안을 도출할 수 있을 것으로 기대합니다.

아울러, 본 KISTEP R&D Focus의 내용은 필자들의 개인적 견해이며, KISTEP의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.

2009년 11월

한국과학기술기획평가원 원장 이 준 승

❖ I. 연구의 배경

1. 연구개발투자와 경제성장

① 경제성장론

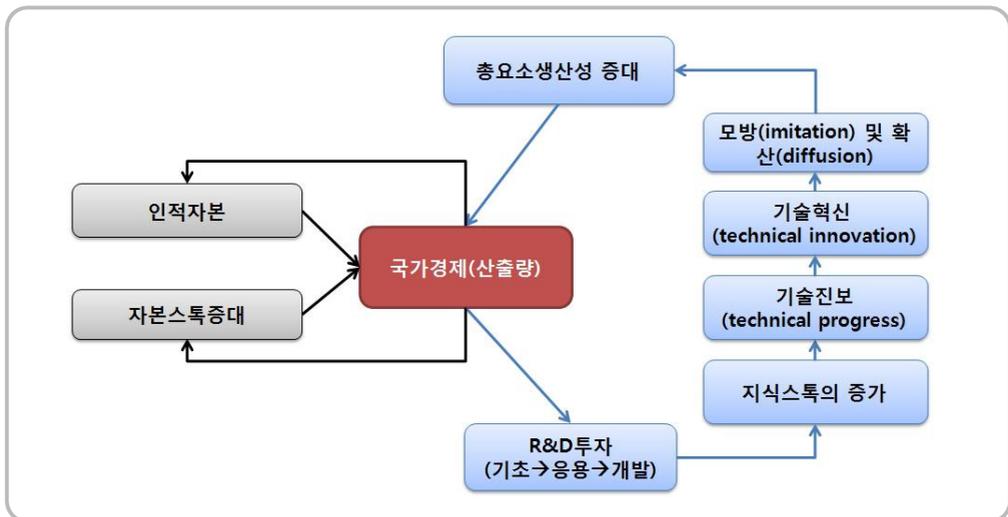
- 거시적 성장론의 관점에서 '50년대 제시된 Solow의 신고전학파적 논의(외생적 성장론)와 '80년대 중 · 후반 Romer와 Lucas에 의해 제시된 신성장이론(내생적 성장론)은 경제성장의 원천으로서 기술진보의 중요성을 역설.
 - 외생적 성장론에서는 '기술충격(technological shock)'에 의해 경제가 더 높은 수준의 장기적 · 안정적 성장을 달성하게 된다고 주장하고 있으나 기술진보가 의도적인 노력의 결과로 얻어진 지식의 발전이 아니라 외부에서 무상으로 주어진 혁신의 결과물이라고 인식.
 - 내생적 성장론에서는 외생적 성장론과 달리 연구부문은 인적자본과 기존의 누적된 지식을 바탕으로 새로운 지식을 생성하며, 이러한 지식을 기반으로 경제성장이 이루어진다고 봄. 지식은 성장의 중요한 동력이며 지식은 계속 발전한다고 인식.
- 내생적 성장론은 '90년대에 준내생적 성장모형(semi-endogenous growth theory)과 제2세대 내생적 성장모형으로 발전.
 - 준내생적 성장모형은 '90년대 중반 Jones가 2차 대전 후 50년간 선진국에서는 R&D 종사자수가 지속적으로 증가했음에도 불구하고 생산성증가율은 안정적으로 변하지 않았음을 보이며 지식창출함수를 도입하여 새로운 지식에 대한 한계 수익체감의 법칙이 적용되도록 생산성 증가함수를 변경.
 - 제2세대 내생적 성장모형은 생산성 증가율이 변하지 않는 현상을 생산물의 종류가 보다 다양해지고 이에 따라 R&D투입이 여러 부문으로 분산되어 동일한 양의 R&D 투입이 가져 오는 평균적 품질개선 효과가 희석되는 효과인 생산물확산효과로 해석 하고 장기적인 경제성장은 R&D 집약도 수준에 따라 결정됨을 주장.

② 연구개발투자와 기술진보

- 연구개발투자는 기술(technology)의 변화와 발전, 즉 기술진보와 혁신을 야기함으로써 현재의 기술과 산업의 구조를 변화시키고 경제성장에 영향을 미침.
 - 기술진보(technical progress)는 광의의 기술의 발전을 의미하며 동일한 투입 요소에 대하여 산출이 증가하거나 적은 투입으로 동일한 산출을 야기하는 생산 함수의 이동과 같은 생산성 자체의 증대를 의미함.

- 기술혁신(technical innovation)은 기술진보의 결과로써 새로운 제품, 서비스, 공정 등이 상업적 목적으로 실제로 도입되는 것을 의미함.
- 즉, 기존에 경제성장을 견인하는 것으로 알려진 노동과 자본 이외에 연구개발투자 역시 기술진보를 통해 총요소생산성 증대와 경제성장에 기여하는 것으로 파악할 수 있음.
- 연구개발투자는 논문, 특허 등 지식스톡의 증대를 촉진하고, 지식스톡은 모방과 확산을 통해 전체 국가경제에 영향을 미치게 됨.

▶ <그림 1> 연구개발투자와 경제성장의 관계도



2. 연구개발투자의 특성과 기술진보의 측정

② 연구개발

- 연구개발은 새로운 지식을 탐구하고, 그 결과나 지식을 새로운 제품이나 공정으로 전환시키는 활동을 총칭하며, 진행단계에 따라 기초연구(basic research), 응용연구 (applied research), 개발연구(development)로 구분됨.

- 기초연구는 특정한 용도를 목적으로 하지 않고 주제에 대하여 근본 원리나 새로운 지식을 획득하기 위해 수행하는 상업성이 적은 연구이며, 단지 지식의 진보만을 추구하는 순수기초연구와 현재 또는 미래에 광범위한 기반지식을 제공할 것이라는 기대 하에 수행 되는 목적기초연구로 구분됨.
- 응용연구는 구체적이고 실용적인 목적이나 특정한 제품, 공정, 시스템 등 구체적인 목표를 지향하는 활동으로써 일반적으로 기초연구의 성과를 바탕으로 수행됨.
- 개발연구는 기초-응용연구에서 획득한 지식을 활용하여 새로운 재료, 제품 및 장치를 생산하거나, 신규 공정, 시스템 및 서비스를 제공하거나, 이미 생산된 것의 성능을 개선 시키는 최종단계의 연구임.

② 연구개발투자의 특성

■ 연구개발투자는 비특유성, 시차, 불확실성, 고비용의 특성을 가짐¹⁾.

- 비특유성(non-specificity)이란 연구개발투자의 결과가 연구개발이 수행된 특정 주체나 특정 제품에 국한되지 않고 경제 전반에 공유된다는 특성으로서 전유성 (appropriability)과 반대되는 개념. 일반적으로 기초연구에 가까울수록 전유성은 낮아짐.
- 시차(time lag)는 연구개발투자의 결과가 생산시스템의 산출물인 제품이나 서비스에 반영 되기 위해서는 시간이 소요된다는 것임.
- 불확실성(uncertainty)²⁾이란 연구개발투자가 연구의 실패, 목적과 상이한 결과, 특허 획득의 실패, 부적절한 상품화 시기 등 다양한 원인에 의하여 연구개발투자에 대한 보상이 없거나 적을 수 있다는 것을 의미함.
- 고비용(costliness)은 기초연구에서 개발연구까지 장기간의 시간과 많은 투자가 필요하다는 의미임.

1) Kay(1988)

2) 위험(risk)은 예측 또는 측정 가능하여 대책을 강구할 수 있으나 불확실성은 예측이 불가능하여 효과적인 대처가 불가능함.

⑤ 기술진보의 측정

- 광의의 기술진보는 특허나 신기술과 같은 과학적 지식만이 아니라, 생산기술·공정 및 경영·마케팅 노하우와 같은 실제적 지식들도 포함이 되므로 이를 실제적으로 측정하기는 불가능함.
- 실제 연구에서는 기술진보를 대표하는 대용변수로 측정 및 평가가 용이한 연구 개발투자 (R&D flow), R&D 집약도, 연구개발스톡(R&D stock) 등을 주로 사용함.
 - 연구개발투자는 단순 측정이 가능하여 적용이 용이하지만, 시장의 규모에 따른 변화와 기술의 누적성을 반영하기 어려움.
 - R&D 집약도는 GDP 대비 R&D 투자, 총 인구대비 연구원 수 등과 같이 시장의 규모를 반영한 변수이나, 기술의 누적성을 반영하기 어려움.
 - 연구개발스톡은 자본과 같은 스톡의 개념을 도입하여 기술의 누적성을 반영할 수 있어 가장 적합한 기술진보의 대용변수로 판단되나 스톡 추정을 위해 기술 반영시차, 진부 화율과 같은 불확실한 변수를 추정해야 하는 단점이 있음.

❖ II. 기존연구

1. 연구개발투자의 경제성장 기여도

⑤ 성장회계 분석³⁾

- 성장회계(growth accounting) 분석은 생산함수를 이용하여 노동, 자본, 총요소 생산성의 경제성장에 대한 기여도를 정량적으로 산출하는 기법임.
- Griliches and Maires(1984)는 133개 미국제조업체를 대상(66년~77년)으로 R&D의 제조업 노동 생산성에 대한 기여도를 분석하여 연구개발스톡 1%의 증가가 약 0.07%의 노동생산성 향상을 초래하며 연구집약적 기업의 R&D 기여가 전체 대비 3~4배 높음을 주장.

3) 김의제(1999)의 논의를 기반으로 요약 정리함.

- Griliches(1984)는 386개 미국제조업체를 대상(67년~72년)으로 R&D투자의 부가가치 기여도를 측정하여 기업의 R&D투자가 정부 R&D 투자보다 부가가치 성장에 대한 기여도가 높다고 주장.
- Verspagen(1994)은 9개 선진국의 16개 제조업체를 대상(73년~88년)으로 고급, 중급, 저급기술 산업의 R&D 기여도를 분석하고 고급기술 산업일수록 연구개발스톡의 기여도가 높음을 입증.
- Boskin and Lau(1996)는 G7국가에 대하여 30년간(61년~90년) 성장요인을 분석하여 연구개발투자의 경제성장 기여도가 8~16% 정도임을 주장.
- Guellec(1993)은 선진 5개국에 대하여 총요소생산성에 대한 R&D탄력도가 0.09~0.28임을 주장.
- 과학기술정책연구원(2007)은 우리나라의 R&D 투자효율성은 0.182로 OECD 평균 수준이며, 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도는 30.6%임을 주장.
- 신태영, 박병무(1998), 김정일(2006), 문혜선(2006), 김희석 외(2002), 조윤애(2004) 등도 생산함수와 성장회계 분석을 통해 R&D의 성장 기여도와 파급효과를 산출.
 - 연구의 목적에 따라 기존 콥더글라스 생산함수에 연구개발스톡, 지식량, 지식축적량 등의 변수를 도입하여 분석 모형을 수립.

2. 연구개발투자와 경제성장 상관관계

- ⊙ 연구개발투자와 경제성장간의 상관관계에 관한 기존 연구⁴⁾는 연구개발투자와 경제성장간에 양의 상관관계가 존재함을 제시.
 - 오세홍 외(2002)는 Granger 인과관계 개념을 적용하여 경제성장과 정부 및 민간 연구개발 투자와의 인과관계 방향성을 분석.

4) Hardy 1980, Leff 1984, Wilson & Teske 1990, Norton 1992, Saunders et. al. 1994, Edirisuriya 1995, 오세홍 외(2002)에서 재인용

- '70년~'98년의 실질 GDP와 실질연구개발투자를 이용하여 인과관계의 방향성을 분석한 결과, 정부 연구개발투자와 경제성장 간에는 인과성이 존재하지 않으나, 민간 연구개발투자와 경제성장 간에는 단방향의 Granger 인과가 존재하고, 총연구 개발투자와 경제성장 간에는 양방향의 인과성이 존재함.
- 최은철(1999)은 8개국⁵⁾의 정부 및 민간 연구개발투자와 기초연구투자의 경제성장예의 기여도를 분석.
 - 민간의 평균 R&D 투자수익률은 70.9%이고 정부는 평균 33.0%로서 민간의 R&D 투자수익률이 정부에 비해 2배 이상 높음.
 - 기초연구의 투자수익률은 5개국에서 음의 수익률을, 3개국에서 양의 수익률을 나타냄.
- 유승훈(2003)은 '70년~'03년 데이터를 이용하여 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 사이의 양방향 Granger 인과성이 존재함을 밝힘.

3. 기존연구의 시사점

⑤ 시사점

- 대부분의 연구는 연구개발투자가 총요소생산성이나 경제성장과 상관관계를 가지고 있음을 시사하고 있음.
 - R&D 집약도나 연구개발스톡이 경제성장예에 유의미한 영향을 주는 것으로 분석됨.
 - 그러나 분석대상, 분석기간, 분석에 사용된 데이터와 모형에 따라 분석 결과가 약간씩 다르며, 분석 결과에 대한 해석 방식도 약간의 차이를 보임.
- 일반적으로 정부의 연구개발투자보다는 기업(또는 민간)의 연구개발투자가 경제성장예에 기여하는 정도, 즉 R&D 효율성이 높은 것으로 나타남.
 - 이러한 현상을 설명하기 위해서는 재원별(정부, 민간), 주체별(연구소, 기업, 대학 등) 연구 개발투자에 대한 심층적인 분석이 추가되어야 할 것임.

5) 미국, 영국, 프랑스, 독일, 일본, 이태리, 네덜란드, 스페인

- 기초연구의 경제성장에 대한 기여도는 부분적으로 긍정적으로 나타났으며, 연구 집약적이고 고급기술일수록 기여도가 높은 것으로 나타남.
 - 이는 단계별(기초, 응용, 개발), 산업분야별 연구개발투자가 경제성장에 기여하는 정도가 차이를 시사함.
- 국가별 연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도가 상이하게 나타남.
 - 이는 국가별 기술혁신체제, 연구개발 투자 체제, 투자의 산업별 배분, 기술발전 및 주력 산업의 구성 등에 따라 연구개발투자의 효율성이 달라짐을 시사함.
 - 국가의 주력산업 및 체제에 따라 연구개발 네트워크와 연구개발 투자배분의 최적화가 중요함.

② 분석방향

- 본 고에서는 기존 연구의 시사점을 바탕으로 하여, 연구개발투자, R&D 집약도, 연구 개발스톡 등의 대응변수와 경제성장 간의 상관관계를 분석하고자 함.
- 분석 결과의 신뢰도 제고를 위해 최신의 데이터(82년~'07년)를 반영하여 분석을 수행하고, 시사점에서 제시된 재원별, 주체별, 단계별 연구개발투자, 연구개발인력 등을 변수로 채택함.
 - 연구개발스톡 추계 과정에서 연구개발시차, 진부화율과 같은 변수를 반영함에 있어 통계적으로 유의하면서 모형의 적합도를 최적화하는 값을 선정하였음.

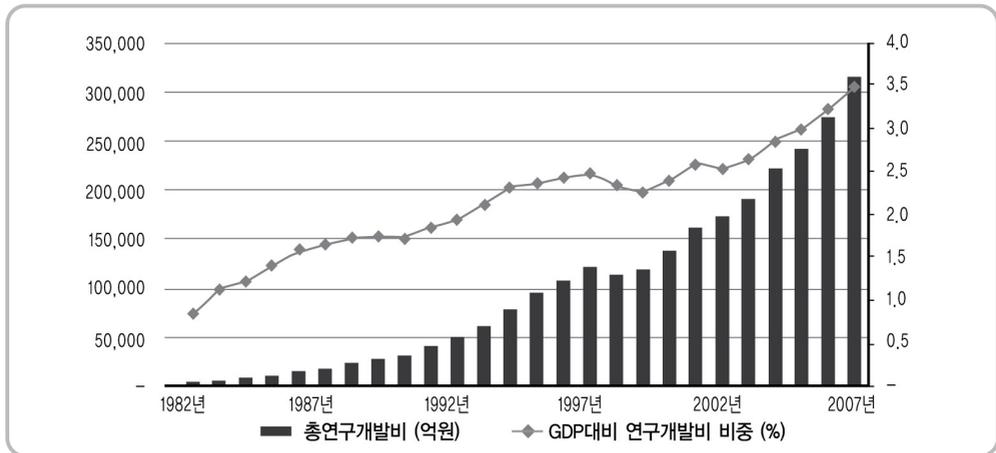
❖ III. 기초분석

1. 연구개발투자 분석

② 총연구개발투자 현황

- 우리나라의 GDP대비 연구개발비 비중은 3.47%('07년)로 OECD 평균('06년 2.26%)에 비해 높은 수준이나, 절대적인 규모는 미국 대비 9.1%, 일본 대비 22.7%에 불과함.
 - 인구 1인당 연구개발비(695달러)도 미국(1,221달러)과 일본(1,163달러)의 1/2 수준임.

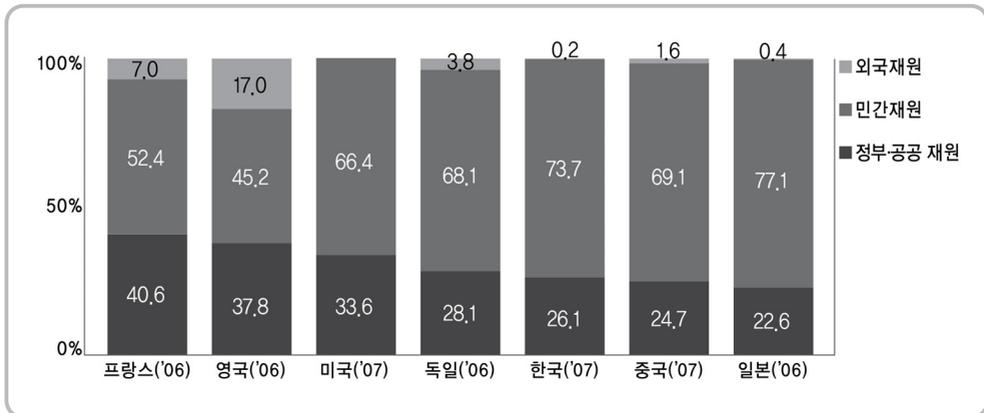
▶ <그림 2> 우리나라 총연구개발비 및 GDP대비 연구개발비 비중 추이



■ '07년 총 연구개발비 313,014억 원 중 정부·공공이 전체의 26.1%(81,775억원)을 부담하여, 주요 선진국에 비해 정부·공공 비율이 낮은 편임.

- 특히 민간기업체가 사용한 연구개발비 중 93.8%('07년 기준)가 자체 조달에 의해 이루어짐.

▶ <그림 3> 주요국의 자원별 연구개발비 비교

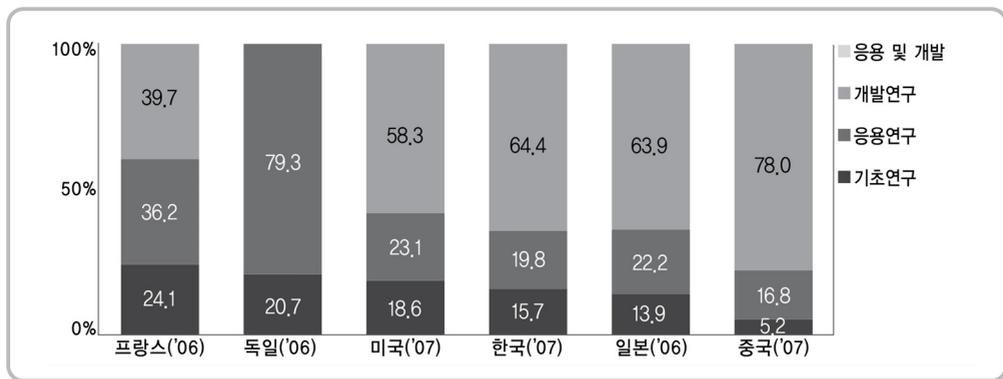


자료 1. OECD, Main Science and Technology Indicators, 2008/02

2. 한국 : 교육과학기술부, 연구개발활동조사보고서, 2008

- 기초연구 비중은 15.7%로 프랑스, 독일, 미국에 비해서는 낮고, 일본, 중국에 비해서는 높은 수준임.

▶ <그림 4> 주요국의 연구개발 단계별 연구개발비 비교



자료 1. 미국, 독일, 프랑스, 중국 : OECD, Research and Development Statistics, 2007
 2. 일본 : 일본과학기술요람, 2008
 3. 한국 : 교육과학기술부, 연구개발활동조사보고서, 2008

2. 연구개발스톡 분석

② 연구개발스톡의 개념

- 연구개발스톡은 “기업의 실제 생산활동에 직접 이용되면서 장래의 기술혁신을 촉진 하는데, 기술적으로 유용한 정보의 보유량(stock)⁶⁾임.
 - 기술혁신의 바탕이 되는 기술지식은 대부분이 과거의 연구개발활동에 의해서 주체가 축적해서 보유하고 있는 지식과 경험의 총체적인 합이므로 자본스톡과 같은 저장 변수로써 표현하는 것이 합리적임.
- 연구개발스톡은 한 국가의 기술진보 또는 기술혁신을 대변하는 대용지표로 사용되나 연구개발 스톡을 정량적으로 표현하는 것은 매우 어려움.

6) Mansfield(1968)

- 연구개발스톡은 정보나 지식으로 구성되나 이는 특허, 논문, 서적, 보고서, 연구자, 설비, 부품 등에 체화되어 나타나므로 정량적인 측정이나 추정이 실질적으로 어려우므로 일반적으로 연구개발스톡은 연구개발비를 이용하여 추정함.
- 연구개발스톡의 추정에 사용되는 파라미터인 시차나 진부화율에 따라 투자 효율성이나 경제성장에의 기여도 등이 달라지는 경향이 있음⁷⁾.

② 연구개발스톡의 특성

- 연구개발스톡은 저장변수로서 개념과 측정방법이 자본스톡과 유사함.
 - 새로운 기술지식은 기존의 연구개발스톡에 축적되고 진부화되므로 자본의 축적과 진부화 과정과 유사함.
- 연구개발스톡은 연구개발활동을 통한 누적된 지식과 성과이므로 연구개발투자의 특성과 유사한 특성을 가지고 있음.
 - 연구개발투자의 비특유성으로 인하여 연구개발스톡은 특정 주체에만 누적되지 않고 타 주체에도 연구개발스톡이 전이되는 지식의 파급효과(spillover)가 나타남.
 - 연구개발투자의 시차 특성으로 인하여 연구개발스톡은 당기의 연구개발 성과뿐만 아니라 과거에 수행되었던 연구개발이 여러 단계의 시차를 경과하여 당기에 축적됨. 즉, 당기의 연구개발성고가 당기에 모두 구현되지 않고 차기로 이월됨.
 - 연구개발투자의 불확실성에 의하여 과거의 연구개발스톡은 신기술 또는 신공정이 출현함에 따라 그 가치가 감소하고 진부하게 되므로 기존에 보유하고 있던 연구개발스톡은 진부화 과정을 통해 점차 소멸됨.

③ 연구개발스톡 모형 및 추정

- 연구개발스톡은 일반적으로 자본스톡과 유사하게 다음의 모형을 사용함.

$$RNDS_t = CRNDS_t + (1 - \delta)RNDS_{t-1}$$

- $RNDS_t$ 는 t 기의 연구개발스톡, $CRNDS_t$ 는 t 기에 유입된 시차가 반영된 연구 개발투자 (flow), δ 는 연구개발스톡의 진부화율임.

7) 과학기술정책연구원(2007))

- $CRNDS_t$ 은 과거의 연구개발투자 $RNDF_{t-i}$ 가 연구개발 시차 분포 μ_i 에 따라 t 기에 적용된 것이므로 $CRNDS_t = \sum_{i=1}^n \mu_i RNDF_{t-i}$ 로 계산할 수 있음. 본 고에서는 연구개발단계별 다른 시차분포를 적용하므로 $CRNDS_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mu_{i,j} RNDF_{t-i,j}$ 로 계산함.
- 연구개발스톡은 $t-1$ 기의 스톡으로부터 축차적으로 추정되므로 기준년도에 대한 연구 개발 스톡을 결정해 주어야 함.
 - 일반적으로 기준년도($t=0$)의 연구개발스톡 $RNDS_0$ 은 Goldsmith의 영구재고법을 이용하여 $RNDS_0 = RNDF_0 / (g + \delta)^8$ 로 계산함. 여기서 g 는 기준년도 이후 연구 개발투자의 연평균 증가율임.

⑤ 연구개발디플레이터

- 시간이 경과하면서 물가의 변동에 따라 연구개발 활동에 투입된 자원의 가격도 변동하게 되므로 연구개발투자의 시계열 분석을 위해서는 GDP 디플레이터와 같은 물가지수(연구개발 디플레이터)를 사용하여 연구개발투자액과 연구개발스톡의 가격변화를 조정해 주어야 함.
 - 본 연구에서는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)의 과학기술통계자료 중 비목별 연구 개발비 데이터를 이용하여 연구개발디플레이터를 산출.

⑥ 연구개발시차

- 연구개발활동은 기초연구에서 상업화되어 수익을 창출할 때까지 상당한 시간이 필요함.
- 연구개발평균시차⁹⁾는 연구개발지출로부터 수익이 발생하기 시작하기까지의 걸리는 평균 기간을 의미하며 일반적으로 시차분포는 연구개발평균시차를 중심으로 한 정규분포의 형태를 가짐. 그러나 현실적으로 시차분포에 대한 적절한 정보가 없으므로 평균 시차를 이용하는 것이 일반적임.

8) Goldsmith의 영구재고법 모형 : $RDS_t = RDI_t \frac{g}{(g + \delta)} \frac{1 - e^{-n(g + \delta)}}{1 - e^{-g}}$

분석상의 편의를 위해 기술의 수명이 매우 길다고(즉 $n \rightarrow \infty$) 가정하고 실질연구개발투자액의 증가율이 작다고 가정하면 위의 식을 얻을 수 있음(김적교, 조병택, 1989:69)

9) Pakes와 Schankerman(1984)의 정의

- 연구개발의 성격(기초연구, 응용연구, 개발연구 등)에 따라 수익의 창출까지 소요되는 시간이 차이가 나고 동일한 성격의 연구일지라도 구현되는 시기는 일정하지 않으므로 연구개발의 성격에 따라 각기 다른 시차의 확률분포를 가짐.¹⁰⁾
- 기존의 연구결과¹¹⁾에 따르면, 연구개발시차는 국가, 산업 또는 기술분야, 기업, 연구 개발의 특성, 연구개발의 시기에 따라 다르며 복합적으로 나타남.
- 본 고에서는 '99년 한국산업기술진흥협회에서 전국 775개 기업으로부터 수집한 기술혁신의 단계별 시차자료를 기반으로 하여 시차분포를 반영함.
 - 기초연구, 응용연구, 개발연구의 연구개발평균시차는 각각 R&D기간, 시제품성능기간, 제품화기간의 부분합으로 계산함.
 - 분석 결과, 기초, 응용, 개발연구의 시차는 각각 24.17개월, 12.15개월, 5.80개월로 나타남.

⑤ 진부화율

- 연구개발스톡은 새로운 신기술 또는 신공정이 창출되면 자본의 감가상각과 마찬가지로 진부화됨.
 - 연구개발스톡의 진부화는 기술진보 또는 기술혁신의 속도를 반영하며 유형고정자본 스톡보다도 높은 비율로 진부화됨¹²⁾. 이는 점점 단축되는 기술혁신의 속도와 기술의 파급에 의한 수익의 감소 때문임.
- 진부화율을 측정하는 방법은 특허수익의 잔존률을 이용한 계량경제학적 모형을 이용한 방법, 특허의 잔존건수를 이용한 통계분석 방법, 기술의 평균수명에 관한 조사를 이용한 추계방법 등이 있음.
- 기존의 연구결과에 따르면 연구개발스톡의 진부화율은 10~20%임.
- 본 고에서는 진부화율을 10%, 15%, 20%로 가정하고 회귀분석을 수행한 후, 연구개발 스톡의 p-value가 가장 큰 20%를 이용하였음.

10) Griliches(1984)는 연구개발투자와 특허간의 관계를 분석한 후, 시차분포가 대체로 Poisson분포와 일치하는 것으로 밝힘.

11) 김의제(1999)

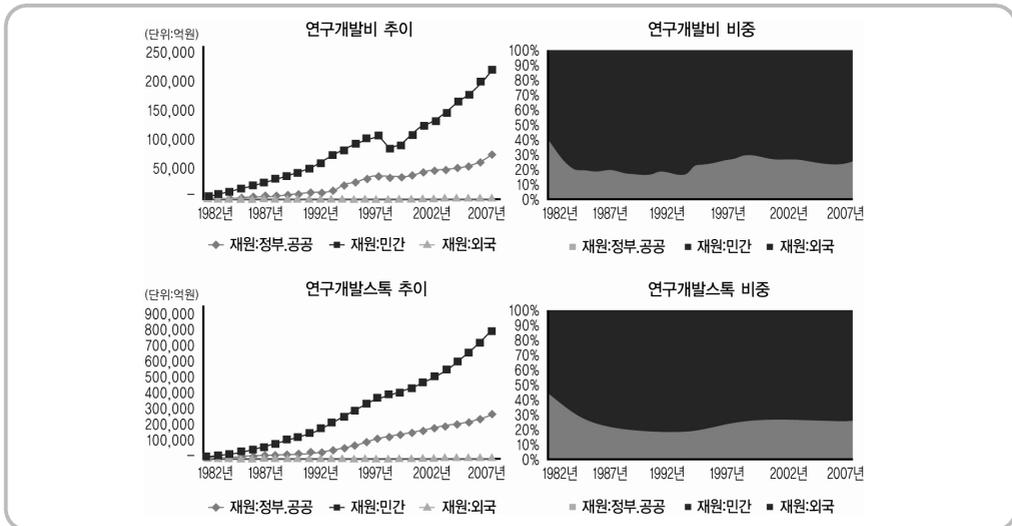
12) 김의제(1999)

3. 연구개발투자 심층분석

③ 자원별¹³⁾ 연구개발투자 분석

- 자원별 연구개발비는 명목가격기준 '82년 정부공공 1.88천억원, 민간 2.69천억원에서 '07년 정부공공 81.77천억원, 민간 230.54천억원으로 지속적으로 증가
 - 정부공공이 평균 23.88%, 민간이 평균 75.89%로서 민간의 참여 비중이 높음.
- 연구개발스톡은 '82년 정부공공 11.06천억원, 민간 14.45천억원에서 '07년 정부공공 272.16천억원, 민간 790.69천억원으로 지속적으로 증가
 - 민간 비중은 '82년 56.5%에서 '07년 74.1%로 상승함. 특히 민간재원의 연구개발비 비중이 커진 8~90년대 초반에 격차가 급속히 확대됨.

▶ <그림 5> 자원별 연구개발비와 연구개발스톡의 추이와 비중변화



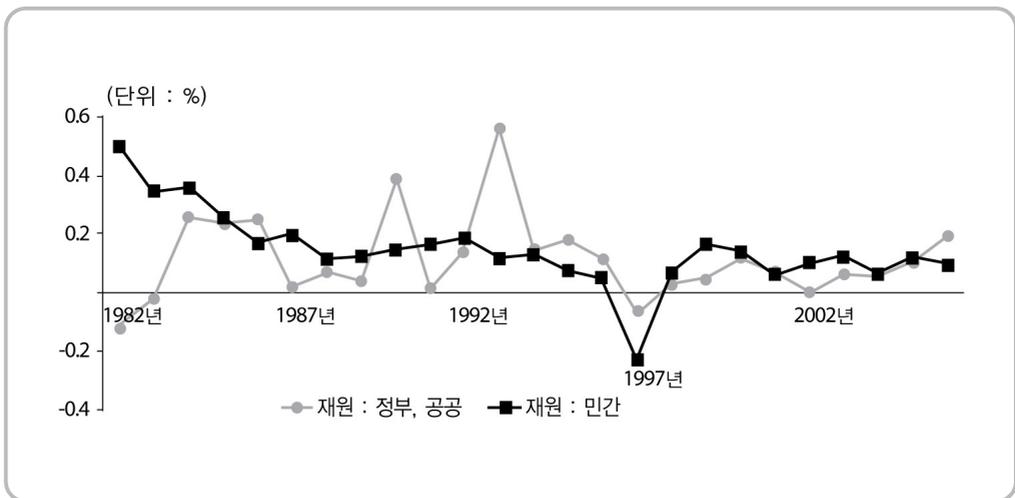
주 : 연구개발비는 연구개발디스플레이터 적용

주 : 연구개발스톡은 연구개발디스플레이터, 연구개발시차, 진부화율 고려

13) 교육과학기술부의 연구개발활동조사보고서(2008)에 따르면, 연구개발비는 자원별로 정부공공부문, 민간부문, 외국부문으로 구분됨. 정부공공부문은 국내의 중앙행정기관, 지방자치단체, 국·공립 연구기관, 정부출연 연구기관, 지방자치단체 출연연구기관, 기타 비영리 민간연구기관, 국공립대학(교) 및 사립대학(교), 의료기관에서 부담한 연구개발비를, 민간부문은 국내의 기업체(정부투자 기관 포함), 개인 등 민간부문에서 부담한 연구개발비를, 외국부문은 외국정부, 국제기구 등 외국으로부터 제공된 연구개발비를 나타냄

- 재원별 연구개발비 증가율 추이는 '82년 이후 '90년대 초반까지 정부·공공과 민간 모두 감소하는 경향이 있으며, '90년대 중반 이후는 안정적인 추세를 유지함.

▶ <그림 6> 재원별 연구개발비 증가율 추이



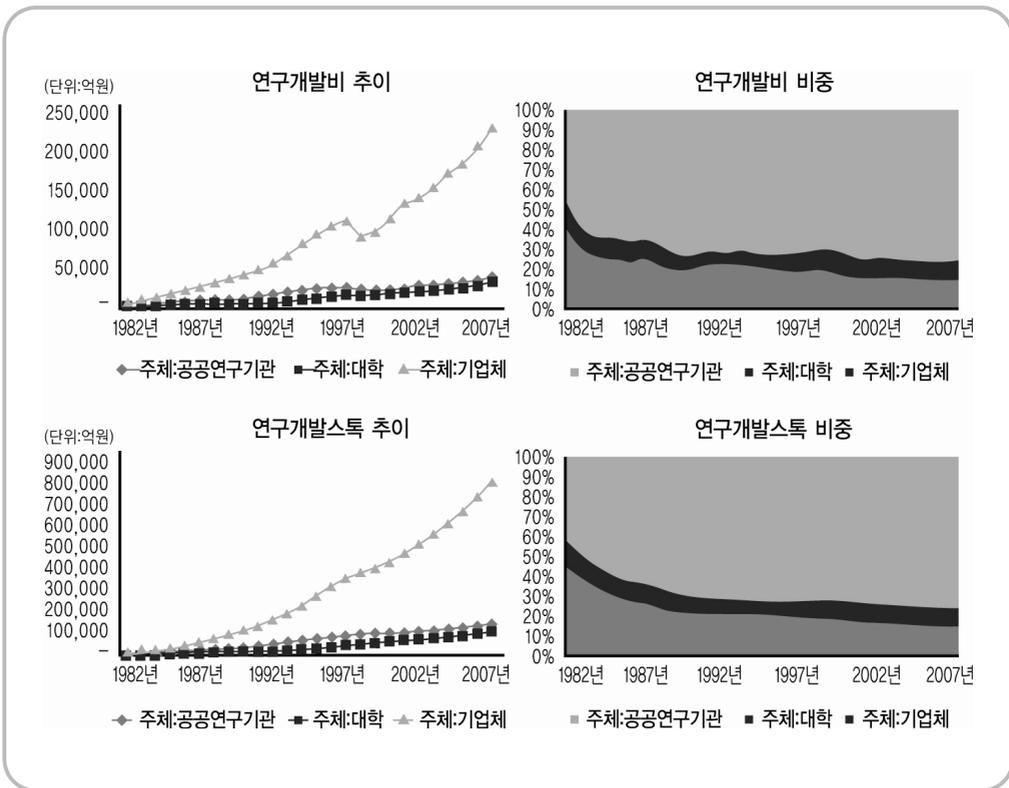
⑤ 주체별¹⁴⁾ 연구개발투자 분석

- 주체별 연구개발비는 '82년 공공연구기관 1.86천억원, 대학 0.67천억원, 기업체 2.05천억원 에서 '07년 공공연구기관 41.02천억원, 대학 33.34천억원, 기업체 238.65천억원으로 증가
 - 기업체 비중이 평균 70.8%로 가장 높으며, 공공연구기관은 평균 19.35%, 대학은 평균 9.80%를 사용
 - 기업체 비중은 '82년 44.8%에서 '07년 76.2%로 지속적으로 상승하였으며, 특히 8~90년대 초까지의 상승이 두드러짐. 이는 민간재원의 연구개발비 증가세와 일치함.
- 주체별 연구개발스톡은 '07년 공공연구기관 146.41천억원, 대학 109.25천억원, 기업체 810.97천억원을 축적하였으며, 기업체의 연구개발스톡이 공공연구기관에 비해 5.54배, 대학에 비해 7.42배임.

14) 교육과학기술부의 연구개발활동조사보고서(2008)에 따르면, 연구개발비는 사용 주체별로 공공연구 기관, 대학, 기업체로 분류됨. 공공연구기관은 국공립연구기관, 정부출연 연구기관, 지방자치단체 출연연구기관, 의료기관, 기타 비영리 민간연구기관으로 구성되며, 대학은 국공립대학(교) 및 사립대학(교), 기업체는 국내의 기업체(정부투자기관 포함)로 구성됨.

- 기업체 비중이 평균 68.07%로 가장 높으며, 공공연구기관이 평균 21.91%, 대학이 평균 10.01%임.

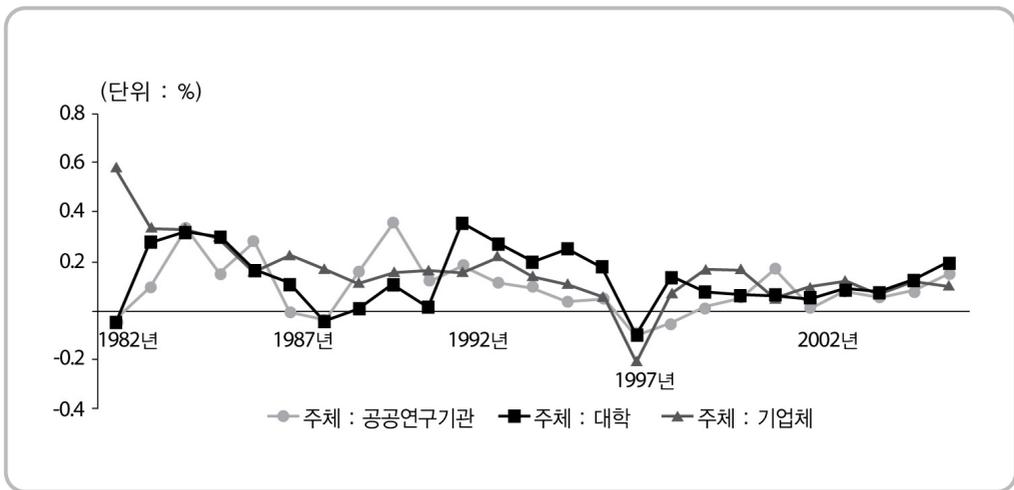
▶ <그림 7> 사용주체별 연구개발비와 연구개발스톡의 추이와 비중변화



주 : 연구개발비는 연구개발디스플레이터 적용
 주 : 연구개발스톡은 연구개발디스플레이터, 연구개발시차, 진부화율 고려

- 주체별 연구개발비 증가율 추이는 '80년대 까지 불안정하나 '90년대 이후 안정적인 증가세를 유지하고 있음.

▶ <그림 8> 사용주체별 연구개발비 증가율 추이



⑤ 연구개발단계별¹⁵⁾ 연구개발투자 분석

■ 연구개발단계별 연구개발비는 '83년¹⁶⁾ 기초연구 1.13천억원, 응용연구 1.79천억원, 개발 연구 3.29천억원이며, '07년 기초연구 49.18천억원, 응용연구 62.11천억원, 개발연구 201.72천억원임.

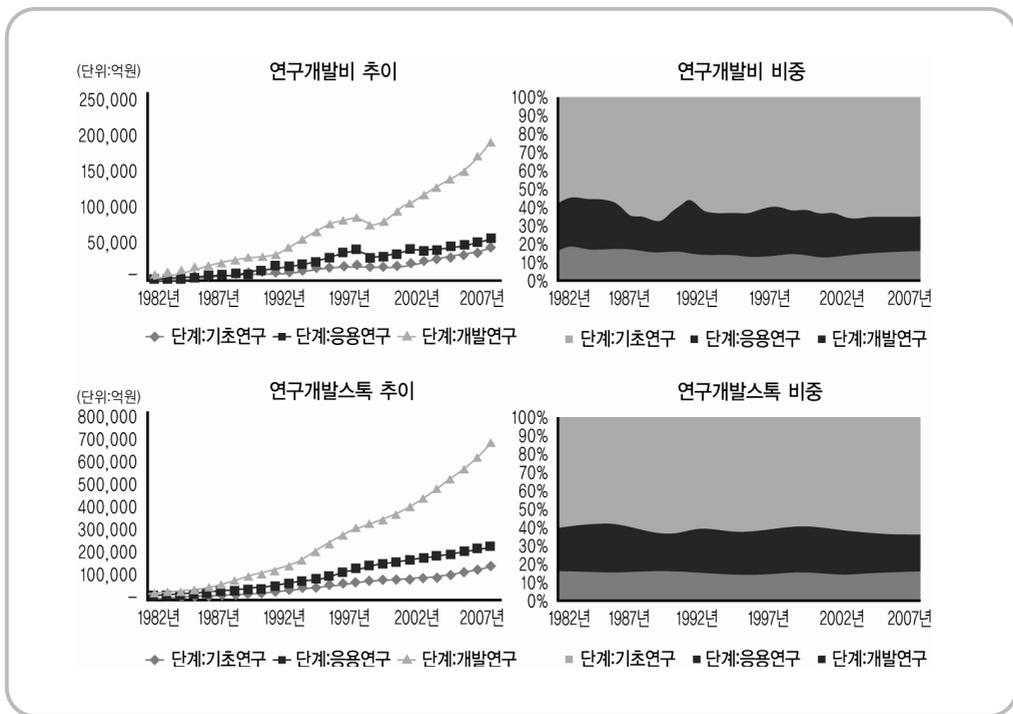
15) 교육과학기술부의 연구개발활동조사보고서(2008)에 따르면, 연구개발단계별 연구개발비는 기초연구비, 응용연구비, 개발연구비로 구분.

- 기초연구비는 특정한 응용 또는 사용을 목표로 하지 않고 자연현상 및 관찰 가능한 사물의 기초가 되는 새로운 과학적 지식을 획득하기 위하여 주로 행하여지는 실험적 또는 이론적 연구를 수행하는데 투입된 금액으로 목적지향의 기초연구비도 포함.
- 응용연구비는 주로 특수한 실용적인 목적과 목표 하에 새로운 과학적 지식을 획득하기 위하여 행해지는 독창적인 연구를 수행하는데 투입된 금액임.
- 개발연구비는 연구와 경험에 의해 획득한 지식을 활용하여 새로운 재료·제품과 장치의 생산, 새로운 공정·시스템 또는 서비스의 설치, 기타 이미 생산되었거나 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위한 체계적 활동을 수행하는데 투입된 금액임.

16) '82년의 단계별 데이터는 자료가 정확하지 않아 총연구개발비에서 '83~'88년의 단계별 평균비중으로 추정함.

- 개발연구 비중이 평균 60.9%로 가장 높으며, 응용연구 평균 24.3%, 기초연구 평균 14.8%임. 개발연구의 비중은 점점 증가하고 있으며 응용연구의 비중은 지속적으로 감소하고 있음.
- 연구개발단계별 연구개발스톡은 연구개발비의 증가에 따라 지속적으로 상승하고 있으며, 분석 기간 동안의 평균값은 12.65%, 응용연구 24.62%, 개발연구 62.73%로 시기별 비중 변화는 미미한 수준임.

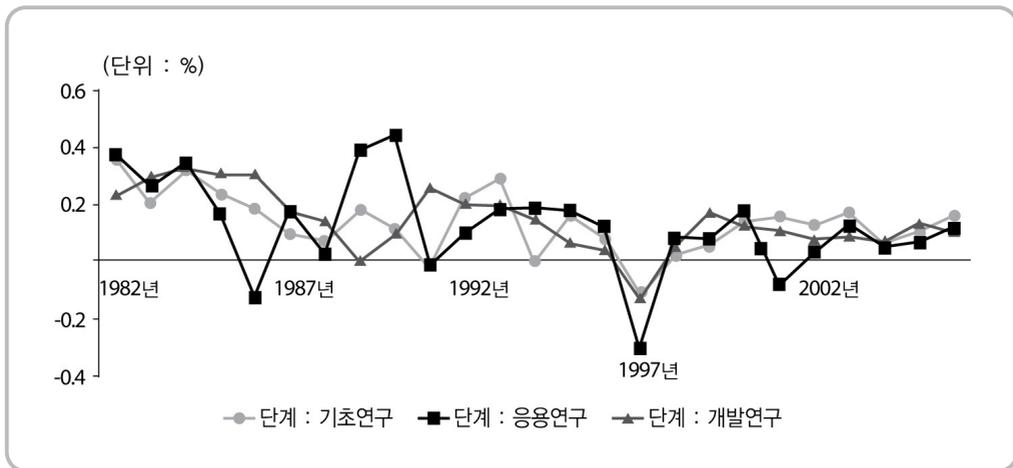
▶ <그림 9> 연구개발단계별 연구개발비와 연구개발스톡의 추이와 비중변화



주 : 연구개발비는 연구개발디플레이터 적용
 주 : 연구개발스톡은 연구개발디플레이터, 연구개발시차, 진부화율 고려

- 연구개발단계별 연구개발비 증가율 추이는 '80년대까지 불안정한 모습이나, '90년대 이후 안정적인 추세를 유지하고 있음. 상대적으로 응용연구의 증가율은 편차가 심하며 이는 기초 연구나 개발연구에 비해 상대적으로 응용연구에 대한 정확한 정의가 미약하며, 응용연구에 대한 효율성이 저하되어 투자가 감소한 결과로 판단됨.

▶ <그림 10> 연구개발단계별 연구개발비 증가율 추이

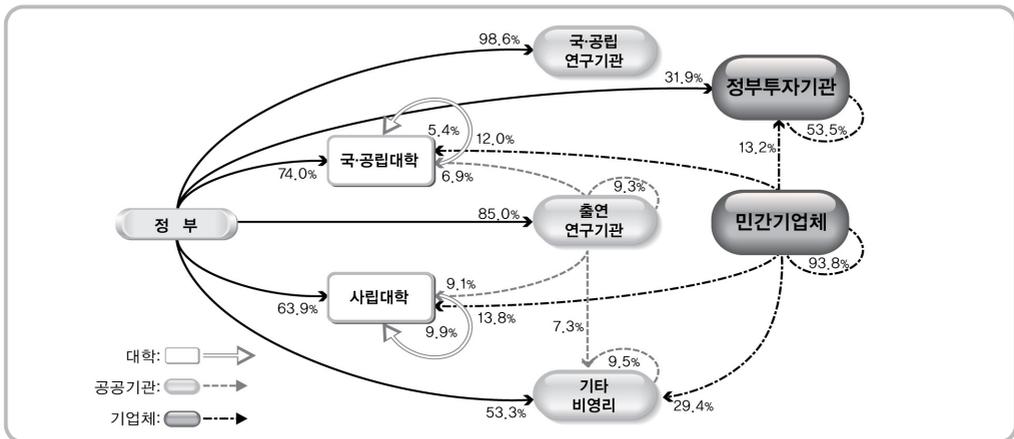


4. 연구개발투자 흐름 분석

① 연구개발투자 흐름 분석

- 연구개발비는 재원에서 주체로 이동하며, 이 흐름을 통해 정부와 민간의 연구개발 투자 간의 상관관계 혹은 인과관계를 일부 파악할 수 있음.
- 민간기업체는 대부분의 연구개발 재원을 자체 조달하고 있으며(93.8%), 민간기업체를 제외한 모든 주체들은 정부로부터 상당 부분의 연구개발비를 지원받고 있음.
 - 주체별 정부 연구개발비 비중은 국공립연구기관 98.6%, 출연연구기관 85.0%, 국공립 대학 74.0%, 사립대학 63.9% 등임.
 - 민간기업체의 경우 국가 총연구개발비의 약 70%를 담당하고 있으나 연구개발비의 흐름상에서 거의 독립적으로 존재하고 있어, 영향력이 크지 않음. 반면, 정부의 재원은 약 30%에 불과하나, 대부분의 연구개발 주체에 대한 중추 연결고리로서 연구개발 네트워크에서 차지하는 역할이 매우 크다고 할 수 있음.

▶ <그림 11> 연구개발 자원별 주체별 연구개발비의 흐름도



주 : '07년 기준, 5%이상의 재원만 표기

② 연구개발투자 상관관계 분석

- 연구개발투자의 흐름을 파악하기 위해 자원별, 주체별, 단계별 연구개발투자 간 상관 관계를 분석하였음.
- 정부 자원과 민간 자원은 상관계수도 매우 낮고(-0.094) 유의성도 없어 정부와 민간의 자원이 완전히 분리되어 운영되고 있음을 시사함.
- 정부 자원은 공공연구기관(0.789) 및 대학(0.419)과의 상관관계도 높고 유의성도 있으나, 기업체(-0.064)와의 상관관계도 낮고 유의성도 없음.
 - 정부 자원은 기초(0.113), 응용(0.287), 개발연구(0.181) 등 연구개발단계와는 특별한 상관 관계를 가지지 않음.
 - 이는 정부 자원을 주로 활용하는 공공연구기관과 대학이 연구개발단계별로 고르게 분산된 연구를 수행하고 있음을 시사
- 민간 자원은 기업체와의 상관관계가 0.979로 매우 높음.
 - 민간 자원은 연구개발단계와도 대부분 높은 상관관계를 가지며, 특히 개발연구와의 상관관계가 0.785로 가장 높음.
 - 이는 민간 자원-기업체-개발연구의 연결고리를 시사

- 주체별로 살펴보면, 공공연구기관과 대학과의 상관관계는 0.480으로 비교적 높은 편이나, 공공연구기관-기업체(0.161), 대학-기업체(0.139) 간의 상관관계는 상대적으로 낮음.
- 주체별-연구개발단계별 간 상관관계를 보면 대부분의 주체들이 개발연구와 높은 상관 관계를 가지고 있으며, 기초연구와의 상관계수도 높은 편임. 반면 응용연구와의 상관 관계는 낮음.
 - 이는 우리나라의 연구개발이 선진국의 기술을 추격하고 산업에 바로 적용하여 수익을 창출할 수 있는 개발연구에 집중되어 있음을 시사
 - 일반적으로 대학은 기초연구, 공공연구기관은 기초 및 응용연구, 기업체는 개발 연구에 집중하는 것으로 인식되고 있으나, 분석 결과 각 주체들이 뚜렷한 정체성을 가지고 각 단계를 주도하지 못하는 것으로 나타남.
- 기초연구는 응용연구 및 개발연구와 비교적 높은 상관관계가 있으며 이는 연구가 단계별로 진행되며 기술혁신이 이루어짐을 간접적으로 시사
 - 그러나 응용연구의 경우 개발연구와 상관관계가 미약하여, 응용연구가 개발연구로 효율적으로 전달되지 못하고 있음.
 - 이는 응용연구의 주체인 공공연구기관과 개발연구의 주체인 기업체 간의 상관 계수가 0.161로 낮다는 분석 결과와도 일치함.

▶ <표 1> 연구개발비 증가율 간의 상관계수 (디스플레이터 반영, 시차 미반영)

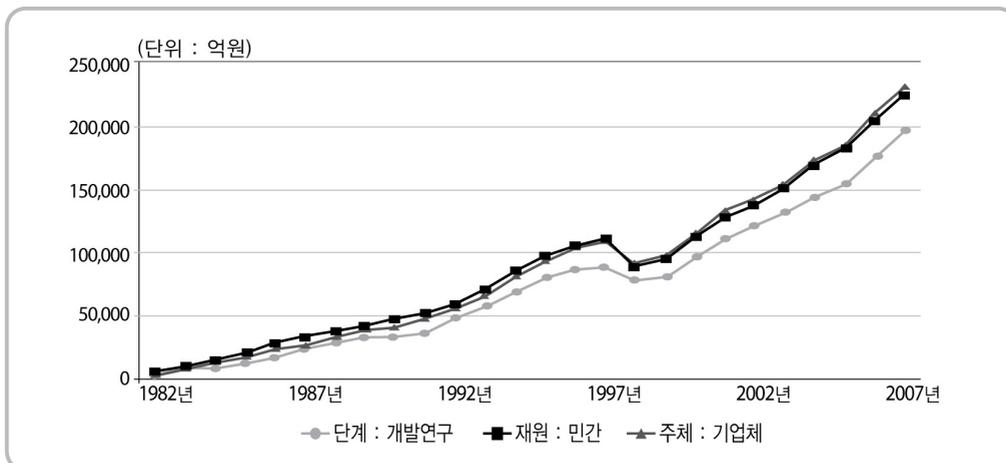
* : p-value ≤ 0,1, ** : p-value ≤ 0,05, *** : p-value ≤ 0,01

분류	재원별		주체별			단계별		
	정부·공공	민간	공공연구기관	대학	기업체	기초연구	응용연구	개발연구
재원별	정부·공공	1						
	민간	-0.094	1					
주체별	공공연구기관	0.789***	0.228	1				
	대학	0.419**	0.237	0.480**	1			
	기업체	-0.064	0.979***	0.161	0.139	1		
단계별	기초연구	0.113	0.764***	0.404**	0.412**	0.725***	1	
	응용연구	0.287	0.591***	0.367*	0.190	0.623**	0.554***	1
	개발연구	0.181	0.785***	0.445**	0.439**	0.730***	0.525***	0.198

⑤ 연구개발투자 흐름 분석 시사점

- '07년도 자료를 바탕으로 한 상태분석(연구개발투자 흐름 분석)과 '82~'07년 자료를 바탕으로 한 동태분석(연구개발투자 상관관계 분석)은 비슷한 결과와 시사점을 제시하고 있음.
- 민간 자원-기업체 사용-개발연구 간에 강력한 상관관계가 있어 연구개발 흐름 상에서 독자적으로 존재하고 있는 것으로 파악됨.
 - 특히 정부 자원과 민간 자원 간에 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않아 기존 연구에서 제시된 정부 투자를 통한 민간 투자 견인 효과 등을 파악하기 어려움.
 - 기업체와 다른 연구 주체들 간의 연계 고리가 취약하여 타 주체의 기초, 응용연구의 성과가 기업체의 개발연구로 이어지지 못하는 것으로 보임. 이는 기업체의 중복·과잉 투자로 이어질 수 있는 부분임.

▶ <그림 12> 민간 자원, 기업체 사용주체, 개발연구의 연구개발비 비교



- 정부 자원은 공공연구기관과 대학의 연구개발에 큰 영향력을 미치고 있는 것으로 나타났으나, 각 주체의 기능과 연구개발단계상의 주도권을 부여하는 데는 한계가 있는 것으로 나타남.
 - 기초 및 응용연구에 효율적으로 투자하고, 연구개발단계별 연계가 원활하게 이루어질 수 있도록 시스템 개선 및 정책 대안이 마련되어야 할 것임.

❖ IV 연구개발과 경제성장에 대한 실증분석

1. 분석모형 및 자료

⊕ 분석모형

- 생산함수는 일반적으로 적용하는 콥더글라스 생산함수를 사용

$$Q = Ae^{\lambda t} L^{\alpha} K^{\beta} R_1^{\gamma_1} R_2^{\gamma_2} \dots$$

- Q 는 산출량, L 은 노동투입량, K 는 자본스톡, R_i 는 i 형태의 연구개발투자, t 는 시간임.
- 연구개발투자 R_i 는 단계별, 사용주체별, 연구단계별 연구개발스톡(또는 연구개발비), GDP 대비 연구개발비 비중, 연구개발인력 등이 적용됨.
- 위 식의 양변에 \log 를 취하고 시간 t 에 대하여 미분하면,

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \lambda + \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \gamma_1 \frac{\dot{R}_1}{R_1} + \gamma_2 \frac{\dot{R}_2}{R_2} \dots$$

- 여기서 $\dot{\cdot}$ 는 각 변수의 시간에 대한 변화율을 의미하며 우변의 계수는 각 독립변수의 산출탄력성을 의미함.

⊕ 분석자료

- 산출량 Q 는 한국은행 국민계정의 실질 GDP¹⁷⁾를 사용함.
- 자본스톡 K 는 표학길(2007)의 자료를 활용하고 국민계정의 총자본형성 디플레이터를 적용¹⁸⁾
- 노동투입량¹⁹⁾ L 은 국가통계포털의 취업자수와 국가통계포털의 경제활동인구조사의 주당 평균취업시간을 활용하여 주당 40시간(5일×8시간)기준으로 환산하여 추정
 $L = (\text{총취업자수} - \text{총연구개발인력}) \times \text{주당평균취업시간} / 40$

17) 국민계정의 GDP자료는 '00년 이전과 이후로 분리됨. 실질가격과 GDP 디플레이터가 '00년을 기점으로 분리가 되어 있고 일치하지 않아 한국은행이 직접 제공한 '00년 기준자료를 이용함.

18) '01~'07년의 자료는 표학길의 자료 중 순자본스톡의 '95~'00년 평균성장률을 활용하여 추정

19) 연구원과 연구보조원을 합하여 산출하는 것으로 연구개발에 참여한 총 인력 규모를 나타냄.

- 연구개발비 및 연구개발인력은 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)의 과학기술통계서비스 자료를 이용
 - 연구개발비는 연구개발디플레이터와 연구개발시차를 적용
 - GDP 대비 연구개발비 비중은 연구개발디플레이터만 적용
 - 연구개발스톡은 연구개발디플레이터, 연구개발시차, 진부화율을 모두 적용
 - 연구개발인력 및 연구원은 주당평균취업시간을 활용하여 주당 40시간(5일×8시간)기준 으로 환산하여 추정
 - 연구개발인력비중은 총노동투입량 대비 연구개발인력의 비중
 - 인건비 플로우는 연구개발디플레이터와 연구개발시차를 적용
- 모형의 일관성과 분석 결과의 신뢰성 제고를 위해 IMF위기가 발생한 '98년의 자료는 분석자료에서 제외하였음

2. 분석결과

② 연구개발투자와 경제성장

- 분석 결과 GDP 대비 연구개발비 비중, 총연구개발비, 총연구개발스톡은 모두 경제성장과 유의수준 1%에서 상관관계를 가지는 것으로 나타남.
 - 총연구개발비와 총연구개발스톡을 변수로 도입하였을 경우 모형의 적합도(Adjusted R-Sq)가 각각 64.6%, 54.8%로 상대적으로 높게 나옴.
 - 총연구개발스톡의 산출탄력성은 0.153으로, 동일한 변수를 도입한 과학기술정책연구원(2007)의 연구결과와 근사한 값으로 판단됨²⁰⁾.
 - 단, 연구개발스톡을 내생변수로 고려할 경우 자본스톡의 산출탄력성과 유의성이 감소됨. 이는 자본스톡과 연구개발스톡의 특성이 저량변수로서 동일하기 때문에 다중공선성이 일부 반영된 것으로 보임.

20) 과학기술정책연구원의 연구개발투자의 경제성장기여도 국제비교(2007) 결과는 '71~'89년 0.137, '90~'04년 0.187로 본 고의 분석기간이 '82~'07년이라는 것을 감안하면 유사한 수치로 판단됨.

▶ <표 2> 연구개발투자 회귀분석 결과

* : p-value ≤ 0.1, ** : p-value ≤ 0.05, *** : p-value ≤ 0.01

변수	산출탄력성 (t-statistics)			
	Model1	Model2	Model3	Model4
자 본 스 톱	0.2256** (2.39)	0.2518*** (2.87)	0.2095** (2.59)	0.1027 (1.13)
총 순 수 노 동	0.6452*** (4.74)	0.5883*** (4.61)	0.4570*** (3.44)	0.5078*** (4.06)
G D P 대 비 연구개발비 비중		0.1038** (2.19)		
총 연 구 개 발 비			0.1130*** (2.95)	
총 연 구 개 발 스 톱				0.1530*** (2.97)
Adjusted R-Sq	51.6%	59.0%	64.6%	64.8%
ANOVA F-statistic	13.27***	12.03***	15.00***	15.10***
D-W statistic	1.7478	2.4117	2.4314	2.5288

⑤ 연구개발인력과 경제성장

- 분석 결과 총연구개발인력, 연구개발인력비중은 유의수준 1%, 인건비 플로우는 유의 수준 5%에서 경제성장과 상관관계를 가지는 것으로 나타남.
 - 이 중 총연구개발인력과 연구개발인력비중의 모형 적합도가 가장 높으며, 총순수 노동 등 기존 변수의 유의성도 감소하지 않으므로, 이를 내생변수화하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
- 환산연구원 및 별도로 분석을 수행한 근무처별, 학위별 연구원 회귀분석 결과도 유의성이 없는 것으로 나타남.

▶ <표 3> 연구개발인력 회귀분석 결과

* : p-value ≤ 0.1, ** : p-value ≤ 0.05, *** : p-value ≤ 0.01

변수	산출탄력성 (t-statistics)			
	Model5	Model6	Model7	Model8
자 본 스 톡	0.2336*** (3.02)	0.2352** (2.51)	0.2337*** (3.02)	0.2367** (2.70)
총 순 수 노 동	0.5645*** (4.96)	0.5307*** (3.23)	0.7310*** (6.40)	0.3770** (2.12)
총 연구 개발 인력	0.1664*** (3.37)			
환 산 연 구 원 21)		0.1031 (1.21)		
연구개발인력비중			0.1664*** (3.37)	
인 건 비 플 로 우				0.1284** (2.14)
Adjusted R-Sq	67.6%	52.7%	67.6%	58.7%
A N O V A F-statistic	17.00***	9.53***	17.01***	11.88***
D-W statistic	2.2228	1.8907	2.2227	1.8234

3. 세부 분류별 분석결과

② 연구개발투자 분류별 분석결과

- 세부 분류별 연구개발투자와 경제성장 간의 상관관계를 파악하기 위하여, 연구개발비 (Model9~Model11)와 연구개발스톡(Model9'~Model11')으로 나누어 분석을 수행한 결과,

21) 연구원은 학사학위 이상의 학위 소지자 또는 동등 학위 이상의 전문지식을 가지고 있는 인력으로서 연구개발과제를 수행하고 있는 사람. 환산연구원은 전문대졸 14년(0.875), 학사16년(1.000), 석사18년(1.125), 박사22년(1.375)으로 가중 환산한 연구원 수

- 연구개발스톡을 변수로 도입할 경우 자본스톡의 유의성이 현저하게 낮아지는 문제가 발생하여 내생변수로 적합하지 않은 것으로 판단됨.
- 이는 IV의 2에서 전술한 바와 같이 1) 자본스톡과 연구개발스톡이 동일한 저장변수로서의 특성을 공유하여 다중공선성이 발생하였을 가능성, 2) 연구개발스톡의 추계 과정에서 활용한 연구개발시차, 진부화율 등의 추정 과정에서 오차가 발생하였을 가능성을 고려할 수 있음.
- **자원별로는 정부-공공 재원의 산출탄력성이 낮게 나타났고 유의성도 없는 반면, 민간 재원은 경제성장과 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타남.**
 - 주체별로는 기업체만이 경제성장과 상관관계를 가지는 것으로 나타남.
 - 이는 민간의 투자효율성 및 경제성장 기여도가 높음을 지적한 기존의 연구결과²²⁾와 일치하며, 본 고에서 살펴본 연구개발 네트워크 상에서 민간이 독립적으로 운영되는 것과도 일관성을 가지는 결과임.
- **정부 재원의 연구개발비는 대부분 공공연구기관과 대학에 투자되는데, 이들 독립 변수가 모두 경제성장과 직접적인 상관관계가 없다는 분석 결과는 정부 연구개발 투자의 효율성이 낮음을 시사함.**
 - 연구개발 흐름 분석에서 확인했던 주체 간(공공연구기관-기업체, 대학-기업체), 단계 간(응용-개발) 단절을 고려해 보면 정부의 연구개발투자가 기초-응용-개발 단계를 체계적으로 거쳐 장기적인 경제성장에 영향을 주었다고 보기 어려움.

22) 최은철(1999), 오세홍(2002)

▶ <표 4> 연구개발투자 분류별 회귀분석 결과 (모든 독립변수 포함)

* : p-value ≤ 0.1, ** : p-value ≤ 0.05, *** : p-value ≤ 0.01

변수	산출탄력성 (t-statistics)					
	연구개발비			연구개발스톡		
	Model9	Model10	Model11	Model9'	Model10'	Model11'
자본스톡	0.2202** (2.78)	0.2292*** (2.87)	0.1753* (1.98)	0.1161 (1.23)	0.1807 (1.61)	0.0990 (1.02)
총순수노동	0.5034*** (3.67)	0.5674*** (4.24)	0.5175*** (3.48)	0.5221*** (4.28)	0.5982*** (4.37)	0.5261*** (3.07)
재원별 (23)	정부·공공	0.0061 (0.25)			0.0236 (0.45)	
	민간	0.0878*** (3.37)			0.1146*** (3.27)	
주체별	공공 연구기관		-0.0243 (-0.73)		-0.0748 (-0.74)	
	대학		0.0203 (0.70)		0.0083 (0.14)	
	기업체		0.0833*** (3.69)		0.1237*** (3.43)	
단계별	기초		0.0527 (1.08)			0.0009 (0.01)
	응용		0.0409 (1.51)			0.0785 (1.17)
	개발		0.0240 (0.46)			0.0717 (0.50)
Adjusted R-Sq	67.3%	69.3%	63.1%	65.8%	67.9%	61.7%
ANOVA F-statistic	12.81***	11.40***	8.87***	12.06***	10.75***	8.41***
D-W statistic	2.6001	2.7569	2.4995	2.6688	2.8132	2.5330

⊙ 유의성이 없는 독립변수를 제거하여 새롭게 분석을 수행한 결과가 <표 5>에 제시되어 있음.

- 모든 독립변수를 포함한 분석결과와 동일하게 세부 분류별 연구개발스톡을 독립 변수로 사용하면 자본스톡의 유의성은 10%내에 없는 것으로 나옴.

23) 재원별 연구개발비 중 외국재원은 편차가 커서 투입요소로서 적절치 않아 제외함.

■ 단계별 연구개발투자의 경우는 기초연구, 응용연구, 개발연구 모두 10%내에서 개별적인 유의성은 존재하나 적합도(Adjusted R-Sq) 측면에서 볼 때, 연구개발투자비는 기초연구가 연구개발스톡은 응용연구가 가장 우수함.

- 연구개발비의 경우 산출탄력도면에서 기초연구는 0.0907, 응용연구는 0.0614, 개발연구는 0.0871로 기초연구가 가장 크며, 연구개발스톡의 경우 기초연구는 0.1512, 응용연구는 0.1465, 개발연구는 0.1728로 개발연구가 가장 큼. 따라서 개발연구의 경제성장예의 영향이 가장 크며, 기초연구도 응용연구에 비해 상대적 경제성장예의 기여가 높음을 시사.

▶ <표 5> 연구개발투자 분류별 회귀분석 결과 (비상관 독립변수 제외, 최대 Adjusted R-Sq 선택)

* : p-value ≤ 0.1, ** : p-value ≤ 0.05, *** : p-value ≤ 0.01

변수	산출탄력성 (t-statistics)					
	연구개발비			연구개발스톡		
	Model9	Model10	Model11	Model9'	Model10'	Model11'
자본스톡	0.2238*** (2.95)	0.2072*** (2.84)	0.1822** (2.11)			
총순수노동	0.5207*** (4.54)	0.5246*** (4.81)	0.6006*** (4.89)	0.5006*** (4.17)	0.5154*** (4.57)	0.5748*** (4.83)
재원별 주체별	민간			0.1312*** (3.92)		
	기업체		0.0852*** (3.93)		0.1307*** (4.40)	
단계별	기초		0.0907** (2.52)			
	응용					0.1465*** (3.75)
Adjusted R-Sq	68.8%	71.3%	61.4%	64.5%	68.0%	63.1%
ANOVA F-statistic	17.91***	20.09***	13.20***	21.90***	25.43***	20.69***
D-W statistic	2.5982	2.7695	2.4145	2.3137	2.4496	2.2757

⑤ 연구개발투자 및 연구개발인력 분류별 분석결과

■ 연구개발투자와 총연구개발인력을 동시에 내생변수로 고려한 회귀분석 결과가 <표 6>에 제시됨.

- 연구개발투자만 포함한 분석 결과(<표 4>)에 비해 회귀분석의 적합성(Adjusted R-Sq)이 소폭 상승하나 각 독립변수의 유의성은 감소하는 경향이 있음.

▶ <표 6> 연구개발투자와 연구개발인력의 요인별 회귀분석결과

* : p-value ≤ 0.1, ** : p-value ≤ 0.05, *** : p-value ≤ 0.01

변수	산출탄력성 (t-statistics)					
	연구개발비			연구개발소득		
	Model12	Model13	Model14	Model12'	Model13'	Model14'
자본소득	0.2316*** (3.00)	0.2345*** (2.90)	0.1677** (2.15)	0.1475 (1.67)	0.2104* (1.94)	0.1371 (1.63)
총순수노동	0.5317*** (3.95)	0.5569*** (4.10)	0.6135*** (4.51)	0.5036*** (4.46)	0.5737*** (4.37)	0.6374*** (4.18)
총연구개발인력	0.0974 (1.46)	0.0622 (0.82)	0.1600** (2.52)	0.1139* (2.07)	0.1032 (1.67)	0.1554** (2.74)
재원별	정부·공공	-0.0041 (-0.17)		0.0318 (0.66)		
	민간	0.0525 (1.50)		0.0746* (1.98)		
주체별	공공 연구기관		-0.0195 (-0.57)		-0.0626 (-0.65)	
	대학		0.0203 (0.70)		0.0392 (0.64)	
	기업체		0.0614* (1.75)		0.0745 (1.65)	
단계별	기초연구		0.0727 (1.67)			0.1235 (1.07)
	응용연구		0.0331 (1.37)			0.0822 (1.43)
	개발연구		-0.0606 (-1.07)			-0.1273 (-0.89)
Adjusted R-Sq	69.1%	68.8%	71.6%	70.8%	70.9%	71.8%
Predicted R-Sq	56.37%	51.36%	48.82%	53.36%	53.19%	57.17%
ANOVA F-statistic	11.29***	9.44***	10.65***	12.17***	10.32***	10.78***
D-W statistic	2.4948	2.6523	2.6803	2.7717	2.8363	2.8162

❖ V 결론 및 시사점

① 연구개발투자 현황 및 흐름

- 우리나라의 GDP 대비 연구개발비 비중은 3.47%('07년 기준)로서 OECD 평균에 비해 높은 편이나, 절대적인 양은 부족하며 본 고의 분석 결과 효율성 측면에서도 문제점이 발견되었음.
- 재원별로는 민간 재원이 평균 75.89%, 주체별로는 기업체가 70.8%, 단계별로는 개발 연구가 60.9%로 가장 높았음.
 - 정부 재원은 공공연구기관과 대학에 대부분 투자되었으며, 민간 재원은 기업체에 대부분 투자됨. 정부 재원과 민간 재원 간의 상관관계는 거의 없는 것으로 나타남.
 - 즉 민간 재원-기업체 사용-개발연구가 우리나라 연구개발 네트워크에서 독립적으로 운영되고 있는 것으로 파악됨.
- 대학은 기초연구를, 공공연구기관은 기초와 응용연구를 주로 수행한다는 기존의 정설과 달리 각 주체가 단계별로 뚜렷한 주도권을 갖지 못하는 것으로 나타남.
 - 또한 주체별, 단계별 연계가 취약하여 연구개발에서 경제성장으로 연결되는 과정이 원활하게 진행되고 있지 않음.
 - 즉 정부가 대학과 공공연구기관에 대부분의 연구비를 지원하는 과정에서 효율적인 체계를 갖추지 못하였고, 민간은 독자적으로 연구개발을 수행함에 따라 국가 차원의 연구 개발 효율성이 떨어지는 것으로 판단됨.

② 연구개발투자과 경제성장

- 연구개발투자는 지식스톡의 증대→기술의 진보와 혁신→모방과 확산의 과정을 통해 국가 경제성장에 기여한다는 것이 기존의 정설임.
 - 이를 증빙하기 위한 연구에서는 기술진보의 대용변수로 측정 및 평가가 용이한 연구 개발비, R&D 집약도, 연구개발스톡을 사용하며, 기존 연구에서는 연구개발스톡이 생산성과 경제성장에 유의미한 기여를 하는 것으로 보고하고 있음.
- 그러나 본 고에서 수행한 분석 결과에 따르면 총연구개발스톡도 경제성장과 유의미한 관계를 가지고 있지만, 세부 분류별 분석을 위해서는 연구개발비가 더욱 적합한 것으로 파악되었음.

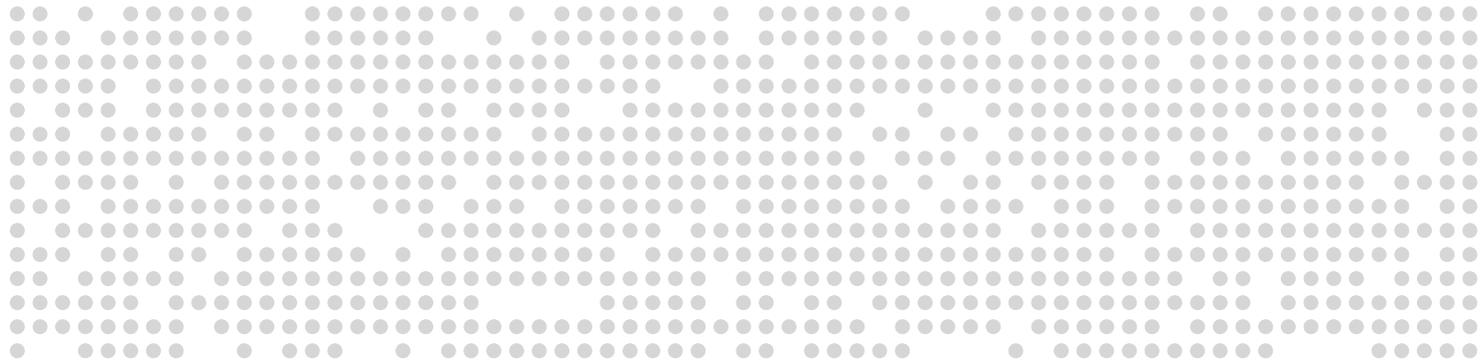
- 분류별 연구개발스톡을 적용할 경우 자본스톡의 유의성과 산출탄력성이 동시에 낮아짐. 이는 연구개발스톡을 연구개발투자비만의 스톡으로 정의하는 것에 대한 한계가 존재하기 때문인 것으로 판단됨. 즉 신규 연구개발투자는 GDP 대비 연구개발비중에 의하여 결정되고 신규 자본투자는 GDP대비 자본투자율에 의하여 결정되므로 두 변수 모두 GDP에 기반한 변수라는 특징이 있음.
- 연구개발스톡을 효과적인 변수로 활용하기 위해서는 연구개발비 외에 특허나 논문, 보고서 등 다른 지식자산을 포함한 추계가 이루어져야함.
- 연구개발스톡(간접적 연구개발투자)이 연구개발비(직접적 연구개발투자)에 비해 유의미한 결과를 도출하지 못한 이유는 여러 가지 측면에서 추정 가능함.
 - 우선 과거의 우리나라 연구개발이 주로 선진국의 기술을 추격하는 개발연구에 집중함으로써 기초연구부터 지식을 축적하는 과정이 취약하여 연구개발스톡의 누적적 특성이 약화되었다는 점을 들 수 있음.
 - 연구개발 네트워크에서 확인한 바와 같이 연구개발 주체 간, 단계별 연계가 취약 하여 기초→응용→개발로 이어지는 지식의 축적이 체계적이고 효율적으로 이루어지지 않은 점을 지적할 수 있음.
 - 가시적이고 객관적인 자본스톡에 비해 연구개발스톡은 연구개발 자체의 불확실성, 비가시성으로 인해 분석 모형에서 뚜렷한 존재감을 나타내기 어려울 수 있으며, 연구개발스톡 산정 과정의 한계(연구개발시차, 진부화율 등)도 존재함.
- 우리나라의 경제성장에의 기여도는 민간주도의 연구개발 네트워크인 민간재원-기업체사용-개발연구가 가장 높으며 정부주도의 연구개발 네트워크의 기여도는 낮음.
 - 정부 재원보다는 민간 재원이 경제성장에 기여하는 정도가 높으며, 주체별로도 공공 연구기관이나 대학보다 기업체의 기여도가 높은 것으로 나타남. 이는 과거 우리나라의 경제성장이 선진국의 기술을 추격하는 형태로 이루어졌으며, 따라서 개발연구에 집중하는 민간주도의 연구개발네트워크에 의해 견인되어 왔음을 시사하고 있음.
 - 기초 및 응용연구가 개발연구보다 상대적으로 효율성이 낮은 것을 반영하더라도 이들 연구비 흐름의 중심 역할을 담당하는 정부의 투자 효율성과 주 사용주체인 공공연구기관 및 대학의 사용 효율성이 낮은 것으로 판단됨.

- 우리나라는 현재 기술추격형 연구에서 기술주도형 연구로 전환되는 과정에 있으며 연구 개발체제도 이를 효율적으로 수행할 수 있도록 개선되어야 할 것임.
- 연구개발단계별로는 개발연구의 경제성장예의 기여도가 가장 크며 기초연구의 기여도도 응용연구에 비해 상대적으로 기여도가 높음.
 - 기초연구, 응용연구, 개발연구는 상호 상관관계가 존재하며 이는 각 단계별 연구 개발비가 개별적인 차이 없이 총연구개발비의 변동에 동시에 같은 방향으로 반응하는 것을 시사함.
 - 즉, 단계별 연구개발비가 장기적이고 독립적인 계획에 의해 집행되거나 운영되지 않고 당시의 상황에 따라 가변적으로 운영되어 왔음을 의미함.
 - 개발연구를 주도하는 민간은 제외하더라도 기초 및 응용연구는 장기적이고 체계적으로 이루어 질 수 있도록 장기적인 투자계획을 수립해야 할 것임.



참고문헌

1. 교육과학기술부 (2008), 연구개발활동조사보고서
2. 과학기술정책연구원 (2007), 연구개발투자의 경제성장기여도 국제비교, 과학기술정책연구원
3. 김의제 (1999), 우리나라 제조업의 성장요인 분석 : 연구개발 투자의 생산성 분석을 중심으로, 과학기술정책연구원 정책연구 99-18
4. 신태영, 박병무 (1998), 거시계량경제모형을 이용한 연구개발 투자의 정책효과 분석, 과학기술정책연구원 정책자료 98-15
5. 김정일 (2006), 방위산업의 총요소생산성(TFP)분석, 국방대학교 석사학위논문
6. 문혜선 (2006), 기업 R&D의 양극화 현황진단과 정책과제, KISTEP Issue paper 06-01
7. 김휘석 외 (2002), 서비스산업의 성장동력화 전략, 연구보고서 제461호, 산업연구원
8. 조윤애 (2004), 기업이 연구개발 파급효과 분석, 응용경제, 제 6권 제 1호
9. 오세홍, 임수진, 손소영 (2002), 국내 연구개발투자와 경제성장간의 인과관계, 기술혁신연구, Vol. 10(1), pp. 65-82
10. 최은철 (1999), Analysis of the Effect of R&D Investments on Economic Growth, 기술혁신연구, Vol. 7(2), pp. 1-20
11. 유승훈 (2003), 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 분석, 기술혁신연구, Vol. 11(2), pp. 175-194
12. Denison, E. (1985), Trends in American Economic Growth: 1929-1982, Brookings Institution, Washington, D. C.
13. Griliches, Z. (1986), Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970's, The American Economic Review, Vol. 76(1), pp. 141-154
14. Griliches, Z. and Mairesse, J. (1984), Productivity and R&D at the firm level, in Griliches, Z.(ed), pp. 339-374
15. Kay, N. (1988), The R&D Function: corporate strategy and structure, in Technical Change and Economic Theory, ed. by Dosi, G. C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete, Pinter Publishers
16. Jones, C. I. (1995), R&D Based Models of Economic Growth, Journal of Political Economy, vol. 103(4), pp. 761-769



저자프로필

| 하 정 훈 |

- (現) 홍익대학교 정보산업공학전공 교수
- Texas A&M University 산업공학 박사
- 02-3454-1218, chungun.ha@hongik.ac.kr

| 이 동 욱 |

- (現) 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 부연구위원
- POSTECH 산업공학 석사
- 02-589-2801, redu@kistep.re.kr



KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

137-130 서울시 서초구 양재동 마방길 68 동원산업빌딩 8~12F
TEL 02-589-2200 FAX 02-589-2222