

# 기계산업 R&D 스톡 국제 비교와 시사점

곽기호, 김재윤 | 한국기계연구원

## [요약문]

R&D 투자 스톡은 요소 투입 주도의 산업·경제 성장에서 총요소생산성 증가에 의한 기술혁신 주도의 성장으로 전환하는데 결정적인 역할을 하는 요소로, 그간 학계에서 폭넓은 논의가 이루어지고 있다.

본 고에서는 국내 최초로 기계산업의 R&D 투자 스톡을 주요국과 비교·분석하고, R&D 투자 스톡을 높이기 위한 정책적 대안을 제시하고자 하였다. 분석결과 기계산업의 R&D 투자 스톡은 2008년 현재 약 44.6억 달러로 추계되어 기계산업 수출 상위 10대 국가 중 가장 낮은 수준으로 나타났으며, 특히 미국, 독일, 일본 등 기계산업 세계 수출 시장 상위 3개국과의 R&D 투자 스톡은 점차 확대되고 있는 것으로 나타났다. 기계산업의 R&D 투자 스톡을 증대하기 위한 방안으로는 기계분야의 국가 R&D 사업 확대와 함께, 보유 기술 및 특허의 활용 촉진 지원, R&D 시차를 단축하기 위한 시제품 테스트 베드 구축 및 관련 제도 개선을 제시하였다.

## 1. 연구의 배경

주력 제조업에 양산용 기계와 장비 및 관련 부품을 공급하는 제조기반(교육과학기술부, 2010)인 기계산업은 2009년 현재 세계 수출시장 점유율 기준 세계 9위를 기록하고 있다. 하지만 그간의 성장은 규모의 경제효과 시현, 중국 등 신흥국 산업화에 따른 기계·장비 수요 증가, 반도체·디스플레이, 자동차, 플랜트, 조선 등 전방산업의 수출 호조에 기인한 것으로, 2003년 이후 수출 순위 및 점유율 상승이 둔화된 것은 과거의 성장 방식이었던 인력과 자본 등 생산 요소 투입과 규모의 경제 효과 창출에 한계를 보이고 있음을 추정가능하게 한다.

이에 따라 생산량 증가분에서 투입 요소의 증가분으로 설명되지 않는 생산량 증가분에 해당하는 총요소생산성(TFP)의 증대를 통한 기계산업 혁신 및 성장잠재력 제고가 강조되고 있다. 특히 총요소생산성 증가율에 대한 R&D 투자의 기여도가 50~80% 수준으로 분석<sup>1)</sup>되고 있고, 과학기술부와 STEPI(2007)의 연구에서 70년대 이후 우리나라 총요소생산성 증가의 거의 대부분이 R&D 투자 스톡(Stock) 증가로 인해 발생하는 것으로 밝혀짐에 따라 R&D 투자 스톡 증가를 통한 총요소생산성 및 산업 경쟁력 강화가 중점적으로 논의(이우성, 윤문섭, 2007)되고 있고, 이에 따라 기계산업의 감소하고 있는 부가가치율을 제고하기 위한 R&D 투자 스톡 확충 필요성도 제기되고 있다.

따라서 본 고에서는 국내 최초로 기계산업의 R&D 투자 스톡을 산출하고, 기계산업 주요 선진국의 그것과 비교·분석해 보고자 한다. 이는 미국, 일본 등 선진국에 비해 R&D 투자 기간이 절대적으로 짧은 국내 기계산업의 특성상 흐름(Flow) 개념의 연도별 R&D 투자 규모 및 투자 집약도(R&D Intensity) 분석(KISTEP, 2010; KOITA, 2010)

1) 하준경(2004)의 R&D 투자스톡의 총요소생산성 증가율 기여도 48%와 배용호 외(2006)의 R&D 투자스톡의 총요소생산성 증가율 기여도 82%가 있음(이우성, 윤문섭(2007)에서 재인용)



표 1. 세계 기계산업 수출 시장에서의 상위 10개 국가별 점유율 변화(백만 달러, %)

순위	국가	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	전세계	867,725	963,103	1,096,799	1,341,988	1,495,946	1,064,017
1	독일	147,444(17.0%)	164,125(17.0%)	188,465(17.2%)	217,279(16.2%)	244,123(16.3%)	179,542(16.9%)
2	미국	110,394(12.7%)	125,501(13.0%)	139,731(12.7%)	167,724(12.5%)	181,174(12.1%)	124,879(11.7%)
3	일본	94,697(10.9%)	99,348(10.3%)	106,077(9.7%)	131,592(9.8%)	145,064(9.7%)	94,886(8.9%)
4	중국	38,783(4.5%)	51,236(5.3%)	68,216(6.2%)	93,421(7.0%)	121,920(8.2%)	99,923(9.4%)
5	이태리	73,914(8.5%)	76,811(8.0%)	86,843(7.9%)	107,200(8.0%)	116,127(7.8%)	85,756(8.1%)
6	프랑스	44,987(5.2%)	48,123(5.0%)	54,191(4.9%)	63,733(4.7%)	70,507(4.7%)	52,497(4.9%)
7	영국	45,215(5.2%)	48,607(5.0%)	53,670(4.9%)	60,091(4.5%)	60,143(4.0%)	46,472(4.4%)
8	네덜란드	18,214(2.1%)	19,704(2.0%)	23,904(2.2%)	41,412(3.1%)	43,511(2.9%)	30,408(2.9%)
9	대한민국	19,669(2.3%)	22,385(2.3%)	26,001(2.4%)	32,718(2.4%)	36,859(2.5%)	30,214(2.8%)
10	캐나다	22,531(2.6%)	25,171(2.6%)	26,964(2.5%)	30,086(2.2%)	32,461(2.2%)	24,336(2.3%)

\* 자료 : UN Comtrade SITC Stat., 순위는 2008년 기준으로 작성. 반도체 장비 통계의 국제기준인 SITC 7282는 2007년 SITC Rev.4부터 분류 및 집계를 시작하였기에 이에 관련한 데이터는 2007년부터 수집하여 반영

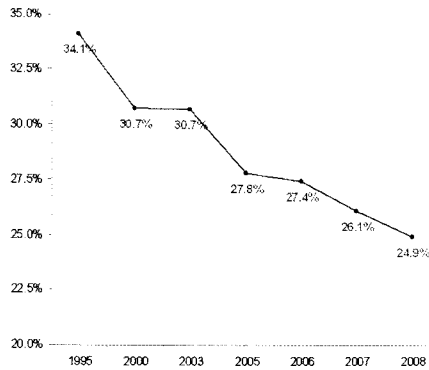


그림 1. 우리나라 기계산업의 부가가치율 추이

에 국한된 투자 의사 결정을 보완<sup>2)</sup>할 수 있다는 점에서 의미 있는 시도라 하겠다.

표 2. 우리나라 기계산업 R&D 투자 규모 및 R&D Intensity 추이

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
R&D 투자 규모 (억 원)	2,476	2,838	5,022	6,497	7,339	8,098	8,477	10,521	16,177	15,682	16,026
R&D Intensity (%)	2.9%	1.6%	3.7%	2.6%	3.0%	2.6%	2.5%	2.7%	3.6%	3.2%	3.4%

\* 자료 : KISTEP(2010), '2010 연구개발활동조사보고서', KOITA(2010), '산업기술주요통계요람 2010년판', KOITA(2008), '산업기술주요통계요람 2008년판', KOITA(2001), '산업기술주요통계요람 2001년판'

2) <표 2>와 같이 2009년 기준 우리나라 기계산업의 R&D Intensity는 3.4%로 미국의 3.6%(2005년), 일본의 3.2%(2007년), 독일의 3.6%(2003년)과 큰 차이가 없음. 만약 Stock 개념을 배제하고 단순히 Flow 개념만 고려한 투자 의사 결정이 이루어진다면, 기계산업의 R&D 투자 확대 옵션은 배제될 우려가 있음

## 2. R&D 투자 스톡 측정 방법 및 활용 데이터

R&D 투자 스톡(Stock)은 기업의 실제 생산활동에 직접 이용되면서 장래의 기술혁신을 촉진하는데 기술적으로 유용한 정보의 보유량(홍순기 외, 1987; 홍순기 외, 1991), 또는 R&D 투자를 통해 산출되는 유효 지식의 총량(이우성, 윤문섭, 2007)으로 정의할 수 있으며, 특정 산업의 기술개발 능력 또는 잠재력은 특정 년도의 R&D 투자 흐름(Flow)에 의해 결정되는 것이 아니라, 산업이 축적해서 보유하고 있는 지식과 경험의 총체적인 합(김의제, 1999)이라는 인식하에 출발하고 있다.

그러나 R&D의 결과가 연구 책임자의 지식 확장, 보고서, 매뉴얼, 특허와 논문, 서적 등에 체화되어 있다는 점에서 R&D 투자 스톡을 객관적으로 측정하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 많은 연구에서 화폐 단위로 환산 가능한 R&D 투자 규모로 R&D 투자 스톡을 측정하고 있으며, 측정 방법으로 자본(Capital) 스톡을 추계할 때 일반적으로 이용하는 영구재고법(Perpetual Inventory Method)을 널리 활용하고 있다.(조운애, 2004; 박추환, 2001; 서중해, 2006)

Goldsmith(1951)이 고안한 영구재고법에 따른 R&D 스톡은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$RDS_t = (1-d)RDS_{t-1} + RDF_t$$

단,  $RDS_t$  = t 년도의 R&D 투자 Stock

$RDF_t$  = t 년도의 R&D 투자 Flow

$d$  = 기술의 진부화율(obsolescence, depreciation rate)

여기서 주의해야할 점은 R&D 투자는 제품화 등 성과가 나타나기까지 일정 수준의 시차가 존재한다는 점이다. R&D 시차란 기술혁신 과정에서 제안된 아이디어가 R&D, 시제품 성능 테스트 및 제품화 기간을 거쳐 실제 생산성 증가에 영향을 미치는데 소요되는 기간(김의제, 1999; 박수동, 성웅현, 2010)으로, 해당산업의 R&D 시차 구조를 파악해야 R&D 투자 스톡을 보다 합리적으로 추정할 수 있다. 그러나 현실적으로는 수차의 분포에 대한 적절한 정보 수집이 어렵기 때문에 평균 시차( $\theta$ )를 많이 이용한다(홍순기 외, 1991). 평균 시차는 'R&D 기간 + 시제품 성능 테스트 기간 + 제품화 기간'으로 정의할 수 있으며,  $RDF_t$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$RDF_t = RDI_{t-\theta}$$

단,  $RDI_{t-\theta}$  = t- $\theta$  년도의 R&D 투자(실질액)

또한 R&D 투자 스톡은 진부화된다. 이는 시간이 지남에 따라 더 좋은 제품 기술과 공정 기술이 출현하거나, 기술적 지식이 경쟁 기업에 확산되면서 기술 보유에 따른 이익의 전유성(Appropriability)이 상실되는 현상을 의미하며, 진부화율( $d$ )은 과거에 축적된 R&D 투자 스톡 중 더 이상 사용될 수 없게 된 부분의 비율로 정의할 수 있다.

한편, R&D 스톡 추계 기간의 기준년도의 R&D Stock( $RDS_0$ )은 무한한 과거로부터  $g$ 라는 안정적인 추세의 성장률(CAGR)을 갖는 RDI가 발생해왔다는 가정하에 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$RDS_0 = \frac{RDI_0}{g+d}$$

실질적으로  $g$ 는 R&D 스톡 추계 기준년도의 이전 기간에 대한  $RDI_0$ 로 산출해야 하나, 자료 이용의 한계상 분석 기간 동안의 'CAGR'을 사용하기도 한다.

마지막으로 R&D 투자 스톡을 산출할 때, 불변가격으로 바꾸는 작업이 필요하다. 그러나 공식적인 R&D 디플레이터가 없기 때문에, 실제 분석에서는 PPP 기준 R&D 투자액을 사용하거나, GDP 디플레이터, 소비자 물가지수 등을



활용하여 불변가격화 한다(박수동, 성웅현, 2010).

본 고에서 기계산업의 R&D 스톡 국제 비교를 위해 활용한 자료는 다음과 같다. 먼저 기계산업의 R&D 시차와 진부화율은 모든 국가가 동일하다는 가정 하에 김의제(1999)와 신태영 외(2002)에서 제시한 기계산업의 R&D 시차 24.4개월(2년)과 진부화율 17.74%를 사용하였다. 또한 국가별  $RDI_t$ 는 'OECD STAN R&D Expenditure'를 활용하였으며, 분석 대상 국가는 <표 1> 기준 기계산업 수출 점유율 10대 국가<sup>3)</sup>이며, 분석 기준년도는 1996년이다<sup>4)</sup>.

### 3. 기계산업 R&D 투자 스톡 국제 비교

앞 장에서 제시한 방법을 활용하여 산출한 우리나라 기계산업의 R&D 투자 스톡은 2008년 현재 약 44.6억 달러로 추계되어, 분석 대상 국가 중 가장 낮은 수준으로 나타났다. 이는 우리나라보다 세계 수출 시장 점유율이 높은 6개 국가 모두 기계산업의 R&D 투자 스톡이 높음을 의미하는 것으로 R&D 투자 스톡 증가에 의한 기술과 지식 축적량 증대의 중요성을 시사하는 바라 하겠다.

특히 주목 할 점은 독일, 일본, 미국 등 기계산업 Big 3와의 R&D 투자 스톡 격차가 점차 확대되고 있다는 것이다. 이는 우리나라가 2006년 이후에야 연간 R&D 투자액이 1조 원에 도달한 것에 비해 3국은 30~40년 간 R&D 투자가 지속적으로 축적된 데에 기인하는 것으로, 우리나라 기계산업의 1995년~2008년 연평균 R&D 투자액 증가율(11.5%)을 적용할 시, 2008년 현재 독일과의 R&D 스톡 투자 격차는 약 14.2년, 일본과는 약 19.3년, 미국과는 약 19.6년으로 추정된다. 이태리의 경우 프랑스와 영국에 비해 R&D 투자 스톡 수준이 낮음에도 불구하고, 8% 수준의 높은 수출 시장 점유율을 기록하고 있는 것이 특이할만한 점이라 하겠다. 그러나 2010년 이후에는 이태리 기계산업의 R&D 투자 스톡이 영국과 프랑스의 그것을 추월할 것으로 전망된다.

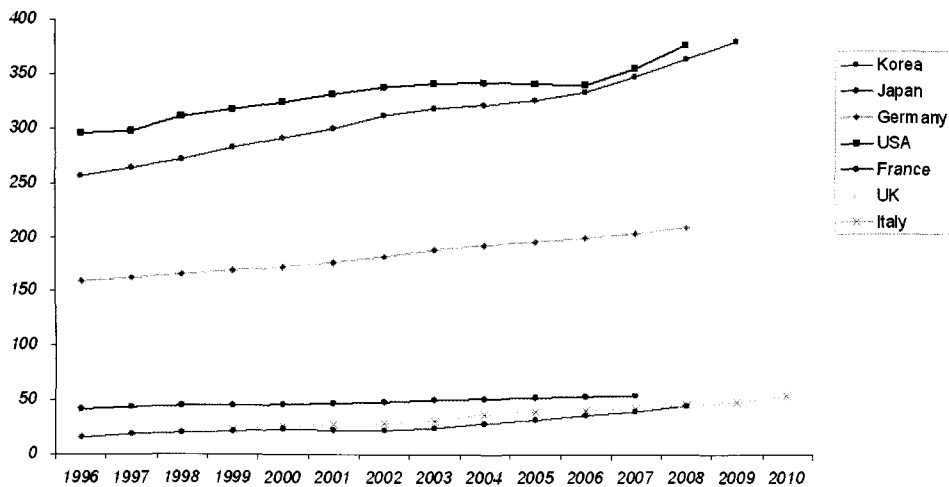


그림 2. 기계산업 R&D 투자 스톡 국제 비교(2000 Constant PPP, 억 달러)

한편 우리나라 기계산업 R&D 투자 스톡 증가율은 연도별 투자 변동에 민감하게 영향을 받는 것으로 나타났는데, 이는 R&D 투자 스톡이 적기 때문으로 해석된다. 반면, 미국이나, 일본, 독일 등은 R&D 스톡이 매우 크기 때문에 단

3) 중국, 네덜란드 및 캐나다는 자료 부재로 분석에서 제외

4) 이태리만 Outlier의 영향으로 1999년으로 설정. 한편, 국가별 R&D 투자액(실질액) CAGR은 국가별로 이용 가능한 전 기간 자료를 활용하여 산출

기간의 R&D 투자 증감의 영향이 작고, 이로 인해 R&D 투자 스톡 증가율이 장기간 안정적인 수준으로 유지되고 있음을 알 수 있다.

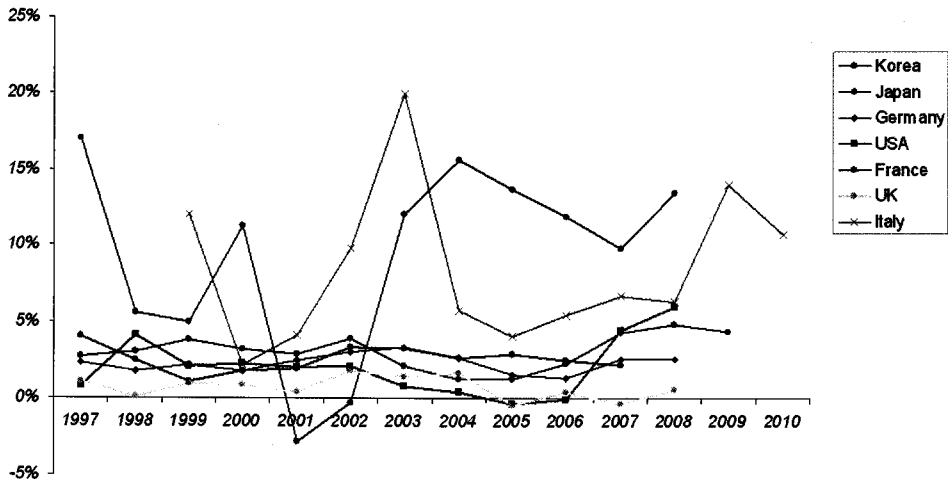


그림 3. 기계산업 R&D 투자 스톡 증가율 국제 비교

#### 4. 결론 및 시사점

영구제고법을 활용한 분석결과 국내 기계산업의 R&D 투자 스톡은 타 선진국에 비해 매우 낮은 수준이며, 상위 3개국 대비 격차가 지속적으로 확대되고 있음을 확인하였다. 따라서 본 장에서는 총요소생산성 제고를 위한 기계산업 R&D 투자 스톡 증대 방안을 모색하고자 한다.

먼저 2003년 이후 연평균 12.6%를 기록하고 있는 R&D 투자 스톡 증가율을 유지하기 위해 R&D 투자 규모를 확대해야 할 것으로 판단된다. 그러나 기계 분야 국가 R&D 사업 규모는 2008년 현재 7,004억 원 규모로 기계 분야 전체 R&D의 45%를 차지하고 있으나 여타 분야의 투자 강화로 인해 국가 R&D 사업에서의 투자 비중은 점차 감소하고 있으며, 절대액도 2006년 이후 소폭 감소<sup>5)</sup>하고 있는 상황이다. 기계산업의 높은 생산유발효과와 고용창출효과, 그리고 정부 R&D 투자가 민간 R&D 투자와 벤처캐피털의 투자를 유발하여 신규고용창출과 창업에 기여할 수 있음을 고려할 때, 정부 차원의 기계분야 R&D 부담 비중을 확대해야 할 것으로 판단된다. 이는 2009년 현재 국내 기업 R&D 투자 규모 상위 50대 기업에 포함된 기계 분야 4개 기업(현대중공업, 두산인프라코어, 두산중공업, 한라공조)과 중견기업의 R&D 투자 증대를 유도하여, 궁극적으로 기계산업의 R&D 투자 스톡 확대에 기여할 것으로 기대된다.

표 3. 우리나라 기계산업의 기업규모별 R&D 투자 규모 현황(2009년)<sup>6)</sup>

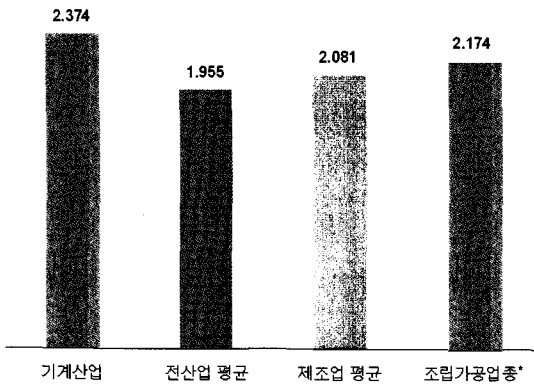
	대기업	중견기업	중소기업
각 기업군 내 비중	1.06%	10.1%	9.4%
금액(억 원)	2,160	1,740	2,140

5) 과학기술표준분류체계에 따른 기계분야 국가 R&D 투자액은 2006년 7,923억 원에서 2008년 7,004억 원으로 감소(교육과학기술부(2009), '2009년도 국가연구개발사업 조사분석 보고서')

6) 산업기술진흥원(2010), '재무제표로 살펴본 R&D 1,000대 기업의 연구개발투자 동향'



기계산업의 생산유발효과(09 기준)



\* 일반기계, 전기 및 전자기기, 정밀기기, 수송장비 포함

자료: 한국은행 2009년 산업연관표, 통계청, 경제활동인구조사, 광업제조업조사보고서 통계

기계산업의 취업 변화('00~'09, 천 명)

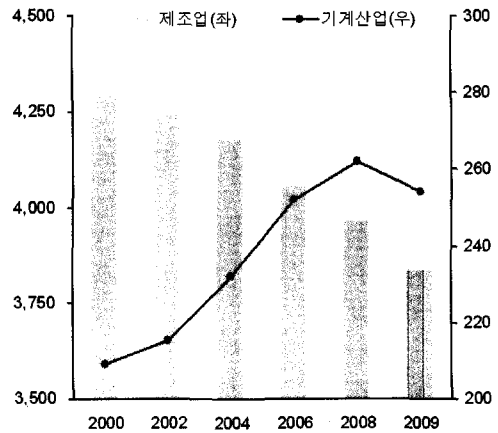


그림 4. 기계산업의 경제적 유발효과(생산유발 및 고용창출 효과)

두 번째로 기술의 진부화율(d)을 낮추기 위한 정책적 지원이 필요할 것이다. 이는 궁극적으로 성숙된 기술의 기술 사업화를 촉진하거나, 유·무형의 지식에 축적된 노하우를 산업 전반에 확산하기 위한 정책을 의미하며, 대학과 출연(연) 등 공공연구기관이 보유한 기술의 업그레이드 프로그램 지원, 휴먼 특히 활용 촉진 사업, 특허 권리 강화 사업 등을 포함한다 하겠다.

세 번째로 R&D 시차( $\theta$ )를 단축하기 위한 노력도 R&D 투자 스톡 증가 방안에 포함되어야 할 것이다. 다만, R&D 기간을 단축하기 보다는 시제품 성능 테스트 기간 및 비용 절감을 위한 공공 부문에서의 테스트 베드 구축과 인증 지원, 제품화 기간 단축을 위한 관련 제도 개선 및 수출 촉진 대책 등도 필요한 정책으로 사료된다. LNG·극저온기계 기술 시험인증센터 등 최근 정부의 플랜트 및 조선 기자재 인증 인프라 구축 노력이 대표적인 사례로 꼽힐 수 있을 것이다.

마지막으로 R&D 투자 스톡의 축적과 밀접한 관계가 있는 기계분야 인력 양성과 처우 개선도 고려되어야 할 것이다. 홍정임 외(2011)의 연구에서 2008년 밝힌바와 같이 현재 이공계 전공자 중 31.8%만이 이공계 전문직에 종사하고 있으며, 40세 이후 이공계 전문직에 근무한 경험이 임금에 미치는 효과가 (-)의 효과를 보이는 것으로 나타난 결과를 바탕으로 기계 분야 또한 전공자 및 유관 경력자의 진로 및 경력개발 지원이 이루어져야 할 것으로 보이며, 이와 동시에 처우 개선을 통한 숙련·전문 인력의 지식, 특히 암묵지가 확산되어 총요소생산성 증가에 기여할 수 있는 기반도 조성되어야 할 것이다.

## ❖ 참고 문헌

- [1] Goldsmith, R. W.(1951), 'A perpetual inventory of national wealth'
- [2] Goldsmith, R. W.(1973), "A Synthetic Estimates of the National Wealth of Japan, 1885-1973", *The Review of Income and Wealth*, 21 (2), pp. 125-151
- [3] 교육과학기술부(2010), '2010 과학기술연감'
- [4] 김의제(1999), '우리나라 제조업의 성장요인 분석 - 연구개발 투자의 생산성 분석을 중심으로', 과학기술정책관리연구소

- [5] 박수동, 성용현(2010), “주성분 회귀모형을 이용한 과학기술 지식생산함수 추정”, 기술혁신학회지 제13권 제2호, pp. 231-251
- [6] 박추환(2001), “정보통신자본과 R&D 스톡 변동이 국내 산업부문별 성장에 미치는 영향연구”, 기술혁신학회지 제4권 제1호, pp. 79-95
- [7] 산업기술진흥원(2010), ‘재무제표로 살펴본 R&D 1,000대 기업의 연구개발투자 동향’
- [8] 신태영 외(2002), ‘2002년도 한국의 기술혁신조사: 제조업’, 과학기술정책연구원
- [9] 이우성, 윤문섭(2007), ‘R&D 투자를 통한 성장잠재력 확충 방안’, 과학기술정책이슈 제2호, 과학기술정책연구원
- [10] 조운애(2004), “기업의 연구개발 파급효과 분석 - 한국 제조업을 중심으로 -”, 응용경제 제6권 제1호, pp. 209-232
- [11] 하준경(2004), “연구개발의 경제성장 효과 분석.”, 금융경제연구 제203호, 한국은행, 2004. 11
- [12] 한국은행(2011), ‘2009년도 산업연관표 작성결과’
- [13] 홍순기 외(1987), ‘산업기술투자의 경제효과분석에 관한 연구’, 과학기술정책연구평가센터
- [14] 홍순기 외(1991), ‘연구개발투자의 산업부문간 흐름과 직간접 생산성 증대효과 분석에 관한 연구’, 정책연구 91-14, 과학기술정책연구소
- [15] 홍정임 외(2011), ‘이공계 일자리 구조와 진로 변화에 따른 정책적 대응방향’, STTEPI Insight 제72호, 과학기술정책연구원
- [16] KISTEP(2010), ‘2010 연구개발활동조사보고서’
- [17] KOITA(2001), ‘산업기술주요통계요람 2001년판’
- [18] KOITA(2008), ‘산업기술주요통계요람 2008년판’
- [19] KOITA(2010), ‘산업기술주요통계요람 2010년판’



곽 기 호

- 한국기계연구원 정책연구실 연구원
- 관심분야 : 연구기획, 기술경영(MOT)
- E-mail : khkwak@kimm.re.kr



김 재 운

- 한국기계연구원 정책연구실 정책연구팀장
- 관심분야 : 연구기획, 기술정책
- E-mail : kimjy@kimm.re.kr