

연구개발투자와 일자리 창출 사이의 상관관계 분석

(A Study on The correlation between R&D Investment and Job Creation)

사단법인 위노베이트

양현석

한국과학기술기획평가원

제 출 문

한국과학기술기획평가원 원장 귀하

본 보고서를 “연구개발투자와 일자리 창출 사이의 상관관계 분석에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 11. 30 .

연구기관명 : 사단법인 위노베이트

연구책임자 : 양 현 석(한국항공대 경영학부)

연 구 원 : 이 영 수

연구보조원 : 김 욱

연구보조원 : 정 예 연

요 약 문

I. 연구목적 및 필요성

- 정부는 ‘일자리 창출’을 국정 운영의 최우선 과제로 설정하고 연구개발투자를 포함한 모든 분야에 전방위적인 대책을 주문하고 있음
 - 특히 기술의 고도화는 일자리 창출에 부정적인 영향을 끼친다는 주장과 그렇지 않다는 주장이 대립하는 상황이므로 연구개발 투자의 고용효과에 대한 검증이 필요함
- 이에 본 연구는 연구개발투자로 인한 일자리 창출의 효과 및 크기에 대한 실증분석을 통해 향후 연구개발투자 예산의 고용효과를 산출하기 위한 근거 모색에 그 목적이 있음
 - 정부 연구개발투자 지원을 받은 기업에 고용 창출효과가 존재하는지 분석하여 연구개발투자자와 일자리 증가의 선, 후행 관계를 검증하며, 연구개발 투자와 일자리 창출 사이의 상관관계를 분석

II. 선행연구: 연구개발투자와 고용간의 관계

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 기술혁신이 신규창업, 신규 수요 창출, 생산성증가에 따른 가격하락으로 이어져 고용을 증가시킨다는 논리구조를 가짐
 - 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 대체로 연구개발투자를 통한 기술혁신이 소득과 수요를 증대시켜 고용을 증대시킨다고 주장
 - Caballero and Hammour(1997)은 기술혁신이 자본에 체화되어 창조적 파괴 효과가 나타나면, 자본생산성이 노동생산성을 추월하여 자본이 노동을 대체하게 되면서 실업 발생하는 것으로 주장
 - Mortensen and Pissarides(1998)은 신기술이 체화된 자본재가 기존 근로자와 설비를 대체하지 않고 생산과정에 새롭게 사용되어 추가적인 일자리를 창출하게 되는데, 이 경우 기술진보는 신규 사업자 및 설비의 진입을 촉진시키고 실업이 감소하는 소위 자본화 효과가 나타난다고 주장
 - 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 국내연구는 2000년대 중반 이후 다양한 실증적 연구들이 발표되는데, 대체로 연구개발투자가 고용을 증가시킨다는 결과를 제시하는데, 강규호 (2006)는 SVAR모형 분석을 이용해 분석한 결과 우리나라에서 기술혁신이 고용을 증가시키는 효과가 있음을 보였으며, 김병우·하태정(2008)은 ARDL모형을 이용해 연구개발투자의 고용창출 효과를 분석하였는데, 정부연구개발 투자의 고용효과가 민간보다 크다는 결과를 제시
- 기술혁신이 고용에 미치는 영향은 분석대상(표본), 기간 및 모형의 선택에 따라 상당한 차이를 보이고 있어 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 일치된 결론은 아직까지 찾아보기 어려움
 - 산업별 연구개발투자의 고용효과에 대해 분석한 Greenan and Guellec(2000), Evangelista and Savona(2002), Peters(2004), 박재민(2001)과 같은 일련의 연구들에 따르면 제조업, 전문기술형 등의 기술집약적 산업에서는 양(+)의 고용효과가 나타나며, 서비스업, 금융관련업 등의 기술혁신의 중요도가 낮은 산업에 서는 고용효과가 음(-)이거나 통계적으로 뚜렷하지 않다는 결과를 제시

- 기업의 연구개발투자는 혁신역량을 확보하기 위한 필수적인 투입요소이며 연구개발 투자가 혁신활동을 촉진시켜 기업의 기술적, 경제적 성과에 긍정적인 영향을 미치지만, 연구개발 투자가 고용창출 효과에 유의미한 영향을 미치는가에 대해서는 다양한 주장이 존재함

- 연구개발 투자를 통한 기술혁신은 성격에 따라 제품혁신(product innovation)과 공정혁신(process innovation)으로 구분될 수 있으며, 각 혁신유형에 따라 고용에 미치는 효과는 상이하게 나타남

[요약 그림 1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조

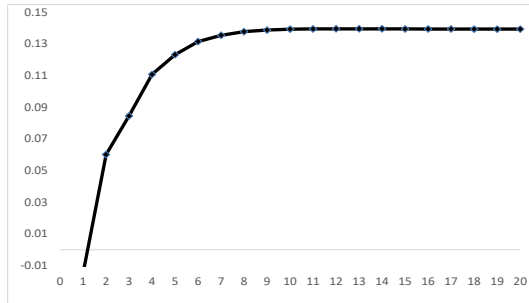


- 본 연구는 정부 연구개발 투자지원과 고용성과, 혁신 활동과 고용성과에 대한 이론적 논의와 실증연구 결과에 기초하여 우리나라 중소기업에 대한 정부 연구개발 투자지원이 고용창출에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는 것이 주요목표
- 연구개발을 통한 기술혁신역량의 향상이 고용창출로 연계되는지에 대해서는 연구방법론, 자료의 구성에 따라 상반된 견해가 존재하며, 연구개발투자가 고용창출에 영향에 대한 분석은 장기적인 시각이 필요

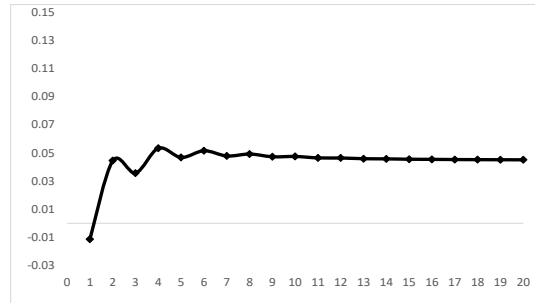
III. 실증분석

- 본 연구에서는 본격적인 실증분석에 앞서 연구개발 투자와 고용 간의 선후관계 또는 인과관계를 파악하기 위한 분석을 수행
 - 전체 연구개발투자가 고용에 미치는 영향은 3변수 구조형 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 모형은 1기에 고용증가율이 0.007% 증가한 이후 10기에 걸쳐서 점진적으로 감소하며, 4변수 모형은 1기에 고용증가율이 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하며, 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남
 - 정부 연구개발투자가 고용에 미치는 영향의 분석도 3변수 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 VAR 모형 분석결과 1기에 증가한 후 고용증가율에 음(-)의 반응을 보이나, 2기 이후 양(+)의 반응을 보이면서 그 반응이 감소하며, 4변수 VAR 모형의 분석결과 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응이 1기 후에 음(-)의 영향을 미친 뒤 2기 이후 양(+)의 반응을 보이며, 3기 이후 가장 큰 양(+)의 반응을 나타냄
 - 민간 연구개발투자가 고용에 미치는 영향의 분석도 3변수 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 VAR 모형 분석결과 민간 연구개발투자 충격에 고용증가율이 1기에 크게 증가한 후 점차 그 반응이 감소하여 10기 이후에는 그 영향이 거의 소멸되며, 4변수 VAR 모형 분석결과 3변수 충격 반응함수와 유사하게, 전체 연구개발비 증가율 충격에 대한 고용 증가율의 반응이 초기에 크게 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하며, 10기 이후 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남
- 또한, 본 연구에서는 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 분석하며, 제약하 구조형 VAR모형에서 추정된 행렬로 β_1 유도하여 산출
 - 전체 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.14의 효과를 가지는 것으로 나타남
 - － 연구개발투자가 고용에 미치는 영향을 보면, 첫째, 전체 연구개발투자 증가율의 충격이 증가시 대부분 초기에 크게 반응한 후 10기 이후 영향이 점차 감소하다가 이후 그 영향이 소멸
 - 정부 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.045의 효과를 가짐
 - － 연구개발투자 증가율 충격의 영향은 1기 이후 증감을 반복하다가 6기 이후 0.045의 누적효과를 가지는 것으로 나타나며 종합해 보면, 첫째, 정부 연구개발투자 증가율의 충격이 증가시 그 영향이 양(+)과 음(-)을 반복하며, 7기 이후까지 장기적으로 영향을 미치고 있음
 - 민간 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.099의 효과를 가짐
 - － 연구개발투자 증가율 충격의 영향은 2기에 가장 크게 나타나 이후 충격의 영향이 점차 감소하여, 8기 시차에는 영향이 사라지며, 8기 이후 0.099의 누적효과를 가지는 것으로 나타남

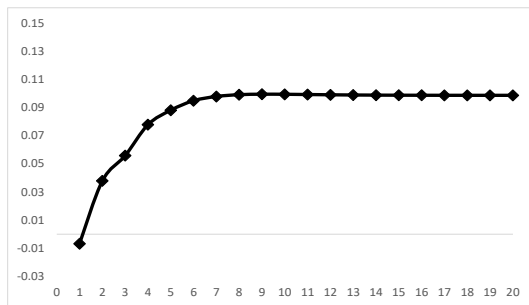
전체 연구개발투자-고용증가율 장기효과 반응함수



정부 연구개발투자-고용증가율 장기효과 반응함수



민간 연구개발투자-고용증가율 장기효과 반응함수



* 주: 구조 VAR모형은 2기 시차 모형으로 추정됨

- 실증분석은 연구개발투자와 고용 간의 ①선후관계를 확인하고, ②연구개발투자와 고용 효과의 인과관계를 검증하고, ③ 연구개발투자 따른 장기고용효과를 산출하는 것이 목적임
- 연구개발투자가 고용증가에 영향을 미치는 것으로 분석결과가 산출되었으며 이는 연구개발투자가 고용증가 간의 선후관계는 연구개발투자가 선행하는 것으로 판단됨
- 연구개발투자와 고용은 $R_t(\text{연구개발투자}) \rightarrow GDP_t \rightarrow E_t(\text{고용})$ 의 인과관계 사슬이 있는 것으로 나타남
 - 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 고용증가율에 그랜저의 의미로 인과관계가 있으며, 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계를 갖고 있음

- ☐ 누적반응함수의 결과를 요약하면, 연구개발투자는 5년~12년 간 고용효과가 발생하는 것으로 나타났음

<요약 표 1> 누적반응함수 결과요약

구분	모형	내용	전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
계약조건이 없는 모형	3변수 모형	고용효과 지속기간	10년	9년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.02%	0.016%	0.022%
	4변수 모형	고용효과 지속기간	12년	5년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.017%	0.0007%	0.017%
계약조건을 부여	장기 효과	고용효과 지속기간	10년	7년	8년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.14%	0.045%	0.099%

- ☐ 연구개발투자의 장기고용효과는 고용탄력성의 의미로 해석할 수 있으며, 전체/정부/민간 연구개발투자가 100% 증가했을 때, 각각 17.2%, 25.0%, 4.8%로 산출되었음

<요약 표 2> 장기효과 고용탄력성결과요약

구분		전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
장기효과	고용탄력성 (=고용 증가율/연구개발투자 증가율) ※연구개발투자 100% 증가 시	17.2%	25.0%	4.8%

- ☐ 연구개발투자와 고용 간의 관계는 기존 선행연구에서 제시된 보상효과(고용증가)를 지지하고 있는 것으로 분석되었음
- 두 변수 간에 명확한 인과관계가 확인되었으며, 연구개발투자가 고용에 선행한다는 점과 연구개발투자에 따른 고용효과가 중장기적으로 이어지고 있다는 점이 확인되었음

IV. 연구개발투자의 고용탄력성 추정

- 본 연구는 연구개발투자의 고용 탄력성을 추정하기 위해 중소기업실태조사를 활용하여 2005년부터 2018년까지 19대 산업의 패널자료를 구축함
 - R&D투자의 고용효과를 분석하기 위해서 생산자본스톡과 R&D자본스톡으로 자본스톡을 구분하여 산정
 - － R&D 자본스톡은 2005~2018년 평균 23.9조 원 규모로 산출되었으며, 기타기계 및 장비제조업(5.3조원), 컴퓨터 및 사무용기기제조업(3.5조원), 기타전기기계 및 전기변환장치제조업(2.3조원) 순으로 나타남
 - 산업별 연구개발투자 현황(연구개발투자/부가가치)은 2010년까지는 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업이 가장 높은 수준이며, 2015년 의료, 정밀, 광학기기 및 시계제조업이 14.97%로 가장 높게 나타남
 - 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성 추정모형은 다수의 고용방정식 추정모형과 유사하게 부분조정항을 포함한 동태적 고용방정식을 상정함 (Bhalotra, 1998; Lang, 1998, 참조)
- 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성을 부분조정항을 고려하지 않은 일반적인 패널고정효과 모형을 사용하여 추정한 결과 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
 - 고용방정식 추정결과는 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 고용탄력성은 14.1~15.1%로 제시되고 있음
 - － 모형(1)과 모형(4)을 제외한 나머지 모형에서 R&D투자스톡이 증가하면 노동은 14~15% 내외로 증가하는 것으로 제시되었으며, 강건한(robust) 것으로 제시됨
 - － 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
 - － 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
 - － R&D투자스톡, 지식재산권 등 R&D 관련 변수가 최종적으로 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있음
- 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성을 부분조정항을 고려한 시스템 GMM 모형으로 추정한 결과 우선 고용조정항($\ln E_{i,t-1}$)은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이므로 충격에 대한 고용조정이 순간적으로 이루어지지 않는 부분 조정모형을 지지하며, 고용조정속도는 0.257로 나타남
 - R&D 투자스톡의 고용탄력성은 13.4~15.0%로 제시되고 있어, 안정적인 것으로 나타남
 - － 앞선 추정결과와 달리 임금변수 모든 추정모형에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 부호를 보여 임금변수는 일반적인 수요함수에서 가격이므로 이론과 일치하는 결과로 해석할 수 있음
 - － 기업의 평균업력 변수들은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 기업들의 무형자산의

축적이 고용에 긍정적인 영향을 미침을 시사함

- 정부 기술개발 지원금 관련 변수는 모두 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이고 있으므로, 정부의 기술개발 지원금이 고용증대에 기여하고 있음을 의미함
- 마지막으로 연구개발투자의 성과를 나타내는 지식재산권 보유수와 산업재산권 보유수는 양(+)의 부호를 보이고 있으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났음

□ 패널고정모형이나 시스템GMM 추정결과 모두 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 13.4~ 15.1% 범위에 있는 것으로 분석되어 매우 강건한(robust) 결과임을 알 수 있음

- 종합하면, 모든 모형에서 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 강건한 유의성을 보이므로 추정모형에 있어서는 패널고정효과 모형과 부분조정을 고려한 시스템GMM의 추정모형의 결과를 모두 지지함
- 추정결과를 종합하면, 연구개발스톡이 고용증대에 양(+)의 효과를 가지며, 정부의 기술개발 지원금이 고용증대에 긍정적인 효과를 가지며, 연구개발투자의 성과를 확대시킬수록 고용이 증가함
- 따라서 연구개발투자를 통해 연구개발스톡을 축적하도록 기술개발 지원을 장려하는 융자 및 보조금 정책 실행, 연구개발투자의 성과인 지식재산권 활용을 촉진시키는 정책들이 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

□ 중소기업의 산업별 R&D 고용탄력성을 추정하기 위해 전체 효과 추정한 방정식에 로그를 취하지 않은 상태에서 추정을 시행

- 산업별 고용탄력성은 추정계수 β_5 를 활용하여 연도별, 산업별 고용인원과 R&D투자금액을 적용하여 산출
 - 탄력성의 결정식이 의미하는 것은 R&D 투자가 1% 증가하면 고용이 얼마나 변화하는가를 의미하는 것으로, 증가와 감소는 β_5 의 부호에 의존
 - 결국 β_5 가 통계적으로 유의한 양(+)의 부호로 도출되면 R&D 투자가 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있으며, 산업별, 연도별 고용 탄력성을 산출할 수 있음
- 추정결과를 살펴보면, 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
 - 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
 - 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
- 고용방정식 추정결과를 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 계수를 활용하여 산업별, 연도별 고용탄력성을 추정하는 것이 목적이므로, 통계적 유의성이 확보된 모델의 추정계수는 0.0088을 활용함

□ 산업별 연구개발투자 고용탄력성의 기간별 추정결과 전체평균은 9.13%로 나타나며, 2015~2018년 컴퓨터 및 사무용기기 산업이 37.67%로 가장 높았으며, 2005~2009년 봉

제의복 및 모피제품업이 0.89%로 가장 낮게 나타남

- 즉, R&D 투자가 100% 증가하면, 전체 산업의 고용은 9.13% 증가한다는 의미이며, 표의 각 내용은 각 산업 및 기간별 탄력성이라 할 수 있음

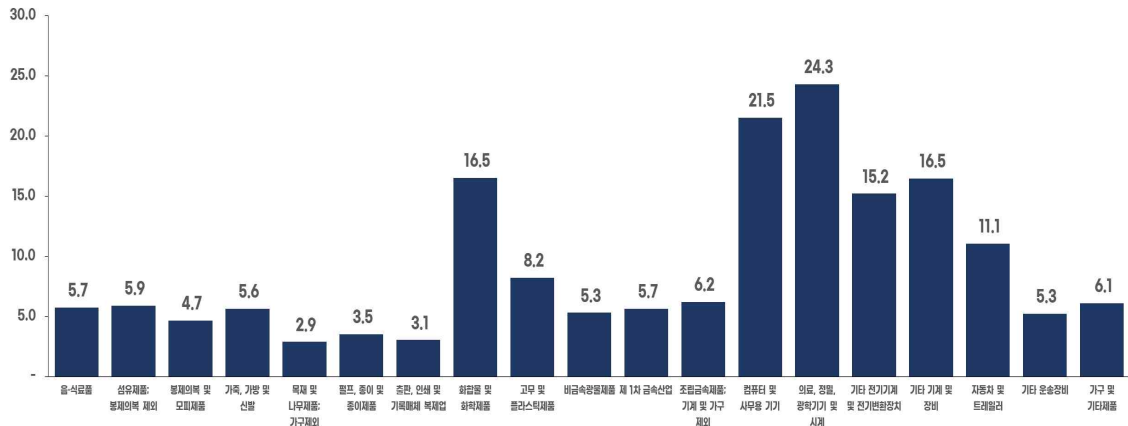
<요약 표 3> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과

(단위:%)

구분	2005 ~2009	2010 ~2014	2015 ~2018	전체평균
음·식료품제조업	3.06	6.73	7.84	5.74
섬유제품제조업;봉제의복제외	1.92	6.85	9.73	5.91
봉제의복및모피제품제조업	0.89	4.19	10.06	4.69
가죽,가방및신발제조업	2.69	5.75	9.20	5.65
목재및나무제품제조업;가구제외	1.22	3.14	4.69	2.90
펄프,종이및종이제품제조업	1.56	3.96	5.49	3.54
출판,인쇄및기록매체복제업	1.50	3.39	4.57	3.05
화합물및화학제품제조업	7.45	18.99	24.87	16.55
고무및플라스틱제품제조업	4.47	8.98	11.99	8.23
비금속광물제품제조업	2.03	6.02	8.55	5.32
제1차금속산업	2.65	6.02	8.97	5.66
조립금속제품제조업;기계및가구제외	2.94	6.86	9.54	6.23
컴퓨터및사무용기기제조업	7.20	22.93	37.67	21.52
의료,정밀,광학기기및시계제조업	11.35	28.29	35.55	24.32
기타전기기계및전기변환장치제조업	6.92	16.49	23.97	15.21
기타기계및장비제조업	9.24	19.55	21.64	16.47
자동차및트레일러제조업	5.42	12.84	15.85	11.05
기타운송장비제조업	3.11	5.69	7.39	5.26
가구및기타제품제조업	2.62	7.36	9.01	6.14
전체평균	4.12	10.21	14.03	9.13

- 전체 분석 기간의 산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 보면, 의료, 정밀, 광학기기 산업이 24.2%로 가장 높으며, 가장 낮은 산업은 목재 및 나무제품이 2.90%로 나타남
- 연구개발투자의 고용 탄력성이 높은 산업은 의료, 정밀, 광학기기 산업 다음으로 컴퓨터 및 사무용기기(21.5%), 화합물 및 화학제품(16.5%) 순으로 높은 것으로 나타났으며, 낮은 산업은 목재 및 나무제품 다음으로 출판, 인쇄업(3.1%), 펄프, 종이

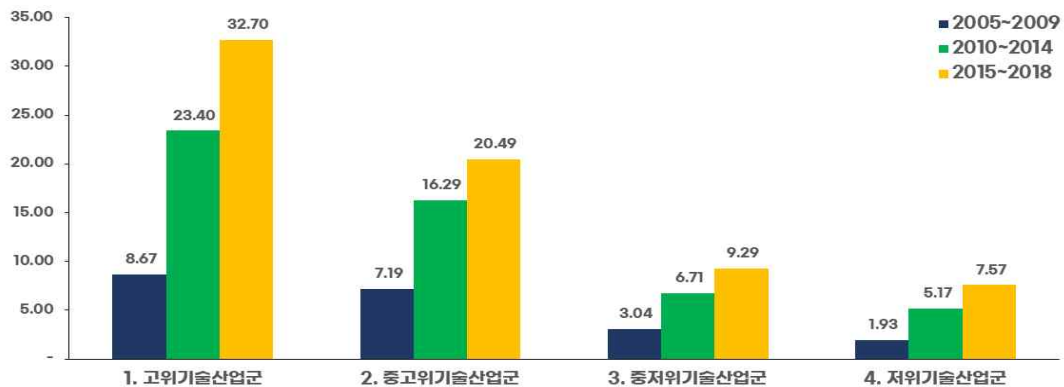
및 종이제품(3.5%)순으로 낮은 것으로 나타남



[요약 그림 2] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용탄력성

□ 분석 기간별, 기술산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 보면, 고위기술군의 2015~2018년 기간 고용 탄력성이 32.7%로 가장 높게 나타나며, 저위기술군의 2005~2009년 기간 고용 탄력성은 1.93%로 가장 낮은 것으로 나타남

○ 연구개발투자의 고용 탄력성은 기술 수준이 높을수록 높은 것으로 나타났으며, 2015~ 2015년 기준 고위기술 산업군은 32.70%, 중고위기술산업군은 20.49%, 중저위기술산업군은 9.29%, 저위기술산업군은 7.57%로 나타남



[요약 그림 3] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성

V. 정책적 시사점

- 본 연구는 연구개발투자와 고용 간의 관계를 밝히고자 실증분석, 고용탄력성 추정 등 다양한 분석을 수행하였으며, 그 결과 연구개발투자가 고용창출로 이어진다는 보상효과를 지지하고 있음
 - 연구결과에 따르면, 연구개발투자가 고용으로 이어진다는 근거가 충분함으로 정부는 지속적으로 연구개발투자 확대가 필요함
- 연구개발투자에 따른 고용효과의 크기는 분석대상, 분석기간에 따라 다양하게 도출되었으며, 이는 R&D투자 전략 마련에 시사점을 제공할 수 있음
 - 연구개발투자와 고용 간의 장기효과에서 고용탄력성은 4.8%~25% 수준으로 산출
 - 중소기업의 R&D 투자스톡-고용탄력성은 13.4~15.1%로 도출되었음
 - 특히 중소제조업 산업별 고용탄력성은 1.93%~32.7%로 상당히 넓게 나타났음
- 연구개발투자의 고용탄력성이 높은 고위기술산업군을 중심으로 지속적인 투자 확대가 필요함
 - 연구개발투자의 고용탄력성은 고위기술산업군 32.7%, 중고위기술산업군 20.4%, 중저위기술산업군 9.29%, 저위기술산업군 7.5%로 나타났으며, 고위기술산업군에 연구개발투자는 높은 고용창출로 이어질 것으로 기대됨
 - 고위기술산업군에서 「14. 의료, 정밀 광학기기」는 연구개발투자 증가를 통한 고용증대 가능성과 현재 종사자 수의 증가율 관계를 분석한 결과, 가장 높은 수준에서 미래 연구개발투자를 증대를 통한 잠재적 종사자 증가와 현재 종사자 증가가 가장 높은 것으로 나타남
- 주요결과 중 연구개발투자 스톡의 증가가 고용창출로 이어지고 있음으로 연구개발스톡을 축적하도록 기술개발 지원을 장려하는 융자 및 보조금 정책 실행, 연구개발투자의 성과인 지식재산권 활용을 촉진시키는 정책들이 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

Summary

This study aims to demonstrate the effect of R&D investment to job creation. For this purpose, authors estimates the relationship through structural VAR model. Accumulate response shows the job creation effect for 5~12 years, and the elasticity of R&D investment to employment is 0.172(total), 0.250(public), and 0.048(private). Also, The elasticity for high-tech industry was 0.327 (2015~2018) and the one for low-tech industry was 0.019 (2005~2009). As a result, this study supports the compensation effect between R&D investment and job creation. More R&D investment to high-tech industry may cause high increase of employment. Moreover, such institute as financing system, R&D subsidy, and promotion of intellectual property to promote technology development are expected to have positive effect to job creation.

Contents

I . Introduction	1
1. Purpose of Research	1
2. Materials and Methods	3
II . Pre-study	5
(Relationship Between R&D Investment and Employment)	
1. Pre-Study on R&D Investment and Employment Effects	5
2. Employment Effect of R&D Investment on the Analysis Unit ·	12
III. Emprical Anlaysis	17
1. Models and Data	17
2. The ripple effect of R&D Investment	22
3. Long-term Effect Analysis of R&D Investment	36
4. Summary	46
IV. Estimation of Employment Elasticity of R&D Investment	47
1. Models and Data	47
2. Overall R&D employment elasticity	55
3. R&D Employment Elasticity by Industry	62
V . Conclusion	71
1. Summary	71
2. Implications	79
References	80

목 차

I. 연구목적 및 필요성	1
1. 연구 필요성 및 목표	1
2. 추진전략 및 방법	3
II. 선행연구: 연구개발투자와 고용간의 관계	5
1. 연구개발투자와 고용효과에 대한 선행연구	5
1) 선행연구검토 개요	5
2) 보상효과	7
3) 대체효과	9
2. 분석단위에 따른 연구개발투자의 고용효과	12
1) 분석대상의 세분화	12
2) 정부 연구개발투자와 고용창출효과	14
III. 실증분석	17
1. 분석모형 및 자료	17
2. 연구개발투자의 파급효과	22
3. 연구개발투자의 장기효과 분석	36
4. 소결	46
IV. 연구개발투자의 고용탄력성 추정	47
1. 분석모형 및 자료	47
2. 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성	55
3. 중소기업 산업별 R&D 고용탄력성	62
V. 결론	71
1. 주요결과 요약	71
2. 정책적 시사점	79
참고문헌	80

표 목 차

<요약 표 1> 누적반응함수 결과요약	v
<요약 표 2> 장기효과 고용탄력성결과요약	viii
<요약 표 3> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과	viii
<표 2-1> 혁신형태별 연구개발투자 고용효과에 대한 선행연구결과 정리	6
<표 2-2> 선행연구의 실증분석 모형 및 주요변수 요약	10
<표 3-1> 구조형 VAR모형-충격반응함수 결과요약	35
<표 3-2> 그랜저 인과관계 검정결과	38
<표 3-3> 그랜저 인과관계 검정결과 요약	40
<표 3-4> 장기효과 고용탄력성결과요약	45
<표 3-5> 누적반응함수 결과요약	46
<표 3-6> 장기효과 고용탄력성결과요약	46
<표 4-1> 분석에 사용된 연도별 모집단 규모(중소기업 수)	47
<표 4-2> 중소제조기업의 연구개발투자	48
<표 4-3> 총부가가치 및 자본스톡(stock), 종사자 수(2005~2018년 평균)	50
<표 4-4> 고용방정식의 패널고정효과 모형 추정결과	58
<표 4-5> 고용방정식의 시스템 GMM 모형 추정결과(부분 조정항 포함)	60
<표 4-6> 산업별 R&D투자-고용탄력성 산출을 위한 고정효과모형	64
<표 4-7> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과(단위:%)	65
<표 5-1> 누적반응함수 결과요약	74
<표 5-2> 장기효과 고용탄력성결과요약	74
<표 5-3> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과	77

그 립 목 차

[요약 그림 1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조	ii
[요약 그림 2] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용탄력성	ix
[요약 그림 3] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성	ix
[그림 1-1] 연구 필요성 및 목표	3
[그림 2-1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조	5
[그림 2-2] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:보상효과	7
[그림 2-3] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:대체효과	9
[그림 2-4] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:분석대상	12
[그림 3-1] 연구개발투자와 취업자수 증가 추이	19
[그림 3-2] 전체 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이	20
[그림 3-3] 민간 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이	21
[그림 3-4] 정부 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이	21
[그림 3-5] 전체 분석결과 구조	22
[그림 3-6] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	23
[그림 3-7] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	24
[그림 3-8] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	25
[그림 3-9] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	26
[그림 3-10] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	27
[그림 3-11] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	28
[그림 3-12] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	29
[그림 3-13] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	30
[그림 3-14] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	32
[그림 3-15] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	32
[그림 3-16] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수	33
[그림 3-17] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수	34
[그림 3-18] 연구개발투자의 장기효과 분석의 구조	36
[그림 3-19] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과	42
[그림 3-20] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과	43
[그림 3-21] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과	45
[그림 4-1] 총부가가치 대비 연구개발투자	51
[그림 4-2] 2005~2018년 연구개발투자 및 부가가치 연평균 증가율	52

[그림 4-3] 2005~2018년 종사자수 및 부가가치 연평균 증가율	53
[그림 4-4] 2005~2018년 연구개발투자 및 종사자수 연평균 증가율	54
[그림 4-5] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용탄력성	66
[그림 4-6] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성	67
[그림 4-7] 연도별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성	67
[그림 4-8] 2005~2018년 및 연구개발투자-고용탄력성	68
[그림 4-9] 2005~2018년 부가가치 및 연구개발투자-고용탄력성	69
[그림 4-10] 2005~2018년 종사자수 및 연구개발투자-고용탄력성	70
[그림 5-1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조	72
[그림 5-2] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용탄력성	77
[그림 5-3] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성	78

I. 연구목적 및 필요성

제1절 연구 필요성 및 목표

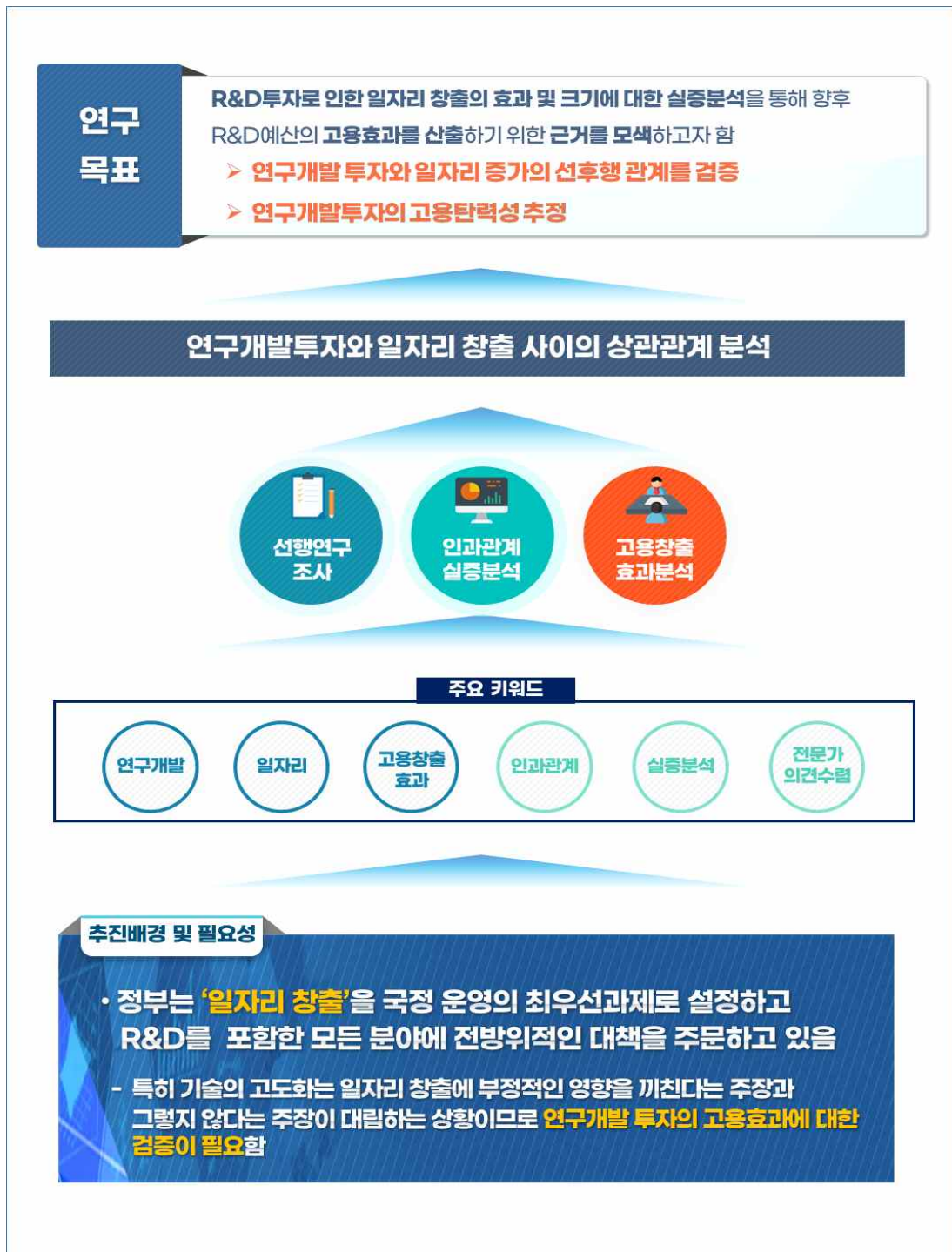
- 기술혁신활동은 우리나라의 지속가능한 경제성장의 중추적 역할을 수행하고 있음
 - 4차 산업혁명을 비롯하여 기술혁신 활동의 중요성이 더욱 부각되고 있으며, 과거 추격형에서 선도형 R&D로 전환하는 과정에서 기술혁신 활동의 중요성은 강조되고 있음
 - 이러한 맥락에서 기술혁신 활동의 대표지표인 연구개발투자가 지속적으로 확대되고 있는 상황이며 연구개발투자를 통해 발생하고 있는 성과에도 이목이 집중되고 있음
 - 연구개발투자의 성과는 과학기술적 성과에 근간을 두고, 기업의 성장, 일자리 창출 등 경제적 성과로 이어지고 있음
- 정부는 ‘일자리 창출’을 국정 운영의 최우선과제로 설정하고 R&D를 포함한 모든 분야에 전방위적인 대책을 주문하고 있음
 - 특히 기술의 고도화는 일자리 창출에 부정적인 영향을 끼친다는 주장과 그렇지 않다는 주장이 대립하는 상황이므로 연구개발 투자의 고용효과에 대한 검증이 필요함
 - 연구개발투자가 새로운 고용을 창출하는지 혹은 감소시키는지에 대한 논의는 관련 학계에서 치열한 논쟁이 지속되고 있음(Aghion and Howitt, 1998)
 - 기술혁신의 고용효과는 경험적, 이론적으로 단일한 결론 및 합의에 이르지 못하고 있음
- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 기술혁신이 신규창업, 신수요 창출, 생산성증가에 따른 가격하락으로 이어져 고용을 증가시킨다는 논리 구조를 가짐
 - 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 대체로 연구개발투자를 통한 기술혁신이 소득과 수요를 증대시켜 고용을 증대시킨다고 주장
 - － Caballero and Hammour(1997)은 기술혁신이 자본에 체화되어 창조적 파괴 효과가 나타나면, 자본생산성이 노동생산성을 추월하여 자본이 노동을 대체하게 되면서 실업 발생하는 것으로 주장
 - － Mortensen and Pissarides(1998)은 신기술이 체화된 자본재가 기존 근로자와 설비를 대체하지 않고 생산과정에 새롭게 사용되어 추가적인 일자리를 창출하게 되는데, 이 경우 기술진보는 신규 사업자 및 설비의 진입을 촉진시키고 실업이 감소하는 소위 자본화 효과가 나타난다고 주장
 - － 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 국내연구는 2000년대 중반 이후 다양한 실증적 연구들이 발표되는데, 대체로 연구개발투자가 고용을 증가시킨다는 결과를 제시하는데,
 - － 강규호 (2006)는 SVAR모형 분석을 이용해 분석한 결과 우리나라에서 기술혁신이 고용을 증가시키는 효과가 있음을 보였으며,
 - － 김병우·하태정(2008)은 ARDL모형을 이용해 연구개발투자의 고용창출 효과를 분석하였는데, 정부 연구개발 투자의 고용효과가 민간보다 크다는 결과를 제시

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용에 미치는 영향은 표본, 기간 및 모형의 선택 등에 따라 상이한 결론을 제시하고 있어 연구개발투자와 고용 간의 단일한 이론적·실증적 결론을 내리기가 쉽지 않음
 - 산업별 연구개발투자의 고용효과에 대해 분석한 Greenan and Guellec(2000), Evangelista and Savona(2002), Peters(2004), 박재민(2001)과 같은 일련의 연구들에 따르면 제조업, 전문기술형 등의 기술집약적 산업에서는 양(+)의 고용효과가 나타나며, 서비스업, 금융관련업 등의 기술혁신의 중요도가 낮은 산업에서는 고용효과가 음(-)이거나 통계적으로 뚜렷하지 않다는 결과를 제시
 - － 기업의 연구개발투자는 혁신역량을 확보하기 위한 필수적인 투입요소이며 연구개발 투자가 혁신활동을 촉진시켜 기업의 기술적, 경제적 성과에 긍정적인 영향을 미치지만, 연구개발 투자가 고용창출 효과에 유의미한 영향을 미치는가에 대해서는 다양한 주장이 존재함
- 본 연구는 정부 연구개발 투자지원과 고용성과, 혁신 활동과 고용성과에 대한 이론적 논의와 실증연구 결과에 기초하여 우리나라 중소기업에 대한 정부 연구개발 투자지원이 고용창출에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는 것이 주요목표
 - 정부 연구개발 지원을 통한 기술혁신역량의 향상이 고용창출로 연계되는지에 대해서는 연구방법론, 자료의 구성에 따라 상반된 견해가 존재하며, 정부의 연구개발투자 지원이 고용창출에 영향에 대한 분석은 장기적인 시각이 필요
- 본 연구는 실증분석을 통해 R&D투자에 따른 일자리 창출의 효과 및 크기를 분석하기 위해 ① 선행연구 조사, ② 실증분석, ③ 고용탄력성 추정 이상 3가지로 연구내용을 구성함
 - [① 선행연구 조사] 연구개발투자와 고용효과 간의 관계에 대한 보상효과, 대체효과에 대한 이론적 배경과 주요 선행연구를 검토함
 - [② 실증분석] 연구개발 투자와 고용 간의 선후 관계 또는 인과관계를 파악하기 위한 분석을 수행
 - [③ 고용탄력성 추정] 연구개발투자가 창출하는 고용의 크기를 고용탄력성 추정을 통해 제시
- 본 연구는 산출된 결과는 향후 R&D예산의 고용효과를 산출하기 위한 근거를 마련하는 기초자료로 활용함

제2절 추진전략 및 방법

□ 본 연구의 필요성 및 목표, 추진전략을 도식화하여 제시하면 [그림 1-1]과 같음

[그림 1-1] 연구 필요성 및 목표



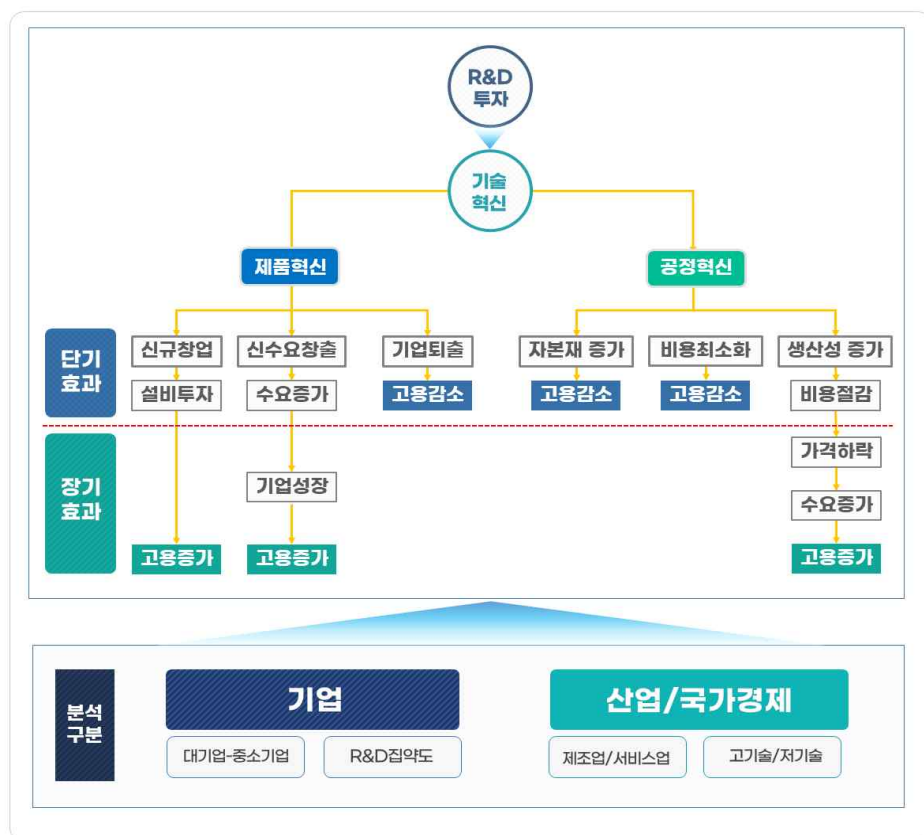
II. 선행연구:연구개발투자와 고용간의 관계

제1절 연구개발투자와 고용효과에 대한 선행연구

1. 선행연구검토 개요

- 선행연구에 따른 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 이론적 분석은 기술혁신이 고용에 미치는 영향으로 설명할 수 있음
 - 이들 간의 관계를 분석한 선행연구는 크게 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 감소시킨다는 연구와 고용을 증가시킨다는 연구로 양분됨
 - 연구개발투자와 고용의 관계는 기술혁신을 제품혁신과 공정혁신으로 구분하여 각각의 분석에 고용증가 혹은 고용감소로 이어지는 것으로 나타남
- 연구개발 투자를 통한 기술혁신은 성격에 따라 제품혁신(product innovation)과 공정혁신(process innovation)으로 구분될 수 있으며, 각 혁신유형에 따라 고용에 미치는 효과는 상이하게 나타남

[그림 2-1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조



- 제품혁신은 연구개발투자를 통해 제품의 본질적인 특성이나 기술, 소프트웨어 측면에서 새로운 제품·서비스를 개발하거나 기존 제품·서비스의 성능을 개선하는 것을 의미함
 - 제품혁신은 신제품의 개발에 따른 신규창업을 유도하고, 신규창업은 설비투자 및 고용증가로 이어짐
 - 제품혁신은 새로운 시장에 대한 개척을 통해 노동수요를 창출하는 수요확대 효과(demand enlargement effect)를 유발하며, 이를 통해 고용을 증가시킴
 - 반면 신제품 개발로 인해 기존의 시장이 사라지는 창조적 파괴(creative destruction)가 일어나는 경우 고용을 감소시키는 효과가 나타날 수 있음
- 공정혁신은 연구개발투자를 통해 생산성 향상 및 비용절감 등을 목표로 기존의 공정과정을 효율적으로 개선하거나 새로운 공정방식을 도입하는 것을 의미함
 - 공정혁신은 생산과정의 비용감소와 노동 절약적인 공정혁신으로 인해 자본이 노동을 대체(displacement effect) 하여 고용을 감소시키는 효과를 유발할 수 있음
 - 공정혁신이 발생하면 가격의 경직성으로 인해 총수요가 불변인 상태에서 비용 최소화를 통한 생산이 이루어짐에 따라 단기적으로 고용이 감소함
 - 한편 공정혁신 과정에서 나타난 제품 가격하락이 가계의 실질소득을 증가시켜 보다 많은 제품수요를 창출할 수 있다면, 이로 인해 고용이 증가되는 보상효과가 나타날 수 있음
- 연구개발투자의 고용효과를 분석한 실증분석 연구는 전술한 바와 같이 연구개발투자를 통한 기술혁신 유형별로 고용효과에 대하여 서로 다른 결론을 제시
 - 혁신유형별 연구개발투자의 고용효과에 관한 선행연구 결과를 제시한 <표 2-1>을 살펴보면 제품혁신에서 대부분 논문이 양(+)의 고용 창출효과가 있지만, 공정혁신에서는 상당히 혼재된 결론을 도출하였음

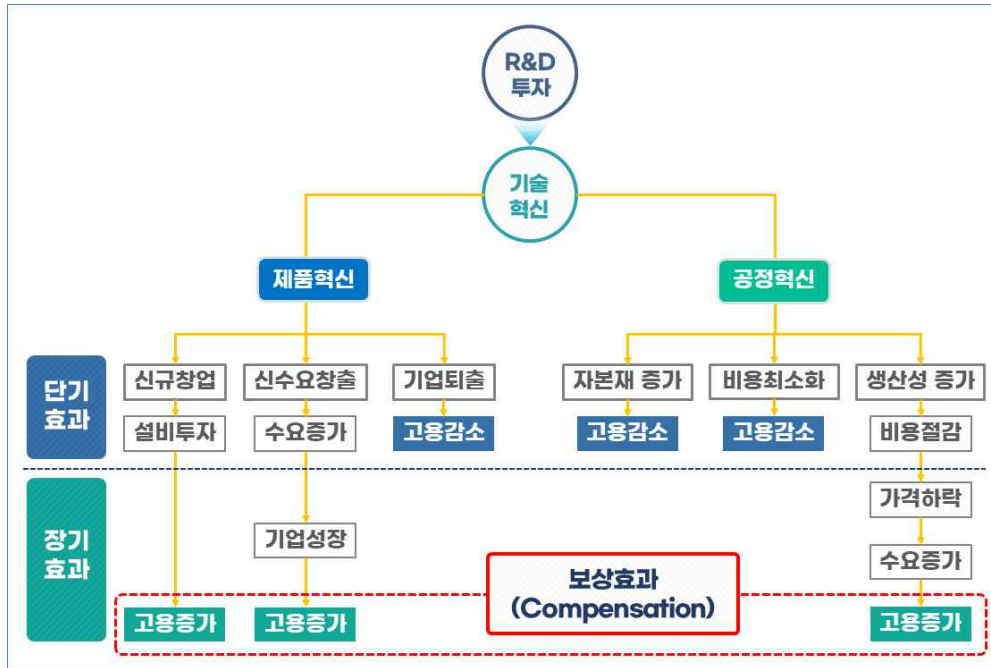
<표 2-1> 혁신형태별 연구개발투자 고용효과에 대한 선행연구결과 정리

제품혁신 공정혁신	(+)의 고용효과	(-) 혹은 비유의한 고용효과
(+)의 고용효과	Konig, Buscher, and Licht(1995)와 Smonly(1998), 문성배 외(2006)	신범철·송치웅·최국현(2012)
(-) 혹은 비유의한 고용효과	Entorf and Pohlmeier(1990)0, Van Reenen(1997), Greenan and Guellec(2000), Harrison et al.(2005), 최대승(2016)	

2. 보상효과(고용증가)

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 기술혁신이 신규창업, 신수요 창출, 생산성 증가에 따른 가격하락으로 이어져 고용을 증가시킨다는 논리구조임

[그림 2-2] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:보상효과



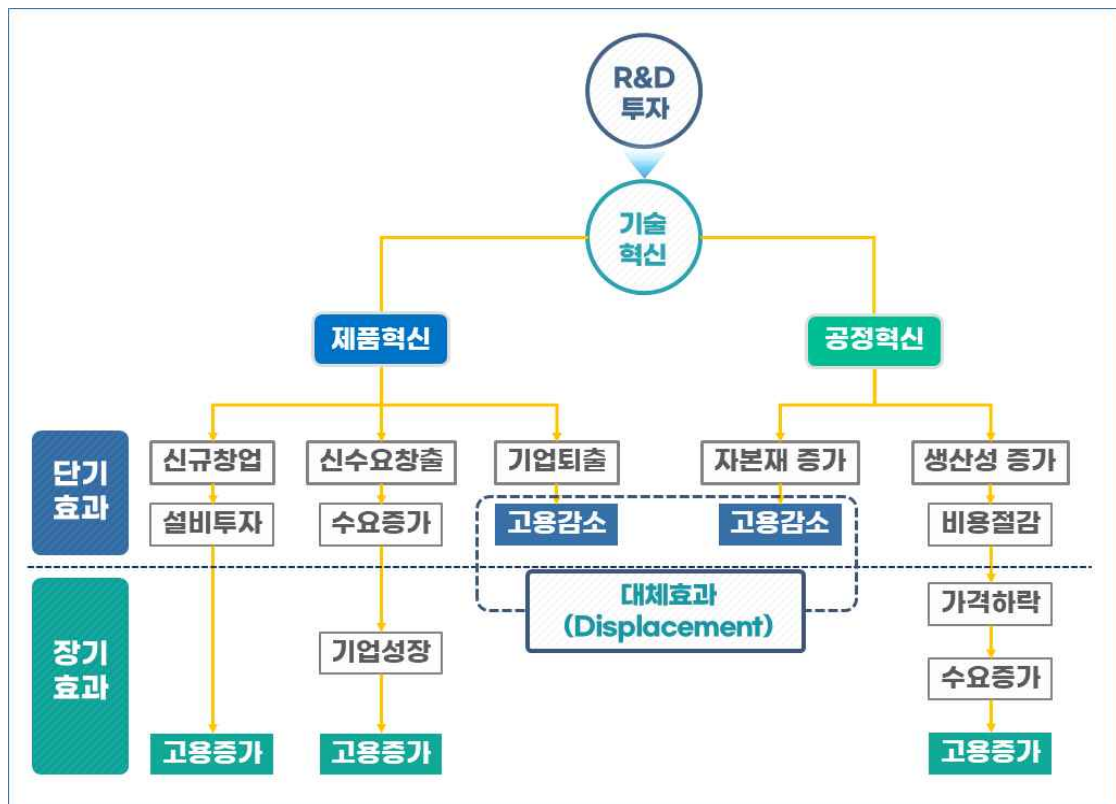
- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 대체로 연구개발투자를 통한 기술혁신이 소득과 수요를 증대시켜 고용을 증대시킨다고 주장함(Alonso-Borrego and Collado, 2001; Caballero and Hammour, 1997; Lachenmaier and Rottmann, 2011; Mortensen and Pissarides, 1998; Pissarides, 2000, Van Reenen, 1997 등)
 - Caballero and Hammour(1997)은 기술혁신이 자본에 체화되어 창조적 파괴 효과가 나타날 경우 단위당 자본생산성이 노동생산성을 상회하게 됨으로써 자본이 노동을 대체하게 되면서 실업 발생
 - － 장기적 관점에서 산출량 증가는 소득 증가로 이어지고, 저축과 투자가 증가하면서 고용이 회복하거나 증가한다고 주장
 - Mortensen and Pissarides(1998)은 신기술이 체화되어 있는 자본재가 기존 근로자와 설비를 대체하지 않고 생산과정에 새롭게 사용되어 추가적인 일자리를 창출하게 되는데, 이 경우 기술 진보는 신규 사업자 및 설비의 진입을 촉진시키고 실업이 감소하는 소위 자본화 효과가 나타난다고 주장
 - Pissarides(2000)은 기술혁신이 생산성을 향상시키고 이에 상응하여 기업이 보다 높은 임금을 제시함으로써 고용이 증가한다고 주장하였음

- 이외에도 Alonso-Borrego and Collado(2001)과 Lachenmaier and Rottmann(2011)는 각각 스페인, 독일의 제조업에 속한 기업자료를 실증적으로 분석한 결과 연구개발투자는 고용을 증가시킨다는 실증적 결과를 제시하였음
 - 또한 Bogliacino and Vivarelli(2012)는 유럽 15개국의 제조업 세부 업종을 대상으로 한 실증분석에서 연구개발투자 지출은 모두 고용에 통계적으로 유의하게 양(+)의 영향을 미친다고 주장
 - － 이들은 연구개발투자의 고용효과가 대학이 기업체나 시험연구기관에 비해 높으며 제조업의 고용효과가 서비스업에 비해 월등히 높다고 주장함
 - Blanchflower, et al.(1991), Stephen and Wadhvani(1991), Doms, et al.(1995), Coad and Rao(2011) 고운성, 최형규(2017)는 R&D가 고용에 양(+)의 영향을 미친다는 연구결과를 제시
 - Blanchflower, Milward, and Oswald(1991)와 Stephen and Wadhvani(1991)는 신기술 도입이 고용증가율과 강한 양(+)의 관계가 있는 것으로 보고하였으며, Doms et al.(1995)에서는 기업이 도입한 첨단생산기술의 수가 많을수록 그 기업의 고용이 증가하는 것으로 나타남
 - Coad and Rao(2001)의 경우에는 특허출원 및 R&D 투자 이력을 활용하여 생성한 기업혁신성 지표를 분석한 결과, 기업의 혁신활동이 고용창출 효과를 가져오는 것으로 보고하고 있음
 - 고운성·최형규(2017)은 연구개발투자가 고용창출에 긍정적인 영향을 미친다는 결과를 제시
 - Konig, Buscher, and Licht(1995)와 Smonly(1998), 문성배·전현배·이은민(2006)은 제품혁신, 공정혁신 모두에서 양(+)의 고용효과가 있는 것으로 보고함
- 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 국내연구는 2000년대 중반 이후 다양한 실증적 연구들이 발표되는데, 대체로 연구개발투자가 고용을 증가시킨다는 결과를 제시함(강규호, 2006; 김병우·하태정, 2008; 장인성, 2012; 정진호, 2013; 노희성 외 2인, 2014; 손동희 외 2인, 2015 등)
- 강규호 (2006)는 SVAR모형 분석을 이용해 분석한 결과 우리나라에서 기술혁신이 고용을 증가시키는 효과가 있음을 보였으며, 그 효과는 제조업에서는 장단기 모두 유의미한 양(+)의 영향을 미치지만, 서비스업에서는 별다른 영향을 주지 못한 것으로 나타남
 - 김병우·하태정(2008)은 ARDL모형을 이용해 연구개발투자의 고용창출 효과를 분석하였는데, 정부연구개발 투자의 고용효과가 민간보다 크다는 결과를 제시함
 - － 아울러 기초연구개발 투자의 일자리 창출효과가 응용개발에 비해 더 크며 지속성도 더 길게 나타난다고 주장함
 - 노희성 외 2인(2014)은 연구개발투자를 통해 생산성이 향상되면 시장을 확장시키거나 신산업을 출현시켜 고용이 증가할 수 있다는 것을 시사하고 있음
 - 이외에도 장인성(2012)과 정진호(2013)는 전반적으로 기술혁신이 고용을 증가시킬 수 있다는 데 동의하였음
 - － 장인성(2012)은 제조업의 경우는 장기적으로 부정적 영향을 미칠 수 있다는 실증분석 결과를 제시했고, 정진호(2013)는 분석산업 및 기간에 따라 상이한 결과가 나타날 수 있다고 주장함
 - 손동희 외 2인(2015)은 경기변동이 고용에 미치는 영향을 고려해 연구개발투자가 고용에 양(+)의 영향을 미친다는 결과를 제시함

3. 대체효과(고용감소)

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 감소시킨다는 연구는 기술혁신이 기존 기업의 퇴출, 자본재 증가, 비용최소화 등의 과정으로 고용을 감소시킨다는 논리구조를 가지며, 실증분석을 통해 입증되고 있음

[그림 2-3] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:대체효과



- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 감소시킨다는 연구는 기술혁신이 신상품의 출현, 자본의 노동대체, 가격의 경직성 및 총수요 부족 등으로 고용을 감소시킬 것이라고 주장함(Acemoglu, 1998; Aghion and Howitt, 1994; Blanchard and Katz, 1997; Gali, 1999; Mincer and Danninger, 2000; Schumpeter, 1934 등)
- 대표적으로 Schumpeter(1934)는 창조적 파괴(creative destruction) 과정으로 신상품의 출현과 자본의 노동대체를 설명함

<표 2-2> 선행연구의 실증분석 모형 및 주요변수 요약

선행연구	분석기간	모형 또는 방법론	주요변수
Alonso-Borrego & Collado(2001)	1990~1997	♦ Heckman's two-stage	♦ 고용자 수, 노동 대 자본비율, R&D 투자, 기술수입 등
Blanchard & Katz (1997)	1970~1995	♦ weighted OLS	♦ 실질임금, 생산성, 실업률, 소비자물가지수
Bogliacino & Vivarelli(2012)	1996~2005	♦ 시스템GMM	♦ 고용자 수, 산업별 부가가치, R&D투자, 총고정자본형성, 임금
Caballero & Hammour(1997)	1967~1995	♦ 생산함수	♦ 실업률, 자본비율, 노동분배율, 임금, 이익률, 실질이자율
Gali(1999)	1948.Q1~1994.Q4	♦ RBC모형 ♦ VAR, SVAR	♦ GDP, 고용자 수, 노동시간, 총요소생산성
Lachenmaier & Rottmann(2011)	1982~2002	♦ 시스템GMM	♦ 고용자수, 제품생산성, 공정생산성, 시간당 임금, 산업별 부가가치
Mincer and Danninger(2000)	1980~1993	♦ OLS	♦ 실업률, 총요소생산성, 노동자 당 컴퓨터 수, 교육수준, 물가상승률
Van Reenen(1997)	1976~1982	♦ 생산함수 ♦ OLS, 차분GMM	♦ 고용자 수, 제품생산성, 공정생산성, 임금, 자본비율
강규호(2006)	1980~2004	♦ RBC모형 ♦ SVAR	♦ GDP, 고용자 수, 노동생산성, 노동시간
노희성 외 2인(2014)	1993~2011	♦ 생산함수 ♦ 차분GMM	♦ 고용자 수, 생산성, 비효율성, 연평균 임금, 산업별 매출액, 유형고정자산
장인성(2012)	1970~2007	♦ SVAR	♦ 실질GDP, 취업자 수, 노동생산성, 총요소생산성
정진호(2013)	1973~2011	♦ OLS	♦ 취업자 수, 노동시간, 노동생산성, 총요소생산성, 임금, 자본비용
손동희 외 2인(2015)	1980~2012	♦ Pooled LS, 고정/확률효과모형	♦ 고용률, GDP갭, 임금, 실질이자율, 물가, 환율

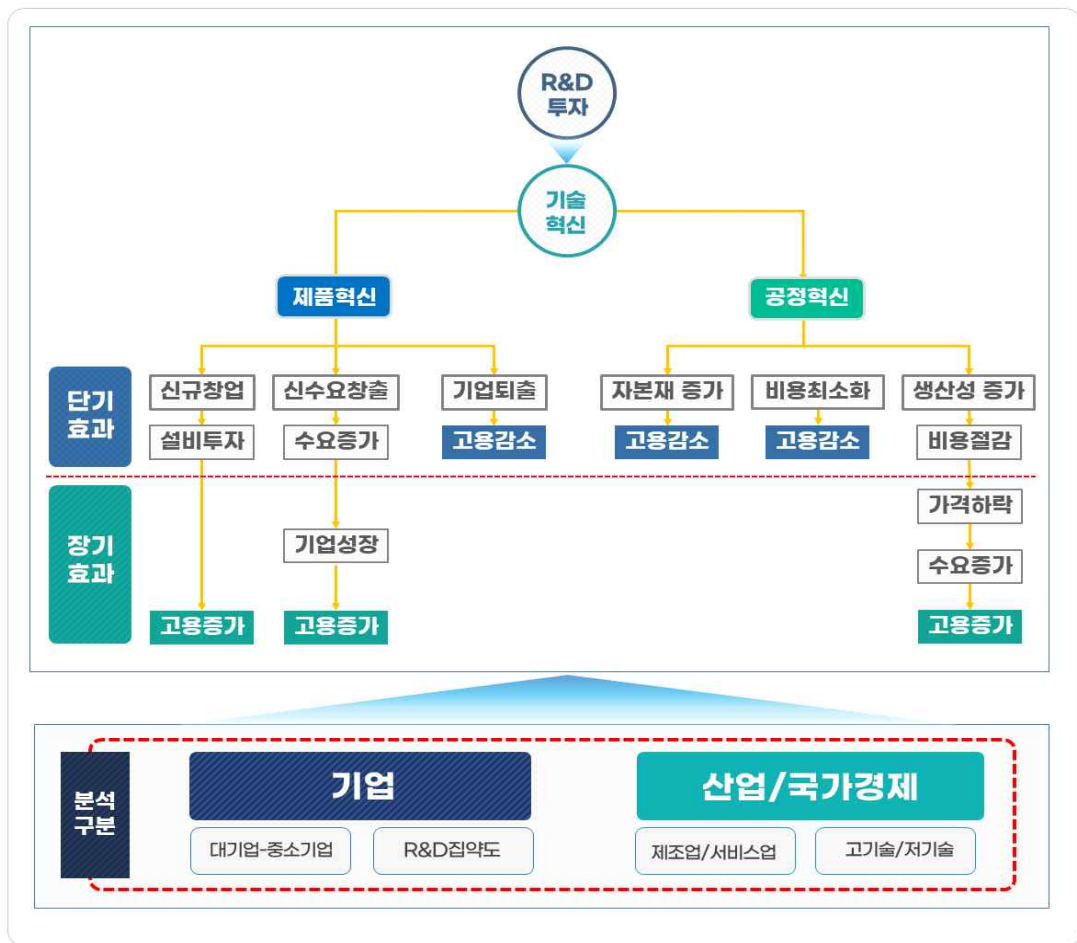
- Aghion and Howitt(1994)는 기술혁신이 일자리 창출과 파괴를 동시에 진행시키는 것으로 보고, 기술혁신 속도에 따라 노동자의 마찰적 실업이 증가한다고 주장하였으며, 이는 기존에 보유한 기술의 활용성이 떨어지는 경우 실업으로 이어지는 것으로 설명
- Gali(1999)는 기술혁신이 발생하면 가격의 경직성으로 인해 총수요가 불변인 상태에서 비용 최소화를 통한 생산이 이루어지게 되며, 단기적으로 자본에 체화된 기술로 인해 자본의 생산성이 노동의 생산성을 상회하며, 결과적으로 고용이 감소한다고 역설함
- Acemoglu Blanchard and Katz(1997), Mincer and Danninger(2000) 등은 고용을 고숙련과 저숙련 등 이질적(heterogeneous)인 형태로 세분화하여 나눈 경우도 기술혁신이 고용을 감소시킨다고 주장함
- 이외에도 Michelacci and Lopez-Salido(2007)는 기술발전은 창조적 파괴(creative destruction)를 통해 경쟁력이 열악한 기업의 퇴출이 발생하기 때문에 고용량은 감소한다고 주장
- Brouwer, et al.(1993)은 네덜란드 제조기업을 대상으로 분석한 결과, 높은 R&D 집약도가 기업의 고용을 증가시키지는 않았다는 근거를 제시
- Klette and Forre(1998)는 노르웨이 제조업 공장단위의 미시자료를 활용하여 고용창출과 기술혁신의 관계를 분석한 결과, 기술집약산업의 고용효과가 타산업보다 크지 않으며, R&D 집약도가 높은 공장의 고용증가율이 오히려 더 낮다는 결과를 제시
- Entorf and Pohlmeier(1990), Van Reenen(1997), Greenan and Guellec(2000), Harrison et al.(2005), 최대승 (2016) 등 다수의 연구에서 공정혁신에서는 음(-)의 고용효과가 있는 것으로 나타남

제2절 분석단위에 따른 연구개발투자의 고용효과

1. 분석대상의 세분화

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용에 미치는 영향은 표본, 기간 및 모형의 선택 등에 따라 상이한 결론을 제시하고 있어 연구개발투자와 고용 간의 단일한 이론적·실증적 결론을 내리기 어렵고, 이에 따라 분석대상을 세분화하여 접근한 연구가 수행되었음
- 분석대상의 세분화는 산업별 분석, 기업단위 분석 등으로 정리되며, 산업별 분석은 제조업과 서비스업, 고기술산업과 저기술산업 등으로 산업별 특성을 반영하여 연구개발투자와 고용 간의 관계를 분석하고 있음
- 기업으로 분석대상을 세분화하는 방식은 기업혁신역량의 대리변수로 R&D 집약도를 이용하여 구분하거나, 기업규모를 대기업, 중소기업으로 구분하여 연구개발투자와 고용 간의 관계를 분석하는 방식임

[그림 2-4] 연구개발투자와 고용 간의 관계구조:분석대상



- 산업별 연구개발투자의 고용효과에 대해 분석한 Greenan and Guellec(2000), Evangelista and Savona(2002), Peters(2004), 박재민(2001)과 같은 일련의 연구들에 따르면 제조업, 전문기술형 등의 기술집약적 산업에서는 양(+)의 고용효과가 나타나며, 서비스업, 금융관련업 등의 기술혁신의 중요도가 낮은 산업에 서는 고용효과가 음(-)이거나 통계적으로 뚜렷하지 않다는 결과를 제시
 - Bogliacino and Vivarelli(2012)는 유럽 15개국의 제조업과 서비스업 25개 부문의 자료를 이용하여 연구개발투자와 고용 간의 관계를 실증분석한 결과 제품개발을 투입되는 연구개발투자는 고용에 양(+)의 효과를 미친다고 주장함
 - － 이와 유사한 결과는 다른 연구에서도 나타났는데 미시적인 기업 데이터를 사용하여 분석한 결과 신제품 개발을 통한 고용 창출효과는 긍정적으로 확인되었다(Entorf and Pohlmeier, 1990; Brouwer, Kleinknecht and Reijnen, 1993)
 - Brouwer, Kleinknecht and Reijnen(1993)은 네덜란드 제조기업을 대상으로 연구개발 집약도와 고용증가율과의 관계를 분석하였는데, 그 결과 연구개발 집약도가 고용증가율에 부정적인 영향을 미친다고 밝혔음
 - － Klette and Førrre(1998) 또한 노르웨이 제조기업을 토대로 연구개발 집약도가 1% 이상인 기업의 순 고용증가가 기업의 연구개발 집약도가 1% 이하인 기업보다 낮다고 분석하였음
- 기업의 연구개발투자는 혁신역량을 확보하기 위한 필수적인 투입요소이며 연구개발투자가 혁신활동을 촉진시켜 기업의 성과에 긍정적인 영향을 미치지만, 연구개발 투자가 고용에 유의미한 영향을 미치는가에 대해서는 상반된 주장이 존재함
 - 기업규모별로 R&D 투자의 고용효과를 실증분석한 연구는 이공래 외(2010), 신범철·송치웅·최국현(2012)와 이영석·이주현(2012)는 대기업에 비해 중소기업 R&D 투자의 고용효과가 높다는 결과를 지지
 - 반면, Bogliacino (2014)는 연구개발투자의 규모효과(scale effect)로 인해 중소기업보다 대기업에서 R&D 투자의 고용효과가 더욱 크다는 결과를 제시
 - Ha(2012)는 OECD자료를 이용해 기업의 R&D투자가 고용에 미치는 영향을 분석했는데 기업의 연구개발 투자는 연구개발인력 비율에는 강한 양의 상관관계를 보이지만 취업자 비율에는 상관관계가 높지 않다고 나타남.
 - － 반면 실업률에는 음의 상관관계를 나타내 기업의 연구개발투자가 고용창출에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있음(Ha, 2012).
 - Lee and Kim(2009)은 중소기업 기술개발 지원사업에 참여한 기업을 대상으로 정부 연구개발 지원 금액이 고용증가율과 고용증가량에 미치는 영향을 분석한 결과, 정부의 연구개발 지원이 고용증가에 긍정적인 영향을 미치지만 그 크기는 매우 미미한 것으로 나타났음
 - － 그러나 혁신형 중소기업과 그 외 기업으로 구분하여 분석하면 혁신형 중소기업에서 정부 연구개발 투자 지원의 고용 창출효과는 모두 유의미한 정의 영향을 미치는 것으로 나타났음
 - Van Reenen(1997)은 영국기업을 대상으로 제품혁신과 공정혁신의 효과를 비교하였는데, 제품혁신을 통한 고용창출의 긍정적인 효과가 공정혁신의 부정적인 효과를 상쇄시킨다고 주장하였음

2. 정부 연구개발투자와 고용창출 효과

- 본 연구는 정부 연구개발 투자지원과 고용성과, 혁신활동과 고용성과에 대한 이론적 논의와 실증연구 결과에 기초하여 우리나라 중소기업에 대한 정부 연구개발 투자지원이 고용창출에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는 것이 주요목표 중 하나임
 - 정부 연구개발 투자지원과 고용 창출효과 또한 전술한 바와 같이 고용창출로 이어지는가에 대해 상이한 결론이 도출되고 있음
- 정부 연구개발 지원을 통한 기술혁신역량의 향상이 고용창출로 연계되는지에 대해서는 연구방법론, 자료의 구성에 따라 상반된 견해가 존재함
 - Lerner(2000)는 미국의 SBIR사업을 통해 정부 연구개발 투자를 받은 기업들의 성과를 분석한 결과, 정부의 연구개발 투자가 벤처캐피탈의 투자 활동이 활발한 지역에 위치한 기업의 고용 수요를 증가시켜 고용창출에 긍정적인 영향을 미친다고 분석하였음
 - 반면 Ali-Yrkkö(2005)는 공공 연구개발 투자지원이 연구개발 인력의 고용에는 긍정적인 영향을 미치지만 비연구개발 인력의 고용에는 유의미한 영향을 미치지 않는다고 주장하였음
- 정부의 연구개발투자 지원이 고용창출에 영향에 대한 분석은 장기적인 시각이 필요함을 의미함
 - Kim, Euh, Jun, and Yoo(2014)는 우리나라 정부의 산업기술 연구개발투자와 고용 창출효과를 산업연관분석기법을 사용하여 분석한 결과 정부 투자액 10억 원당 평균 8.49명 고용 창출효과가 나타나며 이 중 직접 고용효과는 5.27명, 고용유발효과는 3.22명으로 분석
 - 대분류 산업을 기준으로 볼 때 지식서비스 분야가 정부투자액 10억원당 고용 창출효과가 12.24명으로 가장 높고 전기전자 분야는 정부투자액 10억 원당 고용 창출효과 7.22 명으로 가장 낮게 나타남
 - Shin, Kim, Lee, and Kim(2014)는 정부 연구개발과제의 투입 및 기술사업화 성과지표의 고용 효과를 분석하였는데 정부투자과 기술창업 등은 고용효과에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 제시되었음
 - 정부 연구개발지원은 기업의 혁신활동을 위한 노력을 촉진시키고(Czarnitzki and Fier, 2002) 몇몇 연구에서 혁신활동이 노동수요에 긍정적인 영향을 미친다고 분석하였는데 독일의 제조기업을 대상으로 한 미시적 분석에서 혁신활동이 노동수요를 증가시키는 것으로 나타났음(Entorf and Pohlmeier, 1990; Rottmann and Ruschinski, 1998; Smolny, 1998)
- 정부 연구개발 투자지원이 고용으로 이어지는가에 대한 분석은 정부지원 수혜기업과 비수혜기업을 비교하여 분석하는 것이 필요하며, 또한 비교과정에서 유사한 규모의 기업을 매칭하여 비교하는 것이 필요
 - 선행연구는 고용보다는 기업의 성과(매출액, 성장률)에 초점을 두고 분석한 연구가 대다수이며, 정부지원과 고용 간의 관계를 밝힌 연구는 많지 않음

- Ebersberger(2004)는 핀란드 기업을 대상으로 공공 연구개발 투자를 받은 기업과 그렇지 않은 기업 간 성향점수매칭법(PSM)을 통해 고용 창출효과를 비교한 결과, 연구개발 과제를 수행하는 동안에는 고용증가율의 차이가 나타나지 않았음
- 연구개발 과제가 종료된 후에는 연구개발 지원을 받은 기업의 평균 고용증가율이 증가하였으며, 연구개발 지원을 받지 않은 기업은 고용증가율이 감소하는 추이를 보였음.
- 국내연구로 이동욱(2013)은 2009년 국가연구개발사업에 참여한 기업, 비참여 기업을 대상으로 순서형 프로빗모형과 성향점수 매칭법(PSM)을 통해 민간 연구개발 투자에 대한 정부보조금의 보완·대체효과를 살펴보았음
- 윤윤규(2010)은 정부지원을 받은 기업과 받지 않은 기업의 패널자료를 이용하여 성향점수매칭법(PSM)을 통해 재무성과, 영업이익, 고용창출에 미치는 효과를 분석하였음

Ⅲ. 실증분석

제1절 분석모형 및 자료

1. VAR 모형 개요

- 본 단계에서는 연구개발 투자와 고용 간의 선후관계 또는 인과관계에 대한 분석을 실시함
 - 연구개발투자가 거시경제에 미치는 파급효과를 분석을 위해 Bartelsman(1990), Coe and Helpman (1995), Coe etc.(2008), Estrada and Montero(2009), Park(1998) 등 상당히 많은 연구들이 발표되고 있음
 - － 이러한 연구들은 대체로 본 연구와 같이 VAR모형을 이용해 분석을 시도하였음
- 벡터자기회귀모형(VAR model)은 내생변수 벡터를 자기 자신과 자신 이외의 시차변수 값의 선형함수로 나타낸 모형으로, 동적 동시 선형방정식 모형의 제약 없는 유도형이라 할 수 있음
- 벡터자기회귀모형(VAR)은 Sim(1980)에 의해 소개된 이후에 거시경제 변수들에 영향을 미치는 다양한 충격의 상대적 중요성을 파악하고 동태적 효과(dynamic effects)를 분석하는 방법으로 널리 사용
 - 모형의 각 방정식의 구성은 모형에 포함되는 내생 변수들의 현재 및 과거 값으로 구성
 - 정보기준을 이용해 최적시차를 선택
 - 계(system)의 특성을 분석하는 방법으로 충격반응함수와 예측오차분산분해를 실시
- 시계열변수인 고용(x_t)과 연구개발투자(y_t) 변수들은 양방 모두 동시에 결정되는 내생변수이며, 이들의 움직임을 설명하는 연립방정식 모형은 다음과 같이 설정할 수 있음
 - 현재의 고용(X_t)은 연구개발투자(y_{t-j})의 시차와 고용(x_{t-i})의 시차에 의존한다고 가정하면, 다음의 식 (3-1)과 같이 나타낼 수 있음

$$x_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \epsilon_{1t} \quad (3-1)$$

$$y_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \epsilon_{1t} \quad (3-2)$$

- 식 (3-1)은 현재의 고용은 일정 시차의 연구개발투자(y_{t-j})와 고용(x_{t-i})이 증가하면 고용이 증가하는 것으로 나타낼 수 있음

- VAR모형은 식 (3-1)과 식 (3-2)에서 볼 수 있듯이, 어떤 단일 시계열변수의 현재 변동이 자신의 과거뿐 아니라 다른 시계열의 과거 값에도 영향을 받아 결정되는 모형임을 알 수 있음
- 따라서 경제시계열 자료를 가지고 실증분석할 때, 각 경제 시계열 자료들을 독립적으로 분리하여 분석하는 것보다 서로 연관성이 있는 것으로 판단되는 다른 경제 시계열 자료들과의 관계를 고려하여 분석하는 경우 VAR 모형이 적절함

2. VAR 모형을 이용한 연구개발투자의 고용과급효과 분석

- 본 연구는 벡터자기회귀모형을 이용하여 산업별 산출량 증가와 고용, 연구개발투자의 경제적 파급효과를 분석함
- 앞의 식(3-1)과 식 (3-2)를 확장한 형태의 일반적인 VAR(p) 모형은 p기 시차를 포함하고 있으며, 다음과 같이 쓸 수 있음

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \epsilon_t \quad (3-3)$$

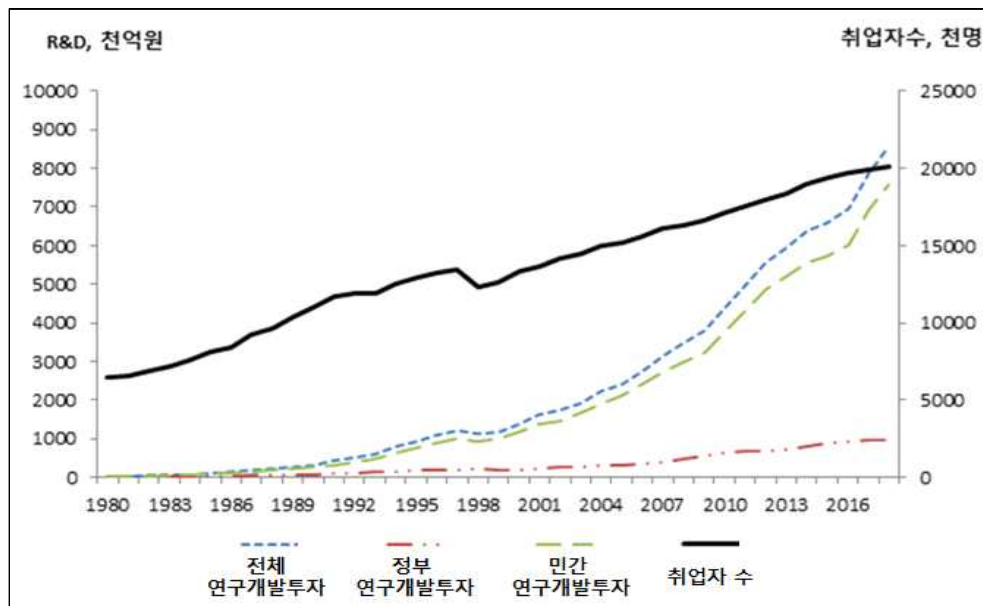
- 여기서 t는 년도, X 는 VAR모형을 구성하는 내생변수 벡터, Φ 는 계수행렬, ϵ 은 관측불가능한 오차항을 나타냄
- 연구개발투자의 파급효과를 분석하기 위해, 벡터자기회귀모형(VAR) 추정결과에 기초한 충격 반응분석과 직교충격반응 분석함
- 통상적인 충격반응 분석은 유도형 교란항에 충격을 주고 그 반응을 분석하게 되는데, 유도형 VAR 모형에서는 교란항의 상관관계가 0이 아닌 이유로 경제학적인 측면에서 의미가 별로 없음
- 변수들의 반응이 하나의 변수 충격에 의한 직접적인 효과인지, 아니면 초기 충격의 직접 효과에 더하여 다른 변수들과의 상관관계로 인해 발생한 간접효과에 의한 것인지 구별이 되지 않음
- 따라서 통상적으로 충격반응분석은 유도형 VAR 모형보다 구조형 VAR 모형을 사용하여 분석하게 되며, 구조형 VAR 모형을 사용하여 분석하는 경우의 충격반응분석을 직교충격반응분석(orthogonal impulse response analysis)을 이용하여 분석하게 됨(김정언 외, 2012)
- 구조형 VAR모형에서 의 오차항은 각 변수 간에 상관관계가 없기때문에 유도형 VAR모형의 오차항에 비해 직접적인 경제적 해석이 가능해짐
- 충격반응함수(Impulse Response Function)는 내생변수의 현재 값과 미래 값에 대한 오차항 중 하나의 오차항에 대한 1의 표준편차 충격의 효과를 추적
- 직교충격반응함수(orthogonal Impulse Response Function)는 한 변수로부터의 충격이 시간이 흐름에 따라 다른 변수들에 전파되는 과정을 변수들간의 상관관계를 고려하여 전파되는 경로를 경제학적 해석이 가능한 형태로 변수들의 파급경로의 순서를 설정하여 충격의 효과를 추적
- 식 (3-3)에 연구개발투자액 또는 지수, 주요 거시경제변수(산출량, 고용)를 적용하여 나타낼 수 있음

3. 자료

□ [그림 3-1]에는 년도별 연구개발투자액과 취업자수 추이가 나타나 있음

- 전체 연구개발투자액은 1998년 외환위기 시점에서 감소를 보인 후, 2000년대 들어와서 가파른 증가를 보이고 있음
- 한편, 취업자수는 2000년 이후 완만한 증가를 보이고 있어, 적어도 2000년 이후 연구개발투자액과 취업자수의 변화 추이는 증가 속도에서 차이를 보이는 것으로 판단됨

[그림 3-1] 연구개발투자액과 취업자수 증가 추이



□ 정부 연구개발투자액과 취업자수의 연도별 추이를 살펴보면, 1990년 이후 꾸준히 완만하게 증가하는 반면, 취업자수는 2000년 이후 증가 속도가 일정함을 알 수 있음

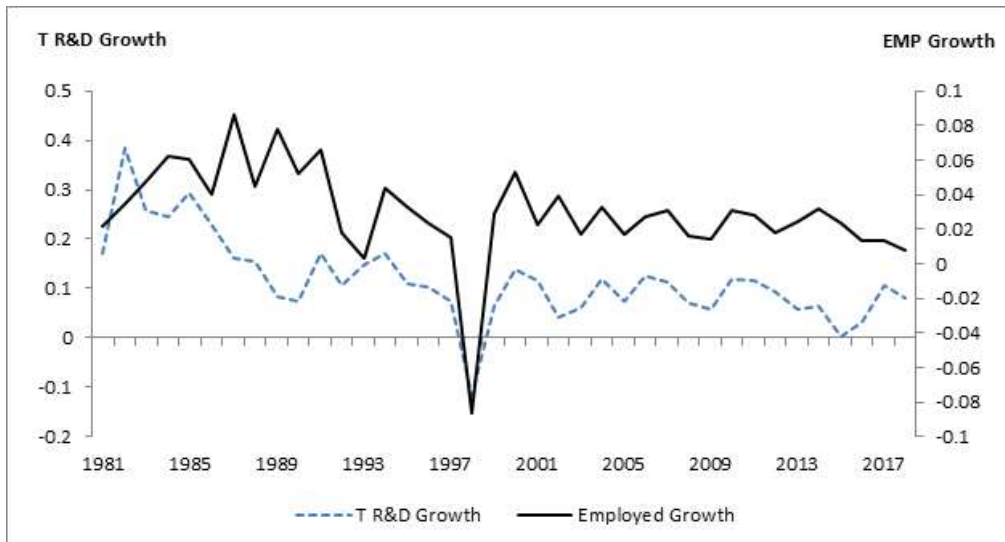
- 취업자 수는 1998년 외환위기 이전에는 증가 속도면에서 연구개발투자액과 비교적 유사한 추이를 보이나, 2000년 이후에는 연구개발투자액의 증가 추이와는 다른 모습을 보이고 있음
- 즉, 연구개발투자액은 급격한 증가를 보이는 반면, 취업자 수는 2000년 이전의 추이와 비슷하거나 느린 속도로 증가하는 것을 알 수 있음

□ [그림 3-2], [그림 3-3], [그림 3-4]에는 각각 전체 연구개발투자액 증가율과 취업자수 증가율, 정부 연구개발투자액 증가율과 취업자 수 증가율, 민간 연구개발투자액 증가율과 취업자 수 증가율 추이가 나타나 있음

- [그림 3-2], [그림 3-3]을 보면, 1998년 이전 기간에 전체 연구개발투자액 증가율과 민간 연구개발투자액 증가율이 취업자 수 증가율을 선행하는 것처럼 나타나지만, 1998년 이후에는 선행 관계가 명확히 보이지 않으며, 오히려 동행하는 것으로 판단됨

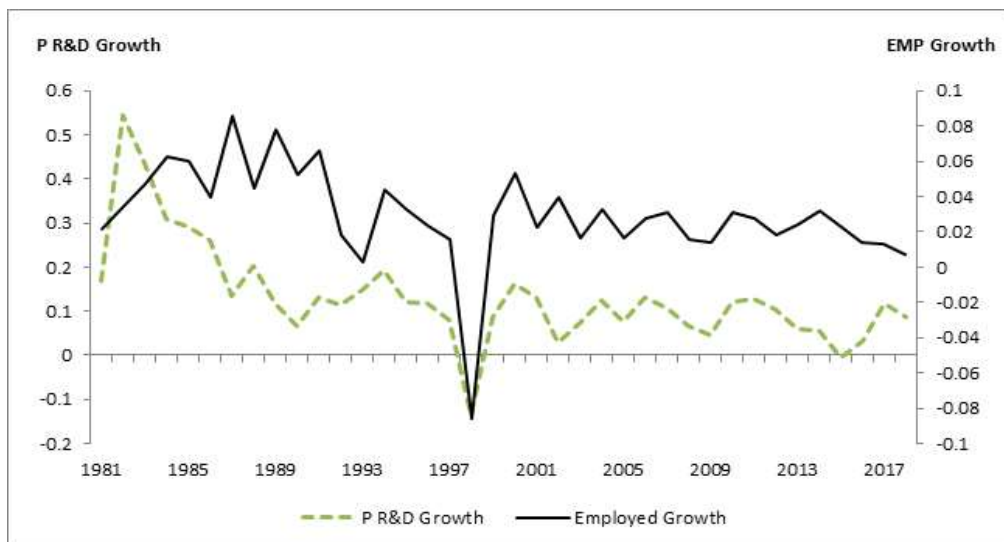
- 그래프의 형태를 통해 보면, 1997년 외환위기 이전 기간에는 연구개발투자와 취업자 수의 관계가 일치하지 않으며, 추세적으로 같은 방향으로 움직이나, 상호 민감하게 반응하지 않았다고 하면, 1998년 이후에는 두 지표가 동시적으로 변화하는 형태를 보임
- 한편, [그림 3-4]의 정부 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 사이의 변동은 1997년 이전 기간에 상관관계가 없는 것으로 보이나, 1998년을 기점으로 다른 연구개발투자와 유사한 형태를 보임

[그림 3-2] 전체 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이

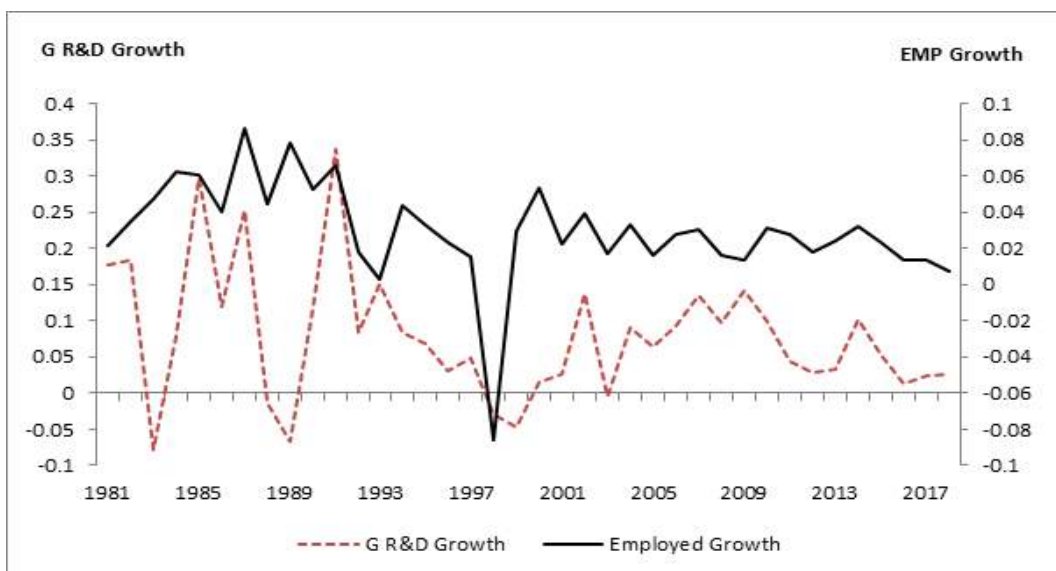


- 결과적으로 1998년 이전에 비교하여 1998년 이후는 전체 연구개발투자, 민간 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 사이에 연관성이 증가한 것으로 여겨짐
 - － 1998년 이후에는 정부 연구개발투자 증가율(증가)과 취업자 수 증가율(하락)의 추이가 반대로 움직이고 있는 것으로 보이지만, 전체 연구개발투자자와 민간 연구개발투자에 비교하여 상대적으로 낮은 연관성을 보이는 것으로 나타남
 - － 특히, 정부 연구개발투자는 2009년을 기점으로 증가율의 사이의 차이가 증가하였는데, 이는 전체와 민간에 비교하여, 정부연구개발 투자의 영향이 낮은 것으로 판단됨
 - － 그래프를 통한 분석은 내생변수를 통제하지 않은 분석으로, 정확한 통계분석이라 보기는 어려운 점을 주의할 필요가 있음

[그림 3-3] 민간 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이



[그림 3-4] 정부 연구개발투자 증가율과 취업자 수 증가율 추이



제2절 연구개발투자의 파급효과

1. 전체 연구개발투자가 고용(취업자 수) 증가에 미치는 영향

가. 분석구조

- 연구개발투자가 고용(취업자 수) 증가에 영향을 분석하기 위해 [그림 3-5]와 같은 분석구조를 설정함
 - 분석대상은 충격반응함수에서 충격의 대상이 되는 변수를 의미하며 전체 연구개발투자, 민간 연구개발투자, 정부 연구개발투자 3가지로 구성함
 - － 충격반응함수는 연구개발투자 증가율의 충격에 대해서 고용이 어떻게 반응하는가를 제시하는 것임
 - 분석모형은 구조형 VAR모형으로 3변수 모형, 4변수 모형으로 설정하고, 분석을 수행함
 - － 3변수 모형은 연구개발투자가 노동생산성 향상에 영향을 미치며, 노동생산성 향상이 고용(취업자 수)에 영향을 미치는 것으로, 일반적인 경제성장 모형에서 기술의 발전이 생산성을 증가시키며, 이것이 노동수요 증가를 통해 고용증가로 이어지는 것을 의미함
 - － 4변수 모형은 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 GDP 증가에 영향을 미치며, GDP 증가가 고용(취업자수)에 영향을 미치는 것으로 이는 기술의 발전이 생산성을 증가시키며, 이것이 산출량의 증가를 통해 고용증가로 이어지는 규모효과를 의미함
 - 반응은 충격에 따라 변화하는 대상을 의미하며, 본 연구는 고용(종사자 수)을 의미함
 - － 최종분석결과는 직교충격반응함수와 누적반응함수 두 개의 분석결과를 제시함

[그림 3-5] 전체 분석결과 구조



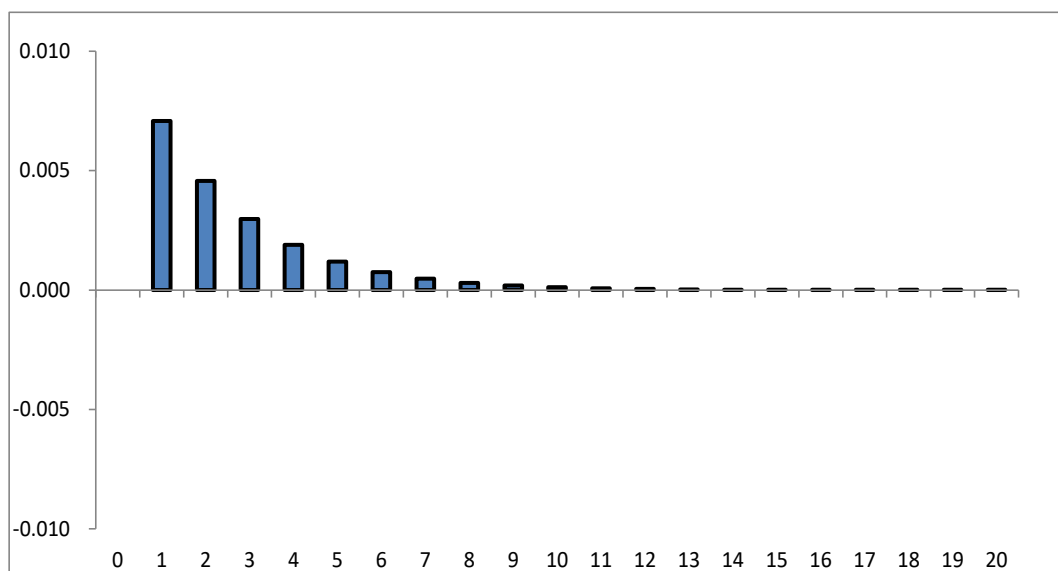
나. 전체 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용 증가의 3변수 구조형 VAR 모형

- 이하에서는 전체 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용증가의 3변수 구조형 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수가 [그림 3-6]와 [그림 3-7]에 나타나 있음

※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 1기 시차 모형임

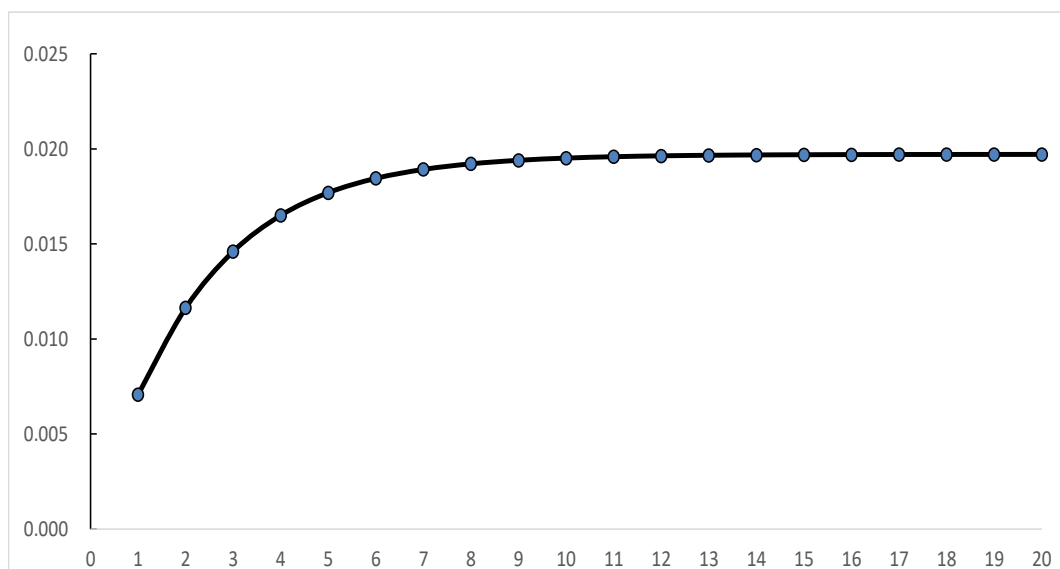
- 직교충격반응함수 분석을 위해서는 변수들의 순서가 중요한데, 앞에서 설명한 바와 같이, 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 고용에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 [전체 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, 고용증가율]의 순서의 3변수 구조형 VAR 모형을 구성하였음
- [그림 3-6]에는 전체 연구개발투자에 충격이 발생한 경우, 취업자 수 증가율의 20기 동안의 직교충격반응을 나타낸 결과임
 - 전체 연구개발투자 충격 발생 이후 1기에 걸쳐서 고용증가율의 최대 0.007% 증가한 이후 10기에 걸쳐서 점진적으로 감소하면서 0으로 수렴함
 - 즉, 반응이 초기에 크게 증가한 후 점차 그 반응이 감소하여 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라짐
 - 전체 연구개발투자 충격 발생 시 고용증가율이 최대 약 0.007%p 증가하는 것으로 나타났음
 - 정리하면, 전체 연구개발투자에 표준편차(1단위)만큼의 충격이 발생하면, 1기에 고용증가율이 0.007% 증가하며, 이후 약 10기에 걸쳐서 고용증가 반응이 나타나지만, 그 반응이 점차 감소하는 형태로 나타나고 10기 이후에는 영향이 0으로 수렴하여 없는 것을 확인

[그림 3-6] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-취업자 수)



- 3변수 구조형 VAR 모형은 전체 연구개발투자에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적합수가 결과는 0.02%로 나타났음
 - 연구개발투자 충격이 발생하였을 경우, 시간에 흐름에 따른 누적 고용증가율이 5기까지 빠르게 증가
 - 5기 이후 고용증가율의 누적 반응이 거의 변화를 보이지 않으며, 10기부터 누적 고용증가율에 변화가 없이 0.02%에 정체됨
 - 즉, 10기 이후 고용증가율에 미치는 충격이 소멸되어 영향이 없어졌음을 의미함
- 기준 연도의 연구개발투자 증가율의 충격은 <그림 3-7>에서 보이는 바와 같이 1년 후에 가장 큰 영향을 미치며, 약 0.02%의 누적 반응을 보임
 - 충격 반응함수에서 살펴본 바와 같이, 전체 연구개발투자의 취업자 수 증가에 대한 충격은 최초 1기에 가장 큰 것으로 나타나며, 약 10년까지 그 영향이 점차 소멸해가면서 <그림 3-7>에 보이는 바와 같이 10년 이후 약 0.02%의 누적 취업자 수 증가율을 보임.
 - 즉, 충격의 효과가 10기 이후에 소멸되었다고 볼 수 있음
 - 정리하면, 전체 연구개발투자의 취업자 수 증가율은 기준 연도를 시점으로 하여 최초 고용증가율이 약 0.007% 증가하는 것으로 나타났으며, 기준 연도에서 10기 이후 누적된 효과로 약 0.02%의 고용증가율이 나타남

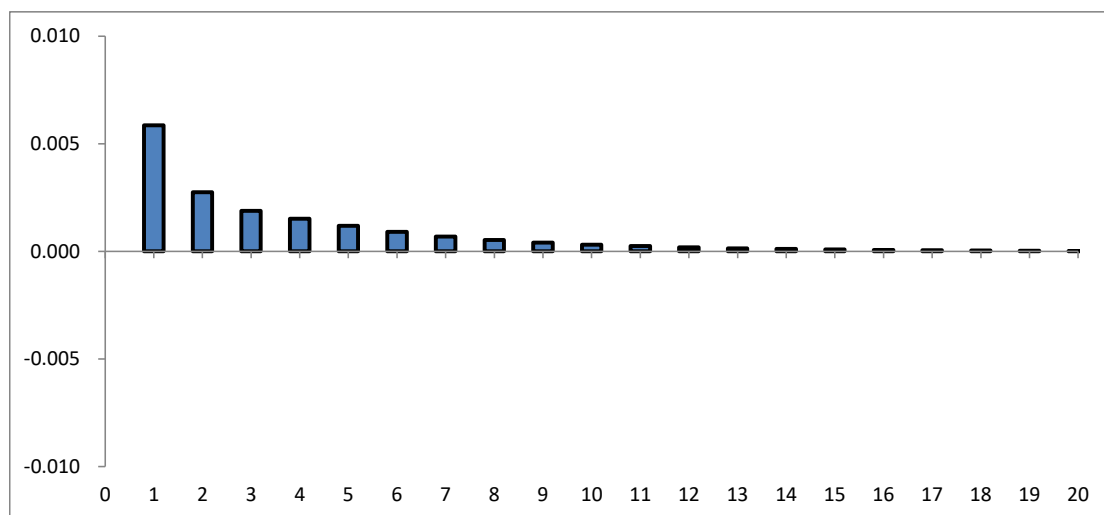
[그림 3-7] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-고용)



다. 전체 연구개발투자 - 노동생산성 - GDP-고용 증가의 4변수 VAR 모형

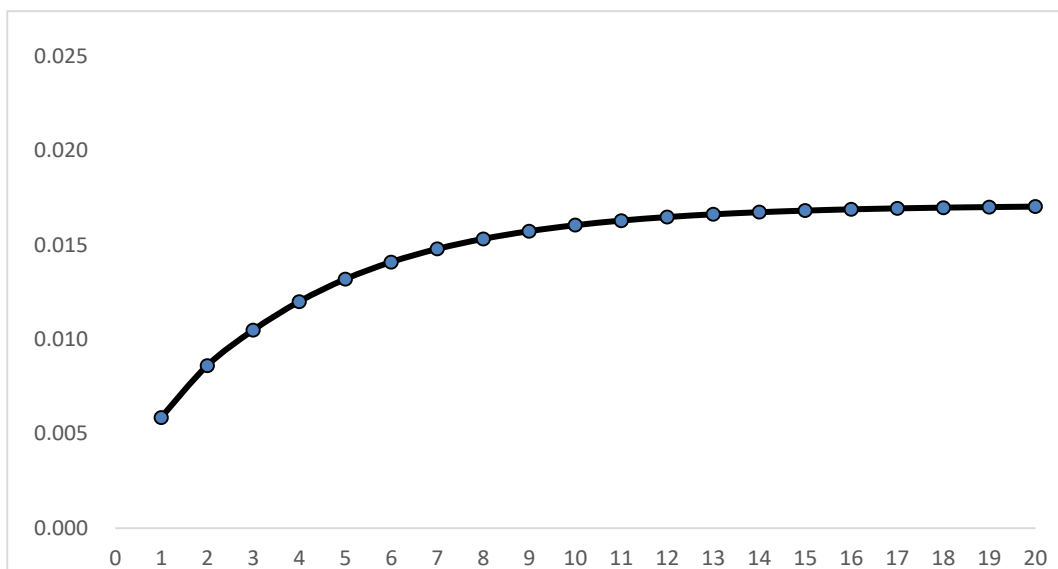
- 연구개발 투자 - 노동생산성 - GDP- 고용 증가의 4변수 구조형 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수는 [그림 3-8]과 [그림 3-9]에 나타나 있음
 - 직교충격반응함수 분석을 위한 변수들의 순서는 연구개발투자가 노동생산성, 산출량 증가를 통해 고용 증가에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 [전체 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, GDP 증가율, 고용증가율]의 순서의 4변수 구조형 VAR 모형을 구성하였음
 - ※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 1기 시차 모형임
- 연구개발투자가 고용(취업자수) 증가에 영향을 미치는 경로는 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 GDP 증가에 영향을 미치며, GDP 증가가 고용(취업자수)에 영향을 미침
 - 이 경로는 일반적인 경제성장 모형에서 기술의 발전이 생산성 향상을 유발하여, 향상된 생산성은 산출량 증가를 통해 고용증가로 이어짐을 의미함
- [그림 3-8]에는 전체 연구개발비 증가율에 충격이 발생한 경우, 취업자 수 증가율의 직교충격반응들이 나타나 있음
 - 3변수 충격반응함수와 거의 유사하게, 전체 연구개발비 충격에 대한 고용증가율의 반응이 당해년에 크게 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하여 10기 이후 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남

[그림 3-8] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



- 4변수 구조형 VAR 모형은 전체 연구개발투자에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적합수가 결과는 0.017%로 나타났음
 - 전체 연구개발투자에 충격이 발생한 경우, 시간에 흐름에 따른 고용증가율의 영향은 초기에 크게 증가를 보이다가 누적치의 증가폭이 감소함
 - <그림 3-9>에는 연구개발투자액 증가율에 양의 충격이 발생했을 경우, 고용증가율의 직교충격 반응의 누적합수가 제시되어 있음
 - 연구개발투자액에 양(+)의 충격이 발생하였을 경우 시간에 흐름에 따른 고용증가율의 영향은 초기에 크게 증가를 보이다가 10기 이후 고용증가율의 누적치가 정체됨
 - 즉, 고용증가율에의 충격이 10기 이후 거의 소멸되었음을 의미함
- 당해년의 연구개발투자액 증가율에 충격이 발생하면, <그림 3-8>에서 보이는 바와 같이 1기 이후 고용증가율에 가장 큰 영향을 미침
 - 이 후 약 10년까지 그 영향이 점차 소멸해가면서 <그림 3-8>에 보이는 바와 같이 누적적으로 0.016~0.017%의 취업자수 증가율로 수렴함
 - 또한, 충격반응함수의 결과에서 보는 바와 같이, 연구개발비에 대한 충격이 취업자 수 증가에 모두 양의 반응이 나타나며, 따라서 누적된 충격반응은 가장 큰 값을 가짐
 - 이는 3변수 직교충격반응함수 추정과 유사하게, 12년 이후 누적적으로 0.017%의 취업자수 증가율을 보이므로 충격의 효과가 12기 이후에 소멸되었다고 볼 수 있음

[그림 3-9] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



2. 정부 연구개발투자와 고용(취업자수) 증가율

가. 정부 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용 증가의 3변수 VAR 모형

□ 본 절은 정부 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용 증가의 3변수 구조형 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수의 결과를 제시하며, 각각 [그림 3-10]과 [그림 3-11]에 나타나 있음

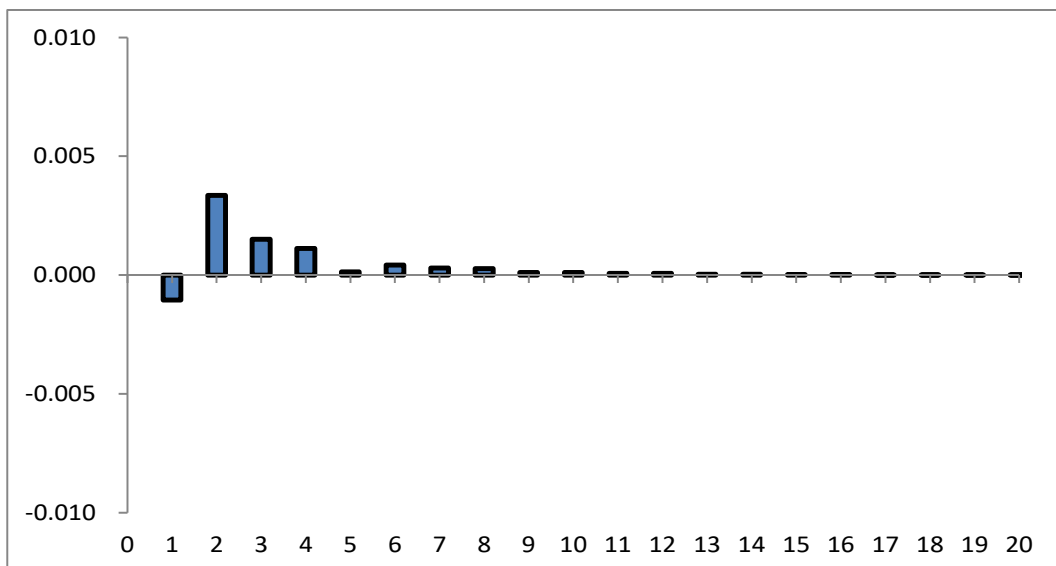
- 직교충격반응함수 분석을 위한 변수들의 순서는 정부 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 고용에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 [정부 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, 고용증가율]의 순서의 3변수 VAR 모형을 구성하였음

※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 2기 시차 모형

□ [그림 3-10]는 정부연구개발비가 전기 대비 1% 증가하였을 경우, 취업자 수 증가율의 직교충격반응을 제시하였음

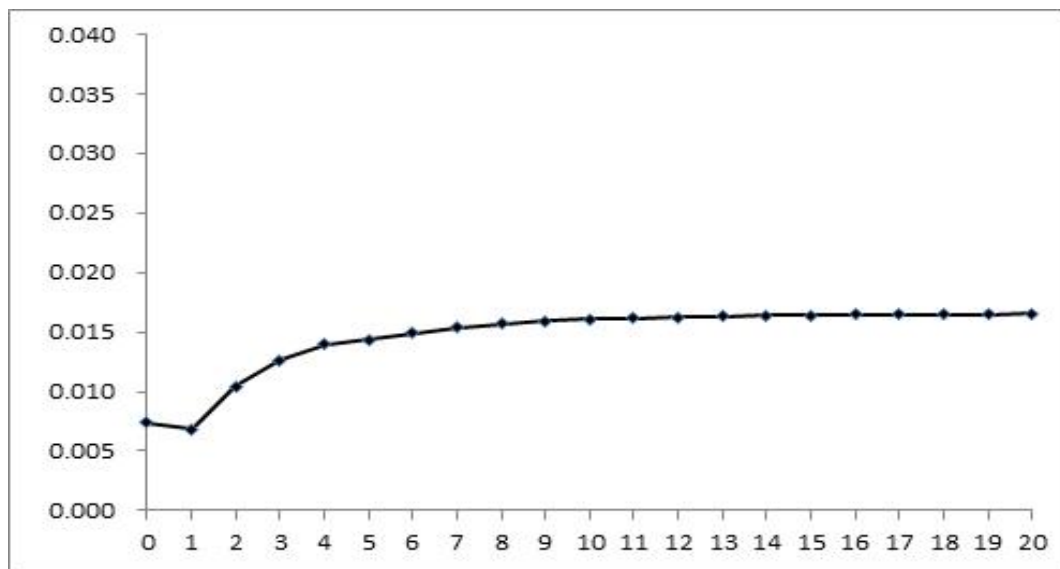
- 정부 연구개발투자액 충격에 대한 고용증가율의 반응이 초기에 크게 증가한 후 1기 후에는 고용증가율에 음(-)의 반응을 보이거나, 2기 이후 양(+)의 반응을 보이면서 그 반응이 감소
- 한편, 6기에 소폭 증가하나, 9기 이후에는 그 영향이 거의 사라는 것으로 나타남

[그림 3-10] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-고용)



- 3변수 구조형 VAR 모형은 정부 연구개발투자 증가율에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적함수가 결과는 0.016%로 나타났음
 - 충격 발생 이후 시간이 흐름에 따른 누적 고용증가율이 4기 이후까지 증가하다가 5기 이후 고용증가율이 정체를 보이면서 소폭의 상승을 보이며, 9기 이후에는 거의 0.006~0.007%에 수렴함
 - 즉 9기 이후 정부 연구개발투자 충격이 영향이 대부분 사라졌음을 의미함
- 당해 년의 정부 연구개발투자 증가율이 외생적인 충격으로 1 표준편차 증가 시 1기 이후 음(-)의 영향을 준 후, 약 5년 이후에 그 영향이 거의 소멸
 - 충격반응함수의 결과에서 보는 바와 같이, 1기 이후의 음(-)의 고용효과에 의해, 1기의 누적 고용효과는 소폭 감소하는 것으로 나타나지만 이후 꾸준히 증가하여, 9기 이후 0.006~0.007%의 취업자 수 증가율에 도달한 후 정체됨
 - 이는 고용증가율에의 충격이 9기 이후 거의 소멸되었음을 의미함
 - 1년 이내의 단기에 정부 연구개발투자가 고용에 미치는 영향이 부정적으로 나타나는 것은 일회성 단기투자 등에 의해 증가한 고용이 투자의 변동에 영향을 받는 것으로 판단할 수 있으며, 중장기 과제 등의 경우 지속적인 고용증가 영향을 주는 것으로 판단할 수 있음

[그림 3-11] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-고용)



나. 정부 연구개발투자 - 노동생산성 - GDP-고용 증가 4변수 VAR 모형

□ 정부 연구개발 투자 - 노동생산성 - GDP- 고용 증가의 4변수 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수는 [그림 3-12]과 [그림 3-13]에 나타나 있음

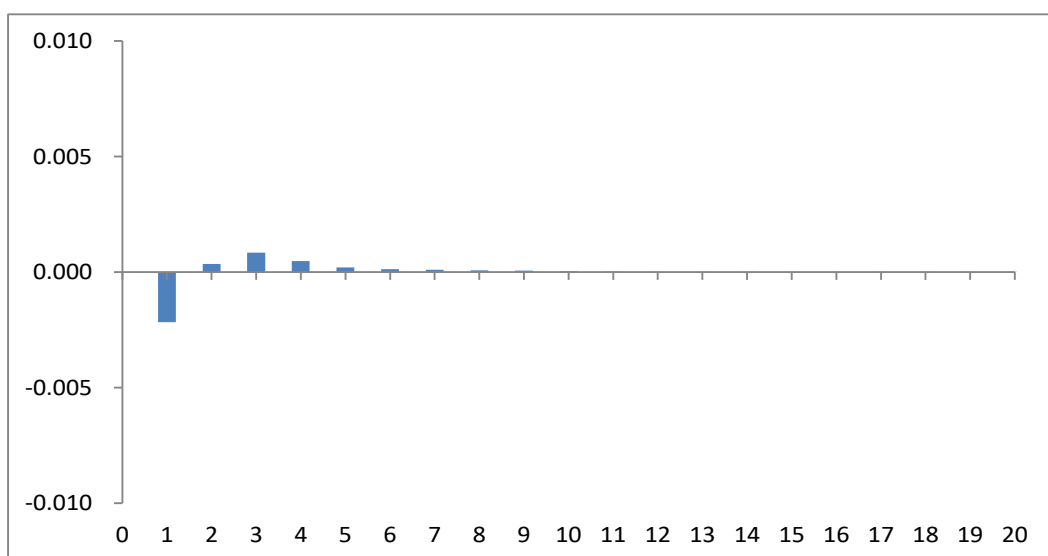
- 직교충격반응함수 분석을 위한 변수들의 순서는 정부 연구개발투자가 노동생산성, 산출량 증가를 통해 고용 증가에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 [정부 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, GDP 증가율, 고용증가율]의 순서의 4변수 구조형 VAR 모형을 구성하였음

※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 1기 시차 모형

□ [그림 3-12]에는 정부 연구개발투자 증가율에 충격이 발생한 경우, 취업자수 증가율의 직교충격반응들이 나타나 있음

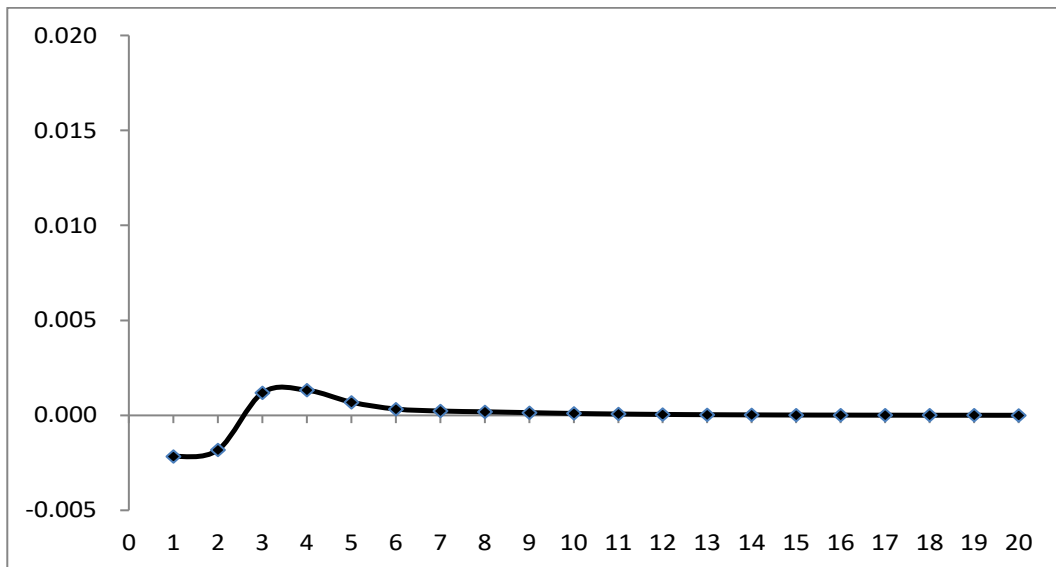
- <그림 3-11>에는 정부 연구개발투자 증가율 충격이 1표준편차 증가시, 고용 증가율의 직교충격반응들이 나타나 있음
- 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응이 1기 후에 음(-)의 영향을 미친 뒤 2기 이후 양(+)의 반응을 보이며, 3기 이후 가장 큰 양(+)의 반응을 나타냄
- 5년 이후에는 정부 연구개발투자 증가율 충격의 영향이 소멸하는 것으로 나타나는데, 3변수 충격반응함수와는 약간 다른 패턴을 보임

[그림 3-12] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



- 4변수 구조형 VAR 모형은 정부 연구개발투자 증가율에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적함수가 결과는 0.0007%로 나타났음
- 정부 연구개발투자 충격이 1표준편차 증가시, 시간에 흐름에 따른 고용증가율의 영향은 초기에 음(-)의 영향을 보이다가 3기 이후부터 양(+)의 누적 영향을 보이다가, 5기 이후 충격의 영향이 0에 수렴함
 - 따라서 당해년의 정부 연구개발투자 증가율 충격이 발생하면 <그림 3-12>에서와 같이 1기 이후 음(+)의 영향을 미친 후,
 - 이후 약 5년까지 그 영향이 점차 소멸해가면서 <그림 3-13>에 보이는 바와 같이 5년간 누적증가율인 0.0007%에 머문다는 의미임
 - 12기 이후는 누적증가율이 0에 수렴함
 - 결론적으로, 정부 연구개발투자가 노동생산성, 산출량 증가를 통해 고용증가에 영향을 미치는 경로를 통해 정부 연구개발투자 증가가 고용증가에 미치는 영향을 분석한 결과, 3 변수 VAR 모형과 유사하게 단기에는 부정적인 영향을 미치며, 장기에 있어서 고용 증가 효과가 나타나는 것을 알 수 있음

[그림 3-13] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



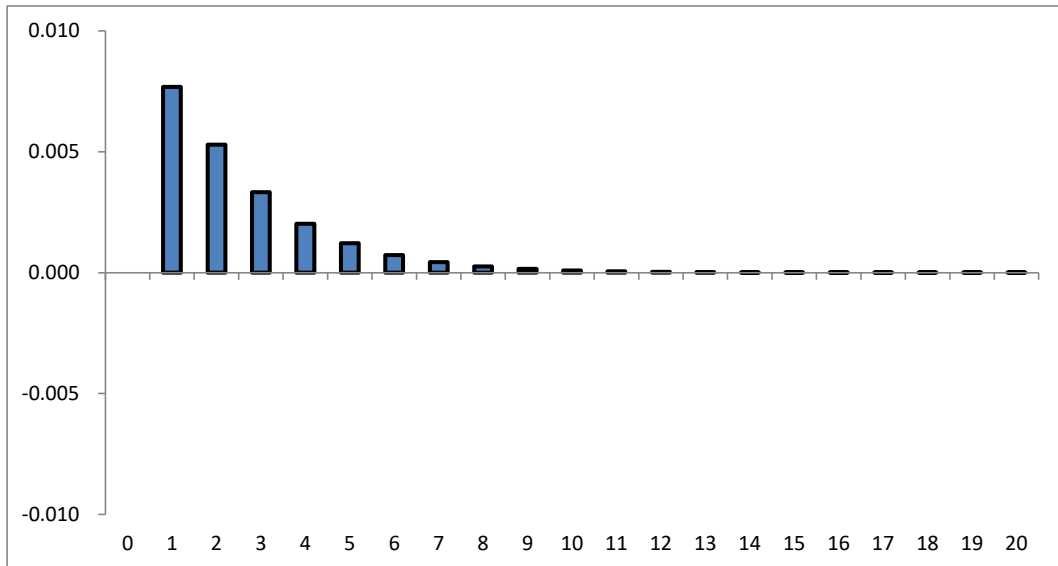
3. 민간 연구개발투자와 고용(취업자수) 증가율

- 민간 연구개발투자가 고용증가에 미치는 영향을 검토하기 위해 3변수 또는 4변수 벡터 자기회귀모형(VAR) 상에서 민간 연구개발투자 충격발생시 고용 증가의 직교충격반응함수를 검토함

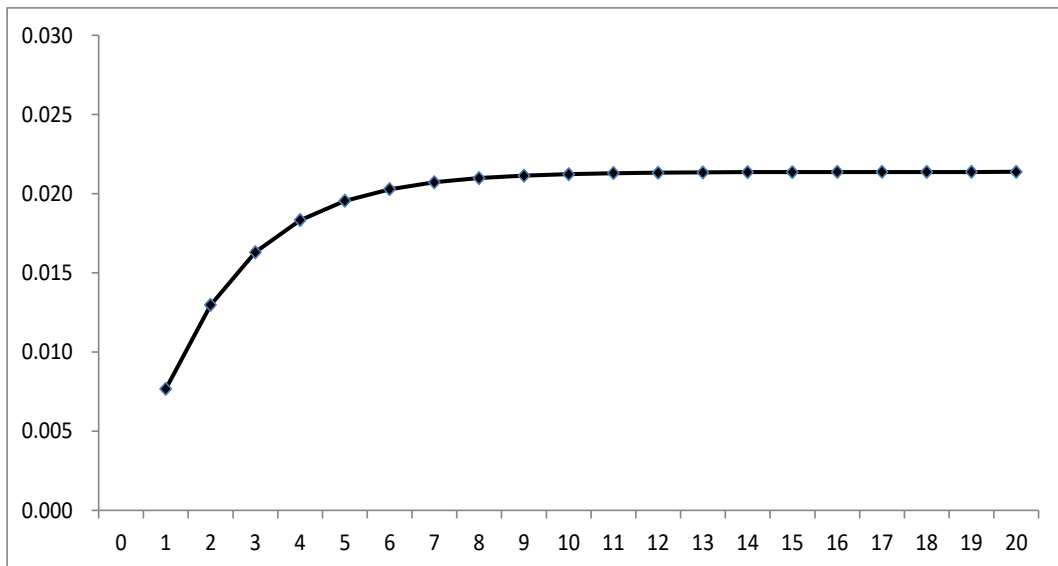
가. 민간 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용 증가의 3변수 VAR 모형

- 이하에서는 민간 연구개발투자 - 노동생산성 - 고용 증가의 3변수 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수가 [그림 3-14]과 [그림 3-15]에 제시하였음
 - 직교충격반응함수 분석을 위한 변수들은 민간 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 고용에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 [민간 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, 고용증가율]의 순서의 3변수 VAR 모형을 구성하였음
 - ※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 1기 시차 모형
- [그림 3-14]에는 민간 연구개발투자 증가율이 1% 증가하였을 경우, 취업자수 증가율의 직교충격반응들이 나타나 있음
 - 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용 증가율의 반응이 초기에 크게 증가한 후 점차 그 반응이 감소하여 10기 이후에는 그 영향이 거의 소멸되는 것으로 나타남
- 3변수 구조형 VAR 모형은 민간 연구개발투자 증가율에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적함수가 결과는 0.022%로 나타났음
 - 민간 연구개발투자 증가율 충격 발생시, 시간의 흐름에 따른 누적 고용증가율이 5기까지 빠르게 증가하다가 5기 이후 고용증가율의 누적 반응이 정체를 보이며, 누적 고용증가율이 0.021~0.022에 수렴함
 - 따라서 민간 연구개발투자 증가율의 충격은 <그림 3-15>에서 제시되어 있는 것과 같이 초기에 상대적으로 큰 영향을 미친 후, 약 10년 이후까지 그 영향이 점차 소멸함
 - <그림 3-15>에 보이는 바와 같이 0.022%의 취업자 수의 누적 증가율을 유지하는 것으로 나타남

[그림 3-14] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-고용)



[그림 3-15] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-고용)



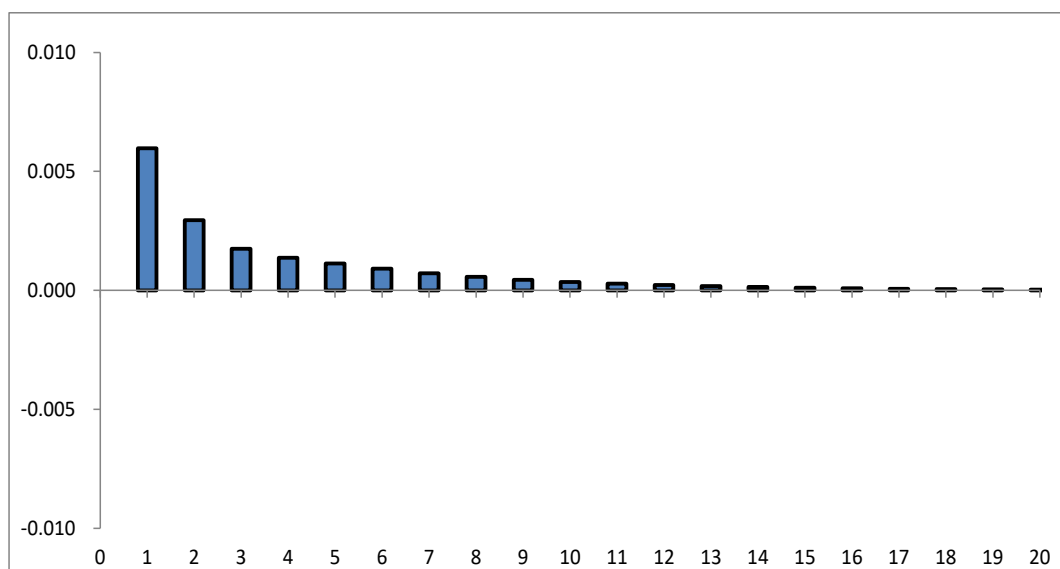
나. 민간 연구개발투자 - 노동생산성 - GDP-고용 증가의 4변수 VAR 모형

- 민간 연구개발투자가 고용(취업자 수) 증가에 영향을 미치는 경로는 민간 연구개발투자가 노동생산성 향상을 통해 GDP 증가에 영향을 미치며, GDP 증가가 고용(취업자수)에 영향을 미침
- 민간 연구개발투자 - 노동생산성 - GDP- 고용 증가의 4변수 VAR 모형을 이용한 직교충격반응함수와 누적반응함수는 [그림 3-16]와 [그림 3-17]에 나타나 있음
- 직교충격반응함수 분석을 위한 변수들의 순서는 민간 연구개발투자가 노동생산성, 산출량 증가를 통해 고용증가에 영향을 미치는 경로를 고려하여 내생변수 벡터가 민간 연구개발투자 증가율, 노동생산성 증가율, GDP 증가율, 고용증가율]의 순서의 4변수 구조형 VAR 모형을 구성하였음

※ VAR모형의 시차는 AIC 기준 1기 시차 모형

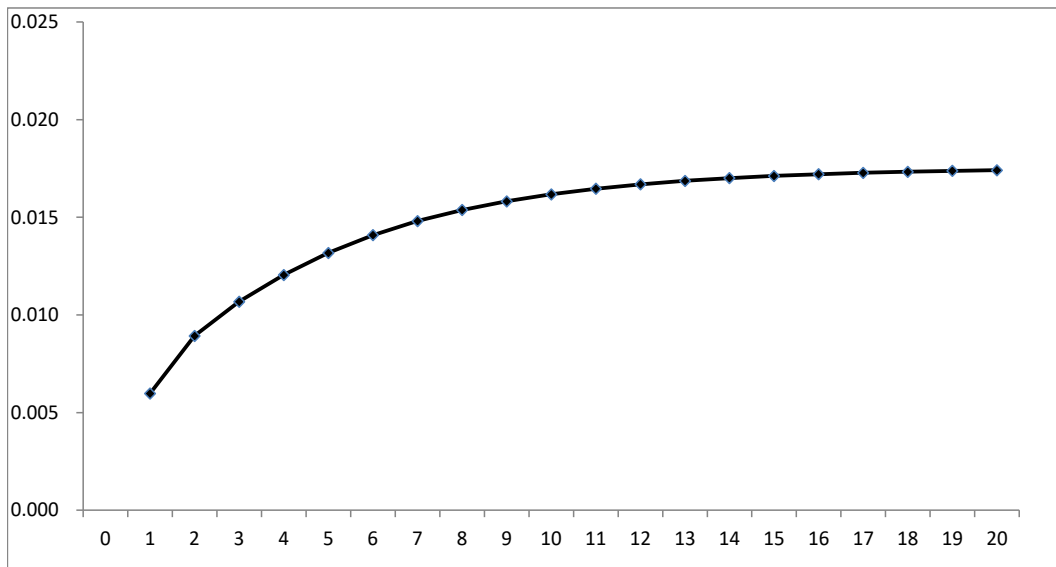
- [그림 3-16]에는 민간 연구개발투자 증가율이 1% 증가하였을 경우, 취업자수 증가율의 직교충격반응들이 나타나 있음
- 3 변수 충격반응함수와 유사하게, 전체 연구개발비 증가율 충격에 대한 고용증가율의 반응이 초기에 크게 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하여
- 10기 이후 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남

[그림 3-16] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



- 4변수 구조형 VAR 모형은 민간 연구개발투자 증가율에 충격이 발생한 경우, 고용증가율의 직교충격반응 누적함수가 결과는 0.017%로 나타났음
- 민간 연구개발투자 충격이 1 표준편차 증가 시, 시간의 흐름에 따른 고용증가율의 영향은 초기에 크게 증가를 보이다가 누적치의 증가폭이 감소함
 - 따라서 초기의 민간 연구개발투자액 증가율의 충격이 [그림 3-16]에서 보이는 바와 같이 초기의 고용증가율에 큰 영향을 준 후, 약 10년까지 그 영향이 점차 소멸해가며
 - [그림 3-17]에 보이는 바와 같이 누적으로 0.017%의 취업자 수 증가율을 나타냄
 - 결론적으로, 민간 연구개발투자의 취업자 수 증가 양상은 전체 연구개발투자와 비슷한 것으로 나타나는데, 이는 기준 연도를 시점으로 하여 최초 고용증가율이 약 0.006% 증가하는 것으로 볼 수 있으며, 기준 연도에서 10기 이후 누적된 효과로 약 0.017%의 고용증가율이 나타난다고 할 수 있음
 - 이와 같은 결론은 전체 연구개발투자 고용증가 효과의 대부분은 민간 연구개발투자에 기인하는 것으로 볼 수 있음

[그림 3-17] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 누적반응함수
(연구개발투자-노동생산성-GDP-고용)



4. 소결

- 본 절은 연구개발투자와 고용 간의 선후관계를 확인하고, 연구개발투자에 따른 고용효과의 지속기간과 크기를 산출하는 것이 목적임
 - 연구개발투자가 고용증가에 영향을 미치는 것으로 분석결과가 산출되었으며 이는 연구개발투자가 고용증가 간의 선후관계는 연구개발투자가 선행하는 것으로 판단됨
- 고용효과 지속기간은 3변수 모형, 4변수 모형, 전체/정부/민간 연구개발투자에 따라 차이를 보이는 것으로 나타남
 - 전체 연구개발투자는 고용효과 지속기간이 10~12년으로 산출되었으며, 연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적 고용증가율은 0.017%~0.02% 수준으로 나타남
 - 정부 연구개발투자는 고용효과 지속기간이 5~9년으로 산출되었으며, 연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적 고용증가율은 0.0007%~0.016% 수준으로 나타남
 - 민간 연구개발투자는 고용효과 지속기간이 10년으로 산출되었으며, 연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적 고용증가율은 0.017%~0.022% 수준으로 나타남
- 결론적으로 분석결과는 연구개발투자와 고용 간의 선후관계는 연구개발투자가 선행하는 것으로 확인되었으며, 연구개발투자 증가율 변화에 따라 고용증가율이 변화하는 것으로 분석되었음

<표 3-1> 구조형 VAR모형-충격반응함수 결과요약

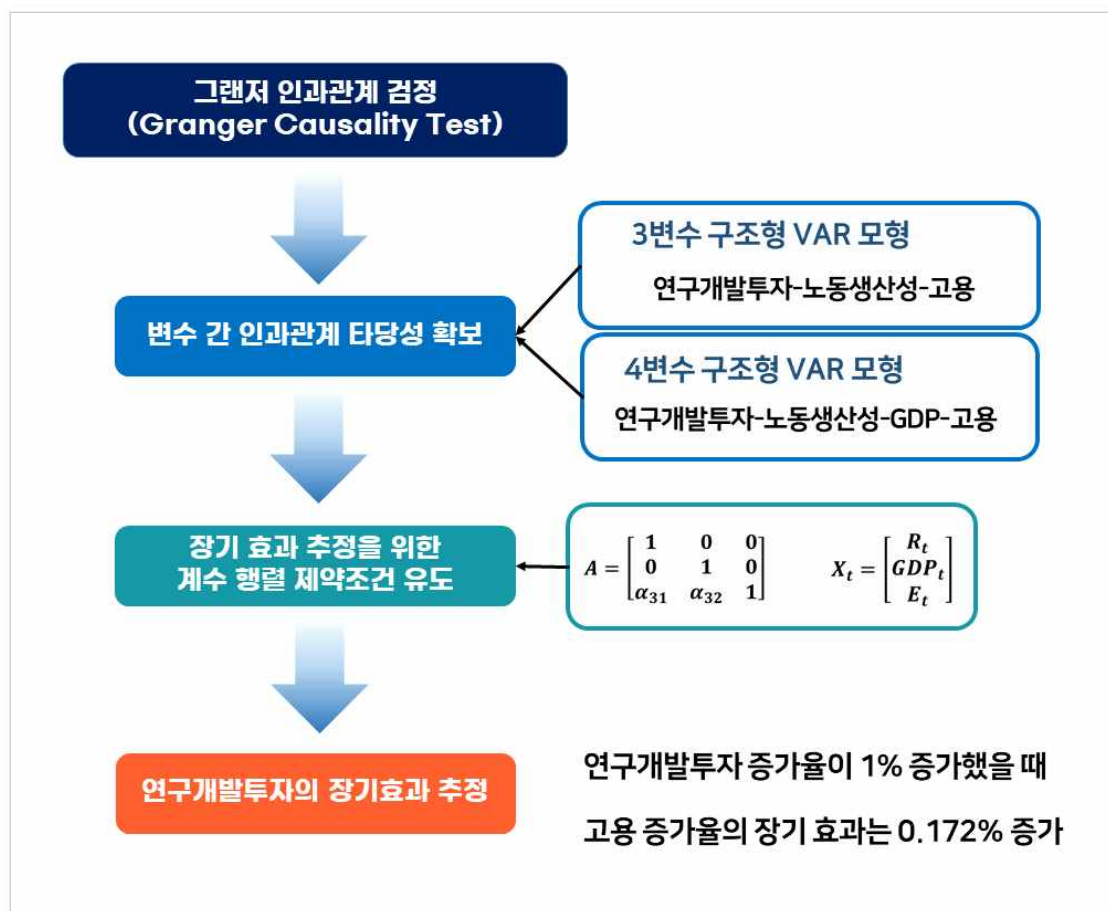
구분		전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
3변수 모형	고용효과 지속기간	10년	9년	10년
	연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.02%	0.016%	0.022%
4변수 모형	고용효과 지속기간	12년	5년	10년
	연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.017%	0.0007%	0.017%

제3절 연구개발투자의 장기효과 분석

1. 분석개요

- 연구개발투자의 장기효과분석은 그랜저 인과관계 검정에서 출발하여 장기효과 추정으로 이어지며, 구체적인 구조는 [그림 3-18]과 같음
- 그랜저 인과관계 검정을 실시하는 이유는 ①구조형 VAR 모형에 활용된 변수의 인과관계의 타당성을 확보하는 것과 ②장기효과 추정을 위한 계수행렬의 제약조건을 유도하는 것임
- [①구조형 VAR 모형에 활용된 변수의 인과관계의 타당성 확보] 선형적으로 구성된 구조형 VAR 모형의 변수가 실제로 인과관계가 있는가를 검증하는 것을 의미함
- [②장기효과 추정을 위한 계수행렬의 제약조건] 그랜저 인과관계 검정 결과를 활용하여 계수행렬의 제약조건을 유도할 수 있기 때문임

[그림 3-18] 연구개발투자의 장기효과 분석의 구조



2. 그랜저 인과관계 검정(Granger Causality Test)

가. 분석모형

- 그랜저 인과관계 검정이란, 변수 x 를 예측하기 위해 x 의 과거치와 함께 y 의 과거치를 추가 포함할 경우, y 의 과거치가 유의미한 영향력을 나타낼 때(즉, x 의 예측력이 향상), 변수 y 는 변수 x 에 대한 그랜저 인과관계를 갖는다고 해석함
 - 즉, 변수 y 의 시차변수들의 계수들이 통계적으로 유의한 지를 결합 검정하는 것임
- 시계열변수의 고용(x_t)과 연구개발투자(y_t)를 상정함
 - 현재의 고용(x_t)은 시차의 연구개발투자(y_{t-j})와 시차의 고용(x_{t-i})에 의존한다고 가정하면, 다음의 식 (3-4)과 같이 나타낼 수 있음
 - 식 (3-4)은 현재의 고용은 일정 시차의 연구개발투자(y_{t-j})와 고용(x_{t-i})이 증가하면 고용이 증가하는 것으로 나타낼 수 있음

$$x_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \epsilon_{1t} \quad (3-4)$$

$$y_t = \sum_{i=1}^p \gamma_i x_{t-i} + \sum_{j=1}^p \delta_j y_{t-j} + \epsilon_{2t} \quad (3-5)$$

- 변수 x_t 와 y_t 간에 어떠한 변수가 원인이 되는지는 위의 VAR 모형(식 (3-4)과 (3-5))를 설정하여 살펴볼 수 있음
 - 모형에 포함되는 최적 시차는 AIC기준에 근거하여 설정함
 - 위의 두 식을 한번은 그대로 추정하고(제약없음 SSEUR) 한번은 $\beta_i=0$ for all i , $\gamma_i=0$ for all i 의 조건 하에 추정(제약 있음 SSER)한 다음의 F검정을 통해 판별함
 - 여기에서 n 은 총관측 수, k 는 제약이 부과되지 않았을 때의 모형에 포함된 계수의 수, q 는 제약이 부과되었을 경우 모형에 포함된 계수의 수를 나타냄

$$\frac{(SSE_R - SSE_{UR})/q}{SSE_{UR}/(n-k)} \quad (3-6)$$

□ 검정 수행시 나타날 수 있는 상황은 다음의 4가지 경우로 표현할 수 있음

- ① $H_0: \beta_i = 0$ 기각, $\gamma_i = 0$ 채택 $\rightarrow$ 연구개발투자(y)가 고용(x)으로 그랜저 인과함($y \rightarrow x$), 반대로 고용(x)이 연구개발투자(y)로 그랜저 인과하지 않음($x \nrightarrow y$)
- ② $H_0: \beta_i = 0$ 채택, $\gamma_i = 0$ 기각 $\rightarrow$ 고용(x)이 연구개발투자(y)로 그랜저 인과함($x \rightarrow y$), 반대로, 연구개발투자(y)가 고용(x)으로 그랜저 인과하지 않음($y \nrightarrow x$)
- ③ $H_0: \beta_i = 0$ 기각, $\gamma_i = 0$ 기각 $\rightarrow$ 두 변수가 쌍방으로 그랜저 인과함($x \rightarrow y$ & $y \rightarrow x$)
- ④ $H_0: \beta_i = 0$ 채택, $\gamma_i = 0$ 채택 $\rightarrow$ 두 변수 간에 그랜저 인과관계가 없음

나. 인과관계 분석결과

□ 아래의 <표 3-2>에는 연구개발투자 증가율-고용증가율, 연구개발투자 증가율-노동생산성 상승률, 연구개발투자 증가율-GDP 증가율, GDP증가율-고용증가율에 대한 그랜저 인과관계 검정결과가 제시되어 있음

<표 3-2> 그랜저 인과관계 검정결과

인과관계 검정결과			F	시차
전체 연구개발투자	$\Rightarrow$	고용	6.600**	1
고용	$\nRightarrow$	전체 연구개발투자	0.494	1
정부 연구개발투자	$\nRightarrow$	고용	1.156	2
고용	$\Rightarrow$	정부 연구개발투자	5.857***	2
민간 연구개발투자	$\Rightarrow$	고용	7.473***	1
고용	$\nRightarrow$	민간 연구개발투자	0.271	1
연구개발투자	$\nRightarrow$	노동생산성	0.558	2
노동생산성	$\nRightarrow$	전체 연구개발투자	0.995	2
정부 연구개발투자	$\nRightarrow$	노동생산성	2.038	3
노동생산성	$\nRightarrow$	정부 연구개발투자	1.854	3
민간 연구개발투자	$\nRightarrow$	노동생산성	0.802	3
노동생산성	$\nRightarrow$	민간 연구개발투자	0.947	3
전체 연구개발투자	$\nRightarrow$	GDP	3.871*	1
GDP	$\nRightarrow$	전체 연구개발투자	0.664	1
정부 연구개발투자	$\nRightarrow$	GDP	1.203	1
GDP	$\nRightarrow$	정부 연구개발투자	5.142**	1
민간 연구개발투자	$\nRightarrow$	GDP	3.468*	1
GDP	$\nRightarrow$	민간 연구개발투자	0.520	1
GDP	$\Rightarrow$	고용	3.520**	2
고용	$\nRightarrow$	GDP	1.419	2

- * 주 : 1) 소표본임을 고려하여 F통계량을 사용하며, 소표본 조정 자유도를 사용하였음
 2) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각함을 나타냄
 3) 통계량은 소표본임을 고려하여 F 검정을 실시하였음

- 전체 연구개발투자로부터 고용에의 그랜저 인과관계가 있으나, 고용으로부터 전체 연구개발투자에 그랜저 인과관계는 없음
 - 정부 연구개발투자로부터 고용에 그랜저 인과관계 없으나, 고용으로부터 정부 연구개발투자에 그랜저 인과관계 있음. 이는 경기상황이 정부 연구개발투자에 영향을 미친 결과로 해석됨
 - 민간 연구개발투자로부터 고용에 그랜저 인과관계 있으나, 고용으로부터 민간 연구개발투자에 그랜저 인과관계 없음
 - 전체 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에의 그랜저 인과관계가 있으나, GDP 증가율로부터 전체 연구개발투자 증가율에 그랜저 인과관계 없음
 - 정부 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계 없으나, GDP 증가율로부터 고용증가율에 그랜저 인과관계 있음. 이는 경기상황이 정부 연구개발투자에 영향을 미친 결과로 해석됨
 - 민간 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계 있으나, 고용으로부터 민간 연구개발투자에 그랜저 인과관계 없음
 - 마지막으로 GDP 증가율로부터 고용증가율에 그랜저 인과관계를 가지나, 고용증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계를 가지지 못함
- 종합하면, 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 고용증가율에 그랜저의 의미로 인과관계가 있으며, 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계를 갖고 있음
 - 즉, 세 변수 상에 $R_t(\text{연구개발투자}) \rightarrow GDP_t \rightarrow E_t(\text{고용})$ 의 인과관계 사슬이 있음을 의미함

다. 장기효과 분석을 위한 제약조건 유도

- 인과관계 검정결과는 연구개발투자와 고용 간의 장기 관계를 분석하기 위한 제약조건인 행렬 A를 유도할 수 있음
 - 연구개발투자, GDP, 고용 3개의 변수가 존재할 때, 상호 간의 인과관계 검정결과는 <표 3-3>와 같음
 - <표 3-3>의 결과와 제약조건 행렬 A의 관계는 인과관계를 가지면, 제약조건에 포함하여 VAR 모형에서 추정된 계수를 활용하며, 인과관계가 존재하지 않으면, 0으로 처리
 - ‘전체 연구개발투자 $\Rightarrow$ GDP’의 인과관계는 10% 유의수준에 해당함으로 제외함

<표 3-3> 그랜저 인과관계 검정결과 요약

인과관계 검정결과			F	행렬 원소
전체 연구개발투자	$\nRightarrow$	GDP	3.871*	a_{21}
전체 연구개발투자	$\Rightarrow$	고용	6.600**	a_{31}
GDP	$\Rightarrow$	고용	3.520**	a_{32}

- 인과관계 검정결과 <표 3-2>를 활용하여 연구개발투자와 고용 간의 장기 관계를 분석하기 위한 제약조건인 행렬 A를 유도할 수 있음

- 제약조건 행렬 A는 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix}$ 로 구성되고, <표 3-3>의 그랜저 인과관계 검정결

과의 행렬원소가 대응되며, 인과관계가 없는 것으로 판정된 원소(a_{21})는 0으로 처리

- 즉, 3변수의 벡터 시계열을 $X_t = \begin{bmatrix} R_t \\ GDP_t \\ E_t \end{bmatrix}$ 라고 하고 행렬 A를 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix}$ 의 장기균

형을 나타내는 구조형 VAR(structural VAR)를 구성함

- 여기에서 R_t 는 연구개발투자 증가율, GDP_t 는 GDP 증가율, E_t 는 고용증가율을 나타냄

$$A \cdot X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_t \\ GDP_t \\ E_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_t \\ GDP_t \\ a_{31}R_t + a_{32}GDP_t + E_t \end{bmatrix}$$

2. 연구개발투자 장기효과 추정

가. 전체 연구개발투자 장기효과 추정

- 연구개발투자-GDP-고용의 3변수가 장기효과를 갖는다고 가정하면, 아래와 같은 계수의 제약이 주어짐

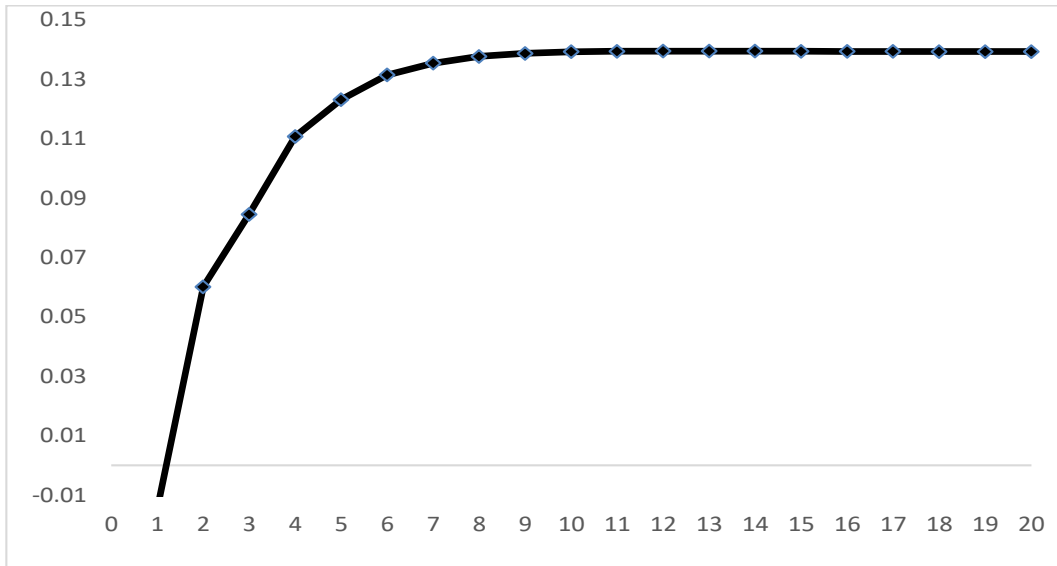
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{vmatrix}$$

- 위의 제약을 통해 연구개발투자 충격이 증가 시, 고용증가율의 장기효과를 추정할 수 있음
- 그랜저 인과관계에서 GDP 증가율로부터 고용증가율에의 인과관계가 2기 시차 모형을 가지므로 여기에서는 2기 시차를 가지는 모형을 설정함
 - 연구개발투자로부터 고용에 장기효과를 가지며, 연구개발투자로부터 GDP에, GDP로부터 고용에 장기효과를 가짐

- 위의 제약하의 구조형 VAR모형으로부터 추정된 행렬은 $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.172 & 0.161 & 1 \end{vmatrix}$ 과 같이 나타나며, 즉 $a_{31} = 0.172$, $a_{32} = 0.161$ 임을 나타냄

- 이는 연구개발투자 증가율이 1% 증가했을 때, 고용 증가율의 장기효과는 0.172% 증가하는 것으로 나타남
- [그림 3-19]에는 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수가 나타나 있음
- [그림 3-19]의 충격반응함수 누적함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.14의 효과를 가지는 것으로 나타남
 - 연구개발투자 증가율 충격의 영향은 5기까지 크게 증가하다가, 6기 이후 0.14의 누적효과를 가지는 것으로 나타남
- 전체 연구개발투자가 고용에 미치는 영향 종합해 보면, 전체 연구개발투자 증가율의 충격이 증가시 대부분 초기에 크게 반응한 후 10기 이후 영향이 점차 감소하다가 이후 그 영향이 소멸됨
- 즉, 전체 연구개발투자 충격의 영향이 점차 감소하지만, 상당기간 지속됨을 알 수 있음

[그림 3-19] 전체 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과



* 주: 구조 VAR모형은 2기 시차 모형으로 추정됨

나. 정부 연구개발투자 장기효과 추정

- 정부 연구개발투자-GDP-고용의 3변수가 장기효과를 갖는다고 가정하면, 아래와 같은 형태의 계수제약이 주어짐

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{vmatrix}$$

- 위의 제약을 통해 정부 연구개발투자 충격이 증가 시, 고용증가율의 장기효과를 추정할 수 있음

- 여기에서는 2기 시차를 가지는 구조 VAR모형을 설정함
- 정부 연구개발투자로부터 고용에 장기 효과를 가지며, GDP로부터 고용에 장기효과를 가짐

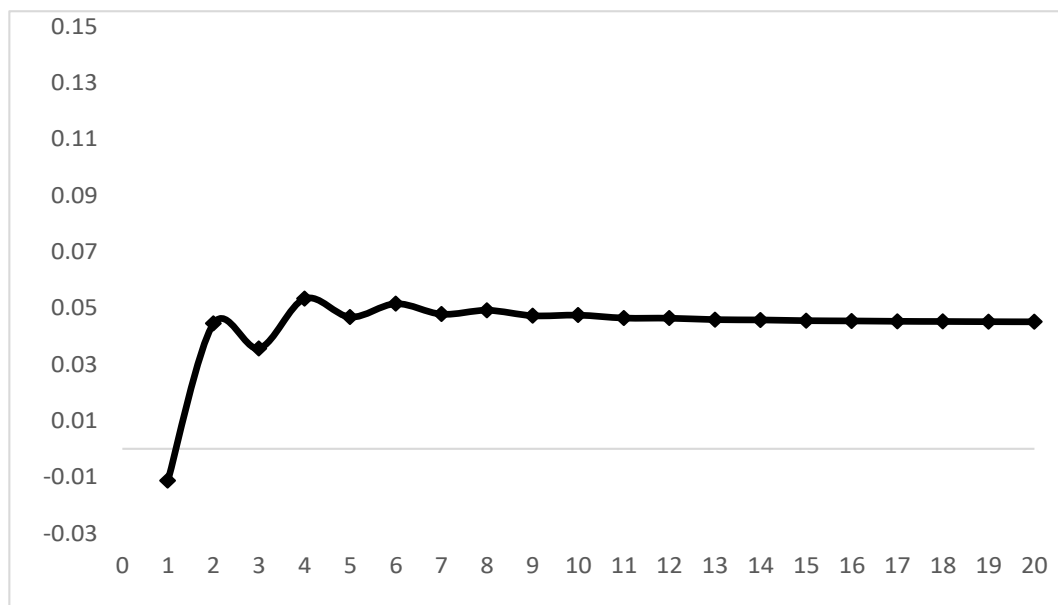
- 제약하의 구조형 VAR모형으로부터 추정된 행렬은 $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.250 & 0.239 & 1 \end{vmatrix}$ 과 같이 나타나

며, 즉 $a_{31} = 0.250$, $a_{32} = 0.239$ 임을 나타냄

- 이는 정부 연구개발투자 증가율이 1% 증가했을 때, 고용 증가율의 장기효과는 0.25% 증가함을 의미

- [그림 4-20]에는 정부 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수가 나타나 있음
 - 연구개발비 충격에 대한 고용증가율의 장기효과를 추정한 결과, 0.250으로 나타남
 - [그림 3-20]의 충격반응함수 누적함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.045의 효과를 가지는 것으로 나타남
 - 연구개발투자 증가율 충격의 영향은 1기 이후 증감을 반복하다가 6기 이후 0.045의 누적효과를 가지는 것으로 나타남
- 정부 연구개발투자가 고용에 미치는 영향 종합해 보면, 첫째, 정부 연구개발투자 증가율의 충격이 증가 시 그 영향이 양(+)과 음(-)을 반복하며, 7기 이후까지 영향이 나타나므로 장기적으로 영향을 미치고 있음
 - 즉, 연구개발투자 충격의 영향이 점차 감소하지만, 상당기간 지속되며, 0.045%의 누적효과를 보이는 것으로 나타남

[그림 3-20] 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과



* 주: 구조 VAR모형은 2기 시차 모형으로 추정됨

다. 민간 연구개발투자 장기효과 추정

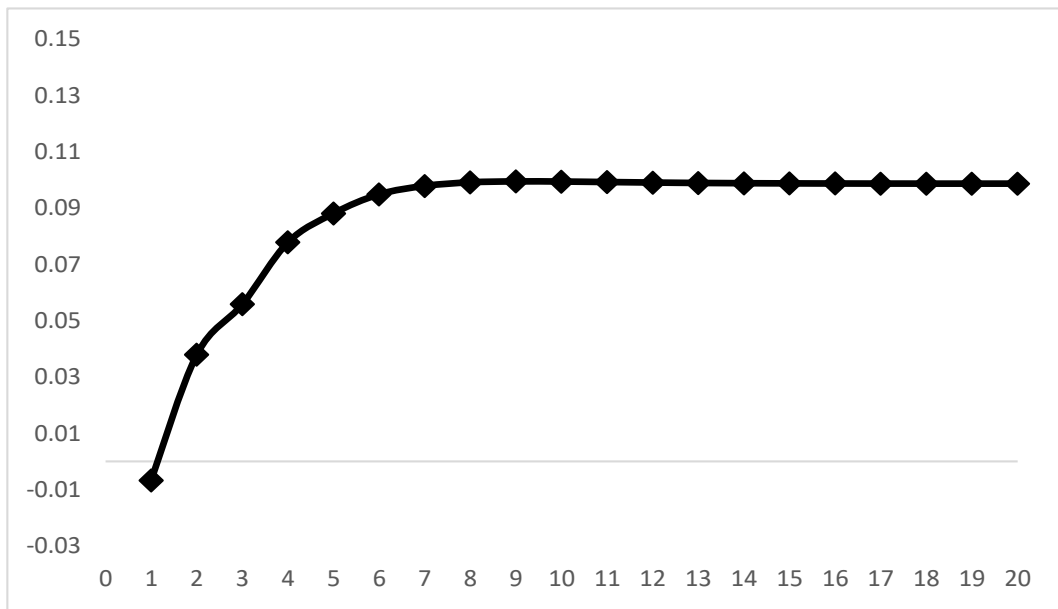
- 민간 연구개발투자-GDP-고용의 3변수가 장기효과를 갖는다고 가정하면, 아래와 같은 형태의 계수의 제약이 주어짐

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{vmatrix}$$

- 위의 제약을 통해 민간 연구개발투자의 충격이 증가시, 고용 증가율의 장기효과를 추정할 수 있음
- 그랜저 인과관계에서 GDP 증가율로부터 고용증가율에의 인과관계가 2기 시차 모형을 가지므로 여기에서는 2기 시차를 가지는 모형을 설정함
 - 민간 연구개발투자로부터 고용에 장기효과를 가지며, 민간 연구개발투자로부터 GDP에, GDP로부터 고용에 장기효과를 가짐

- 위의 제약 하의 구조형 VAR모형으로부터 추정된 행렬은 $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.048 & 0.299 & 1 \end{vmatrix}$ 과 같이 나타나며, 즉 $a_{31} = 0.048$, $a_{32} = 0.299$ 임을 나타냄

- 이는 민간 연구개발투자 증가율이 1% 증가했을 때, 고용 증가율의 장기효과는 0.048% 증가함을 의미하며 이는 연구개발투자의 고용탄력성이 4.8%를 의미
- [그림 3-21]에는 민간 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수가 나타나 있음
- 연구개발비 충격에 대한 고용증가율의 장기효과를 추정한 결과, 0.048로 나타남
 - [그림 3-21]의 충격반응함수 누적함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.099의 효과를 가지는 것으로 나타남
 - 연구개발투자 증가율 충격의 영향은 2기에 가장 크게 나타나 이후 충격의 영향이 점차 감소하여, 8기 시차에는 영향이 사라지며, 8기 이후 0.099의 누적효과를 가지는 것으로 나타남
- 민간 연구개발투자가 고용에 미치는 영향 종합해 보면, 첫째, 민간 연구개발투자 증가율의 충격이 증가시 그 영향이 초기에 크게 나타나나, 점차 그 영향이 작아짐
- 즉, 민간 연구개발투자 충격의 영향이 점차 감소하지만, 상당 기간 지속됨을 알 수 있음



[그림 3-21] 민간 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 장기효과

* 주: 구조 VAR모형은 2기 시차 모형으로 추정됨

3. 결과 요약

- 연구개발투자의 장기고용효과는 고용탄력성의 의미로 해석할 수 있으며, 전체/정부/민간 연구개발투자가 100% 증가했을 때, 각각 17.2%, 25.0%, 4.8%로 산출되었음

<표 3-4> 장기효과 고용탄력성결과요약

구분		전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
장기효과	고용탄력성 (=고용 증가율/연구개발투자 증가율) ※연구개발투자 100% 증가 시	17.2%	25.0%	4.8%

- 연구개발투자와 고용 간의 관계는 기존 선행연구에서 제시된 보상효과(고용증가)를 지지하고 있는 것으로 분석되었음
 - 두 변수 간에 명확한 인과관계가 확인되었으며, 연구개발투자가 고용에 선행한다는 점과 연구개발투자에 따른 고용효과가 중장기적으로 이어지고 있다는 점이 확인되었음

제4절 소결

- 제3장은 연구개발투자와 고용 간의 ①선후관계를 확인하고, ②연구개발투자와 고용효과의 인과관계를 검증하고, ③ 연구개발투자 따른 장기고용효과를 산출하는 것이 목적임
 - 연구개발투자가 고용증가에 영향을 미치는 것으로 분석결과가 산출되었으며 이는 연구개발투자가 고용증가 간의 선후관계는 연구개발투자가 선행하는 것으로 판단됨
 - 연구개발투자와 고용은 $R_t(\text{연구개발투자}) \rightarrow GDP_t \rightarrow E_t(\text{고용})$ 의 인과관계 시슬이 있는 것으로 나타남
 - － 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 고용증가율에 그랜저의 의미로 인과관계가 있으며, 연구개발투자 증가율과 민간 연구개발투자 증가율로부터 GDP 증가율에 그랜저 인과관계를 갖고 있음
- 누적반응함수의 결과를 요약하면, 연구개발투자는 5년~12년 간 고용효과가 발생하는 것으로 나타났음

<표 3-5> 누적반응함수 결과요약

구분	모형	내용	전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
제약조건이 없는 모형	3변수 모형	고용효과 지속기간	10년	9년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.02%	0.016%	0.022%
	4변수 모형	고용효과 지속기간	12년	5년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.017%	0.0007%	0.017%
제약조건을 부여	장기 효과	고용효과 지속기간	10년	7년	8년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.14%	0.045%	0.099%

- 연구개발투자의 장기고용효과는 고용탄력성의 의미로 해석할 수 있으며, 전체/정부/민간 연구개발투자가 100% 증가했을 때, 각각 17.2%, 25.0%, 4.8%로 산출되었음

<표 3-6> 장기효과 고용탄력성결과요약

구분		전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
장기효과	고용탄력성 (=고용 증가율/연구개발투자 증가율) ※연구개발투자 100% 증가 시	17.2%	25.0%	4.8%

- 연구개발투자와 고용 간의 관계는 기존 선행연구에서 제시된 보상효과(고용증가)를 지지하고 있는 것으로 분석되었음
 - 두 변수 간에 명확한 인과관계가 확인되었으며, 연구개발투자가 고용에 선행한다는 점과 연구

개발투자에 따른 고용효과가 중장기적으로 이어지고 있다는 점이 확인되었음

IV. 연구개발투자의 고용탄력성 추정

제1절 분석모형 및 자료

1. 개요

- 본 연구에 사용된 자료는 중소기업의 산업별 고용탄력성 추정을 위해 중소기업실태 조사를 활용하여 구축하였으며, 2005년부터 2018년까지 14년의 기간으로 구성된 19대 산업의 패널자료임
- 자료는 중소기업실태조사에서 제공되는 중소기업의 산업별 집계자료를 활용하였음

<표 4-1> 분석에 사용된 연도별 모집단 규모(중소기업 수)

(단위:개)

산업분류		2004	2010	2018
제조업(15-37)		106,295	112,418	138,222
	음·식료품 제조업	6,878	7,396	8,180
	섬유제품 제조업;봉제의복제외	9,043	6,237	6,810
	봉제의복 및 모피제품 제조업	8,708	7,434	4,011
	가죽,가방 및 신발 제조업	2,121	1,717	1,523
	목재 및 나무 제품 제조업;가구제외	1,998	2,032	2,202
	펄프,종이 및 종이제품 제조업	2,794	2,832	3,765
	출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	5,675	3,232	3,813
	화합물 및 화학제품 제조업	3,278	4,399	5,616
	고무 및 플라스틱제품 제조업	8,076	8,972	12,058
	비금속광물제품 제조업	3,683	4,022	4,466
	제1차 금속산업	2,351	3,499	4,912
	조립금속 제품제조업;기계 및 가구제외	13,335	17,888	24,449
	컴퓨터 및 사무용기기 제조업	4,457	5,741	6,447
	의료,정밀,광학기기 및 시계제조업	2,654	3,628	4,842
	기타전기기계 및 전기변환장치제조업	5,728	6,850	9,274
	기타기계 및 장비 제조업	14,607	14,845	21,735
	자동차 및 트레일러 제조업	3,281	3,909	5,782
	기타운송장비 제조업	1,050	1,720	2,206
	가구및기타 제품제조업	5,916	5,875	6,131

※ 분석에 사용된 자료는 2004년부터 2018년의 데이터로 구성되어 있으며, 지면의 제약으로 인하여 3개년의 모집단 수를 제시함

- 중소기업의 연구개발투자는 2005~2018년까지 연평균 9.0% 증가한 것으로 나타났으며, 컴퓨터 및 사무용기기 제조업에서 14.9%로 가장 높게 나타남
- 가죽, 가방 및 신발제조업을 제외하고, 모든 산업에서 연구개발투자는 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타남
 - 목재 및 나무 제품 제조업이 17.4%로 증가율은 상당히 높은 수준이나, 전체 제조업 R&D 투자 대비 0.35%(29.30/8,376.15)를 차지하고 있어 의미있는 수치로 보기 어려움

<표 4-2> 중소기업의 연구개발투자

(단위:십억원)

산업분류		2005	2010	2018	연평균 증가율*
제조업(15-37)		3,750.24	6,523.17	8,376.15	9.0%
	음·식료품 제조업	130.82	317.55	279.58	3.9%
	섬유제품 제조업;봉제의복제외	68.04	217.07	192.16	5.5%
	봉제의복 및 모피제품 제조업	28.29	148.10	111.87	13.0%
	가죽,가방 및 신발 제조업	39.55	51.50	36.56	-3.5%
	목재 및 나무 제품 제조업;가구제외	10.06	14.69	29.30	17.4%
	펄프,종이 및 종이제품 제조업	25.77	39.26	75.89	6.1%
	출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	41.84	44.22	59.27	5.9%
	화합물 및 화학제품 제조업	270.25	539.33	652.99	8.4%
	고무 및 플라스틱제품 제조업	280.50	393.63	627.79	10.0%
	비금속광물제품 제조업	48.82	134.55	152.45	9.1%
	제1차 금속산업	68.38	125.27	234.91	12.8%
	조립금속 제품제조업;기계 및 가구제외	301.11	545.64	790.87	9.9%
	컴퓨터 및 사무용기기 제조업	392.16	970.25	1,328.65	14.9%
	의료,정밀,광학기기 및 시계제조업	191.38	588.95	716.56	10.0%
	기타전기기계 및 전기변환장치제조업	354.53	627.59	907.49	9.3%
	기타기계 및 장비 제조업	898.80	1,207.86	1,740.52	9.7%
	자동차 및 트레일러 제조업	273.48	429.01	464.01	9.4%
	기타운송장비 제조업	43.66	129.44	121.93	6.1%
	가구및기타 제품제조업	64.86	203.58	165.84	9.8%

※ 분석에 사용된 자료는 2004년부터 2018년의 데이터로 구성되어 있으며, 지면의 제약으로 인하여 3개년의 연구개발투자를 제시함

* 연평균 증가율은 2005~2018년의 GAGR

2. 실질자본스톡과 R&D실질자본스톡

□ R&D투자의 고용효과를 분석하기 위해서는 자본스톡을 생산자본스톡과 R&D자본스톡을 산정해야 함

- 실질 생산자본스톡과 실질 R&D자본스톡을 추계하는데 있어, 개별 실질스톡의 초기 값이 필요
- 실질생산자본스톡은 2005년 중소기업실태조사에서 제공되는 유형자산 합계금액을 활용하였음
- 실질 R&D자본스톡은 신일순·김홍균·송재경(1998)의 방법을 이용하여 추계하는데 필요한 초기값은 다음 식을 이용하여 추계

$$K_{P_{t-1}}^i = \frac{I_{Total\ t}^i}{\delta_K + g_K^i}, \quad K_{RD_{t-1}}^i = \frac{I_{RD\ t}^i}{\delta_{RD} + g_{RD}^i} \quad (\text{식 } 4-1)$$

□ 여기서 i는 산업, t는 연도이며, δ_K 는 생산자본스톡의 감가상각률, δ_{RD} 는 R&D자본스톡의 감가상각률

- R&D자본스톡의 감가상각률(δ_{RD})은 17.2%로 하였는데, 이는 정현준(2017)의 연구에서 제시한 R&D투자 감가상각률에 기초하여 산출
 - － 정현준(2017)에 따르면, R&D투자의 감가상각률은 OECD 자본측정 매뉴얼, EUKLEMS의 감가상각 가이드라인 그리고 한국은행 국민대차대조표의 고정자본소모 현황을 반영하여 17.2%로 설정
- 또한, 생산자본스톡의 감가상각률(δ_K)은 9.5%로 하였으며 이는 신일순·김홍균·정부연(1998)에서 사용한 것으로, 표학길(1989)이 제시한 전체 자산의 평균 내용연수에 기초한 것임
- g_{RD}^i 는 R&D투자의 연평균성장률이며, 이는 산업별 R&D투자금액을 이용하여 계산
 - － 각 산업의 자본스톡을 구하기 위해서는 개별기업의 조사통계를 이용하여 추계하는 것이 필요하지만, 자료의 제약에 따른 한계로 균형성장이라는 일반적으로 가정을 이용하여 자본스톡을 추계

□ 생산자본스톡과 R&D자본스톡은 영구재고법(perpetual inventory method)으로 추계

$$K^i_t = I^i_t + K^i_{t-1}(1 - \delta) \quad (4-2)$$

□ <표 4-3>은 생산자본스톡, R&D자본스톡의 추계결과와 총부가가치, 산업별 종사자 수를 제시하였음

- R&D 자본스톡은 2005~2018년 평균 23.9조 원 규모로 산출되었으며, 기타기계 및 장비제조업(5.3조원), 컴퓨터 및 사무용기기제조업(3.5조원), 기타전기기계 및 전기변환장치제조업(2.3조원) 순으로 나타남
- 제조업 중소기업은 세부 업종별로 R&D 자본스톡이 높은 산업과 부가가치가 높은 주력산업이

유사한 것으로 나타나며, 예외적으로 컴퓨터 및 사무용 기기는 총부가가치가 낮게 나타났음

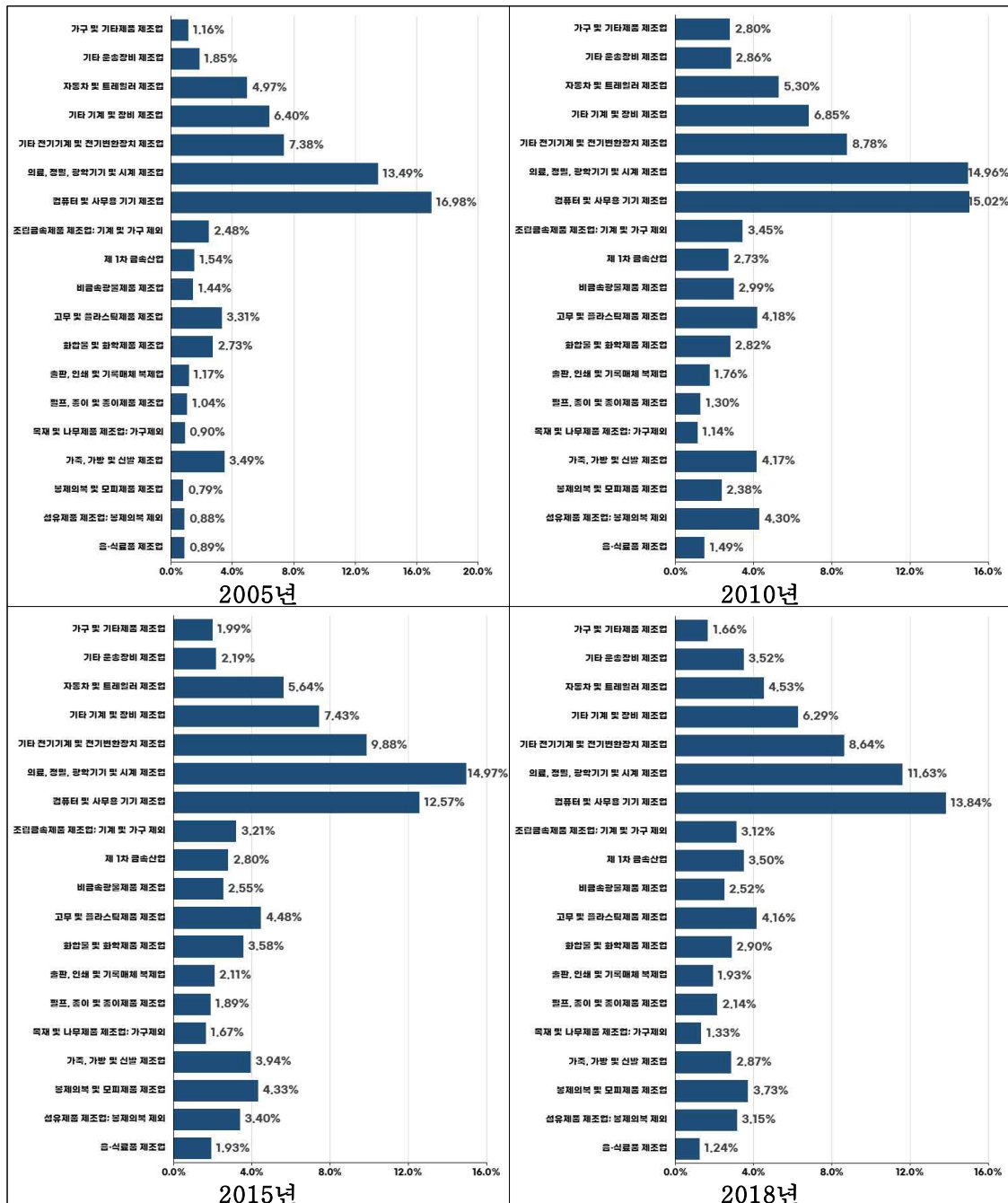
<표 4-3> 총부가가치 및 자본스톡(stock), 종사자 수(2005~2018년 평균)

구분	총부가가치	생산 자본스톡	노동 (종사자 수)	R&D 자본스톡
	단위: 조 원	단위:십억원	단위:천명	단위:십억원
제조업(15-37)	134.29	122,139.6	2,204.4	23,995.2
음·식료품제조업	16.75	8,378.8	154.8	913.3
섬유제품제조업;봉제의복제외	5.84	6,153.4	114.8	659.6
봉제의복및모피제품제조업	4.55	2,787.2	99.0	404.3
가죽,가방및신발제조업	1.25	1,178.1	26.7	146.6
목재및나무제품제조업;가구제외	1.45	1,418.5	24.3	76.3
펄프,종이및종이제품제조업	3.14	3,925.4	53.1	202.5
출판,인쇄및기록매체복제업	2.90	3,353.2	53.3	152.5
화합물및화학제품제조업	17.95	5,853.4	100.9	1,725.8
고무및플라스틱제품제조업	10.91	10,429.7	181.9	1,623.4
비금속광물제품제조업	4.88	4,810.7	70.4	389.7
제1차금속산업	6.38	7,052.2	85.1	522.5
조립금속제품제조업;기계및가구제외	19.19	14,925.8	282.6	1,981.3
컴퓨터및사무용기기제조업	8.80	3,304.9	162.5	3,538.4
의료,정밀,광학기기및시계제조업	4.17	5,848.6	68.6	1,907.2
기타전기기계및전기변환장치제조업	8.31	5,876.5	137.0	2,310.7
기타기계및장비제조업	20.88	14,756.6	298.6	5,304.5
자동차및트레일러제조업	9.16	9,602.9	144.1	1,724.9
기타운송장비제조업	3.99	6,919.2	65.7	381.6
가구및기타제품제조업	8.20	4,712.2	78.0	515.7

□ 산업별 연구개발투자 현황(연구개발투자/부가가치)은 [그림 4-1]과 같이 나타났으며, 2010년까지는 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업이 가장 높은 수준이며, 2015년 의료, 정밀, 광학기기 및 시계제조업이 14.97%로 가장 높게 나타남

○ 고위기술군에 포함된 산업에서 R&D투자 비중이 높게 나타나는 일반적인 현상을 반영하고 있음

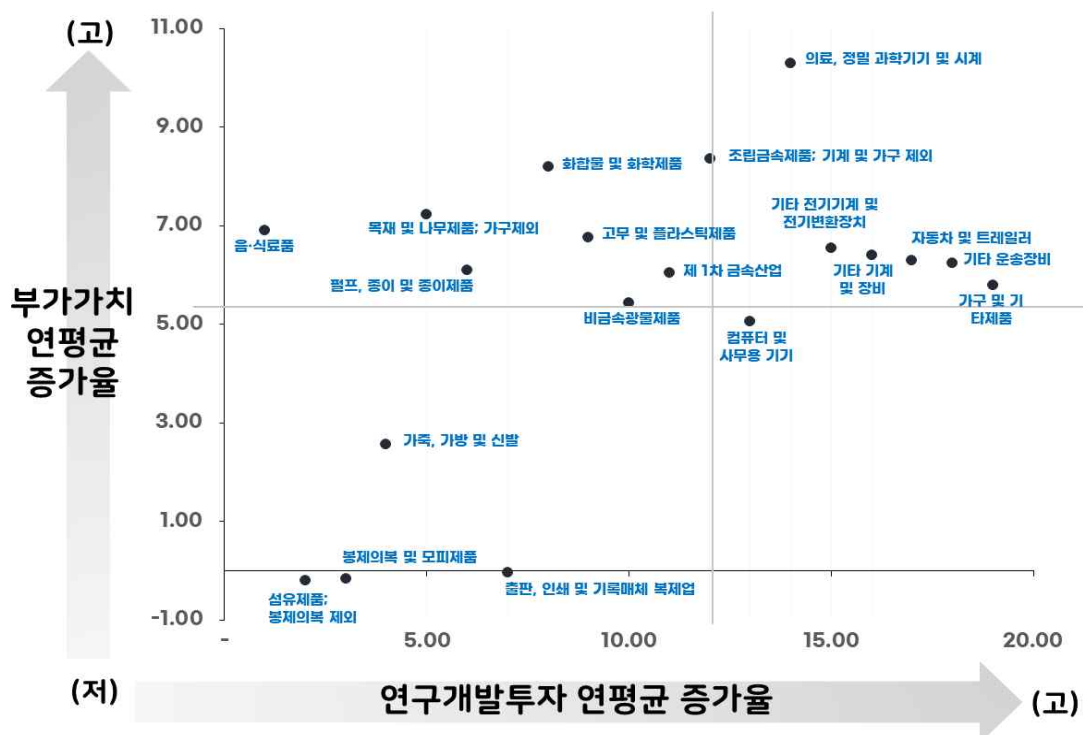
[그림 4-1] 총부가가치 대비 연구개발투자



□ [그림 4-2]는 산업별 연구개발투자 연평균 증가율과 부가가치 연평균 증가율을 나타내며, 연구개발투자 평균증가율 약 12.0%, 부가가치 평균증가율 약 5.6%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

- 연구개발투자율과 부가가치의 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 광학기기, 기타 전기기계 및 전기변환장치, 자동차 및 트레일러 등이 있음
- 연구개발투자율과 부가가치 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 가죽, 가방 및 신발, 봉제의복 및 모피제품, 섬유제품 등이 있음
- 반면, 연구개발투자율의 연평균 증가율은 높으나, 부가가치의 증가율이 상대적으로 낮은 산업으로 컴퓨터 및 사무용 기기가 있음
 - － 컴퓨터 및 사무용 기기산업은 연구개발투자가 장기적인 투자가 필요해 부가가치로 전환되는 기간 또한 장기간이 걸려 연구개발 의존도가 높은 것에 기인한 것으로 판단됨
- 반대로, 연구개발투자율의 증가율은 낮으나 부가가치의 증가율이 높은 산업으로는 음, 식료품, 펄프, 종이 및 종이제품, 목재 및 나무제품 등이 있음
 - － 음, 식료품이나 종이 및 종이제품, 목재 및 나무제품 등의 산업은 상대적으로 단기간의 연구개발투자로 부가가치 성과가 발생할 가능성이 다소 높으며, 연구개발에 대한 의존도가 낮은 것에 기인함

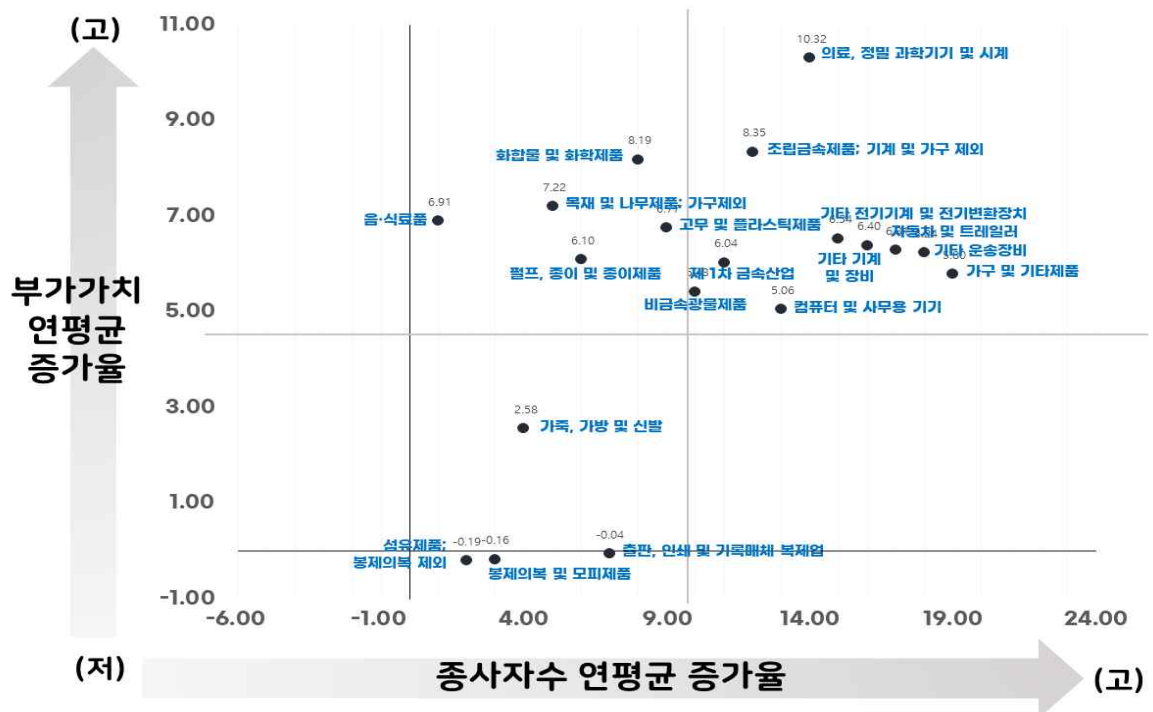
[그림 4-2] 2005~2018년 연구개발투자 및 부가가치 연평균 증가율



□ [그림 4-3]은 산업별 종사자 수 연평균 증가율과 부가가치 연평균 증가율을 나타내며, 전체 산업 종사자 수 평균증가율 약 9.8%, 부가가치 평균증가율 약 4.7%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

- 산업별 종사자 수와 부가가치의 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 광학기기, 조립금속제품, 자동차 및 트레일러 등이 있음
- 종사자 수와 부가가치의 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 가죽, 가방 및 신발, 봉제의복 및 모피제품, 섬유제품 등이 있음
- 반면, 종사자 수의 증가율은 낮으나 부가가치의 증가율이 높은 산업으로는 음, 식료품, 펄프, 화합물 및 화학제품, 펄프, 종이 및 종이제품 등이 있음
 - 음, 식료품이나 종이 및 종이제품, 목재 및 나무제품 등의 산업은 상대적으로 종사자 수의 증가가 없이 부가가치 성과를 증가하고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 이는 자본재에 의한 노동의 대체가 상대적으로 유리한 산업인 것에 기인함
 - 한편, 종사자 수의 연평균 증가율은 높으나, 부가가치의 증가율이 상대적으로 낮은 산업은 존재하지 않는 것으로 나타나는데, 이는 노동의 추가 투입에 의한 부가가치 창출이 비례적으로 증가하는 것을 의미함

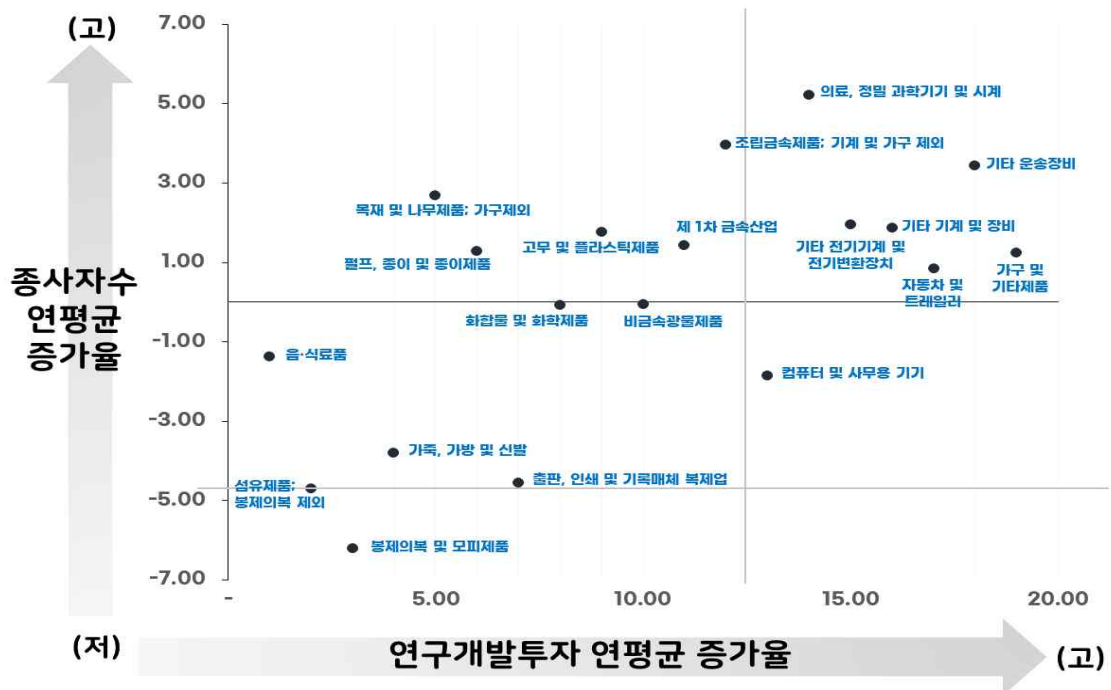
[그림 4-3] 2005~2018년 종사자수 및 부가가치 연평균 증가율



□ [그림 4-4]은 산업별 연구개발투자 연평균 증가율과 종사자 수 연평균 증가율을 나타내며, 전체 산업 종사자 수 평균증가율 약 12.4%, 종사자 수 평균증가율 약 0.00%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

- 산업별 연구개발 투자와 종사자 수의 연평균 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 과학기기, 기타운송장비, 기타기계 및 장비 등이 있음
- 연구개발 투자와 부가가치 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 가죽, 가방 및 신발, 봉제의복 및 모피제품, 섬유제품 등이 있음
- 반면, 연구개발 투자의 증가율은 낮으나 부가가치의 증가율이 높은 산업으로는 목재 및 나무제품, 펄프, 종이 및 종이제품, 고무 및 플라스틱제품 등이 있음
 - 이러한 특성이 나타나는 나무제품, 종이제품, 고무 및 플라스틱 등의 산업은 연구개발 투자보다 종사자 수의 평균증가율이 높은 산업으로, 노동 투입의 비중이 더 높은 것으로 판단할 수 있음
- 반대로, 연구개발 투자의 증가율은 높으나 부가가치의 증가율이 낮은 산업으로는 컴퓨터 및 사무용 기기 등의 산업을 들 수 있음
 - 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업은 신속한 기술전환이 필요한 동시에 장기간의 연구개발 수준의 축적이 필요한 산업¹⁾으로, 연구개발의 비중이 상대적으로 큰 산업인 것을 의미함

[그림 4-4] 2005~2018년 연구개발투자 및 종사자수 연평균 증가율



1) 고용노동부, 「고용형태별근로실태조사」의 2019년 통계(산업, 성별 임금 및 근로조건)에 따르면, 제조업 전체의 평균근속연수는 7.7년이며, 평균 연령은 42.1세인데 반해, 전자부품, 컴퓨터 등 제조업의 평균근속연수는 8.7년, 평균 연령은 37.7세로 나타남

제2절 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성

□ 연구개발이 고용에 미치는 영향을 추정하기 위한 고용방정식은 식 (4-1)과 (4-2)와 같이 설정되어 있음

$$\ln E_{i,t} = \beta_1 \ln (V_{i,t}/E_{i,t}) + \beta_2 \Delta \ln V_{i,t} + \beta_4 \ln KS_{i,t} + \beta_5 \ln RS_{i,t} + \beta_6 \ln AGE_{i,t} + \beta_7 \ln W_{i,t} + \beta_8 \ln S_{i,t} + \beta_9 \ln IPR_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t} \quad (\text{식 4-3})$$

$$\ln E_{i,t} = \rho \ln E_{i,t-1} + \beta_1 \ln (V_{i,t}/E_{i,t}) + \beta_2 \Delta \ln V_{i,t} + \beta_4 \ln KS_{i,t} + \beta_5 \ln RS_{i,t} + \beta_6 \ln AGE_{i,t} + \beta_7 \ln W_{i,t} + \beta_8 \ln S_{i,t} + \beta_9 \ln IPR_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t} \quad (\text{식 4-4})$$

- $E_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 총 종사자수
- $V_{i,t}/E_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 종사자 1인당 부가가차액으로써 노동생산성을 나타냄
 - － 노동생산성 향상이 노동수요를 증대시키는 방향으로 작용하면 양(+)의 부호가, 생산성 향상이 고용을 절감시키는 방향으로 작용하면 음(-)의 부호가 기대됨
 - － 특히, 노동생산성 변수를 통제변수로 포함한 것은 연구개발스톡의 고용효과 추정시 노동생산성 효과가 혼재되는 것을 방지하는 의미에서 중요한 변수임
- $\Delta \ln V_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 총부가가치 증가율로써 수요변화(충격)의 대리변수이며, 수요 증가가 고용을 증대시키므로 양(+)의 부호가 기대됨
- $KS_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 자본스톡의 증가는 생산량으로 증가와 같은 규모효과와 관련이 있으므로 양(+)의 부호가 기대됨
- $RS_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 연구개발스톡으로서 본 연구에서 관심을 갖는 변수
 - － 지식 스톡의 증가는 경제성장을 견인한다는 점에서 규모효과를 통해 고용을 증대시킬수 있으나, 노동 절약형 기술진보로 인해 고용이 감소할 수도 있음. 따라서 규모효과가 크다면 양(+)이 부호가, 기술진보로 인한 대체효과가 크다면 음(-)의 부호가 기대됨
- $AGE_{i,t}$ t 년도 i 산업 내 기업의 평균업력을 나타내며 업력이 길수록 기업내 무형자산의 크기가 클 것이므로 고용증가에 기여할 것임. 따라서 양(+)의 부호가 기대됨
- $W_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업 종사자의 월평균 임금으로, 임금이 높을수록 고용이 감소할 것이므로 음(-)의 부호가 기대됨
- $S_{i,t}$ 는 정부의 기술개발 지원금을 나타내며, 정부의 기술개발 지원금이 클수록 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것이므로 양(+)의 부호가 기대됨
- $SR_{i,t}$ 은 t 년도 i 산업 내 기업의 기술개발비 대비 정부의 기술개발 지원금 비중을 나타내며 양(+)의 부호가 기대됨
- $IPR_{i,t}$ 은 t 년도 i 산업의 지식재산권 보유건수, $PATENT_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 특허권

보유건수, $IP_{i,t}$ 는 t 년도 i 산업의 산업재산권 보유 건수를 나타내며, 이들 변수는 연구개발투자의 성과를 나타내는 지표로써 연구개발의 성과가 높을수록 기업의 매출액 증대로 이어질 것이므로 양(+)의 부호가 기대됨

- 위의 식 (4-3)에 포함되어 있는 주요 설명변수들은 본 연구의 관심변수인 연구개발스톡($RS_{i,t}$)과 함께 종사자 1인당 부가가치(생산성), 자본스톡(KS), 월평균 임금(W)과 정부 보조금, 지식재산권 등과 같은 통제변수들이 포함
 - 식 (1)의 고용방정식의 종속변수는 산업의 총 종사자수이며, 고용조정 항이 포함되어 있지 않은 모형임
 - 식 (1)은 관측불가능한 산업 특정효과를 포함하는 통상적인 고정효과모형(Fixed Effect Model)을 이용하여 추정함
- 한편, 식 (4-4)의 추정모형은 다수의 고용방정식 추정모형과 유사하게 부분조정항을 포함한 동태적 고용방정식을 상정함 (Bhalotra, 1998; Lang, 1998, 참조)²⁾
 - 이러한 고용방정식은 노동시장에 마찰(이동비용, 준고정비용)이 존재하는 경우 나타나며(Oi, 1962; Lang, 1998, 참조³⁾), 동태적 고용 방정식은 현재의 고용수준이 과거의 고용수준에 영향을 받는다는 것을 의미함
 - 따라서 추정모형에 종속변수의 1기 시차변수(고용조정항)가 독립변수에 포함됨
 - 상술한 바와 같이, 식 (2)의 고용방정식은 종속변수의 1기시차 변수가 설명변수에 포함되어 있는 추정모형이므로 통상적인 패널모형을 이용할 경우 일치추정량을 얻을 수 없음(Anderson and Hsiao, 1981; Arellano, 1989; Arellano and Bond, 1991, 참조⁴⁾).
 - 이러한 경우, 동태적 패널모형 분석방법을 채용하여야 하며, 본 연구에서는 수준방정식(level equation)과 1차 차분 방정식(first differenced equation)을 결합하여 하나의 시스템으로 추정하는 Arellano and Bover(1995)와 Blundell and Bond(1998)의 시스템 일반화적률법(system GMM)을 이용하여 분석을 수행함

2) Bhalotra, S. (1998), "The Puzzle of Jobless Growth in Indian Manufacturing," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 60, 5-32.

Lang, K (1998), "The Effect of Trade Liberalization on Wages and Employment: The Case of New Zealand," *Journal of Labor Economics*, 16(43), 792-814.

3) Oi, Y(1962), "Labour as a Quasi-Fixed Factor," *Journal of Political Economy*, 70(6), 538-55.

4) Anderson, T. W. and Hsiao, C.(1981), Formulation and Estimation of Dynamic Models Using Panel Data, *Journal of Econometrics*, 18: 47-82.

Arellano, M. A(1989), Note on the Anderson-Hsiao Estimator for Panel Data, *Economics Letters*, 31: 337-341.

Arellano, M. and Bond, S(1991), Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations, *Review of Economic Studies*, 58: 277-297.

□ <표 4-4>는 부분조정항을 고려하지 않은 일반적인 패널고정효과 모형 추정량이 제시되어 있음

- <표 4-4>의 두 번째 열(모형 (1))~4번째 열(모형 (3))에는 정부 기술개발보조금의 자연대수 값($\ln S$)이 포함된 모형이며, 다섯 번째 열(모형 (4))~7번째 열(모형 (6))에는 기술개발비 중 정부 기술개발보조금 비중(SR) 값이 포함된 모형임
- 추정결과 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
- 종사자 1인당 부가가치는 통계적으로 유의한 음(-)의 부호를 보이고 있는데, 이는 노동생산성의 향상이 고용을 절감시키는 방향으로 작용하였음을 의미함
- 수요충격을 나타내는 산업의 총 부가가치 증가율은 유의수준 1%에서 통계적으로 강건한 양(+)의 부호를 보이고 있는데, 산업 제품에 대한 수요증가는 고용 증가로 이어짐을 의미함
- 임금변수 모든 추정모형에서 음(-)의 부호를 보이나 통계적으로 유의미 하지 않으므로 임금이 고용에 부정적인 영향을 미쳤다고 결론을 내리기는 어려움
- 정부 기술개발 지원금 관련 변수는 모두 양(+)의 부호를 보이나, 통계적으로 유의성을 가지지 못함
- 마지막으로 연구개발투자의 성과를 나타내는 지식재산권수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 나타내는데, 이는 연구개발투자의 성과가 기업의 고용증대에 긍정적인 영향을 미침을 의미함

□ 고용방정식 추정결과는 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 고용 탄력성은 14.1~15.1%로 제시되고 있음

- 모형(1)과 모형(4)을 제외한 나머지 모형에서 R&D투자스톡이 증가하면 노동은 14~15% 내외로 제시되었으며, 강건한(robust) 것으로 제시됨
- 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
- 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
- R&D투자스톡, 지식재산권 등 R&D 관련 변수가 최종적으로 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있음

<표 4-4> 고용방정식의 패널고정효과 모형 추정결과

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
종사자 1인당 부가가차액	-0.594*** (0.0753)	-0.608*** (0.0786)	-0.612*** (0.0771)	-0.591*** (0.0762)	-0.600*** (0.0789)	-0.605*** (0.0780)
총부가가치 증가율	0.285*** (0.0663)	0.315*** (0.0677)	0.312*** (0.0677)	0.286*** (0.0661)	0.313*** (0.0674)	0.311*** (0.0674)
자본스톡	0.0194 (0.0212)	0.0168 (0.0218)	0.0172 (0.0217)	0.0183 (0.0211)	0.0161 (0.0217)	0.0165 (0.0216)
R&D투자스톡	0.0373 (0.0467)	0.142*** (0.0373)	0.146*** (0.0374)	0.0460 (0.0453)	0.147*** (0.0357)	0.151*** (0.0357)
기업의 평균 업력	0.0524 (0.0858)	0.00441 (0.0893)	-0.00899 (0.0907)	0.0508 (0.0852)	0.00103 (0.0886)	-0.0117 (0.0899)
월평균 임금	0.0603 (0.116)	0.00106 (0.119)	0.0269 (0.121)	0.0389 (0.113)	-0.0145 (0.115)	0.0139 (0.117)
정부의 기술개발 지원금	0.00877 (0.0182)	0.0109 (0.0188)	0.0102 (0.0188)	—	—	—
지식재산권 보유건수	0.151*** (0.0424)	—	—	0.147*** (0.0421)	—	—
특허권 보유건수	—	0.0139 (0.0295)	—	—	0.0162 (0.0286)	—
산업재산권 보유 건수	—	—	0.0276 (0.0305)	—	—	0.0290 (0.0303)
정부의 기술개발 지원금 비중	—	—	—	-0.000165 (0.00118)	0.000282 (0.00121)	0.000275 (0.00120)
Constant	17.07*** (1.651)	18.73*** (1.629)	18.35*** (1.678)	17.32*** (1.651)	18.82*** (1.639)	18.41*** (1.686)
Observations	245	245	245	247	247	247
R-squared	0.285	0.244	0.246	0.282	0.243	0.245
Number of ksic19	19	19	19	19	19	19

□ <표 4-5>에는 부분조정항을 고려한 시스템 GMM 모형의 추정량이 제시되어 있음

- <표 4-4>과 마찬가지로, <표 4-5>의 두 번째 열(모형 (1))~4번째 열(모형 (3))에는 정부 기술 개발보조금의 자연대수 값($\ln S$)이 포함된 모형이며, 다섯 번째 열(모형 (4))~7번째 열(모형 (6))에는 기술개발비 중 정부 기술개발보조금 비중(SR) 값이 포함된 모형임
- <표 4-8>의 추정결과를 살펴보면, 우선 모형의 차분 오차항의 계열상관 검정결과를 보면, 1기 시차 계열상관(m1)은 ‘계열상관이 없음’이라는 귀무가설을 기각하는데, 이는 모형의 특정화에 따른 결과이며, 2기시차 계열상관(m2)는 귀무가설을 채택하므로 모형의 차분오차항의 특정화를 모두 만족함
 - 우선 고용조정항($\ln E_{i,t-1}$)은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이므로 충격에 대한 고용조정이 순간적으로 이루어지지 않는 부분 조정모형을 지지함. 고용조정속도는 0.257로 나타남
- 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 유의수준 1%에서 통계적으로 강건한 양(+)의 부호를 보이는데, <표 4-4>의 결과와 같이 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
- 종사자 1인당 부가가치는 통계적으로 유의한 음(-)의 부호를 보이고 있는데, <표 4-4>의 결과와 마찬가지로, 노동생산성의 향상이 고용을 절감시키는 방향으로 작용하였음을 의미함
- 수요충격을 나타내는 산업의 총 부가가치 증가율은 유의수준 1%에서 통계적으로 강건한 양(+)의 부호를 보이고 있는데, 산업 제품에 대한 수요증가는 고용 증가로 이어짐을 의미함
 - 자본스톡 변수는 통계적으로 유의하지 않은 양(+)의 부호를 보이고 있어 자본과 노동대체가 발생하지 않는 것으로 판단됨

□ R&D 투자스톡의 고용탄력성은 <표 4-4>의 추정결과와 마찬가지로 13.4~15.0%으로 제시되고 있어, 안정적인 것으로 제시되었음

- <표 4-4> 추정결과와 달리 임금변수 모든 추정모형에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 부호를 보여 임금변수는 일반적인 수요함수에서 가격이므로 이론과 일치하는 결과로 해석할 수 있음
- 기업의 평균업력 변수들은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 기업들의 무형자산의 축적이 고용에 긍정적인 영향을 미침을 시사함
- 정부 기술개발 지원금 관련 변수는 모두 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이고 있으므로, 정부의 기술개발 지원금이 고용증대에 기여하고 있음을 의미함
- 마지막으로 연구개발투자의 성과를 나타내는 지식재산권 보유수와 산업재산권 보유수는 양(+)의 부호를 보이고 있으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났음

<표 4-5> 고용방정식의 시스템 GMM 모형 추정결과(부분 조정항 포함)

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
고용조정항	0.828*** (0.0435)	0.826*** (0.0371)	0.831*** (0.0363)	0.775*** (0.0364)	0.799*** (0.0295)	0.802*** (0.0289)
종사자 1인당 부가가차액	-0.420*** (0.0654)	-0.424*** (0.0698)	-0.426*** (0.0714)	-0.408*** (0.0759)	-0.405*** (0.0757)	-0.404*** (0.0766)
총부가가치 증가율	0.285*** (0.0878)	0.443*** (0.0956)	0.435*** (0.0958)	0.440*** (0.0891)	0.447*** (0.0921)	0.439*** (0.0932)
자본스톡	-0.00954 (0.0176)	-0.0185 (0.0156)	-0.0167 (0.0155)	-0.0167 (0.0174)	-0.0191 (0.0176)	-0.0173 (0.0174)
R&D투자스톡	0.0224 (0.0446)	0.136*** (0.0301)	0.134*** (0.0310)	0.122*** (0.0340)	0.150*** (0.0292)	0.148*** (0.0294)
기업의 평균 업력	0.0904 (0.0755)	0.235*** (0.0737)	0.219*** (0.0662)	0.231*** (0.0735)	0.214*** (0.0724)	0.197*** (0.0645)
월평균 임금	-0.116* (0.0694)	-0.182*** (0.0603)	-0.124** (0.0621)	-0.189*** (0.0581)	-0.213*** (0.0627)	-0.164*** (0.0604)
정부의 기술 개발 지원금	0.00559 (0.0119)	0.0220* (0.0113)	0.0241** (0.0110)	—	—	—
지식재산권 보유건수	0.0410 (0.0482)	—	—	0.0449 (0.0424)	—	—
특허권 보유건수	—	0.0272 (0.0209)	—	—	0.0216 (0.0209)	—
산업재산권 보유 건수	—	—	0.0324 (0.0221)	—	—	0.0294 (0.0223)
정부의 기술 개발 지원금 비중	—	—	—	0.00155* (0.000876)	0.00150 (0.00105)	0.00161* (0.000972)
Constant	2.729*** (1.021)	8.970*** (1.457)	8.078*** (1.621)	9.151*** (1.312)	9.393*** (1.416)	8.634*** (1.569)
Observations	245	245	245	247	247	247
Number of ksic19	19	19	19	19	19	19

- 패널고정모형이나 시스템GMM 추정결과 모두 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 13.4~15.1% 범위에 있는 것으로 분석되어 매우 강건한(robust) 결과임을 알 수 있음
 - 종합하면, 모든 모형에서 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 강건한 유의성을 보이므로 추정모형에 있어서는 패널고정효과 모형과 부분조정을 고려한 시스템GMM의 추정모형의 결과를 모두 지지함
 - 추정결과를 종합하면, 연구개발스톡이 고용증대에 양(+)의 효과를 가지며, 정부의 기술개발 지원금이 고용증대에 긍정적인 효과를 가지며, 연구개발투자의 성과를 확대시킬수록 고용이 증가함
 - 따라서 연구개발투자를 통해 연구개발스톡을 축적하도록 기술개발 지원을 장려하는 융자 및 보조금 정책 실행, 연구개발투자의 성과인 지식재산권 활용을 촉진시키는 정책들이 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

제3절 중소기업 산업별 R&D 고용탄력성

1. 추정모형 및 결과

- 본 절은 중소기업의 산업별 R&D 고용탄력성을 추정하기 위해 아래의 추정방정식을 활용하며, 제2절에서 추정한 방정식과 차이는 로그를 취하지 않은 상태에서 추정하는 것임

$$E_{i,t} = \beta_1 (V_{i,t}/E_{i,t}) + \beta_2 \Delta V_{i,t} + \beta_4 KS_{i,t} + \beta_5 RS_{i,t} \quad (\text{식 4-5})$$

$$+ \beta_6 AGE_{i,t} + \beta_7 W_{i,t} + \beta_8 S_{i,t} + \beta_9 IPR_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t}$$

- 식(4-1)⁵⁾은 중소기업의 전체에 대한 고용탄력성을 추정하기 위해 양변에 로그를 취한 모형으로 추정하였으며, 이는 추정결과인 β_5 를 고용탄력성으로 바로 활용이 가능하다는 장점을 가지고 있기 때문임
- 식(4-5)는 고용조정항에 해당하는 전기 종사자 수를 제외하였으며, 이는 R&D 스톡에서 전기의 개념을 포괄하고 있기 때문임
- 산업별 탄력성 추정은 추정된 계수(식(3)의 β_5)를 활용하여 산업별 고용인원과 산업별 R&D 투자금액을 적용해 산출해야 하며 아래의 전개과정을 따름

$$t\text{년도 } i \text{ 산업의 고용 탄력성 } (\epsilon_{i,t}) = \frac{\Delta L_i / L_{i,t}}{\Delta RS_i / RS_{i,t}} = \frac{\Delta L}{\Delta RS} \cdot \frac{RS_{i,t}}{L_{i,t}}$$

$$\beta_5 = \frac{\Delta L}{\Delta RS} \text{ 이므로, } \epsilon_{i,t} = \beta_5 \cdot \frac{RS_{i,t}}{L_{i,t}}$$

- 산업별 고용탄력성은 식(4-5)를 추정하고, 추정계수 β_5 를 활용하여 연도별, 산업별 고용인원과 R&D 투자금액을 적용하여 산출
- 위에서 유도된 탄력성의 결정식이 의미하는 바는 R&D 투자가 1% 증가하면 고용이 얼마나 변화하는가를 의미하는 것으로, 증가와 감소는 β_5 의 부호에 의존함
 - 결국 β_5 가 통계적으로 유의한 양(+)의 부호로 도출되면 R&D 투자가 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있으며, 각 산업별, 연도별 고용탄력성을 산출할 수 있음

5) $\ln E_{i,t} = \beta_1 \ln (V_{i,t}/E_{i,t}) + \beta_2 \Delta \ln V_{i,t} + \beta_4 \ln KS_{i,t} + \beta_5 \ln RS_{i,t}$
 $+ \beta_6 \ln AGE_{i,t} + \beta_7 \ln W_{i,t} + \beta_8 \ln S_{i,t} + \beta_9 \ln IPR_{i,t} + \alpha_i + \epsilon_{i,t}$ 식(4-1)

- <표 4-6>에는 노동수요함수의 패널고정효과 모형 추정량이 제시되어 있음
- <표 4-6>는 <표 4-4>, <표 4-5>의 모형설정과 유사하며, 적용된 변수 또한 동일함
 - 두 번째 열(모형 (1))~4번째 열(모형 (3))에는 정부 기술개발보조금 값(S)이 포함된 모형이며, 다섯 번째 열(모형 (4))~7번째 열(모형 (6))에는 기술개발비 중 정부 기술개발보조금 비중(SR) 값이 포함된 모형임
 - <표 4-6>의 추정결과를 살펴보면, 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
 - 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
 - － 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
 - 종사자 1인당 부가가치는 통계적으로 유의한 음(-)의 부호를 보이고 있는데, 이는 노동생산성의 향상이 고용을 절감시키는 방향으로 작용하였음을 의미함
 - 수요충격을 나타내는 산업의 총 부가가치 증가율은 유의수준 1%에서 통계적으로 강건한 양(+)의 부호를 보이고 있는데, 산업 제품에 대한 수요 증가는 고용 증가로 이어짐을 의미함
 - － 정부 기술개발 지원금 관련 변수는 모두 양(+)의 부호를 보이나, 통계적으로 유의성을 가지지 못함
 - 마지막으로 연구개발투자의 성과를 나타내는 지식재산권수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 나타내는데, 이는 연구개발투자의 성과가 기업의 고용증대에 긍정적인 영향을 미침을 의미함
- 고용방정식 추정결과는 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 계수를 활용하여 산업별, 연도별 고용탄력성을 추정하는 것이 목적이므로, 통계적 유의성이 확보된 모델의 추정계수는 0.0088을 활용함

$$t\text{년도 } i \text{ 산업의 고용탄력성 } (\epsilon_{i,t}) = \frac{\Delta L_i / L_{i,t}}{\Delta RS_i / RS_{i,t}} = 0.0088 \cdot \frac{RS_{i,t}}{L_{i,t}}$$

<표 4-6> 산업별 R&D투자-고용탄력성 산출을 위한 고정효과모형

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
종사자 1인당 부가가차액	-0.00421*** (0.000831)	-0.00369*** (0.000891)	-0.00381*** (0.000907)	-0.00403*** (0.000822)	-0.00349*** (0.000880)	-0.00351*** (0.000890)
총부가가치 증가율	18,040** (7,340)	22,279*** (7,870)	22,789*** (7,891)	17,636** (7,303)	21,900*** (7,823)	22,206*** (7,842)
자본스톡	-0.000044 (0.00031)	0.000188 (0.000337)	0.000189 (0.000339)	-0.0000595 (0.000314)	0.000173 (0.000336)	0.000165 (0.000337)
R&D투자스톡	-0.00128 (0.00222)	0.00881*** (0.00159)	0.00887*** (0.00160)	-0.00127 (0.00222)	0.00878*** (0.00159)	0.00881*** (0.00160)
기업의 평균 업력	-662.7 (582.7)	-884.0 (633.5)	-612.7 (660.9)	-634.8 (580.9)	-850.9 (632.5)	-574.3 (660.0)
월평균 임금	0.00711 (0.00451)	0.00701 (0.00491)	0.00706 (0.00503)	0.00688 (0.00449)	0.00684 (0.00487)	0.00677 (0.00501)
정부의 기술개발 지원금	4.096 (7.835)	3.648 (8.477)	5.387 (8.504)	—	—	—
지식재산권 보유건수	0.0857*** (0.0140)	—	—	0.0854*** (0.0140)	—	—
특허권 보유건수	—	884.5 (628.6)	—	—	845.3 (636.8)	—
산업재산권 보유 건수	—	—	-192.3 (263.2)	—	—	-189.5 (262.3)
정부의 기술개발 지원금 비중	—	—	—	53.59 (136.5)	81.56 (149.1)	124.9 (147.2)
Constant	107,480*** (10,094)	120,254*** (10,644)	122,857*** (11,316)	106,620*** (10,558)	118,618*** (11,217)	120,292*** (11,790)
Observations	247	247	247	247	247	247
R-squared	0.339	0.233	0.228	0.338	0.233	0.229
Number of ksic19	19	19	19	19	19	19

2. 산업별 R&D 고용탄력성 산출결과

□ 산업별 연구개발투자 고용탄력성의 기간별 추정결과 전체평균은 9.13%로 나타나며, 2015~2018년 컴퓨터 및 사무용기기 산업이 37.67%로 가장 높았으며, 2005~2009년 봉제의복 및 모피제품업이 0.89%로 가장 낮게 나타남

○ 즉, R&D 투자가 100% 증가하면, 전체 산업의 고용은 9.13% 증가한다는 의미이며, 표의 각 내용은 각 산업 및 기간별 탄력성이라 할 수 있음

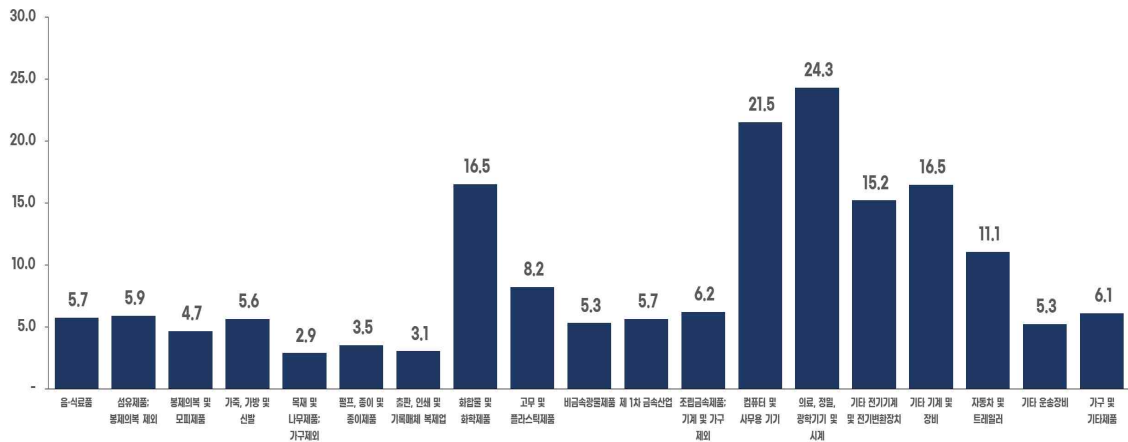
<표 4-7> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과(단위:%)

구분	2005 ~2009	2010 ~2014	2015 ~2018	전체평균
음·식료품제조업	3.06	6.73	7.84	5.74
섬유제품제조업;봉제의복제외	1.92	6.85	9.73	5.91
봉제의복및모피제품제조업	0.89	4.19	10.06	4.69
가죽,가방및신발제조업	2.69	5.75	9.20	5.65
목재및나무제품제조업;가구제외	1.22	3.14	4.69	2.90
펄프,종이및종이제품제조업	1.56	3.96	5.49	3.54
출판,인쇄및기록매체복제업	1.50	3.39	4.57	3.05
화합물및화학제품제조업	7.45	18.99	24.87	16.55
고무및플라스틱제품제조업	4.47	8.98	11.99	8.23
비금속광물제품제조업	2.03	6.02	8.55	5.32
제1차금속산업	2.65	6.02	8.97	5.66
조립금속제품제조업;기계및가구제외	2.94	6.86	9.54	6.23
컴퓨터및사무용기기제조업	7.20	22.93	37.67	21.52
의료,정밀,광학기기및시계제조업	11.35	28.29	35.55	24.32
기타전기기계및전기변환장치제조업	6.92	16.49	23.97	15.21
기타기계및장비제조업	9.24	19.55	21.64	16.47
자동차및트레일러제조업	5.42	12.84	15.85	11.05
기타운송장비제조업	3.11	5.69	7.39	5.26
가구및기타제품제조업	2.62	7.36	9.01	6.14
전체평균	4.12	10.21	14.03	9.13

□ [그림 4-5]는 전체 분석 기간의 산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 나타내는 것으로, 의료, 정밀, 광학기기 산업이 24.2%로 가장 높으며, 가장 낮은 산업은 목재 및 나무제품이 2.90%로 나타남

- 연구개발투자의 고용 탄력성이 높은 산업은 의료, 정밀, 광학기기 산업 다음으로 컴퓨터 및 사무용기기(21.5%), 화합물 및 화학제품(16.5%) 순으로 높은 것으로 나타났으며, 낮은 산업은 목재 및 나무제품 다음으로 출판, 인쇄업(3.1%), 펄프, 종이 및 종이제품(3.5%)순으로 낮은 것으로 나타남
- 그래프의 X축은 각 산업에 대응하는 숫자로 음, 식료품 제조업부터 기타 및 기타 제품 제조업에 대응하는 수치임

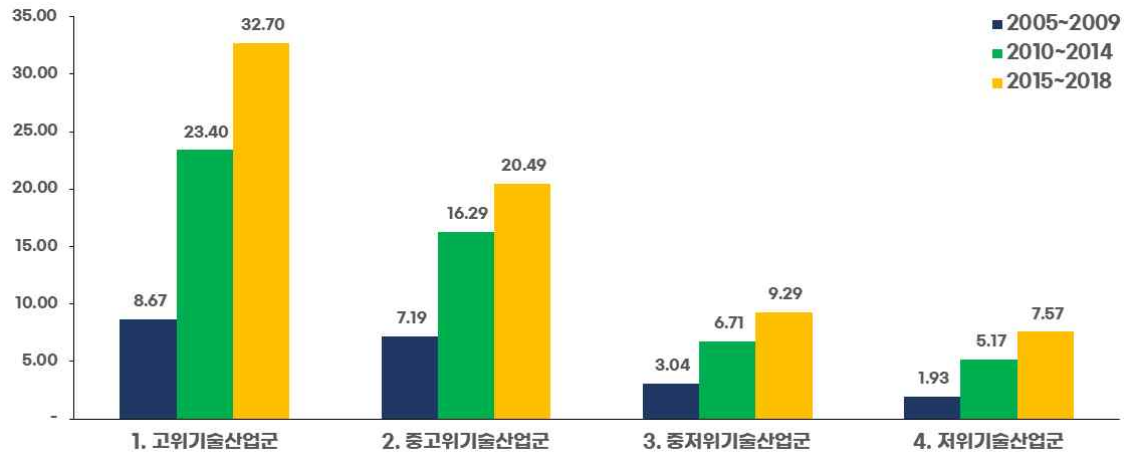
[그림 4-5] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용 탄력성



□ [그림 4-6]은 분석 기간별, 기술산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 나타내는 것으로, 고위기술군의 2015~2018년 기간 고용 탄력성이 32.7%로 가장 높게 나타나며, 저위기술군의 2005~2009년 기간 고용 탄력성은 1.93%로 가장 낮은 것으로 나타남

- 연구개발투자의 고용 탄력성은 기술 수준이 높을수록 높은 것으로 나타났으며, 2015~ 2015년 기준 고위기술 산업군은 32.70%, 중고위기술산업군은 20.49%, 중저위기술산업군은 9.29%, 저위기술산업군은 7.57%로 나타남
- 한편, 기간별로 보면 모든 기술 수준에서 연구개발투자의 고용 탄력성은 점차 증가하는 양상을 보이는데, 고위기술산업군 기준 2005~2009년 고용탄력성은 8.67%, 2010~ 2014년 23.40%, 2015~2018년 32.70%로 나타남

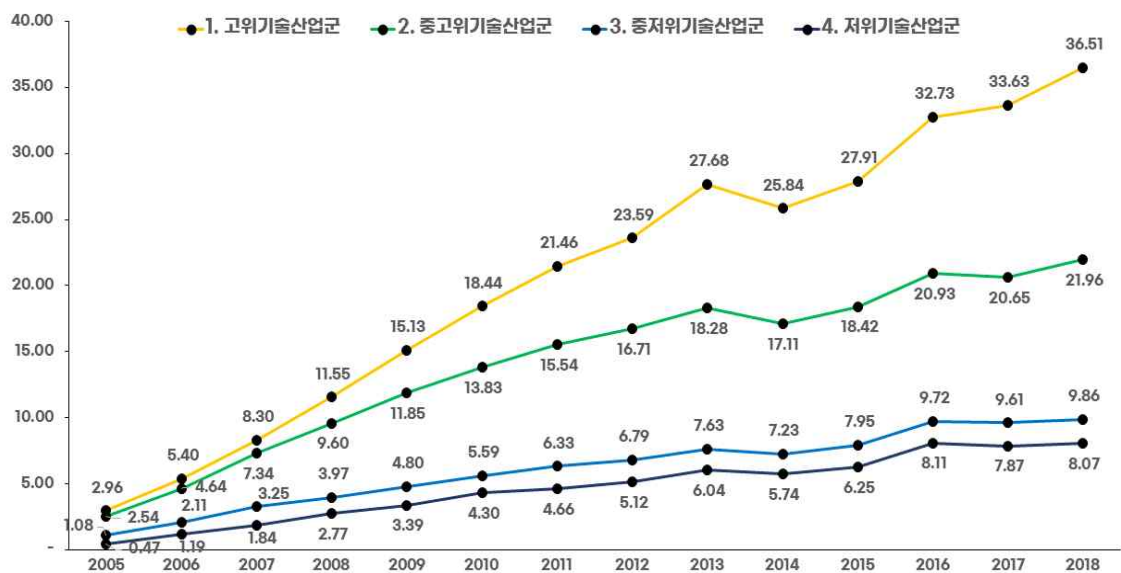
[그림 4-6] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성



□ [그림 4-7]은 연도별, 기술산업별 연구개발투자의 고용탄력성을 나타내는 것으로, 2005년 고용탄력성은 기술 수준에 무관하게 유사한 수준이었으나, 격차가 심화하는 것을 확인할 수 있으며, 2014~2015년 기간을 제외하고 꾸준히 상승하는 추세를 보임

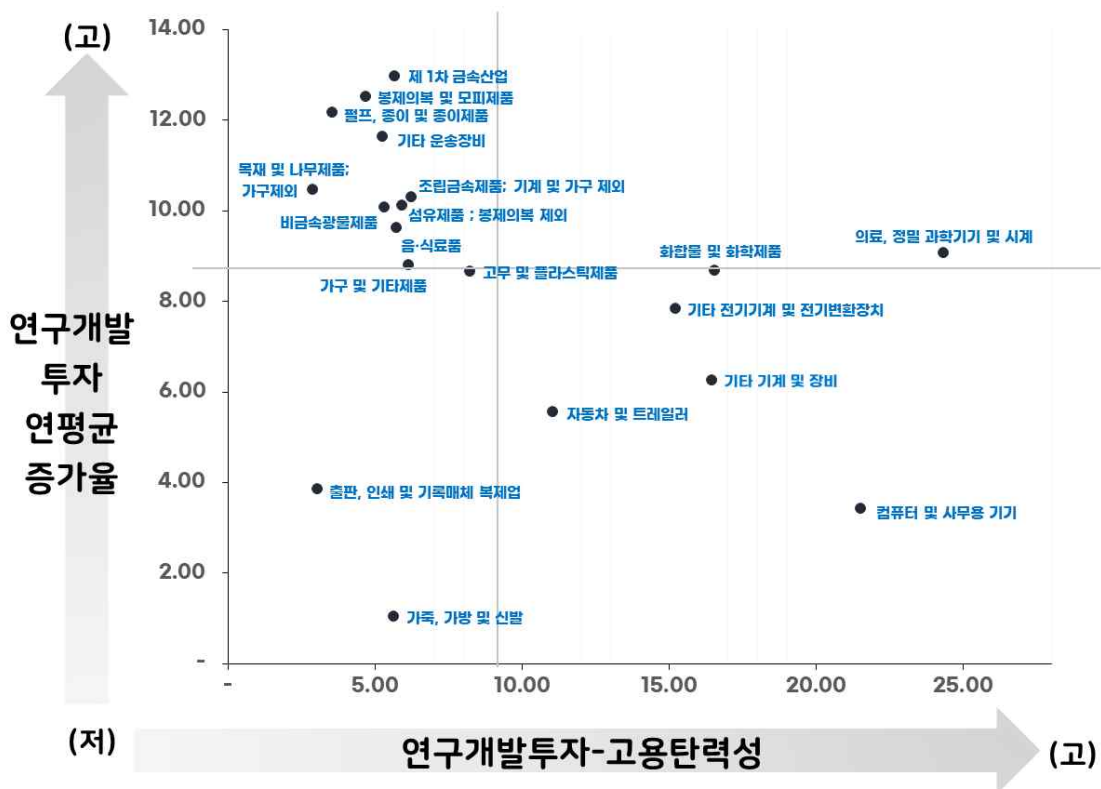
○ 2014년 및 2015년 연구개발투자의 고용 탄력성이 일시적으로 후퇴한 것은, 글로벌 금융위기 이후 침체되어 있던 노동시장이 적극적인 고용정책을 시행에 따라 연구개발을 통한 고용자 증가보다 정책적인 고용의 증가가 영향을 미친 것으로 판단됨

[그림 4-7] 연도별 기술 수준별 R&D투자-고용탄력성



□ [그림 4-8]은 산업별 연구개발투자의 고용탄력성과 연구개발 투자의 연평균 증가율을 나타내며, 연구개발투자의 고용 탄력성 평균 약 9.1%, 연구개발 투자의 평균증가율 약 8.6%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

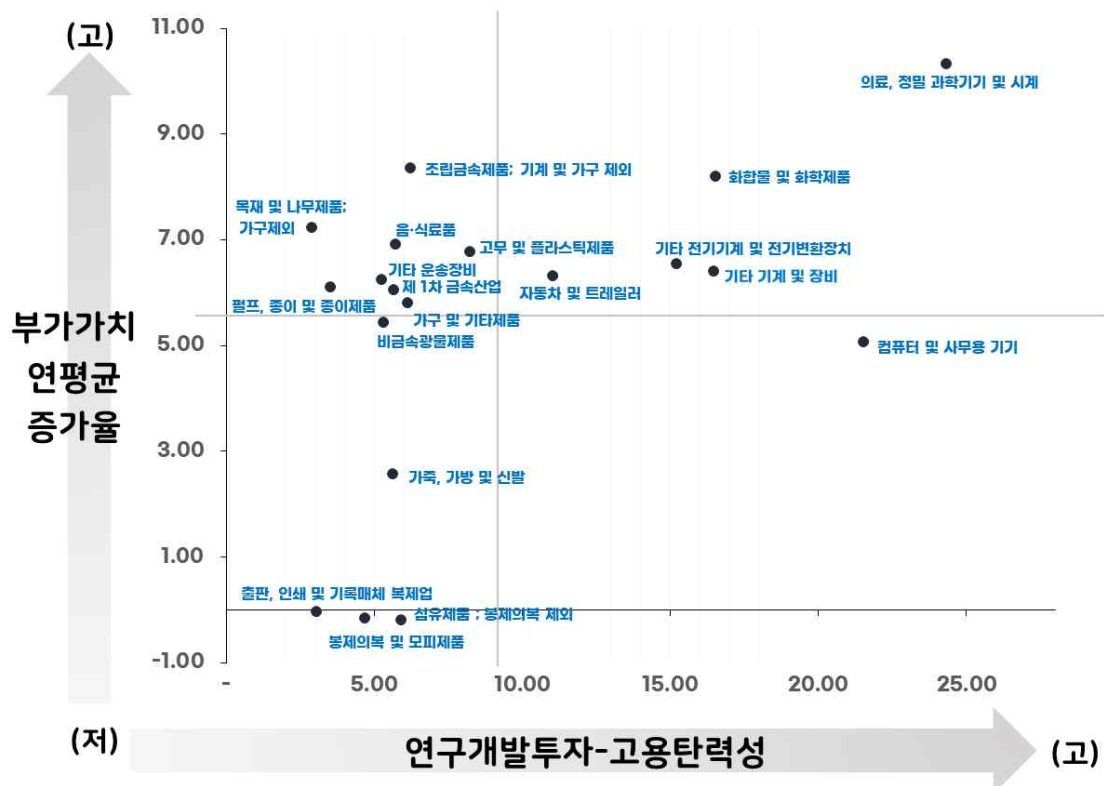
- 고용탄력성과 연구개발 투자 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 광학기기이며, 연구개발투자와 부가가치 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 가죽, 가방 및 신발, 출판, 인쇄업 등이 있음
- 반면, 고용탄력성이 높으나 연구개발 투자 증가율이 상대적으로 낮은 산업은 컴퓨터 및 사무용 기기, 자동차 및 트레일러, 기타기계 등이 있으며, 반대로 고용탄력성이 낮으나 연구개발 투자 증가율이 상대적으로 높은 산업은 음, 식료품, 섬유제품, 비금속 광물, 조립 금속제품 등 대다수의 산업군이 포함되어 있음
- 이러한 특성은 연구개발투자 증가를 통한 고용증대 가능성과 현재 연구개발 투자 현황을 비교하는 것으로 의료, 정밀 광학기기의 경우, 추가적인 연구개발투자를 통한 고용증대 가능성이 높으며, 현재 연구개발투자도 평균보다 높은 수준으로 해석할 수 있음
- 반대로, 가죽, 가방 및 신발 등의 산업은 연구개발에 추가적인 투입을 하더라도 기대할 수 있는 고용증대 효과가 낮으며, 현재 연구개발투자도 낮은 수준임



[그림 4-8] 2005~2018년 및 연구개발투자-고용탄력성

□ [그림 4-9]는 산업별 연구개발투자의 고용탄력성과 부가가치 연평균 증가율을 나타내며, 연구개발투자의 고용 탄력성 평균 약 9.1%, 부가가치 평균증가율 약 4.7%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

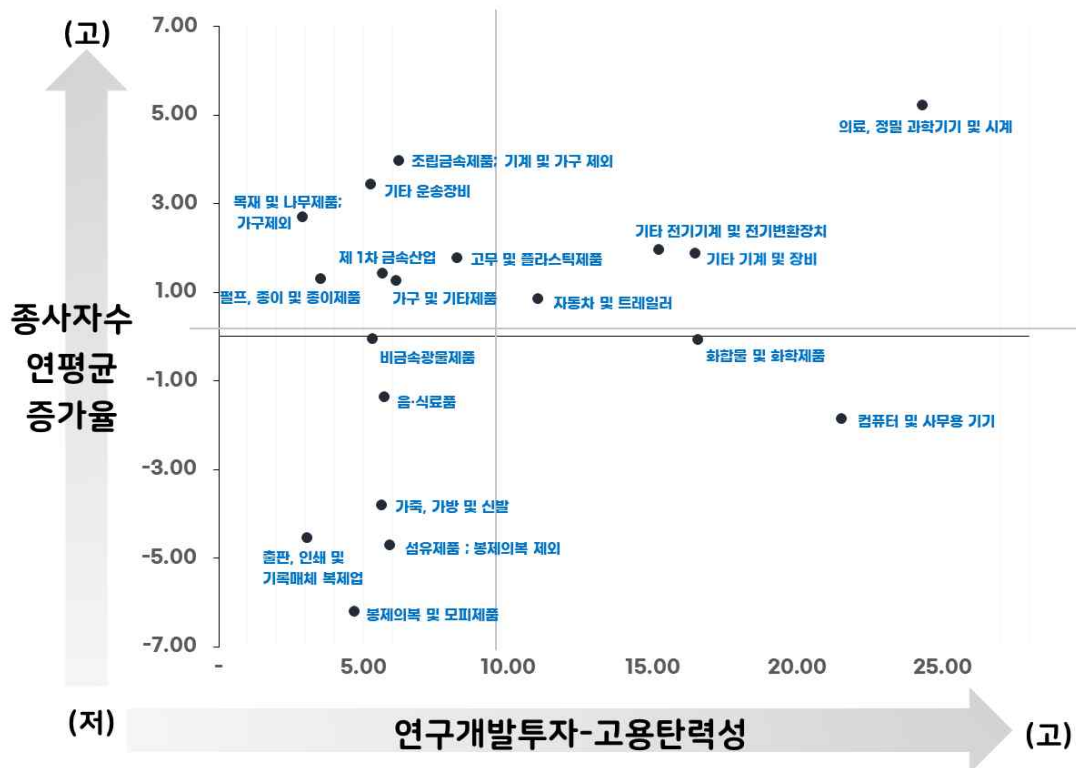
- 산업별 연구개발투자의 고용탄력성과 부가가치의 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 광학기기, 화합물 및 화학제품, 기타 전기기계 및 전기변환장치 등이 있으며, 연구개발투자와 부가가치 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 출판, 인쇄, 섬유제품, 봉제의복 및 모피제품 등이 있음
- 반면, 연구개발투자의 고용탄력성은 낮으나 부가가치의 증가율이 높은 산업으로는 조립금속제품, 음, 식료품, 목재 및 나무제품, 펄프, 종이 및 종이제품 등이 있음
- 이러한 특성은 연구개발투자 증가를 통한 고용증대 가능성과 현재 시현중인 부가가치의 평균적인 증가율의 관계를 나타내는 것으로, 의료, 정밀 광학기기(14)의 경우 고용 탄력성이 24.32%로 연구개발에 1%의 추가적인 투자가 있을 때, 24.3%의 고용증대 효과를 기대할 수 있으며, 현재 부가가치도 약 10.6%로 높은 것을 확인할 수 있음
- 반대로, 섬유제품, 봉제의복 및 모피제품 등의 산업군은 연구개발투자의 추가적인 투입을 하더라도 기대되는 고용 증대효과가 다른 산업에 비해 상대적으로 낮은 것으로 확인되며, 부가가치의 경우 전체 분석 기간 중 오히려 감소하는 양상을 보임



[그림 4-9] 2005~2018년 부가가치 및 연구개발투자-고용탄력성

□ [그림 4-10]은 산업별 연구개발투자의 고용탄력성과 종사자 수의 연평균 증가율을 나타내며, 연구개발투자의 고용 탄력성 평균 약 9.1%, 종사자 수의 평균증가율 약 0.2%를 기준으로 높은 증가율과 낮은 증가율을 구분하여 산업별 분포를 나타냄

- 산업별 연구개발투자의 고용탄력성과 종사자 수의 연평균 증가율이 모두 평균보다 높은 수준에 있는 산업군은 의료, 정밀 광학기기(14), 기타 전기기계 및 전기변환장치(15), 기타 기계 및 장비(16) 등이 있음
- 연구개발투자와 부가가치 증가율이 모두 평균보다 낮은 수준에 있는 산업군은 출판, 인쇄(7), 섬유제품(2), 봉제의복 및 모피제품(3) 등이 있음
- 반면, 연구개발투자의 고용탄력성은 낮으나 평균 종사자 수의 증가율이 높은 산업으로는 목재 및 나무제품(5), 조립금속 제품(12), 기타 운송장비(18) 등이 있으며, 반대로 연구개발투자의 고용탄력성은 높으나 평균 종사자 수의 증가율이 상대적으로 낮은 산업군으로는 컴퓨터 및 사무용 기기(13), 화합물 및 화학제품(8)이 있음
- 이러한 특성은 연구개발투자 증가를 통한 고용증대 가능성과 현재 종사자 수의 증가율 관계를 나타내는 것으로 다른 지표와 유사하게 의료, 정밀 광학기기는 가장 높은 수준에서 미래 연구개발투자를 증대를 통한 잠재적 종사자 증가와 현재 종사자 증가가 가장 높은 것으로 나타남



[그림 4-10] 2005~2018년 종사자수 및 연구개발투자-고용탄력성

V. 결론

제1절 주요결과 요약

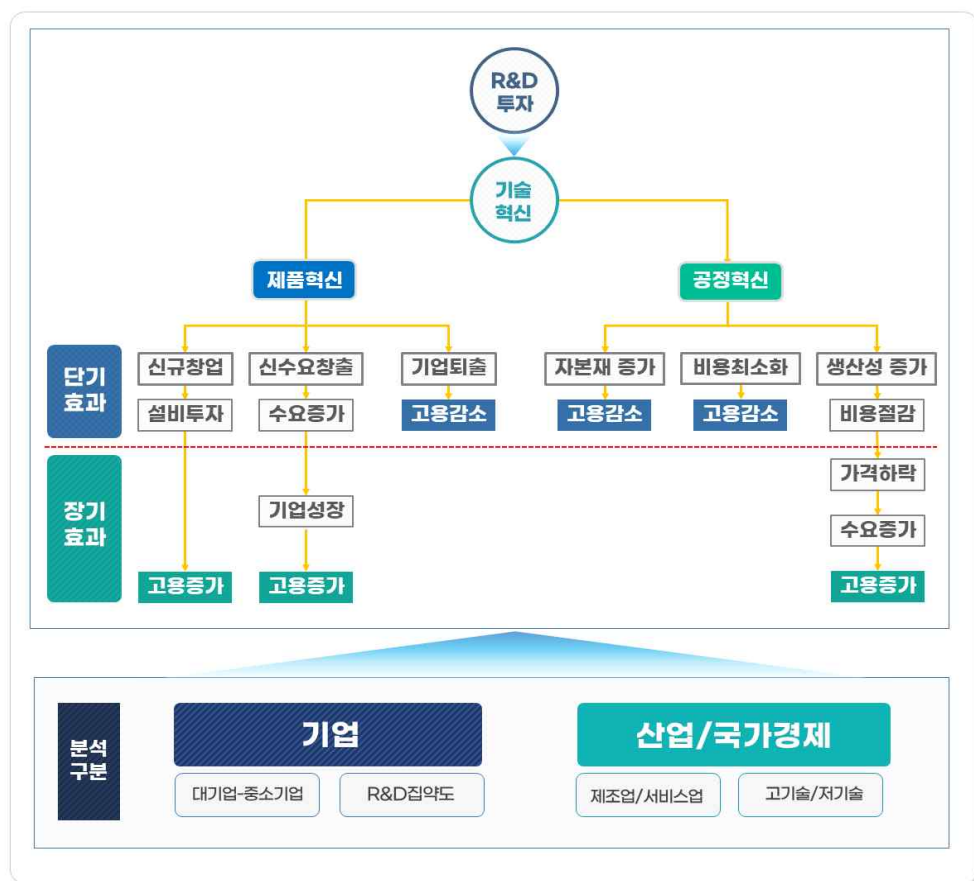
- 정부는 ‘일자리 창출’을 국정 운영의 최우선 과제로 설정하고 연구개발투자를 포함한 모든 분야에 전방위적인 대책을 주문하고 있음
 - 특히 기술의 고도화는 일자리 창출에 부정적인 영향을 끼친다는 주장과 그렇지 않다는 주장이 대립하는 상황이므로 연구개발 투자의 고용효과에 대한 검증이 필요함
- 이에 본 연구는 연구개발투자로 인한 일자리 창출의 효과 및 크기에 대한 실증분석을 통해 향후 연구개발투자 예산의 고용효과를 산출하기 위한 근거 모색에 그 목적이 있음
 - 정부 연구개발투자 지원을 받은 기업에 고용 창출효과가 존재하는지 분석하여 연구개발 투자와 일자리 증가의 선, 후행 관계를 검증하며, 연구개발 투자와 일자리 창출 사이의 상관관계를 분석

1. 선행연구: 연구개발투자와 고용간의 관계

- 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 기술혁신이 신규창업, 신규 창출, 생산성증가에 따른 가격하락으로 이어져 고용을 증가시킨다는 논리 구조를 가짐
 - 연구개발투자를 통한 기술혁신이 고용을 증가시킨다는 연구는 대체로 연구개발투자를 통한 기술혁신이 소득과 수요를 증대시켜 고용을 증대시킨다고 주장
 - Caballero and Hammour(1997)은 기술혁신이 자본에 체화되어 창조적 파괴 효과가 나타나면, 자본생산성이 노동생산성을 추월하여 자본이 노동을 대체하게 되면서 실업 발생하는 것으로 주장
 - Mortensen and Pissarides(1998)은 신기술이 체화된 자본재가 기존 근로자와 설비를 대체하지 않고 생산과정에 새롭게 사용되어 추가적인 일자리를 창출하게 되는데, 이 경우 기술진보는 신규 사업자 및 설비의 진입을 촉진시키고 실업이 감소하는 소위 자본화 효과가 나타난다고 주장
 - 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 국내 연구는 2000년대 중반 이후 다양한 실증적 연구들이 발표되는데, 대체로 연구개발투자가 고용을 증가시킨다는 결과를 제시하는데, 강규호 (2006)는 SVAR모형 분석을 이용해 분석한 결과 우리나라에서 기술혁신이 고용을 증가시키는 효과가 있음을 보였으며, 김병우·하태정(2008)은 ARDL모형을 이용해 연구개발투자의 고용창출 효과를 분석하였는데, 정부연구개발 투자의 고용효과가 민간보다 크다는 결과를 제시
- 기술혁신이 고용에 미치는 영향은 분석대상(표본), 기간 및 모형의 선택에 따라 상당한 차이를 보이고 있어 연구개발투자와 고용 간의 관계에 대한 일치된 결론은 아직까지 찾아보기 어려움
 - 산업별 연구개발투자의 고용효과에 대해 분석한 Greenan and Guellec(2000), Evangelista and Savona(2002), Peters(2004), 박재민(2001)과 같은 일련의 연구들에 따르면 제조업, 전문기술형 등의 기술집약적 산업에서는 양(+)의 고용효과가 나타남

- 서비스업, 금융관련업 등의 기술혁신의 중요도가 낮은 산업에 서는 고용효과가 음(-)이거나 통계적으로 뚜렷하지 않다는 결과를 제시
 - － 기업의 연구개발투자는 혁신역량을 확보하기 위한 필수적인 투입요소이며 연구개발 투자가 혁신활동을 촉진시켜 기업의 기술적, 경제적 성과에 긍정적인 영향을 미치지만, 연구개발 투자가 고용창출 효과에 유의미한 영향을 미치는가에 대해서는 다양한 주장이 존재함
- 연구개발 투자를 통한 기술혁신은 성격에 따라 제품혁신(product innovation)과 공정혁신(process innovation)으로 구분될 수 있으며, 각 혁신유형에 따라 고용에 미치는 효과는 상이하게 나타남

[그림 5-1] 연구개발투자와 고용 간의 관계 선행연구 구조



- 본 연구는 정부 연구개발 투자지원과 고용성과, 혁신 활동과 고용성과에 대한 이론적 논의와 실증연구 결과에 기초하여 우리나라 중소기업에 대한 정부 연구개발 투자지원이 고용창출에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는 것이 주요목표
- 연구개발을 통한 기술혁신역량의 향상이 고용창출로 연계되는지에 대해서는 연구방법론, 자료의 구성에 따라 상반된 견해가 존재하며, 연구개발투자가 고용창출에 영향에 대한 분석은 장기적인 시각이 필요

2. 실증분석

- 본 연구에서는 본격적인 실증분석에 앞서 연구개발 투자와 고용 간의 선후 관계 또는 인과관계를 파악하기 위한 분석을 수행
 - 전체 연구개발투자가 고용에 미치는 영향은 3변수 구조형 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 모형은 1기에 고용증가율이 0.007% 증가한 이후 10기에 걸쳐서 점진적으로 감소하며, 4변수 모형은 1기에 고용증가율이 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하며, 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남
 - 정부 연구개발투자가 고용에 미치는 영향의 분석도 3변수 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 VAR 모형 분석결과 1기에 증가한 후 고용증가율에 음(-)의 반응을 보이거나, 2기 이후 양(+)의 반응을 보이면서 그 반응이 감소하며, 4변수 VAR 모형의 분석결과 정부 연구개발투자 충격에 대한 고용증가율의 반응이 1기 후에 음(-)의 영향을 미친 뒤 2기 이후 양(+)의 반응을 보이며, 3기 이후 가장 큰 양(+)의 반응을 나타냄
 - 민간 연구개발투자가 고용에 미치는 영향의 분석도 3변수 VAR 모형과 및 4변수 VAR 모형을 사용하여 분석
 - － 3변수 VAR 모형 분석결과 민간 연구개발투자 충격에 고용증가율이 1기에 크게 증가한 후 점차 그 반응이 감소하여 10기 이후에는 그 영향이 거의 소멸되며, 4변수 VAR 모형 분석결과 3변수 충격반응함수와 유사하게, 전체 연구개발비 증가를 충격에 대한 고용 증가율의 반응이 초기에 크게 증가한 후 급격히 그 반응이 감소하며, 10기 이후 10기 이후에는 그 영향이 거의 사라지는 것으로 나타남
- 또한, 본 연구에서는 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 분석하며, 제약하 구조형 VAR모형에서 추정된 행렬로 β_1 유도하여 산출
 - 전체 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.14의 효과를 가지는 것으로 나타남
 - 정부 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.045의 효과를 가짐
 - 민간 연구개발투자 증가율 충격이 고용증가율에 미치는 장기효과의 구조 충격반응함수를 보면, 1기에는 음(-)의 효과가 나타나나, 장기적으로 0.099의 효과를 가짐
- 실증분석은 연구개발투자와 고용 간의 ①선후관계를 확인하고, ②연구개발투자와 고용 효과의 인과관계를 검증하고, ③ 연구개발투자 따른 장기고용효과를 산출하는 것이 목적임
 - 연구개발투자가 고용증가에 영향을 미치는 것으로 분석결과가 산출되었으며 이는 연구개발투자가 고용증가 간의 선후관계는 연구개발투자가 선행하는 것으로 판단됨
 - 연구개발투자와 고용은 $R_t(\text{연구개발투자}) \rightarrow GDP_t \rightarrow E_t(\text{고용})$ 의 인과관계 사슬이 있는 것으로 나타남

- 누적반응함수의 결과를 요약하면, 연구개발투자는 5년~12년 간 고용효과가 발생하는 것으로 나타났음

<표 5-1> 누적반응함수 결과요약

구분	모형	내용	전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
제약조건이 없는 모형	3변수 모형	고용효과 지속기간	10년	9년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.02%	0.016%	0.022%
	4변수 모형	고용효과 지속기간	12년	5년	10년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.017%	0.0007%	0.017%
제약조건을 부여	장기 효과	고용효과 지속기간	10년	7년	8년
		연구개발투자 증가율 충격에 대한 누적반응	0.14%	0.045%	0.099%

- 연구개발투자의 장기고용효과는 고용탄력성의 의미로 해석할 수 있으며, 전체/정부/민간 연구개발투자가 100% 증가했을 때, 각각 17.2%, 25.0%, 4.8%로 산출되었음

<표 5-2> 장기효과 고용탄력성결과요약

구분		전체 연구개발투자	정부 연구개발투자	민간 연구개발투자
장기효과	고용탄력성 (=고용 증가율/연구개발투자 증가율) ※연구개발투자 100% 증가 시	17.2%	25.0%	4.8%

- 연구개발투자와 고용 간의 관계는 기존 선행연구에서 제시된 보상효과(고용증가)를 지지하고 있는 것으로 분석되었음
- 두 변수 간에 명확한 인과관계가 확인되었으며, 연구개발투자가 고용에 선행한다는 점과 연구개발투자에 따른 고용효과가 중장기적으로 이어지고 있다는 점이 확인되었음

3. 연구개발투자의 고용탄력성 추정

- 본 연구는 연구개발투자의 고용 탄력성을 추정하기 위해 중소기업실태조사를 활용하여 2005년부터 2018년까지 19대 산업의 패널자료를 구축함
 - R&D투자의 고용효과를 분석하기 위해서는 자본스톡을 생산자본스톡과 R&D자본스톡을 산정
 - － R&D 자본스톡은 2005~2018년 평균 23.9조 원 규모로 산출되었으며, 기타기계 및 장비제조업(5.3조원), 컴퓨터 및 사무용기기제조업(3.5조원), 기타전기기계 및 전기변환장치제조업(2.3조원) 순으로 나타남
 - 산업별 연구개발투자 현황(연구개발투자/부가가치)은 2010년까지는 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업이 가장 높은 수준이며, 2015년 의료, 정밀, 광학기기 및 시계제조업이 14.97%로 가장 높게 나타남
 - 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성 추정모형은 다수의 고용방정식 추정모형과 유사하게 부분조정항을 포함한 동태적 고용방정식을 상정함 (Bhalotra, 1998; Lang, 1998, 참조)
- 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성을 부분조정항을 고려하지 않은 일반적인 패널고정효과모형을 사용하여 추정한 결과 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
 - 고용방정식 추정결과는 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 고용탄력성은 14.1~15.1%로 제시되고 있음
 - － 모형(1)과 모형(4)을 제외한 나머지 모형에서 R&D투자스톡이 증가하면 노동은 14~15% 내외로 제시되었으며, 강건한(robust) 것으로 제시됨
 - － 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
 - － 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
 - － R&D투자스톡, 지식재산권 등 R&D 관련 변수가 최종적으로 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있음
- 중소기업 전체의 R&D 고용탄력성을 부분조정항을 고려한 시스템 GMM 모형으로 추정한 결과 우선 고용조정항($\ln E_{i,t-1}$)은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이므로 충격에 대한 고용조정이 순간적으로 이루어지지 않는 부분 조정모형을 지지하며, 고용조정속도는 0.257로 나타남
 - R&D 투자스톡의 고용탄력성은 13.4~15.0%로 제시되고 있어, 안정적인 것으로 나타남
 - － 앞선 추정결과와 달리 임금변수 모든 추정모형에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 부호를 보여 임금변수는 일반적인 수요함수에서 가격이므로 이론과 일치하는 결과로 해석할 수 있음
 - － 기업의 평균업력 변수들은 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 기업들의 무형자산의 축적이 고용에 긍정적인 영향을 미침을 시사함
 - － 정부 기술개발 지원금 관련 변수는 모두 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이고 있으므로, 정부

의 기술개발 지원금이 고용증대에 기여하고 있음을 의미함

- 마지막으로 연구개발투자의 성과를 나타내는 지식재산권 보유수와 산업재산권 보유수는 양(+)의 부호를 보이고 있으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났음

□ 패널고정모형이나 시스템GMM 추정결과 모두 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 13.4~15.1% 범위에 있는 것으로 분석되어 매우 강건한(robust) 결과임을 알 수 있음

- 종합하면, 모든 모형에서 R&D 투자스톡의 고용탄력성은 강건한 유의성을 보이므로 추정모형에 있어서는 패널고정효과 모형과 부분조정을 고려한 시스템GMM의 추정모형의 결과를 모두 지지함
- 추정결과를 종합하면, 연구개발스톡이 고용증대에 양(+)의 효과를 가지며, 정부의 기술개발 지원금이 고용증대에 긍정적인 효과를 가지며, 연구개발투자의 성과를 확대시킬수록 고용이 증가함
- 따라서 연구개발투자를 통해 연구개발스톡을 축적하도록 기술개발 지원을 장려하는 융자 및 보조금 정책 실행, 연구개발투자의 성과인 지식재산권 활용을 촉진시키는 정책들이 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

□ 중소기업의 산업별 R&D 고용탄력성을 추정하기 위해 전체 효과 추정한 방정식에 로그를 취하지 않은 상태에서 추정을 시행

- 산업별 고용탄력성은 추정계수 β_5 를 활용하여 연도별, 산업별 고용인원과 R&D투자금액을 적용하여 산출
 - 탄력성의 결정식이 의미하는 것은 R&D 투자가 1% 증가하면 고용이 얼마나 변화하는가를 의미하는 것으로, 증가와 감소는 β_5 의 부호에 의존하며, 결국 β_5 가 통계적으로 유의한 양(+)의 부호로 도출되면 R&D 투자가 고용에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있으며, 산업별, 연도별 고용 탄력성을 산출할 수 있음
- 추정결과를 살펴보면, 본 연구에서 주요 관심변수인 연구개발스톡 변수는 통계적으로 유의한 양(+)의 부호를 보이는데, 이는 규모효과를 통해 고용을 증대시킨 것으로 해석됨
 - 모형(1)과 모형(4)에서 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 이는 지식재산권 보유권수와 R&D투자스톡 간의 관계에 따른 것이라 유추할 수 있음
 - 지식재산권은 R&D 투자의 성과로 둘 변수 간의 상관관계로 인하여 지식재산권의 통계적 유의성은 있는 것으로 분석되었으나, R&D투자 스톡의 통계적 유의성은 상실된 것으로 판단됨
- 고용방정식 추정결과는 모형설정에 따라 일부 차이를 보이지만, R&D 투자스톡의 계수를 활용하여 산업별, 연도별 고용탄력성을 추정하는 것이 목적이므로, 통계적 유의성이 확보된 모델의 추정계수는 0.0088을 활용함

□ 산업별 연구개발투자 고용탄력성의 기간별 추정결과 전체평균은 9.13%로 나타나며, 2015~2018년 컴퓨터 및 사무용기기 산업이 37.67%로 가장 높았으며, 2005~2009년 봉제의복 및 모피제품업이 0.89%로 가장 낮게 나타남

- 즉, R&D 투자가 100% 증가하면, 전체 산업의 고용은 9.13% 증가한다는 의미이며, 표의 각 내용은 각 산업 및 기간별 탄력성이라 할 수 있음

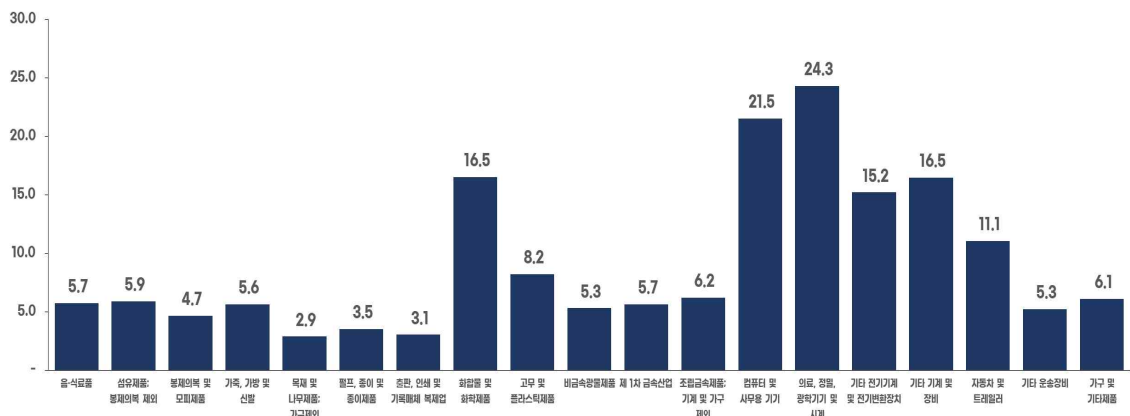
<표 5-3> 산업별 기간별 R&D 고용탄력성 산출결과

(단위:%)

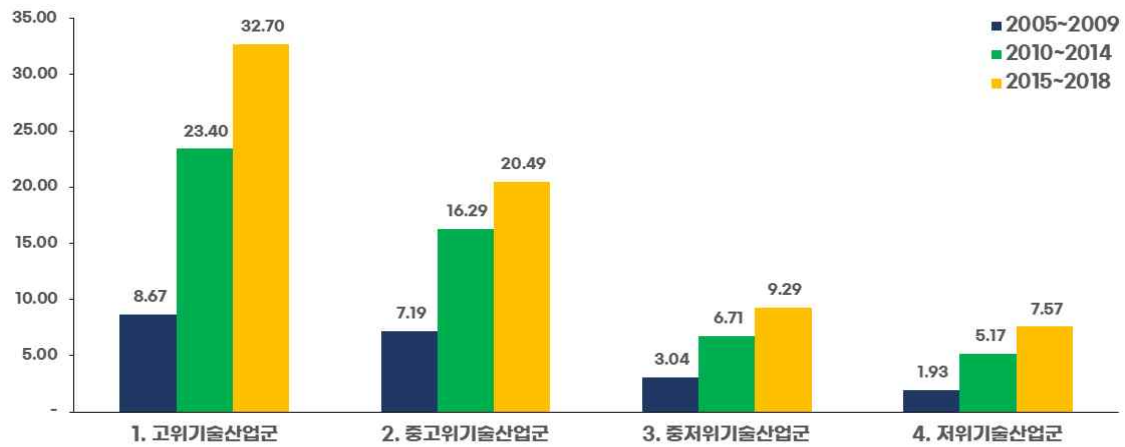
구분	2005 ~2009	2010 ~2014	2015 ~2018	전체평균
음·식료품제조업	3.06	6.73	7.84	5.74
섬유제품제조업;봉제의복제외	1.92	6.85	9.73	5.91
봉제의복및모피제품제조업	0.89	4.19	10.06	4.69
가죽,가방및신발제조업	2.69	5.75	9.20	5.65
목재및나무제품제조업;가구제외	1.22	3.14	4.69	2.90
펄프,종이및종이제품제조업	1.56	3.96	5.49	3.54
출판,인쇄및기록매체복제업	1.50	3.39	4.57	3.05
화합물및화학제품제조업	7.45	18.99	24.87	16.55
고무및플라스틱제품제조업	4.47	8.98	11.99	8.23
비금속광물제품제조업	2.03	6.02	8.55	5.32
제1차금속산업	2.65	6.02	8.97	5.66
조립금속제품제조업;기계및가구제외	2.94	6.86	9.54	6.23
컴퓨터및사무용기기제조업	7.20	22.93	37.67	21.52
의료,정밀,광학기기및시계제조업	11.35	28.29	35.55	24.32
기타전기기계및전기변환장치제조업	6.92	16.49	23.97	15.21
기타기계및장비제조업	9.24	19.55	21.64	16.47
자동차및트레일러제조업	5.42	12.84	15.85	11.05
기타운송장비제조업	3.11	5.69	7.39	5.26
가구및기타제품제조업	2.62	7.36	9.01	6.14
전체평균	4.12	10.21	14.03	9.13

- 전체 분석 기간의 산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 보면, 의료, 정밀, 광학기기 산업이 24.2%로 가장 높으며, 가장 낮은 산업은 목재 및 나무제품이 2.90%로 나타남

[그림 5-2] 전체 기간의 산업별 R&D투자-고용탄력성



□ 분석 기간별, 기술산업별 연구개발투자의 고용 탄력성을 보면, 고위기술군의 2015~2018년 기간 고용 탄력성이 32.7%로 가장 높게 나타나며, 저위기술군의 2005~2009년 기간 고용 탄력성은 1.93%로 가장 낮은 것으로 나타남



[그림 5-3] 기간별 기술 수준별 R&D투자-고용 탄력성

제2절 정책적 시사점

- 본 연구는 연구개발투자와 고용 간의 관계를 밝히고자 실증분석, 고용탄력성 추정 등 다양한 분석을 수행하였으며, 그 결과 연구개발투자가 고용창출로 이어진다는 보상효과를 지지하고 있음
 - 연구결과에 따르면, 연구개발투자가 고용으로 이어진다는 근거가 충분함으로 정부는 지속적으로 연구개발투자 확대가 필요함
- 연구개발투자에 따른 고용효과의 크기는 분석대상, 분석기간에 따라 다양하게 도출되었으며, 이는 R&D투자 전략 마련에 시사점을 제공할 수 있음
 - 연구개발투자와 고용 간의 장기효과에서 고용탄력성은 4.8%~25% 수준으로 산출
 - 중소기업의 R&D 투자스톡-고용탄력성은 13.4~15.1%로 도출되었음
 - 특히 중소기업 산업별 고용탄력성은 1.93%~32.7%로 상당히 넓게 나타났음
- 연구개발투자의 고용탄력성이 높은 고위기술산업군을 중심으로 지속적인 투자 확대가 필요함
 - 연구개발투자의 고용탄력성은 고위기술산업군 32.7%, 중고위기술산업군 20.4%, 중저위기술산업군 9.29%, 저위기술산업군 7.5%로 나타났으며, 고위기술산업군에 연구개발투자는 높은 고용창출로 이어질 것으로 기대됨
 - 고위기술산업군에서 「14. 의료, 정밀 광학기기」는 연구개발투자 증가를 통한 고용증대 가능성과 현재 종사자 수의 증가율 관계를 분석한 결과, 가장 높은 수준에서 미래 연구개발투자를 증대를 통한 잠재적 종사자 증가와 현재 종사자 증가가 가장 높은 것으로 나타남
- 주요결과 중 연구개발투자 스톡의 증가가 고용창출로 이어지고 있음으로 연구개발스톡을 축적하도록 기술개발 지원을 장려하는 융자 및 보조금 정책 실행, 연구개발투자의 성과인 지식재산권 활용을 촉진시키는 정책들이 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

참 고 문 헌

- 김기화 (1990), 「경기순환이론」, 다산출판사.
- 김을식 (2011), 「경기도 지역고용종합지수 개발 및 분석」, 경기개발연구원, 연구보고서, 2011-25.
- 김상호, 임현준 (2005), “한국중요소생산성 변동의 동태적 결정요인: 무역변수를 중심으로”, 「대외경제연구」, 제9권 제2호, pp.3~47.
- 김의제 (1999), 「우리나라 제조업의 성장요인분석-연구개발투자의 생산성 분석을 중심으로」, 과학기술정책연구원, 정책연구 99-18.
- 김재원 (1984), “중소기업과 대기업의 중요소생산성 비교,” 「한국개발연구」, 제6권 제1호, pp. 38~57.
- 김적교, 손찬현 (1979), “우리나라 제조업의 생산성 분석(1966~1975)” 「연구조사보고」, 제 79-01권, 한국개발연구원.
- 김정우, 이희경, 이영훈, (2001) “확률프론티어분석을 이용한 연구개발투자의 OECD 국가간 파급효과,” 「산업조직연구」, 제9집 제1호, pp.35~57.
- 송준기 (1994), “R&D 자본과 생산성관계에 관한 실증적 분석,” 「산업조직연구」, 제3집, pp.37~56.
- 신일순, 김홍균, 송재경 (1998), “정보기술이용과 기업성과,” 「경제학연구」, 제46집 제3호.
- 신태영 (2004), 「연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도」, 과학기술정책연구원.
- _____ (2005), 「기술혁신이 고용 및 성장에 미치는 영향: 요소대체율과 기술진보율에 대한 실증적고찰」, 과학기술정책연구원, 2005.
- 신태영, 박병무 (1999), 「거시계량분석모형을 이용한 연구개발투자의 정책효과분석」, 과학기술정책관리연구소, 정책연구 99-04.
- 신태영, 이우성, 송치웅, 손수정 (2007), 「연구개발투자의 경제성장 및 분배에 미치는 영향」, 과학기술부.
- 윤충한 (2002), “IT기업 R&D 투자의 파급효과 추정” 「정보사회연구」, 가을, pp. 45~55.
- 윤충한, 장화탁 (2000), 「정보통신 연구개발투자의 경제적 효과연구」, 정책연구, 정보통신정책연구원.
- 이영수서환주홍필기 (2000), “OECD 가입국의 ICT투자의 성장기여도 분석 및 자원배분의 동태적 효과,” 「금융연구」, 14권 1호, pp. 27~55.
- 이우성,윤문섭 (2007), 「R&D 투자를 통한 성장잠재력 확충 방안」, STEPI 과학기술정책이슈

제2호.

- 이원기, 김봉기 (2003) “연구개발투자의 생산성 파급효과 분석,”한국은행, 「조사통계월보」, 5월 호.
- 이종하, 이충열 (2011), “동아시아 주요국의 주가 변동요인 분석,” 「국제경제연구」, 17권 3호.
- 정기호 (2005), “원자력부문 연구개발투자지출의 경제파급효과 산업연관분석,” 「자원·환경경제연구」, 제14권 제4호, pp. 839~866.
- 조하현·황선웅 (2008), 「한국의 경기변동: 이론과 실체」, 박영사.
- 통계청, 국가통계포털, www.kosis.kr
- 표학길 (1989), 「정보기술도입과 한국의 경제성장」, 통신개발연구원, 1989
- 하준경 (2005), “연구개발의 경제성장 효과 분석,” 「경제분석」, 금융경제연구원, 제11권 제2호.
- 한국은행, 경제통계시스템, ecos.bok.or.kr
- Abramovitz, Moses (1986), "Catching up, Forging Ahead, and Falling Behind", Journal of Economic History 46: pp.385~406.
- Bartelsman, E. (1990). Federally sponsored R&D and productivity growth, Finance and Economics Discussion Series 121, Federal Reserve Board, Washington D.C.
- Burns, A. F. and W. C. Mitchell (1946), Measuring Business Cycles, National Bureau of Economic Research, New York.
- Christiano, L., Eichenbaum, M., and Vigfusson, R. (2003), What Happens after a Technology Shock, NBER Working Paper, No. 9819.
- Christiano, L. (1986), “Money and the U.S. economy in the 1980s: A break from the past?,” Federal Reserve Bank of Minneapolis, Quarterly Review, summer, pp.2-13.
- Coe, David T. and Elhanan Helpman (1995), "International R&D Spillovers", European Economic Review, 39 (5): 859~887.
- Coe, D., and E. Helpman (1995). “International R&D spillovers”, European Economic Review, 39, pp. 859-887
- Coe, D., E. Helpman and A. Hoffmaister (2008). International R&D spillovers and institutions, IMF Working Paper, No. 08/104.
- Dowrick, Steve and Mark Rogers (2002), "Classical and Technological Convergence: Beyond the Solow-Swan Growth Model", Oxford Economic Papers 54: 369~385.
- Eichengreen, B. and T. Bayoumi(1997), “Shocking Aspects of European Monetary Unification,” European Monetary Unification Theory, Practice, and Analysis, The MIT Press, 73-109.

- Estrada, A. and J. M. Montero (2009), R&D Investment and Endogeneous Growth: A SVAR Approach, Banco De España, Working Paper, No. 0925.
- Frantzen, Dirk (2000), "R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross-Country Analysis", *Scandinavian Journal of Economics* 102 (1): 57~75.
- Goto, J.(2002), "Economic Preconditions for Monetary Cooperation and Surveillance in East Asia," *International Financial Symposium – Overcoming Financial Crisis and Financial Reform in Asia*, KDIC Conference Proceedings, Oct.
- Griffith, Rachel, Stephen Redding and John Van Reenen (2000), "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries", *London School of Economics, Centre for Economic Performance Discussion Paper* 2457 (May): 1~74.
- Guellec, Dominique and Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2001), "R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries", *OECD Economic Studies* 33: 103~126.
- Harrigan, J. (2000), "Estimation of Cross-Country Difference in Industry Production Function," mimeo.
- Hodrick, R. J. and E. C. Prescott (1980), Post-war U.S. business cycles: An empirical investigation, *Discussion paper* 451, Carnegie-Mellon University.
- Howitt, Peter and David Mayer-Foulkes (2002), "R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs", *NBER Working Paper* No. 9104 (August): 1~39.
- Lichtenberg, Frank R and Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (1998), "International R&D Spillovers: A Comment", *European Economic Review* 42(8): 1483~1491.
- Nelson, Richard R. and Edmund S. Phelps (1966), "Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth", *The American Economic Review* 56 (1/2, Mar): 69~75.
- Nelson, C. R. and C. I. Plosser (1982), "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series," *Journal of Monetary Economics*, 10, 139–162.
- OECD (2003), *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, OECD Publishing.
- Park, W. G. (1998). "A theoretical model of government research and growth", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 34, pp. 69–85.
- Rotemberg, J. and Woodford, M. (1992), "Oligopolistic Pricing and the Effects of Aggregate Demand on Economic Activity," *Journal of Political Economy*, 100(6), pp. 1153–1207.

- Sims, C. (1980), "Macroeconomics and Reality," *Econometrica*, 48, pp.1–48.
- Stock, J. H. and M. W. Watson (1988), "Testing for Common Trends," *Journal of the American Statistical Association*, 83(404), 1097–1107.
- Wasserfallen, W. (1985), "Forecasting, rational expectations and the Philips Curve: An empirical investigation," *Journal of Monetary Economics*, 19(3), pp. 7–28.
- Watson, M. (1986), "Univariate detrending methods with stochastic trends," *Journal of Monetary Economics*, 18(1), pp. 49–76.
- (1986), "Non–Stationarities in macroeconomic time series further evidence and implications," *Canadian Journal of Economics*, 19(3), pp. 498–510.
- (1988), "Trends, random walks, and the expectations–augmented Philips curve evidence from six countries," *Journal of Money, Credit and Banking*, 20(3), pp. 306–318.
- (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, OECD Publishing.
- 文部科学省 科学技術政策研究所(2008), 『研究開発指標の国際比較可能性に関する考察: 「科学技術総合指標」に関する考察と日米の大学に対する政府研究開発支出の比較分析』, Discussion Paper No. 48.

주 의

1. 이 보고서는 한국과학기술기획평가원에서 위탁받아 수행한 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국과학기술기획평가원의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.