



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학 석사학위 논문

한국 방위산업의 총요소생산성 변화와 결정요인 분석

- 특히 기술영역의 변화를 중심으로 -

A Study on the determinant factor of change of total factor
productivity in the Korean defence industry
: Focus on the change of patent technology domain

2013년 2월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
한 영 희

한국 방위산업의 총요소생산성 변화와 결정요인 분석
: 특히 기술영역의 변화를 중심으로

A Study on the determinant factor of change of total factor
productivity in the Korean defence industry
: Focus on the change of patent technology domain

지도교수 이 정 동

이 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2013년 2월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
한 영 희

한영희의 공학 석사학위 논문을 인준함

2013년 2월

위원장 박 하 영 (인)

부위원장 이 정 동 (인)

위원 오 동 현 (인)

초 록

한국의 방위산업은 1990년대 말부터 기술의 질적 향상을 위한 노력해왔다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 최근 군에서 요구되는 첨단무기체계 개발에 필요한 기술 수준이 부족한 것이 현실이다. 본 논문에서는 한국 방위산업에 종사하는 기업을 대상으로 2000~2010년간 총요소생산성 변화 그 결정요인을 분석하였다. 결정요인 분석은 특허와 특허자료를 바탕으로 기업과 발명자의 기술영역의 변화를 중심으로 연구하였으며 실증분석 결과 먼저 한국 방위산업체의 총요소생산성은 연평균 6%이며 주요원인은 기술진보에 의한 것으로 확인되었다. 이는 한국의 방위산업이 기술적 효율성에 의한 기술 추격형 산업에서 기술진보를 통한 혁신적인 산업으로 발전했음을 의미한다. 두 번째로 누적된 출원특허는 생산성과 양의 관계임을 확인하였다. 세 번째로 기업의 기술영역 확장과 발명자의 기술영역 확장은 각각 음과 양의 관계로 나타났다. 본 연구에서 얻은 실증분석 결과를 바탕으로 향후 한국 방위산업의 기술진보와 혁신을 위한 정책적 시사점을 제시하였다.

주요어: 방위산업, 총요소생산성, 확률적 변경추정법, 특허, 기술영역

학 번: 2011-22951

목 차

초 목	iii
목 차	iv
표 목차	vi
그림 목차	vii
1. 서 론	1
1.1. 연구배경	1
1.1.1. 한국의 방위산업	1
1.1.2. 생산성과 특허	4
1.2. 연구목적 및 구조	5
2. 선행연구 및 연구가설	8
2.1. 확률적 변경추정법(stochastic frontier analysis)	8
2.2. 특허와 생산성	9
2.2.1. 출원특허 건수와 생산성	9
2.2.2. 특허 출원 주체의 기술영역 변화와 생산성	10
2.3. 국방과 방위산업 관련 연구	15
3. 연구방법	17
3.1. 중요소생산성 분석	17
3.1.1. 이론적 모형	17
3.1.2. 실증 모형	20

3.2. 결정요인 분석	22
3.2.1. 토빗 모형	22
3.2.2. 고정효과모형과 임의효과모형	23
3.2.3. Hausman 검정	26
4. 자료와 변수	27
4.1. 총요소생산성 분석	27
4.1.1. 자료	27
4.1.2. 변수	28
4.2. 결정요인 분석	29
4.2.1. 자료	29
4.2.2. 변수	30
5. 결 과	36
5.1. 총요소생산성 분석결과	36
5.2. 결정요인 분석결과	41
5.2.1. 기술적 효율성 결정요인 분석	41
5.2.2. 기술진보 결정요인 분석	44
5.2.3. 총요소생산성 결정요인 분석	46
5.2.4. 연구가설 검정결과	48
6. 결 론	50
참 고 문 헌	54
Abstract	61

표 목차

[표 1] 생산함수 변수 산출과정	29
[표 2] 생산함수 변수 기초통계량	29
[표 3] 결정요인 변수 산출과정	35
[표 4] 결정요인 변수 기초통계량 및 Pearson상관계수	35
[표 5] 생산함수 추정결과	37
[표 6] 각 모형의 가정	38
[표 7] 가설검정 결과	39
[표 8] 총요소생산성과 요인별 분해	40
[표 9] 기술적 효율성 분석결과	42
[표 10] 기술진보 분석결과	45
[표 11] 총요소생산성 분석결과	47
[표 12] 연구가설 검정결과	48

그림 목차

[그림 1] 한국 방위산업 매출액 및 국산화율 변화	2
[그림 2] 연구의 구조	6
[그림 3] 기술영역 확장과 생산성의 관계	13
[그림 4] 연구의 가설	14
[그림 5] 부가가치, 자본스톡 및 노동의 변화	28
[그림 6] 특허 출원 기업, 발명자 및 출원특허 건수의 변화	30
[그림 7] 총요소생산성과 요인별 변화	41

1. 서 론

1.1. 연구배경

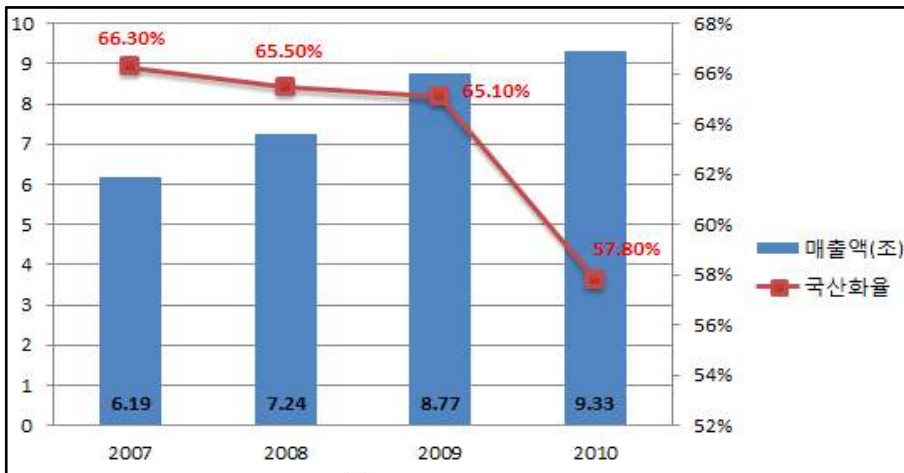
1.1.1. 한국의 방위산업

1953년 이후 정전상태의 한국은 국방력 강화를 위해 총량적 성장을 지향하였으며 그 결과 한국의 국방력은 전쟁억제라는 목표달성에 기여할 수 있었다. 1990년대 말부터는 전력증강을 위하여 새로운 무기체계를 해외로부터 도입하는 단계를 지나, 해외 기술이전을 통해 직접 생산하는 등 근본적인 국방 과학기술의 발전을 시도하였다. 또한, 2000년대에 이르러 국방R&D의 확대와 함께 자체적인 무기체계 개발과 해외시장 진출을 도모하는 등의 질적 성장을 시도하고 있다. 하지만 이러한 성장은 급변하는 전쟁양상을 따라잡기에는 부족한 실정이다. 최근 전쟁양상은 정보과학전의 형태로 첨단 무기체계의 중요성이 날로 증가하고 있다. 한국의 방위산업체도 이러한 첨단 무기체계에 필요한 핵심기술과 부품을 개발하고 있으나 과거 기술개발에 대한 투자부족으로 자체 기술개발능력이 미흡하여 주요 무기체계의 핵심부품에 대한 대외 의존도가 높은 실정이다(국방부, 2010). 현재 분야별 한국의 국방과학기술 수준은 선진국대비 78%수준으로 세계 11위권으로 평가된다(국방기술품질원, 2010).

한국의 국방과학기술 수준이 세계 11위라는 것은 자주국방을 선포한지 40여년 만에 이뤄낸 빛나는 성과지만 군의 ROC(required operational capability, 작전요구성능)는 11위권 이상의 과학기술을 요구하고 있다. 군의 ROC가 높은 이유는 먼저 북한의 대규모 재래식 전력에 대응하기 위함이고

둘째는 미국, 중국, 러시아, 일본 등 세계 4대 강국에 둘러싸인 지정학적 위치에 기인한다. 국방과학기술수준과 ROC의 불균형은 결국 우수한 무기체계도입을 위해 핵심부품의 해외의존도를 높이는 결과를 낳았다.

한국의 국방과학기술수준과 ROC의 불균형은 무기체계의 국산화율¹⁾에서 명확하게 드러난다. 한국 방위산업의 매출은 [그림 1]과 같이 2007년 6.19조원에서 2010년 9.33조원으로 약 50% 성장하였지만 기술적 수준을 금액으로 환산한 국산화율은 66.3%에서 57.8%로 약 12%포인트 하락하였다(한국방위산업진흥회, 2010). ROC 대비 상대적으로 낮은 국방과학기술 수준으로 방위산업 매출액이 증가할수록 국산화율이 하락하는 경제적 손실이 발생하는 것이다.



출처: 한국방위산업진흥회, 2010

[그림 1] 한국 방위산업 매출액 및 국산화율 변화

1) 국산화율 계산은 완성장비 기준으로 국산화율 = $\frac{\text{총조달가격}^* - \text{총외화지출액}^{**}}{\text{총조달가격}} \times 100$ 로 계산됨.

* 총조달가격 = 제조원가 + 일반관리비 + 이윤, ** 총외화지출액 = 주·협력업체 수입품비 + 기술료

방위산업에서 국산화율의 하락은 경제적인 손실만이 아니라 무기체계 개발 지연, 해외시장 진출의 걸림돌인 동시에 도입 무기 운용효율성 하락 등의 제약사항으로 작용한다. 실제 사례로 2012년 4월 K-2 차기 전차 파워팩 국내 개발이 지연됨에 따라 초기 생산전차에 대한 독일산 파워팩 수입이 결정되었으며 결과적으로 양산지연, 외화지출의 부작용이 있었으며 수출제약의 경우는 2010년 국내 방위산업체가 개발한 전자전 장비 ALQ-200의 파키스탄 수출이 무산된 사례가 있다. 이는 해외에서 도입한 기술과 부품을 이용해 생산된 무기체계가 기술적 종속성으로 인하여 수출의 걸림돌이 된 대표적인 사례이다. 또한 도입된 무기체계의 유지, 운용 및 보수 등 운용효율성의 제약사항도 되는데 F-15K Tiger Eye 등 해외도입 장비 및 부품의 무단 해체 및 정비 논란의 사례에서 확인할 수 있다.

결과적으로 현재 한국은 무기체계 자체의 질적 성장에 비하여 핵심 부품 개발을 위한 근본적인 기술 성장은 상대적으로 느리게 진행된다고 볼 수 있다. 따라서 현재 한국의 방위산업은 군의 ROC에 부합되는 기술 확보가 시급한 실정이며 이러한 기술 개발을 통해 방위산업체의 성장과 더불어 국가적으로는 외화절약, 해외수출 및 고용 창출 등의 경제적 효과와 군의 무기체계 운용효율성 향상이라는 세 마리 토끼를 잡을 수 있을 것이다.

본 논문에서는 한국 방위산업체의 생산성 변화를 알아보고 기술진보에 관련된 결정요인 분석을 통해 한국 국방과학기술과 방위산업체의 능력을 제고하기 위한 시사점을 제공할 것이다.

1.1.2. 생산성과 특허

생산성은 투입량 대비 산출량의 변화를 의미하며 이정동(2002)은 경제주체의 생산활동 수준을 측정하는 중요한 수단임을 강조하였다. 생산성연구의 대표적인 방법은 Solow의 성장회계방법(growth accounting method)이다. 하지만 성장회계방법은 분석대상이 효율적으로 생산한다는 가정을 하기 때문에 기술적 효율성의 존재를 배제하는 단점이 있다. 실제로 기업이 주어진 여건에서 항상 최대 산출량을 생산하는 것이 불가능하다는 점을 고려할 때 다소 비현실적인 가정이다. 이에 비해 변경함수를 이용할 경우 기술적 효율성을 고려한 생산성 분석이 가능하다.

변경함수를 이용한 방법은 크게 비모수적 변경추정법과 모수적 변경추정법이 있다. 자료포락분석법(data envelopment Analysis, DEA)과 맘퀴스트 생산성지수(Malmquist productivity index)를 이용한 비모수적 변경추정법은 특정한 함수를 가정하지 않고 선형계획법을 통해 관측치를 비교하여 생산성을 찾는 방법으로 사용이 용이하다는 장점이 있으나, 통계적 추정이 아니기 때문에 통계적 가설검정이 제한되는 단점을 갖고 있다. 확률적 변경추정법(stochastic frontier analysis)을 이용한 모수적 변경추정법은 투입과 산출의 관계를 특정한 생산함수로 가정하고 통계적 추정을 통해 생산성을 분석하는 방법으로 통계적 가설검정이 가능하다는 장점이 있다(이정동 & 오동현, 2010). 따라서 본 논문에서는 기술적 효율성 고려하고 통계적 가설검정을 할 수 있기 때문에 보다 정교한 분석이 가능한 확률적 변경추정법을 사용하겠다.

한편 특허는 기업의 기술적 성과이며 축적된 지식을 대리한다. 특허는 기

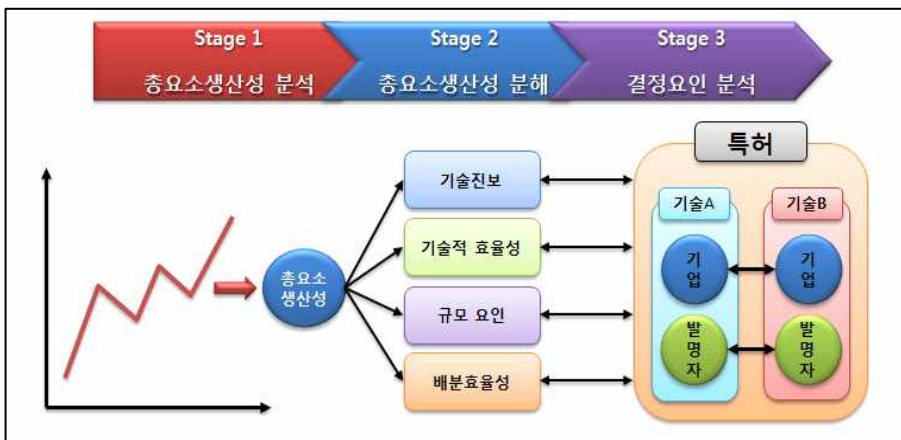
술침해와 관련된 논란에 중요한 영향을 미치기 때문에 기업은 기술과 노하우를 보호하기 위해 특허권 확보에 노력하고 있다. 특허와 관련된 기존의 연구는 기업차원에서 특허→기술혁신→기술/경제적 효과의 구조를 정량적으로 분석하고 기업과 정부 정책에 시사점을 제공하는데 초점을 두고 진행되어 왔다 (Aghion, David, & Foray, 2009; Crépon, Duguet, & Mairessec, 1998; Goedhuys & Veugelers, 2011; Hall, 2005, 2009). 또한 최근에는 특허 발명자의 이직과 기술적 유동성이 발명자의 생산성 미치는 영향에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다(Fallah & Choudhury, 2009; Hoisl, 2007, 2009; Latham, Le Bas, & Volodin, 2011). 하지만 기존의 특허에 대한 연구는 특허의 정보를 세분화하지 않고 기업 또는 산업에 미치는 영향과 정책적 시사점을 도출하거나 특허의 기술적 유동성과 발명자 개인의 생산성의 관계만 연구했다는 단점이 있다. 본 논문에서는 특허건수 뿐만 아니라 특허 정보, 특히 특허 출원 주체인 기업과 발명자의 기술적 유동성에 의한 기술영역의 변화를 고려함으로써 특허에 담긴 다양한 정보를 반영한 연구를 할 것이다.

1.2. 연구목적 및 구조

본 논문의 목적은 2000~2010년간 한국 방위산업의 90개 기업의 생산성을 분석하고 특허와 특허 출원 주체인 기업과 발명자의 기술적 유동성으로 인한 기술영역의 변화가 생산성에 미치는 영향을 확인하여 향후 국방과학기술과 방위산업체의 능력 향상을 위한 시사점을 제공하는 것이다. 이를 위해 (1) 확률적 변경추정법을 이용하여 기업의 총요소생산성을 측정하고 (2) 이를 기술

진보, 기술적 효율성, 규모요인, 배분효율성으로 분해한 다음 (3) 회귀분석을 통해 특허, 기업과 발명자의 기술영역의 변화가 기업생산성에 미치는 영향을 정량적으로 분석할 것이다.

연구를 위해 사용한 자료는 크게 방위산업체의 재무자료와 특허자료이다. 재무자료는 중요소생산성 분석에 활용하였으며 2000~2010년까지 11년간 NICE 신용평가정보에 공시한 재무제표로부터 산출한 940개의 불균형 패널 자료를 사용하였다. 특허자료는 동기간 유럽특허청(European patent office, EPO)에 등재된 출원 특허의 서지정보를 바탕으로 산출하였다.



[그림 2] 연구의 구조

고도 기술이 필요한 첨단무기체계의 중요성이 증가하는 현시점에서 방위산업에 종사하는 기업의 기술력이 기업의 성과뿐만 아니라 외화절약, 수출 활성화, 고용창출 등의 국가적인 경제적 성과와 무기체계의 개발, 유지, 보수 및

운용 등 국방효율성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 기술생산 활동의 결과물인 특허와 기업 생산성간의 연구는 중요한 의미를 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선행연구와 연구가설을 소개하고 3장에서는 총요소생산성 분석을 위한 확률적변경추정법과 결정요인 분석을 위한 회귀분석에 대한 방법론을 알아보겠다. 4장에서는 분석에 사용된 자료와 변수를 설명하며, 5장에서는 생산함수 추정결과와 회귀분석 결과를 확인한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 정책적 시사점을 제시한다.

2. 선행연구 및 연구가설

2.1. 확률적 변경추정법 (stochastic frontier analysis)

기존의 성장회계방법은 산출물과 투입물의 변화량을 관계를 측정하고 설명할 수 없는 잔차(residual)를 총요소생산성으로 간주하였다. 성장회계방법은 기업이 항상 효율적인 상태에서 생산한다는 가정 하에 측정되기 때문에 만약 비효율적인 상태의 기업이 있다면 총요소생산성을 제대로 측정할 수 없는 한계가 있다. 이와 달리 확률적 변경추정법은 기업의 비효율성을 고려하고 총요소생산성을 기술진보, 기술적 효율성, 규모요인, 배분효율성으로 분해가 가능하여 보다 정교한 분석이 가능하다는 장점이 있다(한광호, 2008).

확률적 변경추정법은 Aigner et al.(1977)과 Meeusen and Broeck (1977)에 의해 제안된 이래 많은 분야에서 적용되어왔다. 초기 모형은 비효율성에 대한 분포를 사전에 가정해야 한다는 점과 효율성이 시간에 따라 변화하지 않는다는 등의 가정이 필요하였으나 점차 이를 개선하여 시간에 따라 효율성이 변화하는 다양한 모형들이 등장하였다(Battese & Coelli, 1992; Cornwell, Schmidt & Sickles, 1990; Kumbhakar, 1990).

기술적 비효율성을 고려한 초기 Battese and Coelli(1988)모형은 확률적 변경추정법을 다음 식 (1)과 같이 표현한다.

$$y_{it} = \sum_{i,t} \beta_i x_{it} + \epsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$$

(1)

$$\text{and } \epsilon_{it} = v_{it} + u_i$$

ϵ_{it} 는 확률적 오차항 v_{it} 와 기술적 비효율성을 나타내는 u_i 로 구성되어 있으며 ϵ_{it} 와 v_{it} 는 시간에 따라 변하지만 기술적 비효율성은 관측개체마다 고정되어 시간에 따라 변하지 않음을 가정한다. 하지만 기술적 비효율성도 시간에 따라 변하는 것이 보다 현실적이기 때문에 Battese and Coelli(1992)의 모형에서는 새로운 모수 η 를 이용한 식 (2)를 통해 시간에 따라 변화하는 기술적 비효율성을 반영한다.

$$\begin{aligned} \epsilon_{it} &= v_{it} + u_{it} \\ \text{and } u_{it} &= \eta_{it} u_i = \exp[-\eta(t-T)] u_i \end{aligned} \tag{2}$$

Lee(1999)에 의하면 시계열이 긴 경우 Battese and Coelli(1992) 모형이 안정적인 결과를 제공하는 것으로 나타났다. 본 연구는 2000~2010년까지 11년으로 시계열이 길기 때문에 Battese and Coelli(1992)의 모형을 이용하여 총요소생산성을 분석한다.

2.2. 특허와 생산성

2.2.1. 출원특허 건수와 생산성

Griliches(1990)은 특허와 R&D와의 관계를 연구하였으며 특허 질적 수준, R&D 지출액에 대한 정확한 측정 등의 제한사항에도 불구하고 특허자료가 기술변화과정(process of technical change)을 분석하는 중요한 자료라고 주

장하였다.

Crépon et al.(1998)은 프랑스 제조업에 종사하는 기업을 대상으로 기업 수준에서 생산성과 기술혁신의 성과물(innovation output)사이의 관계에 대한 연구를 하였다. 이 연구에서는 기술혁신의 성과물은 출원특허 건수, 혁신에 의한 매출, R&D 집중도를 고려하였으며 기업의 생산성과 기술혁신의 성과물 사이에 양의 상관관계가 있음을 보였다.

국내연구로는 한국의 ICT산업과 일반산업의 생산성과 특허의 관계를 비교 연구한 오근엽, 김태기(2005)의 연구가 있다. 이 연구에서도 특허는 생산성에 큰 영향을 미치고 있음을 확인하였다.

하지만 출원특허가 곧바로 기업 생산성에 영향을 준다는 것은 현실적으로 제한된다. 새로운 기술과 지식이 기업에 체화되기까지는 시간이 필요하므로 이러한 시차를 반영한 분석이 필요할 것이다. 따라서 출원특허 건수에 대한 가설은 다음과 같다.

H1: $t-1$ 기까지 누적 출원 특허는 기업생산성에 양의 영향을 줄 것이다.

2.2.2. 특허 출원 주체의 기술영역 변화와 생산성

Latham et al.(2011)은 혁신은 기업과 조직의 활동뿐만이 아니라 개인의 창의력이 필요함을 강조하였다. 이는 혁신은 기업과 조직이라는 여건도 중요하지만 발명자의 기술개발에서 시작됨을 의미한다. 따라서 기업의 생산성과 특허를 연구하는데 발명자와 관련된 변수를 사용하는 것은 보다 정교한 연구를 가

능하게 할 것이다. 발명자의 연구 성과에 영향을 주는 요인은 크게 2가지로 볼 수 있다. 하나는 내적요인인 개인의 역량(individual ability)이며 다른 하나는 외부 지식자원(external sources of knowledge)을 활용하는 것이다. 발명자의 역량은 측정이 어렵지만 Becker(1964)와 Denison(1964)는 교육수준이 내적자원인 개인의 역량을 대리(proxy)할 수 있다는 연구를 진행하였고 이후 많은 연구에서 이를 활용하였다. 하지만 이러한 개인의 역량은 측정의 모호함을 넘어 이미 태생적으로 주어지는 것이기 때문에 향후 변화를 설명하기에 제한된다. 따라서 본 논문에서는 시간에 따라 지속적으로 변화하고 측정이 용이한 외부 지식자원 활용을 중심으로 연구를 진행하였다. 외부 지식자원은 발명자가 이를 활용하여 외부 지식을 모방하거나 새로운 연구를 위한 정보를 얻음으로서 발명자의 연구 성과를 높인다는 것이다. Los and Verspagen(2003)은 특히 특허를 잠재적인 지식창출의 자원으로 보았다. 특허는 논문이나 일반적인 과학지식과 달리 사용 용도와 목적이 명확하기 때문에 발명자가 특허개발에 참여하거나 활용한다면 보다 가치적인 지식을 획득할 수 있다.

발명자와 특허정보를 이용한 연구는 발명자의 이직(inter-firm mobility)과 기술적 유동성(technical mobility)이 발명자의 생산성에 미치는 영향을 중심으로 진행되어 왔으며 발명자의 생산성은 주로 출원특허 건수, 특허의 인용횟수를 이용하였다. Hoisl(2007,2009)은 발명자의 생산성과 이직을 연구한 논문에서 생산성이 높은 발명자는 이직할 가능성이 높으며 이직을 통해 발명자의 생산성이 더 향상된다고 주장하였고 Fallah and Choudhury(2009)는 발명자의 이직, 기술적 유동성과 지식의 파급효과에 대한 연구에서 발명자는 이직과 기술적 유동성을 통해 새로운 환경에 지식을 전달하거나 받음으로서

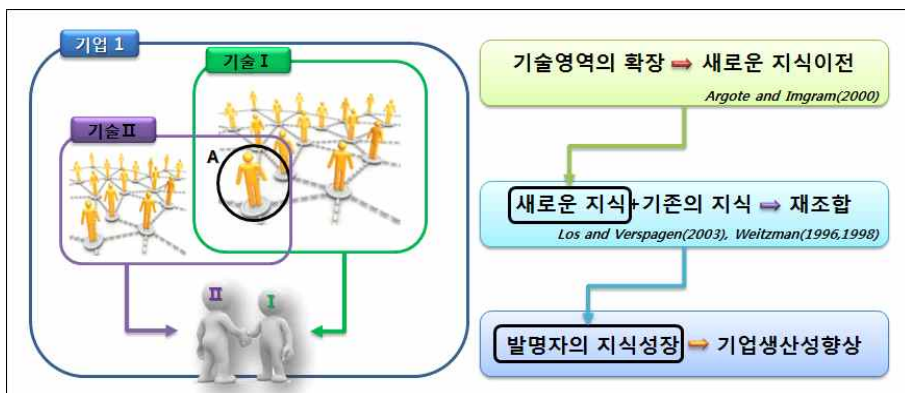
지식의 파급효과를 얻는다고 주장하였다.

특허와 발명자와 관련된 선행연구의 대체적인 결론은 발명자의 생산성은 이직과 기술적 유동성을 통해 향상되며 이는 지식의 교류를 통한 파급효과에 기인한다는 것이다. 기술적 유동성은 궁극적으로 기술영역을 확장하는 결과를 가져온다. 발명자는 새로운 기술영역과 교류함으로써 자신의 기술영역을 확장하며 이러한 확장으로 얻은 지식이 생산성을 높이는 결과를 가져오는 것이다. 이는 발명자가 갖고 있는 지식을 새로운 환경에 적용하거나 새로운 환경에서 습득한 지식을 활용하여 발명자의 생산성이 높아짐을 의미한다.

하지만 발명자의 이직과 생산성을 특정산업과 기업에 적용하는데 제한사항이 따른다. 예를 들어 본 논문은 한국 방위산업체 90개 기업을 선정하여 연구하기 때문에 이직하는 발명자의 횟수가 절대적으로 부족하며 두 번째 제한사항은 발명자의 성명의 매칭문제가 있다. 예를 들면 ‘홍길동’이라는 이름의 발명자가 각각 A와 B라는 기업에서 특허를 출원 한 경우 동일인물인지 동명이인인지 불분명하기 때문이다. 하지만 기술과 지식의 교류가 물리적인 이동, 즉 이직을 통해서만 이뤄진다고 볼 수는 없다. 물리적인 이동인 이직을 통해서도 지식의 교류가 발생하지만 한 기업 안에서도 연구개발과정에서 지식의 교류는 발생하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 발명자의 이직보다 기술적 유동성에 의한 기술영역 확장에 초점을 맞추어 연구를 진행한다.

기업이 하나의 단일 기술만 가진 것이 아니라 제품 생산에 필요한 여러 가지 기술을 보유하고 있으며 이러한 기술군간의 교류는 기술의 암묵적 이동을 야기한다. Argote and Ingram(2000)은 지식이전(knowledge transfer)이 기업의 경쟁우위에 중요한 역할을 하며 같은 조직내 지식이전이 조직간의 이

전보다 더 효과적이라고 주장하였다. 결국 지식이전은 조직내 하위조직간의 상호작용에 의해 보다 쉽게 이뤄짐을 의미한다. 이러한 관점에서 서로 다른 기술영역을 갖는 기업내 하위조직간에 교류를 통해 각 하위조직에 새로운 지식이 이전된다고 볼 수 있다. 상이한 기술영역간의 교류는 발명자가 새로운 지식을 습득할 기회를 제공하고 새로운 지식은 진행되는 기술개발 또는 향후 개발될 기술에 단초를 제공하여 발명자의 생산성을 높이게 된다(Los & Verspagen, 2003). 새로운 지식이 발명자의 생산성을 높이는 것은 발명자가 가지고 있는 기존의 지식과 재조합(recombination)을 통해 지식이 성장하기 때문이다(Weitzman, 1996, 1998). 발명자가 새로운 지식을 통해 가지고 있는 지식이 성장한다는 것은 발명자의 생산성이 향상되어 새로운 기술개발이 활발하게 일어남을 의미하며 이러한 기술개발활동은 기업 생산성에 긍정적인 영향을 줄 것이다. 따라서 기업내 기술군간의 기술교류를 통해 새로운 지식을 습득한 발명자는 기술영역이 확장되며 이는 향후 발명자의 기술개발 생산성을 향상시켜 궁극적으로 기업의 생산성에 긍정적인 영향을 줄 것이다.

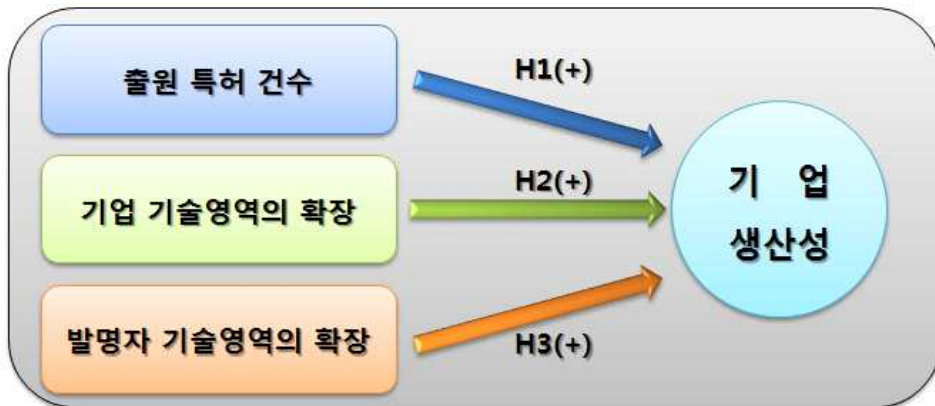


[그림 3] 기술영역 확장과 생산성의 관계

이를 기업수준에 적용하면 기업의 기술적 유동성이 높으면 새로운 지식과 접촉할 기회를 제공하여 기업 기술영역의 확장을 가져오기 때문에 기업의 생산성에 긍정적 영향을 줄 것이다. 이러한 기술영역의 확장도 특허와 마찬가지로 시간의 영향을 고려하여 t-1기까지 누적량을 사용하였으며 이를 토대로 가설 2와 3을 설정하였다.

H2: t-1기까지 누적된 기업의 기술영역의 확장은 기업 생산성에 양의 영향을 줄 것이다.

H3: t-1기까지 누적된 기업내 발명자의 기술영역의 확장은 기업 생산성에 양의 영향을 줄 것이다.



[그림 4] 연구의 가설

2.3. 국방과 방위산업 관련 연구

국방과 방위산업의 생산성에 대한 연구는 주로 DEA와 맘퀴스트 생산성 지수를 이용한 비모수적 추정방법과 성장회계방법을 이용해 왔으며 최근에는 확률적 변경추정법을 이용한 연구도 진행되고 있다.

비모수적 변경추정법을 이용한 연구는 방위산업체에서 개별 무기체계 혹은 단위부대 운용효율성까지 광범위하게 진행되었다. 이대순 외(2006)는 DEA를 이용하여 19개 방위산업의 효율성을 측정하였으며 투입변수로는 종업원수, 고정자산, 원재료를 사용하였고 산출변수는 매출액을 이용하였다. Lee et al.(2009)은 국방부문의 혁신정책이 국방획득과 방위산업체의 생산성에 미치는 영향을 DEA와 토빗 모형(tobit regression)으로 분석하기도 하였다. 이 밖에도 DEA를 이용하여 개별 무기체계인 주력전차의 기술예측방법을 연구한 김재오 외(2007)의 연구와 단위 부대인 보급수송대대의 효율성을 분석한 서미영, 송영일(2010)의 연구도 있다.

성장회계방법을 이용한 대표적인 연구로는 김재환(2007)의 연구가 있으며 콥-더글라스 함수를 이용해 총요소생산성을 분석하고 회귀분석으로 결정요인을 확인하여 직·간접적인 연구개발 투자와 총요소생산성이 양의 관계임을 확인하였다. 또한 김정일(2006)은 성장회계방법으로 총요소생산성을 분석하고 이를 노동, 자본의 투입량과 비교한 연구를 진행하였다.

확률적변경추정법을 이용한 대표적인 연구인 김병석 외(2011)는 확률적 변경추정법을 이용하여 총요소생산성을 기술진보, 기술적 효율성과 규모요인으로 분해하여 한국 방위산업체의 생산성 변화를 분석하였다.

이와 같이 국방부문의 총요소생산성을 분석한 연구는 성장회계방법과 확률적 변경추정법을 이용하였다. 그러나 이러한 연구는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 성장회계방법은 분석대상이 효율적으로 생산한다는 가정과 총요소생산성을 분해하지 못한다는 점에서 기술진보를 연구함에 있어 정교함이 다소 부족하며 확률적 변경추정법을 이용한 기존의 연구는 결정요인분석을 실시하지 않았다는 점에서 연구의 한계가 있다고 볼 수 있다. 반면 본 논문에서는 총요소생산성을 기술진보, 기술적 효율성, 배분효율성, 규모요인으로 분해하여 보다 정교한 분석을 하고 지식생산 활동의 결과물인 특허정보를 이용해 결정요인을 분석하였기 때문에 기존의 국방부문 연구와 차별성을 지니고 있다는 점에서 또 다른 연구의 의의가 있다.

3. 연구방법

3.1. 총요소생산성 분석

3.1.1. 이론적 모형

총요소생산성 분해를 위한 확률적 변경추정법의 함수는 다음과 같다.

$$y_{it} = f(x_{it}, t) \exp(-u_{it}), \quad i = 1, 2, 3, \dots, I; t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (3)$$

y_{it} 는 i 기업의 t 기의 실제 산출량을 의미하며 x_{it} 는 i 기업의 t 기의 투입물 벡터이다. $f(x_{it}, t)$ 는 생산함수로 x_{it} 의 생산요소가 투입될 경우 생산 가능한 최대 산출량을 나타낸다. u_{it} 는 기술적 비효율성(technical inefficiency)을 나타내는 요소로서, 기업이 항상 최대 산출량을 생산한다는 것은 현실성이 부족하기 때문에 $u_{it} \geq 0$ 이고 시간에 따라 변하는 것으로 가정한다. 만약 기술적 비효율성 u_{it} 가 0이라면 기업은 기술적 효율성이 1로 측정되며, 최대 산출량을 생산하는 것을 의미한다. 기술적 효율성은 최대 산출량과 실제 산출량의 비율로 측정하며 이는 식 (4)와 같다.

$$TE = \frac{y_{it}}{f(x_{it}, t)} = \exp(-u_{it}) \quad (4)$$

식 (3)의 양변에 로그를 취하고 시간 t 에 대해 미분하면 식 (5)를 구할 수 있으며, 여기서 상점($\dot{\cdot}$)은 해당 변수의 변화율을 의미한다.

$$\dot{y} = \frac{d \ln f(x_{it}, t)}{dt} - \frac{du}{dt} \quad (5)$$

식(5)의 우측 첫 번째 항을 전개하면 식 (6)과 같다.

$$\frac{d \ln f}{dt} = \frac{\partial \ln f}{\partial t} + \sum_j \frac{\partial \ln f}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dt} = TP + \sum_j \epsilon_j \dot{x}_j \quad (6)$$

변경함수를 시간 t 로 편미분한 값은 외생적인 기술변화인 기술진보(TP: technical progress)를 나타내며, 이는 생산변경의 이동(shift)을 의미한다. 만약 기술진보의 값이 양수인 경우 생산변경은 확장되며 음수인 경우 생산변경은 축소하게 된다. 식 (6)의 우변 두 번째 항은 생산요소의 변화량을 의미하며 생산요소의 산출탄력성을 이용하여 $\sum_j \epsilon_j \dot{x}_j$ ($\epsilon_j = d \ln f / d \ln x_j$)으로 나타낼 수 있다.

식 (5)의 $- du / dt$ 는 기술적 효율성의 변화량(TEC: technical efficiency change)을 나타내며, 이는 생산변경 안에서 각 기업의 위치와 변경과의 거리 변화를 의미한다. 이 TEC가 양인 경우 기술적 효율성은 개선됨을 의미하고, 음인 경우 기술적 효율성이 악화됨을 의미한다. 식 (5)와 (6)을 결합하면 식

(7)과 같이 산출물의 변화량을 기술진보, 생산요소의 변화, 기술적 효율성의 변화로 나타낼 수 있다.

$$\dot{y} = \frac{\partial \ln f}{\partial t} + \sum_j \epsilon_j \dot{x}_j - \frac{du}{dt} = TP + \sum_j \epsilon_j \dot{x}_j + TEC \quad (7)$$

산출물의 변화량을 의미하는 식 (5)는 생산요소가 고정된 경우를 가정한 것이다. 여기에 시간에 따라 투입되는 생산요소의 양이 변화한다고 가정하면 총요소생산성의 변화량은 다음 식 (8)과 같다.

$$TFP = \dot{y} - \sum_j S_j \dot{x}_j \quad (8)$$

여기서 $S_j = w_j x_j / C_a$ ($C_a = \sum_j w_j x_j$)로, C_a 는 생산요소 비용의 합이며 S_j 는 j 생산요소 비용이 총 비용에서 차지하는 비중이다.

식 (7)과 (8)을 이용하여 식 (9)를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} TFP &= TP - \frac{du}{dt} + \sum_j (\epsilon_j - S_j) \dot{x}_j \\ &= TP + TEC + (RTS - 1) \sum_j \lambda_j \dot{x}_j + \sum_j (\lambda_j - S_j) \dot{x}_j \end{aligned} \quad (9)$$

규모의 보수(RTS: return to scale)는 $RTS = \sum_j \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_j} = \sum_j \frac{\partial \ln f}{\partial \ln x_j} = \sum_j \epsilon_j$ 이며, 여기서 λ_j 는 j 번째 생산요소의 탄력성이 전체 탄력성에서 차지하는 비중으로 $\lambda_j = f_j x_j / \sum_k f_k x_k = \epsilon_j / \sum_k \epsilon_k = \epsilon_j / RTS$ 이다.

식 (9)에서 최종적인 총요소생산성의 변화율은 기술진보 (TP), 기술효율성 변화율(TEC), 규모의 요인(SC: scale component, $(RTS-1)\sum_j \lambda_j \dot{x}_j$), 배분 효율성(AE: allocation efficiency, $\sum_j (\lambda_j - S_j) \dot{x}_j$)으로 분해된다(Kumbhakar, Denny & Fuss, 2000).

3.1.2. 실증 모형

본 연구에서는 국내 방위산업체의 생산성을 분석하기 위해 생산함수를 식 (10)과 같이 초월대수함수(translog functional form)로 가정한다. y_{it} 는 i 기업의 t 기 실제 산출한 부가가치를 의미하며 생산요소 L 은 노동, K 는 자본스톡이다. 초월대수함수는 생산요소의 2차항까지 포함하기 때문에 콥-더글러스(Cobb-Douglas)함수보다 유연하게 표현할 수 있는 장점이 있다.

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \alpha_0 + \alpha_T t + \alpha_L \ln x_{itL} + \alpha_K \ln x_{itK} + \frac{1}{2} \beta_{TT} t^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{LL} \ln x_{itL}^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} \ln x_{itK}^2 + \beta_{TL} t \ln x_{itL} \\ & + \beta_{TK} t \ln x_{itK} + \beta_{LK} \ln x_{itL} \ln x_{itK} + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (10)$$

식 (10)에서 v_{it} 은 i.i.d. $N(0, \sigma_v^2)$ 인 확률적 오차항이며 u_{it} 은 i.i.d. $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ 인 기술적 비효율성으로 v_{it} 와 u_{it} 은 상호 독립을 가정한다. 기술적 비효율성은 기업이 효율적이지 못하기 때문에 발생하는 손실이며 식(11)과 같이 가정한다(Battese & Coelli, 1992).

$$u_{it} = \eta_{it} u_i = \exp[-\eta(t - T)] u_i \quad (11)$$

식 (11)에서 η 는 추정해야 되는 모수이다. $\eta = 0$ 이면 기업의 비효율성은 시간에 상관없이 일정한 값을 가지며 $\eta \neq 0$ 가 통계적으로 유의미하면 기업의 기술적 비효율성은 시간에 따라 변화한다. 이 경우 $\eta > 0$ 이면 기업의 효율성이 개선되며, $\eta < 0$ 이면 기업의 효율성이 악화된다.

식 (10)에서 기술진보는 다음과 같이 정의된다.

$$TP = \frac{\partial \ln f}{\partial t} = \alpha_T + \beta_{TT} t + \beta_{TL} \ln x_{itL} + \beta_{TK} \ln x_{itK} \quad (12)$$

기술적 효율성은 기술적 비효율성이 없을 때 최대 산출량과 기술적 비효율성이 존재할 때 실제 산출량의 비율로서, 식(4)와 같이 쓸 수 있다. 실제 추정에 있어서는 다음의 식 (13)을 이용한다.

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \frac{E(y_{it} | u_{it}, x_{it})}{E(y_{it}^* | 0, x_{it})} \quad (13)$$

j 번째 생산요소의 산출탄력성은 식 (14)와 같이 계산되며 이를 통해 식 (9)에서 규모요인과 배분효율성을 구할 수 있다.

$$\epsilon_{itj} = \frac{\partial \ln f}{\partial \ln x_j} = \alpha_j + \beta_{jj} \ln x_{itj} + \beta_{Tj} t + \sum_{j \neq l} \beta_{jl} \ln x_{itl}, \quad j, l = L, K \quad (14)$$

3.2. 결정요인 분석

기술적 효율성과 기술진보, 총요소생산성은 데이터 형태의 차이로 동일한 회귀모형을 적용하는데 제한된다. 기술적 효율성은 최대 산출량과 실제 산출량의 비율을 의미하기 때문에 일반적으로 그 값이 0과 1사이를 벗어나지 않는 반면 기술진보와 총요소생산성은 시간에 따른 변화량을 나타내고 또한 규모요인, 배분효율성과의 합으로 나타내기 때문에 0보다 작거나 1보다 클 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 기술적 효율성의 결정요인 분석은 0과 1로 제한된 토빗 모형(tobit regression model)을 이용하고, 기술진보와 총요소생산성은 일반적인 패널데이터 분석모형인 고정효과모형(fixed effects model)과 임의효과모형(random effects model)으로 분석 후 비교한다.

3.2.1. 토빗 모형

토빗 모형은 제한된 종속변수(LDV, limited dependent variable)모형 중 하나로 종속변수의 범위를 제한(censoring)하여 분석하는 방법이다.

$$y_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^J \beta_j x_{itj} + \epsilon, \quad i = 1, 2, \dots, I \quad j = 1, 2, \dots, J$$

$$y_{it} = \max(0, y_{it}^*), \quad \text{if } \begin{cases} y_{it}^* \leq 0, y_{it} = 0 \\ 0 < y_{it}^* < 1, y_{it} = y_{it}^* \\ y_{it}^* \geq 1, y_{it} = 1 \end{cases} \quad (15)$$

일반적인 토빗 모형의 모델은 다음 식 (15)와 같다. i 는 패널 데이터의 개체를 의미하며 j 는 요인분석의 독립변수를 의미한다. y_{it}^* 는 i 번째 기업의 실제 기술적 효율성을 의미하고 y_{it} 는 추정에 사용되는 값으로 0과 y_{it}^* 중 큰 값으로 결정된다. 즉 y_{it}^* 가 0보다 작다면 0을, y_{it}^* 가 0보다 크다면 y_{it}^* 값을 사용한다. 하지만 일반적인 효율성 값은 0과 1사이의 값을 가지므로 좌우를 0과 1로 제한한 모형을 가정할 경우 y_{it}^* 가 1보다 큰 경우 y_{it} 의 값으로 1을 부여하게 된다. 본 연구에서는 일반적인 기술적 효율성의 분포특성을 고려하여 좌우를 각각 0과 1로 제한한 토빗 모형을 이용하여 결정요인 분석을 실시한다.

3.2.2. 고정효과모형과 임의효과모형

패널 데이터는 횡단면자료(cross sectional data)와 시계열자료(time series data)로 구성되어 있기 때문에 각 개체간의 차이를 어떻게 가정하는가에 따라 분석방법에 차이가 있다. 먼저 합동회귀분석(pooled regression)의 경우 이러한 개체간의 차이를 무시하고 추정하는 방법이다. 일반적으로 총요

소생산성과 기술진보는 각 기업의 속성에 많은 영향을 받기 때문에 이를 무시한 합동회귀분석을 사용하는 것은 추정결과에 대한 신뢰도를 낮출 수 있다는 점에서 본 연구에서는 사용하지 않는다(이정동 & 오동현, 2010).

분석 개체의 차이를 고려한 분석방법중 대표적인 것은 고정효과모형과 임의효과모형이다. 두 모형의 큰 차이는 개체간의 차이를 고유한 속성으로 보는가와 임의로 주어지는 것으로 보는가에 있다.

먼저 고정효과모형은 식 (16)과 같이 관측이 불가능한(unobserved effect) 개체고유의 속성인 u_i 가 상수에 포함된 형태로 구성된다.

$$y_{it} = (\alpha + u_i) + \sum_{j=1}^J \beta_j x_{itj} + \epsilon_{it} \quad (16)$$

식 (16)에서 개체 i 의 평균을 차분하면 패널개체의 상수항 ($\alpha + u_i$)가 제거된 식 (17)을 구할 수 있다.

$$(y_{it} - \bar{y}_{it}) = \sum_{j=1}^J \beta_j (x_{itj} - \bar{x}_{itj}) + (\epsilon_{it} - \bar{\epsilon}_{it}) \quad (17)$$

차분을 통해 개체의 고유한 속성이 제거된 식 (17)을 회귀분석을 하면 개체의 차이가 반영된 고정효과모형이 된다(Wooldridge, 2009).

임의효과모형은 개체간의 차이가 확률적으로 주어진다고 가정한다.²⁾ 따라

서 개체간의 차이(u_i)와 오차항(ϵ_{it})을 결합하여 복합오차항(composite error term, $v_{it} = u_i + \epsilon_{it}$)으로 나타내면 식 (18)로 표현할 수 있다.

$$y_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^J \beta_j x_{itj} + v_{it}, \quad v_{it} = u_i + \epsilon_{it} \quad (18)$$

하지만 복합오차항은 오차항간의 자기상관(AR, Autocorrelation)이 있기 때문에 식 (18)을 합동회귀분석으로 분석할 경우 효율적인 추정량을 얻을 수 없으므로 일반화 최소자승법(GLS, generalized least squares)을 이용한 추정을 해야 한다.

GLS 추정을 위해서는 먼저 u_i 와 ϵ_{it} 의 분산을 이용해 λ 를 구하고 식 (19)와 같이 변환한 다음 회귀분석을 해야 한다³⁾(Wooldridge, 2009).

$$(y_{it} - \lambda \bar{y}_{it}) = \alpha(1 - \lambda) + \sum_{j=1}^J \beta_j (x_{itj} - \lambda \bar{x}_{itj}) + (v_{it} - \lambda \bar{v}_{it}) \quad (19)$$

2) 이는 설명변수 x_{itj} 와 관측불가능한 개체간의 차이 u_i 간에 상관관계가 없음을 가정하는 것을 의미한다.

3) $\lambda = 1 - [\sigma_\epsilon^2 / (\sigma_\epsilon^2 + T\sigma_u^2)]^{1/2}$ 이며 실제 추정에는 λ 의 추정값인 $\hat{\lambda}$ 를 사용한다.

3.2.3. Hausman 검정

고정효과모형과 임의효과모형은 모두 패널개체의 차이를 고려한 추정방법이지만 그 차이를 고유한 속성으로 볼 것인지 확률적으로 주어지는 것인지에 대한 차이점이 있다. 일반적으로 고정효과모형은 개체간의 차이인 u_i 와 설명변수 x_{itj} 의 상관관계를 허용하기 때문에 보다 신뢰성이 높다고 받아들여지고 있지만 보다 정교한 분석을 위해서는 설명변수와 개체간의 차이가 외생적인지 내생적인지를 검정하는 Hausman 검정을 하는 것이 일반적이다(Wooldridge, 2009).

임의효과모형은 고정효과모형과 달리 개체간의 차이를 확률적으로 주어진다고 보기 때문에 u_i 를 복합오차항에 포함한다. 따라서 오차항과 설명변수 사이에 상관관계가 없다는 외생성을 가정한다는 점에 착안하여 Hausman 검정을 실시한다.

$$H_0 : Cov(x_{itj}, u_i) = 0$$

$$H_1 : Cov(x_{itj}, u_i) \neq 0$$

Hausman 검정의 귀무가설은 설명변수의 외생성이며 대립가설은 설명변수의 내생성이다. 따라서 Hausman 검정결과 귀무가설이 기각된다면 설명변수와 u_i 의 외생성을 가정한 임의효과모형보다 내생성을 허용하는 고정효과모형이 보다 적절한 모형이라고 할 수 있다(민인식 & 최필선, 2012).

4. 자료와 변수

본 연구에 사용된 자료는 2012년 현재 방위산업체⁴⁾로 지정된 기업 중 2000~2010년간 1개 이상의 특허를 출원한 90개 기업의 불균형 패널자료(unbalanced panel data)이다. 자료는 크게 기업의 재무자료와 특허자료로 구분되며 재무자료는 생산성 분석에 사용하였으며 특허자료는 결정요인 분석에 사용하였다.

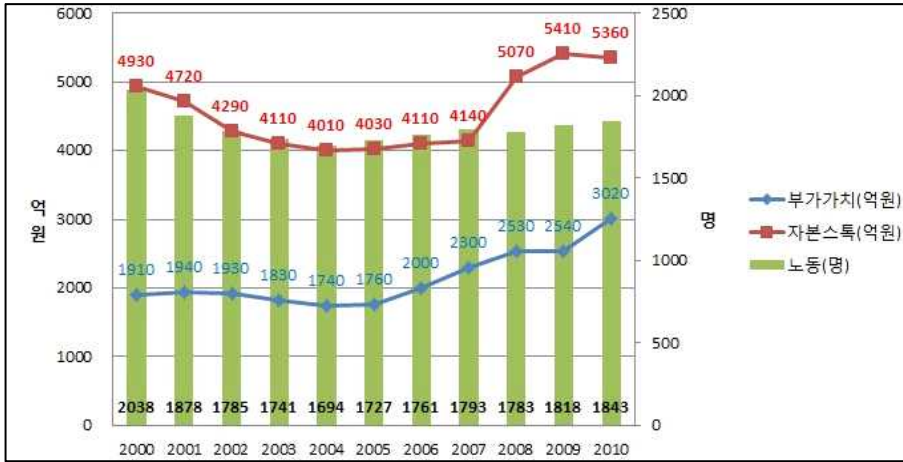
4.1. 총요소생산성 분석

4.1.1. 자료

기업 재무자료⁵⁾는 NICE신용평가정보에서 제공하는 Kis-Value 공시자료 중 결측값을 제외한 940개 관측치를 사용하였다. 연도별 평균 변화는 [그림 5]와 같으며 11년간 기업의 자본스톡은 8.7% 증가하였으며 노동은 9.5% 감소한 반면, 기업이 창출한 부가가치는 58% 증가하였다. 산출요소의 증가율이 투입요소의 증가율을 상회하므로, 2000년 이후 한국 방위산업체의 생산성이 전반적으로 향상되었음을 직관적으로 확인할 수 있다. 또한 생산성 증가는 특히 기업성장에 긍정적 영향을 주었음을 알 수 있다.

4) 방위산업체 지정은 총포류, 탄약, 군용 항공기 및 함정, 레이더, 화생방 물자 등 방위산업 물자를 생산하는 기업 중 일정 시설기준과 보안요건 등을 갖춘 기업을 지식경제부에서 방위사업청과 협의하여 선정한다(방위사업법 제 35조).

5) 화폐변수는 한국은행의 GDP 디플레이터(2005년 기준)를 이용하여 물가변동을 반영하였다.



[그림 5] 부가가치, 자본스톡 및 노동의 변화

4.1.2. 변수

생산함수에 사용된 변수는 기업 재무자료를 바탕으로 해당연도에 기업이 창출한 부가가치(value-added), 노동 투입량(L), 자본스톡(K)을 사용하였다. 구체적인 산출방법은 [표 1]과 같으며 종속변수는 부가가치, 설명변수는 노동, 자본스톡, 시간(t)를 사용하였다. 부가가치는 기업의 생산 활동에 기여한 개체들인 기업, 노동자, 자본제공자, 국가 및 사회에 귀속된 금액의 합산으로 정의하고 한국은행에서 사용하는 계산방식을 따랐다. 또한 총요소생산성 분해에 필요한 노동비용(C_L)은 임금, 성과상여금, 기타 복리후생비, 퇴직급여의 합산으로 사용하였다. 자본비용(C_K)은 임차료, 감가상각비, 이자비용의 합산으로 산출하였다(Kim & Han, 2001).

[표 1] 생산함수 변수 산출과정

산출 방법	
부가가치 (VA)	영업이익 + 대손상각비 + 인건비 + 임차료+ 조세공과 + 감가상각비
자본스톡 (K)	유형고정자산
노동 (L)	총 종업원 수

위와 같이 산출된 변수들은 실제 분석을 위한 초월대수함수 형태의 생산함수에 적용하기 위해 로그를 취하였으며, 기초통계량은 아래의 [표 2]와 같다.

[표 2] 생산함수 변수 기초통계량

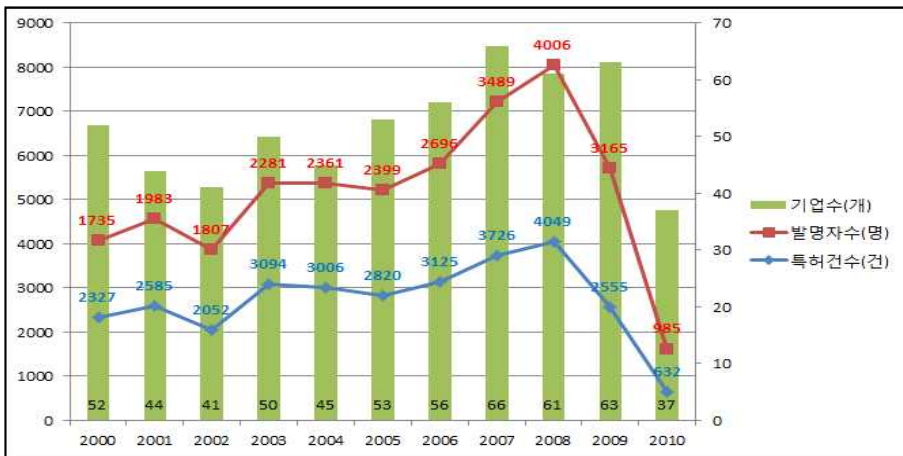
		Mean	S.D.	Min	Max
VA	(억원)	2145.48	6243.85	0	60110.69
K	(억원)	4560.29	14328.84	0	112081.82
L	(명)	1801.21	4794.41	1	33005

4.2. 결정요인 분석

4.2.1. 자료

총요소생산성과 구성요소의 결정요인 분석을 위한 특허자료는 유럽특허청 (EPO, European patent office)의 PATSTAT를 활용하였다. 한국 방위산업

의 90개 기업이 2000~2010년까지 11년간 출원한 특허는 총 29,971건이며 특허 출원에 참여한 발명자는 11,992명이다. 특허자료의 연도별 평균변화는 [그림 6]과 같으며 2000년 이후 특허건수, 출원 기업과 발명자는 전반적으로 증가추세를 보이고 있다. 특허건수와 출원기업이 증가하는 것은 기업의 기술개발 활동이 증가하고 있다는 것과 특허권에 대한 중요성이 제고되고 있다는 점을 시사한다.



[그림 6] 특허 출원 기업, 발명자 및 출원특허 건수의 변화

4.2.2. 변수

결정요인 분석을 위해 사용한 모델은 특허건수, 기업 및 발명자의 기술영역의 변화를 기준으로 2개로 구분하였다. 모델을 구분하는 이유는 특허의 경우 기술개발 성과의 영향을 나타내며 기술영역의 변화는 기술개발 과정의 영향을 나타내기 때문이다.

$$\text{모델 1} \quad depvar = f(contl_{var}, Pt)$$

$$\text{모델 2} \quad depvar = f(contl_{var}, Pt, \ln CTeDoF, CTeDoI)$$

결정요인 분석을 위해서 종속변수는 총요소생산성과 구성요인이 사용되었다. 설명변수는 모델 1은 특허건수(Pt), 모델 2는 특허건수(Pt), 기업의 기술영역의 변화(CTeDoF)와 발명자의 기술영역의 변화(CTeDoI)를 사용하였고 통제변수로는 자본집중도, 자산활용도, R&D집중도와 기업규모(터미)를 사용하였다.

4.2.2.1. 설명변수

특허건수(Pt, patent)는 기업이 t-1기까지 출원한 특허의 총 건수이며 기업과 발명자의 기술영역의 변화는 특허를 산업별로 분류하여 주요 기술영역을 구별하고 다른 기술영역에 관련된 특허를 출원한 경우를 기술영역을 확장한 것으로 측정하였다. 이를 위해서는 먼저 특허를 산업별로 분류하는 과정이 선행되어야 하며 이를 위해 특허의 국제특허분류(IPC, international patent classification)코드와 표준산업분류(SIC, standard industrial classification)코드를 매칭시키는 방법을 사용하였다. 아직까지 국제특허분류코드와 한국표준산업분류코드(KSIC, Korean standard industrial classification)을 연계한 자료가 제한되어 독일, 프랑스, 영국의 연구기관⁶⁾에서 작성한 연계표를 활용

6) 독일 Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 프랑스 Observatoire des Sciences et des Techniques, 영국 Science and Policy Research Unit 의 3개 기관이 연구한 연계표이다.

하였다. 이 연계표는 유럽산업분류(NACE: European classification of economic activities)와 국제표준산업분류를 바탕으로 구성된 제조업 중심 44개 산업과 국제특허분류코드를 연계한 것이다(특허청, 2008).

기업 기술영역의 변화(CTeDoF, change of technology domain of firm)는 해당기업이 출원한 특허 중 특정 기술 영역의 특허집중도를 확인하여 식 (20)과 같이 HHI(Hirschman - Herfindahl Index, 허쉬만-허핀달 지수)를 산출하여 주요기술 영역을 선정하여 측정하였다. HHI는 시장집중도를 측정하는 것으로 미국의 수평적 합병지침에서 1800이 넘을 경우 독과점시장으로 판단하고 있으므로 그 값이 1800이 넘는 산업을 해당기업의 주요 기술영역으로 선정하여 측정하였다.⁷⁾ 이는 기업의 기술영역에 대한 HHI가 독과점 기준이 상이라면 그 기업은 해당 기술영역에 집중하는 것을 의미하기 때문에 주요 기술영역으로 정의할 수 있기 때문이다. 만약 기업이 주요 기술영역과 다른 특허를 출원하였다면 기업의 기술영역이 확장된 것으로 정의한다.

$$CTeDoF = HHI = \left(\frac{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{k=1}^K P_{itk}}{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{j=1}^J P_{itj}} * 100 \right)^2 \quad (20)$$

식 (20)에서 j 는 대상기업이 출원한 특허가 속하는 모든 기술영역을 의미

7) HHI지수는 시장 경쟁도를 측정하는 지수로 통상 1000미만은 경쟁적인 시장, 1000~1800은 집중된 시장, 1800초과는 매우 집중된 시장으로 판단하며 독과점의 판단의 기준은 1800을 사용한다.

하며 k 는 HHI지수를 이용해 선정한 주요 기술영역이다. 따라서 분모인 $\sum_{T-1} \sum_J P_{itj}$ 는 기업 i 가 $t-1$ 기까지 출원한 특허의 총 건수이며 분자인 $\sum_{T-1} \sum_K P_{itk}$ 는 기업 i 가 $t-1$ 기까지 주요 기술영역에 출원한 특허이다. 기업의 HHI가 높다면 그 기업의 기술영역은 출원 특허 건수에 비해 상대적으로 좁음을 의미하고 HHI가 낮다면 기업의 출원특허 건수에 비해 기술영역이 넓음을 의미한다.

발명자의 기술영역의 변화(CTeDoI, change of technical domain of inventor) 또한 HHI 지수를 이용하여 발명자의 주요 기술영역을 식별하고, 그 외의 기술영역에 대한 특허에 참여하였다면 이를 발명자가 기술영역을 확장한 것으로 정의한다. 기업수준과 차이점은 하나의 특허에 다수 발명자가 참여한다는 점과 발명자 간의 특허 출원 건수가 다르다는 점이다. 따라서 발명자와 관련된 변수는 식 (21)과 같이 $t-1$ 기까지 총 발명자중 기술영역을 확장한 발명자의 비율을 사용한다.

$$CTeDoI = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{m=1}^M INVT_{itm}}{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{j=1}^J INVT_{itj}} \quad (21)$$

식 (21)에서 j 는 특허 출원에 참여한 모든 발명자를 의미하며 m 은 특허 출원과정에서 기술영역을 확장한 발명자를 나타낸다. 따라서 분모인 $\sum_{T-1} \sum_J INVT_{itj}$ 는 기업 i 의 $t-1$ 기까지 출원된 특허에 참여한 모든 발명자이며 분자인 $\sum_{T-1} \sum_M INVT_{itm}$ 은 기업 i 의 $t-1$ 기까지 기술영역을 확장한 발명자이다.

만약 CTeDoI가 높다면 기술영역을 확장한 발명자가 상대적으로 많은 것이고 CTeDoI가 낮다면 기술영역을 확장한 발명자가 적음을 의미한다.

4.2.2.2. 통제변수

결정요인 분석의 통제변수로는 자본집중도(K/L), 자산활용도(Sales/K), R&D집중도(R&D/Sales)와 기업규모(더미)를 사용하였다. 자본집중도는 유형 고정자산을 종업원 수로 나눈 값으로 종업원이 생산활동을 위해 사용할 수 있는 고정자산을 의미하며, 자산활용도는 매출액을 유형고정자산으로 나눈 값으로 성과를 위해 사용한 자산 비율을 의미하며, 이는 기업의 활동성을 나타낸다(권기정 외, 2009). R&D집중도는 매출액 대비 연구개발비용의 비율로 이는 기업이 연구개발에 대한 노력으로 볼 수 있다. 기업규모변수는 종업원 기준으로 구분하여 더미변수로 처리하였으며 300명 이하를 기준으로 301~1000명은 dum_{size1} , 1001명 이상은 dum_{size2} 로 정의하였다.

4.2.2.3. 기초통계량

실제 추정에 사용된 각 변수의 산출방법은 [표 3]과 같으며 자본집중도, 자산활용도, 기업의 기술영역의 변화는 대수화하여 사용하였다. 각 변수의 기초통계량과 Pearson상관계수는 [표 4]와 같다

[표 3] 결정요인 변수 산출과정

	산출 방법
ln (K/L)	ln (유형고정자산 / 총 종업원수)
ln (Sales/K)	ln (매출액 / 유형고장자산)
R&D _{int}	연구개발비 / 매출액
Pt	t-1까지 누적 출원특허
ln CTeDoF	ln [(t-1까지 주요산업 누적 출원특허 / t-1기까지 누적 출원특허) ²]
CTeDoI	(t-1까지 누적 기술영역 확장 발명자 / t-1까지 누적 발명자)
dum _{size1}	중견기업(종업원수 301~1000명)
dum _{size2}	대기업 (종업원수 1001명 이상)

분석자료가 불균형 패널데이터이기 때문에 변수의 기초통계량과 상관계수는 패널개체인 각 방위산업체의 평균을 이용하여 산출하였다. 독립 변수간의 상관계수를 측정한 결과 대부분의 상관계수가 0.38~-0.56으로 높지 않기 때문에 다중공선성(multicollinearity)문제는 없을 것으로 판단된다.

[표 4] 결정요인 변수 기초통계량 및 Pearson상관계수

	Mean	S.D.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
ln(K/L) (1)	18.33	0.86	1							
ln(Sales/K) (2)	1.16	0.60	-0.56***	1						
R&D _{int} (3)	0.11	0.20	-0.46***	0.32***	1					
Pt (4)	333.01	1146.37	0.21**	-0.06	-0.09	1				
lnCTeDoF (5)	5.10	2.94	0.02	0.19*	0.02	0.19*	1			
CTeDoI (6)	0.22	0.17	0.24**	-0.13	-0.18*	0.12	0.23**	1		
dum _{size1} (7)	0.17	0.37	0.38***	-0.11	-0.25**	0.26**	-0.03	0.14	1	
dum _{size2} (8)	0.27	0.44	0.02	-0.04	0.03	-0.11	-0.09	0.04	-0.48***	1

비고: *** p<0.01, **p.<0.05, * p<0.1

5. 결 과

5.1. 총요소생산성 분석결과

확률적 변경추정법을 이용한 생산함수 추정결과는 [표 5]와 같다. 초월대수함수와 기술적 비효율성의 존재를 가정한 생산함수의 적합성을 검정하기 위해 총 6개의 모델을 추정하였다. 이는 기술적 비효율성 존재, 기술적 비효율성의 시간에 따른 변화, 기술진보 존재, 기술진보의 비중립성, 초월대수함수의 적절성을 검정하기 위함이며 각 모델의 의미는 [표 6]에 나열하였다.

가설 검정은 식 (22)와 같이 로그우도비(LR, log-likelihood ratio)검정을 실시하며 여기서 $LL(H_0)$ 는 귀무가설 모델인 모델 1-1~1-5의 로그우도값이며 $LL(H_1)$ 은 대립가설 모델인 모델 1의 로그우도값을 의미한다.

$$LR = -2(LL(H_0) - LL(H_1)) \quad (22)$$

통상적으로 $LL(H_1) \geq LL(H_0)$ 이기 때문에 LR검정의 검정통계량은 비음(non-negative)값을 가지며 만약 검정하려는 귀무가설이 사실이라면 제약개수 q 를 자유도로 하는 χ_q^2 분포를 따른다(Wooldridge, 2009).

[표 5] 생산함수 추정결과

Dep_var ln VA	모델 1	모델 1-1	모델 1-2	모델 1-3	모델 1-4	모델 1-5
ln L	-6.825 (1.048)	-4.858 (1.068)	-6.909 (1.085)	-6.122 (1.033)	-6.371 (1.031)	0.896 (0.105)
ln K	2.449 (0.247)	2.020 (0.281)	2.474 (0.256)	2.307 (0.249)	2.379 (0.248)	0.265 (0.063)
ln L ²	-1.324 (0.147)	-1.065 (0.154)	-1.329 (0.154)	-1.206 (0.149)	-1.252 (0.147)	-
ln K ²	-0.247 (0.028)	-0.195 (0.030)	-0.246 (0.029)	-0.231 (0.027)	-0.240 (0.027)	-
ln L × ln K	0.647 (0.075)	0.505 (0.078)	0.649 (0.078)	0.589 (0.075)	0.612 (0.075)	-
t	0.391 (0.348)	0.498 (0.392)	0.532 (0.349)	-	-0.030 (0.084)	-0.014 (0.026)
t ²	0.007 (0.013)	0.006 (0.013)	0.005 (0.013)	-	0.010 (0.013)	-
t × ln L	0.000 (0.032)	0.003 (0.036)	0.005 (0.033)	-	-	-
t × ln K	-0.017 (-0.017)	-0.020 (0.025)	-0.022 (0.022)	-	-	-
constants	8.156 (1.009)	6.871 (1.460)	7.306 (1.061)	9.165 (1.000)	9.115 (0.999)	12.580 (1.011)
σ_s^2	3.953 (0.590)	3.118 (-)	4.734 (0.551)	3.472 (0.317)	3.772 (0.553)	3.398 (0.244)
γ	0.312 (0.109)	0	0.426 (0.083)	0.206 (0.062)	0.271 (0.110)	0.125 (0.029)
μ	-2.220 (0.846)	0	-2.840 (1.122)	-1.692 (0.818)	-2.021 (0.806)	-1.304 (0.424)
η	0.062 (0.029)	0	0	0.104 (0.020)	0.076 (0.033)	0.160 (0.037)
Log-Likelihood	-1835.635	-1863.318	-1838.460	-1839.744	-1838.601	-1871.898

비고: ()는 표준오차를 나타낸다.

[표 6] 각 모형의 가정

		내 용
모델 1	비제약 생산함수 (unrestricted model)	
모델 1-1	기술적 비효율성이 존재하지 않음 ($\gamma = \mu = \eta = 0$)	
모델 1-2	기술적 비효율성이 시간에 따라 변하지 않음 ($\eta = 0$)	
모델 1-3	기술진보가 없음 ($\alpha_T = \beta_{TT} = \beta_{LT} = \beta_{KT} = 0$)	
모델 1-4	기술진보는 중립적임 ($\beta_{LT} = \beta_{KT} = 0$)	
모델 1-5	콥-더글러스 생산함수 ($\beta_{LL} = \beta_{KK} = \beta_{TT} = \beta_{LT} = \beta_{KT} = \beta_{LK} = 0$)	

본 연구에서 가정한 생산함수에 대한 검정 결과는 [표 7]과 같다. 기술적 비효율성이 존재하지 않는다는 첫 번째 가설(모델 1-1)은 1% 유의수준에서 기각되었다. 만약 귀무가설이 기각되지 않는다면 기업은 효율적인 상태에서 생산 활동을 하고 있음을 의미하나 실제 한국 방위산업체에는 기술적 비효율성이 존재하며 생산 가능한 최대 산출량보다 적은 수준에서 생산 활동이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

기술적 비효율성이 시간에 따라 변하지 않는다는 두 번째 귀무가설(모델 1-2)은 5% 유의수준에서 기각되었다. 이는 대상 기업의 비효율성이 시간에 따라 변화하며 Battese and Coelli(1992)모델을 적용하는 것이 통계적으로 유의미함을 의미한다. 기술진보가 없다는 세 번째 귀무가설(모델 1-3)과 기술진보의 유형이 중립적이라는 네 번째 가설(모델 1-4)은 10% 유의수준에서 기각되었다. 이는 기업의 기술은 진보하고 있으며 기술진보의 유형이 비중립적임을 의미한다. 생산함수를 콥-더글러스 함수로 가정한 다섯 번째 귀무

가설(모델 1-5)은 1% 유의수준에서 기각되었으며, 초월대수 함수 형태의 생산함수가 적절함을 의미한다.

[표 7] 가설검정 결과

	귀무가설 (H ₀)	로그우도	검정통계량	임계값 ⁸⁾	결과
모델 1-1	$\gamma = \mu = \eta = 0$	-1863.32	55.37	10.50	1% 유의수준에서 귀무가설 기각
모델 1-2	$\eta = 0$	-1838.46	5.65	3.84	5% 유의수준에서 귀무가설 기각
모델 1-3	$\alpha_T = \beta_{TT} = \beta_{LT} = \beta_{KT} = 0$	-1839.74	8.22	7.78	10% 유의수준에서 귀무가설 기각
모델 1-4	$\beta_{LT} = \beta_{KT} = 0$	-1838.60	5.93	4.61	10% 유의수준에서 귀무가설 기각
모델 1-5	$\beta_{LL} = \beta_{KK} = \beta_{TT} = \beta_{LT} = \beta_{KT} = \beta_{LK} = 0$	-1871.90	72.53	13.28	1% 유의수준에서 귀무가설 기각

추정결과에 대한 5가지의 가설 검정결과 본 연구에서 가정한 시간에 따라 변화하는 기술적 비효율성의 존재, 비중립적인 기술진보의 존재, 초월대수 함수 형태의 생산함수가 적절함을 확인하였다.

8) 각 모델의 가설검정에 사용되는 χ_q^2 의 임계값은 다음과 같다

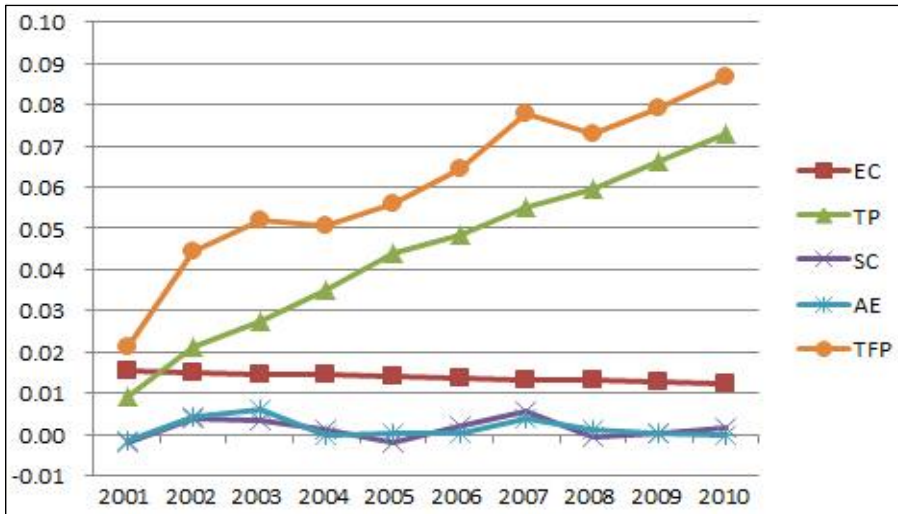
χ_q^2	1 ($q = 3$) [*]	2 ($q = 1$)	3 ($q = 4$)	4 ($q = 2$)	5 ($q = 6$)
0.01	10.50	6.63	13.28	9.21	16.81
0.05	7.05	3.84	9.49	5.99	12.59
0.1	5.53	2.71	7.78	4.61	10.64

^{*} $\gamma = 0$ 을 포함하는 1변 가설검정은 혼합 χ^2 분포 임계값을 사용하였다(Kodde & Palm, 1986).

생산함수의 추정모수와 자료를 식 (9)에 대입하여 총요소생산성을 요인별로 분해한 결과는 [표 8]과 같다. [표 5]의 모델 1 모수 중에서 η 의 추정치가 0.062로, 대상 기업의 기술적 효율성은 지속적으로 개선될 것으로 예측가능하다. 기술적 효율성(TEC)의 증가는 한국 방위산업체들이 생산변경에 접근하고 있는 추격(Catch-up)효과를 의미하기 때문에, 연도에 따라 TEC가 감소하고 있음은 추격속도가 지속적으로 떨어지고 있음을 알 수 있다. 반면 기술진보(TP)는 지속적으로 증가하는 추세로 대상 기업이 기술 개발을 통해 생산변경 자체를 확장함을 의미한다. 규모의 요인(SC)과 배분효율성(AE)은 효과가 0.01미만으로 총요소생산성에 미치는 영향은 거의 없음을 확인하였다. 한국 방위산업의 총요소생산성은 주로 기술진보의 효과로 인해 지속적으로 상승하고 있으며, 이는 [그림 7]을 통해서 보다 명확하게 확인할 수 있다.

[표 8] 총요소생산성과 요인별 분해

	TEC	TP	SC	AE	TFP
2001	0.0152	0.0092	-0.0020	-0.0013	0.0211
2002	0.0150	0.0211	0.0040	0.0042	0.0443
2003	0.0147	0.0277	0.0036	0.0060	0.0519
2004	0.0143	0.0352	0.0010	-0.0001	0.0505
2005	0.0140	0.0438	-0.0019	0.0000	0.0560
2006	0.0137	0.0486	0.0020	0.0002	0.0644
2007	0.0134	0.0551	0.0055	0.0039	0.0779
2008	0.0131	0.0597	-0.0006	0.0010	0.0731
2009	0.0128	0.0660	0.0004	0.0001	0.0793
2010	0.0125	0.0728	0.0014	0.0000	0.0866
평균	0.0139	0.0439	0.0013	0.0014	0.0605



[그림 7] 총요소생산성과 요인별 변화

결과적으로 한국 방위산업체의 기술적 효율성은 향상되고 있으나 향상 속도는 상대적으로 감소하고 있으며, 이는 기술 진보를 통해 생산변경 자체를 확대하기 때문에 변경에 접근하는 속도가 낮아진 결과로 판단된다. 또한 2000~2010년 사이 총요소생산성에 가장 큰 영향을 준 것은 기술 진보임을 확인하였다. Färe(1994)에 의하면 효율성에 의한 성장은 추격효과를 의미하고 기술진보는 혁신효과를 나타내기 때문에 한국 방위산업은 기술추격형 산업에서 혁신활동이 많은 산업으로 변모하고 있음을 알 수 있다.

5.2. 결정요인 분석결과

5.2.1. 기술적 효율성 결정요인 분석

[표 9] 기술적 효율성 분석결과

종속변수 TE	모델 2-1	모델 2-2
ln (K/L)	0.07466*** (0.00417)	0.05944*** (0.00398)
ln (Sales/K)	0.05008*** (0.00386)	0.04059*** (0.00359)
R&D _{int}	0.02833*** (0.00786)	0.01661** (0.00722)
Pt	0.00002*** (0.00000)	0.00002*** (0.00000)
ln CTeDoF		0.00606*** (0.00051)
CTeDoI		0.01496* (0.00811)
dum _{size1}	-0.03899 (0.04223)	-0.03055 (0.04163)
dum _{size2}	-0.13731*** (0.03583)	-0.12591*** (0.03529)
constants	-0.70789*** (0.07998)	-0.45741*** (0.07581)
N	842	842
Log-Likelihood	1443.79	1517.42
Wald- χ^2	408.86	657.22

비고: *** p<0.01, **p.<0.05, * p<0.1

기술적 효율성은 토빗 모형을 사용하였으며 그 결과는 [표 9]와 같다. 먼저 통제변수인 $\ln(K/L)$, $\ln(\text{Sales}/K)$, $R\&D_{\text{int}}$ 는 모두 기술적 효율성과 통계적으로 유의미한 양의 관계를 보였다. 종업원의 업무환경을 의미하는 $\ln(K/L)$ 의 경우 두 모델에서 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. 이는 노동인력이 사용할 수 있는 자산이 많을수록 효율성이 향상됨을 의미한다. $\ln(\text{Sales}/K)$ 역시 1% 수준에서 유의한 양의 관계를 보였으며 이는 기업이 갖고 있는 유형고정자산을 많이 활용할수록 효율성이 향상됨을 의미한다. $R\&D_{\text{int}}$ 의 경우 모델 2-1에서는 1%, 모델 2-2에서는 5% 수준에서 통계적으로 유의미한 양의 관계를 보였으며, 이는 기업이 연구개발에 투자를 많이 할수록 효율성이 높아짐을 시사한다.

모델 2-1에서 기술적 효율성과 Pt 는 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 보였다. 이는 기업의 출원특허는 기업의 효율성을 향상시킴을 의미한다. 모델 2-2에서 기술적 효율성과 $\ln CTeDoF$ 는 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 보였다. 이는 기업수준에서 자신의 주요 기술영역에 집중하는 것이 효율성을 향상시키는 것으로 기업의 기술영역 확장은 효율성에 부정적인 영향을 주는 것을 의미한다.

기술적 효율성과 $CTeDoI$ 는 10% 수준에서 유의미한 양의 관계를 보였다. 이는 기업수준의 기술영역의 확장은 효율성에 부정적 영향을 주는 것과 달리 발명자 수준에서 기술영역의 확장은 효율성을 향상시킴을 의미한다.

기업규모를 나타내는 더미변수의 경우 두 모델에서 동일한 결과를 나타냈다. 중견기업($\text{dum}_{\text{size}1}$)은 중소기업과 비교하여 기술적 효율성에서 유의미한 차이가 있다고 볼 수 없는 반면 대기업($\text{dum}_{\text{size}2}$)은 중소기업에 비해 1% 수

준에서 유의미하게 효율성이 낮은 것으로 나타났다.

종합하면 자본집중도, 자산활용도, R&D집중도가 높을수록 효율성은 향상되며 대기업의 경우 중소기업보다 효율성이 낮음을 확인하였고 특허와 기술영역의 변화의 경우 출원 특허가 많을수록, 기술영역을 확장한 발명자 비율이 높을수록 기업의 기술적 효율성은 향상되는 반면 기업의 기술영역 확장은 기업의 기술적 효율성을 하락시키는 것으로 나타났다.

5.2.2. 기술진보 결정요인 분석

기술진보 결정요인은 고정효과모형과 임의효과모형으로 분석하였으며 Hausman 검정결과 모델 3-1, 모델 3-2 모두 고정효과모형이 적절한 것으로 나타났다. 따라서 고정효과모형을 중심으로 결과를 분석하겠다.

[표 10]은 기술진보의 결정요인분석 결과를 나타낸다. 통제변수인 $\ln(K/L)$, $\ln(\text{Sales}/K)$, $R\&D_{\text{int}}$ 는 모델 3-1과 3-2 모두 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. 이는 기술적 효율성과 마찬가지로 기업의 노동인력이 활용할 수 있는 자산이 많을수록, 기업이 보유한 자산을 많이 활용할수록 기술진보가 향상되며 R&D투자 역시 기술진보를 향상시키는 것으로 나타났다.

누적 출원특허 건수인 P_t 는 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. 이는 기술적 효율성의 경우와 마찬가지로 누적특허가 많을수록 기업의 기술진보가 향상됨을 의미한다.

[표 10] 기술진보 분석결과

종속변수 TP	모델 3-1		모델 3-2	
	FE	RE	FE	RE
ln (K/L)	0.02418*** (0.00221)	0.00679*** (0.00191)	0.01672*** (0.00214)	0.00453** (0.00189)
ln (Sales/K)	0.02765*** (0.00204)	0.01588*** (0.00185)	0.02301*** (0.00193)	0.01409*** (0.00181)
R&D _{int}	0.01577*** (0.00415)	0.01461*** (0.00401)	0.00998*** (0.00387)	0.01066*** (0.00387)
Pt	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)
ln CTeDoF			0.00289*** (0.00027)	0.00225*** (0.00026)
CTeDoI			0.00828* (0.00435)	0.00634 (0.00437)
dum _{size1}		-0.04574*** (0.00429)		-0.04588*** (0.00432)
dum _{size2}		-0.08366*** (0.00415)		-0.08416*** (0.00414)
constants		-0.06739* (0.03549)		-0.03648 (0.03497)
N	842	842	842	842
R ²	0.274	0.631	0.382	0.627
Hausman 검정	$\chi_4^2 = 449.62$		$\chi_6^2 = 5256.36$	

비고: *** p<0.01, **p.<0.05, * p<0.1

모델 3-2에서 $\ln CTeDoF$ 는 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈고 발명자 경우도 $CTeDoI$ 는 10% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. 이는 기업수준의 기술영역 확장은 기술진보의 하락을, 발명자 수준에서 기술영역 확장은 기술진보를 향상시킴을 의미한다.

결과를 종합하면 기술진보 역시 누적 출원특허와 출원주체의 기술영역 변화에 영향을 받으며 누적 출원특허와 기술영역을 확장한 발명자가 많을수록 기업 기술진보는 향상되며 기업수준에서 기술영역 확장은 기업 기술진보를 하락시키는 것으로 나타났다.

5.2.3. 중요소생산성 결정요인 분석

중요소생산성에 대한 결정요인 분석도 고정효과모형이 적절하며 기술진보, 기술적 효율성과 동일한 추세를 나타냈다. [표 11]은 중요소생산성에 대한 결과를 나타낸 것이며 $\ln (K/L)$, $\ln (Sales/K)$ 는 모델 4-1과 4-2 모두 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈으며 $R\&D_{int}$ 는 모델 4-1에서는 1% 수준, 모델 4-2에서는 5%수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. Pt 와 $\ln CTeDoF$ 의 경우 1% 수준에서 유의미한 양의 관계를 보였으며 $CTeDoI$ 는 10%수준에서 유의미한 양의 관계를 나타냈다. 중요소생산성 역시 누적 특허와 기술영역을 확장한 발명자의 비율이 높을수록 기업의 생산성은 향상되고 기업수준에서는 기술영역 확장은 기업 생산성을 하락시키는 것으로 나타났다. 모델 4와 모델 3을 비교하면 변수의 영향은 동일하지만 설명력을 나타내는 R^2 는 모델 4에서 소폭 하락하였는데 이는 중요소생산성이 배분효율성(AE)과 규모요인(SC)을 포함하기 때문에 발생한 것으로 판단된다.

[표 11] 총요소생산성 분석결과

종속변수 TFP	모델 4-1		모델 4-2	
	FE	RE	FE	RE
ln (K/L)	0.03007*** (0.00304)	0.01265*** (0.00256)	0.02228*** (0.00295)	0.00982** (0.00254)
ln (Sales/K)	0.03119*** (0.00281)	0.01997*** (0.00246)	0.02600*** (0.00267)	0.01731*** (0.00241)
R&D _{int}	0.06597*** (0.02153)	0.07354*** (0.00188)	0.04698** (0.02013)	0.05143*** (0.00182)
Pt	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)	0.00001*** (0.00000)
ln CTeDoF			0.00306*** (0.00034)	0.00260*** (0.00033)
CTeDoI			0.01017* (0.00525)	0.00997* (0.00520)
dum _{size1}		-0.04906*** (0.00558)		-0.04998*** (0.00566)
dum _{size2}		-0.08873*** (0.00548)		-0.09011*** (0.00550)
constants		-0.16593*** (0.04795)		-0.12505*** (0.04715)
N	842	842	842	842
R ²	0.255	0.585	0.359	0.627
Hausman 검정	$\chi^2_4 = 209.54$		$\chi^2_6 = 268.62$	

비고: *** p<0.01, **p.<0.05, * p<0.1

5.2.4. 연구가설 검정결과

본 연구에서 설정한 가설에 대한 검정결과는 [표 12]와 같다. 먼저 누적 출원 특허(Pt)의 경우 기술적 효율성, 기술진보, 총요소생산성 모두 유의미한 양의 관계를 보인바 가설 H1은 지지되었다.

기업의 기술영역의 변화($\ln CTeDoF$)는 모든 모델에서 통계적으로 유의미한 영향을 주었으나 이를 해석하면 기업의 기술영역 확장과 생산성은 음의 관계이므로 가설 H2는 지지되지 않았다.

발명자의 기술영역의 변화($CTeDoI$)는 유의 수준의 차이는 있으나 모든 모델에서 통계적으로 유의미한 영향을 주었다. 이를 해석하면 기술영역을 확장한 발명자의 비율과 생산성은 양의 관계임으로 가설 H3는 지지되었다.

[표 12] 연구가설 검정결과

	내 용	결과	지지여부
H1	누적 출원특허와 기업생산성은 양의 관계	(+)	O
H2	기업의 누적된 기술영역의 확장과 기업 생산성은 양의 관계	(-)	×
H3	발명자의 누적된 기술영역의 확장과 기업 생산성은 양의 관계	(+)	O

비고: · 은 통계적으로 유의미하지 않음을 의미

연구결과 기술영역 확장에서 기업수준의 기술영역 확장은 음의 영향을, 발명자 수준의 기술영역 확장은 양의 영향을 준 것으로 나타났는데 기업내부 발

명자의 기술영역이 확장되면 기업의 기술영역이 확장되는 것으로 오인할 수 있다. 하지만 기업과 발명자는 기술영역의 범위 자체에 차이가 있기 때문에 발명자의 기술영역이 확장된다고 기업의 기술영역이 확장되는 것은 과대해석이다. 실제로 연구 대상 기업의 평균 기술 영역은 6.3개이며 발명자의 평균 기술영역은 1.98개로 범위의 차이가 있기 때문에 발명자의 기술영역 확장이 기업의 기술영역을 확장하는 것은 아니다. 따라서 가설 H2와 H3의 결과가 내포하는 의미는 기업의 기술영역 안에는 각 기술영역을 담당하는 연구자 집단이 존재하고 있으며 이들 간의 교류를 확대하는 것이 기업의 생산성을 향상 시킴을 나타낸다.

6. 결 론

본 논문은 한국 방위산업에 종사하는 90개 기업을 대상으로 2000~2010년간 중요소생산성을 측정하고 분해하여 그 결정요인을 분석하였다. 중요소생산성의 측정과 분해는 확률적 변경추정법을 이용하였으며 연구결과 한국 방위산업은 시간에 따라 변화하는 기술진보와 기술적 비효율성이 존재함을 확인하였고 결정요인 분석을 통해 출원 특허와 발명자의 기술영역 확장이 기업 생산성 변화에 유의미한 양의 영향을 주는 것을 확인하였다.

주요 연구결과를 요약하면 우선 연구기간동안 한국 방위산업의 중요소생산성은 지속적으로 향상되었으며 구성요인 중 기술진보의 영향이 가장 컸다. 반면 기술적 효율성의 영향은 감소하고 있으며 규모요인과 배분효율성의 영향은 미비하였다. 따라서 2000년 이후 한국 방위산업체는 효율성 증가를 통한 추격 효과보다 생산변경 자체를 확대하는 혁신적인 산업으로 변모하였음을 확인할 수 있었다.

두 번째로 특허의 경우 출원 후 1년 이상 경과된 누적량이 기술진보에 양의 영향을 주는 것으로 나타났다. 기술개발 활동의 결과물인 특허는 출원이후 기업의 효율성, 기술진보 등 생산성 향상에 기여함을 의미한다.

세 번째로 기업의 기술영역 확장은 생산성에 음의 영향을 주는 것으로 나타났다. 기업수준에서 기술영역을 확장하는 것은 생산성, 기술진보, 기술적 효율성을 하락시키므로 기업은 자신의 주요 기술영역에 집중하고 기술영역의 확장에 대해 신중하게 고려하는 것이 생산성 향상측면에서 중요할 것이다.

네 번째로 발명자의 기술영역 확장과 기업 생산성은 양의 관계임을 확인하

였다. 기업내 발명자 중 기술영역을 확장한 발명자의 비율이 높을수록 생산성이 향상됨을 확인한바 발명자 수준에서는 다양한 기술영역을 갖는 인력간의 교류를 통해 발명자의 기술영역을 확장해 나가는 것이 생산성 향상에 긍정적인 영향을 줄 것이다.

연구 결과를 종합하면 새로운 기술과 지식의 결과물인 특허는 기업의 효율성, 기술진보를 통해 생산성을 향상시키며 이는 방위산업에 종사하는 기업도 혁신활동이 중요함을 시사한다. 또한 기업은 주요산업에 주력함과 동시에 내부의 다양한 기술영역의 연구 인력을 확보하고 연구 인력간의 기술적 교류를 활성화하는 것이 생산성 향상에 도움이 될 것이다.

본 연구결과를 바탕으로 방위산업에 대한 정책적 시사점은 다음과 같다. 먼저 양적 성장의 한계이다. 자본집중도, 자산활용도와 생산성과의 관계를 살펴보면 고정설비 자산을 늘리는 것과 더불어 적정수준의 가동률을 유지하는 것이 지속적인 생산성 향상에 중요한 영향을 미칠 것이다. 하지만 방위산업은 군에서 필요한 소요량만 생산하는 특성을 갖고 있기 때문에 자본집중도와 자산활용도에 의존한 성장에는 한계가 있다. 실제로 2003~2010년간 방위산업체의 방산부문 평균 가동률은 59.1%로 같은 기간 제조업 평균 가동률 79.1%을 하회하고 있다. 정체된 가동률을 높이기 위해서는 국산화율을 높이거나 해외 시장으로 진출하는 것이 가장 현실적인 방법이지만 이를 위해서는 보다 빠른 기술진보가 필요할 것이다. 이러한 기술적인 진보가 부족한 상태에서 방위산업 생산량을 늘리는 것은 오히려 ROC에 못 미치는 무기체계 도입으로 인한 전력 공백, 급격한 국산화율 저하와 해외 경쟁력 상실 등의 악영향을 줄 수 있다.

둘째 양적 성장의 한계를 보완하는 질적 성장의 중요성이다. 정체된 수요를 확대하기 위해서는 국산화율 향상과 해외 시장 진출이 필요하고 이를 위해서는 한국만이 아니라 각 국가의 군에서 요구하는 수준의 기술력을 갖추어야 한다. 이를 위해서는 R&D 투자, 기술개발 결과인 특허권 및 기술 개발 과정에서 발생하는 성과를 확대하는 등의 질적 성장이 중요하다. 본 논문의 연구 결과에서 나타난 특허권과 출원 주체의 기술영역 변화의 영향은 이러한 질적 성장의 중요성을 대변한다. 따라서 국가차원에서 국방 R&D의 효과적인 분배와 더불어 기업 차원에서는 적극적으로 기술개발로 특허권을 확보하고, 연구인력간의 기술적인 교류를 통해 발명자의 기술영역을 확장한다면 방위산업의 양적 성장의 한계를 보완할 수 있는 질적 성장을 달성할 수 있을 것이다.

현재 한국 방위산업이 기술진보에 의한 혁신적인 산업으로 발전하고 있음을 확인하였으나 국내적으로는 직접적인 북한의 위협과 잠재적인 주변 강대국의 위협을 고려한 적정수준의 ROC를 충족시키기에는 기술수준이 다소 부족하고 해외 진출을 위해서는 핵심기술의 높은 대외의존도가 발목을 잡고 있는 실정이다. 본 논문에서 확인한 연구결과는 이러한 기술적인 부족을 채우기 위한 시사점을 제공한 점에서 연구의 의의가 있다고 볼 수 있다.

본 논문의 한계점은 먼저 국방과학기술에 많은 영향을 주는 국책연구소, 특히 국방과학연구소의 영향을 고려하지 못했다는 점이다. 국방과학연구소는 창설이후 국방기술개발에 많은 기여를 하였으며 현재도 국방 R&D의 대부분을 수행하는 기관이다. 국방과학기술은 방위산업체의 기술력도 중요하지만 국책연구소의 성과도 상당부분 차지하는바 본 연구에서 이를 반영하지 못한 점은 연구결과를 국방과학기술과 직접 연계하는 것에 제한사항이 될 것으로 생

각된다. 또한 인용횟수, 청구항목 등 특허의 질적 요인을 반영하지 못한 점도 한계라 할 수 있다. 특허가 새로운 지식과 기술을 의미하지만 모든 기술과 지식이 동일한 가치를 지니는 것은 아니기 때문이다. 따라서 특허마다 지니는 가치는 차이가 있으며 이를 반영하는 것이 특허의 영향을 보다 정확하게 분석할 수 있는 방법일 것이다. 향후 연구에서 국책연구소의 영향과 특허의 질적 요인을 고려한다면 국방과학기술발전을 위한 보다 정교한 연구가 될 것이다.

참 고 문 헌

- 국방기술품원 (2010). *국방과학기술조사서*. 국방기술품질원.
- 국방부 (2010). *국방과학기술진흥정책서*. 국방부.
- 권기정, 김진수, 최문중 (2009). 특허출원자료를 활용한 기업의 기술혁신 결정요인 분석. *국제회계연구*, 28, 139-158.
- 김병석, 구영완, 오승곤 (2011). 한국 방위산업체의 중요소생산성 변화 구성요인 분석: 확률적 변경생산함수를 이용하여. *국제통상연구*, 16(1), 129-148.
- 김재오, 김재희, 김승권 (2007). DEA기반 순위선정 절차를 활용한 주력전차의 기술예측방법 비교연구. *한국국방경영분석학회지*, 33(2), 61-7.
- 김재환 (2007). 국내 방위산업체 중요소생산성 결정요인 분석. *국방대학교 석사학위 논문*.
- 김정일 (2006). 방위산업의 중요소생산성 분석. *국방대학교 석사학위 논문*.
- 민인식, 최필선 (2012). *STATA 패널데이터 분석*. 서울: 지필미디어.
- 서미영, 송영일 (2010). 육군 보급수송대대 효율성 측정에 관한 연구. *한국국방경영분석학회지*, 36(2), 85-106.
- 신범철, 이의영 (2010). R&D투자와 수출의 생산효율성 제고 효과-SFA기법

- 을 활용한 실증 분석. *기업경영연구*, 17(1), 1-21.
- 오근엽, 김태기 (2005). 한국 정보통신 산업에서 특허가 생산성에 미친 영향: 산업별 패널 데이터 분석. *정보통신정책연구*, 12(4), 59-85.
- 이대순, 이재영, 홍봉영, 유규열 (2006). 국내 방산 업체의 운영 효율성 분석 평가. *정책분석평가학회보*, 16(3), 87-112.
- 이영훈, 김정우, 이희경 (2001). 확률프론티어분석을 이용한 연구개발투자의 OECD 국가간 파급효과. *산업조직연구*, 9(1), 35-57.
- 이정동 (2002). 제조업 총요소 생산성 측정의 제 과제. *생산성 논집*, 16(2), 117-140.
- 이정동, 오동현 (2010). *효율성 분석이론*. 서울: IBBook.
- 한광호 (2008). 한미 제조업의 생산효율성과 총요소생산성 비교분석. *경제연구*, 26(2), 29-58.
- Aghion, P., David, P. A., & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: Linking policy research and practice in STIG Systems. *Research Policy*, 38(4), 681-693.
- Aigner, D., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.

- Argote, L., & Ingram, P. (2000). Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 150–169.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38(3), 387–399.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1), 153–169.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325–332.
- Becker, G.S. (1964). *Human Capital*. Chicago: University of Chicago.
- Cornwell, C., Schmidt, P., & Sickles, R. C. (1990). Production frontiers with cross-sectional and time-series variation in efficiency levels. *Journal of Econometrics*, 46(1-2), 185–200.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, innovation

- and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115–158.
- Denison, E.F. (1964). Measuring the contribution of education, In: residual factor and economic growth. OECD, 13–55.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66–83.
- Fallah, M. H., & Choudhury, P. (2009, 2–6 Aug. 2009). Movement of inventors and the effect of knowledge spillovers on spread of innovation: Evidence from patent analysis in high-tech industries. *PICMET 2009. Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*.
- Goedhuys, M., & Veugelers, R. (2012) Innovation strategies, process and product innovations and growth: Firm-level evidence from Brazil. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(4), 516–529.
- Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661–1707.

- Hall, B. H. (2005). Exploring the patent explosion. *Journal of Technology Transfer*, 30(1-2), 35-48.
- Hall, B. H. (2009). BUSINESS AND FINANCIAL METHOD PATENTS, INNOVATION, AND POLICY. *Scottish Journal of Political Economy*, 56(4), 443-473.
- Hoisl, K. (2007). Tracing mobile inventors—The causality between inventor mobility and inventor productivity. *Research Policy*, 36(5), 619-636.
- Hoisl, K. (2009). Does mobility increase the productivity of inventors? *The Journal of Technology Transfer*, 34(2), 212-225.
- Kim, S., & Han, G. (2001). A decomposition of total factor productivity growth in Korean manufacturing industries: A stochastic frontier approach. *Journal of Productivity Analysis*, 16(3), 269-281.
- Kodde, D. A., & Palm, F. C. (1986). Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. *Econometrica*, 54(5), 1243-1248.
- Kumbhakar, S. C. (1990). Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency. *Journal of Econometrics*,

46(1-2), 201–211.

Kumbhakar, S. C., Denny, M., & Fuss, M. (2000). Estimation and decomposition of productivity change when production is not efficient: A paneldata approach. *Econometric Reviews*, 19(4), 312–320.

Latham, W. R., III, Le Bas, C., & Volodin, D. (2011). Value of invention, prolific inventor productivity and mobility: Evidence from five countries, 1975–2002. *GATE Working Paper NO.1133*.

Lee, C., Lee, J. D., & Kim, T. Y. (2009). Innovation policy for defense acquisition and dynamics of productive efficiency: A DEA application to the Korean defense industry. *Asian Journal of Technology Innovation*, 17(2), 151–171.

Lee, Y. H. (1999). Stochastic frontier models for temporal patterns of technical efficiency. *Journal of Productivity*. 5. 25–49.

Los, B. & Verspagen, B. (2003). Technology spillovers and their impact on productivity. Working paper.

Meeusen, W., & Broeck, J. v. D. (1977). Efficiency estimation from Cobb–Douglas production functions with composed error.

International Economic Review, 18(2), 435–444.

Weitzman, M. L. (1996). Hybridizing growth theory. *The American Economic Review*, 86(2), 207–212.

Weitzman, M. L. (1998). Recombinant growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(2), 331–360.

Wooldridge, J. M. (2009). *Introductory econometrics: A modern approach*. Ohio: South Western Cengage Learning.

Abstract

The Korean defence industry has made great effort to improve quality of technologies since late 1990s. This effort, however, is not regarded as being sufficient in particular for securing the core technologies in the high-tech weapon system. This paper examines TFP growth of the Korean defence industry, and finds its determinants mainly in terms of technology domain in patents during the period 2000–2010. Empirical results indicate the following. First, the annual average TFP growth in the Korean defence industry is 6% and technical progress is the main contributor to the growth of TFP, indicating that the Korean defence industry has transformed into a innovative industry from a catching-up industry. Second, the effect of cumulated patents is positive on technical progress and TFP growth. Third, extension of technology domain of firms and inventors have negative and positive effects on TFP growth, respectively. These empirical results are applied to making policy implications for the sustainable and innovative growth of the Korean defence industry.

Key words: defence industry, total factor productivity, stochastic frontier analysis, patent, technology domain

Student Number: 2011–22951