

# 연구개발의 수출에 대한 영향 분석

A Panel Analysis of Influence of R&D on Export

최봉호(Bong-Ho Choi)

동의대학교 무역학과 조교수(주저자)

김상춘(Sang-Choon Kim)

영남대학교 국제통상학부 조교수  
(교신저자)

## 목 차

- |                      |            |
|----------------------|------------|
| I. 서 론               | V. 요약 및 결론 |
| II. 수출과 연구개발의 이론적 배경 | 참고문헌       |
| III. 분석모형과 분석방법      | Abstract   |
| IV. 실증분석 결과          |            |

## Abstract

The purpose of this study is to analyse the general influence of R&D on export, and to induce policy implications. The method of analysis is panel data analysis based on a data set of Korea, United States and Japan.

The result of analyses shows that the influence of R&D on export is significant and positive. In addition, the results also confirmed generally positive relationships between R&D and export.

It means that R&D is an important factor to raise international competitiveness of export commodities. We can conclude that the empirical results provide evidence to support the neotechnology theory of trade in the context of Korea, United States and Japan.

Key Words : export, R&D, panel data analysis, neotechnology theory of trade

## I. 서론

1960년대 이후 한국경제는 세계시장에서 거대한 수출국으로 부상하면서 지속적으로 높은 경제성장을 유지해 왔다. 하지만 한국의 수출증가율은 1960년대 평균 41.68%에서 1970년대 39.18%, 1980년대 15.76%, 1990년대 9.02%, 2000년대 10.57%로서 1980년대 이후 급격히 감소하고 있다. 이는 한국의 경제발전 과정에서 높은 수출 성장률이 주로 저렴한 임금을 바탕으로 한 낮은 생산요소 비용과 급속한 개방화 정책에 기인하였기 때문으로 판단된다. 그러나 이후 중국 등을 비롯한 후발개도국들의 더욱 저렴한 임금과 선진국들의 선도 기술에 의한 비교우위로 인하여 이중적 위기에 처한 한국 등은 세계시장에서 상품의 국제경쟁력 확보가 어려운 전환기적 상황에 직면해 있다. 특히 지식기반경제시대에서 경쟁력의 원천이 지식과 기술혁신에 기반을 두고 있는 현실에서 한국과 같은 위치에 있는 국가들은 새로운 창조 선도형 기술혁신전략으로 기술에 기반을 둔 국제적 비교우위를 창출해 나가야 하는 시점에 이르렀다.

국제무역의 발생과 국제경쟁력의 결정에 대한 지금까지의 연구결과는 임금이나 부존자원 등과 같은 생산요소의 가격이나 요소집약도가 주요한 요인이라는 주장이 주류를 이루어 왔다. 그러나 1970년대에 이르러 기술이 국제무역의 발생이나 국제경쟁력의 결정에 중요한 영향을 미친다는 인식이 본격적으로 대두되었다<sup>1)</sup>. Vernon(1966)은 미국의 수출이 R&D 집약도가 높은 산업에 집중적으로 이루어지고 있음을 발견하는 등 이후 많은 경제학자들은 국제무역에서 기술요인의 중요성을 인식하고 이를 무역이론에 반영하려고 노력하였다. 특히 Krugman(1979), Dixit & Norman(1980) 등의 신무역이론(new trade theory)과 기술혁신과 R&D 투자와 산업내무역의 관계를 이론으로 정립한 Grossman and Helpman(1991) 등은 국제무역에서 비교우위의 결정요인으로서 기술적 요인의 중요성을 강조하였다.

이와 같이 국제무역에서 비교우위의 결정요인으로서 기술혁신과 이를 위한 R&D의 중요성이 강조되는데도 불구하고 그 동안 국내의 경우 이에 대한 연구는 그렇게 활발하지 못하였다. 국내의 대표적 연구로서는 김병우(2006)는 R&D가 한국의 미국에 대한 수출에 미치는 영향을 분석하였는데 신무역이론을 바탕으로 제품차별화의 관점에서 R&D가 제품다양성 확장에 미치는 영향과 산업내무역에 대하여 실증분석하였다. 분석결과 한국경제에는 R&D를 통한 산업내 무역 증대가 상당히 진행되고 있음을 확인하였다. 하지만 한국의 R&D지출 증가가 대미수출을 증가시키지는 못하는 것으로 드러났다. 이재득(2009)은 수출 및 기술혁신을

1) 이영선, 「우리나라 수출상품의 비교우위분석과 전망」, 국제경제연구원, 1980

통한 경제성장에 대한 영향을 패널분석을 통하여 실시하였다. 특히 특허가 수출과 경제성장에 미치는 영향을 추정하였다. 분석결과 기술혁신은 수출과 마찬가지로 국민소득과 경제성장에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 안병민·천세봉(2009)은 기존의 성과 자료를 이용하여 수출경쟁력의 관점에서 R&D의 성과를 분석하고 이를 바탕으로 R&D측면에서 정책적 시사점을 도출하였다.

전반적으로 기술과 수출과의 관계 특히 R&D지출과 수출 실적간의 관계에 대한 국내외의 연구가 절대적으로 미흡하였다. 그리고 이전의 국내외 연구들은 R&D의 수출에 대한 직접적이고 일반적인 영향 관계의 실증적 분석이 이루어지지 못하였고, 특정 국가를 대상으로 한 부분적인 연구로 인하여 R&D의 수출에 대한 일반화된 결론을 도출하기에는 한계를 가질 수밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 한국을 포함하여 세계시장에서 큰 비중을 차지하는 미국과 일본을 대상으로 R&D지출의 수출에 대한 일반화된 영향 관계를 실증적으로 분석하고자 한다. 이러한 분석은 향후 수출과 R&D에 대한 개별적 사안 분석뿐만 아니라 특히 한국에 있어서 수출에 대한 R&D의 역할에 대한 향후 연구에 기초로 활용될 수 있을 것이다.

분석방법은 시계열자료와 횡단면자료를 혼합한 패널자료(panel data)를 이용한 패널분석기법(panel analysis)을 사용한다. 패널자료를 이용할 경우에는 특정시점의 결과뿐만 아니라 많은 정보를 이용하여 경제변수간의 일반적인 관계를 도출할 수 있다. 또한 설명변수들 간에 있을 수 있는 공선성(collinearity)을 줄일 수 있기 때문에 모수추정치의 효율성이 향상되고 미처 고려하지 못했거나 관측할 수 없는 변수에 따른 문제점도 해결할 수 있다.

이를 위하여 먼저 제II장에서는 수출과 연구개발간의 관계에 대한 이론적 배경을 살펴본다. 그리고 III장에서는 실증분석을 위한 분석모형을 도출하고 분석에 사용될 자료의 출처와 변수의 정의와 함께 분석방법에 대해서 자세히 설명한다. 제 IV장에서는 수출에 대한 연구개발의 영향을 살펴보기 위하여 패널데이터를 이용한 실증분석을 하게 된다. 마지막 V장에서는 분석결과를 요약하고 정책적 시사점 및 결론을 도출하는 순서로 서술한다.

## II. 수출과 연구개발의 이론적 배경

기술진보는 새로운 상품이나 서비스의 창출을 가능하게 하여 경제성장과 발전을 결정하는 주요 요인이 된다. 해로드-도마(R.F.Harrod-E.Domar) 등에 의한 경제성장이론은 기술을 외부로

부터 주어지는 외생변수로 간주하는 외생적 성장이론인데 이는 1950~1970년대에 주류를 이루었다. 하지만 1980년대 솔로우(R.M.Solow)의 신고전파적 성장모형은 기술진보가 내생적 지속적으로 유도되는 내생적 성장이론(endogenous growth theory)이 부각되었는데 이는 지속적인 기술진보만이 지속적인 성장을 담보할 수 있다는 것이다. Mitchell(1998)에 의하면 과거 50년간 미국 경제를 연구한 결과 성장의 50%정도가 첨단산업의 기술진보에 기인하는 것으로 파악되어 내생적 성장이론의 타당함을 확인시켜 주었다. 세계경제포럼(World economic forum)의 보고서<sup>2)</sup>에서도 선진 각국의 1인당 GDP와 GDP대비 1인당 R&D투자 비중 간에는 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 선진국일수록 전통적인 생산요소인 노동과 자본보다 기술진보가 경제성장에 더 큰 기여를 하기 때문에 기술개발을 위한 R&D투자를 더 활발히 진행할 것을 권고하였다<sup>3)</sup>.

국제무역에서 기술혁신(innovation)의 중요성은 전통적인 무역이론에서 잘 나타나 있다. 리카도의 무역모형에서는 R&D투자를 통한 노동생산성의 격차가 상품의 비교우위로 나타나 무역이 확대된다. 그리고 헉셔오린의 무역이론에서는 R&D투자에 의한 생산성 증가는 생산가능곡선의 확장을 통하여 비교우위에 의한 수출증대가 가능하게 된다. Grossman and Helpman(1991) 등의 신무역이론에서는 제품차별화와 규모의 경제로 특정 지워지는 독점적 경쟁시장구조를 기술혁신 또는 R&D로 설명하면서 기술이 무역과 성장의 주요한 요소라고 주장하였다. 즉 신무역이론에서는 R&D 및 기술혁신이 제품다양성 및 규모의 경제에 영향을 미쳐 산업내무역의 확대를 통한 수출증대를 초래한다는 것이다.

수출과 R&D간의 상호관계에 대한 이론적인 근거는 신기술무역이론(neotechnology theory of trade)에 주로 바탕을 두고 있다. 무역에 있어서 기술과 관련한 이론은 레온티에프 역설(Leontief paradox)과 버논(Vernon)의 제품수명주기모형(product life cycle model)으로부터 유도된다. 이러한 두 이론은 모두 국제무역에 있어서의 기술적 요소를 중요시하고 있다(Leontief, 1954; Vernon, 1966). 신기술무역이론은 기술적 변화와 그것에 결과한 무역패턴과 그 두 변수간의 실증적 관계를 강조한다. 기업차원에서 기술적 변화는 R&D활동의 형태로 발생한다. 그리고 R&D활동은 비용절감과 제품차별화를 실현할 목적으로 행해진다. 따라서 R&D는 글로벌 경쟁에서의 마켓셰어(market share)를 획득하기 위한 수단으로서 필요하다(Franko, 1989). 미국을 포함한 선진국들에 대한 많은 실증적 분석 결과가 R&D지출 수준과 수출 간에는 대체적으로 정(+)의 관계가 있음을 보여 주었다<sup>4)</sup>.

2) WEF, The global competitiveness report, 1996

3) 안병민·천세봉, “국가 R&D의 수출경쟁력 기여 분석과 정책적 시사점,” 「Issue Paper 2009-02」, 한국과학기술평가원, 2009.2, pp. 5~7

4) Hongxin Zhao and Hongyu Li, “R&D and Export: An Empirical Analysis of Chinese Manufacturing Firms”, Journal of High

Gruber, Mehta&Vernon(1967)은 미국을 대상으로 한 분석에서 수출과 기술혁신 간에는 정의 상관관계가 있음을 발견하였다. 이러한 결과들은 수출과 기술관련 변수들 간의 상관관계를 분석한 Finger(1975), Lowinger(1975), Stern and Maskus(1981) 등의 후속 연구들에서도 지지되었다. Morrall(1972)은 미국 수출과 두 기술관련 변수인 노동효율성 및 자본효율성의 상대적 성장률을 회귀분석하였는데 그 결과 두 변수들의 계수가 수출에 대하여 유의적인 정(+)임을 보여주었다. Soete(1981)는 다른 국가가 보유하고 있는 미국 특허의 세어(share)로측정한 기술 지표에 대한 미국 수출을 분석하였는데 두 변수 간에는 정(+)의 관계가 있음을 증명하였다. Lee and Stone(1994)은 미국의 제조업체를 대상으로 완제품혁신(product innovation)과 공정혁신(process innovation) 두 형태의 R&D가 수출에 대하여 유의적인 정(+)의 영향을 미치는 것을 발견하였다. Cable & Rebelo(1980), Daniels(1982), Hughes(1986), Ito & Pucik(1993), Suh(1993), Doi(1994), Lee & Shim(1995)등과 같이 미국 이외의 국가에서 행해진 연구결과들도 무역에 대한 신기술이론의 대체로 지지하였다. Hughes(1986)는 영국의 48개 산업을 대상으로 연립방정식을 구성한 분석에서 R&D가 수출에 대하여 강한 정(+)의 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Ito & Pucik(1993)의 일본 제조업을 대상으로 한 분석에서도 R&D와 수출 간에는 긍정적인 관계가 있음을 보여 주었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 기술과 연구개발을 통한 국가 간 혁신창출 능력의 비대칭성으로 기술격차가 발생하고 이것이 비교우위를 결정하여 무역을 발생시키는 요인이 된다는 것이다. 그런데 이러한 비교우위 결정요인으로서 전통적인 노동, 자본 등의 요소부존도 보다는 기술 및 연구개발이 더욱 중요해지고 있음을 많은 실증분석결과에서 알 수 있다.

### Ⅲ. 분석모형과 분석방법

#### 1. 분석모형

연구개발의 수출에 대한 영향을 분석하기 위하여 실증분석모형을 설정해야 한다. 기본적으로 수출에 영향을 미치는 변수로는 크게 수출가격 요인, 수출수요 요인으로 구분할 수 있다. 수출가격에 영향을 미치는 요인은 수출단가, 환율 등이 있고 수출수요에 영향을 미치는 요인은 교역상대국의 소득과 세계경제의 성장 등을 들 수 있다.

전통적인 수출함수 이론에 의하면 일국의 수출(EX)은 해외국의 소득( $Y^*$ )과 수출재의 국가 간의 상대가격(RP)에 의존하는데 이를 함수 형태로 표시하면 다음과 같다.

$$EX = EX(Y^*, RP) \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $RP = \frac{P_X}{P^* \times E}$

( $Y^*$ : 해외국의 소득수준,  $P_X$ : 자국의 수출재 가격,  $P^*$ : 해외국의 물가수준,  $E$ : 환율)

수출량과 해외소득과의 함수관계는 해외소득수준이 높아지면 해외국의 국내상품뿐만 아니라 자국의 수출재에 대한 수요도 증가하게 되어 자국의 수출이 증가하게 된다. 즉 수출은 해외국의 소득수준에 정(+)의 영향을 받는다.

또한 수출재의 상대가격은 수출상품가격과 해외국의 물가수준의 비율로 나타난다. 따라서 해외물가가 상승하거나 환율이 상승하면 수출재의 상대가격이 하락하여 수출은 증가한다. 즉 수출은 수출재의 상대가격의 변화에 음의 영향을 받는다.

그런데 한 나라나 지역의 수출대상국은 여러 나라에 걸쳐 있으므로 본 연구에서와 같이 2국간의 수출함수 추정이 아닌 경우에는 소득보다는 무역상대국 전체의 수요능력 즉 경기수준에 영향을 받을 가능성이 많다<sup>5)</sup>.

따라서 본 연구에서는 전통적인 수출함수와 분석의 목적변수인 연구개발변수를 고려하고 Fagerberg(1996)과 Hognxin Zhao and HongYu Li(1997)등을 참고하여 추정모형을 구성하였다. 수출과 R&D변수의 정의 방법<sup>6)</sup>을 따르면서 먼저 기본적으로 연구개발과 함께 세계경기만을 포함하여 식(2)과 식(3)으로 구분하여 모형을 설정하였다.

$$EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 RD_{i,t} + \beta_2 IPD_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (2)$$

$$\ln EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln RD_{i,t} + \beta_2 \ln IPD_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $EX_{i,t}$ 는 수출,  $RD_{i,t}$ 는 연구개발,  $IPD_{i,t}$ 는 세계경기<sup>7)</sup>를 나타낸다. 즉 수출은 연

5) 최봉호, "부산지역 수출함수 추정에 관한 연구," 「지역연구」, 한국지역학회, 2005.8, p.147  
 6) 수출변수와 R&D변수를 GDP대비 지수화한 경우에는 선형로그를 취하지 않은 모형으로, 그리고 총액 변수 즉 수출총액과 R&D지출 총액의 경우에는 선형 로그를 취하여 모형을 구성한다.  
 7) 세계경기는 전통적인 수출함수에서 소득( $Y^*$ )변수의 대리변수로 사용하였다. 즉 세계경기가 상승하면 각국의 소득이

구개발에 대한 지출과 세계경기의 영향을 받는다는 것이다. 연구개발에 대한 지출과 수출과의 관계는 무역이론에 따르면 국가 간 비교우위의 패턴은 연구개발과 같은 기술변수에 의하여 영향을 받는데 이는 연구개발에 따른 생산성 향상이 비교우위를 유발하여 무역발생의 원인이 된다는 것이다. 그리고 세계경기가 상승하면 각국의 수출재에 대한 수요증가로 수출의 증가가 예상된다.

다음으로 수출가격에 중요한 영향을 미치는 변수인 환율변수를 고려하여 다음과 같은 식(4)와 식(5)을 설정하였다.

$$EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 RD_{i,t} + \beta_2 EXCH_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (4)$$

$$\ln EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln RD_{i,t} + \beta_2 \ln EXCH_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (5)$$

여기서  $EXCH_{i,t}$ 는 환율을 의미한다. 일반적으로 환율은 수출재화의 상대가격의 변화를 통하여 수출에 영향을 미치는데 대체적으로 수출과 정(+)의 관계를 가지는 것으로 나타나 있다.

마지막으로 수출함수의 구성요소로서 연구개발과 함께 수출가격의 상대가격 결정에 중요한 요소인 환율과 세계경기 변수를 종합적으로 고려하여 다음의 식(6)과 식(7)과 같은 모형을 구성한다.

$$EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 RD_{i,t} + \beta_2 IPD_{i,t} + \beta_3 EXCH_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (6)$$

$$\ln EX_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln RD_{i,t} + \beta_2 \ln IPD_{i,t} + \beta_3 \ln EXCH_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (7)$$

## 2. 자료 및 분석방법

본 연구에서 이용하고 있는 자료는 한국, 미국, 일본을 대상으로 한 횡단면 자료(cross-sectional data) 및 시계열 자료(time-series data)를 결합한 패널자료(panel data)들이다. 분석대상 기간은 자료의 수집 용이성을 고려하여 1987년에서 2007년까지 연간 시계열 데이터로서 21개년이고 각 년도의 데이터를 풀링(pooling)하여 사용하였다.

증가하여 수요가 증가함으로써 수출이 증가할 것이다.

수출은 한국무역협회의 무역통계 데이터와 IMF, OECD의 자료를 사용하였는데 각국의 GDP대비 수출비율을 지수화하여 사용하였다. R&D통계는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥협회의 자료를 이용하였다. R&D지출액도 역시 GDP대비 비율을 지수화하여 사용하였다. 각국의 산업생산지수는 통계청, 한국은행의 국제통계 데이터를 이용하였다. 환율은 한국은행과 통계청 등의 자료를 이용하였는데 국가 간의 무역비중과 물가 등을 고려한 실질실효환율지수(real effective exchange rate)를 사용하였다

<표 1> 변수의 정의 및 출처

변수명	내용	출처
EX	수출지수= 수출액/GDP, 수출총액	한국무역협회 무역통계 / IMF, Direction of Trade Statistics
RD	연구개발지수=연구개발지출액/GDP, 연구개발지출총액	교육과학기술부, 한국산업기술진흥협회
IPD	산업생산지수	통계청, 한국은행 경제통계시스템
EXCH	실질실효환율지수	한국은행 경제통계 시스템, 통계청

실증분석에 앞서 분석에 사용되는 주요변수들의 특성을 파악하고자 기술적 통계치를 조사하였으며 그 결과는 <표 2>와 같다. 특히 <표 3>에서는 보는 바와 같이 수출과 R&D간에는 아주 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다. 물론 수출과 세계경기에도 높은 상관관계가 있으며 수출과 환율간에도 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

<표 2> 변수들의 기술 통계량

	ln(EX)	ln(RD)	ln(IPD)	ln(EXCH)
Mean	12.64766	11.05746	4.312379	4.587119
Median	12.86857	11.73907	4.497585	4.597541
Maximum	13.9665	12.81801	4.752728	4.855929
Minimum	10.76384	7.826443	3.218876	4.251348
Std. Dev.	0.795287	1.408063	0.376294	0.109903



〈표 3〉 제 변수들 간의 상관관계

	ln(EX)	ln(RD)	ln(IPD)	ln(EXCH)
ln(EX)	1			
ln(RD)	0.958154	1		
ln(IPD)	0.845485	0.760541	1	
ln(EXCH)	0.28532	0.355163	0.30866	1

일반적으로 횡단면자료만을 가지고 회귀분석을 할 경우에는 특정시점에서의 결과만을 도출하게 되거나 또는 이러한 결과를 전반적인 분석결과로 확대하는 문제점이 발생하게 된다.

그러나 패널자료를 이용할 경우에는 시계열자료와 횡단면자료를 통합(pooling)함으로써 횡단면의 특성과 시계열의 특성을 모두 고려 할 수 있는 장점이 있다. 즉 횡단면간 특성의 차이를 볼 수 있을 뿐만 아니라 시간의 흐름에 따라 추정치가 어떻게 변화하는지도 알 수 있다. 또한 많은 정보를 이용하여 경제변수간의 일반적인 관계를 도출할 수 있게 된다.<sup>8)</sup>

또한 패널자료를 이용하여 얻을 수 있는 장점으로는 자유도를 증가시키고 설명변수들 간에 있을 수 있는 공선성(collinearity)을 줄일 수 있기 때문에 모수추정치들의 효율성이 향상될 수 있고 아울러 미처 고려하지 못하였거나 관측할 수 없는 변수에 따른 문제도 해결할 수 있다<sup>9)</sup>. 이 경우 패널자료의 추정에 있어 횡단면자료의 이질성은 설명변수에 의하여 통제(설명)되지 못하므로 OLS추정치는 일치 추정치가 되지 못한다. 따라서 관측되지 못한 개별효과가 지니고 있는 특성을 파악해야 하는데 이를 위하여 패널 추정법을 이용하게 된다<sup>10)</sup>.

패널방정식의 경우 추정방정식의 상수항과 계수의 횡단면 단위별 시간별 동일성 여부와 오차항의 구조에 대한 가정에 따라 다양한 추정모형 및 추정방법이 있을 수 있다. 패널자료를 사용할 경우 추정할 일반적인 회귀식의 형태는 다음과 같이 정의된다.

$$y = c_i + \beta x_{i,t} + \epsilon_{i,t} \dots\dots\dots (8)$$

$i=1,2,\dots\dots, N$

$t=1,2,\dots\dots, T$

8) 심재희, “사회간접자본과 지역경제성장의 상관성 분석”, 「산업경제연구」 제17권2호, 한국산업경제학회, 2004. 4, p.390  
 9) Greene, W.H., Economic analysis, Macmillan, 1993  
 10) 만약 개별효과가 설명변수와 상관관계가 있다면 고정효과모형 추정법을 개별효과가 설명변수와 상관관계가 없다면 개별효과는 오차항에 포함되며 임의효과모형 추정법을 사용해야 한다.

여기서  $c_i$ 는 특정한 값을 갖는 개별 절편,  $\varepsilon_{it}$ 는 확률오차항,  $i$ 는 횡단면 자료 수,  $t$ 는 시계열 자료수를 나타낸다.

먼저 추정모형 가운데 개별 횡단면 단위별 상수항  $c_i$ 의 처리에 따라 OLS모형과 고정효과모형을 고려할 수 있다. OLS모형은 상수항  $c_i$ 가 횡단면 단위별로 모두 같다는 것이고 고정효과 모형은 다르다는 가정에 근거한다.

그리고 상수항  $c_i$ 를 어떻게 처리하느냐에 따라 고정효과 모형(fixed effect model)과 임의효과모형(random effect model)로 나눌 수 있다. 고정효과모형은  $c_i$ 가 고려되는 시간 및 대상이 변하더라도 불변이라고 가정하는 반면, 임의효과모형은 이를 오차항  $\varepsilon_{it}$ 와 같이 확률변수로 간주하여 시간 및 대상에 따라 변하는 것으로 본다

고정효과모형의 가장 큰 단점은 더미변수에 의해 자유도가 커져서 자료의 수가 크지 않을 경우에는 분석결과의 신뢰성이 떨어지는 문제점이 있다. 반면에 임의효과모형은 추정치의 효율성을 개선할 수 있는 장점이 있기 때문에 고정효과모형보다는 우월하다고 볼 수 있다. 그러나 임의효과모형은 에러항과 설명변수가 독립적이라는 가정이므로 이러한 가정이 성립하지 않는다면 생략변수로 인한 모형식별오차(model specification error)문제가 발생할 수 있다

패널분석은 고정효과모형을 추정할 것인지 임의효과모형을 추정할 것인지를 결정해야 한다. 위의 식(8)에서 고정효과모형에서는  $c_i$ 를 시점에 관계없이 개별  $i$ 의 특성에 따라서 가지는 값이라고 보고 개별  $i$ 에 대하여 값을 추정한다. 반면에 임의효과모형은 설명변수와 오차항간에는 상관관계가 없는 경우에만 사용할 수 있는 특성을 가진다<sup>11)</sup>.

따라서 오차항과 설명변수간의 공분산(covariance)이 0이라는 귀무가설을 설정하고 Hausman test를 실시하여 임의효과모형을 적용할 것인지의 여부를 결정해야 한다. 그 검정결과는 <표 4>와 같다. 표에서 보는 바와 같이 하우스만 검정통계치인 chi-sq. statistic가 57.5110과 806.45로서 공분산이 0이라는 귀무가설을 기각함으로써 임의효과모형 성립의 기본 가정을 충족하지 못해 임의효과모형을 사용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 패널자료를 이용한 고정효과모형을 적용하기로 한다.

11) 임의효과모형은 다음의 가정이 성립해야 한다.  $y = c_i + \beta x_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$ 에서

$$c_i \sim iid(0, \sigma_c^2), \forall i, u_{i,t} \sim iid(0, \sigma_u^2), \forall i, \forall t, cov(c_t, u_{i,t}) = 0, \forall i$$

〈표 4〉 Hausman test 결과

	chi-sq. statistic	prob
식(2)	57.51	0.000
식(3)	806.45	0.000
식(4)	133.24	0.000

주: 여타 모형식의 추정 결과도 유사한 결과를 나타내 생략함

#### IV. 실증분석 결과

연구개발의 확대를 통한 기술혁신을 이루는 산업 및 기업은 해외시장 수출에 있어 기술적인 비교우위를 더욱 잘 활용할 수 있을 것으로 예측된다. 따라서 우리는 R&D가 수출과 어느 정도의 연관관계가 있는지를 살펴보아야 한다.

본 연구에서는 이러한 측면에서 수출에 영향을 미치는 요인을 중심으로 R&D의 수출에 대한 영향을 살펴보기 위해서 앞에서 구성한 추정모형에 대하여 실증분석을 실시하였다.

먼저 국가별 수출 및 R&D등의 패널데이터에 대한 Pooled 회귀분석 결과는 <표 5>에서 보는 바와 같다. 수출을 종속변수로 R&D, 세계경기를 독립변수로 한 모형의 회귀분석결과는 예상한 대로 R&D가 수출에 대하여 양의 부호를 보이며 1%이상의 높은 유의성을 나타내고 있다. 즉 R&D지출의 증가는 수출 증가에 유의적 영향을 미친다는 것이다. R&D지출이 1%포인트 증가할 때마다 수출은 약 0.14%포인트 증가한다는 것을 나타낸다. 수출변수와 R&D변수를 총액으로 측정하고 자연대수를 취한 모형의 추정결과는 <표 5-1>에 나타나 있는데

R&D가 여전히 수출에 대하여 1%유의수준에서 정(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

그리고 세계경기의 수출에 대한 영향은 1%유의수준에서 유의한 것으로 나타났지만 부(-)의 영향과 정(+)의 영향이 교차하여 정확한 결론을 내리기 어렵다.

<표 6>과 <표 6-1>은 수출변수에 대하여 R&D와 환율을 독립변수로 하여 추정모형을 구성하여 pooled 회귀분석으로 추정한 결과이다.

수출비율과 R&D의 비율 변수를 사용한 분석에서는 R&D의 수출에 대한 영향이 부(-)의 영향을 미치며 유의성은 높지 않은 것으로 나타났다. 하지만 수출 및 R&D에 대한 총액변수

로 자연대수를 취한 추정에서는 R&D가 수출에 대하여 정(+)<sup>1</sup>의 영향을 미치며 1%이상의 높은 유의수준을 보이고 있다.

환율의 수출에 대한 영향은 부(-)<sup>2</sup>의 영향과 정(+)<sup>3</sup>의 영향이 교차하여 정확한 결론을 내리기 어렵지만 유의성은 1%이상의 높은 수치를 보여 인과관계가 상당히 높은 것으로 나타났다.

다음으로 수출을 종속변수로 R&D, 세계경기, 환율을 독립변수로 구성한 추정모형에 대한 추정결과는 <표 7>과 <표 7-1>에 나타나 있다. <표 7>에서 보는 바와 같이 수출과 R&D를 GDP대비 비율로 표시한 변수에서는 R&D의 수출에 대한 영향은 1%이상의 높은 유의수준에서 정(+)<sup>4</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타나 예상한 대로 이전의 분석결과와 일치하였다. 수출총액과 R&D총액 변수를 바탕으로 자연대수를 취한 모형에서는 <표 7-1>의 분석결과와 같이 R&D가 수출에 대하여 역시 1%이상의 높은 유의수준에서 정(+)<sup>5</sup>의 관계를 보여주었다.

그리고 세계경기의 수출에 대한 영향은 부(-)<sup>6</sup>의 영향과 정(+)<sup>7</sup>의 영향이 교차하여 명확한 결론에 도달하지는 못하였다. 하지만 환율은 수출에 대하여 1%이상의 높은 유의수준에서 정(+)<sup>8</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타나 일반적인 예상과 일치하는 것으로 드러났다.

이상의 pooled 회귀분석은 국가별 수출추정모형의 상수가 동일하다는 가정 하에서 탄력성을 추정한다는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 이러한 가정을 완화하여 국가별 특성을 반영한 특정 상수를 가정하는 고정효과모형(fixed effect model)을 통해 탄력성을 추정해야 할 필요가 있다. 이와 같이 고정효과모형에 대한 추정결과는 <표 8>~<표 10-1>에 나타나 있다.

<표 5> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RD	0.148946	0.025968	5.735802	0.000
IPD	-0.00314	0.00085	-3.68755	0.0005
R-squared	0.39016	Mean dependent var		0.153386

<표 5-1> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ln(RD)	0.363052	0.070016	5.185279	0.000
ln(IPD)	1.992678	0.180282	11.05312	0.000
R-squared	0.599542	Mean dependent var		12.64766

〈표 6〉 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.577021	0.117683	4.903178	0.0000
RD	-0.0472	0.030739	-1.53559	0.1299
EXCH	-0.00301	0.001117	-2.69645	0.0091
R-squared	0.179045	Mean dependent var		0.153386

〈표 6-1〉 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ln(RD)	0.526668	0.028867	18.24457	0.000
ln(EXCH)	1.486628	0.070119	21.2016	0.000
R-squared	0.856315	Mean dependent var		12.64766

〈표 7〉 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RD	0.136945	0.045837	2.98766	0.0041
IPD	-0.00306	0.000887	-3.45208	0.001
EXCH	0.000269	0.000845	0.318841	0.751
R-squared	0.40642	Mean dependent var		0.153386

〈표 7-1〉 수출과 연구개발 모형 분석 결과(Pooled Least Squares)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ln(RD)	0.390252	0.034734	11.23557	0.000
ln(IPD)	0.701028	0.129672	5.406161	0.000
ln(EXCH)	1.156543	0.084198	13.73604	0.000
R-squared	0.903379	Mean dependent var		12.64766

고정효과모형에 의한 분석결과를 살펴보자, 먼저 수출과 R&D 및 세계경기로 구성된 모형에서 수출과 R&D를 GDP대비 비율로 표시한 변수에서는 <표 8>에서 나타난 바와 같이 수출

은 R&D에 대하여 5%의 유의수준 하에서 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 세계 경기도 수출에 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치며 5%수준에서 유의한 것으로 나타났다. 그리고 모형의 적합도가 pooled회귀분석의 경우보다 훨씬 높을 뿐만 아니라 R&D변수의 표준편차값도 매우 낮다는 것을 알 수 있다.

<표 8-1>은 R&D와 세계경기를 포함한 수출방정식에서 수출과 R&D변수에 자연로그를 취한 후 고정효과모형으로 패널분석 한 결과를 나타낸다. 분석결과 R&D변수는 1%이상의 높은 유의수준에서 수출에 대하여 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 R&D추정계수의 절대값은 변수를 비율로 표시한 경우보다 높다는 것을 알 수 있다. 세계경기도 수출에 대한 5%의 유의수준에서 정(+)<sup>1)</sup>의 관계를 나타냈다.

수출, R&D와 환율로 구성된 수출방정식에서 비율 변수로 추정된 결과는 <표 9>에 나타나 있다. 추정결과 R&D가 수출에 대하여 정(+)<sup>1)</sup>의 관계를 가지며 1%유의수준에서 유의적인 것으로 나타나 강한 인과관계가 있음을 알 수 있다. 그리고 환율은 5%유의수준에서 수출에 대하여 부(-)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타났다. <표 9-1>에서 보는 바와 같이 수출과 R&D의 총액변수에서 자연로그를 취한 추정식의 추정결과 R&D는 수출에 대하여 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치며 1%의 높은 유의수준을 가지는 것으로 나타났다. 하지만 환율은 예상과 달리 5%의 유의수준에서 수출에 대하여 부(-)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 비율변수와 총액변수 모두에서 환율은 수출에 대하여 부(-)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것으로 판단된다.

수출방정식을 수출을 종속변수로, R&D, 세계경기, 환율 모두를 독립변수로 고려하여 고정효과모형으로 추정한 추정결과는 <표 10> 및 <표 10-1>에 나타나 있다.

먼저 <표 10>의 수출과 R&D를 GDP로 비율화한 변수의 경우 수출에 대한 R&D의 영향은 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것을 나타냈다. 하지만 추정계수의 유의성은 10%수준에서 유의적인 것으로서 그렇게 높지 않은 것으로 나타났다. 추정계수도 0.02%포인트로서 R&D가 1%포인트 증가할 때 수출은 0.02%포인트 증가하는 것으로 나타나 다른 모형에 비하여 상대적으로 R&D의 수출에 대한 영향이 적은 것으로 나타났다. 그리고 세계경기는 수출에 대하여 1%유의수준에서 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치며 환율은 1%유의수준에서 부(-)<sup>1)</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 10-1>에서 수출총액과 R&D총액변수를 자연로그화한 추정식을 고정효과모형으로 추정한 결과 R&D는 수출에 대하여 정(+)<sup>1)</sup>의 영향을 미치며 추정계수는 1%유의수준에서 통계적으로 높은 유의성을 보여주었다. 그리고 추정계수도 0.8로서 R&D가 1%포인트 증가시 수출도 0.8%포인트 증가하는 것으로서 비율변수 등의 추정계수에 비하여 그 영향이 상대적으로 큰

것으로 나타났다. 세계경기는 수출에 대하여 정의 영향을 미치는 것으로 나타났지만 통계적으로 유의적이지 않은 것으로 나타났다. 환율변수는 수출에 대하여 부(-)의 영향을 미치며 5%유의수준에서 유의적인 것으로 나타났다.

이상의 추정결과 pooled회귀분석과 고정효과모형 모두에서 R&D는 수출에 대하여 거의 대부분 정(+)의 영향을 미치며 상당히 높은 통계적 유의수준을 보여 주었다. 이러한 결과는 수출과 연구개발 및 기술혁신과의 관계에 대한 기존의 연구결과<sup>12)</sup>와 대체로 일치하는 결과이다. 그리고 분석방법에 있어 Pooled Least Squares분석보다는 Fixed effect model 분석에서, 그리고 수출과 연구개발 변수를 비율로 지수화한 모형보다는 총액에 대하여 선형로그를 취한 모형이 연구개발의 수출에 대한 영향이 통계적으로 더 유의적인 것으로 나타났음을 알 수 있다.

<표 8> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.013664	0.029924	0.457	0.6497
RD	0.03609	0.016141	2.236	0.0292
IPD	0.000547	0.000271	2.02	0.048
KOR--C	0.151933			
US--C	-0.08208			
JAP--C	-0.06985			
R-squared	0.941564	Mean dependent var		0.153386

<표 8-1> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.243036	0.517692	6.264408	0.000
ln(RD)	0.717103	0.093408	7.677117	0.000
ln(IPD)	0.342105	0.14479	2.362766	0.0215
KOR--C	0.52229			
US--C	-0.25639			
JAP--C	-0.26591			
R-squared	0.975096	Mean dependent var		12.64766

12) Hirsch(1985), Maital, Frenkel, Grupp & Koschatzky(1994), Lee & Shim(1995) 등의 연구가 있다.

<표 9> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.073927	0.042511	1.73901	0.0873
RD	0.060745	0.010002	6.073543	0.0000
EXCH	-0.00084	0.000327	-2.56487	0.0129
KOR--C	0.143884			
US--C	-0.08088			
JAP--C	-0.06301			
R-squared	0.943825	Mean dependent var		0.153386

<표 9-1> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.534011	0.808492	5.607984	0.000
ln(RD)	0.940446	0.036056	26.0827	0.000
ln(EXCH)	-0.4982	0.170603	-2.92022	0.005
KOR--C	0.795026			
US--C	-0.50655			
JAP--C	-0.28847			
R-squared	0.976198	Mean dependent var		12.64766

<표 10> 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.128558	0.044224	2.907	0.0052
RD	0.026093	0.0152	1.717	0.0915
IPD	0.000747	0.000257	2.904	0.0052
EXCH	-0.00105	0.000316	-3.33	0.0015
KOR--C	0.146826			
US--C	-0.0844			
JAP--C	-0.06243			
R-squared	0.951066	Mean dependent var		0.153386



〈표 10-1〉 수출과 연구개발 모형 분석 결과(fixed effect model)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.648475	0.803488	5.785369	0.0000
ln(RD)	0.803026	0.098172	8.179767	0.0000
ln(IPD)	0.224701	0.149555	1.50247	0.1385
ln(EXCH)	-0.40314	0.180251	-2.23654	0.0292
KOR--C	0.61932			
US--C	-0.356			
JAP--C	-0.26332			
R-squared	0.977105	Mean dependent var		12.64766

## V. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 한국을 포함하여 세계시장에서 큰 비중을 차지하는 미국과 일본을 대상으로 R&D지출의 수출에 대한 일반적 영향 관계를 실증적으로 분석하고자 하는 것이다.

분석방법은 시계열자료와 횡단면자료를 통합하여 패널자료를 이용한 패널분석기법을 사용하였다. 패널자료를 이용할 경우에는 특정시점의 차이뿐만 아니라 시간의 흐름에 따라 추정치가 어떻게 변화하는지를 모두 고려할 수 있어 경제변수간의 일반적인 관계를 도출할 수 있다. 또한 모수추정치의 효율성이 향상되고 미처 고려하지 못했거나 관측할 수 없는 변수에 따른 문제점도 해결할 수 있다.

분석은 수출과 연구개발 변수에 대한 측정방법과 다른 독립변수인 세계경기와 환율변수의 포함여부에 따라 모형을 달리하여 추정하였다.

추정결과 대부분의 모형에서 R&D는 수출총액과 수출지수 모두에 정(+)의 영향을 미치며 통계적으로 높은 수준의 유의성이 있는 것으로 나타났다. R&D지출 수준이 높은 산업과 국가는 더 많은 수출실적을 유발할 수 있음을 의미한다. 이는 R&D 지출은 국제경쟁에 있어 비교우위의 확보를 위한 주요한 요인임을 나타낸다. 이러한 분석결과는 주로 R&D로 측정되는 기술이 수출활동을 설명하는데 있어 주요한 요인이라는 신기술무역이론(neotechnology theory of trade)을 지지하게 됨을 의미한다. 그리고 기존의 개별 국가들을 대상으로 한 연구

결과들과도 본 연구 분석결과와 대체로 일치하는 결과이다. 따라서 이상을 종합해 볼 때 연구개발은 수출에 대하여 일반적으로 정(+)의 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있다.

그동안 R&D와 수출 간의 관계에 대한 연구가 절대적으로 부족하였을 뿐만 아니라, 특정 국가를 대상으로 한 부분적인 연구로 인하여 R&D의 수출에 대한 직접적이고 일반화된 결론을 얻을 수 없었다. 하지만 본 연구에서 도출한 수출에서 비교우위의 결정요인으로서 기술과 R&D의 중요성에 대한 일반화된 결론은 특히 후발개도국들의 상대적으로 저렴한 임금과 선진국들의 선도 기술에 의한 비교우위로 이중적 위기에 처한 한국과 같은 위치의 국가들에 있어 향후 무역·산업정책 수립에 충분한 시사점을 제공해 줄 것이다. 또한 이러한 연구결과는 R&D와 수출에 대한 좀 더 다양한 각도의 심도 있는 미시적 분석을 위한 기본 연구로서 의의가 있을 것이다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 먼저 본 연구에서는 R&D와 수출 간에 일방적 관계를 설정하여 단일 방정식 모형으로 추정하였는데 향후에는 두 변수 간에 서로 영향을 주고받는 상호의존성을 고려하여 방정식을 연립적으로 구성하여 분석해 볼 필요가 있을 것이다. 그리고 자료 수집의 제약으로 인하여 분석대상 국가를 3개 국가로 한정하였는데 향후 더 많은 국가들로 확대하여 분석하면 좀 더 일반적이고 효율적인 추정치 도출이 가능할 것이다. 또한 변수들 간의 시차 등을 고려한 추정과 동태패널모형(dynamic panel analysis)을 구성하여 분석하는 것도 중요한 과제가 될 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김병우, "R&D투자가 한국경제 수출에 미치는 영향 분석," 「기술혁신연구」 제14권 1호, 기술경영경제학회, 2006
- 심재희, "사회간접자본과 지역경제성장의 상관성 분석," 「산업경제연구」 제17권2호, 한국산업경제학회, 2004. 4
- 안병민·천세봉, "국가 R&D의 수출경쟁력 기여 분석과 정책적 시사점," 「Issue Paper 2009-02」, 한국과학기술평가원, 2009. 2
- 이공래, "한국의 산업유형별 기술경쟁력 패턴," 「기술혁신연구」 제5권 2호, 기술경영경제학회, 1997
- 이영선, 「우리나라 수출상품의 비교우위분석과 전망」, 국제경제연구원, 1980

- 이재득, “각국의 기술혁신과 수출 및 경제성장 패널분석,” 「무역학회지」 제34권 1호, 한국무역학회, 2009. 2
- 최봉호, “부산지역 수출함수 추정에 관한 연구,” 「지역연구」, 한국지역학회, 2005. 8
- Cable, V., and I. Bebelo, “Britain's pattern of specialization in manufactured goods with developing countries and trade protection,” World Bank Staff Working Paper No.425, 1980
- Daneils, J.D., and F. Robles, “The choice of technology and export commitment: the peruvian textile industry,” Journal of International Business Studies, 1982
- Doi, N., “Firm size and R&D activity in Japanese manufacturing industries,” Science and Public Policy 21 5, 1994
- Finger, J.M., “A new the product cycle theory,” Weltwirtschaftliches Archive III, 1975
- Greene, W.H., Economic analysis, Macmillan, 1993
- Grossman, G., & E. Helpman, “innovation and growth in the grobal economy,” MIT press, 1991
- Gruber, W., D. Mehta and R. Vernon, “The R&D factor in international trade and international investment of United States industries,” Journal of Political Economy, 1967
- Hirsch, S., and B. Ilan, “R&D intensity and export performance: A micro view. Weltwirtschaftliches Archive 121, 1985
- Hongxin Zhao and Hongyu Li, “R&D and Export: An Empirical Analysis of Chinese Manufacturing Firms”, Journal of High Technology Management Research, Volume 8, number1, 1997
- Hughes, K.S., “Exports and innovation,” European Economic Review 30, 1986
- Ito, K and V. Pucik, “R&D spending, domestic competition, and export performance of Japanese manufacturing firms,” Strategic Management Journal 14, 1993
- Lee, H.H., and Z.J.A. Stone, “Product and process innovation in the product life cycles: estimates for U.S. manufacturing industries,” Southern Economic Journal 60 3, 1994
- Lee, J., and E. Shim, “Moderating effects of R&D on corporate growth in U.S. and Japanese hi-tech industries: An empirical study. The Journal of High Technology Management Research 6 2, 1995
- Lowinger, T., “The technology factor and the export performance of US manufacturing industries,” Economic Enquiry 13, 1975
- Maital, S., A. Frenkel, H. Grupp and H. Koschatzky, “Relation between scientific and technological excellence and export performance: Theoretical model and empirical test for EC countries,”

- Science and Public Policy 21 3, 1994
- Mitchell, The global context for U.S. technology policy, U.S. DOC., 1998
- Morrall, John. III, "Human capital, technology, and the role of the United States in international trade," University of Florida Social Science Monograph No.46, University of Florida Press, Gainesville, 1972
- Soete, L.L.C., "A general test of technological gap trade theory," Welwirtschaftliches Archive 117 4, 1981
- Stern, R.M., and K.E. Maskus, "Determinants of the structure of U.S. foreign trade, 1958-1976," Journal of International Economics 11, 1981
- Suh, J., "A simultaneous equation Tobit analysis of research and development in Korean manufacturing firms," Journal of Economic Development 18 2, 1993
- Vernon, R., "International investment and international trade in the product cycle," Quarterly Journal of Economics 80, 1966
- WEF, The global competitiveness report, 1996