

# The Econometric Evaluation of the Impact of R&D Incentive on Technological Outcomes

R&D지원정책이 기술성과에 미치는 영향분석

이종일(Lee, Johng-Ihl)\*, 김찬준(Kim, Chan-Jun)\*\*

## 목 차

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| I. 서론        | III. 회귀분석 및 가설검증 |
| II. 통계모형과 가설 | IV. 변수별 한계효과     |

## 국 문 요 약

기술정책은 기술획득을 위한 민간투자가 적정수준 이하로 과소투자되는 성향을 보전하는 중요한 정책수단이다. 그러나 기술정책과 관련된 정부정책에 대한 정량적 평가는 아직도 초보적 수준에 머물러 있다. 본 연구는 과제수준에서 기술개발지원제도의 성과를 계량경제학적 모형(Probit)을 이용하여 분석하고 있다. 정부의 지원, 민간부문의 대응 투자(현금과 현물), 기술개발과제 수행 형태, 수행주체간의 역할 등이 기술적 성과에 미치는 영향을 가설을 검증하는 형태로 살펴보았다. 총투자규모 보다는 투자의 구성 및 내용이 중요하고, 기업의 대응투자, 특히 현금투자의 정도가 기술적 성과에 크게 영향을 미치며, 기업의 현금투자와 현물투자는 대체재 관계라는 정책적 시사점이 높은 결과들이 도출되었다. 이러한 결과들은 향후 추가적인 연구와 더불어 새로운 국가기술개발지원제도의 기획은 물론 그 효율성 평가에도 많은 도움과 함께 시사점을 줄 것으로 기대된다.

핵심어 : 산업기술개발지원제도, 기술혁신, 연구개발, Probit모형, 한계효과

\* 한국산업기술재단 국제기술협력센터 센터장, jilee@kotef.or.kr, 02-6009-3008

\*\* 산업연구원 국가균형발전연구소 부연구위원, cjkim@kiet.re.kr, 02-3299-3100

## ABSTRACT

---

Among numerous policy influencers' and researchers' advices and policy suggestions, there is little opposition to the proposition that technology is essential to the economic development. The role of technology has never been more emphasized than today in Korea as in any other countries. The effects of the government's innovation policy on corporate R&D activities and more broadly the economic welfare of a whole nation are widely recognized with intuitional and empirical evidence. That is, various R&D incentives reduce the marginal cost of a firm's R&D efforts, inducing as much increase of its R&D investment to result in a better chance to acquire target technology.

This paper examines the impact of R&D incentives on the technological outcomes by analyzing individual firms' investment behaviors subject to the government's R&D incentive policies. An econometric model of technological outcomes is estimated on a project level with cross-sectional data. "Probit model" is employed for estimations. Special attention was given to the effectiveness of R&D programs by estimating policy impact by types of investment. The data were collected from 928 different R&D projects completed between 1987 and 1993.

With the single equation approach, we were able to find that the structure of investment is a far more significant factor in technological outcomes than the total amount of investment. The analysis also shows that the two types of firms' matching investment, in-kind and cash, do not bear a complementary, but a substitutive relations to each other. It also reconfirms the proposition that R&D incentives increase firm's financial investment. Despite many supportive studies emphasizing the cooperation between innovation performers, it is also found that the larger the number of institutions involved in a project, the less likely it leads to a technological success, And meeting the proposed deadlines without postponing is estimated to be a good barometer to predict the outcome of an R&D project. Also the probabilities of success for major variables are represented for policy implications, after calculating marginal effects.

Key words : R&D incentive, Policy outcome, Probit model, Marginal effect

---

## I. 서 론

WTO 체제의 출범 및 OECD 가입으로 우리나라의 경제정책시행 범위가 제한되면서 국가경쟁력 제고 수단의 핵심으로서 기술정책의 중요성이 그 어느 때보다도 강조되고 있다. 일반적으로 기술정책은 기술혁신의 감속경향(the tendency for innovation effort to be too slow)을 방지하고 민간에 투자유인을 효과적으로 제공해 연구, 개발, 응용 등 기술혁신활동을 촉진하는 데 목적이 있다. Mansfield(1996)은 기술혁신에 의해 발생하는 사회적 수익은 일반적으로 측정되는 소비자 잉여와 자원절약효과를 합한 것보다 크다고 평가하고 있다. 즉, 기술혁신의 사적 수익률과 사회적 수익률의 격차를 적절하게 보전하는 것이 기술정책의 본질이다.<sup>1)</sup>

이에 따라 우리나라는 80년대 초부터 기술개발지원제도들을 통해 기술개발과 기술이전에 대규모의 자원을 지원해왔다. 기술정책 및 수행체계에 대한 평가<sup>2)</sup>가 부분적으로 이루어지는 가운데 기술정책의 효율성 측면이 크게 강조되고, 정책의 객관성 제공을 위해 필요한 기술개발모형 등 그 동안 미루어졌던 기술정책기반 구축에 대한 필요성이 제기되고 있다.<sup>3)</sup> 또 정성적 분석을 중심으로 이루어졌던 기존 연구의 한계성에 대한 반성과 함께 상대적으로 소외되었던 정책효과의 측정 및 예측을 가능케 하는 고급 기술개발모형 등 정량적 분석기법을 사용한 기술개발지원정책의 효과에 대한 연구의 중요성이 커졌다.

정량적 분석기법을 사용한 계량경제모형을 이진주 외(1996), 황용수 등(1993)에 준거해 정책결과(Policy results) 평가를 중심으로 구분하면, ① 정책집행에 의해 나타난 정책산출(policy outputs)의 평가(정책산출평가), ② 정책대상자에 발생한 변화인 정책성과(policy outcomes)의 평가(정책성과평가), ③ 정책실시에 따라 초래된 사회적 변화에 대한 평가(정책영향평가)로 나눌 수 있다. 구체적으로 정책산출평가는 정부차원에서 지원한 기술개발과제의 성공 또는 실패여부, 기업차원에서 프로젝트 평가인 신기술 획득 및 신제품 개발여부에 대한 분석이 핵심이며(서규원 등(2006), 성태경 등(2005), 유승훈 등(2005)), 정책성과

1) Nelson and Romer(1996)은 기술혁신결과에 대해 지나친 독점권을 부여해 정책적으로 보호하면 기술혁신의지는 고무되지만 기술확산이 지체되고, 독점권이 제대로 보호되지 않으면 기술확산이 촉진되는 대신 기술혁신의지는 감퇴된다고 한다.

2) 이진주 외(1996)는 정부정책의 평가는 정책방향 및 내용을 대상으로 하는 사전평가인 정책분석, 정책추진과정을 대상으로 하는 형성평가 성격의 과정평가, 그리고 정책결과를 효과성, 능률성, 공정성의 관점에서 평가하는 총괄평가의 3가지로 나누고 있다. 이 중에서 본 논문에서 사용되는 정책평가의 의미는 정책의 효과성에 초점을 맞춘 총괄평가에 가장 가깝다.

3) 이종일(1996) 참조.

평가는 진입장벽 변화, 매출액 증감, 시장지배구조 변화 등 기업의 시장성과를 그 대상으로 한다(김병우(2006)). 정책영향평가는 앞의 두 가지 평가에 비해 거시적이고, 광범위한 정책결과인 국민경제적 효과, 국가경쟁력 변화를 대상으로 하기 때문에 국가단위에서 장기적인 평가작업이 이루어지는 경향이 있으며, 연구개발의 생산성 및 경제성장효과 분석 등이 주종을 이룬다(Griliches 1984, Nelson and Romer, 1996).

이종일(1996)은 정책산출 및 정책성과평가 개념을 기술개발지원정책평가에 활용하면서 정책산출이 최초 정책목표를 달성한 정도와 정책결과가 정책대상자에 체화되는 사실에 주목하여 기술개발성패모형(이하 성패모형)과 기술개발성과모형(이하 성과모형)으로 분류하였다. 성패모형(policy model)은 정책실시의 1차적인 결과인 정책산출을 대상으로 기술개발투자 관련변수가 기술적 개발의 성패 여부에 미치는 영향을 추정한다. 따라서 기술개발투자와 결과와의 논리적 연계성을 설명한다는 점에서 성과모형(performance model)의 단점을 보완하는 기능이 있다.

본 논문은 기술개발자금, 특히 정부의 자금지원 관련변수가 기술개발성공률에 미치는 영향을 분석하는 동시에 정책결정자와 기술개발 수행주체에게 계량모형이라는 정량적 평가도구의 유용성을 강조한다.

논문의 구성을 보면, II절에서는 정부의 기술개발자금지원 및 여타변수가 기술개발의 결과에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 확률함수를 도입하여 수리모형을 제시하고, 이에 근거하여 가설을 설정한 후, III절에서 회귀분석방법을 이용하여 이 가설들을 검증한다. IV절에서는 한계효과(marginal effect)를 살펴보고 결론 및 시사점을 V절에 기술하였다.

## II. 통계모형과 가설

### 1. 통계모형

확률함수의 도입은 연구개발투자 수익을 정확하게 추정하기 위해서는 필수적이며, 연구개발에 대한 정부지원의 효율성을 측정하기 위한 근거로 활용될 수 있다. 이 확률함수를  $u(\cdot)$  라 정의하고, 함수의 일반적인 성질<sup>4)</sup>을 만족시킨다고 가정하면, 이 함수는 연구개발투자자금( $\theta$ )와 여타 요인( $\omega$ )에 의해 영향을 받는다.

<sup>4)</sup>  $u'(0)=\infty$ ,  $u'(\theta)>0$ ,  $u''(\theta)<0$

본 연구의 주된 분석대상인 연구개발투자자금  $\theta$ 는 크게 기업이 자체 조달하는 경우( $\theta_i$ )와 정부로부터 지원을 받는 경우( $\theta_g$ )로 구성되며,  $\theta_f$ 는 다시 현금형태의 투자인 기업현금( $\theta_c$ )과 현물형태의 투자인  $\theta_i$ 로 나누어진다.

$$\theta = \theta_f + \theta_g = (\theta_c + \theta_i) + \theta_g \quad (1)$$

위의 식 (1)으로부터  $R\theta_g = \theta_g / \theta$ ,  $R\theta_c = \theta_c / \theta$ ,  $\theta_{cg} = \theta_c + \theta_g$  와 같은 변수를 유도해 낼 수 있다. 확률함수는 투자자금뿐 아니라 연구수행주체의 성격( $\omega_p$ ), 관련기관의 수효( $\omega_n$ ), 수행기간( $\omega_t$ ), 완료형태( $\omega_s$ ) 등 여타 변수에 의해서도 영향을 받는다. 연구개발 투자자금 및 다른 변수를 독립변수로 하여 확률함수를 다시 쓰면 다음의 식(2)와 같다.

$$u = u(\theta : \theta_c, \theta_g, \theta_i, \omega : \omega_p, \omega_n, \omega_t, \omega_s) \quad (2)$$

따라서 위의 확률함수는 정부의 자금지원, 기업의 자체조달자금 등 기술개발자금, 연구수행기관의 성격, 관련기관의 수효, 수행기간이 기술개발의 성공여부에 미치는 영향을 나타낸다.

## 2. 가설

OECD(1995)와 이종일(1996)은 기술개발자금의 규모 및 구성은 물론 연구수행기관의 성격, 수행기간 등의 변수들이 기술개발의 성공여부에 영향을 미칠 수 있다고 입증한 바 있다. 이러한 주장에 근거하여 앞의 식 (2)을 이용해 다음과 같은 가설을 설정한다.

가설 1 : 정부기술개발지원자금이 기술개발성공에 긍정적 효과를 미친다( $\partial u / \partial \theta_g > 0$ ).

가설 2 : 총투자에 대한 정부 기술개발지원자금의 비중이 기술개발성공에 긍정적인 효과를 미친다( $\partial u / \partial R\theta_g > 0$ ).

가설 3 : 기업의 현금투자(financial R&D investment)가 기술개발성공에 긍정적인 효과를 미친다( $\partial u / \partial \theta_c > 0$ ).

- 가설 4 : 총투자에 대한 기업 현금투자의 비중이 기술개발성공에 긍정적인 효과를 미친다  
 $[(\partial u / \partial R \theta_c) > 0]$ .
- 가설 5 : 기업의 현물투자(in-kind R&D investment)는 기술개발성공에 긍정적인 효과를 미친다  
 $(\partial u / \partial \theta_i) > 0]$ .
- 가설 6 : 총투자에 대한 기업의 현물투자 비중이 기술개발성공에 긍정적인 효과를 미친다  
 $[(\partial u / \partial R \theta_i) > 0]$ .
- 가설 7 : 현금투자(정부지원금+기업현금)가 기술개발의 성공에 긍정적인 효과를 미친다  
 $(\partial u / \partial \theta_{cg}) > 0]$ .
- 가설 8 : 총 기술개발투자규모가 기술개발 성공에 긍정적 효과를 미친다  
 $(\partial u / \partial \theta) > 0]$ .
- 가설 9 : 기술개발수행주체(대학, 연구소, 기업)의 성격에 따라 기술개발이 차별화 된다  
 $(\partial u / \partial \omega_p) > 0]$ .
- 가설 10 : 기술개발기관수가 많으면 성공할 확률이 하락한다  
 $(\partial u / \partial \omega_n) < 0]$ .
- 가설 11 : 기술개발기간이 길수록 성공할 확률이 하락한다  
 $(\partial u / \partial \omega_i) < 0]$ .
- 가설 12 : 기술개발기간이 최초계획(proposed deadline)보다 지연되면 실패할 확률이 높아진다  
 $(\partial u / \partial \omega_s) < 0]$ .

### Ⅲ. 회귀분석 및 가설검증

#### 1. 변수 및 통계량

본 절에서는 II절 2에서 도입된 12개의 가설을 회귀분석방법을 이용하여 검증하고자 한다. Johnston(1985)이 지적하듯이 일반적으로 사용되는 추정기법인 OLS 방법으로 II절 1에서 도입된 확률함수를 추정할 경우 이분산(heteroskedasticity), 예측치의 범위 초과, 결정계수  $R^2$ 의 효용성 저하 등의 문제가 발생한다. 따라서 본 논문은 이항종속변수(binary dependent variable)를 이용해 기술개발모형을 추정하기 위해 Probit 모형을 적용한다(Maddala, 1989, Mittelhammer *et al*, 2000, 이종일(1995)). 또 모형간의 비교를 위해 Pseudo- $R^2$ 를 계산하여 제시하였다. 이 모형은 원래 모형을 함수전환함으로써 모든  $X$ 값에 대응하는  $Y$ 값의 영역을 0과 1사이로 한정시키기 위해 누적분포함수를 활용하되  $X$ 값의 변화가  $Y$ 값에 미치는 영향력의 특성은 그대로 유지시킬 수 있으며, 다음과 같은 확률분포식을 가진다.

$$P_i = E[Y = 1 | X_i] = F(\alpha + \beta X_i) = F(I_i)$$

##### 1) 변수

본 연구의 자료는 획득가용성, 기업의 영업비밀 등을 고려, '87~'93년 기간 중 수행된 산업자원부의 공동애로기술개발사업 중에서 기술개발이 완료된 927개 과제를 자료로 사용하였다. 927개 표본은 각 17개 변수로 구성되어 있으며 따라서 총 관측치의 수는 15,759개이다. 변수의 구성 및 내용은 <표 1>에 제시된 바와 같다.

기술개발성패 관련 변수 중 평가결과  $Y$ 는 이항분류에 의한 평가이며, 산업기술정책연구소(1995), 통상산업부(1994)에 의해 “성공”과 “실패”로 분류되었다. 즉, 평가결과는 정부의 기술개발결과 평가기준에 따라 상용화가 아닌 기술적 성공여부를 의미한다. 기술개발 관련기관 변수는 지원과제를 수행하는 주관기관 및 관련기관의 구성형태, 관련단체의 수, 관련기관의 성격 등으로 구분된다. 이 변수들을 통해 주관기관의 구성, 성격 등이 기술개발성패에 미치는 영향 분석이 가능하다. 개발기간( $\omega_1$ )은 기술개발활동의 개시에서 완료까지의 소요기간을 나타내는 변수이며, 완료유형을 나타내는 변수( $\omega_2$ )는 기술개발 완료시점이 계획된 기술개발 종료시점을 초과하였는지의 여부를 나타낸다.

〈표 1〉 변수의 구성 및 내용

변수명	변수의 내용	
Y	0 : 실패, 1 : 성공	
$\theta_g$	정부투자(₩)	
$\theta_i$	기업의 현물투자(₩)	
$\theta_c$	기업의 현금투자(₩)	
$\theta_f$	기업의 총투자(₩)	
$\theta$	총투자(₩)	
$\theta_{CG}$	현금투자(₩)	
$\theta_{Nc}$	기업의 비현금투자분( $\theta_g + \theta_i$ )(₩)	
$R\theta_g$	$\theta_g / \theta$ (%)	
$R\theta_c$	$\theta_c / \theta$ (%)	
$R\theta_i$	$\theta_i / \theta$ (%)	
$R\theta_{CG}$	$\theta_{CG} / \theta$ (%)	
$R\theta_{Nc}$	$\theta_{Nc} / \theta$ (%)	
$\omega_n$	기술개발관련기관의 수	1 : 개발관련단체의 수가 1개
		2 : 개발관련단체의 수가 2개
		3 : 개발관련단체의 수가 3개
		4 : 개발관련단체의 수가 4개
		5 : 개발관련단체의 수가 5개
		6 : 개발관련단체의 수가 6개 이상
$\omega_p$	주관기관 성격변수	1 : 대학
		2 : 기업부설 연구소
		3 : 정부출연 연구소
		4 : 국·공립 연구소
		5 : 조 합
		6 : 기 타
$\omega_t$	개발기간(단위 : 개월)	
$\omega_s$	원료유형	1:지연, 2:정상, 3:조기

## 2) 통계량

주요 변수의 통계량은 〈표 2〉와 같다. 성공(=1)과 실패(=0)를 나타내는 이항변수인 변수 Y는 평균치가 1에 매우 가까운 0.97로서 성공으로 표시된 관측치가 압도적으로 많다는 것을 알 수 있다.

기술개발투자액관련 변수 중 정부출연금( $\theta_g$ )의 평균 규모는 기업 총투자( $\theta_f$ )에 비해 못 미치는 것으로 나타났으며, 표준편차도 기업총투자에 비해 상대적으로 작았다. 이처럼 민간부문의 표준편차가 정부출연금보다 상대적으로 큰 것은 기술개발수행규모와 관련해 기업 간 기술개발 투자능력의 격차를 반영하기 때문인 것으로 보인다.



민간현물( $\theta_i$ )의 경우 표준편차가 정부출연금이나 민간현금( $\theta_c$ )보다 상대적으로 작게 나타나고 있는데, 이는 민간이 기술개발을 위해 이미 보유하고 있는 현물을 쉽게 투입할 수 있는데다가 현물이 시장가격으로 인정되기 때문으로 분석된다. 민간현금 및 정부출연금을 합한 총현금투자( $\theta_{cg}$ )의 평균 규모는 민간현물보다 약 5배정도 커서 기술개발의 주요 재원이 현금임을 나타내고 있으며, 표준편차도 민간현물의 경우보다 약 3배 정도로 나타나 과제간 총현금투자의 격차도 큰 것으로 분석된다.

〈표 2〉 주요변수의 기본통계량

(단위 : 천원, 개)

변수명	최소	최대	평균	표준편차
Y	0	1	0.97	0.18
$\theta_g$	12,422	938,938	163,625.84	121,834.42
$\theta_i$	0	971,973	52,225.91	73,591.21
$\theta_c$	0	2,616,861	77,216.41	120,695.75
$\theta_f$	0	3,588,834	129,442.32	178,272.84
$\theta_{cg}$	12,422	3,505,721	240,665.93	217,048.74
$\theta$	17,946	4,477,694	293,159.25	274,996.33
$\omega_n$	1	6	1.94	1.25
$\omega_p$	1	6	2.51	1.38
$\omega_t$	7	68	24.51	9.03
$\omega_s$	1	3	1.98	0.40
$\theta_{Nc}$	17,946	1,860,833	215,675.42	177,639.58
$R\theta_g$	17.99	100.00	59.12	13.81
$R\theta_c$	0.00	67.91	23.92	13.13
$R\theta_i$	0.00	75.62	17.02	11.20
$R\theta_{cg}$	24.38	100.00	82.98	11.20
$R\theta_{Nc}$	32.09	100.00	76.08	13.13

기술개발에 참여하는 기관의 수( $\omega_n$ )는 평균 1.94개로 대체로 2개인 경우가 일반적이었으나 최대값을 보면, 관련기관이 무려 6개인 경우도 있다. 기술개발기간( $\omega_t$ )은 평균이 24.52로 2년 정도가 가장 보편적이었으며, 최대치가 68개월로 5년 이상 소요되는 경우도 있었다. 비율변수 중 정부출연금비율( $R\theta_g$ )의 최대치가 100%라는 것은 정부가 기술개발투자소요금액 전부를 부담하는 경우를 나타낸다. 또  $R\theta_{cg}$  100%는 총투자가 전부 현금으로만 구성되어있어 현물투자가 없음을,  $R\theta_{Nc}$  100%는 기업이 현금투자 없이 현물만을 투자하는 것을 각각 의미한다.

## 2. 회귀분석 결과

OLS, WLS(Weighted Least Squares) 및 Probit 모형을 실제로 추정한 결과를 비교한 것이 <표 3>에 제시되어 있다. OLS 모형의 경우 결정계수  $R^2$ 의 유용성이 의문시되는 데 다 그 값마저 매우 낮고, WLS 추정치도 같은 결과를 보여 모형의 타당성을 설명하는 데 크게 도움이 되지 않음을 확인할 수 있다.

Probit 모형에 제시된 Pseudo- $R^2$ 가 OLS 모형의  $R^2$ 값보다도 훨씬 높은 값을 나타내고 있다. 이분산의 존재 및 조정을 위해 Breusch-Pagan 방법을 이용해  $x^2$  검정 통계량을 계산하였으며(Judge et al. 1988a, 1988b), OLS 모형이 동분산을 가지고 있다는 귀무가설을 검정한 결과 가설이 1% 수준에서 기각되었다. 따라서, 본 연구에서는 가설검증을 위해 이분산을 감안한 Probit모형을 적용하였다.

<표 3> 기술개발 모형추정 결과 비교

	OLS	WLS	Probit
상 수	0.89 (34.72)	0.89 (29.30)	0.98 <sup>b</sup> (2.90)
$\theta_g$	-0.24 E-7 (0.33)	-0.24 E-7 (-0.24)	-0.21 E-6 (-0.21)
$\theta_f$	0.34 E-7 (0.76)	0.34 E-7 (0.90)	0.74 E-6 (0.66)
$\omega_n$	-0.01 (-1.70)	-0.01 (-1.42)	-0.11 (-1.43)
$\omega_t$	0.73 (1.67)	0.73 (1.73)	0.12 <sup>c</sup> (1.77)
$\omega_p$	0.16 (0.21)	0.16 (0.20)	0.36 (0.34)
$\omega_s$	0.076 (5.01)	0.076 (3.27)	0.87 <sup>a</sup> (4.54)
S.E.	0.18	0.18	-
$R^2$	0.035	0.035	0.247 <sup>2)</sup>
$x^2$ 값, 자유도	343.8, 7	-	-
Durbin-Watson 통계량	1.984	-	-

주 : ( ) 은 t-값이며, a, b, c 는 유의 수준이 각각 1%, 5%, 10%에서 유의함을 의미.

<가설 1,3, 5~12>

기술개발투자 및 여타 변수가 기술개발성공에 미치는 영향을 분석하기 위해 4가지 Probit 모형을 구성, 추정하였고 그 결과는 다음의 <표 4>에 정리되어 있다. 모형 1~4 모

두 이분산 현상과 종속변수의 범위 문제를 해결한 뒤에 추정되었으며, 통계적으로 유의한 변수와 Pseudo-R<sup>2</sup>를 감안해 볼 때 OLS 모형보다는 신뢰성이 크게 제고되었다.

결정계수 R<sup>2</sup>의 값이 전반적으로 낮다고 볼 수도 있는데, 이는 앞서 지적한 바와 같이 연구의 정확성을 위해 여러 가지 결정계수(R<sup>2</sup>) 중에서 가장 보수적인 통계량(Pseudo-R<sup>2</sup>)을 선택하였고, 기술개발주체의 특성이나 능력, 투자금액의 구체적인 사용내역 등을 나타내는 변수가 포함되지 않았기 때문으로 보인다. 그러나 본 연구와 유사한 통계분석 방법을 이용한 O'Higgins와 Sbriglia(1990)의 Pseudo-R<sup>2</sup> 값 0.196과 0.193에 비하면 모형 1~4의 결정계수(R<sup>2</sup>)는 오히려 높은 수준이다.

모형 1과 2를 비교해 보면, 투자변수 중에서 총투자( $\theta$ )는 유의하지 않았고, 정부출연과 기업현금투자를 합친 현금투자( $\theta_{cg}$ )는 약한 수준(35%)에서 유의하였다. 총투자규모가 전혀 유의하지 않은 것으로 추정된 것은 다소 예상 밖의 결과로 기술개발의 성패가 투자규모와 직접적인 인과관계에 있지 않음을 보여준다.

〈표 4〉 Probit 모형을 이용한 기술개발 성패 모형의 추정

변수 \ 모형	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
상 수	0.98 <sup>b</sup> (2.89)	0.96 <sup>b</sup> (2.80)	0.94 <sup>b</sup> (2.72)	0.92 <sup>b</sup> (2.65)
$\theta$	0.25 E-6 (0.57)	-	-	-
$\theta_{cg}$	-	0.72 E-6 (0.96)	-	-
$\theta_{nc}$	-	-	-1.10 E-5 (-1.30)	-
$\theta_g$	-	-	-	-0.60 E-6 (-0.58)
$\theta_c$	-	-	0.65 E-5 (1.81)	0.70 E-5 <sup>c</sup> (1.86)
$\theta_i$	-	-0.61 E-6 (-0.63)	-	-0.20 E-5 (-1.22)
$\omega_n$	-0.12 (-1.52)	-0.13 (-1.65)	-0.12 (-1.52)	-0.13 (-1.60)
$\omega_t$	0.12 (1.78)	0.12 (1.79)	0.12 (1.81)	0.13 (1.83)
$\omega_p$	0.003 (0.28)	0.002 (0.19)	0.05 (0.51)	0.49 (0.46)
$\omega_s$	0.88 <sup>a</sup> (4.64)	0.90 <sup>a</sup> (4.69)	0.89 <sup>a</sup> (4.60)	0.91 <sup>a</sup> (4.63)
Pseudo-R <sup>2</sup>	0.24	0.25	0.31	0.32

주 : 1) 추정치 아래에 있는 괄호 안의 수치는 t-값이며, a, b, c 는 유의 수준이 각각 1%, 5%, 10% 에서 유의함을 의미함.

투자구성별 효과를 알아보기 위해 도입된 모형 3과 4를 비교하면 몇 가지 흥미로운 사실이 발견된다. 우선 기업의 현금투자( $\theta_c$ )가 두 모형에서 모두 유의한 正(+의 효과를 가지는 것으로 추정되었을 뿐만 아니라 투자변수 구성요소 중 기술개발성패에 가장 신뢰성 있는 요소인 것으로 나타났다. 이에 반해 기업의 현물 투자는 負(-)의 계수로 나타나 기술개발성패에 역기능을 지니는 것으로 추정되었다. 또 정부의 현금지원( $\theta_g$ )이 기술개발의 성패에 유의한 변수가 되지 못하였으나 負의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

부(負)의 효과를 보인 기업의 현물투자와 정부의 현금투자를 합친 비기업현금을 별도의 변수( $\theta_{NC}$ )로 구성한 후 기업현금의 효과를 분석하기 위해 모형 3을 이용해 추정하였다. 이 경우 민간현금이 약한 유의수준(20%)에서 正(正)의 효과를, 비기업현금은 예상했던 대로 유사한 유의수준에서 부(負)의 효과를 나타내고 있다.

기술개발관련단체의 수( $\omega_n$ )는 20% 수준에서 부(負)의 관계를 보임으로써 관련기관의 수가 너무 많을 경우 오히려 기술개발이 실패할 가능성이 높아지는 것으로 나타났다. 여기서 이종일(1996)에서 실시된 바 있는  $x^2$  검정 결과를 되돌아 볼 필요가 있다. 즉, 기술개발 관련단체의 수와 기술개발성패와의 검정결과를 살펴보면, 기술개발관련단체의 수( $\omega_n$ )는 다원분류에 의한 기술개발성패변수와 10% 수준에서 인과관계가 있는 것으로 나타날 뿐, 이원분류나 활용여부에 의한 분류와는 통계적으로 유의할 만한 관계가 없는 것으로 나타났다. 이처럼  $\omega_n$ 와 이원분류가  $x^2$  검정에서는 통계적으로 유의하지 않았으나, Probit 모형에서 유의한 변수로 추정된 것은 Probit 모형이  $x^2$  검정보다 더 많은 정보를 사용하기 때문으로 분석된다.<sup>5)</sup>

수행기간( $\omega_t$ )은 유의한 수준의 正(正)의 효과를 가져 기술개발기간이 증가할수록 성공할 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 한편, 주관기관의 성격을 나타내는 변수인  $\omega_p$ 는 매우 약한 영향을 미치는 것으로 나타나 주관기관의 차이가 기술개발성패에 유의한 수준의 영향을 미치지 않고 있다.<sup>6)</sup>

기술개발의 완료여부를 나타내는 변수( $\omega_s$ )는 모든 모형에서 매우 유의한 것으로 나타났다. 따라서 기술개발이 계획기간에 맞추어 완료되거나, 일찍 종료될수록 성공할 확률이 높은 것으로 분석되었다.

5) 본 논문에서와 같이 회귀분석방법을 이용한 계량경제모형이 나온 결과를 도출해 냈다고 해서 회귀분석이  $x^2$  검정보다 항상 우월하다고 보기는 어렵다.

6)  $\omega_p$ 는 주관기관의 순서에 의해서도 미치는 영향이 다를 것으로 예상되며, 가설 9에 대한 분석도 이후의 연구로 미루었다.

〈가설 2, 4와 기타〉

자료를 분석목적에 맞게 변환하여 새로운 변수(즉, 투자금액관련 변수를 사용하여 5개의 비율변수)를 도출한 후, 5개의 모형을 구축하여 추정하였다(〈표 5〉). 1차 분석과 비교하기 위하여 〈표 4〉의 모형 4를 〈표 5〉의 모형 1로 제시하였다.

〈표 5〉 Probit 모형을 이용한 기술개발 성패모형의 추정

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
상수	0.92 <sup>b</sup> (2.65)	0.70 (1.36)	0.62 (1.60)	1.29 <sup>b</sup> (3.40)	-0.22 (-0.35)	2.54 <sup>b</sup> (2.64)
$\theta_g$	-0.60 E-6 (-0.58)		-	-	-	-
$R\theta_g$	-	-0.01 (-1.30)	-	-	-	-
$\theta_c$	0.70 E-5 <sup>c</sup> (1.86)	-	-	-	-	-
$R\theta_c$	-	-	0.02 (1.78)	-	-	-
$\theta_i$	-0.20 E-5 (-1.22)	-	-	-	-	-
$R\theta_i$	-	-	-	-0.02 <sup>c</sup> (-2.20)	-	-
$\theta_{cg}$	-	-	-	-	0.02 <sup>c</sup> (2.20)	-
$R\theta_{cg}$	-	-	-	-	-	0.02 (1.78)
$\omega_n$	-0.13 (-1.60)	-0.11 (-1.47)	-0.12 (-1.50)	-0.13 (-1.69)	-0.13 (-1.69)	-0.92 (-1.50)
$\omega_t$	0.13 (1.83)	0.13 (1.90)	0.13 (1.91)	0.14 <sup>c</sup> (2.00)	0.14 <sup>c</sup> (2.00)	0.13 (1.90)
$\omega_p$	0.49 <sup>a</sup> (0.46)	0.005 (0.55)	0.007 (0.71)	0.006 (0.63)	0.006 (0.63)	0.007 (0.71)
$\omega_s$	0.91 (4.63)	0.89 <sup>a</sup> (4.66)	0.89 <sup>a</sup> (4.62)	0.94 <sup>a</sup> (4.80)	0.94 <sup>a</sup> (4.80)	0.89 <sup>a</sup> (4.60)
Pseudo-R <sup>2</sup>	0.32	0.25	0.27	0.28	0.28	0.27
예측율 <sup>3)</sup> (%)	96.6					

- 주 : 1) 괄호 안의 수치는 t-값이며, a, b, c 는 유의 수준이 각각 1%, 5%, 10% 에서 유의함을 의미한다.
- 2) 모형 1은 <표 4>의 4번 모형이다.
- 3) 추정된 모형에 설명변수를 사후적으로 대입하여 예측치를 계산, 실적치와 비교한 값임. 유사한 연구로 Fölster(1995)는 Logit 모형을 이용하여 협력모형의 예측율을 계산하였는데 55.8%가 산출되었다.

<표 5>의 모형 2를 살펴보면, 전체투자 중 정부투자의 비중( $R\theta_g$ )이 기술개발의 성패에 유의한 정도로 부(負)의 효과를 미치는 것으로 추정되었다. 앞의 <표 4>에 의하면, 정부의 현금지원이 기술개발성패에 부(負)의 영향을 미치지만 유의하지는 않았다는 점에 비추어 정부의 투자비중은 부정적인 영향이 강화되는 방향으로 추정되었다. 즉 외생적인 정부의 기술개발투자 부담을 증가는 오히려 기술개발의 성공확률을 낮추는 효과가 있다고 볼 수 있다.

정부와 기업의 현금투자를 합친 현금투자의 비중을 나타내는 변수인  $R\theta_{cg}$ 은 負(-)의 계수를 가진  $\theta$ 과 正(+)의 계수를 가진  $\theta_c$ 이 합쳐져 구성되었음에도 불구하고 통계적으로 유의한 긍정적 효과가 강화되는 방향으로 추정되었다. 모형 3과 5를 비교해 볼 때,  $R\theta_{cg}$ 은 기업현금비중( $R\theta_c$ )보다 더 설득력 있게 성패 여부를 설명하는 변수임이 확인되었다. 즉, 정부투자는 별도의 변수로 추정하면 기술개발성패에 부(負)의 효과를 갖지만 보완적 관계에 있는 기업현금투자와 함께 분석하면 10% 유의수준에서 긍정적 효과를 가지는 것으로 분석된다. 정부의 현금투자는 기업의 현금투자와 결합될 때에만 의도된 효과가 나타나는 상호 보완제적인 성격을 지니는 것으로 판단된다.

기업의 현물투자비중( $R\theta_i$ )은 1차 분석에서 현물투자( $\theta_i$ )가 가진 부(負)의 효과를 더욱 강화시키는 방향으로 추정되어 추정계수의 신뢰도를 높였다. 기업의 현물과 정부의 현금투자를 합친 금액이 총투자에서 차지하는 비중을 나타내는 변수인  $R\theta_{nc}$ 도 기술개발의 성공에 도움이 되지 않고, 오히려 유의한 수준에서 성공확률에 악영향을 미치는 요인인 것으로 판명되었다.

<표 5>의 모형 1~6을 종합해 보면, 크게 다음의 두 가지 사실을 확인할 수 있다. 첫째, 모형 1, 2, 6을 비교함으로써 정부투자는 기업의 기술개발성패에 부정적인 효과보다는 긍정적인 효과가 더 강한 것이 사실이지만, 이는 기업투자와의 결합여부에 의해 크게 영향을 받는다. 둘째, 非투자금액관련 변수들이 앞의 <표 4>의 모형 1~4에 비해 인과관계가 강화되는 방향으로 추정되었다. 이는 투자관련변수를 비율로 추정하는 과정에서 비율변수 이외의 변수 추정치에 대한 신뢰도가 높아져 전체적으로 모형의 설득력이 제고되었다고

볼 수 있다.

모형의 설명력을 사후적으로 측정하는 수단으로 예측치와 종속변수를 비교하여 얼마나 일치하는가를 비교해보는 예측율을 들 수 있다. <표 5>의 모형 1을 사용해 계산한 예측율은 96.6%로 매우 높게 계산되었으며, 나머지 모형도 같은 값을 보였다. 가설검증결과, 가설 3, 4, 7, 10-12는 참으로, 가설 2, 5, 6은 거짓으로, 가설 1, 8, 9는 참거짓을 판명할 수 없었다.

#### IV. 변수별 한계효과

##### 1. 한계효과

한계효과<sup>7)</sup>를 이용해 변수의 통계적 유의성 여부만을 판단하는 회귀분석의 단점을 보완할 수 있다. 이를 위해 추정된 Probit 모형 중에서 <표 5>의 모형 6을 이용해 한계효과를 계산하였다(자세한 수식은 Greene(1991) 참조).

<표 6> 변수별 한계효과

변수	한계효과	변수	한계효과
$\theta_{cg}$	0.47 (0.96)	$R\theta_{cg}$	0.80 (1.78)
$\theta_{Nc}$	-0.52 (-1.30)	$R\theta_{Nc}$	-0.98 (-1.20)
$\theta_g$	-0.30 (-0.58)	$R\theta_g$	-0.25 (-1.30)
$\theta_c$	3.50 (1.86)	$R\theta_c$	1.00 (1.78)
$\theta_i$	-0.99 (-1.22)	$R\theta_i$	-0.8 (2.20)
$\theta$	0.14 (0.57)		

주 : 괄호 안의 수치는 한계효과 계산에 사용된 추정계수의 t-값이다.

7) Probit 모형의 한계효과( $\frac{\partial P_i}{\partial X_i}$ )는  $\beta\phi(Z_i)$ 로 계산된다. 단,  $Z_i = a + \sum_{j=1}^K \beta X_{ij}$ .

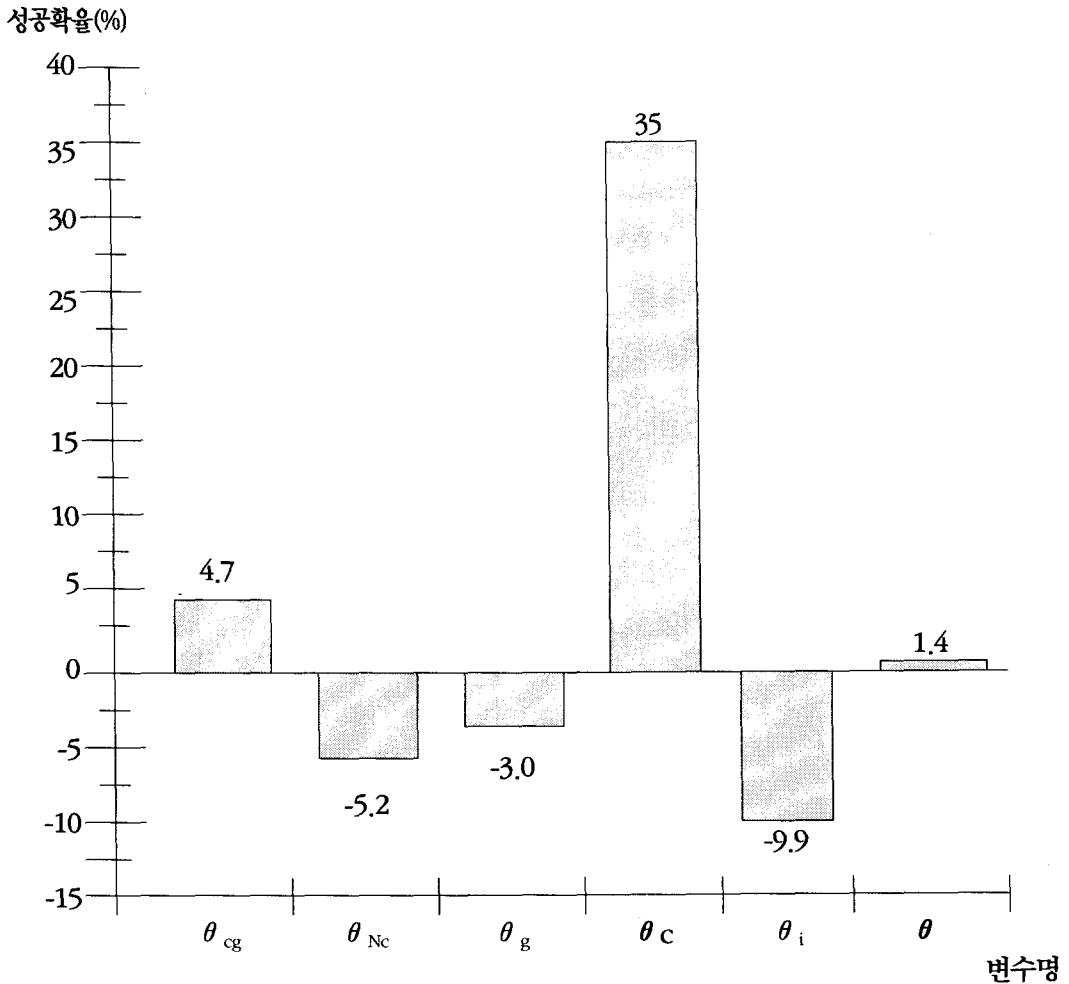
전체적으로 보면, 민간현금의 한계효과가 총투자( $\theta$ )보다 25배 정도나 높은 등 기술개발 성패에 가장 중요한 요인으로 나타났다. 총투자가 기술개발성패에 미치는 영향을 1로 보았을 때, 정부와 기업의 현금투자 총액( $\theta_{cg}$ )은 3배 이상 기술개발성패에 강한 영향을 미친 반면, 정부의 현금투자와 기업의 현금투자는 그 규모를 각각 증가시킬 경우 오히려 각각 2배, 7배의 역효과를 초래하는 것으로 분석되었다.

비율변수의 경우에서도 기업의 현금투자 비중이 가장 중요한 요인으로 부각되었으며, 이와 관련하여 현금투자, 정부현금투자 비중의 순서로 효과가 큰 것으로 나타났다. 특히 1차 분석에서 부(負)의 효과를 나타냈던 정부현금투자가 비율의 경우( $R\theta_g$ )에도 같은 정도의 부(負)의 효과(-0.3과 -0.25)를 나타내고 있다는 점이다.  $R\theta_{nc}$ ,  $R\theta_i$  등 비현금투자의 비중을 나타내는 변수 역시 기술개발성패에 부정적인 영향을 미치고 있다.

## 2. 시나리오

구체적으로 투자금액이 한 단위 증가했을 경우 기술개발성패가 어떻게 변화하는 지를 분석하는 것은 흥미로운 일이다. 이 경우 한 변수만 변동시키고 나머지 변수들은 고정되어 있는 것으로 가정한다. <그림1>은 각 기술개발투자변수가 각각 1억원씩 증가하였을 경우 기술개발성공률의 변화를 나타낸 것이다.





〈그림1〉 1억원을 증가시킬 경우 성공확률의 변화

〈그림1〉에 제시한 바와 같이 민간현금이 1억원 증가하면 기술개발이 성공할 확률은 35% 포인트만큼 높아지는 것으로 계산되었으며 기업현물의 경우는 같은 규모의 금액이 증가하면 오히려 확률이 10% 포인트 정도 하락하는 것으로 나타났다. 결국 기술개발과 관련해 기업의 현금투자와 현물투자는 정(正)의 상관관계가 없으며, 서로 대체관계에 있음을 보여준다. 정부와 민간의 현금을 합친  $\theta_{cg}$ 이 1억원 증가할 경우 4.7% 포인트 정도 성공확률이 증가하는 것으로 나타났다. 즉 정부와 기업의 현금투자는 보완관계에 있음을 시사한다.

반면 정부의 현금투자만을 증가시키면 성공확률은 오히려 3.0% 포인트 떨어지고, 정부 출연금과 기업의 현물투자를 합친  $\theta_{Nc}$ , 즉 기업현금을 제외한 나머지 투자규모를 증가시키면 성공확률을 5.2% 포인트 낮추는 효과가 있는 것으로 계산되었다. 따라서 정부의 정책이 기술개발성공률을 높이는 데에 있다면 정부출연금을 무조건 증가시키기보다는 기업의 기술개발투자를 증가시키거나 정부출연금을 기업의 투자에 연계하는 방법을 모색하는 것이 바람직하다.

## V. 결 론

지금까지 본 논문은 기술개발투자의 규모 및 구성이 기술개발의 성공에 미치는 영향을 중점적으로 분석하였고, 이를 위해 Probit 모형을 이용한 회귀분석방법을 사용하여 설정된 가설을 검증하였다.

지금까지 사용된 통계적 분석방법에 의해 도출된 결론을 종합해 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기술개발의 성패여부는 총투자규모 보다는 투자의 구성이나 내용에 의해 결정된다. 총투자규모는 예상과는 달리 기술개발 성패에 중요한 요인이 되지 못하였고, 투자구성 중에는 현금투자가, 현금투자 중에서는 민간현금이 가장 중요한 변수였다.

둘째, 정부의 기술개발자금은 그 규모자체 보다는 전체 투자액에서 차지하는 비중이 중요한 것으로 나타났다. 따라서 정부가 지원금의 규모를 증가시키기보다는 전체 기술개발투자자금에서 차지하는 비중을 관심을 두어야 할 것이다.

셋째, 민간현금과 민간현물은 보완관계를 보이지 않으며 오히려 대체관계일 가능성이 크다. 대부분의 기술개발지원제도가 정책적으로 인정하는 민간의 현물투자는 분석결과 기술개발에 있어 민간의 현금투자와 상반된 효과를 나타내고 있다. 따라서 민간의 현물투자를 실질적인 투자로 인정하고 있는 정부의 기술개발지원제도를 재고해야할 필요가 있다.

넷째, 정부의 기술개발자금 지원은 민간의 현금투자와 보완재 관계에 있는 것으로 나타났다. 그러므로 정부가 기업의 기술개발을 지원할 경우 일방적인 자금지원 증가는 오히려 기술개발성공률을 낮추는 요인으로 작용할 가능성이 크고, 기업의 대응투자(matching investment)가 존재하여야 의도된 정책효과를 거둘 수 있다.

다섯째, 기술개발성공률과 기술개발 관련기관의 數는 부(負)의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 기술개발관련기관의 수가 많은 경우 주관기관과의 의견 불일치 등으로 기

술개발의 성패에는 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 기술개발지원대상 선정과정에서 산학연 등의 다양한 기술개발기관 구성에 우선권을 주는 방법에 대한 재검토가 요구된다.

여섯째, 기술개발기간이 계획대로 지켜질 때 기술개발이 성공할 가능성이 높은 것으로 분석되었다. 계획기간 내에 완료하지 못한 경우는 대개 기술개발에 대한 내용, 시장상황 등을 제대로 파악하지 못했거나, 관련기관과의 부조화 등 문제점이 노출되었기 때문으로 보인다. 따라서 추가연구를 통해 업종별, 기술그룹별로 개발기간에 대한 기준이 마련하는 것이 바람직하다.

끝으로 이상에서 추정된 기술개발 계량경제 모형은 아래에 언급하는 바와 같이 발전적 방향으로 확대될 수 있을 것이며, 추후의 연구과제로 남는다. 우선 이항모형을 기술료 징수 여부를 고려해(박정희 등(2006)) 다지선다형 모형으로 확대 적용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 또 기술개발수행주체의 특성을 나타내는 변수를 보완해 산업별, 업종별 모형을 세분화하여 추정하는 방안과 함께 장기적으로 Panel 자료를 구축하여 분석하는 연구도 가능하다.

## 참고문헌

- 김병우(2006), “R&D투자가 한국경제 수출에 미치는 영향분석”, 「기술혁신연구 14-1」, pp.31-65.
- 박정희, 문태희, 손소영(2005), “국가연구개발사업의 기술료 제도 개선: 산업기술개발사업을 중심으로”, 「기술혁신연구 13-3」, pp.131-152.
- 서규원, 이창양(2006), “R&D지원제도와 기업 R&D 지출액간 관계 분석: 정부 R&D 보조금과 세제혜택을 중심으로”, 「기술혁신연구14-1」, pp.101-118.
- 성태경, 이종민(2005.4), “수출성과와 기업특성:기술혁신요인을 중심으로”, 「기술혁신학회지」, pp.116-134.
- 유승훈, 박두호(2005.12), “기술혁신 횡수의 분포함수 추정-혼합모형을 적용하여”, 「기술혁신학회지」, pp.887-910.
- 이종일(1995), “한국기업의 투자행태 분석: 이론적 배경과 실증적 증거”, 「기술경영경제학회지」, pp.185-212.
- \_\_\_\_\_ (1996), “한국의 기술개발요인분석 -계량경제모형 구축의 필요성을 중심으로”, 산업기술정책연구소.

- 이진주 외(1996), 정책평가를 위한 새로운 모형 - 대통령자문 정책기획위원회 연구총서 6 -,  
나남출판.
- 황용수 & Logsdon, John M.(1993), “정부연구개발 프로그램 평가에 관한 연구 - 주요국  
의 사례비교분석과 한국에의 시사점”, 과학기술정책관리연구소.
- 산업기술정책연구소(1995), 공업기반기술개발사업평가관리규정.
- 통상산업부(1994), 공업기반기술개발사업관련법령.
- Fölster, Stefan(1995), “Do subsidies to cooperative R&D actually stimulate R&D  
investment and cooperation?” , *Research Policy* 24, pp. 403-417.
- Greene, William H.(1991), 「LIMDEP:User's Manual and Reference and Guide  
Version 6.0」, Econometric Software Inc.
- Griliches, Zvi, (1984). “R&D, Patents, and Productivity”, 「NBER Conference  
Report」, The University of Chicago Press.
- Johnston, J., (1985), *Econometric Methods*, MacGraw Hill.
- Judge *et al.*(1988a), 「Introduction to the Theory and Practice of Econometrics」,  
John Wiley & Sons Inc.
- \_\_\_\_\_ (1988b), 「The Theory and Practice of Econometrics」, John Wiley &  
Sons Inc.,
- Maddala, G.S.(1989), 「Introduction to Econometrics」, MacMillan Publishing Co.
- Mansfield, Edwin(1996), 「Science, Economic Growth and Public Policy, Technology,  
R&D and The Economy」, edited by Bruce L. R. Smith and Claude E. Barfield,  
The Brookings Institutions.
- Mittelhammer, R.C., Judge, G.G, Miller, D.J.(2000), 「Econometric Foundations」,  
Cambridge University Press.
- Nelson, Richard R., Romer, Paul M.(1996), 「Science, Economic Growth and Public  
Policy, Technology, R&D and The Economy」 edited by Bruce L. R. Smith and  
Claude E. Barfield, , pp.49-74, The Brookings Institutions.
- OECD(1995), *Impacts of National Technology Programmes*.
- O'Higgins, N., Sbriglia, P.(1990), “Market Structure, Firm Size and Innovation in  
Italy, An Integrated Approach to Testing Schumpeter” , *Recent Approaches to  
Industrial Organization*, pp.293-312.

---

**이종일**

미국 University of Cincinnati 에서 'Advertising and R&D in Korea : Mathematical and Statistical Models' 로 박사학위를 취득하고 현재 한국산업기술재단(KOTEF) 국제기술협력센터의 센터장 및 한국이스라엘산업연구개발재단(KORIL-RDF)의 사무총장을 겸직하고 있다. 연구분야는 기술혁신정책 및 관련 평가, 국제기술협력, 기술상용화제도 등이다.

---

**김찬준**

고려대학교에서 "Three Essays on Environmental Valuation, Recycling Industry, and Technological Evaluation (Contingent Valuation Method, Production Function Approach, Multi-Attribute Utility Analysis)" 로 박사학위를 취득하고 현재 산업연구원 국가균형발전연구센터에서 부연구위원으로 재직하고 있다. 연구분야는 국가균형발전연구, 산업기술정책평가 등이다.