

기술혁신 장애요인에 관한 연구*

신범철** 이의영***

| 목 차 |

I. 서론	III. 분석모형과 추정방법
II. 기술혁신 장애요인에 관한 선행 연구 검토	IV. 자료 및 실증결과
	V. 결론

| 논문요약 |

이 논문은 기술혁신의 장애요인에 미치는 요인과 장애요인의 상호 관계성 분석을 연구 목적으로 하고 있다. 이를 위해 기업의 유형별 R&D 혁신 활동, 기업 규모와 기업 형태와 같은 기업의 성격, 유형별 기술혁신 보호와 기술협력 등의 요인이 어떻게 혁신 장애에 영향을 미치는지 실증적으로 분석하였다. 과학기술정책연구원의 2016년과 2018년의 기술혁신 설문조사 자료를 통합하여 분석하였으며 Multivariate Probit Model을 Maximum Likelihood Estimation 방법으로 추정하여 분석하였다.

추정결과를 보면, 우선 기술혁신 장애, 즉 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 세 개 변수 모형에서 오차항 간 상관계수가 모두 통계적 양의 부호로 유의하게 나타났다. 또한 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등의 장애요인은 상호 의존적이며 상호 보완적 관계임을 나타내고 있다. 이는 장애요인 변수를 개별적으로 독립하여 추정할 경우, 편의적 결과를 유발할 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 기술혁신 확대를 위한 동기부여와 보조금 지급으로 시장 효율성 확대뿐만 아니라 혁신장애의 제거가 정부 개입의 일환으로 실행되어야 할 필요성을 시사한다. 다음으로 기술혁신 활동이 장애요인의 인식에 미치는 영향은 서로 달리 나타났다. 내부 R&D 활동과 공동연구개발 활동은 자금조달 장애와 시장 불확실성 인식의 중요성을 확대하는 반면, 기업역량 문제의 중요

* 본 논문은 군산대학교 연구비 지원에 의해 연구되었음.

** 제1저자: 경기대학교 경제학부 교수

*** 교신저자: 군산대학교 행정경제학부 교수

성 인식은 모든 R&D 활동이 확대하는 것으로 나타났다.

• 주제어: 기술혁신, 혁신 장애, 다변량 프로빗 모델, 최우추정량, 상관분석

I. 서론

세계는 지금 기술변화가 급속히 진행되고 있고 기업 간 경쟁이 극심해지면서 기업과 산업, 나아가서 국가 경제의 성장과 발전에서 기술혁신이 핵심적 요소로 인식되고 있다. 이러한 글로벌 경쟁환경에서 중소기업이 겪는 혁신장애를 극복하는 혁신투자는 지속가능한 성장을 달성할 수 있을 것이다. 기업 성장의 핵심 요소인 기술혁신 활동은 여러 가지 장애요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 그간 기술혁신에 관한 연구는 그 결정요인의 분석에 집중되어 있고 혁신 장애요인의 분석은 상대적으로 미미한 형편이다(Hidalgo & D'Alvano 2014). 기술혁신의 장애요인을 이해하는 것은 기업의 혁신 문화를 조성하고 관리자와 정책수립자에게 동기를 부여하는 정책 결정에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 기술혁신에 참여할 것인지 아닌지를 결정하는 것은 기업의 생존경쟁에서 중요한 의사결정임에 틀림이 없을 것이다.

본 연구는 기술혁신의 장애요인에 미치는 요인과 장애요인의 상호 관계성에 관해 과학기술정책연구원(STEPI) 2016년과 2018년 제조업체 기술혁신 설문조사 자료를 통합하여 실증분석하고자 한다. 혁신 장애요인 중, 특히 자금 부족, 기업역량 부족, 시장요인의 상호 의존성과 기업의 성격과 기업의 R&D 활동 등 어떠한 요인에 의해 영향을 받는지가 주요 관심 사안이다. 중소기업의 기술혁신을 촉진하기 위한 전통적인 접근 방식은 기술혁신 결정요인 분석하고 이러한 요인을 강화하는 기업전략과 정책 방안을 추진하는 것이다. 하지만 이 논문은 기술혁신 장애요인을 분석하고 이에 따른 대응 방안과 정책지원을 논의하는 것이다.

이 연구가 의미가 있다면 다음과 같은 점이다. 우선, 유럽의 CIS(Community Innovation Survey) 자료를 기반한 대부분의 연구가 기술혁신의 결정요인

또는 기술혁신 장애가 혁신성과 효과에 집중하고 기술혁신 장애요인의 결정요인과 그 상관관계를 심도 있게 논의하지 못하였다. 하지만 다양한 유형의 기술혁신 요인 간 잠재적 상호보완성이 무시되면 편의적 결과가 유발될 수 있다(Carboni 2013). 이러한 편의를 완화하기 위해 이 연구는 유형별 기술혁신 장애요인 간 상관관계를 허용하는 다변량 프로빗 모형을 추정하여 사용한다는 점이다.

다음으로 이 연구는 선행연구의 연구 방법을 개선하기 위해 다변량 프로빗(multivariate probit) 모형을 MLE(Maximum Likelihood Estimation) 방법으로 추정하여 분석한다는 점이다. 선행연구는 장애요인 간 상관관계를 검증하기 위해 2단계 추정방법을 사용하고 있다(박규호 2013). 1단계에서는 장애요인을 종속변수로 결정요인에 회귀한 다음, 2단계에서 잔차를 이용하여 이들 변수 간 피어슨 상관계수를 계산하여 장애요인의 상관관계를 분석하는 방법이다. 하지만 이 방법은 1단계에서 모형설정과 추정 방법에 따라 장애요인 간 관계를 왜곡할 수 있다는 단점을 갖고 있다. 또한 피어슨 상관계수는 대등한 2개 확률변수 간 관계를 나타낼 수 있지만 3 변수 이상의 관계를 동시에 나타내지 못하는 단점을 갖고 있다.

마지막으로 이 연구는 STEPI의 2회, 즉 2016년과 2018년 KIS(Korean Innovation Survey) 자료를 통합하여 사용한다는 점이다. 이러한 통합은 자료의 폭을 확대하여 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

II. 기술혁신 장애요인에 관한 선행연구 검토

기술혁신에서 장애요인의 역할에 관한 선행연구는 두 가지 흐름으로 구분해 볼 수 있다. 혁신 장애의 중요성 인식에 영향을 미치는 요인과 기술혁신 장애가 혁신 성향 또는 R&D 집중도에 미치는 영향에 관한 연구이다. 전자의 대표적인 연구로 Baldwin & Lin (2002), Galia & Legros(2004), Immariono et al.(2009) 등을 들 수 있고 후자의 대표적인 연구로 Mohnen & Roeller (2005), Savignac(2008), Mancusi & Vezzulli(2010) 등을 들 수 있다.

전자의 선행연구 관점은 혁신 장애를 기술혁신 활동의 현시적 장애로 해

석한다. 기술혁신 활동의 참여가 혁신 장애의 곤란성에 기업의 중요성 인식을 확대하지만 이러한 장애요인이 실질적인 장애요인이 되지 못하며 성공적인 혁신기업이 되는 것을 방해하지는 못한다는 것이다.

유럽의 CIS를 기반으로 한 대부분의 연구는 혁신장애가 기업성장에 미치는 효과에 집중하고 기술혁신 장애요인의 결정요인과 그 상관관계를 심도 있게 논의하지 못하였다. 기업의 혁신 장애의 중요성에 대한 인식에 영향을 미치는 요인의 분석에 집중하는 대부분의 연구는 기업의 R&D 활동과 여타의 혁신 활동의 참여가 높을수록 혁신 장애의 중요성을 더 크게 생각한다고 밝히고 있다. 예컨대, Baldwin & Lin(2002)은 혁신기업과 비혁신기업, 혹은 첨단기술 도입 기업과 그렇지 않은 기업의 혁신 장애의 경험을 비교하고 혁신기업과 첨단기술 도입 기업이 그렇지 않은 기업보다 혁신 장애를 더 경험한다는 것을 밝혔다.

혁신기업의 장애인식은 느리지만 혁신 활동의 참여를 방해하지 않는다. Baldwin & Lin(2002)은 혁신 성향 혹은 연구개발집중도와 혁신 장애를 중요한 것으로 인식하는 것과 양의 상관관계를 갖는다고 주장한다. 최소한 CIS 자료에 의해 측정된 혁신 장애는 기술혁신 혹은 첨단기술 도입을 방해하는 것으로 해석될 수 없으며 오히려 어떻게 기업의 성공적으로 이러한 장애를 극복할 수 있는지에 대한 증거로 해석되어야 한다는 것이다.

기술혁신 장애요인이 기업성과, 예컨대 기술혁신의 성과(김재영 외 2017; 신범철 2021), 기업의 생산성 효과(Coed et al. 2015)에 관한 연구는 다수가 존재하지만, 기술혁신 장애요인에 미치는 요인과 상호 관계에 관한 연구는 상대적으로 소수이다(이성기 2008; 박규호 2013). 이는 대부분의 연구가 기술혁신 장애가 외부적으로 주어지고 외생적 변수라고 전제하기 때문이다. 하지만 신범철(2021)은 기술혁신 성과와 장애요인은 양방향 인과성을 갖고 있음을 밝히고 있다. 즉, 대부분의 선행연구와 달리 기술혁신 장애요인이 외생변수가 아니라 내생변수라는 것이다.

이성기(2008)는 기술혁신 과정에서 겪게 되는 기술적 불확실성, 과도한 혁신비용, 적합한 내부인력 부족, 시장수요의 불확실성 등을 극복하기 위한 자체연구개발 활동, 공동연구 활동, 외부와의 협력적 연구활동을 분석하였다. 분석 결과, 서로 독립적으로 보이는 기술혁신 장애요인이 개별적으로 나

타나는 것이 아니라 상호 관련성을 갖고 있음을 밝히고 있다. 이 연구는 서로 독립적이고 대등 관계를 전제하고 있는 두 변수 간 상관계수로 상호 연관성을 분석한다는 한계에서 벗어나 기술혁신 장애요인의 외적 영향을 제거하여 장애요인 상호 관계의 편의성을 축소하였다는 데 의미를 지닌다. 하지만 이 논문은 7개 변수 다변량 프로빗 모형을 MLE 방법으로 추정할 때 나타나는 문제점을 어떻게 극복하였는지 설명하지 않고 있다. 또한 추정결과에서 대부분 추정계수가 통계적으로 유의하지 않기 때문에 통계적 신뢰성이 높지 않다는 문제점을 지니고 있다.

이와는 달리 박규호(2013)는 2단계 추정방법으로 32개 장애요인의 상호 관계를 분석하였다. 1단계에서 각각의 장애요인을 종속변수로 기업규모와 연구개발집약도를 독립변수로 추정하여 잔차를 구한 다음 2단계에서 잔차 간의 상관계수를 산출하여 장애요인 간 상호 관계를 분석하고 있다. 분석 결과, 각 장애요인의 잔차가 전반적으로 양의 상관관계를 보여 상호 보완적인 관계가 있다는 것이다. 하지만 이 연구는 장애요인이 서로 독립되어 있다는 전제에서 OLS 추정량을 구하였다는 점에서 장애요인의 상호 의존성을 무시하였다는 점에서 추정상 편의적 결과를 유발하였다는 한계점을 지니고 있다.

Ⅲ. 분석모형과 추정방법

1. 분석모형 설정

이 연구는 기술혁신 장애요인의 결정요인을 분석하기 위해 다음과 모형을 설정하였다.

$$\begin{aligned}
 dBar_{kt}^* &= \beta_0 + \beta_1 dRDact_{kt} + \beta_2 \ln(Size)_{kt} + \beta_3 \ln(Age)_{kt} + \beta_4 dEXP_{kt} \\
 &+ \beta_5 dCoop_{kt} + \beta_6 \ln(RDW)_{kt} + \beta_7 dIntFin_{kt} + \beta_8 dOwn + \beta_9 dGroup_{kt} \\
 &+ \beta_{10} dLegal_{kt} + \beta_{11} dStra_{kt} + \sum_j \lambda_{kj} dTech_{kj} + \epsilon_{kt}
 \end{aligned}$$

$$dBar_{kt} = 1 (dBar_{kt}^* > 0) \quad (1)$$

여기서 $dBar_{k,t}^*$ 는 t 기 k 기업의 유형별 혁신 장애요인이고 $dRDact_{k,t}$ 는 유형별 기술혁신 활동 여부, $SIZE$ 는 기업규모, Age 는 업력, $dEXP_{k,t}$ 은 전년도 수출 여부, RDW 는 연구개발 전담인력 비율, $dIntFin$ 는 회사 자체 자금조달 여부, $dOwn$ 은 독립회사 여부, $dGroup$ 은 국내 그룹사 소속 계열사 여부, $dLegal$ 은 기술혁신의 법률적 보호 여부, $dStra$ 는 기술혁신에 대한 전략적 보호 여부, $dTech_{k,j}$ 는 산업별 기술 수준을 나타낸다.

우선 종속변수로서 장애요인은 여러 방식에 따라 분류되는바, 외부요인 혹은 외생적 장애요인은 자원과 지식을 외부로부터 획득하였을 때 발생한다. 이 외부요인은 특허와 인증 정책, 정부 지원 부족, 해외 무역정책과 경쟁 등이 포함된다. 다른 한편 내부 장애요인은 적절한 인력 부족, 관료주의, R&D 설계와 검증 및 여타 기술적 문제, 자금조달 문제, 그리고 위험으로서 혁신인식, 혁신 비용 조정의 곤란성 등이 포함된다. 본 연구는 크게 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등 세 개의 장애요인으로 구분하여 상호 보완성을 3변량 프로빗 모형을 통해 분석할 것이다.

둘째, 기술혁신의 장애요인은 기술혁신 활동의 유형에 영향을 받을 수 있다. 내부 및 외부 R&D 활동과 공동연구개발 활동이 증가할수록 장애요인이 확대될 수 있다.

셋째, 기업규모(Size)는 기술혁신 장애 인식을 완화할 수 있다(박규호 2013). 이는 규모가 클수록 외부 자금조달이 쉽고 내부자금 역시 규모에 따라 확대됨에 따라 자금의 유동성 제한에 상대적으로 적기 때문이다. 또한 대기업의 경우는 규모경제가 발생하기 때문에 기대 이익이 상대적으로 크게 발생할 수 있다.

넷째, 기업의 업력(Age)은 기술혁신 장애에 영향을 미칠 수 있다. 이론적으로 기업당 혁신의 숫자가 클수록, 즉 젊은 기업일수록 기술혁신에 더 적극적일 것이다(Keppler 1996). 따라서 기업의 업력이 증가하면 기술혁신 장애는 확대될 것이다. 하지만 기업 업력이 누적된 지식과 경험을 나타낸다고 본다면 오히려 기업의 업력이 클수록 기술혁신 장애는 완화될 수 있다 (Galante et al. 2003).

다음으로 고(高)인적자원과 종업원의 고숙련은 기술 성향에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 이는 숙련 근로자들이 비숙련 근로자에 비해 복잡한 기술을 다루기 쉽고 혁신적인 아이디어를 활용하는 데 더 익숙하기 때문이다. 전문연구인력의 비율(RDW)이나 고(高)인적자본 확대는 기술혁신 장애를 완화할 수 있다.

마지막으로 정보 유입을 통해 혁신 장애에 영향을 미칠 수 있는 기술혁신 협력(dCoop), 기술혁신 보호 방법으로 법률적 방법과 전략적 방법을 포함할 것이다.

기업은 이윤극대화 과정에서 서로 다른 유형의 기술혁신 장애를 동시에 결정될 수 있다. 다양한 유형의 기술혁신 장애 간 잠재적 상호보완성이 무시될 때 편의적 결과를 유발할 수 있다(Veugelers & Cassiman 2005; Belderbos et al. 2004; Carboni 2013). 이러한 유형별 기술혁신 장애요인 간 체계적 상관관계를 허용하는 다변량 프로빗 모형을 활용할 수 있다.

위 (1)식은 다음의 행렬방식의 모형으로 다시 표현할 수 있다.

$$Y_{km} = \begin{cases} 1 & \text{if } dBar_{km}^* > 0, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (k = 1, 2, \dots, n; m = 1, 2, 3)$$

$$dBar_{km}^* = \beta_{km} X_{km} + \epsilon_{km} \quad (2)$$

여기서 $k = 1, 2, \dots, n$ 는 표본 수, $dBar_{km}^*$ 은 k 기업의 자금 부족, 기업역량 부족, 시장요인의 장애요인과, X_m 는 m 번째 유형의 장애요인 모형(즉, (1)식)에서 변수 벡터, β_{km} 은 절편을 포함한 모수 벡터, ϵ_{km} 은 관측되지 않는 m 번째 기술혁신 장애 모형의 확률오차항 $\epsilon_{km} \sim N(0, \Sigma)$ 은 평균이 0, 공분산행렬이 Σ 인 정규분포를 따른다.

기술혁신 장애 유형으로 자금 부족, 기업역량 부족, 시장요인과 같은 혁신 장애요인을 고려할 경우, 확률오차 간 공분산행렬은 다음과 같이 대각원소가 1이고 비대각원소는 좌우대칭, 즉 $\rho_{km} = \rho_{mk}$ 이다.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1, & \rho_{12}, & \rho_{13} \\ \rho_{21}, & 1, & \rho_{23} \\ \rho_{31}, & \rho_{32}, & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 ρ_{km} 는 관측되지 않은 m번째 유형별 기술혁신 장애의 오차항 간 상관계수이고 이 상관계수가 0이라면 각각의 프로빗 모형을 분리 추정할 수 있다. 아니라면, 프로빗 모형의 분리 추정은 편의적 결과를 유발할 수 있다. 따라서 프로빗 모형과 다변량 프로빗의 선택은 상관계수의 유의성 검정에서 결정될 수 있다.

위 (2)식의 3변량 프로빗 모형에서 k개의 독립된 표본에 대한 우도함수(log-likelihood function)는 다음과 같다.

$$L = \sum_{k=i}^N w_i \log(\Phi_3(\mu_k; \Omega))$$

여기서 w_i 는 k개 표본에 대한 가중치이고 $\Phi_3(\cdot)$ 는 3변량 표준정규분포 함수, μ_k 는 다음과 같다.

$$\mu_k = (J_{k1}\beta_1' X_{k1}, J_{k2}\beta_2' X_{k2}, J_{k3}\beta_3' X_{k3}) \text{이다.}$$

여기서 $J_{km} = 2 Y_{km} \forall m = 1, 2, 3$ 이다.

위 모형을 추정하기 위해 본 논문은 3개의 기술혁신 장애요인 모형을 Roodman(2009)이 제시한 CMP(Conditional Mixed Process Programme)의 ML(Maximum Likelihood) 추정방법을 적용하여 추정할 것이다.¹⁾

IV. 자료 및 실증결과

1. 자료

자금조달과 R&D 투자 간의 관계를 분석하기 위해 과학기술정책연구원(STEPI)의 2016년(2013-2015년)과 2018년(2015-2017년), 두 회의 제조업

1) CML 추정방법을 적용한 대표적인 연구로 Lopez(2008)를 참고.

혁신활동 조사자료를 통합하여 활용하였고 이 자료는 <표 1>에 정돈되어 있다. 이 자료를 보면 우선, 이 연구는 기업규모를 나타내는 종사자 수, 국내외 경쟁력 지표, R&D 투자, 기술혁신 여부, 기업 간의 R&D협력 여부 등의 자료 등을 사용할 것이다.

<표 1> 사용변수와 정의

변수명	변수	정의
dcost	자금 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 내부(귀사나 소속그룹) 자금 부족 • 기업 외부(외부 용자 또는 민간 펀드 등) 자금 부족 • 정부 지원(교부금 또는 보조금) 획득의 어려움 • 과도한 혁신비용
dfcap	기업역량 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신을 위한 우수 인력 부족 • 기술에 대한 정보 부족 • 시장에 대한 정보 부족 • 혁신을 위한 협력파트너의 부재 • 혁신 도입을 위한 좋은 아이디어 부재
dmktf	시장요인	<ul style="list-style-type: none"> • 시장 경쟁이 너무 심해서 혁신활동을 수행할 여력이 없음 • 혁신 제품/아이디어에 대한 시장수요 불확실
dintrdact	내부 연구활동 여부	• 해당 기업의 내부 R&D 활동 여부
dextrdact	외부 연구활동 여부	• 해당 기업의 외부 R&D 활동 여부
djointrd	공동연구 활동	• 해당 기업의 내부 R&D 활동과 동일한 목적으로 타기업 또는 타기관과 외주계약을 통해 수행한 연구 활동
lw	종사자수	• 연도별 종사자 수(로그값)
lage	기업 업력	• (2017-기업설립연도)(로그값)
down	독립기업	• 해당 기업의 독립기업 여부
dgroup	국내그룹 계열사	• 해당 기업의 국내 그룹사 소속 여부
dmne	해외그룹계열사	• 해당 기업의 해외 그룹사 소속 여부
dcoop	기술협력	• 지난 3년간 외부 기관과의 기술협력 여부
dexport	수출 여부	• 해당 기업의 전년도 수출 여부
prdworker	연구인력 비중	• 지난 3년 동안 상시 종사자 중 연구개발 전담인력 비율
dintfin	회사 자체 자금	• 해당 기업의 혁신활동에 필요한 자금을 회사 자체 자금 조달인지 여부
dTec	기술수준	• OECD 기술수준별 산업분류

둘째, 종속변수로 장애요인이며 이 KCIS 자료에서 설문조사의 장애요인에 관해서는 11개 항목 등으로 구성되어 있으나 이 연구 크게 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등으로 재구성하여 분석할 것이다.

다음으로 표본선정 편의를 완화하기 위해, 3년 이전에 수행한 혁신성과로 인해 추가적인 혁신 불필요, 혁신에 대한 수요부족으로 혁신 불필요, 시장의 경쟁 압력이 낮아 혁신 불필요한 기본은 제외하였고 또한 R&D 지출이 0 혹은 결측값을 가지고 있는 기업은 전체 표본에서 제외하였다.

마지막으로 산업별로 서로 다른 혁신성과의 효과를 고려하기 위해 <표 2>에 정리되어 있는 기술 수준에 의한 OECD 산업분류에 따라 하이텍업종과 중간하이텍업종, 중(中)기술업종, 저(低)기술업종 등 4개 산업에 속한 기업으로 나누어 각각의 가변수를 모형에 포함하였다.²⁾

<표 2> OECD 기준에 의한 기술 수준별 분류

분류명	해당 산업
하이텍업종 (hitech)	의약품(21), 컴퓨터·전자부품·영상·음향 및 통신장비(26), 의료, 정밀광학 및 시계(27)
중간하이텍업종 (mhitech)	화학물 및 화학제품(20, 의약품 제외), 기타 기계 및 장비(27), 기타 전기 기계 및 전기 변환장치(28), 자동차 및 트레일러(30), 철도 및 기타운송장비(31, 항공기 제외)
중(中)기술업종 (mlowtech)	코코스·석유 정제품 및 핵연료(19), 비금속광물제품(23), 고무 및 플라스틱(22), 제1차금속(24), 기타 운송 및 장비(31)
저(低)기술업종 (lowtech)	음·식료품(10 & 11), 담배(12), 섬유제품(13), 봉제의복 및 모피제품(14), 가죽가방 및 신발(15), 목재 및 나무제품(16), 펄프·종이 및 종이제품(17), 출판·인쇄 및 기록매체복제업(18), 가구 및 기타제조업(32), 재생용가공원료생산업(33)

▪ 괄호 안의 값은 표준산업분류 코드임

<표 3>은 이 논문에 사용된 변수의 기본통계를 제시하고 있다. 우선, 2016년과 2018년 자료를 통합한 전체 표본기업 수는 7,484개이고 이 중 R&D 활동을 유지하고 있는 기업 수는 7,252개이다. 연구개발 전담인력 비

2) 기술업종에 대한 OECD 분류는 R&D투자 비중을 기준으로 4개의 업종으로 분류하고 있다. 이에 대한 자세한 설명은 신범철(2010) 참조.

을(prdworker)은 11개의 결측치가 발생하였다.

<표 3> 기초통계

변수	전체 표본			R&D 활동>0	
	표본수	평균	표준편차	평균	표준편차
dcost	7,484	0.376	0.484	0.377	0.485
dfcap	7,484	0.327	0.469	0.322	0.467
dmktf	7,484	0.187	0.390	0.187	0.390
dintrdact	7,484	0.410	0.492	0.396	0.489
dextrdact	7,484	0.057	0.232	0.053	0.225
djointrd	7,484	0.081	0.273	0.076	0.265
lw	7,478	3.751	1.063	3.738	1.058
lage	7,478	2.738	0.590	2.735	0.591
down	7,484	0.944	0.229	0.945	0.229
dgroup	7,484	0.047	0.211	0.046	0.210
dmne	7,484	0.008	0.091	0.008	0.091
dcoop	7,484	0.100	0.300	0.094	0.292
dexport	7,484	0.284	0.451	0.277	0.448
prdworker	7,473	0.071	0.108	0.070	0.108
dlegal	7,484	0.194	0.395	0.190	0.393
dstra	7,484	0.206	0.404	0.204	0.403
dintfin	7,484	0.368	0.482	0.356	0.479
hitech	7,484	0.137	0.343	0.137	0.344
mhitech	7,484	0.359	0.480	0.358	0.479
mlowtech	7,484	0.210	0.407	0.211	0.408
lowtech	7,484	0.195	0.397	0.194	0.395

둘째, 기업의 기술혁신 장애요인은 자금조달 문제가 37.6%, 기업의 역량 부족이 32.7%, 시장 불확실성으로 인한 장애 문제가 18.7%로 혁신기업의 자금조달 문제가 장애요인 중 가장 중요함을 나타내고 있다. 혁신 활동 유형

으로 내부 R&D 활동은 41%로 가장 높게 나타나고 외부 R&D 활동 5.7%, 공동 R&D 8.1% 순으로 나타나고 있다.

다음으로 기업형태는 독립기업, 국내그룹 계열사, 해외그룹 계열사 등 구분되는바, 독립기업의 형태가 94.4%로 압도적으로 높은 비중을 차지하고 있다. 그 외 설명변수는 기술협력이 평균 10%, 기술혁신의 법적보호 19.4%, 전략적 보호 방법을 선택한 기업 비중은 20.6%로 나타나고 있다.

마지막으로 전체산업에서 하이텍산업은 13.7%, 중간 하이텍산업은 35.9%, 중기술산업은 21%, 저기술산업은 19.5%로 중간하이텍산업이 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

<표 4>는 모든 항목의 자금조달 문제(dcost), 내부 자금조달 부족(davail), 혁신을 위한 우수인력 부족(dlqp), 시장에 대한 정보 부족 또는 우수인력 부족(dlinf), 모든 항목의 기업역량 부족(dfcap), 두 항목 시장요인 문제(dmktf) 등 기술혁신 장애요인 간 피어슨 상관계수를 제시하고 있다.³⁾

이 결과를 보면, 각각 두 변수 간 상관계수가 모두 통계적으로 5% 수준에서 유의하게 나타났다. 특히, 자금조달과 기업역량 부족의 상관계수, 시장요인과 기업역량 장애요인 간 상관계수는 매우 높게 나타나고 있다. 이 결과는 장애요인의 상관관계를 무시하고 독립적으로 추정할 경우, 편의적 결과를 유발할 수 있음을 의미한다. 또한 피어슨 상관관계는 대등 관계를 갖는 두 개의 확률변수 간 상관관계를 의미하는바, 세 개 이상의 상관관계를 유추할 수 없다는 단점을 갖고 있다.

<표 4> 장애요인 간 상관계수

	dcost	davail	dlqp	dlinf	dfcap
davail	0.850*				
dlqp	0.535*	0.559*			
dlinf	0.564*	0.562*	0.716*		
dfcap	0.659*	0.583*	0.744*	0.819*	
dmktf	0.462*	0.445*	0.507*	0.496*	0.498*

*는 각각 5% 유의수준을 나타냄

3) 장애요인의 정의에 관해서는 <표 1> 참조.

2. 추정결과

<표 5>는 전체 표본을 활용하여 3변량 프로빗 모형인 (2)식을 MLE에 의해 추정한 결과를 제시하고 있다. 추정결과를 보면, 우선 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등 3변수 오차항 간 상관계수가 모두 통계적 양의 부호로 유의하게 나타났다. 따라서 장애요인 변수를 개별적으로 독립하여 추정할 경우, 편의적 결과를 유발할 수 있음을 의미한다. 또한 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등의 장애요인은 상호 의존적이며 상호 보완적 관계임을 나타내고 있다. 이러한 결과는 이상기(2008)와 박규호(2013)의 결과와 유사하다. 이는 기술혁신 확대를 위한 동기부여와 보조금 지급으로 시장 효율성 확대뿐만 아니라 혁신장애의 제거가 정부 개입의 일환으로 실행되어야 할 필요성을 시사한다.

둘째, 기술혁신 활동이 장애요인의 인식에 미치는 영향은 서로 달리 나타났다. 내부 R&D 활동과 공동연구개발 활동은 자금조달 장애와 시장 불확실성 인식의 중요성을 확대하는 반면, 기업역량 문제의 중요성 인식은 모든 R&D 활동이 확대하는 것으로 나타났다.

셋째, 기업규모에 추정계수는 자금조달 부족과 기업역량 부족의 중요성 인식에 통계적으로 음의 부호로 유의하게 나타났지만, 시장 불확실성의 경우는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 즉, 기업규모가 증가함에 따라 자금조달 부족과 기업역량 부족과 같은 혁신장애의 중요성 인식은 상대적으로 작다는 의미이다. 이 결과는 박규호(2013)의 결과와 부합한다.

넷째, 기업의 업력은 모두가 통계적으로 유의하지 않게 나타나 업력이 크다고 해서 혁신 장애 반드시 유의미한 영향을 미치지 않는 것을 의미한다. 이는 젊은 기업일수록 혹은 신생기업일수록 혁신 장애가 더 크게 영향을 미친다는 주장과는 반대의 결과이다. 그 외 기업의 속성 변수로 독립기업 여부와 국내 그룹 계열사 여부에 대한 추정계수는 1개의 경우만을 제외하고 통계적으로 유의하지 않았다. 독립기업의 여부가 자금조달 부족 인식 확대에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 독립기업이 국내그룹 계열사 또는 해외그룹 계열사보다는 장애요인의 중요성을 크게 인식하고 있음을 시사한다.

<표 5> 기술혁신 장애의 결정요인: 전체 표본

변수	자금조달 부족	시장요인	기업역량 부족
dintrdact	0.463*** (0.049)	0.115** (0.054)	0.260*** (0.049)
dextrdact	0.084 (0.074)	0.117 (0.082)	0.218*** (0.074)
djointrd	0.333*** (0.074)	0.295** (0.081)	0.265*** (0.074)
lw	-0.092*** (0.017)	-0.093*** (0.019)	-0.011 (0.017)
lage	-0.030 (0.027)	0.007 (0.030)	-0.012 (0.027)
down	0.475*** (0.182)	-0.058 (0.185)	0.116 (0.175)
dgroup	0.299 (0.194)	-0.132 (0.200)	-0.010 (0.187)
dcoop	-0.157** (0.066)	-0.164** (0.073)	-0.238*** (0.066)
dexport	0.009 (0.037)	0.030 (0.041)	-0.005 (0.037)
prdworker	0.342** (0.159)	0.224 (0.177)	0.137 (0.160)
dlegal	-0.170*** (0.041)	-0.212*** (0.047)	-0.137*** (0.041)
dstra	0.273*** (0.040)	0.268*** (0.044)	0.422*** (0.040)
dintfin	-0.089** (0.045)	0.122** (0.050)	0.201*** (0.045)
hitech	0.162*** (0.063)	-0.188** (0.073)	-0.201*** (0.065)
mhitech	0.076 (0.054)	0.110* (0.061)	0.028 (0.055)
mlowtech	0.199*** (0.058)	0.156** (0.065)	0.111* (0.060)
lowtech	0.071 (0.058)	0.051 (0.066)	0.122** (0.059)
ρ_{12}	0.506*** (0.023)		
ρ_{13}	0.634*** (0.022)		
ρ_{23}	0.646*** (0.024)		
χ^2	792.965		
표본수	7,473		

***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타냄. 괄호 안의 값은 표준오차를 의미함

다섯째, 기술협력 여부(dcoop)의 추정계수는 모든 경우 음의 부호로 통계적으로 유의하게 나타나고 있다. 이는 기술혁신 협력을 통한 정보 유입이 혁신 장애를 완화할 수 있음을 의미하는바, 기술협력을 촉진하기 위한 정부의 지원정책의 필요함을 시사한다. 이 결과는 기술협력이 혁신 기술의 정보 유입으로 혁신성장에 긍정적인 영향을 미친다는 신범철(2021)의 결과와 부합한다.

다음으로 기술혁신의 보호 방법으로 법적 보호와 전략적 보호에 대한 추정계수는 모든 장애요인에 대해 통계적으로 유의하게 나타났다. 다만 전자는 음으로 부호로 후자는 양의 부호로 나타나고 있다. 기술혁신에 법적 보호는 확실한 전유성 확보로 장애요인의 인식을 낮추지만, 전략적 보호는 상대적으로 불확실이 높아 장애요인의 인식을 확대하는 것으로 보인다.

마지막으로 기술 수준이 장애요인에 미치는 영향은 서로 상이하게 나타나고 있다. 하이텍 여부의 추정계수는 모든 장애요인에서 통계적으로 유의하게 나타나고 있지만, 자금조달 부족 경우는 음의 부호로, 시장요인과 기업역량 부족은 양의 부호로 유의하게 나타나고 있다. 중간저기술에 추정계수는 자금조달과 시장요인의 추정계수는 유의하고 저기술에 대한 추정계수는 기업역량 부족의 장애요인 하나만 통계적으로 유의하게 나타났다.

<표 6>은 연구개발 투자가 이루어지는 중소기업을 대상으로 3변량 프로빗 모형을 MLE에 의해 추정한 결과를 제시하고 있다. 앞의 결과와 추정계수의 크기는 차이가 있으나 통계적 유의성은 몇 개의 경우의 차이를 나타내고 있다. 회사 자체 자금조달 여부에 대한 추정계수는 앞의 경우와 달리, 시장요인과 기업역량 부족의 경우 양의 부호로 통계적으로 유의하게 나타났다. 이는 회사 자체 자금의 조달에도 불구하고 시장요인과 기업역량 부족으로 인한 장애요인의 중요성은 여전히 확대되는 것을 의미한다. 앞의 결과와 달리 중기술산업의 추정계수는 통계적으로 유의하게 나타나고 있다. 이는 중기술업종에 속한 연구개발 투자 중소기업은 기업역량 부족이 중요한 장애요인으로 인식한다는 것을 의미한다.

<표 6> 기술혁신 장애의 결정요인: 연구개발 투자 기업

변수	자금조달 부족	시장요인	기업역량 부족
dintrdact	0.468** (0.050)	0.092* (0.056)	0.215*** (0.051)
dextrdact	0.109 (0.077)	0.108 (0.085)	0.252*** (0.076)
djointrd	0.320*** (0.077)	0.290*** (0.084)	0.264*** (0.077)
lw	-0.087*** (0.017)	-0.093*** (0.019)	-0.013 (0.017)
lage	-0.028 (0.027)	0.002 (0.031)	-0.021 (0.028)
down	0.479*** (0.184)	-0.070 (0.186)	0.139 (0.177)
dgroup	0.313 (0.196)	-0.117 (0.202)	0.035 (0.191)
dcoop	-0.189*** (0.069)	-0.187*** (0.076)	-0.260*** (0.069)
dexport	0.017 (0.038)	0.054 (0.042)	-0.014 (0.038)
prdworker	0.328** (0.161)	0.290 (0.179)	0.151 (0.163)
dlegal	-0.177*** (0.042)	-0.214*** (0.048)	-0.105*** (0.042)
dstra	0.244*** (0.041)	0.257*** (0.045)	0.449*** (0.041)
dintfin	-0.055 (0.046)	0.150*** (0.051)	0.217*** (0.046)
hitech	0.194*** (0.064)	-0.184** (0.074)	-0.196*** (0.066)
mhitech	0.095* (0.055)	0.115* (0.061)	0.044 (0.056)
mlowtech	0.228*** (0.059)	0.172*** (0.066)	0.142** (0.060)
lowtech	0.104* (0.059)	0.074 (0.067)	0.135** (0.060)
ρ_{12}	0.498***(0.024)		
ρ_{13}	0.645***(0.022)		
ρ_{23}	0.654***(0.025)		
χ^2	764.241		
표본수	7,241		

주) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타냄. 괄호 안의 값은 표준오차를 의미함.

전체적으로 종합해보면 중소기업의 자금조달 문제, 시장요인 및 기업역량 부족의 장애를 극복하여 기술혁신을 촉진하기 위해 정책적 지원이 필요한 것으로 나타났다. 다른 기업과 기관과의 기술협력 확대를 지원하는 정책은 자금조달 문제를 완화하여 기술혁신을 촉진할 수 있을 것이다. 또한 기술협력과 기술혁신 법적 보호에 대한 정부 지원은 기업역량 부족 완화를 통해 중소기업의 기술혁신을 촉진할 수 있다. 기술수준별로 보면 하이텍 산업에 정책지원은 시장요인과 기업역량 부족의 장애요인을 완화하여 중소기업의 기술혁신 촉진에 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

V. 결론

이 논문은 기업의 유형별 R&D 혁신 활동, 기업규모와 기업 형태와 같은 기업의 성격, 유형별 기술혁신 보호와 기술협력 등의 요인이 어떻게 혁신 장애에 영향을 미치는지 실증적으로 분석하였다. 선행연구와 달리 이 논문은 과학기술정책연구원의 2016년과 2018년의 기술혁신 설문조사 자료를 통합하여 다변량 프로빗 모형을 추정하여 분석하였다.

추정결과를 보면, 우선 기술혁신 장애, 즉 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 세 개 변수 모형에서 오차항 간 상관계수가 모두 통계적 양의 부호로 유의하게 나타났다. 또한 자금조달 부족, 기업역량 부족, 시장요인 등의 장애요인은 상호 의존적이며 상호 보완적 관계임을 나타내고 있다. 이는 장애요인 변수를 개별적으로 독립하여 추정할 경우, 편의적 결과를 유발할 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 기술혁신 확대를 위한 동기부여와 보조금 지급으로 시장효율성 확대뿐만 아니라 혁신장애의 제거가 정부 개입의 일환으로 실행되어야 할 필요성을 시사한다.

둘째, 기술혁신 활동이 장애요인의 인식에 미치는 영향은 서로 달리 나타났다. 내부 R&D 활동과 공동연구개발 활동은 자금조달 장애와 시장 불확실성 인식의 중요성을 확대하는 반면, 기업역량 문제의 중요성 인식은 모든 R&D 활동이 확대하는 것으로 나타났다.

셋째, 기업규모는 혁신 장애의 중요성 인식에 통계적으로 유의한 영향을

미치는 것으로 나타났다. 즉, 기업규모가 증가함에 따라 기술혁신의 장애요인을 작게 느낀다는 의미이다. 한편 기업 업력은 모두가 통계적으로 유의하지 않게 나타나 업력이 크다고 해서 혁신 장애 반드시 유의미한 영향을 미치지 않는 것을 의미한다. 이는 젊은 기업일수록 혹은 신생기업일수록 혁신 장애가 더 크게 영향을 미친다는 주장과는 반대의 결과이다.

마지막으로 기술 수준이 장애요인에 미치는 영향은 서로 상이하게 나타나고 있다. 하이텍 여부의 추정계수는 모든 장애요인에서 통계적으로 유의하게 나타나고 있지만, 자금조달 부족 경우는 음의 부호로, 시장요인과 기업역량 부족은 양의 부호로 유의하게 나타나고 있다. 중간저기술에 추정계수는 자금조달과 시장요인의 추정계수는 유의하고 저기술에 대한 추정계수는 기업역량 부족의 장애요인 하나만 통계적으로 유의하게 나타났다.

종합해보면, 중소기업의 자금조달 문제, 시장요인 및 기업역량 부족의 장애를 극복하여 기술혁신을 촉진하기 위한 정책적 지원이 필요한 것으로 나타났다. 다른 기업 또는 기관과의 기술협력의 확대를 지원하는 정부 지원이 자금조달 문제를 완화하여 기술혁신을 촉진할 수 있을 것이다. 또한 기술협력과 기술혁신 법적 보호에 대한 정부 지원은 기업역량 부족 완화를 통해 중소기업의 기술혁신을 촉진할 수 있다. 기술수준별로 보면 하이텍 산업에 정책지원은 시장요인과 기업역량 부족의 장애요인을 완화하여 중소기업의 기술혁신 촉진에 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

| 참고문헌 |

- 박규호 (2011). “우리나라 부품소재 중소기업의 기술혁신 장애요인에 관한 연구.” 『경제발전연구』. 제19권. 제2호, pp. 2-21.
- 서규원·이창양 (2004). “한국기업의 기술혁신 애로요인과 그 중요성 분석.” 『기술혁신연구』. 제12권. 제1호, pp. 115-134.
- 신범철 (2018). “기술혁신활동과 수출성파에 대한 실증분석.” 『생산성논집』. 제32권. 제1호, pp. 3-23.
- _____ (2021). “혁신장애가 기술혁신에 미치는 효과에 관한 실증분석.” 『아태경상저널』. 13권. 제2호, pp. 3-30.
- 이성기 (2008). 『다변량 프로빗모형을 이용한 혁신과정의 장애요인과 기업의 기술확보전략에 관한 실증연구: 한국제조업을 중심으로』. 과학기술정책연구원
- Baldwin, J. and Z. Lin (2002). “Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers.” *Research Policy*. Vol. 31, pp. 1-18.
- Blanchard, Pierre, Jean-Pierre Huiban, Antonio Musolesi and Patrick Sevestre (2013). “Where There Is a Will, There Is a Way? Assessing the Impact of Obstacles to Innovation.” *Industrial and Corporate Change*. Vol. 22. No. 9, pp. 679-710.
- Bougheas, S. (2004). “Internal vs External Financing of R&D.” *Small Business Economics*. Vol. 22. No. 1, pp. 11-17.
- Canepa, A. and P. Stoneman (2008). “Financial Constraints to Innovation in the UK, pp. Evidence from CIS2 and CIS3.” *Oxford Economic Papers*. Vol. 60, pp. 711-730.
- Cin, Beom C., Y. Kim and N. Vonortas (2017). “The Impact of Public R&D Subsidy on Small Firm Productivity; Evidence from Korean SMEs.” *Small Business Economics*. Vol. 48. No. 2, pp. 345-360.
- Coad, Alex and Rao Rekha (2008). “Innovation and Firm Growth in High-tech Sectors, pp. A Quantile Regression Approach.” *Research Policy*. Vol. 37. No. 4, pp. 633-648.
- Crepon, Bruno, Emmanuel Duguet, and Jacques Mairesse (1998), “Research, Innovation and Productivity; An Econometric Analysis at the Firm Level,” *Economics of Innovation and New Technology* 7(2), pp. 115 - 158.
- D'Este, Pablo, Simona Iammarino, Maria Savona and Nick von Tunzelmann (2008). “What Hampers Innovation? Evidence from UK CIS4.” *SPRU Electronic Working Paper Series (SWPS)*. No. 168. February.

- Galia, F. and D. Legros (2004). "Complementarities between obstacles to innovation: Evidence from France." *Research Policy*. Vol. 33, pp. 1185-1199.
- García-Quevedo, J., G. Pellegrino and M. Savona (2017). "Reviving Demand-pull Perspectives: The Effect of Demand Uncertainty and Stagnancy on R&D Strategy." *Cambridge Journal of Economics*. Vol. 41. No. 4, pp. 1097-1122.
- Griliches, Zvi (1979). "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth." *The Bell Journal of Economics*. Vol. 10. No. 1, pp. 92-116.
- Hadjimanolis, Athanasios (1999). "Barriers to Innovation for SMEs in a Small Less Developed Country (Cyprus)." *Technovation*. Vol. 19, pp. 561-570.
- Hall, Bronwyn H. (2002). "The Financing of Research and Development." *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 18. No. 1, pp. 35-51.
- Hottenrott, Hanna and Bettina Peters (2011). "Innovative Capability and Financing Constraints for Innovation, pp. More Money, More Innovation?" *Review of Economics and Statistics*. Vol. 94. No. 4, pp. 1126-1142.
- Madeira, M., J. Carvalho, J. Moreira, F. Duarte and F. Filho (2017). "Barriers to Innovation and the Innovative Performance of Portuguese Firms." *Journal of Business*. Vol. 9. No. 1, pp. 2-22.
- Mancusi, Maria Luisa and Andrea Vezzulli (2010). "R&D, Innovation, and Liquidity Constraints." *KITeS Working Papers*. No. 30, Bocconi University.
- _____. (2014). "R&D and Credit Rationing in SMEs." *Economic Inquiry*. Vol. 52. No. 3, pp. 1153-1172.
- Mohnen, P. and L.-H. Röller (2005). "Complementarities in innovation policy." *European Economic Review*. Vol. 49, pp. 1431-1450.
- Pellegrino, Gabriele and Maria Savona (2013). "Is Money All? Financing Versus Knowledge and Demand Constraints to Innovation." *UNU-MERIT Working Paper Series*. No. 29.
- Savignac, Frédérique (2008). "Impact of Financial Constraints on Innovation, pp. What Can Be Learned from a Direct Measure?" *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 17. No. 6, pp. 553-569.
- Segarra, Agustí, Jose Garcia-Quevedo and Mercedes Teruel-Carrizosa (2008). "Barriers to Innovation and Public Policy in Catalonia." *International Entrepreneurship and Management Journal*. Vol. 4. No. 4, pp. 431-451.
- Segarra-Blasco, Agustí (2010). "Innovation and Productivity in Manufacturing

- and Service Firms in Catalonia: A Regional Approach.” *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 19. No. 3, pp. 233-258.
- Tiwari, Amaresh, Pierre Mohnen, Franz Palm and Sybrand Schim van der Loeff (2008). “Financial Constraint and R&D Investment: Evidence from CIS.” Kleinknecht, A., C. Van Beers and R. Verbug (edit.) *Determinants of Innovative Behaviours, A Firm’s Internal Practice and Its External Environments*. London: Palgrave Macmillan. pp. 217-242.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge. MA: MIT Press.

| 논문투고일 : 2022년 11월 05일 |

| 논문심사일 : 2022년 11월 30일 |

| 게재확정일 : 2022년 12월 14일 |

| ABSTRACT |

A Study on Innovation Barriers

Beom Cheol Cin

(Division of Economics, Kyonggi University)

Eui Young Lee

(Dept. of Economics, Kyonggi University)

This paper empirically examines correlations among innovation barriers and their determinants, using data basis merging 2016 and 2018 Korea's Innovation Survey data implemented by STEPI. Our empirical results, first, show that the null hypothesis that innovation barriers are not related each other. statistically rejected. In estimation of the multivariate probit model, all correlation coefficients between the innovation barriers such as the cost of innovation projects, lack of firm capability and market conditions are found to be statistically significant, which means that ignoring the potential interrelation of innovation barriers can lead to biased results. This implies that government should provide incentive and financial support to promote innovation activities for expansion of market efficiencies and reduction of innovation barriers.

Second, our empirical results show that the effects of R&D activities are different, depending on the types of innovation barriers. Internal R&D and joint R&D activities positively affect all types of innovation barriers but external R&D activities only affect the lack of firm capacity significantly.

Finally, our empirical results show that R&D cooperation and legal protection for innovation have negative effects on innovation barriers. These suggest that government policies are needed for promotion of innovation activities to overcome innovation barriers. In particular,

government needs to support SMEs to reduce innovation barriers through the promotion of R&D cooperation with other firms or research institutes and through the expansion of R&D investment.

- Key words: Technical Innovation, Innovation Barriers, Multivariate Probit, Conditional Mixed Process Program, Correlation Analysis