

연구개발정책의 경제성장효과: 공공연구개발과 기업연구개발보조 중심의 이론적 접근

김상춘* · 박추환**

The Growth Effects of R&D Policy: A Theoretical Approach Focusing on Public R&D and Business R&D Subsidy

Sang Choon Kim* · Chuhwan Park**

Abstract

This paper introduces two R&D policy instruments of public R&D and business R&D subsidy into the growth model of endogenous innovation simultaneously, and studies how they respectively affect economic growth, as well as how they interact with each other for the growth effects. Main results are as follow. The growth effects of each instrument are non-monotonous but various depending on the structure of economy. For example, the growth effects of public R&D become positive in the economy of more innovation-friendly structure such as larger market size, more monopolistic market structure and more patient consumer, but the growth effects of business R&D subsidy become positive in the economy of less innovation-friendly structure such as smaller market size, more competitive market structure and more impatient consumer. Meanwhile business R&D subsidy does not affect the growth effects of public R&D, but public R&D affects the growth effects of business R&D subsidy. Particularly, in the economy of less innovation-friendly structure public R&D becomes complimentary to business R&D subsidy.

Keywords : Public R&D, Business R&D Subsidy, Growth Effects, Market Structure, Innovation_based Endogenous Growth

Received : 2022. 10. 20. Revised : 2022. 11. 19. Final Acceptance : 2022. 11. 21.

* First Author, Professor, Yeungnam University, School of International Economics and Business, e-mail: sckim@ynu.ac.kr

** Corresponding Author, Professor, Yeungnam University, School of Economics and Finance, 280 Daehak-ro, Kyongsan-si, Kyungbuk, 38541, Korea, Tel: +82-53-810-2717, e-mail: chuhwan@ynu.ac.kr

1. 서 론

기술혁신기반 내생성장 연구의 시사점 중 하나는 연구개발정책은 기업의 연구개발투자 유인을 통해 기술발전과 경제성장에 영향을 미칠 수도 있다는 것이다. 기업 연구개발에 대한 정부지원은 연구개발의 비경쟁적이고 비배제적인 공공재의 속성에 의한 시장실패에 근거를 두고 있다. 즉, 연구개발의 공공재 속성으로 인해 연구개발투자의 사적 수익률이 사회적 수익률보다 작으며, 이에 연구개발투자가 사회적으로 최적수준에 미치지 못한다는 것이다[Arrow, 1962]. 실증분석[Griliches, 1998]도 연구개발투자의 사적 수익률이 사회적 수익률 보다는 작다는 결과를 도출하고 있다. 따라서 정부는 이러한 수익률 불일치를 직접 보상 혹은 간접 지원을 통해 기업연구개발투자를 사회적 측면에서 최적수준으로 유도하여 경제성장의 촉진을 도모한다.

연구개발정책의 주요 두 수단은 기업연구개발보조(Business R&D Subsidy)와 공공연구개발(Publicly performed R&D)이라고 할 수 있다.¹⁾ 기업연구개발보조는 직접적인 연구개발비용의 보조를 통해 기업연구개발투자의 촉진을 유도한다. 공공연구개발은 기초기술이나 원천성이 강한 기술, 도전적이거나 임무중심 기술 등 공공재 속성의 기술 개발과 이러한 지식과 기술의 파급효과를 통해 기업연구개발의 효율성을 증대시켜 기업연구개발투자의 활성화를 도모한다. 하지만, 한편으로는 이와 같은 긍정적인 유도효과와는 달리 연구개발정책의 직접적인 혹은 간접적인 구축효과는 기업연구개발투자가 오히려 위축시킬 수도 있다. 가령, 기술적 기회가 공공연구개발에 의해 선점되거나, 정부 보조와는 관계없이 이미 수행하기로 되어 있는 연구개발에 대한 정부지원이 이미 계획된 기업연구개발투자를 대체할 수도 있으며, 또한 공공연구개발에 의한 연구인력 수요증가는 연구인력의 임금을 상승시켜 연구개발비용을 증가시킬 수도 있다. 따라서 이러한 상충된 효과로 인해 긍정적 성장효과를 위한 연구개발정책의 목적과는 달리, 연구개발정책의 경제성장효과는 불분명할 수 있다. 실제로 연구개발정책의 경제성장효과를 규명하기 위한 연구들의 분석결과도 혼재되어 있어,

연구개발정책의 경제성장효과는 여전히 혼란스러운 질문으로 남아 있다.

본 연구는 연구개발정책의 경제성장효과를 기술혁신기반 내생성장모형에서 이론적으로 재조명한다. 구체적으로, 연구개발정책의 주요 수단인 공공연구개발과 기업연구개발보조 각각의 경제성장효과를 분석하고, 또한 성장효과측면에서 두 수단 간의 상호작용, 즉 대체성 혹은 보완성을 분석한다. 정책수단 간의 상호작용분석은 종합적인 연구개발정책의 효과분석과 정책의 효율성을 위해 필요하다. 이는 연구개발정책의 목적이 상당부분 정책수단 간에 공유되기 때문으로, 정책수단 간에 상호작용이 있을 수 있다는 것을 충분히 예측할 수 있다. 하지만 정책수단 간의 상호작용분석은 기존연구에서는 시도되지 않았다. 또한, 경제 구조적 특성이 공공연구개발과 기업연구개발보조의 경제성장효과와 이러한 성장효과에 대한 이들 수단 간의 상호작용에 어떻게 영향을 미치는지를 분석한다. 기존 실증연구의 시사점은 연구개발정책의 경제성장효과가 국간 간에 이질적일 수 있다는 것이다. 하지만, 이러한 이질성의 원인에 대한 분석은 간과되었다. 본 연구는 두 정책수단의 성장효과와 수단 간의 상호작용에 대한 경제구조의 영향분석을 통해 정책효과와 국가별 이질성의 원인을 규명하고자 한다.

한편, 모형측면에서 본 연구는 기존 연구와는 달리 연구개발보조와 공공연구개발을 동시에 모형화한다. 또한, 기존 연구에서 간과한 연구개발정책예산의 제약을 모형화한다. 구체적으로 기업의 이윤에 부과되는 법인세 수입을 연구개발정책의 재원으로 하고 매 시점 균형재정으로 법인세율이 연구개발정책과 연계되어 결정된다. 이를 통해 단순히 연구개발정책의 지출 측면에서의 효과만을 분석한 기존 연구와는 달리 연구개발정책의 자원 조달측면에서의 효과도 분석하여 정책의 효과 분석에 정교성을 더한다. 연구개발정책의 효과분석에서 정부지출재원조달과 관련된 효과분석의 필요성이 제기되었지만 기존 연구에서는 시도되지 않았다. 단, 최근에 Stantcheva[2021]가 연구개발자(inventor)에 대한 소득세가 기술혁신(innovation)에 미치는 효과 분석을 시도하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 선행연구를 검토하고 제3장에서 기본모형과 단기균형에 대해 설명한다. 그리고 제4장에서 경제의 동태적 경로와 장

1) 기업연구개발보조는 기업연구개발투자 세액공제와 직접보조(R&D Procurement와 R&D Grant), 공공연구개발은 정부연구기관과 대학 연구지원으로 구분할 수 있음.

기균형에 대해 논의하고 제5장에서 연구개발보조와 공공연구개발의 경제성장효과와 동 효과에 대한 이들 정책수단 간의 상호작용에 대해 분석하며, 제6장에서 결론과 정책적 시사점을 제시한다.

2. 선행연구 검토

연구개발정책의 경제성장효과 연구는 기술혁신기반 내생성장모형에서의 이론적 예측을 바탕으로 실증분석 중심으로 이루어졌다. 하지만, 연구들 간에 상반되고 혼재된 분석결과로 인해 연구개발정책의 효과는 명확하지 않다. 한편, 대부분 연구는 미시적 수준의 기업연구개발투자에 대한 효과분석이고 거시적인 경제성장효과분석은 상대적으로 미흡하다. 또한, 정책수단 중에서도 연구개발보조의 효과분석에 연구의 무게 추가 치우쳐져 있다. 본 장에서는 본 논문의 주제와의 일관성을 위해 연구개발정책수단 중 기업연구개발보조와 공공연구개발에 대한 연구를 중심으로 선행연구를 검토한다.

먼저, 기업연구개발보조의 경제성장효과에 대한 이론적 접근은 기술혁신기반 내생성장모형을 중심으로 이루어졌다. 연구개발의 강한 지식과급효과를 모형화한 1세대 기술혁신기반 내생성장모형에서의 연구는 기업연구개발보조의 긍정적 경제성장효과를 주장한다. 주요 연구로 Romer[1990], Sergrstrom et al.[1990], Grossman and Helpman[1991] 등이 있다. 하지만 이러한 긍정적 효과는 연구개발의 부정적 지식과급효과 혹은 정체효과를 모형화한 2세대 기술혁신기반 내생성장모형에서의 연구에 의해 도전되었다. Jones[1995]는 수평적 기술혁신모형에서 연구개발보조는 경제 성장에 영향을 미치지 못한다는 결과를 도출하였으며, Segerstrom[1998]은 수직적 기술혁신모형에서도 동일한 결과를 도출하였다. 반면에 Howitt[1999]은 수평적 기술혁신 및 수직적 기술혁신의 두 속성을 모두 모형화한 연구에서 연구개발보조의 경제성장효과는 긍정적이라는 결과를 도출하였다. 하지만, Segerstrom[2000]은 Howitt[1999]의 모형을 더 일반화한 모형에서 두 속성의 기술혁신 중 어떤 속성의 기술혁신이 연구개발보조에 의해 상대적으로 더 강화되느냐에 따라 연구개발보조의 경제성장효과는 긍정적 혹은 부정적일 수 있다는 주장을 하였다. 한편, 이러한 이론적 접근의 결과에 따라 연구개발보조의 효과를 분석하기 위한 상

수의 실증연구가 미시적 수준에서의 기업연구개발투자에 대한 효과분석을 위주로 이루어졌으며, 이들 연구 또한 긍정 혹은 부정의 혼재된 결과를 도출하였다. 이 중에서 Duget[2004]와 Carboni[2011]는 각각 프랑스와 이탈리아 기업 분석에서, Aerts and Schmidt[2008]은 독일 기업 분석에서, Cerulli and Poti[2012]는 터키 기업분석에서 연구개발보조의 긍정적 효과를 도출하였다. 반면에 Lichtenberg[1984, 1987, 1988], Wallsten[1999] 등은 연구개발보조의 부정적 효과를 주장하였다. 이 중 Lichtenberg[1984]는 미국 기업 대상의 횡단면 분석에서 연구개발보조의 구축 효과를 도출하였으며, 또한 Lichtenberg[1987, 1987]의 패널분석에서도 연구개발보조의 효과가 없다는 결과를 도출하였다. Wallsten[1999]도 미국 중소기업 분석에서 연구개발보조가 거의 일대일 비율로 기업연구개발투자를 대체한다는 결과를 도출하였다. 한편, 상당수의 연구는 분석 대상의 특성에 따라 혼재된 결과를 도출하였다. Lach[2002], Hyttinen and Toivanen[2005], 그리고 Huergo et al.[2016] 등은 각각 이스라엘 기업, 핀란드의 기업, 그리고 스페인의 기업을 대상으로 한 분석에서 연구개발보조의 효과는 기업규모별로 효과가 다르며, 특히, 중/소기업의 연구개발투자에 긍정적 효과를 가지며, 대기업의 경우에는 효과가 없다는 결과를 도출하였으며, 이러한 결과는 Kaiser and Khun[2012]의 덴마크의 Joint Venture 기업분석에서, Bronzini and Piselli[2016]의 북이탈리아 기업분석에서도 확인되었다. 또한, Gonzalez and Pazos[2008], Becker and Hall[2013]은 각각 스페인 기업과 영국 기업을 고기술 기업과 저기술 기업으로 구분한 분석에서 연구개발보조는 저기술 기업(low-tech firm)의 연구개발투자에 긍정적 효과가 있으며, 반대로 고기술 기업(high-tech firm)의 연구개발투자에 효과 없다는 결과를 도출하였다. 한편, 거시적 수준의 분석에서 Levy[1999]와 Deloitte[2017]는 연구개발보조의 경제성장효과가 지역별로 혹은 국가별로 이질적이라는 결과를 도출하였다. Levy[1999]는 미국지역, 유럽지역과 일본의 세 지역으로 구분한 분석에서 5개국에서는 긍정적 효과를 도출한 반면에 2개국에서는 부정적 효과를 도출하였다. Deloitte[2017]는 OECD 17개국을 G7과 비G7 국가로 구분하여 G7국가의 경우 연구개발보조의 효과가 없다는 결과를 도출하였다.

특히, Görg and Strobl[2007]은 아일랜드, Dai and Cheng[2015]은 중국, Trushin[2018]은 영국 등의 기업을 대상으로 한 분석에서 연구개발보조의 역-U형의 효과를 주장하였다. 또한, Guellec and Pottelsberghe[2003]은 17개 OECD국가 패널분석에서도 역-U형의 효과를 도출하였다.

한편, 공공연구개발의 효과에 대한 이론연구는 연구개발보조의 효과에 대한 이론연구와는 달리 상대적으로 매우 미미하다. Hall et al.[2001], Cassiman and Veugelers[2006]에서와 같이 공공연구기관이나 대학의 연구개발은 산업기술에 대한 직접적인 기여를 목적으로 하지는 않으나, 기술적 파급효과를 통해 기업 등 민간연구개발의 생산성에 영향을 미칠 수 있다는 주장은 있으나 정형화된 이론모형 하에서의 분석으로는 이어지지 않았다. 하지만, 실증연구는 상대적으로 활발하게 이루어졌으며, 연구개발보조의 효과와 마찬가지로 혼재된 결과를 도출하고 있다. 미시적 수준에서 기업연구개발투자에 대한 효과분석 연구 중 Cohen et al.[2002]는 미국 기업 대상으로, Montmartin and Herrera[2015]은 25개 OECD국가의 기업을 대상으로 한 각각의 분석에서 공공연구개발의 긍정적 효과를 도출하였다. 또한, 공공연구개발을 대학연구개발과 비대학연구개발로 구분한 분석 중 Falk[2006]는 21개 OECD국가에 대한 패널분석에서, Bakhtari and Breunig[2018]은 오스트레일리아 대상 분석에서 각각 공공연구개발 중 대학 연구개발의 긍정적 효과를 주장하였다. 반면에 Deloitte[2017]은 대학교육과 연계된 연구개발은 긍정적 효과가 있지만 직접적인 정부연구개발은 오히려 부정적 효과가 있다는 결과를 도출하였다. 개발기술별 공공연구개발효과를 구분한 분석에서 Guellec and Van Pottelsberghe[2003]은 17개 OECD국가 대상 분석에서 국방기술 관련 공공연구개발은 오히려 기업연구개발투자에 부정적이며, 민간기술관련 공공연구개발은 기업연구개발투자에 영향을 미치지 못한다는 결과를 도출하였다. 한편, 거시적 수준에서 공공연구개발의 효과에 대한 연구 중에서 Guellec and Van Pottelsberghe[2004]와 Khan and Luintel[2006]은 공공연구개발은 경제성장에 장기적으로 긍정적 효과가 있다는 주장을 하였으나, Lichtenberg[1993], Bassanini et al.[2001], Coe et al.[2009], Haskel and Wallis

[2013] 등은 공공연구개발의 부정적 효과를 도출하였다. 이 중 Lichtenberg[1993]는 53개국 횡단면 분석에서, Bassanini et al.[2001]는 15개 OECD 국가 대상의 패널분석에서 공공연구개발의 부정적 효과를 도출하였다. Coe et al.[2009]은 공공연구개발은 통계적으로 유의미하고 강건한 총생산성의 결정요소가 아니라는 결과를 도출하였다. Haskel and Wallis[2013]는 영국의 공공연구개발 중 연구심의회(research council)에서 지원한 연구개발은 생산성에 긍정적 영향을 미친 반면에 전반적인 공공연구개발은 생산성에 영향을 미치지 못한다는 결과를 도출하였다. 한편, Van Elk et al.[2019]은 분석모형별로 혼재된 결과를 도출하였다. OECD국가 대상의 패널분석에서 콥-더글라스 생산함수모형과 초월대수 생산함수모형(translog production model)에서는 공공연구개발의 성장효과가 통계적으로 유의성이 없거나 부정적이며, 반면에 설명변수를 추가한 증강생산함수모형(augmented production model)에서는 평균적으로 긍정적이지만, 국가별 효과는 이질적이라는 결과를 도출하였다.

정리하면, 연구개발보조와 공공연구개발 각각의 미시적 수준 혹은 거시적 수준의 연구개발투자효과는 긍정적 효과와 부정적 효과가 혼재되어 있다. 이 중 연구개발보조의 효과에 대한 이론적 연구는 연구개발의 지식파급효과의 크기와 연구개발의 속성에 따라 연구개발보조의 효과가 결정될 수 있다는 결과를 도출한다. 연구개발보조의 효과에 대한 실증연구 중 미시적 수준의 연구개발투자효과는 평균적으로 긍정적 혹은 부정적일 수 있다는 것 외에 기업의 규모나 기업 기술수준 등에 따라 이질적일 수 있다는 것이다. 또한, 거시수준의 연구개발투자효과는 국가별 혹은 지역별로 이질적이며, 또한 역-U형의 비단조적일 수 있다는 것이다. 실증연구 중심인 공공연구개발의 연구개발투자효과도 미시적으로나 거시적으로 긍정효과와 부정효과가 혼재되어 있으며, 이에 더하여 공공연구개발의 속성, 즉 대학연구개발 혹은 직접적인 정부연구개발, 또는 국방기술관련 연구개발 혹은 민간기술관련 연구개발 등에 따라서도 이질적일 수 있다는 것이다. 따라서 이러한 일관적이 않은 결과로 인해 연구개발보조와 공공연구개발의 연구개발투자효과에 대한 명확한 결론을 제시하기에는 여전히 한계가 있

다. 특히, 거시분석결과와 시사점은 연구개발보조와 공공연구개발 각각의 경제성장효과는 국가별로 이질적이라는 것이다. 하지만, 국가 간 이질성의 원인에 대한 분석은 이론적으로나 실증적으로 간과되었다. 연구개발정책효과의 국가 간 이질성에 대한 설명력을 높이기 위해서는 이질성의 원인에 대한 분석은 매우 중요하다고 하겠다. 따라서 서론에서 논의한 바와 같이, 본 연구는 연구개발정책효과의 국가 간 이질성의 원인을 경제 구조적 특성과 연계하여 이론적 접근으로 조명한다. 또한 개별 정책수단의 효과에 대한 분석 중심인 기존연구와는 달리 연구개발보조와 공공연구개발의 수단별 효과 분석 외에 이러한 효과에 대한 수단 간의 대체성 혹은 보완성을 분석한다.

3. 기본모형 및 단기균형

3.1 소비

동질적이며 시점과 관계없이 일정한 L 명의 소비자가 있으며 시점별 소비자당 한 단위의 노동량을 공급한다. 시점 t 의 대표소비자의 정태적 효용은 식 (1)에 의해 결정되며, 동태적 효용은 정태적 효용을 소비시간선 호도(주관적 할인율) ρ 로 현재화한 식 (2)에 의해 결정된다.

$$u(t) = \left[\int_0^{n(t)} x_i(t)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} di \right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (1)$$

$$U(t) = \int_t^{\infty} e^{-\rho(\tau-t)} \ln u(\tau) d\tau \quad (2)$$

$n(t)$ 는 시점 t 까지 기업연구개발을 통해 개발된 소비제품의 종류이며, 제품종류는 $i \in [0, \infty)$ 의 연속적인 제품공간에서 기업연구개발을 통해 무한대로 증가될 수 있다. $x_i(t)$ 는 시점 t 에 대표소비자의 제품 i 소비량이며, ϵ 는 제품 간 대체성으로 시점에 관계없이 일정하다. 특히, $\epsilon > 1$ 로 제품 간에 불완전 대체적이며 제품종류 증가에 따라 소비자 효용이 증가하며, 특히 제품간의 불완전 대체성으로 인해 기업연구개발을 통해 개발된 신제품에 대한 시장수요가 항상 존재한다.

시점 t 대표소비자의 정태적 예산제약과 동태적 예산제약은 각각 식 (3)과 식 (4)와 같다.

$$E(t) = \int_0^{n(t)} p_i(t)x_i(t)dt \quad (3)$$

$$\int_t^{\infty} e^{-r(\tau-t)} E(\tau) d\tau \leq \int_t^{\infty} e^{-r(\tau-t)} w(\tau) d\tau + A(t) \quad (4)$$

$E(t)$, $w(t)$, $A(t)$ 와 $p_i(t)$ 는 각각 시점 t 의 소비지출, 임금율, 자산가치와 제품 i 의 가격이다. 소비자는 정태적 효용극대화를 위해 시점별로 제품 i 의 소비량을 식 (5)로 결정하고, 동태적 효용극대화를 위해 시점 간 소비지출을 식 (6)으로 결정한다.

$$x_i^d(t) = \frac{E(t)p_i^{-\epsilon}(t)}{\int_0^{n(t)} p_i^{1-\epsilon}(t) di} \quad (5)$$

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)} = r - \rho \quad (6)$$

즉, 정태적 효용극대화를 위한 제품별 소비량은 소비지출액에 비례하며($dx_i^d/dE > 0$), 제품 간 대체탄력성과 해당 제품의 가격에 반비례한다($dx_i^d/de < 0$, $dx_i^d/dp_i < 0$). 한편, 동태적 효용극대화를 위해 시장이자율이 주관적 할인율 보다 크면(작으면) 시간에 따라 소비지출은 증가한다(감소한다).

3.2 생산

기업은 연구개발을 통해 신제품을 개발하고 생산한다. 제품시장에 진입하기 위해서는 기업은 특정제품의 생산기술을 소유하고 있어야 하며, 이러한 기술의 획득은 기업연구개발에 의해서만 가능하며 국내외로부터의 기술이전이나 기술모방은 불가능하다. 즉, 신제품을 개발한 기업에게 해당 제품의 생산과 판매에 대한 완전한 재산권이 보장된다. 따라서 이러한 완전한 재산권 보장과 소비자의 제품다양성에 대한 선호를 나타내는 정태적 효용함수의 특성에 따라 제품시장구조는 제품 간 독점적 경쟁구조이다. 기업연구개발에 대해서는 다음 절에서 논의하도록 하고 여기서는 제품생산에 대해 논의한다.

제품 i 를 개발한 기업 i 의 시점 t 에 해당제품의 생산할 수는 식 (7)과 같다.

$$X_i(t) = aL_{p_i}(t), \quad i \in (0, n(t)) \quad (7)$$

a 는 제품생산부문의 고유 생산성으로 모든 제품생산에 동일하며, 시간에 관계없이 일정하다. $L_{p_i}(t)$ 는 시점 t 에 제품 i 생산에 투입되는 노동량이다.

한편, 기업 i 는 시점 t 에 소비자의 정태적 효용극대화를 위해 결정된 제품 i 의 총수요량 $X_i^d(t) = Lx_i^d(t)$ 과 노동시장에서 결정된 임금률 $w(t)$ 하에 시점 t 의 이윤 식 (8)을 극대화하기 위해 제품 i 가격을 식 (9)와 같이 결정한다.

$$\text{Max}_{p_i} \pi_i(t) = p_i(t)X_i^d(t) - w(t)L_{p_i}(t) \quad (8)$$

$$p_i(t) = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \frac{w(t)}{a} \quad (9)$$

식 (9)로부터 제품 i 가격은 전형적인 독점가격결정 원리와 같이 제품 간 대체성과 생산성에 반비례하며, 임금률에 비례한다. 즉 제품 간 대체성이 클수록 제품의 시장점유율 증가를 통해 이익을 증가시키기 위해 상대적으로 가격이 저렴하게 책정되며, 생산성의 증가도 제품가격을 상대적으로 저렴하게 한다. 반면에 임금률 증가로 인한 생산비 증가는 제품가격을 증가시킨다. 한편, 식 (9)로부터 제품 간 대체성, 생산성과 임금률 등이 모든 기업에게 동일하기 때문에 시점 t 의 제품별 가격은 모든 제품 $i \in (0, n(t))$ 에 동일한 $p_i(t) = p(t)$ 임을 알 수 있다. 또한, 시점 t 의 제품별 균형생산량 $X_i(t)$ 과 노동수요량 $L_{p_i}(t)$ 도 각각 식 (10)과 식 (11)로 모든 제품에서 동일하다.

$$X_i(t) = X(t) = \frac{E(t)La}{n(t)w(t)} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \quad (10)$$

$$L_{p_i}(t) = L_p(t) = \frac{E(t)L}{n(t)w(t)} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \quad (11)$$

따라서 시점별 제품별 이윤도 식 (12)와 같이 모든 제품에서 동일하다.

$$\pi_i(t) = \pi(t) = \frac{E(t)L}{n(t)\epsilon} \quad (12)$$

총지출($E(t)L$)의 증가는 제품 수요증가로 제품 생산

과 노동수요를 증가시키고 또한 독점이윤도 증가시킨다. 노동생산성(a)의 증가는 제품 생산을 증가시키지만 노동수요와 독점이윤에는 영향을 미치지 못한다. 즉, 노동생산성의 증가는 제품가격을 하락시켜 제품수요증가를 통해 생산을 증가시킨다. 반면에 이러한 생산 증가를 위한 노동수요의 증가는 노동단위당 생산량 증가로 인한 노동수요의 감소를 정확하게 상쇄하여 노동생산성 증가는 제품생산 노동수요에 영향을 미치지 못하며, 또한 생산성 증가로 인한 이윤증가는 제품가격하락으로 인한 이윤감소를 정확하게 상쇄하여 노동생산성 증가는 기업이윤에도 영향을 미치지 못한다. 한편, 제품종류($n(t)$)의 증가와 제품 간 대체탄력성(ϵ)의 증가는 이윤을 감소시킨다. 제품종류의 증가로 인한 이윤 감소는 제품수요 감소 때문이다. 반면에 제품 간 대체성의 증가로 인한 이윤 감소는 가격하락에 의한 제품수요 증가의 이윤증가효과보다 가격하락 자체의 이윤감소효과가 상대적으로 크기 때문이다.

3.3 연구개발과 연구개발정책

연구개발은 기업연구개발과 공공연구개발이 있다. 공공연구개발은 정부의 직접적인 지원에 의해 공공연구소 혹은 대학에서 수행되는 연구개발로 기초연구에 특화되며 개발된 기술은 순수한 공공재(public goods)로서 비용 없이 기업연구개발에 활용된다. 기업연구개발은 신제품의 개발에 특화되며 개발된 신제품의 생산 기술 자체는 사적재(private goods)로서 개발자에게 완전한 지적재산권이 보장된다. 하지만 신제품 연구개발의 부산물로 생성된 정보나 지식 등은 공공재로서 다른 제품개발에 활용된다. 따라서 기업연구개발의 생산물은 사적재와 공공재의 두 속성을 모두 가지고 있다.

한편, 정부의 연구개발정책은 공공연구개발에 대한 직접적인 지원과 기업연구개발비용에 대한 보조금 지원의 두 수단으로 실행된다.

3.3.1 공공연구개발

시점 t 공공연구개발함수는 식 (13)과 같다.

$$G_C^i(t) = \zeta L_C(t) \quad (13)$$

$G(t)$ 는 시점 t 까지 공공연구개발에 의해 축적된 총

지식 양이며, $G(t)$ 는 dG/dt 로 시점 t 의 공공연구개발에 의한 공공지식의 증가분이다. ζ 는 공공연구개발의 생산성으로 시점에 관계없이 일정하다. 한편, 분석의 편의를 위해 초기인 $t=0$ 의 공공지식의 양은 $G(0)=0$ 으로 가정한다. 따라서 시점별 공공연구개발은 $L_G(t)$ 인력을 투입하여 $\dot{G}(t)$ 의 공공기술을 개발한다. 그리고 시점별 공공연구개발에 투입되는 인력 양은 정부의 연구개발정책에 따라 결정되며 이들 인력에 대한 임금은 전적으로 정부의 공공연구개발재원으로 지급된다. 따라서 시점별 공공연구개발투자액 $I_G(t)$ 는 이들 인력에 대한 총 임금액으로 식 (14)와 같다.

$$I_G(t) = w(t)L_G(t) \quad (14)$$

3.3.2 기업연구개발

시점 t 에 연구개발기업 i 의 연구개발함수는 식 (15)와 같으며, 따라서 경제전체 기업연구개발함수는 식 (15)'과 같다.

$$\dot{n}_i(t) = f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta L_{Fi}(t), \quad (15)$$

(여기서 $0 < \beta < 1$, $df(n(t))/dn(t) > 0$)

$$n(t) = f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta L_F(t) \quad (15)'$$

여기서 $\dot{n}_i(t) = dn_i(t)/dt$ 로 시점 t 에 연구개발기업 i 의 연구개발에 의한 신제품 증가분이며, $n(t)$ 는 시점 t 까지 개발된 경제전체의 제품종류이다. 그리고 $f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta$ 은 시점 t 에 기업연구개발의 생산성이다. 이 중 $f(n(t))$ 는 t 시점 이전까지의 경제전체 기업연구개발의 속성 중 공공재 속성에 의한 t 시점 기업연구개발의 생산성에 대한 기여도로 기업연구개발의 시점 간 지식과급효과(intertemporal knowledge spillover)이다. t 시점 이전까지의 기업연구개발에 의해 개발된 공공지식의 양은 해당 시점까지 개발된 제품의 종류에 비례하며 이러한 지식의 기업연구개발 생산성에 대한 한계기여도는 $df(n(t))/dn(t) > 0$ 이다. $\bar{G}(t)^\beta$ 는 t 시점 이전까지의 공공연구개발에 의한 t 시점 기업연구개발의 생산성에 대한 기여도이다. 여기서 $\bar{G}(t)$ 는 시점 t 에 기업연구개발에 활용할 수 있는 효율적인 공공지식 양으로 $\bar{G}(t) = G(t)/t$ 이다. $\bar{G}(t) = G(t)/t$ 로 규정한 이유는 시

간의 경과에 따라 기존에 개발된 공공지식의 감가상각, 낙후성 등을 반영하기 위한 것으로 이는 시간경과에 따라 공공연구개발에 의한 공공지식이 기업연구개발의 생산성에 지속적으로 기여하기 위해서는 공공연구개발이 지속적으로 필요하다는 것을 내포한다. 한편, $L_{Fi}(t)$ 는 시점 t 에 연구개발기업 i 에 의해 신제품 개발에 투입된 인력의 양이다. $\dot{n}(t) = dn(t)/dt$ 는 시점 t 의 경제전체 총 기업연구개발에 의한 신제품의 증가분으로 $\dot{n}(t) = \int_0^1 \dot{n}_i(t) di = f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta \int_0^1 L_{Fi}(t) di$ 이다. 따라서 $L_F(t)$ 는 시점 t 에 기업연구개발에 투입되는 총 인력의 양으로 $L_F(t) = \int_0^1 L_{Fi}(t) di$ 이다. 정리하면, 식 (15)는 기업연구개발 생산성은 기업연구개발과 공공연구개발의 지식과급효과에 의해 결정된다. 그리고 이러한 과급된 지식은 공공재이기 때문에 기업연구개발비용은 투입인력에 지불되는 임금비용이 유일하다. 한편, 기업의 연구개발 투자자금은 해당 연구개발을 통해 개발될 신제품의 시장가치를 담보로 해당 기업의 채권이나 주식을 금융시장에 발행하여 조달하며(다음 장의 금융시장분석 참조), 정부는 기업연구개발비용의 일정부분을 보조금으로 지원한다. 한편, 전형적인 기술혁신기반 내생성장모형에서와 같이 기업연구개발에의 자유로운 진입과 퇴출이 보장된다.

다음은 위의 논의를 바탕으로 기업연구개발투자를 위한 기업의 의사결정에 대해 논의한다. 시점별로 기업은 연구개발로 인한 기대수입과 비용을 고려하여 연구개발의 이익을 극대화하기 위해 최적의 연구개발투자를 결정한다. 연구개발로 인한 기업의 총 기대수입은 개발될 개별 신제품의 시장가치와 개발될 신제품의 개수를 곱한 것이며 연구개발비용은 연구개발 투입인력에 지불되는 임금비용에 정부보조금을 차감한 것이다. 이 중에서 시점 t (제품 개발시점)에 신제품 i 의 시장가치는 해당 제품이 생애기간동안에 벌어들일 수 있는 총 이윤에서 법인세를 차감한 것의 현재가치 $V_i(t)$ 이며 식 (16)과 같다.

$$V_i(t) = \int_t^\infty e^{-r(\tau-t)} (1 - (\psi(\tau)\pi_i(\tau)) d\tau \quad (16)$$

여기서 $\psi(t)$ 는 시점별로 기업의 이윤에 부과되는 법인세율이며 시점별 정부의 재정균형을 보장하는 수준에서

결정된다. 시점별 법인세율의 결정에 대해서는 연구개발 정책부문에서 논의한다. 특히, 시점별 기업의 이윤은 식 (12)와 같이 제품의 종류에 관계없이 동일하고 법인세율도 모든 기업에 동일하기 때문에 시점 t 에 개발된 모든 신제품의 가치는 제품의 종류에 관계없이 동일한 $V_i(t) = V(t)$ 이다. 따라서 시점 t 에 연구개발에 $L_{Fi}(t)$ 의 인력을 투입한 기업 i 의 연구개발에 의해 기대되는 신제품의 개수는 $\dot{n}_i(t)$ 이기 때문에 해당기업의 연구개발투자에 대한 총 기대수입은 $V(t)\dot{n}_i(t) = V(t)n(t)(\bar{G}(t))^\beta L_{Fi}(t)$ 이다. 연구개발비용은 연구개발에 투입되는 인력에 지불되는 총 임금 중에서 정부보조금을 차감한 임금비용이다. 구체적으로 시점 t 정부의 기업연구개발 보조 $s(t)$ 는 인력별 임금 중 일정비율의 임금보조이기 때문에 시점 t 에 기업 i 의 연구개발비용은 $(1-s(t))w(t)L_{Fi}(t)$ 이다. 따라서 기업 i 는 이러한 연구개발 기대수입과 비용을 고려하여 시점별 최적 연구개발 투입인력 L_{Fi} 을 식 (17)의 극대화 문제의 해로서 결정한다.

$$\begin{aligned} \underset{L_{Fi}}{Max} \quad & V_i(t)f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta L_{Fi}(t) \\ & - (1-s(t))w(t)L_{Fi}(t) \end{aligned} \quad (17)$$

따라서 기업 i 의 시점별 최적 연구개발 투입인력 결정 조건은 식 (18)과 같다.

$$V_i(t) = \frac{(1-s(t))w(t)}{f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta} \quad (18)$$

즉, 최적의 연구개발 투입인력의 양은 신제품의 시장가치와 연구개발 생산성 조정 단위비용(R&D productivity-adjusted unit cost)이 같아지는 점에서 결정된다. 구체적으로 보면, 진입과 퇴출 장벽이 없는 연구개발에 기업의 투자를 유인하기 위해서는 신제품의 시장가치가 생산성 조정 단위비용보다 최소한 같거나 커야 한다. 특히 신제품의 시장가치가 단위비용보다 클 경우에는 연구개발투자가 무한대에 달할 것이기 때문에 최적의 연구개발투자량은 신제품의 시장가치와 생산성 조정단위비용이 같아지는 점에서 결정된다. 그리고 지속적인 연구개발투자 유인을 위해서는 신제품의 가치는 임금이 증가할수록, 공공연구개발 지식파급 효과와 기업연구개발 지식파급효과가 작을수록 증가해

야 한다. 한편, 식 (18)로부터 생산성 조정 단위비용이 모든 연구개발기업에게 동일하기 때문에 시점 t 에 개발된 모든 제품의 시장가치가 균형에서 동일한 $V_i(t) = V(t)$ 임을 다시 확인할 수 있다.

3.3.3 연구개발정책예산

한편, 시점별 정부 연구개발정책지출은 공공연구개발 인력에 지불한 임금과 기업연구개발 인력에 대한 일정한 임금보조의 합이다. 연구개발정책의 재원은 시점별 기업의 독점이윤에 부과되는 법인세이다. 그리고 법인세율 $\psi(t)$ 는 재정균형을 달성하는 수준에서 내생적으로 결정된다. 구체적으로 보면, 연구개발정책을 위한 시점 t 총 정부지출 $C(t)$ 는 식 (19)와 같이 공공연구개발 투입인력의 총 임금액 $I_G(t) = w(t)L_G(t)$ 와 기업연구개발 투입인력의 총 임금액에 대한 총 보조금 $S(t) = s(t)w(t)L_F(t)$ 의 합이다.

$$C(t) = w(t)L_G(t) + s(t)w(t)L_F(t) \quad (19)$$

그리고 시점 t 법인세 수입 $T(t)$ 는 식 (20)과 같다.

$$T(t) = \int_0^{n(t)} \psi(t)\pi_i(t)di = \int_0^{n(t)} \frac{\psi(t)E(t)L}{\epsilon} \quad (20)$$

따라서 시점 t 재정균형 $T(t) = C(t)$ 을 만족시키는 균형 법인세율은 식 (21)로 결정된다.

$$\psi(t) = \frac{\epsilon w(t)(L_G(t) + s(t)L_F(t))}{E(t)L} \quad (21)$$

시장규모가 클수록 법인세율은 감소하며, 반면에 임금을, 공공연구개발 및 기업연구개발 투자, 기업연구개발보조 그리고 제품 간 대체탄력성이 증가할수록 법인세율은 증가한다.

3.4 노동시장

앞에서 기술한 바와 같이 소비자의 수는 L 이며 시간에 관계없이 일정하며, 소비자 당 노동공급량은 한 단위이다. 따라서 시점별 총 노동공급량은 소비자의 수와 같으며 시간에 관계없이 일정한 $L^s(t) = L(t) = L$ 이다.

한편, 시점별 노동수요는 제품생산, 기업연구개발과 공공연구개발로부터 발생한다. 앞에서 분석한 부문별 단기 균형조건을 활용하여 이들 각각 부문별 노동수요를 각각 식 (22), 식 (23)와 식 (24)로 도출할 수 있다.

$$L_p(t) = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{E(t)L}{w(t)} \quad (22)$$

$$L_F(t) = \frac{n(t)}{f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta} \quad (23)$$

$$L_G(t): \text{정책목표에 의해 외생적 결정} \quad (24)$$

여기서 $L_p(t)$, $L_F(t)$ 와 $L_G(t)$ 는 각각 제품생산, 기업연구개발과 공공연구개발부로부터의 시점별 노동수요이다. 제품생산으로부터 노동수요는 제품 간 경쟁이 약화될수록, 임금이 낮을수록, 그리고 시장규모가 클수록 증가한다. 기업연구개발로부터의 노동수요는 제품개발이 강화될수록, 기업연구개발과 공공연구개발로의 지식과급효과가 작을수록 증가한다. 그리고 공공연구개발로부터의 노동수요는 공공연구개발 정책목표가 강화될수록 증가한다.

시점별 노동시장균형은 식 (25)와 같다.

$$L = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{E(t)L}{w(t)} + \frac{n(t)}{f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta} + L_G(t) \quad (25)$$

4. 동태적 경로와 장기균형

제3장에서 모형의 단기균형을 논의하였다. 본 장에서는 제3장의 단기균형조건을 활용하여 경제의 동태적 경로를 주요변수 중심으로 분석하고 장기균형에 대해 논의한다.

4.1 동태적 경로

4.1.1 소비와 생산

대표소비자는 식 (4)의 생애기간 예산제약 하에 식 (2)의 생애기간의 효용을 극대화하기 위해 시점 간 소비지출의 변화를 $\dot{E}(t)/E(t) = r(t) - \rho$ 으로 결정한다. 시장이자율이 주관적 할인율 보다 큰 $r > \rho$ 이면 시간에 따라 소비지출을 증가시키고 $r < \rho$ 이면 시간에 따라 소비지출을 감소시킨다.

다음으로 생산관련 변수의 동태적 경로로서, 제품가격의 시점 간 변화율은 $\dot{p}_i(t)/p_i(t) = \dot{w}(t)/w(t)$ 으로 임금의 변화율과 같으며, 제품 당 생산량의 변화율은 $\dot{X}(t)/X(t) = \dot{E}(t)/E(t) - \dot{n}(t)/n(t) - \dot{w}(t)/w(t)$ 으로 개별 소비지출의 변화율에서 신제품 개발율과 임금 변화율을 차감한 것과 같다. 총 제품생산 노동수요량 변화율은 $\dot{L}_p(t)/L_p(t) = \dot{E}(t)/E(t) - \dot{w}(t)/w(t)$ 으로 개별 소비지출 변화율과 임금 변화율 간의 차이와 같으며, 제품 당 이윤의 변화율은 $\dot{\pi}(t)/\pi(t) = \dot{E}(t)/E(t) - \dot{n}(t)/n(t)$ 으로 개별 소비지출의 변화율과 신제품 개발률 간의 차이와 같음을 식 (9), (10), (11), (12)로부터 도출할 수 있다.

4.1.2 연구개발

공공연구개발에 의한 시점 간 공공지식량의 변화율은 $\dot{G}(t)/G(t) = L_G(t) / \int_0^t L_G(\tau) d\tau^2$ 으로 시점 t 까지 총 공공연구개발투자 대비 해당시점의 공공연구개발투자 비중과 같으며 이는 시간 경과에 따라 점차 감소하여 궁극적으로 정체된다. 효율적 공공지식량의 변화율은 $\dot{\bar{G}}(t)/\bar{G}(t) = \dot{G}(t)/G(t) - 1/t = L_G(t) / \int_0^t L_G(\tau) d\tau - 1/t$ 으로 시점 간 공공지식량의 변화율과 t 시점까지의 총 누적기간 대비 해당시점의 비율과의 차이와 같으며 이 또한 궁극적으로 정체된다. 한편, 신제품 개발률은 $g(t) = \dot{n}(t)/n(t) = f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta L_F(t)/n(t)$ 으로 기업연구개발 및 공공연구개발로 인한 지식과급효과($f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta$)에 비례하고 기업연구개발로 인한 부정적인 정체효과(앞 식의 분모 $n(t)$)에 반비례한다. 특히, 위에서 기술한 바와 같이 시간의 경과에 따라 궁극적으로 $\dot{\bar{G}}(t)/\bar{G}(t) \rightarrow 0$ 인 점과 신제품 개발에 비례해서 증가하는 정체효과를 고려할 때 시간에 따라 신제품의 개발이 지속적으로 이루어지기 위해서는 $g(t) > 0$ as $t \rightarrow \infty$) 기업연구개발 생산성에 대한 시점별 기업연구개발의 지식과급효과가 정체효과 보다 최소한 큰 $f(n(t)) \geq n(t)$ 이거나 기업연구개발 투입인력이 정체효과 보다 최소한 큰 $L_F(t) \geq n(t)$ 이어야 한다. 하지만, 시간에 비

2) 식 (13)으로 $G(0) = 0$ 일 때 $G(t) = \int_0^t L_G(\tau) d\tau$ 임.

탄력적 노동공급으로 인해 기업연구개발 포함 모든 부문별 노동투입을 지속적으로 증가할 수 없기 때문에 지속적인 신제품 개발을 위해서는 시점별 기업연구개발의 지식파급효과가 정체효과보다 최소한 커야 한다. 따라서 장기균형분석에서 $f(n(t))=n(t)$ 으로 정한다(장기균형분석 참조).

공공연구개발을 위한 노동투입의 시점 간 변화율은 연구개발정책의 목표에 따라 외생적으로 결정된다. 한편, 기업연구개발 노동투입의 시점 간 변화율은³⁾

$$\frac{\dot{L}_F(t)}{L_F(t)} = \frac{\left(\mu_P \left(\frac{\dot{w}(t)}{w(t)} - \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} \right) - \mu_G \frac{\dot{L}_G(t)}{L_G(t)} \right)}{1 - \mu_P - \mu_G}$$

으로 되며, 임금변화율, 소비지출변화율 및 공공연구개발 노동투입인력 변화율에 의해 결정된다. 여기서 $\mu_P(t)$ 와 $\mu_G(t)$ 는 각각 총 노동공급 중 시점별 제품생산과 공공연구개발에 투입된 비중이다.

한편, 법인세율의 시점 간 변화율은⁴⁾

$$\frac{\dot{\psi}(t)}{\psi(t)} = \frac{\dot{w}(t)}{w(t)} \left(1 + \frac{(1-\gamma)\mu_P}{1-\mu_P-\mu_G} \right) + \frac{\dot{L}_G(t)}{L_G(t)} \left(\gamma - \frac{(1-\gamma)\mu_G}{1-\mu_P-\mu_G} \right) + (1-\gamma) \left[\frac{\dot{s}(t)}{s(t)} - \frac{\mu_P}{1-\mu_P-\mu_G} \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} \right]$$

이다. 여기서 $\gamma = L_G(t)/(L_G(t) + s(t)L_F(t))$ 로 시점별 연구개발정책 총 지출 대비 공공연구개발지출의 비중이며, $\dot{s}(t)/s(t)$ 는 기업연구개발보조의 시점 간 변화율이며 연구개발정책의 목표에 따라 결정된다. 따라서 법인세율의 시점 간 변화율은 임금변화율, 기업연구개발 보조변화율, 소비지출변화율과 공공연구개발 투입인력의 변화율에 의해 결정된다.

4.1.3 금융시장

기업은 연구개발투자의 재원을 조달하기 위해 개발될 신제품의 미래가치를 담보로 금융시장에서 주식이나 채권 등의 금융상품을 발행하여 조달한다. 따라서 금융시장균형조건은 전형적인 재정조건으로 신제품 기대시장가치 식 (16)을 시간에 대해 미분한 식 (26)로 도출된다.

$$\frac{\dot{V}(t)}{V(t)} = r(t) + \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} - \frac{\dot{n}(t)}{n(t)} - \left(\frac{\dot{\psi}(t)}{\psi(t)} \right) \frac{1}{V(t)} \int_t^\infty e^{-r(\tau-t)} \psi(\tau) \pi(\tau) d\tau - \frac{(1-\psi(t))\pi(t)}{V(t)} \quad (26)$$

즉, 금융시장균형에서 금융상품에 대한 투자수익률이 시장이자율과 같다. 식 (26) 왼쪽 항은 시점 간 신제품의 시장가치의 변화율(자본수익률)이며, 오른쪽 항 중 첫 번째 세 개 항은 해당 금융상품 투자의 기회비용이며, 네 번째와 다섯 번째 항은 해당 금융상품투자에 대한 배당이익률이다. 특히, 기업연구개발투자 최적조건인 식 (18)로부터 도출된 시점 간 신제품의 시장가치 변화율

$$\frac{\dot{V}(t)}{V(t)} = \frac{\dot{w}(t)}{w(t)} - \frac{\dot{s}(t)}{s(t)} - \theta(t) \frac{\dot{n}(t)}{n(t)} - \beta \frac{\dot{G}(t)}{G(t)}$$

을 식 (26)에 대입하여 식 (27)로 정리할 수 있다. 여기서 $\theta(t) = (\partial f(n(t))/\partial n(t))n(t)$ 으로 시점별 기업연구개발의 기업연구개발 생산성 기여탄력성이다.

$$r(t) = \frac{\dot{w}(t)}{w(t)} - \frac{\dot{s}(t)}{s(t)} - \beta \frac{\dot{G}(t)}{G(t)} - (\theta(t)-1) \frac{\dot{n}(t)}{n(t)} - \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} + \frac{1}{V(t)} \frac{\dot{\psi}(t)}{\psi(t)} \int_t^\infty e^{-r(\tau-t)} \psi(\tau) \pi(\tau) d\tau + \frac{(1-\psi(t))\pi(t)}{V(t)} \quad (27)$$

따라서 식 (27)은 전형적인 금융시장균형조건으로 시점별 시장이자율은 신제품 시장가치의 순 변화율(식 (27))의 오른쪽 첫 번째 항부터 다섯 번째 항까지의 합)과 시점별 배당수익률(식 (27)의 오른쪽 여섯 번째 항과 일곱 번째 항의 합)의 합과 같음을 나타낸다.

4.1.4 핵심변수의 동태적 경로

지금까지의 소비, 생산, 연구개발 부문의 주요 변수의 시점 간 변화율의 논의를 정리하면, 경제의 동태적

3) 노동시장균형조건 식 (25)와 앞 절에서 도출한 제품생산 노동투입 변화율과 외생적인 공공연구개발 노동투입 변화율을 활용하여 도출함.

4) 시점별 균형법인세율 결정 식 (21)과 위의 기업연구개발 노동투입의 시점 간 변화율을 활용하여 도출함.

경로는 소비지출 $E(t)$, 임금률 $w(t)$, 공공연구개발 노동수요 $L_G(t)$ 와 기업연구개발 정부보조 $s(t)$ 의 시점 간 변화율과 기술혁신율 $g(t)$ 에 의해 결정된다. 이 중에서 $L_G(t)$ 와 $s(t)$ 는 정부의 연구개발정책변수로 이들 변수의 시점 간 변화율은 외생적으로 결정된다. 따라서 경제의 동태적 경로는 $E(t)$ 와 $w(t)$ 의 시점 간 변화율과 신제품 개발률 $g(t) = \dot{n}(t)/n(t)$ 에 의해 결정된다. 그리고 이들 내생변수의 동태적 경로에 따라 나머지 내생변수의 동태적 경로가 정해진다. 따라서 시점별 효율적 공공지식의 양 $\bar{G}(t) = G(t)/t = (\zeta/t) \int_0^t L_G(\tau) d\tau$, 효율적인 공공지식 변화율 $\dot{\bar{G}}(t)/\bar{G}(t) = L_G(t)/\int_0^t L_G(\tau) d\tau - 1/t$, 제품별 이윤 $\pi(t) = E(t)L/n(t)\epsilon$, 기업연구개발 노동수요 $L_F(t) = \dot{n}(t)/f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta$, 기업연구개발투자 조건 $V(t) = (1-s(t))w(t)/f(n(t))(\bar{G}(t))^\beta$ 과 균형 법인세율 $\psi(t) = w(t)\epsilon(L_G(t) + s(t)L_F(t))/E(t)L$ 을 식 (26)의 노동시장균형조건과 식 (28)의 금융시장균형조건에 대입하여 정리한 식 (25)'과 식 (27)', 그리고 시점 간 소비지출 변화율 식 (6)의 세 식을 활용하여 $E(t)$, $w(t)$ 와 $n(t)$ 의 세 핵심 내생변수의 동태적 경로를 결정할 수 있다.

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)} = r(t) - \rho \quad (6)$$

$$L = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{E(t)L}{w(t)} + \frac{g(t)n(t)}{f(n(t))} \left(\frac{\zeta}{t} \int_0^t L_G(\tau) d\tau \right)^{-\beta} + L_G(t) \quad (25)'$$

$$r(t) = \frac{\dot{w}(t)}{w(t)} - \frac{\dot{s}(t)}{s(t)} - \beta \left(\frac{L_G(t)}{\int_0^t L_G(\tau) d\tau} - \frac{1}{t} \right) \quad (27)'$$

$$\begin{aligned} & -(\theta(t) - 1)g(t) \\ & - \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} + \frac{f(n(t))}{(1-s(t))w(t)} \left(\frac{\zeta}{t} \int_0^t L_G(\tau) d\tau \right)^\beta \frac{\dot{\psi}(t)}{\psi(t)} \\ & \times \int_t^\infty e^{-r(\tau-t)} \\ & \left(\frac{L_G(\tau) + \frac{s(\tau)g(\tau)n(\tau)}{f(n(\tau))} \left(\frac{\zeta}{t} \int_0^\tau L_G(\nu) d\nu \right)^\beta}{w(\tau)^{-1}n(\tau)} \right) d\tau \\ & + \frac{f(n(t))}{(1-s(t))w(t)} \left(\frac{\zeta}{t} \int_0^t L_G(\tau) d\tau \right)^\beta \frac{E(t)L}{w(t)\epsilon} \end{aligned}$$

$$\times \left[1 - \frac{w(t)\epsilon}{E(t)L} \left(L_G(t) + \frac{s(t)g(t)n(t)}{f(n(t))} \left(\frac{\zeta}{t} \int_0^t L_G(\tau) d\tau \right)^{-\beta} \right) \right]$$

4.2 장기균형

시간에 비탄력적인 노동공급으로 $\dot{L}(t)/L(t) = 0$ 이며, 따라서 장기균형에서 제품생산, 기업연구개발과 공공연구개발 각각을 위한 노동투입의 시점 간 변화율도 $\dot{L}_p(t)/L_p(t) = \dot{L}_F(t)/L_F(t) = \dot{L}_G(t)/L_G(t) = 0$ 으로 모든 부분의 노동투입은 시간에 관계없이 $L_p(t) = L_p$, $L_F(t) = L_F$ 와 $L_G(t) = L_G$ 으로 일정하다. 또한 $0 < s(t), \psi(t) < 1$ 인 기업연구개발 보조율과 법인세율 크기의 제약에 따라 이들 변수의 변화율도 $\dot{s}(t)/s(t) = \dot{\psi}(t)/\psi(t) = 0$ 으로 기업연구개발 보조율과 법인세율도 시간에 관계없이 $s(t) = s$ 와 $\psi(t) = \psi$ 으로 일정하다. 또한, 장기균형에서 $L_p(t)/L_p(t) = \dot{E}(t)/E(t) - \dot{w}(t)/w(t) = 0$ 으로부터 소비지출과 임금율의 시점 간 변화율은 $\dot{E}(t)/E(t) = \dot{w}(t)/w(t)$ 으로 동일하며, 특히, 개별 소지자의 소비지출을 $E(t) = 1$ 로 표준화하면 $\dot{E}(t)/E(t) = \dot{w}(t)/w(t) = 0$ 으로 임금률도 시간에 관계없이 일정한 $w(t) = w$ 이다. 한편, 장기균형에서 일정한 비율의 지속적인 신제품 개발을 위해 시점별 기업연구개발로 인한 지식과급효과의 크기를 전형적인 제품다양성 기술기반 내생성장모형에서와 같이 해당 시점까지 개발된 제품의 종류에 비례하는 $f(n(t)) = n(t)$ 로 규정한다. 따라서 장기균형에서 기업연구개발의 지식과급효과에 의한 기업연구개발 생산성에 대한 긍정적 효과와 기업연구개발의 정체효과가 정확하게 상쇄된다. 또한, 장기균형에서 일정한 공공연구개발투자로 인해 공공연구개발의 공공지식 개발율도 시간에 관계없이 $\dot{G}(t) = \kappa$ 으로 일정하며, 이에 따라 시점별 효율적인 공공지식의 양도 시간에 관계없이 $\bar{G}(t) = \bar{G}$ 으로 일정하게 되어 공공연구개발에 의한 기업연구개발의 생산성 기여도도 시간에 관계없이 일정하다. 따라서 장기균형에서 기업연구개발의 생산성도 시간에 관계없이 일정하며 기업연구개발투자도 $L_F(t) = L_F$ 으로 시점에 관계없이 일정하기 때문에 신제품 개발률도 $g(t) = g$ 으로 시간에 관계없이 일정하다. 또한, 식 (9)로부터 장기균형 제품별 독점가격도 시간에 관계없이 $p_i(t) = p$ 로 일정함을 알 수 있다.

반면에 장기균형에서 일정한 지속적인 신제품 개발로 인해 제품별 시장점유율은 시간의 경과에 따라 하락하게 된다. 즉, 이러한 지속적인 신제품 개발로 인해 제품별 생산량 및 생산인력, 제품별 이익, 신제품의 시장가치 등의 시점 간 변화율은

$$\frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)} = \frac{\dot{L}_{p_i}(t)}{L_{p_i}(t)} = \frac{\dot{\pi}_i(t)}{\pi_i(t)} = \frac{\dot{V}_i(t)}{V_i(t)} = -g$$

으로 신제품 개발률과 같은 비율로 시간경과에 따라 감소한다. 하지만 제품별 시장점유율 하락으로 신제품의 시장가치가 감소함에도 불구하고 장기균형에서 신제품 개발에 대한 투자가 지속되는 이유는 신제품의 시장가치 감소와 비례하여 연구개발의 지식파급효과에 의한 기업연구개발 생산성이 증가하여 비용조정 신제품의 시장가치가 일정하고 이에 연구개발투자의 기대수익률이 일정하면서 시장이자율보다 최소한 크기 때문이다. 이는 식 (18)로 확인할 수 있다. 한편, 이러한 주요 변수의 장기균형 특성에 따라 경제성장률도 신제품 개발율과 비례하며 일정하다. 본 모형에서 장기균형 경제성장률은 소비자의 효용증가율이며 정태적 효용함수 식 (1)을 시간에 대해 미분하여 식 (28)로 도출된다.

$$\frac{\dot{u}(t)}{u(t)} = \frac{g}{\epsilon - 1} \quad (28)$$

장기균형 경제성장률이 신제품 개발률에 비례함을 알 수 있다. 따라서 기업연구개발이 경제성장률을 결정하며, 공공연구개발은 공공지식파급을 통해 기업연구개발 생산성에 기여함으로써 간접적으로 경제 성장에 영향을 미친다. 지금부터는 서술의 편의를 위해 신제품 개발률을 기술혁신율로 정의한다.

다음에는 장기균형 경제성장률의 결정을 구체적으로 분석하기 위해 경제의 핵심 내생변수인 시장이자율, 임금률 그리고 기술혁신율의 장기균형 값 r^* , w^* 와 g^* 을 결정하기 위한 장기균형조건을 이들 변수의 동태적 경로 결정식인 식 (6), 식 (25)', 식 (27)'을 위에서 논의한 장기균형의 특성에 따라 정리하면 식 (6)', 식 (25)''와 식 (27)''으로 도출할 수 있다.

$$r^*(t) = \rho \quad (6)'$$

$$L = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{L}{w^*} + \frac{g^*}{(\zeta L_G)^\beta} + L_G \quad (25)''$$

$$r^*(t) = \frac{\left[\frac{L(\zeta L_G)^\beta}{-(\rho^\beta L_G^{1+\beta} + s g^*) \epsilon w^*} \right]}{(1-s)\epsilon w^*} \quad (27)''$$

이들 균형조건으로부터 r^* , w^* 와 g^* 의 장기균형 값을 정책변수인 공공연구개발투자 L_G 와 기업연구개발보조율 s 그리고 기타 외생변수의 함수로 도출할 수 있다. 또한 이들 균형 값과 단기균형조건을 활용하여 다른 내생변수의 장기균형 값을 외생변수의 함수로 도출할 수 있다. 먼저, 이들 균형조건이 내포하고 있는 내생변수 간의 관계를 보면, 식 (6)'은 시점에 관계없이 일정한 소비지출 $E(t) = 1$ 로 인해 장기균형 시장이자율은 소비자의 시간선호도와 같으며 시간에 관계없이 일정함을 나타낸다. 식 (25)''은 노동시장균형을 위해 기술혁신율 g^* 과 임금률 w^* 은 비례관계에 있음을 나타낸다. 이는 단순 노동수급관계를 나타내는 것으로 비탄력적인 노동공급에서 기술혁신율 증가로 인한 기업연구개발 노동수요증가는 초과노동수요를 발생시켜 임금률을 증가시킨다. 식 (27)''은 금융시장 균형조건으로 장기균형에서 기업연구개발투자의 기회비용인 시장이자율은 세후 수익률 $((1-\psi)\pi/V)$ 과 같으며, 시점에 관계없이 일정한 시장이자율로 인해 기술혁신율 g^* 과 임금률 w^* 은 반비례관계에 있음을 나타낸다. 즉, 일정한 시장이자율에서 임금증가는 연구개발의 단위비용을 증가시켜 신제품 개발의 기대수익률을 하락시키며, 이에 연구개발투자가 감소하여 기술혁신율이 감소한다.

한편, 식 (6)', (25)'' 그리고 식 (27)'' 균형조건으로부터 두 내생변수 g^* 와 w^* 의 장기균형 값을 정책변수와 외생변수의 함수로 식 (29)과 식 (30)로 각각 도출할 수 있다.

$$g^* = \frac{\left[(\zeta L_G)^\beta (L - L_G) \right]}{1 + (\epsilon - 1)s} \quad (29)$$

$$w^* = \frac{L(\zeta L_G)^\beta (1 + (\epsilon - 1)s)(\epsilon - 1)}{(\epsilon - 1) \left[(L - L_G)(\zeta L_G)^\beta s + (\rho(1-s) + \zeta^\beta L_G^{1+\beta}) \epsilon \right]} \quad (30)$$

다음은 이들 변수들의 장기균형 값에 대한 외생변수

의 효과를 분석하고 분석결과를 장기균형의 특징으로 정리한다. 연구개발정책의 효과는 다음 장에서 분석한다. 먼저, 기술혁신율과 경제성장률은 인구규모에 비례한다($dg^*/dL > 0$). 이는 전형적인 제품다양성 기술혁신 모형에서와 같이 인구규모에 비례하는 시장규모의 확대는 제품별 이윤을 증가시키고 이는 기업 연구개발투자의 기대수익을 증가시켜 연구개발투자를 증가시키기 때문이다. 또한 인구의 증가로 인한 노동공급의 증가도 기업 연구개발에 투입되는 노동량을 증가시켜 기술혁신율을 증가시킨다. 반면에 임금률에 대한 인구규모의 효과는 기존 모형에서의 부정적인 효과와는 달리 긍정적이다($dw^*/dL > 0$). 인구규모의 임금효과는 노동공급증가의 부정적 효과와 연구개발 기대수익의 증가효과에 의한 연구개발 노동수요증가의 긍정적인 효과의 두 상반된 효과가 있으나, 긍정적 효과가 부정적 효과를 지배한다. 한편, 시장경쟁구조의 기술혁신율 및 경제성장률에 대한 영향을 보면, 독점적 시장일수록 기술혁신율과 경제성장률은 증가한다($dg^*/d\epsilon < 0$). 이는 기존의 제품다양성 기술혁신모형의 결과와 일치한다. 즉, 제품 간 수요대체성이 작을수록 제품 당 독점력이 강화되어 제품의 독점가격이 증가하여 제품판매단위당 이윤이 증가한다. 반면에, 한편으로는 독점가격의 상승은 제품별 수요를 감소시켜 이윤을 감소시킨다. 하지만 전자의 이윤증가 효과가 후자의 이윤감소효과를 지배하여 독점력의 증가는 기업 연구개발투자를 증가시킨다. 시장경쟁의 임금효과는 경쟁적 시장일수록 긍정적이다($dw^*/d\epsilon > 0$). 비록 제품 간 대체성의 증가로 제품 가격이 하락하여 제품별 이윤 및 기업연구개발 기대수익 감소로 연구개발 노동수요가 감소하지만, 한편으로는 제품 가격하락으로 인한 제품별 수요증가로 제품생산 노동수요가 증가하며, 이러한 제품생산 노동수요의 증가가 연구개발 노동수요의 감소를 초과한다. 한편, 소비자 시간선호도의 증가는 기술혁신율, 경제성장률, 임금률 모두를 감소시킨다($dg^*/d\rho < 0$, $dw^*/d\rho < 0$). 소비자 시간선호도 증가는 시장이자율을 상승시켜 기업연구개발투자 기회비용을 증가시키고, 이는 기업연구개발투자를 감소시킨다. 또한 이러한 기업연구개발투자 감소는 연구개발 노동수요를 감소시켜 임금률을 하락시킨다.

결과 1: 기술혁신율 및 경제성장률, 임금율의 경제 구조와의 관계

- ① 기술혁신율과 경제성장률은 경제규모에 비례하며, 제품간 대체성(시장경쟁도)과 소비자 시간선호도(주관적 할인율)에 반비례한다.
- ② 임금률은 경제규모와 제품 간 대체성에 비례하며, 소비자 시간선호도에 반비례한다.

5. 공공연구개발과 기업연구개발보조의 경제성장효과

본 장에서는 공공연구개발과 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과에 대해 분석한다. 또한, 기술혁신 및 경제성장 효과 측면에서 두 수단 간의 대체성 혹은 보완성에 대해 논의한다.

먼저, 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과는 식 (29)을 L_G 에 대해 미분하여 도출한 식 (31)로 분석할 수 있다.

$$\frac{dg^*}{dL_G} = \frac{(\zeta L_G)^\beta}{1 + (\epsilon - 1)s} \left[\zeta \beta \frac{L}{L_G} - \beta(\zeta - 1) \right] \quad (31)$$

구체적으로 보면, 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장효과는 세 개의 상반된 효과로 인해 명확하지 않다. 긍정적인 효과는 공공연구개발의 증가에 의한 기업연구개발의 생산성 증가효과로 식 (31)의 대괄호 안의 첫 번째 항이며, 부정적인 효과는 공공연구개발증가로 인한 기업 법인세 증가의 기업이윤감소효과와 비탄력적 노동공급 하에서 기업연구개발에 투입할 수 있는 노동진축효과로⁵⁾ 각각 식 (31)의 대괄호 안의 두 번째와 세 번째 항이다. 따라서 이러한 상반된 효과로 인해 공공연구개발의 기술혁신과 경제성장에 대한 영향은 불분명하다. 하지만, 경제규모가 클수록($L \uparrow$), 독점적 시장구조일수록($\epsilon \downarrow$) 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과는 긍정적으로 된다. 한편, 식 (31)로부터 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과에 기업연구개발보조는 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 따라서 공공연구개발의 경제성장효과는 기업연구개발보조

5) 노동진축효과는 임금률 상승으로 인한 연구개발비용 증가임. Bond, Harhoff와 van Reenen[2005]에서 연구개발비용 중 60% 이상이 연구개발인력의 임금비용이며, 동비용의 비중은 시간에 따라 증가하고 있는 것으로 분석됨.

와는 독립적이다.

결과 2: 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과

- ① 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과는 긍정적 효과와 부정적 효과가 혼재하여 불분명하다.
- ② 하지만, 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장의 효과는 경제규모가 클수록, 독점적 시장구조일수록 긍정적으로 된다.
- ③ 기업연구개발보조는 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과에 영향을 미치지 못한다.

특히, 결과 2의 ①은 기술혁신율 및 경제성장률 극대화를 위한 공공연구개발의 최적수준의 존재 가능성을 시사한다. 그리고 공공연구개발 최적수준이 있음을 식 (32)에서 $dg^*/dL_G=0$ 으로 하는 L_G 의 값에서 $d^2g^*/(dL_G)^2 < 0$ 으로 확인할 수 있으며, 구체적으로 공공연구개발의 최적수준 L_G^* 를 식 (31)로부터 식 (32)으로 도출할 수 있다.

$$L_G^* = \frac{L\zeta\beta}{\epsilon(1+\zeta)+\zeta(\beta-1)} \quad (32)$$

공공연구개발 최적수준은 경제규모, 기업연구개발 생산성에 대한 공공연구개발의 기여 효율성 그리고 공공연구개발 생산성에 비례하며 ($dL_G^*/dL > 0$, $dL_G^*/d\beta > 0$, $dL_G^*/d\zeta > 0$), 반면에 경쟁적 시장일수록 감소한다 ($dL_G^*/d\epsilon < 0$). 이는 경제규모, 기업연구개발 생산성에 대한 공공연구개발의 기여효율성, 공공연구개발의 생산성이 클수록 기술혁신율에 대한 공공연구개발의 긍정적 한계효과가 강화되며, 반면에 경쟁적 시장일수록 부정적 한계효과가 강화되기 때문이다. 또한, 공공연구개발의 최적수준은 기업연구개발보조와는 독립적이다 ($dL_G^*/ds = 0$).

결과 3: 기술혁신 및 경제성장 극대화 공공연구개발의 최적성

- ① 기술혁신 및 경제성장 극대화를 위한 최적의 공공연구개발수준이 존재한다.
- ② 공공연구개발의 최적수준은 경제규모, 공공연구개발의 기업연구개발 생산성 기여효율성과

공공연구개발 생산성이 클수록 증가하며, 경쟁적 시장일수록 감소한다.

- ③ 기업연구개발보조는 공공연구개발의 최적수준에 영향을 미치지 못한다.

한편, 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과는 식 (29)으로부터 식 (33)로 도출할 수 있다.

$$\frac{dg^*}{ds} = \frac{(\epsilon-1)[\rho\epsilon + \epsilon(\zeta L_G)^{1+\beta} - (\zeta L_G)^\beta L]}{[1+s(\epsilon-1)]^2} \quad (33)$$

기업연구개발보조의 기술혁신율에 대한 영향도 두 상반된 효과를 통해 나타난다. 이 중 긍정적 효과는 기업연구개발의 직접적인 단위비용 감소에 의한 연구개발 기대수익증가효과로 식 (33)의 분자의 대괄호 항 중 첫 번째와 두 번째 항이다. 반면에 부정적 효과는 정부지출확대의 재원으로서 법인세 증가에 의한 기업연구개발 세후 기대수익감소효과로 식 (33)의 분자의 대괄호 항 중 세 번째 항이다. 따라서 두 상반된 효과로 인해 기업연구개발보조의 기술혁신율에 대한 영향은 불분명하다. 하지만, 경쟁적 시장일수록 ($\epsilon \uparrow$), 소비자의 시간선호도가 클수록 ($\rho \uparrow$) 기업연구개발보조의 긍정적 효과가 강화되며, 반면에 경제규모가 클수록 ($L \uparrow$) 부정적 효과가 강화된다. 주목할 것은 이는 공공연구개발의 효과와는 대조적이라는 것이다. 경제구조와 기술혁신 간의 관계를 정리한 '결과 1'에서 경쟁적 시장일수록, 소비자의 시간선호도가 클수록 기술혁신율이 감소하는 반면에 경제규모가 클수록 증가한다는 것을 논의하였다. 따라서 '결과 1'과 연계하여 위의 결과를 해석하면, 기술혁신에 상대적으로 덜 친화적인 경제구조에서 기술혁신과 경제성장을 위해 기업연구개발에 대한 정부의 직접적인 지원이 기술혁신에 상대적으로 더 친화적인 경제구조에서 보다 더 효율적이라는 것이다. 즉 상대적으로 저 혁신의 경제구조에서는 연구개발보조에 의한 정부의 직접개입을 통해 기업의 저조한 연구개발투자를 촉진시킬 수 있는 반면에 상대적으로 고 혁신의 경제구조에서는 정부 직접개입은 오히려 강화된 기업 세후이윤감소효과로 인해 기업연구개발투자를 더욱 위축시킬 수 있다.

6) $d^2g^*/(dL_G)^2 = -\beta\zeta^{1+\beta}L_G^{\beta-2}L/(1+(\epsilon-1)s) < 0$.

결과 4: 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장

효과

- ① 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과는 불분명하다.
- ② 하지만, 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과는 경쟁적 시장일수록, 소비자의 시간선호도가 클수록, 경제규모가 작을수록 긍정적으로 된다.
- ③ 공공연구개발은 기업연구개발보조의 경제성장 효과에 영향을 미친다.

한편, 경제의 구조적 특성에 따라 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과가 다양할 수 있다는 결과에 더하여 추가적으로 주목할 것은 기업연구개발보조의 기술혁신효과는 공공연구개발에 의해 영향을 받는다는 것으로, 이 또한 공공연구개발의 기술혁신 및 경제성장 효과가 기업연구개발보조와는 독립적이라는 '결과 3'과 대조적이다. 특히, 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과에 대한 공공연구개발의 영향이 단순하게 확립적이지 않다는 것이다. 즉, 공공연구개발의 크기와 경제의 구조적 특성에 따라 공공연구개발은 기업연구개발보조에 보완적이거나 대체적일 수 있다. 이는 식 (33)을 공공연구개발에 대해 미분한 식 (34)를 통해 확인할 수 있다.

$$\frac{d^2g^*}{(ds)(dL_G)} = \frac{(\epsilon-1)\zeta^\beta L_G^{\beta-1}}{[1+(\epsilon-1)s]^2} \left(\frac{(1+\beta)\epsilon L_G}{-\beta L} \right) > < 0 \quad (34)$$

그리고 기업연구개발보조에 대한 공공연구개발의 보완성 혹은 대체성을 결정하는 특정 공공연구개발수준을 식 (34)으로부터 식 (35)로 도출할 수 있다.

$$\frac{L_G}{L} = \frac{\beta}{(1+\beta)\epsilon} \quad (35)$$

식 (34)와 식 (35)에서 $L_G/L > \beta/\epsilon(1+\beta)$ 이면, $d^2g^*/(ds)(dL_G) > 0$ 으로 되어, 공공연구개발은 기업연구개발보조에 보완적이며, $L_G/L < \beta/\epsilon(1+\beta)$ 이면, $d^2g^*/(ds)(dL_G) < 0$ 으로, 공공연구개발은 기업연구개발보조에 대체적이다. 따라서 공공연구개발이 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과에 보완적으로 되기 위해서는 일전수준 이상의 공공연구개발이 필요하

다고 하겠다. 그리고 식 (35)으로부터 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과에 대한 공공연구개발의 영향은 시장경쟁도, 기업연구개발 생산성에 대한 공공연구개발의 기여탄력도, 경제규모 등에 따라 다양하게 될 수 있음을 알 수 있다. 특히, 일정한 공공연구개발수준에서 시장경쟁도가 클수록, 경제규모가 작을수록 공공연구개발은 기업연구개발보조에 보완적으로 되며, 반대의 경우에는 대체적으로 된다. 이는 상대적으로 덜 혁신친화적인 경제구조일수록 기업연구개발보조의 기업연구개발투자 한계수익효과가 공공연구개발 강화로 인한 기업연구개발생산성 증가를 통해 강화되며, 반대의 경우에는 기업연구개발보조의 기업연구개발투자 한계수익효과가 공공연구개발 강화로 인한 임금률 상승과 기업 세후이익감소를 통해 약화되기 때문이다.

결과 5: 기업연구개발보조에 대한 공공연구개발의 보완성 혹은 대체성

- ① 경제규모가 작을수록, 경쟁적 시장일수록 공공연구개발은 기업연구개발보조의 기술혁신 및 경제성장 효과에 보완적으로 되며, 반대의 경우에는 대체적으로 된다.
- ② 공공연구개발 비중이 $L_G/L > \beta/\epsilon(1+\beta)$ 으로 일정수준이상이면, 공공연구개발은 기업연구개발보조에 보완적이며, $L_G/L < \beta/\epsilon(1+\beta)$ 이면 기업연구개발보조에 대체적이다.

6. 결론 및 시사점

연구개발의 공공재 속성에 의한 시장실패로 인해 사회적 한계수익률에 미치지 못하는 기업연구개발투자의 사적 한계수익률에의 보상을 통해 기업연구개발투자를 활성화하고 경제성장을 촉진하고자하는 정책적 타당성에도 불구하고 연구개발정책의 경제성장효과에 대한 기존 연구의 분석결과는 일관적이지 않다. 이에 본 연구는 주요 연구개발정책수단인 공공연구개발과 기업연구개발보조의 경제성장효과를 기술혁신기반 내생성장 모형에서 이론적 접근으로 재조명하였다. 기존 모형과는 달리 공공연구개발과 기업연구개발보조의 두 정책변수의 동시 모형화와 더불어 연구개발정책예산의 제약을 모형화하였다. 두 정책수단의 동시 모형화를 통해 정책수단별 경제성장효과에 대한 분석 외에 정책효과

에 대한 두 수단 간의 상호작용을 분석하여 정책효과 측면에서 이들 수단 간의 보완성 혹은 대체성 여부를 논의하였다. 연구개발정책예산의 제약을 모형화하여 기존 연구의 단순히 연구개발정책의 지출측면에서의 효과분석 외에 연구개발정책의 재원 조달측면에서의 효과도 추가적으로 분석하였다.

주요결과는 두 수단별 경제성장효과는 긍정적 효과와 부정적 효과가 혼재되어 있으며, 순 효과는 경제 구조적 특성에 따라 다양하게 된다. 가령, 공공연구개발의 경제성장효과는 상대적으로 기술혁신에 친화적인 경제구조에서 긍정적으로 되는 반면에 기업연구개발보조의 효과는 기술혁신에 상대적으로 덜 친화적인 경제구조에서 긍정적으로 된다. 특히 공공연구개발의 경제성장효과는 역-U형으로 이러한 효과의 극대화를 위한 최적수준이 존재하며, 동 최적수준은 경제규모와 기업연구개발 생산성에 대한 공공연구개발의 기여효율성에 비례하며, 시장경쟁도에 반비례한다. 한편, 정책효과에 대한 두 정책수단 간의 대체성 혹은 보완성을 보면, 기업연구개발보조는 공공연구개발의 경제성장효과에 영향을 미치지 못하는 반면에 공공연구개발은 기업연구개발보조의 경제성장효과에 영향을 미치며, 특히, 상대적으로 저 혁신 경제구조일수록 공공연구개발은 기업연구개발에 보완적으로 된다.

한편, 분석결과로 부터 경제의 구조적 특성과 연계하여 중요한 정책적 시사점을 도출할 수 있다. 기술혁신에 상대적으로 친화적인 경제구조에서는 기업의 연구개발투자에 대한 유인이 시장 자체에서 상대적으로 강하기 때문에 기업연구개발에 대한 정부의 직접적인 보조보다는 공공연구개발을 통해 기업연구개발을 위한 경제의 기초기반 강화에 상대적으로 정책의 무게를 둘 필요가 있다. 반면에 기술혁신에 상대적으로 덜 친화적인 경제구조에서는 기업연구개발투자에 대한 시장자체 유인이 상대적으로 약하기 때문에 기업연구개발에 대한 직접적인 보조가 더 정책적 효율성이 높다는 것이다. 또한, 후자의 경제구조에서 기업연구개발보조의 경제성장 효과에 대한 공공연구개발의 보완성이 강화되기 때문에 일정수준이상의 공공연구개발을 통해 기업연구개발의 효과를 강화시킬 수 있다.

한편, 본 연구는 기업연구개발의 속성 중 수평적 연구개발기반의 내생성장모형을 기본모형으로 한다. 따라서 수평적 연구개발과 수직적 연구개발을 모두를 고

려한 모형으로의 확장이 가능하고, 이를 통해 더 풍부한 결과와 정책적 시사점을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 경제의 구조적 특성에 따라 연구개발정책의 효과가 다양하게 될 수 있다는 결과와 정책효과에 대한 정책수단 간의 상호작용에 대한 분석결과 등은 향후 실증연구로 확장할 수 있을 것이다.

References

- [1] Aerts, K. and Schmidt, T., "Two for the price of one? Additionality effects of R&D subsidies: A comparison between Flanders and Germany", *Research Policy*, 37, 2008, pp. 806-822.
- [2] Arrow, K., "The economic implications of learning by doing", *The Review of Economic Studies*, Vol. 29, No. 3, 1962, pp. 155-173.
- [3] Bakhtiari, S. and Breunig, R., "The role of spillovers in research and development expenditure in Australian industries", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 27, No. 1, 2018, pp. 14-38.
- [4] Bassanini, A., Scarpetta, S., and Hemmings, P., "Economic Growth: The Role of Policies and Institutions: Panel Data. Evidence from OECD Countries", *OECD Economics Department Working Papers*, No. 283, 20-1, 2001, OECD Publishing.
- [5] Becker, B. and Hall, S. G., "Do R&D strategies in high-tech sectors differ from those in low-tech sectors? An alternative approach to testing the pooling assumption," *Economic Change and Restructuring*, Vol. 46, 2013, pp. 138-202.
- [6] Bronzini, R. and Piselli, P., "The impact of R&D subsidies on firm innovation", *Research Policy*, Vol 45, 2016, pp. 442-

- 457.
- [7] Bravo-Ortega, C. and Marin, A. G., "R&D and productivity: A two-way avenue?", *World Development*, Vol. 39, 2011, pp. 1090-1107.
- [8] Cameron, G., Proudman, J., and Redding, S., "Technological convergence, R&D, trade and productivity growth", *European Economic Review*, Vol. 49, 2005, pp. 775-807.
- [9] Carboni, O. A., "R&D subsidies and private R&D expenditures: Evidence from Italian manufacturing data", *International Review of Applied Economics*, Vol. 25, 2011, pp. 419-439.
- [10] Cassiman, B. and Veugelers, R., "R&D cooperation and spillovers: Some empirical evidence from Belgium", *American Economic Review*, Vol. 92, 2002, pp. 1169-1184.
- [11] Cerulli, G. and Potì, B., "Evaluating the robustness of the effect of public subsidies on firms' R&D: An application to Italy", *Journal of Applied Economics*, Vol. 15, 2012, pp. 287-320.
- [12] Coe, D., Helpman, E., and Hoffmaister, A., "International R&D spillovers and institutions", *European Economic Review*, Vol. 53, No. 7, 2009, pp. 723-741.
- [13] Cohen, W. M., Nelson, R. R., and Walsh, J. P., "Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D", *Management Science*, Vol. 48, No. 1, 2002, pp. 1-23.
- [14] Dai, X. and Cheng, L., "The effect of public subsidies on corporate R&D investment: An application of the generalized propensity score", *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 90, 2016, pp. 410-419.
- [15] Duguet, E., "Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D Evidence from France using propensity score methods for non-experimental data", *Revue D'Economie Politique*, Vol. 114, 2004, pp. 263-292.
- [16] Falk, M., "What drives business Research and Development (R&D) intensity across Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) countries?", *Applied Economics*, Vol. 38, No. 5, 2006, pp. 533-547.
- [17] González, X. and Pazó, C., "Do public subsidies stimulate private R&D spending?", *Research Policy*, Vol. 37, 2008, pp. 371-389.
- [18] Görg, H. and Strobl, E., "The effect of R&D subsidies on private R&D", *Economica*, Vol. 74, 2007, pp. 215-234.
- [19] Grossman, G. and Helpman, E., "Quality Ladders in the Theory of Growth", *Review of Economic Studies*, Vol. 58, 1991, pp. 43-61.
- [20] Guellec, D. and Van Pottelsberghe de la Potterie, B., "The impact of public R&D expenditure on business R&D", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 12, 2003, pp. 225-243.
- [21] Guellec, D. and Van Pottelsberghe de la Potterie, B., "From R&D to Productivity Growth: Do the Institutional Settings and the Source of Funds of R&D Matter?", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 66, No. 3, 2004, pp. 353-378.
- [22] Hall, B. H., Link, A. N., and Scott, J. T., "Barriers inhibiting industry from partnering with universities: Evidence from the Advanced Technology Program", *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, 2001, pp. 87-98.
- [23] Haskel, J. and Wallis, G., "Public support for innovation, intangible investment

- and productivity growth in the UK market sector", *Economics Letters*, Vol. 119, 2013, pp. 195-198.
- [24] Howitt, P., "Steady Endogenous Growth with Population and R&D Inputs Growing", *Journal of Political Economy*, Vol. 107, 1999, pp. 715-730.
- [25] Huergo, E., Trenado, M., and Ubierna A., "The impact of public support on firm propensity to engage in R&D: Spanish experience", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 113, Part B, 2016, pp. 206-219.
- [26] Hyttinen, A. and Toivanen, O., "Do financial constraints hold back innovation and growth? Evidence on the role of public policy," *Research Policy*, Vol. 34, 2005, pp. 1385-1403.
- [27] Jones, C., "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 103, 1995, pp.759-784.
- [28] Kaiser, U. and Kuhn, J. M., "Long-run effects of public-private research joint ventures: The case of the Danish Innovation Consortia support scheme", *Research Policy*, Vol. 41, No. 5, 2012, pp. 913-927.
- [29] Khan, M. and Luintel, K. B., "Sources of Knowledge and Productivity: How Robust Is The Relationship?", STI Working Paper 6. 2006.
- [30] Lach, S., "Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 50, 2002, pp. 369-390.
- [31] Levy, D. M., "Estimating the impact of government R&D", *Economic Letters*, Vol. 32, 1990, pp. 169-173.
- [32] Deloitte, Research, innovation and economic growth: Knowledge production function and R&D investment, 2017, Brussels.
- [33] Lichtenberg, F., "The Relationship between Federal Contract R&D and Company R&D", *American Economic Review Papers and Proceedings*, Vol. 74, 1987, pp. 73-78.
- [34] Lichtenberg, F. R., "The effect of government funding on private industrial research and development: A re-assessment", *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 36, 1987, pp. 97-104.
- [35] Lichtenberg, F. R., "The private R&D investment response to federal design and technical competitions", *American Economic Review*, Vol. 78, 1988, pp.550-559.
- [36] Lichtenberg, F., "R&D investment and international productivity differences", in Siebert H. (ed.), *Economic Growth in the World Economy*, Mohr, Tubingen, 1993, pp. 47-68.
- [37] Montmartin, B. and Herrera, M., "Internal and external effects of R&D subsidies and fiscal incentives: Empirical evidence using spatial dynamic panel models", *Research Policy*, Vol. 44, 2015, pp. 1065-1079.
- [38] Romer, P., "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, 1990, pp. S71-S102.
- [39] Segerstrom, P., "Endogenous Growth Without Scale Effects", *American Economic Review*, Vol. 88, 1998, pp. 1290-1310.
- [40] Segerstrom, P., "The Long Run Growth Effects of R&D Subsidies", *Journal of Economic Growth*, Vol. 5, 2000, pp. 277-305.
- [41] Segerstrom, P., Anant, T., and Dinopoulos, E., "A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle", *American Economic Review*, Vol. 80, 1990, pp. 1077-1092.

- [42] Stantcheva, S., "The Effects on Taxes on Innovation: Theory and Empirical Evidence", NBER Working Paper 29359, 2021.
- [43] Van Elk, R., ter Weel, B., van der Wiel, K., and Wouterse, B., "Estimating the returns to public R&D investments: evidence from production function models", *De Economist*, Vol. 167, 2019, pp. 45-87.
- [44] Wallsten, S. J., "Do government-industry R&D programs increase private R&D?: The Case of the Small Business Innovation Research Program", Department of Economics Working Paper, Stanford University, 1999.

■ 저자소개



Sang Choon Kim

Sang Choon Kim graduated from the University of Washington with Ph.D in economics. His research has mainly focused on technology-based economic growth,

open economy macroeconomics, international economics and so on. He is currently a professor of economics at the School of International Economics and Business at Yeungnam University. Before joining current institution, he worked with the Electronics and Telecommunication Research Institute, and Ulsan Research Institute as a senior researcher



Chuhwan Park

Chuhwan Park graduated from the Pennsylvania state University with Ph.D in economics. His research has focused on macro-based regional economics, industrial

relation with panel approach, economic policy and so on. He is currently a professor of economics at the School of Economics and Finance at Yeungnam University. Before joining current institution, he worked at the National Budget & Policy Agency as a research director and at the Electronics and Telecommunication Research Institute as a senior researcher.