

기술진보가 마찰적 실업변화에 미치는 영향

김 병 우*

기술진보의 상당 부분은 자본설비에 체화(embodied)되어 진행되어 노동의 재배치(new matches)를 요구하게 된다. 이는 노동시장의 마찰적 요인으로 작용하며 얼마간 재배치 시간을 요구하게 되어 실업상태를 불가피하게 한다.

본 연구에서는 Pissarides(1985), Romer(2006)의 노동시장 탐색모형에 Aghion and Howitt(1998)의 ‘창조적 파괴’모형을 응용시켜 한국 경제에서 기술진보가 마찰적 실업에 미치는 영향을 분석하였다.

또한 상태공간모형을 적용한 실증분석 결과, 과거 1990년대 후반까지는 기술진보가 공석수(vacancy)를 증가시켜 실업률을 감소시키는 ‘자본화 효과’가 우세한 것으로 실증분석 결과가 도출되었다. 그러나 최근 경제성장률의 증가는 ‘창조적 파괴’효과의 비중을 지속적으로 증가시킬 가능성이 존재하는 것으로 나타났다.

마지막으로 본 연구에서는 기술진보가 ① 경제성장률 증가 또는 ② 생산설비의 수명단축 등 두 가지로 나타날 경우 마찰적 실업에 미치는 영향을 시뮬레이션 해 보았다. 이를 통해 기술진보의 형태가 노동시장 흐름 및 인력이동의 양상에 상이한 영향을 미친다는 시사점을 지님을 알 수 있다.

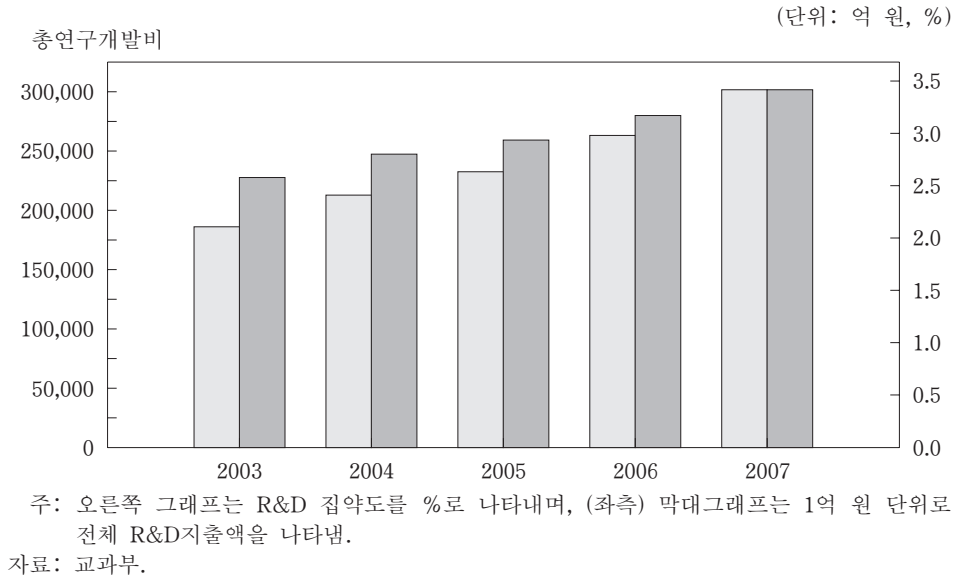
핵심주제어: 창조적 파괴, 기술진보, 마찰적 실업, 자본화 효과, 자본재 업그레이드
경제학문헌목록 주제분류: O51, J63

I. 서 론

R&D투자에 의한 기술진보와 경제성장은 일자리를 창출하는 효과가 존재하는가?

기술진보는 한편으로 신상품에 대한 수요를 촉진시켜 신규 일자리 창출을 유도하는 효과를 지닌다. 이는 기업이 향상되는 생산성을 자본화하기 위해 신규 채용을 늘리는 데서 비롯된다. 반면, 기술진보 자체는 기본적으로 노동절약적(labor saving) 성격을 지니므로 일자리를 소멸시키는 효과가 더 크다는 견해도

* 충주대 교양과정부 전임강사, 전화: (043) 841-5490, E-mail: byungw@cjnu.ac.kr
논문투고일: 2008. 11. 17 수정일: 2009. 4. 10 게재확정일: 2009. 4. 22



〈그림 1〉 우리나라 경제의 R&D지출 추이

많다.¹⁾

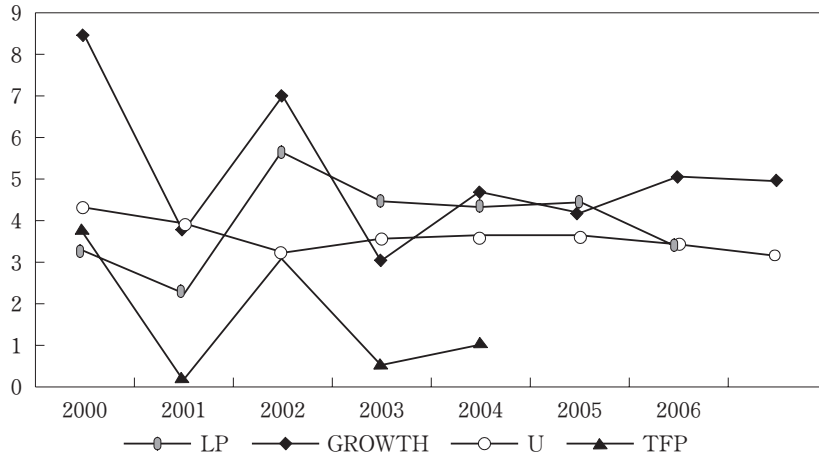
숨페터에게 있어서도 생산성 증가와 실업은 밀접한 관련을 가지는 현상으로 인식되었다. 본 연구에서는 이와 같이 기술진보가 고용에 미치는 효과를 분석하기 위해 거시경제학에서 사용하는 탐색모형(search and matching model)을 사용한다.

이 모형은 기본적으로 근로자와 일자리가 이질적(heterogeneous)이라는 사실을 고려하여 노동시장을 왈라스적(Walrasian)인 완전한 시장으로 파악하지 않고 있다. 즉, 근로자와 기업은 분권화된 시장에서 1:1로 만나 개별적인 선호, 숙련 및 업무수요를 상응시키는 과정을 진행시키는 데 상당한 비용을 지불한다. 이 과정은 즉각적으로 청산되지 않아 실업을 발생시키기도 한다(Romer, 2006).²⁾ 이는 또한 기술진보 충격에 대해 임금과 고용이 어떻게 반응하는가에 대한 시사점을 제공한다.

우리 경제에서 기술진보를 야기하는 R&D지출은 꾸준히 증가세를 보이고 있다(〈그림 1〉 참조). 이와 같은 R&D비중의 증가는 GDP 대비 R&D지출의 비중

1) Aghion and Howitt(1998).

2) 본 연구에서 사용하는 ‘마찰적 실업’은 이와 같은 의미에서 기술진보에 따른 새로운 일자리-근로자 간 짝짓기(matching)가 성립하기까지 불가피하게 발생하는 실업현상을 지칭한다.



〈그림 2〉 GDP, 생산성증가율 및 실업률³⁾

을 나타내는 R&D집약도(R&D intensity)에 잘 나타나 있다. 2007년 기준으로 현재 우리 경제의 R&D집약도는 3.47%에 달하고 있다.

〈그림 2〉는 우리 경제에서 실업률수준(U)의 변동이 실질GDP 증가율(경제성장률: GROWTH) 변동패턴과 어떤 관계를 보이는지를 나타내고 있다. 또한 우리 경제 노동생산성(LP)과 총요소생산성(TFP) 증가율의 변동 추이도 동시에 백분율로 나타내고 있다. 단순한 총생산함수를 가정하면 성장률이 생산성 증가율을 상회해야만 고용이 증가한다.⁴⁾ 이 패턴은 2000, 2004, 2006년의 경우 잘 나타난다.

본고에서는 R&D투자에 의한 성장률 증가가 생산성 증가를 통해 노동시장의 고용과 실업에 어떤 영향을 미치는가를 분석한다.

슈페터의 아이디어를 계승한 내생적 성장이론을 전개하는 Aghion and Howitt (1998)는 혁신이 실업에 미치는 두 효과를 Pissarides(1990)⁵⁾ 등의 탐색모형을 사용하여 동시에 분석하고 있다. 실업은 신규 기술을 체화하고 있는 신규 설비로 이동하는 근로자에 의해 야기되며 기술진보는 이 과정을 더욱 촉진한다. 이를 ‘창조적 파괴효과’라 부른다.⁶⁾ 반면, 기술진보가 기존 설비에서도 사용될 수

3) 자료는 한국은행(노동생산성 등), OECD(TFP 증가율)에서 구하였다.

4) 물적 자본을 생략하는 경우, 총생산함수를 $Y(\text{생산}) = A(\text{생산성})L(\text{고용})$ 으로 나타낼 수 있다(Blanchard, 2006).

5) 이 문헌은 참고문헌에 소개되는 Pissarides(2000) 개정판의 이전 판, 즉 1판 도서이다.

6) 원래 슈페터적 성장모형에서 “창조적 파괴효과”는 성공적인 독점적 혁신자가 이전 세대의 (중간재) 상품을 진부화(obsolete)시켜 그에 귀속되는 이윤(잉여)을 파괴하는 현상을 주로

있다면 이는 투자자로 하여금 신규 설비를 건설하도록 유인을 줄 수 있다. 이를 ‘자본화 효과’라 부른다.

최근 Hornstein, Krusell, and Violante(2005b)는 미국 경제데이터를 적용하여 Pissarides(2000)의 탐색모형에 대한 캘리브레이션을 적용한 결과, 기술진보가 실업에 미치는 위의 두 효과가 동일한 수량적(quantitative) 결과를 도출한다는 연구결과를 발표하였다.

본 연구에서는 Pissarides(1985)류의 마찰적 노동시장에 대한 캘리브레이션을 통해 우리 경제에서의 성장률 증가가 고용과 실업에 어떤 영향을 미치는가를 분석한다.

이를 위해 제II절 및 제III절에서는 기본모형을 전개하고 상태공간모형 추정 및 캘리브레이션(모수설정)을 통해 기술진보가 고용에 미치는 반응을 분석하고 결과를 비교한다. 그리고 마지막 제IV절에서는 분석결과를 요약하고 정책적 시사점을 도출한다.

II. 선행연구 및 이론모형

1. 선행연구(Aghion and Howitt, 1994; 1998) 및 문제의식

슈페터적 내생성장모형에서 성장이 실업에 미치는 효과는 일반적인 탐색 및 짝짓기모형(search and matching models)에서 외생변수로 간주하는 실직률(job-separation rate)이 자본재 설비수명(Γ)과 생산성 증가율(g)에 의해 결정된다는 가정을 지니고 분석하게 된다. 즉, 기술진보로 인해 설비의 진부화가 촉진되고 이는 직접적으로 실직률을 증가시키는 효과를 지니는 것이다.

생산설비에 대한 수명 S 를 사용하면 (자연)실업률 u 는 식 (1)과 같다.

$$u = 1 - p(v)(\Gamma/g). \quad (1)$$

여기서, v : 공식수

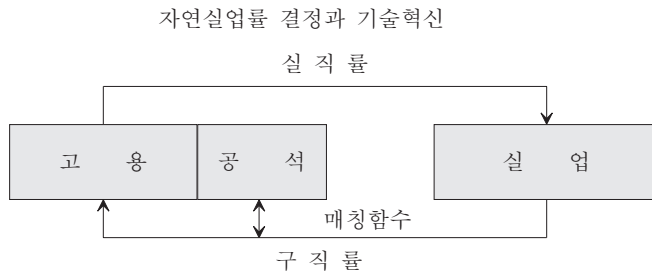
Γ : 자본재 설비수명

g : 생산성 증가율

지칭하는데, 이를 실업에 대해 적용하여 경제성장이 기존 근로자의 매칭을 파괴한다는 개념이 본 연구에서 사용하는 ‘창조적 파괴효과’의 실질적 개념이다.

이 실업률방정식은 경제성장이 실업에 미치는 직접적인 창조적 파괴효과(direct creative destruction effect)를 반영한다. 총공석수를 일정하게 두면, 경제성장률 g_y 의 증가는 실직률(g/Γ)을 직접적으로 증가시키고 이는 다시 실업률(unemployment rate)을 증가시키게 된다(〈표 1〉 창조적 파괴효과 참조).⁷⁾

이와 같이 위에서 살펴본 실직률을 통한 직접적 효과 외에도 일자리 창출비용(구직률) $p(v)$ 의 감소를 통한 경제성장의 간접적 파괴효과(indirect creative destruction effect)도 존재한다(〈표 1〉 간접적 창조적 파괴효과 참조). 그러나 이제까지 본 효과와 정반대로 작용하는 자본화 효과(capitalization effect)도 존재한다⁸⁾(〈표 1〉 자본화 효과 참조).⁹⁾ 성장모형의 균형을 결정하기 위해서는 진입자



주: $m(u, v)$: 매칭함수, v : 공석수, u : 실업, $1/S$: 일자리 파괴율, $p(v)$: 구직률, S : 설비수명, g/Γ : 이직률.

〈그림 3〉 슈페터적 성장모형과 실업

〈표 1〉 경제성장이 실업에 미치는 효과

효 과	성 장 률	일자리 파괴	일자리 창출	공 석 수	실 업
창조적 파괴	↑	↑			↑*
간접적 창조적 파괴	↑		↓		↑*
자본화	↑			↑	↓*

7) 제Ⅲ절 제1항 기술진보의 고용효과 추정: 상태공간모형에서는 바로 이 방정식을 추정하여 g 가 u 에 미치는 영향을 분석하게 된다.

8) Pissarides(1990).

9) 즉, 성장률의 증가가 생산설비를 확장시키는 데 따른 수익률을 증가시키고 이 수익의 자본화 가치(capitalized value)를 증가시켜 생산설비의 신규 진입과 이에 따르는 일자리 창출을 더욱 촉진시키게 된다. 비록 경제성장률의 상승이 실업에 대해 간접적인 창조적 파괴효과를 가져옴에도 불구하고 이는 동시에 공석 창출에 긍정적으로 작용하게 된다. 즉, 생산설비의 업그레이드로부터의 자본화된 기대수익을 할인하는 순할인율($r-g$)을 감소시켜 성장률의 증가는 신규 설비의 진입과 일자리 창출을 촉진시키게 된다. 이 자본화 효과는 균형공석수준 v 을 증가시키고 실업을 감소시키게 된다(Aghion and Howitt, 1998).

유조건(free-entry condition: 비용=편익)이 필요한데, 자본화 효과의 경우, 순할 인율을 하락시켜 설비설립의 편익을 증가시키게 된다. 다시 균형으로 수렴하기 위해서는 편익이 비용수준으로 하락해야 하는데 이 과정에서 공식수가 늘어난다는 의미이다.

이와 같이 기본적인 슈페터 성장모형에서 기술진보가 실업에 두 유형의 효과를 가져온다는 아이디어는 Pissarides(1990)에서 비롯되었다.

Mortensen and Pissarides(1998), Pissarides(2000)은 이와 같은 창조적 파괴효과와 자본화 효과를 보다 구체적으로 정식화하였다. 즉, 자본재 체화적 기술진보가 일자리 창출/파괴 및 자본재 업그레이드의 두 유형으로 구분되어 나타나는 것은 주로 업그레이드 비용수준에 의존함을 보였다.¹⁰⁾ Hornstein, Krusell, and Violante(2005b)는 미국 경제데이터를 적용하여 Pissarides(2000)의 탐색모형에 대한 캘리브레이션을 적용한 결과, 기술진보가 실업에 미치는 위의 두 효과가 동일한 수량적(quantitative) 결과를 도출한다는 것을 보였다. 이들은 캘리브레이션 대상이 되는 모형의 생산함수에 자본재 체화적(g^*) 및 비체화적(ϕ) 기술진보에 대한 파라미터를 구분하여 설정하였다. 경제의 균형성장은 이 두 파라미터에 의해 결정된다.¹¹⁾ 한편, 탐색이론적 접근에 대한 계량분석을 소개한 문헌으로 Kiefer and Neumann(1989)가 있다.

본 연구에서는 Pissarides(1985)류의 마찰적 노동시장에 대한 캘리브레이션을 통해 우리 경제에서의 성장률 증가가 고용과 실업에 어떤 영향을 미치는가를 분석한다.¹²⁾ 한편, 본 연구에서의 모형이 원래의 모형과 상이한 점은 Aghion and Howitt(1998)의 창조적 파괴모형의 기본 아이디어를 받아들여 실직률($1/S$)이 설비수명(Γ)과 경제성장률 g_y 의 함수로 나타나도록 원래의 모형을 다소 수정한 데 있다.¹³⁾ 즉, Pissarides(1985) 등은 탐색모형에 근거하여 거시경제에서

10) Pissarides(2000)은 자본재 비체화적 기술진보를 탐색모형에 도입하여 분석하였다.

11) $y(t, \tau) = z(t)k(t, \tau)^{\omega} z_0(t)^{\phi} k_0 e^{g^*(t-\tau)}$, $g = \phi + g^* \omega$

단, τ : 생산설비 연령, z : 자본재 비체화적 생산성, y : 산출, k : 자본

12) 본고의 모형은 Pissarides(1985)의 것을 축약한 Romer(2006)에 기초하고 있다.

13) Aghion and Howitt(1998)의 모형을 탐색 및 짝짓기 모형으로 응용하는데 한 가지 중요한 문제가 발생한다. 전자의 경우, 빈티지 자본이 존재하며 이것이 실직률(job separation rate)에 직접적인 영향을 미친다. 그러나 후자 모형의 경우, 자본재의 존재로 인한 고정비용 F 만 고려되며 자본재 설비수명이 명시적으로 고려되지 않고 있다. Pissarides(1985) 및 Romer(2006) 모형에 빈티지 자본을 명시적으로 고려하는 과제는 향후 연구로 넘기기로 한다. 단, 현재까지의 논의를 연장하면 짝짓기모형에서 실직률을 외생변수로 가정하는데 이 외생변수가 자본재 설비수명(Γ)과 경제성장률(g)로 구성되어 있다고 가정할 수 있다. 실제로는 경제성장률도 모형에서 내생적으로 결정되도록 구성할 수 있으며, 기업의 이윤함수는 $A_0 e^{gt} - w - C$ 로 변화되며 가치함수에도 영향을 미친다. 참고적으로 Aghion

고용의 결정과 변동을 설명하였다. Aghion and Howitt(1994, 1998)는 이 모형의 장점에 착안하여 기술진보를 탐색모형에서 명시적으로 고려하는 경제성장-실업 모형으로 확장시켰다. 본 연구에서 사용하는 모형은 Pissarides(1985) 등의 모형을 단순화한 Romer(2006)의 모형에 슈페테리안 성장이론의 주요 논점, 즉 실직률 변화가 기술진보에서 비롯될 수 있음을 반영한 모형이다.

한편, 본 연구에서의 분석대상이 되는 실업유형은 마찰적 실업이다. 물론 R&D 투자지출은 총수요에 영향을 미쳐 경기적 실업에도 영향을 미칠 수 있다. 마찰적 실업 외에 구조적 실업도 자연실업률의 구성부분을 이룬다. 구조적 실업은 기업과 근로자를 매치시키는 노동시장제도와 관련이 있다(Jones, 2008). 그 예로 채용 및 해고비용, 실업수당, 최저임금 등을 들 수 있다. 물론 이러한 요인들도 기술혁신과 관련을 가질 가능성이 있음(Pissarides, 2000)에도 불구하고 본 분석에서는 마찰적 실업에만 관심을 집중시키기로 한다.

2. 그 밖의 선행연구¹⁴⁾

기술진보와 고용 간의 관계에 대한 기존연구는 크게 미시적 (노동시장)접근법과 거시적 (성장)접근법으로 구분할 수 있다.

미시적 접근법의 예로 문성배·전현배(2008)를 들 수 있다. 이들은 Harrison *et al.*(2005)이 제시한 다품목 생산모형을 STEPI의 ‘2002년 기술혁신조사’에 적용하였다. 이를 통해 제품혁신의 경우, IT기업과 비IT기업 간 양(+)의 고용증가에 큰 효과가 없다고 주장하였다. Harrison *et al.*(2005) 모형의 장점은 신제품 및 업그레이드된 제품의 매출을 이용하여 혁신성고가 고용에 미치는 영향을 파악할 수 있다는 데 있다.

거시적 접근법의 예로 Chang and Hong(2006)은 산업부문 VAR모형을 통해 기술충격과 고용 간의 관계에 대한 전통적 견해를 반대한 Gali(1999) 등의 주장에 대해 다시 비판을 가하였다. 즉, Gali 등은 (미국 경제에 대해) 단기적으로 우호적 기술충격이 충근로시간으로 표현되는 고용을 감소시킬 수 있다고 주장하였다. 그러나 Chang *et al.*(2006)은 충격반응함수, 조건부 및 비조건부 상관관계수 등의 분석틀로 단기적 기술충격이 고용에 미치는 효과는 기존 견해와 상반

and Howitt(1994)의 경우, 자본재 설비수명(Γ)을 내생변수로 구성하였으며 이 경우에도 성장률이 실업률에 미치는 영향은 동일하게 나타났다.

14) 이 부분은 김병우 외(2008)에 의존하였다.

되지 않는다고 주장하였다. 그들은 특히 Gali 등이 노동생산성을 측정변수로 삼는 것을 지적하면서 이는 생산성 향상뿐만 아니라 요소투입의 조합(mix)변화까지 반영하므로 기술충격은 오직 총요소생산성(TFP)으로만 측정해야 한다고 주장하였다.

한편, Chang *et al.*(2004)은 탐색모형접근법을 통해 과거 우리 경제에 과거 나타난 자연실업률의 지속적 하락에 관해 설명하였다. 그들은 경제 전체 생산성 충격보다는 일자리 특장적(job-specific) 생산성 충격패턴의 변화가 지속적인 이직률과 자연실업률의 하락을 설명할 수 있다고 주장하였다. 즉, 부문 간 충격(reallocation shock)의 강도하락이 데이터를 가장 잘 설명할 수 있다는 것이다. 반면, 구직률은 특별한 추세 없이 변화하는데 이도 부문적 충격의 감소로 설명될 수 있다는 것이다.

그들은 이를 위해 Lilien(1982), Neuman and Topel(1991)의 방법을 따라 부문 간 이동(sectoral shift)지수를 측정하였으며, Mortensen and Pissarides(1994)의 탐색모형을 분석하였다. 그들은 과거 한국 경제에서 이직률과 실업률이 지속적으로 하락하는 경향을 보였는데 부문 간 외부충격의 감소가 이를 설명할 수 있다고 주장하였다. 그러나 본 연구와 그들 연구와의 차별성은 본 연구에서는 노동시장의 주요 변수들(이직률, 실업률, 구직률 등)이 (주로, R&D투자에 의한) 생산성 변동의 영향을 받을 가능성을 고려한 데 있다.

강규호(2006)는 구조적 VAR모형 분석을 통해 우리 경제에서 기술혁신이 고용을 증가시키는 효과가 있음을 입증해 보이고 그 효과가 1990년대에 가장 뚜렷하게 나타났다고 주장하였다.¹⁵⁾

3. 기술진보와 실업(Aghion and Howitt, 1998; Romer, 2006)

기본적인 슈페터 성장모형에서와 같이 한 경제의 총경제활동인구는 1로 나타내기로 한다. 따라서 실업률을 나타내는 u 는 실업근로자 전체 수를 나타낸다고 볼 수 있다.

각 개인은 1단위의 노동서비스를 부존자원으로 지니고 있으며 X 스톡만큼의 (고정)생산요소, 즉 인적 자본을 가진다. 여기서 고용은 E 로 표시되며 이 수는 고용자와 (적절히) 매치된 생산설비의 수와 같다고 가정한다.

15) 최근 최요철 외(2008)는 1991년부터 2007년까지 R&D 집약도로 표현되는 기술발전이 제조업 생산직 일자리를 약 6,000개 정도 감소시켰다고 주장하였다.

모든 개인은 평생소비에 대해 동일한 선형효용함수(linear preferences)를 공유한다. 각 생산설비(공장 또는 플랜트)는 (설비와 적절히 매치된) 근로자(worker), 빈티지 t 의 기술을 체화하고 있는 생산설비(t 는 설비 준공시점), 인적 자본 x 의 세 요소로 구성되어 있다. 주어진 시점 s 에서 빈티지 t 를 지닌 생산설비에서의 산출흐름은 y_s 로 나타낸다.

궁극적으로 임금도 지속적으로 증가하므로 인적 자본으로부터 발생하는 가변비용(variable cost)의 증가를 충당할 수 없게 된다. 이 시점에서 생산설비는 문을 닫게 되고 근로자들을 실업상태로 내몰게 된다. 이와 같은 생산설비의 수명(finite lifetime) S 는 어떻게 결정되는가?

여기서 생산설비로부터의 이윤(산출-인적 자본 비용)을 계산할 수 있다. 첨단부문(leading-edge)에서의 생산성 증가율 $g(=\Delta A_t/A_t)$ 에도 불구하고, 인적 자본 가격 p_s 가 균제상태에서 $g_{ps}(=\Delta p_s/p_s)$ 의 비율로 상승하며 비첨단부문(nonleading-edge) 생산성 A_t 는 변화가 없다. 인적 자본 가격상승에 따라 생산설비는 더욱더 작은 양의 산출을 생산하게 되어 균형에서는 다음 관계가 성립하게 된다.

$$S=(\Gamma/g).^{16)}$$

이 식은 생산설비의 수명이 경제적 수명(economic lifetime) Γ 과 생산성 증가율 g 에 의해 결정됨을 보여 준다. 경제적 수명에 대한 이해를 위해 산출흐름 y_s 과 인적 자본 x 간 생산함수를 상정하자. 인적 자본의 증가함수인 비용곡선은 시간의 경과에 따라 점차 생산함수쪽으로 상승하게 되며 궁극적으로 정상상태에서는 생산함수와 접하게 되어 0의 이윤을 내게 된다. 이 경우 비용함수(또는 생산함수)의 기울기(인적 자본의 가격)를 p^* 라 하면, 경제적 수명 Γ 은 $\ln p^*$ 에서 (빈티지 t 시점으로부터) 생산설비가 적절한 근로자와 짝짓기 하는 데 소요되는 시간에서의 p_e 로그값을 차감한 것이 된다($\Gamma=\ln p^*-\ln p_e$). 따라서 여기서 경제적 수명은 설비가 더 이상의 잉여를 산출하지 않는 수준까지 생산성이 증가되어야 하는 부분으로 볼 수 있다.

균제상태에서 생산성 증가율에 의해 결정되는 성장률 $g_y(=\Delta y/y)$ 가 높을수록 인적 자본 가격상승은 빨라지고 생산설비의 이윤은 신속히 0에 수렴하게 된

16) 이 관계식에서 $(1+g)>0$ 인 경우 직관적으로 잘 성립하지만, $(1+g)<0$ 인 경우 S 의 결정은 전적으로 Γ 에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 성장률이 마이너스인 경우, 설비의 듀레이션은 원칙적으로 증가할 가능성도 존재하나 본 분석에서는 이를 고려하지 않는다.

다. 따라서 성장률과 설비수명 S 간 역의 관계가 성립하게 된다.

노동시장에서의 마찰을 모형화하기 위해 근로자와 생산설비 간의 짝짓기규모 $m(1, v)$ 을 지닌 짝짓기과정을 살펴보자. 여기서 1은 전체 경제활동인구(labor force)를 나타내고 v 는 경제 내 전체 공식수를 나타낸다. 전체 짝짓기 비율 m 은 공식수 v 의 증가함수이지만 짝짓기-공식비율(m/v)은 v 의 감소함수이다.¹⁷⁾

균제상태에서 총공식수 v 는 일정하게 유지되며 균형실업률은 다음과 같이 결정된다.¹⁸⁾ 첫째, 취업상태에서 실업상태로 들어서는 근로자의 규모는 생산설비의 진부화 비율(frequency of production units' obsolescence: $1/S$)에 현재 생산진행중인 생산설비의 수($1-u$)를 곱한 것과 같다. 둘째, 실업상태에서 일자리를 찾아 취업상태로 들어서는 근로자의 규모는 짝짓기 비율, 즉 구직률 $p(v)=m(1, v)$ 과 같다.

따라서 균형에서는 다음 관계가 성립하게 된다.

$$(1-u)1/S = p(v).^{19)}$$

이상에서 살펴본 슈페터적 내생성장모형에서 성장이 실업에 미치는 효과는 일반적인 탐색 및 짝짓기 모형(search and matching models)에서 외생변수로 간주하는 실직률(job-separation rate)이 자본재 설비수명(Γ)과 생산성 증가율(g)에 의해 결정된다는 가정을 지니고 분석하게 된다. 즉, 기술진보로 인해 설비의 진부화가 촉진되고 이는 직접적으로 실직률을 증가시키는 효과를 지니는 것이다.

기본적인 슈페터 성장모형에서와 같이 한 경제가 근로자와 일자리들로 구성된다고 가정하자. 취업자수는 E 로, 실업자수는 u 로 표시한다.²⁰⁾ (근로자에 의해) 채워진 일자리는 E 로 비워진 일자리(공석)는 v 로 표시하자. 경제활동인구

17) Pissarides(1990)의 방법론을 따르고 있다.

18) 기업 생산함수에 대한 부정적인 충격(adverse shock)이 발생하면 이는 근로자의 한계생산을 떨어뜨리게 되고 근로자를 생산설비로부터 방출시키게 된다. 이와 같은 실직(job separations)은 다양한 요인에 의해 발생한다. 기술수준 또는 산출물 수요에 대한 충격이 빈번한 산업일수록 실직률은 높게 된다. 실직의 존재는 신규 일자리에 대한 구직이 신규 실업자와 공석의 창출로 인해 지속적으로 상쇄됨을 의미한다. 이와 같이 신규 실업자와 공석의 수준과 변화는 구직과 실직 간의 상호작용을 반영한다.

19) <그림 3> '자연실업률 결정과 기술혁신'에서는 전체 슈페터적 이론의 구조를 요약해서 보여 주고 있다. 다만 표기에서 짝짓기규모를 $m=m(1, u)$ 이 아닌 보다 일반적인 경우의 $m=m(v, u)$ 로 나타냈음을 주의할 필요가 있다.

20) 기존연구(Aghion and Howitt, 1998)에 따르면 빈티지 자본모형에서 실직률= g/Γ 가 도출되어 이를 사용한다. 또한 자본화 효과를 고려하기 위해 $C=C(g, v)$, C 는 g 의 감소함수를 가정한다. 자본재 설비와 관련된 고정비용(C)은 신규 기술을 체화하고 있는 생산설비의 건설비용을 (산출단위로) 나타낸다고 본다.

(labor force)는 L^* 수준에서 고정되어 있다고 본다.

$$E + u = L^* \quad (21)$$

기업입장에서 일자리로부터의 이윤은 $(A - w - C)$ 가 된다(Romer, 2006). 만일 일자리가 공석인 경우에는 $-C$ 가 된다.²²⁾

실업과 공석은 다음 관계와 같이 신규 일자리를 창출하는 것으로 가정한다.

$$\begin{aligned} m &= m(u, v) \\ &= Ku^\beta v^\gamma. \end{aligned} \quad (2)$$

신규 일자리(짜짓기)규모는 고용주의 신규 채용, 근로자의 탐색, 상호평가 등의 복잡한 과정을 근사적으로 간략하게 나타내 준다.²³⁾ 실업상태로부터 일자리를 찾는 근로자규모 비율(job-finding rate)은 m 이 짜짓기규모라 할 때, $p(v) = m(u, v)/u$ 이 된다.²⁴⁾

취업자수의 변화는 다음 관계를 따라 이루어진다.

$$\Delta E = m(u, v) - (g/\Gamma)E.$$

정상상태에서 다음 관계가 성립한다.

$$m(u, v) = (g/\Gamma)E.$$

-
- 21) 기업의 입장에서 일자리를 유지하는 데는 자본비용(cost of capital)과 같은 고정비용 C 가 소요된다고 하자. 근로자가 취업상태에 있는 경우, A 의 비율로 산출물을 생산하며 w 만큼의 임금을 받는다고 하자.
 - 22) 여기서 각주 21)의 내용을 부연설명할 필요성이 다시 존재한다. 본절에서의 짜짓기모형에서 자본재 설비부문은 모두 외생변수로 처리되어 있으며, 모형에서 수명(Γ : 또는 실직률)과 (고정)비용(cost of capital: C)을 통해서만 노동시장 내생변수들에 영향을 미친다. 그런데 성장률 증가가 실업률을 하락시키는 자본화 효과의 경로를 짜짓기모형에서 다시 재구성하고 논의할 필요성이 있다. 이 문제의 엄밀한 분석은 향후 과제로 넘기기로 하지만 현재까지의 논의에서 다음과 같이 정리할 수 있다. 성장률 증가는 자본재 설비관련 고정비용 C 를 하락시킴으로써 일자리가 채워진 경우의 가치함수 V_j 를 증가시키고 자본재 설비의 새로운 진입과 (공석수 및) 취업자수를 증가시키게 된다. 이에 대한 상세한 논의는 Romer(2006) 참조.
 - 23) 한편, 현존 일자리에 대한 순환흐름(turnover)도 지속적으로 존재한다. 일정 기간 동안 일자리는 (기술진보에 의해) 내생적으로 결정되는 (g/Γ) 의 비율로 소멸되기도 한다. 실업상태로 전환되는 근로자의 비율은 생산설비 진부화 빈도(obsolescence= $1/S$)에 현존 취업자 E 를 곱한 값과 같게 된다($L^* - u = E$).
 - 24) $S = \Gamma/g$ 의 관계가 성립하므로 경제성장률(기술진보율)과 설비의 지속기간(duration) S 간에는 역의 관계가 성립하게 된다. 이는 성장률 증가가 실직률(job-destruction(separation) rate) $(g/\Gamma)(=1/S)$ 을 증가시킴을 의미한다.

취업상태로 들어서는 근로자의 규모는 짝짓기비율, 즉 구직률과 같다.

$$p = m(u, v)/u.$$

유의할 사항은 제1항에서는 구직률(job-finding rate) p 가 1로 그 규모가 정규화된 경제활동인구(labor force) 중의 짝짓기비율로 정의되었지만, 본절에서는 실업자수 u 에 대해 구해진다. ²⁵⁾

공석이 채워지는 비율을 α 로 두자.

$$\alpha = m(u, v)/v^{26)}$$

여기서는 특히 두 변수, 즉 취업자(E)와 공석상태의 가치(V_v)에 초점을 두고 모형의 해를 구한다. ²⁷⁾ 여기서 동태적 프로그래밍 방법이 사용된다. ²⁸⁾

$$rV_v = -C + A[\alpha/(p + \alpha + 2(g/\Gamma) + 2r)]. \quad (3)$$

다음 단계로 이들을 E 의 함수로 표현한다(Romer, 2006).

$$v = [(g/\Gamma)E/Ku^\beta]^{1/\gamma}. \quad (4)$$

균형고용량은 rV_v 곡선과 진입자유조건이 시사하는 $rV_v = 0$ 이 교차하는 점에서 결정된다.

$$-C + A[\alpha(E)/(p(E) + \alpha(E) + 2(g/\Gamma) + 2r)] = 0. \quad (5)$$

마지막 식은 암묵적으로 E 를 결정하고 모형의 모든 해를 도출할 수 있게

25) Aghion and Howitt(1998)가 상정하는 경제에는 취업상태 또는 실업상태에 상관없이 모든 근로자가 구직활동을 하며 짝짓기과정(확률과정(stochastic matching))이 아닌 확정적(deterministic)인 과정으로 가정된다.

26) 공석이 채워진 경우 실업상태, 공석상태 등 각 경우의 가치 V 를 나타내기 위해 수학적 방법을 사용한다. 즉, 다음 두 가지의 조건이 모형해를 구하는 데 충족되어야 한다. 첫째, 실업자와 기업의 공석이 짝짓기하는 경우 임금을 결정해야 한다. 둘째, 새로운 공석이 창출되고 사라지는 데는 아무런 비용이 소요되지 않는다.

27) 이는 임의로 아주 짧은 기간변화를 허용하고 실업 및 취업상태에서의 (자본재) 가치변화를 보는 방법이다.

28) 첫째, 취업자수가 시사하는 공석상태의 가치를 계산하고 진입자유(free-entry)조건을 부과한다. 단, r 은 이자율을 나타낸다. 생산물에 대해 본 연구에서는 분석의 단순화를 위해 근로자와 기업 간 (1/2)씩 분배한다고 가정한다(Romer, 2006).

29) 식 (4)에서 α 는 bE/v 과 동일하므로, 식 (4)는 다음을 의미한다.

$$\begin{aligned} \alpha &= K((g/\Gamma)E)(L^* - E) \\ &= K^{1/\gamma}((g/\Gamma)E)^{(\gamma-1)/\gamma}(L^* - E)^{\beta/\gamma}. \end{aligned}$$

한다.

III. 실증분석과 캘리브레이션

1. 기술진보의 고용효과 추정: 상태공간모형

본절에서는 제II절에서의 성장과 실업에 대한 이론모형이 시사하는 바를 실제 한국 경제데이터를 사용하여 검증하기로 한다. 제II절 제1항에서는 경제성장이 실업에 미치는 직접적인 창조적 파괴효과를 반영하는 다음의 실업률방정식을 살펴보았다.

$$\begin{aligned} u &= 1 - p(v)(\Gamma/g) \\ &= 1 - f(g). \end{aligned} \tag{1}^*$$

본항에서는 실증분석을 통해 R&D투자에 따른 생산성 증가에 의해 결정되는 경제성장률 g 의 증가가 궁극적으로 실업률에 어떤 영향을 미치는가를 살펴본다.³⁰⁾ 통상최소자승법(OLS)과 ARMA모형 등을 포함하는 광범위한 시계열모형은³¹⁾ 상태공간모형의 특수한 형태로 볼 수 있다.³²⁾

30) 균제상태에서 1인당 GDP증가율은 생산성 A 의 증가율과 같으며 이는 R&D 투입규모에 의해 결정된다(Romer, 1990)

$$\Delta A/A = \delta(R\&D).$$

31) 상태공간모형은 기대, 측정오차, 항상소득, 비관측인자, 자연실업률 등 관찰할 수 없는 변수를 모형화하는 데 광범위하게 사용된다. 이의 장점은, 첫째 관찰할 수 없는 상태변수를 관찰할 수 있는 변수와 함께 모형을 구성하는 것을 가능하게 하고, 둘째 유용한 반복 알고리즘인 칼만필터(Kalman filter)를 사용가능하게 한다.

32) $(n \times 1)$ 벡터 Z 에 대한 동태적 선형 상태공간모형은 다음 방정식체계로 이루어진다.

[관측방정식]

$$u_t = \gamma + C_t x_t + e_t.$$

여기서, x_t : R&D 투자지출액 로그치(observed variables)

$$v_{it} = \gamma' + C_t + \varepsilon_t.$$

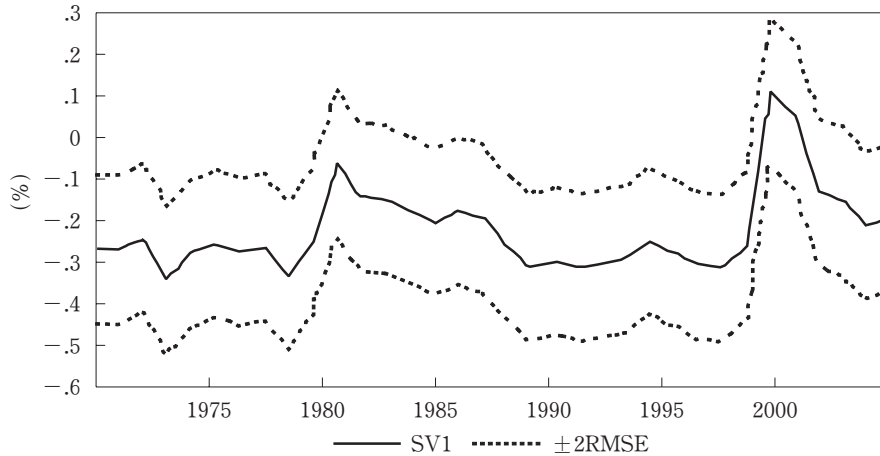
여기서, C_t : R&D가 실업률에 미치는 영향(unobserved variable)

$i=1$: 공식수(v : observed variables)

[상태방정식]

$$C_t = C_{t-1} + \eta_t.$$

여기서 R&D가 실업률에 미치는 영향을 나타내는 관계식 중 상태벡터가 시간변동 회귀계수로 추정되도록 설정하였다. 또한 둘째 식에서 R&D 투자가 공식에 미치는 직접적 영향은 생략하고 공식이 첫째 식에서의 상태벡터에 의해 결정된다고 보고 식을 설정하였



〈그림 4〉 상태공간모형을 통한 기술혁신이 실업률에 미치는 효과 추정

1970~2004년까지의 한국 경제데이터(실업률, R&D 투자지출액, 공식수 등)를 사용하여 R&D투자와 이에 따른 성장률 증가가 실업률에 미치는 효과를 추정한다.³³⁾

상태공간모형을 통한 R&D가 실업률에 미치는 효과의 추정결과는 〈그림 4〉에 나타나 있다.³⁴⁾ 우선 그래프의 높이는 R&D 로그치에 대해 실업률(%)을 회귀분석하였으므로 R&D투자 1%가 실업률을 0.0~0.3% 정도 감소시켜 왔음을 나타낸다.³⁵⁾ 실업률 0.1%는 2000년대 중반 기준 약 2만 5,000명의 실업자를 의미하며, 본 실증분석 결과는 (탄력성 추정치인 회귀계수) 절대값이 줄어들고 있음을 확인할 수 있다(RMSE는 약 0.15%).

이를 보면 과거 표본기간 동안 R&D투자는 실업률을 감소시키는 영향을 주었으며 시간이 경과할수록 (음의 값을 가진) 추정계수의 절대값이 줄어들고 있

다. 이렇게 설정된 상태공간모형은 칼만필터에 의해 추정된다. 또한, 미지의 hyperparameter(예: 실업률 관측방정식 교란항 분산)는 최우추정법에 의해 추정된다. 칼만필터 알고리즘은 예측-업데이트-스무딩의 반복 프로세스를 통해 예측오차를 작게 하는 계수추정치를 도출하게 해 준다. 이 모형에서 하나의 이슈, 즉 실업률 관측방정식에 중요 변수 누락(omitted variables)의 문제가 생길 수 있다. 그러나 이 문제는 노동시장에서 실업률과 관련이 깊은 공식변수가 R&D가 실업에 미치는 영향을 추정하는 시간변동 계수에 의존한다고 보는 두 번째 관측방정식을 동시에 추정함으로써 어느 정도 해결할 수 있다.

33) 김병우(2007)는 GDP, 임금 등의 거시변수와 함께 R&D가 실업에 미치는 영향을 추정한다. 바 있다.

34) R&D 데이터는 R&D 투자금액 자료를 한국산업기술진흥협회, KISTEP에서 입수하여 사용하였다. 공식수로는 노동부에서 노동력수용동향조사에서 부족인원수를 사용하였다.

35) Stock and Watson(2006). 수준변수를 로그변수에 대해 회귀분석한 경우 계수추정치에 대한 해석을 참조할 필요가 있다.

어 ‘자본화 효과’가 감소하는 것으로 나타났다.

[요약] 상대공간모형을 통한 기술혁신이 실업률에 미치는 효과:
추정모형, 추정결과 및 데이터 기초통계량

$$\begin{aligned}
 u_t &= c(1) + SV_t x_t + \varepsilon_t, & \varepsilon_t &\sim N(0, e^{c(3)}) \\
 \log(v) &= c(2) + SV_t + \varepsilon_t, & \varepsilon_t &\sim N(0, e^{c(3)}) \\
 SV_t &= SV_{t-1} + u_t, & u_t &\sim N(0, e^{c(3)})
 \end{aligned}$$

u : 실업률, x : R&D, v : 공석수, SV : (비관측) 상태변수

추정방법: 최우추정법(marquardt)				
표본: 1970~2004				
표본: 35				
	추정계수	표준오차	통 계 량	p -value
C(1)	5.640497	26.82419	0.210277	0.8335
C(2)	11.7699	2.298273	5.121194	0.0**
C(3)	-2.19652	0.133705	-16.4281	0.0**
1970~2004	표본평균	표본표준편차	단 위	
실업률(u)	3.67	1.09	%	
공석수(v)	123,249	53,193	명	
R&D 투자(x)	5.24	6.52	조 원	

2. 캘리브레이션(calibration)

경제이론에서 자본, 노동 및 소득의 증가율이 동일하여 1인당 자본 또는 1인당 산출의 비율이 동일한 상태에서 성장하는 경우를 균형성장경로(balanced growth path) 또는 정상상태(steady state)라고 부른다. 본 연구에서는 기본적으로 정상상태를 염두에 두고 분석을 진행한다. 이 상태에서 생산성 증가율, 인적 자본 가격증가율, 경제성장률 간 다음 관계가 성립한다.

$$g = g_{ps} = g_y.$$

〈표 2〉 상태공간모형을 통한 기술혁신이 실업률에 미치는 효과 추정

연 도	상태변수 추정치	연 도	상태변수 추정치	연 도	상태변수 추정치
1970	0.000	1971	-0.269	1972	-0.268
1973	-0.241	1974	-0.343	1975	-0.279
1976	-0.257	1977	-0.273	1978	-0.265
1979	-0.333	1980	-0.249	1981	-0.062
1982	-0.143	1983	-0.148	1984	-0.174
1985	-0.203	1986	-0.177	1987	-0.192
1988	-0.259	1989	-0.313	1990	-0.299
1991	-0.313	1992	-0.306	1993	-0.291
1994	-0.250	1995	-0.279	1996	-0.310
1997	-0.315	1998	-0.261	1999	0.113
2000	0.056	2001	-0.130	2002	-0.154
2003	-0.211	2004	-0.185		

〈표 3〉 모수설정

β	γ	$\ln K$	K	C	A	r	L^* (만 명)
0.52	0.49	-1	0.36788	0.001	0.1	0.07	2,337

1970년 1분기부터 2004년 3분기까지 기간의 평균실질이자율을 고려하여 $r=0.07$ 로 설정하였다. 1990년부터 2004년까지의 신규 취업자수(m), 실업자수(u), 공식수(v)에 대한 통계분석과 가정을 통해 $\beta=0.52$, $\gamma=0.49$ 로 설정되었다.³⁶⁾

본 모수설정(calibration)과정은 다음과 같은 구조를 지닌다.

첫째, 짝짓기함수 파라미터 β , γ 및 상수 K , 기업 생산함수에서의 상수 A , C 그리고 이자율 r 은 연구자에 의해 가장 현실을 잘 반영하도록 설정되었다. 매칭함수에서 β , γ 및 U 와 V 데이터가 있으면 상수 K 를 추론할 수 있다(부록 5 참조).

36) 노동부(사업체임금근로시간조사(매월노동통계), 노동력수요동향)에서 가용한 신규 취업자수(m : 입직자수) 및 공식수(v : 부족인원) 데이터를 사용하여 짝짓기함수를 추정해 보면, 개별 회귀계수는 유의하지 않지만 전체 적합도 F -검정은 유의하게 나타나는 다중공선성의 회귀결과가 나타난다. 그럼에도 불구하고 그 수치를 그대로 사용한 점에서 이는 추정 결과가 아니라 모수설정(calibration)이라는 용어를 사용하는 것이 더 엄밀하다(부록 1 참조).

둘째, 앞의 제II절 제3항의 짝짓기모형에서 필요한 경제성장률 g_y , (자본재) 설비수명에 대해서도 가정하되 현실을 반영하도록 설정되었다. 경제활동인구 L^* 는 실제데이터를 사용하였다.

셋째, 이로부터 실직률(b), 균형취업자수(E), 공석수(v), 일자리 충원비율(α), 구직률(p) 및 실업률(u)은 모형에 의해 균형해로 결정되도록 계산할 수 있다.³⁷⁾

1966년부터 1990년까지 기간의 평균적인 생산성 증가율을 고려하여 $g=0.02$ 로 설정하였다(Young, 1995). 생산설비의 평균수명기간을 8년으로 설정하여 이 직률 $b=0.25\%$ 를 얻었다. 이와 같은 모수설정하에서 균형고용량 E 는 2,329만 명으로 결정되어³⁸⁾ 0.34% 정도의 마찰적 실업률을 보였다.³⁹⁾

$$\begin{aligned} \Delta E &= m(u, v) - (g/\Gamma)E, \\ m(u, v) &= (g/\Gamma)E, \\ p &= m(u, v)/u, \\ \alpha &= m(u, v)/v, \\ -C + A[\alpha(E)/(p(E) + \alpha(E) + 2(g/\Gamma) + 2r)] &= 0. \end{aligned} \tag{6}$$

이번에는 이와 같은 기본경제에서 R&D투자에 의해 생산성 증가율 나아가, 경제성장률이 $g=0.03$ 으로 증가하는 경우 고용의 변화를 살펴보았다.

37) 본 연구의 모형설정에서 일자리 충원비율 및 구직률은 내생변수이지만 성장률 및 설비수명에 대해 매우 비탄력적으로 반응하므로 그 결과에서는 마치 상수처럼 나타남을 주의할 필요가 있다.

38) 현실의 실업률이 3.34%로 관찰되었다면 이는 나머지 3% 정도가 그 밖의 요인, 즉 경기적·구조적 실업에서 기인한다는 유추가 가능하다.

39) 현실의 실업률에 대해 케인즈적인 비자발적 경기적 실업을 이해하는 것이 중요하다. 자연실업률은 자발적인 마찰적 실업과 구조적 실업의 합이며 현실의 실업률 간 차이는 모두 경기적 실업을 반영한다(정운찬·김영식, 2005; Abel, Bernanke, and Croushow, 2007; Jones, 2008). 짝짓기모형에서는 기본적으로 생산물에 대한 유효수요(effective demand) 부족이 고려되지 않고 있다. 이와 관련하여 캘리브레이션 결과와 현실 데이터 간 괴리도 모두 이로써 설명이 가능하다. 본 연구에서 구직확률 p 는 0.73%로 결정되는데 Chang, Nam, and Rhee(2004), Nam(1997)에서는 구직확률을 30% 내외로 추정하고 있다. 이는 구직확률이 (매칭/실업자)로 정의되는데 본 모형에서와 같이 경기적 실업을 배제하면 분모가 작아지는 측면도 있지만 분자(또는 분자의 결정요인인 실업자수 및 공석수)가 작아지는 효과 역시 존재한다. 또한 구직률(rate of job finding)은 실직상태에서 가용한 소득수준 및 임금 제안의 형태와 분포에 의존하나 본 연구에서는 이를 고려하지 않고 있다. 한편, 실직확률 b 는 본 논문에서 0.25%로 결정되는데 김혜원(2006)에서는 1~2%를 준거로 하고 있는 점 역시 (성장률/자본재 수명)으로 정의되는 실직률이 본 모형에서와 같이 실제성장률 4~5%를 고려하지 않고 2~3%대를 고려하는 데서 오는 괴리로 볼 수 있다. 물론 이와 같은 사고에 반대하는 경제학자도 있다. Rogerson(1997)은 탐색모형에 근거해서 자연실업률을 논의하는 것은 유용하지 않다고 주장한다.

〈표 4〉 모수설정기본모형하에서의 파라미터의 값

(단위: 년, 만 명)

g	Γ	b	E	L^*	v	α	p	u
0.02	8	0.25%	2,329	2,337	25.57	0.23	0.73	0.34%

〈표 5〉 성장률이 상승하는 경우 파라미터의 값

(단위: 년, 만 명)

g	Γ	b	E	L^*	v	α	p	u
0.03	8	0.375%	2,325	2,337	37.9	0.23	0.73	0.51%

〈표 6〉 설비수명이 감소하는 경우 파라미터의 값

(단위: 년, 만 명)

g	Γ	b	E	L^*	v	α	p	u
0.02	3	0.667%	2,316	2,337	67.19	0.23	0.74	0.899%

창조적 파괴효과를 반영하여 이직률 b 가 약 0.4%로 상승하였다. 이는 실업률을 상승시키는 방향으로 작용한다. 반면 (자본화 효과에 의해) 공식수도 38만 명 수준으로 증가하여 실업률을 낮추는 요인으로 작용한다. 전체 효과는 창조적 파괴효과가 더 크게 작용하여 자연실업률이 상승하는 결과로 나타났다. 균형고용량 E 는 2,325만 명으로 감소하고 0.5% 정도의 마찰적 실업률을 보인다.

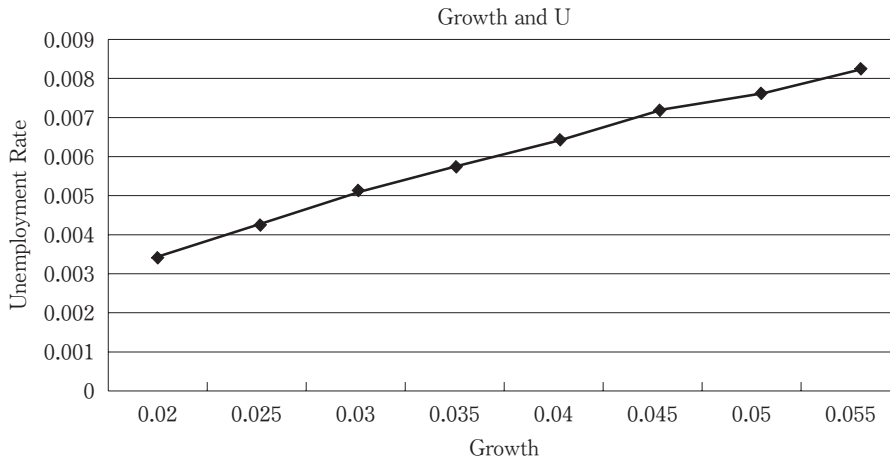
이번에는 생산설비의 평균수명기간을 3년으로 설정하여 이직률 $b=0.7%$ 를 얻었다. 이와 같은 모수설정하에서 균형고용량 E 는 2,316만 명으로 결정되어 0.9% 정도의 마찰적 실업률을 보인다.

이번에는 생산설비의 평균수명기간을 고정시키고 성장률을 지속적으로 변화시켜 보았다(〈그림 5〉 참조).

3. 캘리브레이션 결과에 대한 평가

기술진보가 실업(또는 고용)에 미치는 영향은 다음과 같은 두 가지 경로로 구분할 수 있다.

첫째, 신규 설비(new machines)가 근로자와 일자리 간 새로운 짝짓기(new matches)를 통해 이루어질 수 있다. 이를 ‘창조적 파괴’ 경제라 부를 수 있다. 기술진보는 새로운 짝짓기가 야기하는 실직률 증가에 의해 실업률을 증가시키



〈그림 5〉 성장률이 실업률에 미치는 효과: 캘리브레이션

게 된다.

둘째, 기존 짝짓기하에서의 설비가 신규 설비로 대체되는 경우이다. 이를 ‘자본화’ 경제라 부를 수 있다. 기술진보는 신규 일자리 창출(또는 공식수 증가)에 의해 실업률을 하락시키게 된다.

제2항에서의 캘리브레이션 결과는 이와 같은 효과에 대한 시사점을 제공한다.

첫째, 우리 경제의 생산성 증가율(또는 정상상태에서 동일한 경제성장률)이 3%로 약 1% 포인트 상승하는 경우, 실업률은 약 0.2% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이 경우 실직률($b=(g/\Gamma)$)의 증가는 생산성 증가율의 상승을 통해 발생한다. 캘리브레이션에서 사용한 경제활동인구 데이터는 우리 경제의 2004년 기준인 2,337만 명이다. 이가 시사하는 바를 상태공간모형을 통한 R&D효과 추정치와 비교하면 과거 고도성장기(1990년대 후반까지)에 생산성 증가에 의한 경제성장은 주로 실업률을 하락시키는 ‘자본화 효과’를 가져온 데 반해, 2000년대 중반 데이터를 사용하면 ‘창조적 파괴효과’의 비중도 크게 작용한다. 이와 같이 캘리브레이션은 기술진보에 따른 성장이 실업을 증가시키나 상태공간모형은 감소시키는 것으로 나타나 실업은 두 모형에서 반대방향으로 움직인다.

단, 이와 같은 시사점을 도출하기 위해서는 다음의 추가적인 논의가 필요하다. 우선, 본고에서 생산성 증가율이 정상상태에서 성장률과 일치한다고 보았다. 만일 우리 경제의 총체적 생산함수가 성장론에서 많이 사용되는 (Harrod 중립적 기술진보적) 콥-더글라스 생산함수로 잘 표현된다면 이와 같은 가정은 무리 없이 받아들여질 수 있다. 본고에서 사용하는 슈페터적 성장모형에서의 생

산함수는 $y=Af(x)$, 즉 총산출이 생산성의 선형함수로 표현된다. 이 경우 정상 상태에서 가변투입(인적 자본) 증가율이 0인 경우, 성장률 역시 생산성 증가율에 비례하여 결정된다. 다음으로 실증분석 부분에서 생산성은 R&D투자에 의해 내생적으로 결정된다고 보고 분석을 전개하였다. 이와 관련하여 기존연구에서 R&D투자가 통계적으로 유의하게 솔로우 잔차(Solow residual) 또는 특허·논문수 등으로 측정되는 생산성 증가에 영향을 미친다는 결과를 제시하는 실증분석이 많다(신태영 외, 2006, STEPI). 본고에서도 노동·자본과 함께 R&D가 GDP에 유의한 영향을 미치며, R&D와 총요소생산성 간 공적분관계가 존재함을 확인하였으나 소개는 생략한다. <부록 2>에서 다소 새로운 방법인 성장방정식(growth regression)을 통해 이 관계를 보였다.

둘째, 기술진보율을 동일하게 둔 채 자본설비의 평균수명(lifetime)을 8년에서 3년으로 단축시켜 보았다. 이 경우 실직률($b=(g/\Gamma)$)의 증가는 설비 평균수명의 하락을 통해 발생한다. 자본설비의 기술적 수명(technological lifetime)이 단축되는 것은 근로자의 실직률을 상승시키는 요인으로 작용한다. 설비의 수명단축으로 고용이 감소하는 경우, 유의할 사항은 공식수는 오히려 상당한 규모로 증가한다는 점이다(약 67만 명). 즉, 공식수 증가로 인해 새로운 짝짓기규모는 증가함에도 불구하고 균형고용량의 감소가 발생한다. 이는 ‘창조적 파괴’효과가 대두될 가능성을 시사한다. 그리고 단순히 기술진보율이 증가하는 경우와 달리, 실직(b), 공식수(v), 그리고 새로운 자본재 및 일자리와 근로자 간 짝짓기(m)는 모두 증가하며 노동시장의 인력흐름이 보다 활발히 순환됨을 시사한다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 노동시장에 마찰요인이 있는 경우, 기술진보가 어떤 경로로 실업에 영향을 주는가를 우리 경제에 대한 모수설정을 통해 분석하였다.

이론적으로 이러한 영향은 두 가지 경로로 구분할 수 있다.

첫째, 신규기술을 체화하고 있는 자본재는 기존의 근로자와 설비 간 짝짓기(matching)를 파괴하고 새로운 짝짓기를 통해 생산과정에 도입된다. 이 과정에서 실직률(job destruction rate)은 상승하게 되고 실업은 증가하게 된다. 이를 일반적으로 ‘창조적 파괴’효과라 한다(Aghion and Howitt, 1998).

둘째, 신규 기술이 기존의 짝짓기는 파괴하지 않고 신규 설비(new machines)

를 도입하는 것으로 생산과정에 사용되어 새로이 일자리를 창출하는 경우, 기술진보는 실업을 감소시키고 신규 사업자(및 설비)의 진입을 촉진시키게 된다(Mortensen and Pissarides, 1998). 이를 일반적으로 자본재 업그레이드가 발생하는 ‘자본화 효과’라 부른다.

두 효과 중 어느 것이 더 큰가에 대한 답은 경제 및 노동시장의 기본구조를 나타내는 파라미터값에 의존하게 된다.

본 연구의 의의를 요약하면 다음과 같다.

첫째, Aghion and Howitt(1994)가 내생성장모형을 미국 경제에 대해 적용하여 성장-실업 평면에 역U모양의 그래프를 얻은 바 있다. 본 연구에서는 캘리브레이션⁴⁰⁾을 통해 이 모형을 한국 경제에 대해 적용하였다.

둘째, 기술진보에 따라 실업률이 아닌 고용변화를 파악하기 위해서는 Pissarides(1985), Romer(2006) 등의 모형과 같이 성장모형을 다소 수정할 필요가 있는데 본 연구에서는 이를 통해 고용변화를 시뮬레이션하였다.

셋째, 성장모형이 시사하는 기술진보의 효과를 실증분석하기 위해서는 회귀계수가 변동하는 것을 허용하는 상태공간모형이 필요한데 본 연구에서는 실업률, 공석수를 동시에 고려하여 R&D투자의 효과를 분석하였다.

한편, 본 연구에서 상정하고 있는 경제는 왈라스적인 완전한 경제가 아니며 기업과 근로자가 노동시장에 진입할지에 대해 내리는 의사결정은 타 경제주체에 대해 외부효과(externalities)를 가져오게 된다. 따라서 짝짓기에 의해 결정되는 균형실업률이 사회후생의 관점에서 효율적이라는 보장이 없다. 예를 들어, 본문의 식 (2)에서 나타난 짝짓기함수에서 공석수의 파라미터 γ 에 대해 (사회적으로 효율적인) 적정 고용량이 민감하게 반응하는 결과도 나타날 수 있다(Romer, 2006).

이와 같은 배경에서 본 연구에서는 실증분석을 통해 우리 경제에서 과거에는 기술진보의 ‘자본화 효과’가 압도적이었지만, 1990년대 후반에 들어와서는 상황이 반전되어 ‘창조적 파괴’효과가 크게 나타날 가능성이 존재한다는 사실을 확인할 수 있다.⁴⁰⁾

본 연구의 연장선상에서 향후 언급되어야 할 본 논문의 한계와 향후 과제를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기술진보의 두 효과에 대해 특히 ‘창조적 파괴’효과에 대한 고용보호(employment protection) 정책이 필요한데 그 내용, 방향, 효과 등에 대한 분석이

40) 김병우(2007).

필요하다.

둘째, 고용에 미치는 효과가 상이한 ‘자본재 체화적 기술진보’와 ‘비체화적 기술진보’의 상대적 중요성에 대한 추가적인 논의가 필요하다.⁴¹⁾

참 고 문 헌

- 강규호, 「기술혁신과 고용창출」, 『경제분석』 제12권 제1호, 한국은행, 2006.
- 김병우, 「Innovation, Job Creation and Economic Growth」, 『한국혁신학회지』 제2권 제1호, 한국혁신학회, 2007.
- 김병우 외, 『고용창출을 위한 정부연구개발투자 정책방향』, 정책연구, 08-06, 과학기술정책연구원, 2008.
- 문성배·전현배, 「기술혁신활동의 고용효과에 대한 실증분석: ICT기업과 비 ICT기업의 비교를 중심으로」, 『산업조직연구』 제16권 제1호, 한국산업조직학회, 2008.
- 신태영 외, 「R&D 투자가 경제성장 및 분배에 미치는 영향 분석 및 정책시사점」, 과학기술정책연구원, 2006.
- 정운찬·김영식, 『거시경제론』, 을곡출판사, 2005.
- Abel, Bernanke, and Croushow, *Macroeconomics*, Pearson, 2008.
- Aghion P. and P. Howitt, “Growth and Unemployment,” *Review of Economic Studies*, 61, 1994, 477~494.
- _____, *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, 1998.
- Arrow K., “The Economic Implications of Learning by Doing,” *Review of Economic Studies*, 29, 1962, 155~173.
- Barro R. and X. Sala-i-Martin, *Economic Growth*, Second ed., MIT Press, 2004.
- Baumol W., “Productivity Growth, Covergence and Welafare,” *American Economic Review*, 76, Dec. 1986, 1072~1085.
- Blanchard O., *Macroeconomics*, 4th ed., Pearson: Prentice Hall, 2006.
- Cahuc P. and A. Zylberberg, *Labor Economics*, The MIT Press, 2004.

41) 이에 대한 엄밀한 정의가 필요하나 향후 연구과제로 미루기로 한다. 단, 본 연구에서 실업이 발생하는 주 원인으로 기술진보가 생산설비에 체화되어 나타나는 경우에 집중하여 분석하고 있음을 주의할 필요가 있다.

- Chang Y., J. Nam, and C. Rhee, "Trends in unemployment rates in Korea: A Search-Matching Model Interpretation," *Journal of the Japanese and International Economies*, Vol. 18(2), 2004, 241~263.
- Chang Y. and J. Hong, "Do Technological Improvements in the Manufacturing Sector Raise or Lower Employment?" *American Economic Journal*, Vol. 96(1), 2006, 352~368.
- Grossman G. and E. Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, 1991.
- Ha J. and P. Howitt, "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogeneous Growth Theory," *Journal of Money, Credit and Banking*, 39, 2006, 733~774.
- Hansen G., "Indivisible Labor and the Business Cycle," *Journal of Monetary Economics*, 16, 1985, 309~327.
- Hornstein A., P. Krusell, and G. Violante, "The Effects of Technical Change on Labor Market Inequalities," *Handbook of Economics Growth* 1B, 2005a, 1275~1370.
- _____, "The Replacement Problem in Frictional Economies: An "Equivalence Results," *Journal of European Economic Association*, 3, 2005b, 1007~1057.
- Jones C., *Introduction to Economic Growth*, 2nd ed., Norton & Company, 2002.
- _____, *Macroeconomics*, Norton & Company, 2008.
- Kiefer and Neumann, *Search Models and Applied Labor Economics*, The Cambridge Univ. Press, 1989.
- Kim H., "Job Flow and Unemployment in Korea: A Search Theoretic Approach," *Economic Analysis*, 2006(July 2007: Vol. 12, BOK.(Korean))
- Krugman P., "The Myth of Asia's Miracle," *Foreign Affairs*, 73, 1994.
- Lilien D., "Sectoral-Shifts and Cyclical Unemployment," *Journal of Political Economy*, Vol. 90, 1982, 777~793.
- Mansfield E., *Industrial Research and Technological Innovation*, W. W. Norton, 1968.
- Mortensen D. and C. Pissarides, "Job Creation and Job Destruction in the Theory of Unemployment," *Review of Economic Studies*, Vol. 61, 1994, 397~415.
- _____, "Technological Progress, Job Creation and Job Destruction," *Review of Economic Dynamics*, Vol. 1, 1998, 733~753.

- _____, “Unemployment Responses to “Skill-Biased Shocks: The Role of Labor Market Policy,” *Economic Journal*, Vol. 109, 1999, 242~265.
- Nadiri, M. I. and S. Kim, “R&D, Production Structure and Productivity Growth: A Comparison of the US, Japanese, and Korean Manufacturing Sectors,” *NBER Working Paper* 5506, Mar. 1996.
- Nam J., “Research on the Trend in the Unemployment rate of Korea,” Ph.D Dissertation, SNU. 1997.
- Neuman G. and R. Topel, “Employment Risk, Diversification and Unemployment,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, 1991, 1341~1365.
- Pissarides C., “Short-Run Dynamics of Unemployment, Vacancies and Real Wages,” *American Economic Review*, Vol. 12, No. 3, 1985.
- _____, *Equilibrium Unemployment Theory*, Oxford: Basil Blackwell, 1990.
- _____, *Equilibrium Unemployment Theory*, 2nd ed., The MIT Press, 2000.
- Rogerson R., “Theory Ahead of Language in the Economics of Unemployment,” *Journal of Economic Perspectives*, 11, 1997.
- Romer D., *Advanced Macroeconomics*, 3rd ed., International Edition, 2006.
- Romer P. “Increasing Returns and Long-Run Growth,” *Journal of Political Economy*, 94, 1986, 1002~1037.
- _____, “Endogenous Technological Change,” *Journal of Political Economy*, 98(5), 1990, 71~102.
- Schumpeter J., *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row Publishers, 1975.
- Solow, “A Contribution to the Theory of Economic Growth,” *Quarterly Journal of Economics*, 70 Feb. 1956, 65~94.
- Stock J. and M. Watson, *Introduction to Econometrics*, 3rd ed., Addison-Wesley, 2005.
- Young A., “The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience,” *Quarterly Journal of Economics*, 110, 1995, 641~680.
- _____, “Growth Without Scale Effects,” *Journal of Political Economy*, 106, Feb. 1998, 41~63.

부 록

1. 매칭함수에 대한 제약 회귀분석

노동부(사업체임금근로시간조사(매월노동통계), 노동력수요동향)에서 가용한 신규 취업자수(m : 입직자수) 및 공석수(v : 부족인원) 데이터를 사용하여 짝짓기함수를 추정해 보면, 개별 회귀계수는 유의하지 않지만 전체 적합도 F -검정은 유의하게 나타나는 다중공선성의 회귀결과가 나타난다.

다중공선성의 문제를 해결하는 방법은 비표본정보(nonsample information)를 사용하여 추정하는 것이다. 본 연구에서는 짝짓기함수에 시장효과(thick-market effects)와 구축효과(crowding effects)를 배제하고 있어 두 파라미터의 합이 1이라는 조건을 부과하는 제약 회귀식을 추정하였다.

그럼에도 불구하고 OLS 추정치와 제약 회귀식을 토대로 연구자가 보다 현실을 반영하도록 파라미터를 (임의로) 설정한 점에서 이는 추정결과가 아니라 모

〈부표 1〉 매칭함수에 대한 무제약 및 제약 회귀분석 결과

종속변수: LOG(M)				
추정: Least Squares				
표본: 1995~2004				
	추정계수	표준오차	t-Statistic	Prob.
C	5.323349	6.170762	0.862673	0.4169
LOG(U)	0.530029	0.406434	1.304098	0.2334
LOG(v)	0.247204	0.314307	0.786506	0.4574
종속변수: LOG(M)				
추정: Least Squares				
표본: 1994~2004				
LOG(M)=C(1)+(1-C(2))*LOG(U)+C(2)*LOG(V)				
Variable	추정계수	표준오차	t-Statistic	Prob.
C(1)	2.441081	0.331776	7.35761	0.00**
C(2)	0.525013	0.065402	8.027515	0.00**

수설정(calibration)이라는 용어를 사용하는 것이 더 엄밀하다.

2. 1인당 GDP 성장에 대한 R&D집약도의 설명력 존재 여부⁴²⁾

신고전파 성장모형이 시사하는 수렴(convergence)현상을 검증하기 위해 보몰(Baumol, 1986)은 다음과 유사한 회귀분석을 시행하였다.

$$[1인당 소득증가율] \\ = a + b[1인당 소득 초기치] + c[균형성장경로상 1인당 소득수준 = y^*]^{43)}$$

이 식이 의미하는 바는 만일, 조건부 수렴(conditional convergence)이 존재하면, b 는 음의 값을 가지게 되고 초기소득치가 균형성장경로에 가까울수록 소득증가율이 작아지게 된다는 것이다. 또한 경제가 궁극적으로 수렴하는 타겟(target)소득수준, 즉 우변의 두 번째 설명변수 y^* 가 증가한다면 이의 계수 c 가 양의 값을 가지게 된다.

크루그만(Krugman, 1994) 또는 영(Young, 1995) 등이 동아시아 성장을 분석할 때 이 타겟소득수준에 영향을 미치는 요인으로 자본투자율(s), 인구증가율(n) 등만 고려하여 동아시아 국가를 분석한 것으로 볼 수 있다. 실증분석 결과에 따르면 이 경우 회귀계수가 유의하게 추정된다. 그러나 존스(Jones, 2002)의 준내생적 성장(semi-endogeneous growth)모형이 시사하는 바대로 R&D집약도(s_R)의 2차함수를 균형소득수준의 설명변수로 추가하여 사용해도 유의한 결과를 얻을 수 있다. 또한 추정된 계수의 크기도 신고전파모형에서의 결정요인의 것과

〈부표 2〉 우리나라 1인당 GDP 성장에 대한 R&D 집약도의 설명력 존재 여부

Dependent Variable: LOG(y)				
Sample(adjusted): 1971~2006				
	추정계수	표준오차	t-Statistic	Prob.
LOG(y(-1))	0.891	0.052	16.982	0.000*
LOG(s/n + g + d)	0.834	0.386	2.162	0.038*
LOG[(-s _R ² + s _R)(L)]	0.534	0.280	1.908	0.065**

42) 김병우(2008, Too Strong Paper Tiger?, STEPI).

43) 실증분석에서는 소득 초기치 대신 전기의 소득변수를 사용하였다. 〈표〉에서 이는 (-1)로 표시되었다.

비교해도 크기가 그리 작지 않음을 확인 할 수 있다. 이는 우리 경제에서 R&D 활동이 생산성 증가를 통해 경제성장에 기여함을 간접적으로 시사한다. 즉, R&D 활동 등 혁신노력의 증가는 우리 경제가 수렴하는 미래의 균형성장경로상 1인당 소득수준(y^*)을 지속적으로 상승시킴으로써 실제 1인당 GDP를 상승시키는 요인으로 작용한다는 것이다.

[Abstract]

Technological Progress and Frictional Unemployment

ByungWoo Kim

A large part of technological innovations are embodied in capital equipment. Since technological change require the new matches of labor towards new machines, but reallocation requires time with frictions, not all workers will be employed at any time. How does equilibrium unemployment react to changes in the rate of technological progress?

We consider an economy where the labor market is frictional in the sense of Pissarides(1985) and Romer(2006). We also consider Aghion and Howitt(1998)'s "Schumpeterian creative destruction" model.

Considering the goodness of fit from empirical analysis of state-space estimation, we can see that the evidence is strongly in favor of the capitalization effect of growth on unemployment in Korean economy. We can also see the offset effect of creative destruction in the early 1980's, the late 1990's and the middle 2000's shows.

Keywords: creative destruction, technological progress, frictional unemployment, capitalization, upgrade

JEL Classification: O51, J63