

패널회귀모형에 의한 국내경제의 총요소생산성 추정 및 전망*

박 무 환**

요약

본 연구는 OECD 국가들의 패널자료를 이용한 패널회귀분석에 초점을 두고 내생적 성장이론에 따라 총요소생산성 증가(TFPG)의 결정요인을 살펴 보고, 2019~2067년 기간에 대하여 국내 TFPG에 대한 전망을 시도한다. 이를 위해 시계열 자료의 가용성에 따라 1985~2018년 기간에 걸쳐 우리나라를 비롯한 OECD 23 개국의 불균형 패널자료를 이용하여 다양한 패널회귀모형을 구축한다. 패널 회귀분석은 추정기간 동안 TFPG의 추약형 패널회귀모형을 이용하여 1인당 소득, 대외개방도, R&D, 인구노령화 등 결정인자들의 함수로 TFPG를 추정한다. 패널회귀모형에 의한 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, TFPG에 대한 통제변수들의 효과는 기대한 바와 같이 1인당 소득, 대외개방도, R&D의 추정계수는 양(+), 인구노령화의 추정계수는 음(-)으로 나타났다. 둘째, 2019~2067년 기간 동안 통계청의 미래 인구에 대한 중위 가정하에 지속적인 하락추세에 의해 평균 TFPG는 약 0.8% 수준으로 전망되었다. 셋째, 몬테칼로(Monte Carlo) 시뮬레이션 결과, 전망 기간 동안 TFPG의 전망치 평균의 95% 신뢰구간은 0.6~1.0%로 나타났다.

주제분류 : B030109

핵심 주제어 : 총요소생산성 증가, 내생적 성장이론, 패널회귀모형, 불균형
패널자료, 몬테칼로 시뮬레이션

* 본 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구과제 『한국경제의 총요소생산성 성장 추정에 관한 연구』의 일부를 바탕으로 작성되었음.

** 성균관대학교 경제학부 초빙교수 및 한남대학교 탈메이지 교양교육대학 강의전담교수, e-mail: muhwanpark@naver.com

I. 서론

한 국가의 경제성장 동력은 크게 노동 및 자본 등에 의한 생산요소투입과 생산성의 제고로 구분할 수가 있다. 경제성장의 초기 단계에서는 노동 및 자본축적이 성장 동력으로서 중요한 역할을 수행하지만 성숙단계에 이를수록 생산성이 더 중요해진다고 인식되고 있다. 경제개발 초기 단계부터 최근까지 잠재성장률 하락을 경험하고 있는 우리나라 경우도 생산요소의 투입만으로는 잠재성장률을 유지 또는 제고하는 것이 점점 더 어려워지고 있는 실정에 있다.¹⁾ 이에 따라 생산성 제고, 즉 총요소생산성 증가(TFPG, total factor productivity growth)를 통한 성장잠재력 확충이 중요하다는 문제의식이 지속적으로 대두되고 있다.

이와 관련 통계청은 최근의 초저출산율 상황을 반영하여 2017년부터 2067년까지의 장래 인구특별추계(2019)를 발표하였다. 특히 잠재성장률과 밀접하게 관련된 중위 가정 하에서의 생산연령인구(15~64세) 비중은 2017년 73.2%에서 지속적으로 하락하여 2067년 45.4%에 달하는 것으로 나타났다. 한편 65세 이상 노령인구 비중은 2017년 13.8%로 다른 OECD 국가들에 비해 노령화 수준은 상대적으로 낮은 수준에 있지만 향후 빠른 속도로 노령화가 진행되어 2067년 46.5%로 가장 높아질 것으로 예상되고 있다. 이러한 노령화 속도는 현재 노령화가 가장 많이 진행된 일본보다도 더욱 급속하게 이루어질 것으로 전망되고 있다는 점이 문제로 부각되고 있다.²⁾ 출산율의 감소와 기대수명의 증가에 기인하는 이러한 인구구조의 노령화는 생산연령인구의 변화를 통하여 노동시장이나 생산성에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라, 저축이나 투자 등 가계나 기업의 행태변화를 통하여 잠재성장률에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사하고 있다. 이러한 노령화 추세에 따른 노동력 공급 둔화와 더불어 1970년대 후반 이후 지속되어 온 설비투자의 위축³⁾ 등으로 대규모 요소투입이 과거에

1) 국내 잠재성장률에 대한 요인별 기여도에 대한 추정 및 전망 사례는 박무환(2012), p.42 참조.

2) 최근 UN에서 발표한 World Population Ageing(2019) 자료(p.8)에 의하면, 2019~2050년 사이에 우리나라의 노령화 비중은 23% 수준으로 세계에서도 가장 높은 비율로 증가할 것으로 전망되고 있다.

3) 1970~2019년까지 국내 설비투자 증가율 추이를 보면, 1978년 45.6%를 정점으로 등락하지만 하락하여 2019년에는 -7.5%에 달하는 모습을 보이고 있다. HP

비해 어려워지고 있다는 점을 감안할 때, 총요소생산성 제고를 통하여 성숙기의 국내경제가 직면하고 있는 요소투입의 수확체감 경향을 완화 시킴으로써 성장잠재력을 확충하는 것이 필요하다.

이와 관련된 기존 연구들은 대부분 성장회계방법에 의해 역사적인 잠재성장률을 추정하는 과정에서 도출된 잔차를 TFPG로 산출하고 있으며, TFPG를 외생변수로 전제하고 생산요소투입에 대한 시나리오 예측을 토대로 잠재성장률에 대한 전망을 수행하고 있다.⁴⁾ 즉 TFPG를 내생변수로 고려하여 경제이론에 의한 이의 결정요인들에 기반을 둔 회귀방정식의 추정 결과를 전망모형으로 이용하는 확률적(stochastic) 방법보다는 TFPG의 과거 추이 및 선진국의 경험, 결정요인 추이 등을 정성적으로 고려한 확정적(deterministic) 방법으로 시나리오별로 TFPG를 전망하는 외생적 접근 방법을 사용하였다. 이에 대한 논리적 배경을 보면, TFPG에 대한 회귀모형을 이용하는 경우 회귀방정식 설정 오류(miss-specification) 문제나 설명변수들에 대한 전망치를 전제해야 한다는 부담 등에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 불확실성(uncertainty)을 고려한 TFPG 전망치에 대한 외생적 시나리오 설정과 관련하여 기존 연구들은 명확한 논리적 근거를 제시하지는 못하고 있다. 이에 따라 본 연구는 내생적 성장이론에 따라 OECD 국가들을 대상으로 하는 TFPG 패널회귀모형을 구축하고, 이를 전망모형으로 이용하는 확률적 접근방법으로 국내 TFPG에 대한 장기 전망을 수행한다. 그리고 비관측 변수(unobserved variable)인 TFPG의 불확실성을 고려하여 시뮬레이션(simulation)을 이용한 전망치의 확률분포(probability distribution)를 추정한다는 점에서 기존 연구들과는 차별성이 있다.

filter에 의한 장기적 추세치는 1975년 19.6%에서 지속적으로 하락하여 2019년에는 0.7% 수준에 이르러 추세적으로 하락하는 모습을 시현하고 있다.

- 4) 이러한 TFPG에 대한 추정 및 전망 관련 사례를 보면, OECD(2020)는 우리나라를 비롯한 OECD 23개국을 대상으로 성장회계법을 이용하여 TFPG를 추정하고 있으며, 우리나라의 TFPG 추정 및 전망에 관한 국내 일부 연구들로는 한국개발연구원(KDI, 2012, 2017), 국회예산정책처(2012), 박무환(2012) 등이 있다. 한편 우리나라의 국민연금(2018)을 비롯한 공적연금의 장기재정추계를 정기적으로 수행하고 있는 일본의 후생노동성(2019)이나 미국의 사회보장청[SSA, Social Security Administration, OASDI(2019)]에서는 장기 경제성장률 전망을 위하여 생산요소투입뿐만 아니라 TFPG에 대해서 전망시계가 60~100년에 이르는 초장기 전망을 수행하고 있다.

본 연구의 구성을 보면, 제Ⅱ장에서 국내의 TFPG 추정 및 전망 사례 등에 대한 비교분석을 통하여 본 연구와 관련된 시사점을 살펴본다. 제Ⅲ장에서 우리나라를 비롯한 OECD 국가들을 대상으로 하는 패널회귀모형을 추정하고, 이를 이용하여 국내 TFPG에 대한 장기 전망을 수행하고, 제Ⅳ장에서 기존 연구들과의 비교·분석을 통해 결과의 수용성(feasibility) 여부를 살펴본다. 제Ⅴ장에서는 연구 결과를 요약하고 이와 관련된 시사점을 살펴본다.

Ⅱ. 기존 연구 검토

1. TFPG 결정요인 및 추정 방법

내생적 성장이론에 따르면 총요소생산성을 증가시킬 수 있는 수단은 다양하지만, 일반적으로 경제의 효율성(eficiency)을 제고하는 대외 개방, 제도, 소득수준, 교육 및 인적자본, 연구개발투자(R&D) 및 사회통합 등 다양한 요인들에 의해 결정된다고 알려져 있다. 이러한 요인들이 경제성장에 기여하는 경로를 보다 구체적으로 살펴보면, 대외 개방은 선진 기술·지식의 유입 기회 및 시장을 제공할 뿐만 아니라 시장의 효율적인 자원배분을 촉진함으로써 TFPG를 향상시킨다는 것이다. 한 국가가 대외 개방을 통하여 선진 기술·지식에 대한 접근이 용이해졌다고 하더라도 가계, 기업 등 경제주체가 얼마나 이를 수용하고 개선·활용하며 이를 위한 경제적 유인(economic incentives)을 가지고 있는가는 소위 경제의 게임 룰(rules of the game)로 일컬어지는 제도(institutions)에 의해 결정된다는 것이다(North, 1990). 소득수준과 관련하여서는 후발국의 선진국 따라잡기(catch up) 과정에서 선진국과의 소득격차가 축소될수록 후발국의 이점이 감소되는 경향, 소위 성장의 수렴(convergence) 현상이 나타난다는 것이다. 따라서 성장률의 장기 전망을 위해서는 과거 각국의 성장 경험을 장기적인 시계에서 살펴볼 필요가 있으며, 후발국과 선도국과의 소득격차가 축소될수록 따라잡기 속도는 둔화되는 경향이 있다는 것이다(Lucas, 2002). 교육 및 R&D 투자를 통한 인적자본 축적과 기술 혁신은 주어진 노동과 자

본의 생산성을 상승시킨다. 소위 교육으로 대표되는 인적자본은 양(+)⁵⁾의 외부효과를 지니며 인적자본의 수준이 높은 국가는 직접적으로 신기술의 도입에 유리할 뿐 아니라 효율적인 정부 및 제도를 가지게 됨으로써 TFPG 향상에 유리하게 작용한다는 것이다. 한편 정치·사회적 안정은 미래에 대한 불확실성 제거를 통해 투자에 긍정적으로 작용하고 소득불균형 완화는 장기적인 소비기반 확대에 도움이 된다. 한 경제에 외부적 충격이 가해질 경우 이는 분배효과를 수반하는 내부 조정과정을 요구하며, 이때 갈등조정 장치가 취약한 국가는 성장에 이로운 정책을 채택하지 못함에 따라 효율적인 조정이 어렵다는 것이다(Alesina and Perotti, 1994; Rodrik, 1999).

이러한 TFPG를 추정하는 기존의 접근방법들을 보면 회계적 방법인 성장 회계분석(growth accounting analysis)과 통계적 방법인 생산변경분석(production frontier analysis)으로 구분할 수가 있다. 성장회계 분석은 경제성장의 결과를 각 생산요소의 기여도로 구분하여 성장요인을 분석하고, 이때 총요소생산성은 경제성장에서 각 생산요소의 기여분을 제외한 잔차(residual)로 추정한다. Solow(1957)에 의하여 생산증가율에서 생산요소의 기여도를 제외한 잔차의 증가율로서 정의되는 TFPG는 이론적으로 생산함수의 이동을 의미하는 기술 진보(technical progress)로 해석된다.⁵⁾ 한편, 생산변경분석은 맴퀴스트 생산성 지수(Malmquist total factor productivity index)를 이용하여 TFPG를 기술 진보와 기술적 효율성의 변화요인으로 분해하여 추정하는 방법이다(Fare et al., 1994). 이러한 추정 방법으로는 모수적 방법인 확률적 변경함수(stochastic frontier function)를 추정·분석하는 확률변경분석(SFA, stochastic frontier analysis)과 비모수적(non-parametric) 방법인 자료봉합기법(DEA, data envelopment analysis)이 있다.⁶⁾

5) 성장회계분석은 관찰된 산출량이 최대산출량이라는 전제 아래 생산성을 분석하고 생산요소들의 성장에 대한 기여도 분석에 관심을 두고 있다. 따라서 이 방법은 TFPG와 기술 진보는 동일한 개념으로 이해되고 있다. 그러나 생산 활동이 매 시점 효율적으로 이루어지지 않는다면 관찰된 산출량이 최대 산출량을 보장하지 못하기 때문에 기술 진보는 총요소생산성을 결정하는 유일한 요인이 될 수 없다. 그 이유로는 주어진 생산기술을 보다 효율적으로 활용하는 기술적 효율성(technical efficiency) 개선도 총 요소생산성을 증가시키는 요인이 될 수 있기 때문이다. 따라서 생산성 향상은 기술 진보는 물론 기술적 효율성을 개선을 통해서도 가능하다.

2. TFPG 추정·전망 사례 및 시사점

우리나라의 TFPG 추정 및 전망에 관한 기존 연구 결과를 요약하면 다음의 <표 1>과 같다. TFPG의 장기 평균은 추정 기간이나 분석대상 및 표본의 설정과 추정 방법의 차이에 따라 다양하지만, 최근의 연구 결과들을 보면 2000년대 이후 지속적인 감소 추세를 보이고 있다. 2010년대 이후 최근까지는 1%대 내외 수준을 유지하는 것으로 분석되고 있다.

<표 1> 우리나라의 TFPG 추정 결과(Estimation results of TFPG of Korea)

연구자	TFPG(%)	추정기간
Kim and Lau (1994) ¹⁾	0 ; 1.2 ; -0.5	1966~1990
Young (1995)	1.6/2.6	1966~1990/1985~1990
Marti(1996)	1.6/1.4	1970~1985/1970~1990
Collins and Bosworth (1997)	1.5/2.1	1960~1994/1984~1994
Klenow and Rodriguez (1997)	2.5	1960~1985
Dowling and Summers (1998) ²⁾	2.93 ; 2.57 ; 2.21 2.74 ; 2.38 ; 2.02 3.91 ; 3.55 ; 3.19	1961~1975 1976~1985 1986~1995
EU KLEMS (2009)	5.2/4.0 2.4/2.2/1.3	1981~1985/1986~1990 1991~1995/1996~2000/2001~2005
표학길 외(2005)	2.6	1984~2002
박양수·문소상 (2005)	1.8/1.6	1991~2000/2001~2004
박형수·류덕현 (2006)	2.4/1.5/1.9	1981~1990/1991~2000/2000~2003
한진희·신석하 (2008) ³⁾	3.7 ; 2.5/3.8 ; 2.3 1.9 ; 0.8/1.8 ; 1.0 2.8 ; 2.0	1981~1985/1986~1990 1991~1995/1996~2000 2001~2005

6) Farrel(1957) 연구를 토대로 Aigner et al.(1977)와 Meeusen and Broeck (1977)에 의해 제안된 SFA 기법은 생산함수나 비용함수에 시간변수를 도입하고 계량경제학적 분석으로 기술 진보 및 기술적 효율성 변화를 측정하는 방법이다. 이 방법에서는 기술적 효율성을 오차항으로 포함하는 확률적 생산변경함수나 비용변경함수를 추정하고, 추정된 함수를 시간에 대해 미분하여 생산성 및 기술 진보를 포착하게 된다. 한편, Charnes et al.(1978)에 의해 제안된 생산성과 효율성 분석에 응용되는 DEA 기법은 선형계획법(linear programming method)을 이용하여 생산변경이나 비용변경을 추정하는 방법이다.

박우환(2012)	1.9/2.1/2.1/2.4 1.9/1.8/1.7/1.6 1.5	1971~1980/1981~1990/1991~2000/2001~2010 2011~2020/2021~2030/2031~2040/2041~2050 2051~2060
한국개발연구원 (2012) ⁴⁾	3.6/3.3/1.7/2.0 1.4/1.5/1.7→1.3	1981~1985/1986~1990/1991~1995/1996~2000 2001~2005/2006~2010/2011~2100
국회예산정책처 (2012)	1.5/1.2	2016~2020/2021~2060
신석하(2014)	2.9/0.8/0.9	1981~1990/1991~2000/2001~2010
한국개발연구원 (2017) ⁵⁾	3.7/2.0/1.7/0.9 1.2	1981~1990/1991~2000/2001~2010/2011~2020 2021~2100
권규호(2019)	2.0/1.6/0.7	1991~2000/2001~2010/2011~2018
권지호 외 (2019)	2.2/1.9/1.0/0.9	2001~2005/2006~2010/2011~2015/2016~2020
OECD(2020)	5.7/3.5/3.2/1.3	1985~1990/1991~2000/2001~2010/2010~2018

주: 1) 0=기술 진보 0, 1.2=자본체화(capital augmentation) 0이 아닌 경우, -0.5=성장회계접근법에 의해 구한 값, 2) 자본소득분배율이 각각 0.3, 0.35 및 0.4인 경우 값, 3) 성장회계모형에 각각 단순투입 및 질적 고려 경우 값, 4) 2011년 1.7%에서 하락하여 2100년 1.3%에 수렴 가정, 5) 낙관/비관 가정하에서 2021~2100년 전망은 각각 1.7/0.7

Note: 1) 0=technical progress 0, 1.2=capital augmentation is not equal 0 case, -0.5=estimated value of growth accounting method, 2) rate of capital income distribution is 0.3, 0.35 & 0.4, respectively, 3) values of simple input & quality in the growth accounting model, 4) TFPG is assumed to be declined from 1.7% in 2011 to 1.3% in 2100, 5) forecasts under the assumption of optimistic/pessimistic is 1.7/0.7 during the 2021~2100, respectively.

한편, OECD(2020)에서 발표한 1985~2018년까지 우리나라를 비롯한 OECD 23개국의 제1사분위(25%)에 속하는 국가, 제2사분위(중앙값, 50%), 제3사분위(75%)에 속하는 국가들의 TFPG 평균 추이를 보면 다음의 <표 2>와 같다.

<표 2> OECD 국가의 기간별 TFPG 평균(1985~2018)(Average of OECD countries' TFPG during the period of 1985~2018)

(단위: %)

	1985~1990	1991~2000	2001~2010	2011~2018	1985~2018
25%	0.52	0.49	-0.46	-0.09	0.08
50%	1.33	1.18	0.34	0.30	0.75
75%	2.15	2.13	1.25	0.81	1.57

또한, 우리나라를 비롯한 미국, 일본 등에서 TFPG 장기 전망과 관련된 기존 연구들, 즉 우리나라와 미국 및 일본의 공적연금재정의 장기추계 시 가정한 향후 TFPG 추이를 보면 다음과 같다. 우리나라의 경우 국민연금

제4차 재정계산(2018)을 위한 KDI(2017)의 거시 경제변수전망에서 전제 한 TFPG는 2021~2100년까지 중립, 낙관, 비관 가정은 각각 1.2%, 1.7%, 0.7%이었다. 미국의 SSA(Social Security Administration)는 2019년 재정계산보고서(OASDI, 2019)에서 전제한 향후 75년간 TFPG의 중립, 낙관, 비관 가정은 각각 1.63%, 1.93%, 1.33% 이었다. 일본의 경우 공적연금 관련 재정추계(후생노동성, 2019)에서 향후 100년까지 경제의 활성화/경제의 정체 가정하에서 TFPG의 중립, 낙관, 비관 가정은 각각 1.1%, 1.3%, 0.9%/0.6%, 0.8%, 0.3%이었다.

전술한 기존 연구들은 대부분 성장회계방법에 의해 잠재성장률을 추정·전망하는 과정에서 도출된 잔차를 TFPG로 산출하고 있다. 국내 TFPG의 전망 추이를 보면, 연구자별 추정 방법이나 분석 기간 등에 따라 절대적 수준에서는 큰 차이를 보이고 있지만, 장기적으로 하락추세를 보일 것으로 전망되고 있다. 이러한 배경에는 국내경제가 과거의 급속한 발전단계에서 점차 성숙단계에 접어들면서 완만한 경제성장이 예상됨에 따라 자본축적이나 노동력 등 생산요소투입의 성장에 대한 기여도 하락과 더불어 TFPG의 기여도 역시 낮아질 것으로 기대되고 있다. 특히 통계청의 장래인구추계가 최근에 이를수록, 즉 2016년 장래인구추계 및 2019년 장래특별인구추계에서 보듯이, 인구노령화의 진전 속도가 최근 전망에 이를수록 더욱 빠르게 진행될 것으로 예상⁷⁾되고 있다는 점에서 이러한 경향은 더욱 심화될 것으로 예상되고 있다. 이러한 여건 변화와 더불어 TFPG의 성장에 대한 기여도가 요소투입의 경우에 비해 상대적으로 커지고 있다는 기존 연구 결과 등을 고려할 때, 향후 예상되는 노동이나 자본 등 생산요소투입 증가율의 급격한 둔화를 완화시킬 수 있는 TFPG 성장에 대한 제고 방안을 모색하는 것이 잠재성장력 확충을 위한 주요 과제로 부각되고 있다.

이와 관련 잠재성장률을 전망하는 기존 연구들을 보면, 대부분 TFPG는 선행 연구결과나 주요국의 경험 등을 토대로 외생적으로 전제하고 생산요소 투입에 대한 시나리오별 예측을 전제로 잠재성장률에 대한 전망을 수행하고 있다. 이와 관련된 하나의 사례로 국내 국민연금의 장기재정추계를 위한

7) 통계청의 2016년/2019년 인구추계에서 노령인구 구성비가 각각 2015년/2016년 12.8%/13.8%에서 2026년/2025년 20%, 2037년/2036년 30%, 2058년/2051년 40%를 초과할 것으로 전망하여 노령화 진전 속도가 최근 전망에서는 더욱 빨라질 것으로 나타났다.

KDI(2012, 2017) 연구를 보면, 내생적 성장이론에 바탕을 두고 성장 회계(growth accounting)에 의해 도출된 TFPG를 종속변수로 하는 패널회귀방정식을 추정하였지만, 개별 설명변수에 대한 가정 설정에 대한 문제점 등으로 추정 결과를 전망모형으로 활용하지 않고 TFPG 전망치는 시나리오 형태로 외생적으로 설정하였다. 또한, 미국 및 일본의 공적연금 장기재정추계 시 장기 경제성장률 전망을 위한 외생변수 중 하나로 성장회귀에 의한 잔차를 TFPG로 설정하고, 이의 향후 성장 경로는 기존 연구결과 등을 토대로 시나리오 형태로 가정치를 설정하였다. 이러한 TFPG 전망치에 대한 외생적 시나리오 설정과 관련 하여 기존 연구들은 명확한 논리적 근거를 제시하지는 못하고 있다. 이에 따라 본 연구는 내생적 성장이론을 토대로 국내 TFPG에 대한 추정 및 전망모형을 구축한다. 분석 기간 중 우리나라가 경험하지 못한 노령화 등 TFPG 결정요인에 대한 효과를 살펴보기 위해 OECD 국가를 대상으로 하는 패널회귀모형을 추정한다. 그리고 추정모형을 이용하여 TFPG 장기전망을 수행하고, 비관측인자(unobserved factor)인 TFPG 전망치의 불확실성을 고려하여 시뮬레이션(simulation)에 의한 확률분포의 추정을 통하여 여건 변화에 대한 시나리오 설정과 관련된 논리적 근거를 살펴본다.

Ⅲ. 실증분석

1. 추정모형 및 추정 방법

실증분석을 위한 추정모형으로는 최근 OECD(2020)에서 발표한 OECD 국가에 대한 총요소 생산성 증가(TFPG) 자료 및 TFPG의 결정요인(X) 관련 선행연구 등을 토대로 다음과 같이 패널회귀모형을 구축한다.⁸⁾

8) 국가별 거시경제 여건의 상이성 등으로 TFPG에 대한 결정요인들이 다르게 나타날 수 있지만, 전술한 내생적 성장이론 및 기존 연구 등을 토대로 패널회귀모형을 설정한다. 대안적 접근방법으로는 국가별 GDP, 자본스톡 및 노동력 등 생산요소 관련 패널자료를 이용하여 생산함수를 추정하고, 성장회계법에 의해 TFPG를 산출하고 이에 대한 결정요인의 함수로 패널회귀모형을 구축할 수도 있다(관련 연구는 박무환 외, 2011 참조). OECD(2020)에서 발표한 TFPG 자료를 이용하지 않고 생산함수접근법을 이용할 경우, TFPG 대신 수준변수 TFP를 종속변수로 하는 모형구축

$$TFPG_{i,t} = \alpha + \beta X_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

단, α 및 β 는 추정계수, 아래첨자 i,t 는 각각 국가 및 시간, ϵ 는 잔차항(error term)이다.

TFPG 결정요인과 관련하여서는 전술한 내생적 성장이론 및 관련 선행연구 등에 따라 먼저, 중요소생산성 증가요인으로 경제의 효율성을 제고하는 것으로 알려진 대외 개방, 소득 수준, 연구개발투자(R&D) 등을 통제변수(control variables, X)로 고려한다.⁹⁾ 다음으로는 최근 UN 및 통계청의 인구 전망에서 보듯이, 인구노령화의 진전 속도가 최근 전망에 이룰수록 더욱 빠르게 진행될 것으로 예상되고 있다는 점에서 중요소생산성 하락요인으로 인구노령화 비중을 통제변수로 고려한다.¹⁰⁾ 소득수준이나 대외개방도, R&D 등은 신기술 도입이나 국내시장의 효율적 자원배분 등을 통해 TFPG의 지속적 향상에 긍정적으로 작용한다는 점에서 기대되는 부호는 모두 양(+)이지만, 인구노령화는 생산성 하락이 기대된다는 점에서 음(-)이다. 이와 더불어 통제변수의 누락이나 추정계수의 민감도(sensitivity) 등 분석을 위해 전술한 모형에다 시간 추세나 연도 더미변수를 추가한 모형도 고려한다.¹¹⁾ 또한 모형의 정상성(stationarity) 여부나 TFPG와 설명변수 간의 공적분(cointegration) 존재 등에 대한 패널분석을 수행한다.¹²⁾ 한편, 전

이 가능하다는 점에서 필터링(filtering)에 의한 장기추세를 추출하여 분석 및 전망에 활용하려는 목적과 방법론상 생산함수접근법이 더 적절한 방안으로 보여진다.

- 9) 이러한 요인들이 경제성장에 기여하는 경로를 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 대외 개방은 선진 기술·지식의 유입 기회 및 시장을 제공할 뿐만 아니라 시장의 효율적인 자원배분을 촉진하고 소득수준의 증가는 유효수요를 증대시킨다는 점에서, 그리고 R&D 투자는 기술혁신을 통해 주어진 노동과 자본의 생산성을 상승시킨다는 점에서 TFPG 향상에 긍정적으로 작용한다.
- 10) 분석기간 동안 국내에서 경험하지 못하였던 인구노령화에 대한 영향을 OECD 국가들을 대상으로 하는 패널회귀모형을 통하여 파악할 수 있다.
- 11) 통상적으로 시간추세 및 연도더미는 장기성장에 대한 잠재적 기술 진보 효과를 반영할 뿐만 아니라 통제변수와 관련이 없는 구조개혁 등을 반영할 수 있다.
- 12) Stock and Watson(2003)에 의하면, 설명변수와 종속변수 간에 공적분 관계가 존재하는 경우, 설명변수에 내생성이 존재하더라도 동태적 최소자승 패널 공적분 모형(DOLS, dynamic OLS co-integrating panel estimation)에 의한 추정량은 일치 추정량(consistent estimator)이 된다는 것이다. 또한, 단순 OLS 모형에 설명변수의 차분 항에 대한 선행 및 후행 항을 추가함으로써 단기적 동태 효과를 고려할 수가 있으며, 종속변수와 설명변수간의 장기적인 관계는 추정치인 동태적 누적승수(cumulative dynamic multiplier)를 통해 분석할 수가 있다.

술한 모형에서 잔차항($\epsilon_{i,t}$)의 체계적 경향, 즉 다른 국가에 비해 어떤 국가
는 매우 높은 값을 보이는 것이나 그리고 다른 시점에 비해 어떤 시점에 높
은 값을 나타내는 가능성 등을 다루기 위해 두 가지 형태의 추정 방법을 고
려한다. 관측 불가능한 개별국가(i)의 특성을 반영하는 비관측 효과
(unobserved effect)를 나타내는 잔차항에 대한 가정에 따라 모형의 성격
과 추정 방법을 달리한다. 잔차항이 다른 설명변수와 상관관계가 있다고 가
정하는 경우에는 개별국가 혹은 서로 다른 시점에 대하여 분리된 절편
(intercept)을 사용하는 고정효과모형(fixed effect model), 그렇지 않은
경우는 확률효과모형(random effect model)을 사용하여 비관측 효과를
추정한다.

2. 자료 및 출처

먼저, 본 연구에서 이용된 자료는 OECD 23개국의 1985~2018년까지
의 패널자료이다. 분석대상 국가는 TFPG의 시계열 자료가 가능한 OECD
23개국, 즉 Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark,
Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Japan, Korea,
Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Portugal,
Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom, United States 등
이다. 이러한 자료는 국가별로 이용·가능한 시계열이 서로 다르다는 점에
서 불균형 패널자료(unbalanced panel data)이다. 다음으로, 자료의 정
의 및 출처는 다음과 같다. 전술한 패널회귀식의 종속변수인 TFPG는
GDP 변화율과 노동 및 자본 투입요소 변화율의 차이로 정의된다.¹³⁾
TFPG의 결정요인으로는 1인당 소득수준(GDP per capita), 명목 GDP
대비 기술개발투자 비율인 R&D, 실질 GDP 대비 수출입 합계 비율인 대
외개방도, 총인구 대비 65세 이상의 인구 비율인 인구노령화 등이다. 연간
시계열 자료의 출처는 OECD, 세계은행(World Bank)의 세계발전지표
(WDI, world development indicators) 등이다. 이러한 자료의 정의 및
출처 등을 요약하면 다음의 <표 3>과 같다.

13) TFPG에 대한 세부적인 추정 방법은 OECD(2004) 참조.

〈표 3〉 자료의 내용 및 출처(Contents and sources of data)

변수명	내용	단위	출처
GDPcap	1인당 GDP, 구매력평가, 2015년 기준	US\$	OECD
OPEN	대외개방도(수출입의 합/GDP)	%	WDI
R&D	경상 GDP 대비 기술개발투자 비중	%	WDI
ODR	총인구 대비 65세 이상 인구	%	WDI
TFPG	총요소생산성 증가율	%	OECD

Source: OECD, <http://Stats.OECD.org/index.aspx?lang=en>,
 WDI, <http://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

3. 기초통계량

실증분석을 위한 표본의 통계적인 특징을 첫째, OECD 23개국의 표본 전체에 대한 TFPG 기초통계량을 평균값 중심으로 살펴보면 〈표 4〉와 같다.¹⁴⁾ 1985~2018년 분석 기간 중 우리나라의 TFPG는 평균 2.88%로 OECD 23개국의 평균 0.82%에 비해 매우 높은 수준을 보이고 있다. 이를 기간별로 살펴보면 1985~1990년 5.74%, 1991~2000년 3.51%, 2001~2010년 3.20%, 2011~2018년 1.34%로 지속적인 하락세를 보이고 있다. 이에 대한 역사적 추이를 보면, 1990년 5.74%에서 출발하여 1997년 3.67%에서 아시아 외환위기를 경험한 직후 1998년 0.47%, 1999년 7.16%로 급등락하는 모습을 시현하였다. 그 이후 2008년 3.53%에서 글로벌 금융위기 직후 2009년 1.53%, 유로 재정위기에 즈음한 2012년 0.27%로 최저수준에 달하였다가 2013년 1.14%로 회복하였으나 2015년 0.46%로 하락하는 등 등락하는 모습을 보이다가 회복 추세를 보여 2018년에는 2.02% 수준을 보이고 있다.

14) 분석에 사용한 우리나라 자료들의 역사적 추이는 〈부록〉의 〈부도 1〉 참조.

〈표 4〉 기간별 TFPG 평균(1985~2018)(Average of TFPG during the period of 1985~2018)

(단위: %)

국가	1985~1990	1991~2000	2001~2010	2010~2018	1985~2018*
Australia	-0.53	1.36	0.35	0.54	0.53
Austria	2.16	1.76	0.59	0.24	0.99
Belgium	1.01	0.75	0.20	0.03	0.46
Canada	-0.05	1.07	0.11	0.64	0.49
Denmark	0.75	0.98	-0.04	0.95	0.63
Finland	2.15	2.20	0.81	0.48	1.38
France	1.71	0.92	0.20	0.50	0.75
Germany	1.68	1.25	0.38	0.88	0.98
Greece	-0.75	0.81	-0.01	-1.28	-0.06
Ireland	3.02	3.53	1.08	0.97	2.27
Italy	1.24	0.80	-0.62	0.01	0.27
Japan	2.82	0.59	0.46	0.73	0.98
Korea	5.74	3.51	3.20	1.34	2.88
Luxembourg	-	1.19	-0.30	-0.19	0.06
Netherlands	1.06	0.92	0.33	0.21	0.61
New Zealand	-0.11	0.73	0.20	0.11	0.30
Norway	3.15	2.72	-0.35	0.25	1.02
Portugal	3.27	0.72	-0.14	-0.00	0.76
Spain	1.11	0.34	-0.17	0.12	0.28
Sweden	-0.14	1.06	0.79	0.38	0.61
Switzerland	-	0.37	0.49	0.47	0.44
United Kingdom	0.90	1.59	0.78	0.16	0.89
United States	0.72	1.05	1.16	0.26	0.84
OECD(23개국)	1.29	1.32	0.41	0.34	0.82

주: Austria(1989~2018), Germany and Korea(1990~2018), Greece and Norway(1990~2017), Ireland(1985~2014), Japan, Portugal and Sweden(1985~2017), Luxembourg(1996~2018), Netherlands(1987~2018), Spain(1985~2016), Switzerland(1992~2018), 나머지 국가들(1985~2018년).

Note: Austria(1989~2018), Germany and Korea(1990~2018), Greece and Norway(1990~2017), Ireland(1985~2014), Japan, Portugal and Sweden(1985~2017), Luxembourg(1996~2018), Netherlands(1987~2018), Spain(1985~2016), Switzerland(1992~2018), Other countries(1985~2018년).

둘째, TFPG를 포함한 이의 결정요인들에 대한 기초통계량은 다음의 〈표 5a〉와 같다. 개별변수들의 평균(표준편차) 중심으로 살펴보면, 1인당 GDP(GDPcap)은 40,577.89달러(14,382.03달러), 대외개방도(OPEN)는 79.20%(55.45%), R&D는 2.03%(0.82%), 노령화 비중 ODR은

15.18%(3.22%), 및 TFPG는 0.80%(1.67%) 수준을 보이고 있다.

〈표 5a〉 기초통계량(1985~2018, OECD 23개국)(Basic statistics of OECD 23 countries during the period of 1985~2018)

변수	관찰치	평균	표준편차	최소	최대
GDPcap	782 (34)	40,577.9 (24,314.0)	14,382.0 (10,157.2)	8,022.8 (8,022.8)	107,765.8 (40,856.3)
OPEN	782 (34)	79.20 (70.98)	55.45 (18.50)	16.01 (47.58)	408.36 (110.00)
R&D	492 (22)	2.03 (3.09)	0.82 (0.85)	0.42 (2.06)	4.55 (4.55)
ODR	782 (22)	15.18 (8.32)	3.22 (3.01)	4.48 (4.48)	27.57 (14.41)
TFPG	732 (29)	0.80 (2.88)	1.67 (1.65)	-6.41 (0.27)	8.30 (7.15)

주: ()값은 우리나라의 경우에 대한 수치임.

Note: The values in the parenthesis is the case of Korea.

〈표 5b〉 장기추세의 기초통계량(1985~2018, OECD 23개국)(Basic statistics of the long run trends of OECD 23 countries during the period of 1985~2018)

변수	관찰치	평균	표준편차	최소	최대
HPGDPcap	782 (34)	40,577.9 (24,314.0)	14,283.9 (10,146.1)	7,905.8 (7,905.8)	105,757.5 (40,972.7)
HPOPEN	782 (34)	79.20 (70.98)	55.09 (15.78)	16.96 (53.16)	405.37 (92.78)
HPRND	492 (22)	2.03 (3.09)	0.81 (0.82)	0.46 (2.01)	4.56 (4.56)
HPODR	782 (34)	15.18 (8.32)	3.21 (3.00)	4.42 (4.42)	27.72 (14.21)
HPTFPG	732 (29)	0.80 (2.88)	0.92 (0.87)	-1.42 (1.39)	4.42 (4.42)

주: ()값은 우리나라의 경우에 대한 수치임.

Note: The values in the parenthesis is the case of Korea.

셋째, 본 연구의 목적 중 하나는 TFPG에 대한 장기 전망모형을 구축하고 장기 전망을 수행하는데 있다는 점에서 패널회귀모형 추정에 사용한 자료는 전술한 변수들의 장기추세, 즉 HP Filter¹⁵⁾에 의해 구한 추세치를

15) HP Filter는 실적치(y_t)와 추세치(\hat{y}_t) 차이의 자승 합과 평활계수(ω)로 제약한 추세치 2차 차분 자승 합을 합한 값을 최소화함으로써 추세치를 구한다. 즉,

이용한다. 장기 추세변수들의 평균(표준편차) 중심으로 살펴보면(〈표 5b〉), 표본기간 중 평균값은 실적치 경우와 동일하지만 표준편차, 최소 및 최대치는 대부분 다소 작은 값을 보이고 있다.

4. 패널 분석

패널 단위근 검정은 크게 횡단면 개체들 간에 공통 단위근 과정(common unit root process)과 개별 단위근 과정(individual unit root process)을 가정하는 검정으로 구분되는데, 전자에는 Breitung(2000) 및 Levin, Lin and Chu(2002, 이하 LLC), 후자에는 Im et. al., Pasaran and Shin(2003, 이하 IPS), ADF 및 PP 검정방법을 이용한 Fisher 형태의 검정방법에 대한 Maddala and WU(1999), Choi(2001) 및 Hardi(2000) 등 연구가 있다.¹⁶⁾ 패널 단위근 검정을 수행한 결과는 다음의 〈표 6a, 6b〉와 같다. TFPG는 모든 검정방법에 있어서 단위근이 존재하지 않지만, 결정요인 수준변수는 OPEN, ODR을 제외하고는 단위근이 존재하지만, 1차 차분변수는 ODR를 제외하고는 모두 단위근이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

그러나 장기 추세의 경우 HPTFPG를 비롯한 결정요인들의 수준변수는 단위근이 존재하지만, 이들 1차 차분변수는 대체로 단위근이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

$$\text{Min} \left[\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 + \omega \times \sum_{t=2}^T [(\hat{y}_{t+1} - \hat{y}_t) - (\hat{y}_t - \hat{y}_{t-1})]^2 \right]$$

관련 기존 연구 및 연간 시계열 자료 등을 감안하여 평활계수(ω)는 200을 사용, 자세한 내용은 Hodrick, R. and Prescott, E.(1994) 참조. HP Filter 접근법은 필터링 방법이나 시계열의 종점 선택에 따라 순환변동의 값이 상당히 다르고, 단일 변수 추정이어서 정보추출에는 한계가 존재한다.

- 16) 이러한 연구들은 모두 단위근이 존재한다는 귀무가설을 전제하고 있으며, 또한 Monte Carlo 시뮬레이션을 통해 패널 단위근 검정방법이 전통적인 시계열 단위근 검정방법보다 검정력이 강하다는 것을 증명하였다.

〈표 6a〉 패널 단위근 검정 결과(Testing results of panel unit root test)

변수		공통 단위근 과정		개별 단위근 과정		
		LLC (t-stat)	Breitung (t-stat)	IPS (W-stat)	ADF-Fisher (χ^2 -stat)	PP-Fisher (χ^2 -stat)
GDPcap	수준변수	-1.30 (0.095)	-0.97 (0.164)	0.07 (0.529)	51.36 (0.272)	32.81 (0.928)
	차분변수	-12.31 (0.000)	-11.43 (0.000)	-10.92 (0.000)	197.87 (0.000)	464.23 (0.000)
OPEN	수준변수	-5.69 (0.000)	-2.92 (0.002)	-5.28 (0.000)	107.60 (0.000)	103.24 (0.000)
	차분변수	-21.60 (0.000)	-11.11 (0.000)	-19.47 (0.000)	362.90 (0.000)	1403.78 (0.000)
R&D	수준변수	-1.29 (0.098)	0.81 (0.792)	-0.32 (0.373)	61.10 (0.067)	40.32 (0.708)
	차분변수	-10.56 (0.000)	-6.69 (0.000)	-9.24 (0.000)	163.74 (0.000)	422.01 (0.000)
ODR	수준변수	-8.53 (0.000)	-3.00 (0.001)	-6.64 (0.000)	160.12 (0.000)	13.01 (0.000)
	차분변수	-1.92 (0.027)	0.50 (0.693)	-0.13 (0.446)	39.54 (0.737)	18.23 (0.999)
TFPG	수준변수	-16.58 (0.000)	-9.55 (0.000)	-15.58 (0.000)	207.62 (0.000)	547.71 (0.000)
	차분변수	-18.72 (0.000)	-16.19 (0.000)	-24.58 (0.000)	510.20 (0.000)	5149.78 (0.000)

주: 패널 단위근 검정은 검정통계량 계산 시 개별추세 및 절편을 포함한 검정방정식을 사용하였으며, 귀무가설은 단위근 존재임. ()는 p-value.

Note: Testing statistics of panel unit root test are calculated using a testing equation with individual trend and intercept. Null hypothesis: unit root exists. The values in the parenthesis is p-value.

〈표 6b〉 장기추세의 패널 단위근 검정 결과(Testing results of the long run trends of panel unit root test)

변수		공통 단위근 과정		개별 단위근 과정		
		LLC (t-stat)	Breitung (t-stat)	IPS (W-stat)	ADF-Fisher (χ^2 -stat)	PP-Fisher (χ^2 -stat)
HPGDPcap	수준변수	19.79 (1.000)	10.50 (1.000)	3.75 (0.999)	73.28 (0.006)	31.16 (0.953)
	차분변수	-2.86 (0.002)	1.30 (0.956)	-10.27 (0.000)	190.33 (0.000)	9.81 (1.000)
HPOPEN	수준변수	2.43 (0.992)	0.80 (0.789)	-8.76 (0.000)	200.09 (0.000)	60.27 (0.077)
	차분변수	2.53 (0.994)	5.00 (1.000)	-2.00 (0.022)	87.43 (0.000)	14.52 (1.000)
HPRND	수준변수	-3.16 (0.008)	1.55 (0.945)	-2.66 (0.003)	124.83 (0.000)	19.01 (0.999)

	차분변수	-3.91 (0.000)	3.04 (0.998)	-6.06 (0.000)	124.41 (0.000)	20.20 (0.999)
HPODR	수준변수	11.07 (1.000)	0.67 (0.750)	-0.98 (0.161)	15.47 (0.016)	10.39 (0.109)
	차분변수	23.04 (1.000)	3.97 (1.000)	-2.65 (0.000)	124.81 (0.000)	12.04 (1.000)
HPTFPG	수준변수	-1.35 (0.986)	5.64 (1.000)	-4.05 (0.000)	122.07 (0.000)	54.92 (0.172)
	차분변수	-7.74 (0.000)	-0.34 (0.634)	-6.27 (0.000)	146.93 (0.000)	11.74 (1.000)

주: 패널 단위근 검정은 검정통계량 계산 시 개별추세 및 절편을 포함한 검정방정식을 사용하였으며, 귀무가설은 단위근 존재임. ()는 p-value.

Note: Testing statistics of panel unit root test are calculated using a testing equation with individual trend and intercept. Null hypothesis: unit root exists. The values in the parenthesis is p-value.

〈표 7〉 패널 공적분 검정 결과(Testing results of the panel cointegration test)

공적분 유형		t-통계량	p-값
Perdoni (2004)	Panel v-Statistics	-2.10/-4.02 (1.78/0.80)	0.982/1.000 (0.037/0.209)
	Panel rho-Statistics	3.50/1.47 (2.77/3.07)	0.999/0.929 (0.997/0.998)
	Panel PP-Statistics	1.32/-2.58 (1.98/2.07)	0.907/0.004 (0.976/0.981)
	Panel ADF-Statistics	0.70/-2.72 (-20.2/-12.3)	0.759/0.003 (0.000/0.000)
	Group rho-Statistics	5.49/4.37 (4.80/5.18)	1.000/1.000 (1.000/1.000)
	Group PP-Statistics	2.51/-1.89 (3.54/3.78)	0.994/0.029 (0.999/0.999)
	Group ADF-Statistics	1.50/-0.55 (-13.4/-14.9)	0.934/0.288 (0.000/0.000)
Kao (1999)	ADF	-3.12/-0.10 (1.88/-1.88)	0.000/0.458 (0.029/0.029)

주: ()값은 장기추세 경우, 귀무가설은 공적분 부재, 공적분 검정식은 절편만 포함한 경우, /전후는 수준변수/차분변수 경우 값임

Note: The values in the parenthesis is the case of long run trends, Null hypothesis: cointegration does not exist, Testing equation with intercept, /before and after values is the case of level variable and that of difference variable, respectively.

1990년대 후반 이후 공적분 기법은 패널자료에 적용이 확대되어 패널 공적분에 대한 많은 연구가 이루어졌다.¹⁷⁾ 전술한 GDPcap, OPEN, R&D,

17) 이와 관련 Baltagi(2005), Baltagi and Kao(2001) 등은 비정상패널

ODR, TFPG 등 5개 패널자료의 수준 및 장기추세 변수에 대하여 Kao (1999), Perdoni(2004) 등이 개발한 패널 공적분 검정방법을 적용한 검정 결과(〈표 7〉)에 의하면, 대부분의 검정통계량 경우 5 변수 간에 공적분 관계가 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각하기는 어려운 것으로 나타났다.

5. 추정 결과

본 연구의 목적이 TFPG에 대한 장기 전망모형을 구축하는 데 있으므로 패널 회귀모형의 추정에 사용한 자료는 HP Filter에 의해 구한 추세이다.¹⁸⁾ 전체 표본국가, 즉 OECD 23개국을 대상으로 종속변수인 TFPG 장기추세(HPTFPG)의 설명변수들은 1차 차분변수들이인 일인당 GDP 상승률(DHPGDPcap), 대외개방도 변화(DHPOPEN), 노령인구 비중 변화(DHPODR) 및 R&D(HPRND)간 확률효과기법에 의한 패널회귀 추정 결과를 보면 다음의 〈표 8〉과 같다.

패널회귀 추정모형들은 전술한 결정요인 변수들만으로 설정된 모형1, 모형1에 시간추세(trend)를 추가한 모형2, 시간추세 대신에 시간더미(time dummies)를 추가한 모형3 등이다. 이러한 추정모형들에 확률효과(random effect)기법을 사용한 추정 결과를 보면, 모형1의 경우 설명변수들의 추정계수는 통계적 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타났다. 모형2의 경우 R&D에 대한 추정계수는 통상적인 유의수준에서 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 모형3의 경우 설명변수의 누락이나 구조개혁 등을 반영하는 연도더미는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 추정모형들의 설명력은 차분변수임에도 불구하고 조정결정계수(\bar{R}^2)가 88% 이상으로

(non-stationary panels), 패널 공적분(panel cointegration) 및 동태패널(dynamics panels)에 관한 연구를, Perdoni(1999, 2004)는 동태패널에서 공적분 존재의 귀무가설을 위한 잔차 기반 검정들의 특성을 분석하였다. Kao(1999)는 패널 자료에서 공적분 회귀를 위한 잔차 기반 검정을, McCoskey and Kao(1998)는 패널자료에서 공적분 존재의 귀무가설을 잔차 기반의 LM(Lagrangian Multiplier) 검정을 제안하였다.

18) 장기 경제성장률 전망의 전제로 TFPG에 대한 장기 전망을 수행한 선행연구들은 TFPG를 외생변수로 간주하여 확정적(deterministic) 방법론을 사용하여 이의 장기 추세를 도출하였다. 이와는 달리 본 연구는 확률적(stochastic) 방법론을 적용하여 TFPG를 내생변수로 간주하여 결정요인 간의 관계를 통해 전망모형을 구축하고 이를 이용하여 장기 추세를 도출한다.

매우 양호하게 나타났다. 한편, Hausman 검정 결과를 보면, 모든 경우에 있어서 통상적인 유의수준에서 확률효과방법을 기각할 수 있는 것으로 나타났다.¹⁹⁾

〈표 8〉 확률효과모형 추정 결과(Estimation results of the random effects model)

추정모형 설명변수	모형1	모형2	모형3
상수항	-0.3832(-2.66)***	-0.5307(-3.23)***	0.0129(0.17)
시간추세	-	0.0128(3.00)***	-
DHPGDPcapt	0.5030(26.2)***	0.5441(22.0)***	0.4946(18.8)***
HPRNDt	0.1501(2.99)***	0.0800(1.44)	0.1072(1.95)**
DHPODRt	-0.5010(-3.02)***	-0.8362(-4.32)***	-0.9538(-4.94)***
DHPOPENt	0.0554(2.72)***	0.0638(3.06)***	0.0824(3.99)***
관찰치/자유도	488/483	488/482	488/463
R^2/\bar{R}^2	0.8816/0.8807	0.8851/0.8839	0.8961/0.8907
F(time)	-	-	2.73(0.0000)
Hausman	16.19(0.0027)	17.16(0.0041)	18.70(0.0164)

주: 추정계수 ()는 t값, F(time)는 귀무가설(연도 더미변수의 계수는 모두 0)에 대한 F-통계량(한계유의수준), Hausman의 χ^2 -통계량 (한계유의수준), ***, **는 각각 1%, 5% 유의수준.

Note: The estimated values in the parenthesis is t-value, F(time) is F-statistics(marginal significance level) of the null hypothesis that the coefficients of yearly dummy variables are all 0, Hausman is χ^2 -statistics(marginal significance level), ***, ** denotes 1%, 5% significance level, respectively.

전술한 검정 결과를 토대로 고정효과모형을 이용한 추정 결과(〈표 9〉)를 보면, 모형1, 모형2 및 모형3의 경우 추정계수의 크기에 다소 차이는 있지만, 추정계수의 통계적 유의성이나 모형의 설명력 등은 확률효과모형에 의한 추정 결과와 매우 유사한 모습을 보이고 있다. 모형3의 경우 연도더미계수는 귀무가설을 기각할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 모든 경우에 있어서 개별국가 효과를 반영하는 국가더미변수에 대한 검정 결과 이들 추정계

19) Hausman 검정은 고정효과모형과 확률효과모형 방식에 의해 추정치 간 차이가 없다는 귀무가설에 대한 χ^2 검정을 통해 수행한다. 즉, 귀무가설이 채택되면 확률효과모형, 기각되면 고정효과모형을 선택할 수 있다. 모형1, 모형2 및 모형3의 Hausman 검증결과는 각각 $\chi^2=16.19$ (p-value=0.0027), $\chi^2=17.1$ (p-value=0.0041), $\chi^2=18.7$ (p-value=0.0164)로 나타나 귀무가설을 기각할 수 있는 것으로 나타났다.

수가 모두 영(zero)이라는 귀무가설은 1% 유의수준에서 기각할 수 있는 것으로 나타났다.²⁰⁾

〈표 9〉 고정효과모형 추정 결과(Estimation results of the fixed effects model)

추정모형 설명변수	모형1	모형2	모형3
시간추세	-	0.0164(3.71)***	-
DHPGDPcapt	0.4816(23.8)***	0.5386(21.4)***	0.4874(18.2)***
HPRNDt	0.1185(2.03)**	0.0255(0.40)	0.0639(1.04)
DHPODRt	-0.6161(-3.60)***	-1.0237(-5.08)***	-1.1291(-5.65)***
DHPOPENt	0.0827(3.56)***	0.0874(3.81)***	0.1061(4.71)***
관찰치/자유도	488/461	488/460	488/441
R^2/\bar{R}^2	0.8825/0.8759	0.8859/0.8792	0.8968/0.8860
F(time)	-	-	3.02(0.0000)
F(country)	24.81(0.0000)	17.73(0.0000)	17.20(0.0000)

주: F(country)는 귀무가설(개별국가 더미변수 계수는 모두 0)에 대한 F-통계량, 기타 통계량은 〈표 8〉 참조.

Note: F(country) is F-statistics of the null hypothesis that the coefficients of individual country dummy variables are all 0. Refer to the other statistics of the table III-6.

6. 패널회귀결과를 이용한 TFPG 전망

국가별 거시경제 여건의 상이성 등으로 전술한 패널회귀결과를 국내에 그대로 적용시키는 것에는 문제가 있지만, 국내 시계열 자료만을 이용할 경우 나타날 수 있는 자유도 문제, 그리고 추정기간 동안 국내에서 경험하지 못 하였던 점을 반영할 수 있는 장점이 있다는 점을 고려하여 패널회귀모형의 추정계수를 국내 경우에도 그대로 적용한다. 전술한 모형2 및 모형3의 경우, 일부 설명변수들의 통계적 유의성이 떨어지는 등 추정계수가 기대에 부합 되지 않는 모습을 보이고 있다는 점을 감안하여 설명변수들의 추정계수가 기대에 부합되는 방향으로 나타난 고정효과모형에 의한 모형1을 TFPG 장기 전망모형으로 이용한다.²¹⁾ 전망 시계는 통계청(2019)의 인구추계기

20) 국가더미변수에 포함에 대한 타당성 여부는 추정계수에 대한 F(country) 통계량으로 검증하고, 주요 결론에 큰 영향을 주지 않는 이들 계수들은 복잡성을 피하기 위해 F-통계량으로 같음한다. 모든 경우에 대한 F-통계량의 p-value는 0.0000으로 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각할 수 있는 것으로 나타났다.

21) 경쟁모형으로 모형3이 모형1의 경우에 비해 추정계수의 통계적 유의성은 떨어지지

간을 감안하여 장기 전망시계는 2067년까지로 설정한다.

(1) 전망의 전제

먼저, 단일변수만을 대상으로 분석한 전망 결과는 다음과 같다. 첫째, 통계청의 장래인구 특별추계(2019)에 의하면 우리나라의 노령인구는 중위²²⁾ 추계 시나리오에 의하면 2017년 현재 5,136만 명에서 증가하다가 2028년 5,194만 명을 정점으로 감소하여 2067년 3,929만 명에 이를 전망이다.²³⁾ 한편 노령인구 비중 추이를 보면, 1985년 4.3%에서 지속적으로 증가하여 2017년에는 13.8%, 장기 추세치는 1985년 4.16%에서 지속적으로 증가하여 2017년 13.6%에 달하는 것으로 나타났다. 시나리오별 노령인구 비중의 중위 시나리오 전망치는 2020년 15.7%에서 지속적으로 상승하여 2067년에는 46.5%, 고위 시나리오 경우 중위 시나리오에 비해 2067년 2.9%p 낮은 반면, 저위 시나리오의 경우 중위 시나리오 전망에 비해 2067년 3.1%p 높게 나타났다.

만 설명력(\overline{R}^2) 측면에서는 모형1에 비해 전망모형으로 보다 적합한 것으로 보여진다. 그러나 패널회귀모형을 국내에 적용하였을 경우 추정기간 동안 평균자승근오차%(RMSE%)를 보면 모형1은 10.86, 모형3은 12.02로 나타나 모형1을 전망모형으로 설정하였다.

- 22) 통계청 추계에서 출생, 기대수명, 국제순이동 추세 조합 가정 중 3개(중위, 고위, 저위) 시나리오의 인구변동요인별 추계결과는 다음과 같다.

인구변동요인	2017년	2021년			2067년			
		고위	중위	저위	고위	중위	저위	
합계출산율	1.05명	1.09명	0.86명	0.78명	1.45명	1.27명	1.10명	
기대수명	전체	82.7세	83.9세	83.4세	82.8세	91.1세	90.1세	88.9세
	남자	79.7세	81.0세	80.5세	80.0세	89.3세	88.5세	87.4세
	여자	85.7세	86.8세	86.3세	85.6세	92.8세	91.7세	90.4세
국제순이동	191천명	109천명	68천명	28천명	96천명	35천명	-23천명	

- 23) 인구정점은 저위 추계 가정 시 2019년 당겨지고, 고위 추계 가정 시 2036년까지 늦춰질 것으로 전망되고 있다.

〈표 10〉 노령인구 비중 전망 시나리오(Forecast scenario of the old population ratio)

(단위: %)

기간	노령인구 비중*		
	중위	고위	저위
2018~2020	15.7	15.7	15.7
2021~2030	25.0	24.7	25.2
2031~2040	33.9	33.2	34.4
2041~2050	39.8	38.7	40.9
2051~2060	43.9	41.9	46.0
2061~2067	46.5	43.6	49.6

주: * 기간 말 수치임.

자료: 통계청(2019).

Note: * denotes the value of the end of the period.

Source: National Statistical Office (2019).

둘째, 일인당 GDP 성장률 추이를 보면, 1986년 9.64%에서 등락하는 모습을 보이고는 있지만 하락하여 외환위기인 1998년에는 -6.34%, 글로벌 금융위기인 2009년에는 0.27%, 유로재정위기인 2012년에는 1.84%, 2018년에는 2.15%를 시현하였다. 장기 추세치는 1986년 9.84%에서 지속적으로 하락하여 2018년 2.17%에 달하는 것으로 나타났다. 전망 관련 2018년 국민연금 재정계산 장기재정추계(국민연금 재정계산보고서, 2018)에서 전제한 경제성장률 장기 전망 결과를 보면, 인구 전망 시나리오별 중

〈표 11〉 일인당 GDP 성장률 전망 시나리오(Forecast scenario of the per capita GDP growth rate)

(단위: %)

기간	일인당 GDP 성장률*		
	중위	고위	저위
2018~2020	3.0	3.0	2.9
2021~2030	2.3	2.4	2.2
2031~2040	1.4	1.5	1.2
2041~2050	1.0	1.3	0.7
2051~2060	0.8	1.2	0.3
2061~2067	0.5	1.0	0.0

주: * 기간 평균치임.

자료: 국민연금재정계산보고서(2018).

Note: * denotes the average value during the period.

Source: National Pension actuarial valuation report (2018).

위 시나리오 전망치는 2020년 3%에서 지속적으로 하락하여 2067년 0.5%에 달하는 것으로 나타났다. 고위 시나리오의 경우 중위 시나리오 전망에 비해 2067년 0.5%p 높게 나타난 반면, 인구저위 시나리오의 경우 중위 시나리오 전망에 비해 2067년 0.5%p 낮게 나타났다.

셋째, 우리나라의 R&D 실적치 및 장기 추세치는 각각 1996년 2.26% 및 2.01%에서 지속적으로 상승하여 2017년에는 4.55% 및 4.56%에 달하였다. 예로 HP 필터에 의한 장기 추세치를 지수평활기법²⁴⁾을 이용하여 장기예측을 수행한 결과를 보면, 추세를 가정하지 않은 시나리오1 및 선형 추세를 가정한 시나리오2의 경우 장기 추세치는 2017년 4.56%에서 각각 2067년 4.56% 및 12.7% 수준에 이르고 있다. 한편, 장기적으로 OECD 장기 추세치의 평균 변화 수준²⁵⁾으로 국내 R&D 성장세를 가정한 시나리오3의 경우 2067년 5.85%에 달하는 것으로 나타났다. OECD 국가들 중 우리나라의 R&D 수준(2017년)이 가장 높은 수준을 보이고 있다는 점, 그리고 선행연구 등에 비추어 볼 때 시나리오1이나 시나리오3 수준이 향후에도 지속할 것으로 가정하는 것도 큰 무리는 없는 것으로 보인다.²⁶⁾

넷째, 우리나라의 대외개방도 실적치 및 장기 추세치는 각각 1985년 53.2% 및 56.3%에서 지속적으로 상승하여 2011년 각각 110.0% 및 92.0%대에 달하였다가 감소하여 2018년에는 각각 83.0% 및 87.9%에 달하였다. HP 필터에 의한 장기 추세치를 전술한 지수평활기법을 이용하여 장기 예측을 수행한 결과를 보면, 추세를 가정하지 않은 시나리오1 및 선형 추세를 가정한 시나리오2의 경우 장기 추세치는 2018년 87.9%에서 각각

24) 단일변수예측에 주로 사용되는 시계열 기법으로는 ARIMA, exponential smoothing, spectral methods 등이 있는데, 여기에서는 시계열 변동성에 가장 큰 영향이 있는 추세에 초점을 두고 모형을 설정하는 지수평활기법을 활용하여 장기 추세를 연장 추계한다.

$$\text{(추세 없는 경우), } S_t = S_{t-1} + \alpha e_t$$

$$\text{(선형 추세 경우), } S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha e_t, \quad T_t = T_{t-1} + \alpha \gamma e_t$$

$$\text{(지수 추세 경우), } S_t = S_{t-1} T_{t-1} + \alpha e_t, \quad T_t = T_{t-1} + \alpha \gamma e_t / S_{t-1}$$

단, S_t = 평활 시계열, T_t = 추세, e_t = 예측오차, α/γ = 상수/추세 평활계수이다. 평활계수는 예측오차를 최소화하는 simplex method에 의해 추정한다. ES기법의 장·단점 및 예측 등 관련 세부적 내용은 Gardner, E.S.(1985) 참조.

25) OECD 23개국의 1996~2017년 연평균 변화율은 0.0258%p 수준이다.

26) 박형수 외(2006) 연구에 의하면, 국내 R&D 투자 비율은 2004년 3%대에서 향후 2025년에 4%대에 달하는 것으로 전망하였다.

〈표 12〉 R&D 전망 시나리오(Forecast scenario of the R&D)

(단위: %)

기간	R&D*		
	시나리오1	시나리오2	시나리오3
2018~2020	4.56	4.89	4.61
2021~2030	4.56	5.95	4.78
2031~2040	4.56	7.57	5.04
2041~2050	4.56	9.20	5.32
2051~2060	4.56	10.83	5.56
2061~2067	4.56	12.21	5.78

주: * 기간 평균치임.

Note: * denotes the average value during the period.

2067년 87.9%, 54.3% 수준에 이르고 있다. 한편, 장기적으로 OECD 장기 추세치의 평균 변화수준²⁷⁾으로 국내 대외개방도 성장세를 가정한 시나리오3의 경우 2067년 146.4%에 달하는 것으로 나타났다. OECD 23개국 중 우리나라와 유사한 대외개방도(2018년)을 보이는 국가로는 Finland(77.8%), Portugal(86.9%), Sweden(89%), 상대적으로 높은 수준을 보이고 있는 국가로는 Australia(107.8%), Belgium(165.3%), Denmark(105.2%), Ireland(211.5%), Luxembourg(387.0%), Netherlands(157.6%), Switzerland(120%) 등이 있다. 이상의 관찰에 의하면 국내 대외개방도는 향후에도 증가할 것으로 예상하는 것이 합리적인 방향으로 보인다.

〈표 13〉 대외개방도 전망 시나리오(Forecast scenario of the degree of external openness)

(단위: %)

기간	대외개방도*		
	시나리오1	시나리오2	시나리오3
2019~2020	87.9	90.4	89.7
2021~2030	87.9	85.9	96.8
2031~2040	87.9	78.5	108.8
2041~2050	87.9	71.0	120.7
2051~2060	87.9	63.6	132.6
2061~2067	87.9	57.3	142.8

주: * 기간 평균치임.

Note: * denotes the average value during the period.

27) OECD 23개국의 1985~2018년 연평균 변화는 1.19p%이다.

지금까지의 단일변수에 대한 지수평활기법에 의한 분석 결과 그리고 노령자 인구 비중은 통계청의 장래인구특별추계(2019), 일인당 GDP 상승률은 공적연금인 국민연금 제4차 재정계산에 활용한 재정계산 위원회보고서(2018)의 거시경제변수 장기 전망 결과를 활용하되, 기타 외생변수들은 상대적으로 최근 OECD 국가들의 평균적 추이에 보다 부합되는 모습을 보이고 있는 전망결과를 사용한다.²⁸⁾ 이상의 논의를 토대로 TFPG 결정요인들에 대한 전망 시나리오를 요약하면 다음의 <표 14>와 같다.

<표 14> 외생변수 전망 시나리오 요약(Summary of forecast scenario of the exogenous variables)

(단위: %)

구 분	노령인구 비중(2018→2067)	공통변수(2018→2067)
시나리오1(중위)	15.7→46.5	1인당 GDP 상승률 3.0→0.5 R&D: 4.5→5.8 대외개방도: 89.7→142.8
시나리오2(저위)	15.7→49.6	
시나리오3(고위)	15.7→43.6	

(2) 전망 결과 및 시사점

전술한 패널회귀모형(<표 7>), 모형1를 장기 전망모형²⁹⁾으로 이용한 시나리오별 TFPG 전망 결과는 다음의 <그림 1> 및 <표 15>과 같다. TFPG에 대한 시나리오, 즉 <표 14> 전망 시나리오에 따른 2067년까지의 전망치를 보면, 중위 가정하에서 2018년 1.46%에서 지속적으로 하락하여 2067년 0.61%에 이르고 있다. 고위 및 저위 가정하에서도 유사한 모습을 보여 2018년 1.46%에서 2067년에는 각각 0.68% 및 0.52%에 달하는 모습을 보인다.³⁰⁾ 이러한 TFPG 수준은 전술한 OECD 23개국의 1985~2018년

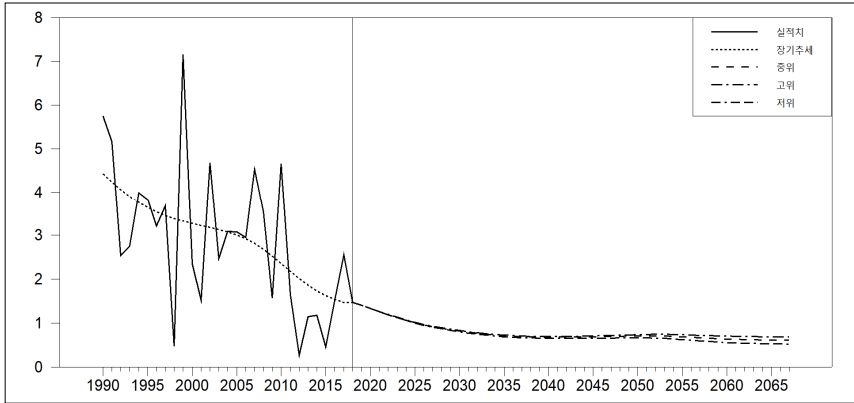
28) 패널회귀모형의 외생변수들에 대한 장기 전망치는 TFPG 전망과 관련된 기존 연구들, 통계청(2019)의 노령인구 비중, KDI(2017)의 1인당 GDP 상승률, 박형수의(2006)의 R&D 등에서의 전망치들과 부합되는 방향으로 설정되었다.

29) 고정효과모형1 활용 시, TFPG변화($TFPG_t = HPTFPG_t - HPTFPG_{t-1}$)는 개별국가 효과를 제거하기 위해 다음의 차분 형태를 사용한다. 즉, $DHPTFPG_t = 0.4816(DHPGDPcap_t - DHPGDPcap_{t-1}) + 0.1185(HPRND_t - HPRND_{t-1}) - 0.6161(DHPODR_t - DHPODR_{t-1}) + 0.0827(DHPOPEN_t - DHPOPEN_{t-1})$, 이러한 차분 식을 이용하여 구한 $HPTFPG_t = HPTFPG_{t-1} + DHPTFPG_t$ 이다.

30) 이러한 장기 전망 추세는 확정적 접근방법을 사용한 선행연구, 예로 KDI(2017)의 전망치가 전망 기간 동안 시나리오별 일정한 값을 보이는 것과는 달리, 통제변수들

평균 0.82%에 비해 2030년까지는 평균적으로 높은 수준이지만, 이후에는 다소 낮은 수준이 예상되고 있다.

〈그림 1〉 시나리오별 TFPG 전망(1990~2067)(Forecast scenario of the TFPG during the period of 1990~2067)



〈표 15〉 시나리오별 TFPG 전망(2019~2067)(Forecast scenario of the TFPG during the period of 2019~2067)

(단위: %)

기간	TFPG		
	중위	고위	저위
2019~2020	1.37	1.38	1.37
2021~2030	1.01	1.02	1.00
2031~2040	0.72	0.73	0.70
2041~2050	0.70	0.72	0.66
2051~2060	0.68	0.71	0.61
2061~2067	0.62	0.69	0.54
2019~2067	0.78	0.80	0.74

7. 불확실성 분포 추정 결과

전술한 TFPG 패널회귀모형을 이용하여 향후 2019년부터 2067년까지 전망치를 Monte Carlo 및 Bootstrap 시뮬레이션에 의해 산출하고 연도

중 1인당 GDP 상승률 하락과 노령인구의 비중의 급격한 증가에 따른 TFPG 하락 요인이 R&D 및 대외개방도 증가에 따른 TFPG 증가요인을 지배한 결과로 보인다.

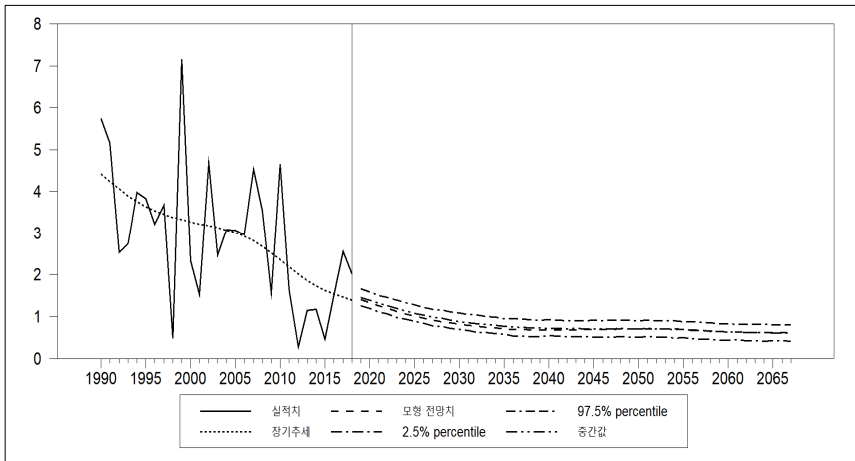
별 백분위(percentiles)에 의한 95% 및 90% 신뢰구간을 살펴본다.³¹⁾ 먼저, 잔차항의 정규분포(normal distribution)를 가정하는 Monte Carlo 시뮬레이션 결과(〈표 16〉), TFGP의 2019~2067년간 전망치 평균에 대한 95% 및 90% 신뢰구간은 각각 0.61~1.00%, 0.64~0.97%, 중간값(median)은 0.78%이다. 한편, 〈그림 2〉는 실적치 및 추정모형에 의한 전망치의 확률분포를 보여주고 있다.

〈표 16〉 TFGP 확률분포(TFGP probability distribution)

(단위: %)

구분	패널회귀모형			중간값	신뢰구간			
	저위	중위	고위		95%		90%	
2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.61	0.41	0.80	0.44	0.76
평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.78	0.61	1.00	0.64	0.97

〈그림 2〉 TFGP 실적치, 장기추세 및 추정치(1990~2067)(Historical values, long run trend, forecast of the TFGP during the period of 1990~2067)



이러한 결과는 전술한 〈표 15〉의 전망치가 시나리오별 차이가 0.02~0.04%p인데 비해 95% 신뢰구간의 경우 0.2%p 내외 차이를 보이고 있

31) 여기에서는 중위 가정을 중심으로 TFGP 전망치에 대한 확률분포를 구하기 위하여 Monte Carlo /Bootstrap 시뮬레이션 기법을 이용하여 1,000회 시뮬레이션을 수행한 결과를 보고한다. 저위 및 고위 가정을 중심으로 수행한 시뮬레이션 결과는 〈부록〉의 〈부표 1〉과 〈부표 2〉 참조.

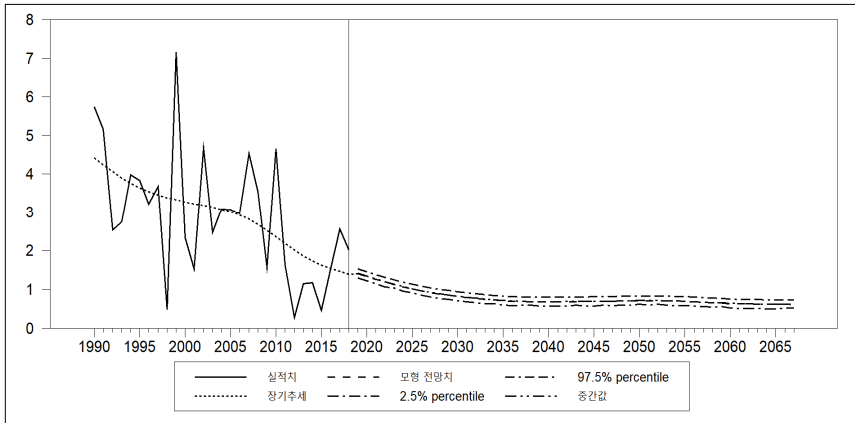
다. 따라서 신뢰구간은 전망치의 불확실성을 고려한 대안 가정 설정에 활용 가능성이 있다고 판단된다.

다음으로, 잔차항의 정규분포를 전제하지 않는 Bootstrap 시뮬레이션 결과(〈표 17〉 및 〈그림 3〉)를 보면, TFPG의 2019~2067년간의 전망치 평균에 대한 95% 및 90% 신뢰구간은 각각 0.67~0.90%, 0.69~0.89%, 중간값은 0.78%로 나타났다. 이러한 결과는 전술한 Monte Carlo 시뮬레이션(〈표 16〉)의 전망치에 비추어 중간값은 동일하지만 신뢰구간의 폭은 상대적으로 좁게 나타났다.

〈표 17〉 TFPG 확률분포(TFPG probability distribution)

구분	패널회귀모형			중간값	신뢰구간			
	저위	중위	고위		95%		90%	
2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.61	0.52	0.73	0.53	0.72
평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.78	0.67	0.90	0.69	0.89

〈그림 3〉 TFPG 실적치, 장기추세 및 추정치(1990~2067)(Historical values, long run trend, forecast of the TFPG during the period of 1990~2067)



IV. 수용성 분석

TFPG 장기 전망 관련 국내외 기존 연구들과의 비교분석을 통해 제Ⅲ장에서 국내 TFPG 장기 추세를 구하기 위해 일인당 GDP 상승률, 대외개

방도, 노령화 비율, R&D 등 통제변수들에 대한 3개의 전망 시나리오가 고려되었으며, 이에 따른 결과를 요약하면 다음과 같다. 통계청의 장래인구특별추계(2019)의 인구 중위 가정하에서 국내 TFPG는 2018년 1.46%에서 지속적으로 하락하여 2067년 0.61%, 저위 및 고위 가정하에서는 2067년 각각 0.52% 및 0.68%에 달하는 모습을 보이고 있다. 2019~2067년 전망 기간 중 TFPG 평균은 저위·중위·고위 가정하에서 각각 0.74%, 0.78%, 0.80%로 다소 차별화되는 모습을 보이고는 있지만 그 차이는 미미한 수준이다. 이러한 수준은 TFPG의 초기값 설정, 전망 기간 및 전망 방법 등 차이에 따라 KDI(2017)의 중립 및 낙관적 전망치와는 큰 차이를 보이고 있지만, 비관적 전망치와는 유사한 수준을 보이고 있다.

〈표 18〉 TFPG의 장기 전망치 비교(Comparison of the long run forecast of the TFPG)

(단위: %)

전망 기간	본 연구			전망 기간	KDI(2017) ¹⁾		
	저위	중위	고위		비관	중립	낙관
2019~2020	1.37	1.37	1.38	2011~2020	0.8	0.9	1.1
2021~2030	1.00	1.01	1.02	2021~2030	0.7	1.2	1.7
2031~2040	0.70	0.72	0.73	2031~2040	0.7	1.2	1.7
2041~2050	0.66	0.70	0.72	2041~2050	0.7	1.2	1.7
2051~2060	0.61	0.68	0.71	2051~2060	0.7	1.2	1.7
2061~2067	0.54	0.62	0.69	2061~2070	0.7	1.2	1.7

주: 1) KDI(2017)의 저위, 중위, 고위 전망치는 1.2%로 동일.

Note: 1) Low, medium, high forecasts of KDI (2017) are 1.2%, identically.

이러한 전망 결과에 대한 국제적 정합성 관점에서 정기적으로 공적연금제정의 장기추계를 실시하고 있는 미국의 OASDI(Old Age Survivors & Disability Insurance) 및 일본의 후생연금, 우리나라의 국민연금 등 경우와 본 연구 결과를 비교하면 다음의 〈표 19〉와 같다. 2019년도 재정계산보고서에서 미국의 OASDI가 전제한 향후 75년간의 TFPG 전망치(2019~2095년)를 보면, 고비용(high-cost)·중간(intermediate)·저비용(low-cost)가정하에서 각각 1.63%, 1.93%, 1.33%이었다. 일본의 경우 공적연금 관련 재정추계(노동후생성, 2019)에서 향후 100년(2019~2115년)까지 경제의 활성화/경제의 정체 가정하에서 TFPG의 비관, 중립, 낙관 가

정은 각각 0.9%, 1.1%, 1.3%/0.3%, 0.6%, 0.8%이었다. 우리나라의 국민연금 제4차 재정계산(2018)에서 전제한 TFPG는 2018~2088년까지 노령화 등 여건 변화를 고려하여 KDI(2017)의 저위, 중위, 고위 전망치 1.2%를 1.0%로 0.2%p 하향 조정하였다. 미국과 일본의 경우 시나리오별 TFPG에 대한 가정 차이는 0.3%p로 나타났다.³²⁾ 본 연구에서는 0.07~0.08%p 범위로 나타나 상대적으로 대안 가정으로서 차별성이 미약한 것으로 나타났다.

〈표 19〉 TFPG 장기 전망치의 국제 비교(International comparison of the long run forecast of the TFPG)

(단위: %)

한국(2018)			미국(2019)			일본(2019) ¹⁾		
저위	중위	고위	고비용	중간	저비용	비관	중립	낙관
1.0	1.0	1.0	1.33	1.63	1.93	0.9(0.3)	1.1(0.6)	1.3(0.8)

주: 1) () 값은 경제의 정체상태 가정하에서의 값.

Note: 1) Values in the parenthesis are TFPG forecasts under the assumption of the stagnant state of economy.

기존의 국내외 연구들을 종합할 때 전술한 대안 가정 설정과 관련하여 명시적인 논리적 근거를 제시하지는 않고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 전술한 중위 가정을 중심으로 Monte Carlo 및 Bootstrap 시뮬레이션 기법을 이용하여 불확실성 분포를 도출하였다. Monte Carlo 및 Bootstrap 시뮬레이션 결과(〈표 20〉)를 요약하면, TFPG의 2019~2067년간의 전망치 중간값(median) 0.78%에 대한 95% 신뢰구간은 각각 0.61~1.00%, 0.67~0.90%로 나타났다.

〈표 20〉 시뮬레이션에 의한 TFPG 확률분포(TFPG probability distribution by the simulation)

(단위: %)

구분	Monte Carlo		중간값	Bootstrap	
	95% 신뢰구간			95% 신뢰구간	
2067년 값	0.41	0.80	0.61	0.52	0.73
평균(2019~2067)	0.61	1.00	0.78	0.67	0.90

32) 한국의 국민연금 재정계산위원회보고서 (2018)에서 명시적으로 언급하지는 않고 있지만, KDI (2017) 연구 결과를 인용할 경우, 낙관 및 비관 전망치는 각각 1.5%, 0.5%로 중위 전망치와의 차이는 0.5%p 차이로 설명할 수 있다.

이러한 결과는 전술한 <표 18>의 본 연구에서의 전망치가 시나리오별 0.07~0.08%p 범위로 나타나 대안 가정으로서 차별성이 거의 없는데 비해 Monte Carlo/Bootstrap 시뮬레이션에 의한 95%/90% 신뢰구간의 경우 0.2%p 내외 차이를 보이고 있다. 또한 전술한 <표 19>에서 미국, 일본 등 공적연금재정의 장기재정 추계 시 장기 경제성장률 전망을 위해 전제한 TFPG 장기 전망치는 중간값을 중심으로 $\pm 0.3\%$ p 수준을 대안 가정으로 제시하고 있지만 이에 대한 명확한 논리적 근거를 제시하지는 못하고 있다. 따라서 국내 TFPG 장기 전망치의 불확실성이나 국제적 정합성 등을 고려하여 확정적 중간값을 중심으로 시뮬레이션에 의해 도출된 신뢰구간을 대안 가정 설정에 대한 하나의 논리적 근거로 활용하는 것은 수용성이 있다고 판단된다.

V. 요약 및 시사점

본 연구는 총요소생산성 증가(TFPG)의 결정요인에 대한 내생적 성장이론이나 실증연구 등을 토대로 우리나라를 비롯한 OECD 국가를 대상으로 패널회귀모형을 구축하고 이를 이용 하여 국내 TFPG에 대한 향후 2067년까지 전망을 시도하였다.

주요 연구 결과를 살펴보면, 먼저 시계열 자료의 가용성에 따라 우리나라를 비롯한 OECD 23개국의 1인당 GDP 상승률, 대외개방도, R&D, 노령화 비중 등 불균형 패널자료(unbalanced panel data)를 설명변수로 하는 TFPG 패널회귀모형을 추정하였다. 추정모형과 관련하여 설명변수의 내생성(endogeneity)이나 주요 변수의 누락(omitted variables) 등에 따라 제기되는 계량적인 문제점을 살펴보기 위해 전술한 설명변수만을 포함하는 단순 모형인 모형1, 단순 모형에 추세(trend)를 추가한 모형2, 시간더미 및 국가더미를 추가한 모형3 등 대안 모형들을 설정하였다. 또한, 추정 방법에 따른 추정계수의 민감성(sensitivity) 등을 살펴보기 위해 확률효과(random effects) 및 고정효과(fixed effects) 기법을 이용하여 패널회귀모형을 추정 하였다. 이러한 추정모형들에 대한 확률효과 및 고정효과 기법을 사용한 추정 결과를 보면, 모형1의 경우 모든 설명변수들의 추정계수는

통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 확장모형인 확률효과 모형2 및 고정효과 모형2와 모형3의 경우에는 R&D를 제외한 다른 설명변수들의 추정계수는 통계적으로 유의한 것으로, 특히 모형3의 경우 설명변수의 누락이나 구조개혁 등을 반영하는 시간더미 및 국가더미는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한, 추정계수들의 부호는 모두 기대에 부합되는 방향으로 나타났다. 추정모형들의 설명력은 차분변수임에도 불구하고 조정 결정계수 (\bar{R}^2)가 88%이상으로 매우 양호하게 나타났다. Hausman 검정 결과 모든 경우에 있어서 고정효과모형을 선호하는 것으로 나타났다.

이에 따라 전술한 추정모형 중 모든 설명변수들의 추정계수가 통계적으로 유의하고 기대에 부합되는 방향으로 나타난 모형1을 전망모형으로 활용하였다. 장기 전망시계는 통계청(2019)의 장래 인구추계기간을 감안하여 2067년까지로 설정하고, 전망모형에서 외생변수로 간주한 설명변수들에 대해서는 선행연구 결과 및 전망 등을 토대로 구축한 전망 시나리오에 따라 국내 TFPG의 장기 전망치를 도출하였다. 통계청의 인구 가정 시나리오에 따른 향후 2067년까지의 전망치를 보면, 중위 가정하에서 2018년 1.46%에서 지속적으로 하락하여 2067년 0.61%, 고위 및 저위 가정하에서도 유사한 모습을 보여 2067년에는 각각 0.68% 및 0.52%에 달하는 것으로 전망되었다. 이러한 TFPG 수준은 OECD 23개국의 1985~2018년 평균 0.82%에 비해 2030년까지는 시나리오별 1% 수준으로 평균적으로 높은 수준을 보였지만, 이후에는 다소 낮은 수준이 전망되었다.³³⁾ 이러한 TFPG 전망치의 불확실성(uncertainty)에 대한 확률분포를 계측하기 위한 방법으로서 Monte Carlo 및 Bootstrap 시뮬레이션 결과를 보면, TFPG의 2019~2067년간의 전망치 평균에 대한 95% 신뢰구간(confidence interval)은 각각 0.61~1.00%, 0.67~0.90%, 중간값(median)은 0.78%로 나타났다.

이러한 연구 결과에 따른 시사점을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 내생적

33) 이러한 전망치는 추정모형의 계수가 미래에도 변하지 않는다는 점이나 모형에서 외생변수로 가정한 변수들의 전망 시나리오에 의존한다는 점 등에서 한계를 지니고 있다. 또한, TFPG 설명변수 중의 하나인 일인당 GDP 성장률과 TFPG는 상호 인과 관계를 가정하는 것이 논리적으로 보다 타당성이 있다는 점 등을 고려할 때 향후 변동계수를 전제하는 패널벡터 자기회귀(Panel-VAR) 형태로 모형을 설정하고 이에 따른 분석 결과를 본 연구 결과와 비교·분석하는 것도 바람직한 연구 방향으로 사료된다.

성장이론에 따라 OECD(2020)에서 발표한 TFPG 자료를 이용하여 구축한 패널회귀모형에 의한 우리나라의 TFPG 전망치는 추세적으로 하락하는 것으로 나타났다. 이는 TFPG가 잠재성장률에서 차지하는 비중 증대 예상이나 향후 저출산·노령화로 인한 빠른 생산연령인구의 감소, 주력산업의 성숙화, 불확실성 증대로 인한 추세적 투자 부진 등을 고려할 때 미래의 성장잠재력은 더욱 하락할 것으로 전망된다. 특히 최근 코로나19 사태의 팬데믹(pandemic) 충격으로 노동, 교역, 산업부문의 경제구조 변화 및 노동 및 자본 등 생산요소투입의 증가세 둔화 전망에 따라 성장잠재력의 하락추세는 가속화될 것으로 예상되고 있다. 장기추세적으로 하락이 전망되는 성장잠재력을 확충하기 위한 방안의 일환은 TFPG의 개선을 도모하는 것으로 볼 수 있다. 이와 관련 각종 규제와 진입장벽을 완화하고 시장 비효율성을 개선함으로써 TFPG를 구성 하는 기술혁신(technical progress)과 자원의 효율적 배분을 통한 기술적 효율성(technical efficiency)을 제고하는 정책적 대응이 필요하다. 아울러 일인당 국민소득이나 대외개방도, R&D 등을 제고하는 방안 모색과 더불어 최근의 초저출산 추세에 적극적으로 대응함으로써 저출산·노령화로 인한 노동공급의 둔화 속도를 완화하는 정책적 노력이 필요하다. 또한 TFPG는 비관측변수(unobserved variable)이므로 추정의 불확실성이 크다는 점을 고려할 때, 장기 경제성장률 전망과 관련된 시나리오 설정에 대한 명시적인 논리적 근거를 제시하는 것이 필요하다. 이와 관련 공적연금재정의 장기추계를 정기적으로 수행하는 우리나라의 국민연금이나 미국의 사회보장청(SSA), 일본의 후생노동성 등 경우, 장기 경제성장률 전망은 신고전학파의 생산함수접근법을 이용하되 생산요소투입에 의해 설명되지 않는 부분인 잔차항을 TFPG로 정의하고 있다. TFPG의 불확실성을 고려하여 미국 및 일본의 경우 장기 경제성장률 전망 시 TFPG 전망치는 중간값을 중심으로 $\pm 0.3\%p$ 수준을 대안 가정으로 제시하고 있는 반면, 우리나라의 국민연금 재정계산과정에서는 원칙적으로 확정적인 TFPG 전망치를 전제하고 있다. 기존의 국내외 연구 결과를 종합할 때 TFPG 전망치에 대한 대안 가정 설정과 관련하여 명시적인 논리적 근거를 제시하지는 못하고 있다. 이와 관련 패널회귀모형을 이용한 국내 TFPG 전망치를 보면, 시나리오별 차이가 0.02~0.04%p 범위로 나타나 대안 가정으로서 차별성이 미약한 것으로 나타났지만, Monte Carlo/Bootstrap 시

물레이션에 의한 95% 신뢰구간은 중간값을 중심으로 0.2%p 내외 수준 차이를 보이고 있다. 따라서 국내 TFPG 장기전망치의 불확실성이나 국제적 정합성 등을 고려할 때, 확정적인 중간값을 중심으로 시물레이션에 의해 도출된 신뢰구간을 대안 가정 설정에 대한 하나의 논리적 근거로 활용하는 것도 바람직한 방향으로 사료된다. 마지막으로 분석 기간 중 총요소생산성 관련 국내 자료의 제약에 따른 자유도 문제와 노령화 등 국내경제가 경험하지 못하였던 점을 반영하기 위해 국가별 거시경제 여건의 차이에도 불구하고 OECD 23개 국가를 대상으로 추정된 패널회귀모형을 국내에 그대로 적용하여 분석한 것은 연구의 한계로 지적할 수 있다.

투고 일자: 2021. 2. 8. 심사 및 수정 일자: 2021. 6. 14. 게재 확정 일자: 2021. 6. 22.

◆ 참고문헌 ◆

- 국민연금재정계산보고서 (2018), 『2018년 국민연금재정계산: 국민연금 장기재정추계』, 국민연금재정추계위원회, 11월, 1-185.
- National Pension Actuarial Valuation Report (2018), *2018 National Pension Actuarial Valuation: National Pension Long Term Financial Projections*, Nov., 1-185, Seoul: National Pension Financial Projections Committee.
- 국회예산정책처 (2012), 『2012~2060년 장기 재정전망 및 분석』, 6월, <http://www.nabo.go.kr>, 1-152.
- NABO (2012), *Long Term Fiscal Prospects and Analysis During the Period of 2012~2060*, June, <http://www.nabo.go.kr>, 1-152, Seoul: National Assembly Budget Office.
- 권규호 (2019), “글로벌 금융위기 이후 우리경제의 성장률 둔화와 장기전망,” 『KDI 경제전망』, 2019 상반기, 41-56.
- Kwon K. (2019), “Korea’s Economic Growth Rate Slow Down and Long Term Prospects after Global Financial Crisis,” *KDI Economic Outlook*, May, 41-56, Seoul: Korea Development Institute.
- 권지호·김도완·지정구·김 건·노경서 (2019), “우리나라의 잠재성장률 추정,” 『조사통계월보』, 2019년 6월호, 한국은행, 16-32.

- Kwon J., D. Kim, G. Jee, K. Kim, and K. Noh (2019), "Potential Growth Rate Estimates of Korea," *Monthly Bulletin*, June, 16-32, Seoul: Bank of Korea.
- 박무환 · 최기홍 · 김형수 (2011), 『거시경제계량모형의 재구축(II) - 장기구조모형』, 국민연금연구원, 연구보고서 2011-01, 1-120.
- Park, M., K. Choi, and H. Kim (2011), *Reconstruction of Macroeconometric Model (II) - Long Term Structural Model*, Research Paper 2011-01, 1-120. Seoul: National Pension Research Institute.
- 박무환 (2012), "생산함수접근법에 의한 국내 잠재성장률 추정 및 전망," 『한국경제학보』, 19(1), 17-48.
- Park, M. (2012), "Estimation and Forecasts of Korea's Potential GDP Growth Rate Using a Production Function Approach," *The Korean Journal of Economics*, 19(1), 17-48.
- 박양수 · 문소상 (2005), "우리경제의 성장잠재력 약화 원인과 향후 전망," 『조사통계월보』, 9월, 23-58.
- Park, Y. and S. Moon (2005), "The Weak Cause and Outlook of Korea's Potential Growth Power," *Monthly Bulletin*, Sept., 23-58, Seoul: Bank of Korea.
- 박형수 · 류덕현 (2006), 『한국의 장기재정모형』, 한국조세재정연구원, 12월, 1-201.
- Park, H. and D. Ryu (2006), *A Long Term Fiscal Model*, Dec., 1-201, Seoul: Korea Institute of Public Finance.
- 신석하 (2014), "성장회계 비교분석을 통한 2000년대 생산성 증가세 평가," 『KDI 경제전망』, 5월, 43-50.
- Shin S. (2014), "An Evaluation of the Productivity Growth Trend in the 2000 Era Through the Growth Accounting Comparison Analysis," *KDI Economic Outlook*, May, 43-50, Seoul: Korea Development Institute.
- 일본후생노동성 (2019), 『2019(영화년) 연금재정검정 결과』, 제9회 사회보장심의회, 8월, 1-13. <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/nenkin/nenkin/zaisei-kensyo/index.html>
- Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan (2019), *2019 (Younghwa Year) Pension Financial Testing Results. The 9th Social Security Committee*, Aug., 1-13. <https://www.mhlw.go.jp/>

stf/seisakunitsuite/bunya/nenkin/nenkin/zaisei-kensyo/index.html

- 통계청 (2016), 『장래인구추계: 2015-2065』, 12월, 보도자료, 1-69.
- NSO (2016), *Future Population Projections: 2015-2065*, Dec., Report Data, 1-69, Seoul: National Statistics Office.
- _____ (2019), 『장래인구특별추계: 2017-2067』, 6월, 보도자료, 1-75.
- NSO (2019), *Future Population Special Projections: 2017-2067*, June, Report Data, 1-75, Seoul: National Statistics Office.
- 표학길 · 이근희 · 하봉찬 (2005), “한국경제의 산업별 성장요인분석과 생산성추계 (1984~2002),” 『한국경제의 분석』, 11(1), 109-160.
- Pyo H., K. Lee and B. Ha (2005), “Korean industries’ Growth Factor Analysis and Estimates of Productivity(1984~2002),” *Journal of Korean Economic Analysis*, 11(1), 109-160.
- 한국개발연구원 (2012), 『국민연금 재정추계를 위한 거시경제변수 전망』, 국민연금연구원, KDI 용역보고서 2011-07, 1-227.
- KDI (2012), *The Prospects of Macroeconomic Variables for National Pension Financial Projections*, National Pension Institute, KDI Research Paper, 2011-07, 1-227, Seoul: Korea Development Institute.
- _____ (2017), 『국민연금 재정추계를 위한 거시경제변수 전망』, 국민연금연구원, KDI 용역보고서 2016-01, 1-120.
- KDI (2017), *The Prospects of Macroeconomic Variables for National Pension Financial Projections*, National Pension Institute, KDI Research Paper, 2016-01, 1-120, Seoul: Korea Development Institute.
- 한진희 · 신석하 (2008), “경제위기 이후 한국경제의 성장: 성장회계 및 성장회귀 분석,” 4월, 『한국 개발연구』, 30(1)(통권 제102호), 1-70.
- Han J. and S. Shin (2008), “The Growth of Korean Economy after Economic Crisis: Growth Accounting and Growth Regression Analysis,” Apr., *KDI Journal of Economic Policy*, 102, 30(1), 1-70, Seoul: Korea Development Institute.
- Aigner, D. J., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt (1977), “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models,” *Journal of Econometrics*, 58, 226-239.
- Alesina, Alberto and Roberto Perotti (1994), “The Politics of Economic

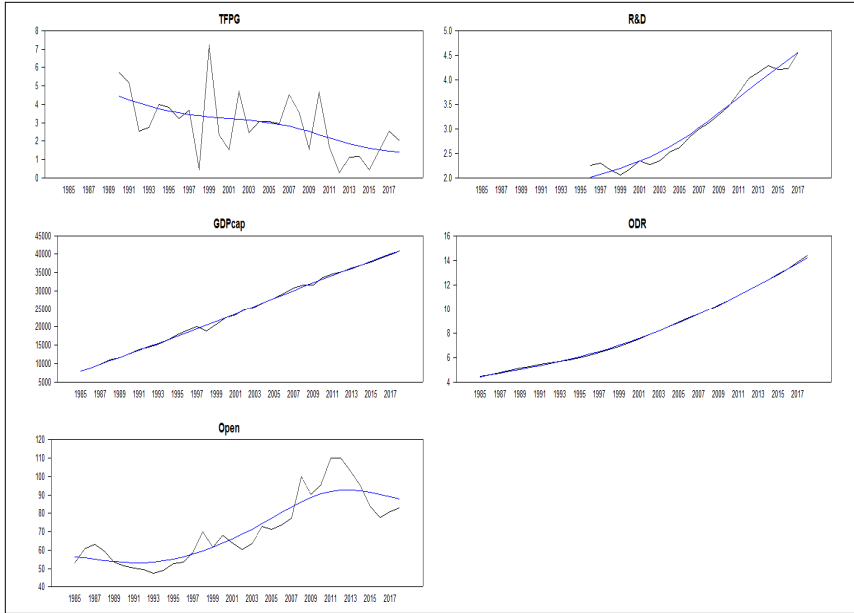
- Growth: Survey of Recent Literature,” *World Bank Economic Review*, 8, 351-372.
- Baltagi, B. H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, New York, John Wiley.
- Baltagi, B. H., and C. Kao (2001), “Nonstationary Panels, Cointegration in Panels, and Dynamic Panels: A Survey,” Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels in Baltagi, B. H. ed. *Advances in Econometrics*, 15, JAI Press, Amsterdam, 7-52.
- Breitung, Jörg (2000), “The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data,” in B. Baltagi (ed.), *Advances in Econometrics*, Vol. 15: Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels, Amsterdam: JAI Press, 161-178.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444.
- Choi, I. (2001), “Unit Root Test for Panel Data,” *Journal of International Money and Finance*, 20, 249-272.
- Collins S., and B. P. Bosworth (1997), “Economic Growth in East Asia: Accumulation vs Assimilation,” *Brooking Papers in Economic Activity*, 135-203.
- Dowling, M., and P. M. Summers (1998), “Total Factor Productivity and Economic Growth Issues for Asia,” *Economic Record*, 170-185.
- EU KLEMS (2009), “Growth & Productivity Accounts,” EU KLEMS Data, <http://www.euklems.net>.
- Färe R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang (1994), “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Changes in Industrialized Countries,” *American Economic Review*, 66-83.
- Farrel, M. J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society(A, General)*, 120, pt. 3, 253-281.
- Gadner, E. S. (1985), “Exponential Smoothing: The State of Art,” *Journal of Forecasting*, 4, 1-28.
- Hardi, Kaddour (2000), “Testing for Stationarity in Heterogeneous

- Panels," *Econometric Journal*, 3, 148-161.
- Hodrick, R., and E. Prescott (1994), "Post-war U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation," *Journal of Money, Credit, and Banking*, Vol. 29, 329-342.
- Im, K. S., M. H. Pesaran, and Y. Shin (2003), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels," *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.
- Kao, C. (1999), "Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data," *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Kim, J. and L. Lau (1994), "The Sources of Economic Growth of the East Asian Newly Industrialized Countries," *Journal of Japanese and International Economies*, 235-271.
- Klenow, P., and A. Rodroguez-Clare (1997), "The New-Classical Revival in Growth Economics: Has it gone too far," in B.S. Bernanke and J. Rotemberg eds., NBER Economic Annual.
- Levin, A., C. F. Lin, and C. Chu (2002), "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties," *Journal of Econometrics*, 108, 1-24.
- Lucas, Robert E. (2002), *Lectures on Economic Growth*, Harvard University Press.
- Maddala, G. S., and S. Wu (1999), "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653-670.
- Marti, C. (1996), "Is there an East Asian Miracle," Union Bank of Switzerland Economic Research Working Paper.
- McCoskey, S., and C. Kao (1998), "A Residual Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data," *Econometric Review*, 17, 57-84.
- Meeusen, W., and van den Broeck, J. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," *International Economic Review*, 18, 435-444.
- North, Douglas C. (1990), *Institution, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge: Cambridge University Press. 1-147.
- OASDI (2019), The 2019 Annual Report of the Board of Trustees of

- the Federal Old-Age and Survivors Insurance and Federal Disability Insurance Trust Funds, 1-261.
- OECD (2004), "OECD Productivity Database: Calculation of Multi-Factor Productivity Growth," 1-2.
- _____ (2020), "OECD.Stat, Database Access," <https://stats.oecd.org>
- Perdoni, P. (1999), "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 631-652.
- _____ (2004), "Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis," *Econometric Theory*, 20, 597-625.
- Rodrik, Dani (1999), "Where Did All the Growth Go? External Shocks, Social Conflict, and Growth Collapses," *Journal of Economic Growth*, 4, 385-412.
- Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function," *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), August, 312-320.
- Stock, J. H., and M. Watson (2003), *Introduction to Econometrics*, Boston, MA: Pearson Education Inc.
- United Nations (2019), "World Population Ageing 2019: Highlights, Department of Economic & Affairs Population Division, ST/ESA/SER.A/430, 1-38.
- WDI, <http://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>
- Young, Alwyn (1995), "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of East Asian Growth Experiences," *The Quarterly Journal of Economics*, 641-680.

〈 부 록 〉

〈부도 1〉 우리나라 주요 변수들의 역사적 추이(1985~2018)(Historical data of major variables of Korea during the period of 1985~2018)



〈부표 1〉 Monte Carlo 시뮬레이션에 의한 TFPG 확률분포(TFPG probability distribution by the Monte Carlo simulation)

(단위: %)

구분		패널회귀모형			중간값	신뢰구간			
		저위	중위	고위		95%		90%	
저위	2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.52	0.34	0.74	0.37	0.70
	평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.74	0.58	1.00	0.64	0.97
고위	2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.68	0.47	0.87	0.50	0.83
	평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.80	0.64	1.03	0.67	1.00

〈부표 1〉 Bootstrap 시뮬레이션에 의한 TFPG 확률분포(TFPG probability distribution by the Bootstrap simulation)

(단위: %)

구분		패널회귀모형			중간값	신뢰구간			
		저위	중위	고위		95%		90%	
저위	2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.52	0.50	0.73	0.52	0.72
	평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.74	0.68	0.89	0.69	0.88
고위	2067년 값	0.52	0.61	0.68	0.68	0.49	0.74	0.52	0.73
	평균(2019~2067)	0.74	0.78	0.80	0.80	0.67	0.90	0.70	0.89

A Study of the Estimation and Projection of the Total Factor Productivity for the Korean Economy using Panel Regression Model*

Muhwan Park**

Abstract

This study examines determinants of the total factor productivity growth (TFPG), focusing on panel regression analysis using the panel data of OECD countries and attempts to predict the TFPG in the Korean economy for the period of 2019-2067. To do that, we construct various panel regression models using an unbalanced panel data of 23 OECD countries including Korea over the 1985-2018 period in accordance with the availability of time series data. The panel regression analysis is conducted using the reduced form of TFPG over the estimation period. The approach is to estimate the TFPG in a function of determinant variables such as per capita income, degree of external openness, R&D, and old age population ratio etc., using panel regression methods. The major findings, based on the panel regression models, are as follows. First, the effects of the control variables on the TFPG has

* This study is a revised version of the 2019 research project 『A Study of the Estimation of the Total Factor Productivity Growth for the Korean Economy』 supported by Ministry of Education of Korea and National Research Foundation of Korea.

** Invited Professor, Dept. of Economics at Sungkyunkwan University, 25-2, Sungkyunkwan-ro, Jongro-gu, Seoul 03063, Korea and Invited Professor, Talmage Liberal Arts College at Hannam University, 70, Hannam-ro, Daeduk-gu, Daejeon 34430, Korea, e-mail: muhwanpark@naver.com

the signs that are expected such that the estimated coefficients for per capita income, external openness, R&D, are positive and that for old age population ratio is negative. Second, the average TFPG for the 2019-2067 period is predicted to be about 0.8% by following a continuous path of decline, under the National Statistics Office's intermediate assumption for the future population. Third, the results of Monte Carlo simulation shows that the confidence interval of predicted mean value of the TFPG over the forecast period is 0.6~1.0% with a 95 percent probability.

KRF Classification : B030109

Key Words : total factor productivity growth, endogenous growth theory, panel regression model, unbalanced panel data, Monte Carlo simulation