

연구논문

확률적 출산율 모형과 한국의 미래인구 구조*

Probabilistic Fertility Models and the Future Population Structure of Korea

박유성^{a)} · 김미리^{b)} · 김성용^{c)}

Yousung Park · Miri Kim · Seongyong Kim

본 연구에서는 출산장려정책의 사례와 효과를 OECD 국가를 중심으로 정리하고 3 단계 출산율 변이과정을 이용하여 출산장려정책의 효과를 반영할 수 있는 새로운 모형을 제시한다. 이 모형은 합계출산율(total fertility rate) 모형과 연령별 출산율(age-specific fertility rate)모형으로 구분되며 다변량 시계열 회귀모형을 적용하여 선진 OECD 국가의 출산율 경험치 및 모수화 모형의 모수 시계열을 종속변수로 한 모형이다. 또한 출산율 및 사망률의 확률적 신뢰구간으로부터 구축된 9개의 인구 시나리오 가정에서 2100년까지의 총인구, 생산가능인구, 핵심생산인구, 학령인구에 대한 출산율 및 사망률의 영향을 살펴본다. 마지막으로 부양부담지수와 고령화 측정지수를 이용하여 한국의 미래인구 구조를 논증하고 OECD 국가 대비 한국의 고령화 속도의 심각성과 한국의 미래가 출산율 제고 여부에 달려있다는 것을 보일 것이다.

주제어: 합계출산율, 연령별 출산율, 출산장려정책, 다변량 시계열회귀모형

We summarize the pronatalist policies and their effects carried out in OECD counties and we propose a new probabilistic model for fertility rates using the three phases of fertility transitions. This new model forecasts total and age-specific fertility rates by employing the fertility rates that OECD countries

* 이 논문은 2011년 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-411-B00028).

a) 고려대학교 통계학과 교수

b) 고려대학교 통계학과 대학원 석사

c) 교신저자(corresponding author): 고려대학교 경제연구소 연구교수 김성용.

E-mail: yaba96@korea.ac.kr

have experienced into a multivariate regression model with autocorrelated noise process. Using nine population scenarios calculated by probabilistic confidence intervals of fertility mortality rates, we investigate impacts of the fertility and mortality rates on total population, work population, power-work population, and school age population until year 2100. We inspect the future population structure by presenting dependency ratios and aging indices, show that aging speed in Korea is too fast compared to OECE countries, and demonstrate that the future of Korea depends on how to successfully raise the fertility rate during the coming 10 years.

Key words: total fertility rate, age-specific fertility rate, pronatalist policy, multivariate time series model

I. 서론

낮은 출산율은 미래의 노동공급에 치명적 영향을 미치면서 인구의 고령화 현상과 맞물려 사회보장시스템의 안정적 운영에 결정적인 걸림돌이 되고 있다. 1996년에 OECD 국가 중 7개 국가에서만 저출산을 겪었으나 2003년에는 13개국으로 늘었고, 이후 대부분의 OECD 국가가 저출산 극복을 위한 출산장려정책(pronatalist policy)을 쓰고 있다.

연령별 출산율(Age Specific Fertility Rate: ASFR)은 특정 연령의 모가 낳은 출산아 수를 해당 연령의 전체 여성인구로 나눈 값이며, 총 출산율(Total Fertility Rate: TFR)은 한 국가의 전체 출산 수준을 나타내는 것으로 ASFR의 합이다. 총 출산율이 2.1일 때를 인구대체 출산율(replacement level fertility)이라고 하며, TFR이 1.5일 때를 인구대체 안전선(safety zone)이라 한다. 이 안전선은 미래의 노동력을 이민 등의 정책으로 보완할 수 있는 최소 출산율이다(McDonald 2006).

낮은 출산율로 인한 미래의 노동력 부족 현상은 이민정책을 통해 일시적으로 해소될 수 있으나, 장기적으로 인구의 고령화현상을 완화하는 데는 기여하지 못하고 있다(McDonald & Ippen 2001). 그러므로 인구고령화 현상을 완화시키는 유일한 정책 수단으로 사회·경제적 제도의 재정비(reform)을 통한 광범위하고 종합적인 출산장려정책

의 시행이 요구된다(McDonald 2006; McDonald 2007). 특히, 우리나라의 경우, 출산율의 하락이 유례를 찾을 수 없을 정도로 아주 짧은 기간 동안 인구대체 출산율의 1/2 수준인 1.076(2005년)의 TFR로 떨어져, 즉각적으로 강력하고 효과적인 출산장려정책을 시행하지 않으면 출산율 저하가 반복되는 소위 Lutz et al.(2006)의 저출산 함정(the low fertility trap)에 빠질 가능성이 매우 높다. 이런 관점에서 볼 때 한 국가의 출산율은 출산장려정책 방법과 효과적인 시행의 전제하에서 예측되어야 한다. 이는 단지 과거 출산율의 시계열 패턴을 이용한 전통적인 통계적 예측기법의 한계를 시사하고 있다.

출산율의 예측방법에는 UN의 인구국(United Nations Population Division)이 2년마다 예측을 갱신하는 결정적 예측방법(deterministic methodology)이 있다(UN 2009). 그러나 이 결정적인 출산율 예측은 그 정확도를 검증할 수 없을 뿐만 아니라 미래 출산율의 불확실성을 평가할 수 없는 방법이다(Bongaarts & Bulatao 2000; Alho & Spenser 1990). 출산율의 예측을 위해 가장 널리 사용되는 방법은 모수화 모형(parameterized model)으로, 관측된 연령별 출산율을 감마함수, Hadwiger 함수, lognormal 함수 등에 적용하여 모수를 추정한 후 이 추정된 모수를 시계열 모형에 적합하여 미래의 출산율을 예측한다(Li & Wu 2003; Keilman & Pham 2000; Peristera & Kostaki 2007; Kaneko 2003). 이러한 모수화 모형의 유용성은 과거 출산율 패턴이 미래에도 계속되어야 한다는 가정이 성립되어야 가능하다.

그러나 이러한 가정은 우리나라와 같이 최근까지 출산율이 감소추세인 경우에는 당연히 출산율이 감소할 것으로 예측되어 본격적으로 시행되고 있는 출산장려정책을 반영할 수 없게 된다. 더군다나, 제3장에서 자세히 논의되겠지만, 모수화 모형은 낮은 적합도와 모수 추정의 불안정성과 같은 결정적인 약점이 있어 출산율 예측에 적용하는데 문제점을 드러내고 있다. Lee & Carter(1992)의 주성분 분석방법을 이용한 출산율 예측(Lee 1993; Lee & Tuljapurlcar 1994)도 동일한 문제를 가지고 있다. Alkema et al. (2010)은 전 세계 각국의 TFR을 구하기 위해, 출산율은 고출산에서 저출산 단계로 이동하는 전이단계를 거친 후 궁극적으로 인구대체 수준인 2.1로 수렴한다는 가정하고 있다. 이 가정을 이용하여 베이지안 기법을 이용하여 TFR을 예측하고 각국의 출산율의 80% 상한, 하한값을 제시하고 있다. 그러나 출산율의 전이단계에서 출산율 감소율이 증가할 때와 감소할 때가 대칭적이라는 가정은 현실성이 떨어진다.

본 논문에서는 출산율 3단계(즉, 높은 출산율 단계, 출산율 전이단계, 최저출산율 이후 단계)의 관점에서, 최저출산율 이후 단계에 도달한 선진 8개국의 TFR 추세를 이

용하여 우리나라의 TFR의 미래치를 예측하고, ASFR을 예측하기 위해 새로운 혼합 정규분포함수(mixed normal distribution)을 제안한 후, 이로부터 산출된 모수 시계열을 선진 8개국의 모수시계열과의 상관관계를 반영하여 예측하는 새로운 ASFR 모형을 제안할 것이다. 이러한 새로운 모형의 제안은 모든 나라의 출산율은 동일한 출산율 3단계를 거친다는 가정에서 출발한 Alkema et al. (2010)의 연구배경과 일맥상통하며, 다양한 출산장려정책에 의해 출산율이 최저점을 지나 안정증가세를 보이고 있는 선진 8개국의 출산장려정책의 효과를 우리나라에도 반영할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문은 총 4개의 장으로 구성되어 있다. 제2장에서는 출산장려정책의 3대축인 부모에 대한 재정지원, 자녀육아정책, 그리고 가족지원정책의 효과와 시행사례를 논의할 것이다. 출산장려정책의 효과는 McDonald(2006, 2007)의 연구내용을 주요 참고자료로 사용하였으며, 시행사례는 Sleetbos(2003), Neyer(2011), 김경미 외(2010)을 참고하여 정리하였다. 제3장에서는 모수화 모형을 적용하기 위해 기존 6개의 함수, 새로운 혼합정규분포함수, 그리고 Lee & Carter의 방법을 우리나라 출산율 자료에 적합하여 이들 8개 모형의 적합도를 비교하고 모수화 모형에서 추정된 모수들의 수렴문제에 대해 논의할 것이다. 이 논의를 바탕으로, 출산율의 저점을 이미 경험했고 제2장에서 논의한 출산장려정책의 성공적인 수행에 의해 출산율 증가를 경험하고 있는 선진 8개국의 출산율 추세를 이용한, 새로운 TFR 및 ASFR 예측방법을 제시하고 우리나라 자료에 적용할 것이다. 제4장에서는 제3장에서 제시한 새로운 출산율 추계방법에 의해 구한 예측치 및 80% 신뢰 하한과 상한값의 3개 출산 예측치와 박유성 외(2013)가 구한 중위, 하위, 상위의 3개 사망률을 기초로 총 9개의 출산 및 사망률의 시나리오하에서 구한 9개의 인구를 2100년까지 구할 것이다. 이 9개의 인구구조의 특성을 파악하고 비교하기 위해 6개의 고령화 지수와 생산가능인구, 핵심생산인구, 학령인구, 그리고 총 인구를 5년 단위로 제시할 것이다. 이러한 인구 시나리오별 정보는 출산장려정책, 복지정책, 교육정책, 이민정책 등을 포함한 각종 인구관련 정책의 설계와 시행에 중요한 참고자료로 이용될 수 있을 것이다.

II. 출산장려정책과의 효과

점차적으로 감소하고 고령화되는 노동력을 가진 국가가 경제의 세계화 현상 속에서

경쟁력을 가질 것이라는 기대는 불가능하다. UN은 2005년 기준으로 31개 국가가 TFR이 1.5 이하이며, 35개 국가는 출산율을 높이기 위한 정책을 실시하고 있다고 보고하고 있다(United Nations 2006). 출산장려정책(pronatalism)은 파시즘(fascism)이나 우생학(eugenicism)과 연관(Lutz et al. 2003; Mazumdar 2003)시켜 개인의 자유와 평등을 침해할 뿐 아니라, 재정지원이나 사회지원제도를 아이를 가지지 못한 자로부터 가진 자에게 이동시키고 있다는 인식이 있다. 더군다나 출산장려정책이 출산율을 높이는 효과가 있다는 분명한 구체적 사례연구가 부족한 실정이기 때문에 적극적인 출산장려정책을 채택하는 데 어려움이 있었다. 그러나 McDonald(2006; 2007)의 “출산장려정책이 효과가 없는 것을 두려워하여 저출산 국가들이 아무것도 하지 않는 것은 미래의 재정적 위험을 초래할 가능성이 매우 높다”, “경제의 세계화로 인해 미래의 경쟁력을 갖추기 위해서는 젊고 풍부한 노동력이 필수이다”와 같은 지적은 출산장려정책의 필요성을 분명하게 설명하고 있다. “저출산 국가의 현재의 출산율은 기초 출산율의 수준(underlying level of fertility)보다 낮게 나타나기 때문에 곧 출산율의 반등이 일어날 것”이라는 낙관적인 인구학자들의 주장(Kohler & Ortega 2002; Rodriguez 2006)은 결코 실현된 바 없었다는 사실 또한 저출산 국가의 출산장려정책의 수립 및 시행을 지지하고 있다. 출산장려정책의 3대축에는 부모에 대한 재정지원, 가족지원정책(family support policy), 그리고 자녀육아정책(child care policy)이 있다.

먼저 부모에 대한 재정지원의 사례를 살펴보자. 출산 시 현금지원(cash transfer) 또는 세금환불(tax rebate)은 즉시성(immediacy) 때문에 출산율 증가에 효과적으로 나타나, 노르웨이, 이탈리아, 오스트레일리아 등 여러 국가에서 최근에 채택하고 있는 정책이다. 가족수당(family allowance)이나 세제공제(tax concession) 혜택을 자녀의 연령에 관계없이 모든 자녀에게 주는 것이 효율적인 것으로 나타났다(McDonald 2006). 프랑스는 저출산 대응정책을 가장 먼저 실시한 국가로, 유자녀 가정에 광범위한 세제 혜택을 부여할 뿐만 아니라 2자녀 이상 가족의 소득보충급여, 주거보조비, 주부노후보험, 3자녀 여성에 대한 정액률 급여인 육아휴직수당지급 등의 정책을 시행하고 있다. 스웨덴과 독일은 출생 후순위에 좀 더 많은 특별급여 및 육아수당을 제공하고 있다. 또한, 영국은 첫째 아이에 대해 수당을 지급하고 있으며 자녀의 교육수당을 지급하고 있다.

가족지원정책은 무자녀 근로자의 동의가 필요하며, 출산 휴가자 또는 가족 휴가자를 대신해서 자신들이 일해야 한다는 부정적 인식의 불식이 전제되어야 한다. 출산율

제고를 위한 가족지원정책에는 유급출산휴가(paid maternity leave), 부모 및 가족 휴가, 탄력적 근무시간(flexible hours of work), 파트타임, 학교수업과 근무시간의 조화(harmonisation)등이 있다. 저출산의 근본적인 이유 중의 하나는 일과 가정의 양립이 어렵기 때문이다. 뉴질랜드나 캐나다와 같이 유아 교육시간과 어머니의 근무시간을 일치시키는 제도 도입은 부모들이 일과 가정을 동시에 돌볼 수 있도록 하는 중요한 역할을 임증하고 있다. 독일과 같이 출산 후 직장복귀의 보장은 출산율 증가에 긍정적인 효과를 가지게 되고, 스웨덴에서는 유급출산휴가가 출산간의 시간차를 줄이는 효과(speed bonus)가 있음을 입증하였다. 영국은 52주간의 출산휴가를 성문화하였고 부(父)출산휴가제도와 근무시간, 근무회수, 근무장소 등에 대한 탄력적 근무제도(flexible working)를 시행하고 있으며 독일 역시 출산휴직 후 직장복귀를 법으로 보장하고 있고 파트타임 고용제도를 활성화하고 있다. 스웨덴은 12개월은 임금의 90%, 이후 3개월은 최저임금을 지불하는 유급출산휴가 제도를 시행하고 있다.

오스트레일리아와 같이 부모의 경제활동 여부나, 싱가포르와 같이 교육수준과 수입이 높은 여성의 출산율이 낮다는 데 착안하여 수립한 정책들도 있다. 그러나 이와 같은 교육정도 및 수입정도에 따른 가족지원정책은 출산율 증대에 거의 기여하지 않는 것으로 나타났다(McDonald 2007).

또한 현재 우리나라에서 시행하고 있는 세 번째 자녀 출산 시의 가족지원정책이나 싱가포르에서 시행하고 있는 27세 이전에 첫 아이를 출산했을 때 주어지는 세제 혜택은 출산율 증대에 거의 기여하지 못하는 것으로 보고되고 있다(McDonald 2007). McDonald(2006)는 주택보조금, 교육 및 의료 보조금, 공공서비스 보조금 등의 보조금 제도는 직접적인 출산율 증대에 비효율적이라 주장하고 있다. 그러나 우리나라와 같이 소득에 비해 지나치게 주택가격이나 전세가격이 높은 경우, 최초 주택보유 보조금 제도, 전세보조금, 그리고 공공주택 우선 청약권 등의 혜택 부여는 첫째아 출산시기를 앞당기는 계기가 되어 출산율 증대에 기여할 수 있는 효과적인 가족지원정책이 될 수 있다.

자녀육아정책은 어머니가 일과 가정을 동시에 돌볼 수 있도록 하는 중요한 정책이다. 경제적인 부담이 작고 양질의 자녀보육제도가 충분한 사회적 여건은 아이를 가짐으로써 예측될 수 있는 휴직 및 경제적 부담에 대한 위험을 줄여줄 뿐만 아니라 첫 임신의 시기를 앞당기는 효과를 가지게 된다. McDonald(2007)은 2005년 기준, 경제선진국을 TFR이 1.7~2.0인 국가를 하나의 그룹으로 하고, TFR이 1.4 이하인 국가를 또

다른 그룹으로 설정하여 비교한 결과, TFR이 1.7~2.0인 국가는 유자녀 가정에 대한 사회적 지원이 체계화되어 있는 반면, TFR이 1.4 이하인 국가에는 그러한 사회적 지원이 없다는 사실을 지적하고 있다. 영국에서는 자녀보육상품권(child care voucher)과 방과 후 클럽이용 보조정책, 그리고 직장내 보육시설이 활성화되어 있으며 스웨덴에서는 공공보육시설이 매우 발달되어 있다. 프랑스는 교육수당, 취학수당, 전업주부 급여, 보육비보조 등을 포함한 가족 보충금제도를 시행하고 있고, 독일에서는 14세 미만 자녀 보육비용의 2/3까지 소득공제를 해주고 있으며 소득에 따라 보육지원을 차등하는 정책을 시행하고 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 각각의 출산장려정책의 효과는 한정적이며 때로는 입증되지 못하고 있기 때문에 가능한 모든 출산장려정책을 동시에 시행해야만 출산율의 증대효과를 볼 수 있다는 주장이 설득력을 갖는다고 할 수 있다(McDonald 2007). 또한 McDonald (2007)는 청년실업이 높은 나라나 계약직 고용이 높은 나라는 출산율이 낮은 경향이 있다고 보고하고 있다. Kravdal(1994)은 안정된 직장을 가진 젊은이들이 좀 더 빨리 가정을 이루는 경향이 있다는 연구결과를 발표하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 직업에 대한 안정성이나 계약직 고용의 감소 등의 조치를 통해 젊은이들의 미래에 대한 위험을 줄여주고, 낮은 실업률과 밝은 경제적 전망은 출산율 제고와 빠른 가족형성의 유인이 될 수 있다.

III. 출산율 예측모형

전형적인 연령별 출산율(age-specific fertility rate)의 패턴은 출산율이 가장 높은 연령을 중심으로 좌우대칭의 형태였으나 이런 형태는 점차적으로 고연령의 출산율이 저연령대 출산율보다 높아지는 형태(독일, 프랑스 등) 또는 10대 후반의 출산율이 예외적으로 높아지는 쌍봉형태(bimodal peaks, 영국 및 미국)로 변형되어 가고 있다.

1. 기존 모수화 모형의 문제점

ASFR의 패턴을 설명하기 위한 수 많은 모수화 모형이 소개되어 왔다. $f(x)$ 를 x 세에서의 연령별 출산율이라고 할 때, 이와 같은 모수화 모형 중 가장 대표적인 6개의 함수들은 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

〈표 1〉 6개 모형의 모형식 및 모수

모형	모형 식	모수
감마(Gamma) 함수 (Hoem et al. 1981)	$f(x) = R \frac{1}{\Gamma(b)c^b} (x-14)^{b-1} \exp\left(-\frac{x-14}{c}\right), \quad x \geq 15$	R, b, c
Hadwiger 함수 (Hadwiger 1940)	$f(x) = \frac{ab}{c} \left(\frac{c}{x}\right)^{3/2} \exp\left(-b^2 \left(\frac{c}{x} + \frac{x}{c} - 2\right)\right)$	a, b, c
베타(Beta) 함수 (Hoem et al. 1981)	$f(x) = R \frac{\Gamma(b+c)}{\Gamma(b)\Gamma(c)} (\beta-\alpha)^{(b+c-1)} (x-\alpha)^{b-1} (\beta-x)^{c-1}$ $\alpha = 15 < x < \beta = 50$	R, b, c
혼합 Hadwiger 함수 (Cahandola et al. 1999)	$f(x) = m \left(\frac{b_1}{c_1}\right) \left(\frac{c_1}{x}\right)^{3/2} \exp\left(-b_1^2 \left(\frac{c_1}{x} + \frac{x}{c_1} - 2\right)\right)$ $+ (1-m) \left(\frac{b_2}{c_2}\right) \left(\frac{c_2}{x}\right)^{3/2} \exp\left(-b_2^2 \left(\frac{c_2}{x} + \frac{x}{c_2} - 2\right)\right)$	$m, b_i, c_i,$ $i = 1, 2$
PK1 함수(Persitera and Kostaki 2007)	$f(x) = c_1 \exp\left(-\left(\frac{x-\mu}{\sigma(x)}\right)^2\right),$ $\sigma(x) = \sigma_1 \text{ if } x \leq \mu \text{ and } \sigma(x) = \sigma_2 \text{ if } x > \mu$	$c_1, \mu,$ σ_1, σ_2
PK2 함수(Persitera and Kostaki 2007)	$f(x) = c_1 \exp\left(-\left(\frac{x-\mu_1}{\sigma_1}\right)^2\right) + c_2 \exp\left(-\left(\frac{x-\mu_2}{\sigma_2}\right)^2\right)$	c_i, μ_i, σ_i $i = 1, 2$

이 6개 모형 중 혼합 Hadwiger 및 PK2 함수는 10대 후반에도 출생률이 높게 나타나는 쌍봉 정상(bimodal peaks)을 가진 출생률 자료에 적합하기 위해 제안된 모수화 함수들이다. 감마, Hadwiger, 베타 함수는 각각 3개의 모수를 가지고 있으며, PK1 모형은 $c_1, \mu, \sigma_1, \sigma_2$ 등의 4개 모수, 그리고 혼합 Hadwiger 함수는 5개, PK2 함수는 6개의 모수를 가지고 있다. Persitera & Kostaki(2007)은 6개국의 출생률 자료를 이용하여 감마, Hadwiger, 베타, 그리고 PK1 함수의 적합도를 비교했고 3개국의 출산율 자료를 이용하여 혼합 Hadwiger 함수와 PK2 함수의 적합도를 비교하였다. Thompson et al.(1989)은 출산율 자료에 감마함수를 적합하여 구한 모수 시계열을 이용하여 출생률을 예측하였다.

본 논문에서는 우리나라의 센서스 자료에 기초하여 센서스 간 인구(intercensal estimates)를 생성하고, 통계청의 출생자 수 자료를 이용하여 1981년부터 2010년까지 연령별 출산율 자료를 산출하였다. 우리나라의 출산율 자료에 모형을 적합시켜 본 결과 모수가 4개인 PK1, 모수가 6개인 혼합 Hadwiger와 PK2 함수로부터 추정된 모수

추정치는 수렴하지 않는 것으로 나타났다. 모수 추정은 비선형 Newton-Raphson 방법을 사용했으며, 초기치에 매우 민감하게 의존하여 서로 다른 모수 추정치를 산출하였다. 이는 한국의 출산율 자료에 PK1, PK2, 그리고 혼합 Hadwiger 함수를 이용하여 신뢰성 있는 출산율의 예측을 기대할 수 없다는 것을 의미한다. 감마, Hadwiger, 그리고 베타 함수의 모수를 이용하여 연령별 산모의 평균연령과 표준편차를 구할 수 있다(Hoem et al. 1981). <표 2>는 감마함수와 베타함수로부터 추정된 모수를 이용하여 산모의 평균연령(μ)과 표준편차(σ)를 구한 결과이다. <표 1>의 모수와 평균연령 및 표준편차의 관계는 감마함수의 경우,

$$\mu = bc + 15, \sigma = \sqrt{bc^2}$$

이며, 베타함수의 경우

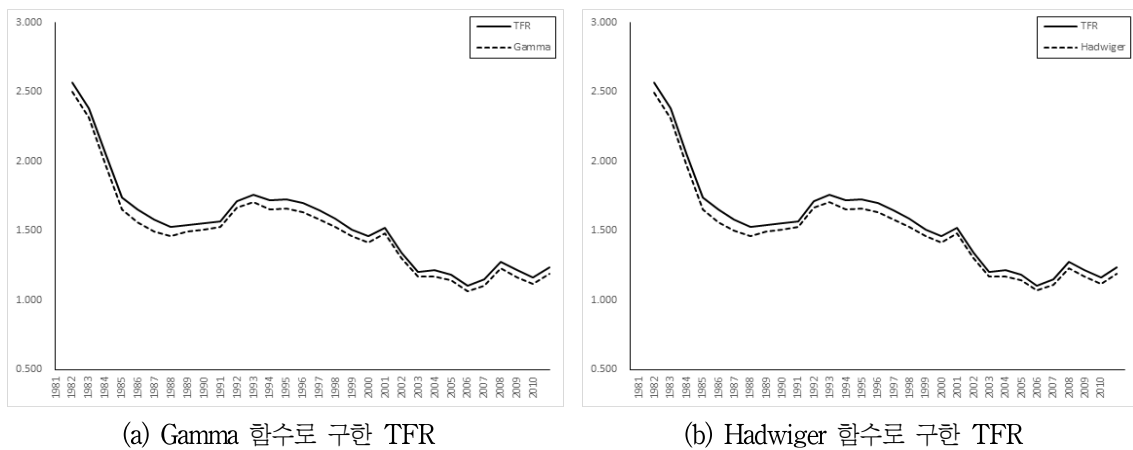
$$\mu = \alpha + (\beta - \alpha) \frac{b}{b+c}, \sigma = (\beta - \alpha)^2 \frac{bc}{(b+c)^2(b+c+1)}$$

이다. Hadwiger 함수로부터 계산된 값은 동일한 패턴을 따르고 있으므로 생략하였다.

<표 2>에서 볼 수 있듯이 우리나라 산모의 평균연령과 표준편차는 증가추세를 따르고 있다. 즉, 1981년 평균 26세에서 첫아이를 가졌다면 2010년에는 평균 31세에서 첫아이를 낳았다는 것을 의미하며, 표준편차가 증가한다는 의미는 임신연령이 점점 넓게 퍼진다는 의미이므로 고 연령대 임신이 늘어난다는 것을 말한다. 그러므로 <표 2>의 추세를 이용한 통계적인 기법으로 출산율을 예측하면 평균 출산연령은 증가하고 분산은 커지게 추산하게 되어 미래의 출산율은 감소할 수밖에 없게 된다.

<표 2> 산모의 평균연령과 표준편차

연 도		1981	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Gamma	평 균	26.41	25.70	26.60	27.50	28.50	29.80	31.00
	표준편차	4.17	3.16	3.31	3.33	3.56	3.54	3.72
Beta	평 균	26.10	25.5	26.40	27.20	28.20	29.50	30.70
	표준편차	3.83	3.010	3.14	3.17	3.36	3.36	3.54



〈그림 1〉 추정된 우리나라 TFR 과 관측된 TFR

추정된 15~49세까지의 모수화 모형의 연령별 출산율의 합이 총출산율(Total Fertility Rate :TFR)이 되므로 감마함수와 Hadwiger 함수에 의해 구한 TFR 과 실제 관측된 TFR을 비교할 수 있다(〈그림 1〉, Beta 함수도 같은 패턴을 보이므로 생략함).

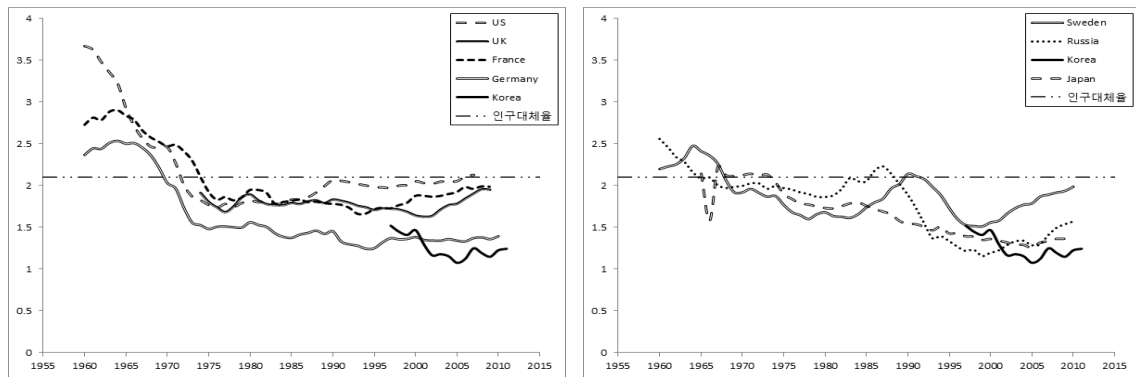
〈그림 1〉에서 공통적으로 관찰되는 것은, 감마, 베타 및 Hadwiger 함수를 이용한 모수화 모형은 시점에 관계없이 TFR을 과소추정하여 체계적 편향(systematic bias)이 존재함을 알 수 있다. 이러한 문제점은 출산장려정책의 효과와 TFR의 체계적 편이를 극복하기 위한 새로운 출산율 추계방법의 개발을 필요로 하고 있다.

2. 새로운 출산율 예측모형

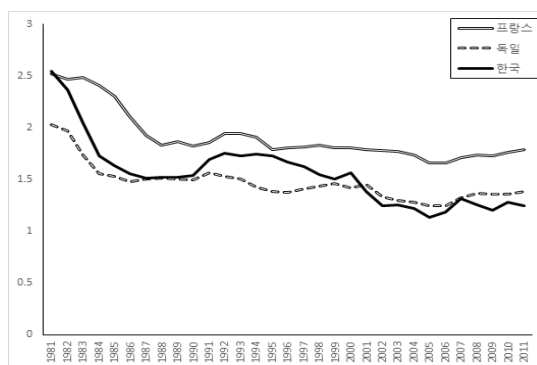
출산율의 변이과정은 높은 수준의 TFR에서 인구대체율 2.1 이하로 하락한 후 다시 서서히 증가하여 안정화단계를 거친다는 것이 인구학자들의 일반론이다. 〈그림 2〉-(a)를 살펴보면 높은 수준의 TFR에서 1970년대 초반까지 인구대체율인 2.1 수준 이하로 급격하게 하락하다가 그 이후에는 서서히 감소한 후 1990년대 말을 기점으로 다시 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 인구학자들의 출산율 변이 3단계 중 1990년대 말까지가 출산율 전이단계(출산율 제2단계)이고, 이후 시점이 전이 후단계(출산율 제3단계)로 해석할 수 있다.

〈그림 2〉-(b)는 프랑스와 독일, 그리고 한국의 TFR 최저점을 기준으로 다시 정리한 그림이다. 즉, 프랑스는 1993년 TFR이 1.661로 최저점을 기록했고, 독일은 1994년

1.244, 그리고 한국은 2005년 1.076으로 TFR이 최저점을 기록하였다. 즉, <그림 2>-(b)는 연도에 상관없이 이 최저점이 일어난 시점이 일치하도록 재정리한 것이다. 독일은 유럽국가 중 가부장적 요소가 가장 많이 남아 있는 나라로 가족에 대한 남성생 계모형(the male breadwinner model of the family)의 대표적인 국가이며, 프랑스는 개인의 자유를 강조한 대표적인 국가이다(McDonald 2007). 한국의 출산율 패턴이 <그림 2>-(b)에서와 같이 TFR의 패턴이 이들 두 나라와 매우 유사한 것이 이러한 두 나라의 특성과 어떠한 연관이 있는지에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.



(a) 해외 7개국 및 우리나라 TFR



(b) TFR 최저점으로 정리한 프랑스, 독일, 한국

<그림 2> 영국, 프랑스, 미국, 독일, 스웨덴, 러시아, 일본 등 7개국과 우리나라 TFR 관측치

〈표 3〉 한국 TFR 예측을 위한 회귀모형적합 결과

국가	R^2	국가	R^2
영국	0.712	일본	0.821
프랑스	0.9246	프랑스 + 독일	0.941
독일	0.9335	4개국 평균	0.901
미국	0.779	전 체	0.868
스웨덴	0.808		

◦ 4개국: 프랑스, 독일, 스웨덴, 영국 ◦ 전체: 6개국 평균

이 연구의 목적 중 하나는 제2장에서 논의한 출산장려정책을 우리나라에서도 시행한다는(상당수는 이미 시행하고 있음) 가정 하에서 출산장려정책의 효과를 반영한 출산을 추세모형의 구축이다. 그러므로 출산율 변이 3단계 중 최종단계에 막 진입한(2005년 이후) 우리나라의 향후 출산율 예측을 위하여, 이미 출산율 최종단계에 상당한 경험을 한 〈그림 2〉의 국가의 출산율 추이를 바탕으로 새로운 모형을 제시하고자 한다. 〈그림 2〉-(b)와 같이 출산율 제2단계 끝점(최저 출산율)을 일치시킨 후 한국의 TFR을 종속변수로 하고, 〈그림 2〉의 7개국과 프랑스 및 독일의 평균 TFR을 독립변수로 하는 자기상관오차항(autocorrelated error term)을 가정한 회귀모형을 적합한 결과가 〈표 3〉에 정리되어 있다.

〈표 3〉에서 살펴볼 수 있듯이 프랑스와 독일의 평균 TFR이 한국의 TFR을 가장 잘 설명하는 것으로 나타났으며, 추정된 모형은

$$\begin{aligned} \text{한국의 } TFR_t &= -1.04 + 1.536 TFR_{t-12}^* + \epsilon_t \\ \epsilon_t &= -0.799\epsilon_{t-1} + \nu_t, \quad t = 1981, \dots, 2011 \end{aligned} \quad (1)$$

이다. 여기서 $TFR_t^* = (\text{프랑스 } TFR_t + \text{독일 } TFR_{t+1})/2$ 이다. 출산율 변이 제3단계의 가장 큰 특징은 출산율이 가장 높은 모연령이 프랑스는 2004년부터 29세로, 영국과 독일은 2005년 이후 31세로 고정되어, 31세를 경계로 더 이상 증가하지 않고 해당 연령을 중심으로 연령별 출산율은 우측의 출산율 증가가 더 두드러지는 특성을 보이고 있다(Chandola et al. 2002; Schmertmann 2003; Perister & Kostaki 2007). 이러한 특성을 잘 반영하기 위해 평균연령을 중심으로 서로 다른 두 개의 분포가 합쳐진 형태인

다음의 혼합정규함수(mixture of normal functions)을 제안하고자 한다.

$$f(x) = c_1 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma_1}\right)^2\right) I_{[x \leq \mu]} + c_2 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma_2}\right)^2\right) I_{[x > \mu]} \quad (2)$$

여기서 만약 $x \leq \mu$ 이면 $I_{[x < \mu]} = 1$ 이고, 그렇지 않으면 0이다. 모형(2)에서 모수는 $c_1, c_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2$ 이며, μ 는 관측된 출산율이 가장 높은 모연령이다. <표 4>는 우리나라 1981~2010년의 출산율 자료에 적합한 (2)의 혼합정규분포의 모수 $c_1, c_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2$ 의 추정치다.

c_1 이 μ 보다 작은 연령에서의 합계 출산율이고, c_2 가 μ 보다 큰 연령에서의 합계출산율이므로, $c_1 + c_2$ 는 전체 연령에서의 TFR 이다(Chandola et al. 2002, Perister & Kostaki 2007). <표 4>에서 알 수 있듯이 TFR은 1981년 이래로 계속 감소한 후, 2005년 최저점(출산율 2단계 끝점)을 기록한 후 증가추세를 따르고 있음을 알 수 있다. c_2 가 전반적으로 크게 추정된 것으로 볼 때 최고 출산율 모연령 이상의 출산율(그러므로 비교적 노산)이 높아진 것을 알 수 있으며, $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$ 인 것으로 보아 우리나라 출산율도 점차 유럽형으로(즉, 30~49세의 출산율이 높아지는) 변화하는 것으로 판단할 수 있다.

혼합정규함수의 모형 적합도를 다른 모형과 비교하기 위해 우리나라 출산율 자료에 제3장 1절에 정의된 기존의 6개의 함수(비록 모수를 4개 이상 가진 3개 함수의 모수 추정치는 수렴하지 않지만)와 Lee & Tuljapurker(1994)가 사용한 Lee & Carter(1992)의

<표 4> 혼합정규함수의 모수 추정치

모수	1981	1985	1990	1995	2000	2005	2010
c_1	1.085	0.537	0.741	0.850	0.576	0.518	0.551
c_2	1.461	1.099	0.797	0.878	0.987	0.616	0.728
σ_1^2	2.111	1.020	1.439	1.633	1.123	0.996	1.068
σ_2^2	2.843	2.087	1.547	1.687	1.924	1.185	1.409

방법론을 적용하여 평균절대오차(Mean Absolute Error: MAE)와 평균절대비율오차(Mean Absolute Percentage Error: MAPE)를 구해 비교해 보았다. 혼합정규함수가 다른 나라에도 적용가능한지를 살펴보기 위해 독일과 프랑스의 출산율 자료의 모형 적합도도 고려하였다. PK1, PK2, 그리고 혼합 Hadwiger 함수는 독일과 프랑스에도 동일하게 수렴문제가 발생하여 독일과 프랑스의 자료적합에는 이들 세 함수를 제외하였다. 프랑스와 독일 모두 한국과 동일하게 1981~2010년의 자료를 이용하여 ASFR과 TFR의 MAE와 MAPE를 구하여<표 5>에 제시하였다. ASFR의 경우 MAE와 MAPE의 합(즉, 1981~2010년의 합)으로 제시하였다.

<표 5> 모수화 모형의 적합도 비교

한 국									
출산율	적합도	감마	Hadwiger	베타	PK1	PK2	혼합 Hadwiger	Lee & Carter	혼합 Normal
ASFR	MAE	0.112	0.110	0.134	0.154	0.103	0.134	0.248	0.131
	MAPE	13.07	13.53	16.41	13.32	14.01	33.58	66.72	14.66
TFR	MAE	0.053	0.052	0.074	3.815	1.44	3.388	0.166	0.005
	MAPE	0.034	0.034	0.043	2.642	0.933	2.11	0.103	0.004
독 일									
출산율	적합도		감마		Hadwiger		베타		혼합 Normal
ASFR	MAE		0.156		0.306		0.295		0.056
	MAPE		138.12		58.84		13.64		10.71
TFR	MAE		0.011		0.617		0.015		0.010
	MAPE		0.008		0.429		0.010		0.008
프랑스									
출산율	적합도		감마		Hadwiger		베타		혼합 Normal
ASFR	MAE		0.105		0.426		0.426		0.061
	MAPE		54.83		32.97		16.25		8.288
TFR	MAE		0.008		0.834		0.034		0.002
	MAPE		0.005		0.435		0.018		0.001

〈표 5〉를 살펴보면 수렴에 문제가 있는 PK1, PK2, 혼합 Hadwiger는 TFR의 MAE와 MAPE가 매우 큼을 알 수 있다. 한국의 경우 감마함수가 ASFR에서 가장 우수한 것으로 나타났으나, TFR에서는 혼합 Normal에 비해 약 10배의 MAE와 MAPE를 보이고 있다. 독일과 프랑스에서는 혼합 Normal이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 현상의 근본적인 이유는 독일과 프랑스는 1990년대 이후 출산모 평균연령보다 높은 연령의 출산율(즉, 30~49세의 출산율)이 어린 연령의 출산율(즉, 15~29세)보다 뚜렷하게 높게 나타난 현상 때문이다. 즉, 혼합정규분포함수에서 $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$ 이기 때문이다. Lee & Carter 모형은 기대와 다르게, 모수화 모형(즉, 감마, Hadwiger, 베타, 혼합정규함수)보다 모형 적합도가 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

프랑스와 독일의 출산율 제2단계의 끝점이 각각 1993년과 1994년이므로, 한국의 2010년 이후의 미래출산율은 프랑스와 독일의 각각 1998년 및 1999년 이후(한국의 출산율 제2단계 끝점이 2005년이므로)의 출산율 추세를 따른다는 모형(1)의 TFR 분석의 결과와 〈표 5〉의 결과에 의해, 한국의 출산율 추세를 혼합정규분포함수를 이용하여 구하고자 한다.

한국의 미래 ASFR을 구하기 위해 TFR과 동일하게 출산율 제2단계의 끝점을 일치시킨 후, 혼합정규분포함수로부터 구한 한국의 c_1 , c_2 , σ_1^2 , σ_2^2 를 종속변수로, 독일, 프랑스, 또는 (독일+프랑스)의 평균을 독립변수로 하는 오차항이 자기상관관계를 가지고 있는 다변량 회귀분석 모형을 이용하여 구한 결과, 독립변수가 (독일+프랑스)의 평균일 때가 가장 적합도가 높았으며, 추정된 모형은

$$\theta_t = \delta + \Gamma \theta_{t-12}^* + \sum_{p=1}^3 \Phi_p \theta_{t-p} + \epsilon_t \quad (3)$$

이다. 여기서 $\theta_t = (c_{1t} \ c_{2t} \ \sigma_{1t}^2 \ \sigma_{2t}^2)'$, $\theta_t^* = (c_{1t}^* \ c_{2t}^* \ \sigma_{1t}^{2*} \ \sigma_{2t}^{2*})'$ 이며 c_{1t} , c_{2t} , σ_{1t}^2 , σ_{2t}^2 는 한국의 혼합정규분포 모수이고, c_{1t}^* , c_{2t}^* , σ_{1t}^{2*} , σ_{2t}^{2*} 은 독일과 프랑스 모수 추정치의 평균이다. δ 는 절편을 나타내는 4×1 벡터이며, Γ 는 θ_{t-12}^* 에 대한 계수행렬로 4×4 행렬이다. Φ_p 은 자기상관항인 θ_{t-p} 에 대한 계수행렬로 4×4 행렬이며, ϵ_t 는 오차항으로 4×1 벡터이다. 각 모수들에 대한 추정치 및 p-값은 지면상 생략하며, 독자가 요청시 제공할 수 있음을 밝힌다. (3)에서 구한 c_{1t} 와 c_{2t} 는 모형(1)에서 구

한 TFR과 일치시키기 위해 c_{1t} 는 $\frac{c_{1t}}{c_{1t} + c_{2t}} \times TFR_t$ 로, c_{2t} 는 $\frac{c_{2t}}{c_{1t} + c_{2t}} \times TFR_t$ 로 재조정된 후, 이 조정된 c_{1t} 와 c_{2t} 그리고 σ_{1t}^2 과 σ_{2t}^2 를 혼합정규분포함수에 대입하여 ASFR을 구한다. 모형(3)과 같이 다변량 모형을 사용한 근본 이유는 모수 c_1 , c_2 , σ_1^2 , σ_2^2 가 하나의 자료로부터 계산된 값으로 이들 간의 상관관계가 높을 것으로 판단되었기 때문이다. 각 모수 추정치들 간의 상관계수를 구해보면, c_1 과 c_2 의 상관계수가 0.576으로 유의수준 0.05에서 유의했으며, c_2 와 σ_2^2 의 상관계수가 0.64로 유의했다. 앞서 밝혔듯이 $c_1 + c_2 = TFR$ 이므로 이들의 상관계수가 높게 나오게 되며, 시간이 지남에 따라 모의 출산이 점점 더 평균연령보다 많은 연령에서 이루어지고 있기 때문에 c_2 와 σ_2^2 의 상관계수가 높게 나온 것으로 여겨진다. TFR 예측을 위한 모형(1)과 ASFR의 예측을 위해 적용한 혼합정규함수의 모수에 적합시킨 모형(3)은 확률모형이기 때문에 TFR 또는 모수의 신뢰구간을 쉽게 구할 수 있으며 이를 이용하여 미래 출산율의 통계적 불확실성을 반영할 수 있다.

IV. 출산율과 사망률의 9개 시나리오에 따른 우리나라 미래인구구조

미래인구구조는 정부정책의 방향과 결정에 중요한 역할을 한다. 인구구조는보험 및 연금정책, 출산정책, 보육정책, 산업정책 등에 직접적인 영향을 미치게 된다. 이에 따라 인구의 불확실성을 출산율, 사망률, 국제이동에 부여하여 미래인구의 구조변동을 산출하여 정부정책의 기초자료로 사용한다.

국제이동은 미국과 같이 이민정책에 의해 인구를 조정하는 국가에는 중요한 역할을 하지만, 한국을 포함하여 대부분의 국가에서는 국제인구이동이 매우 제한적이므로 미래인구구조에 거의 영향을 미치지 못한다.

출산율 3단계 변이과정의 관점에서 프랑스와 독일의 2000~2012년의 출산율 자료는 모형(1)과 모형(3)을 이용하여 한국의 2012~2024년 TFR과 ASFR을 예측할 수 있다. 혼합정규분포의 평균은 출산율이 가장 높은 모연령으로 2012년부터 31세로 고정된 것으로 가정하였다. 첫 아이를 가질 가능성이 가장 높은 모연령과 ASFR의 최빈(most frequent) 모연령이 일치하기 때문에 31세 이상이 최빈 모연령이 되면 의학적 측면에서

TFR을 증가시키는 데 한계가 있으며, 출산장려정책이 성공한 프랑스와 독일 등 유럽 7개국의 자료에서도 출산율 3단계에서는 최빈 모연령의 증가가 발견되지 않고 31세를 넘지 않는 것으로 나타났기 때문이다. 출산장려정책의 전제조건은 ASFR의 최빈 모연령이 더 이상 증가하지 않도록 해야 한다는 것이다.

과거의 자료를 바탕으로 한 통계모형의 단순적용은 최빈 모연령의 계속증가를 예측할 수밖에 없다. 과거의 출산율이 현재를 그대로 반영한다는 것은 출산장려정책의 실패를 의미하므로 최빈 출산 모연령을 31세로 고정한 것은 출산장려정책이 어느 정도 성과를 거두었다는 전제가 필요한 가정이다.

출산율 제3단계는 느린 증가 후 출산율이 정상성 과정(stationary process)을 따른다는 인구학적 의견일치에 의해(Alkema et al. 2010), 2024년 이후는 2024년과 동일한 TFR과 ASFR을 가지는 것으로 가정하고 출산율의 상한과 하한값을 모형(1)에 의해 80% 신뢰구간으로 구한 결과를 2년 간격으로 <표 6>에 정리하였다. 본 논문에서는 평균을 중위가정, 80% 상한 및 하한값을 상한 가정 및 하한 가정으로 설정하도록 한다.

<표 6>에서 알 수 있듯이 가정에 관계없이 출산율이 증가하고 있으며, 중위 가정에 따르면 2018년에는 인구대체안정선 1.5를 넘어서는 것으로 예측되었으며 상한 가정은 2024년에 인구대체출산율 2.1에 근접하는 것으로 예측되었다. 그러나 TFR의 하한 가정은 거의 현재의 TFR 수준(2011년 기준 1.30)보다 약간 낮은 수준으로 예측되어, 출산장려정책이 실패하였을 때의 가정으로 해석될 수 있다.

본 연구에서 제시하는 출생률 및 사망률은 센서스 인구를 기준으로 계산된 것임을 밝혀둔다. 통계청에서는 출산율을 주민등록인구를 이용하여 산출하고 사망률은 추계인구를 이용하여 산출한다. 박유성 외(2010)는 추계인구의 문제점을 논의하였으며, 주민등록인구는 국제이동통계의 부정확성 때문에 공식인구로서 문제점을 가지고 있음을 지적하였다. 참고로 센서스인구<추계인구<주민등록인구의 순서이다. 박유성 외(2013)

<표 6> 총 출산율의 중위, 상한, 하한값

연도	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025
중위	1.355	1.369	1.413	1.512	1.516	1.553	1.633	1.633
상한	1.533	1.616	1.690	1.803	1.814	1.855	1.937	1.937
하한	1.188	1.122	1.135	1.222	1.218	1.252	1.329	1.329

〈표 7〉 한국의 평균수명 중위, 상한, 하한값

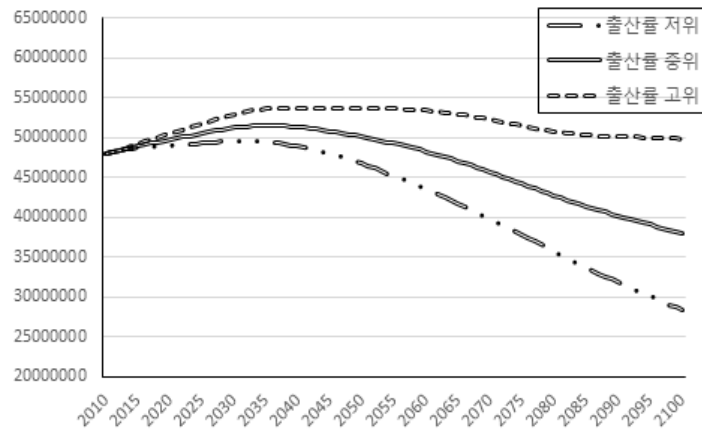
성별	연도	2013	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
남	중위	77.50	79.76	82.67	85.25	87.55	89.61	91.44	93.07	94.53	95.83
	상한	78.10	80.54	83.90	87.20	90.27	93.04	95.47	97.58	99.38	100.90
	하한	76.79	78.84	81.22	82.93	84.20	85.15	85.85	86.34	86.64	86.79
여	중위	84.45	86.79	89.89	92.73	95.31	97.60	99.60	101.30	102.80	104.10
	상한	84.97	87.77	91.77	95.59	98.99	101.90	104.20	106.00	107.40	108.50
	하한	83.85	85.69	87.79	89.44	90.74	91.75	92.53	93.11	93.51	93.75

는 오차수정모형을 이용한 Lee & Carter 모형(Lee & Carter 1992)으로부터 2100년까지 〈표 7〉과 같이 평균수명의 중위, 상한, 하한 값을 제시하였다.

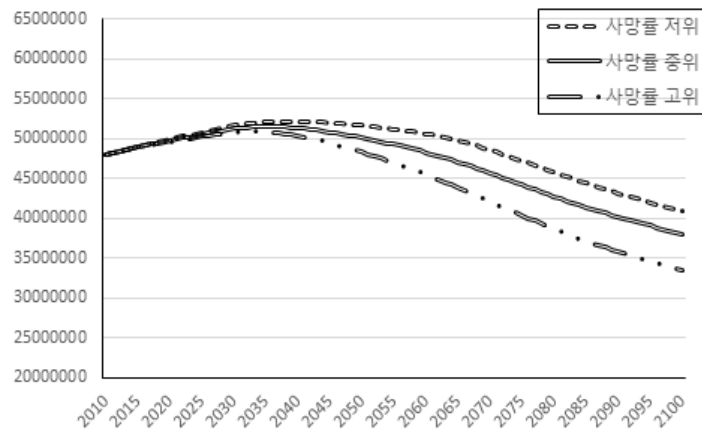
〈표 7〉의 기대여명의 중위수를 기준으로 살펴볼 때 2013년 여성이 남성보다 6.95년 더 오래살고 2100년에는 여성이 남성보다 7.6년 더 사는 것으로 예측되어 여성의 사망률의 감소속도가 남성보다 더 빠른 것으로 나타났다. 또한 시간이 감에 따라 남성과 여성 모두 기대수명의 하한과 상한의 차이가 커지는 것으로 나타나 시간의 불확실성을 반영한 확률적 예측모형의 특성을 보여주고 있다.

〈표 6〉와 〈표 7〉의 출산율과 사망률(동일하게, 기대여명)의 중위, 상한, 하한 값을 이용하여 총 9개의 인구 시나리오를 만들 수 있다. 출산율과 사망률 가정의 영향력을 파악하기 위해 다음의 조합으로 총인구수를 산출하였다. 총인구수를 산출하기 위해 성별/연령별 인구를 구해야 한다. 예를 들어 여성의 경우 t 시점에서의 x 세 여성 인구는 $t-1$ 시점의 $x-1$ 세 여성 인구에 $t-1$ 시점의 $x-1$ 세 여성의 생존율(1 -사망률)을 곱해준다. 0세 여성 인구의 경우 $t-1$ 시점 여성의 연령별 인구에 연령별 출산율을 곱한 후, 남녀 성비를 곱하여 산출한다. 국제이동은 없는 것으로 간주하였다.

〈그림 3〉은 사망률을 중위값으로 고정하고 출산율의 하한, 중위, 상한 가정에 따른 연도별 총인구수의 변화추이를 보여주고 있다. 또한, 〈그림 4〉는 출산율을 중위값으로 고정하고 사망률을 하한, 중위, 상한값으로 변화시켰을 때 총인구수의 변화추이를 보여주고 있다.



〈그림 3〉 출산율 변화의 영향(사망률 중위 가정)



〈그림 4〉 사망률 변화의 영향(출산율 중위 가정)

〈그림 3〉과 〈그림 4〉를 바탕으로 살펴볼 때 총인구수는 출산율의 변화에 더 민감하게 움직이는 것으로 나타났으며, 특히 출산율이 상한일 때 총인구는 거의 줄어들지 않고 있어, 만약 2024년까지 TFR을 1.937까지 증가시킬 수 있다면 5,000만 명을 상회하는 인구가 계속 유지되어 인구에 의한 성장 동력이 유지되는 출산장려정책의 중요성을 알 수 있다.

인구구조에 대한 출산율과 사망률의 영향을 좀더 구체적으로 살펴보기 위해 출산율과 사망률이 모두 중위인 경우, 출산율이 하한이고 사망률도 하한인 경우, 출산율이 상한이고 사망률이 중위인 경우의 3가지를 살펴보도록 하자. 9가지 시나리오를 모두 보기에는 지면상의 제한도 있지만, 출산율과 사망률 모두 중위 가정은 현재의 출산 및 사망 패턴이 그대로 유지된다는 가장 실현 가능성이 높은 시나리오이며, 출산율 하한 가정은 2011년 현재의 출산율이 그대로 유지된다는 가정과 같으며 사망률 하한 가정은 의료기술 수준이 현재보다 좋아진다는 관점에서 볼 때 현실적이므로, 출산율 하한과 사망률 하한 가정 역시 현실적인 시나리오 중 하나이다. 마지막으로 출산율 상한과 사망률 중위 가정은 출산율과 사망률 중위 가정과 비교하여 고정된 사망률 가정에서 출산율의 효과를 살펴보기 위함이다. <표 8>은 이 세 가지 시나리오를 총인구, 생산가능인구(15~64세), 핵심생산인구(25~49세), 그리고 학령인구(6~21세)로 비교한 표이다.

〈표 8〉 세 가지 인구시나리오에 따른 인구

(단위: 만 명)

		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
출산율 중위 + 사망률 중위	총인구	4,799	4,975	5,123	5,130	5,012	4,825	4,569	4,272	4,017	3,799
	생산가능인구	3,478	3,488	3,150	2,811	2,569	2,302	2,124	2,048	1,897	1,725
	핵심생산인구	1,954	1,769	1,547	1,345	1,159	1,168	1,077	961	926	879
	학령인구	985	769	739	760	653	587	601	548	479	475
		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
출산율 하위 + 사망률 하위	총인구	4,799	4,915	4,994	4,969	4,821	4,585	4,263	3,870	3,474	3,106
	생산가능인구	3,478	3,491	3,131	2,698	2,371	2,027	1,729	1,551	1,385	1,174
	핵심생산인구	1,954	1,770	1,548	1,322	1,041	965	869	726	641	581
	학령인구	985	753	629	617	527	427	400	363	295	264
		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
출산율 상위 + 사망률 중위	총인구	4,799	5,049	5,289	5,375	5,368	5,338	5,226	5,076	5,011	4,983
	생산가능인구	3,487	3,488	3,175	2,931	2,777	2,592	2,556	2,610	2,501	2,414
	핵심생산인구	1,954	1,770	1,547	1,370	1,279	1,376	1,293	1,228	1,270	1,249
	학령인구	985	786	850	906	784	776	847	779	727	782

출산율 중위, 사망률 중위 시나리오에서 2010년 4,799만 명에서 2100년 3,799만 명으로 1,000만 명의 총인구가 줄어들며, 동 기간 동안 생산가능인구, 핵심생산인구, 학령인구는 각각 약 1/2 수준으로 줄어드는 것으로 나타났다. 이 시나리오에서 총인구는 2035년 5,151만 명으로 최대치를 보이고 이후로 줄어드는 것으로 나타났으며, 경제활동인구는 2016년 3,551만 명으로 최대치이며 핵심생산인구와 학령인구는 2010년이 최대치인 것으로 추계되었다.

출산율 상위+사망률 중위 시나리오는 출산율 중위+사망률 중위 시나리오와 비교하면 총인구에서는 2060년 513만 명의 차가, 2100년에는 1,184만 명의 차가 발생하는 것으로 나타났다. 2010년생이 2060년에는 50세이므로 출산율의 영향은 2세대(two generations) 이후에 본격적으로 작용하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 생산가능인구, 핵심생산인구, 학령인구에서 더욱 뚜렷하게 나타나고 있으며, 총인구는 2010년 4799만 명에서 2100년에는 오히려 184만 명이 늘어난 4,983만 명으로 추계되어 출산율의 증가효과가 극명하게 나타난 것으로 알 수 있다.

출산율 하위+사망률 하위 시나리오에서는 출산율 하위는 인구감소 효과를, 사망률 하위는 인구증가 효과를 초래하게 된다. 출산율 중위+사망률 중위와 비교할 때 총인구 감소폭이 출산율+사망률 하위가 훨씬 큰 것으로 보아 출산율 증감이 사망률 증감보다 총인구에 미치는 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 특히 출산율 하위+사망률 하위 시나리오는 현재의 출산율의 관점에서 고려하여 볼 때 매우 현실적인 시나리오일 가능성이 높아, 생산가능인구, 핵심생산인구, 학령인구의 수준이 매우 우려되는 인구구조라고 할 수 있다.

이 세 가지 시나리오에서의 인구구조를 생산가능인구(15~64세)가 감당해야 하는 부양부담(burden of dependency)과 고령화(aging)의 관점에서 살펴보기로 하자. <표 9>는 일반적으로 많이 이용되는 부양부담 지수 및 고령화 지수를 정리한 표이다.

부양부담을 나타내는 대표적인 지수는 <표 9>의 총부담지수(TDR)로, 이 값이 클수록 생산가능인구(working population)의 부양부담이 커짐을 의미하여 조세부담률이 높아진다. 고령화를 나타내는 대표적인 지수는 고령화지수(PAP), 아동부양지수(CDR), 그리고 아동대비 노년비율(ACR)이 있다. PAP가 7% 이상이면 고령화 사회, 14% 이상이면 고령사회, 그리고 20% 이상이면 초고령 사회라고 한다. CDR이 25% 이하이면 고령(old) 사회, 35% 이상이면 청년(young) 사회라고 하며, ACR이 15% 이하이면 청년(young) 사회, 30% 이상이면 고령(old)사회라고 분류한다(Hobbs 2004).

〈표 9〉 부양부담 및 고령화 지수

지수	정의
TDR(Total Dependency Ratio)	$TDR = \frac{14\text{세 이하 인구} + 65\text{세 이상 인구}}{15\text{세} \sim 64\text{세 인구}}$
PAP (Proportion of Aged Persons)	$PAP = \frac{65\text{세 이상 인구}}{\text{전체인구}}$
CDR(Child Dependency Ratio)	$CDR = \frac{14\text{세 이하 인구}}{15 \sim 64\text{세 인구}}$
ACR(Aged-Child Ratio)	$ACR = \frac{65\text{세 이상 인구}}{14\text{세 이하 인구}}$

위 지수들을 이용하여 〈표 8〉의 인구시나리오에 따른 부양부담지수 TDR과 고령화 측정지수 PAP, CDR, ACR을 정리하면 〈표 10〉과 같다.

〈표 10〉 한국의 부양부담지수와 고령화 측정지수

(단위: %)

		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2100
출산율 중위 + 사망률 중위	TDR	37.9	42.6	62.6	82.5	95.1	109.6	115.2	108.3	120.3
	PAP	11.3	16.1	24.5	32.4	37.7	40.7	41.7	41.2	43.1
	CDR	22.4	19.7	22.8	23.4	21.6	24.4	25.5	22.6	25.4
	ACR	69.7	116.9	174.5	252.1	340.4	349.2	252.1	380.2	373.3
	WORK	72.5	70.1	61.5	54.8	51.3	47.7	46.4	47.9	45.4
	PWORK	40.7	35.6	30.9	26.2	23.1	24.2	23.6	22.5	23.1
		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2100
출산율 하위 + 사망률 하위	TDR	37.9	40.8	59.5	84.2	103.3	126.2	146.5	149.5	164.5
	PAP	11.3	16.5	25.7	34.9	42.0	47.5	51.0	52.3	54.5
	CDR	22.4	17.6	18.5	19.9	17.8	18.7	20.8	19.1	20.3
	ACR	69.7	132.3	222.3	322.8	479.8	576.6	604.4	683.6	712.6
	WORK	72.5	71.0	62.7	54.2	49.2	44.2	40.6	40.1	37.8
	PWORK	40.7	36.1	31.0	26.6	21.6	21.1	20.4	18.8	18.7

(계속)

(계속)

		2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2100
출산율 상위 + 사망률 중위	TDR	37.9	44.8	66.6	83.4	93.3	106.0	104.4	94.5	106.4
	PAP	11.3	15.9	23.7	30.9	35.2	36.7	36.4	35.2	30.4
	CDR	22.4	21.8	27.1	26.7	25.3	30.3	29.9	26.1	36.8
	ACR	69.7	105.6	145.9	212.2	268.5	250.0	248.7	262.6	250.1
	WORK	72.5	69.1	60.0	54.5	51.7	48.6	48.9	51.4	48.4
	PWORK	40.7	35.0	29.2	25.5	23.8	25.8	24.7	24.2	25.1

◦ WORK: 15~64세 인구/총인구, PWORK: 25~49세 인구/총인구

TDR 관점에서 살펴볼 때, 2010년 기준 1명의 생산가능인구가 0.38명의 아동 및 노인을 부양하지만, 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서는 2060년에는 1명이 1.1명을, 2100년에는 1명의 생산가능인구가 1.2명을 부양하는 것으로 나타나 2060년에는 2010년 대비 생산가능인구의 부양부담은 289% 증가하고 2100년에는 317% 증가하는 것으로 나타났다. 출산율 하위+사망률 하위 시나리오에서는 2060년에 1명이 1.26명을, 2100년에는 1명이 1.65명을 부양하게 되어 부양부담이 더 늘어나게 된다. 그러나 출산율 상위+사망률 중위 시나리오에서는 2100년에 1명의 생산가능인구가 1.06명의 아동 및 노인을 부양하게 되어 부양부담이 줄어들 수 있다.

고령화지수(PAP)를 살펴보면, 2000년 7.2%로 고령화 사회에 진입한 바 있고 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서 2016년 14.16%로 고령사회에 진입하고 2025년에 20.3%로 초고령사회에 진입하는 것으로 예측되어, 불과 25년만에 고령화 사회에서 초고령사회로 고령화 현상이 수직상승하는 것으로 나타났다. 고령화현상이 가장 심한 출산율 하위+사망률 하위 시나리오에서도 2025년 PAP가 21.06%로 초고령사회에 진입하는 것으로 나타났고, 출산율 상위+사망률 중위 시나리오에서는 2026년 20.7%로 초고령사회에 진입하는 것으로 나타나 2025년 또는 2026년에는 우리나라는 초고령사회로 진입할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

2100년 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서는 총인구 중 43.1%가 65세 이상의 인구이고, 출산율 하위+사망률 하위 시나리오에서는 54.5%가, 출산율 상위+사망률

중위 시나리오에서는 36.8%가 65세 이상 인구로 예측되어 출산율 차이가 고령화 속도에 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 출산율의 효과는 CDR 관점에서 보면 더욱 선명하게 나타난다. 출산율 하위+사망률 하위 시나리오에서는 2020년부터 2100년까지 고령기준인 25% 이하로 고령사회를 그대로 유지하는 것으로 나타났고, 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서는 2070년에 25% 이상으로 나타났다가 2100년에 다시 25%를 넘어서 고령사회를 벗어나는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 2005년의 최소 출생률의 효과로 인해 2005년생 전후의 코호트가 2070~2080년 사이에 본격적으로 노령인구로 편입되어 노령인구가 일시적으로 감소하기 때문으로 풀이된다. 그러나 출산율 상위+사망률 중위 시나리오에서는 2026년부터 CDR 기준 고령사회를 벗어나고 있어 출산율의 중요성을 보여주고 있다.

14세 이하 인구 대비 65세 이상 인구비율인 ACR(Aged-Child Ratio)은 인구구조 변화에 가장 민감하게 반응하는 고령화 측정지수로 출산율 및 사망률에 관계없이 2010년부터 30%를 훨씬 상회하여 고령사회에 이미 진입한 것으로 나타났다. 2100년 기준으로 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서는 14세 이하 인구: 65세 이상 인구 = 100: 373, 출산율 하위+사망률 하위 시나리오는 100: 713, 출산율 상위+사망률 중위 시나리오는 100: 250 비율의 인구 구성을 보이고 있어 출산율이 인구구조에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

생산가능인구와 핵심생산인구의 추이는 인구에 의한 미래성장동력의 좋은 지표가 된다. OECD 국가 평균의 관점에서 살펴볼 때, 1980년 기준 생산가능인구는 전체인구에서 63.9%, 핵심생산인구는 32.8%에서 2010년 기준 생산가능인구는 66.6%, 핵심생산인구는 35.2%로 증가하였고, 프랑스는 1960년 기준 생산가능인구는 62%, 핵심생산인구는 31.9%에서 2011년 기준 생산인구 64.4%, 핵심생산인구 32.7%로 51년 동안 거의 변동이 없는 것으로 나타났다. 한편, 1990년 통일된 독일의 경우, 1960년 기준 생산인구 67.2%, 핵심생산인구 31.3%에서 2010년 기준 생산인구 65.9%, 핵심생산인구 35.1%로 거의 변동이 없는 것으로 나타나 우리나라도 통일을 고려할 경우 참고할 수 있는 생산인구의 구조라고 할 수 있다. 고령화가 가장 빠른 일본의 경우, 1988년 기준 생산인구 69.2%, 핵심생산인구 36.3%에서 2012년 기준 생산인구 62.9%, 핵심생산인구 32.9%로 약간 하향 추세를 보이고 있다.

이들 모든 국가가 이미 고령사회 또는 초고령사회로 진입할 정도로 인구고령화 현

상을 겪고 있다 할지라도 생산가능인구 및 핵심생산인구는 오히려 증가하거나 약간의 감소만 한 것으로 나타나 인구에 의한 성장동력을 그대로 유지하는 것으로 나타나고 있다. 그러나 우리나라의 경우, 어떠한 인구시나리오에서도 2040년에는 생산인구가 60% 이하로, 핵심생산인구는 30%이하로 불과 30년 만에 70.1%와 35.6%에서 각각 급격하게 하락하는 것으로 나타났다. 더군다나, 인구시나리오에 따라 다소 차이는 있지만, 이러한 감소추세는 계속 유지되는 것으로 나타나, 우리나라의 인구에 의한 성장동력은 OECD 국가에서 경험한 적이 없는 급격한 하락추세가 예상되어 이에 대한 대비책이 있어야 할 것이다.

〈표 10〉에 제시한 한국의 부양부담과 고령화 정도를 파악하기 위해 이미 고령화 현상을 경험하고 있는 OECD 국가들의 고령화 측정지수들과 비교하고자 한다. 실질적인 비교를 위해 고령화 측도로 가장 널리 쓰이는 PAP를 이용하여 2010년 한국의 PAP 값인 11.3%을 경험한 OECD 각국의 발생년도를 정리하면 〈표 11〉과 같다.

〈표 11〉에서 볼 수 있듯이 OECD는 평균적으로 1980년에 PAP가 10.8%, 프랑스와 독일은 1960년에 각각 PAP가 11.6% 및 11.5%였으며, 그리고 일본은 1988년에 PAP가 11.2%에 도달하였다.

동일한 고령화 지수를 가지고 있더라도 한국의 ACR이 OECD 국가들보다 현저하게 크고, 총부양지수 TDR과 아동부양지수 CDR이 낮은 것은 OECD 국가에 비해 한국의 0~14세의 인구비율이 매우 낮다는 것을 의미한다. 그러나 전체 인구에 차지하는 생산가능인구 비율과 핵심생산인구 비율은 OECD 국가들보다 높기 때문에 한국의 인구구조는 비교적 젊은 구조를 구성하고 있다고 할 수 있다.

〈표 11〉 현재 한국의 고령화 지수와 유사할 때의 OECD 고령화 측정지수

	PAP	ACR	TDR	CDR	WORK	PWORK
한국(2010)	11.3	69.7	37.9	22.4	72.5	40.7
OECD(1980)	10.8	42.6	56.5	39.6	63.9	32.8
프랑스(1960)	11.6	44.1	61.3	42.5	62.0	31.9
독일(1960)	11.5	53.9	48.7	31.7	67.2	31.3
일본(1988)	11.2	57.5	44.4	28.2	69.2	36.3

〈표 12〉 현재의 OECD 국가의 고령화 지수와 유사할 것으로 예측된 한국의 고령화 측정지수*
(단위: %)

	PAP	ACR	TDR	CDR	WORK	PWORK
OECD(2010)	14.8	79.6	50.0	27.9	66.6	35.2
한국(2017)	14.3	98.6	38.3	19.3	72.3	37.2
프랑스(2011)	17.1	92.9	55.1	28.6	64.4	32.7
한국(2021)	16.8	121.7	44.1	19.9	69.4	34.7
독일(2010)	20.6	153.6	51.7	20.4	65.9	35.1
한국(2025)	20.3	145.8	52.0	21.2	65.8	33.2
일본(2012)	24.2	186.1	59.1	20.6	62.9	32.9
한국(2030)	24.5	174.7	62.6	22.8	61.5	30.9

* 출산율 증위+사망률 증위 시나리오에서의 지수임

〈표 12〉는 현재 OECD 국가들의 고령화 지수(PAP)에 한국은 몇 년도에 도달하는지를 예측한 표이다. 〈표 11〉을 살펴보면 OECD 국가는 평균적으로 1980년 PAP=10.8%였으며, 2010년 PAP=14.8%가 되기까지 30년이 걸렸으나, 한국의 경우 2010년 PAP=11.3%이고 2017년 PAP=14.3%로 예측되었다. 그러므로 한국의 고령화 속도는 OECD 평균보다 약 4.29배 더 빠르다는 것을 알 수 있다. 동일하게, 프랑스의 경우 PAP가 11.6%에서 17.1%로 증가하는 데 51년이 걸렸으나 한국은 불과 11년밖에 걸리지 않아, 한국의 고령화 속도는 프랑스보다 5.64배 높은 것으로 나타났다.

초고령사회로 진입한 독일과 일본의 경우를 고려하여 보면 독일은 프랑스와 비슷하며, 일본의 경우는 PAP가 11.2%에서 2012년 PAP가 24.2%이 될 때까지 24년이 소요되었으나 우리나라는 20년이 소요되는 것으로 예측되어 일본보다 더 빠른 속도로 초고령 사회로 진입할 것으로 예측되었다. 특히, 초고령사회에 이미 진입한 독일과 일본의 ACR, TDR, CDR, 생산가능인구비율(WORK), 핵심생산인구비율(PWORK)은 예측된 한국의 그것들과 거의 유사함을 볼 수 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이, 한국의 급속한 고령화는 기대수명의 증가도 하나의 원인이지만 저출산이 좀 더 근본적인 원인을 알 수 있다.

V. 결론

출산장려정책의 3대 축인 부모에 대한 재정지원, 자녀육아정책, 가족지원정책의 종류와 효과, 그리고 사례 등을 살펴본 후 현재 시행하고 있는 또는 도입될 출산장려정책의 효과를 반영한 출산율 예측모형을 제시하였다. 기존의 출산율 모형으로 가장 널리 쓰이는 모수화 모형의 문제점을 논증하고 이를 해결하기 위한 다변량 자기상관회귀모형을 제시하였다.

새로운 출산율 예측모형을 이용하여 확률적 80% 신뢰구간을 구해 출산율의 중위, 상한, 하한 구간을 구하고 기존의 사망률 모형(Lee & Carter)를 이용하여 9개 인구시나리오를 제시하였다. 이 9개 인구시나리오는 통계청의 중위 인구시나리오를 포함하고 있으며 장기인구구조의 결정적인 요인은 사망률보다는 출생률임을 보였다. 특히, 현재의 낮은 출산율을 유지할 경우 2010년 대비 2100년에는 생산가능인구나 핵심생산인구는 1/3 수준으로 줄어들고 학령인구는 1/4 수준으로 줄어드는 것으로 나타났다.

출산율 중위 수준은 통계청의 중위 및 상위의 중간 정도이며, 출산율 중위+사망률 중위 시나리오에서는 2016년에 14.61%로 고령사회로, 2025년에는 20.3%로 초고령사회로 진입할 것으로 예측되어 2000년에 진입한 고령화 사회에서 불과 25년 만에 초고령사회에 진입하는 것으로 나타났다.

부양부담지수와 고령화측정지수의 관점에서, 한국의 고령화 속도는 프랑스와 독일보다는 5배 이상 빠르고 OECD 평균보다 4.3배 정도 빠른 것으로 나타났다. 출산율을 빠른 속도로 상위수준(2024년까지 총출산율 1.94)까지 올리지 않으면 이러한 고령화 속도에 의해 한국의 미래는 절망적 수준까지 갈 가능성을 배제할 수 없다. 출산율 장려정책의 적극적 시행, 출산에 대한 사회 인식의 변화, 그리고 결혼과 육아에 대한 사회적 배려와 함께, 1자녀 더 갖기 위한 운동이 절실할 때이다.

참고 문헌

- 김경미 · 염명배 · 정병은. 2010. “세계주요국가 저출산 대책 평가 및 우리나라에의 적용 방안.” (재)한국여성경제진흥원, 기획재정부.
- 박유성 · 김기환 · 김성용. 2010. “우리나라 공식인구의 신뢰성 및 문제점에 대한 고찰.” 《조사연구》 11(2): 71–95.
- 박유성 · 장선화 · 김성용. 2013. “사망률추계를 위한 오차수정 LC모형.” 《조사연구》 14(2): 19–47.
- Alho, J.M. and B.D. Spencer. 1990. “Effects of Targets and Aggregation on the Propagation of Error in Mortality Forecasts.” *Mathematical Population Studies* 2: 209–227.
- Alkema, L., A.E. Raftery, P. Gerland, S.J. Clark, F. Pelletier, T. Buettner, and G.K. Heilig. 2011. “Probabilistic Projections of the Total Fertility Rate for All Countries.” *Demography* 48: 815–839.
- Bongaarts, J. and R. Bulatao. 2000. “Beyond Six Billion: Forecasting the World’s Population.” *National Research Council(U.S)*, Washington, D.C.: National Academy Press.
- Chandola, T., D.A. Coleman, and R.W. Horns. 1999. “Recent European Fertility Patterns: Fitting Curves to ‘Distorted’ Distributions.” *Population Studies* 53(3): 317–329.
- Hadwiger, H. 1940. “Eine Analytische Reproduktions-Funktion für Biologische Gesamtheiten.” *Skandinavisk Aktuarietidskrift* 23: 101–113.
- Hoem, J.M., D. Madsen, J.L.Nielsen, E. Ohlsen, H.O Hansen, and, B. Rennermalm. 1981. “Experiments in Modelling Recent Danish Fertility Curves.” *Demography* 18: 231–244.
- Kaneko, R. 2003. “Elaboration of the Coale–McNeil Nuptiality Model as the Generalized Log Gamma Distribution: A New Identity and Empirical Enhancements.” *Demographic Research* 9: 223–262.
- Keilman, N. and D.Q. Pham. 2000. “Predictive Intervals for Age–Specific Fertility.” *European Journal of Population* 16: 41–65.
- Kohler, H–P. and J. Ortega. 2002. “Tempo–Adjusted Period Parity Progression Measures, Fertility Postponement and Complete Cohort Fertility.” *Demographic Research* 6: 91–144.
- Kravdal, O. 1994. “The Importance of Economic Activity, Economic Potential and Economic Resources for the Timing of the First Birth in Norway.” *Population Studies* 48(2):

- 249–267.
- Lee, R.D. 1993. “Modeling and Forecasting the Time Series of US Fertility: Age Distribution, Range, and Ultimate Level.” *International Journal of Forecasting* 9 : 187–202.
- Lee, R.D. and L.R. Carter. 1992. “Modeling and Forecasting U.S. Mortality.” *Journal of the American Statistical Association* 87: 659–671.
- Lee, R.D. and S. Tuljapurkar. 1994. “Stochastic Population Forecasts for the United States: Beyond High, Medium, and Low.” *Journal of the American Statistical Association* 89: 1175–1189.
- Li, N. and Z. Wu. 2003. “Forecasting Cohort Incomplete Fertility: A Method and an Application.” *Population Studies* 57: 303–320.
- Lutz, W., B. O'Neill, and S. Scherbov. 2003. “Europe’s Population at a Turning Point.” *Science* 299(28): 1991–1992.
- Lutz, W., V. Skirbekk, and M. Testa. 2006. “The Low Fertility Trap Hypothesis: Forces that May Lead to Further Postponement and Fewer Births in Europe.” *Vienna Yearbook of Population Research* 2006: 167–192.
- Mazumdar, P. 2003. “Eugenics.” Entry in Demeny P. and G. McNicoll(eds). *Encyclopedia of Population*, New York: Thomson Gale.
- McDonald, P. 1990. “The Costs of Children; A Review of Methods and Results.” *Family Matters* 27. Melbourne, Australian Institute of Family Studies.
- McDonald, P. and R. Kippen. 2001. “Labour Supply Prospect in 16 Developed Countries, 2000–2050.” *Population and Development Review* 27(1): 1–32.
- McDonald, P. 2006. “Low Fertility and the State: The Efficacy of Policy.” *Population and Development Review* 32(3): 401–510.
- McDonald, P. 2007. “Low Fertility and Policy.” *Ageing Horizons* 7: 22–27.
- Neyer, G. 2003. “Family Policies and Low Fertility in Western Europe.” Max Planck Institute for Demographic Research Working Paper WP 2003–021.
- Peristera, P. and A. Kostaki. 2007. “Modeling Fertility in Modern Populations.” *Demographic Research* 16: 141–194.
- Rodriguez, G. 2006. “Demographic Translation and Tempo Effects: An Accelerated Failure Time Perspective.” *Demographic Research* 14: 85–110.
- Schmertmann, C.P. 2003. “The Process of Demographic Translation.” *Demography* 1(1) : 74–82.
- Sleebos, J. 2003. “Low Fertility Rates in OECD Countries: Facts and Policy Responses.” *OECD Labour Market and Social Policy Occasional Papers No. 15*, OECD Publishing.

- Tompson, P., W. Bell, J. Long, and R. Miller. 1989. "Multivariate Time Series Projections of Parameterized Age-Specific Fertility Rates." *Journal of the American Statistical Association* 84(407): 689–699.
- United Nations. 2006. "World Population Policies 2005." *Population Devision*. New York: United Nations.
- United Nations. 2009. *World Population Prospects. The 2008 Revision*. New York: United Nations Publication.

<접수 2013/7/2 , 수정 2013/9/29 , 게재확정 2013/10/18>