2020년도 연구용역보고서

인구구조 변화를 반영한 동태확률일반균형모형 (Dynamic Stochastic General Equilibrium Model) 구축

- 2020. 10. -

이 연구는 국회예산정책처의 연구용역사업으로 수행된 것으로서, 보고서의 내용은 연구용역사업을 수행한 연구자의 개인 의견이며, 국회예산정책처의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

연구책임자

서강대학교 허준영

인구구조 변화를 반영한 동태확률일반균형모형 (Dynamic Stochastic General Equilibrium Model) 구축

2020년 10월

연구책임자 허준영 (서강대학교 경제학부)

이 연구는 국회예산정책처의 연구 용역사업으로
수행된 것으로서, 본 연구에서 제시된 의견이나 대안 등은
국회예산정책서의 공식의견이 아니라 본 연구진의 개인
의견임

국회예산정책처
National Assembly Budget Office

요 약

1. 분석배경

❑ 생애주기를 반영한 모형의 필요성

○ 최근 다양한 동태확률일반균형 모형(Dynamic Stochastic General Equilibrium Model, 이하 DSGE 모형)이 개발되어 경제예측모형으로 이용되고 있다.

– DSGE 모형은 기존 축약형 모형이나 연립방정식 구조모형의 한계를 극복하기 위한 것으로 미시적 기초에 기반한 일반균형모형이다.

– 연립방정식 구조모형은 경제주체들의 최적화 행태, 합리적 기대, 실질 경직성(rigidity) 등 미시적 기초에 기반하지 않아서 실증분석 결과를 이론에 부합되고 체계적으로 설명하고 해석하는데 한계를 보이고 있다.

– 이러한 측면에서 DSGE 모형은 통화정책, 재정정책, 생산성, 경제제도 변화 등 외생적 충격으로 인한 경제변수들의 반응성과 지속성 등을 분석할 수 있고 다양한 시나리오에 따라 시뮬레이션을 실시하여 경제예측에 활용 가능하다는 장점을 가지고 있다.

○ 저출산·고령화·생산연령인구 감소 등 인구구조변화가 급격하게 나타나고 있는 한국의 실정에서 인구구조를 명시적으로 반영한 DSGE 모형의 구축이 필요한 실정이다.

– 기존 국내외 DSGE 모형을 이용한 연구들은 대부분 통화정책의 유효성 검증과 단기 경제예측을 위한 것으로 인구구조변화를 명시적으로 고려한 연구는 찾아보기 어려운 것이 사실이다.

- 다만, 생애주기(life-cycle)를 DSGE 모형에 반영한 연구로는 Gertler(1999)가 있으며, 이를 차용한 후속 연구들이 있었으나, 최근의 인구구조변화를 반영하여 재정정책의 효과를 분석하는 연구는 찾아보기 어려운 현실이다.

- 예를 들어 Gertler(1999)의 모형을 유럽을 대상으로 한 연구에 활용한 Carvalho et al.(2016)이나 한국에 적용시킨 김명현·권오익(2020)이 있으나, 이러한 연구들은 통화정책 측면에서 인구구조변화가 장기금리에 미치는 영향을 분석한 논문들이다.

❑ 연구주제

○ 본 연구는 생애주기 구조를 반영한 DSGE 모형인 Gertler(1999)의 모형을 확장한 모형을 구축하고, 이를 바탕으로 향후 예측되는 한국의 저출산·고령화·생산연령인구 감소 등 인구구조변화가 국가재정 및 거시경제에 가지는 함의를 도출하고자 한다.

- 모형 자체의 유용성에도 불구하고 Gertler(1999) 및 이를 원용한 후속 연구에서의 모형들에서 상정하고 있는 재정정책은 그 구조가 지나치게 단순하여 현실의 정책 및 파급효과를 분석함에 있어 한계를 가지고 있다.

- 따라서 먼저 기존의 모형에 더욱 현실적인 재정정책 등을 반영하는 것을 연구의 시발점으로 하고자 한다.

○ 구축된 DSGE 모형을 토대로 인구구조 변화, 재정지출 증가 및 경제제도 변화 등이 경제에 미치는 영향을 정책 시뮬레이션을 통해 예측한다. 특히 다음의 정책 변화가 향후 예상되는 인구구조변화 환경 하에서 미치게 될 거시경제적 영향을 시산하고자 한다.

- 생산연령인구 감소, 고령인구비율 증가 등이 경제에 미치는 영향

- 재정지출 확대의 효과와 지속성

- 법적 정년연장(예시) 등 경제제도 변화가 경제에 미치는 영향과 지속성

○ 이때 거시계량모형에 비해 DSGE 모형이 가지는 장점을 이용하여 다음과 같은 실험을 시행한다.

- 기 구축된 모형을 바탕으로 한국 데이터 설명력이 높은 모형의 모수(parameter)를 설정하여 정책 분석 시행한다.

- 모형에서 상정하고 있는 다양한 외생적 충격에 대한 충격반응함수를 분석함으로써 모형의 신뢰성을 검정한다.

- 또한 인구구조변화가 정책의 파급효과에 미치는 영향 등을 이론적으로 분석하고자 한다.

- 이러한 분석을 통해 얻은 결과를 바탕으로 향후 예상되는 인구구조변화에 따른 재정변수 및 거시경제변수의 예측치를 시산하여 인구구조변화가 가지는 미래의 거시경제적 함의를 도출하는 것을 최종 목표로 한다.

○ 모형의 개발과 더불어 DSGE 모형 구축의 노하우와 분석방법론 등을 국회예산정책처 담당자들에게 교육하는 과정을 별도로 마련한다.

- 국회예산정책처 담당 분석관이 구축된 DSGE 모형을 운용하고 분석에 적용할 수 있도록 수차례에 걸쳐 DSGE 구축 방법론에 대하여 교육하도록 한다.

2. 본문요약

❑ Gertler(1999) 모형의 확장

○ 근로자와 은퇴자의 사회보장 연금의 도입 및 정년연장 등이 모형에 반영될 수 있도록 모형을 개선하였다.

○ Leeper et al.(2017)에서와 같이 정부지출과 조세에 대해서 현실 정책과 부합하는 가정을 첨가하였다.

- 현실에서는 비왜곡적 정액세뿐만 아니라 왜곡적인 자본세가 존재하며, 왜곡적 조세는 경제주체들의 최적행위에 영향을 미침으로써 다양한 경제 충격에 대해서 비왜곡적 조세와는 다른 거시경제 동학을 만들어 낸다.

- 따라서 이러한 왜곡적 조세를 모형에 반영하는 것은 모형의 현실 데이터 설명력을 높일 수 있을 것이다.

- 또한 정부지출 및 조세가 이전 기의 국가채무/총산출 비율에 반응하도록 함으로써 현실 정책에서의 재정건전성 관련 함의를 반영할 수 있게 하였다.

❑ 확장된 생애주기모형을 바탕으로 한 다양한 정책실험 및 예측

○ 위에 서술한 바와 같이 Gertler(1999)를 확장한 모형에 기반하여 인구구조, 생산성 및 재정변수의 외생적 충격에 대한 모형 경제의 반응을 요약하면 다음과 같다.

- 기대수명 연장에 해당하는 은퇴자의 생존확률 상승 충격은 근로자의 소비를 줄이고, 은퇴자의 소비를 늘린다. 총소비는 단기적으로 감소하고 중·장기적으로는 미약하게나마 증가하는 양상을 보이며 투자는 충격 직후 낮아진 금리로 인해 단기적으로 증가한다. 단기적으로는 후자의 효과가 전자보다 크기 때문에 총산출은 단기적으로 증가하는 양상을 나타내나 중·장기적으로는 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 국가채무/총산출 비율은 단기적으로 감소하나 중·장기적으로 증가하여, 고령화가 중·장기적으로 재정건전성을 악화시키는 요소로 작용함을 나타내고 있다.

- 인구증가율 상승 충격에 따른 반응을 살펴보면 근로자의 소비는 감소하게 되고 은퇴자의 소비는 증가하나 전자가 후자의 효과를 압도하여 총소비는 감소하게 된다. 충격 이후 이자율 상승의 반응이 6~7년 동안 지속되며, 이에 따라 투자도 5년 이후 서서히 증가하는 모습을 보이나 투자의 증가가 소비의 감소를 상쇄하지 못하여 총산출은 감소하게 된다. 동 충격에 대해 국가채무/총산출 비율은 상승하는 것으로 분석되었다.

- 총요소생산성 증가 충격은 근로자에게 양(+)의 소득효과가 발생시켜 근로자의 소비는 증가하지만 은퇴자의 경우 자산 및 사회보장 연금의 감소로 인해 발생된 음(-)의 소득효과로 인해 소비가 감소하고, 은퇴자의 소비감소 폭이 근로자의 소비증가를 압도하여 총소비는 감소하는 것으로 분석되었다. 총요소생산성 증가로 인해 이자율은 하락하게 되며, 따라서 투자는 큰 폭으로 상승하는 모습을 보인다. 총소비 감소는 총요소생산성 증가로 인한 투자증가에 의해 압도되며, 따라서 총산출은 증가한다. 이러한 총산출의 증가로 인해 국가채무/총산출 비율은 감소하는 것으로 나타났다.

- 정년연장에 상응하는 근로자의 근로 지속 확률 증가 충격에 대해 근로자의 소비는 증가하고 은퇴자의 소비는 감소하는데, 본 모형에서는 단기적으로 전자가 후자를 압도하게 되어 총소비가 충격 직후 단기적으로나마 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 충격 직후 이자율이 상승하여 투자가 단기적 감소하며, 이로 인해 총산출은 단기적으로 감소하나 중·장기적으로는 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 국가채무/총산출 비율은 단기적으로 증가, 중·장기적으로 감소하는 현상을 보였다.

- 정부지출은 민간소비 및 투자를 구축하는 효과를 나타내는 것으로 분석되었으며, 왜곡적 조세인 자산세율의 상승은 경기수축적으로 작용하는 것으로 드러나는 등 재정정책의 효과는 기존 문헌에서 보고하고 있는 바와 부합하게 도출되었다.

○ 이러한 모형의 결과를 바탕으로 다양한 시나리오에 대한 예측을 시행하기 위해 먼저 baseline 시나리오를 상정하였는데, 이러한 시나리오는 기 발표된 국회예산정책처와 통계청의 다음 두 가지 조건을 만족하는 것이다.

- 첫 번째로 통계청 발표 "장래인구추계"상 향후 2067년까지 예상되는 인구증가율과 노령인구 부양비율대로 인구구조가 변화하는 상황을 가정하고, 모형에서 이러한 변수에 가장 중요한 영향을 미치는 두 충격인 인구증가율 충격과 은퇴자의 생존확률 충격을 이러한 데이터를 가장 잘 설명하도록 식별한다.

- 두 번째로 국회예산정책처 발간 "2020 NABO 장기재정전망"에서 보고하고 있는 2060년 국가채무/총산출 비율인 158.7%을 만족하도록 모형의 모수 중 일부를 설정하였다.

○ 기 설정된 baseline 시나리오하에서 시산된 모형의 외생적 충격 시퀀스는 향후 예상되는 인구구조변화를 잘 설명하는 것으로 나타났으며, 이러한 충격을 바탕으로 인구구조변화가 거시경제에 미칠 영향을 2020년부터 2067년까지 도출하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 향후 예상되는 인구구조의 변화로 인해 은퇴자의 소비는 증가하나 근로자의 소비가 감소할 것으로 예상되었으며, 전자가 후자의 효과를 압도하는 것으로 분석되어 총소비는 증가할 것으로 나타났다.

- 자산의 경우 근로자와 은퇴자의 자산 모두 상승할 것으로 예상되나 은퇴자의 자산

비중이 근로자보다 상대적으로 늘어날 것으로 예측되었다.

- 향후 예상되는 인구구조 변화는 근로자의 사회보장 연금 현재가치를 감소시키고 은퇴자의 그것을 증가시키는 것으로 나타났으며, 소비와 자산 및 사회보장 연금의 반응을 요약해 보면 고령화로 인해 이들 변수에 대해 경제내에서 은퇴자가 차지하는 비중이 상승할 것으로 보인다.

- 한계소비성향은 근로자와 은퇴자 모두 하락하는 것으로 분석되었으며, 이는 고령화로 인한 기대여명의 확대 등으로 인해 두 그룹 모두에서 예비적 저축(precautionary saving)을 늘일 동기가 존재함을 시사한다고 하겠다.

- 인구구조변화로 인해 실질이자율은 향후 2060년까지 현 수준보다 높을 것으로 예상되며 이로 인해 투자는 2050년경까지 현재보다 낮을 것으로 모형은 예측하고 있다.

- 국가채무/총산출 비율은 인구구조변화로 인해 향후 꾸준히 상승할 것으로 예측되며, 이러한 재정건전성의 약화는 정부지출의 감소 및 자산세율의 인상으로 연결될 것으로 나타났다.

- 요약하면 향후 예상되는 고령화·저출산 등의 인구구조변화는 총소비를 증가시키나 이러한 소비의 증가보다 더욱 큰 폭의 투자와 정부지출 감소를 촉발하여 총산출에는 상당기간동안 음(-)의 영향을 주는 것으로 분석되었다.

○ 이 결과를 “2020 NABO 장기재정전망”상의 추계치와 비교해 보면 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다.

- 모형의 결과는 국회예산정책처의 추계치보다 2030~2050 사이의 부채비율을 낮게 추정하는 경향이 있으며, 이후에는 높게 추정하는 것으로 분석되었다.

- 이는 모형에서 예측하는 국가채무/총산출 비율이 시간이 지남에 따라 점점 가파르게 증가할 것임을 나타내며, 결국 인구구조변화가 재정건전성에 미칠 영향은 향후 상당기간 동안에는 상대적으로 심각하지 않게 보일 수 있으나 인구구조변화가 본격화되기 시작하는 시점에서부터는 예상보다 큰 폭의 훼손 가능성을 가질 수 있음을 시사한다.

○ 추가적인 정책실험의 첫 번째로 향후 생산성의 변화가 위에서 제시한 baseline 시나리오와 비교하여 어떠한 거시경제적 함의를 가지는지 시산하기 위해 국회예산정책처에서 가정한 향후 연간 생산성 증가율 1.3%보다 증가율이 낮은 경우와 높은 경우를 상정하여 분석하였다.

- 분석을 위해 생산성이 예상치보다 10% 낮은 경우와 10% 높은 경우를 상정하였는데, 이에 해당하는 연간 생산성 증가율은 각각 1.17%와 1.43%이다.

- 경제학 이론의 예측과 부합하게 생산성 증가율은 총산출의 반응과 양(+)의 관계를 가지고 있는 것으로 보여 생산성 증가율이 낮은 경우에는 향후 총산출 추계치도 낮아지고, 반대로 높은 경우에는 추계치도 높아지는 경향성을 보인다.

- 생산성 증가율과 소비는 음(-)의 관계를, 투자는 양(+)의 관계를 가지게 되는 것으로 분석되었다.

- 국가채무/총산출 비율은 생산성 증가율과 음(-)의 관계를 가지며, 생산성 증가율이 낮을 경우 baseline 보다 상승하고 높을 경우 하락한다. 생산성 증가율이 10% 낮은 경우 2060년 국가채무/총산출 비율은 baseline 시나리오보다 24% 정도 높은 182.6%로 분석되었으며, 반대로 생산성 증가율이 예상치보다 10% 높은 경우에는 139.8%가 되어 준거가 되는 시나리오보다 20% 가량 낮게 추정되었다.

○ 두 번째 대안적 정책실험은 정년 연장이 향후 예상되는 인구구조변화의 거시경제적 영향에 가지는 함의이며, 이러한 분석하기 위해 baseline 시나리오에서 가정하는 65세 정년과 더불어 70세와 75세로 은퇴연령이 연장되는 경우를 상정하였다.

- 분석 결과 은퇴연령의 상승은 다른 변수보다 근로자의 자산에 미치는 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

- 국가채무/총산출 비율은 은퇴연령 상승과 더불어 낮아지는 경향성을 보이고 있는데, 이는 정년 연장에 따라 은퇴자에게 지급될 사회보장 연금의 하락 등에 기인하는 것으로 보인다.

- 정년 연장은 총소비와 음(-)의 관계를 가지는 것으로 보이며, 은퇴연령이 상승할수록 향후 예상되는 총소비의 증가폭은 줄어드는 것으로 분석되었다.

- 투자의 경우 고려된 시점에 따라 그 영향력이 달라지는데, 2050년경 까지는 정년연장이 투자를 적게 줄이는 것으로 나타났으며 이후에는 정년연장이 투자의 상승을 제한하는 것으로 예측되었다.

- 정년 연장의 재정건전성에의 함의를 살펴보면 국가채무/총산출 비율이 은퇴연령이 상승할수록 낮아지는 경향성으로 요약될 수 있는데, 정년이 70세로 연장될 경우 2060년 채무비율은 baseline 시나리오보다 13% 낮은 145.7%가 되고 75세 정년의 경우에는 135.3%까지 20% 넘게 낮아지는 것으로 시산되었다.

○ 마지막으로 재정정책 변수들이 국가채무/총산출 비율에 반응하는 정도를 조절하여 재정건전성에의 함의를 도출하고자 하였다.

- 모형에서 고려하고 있는 정부지출 및 자산세율이 전기의 국가채무/총산출 비율에 반응하는 정도를 조절함으로써 재정당국이 재정건전성에 얼마나 중요한 비중을 두는지를 근사할 수 있다.

- 잘 알려진바대로 현재의 경제성장률과 재정건전성 사이에는 한가지를 달성하기 위해서는 다른 한가지를 일정부분 희생해야 하는 트레이드-오프(trade-off)가 존재할 가능성이 크다.

- 현재 정부의 부채비율이 높은 경우 재전건전성 개선을 위해 긴축적 재정정책을 시행할 경우, 재전건전성은 개선될 수 있으나 총산출 측면에서는 긴축적 재정운용으로 인한 손실이 있을 가능성이 상존하는 것이 대표적 예이다.

- 본 연구에서 설정한 일반균형 모형은 이와 같은 트레이드-오프에 대한 경제 전반적인 영향을 시산할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 이를 바탕으로 대안적 정책 스탠스에 대한 거시경제 전반의 영향에 대한 실험을 시행한다.

- 분석 결과 기존 문헌에서 보고하고 있는 바대로 자산세율은 경제주체의 기간간 최적화 선택을 왜곡하는 왜곡적(distorting) 조세로 작용하는데, 본고의 결과는 이와 부합하게 근로자 및 은퇴자의 자산보유가 이러한 세율 변화에 따라 달라지는 것으로 나타났다.

- 또한 실질 이자율도 이러한 조세가 반영된 이후(ex-post)의 수익률 개념이므로 자산

세율의 변화가 이자율의 향후 반응에도 중요한 역할을 하는 것으로 시산되었으며, 이러한 영향은 근로자 및 은퇴자의 한계소비성향에까지 영향을 미치는 것으로 나타났다.

- 모형 내에서 투자는 이자율과 밀접한 관계를 맺고 있으므로 이자율의 상대적 변화폭에 따라 향후 예상되는 투자의 반응도 큰 폭으로 변화하는 것으로 보인다.

- 앞에서 언급한 총산출과 부채비율 사이의 트레이드-오프가 관측되며, baseline 시나리오보다 재정변수의 부채비율 반응도가 약한 경우 향후 예상되는 총산출의 반응은 baseline 시나리오보다 증가하나 국가채무/총산출 비율 또한 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향성은 재정변수의 부채비율 반응도가 baseline 보다 높은 경우에 정확히 반대 방향으로 관측되었다.

- Baseline 시나리오보다 약한 정도의 채무비율에의 반응성은 총소비 및 투자를 증가시켜 총산출을 증가시키며, 채무비율에 대한 반응성이 강할 경우에는 반대의 결과가 도출된다.

- 국가채무/총산출 비율 또한 동일한 논리가 적용되며, 재정당국이 부채비율에 상대적으로 덜(더) 반응할 경우 향후 예측되는 부채비율은 baseline보다 상승(하락)하는 것으로 분석되었다.

- 구체적으로는 재정변수의 채무비율에의 반응도가 10% 낮은 경우 2060년 국가채무/총산출 비율은 baseline 시나리오보다 50%가 높은 208.7%로 시산되었으며, 반대로 이러한 반응도가 10% 높은 경우에는 129.4%가 되어 준거가 되는 시나리오보다 30% 가량 낮게 도출되었다.

- 이와 같은 결과는 국가채무/총산출 비율이 재정당국의 재정건전성에 대한 반응도에 따라 민감한 것을 나타내며, 이러한 결과를 위에서 시산한 다른 두 가지 정책실험과 비교해 보면 결국 재정당국의 재정건전성에 대한 반응도가 향후 예상되는 채무비율에 중요한 영향력을 가짐을 의미한다.

- 정부지출과 자산세율 가운데 어떠한 재정변수로 국가채무에 주로 반응하는 것이 위에서 언급한 트레이드-오프에 더욱 밀접한 결과를 나타내는지 살펴보기 위해 실험을 해 보면 총산출 및 채무비율의 추계치가 자산세율 반응도의 감소에 대해 더욱 민감한 것으로 분석되었으며, 이는 이러한 트레이드-오프가 정부지출 보다는 자산세

율의 경우 더욱 강력하게 관측되는 것을 보여준다.

- 이는 기존 문헌에서 보고하고 있는 것처럼 왜곡적 조세가 상대적으로 비왜곡적 정부지출에 비해 총산출 및 부채비율에 미치는 영향이 클 수 있음을 의미하며, 현실에서의 정책 수립시 이러한 측면에 대한 면밀한 고려가 필요함을 시사한다.

- 재정당국의 정책 선호가 부채비율보다 상대적으로 총산출에 주어져 있을 경우에는 자산세율을 통한 조절이 더욱 합당할 것으로 보이나, 반대의 경우에는 자산세율보다는 정부지출을 조절하여 두 경제변수를 관리하는 것이 더욱 바람직할 것으로 판단된다.

차 례

I. 서론

1. 연구의 배경과 필요성 ····· 1

II. 기존 연구

1. 해외연구 ····· 4
2. 국내연구 ····· 5

III. 분석모형

1. 생애주기모형 개관 ····· 6
2. 생애주기구조 및 가계의 최적선택 ····· 7
3. 가계 의사결정의 합산 ····· 12
4. 기업의 최적선택 ····· 13
5. 재정정책 ····· 14
6. 균형 ····· 13

IV. 분석방법

1. 모수설정 ····· 16
2. 모형 시뮬레이션 방법 ····· 17

V. 분석결과

1. 개별 충격에 대한 충격반응함수 ····· 21
2. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: Baseline 시나리오 ····· 35
3. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 생산성 변화의 영향 ····· 45
4. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 정년 연장 시나리오 ····· 51
5. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 재정정책의 국가채무 반응도 영향 ····· 56

VI. 맺음말

참고문헌 ····· 69
부록 ····· 71

표 차례

[표 1] 모형의 모수 ····· 20
[표 2] 국가채무/총산출 비율 추계치 비교 ····· 44
[표 3] 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 생산성 시나리오 ····· 50
[표 4] 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 정년 연장 시나리오 ····· 55
[표 5] 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 재정건전성 시나리오 ····· 62
[표 6] 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 재정건전성 시나리오 ····· 65

그림 차례

[그림 1] 은퇴자의 생존확률 증가 충격에 대한 충격반응함수 ····· 23
[그림 2] 인구증가율 증가 충격에 대한 충격반응함수 ····· 26
[그림 3] 총요소생산성 증가 충격에 대한 충격반응함수 ····· 28
[그림 4] 근로자의 근로 지속 확률 충격에 대한 충격반응함수 ····· 30
[그림 5] 정부지출 확대 충격에 대한 충격반응함수 ····· 32
[그림 6] 자산세율 상승 충격에 대한 충격반응함수 ····· 34
[그림 7] 향후 예상되는 인구증가율과 노령인구 부양비율: 2020-2067 ····· 37
[그림 8] 식별된 충격 시퀀스 및 실제 데이터와의 적합도 ····· 39
[그림 9] 식별된 충격 시퀀스를 바탕으로 한 baseline 시나리오 결과 ····· 41
[그림 10] 식별된 충격 시퀀스를 바탕으로 한 baseline 시나리오 결과, 수준 ····· 43
[그림 11] 대안적 생산성 시나리오 결과: 생산성이 예상보다 낮을 경우 ····· 46
[그림 12] 대안적 생산성 시나리오 결과: 생산성이 예상보다 높을 경우 ····· 47
[그림 13] 대안적 생산성 시나리오 결과, 수준 ····· 49
[그림 14] 정년 연장 시나리오 결과 ····· 52
[그림 15] 정년 연장 시나리오 결과, 수준 ····· 54
[그림 16] 대안적 재정건전성 시나리오 결과: 재정정책의 채무비율 반응도가 낮은 경우 ····· 58
[그림 17] 대안적 재정건전성 시나리오 결과: 재정정책의 채무비율 반응도가 높은 경우 ····· 59
[그림 18] 대안적 재정건전성 시나리오 결과, 수준 ····· 61
[그림 19] 재정정책 항목별 대안적 재정건전성 시나리오 결과, 수준 ····· 64

I. 서론

1. 연구의 배경과 필요성

❑ 연구배경

○ 최근 다양한 동태확률일반균형 모형(Dynamic Stochastic General Equilibrium Model, 이하 DSGE 모형)이 개발되어 경제예측모형으로 이용되고 있다.

- DSGE 모형은 기존 축약형 모형이나 연립방정식 구조모형의 한계를 극복하기 위한 것으로 미시적 기초에 기반한 일반균형모형이다.

- 연립방정식 구조모형은 경제주체들의 최적화 행태, 합리적 기대, 실질 경직성(rigidity) 등 미시적 기초에 기반하지 않아서 실증분석 결과를 이론에 부합되고 체계적으로 설명하고 해석하는데 한계를 보이고 있다.

- 이러한 측면에서 DSGE 모형은 통화정책, 재정정책, 생산성, 경제제도 변화 등 외생적 충격으로 인한 경제변수들의 반응성과 지속성 등을 분석할 수 있고 다양한 시나리오에 따라 시뮬레이션을 실시하여 경제예측에 활용 가능하다는 장점을 가지고 있다.

○ 저출산·고령화·생산연령인구 감소 등 인구구조변화가 급격하게 나타나고 있는 한국의 실정에서 인구구조를 명시적으로 반영한 DSGE 모형의 구축이 필요한 실정이다.

- 기존 국내외 DSGE 모형을 이용한 연구들은 대부분 통화정책의 유효성 검증과 단기 경제예측을 위해 것으로 인구구조변화를 명시적으로 고려한 연구는 찾아보기 어려운 것이 사실이다.

- 다만, 생애주기(life-cycle)를 DSGE 모형에 반영한 연구로는 Gertler(1999)[1]가 있으며, 이를 차용한 후속 연구들이 있었으나, 최근의 인구구조변화를 반영하여 재정정책의 효과를 분석하는 연구는 찾아보기 어려운 현실이다.

---

1) Gertler, M.(1999), "Government Debt and Social Security in a Life-cycle Economy," *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol.50, pp.61-110.

- 예를 들어 Gertler(1999)의 모형을 유럽을 대상으로 한 연구에 활용한 Carvalho et al.(2016)이나 한국에 적용시킨 김명현·권오익(2020)이 있으나, 이러한 연구들은 통화정책 측면에서 인구구조변화가 장기금리에 미치는 영향을 분석한 논문들이다.

❑ 연구주제

○ 본 연구는 생애주기 구조를 반영한 DSGE 모형인 Gertler(1999)의 모형을 확장한 모형을 구축하고, 이를 바탕으로 향후 예측되는 한국의 저출산·고령화·생산연령인구 감소 등 인구구조변화가 국가재정 및 거시경제에 가지는 함의를 도출하고자 한다.

- 모형 자체의 유용성에도 불구하고 Gertler(1999) 및 이를 원용한 후속 연구에서의 모형들에서 상정하고 있는 재정정책은 그 구조가 지나치게 단순하여 현실의 정책 및 파급효과를 분석함에 있어 한계를 가지고 있다.

- 따라서 먼저 기존의 모형에 더욱 현실적인 재정정책 등을 반영하는 것을 연구의 시발점으로 하고자 한다.

○ 구축된 DSGE 모형을 토대로 인구구조 변화, 재정지출 증가 및 경제제도 변화 등이 경제에 미치는 영향을 정책 시뮬레이션을 통해 예측한다. 특히 다음의 정책 변화가 향후 예상되는 인구구조변화 환경 하에서 미치게 될 거시경제적 영향을 시산하고자 한다.

- 생산연령인구 감소, 고령인구비율 증가 등이 경제에 미치는 영향

- 재정지출 확대의 효과와 지속성

- 법적 정년연장(예시) 등 경제제도 변화가 경제에 미치는 영향과 지속성

○ 이때 거시계량모형에 비해 DSGE 모형이 가지는 장점을 이용하여 다음과 같은 실험을 시행한다.

- 기 구축된 모형을 바탕으로 한국 데이터 설명력이 높은 모형의 모수(parameter)를 설정하여 정책 분석 시행한다.

- 모형에서 상정하고 있는 다양한 외생적 충격에 대한 충격반응함수를 분석함으로써 모형의 신뢰성 검정한다.

- 또한 인구구조변화가 정책의 파급효과에 미치는 영향 등을 이론적으로 분석하고자 한다.

- 이러한 분석을 통해 얻은 결과를 바탕으로 향후 예상되는 인구구조변화에 따른 재정변수 및 거시경제변수의 예측치를 시산하여 인구구조변화가 가지는 미래의 거시경제적 함의를 도출하는 것을 최종 목표로 한다.

- 본 연구의 결과는 예결산 분석시 재정건전성 분석 및 국회의원 질의에 대한 답변 등에 폭넓게 활용 가능할 것으로 기대한다.

○ 모형의 개발과 더불어 DSGE 모형 구축의 노하우와 분석방법론 등을 국회예산정책처 담당자들에게 교육하는 과정을 별도로 마련한다.

- 국회예산정책처 담당 분석관이 구축된 DSGE 모형을 운용하고 분석에 적용할 수 있도록 수차례에 걸쳐 DSGE 구축 방법론에 대하여 교육하도록 한다.

II. 기존 연구

1. 해외연구

❑ Jaimovich and Siu(2009) "The Young, the Old, and the Restless: Demographics and Business Cycle Volatility"

○ 단순 회귀분석을 이용하여 인구구조 변화가 1980년대 중반 이후 미국 거시변수 변동성(volatility) 감소의 상당 부분을 설명하는 것으로 분석하였다.

❑ Carvalho, Ferrero and Nechio(2016) "Demographics and Real Interest Rates: Inspecting the Mechanism"

○ Gertler(1999)의 생애주기모형을 원용하여 선진국을 대상으로 시산한 모형에서 고령화 등으로 인한 인구구조의 변화가 실질금리를 하락시키는 것을 보였다.

❑ Ferrero, Gross and Neri(2019) "On Secular Stagnation and Low Interest Rates: Demography Matters"

○ 1990년부터 2015년까지의 유로존 19개국 자료를 패널 VAR을 이용하여 분석하였으며, 인구 증가율 감소가 지난 10년 동안의 유로 지역의 장기 실질 금리를 하락시키는 요인으로 작용하였음을 실증적으로 보였다.

❑ Aksoy, Basso, Smith and Grasl(2019) "Demographic Structure and Macroeconomic Trends"

○ 1970년부터 2014년까지의 OECD 21개국 패널자료를 대상으로 분석하였으며, 인구 고령화 및 출산율 저하 등 인구구조 변화가 이들 국가의 실질 생산을 감소시키는 것을 보고하였다.

❑ Ferraro and Fiori(2020) "The Aging of the Baby Boomers: Demographics

and Propagation of Tax Shocks”

○ 1961년부터 2012년까지의 미국 자료를 대상으로 구조적 벡터자기회귀모형(structural vector autoregressive model)을 이용하여 분석하였으며, 외생적 감세(tax cut) 충격이 실업률에 미치는 영향이 연령별로 다름을 보였다.

2. 국내연구

❑ 인구구조 변화와 거시경제 전반: 안병권·김기호·육승환(2017)

○ 인구 고령화가 경제성장률을 점진적으로 하락시킬 수 있음을 보였다.

○ 인구 고령화로 인해 경제성장률이 2016~2025년 기간 사이에 연 평균 1.9%로, 2026~2035년 기간 사이에는 0.4%로 하락하는 것으로 나타났다.

❑ 인구구조 변화와 경상수지: 김소영·이종화(2006), 권규호(2014), Han and Shin (2018) 등

❑ 인구구조 변화와 재정: 백웅기(2014), Hur and Lee(2019) 등

❑ 인구구조 변화와 인플레이션: 강환구(2017)

○ 고령화로 대표되는 인구구조 변화가 장기적인 인플레이션 추세에 하방 압력으로 작용한다고 주장하였다.

III. 분석모형

1. 생애주기모형 개관

❑ 본 연구에서 구축하고자 하는 인구구조 변화를 명시적으로 반영한 동태확률일반균형모형(dynamic stochastic general equilibrium 모형, DSGE 모형)은 Gertler(1999)의 생애주기모형을 바탕으로 하는데, 모형의 구조를 개괄하면 다음과 같다.

○ 모형에는 가계, 기업 및 정부 등 세 가지 유형의 경제주체가 존재한다.

– 가계는 노동시장에 참여하여 노동을 공급하는 근로자(worker)와 그렇지 않은 은퇴자(retiree)로 구성되어 있다.

– 근로자가 매기 1단위의 노동을 고정적으로 공급하는 비탄력적인 노동공급(inelastic labor)을 가정한다.

– 근로자는 매기 일정한 확률로 은퇴자가 될 가능성을 가지고 있으며, 일단 은퇴자가 되면 다시 근로자로 돌아올 수는 없다.

○ 모형 전체에 영향을 미칠 수 있는 경제전체 수준에서의 불확실성(aggregate uncertainty)은 존재하지 않으며, 경제주체는 완전예견(perfect foresight)을 가지고 있다.

– 그럼에도 불구하고 일회적인 예측하지 못한 충격(one-time unexpected shock)이 거시경제에서 발생할 경우 각 경제주체는 이에 반응할 수 있다.

❑ 본 연구에서는 위에서 언급한 Gertler(1999)의 생애주기모형을 다음과 같이 현실과 부합하는 몇 가지 거시경제적 구조를 추가하여 확장한 것이다.

○ 흔히 구조개혁(structural reform)의 가장 중요한 내용 중 하나로 일컬어지는 정년연장을 모형에 반영한다.

– 이는 근로자가 은퇴자가 될 확률을 낮추는 것으로 반영된다.

○ 향후 예측되는 사회보장(social security) 확대 등을 반영하기 위하여 Gertler(1999)가 고

안하였던 사회보장을 고려한 모형을 사용한다.

- 정부는 총산출의 일정 비율을 사회보장 연금(social security benefit)으로 지출하며, 근로자와 은퇴자 모두 이러한 프로그램의 혜택을 받는다고 가정한다.

○ Gertler (1999) 및 후속 연구들에서는 모형에 조세(tax)를 반영하기 위해 비왜곡적 정액세를 일반적으로 가정하고 있는데, 본고에서는 현실과 더욱 부합하는 왜곡적 자본세를 모형에 추가한다.

- Leeper et al.(2017) 등에서 주장된 바와 같이 경제학 이론은 이러한 왜곡적 조세가 경제주체들의 기간간(intertemporal) 최적선택에 영향을 미침으로써 다양한 경제 충격에 대해서 비왜곡적 조세와는 다른 거시경제 동학을 만들어 낸다.

- 구체적으로 정부는 정부지출 및 사회보장 연금 지출의 일부를 근로자와 은퇴자의 자산 보유에 부과되는 자산세로 조달한다고 가정한다.

- 기존 문헌에서 빈번히 사용되는 또 하나의 형태의 왜곡적 조세인 노동세의 경우, 본고의 모형에서는 비탄력적 노동공급을 가정하고 있으므로 정액세(lump-sum tax)와 모형 동학의 차이를 만들어내지 못하기 때문에 고려하지 않는다.

○ 모형에 현실적인 재정준칙을 반영하여 정부지출 및 조세가 총산출의 일정 비율로 결정되거나 단순한 자기회귀(autoregressive)적 과정을 가지는 것이 아닌 이전 기의 국가채무/GDP 비율에 반응하도록 함으로써 현실 정책에서의 재정건전성에 대한 함의를 고려할 수 있도록 하였다.

2. 생애주기구조 및 가계의 최적선택

❑ 경제 내에는 매기 N_t^w만큼의 근로자와 N_t^r만큼의 은퇴자가 존재한다.[2] 또한 매기 $(1-\omega_t+n_t)N_{t-1}^w$ 만큼의 근로자가 새로 태어나며 근로자는 $1-\omega_t$의 확률로 은퇴한다.[3]

2) 본고에서 위첨자 w와 r은 각각 근로자와 은퇴자를 의미한다.
3) 구체적인 모형 풀이 방법 및 정상상태(steady state)를 구하는 방법에 대해서는 부록에 자세하게 수록되어 있다.

○ 따라서 ω_t는 t기에 근로자였던 경제주체가 $t+1$기에도 근로자로 남을 확률을 의미한다.

○ 이러한 설정에 따라 매기 근로자 수의 증가율은 다음과 같이 n_t로 도출된다.

$$N_t^w = (1-\omega_t+n_t)N_{t-1}^w + \omega_t N_{t-1}^w = (1+n_t)N_{t-1}^w. \qquad (1)$$

❑ 은퇴자의 평균적인 생존확률은 γ_t로 주어지며, 이에 따라 은퇴자의 평균 은퇴기간은 $1/(1-\gamma_t)$가 된다. 이에 따라 매기 은퇴자의 수는 다음과 같은 식(2)에 의해 결정된다.

$$N_t^r = (1-\omega_t)N_{t-1}^w + \gamma_t N_{t-1}^r. \qquad (2)$$

❑ 모형에서 도출되는 노령인구 부양비율($\psi_t = N_t^r / N_t^w$)의 동학은 위의 식(1) 및 (2)를 이용해 다음과 같이 나타내어진다.

$$(1+n_t)\psi_t = (1-\omega_t) + \gamma_t \psi_{t-1}. \qquad (3)$$

❑ 위에서 언급한 바와 같이 본고에서 고려하고 있는 모형에서는 경제전체 수준에서의 불확실성은 존재하지 않으나, 개별적 경제주체 수준에서의 불확실성은 상존하는데 이는 바로 근로자와 은퇴자가 각각 직면한 은퇴 및 사망과 관련된 불확실성이다.

○ 이러한 개별적 불확실성은 모형의 해(solution) 도출을 어렵게 하며, 따라서 사망과 관련된 불확실성을 제거하기 위하여 Gertler(1999)에서는 Yaari(1965)와 Blanchard(1985)처럼 완벽한 연금보험시장(perfect annuities market) 가정을 도입한다.

– 연금보험시장은 뮤추얼펀드에 의해 운영되며 뮤추얼펀드는 은퇴자들의 부(wealth)를 받아 투자하며 이를 통해 발생하는 투자수익은 생존한 은퇴자에게만 분배한다고 가정한다.

○ 이와 비슷한 이슈인 은퇴와 관련된 불확실성을 해결하기 위해 가계선호(preferences)에 위험중립성(risk neutrality)이 가정되어 있다.

– 구체적으로 가계의 효용가치(value of utility) $V_t^z(z \in \{w, r\})$는 다음과 같이 주어져 있다.

$$V_t^z = \left[(C_t^z)^\rho + \beta^z \left\{ E_t\left(V_{t+1} | z \right) \right\}^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}}. \tag{4}$$

여기서 C_t^z는 소비(consumption)를 나타내며, $E_t(\bullet)$는 시점 t까지 가용한 모든 정보를 바탕으로 형성한 기대연산자(expectation operator)를 의미한다.

– 더불어 은퇴자는 사망 가능성으로 인해 근로자와 다른 시간할인율을 가진다고 가정한다.

$$\beta^w = \beta, \;\; \beta_t^r = \beta \gamma_t.$$

– 이에 따라 근로자와 은퇴자는 다음과 같이 서로 다른 기대 효용가치를 가지게 된다.

$$E_t\left(V_{t+1} | w \right) = \omega_{t+1} V_{t+1}^w + (1 - \omega_{t+1}) V_{t+1}^r, \quad E_t\left(V_{t+1} | r \right) = V_{t+1}^r.$$

❑ 은퇴자 그룹 안에서의 이질성은 태어난 시점과 은퇴한 시점에 의해 발생하는데, j기에 태어나 τ기에 은퇴한 은퇴자는 소비, 자본(K_t^r), 여가 및 국채(B_t^r)를 선택하면서 다음의 효용을 극대화한다고 상정한다.

$$V_t^r(j,\tau) = \left[(C_t^r(j,\tau))^\rho + \beta \gamma_{t+1} \left\{ V_{t+1}^r(j,\tau) \right\}^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}}. \tag{5}$$

○ 이 때 은퇴자의 예산제약식은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} & C_t^r(j,\tau) + K_t^r(j,\tau) + B_t^r(j,\tau) = \\ & \left\{ \left(1 - \tau_t^A\right) \left[(R_t^K + 1 - \delta) K_{t-1}^r(j,\tau) + R_{t-1} B_{t-1}^r(j,\tau) \right] \right\} / \gamma_t + E_t^r. \end{aligned} \tag{6}$$

- 여기에서 R_t^K와 R_t는 각각 자본과 국채에 대한 실질 수익률을 나타내며, E_t^r는 은퇴자가 받게 되는 사회보장 연금(social security benefit)으로 정액(lump-sum) 이전지출로 모형화한다. 그리고 τ_t^A는 자본과 국채 보유에 부과되는 자산세에 대한 세율을 나타낸다.

- 무차익거래 조건(no-arbitrage condition)에 의해 자본과 국채의 수익률은 다음과 같이 같아진다.

$$R_t = R_{t+1}^K + (1-\delta). \tag{7}$$

○ 분석의 편의를 위해 은퇴자의 자산 $A_t^r(j,\tau)$를 자본과 국채 보유량의 합으로 정의하고 식(7)을 이용하면 은퇴자의 예산제약식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$A_t^r(j,\tau) = K_t^r(j,\tau) + B_t^r(j,\tau), \tag{8}$$

$$C_t^r(j,\tau) + A_t^r(j,\tau) = \left[\left(1-\tau_t^A\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^r(j,\tau)\right)/\gamma_t + E_t^r\right]. \tag{9}$$

○ 위 방정식들을 이용하면 은퇴자의 소비를 식(10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_t^r(j,\tau) = \xi_t^r\left\{\frac{\left(1-\tau_t^A\right)\left[R_{t-1}A_{t-1}^r(j,\tau)\right]}{\gamma_t} + S_t^r(j,\tau)\right\}. \tag{10}$$

- 여기서 ξ_t^r는 다음의 식(11)을 통해 결정되는 은퇴자의 한계소비성향(marginal propensity to consume)을 나타내고, S_t^r는 현재가치로 할인된(present discounted) 사회보장 연금을 의미하며 다음과 같은 식(12)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{\xi_t^r} = 1 + \gamma_{t+1}\beta^\sigma R_t^{\sigma-1}\frac{1}{\xi_{t+1}^r}, \tag{11}$$

$$S_t^r = E_t^r + \frac{S_{t+1}^r}{R_t/\gamma_{t+1}}. \tag{12}$$

- 위 식에서 $\sigma = 1/(1-\rho)$이다.

❑ 은퇴자와는 달리 근로자 그룹 안에서의 이질성은 태어난 시점에 의해서만 발생하

는데, 이는 근로자에게 은퇴 시점은 이미 결정된 변수가 아닌 미래에 확률적으로 결정될 확률변수이기 때문이다. 따라서 j기에 태어난 근로자는 다음의 효용을 극대화한다.

$$V_t^w(j) = \left\{ (C_t^w(j))^\rho + \beta \left[\omega_{t+1} V_{t+1}^w(j) + (1-\omega_{t+1}) V_{t+1}^r(j,t+1) \right]^\rho \right\}^{\frac{1}{\rho}}. \quad (13)$$

○ 근로자의 예산제약식은 다음과 같은 식(14)로 표현된다.

$$C_t^w(j) + A_t^w(j) = (1-\tau_{t-1}^A) R_{t-1} A_{t-1}^w(j) + W_t + E_t^w. \quad (14)$$

– 여기에서 A_t^w는 근로자의 t기 자산을 나타내어 $A_t^w(j) = K_t^w(j) + B_t^w(j)$로 정의되고, W_t는 t기의 임금(wage)을 나타내며, E_t^w는 근로자가 받는 사회보장 연금을 의미한다.

○ 근로자의 소비(C_t^w), 인적자산(H_t^w), 한계소비성향(ξ_t^w)은 은퇴자와 유사하게 아래의 식들로 표현된다.

$$C_t^w(j) = \xi_t^w \left[(1-\tau_{t-1}^A) R_{t-1} A_{t-1}^w(j) + H_t^w(j) + S_t^w(j) \right], \quad (15)$$

$$H_t^w(j) = W_t - (1-\tau_t^A) A_t^w(j) + \frac{\omega_{t+1}}{\Omega_{t+1}} \frac{H_{t+1}^w(j)}{R_t} + \left(1 - \frac{\omega_{t+1}}{\Omega_{t+1}}\right) \frac{H_{t+1}^w(j)}{R_t}, \quad (16)$$

$$\frac{1}{\xi_t^w} = 1 + \beta^\sigma (R_t \Omega_{t+1})^{\sigma-1} \frac{1}{\xi_{t+1}^w}. \quad (17)$$

– 은퇴자와 마찬가지로 S_t^w는 현재가치로 할인된 근로자의 사회보장 연금을 나타내며, 모형에서 가정하고 있는 완전 예견으로 인해 근로자는 자신이 은퇴했을 때 받게 되는 사회보장 연금을 예상하여 소비를 결정하기 때문에 S_t^w는 S_t^r을 감안한 상태에서 도출되는 다음과 같은 동학을 가진다.

$$S_t^w = \frac{(\Omega_{t+1} - \omega_{t+1}) S_{t+1}^r + \omega_{t+1} S_{t+1}^w}{\Omega_{t+1} R_t}. \quad (18)$$

○ 조정인자(adjustment factor) Ω_t는 근로자가 은퇴하면 기존과는 다른 임금 및 한계소비

성향을 가지게 된다는 점들을 반영하고 있으며, 다음과 같이 정의된다.

$$\Omega_t = \omega_t + (1-\omega_t)\left(\frac{\xi_t^r}{\xi_t^w}\right)^{\frac{1}{1-\sigma}}. \tag{19}$$

○ 자산 보유에 대한 동학은 근로자의 예산제약식과 식(15)를 결합하면 다음과 같이 구해진다.

$$(1-\tau_t^A)A_t^w(j) + \frac{\omega_{t+1}H_{t+1}^w}{\Omega_{t+1}R_t} = (1-\xi_t^W)\left[(1-\tau_{t-1}^A)R_{t-1}A_{t-1}^w(j) + H_t^w(j)\right]. \tag{20}$$

3. 가계 의사결정의 합산

❑ 본 연구에서 차용하고 있는 모형의 균형은 경제주체들이 사후적으로는 근로자 및 은퇴자 그룹별로 동일하다는 대칭적 균형(symmetric equilibrium)을 통해 구할 수 있으며, 이에 따라 한계소비성향, 조정인자, 금리 및 임금이 모든 근로자 또는 은퇴자에게 동일하게 적용되기 때문에 가계의 의사결정에 관련된 변수들을 다음과 같이 비교적 간단히 합산(aggregate)할 수 있다.

○ 이러한 방식으로 구한 은퇴자와 근로자의 소비는 다음과 같다.

$$C_t^r = \xi_t^r\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_{t-1}A_{t-1}^r + S_t^r\right], \tag{21}$$

$$C_t^w = \xi_t^w\left[(1-\tau_t^A)R_{t-1}A_{t-1}^w + H_t^w + S_t^w\right]. \tag{22}$$

– 식(21)은 식(10)과 달리 생존확률 γ_t가 누락되어 있는데, 이는 매기 생존하는 은퇴자만이 뮤추얼펀드로부터 R_{t-1}/γ_t만큼의 수익을 받기 때문이다.

○ 총자산 대비 은퇴자의 자산 비율을 $\lambda_t = A_t^r/A_t$로 정의하면 총소비 C_t는 식(23)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} C_t = {} & \xi_t^r\left[\lambda_{t-1}(1-\tau_{t-1}^A)R_{t-1}A_{t-1} + S_t^r\right] \\ & + \xi_t^w\left[(1-\lambda_{t-1})(1-\tau_{t-1}^A)R_{t-1}A_{t-1} + H_t^w + S_t^w\right]. \end{aligned} \tag{23}$$

○ 총자산은 총자본과 총국채의 합으로 정의된다.

$$A_t = K_t + B_t. \tag{24}$$

○ 근로자와 은퇴자의 자산인 A_t^w와 A_t^r는 다음과 같이 총 자산의 비율을 통해 구할 수 있다.

$$A_t^w = (1-\lambda_{t-1})A_t, \tag{25}$$

$$A_t^r = \lambda_{t-1}A_t. \tag{26}$$

○ 마지막으로 총 사회보장 연금 규모 E_t는 근로자와 은퇴자 사회보장 연금의 합으로 정의된다.

$$E_t = E_t^w + E_t^r. \tag{27}$$

4. 기업의 최적선택

❑ 모형 내 경제에서 대표 기업(representative firm)은 근로자의 노동(N_t^w) 및 자본(K_t)을 이용하여 최종재를 생산한다.

○ 이러한 기업의 생산함수는 Cobb-Douglas 형태이다.

$$Y_t = \left[X_t N_t^w\right]^{\alpha} K_{t-1}^{1-\alpha}. \tag{28}$$

– 여기에서 $\alpha \in (0,1)$은 생산에서 차지하는 노동의 비중을 나타내며, 총요소 생산성 X_t는 외생적으로 주어지며 x_t의 성장률을 가진다고 가정한다.

$$X_t = (1+x_t)X_{t-1}. \tag{29}$$

○ 이에 따라 기업의 이윤극대화 문제의 1계조건(first-order conditions)은 아래와 같다.

$$W_t N_t^w = \alpha Y_t, \tag{30}$$

$$R_t^K K_{t-1} = (1-\alpha) Y_t. \tag{31}$$

5. 재정정책

❑ 정부는 정부지출과 사회보장 연금 지출에 필요한 자금을 조달하기 위해 자산에 대한 세금을 징수하고 국채(B_t)를 발행한다.

○ 따라서 정부의 예산제약식은 다음과 같다.

$$B_t = R_{t-1}B_{t-1} + G_t + E_t - \tau_t^A A_t. \tag{32}$$

○ 한편 Gertler(1999)와 같이 정부는 총생산의 일정 비율만큼의 사회보장 연금을 지출한다고 가정한다.

$$E_t = e_y Y_t, \tag{33}$$

– 여기에서 e_y는 총생산 대비 사회보장 연금 지출의 비율을 의미한다.

○ Leeper et al.(2017)에서와 같이 정부지출 및 자산세율은 현기의 총산출 수준 및 1기 이전의 국가채무/총산출 비율(sb_t)에 반응하는 다음과 같은 프로세스를 따른다고 가정한다.

$$\hat{g}_t = \rho_g \widehat{g_{t-1}} - (1-\rho_g)\left(\psi_g \hat{y}_t + \phi_g \widehat{sb}_t\right), \tag{34}$$

$$\hat{\tau}_t^A = \rho_\tau \widehat{\tau_t^{A_{t-1}}} + (1-\rho_\tau)\left(\psi_\tau \hat{y}_t + \phi_\tau \widehat{sb}_t\right). \tag{35}$$

– 여기에서 $\widehat{m_t}$는 변수 M_t의 정상상태로부터의 퍼센트 격차(percentage deviation)을 나타낸다.

6. 균형

❑ 본고의 생애주기모형의 균형은 인구구조관련 변수 n_t, ω_t 및 γ_t와 총요소 생산성 성장률 x_t, 그리고 자산세율 τ_t^A가 주어진 상태에서 아래의 조건들 하에서 구해진 양적 변수 $\left\{C_t, C_t^r, C_t^w, A_t, A_t^r, A_t^w, \lambda_t, H_t^r, H_t^w, Y_t, I_t, K_t, B_t, G_t, E_t\right\}$, 한계소비성향과 관련된 변수 $\left\{\xi_t^r, \xi_t^w, \Omega_t, \psi_t\right\}$ 및 가격변수 $\left\{R_t, R_t^K, W_t\right\}$들로 정의된다.

○ 구체적인 균형조건은 다음과 같은 [1]-[4]를 만족해야 한다.

[1] 은퇴자와 근로자는 주어진 가격변수 $\{R_t, R_t^K, W_t\}$를 가지고 예산제약 하에서 효용을 극대화한다.

[2] 기업은 생산함수가 주어진 상태에서 이윤을 극대화한다.

[3] 정부는 정부 예산제약식이 만족되도록 국가채무 발행량, 정부지출 수준 및 사회보장 연금 수준을 결정한다.

[4] 노동, 자본 및 상품 시장이 각각 청산되며, 경제전체의 예산제약식은 다음과 같이 주어진다.

$$Y_t = C_t + I_t + G_t.$$

또한 자본은 다음 식을 따라 축적된다.

$$K_t = (1-\delta)K_{t-1} + I_t.$$

○ 아울러 n_t 및 x_t가 0보다 크기 때문에 본고 모형의 경제는 계속 성장하게 된다. 이에 따라 변수들을 $N_t^w X_t$로 나누어 추세 제거(detrending)를 시킬 필요가 있으며 이후 본고에서 안정화시킨 변수들은 소문자로 표현한다. 즉, $m_t = M_t / N_t^w X_t$로 정의된다.

IV. 분석방법

1. 모수설정

❑ 본 장에서는 먼저 실증분석을 위한 모형의 모수값을 설정한다.

○ 본고 모형에서 사용된 모수값은 <표 1>에 제시되어 있으며 1기는 1년에 해당한다.

- 정상상태의 총요소생산성 증가율(x_t)은 0.013으로 하였으며 이는 국회예산정책처에서 발간한 "2020 NABO 장기 재정전망" 책자에서 가정한 2020년 이후 우리나라 생산성 증가율 시나리오 값이다.

- 이번기 근로자였던 경제주체가 다음기에도 근로자로 남을 확률(ω_t)의 정상상태 값은 근로자가 20세에 태어나 평균적으로 65세에 은퇴한다는 가정하에 0.9778로 설정하였는데, 이는 Gertler(1999)에서와 같이 정년인 65세까지 일하는 근로자의 비율을 0.364로 설정하고 초기(initial period)에 근로자였던 경제주체가 최대 근속기간인 45(=65−20)년 동안 근로자로 남을 확률인 w^{45}이 이 값이 되도록 함으로써 구할 수 있다.

- 정상상태의 근로자(labor force) 증가율(n_t)은 2000-2019년간 통계청 제공 인구 중위 추계의 평균으로 구하였으며, 이 값은 0.002이다.

- 정상상태 은퇴자의 생존 확률(γ_t)은 통계청에서 제공하는 기대수명을 이용하여 0.96으로 시산하였는데, 이는 2020년 발표된 기대수명인 82세에서 은퇴연령인 65세를 뺀 17의 역수를 생존/사망의 가능성인 0.5에 지수로 곱함($0.5^{1/17}$)으로써 얻을 수 있다.

- 기간간 대체탄력성인 σ는 Gertler(1999)를 원용하여 0.5로 설정하였다.

- 할인인자(β)는 2000-2019년간 사후적(ex-post) 실질금리의 평균으로부터 구하였으며 0.9758의 값을 부여하였다.

- 생산에서 노동이 차지하는 비율(α) 및 감가상각률(δ)은 기존 문헌에서 흔히 사용되는 값인 $2/3$과 0.1로 사용하였다.

- 총산출 대비 국가채무 비율(b_y)은 국회예산정책처 제공 2019년 값인 0.384를 부여하였으며, 총산출 대비 정부지출 비율(g_y) 및 총산출에서 사회보장 연금이 차지하는 비율(e_y)은 기획재정부 자료의 2000-2019년간 평균을 사용하여 각각 0.2와 0.121로 하였다.

  - 자산세율은 국회예산정책처에서 제공한 자료로부터 Hur and Rhee(2020)가 시산한 2000-2016년간 자본세율(capital tax rate)의 평균치인 0.15를 사용하였다.

○ 이외에도 본고에서 고려한 재정준칙에 사용되는 모수들의 일부는 2000년부터 2016년까지의 한국 데이터를 사용하여 식별한 Hur and Rhee(2020)의 추정치를 이용하였으며, 나머지 값들은 "2020 NABO 장기 재정전망"상 2060년 우리나라의 국가채무/총산출 비율의 추계치인 158.7%에 부합하도록 설정하였다.

  - 정부지출 및 자산세율의 자기회귀 모수는 Hur and Rhee(2020)의 추정치인 0.18과 0.13으로 각각 부여하였다.

  - 정부지출과 자산세율이 총산출에 반응하는 정도는 각각 0.78과 0.51로 설정하였다.

  - 마지막으로 정부지출 및 자산세율이 전기 국가채무/총산출 비율에의 반응도는 "2020 NABO 장기 재정전망"상 2060년 추계치인 158.7%에 부합하도록 각각 0.12와 0.07로 설정하였는데, 이는 한국을 대상으로 DSGE 모형을 추정하여 시산한 Hur and Lee(2017)이나 Hur and Rhee(2020)의 값들과 유사하다.

2. 모형 시뮬레이션 방법

❑ 모형을 시뮬레이션하여 인구구조 변화가 향후 거시경제적 미치는 영향에 대한 구체적인 수치를 시산하기 위하여 본고에서는 다음의 세 단계로 진행한다.

○ 첫 번째 단계로 모형에서 예측하고 있는 인구구조 변화의 거시경제적 함의가 현실과 부합하는 합리적인 결과들인지 검증하기 위해 인구구조 변화와 관련된 모형의 모수들을 외생적(exogenous) 충격으로 설정하여 각각의 충격반응함수를 시산한다.

  - 이러한 설정 하에 정부지출(g_t), 자산세율(τ_t^A), 근로자의 근로 확률(ω_t), 은퇴자의

생존확률(γ_t), 총요소생산성 증가율(x_t) 및 인구증가율(n_t)를 외생적 충격으로 모형화하여 모형 경제의 이와 같은 충격에 대한 반응을 검증한다.

- 동 충격들은 모두 1차 자기회귀(autoregressive of degree 1, AR(1)) 과정으로 가정하였으며, <표 1>의 마지막 4개의 행은 이러한 충격 시산시 필요한 각 충격의 자기회귀 모수를 보고하고 있다.[4)]

○ 두 번째 단계는 모형 경제에서 인구구조 변화를 추동하는 가장 중요한 두 충격인 은퇴자의 생존확률과 인구증가율에 대한 충격만을 시산하여 향후 예상되는 인구구조 변화에 대한 모형으로부터의 함의를 도출해낸다.

- 이때 이러한 두 충격을 통해 도출된 모형의 예측이 통계청에서 발간하는 "장래인구추계" 등에서 예상하는 향후 한국의 인구증가율 및 노령인구 부양비율과 최대한 유사하도록 충격을 설정하여, 이러한 충격에 따른 향후 우리나라 거시경제의 영향을 시산하도록 한다.

- 이러한 실험은 향후 인구구조 변화에도 불구하고 정책의 대응 및 거시경제 환경에 변화가 없는 경우에 해당한다.

○ 마지막 단계로 이와 같은 충격 발생시 정책의 대응 및 거시경제 환경의 변화가 있는 경우에 대한 실험을 진행하는데, 이는 구체적으로 다음과 같다.

- 인구구조 변화로 인한 생산가능인구 감소에 대응하기 위하여 법적 정년연장 등 경제제도 변화가 있을 경우 경제에 미치는 영향을 시산하는데, 이를 위해 인구구조 변화 충격들이 근로자가 기간간 근로자로 남을 확률의 상승과 함께 나타나는 것으로 반영한다.

- 인구구조 변화가 코로나19 확산 등으로 인한 생산성 하락과 함께 나타났을 때의 거시경제적 효과를 인구구조 변화만 발생하는 경우와 비교한다.

- 향후 인구구조 변화가 재정건전성에 미치는 함의를 도출하기 위해, 정부지출 및 자산세율이 국가채무/총산출에 반응하는 정도를 바꿔가면서 결과를 시산한다.

---

4) 본고의 V.2장에서 제시될 정책실험을 위해서는 인구구조 변화 관련 충격(인구증가율 및 은퇴자의 생존확률 충격)의 자기회귀 모수를 0으로 설정하는데, 이는 해당 장에 자세하게 설명되어 있다.

○ 이러한 실험을 통해 얻은 결과들을 기존 국회예산정책처의 중·장기 재정전망과 비교·분석하고, 이와 같은 변화가 나타나게 될 주요 경로에 대한 이론적 이해를 제시하도록 한다.

<표 1> 모형의 모수

모수		설정값	비고
x_{ss}	정상상태 총요소생산성 증가율	0.013	2020 NABO 장기재정전망
ω_{ss}	정상상태 근로자가 계속 근로자로 남을 확률	0.9778	은퇴연령 65세 적용 저자 시산
n_{ss}	정상상태 근로자의 증가율	0.002	2000-2019 평균(KOSIS)
γ_{ss}	정상상태 은퇴자의 생존 확률	0.96	65세 이상 사망률 및 기대수명 이용 저자시산(KOSIS)
σ	기간간 대체탄력성	0.5	Gertler(1999)
β	할인인자	0.9758	2000-2019 평균(BOK-ECOS)
α	생산에서 노동이 차지하는 비율	2/3	
δ	감가상각률	0.1	
b_y	총산출 대비 국가채무 비율	0.384	2019년 값(국회예산정책처)
g_y	총산출 대비 정부지출 비율	0.2	2000-2019 평균(기획재정부)
e_y	총산출 대비 사회보장 연금 비율	0.121	2000-2019 평균(기획재정부)
τ_{ss}^A	자산세율	0.15	Hur and Rhee(2020)
ρ_g	정부지출 자기회귀 모수	0.18	Hur and Rhee(2020)
ψ_g	정부지출의 현기 총산출 반응도	0.78	Hur and Rhee(2020)
ϕ_g	정부지출의 지난기 국가채무/총산출 반응도	0.30	2020 NABO 장기재정전망과 부합하도록 저자 시산
ρ_τ	자산세율 자기회귀 모수	0.13	Hur and Rhee(2020)
ψ_τ	자산세율의 현기 총산출에 반응도	0.51	Hur and Rhee(2020)
ϕ_τ	자산세율의 지난기 국가채무/총산출에 반응도	0.18	2020 NABO 장기재정전망과 부합하도록 저자 시산
ρ_ω	ω에 대한 자기회귀 모수	0.5	
ρ_γ	γ에 대한 자기회귀 모수	0.5	
ρ_x	x에 대한 자기회귀 모수	0.99	
ρ_n	n에 대한 자기회귀 모수	0.9	

V. 분석결과

1. 개별 충격에 대한 충격반응함수

❑ 먼저 모형 검증을 위해 위에서 언급한 개별 충격에 대한 충격반응함수를 시산하여 분석한다.

❑ <그림 1>에는 은퇴자의 생존확률 증가 충격에 대한 충격반응함수가 요약되어 있다.

○ 먼저 은퇴자의 생존확률 상승은 기대수명 연장에 대응되며, 따라서 경제 수준에서의 노령인구 부양비율 및 전체 자산 가운데 은퇴자 자산 비중은 증가하게 된다.

○ 길어진 기대수명에 따라 근로자는 소비 평활화를 위해 현재의 소비를 줄이게 되며 이에 따라 근로자의 소비가 감소한다. 반면 은퇴자의 소비는 충격 발생 후 단기적으로는 감소하나 기대수명 연장과 함께 소비활동을 할 수 있는 기간이 길어지므로 중·장기적으로는 증가하는 양상을 타나낸다.

– 모형에서 은퇴자 및 근로자가 차지하는 사회보장 연금의 비중은 노령인구 부양비율과 각각 양(+)과 음(-)의 관계를 가지고 있으며, 따라서 동 충격에 대해 은퇴자가 받는 사회보장 연금의 현재가치는 늘어나고 근로자가 받는 연금의 현재가치는 줄어든다.

– 비슷하게 동 충격은 근로자의 자산을 줄이고, 은퇴자의 자산을 늘리는 역할을 한다.

– 소비는 자산과 현재가치화된 사회보장 연금의 수준에 따라 결정되므로 결과적으로 근로자의 소비는 줄고 은퇴자의 소비는 상승하게 된다.

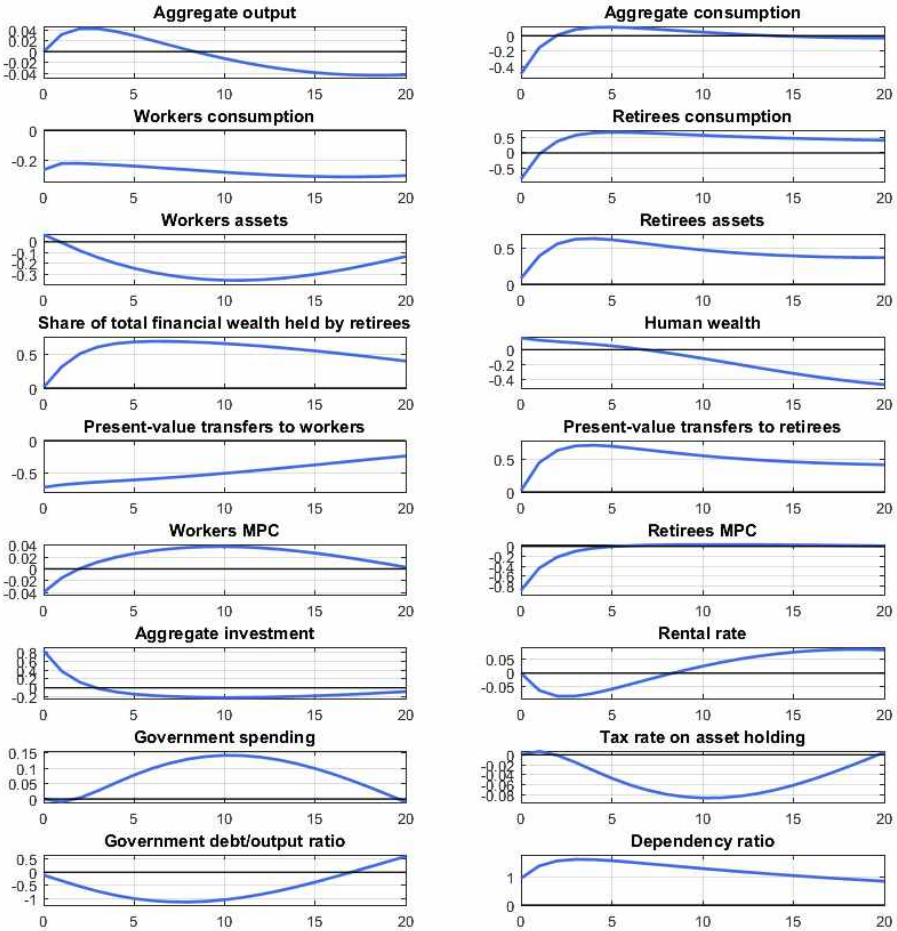
○ 총소비는 단기적으로 감소하고 중·장기적으로는 미약하게나마 증가하는 양상을 보이며 투자는 충격 직후 낮아진 금리로 인해 단기적으로 증가한다. 단기적으로는 후자의 효과가 전자보다 크기 때문에 총산출은 단기적으로 증가하는 양상을 나타내나 중·장기적으로는 감소하는 것으로 분석되었다.

– 이는 고령화 현상에 대해 본고의 모형은 단기적으로는 총산출 증가, 그러나 중·장기

적으로 총산출 감소를 예측한다는 것을 의미한다.

- 또한 국가채무/총산출 비율은 단기적으로 감소하나 중·장기적으로 증가하여, 고령화가 중·장기적으로 재정건전성을 악화시키는 요소로 작용함을 나타내고 있다.

<그림 1> 은퇴자의 생존확률(γ_t) 증가 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

❑ <그림 2>에는 인구증가율 증가 충격에 대한 충격반응함수가 제시되어 있다.

○ 인구증가율 상승에 따라 노령인구 부양비율 및 전체 자산 가운데 은퇴자 자산 비중은 낮아질 것이라고 예상되는데, 모형에서는 이와 일치하는 결과를 보여주고 있다.

- 노령인구 부양비율은 고려된 모든 시계에 대해 감소하는 것으로 나타나며, 은퇴자의 자산 비중은 단기적으로는 증가하나 5년 이후 중·장기적으로 감소하는 것으로 분석되었다.

○ 위에서 언급한 것처럼 근로자와 은퇴자 사이의 사회보장 연금 수준 비중은 노령인구 부양비율에 따라 결정되며, 낮아진 노령인구 부양비율은 상대적으로 더 많은 연금혜택에 근로자에게 지급될 것임을 의미한다.

- 이에 따라 근로자의 사회보장 연금이 은퇴자의 연금보다 더욱 큰 폭으로 증가하게 된다.

○ 충격 직후 이자율이 상당기간 상승하는 반응을 나타내며, 근로자의 인적자산은 이자율에 대한 음(-)의 함수이므로 결과적으로 근로자의 인적자산이 크게 감소하는 것으로 나타난다.

○ 근로자와 은퇴자의 소비는 서로 반대되는 반응을 보인다.

- 근로자의 소비는 감소된 인적자산이 현재가치화된 사회보장 연금 및 중·장기적 자산의 증가 효과를 압도하여 감소하게 된다.

- 은퇴자의 경우에는 단기적 자산 및 현재가치화된 사회보장 연금의 증가로 인해 소비를 증가시킨다.

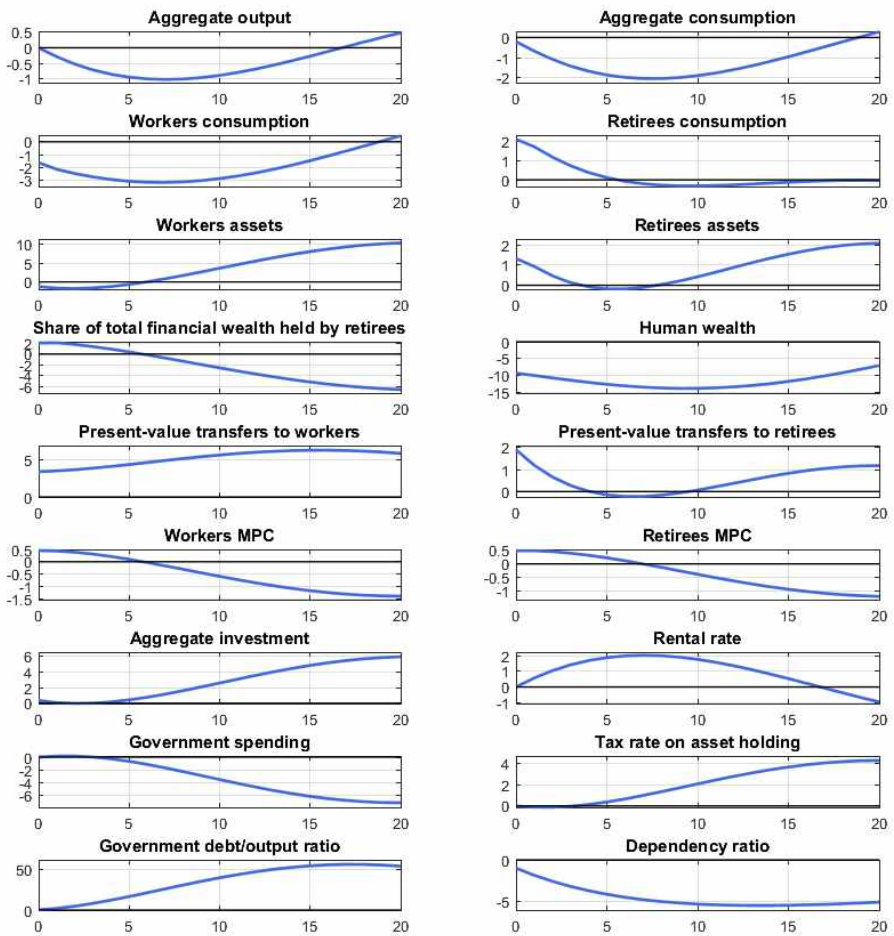
- 그러나 전자가 후자의 효과를 압도하여 총소비는 감소하게 된다.

○ 이자율 상승의 반응이 6~7년 이후 낮아지며, 이에 따라 투자도 5년 이후 서서히 증가하는 모습을 보이나 투자의 증가가 소비의 감소를 상쇄하지 못하여 총산출은 감소하게 된다.

- 이러한 총산출의 감소는 6~7년을 정점으로 서서히 완화되어 충격 16~17년 이후에는 다시 증가하는 반응을 나타내는 것으로 분석되었다.

○ 높아진 국가채무/총산출 비율에 따라 정부지출은 감소하고 자산세율도 서서히 상승하게 된다.

<그림 2> 인구증가율(n_t) 증가 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

❑ <그림 3>에는 총요소생산성 증가 충격에 대한 충격반응함수를 나타내고 있다.

○ 총요소생산성 증가로 인해 근로자에게 양(+)의 소득효과가 발생하여 근로자의 소비는 증가한다. 그러나 은퇴자의 경우 자산 및 사회보장 연금의 감소로 인해 발생된 음(-)의 소득효과로 인해 소비가 감소한다.

- 근로자의 소비 증가는 현재가치화된 사회보장 연금의 감소에도 불구하고 큰 폭으로 발생하는 자산의 증가 및 인적자산의 증가로 인해 촉발되는 것으로 분석되었는데, 특히 인적자산은 총요소생산성과 양(+)의 관계를 맺고 있으므로 이러한 근로자의 소비 증가 이면에는 인적자산의 대폭 상승이 자리하고 있는 것으로 보인다.

- 은퇴자의 경우에는 소득의 원천인 자산과 사회보장 연금 모두 큰 폭으로 하락하여 소비가 감소하는 것으로 분석되었다.

- 은퇴자의 소비감소 폭이 근로자의 소비증가를 압도하여 총소비는 감소하는 것으로 분석되었다.

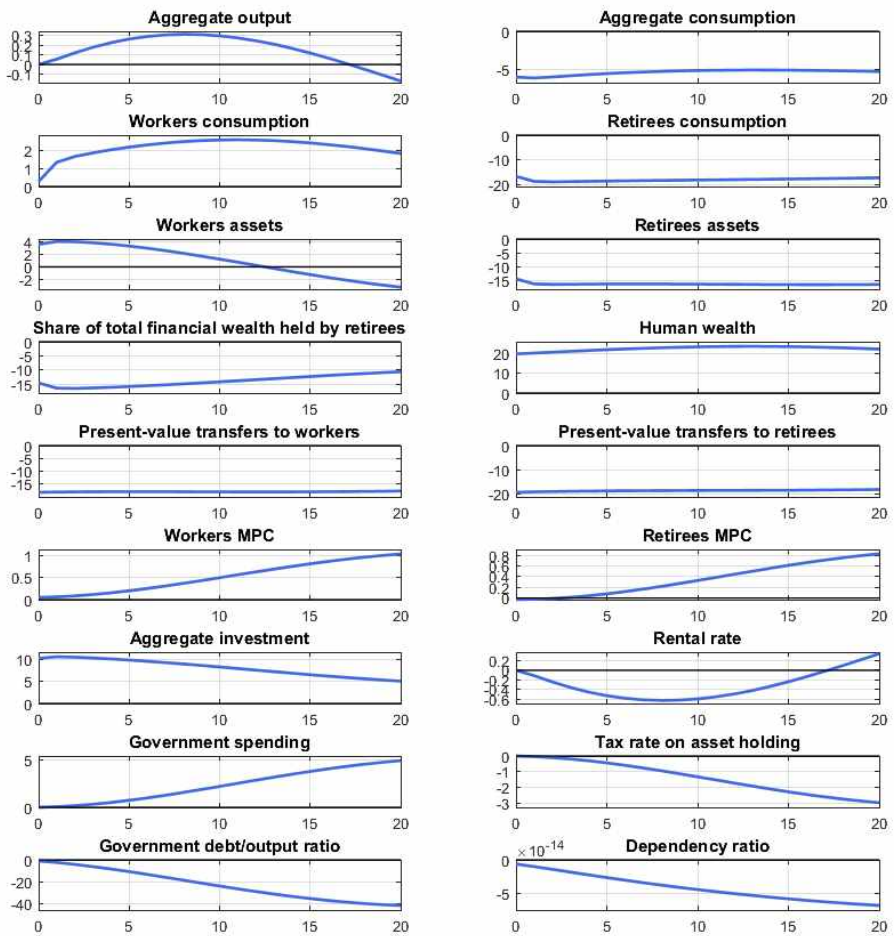
○ 모형에서 총요소생산성 증가가 노령인구 부양비율에 미치는 영향은 음(-)으로 나타났으나, 그 값은 상당히 작게 도출되어 외생적 총요소생산성 변화와 노령인구 부양비율 증감 사이의 관계는 강하지 않은 것으로 시산되었다.

○ 총요소생산성 증가로 인해 이자율은 하락하게 되며, 따라서 투자는 큰 폭으로 상승하는 모습을 보인다.

○ 총소비 감소는 총요소생산성 증가로 인한 투자증가에 의해 압도되며, 따라서 총산출은 증가한다.

- 이러한 총산출의 증가로 인해 국가채무/총산출 비율은 감소하게 되며, 이에 따라 정부지출은 증가하고 자산세율은 감소하는 경향을 나타내게 된다.

<그림 3> 총요소생산성(x_t) 증가 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

❑ <그림 4>에는 근로자의 근로 지속 확률 증가 충격에 대한 충격반응함수를 요약하고 있다.

○ t기 근로자였던 경제주체가 $t+1$기에도 은퇴하지 않고 근로자로 남아있을 확률을 반영하는 ω_t의 상승은 Carvalho et al.(2016)에서 논의되었던 것처럼 현실에서의 정년연장에 상응하는 충격이다.

○ 이러한 충격에 따라 노령인구 부양비율은 감소하며, 근로자의 자산 및 사회보장 연금은 증가하고 은퇴자의 그것들은 감소하게 된다.

- 결과적으로 근로자의 소비는 증가하고 은퇴자의 소비는 감소하는데, 본 모형에서는 단기적으로 전자가 후자를 압도하게 되어 총소비가 충격 직후 단기적으로나마 증가하는 것으로 분석되었다.

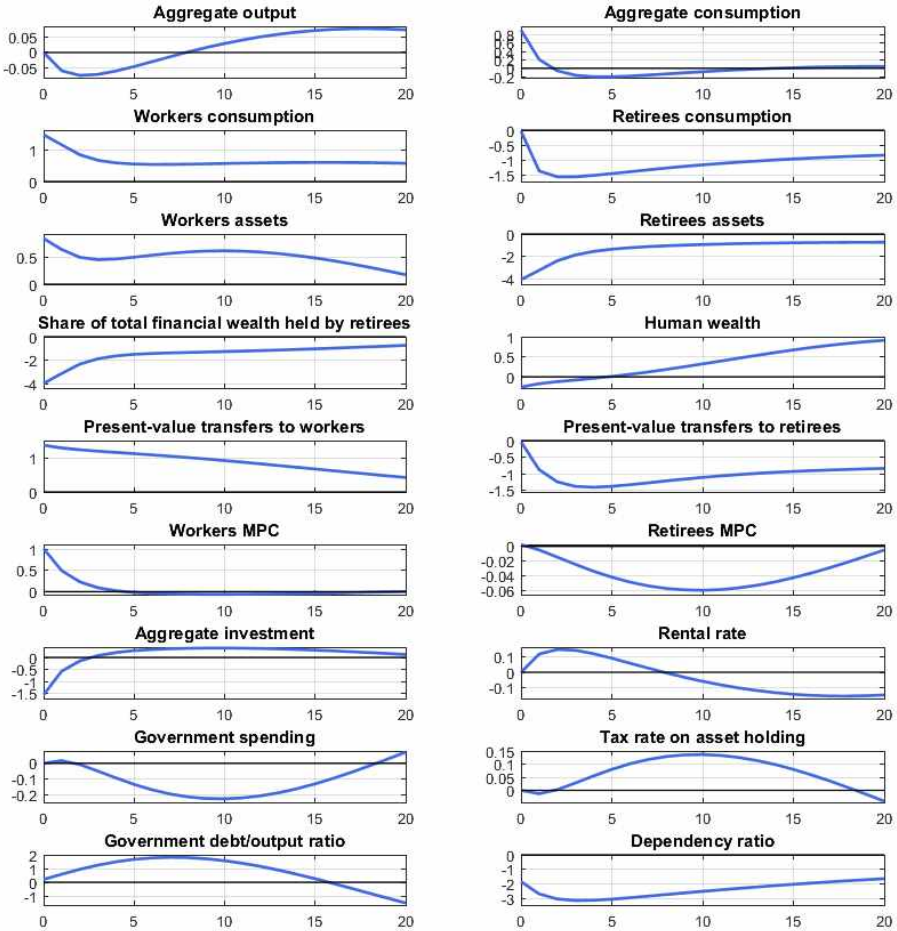
○ 그러나 충격 직후 이자율이 상승하여 투자가 단기적 감소하며, 이로 인해 총산출은 단기적으로 감소하나 중·장기적으로는 증가하는 것으로 나타났다.

- 모형에서 예측하고 있는 정년연장의 효과는 단기적으로 총산출을 감소시키나, 중·장기적으로는 증가시키는 긍정적인 효과를 가지는 것으로 분석되었다.

○ 이에 따라 국가채무/총산출 비율은 단기적으로 증가, 중·장기적으로 감소하는 현상을 보였다.

- 이는 정년연장 등으로 대표되는 근로자의 근로 지속 확률 증가가 재정건전성에 미치는 함의가 시계에 따라 달라질 수 있음을 시사한다.

<그림 4> 근로자의 근로 지속 확률(ω_t) 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

❑ <그림 5>에는 정부지출 확대 충격에 대한 충격반응함수를 나타내고 있다.

○ 기존 문헌에서 보고하고 있듯이 실물경기변동이론(real business cycle) 형태의 모형에서는 정부지출 증가가 민간 소비와 투자를 구축(crowd out)하는 효과를 나타낸다.

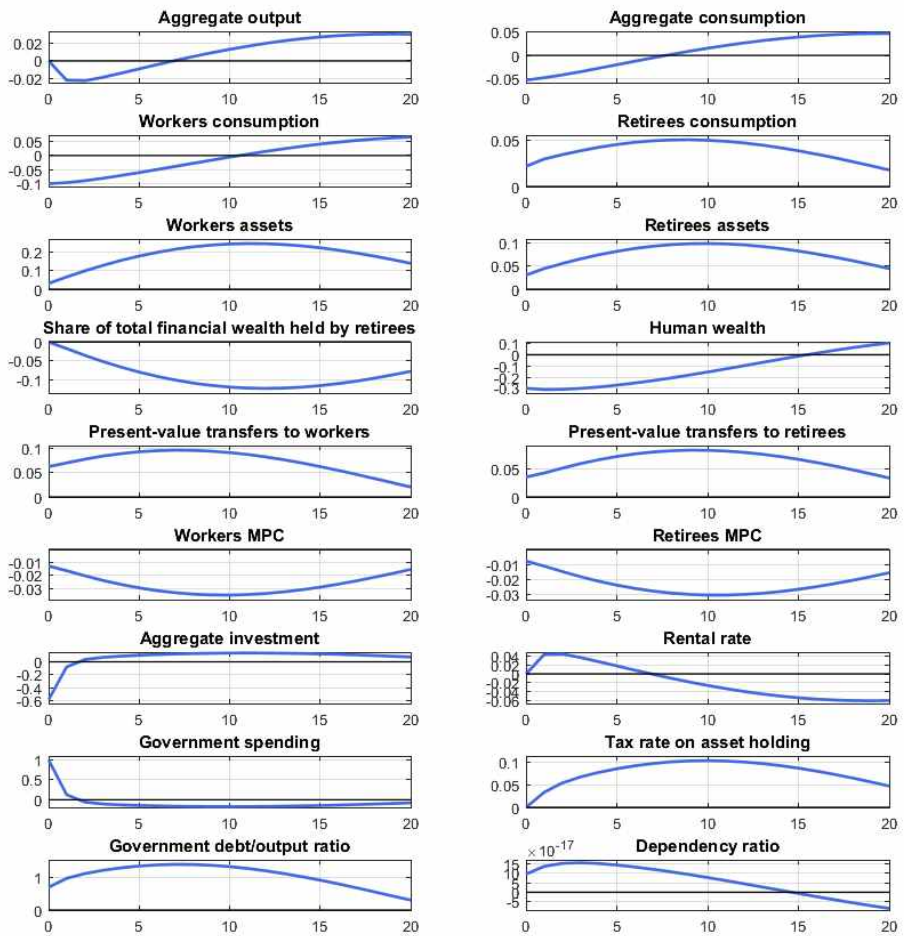
- 소비의 경우 근로자의 소비는 단기적으로 감소하나 중·장기적으로 증가하고 은퇴자의 소비는 고려된 모든 시계에 걸쳐 증가하는 모습을 보이는데, 이 둘을 합한 총소비는 단기적으로 감소하고 중·장기에는 증가하여 본고에서의 생애주기를 고려한 실물경기변동이론 유형의 모형에서는 정부지출의 증가가 단기적으로 소비를 구축하는 현상을 나타내는 것으로 분석되었다.

- 정부지출의 증가는 단기적으로 이자율을 상승시키고, 따라서 투자는 단기적으로 감소하게 된다.

- 이러한 민간부문에의 구축효과를 정부지출 증가가 상쇄하지 못하기 때문에 총산출은 단기적으로 감소하는 효과가 나타나나, 충격 6년 이후 중·장기적으로는 증가하는 경향을 보인다.

○ 본고의 정부지출은 근로자나 은퇴자 등 특정계층을 대상으로 지급하는 지출이 아니므로 이러한 정부지출의 변화가 노령인구 부양비율이나 근로자 대비 은퇴자의 자산비중 등에 미치는 영향은 미미한 것으로 분석되었다.

<그림 5> 정부지출(g_t) 확대 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

❑ <그림 6>에는 자산세율 상승 충격에 대한 충격반응함수를 보고하고 있다.

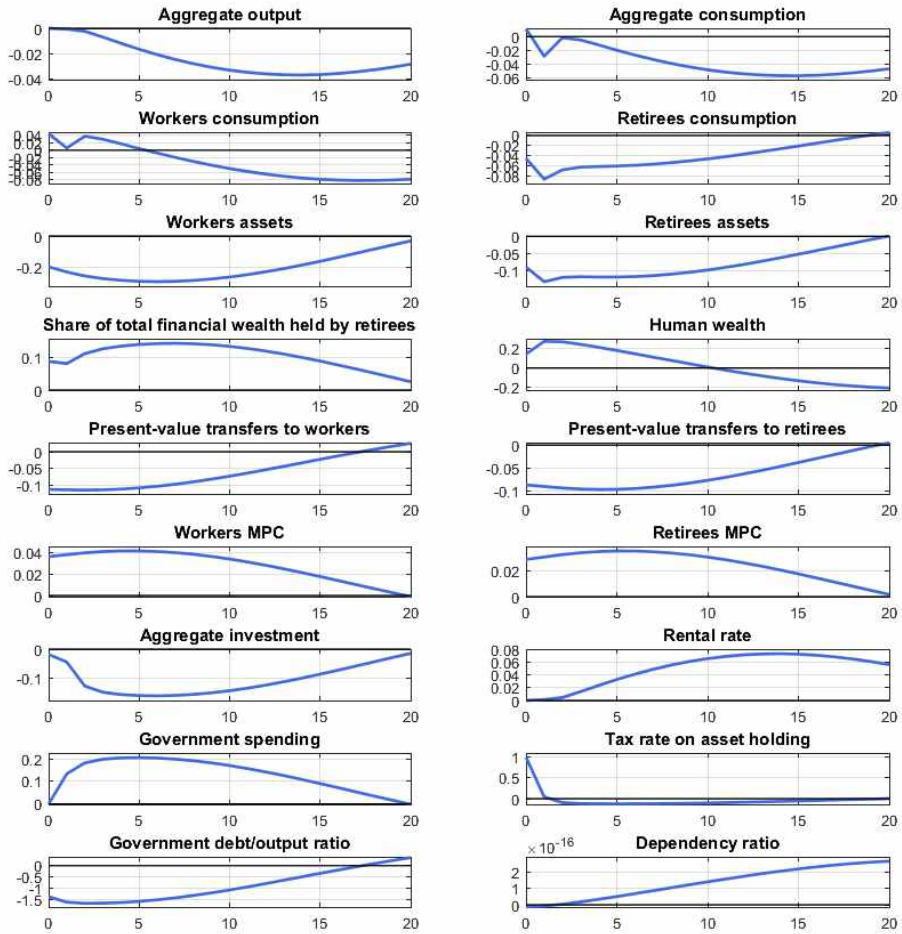
○ 자산세율 상승은 긴축적(contractionary) 충격으로 총산출과 총소비 및 투자를 감소시키는 것으로 나타났다.

- 자산세가 근로자와 은퇴자 모두에게 부과되기 때문에 자산세율의 증가는 이 두 그룹 모두에게 음(-)의 소득효과를 발생시켜 각각의 소비를 감소시킨다.

- 경제학 이론이 예측하듯이 자산세율의 증가는 투자의 수익을 감소시켜 투자를 위축시키는 것으로 분석되었다.

○ 정부지출 변화와 마찬가지로 자산세율의 변화 또한 노령인구 부양비율과 근로자 대비 은퇴자의 자산비중 등에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 드러났다.

<그림 6> 자산세율(τ_t^A) 상승 충격에 대한 충격반응함수



주) x축은 충격이후 반응 시점을 나타내며, 1기는 1년을 의미함.

2. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: Baseline 시나리오

❑ 시나리오 분석방법

○ 향후 예상되는 인구구조변화가 거시경제에 미치는 영향을 시산하기 위해 먼저 baseline 시나리오를 상정하였는데, 이러한 시나리오는 기 발표된 국회예산정책처와 통계청의 다음 두 가지 조건을 만족하는 것이다.

– 첫 번째로 통계청 발표 "장래인구추계"상 향후 2067년까지 예상되는 인구증가율과 노령인구 부양비율대로 인구구조가 변화하는 상황을 가정하고, 모형에서 이러한 변수에 가장 중요한 영향을 미치는 두 충격인 인구증가율 충격과 은퇴자의 생존확률 충격을 이러한 데이터를 가장 잘 설명하도록 식별한다.

– 두 번째로 국회예산정책처 발간 "2020 NABO 장기재정전망"에서 보고하고 있는 2060년 국가채무/총산출 비율인 158.7%을 만족하도록 모형의 모수 중 일부를 설정하는데, 이전 장에서 밝히고 있듯이 국가채무/총산출 비율과 관련이 높은 모수 가운데 하나는 정부지출과 자산세율이 얼마나 이전기의 국가채무/총산출 비율 수준에 반응하는지를 나타내는 모수들이다.

○ 이러한 조건을 만족하는 시나리오 시산을 위해 구체적으로는 다음의 두 가지 방법을 사용한다.

– 향후 예상되는 인구구조변화를 설명하는 충격 식별을 위해 주어진 모수에서 칼만 평활화(Kalman smoother)를 이용하여 2020년부터 2067년까지의 두 충격 시퀀스를 식별하는데, 매기 충격의 정확한 식별을 위해 각 충격의 자기회귀모수는 0으로 설정하고 나머지 모수들은 <표 1>의 값들을 이용한다.[5)]

– 이 때, 정부지출과 자산세율의 이전기 국가채무/총산출 비율에 대한 반응도는 2060

5) 이러한 실험시 자기회귀 모수를 0보다 큰 값으로 설정할 경우 이전기 충격의 영향이 이후 한동안 남아있게 되어 정확한 충격 시퀀스 식별에 장애가 될 수 있다는 점을 고려하였다. 물론 이러한 설정은 현실과 다를 가능성이 존재하는데, 인구증가율 및 은퇴자의 생존확률 충격은 현실에서의 저출산·고령화와 대응되는 충격이며 이러한 충격은 일시적(temporary)이기보다 항구적(persistent)인 경향성을 가질 것이라는 사실이 바로 그러한 점이다. 이와 같은 경향성을 반영하여 Carvalho, Ferrero and Nechio(2016)는 해당 충격을 상당히 큰 가기회귀 모수를 가지는 항구적인 경향성을 가지는 충격으로 모형 하였다. 그러나 이 경우 해당 충격을 바탕으로 모형에서 시산한 향후 인구변화에 대한 추계치가 실제 데이터의 추계치와 상당한 이격을 보이는 현상이 발생하며, 이는 모형에 기반한 정책실험에 대한 설명력을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있다. 본고에서는 이러한 단점을 보완하여 모형에서 시산된 추계치가 실제 데이터의 그것을 가장 잘 설명할 수 있도록 인구증가율 및 은퇴자의 생존확률 충격의 자기회귀 모수를 0으로 설정하였다.

년 국가채무/총산출 비율이 158.7%이 되도록 설정하는데, 앞 장에서 서술했듯이 이 값은 <표 1>에 나와 있다.

- 칼만 평활화는 양측 칼만 필터링(two-sided Kalman filtering)을 이용하여 주어진 모수값에서 실제 시계열을 가장 잘 설명하는 충격의 시퀀스를 시산하는 방식이며, 이때 시산하고자 하는 시계열의 개수와 모형 충격의 개수가 같아야 한다는, 즉 확률적 특이성 문제(stochastic singularity problem)가 발생하지 않아야 한다는 제약조건이 있다.

- 본고에서는 이러한 제약조건 만족을 위해 2개의 시계열(인구증가율 및 노령인구 부양비율)을 2개의 충격(인구증가율 및 은퇴자 생존확률)이 설명한다는 가정을 도입한다.

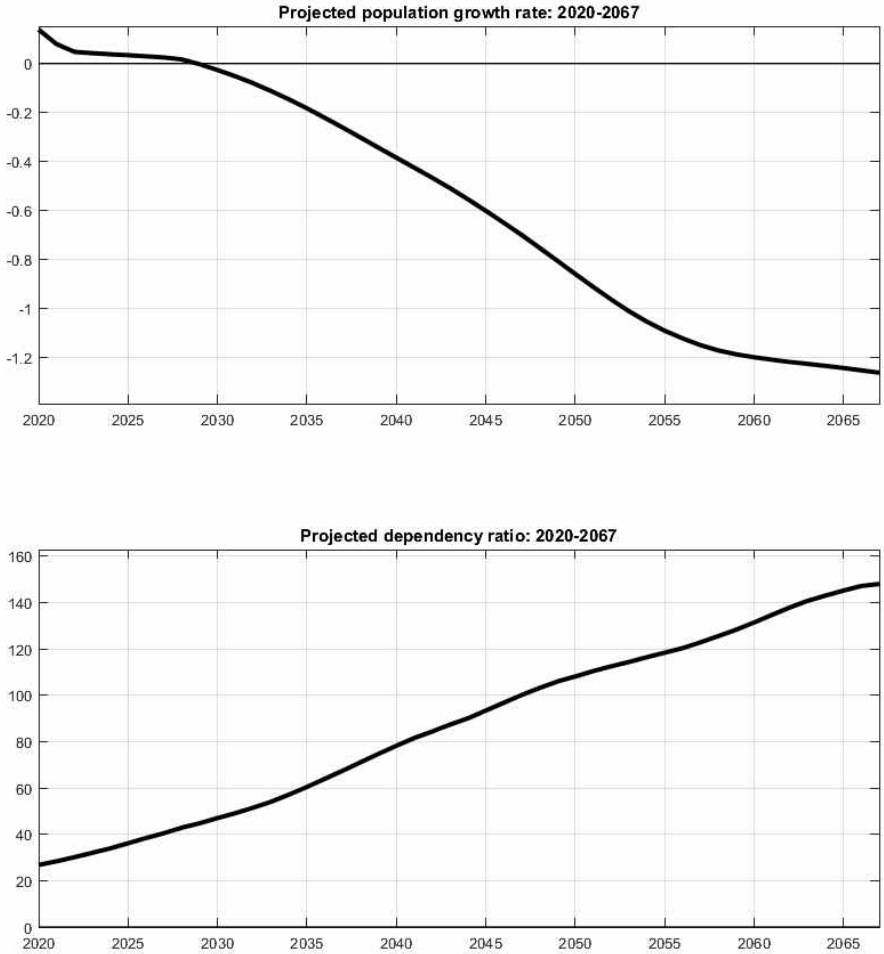
❑ 예상되는 인구구조 변화

○ <그림 7>에는 본고에서 상정하고 있는 2020-2067년간 인구구조변화 추계치가 제시되어 있다.

- 첫 번째 그림에는 고려 기간 동안의 인구증가율이 나와 있는데, 2020년 후반까지는 미약하게나마 인구 증가율이 양(+)의 값으로 유지되다가 이후에는 인구의 음(-)이 되어 인구의 순감소가 예상되며 이러한 경향은 2060년대까지 지속적으로 심화되는 것을 상정하는 시나리오이다.

- 이러한 인구증가율의 변화와 함께, 고령화 등으로 인해 두 번째 그림에 제시되어 있는 것처럼 노령인구 부양비율은 가파른 상승세를 보일 것으로 예상되며 2020년에는 20%를 약간 상회하던 비율이 2040년 후반에는 100%를 넘어 지속적으로 상승하는 것을 상정하고 있다.

<그림 7> 향후 예상되는 인구증가율과 노령인구 부양비율: 2020-2067



❑ 식별된 충격 시퀀스

○ <그림 8>의 위 두 그림에는 위에서 서술한대로 칼만 평활화를 이용하여 시산한 향후 충격 시퀀스가 보고되어 있다.

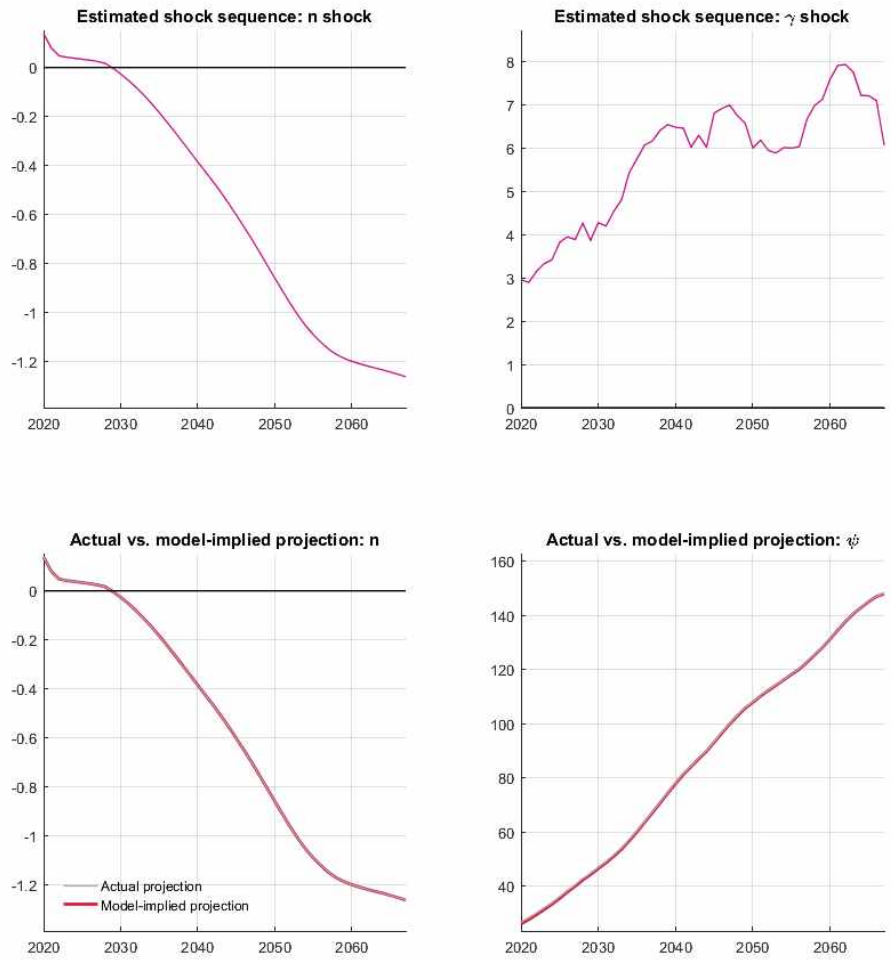
- 인구증가율 충격은 실제 추계치와 유사한 패턴을 보이는데 2020년 말까지는 양(+)의 인구증가율 충격이, 이후에는 음(-)의 충격이 점점 더 큰 폭으로 나타나게 될 것임을 나타낸다.

- 한편 은퇴자의 생존확률 충격의 경우 향후 예상되는 노령인구 부양비율 상승을 설명하기 위해 점점 더 큰 폭의 충격이 경제에 도달할 것으로 시산되었으며, 이는 인구구조 고령화가 시간이 흐름에 따라 더욱 가파르게 진행될 것임을 의미한다.

○ <그림 8>의 아래 두 그림은 이러한 충격 시퀀스를 바탕으로 모형에서 시산된 인구증가율 및 노령인구 부양비율을 실제 추계치와 비교하고 있다.

- 이 그림에서 나타났듯이 두 데이터 모두 모형과 실제 추계치 사이의 괴리가 거의 없는 것으로 보이며, 이는 모형에서 시산된 충격 시퀀스가 실제 데이터를 잘 설명하고 있음을 타나낸다.

<그림 8> 식별된 충격 시퀀스 및 실제 데이터와의 적합도



주) 아래의 두 그림에서 얇은 실선은 실제 추계치를, 굵은 실선은 모형에서 시산된 추계치를 의미함.

❑ Baseline 시나리오 추계치 결과

○ <그림 9>에는 위와 같은 방식으로 시산한 baseline 시나리오 하에서의 추계치 결과를 각 변수 현 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화로 보고하고 있다.

- 향후 예상되는 인구구조의 변화로 인해 은퇴자의 소비는 증가하나 근로자의 소비가 감소할 것으로 예상되었으며, 전자가 후자의 효과를 압도하는 것으로 분석되어 총소비는 증가할 것으로 나타났다.

- 자산의 경우 근로자와 은퇴자의 자산 모두 상승할 것으로 예상되나 은퇴자의 자산 비중이 근로자보다 상대적으로 늘어날 것으로 예측되었다.

- 향후 예상되는 인구구조 변화는 근로자의 사회보장 연금 현재가치를 감소시키고 은퇴자의 그것을 증가시키는 것으로 나타났으며, 소비와 자산 및 사회보장 연금의 반응을 요약해 보면 고령화로 인해 이들 변수에 대해 경제내에서 은퇴자가 차지하는 비중이 상승할 것으로 보인다.

- 한계소비성향은 근로자와 은퇴자 모두 하락하는 것으로 분석되었으며, 이는 고령화로 인한 기대여명의 확대 등으로 인해 두 그룹 모두에서 예비적 저축(precautionary saving)을 확대시킬 동기가 존재함을 시사한다고 하겠다.

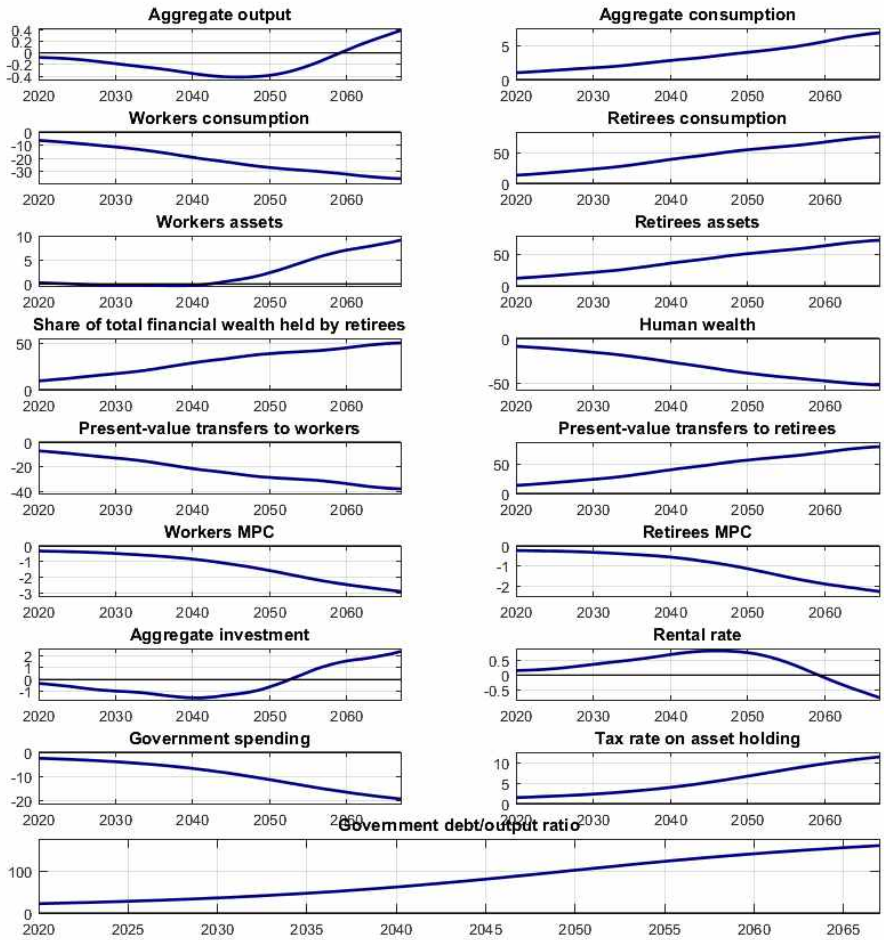
- 인구구조변화로 인해 실질이자율은 향후 2060년까지 현 수준보다 높을 것으로 예상되며 이로 인해 투자는 2050년경까지 현재보다 낮을 것으로 모형은 예측하고 있다.

- 마지막 그림에 제시된 것처럼 국가채무/총산출 비율은 인구구조변화로 인해 향후 꾸준히 상승할 것으로 예측되며, 이러한 재정건전성의 약화는 정부지출의 감소 및 자산세율의 인상으로 연결될 것으로 나타났다.

- 요약하면 향후 예상되는 고령화·저출산 등의 인구구조변화는 총소비를 증가시키나 이러한 소비의 증가보다 더욱 큰 폭의 투자와 정부지출 감소를 촉발하여 총산출에는 상당기간동안 음(-)의 영향을 주는 것으로 분석되었다.[6]

6) 결과 해석시 유의해야 할 것은 본고에서 분석하고 있는 시나리오는 인구구조변화에 국한되었다는 점이다. 즉, 다른 요인을 통제하고 인구구조변화의 영향에 집중하는 것으로, 이는 인구구조변화뿐만 아니라 향후 예상되는 경제 전반의 변화를 종합적으로 고려하여 추계치를 시산하는 국회예산정책처나 기획재정부의 방식과 다르다고 할 수 있겠다.

<그림 9> 식별된 충격 시퀀스를 바탕으로 한 baseline 시나리오 결과



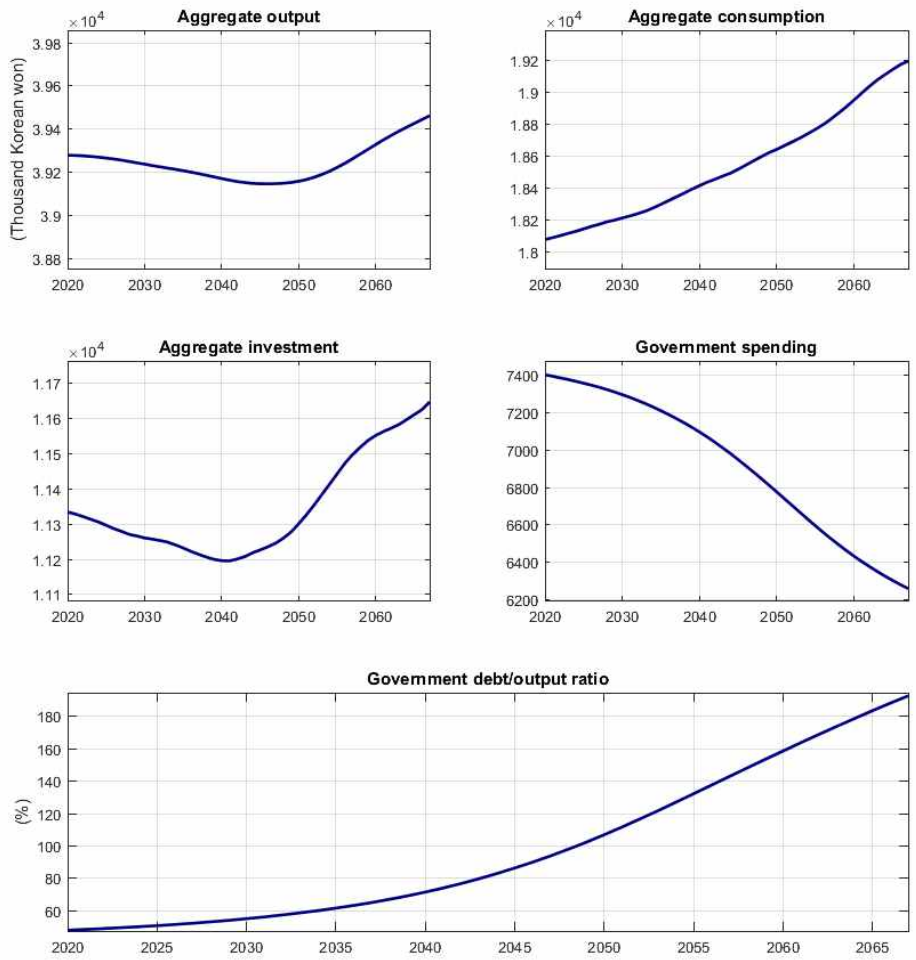
주) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

○ <그림 10>에는 수준으로 변환된 주요 변수의 향후 예측치가 제시되어 있으며, 특히 재정건전성의 측면에서 관심이 요구되는 국가채무/총산출 비율이 마지막 그림에 제시되어 있는데, 이 결과를 “2020 NABO 장기재정전망”상의 추계치와 비교해 보면 <표 2>와 같다.

- 모형의 결과는 국회예산정책처의 추계치보다 2030~2050 사이의 부채비율을 낮게 추정하는 경향이 있으며, 이후에는 높게 추정하는 것으로 분석되었다.

- 이는 모형에서 예측하는 국가채무/총산출 비율이 시간이 지남에 따라 점점 가파르게 증가할 것임을 나타내며, 결국 인구구조변화가 재정건전성에 미칠 영향은 향후 상당기간 동안에는 상대적으로 심각하지 않게 보일 수 있으나 인구구조변화가 본격화되기 시작하는 시점에서부터는 예상보다 큰 폭의 훼손 가능성을 가질 수 있음을 시사한다.

<그림 10> 식별된 충격 시퀀스를 바탕으로 한 baseline 시나리오 결과, 수준



주) 처음 네 그림에서 y축은 천원 단위로 표시된 각 변수의 1인당 실질 수준을 나타내며, 마지막 그림에서의 y축은 퍼센트(%)를 의미함.

<표 2> 국가채무/총산출 비율 추계치 비교 (단위: %)

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
NABO(2020)	44.5	75.5	103.9	131.1	158.7	185.7
모형	48.0	55.1	71.5	106.9	158.7	192.7 (2067년 값)

3. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 생산성 변화의 영향

❑ 시나리오 분석방법

○ 향후 생산성의 변화가 위에서 제시한 baseline 시나리오와 비교하여 어떠한 거시경제적 함의를 가지는지 시산하기 위해 국회예산정책처에서 가정한 향후 연간 생산성 증가율 1.3%보다 증가율이 낮은 경우와 높은 경우를 상정하여 분석하였다.

- 분석을 위해 생산성이 예상치보다 10% 낮은 경우와 10% 높은 경우를 상정하였는데, 이에 해당하는 연간 생산성 증가율은 각각 1.17%와 1.43%이다.

- 이러한 분석시 향후 예상되는 인구구조변화는 baseline 시나리오와 동일해야 하며, 따라서 baseline 시나리오하에서 얻어진 충격 시퀀스를 사용하였다.

❑ 대안적 생산성 시나리오 추계치 결과

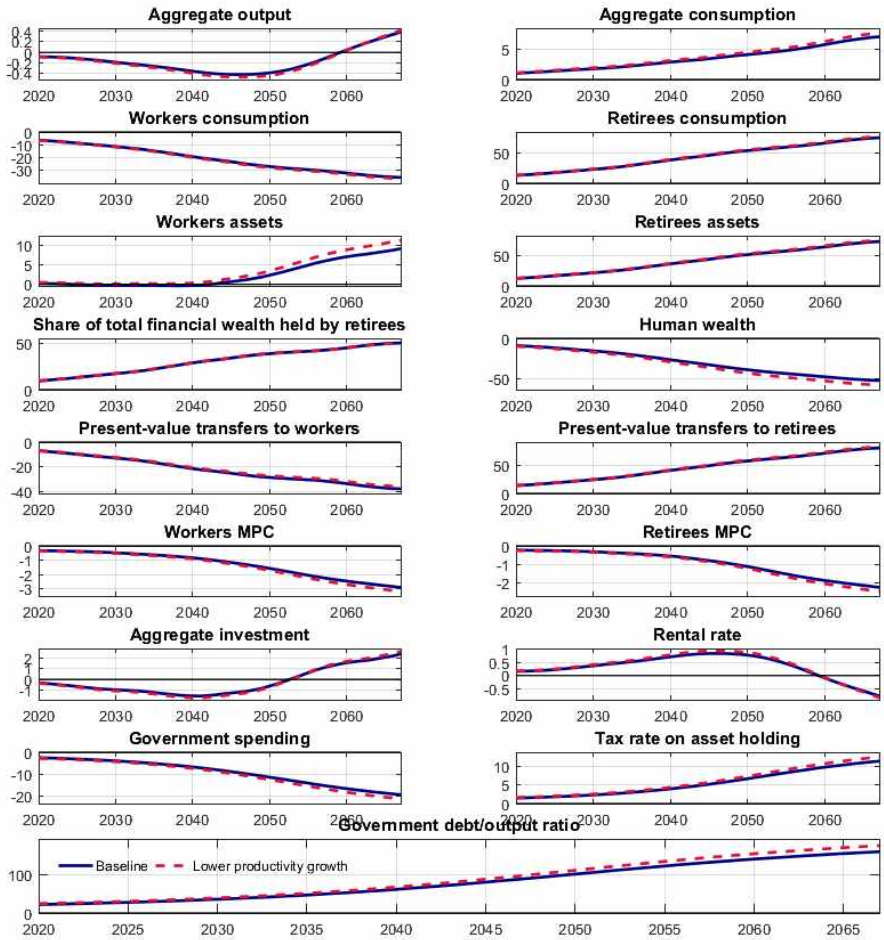
○ <그림 11>과 <그림 12>에는 생산성 증가율이 예상보다 낮을 경우와 높을 경우에 해당하는 향후 추계치 결과를 각 변수 현 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화로 보고하고 있으며, baseline 시나리오와 비교하고 있다.

- 경제학 이론의 예측과 부합하게 생산성 증가율은 총산출의 반응과 양(+)의 관계를 가지고 있는 것으로 보여 생산성 증가율이 낮은 경우에는 향후 총산출 추계치도 낮아지고, 반대로 높은 경우에는 추계치도 높아지는 경향성을 보인다.

- 생산성 증가율과 소비는 음(-)의 관계를, 투자는 양(+)의 관계를 가지게 되는 것으로 분석되었으며, 이는 <그림 3>에 제시된 결과와 부합한다.

- 국가채무/총산출 비율은 생산성 증가율과 음(-)의 관계를 가지며, 생산성 증가율이 낮을 경우 baseline 보다 상승하고 높을 경우 하락한다.

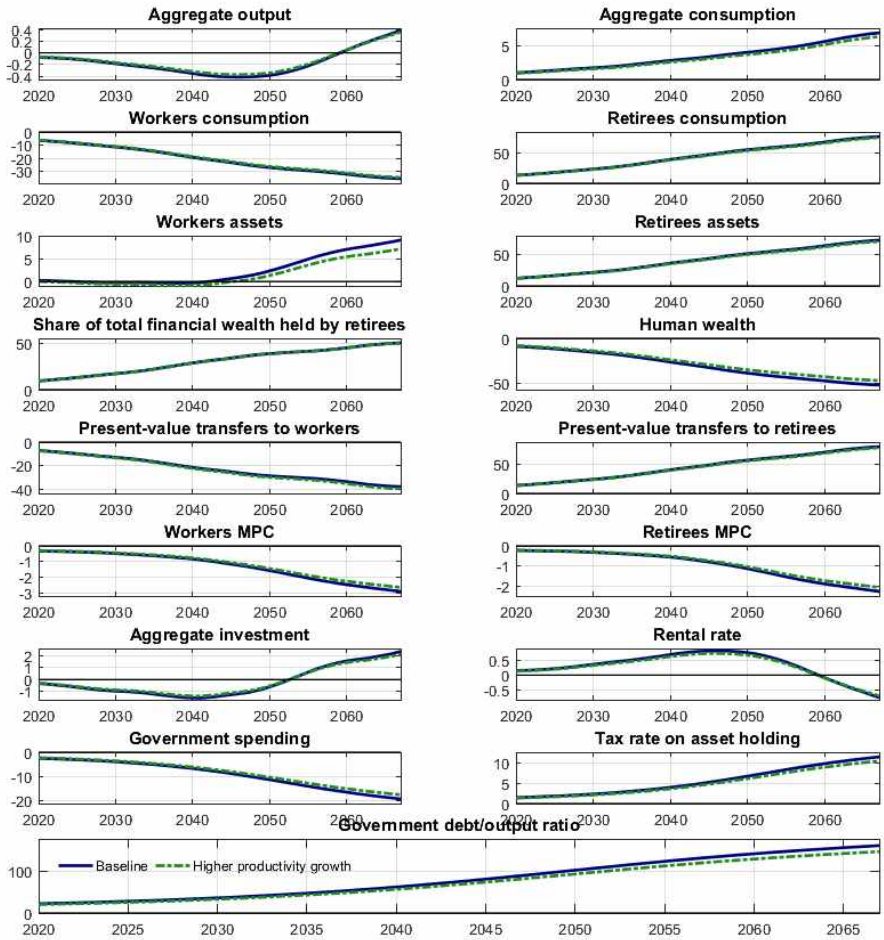
<그림 11> 대안적 생산성 시나리오 결과: 생산성이 예상보다 낮을 경우



주1) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선은 대안적 생산성 시나리오하에서의 추계치를 각각 나타냄.

<그림 12> 대안적 생산성 시나리오 결과: 생산성이 예상보다 높을 경우



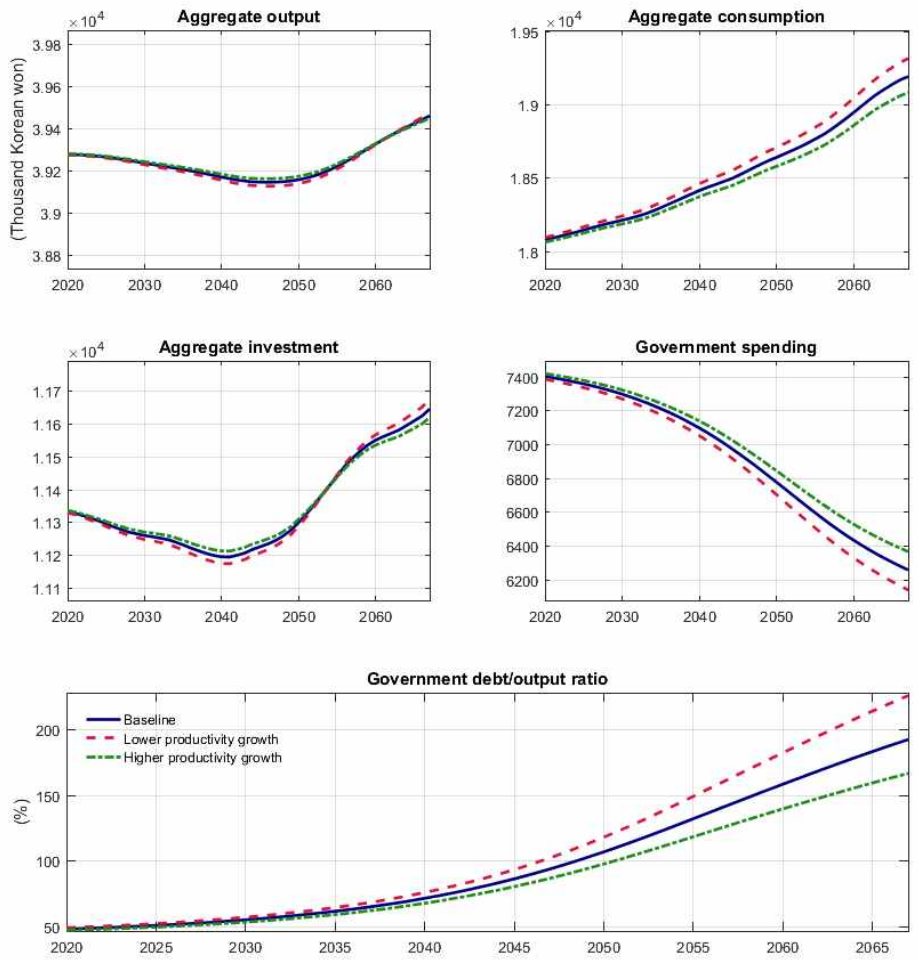
주1) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선은 대안적 생산성 시나리오하에서의 추계치를 각각 나타냄.

○ <그림 13>에는 수준으로 변환된 대안적 생산성 증가율 시나리오에 대한 주요 변수의 향후 예측치가 제시되어 있는데, 마지막 그림에서의 국가채무/총산출 비율을 보면 재정 건성이 생산성 증가율과 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

- <표 3>에 나타난 것처럼 생산성 증가율이 10% 낮은 경우 2060년 국가채무/총산출 비율은 baseline 시나리오보다 24% 정도 높은 182.6%로 분석되었으며, 반대로 생산성 증가율이 예상치보다 10% 높은 경우에는 139.8%가 되어 준거가 되는 시나리오보다 20% 가량 낮게 추정되었다.

<그림 13> 대안적 생산성 시나리오 결과, 수준



주1) 처음 네 그림에서 y축은 천원 단위로 표시된 각 변수의 1인당 실질 수준을 나타내며, 마지막 그림에서의 y축은 퍼센트(%)를 의미함.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선 및 일점쇄선은 각각 예상을 하회 및 상회하는 생산성 시나리오하에서의 추계치를 나타냄.

<표 3> 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 생산성 시나리오 (단위: %)

	2020	2030	2040	2050	2060	2067
모형 (baseline)	48.0	55.1	71.5	106.9	158.7	192.7
모형 (낮은 생산성 증가율)	49.0	57.0	75.9	118.2	182.6	226.2
모형 (높은 생산성 증가율)	47.0	53.4	67.7	97.7	139.8	166.9

4. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 정년 연장 시나리오

❑ 시나리오 분석방법

○ 정년 연장이 향후 예상되는 인구구조변화의 거시경제적 영향에 가지는 함의를 분석하기 위해 baseline 시나리오에서 가정하는 65세 정년과 더불어 70세와 75세로 은퇴연령이 연장되는 경우를 상정하였다.

- 모형에서 정년의 연장은 근로자가 다음 기에도 근로자로 남을 확률의 변화에 대응되는데, 위에서 제시한 방법으로 65세 정년시 가정하였던 $\omega = 0.9778$을 수정하여 70세 정년의 경우 $\omega = 0.98$을 70세의 경우 $\omega = 0.9818$의 값을 부여하였다.

- 즉, 근로자가 기간간 근로를 지속할 확률을 높임으로써 근로자가 은퇴자로 전환된 확률을 낮추어 은퇴연령의 상승을 반영하는 것이다.

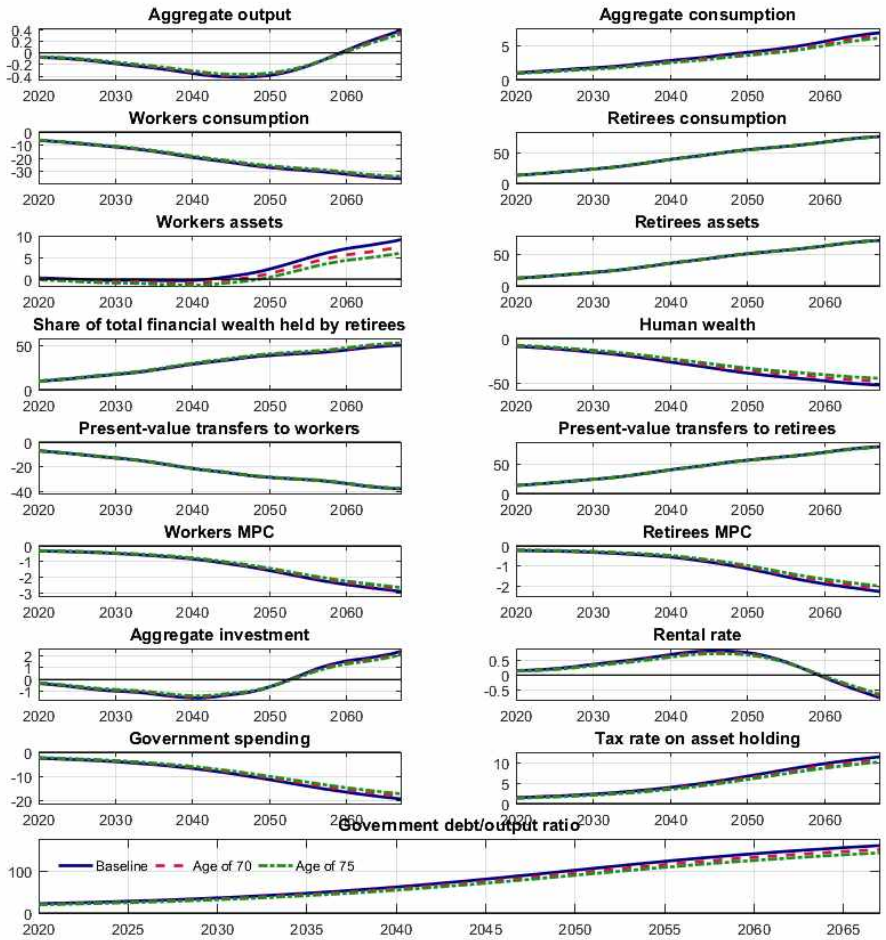
❑ 정년 연장 시나리오 추계치 결과

○ <그림 13>에는 baseline 시나리오하의 추계치와 더불어 정년이 70세와 75세로 연장되는 경우 향후 추계치를 각 변수 현 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화로 제시하고 있다.

- 은퇴연령의 상승은 다른 변수보다 근로자의 자산에 미치는 영향이 상대적으로 큰 것으로 분석되었다.

- 마지막 그림에 제시된 것처럼 국가채무/총산출 비율은 은퇴연령 상승과 더불어 낮아지는 경향성을 보이고 있는데, 이는 정년 연장에 따라 은퇴자에게 지급될 사회보장 연금의 하락 등에 기인하는 것으로 보인다.

<그림 14> 정년 연장 시나리오 결과



주1) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오(65세 정년)하에서의 추계치를, 점선 및 일점쇄선은 각각 70세 및 75세 정년 시나리오하에서의 추계치를 나타냄.

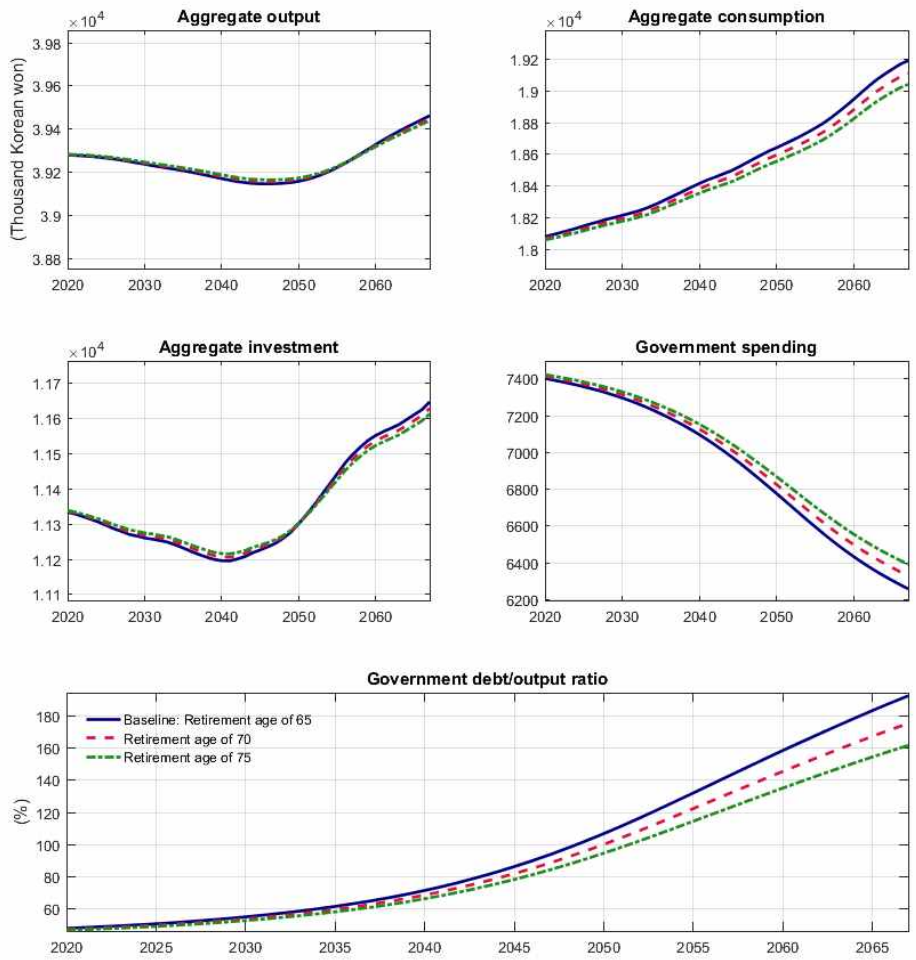
○ <그림 15>에는 수준으로 변환된 정년 연장 시나리오에 대한 주요 변수의 향후 예측치가 제시되어 있다.

- 정년 연장은 총소비와 음(-)의 관계를 가지는 것으로 보이며, 은퇴연령이 상승할수록 향후 예상되는 총소비의 증가폭은 줄어드는 것으로 분석되었다.

- 투자의 경우 고려된 시점에 따라 그 영향력이 달라지는데, 2050년경 까지는 정년연장이 투자를 적게 줄이는 것으로 나타났으며 이후에는 정년연장이 투자의 상승을 제한하는 것으로 예측되었다.

- 정년 연장의 재정건성에의 함의는 <표 4>에 나타난 것처럼 국가채무/총산출 비율이 은퇴연령이 상승할수록 낮아지는 경향성으로 요약될 수 있는데, 정년이 70세로 연장될 경우 2060년 채무비율은 baseline 시나리오보다 13% 낮은 145.7%가 되고 75세 정년의 경우에는 135.3%까지 20% 넘게 낮아지는 것으로 시산되었다.

<그림 15> 정년 연장 시나리오 결과, 수준



주1) 처음 네 그림에서 y축은 천원 단위로 표시된 각 변수의 1인당 실질 수준을 나타내며, 마지막 그림에서의 y축은 퍼센트(%)를 의미함.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오(65세 정년)하에서의 추계치를, 점선 및 일점쇄선은 각각 70세 및 75세 정년 시나리오하에서의 추계치를 나타냄.

<표 4> 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 정년 연장 시나리오 (단위: %)

	2020	2030	2040	2050	2060	2067
모형 (baseline, 정년 65세)	48.0	55.1	71.5	106.9	158.7	192.7
모형 (정년 70세)	47.3	53.8	68.7	100.2	145.7	175.5
모형 (정년 75세)	46.8	52.8	66.4	94.8	135.3	161.8

5. 향후 예상되는 인구구조변화와 거시경제: 재정정책의 국가채무 반응도 영향

❑ 시나리오 분석방법

○ 본고의 모형으로 분석 가능한 시나리오 가운데 하나는 재정정책 변수들이 국가채무/총산출 비율에 반응하는 정도에 따른 재정건전성에의 함의이다.

- 모형에서 고려하고 있는 정부지출 및 자산세율이 전기의 국가채무/총산출 비율에 반응하는 정도를 조절함으로써 재정당국이 재정건전성에 얼마나 중요한 비중을 두는지를 근사할 수 있다.

- 잘 알려진바대로 현재의 경제성장률과 재정건전성 사이에는 한가지를 달성하기 위해서는 다른 한가지를 일정부분 희생해야 하는 트레이드-오프(trade-off)가 존재할 가능성이 크다.

- 현재 정부의 부채비율이 높은 경우 재전건전성 개선을 위해 긴축적 재정정책을 시행할 경우, 재전건전성은 개선될 수 있으나 총산출 측면에서는 긴축적 재정운용으로 인한 손실이 있을 가능성이 상존하는 것이 대표적 예이다.

- 본 연구에서 설정한 일반균형 모형은 이와 같은 트레이드-오프에 대한 경제 전반적인 영향을 시산할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 이를 바탕으로 대안적 정책 스탠스에 대한 거시경제 전반의 영향에 대한 실험을 시행한다.

❑ 대안적 재정건전성 시나리오 추계치 결과

○ <그림 16>과 <그림 17>에는 정부지출 및 자산세율의 전기 국가채무/총산출에의 반응도가 baseline 시나리오보다 10% 낮을 경우와 높을 경우에 해당하는 향후 추계치 결과를 각 변수 현 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화로 보고하고 있으며, baseline 시나리오와 비교하고 있다.

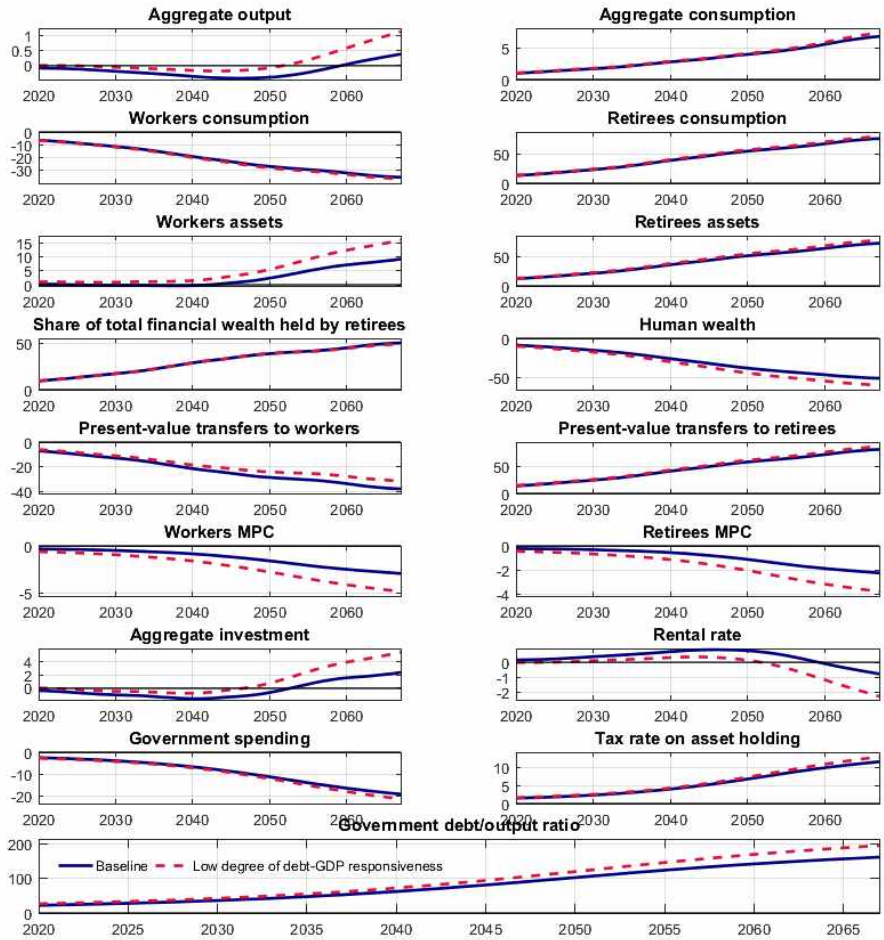
- 기존 문헌에서 보고하고 있는 바대로 자산세율은 경제주체의 기간간 최적화 선택을 왜곡하는 왜곡적(distorting) 조세로 작용하는데, 본고의 결과는 이와 부합하게 근로자 및 은퇴자의 자산보유가 이러한 세율 변화에 따라 달라지는 것으로 분석되었다.

- 또한 실질 이자율도 이러한 조세가 반영된 이후(ex-post)의 수익률 개념이므로 자산세율의 변화가 이자율의 향후 반응에도 중요한 역할을 하는 것으로 시산되었으며, 이러한 영향은 근로자 및 은퇴자의 한계소비성향에까지 영향을 미치는 것으로 나타났다.

- 모형 내에서 투자는 이자율과 밀접한 관계를 맺고 있으므로 이자율의 상대적 변화폭에 따라 향후 예상되는 투자의 반응도 큰 폭으로 변화하는 것으로 보인다.

- 앞에서 언급한 총산출과 부채비율 사이의 트레이드-오프가 관측되며, baseline 시나리오보다 재정변수의 부채비율 반응도가 약한 경우 향후 예상되는 총산출의 반응은 baseline 시나리오보다 증가하나 국가채무/총산출 비율 또한 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향성은 재정변수의 부채비율 반응도가 baseline 보다 높은 경우에 정확히 반대 방향으로 관측되었다.

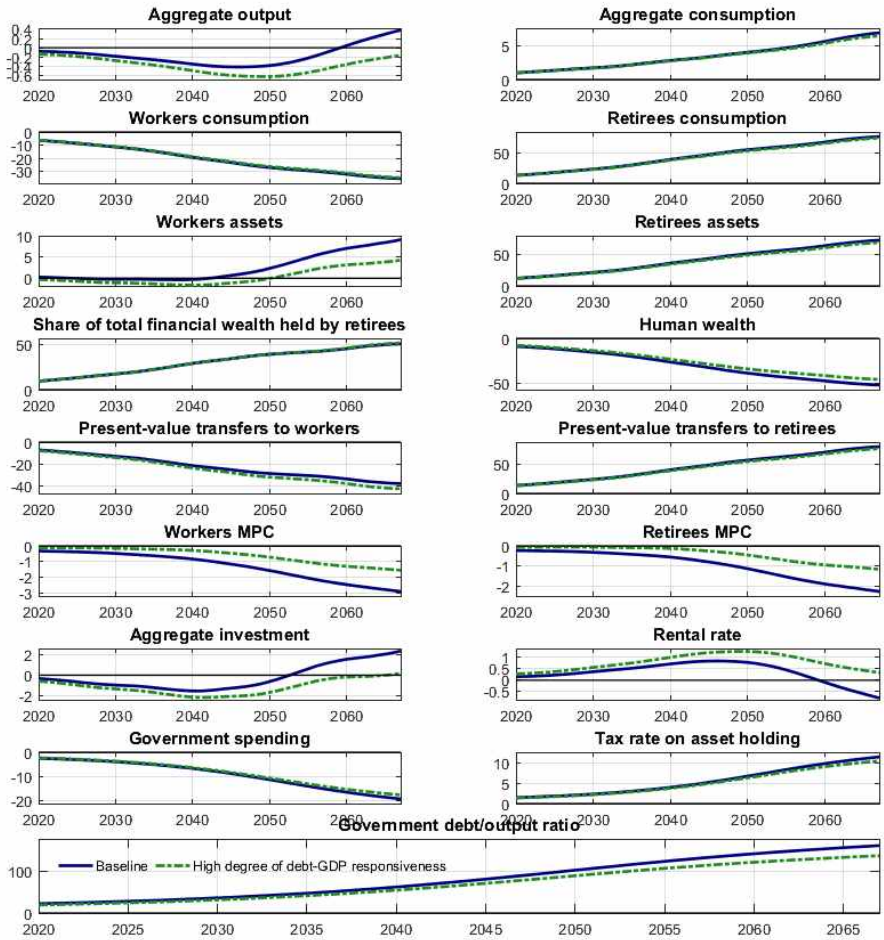
<그림 16> 대안적 재정건전성 시나리오 결과: 재정정책의 채무비율 반응도가 낮은 경우



주1) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선은 재정정책의 국가채무/총산출 비율 반응도가 낮은 시나리오하에서의 추계치를 각각 나타냄.

<그림 17> 대안적 재정건전성 시나리오 결과: 재정정책의 채무비율 반응도가 높은 경우



주1) 각 그림에서 y축은 개별 변수 현재 수준으로부터의 퍼센트(%) 변화를 나타냄.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선은 재정정책의 국가채무/총산출 비율 반응도가 높은 시나리오하에서의 추계치를 각각 나타냄.

○ <그림 18>에는 수준으로 변환된 대안적 재정건전성 시나리오에 대한 주요 변수의 향후 예측치가 제시되어 있는데, 모든 그림에서 재정정책의 채무비율에 대한 스탠스와 현재의 경기 사이에 트레이드-오프가 나타나고 있다.

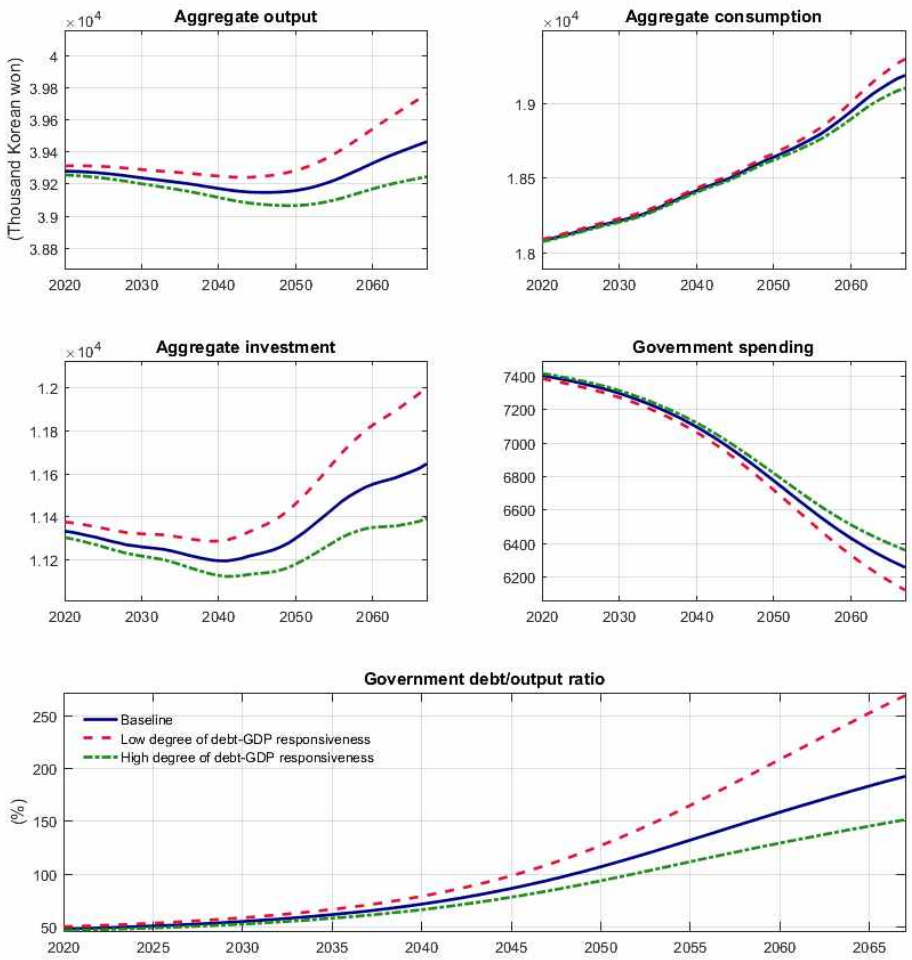
- Baseline 시나리오보다 약한 정도의 채무비율에의 반응성은 총소비 및 투자를 증가시켜 총산출을 증가시키며, 채무비율에 대한 반응성이 강할 경우에는 반대의 결과가 도출된다.

- 국가채무/총산출 비율 또한 동일한 논리가 적용되며, 재정당국이 부채비율에 상대적으로 덜(더) 반응할 경우 향후 예측되는 부채비율은 baseline보다 상승(하락)하는 것으로 분석되었다.

- <표 5>에 나타난 것처럼 재정변수의 채무비율에의 반응도가 10% 낮은 경우 2060년 국가채무/총산출 비율은 baseline 시나리오보다 50%가 높은 208.7%로 시산되었으며, 반대로 이러한 반응도가 10% 높은 경우에는 129.4%가 되어 준거가 되는 시나리오보다 30% 가량 낮게 도출되었다.

- 이와 같은 결과는 국가채무/총산출 비율이 재정당국의 재정건전성에 대한 반응도에 따라 민감한 것을 나타내며, 이러한 결과를 위에서 시산한 다른 두 가지 정책실험과 비교해 보면 결국 재정당국의 재정건전성에 대한 반응도가 향후 예상되는 채무비율에 중요한 영향력을 가짐을 의미한다.

<그림 18> 대안적 재정건전성 시나리오 결과, 수준



주1) 처음 네 그림에서 y축은 천원 단위로 표시된 각 변수의 1인당 실질 수준을 나타내며, 마지막 그림에서의 y축은 퍼센트(%)를 의미함.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선 및 일점쇄선은 각각 재정정책의 국가채무/총산출 비율 반응도가 낮거나 높은 시나리오하에서의 추계치를 나타냄.

<표 5> 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 재정건전성 시나리오 (단위: %)

	2020	2030	2040	2050	2060	2067
모형 (baseline)	48.0	55.1	71.5	106.9	158.7	192.7
모형 (국가채무에의 낮은 반응도)	50.1	58.6	79.0	127.1	208.7	269.3
모형 (국가채무에의 높은 반응도)	46.5	52.7	66.3	93.7	129.4	151.5

○ 마지막으로 정부지출과 자산세율 가운데 위에서 시산한 결과에 더욱 중요한 영향을 미치는 재정변수 식별을 위해 <그림 19>에는 정부지출 및 자산세율이 현재의 60% 수준에서 국가채무/총산출 비율에 반응할 때의 주요 변수 향후 예측치를 보고하고 있다.

- 이 때 나머지 변수는 baseline 시나리로에서 가정한 정도의 채무비율 반응도를 보인다고 가정한다.

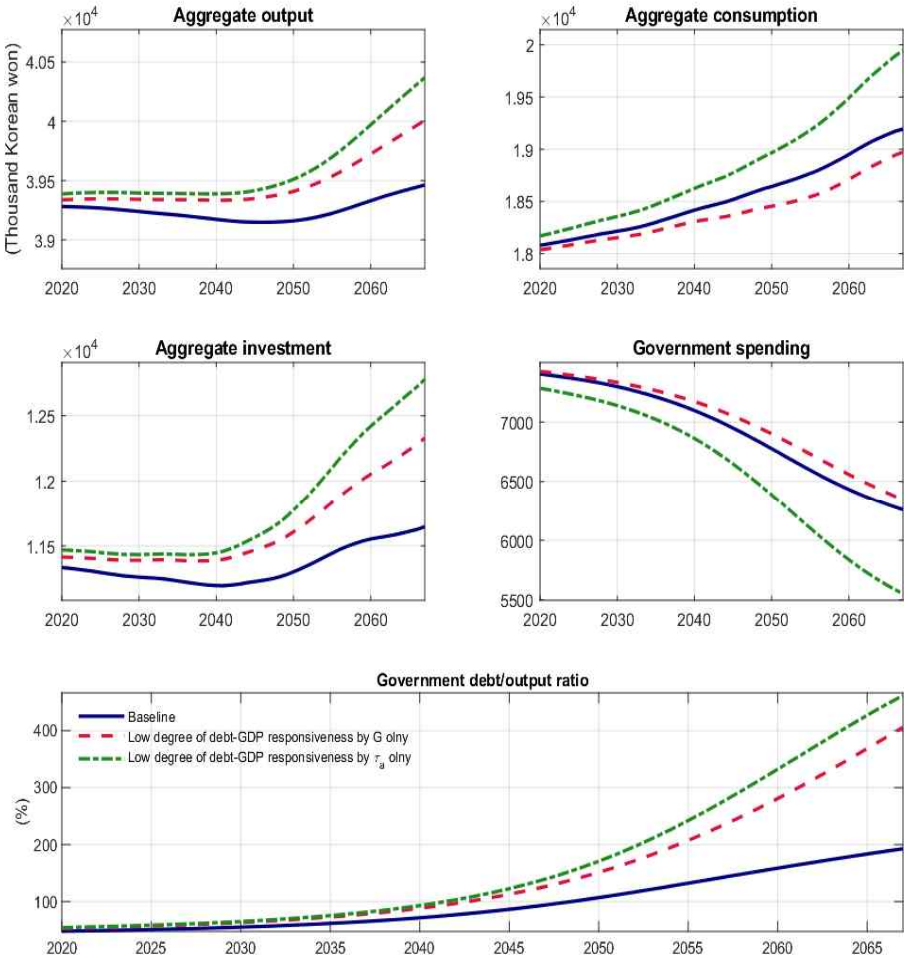
- 결과를 보면 총산출 및 채무비율의 추계치가 자산세율 반응도의 감소에 대해 더욱 민감한 것으로 나타나며, 이는 위에서 언급한 트레이드-오프가 정부지출 보다는 자산세율의 경우 더욱 강력하게 관측되는 것을 보여준다.

- 이는 기존 문헌에서 보고하고 있는 것처럼 왜곡적 조세가 상대적으로 비왜곡적 정부지출에 비해 총산출 및 부채비율에 미치는 영향이 클 수 있음을 의미하며, 현실에서의 정책 수립시 이러한 측면에 대한 면밀한 고려가 필요함을 시사한다.

- 재정당국의 정책 선호가 부채비율보다 상대적으로 총산출에 주어져 있을 경우에는 자산세율을 통한 조절이 더욱 합당할 것으로 보이나, 반대의 경우에는 자산세율보다는 정부지출을 조절하여 두 경제변수를 관리하는 것이 더욱 바람직할 것으로 판단된다.

- 특히 이러한 실험에 대한 채무비율에 대한 결과는 <표 6>을 통해서도 확인할 수 있다.

<그림 19> 재정정책 항목별 대안적 재정건전성 시나리오 결과, 수준



주1) 처음 네 그림에서 y축은 천원 단위로 표시된 각 변수의 1인당 실질 수준을 나타내며, 마지막 그림에서의 y축은 퍼센트(%)를 의미함.

주2) 각 그림에서 실선은 baseline 시나리오하에서의 추계치를, 점선 및 일점쇄선은 각각 정부지출 및 자산세율이 현재의 60% 수준에서 국가채무/총산출 비율에 반응할 때 시나리오하에서의 추계치를 나타냄.

<표 6> 국가채무/총산출 비율 추계치 비교, 대안적 재정건전성 시나리오 (단위: %)

	2020	2030	2040	2050	2060	2067
모형 (baseline)	48.0	55.1	71.5	106.9	158.7	192.7
모형 (정부지출만 현재의 60% 반응도일 경우)	52.5	63.2	88.2	151.3	280.9	406.2
모형 (자산세율만 현재의 60% 반응도일 경우)	54.2	65.0	93.0	170.8	332.4	461.8

VI. 맺음말

1. 인구구조 변화를 반영한 동태확률일반균형모형 구축

❑ 실증분석 방법론 및 결과 요약

○ 인구구조 변화를 반영한 동태확률일반균형모형 구축

- Gertler(1999)의 모형을 확장하여 왜곡적 조세, 사회보장 연금 반영 및 국가부채/총산출 비율에 재정변수들이 반응하도록 함

○ 기 구축된 모형을 바탕으로 인구구조변화가 향후 거시경제에 미치게 될 영향력 시산 및 다양한 정책 실험 시행

- 2020년부터 2067년까지 예상되는 인구구조변화를 가장 잘 설명하는 외생적 충격을 식별하고, 이러한 충격이 경제에 도달시 총산출, 총소비 및 투자에 미치는 영향과 재정건전성에 가지는 함의를 도출

- 모형에 근거한 예측치를 국회예산정책처 발간 “2020 NABO 장기재정전망”상의 추계치와 비교

- 이러한 충격 발생시 총요소생산성 증가율이 변동하는 경우, 정년연장이 시행되는 경우 및 재정당국이 국가채무/총산출 비율에 반응하는 정도를 변화시킬 경우 등을 고려하여 각각의 경우에 향후 예상되는 거시경제적 영향이 어떻게 변화하는지 모형에 근거하여 예측

- 실증분석 결과 기 고려된 생산성 변동, 정년연장 및 재정정책의 채무비율 반응도 모두 향후 경제성장률 및 국가채무/총산출 비율에 상당한 영향을 가지는 것으로 나타났으며, 특히 재정건전성 달성을 위한 재정당국의 정책 스탠스와 정책변수 설정이 이러한 결과에 중요한 요소로 분석됨

2. 실증분석 결과의 의의

❑ 인구구조변화 요인만을 반영한 경제전망

○ 본 연구의 예측치는 인구구조변화 요인만을 반영하여 시산되었다는 점에서 다른 여러 가지 요소를 종합적으로 고려하여 시산된 여러 기관의 예측치와는 차별화를 가짐

- 기존의 계량적 모형은 그 유용성에도 불구하고 모형 내 구조적 모수 식별에 한계를 가지고 있어 인구구조변화의 순영향만을 식별한 상태에서 정책실험을 하는 데에는 어려움을 나타내고 있음

- 반면 본고에서는 미시적 기초를 바탕으로 경제주체들이 최적화를 하는 일반균형모형을 설정함으로써 인구구조변화의 순영향 식별이 용이

- 본고의 예측치는 기 존재하는 여러 기관의 예측치를 보완하는 자료로 사용 가능

○ 설정된 모형을 바탕으로 다양한 정책실험 가능

- 본고에서 고려한 정책 시나리오뿐만 아니라 모형의 구조적 모수 및 외생적 충격에 다양한 가정을 도입하여 향후 우리 경제에 중요해질 것으로 생각되는 이슈들에 대한 분석 가능

○ 예산안 수립시 인구구조변화가 경제에 미칠 영향에 대한 구체적인 수치를 제공함으로써 향후 재정정책 분석 및 정책 수립의 기초자료로 활용 가능

3. 향후 연구과제

❑ 모형의 추가적 확장 및 추정 필요성

○ 본 연구의 모형에서는 가격 등 명목(nominal) 부문은 생략되어 있으나, 인구구조변화는 실질변수 뿐만 아니라 명목변수 등에도 영향을 준다는 사실이 기존 문헌에서 잘 아려져 있음

○ 또한 경제전망시 향후 인플레이션율 등에 대한 예측치를 필요로 한다는 측면에서 인구구

조변화가 가격변수에 미치는 영향에 대한 채널 및 구체적 수치가 요구됨

- 현재의 모형을 신케인지안(new Keynesian) 모형 등에서 고려하는 명목경직성을 고려하여 확장할 필요성 대두

○ 본 연구에서 모형의 모수를 캘리브레이션하여 이용하였으나, 실제 데이터로부터 식별된 모수를 사용하는 것이 실증분석 결과의 신빙성을 더욱 높여줄 수 있음

- 모형 모수를 실제 시계열을 이용하여 베이지안(Bayesian) 추정법 등을 이용하여 식별하고, 이를 바탕으로 정책 실험 시행 필요

참고문헌

강환구(2017), “고령화와 인플레이션,” BOK 경제연구 제2017-11호, 한국은행.

권규호(2014), “인구구조 변화가 경상수지에 미치는 영향,” KDI 경제전망, 2014 하반기호.

김명현·권오익(2020), “인구 고령화가 실질 금리에 미치는 영향,” 한국은행 경제연구원 경제분석, 제26권 1호, pp.133-166.

김소영·이종화(2006), “인구구조 변화가 저축과 경상수지에 미치는 영향,” 한국경제의 분석, 제12권 1호, pp.1-54.

백웅기(2014), “저성장 고령화 시대의 재정건전성 강화를 위한 재정정책과 제도의 개선방향,” 예산정책연구, 제3권 1호, pp.1-34.

안병권·김기호·육승환(2017), “고령화와 경제성장,” BOK 경제연구, 제2017-21호, 한국은행.

Aksoy, Yunus, Henrique S. Basso, Ron P. Smith, and Tobias Grasl (2019), “Demographic Structure and Macroeconomic Trends,” *American Economic Journal: Macroeconomics* 11(1), pp.193-222.

Blanchard, Olivier J. (1985), “Debt, Deficits, and Finite Horizons,” *Journal of Political Economy* 93(2), pp.223-247.

Carvalho, Carlos, Andrea Ferrero, and Fernanda Nechio (2016), “Demographics and Real Interest Rates: Inspecting the Mechanism,” *European Economic Review* 88, pp.208-226.

Ferraro, Domenico, and Giuseppe Fiori (2020), “The Aging of the Baby Boomers: Demographics and Propagation of Tax Shocks,” *American Economic Journal: Macroeconomics* 12(2), pp.167-193.

Ferrero, Giuseppe, Marco Gross, and Stefano Neri (2019), "On Secular Stagnation and Low Interest Rates: Demography Matters," *International Finance* 22(3), pp.262-278.

Gertler, Mark (1999), "Government Debt and Social Security in a Life-cycle Economy," *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 50, pp.61-110.

Han, Chirok, and Kwanho Shin (2018), "What Explains Current Account Surplus in Korea?," *Asian Economic Papers* 17(2), pp.70-93.

Hur, Joonyoung and Kang Koo Lee (2017), "Fiscal Financing and the Efficacy of Fiscal Policy in Korea: An Empirical Assessment with Comparison to the U.S. Evidence," *Economic Modelling 64*, pp.473-486.

Hur, Joonyoung and Kang Koo Lee (2019), "Measuring the Impact of Population Aging on Tax Revenue: Evidence from Japan and Korea," *Journal of Economic Theory and Econometrics* 30(1), pp.1-32.

Hur, Joonyoung and Wooheon Rhee (2020), "Multipliers of Expected vs. Unexpected Fiscal Shocks: The Case of Korea," *Economic Modelling* 85, pp.244-254.

Jaimovich, Nir, and Henry E. Siu (2009), "The Young, the Old, and the Restless: Demographics and Business Cycle Volatility," *American Economic Review* 99(3), pp.804-826.

Leeper, Eric M., Nora Traum, and Todd B. Walker (2017), "Clearing Up the Fiscal Multiplier Morass," *American Economic Review* 107(8), pp.2409-2454.

Yaari, Menahem E. (1965), "Uncertain Lifetime, Life Insurance, and the Theory of the Consumer," *Review of Economic Studies* 32(2), pp.137-150.

부록 A. 은퇴자의 최적선택 문제 풀이 방법

❑ 부록의 본 장에서는 은퇴자의 최적선택 문제 풀이 방법에 대해 설명한다.

○ 은퇴자의 효용극대화 문제의 자본과 정부채권에 대한 1계조건(first-order condition)은 다음과 같다.

$$C_t^r(j,\tau)^{\rho-1} = \beta\gamma_{t+1}\left(V_{t+1}^r(j,\tau)\right)^{\rho-1}\frac{\partial V_{t+1}^r(j,\tau)}{\partial K_t^r(j,\tau)}, \tag{A.1}$$

$$C_t^r(j,\tau)^{\rho-1} = \beta\gamma_{t+1}\left(V_{t+1}^r(j,\tau)\right)^{\rho-1}\frac{\partial V_{t+1}^r(j,\tau)}{\partial B_t^r(j,\tau)}. \tag{A.2}$$

○ 포락조건(envelope condition)을 이용하여 식(A.1) 과 식(A.2)의 마지막 항을 구할 수 있다.

$$\frac{\partial V_t^r(j,\tau)}{\partial K_{t-1}^r(j,\tau)} = \left(V_t^r(j,\tau)\right)^{1-\rho}\left(C_t^r(j,\tau)\right)^{\rho-1}\frac{R_t^K+(1-\delta)}{\gamma_t}, \tag{A.3}$$

$$\frac{\partial V_t^r(j,\tau)}{\partial B_{t-1}^r(j,\tau)} = \left(V_t^r(j,\tau)\right)^{1-\rho}\left(C_t^r(j,\tau)\right)^{\rho-1}\frac{R_{t-1}}{\gamma_t}. \tag{A.4}$$

○ 식(A.1)-식(A.4)를 결합하고, 무차익거래 조건을 이용하면 다음과 같이 정부채권과 자본에 대한 소비 오일러방정식(consumption Euler equation)을 얻을 수 있다.

$$1 = \beta R_t\left[\frac{C_{t+1}^r(j,\tau)}{C_t^r(j,\tau)}\right]^{-\frac{1}{\sigma}} = \beta\left[R_{t+1}^K+(1-\delta)\right]\left[\frac{C_{t+1}^r(j,\tau)}{C_t^r(j,\tau)}\right]^{-\frac{1}{\sigma}}. \tag{A.5}$$

○ 은퇴자 문제의 해를 구하기 위해 은퇴자의 소비가 다음의 형태를 갖는다고 가정한다.

$$C_t^r(j,\tau) = \xi_t^r\left[\frac{\left(1-\tau_{t-1}^A\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^r(j,\tau)\right)}{\gamma_t}+S_t^r(j,\tau)\right]. \tag{A.6}$$

○ 식(A.6)을 식(A.5)에 대입하면 은퇴자의 한계소비성향 동학에 관한 다음의 식 (A.7)을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}&\xi_{t+1}^{r}\left[\frac{\left(1-\tau_{t}^{A}\right)\left(R_{t}A_{t}^{r}(j,\tau)\right)}{\gamma_{t+1}}+S_{t+1}^{r}(j,\tau)\right]\\&=\left(\beta R_{t}\right)^{\sigma}\xi_{t}^{r}\left[\frac{\left(1-\tau_{t-1}^{A}\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^{r}(j,\tau)\right)}{\gamma_{t}}+S_{t}^{r}(j,\tau)\right].\end{aligned} \tag{A.7}$$

○ 식(A.6)을 은퇴자의 예산제약식에 대입하면 은퇴자의 자산 보유에 대한 다음과 같은 동학식이 도출된다.

$$\begin{aligned}&\frac{\left(1-\tau_{t}^{A}\right)\left(R_{t}A_{t}^{r}(j,\tau)\right)}{\gamma_{t+1}}+S_{t+1}^{r}(j,\tau)\\&\quad=(1-\xi_{t}^{r})\frac{R_{t}}{\gamma_{t+1}}\left[\frac{\left(1-\tau_{t-1}^{A}\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^{r}(j,\tau)\right)}{\gamma_{t}}+S_{t}^{r}(j,\tau)\right].\end{aligned} \tag{A.8}$$

○ 식 (A.8)을 식(A.7)에 대입하면 은퇴자의 한계소비성향을 결정하는 식(A.9)를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{\xi_{t}^{r}}=1+\gamma_{t+1}\beta^{\sigma}R_{t}^{\sigma-1}\frac{1}{\xi_{t+1}^{r}}. \tag{A.9}$$

부록 B. 근로자의 최적선택 문제 풀이 방법

❑ 본 장은 근로자의 최적선택 문제 풀이 방법에 대한 설명을 제시한다.

○ 근로자의 효용극대화 문제의 자산에 관한 1계조건(first-order condition)을 구하면 다음과 같다.

$$\left(C_t^w(j)\right)^{\rho-1} = \beta\left[\omega_{t+1} V_{t+1}^w(j) + (1-\omega_{t+1}) V_{t+1}^r(j,t+1)\right]^{\rho-1} \left[\omega_{t+1}\frac{\partial V_{t+1}^w(j)}{\partial A_t^w(j)} + (1-\omega_{t+1})\frac{\partial V_{t+1}^r(j,t+1)}{\partial A_t^w(j)}\right]. \quad \text{(B.1)}$$

○ 근로자 극대화 문제의 포락조건은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{\partial V_t^w(j)}{\partial A_{t-1}^w(j)} = \left(V_t^w(j)\right)^{1-\rho}\left(C_t^w(j)\right)^{\rho-1} R_{t-1}(1-\tau_{t-1}^A), \quad \text{(B.2)}$$

$$\frac{\partial V_t^r(j,t)}{\partial A_{t-1}^w(j)} = \frac{\partial V_t^r(j,t)}{\partial A_{t-1}^r(j,t)}\frac{\partial A_{t-1}^r(j,t)}{\partial A_{t-1}^w(j)} = \frac{\partial V_t^r(j,t)}{\partial A_{t-1}^r(j,t)}. \quad \text{(B.3)}$$

○ 식(B.1)-식(B.3)을 결합하면 다음과 같이 근로자 j의 소비 오일러방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}\left(C_t^w(j)\right)^{\rho-1} = \beta R_t(1-\tau_t^A)\left[\omega_{t+1} V_{t+1}^w(j) + (1-\omega_{t+1}) V_{t+1}^r(j,t+1)\right]^{\rho-1} \\ [\omega_{t+1}\left(V_{t+1}^w(j)\right)^{1-\rho}\left(C_{t+1}^w(j)\right)^{1-\rho} \\ +(1-\omega_{t+1})\left(V_{t+1}^r(j,t+1)\right)^{1-\rho}\left(C_{t+1}^r(j,t+1)\right)^{1-\rho}].\end{aligned} \quad \text{(B.4)}$$

○ 근로자의 문제를 풀기 위해서 은퇴자 및 근로자의 가치함수(value function)를 다음과 같이 가정한다.

$$V_t^w(j) = \left(\xi_t^w\right)^{-\frac{1}{\rho}} C_t^w(j), \quad \text{(B.5)}$$

$$V_t^r(j,\tau) = \left(\xi_t^r\right)^{-\frac{1}{\rho}} C_t^r(j,\tau). \quad \text{(B.6)}$$

○ 식 (B.1), (B.4), (B.6) 및 (B.7)과 본문의 식 (19)를 이용하면 근로자의 소비 오일러방정식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega_{t+1}C_{t+1}^{w}(j)+(1-\omega_{t+1})C_{t+1}^{r}(j,t+1)(\varepsilon_{t+1})^{-\frac{1}{\rho}}= \\ \left[\beta R_t(1-\tau_t^A)\Omega_{t+1}\right]^{\sigma}C_t^{w}(j). \tag{B.7}$$

– 여기에서 $\varepsilon_t=\xi_t^r/\xi_t^w$이다.

○ 근로자의 소비와 이번 기에 은퇴한 근로자의 소비가 다음을 따른다고 가정한다.

$$C_t^{w}(j)=\xi_t^{w}\left[\left(1-\tau_t^A\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^{w}(j)\right)+H_t^{w}(j)+S_t^{w}(j)\right], \tag{B.8}$$

$$C_t^{r}(j)=\xi_t^{r}\left[\left(1-\tau_t^A\right)\left(R_{t-1}A_{t-1}^{w}(j)\right)+S^{r}(j)\right]. \tag{B.9}$$

○ 위 두 개의 식을 소비 오일러방정식인 식(B.7)에 대입하면, 다음과 같은 식을 얻는다.

$$\omega_{t+1}\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_tA_t^{w}(j)+H_{t+1}^{w}(j)+S_{t+1}^{w}(j)\right] \\ +(1-\omega_{t+1})\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_tA_t^{w}(j)+S_t^{w}(j)\right]\varepsilon_{t+1}^{\frac{\rho-1}{\rho}}= \\ \left[\beta R_t\Omega_{t+1}\right]^{\sigma}\left(\frac{\xi_t^{w}}{\xi_{t+1}^{w}}\right)\left[\left(1-\tau_{t-1}^A\right)R_{t-1}A_{t-1}^{w}(j)+H_t^{w}(j)+S_t^{w}(j)\right]. \tag{B.10}$$

○ 식(B.9)와 근로자의 예산제약식으로부터 근로자의 자산에 대한 다음의 동학식을 얻을 수 있다.

$$\left(1-\tau_t^A\right)A_t^{w}(j)+\frac{\omega_{t+1}\left(H_{t+1}^{w}(j)+S_{t+1}^{w}(j)\right)}{\Omega_{t+1}R_t}= \\ (1-\xi_t^{w})\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_{t-1}A_{t-1}^{w}(j)+H_t^{w}(j)+S_t^{w}(j)\right]. \tag{B.11}$$

○ 마지막으로 식(B.10)과 (B.11)을 결합하면 근로자의 한계소비성향을 결정하는 식 (B.12)를 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{\xi_t^w} = 1 + \beta^\sigma \left(R_t \Omega_{t+1} \right)^{\sigma - 1} \frac{1}{\xi_{t+1}^w}. \tag{B.12}$$

부록 C. 균형조건

○ 노령인구 부양비율

$$(1+n_t)\psi_t = (1-\omega_t) + \gamma_t \psi_{t-1}. \tag{C.1}$$

○ 은퇴자의 한계소비성향

$$\xi_t^r = 1 - \gamma_{t+1}\beta^\sigma R_t^{\sigma-1}\frac{\xi_t^r}{\xi_{t+1}^r}. \tag{C.2}$$

○ 근로자의 한계소비성향

$$\xi_t^w = 1 - \beta^\sigma\left(\Omega_{t+1}R_t\right)^{\sigma-1}\frac{\xi_t^w}{\xi_{t+1}^w}. \tag{C.3}$$

○ 한계소비성향 비율

$$\varepsilon_t = \xi_t^r / \xi_t^w. \tag{C.4}$$

○ 조정인자

$$\Omega_t = \omega_t + (1-\omega_t)\varepsilon_t^{1/(1-\sigma)}. \tag{C.5}$$

○ 근로자의 소비

$$c_t^w = \xi_t^w\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_{t-1}a_{t-1}^w + h_t^w + s_t^w\right]. \tag{C.6}$$

○ 은퇴자의 소비

$$c_t^r = \xi_t^r\left[\left(1-\tau_t^A\right)R_{t-1}a_{t-1}^r + s_t^r\right]. \tag{C.7}$$

○ 총소비

$$c_t = c_t^w + c_t^r. \tag{C.8}$$

○ 인적자산

$$h_t^w = w_t - \tau_t^A a_t^w + \frac{\omega_{t+1}}{\Omega_{t+1}} \frac{(1+x_t)h_{t+1}^w}{R_t}. \tag{C.9}$$

○ 은퇴자의 사회보장 연금 가치

$$s_t^r = e_y y_t + \frac{\psi_t s_{t+1}^r}{(1+x_t)\psi_t R_t}. \tag{C.10}$$

○ 근로자의 사회보장 연금 가치

$$s_t^w = \frac{(\Omega_{t+1} - \omega_t)s_{t+1}^w / \psi_{t+1} + \omega_t s_{t+1}^w}{\Omega_{t+1} R_t}. \tag{C.11}$$

○ 은퇴자의 자산

$$a_t^r = \lambda_t a_t. \tag{C.12}$$

○ 근로자의 자산

$$a_t^w = (1-\lambda_t)a_t. \tag{C.13}$$

○ 자산 분포

$$\frac{(1+x_t)(1+n_{t+1})(\lambda_t - 1 + \omega_t)a_t}{\omega_t} = \\ \left(1-\xi_t^r\right)\lambda_{t-1}\left(1-\tau_t^A\right)R_{t-1}a_{t-1} + e_y y_t - \xi_t^r s_t^r. \tag{C.14}$$

○ 무재정거래 조건

$$R_t = R_{t+1}^K + (1-\delta). \tag{C.15}$$

○ 실질 임금

$$w_t = \alpha y_t. \tag{C.16}$$

○ 실질 자본수익률

$$R_t^K = (1-\alpha) y_t / k_{t-1}. \tag{C.17}$$

○ 생산함수

$$y_t = k_{t-1}^{1-\alpha}. \tag{C.18}$$

○ 총자산

$$a_t = k_t + b_t. \tag{C.19}$$

○ 자본축적

$$(1+x_t)(1+n_{t+1})k_t = (1-\delta)k_{t-1} + i_t. \tag{C.20}$$

○ 정부 예산제약식

$$(1+x_t)(1+n_{t+1})b_t = R_{t-1}b_{t-1} + g_t + e_y y_t - \tau_t^A a_t. \tag{C.21}$$

○ 경제 전체의 예산제약식

$$y_t = c_t + i_t + g_t. \tag{C.23}$$