

초고령화 사회 하에서 지속가능한 국가 성장을 위한 새로운 공적연금 운용방식 제언:

## Investing in Population Growth

2014 년 9 월 28 일

KAIST 산업및시스템공학과

부교수 김우창

[wkim@kaist.ac.kr](mailto:wkim@kaist.ac.kr)

### 초록

우리나라의 공적연금은 모든 국민이 직접적인 이해당사자라고 해도 과언이 아닐 정도로 그 규모가 천문학적이다. 하지만 공적연금 중 가장 규모가 큰 국민연금의 경우 머지 않은 미래에 수지적자가 발생하기 시작하여 수천조원에 달하는 적립기금이 2060년에는 모두 소진될 것으로 추정된다. 본 연구에서는 이러한 문제 해결을 위하여 기존의 자산-부채 관리 (Asset-Liability Management)에서 시도되지 않았던 “인구 성장에 대한 투자 (Investing in Population Growth)”의 개념을 도입하여 연금 운용에 대한 새로운 방식을 제안하고자 한다. 정량적인 결론 도출을 위해 민감도 분석을 통한 타당성 검증을 실시하였으며, 이를 통해 특정한 조건하에서는 인구 성장에 대한 투자가 연금의 기금고갈문제를 쉽게 해결할 수 있는 매우 효과적인 투자임을 알 수 있었다. 추가적으로, 인구 성장에 대한 최적 자산 배분 (Optimal Asset Allocation) 문제를 수리적으로 풀 수 있는 다기간 추계적 최적화 (Multi-Stage Stochastic Program) 모델을 제시하였다.

## I. 서론

2013년 3월에 실시된 제3차 국민연금 재정계산 장기재정전망(이하 제3차 재정계산) 결과에 따르면 2013년 기준 국민연금의 누적적립기금은 약 417조원으로 나타났다. 이 적립기금의 규모가 어느 정도인지 파악하기 위해 몇몇 지표<sup>1</sup>와 비교하자면 다음과 같다.

- 2013년 국내 총생산 1,428조원의 약 30%
- 2014년 대한민국 정부의 예산 357조 7000억원의 약 1.2배
- 2014년 보건복지부 본예산 41조원의 약 10배
- 2014년 복지 예산 중 보육, 가족, 여성 부문 예산 5조 3000억원의 80배
- 2013년 삼성전자 매출액 228조원의 약 1.8배, 영업이익 36조원의 약 11.5배
- 2013년 미 애플사 매출액 180조원의 약 2.4배, 영업이익 40조원의 약 10.5배

그 현재 규모가 천문학적임은 의심할 여지가 없는 사실이며, 더욱이 적립기금규모는 2040년까지 그 증가세가 지속되어 최대 2,561조원까지 도달하며 국내총생산 대비 약 50%의 규모를 이루게 될 것으로 추정된다.

불행하게도 천문학적인 적립기금규모가 국민들의 안정적인 노후로 직결되지는 않을 것으로 보인다. 국민연금 측의 분석 결과에 따르면, 2040년 이후 수지적자가 발생하기 시작하여, 불과 20년 후인 2060년에는 수천조원에 달하는 기금이 모두 소진될 것으로 보인다.

매월 발표되는 국민연금 공표통계에 따르면, 2014년 6월 기준 국민연금 총 가입자 수는 2천 1백만 명으로 총 인구 5천만 명의 약 40%, 경제활동인구 2천 6백만 명의 약 81%에 달하는 것으로 집계되었다<sup>2</sup>. 국민연금에 관계된 이해 관계자의 수는 경제활동인구의 대부분이며, 다른 공적연금 포함시 대한민국 국민 모두가 직접적인 이해 당사자로, 수지적자 혹은 기금고갈은 국가 구성원 전체의 고통이 될 것임은 명약관화하다. 즉, 국민연금의 향후 손익은 대한민국 국민 전체의 자산과 직결되는 문제이다.

---

<sup>1</sup> 출처: 국민연금운용본부, 통계청, 국회예산정책처

<sup>2</sup> 출처: 국민연금운용본부, 통계청

국민연금을 포함한 공적연금의 가입자가 거의 대부분의 경제활동인구라는 사실은 가입자의 연금제도에 대한 신뢰가 매우 중요함을 뜻한다. 제 3 차 재정계산에서는 이와 관련하여 기금의 고갈이 연금지급에 직접적, 즉시적인 영향을 주지 않음을 선진국의 예를 들어 설명하고 있으며, 사적연금과는 달리 국민연금은 국가가 급여를 보장하는 사회보험제도임을 적시하고 있다. 그러나 적립기금의 존재는 약속된 급여에 대한 완충재이자 미래 세대에 대한 부담을 줄여 세대 간 형평성에 기여하므로 적립기금의 합리적 운용을 통해 국민연금의 지속가능성을 제고하는 것은 여전히 중요한 문제이다.

국민연금기금의 고갈에 가장 큰 영향을 미치는 것은 거시경제변수도, 자본시장수익률도 아닌 인구구조의 근본적인 변화라고 할 수 있다. 제 3 차 재정계산에서는 근로연령인구 감소로 인해 2013 년 현재 2,039 만명에서 2083 년 1,100 만명까지 감소하고, 노령연금수급자수는 2013 년 266 만 명에서 2063 년에는 최고 1,460 만 명까지 증가할 것으로 보고 있다. 그리고 기금이 모두 소진되는 2060 년에는 급여수준을 만족하기 위해서는 보험료율이 현행 9%에서 21.4%까지 인상되어야 한다.

이를 위한 사회적 합의는 상당한 비용을 수반할 것이므로 보험료의 점진적인 인상을 위해서는 적립기금의 지속성이 필수적이다. 적립기금 소진시기를 늦추기 위해 정부는 국민연금이 설립된 1988 년 이후 두 차례의 제도개혁에서 급여수준의 하향조정, 수급연령의 상향조정, 그리고 급여율 인하를 단행하였다.

이러한 제도적인 노력과 함께 국민연금이 경제 전반에 미치는 영향과 기금운용과 관련하여 투자전략이나 운용체계에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 정문경 (2012)은 국민연금기금의 국내주식 투자에서 위탁운용과 직접운용의 초과수익이 벤치마크 대비 유의한 것을 보이고 이들의 요인을 Carhart (1997) 4 요인을 사용하여 분석하였다. 변진호 외 (2011)에서는 국민연금의 포트폴리오 수익률의 위험요인을 분석/모형화 한 후 Copula 를 사용하여 통합위험을 측정, 개별위험의 단순합과 비교하여 적정수준의 위험자본 보유의 필요성을 제기하였다. 나아가 김용하 (2014)는 국민연금기금의 규모에 주목하여 국민경제에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 지적하고 국민연금 기금 변동 전망에 기초한 장기적 투자전략과 제도의 수립 및 정립이 필요하다고 역설하였다. 그러나 국민연금에 대해 인구구조의 변화가 미치는 영향에 대한 분석은 제 3 차 재정계산에

서처럼 통계청에서 주어지거나 내부적으로 추정된 인구변화에 따른 적립기금의 추이 정도로 그치고 있다.

본 연구에서는 국민연금 적립기금의 규모, 공익성, 그리고 인구구조 및 출산율에 대한 민감도에 주목하여 자산부채관리 - Asset and Liability Management (ALM) - 관점에서 국민연금 기금의 초장기 투자전략에 대해 고찰한다. 국민연금기금은 크게 적립기금 (Assets, 자산)과 연금 급여 (Liabilities, 부채)로 이루어지며, ALM 은 부채, 즉 미래 지급책임을 이행하기 위해 현재의 자산을 전략적으로 분배하는 것을 말한다.

자산분배 (Asset allocation) 문제는 Markowitz (1952)의 포트폴리오 이론으로 사용자의 효용함수와 자산의 위험도를 고려하는 것이 가능해졌고, Merton (1969)이 자산과 부채를 연속확률과정으로 모형화함으로써 한층 정교한 분석이 가능해졌다. 이후 Ziemba (1972), Perold and Sharpe (1988), Mulvey and Vladimirou (1992), Mulvey and Ruszczyński (1995), Ziemba and Mulvey (1998), Ziemba (2009) 등이 추계적 최적화 (stochastic optimization)을 통한 동적 자산 분배모형 (dynamic asset allocation models)을 개발, 각종 연기금 및 기관투자자의 장기투자에 대해서 다기간 최적 의사결정에 관해 연구하였다.

현재 국민연금은 제도의 운영과 기금의 운용이 별개의 구조로 유지되고 있고 단기 위주의 대형 신탁펀드의 운용과 유사한 성향을 나타내고 있다 (원종현, 2013). 또한 현재 벤치마크 대비 초과수익률 기준 성과지표, 5년 주기의 자산배분목표 설정으로는 연금기금의 지속성을 달성하기 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서 초장기적 관점에서 기금운용전략을 ALM 개념을 이용하여 수립하고자 한다. 본 연구가 기존의 다른 ALM 연구들과 결정적으로 다른 점은 바로 "인구성장에 대한 투자 (investing in population growth)"를 하나의 투자 대상으로 본다는 것이다. 이는 과거의 여타 ALM 연구에서 한번도 시도되지 않은 접근 방법으로, 순수한 외생변수로 간주해왔던 인구구조의 변화, 특히 출산율을 간접적으로나마 컨트롤할 수 있는 내생변수로 변환한다는데 그 가장 큰 의의가 있다. 이를 통하여 과거의 ALM 연구들이 단순히 주어진 외생 변수

로 가정했던 연금 급여(liability)의 규모 뿐 아니라 연금 기여분 (contribution) 역시 조절할 수 있게 한다.

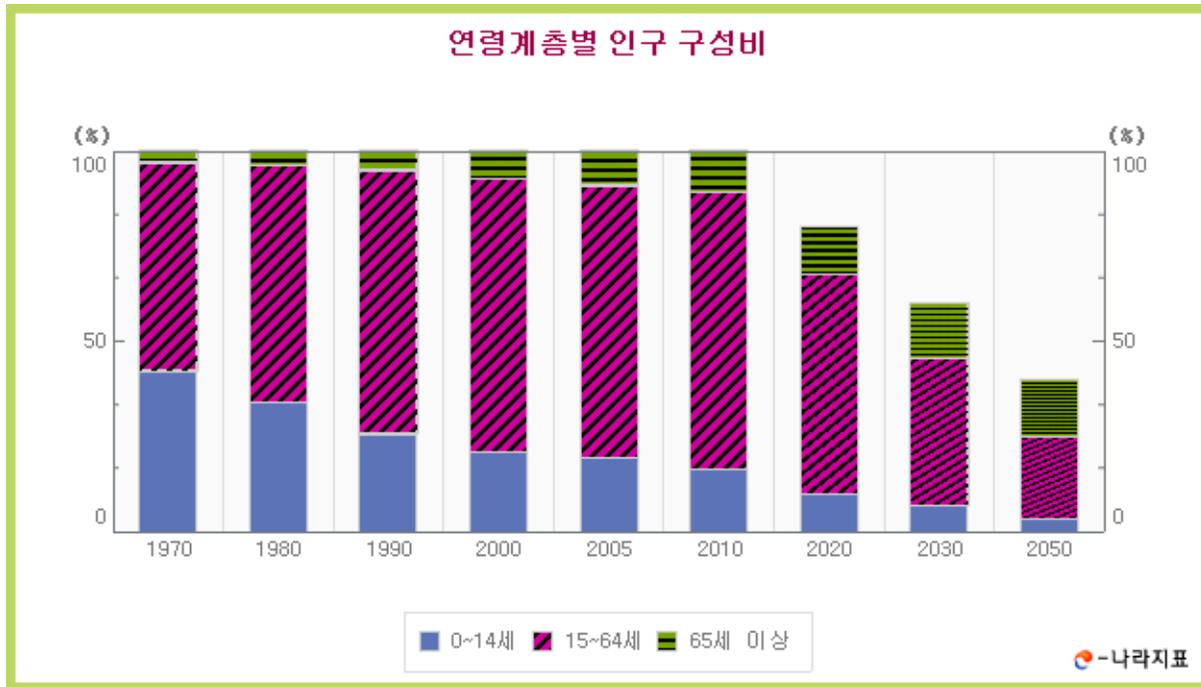
즉, 국민연금연구원 및 학계의 여러 연구에서 우선 인구구조변화를 예측 후 이를 적립기금의 운용 및 변화 추이에 반영한 것과는 달리 내생변수로서의 출산율을 하나의 투자자산으로 간주하여 자산을 배분하게 된다. 결과에 따라 연금기금의 미래의 자산과 부채 모두에 큰 영향을 주는 인구구조에 대한 적절한 공공정책예산을 분석할 수 있고, 주식투자 비중을 늘리는 등 단기적 관점에서 위험자산의 비중을 늘리는 것보다 효율적으로 적립기금의 증가와 미래지급급여의 감소를 동시에 달성할 가능성이 있다. 이를 통하여 기존의 접근 방법인 단기 위험조정 수익률을 최대화 하는 것과는 다른 접근을 가능케 되며, 포트폴리오의 수익률 최대화가 아닌 미래 지급책임에 대한 연속적인 달성을 적립기금운용의 목적함수로 사용할 수 있으며, 바로 이 점이 본 연구의 학문적 기여라 할 수 있다.

본 연구가 답하고자 하는 궁극적인 질문은 바로 “인구성장에 대한 투자가 연금운용에 있어서 의미있는 대안이 될 수 있는가”이다. 이를 위해 여타의 다른 논리는 도입하지 않고 순수한 경제 논리만을 통하여 단기 수익률 -100%인 “investing in population growth”이라는 투자 대상이 매력적인 투자 대상일 수 있는지, 만약 그렇다면 이러한 새로운 접근 방법이 천문학적 규모의 공적 연금의 미래에 대한 어떤 시사점을 줄 수 있는지 파악하고자 한다.

## II. 연구의 배경 및 필요성: 우리나라의 인구구조 변화와 공적연금에의 시사점

최근 베이비 붐 전후 세대의 본격적인 은퇴와 출산율 저하 및 평균수명의 증가로 인한 인구구조 변화는 우리나라의 사회, 경제에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. OECD가 장기 경제성장 보고서(OECD, 2012)에서 지적한 바와 같이, 빠른 고령화로 인해 낮은 경제성장률이 예상되는 상황에서 고령인구의 부양을 위한 복지예산 지출 증가는 국가적으로 큰 부담이 될 것이다. 또한 퇴직한 개인의 관점에서도 길어진 수명을 책임질 노후자금의 운용에 대한 문제를 풀지 못한다면 100세 시대의 도래가 더 이상 축복이 되지 않을 것이다.

일본이나 유럽, 미국 등의 선진국은 고령화의 속도가 비교적 완만했고 오랜 시간 고령화로 인한 사회적 문제에 대해 대비했음에도 불구하고, 복지예산의 증가 등으로 인한 사회적 갈등을 피할 수 없었다. 반면 우리나라는 선진국에 비해 훨씬 빠른 속도로 고령화가 진행 중임에도 불구하고, 이를 문제점으로 인식한지 불과 10여 년 전으로 국가 차원에서의 준비가 절대적으로 부족한 상황이다.



<그림 1> 노령인구의 급격한 증가와 전체 인구의 감소 (출처: 통계청)

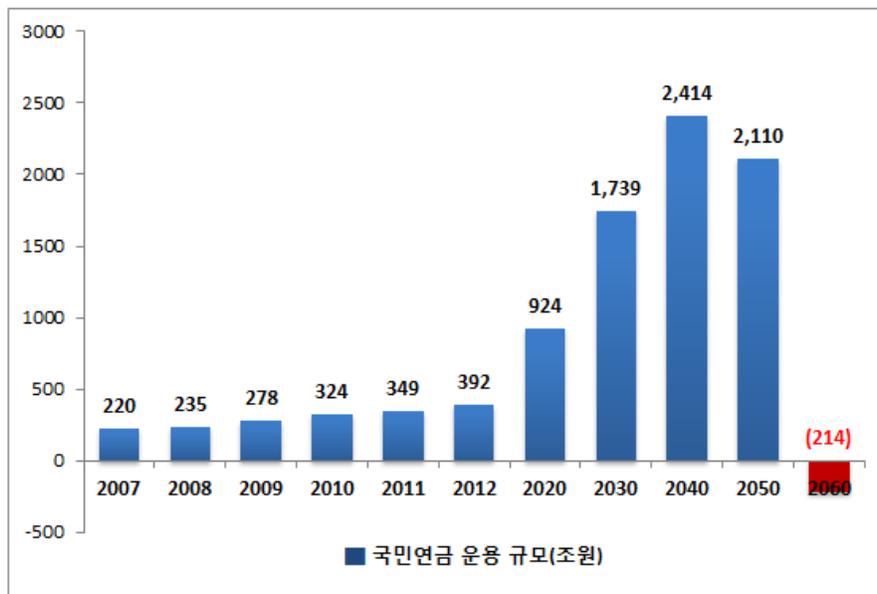
급속한 고령화로 인한 인구구조의 변화에 따른 경제성장률 둔화, 복지예산 지출 증가 등의 사회적 문제의 발생으로 우리나라의 전체 경제 및 산업 구조 역시 변화가 예상되며, 이는 장기투자에도 직간접적으로 부정적인 영향을 미칠 것이다. 만약 고령화의 영향에 대한 선제적 대응을 하지 않는다면, 매년 수십조 원에 이르는 천문학적인 비용을 치를 뿐 아니라 국민의 복지저하가 예상된다.

현재 국민연금은 매년 5~6%의 수익률을 유지할 경우 2060년에 고갈이 예정되어 있지만, 만약 수익률을 1% 높일 경우 고갈시기가 9년 연장되고, 2% 높일 경우 고갈이 없을 것이라

고 한다. 하지만 장기투자계획에 실패하는 경우 고갈 시기는 더욱 앞당겨질 것이다. 또한 국가채무가 꾸준히 증가하고 고령화로 인한 복지비용 지출도 증가할 것으로 예상되는 상황에서 장기투자실패로 복지비용 지출을 충당하지 못할 경우, 심각한 사회적 문제가 발생할 것이며 이는 우리 미래 후손들의 부담을 가중시키게 될 것이다.

고령화가 급속하게 진행되고 있는 가운데, 지속가능한 국민연금의 운용은 필수적이다. 하지만 국민연금은 고령화가 진행될수록 안정적인 운용이 어려울 것으로 보인다. 인구구조의 변화로 인한 공적연금의 부채 (liability)가 증가하는 동시에, 경제인구의 감소로 연금기여분 (contribution)이 감소할 것이며, 궁극적으로 경제성장률 감소로 연금자산 (asset)의 규모축소가 일어나, 공적연금의 부채와 자산의 두 방향으로 부정적인 영향을 끼치기 때문이다.

물론 뛰어난 투자 전략 도입 등을 통해 자산 부문에서의 획기적인 수준의 수익률을 얻는 것도 방법일 수 있을 것이다. 하지만 국민연금의 규모가 우리나라 유가증권시장에 상장된 모든 기업의 시가총액 (2012년 기준 1,154 조원)의 40%에 육박하고, 코스닥시장의 시가총액(2012년 기준 109 조원)의 네 배에 달하는 점을 감안하면 경제 성장률을 웃도는 획기적인 수익률을 얻는 것은 불가능하다. 이는 "시장은 시장을 이길 수 없다"는 간단한 상상 실험을 통해서 증명이 가능한 사실이다.



<그림 2> 국민연금 운용규모 추이 (출처: 국민연금운용본부)

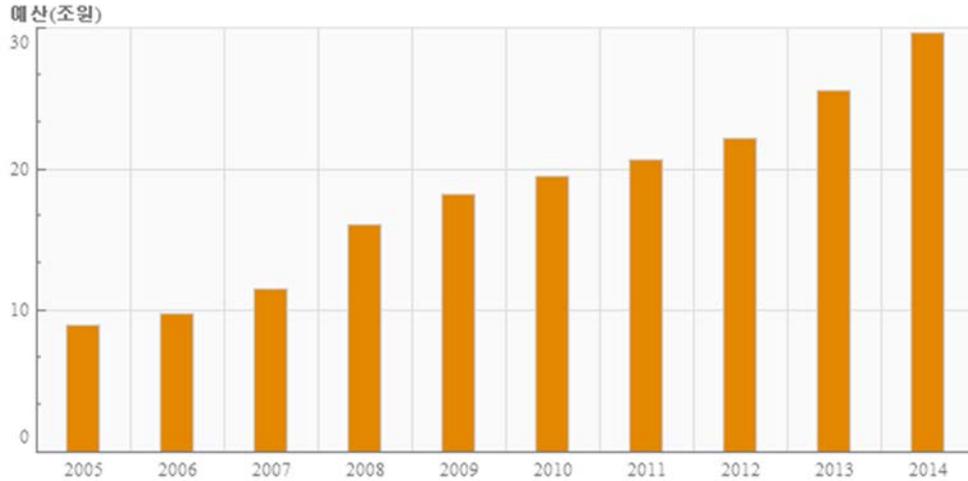
현재 전 세계 최소 수준인 대한민국의 출산율(2013년 기준 1.2명)과 빠른 감소 속도(2000년 기준 출산율 1.5명)를 감안하면 추정치보다 실제 미래는 더 어려운 상황일지도 모른다. 이러한 문제 해결을 위해서는 현 시점부터 꾸준히 인구구조의 변화를 유도할 수 있는 사회, 정치, 경제적인 대책의 수립 및 실행이 필요하며, 이미 각계에서 이러한 필요성을 인지하고 여러 가지 정책이 시행되고 있다. 하지만, 무상급식 등의 논란 등을 통해서 알 수 있듯이 재원확보의 어려움 등으로 정책의 실행에 어려움을 겪고 있는 것도 사실이다.

한 가지 명확한 사실은, 만약 인구성장이 멈추지 않고 계속되고 우리 경제가 현재 수준에서 크게 후퇴하지만 않는다면, 공적 연금의 기금 고갈은 없을 것이라는 점이다. 만약 이러한 가정이 성립할 수 있다면, 매 시점에서 경제참여인구의 기여분(contribution)이 퇴직자들의 지급분(benefit)을 지불하고, 단기적인 시장 상황의 변동 등으로 발생하는 수지 변화는 적립기금을 완충제(buffer)로 사용하여 안정적인 운용을 하는 것이 가능해질 것이기 때문이다.

이는 연금운용의 미래에 매우 큰 시사점을 가진다. 즉, 인구구조의 변화에 있어서 공적연금은 직접적인 수혜자라는 점이다. 따라서 순수한 경제 논리인 수혜자 부담의 원칙을 통해 공적연금이 직접 인구 증가에 투자를 하는 것을 정당화할 수 있을 것이다. 또한, 그 천문학적인 규모를 감안하면, 기금의 극히 일부를 투자하더라도 인구구조 개선을 위해 사용되는 정부 예산보다 훨씬 많은 기여를 할 수 있을 것으로 보인다. 서론에서 언급되었던 것처럼, 복지 예산 중 출산율 증가와 직접적인 관련이 있는 보육, 가족, 여성 부문 예산은 2014년 기준으로 5조 3000억원이므로, 인구증가에 대한 투자가 기금적립분의 1.2%만큼 추가될 때마다 인구구조 변화에 대한 국가적인 차원에서의 투자가 배로 증가하는 효과가 있다.

고령화로 인하여 국민연금의 운용이 갈수록 어려워지고 있는 상황에서 연금의 지속가능성을 높이기 위해 본 연구에서는 인구구조의 긍정적인 변화를 유도하는 투자를 하는 것을 새로운 변수로 도입하기로 한다. 출산 및 육아에 따른 고용불안을 없애서 출산율을 높여 인구구조의 긍정적인 변화를 가져올 수 있다면, 고령화사회 진입을 늦추거나 막을 수 있을 것이다. 이러한 인구구조의 변화는 안정적인 경제성장을 가져올 것이고, 이는 국민연금의 자산 및 부채에 긍정적인 영향을 미치게 될 것이다. 즉, 국민연금의 인구증가 정책에 대한 투자는 장기적인 관점에서 보았을 때, 자산의 증대 및 부채의 감소를 동시에 달성할 수 있는 의미있는 접근법이라 할 수 있다.

### 보건복지부 예산 추이



<그림 3> 보건복지부 예산 추이 (출처: 보건복지부)

또한 이미 조성되어 있는 국민연금의 자산을 활용하는 것이기 때문에 당장의 복지예산의 추가 지출 없이 고령화에 대비할 수 있다는 점에서 기존의 제안된 방법에 비해 그 실현가능성이 훨씬 높다고 할 수 있다. 다만, 인구증가를 위한 자산배분은 그 투자시간이 상대적으로 길기 때문에 필연적으로 단기간의 수익률 하락을 가져오게 될 것이다. 즉, 미래의 자산 및 부채 상황 개선과 현재의 수익률 악화 사이의 trade-off가 존재하므로, 성공적인 문제해결을 위해서는 충분한 분석을 통해 적절한 균형점을 도출해야 할 것이다.

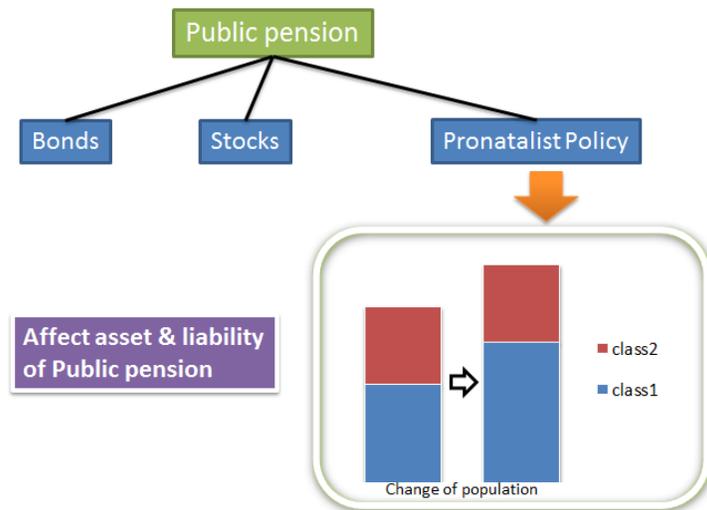
### III. 민감도 분석을 통한 타당성 검증: 방법론

본 연구를 수행함에 있어서 가장 어려운 부분은 실제 분석을 시행함에 있어서 필요한 각종 파라미터들을 추정하는 것이 불가능에 가깝다는 점이다. 일반적인 ALM 연구에서는 각종 금융 자산들을 추계적 과정으로 모델링하고 미래의 기여와 지급분은 외생변수로 가정하게 된다. 따라서 이와 관련된 연구는 이미 많이 진행이 되어 있으며 상대적으로 표준화된 접근 방법들이 많이 존재한다. 반면에, 본 연구에서 가장 중요한 부분은 인구증가에 대한 투자에 대한 사전 연구들은 거의 없는 실정이다. 즉, 연금의 자산을 인구증가에 투자를 했을 때 실제로 어느 정도의 출산율 증가가 유도되는지에 대한 근거가 존재치 않는다.

따라서 본 연구에서는 민감도 분석(sensitivity analysis)를 통한 타당성 검증(feasibility test)를 그 방법론으로 도입하기로 한다. 즉, 인구증가 투자분에 대한 실질 출산율 증가분을 정해놓고 분석을 진행하지 않고, 출산율 증가분이 전혀 없는 경우부터 특정한 상한값까지 변화를 시켜가며 각각의 경우에 분석을 따로 진행하였다.

구체적인 가정은 다음과 같다.

- 국민연금은 주식과 채권 두 가지의 금융상품에만 투자한다.
- 전체 time span 은 50 년, 각 time period 는 5 년으로 계산한다.
- 25 세부터 65 세까지는 국민연금에 기여하는 연령으로 65 세 이후는 연금의 수급대상 연령으로 구분한다. 이 때, 실제 금액은 현재를 기준으로 평균값으로 계산한다.
- 주식과 채권 수익률, 무위험수익률은 각각 4%, 3.5%, 3%로 일정하다.
- 주식과 채권의 투자 비율은 4:6 으로 한다.
- 기타 다른 변수는 현재 국민연금 수치를 그대로 사용한다.



<그림 4> 국민연금의 투자방법 및 미치는 영향 흐름

각 기간마다 연금은 주식, 채권, 인구증가 정책에 투자하게 되며, 인구증가에 투자되는 부분은 미래 인구구조의 변화를 가져오는데 이 인구구조의 변화가 미래 시점에서의 연금의 자산/

부채에 영향을 미치게 된다. 즉, t 시점에 연금 자산의 x% 만큼을 인구증가 정책에 투자하게 된다면 t+1 시점의 자산은 다음과 같다.

$$W_{t+1} = W_t \times \left(1 - \frac{x}{100}\right) \times \left(0.6 \times \text{채권수익률} + 0.4 \times \text{주식수익률}\right) \\ +1 \text{ 인평균 국민연금 납부금액} \times 25 \text{ 세} \sim 65 \text{ 세 인구수} \\ -1 \text{ 인평균 노령연금 지급금액} \times 65 \text{ 세 이상 인구수}$$

t 시점에 투자한  $W_t \times \left(\frac{x}{100}\right)$ 의 금액은 투자대비 태어나는 인구수를  $\alpha$ 라 할 때  $\alpha \times W_t \times \left(\frac{x}{100}\right)$ 의 인구를 추가하게 되며, 이 인구는 t+5 시점 (25년 뒤)에 국민연금납부 대상 연령(25세 ~ 65세)으로 포함된다. 또한 t+11 시점에는 이 인구가 노령연금을 받는 연령(65세 이상)으로 포함된다. 다만 본 연구에서는 50년 후까지에 대해서 계산하였기 때문에 새로 태어난 인구가 노령연금을 받는 연령으로 포함되는 시점은 고려하지 않는다.

## IV. 민감도 분석을 통한 타당성 검증: 분석 결과

### IV.1 민감도 분석 결과: 최종 시점에서의 잉여자산, 자산, 자산-부채 비율

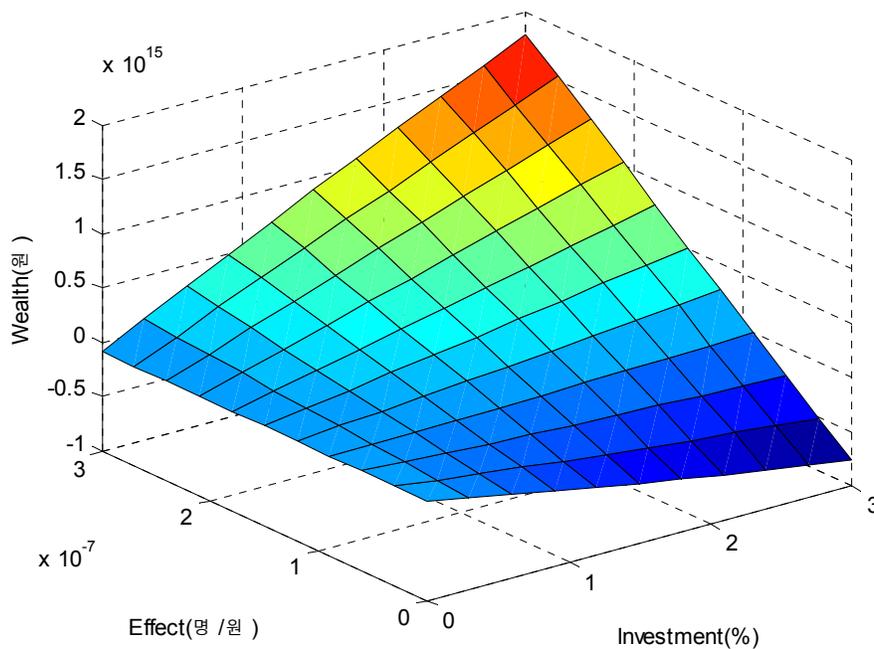
그림 5는 매 시점 고정된 비율로 인구증가에 투자했을 때, 인구증가 투자분 대비 인구증가분에 따른 최종 시점 (50년 후)의 잉여 자산(surplus: 총자산 - 총부채)의 그래프이다. 그림 6과 7은 그림 5와 같은 분석을 시행했을 때 최종 자산 (Asset)과 자산-부채 비율 (funding ratio: asset/liability)의 결과를 나타내고 있다.

그림 5의 경우, 국민연금 자본의 0%부터 3%까지를 인구증가에 투자하고, 1원 투자시 0명에서  $3 \times 10^{-7}$ 명까지 태어난다고 가정하는 경우<sup>3</sup>에 국민연금의 최종 잉여 자산을 나타내고 있다. 당연한 사실이지만, 인구증가에 대한 투자가 전혀 효과가 없는 경우 (effect 축에서 0에 가까운 부분), 인구증가에 대한 투자가 많아질 수록 최종 자산이 줄어들어, 이러한 투자 자체가 의미

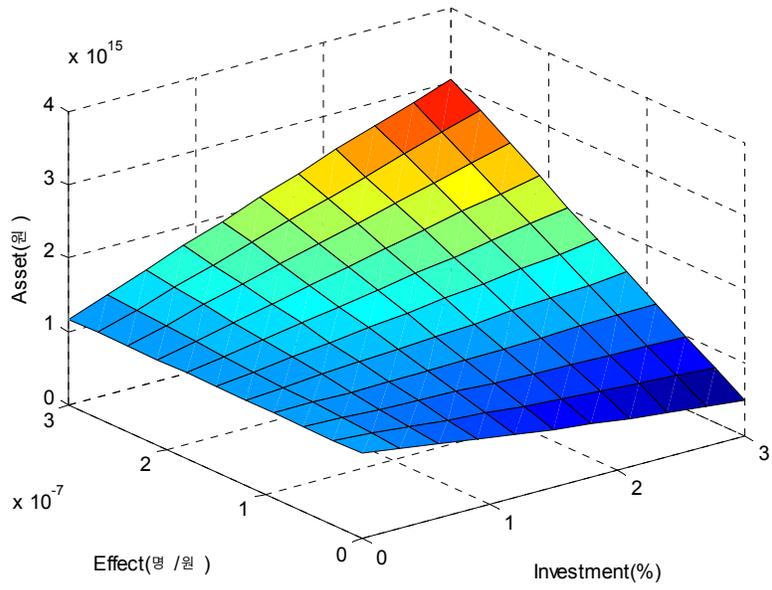
<sup>3</sup> 1원 투자시  $1 \times 10^{-7}$ 명이 증가하는 것은 천만원 투자로 인구가 1명 증가하는 것과 같다.

가 없음을 알 수 있다. 하지만, 투자 효과가  $1.2 \times 10^{-7}$ 보다 커지는 경우, 즉 천만원의 투자가 1.2명 이상의 인구증가를 유도할 수 있는 경우는 인구증가에 대한 투자가 최종잉여자산을 증가시키는 것으로 나타나며, 그 증가율이 커질수록 최종 잉여 자산이 급격하게 증가하게 된다. 그림 6 과 7 도 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.

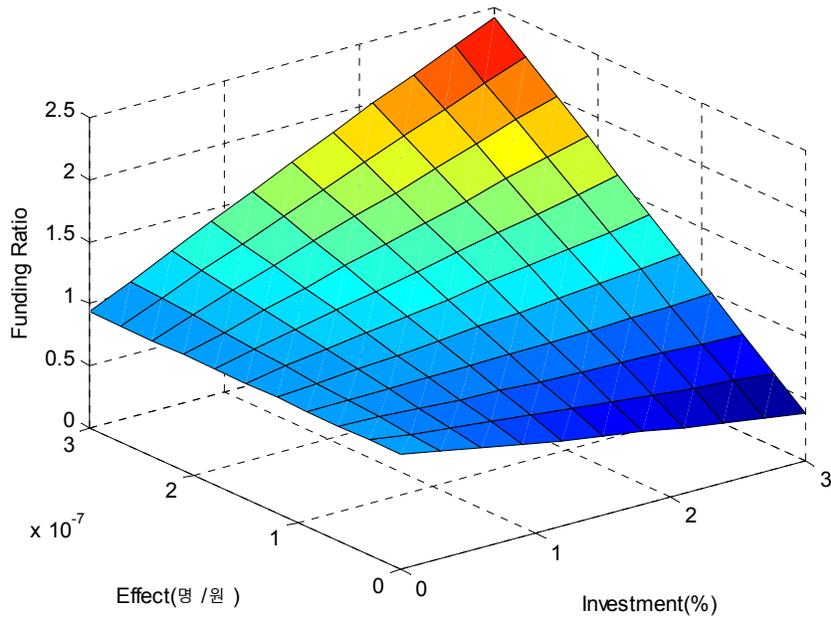
이들 그림이 주는 연금의 장기적 운용 전략에 시사점은 매우 크다. 인구 증가에 대한 투자는 단기 수익률이 -100%임에도 불구하고 그 효과가 특정한 한계값 이상인 경우 매우 매력적인 투자 대상으로 고려될 수 있다는 것이다. 본 분석에서 한 가정을 따른다면, 천만원 투자시 인구가 1.2명 이상 증가를 하는 경우 인구증가에 대한 투자는 최종 잉여 자산 및 자산-부채 비율을 크게 개선할 수 있는 훌륭한 대안이 된다.



<그림 5> 인구증가 투자비용과 효과에 따른 최종잉여자산



<그림 6> 인구증가 투자비용과 효과에 따른 최종자산



<그림 7> 인구증가 투자비용과 효과에 따른 최종 자산-부채 비율

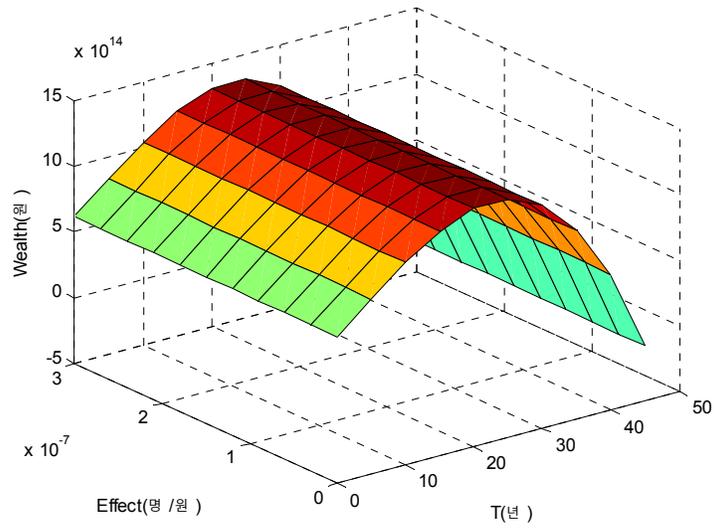
## IV.2 민감도 분석 결과: 각 시점별 잉여자산

최종잉여자산만을 활용하여 결론을 도출하는 경우 중간 시점에서의 상황에 대한 고려가 없으므로 바람직하지 않다. 따라서 본 연구에서는 각 시점별 잉여자산 역시 분석하였고, 그림 8 부터 그림 13 이 그 결과를 보여주고 있다.

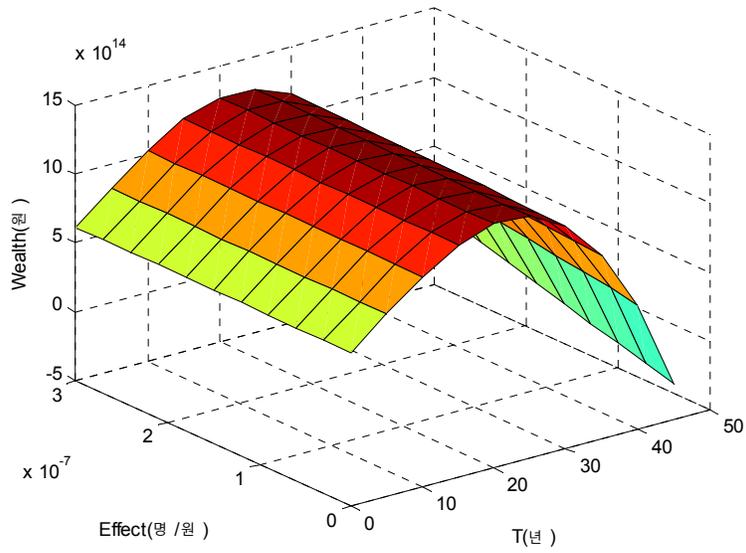
그림 8 은 인구증가에 전혀 투자가 없을 경우 향후 50 년간의 잉여 자산을 나타내고 있다. 국민연금의 데이터를 그대로 활용했으므로, 국민연금에서 추정된 바와 같이, 약 20-25 년 후 (2040 년)까지는 잉여자산이 증가하다가 그 후 급격하게 감소하기 시작하고, 최종 시점(2065 년)에는 잉여자산이 음수로 돌아서는 것을 알 수 있다.

그림 9 부터 13 은 같은 분석을 실시하되 매 시점 투자 비율을 0.6%씩 늘려가며 나타난 결과를 보여주고 있다. 2% 이상을 인구증가에 투자하는 경우인 그림 12 와 그림 13 에서 알 수 있는 사실은, 인구증가에 대한 투자의 효과가  $1.8 \times 10^{-7}$  이상인 경우, 2040 년까지는 잉여자산이 증가하다가, 그 이후 시점부터 감소세로 돌아서지만, 2050 년 경부터는 다시 증가세로 들어선다는 것이다. 비슷한 양상이 투자비율이 낮게 책정된 그림 9 부터 11 까지 관측되지만, 상대적으로 그 영향을 미미해 보인다.

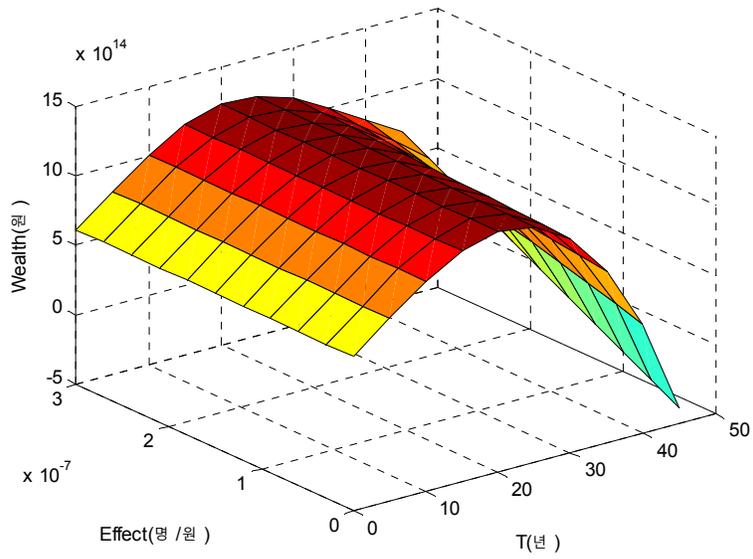
인구증가에 대한 투자는 단기적으로 -100%의 손실이지만 장기적으로는 자산 및 부채 구조에 바람직한 영향을 주는 특징을 갖고 있다. 현재 국민연금이 향후 25 년간은 잉여자산이 증가하고, 그 이후부터 급격히 감소하는 점을 감안하면, 여유가 있는 현재 시점에 인구증가에 대한 투자는 충분히 고려할 가치가 있을 것으로 보인다.



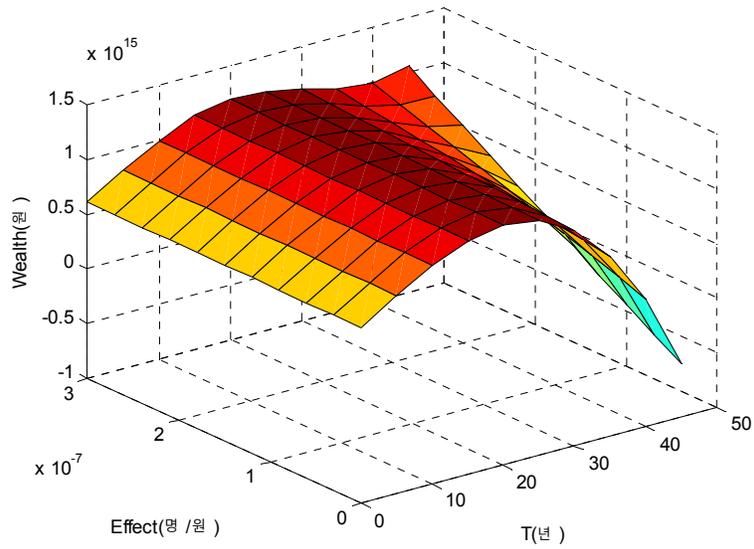
<그림 8> 인구증가에 투자하지 않았을 때 시점별 잉여자산



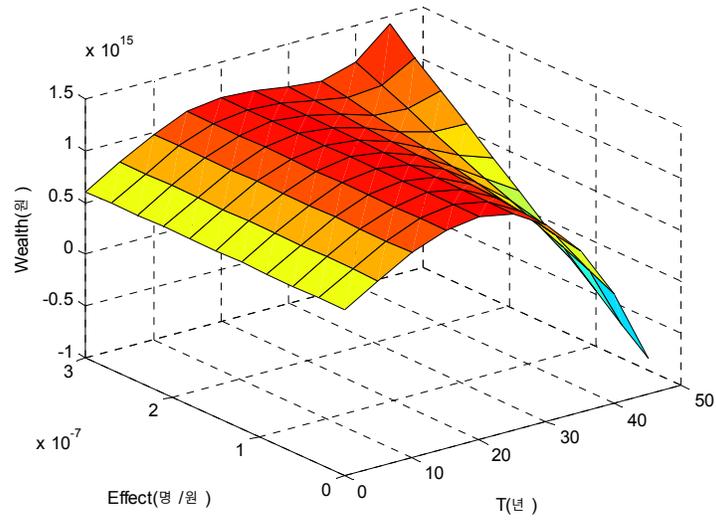
<그림 9> 적립기금의 0.6%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 잉여자산



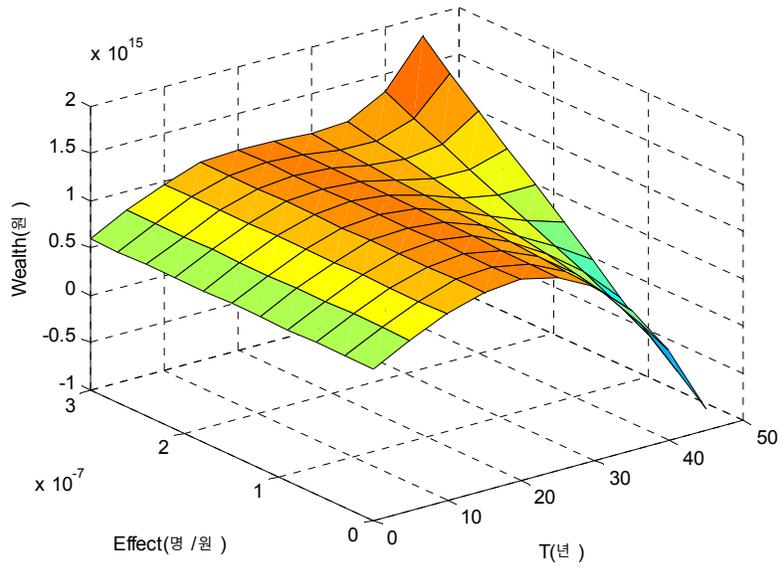
<그림 10> 적립기금의 1.2%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 잉여자산



<그림 11> 적립기금의 1.8%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 잉여자산



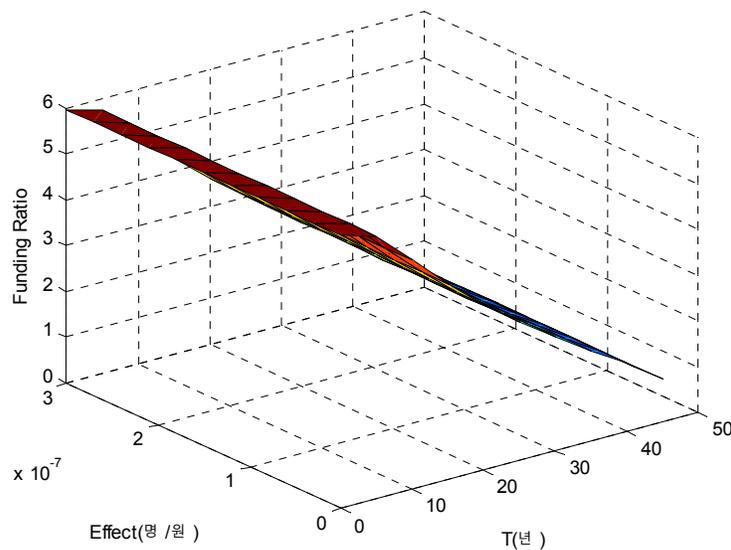
<그림 12> 적립기금의 2.4%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 잉여자산



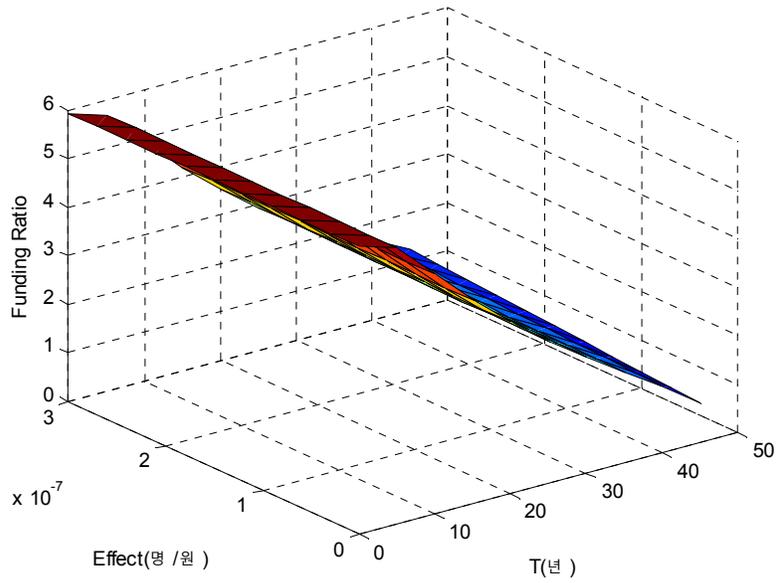
<그림 13> 적립기금의 3%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 잉여자산

### IV.3 민감도 분석 결과: 각 시점별 자산-부채 비율

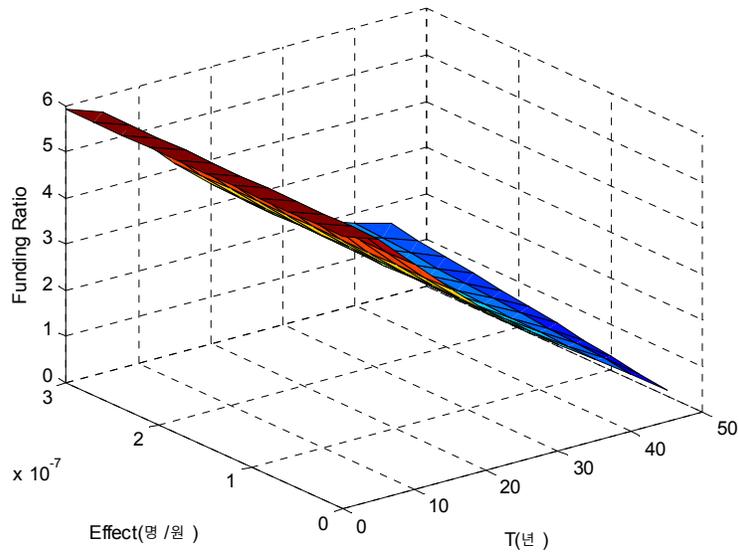
다음은 인구증가에 대한 투자를 변화시킬 때 투자대비 미치는 영향에 따라 자산-부채 비율이 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화하는지 살펴 보았다. 앞서 언급된 분석 결과와 마찬가지로, 인구증가 정책에 투자가 적을 때에는 자산-부채 비율이 계속해서 감소하여 1 아래로 떨어지는 현상을 보여준다. 하지만 인구증가정책에 투자를 증가시키게 되면 자산-부채 비율의 감소폭이 줄어들고 자본의 3%가까이 투자하는 경우(그림 19) 오히려 자산-부채 비율이 증가하는 모습을 보여준다.



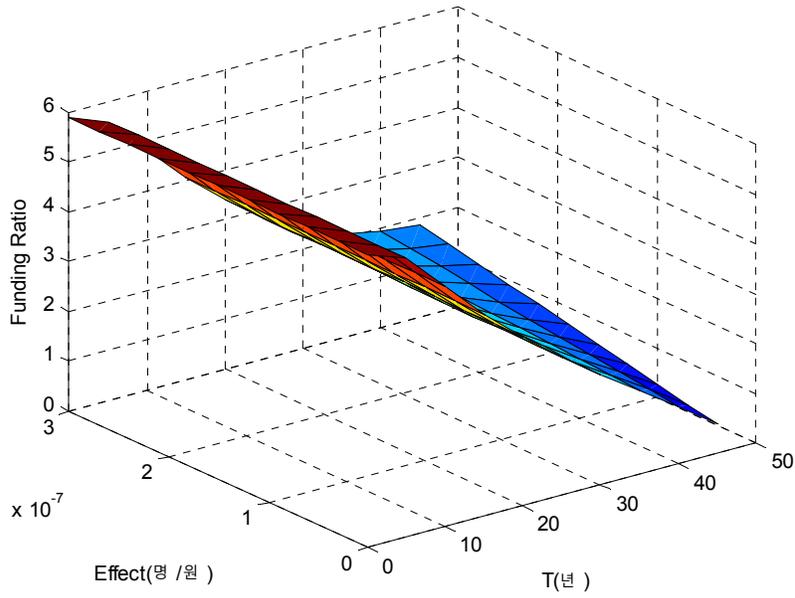
<그림 14> 인구증가에 투자가 없을 때의 시점별 자산-부채 비율



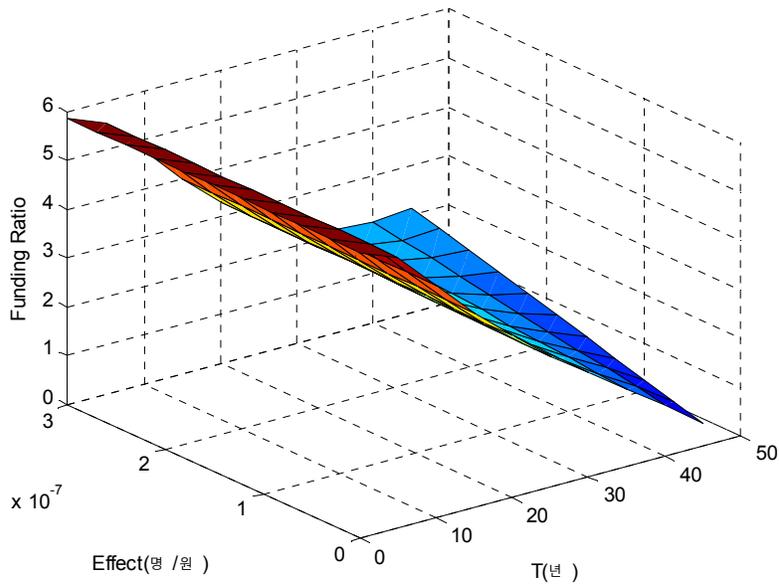
<그림 15> 적립기금의 0.6%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 자산-부채 비율



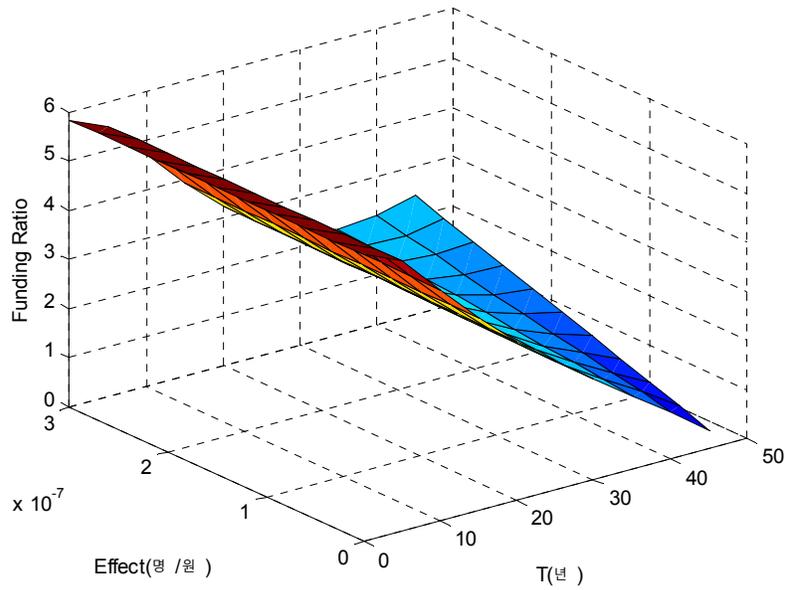
<그림 16> 적립기금의 1.2%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 자산-부채 비율



<그림 17> 적립기금의 1.8%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 자산-부채 비율



<그림 18> 적립기금의 2.4%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 자산-부채 비율



<그림 19> 적립기금의 3%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 자산-부채 비율

#### IV.4 민감도 분석 결과: 각 시점별 기여-지급 수지 변화

마지막으로 다음은 인구증가에 투자하는 비율을 변화시킴에 따라 발생하는 연금의 징수분 및 지급분 사이의 수지 변화를 분석해 보았다. 앞장에서 기술한 바와 같이 특정 시점에서의 연금 징수분은

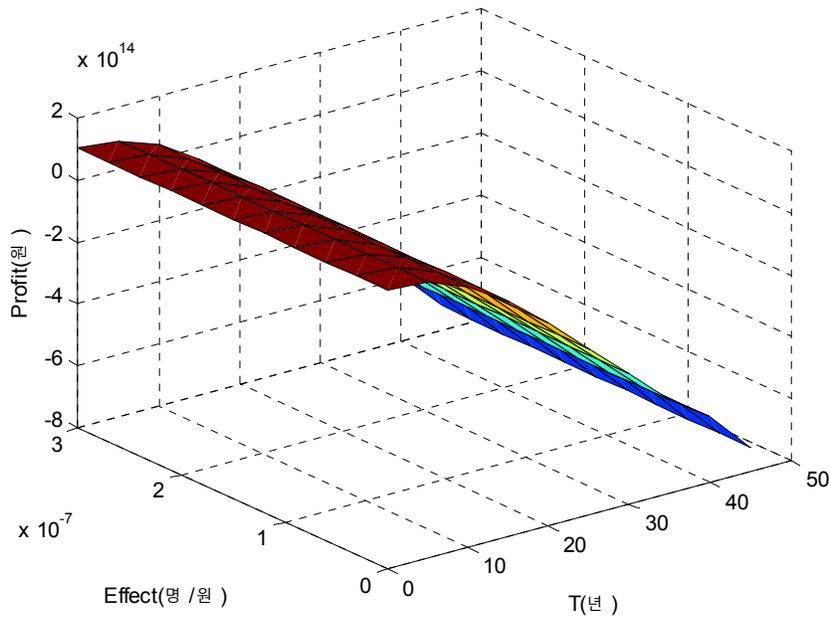
$$C = 1 \text{인평균 국민연금 납부금액} \times (25 \text{세} - 65 \text{세 인구수})$$

이며, 지급분은

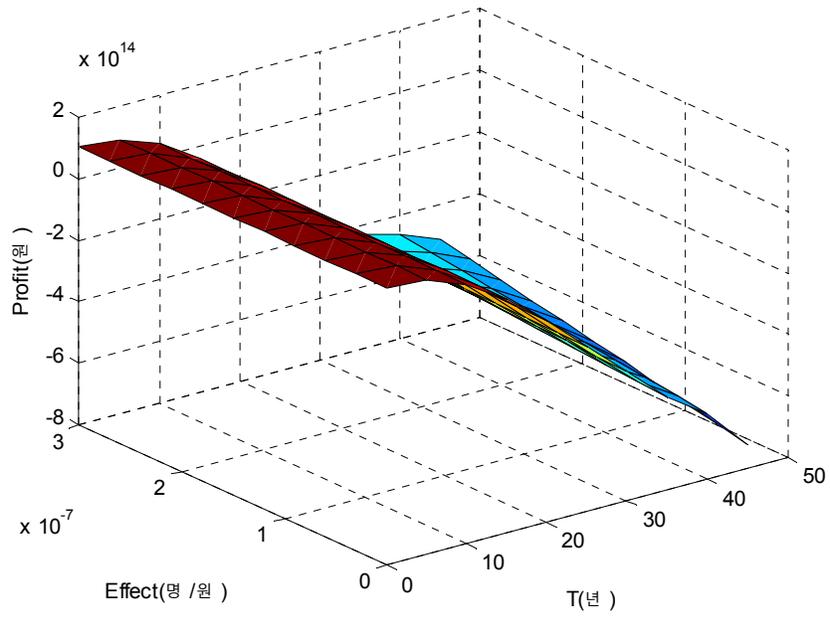
$$B = 1 \text{인평균 연금 수급금액} \times 65 \text{세 이상 인구수}$$

이므로, 기여-지급에서 발생하는 수지는  $C - B$ 로 간단히 측정될 수 있다.

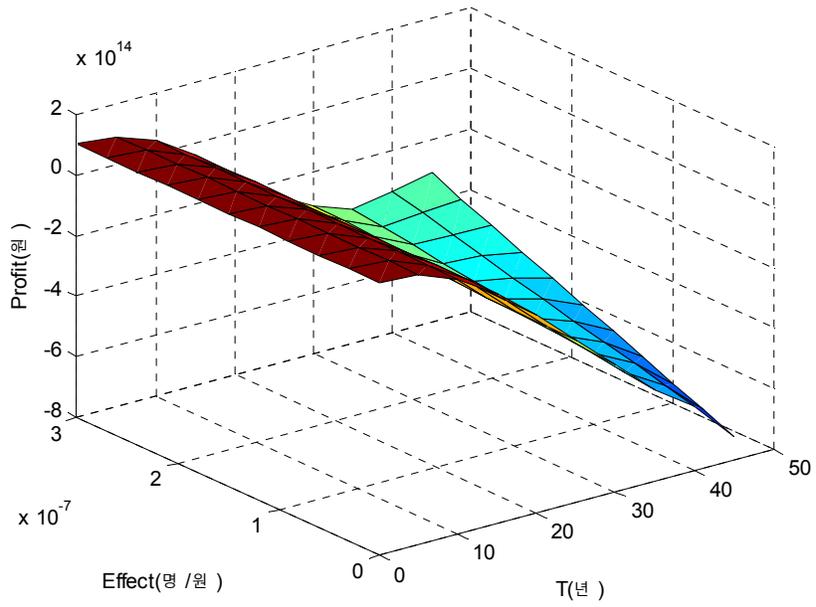
이에 대한 결과는 그림 20 부터 그림 25 에 정리되어 있다. 앞서 했던 다른 분석들과 마찬가지로, 인구증가에 투자를 하지 않는 경우는 20 년 후 시점부터 계속해서 연금지급분이 기여분보다 커지게 되어 수지가 음수가 되게 된다. 하지만 인구증가에 대한 투자를 늘릴 경우에는 기여분이 시간이 지날 수록 커지게 되며, 수지의 하락세가 줄어드는 경향을 볼 수 있고, 특히 매시점 적립기금의 2.4% 이상을 투자하는 경우에는 25 세~65 세 인구가 기여하는 금액이 65 세 이상의 인구에게 지급되는 금액보다 커지게 되는 현상도 관찰할 수 있다.



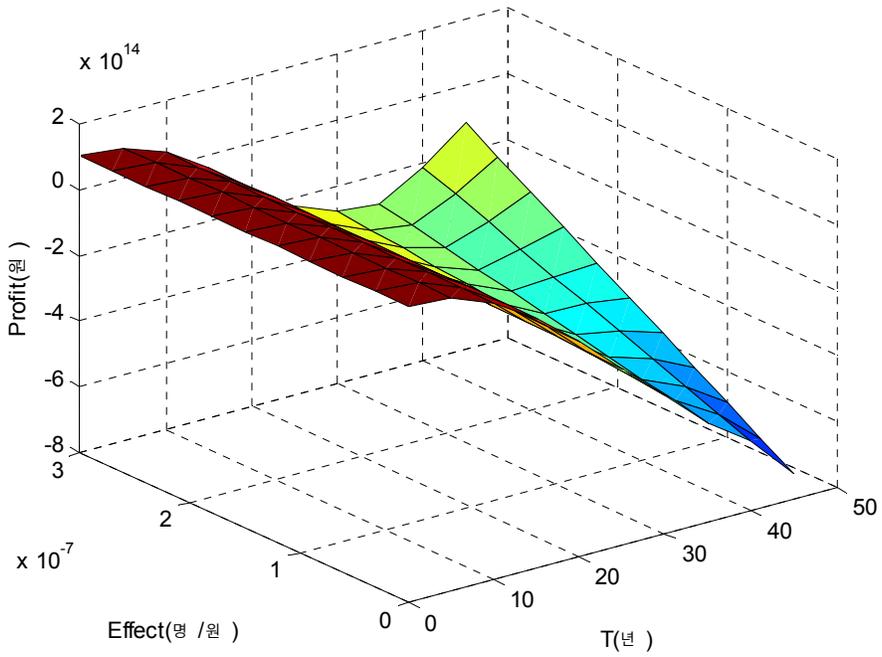
<그림 20> 인구증가에 투자가 없는 경우 시점별 기여-지급 수지



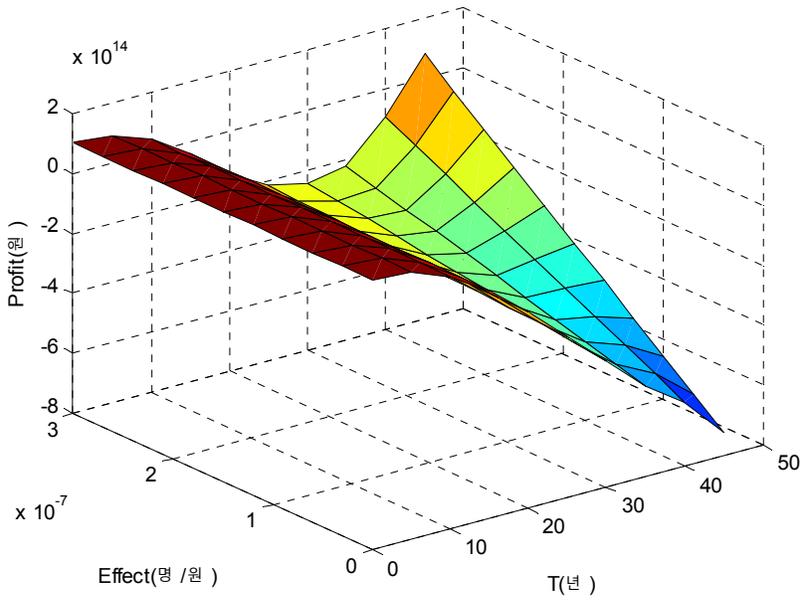
<그림 21> 적립기금의 0.6%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 기여-지급 수지



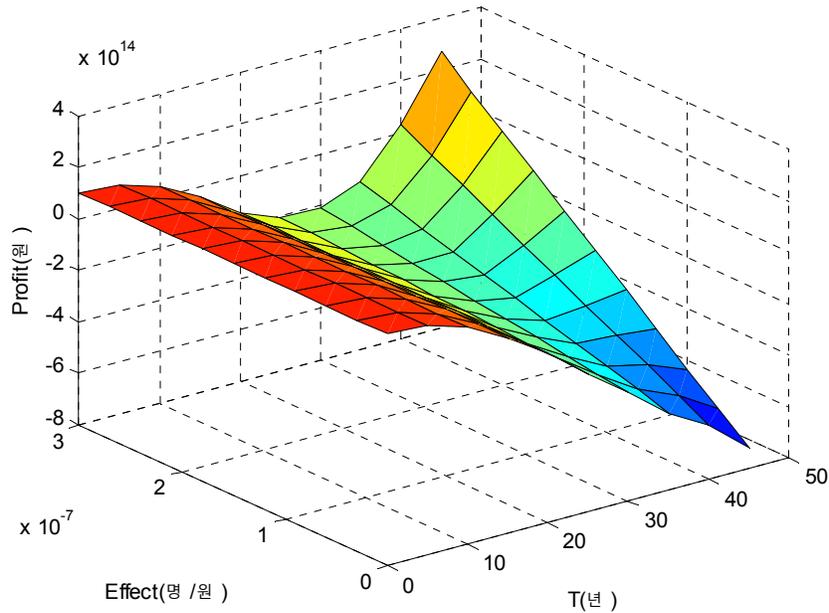
<그림 22> 적립기금의 1.2%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 기여-지급 수지



<그림 23> 적립기금의 1.8%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 기여-지급 수치



<그림 24> 적립기금의 2.4%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 기여-지급 수치



<그림 25> 적립기금의 3%를인구증가에 투자하였을 때 시점별 기여-지급 수치

#### IV.5 민감도 분석 결과: 총평

민감도 분석 결과, 인구증가에 대한 투자의 효과가 미미할 경우, 투자 자체에서 오는 단기 수익이 -100%이므로 연금의 건전성에 미칠 수 있는 영향은 거의 없음을 알 수 있었다. 그러나 그 효과가  $1 \times 10^{-7}$ 에서  $2 \times 10^{-7}$  이상이 되는 경우, 즉 천만원의 투자를 통해 인구를 1명에서 2명 이상 늘릴 수 있다면 인구증가에 대한 투자는 매우 매력적인 투자 대안임을 알아낼 수 있었다. 이러한 결과는 최종시점에서의 잉여자산 혹은 자산-부채 비율 뿐 아니라, 각 시점에서의 여러 성과측정 지표를 분석했을 때도 얻을 수 있었다.

즉, 국민연금의 여러 변수를 고려할 때, 국민연금의 적립기금에서 복지에산과 같은 방식으로 인구증가에 투자를 하는 것이 상황에 따라서는 매우 좋은 선택이 될 수 있다는 것이다. 물론 민감도 분석 자체가 많은 가정을 도입한 매우 간략화된 모델을 통해서 얻어졌기 때문에 실제 정확한 수치는 맞지 않을 수 있겠지만, 인구증가에 대한 투자가 연금운용에 있어서의 새로운 대안이 될 수 있다는 것만은 확실한 사실로 보인다.

## V. 최적자산배분 의사결정을 위한 다기간 추계적 최적화 모델

앞서 시행된 민감도 분석은 대부분 의사결정변수들을 고정한 상태에서 인구증가에 대한 투자만을 변화시킴으로서 결과를 도출하였다. 하지만 연금운용은 의사결정의 연속이며, 이를 효율적으로 실행하기 위해서는 자산배분의 최적해 (optimal solution)을 도출해 낼 수 있는 최적화 기법의 적절한 활용이 필수적이다.

하지만 연금운용의 경우, 단순한 자산배분 문제와는 다르게 부채 (liability) 역시 현재의 의사 결정이나 불확실성에 의해 변화할 수 있는 변수이며, 따라서 자산과 부채를 동시에 고려하는 자산-부채 모형 (ALM)으로 접근하는 것이 바람직하다.

예를 들어 Merton (1969)은 불확실성이 있는 경우 평생 동안의 소비량을 최대화할 수 있는 최적 포트폴리오를 dynamic program 을 이용하여 제시하였다. 이 모델의 장점은 최적해 자체가 closed form solution 으로 주어진다는 것이다. 이 모델의 경우 소비의 총량을 연금에서의 자산, 그리고 필요 지출의 총합을 연금에서의 부채로 둔다면 연금 문제에 적용 가능하다.

하지만 모델 자체가 극단적으로 단순화되어 있고 dynamic program 의 특성상 불확실성이 마코프 특성을 따라야 하므로 단순한 연금 문제에서의 적용은 가능하나 우리가 관심을 가지고 있는 인구증가의 투자를 고려하는 복잡한 문제에서는 closed form solution 을 얻기가 불가능하고, 따라서 최적해를 수리적(numerical) 방법을 통해서만 얻을 수 있다. 하지만 이 경우, 문제의 크기가 커지면 발생하는 dynamic program 의 최대 약점인 curse of dimensionality 를 피해가기 어려워 보이며, 따라서 본 연구에서는 다른 접근 방법인 다기간 추계적 최적화 모델 (multi-stage stochastic program)을 통해 최적자산배분 의사결정 모델을 제안하고자 한다.

다만 본 보고서의 목적상 기술적인 부분에 대한 자세한 논의나 최적해를 구하는 소프트웨어에 대한 기술, 그리고 최적해가 갖는 특징에 대한 분석은 생략하고 다기간 추계적 최적화 모델의 formulation 만을 제시하기로 한다. 기술적인 내용에 대한 세부적인 내용은 추후 해당 분야 전문 학술지에 투고를 목적으로 하는 추가적인 논문에서 다루어질 예정이다.

## V.1 모델 파라미터 ( $t = 0, 1, \dots, T, s \in S$ )

- $x_3^+(t)$  Amount of collection of economy Growth Sustainability enhancement Investment (abbreviated to GSI) in period  $t$
- $x_3^-(t)$  Amount of investment of GSI in period  $t$
- $P(i, t)$  The population of group  $i$  in period  $t$ ,  $i=1,2$
- $r_1(t, s)$  The rate of return of bond in period  $t$ , under scenario  $s$
- $r_2(t, s)$  The rate of return of stock in period  $t$ , under scenario  $s$
- $r_f$  Risk free interest rate
- $\rho$  Debt to total asset ratio
- $\pi(s)$  The probability that scenario  $s$  occurs -  $\sum \pi(s) = 1$
- $y^{TG}(t, s)$  The liabilities of the national pension in period  $t$  under scenario  $s$
- $x_p(t)$  Amount received from the population
- $\gamma$  The coefficient of pension premium,  $\gamma$  won per person
- $x_1^{\rightarrow}(0, s)$  Amount allocated to bond, at the end of period 0, under scenario  $s$
- $x_2^{\rightarrow}(0, s)$  Amount allocated to stock, at the end of period 0, under scenario  $s$
- $\sigma_1(t)$  Transaction costs for rebalancing bond, period  $t$  (Symmetric transaction costs are assumed)
- $\sigma_2(t)$  Transaction costs for rebalancing stock, period  $t$  (Symmetric transaction costs are assumed)
- $\beta(t, s)$  The cost of borrowing in period  $t$  under scenario  $s$

## V.2 의사결정변수 ( $t = 0, 1, \dots, T, s \in S$ )

- $x_1(t, s)$  Amount of bond held at the beginning of period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_2(t, s)$  Amount of stock held at the beginning of period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_1^+(t, s)$  Amount of bond purchased in period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_2^+(t, s)$  Amount of stock purchased in period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_1^-(t, s)$  Amount of bond sold in period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_2^-(t, s)$  Amount of stock sold in period  $t$ , under scenario  $s$
- $x^{TA}(t, s)$  Total Amount of bond and stock at the beginning of period  $t$ , under scenario  $s$
- $y^{BORR}(t, s)$  Amount borrowed at the beginning of period  $t$ , under scenario  $s$
- $y^{DEBT}(t, s)$  Amount of debt paid back at the beginning of period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_1^{\rightarrow}(t, s)$  Amount allocated to bond, at the end of period  $t$ , under scenario  $s$
- $x_2^{\rightarrow}(t, s)$  Amount allocated to stock, at the end of period  $t$ , under scenario  $s$

### V.3 목적함수

위의 파라미터와 결정변수들로 Asset Liability Management 의 formulation 을 하였다. 목적함수는 기대효용의 최대화로 정의하였다. 기대효용은 마지막까지 축적되는 최종적인 부에서 손해를 빼는 것으로 하였다. 아래에서 알파( $\alpha$ )는 위험선호도를 의미하므로 알파가 클수록 공격적인 투자를 선호함을 의미한다.

- Expected final wealth :  $Z_1 = \sum_{s \in S} \pi(s) x^{TA}(T, s) + \sum_t x_p(t)$
- Expected short fall/liabilities :  $Z_2 = \sum_{s \in S} \pi(s) \sum_{t=1}^T \frac{y^{TG}(t,s)}{T}$
- Expected utility :  $\alpha Z_1 - (1 - \alpha) Z_2, \text{ where } \alpha \in [0, 1]$

### V.4 제약식

제약조건은 9 개의 식으로 나타냈으며 다음의 내용을 담고 있다.

- (1), (2) : 각각의 시점과 시나리오에서 채권과 주식의 합이 총량이 되며 GSI로 투자될 때 그 구성비율은 항상 일정하다.
- (3), (4) : 다음 시점으로 넘어갈 때의 할당량은 채권/주식의 수익률 영향을 받아 변화하게 된다.
- (5) : GSI정책에 의해 국민연금 지급액이 마이너스가 되었을 때 빌리게 된 금액들도 이자율 영향을 받아 변화하게 된다.
- (6), (7) : 시점의 초기 금액은 이전 시점에서 유입된 금액에 투자를 위해 구입하면서 비롯되는 거래비용을 차감하는 것으로 구성된다.
- (8) : t시점, s시나리오에서의 채권투자금액은 t-1시점에서부터 전달된 금액에 모든 거래비용을 차감한 뒤 현재 인구로부터 수령하게 될 연금은 더하고 정부가 지불해야 할 연금 금액을 차감한다.
- (9) : 각각의 시나리오에서 채권투자금액이나 주식투자금액은 액수는 같다.

## V.5 Formulation of Multi-Stage Stochastic Program

$$\text{Maximize } U\{Z_1, Z_2\}$$

Where the goals are defined as functions of the decision variables:  $Z_k = f_k(x_1, x_2)$

Subject to:

$$x_1(t, s) + x_2(t, s) = x^{TA}(t, s), \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (1)$$

$$\frac{x_1(t)}{x_1(t) + x_2(t)} = \rho, t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$x_1^{\rightarrow}(t, s) = r_1(t, s)x_1(t, s), \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$x_2^{\rightarrow}(t, s) = r_2(t, s)x_2(t, s), \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$y^{DEBT}(t, s) = \beta(t, s)y^{BORR}(t, s) \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$x_1(t, s) = x_1^{\rightarrow}(t-1, s) + x_1^+(t, s)(1 - \sigma_1(t)) - x_1^-(t, s) \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$$x_2(t, s) = x_2^{\rightarrow}(t-1, s) + x_2^+(t, s)(1 - \sigma_2(t)) - x_2^-(t, s) \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (7)$$

$$x_1(t, s) = x_1^{\rightarrow}(t-1, s) + x_2^-(t, s) - x_2^+(t, s)(1 - \sigma_2(t)) + x_p(t) - y^{TG}(t, s) + y^{BORR}(t, s) - y^{DEBT}(t, s) + x_3^+(t) - x_3^-(t), \forall s \in S, t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$x_1(t, s) = x_1(t, s'), x_2(t, s) = x_2(t, s'), y^{BORR}(t, s) = y^{BORR}(t, s') \\ \forall s \text{ and } s' \text{ with identical past up to time } T \quad (9)$$

## VI. 결론 및 추후연구

우리나라의 공적연금은 그 규모가 정부 예산을 뛰어넘을 정도로 천문학적인 수준으로 성장하였다. 또한, 공적연금의 특성상 대한민국의 모든 국민이 직접적인 이해당사자라고 해도 과언이 아닐 것이다. 하지만 국민연금의 경우 머지 않은 미래에 수지적자가 발생하기 시작하여 수천조원에 달하는 적립기금이 2060년에는 모두 소진될 것으로 추정된다. 다른 공적 연금 역시 기금의 수지적자 혹은 고갈에 대한 얘기가 이미 나오고 있는 상태이며 최근 논의되고 있는 공무원 연금의 변화도 이러한 현상의 결과라 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 문제 해결을 위하여 기존의 자산-부채 관리 (Asset-Liability Management)에서 시도되지 않았던 “인구 성장에 대한 투자 (Investing in Population Growth)”의 개념을 새롭게 도입하였다. 다양한 민감도 분석을 통하여 인구 성장에 대한 투자의 효과가 어느 수준 이상이 된다면, 이를 통해 연금의 건전성을 크게 개선할 수 있는 효과적인 투자 대상임을 알 수 있었다. 즉, 자본 시장에서의 다양한 투자 전략을 통해 단-중기간의 투자 성과를 증대시키는 것만큼, 인구 구조를 개선하는데 직접적으로 투자를 하는 것이 좋은 결과를 도출할 수 있음을 보였다. 즉, 본 연구의 최종적인 결론은, 인구 성장에 대한 투자는 연금의 장기적인 운용 관점에서 매력적인 투자 대상이 될 가능성이 있다는 것이다.

하지만 본 연구의 결과가 인구 성장에 대한 투자가 반드시 바람직한 결과를 도출할 것이라고 해석되어서는 곤란하다. 본 연구에서 사용한 민감도 분석을 수행함에 있어서 많은 가정을 할 수 밖에 없었고, 필연적으로 이러한 가정이 성립하지 않는 경우 본 연구의 결론이 성립되지 않을 것이다. 즉, 본 연구의 결론은 “인구 성장에 대한 투자가 의미 있는 투자 대상이 될 수 있는 가능성 제시”이지 “인구 성장에 대한 투자가 필연적으로 연금의 건전성을 개선”하는 것으로 해석되어서는 안된다. 따라서 본 연구는 인구 성장에 대한 투자에 있어서의 종착점이 아닌 시작점으로 봐야하며, 새로운 연구 분야에 대한 화두로 이해되어야 한다.

이런 의미에서 추후 연구의 방향을 제시하는 것은 매우 중요한 일일 것이다. 이와 관련하여 가장 먼저 선행되어야 할 연구는 인구 성장에 대한 투자의 효과에 대한 것이다. 굳이 본 연구와의 관련성을 차치하더라도, 현재 우리나라에 있어서 당면한 위험 요소 중 하나가 건전하지 않은 인구구조임을 부인할 수 있는 사람은 없을 것이다. 따라서 인구구조 건전화를 위한 투자는 반드시 이루어져야 하며, 이러한 정책결정을 위해 인구증가에 대한 투자의 효과에 대한 정량적인 모델이 제시될 수 있다면 여러 측면으로 많은 도움이 될 것이다. 물론 본 연구도 이를 민감도 분석이나 최적자산배분 모델에 직접적으로 활용하여 좀 더 현실성이 있는 연구 결과를 도출해 낼 수 있을 것이다. 또 다른 중요한 사항은 인구구조가 경제성장에 미치는 영향을 우리나라의 특성을 고려하여 파악하는 것이다. 경제활동이 가능한 인구가 줄어들면 경제성장이 더디게 진행되고, 이는 금융자산의 수익률에도 장기간에 걸쳐 직접적인 영향을 줄 것이다. 다만 현재 이와 관련된 이론들이 서로 상충되는 부분이 많고, 우리나라의 상황에 적절하지 않는 점이 많아서 새로운 모델의 개발이 절실해 보인다.

## 참고문헌

- [1] Cariño, D. R., Kent, T., Myers, D. H., Stacy, C., Sylvanus, M., Turner, A. L., Watanabe, K., & Ziemba, W. T. (1994). The Russel-Yasuda Kasai model: An asset/liability model for a Japanese insurance company using multistage stochastic programming. *Interfaces*, 24, 29-49.
- [2] Carhart (1997), On persistence in mutual fund returns, *Journal of Finance*, 52(1):57-82
- [3] Markowitz (1952), Portfolio selection, *Journal of Finance* 7 77-91
- [4] Merton (1969), Lifetime portfolio selection under uncertainty: the continuous time case, *Review of Economics and Statistics* 3 373-413
- [5] Ziemba (1972), Solving nonlinear programming problems with stochastic objective functions, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 7 1809-1827
- [6] Perold and Sharpe (1988), Dynamic strategies for asset allocation, *Financial Analysts Journal*, January 16-27
- [7] Mulvey and Ruszczyński (1995), A new scenario decomposition method for large-scale stochastic optimization, *Operations Research*, 43 477-490
- [8] Mulvey and Vladimirou (1992), Stochastic network programming for financial planning problems, *Management Science*, 38, 11, pp.1642-1664
- [9] Mulvey, J. M. (1996). Generating scenarios for the Towers Perrin investment system. *Interfaces*, 26(2), 1-13.
- [10] Ziemba, W. T., & Mulvey, J. (eds) (1998). *Worldwide asset and liability modeling*. Cambridge University Press.
- [11] Hyatt D. E. & W. J. Milne(1991). "Can Public Policy Affect Fertility?", *Canadian Public Policy - Analyse de Politiques XVII*, Canada, pp. 77-85
- [12] Ziemba (2009), Use of stochastic and mathematical programming in portfolio theory and practice, *Annals of Operations Research*, 166:pp.5-22
- [13] Woo Chang Kim, John M. Mulvey, Koray D. Simsek and Min Jeong Kim(2012). 「Longevity Risk Management for Individual Investors」
- [14] Ross Levine and Sara Zervos(1998). "Stock Markets, Banks, and Economic Growth", *The American Economic Review*, Vol. 88, No. 3, pp. 537-558
- [15] 국민연금연구원. (2008). *공적연금기금운용론*.

- [16] 백화중. (2010). 고령화시대와 국민연금기금 운용방향. 국민연금연구원.
- [17] 한국개발연구원. (2005). 인구구조 고령화의 경제·사회적 파급효과와 대응과제.
- [18] 김용하 (2014), 국민연금 기금 거대화에 대응한 국민경제적 관점에서의 기금운용방안에 대한 고찰, 보건사회연구 34(2), 005-036
- [19] 정문경 (2012), 국민연금 국내주식 위탁 및 직접운용의 벤치마크 대비 초과 수익에 관한 연구, 대한경영학회지 제 26 권 제 6 호(통권 104 호) pp.1689~1708
- [20] 변진호, 남재우, 이호선 (2011), Copula 를 이용한 국민연금기금의 통합위험에 관한 연구, 대한산업공학회, 산업공학(IE Interfaces) 24(1), 24-39
- [21] 원종현 (2013), 국민연금기금운용 입장에서 본 국민연금 국가지급명문화의 필요성, 복지동향, 7, pp.29-41