

## 사학연금 사망률 전망 방법에 관한 연구\*

우해봉\*\* 백혜연\*\*\* 고경표\*\*\*\* 안형석\*\*\*\*\*

### 〈 초 록 〉

출산율 하락과 기대여명 증가에 따라 인구구조의 고령화가 급격히 진행되고 있다. 이에 따라 소득보장이나 건강보장과 같은 사회보장제도의 장기 재정 불안정과 관련된 사회적 우려가 높다. 여러 세대를 거쳐 사회보장제도를 안정적으로 유지하기 위해서는 제도의 장기적 재정 상태에 대한 정확한 전망이 요청된다. 재정 상태에 대한 정확한 진단은 장기 재정 안정화를 위한 가장 기본적인 전제 조건이며, 정확한 재정 상태에 대한 평가 없이 재정 안정화를 위한 사회적 합의를 도출하는 것은 가능하지 않다. 본 연구는 사학연금의 장기 재정 전망에 필요한 사망률 전망 방법을 검토함으로써 사학연금 장기 재정 전망 작업의 정확성과 신뢰성을 높이고자 하는 목적을 가지고 있다. 보다 구체적으로, 본 연구는 연안인구 및 사망 건수 자료가 제한적인 동시에 단기 시계열 자료만이 존재하는 사학연금 데이터베이스의 특성을 반영한 사망률 전망 모형을 구축하고 있다. 사학연금 남성 사망률 전망과 관련하여 본 연구에서 제안하는 모형은 목표 집단의 사망력 패턴과 밀접히 연관된 준거 집단을 통합적으로 모형화하는 정합적 사망률 모형(coherent mortality model)이다. 반면 관측된 사망 건수가 매우 제한적인 관계로 사학연금 데이터베이스에 기초하여 사망률을 전망하기 쉽지 않은 여성 사망률의 경우 통계청 장래인구추계에서 전망된 성별 사망확률 격차가 사학연금에도 적용될 수 있다는 가정하에 사학연금 여성 사망률을 전망하는 방법을 제안하고 있다.

핵심용어 : 사학연금, 사망률, 예측, 정합적 사망률 모형

\* 본 연구는 사립학교교직원연금공단에서 발주하여 한국보건사회연구원에서 수행한 연구 용역(정책보고서 2017-15)의 일부를 수정 보완한 것임.

\*\* 한국보건사회연구원 연구위원

\*\*\* 한국보건사회연구원 부연구위원

\*\*\*\* 한국보건사회연구원 연구원

\*\*\*\*\* 한국보건사회연구원 연구원

## 제1장 서론

사망률과 출산을 하락에 따른 인구구조의 고령화가 급격히 진행되고 있으며, 이에 따라 국민연금이나 기초연금과 같은 노후소득보장제도의 장기 재정 불안정과 관련된 사회적 우려가 높다. 국민연금이나 기초연금에 비해 제도 도입의 역사가 오래된 공무원연금이나 사학연금과 같은 직역연금의 재정적 지속 가능성과 관련된 우려는 더욱 큰 상황이다. 주지하다시피, 지난 2015년에는 사회적 논란 끝에 공무원연금제도에 대한 개혁이 단행되었으며, 2016년부터는 개정된 공무원연금법이 사학연금법에도 준용되어 시행되고 있다. 그러나 직역연금제도 개혁에도 불구하고 재정 불안정에 대한 우려는 여전히 높은 상황이다. 예컨대, 공무원연금의 경우 2015년 재정 안정화 개혁에도 불구하고 기여율 상향 조정 조치가 마무리되는 2020년 이후 또다시 재정 불안정 문제가 대두될 것으로 전망됨에 따라 장기 재정 안정화와 관련된 보다 근본적인 검토가 요청되고 있는 상황이다.

여러 세대를 아울러 사회복지제도를 안정적으로 유지하기 위해서는 제도의 장기적 재정 상태에 대한 정확한 진단이 요청된다. 재정 상태에 대한 정확한 진단은 장기 재정 안정화를 위한 가장 기본적인 전제 조건이다. 재정 상태에 대한 정확한 진단 없이 재정 안정화를 위한 사회적 합의를 도출하는 것은 가능하지 않다. 사립학교 교직원을 대상으로 하는 사학연금 또한 예외가 아니다. 이러한 차원에서 본 연구는 사학연금의 장기 재정 전망에 필요한 사망률 전망 방법을 검토함으로써 사학연금 장기 재정 전망 작업의 정확성과 신뢰성을 높이는 데 필요한 기초 자료를 제공하고자 하는 목적을 가지고 있다. 보다 구체적으로, 본 연구는 사학연금 가입자(수급자)의 과거 사망력 패턴을 분석하는 한편 연앙인구(mid-year population) 및 사망자 수가 제한적인 동시에 단기 시계열 정보만이 존재하는 사학연금 데이터베이스의 특성을 반영한 사망률 예측 모형을 구축함으로써 사학연금 재정추계를 위한 기초 자료를 산출하고자 하고 있다.

본 논문의 구성과 관련하여 서론에 이어 제2장에서는 사망률 전망과 관련된 최근까지의 방법론적 발전 상황을 간략히 검토한다. 제3장에서는 사망률 전망의 기초 자료가 되는 연앙인구 및 사망 건수 그리고 이에 기초하여 산출된 연령별 사망률의 최근까지의 추세를 살펴본다. 또한 제3장에서는 최근까지 국내 직역연금 분야에서 이루어진 사망률 전망 방법을 간략히 살펴보는 한편

본 연구에서 사용하는 사망률 예측 방법의 주요 내용을 살펴보기로 한다. 다음으로 제4장에서는 본 연구에서 검토한 다양한 사망률 예측 모형을 적용한 결과를 살펴보고, 마지막으로 제5장에서는 본 연구의 주요 분석 결과를 정리한다.

## 제2장 선행 연구 : 사망률 전망과 정합적 사망률 모형(coherent mortality model)

출산력, 사망력, 이동력을 아우른 인구변동 요인 중 사망력(mortality)에 대한 전망은 인구추계 분야 중 최근까지 가장 빠른 진전을 보인 분야에 해당한다. 1990년대 초에 등장한 Lee-Carter(LC) 모형은 통계적 모형에 기초한 사망률 예측 방법론의 발전에 있어서 중요한 분기점이라고 할 수 있다. 사실, 최근까지 이루어진 대부분의 사망률 모형 개선이 Lee-Carter 모형을 수정, 확대, 혹은 일반화하고 있다는 점에서 Lee-Carter 모형은 사망률 전망에 있어서 핵심적인 모형으로 이해할 수 있다. 아래에서는 Lee-Carter 모형(Lee & Carter, 1992)의 기본 구조를 살펴본 후 최근까지의 방법론적 발전 상황들을 간략히 정리해 보기로 한다.

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}$$

위의 모형식에서  $\ln(m_{x,t})$ 는  $t$ 년  $x$ 세 중앙사망률(central death rates)의 자연로그값,  $a_x$ 는 과거 시계열 자료에 기초하여 산출된  $\ln(m_{x,t})$ 의 평균,  $k_t$ 는 시간의 흐름에 따른 (로그)사망률의 개선 속도,  $a_x$ 는 사망률 변화( $k_t$ )에 따른 연령별 사망률(age-specific death rates)의 민감도를 각각 나타낸다. 위 모형식의 오른쪽 부분에서 살펴볼 수 있듯이 Lee-Carter 모형은 추정될 모수와 알려지지 않은 지수( $k_t$ )만이 존재하기에 통상적인 회귀모형을 활용해서 추정할 수는 없다. 이에 대한 대안으로 Lee & Carter(1992, p.661)는  $\sum b_x = 1$  그리고  $\sum k_t = 0$ 의 제약 조건하에 비정칙분해(Singular Value Decomposition: SVD) 방법을 사용하여 최소자승 해(least squares solution)를 도출하고 있다.

보다 구체적으로,  $\sum k_t = 0$ 의 제약 조건하에서  $a_x$ 는 모형 구축에 사용된 과거 연령별 사망률 시계열의 평균에 해당한다. 이에 기초하여 도출된 잔차  $[\ln(m_{x,t}) - a_x]$ 에 비정칙분해(SVD) 방법을 적용하여 후속적으로  $b_x$ 와  $k_t$ 를 추정하게 된다. 시간의 흐름에 따른 사망률의 개선( $k_t$ )과 관련하여 Lee & Carter(1992, p.663)는 모형의 간명성과 직관적인 해석의 용이성 측면에서 다음과 같이 상수항을 지닌 랜덤워크(Random Walk with Drift: RWD) 모형을 통해  $k_t$ 의 향후 추세를 전망하고 있다. 물론 RWD 모형 대신 통상적인 ARIMA 모형의 최적 모형 선택 방법을 사용할 수도 있다.

$$k_t = k_{t-1} + d + e_t$$

위의 모형식에서 상수항  $a$ 는 시간의 흐름에 따른 사망률 개선( $k$ )의 평균적인 변화를 나타내는데, 이는 사망률의 장기 변동 추세를 결정하는 데 있어서 중요한 역할을 하게 된다. 과거, 사망률이 감소 패턴을 보였음을 고려할 때 통상적으로  $a$ 는 음의 값을 가질 것으로 추정할 수 있다. 제3장 방법론(정합적 사망률 모형)에서 보다 자세히 언급하겠지만, 준거 집단(reference population)으로 사용되는 시계열에 따라  $a$ 가 상이한 값을 갖는다는 점에서 목표 집단(target population)의 미래 사망률 변동과 밀접히 연관된 과거 시계열을 준거 집단으로 선정할 필요가 있다. 종합적으로, 시간의 흐름에 따른 선형적인(linear) 사망률 개선( $k$ ) 가정 그리고 이로 인한 모형의 간명성(parsimoniousness)이 사망률 전망 분야에서 Lee-Carter 모형이 가지고 있는 비교 우위의 핵심이라고 할 수 있다.

초기 Lee-Carter(LC) 모형의 등장 이후 다양한 방식으로 LC 모형을 수정, 확대, 혹은 일반화하고자 하는 시도가 이루어졌다.<sup>1</sup> 첫째, Lee-Carter 모형의 대폭적인 수정 대신 모형의 적합도(goodness-of-fit) 향상 등 모형을 부분적으로 수정한 모형으로 Lee-Miller 모형(Lee & Miller, 2001)과 Booth-Maindonald-Smith 모형(Booth, Maindonald, & Smith, 2002)이 있다. 둘째, 사망률 측정 오차 및 불규칙한 패턴 문제를 교정하고자 함수적 자료 분석(Functional Data Analysis: FDA) 패러다임에 기초한 모형들로 Hyndman-Ullah 모형(Hyndman & Ullah, 2007), Robust Hyndman-Ullah 모형(Hyndman & Ullah, 2007), Weighted Hyndman-Ullah 모형(Hyndman & Shang, 2009) 등이 있다. 셋째, 앞에서 살펴본 모형들이 기본적으로 연령(Age)과 시간(Period) 효과만을 고려하고 있는데, 연령과 시간 효과 외에 코호트(Cohort) 효과를 추가적으로 고려하는 모형들로 Renshaw-Haberman 모형(Renshaw & Haberman, 2006), Age-Period-Cohort 모형(Currie, 2006), Cairns-Blake-Dowd 모형(Cairns, Blake, & Dowd, 2006) 등이 있다. 마지막으로, 앞에서 살펴본 단일 집단 모형(single population model)에 기초한 사망률 전망 대신 상호 밀접히 연관된 집단들(multiple population)의 사망률 전개 과정에서 나타나는 연관성(association)을 고려하는 정합적 사망률 모형이 있는데, 정합적 Lee-Carter 모형 혹은 Li-Lee 모형(Li & Lee, 2005), 정합적 FDA 모형(Hyndman, Booth, & Yasmeen, 2013), VECM Lee-Carter 모형(예컨대, Zhou, Wang, Kaufhold, Li & Tan, 2013) 등이 대표적이다.

1. Lee-Carter 모형 이후 사망률 예측 방법론의 발전과 관련된 보다 세부적인 사항들에 대해서는 우혜봉 외(2016)를 참고하기 바란다.

초기 Lee-Carter 모형을 수정 혹은 확대 발전시킨 위의 모형들 중 가장 최근에 등장한 모형 중의 하나가 정합적 사망률 모형(coherent mortality model) 혹은 다중 집단 사망률 모형(multiple population mortality model)이다. 사망률이 정합적(coherent) 관계에 있다는 것은 집단별 사망률이 발산하지 않음을 의미한다. 전통적인 단일 집단 모형을 넘어 다중 집단 모형이 등장하게 된 배경에는 사회경제적으로 밀접히 연관된 인구 집단의 경우 사망력의 전개 과정에 있어서 상당한 수준의 연관성이 존재한다는 점이 지적되고 있다. 사망력에서 다양한 집단을 아우르는 일정한 연관성이 존재할 경우 미래 사망률 예측 과정에서 이러한 연관성을 고려하지 않을 경우 현실에 부합되지 않는 예측 결과로 이어지는 문제가 발생할 수 있다는 것이다.

예를 들어, 표준적인 Lee-Carter 모형처럼 남성과 여성의 사망률을 전망하는 과정에서 남성과 여성 사망률 간 연관성을 고려함 없이 사망률을 예측할 경우 성별 사망률 격차가 발산하는 결과로 이어질 수 있는데, 일반적으로 동일 국가 내에서 성별 사망률 격차가 장기적으로 발산할 개연성이 높지 않다는 점을 고려하면 예측 결과의 현실 적합성은 낮을 수 있다는 것이다. 정합적 사망률 모형의 적용 과정에서 집단은 성별, 국가 내의 지역, 국가군(세계) 내의 국가 등 다양한 방식으로 정의될 수 있다. 참고로, Li-Lee 모형 혹은 정합적(coherent) Lee-Carter 모형은 우리나라 통계청(2011, 2016)의 장래인구추계 사망률 전망에서 활용되고 있다.

## 제3장 자료 및 방법

### 1. 자료

국민연금에 비해 사학연금 장기 재정 전망에서는 사망률(기대여명)을 별도로 전망할 필요성이 상대적으로 크다고 할 수 있다. 기본적으로 우리나라 전체 국민의 상당 부분을 포괄하는 국민연금의 경우 통계청 장래인구추계상의 사망률(기대여명) 전망치를 그대로 사용하더라도 큰 문제는 없다고 할 수 있지만,<sup>2</sup> 사학연금의 경우 가입자(수급자)의 사회경제적 특성(예컨대, 교육수준)이 전체 국민과는 매우 상이하다는 점에서 통계청 장래인구추계상의 사망률 전망치를 그대로 사용하기에는 한계가 있다. 만일 사학연금 장기 재정 전망에 통계청 장래인구추계상의 사망률 전망치를 그대로 사용할 경우 실제보다 낙관적인 재정 전망으로 이어질 개연성이 높은 것으로 판단된다.

사망률 전망과 관련하여 본 절에서는 사학연금 가입자(수급자)의 사망률 전망에 사용되는 기초 자료를 소개하기로 한다. 사망 관련 정보는 사립학교교직원연금공단이 수집 및 관리하고 있는 사학연금 데이터베이스에 기초하고 있다. 사학연금이 1975년에 도입되었음에도 불구하고 활용 가능한 자료는 현재까지도 상당히 제한적인데, 1988년 도입된 국민연금에 비해서도 자료의 활용 가능성은 낮은 상황이라고 할 수 있다. 특히, 활용 가능한 시계열이 단기간인 문제와 함께 국민연금에 비해 가입자 규모가 매우 작다는 점에서 사망률 전망을 위한 충분한 사례 수의 확보 또한 쉽지 않은 상황이다.

사학연금 사망률 전망을 위해 현 시점에서 활용 가능한 자료는 1999~2016년 기간에 걸친 연앙인구와 사망 건수 자료이다. 자료상의 제약을 고려하여 본 연구에서는 각 세별 사망률 자료 대신 5세 단위의 자료를 구축하여 사용하기로 한다. 연앙인구 자료는 연령별 사망률(age-specific death rates) 산출을 위한 분모로 사용되는데, 80세 이상 연령 구간의 관측 건수가

2. 물론 국민연금이 기여에 기초하여 급여를 지급하는 사회보험방식 사회보장제도라는 점에서 전업주부와 같은 비경제활동인구는 의무적인 가입 대상에서 제외된다. 그러나 이들 또한 잠재적으로 국민연금의 유족연금 지급 대상으로 볼 수 있다.

상당히 제한적이며, 특히 90세 이상 구간의 경우 최근에는 비로소 관측되기 시작하고 있다. 또한 가입자(교직원)의 상당수가 대학 졸업 후에 최초 제도에 진입한다는 점에서 20대 이전 연령대의 관측 건수 또한 상대적으로 많지 않은 상황이다.<sup>3</sup>

다음으로, 1999~2016년의 기간에 걸쳐 5세 구간별로 분류하더라도 가입자(수급자) 규모가 제한적인 사학연금의 특성상 사망 건수는 많지 않다. 특히 <표 1>에서 볼 수 있듯이 여성의 경우, 각 세 대신, 5세 단위로 구분하더라도 1999~2016년 기간에 걸쳐 10건 이상의 사례가 관측된 칸(cell)이 많지 않음을 살펴볼 수 있다. 앞에서 언급한 연앙인구와 유사하게 사망 건수 자료의 경우에도 90세 이상 구간에서 사례가 관측되지 않는 경우가 많음을 살펴볼 수 있다. 현 사학연금 데이터베이스상의 자료 축적 현황을 고려할 때 여성의 경우 연앙인구와 사망 건수에 기초하여 과거 사망률 시계열을 산출하고 이에 기초하여 미래 사망률을 전망하는 방식은 검토 가능한 선택지는 아닌 것으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 여성 사망률의 경우 남성과 달리 통상적인 사망률 전망 방식 대신 별도의 접근을 검토하기로 한다(후술).

남성의 경우 여성에 비해 연앙인구나 사망 건수가 상대적으로 많이 관측되지만, 남성 또한 자료상의 제약이 작지 않다. 사학연금 가입자(수급자)의 과거 사망률 패턴을 보다 충실하게 반영하기 위해 본 연구는 사학연금 데이터베이스에서 산출된 사망률( $m_x$ )에 기초하여 미래 사망률을 전망하기로 한다. 대신 사학연금 데이터베이스가 지닌 자료상의 한계를 보완할 수 있는 방식으로 사망률 전망 모형을 구축하기로 한다. 이러한 점을 염두에 두고 아래에서는 남성을 중심으로 사학연금 가입자(수급자)의 사망률 자료 구축 방식을 논의하기로 한다.

사학연금 남성 사망률 자료의 구축과 관련하여, 우선, 20세 미만 연령대의 가입자(연앙인구) 및 사망 건수가 극히 제한적임을 고려하여 사학연금 남성 사망률은 1999~2016년 기간에 걸쳐 20세 이상에 한정하여 산출하기로 한다. 다만, 앞에서도 언급했듯이, 사학연금 데이터베이스의 경우 초고령기 사망률 정보가 매우 제한적으로만 제공되는 한계가 있다. 이에 따라 초고령기 사망률에 대한 특별한 고려 없이 관측된 사망률 정보에 기초하여 미래 사망률을 전망할 경우 현실 적합성이 낮은 사망률 예측치로 이어질 개연성 또한 없지 않다는 점에서 추가적인 고려가 필요하다.

3. 참고로, 자료상의 제약으로 인해 본 연구에서는 교원과 직원을 구분함 없이 통합적으로 사망 건수와 연앙인구를 산출하기로 한다.

〈표 1〉 사학연금 가입자(수급자) 여성의 연령계층별 사망자 수: 1999~2016년

(단위: 명)

연령	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
20-24	2	1	1	0	2	0	1	0	1
25-29	6	5	3	4	7	4	3	7	6
30-34	2	3	0	5	2	4	1	1	2
35-39	5	2	3	1	5	5	6	3	2
40-44	4	1	3	5	1	5	6	1	7
45-49	3	0	2	7	3	7	5	8	6
50-54	1	3	2	4	4	1	6	6	6
55-59	4	4	3	1	2	2	3	5	3
60-64	1	0	1	3	2	1	3	3	4
65-69	1	0	1	3	4	2	2	1	0
70-74	1	0	1	0	1	1	0	2	2
75-79	3	1	1	0	0	2	0	2	2
80-84	0	0	0	2	0	2	0	0	0
85-89	0	0	0	0	0	0	1	0	0
90-94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
연령	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
20-24	3	1	3	2	0	0	2	2	2
25-29	1	2	2	2	3	0	3	2	1
30-34	3	4	7	2	2	9	0	2	0
35-39	3	4	2	2	4	1	3	4	5
40-44	15	3	4	2	2	5	6	5	4
45-49	4	4	7	3	3	11	4	10	9
50-54	5	4	5	8	9	4	8	14	9
55-59	5	4	8	6	2	7	7	9	7
60-64	1	6	4	2	6	3	4	6	12
65-69	3	1	5	3	2	5	2	4	2
70-74	3	2	1	2	8	3	6	8	3
75-79	2	0	0	1	2	2	4	6	8
80-84	1	1	2	3	2	0	3	4	2
85-89	0	0	0	1	1	0	1	3	1
90-94	0	1	0	2	0	1	0	1	1
95-99	0	0	0	0	0	0	0	2	0
100+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

자료: 사학연금 데이터베이스

사학연금 가입자(수급자)의 초고령기 사망률과 관련하여 기본적으로 본 연구에서는 특정 연령 이상에서는 사학연금 가입자(수급자)와 전체 국민(통계청 생명표) 간 사망률 격차가 없는 것으로 가정한다. 보다 구체적으로, 본 연구에서는 90세 이상의 남성 사망률을 통계청(2016)의 남성

사망률로 대체하거나 대체한 후 평활화(smoothing)하는 방식을 고려한다. 이러한 접근은 코호트 생명표 산출과 관련하여 기존 연구들(우해봉, 한정립, 2016; Waldron, 2007)에서도 사용된 방법이다. 본 연구의 분석 대상인 사학연금 가입자(수급자) 집단의 경우 일반 국민들에 비해 상대적으로 높은 사회경제적 지위(예컨대, 교육수준)를 보유하고 있다는 점에서 본 연구에서 사용하는 접근은 다른 한편으로 초고령기에는 사회계층별 사망률 격차가 감소하는 경향이 있다는 논의와도 일맥상통하는 측면이 있다. 사망률 자료 구축과 관련하여 위의 방법을 기본 모형으로 설정하고 있지만, 본 연구에서는 민감도 분석 차원에서 다른 대안적인 방식으로 구축된 사망률 자료 또한 추가적으로 검토하기로 한다.

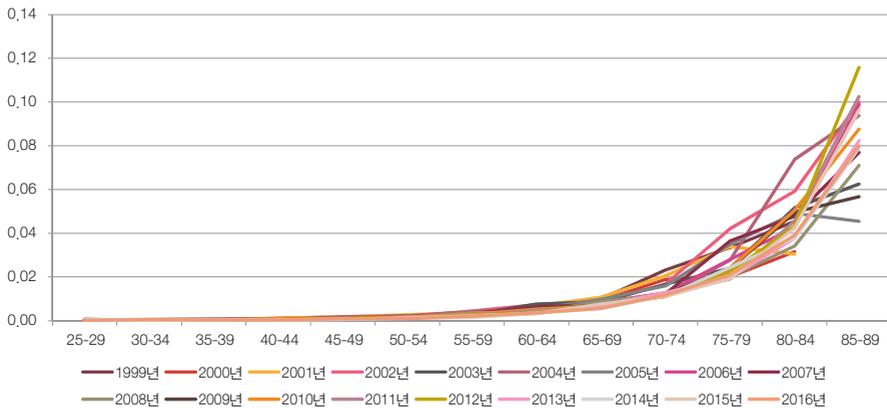
보다 구체적으로, 본 연구에서는 아래의 세 가지 방법으로 20~100세(+)에 걸친 5세별 사망률 자료를 각 세별 사망률( $m_{x,t}$ ) 자료로 전환한 후 Li-Lee 모형을 사용하여 미래 사망률을 전망하기로 한다. 첫 번째 방법은 저연령과 고연령 구간을 결측치로 처리한 후 각 세별로 평활화하여 보정하는 방식이다.<sup>4</sup> 여기에서 저연령 구간은 20~24세와 25~29세 그리고 고연령 구간은 85~89세, 90~94세, 95~99세, 100세 이상을 지칭한다. 또한 통상적으로 고연령층으로 갈수록 로그사망률이 증가하는 추세를 보이는데, 이러한 추세에 반하는 패턴을 보이는 2014년 30~34세, 2015년 80~84세, 2016년 30~34세의 사망률 또한 추가적으로 결측치로 처리한 후 평활화 방식을 통해 보정하였다. 두 번째 방법은 40~79세 연령 구간에서는 40~44세, 45~49세, ..., 75~79세의 5세별 사망률에 기초하여 각 세별로 평활화 작업을 진행하며(첫 번째 방법과 동일), 40세 미만과 80세 이상 연령대의 사망률에 대해서는 Gompertz 보외(extrapolation) 방법을 이용하여 연령별 사망률을 보정하였다. 마지막으로, 세 번째 방법은 첫 번째 방법으로 도출된 각 세별 사망률 자료를 사용하되 90세 이상 초고령기 사망률은 통계청 남성 사망률 자료로 단순 대체 혹은 대체 후 추가적으로 평활화 작업을 진행하는 방법이다. 앞서서도 언급했듯이, 이는 90세 이상 초고령기에는 사학연금 남성 사망률과 전체 국민을 대상으로 하는 통계청 남성 사망률 간 수렴 현상이 발생함을 가정하는 것인데 본 연구에서는 이에 기초한 전망을 기본 모형으로 하고 있다.

위에서는 본 연구에서 사망률 전망을 위한 과거 시계열 자료 구축 방법을 설명하였는데, 아래에서는 1999~2016년에 걸친 사망률 시계열 자료를 간략히 검토하는 한편 이에 기초하여 산출된 사학연금 가입자(수급자) 생명표와 통계청 생명표를 비교해 보기로 한다. 다만, 사학연금 자료에

4. 보다 구체적으로, 본 연구에서 사용된 평활화 방법은 Wood(1994)의 방식에 기초하여 단조 제약을 부과하는 가중 벌점화 회귀 평활화(Weighted penalized regression splines with a monotonicity constraint) 방법이다(Hyndman, et al., 2014, p.40). 참고로, 본 연구에서는 사망률 자료의 평활화 및 사망률 모형 전망 과정에서 통계 패키지 R을 사용하였다(R Core Team, 2017).

기초한 생명표는 연도별로 관측된 사망 건수가 제한적이라는 점에서 2012~2016년의 5년에 걸친 통합 생명표를 작성한다. 비록 사학연금 데이터베이스가 지닌 자료상의 제약에도 불구하고, 통계청 생명표와의 비교 작업은 사학연금 가입자(수급자)와 일반 국민 간에 존재하는 사망률(기대여명) 격차와 관련된 정보를 제공하는 한편 미래 사망률 전망에서 두 집단 간에 존재하는 사망률 격차 전망치가 수용 가능한 수준인가를 검토하는 측면에서도 유용하다고 할 수 있다. 우선, 아래의 <그림 1>은 사학연금 데이터베이스에 기초하여 산출된 연도별 및 연령별 사망률의 패턴을 보여 주고 있다(사망 건수 미관측 시 결측 처리). 전반적으로 60세 이후의 연령 구간에서 사망률이 상승하는 패턴이 관측된다. 전반적으로 시간의 경과에 따라 사망률이 감소하는 패턴이 관측되지만, 동시에 불규칙한 사망률 패턴 또한 관측된다. 본 연구에서 사학연금 데이터베이스에서 관측된 원래의 사망률을 그대로 사용하는 대신 일련의 평활화 작업을 진행하는 것은 이와 관련된다 할 수 있다.

<그림 1> 사학연금 가입자(수급자) 남성의 연령계층별 사망률( ${}_5m_x$ ): 1999~2016년



자료 : 사학연금 데이터베이스에 기초하여 작성

다음으로, <표 2>는 2012~2016년에 걸친 사망자와 연앙인구(2014년)에 기초하여 작성한 사학연금 남성 생명표와 2012~2016년의 중간 지점이라고 할 수 있는 통계청의 2014년 남성 생명표를 비교한 것이다. 전반적으로 사학연금 남성 생명표와 통계청 남성 생명표 간 사망확률(기대여명)에서 상당히 큰 격차가 존재함을 살펴볼 수 있다. 예컨대, 사학연금의 2012~2016년 통합 남성 생명표와 통계청의 2014년 남성 생명표를 비교해 보면 40대 전반 연령 구간까지 기대여명 격차가 7년 이상으로 나타나고 있다.

〈표 2〉 사학연금(2012년~2016년 통합)과 통계청(2014년) 생명표

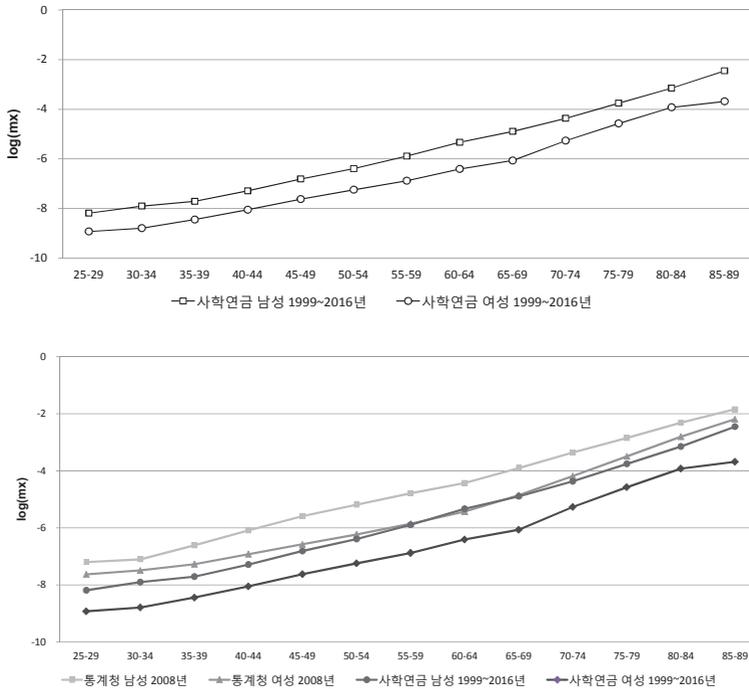
연령	기대여명			사망확률		
	사학연금 2012년~2016년 (a)	통계청 2014년 (b)	(a)-(b)	사학연금 2012년~2016년 (A)	통계청 2014년 (B)	(A)-(B)
20-24	66.5	59.0	7.5	0.00000	0.00218	-0.00218
25-29	61.5	54.2	7.3	0.00090	0.00294	-0.00204
30-34	56.5	49.3	7.2	0.00186	0.00399	-0.00213
35-39	51.6	44.5	7.1	0.00182	0.00560	-0.00378
40-44	46.7	39.7	7.0	0.00249	0.00872	-0.00623
45-49	41.8	35.1	6.7	0.00389	0.01440	-0.01051
50-54	37.0	30.5	6.5	0.00649	0.02287	-0.01638
55-59	32.2	26.2	6.0	0.01057	0.03246	-0.02189
60-64	27.5	22.0	5.5	0.01762	0.04687	-0.02925
65-69	23.0	17.9	5.1	0.03266	0.07037	-0.03771
70-74	18.7	14.1	4.6	0.05671	0.12271	-0.06600
75-79	14.6	10.7	3.9	0.10115	0.21165	-0.11050
80-84	11.0	7.8	3.2	0.18216	0.34488	-0.16272
85-89	7.9	5.6	2.3	0.36598	0.51179	-0.14581
90-94	5.9	4.0	1.9	0.46206	0.68487	-0.22281
95-99	3.7	2.8	0.9	0.66288	0.83028	-0.16740
100+	1.0	2.1	-1.1	1.00000	1.00000	0.00000

자료 : 사학연금 데이터베이스(2012~2016년)의 사망자 수와 연안연구에 기초하여 산출함.

마지막으로, 〈그림 2〉는 25~89세 연령 구간에 걸쳐 사학연금 가입자(수급자)의 (로그) 사망률에서 관측되는 성별 격차와 이를 통계청 생명표상의 성별 사망률 격차와 비교한 결과를 보여 주고 있다. 앞서서도 언급했듯이, 사학연금의 경우 여성 사망 건수가 매우 제한적이라는 점에서 〈그림 2〉에서는 연도별 (로그)사망률을 산출하는 대신 1999~2016년에 걸친 사망력 패턴을 통합하였다. 〈그림 2〉의 좌측에서 살펴볼 수 있듯이, 25~89세 연령 구간에 걸쳐 사학연금 남성과 여성 간 (로그)사망률 격차가 뚜렷하게 존재함을 살펴볼 수 있다. 〈그림 2〉의 오른쪽에는 1999~2016년에 걸친 사학연금 남성과 여성의 (로그)사망률과 함께 통계청의 2008년 생명표상의 사망률을 함께 보여 주고 있다. 성별을 통제할 경우 전체 국민에 비해 사학연금 가입자(수급자)의 (로그)사망률이 뚜렷하게 낮은 패턴을 살펴볼 수 있다. 사학연금에 비해 통계청 생명표상의 성별 사망률 격차가 저연령층과 고연령층에서 상대적으로 작은 수준이지만, 전반적으로 통계청과 사학연금 사망률에서 관측되는 성별 격차 패턴은 유사한 측면 또한 공유하고 있음을 살펴볼 수 있다. 자료상의 제약으로 인해 본 연구에서는 사학연금 여성 사망률을 직접 전망하는 대신 전체 국민을 아우르는 통계청 장래연구추계상의 성별 사망률 격차가 사학연금의 경우에도 동일하게

관측된다는 가정을 사용하고 있는데, <그림 2>는 본 연구에서 사용하는 이러한 가정이 과도히 비현실적인 것은 아님을 시사하고 있다.

<그림 2> 사학연금 가입자(수급자)의 (로그)사망률 성별 격차



자료 : 통계청 통계포털(<http://kosis.kr/>) 및 사학연금 데이터베이스에 기초하여 작성

## 2. 분석 방법

사망률 전망과 관련하여 앞에서는 자료 구축 과정에 대해서 설명하였는데, 본 절에서는 사학연금 사망률 전망 방법에 대해서 살펴보기로 한다. 현재까지 사학연금이나 공무원연금과 같은 특수직역연금 가입자 혹은 수급자를 대상으로 하여 사망률을 전망한 연구로는 이항석 외(2016) 및 이태석 외(2016)의 연구가 있다. 이항석 외(2016)의 연구는 사학연금 자료에 Lee-Carter 모형, 유족연금 자료를 추가한 Lee-Carter 모형 및 Li-Lee 모형의 적용 가능성을 검토하였다. 이들 연구에서 Li-Lee 모형은 사학연금 내의 남성과 여성 사망률 간의 연관성을 고려하는 모형이다. 또한

여성 사망률의 경우 사학연금 자료에 Lee-Carter 모형을 적용하여 산출한 남성 사망률에 통계청 사망률에서 관측되는 성별 비율을 적용하여 산출하는 방안을 검토하고 있다. 이태석 외(2016)의 연구에서는 공무원연금 가입자(수급자)를 대상으로 하여 별도의 통계적 예측 모형을 구축하는 대신 통계청 장래인구추계 생명표상의 연령별 사망률에 공무원연금 수급자의 사망률 특성을 반영하는 연령별 요인함수를 적용하여 공무원연금 사망률을 산출하고 있다. 기본적으로, 이들 연구들의 경우 사학연금이나 공무원연금과 같은 특수직역연금 자료를 유일한 자료원으로 한 사망력 전망이 쉽지 않음을 시사하고 있다. 특히, 관측된 사망 건수가 적은 한편 시계열이 단기간에 불과한 특수직역연금 자료상의 한계를 고려한 사망력 예측 방법에 대한 검토가 필요함을 시사한다고 할 수 있다.

앞에서 살펴보았듯이, 현재까지 사학연금공단에서 구축하고 있는 사망력 자료(1999년~2016년)의 경우 여성의 관측 사망 건수는 770건 정도에 불과하다. 여성의 경우 현재까지 발생한 사망 건수에 기초하여 사망률( $m_x$ ) 자료를 구축하고 이를 통해 미래 사망률을 전망하기에는 한계가 큰 것으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 여성의 경우 별도의 사망률 전망 모형을 구축하여 사망률을 전망하는 대신 남성 사망률 모형에서 도출된 결과를 활용하는 간접적인 방식을 사용하기로 한다. 보다 구체적으로, 일정한 수준의 사망 건수가 관측된 남성 사망률( $m_x$ ) 자료에 기초하여 미래 사망률을 전망한 후 통계청의 장래인구추계에서 전망된 남성과 여성 간의 상대적 사망확률 비율을 적용하여 최종적으로 여성의 사망률(기대여명)을 전망하기로 한다.

앞의 선행 연구 부분에서 언급했듯이, 사학연금 남성 사망률을 전망하기 위해 본 연구는 다중 집단 사망률 모형(multiple population mortality model) 혹은 정합적 사망률 모형(coherent mortality model)을 사용한다. 2016년 장래인구추계에서 통계청(2016)이 사용한 Li-Lee 모형(Li & Lee, 2005)이 정합적 사망률 모형의 대표적인 예라고 할 수 있다. 정합적 사망률 모형이 사용되는 배경에는 사망률에서 밀접한 연관성이 존재하는 집단들의 경우 미래 사망률 전개가 정합적인(coherent) 관계를 보일 개연성이 높다는 것이다. 다시 말하면, 단기적인 변동에도 불구하고 밀접히 연관된 집단들의 경우 사망률이 장기적으로 발산하지 않고 일정한 관계를 형성한다는 것이다. 보다 구체적으로, 본 연구에서 사용하는 모형은 다음과 같은 정합적 Lee-Carter 모형 혹은 Li-Lee 모형이다(Li & Lee, 2005).

$$\ln(m_{x,t,i}) = a_{x,i} + B_x K_t + b_{x,i} k_{t,i} + \epsilon_{x,t,i}$$

위 모형식에서  $B_x K_t$ 는 준거 집단(reference population)의 사망률 패턴,  $b_{x,i} k_{t,i}$ 는 사망률 예측

대상인 목표 집단(target population)  $i$ 에 적용되는 사망률 패턴을 나타낸다. 준거 집단의 사망률 패턴을 설명하는  $B_x K_t$ 는 장기적으로 목표 집단 사망률이 준거 집단 사망률로부터 발산하지 않도록 조정하는 역할을 하며,  $b_{x,i}, k_{t,i}$ 는 이러한 장기 추세에서 벗어난 목표 집단의 단기적 사망률 변동을 설명하는 요인이다. 남성과 여성 사망률을 전망할 경우 통상적으로 남성과 여성을 아우른 전체 인구가 준거 집단으로 사용되는 것이 일반적이다. 이러한 측면에서 준거 집단과 목표 집단은 전체 집단과 이를 구성하는 하위 집단의 관계에 있다고 볼 수도 있다. 세부적인 Li-Lee 모형의 추정치는 기본 Lee-Carter 모형을 두 단계에 걸쳐 적용하는 방식인데, 우선, 첫 번째 단계에서는 아래와 같이 준거 집단을 대상으로 하여 Lee-Carter 모형을 추정하는 과정을 거친다.

$$\ln(M_{x,t}) = A_x + B_x K_t + E_{x,t}$$

Li-Lee 모형의 두 번째 단계에서는, 첫 번째 단계에서 추정된 공통 요인( $\hat{B}_x \hat{K}_t$ )을 활용하여 산출된 잔차( $\ln(m_{x,t,i}) - a_{x,i} - \hat{B}_x \hat{K}_t$ )에 첫 번째 단계와 마찬가지로 비정칙분해(SVD) 방법을 적용하여 목표 집단별  $b_{x,i}$ 와  $k_{t,i}$ 를 추정하는 단계이다. 이렇게 첫 번째 단계와 두 번째 단계를 통해 도출된 값들을 활용하여 최종적으로 앞에서 설명한 Li-Lee 모형의 추정치를 도출하게 된다. 본 연구에서 사용하는 Li-Lee 모형에서 준거 집단은 통계청의 남성 사망률( $m_x$ ) 자료 그리고 목표 집단은 사학연금 남성 사망률( $m_x$ ) 자료를 통해 표상된다. 사학연금 가입자(수급자) 남성 또한 우리나라 전체 남성의 하위 집단이라는 측면에서 볼 때 Li-Lee 모형은 자료상의 제약이 큰 사학연금 사망률 전망에서 매우 유용한 모형이라고 할 수 있다. 물론 본 연구에서 집단 간의 관계를 고려한 모형으로 Li-Lee 모형만을 고려하지만, 집단 간 사망률이 장기적으로 발산하지 않고 일정한 관계를 유지하는 다른 모형 또한 충분히 검토 가능할 것이다.

구체적인 Li-Lee 모형의 추정과 관련하여 통계청의 남성 사망률 자료는 1970~2016년 자료를 사용하는데, 통계청이 발간하는 생명표상의 사망확률( $q_x$ )에 기초하여 사망률( $m_x$ ) 자료를 산출하였으며,<sup>5</sup> 사학연금 남성 사망률 자료는 사학연금 데이터베이스에 기초하여 산출된 1999~2016년의 사망률 자료가 사용되었다. 참고로, 본 연구에서는 사학연금 사망률 자료의 한계를 보완하기 위하여 보다 안정적인 시계열이라고 할 수 있는 통계청의 사망률 자료를 활용하고 있는데, 준거 집단의 사망률 시계열 또한 다양한 방식으로 모형에 활용될 수 있다. 예컨대, 사학연금 시계열 자료가 1999~2016년 자료에 한정된다는 점에서 통계청의 사망률 시계열 자료 또한 이에 상응하는

5. 다만, 현재까지 자료가 활용 가능하지 않은 2016년 통계청 사망률 자료(생명표)는 장래인구추계상의 전망치를 사용하였다.

기간을 사용하는 방법 또한 고려할 수 있다. 그러나 우리나라 통계청의 경우 사망률 전망에서 지속적으로 1970년 이후의 전체 시계열 자료를 사용하는 모습을 보이고 있다. 본 연구에서는 통계청 장래인구추계와의 조응성 확보 차원에서 1970~2016년의 장기 사망률 자료를 활용하여 Li-Lee 모형을 구축하기로 한다. 참고로, 1970~2016년 기간에 걸친 우리나라의 사망률 개선 추이를 보면 전체 기간에 걸쳐 일정한 속도를 보이지는 않는다. 다음 장의 분석 결과 부분에서 구체적으로 제시하겠지만, 사학연금 사망률 시계열과 동일한 1999~2016년 기간의 통계청 남성 사망률 시계열을 사용할 경우 기대여명이 상대적으로 높게 전망되는 모습을 살펴볼 수 있다.

본 연구에서 사용한 접근과 관련하여 최근 van Baal 외(2016)는 정합적 사망률 모형에서 준거 집단과 목표 집단의 시계열이 상이한 사례를 분석한 바 있다. 네덜란드 65세 이상 노인층을 대상으로 한 이들의 연구는 교육수준별 기대여명 격차를 전망하고 있다. 네덜란드의 경우 1973~2012년 기간에 걸쳐 전체 및 성별 사망률 자료가 활용 가능함에 비해 교육수준별 사망률 자료는 1996~2012년의 단기 시계열 자료만 존재하는 한편 자료의 질적 수준 또한 상대적으로 낮은 것으로 평가되는데 이들은 Li-Lee 모형을 통해 단기간에 불과한 교육수준별 사망률 시계열 및 시계열의 질적 문제를 효과적으로 해결할 수 있음을 보여 주고 있다

## 제4장 분석 결과

본 장에서는 제3장에서 설명한 세 가지 방식으로 평활화한 자료를 기초로 전망된 사학연금 남성 사망률 전망 결과 및 이를 기초로 간접적인 방식으로 진행된 여성 사망률 전망 결과를 살펴보기로 한다. 앞서도 언급했듯이, 본 연구에서는 90세 이상의 연령 구간에 대해 통계청의 남성 사망률로 단순 대체 혹은 대체 후 평활화하는 방식을 기본 모형으로 설정하고 있다. <표 3>은 다양한 사망률 자료 구축 방법에 따른 사학연금 남성 기대여명 전망치와 함께 통계청(2016) 장래인구추계상의 사망률 전망치에 기초하여 본 연구에서 작성한 기대여명 전망치를 보여 주고 있다. 분석 대상 모형이 많을 뿐만 아니라 2100년까지의 장기간을 전망한다는 점에서 2020년에서 2100년까지 20년 단위 그리고 40세부터 100세까지 10세 단위의 결과만을 제시하기로 한다.

<표 3>에서 제시된 첫 번째(a) 및 두 번째(b) 기대여명 전망치는 저연령과 고연령 구간의 사망률을 결측치로 처리한 후 평활화하는 한편 90세 이상 초고령기의 사망률을 통계청 남성 사망률로 단순 대체하거나(단순 대체; b) 혹은 대체 후 추가적으로 평활화하는(대체+평활; a) 방식으로 사망률 자료를 구축한 모형에 기초하고 있다. 이들 모형에서는 90세 이상 초고령기의 사망률을 통계청 남성 사망률 자료로 보정한 후 1999~2016년에 걸친 사학연금 남성 사망률 시계열과 1970~2016년에 걸친 통계청 남성 사망률 시계열에 기초하여 Li-Lee 모형을 적용하였다. 세 번째 모형(c)은 동일하게 저연령과 고연령 구간 사망률을 결측 처리하고 평활화 보정을 한 자료에 통계청 1970~2016년 남성 사망률 자료를 이용하여 Li-Lee 모형을 적용한 결과이다. 앞의 두 방법과 세 번째 방법과의 차이는 세 번째 방법에서는 90세 이상 초고령기 사망률에 대한 특별한 보정 절차 없이 평활화된 사학연금 사망률 자료를 그대로 사용하고 있다는 점이다.

<표 3>의 네 번째 모형(d)은 40~79세 연령 구간의 사망률을 평활화하는 한편 40세 미만과 80세 이상 연령 구간에 대해 Gompertz 모형을 사용하여 보외 작업을 한 사망률 자료와 통계청 1970~2016년 남성 사망률 자료를 이용하여 Li-Lee 모형을 추정한 결과이다. 네 번째 모형 또한 세 번째 모형과 마찬가지로 90세 이상 연령 구간의 사망률에 대해서 특별한 보정 절차가 사용되지 않았다. 다섯 번째 모형(e)은 저연령과 고연령 구간을 결측 처리한 후 평활화한 자료에 통계청의 장기 시계열(1970~2016년) 대신 사학연금 사망률 시계열에 상응하는 단기 시계열(1999~2016년)

자료를 이용하여 Li-Lee 모형을 추정한 결과이다. 마지막으로, 여섯 번째 모형(f)은 저연령과 고연령 구간 사망률을 결측 처리하고 평활화 보정을 한 자료에, Li-Lee 모형 대신, 표준적인 Lee-Carter 모형을 적용한 결과이다.

본 연구의 경우 기대여명 전망 결과의 비교 차원에서 1999~2016년 사학연금 남성 사망률 자료에 표준적인 Lee-Carter 모형(f)을 적용한 전망치를 수록하고 있지만, 현 사학연금 자료의 경우 여성은 물론 남성의 경우에도 표준적인 Lee-Carter 모형을 적용하여 현실 적합성이 있는 전망 결과를 산출하기는 쉽지 않다. 사학연금 여성 사망률 자료의 제약을 고려할 때, 본 연구와 같이 통계청 사망률 자료를 사용하는 대신, 사학연금 단일 자료원에 기초하여 남성과 여성을 아우르는 통상적인 방식의 Li-Lee 모형 또한 현실 적합성이 높지 않은 것으로 판단된다. 결국 현재까지 활용 가능한 자료를 고려할 때 수용 가능한 접근은 사학연금 사망률 자료와 함께 우리나라 전체의 사망률 패턴을 동시에 고려함으로써 사학연금 사망률 추세가 우리나라 전체 사망률 추세로부터 비현실적으로 이탈하는 문제를 제어하는 방식이라고 할 수 있다.

사학연금 남성 사망률과 함께 통계청 남성 사망률을 동시에 고려한 방식 또한 모형에 따라 다소간 차이가 관측된다. 통계청의 남성 기대여명 전망치와 비교할 때 사학연금 남성의 기대여명이 높게 전망되는 점은 동일하다. 표준적인 Lee-Carter 모형에 기초한 전망 결과(f)를 제외할 때, 통계청 남성 사망률 시계열을 활용하되 1999~2016년에 걸친 단기 시계열을 활용한 모형(e)에 기초한 기대여명 전망치가 가장 높게 나타나는 모습을 살펴볼 수 있다. 통계청의 단기 시계열을 사용한 모형이 보여 주는 이러한 전망 결과는 우리나라 남성 사망률 개선 속도가 1970년 이후 동일한 추세로 개선되는 것은 아님을 시사하고 있다.

〈표 3〉 사망률 전망 모형별 사학연금 남성 기대여명 전망치

(단위: 년)

연령	연도	사학연금						Lee-Carter 모형 (f)	통계청 (2016년)
		Li-Lee 모형							
		장기 준거				단기 준거			
		초고령기(90+) $m_x$ 조정		초고령기(90+) $m_x$ 비조정					
		대체+평할 (a)	단순 대체 (b)	평할 (c)	Gompertz (d)	평할 (e)			
40세	2020년	47.38	47.41	48.82	49.22	49.63	50.16	41.27	
	2040년	49.95	50.00	51.86	52.24	53.69	59.68	45.08	
	2060년	51.91	51.95	54.24	54.59	56.66	80.25	47.95	
	2080년	53.46	53.50	56.17	56.49	59.00	129.31	50.09	
	2100년	54.75	54.79	57.80	58.10	61.02	248.05	51.79	
50세	2020년	37.60	37.64	39.05	39.44	39.84	40.40	31.94	
	2040년	40.07	40.11	41.98	42.35	43.78	49.81	35.45	
	2060년	41.97	42.01	44.30	44.65	46.69	70.33	38.14	
	2080년	43.49	43.54	46.20	46.52	49.02	119.37	40.20	
	2100년	44.76	44.80	47.82	48.12	51.02	238.10	41.84	
60세	2020년	28.07	28.11	29.55	29.94	30.33	30.96	23.14	
	2040년	30.32	30.36	32.25	32.62	34.01	40.18	26.12	
	2060년	32.10	32.15	34.44	34.79	36.80	60.61	28.51	
	2080년	33.56	33.61	36.28	36.60	39.06	109.63	30.40	
	2100년	34.80	34.84	37.86	38.16	41.04	228.39	31.95	
70세	2020년	19.00	19.04	20.54	20.95	21.24	22.21	15.00	
	2040년	20.84	20.88	22.80	23.19	24.39	31.20	17.21	
	2060년	22.38	22.43	24.75	25.10	26.95	51.59	19.13	
	2080년	23.71	23.76	26.44	26.77	29.12	100.75	20.75	
	2100년	24.88	24.92	27.94	28.24	31.07	219.84	22.15	
80세	2020년	10.92	10.97	12.69	13.06	13.24	14.94	8.36	
	2040년	12.10	12.15	14.24	14.59	15.47	23.99	9.63	
	2060년	13.20	13.25	15.69	16.02	17.52	44.95	10.84	
	2080년	14.24	14.28	17.05	17.36	19.42	95.43	11.94	
	2100년	15.22	15.26	18.34	18.63	21.22	216.96	12.96	
90세	2020년	4.24	4.11	6.91	7.11	7.34	9.65	4.22	
	2040년	4.80	4.69	7.67	7.87	8.52	18.91	4.67	
	2060년	5.39	5.29	8.46	8.66	9.75	40.80	5.13	
	2080년	6.00	5.91	9.27	9.47	11.04	93.05	5.57	
	2100년	6.63	6.55	10.11	10.31	12.39	217.38	6.00	
100세	2020년	2.15	2.10	4.03	4.06	4.38	7.00	1.64	
	2040년	2.35	2.30	4.40	4.44	4.97	16.53	1.77	
	2060년	2.58	2.51	4.82	4.86	5.64	39.03	1.91	
	2080년	2.82	2.75	5.27	5.31	6.41	92.14	1.95	
	2100년	3.08	3.01	5.76	5.81	7.27	217.53	1.95	

주: 통계청 기대여명은 통계청(2016) 장래인구추계 사망률 자료를 기초로 산출한 것임.

사학연금 사망률 구축 과정에서 초고령기 사망률에 대한 특별한 보정 절차를 거치지 않은 모형(c, d, e)에 기초한 기대여명 전망치가 90세 이상 초고령기 사망률을 통계청 사망률로 보정한 모형(a, b)에 비해 다소 높은 모습을 살펴볼 수 있다. 90세 이상 사학연금 사망률을 통계청 사망률로 보정한 모형들의 경우 단순 대체나 대체 후 평활화한 방식 간 차이는 전반적으로 미미한 수준임을 살펴볼 수 있다. 본 연구에서는 2017년부터 2100년까지의 사망률(기대여명)을 전망하고 있는데, 집단 간 사망률이 발산하지 않고 일정한 관계성을 지닌 것으로 모형화되는 본 연구에서는 장기적으로 사학연금 가입자(수급자) 남성과 전체 남성(통계청) 간 사망률 혹은 기대여명 격차가 감소하는 것으로 전망됨을 살펴볼 수 있다. 예컨대, 40세 기준 기대여명의 경우 사학연금 남성과 전체 남성 간 기대여명 격차는 2020년에 6년 이상이지만, 2100년에는 3년 이하로 감소할 것으로 전망되고 있다.

앞에서 이미 언급했듯이, 본 연구에서 사학연금 여성 사망률은 자료의 한계로 인해 사학연금 데이터베이스에 기초한 직접적인 전망 대신 간접적인 방식을 사용하고 있다. 사학연금 여성 사망률의 직접적인 전망에 대한 대안으로 본 연구는 국민(통계청) 전체에서 관측되는 남성과 여성 간 사망확률( $q_x$ ) 격차가 사학연금의 경우에도 동일하다는 가정에 기초하여 사학연금 여성의 사망률을 전망하고 있다. 보다 구체적으로, 통계청(2016)의 장래인구추계에서 관측되는 사망확률( $q_x$ )에서의 남성과 여성 간 비율을 앞에서 산출한 사학연금 남성 사망확률( $q_x$ )에 적용하여 사학연금 여성 사망확률을 도출하고 이에 기초하여 최종적으로 기대여명을 산출하는 방식을 취하고 있다.

아래의 <표 4>는 90세 이상 사학연금 남성 초고령기 사망률을 통계청 남성 사망률로 단순 대체(b)하거나 대체한 후 추가적으로 평활화(a)한 사망률 자료에 Li-Lee 모형을 적용하여 산출한 남성 사망확률( $q_x$ )에 통계청(2016) 장래인구추계상의 사망확률( $q_x$ )에서 관측된 성별 격차를 적용하여 최종적으로 산출한 사학연금 여성 기대여명 전망치를 보여 주고 있다. <표 4>에서 살펴볼 수 있듯이 90세 이상 사망률을 단순 대체하거나 대체 후 평활화하는 방식 간에 큰 차이가 관측되지는 않는다.

앞의 남성 기대여명 전망치와 비교할 때 사학연금 여성 기대여명과 통계청 여성 기대여명 간 격차가 상대적으로 작은 것으로 전망되고 있다. 2020년 40세 기준 사학연금 가입자(수급자) 남성과 우리나라 전체 남성 간 기대여명 격차가 6년 이상이었음에 비해 사학연금 가입자(수급자) 여성과 우리나라 전체 여성 간 기대여명 격차는 대략 4년 정도인 것으로 전망되고 있다. 물론 이는 사학연금제도 내부에서 직접 관측되는 남성과 여성 간 사망률 격차를 반영하는 것이 아니라 통계청의 우리나라 전체 남성과 여성 간 사망률 격차 전망을 받아들인 결과라고 할 수 있다. 사학연금 내부에서 직접 관측된 사망률 자료에 기초한 남성과 여성 간 사망률(기대여명) 격차를

살펴보기 위해서는 추가적인 자료 축적이 필요하다고 할 수 있다.

〈표 4〉 사망률 전망 모형별 사학연금 여성 기대여명 전망치

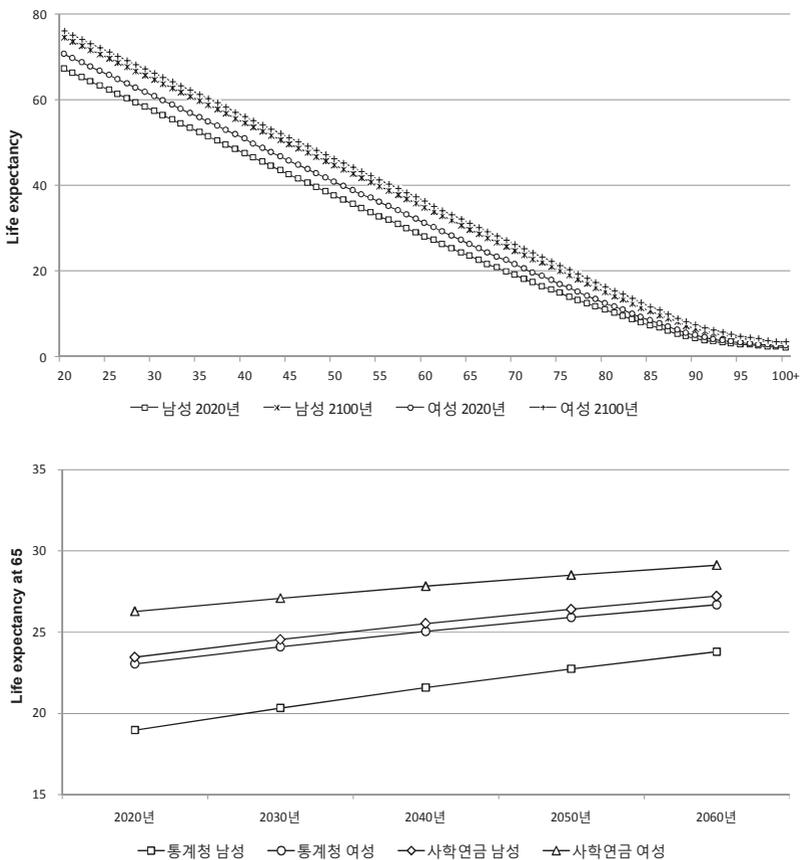
(단위 : 년)

연령	연도	사학연금		통계청 (2016년)
		Li-Lee 장기 준거 및 초고령기(90+) $m_x$ 조정		
		대체+평활(a)	단순 대체(b)	
40세	2020년	47.38	47.41	41.27
	2040년	49.95	50.00	45.08
	2060년	51.91	51.95	47.95
	2080년	53.46	53.50	50.09
	2100년	54.75	54.79	51.79
50세	2020년	37.60	37.64	31.94
	2040년	40.07	40.11	35.45
	2060년	41.97	42.01	38.14
	2080년	43.49	43.54	40.20
	2100년	44.76	44.80	41.84
60세	2020년	28.07	28.11	23.14
	2040년	30.32	30.36	26.12
	2060년	32.10	32.15	28.51
	2080년	33.56	33.61	30.40
	2100년	34.80	34.84	31.95
70세	2020년	19.00	19.04	15.00
	2040년	20.84	20.88	17.21
	2060년	22.38	22.43	19.13
	2080년	23.71	23.76	20.75
	2100년	24.88	24.92	22.15
80세	2020년	10.92	10.97	8.36
	2040년	12.10	12.15	9.63
	2060년	13.20	13.25	10.84
	2080년	14.24	14.28	11.94
	2100년	15.22	15.26	12.96
90세	2020년	4.24	4.11	4.22
	2040년	4.80	4.69	4.67
	2060년	5.39	5.29	5.13
	2080년	6.00	5.91	5.57
	2100년	6.63	6.55	6.00
100세	2020년	2.15	2.10	1.64
	2040년	2.35	2.30	1.77
	2060년	2.58	2.51	1.91
	2080년	2.82	2.75	1.95
	2100년	3.08	3.01	1.95

주 : 통계청 기대여명은 통계청(2016) 장래인구추계 사망률 자료를 기초로 산출한 것임.

마지막으로, <그림 3>은 본 연구에서 사용한 기본 모형(대체+평활; a)에 기초하여 산출된 사학연금 가입자(수급자)의 2020년과 2100년의 기대여명 전망치(좌측)와 함께 2020~2060년에 걸쳐 사학연금과 통계청의 65세 기준 기대여명을 비교한 결과를 보여 주고 있다. 우선, <그림 3>의 좌측에서는 사학연금 남성과 여성 간 기대여명 격차가 시간의 경과에 따라 감소하는 패턴을 살펴볼 수 있다. <그림 3>의 우측에는 2020~2060년에 걸쳐 10년 단위로 사학연금과 통계청의 65세 기준 기대여명 전망치를 보여 주고 있는데, 성별을 통제할 때 사학연금 가입자(수급자)의 기대여명이 우리나라 전체 국민의 기대여명에 비해 뚜렷하게 높은 수준임을 살펴볼 수 있다. 다만, 시간의 경과에 따라 성별 격차가 감소함과 함께 사학연금 가입자(수급자)와 전체 국민 간 기대여명 격차 또한 감소하는 패턴을 살펴볼 수 있다.

<그림 3> 사학연금 남성/여성 기대여명 및 통계청 기대여명과의 비교



## 제5장 종합 및 결론

인구구조의 고령화가 급격히 진행되고 있는 한국 사회에서 사회보장제도의 재정 불안정에 관한 사회적 우려가 매우 높다. 사립학교 교원과 직원을 대상으로 한 사학연금 또한 예외는 아니다. 사학연금을 포함하여 장기적으로 사회보장제도를 안정적으로 유지하기 위해서는 제도의 재정 상태에 대한 정확한 진단과 전망이 필요하다. 장기 재정 상태에 대한 정확한 진단은 재정 안정화와 관련된 사회적 합의를 도출하기 위한 가장 기본적인 전제 조건이라고 할 수 있다. 이러한 측면에서 본 연구는 사학연금의 장기 재정 전망에서 기초 자료로 활용되는 사망률 전망 방법을 검토함으로써 향후 사학연금 장기 재정 전망 작업의 정확성과 신뢰성을 높이기 위한 목적을 가지고 있다.

사학연금 가입자(수급자)를 대상으로 한 사망률 전망 과정에서 최우선으로 고려되어야 하는 점은 자료의 제약 문제이다. 비록 국민연금에 비해 10년 이상 이른 시기에 제도가 도입되었지만, 현재까지 사망률 전망에서 활용 가능한 자료가 1999~2016년에 걸친 18년의 단기 시계열에 국한된다. 더욱이 국민연금에 비해 가입자 규모가 매우 작다는 점에서 사망률 자료 구축을 위한 제약 또한 매우 큰 상황이다. 90세 이상 초고령기 사망률 정보가 극히 제한적이라는 점도 사학연금 사망률 전망 과정에서 고려될 필요가 있는 사항이라고 할 수 있다.

우선, 본 연구에서는 초고령기 사망률 자료 구축 과정에서 사학연금 자료가 지닌 한계를 보완하는 방법을 제안하였다. 국민연금에 비해 가입자(수급자) 규모가 상당히 제한적인 관계로 현재까지 관측된 사학연금 사망자 수는 많지 않다. 특히, 90세 이상 초고령기 사망 현상의 경우 상대적으로 최근해야 비로소 관측되는 모습을 보이고 있다. 현 시점까지 관측된 자료에 기초하여 사학연금 가입자(수급자)의 초고령기 사망률 패턴을 전망하기 어렵다는 점에서 본 연구는 초고령기 사망률을 별도로 보정하는 방식을 사용하였다. 보다 구체적으로, 본 연구에서는 사회계층별 사망력 격차가 고령기에 감소하는 경향이 관측되는 점을 고려하여 90세 이상 초고령기에는 사학연금 가입자(수급자)의 사망률과 우리나라 전체 국민(통계청)의 사망률 간에 수렴 현상이 발생할 것이라는 가정하에 사학연금 가입자(수급자)의 사망률을 보정하는 방법을 제안하였다.

다음으로, 본 연구는 사학연금 사망률 전망 방법론과 관련해서도 사학연금 자료가 지닌 특성을 반영할 수 있는 모형을 검토하였다. 사학연금 사망률 자료가 지닌 한계로 인해 사학연금 장기

재정 전망에서는 최근까지도 사학연금 자료에 기초한 직접적인 사망률 전망 방법 대신 통계청의 사망률을 사학연금 가입자의 특성에 맞추어 조정하는 방식이 사용되었다. 본 연구의 경우 정합적 사망률 모형(coherent mortality model)을 통해 사학연금 가입자(수급자)의 과거 사망률 패턴을 반영하는 한편 통계청 사망률 자료를 통해 사학연금 자료의 한계를 보완하는 방식으로 사학연금 남성의 사망률(기대여명)을 전망하는 방식을 제안하였다. 다만, 사학연금 여성 사망률의 경우 현재까지 자료상의 제약이 매우 크다는 점에서 사학연금 가입자(수급자)의 실제 사망력을 반영한 사망률(기대여명)을 전망하기 위해서는 향후 추가적인 자료 축적이 필요한 것으로 판단된다. 비록 본 연구에서 검토하지는 못했지만, 대안적인 방법으로 공무원연금 가입자(수급자)의 사망률 자료가 활용 가능할 경우 두 자료원을 통합적으로 활용하는 방안의 타당성을 검토할 필요가 있는 것으로 보인다. 사학연금과 마찬가지로 공무원연금 가입자(수급자) 또한 교육수준과 같은 사회경제적 특성 측면에서 일반 국민과는 뚜렷하게 구분된다는 점에서 사학연금 사망률 전망에서 유용한 정보를 제공할 수 있는 자료원인 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 우해봉 · 양지윤 · 조성호 · 안형석(2016), 「인구추계 방법론의 현황과 평가」, 한국보건사회연구원.
- 우해봉 · 한정립(2016), 「국민연금의 소득계층별 노후소득보장 효과 분석: 기대여명 격차와 재정안정화 개혁의 효과를 중심으로」, 한국사회복지정책학회, 「사회복지정책」, 제43권 제4호, pp. 193~217.
- 이태석 · 최용욱 · 김도형(2016), 「공적연금 재정추계모형 개발: 공무원연금 재정추계모형을 중심으로」, 한국개발연구원.
- 이항석 · 주효찬 · 김도영(2016), 「사학연금 장기 재정추계를 위한 사망률 추정: Lee-Carter 모형의 적용」, 성균관대학교.
- 통계청(2011), 「장래인구추계: 2010~2060」, 통계청.
- 통계청(2016), 「장래인구추계: 2015~2065」, 통계청.
- Booth, Heather, John Maindonald, and Len Smith(2002), Applying Lee-Carter under Conditions of Variable Mortality Decline, *Population Studies*, 56(3), pp. 325-336.
- Cairns, Andrew J. G., David Blake, and Kevin Dowd(2006), A Two-Factor Model for Stochastic Mortality with Parameter Uncertainty: Theory and Calibration, *Journal of Risk and Insurance*, 73(4), pp. 687-718.
- Currie, Iain D.(2006), Smoothing and Forecasting Mortality Rates with P-splines. <http://www.macs.hw.ac.uk/~iain/research/talks/>.
- Hyndman, Rob J., Heather Booth, Leonie Tickle, John Maindonald(2014), demography: Forecasting Mortality, Fertility, Migration and Population Data. R package version 1.18. <https://CRAN.R-project.org/package=demography>.
- Hyndman, Rob J., Heather Booth, and Farah Yasmeen(2013), Coherent Mortality Forecasting: The Product-Ratio Method with Functional Time Series Models, *Demography*, 50(1), pp. 261-283.
- Hyndman, Rob J., and Han L. Shang(2009), Forecasting Functional Time Series, *Journal of the Korean Statistical Society*, 38(3), pp. 199-211.
- Hyndman, Rob J., and Md. S. Ullah(2007), Robust Forecasting of Mortality and Fertility Rates: A Functional Data Approach, *Computational Statistics & Data Analysis*, 51(10), pp. 4942-4956.

## 참고문헌

- Lee, Ronald D. and Lawrence R. Carter(1992), Modeling and Forecasting U.S. Mortality, Journal of the American Statistical Association, 87(491), pp. 659-671.
- Lee, Ronald D., and Timothy Miller(2001), Evaluating the Performance of the Lee-Carter Method for Forecasting Mortality, Demography, 38(4), pp. 537-549.
- Li, Nan and Ronald D. Lee(2005), Coherent Mortality Forecasts for a Group of Populations: An Extension of the Lee-Carter Method, Demography, 42(3), pp. 575-594.
- R Core Team(2017), R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.r-project.org>.
- Renshaw, Arthur E., and Steven Haberman(2006), A Cohort-Based Extension to the Lee-Carter Model for Mortality Reduction Factors, Insurance: Mathematics and Economics, 38(3), pp.556-570.
- Van Baal, Pieter, Frederik Peters, Johan Mackenbach, and Wilma Nusselder(2016), Forecasting Differences in Life Expectancy by Education, Population Studies, 70(2), pp. 201-216.
- Waldron, Hilary(2007), Trends in Mortality Differentials and Life Expectancy for Male Social Security-Covered Workers, by Socioeconomic Status, Social Security Bulletin, 67(3), pp. 1-28.
- Wood, Simon N.(1994), Monotonic Smoothing Splines Fitted by Cross Validation, SIAM Journal on Scientific Computing, 15(5), pp. 1126-1133.
- Zhou, Rui, Yujiao Wang, Kai Kaufhold, Johnny S. -H. Li, and Ken S. Tan(2013), Modeling Mortality of Multiple Populations with Vector Error Correction Models: Applications to Solvency II, Presented at the LIFE Colloquium 2013. <http://www.actuaries.org/lyon2013/>.