

# 주택연금의 장수리스크 최소화를 위한 생명표 비교분석 연구\*

## Comparative Analysis on the Life Table to Hedge Longevity Risk of Reverse Mortgage

김선주 Kim Sunju\*\*

### Abstract

The longevity risk of reverse mortgage is increasing. In order to find a way to hedging longevity risk analyzed the various life tables. The comparison results of national complete life table in 2012 and LC model life table and the 7th experience life table were as follows. The death probability of national complete life table appears increasingly high in elderly people. So the need of reestimate on the death probability for the elderly is raised. And the improvement effect of the last-survivor status death probability in multiple life model was higher than the death probability in National complete life table.

Reverse mortgage is joint life annuity. The pension is paid until their death when you join a couple. Also Housing Finance Corporation Act was amended to ensure that the couple having many differences of their age is able to join the pension. Therefore, to apply the death probability of the last-survivor status in multiple life model can be reduced the security of financial in reverse mortgage.

Keywords: Life Tables, LC Model, Last-Survivor Status, Multiple Life Model, Longevity Risk,  
Housing Reverse Mortgage

### I. 서론

#### 1. 연구 배경과 필요성

주택연금액 모형은 공적 보증으로 가입자의 리스크를 최소화하여 실질적 노후 생활자금 역할을 위해 가능한 많은 월지급금으로 설계되어 있다. 이러한 복지 지원이 고려된 실효성 높은 월지급금은 금융위기 이

후 주택연금 가입속도가 수도권을 중심으로 성장하면서 주택연금의 리스크로 작용할 수 있다.

또한 주택금융공사는 주택연금의 가입연령을 확대하였는데, 2013년 6월에 도입된 사전가입 주택연금제도는 부부 모두 50세 이상이고, 6억 원 이하의 1가구1주택소유자가 일시 인출금을 연금 지급한도의 100%까지 사용해 기존 주택담보대출을 상환한 후 해당 주택에서 평생 거주할 수 있도록 한 제도다. 사전가입 주택

\* 본 논문은 '한국주택금융공사, 2014. 2014 주택연금모형 주요변수 재산정'의 일부를 수정·재작성한 것임.

\*\* 경기대학교 행정·사회복지대학원 초빙교수 | Invited Prof., Dept. of Administration Society Welfare Graduate School, Kyonggi Univ. | ureka2@naver.com

연금제도는 가입자가 부채를 상환한 후 잔액이 있으면 부부 중 연소자가 60세 되는 해의 가입 월부터 평생토록 주택연금을 받을 수 있도록 설계되어 있다. 주택금융공사는 2013년 7월부터 주택연금 가입 조건을 부부 모두 만 60세 이상에서 주택소유자만 만 60세 이상으로 변경하고, 공동소유 주택인 경우 소유자 모두 만 60세 이상에서 연장자가 만 60세 이상으로 완화하여 주택연금 가입대상을 확대했다.

이처럼 주택연금 가입 대상의 확대로 주택연금이 활성화될 경우, 가입자의 평균수명을 고려해야 한다. 현재는 의학기술의 발달과 생활수준 증대에 따른 건강문제의 관심 증대로, 국내 평균 기대여명이 빠른 속도로 증가하고 있다. 그러나 국내 기대여명의 증가는 연금지급액의 감소로 이어져 주택연금의 성장 한계가 제기되고 있다. 이에 주택연금 가입자의 증가와 더불어 주택연금의 수명 비대칭성 리스크 분석을 통한 정부재정 악화를 예방할 필요성이 제기된다.

이러한 주택연금의 장수리스크 분석을 위해 연금산정모형에 사용된 사망확률에 대한 검토가 제기된다. 주택연금의 사망확률은 주택연금의 공적 기능을 고려하여 보수적인 국민완전생명표(이하 완전생명표)의 여자 사망확률을 토대로 대출종료 확률을 적용하고 있다. 여자 사망확률을 사용하는 이유는 일반적으로 남자보다 여자의 기대여명이 높기 때문이다.

이에 본 논문에서는 인구 고령화에 따른 사회적 문제를 대비하기 위한 정부정책의 하나인 주택연금 제도를 지속가능하게 하기 위해서는 정부재정의 출혈을 최소화하는 장수리스크를 최소화하기 위하여 LC모형과 연생모형을 이용하여 사망확률을 분석하였다. 또한 주택연금액 산정에 사용되는 사망확률인

여자 완전생명표의 적용이 타당한 것인지를 분석하고 이를 보완할 방안에 관한 연구를 진행하였다.

## 2. 연구의 범위와 방법

### 1) 연구의 범위

본 논문에서는 경험생명표, LC(Lee-Carter)모형과 연생모형(Multiple Life Model)을 적용한 생명표를 분석하여 현재 주택연금에 사용되는 여자 완전생명표 사망확률의 문제점을 개선하는 방안을 제시하고자 한다. 이에 LC모형의 사망확률 분석은 시계열 데이터의 안정적 분석을 위해 30년 데이터인 1983년부터 2012년까지 0세부터 79세까지의 여성의 연령별 사망자수와 추계인구 자료를 분석하였다.<sup>1)</sup> 그리고 연생생명표는 2012년 국민완전생명표와 제7회 경험생명표의 자료를 이용하여 분석하였다.

### 2) 연구의 방법

먼저, LC모형을 이용한 사망확률 추정은 2012년 여자 사망자수와 추계인구자료를 고펜베르츠 사망법칙(Gompertz mortality law) 가정과 소수연령에 대하여 사력이 균등하게 분포하게 된다는 UDD(Uniform Distribution of Death) 가정하에 최대우도추정법을 사용하여 분석하였다. 모수추정을 위한 시계열 데이터 통계프로그램은 LEM을 사용하였다.

다음으로 연생모형을 이용한 사망확률 분석방법은 최종생존자 상태(The Last-survivor Status)를 적용하였으며, 통계분석 프로그램은 R을 사용하였다.

1) 통계청 사망자수는 1983년부터 89세까지 각 연령별 사망자수 확인이 가능하고, 추계인구는 1960년부터 집계되고 있음. 그러나 1999년까지는 0세에서 79세까지 연령별 인구와 80세 이상으로 구분되고 2000년부터 2005년까지는 0~94세 및 95세 이상의 인구로, 2006년부터 0~99세와 100세 이상으로 분류되어 있어, 1983년부터 2012년 사이의 0~79세 자료를 사용함.

## II. 이론적 논의

### 1. 선행연구 검토

백혜연, 이선주, 이항석(2013)은 역모기지 발행기관 및 보증기관의 적정한 월지급금 지급과 차후 월지급금의 과대지급으로 인한 지급 불능을 방지하기 위해 현재 사용하고 있는 모형의 위험률에서 연생모형으로 변경할 필요성을 실증분석을 통하여 제시하였다.

성주호, 김준석(2005)은 종신 역모기지론 운용에 관련된 리스크를 생명보험회사 관점에서 분석하였다. 종신역모기지 연금액 산정원칙은 수지상등원칙이 100%보다는 80% 수준이 적합하고, 단생보다 연생계약이 효율적이며, 주택가격 상승률이 부과 이자율보다 낮아야 한다는 결론을 도출하였다.

장운욱, 엄영호, 김계홍(2011)은 주택연금 가치평가에 이자율 위험과 장수 위험을 고려하기 위해 3요인 선형 이자율 기간 구조모형과 LC 사망률 모형을 각각 적용하였다. 분석 결과 월지급금은 이자율 위험만을 고려하면 높은 수준으로, 장수 위험만 고려하면 낮은 수준으로 산출되었다.

이상엽, 고성수, 김재환(2010)은 시나리오 분석을 통해 현행 주택연금모형의 주요 변수의 적정성을 검토한 결과, 현재 주택연금액 산정에 사용되는 변수들이 공적 기능을 수행하기에 적정하다는 결론을 도출하였다.

Shao, Hanewald and Sherris(2014)는 역모기지는 주택가격 위험과 장수 위험이 있으며, 장수 위험을 평가하기 위해 Wills-Sherris 모델을 사용하였다. 분석 결과 역모기지는 장수 위험을 과소평가하고 있음을 보여주었다.

Cho, Hanewald and Sherris(2015)는 역모기지의 lump-sum과 income stream payments 유형의 수익과 리스크에 대하여 분석하였다. 분석 결과는 역모기지

가입자의 LTV비율, 연령, 사망률 개선 및 대출의 자금 조달 구조가 수익과 리스크에 중요한 요인이었다.

국내의 역모기지 장수리스크와 관련된 최근 선행 연구들을 검토한 결과 본 논문과 밀접한 관련이 있는 것은 백혜연, 이선주, 이항석(2013)의 연구로 연생모형으로만 사망확률을 추정하여 주택연금의 장수리스크를 측정하였다. 이에 본 논문에서는 연생모형 이외에도 LC모형, 경험생명표를 주택연금 적용 생명표와 비교분석하여 주택연금의 사망확률 추정을 위한 생명표의 한계를 분석하고, 그 대안을 제시하였다.

### 2. 생명표의 개념과 유형

생명표는 한 출생 집단에서 연령이 높아짐에 따라 소멸되어 가는 과정을 나타내며, 어떤 연령층의 인구가 주어진 사망력의 유형과 수준이 그대로 적용된다는 가정하에 평균적으로 더 살 수 있는 기간(기대여명), 연령별 사망확률 등을 의미한다.

생명표는 적용하는 대상에 따라 다양한 종류가 있는데, 먼저 인간의 수명과 관련된 생명표는 크게 국민생명표와 경험생명표로 구분된다. 국민생명표는 국민 전체를 대상으로 만들어진 생명표로, 어떤 한 시점에 10만의 생명이 출생하였다고 가정하고 이들이 시간이 지남에 따라 사망하여 감소하는 추이를 함수로 나타낸 것이다. 국민생명표는 완전생명표(1세 단위)와 간이생명표(5세 단위), 남자, 여자, 전체 생명표, 장래 생명표로 구분된다. 경험생명표는 연금 및 보험 가입자의 실제 경험치를 근거로 작성하여, 사망 경험을 통계적으로 분석해서 작성한 사망표다(박유권, 김성용 2011).

그리고 보험이나 연금의 금융상품에 공동 가입자으로써 발생하는 연생생명표는 연생상태(Joint-life Status)와 최종생존자 상태의 두 종류가 있다.

연생상태는 공동가입자 중 첫 사망이 일어나면

계약이 종료되는 연금형태를 의미한다. 그리고 최종 생존자 상태는 공동 가입자 중 마지막 생존자의 사망 시 계약이 종료되는 연금 지급방식이다.

주택연금에 부부 가입 시 최종생존자까지 연금이 지급되므로 최종생존자 상태 모형에 해당한다. 이에 본 논문에서는 최종생존자 상태 모형의 연생모형을 이용하여 주택연금 부부 가입자의 연생 기대여명과 사망확률을 산출하였다. 기대여명 계산은 연령별 사망자수, 추계인구, 조사망률, 사망확률, 생존자수, 사망자수, 정지인구를 산출하고, 정지인구의 총합에서 각각의 연령별 정지인구를 제한 것이다.

### 3. LC모형의 적용

#### 1) 주택연금 적용 생명표

주택연금 지급액은 <식 1>과 같다(김선주, 김행중 2013, 200). <식 1>에서 사망확률이 주택연금 지급액을 결정하는 주요 요인임을 알 수 있다.

$$PVEL = \sum_{t=1}^{T(a)} \left[ \frac{EL_t \cdot t p_x}{(1+i)^t} \right] \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

*PVEL*: 주택연금 개시 시점( $t=0$ )에서 총기대손해액

*EL<sub>t</sub>*: 시점  $t$ 에서의 기대손해액

$$EL_t = \max\{0, [OLB_t - H_t] \cdot q_t\}$$

*H<sub>t</sub>*: 시점  $t$ 에서 주택가격

*q<sub>t</sub>*: 시점  $t$ 에서 대출종료 확률

*t p<sub>x</sub>*: 연령  $a$ 인 차입자가 생존확률

(시점  $t$ 에서의 대출종료 확률)

*i*: 기대손해액과 기대보험료 현가 산정 시 적용하는 기대이율

*T(a)-1*: 연령  $a$ 인 차입자가 생존 가능한 한계 연령까지의 개월수(생명표와 동일하게 한계연령을 100세로 가정)

표 1\_ 주택연금 적용 생명표

적용 기준일	사망확률
2007년 7월 12일	2005년 여자 완전생명표
2012년 2월 1일	2010년 여자 완전생명표
2013년 2월 1일	2011년 여자 완전생명표
2014년 2월 1일	2012년 여자 완전생명표

주택연금액 산정에 적용되는 생명표는 1997년부터 제공되는 1세 단위의 완전생명표 중에서 여자 완전생명표다. 통계청은 2001년부터 100세까지의 사망률을 제공하는데, 그 이전에는 고연령의 사망률은 추정을 통해 사용하였다. 그동안 주택연금모형에 적용하는 생명표는 <표 1>과 같다.

통계청의 연령별 사망확률의 기초자료는 전년도 성·연령별 사망자수와 연앙인구(성·연령별 주민등록인구)를 사용하고, 0세 사망확률  $q_0$ 은 다음 <식 2>와 같다.

$$q_0 = d \times \frac{1-f_0}{b} + d \times \frac{f_0}{b^{-1}} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

*b*: 당해 연도 출생아수

*b<sup>-1</sup>*: 전년도 출생아수

*f<sub>0</sub>*: 영아 사망자수 중 전년도 출생아 비율

*d*: 영아 사망자수

1~99세 사망확률은 전년도 사망률을 사망확률로 전환하고 그레빌 9차항 계수를 이용하여 연령별 사망확률로 전환한다. 85세 이상은 사망확률 증가세가 둔화되는 경향이 있다. 이러한 사실을 반영하여 <식 3>을 이용해 사망확률을 보정하여 사용하고 있다.

$${}_n q_x = {}_n q_{x-1} \times e^{k_x} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

*k<sub>x</sub>*: 연령  $x$ 와  $k$ 값과 선형관계로 가정( $k_x = ax + b$ )

최종 상한연령 산출은 최종 상한연령을 100세 이상으로 작성하고, 정지 인구값은 다음 연령별 사망확률 관계 <식 4>를 이용하여 구한다.

$${}_xL_x = \sum L_x(x=100, \dots, \infty) \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

## 2) LC모형

LC모형은 연령별 사망률에 로그를 취한 값을 예측하는 방법으로, 모수의 추정과 해석이 용이하며 정확하다. 성주호, 김양균(2006)는 국내 연금사망률 산출체계인 지수모형보다 LC모형이 장수리스크를 헤징 가능한 개연성이 높은 모형으로 평가하였다. 박유성, 장선화, 김성용(2013)은 LC모형이 사망률 변동을 간결하고 우수하게 설명하며 사망률 예측에 강건성을 지니고 있다고 평가하였다.

LC모형은 연도별 연령과 성별 사망자수 그리고 인구수로 계산된 사망률에 자연로그를 취하여 산정한다. Lee and Carter(1992, 660)가 사망률 예측을 위해 제시한 LC모형은 <식 5>와 같다.

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

$m_{x,t}$ :  $t$ 해,  $x$ 세의 사력

$\varepsilon_x(t)$ : 평균 0, 분산  $\sigma_\varepsilon^2$ 인 오차항

$a_x$ : 연령별 모수,  $m_{x,t}$ 의  $t$ 에 대한 평균

$b_x$ : 연령별 모수,  $k_t$ 변화의 연령별민감도지표

$k_t$ : 사망률 지수

$b_x$ 와  $k_t$ 의 유일해를 찾기 위한 목적으로 LC모형은 <식 6>의 제약식이 부여된다.

$$\sum_x \beta_x = 1, \sum_t k_t = 0 \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

## III. 실증분석

### 1. LC모형 분석

#### 1) LC모형의 최대우도추정법

LC모형의 최소제곱(Ordinary Least Square: OLS) 추정은 오차항의 등분산 가정으로 고연령에서 큰 변동을 나타내므로, 본 논문에서는 사망자수를 포아송 분포로 모델링하여 이 문제를 개선하였다(Alho 2000). 포아송 분포의 사망자수는 <식 7>로 나타낸다.

$$D_{x,t} \sim \text{Poisson}(E_{x,t} \mu_{x,t})$$

$$\text{단, } \mu_{x,t} = \exp(a_x + \beta_x k_t) \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

모수는 로그우도함수인 <식 8>을 최대화하도록 추정된다.

$$L(a, \beta, k) = \sum_{x,t} D(a_x + \beta_x k_t) - E_{x,t} \exp(a_x + \beta_x k_t) + \text{const.} \quad \langle \text{식 8} \rangle$$

최대우도추정법의 모수추정은 공변수 없이 이중 선형  $B_x$ 와  $k_t$ 항을 추정해야 하므로 일반적으로 프로그램은 GLIM이나 LEM을 사용한다(주효찬, 이항석 2014). 본 논문에서는 접근이 용이한 LEM을 이용하여 LC모형의 모수를 추정하였다.

#### 2) LC모형의 고연령 사망률 추정

고연령(본 논문에서는 79세 이상)의 사망률 예측에 사용된 자료는 시계열 데이터의 안정적 분석을 위해 30년 데이터인 1983년부터 2012년까지의 0세부터 79세 까지 여성의 연령별 사망자수와 추계인구다. 79세 이상의 고연령에 대한 사망률 추정의 첫 번째 가정은

〈식 9〉의 고펜베르츠 사망법칙이다(Gompertz 1825).

$$\mu_x = BC^x, B > 0, C > 1 \quad \langle \text{식 9} \rangle$$

$\mu_x$ :  $x$ 세의 사망률

$B$ : 기본사망률 계수

$C$ : 노화계수

고뎜베르츠 사망률의 두 변수  $B$ 와  $C$ 는 최소제곱법을 이용하여 추정하였다. 즉, 해당 연도  $t$ 에 대하여 로그변환 후 〈식 10〉을 최소화하는 두 변수를 구한다. 그다음 〈식 11〉에 의하여 79세 이후의 사망률을 산출하였다.

$$\sum_x \left( \frac{D_{x,t}}{E_{x,t}} - \ln B - x \ln C \right)^2 \quad \langle \text{식 10} \rangle$$

$$q_x = 1 - \exp(-BC^x), x = 80, 81, \dots \quad \langle \text{식 11} \rangle$$

두 번째 가정인 소수연령에 대해 사력이 동일하다는 UDD가정은 〈식 12〉와 같으며,  $s$ 는 소수연령을 의미한다(Hossain 1994).

$$\mu_{x+s} = \mu_x, 0 \leq s < 1 \quad \langle \text{식 12} \rangle$$

이상에서 LC모형을 적용한 생명표의 사망확률을 추정한 결과는 〈표 2〉와 같다. LC모형을 적용한 생명표의 사망확률은 여자 완전생명표의 사망확률보다 고연령으로 갈수록 개선효과가 증가하는 경향을 보였다. 또한 두 개의 사망확률을 비교한 〈그림 1〉에서 LC모형 사망확률이 완전생명표에 비해 초고연령으로 갈수록 낮아지는 것을 알 수 있었다. 주택연금의 연금액은 100세의 사망확률을 1로 가정하여 산출하고 있다. 이에 따라 연금가입자의 장수리스크가 발생하게 되므로, 주택연금에 사용되는 사망확률의 재추정이 요구된다.

표 2\_ 2012년 완전생명표와 LC모형 적용 생명표의 사망확률

연령(세)	2012년 완전생명표(A)	LC모형 적용 생명표(B)	차이(A-B)
50	0,00145	0,00138	-0,00007
55	0,00199	0,00191	-0,00008
60	0,00291	0,00303	0,00012
65	0,00469	0,00517	0,00048
70	0,00915	0,00984	0,00069
75	0,01791	0,01944	0,00153
80	0,03727	0,03190	-0,00537
85	0,07319	0,05602	-0,01717
90	0,12985	0,09837	-0,03148
95	0,20538	0,17273	-0,03265
100	1,00000	0,30331	-0,69669

## 2. 경험생명표 분석

경험생명표는 보험개발원에서 보험에 가입한 사람의 생명현상을 일정 기간 집단적으로 관찰하여 연령과 함께 변화하는 사망률에 관련된 사실을 분석하여 작성한 것으로 실제 연금 가입자의 사망률을 반영하였다. 일반적인 인구집단을 대상으로 작성되는 완전생명표에 비해 생명보험회사나 공제조합 등의 가입자에 대한 실제 사망 경험치를 근거로 작성하여, 경험생명표의 사망률은 완전생명표에 나타나는 사망률보다 낮게 나타난다.

그림 1\_ LC모형과 완전생명표 사망확률

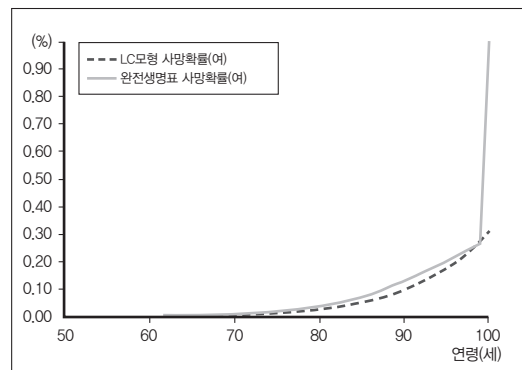


표 3\_ 경험생명표

경험 생명표	시행시기(년)	남(세)	여(세)	차이(세)
1회	1989~1991	65,75	75,65	9,90
2회	1992~1996	67,16	76,78	9,62
3회	1997~2002	68,39	77,94	9,55
4회	2002~2005	72,32	80,9	8,58
5회	2006.4~2009.9	76,40	84,4	8,00
6회	2009.10~2012.6	78,50	85,30	6,80
7회	2012.7~	80,00	85,9	5,90

출처: 주택금융공사 2012, 77.

2012년에 공표된 제7회 경험생명표에 따르면 0세 기준 여성의 기대여명은 85.9세로 주택연금 도입시기인 제5회 경험생명표의 84.4세보다 1.5세 증가했다. 실제 연금 가입자의 사망 경험치인 경험생명표를 주택연금에 반영할 필요가 있다. <표 3>은 횡수별 경험생명표의 기대여명으로, 횡수를 거듭할수록 남녀의 기대여명 차이가 감소함을 알 수 있다.

제1~7회까지 경험생명표 기대여명의 남자, 여자, 그리고 남녀 간의 추이는 <그림 2>와 같다. 경험생명표의 남녀 기대여명의 추이를 보면 회를 거듭할수록 증가하였다. 남녀 간의 기대여명 차이는 시간이 지나면서 점점 감소하는 모습을 보이고 있어, 여자 완전생명표의 사용으로 주택연금 지급액의 안전성을 담보하기 어렵다는 사실을 알 수 있었다.

표 4\_ 2012년 완전생명표와 제7회 경험생명표의 사망확률

연령 (세)	2012년 완전생명표(A)	제7회 경험생명표(B)	차이 (B-A)
50	0,00145	0,00116	-0,00029
55	0,00199	0,00159	-0,0004
60	0,00291	0,00229	-0,00062
65	0,00469	0,00373	-0,00096
70	0,00915	0,00669	-0,00246
75	0,01791	0,01278	-0,00513
80	0,03727	0,02861	-0,00866
85	0,07319	0,06161	-0,01158
90	0,12985	0,11757	-0,01228
95	0,20538	0,21809	0,01271
100	1,00000	0,38362	-0,61638

2012년 여자 완전생명표와 제7회 여자 경험생명표의 사망확률을 비교하면 <표 4>와 같다.

경험생명표의 사망확률에서 완전생명표의 사망확률을 뺀 차이가 95세를 제외하고는 음(-)의 값을 나타내므로, 경험생명표의 사망확률이 완전생명표보다 낮음을 알 수 있다. 보험가입자의 실제 경험치를 토대로 한 경험생명표보다 완전생명표가 보수적으로 산정된 결과다.

또한 완전생명표의 100세 사망확률은 1로 가정한 값이고, 경험생명표의 100세 사망확률은 0.38362로 큰 차이를 나타내고 있어 고령화 국면을 맞이한 현시

그림 2\_ 경험생명표의 기대여명과 남녀 차이

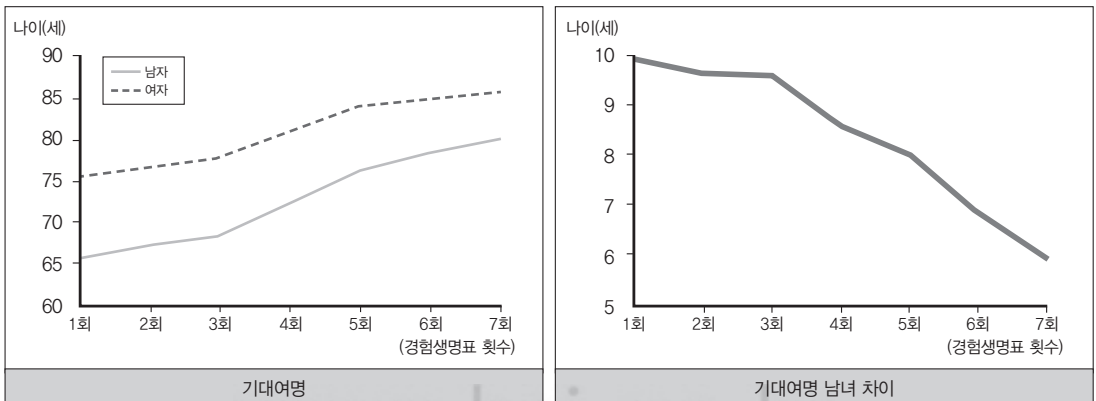
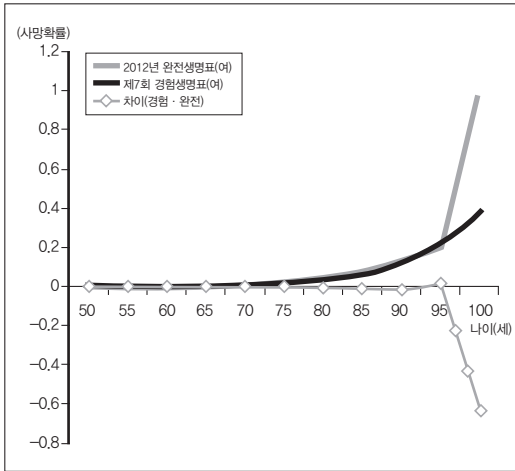


그림 3\_ 2012년 완전생명표와 제7회 경험생명표 비교



점에서 완전생명표의 100세에 대한 사망확률 재추정에 관한 연구가 필요함을 단적으로 보여주고 있다.

2012년 여자 완전생명표와 제7회 여자 경험생명표의 사망확률 추이와 그 차이(경험생명표-완전생명표)의 추이를 나타낸 결과는 <그림 3>과 같다.

경험생명표는 완전생명표와 비교하여 95세 이상에서 급격한 변화를 보이며, LC모형의 사망확률 추정에서도 초고연령에서 급격한 차이를 보이고 있다. 경험생명표와 완전생명표의 초고연령에서의 차이는 앞서 서술한 바와 같이 주택연금액 산정에 사용되는 사망확률에 대한 검토의 필요성을 보여주는 것이다.

### 3. 연생생명표 분석

주택연금은 부부가 모두 사망하는 시점까지 연금액이 지급되도록 설계된 최종생존자 상태의 연생모형이다. 주택연금에 가입한 부부가 모두 사망하는 시점까지의 종속기간은 여자  $x$ , 남자  $y$ 일 때, 최종생존자 상태 연생모형은 다음 <식 13>이다.

$$T(\overline{xy}) = \max[T(x), T(y)] \quad \langle \text{식 13} \rangle$$

또한 최종생존자 상태의 확률분포함수식은 <식 14>와 같다(강성주 2012).

$$\begin{aligned} F_{T(\overline{xy})}(t) &= \Pr[T(\overline{xy}) \leq t] \\ &= \Pr[t\text{년 이내에 모두 사망}] \\ &= \Pr[(x), (y)\text{가 } t\text{년 내에 모두 사망}] \\ &= \Pr[(x)\text{가 } t\text{년 내에 사망}] \cdot \Pr[(y)\text{가 } t\text{년 내에 사망}] \\ &= {}_tq_x \cdot {}_tq_y = {}_tq_{\overline{xy}} \quad \langle \text{식 14} \rangle \end{aligned}$$

최종생존자 상태의 확률분포함수식은 결론적으로  $x$ 가  $t$ 년 내에 사망할 확률과  $y$ 가  $t$ 년 내에 사망할 확률의 곱으로 나타나게 됨을 알 수 있다. 본 논문에서는 이를 통해 최종생존자 상태의 사망확률을 산출하였다. 최종생존자 상태의 개선 장래생존기간 확률변수를 이용하면 <식 15>와 같다.

$$\begin{aligned} \Pr[K(\overline{xy}) = k] &= {}_kq_{\overline{xy}} \\ &= {}_{k+1}q_{\overline{xy}} - {}_kq_{\overline{xy}} = {}_k p_{\overline{xy}} - {}_{k+1} p_{\overline{xy}} \quad \langle \text{식 15} \rangle \end{aligned}$$

주택연금 부부 가입자들의 생존기간은 상호 의존적일 가능성이 존재한다. 그러나 본 논문에서는 부부 가입자들의 생존기간 확률변수에 대해 상호 독립을 가정하여 연생모형 <식16>을 적용하였다.

$${}_kq_{\overline{xy}} = {}_{k+1}q_x \times {}_{k+1}q_y - {}_kq_x \times {}_kq_y \quad \langle \text{식 16} \rangle$$

단수 연령 확률변수  $s$ 가 균등분포를 따른다는 UDD 가정을 적용하고, 동시에 주택연금 부부 가입자들의 생존기간 확률변수에 대해 상호 독립을 가정하면 정수 연령의 개선평균연명식(currate-expectation-of-life)은 <식 17>과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} E[K(\overline{xy})] &= e_{\overline{xy}} = \sum_{k=0}^{\infty} k \times {}_kq_{\overline{xy}} \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} k \times ({}_{k+1}q_x \times {}_{k+1}q_y - {}_kq_x \times {}_kq_y) \quad \langle \text{식 17} \rangle \end{aligned}$$

다음으로 완전평균여명(complete-expectation-of-life)식은 <식 18>과 같다.

$$\begin{aligned}
 E[T(\bar{x}_{xy})] &= e'_{\bar{x}_{xy}} = \int_0^{\infty} t \times f_{T(\bar{x}_{xy})}(t) dt \\
 &= \int_0^{\infty} t \times f_{T(x)}(t) + f_{T(y)}(t) - f_{T(xy)}(t) dt \\
 &= \int_0^{\infty} t p_{\bar{x}_{xy}} dt \quad \text{〈식 18〉}
 \end{aligned}$$

소수 연령에 독립가정 함수를 이용하여,  $x$ 세의 개산 평균여명으로부터 완전 평균여명을 유도하면 <식 19>와 같다. 즉, 함수  $H_1(s)$ 을 이용하면,

$$\begin{aligned}
 e'_x &= E[T(x)] = e_x + \int_0^1 s \times H_1(s) ds \\
 &= e_{x+1} - \int_0^1 H_1(s) ds \quad \text{〈식 19〉}
 \end{aligned}$$

또한  $e'_{\bar{x}_{xy}}$  산출 과정은 <식 20>과 같다.

$$\begin{aligned}
 e'_{\bar{x}_{xy}} &= e_{\bar{x}_{xy}} + 1 - \left( \sum_{k=0}^{\infty} k p_{xy} \cdot p_{x+y} \cdot q_{y+k} \right) \times \int_0^1 s \times H_1(s) ds \\
 &\quad - \left( \sum_{k=0}^{\infty} k p_{xy} \cdot p_{x+y} \cdot q_{y+k} \right) \times \int_0^1 s \times H_2(s) ds \\
 &\quad - \left( \sum_{k=0}^{\infty} k p_{xy} \cdot q_{x+y} \cdot q_{y+k} \right) \times \int_0^1 H_1(s) H_2(s) ds \quad \text{〈식 20〉}
 \end{aligned}$$

완전생명표와 연생모형의 평균 기대여명을 비교한 결과는 <표 5>와 같다.

2012년 완전생명표의 남, 여 사망확률을 토대로

연생사망확률을 <식 19>에 의해 산출하였다. 그리고 남성, 여성, 연생 사망확률을 각기 적용하여 정수값만을 고려한 개산 평균여명을 산출하였다.

다음으로 소수연령 독립에서 UDD를 가정하고 연속 완전평균여명을 통계프로그램 R을 이용하여 산출하였다. 그 결과 여성 평균여명과 연생 평균여명 값들과의 차이가 많이 발생함을 알 수 있어, 이에 주택연금에 연생생명표 사용을 검토할 필요성이 제기된다.

<그림 4>는 단생모형과 연생모형의 기대여명을 비교하고 있다. 평균기대여명은 남성<여성<정수연생<UDD를 가정한 소수연령 연생 순서로 증가하였다.

현재 주택연금은 부부가 동시 가입하는 최종생존자 상태의 연생모형임에도 불구하고, 완전생명표의 여성 사망확률을 적용하여 연금액을 산출하고 있어, 장수리스크 부담액이 증가할 가능성이 존재한다.

보험개발원의 경험생명표를 이용하여 정수의 연생 완전평균여명을 산출하고, 여자 경험생명표의 기대여명과 연생 경험생명표의 기대여명, 2012년 여자 완전생명표의 기대여명과 정수값만을 고려한 연생생명표의 기대여명, 그리고 UDD 가정하에 연생생명표의 기대여명을 비교한 결과는 <그림 5>와 같다. 5가지 생명표의 기대여명을 비교한 결과 75세 이전까지는 경

표 5\_ 완전생명표와 연생모형 사망확률 비교

연령(세, 남/여)	남성 평균여명	여성 평균여명	연생 평균여명 정수값만 고려	연생 평균여명 연속 UDD 가정
50/50	30,05	35,94	38,51	39,51
55/55	25,73	31,22	33,66	34,66
60/60	21,55	26,55	28,86	29,85
65/65	17,54	21,98	24,14	25,13
70/70	13,77	17,58	19,55	20,54
75/75	10,46	13,52	15,25	16,22
80/80	7,69	9,94	11,38	12,33
85/85	5,53	7,06	8,14	9,05
90/90	4,00	4,96	5,58	6,44
95/95	2,98	3,53	3,73	4,18

그림 4\_ 단생과 연생의 기대여명 비교

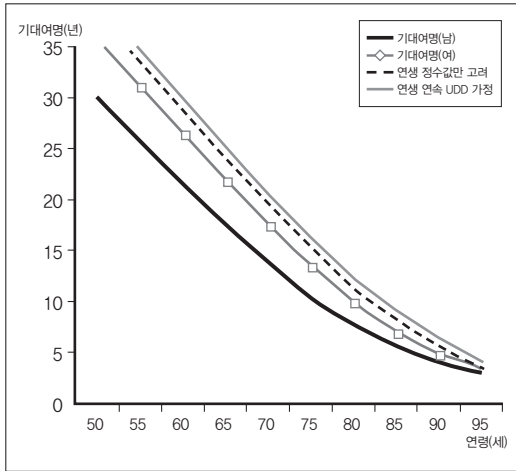
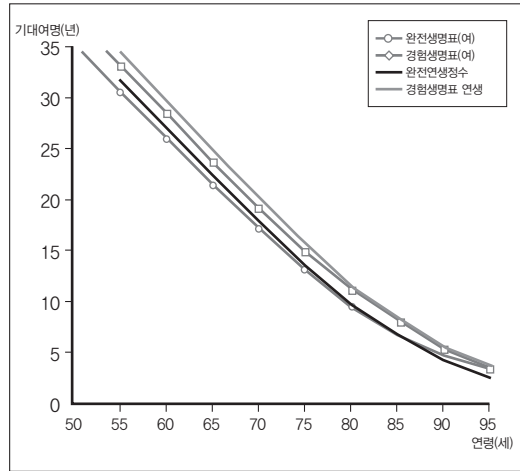


그림 5\_ 완전생명표와 경험생명표 연생비교



험생명표 연생 > 완전생명표 정수 > 경험생명표 여자 > 완전생명표 여자 순서로 나타났다. 75세 이후는 완전생명표 연생 UDD > 경험생명표 연생 > 완전생명표 연생 정수 > 경험생명표 여자 > 여자 완전생명표 순서로 나타났다.

이러한 결과는 75세 이전에 대해서는 경험생명표의 연생 기대여명을 사용하고, 75세 이후에 대해서는 완전생명표의 연생 UDD 기대여명을 사용하는 것이 주택연금의 장수리스크를 최소화하는 방안이 될 수 있음을 시사한다.

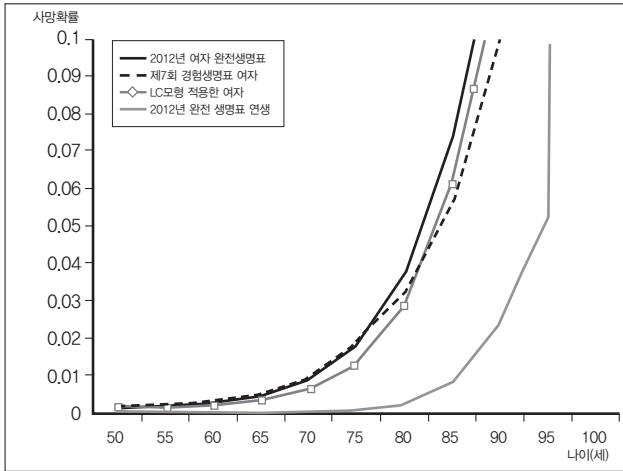
2012년 여자 완전생명표, LC모형을 적용한 생명표 여자, 제7회 경험생명표 여자, 2012년 완전생명표에 의한 연생의 사망확률을 비교한 결과는 다음 <표 6>과 같다.

사망확률들을 비교한 결과 80세까지는 2012년 여자 완전생명표 > LC모형을 적용한 생명표 여자 > 제7회 경험생명표의 여자 > 2012년 완전생명표 연생 순서로 분석되었다. 연생 사망확률을 사용하는 것이 주택연금의 장수리스크를 해소할 수 있는 하나의 선택임을 보여주는 결과다.

표 6\_ 사망확률 비교

연령(세, 남/여)	2012년 여자 완전생명표	LC모형 적용한 여자	제7회 경험생명표 여자	2012년 완전생명표 연생
50 / 50	0,00145	0,00138	0,00116	0,00000596
55 / 55	0,00199	0,00191	0,00159	0,00001200
60 / 60	0,00291	0,00303	0,00229	0,00002520
65 / 65	0,00469	0,00517	0,00373	0,00005980
70 / 70	0,00915	0,00984	0,00669	0,00020331
75 / 75	0,01791	0,01944	0,01278	0,00069580
80 / 80	0,03727	0,03190	0,02861	0,00250044
85 / 85	0,07319	0,05602	0,06161	0,00834366
90 / 90	0,12985	0,09837	0,11757	0,02311200
95 / 95	0,20538	0,17273	0,21809	0,05216036
100 / 100	1,00000	0,30331	0,38362	1,00

그림 6\_ 사망확률 비교



2012년 여자 완전생명표, LC모형 적용한 여자, 제 7회 경험생명표 여자, 2012년 완전생명표에 의한 연생의 사망확률을 비교한 그림은 <그림 6>과 같다.

주택연금에 사용되는 사망확률인 여자 완전생명표와 이를 토대로 산출한 연생의 사망확률은 주택연금 가입연령인 70세 이후에 차이를 보이고 있다. 초고연령이 될수록 그 차이가 증가함을 알 수 있으며, 이러한 차이는 기대수명이 증가하는 현실을 반영할 때 주택금융공사의 리스크로 작용한다.

주택연금은 부부 가입자의 최종생존 시점까지 연금을 지급하는 구조이므로 연생모형의 사망확률은 의미를 갖는다. 그런데 본 연구 결과 완전생명표를 이용한 연생(정수 부분)의 사망확률과 여자 완전생명표 사망확률은 현저한 차이를 보여준다. 이는 주택연금 보증액 손실 가능성이 존재함을 의미한다.

#### IV. 결론

현재 주택연금에서 사용하는 완전생명표는 국민 전체를 대상으로 집계된 데이터를 이용하여 계산된 결과이므로, 데이터의 신뢰도와 일관성이 인정되며, 본 논문의 결과에서 알 수 있듯이 다른 생명표에 비하여

사망확률이 높게 책정되어 국민복지 차원의 주택연금 성격과 일치하고 있는 장점이 있다. 그러나 사망확률이 점점 낮아지는 현 시점에서 초고연령에 대한 사망확률 추정과 사망확률 과소평가를 수정하여 주택연금의 장수리스크를 감소할 수 있는 생명표의 적용이 요구된다.

LC모형을 적용한 생명표와 2012년 완전생명표를 비교분석한 결과를 보면, 현재 완전생명표의 사망확률이 초고연령으로 갈수록 높게 나타나므로 초고연령의 사망확률 추정방법에 관한 연구의 필요성이

제기된다.

보험개발원의 경험생명표와 2012년 완전생명표를 비교해 본 결과, 완전생명표가 경험생명표에 비해 사망확률을 높게 평가하고 있는 것으로 나타났다. 95세 이상에서 급격한 변화를 볼 수 있어, LC모형의 사망확률 추정에서 같이 초고연령에서 급격한 차이를 보이고 있다. 경험생명표와 국민생명표의 초고연령에서의 차이는 주택연금액 산정에서 100세 이상의 사망확률에 대한 검토의 필요성을 보여주는 것이다.

최종생존자 상태의 연생모형을 이용한 연생 사망확률은 현재 사용 중인 여자 완전생명표의 사망확률보다 개선효과가 높게 나타났다. 주택연금은 부부가 입 시 부부 모두 사망할 때까지 연금이 지급되므로 연생사망확률 도입을 통해, 주택연금의 장수리스크를 해소하는 방안을 모색할 필요가 있다. 부부 연령의 차이가 많이 있어도 주택연금 가입이 가능하도록 주택금융공사가 개정한 것을 고려한다면 연생사망확률을 적용하는 것이 재정의 안전성을 도모할 수 있다.

우리나라가 고령화사회로 진입함에 따라 사망률 개선은 지속적으로 진행될 것이다. 가입자의 역선택이 가능한 주택연금의 특성을 고려할 때, 향후 주택연금 장수리스크와 관련한 주요한 과제는 주택연금 가

입자들의 경험데이터를 축적하여 주택연금 경험사  
망률을 산정하는 것이다.

본 논문은 최종생존자 연생모형에서 부부 가입자  
의 생존기간이 상호 독립적이라는 가정을 전제로 분  
석을 진행한 한계를 갖는다. 부부의 생존기간이 상호  
의존적일 가능성이 존재하므로 이에 대한 연생모형  
을 이용한 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한 다양  
한 개선효과가 있는 사망확률을 적용함에 따라 주택  
연금의 월지급금 변화를 향후 연구과제로 제안한다.

### 참고문헌 •••••

강성주. 2012. 보험수리 II. 서울: 경문사.  
 김선주, 김행중. 2013. 주택연금 보증료구조 다양화에 관한 연구.  
 한국지적학회지 29권, 2호: 195-208.  
 박유권, 김성용. 2011. 우리나라자료에 적합한 생명표 작성방법에  
 대한 연구. 응용통계연구 24권, 5호: 769-789  
 박유성, 장선화, 김성용. 2013. 사망률 추계를 위한 오차수정 LC모  
 형. 조사연구 14권, 2호: 19-47.  
 백혜연, 이선주, 이항석. 2013. 연생모형을 이용한 역모기지의 분석.  
 응용통계연구 26권, 3호: 531-547.  
 성주호, 김양균. 2006. 퇴직연금사망률 산출체계 개선에 관한 연구.  
 보험학회지 73집: 77-100.  
 성주호, 김준석. 2005. 생명보험회사의 역모기지론 운용 리스크분  
 석. 보험금융연구 44권: 3-32.  
 이상엽, 고성수, 김재환. 2010. 시뮬레이션분석을 통한 주택연금모  
 형 주요변수의 적정성검토에 관한 연구. 지역연구 26권,  
 3호: 41-61.  
 장운옥, 엄영호, 김계홍. 2011. 주택연금보증료와 월지급금에 대한  
 연구: 이자율위험과 장수위험모형의 적용. 보험학회지  
 8권: 1-39.  
 주효찬, 이항석. 2014. 사망률의 개선이 책임준비금에 미치는 영향.  
 리스크관리연구 25권, 2호: 3-33.  
 한국주택금융공사. 2012. 주택연금모형 주요변수 재산정 연구.  
 부산: 한국주택금융공사.  
 \_\_\_\_\_. 2014. 주택연금모형 주요변수 재산정 연구. 부산: 한국  
 주택금융공사.  
 Alho, J. M. 2000. The Lee-Carter method for forecasting mortality,  
 with various extensions and applications, Ronald Lee,

January 2000. *North American Actuarial Journal* 4, no.1:  
 91-93.  
 Cho, D., Hanewald, Katja and Sherris, M. 2015. Risk Analysis for  
 Reverse Mortgages with Different Payout Designs. *Asia  
 Pacific Journal of Risk and Insurance* 9, no.1: 77 - 105.  
 Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the  
 law of mortality. *Philosophical Transactions* 27: 513-585.  
 Lee, R. D. and Carter, L. R. 1992. Modelling and forecasting U.S.  
 Mortality. *Journal of the American Statistical Association* 87,  
 no.419: 659-671.  
 Shao, A. W., Hanewald, K. and Sherris, M. 2014. Reverse mortgage  
 pricing and risk analysis allowing for idiosyncratic house  
 price risk and longevity risk. *ARC Centre of Excellence in  
 Population Ageing Research Working Paper* 2014/01: 1-38  
 Hossain, S. A. 1994. A Note on force of mortality. *Actuarial Research  
 Clearing House* 2: 231-244.  
 한국주택금융공사. www.hf.go.kr.  
 보험개발원. www.kidi.or.kr.  
 통계청. www.kostat.go.kr.

- 
- 논문 접수일: 2015. 7. 7
  - 심사 시작일: 2015. 7. 21
  - 심사 완료일: 2015. 8. 25

---

## 요약

주제어: 생명표, LC모형, 연생모형, 최종생존자 상태, 장수리스크, 주택연금

주택연금에 적용하는 완전생명표는 국민 전체를 대조한 데이터로 산정하여 신뢰도와 일관성이 인정된다. 또한 다른 생명표에 비해 사망확률이 높게 책정되어 국민복지 차원의 주택연금 성격과 일치하고 있다.

그러나 사망확률이 점점 낮아지는 현 시점에서 주택연금의 장수리스크를 감소할 수 있는 생명표 연구가 필요하다. 이에 본 논문에서는 LC모형과 연생모형을 적용한 생명표를 산출하여 경험생명표와 국민완전생명표와 비교 분석하였다.

LC모형을 적용한 생명표와 경험생명표보다 현재 사용하는 완전생명표의 사망확률이 초고연령으로 갈수록 높게 나타났다. 95세 이상이 되면 사망확률의

차이는 현저하게 나타나므로, 100세 이상의 사망확률에 관한 새로운 고려가 요구된다. 최종생존자 상태의 연생모형을 이용한 연생사망확률은 현재 사용 중인 여자 완전생명표의 사망확률보다 개선효과가 높게 나타났다.

주택연금은 부부 가입 시 부부 모두 사망할 때까지 연금이 지급되므로 연생사망확률 도입을 통해, 주택연금의 장수리스크를 해소하는 방안을 모색할 필요가 있다. 부부 연령의 차이가 많이 있어도 주택연금 가입이 가능하도록 주택금융공사법이 개정된 것을 고려한다면 연생사망확률을 적용하는 것이 재정의 안전성을 도모할 수 있다.