

# 과학기술분야 정부출연연구기관의 평균연령 증가 추세가 연구성과에 미치는 영향\*

김승태\*\* · 정수현\*\*\* · 이기종\*\*\*\*

## <목 차>

- I. 서론
- II. 연령과 연구성과의 상관관계에 관한  
기존 논의
- III. 출연(연) 인력구조 및 연구성과 변화 추이
- IV. 실증분석
- V. 결론

**국문초록 :** 정부재정에 대한 의존도가 높은 과학기술분야 정부출연연구기관[이하 ‘출연(연)']에 대해 국회와 언론을 중심으로 연구경쟁력과 비효율성 문제가 지속적으로 제기되고 있다. 이들 외부 관계자는 출연(연) 평균연령의 증가를 비효율의 주된 원인 중 하나로 꼽는다. 평균연령 증가가 인건비 상승, 연구명맥 단절, 신진 연구자 유입 저하 및 연구경쟁력 약화 등을 야기한다는 것이다. 하지만, 출연(연) 내부에서는 평균연령 증가는 입직(入職) 연령 증가 등에 따른 자연스러운 현상이며, 연구성과에 미치는 부작용은 낮거나 오히려 그 반대라고 주장한다. 이처럼 논쟁이 극화되고 있음에도 불구하고 평균연령과 연구성과 간의 상관관계를 실증한 기존 연구가 없다는 점은 흥미로운 사실이다.

\* 본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 ‘한국과학기술기획평가원-R&D 투자전략 및 성과관리 기반 연구 사업’의 지원을 받아 수행된 연구임(AD16060).

\*\* 한국과학기술기획평가원 연구위원 (seungtkim@kistep.re.kr)

\*\*\* 한국과학기술기획평가원 연구원 (shjung@kistep.re.kr)

\*\*\*\* 한국과학기술기획평가원 선임연구위원, 교신저자 (271jong@kistep.re.kr)

본 연구는 이와 같은 인식하에 2011년도부터 2015년도까지의 5개년도 출연(연) 연구성과 및 인력구조를 추적 조사 및 분석하고, 평균연령과 연구성과 간의 상관관계의 실증을 시도했다. 그 결과 논문성과와 평균연령은 역U형 상관관계가 존재하고, 최적 평균연령은 44.96세라는 점을 확인하였다. 특허성과에 있어서는 평균연령과의 상관관계를 확인할 수 없었다.

주제어 : 평균연령, 인력구조, 연구성과, 과학기술분야 정부출연연구기관

---

---

# Aging and Research Performance of the Government-funded Research Institutes in the Field of Science and Technology

Seung Tai Kim · Su Hyeon Jung · Kijong Lee

---

---

**Abstract** : Declining research competitiveness and inefficiency are constantly being raised in the National Assembly and the media for the Government-funded Research Institutes(GFRIs), which are highly dependent on government funding. These external stakeholders point to the workforce aging of the GFRIs as one of the main causes of inefficiency. They insist that the aging leads to an increase in labor costs, a discontinuity in research, a decrease in employment of new researchers, and a decrease in research competitiveness. However, the GFRIs argue that the aging is a natural phenomenon due to an increase in the age of recruitment, and even if there is an side effect, it is extremely small or even vice versa. It is interesting that there is no empirical study identifying the correlation between the workforce aging and the research performance of the GFRIs, despite the discussion.

This study tracked and analyzed the changes of the research performance and the workforce for the five years from 2011 to 2015, and tried to demonstrate the correlation between the workforce aging and the research performance. As a result, we confirmed that there is an inverted U-type correlation between the aging and the papers, one of the research performance, and that the optimal age is 44.96 years. Also, we could not find any correlation between the aging and the patents.

Key Words : Aging, Workforce, Research performance, Government-funded research institutes

## I. 서론

과학기술분야 정부출연연구기관[이하 ‘출연(연)’]은 대학, 기업과 함께 국가혁신체제(NIS, National Innovation System)를 구성하는 3대 주체 중 하나로 주로 기술적 측면에서 국가의 미래성장을 준비하고 대응하는 성격을 지닌 국가연구기관이다. 1966년 설립된 한국과학기술연구원 외에 기계, 전자통신, 화학, 조선, 표준, 원자력 등 주력 산업별로 모두 25개 출연(연)이 운영되고 있다. 사회과학분야의 정부출연연구기관과 비교하면 그 성과가 산업경쟁력에 직결될 뿐만 아니라, 논문 및 특허 등 객관화가 가능한 성과를 토대로 기술경쟁력의 관점에서 글로벌 연구기관과 직접적인 비교 및 검증되는 특성이 있다.

한편, 최근 불투명한 국가 미래와 성장잠재력 저하로 인해 정부 과학기술 투자의 비효율성에 대한 비판적 문제제기가 이어지고 있다. 특히, 출연(연)은 정부 연구개발사업을 주도하는 핵심주체 중 하나로 운영비의 88% 가량을 정부에 의존하면서도 연구경쟁력이 점차 저하되고 있다는 지적이 많다. 개척기와 성장기 시대에 출연(연)이 대학과 기업에 고급인력의 저수조 역할을 수행해왔으나 인력 유동성이 약화되면서 논란이 점차 불거지는 양상이다. 국회와 언론 등 외부 이해관계자는 성장잠재력 약화의 원인 중 하나로 출연(연)의 평균연령 증가를 지목한다. 국정감사에 의하면 출연(연)의 평균연령은 2000년 39.6세에서 2014년 44.0세로 높아졌으며, 2008년 대비 2011년도엔 30대가 14.3%가 감소했는데 반하여 50대 이상이 40.0% 증가하는 등 고령화 경향이 나타난다(국정감사, 2011, 2013, 2014; 장병완, 2013). 전자신문(2016)에서도 “출연연이 늙어간다…연구원 70%가 40대 이상”이라는 기사를 통해 10명 중 7명이 40대 이상이라고 지적하는 등 언론 역시 같은 문제를 제기한다. 이처럼 평균연령 점증에 대한 우려는 점차 국가적 쟁점으로 심화되고 있다(전자신문, 2016, 2017; 디지털타임즈, 2016; 국정감사 2011-2016 외 다수).

주요 문제제기를 살펴보면 다음과 같다. 우선, 인건비에 대한 우려이다. 평균연령 증가는 인건비 증가와 곧장 연계되기 때문이다. 2015년도 기준으로 출연(연) 인건비는 97백억 원 수준으로 약 1조 원에 육박한다(공공기관 알리오, 2016). 당해 전체 국가연구개발 예산이 18조8,747억 원이었던 점을 감안하면 총예산 중 5%가 출연(연) 인건비에 소요되었으며, 출연(연) 총예산 4조7,192억 원 중 약 20%가 인건비로 소요되고 있는 셈이다. 핵심은 평균연령 증가 추세에 맞는 인건비 증가분을 확보하기 어려울 것으로 예상된다는 점이다. 두 번째는 연구명맥 단절에 대한 우려이다. 1980-90년대 출연(연) 성장기에 유입된 연구인력이 퇴직 시점을 맞이함에 따라 대규모 퇴직이 연이어 일어날 것으로 예상되

고 있으며, 이로 인해 개인에게 축적된 연구노하우가 후배 연구자에게 전수되지 못하고 사라질 수 있다는 것이다. 세 번째는 젊은 연구인력 유입 저하 문제가 거론된다. 연장자 증가로 인해 인건비가 상승하면서 젊은 연구인력을 충원할 수 있는 여지가 줄어들게 된다는 것이다. 마지막은 연구경쟁력 저하 우려이다. 평균연령이 일정 수준 이상으로 높아지면 현장연구를 주도할 수 있는 연구인력 감소로 이어지게 되고, 조직의 노화가 글로벌 연구환경 변화 등에 적시 대응하기 어렵게 만든다는 것이다. 다수의 연구결과에서도 연구생산성은 40대 초중반 사이에서 단일 최고점(peak point)을 맞고 이후부터 점차 감소하고 있는 것으로 보고하고 있다(엄미정 외, 2015; Cardoso et. al., 2011; Simonton, 1994, 1991; Bernier et al., 1975; Stern, 1978; Lehman, 1945, 1953 외).

하지만 당사자인 출연(연)의 생각은 다른 것으로 보인다(김승태 외, 2016). 출연(연) 리더십 대상 포커스그룹 인터뷰 결과를 보면 출연(연) 입직(入職) 시 요구되는 수준이 높아짐에 따라 진입 연령도 30대 중후반까지 증가하는 것이 현실이며, 따라서 연구인력의 평균연령이 과거에 비해 높아지는 현상은 자연스러운 현상이라는 것이다. 또, 평균연령 증가에 따라 연구경쟁력이 저하된다는 외부의 우려에 대해서도 오히려 연령증가에 따라 학술적, 경험적 깊이가 더해지면서 양질의 연구성과를 창출할 수 있게 된다고 한다. 외부의 우려와는 반대의 시각을 보이는 것이다.

논쟁을 둘러보면 몇 가지 확인과 검증이 필요한 문제점이 있다. 우선, 인력구조에 대한 데이터의 문제이다. 이전까지 인용되는 자료를 살펴보면 단년도나 정책에 따라 편향되기 쉬운 자료를 토대로 하고 있기에 설득력이 부족했다. 과학기술의 첨병 역할을 수행하는 출연(연)의 특성상 외부 공개에 한계가 있을 수밖에 없어 축적된 자료를 확보하기도 어렵다. 다음으로 출연(연) 평균연령 증가가 실제로 연구성과의 저하로 이어지는지에 대한 검증이 필요하다. 연령과 연구생산성 간 상관관계에 대한 기존 연구는 주로 대학의 개인 연구자를 분석단위로 하고 있는데 이를 그대로 출연(연)에 적용하기엔 무리가 있기 때문이다. 출연(연)은 정부가 지정한 고유임무를 대규모 사업을 조직적으로 수행하는 단일 연구주체로 연구실 단위의 소규모 연구그룹이 연구과제를 수행하는 것과는 큰 차이가 있다. 일례로 해외 주요 연구기관인 일본의 이화학연구소는 상근 연구직의 평균연령이 우리보다도 높은 47.7세이며 산업기술종합연구소 역시 47.4세에 이르고 있지만 연령과 관련한 연구경쟁력 저하 논쟁은 찾아볼 수 없다.<sup>1)</sup>

이와 같은 인식 아래 본 연구에서는 출연(연) 단위에서 평균연령의 증가가 연구성과와

1) <http://kyuuryou.com> (2016.9월 조회)

상관관계가 존재하는지 여부에 대해 연차별로 축적된 자료를 통하여 실증 분석하고자 한다. 그 결과 상관관계가 존재한다면 그 영향력의 크기와 형태는 어떻게 나타나는지, 최적 연령대는 어디인지 여부 등 단순 자료 비교를 통한 비판적 접근과는 다른 심층 분석을 진행할 것이다. 분석결과는 출연(연) 인력구조 연구경쟁력 강화의 측면에서 평균연령 증가에 대응해 정책대안 마련을 위한 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이며 특히, 확보된 기초자료는 출연(연) 인력구조와 관련되어 정규 수합된 최초의 집합적, 연속적 자료로써 향후 지속적인 관찰 가능성과 연구방향에 대한 기점을 제공할 것으로 기대된다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 먼저 II장에서는 연령과 성과 간의 상관관계를 다룬 기존 문헌의 검토를 통하여 조직 단위의 평균연령 증가가 조직의 연구성과에 미치는 영향에 대한 시사점을 도출한다. III장에서는 인력구조 및 연구성과에 대한 자료조사 및 분석을 통하여 실증 자료를 확보할 것이다. IV장에서는 연구모형의 제시와 함께 출연(연) 평균연령-연구성과 간 상관관계를 규명하고 V장을 통해 결론을 내리고자 한다.

## II. 연령과 연구성과의 상관관계에 관한 기존 논의

생산성과 연령 간에는 일정 수준의 상관관계가 존재하고 있음이 확인되고 있다 (Simonton, 1984, 1988, 2012). 관련 연구 중 일부는 혁신적 성과의 창출 시점에 대한 개인차에 초점을 두고 있고(Eysenck, 1995; Price 1975; Shockley, 1957), 다른 일부는 생애주기 관점에서 접근하고 있다(McCrae, 1987; Diamond, 1984; Cole, 1979; Bernier et al., 1975; Merton, 1968, 1973; Zuckerman & Merton, 1972; Lehman, 1953 외 다수).

본 연구에서 주목하는 것은 생애주기 관점으로 이들 연구는 다시 크게 세 가지 관점으로 구분된다. 첫 번째는 리만(Lehman, 1945, 1953)이나 사이먼톤(Simonton, 1994)과 같이 성과를 극대화할 수 있는 최적 연령이 존재하며, 연령이 일정 수준 이상 증가하면 성과는 줄어든다는 최적연령 가설(optimal aging hypothesis)에 해당한다(Stern, 1978). 초년생보다는 많은 노하우와 경험을 쌓고 있으면서도, 연장자보다는 상대적으로 젊은 연령대가 새로운 변화의 조류에 적극적으로 대응할 수 있기 때문인 것으로 설명된다. 이 가설을 대표하는 연구모형은 창의모형(creativity model)으로 창의적 잠재력(creative potential)이 한정적이기 때문에 연령에 따라 성과도 감소하게 된다고 설명한다 (Simonton, 1984). 많은 연구에서도 40대 내외까지 성과가 증가하다가 점차 속도가 줄어

(decelerating) 단일 최고점(peak point)을 맞이하고, 결국 점진적으로 감소(gradually declining)하는 역U형이나, 역선형 상관관계를 지니는 것으로 보고하고 있다(엄미정 외, 2015; Simonton, 1991, 1994, 2012; Cardoso et al., 2011; Falagas et al., 2010; Holden, 2008; Over, 1988; Horner et al., 1986; Gieryn, 1981; Stern, 1978; Bernier et al., 1975; Lehman, 1953). 개인차(individual differences)나 질적 수준(quality or quantity) 등 방식에 대한 차이가 있지만 최적연령 가설은 높은 설득력을 지니고 있으며(Simonton, 2012), 특이성과에 대해서도 정합하는 것으로 보고된다(Dietrich & Srinivasan, 2007; Simonton, 1994; Stern, 1978; Zuckerman, 1977; Zuckerman & Merton, 1972; Adams, 1946). 대표적으로 쿤(Kuhn, 1996)은 혁신적 성과(revolutionary discoveries)는 젊을수록 유리하다고 보았는데, 레이(Wray, 2003, 2004)의 실증 결과 중위 연령(middle-aged)대에서 혁신성과가 나타난다고 보고 있어 이를 뒷받침해주고 있다.

두 번째는 머튼(Merton, 1973)처럼 연령과 함께 성과도 증가한다는 점증 가설(incremental hypothesis)에 해당한다(Stern, 1978). 이 가설은 연구사회 내 장로제(gerontocracy)적 특성과 계층구조(hierarchical structure)와의 조화로 설명된다. 계층구조의 상위 계층으로 올라가는 것이 성과의 창출에 보다 유리하며, 상대적 연장자가 계층구조의 상층부를 점유하기 쉽기 때문에 보다 높은 수준의 연구성과 창출이 가능해진다. 즉, 교육과 학술 수준이 제고되고 많은 경험이 쌓이면서 연구사회 내에서 권위(authority)와 명망(prestige)을 얻게 되며 이에 따라 연구생산성 증진에 필요한 자원(resources) 및 보상(rewards)을 더 많이 획득할 수 있게 되는 것이다. 연령과의 관계는 주로 선형성(linearity)을 지니는 것으로 보고된다(노용진, 2014; Jones, 2010; Stroebe, 2010; Kyvik & Olsen, 2008; Cole, 1979; Allison & Steward, 1974, Merton, 1968, 1973, Zuckerman & Merton, 1972; Dennis, 1956).

마지막은 둘 사이에는 상관관계가 존재하지 않는다는 무관 가설(unrelated hypothesis)에 해당한다. 스텐(Stern, 1978)은 논문 수, 인용횟수(citations) 등을 검토한 결과 비교적 젊은 40대 이하의 높은 생산성을 관찰했지만 동시에 50대 이상에서도 같은 결과를 관찰함으로써 이를 관통할 수 있는 통합적 설명력을 확보하기 어렵다는 견해를 피력하기도 하였다.

세 가지 유형으로 분류되지 않지만 중요한 시사점을 제시하는 몇 가지 연구가 있다. 먼저, 킹그라스 외(Gingras et al., 2008)는 연령에 따라 양적 성과는 저하되나 질적 수준은 그대로 유지하게 된다고 보고 있다. 연령에 따른 역할 변화가 원인으로 40대 이후 연구경직성이 나타나지만, 사회적 지위가 대체제로 작용함으로써 질적 수준이 높아진다는

것이다. 최적연령 가설로는 성과의 양적 수준을, 점증 가설로는 질적 수준을 설명할 수 있게 된다. 유사하게 코스타스(Costas et al., 2010)는 연구자를 생산성에 따라 상위, 하위 그룹으로 구분하고 하위그룹의 경우 최적연령 가설이 검증되지만, 상위그룹에서는 점증 가설이 검증된다고 보고하고 있다. 인프라, 제도, 개인적 특성 등 다양한 원인으로 인해 하위그룹의 성과 도출의 동기는 줄어들지만 상위그룹에서는 반대의 동기가 작용한다는 것이다.

정성철(Chung, 2015)의 경우 조직 단위에서의 연구성과와의 상관관계를 살펴보기도 하였다. 조직 내 40세 미만 연구자 대비 55세 이상의 연구자의 비율을 살펴보는 연령지수(aging index) 개념을 도입하여 집합적 성과(aggregated achievement)와의 상관관계를 관찰하고 그 형태를 역U형으로 보고한 바 있다. 김태유·김의성(2014)은 거시경제학적 모델링 및 실증 데이터를 통하여 연령에 따른 능력과 생산성 분석을 시도하였다. 그 결과 생산성이 가장 높은 시점은 50-55세 구간이지만 역량에 따라 상이한 특성이 나타나는 것을 확인하였다. 즉, 고령자의 육체적 능력은 시간이 지남에 따라 매년 1%씩 지속적으로 감소하는 반면, 언어와 관련된 결정지능 등의 인지능력은 50대까지 상승하여 70대까지도 청년층과 유사한 수준의 능력을 유지한다는 것이다. 이 연구결과는 성과 유형에 따라서 상이한 상관관계를 지닐 수 있음을 시사한다.

출연(연) 대상의 연구도 있다. 엄미정 외(2015)는 출연(연) 연구자의 적정 정년 분석을 통한 고경력 연구자의 활용방안을 모색하기 위하여 과학기술 분야의 대학 및 출연(연)의 연령별 연구생산성 관계를 비교 분석하였다. 그 결과 연령과 연구생산성 간의 관계는 역 U자 모형이며 연령별 연구생산성 최적 시점이 대학은 46.63세, 출연(연)은 40.72세로 두 집단 간 차이는 정년 시기의 차이로 추정하였다. 다만, 분석단위나 방법은 연구자 수준에 머물렀다.

요는 분석대상이나 수준, 시기, 방법 등에 따라 세 가지 가설이 교차되어 검증되고 있다는 것이다. 이 같은 특징은 연령과 생산성 간의 관계를 검증하는데 있어 목적과 대상을 구체적으로 특정하고, 이를 실증할 수 있는 정교한 연구모형이 요구된다는 것을 의미한다. 또한, 그간의 연령과 연구생산성 간 관계를 규명한 연구의 경우 분석대상이 '개인'에 한정된 것이 대부분이었다(엄미정 외, 2015; Wray, 2003, 2004; McCrae, 1987, Diamond, 1984, Cole, 1979, Bernier et al., 1975; Merton, 1968, 1973; Zuckerman & Merton, 1972; Lehman, 1953 외 다수). 이들은 개인 단위의 독립된 연구를 가정하고 있어 조직체계와 역할 분담, 집합적 성과의 특성을 지닌 조직에 적용하기에는 한계가 있다.

### Ⅲ. 출연(연) 인력구조 및 연구성과 변화 추이

자료의 신뢰성 및 최신성, 연속성, 집계 한계 등을 고려하여 2011년도부터 2015년도까지로 한정하고, 신뢰성 확보를 위해 출연(연)별로 수합하되 기존 연구(김병목, 2016) 및 공공기관알리오와의 중복항목을 통해 비교, 검증하였다. 연구성과의 경우 국제사회에서의 비교 가능성을 고려하여 논문은 스코퍼스(Scopus) 데이터베이스를, 특허는 미국특허청(USPTO), 유럽특허청(EPO), 일본특허청(JPO), 중국국가지식재산권국(SIPO) 자료를 활용하였다.

#### 1. 인력구조 변화 추이 (2011~2016)

총원 변화 추이를 살펴보면 2007년 13,551인에서 2015년 16,303인으로 연평균 2.34% 증가한 것으로 나타난다(<표 1>).<sup>2)</sup> 전년대비 변화율을 살펴보면 2012년도부터 2013년도 사이에 중요한 변곡점이 나타나는 것이 관찰된다. 2012년도를 기점으로 정규직 대비 비정규직은 55.46%까지 높아졌다가 하락하기 시작해 2015년에는 37.64%까지 하락한 것으로 나타난다. 정규 연구직 역시 전년대비 증가율이 2012년 이전에는 2%대에 머물렀던 증가율이 이후에는 4%대 후반까지 변화하는 것이 관찰된다.<sup>3)</sup> 이는 노동시장 유연성 강화를 기조로 기획재정부가 주관이 되어 추진한 공공기관 선진화 정책(2008-2012)이 실효한 시점과 맞물리는 것으로 정권이 바뀌며 정책 방향도 노동 안정성 강화로 전환됨에 따라 비정규직 관리체계가 도입되면서 빠르게 정규직 중심 구조로 회귀한 것으로 이해할 수 있다.

2) '전 출연(연)'은 한국과학기술연구원, 녹색기술센터, 한국기초과학지원연구원, 국가핵융합연구소, 한국천문연구원, 한국생명공학연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국한의학연구원, 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원, 국가보안기술연구소, 한국건설기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국표준과학연구원, 한국식품연구원, 세계김치연구소, 한국지질자원연구원, 한국기계연구원, 재료연구소, 한국항공우주연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원, 한국화학연구원, 안전성평가연구소, 한국원자력연구원 등 25개 출연(연)을 의미한다.

3) 22개 출연(연)은 '전 출연(연)'에서 한국과학기술연구원, 한국천문연구원, 국가보안기술연구소 등 3개 출연(연)은 보안 등의 이유로 인력정보를 공개하지 않아 제외하였다.

<표 1> 전 출연(연) 총원 및 연도별 증감 추이 (2007-2015)

(단위: 인)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
정규직 (A)	9,210	9,355	9,653	9,888	10,085	10,467	10,854	11,322	11,845
전년대비	N/A	1.57%	3.19%	2.43%	1.99%	3.79%	3.70%	4.31%	4.62%
비정규직 (B)	4,341	4,625	4,701	4,594	5,218	5,805	5,193	4,524	4,458
전년대비	N/A	6.54%	1.64%	-2.28%	13.58%	11.25%	-10.54%	-12.88%	-1.46%
정규 연구직			7,042	7,240	7,405	7,761	8,132	8,399	8,665
전년대비			N/A	2.81%	2.28%	4.81%	4.78%	3.28%	3.17%
합계	13,551	13,980	14,354	14,482	15,303	16,272	16,047	15,846	16,303
전년대비	N/A	3.17%	2.68%	0.89%	5.67%	6.33%	-1.38%	-1.26%	2.89%
B / A	47.13%	49.44%	48.70%	46.46%	51.74%	55.46%	47.84%	39.96%	37.64%

※ 출처: 2007~2008 - 공공기관알리오 (<http://www.alio.go.kr/>), 2009~2015 - 각 출연(연) 개별조사

정규 연구직의 연령구조 및 연령대별 변화 추이를 살펴보자(<표 2>). 연령구조를 보면 2016년도를 기준으로 35세부터 50세까지가 전체의 58.54% 차지하고 있는 것으로 나타난다. 40세 이상부터 45세 미만까지 24.25%, 45세 이상 50세 미만 18.86%, 35세 이상 40세 미만 15.15%, 55세 이상 60세 미만 13.20% 순이다. 현재의 인력구조는 항아리형 (pot shape)을 보이고 있다고 할 것이다. 연령구조상 50세 이상이 전체의 30.03%, 55세 이상은 전체의 17.21%로 나타났는데 출연(연)의 정년이 61세임을 감안한다면 이는 향후

<표 2> 22개 출연(연) 인력구조의 연령대별 변화 추이 (정규·연구직, 2011-2016)

연도	구분	30세 미만	30~35세	35~40세	40~45세	45~50세	50~55세	55~60세	60세 이상	평균연령
2011	인원 수	162	614	1,556	1,508	1,036	1,056	576	78	43.20
	%	2.46%	9.32%	23.63%	22.90%	15.73%	16.03%	8.75%	1.18%	N/A
2012	인원 수	179	542	1,518	1,610	1,066	1,095	660	142	43.43
	%	2.63%	7.96%	22.28%	23.63%	15.65%	16.07%	9.69%	2.08%	N/A
2013	인원 수	179	603	1,368	1,756	1,136	1,074	752	201	43.38
	%	2.53%	8.53%	19.35%	24.84%	16.07%	15.19%	10.64%	2.84%	N/A
2014	인원 수	196	657	1,306	1,807	1,233	1,071	879	214	43.54
	%	2.66%	8.92%	17.74%	24.54%	16.75%	14.55%	11.94%	2.91%	N/A
2015	인원 수	170	667	1,232	1,742	1,442	1,025	990	295	43.90
	%	0.02	0.09	0.16	0.23	0.19	0.14	0.13	0.04	N/A
2016	인원 수	202	681	1,261	1,824	1,436	990	1,019	310	44.15
	%	2.62%	8.81%	16.33%	23.61%	18.60%	12.82%	13.20%	4.01%	N/A
연평균	소계	4.51%	2.08%	-4.12%	3.87%	6.75%	-1.28%	12.09%	31.78%	0.44%
증감률	%	1.24%	-1.12%	-7.12%	0.62%	3.40%	-4.37%	8.57%	27.65%	N/A

※ 출처: 각 출연(연) 개별조사

10년 내 최소 퇴직인력의 규모는 총원의 30.03%, 5년 내는 17.21%임을 시사한다. 연령대 별 연평균 증감률을 살펴보면 5년간 60세 이상은 연평균 31.75%로 가장 높게 증가했고, 55세 이상 60세 미만은 12.09%로 그 다음을 차지했다. 반대로 35세 이상 40세 미만은 -4.12%로 가장 크게 감소했고, 50세 이상 55세 미만도 -1.28%로 감소했다. 해당 기간 40세 미만까지의 상대적으로 젊은 연령대는 정체 혹은 감소한 반면, 55세 이상은 크게 증가한 것이다. 이는 인력구조가 역피라미드형(inverted pyramid shape)으로 전환되고 있음을 의미한다.

<표 3> 22개 출연(연) 퇴직 변화 추이 (정규·연구직, 2011~2016)

구분	2011				2012				2013			
	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용
인원 수	8,835	224	26	402	9,057	223	257	530	9,351	241	281	568
기초현원 대비	100.00%	2.54%	0.29%	4.55%	100.00%	2.46%	2.84%	5.85%	100.00%	2.58%	3.01%	6.07%
구분	2014				2015				연평균 증감률			
	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용	기초 현원	퇴직 인원	신규 정원	신규 채용
인원 수	9,788	277	377	647	10,143	244	375	575				
기초현원 대비	100.00%	2.83%	3.85%	6.61%	100.00%	2.41%	3.70%	5.66%	3.51%	2.16%	94.88%	9.34%

※ 출처: 각 출연(연) 개별조사

평균연령을 살펴보면 2011년도에는 43.2세였던 것이 2012년도에는 43.43세로 소폭 증가하였지만 이후 감소하여 2013년도에 43.38세로 감소하였다가 다시 높아지면서 2014년도 43.54세, 2015년도에는 43.9세, 그리고 2016년도에는 44.15세까지 지속적으로 높아진 것으로 나타난다. 연구인력의 평균연령은 5년간 약 0.95세가 증가한 것이다. 증가 추세는 일정하고 꾸준하게 유지되고 있어 연령대별 증감 추세를 같이 고려해 보았을 때 별도의 정책적 고려가 없는 한 증가 추세는 당분간 유지될 것으로 보인다.

퇴직-채용 현황을 살펴보자(<표 3>). 2011년도부터 2015년도까지 5년에 걸쳐 퇴직인원은 200명대에서 유지되고 있는 반면, 채용은 두 배가 넘는 400명대에서 500명대 후반까지 증가했다. 연평균 증감률을 보아도 퇴직인원은 2.16% 증가에 그친 반면, 신규채용은 네 배 수준인 9.34% 증가로 나타나고 있다. 채용이 퇴직보다 훨씬 많은 수준에서 유

지되는 것이다. 다만, 신규인력의 충원 속도가 퇴직 속도보다 훨씬 빠르게 증가하고 있어 충원을 효과적으로 활용한다면 역피라미드화 속도를 제어하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 연구성과 변화 추이 (2009~2015)

스코퍼스에 따르면 2009년도부터 2015년도까지 19개 출연(연)의 국제논문 건수는 4,411건에서 6,504건으로 증가했으며 해당 기간 중 총 국제논문 수는 29,913건으로 나타난다(<표 4>).<sup>4)</sup> 연평균 증가율은 6.69%로 높은 상승세가 이어지고 있다. 2015년도엔 -1.74% 역성장한 것으로 나타나는데 이는 2013년 10월과 12월에 도입된 임무중심형 기관평가제도와 표준성과지표가 역할을 했을 것으로 보인다. 이들은 출연(연)의 성과관리 체계를 양적 중심에서 질적 중심으로 근본적인 변화를 일으켰기 때문이다(국가과학기술심의회, 2013). 논문의 경우 이전까지는 출연(연)이 참여한 모든 논문성과를 인정했지만 이후에는 과학적 성과를 도출해야 하는 임무에 한하여 출연(연)이 제1, 2, 혹은 교신저자인 경우에만 분야별 영향력지수(impact factor)에 따라 인정하도록 전환하였다. 2015년도에 이에 따른 종합성과평가가 최초로 개시된 시기이고, 도입 후 1년간 현장 착근의 기간을 거쳤음을 감안한다면 추세 전환의 원인을 이해할 수 있다.

미국, 유럽, 일본, 중국 등 각국 특허청에 공개된 특허정보를 살펴봐도 유사한 추이가 관찰된다. 특허성과의 경우 부설기관을 별도로 구분하여 분리할 수 있는 방안이 없어 본원과 통합하여 측정하였다. 2009년도부터 2015년도까지 19개 출연(연)의 국제특허 건수는 574건에서 1,442건으로 증가했으며 해당 기간 중 총 국제특허 수는 9,288건으로 나타난다. 연평균 증가율은 19.30%로 큰 폭의 상승세가 이어지고 있었으며, 역시 2015년도에는 -6.30% 역성장세가 나타난다. 역시 질적 성과관리체계의 도입 시점과 맞물리는데 기술실시 등을 통하여 실제로 활용되는 비율을 측정하는 특허활용률과 미활용특허 등에 대한 본격적인 관리가 개시된 시점과 일치한다. 연구직 1인당 건수를 살펴보면 같은 기간 동안 0.08건에서 0.17건으로 연평균 12.93%씩 꾸준히 증가한 것이 관찰된다. 1인당 건

4) 19개 출연(연)은 ‘전 출연(연)’ 중 녹색기술센터, 국가핵융합연구소, 국가보안기술연구소, 재료연구소, 세계김치연구소, 안전성평가연구소 등 6개 부설연구기관을 제외한 것이다. 부설연구기관의 논문성과는 조사 대상에서 제외하였고, 특허성과는 본원과 통합하여 조사하였다. 다만 녹색기술센터나 국가보안기술연구소의 경우 특허성과를 도출하지 않는 유형의 출연(연)이라는 점을 고려하여 본원과 통합하지 아니하고 제외하였다.

수 측정에서 연구직의 총원은 부설기관이 있는 경우 부설기관까지 통합하여 산출하였다. 역시 2015년도에는 전년대비 -8.88% 감소한 것으로 나타났다.

<표 4> 19개 출연(연)별 국제논문, 국제특허 건수 (2011-2015)

구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	소계	연평균	
논문	건수	4,411	4,678	4,941	5,677	6,172	6,619	6,504	29,913	6.69%
	전년대비	3.64%	6.05%	5.62%	14.90%	8.72%	7.24%	-1.74%	N/A	N/A
	연구직 1인당	0.67	0.70	0.72	0.80	0.83	0.87	0.83	N/A	3.07%
	전년대비	N/A	3.72%	3.56%	10.18%	4.06%	4.37%	-4.36%	N/A	N/A
특허	건수	574	847	878	1,110	1,407	1,539	1,442	9,288	19.30%
	전년대비	18.60%	47.56%	3.66%	26.42%	26.76%	9.38%	-6.30%	N/A	N/A
	연구직 1인당	0.08	0.12	0.12	0.15	0.18	0.19	0.17	N/A	12.93%
	전년대비	N/A	44.11%	1.42%	20.88%	21.33%	6.18%	-8.88%	N/A	N/A

※ 논문 출처: 스코퍼스 데이터베이스(Scopus, 2016.9월 조회)

※ 특허 출처: 미국, 유럽, 일본특허청(USPTO, EPO, JPO) 및 중국국가지식산업권국(SIPO) (2016.9월 조회)

### 3. 포커스그룹 인터뷰

12개 주요 출연(연) 리더십 및 관계 전문가를 대상으로 평균연령 점증과 연구경쟁력 저하를 주제로 포커스그룹 인터뷰를 실시해본 결과 외부 전문가의 심각한 문제의식과 달리 출연(연) 리더십은 평균연령 점증에 대한 문제의식 공감도가 상대적으로 낮은 편으로 나타났다(<표 5>)(김승태 외, 2016). 즉, 연구생산성 저하의 문제는 연령보다 보직 해임의 시점과 연관이 있을 것으로 추정하는 편이었다. 그럼에도 불구하고, 고경력 연구인

<표 5> 포커스그룹 인터뷰 결과 요약

구분		평균연령 증가 문제의식	인력구조 조정정책 도입 및 시행 경험	급속 퇴직에 따른 명백 단절 우려	연령에 따른 연구경쟁력 저하	고경력자에 대한 문제의식
출연(연)	동의	2	4	1	7	2
	비동의	9	-	3	4	2
	의견 없음	1	8	8	1	8
외부 전문가	동의	2	-	1	2	2
	비동의	-	-	-	-	-
	의견 없음	-	2	1	-	-

※ 12개 출연(연) 및 관계 전문가 대상으로 2016.7월부터 12월까지 4차에 걸쳐 실시 (김승태 외, 2016)

력의 연구현장 적응력 부족에 대한 문제의식에는 대체로 공감하고 있으며 연구경쟁력-연령 증가 간 상관성에 대해 논문이 40대 내외에서, 특히는 50대에서도 경쟁력이 유지된다고 응답하였고, 기술이전·중소기업 지원은 그 이후에도 지속 증가한다고 인식하는 것으로 나타났다.

## IV. 실증분석

### 1. 연구모형 및 변수설정

출연(연)은 정부의 소관 하에 운영되는 재단법인의 일종으로 예산과 인력을 지원하면 자원의 운용을 통해 연구성과를 도출하고, 이를 국가·사회에 환원하는 기본적인 운영체계를 지니고 있다. 다만, 소관의 의미는 일반 공공기관과 다르게 정부의 간접 범위를 최소화하고 있으며, 출연(연) 운영과 관련된 대부분의 사항을 자율재량에 일임하고 있다. 즉, 소관은 지원과 육성의 관점에서 과학기술 분야 출신 전문가로 구성된 국가과학기술 연구회(이하 '연구회')를 두고 연구회가 출연(연) 운영에 필요한 세부 사항을 스스로 결정하도록 하는 형태로 되어 있다. 따라서 이때 출연(연) 관련 연구모형에서는 자원인 예산과 인력, 그리고 운영환경에 해당하는 운영주체인 정부와 연구회 정책을 감안하는 것이 필요하다. 다만, 운영환경은 출연(연)별 차별성이 나타나지 않기 때문에 출연(연) 단위에서는 의미가 크지 않다.

기관의 특성상 시간이 흐름도 성과 도출에 중요한 영향을 준다. 일정 시간이 경과하게 되면 연구비 및 인력을 안정적으로 유지하는 규모의 확보가 가능해지고, 연구시설·장비 등의 기본 인프라가 충실히 갖추어질 뿐 아니라, 노하우의 축적에 따라 안정적인 성과창출이 가능하기 때문이다(정수현 외, 2016; 박순애·권혜연, 2014; Wang, 2013). 이러한 특성은 제도 외적 요인에 해당하지만 성과에 직접적인 영향을 줄 수 있다.

본 연구에서 주목하는 것은 자원 중 하나인 인력, 특히 인력구조의 관점에서 그간 정책적 관심 밖에 놓여 있던 연령에 관한 사항이다. 연령은 연구성과 창출에 밀접한 연관성을 지니고 있다고 일반적으로 믿어져 왔음에도 불구하고 그간 정책으로 다루어진 적이 없었고, 현실 논쟁의 중심에 있으면서도 관련 연구도 찾기 어렵기 때문이다. 구체적으로는 평균연령을 독립변인으로 적용한다. 다만, 연구개발 활동에 직접 관여하는 인력

이 분석 대상이므로 대상은 행정직, 연구직, 기술직 중 연구직으로 한정한다.

출연(연) 성과는 유형성과(tangible achievement)와 무형성과(intangible achievement)로 크게 구분이 가능하다. 유형성과는 논문, 특허, 기술이전 등 정량적 확인이 가능한 성과를 의미하고, 무형성과는 지식의 축적과 확산, 기술의 확보 등 정성적으로만 확인되는 형태를 의미한다. 본 연구에서는 통계적 확인이 가능한 유형성과, 그중에서도 공공부문 연구기관의 대표성과라고 할 수 있는 논문과 특허를 실증 대상으로 한다(김주경 외, 2014; 최호영 외, 2011; 김재홍, 2010; 최태진, 2007).

실증은 앞서 논했던 연령과 성과 간의 상관관계에 대한 세 가지 유형의 가설인 최적 연령 가설(optimal age hypothesis), 점증 가설(incremental hypothesis), 무관 가설(unrelated hypothesis)을 검증하는 방식으로 진행하는데 상관관계의 형태에 대한 보다 정확한 분석을 위해 선형 모형과 역U형 모형으로 구분하여 접근하는 방식을 선택한다.

선형 모형( $\theta$ )은 아래 식 (1)과 같다. 독립변수로는 총예산( $bgt$ )과 연구직의 평균연령( $\overline{age}$ )을 적용하고, 통제변수로는 설립경과년도( $psg$ ), 총예산 대비 정부출연금의 비율( $gfund$ ), 총원 대비 정규직의 비율( $rgr$ )을 적용한다. 정부출연금 비율이나 정규직 비율은 각각 예산구조(budget structure)와 인력구조(manpower structure)를 대표하는 변수로 연구성과에 중요한 영향요인으로 보고된 바 있다(정수현 외, 2016). 총원의 경우 따로 적용하지 않았는데, 그 이유는 총원이 총예산과 높은 상관계수를 지니고 있어 적용 실익이 낮기 때문이다.

$$\dot{\theta}_t = \beta_0 + \beta_1 bgt_{t-1} + \beta_2 \overline{age}_t + \beta_3 X_t(psg_{t-1}, gfund_{t-1}, rgr_t) + \epsilon \quad (1)$$

추정결과 모형( $\theta$ )과  $\beta_2$ 가 유의한 동시에  $\beta_2$ 가 양의 값을 지니면 평균연령과 성과 간의 상관관계는 양의 상관관계를 지니는 선형 관계로 추정할 수 있을 것이고, 음의 값을 지니면 음의 상관관계를 지니는 선형 관계로 추정할 수 있을 것이다.

역U형을 위한 비선형 모형( $\theta\theta$ )은 아래 식 (2)와 같다. 선형 모형에서 평균연령의 제곱( $\overline{age}^2$ )이 추가된 형태로 이를 통하여 최적 평균연령에 대한 추정이 가능해진다.

$$\begin{aligned} \dot{\theta}\theta_t = & \beta_0 + \beta_1 bgt_{t-1} + \beta_2 \overline{age}_t + \beta_3 \overline{age}_t^2 \\ & + \beta_4 X_t(psg_{t-1}, gfund_{t-1}, rgr_t) + \epsilon \end{aligned} \quad (2)$$

비선형 모형의 추정결과 모형( $\theta\theta$ )과  $\beta_3$ 가 유의한 동시에  $\beta_3$ 가 음의 값을 지니면 평균 연령과 성과 간의 상관관계는 역U형으로 추정이 가능하지만 양의 값을 지니면 U형으로 추정하게 된다. 만일  $\beta_2$ 까지 유의하게 도출되는 경우  $-\beta_2/2\beta_3$ 를 통하여 성과가 극대, 혹은 극소가 되는 연령을 추정할 수 있다.

결과 해석의 방법은 다음과 같다. 만일 선형 모형( $\theta$ )이나 비선형 모형( $\theta\theta$ ) 둘 중의 하나만 유의하게 실증된다면 출연(연)에 있어 평균연령과 연구성과 간의 상관관계에 대해 점증형이나 최적연령 가설이 성립함을 검증할 수 있을 것이다. 두 가지 모형이 모두 유의하지 않게 실증된다면 무관계 가설, 혹은 본 모형으로는 상관관계의 존재 여부를 확인할 수 없게 된다. 조금 복잡한 경우는 두 모형이 모두 유의하게 도출되는 경우인데 이 경우에는 보다 적합한 모형을 선택해야 하는 문제로 재차 귀결된다. 각 모형별 설명력 (adjusted  $R^2$ ), 실증으로 추정 가능한 특징(empirically identifiable characteristics)의 분석을 통하여 과소대표(under estimation), 과대대표(specialization, over-determination)의 가능성을 판단하고 보다 합리적인 모형을 선택해야 할 것이다.

각 변수별 코딩 방법은 다음과 같다(<표 6>). 모든 변수의 측정 및 분석 단위는 출연(연)이다. 먼저 종속변수로 정규 연구직 1인당 논문 및 특허성과를 건수를 측정하였다 (각  $paper/rgr_{researcher}$ ,  $patent/rgr_{researcher}$ ). 독립변수로는 기관의 총예산을 백만 원 단위로 측

<표 6> 변수 및 조작화 방법, 기술통계량

변수	정의	측정 방법	평균		표준편차	N
$\frac{paper}{rgr_{researcher}}$	정규 연구직 1인당 국제논문 수	총 국제논문 수* / 총 정규 연구직 인원 수 * scopus 데이터베이스 기준	1.10	건	.83	80
$\frac{patent}{rgr_{researcher}}$	정규 연구직 1인당 국제특허 수	총 국제특허* 수 / 총 정규 연구직 인원 수 * 미국, 유럽, 일본, 중국 특허청 공개 기준	.09	건	.12	80
$bgt$	총예산	총 예산 (백만 원 단위)	168,739	백만 원	137,294	
$\overline{age}$	평균연령	정규 연구직 연령의 합 / 정규 연구직 총원 수	44.29	세	1.98	80
$\overline{age}^2$	평균연령의 제곱	$\overline{age}$ 의 제곱 값	1965.77	세	171.40	80
$psg$	설립경과년도	설립 이후 경과년도	32.94	년	9.51	80
$gfund$	총예산 대비 정부출연금 비율	정부출연금 / 총 예산 (백만 원 단위)	.48		.23	80
$rgr$	총원 대비 정규직 비율	정규직 총원 수 / 총원 수	.66		.14	80

정(*bgt*)하였고, 정규 연구직에 대한 평균연령( $\overline{age}$ )과 이의 제곱 값( $\overline{age}^2$ )을 측정하였다. 통제변수로는 출연(연) 설립 이후 경과년도(*psg*)와 함께 정부출연금의 비율(*gfund*), 정규직의 비율(*rgr*)을 연도별로 구분하여 측정하고 22개 기관의 5년치 자료에 대해 횡단면 분석을 수행한다.

기술통계량을 살펴보면 22개 출연(연)에서 수합한 총 사례 수는 80개였다(<표 6>). 정규 연구직 1인당 국제논문 수는 평균 1.10건이었으며, 1인당 국제특허 수 .09건, 총예산 168,739억 원, 평균연령은 44.29으로 나타났다. 설립경과년도는 평균 32.94년, 총예산 대비 출연금 비율은 평균 .48, 총원 대비 정규직 비율은 .66이었다.

## 2. 분석결과

선형 모형( $\theta$ )을 실증한 결과 1인당 논문 수와 1인당 특허 수 모두 실증되었지만, 평균 연령( $\overline{age}$ )에 대해서는 1인당 논문 수에 대해서만 긍정적인 상관관계를 지니는 것으로 나타났다( $\beta = .079, p = .071$ ). 앞서 논한 바와 같이 평균연령에 대한 해석은 선형 모형뿐 아니라 비선형 모형( $\theta\theta$ )의 추정 결과를 함께 분석해야 의미 있는 결과를 도출할 수 있기 때문에 비선형 모형 추정 결과와 함께 후술할 것이다. 통계도구로는 SPSS Statistics 20.0을 활용했다.

1인당 논문 수에서는 이외에도 통제변수로 감안한 설립경과년도(*psg*), 총예산 대비 정부출연금(*gfund*), 총원 대비 정규직 비율(*rgr*)이 유의하게 도출되었다(각  $\beta = -.022, p = .024$ ,  $\beta = 2.080, p = .000$ ,  $\beta = -1.787, p = .008$ )(<표 7>). 설립 후 오래 될수록 논문성과에 미세하게 좋지 않은 영향을 주는 것이나 총예산 중 정부출연금 비율이 높아질수록 긍정적 영향을 주는 것은 기존의 연구결과에도 부합하는 것이다(정수현 외, 2016, 박순애·권혜연, 2014). 설립 후 오래 경과할수록 양보다 질적 성장을 추구하게 되면서 건수 기준의 성과가 주춤해지는 것이 반영되는 것이고, 정부출연금의 경우 안정적 연구개발 활동이 가능해지면서 성과 도출에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 이해할 수 있다.

정규직 비율이 높아질수록 성과에 부정적인 영향을 주는 것에 대해서는 향후 면밀한 관찰이 필요할 것으로 보인다. 정규직 비율은 비정규직 비율과 완전 연관(fully associated) 관계에 놓여 있는데 이 같은 결과는 비정규직 비율이 높아질수록 논문성과가 더 많이 도출되고 있다는 것을 의미하기 때문이다. 기존 연구결과를 살펴 보면 정규직 비율과 성과 간의 양의 상관관계를 보인다는 연구(박순애·권혜연, 2014; 민철구·박

성욱, 2013; 유홍림·박성준, 2007)와 그렇지 않다는 연구결과(정수현 외, 2016)가 상반되어 나타난다. 본 연구의 대상기간은 초기에는 공공기관 선진화 정책에 따라 비정규직이 급증하다가 정부 정책의 전환으로 인해 2013년도부터 급반전했던 기간에 해당한다. 해당 기점 전후 비정규직의 처우 수준이 보완되는 등 보수체제에도 큰 변화가 있었다. 이처럼 비정규직에 대한 급격한 변곡점이 존재하는 상황에서 본 연구결과만으로 비정규직 효과에 대해 명확히 논하기는 어려우며 향후 보다 면밀한 관찰과 분석이 필요할 것으로 보인다.

<표 7> 선형 모형(θ)에 대한 추정 결과

구분	모형 1 1인당 논문 수				모형 2 1인당 특허 수			
	비표준화 계수		표준화	p	비표준화 계수		표준화	p
	β	표준 오차	계수		β	표준 오차	계수	
constant	-1.598	1.870		.395	-271	.277		.330
$bgt_{t-1}$	.000	.000	.100	.501	.000***	.865	5.615	.000
$\overline{age}_t$	.079*	.043	.188	.071	.007	.006	.110	.304
$psg_{t-1}$	-.022*	.010	-2.299	.024	-.003*	.001	-.221	.059
$gfund_{t-1}$	2.080***	.482	4.312	.000	.130*	.071	1.824	.072
$rgr_t$	-1.787***	.657	-2.718	.008	-.053	.097	-.546	.587
N	80				80			
R <sup>2</sup> (Adjusted)	.421				.375			
F (p-value)	12.471*** (.000)				10.472*** (.000)			

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.001

1인당 특허 수에 관해서는 평균연령에 대해서는 유의하지 않은 것으로 나타났다 ( $p=.304$ ). 이외 총예산( $bgt$ ), 설립경과년도( $psg$ )와 출연금 비율( $gfund$ )이 유의하게 나타났으며(각  $\beta=-.000, p=.000$ ,  $\beta=-.003, p=.059$ ,  $\beta=.130, p=.072$ ) 그 결과에 대한 해석은 1인당 논문 수의 경우와 큰 차이가 없을 것이다. 다만 정규직 비율의 경우 1인당 논문 수에서의 다르게 유의하지 않은 것으로 나타났다.

이번에는 비선형 모형( $\theta\theta$ )에 대해 실증한 결과를 살펴보자(<표 8>). 비선형 모형( $\theta\theta$ ) 역시 1인당 논문 수와 1인당 특허 수 모두에서 실증되었지만 평균연령( $\overline{age}$ )이나 평균연령의 제곱( $\overline{age}^2$ )에 대해서는 1인당 논문 수에 대해서만 평균연령의 증가에 관하여 긍정적인 상관관계를 지니는 것으로 나타났다( $\beta=2.559, p=.025$ ,  $\beta=-.028, p=.030$ ). 평균연령에 관한 사항은 후술하겠다.

1인당 논문 수에서는 이외에도 모든 통계변수가 유의하게 도출되었다. 설립경과년도 (*psg*)와 정규직 비율(*rgr*)은 음의 상관관계를 지니고 있는 것으로 나타났고(각  $\beta = -.026, p = .009$ ,  $\beta = -1.800, p = .006$ ), 출연금 비율(*gfund*)은 양의 상관관계를 지니는 것으로 나타났으며( $\beta = 2.501, p = .000$ ), 변수 간의 영향력 또한 선형 모형( $\theta$ )과 유사한 수준으로 나타났다. 1인당 특허 수 역시 선형 모형( $\theta$ )의 경우와 유사한 결과를 보였다. 평균연령 ( $\overline{age}$ )이나 평균연령 제곱( $\overline{age}^2$ ) 모두 유의하지 않게 나타났으며, 이외 총예산(*bgt*), 설립경과년도(*psg*)와 출연금 비율(*gfund*)이 유의하게 나타났다(각  $\beta = -.000, p = .000$ ,  $\beta = -.003, p = .034$ ,  $\beta = .176, p = .024$ ). 역시 영향력의 크기도 선형 모형( $\theta$ )의 실증 결과와 유사했다.

<표 7> 선형 모형( $\theta$ )에 대한 추정 결과

구분	모형 1 1인당 논문 수				모형 2 1인당 특허 수			
	비표준화 계수		표준화	<i>p</i>	비표준화 계수		표준화	<i>p</i>
	$\beta$	표준 오차	계수		$\beta$	표준 오차	계수	
constant	-1.598	1.870		.395	-271	.277		.330
<i>bgt</i> <sub><i>t</i>-1</sub>	.000	.000	.100	.501	.000***	.865	5.615	.000
$\overline{age}_t$	.079*	.043	.188	.071	.007	.006	.110	.304
<i>psg</i> <sub><i>t</i>-1</sub>	-.022*	.010	-2.299	.024	-.003*	.001	-.221	.059
<i>gfund</i> <sub><i>t</i>-1</sub>	2.080***	.482	4.312	.000	.130*	.071	1.824	.072
<i>rgr</i> <sub><i>t</i></sub>	-1.787***	.657	-2.718	.008	-.053	.097	-.546	.587
N	80				80			
<i>R</i> <sup>2</sup> (Adjusted)	.421				.375			
F (p-value)	12.471*** (.000)				10.472*** (.000)			

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$

<표 8> 비선형 모형( $\theta\theta$ )에 대한 추정 결과

구분	모형 3 1인당 논문 수				모형 3 1인당 특허 수			
	비표준화 계수		표준화	p	비표준화 계수		표준화	p
	$\beta$	표준 오차	계수		$\beta$	표준 오차	계수	
constant	-55.629**	24.498		.026	-6.138*	3.684		.100
$bgt_{t-1}$	.000	.000		.270	.000***	.000		.914
$\overline{age}_t$	2.559**	1.122	6.073	.025	.276	.169	1.635	.106
$\overline{age}_t^2$	-.028**	.013	-5.858	.030	-.003	.002	-1.597	.115
$psg_{t-1}$	-.026***	.010	-.292	.009	-.003**	.001	-.250	.034
$gfund_{t-1}$	2.501***	.507	4.930	.000	.176**	.076	.342	.024
$rgr_t$	-1.800***	.641	-.295	.006	-.055	.096	-.063	.573'
$-\frac{\beta_2}{2\beta_3}$		44.96				(N/A)		
N		80				80		
$R^2$ (Adjusted)		.450				.388		
F (p-value)		11.754*** (.000)				9.355*** (.000)		

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.001

이제 평균연령에 대한 실증 결과를 살펴보자. 앞서 밝힌 바와 같이 1인당 논문 수에서 선형 모형( $\theta$ )과 비선형 모형( $\theta\theta$ ) 모두에 평균연령은 유의한 것으로 나타났다. 각 모형별 설명력(adjusted  $R^2$ )을 살펴보면 선형의 경우 .421, 비선형은 .450으로 나타났는데 출연(연)에 대한 연구모형의 일반적 설명력이 0.4에서 0.6 수준에 머무른다는 점을 고려하면 과소대표(under estimation)의 우려는 없을 것으로 생각된다. 비선형 모형의 설명력이 상대적으로 더 높고, 연령( $\overline{age}_t$ )과 연령 제곱( $\overline{age}_t^2$ )이 모두 유의하게 나타났음을 고려하면 상관관계는 포물선 형태로 추정할 수 있으며, 연령의 제곱( $\overline{age}_t^2$ )의 영향력은 음수로 나타나 그 형태는 역U형(inverted U-curve)이라는 것을 추정할 수 있다. 추정된 최적 평균연령이 경험구간 내에 존재하는 점으로 미루어볼 때 과대대표(over determination)의 우려 또한 높지 않을 것이다. 성과가 극대가 되는 최적 평균연령( $-\beta_2/2\beta_3$ )은 44.96세였다.

출연(연) 단위에서 평균연령과 논문성과 간의 상관관계는 최적연령 가설(optimal aging hypothesis)이 검증됨이 통계적으로 실증된 것이다. 다만, 기존 연구자 수준의 연구결과에서 최적 연령이 40세 수준이었던 것을 상기해본다면 조직 단위의 최적 연령대는 그보다 4세가량 연장된 것이 확인된다. 현재 출연(연)의 평균연령 44.15세임을 감안

하면 논문성과의 창출에 있어 출연(연)은 이미 최적 인력구조에 근접하고 있으며 현재 연평균 0.2세 내외의 평균연령의 증가 추세가 지속된다면 4년에서 5년 내에 최적 연령을 초과하게 될 것이라는 것을 의미한다. 결국 빠른 속도로 진행되고 있는 출연(연) 평균연령의 증가세가 지속된다면 연구경쟁력 약화를 야기할 수 있다는 우려가 현실화될 가능성이 높을 것이다. 이와 같은 결과를 감안한다면 연구경쟁력의 보전과 제고를 위해서 연구인력의 평균연령이 일정 수준 이상으로 증가하지 않도록 정책적 관심이 필요할 것이다.

특허의 경우 평균연령과의 연관성을 찾아볼 수 없었다. 평균연령과 특허성과 간의 상관관계를 실증하기 위한 회귀 결과는 신뢰수준 안으로 진입하지 못했기 때문이다. 이와 같은 결과는 특허성과의 경우 평균연령과의 관계가 무관계 가설(unrelated hypothesis)에 해당하거나, 아니면 현재의 경험치만으로는 세 가지 유형 중에서는 적합한 모형을 찾을 수 없다는 것을 의미한다. 본 연구는 2011년도부터 2015년도까지의 한정적으로 수집된 자료를 통하여 실증을 시도했는데 해당 기간 동안 출연(연)은 30대 중후반에서 40대 중후반까지 해당하는 평균연령대만을 경험하는데 그쳤다. 인력의 순환구조를 갖추고 있는 출연(연)에서는 사실상 이외의 평균연령을 경험했을 가능성도 낮고, 향후에도 그럴 가능성은 높을 것으로 보인다. 대다수 연구인력이 30대 초반의 신진 연구자로 구성되거나 50대 중반 이후의 연장자로 구성되는 극단적인 평균연령은 경험하기 어렵기 때문이다. 한편, 출연(연) 리더십 대상 포커스 그룹 인터뷰 조사 결과를 살펴보면 다수의 리더십은 연구성과와 연령 간의 역U형 상관성이 존재하고 있으며, 성과가 극대화되는 최적 연령은 논문이 40대 초중반, 특허가 50대, 기술이전은 50대 이후에도 증대한다고 응답하고 있다(김승태 외, 2016). 이러한 주장이 사실이라면 경험치가 부재한 상황에서 본 연구의 결과만으로 무리하게 무관계 가설을 주장하는 것은 과대해석의 오류를 범할 가능성이 높으며, 향후 지속적인 자료의 축적과 경험의 확장을 통해 상관관계를 재고하는 것이 필요할 것이다.

## V. 결론

지금까지 출연(연)을 분석단위로 연구인력의 평균연령과 연구성과 간의 상관관계에 대해 분석해보았다. 그 결과 논문성과의 경우 연구자 개인 단위에서의 분석결과와 같이

출연(연)에서도 연구성과가 극대화되는 최적 평균연령이 존재하며, 그 이상으로 높아지면 연구성과가 점진적으로 저하되기 시작한다는 역U형의 최적연령 가설이 실증을 통해 검증되었으며, 최적 평균연령은 44.96세로 나타났다. 출연(연) 인력구조의 변화 추이를 보면 고경력 연구자가 신진 연구자에 비해 높은 속도로 증가하고 있고, 평균연령도 지속적으로 높아지는 추세에 있으며 현재 평균연령은 44.15세로 나타난다. 이러한 연구결과를 종합해본다면 현재 출연(연)의 평균연령은 최적 연령에 근접한 수준이나 인력구조의 변화 추세가 지속된다면 고경력화가 빠르게 진행되어 세대 간 구성비가 악화될 우려가 있다는 점에서 출연(연)의 연구경쟁력 유지에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

논문성과와 평균연령의 상관관계가 유의하게 도출된 것과 달리 특허성과의 경우에는 유의한 결과를 도출하지 못했다. 특허의 경우 논문보다 성과 도출의 극대화 시점이 상대적으로 더 높은 연령층에서 나타난다는 출연(연) 리더십의 의견을 고려했을 때, 30대 중 후반에서 40대 후반까지의 연령대만을 경험한 지금까지의 출연(연)이 아직 최적 연령대를 경험하지 못했을 가능성이 높다. 따라서 특허성과에 대하여 본 연구의 결과만을 놓고 평균연령과의 무관계 가설(unrelated hypothesis)의 가능성을 논하기는 어려울 것이다.

본 연구는 최근 불거지고 있는 출연(연) 연구인력의 평균연령 증가에 대한 문제제기에 대해 논점의 핵심이 되는 출연(연) 단위의 평균연령과 연구성과 간의 상관관계에 대한 해답을 모색했다는 점에서 중요한 의의가 있다. 현재까지의 연구결과를 보면 연령과 생산성 간 상관관계에 대한 조직 단위의 접근은 찾아보기 어려웠다는 점을 고려할 때 연구 대상을 개인에서 조직 단위까지 확장했다는 의의도 찾을 수 있다. 또한, 이제까지 출연(연)에 대한 연구가 거의 이루어지고 있지 않고 있다는 점에서도 향후 출연(연) 단위의 연구에 주요한 참고가 될 것으로 생각된다. 다만, 본 연구는 앞서 최근 5년간 자료에 한정됨으로써 패널분석과 같은 정교한 분석이 이루어지지 못했으며 이와 같은 한계가 일반화된 해답의 모색에 걸림돌이 될 수 있음을 확인한 바 있다. 더불어 최근 출연(연) 정책의 골간이 되고 있는 출연(연)별 고유임무에 따른 특성을 고려하지 못했다는 한계가 있다.

# 참고문헌

## (1) 국내문헌

- 공공기관알리오, <http://www.alio.go.kr/> (2016.8월 조회)
- 과학기술연구회 통합통계정보서비스, <http://stat.nst.re.kr> (2016.8월 조회)
- 국가과학기술심의회 (2015), 「국가연구개발 성과평가 개선 종합대책(안)」.
- 국정감사 교육과학기술위원회 회의록 (2011년도, 2012년도).
- 국정감사 미래창조과학방송통신위원회 회의록 (2013년도, 2014년도).
- 김병목·이정현·유정윤·최현미·김성훈·양재철 (2016), 「출연(연) 인력체계 분석 및 중장기 인력운영계획」, 세종: 국가과학기술연구회.
- 김승태·이기중·정수현·김광구·노민선·백출우·한상연·홍성우 (2017), 「과학기술분야 정부출연연구기관 인력구조 진단·예측과 정책적 시사점 도출에 관한 연구」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 김재홍 (2010), “개방형 혁신여건 조성을 통한 정부 R&D투자의 성과 제고”, 『디지털정책연구』, 제8권 제2호, pp. 26-42.
- 김주경·김영곤·강계상 (2014), “정부 R&D 사업성과의 영향요인에 관한 연구”, 『한국정책과학회보』, 제18권 제4호, pp. 229-256.
- 김태유·김의성 (2013), 「고령화 사회에 대비한 연령별 분업체계에 대한 연구」, 성남: 한국과학기술한림원, KAST Research Report.
- 남도영 (2016), “출연연 “이제 자발적 혁신으로 존재 이유 보여줄 때”, 『디지털타임즈』.
- 노용진 (2014), “고령 인력의 성과를 떨어뜨리는 7가지 이유”, 『LG Business Insight』, 제1317·1318호, pp. 32-37.
- 박순애·권혜연 (2014), “공공연구기관의 조직특성과 국가연구개발사업 성과에 관한 탐색적 연구”, 한국행정학회 세계행정학술대회, pp. 1-27.
- 송해영 (2016), “출연연이 늙어간다…연구원 70%가 40대 이상”, 『전자신문』.
- 송해영 (2017), “[신년기획] 과학기술 컨트롤타워 ‘연구개발혁신부’ 만들자”, 『전자신문』.
- 엄미정·정성철·이원경·성경모 (2015), 「과학기술인력의 정년에 대한 이슈와 정책방안」. 세종: 과학기술정책연구원, 정책연구 2015-17.
- 장병완 (2013), “출연연 연구직 고령화: 특정 연령대 집중 심각”, 보도자료, 2013.10.21.
- 정수현·김승태·이기중 (2016), “과학기술분야 정부출연연구기관 연구성과의 내재적 영향요인에 관한 연구”, 『정책분석평가학회보』, 제26권 제3호, pp. 1-27.
- 최태진 (2007), “국가연구개발사업의 유형별 성과분석을 통한 전략적 연구관리 체계 구축에 관한 연구”, 건국대학교 대학원 박사학위논문.

최호영 · 최치호 · 김정수 (2011), “과학기술계 정부출연연구기관의 연구개발성과 결정요인”, 『기술혁신학회지』, 제14권 제1호, pp. 791-812.

## (2) 국외문헌

Adams C.W. (1946), “The Age at Which Scientists Do Their Best Work”, *Isis*, Vol. 36, No. 3/4, pp. 166-169.

Allison Paul D., & John A. Steward (1974), “Productivity Differences among Scientists: Evidence for Accumulative Advantage”, *American Sociological Review*, Vol. 39, No. 4, pp. 596-606.

Bernier Charles L., William N. Gill, & Raymond G. Hunt (1975), “Measures of Excellence of Engineering and Science Department: A Chemical Engineering Example”, *Chemical Engineering Education*, Vol. 1, pp. 194-197.

Cardoso Ana Rute, Paulo Guimaraes, & Jose Varejao (2011), “Are Older Workers Worthy of Their Pay? An Empirical Investigation of Age-Productivity and Age-Wage Nexuses”, *De Economist*, Vol. 159, No. 2, pp. 95-111.

Chung Sungchul (2015), “Aging and Scientific Performance: An Empirical Study on Korean University Researchers”, *STI Policy Review*, Vol. 6, No. 2, pp. 1-23.

Cole Sephan (1979), “Age and Scientific Performance”, *American Journal of Sociology*, Vol. 84, No. 4, pp. 958-977.

Costas Rodrigo, Thed N. van Leeuwen, & Maria Bordons (2010), “A Bibliometric Classificatory Approach for the Study and Assessment of Research Performance at the Individual Level: The Effects of Age on Productivity and Impact”, *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, Vol. 61, No. 8, pp. 1564-1581.

Dennis Wayne (1956), “Age and Productivity among Scientists”, *American Association for the Advancement of Science*, Vol. 123, No. 3200, pp. 724-5.

Diamond A.M. (1984), “An Economic Model of the Life-cycle Research Productivity of Scientists”, *Scientometrics*, Vol. 6, No. 3, pp. 189-196.

Dietrich Arne, & Narayanan Srinivasan (2007), “The Optimal Age to Start a Revolution”, *The Journal of Creative Behavior*, Vol. 41, No. 1, pp. 339-351.

Eysenck Hans J. (1995), “Can We Study Intelligence Using the Experimental Method?”, *Intelligence*, Vol. 20, No. 3, pp. 217-228.

Falagas Matthew E, Ierodiakonou Vrettos, & Alexiou Vangelis G. (2008), “At What Age Do Biomedical Scientists Do Their Best Work?”, *FASEB Journal*, Vol. 22, No. 12, pp. 4067-4070.

Gieryn T.F. (1981), “The Aging of a Science and Its Exploitation of Innovation: Lessons from

- X-ray and Radio Astronomy”, *Scientometrics*, Vol. 3, No. 4, pp. 325-334.
- Gingras Yves, Vincent Larivière, & Benoît Macaluso (2008), “The Effects of Aging on Researchers’ Publication and Citation Patterns”, *PloS One*, Vol. 3, No. 12, p. e4048.
- Holden C., “The Incredible Aging Investigator”, *Science*, Vol. 319, No. 5862, p. 391.
- Horner KL, J.P. Rushton, & P.A. Vernon (1986), “Relation between Aging and Research Productivity of Academic Psychologists”, *Psychology and Aging*, Vol. 1, No. 4, pp. 319-324.
- Jones Benjamin F. (2010), “Age and Great Invention”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 92, No. 1, pp. 1-14.
- Krapf Matthias (2015), “Age and Complementarity in Scientific Collaboration”, *Empirical Economics*, Vol. 49, No. 2, pp. 751-781.
- Kyvik Svein, & Terje Bruen Olsen (2008), “Does the Aging of Tenured Academic Staff Affect the Research Performance of Universities?”, *Scientometrics*, Vol. 76, No. 3, pp. 439-455.
- Lehman Harvey C. (1945), ““Intellectual” Versus “Physical” Peak Performance: The Age Factor”, *The Scientific Monthly*, Vol. 61, No. 2, pp. 127-137.
- Lehman Harvey Christian (1953), *Age and Achievement*. New Jersey: Princeton University Press.
- McCrae Robert R. (1987), “Creativity, Divergent Thinking, and Openness to Experience”, *Personality and Social Psychology*, Vol. 52, No. 6, pp. 1258-1265.
- Merton Robert K. (1973), *The Sociology of Science*, Chicago: Chicago University Press.
- Over R. (1988), “Does Scholarly Impact Decline with Age?”, *Scientometrics*, Vol. 13, No. 5, pp. 215-223.
- Price Raymond L., Paul H. Thompson, & Gene W. Dalton (1975), “A Longitudinal Study of Technological Obsolescence”, *Research Management*, Vol. 18, pp. 22-28.
- Shockley William (1957), “On the Statistics of Individual Variations of Productivity in Research Laboratories”, *Proceedings of the IRE*, Vol. 45, No. 3, pp. 279-290.
- Simonton Dean Keith (1968), *Social Theory and Social Structure*, New York: The Free Press.
- Simonton Dean Keith (1984), “Creative Productivity and Age: A Mathematical Model Based on a Two-step Cognitive Process”, *Developmental Review*, Vol. 4, No. 1, pp. 77-111.
- Simonton Dean Keith (1988), “Age and Outstanding Achievement: What Do We Know after a Century of Research?”, *Psychological Bulletin*, Vol. 104, No. 2, pp. 251-267.
- Simonton Dean Keith (1991), “Emergence and Realization of Genius: The Lives and Works of 120 Composers”, *Personality and Social Psychology*, Vol. 61, No. 5, pp. 829-840.
- Simonton Dean Keith (1994), *Greatness: Who Makes History and Why*, New York: Guilford Press.

- Simonton Dean Keith (2012), “Aging and Creative Productivity: Is There an Age Decrement or Not?”, Presentation, Also available in <http://simonton.faculty.ucdavis.edu/wp-content/uploads/sites/243/2015/08/MxAgCrProd-1.pdf>.
- Stern Nancy (1978), “Age and Achievement in Mathematics: A Case-Study in the Sociology of Science”, *Social Studies of Science*, Vol. 8, No. 1, pp. 127-140.
- Stroebe Wolfgang (2010), “The Graying of Academia: Will It Reduce Scientific Productivity?”, *American Psychologist*, Vol. 65, No. 7, pp. 660-673.
- Thomas S. Kuhn (1996), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Wang Kuang-Hsien (2013), “The Effect of R&D Subsidies on Firm Growth in Taiwan”, *International Journal of Economic Perspectives*, Vol. 7, No. 2, pp. 11-23.
- Wray K. Brad (2003), “Is Science Really a Young Man’s Game?”, *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 1, pp. 137-149.
- Wray K. Brad (2004), “An Examination of the Contributions of Young Scientists in New Fields”, *Scientometrics*, Vol. 61, No. 1, pp. 117-128.
- Zuckerman Harriet & Robert K. Merton (1972), “Age, Aging and Age Structure in Science”, reprinted from: Riley, Matilda White, Marilyn Johnson, & Anne Foner (eds.), *A Theory of Age Stratification*, Vol. III of Aging and Society, New York: Russell Sage Foundation. Also available in [https://www.researchgate.net/profile/Harriet\\_Zuckerman/publication/311453014\\_Age\\_Aging\\_and\\_Age\\_Structure\\_in\\_Science/links/58470d1608aeda69682279df.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Harriet_Zuckerman/publication/311453014_Age_Aging_and_Age_Structure_in_Science/links/58470d1608aeda69682279df.pdf).
- Zuckerman H. (1977), *Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States*, New York: The Free Press.
- European Patent Office, <http://www.epo.org> (2016.9월 조회)
- Japan Patent Office, <https://www.j-platpat.inpit.go.jp> (2016.9월 조회)
- State Intellectual Property Office of the P.R.C., <http://www.sipo.gov.cn> (2016.9월 조회)
- United State Patent And Trademark Office, <http://patft.uspto.gov> (2016.9월 조회)
- 給料.com, <http://kyuuryou.com> (2016.8월 조회)

□ 투고일: 2017. 04. 04 / 수정일: 2017. 06. 16 / 게재확정일: 2017. 06. 25