

노동정책연구
2017. 제17권 제1호 pp.109~136
한국노동연구원

연구논문

근로자 고령화가 기업의 신기술 도입과 생산성에 미치는 효과*

장윤섭**
양준석***

본 연구는 한국노동연구원(Korea Labor Institute : KLI)의 사업체패널조사 2~5차년도 자료를 활용하여 기업의 고령 근로자 비중과 연령분포가 기업의 신기술 도입과 생산성에 미치는 효과에 대해 분석하였다. 연령구조와 미관측 이질성 간의 관계로 인한 내생성 문제를 고려하기 위해 상관임의효과(Correlated Random Effect : CRE) 모형을 이용하였다. 분석결과는 다음과 같다. 단순 프로빗 모형에서 고령 근로자의 비중이 높을수록, 근로자가 특정 연령대에 집중될수록 신기술 도입 확률이 낮아지는 결과를 보였다. 그러나 내생성 문제를 통제한 이후 그 영향은 약해졌다. 연령구조와 생산성 간의 관계에서도 동일한 양상이 나타났다. 이러한 결과는 기업의 미관측 이질성과 근로자의 연령구조 간 관련이 있으며, 근로자의 고령화가 신기술 도입에 부정적인 영향을 미친다는 기존 연구결과들이 실제보다 과대 추정되었을 수 있다는 점을 시사한다.

핵심용어 : 근로자의 연령구조, 근로자의 연령분포, 신기술 도입, 생산성, 사업체패널

논문접수일: 2017년 1월 18일, 심사의뢰일: 2017년 2월 13일, 심사완료일: 2017년 3월 5일

* 이 논문은 한국노동연구원 사업체패널 워킹페이퍼 시리즈로 작성한 원고를 수정·발전시킨 것이다. 유익한 조언을 주신 한국노동연구원 패널데이터연구실 관계자 및 익명의 심사자 분들께 진심으로 감사를 표한다.

** (제1저자) 중소기업연구원 선임연구원(jsjang@kosbi.re.kr)

*** (교신저자) 중소기업연구원 연구원(jsyang@kosbi.re.kr)

I. 서론

기대수명 연장, 출산율 감소로 인한 인구 고령화는 여러 사회·경제적 변화를 초래하고 있다. 특히 인구 고령화가 고용시장에 미치는 영향은 주목할 만하다. 통계청의 「경제활동인구조사」에 따르면 55~63세 고령자의 고용률은 2003년 59.8%에서 2010년 62.7%, 2015년 65.9%로 꾸준히 증가하고 있다. 이에 더해 2016년 60세 정년을 의무화하는 「고용상 연령차별 금지 및 고령자 고용촉진법」 시행이 본격화되며 근로자의 고령화 추세는 보다 가속화될 것으로 전망된다. 이와는 상반되게 같은 기간 동안 15~29세 청년 고용률은 2003년 44.8%에서 2013년 39.7%로 5.1%포인트가 급감한 이후 2015년도에도 42.3%의 낮은 수준에 머무르고 있다. 그 결과, 기업 내 근로자의 고령화 추세가 빠르게 진행되고 있는 모습이다. 고용노동부의 「고용형태별 근로실태조사」에 따르면 2002년까지만 해도 상시근로자 5인 이상 기업의 평균 근로자 연령은 36.5세로 청년층이 대부분이었으나 2013년 40세를 넘어선 이후, 2015년 41.1세까지 높아졌다.

우리나라의 기존 연구들은 근로자 고령화가 기업에 미치는 인사관리 측면의 영향을 주로 분석하고 있다. 근로자 고령화로 장기근속자 비중이 높아지는 데 따른 임금의 상승 및 인건비 증가 등 직접적인 노무비용뿐만 아니라 인사적체, 기업문화의 변화와 같이 기업의 조직구조에 미칠 수 있는 영향까지 다양한 문제를 다루어 왔다(송병준, 2009; 최옥금, 2011; 석진홍·박우성, 2014).

그러나 근로자 고령화 추세를 기업의 신기술 도입과 관련하여 연구한 문헌은 많지 않다. 사업장 내 근로자의 고령화 추세는 신기술 도입을 포함한 기업의 혁신활동과 관련한 의사결정 구조에도 영향을 미칠 것으로 예상된다. 고령의 근로자는 정보통신기술 등 새로운 기술을 습득하고 적용하는 능력이 젊은 근로자에 비해 떨어지고, 퇴직을 앞둔 상황에서 교육훈련 등의 노력을 통해 새로운 기술을 습득할 유인이 낮다는 인식이 일반적이다(이영민, 2012). 실제로 송창용(2013)이 1,745개 기업을 대상으로 장년 근로자에 대한 인식을 조사한 결과, 사

업주들은 고령 근로자를 활용하는 데 있어 ‘신기술 적용에 시간이 필요’하다는 점을 ‘임금부담이 크다’는 점과 함께 가장 큰 부담요인으로 인식하고 있었다. 고령 근로자 입장에서도 신기술이 과거에 자신이 습득한 기술이나 지식의 가치를 퇴보시킬 가능성이 높으며 이는 퇴직을 앞당길 수 있기 때문에 신기술 도입에 부정적일 수 있다. 특히, 기업이 도입하는 신기술이 인력 대체가 가능한 기술(labor-saving techniques)일 경우 고령 근로자의 부정적 인식은 더욱 커질 수 있으며 이는 결과적으로 신기술 도입에 대한 이들의 저항을 불러올 수 있다. 이러한 배경으로 인해 근로자 고령화는 기업의 신기술 도입 관련 의사결정에 있어 제약요인으로 작용할 가능성이 있다. 보다 구체적으로 고령자 비중이 높은 기업은 시장 환경 변화에 부응하기 위해 새로운 기술을 도입할 필요성이 높은 상황에서도 고령 근로자를 새롭게 교육시켜 신기술에 적응시키는 데 높은 비용이 들거나, 고령 근로자의 집단적인 반발로 인한 노사갈등이 예상되어 신기술 도입을 주저하거나 포기할 수 있다는 것이다. 우리보다 앞서 고령화 사회로 들어선 유럽 국가를 중심으로 근로자 고령화와 기업의 신기술 도입 간의 관계를 분석한 실증연구가 활발히 진행되고 있다. 대부분의 연구결과들은 고령층 근로자 비중이 높은 기업일수록 신기술 도입 확률이 낮아지는 것으로 분석하고 있다(Rouvinen, 2002; Nishimura et al., 2002; Meyer, 2011). 그러나 우리나라에서 근로자 고령화가 신기술 도입에 미치는 영향을 실증적 증거를 통해 규명한 연구는 거의 발견되지 않고 있다.¹⁾

본 연구의 목적은 우리나라에서도 근로자 고령화가 신기술 도입의 제약요인으로 작용하는 현상이 나타나는지를 실증적으로 밝히는 데 있다. 한국노동연구원의 사업체패널조사(workplace panel survey : WPS) 2~5차년도 자료를 활용하여 기업 내 근로자의 고령화 및 연령분포가 기업의 신기술 도입에 미치는 영향을 분석하였다. 동시에 기업 내 근로자의 연령구조와 생산성의 관계에 대해서도 다루었다. 이러한 시도는 국내 자료를 이용하여 우리나라 기업 내 근로자 고령화와 신기술 도입 간 상관관계 분석을 최초로 시도한 연구라는 점에 의의가 있다. 이에 더해 연령구조와 미관측 이질성 간의 관계로 인한 내생성(endogeneity)

1) 엄동욱·배노조·이상우(2005)는 기업에 고령 인력이 많을수록 신기술 적용상의 어려움으로 기업경영에 부정적인 영향을 미칠 것이 예상된다고 하였으나, 실증적 증거를 바탕으로 이를 규명하기는 어렵다고 밝히고 있다.

문제를 고려했다는 점에서 기존의 해외 연구와도 차별성을 갖는다. 본 연구에서 단순 프로빗(probit) 모형을 이용하여 분석한 결과, Meyer(2011) 등 기존 연구의 분석 결과와 동일하게 기업 내 고령 근로자의 비중이 높을수록 신기술 도입 확률이 낮아지는 것으로 나타났다. 그러나 상관임의효과(correlated random effect : CRE) 모형을 이용하여 내생성 문제를 통제한 이후에는 고령화가 기업의 신기술 도입 또는 생산성에 미치는 부정적 효과가 상당 부분 사라지는 것을 확인하였으며, 이는 기존 연구결과가 실제보다 과대 추정되었을 수 있다는 점을 시사한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 우선 제Ⅱ장에서는 근로자의 연령구조와 신기술 도입의 관계를 분석한 주요 이론적·실증적 연구 결과들을 정리하였다. 제Ⅲ장에서 실증분석에 활용된 자료를 소개하고 내생성 문제를 해결하기 위한 상관임의효과 모형에 대해 설명한다. 제Ⅳ장에서는 실증분석 결과를 제시하였다. 제Ⅴ장에서 기업의 고령 근로자 비중과 연령분포가 기업의 신기술 도입과 생산성에 미치는 효과에 대한 분석결과를 요약하고 결론을 맺는다.

Ⅱ. 선행연구

1. 신기술 도입이 고령층 근로자에게 미치는 영향

근로자의 연령구조와 신기술 도입의 상관관계를 분석한 기존 연구들은 신기술 도입이 고령층 근로자의 노동시장에서의 지위에 미치는 영향에 주안점을 두고 있다. 신기술의 도입이 고령층 근로자의 퇴직 시점이나 임금 등에 부정적인 영향을 미친다는 것이 대부분 연구가 일관되게 주장하는 바이다.

우선, 많은 연구들이 인적자본의 가치절하(depreciation of human capital) 문제에 주목한다. 논의의 핵심은 기술변화와 혁신으로 고령층 근로자가 이전에 축적한 인적자본의 가치가 퇴색하며, 이는 고령층 근로자가 신기술 도입에 저항하는 요인이 될 수 있다는 것이다(Meyer, 2011).

대표적인 연구들을 소개하면 우선, Bartel & Sicherman(1993)은 사용자 측면

에서 사전에 예상하지 못한 기술변화가 고령 근로자의 조기 퇴직을 야기할 수 있다는 점을 밝혔다. 사업주가 기술변화를 예상할 수 있다면 직장 내 훈련(on the job training)을 통해 충분한 시간을 들여 근로자에게 해당기술을 습득하게 하는 것이 가능하며 이 경우 조기 퇴직 등의 부작용이 발생하지 않는다. 그러나 예기치 못한 기술변화는 교육훈련 투자를 통해서도 습득하게 하기 어렵고, 이 경우 사업주는 훈련 제공 대신 퇴직 유도를 선택할 유인이 높다.

Ahituv & Zeira(2011)도 고령자 인적자본의 가치절하 현상을 부식효과(erosion effect)로 이름 짓고 위와 유사한 논의를 펼친 바 있다. 부식효과는 새로 도입된 기술이 기존 근로자가 가진 숙련 기술 등의 인적자본을 천천히 부식해 쓸모없도록 만든다는 의미이다. 한편, 신기술은 근로자 세대 간 인적자본 축적 경쟁을 가져올 수 있다. 결과적으로 기술변화는 젊은층 근로자에게 기술혁신과 상호 보완될 수 있는 인적자본의 축적을 통해 임금상승 기회를 제공하는 반면, 경쟁에서 도태된 고령층의 퇴직 시점을 앞당긴다는 것이다.

한편, Alders(2005)는 고령자가 가진 인적자본의 가치절하 현상을 최근의 저출산 추세와 연관시켜 조명한 바 있다. 일건 출산율이 낮아지면 노동시장에서 노동력이 부족해지고, 이는 고령층 근로자의 고용상 지위를 높이는 효과를 가져올 것이라 생각하기 쉽다. 그러나 분석은 정반대의 결과를 보였다. 저출산이 오히려 고령 근로자의 노동시장 퇴출을 유도한다는 것이다. Alders(2005)는 저출산이 고령 인적자본의 가치절하를 초래하는 메커니즘을 다음과 같이 설명한다. 저출산에 따른 노동력의 부족은 인적자본 투자에 따른 수익률을 높이고, 이에 따라 청년층은 교육을 통해 인적자본을 높일 유인이 커진다. 청년층의 높아진 교육수준은 신기술 도입을 용이하게 하고 노동력의 회소화에 따른 임금상승은 이를 더욱 가속화한다. 신기술 도입은 결과적으로 고령층 근로자가 인적자본으로 보유하고 있는 숙련된 기술을 빠르게 쓸모없는 것으로 만들어버린다.

2. 고령층 근로자 비중이 신기술 도입에 미치는 영향

이상의 분석결과들은 신기술 도입이 고령층 근로자의 노동시장에서의 지위에 부정적 영향을 미친다는 것으로 요약할 수 있다. 한편 이를 반대로 생각하면

사업장 내 높은 고령층 비중은 기업이 신기술 도입 관련 의사결정을 하는 데 제약요인으로 작용할 수 있다는 점에 착안할 수 있을 것이다. 기업에서 도입하고자 하는 신기술이 고령층 근로자가 보유한 인적자본의 가치를 무용화하거나 조기 퇴직을 유도할 가능성이 있다면, 고령층 근로자를 중심으로 한 집단적인 반발이나 저항이 예상되기 때문이다.

근로자 연령구조가 기업의 신기술 도입에 미치는 영향을 분석한 연구들의 주요 내용은 다음과 같다.

Rouvinen(2002)은 핀란드 제조업 부문에서 제품 및 공정 혁신에 영향을 미치는 다양한 요인들을 분석하였는데, 기업의 업력을 대리변수로 사용한 근로자의 평균연령이 높을수록 공정혁신에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Nishimura et al.(2002)은 사업장 내 고학력·고연령 근로자의 비중과 기업의 기술진보율 간의 관계를 살펴보았다. 분석결과, 비제조업 부문에서는 통계적으로 유의미한 결과가 나타나지 않았지만 제조업 부문에서 고학력·고연령 근로자 비중이 높을수록 기업의 기술진보율 상승이 더디게 진행되는 것으로 나타났다.

Meyer(2011)는 근로자의 연령구조와 신기술 도입 간의 관계를 분석하였다. 독일 내 지식집약적 서비스 부문 및 정보통신 서비스 부문 345개 중소기업을 표본으로 추출하여 분석한 결과, 30대 미만 청년층의 비중과 비교하여 고령 근로자의 비중은 신기술 도입 확률과 부(-)의 관계에 있는 것으로 나타났다. 이에 더해 이 연구에서는 근로자 연령 분산이 넓을수록 신기술 도입 확률이 높아질 것이라는 가설을 세워 검증하고자 했다. 이는 젊은층 근로자와 고령층 근로자가 보유한 인적자본의 특성이 상호보완 관계를 맺을 수 있다는 이론(Lazear, 1979)에 바탕을 두고 있다. 앞서 설명했듯이 젊은층 근로자는 정보통신기술 등 신기술 습득 능력이 고령층 근로자에 비해 상대적으로 뛰어나다. 반대로 고령층 근로자는 신기술을 접목시킬 기업 내부의 생산공정(intra-firm operating process)에 대해 풍부한 지식을 가지고 있다. 따라서 기업 내 연령층이 다양하게 분포할수록 신기술 도입에 따른 효과가 커질 수 있다. 분석결과, 기업 내 근로자 연령의 분산은 신기술 도입과 통계적으로 유의미한 관계가 없었다. 그러나 팀워크를 기업의 조직문화 프로그램으로 도입한 경우, 근로자의 연령분포가

동질적일수록 신기술 도입 확률이 높게 나타났다.

3. 근로자 연령구조와 기업의 생산성

근로자 연령구조와 기업 생산성 간의 관계에 대해서 기존 연구들은 서로 상반된 견해를 보이고 있다. 우선 Mincer(1974)는 고령층 근로자가 직무관련 경험이 풍부하고 숙련된 노하우를 보유하고 있기 때문에 젊은층보다 생산성이 높다고 주장하였다. 일자리 매칭 이론(job matching theory)도 고령층 근로자는 다양한 직업 경로를 거쳐온 만큼 현재 자신에게 가장 적합하고 높은 생산성을 발휘할 수 있는 일자리에 있을 확률이 높다고 설명한다(Johnson, 1978).

한편, Becker(1962)도 인적자본 이론(human capital theory)을 통해 고령층 근로자가 젊은층 근로자보다 생산성이 높을 수 있다는 점을 시사하고 있다. 기업과 근로자는 기업특수적 인적자본(firm specific human capital)²⁾을 형성하는데 따른 비용과 편익을 공유하게 되는데 공유 방식은 다음과 같다. 기업이 기업특수적 인적자본 축적에 도움이 되는 훈련을 실시할 경우 초기에는 근로자의 한계생산성보다 높은 임금을 지급하며 훈련비용의 일부를 부담한다. 그 대신 훈련 이후 근로자의 임금상승은 인적자본 축적을 통해 향상된 한계생산성보다 낮은 수준에서 결정한다. 이 경우, 한계생산성보다 낮은 임금을 받는 고령층 근로자의 비중이 높은 것이 기업 입장에서는 보다 생산적일 수 있다.

반대로 고령층 근로자가 저연령 근로자에 비해 생산성이 낮다는 것을 지지하는 연구도 다수 발견된다. Akerlof(1976)는 근로자의 능력에 대한 불완전 정보(incomplete information)에 주목하였다. 젊은 근로자는 아직 능력을 검증받지 못한 경력 초기에 자신이 가진 능력에 대한 신호를 보내기 위해 노력할 유인이 크며 이러한 노력은 높은 생산성으로 발현된다는 것이다.

인적자본 투자의 관점에서 고연령 근로자는 퇴직을 얼마 남기지 않은 시점에서 교육훈련을 통한 새로운 지식의 습득 유인이 낮으며(Hayward et al., 1998), 사용자 입장에서도 인적자본 투자수익의 회수기간이 얼마 남지 않은 고령층 근

2) 기업특수적 인적자본(firm specific human capital)은 현재의 직장에만 특화된 훈련과 교육으로 이직 후 활용이 어려우며, 어디서나 활용이 가능한 일반적 인적자본(general human capital)과 대비되는 개념이다(Becker, 1962).

로자를 교육시킬 실익이 낮다(Brooke, 2003; Prskawetz et al., 2006).

한편, Lazear(1979)는 이연임금이론(deferred compensation theory)을 통해 임금수준이 근속연수에 따라 높아지는 이유를 설명하였다. Lazear의 이론에 따르면 기업은 근로자 경력 초기에 한계생산성보다 낮은 임금을 지급하는 한편, 경력이 어느 정도 쌓인 이후에는 한계생산성보다 높은 임금을 지급함으로써 근로자의 업무태만을 방지하고 승진을 위해 노력할 수 있는 동기를 부여한다. 이 경우 Becker(1962)의 이론과는 반대로 기업 입장에서는 한계생산성보다 낮은 임금을 받는 젊은층 근로자를 더 많이 고용하는 것이 생산적일 수 있다.

근로자의 연령구조가 기업 생산성에 미치는 영향을 다룬 실증 연구들은 많지 않다. 대부분의 연구들은 근로자의 연령과 기업의 경영실적 사이에 역 U자형 관계(inverted u shape)가 있음을 밝히고 있다(Lallemand & Rycx, 2009). 일반적으로 50세까지는 근로자의 연령과 기업의 경영실적 사이에 강한 정(+)의 영향이 있는 것으로 나타나지만, 50세를 기점으로 경영실적이 급감하는 패턴을 보인다. 이러한 경향은 스웨덴(Andersson et al., 2002), 프랑스(Crépon, 2003), 캐나다(Dostie, 2006), 미국(Haltiwanger et al., 1999) 등 어느 국가를 막론하고 공통적으로 나타났다(Lallemand & Rycx, 2009).

대표적인 연구들을 소개하면, 우선 Lallemand & Rycx(2009)는 벨기에 사업체의 사용자-근로자 매칭 데이터를 사용하여 사업장 내 고령층 근로자(49세 이상)의 비중이 높을수록 1인당 부가가치로 측정되는 기업의 생산성이 낮아진다는 점을 밝혔다. 이러한 결과는 특히 기술변화 속도가 빠른 정보통신 부문에서 두드러지게 나타났다. 반대로 Van Ours(2009)가 네덜란드 2,944개 제조업의 사용자-근로자 매칭 데이터를 구축하여 근로자 연령과 임금, 생산성의 관계를 분석하였으나 50세 이후에 근로자의 생산성이 감소한다는 실증적인 근거를 찾을 수 없었다.

Ⅲ. 데이터 및 분석방법

1. 데이터

분석에 사용하는 데이터는 한국노동연구원의 사업체패널조사 2~5차년도 자료이다. 1차년도 자료는 주요 변수로 활용되는 신기술·신기계 도입 여부에 대한 조사가 이루어지지 않았기 때문에 제외하였다. 분석에는 2,438개 기업의 7,017개 관측치가 사용되었다.³⁾

종속변수로 사용한 신기술 도입 여부는 이변수(binary variable)로 측정되며, 최근 5년간 신기술·신기계 도입 등 기술개선 프로그램을 수행한 적이 있는 경우 1의 값을, 그 외의 경우 0의 값을 부여하였다. 또 다른 종속변수인 기업의 생산성은 사업체의 총부가가치를 근로자 수로 나눈 1인당 부가가치(value added per employee)로 측정했다. 사업체의 부가가치는 이상현(2014)이 사용한 방식을 차용하여 영업이익과 노동수익의 합으로 계산했다.

본 연구에서 가장 중요한 역할을 하는 설명변수는 근로자들의 연령수준과 연령의 분산이다. 근로자들의 연령수준은 30세 미만, 30~50세 미만, 50세 이상 근로자 비율의 3개 범주로 구성했다. 연령의 분산은 허핀달 지수(herfindahl index)로 계산했다. 허핀달 지수는 산업 내 기업의 집중도를 측정하기 위해 많이 사용되는 방법으로 여기서는 기업 내 연령의 집중도(분포)를 측정하기 위해 사용했다. 앞선 선행연구(Meyer, 2011)에서도 논한 바 있듯이 기업 내 연령층이 다양하게 분포할수록 연령계층 간 인적자본의 상호보완 효과가 작용하여 신기술 도입 확률이 커질 수 있다는 가설이 있다. 이에 따르면 기업 내 연령이 특정연령에 집중될수록, 즉 허핀달 지수가 높을수록 신기술 도입 확률은 낮아질 것이다.

구체적으로 해당 사업체 내에서 3개 연령범주가 차지하는 점유율을 제공하

3) 단, 생산성을 종속변수로 하는 변수의 경우 결측치로 인해 5,169개의 관측치가 사용되었다.

여 합계하여 계산하였다. 이를 수식으로 나타내면, 기업 i 의 허핀달 지수(HI)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 s 는 근로자의 비중을, 하첨자 *young*, *middle*, *old*는 각각 30세 미만, 30~50세 미만, 50세 이상을 의미한다. 만약 이 기업이 30세 미만의 근로자로만 이루어졌다면 허핀달 지수는 1의 값을 가지게 되며, 각 연령범주별로 3분의 1씩 고르게 분포되어 있는 경우 대략 0.333의 값을 가지게 된다.⁴⁾ 즉 값이 1에 가까울수록 인력구조에서 특정 연령대의 집중도가 높은 것을 의미하며, 반대로 0에 가까울수록 다양한 연령대의 근로자가 고르게 분포되어 있다는 것을 의미한다.

$$HI_i = \sum_{x=1} S^{2ix} = S^{2i, young} + S^{2i, middle} + S^{2i, old} \quad (1)$$

표본에서는 특정 연령범주가 0의 값을 가지는 기업들도 존재한다. 만약 유효한 연령범주의 비율이 동일하다면, 허핀달 지수의 계산과정상 3개의 연령범주에서 30세 미만 근로자(또는 50세 이상 근로자)가 한 명도 없는 기업과 30~50세 미만의 중간 연령대 근로자가 한 명도 없는 기업 간 연령분포가 동일하게 된다. 후자의 경우가 연령의 분포가 더욱 넓은 것은 자명하다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 3개의 연령범주에서 중간연령대인 30~50세 미만의 근로자가 한 명도 없는 기업의 경우 허핀달 지수에 0.75의 가중치를 부여하여 보정하였다.

외부요인들을 통제하기 위해 기업의 신기술 도입에 영향을 미칠 것으로 생각되는 여러 설명변수들을 분석에 포함하였다. Rosenberg(1972)에 따르면 근로자들의 숙련 수준은 기술 확산에 중요한 요인으로 작용한다. 또한 근로자의 숙련에 기반을 두고 있는 기술변화는 고숙련 근로자에 대한 수요를 증가시킨다(Card & DiNardo, 2002). 이와 같이 근로자들의 숙련수준이 신기술 도입에 미치는 효과를 반영하기 위해 해당 사업체 정규직 근로자의 평균 학력수준과 전문직 근로자의 비중을 측정하여 변수로 활용하였다. 전자는 연속변수로 변환하여 사용하였으며, 후자는 전체 근로자 중 가장 많은 정규직 직종을 묻는 설문을 이용하여 해당 직종이 전문직일 경우 1의 값을, 아닌 경우 0의 값을 취하는 더미변수로 설정하였다.

4) 만약 n 개의 연령군이 있고, 모든 연령군이 동일한 비중을 차지한다면, n 이 무한대로 갈수록 허핀달 지수는 0으로 수렴한다.

기업이 직면하고 있는 시장의 경쟁수준이 높을수록 신기술 도입에 대한 필요성도 커질 것으로 예상할 수 있다. 시장의 높은 경쟁압력이 기업의 혁신활동에 미치는 긍정적 영향은 Schumpeter(1942)와 Arrow(1962) 이후 수많은 연구들에 의해 입증되어 왔다(Vives, 2008). 시장 경쟁수준을 분석에 반영하기 위하여, ‘주력제품 국내 시장경쟁 정도’를 질문하는 문항을 이용하였다. 이 문항은 5점 척도로 측정되어 있는데 경쟁이 덜할수록 높은 점수에 응답하게 되어 있다. 본 연구에서는 해석의 편의를 위해 경쟁이 심할수록 더 높은 점수를 취하도록 변경하여 분석에 사용하였다.

기업의 연령은 조사시점과 설립연도 간 차이를 이용하여 측정하였다. 업력이 오래된 기업은 보다 전통적인 방식으로 운영될 가능성이 높으므로 신기술 도입에 소극적인 입장일 수 있다. 반대로 이 기업들은 생산방식, 조직체계의 변경 등 변화에 대한 풍부한 경험을 가지고 있으며, 신생기업들에 비해 생산시설 등이 노후되었을 가능성이 있으므로 신기술 도입에 적극적일 수 있다. 대립하는 두 가설과 같이 기존 실증연구들도 상반된 결과들을 제시하고 있다. Hollenstein & Wörter(2004)는 기업의 연령과 신기술 도입 간의 일관된 결과를 발견하지 못했다. 반면 Meyer(2011)의 분석결과에서는 업력이 오래된 기업일수록 신기술 도입에 긍정적인 것으로 나타났다.

기업의 규모도 신기술 도입과 관련이 있을 수 있다. Battisti et al.(2007) 및 Hollenstein & Wörter(2008)의 연구에서는 기업규모가 클수록 신기술의 도입도 활발히 이루어지는 것으로 나타났다. 반면, Meyer(2011)의 논문에서는 기업규모와 신기술 도입 간 유의한 관계를 찾을 수 없었다. 본 연구에서는 전체 근로자수로 기업의 규모를 측정하여 분석에 사용한다.

노동조합의 존재 여부가 신기술 도입에 미치는 영향은 분명치 않다. 노동조합이 존재하고 단체교섭을 통한 임금상승 압력이 높을 경우, 사용자 측면에서는 인력대체 기술 등 신기술 도입을 통해 인건비를 절감할 유인이 크다(Tauman & Weiss, 1987). 반대로 노동조합 입장에서는 신기술 도입이 인적자본의 가치절하를 야기할 수 있기 때문에 신기술 도입에 저항할 가능성도 높다(Menezes-Filho & Reenen, 2003). 이 두 가지 요인이 상충하는 경우, 결국 기업과 노동조합의 교섭력⁵⁾에 따라 신기술 도입 여부가 결정될 수 있다(Haucap & Wey, 2004).

이 변수들 외에 해당 기업이 속해 있는 산업의 특성을 통제하기 위해 표준산업분류 대분류를 기준으로 더미변수를 구성하였고, 같은 기간 동안 모든 기업에 영향을 미치는 거시경제의 충격을 반영하기 위해 연도더미를 변수에 포함했다.

〈표 1〉 기초통계량

변수명	전체	신기술	
		미도입	도입
신기술 도입	0.276	-	-
근로자 1인당 부가가치(백만 원)	112.927	114.726	109.089
허핀달 지수	0.580	0.585	0.567
30세 미만 근로자 비율	0.190	0.178	0.219
30~50세 미만 근로자 비율	0.627	0.624	0.636
50대 이상 근로자 비율	0.183	0.198	0.145
평균 학력수준(년)	14.018	14.008	14.043
기업연령(년)	25.230	23.931	28.640
근로자 수(백 명)	3.832	2.702	6.796
노동조합	0.376	0.311	0.546
전문직근로자	0.184	0.179	0.198
경쟁수준	3.836	3.797	3.940
C. 제조업	0.415	0.351	0.583
D. 전기, 가스 및 수도사업	0.015	0.014	0.017
E. 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	0.007	0.008	0.004
F. 건설업	0.055	0.060	0.042
G. 도매 및 소매업	0.066	0.075	0.041
H. 운수업	0.089	0.104	0.049
I. 숙박 및 음식점업	0.020	0.022	0.015
J. 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	0.039	0.041	0.036
K. 금융 및 보험업	0.037	0.043	0.023
L. 부동산업 및 임대업	0.005	0.006	0.001
M. 전문, 과학 및 기술 서비스업	0.055	0.051	0.067
N. 사업시설관리 및 사업지원 서비스업	0.046	0.057	0.018
O. 공공행정, 국방 및 사회보장 행정	0.004	0.005	0.003
P. 교육 서비스업	0.060	0.077	0.015
Q. 보건 및 사회복지 서비스업	0.059	0.051	0.080
R. 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	0.012	0.015	0.004
S. 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	0.015	0.019	0.004

5) 고용노동부가 2014년 100명 이상 노조가 있는 사업장의 단체협약 2,769개를 조사한 결과, 인사·경영권 행사 시 노동조합 동의(또는 합의) 조항이 있는 단체협약은 368개로 나타났다. 이 368개 중 신기술 도입이나 기업의 분할·합병에 노조 동의를 필요한 단체협약은 123개(33.4%)로 나타났다.

<표 1>에는 위에서 설명한 변수들의 기초통계량이 제시되어 있다. 우선 신기술 도입 여부를 보면 관측대상 기업의 27.6%가 최근 5년간 신기술·신기계 도입 등 기술개선 프로그램을 수행한 적이 있는 것으로 나타났다. 주요 설명변수들의 기초통계량을 신기술 도입 여부에 따라 살펴보면 30세 미만 근로자 비율과 30~50세 미만의 중간 연령대 근로자 비율은 신기술 미도입 기업에서 다소 높게 나타난 반면, 50세 이상 근로자 비율은 신기술 미도입 기업에서 높았다. 근로자 수로 측정되는 기업규모가 클수록, 업력(기업연령)이 길수록, 경쟁수준이 높을수록 신기술을 도입한 비율이 높았다. 또한 노동조합이 존재하는 경우와 시장의 경쟁수준이 높을수록 신기술을 도입한 비율이 높았다. 근로자 1인당 부가가치는 112.922백만 원으로 신기술 도입기업과 미도입기업 간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 허핀달 지수도 신기술 도입 여부에 따른 차이가 크지 않았다.

2. 분석방법

신기술의 도입에 영향을 미치는 관측되지 않는 요인(unobserved effects)이 근로자의 연령과 관련이 있다면 내생성 문제에 직면하게 된다. 신기술을 도입하려는 기업들은 신기술에 보다 유연하게 대처할 수 있는 젊은 근로자들을 채용할 가능성이 높을 것이다. 동시에 충분한 보상이나 은퇴프로그램 등의 도입으로 고령자의 퇴직을 유도할 수도 있다. 이와 같이 신기술을 도입할 의도로 행해지는 기업의 다양한 의사결정들이 연구자에게 관측되지 않는다면, 근로자의 연령이 신기술의 도입에 미치는 영향은 편향되어 추정될 것이다. 기존 연구는 대부분 기업의 미관측 특성에 대한 고려가 부족했다. 그나마 Meyer(2011)는 이러한 내생성 문제점을 언급하고는 있으나 이를 해결할 수 있는 구체적인 방안은 제시하지 못하였다.

기존 연구들이 내생성 문제를 간과하였거나 또는 해결하지 못했던 주된 이유는 신기술 도입이라는 종속변수의 특성에 기인하는 측면이 크다. 본 연구에서도 마찬가지로 신기술 도입 여부는 1과 0으로 이루어진 이변수로 측정된다. 이러한 경우 로짓, 프로빗 등 비선형 모형이 주로 사용되는데, 잘 알려진 대로 비선형 추정에서는 패널자료가 가용하더라도, 특수한 경우를 제외하고는 고정

효과의 적용이 제한적이다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 미관측 특성으로 인한 내생성 문제를 해결하기 위해서 Mundlak(1978), Chamberlain(1984)이 제안한 상관임의효과(correlated random effect : CRE) 모형을 적용하여 프로빗 모형을 추정한다.⁷⁾ 추정모형은 다음과 같다.

$$Y_{it}^* = \beta X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

여기서 Y_{it}^* 는 t 연도, i 기업의 신기술 도입 여부를 결정하는 잠재변수(latent variable)를 의미하며 X_{it} 는 연구자에게 관측되는 변수들로 위에서 제시한 설명변수로 이루어진 벡터이다. μ_i 는 신기술 도입에 영향을 미치지만 관측되지 않는 기업의 특성, 그리고 ϵ_{it} 는 오차항을 의미한다. 만약 $Y_{it}^* > 0$ 이면 i 기업은 신기술을 도입하고($Y = 1$), 그 외의 경우 도입하지 않는다($Y_{it} = 0$). 상관임의효과 모형은 기업의 미관측 특성(μ_i)과 관측되는 특성(X_{it}) 간 연관성을 통제하기 위한 방법으로, 미관측 특성에 대한 조건부 분포, 구체적으로 $\mu_i | X_i \sim N(\psi + \bar{X}_i \lambda, \sigma_a^2)$ 를 가정하여 추정하는 방식이다. 따라서 μ_i 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_i = \psi + \bar{X}_i \lambda + a_i, \quad \bar{X}_i = \sum_{t=1}^T X_{it} \quad (3)$$

간단히 설명하면 상관임의효과 모형은 기업의 미관측 특성(μ_i)을 관측변수의 기업별 평균값 \bar{X}_i 의 함수로 설정하여 추정하는 방식이다. 여기서 ψ 상수이며 a_i 는 미관측 기업 특성에서도 관측변수와 무관한 부분으로 가정한다. 식 (3)을 식 (2)에 대입하여 실제 추정하는 모형을 나타내면

$$Y_{it}^* = \psi + \beta X_{it} + \bar{X}_i \lambda + u_{it}, \quad u_{it} = \epsilon_{it} + a_i \quad (4)$$

-
- 6) 고정효과 모형은 시간과 무관한 관측되지 않는 특성을 비교적 간단한 방법으로 통제하는 방법으로 선형모형에서 자주 사용된다. 하지만 비선형 모형에서 고정효과를 적용할 경우 추정해야 되는 계수가 증가할수록 수렴이 잘 이루어지지 않는 계산상의 문제가 발생한다. 또한 이론적으로 부수적 모수 문제(incidental parameter problem)로 일치추정량을 얻을 수 없다. 자세한 내용은 Lancaster(2000)를 참조 바란다.
- 7) 한편, 국내 문헌에서는 강성진(2010), 윤명수 외(2012), 이창우·전성주(2016) 등이 비선형 모형에서 미관측 변수를 통제하기 위해 상관임의효과 모형을 이용하였다.

즉, 미관측 특성(μ_i)은 조건부 분포의 가정하에 관측할 수 있는 특성(X_{it})과 관련이 있는 부분($\psi + \bar{X}_i \lambda$) 및 관련이 없는 부분(a_i)으로 분리되고, 전자는 추정이 가능한 변수로 간주되기 때문에 미관측 변수로 인한 내생성 문제에서 벗어나게 된다. Wooldridge(2009)가 지적하는 바와 같이 미관측 특성의 조건부 분포를 가정하는 것이 작위적일 수 있지만, 최소한 미관측 특성을 통제하여 일치추정량을 얻을 수 있다는 장점이 있다.⁸⁾

생산성을 종속변수로 사용하는 모형에서는 종속변수가 연속형이기 때문에 최소자승법(original least square)과 고정효과모형(fixed effect model) 등의 선형모형을 사용했다. 신기술의 도입과 마찬가지로 생산성에 영향을 미치는 기업의 미관측 이질성을 예상할 수 있다. 예컨대, 경영자의 경영전략, 기업의 조직분위기 등 계량경제학자는 관측할 수 없지만 생산성에 영향을 미치는 여러 요인들이 존재한다. 선형모형에서는 고정효과모형이 내생성을 통제하는 역할을 할 것이다. 모든 분석에서는 동일한 기업 간 연관성을 허용할 수 있도록 기업수준의 군집표준오차(cluster standard error)를 이용하였다.

IV. 분석결과

1. 근로자의 연령이 신기술 도입에 미치는 효과

<표 2>에 식 (4)의 추정결과가 제시되어 있다. 식 (1)과 식 (2)열은 선형확률모형으로 각각 최소자승법과 고정효과를 이용하여 추정한 결과이다. 식 (3)과 식 (4)열은 비선형 모형으로 프로빗 모형과 상관임의효과 모형의 분석결과로

8) 본문에서 언급한 비선형 모형에서 고정효과의 적용이 가능한 특이한 경우의 하나는 로짓을 이용하는 경우다. 흔히 고정효과 로짓모형(fixed effect logit model)으로 알려진 이 추정법은 미관측 특성에 대한 가정이 요구되지 않는다는 장점을 가지고 있다. 대신 오차항의 조건부 독립성 가정이 성립되지 않는 경우 일치추정량을 보장하지 못하고, 미관측 특성에 대한 분포를 정해놓고 있지 않기 때문에 정확한 한계효과의 추정도 어렵다. 본 연구에서는 이러한 이유와 함께 실제 고정효과 로짓모형을 이용한 추정에서 수렴이 이루어지지 않아 분석에 사용할 수 없었다. 고정효과 로짓모형 및 상관임의효과 모형 간의 장단점에 대한 자세한 설명은 Wooldridge(2008), Wooldridge(2010) 등을 참고하길 바란다.

한계효과를 보고하고 있다. 모형에서 종속변수는 $[0, 1]$ 의 값을 가지므로, 프로빗이 선형확률모형보다 적절하다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 선형모형을 같이 제시한 이유는 상관임의효과 모형이 선형모형의 고정효과처럼 작용하여 내생성을 적절하게 통제할 수 있다는 것을 보여주기 위해서이다. 추정결과에서 나타나듯이 기업수준의 고정효과를 통제한 이후 계수들의 변화 양상은 선형확률모형과 프로빗 추정 간 유사하게 나타나고 있다.

열 (3)의 프로빗 추정결과에서는 모든 변수가 유의한 값을 보였으며, 주요 설명변수인 고령 근로자의 비중이 증가할수록 신기술 도입 확률이 유의미하게 낮아지는 결과를 보였다. 하지만 기업의 미관측 이질성을 통제했다고 할 수 있는 CRE 프로빗의 열 (4)에서는 일부 변수들의 유의성이 사라진 것을 확인 할 수 있다. 특히, 30~50세 근로자의 비중은 신기술 도입과 관련이 없는 것으로 나타났다으며, 50세 이상 근로자가 신기술 도입에 미치는 효과의 크기도 단순 프로빗의 결과에 비해 작게 나타나고 있다. 이러한 결과는 기업의 미관측 이질성과 근로자의 연령구조 간 관련이 있으며, 이를 고려하지 않을 경우 인력의 고령화가 신기술 도입의 확률을 낮추는 효과가 실제보다 크게 편향되어 추정될 수 있다는 것을 의미한다. 상대적으로 젊은 근로자들은 새로운 기술에 대한 유연성이 높다고 생각할 수 있다. 따라서 기업은 어떤 새로운 기술을 도입하기 위해 근로자들의 평균연령을 낮출 수 있는 다양한 시도를 할 가능성이 있다. 예를 들면, 퇴직보상금을 상향조정할 수도 있으며, 나이가 많은 경력직의 채용을 줄일 수도 있다. 이와 같이 근로자의 평균 연령을 젊게 만들 수 있는 의사결정들은 고령 근로자의 비율과 부(-)의 관계를 가질 것이므로, 관측되지 못해 오차항에 남겨진다면 고령 근로자의 비율이 신기술 도입에 미치는 부정적 효과는 과대 추정된다. 한편 Meyer(2011)의 프로빗 모형을 통한 추정결과에서 30대 미만 근로자 비중이 신기술에 미치는 한계효과는 -0.315로 추정되었으며, 40~55세 근로자 비중과 55세 근로자 비중에서는 각각 -0.381과 -0.590으로 나타난 바 있다. 본 연구의 분석결과에서도 단순 프로빗 모형에서 30~50세 근로자의 비율과 50세 이상 근로자 비율의 한계효과는 각각 -0.155와 -0.272로 추정되었다. 즉, 국내자료를 이용한 분석에서도 해외 연구의 분석결과와 유사하게 고령 근로자의 비율이 신기술 도입 확률을 낮추는 것으로 나타났다. 그러나 상관임의효과

모형을 통해 내생성을 통제한 결과, 이러한 효과는 상당부분 사라졌다. 동일한 데이터를 사용한 분석이 아니기 때문에 단순 비교하는 것은 무리가 있지만 Meyer(2011)가 기업의 미관측 특성으로 인한 내생성을 충분히 고려하지 못했다는 점에서 분석 결과가 실제보다 과대 추정되었을 수 있다는 점을 시사한다.

〈표 2〉 근로자의 연령이 신기술 도입에 미치는 효과

	Linear Probability		Non-linear	
	OLS (1)	FE (2)	probit (3)	CRE-probit (4)
30~50세 미만 근로자 비율	-0.165*** (0.034)	-0.036 (0.039)	-0.155*** (0.031)	-0.034 (0.036)
50대 이상 근로자 비율	-0.254*** (0.042)	-0.105* (0.057)	-0.272*** (0.045)	-0.111* (0.061)
평균 학력수준	0.015*** (0.004)	0.006 (0.004)	0.015*** (0.004)	0.006 (0.004)
기업연령	0.002*** (0.000)	-0.008*** (0.002)	0.002*** (0.000)	0.004 (0.006)
근로자 수	0.007*** (0.001)	0.009*** (0.002)	0.006*** (0.001)	0.007*** (0.002)
노동조합	0.206*** (0.016)	0.026 (0.038)	0.188*** (0.014)	0.026 (0.036)
전문직 근로자	0.069** (0.029)	0.038 (0.036)	0.066** (0.030)	0.045 (0.039)
경쟁수준	0.026*** (0.006)	0.020*** (0.007)	0.025*** (0.006)	0.020*** (0.007)
상수항	0.146** (0.062)	0.321*** (0.088)		
Observations	7,017	7,017	7,017	7,017
R ²	0.187	0.018		
Pseudo R ²			0.170	0.175

주: 종속변수는 신기술 도입을 나타내는 이변수이다. 연령의 기준변수는 30세 미만 근로자의 비율이다. 산업터미와 연도터미가 포함된 결과이다. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을, 괄호 안은 표준오차를 나타낸다. Non-linear에 보고된 수치는 한계효과이다.

다른 변수들의 결과를 살펴보면 앞선 프로빗 추정에서 유의했던 대부분의 변수들의 유의성이 사라진 것을 확인할 수 있는데 오직 근로자 수와 경쟁수준만이 신기술 도입에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기업규모가 클수록 신기술 도입에 더욱 적극적이며, 강한 시장경쟁은 신기술 도입을 촉진할 수 있다는 것을 의미한다.

2. 근로자의 연령 분포가 신기술 도입에 미치는 효과

근로자 연령의 분포와 신기술 도입 간의 관계를 살펴보기 위해 근로자 연령

〈표 3〉 근로자의 연령 분포가 신기술 도입에 미치는 효과

	probit (1)	probit (2)	CRE-probit (3)
근로자 연령의 허핀달 지수	-0.139*** (0.038)	-0.152*** (0.047)	0.020 (0.055)
30~50세 미만 근로자 비율		-0.088** (0.036)	-0.043 (0.045)
50대 이상 근로자 비율		-0.274*** (0.047)	-0.111* (0.063)
평균 학력수준	0.019*** (0.004)	0.015*** (0.004)	0.006 (0.004)
기업연령	0.001*** (0.000)	0.002*** (0.000)	0.006 (0.006)
근로자 수	0.007*** (0.002)	0.006*** (0.001)	0.007*** (0.002)
노동조합	0.181*** (0.014)	0.188*** (0.014)	0.026 (0.035)
전문직 근로자	0.072** (0.030)	0.065** (0.030)	0.045 (0.039)
경쟁수준	0.027*** (0.006)	0.026*** (0.006)	0.020*** (0.007)
Observations	7,017	7,017	7,017
Pseudo R ²	0.166	0.172	0.177

주: 보고된 수치는 한계효과를 의미한다. 종속변수는 신기술 도입을 나타내는 이변수이다. 산업더미와 연도더미가 포함된 결과이다. 연령의 기준변수는 30세 미만 근로자의 비율이다. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을, 괄호 안은 표준 오차를 나타낸다.

분포를 측정하고 추가적인 설명변수로 설정하여 모형을 재추정했다. 위에서 언급했다시피 근로자 연령 분포는 허핀달 지수를 이용하여 측정하였으며, 허핀달 지수는 1에 가까울수록 인력구조에서 특정 연령대의 집중도가 높은 것을 의미하며, 반대로 0에 가까울수록 다양한 연령대의 근로자가 고르게 분포되어 있다는 것을 의미한다. <표 3>에 그 결과가 제시되어 있다. 우선 미관측 변수로 인한 내생성을 고려하지 않은 열 (1)과 (2)의 결과를 살펴보면 근로자 연령의 분포가 좁을수록, 즉 특정 연령대의 근로자 비중이 높을수록, 신기술 도입 또한 유의한 확률로 낮아지는 것으로 나타났다. 근로자들의 연령을 통제한 열 (2)에서도 그 유의성은 유지되는 것을 확인할 수 있다. 하지만 내생성을 통제한 열 (3)에서는 근로자의 연령분포가 신기술 도입에 유의한 효과를 미치지 못하는 것으로 나타났다.

3. 근로자의 연령구조와 생산성

근로자 연령구조와 기업의 생산성 간의 관계를 파악하기 위해 종속변수를 근로자 1인당 부가가치로 설정하여 모형을 추정했다. 이 분석에서는 종속변수가 연속변수이기 때문에 선형모형을 사용했다. <표 4>에 결과가 제시되어 있다. 열 (1)의 최소자승법의 추정결과를 살펴보면 근로자 연령의 분포가 집중될수록, 50대 이상의 근로자 비율이 높을수록 생산성도 하락하는 것으로 나타났다. 하지만 열 (2)의 고정효과 모형(fixed effect)에서 근로자의 연령구조가 생산성에 미치는 효과는 더 이상 유의하지 않았다.⁹⁾ 그 외 변수들에서는 근로자들의 평균 학력수준과 기업의 연령이 높을수록 생산성도 유의미하게 증가했다. 반면 기업이 직면하고 있는 시장의 경쟁수준이 높을수록 생산성도 감소하는 결과를 보였다. 시장의 높은 경쟁수준은 과당경쟁으로 인해 전반적인 수익성을 악화시켜 생산성 또한 떨어뜨리는 것으로 해석할 수 있다.

기업의 규모와 노동조합은 최소자승법 모형에서는 생산성과의 관계가 있는 것으로 나타났지만, 고정효과의 모형에서는 유의미한 결과를 확인할 수 없었다.

9) 기업의 생산성에 영향을 미치는 미관측 변수들의 임의효과(random effect) 가능성을 고려하여 Hausman 검정을 실시했다. 그 결과 ‘고정효과와 임의효과의 추정계수 간 차이가 없다’라는 귀무가설을 기각했다. 이러한 결과는 미관측 변수와 관측 변수 간 관련이 있으며, 미관측 변수들을 통제하지 못할 경우 내생성 문제에 직면하게 된다는 것을 의미한다.

〈표 4〉 근로자의 연령구조와 생산성

	OLS (1)	FE (2)
근로자 연령의 허핀달 지수	-0.194* (0.102)	0.030 (0.090)
30~50세 미만 근로자 비율	0.049 (0.080)	0.012 (0.079)
50대 이상 근로자 비율	-0.401*** (0.106)	0.151 (0.155)
평균 학력수준	0.083*** (0.008)	0.021** (0.009)
기업연령	0.003*** (0.001)	0.038*** (0.005)
근로자 수	0.005** (0.002)	-0.006 (0.004)
노동조합	0.306*** (0.038)	-0.002 (0.055)
전문직 근로자	0.028 (0.075)	0.095 (0.080)
경쟁수준	-0.032* (0.017)	-0.026* (0.013)
상수항	2.928*** (0.142)	2.886*** (0.182)
Observations	5,169	5,169
R ²	0.258	0.038

주: 종속변수는 근로자 1인당 부가가치이다. 연령의 기준변수는 30세 미만 근로자의 비율이다. 산업터미와 연도터미가 포함된 결과이다. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을 나타내며 괄호 안은 표준오차를 나타낸다.

4. 강건성 검정

본 연구에서 주요 종속변수로 사용하는 신기술 도입 여부는 최근 5년을 기준으로 신기술·신기계 도입 등 기술개선 프로그램을 수행한 적이 있는지 여부로 측정했다. 따라서 해당 차수의 신기술 도입이 조사시점이 아닌 과거에 발생한

사건일 가능성이 있다. 이러한 경우 현재의 설명변수들이 과거의 사건을 설명하는 것이 되기 때문에 시간적으로 인과관계가 성립되지 않는다. 예를 들면 오직 2009년에만 신기술을 도입한 기업들은 2011년과 2013년도의 조사에서 모두 최근 5년 동안 신기술을 도입했다고 응답할 것이기 때문이다. 즉 이 기업은 사업체패널 조사의 구조상 해당 차수마다 매년 신기술을 도입한 기업과 동일하게 처리된다. 이러한 측정상의 원인으로 발생할 수 있는 오류를 확인하기 위해, 과거 차수에 이어 연속으로 신기술 도입이 관측되는 경우 분석에서 제외하고 모형을 재추정하여 분석결과가 강건하게 유지되는지 검토한다.

〈표 5〉 강건성 검정

	probit (1)	CRE-probit (2)	probit (3)	CRE-probit (4)
근로자 연령의 허핀달 지수			-0.104*** (0.039)	0.044 (0.058)
30~50세 미만 근로자 비율	-0.115*** (0.025)	-0.046 (0.038)	-0.075** (0.029)	-0.065 (0.044)
50대 이상 근로자 비율	-0.209*** (0.037)	-0.120* (0.066)	-0.214*** (0.038)	-0.118* (0.069)
평균 학력수준	0.013*** (0.003)	0.007 (0.005)	0.013*** (0.003)	0.007 (0.005)
기업연령	0.001*** (0.000)	0.027*** (0.004)	0.001*** (0.000)	0.028*** (0.004)
근로자 수	0.004*** (0.001)	0.008*** (0.002)	0.004*** (0.001)	0.007*** (0.002)
노동조합	0.127*** (0.010)	0.028 (0.039)	0.127*** (0.010)	0.028 (0.039)
전문직 근로자	0.002 (0.024)	0.026 (0.041)	0.002 (0.024)	0.025 (0.041)
경쟁수준	0.020*** (0.005)	0.020*** (0.008)	0.021*** (0.005)	0.020** (0.008)
Observations	6,285	6,285	6,285	6,285
Pseudo R ²	0.1611	0.1699	0.1622	0.1729

주: 과거 차수에 이어서 연속으로 신기술 도입이 관측된 기업들을 제외한 추정결과이다. 보고된 수치는 한계효과를 의미한다. 종속변수는 신기술 도입을 나타내는 이변수이다. 산업터미와 연도터미가 포함된 결과이다. 연령의 기준변수는 30세 미만 근로자의 비율이다. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%에서 유의함을, 괄호 안은 표준오차를 나타낸다.

구체적으로 설명하면 위에서 예시로 제시한 기업의 경우는 2007년과 2009년의 관측치만 분석에서 사용된다. 하지만 이산적으로 신기술 도입이 관측된 경우, 예컨대 어떤 기업이 2007년에는 신기술을 도입했고, 2009년에는 도입하지 않았고, 다시 2013년에 신기술의 도입이 관측된 경우에는 해당 기업의 관측치를 분석대상에 모두 포함하였다. 강건성 검정 결과는 <표 5>에 제시되어 있다. 결과를 살펴보면 해당 관측치를 제외하지 않은 <표 2>의 3열과 4열 및 <표 3>의 2열과 3열의 결과와 크게 다르지 않았다. 다만, 앞선 분석에서는 신기술 도입에 유의한 효과를 미치지 못한 기업연령이 여기서도 신기술 도입에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 본 연구의 주요 결과라 할 수 있는 고령 근로자 비중의 확대 및 연령 분포가 신기술 도입에 미치는 효과의 크기와 유의성은 그대로 유지되는 것을 알 수 있다. 또한 내생성 통제 여부에 따른 추정값의 변화, 즉 단순 프로빗과 상관임의효과 모형 간 차이도 앞선 분석과 유사한 양상을 보여, 신기술 도입의 불완전한 측정이 연구의 결과를 크게 왜곡시키는 가능성은 발견하지 못했다.

V. 결 론

지금 고령화는 전 세계적인 현상이다. 당장 기업들은 근로자의 고령화로 인한 혁신력과 생산성의 하락을 우려하고 있다. 이에 맞추어 여러 연구들이 근로자의 인력구조가 기업의 의사결정 및 성과에 미치는 영향을 밝히려고 시도하고 있다. 그러나 엄밀한 실증분석을 통해 이를 규명한 연구는 많지 않다. 본 연구는 근로자의 연령구조가 기업의 신기술 도입과 생산성에 미치는 효과를 분석하였다. 특히, 상관임의효과 모형을 이용하여 미관측 이질성 통제에 주안점을 두었다. 연구자가 관측할 수 없는 기업의 의사결정으로 인해서 연령구조와 기업 신기술 도입 간에는 양방향 인과관계가 존재할 수 있다. 신기술 도입을 위해 젊은 근로자들의 채용을 늘리거나 은퇴프로그램을 가동하여 고령 근로자의 은퇴를 촉진하는 경우를 쉽게 떠올릴 수 있다. 생산성의 경우도 마찬가지이다. 생산성 향상을 목적으로 젊은 근로자 중심으로 조직을 개편하는 전략을 생각해

볼 수 있다. 이러한 추론은 추정결과에서 그대로 나타났다. 미관측 이질성을 통제한 모형에서 고령화가 기업의 신기술 도입에 미치는 부정적 효과의 크기가 작게 나타났다.

본 연구의 주요 결과에 비추어 볼 때 기존 연구를 통해 알려진 고령화가 기업의 신기술 도입 또는 생산성에 미치는 부정적 효과들은 실제보다 과대 추정되어 있을 수도 있다. 하지만 데이터 사용, 신기술 도입 정의 등에서 기존 연구들과의 차이로 인한 결과일 가능성들도 완전히 배제할 수는 없다. 특히, 본 연구에서 정의한 신기술 도입은 너무 포괄적인 측면이 있다. 분석에 사용한 사업체패널에서는 최근 5년간 신기술·신기계 도입 등 기술개선 프로그램을 수행한 적이 있는지 여부에 대한 설문으로 기업의 신기술 도입 여부를 파악하고 있으며 신기술에 대한 구체적인 정의를 제시하지 않고 있다. 이는 신기술이라는 개념자체가 광범위하고 모호하다는 데 원인이 있을 수 있다. 신기술은 최근 개발된 새로운 장비의 도입부터 자동화 등 공정 혁신, 정보통신기술의 도입 등을 모두 아우른다. 신기술의 유형은 고령 근로자가 해당 기술을 대하는 태도와 기업의 신기술 도입 의사결정에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 앞선 선행연구에서 Meyer (2011)는 정보통신기술을, Hollenstein & Wörter(2004)는 전자상거래를 각각 신기술로서 정의하고 있는데 이는 고령 근로자의 정보통신기술 활용 능력이 상대적으로 낮다는 점에서 의미를 가진다. 또한 신기술의 구체적 정의는 기업이 도입한 신기술이 인력의 대체가 가능한 기술(labor-saving techniques)인지 여부를 가늠하는 데 중요할 수 있다. 신기술의 인력 대체 가능성은 기업의 신기술 도입 유인과 이에 따른 고령 근로자의 반응에 결정적 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이상의 논의들은 본 연구에서 가용자료의 한계로 충분히 다루지 못하였으며, 향후 신기술 도입 관련 자료가 보다 구체화된 이후의 과제로 남겨둔다.

참고문헌

- 강성진(2010). 「한국인의 생활만족도 결정요인 분석」. 『경제학연구』 58(1): 5~36.

- 고용노동부. 『고용형태별근로실태조사』. 각 연도.
- 고용노동부 · 한국노동연구원(2014). 『단체협약 실태조사』.
- 송병준(2009). 「주력산업의 인력고령화 실태와 대응전략」. 『KIET 산업경제』 7: 47~56.
- 송창용(2013). 『기업체의 장년근로자 활용 실태 및 인식』. Krivet Issue Brief. 한국직업능력개발원.
- 석진홍 · 박우성(2014). 「인력 고령화가 기업의 생산성과 인건비에 미치는 영향」. 『노동정책연구』 14 (3) : 79 · 104.
- 이상현(2014). 「기업의 보상체계와 업무평가 투명성의 생산성 효과」. 『노동경제논집』 37 (1) : 59~85.
- 이영민(2012). 「인력 고령화 추세에 따른 기업의 인적자원관리 대응방안」. 『상장협 연구』 65 : 134~155.
- 이창우 · 전성주(2016). 「건강상태가 가계 금융자산 포트폴리오 결정에 미치는 영향 연구」. 『보험금융연구』 27 (4) : 43~74
- 엄동욱 · 배노조 · 이상우(2005). 『고령화 · 저성장 시대의 기업 인적자원 관리 방안』. ISSUE PAPER. 삼성경제연구소.
- 윤명수 · 김정우 · 김기민(2012). 「상위관리직에서의 여성의 지위」. 『여성경제연구』 9 (1) : 23~47.
- 최옥금(2011). 「우리나라 중고령자의 은퇴 과정에 관한 연구: 생애 주된 일자리와 가용 일자리를 중심으로」. 『한국노년학』 31 (1) : 15~31.
- 통계청. 『경제활동인구조사』. 각 연도.
- Ahituv, Avner, and Joseph Zeira(2011). “Technical progress and early retirement.” *The Economic Journal* 121 (551): 171~193.
- Akerlof, George(1976). “The economics of caste and of the rat race and other woeful tales.” *The Quarterly Journal of Economics* 90 (4) : 599~617.
- Alders, Peter(2005). “Human capital growth and destruction: the effect of fertility on skill obsolescence.” *Economic Modelling* 22 (3) : 503~520.
- Andersson, Björn, Bertil Holmlund, and Thomas Lindh(2002). “Labor productivity,

age and education in Swedish mining and manufacturing 1985-96” Unpublished Paper. Uppsala.

- Arrow, Kenneth(1962). “Economic welfare and the allocation of resources for invention.” *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* : 609~626. Princeton University Press.
- Bartel, P. Ann, and Nachum Sicherman(1993). “Technological change and retirement decisions of older workers.” *Journal of Labor Economics* 11 (1, part 1) : 162~183.
- Battisti, G., H. Hollenstein, P. Stoneman, and M. Wörter(2007). “Inter and intra firm diffusion of ICT in the United Kingdom (UK) and Switzerland (CH) an internationally comparative study based on firm-level data.” *Economics of Innovation and New technology* 16 (8) : 669~687.
- Becker, Gary S.(1962). “Investment in human capital: A theoretical analysis.” *The Journal of Political Economy* 70 (5, Part 2) : 9~49.
- Brooke, Libby(2003). “Human resource costs and benefits of maintaining a mature-age workforce.” *International Journal of Manpower* 24 (3) : 260~283.
- Card, David, and John E. DiNardo(2002). “Skill biased technological change and rising wage inequality: some problems and puzzles.” *Journal of Labor Economics* 20 (4) : 733~783.
- Cataldi, Alessandra, Stephan Kampelmann, and François Rycx(2012). “Does it pay to be productive? The case of age groups.” *International Journal of Manpower* 33 (3) : 264~283.
- Chamberlain, Gary(1984). “Panel data” *Handbook of econometrics* 2: 1247~1318.
- Crepon, Bruno, Nicolas Deniau, and Sebastien Perez-Duarte(2003). “Wages, productivity and worker characteristics: A French perspective.” INSEE.
- Dostie, Benoit(2006). “Wages, productivity and aging.” IZA Discussion Paper 2496.
- Haltiwanger, John C., Julia I. Lane, and James R. Spletzer(1999). “Productivity

- differences across employers: The roles of employer size, age, and human capital.” *The American Economic Review* 89 (2) : 94~98.
- Haucap, Justus, and Christian Wey(2004). “Unionisation structures and innovation incentives.” *The Economic Journal* 114 (494) : 149~165.
- Hayward, Mark D., Samantha Friedman, and Hsinmu Chen(1998). “Career trajectories and older men's retirement.” *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences* 53 (2) : S91-S103.
- Hollenstein, Heinz, and Martin Wörter(2004). “The decision to adopt Internet-based e-commerce: An empirical analysis based on Swiss firm-level data.” 15th biennial Conference of the International Telecommunications Society. Berlin.
- _____(2008). “Inter-and intra-firm diffusion of technology: The example of E-commerce : An analysis based on Swiss firm-level data.” *Research Policy* 37 (3) : 545~564.
- Johnson, William R(1978). “A theory of job shopping.” *The Quarterly Journal of Economics*, pp.261~278.
- Lancaster, Tony(2000). “The incidental parameter problem since 1948.” *Journal of econometrics* 95 (2) : 391~413.
- Lallemand, Thierry, and François Rycx(2009). “Are older workers harmful for firm productivity?” *De Economist* 157 (3) : 273~292.
- Lazear, Edward P.(1979). “Why is there mandatory retirement?” *The Journal of Political Economy*, pp.1261~1284.
- _____(1998). “Personnel economics for managers.” Wiley. New York.
- Menezes-Filho, Naercio, and John Van Reenen(2003). “Unions and innovation: a survey of the theory and empirical evidence.” Center for Economic Policy Research. Discussion Paper 3792.
- Meyer, Jenny(2011). “Workforce age and technology adoption in small and medium-sized service firms.” *Small Business Economics* 37 (3) : 305~324.

- Mincer, Jacob(1974). "Schooling, Experience, and Earnings." Columbia University Press. New York.
- Mundlak, Yair(1978). "On the pooling of time series and cross section data." *Econometrica : journal of the Econometric Society*, pp.69~85.
- Nishimura, K. G., K. Minetaki, M. Shirai, and F. Kurokawa(2002). "Effects of information technology and aging work force on labor demand and technological progress in Japanese industries : 1980~1998." Fujitsu Research Inst.
- Prskawetz, A., B. Mahlberg, V. Skirbekk, I. Freund, M. Winkler-Dworak, T. Lindh, B. Malmberg, A. Jans, O. Nordström, and F. Andersson(2006). "The impact of population ageing on innovation and productivity growth in Europe" Research Report 28 Vienna Institute of Demography. Vienna.
- Rosenberg, Nathan(1972). *Technology and American economic growth*. Cambridge University Press.
- Rouvinen, Petri(2002). "Characteristics of product and process innovators: some evidence from the Finnish innovation survey." *Applied Economics Letters* 9(9) : 575~580
- Schumpeter, A. Joseph(1942). "Capitalism, Socialism, and Democracy." Harper. New York.
- Tauman, Yair, and Yoram Weiss(1987). "Labor unions and the adoption of new technology." *Journal of Labor Economics* 5 (4, Part 1) : 477~501.
- Van Ours, C. Jan(2009). "Will you still need me: When I'm 64?" *De Economist* 157 (4) : 441~460.
- Vives, Xavier(2008). "Innovation and competitive pressure." *The Journal of Industrial Economics* 56 (3) : 419~469.
- Wooldridge, M. Jeffrey(2009). "Correlated random effects models with unbalanced panels." Manuscript (version July 2009) Michigan State University.
- _____(2010). "Econometric analysis of cross section and panel data." MIT press.

The Effects of Aging Workforce on the Adoption of New Technologies and Productivity

Jang Yoonseop · Yang Junseok

This paper provides empirical evidence on the relationship between age structure of employee and adoption of new technologies. Furthermore, it analyzes the effect of age structure on firm's productivity. The empirical analysis is based on the 2nd~5th KLI workplace panel survey data. Correlated random effect(CRE) model allows us to consider the endogeneity problem occurred as the age structure and unobserved heterogeneity are correlated. Main results are as following. Simple probit model shows that an aged workforce as well as concentrated age structure are negatively related to the probability of technology adoption. However, when we control endogeneity problem by CRE model, its negative effect is significantly decreased. Same result is obtained by the relationship between age structure of employee and productivity of the firms.

It implies that the endogeneity between age structure of employee and unobserved heterogeneity could result in upward bias which could exaggerate existing literature's negative effect of an aged workforce on adoption of new technologies.

Keywords : age structure of the workforce, age dispersion of the workforce, adoption of new technologies, productivity, workplace panel survey(WPS)