

로봇 도입과 기업 규모에 따른 임금 격차*

방 형 준**

로봇은 고가의 장비라는 특성상 규모가 크며, 지불 능력이 있는 대기업들이 주로 도입하고 있다. 대기업이 로봇을 도입하여 생산성이 오르게 되면 중소기업과 중견기업도 벌어진 생산성 격차를 좁히기 위한 노력을 기울이는데, 여기에는 약 1~2년 정도의 시차가 있는 것으로 보인다. 로봇 도입에 따른 대기업과 중소기업의 임금 격차에 대해 시차변수를 고려한 고정 효과 모형을 분석한 결과에 따르면, 제조업 전체에서는 로봇에 의한 유의미한 영향이 관찰되지 않았으나, 로봇을 많이 도입하고 오랫동안 운용해 온 자동차 산업과 전기 및 전자 산업에서는 1~2년여의 시차를 두고 로봇이 임금 격차 확대를 초래하는 것으로 나타났다. 이는 해당 두 산업이 더 고가인 고성능 로봇을 도입하고 있으며 많은 로봇 운용 경험에 기반하여 로봇을 활용해 즉각적으로 생산성 향상을 이끌어 내고 있기 때문으로 보인다. 아직은 로봇이 기업 규모별 임금 격차에 큰 영향을 미치지 않지만, 향후 국내 제조업에서 로봇이 더 많이 도입되고 활용된다면 로봇이 기업 규모 간 임금 격차를 확대할 가능성도 염두에 두어야 할 것이다.

1. 머리말

20세기 중반에 국가 간 상품 교역이 대폭 증가하였는데, 이에 더하여 각종 운송 수단이 발달하고 기업 조직이 고도화되며 국가 간 자본과 인력의 이동이 활발해지면서 1980년대부터 고소득 국가의 단순 생산 공정은 임금이 낮은 저소득 국가로 이전되기 시작했다. 그러나 20세기 말 혹은 늦어도 21세기 초부터 고소득 국가의 제조업에서는 또 다른 변화가 일어나기 시작했다. 저소득 국가의 인적 자본이 축적되고 생산 과정이 더욱 복잡해짐에 따라 더 많은 생산 공정들이 미국과 유럽에서 아시아로 이동하였으나, 한편에서는 1970년대에 널리 보급되던 자동화

* 이 글은 성재민 외(2020), 『규모간 임금격차 변화 원인과 정책방향』 중 제4장의 내용 일부를 요약·정리한 것이다.

** 한국노동연구원 부연구위원(bangh@kli.re.kr).

설비가 더욱 고도화되면서 고소득 국가의 일부 제조업의 경우 더욱 자본집약적이고 고부가가 치화된 형태로 변모하기 시작했다.

국제로봇협회(International Federation of Robotics)는 1993년부터 산업용 로봇에 대한 국제 통계를 집계하기 시작했는데, 이는 제조업의 자동화와 무인화가 이미 그 전부터 시작되었음을 보여 준다. 다만 21세기 이전에는 로봇이 지금보다 더 단순한 역할밖에 수행하지 못하면서도 훨씬 고가의 장비였기 때문에 널리 보급되지는 않았다. 따라서 국제로봇협회의 통계 역시 1993년부터 2003년까지는 국가별 총로봇 도입량만을 집계하는 데 그쳤다. 그러나 21세기에 접어들어 각종 컴퓨터 기술이 발달하고 무선 통신 기술이 보급됨에 따라 로봇을 활용할 수 있는 범위가 넓어지고 로봇의 종류도 다양해지기 시작했다. 시장에 로봇이 보급됨에 따라 규모의 경제가 달성되면서 로봇 가격도 점차 내려가기 시작했으며, 기업들은 10여 년 전과 비교하여 더욱 저렴한 가격에 고성능의 로봇을 구입할 수 있게 되었다.

그러나 로봇이 널리 보급되면서 사회 일각에서는 로봇 도입으로 인한 대규모 실업 사태 및 노동시장의 양극화를 우려하는 목소리가 나타나기 시작했다. 로봇이 인력으로 수행하던 기존 공정이나 직무의 일부 혹은 전부를 대체함으로써 해당 노동자들이 직업을 잃거나 수입의 감소를 겪는 문제가 발생할 수 있다는 것이다. 또한 로봇이 대체할 수 있는 직무는 반복 작업이나 단순노동의 성격이 강한데, 이러한 작업을 수행하는 노동자들 다수가 저학력·저소득 계층인 반면, 로봇으로 인해 일자리가 늘어나거나 생산성이 향상되어 임금이 상승하는 직업군은 고학력 고소득 계층이 종사하는 일자리일 가능성이 높다. 따라서 로봇으로 인해 일자리의 양극화가 발생하거나 소득 불균형이 더욱 심화될 우려가 크다는 것이다.

최근 로봇 도입이 노동시장과 거시경제에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대해 다양한 연구가 이뤄지고 있으며, 이에 따라 각종 실증분석 결과 역시 빠르게 축적되는 중이다. 대표적인 세 가지 연구로 Acemoglu and Restrepo(2017), Graetz and Michaels(2015), 그리고 Dauth, Findeisen, Suedekum, and Woessner(2017)을 들 수 있다. Acemoglu and Restrepo(2017)는 로봇 도입이 노동시장에 어떠한 영향을 미쳤는지 살펴본 연구이다. 저자들은 로봇 도입에 따라 발생할 수 있는 고용 효과를 작업자가 수행하던 역할을 로봇이 대체함으로써 발생하는 노동 수요 감소 효과와 기존 산업이나 기업에서 로봇을 도입함에 따라 생산성이 높아지면서 노동 수요가 증대하는 고용 증대 효과 두 가지로 구분하였다. 자료의 한계상 산업별로 효과를 살펴보았던바, 작업자 1,000명당 로봇 설치 대수가 1단위 증가할 때마다 고용률은 0.34%포인트, 임금은 0.5%포인트씩 감소하는 것으로 분석되었다. 거시경제 효과를 살펴본 Graetz and Michaels(2015)에서는 로봇 집약도가 크게 증가한 국가나 산업일수록 단위 시간당 부가가치로 측정된 노동생산성과 총부가가치가 더욱 커졌으며, 주요 고소득 국가에서 로봇을 도입하지 않았다면 연간 경제성장률이 약 0.37%포인트 정도 낮아졌을 것으로 예상했다. 로봇 도입이 거시적인 노동시장 구

성을 바꾸었는지 살펴본 Dauth et al.(2017)에 따르면, 독일에서는 로봇 도입으로 인해 제조업 내 정규직 일자리 약 27만 5천 개 정도가 감소하였으나, 서비스 산업에서의 고용 증가로 전체 고용량은 크게 변화하지 않은 것으로 결론 내렸다. 다시 말해, 로봇 도입은 산업별 노동시장 구조만을 바꾸었을 뿐, 전체 고용량에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 조사되었다.

본고에서는 로봇 도입이 대기업과 중소기업 간의 임금 격차를 설명할 수 있는지, 만약 설명할 수 있다면 격차를 줄였는지 늘렸는지를 살펴볼 것이다. 그리고 로봇 도입에 따른 장기적인 산업별 생산성 향상과 로봇 도입에 따른 단기적인 생산성 변화의 충격이 각각 임금 격차에 어떠한 영향을 주는지도 나누어 살펴볼 것이다.

II. 기업 규모에 따른 로봇 도입 양상의 차이

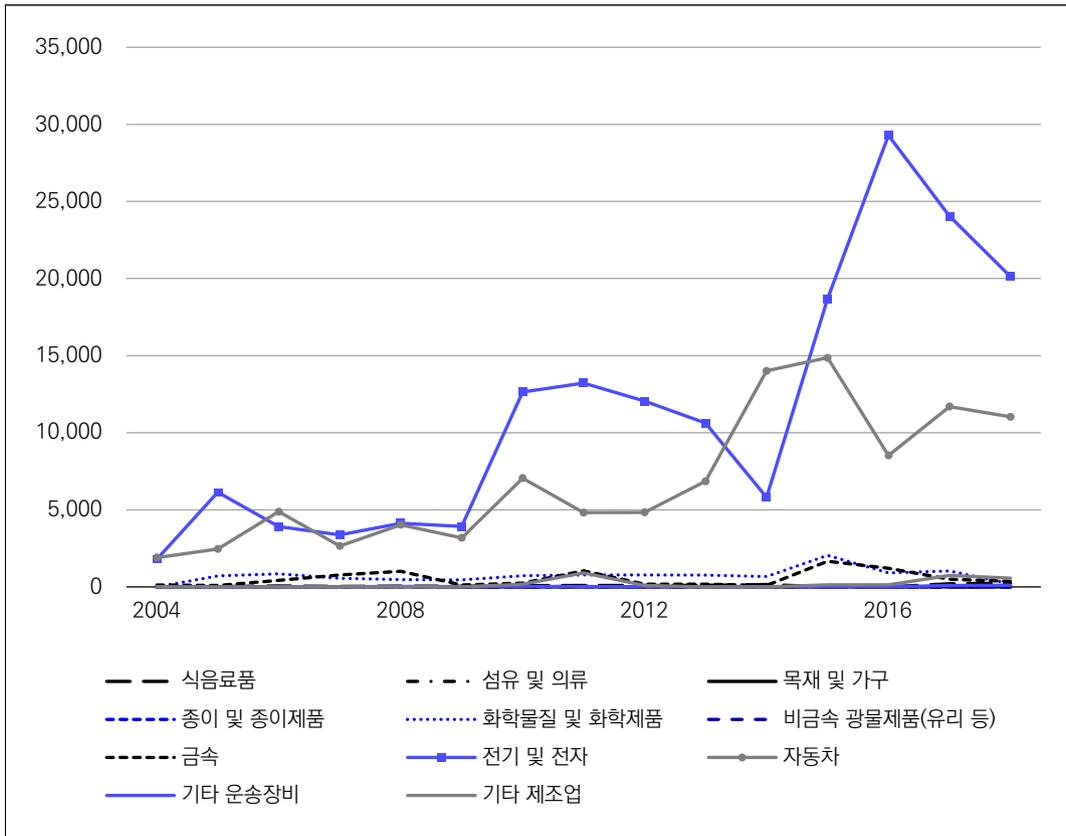
1. 로봇의 정의 및 도입 현황

로봇이 기업 규모별 임금 격차에 미친 영향을 파악하기에 앞서, 본고에서 언급하는 로봇은 무엇을 지칭하는지 명확하게 짚고 넘어갈 필요가 있다. 국제로봇협회는 로봇을 산업용 로봇과 서비스용 로봇으로 나누고 있는데, 여기서는 서비스용 로봇은 다루지 않고 산업용 로봇만을 로봇이라 지칭할 것이다. 이는 본고의 주 분석 대상은 제조업인데, 서비스용 로봇은 주로 최종재로서 소비자들이 사용하거나 보건 및 의료 산업에 보급되어 있고, 제조업체의 작업 현장에서는 거의 사용되지 않기 때문이다. 분석에서 사용할 로봇 관련 자료는 국제로봇협회에서 생산한 것이기 때문에, 여기서는 산업용 로봇에 대한 국제로봇협회의 정의를 그대로 차용할 것이다. 국제로봇협회는 산업용 로봇을 '자동으로 제어되고 재프로그래밍될 수 있는 다목적의 기계(an automatically controlled, reprogrammable, and multipurpose machine)'로 정의하고 있다. 편의상 이후 '로봇'은 별다른 언급이 없는 한 '산업용 로봇'을 의미하는 것임을 밝힌다.

현재 우리나라 제조업은 로봇 도입량과 운용량이 세계적인 수준이다. 2010년대 중반 이후 한국은 싱가포르와 함께 작업자 1만 명당 로봇 운용 대수에서 1위를 놓고 치열하게 경쟁하는 중이다. 다만 우리나라의 로봇 도입은 자동차 산업과 전기·전자 산업에 치중해 있다는 특성을 갖는다. [그림 1]은 2004년 이후 우리나라 제조업 중분류 단위에서의 로봇 도입량을 표시한 것이다. 시기별로 자동차 산업과 전기·전자 산업이 1위 자리를 바꿔 차지할 뿐, 여타 제조업은 이들 두 산업과 비교하면 로봇 도입량이 상당히 낮은 수준에 머물러 있다. 이들 두 산업은 우리나라 제조업 중에서 높은 국제 경쟁력을 가지고 있으며 수출 비중이 높다는 특징이 있다.

자동차 산업과 전기·전자 산업은 여타 산업과 비교하여 로봇 도입을 비교적 오래전에 시작한 편이며, 많은 양의 로봇을 운용해 보았기 때문에 로봇 도입과 운용에 대해 다른 산업보다 높은 수준의 노하우를 축적하였을 것이다. 도입하는 로봇의 수준 역시 다른 산업에서는 초기 단계나 저가의 로봇일 확률이 높지만 이들 두 산업에서는 고가의 첨단 로봇일 확률이 높기 때문에 로봇 도입에 따른 효과 역시 다른 방향으로 나타날 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 이후 분석에서는 제조업 전체뿐만 아니라 자동차 산업과 전기·전자 산업만을 대상으로 한 분석도 실시하여 로봇 도입이 보편화되고 고도화될 때 나타날 수 있는 현상을 가늠해 보기로 한다.

[그림 1] 2004~2018년 제조업 중분류별 로봇 도입량 현황



자료: IFR(2019), World Robotics Industrial Robots 2019를 이용하여 저자 가공.

2. 로봇 도입과 기업 규모 간의 관계

로봇의 주요한 특징 중 하나는 고가의 설비라는 점이다. 로봇의 종류가 다양해지고 로봇 제

조업체에서 규모의 경제를 실현하면서 로봇의 가격이 과거와 비교하여 낮아진 것은 사실이나, 여전히 저렴한 로봇이라 하더라도 단위 가격이 3천여 만 원이며, 고가의 로봇은 수십억 원에 이른다. 또한 로봇은 설치 후 운용을 위한 소프트웨어를 수반하기 때문에 로봇 사용 시 로봇을 운용하는 인력뿐만 아니라 소프트웨어를 관리할 인력이 필요하다. 따라서 로봇을 도입하고 운용하는 데에는 많은 비용이 소요되므로, 중소기업에서 고가의 로봇을 도입하고 운용하는 경우는 많지 않고, 다수의 로봇 구매 업체가 대기업인 것이 현실이다.

본고에서 사용할 주된 자료는 광업·제조업 조사인데, 광업·제조업 조사는 기업 투자와 관련하여 기업별 유형자산 투자액 및 기계설비 투자액에 대한 정보를 제공하고 있다. 기업이 로봇을 구입하는 행위는 투자에 해당하는데, 해당 금액은 기계설비에 대한 투자이자, 보다 넓게는 유형자산 투자의 일종이다. 따라서 여기에서는 기업 규모별로 투자액을 살펴본 후 로봇 도입량과 비교하여 실제 로봇 도입이 대기업에 의해 주도되고 있는지를 살펴보고자 한다. 본고에서는 기업 규모를 세 가지로 나누었는데, 통상적인 기준에 따라 1,000인 이상의 종사자가 있는 사업체를 대기업, 300인 초과 500인 이하 사업체는 중견기업, 그리고 300인 이하의 종사자를 둔 사업체를 중소기업으로 분류하였다.¹⁾

2004년부터 2018년까지 제조업 중분류별 각 기업 집단의 사업체 평균 유형자산 투자액의 경우, 로그값을 취한 대기업 유형자산 투자와 로그값으로 변환한 로봇 설치량 간에는 상관관계수(correlation coefficient)가 0.2315로 나타나 약한 양의 상관관계가 존재하는 것으로 조사되었다. 반면 중견기업의 경우 유형자산 투자액과 로봇 도입량 간의 상관관계수가 0.0104, 중소기업의 경우 0.0913으로 나타나 통계적으로 상관관계가 없는 것으로 분석되었다.

유형자산 투자는 기계설비뿐만 아니라 건물과 토지에 대한 투자 역시 포함하고 있는데, 로봇은 기계설비의 일종이기 때문에 기계설비 투자액과 로봇 도입량 간의 상관관계를 살펴보면 앞서 본 유형자산 투자보다 높은 상관관계가 나타날 수 있다. 이에 따라 동 기간에 대해 사업체별 평균 기계설비 투자액과 로봇 도입량 간의 상관관계를 분석한 결과, 대기업은 0.2766, 중견기업은 0.0498, 중소기업은 0.1114로 나타났다. 세 집단 모두 유형자산과 로봇 도입량 간의 상관관계수보다는 기계설비와 로봇 도입량 간의 상관관계수가 높게 나타났다. 다만 통계적 유의성 측면에서는 여전히 대기업에서만 약한 양의 상관관계가 존재하고, 중견기업과 중소기업의 투자는 로봇 도입량과 유의미한 연관을 가지지 못하는 것으로 조사되었다.

이와 관련하여 류덕현 외(2020)에서는 대기업은 로봇을 도입하고 중소기업은 스마트공장을

1) 규모에 따라 기업을 구분할 때 자산총액이나 매출 규모에 따라 구분하지만, 분류의 안정성을 위해 다수의 연구에서는 고용 규모에 따라 나누는 것이 일반적이다. 광업·제조업 조사는 사업체 단위의 자료를 제공하지만, 기업과 사업체가 동일한 개념은 아니다. 규모가 작은 중소기업은 기업과 사업체의 개념 간에 큰 차이가 없으나, 대기업은 여러 사업체를 포함하는 경우도 있다. 본고에서는 자료의 한계상 사업체 단위의 분석을 시행하지만, 일부 대기업의 경우 분석 과정에서 여러 중견 사업체로 나뉘어 인식되었을 수 있음을 밝힌다.

구축한다는 가정하에 산업별 로봇 도입량과 스마트공장 구축 기업 수 간의 상관관계를 살펴보았다. 그 결과 로봇 도입량과 스마트공장 구축 기업 수 간의 상관관계는 0.2203으로 높지 않은 것으로 나타났으나, 로봇 도입 이후 1년의 시차를 둔 스마트공장 구축 기업 수와의 상관계수는 0.7784로 1에 가까운 값이 나왔으며, 로봇 도입량과 2년의 시차를 둔 스마트공장 구축 기업 수 간에도 상관계수가 0.7558로 높은 수준으로 나타났다.

이러한 사실들이 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, 로봇은 대기업 위주로 도입되며, 먼저 대기업에서 로봇을 도입한 후 이로 인해 중소기업과 대기업 간의 생산성 격차가 벌어지면 중소기업은 이에 대응하기 위해 스마트설비 구축이라는 유사한 형태의 투자를 수행한다는 것이다. 이는 로봇 도입과 관련하여 유의미한 상관관계를 가지는 투자가 대기업의 투자라는 점과 스마트공장 구축 기업 수가 로봇 도입량과 1~2년의 시차를 보인다는 점에서 확인 가능하다.

둘째, 대기업은 주로 로봇을 도입하지만 중소기업은 가격과 운용 인력 확보의 어려움 등 때문에 주로 스마트공장을 도입한다는 점이다. 이는 스마트공장을 설치하는 데 소요되는 비용이 로봇과 비교하여 현저히 낮다는 점뿐만 아니라 스마트공장의 시스템은 특히 낮은 수준의 단계에서는 별도의 운용 인력을 필요로 하지 않고 기존 작업자들이 병행하여 활용할 수 있기 때문으로 보인다. 따라서 이후에는 대기업에서 로봇을 도입함에 따라 우선 양의 생산성 충격이 대기업에서 발생한 후 중소기업과 중견기업이 시차를 두고 이를 쫓아간다는 전제하에 분석을 전개할 것이다.

Ⅲ. 실증분석 방법 및 결과

1. 자료 및 분석 방법

본고에서 사용하는 자료는 크게 두 가지이다. 하나는 국제로봇협회에서 제공하는 우리나라의 연도별·산업별 산업용 로봇 도입량 관련 통계이며, 다른 하나는 사업체 패널 자료인 광업·제조업 조사이다. 국제로봇협회의 산업용 로봇 통계는 2004년 이후부터 산업별 통계를 제공하고 있기 때문에 광업·제조업 조사 역시 2004년 이후의 것을 사용하여 두 자료를 산업 단위에서 연계한 이후 사용하였다.

본고의 연구 초점은 임금에 맞추어져 있으나, 광업·제조업 조사는 조사 집계의 방법상 1인당 급여는 파악할 수 있는 반면 임금은 알 수 없다. 여기서 임금은 개별 종사자에게 지급되는 현금이며, 1인당 급여는 작업자 1인에게 기업이 현금으로 지출하는 액수이다. 얼핏 보기에는

양자가 동일한 것으로 보이며, 실제 작업자가 1년을 풀타임으로 근무한 경우 양자 간에는 차이가 없다. 그러나 특정 근로자가 어느 시점 이후 해당 사업체에서 일을 하지 않으면 임금은 더 이상 지불되지 않는다. 반면, 퇴직한 근로자를 대신하여 기업이 새로운 인력을 채용한 경우 해당 지위에 종사하는 근로자에게는 지속적으로 급여가 지불되는 것으로 표시된다. 따라서 임금은 개별 종사자의 입직과 퇴직 시기에 영향을 받는 반면, 사업체가 지불하는 급여는 종사자의 교체와 무관하게 해당 직무가 계속 근로자에 의해 수행되는 경우 입직 및 퇴직과 무관하게 지속해서 지출된다. 광업·제조업 조사에서는 종사자의 수와 종사자에 대한 총급여 정보를 제공하고 있으므로, 이를 바탕으로 기업 규모별로 종사자 1인당 급여를 계산할 수 있다. 따라서 엄밀하게 서술하자면, 본고에서는 기업 규모별 1인당 급여에서의 비율 차이를 살펴보는 것이나, 일반적으로 이를 임금 수준으로 대체할 수 있기에 임금 격차라 서술하기로 한다.

분석에서 사용한 두 자료를 이용하여 산출한 해당 기간에 대한 기초통계는 <표 1>과 같다. 1인당 급여의 경우 2010년의 값만을 제외하면, 대체로 2016년까지 비슷한 수준을 유지하다가 이후 조금씩 감소하는 것으로 나타난다. 기업체 수의 경우, 중소기업은 2008년 이후 지속적으로 증가하는 것으로 나타나며, 대기업의 수는 연도별로 큰 변화를 찾을 수 없다. 여기서 2010

<표 1> 연도별 기업 규모별 사업체 수, 급여, 로봇 도입량에 대한 기초통계

(단위 : 개소, 백만 원, 대수)

연도	대기업 수	중견기업 수	중소기업 수	대기업 급여	중소기업 급여	1인당 급여 격차	로봇 도입량
2004	111	551	113,258	41.37	19.50	2.12	3,843
2005	111	507	117,200	43.72	20.52	2.13	9,465
2006	110	522	119,166	43.88	21.49	2.04	10,143
2007	112	500	61,548	49.91	23.47	2.13	7,415
2008	111	480	58,232	52.62	25.27	2.08	9,765
2009	111	456	57,810	52.83	25.24	2.09	7,771
2010	116	479	236,218	61.19	21.46	2.85	20,998
2011	118	496	62,792	60.47	28.26	2.14	20,922
2012	120	521	63,594	62.78	29.51	2.13	18,055
2013	117	514	65,111	62.08	30.94	2.01	18,569
2014	117	543	68,329	65.76	32.46	2.03	20,820
2015	125	602	68,542	70.36	33.95	2.07	37,384
2016	113	556	68,457	75.38	35.22	2.14	40,071
2017	118	548	69,124	77.25	37.01	2.09	38,314
2018	118	535	69,182	77.00	38.48	2.00	37,807

자료 : IFR(2019), World Robotics Industrial Robots 2019와 「광업·제조업조사」를 이용하여 저자 작성.

년도의 광업·제조업 조사 값이 다른 해와 비교하여 유달리 다른 패턴을 보이는 것이 확인된다. 이는 해당 연도에 자산 및 사업체 분류에 대한 집계 방식이 바뀌어 일어난 현상으로, 해당 연도에는 유형 고정자산 투자나 기계설비 투자에 대한 정보 역시 제공하고 있지 않기 때문에 분석에서 제외하였다.

한편 로봇 도입으로 인한 기업의 생산성 변화는 임금에 즉각적인 영향을 주기도 하지만 보통은 일정한 시차를 두고 임금이 반영된다. 따라서 로봇 도입이 임금에 영향을 미치기까지는 두 가지의 시차가 존재하는데, 로봇을 도입한 이후 실제 생산성 향상으로 나타나기까지 일정한 시간이 소요되며, 이후 높아진 생산성으로 인해 기업의 경영 성과가 개선되어 임금이 상승할 때까지 어느 정도의 기간이 지나간다. 따라서 이후 분석에서는 이러한 시차를 고려하여 최대 3년까지의 시차를 두고 계수값을 관찰하였다.

이러한 시차변수까지 반영한 분석 모형은 다음과 같다.

$$y_{i,t} = \alpha + robot_{i,t} + \tau_t + \sum_{k=1}^3 \gamma_k \times D_{i,t,k} + X_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

종속변수인 $y_{i,t}$ 는 i 산업에서 t 년도에 종사자 1인당 급여의 격차를 나타내는 지표로, 중소기업의 1인당 급여 대비 대기업의 1인당 급여의 비율을 표시한 것이며, $robot_{i,t}$ 는 연도별·산업별 로봇 도입량 변수, $D_{i,t,k}$ 는 t 년도에 산업 i 의 k 년 이전의 로봇 도입량을 표시한 시차를 반영한 로봇 관련 변수이다. $X_{i,t}$ 는 산업 i 에 대한 여러 변수들, 예를 들어 투자 금액, 매출 등의 산업별 특성에 대한 것들을 표시한 것이며, τ 는 연도별 더미변수이다. 로봇 도입량에 대한 변수는 로그를 취한 값을 사용하였으므로 이후 결과를 해석할 때 계수값은 로봇 도입량이 1% 변화하였을 때 기업 규모별 급여 비율이 몇 %p 변화하는지로 해석하면 된다.

연구에서 사용한 산업 분류는 표준산업분류 대신 국제로봇협회의 산업 분류를 따랐다. 국제로봇협회는 로봇 사용량을 고려하여 일부 산업에 대해서는 세분류 단위의 자료를 제공하지만 로봇 도입량이 적은 산업들의 경우 정분류나 대분류 단위로 제공하고 있다. 한편 모든 분석에서 사용한 투자, 매출, 급여 등의 지표는 세계은행의 GDP 디플레이터(deflator)를 이용하여 2005년 기준 현재 가치로 변환한 수치를 사용하였다.

2. 분석 결과

전 산업을 대상으로 로봇이 대기업과 중소기업 간의 급여 격차에 미친 효과를 살펴본 결과가 <표 2>에 제시되어 있다. 산업별 내생성을 통제하기 위해 분석 (5)~(7)에는 전년도의 기업 규모별 급여의 비율을 추가하였는데, 세 분석 모두에서 유의수준 1%에서 유의미한 양의 계수값이

나온 것을 볼 때 임금 격차는 관찰되지 않는 다양한 산업별 특성이 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 이를 배제하고 보면, 로봇 도입량은 분석 (1)에서만 임금 격차에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이후의 분석에서는 사실상 통계적으로 유의미한 영향을 찾아보기 힘들었다. 시차 변수에 대한 계수값들도 모두 통계적 유의미성을 찾기 힘들었기 때문에 로봇 도입에 따라 대기업과 중소기업 간에 벌어진 생산성 격차가 즉각적으로건 일정한 시차를 두고서건 급여상에서 격차의 증가 혹은 감소로 이어지지는 않은 것으로 보인다.

동일한 분석을 로봇 도입량이 많은 자동차 산업과 전기·전자 산업만을 대상으로 실시한 결과는 <표 3>에 제시되었다. 앞선 <표 2>에서와는 다르게 2년여의 시차를 가지는 로봇 도입량

<표 2> 대기업과 중소기업 간의 급여 격차에 대한 로봇 도입의 효과: 제조업 전체 대상

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
ln도입량	0.0314328** (0.0046508)	-0.005874 (0.0046508)	-0.0062189 (0.0041192)	-0.0055258 (0.0042439)	-0.0071775* (0.0038281)	-0.0068334* (0.0037819)	-0.0063906* (0.0035833)
도입 시차 1	0.0234882* (0.0122769)	0.0079108* (0.0043074)	0.0030365 (0.0048496)	0.0030544 (0.0045826)	0.0083613* (0.0045748)	0.0035163 (0.0047525)	0.0037083 (0.0045803)
도입 시차 2	0.0378785*** (0.0086568)	0.0018858 (0.0061806)	0.0063345 (0.0080513)	0.0064462 (0.0080639)	0.0008935 (0.0062466)	0.0054659 (0.0079196)	0.0053094 (0.0079927)
도입 시차 3	0.0274702* (0.0142294)	-0.0064721 (0.0067385)	-0.0066875 (0.007477)	-0.0059604 (0.007344)	-0.0084722 (0.0061232)	-0.0075802 (0.0076358)	-0.0072379 (0.0073896)
전년도 급여 격차					0.3426181*** (0.0696309)	0.1392143*** (0.0311773)	0.1900561*** (0.0618935)
유형자산 투자 격차			0.6516401*** (0.0852096)			0.6101902*** (0.0873443)	
기계설비 투자 격차				0.4947203*** (0.1181817)			0.4567468*** (0.1155863)
상수	-0.0297521** (0.1202935)	0.3111467*** (0.0621821)	0.1441428** (0.063037)	0.1668383** (0.0670241)	0.2486879** (0.0902397)	0.1296831* (0.0675165)	0.1432553* (0.0697073)
관측치	2,035	2,035	1,736	1,729	2,035	1,736	1,729
결정계수	0.1069	0.8193	0.9093	0.8950	0.8410	0.9126	0.9014

주: 1) 산업별로 대기업과 중소기업 간의 종사자 1인당 급여 비율을 종속변수로 채택하였음.

2) (1)은 로봇 도입량만으로 분석한 결과이며, (2)는 산업 및 연도 더미변수까지 포함한 결과, (3)는 기업 규모별로 유형자산 투자액의 격차 비율까지 포함한 결과, (4)는 유형자산 투자 격차 대신 기계설비에 대해 기업 규모별 격차를 포함한 결과, (5)는 전년도 급여 격차를 포함시킨 결과, (6)은 전년도 급여 격차와 유형자산 투자 격차를 포함시킨 분석 결과, (7)은 전년도 급여 격차와 기계설비 투자 격차를 포함시킨 결과임.

3) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

4) () 안은 클러스터 강건 표준오차임.

자료: IFR(2019), World Robotics Industrial Robots 2019; 통계청, 「광업·제조업조사」, 2004-2018; World Bank, World Development Indicators.

변수가 대체로 5% 수준에서 통계적 유의미성을 띠었다. 이는 전년도의 급여 비율 차이를 넣음으로써 내생성을 통제한 (5)~(7)의 분석에서도 마찬가지로 나타났으며, 분석 (5)에서만 2년의 시차변수 대신 1년의 시차변수가 유의미한 것으로 나타났다. 따라서 자동차 산업과 전기·전자 산업에서는 대체로 약 2년의 시차를 두고 로봇 도입이 기업 규모별 급여 격차 혹은 임금 격차를 늘린다고 판단할 수 있다. 일반적으로 회귀분석의 경우 양자의 상관관계를 표시하는 것이지 인과관계를 표시하는 것은 아니지만, 분석 시점 2년 전의 로봇 도입량은 당해 연도의 급여 격차에 영향을 미칠 수 있는 반면 당해 연도의 임금이 2년 전의 로봇 도입량에 대한 의사결정에 영향을 미친다고 볼 수는 없기 때문에, 본 분석에서 시차변수의 계수값은 인과 관계에 가까운 것으

〈표 3〉 대기업과 중소기업 간의 급여 격차에 대한 로봇 도입의 효과: 자동차 및 전기·전자 산업

변수	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
ln도입량	0.0982669** (0.0332384)	0.036867 (0.0213169)	0.0012074 (0.0317026)	0.0171775 (0.0330919)	0.0164979 (0.0164981)	-0.0060886 (0.0252866)	0.0058465 (0.0253298)
도입 시차 1	0.0525075 (0.0349399)	0.0823933** (0.0232999)	0.0115649 (0.0348301)	0.0337888 (0.0403017)	0.0711345** (0.021208)	0.0089727 (0.0302425)	0.0278124 (0.0326263)
도입 시차 2	0.0299749* (0.0149998)	0.0703615** (0.022463)	0.0656287** (0.0193997)	0.0779577** (0.0272898)	0.0508959 (0.0268459)	0.0556719** (0.0167838)	0.0636438** (0.0234042)
도입 시차 3	0.0151764 (0.0234166)	0.0043502 (0.020523)	-0.0098927 (0.0225845)	-0.0015961 (0.024341)	-0.0047397 (0.0125677)	-0.0164032 (0.0195447)	-0.0110437 (0.0211659)
전년도 급여 격차					0.3094857** (0.0968112)	0.0147969*** (0.0327998)	0.1953905* (0.0802258)
유형자산 투자 격차			0.6004756*** (0.1130774)			0.5541049*** (0.1203966)	
기계설비 투자 격차				0.4266386* (0.1994811)			0.3871269* (0.1932801)
상수	-0.556102*** (0.1201583)	-0.4789668 (0.38217)	-0.3646238 (0.5004641)	-0.5758478 (0.5053153)	-0.4014751 (0.2755308)	-0.2932766 (0.4191693)	-0.4632878 (0.4153032)
관측치	320	320	276	276	320	276	276
결정계수	0.1383	0.7589	0.8739	0.8540	0.7841	0.8794	0.8639

주: 1) 산업별로 대기업과 중소기업 간의 종사자 1인당 급여 비율을 종속변수로 채택하였음.

2) (1)은 로봇 도입량만으로 분석한 결과이며, (2)는 산업 및 연도 더미변수까지 포함한 결과, (3)은 기업 규모별로 유형자산 투자액의 격차 비율까지 포함한 결과, (4)는 유형자산 투자 격차 대신 기계설비에 대해서 기업 규모별 격차를 포함한 결과, (5)는 전년도 급여 격차를 포함시킨 결과, (6)은 전년도 급여 격차와 유형자산 투자 격차를 포함시킨 분석 결과, (7)은 전년도 급여 격차와 기계설비 투자 격차를 포함시킨 결과임.

3) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

4) () 안은 클러스터 강건 표준오차임.

자료: IFR(2019), World Robotics Industrial Robots 2019; 통계청, 「광업제조업조사」, 2004~2018; World Bank, World Development Indicators.

로 해석할 수 있다. 결론적으로 로봇 도입이 활발한 두 산업에서는 2년여의 시차를 두고 로봇을 도입함에 따라 증가한 생산성이 급여에 반영되며, 로봇에 의한 노동생산성 향상 및 부가가치 증대 등으로 인해 로봇 도입량이 1% 늘어나면 중소기업과 비교하여 대기업의 임금이 0.05~0.07%p 정도 더 많이 증가하는 것으로 나타났다.

전 산업에서 나타나지 않았던 임금 격차 확대 효과가 자동차 산업과 전기·전자 산업에서 나타난 것은 다음의 두 가지 이유로 설명할 수 있을 것이다. 하나는, 자동차 산업과 전기·전자 산업에서 도입한 로봇이 보다 고가에 성능이 좋은 로봇이어서 로봇 도입에 따른 생산성 향상이 더 큰 폭으로 나타났기 때문일 수 있다. 즉, 두 산업을 제외한 다른 산업에서는 로봇으로 인한 생산성의 증가가 크지 않았으며, 이것이 전체 로봇 도입에서의 생산성 증대 효과를 낮은 수준으로 나타나게 만들어 로봇 도입에 따른 계수값들이 유효하지 않게 나타났으나, 자동차 산업과 전기·전자 산업에서는 그 효과가 관찰되었을 수 있다.

다른 하나는, 자동차 산업과 전기·전자 산업에서는 다년간에 걸쳐 많은 로봇을 도입하고 운용해 보면서 로봇을 적절하게 활용하고 생산성을 높일 수 있는 경험과 노하우를 축적하였으며, 따라서 상대적으로 로봇 도입에 따른 생산성 증대 효과가 더욱 크게 혹은 빠르게 나타났을 가능성이 있다. 앞서 로봇은 도입한 이후에도 실제 생산 현장에서 본격적으로 가동되기까지 일정한 시간이 소요될 수 있다고 하였는데, 자동차 산업과 전기·전자 산업은 과거의 로봇 도입 및 운용 경험에 비추어 현재 생산성 향상을 위해 필요한 로봇이 무엇이며 어떠한 공정에서 어떻게 활용해야 하는지를 즉각적이면서도 정확하게 판단함에 따라 로봇 도입의 생산성 증대 효과가 빠르게 나타났을 수 있다. 반면 여타 제조업에서는 로봇 운용 과정에서 다양한 시행 착오를 겪거나 비효율이 발생함에 따라 생산성 증대 효과가 예상보다 작게 나타나거나 늦게 나타날 수 있다.

IV. 결 론

큰 규모의 기업이 로봇을 도입하는 설비 투자를 실시하면 단기적으로건 장기적으로건 생산성은 필연적으로 올라가게 마련이다. 일반적인 경제 이론에서는 기업의 생산성이 올라가면 고용에 변화가 없는 한 노동생산성이 상승하며, 노동생산성과 연계된 임금 역시 장기적으로 올라간다고 본다. 그러나 현실은 경제이론이 예측하는 것처럼 단순하게 움직이지 않으며, 또한 다양한 효과가 나타나는 데에는 일정한 시차가 존재한다.

실제 시장에서는 대기업과 중소기업 간에도 생산성과 시장에서의 생존을 위해 상호 간에 여

러 피드백을 주고받는다. 일례로, 대기업의 생산성이 올라갔을 때 중소·중견 기업은 대기업과 벌어진 생산성 격차를 해소하기 위해 다양한 방법으로 대응한다. 첫째는 유사한 형태의 투자를 단행하여 생산성 격차를 좁히기 위한 노력을 하는데, 여기서는 해당 노력이 스마트공장 구축으로 대변된다. 만일 적절한 설비 투자를 할 수 없는 경우, 중소기업은 임금을 낮추거나 인원을 줄임으로써 급여를 절감하여 설비 투자 없이 생산 비용을 절감하거나 생산성을 높이려 하기도 하며, 극단적으로는 장기적으로건 단기적으로건 생산성 격차를 좁혀 시장에서 생존할 수 없다고 판단하여 폐업함으로써 시장에서 나가기도 한다.

만일 중소기업이 생산성 격차를 좁히기 위해 설비 투자를 선택한다면 장기적으로 대기업과 중소기업 간의 임금 격차는 크게 변화하지 않을 가능성이 높으나, 급여 혹은 임금을 절감하는 선택을 하면 오히려 임금 격차가 증가할 수 있다. 또한 한계 중소기업이 시장에서 퇴출하는 경우, 남은 기업들의 상대적인 매출액과 생산성이 올라감에 따라 자료상으로 관찰한 임금 격차는 줄어들 수도 있다. 따라서 대기업이 설비 투자를 단행해 생산성이 올랐을 때 시장에서 기업 규모별 임금 격차는 커질 수도 있고 작아질 수도 있다.

본고에서는 제조업을 대상으로 대기업이 로봇을 도입했을 때 대기업과 중소기업 간의 임금 격차가 어떻게 나타나는지를 살펴보았다. 분석 결과에 따르면, 제조업 전체에서는 로봇 도입에 따른 임금 격차 확대를 발견할 수 없었으나, 로봇 도입량이 많은 자동차 산업과 전기·전자 산업에서는 2년 정도의 시차를 두고 임금 격차가 커지는 것을 확인하였다. 이는 자동차 산업과 전기·전자 산업이 과거 다년간 축적한 로봇 도입과 운용에 대한 경험을 바탕으로 생산성을 빠르게 올렸기 때문일 수 있다. 다만 자동차 산업과 전기·전자 산업의 분석 결과는 이후 더욱 많은 로봇을 보급하였을 때 우리 경제와 노동시장에서 나타날 수 있는 현상을 일부 보여 주는 것이라 할 수 있다. 설령 대기업과 중소기업 간의 임금 격차가 확대된다 하여도 대외 부문이 차지하는 비중이 큰 우리나라 경제의 구조상 국제 경쟁력 유지와 제고를 위해서라도 로봇 도입을 멈추거나 줄일 수는 없다. 다만 로봇의 보급에 따라 예상되는 다양한 문제점을 파악하고 이를 해소해 가면서 로봇 도입을 병행할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다. **[KLI]**

[참고문헌]

- 류덕현·이동진·박철범·방형준·이항용(2020), 『지속성장을 위한 거시재정정책 과제』, 한국조세재정연구원.
 성재민·강신혁·방형준(2020), 『규모 간 임금격차 변화 원인과 정책방향』, 한국노동연구원.

- Acemoglu, D. and P. Restrepo(2017), “Robots and Jobs: Evidence from U.S. Labor Markets”, *Journal of Political Economy*, 128(6).
- Dauth, W., S. Findeisen, J. Suedekum, and N. Woessner(2018), “Adjusting to Robots: Worker-Level Evidence”, Working Paper.
- Graetz, G., and G. Michaels(2015), “Robots at Work”, CEP Discussion No.1335.
- International Federation of Robotics(2019), *World Robotics Industrial Robots*.
_____(2019), *Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots*, IFR.
- _____(2018), *World Robotics 2017*, IFR.