

## 4차산업혁명 대응 기술로서 로봇이 노동 시장과 무역에 미치는 영향\*

유정호  
부경대학교 국제통상학부

임병호  
한국해양수산개발원 경제전략연구본부

## The effects of Robot as 4<sup>th</sup> industry revolution Technology on Labor Market and Trade

Jeong-Ho Yoo<sup>a</sup>, Byeong-Ho Lim<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of International Trade, Pukyong National University, South Korea

<sup>b</sup>Korea Maritime Institute, Department of Ocean Economy Strategy Research, South Korea

Received 10 October 2022, Revised 27 October 2022, Accepted 30 October 2022

### Abstract

As a 4th industrial revolution technology, robots are changing the form of labor market and trade in Korea. In the future, changes in the international trade order are expected to move in the direction of shortening global supply chains and restricting trade between countries. Accordingly, reshoring of relocating overseas production facilities to Korea or near-shoring of relocating overseas production facilities to neighboring allies may expand. In this context, this study analyzed the impact of robot introduction on the domestic labor market and trade based on firm-level data. As a result of analysis based on the 'business activity data' accumulated from 2017 to 2019, the introduction of robot technology was analyzed to expand low-wage, low-skilled employment. Analysis on trade shows that the introduction of robots decreases exports and increases imports. In order to expand exports through the technology of the 4th industrial revolution, employment expansion and robot introduction should occur at the same time, rather than replacing the labor force with robots. In addition, it is thought that reshoring's goal of risk management can be achieved when a stable supply chain for imports of raw materials or essential goods, which are difficult to transfer to Korea, is established together.

**Keywords:** 4<sup>th</sup> industrial revolution, Robot, Labor market, International Trade, Reshoring

**JEL Classifications:** F10, F13

\* 이 논문은 부경대학교 자율창의기술연구비(2021년)에 의하여 연구되었음.(영어로 작성)

<sup>a</sup> First Author, E-mail: jhyoo@pknu.ac.kr

<sup>b</sup> Corresponding Author, E-mail: bhlim@kmi.re.kr

© 2022 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

## I. 서론

4차산업혁명이 생산 방식과 무역의 형태를 변화시키고 있다. 인력 중심의 생산에서 첨단 자동화 시스템 중심으로 생산 시스템이 재편되고 있기 때문이다. 특히 로봇을 활용한 생산이 확대되고 있다. 글로벌 로봇 시장은 연평균 25.7%의 빠른 성장을 보이고 있다(IFR, 2019). 제조업과 서비스업에 대한 구분없이 성장이 전망된다. 산업용 로봇과 운송·서비스 산업용 로봇의 성장이 모두 급격하게 나타나고 있는 것이다. 제조업은 첨단산업을 중심으로 로봇이 도입되고 있다(IFR, 2021). 전기/전차, 자동차, 금속/기계 산업에서 로봇 도입이 이루어지고 있다. 전기/전자 산업과 자동차 산업은 전체 로봇 도입의 51%를 차지하며 로봇 도입을 주도하고 있다(IFR, 2021).

지난 70년간 확대되어 오던 세계화의 확산이 급속도로 얼어붙고 있다. 미-중 간 패권경쟁은 양국 간 디커플링으로 이어지며 양국 무역뿐만 아니라 제3국의 보호무역주의를 확산시키고 있다(Cheong Inkyo et al., 2019). 미-중 양국은 2018년부터 본격적인 관세 인상 조치와 무역 제한적 조치를 취하고 있다. 미국의 대중국 무역 비중은 2017년 16.6%였으나 2021년 14.7%로 감소했으며, 중국의 대미국 무역 비중도 14.3%에서 12.5%로 감소하였다(KITA, 2022). 양국 간 디커플링의 영향이 데이터에서도 드러나기 시작한 것이다.

신냉전체제의 확산은 글로벌 공급망에 부정적 영향을 미치고 있다. 코로나19에 더해 자유주의와 권위주의 체제의 대립의 확산이 국제 무역에 부정적 영향을 미치며, 세계화로 확대되어 온 글로벌 공급망 시스템이 위기를 맞이하고 있는 것이다. 기업들은 공급망 리스크를 관리하기 위한 다양한 조치들을 도입하고 있다. 대표적으로 리쇼어링과 니어쇼어링이 존재한다.<sup>1)</sup> 각국 정부도 리쇼어링에 대한 지원에 나서고 있다. 리쇼어링의 주요 요인은 개발도

상국의 임금상승, 품질 관리의 어려움, 낮은 기술 접근성이 꼽히지만(Choi Hyerin, 2020), 최근 미국과 유럽 중심의 리쇼어링은 국제질서의 변화와 정책적 지원의 역할이 큰 것으로 풀이된다.

해외 기업의 국내 이전의 어려움은 노동력 수급 문제로 이어진다. 글로벌 공급망 확대의 핵심 요인이 해외의 저렴한 노동력을 활용하는 것이므로, 국내 이전에 따른 임금 비용 상승이 기업에게 큰 부담이 되는 것이다(Nam Soo-Joong and Bang Man-Gi, 2019). 높은 임금을 대체할 수 있는 수단으로 4차산업혁명 기술인 로봇이 도입되고 있다. 로봇은 생산에 있어 효율성을 극대화할 수 있는 수단이며 초기 도입 비용이 상당하나 생산 성과를 향상시킬 수 있는 확실한 방법이기 때문이다(Kim Hyun-Ki, 2020). 미국 등 주요 선진국이 추진하고 있는 리쇼어링은 자국 노동자 고용을 증가시킬 것으로 예상되나, 한편으로는 임금 지출 부담에 따라 로봇이 고용을 대체하고 있다. 리스크 관리 차원의 리쇼어링은 자국 경제의 안정성을 확보하는데 필요하다고 볼 수 있지만 고용 확대 목적의 리쇼어링은 실효성이 없는 대책이라고 평가할 수 있는 것이다.

4차산업혁명 기술로서 로봇의 도입이 노동 시장과 무역에 미치는 영향은 아직까지 논란의 소지가 있다. Acemoglu and Restrepo(2020)는 로봇이 노동을 대체하고 있다고 보았으나 미국의 상황은 보편적인 상황으로 적용하기는 어렵기 때문이다. 한국기업을 대상으로 한 연구인 Kim Tae-Kyung and Lee Byeong-Ho(2021)의 연구에서는 로봇 도입이 고용을 감소시킨다는 연구 결과를 제시하였으나, Kim Sung-Hwan and Do Yeon-Woo(2019)의 연구에서는 로봇 도입이 고용을 증가시킨다는 연구 결과를 제시하기도 하였다. 4차산업혁명 기술이 무역에 미치는 영향을 분석한 연구는 제한적이다. 대부분의 연구가 문헌연구에 그치거나 4차산업혁명 기술이라고 일컬어지는 딥러닝 기법을 적용하는데 초점을 맞추고 있기 때문이다(Lee Byung-Mun et al., 2017; Lee Ho-Hyung, 2020; Lee Jae-Duek, 2021).

본 연구는 4차산업혁명 기술로서 로봇의 도

1) 리쇼어링은 해외에서 생산하던 공장을 국내로 이전하는 것을 의미하며, 니어쇼어링은 공급망 리스크가 적은 주변국이나 동맹국으로 생산시설을 이전하는 것을 의미함

입이 노동시장과 무역에 미치는 영향을 분석한다. 고용뿐만 아니라 인건비를 분석대상으로 포함하므로써 노동시장에 미치는 영향을 분석하고 무역(수출 및 수입)에 미치는 영향도 함께 분석해 연구 공백을 채우고자 한다. 연구의 결과로서 4차산업혁명 기술 도입이 노동시장 및 무역에 미치는 영향은 기업의 4차산업혁명 도입 전략과 정부의 정책적 지원 방향을 세우는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2장에서는 무역의 발생 원인과 관련된 선행연구와 4차산업혁명이 무역에 미칠 영향을 살펴보고자 한다. 제3장과 제4장에서는 분석모형과 분석결과를 검토하고, 제5장에서는 연구 결과를 종합하여 결론과 시사점을 제시하고자 한다.

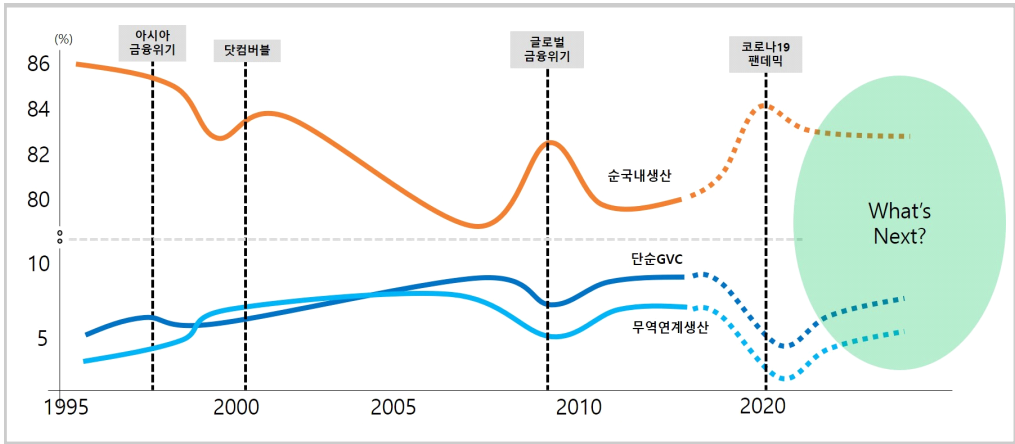
## II. 선행연구

국가 간 무역을 하는 이유와 방식에 대해 가장 널리 알려진 개념은 비교우위이다 (Deardorff, 2005; Heckscher and Ohlin, 1991; Leamer, 1995). 무역은 국가 간 비교우위에 따라 발생하며, 비교우위는 국가의 부존자원에 따라 결정된다. 부존자원은 크게 노동과 자본으로 구분되는 것으로 알려져 있다. 상대적으로 노동이 풍부한 국가는 노동집약적 상품을 수출하고, 상대적 자본 풍부국은 자본집약적 상품을 수출한다. 지리적인 차이로 인한 생산요소의 부존도 차이를 보상하기 위해 무역이 발생하는 것이다.

부존자원의 차이는 해외직접투자를 확대하였다(Markusen, 1984; Helpman, 1984). 다국적기업들이 생산단계를 나누어 비교우위를 가질 수 있는 국가로 생산시설을 이전한 것이다 (Markusen, 1997). 이는 새로운 시장으로의 진출이라는 효과를 낳았다(Yeaple, 2003). 다국적기업의 해외직접투자는 글로벌 가치사슬을 확대하며 현대 무역을 형성하였다. 특히 저렴한 노동력에 대한 수요가 크게 증가하여 세계화의 혜택이 중국에서 가장 크게 나타났다. 중국은 저렴하고 풍부한 노동력을 바탕으로 세계의 공장 역할을 해왔기 때문이다.

글로벌 공급망 확대가 국제 무역에 미친 영향을 살펴볼 필요가 있다. 공급망 확대의 요인이 생산요소인 노동시장과 밀접하게 관련되어 있기 때문이다. 글로벌 공급망이 어떻게 확산되었는지 살펴보기 위해서는 Timmer et al. (2016)이 개발한 국제산업연관표(World Input-Output Table)를 바탕으로 Wang et al.(2017)의 방법론을 적용하여 생산 활동을 순국내생산(Pure domestic production), 단순 GVC, 전통적 무역 생산(Traditional trade production), 복잡 GVC로 나누었다(Dollar et al., 2017). 2008~09년 금융위기 이전, 순국내생산은 지속적으로 감소하였다. 반면 GVC와 전통적 무역 생산을 꾸준히 증가하며 국제분업이 국내 생산을 대체하는 모습을 보였다. 아시아 금융위기(1997~98)와 닷컴버블(2000~01)은 국제분업 확대에 일시적인 부정적 영향을 미쳤으나 대세적인 트렌드에 미치는 영향은 제한적인 거승로 나타났다. 그러나 2008~09년 글로벌 금융위기는 국제분업에 큰 퇴행을 불러왔다. 순국내생산은 크게 증가하였고 무역 관련 생산과 GVC는 크게 하락하였다. 2020년 확산된 코로나19는 글로벌 금융위기에 이어 순국내생산을 크게 증가시키고 국제분업을 감소시켰을 것으로 예상된다. 글로벌 금융위기 이후 정체되어 오던 국제분업이 코로나19로 인해 큰 타격을 다시 한 번 입고, 미·중 갈등과 러시아 전쟁으로 인한 자유주의와 권위주의의 대립이 향후 지속적으로 글로벌 경제에 영향을 미칠 것으로 예상되는 만큼 국제분업의 확산 추이는 중장기적으로 정체되거나 감소할 것으로 예상된다. 국제분업은 저렴한 노동력을 바탕으로 한 생산 규모 확대를 목적으로 확대되었다(Adador and Cabral, 2016; Rodrik, 2018; Hollweg, 2019). 그러나 국제분업의 확대는 국내적 요인에 의해 충격을 받기보다는 글로벌 요인에 의해 더 큰 영향을 받게 되었다. 즉, 상대국의 공급과 수요의 변화가 국내에 미치는 직·간접적인 영향이 더 커지게 된 것이다(Borin et al., 2021). 향후 미·중 갈등이 동맹국 간 지역주의로 확산됨에 따라 글로벌 공급망은 쪼아질 것으로 예상된다 (Mohammed and Khan, 2022; Sullivan, 2022; Johnson and Haug, 2021; Hu et al., 2021).

Fig. 1. Trends of Segmented Production Activities



Source: Dollar et al.(2017, p.43)

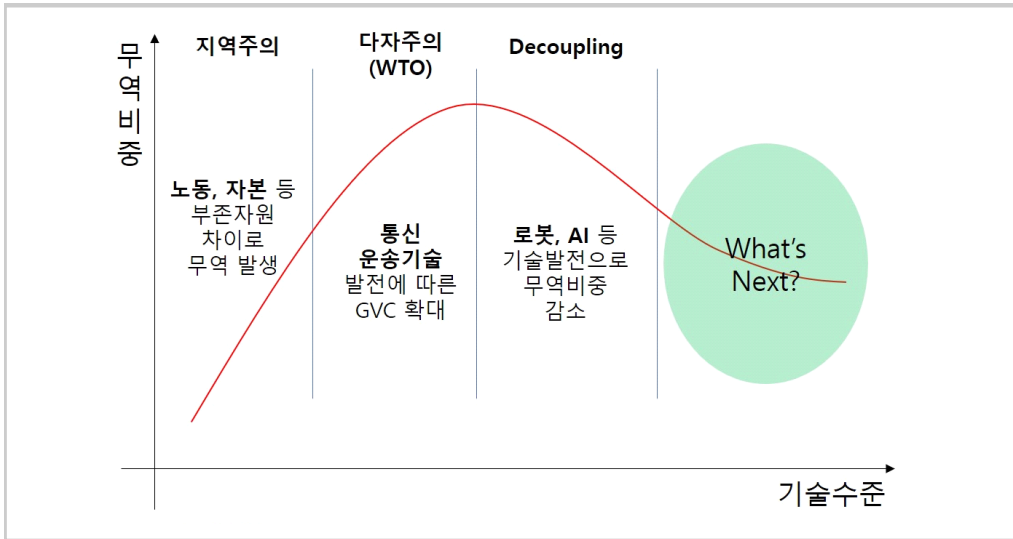
국제무역 질서의 변화는 생산요소에 직접적인 영향을 미친다. 스톡퍼-사무엘슨 정리는 일국이 비숙련노동 풍부국이면, 무역을 통해 비숙련노동 임금을 상승시킴을 제시하고 있다 (Harrison and Hanson, 1999). 국제분업에 따라 상대적으로 풍부한 요소를 가진 국가로 생산시설을 이전하고 자국 내 풍부한 요소에 집약적인 생산을 통해 양국 경제가 모두 동반 성장할 수 있다는 것이다. 그러나 최근 국제질서의 대전환(Great Transition)은 국제분업의 가능성을 크게 낮추었다. 주요 선진국은 리쇼어링 지원을 통해 해외의 저렴하고 풍부한 노동력을 활용하려는 유인을 약화시키고 있으며 이를 대체할 수단으로 4차산업혁명 기술로서 로봇이 대두되고 있다.

4차산업혁명 기술의 발전은 국제 무역에 직접적 영향을 미칠 것으로 예상된다. 과거에는 수출에 참여할수록 국가에 따라 비숙련노동(저렴하고 풍부한 노동)의 수요 또는 숙련노동(자본집약적 노동)의 수요가 증가하였으나, 기술 발전으로 전반적 노동 수요가 감소하고 있는 것이다. 최근 4차산업혁명 등 기술 발전으로 노동에 대한 수요 보다는 로봇 등 단시간 내에 많은 일을 처리할 수 있는 기술 도입이 증가하였기 때문이다. 특히, 4차산업혁명으로 비숙련노동자에 대한 수요가 감소하고 있다(Rodrik,

2018). Acemoglu et al.(2020)의 연구에 따르면 4차산업혁명 기술 중 로봇 기술의 발전이 노동 수요를 감소시키고 있음을 밝힌 바 있다. 코로나19는 로봇 도입을 가속화하였다. 로봇 도입은 높은 비용이 발생함에 따라 인력을 활용하는 것이 더 나은 전략으로 평가 받아 도입이 지체되고 있었다. 그러나 코로나19의 발생은 인력 이동의 제한이 경제에 매우 큰 부담이 될 수 있음을 보였다. 이에 따라 리스크 관리 차원에서 생산 시설을 국내로 이전하고 노동력 대신 로봇을 도입하는 것이 더 나은 전략으로 평가받고 있다(Dollar, 2020). 4차산업혁명 기술 발전으로 기업은 더 이상 저렴하고 풍부한 노동력을 활용하기 위해 생산시설을 해외로 이전하지 않아도 되는 것이다.

기술발전과 무역은 역-U자형의 모습을 보일 것으로 예상된다. 기술의 발전 초기에는 노동, 자본 등 전통적인 생산요소의 부존도 차이를 적극적으로 활용하기 위해 무역을 확대하였다. 통신과 운송기술의 발전은 다자주의를 확대하는데 결정적인 역할을 하며 세계화를 확대하는 핵심적인 역할을 하였다. 그러나 생산 시설과 연계된 기술의 발전은 무역비중을 감소시키고 있다. 코로나19와 미-중 갈등과 같은 정치·경제적 긴장도 무역비중 감소를 확대하는 주요 요인으로 작용하고 있다. 향후 생산과 연계된

Fig. 2. Trends of the Level of Technology and Trade Openness



Source: Authors

기술 발전이 더욱 확대되는 경우 무역비중은 더욱 감소할 수 있다. 이에 따라 국내 노동 시장과 무역에 미치는 영향도 상당할 것으로 예상된다. 제3~4장에서는 한국의 상황에서 기업의 로봇 도입이 노동 시장과 무역에 미치는 영향을 중점적으로 검토함으로써 로봇 도입의 영향을 분석하고자 한다.

### Ⅲ. 분석모형 및 자료

#### 1. 분석모형

본 연구는 4차산업혁명으로서 로봇 기술의 도입이 한국의 노동 시장과 무역에 미친 영향을 분석하고자 한다. 본 연구에서는 Acemoglu and Restrepo(2020)에서 사용한 로봇침투도(APR: Adjusted Penetration of Robots) 개념을 사용한다. 로봇침투도는 로봇밀집도에 비해 산업 여건 변화를 동태적으로 파악할 수 있는 장점이 있다.<sup>2)</sup>

$M_{ij}$ 는  $j$ 년도에  $i$ 기업의 로봇 도입 여부,  $V_{ij}$ 는  $j$ 년도의  $i$ 기업의 부가가치,  $\bar{L}_i$ 는 기준연도의  $i$ 기업 노동자 수를 의미한다. 식(1)에 따르면  $APR_{ij}$ 는 로봇 도입 여부와 해당 기업의 부가가치 증가율을 바탕으로 산출하며  $APR_{ij}$ 이 '0'이면 로봇 도입과 부가가치가 같은 속도로 증가함을 의미한다.  $APR_{ij}$ 이 '0'보다 큰 경우 로봇 도입이 부가가치 증가보다 빠르게 이루어지는 것을 의미한다.

$$\begin{aligned}
 APR_{ij} &= \frac{(M_{ij} - \bar{M}_i)}{\bar{L}_i} - \frac{(V_{ij} - V_{ij-1})}{V_{ij-1}} \frac{\bar{M}_i}{\bar{L}_i} \\
 &= \left[ \frac{(M_{ij} - \bar{M}_i)}{\bar{M}_i} - \frac{(V_{ij} - V_{ij-1})}{V_{ij-1}} \right] \frac{\bar{M}_i}{\bar{L}_i} \quad (1) \\
 &= \left[ \frac{\Delta M_{ij}}{\bar{M}_i} - \frac{\Delta V_{ij}}{V_{ij-1}} \right] \frac{\bar{M}_i}{\bar{L}_i}
 \end{aligned}$$

본 연구의 모형에서는 로봇침투도가 노동 시장을 어떻게 변화시키는지 분석하고, 로봇 도입이 수출에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 종속변수는  $\Delta \ln\_I(i,j)$ 로 나타내며 기업별 근

2) 제조업 종사자 천명당 로봇 운용 대수

**Table 1. Descriptive Statistics**

	APR (로봇침투도)	dlnL (근로자 수)	dlnWPL (1인당인건비)	dlnVPL (1인당매출액)	dlnX (수출액)
평균	0.27	-0.01	0.03	0.02	0.01
중앙값	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03
표준편차	0.13	0.25	0.31	0.34	0.38
최소값	-4.26	-4.7	-5.0	-6.6	-6.9
최대값	10	4.1	4.8	4.8	4.7

**Table 2. Average APR by Industry**

APR > 0	APR = 0	APR < 0
정밀기계(0.9) 금속가공(0.7) 자동차(0.41) 전기장비(0.31) 전자부품(0.23) 1차 금속(0.22) 식료품(0.16) 운송장비(0.02)	화학제품 산업용기계 가죽, 신발제조 섬유 음료	의약품(-0.11) 기타기계장비제조(-0.24) 의복제조(-0.28)

로자 수, 1인당 인건비, 1인당 매출액으로 구분하였다. 로봇침투도가 노동자 수의 변화에 미치는 영향뿐만 아니라 기업에 종사하는 노동자의 인건비와 부가가치에 미치는 영향도 함께 분석하고자 한다. 다음으로  $\Delta \ln L(i,j)$ 와 로봇침투도를 독립변수로 수출 증감을  $\Delta \ln Y(i,j)$ 에 미치는 영향을 모형으로 설정하였다. 본 연구의 모형은 크게 두 가지로 구분되며 최소제곱법(OLS)로 분석한다.  $\tau_i$ 와  $\pi_i$ 는 각각 산업별 고정효과를 의미한다.

$$\Delta \ln L_{ij} = \alpha + \beta APR_{ij} + \gamma \Delta \ln X_{ij} + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (2)$$

$$\Delta \ln Y_{ij} = \alpha + \beta APR_{ij} + \phi \Delta \ln L_{ij} + \tau \Delta \ln X_{ij} + \pi_i + \epsilon_{ij} \quad (3)$$

## 2. 분석자료

본 연구에서는 기업 데이터(firm-level data)를 활용하여 분석을 수행한다. 데이터는 통계청 MDIS(MicroData Integrated Service)의 기업활동조사자료를 활용하였다. 분석연도는 4차

산업혁명 대응 기술 활용 여부를 조사하기 시작한 2017년도에서 가장 최신 자료인 2019년까지 3개년 자료를 활용하였다. 기업활동조사 자료 중 변수로 사용한 지표는  $\Delta$ 근로자 수  $\Delta$ 1인당인건비  $\Delta$ 수출액  $\Delta$ 수입액  $\Delta$ 매출액  $\Delta$ 로봇도입여부이다.

로봇침투도(APR)의 평균은 0.27로 양(+)의 값을 보이고 있어 전반적으로 한국 내에서 로봇 도입이 부가가치의 증가를 보다 빠르게 나타나고 있었다. 그러나 중앙값은 '0'으로 나타나 대부분의 기업에서 로봇 도입과 부가가치가 동일하게 증가하는 것으로 나타났다. 최소값은 -4.26이었으며 최대값은 10으로 로봇도입의 편차가 기업별로 상당히 컸다. 근로자 수는 평균 -0.01로 나타나 전체 기업의 고용이 감소하는 것으로 나타났다. 1인당 평균 인건비는 0.03으로 상승하는 모습을 보이고 있었으며 일부 기업에서 1인당 인건비는 -5로 크게 감소하기도 하였다. 1인당 평균 매출액은 0.02로 증가하는 모습을 보였다. 수출액 평균도 0.01로 증가하는 모습을 보이고 있다.

분석한 로봇침투도를 산업별로 평균해본 결

Table 3. Effects on Labor market

	종속변수					
	dlnL (근로자 수)		dlnWPL (1인당인건비)		dlnVPL (1인당부가가치)	
APR	0.037** (2.527)	0.038*** (2.591)	-0.03* (-1.704)	-0.031* (-1.759)	-0.06*** (-2.953)	-0.062** (-3.058)
Constant	-0.009*** (-4.654)	-0.001 (-0.061)	0.032*** (13.15)	0.037*** (3.167)	0.016*** (5.961)	0.015 (1.122)
산업 통제	-	Yes	-	Yes	-	Yes
F 검정	6.386**	1.972***	2.905*	1.818**	8.723***	2.421***
관측치	16,057					

주: \*, \*\*, \*\*\*는 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의미함을 의미

과, 로봇 도입이 빠르게 이루어지는 산업과 그렇지 않은 산업이 구분되었다. 로봇침투도가 '0'보다 커 부가가치 증가율 보다 로봇침투도가 더 빠르게 상승하는 산업은 정밀기계, 금속가공, 자동차 등으로 나타났다. 주로 첨단산업에서 로봇 도입이 빠르게 이루어지고 있는 것으로 해석할 수 있다. 반면 화학제품, 산업용기계, 가죽·신발제조, 섬유와 음료 산업은 로봇침투도와 부가가치 증가율이 일치하는 모습을 보였다. 즉, 부가가치 증가와 로봇 도입이 함께 이루어지고 있는 모습은 보였다. 반면, 의약품, 기계장비제조, 의복제조에서는 부가가치 증가율이 더 높게 나타났다. 해당 산업에서는 일부 기업에서 로봇 도입이 이루어지고 있으나 대부분 기존 기계 설비를 활용해 부가가치를 확대하고 있다고 해석할 수 있다.

#### IV. 분석 결과

모형 추정결과, 로봇침투도는 근로자 수, 1인당 인건비, 1인당 부가가치에 모두 10% 내 유의미한 수준에서 영향이 있는 것으로 분석되었다. 근로자 수의 경우 로봇침투도가 증가할 때 근로자 수도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 Acemoglu and Retrepo(2020)의 연구와 달리 한국에 있어 로봇의 도입은 고용 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것이다.

그러나 로봇 도입이 고용 증가에 미치는 영

향에 대한 해석은 유의해서 살펴볼 필요가 있다. 1인당 인건비와 1인당 부가가치에 미치는 영향을 종합적으로 고려할 필요가 있는 것이다. 로봇도입이 고용 증가에는 긍정적 영향을 미치지만 1인당 인건비와 부가가치는 감소시키기 때문이다. 결과적으로 4차산업혁명 기술로서 로봇 도입은 고용은 증가시키나, 고용되는 노동자의 임금은 감소하며 1인당 생산성도 감소시킴을 의미한다. 로봇도입은 저숙련 저비용 노동자의 수요를 증가시키는 것으로 해석할 수 있다.

다음으로 로봇침투도와 근로자 수가 수출과 수입에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 로봇침투도는 수출은 감소시키고, 수입은 확대하는 것으로 나타났다. 모형(1)과 모형(2)에서 모두 로봇침투도가 수출을 감소시키는 것으로 분석되었으나, 근로자 수와 로봇침투도\*근로자 수를 동시에 고려한 모형(2)에서는 근로자 수는 수출에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 로봇침투도\*근로자 수 변수도 수출에 양(+)의 영향을 갖는 것으로 분석되었다. 즉, 로봇침투도만을 고려하였을 때는 수출에 부정적인 영향을 미치나, 근로자 수와 로봇침투도가 동시에 증가하는 경우에는 수출도 증가하는 것이다. 수입의 결과는 수출과 상이하게 나타났다. 로봇 도입은 수입을 확대하는 결과가 도출되었기 때문이다. 또한 근로자 수의 증가는 수입 증가에 긍정적인 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

글로벌 공급망의 재편에 따라 로봇 도입이

**Table 4.** Effects on Export and Import

	종속변수 (dlnEX: 수출액)		종속변수 (dlnIM: 수입액)	
	모형(1)	모형(2)	모형(4)	모형(5)
APR (로봇침투도)	-0.193** (-2.438)	-0.305*** (-3.208)	0.99*** (3.358)	1.183*** (3.335)
dlnL (근로자 수)	-	0.137*** (3.112)	-	0.24 (1.454)
APR*dlnL	-	0.398** (2.026)	-	-0.75 (-1.024)
dlnSale (매출액)	0.304*** (10.636)	0.282*** (9.612)	0.323*** (3.026)	0.288*** (2.629)
Constant	0.126* (1.831)	0.127* (1.847)	2.281*** (8.878)	2.282*** (8.879)
산업 통제	Yes	Yes	Yes	Yes
F 검정	2.907***	3.033***	7.84***	7.652***
관측치	16,057	16,057	16,057	16,057

주: \*, \*\*, \*\*\*는 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의미함을 의미

빠르게 이루어질 수 있다. 해외 공급에 대한 의존도를 줄여 리스크를 관리할 필요가 있기 때문이다. 한국에 있어 로봇 도입은 저임금 저비용 고용을 증대시키고 있는 것으로 분석되었으며, 수출은 감소시키는 반면 수입을 확대하는 모습을 보이고 있다. 본 연구의 분석 결과를 우리나라의 GVC안에서 수행하는 역할 관점에서 해석하면 다음과 같다. 현재까지 우리나라는 글로벌 공급망 가치사슬(Global Value Chain, GVC) 관점에서 중국과 동남아시아로 중간재를 수출하고, 현지에서 생산된 최종재를 국내 및 미국과 유럽으로 수출하는 무역구조를 가진 것으로 연구되었다. Prema-chandra, A(2011), Laget, E. et al(2018), Johnson, R.C. and Noguera, G.(2017) 등 한국과 동남아시아의 수직적 무역특화(Vertical Specialization)에 관한 연구들은 한국과 동남아시아의 무역 관계가 중간재/최종재 생산에 특화되어 있으며, 이러한 심화된 관계를 1997년 외환위기와 2008년 금융위기의 한가지 원인으로 제시하기도 하였다. Lim, et al.(2019)에서의 연구는 우리나라 FTA 효과를 분석하면서 FTA가 우리나라의 부가가치수출을 증가시켰고, 특히 중간재 수출에서의 부가가치수출이 증가한 것으로 분석하였다. 본 연구에서의 결과는 우리나라의 동아시아

내에서 GVC에서의 역할이 축소되는 것으로서, 니어쇼어링과 리쇼어링으로 인한 생산 시설의 국내 이전과 이에 다른 로봇 기술의 도입을 가정한 것이다.

분석 결과도 이러한 것을 설명하고 있는데, 점진적인 로봇 생산 기술의 도입으로 우리나라 중간재 수출은 감소하고, 국내에서의 생산을 위한 중간재 수입은 반대로 증가할 것으로 해석할 수 있다. 국내 근로자 수도 마찬가지로 저임금 근로자이지만, 국내에서 중간재를 활용한 최종재 생산이 요구되면서 근로자의 수요도 증가할 것으로 해석할 수 있다. 즉, 로봇기술의 도입은 우리나라가 90년부터 현재까지 추진해 온, 동아시아 글로벌 밸류체인에 역행하는 효과를 가져올 것으로 해석된다.

그러나, 로봇의 도입과 근로자수의 동반적인 효과를 추정한 결과는 수출의 증가와, 수입 감소 분석 결과를 나타내었는데, 이는 우리나라의 중간재 수출-최종재 수입에 변화가 발생한 경우, 즉 중간재 수입-최종재 수출 구조로 전환되고 있는 것으로 해석할 수 있다. 우리나라가 중국과 동남아시아로 생산 시설을 이전하는 가장 큰 원인으로, 저렴한 인건비의 활용을 들 수 있는데, 국내에서 로봇과 저임금근로자를 동시에 증가시키는 기업의 경우, 중국과 동남



아시아의 저임금을 더 이상 활용하지 않을 것임을 의미한다. 특히, 로봇침투도가 저임금 근로자의 고용을 증가시킨다는 연구 결과를 재해석 한다면, 기업에 따라 두가지 생산요소를 모두 증가시킨다는 것의 의미는 더 이상 중간재를 수출하지 않고, 수입하며 최종재를 수입하지 않고 수출하는 ‘역GVC’ 움직임을 반영한다고 해석할 수 있을 것이다.

## V. 결론 및 시사점

4차산업혁명 기술로서 로봇은 한국의 노동 시장과 무역의 형태를 변화시키고 있다. 향후 국제무역 질서의 변화는 글로벌 공급망을 단축시키고 국가 간 거래를 제한하는 방향으로 이동할 것으로 예상된다. 이에 따라 해외 생산시설을 국내로 이전하는 리쇼어링이나 주변 동맹국으로 이전하는 니어쇼어링이 확대될 수 있으며, 높은 임금에 대한 부담으로 국내 고용을 확대하기 보다는 로봇 도입을 증가시킬 것으로 보인다. 이러한 상황에서 본 연구는 로봇 도입이 국내 노동 시장과 무역에 미치는 영향을 기업 수준(firm-level) 자료를 바탕으로 분석하였다. 2017~2019년까지 누적된 ‘기업활동자료’를 바탕으로 한 분석 결과, 로봇 기술의 도입은 저임금 저숙련 고용을 확대하는 것으로 분석되었다. 무역에 미치는 분석 결과에서 로봇 도입은 수출은 감소시키고 수입은 증가시키는 것으로 나타났다. 단, 근로자 증가와 로봇 도입이 함께 확대되는 경우 수출은 증가하는 것으로 분석되었다.

동 분석 결과는 우리나라의 GVC에서의 역할이 중간재 수출-최종재 수입 구조에서 중간재 수입-최종재 수출 구조로 변화하는 단계에 있다는 것을 설명한다고 해석하였다. 로봇기술의 도입이 최근 점진적으로 증가하고 있고, 이것이 과거 중국과 동남아시아의 저임금 근로자를 활용하기 위한 것이었음을 고려할 때, 더 이상 상품을 해외에서 생산하지 않고 국내에서 생산하고자 하는 움직임을 반영한다고 볼 수 있기 때문이다. 이는 4차산업혁명 기술을 통해 수출이 확대되기 위해서는 노동력을 로봇으로 대체하는 방식이 아닌 고용 확대와 로봇 도입이 동

시에 이루어져야 함을 의미한다. 단, 현재 고용 확대는 저임금 노동자를 대상으로 하는 한계가 있으므로 로봇 도입이 근로자의 부가가치를 확대하는 방향으로 이루어질 필요가 있다. 이를 위해서는 정부의 로봇 산업에 대한 연구개발 지원이 단순히 효율성을 향상시키는 방향이 아닌 노동자 친화적 로봇 개발에 대한 지원으로 전환이 이루어질 필요가 있다고 판단된다.

반면, 로봇의 도입은 수입을 확대하는 것으로 나타났다. 로봇 기술의 도입은 무역에 대한 전반적인 의존도를 낮추는 것이 아니라 수입 의존도를 확대하는 방향으로 이루어지고 있는 것이다. 로봇기술의 도입이 우리나라 중간재 수출을 감소시키는 것과 동일한 맥락에서, 수입 확대는 국내 생산에 필요한 중간재의 수입 확대를 의미한다고 볼 수 있다. 특히, 로봇기술과 저임금노동자를 동시에 증가시키는 경우 발생한 수출의 증가와 수입의 감소가 중간재가 아닌 최종재의 변화를 나타내는 경우, 우리나라의 GVC에서의 역할 변화는 명백하다고 볼 수 있다. 현재, 글로벌 공급망 재편의 과정에서 해외 생산시설을 대체하기 위한 목적으로 지원되는 리쇼어링 정책은 기업의 국내 이전 시 혜택을 주는 방향으로 규정되어 있다. 그러나 이러한 혜택에 더해 국내 이전이 어려운 원자재 또는 필수재 수입에 대한 안정적인 공급망 구축이 함께 이루어질 때 리스크 관리라는 본래의 목적을 달성할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 한국 기업의 로봇 도입 여부를 바탕으로 노동 시장과 무역에 미치는 영향을 분석하고 있다. 국제무역질서의 재편은 해외 생산시설을 국내 또는 동맹국으로 필수불가결하게 이전시킬 수 있다. 본 연구의 분석 결과는 로봇 도입에도 불구하고 안정적 공급망 구축은 정부의 정책으로서 지원되어야 함을 제언하고 있으며, 국내 경제에 긍정적 영향을 갖기 위해서 고용확대와 로봇이 함께 증가할 수 있는 방향으로 개발 지원이 이루어져야 함을 밝히고 있다. 다만, 로봇 도입 여부에 대한 기업활동조사 자료의 연도가 짧고 로봇 도입이 본격적으로 이루어지기 보다는 초기에 머무르고 있는 산업이 많다는 점에서 후속 연구의 필요성이 높다고 판단된다.

## References

- Acemoglu, D., and Restrepo, P. (2020), "Robots and jobs: Evidence from US labor markets", *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188-2244.
- Amador, J., and Cabral, S. (2016), "Global value chains: A survey of drivers and measures", *Journal of Economic Surveys*, 30(2), 278-301.
- Borin, A., Mancini, M., and Taglioni, D. (2021), *Measuring exposure to risk in global value chains*, Policy Research Working Paper, 9785.
- Cheong, Inkyo, Jeong-Ho Yoo, Seul-Ki Park, Wei Min. (2019), "US' Approach for pressing China;s Economic system reform and its effects on World Trade", *The International Commerce and Law Review*, 81(2), 21-45.
- Choi, Hyelin, Sooyoung Lee, Minsuk Park. (2020), "The Reshoring in the U.S., Europe, and Taiwan", *The Korean Journal of Economics*, 27(2), 99-137.
- Deardorff, A. V. (2005), "How robust is comparative advantage?", *Review of International Economics*, 13(5), 1004-1016.
- Dollar, D. (2020), *The future of global supply chains: What are the implications for international trade, Reimagining the global economy*, Brookings Institute.
- Dollar, D., Inomata, S., Degain, C., Bo, M., Wang, Z., Ahmad, N., and Heuser, C. (2017), *Measuring and analyzing the impact of GVCs on economic development*, Washington, DC: The World Bank-International Bank for Reconstruction and Development.
- Hanson, G. H., and Harrison, A. (1999), "Trade liberalization and wage inequality in Mexico", *ILR Review*, 52(2), 271-288.
- Heckscher, G., Heckscher, E. F., and Ohlin, B. (1991), *Heckscher-Ohlin trade theory*, MIT Press.
- Helpman, E. (1984), "A simple theory of international trade with multinational corporations", *Journal of political economy*, 92(3), 451-471.
- Hollweg, C. H. (2019), *Global value chains and employment in developing economies*, Global Value Chain Development Report 2019, 63.
- Hu, Y., Tian, K., Wu, T., and Yang, C. (2021), "The lose-lose consequence: Assessing US-China trade decoupling through the lens of global value chains", *Management and Organization Review*, 17(2), 429-446.
- IFR, (2020), *World Robotics Outlook 2019*, International Federation of Robotics.
- IFR, (2022), *World Robotics Outlook 2021*, International Federation of Robotics.
- Johnson, J. E., and Haug, P., (2021), "Modifications to global supply chain management strategies resulting from recent trade disruptions: an exploratory study", *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 14(4), 701-722.
- Johnson, R.C. and Noguera, G.(2017). A Portrait of Trade in Value-Added over Four Decades. *The Review of Economics and Statistics*, 99(5). 896-911.
- Kim, Hyun-Gu, (2020), "A Study about Influences of Smart Factory Implementation Strategy upon Management Performance", *Korean Journal of Business Administration*, 33(8), 1475-1492.
- Kim, Sung-hwan, Yeonwoo Do, (2019), "A Study on the Effects of 4th Industrial Revolution Technology Adopted by Firms on Employment in Korea", *Business and Economics Review*, 41(3), 167-188.

- Kim, Tae-Kyung, Byeong-Ho Lee, (2021), *The Effect of Industrial Robotics on Employment*, The Bank of Korea.
- KITA, (2022), *Four Years of the U.S.-China Trade War and Prospects-Review of Trade Weight and Decoupling between the two countries*, Korea International Trade Association.
- Laget, E., Osnago, A., Rocha, N. and Ruta, M.(2018). Deep Trade Agreements and Global Value Chains. Policy Research Working Paper, 8491. World Bank
- Leamer, E, (1995), *The Heckscher-Ohlin Model in Theory and Practice*, International Economics Section, Departement of Economics Princeton University,
- Lee Ho-hyung (2020), “A systematic literature review and case study of trade research related to the 4th Industrial Revolution”, *Trade Information Research*, 22(2), 23-41.
- Lee Jae-deuk, (2021), “Prediction of employment and income by Busan strategic industry and export using machine learning and deep learning techniques”, *Korea Trade Review*, 46(1), 169-187.
- Lee, Byung-mun, Hee-Jine Jeong, Kwang-So Park, (2017), “An Influence of the Fourth Industrial Revolution on International Trade and Countermeasure Strategies to Promote Export in Korea”, *Korea Trade Review*, 42(3), 1-24.
- Lim, Byeong-ho and In-kyo Cheong (2019), “A Study on the economic effects of FTAs as evaluated by value-added exports”, *The Journal of Korea Research Society for Customs*, 20(1), 55-75.
- Markusen, J. R, (1984), “Multinationals, multi-plant economies, and the gains from trade”, *Journal of international economics*, 16(3-4), 205-226.
- Markusen, J. R, (1997), *Trade Versus Investment Liberalization*, Available at SSRN 225989.
- Mohammed, A., and Khan, S. A, (2022), *Global Disruption of Semiconductor Supply Chains During COVID-19: An Evaluation of Leading Causal Factors*, In International Manufacturing Science and Engineering Conference (Vol. 85819, p. V002T06A011), American Society of Mechanical Engineers.
- Nam, Soojoong, Manngi Bang, (2019), “Analysis on reshoring of major countries and determinants - Focused on the Influence of Technology Innovation after the Fourth Industrial Revolution”, *The Comparative Economic Review*, 26(1), 133-169.
- Prema-chandra Athukorala, (2011), Production Networks and Trade Patterns in East Asia: Regionalization or Globalization?, *Asian Economic Papers*, 10(1), 65-95
- Rodrik, D, (2018), *New technologies, global value chains, and developing economies* (No. w25164), National Bureau of Economic Research.
- Sullivan, B, (2022), *Exogenous Supply Chain Shocks and Onshoring: An Analysis of the Trump Trade War and the US-China Bilateral Trade Relationship*.
- Timmer, M. P., Los, B., Stehrer, R., and De Vries, G. J, (2016), *An anatomy of the global trade slowdown based on the WIOD 2016 release* (No. GD-162), Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen.
- Wang, Z., Wei, S. J., Yu, X., and Zhu, K, (2017), *Measures of participation in global value chains and global business cycles* (No. w23222), National Bureau of Economic Research.
- Yeaple, S. R, (2003), “The complex integration strategies of multinationals and cross country dependencies in the structure of foreign direct investment”, *Journal of international economics*, 60(2), 293-314.