

KISDI

Premium Report

4차 산업혁명 기획시리즈

4차 산업혁명과 일자리

정 혁

정보통신정책연구원 부연구위원



정보통신정책연구원
KOREA INFORMATION SOCIETY DEVELOPMENT INSTITUTE



KISDI

17-09

2017. 06. 23

Premium Report

4차 산업혁명 기획시리즈

4차 산업혁명과 일자리

정 혁 / 정보통신정책연구원 부연구위원

요약문	1
1. 서론	3
2. 기술변화와 일자리	6
3. 4차 산업혁명과 일자리	18
4. 정책적 시사점과 사회적 대화의 필요성	24

정 혁

정보통신정책연구원 부연구위원

*hchung@kisdire.kr, 043-531-4312

*서울대학교 경제학 학사

*University at Albany, SUNY

경제학 박사

*현 정보통신정책연구원

ICT 통계정보연구실

4차 산업혁명과 일자리

요약문

최근 한국에서도 알파고, 대선 주요공약 등으로 4차 산업혁명이 대중적 인지를 얻게 되었다. 한편으로 한국경제는 장기화되는 저성장, 고령화, 청년 실업과 비정규직 확산으로 이미 고용이 불안정한 상황이다. 이 상황에서 4차 산업혁명으로 인간의 일자리가 빼앗길 수 있다는 담론은 미래의 고용에 대한 부정적 인식이 확산될 수 있는 조건이 된다.

이 보고서는 이른바 ‘4차 산업혁명’으로 상징되는 최근의 기술변화가 일자리에 미치는 영향을 이해하고, 일자리의 예측을 전망하기 위해 기술변화와 노동의 관계, 분석 방법론과 주요 결과들, 4차 산업혁명의 일자리에 대한 영향을 예측한 선행연구들을 살펴보고 우리가 4차 산업혁명 시대의 ‘좋은 일자리’를 창출하기 위해 필요한 사회적 대비의 방향을 논의하고자 하는 목적으로 작성되었다.

기술변화의 일자리에 대한 영향은 기본적으로 대체효과, 보완효과, 생산효과의 종합이다. 간단히 말해 신기술로 더 저렴한 기계가 개발되어 도입되면서 노동력의 대체로 이어지는 효과(대체효과), 신기술 기반 기계의 도입으로 해당 기계를 다룰 수 있는 노동력에 대한 수요 증가(보완효과), 신기술이 생산성을 향상시켜 생산량이 증가하여 노동수요가 증가하는 효과(생산효과)로 구성된다. 과거 1~3차 산업혁명의 고용 영향은 대개 단기적으로는 대체효과가 압도적이나 중장기적으로는 생산효과가 지배적으로 이해된다. 물론 이는 경제 전반의 관점에서 그런 것이고 기계화되는 농업과 같이 산업 수준이나 기업 수준에서는 대체효과 또는 보완효과만 나타난 경우도 있을 것이다.

4차 산업혁명이 일자리에 미칠 영향을 이해하기 위해서는, 이른바 3차 산업혁명(IT혁명)과 노동의 관계를 살펴볼 필요가 있다. 4차 산업혁명의 중요한 기초가 ICT의 발전이기 때문이며, ICT의 변화가 노동 전반에 미친 영향이 미래의

기술변화의 영향을 추정할 중요한 지표가 될 것이기 때문이다. 과거 20~30년의 ICT 변화는 우선 고숙련노동에 대한 상대수요를 증가시켜 고학력/저학력 노동자 사이의 소득격차를 확대시켰다(숙련편향적 기술변화). 또한 코드화 가능한 정형적 업무(routine task)를 우선적으로 자동화시켜 기계로 대체하는 직무가 확산, 제조업 생산직 뿐 아니라 사무직 등 중산층을 구성하는 계층도 영향을 받아 저임금 서비스업으로 이동하면서 양극화를 심화시킨 것으로 이해되고 있다(정형편향적 기술변화).

물론 소득격차와 양극화를 전적으로 기술변화의 결과로 돌릴 수는 없다. 글로벌 경쟁과 글로벌 가치사슬의 확대, 세계무역 등의 요인과 기술변화를 따라가지 못하는 교육·재교육시스템, 복지제도의 약화, 노동조합 협상력 약화 등 총체적인 결과임에는 틀림없다. 다만 기술변화가 매우 중요한 변수임에는 변함이 없다고 봐야 할 것이다.

한편 4차 산업혁명이 야기할 일자리에 대한 양적 영향에 대해서는 연구결과 사이에 상당한 괴리가 존재하고 있다. 절반 이상의 일자리가 자동화되어 사라질 수도 있다는 비관적 전망부터 실제로 사라지는 일자리는 10%도 되지 않을 것이라는 낙관적 전망까지 있다. 이는 하나의 일자리 안에서도 직무 구성의 차이에 따라 자동화의 영향이 다를 수 있기 때문이다. 일자리를 유지한 상태에서 ICT 기반의 자동화는 일부 직무를 대체하는 형태이기 때문에, 비관적 전망처럼 급격한 일자리 소멸이 현실화되기는 쉽지 않다. 더군다나 새로운 산업과 직업이 생기면서 소멸되는 일자리를 상쇄할 것이다. 물론 직무구성 변화는 ‘일자리의 질’(특히 소득과 고용형태)에 상당한 영향을 미칠 것을 예상할 수 있다.

이는 이른바 ‘4차 산업혁명’의 일자리에 대한 영향, 또는 일자리의 변화를 논의함에 있어서 일자리 총량과 같은 ‘양적’ 지표가 현재는 주요한 논점이지만 향후 소득, 노동시간, 노동강도 등과 같은 ‘질적’ 지표가 주요한 논점이 될 수 있음을 시사한다.

특히 한국의 노동시장은 광범위해진 비정규직으로 인해 이미 상당 수준 ‘유연화’되었다고 할 수 있다. 그런데 한국에서 ‘유연성’이란 ‘불안정성’과 동일시되는 현실이고, 가족과 일의 양립과 같은 가치와도 대치된다. 이 문제를 해소하고 유연하면서도 노동자의 삶의 질을 제고할 수 있으며, 소득·노동강도 등의 일자리의 질도 개선하도록 4차 산업혁명 시대를 준비하기 위해 독일 ‘노동 4.0’과 같은 사회적 대화가 필요함을 제기하고자 한다. 이 보고서는 사회적 대화의 필요성, 사회적 대화를 위한 전제조건 등을 간략히 제시하고 마친다.

1. 서론

◆ 문제의식

- 이 보고서에서는 ‘4차 산업혁명’으로 지칭되는 최근 일련의 기술변화에 따른 일자리에 대한 영향을 이해하고 전망하기 위해, 기술변화와 노동의 관계, 관련된 주요 방법론과 연구결과, 4차 산업혁명에 따른 고용 예측 연구결과를 소개하고 4차 산업혁명에 대한 사회적 대비의 필요성과 정책방향을 논의하고자 함
- 최근 한국에서도 대선기간을 거치면서 이른바 ‘4차 산업혁명’에 대해 대중적 인지도가 상승
 - 인공지능기반의 금융서비스 등이 제공되기 시작하였고, 로봇의 실용화 시점을 비롯하여 미래 일자리에 대한 관심도 동반 상승
 - ‘알파고’를 비롯한 인공지능의 발전속도는 다양한 방식으로 대중의 인식에 각인이 되고 있으며, 미래의 고용에 대한 불확실성에 대한 인식도 어느 정도 형성되고 있다고 판단됨
 - 경기침체, 장기화되는 저성장, 고령화, 구조조정 등으로 이미 고용이 불안정한 상태에 있어서, 고용불안이 4차 산업혁명으로 인해 미래에는 더욱 가중된다는 인식이 강해질 수 있는 상황
- 이에 이 보고서는 1) 기술변화와 노동의 관계를 이해하기 위해 과거 산업혁명의 영향을 분석하고 ICT 변화에 따른 고용변화를 이해하기 위한 분석 틀을 소개하며, 2) 4차 산업혁명이 가져올 일자리에 대한 파급효과에 대한 선행연구 정리, 3) 4차 산업혁명 시대에 일자리의 질을 개선하기 위한 노동규범 변화와 사회적 대화의 필요성으로 구성
 - 4차 산업혁명의 일자리 파급효과에 대해서는 대체로 단기적 대체 가능성에 대한 양적접근이 주를 이루고, 신산업 성장 등 일자리의 창출과 소멸·대체를 종합적으로 고려한 연구결과는 아직 적음
 - 기술의 고용대체 가능성에 대한 우려가 커지고 있는 상황에서, 4차

산업혁명 기술에 대한 우리 사회의 수용도를 높이기 위해서는 일자리의 양 뿐 아니라 일자리의 질에 미치는 영향, 그리고 이에 대한 사회적 대응이 논의될 필요

- 기술변화의 일자리에 대한 영향은 기본적으로 대체효과, 보완효과, 생산효과의 종합으로서 나타나고, 이는 기업/산업/직종/직업/경제전체의 다양한 수준에서 이해할 수 있음
 - 과거 1~3차 산업혁명의 결과, 단기적으로는 대체효과가 생산효과보다 크고, 중장기적으로는 생산성 증가의 효과로 생산효과가 대체효과보다 크게 나타나는 것으로 이해되고 있음
 - 물론 이는 경제전체에서 나타난 과정이며, 산업이나 기업 수준에서는 대체효과가 생산효과를 압도한 경우가 있음(예: 기계화된 농업)
- 최근 20~30년의 ICT 변화는 향후 4차 산업혁명이 일자리의 양적 변화 뿐 아니라 노동 전반에 대한 영향을 전망함에 있어 중요한 참고가 될 것임
 - 4차 산업혁명을 주도하는 기술이 ICT인 이상, ICT 변화가 노동 전반에 미친 영향에 대한 선행 연구는 중요한 참고자료임
 - 4차 산업혁명 시대 일자리의 ‘양적’ 전망에서는 상당한 이견이 있으나, 이는 직업 및 직무구성에 대한 해석 차이에서 비롯
 - 즉 ICT와 보완/대체관계에 있는 직업 또는 직무의 비중, 직업의 직무구성에 따라 자동화로 대체되는 정도가 달라짐
 - 그러나 일자리의 ‘질적’ 측면에 대한 선행연구는 상대적으로 관심을 적게 받고 있는 것으로 보임
- 이른바 ‘4차 산업혁명’이 일자리에 미치는 영향을 이해하고 대비함에 있어서 ‘일자리 수’와 같은 양적 지표뿐 아니라 ‘노동의 질’을 제고할 수 있는 사회적 대응이 필요한 시기
 - 4차 산업혁명에 따른 일자리 변화를 논의하기에 앞서, 한국의 고용현실은 이미 불안정한 상태에 있음을 인지해야 함

- 기존의 인력양성·산업활성화 전략에 더해 ‘노동의 질’을 제고하기 위해서는 사회적 대화를 통해 새롭게 노동규범을 만들 필요
- 사회적 대화는 기술 적용과정에 대한 참여로 ‘노동의 질’을 제고하는 기술도입, 산업구조·생산방식의 변화가 야기하는 고용형태의 변화가 ‘안정성 없는 유연화’로 귀착되지 않기 위한 사회적인 노력

2. 기술변화와 일자리

◆ 기술변화의 파급효과 경로

- 기술변화의 일자리에 대한 영향은 기본적으로 대체효과, 보완효과, 생산 효과의 종합으로서 나타나고, 이는 기업/산업/직종/직업/경제전체의 다양한 수준에서 고려할 수 있음

－ (대체효과) 기술발전에 따른 생산기술 변화로 노동력이 기계로 대체 되는 효과, 산업 내에서 특정 업무를 수행하는 노동력이 자동화되어 대체되는 효과를 의미

※ 예: 농업의 기계화로 농업 종사자가 대거 기계로 대체된다거나, 하이패스의 도입으로 도로 이용요금을 정산하는 인력이 기계로 대체, 컨베이어벨트의 도입으로 표준화된 비숙련공이 지배적으로 되고 장인은 소멸되는 경우 등

－ (보완효과) 특정 기술이 보편화됨에 따라 기술과 관련되어 특정 직무를 수행하는 노동력에 대한 수요가 커지는 효과

※ 예: 컴퓨터가 보편화되고 업무활용도가 커지면서 관련 소프트웨어를 사용할 수 있는 노동자에 대한 수요가 커지는 경우

－ (생산효과) 기술발전에 따른 생산성 향상과 생산량 증가가 고용증대로 이어지는 효과

※ 예: ATM의 도입으로 은행원 업무가 일부 대체되기는 하였으나, 생산성 향상에 따른 은행업 성장으로 고용이 증대하는 경우, 기계화로 대량생산이 가능해진 제조업이 성장하면서 고용이 동반 증가

◆ 기술변화와 노동

- 기술변화는 생산방식과 생산조직을 변화시킴에 따라 고용형태, 직무의 수행방식 등 노동 전반에 영향을 미치게 됨

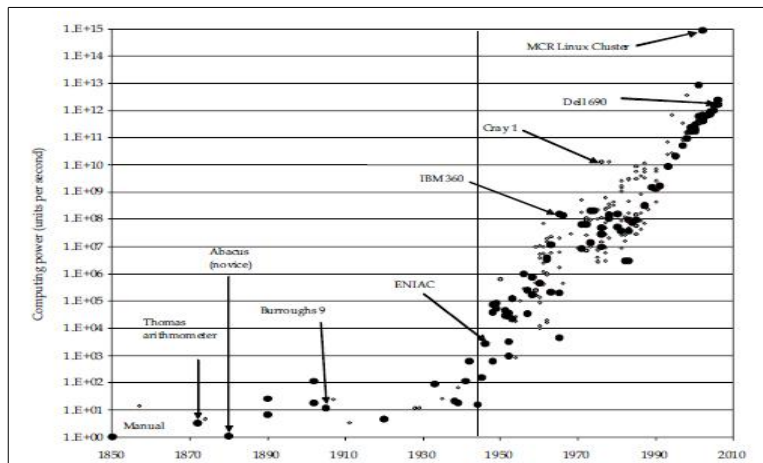
- (1차 산업혁명) 증기기관의 도입으로 장시간 가동 가능한 동력이 증대에 따라 섬유공업을 비롯한 경공업 생산의 기계화, (공장의 등장으로) 생산의 집중화로 이어짐
- (2차 산업혁명) 전기에너지의 도입으로 대량생산이 가능해지고, 이에 따른 생산조직의 확대는 관리조직의 확대를 수반하였으며 컨베이어 벨트와 같은 제조라인은 생산성 증대와 단순반복노동을 확산시킴
- (3차 산업혁명) 컴퓨터와 인터넷의 도입은 생산관리를 효율화하고 자동화를 확산, 유연화된 생산조직운영을 정착시킴
- 기술변화는 산업구조 변화로도 이어져 노동력의 산업간 이동을 촉발할 뿐 아니라, 구 산업에서의 숙련된 지식과 기술을 활용할 수 없게 됨에 따라 해당 산업 노동자에게 소득충격을 야기

◆ ICT와 고용: 이해의 틀

- 최근 20~30년의 ICT 변화는 향후 4차 산업혁명이 일자리의 양적 변화 뿐 아니라 노동 전반에 대한 영향을 전망함에 있어 중요한 참고가 될 것임
 - 4차 산업혁명에서 핵심적인 인공지능, IoT, 빅데이터 등의 주요 요인들이 현재까지 이어져온 ICT 혁신에 기반하고 있기 때문
- 단기적으로는 ‘대체효과’가 우세할지라도 중장기적으로는 ‘생산효과’에 따른 고용확대 효과가 우세하다는 것이 일반적인 기술변화와 고용 사이의 관계
 - 노동력의 이동이 원활하게 이루어질 수 있는가, 기술적 충격에 의한 경제적 손실과 삶의 질 악화를 최소화할 수 있는가의 질문
 - ICT의 진화로 야기되는 노동시장 변화(혹은 충격) 속에서 노동자가 타 산업·직업으로 원활하게 이행하는가에 대한 분석을 통해 미래에 대한 전망이 가능
- 이른바 4차 산업혁명 시대의 기술변화가 IT 혁명 이상의 과감한 혁신과 동시에 신제품의 확산이 빠르다는 인식[그림 1, 2]

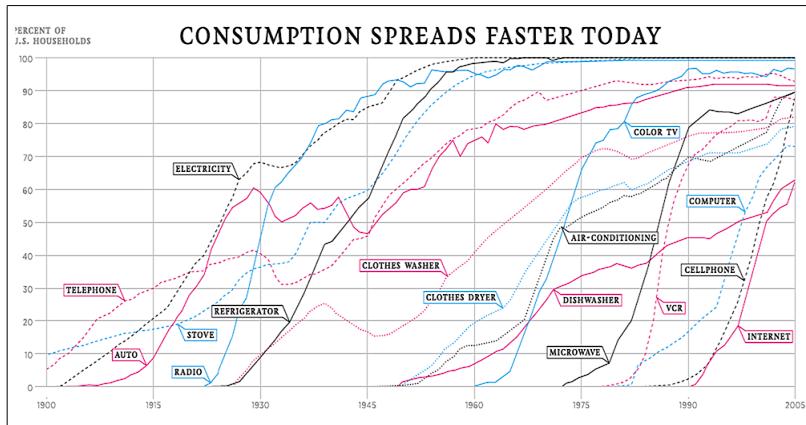
- 이른바 ‘4차 산업혁명’은 인공지능 활용, 초연결성 기반으로 ‘질적’으로 다른 혁신에 기반하므로 IT 혁명보다 빠른 변화가 예상된다는 것
- ICT의 진화속도를 노동시장을 비롯한 교육 등 각종 제도가 따라갈 수 있는가에 대한 의문이 다시 제기되는 근거이기도 함
- ICT가 경제적으로 차별적인 영향을 미칠 수 있다는 아이디어를 이론적으로 반영하기 위해 ‘ICT 자본’이라는 개념이 도입
 - 노동, 자본, 총요소생산성이 경제성장에 각각 얼마나 기여하는지 추정하기 위한 성장회계(Growth accounting)에 ICT 자본과 비ICT 자본을 구분하기 시작
 - 그리고 기술발전이 자본재 종류마다 다를 수 있음에 주목하여 자본투자에 특화된 기술변화를 이론에 반영하기 위한 이론적 틀이 투자특수적 기술변화(investment-specific technological change) 개념
- ※ 예: 컴퓨터 성능이 운송장비 성능보다 빠르게 개선되어 가격이 더 하락한다면, 컴퓨터와 운송장비의 생산성 기여는 구분해서 추정할 필요가 발생

[그림 1] 컴퓨팅파워의 진화



주: 초당 계산(Computation per second, CPS)으로 측정된 컴퓨팅파워
 자료: Nordhaus(2007)의 Figure 2

(그림 2) 제품소비 확산으로 보는 기술확산



자료: <http://timkastelle.org/blog/2012/04/three-hidden-factors-that-make-innovation-diffusion-hard/>

- (숙련편향적 기술변화, Skill-biased technological change) ICT를 비롯한 생산기술이 숙련도가 높은 노동력에 대한 상대수요를 증가시키는 방향으로 변화한다는 개념
 - ICT의 확산은 컴퓨터 등을 활용하여 분석, 판단하는 능력을 갖춘 고숙련노동력 수요가 저숙련노동력 수요보다 상대적으로 증가
 - ICT는 고숙련노동과 보완관계, 저숙련노동과 대체관계
 - 학력이 숙련도와 비례한다고 할 때, 대졸자에 대한 상대수요가 증가하면서 대졸 노동자의 상대임금이 상승(프리미엄)
 - 대졸자 공급보다 대졸자 수요가 더 증가하였기 때문에 가능했음
- (정형편향적 기술변화, Routine-biased technological change) ICT를 비롯한 생산기술이 정형화된 노동을 대체하는 방향으로 변화
 - (정형적 직무, routine task) ICT는 정형화되어 코드화·자동화될 수 있는 직무와 대체관계
 - (추상적 직무, abstract task) 창의성이나 인지능력에 기반한 비정형적인 직무는 자동화되기 어렵고, 오히려 ICT와 보완적인 관계를 가질 수 있음

- (육체적 직무, manual task) 주변 환경이나 인간관계에 대한 적응능력이 요구되는 육체적인 직무(예: 서비스직무)는 경우에 따라 대체관계나 보완관계로 나타날 것임

〈표 1〉 직무특성과 자동화

	직무 내용	직업 사례	ICT와의 관계
정형적 직무	- 규칙 기반 - 코드화 가능 - 절차적	- 사서 - 조립라인 생산노동자	- 직접적 대체관계
추상적 직무	- 추상적 문제해결 - 정신적 유연성	- 과학자 - 법률가 - 관리자 - 의사	- 강한 보완관계
육체적 직무	- 환경 대응능력 - 인간관계 적응	- 경비원 - 항공승무원 - 웨이터	- 제한적인 보완 또는 대체관계

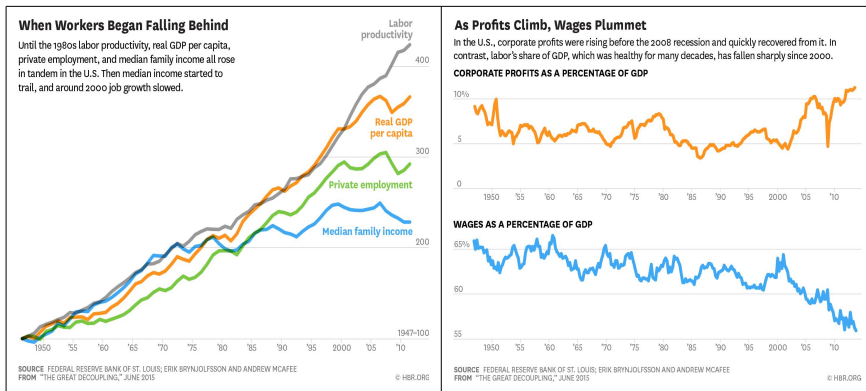
자료: Autor(2015), "Why are there still so many jobs? The past and future of workplace automation", Singapore Civil Service College 발표자료

◆ ICT와 고용, 분배

- 기술변화가 산업구조를 바꾸고 노동력의 이동을 야기하면서 소득분배에 영향을 미칠 수밖에 없음
 - ICT 확산이 생산성 상승에 따른 노동소득 증대로 이어지지 못하고 있고, 이는 미국 뿐 아니라 주요 국가들에서 공통적으로 나타나고 있음 (생산성과 소득의 탈동조화, decoupling)
 - 생산성 상승을 고용과 소득이 따라가지 못하였고(그림 3 좌측, 4 좌측), 소득분배에서 노동소득이 차지하는 비중 역시 지속적으로 하락(그림 3 우측, 4 우측)
 - 생산성 대비 고용의 정체는 기술변화가 촉발한 노동절약적 생산방식(정형적 노동, 비숙련노동의 대체)의 확산을 반영하며, 이에 적절하게 대응하지 못한 제도의 한계를 동시에 반영

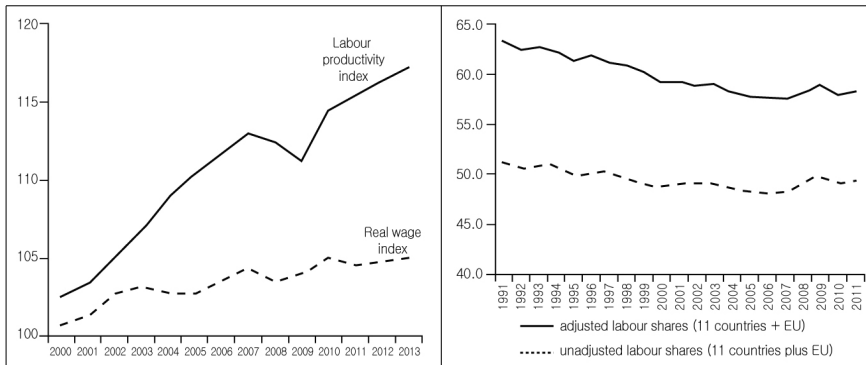
- 이외에 중국 등과의 무역, 노조 조직률 하락에 따른 분배협상력 하락이 추가적인 요인으로 고려될 수 있음

〔그림 3〕 미국의 탈동조화와 소득분배



자료: Brynjolfsson and McAfee(2015), Bernstein and Raman(2015) (<https://hbr.org/2015/06/the-great-decoupling>)

〔그림 4〕 주요국의 탈동조화와 소득분배



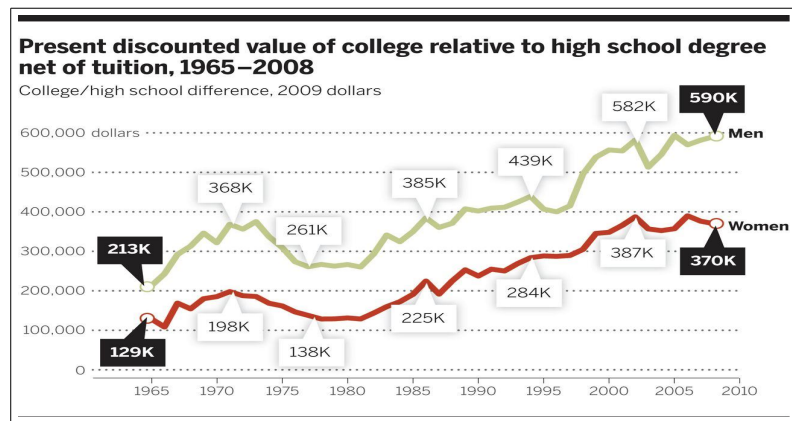
주: 좌측은 G20 평균임금과 노동생산성(1999~2003), 우측은 G20 조정 및 비조정 노동소득비중 추이

자료: ILO, OECD(2015) The labour share in G20 economics Fig 2, 5.

- 숙련편향적 기술변화는 고숙련노동에 대한 상대수요 증가로 이어져서 고숙련노동자 소득이 저숙련노동자 소득보다 높아지면서 소득불평등 확대로 이어짐

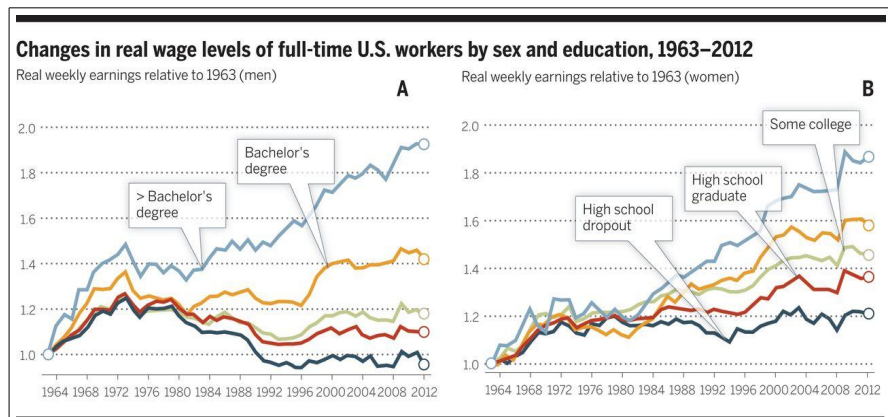
- 대졸 노동력의 공급증가에도 불구하고 대졸 노동력에 대한 수요가 더 크게 증가함에 따라 대졸 노동자 임금과 대졸 미만 노동자 임금의 격차가 확대[그림 5]
- 대졸 이상 노동력에 대한 상대수요는 더욱 크게 증가함에 따라 성별 상관없이 임금수준이 증가한 것으로 나타남[그림 6]

[그림 5] 미국 성별 대졸/고졸 임금격차 추이



자료: David Autor(2014), “Skill, education, and the rise of earnings inequality among the other 99 percent”, Science Vol. 344(6186), pp.843~851.

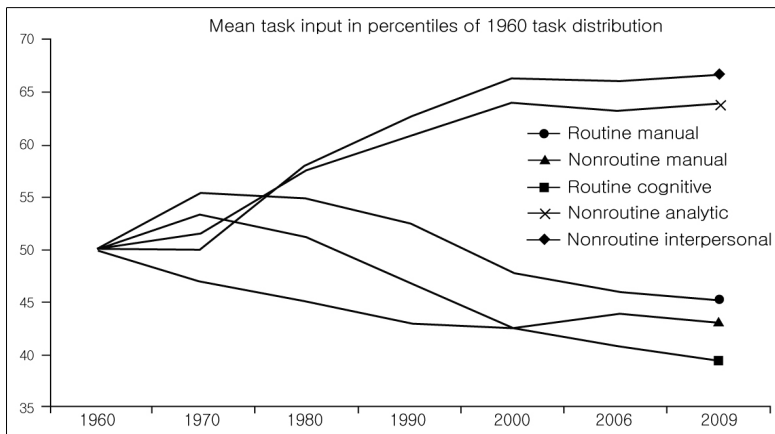
[그림 6] 미국 성별/학력별 실질임금 수준 변화



자료: David Autor(2014), “Skill, education, and the rise of earnings inequality among the other 99 percent”, Science Vol. 344(6186), pp.843~851.

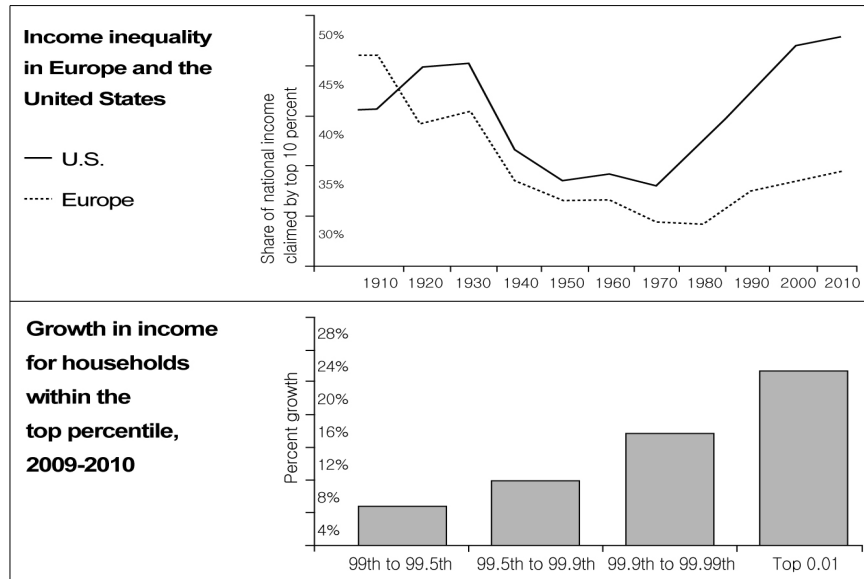
- 정형편향적 기술변화는 기술변화가 직업의 직무구성에 따라 우선적으로 자동화되어 노동수요가 감소하거나, 대체가 어려운 직무의 경우 오히려 노동수요가 증가하는 등 직무별로 차별적인 영향을 줄 수 있음
 - 숙련편향적 기술변화는 통상 학력수준에 따라 숙련도를 구분, 기술변화가 구체적으로 생산 및 직무수행에 어떻게 영향을 미치는지 분석하기에는 한계가 있고, 양극화를 설명하기에도 부족함
 - ICT에 의해 자동화되기 쉬운 정형화된 직무 비중이 높은 직업 종사자일수록 기계로 대체되거나, 직업의 직무 구성이 변화할 가능성
 - 종합적 사고, 창의성, 인지능력에 기반한 비정형적 직무를 수행하는 소수 직업 종사자들에 대한 수요가 커져 소득이 증가한 반면(그림 7),
 - 코딩화·자동화 가능한 직무의 빠른 확대로 대체된 노동력이 비정형적 이지만 임금수준이 낮은 서비스업종으로 이동하면서 이들의 소득수준 하락(그림 7), 소득의 양극화가 악화(그림 8)

(그림 7) 미국 직무변화 지수(1960=50)



자료: OECD(<http://www.oecd.org/employment/ministerial/future-of-work-in-figures.htm>), 원자료: Levy and Murnane(2013)

(그림 8) 유럽과 미국의 소득불평등

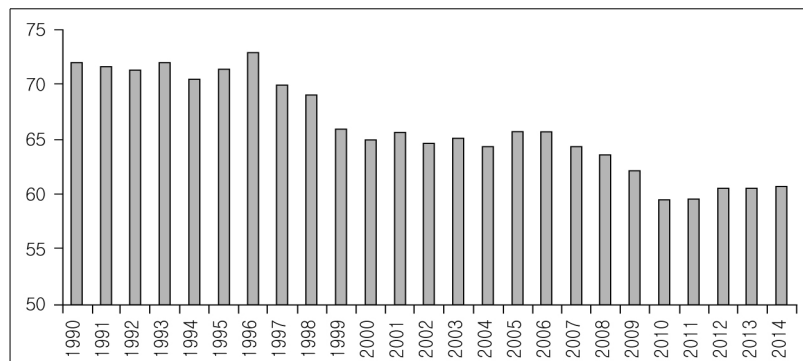


주: 위는 유럽과 미국의 소득 상위 10%의 소득비중 추세, 아래는 상위 소득 가구의 소득증가율

자료: David Rotman(2014)

- 한국에서도 주요 국가들과 마찬가지로 노동소득 비율이 하락 추세이고, 임금 증가율이 생산성 증가율을 하회하는 현상이 발견(그림 9, 10)

(그림 9) 한국 노동소득 비율 추이



자료: ILOSTAT, Labor income share in GDP(명목 GDP 대비 명목 종사자 보상총액의 비율)

〔그림 10〕 한국 임금과 생산성 증가율 추이



자료: OECD Productivity Statistics

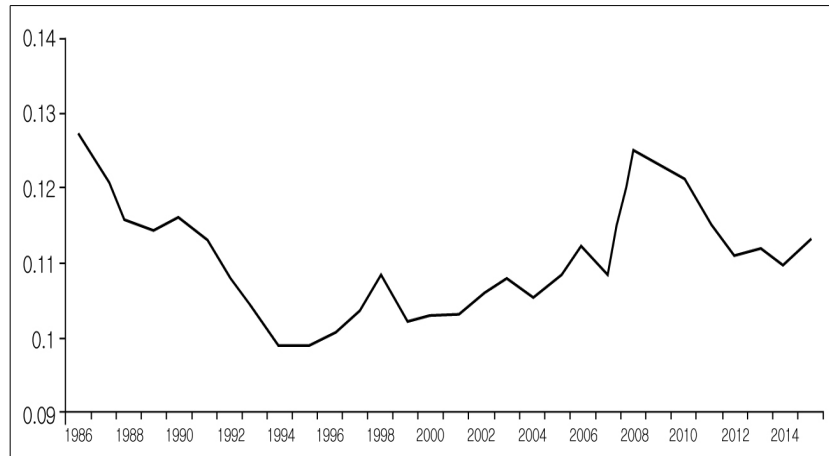
- 한국에서 숙련편향적 기술변화는 교육투자 수익률, 정형편향적 기술변화의 영향은 직업구성을 통해 부분적으로 확인되고 있음

- 안균원, 허정(2015)에 따르면 한국에서 1999~2006년 기간에 숙련노동 임금수준이 상승한 이유는 숙련노동 수요 증가에 기인
- 교육투자 수익률 추이는 숙련도에 따른 소득 격차 확대를 반영하는 것으로 해석됨〔그림 11〕
- 직업구성을 보면 전문가 및 관련종사자 비중, 사무종사자 비중이 점증추세를 보이는데 이는 숙련(학력)과 관련될 것으로 추정〔그림 12〕

※ 전문가 및 관련종사자 비중 ('04) 15.4% → ('16) 20.3%, 사무종사자 비중('04) 14.2% →('16) 17.2%

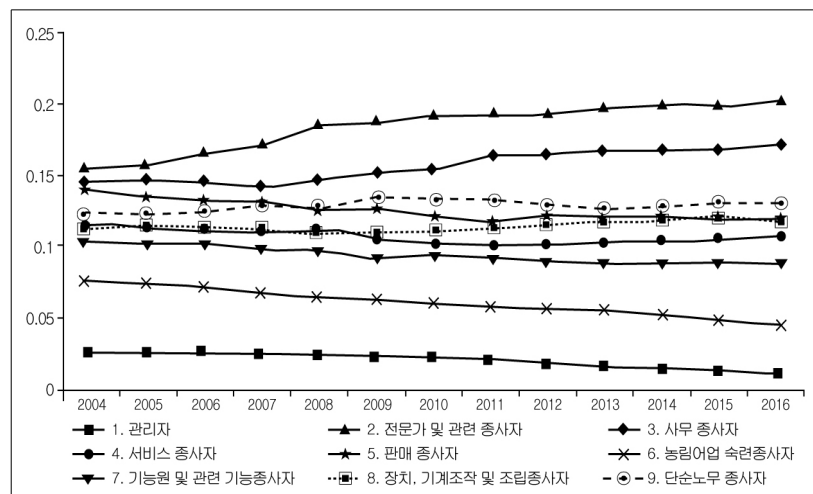
- 여기에 전문가 및 관련종사자, 단순노무종사자, 서비스종사자의 증가는 정형편향적 기술변화를 부분적으로 보인다고 해석됨〔그림 13〕

(그림 11) 한국 교육투자 수익률 추이: 1986~2015



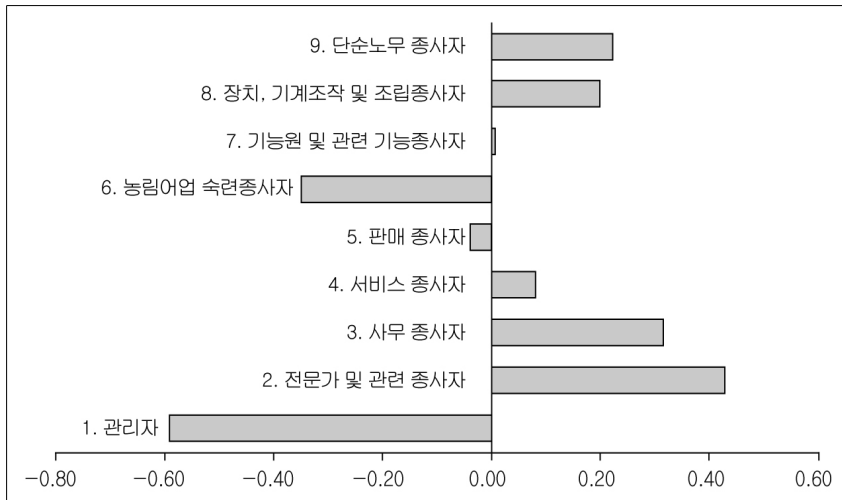
자료: 허재준(2017), 그림 3(원자료: 고용노동부 임금구조기본통계조사, 고용형태별근로실태조사)

(그림 12) 한국 주요 직업별 취업자 비중 추이



자료: 통계청 경제활동인구조사(kosis.kr)

〔그림 13〕 주요 직업별 취업자 변화(2004~2016, 로그 차분)



자료: 통계청 경제활동인구조사(kosis.kr)

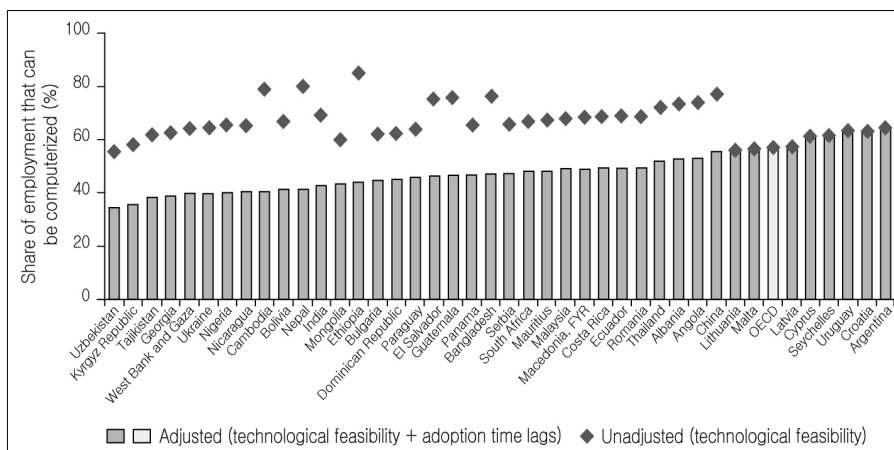
3. 4차 산업혁명과 일자리

◆ 4차 산업혁명과 일자리: 비관론과 낙관론 사이

- 인공지능의 발달과 자동화 확산으로 인해 기계로 대체되는 직업이 확대되고 일자리가 사라질 수 있다는 비관적 시각이 주목을 받음
 - Frey and Osborne(2013, 2015)은 직업별로 컴퓨터화로 인해 대체될 확률을 도출, 미국은 대체확률이 높은 일자리가 47%에 달한다고 계산
 - World Bank Development Report(2016)는 자동화에 취약한 일자리의 비중을 세계적으로 산출(그림 14)

※ 예: 중국 77%, 인도 69%, OECD 평균 57%

[그림 14] 자동화에 취약한 발전국가들



자료: World Bank Development Report (2016)

- 하지만 총 일자리 수의 소멸은 크지 않고, 오히려 새로운 일자리와 사회문화적 요인으로 완만한 고용 변화를 전망하는 연구도 주목받음
 - Arntz et al.(2016)도 직업 내 직무구성을 고려하여 직업별 자동화 대체확률을 산출, OECD 21개국에서 자동화될 일자리는 9%에 불과
 - 하나의 직업이더라도 다양한 직무로 구성이 되어 있다면, 정형편향적

- 기술변화는 한 노동자가 수행하는 여러 직무 중 일부만을 대체하거나 새로운 직무가 생기기 때문에 일자리의 소멸로 이어지지 않음
- 다만 직업 내 직무구성의 변화(즉 자동화 비율의 상승)는 해당 일자리의 임금을 비롯한 근로조건을 악화시킬 가능성은 남아 있음
 - 4차 산업혁명은 산업구조와 직종을 변화시키고, 이 과정에서 고용이 증가하는 부문은 반드시 있음(예: ICT 일자리, 그림 15)
 - ICT 산업처럼 새롭게 팽창하는 산업의 성장이 ICT 일자리 증가, 소득 증가에 따르는 서비스업의 동반성장과 고용증가가 예상
 - 하지만 현재까지의 기술변화의 직무별 영향을 볼 때 서비스업에서 고용 비중이 높은 육체적 서비스 직무 종사자의 근로조건이 개선될 수 있을지는 별도의 문제임
- 결론적으로 4차 산업혁명으로 대변되는 기술변화가 일자리 수의 총량에 미치는 영향은 ‘인공지능으로 대체, 일자리 소멸’과 같이 극적인 형태로 나타날 가능성은 낮다고 판단됨
- 산업구조의 변화, 새로운 직종·직무의 등장으로 노동 전반에 큰 변화는 일어나겠지만 일자리가 급격하게 감소하기는 어려움
 - 하지만 고용형태의 다양화, 직무구성의 변화가 수반할 근로조건 등의 ‘일자리 질’에 대해서는 논의가 부족한 실정임

(그림 15) 미국 ICT 부문의 고용전망

Figure 33. Employment in the IT Sector in the US in 2012 and Expected in 2022

Title	Employment in 2012	Employment in 2022	Change % in 2012-2022
Information Security Analyst	75,100	102,000	37%
Computer System Analysts	520,600	648,400	25%
Software Developers	1,018,000	1,240,600	22%
Web Developers	141,400	169,900	20%
Computer Support Specialists	722,400	845,300	17%
Database Administrators	118,700	136,600	15%
Computer & Info Research Scientists	26,700	30,800	15%
Computer Network Architects	143,400	164,300	15%
Network Computer Systems Admin	366,400	409,400	12%
Computer Programmers	343,700	372,100	8%
Computer occupations (all other)	205,800	213,600	4%
Total	3,682,200	4,333,000	18%

Source: US Bureau of Labour Statistics, Citi Research

자료: Frey et al.(2017)(원자료: 미국 노동통계국, Citi Research)

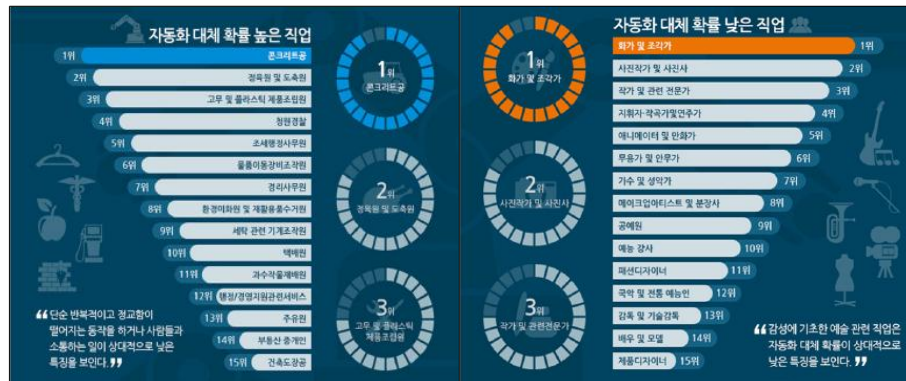
◆ 4차 산업혁명 시대, 한국의 일자리

- 앞서 살펴본 연구들을 한국에 적용하면 상당수의 일자리가 자동화의 영향을 받는 것으로 드러났지만, 완전히 대체되는 일자의 비율에 대해서는 상당한 괴리가 존재

- 한국의 경우, 김세움(2015)은 Frey and Osborne(2013)의 직업별 영향도를 적용하여 한국 전체 일자의 약 55%가 대체 확률이 높은 고위험군으로 분석
- 박가열 외(2016)는 2025년에 전체 평균 대체위험비율은 70.6%로 전망했고, 특히 단순노무직의 90.1%가 대체위험에 직면한다고 분석 [그림 16]

※ 박가열 외(2016)는 동시에 인공지능의 영향을 적게 받을 관리직도 49.2%, 전문가도 56.3%가 대체위험에 노출된다고 분석

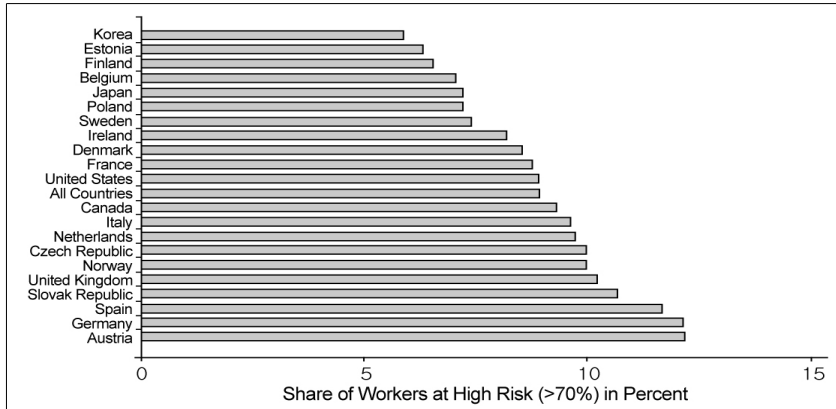
[그림 16] 한국의 자동화 대체 확률



자료: 박가열 외(2016)

- 반면에 OECD 연구페이퍼에서 Arntz et al.(2016)은 한국에서 자동화될 일자리는 6%에 불과하다는 결과를 도출했는데 OECD 국가들 중에서도 자동화 위험이 높은 노동자 비율이 가장 낮은 나라[그림 17]

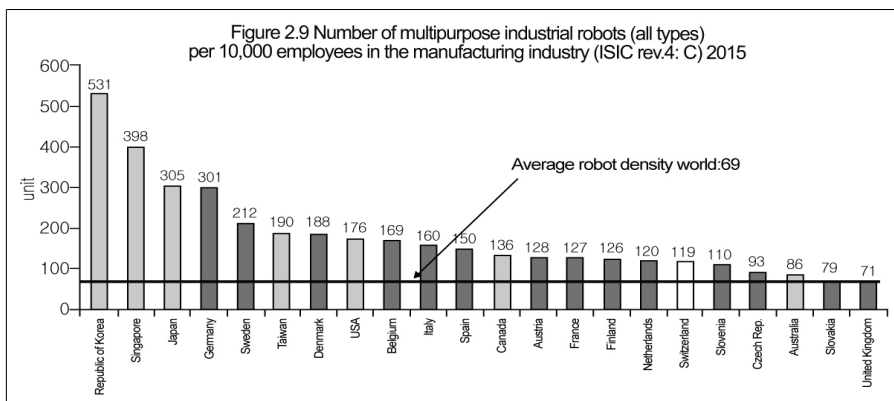
(그림 17) 자동화 위험이 높은 노동자의 비율(OECD 국가비교)



자료: Arntz et al.(2016)

- 한국에서도 일자리의 대체 가능성에 대해 상이한 결과가 도출되는 것은 직업별 직무구성에 따라 자동화의 영향이 달라질 수 있기 때문
 - 한국과 미국의 동일한 직업이라 하더라도 해당 직업에 종사하는 노동자가 수행하는 직무의 구성이나 성격은 상이할 수 있어서 똑같은 컴퓨터화를 겪더라도 일자리 자체의 대체가 일어날지 불확실
 - 또한 노동규범 등 제도적인 차이 역시 파급효과의 차이에 영향

(그림 18) 제조업 10,000명당 다목적 산업로봇 숫자(2015년)



주: 가장 좌측부터 한국, 싱가포르, 일본, 독일

자료: International Federation of Robotics(2016), World Robotics Report 2016 press release

- 한국에서 컴퓨터화에 따른 자동화 대체가 비관적 전망보다 적을 수 있는 이유는 제조업 등에서 이미 자동화가 확산이 많이 되어 있고 서비스업의 비중이 크기 때문

- 세계로봇협회 등의 산업로봇 통계를 보면 한국은 가장 산업로봇을 집약적으로 활용하는 국가 중 하나[그림 18]
- 한편 Acemoglu and Restrepo(2017)은 1990~2007년 기간 산업로봇의 확산이 미국 지역노동시장에서 취업률과 임금에 부정적인 영향을 미쳤다는 연구결과를 보고

※ Acemoglu and Restrepo(2017)은 중국과 멕시코부터의 수입, 정형적 일자리의 감소, 오프쇼어링, 로봇을 제외한 IT 자본투입 등을 통제해도(다목적) 산업로봇의 고용과 임금에 대한 부정적 결과(1,000명당 로봇 1대 증가는 취업률 0.18~0.34%p, 임금 0.25~0.5%p 하락)를 얻었음.

- 이 결과에 대해 가설적인 반론은 다음과 같이 가능: 1) 산업로봇은 4차 산업혁명에 있어서 일부에 불과, 2) ICT 혁명의 본격적인 성장 및 고용 효과가 온전하게 드러나기 이전의 결과로 ICT 일자리 증가 등의 효과가 반영되지 않았을 가능성, 3) 제조업과 질적으로 다르고 비중도 훨씬 큰 서비스업 고용을 구분해서 분석할 필요성
- 한국도 다른 선진국과 마찬가지로 제조업보다는 서비스업의 비중이 높고, 서비스 직무의 상당수가 자동화로 전면적으로 노동력을 대체하기 쉽지 않음
- O2O, 인공지능 기반 서비스, 플랫폼 경제 등의 ICT 활용 확산은 부분적으로 노동력을 대체하기도 하지만 기존 직무를 보완하고 서비스의 생산성 향상으로 성장과 고용을 촉진하는 경우도 있을 것
- 한국 노동시장의 공급측 요인은 4차 산업혁명 사회의 일자리와 노동조건에 향후 중요한 변수가 될 가능성이 있음
- 출산율 하락에 따른 신규 노동공급 감소는 향후 일자리 감소 가능성에도 불구하고 실업률 상승과 임금 등 노동조건 악화를 억제하는

요인으로 작용할 변수

- 다른 한편, 고령화와 현재 고령층의 높은 빈곤율, 취약한 노후보장은 고령인구의 경제활동 지속 유인으로 작용하므로 노동공급 증가요인
- 고학력자의 높은 비중은 ICT의 숙련편향성과 정형편향성을 고려할 때, 주로 자동화 대체 가능성이 낮은 직종으로 노동공급이 이루어질 것으로 예상할 수 있는 요인

4. 정책적 시사점과 사회적 대화의 필요성

◆ 정책적 시사점

- 지금까지 ICT와 관련된 일자리 정책은 ICT 전문인력양성을 통한 공급, ICT 산업·융합산업 활성화를 통한 고용수요 창출이 주축
 - 이 정책 프레임은 수요와 공급의 원활한 선순환 구조에 의존
 - 정책프레임의 자기완결성은 높지만, 동시에 정책의 성과를 효과적으로 얻기 위한 여러 조건이 선결되어야 하는 어려움도 있음
 - 제도교육에 소요되는 기간과 빠른 기술변화를 고려하면, 정부가 정책적으로 특정 직무분야나 직업을 미세조정(fine-tuning)하며 양성하고 공급하기가 쉽지 않은 시점이기도 함
 - 응용가능성이 높은 기초적이고 보편적인 내용에 기반한 교육이 역으로 더 중요할 수도 있음
- 한편 4차 산업혁명의 일자리에 대한 영향에 관해서는 자연스럽지만 일자리 총량에 대한 양적 접근이 다수
 - 지금까지의 ICT의 고용에 대한 영향, 불평등에 대한 영향에 대한 선행 연구를 봤을 때, ‘노동의 질’은 4차 산업혁명 사회에서도 중요한 문제가 될 것
 - 이는 기존의 ICT 일자리 관련 정책에 더해 경제·사회 전반에 미치는 영향과 상호관계를 고려하는 종합적인 접근과 대응이 필요함을 시사
- ‘4차 산업혁명’이 일자리에 미치는 영향을 이해하고 대비함에 있어서 ‘일자리 수’와 같은 양적 지표에만 매몰되지 않는 접근이 필요
 - 4차 산업혁명에 따른 일자리 변화를 논의하기에 앞서, 한국의 고용 현실은 이미 불안정한 상태에 있음을 인지해야 함
 - Autor(2015)는 향후 고용의 ‘양’보다는 ‘질’이 문제가 될 것이며, 대체되지 않고 남은 직무의 다수가 저임금노동이 될 가능성을 지적하며 ICT와 보완적인 직무수행능력을 기르도록 대비할 필요를 제기

◆ 4차 산업혁명 시대를 대비하는 사회적 대화

- 4차 산업혁명으로 ‘일자리가 소멸’된다는 담론을 극복하고 ‘창의성’ 등을 실질적으로 제고해 대비할 수 있는 실체적인 방안이 제시될 필요
 - 4차 산업혁명 시대를 대비하기 위해 사회적으로 대중의 유의미한 변화를 유도하기 위해서는 ‘체감’할 수 있어야 함
 - 하지만 다수 대중의 노동현실이 4차 산업혁명으로 야기된다는 변화로 크게 달라지지 않는다면 실질적인 행동 변화를 유도하기도 어려움
 - 특히 자신의 현실이 ‘개선’될 수 있다는 현실적인 가능성이 제시되어야 하며, ‘공포’에 바탕을 둔 변화는 바람직하지 않다고 생각됨
- 한국의 노동현실과 현실에 대한 당사자들의 인식을 이해하고, 4차 산업혁명 사회에서 삶이 개선될 수 있는 경로가 제시되어야 함
 - 한국의 높은 비정규직 비율은 경제·사회적으로 큰 부담이 되고 있고, 불평등의 심화, 사회 양극화를 상징하는 중요한 현상임
 - 비정규직의 확산은 근로형태의 유연화 요구, 법적·제도적 변화 등의 요인이 있겠으나, 기술변화가 얼마나 배경으로 작용하고 있는지는 추가적인 연구가 필요하다고 판단됨
 - 비정규직의 규모는 전체 임금근로자의 30%를 상회하는 수준에서 지속(2016년 8월 현재 644만 명)되는 가운데 시간제 근로자의 비중이 소폭 증가 추세<표 2>
 - 국제비교의 경우, 비정규직의 정의가 상이한 어려움이 있긴 하지만 임시고용(temporary employment)과 자기고용(self-employment, 즉 자영업)의 비중이 높은 특성은 발견됨<그림 19>
 - 연령대별로는 50대 이상의 고령층의 비정규직 증가, 산업별로는 사업·개인·공공서비스 종사 비정규직 증가, 직업별로는 서비스·판매와 단순노무 종사 비정규직 증가가 특징적<표 3, 4, 5>
 - 문제는 이들 비정규직의 근로조건(평균임금, 국민연금 가입, 건강보험 가입, 고용보험가입 등)이 정규직 대비 너무 열악하다는 점<표 6>

- 사회적으로도 ‘비정규직’이라는 근로형태가 ‘사회적 계급’으로서 작동하고 있고, 비정규직이라는 지위가 향후 개인의 생애에서 경제적 지위 상승에 도움이 되지 못하는 경우가 많다는 문제도 있음
- 4차 산업혁명이 필연적으로 고용형태의 다양화·유연화, 고용창출 분야의 이동, 이에 수반하는 분배 변화를 야기하리라 예상되는 상황에서, 한국의 노동시장이 4차 산업혁명의 충격에 어떻게 반응할지 불확실
 - 이미 상당 수준으로 확대되어 있는 비정규직을 고려하면, 앞으로 유연화된 고용형태와 근로형태가 더욱 확산되리라고 예상할 때,
 - 결국 임금근로자-자영업자 성격이 혼합된 계약 확산, 프로젝트형 고용의 보편화, 법정 근로시간의 적용방식의 변화가 전망됨에 따라 산업화 시대의 기업조직, 노동규범의 변화가 요구될 것(허재준, 2017)
- 사회적 대화를 통해, 4차 산업혁명 시대의 전망과 사회경제적 영향을 공유하고 미래 사회에 맞는 ‘좋은 일자리’를 만드는 노동규범을 마련하기 위한 노력이 시작되어야 할 때임
 - 현재 한국의 비정규직 문제 등의 현안해결과 4차 산업혁명 시대의 노동규범 마련을 위해서는 노사 당사자와 정부의 사회적 대화가 필요
 - 사회적 대화라 할 때, 전제는 정보·지식의 투명성이며 이를 바탕으로 공정한 교섭(협상)이 이루어져야 하며, 이는 막연한 ‘공포’에 기인한 4차 산업혁명에 대한 부정적 인식을 완화하는 데에 기여함
 - 현재의 한국에서 ‘유연성’은 가족과 일의 양립이나 개인의 자기완성을 위한 자립적인 시간운영을 지원하는 개념으로 자리를 잡지 못하고 ‘안정성’과는 대치되는 ‘불안정성’의 상징이 된 현실에서,
 - 본래의 ‘유연성’의 취지가 4차 산업혁명 시대에 요구될 전망인데, 삶의 질을 보장할 수 있는 ‘안정성’에 대한 노동규범 뿐 아니라 분배제도에 대한 사회적 합의의 필요성이 커졌다고 생각됨
 - 노동이 “혁신적이고 효율적이며 고객지향적인 생산과 서비스의 주요 원천”(Bosch, 2017)임을 인식하고, 정부와 노사대표가 공동으로 디지털

사회에 적합한 좋은 일자리를 창출하기 위한 지속가능한 목표를 개발하고자 하는 독일의 ‘노동 4.0’의 노력을 참고할 필요

- 특히 내용적으로는 ‘인더스트리4.0’에 따라 유연화되는 노동환경에 대비하여 노동권의 후퇴가 일어나지 않도록 노동시간, 직업교육 및 계속교육을 통한 실업방지 방안 등 광범위한 범위를 다룸(BMAS Arbeiten 4.0 White Paper, 2016; 문선우, 2016)
- 독일의 ‘노동 4.0’은 정치·사회·경제 전반에 걸쳐 역사적으로 성립된 이해당사자 간 교섭주의적 제도운영, 사회적 시장경제의 특성을 반영하므로 한국과 다른 역사적 배경을 갖지만 여러 함의를 갖추고 있음

※ 문선우(2016)에 따르면, ‘노동 1.0’은 18세기 후반 산업사회 등장 속에서 노동자 조직으로서 노동조합 설립, ‘노동 2.0’은 19세기 대량생산 산업화 속에서 복지국가 기의 형성, ‘노동 3.0’은 복지와 노동자의 권리가 통합된 사회적 시장경제체제 형성과 교섭주의적 시스템의 완성으로 정리됨

〈표 2〉 근로형태별 규모 및 비중 추이(단위: 천 명)

	임금 근로자	정규직	비정규직 전체	한시적 근로	비전형 근로	시간제
2004. 8	14,149	9,542 (67.4)	4,606 (32.6)	3,013 (21.3)	1,678 (11.9)	929 (6.6)
2009. 8	14,584	10,725 (65.1)	5,754 (34.9)	3,507 (21.3)	2,283 (13.9)	1,426 (8.7)
2014. 8	18,776	12,699 (67.6)	6,077 (32.4)	3,508 (18.7)	2,112 (11.2)	2,032 (10.8)
2015. 8	19,312	13,041 (67.5)	6,271 (32.5)	3,683 (18.8)	2,206 (11.4)	2,236 (11.6)
2016. 8	19,627	13,183 (67.2)	6,444 (32.8)	3,657 (18.6)	2,220 (11.3)	2,483 (12.6)

주: 1) 괄호는 임금근로자 중 비중

2) 비정규직 전체는 한시적+비전형+시간제의 합이 아니며, 비정규직 전체 수는 한시적 근로이면서 비전형근로에 해당되는 중복을 제거한 합계임.

자료: 노동연구원 ‘2016 KLI 비정규직 노동통계’(통계청, 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사의 재인용)

〈표 3〉 비정규직 구성비율(연령별)

연령별	2004. 8		2015. 8		2016. 8	
	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)
계	5,394	100.0	6,271	100.0	6,444	100.0
(연령) 15~19세	144	2.7	191	3.0	194	3.0
(연령) 20~29세	1,282	23.8	1,118	17.8	1,129	17.5
(연령) 30~39세	1,429	26.5	1,019	16.2	994	15.4
(연령) 40~49세	1,284	23.8	1,278	20.4	1,277	19.8
(연령) 50~59세	743	13.8	1,349	21.5	1,382	21.5
(연령) 60세이상	512	9.5	1,317	21.0	1,468	22.8

주: 비정규직 전체는 한시적+비전형+시간제의 합이 아니며, 비정규직 전체 수는 한시적 근로이면서 비전형근로에 해당되는 중복을 제거한 합계임.

자료: 노동연구원 '2016 KLI 비정규직 노동통계'(통계청, 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사의 재인용)

〈표 4〉 비정규직 구성비율(산업별)

산업별	2004. 8		2015. 8		2016. 8	
	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)
계	5,394	100.0	6,271	100.0	6,444	100.0
A 농업, 임업 및 어업	108	2.0	88	1.4	79	1.2
광·제조업 (B, C)	818	15.2	550	8.8	553	8.6
C 제조업	816	15.1	547	8.7	548	8.5
사회간접자본 및 기타서비스업 (D~U)	4,468	82.8	5,633	89.8	5,813	90.2

산업별	2004. 8		2015. 8		2016. 8	
	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)
F 건설업	822	15.2	726	11.6	759	11.8
도소매·음식 숙박업(G, I)	1,108	20.5	1,239	19.8	1,280	19.9
사업·개인· 공공서비스 및 기타(E, L~U)	1,875	34.8	3,080	49.1	3,156	49.0
전기·운수· 통신·금융업 (D, H, J, K)	662	12.3	590	9.4	619	9.6

주: 비정규직 전체는 한시적+비전형+시간제의 합이 아니며, 비정규직 전체 수는 한시적 근로이면서 비전형근로에 해당되는 중복을 제거한 합계임.

자료: 노동연구원 '2016 KLI 비정규직 노동통계'(통계청, 경제활동인구조사 근로 형태별 부가조사의 재인용)

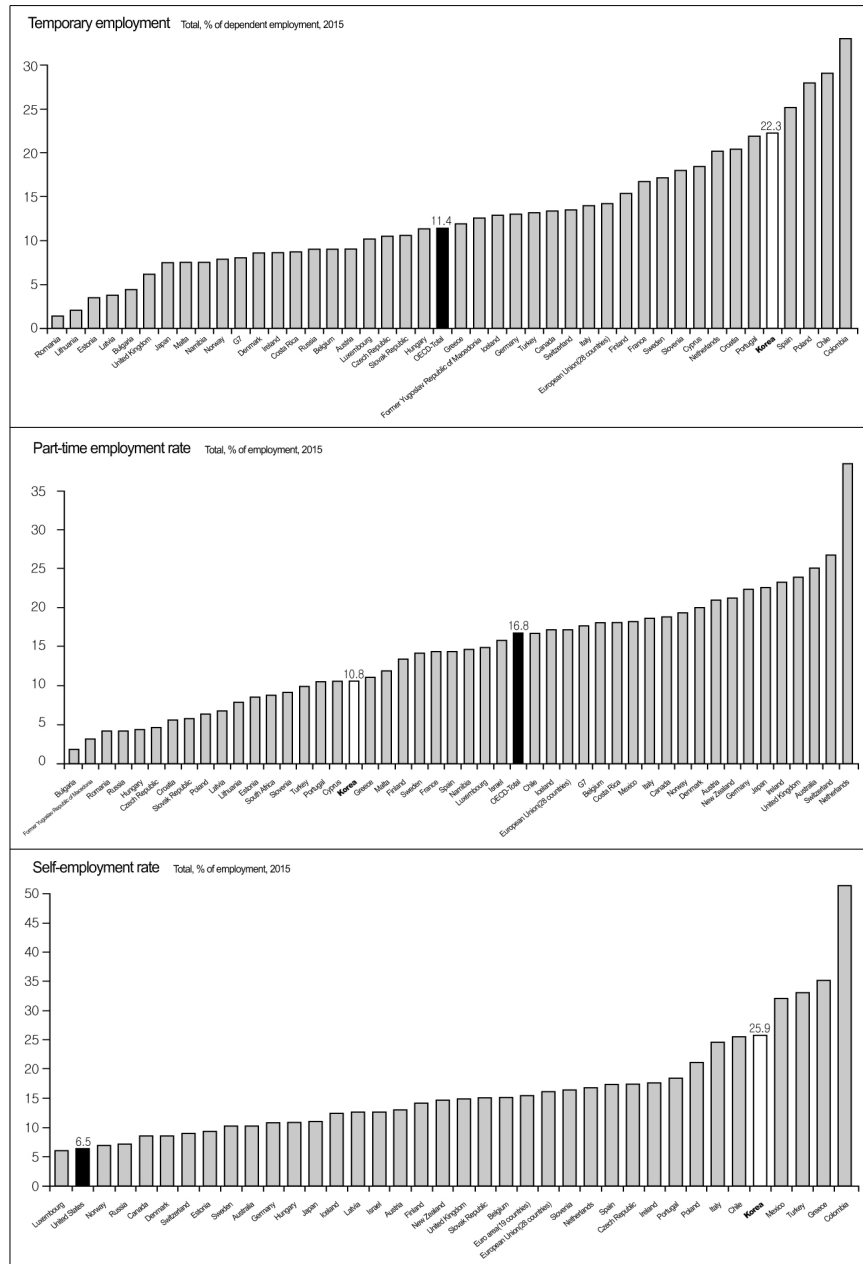
〈표 5〉 비정규직 구성비율(직업별)

직업별	2004. 8		2015. 8		2016. 8	
	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)	규모(천명)	비중(%)
계	5,394	100.0	6,271	100.0	6,444	100.0
전문·기술·행정 관리자	842	15.6	1,105	17.6	1,101	17.1
사무 종사자	713	13.2	651	10.4	680	10.5
서비스·판매 종사자	1,183	21.9	1,487	23.7	1,556	24.1
농림어업 숙련종사자	36	0.7	25	0.4	21	0.3
기능·기계조작· 조립·단순노무 종사자	1,161	21.5	1,049	16.7	1,065	16.5
단순노무 종사자	1,459	27.0	1,955	31.2	2,022	31.4

주: 비정규직 전체는 한시적+비전형+시간제의 합이 아니며, 비정규직 전체 수는 한시적 근로이면서 비전형근로에 해당되는 중복을 제거한 합계임.

자료: 노동연구원 '2016 KLI 비정규직 노동통계'(통계청, 경제활동인구조사 근로 형태별 부가조사의 재인용)

[그림 19] OECD 임시고용, 파트타임, 자기고용 비중 비교



주: 가장 짙은 막대는 OECD 평균, 다음으로 짙은 막대가 한국

자료: OECD statistics

〈표 6〉 근로형태별 근로조건 비교

		평균 근속기간 (개월)	평균 취업시간	월평균 임금(만원)	국민연금 가입률(%)	건강보험 가입률(%)	고용보험 가입률(%)
임금 근로자	2012. 8	64	39.2	210.4	66.5	69.9	66.2
	2013. 8	67	38.2	218.1	67.6	71.3	67.7
	2014. 8	67	38.1	223.1	67.9	71.4	68.8
	2015. 8	68	39.0	229.7	67.4	71.5	68.6
	2016. 8	69	38.1	236.8	67.6	72.6	69.6
정규직	2012. 8	82	41.4	246.0	80.3	82.2	78.9
	2013. 8	85	40.2	254.6	81.2	83.5	80.6
	2014. 8	85	40.1	260.4	82.1	84.1	82.0
	2015. 8	87	41.3	269.6	82.0	84.8	82.4
	2016. 8	89	40.5	279.5	82.9	86.2	84.1
비정규직	2012. 8	28	34.8	139.3	39.0	45.4	43.3
	2013. 8	30	34.1	142.8	39.2	46.2	43.6
	2014. 8	30	33.8	145.3	38.4	44.7	43.8
	2015. 8	28	34.2	146.7	36.9	43.8	42.5
	2016. 8	29	33.2	149.4	36.3	44.8	42.8

자료: 통계청 경제활동인구조사(kosis.kr)

참 고 문 헌

[국내문헌]

- 김세움 (2015), 『기술진보에 따른 노동시장 변화와 대응』, 한국노동연구원 정책연구 2015-06.
- 박가열·천영민·홍성민·손양수 (2016), 『기술변화에 따른 일자리 영향 연구』, 한국고용정보원 기본연구 2016. 30.
- 문선우 (2016), “독일의 인더스트리 4.0과 노동 4.0”, 『국제노동브리프』 2016년 9월호, pp.43~53.
- 안균원·허정 (2015), “한국의 숙련노동의 상대수요는 언제 증가하였는가?”, 『통계연구』, 20권 3호, pp.13~33.
- 허재준 (2017), “4차 산업혁명이 일자리에 미치는 변화와 대응”, 『국제노동브리프』, 2017년 3월호, pp.62~71.
- Gerhard Bosch, “독일의 인더스트리 4.0과 노동 4.0에 관한 논의”, 『국제노동브리프』 2017년 3월호, pp.22~33.

[해외문헌]

- Daron Acemoglu and Pascual Restrepo (2017). “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets”, NBER Working paper No. 23285.
- Amy Bernstein and Anand Raman (2015). “The Great Decoupling: An Interview with Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee”, Harvard Business Review, June 2015
(Link: <https://hbr.org/2015/06/the-great-decoupling>).
- Melanie Arntz, Terry Gregory and Ulrich Zierahn (2016). “The risk of automation for jobs in OECD countries”, OECD Social, Employment and Migration Working Papers.
- Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee (2013). “The Great Decoupling”, New Perspectives Quarterly, 30(1), pp.61~63.

- David Autor (2014). “Skill, education, and the rise of earnings inequality among the other 99 percent”, *Science*, 344(6186), pp.843~851.
- _____ (2015). “Why are there still so many jobs? The past and future of workplace automation”, *Journal of Economic Perspective*, 29(3), pp.3~30.
- _____ (2015). “Why are there still so many jobs? The past and future of workplace automation”, Singapore Civil Service College presentation.
- International Federation of Robotics (2016). World Robotics Report 2016 press release(Link: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2016>)
- International Labour Organization and Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). “The Labour Share in G20 Economies”, Report for G20 Employment Working Group.
- Federal Ministry of Labour and Social Affairs (2017). White Paper-Work 4.0.
- Carl B. Frey and Michael Osborne (2013). “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, Oxford Martin School Working paper.
- _____ (2015). “Technology at Work: The future of innovation and employment”, Citi GPS: Global Perspectives and Solutions.
- _____ (2016). “Technology at Work v2.0: The future is not what it used to be”, Citi GPS: Global Perspectives and Solutions.
- _____ (2017). “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, 114, pp.254~280.
- Frank Levy and Richard Murnane (2013). “Dancing with Robots: Human Skills for Computerized Work”(Link: <http://www.thirdway.org/>)

report/dancing-with-robots-human-skills-for-computerized-work)

David Rotman (2014). “Technology and inequality”, MIT Technology Review, October 21(Link: <https://www.technologyreview.com/s/531726/technology-and-inequality/>).

William D. Nordhaus, “Two Centuries of Productivity Growth in Computing”, The Journal of Economic History, 67(1), pp.128~159.

World Bank (2016). World Development Report 2016: Digital Dividends.

[웹페이지]

<http://www.ilo.org/ilostat/>

<http://kosis.kr>

<http://timkastelle.org/blog/2012/04/three-hidden-factors-that-make-innovation-diffusion-hard/>

<http://www.oecd.org/std/productivity-stats/>

<http://www.oecd.org/employment/ministerial/future-of-work-in-figures.htm>