

한국환경정책평가연구원 포럼

(친환경적 데이터 응용기술 활용방안 연구)

두 개의 4차 산업혁명과 한국의 선택

2019. 10. 02

김석관 선임연구위원
(kskwan@stepi.re.kr)

4차 산업혁명의 맹아들

최근 혁신적 제품, 서비스, 비즈니스 모델이 증가 ☞ 새로운 산업혁명이 올 수 있다는 전망



인공지능(딥러닝)

- 2016.3월 인간고수와의 바둑대결 4:1 승리
- 인간 지적능력을 보조해 의사결정 효율화
- 주요 업종에서 인간 대체, 장기적으로 인간 지배 우려



산업인터넷

- GE, 2015년 센서와 데이터분석으로 산업용장비를 최적화하는 Predix 시스템 도입
- 장비 성능 최적화로 효율성 제고, 에너지 절감(항공기의 실시간 경로 최적화로 매년 연료 2조원 절감 가능)



자율주행차

- 구글, 2017.4월 250만 마일 시험주행(400년 운전경력에 해당)
- 운전자 과실로 인한 교통사고 감소, 차량 운용 효율화로 배기 가스 감소
- 사고 관련 윤리적 문제, 책임 문제 우려



스마트 공장

- 아디다스, 2015년 독일에 스피드 팩토리 설립: 1컬레 제작시간 3주 → 5시간 목표
- 제조 생산성 제고, 선진국의 리쇼어링 확대



인공지능 의사

- IBM 왓슨, 수백 건의 저널, 수만 건의 치료사례 학습 후 실제 병원에서 진단
- 질병 진단의 속도 및 정확도 제고 기대
- 의료사고 책임 소재 불분명, 기존 의료체계와의 갈등 우려



로보어드바이저

- 인간 개입을 최소화하여 온라인에서 재무상담 제공(robo advisor)
- 미국 로보어드바이저 운용자산 규모: 2014.4월 115억 달러 → 2016년 3천억 달러



공유경제

- 전 세계 581개 도시에서 서비스 제공, GM, 포드 등의 시가총액 추월
- 차량 운용 효율화, 서비스 품질 제고
- 기존 사업자(택시)와의 갈등



디지털 비서

- 애플 시리, 구글 나우, 아마존 알렉사 등
- 음성만으로 기기 조작, 고령자, 장애인의 사회활동 보조 기대
- 인식 오류로 기기 오작동, 개인 사생활 노출 우려



무인 매장

- 아마존, 2016.12월 매장직원과 결제라인 없는 '아마존 go' 시범 운영(미국 시애틀)
- 소비자 편의성 증대, 유통의 효율화 기대
- 고용 감소 우려



로봇요리사·웨이터

- 미소로보틱스, 2017.3월 햄버거 조리 로봇 플리피 매장 도입(미국 캘리포니아)
- 중국 저장성 레스토랑, 2015년 로봇 웨이터 도입



스마트 팜(농업)

- Climate(몬산토 인수)는 '필드뷰' 시스템을 통해 과거 수십 년간 기후, 토양·작물 상태, 예상 수확일자·수확량 등의 정보를 제공해 단위면적당 수익 증가
- 경험기반농업 → 데이터기반농업



스마트 시티

- 구글 자회사 Sidewalk Labs는 미국 교통부와 함께 교통데이터 플랫폼 'Flow' 를 개발
- 세계 스마트 시티 시장은 2020년까지 1조 달러에 이를 전망



4차 산업혁명론의 기원과 확산

독일 Industrie 4.0

- 2011년 시작, 4차 산업혁명 논의의 기원
- ICT를 활용한 독일 제조업 업그레이드 운동
- CPS*를 통한 자동화, 최적화, 맞춤화, 리쇼어링

AI, 로봇, 일자리 소멸에 대한 논의

- 프레이 & 오스본(2013): 고위험군 직종 47%
- 브린올프슨 & 맥아피(2014) <제2의 기계시대>
- 마틴 포드(2015) <로봇의 부상>

WEF 슈밥의 4차 산업혁명론(2016.1)

- 독일의 '제조업 4.0'을 전 산업부문에 적용해서 '4차 산업혁명' 개념으로 확장
- 26개 유망 기술/제품/분야를 동인으로 제시하고, 현재의 모든 변화를 혁명의 사례로 제시
- 속도, 범위와 깊이, 시스템 충격을 4차 산업혁명이 진행되고 있는 근거로 제시

알파고
충격
(2016.3)

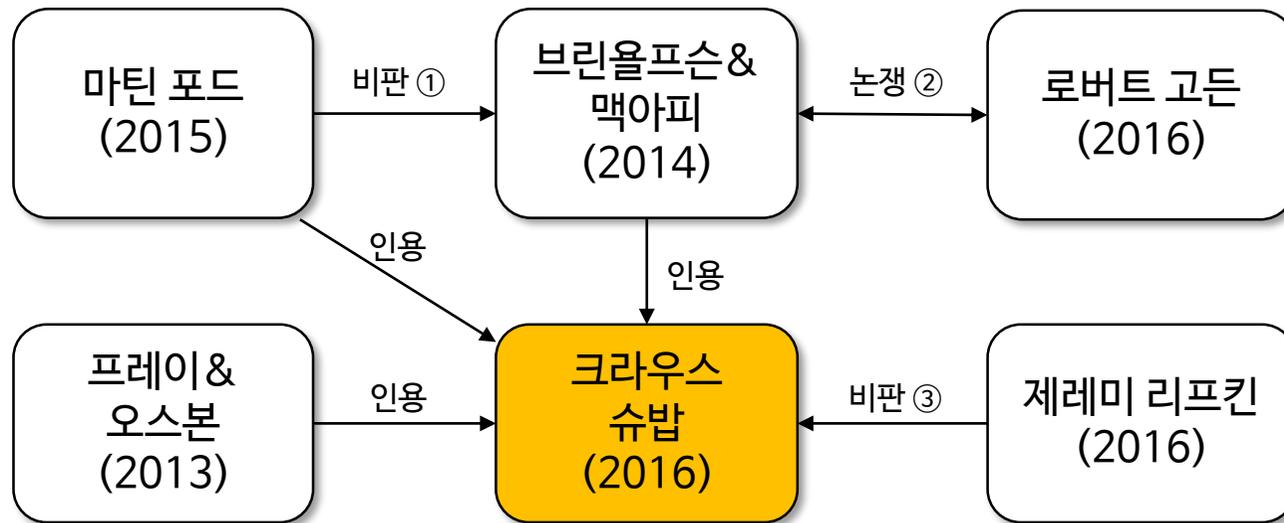
'4차 산업혁명'
용어의 확산

반론

- 리프킨: 3차 산업혁명의 연장일 뿐(기술적 연속성)
- 고든: 생산성의 뚜렷한 변화 없고, ICT로는 2차 산업혁명기 위대한 발명들을 능가하는 임팩트 어렵다

* CPS: Cyber-Physical System

☼ [참고] 4차 산업혁명 관련 주요 저자의 논의 지형도



주: 각 저자의 저작 연도는 원문 발간 연도를 기준으로 함.

비판 ①	브린올프슨&맥아피가 AI와 인간의 협업 가능성을 열어둔 것에 대해 포드는 그럴 가능성이 낮다고 비판
논쟁 ②	<ul style="list-style-type: none"> ▪정보기술로 인해 큰 폭의 생산성 향상이 있느냐에 대한 논쟁 -브린올프슨&맥아피는 생산성 향상이 지표로 확인되기 까지는 시간이 필요하고 지표로 나타나지 않는 소비자 잉여도 많다고 주장한 반면, 고든은 2차 산업혁명에 비견되는 생산성 향상은 없다고 주장
비판 ③	슈밥이 제시한 4차 산업혁명의 판별 기준이 잘못 되었고, 지금은 3차 산업혁명이 진행 중이라고 비판
인용	슈밥은 브린올프슨&맥아피, 포드, 프레이&오스본의 저작을 인용해서 자신의 4차 산업혁명론을 전개



[참고] 4차 산업혁명 관련 논의의 주요 쟁점

저자	기본 주장과 산업혁명에 대한 입장	일자리 전망과 대안	용어 및 시기 구분 (3차 vs. 4차)
브린올프슨 & 맥아피 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> 1970년대 시작된 디지털화는 기하급수적으로 발전하는 디지털 기술의 특성으로 인해 최근 큰 변화가 발생하는 '변곡점'에 도달 생산성 향상을 지지하면서도 그것이 본격화되기까지 시간이 필요하고, 인터넷 시대에는 지표로 확인되지 않는 소비자 잉여도 많다는 입장 AI로 인한 노동대체, 일자리 양극화, 소득 격차 심화 전망 	<ul style="list-style-type: none"> 조심스런 비관: AI와 인간의 협업 가능성을 열어 놓았으나, AI와 인간의 경계선을 예단할 수는 없고, 인간은 변화에 대한 적응력을 높이는 것이 필요 일자리 감소에 대비해서 기본소득을 검토할 것을 권고하지만, 인간에게 노동은 소득 수단 이상의 의미를 지니므로, 역소득세와 같이 노동을 전제로 하는 대안 선호 	<ul style="list-style-type: none"> 제1의 기계시대(1,2차 산업혁명)와 제2의 기계시대 1970년대 시작된 제2의 기계시대(디지털 기술의 기하급수적 발전)로 2006년 이후 '변곡점', '체스판의 후반부'가 시작 '3차', '4차' 용어는 사용하지 않으나, 내용적으로는 3차 산업혁명의 지속을 전제. 그러면서도 최근의 변화 속도가 빨라진 점도 지적
포드 (2015)	<ul style="list-style-type: none"> AI, 로봇, 자동화로 인한 대규모 실직 위협에 초점 '이번엔 다르다', 화이트칼라도 실직 위협에 처함 생산성 향상과 임금 상승 사이의 정의 관계 파괴, 노동소득 축소, 불평등 심화 	<ul style="list-style-type: none"> 매우 비관적: AI와 인간의 협업 가능성도 낮음 대량 실업으로 인한 수요 실종 문제를 해결하기 위해 기본소득 도입을 권고하면서, 부작용을 최소화하기 위한 인센티브 구조 설계를 중시 	<ul style="list-style-type: none"> 시기, 연대, 차수 구분에 무관심
슈밥 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 혁명을 기반으로 디지털, 물리학, 생물학이 융합하는 4차 산업혁명 진행 중 경제, 기업, 국가, 사회, 개인에게 큰 영향을 미칠 것 	<ul style="list-style-type: none"> 자동화로 인한 일자리 축소, 노동시장 양극화, 리소 어링으로 인한 개도국 피해, 승자독식 사회를 전망 특별한 대안 제시 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 21세기의 시작과 함께 4차 산업혁명이 시작 3차와 다른 새로운 산업혁명의 판별 기준으로 속도, 범위, 시스템 충격을 제시
리프킨 (1995) (2011) (2014) (2016)	<ul style="list-style-type: none"> 산업 인프라의 3대 요소(에너지, 통신, 교통)가 변하는 3차 산업혁명이 진행 중 재생에너지와 인터넷의 결합으로 분산 에너지 시스템이 발달하고, 사회도 분권화 한계비용 제로 사회가 도래해서 시장경제와 임금 노동이 축소되고 협력적 공유 사회가 도래할 것 	<ul style="list-style-type: none"> 극단적 비관: 소득을 위해 일하는 시장 노동의 종말 현재의 직업 노동이 소멸하면서 그 대안으로 시민 사회, 공유경제 등 비시장 노동이 중요하게 부상할 것 각자 생산해낸 풍부한 자원을 공유하는 협력적 공유 사회가 도래할 것 	<ul style="list-style-type: none"> (1995) 2차 대전 이후 정보화를 통한 3차 산업혁명 시작, (2011) 재생에너지와 인터넷이 결합된 3차 산업혁명 도래 새로운 산업혁명을 위해서는 에너지-통신-교통 시스템의 변화가 필요(2014, 2016) 지금은 3차가 진행 중이고, 4차 산업혁명이 시작되었다는 슈밥의 주장은 잘못됨
고든 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> 2차 산업혁명기의 발명은 전례 없는 성취이며, 1970년까지 큰 생산성 증가가 나타남 1970년대 이후 정보화로 인한 생산성 증가는 미미하며, 혁신의 수확체감이 나타남 	<ul style="list-style-type: none"> 일자리 감소의 증거는 없으며, 로봇과 AI로 인한 실업 사태도 없을 것 노동자 소득의 하락, 중간층 실업 증가, 불평등의 심화는 지속되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> '2차 산업혁명'과 '3차 산업혁명' 용어를 사용하지만, '2차'의 독특성을 강조 4차 산업혁명은 3차 산업혁명의 연속에 불과(국내 신문과의 인터뷰)

주: 각 저자의 저작 연도는 영어 원문 발간 연도 기준

WEF 클라우드 슈밥: 4차 산업혁명의 도래를 선언

선언

- 디지털 혁명을 기반으로 한 제4차 산업혁명은 21세기의 시작과 동시에 출현했다. 유비쿼터스 모바일 인터넷, 더 저렴하면서 작고 강력해진 센서, 인공지능과 기계학습이 제4차 산업혁명의 특징이다. (슈밥, 2016: 25)
- 유전자 염기서열분석에서 나노기술, 재생가능에너지에서 퀀텀 컴퓨팅까지 다양한 분야에서 거대한 약진이 동시다발적으로 일어나고 있다. 이 모든 기술이 융합하여 물리적 영역, 디지털 영역, 생물 영역이 상호교류하는 제4차 산업혁명은 종전의 그 어떤 혁명보다도 근본적으로 궤를 달리한다. (슈밥, 2016: 26)

근거

- 제3차 산업혁명과 현저히 구별되는 제4차 산업혁명이 현재 진행 중이라는 사실을 뒷받침할 만한 세 가지 근거가 있다. (슈밥, 2016: 12-13)
 - 속도: 제1~3차 산업혁명과 달리, 제4차 산업혁명은 선형적 속도가 아닌 기하급수적 속도로 전개 중이다.
 - 범위와 깊이: 제4차 산업혁명은 디지털 혁명을 기반으로 다양한 과학기술을 융합해 개인뿐 아니라 경제, 기업, 사회를 유례없는 패러다임 전환으로 유도한다.
 - 시스템 충격: 제4차 산업혁명은 국가 간, 기업 간, 산업 간 그리고 사회 전체 시스템의 변화를 수반한다

비판: 지금은 3차가 진행 중이고, 4차는 Buzzword 일뿐!

로버트 고든
(2017.7.26,
중앙일보)

“소위 4차 산업혁명은 3차 산업혁명의 연속에 불과하다. 4차 산업혁명의 양대 요소로 지목되는 것은 로봇과 인공지능(AI)이다. 산업 로봇은 1961년에 등장했다. AI도 오래전에 자리 잡았다. 우리는 컴퓨터로 호텔 방을 예약한다. 컴퓨터가 인간 여행사 직원을 대체한 것은 10~20년 전이다. 우리가 이미 경험한 것이 계속되고 있을 뿐 4차 산업혁명이라는 이름에 걸맞은 변화는 없다.”

제레미 리프킨
(2017.9.12,
중앙일보)

“최근 3차 산업혁명이 폭발적인 속도로 진행된 건 맞지만 여전히 3차 산업혁명의 시대다. 이 단어를 처음 소개한 클라우스 슈밥 세계경제포럼(WEF) 의장은 마케팅 목적에서 이런 단어를 썼고, 우리 모두를 혼란스럽게 했다. 한국 정부나 기업에 어떤 표현을 쓰라고 강제할 순 없다. 하지만 3분의 시간을 줄 테니 4차 산업혁명이 뭔지 설명해보라는 말을 하고 싶다. 누구도 답할 수 없을 거다.”

리프킨: 속도가 아니라 Defining Technology의 변화가 중요하다.

리프킨(2016)의
대안적 설명

3대 규정 기술	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명
통신	증기기관을 이용한 인쇄술과 전신	중앙집중화된 전기, 전화, 라디오, TV	인터넷
에너지원	석탄	석유	재생가능 에너지 인터넷 (스마트 그리드)
운송 수단	국가 철도 시스템	내연기관 자동차와 국가 도로 시스템	무인자동차 및 물류 인터넷



4차 산업혁명 논의가 지닌 난점

다양하고 복잡한 현상

- 스마트 공장, 자율주행차, 스마트 에너지, O2O, 디지털 헬스케어, 핀테크 등 제조업과 서비스업 전반에서 변화 발생
 - 관련된 기술도 다양(AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드컴퓨팅 등)
 - 복잡한 현상을 관통하는 본질을 찾기 어렵고, 논자마다 제각각의 성격 규정
 - 'ICT와 제조업의 융합을 통한 차세대 생산체제', '가상-현실 시스템(Cyber-Physical System)', '디지털을 기반으로 하는 물리적-디지털-생물학적 영역의 융합', '초지능·초연결 지능정보사회', 'ICBMA' 등
- ⇒ 1~3차 산업혁명을 몇 가지 동인으로 설명한 것에 비해 명료하지 않음

주창자인 슈밥(2016)의 빈약한 논거

- 주장이 지니는 무게에 비해 논거가 빈약
 - 핵심 기술 동인을 특정하지 못함: 26가지 기술, 제품, 분야를 언급 ⇒ '현재의 유망한 모든 기술이 모여서 경제와 사회의 모든 부문에 큰 영향을 미칠 것'이라는 막연한 주장
 - 변화의 속도, 범위, 시스템 충격을 산업혁명의 기준으로 제시: 임의적 기준, 변화의 외양에만 초점을 맞춰서 변화의 본질이 무엇인지 설명하지 못함 ⇒ 알맹이 없는 순환논리에 빠짐(지금 4차 혁명이 도래 → 4차 혁명이 무엇? → 지금 벌어지는 거!)

☞ '현상과 설명 사이의 간극': 현상은 있는데 설명이 잘 안 된다

'이론과 실천 사이의 간극': 정책적 실천은 빠르게 진행되는데 이론은 미비

슈범의 가장 큰 한계: 핵심 기술 동인을 특정하지 않음

무엇이 추동하는 혁명인지 알 수 없어서, 4차 산업혁명의 정체가 모호해짐

슈범의 책(2016)에서 언급된 4차 산업혁명의 기술 동인들

구분	번호	기술, 제품, 분야	한글판 쪽수	구분	번호	기술, 제품, 분야	한글판 쪽수
물리적 기술	1	무인운송수단(자율주행차, 드론)	10, 37, 214	디지털 기술	15	사물인터넷, 센서	10, 25, 41, 198
	2	3D 프린팅	10, 38, 234		16	블록체인과 비트코인	42, 226, 232
	3	로봇공학	10, 38, 223		17	온디멘드 공유경제	43, 228
	4	신소재(그래핀 등), 재료공학	10, 39		18	모바일 기기, 모바일 인터넷, 체 내 삽입형 모바일폰, 유비쿼터스 컴퓨팅, 스마트폰	10, 25, 172, 18 6, 190
	5	나노기술	10, 26		19	인공지능과 기계학습	10, 25, 217
	6	재생가능 에너지	26		20	퀀텀 컴퓨팅	10, 26
	7	에너지 저장기술	10		21	디지털 정체성(SNS 등)	176
바이오 기술	8	유전자 편집	45, 244		22	시각 인터페이스(구글 글래스)	180
	9	유전자 시퀀싱	26, 45		23	클라우드 컴퓨팅	195
	10	합성생물학	45		24	커넥티드 홈	203
	11	정밀의료	45		25	스마트 도시	207
	12	웨어러블 기기, 웨어러블 인터넷	48, 183		26	빅 데이터	210
	13	신경과학	48, 247				
	14	생명공학	10				

☞ '현재 유망한 모든 기술이 모여서 사회의 모든 부문에 큰 영향을 미칠 것'이라는 막연한 주장

4차 산업혁명의 기술 동인 재정의

- 최근의 맹아들로부터 4차 산업혁명의 기술 동인을 추출해보면
- 4차 산업혁명을 추동하는 핵심적인 기술 동인은 3개의 층위로 정의 가능

층위	미시-요소기술	중간-시스템	거시-트렌드
명칭	5대 핵심기술	데이터 기반 가치창출 시스템	디지털 전환의 심화 (Deepening of Digital Transformation)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사물인터넷 ▪ 클라우드 컴퓨팅 ▪ 빅데이터 분석 ▪ 인공지능 ▪ 로봇 	데이터를 매개로 가상세계와 현실세계를 결합하여 공정, 제품, 서비스, 비즈니스 모델 등을 혁신하고 새로운 가치를 창출하는 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 디지털 전환: 산업과 사회의 각 부문이 디지털화되고 ICT 기술이 적용되어, 생산성을 높이고, 새로운 비즈니스를 창출하며, 소비자 편익을 증진시키는 현상 ▪ 4차 산업혁명은 1970년대부터 시작된 디지털 전환이 5대 핵심기술의 발전으로 더 심화되는 것

4차 산업혁명의 기술 동인: ① 5대 핵심기술

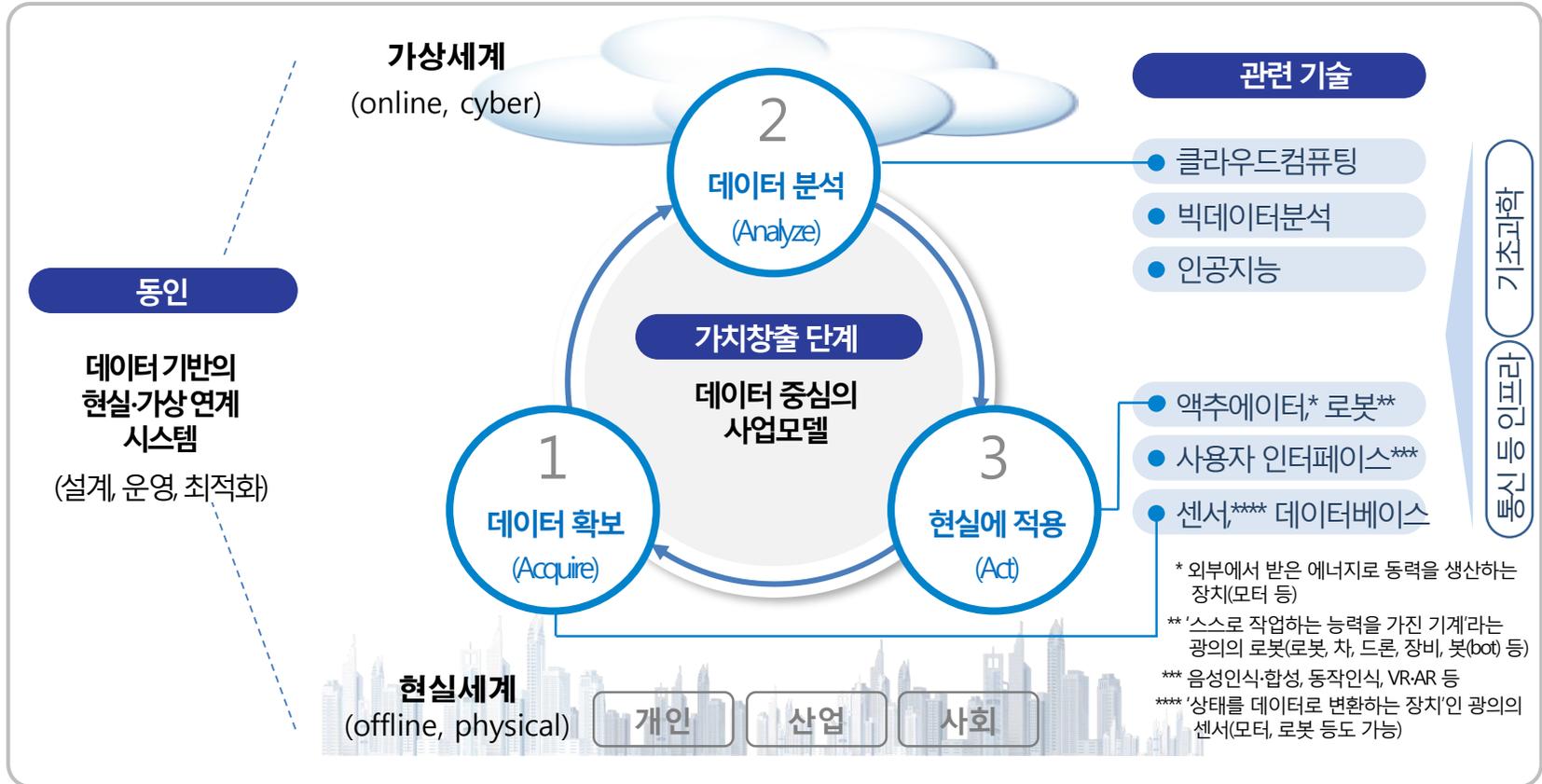
- 최근의 변화를 이끄는 기술들을 핵심기술, 주변기술, 적용분야 기술로 구분 가능
- 서로 연계되어 범용기술(General Purpose Technology) 역할을 하는 것은 5대 핵심기술

구분	5대 핵심기술	주변기술	적용분야 기술
특징	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5대 기술이 상호 연결 ▪ 광범위하게 활용 ⇒ 범용기술의 역할 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 적용범위가 한정 ▪ 기술적 가능성 불확실 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Driver가 아니고 Destination ▪ 그 분야 밖에서 적용되기 어려움
내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사물인터넷 ▪ 클라우드 컴퓨팅 ▪ 빅데이터 분석 ▪ 인공지능 ▪ 로봇 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가상/증강현실 ▪ 드론 ▪ 블록체인 ▪ 3D 프린팅 ▪ 나노/신소재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유전자 분석 ▪ 유전자 편집 ▪ 줄기세포, 재생의료 ▪ 신경과학 ▪ 신재생에너지

* 블록체인 기술이 그 가능성을 실현하고 범용성도 확인되면 6대 핵심기술로 추가될 수 있을 것

4차 산업혁명의 기술 동인: ② 데이터 기반 가치창출 시스템

5대 핵심기술은 데이터를 매개로 가상세계와 현실세계가 결합되는 가치창출 시스템을 구성



자료: 최병삼 외(2017), 제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제, STEPI Insight 215호.

현실세계에서 데이터를 확보하고 가상세계에서 이를 분석한 뒤 다시 현실세계에 적용하는 연속적 과정을 통해 다양한 혁신을 창출하는 것이 4차 산업혁명의 전형적 과정

4차 산업혁명의 기술 동인: ③ 디지털 전환의 심화

4차 산업혁명을 1970년대부터 시작된 ‘디지털 전환’의 ‘심화’로 이해하려는 이유

기술적 연속성

- 5대 핵심기술은 모두 그 기원이 1950~70년대로 거슬러 올라가고 3차 산업혁명 시기의 디지털 기술과 불연속점을 찾기 어려움
- 현재 일어나는 현상들이 ‘3차적 현상’과 ‘4차적 현상’이 섞여 있는 경우가 많아서 이를 디지털 전환의 큰 흐름에서 함께 고려하는 것이 전략 수립에 유리
(예) 인터넷은행(카뱅), 송금서비스(토스)는 단순 온라인화/모바일화라고 뺄 것인가?

설명의 포괄성과 일관성

- 이질적으로 보이는 최근의 다양한 현상들을 ‘해당 분야와 ICT의 접목’ 관점에서 모두 포괄할 수 있음
(예) 스마트 팩토리, 공유경제, 핀테크, 자율주행차를 동일한 틀로 설명 가능
- ‘디지털화’의 함의에 근거해서 최근의 변화가 지니는 의미에 대해 일관된 설명이 가능

전략 수립의 용이성

- 4차 산업혁명은 전 분야에 걸쳐 일어나서 현상이 복잡하고 다양 ➡ 전략 수립이 어려움
- 디지털 전환의 관점으로 보면 전체 부문과 현상을 관통하는 하나의 전략적 질문으로 환원 가능: “**디지털 전환을 어떻게 빠르고 효과적으로 이룰 것인가?**”

4차 산업혁명의 기술 동인: 디지털 전환의 의미

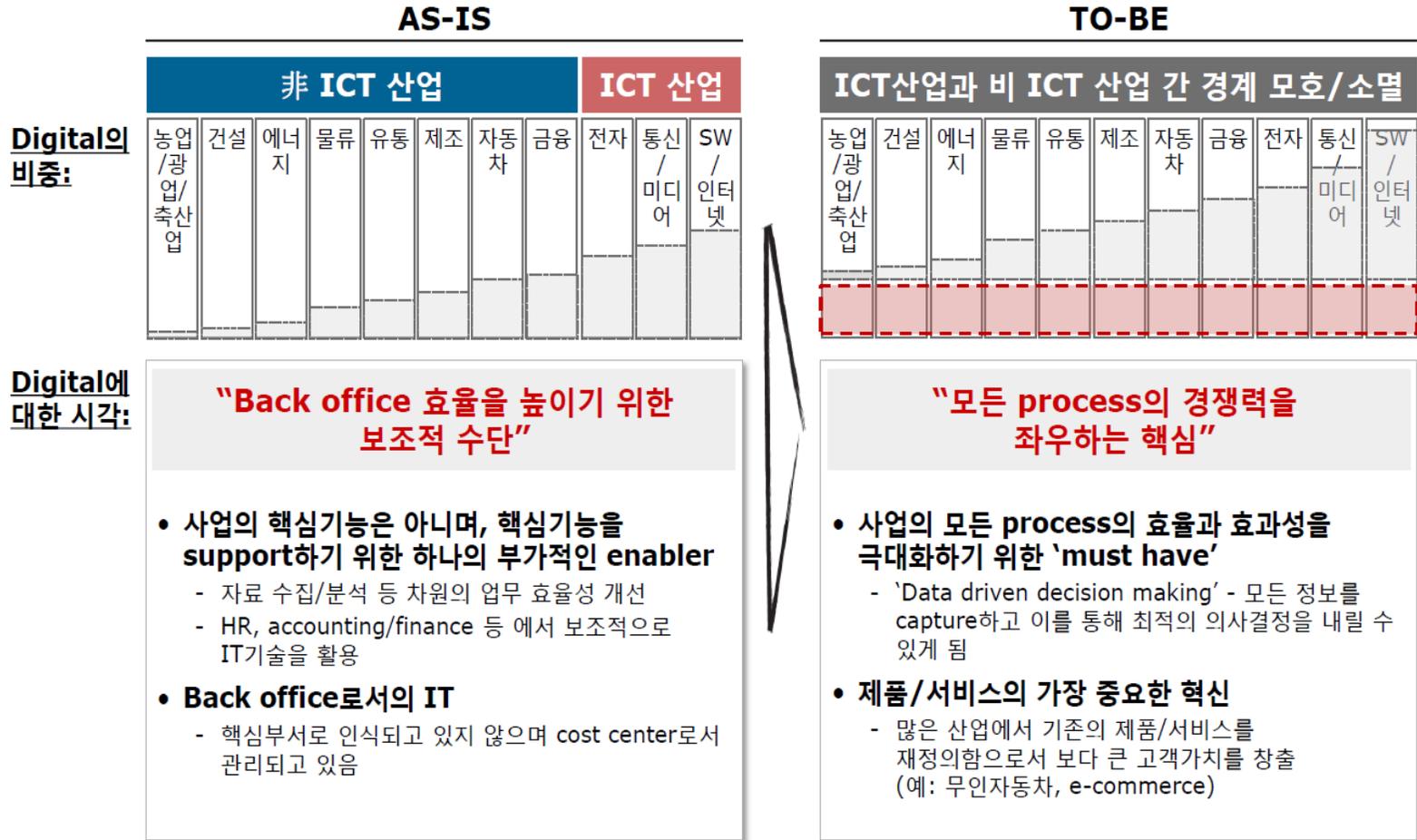
- 디지털 전환의 심화란 HW, SW, NW 기술의 발달로 다음 두 가지가 가능해지는 것
 - ① 이전에는 디지털화가 어려웠던 분야까지 디지털화: (예) 자율주행차 개발에는 방대한 규모의 시각 데이터 처리가 필요한데, 최근의 컴퓨팅 기술이 이것을 가능하게 함
 - ② 데이터가 축적되어 있었으나 활용이 어려웠던 분야의 변화: (예) 바둑 기보는 온라인에 누적되어 있었지만, 이를 활용하는 딥러닝과 GPU 기술이 최근에 발전하면서 알파고 등장
- 디지털 전환의 의미: 어떤 분야가 ‘디지털화’ 된다는 것은 디지털 기술이 지닌 독특한 특징에 직/간접적인 영향을 받고, ‘현실세계’와 다른 ‘가상세계’의 법칙에 지배 받게 된다는 것

디지털 기술의 특징	내용
기하급수적 발전	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 컴퓨터의 처리 속도, 저장 용량, 에너지 효율, 비용 효율성 등이 일정 기간마다 두 배씩 성장(무어의 법칙), 점진적으로 발전하는 제조업과 다른 모습 ▪ 기하급수적 발전으로 인해, 불연속적 기술 변화 없이 누적적 변화만으로도 어느 순간 불연속적 변화를 촉발할 가능성 존재(티핑 포인트)
비경쟁적 사용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 동일한 디지털 상품을 다수가 동시에 사용 가능
재생산의 한계비용 제로	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 디지털 상품은 물적 상품에 비해 생산의 한계 비용이 적고 제로에 가까움
승자독식의 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교통/통신의 발달로 인한 시장 확대, 인터넷 공간에서 비교가 쉬워짐에 따라 상대우위의 절대우위화, 플랫폼 기업의 네트워크 효과 등으로 승자독식과 슈퍼스타 경제 심화

4차 산업혁명이 산업에 미치는 영향: 디지털화의 확대와 심화

모든 산업으로 디지털 전환이 확대되고 그 정도도 심화될 것

➢ 기업 내 프로세스 효율화에서 공정/제품/서비스/비즈니스모델 혁신과 산업 경계 소멸로 심화



자료: 이지효(2016), 『대담한 디지털 시대』, p.32.

4차 산업혁명이 산업에 미치는 영향: 내용과 방식의 다양성

디지털 전환의 내용, 방식, 파급 효과, 속도는 분야마다 다르고, 이 점이 '4차 산업혁명의 본질'을 한 마디로 정의하기 어렵게 하는 요소

<p>내용과 방식</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5대 핵심기술 모두 사용 vs. 일부 사용(예: 디지털 헬스케어는 웨어러블, 빅데이터 분석, 인공지능 등이 사용되는 사업과 그렇지 않은 사업이 혼재) ▪ 단순 온라인화, 모바일화 만으로도 큰 변화(예: 모바일 결제) ▪ 변화의 본질이 기술이 아닌 비즈니스 모델인 경우(예: 우버) 											
<p>파급 효과</p>	<p>구분</p>	<p>내용</p> <table border="1"> <tr> <td>공정혁신</td> <td>자동화, 무인화가 제조업과 서비스업에서 광범위하게 전개될 것</td> </tr> <tr> <td>제품/서비스 혁신</td> <td>새로운 제품(자율주행차)과 서비스(P2P 대출)의 출현</td> </tr> <tr> <td>비즈니스 모델</td> <td>새로운 비즈니스 모델의 등장(차량 공유서비스)</td> </tr> <tr> <td>산업 생태계 변화</td> <td>주도기업의 쇠퇴와 신규 기업의 진입, 보완적 가치사슬의 확대 등</td> </tr> <tr> <td>산업 경계 변화</td> <td>제조업의 서비스화 촉진, 신산업(서브섹터)의 등장과 확대</td> </tr> </table>	공정혁신	자동화, 무인화가 제조업과 서비스업에서 광범위하게 전개될 것	제품/서비스 혁신	새로운 제품(자율주행차)과 서비스(P2P 대출)의 출현	비즈니스 모델	새로운 비즈니스 모델의 등장(차량 공유서비스)	산업 생태계 변화	주도기업의 쇠퇴와 신규 기업의 진입, 보완적 가치사슬의 확대 등	산업 경계 변화	제조업의 서비스화 촉진, 신산업(서브섹터)의 등장과 확대
공정혁신	자동화, 무인화가 제조업과 서비스업에서 광범위하게 전개될 것											
제품/서비스 혁신	새로운 제품(자율주행차)과 서비스(P2P 대출)의 출현											
비즈니스 모델	새로운 비즈니스 모델의 등장(차량 공유서비스)											
산업 생태계 변화	주도기업의 쇠퇴와 신규 기업의 진입, 보완적 가치사슬의 확대 등											
산업 경계 변화	제조업의 서비스화 촉진, 신산업(서브섹터)의 등장과 확대											
<p>변화의 속도</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 물리적 제약이 큰 분야일수록 변화가 느리고, 가상성이 높은 분야일수록 변화가 빠름 (예) 물리성 높은 분야: 3D 프린팅, 스마트공장, 자율주행차는 처음 기대보다 변화 느림 (예) 가상성 높은 분야: 핀테크는 규제만 없으면 가장 빨리 변할 것, 헬스케어도 가속화 											

4차 산업혁명이 산업에 미치는 영향: 산업구조의 변화

디지털 전환으로 인한 산업구조의 변화는 크게 3가지로 구분 가능

➢ 산업구조의 역동적 변화는 ICT 기업과 스타트업이 기존 산업에 침투할 때 발생

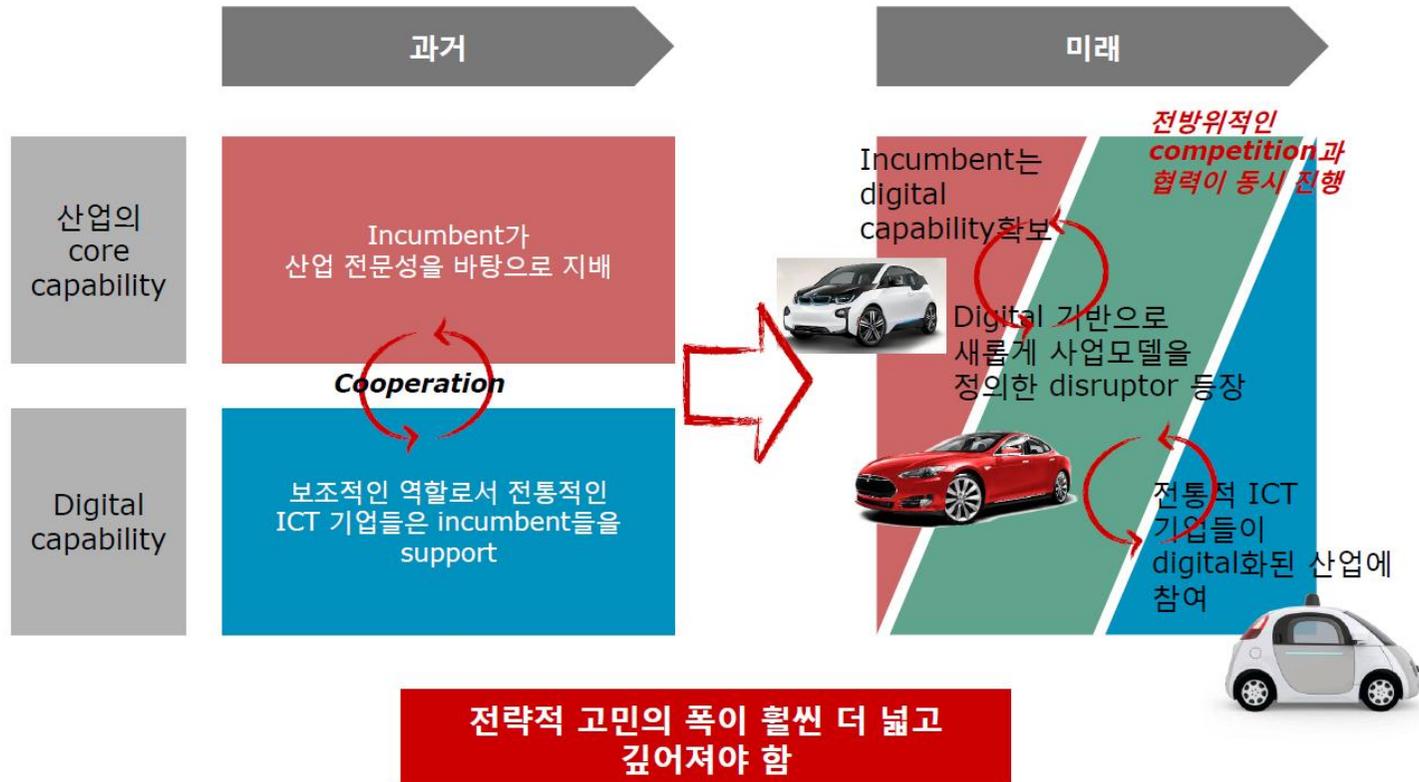
구분	혁신의 성격	예시 영역	영향		한국의 산업혁신 전략 이슈	규제/제도 이슈
			산업적 영향	고용 영향		
① 산업구조 변화가 없는 경우 (기존기업 주도)	존속성	<ul style="list-style-type: none"> 스마트공장: 제조업의 스마트화 산업인터넷: 산업재 제조업의 서비스화 	<ul style="list-style-type: none"> 공정 혁신 리쇼어링 확대 제조업의 서비스 진출 공급산업 성장 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업의 전반적인 일자리 감소 공급산업 일자리 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 공장 보급 리쇼어링 정책과 연계 공급산업 육성 	<ul style="list-style-type: none"> 노동 유연화 수도권 규제 (리쇼어링)
② 산업구조 변화가 있는 경우 (ICT기업, 스타트업 주도)	파괴적 (가능성)	<ul style="list-style-type: none"> 전기차+자율주행차 O2O(공유경제) 핀테크 지능형개인비서+가전 	<ul style="list-style-type: none"> 기존기업 쇠퇴 신규 진입자(ICT기업, 스타트업) 부상 가치사슬 변화 	<ul style="list-style-type: none"> 기존기업 쇠퇴로 인한 일자리 감소 신규 진입자로 인한 일자리 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 기존기업의 대응 전략 필요 신규진입자(ICT기업, 스타트업) 육성 	<ul style="list-style-type: none"> 진입 규제 벤처 제도 데이터 제도
	보완적	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 헬스케어 스마트 에너지 리걸테크 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 조직 유지 보완적 가치사슬 발달 생태계의 복잡화 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 조직의 일자리 일부 감소 보완적 신규 진입자로 인한 일자리 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 생태계 육성 스타트업 육성 	<ul style="list-style-type: none"> 진입 규제 벤처 제도 데이터 제도
③ 신산업이 등장하는 경우	파괴적	?	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 산업 형성 	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 일자리 창출 		

주: 여기서 산업구조가 변화하는 경우는 선도기업이 바뀌거나 가치사슬에 큰 변화가 있는 경우로 한정

4차 산업혁명이 산업에 미치는 영향: 경쟁 지형의 변화

주로 기존 산업과 ICT 산업의 접점에서 변화가 발생하고, 산업의 경쟁 지형은 기존 기업(방어), ICT 기업(공격/협력), 스타트업(공격/협력)의 3자 대결구도로 변하는 것이 전형적

- (보완적 결과) 기존 기업의 지배적 위치는 변하지 않고 3자 사이의 활발한 제휴 및 가치사슬 확대
- (파괴적 결과) 생태계의 지배 기업이 바뀌고 가치사슬에 큰 변화가 일어나며 산업 자체가 재정의



자료: 이지효 (2016), 『대담한 디지털 시대』, p.107.

4차 산업혁명이 산업에 미치는 영향: 게임의 룰 변화

산업적 충격이 가장 큰 경우는 디지털 전환을 통해 산업 내 질서를 정의하던 경쟁력 요소가 진부화되거나 무의미해져서 게임의 룰 자체가 바뀌는 경우

자동차 산업의 게임의 룰 변화

자동차 산업의 3대 변화	자동차 기업의 경쟁력에 미치는 영향
전기차(xEV)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자동차 아키텍처를 integral형에서 modular형으로 전환 ⇒ 신규 사업자의 진입이 용이 ▪ 엔진과 파워트레인에 집중된 기존 기업의 경쟁력이 무의미해짐 ⇒ 다른 경쟁력 요소의 부각 기회 제공
자율주행차	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI 기술과 관련 부품(GPU)의 중요성 확대 ▪ 핵심 기술 플랫폼이 엔진에서 AI 기술로 ▪ AI 기업, 통신사 등과의 제휴 필수
공유경제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자동차 시장의 근본적 변화 가능성 내포: 주 수요자가 거대 차량공유 업체로 전환(B to C ⇒ B to B) ▪ 자동차 업체가 차량공유 업체에게 종속될 가능성?

ICT 기업의 핀테크 진출

▪카카오뱅크

- SNS 플랫폼과 연계해서 서비스 간소화, 신 서비스 창출
- 공인인증서 폐지하고 사고 책임을 기업이 담당
- ⇒ ‘금융업의 경쟁력’이 자본력, 안전성 등에서 편리성, 타 서비스(SNS, 전자상거래)와의 연계 등으로 변화

▪알리페이와 위챗페이

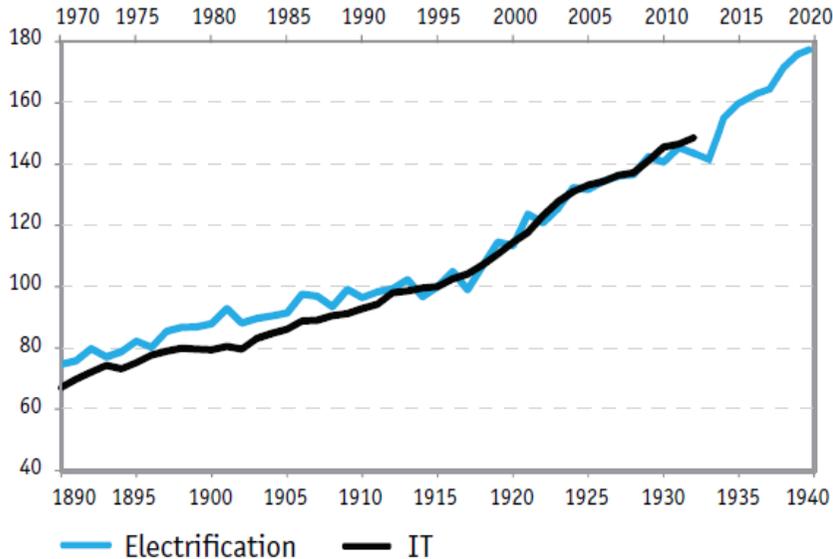
- 중국은 신용카드 단계를 생략하고 모바일 결제로 발전
- 모바일 결제가 공유경제, 노점상 등에까지 광범위하게 활용되면서 디지털 전환의 촉매제 역할
- 중국 정부는 일단 규제 없이 허용하고 문제가 발생하면 규제를 만들어가는 방식
- ⇒ 전자상거래나 모바일 결제와 연계한 핀테크가 발달하면서 기존 금융기관의 경쟁력 진부화

4차 산업혁명이 경제 성장에 미치는 영향: 세계 경제

4차 산업혁명은 생산성 제고를 통해 경제성장률의 상승/유지에 긍정적 역할을 할 것으로 전망

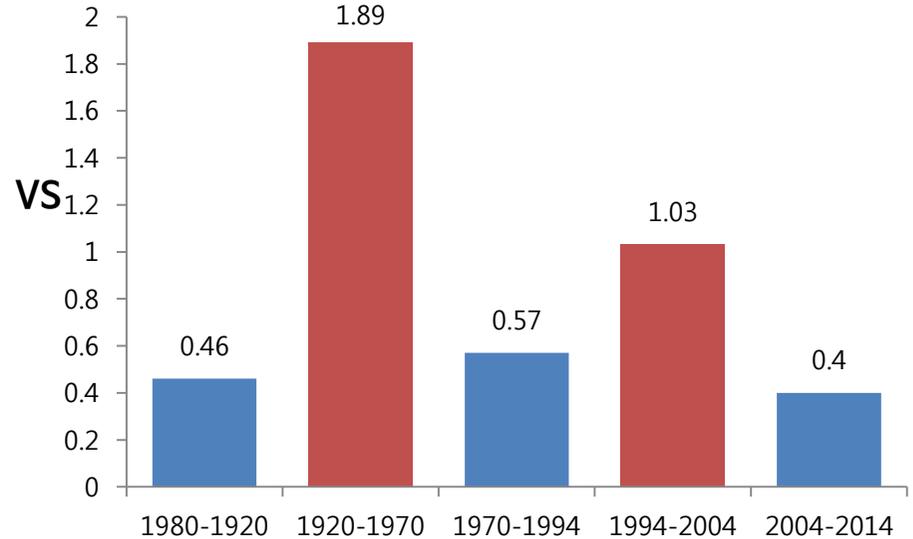
- 생산성 패러독스*가 지속될 것이고 생산성의 큰 변화를 지표로 확인할 수 없으리라는 전망도 존재(고든, 2016)
- 범용기술의 등장과 생산성 증가 사이에는 시간 지체가 있고, 디지털화로 인해 GDP로 측정되지 않는 소비자 후생이 더 커지고 있다는 견해도 존재(브린올프슨&맥아피, 2014)

전기시대와 IT시대 미국 노동생산성 증가 양상의 유사성



주: 전기시대 1915년을100, IT시대 1995년을100으로 놓았을 때
 자료: Syverson, C. (2013), "Will History Repeat Itself?",
International Productivity Monitor 25, p.38.

총요소생산성의 연평균 증가율(1890-2014년)



자료: 로버트 고든(2017), 『미국의 성장은 끝났는가』, p.813.

* Productivity Paradox: "You see the computer age everywhere but in the productivity statistics." - Robert Solow, *New York Book Review*. July 12, 1987

4차 산업혁명이 경제 성장에 미치는 영향: 국가 경제

4차 산업혁명의 경제성장 기여도는 국가별 대응 전략에 따라 편차를 보일 것

▶ 일본 경산성은 ‘현상 유지’와 ‘적극 대응’ 시나리오로 나눠서 성장과 고용에 미치는 영향을 전망

4차 산업혁명이 성장 및 고용에 미치는 영향에 대한 일본 경제산업성의 전망

부문	변혁 시나리오 이미지	명목GDP성장률(연율)		증사자수 ※ ()안은 2015년 종사자수		노동생산성(연율)	
		현상 방치	변혁	현상 방치	변혁	현상 방치	변혁
①총원료부문 (농림수산, 광업 등)	경제 성장에 동반한 성장.	+0.0%	+2.7%	-81만명	-71만명 (278만명)	+2.3%	+4.7%
②프로세스형 제조부문 (중간재 등) (석유제품, 플라스틱, 화학섬유 등)	규격품 생산 효율화와 광범위하게 활용 가능한 신소재 개발 생산 사이클을 순환하며 성장.	-0.3%	+1.9%	-58만명	-43만명 (152만명)	+2.9%	+4.2%
③고객 대응형 제조부문 (자동차, 통신기기, 산업기계 등)	대량 특별 주문화, 서비스화 등으로 새로운 가치를 창출하고, 부가가치가 큰쪽으로 확대, 증사자수 감소폭 축소.	+1.9%	+4.1%	-214만명	-117만명 (775만명)	+4.0%	+5.2%
④노무·기술제공형 서비스부문 (건축, 도매, 소매, 금융 등)	고객정보를 활용한 서비스 시스템화, 플랫폼화상 주도적 지위를 확보하고, 부가가치 확대.	+1.0%	+3.4%	-283만명	-48만명 (2,026만명)	+2.0%	+3.6%
⑤정보서비스부문 (정보서비스, 대사업소 서비스)	제4차 산업혁명의 핵심을 담당하고, 성장을 모색하는 부분으로 부가가치·증사자수가 큰 폭으로 확대.	+2.3%	+4.5%	-17만명	+72만명 (641만명)	+2.5%	+3.8%
⑥응대형 서비스부문 (여객, 음식, 오락 등)	고객 정보를 활용한 잠재 수요 등의 표면화로 로컬 시장이 확대되고, 부가가치·증사자수 확대.	+1.2%	+3.7%	-80만명	+24만명 (654만명)	+2.1%	+3.5%
⑦인프라 네트워크부문 (전기, 도로운송, 통신·전화 등)	시스템 전체 질적 고도화, 공급효율 향상, 기타 서비스와의 융합으로 다른 분야로 진출하여 부가가치 창출.	+1.6%	+3.8%	-53만명	-7만명 (388만명)	+2.6%	+4.0%
⑧기타 (의료·케어, 정부, 교육 등)	사회보장분야 등에서 AI, 로봇 등을 통한 효율화가 진행되어 증사자수 증가 억제.	+1.7%	+3.0%	+51만명	+28만명 (1,421만명)	+1.5%	+2.9%
합계		+1.4%	+3.5%	-735만명	-161만명 (6334만명)	+2.3%	+3.6%

자료: 일본 경제산업성(2016.4), “신산업구조비전 - 중간정리”, p.44.

4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 일자리

4차 산업혁명이 고용에 미치는 영향에 대해서는 다양한 견해가 존재

문헌	Frey & Osborne(2013)	OECD(2016)	WEF(2016)	Manyika et al. (2017) (McKinsey)	김세움(2016)
분석 단위	직종(job)	과업(task)	없음(경영진 서베이)	과업(activity)	직종
분석 범위	미국	OECD 21개국	15개 선진국과 신흥국	48개국	한국
대체될 일자리 전망	대체 확률 70% 이상인 일자리 비중이 47%	고용감소 효과는 9%	710만개 일자리 감소와 200만개 일자리 증가로 총 510만개 일자리 감소	완전 대체 가능 직업은 5% 미만, 과업의 30% 이상을 대체 가능한 직업은 약 60%	대체 확률 0.7 이상 고위험 직종 종사자 비중은 55~57%

자료: Manyika et al. (2017), *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity*, McKinsey Global Institute, p. 21을 토대로 정리

고용 감소론

- 인공지능의 등장으로 자동화/무인화 가능한 직무의 범위가 확대될 것이고 이는 전반적인 일자리 감소로 귀결될 것

VS

고용 유지/증가론

- 자동화로 고용이 감소해도 경제 전체가 성장하면 고용은 증가
- ICT와 기존 산업의 접점에서 새로운 비즈니스가 계속 창출될 것이고 이를 통해 새로운 신산업(서브섹터)이 등장해서 자동화로 인한 일자리 감소를 채울 것
- 새로운 일자리는 근본적으로 인간의 욕구와 소망에 관련된 것: 자동화와 원가 절감으로 소비자 잉여가 발생하면 소비자들은 이를 사용해서 또 다른 욕구의 충족을 추구할 것이고, 시장은 이 욕구를 충족시키는 비즈니스를 만들어 낼 것

4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 일자리

역사의 교훈: 러다이트 오류(Luddite Fallacy)

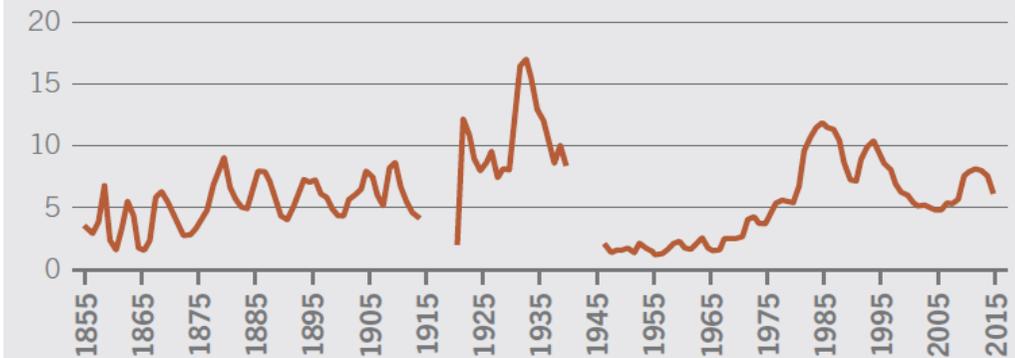


Der Spiegel紙, 1978.4.17일자(16호) 표지.

■ 독일의 Der Spiegel紙는 컴퓨터 등장 초기인 1978년에 “The Computer Revolution: Progress Creates Unemployment” 라는 칼럼에서 영국노동조합의 예측을 인용하여 2000년까지 대부분의 직업이 컴퓨터에 의해서 대체될 것이라고 전망
⇒ 그러나 영국 실업률은 2000년대까지 6%에 머물고 있고, 고용률도 큰 변화가 없었음

Fig. 3 Unemployment rate

Unemployed in % of economically active population aged 16 and over



자료: Bank of England, “The UK Recession in Context - What Do Three Centuries of Data Tell Us?”, Data Annex, Ver.2.2, July 2015; Dorn(2015), “The Rise of the Machines: How Computers Have Changed Work,” UBS Center Public Papers에서 재인용.

현재까지 자동화로 일자리의 수나 그 증가율이 감소했다는 증거를 OECD국가에서 찾을 수 없음

4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 일자리

“이번에는 다르다 ...”는 주장

- 디지털 경제는 비슷한 부가가치 창출에 더 적은 인력 필요하다는 주장

GM(1979)	VS	구글(2012)
▪직원 80만명 ▪매출 110억불		▪직원 58,000명 ▪매출 140억불
블록버스터(2004)	VS	넷플릭스(2016)
▪직원 84,000명 ▪매출 60억불		▪직원 4,500명 ▪매출 90억불



▪구글이나 넷플릭스만 보면 일자리는 줄었지만, 이 두 기업으로 인해 생기는 더 많은 일자리 효과는 간과
- 과거에는 대기업 내에서 모든 일이 이루어졌으나, 이제는 느슨한 외부 네트워크로 업무가 분산됨
(예)구글과 유튜브에 노출되어 광고 수익을 공유하는 블로거나 콘텐츠 생산자들, 넷플릭스에 콘텐츠를 공급하는 업체들

- 15년 사이 미국의 생산성, 기업 수, 인구가 증가했으나 근로자의 총 노동시간은 그대로라는 주장



▪미국의 낮은 실업률을 감안하면 고용은 늘고 1인당 노동시간이 줄었음을 의미
⇒ 절대 고용 규모보다 일자리의 양극화가 더 중요한 이슈

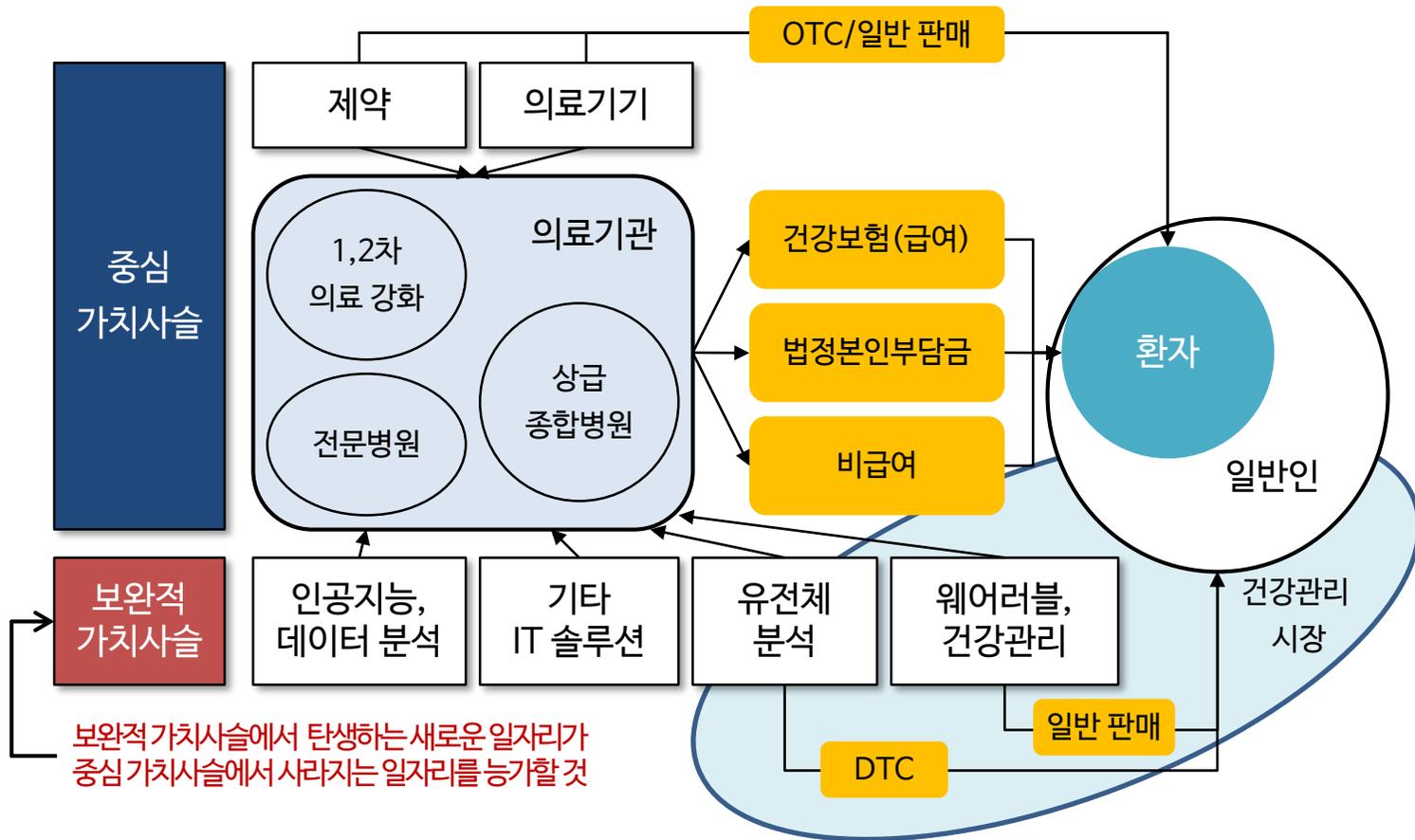
자료: Kurzgesagt(2017), “The Rise of the Machines: Why Automation is Different in This Time”, YouTube 영상

☞ **일자리 문제의 핵심은 신종 일자리의 등장 촉진, 직무 변화 대응, 양극화 해소에 있음**

4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 일자리

사라지는 일자리와 새로 등장하는 일자리를 균형 있게 보려면 산업의 가치사슬 변화에 주목해야

(예) 디지털 전환으로 인한 헬스케어 가치사슬의 변화 전망



4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 사회 인프라

자율주행차, 스마트 그리드의 보급 확산 시 교통체계, 도시 구조, 에너지 시스템 등이 전환될 전망

분야	내용
교통	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자율주행차의 보급이 대폭 확대될 경우 교통사고 및 혼잡, 에너지 사용, 대기오염 등을 감소시키고 장기적으로 도시 구조를 변화시킬 전망 - 교통사고 원인의 89%가 운전자 과실에 기인하고 고령화에 따른 고령운전자의 사고증가가 사회적 이슈로 떠오르고 있음 - 신호등 같은 도로시설물을 변화시키고 자율자동차가 이전 보다 먼 거리를 더욱 빠르고 편리하게 이동할 수 있으므로 장기적으로 도시확산(Urban Sprawl)이 가속화
에너지	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화석에너지 중심의 중앙집중형에서 재생에너지 중심의 분산형으로 에너지시스템의 전환을 촉진할 전망 - 공급 측면에서는 스마트그리드, VPP(virtual power plant) 등을 통해 간헐성에 의해 변동성이 높은 재생에너지와 같은 분산자원의 기술적 통합과 안정적인 운영이 가능 - 수요 측면에서는 공급자와 수요자 간 양방향 정보교환이 가능해지고 빅데이터 분석을 통해 수요반응 자원량을 예측하고 실시간 모니터링과 자율적 제어 가능

4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 사회 제도

인재의 핵심역량 변화, 고용 등의 양극화, 규제 병목현상 등이 심화될 전망

분야	내용
교육	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 직업별로 요구되는 과업이 달라짐에 따라 미래 인재의 핵심역량 변화, ICT 기술의 발달로 새로운 교수·학습 환경 확산 - 데이터를 활용하여 의사결정을 내리는 역량과 복합적인 문제 해결역량이 중요해짐 - 소셜 러닝, 증강현실·가장현실 등을 활용하여 교수·학습 방식에도 변화가 진행 중
직업	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인공지능·로봇에 의한 고용 및 경제활동 상에서의 양극화, 인간과 기계의 협업에서도 부작용 우려 - 숙련의 중간층에 해당하는 일자리 소멸 → 중산층 몰락 초래 - 인간과 기계가 협업하는 과정에서 단순 노동자로 전락하거나 인간의 역량이 감소할 가능성도 존재
여성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 남성 대비 여성의 일자리를 더 감소할 수도 있고 여성에게 새로운 일자리 기회를 열어줄 수도 있음 - 소품종 대량생산 체제에서는 남성이 산업을 주도, 4차 산업혁명 시대에는 소비자 취향과 수요에 최적화된 고객화가 중요하므로 여성의 창업기회가 늘어날 수 있음
법·규제	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 규제가 기술·산업의 발전을 가로막는 걸림돌로 작용하거나, 기술·산업의 발전을 촉진하는 규제가 존재하지 않는 규제 병목현상(regulatory bottleneck)이 심화 - 선택의 제한성: 규제체계가 기술선택을 제한하여 다양한 대안을 고려할 수 없는 상황 예) 우리나라는 개인 유전자 분석 서비스 범위가 제한되어 혁신의 시도 자체가 어려움 - 규제 사각지대의 존재: 혁신이 일어나는 분야에 대한 규제가 존재하지 않거나 부족 예) 물류 배달용, 조난 구조용 드론에 대한 규제 부재로 드론을 단순 사진 촬영 등에만 사용 가능



4차 산업혁명이 사회에 미치는 영향: 개인의 삶

4차 산업혁명은 다양한 사회문제를 해결하고 개인의 삶을 개선할 것으로 전망

“안전하고 효율적인 이동”의 편익		“건강을 유지하고, 고령자를 지원”의 편익	
<p>〈개인〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 교통사고 감소, 보다 안전한 이동 <ul style="list-style-type: none"> - 사고 사망자 4,117명(2015년) - 사고로 인한 경제적 손실액 6.3조 엔(2009년) ▪ 이동(교통) 약자 해소: 이동 약자 700만명, 면허 미소지자 4천만명 ▪ 도서(섬) 지역 등 생활필수품 유통 개선(전 도서지역 인구 31.9만명) 	<p>〈사회〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 일반 도로 및 고속도로에서의 원활한 교통 흐름이 실현되고, CO2 등 환경부담 감소 - 정체로 연간 33억명·시간, 10조엔 경제 손실 - 일본 운수부문 CO2 배출량 2.2억 톤(전체 17%) 	<p>〈개인〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 평균수명과 건강수명을 연장하고 마지막까지 자기다운 삶 실현 - 65세 이상 인구 약 25%, 평균수명과 건강수명의차이는 약 10년 ▪ 케어 서비스로 자택에서 안심하고 임종까지 생활 - 2035년 1인 가구 비율 37.7% ▪ 바람직한 의료, 간호 비용 부담 실현 - 국민 의료비 40조엔, 의료비에서 차지하는 생활습관병 비율은 약 1/3 	<p>〈사회〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회보장비 재정부담 저하 - 일반 회계 지출의 32.7%, 의료 11.4조 엔, 간호 2.7조엔 ▪ 생산성 향상을 통한 간호 직원의 처우 개선 - 평균 급여: 전 산업 324천엔 대비, 복지시설 간호 직원 218천엔 ▪ 수명이 연장되고 인구감소가 예견되는 미래 노동가능 인력의 참여 확대
“스마트한 생활”의 편익		“스마트한 제조/유통”의 편익	
<p>〈개인〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 친환경에 스마트한 생활 실현 - 주택용 태양광 발전 도입량(누계) 865만 kW ▪ 간호로 독거노인문제 해소 - 도쿄 65세 이상 1인 가구의 자택 사망자수: 2,869명 ▪ 가정 내 사고사 감소(냉방병 등) - 가정 내 불의의 사고 사망자수: 1.4만명 	<p>〈사회〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 가정 부문 에너지 효율 개선 - 가정 부문 에너지 이용율: 14.4% ▪ 생활수요에 맞춘 낭비 없는 유통 - 식품 손실율: 3.7% ▪ 재해 대응력 향상 	<p>〈개인〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 원하는 물건을 필요한 시기에 적정 가격으로 획득하는 것이 가능해짐 ▪ 신수요 창출, 제품 생산지 등의 국내 생산 경쟁력이 향상되면 일자리 유지 및 확대 - 유효 구인 비율(생산공정 직원) 1.23배(2016.2.) 	<p>〈사회〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 생산 공정에서 낭비 제로 실현 (국제 경쟁력 강화, 환경부담 절감) - 산업부문(공장 등)의 CO2 배출량 약 4.3억 톤(전체의 32.8%) ▪ 고도의 제조업 거점으로 국내 생산 촉진(새로운 고용창출, 지역경제에 경제적 파급) - 제조업 해외 생산 비중 24.3%(2014)

자료: 일본 경제산업성(2016.4), “신산업구조비전: 중간정리”, p.26-36.

다른 한편, 4차 산업혁명은 제품의 오작동, 사생활 침해, 사이버 보안 등 새로운 사회문제를 야기

한국의 4차 산업혁명과 제도 혁신

4차 산업혁명이 한국에 제기하는 가장 중요한 도전은 **제도 혁신(Institutional Innovation)**

자본주의 다양성(Variety of Capitalism) 관점에서 본 제도와 산업의 조응 관계

구분		독일·일본	미국
제도적 특성	노동시장	▪종신 고용	▪유연한 고용
	금융시스템	▪간접금융(대출) 중심 ▪기업과의 장기적 신뢰 관계 기반	▪직접금융(투자) 중심 ▪기술/사업성 전망에 기반
	규제 체계	▪Positive System(대륙법 체계)	▪Negative System(영미법 체계)
산업적 특성	주력 산업	▪제조업(장비/부품/로봇, 중소기업)	▪SW, 인터넷, 바이오(벤처기업)
	특징	▪(DUI형)점진적 혁신, 장기간의 숙련 축적 ▪낮은 위험부담, 안정적 생태계	▪(STI형)파괴적 혁신, R&D와 빠른 사업화 ▪높은 위험부담, 역동적 생태계
“두 개의 4차 산업혁명”		① 산업인터넷, 스마트공장 ▪기존 제조업체가 주도하는 존속성 혁신 ▪HW 제조역량이 여전히 중요하고, 여기 에 SW가 결합	② 자율주행차, O2O, 핀테크, 디지털헬스케어 등 ▪ ICT기업/스타트업이 주도, 파괴적/보완적 혁신 (경쟁지형/게임의 규칙 바꾸고 산업 재정의) ▪주로 SW적 혁신

* DUI mode: Learning by Doing, Using and Interacting / STI mode: Science, Technology and Innovation

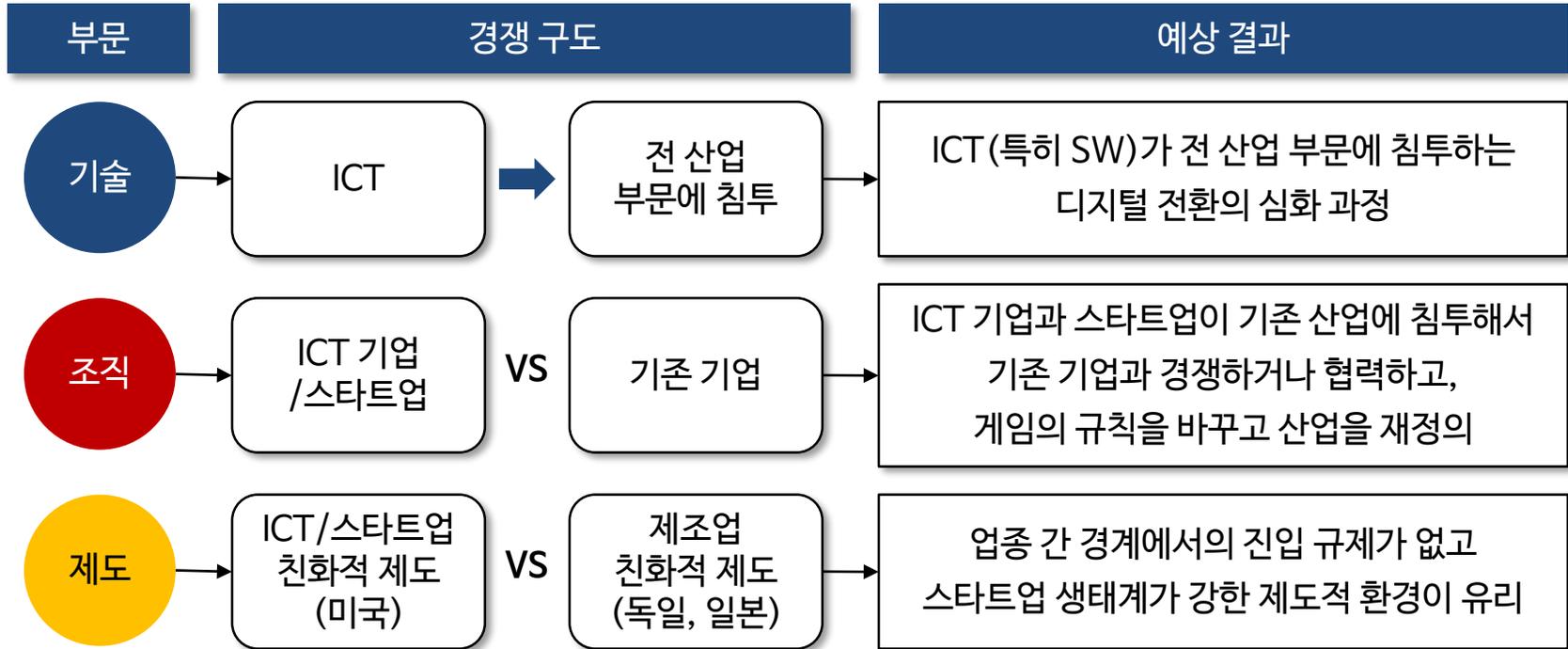
한국은 독일·일본식 제도 위에 제조업(세트, 대기업) 중심의 산업구조
 ⇒ ①번은 어렵지 않으나 공급산업 취약성이 문제이고, ②번은 제도적으로 어려운 구조

☞ 4차 산업혁명(디지털 전환)의 성공 여부는 제도 혁신에 달려 있음

4차 산업혁명은 생태계 경쟁

4차 산업혁명은 기술-조직-제도가 함께 맞물리는 생태계 차원의 경쟁

☞ ICT의 빠른 변화에 즉시 반응할 수 있고, 스타트업에 친화적인 제도적 환경이 유리



4차 산업혁명은 미국(IT)과 독일·일본(제조업) 간 균형추가 미국으로 기울는 계기가 될 것

* 자동차 산업은 그 시금석: ‘빠 속까지 제조업’이던 자동차 산업이 ICT 기업과 스타트업 때문에 요동

미국 제도를 따라가는 중국

중국은 ‘선 허용-후 규제’ 방식 채택, 빠른 디지털 전환으로 도약발전(Leapfrogging) 추구

주요 IT 제품의 미·중 출시 시기 비교

미국 출시시기	미국 제품/서비스	중국 출시시기	중국 제품/서비스	격차
1995	MSN	1998	QQ(텐센트)	3년
1996	아마존	2000	알리바바	4년
1998	구글	2000	바이두	2년
2002	아마존 AWS	2009	알리윈(알리바바 클라우드)	7년
2004	페이스북	2005	샤오네이왕(校内网)	1년
2006	유튜브	2007	요쿠(优酷)	1년
2006	트위터	2008	신랑웨이보	2년
2007	iPhone	2011	화웨이	4년
2008	왓츠앱	2011	웨이신(텐센트)	3년
2008	안드로이드 운영체제	2011	알리바바 YunOS 운영체제	3년
2009	우버	2012	디디츄싱	3년
2011	구글 음성검색	2014	음성검색	3년
2012	Oculus 증강현실	2014	폭풍영인(暴风影音) 증강현실	2년
2012	구글 무인자동차	2015	바이두 무인자동차	3년

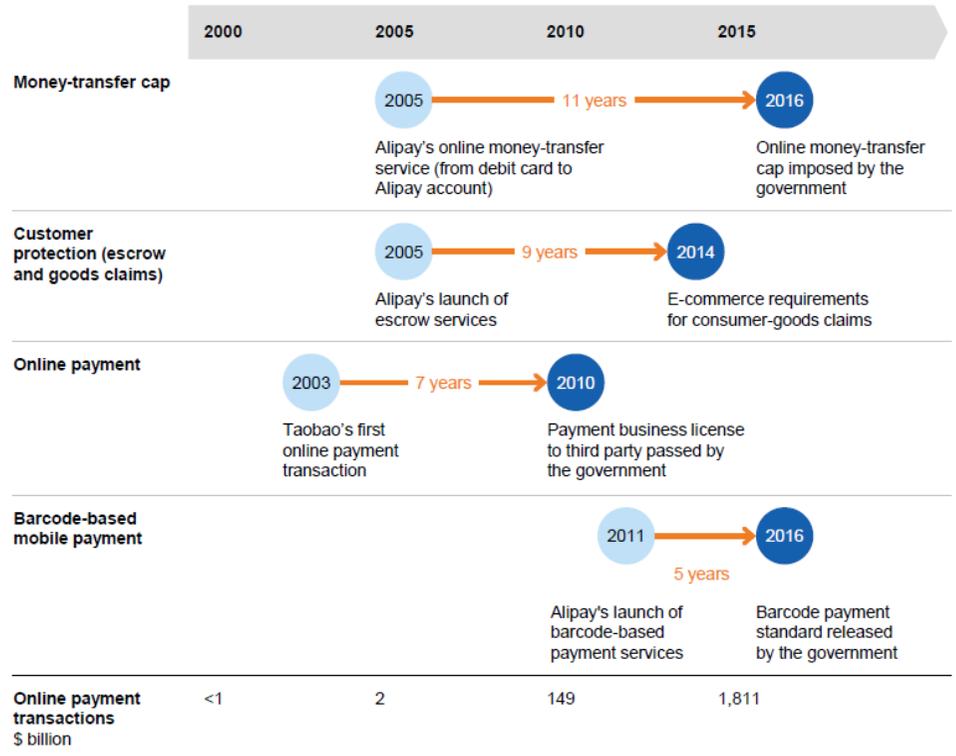
자료: 中国信息通信研究院(2017), 互联网发展趋势报告; 백서인·김단비(2017), “중국의 디지털 전환 동향과 시사점”, STEPI 동향과 이슈 29호에서 재인용.

중국 모바일 결제 시장의 규제 도입 시기(5~11년 유예)

In mobile payments, government policy left space for innovators to experiment

Selected examples

● Commercial move ● Regulation event



자료: Woetzel et al. (2017.8), “China’s Digital Economy: A Leading Global Force”, McKinsey & Company

주요 분야 유망 스타트업의 국적 분포

미국, 영국, 캐나다, 호주, 이스라엘 등 영미권 주도, 독일 21, 중국 15, 일본 0, 한국 1

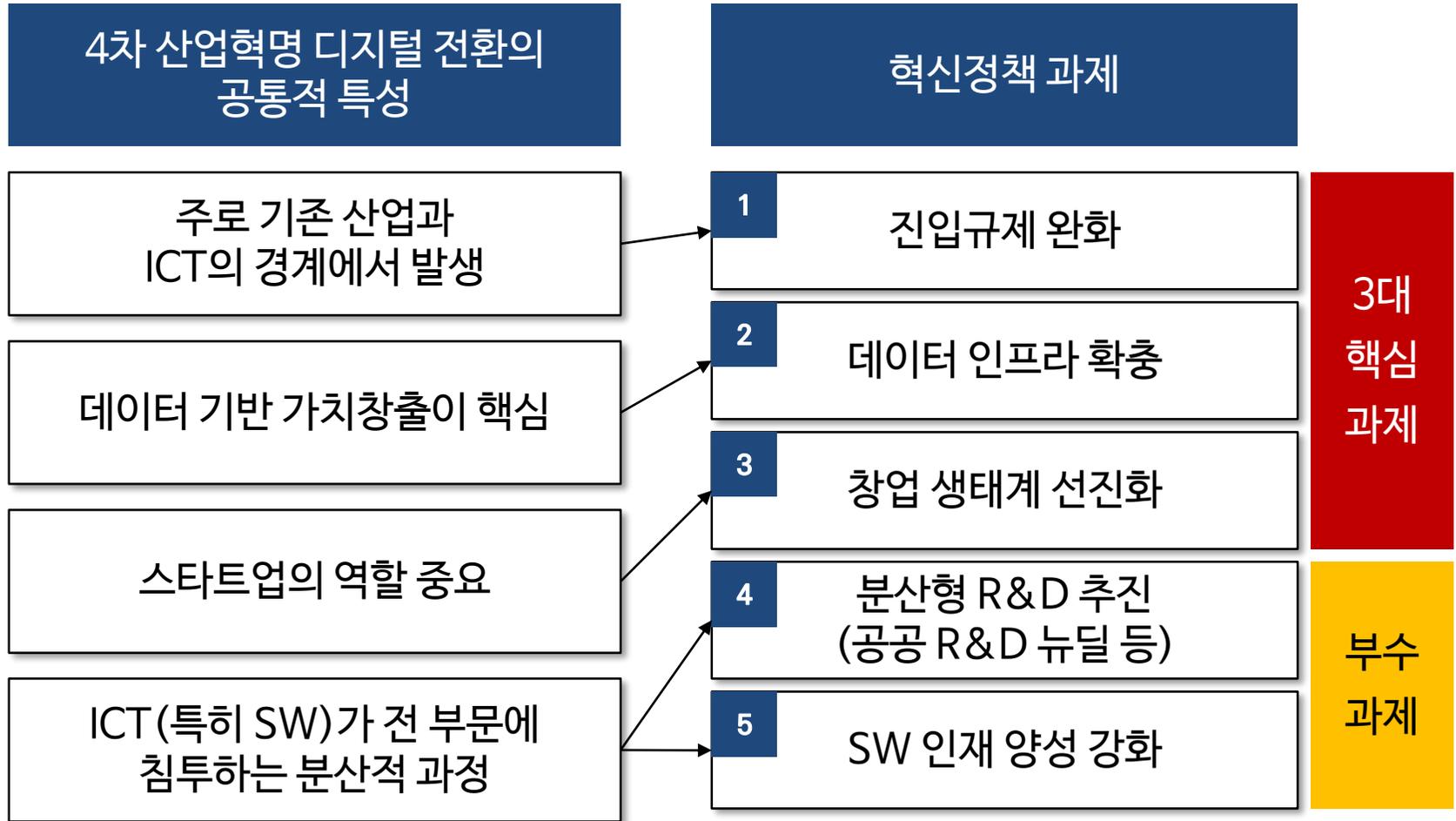
자율주행차		핀테크		디지털 헬스케어		산업인터넷		인공지능	
국가	기업수	국가	기업수	국가	기업수	국가	기업수	국가	기업수
미국	109	미국	30	미국	37	미국	88	미국	76
이스라엘	17	호주	9	영국	30	독일	8	이스라엘	6
영국	11	영국	8	캐나다	10	캐나다	8	중국	4
인도	7	중국	7	독일	4	이스라엘	6	영국	3
캐나다	7	이스라엘	6	스페인	4	호주	4	캐나다	3
스위스	5	캐나다	5	호주	3	인도	3	프랑스	3
독일	4	독일	4	이스라엘	3	프랑스	3	대만	1
중국	4	인도	4	스위스	2	노르웨이	2	독일	1
프랑스	4	브라질	3	오스트리아	1	네덜란드	1	오스트리아	1
미상	3	스웨덴	3	핀란드	1	스위스	1	한국	1
핀란드	3	프랑스	3	네덜란드	1	스페인	1	헝가리	1
네덜란드	2	홍콩	3	루마니아	1	싱가포르	1	합계	100
벨기에	2	남아공화국	2	슬로베이나	1	아일랜드	1		
스웨덴	2	네덜란드	2	남아공화국	1	영국	1		
덴마크	1	스위스	2	스웨덴	1	합계	128		
룩셈부르크	1	아일랜드	2	합계	100				
싱가포르	1	뉴질랜드	1						
아일랜드	1	덴마크	1						
카자흐스탄	1	러시아	1						
태국	1	멕시코	1						
폴란드	1	미상	1						
헝가리	1	싱가포르	1						
호주	1	칠레	1						
합계	189	합계	100						

〈출처〉

- 자율주행차: Comet Labs, "The Future of Transportation Stack"
- 핀테크: KPMG, "2016 Fintech 100"
- 디지털 헬스케어: "digital health global 100", The Journal of mHealth (2016)
- 산업인터넷: CB Insights, "The Industrial IoT: 125+ Startups Transforming Factory Floors, Oil Fields, And Supply Chains"
- 인공지능: CB Insights, "The AI 100 2017"

디지털 전환 가속화를 위한 혁신정책 과제

디지털 전환이 가지는 4가지 주요한 특성을 고려하면 5가지 혁신정책 과제 도출 가능



[보론1] 4차 산업혁명론의 타당성: 산업혁명의 역사 리뷰

▪ 1~2차는 역사학계에 수용된 견해, 3차부터는 미래학자들의 주장

구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명 ?
시기	1760~1830(1750~1850)	1870~1920(1850~1930)	1960~ ? (1945~ ?)
주도 국가	영국	독일, 미국	미국, 일본
주요 산업	면공업, 철공업, 증기기관, 공작기계	염료산업, 전기산업, 통신, 자동차	컴퓨터, 반도체, 자동화, 인터넷
주요 기술 혹은 사건	<ul style="list-style-type: none"> - 1709 코크스 제철법 - 1769 수력방적기 - 1769 분리응축기 - 1776 와트의 증기기관 상업화 - 1783 회전식 증기기관 - 1785 역직기 - 1789 방직기와 증기기관의 결합 - 1797 나사절삭용 선반 - 1804 증기기관차 - 1830 리버풀-맨체스터 철도 	<ul style="list-style-type: none"> - 1856 전로법 - 1856 인공염료 - 1876 전화 - 1879 백열등 - 1886 가솔린 자동차 - 1888 교류용 전동기 - 1896 무선전신 - 1903 비행기 - 1908 모델 T - 1914 컨베이어벨트 	<ul style="list-style-type: none"> - 1946 에니악 - 1947 트랜지스터 - 1958 집적회로 - 1962 산업용 로봇 - 1969 PLC 모디콘084 - 1969 아르파넷 - 1973 DNA 재조합 기술 - 1977 애플 II - 1981 IBM 호환용 PC - 1994 인터넷 대중화
과학기술적 변화	<ul style="list-style-type: none"> · 기술혁신의 상호연관성 강화 · 과학과 기술의 간접적 연결 	<ul style="list-style-type: none"> · 오늘날의 많은 기술시스템 출현 · 과학의 내용이 기술에 활용되기 시작 	<ul style="list-style-type: none"> · 다양한 기술의 결합 혹은 융합 · 과학과 기술이 밀착되어 '과학기술' 탄생
경제구조의 변화	<ul style="list-style-type: none"> · 공업 중심의 경제로 전환 · 지속적인 경제성장의 국면에 진입 	<ul style="list-style-type: none"> · 대기업이 경제성장을 주도하기 시작 · 후발공업국의 본격적 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> · 벤처기업이 중요한 혁신 주체로 등장 · 세계 경제의 서비스화 및 글로벌화
사회문화적 변화	<ul style="list-style-type: none"> · 계급사회의 형성과 기계파괴운동 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술에 대한 인류의 의존도 심화 	<ul style="list-style-type: none"> · 첨단기술의 사회적 문제 대두
관련 단어	· 공장제, 공업사회, 자본주의	· 후발산업화, 경영혁명, 포드주의	· 탈산업사회, 제3물결, 정보혁명

■ [보론1] 4차 산업혁명론의 타당성: ‘산업화 4대 요소’와 산업혁명

- 1~2차: 4대 요소에서 모두 불연속적 변화 & 4대 요소간 시너지가 뚜렷 ➡ “산업화”
- 3~4차: 생산수단의 정보화에서 에너지, 교통수단의 정보화로 확대되는 과정 ➡ “정보화”

산업화의 4대 요소	1차 산업혁명 (산업화)	2차 산업혁명 (산업화)	3차 산업혁명 (정보화)	4차 산업혁명 (정보화)
1 소재	철(선철)	철(강철), 인공염료, 합성수지		
2 동력 에너지원	증기기관 석탄	전기, 내연기관 석유		신재생에너지, 스마트그리드
3 생산수단	기계 (방적기, 공작기계)	대량생산 시스템 (컨베이어벨트)	컴퓨터, 자동화	인공지능, 자동화
4 교통 통신	증기기관차/철도	자동차, 비행기 전화, 무선전신	인터넷	자율주행차 모바일, 사물인터넷
바이오 (생산수단)			유전자재조합, 단클론항체	게놈, 유전자편집, 합성생물학, 신경과학

기술의 완성도와 파급효과 기준:

Major 혁신

Minor 혁신

특별한 혁신 없음

■ [보론1] 4차 산업혁명론의 타당성: 3차냐, 4차냐?

■ 1~2차 산업혁명이 말해주는 것

- 첫째, 산업화의 4대 요소에서 모두 급진적 혁신이 있었고, 이들이 연계되면서 이전과 다른 산업 문명을 만들었다.
- 둘째, 생산성에서 뚜렷한 변화가 있었으며, 이는 경제지표의 상승과 국민이 체감하는 생활수준의 향상을 수반했다.
- 셋째, 고용과 생산이 극적으로 증가한 것은 주로 신산업의 탄생을 통해서였다. 1, 2차 산업혁명기에 이전에 없던 산업들이 연이어 생겨났고, 여기에는 새로운 ‘기술시스템’의 등장이 큰 역할을 했다.
- 넷째, 2차 산업혁명은 독보적인 성격을 가진다. 2차 산업혁명기에 탄생한 기술시스템은 지금까지도 우리 산업과 삶의 근간을 이루고 있으며, “현대 산업 문명” 자체를 규정하는 성격을 지닌다. 전기시스템, 생산시스템, 철도시스템, 통신시스템 등의 기술시스템과 강철, 합성수지, 자동차, 비행기 등의 발명품은 현대인의 생활 기반이 되고 있다.
(⇒ **기술혁신의 수확체감**: 누적된 기술혁신이 많아서 새로운 혁신이 이전과 같은 파급효과를 가져오기는 어려움)

■ 산업혁명의 성립 조건: 다음 조건 중 둘 이상이 충족될 때

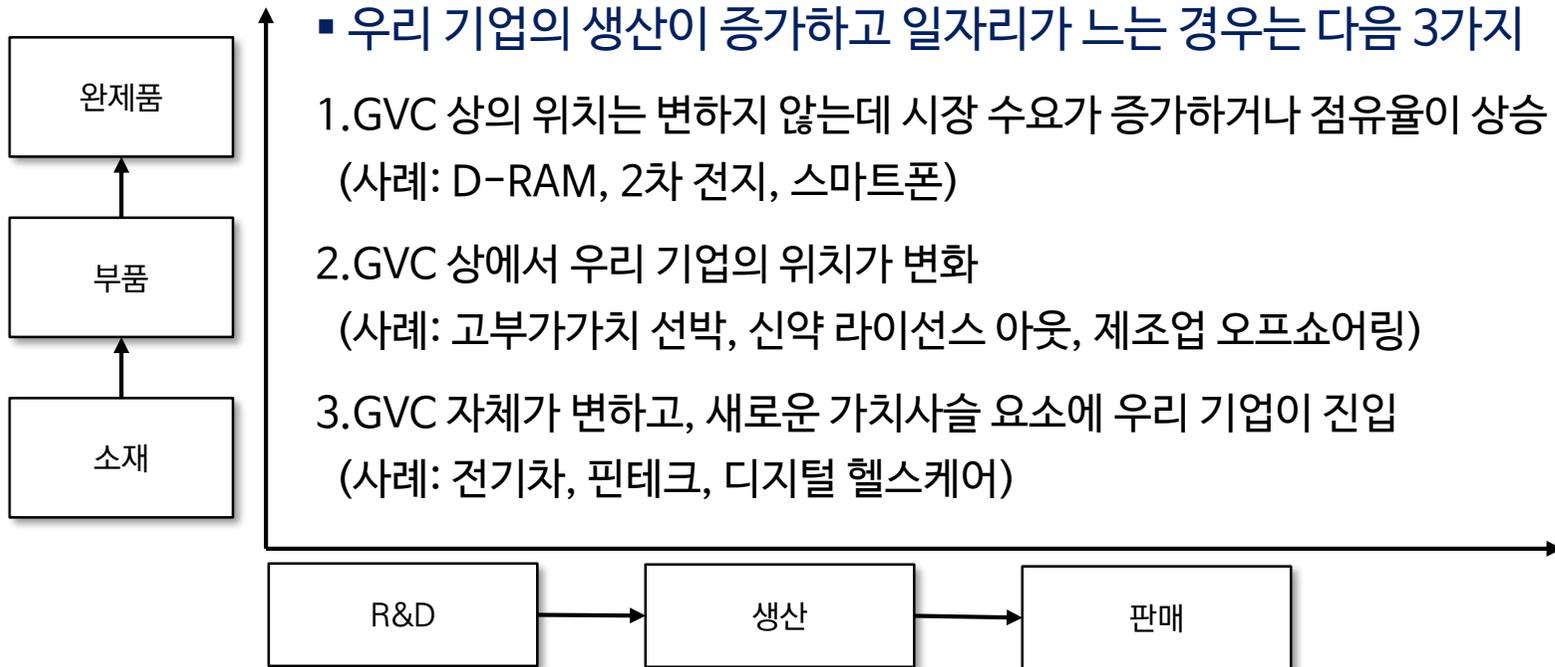
- ① 산업화 4대 요소 중 일부 혹은 전부에서 큰 혁신적 변화가 발생 → (4차) 3대 요소에서 변화 발생 중
- ② 산업화 4대 요소의 변화가 상호 시너지를 일으키면서 새로운 산업 문명이 탄생 → (4차) 3요소간 시너지는 제한적
- ③ 큰 폭의 생산성 증가 → (4차) 아직 3차 시기의 생산성 증가도 입증되지 않음

■ 새로운 산업혁명은 향후 생산성 증가로 입증되어야 하며, 그 경우도 3차라고 보는 것이 적절

- 기술적 연속성: 3차와 다른 4차의 특징을 ‘지능’과 ‘연결성’으로 설명하지만, 3차와의 기술적 불연속성은 모호
- 생산성 증가: 1970년대 이후 두 번의 생산성 피크가 관찰되어야 하는데, 아직 3차도 불확실
- 전략적으로도 3차와 4차를 구분하는 것 보다는 디지털 전환의 연장으로 보는 것이 유용

☼ [보론2] GVC*와 기술 변화의 관점에서 본 혁신 성장과 고용 변화

- 성장 = 생산이 증가하고 일자리가 늘는 것(후자가 없으면 고용 없는 성장)
- 한 국가의 성장에 영향을 미치는 두 요소: 세계화와 기술 변화
 - ☞ 기술 변화로 인해 GVC가 어떻게 달라질 것인지를 전망하는 것이 필요



☞ 이제까지의 성장 전략은 1, 2번에 집중. 그러나 4차 산업혁명(디지털 전환)의 영향은 3번에 집중될 것으로 예상

* 3번이 노동시장에 주는 충격은 사라지는 직업과 생기는 직업 사이의 Skill Mismatch