4차 산업혁명을 맞이하는 식품안전관리, 스마트 HACCP !

Food safety management in the 4th industrial revolution, smart HACCP !

김성조*

Sung-Jo Kim*

한국식품안전관리인증원 기술사업본부

Technical Business Department, The Korean Agency of HACCP Accreditation and Services

서 론

선진국들은 제1차, 제2차, 제3차 산업혁명으로 대량 생산, 부품 공용화, 모듈화 등 제조업의 혁신에 힘입어 오랫동안 산업 발전을 이끌어 왔다. 하지만 낮은 인건비나 지대 등을 바탕으로 가격 경쟁력을 내세운 개발도상국의 추격은 선진국 제조업을 압박하기 시작하여 선진 제조기업의 생산 기술을 상당 부분 따라 잡을 수 있게 되었다. 이러한 현상으로 고유의 차별적 가치 확보가 어려워졌으며, 선진 제조기업간의 경쟁이 격화되는 가운데 중국 등 신흥국의 추격으로 선진국의 제조업 위기감이 커졌다[1].

이러한 계기로 선진국들은 자국의 제조업 주도권 및 제조업의 경쟁력을 강화하기 위하여 새로운 대안을 구상하게 되었다. 그 중 2012년 독일의 industry 4.0 추진을 계기로 제조업 혁신에 대한 주요 선진국의 관심과 대응이 본격화 되었고, 2016년 다보스포럼(WEF, World Economic Forum)과 같은 최신 사회적 이슈 및 기술(사물인터넷, 3D 프린터, 로봇공학, 빅데이터, 인공지능) 트랜드를 공유하는 세계적인 행사에서 주요 주제로 다루어지는 등 크게 주목을 받았다[2].

* 사물인터넷(사물 상호간 정보를 직접 교환하며 정보를 분석하고 스스로 작동하는 자동화 기술)
* 로봇공학(로봇공학에 생물학적 구조를 적용하여 적응성과 유연성을 갖춤)
* 3D 프린팅(입체적으로 형성된 3D 디지털 설계도나 모델에 원료를 층층이 겹쳐 쌓아 유형의 물체를 만드는 기술)
* 빅데이터(디지털 환경에서 생성되는 다양한 형태의 방대한 데이터를 수집하여 분석 및 예측)
* 인공지능(컴퓨터가 사고 등 인간 특유의 지능적인 행동을 모방할 수 있도록 하는 컴퓨터공학 및 정보기술)

출처 : World Economic Forum (2016.1), 제조업과 ICT의 융합, 4차 산업혁명(융합정책연구센터, 2017.1,)

4차 산업혁명에 대한 개념에 대해서는 아직까지 명확하게 정의된 것이 아니라 전문가들마다 각기 다른 관점에서 제4차 산업혁명을 설명하고 있으나, 대체적으로 독일

* Correspondence to: Sung-Jo Kim
Technical Business Department, The Korean Agency of HACCP Accreditation and Services
3 Oh Song Saeng Myeong-Ro 31, Cheongju-Si, Chungcheongbuk-do, 28160, Korea
Tel: +82-43-928-0140 Fax: 82-43-928-0149 E-mail: kimsj@haccpkorea.or.kr

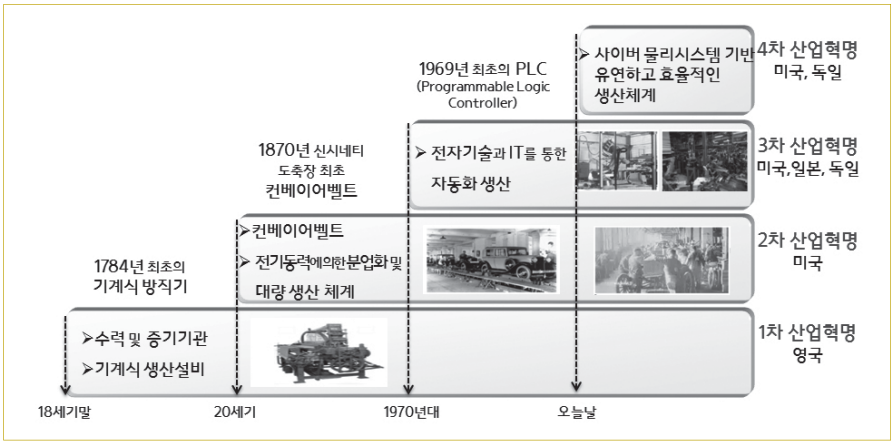


그림 1. 산업혁명의 역사적 흐름

자료출처: Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber–Physical Production Systems, Wolfgang Wahlster, DFKI 2013.5.27.

구분	1차	2차	3차	4차
혁신 부분	증기의 동력화	전력, 노동분업	전자기기, ICT 혁명	ICT와 제조업 융합
커뮤니케이션 방식	책, 신문	전화기, TV 등	인터넷, SNS	IoT, IoS(Internet of service)
생산 방식	생산 기계화	대량생산	부분 자동화	시뮬레이션을 통한 자동생산
생산 통제	사람	사람	사람	기계 스스로

그림 2. 산업혁명 비교

자료출처 : 현대경제연구원

의 인더스트리 4.0의 제조업 혁신을 동일한 개념으로 보는 의견이 많다. 하지만 최근 4차 산업혁명의 적용 범위, 핵심 기술을 폭넓게 보는 관점이 우세하며, 이에 따라 개념의 확장도 함께 일어나고 있고, 전 세계적으로 4차 산업혁명의 기능성 및 영향력에 대한 이목이 집중되고 있다. 또한 우리나라를 비롯하여 국가 차원의 전략적인 대비를 시도하고자 하는 나라들이 많아지고 있다. 독일의 인더스트리 4.0(Industrie), 미국의 첨단제조(Advanced Manufacturing), 일본의 재흥전략 및 로봇 신전략, 중국의 중국제조 2025, 영국의 고가치 제조전략(High Value Manufacturing Strategy), 네덜란드의 스마트 인더스트리(Smart Industry) 전략이 이와 같은 사례로 들 수 있다[3].

본 론

1. 스마트 팩토리

4차 산업혁명은 기존 생산성 및 효율성 향상을 목표로 하던 시스템에서 스마트 제조 시스템의 도입과 ICT 기술 등 다양한 과학기술의 융합으로 발생되는 전 산업의 패러다임 변화의 시작으로 기계와 사람, 인터넷 서비스가 상호 연결되는 생산 패러다임, 임베디드 시스템부터 사이버 물리 시스템에 이르는 기술분야의 혁신 모두를 의미하며, 중앙집중식 생산체계에서 모듈단위의 유연한 분산, 자율제어 생산체계를 구현하는 것으로 선진국들의 제조업 부활 프로젝트인 스마트 팩토리를 대변한다.

스마트 팩토리란 임베디드 시스템 생산기술과 스마트

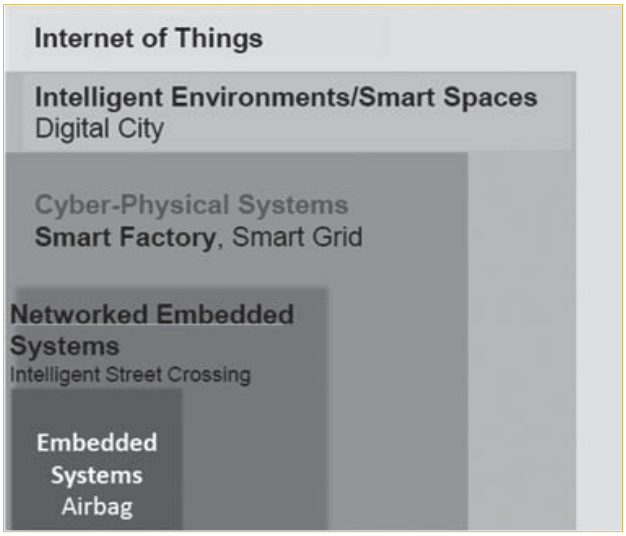


그림 3. 임베디스 시스템에서 사이버물리 시스템으로의 진화

자료출처 : Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber–Physical Production Systems, Wolfgang Wahlster, DFKI(2013.5.27)

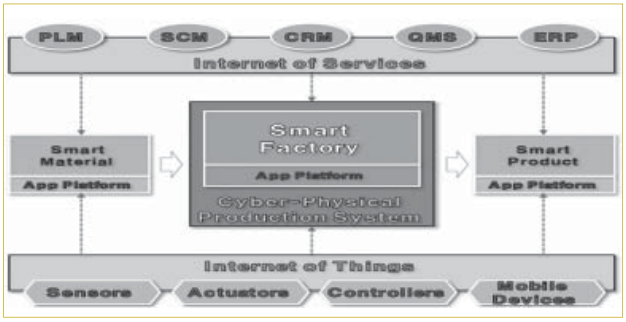


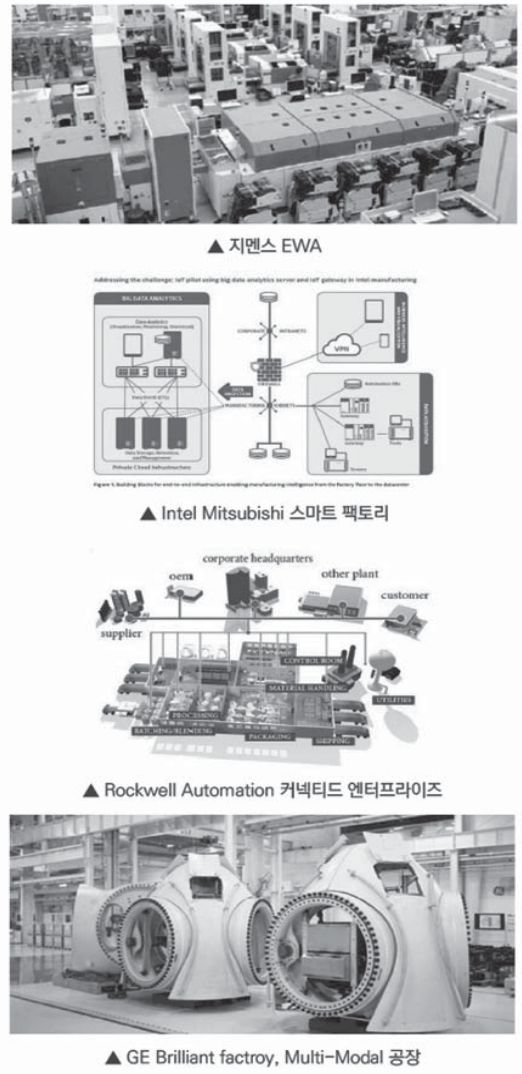
그림 4. 개념적 서비스를 물리적 하드웨어와 연계해주는 CPS

자료출처 : Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems, Wolfgang Wahlster, DFKI(2013.5.27) 인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진(포스코경영연구소, 2014

* PLM(Product Lifecycle management) : 제품수명주기관리
* SCM(Supply Chain management) : 공급망관리
* CRM(Customer Relationship management) : 고객관계관리
* QMS(quality management system) : 품질관리
* ERP(Enterprise Resource Planning) : 전사적 자원관리

생산 프로세스를 결합하여 관련 산업의 가치사슬 및 비즈니스 모델을 변화하여 구현하는 플랫폼, 스마트 사물인터넷 기술을 기반으로 모든 프로세스가 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 공장, ICT와 제조업 기술이 융합하여 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, CPS 등을 통해 장비, 부품들이 연결 및 상호 소통하는 생산체계로 설명할 수 있으며, 간단하게 공장이 스스로 판단하고 이에 따라 작업을 수행할 수 있는 지능화된 공장이라 할 수 있다 [1,2,3,4,5].

스마트 팩토리에 대한 오해로 흔히 자동화 공정을 갖춘 공장을 생각할 수 있다. 그러나 자동화 공정은 스마트 팩토리를 갖추기 위한 구성요소 중 첫단계일 뿐 스마트 팩토리라 할 수 없을 것이다. 해외의 사례를 살펴보면, 독일의 Harting(FlexiMon 도입)의 경우, 인터넷에서 고객이 직접 원하는 부품들을 선택하고 이 조합을 공장으로 전달하여 고객이름을 제품명으로 하는 맞춤형 생산을 한다. 그리고 Daimler(TecFabrik 도입)의 경우 제품, 기계, 전체, 업무환경 간 그리고 이들이 인터넷과 네트워크화 하여 전체 시스템의 시뮬레이션이 가능하도록 하였다 [6]. 이밖에도 General Electric(Brilliant Factory 도입),



▲ 지멘스 EWA

▲ Intel Mitsubishi 스마트 팩토리

▲ Rockwell Automation 커넥티드 엔터프라이즈

▲ GE Brilliant factroy, Multi-Modal 공장

그림 5. 스마트 팩토리 해외 사례

자료출처 : 4차 산업혁명과 국내외 스마트 공장 산업 동향(융합정책연구센터, 2017.2)

Siemens(Electronics Works Amberg 도입), Rockwell Automation(커넥티드 엔터프라이즈 도입), Bayerische Motoren Werke AG(개별 고객 맞춤형 제품 생산 시스템 도입) 등이 스마트 팩토리를 구축하였다. 이들 공통점은 ICT 기술 등과 제조업 융합을 중심으로 제조업 혁신을 이루었다는 것이다[7].

우리나라의 경우, 민관합동 스마트공장 추진단에서 여

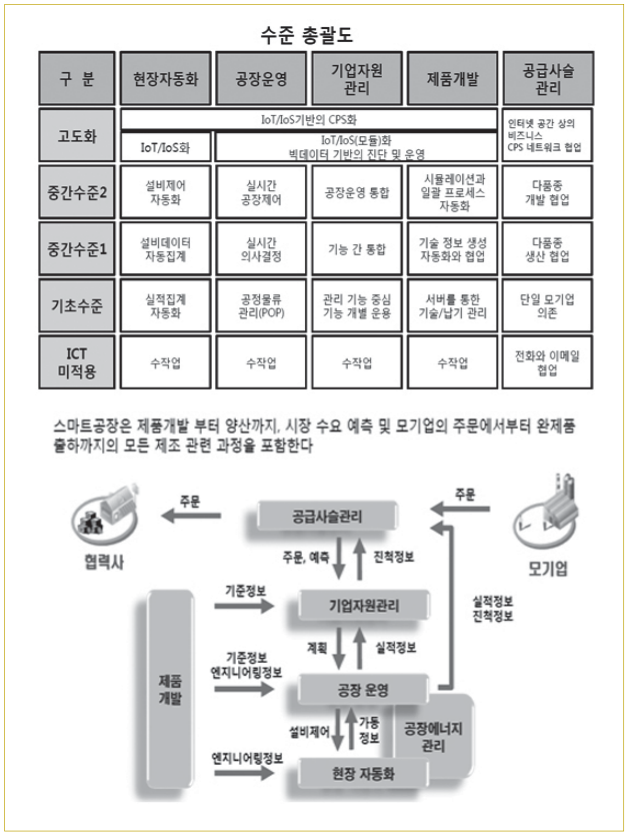


그림 6. 국내 스마트 팩토리 추진 체계

자료출처 : 스마트공장 보급, 확산을 위한 업종별 참조모델(스마트공장 추진단, 2015.10)

러 업종별, 단계별 스마트 팩토리를 적용하고 있다. 그 결과 기계부품 조립산업 등 스마트 팩토리 구축에 많은 성과가 있으며, 계속 진행 중에 있다. 그러나 국내 식품제조가공업체는 스마트 팩토리 도입에 어려움을 겪고 있으며, 도입을 한 경우도 초기 단계를 적용하고 있는 실정이다. 도입이 어려운 이유는 여러 가지 이유가 있겠지만 주된 이유는 10인 이하 업체가 전체 업체의 80% 이상을 차지하고 있는 식품제조가공업체의 영세 구조가 그 이유일 것이다. 이러한 문제점을 개선하여 4차 산업 혁명에 따른 식품제조가공업체의 경쟁력 강화가 필요할 것이다.

2. 스마트 HACCP

국내 식품제조가공업체의 영세성이 비단 스마트 팩토리 구축의 어려움만 지니고 있는 것이 아니라 식품안전관리 자체에 취약함을 가지고 있다. 물론 우리나라는 HACCP을 도입 및 운영하여 식품안전관리를 지켜 나아가고 있으나, 현재 국내 영세업체에는 HACCP 적용에 어려움을 가지고 있으며, 또한 영세업체가 HACCP을 인증받아 운영하더라도 꾸준히 식품안전관리를 실천해 나아가기 어려운 실정이다. 그리고 영세업체뿐만 아니라 식품업계 전반적으로 HACCP을 인증 받아 운영하는 경우도 마찬가지이다.

HACCP 적용 및 운영을 통한 식품안전관리가 어려운 이유로는 먼저 식품제조업체의 인력부족을 예로 들 수 있을 것이다. 대부분의 식품제조업체는 생산직을 구하는데 어려움을 호소하고 있으며, 대부분의 생산직 인력은 평균 50대 이상으로 제품 생산과 동시에 중요관리점(CCP) 공정 모니터링과 한계기준 이탈 시 개선조치 등을 수행할 수 있는 인력(전문인력 포함)이 부족하기 때문이다. 또 다른 이유로는 CCP 공정에 대한 수동 모니터링 점검 기록으로 모니터링 담당자가 점검일지를 허위로 작성할 경우 식품안전관리에 취약점을 드러낼 수 있기 때문이다. 또한 실제 반제품 및 공정품이 CCP 공정을 통과했다는 기록이 실시간으로 이루어지지 않아 CCP 한계기준이 이탈되는 등 문

그림 7. 스마트 HACCP

제가 발생하더라도 즉시 개선조치를 실행하기 어려운 문제들이 있을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 스마트 HACCP을 개발 및 보급해야할 것이다.

스마트 HACCP이란 HACCP 관리 체계에 ICT 기술을 융합한 지능형 HACCP 관리 시스템으로 설명할 수 있다. 즉 공장 내 전 CCP 공정의 기계 및 도구의 임베디드 시스템과 ICT 기술을 연계하여 공정을 자동으로 기록하고 문제 발생 시 즉시 개선조치를 할 수 있도록 한다. 또한 누적화된 데이터를 통해 공정 개선 및 기계 관리를 최적화하여 할 수 있는 시스템이라 할 수 있겠다.

앞서 이야기한 문제들을 해결하기 위하여 스마트 HACCP을 식품제조업체에게 도입하게 되면 제조업체의 식품안전관리 강화를 할 수 있고, 또한 제조업체의 경쟁력을 강화시킬 수 있을 것이다. 스마트 팩토리의 긍정적인 사례를 살펴보면, Harting 등의 경우, 스마트 공장 도입 후 생산성과 직원 수는 오히려 증가하였으며 직원들에게는 노동환경이 변화됨에 따라 삶의 질이 높아졌다는 사례가 있다[6]. 이와 마찬가지로 스마트 HACCP을 도입할 경우 CCP 모니터링을 위하여 인력을 채용하지 않아도 되며, 오히려 생산직의 인력 비중을 더 늘려 생산 효율성을 증가시킬 있다. 그리고 자동으로 기록 및 분석되는 CCP 공정관리로 식품안전관리를 실시간으로 운영할 수 있는 장점과 블랙컨슈머 등에 대한 안전한 제품 생산에 대한 근거자료로 사용할 수 있는 등 제조업체의 피해를 막을 수 있을 것이다. 현재 학교급식 등은 스마트 HACCP과 유사한 시스템을 구축하여 운영하고 있으나 다양한 식품유형이 존재하는 국내 식품제조가공업체에 대한 프로그램 개발은 미비한 수준이다.

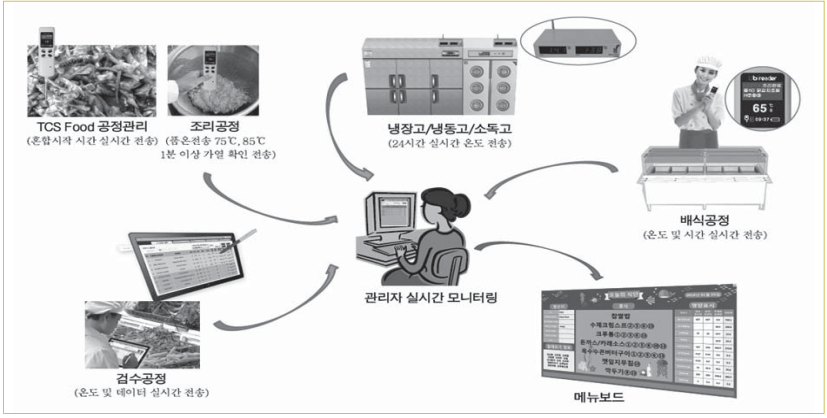


그림 8. 학교급식 스마트 HACCP 적용 사례

자료출처 : 제일기술 주식회사(2015)

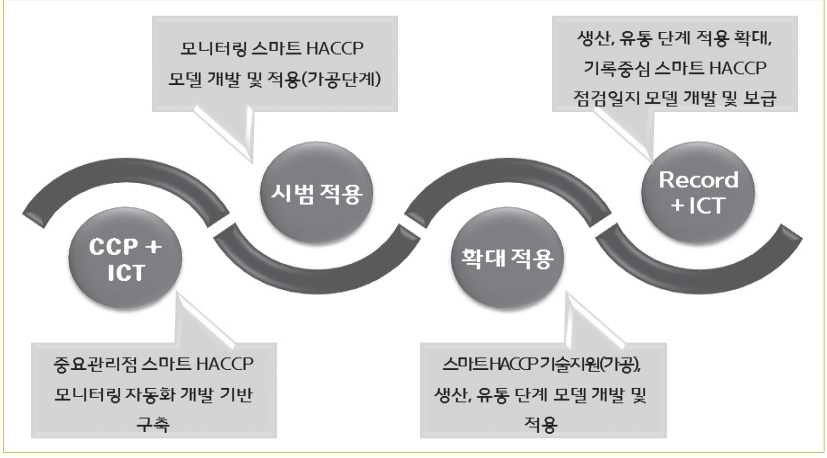


그림 9. 한국식품안전관리인증원 스마트 HACCP 추진 방향

한국식품안전관리인증원에서는 산 · 학 · 연 · 관 연계 등으로 중요관리점 스마트 HACCP 모니터링 자동화 모델 및 기록중심 스마트 HACCP 점검일지 모델 등을 개발하여 기술지원 등으로 적극 보급 및 활성화 예정이며, 더 나아가 스마트 HACCP + 스마트 팩토리로 4차 산업혁명을 대비한 식품제조업체의 경쟁력은 한층 더 강화 될 것이라 생각한다.

결 론

시대의 변화를 읽고 따라가는 것은 어느 분야나 마찬가지일테고 식품안전분야도 예외가 되어서는 안 될 것이

다. 현재 정부에서도 4차 산업혁명의 핵심인 소프트웨어(SW) 창업 중소기업 세액 감면율을 높이고 스타트업의 지방세를 감면하는 등 세제 지원을 대폭강화, 창업 붐을 조성하고, 주요 부처에서 4차 산업혁명 대응과 창업 활성화, 일자리 창출을 위한 후속 협업 방안 마련 착수 등 4차 산업혁명을 일자리 창출 지렛대로 활용하는 정책을 추진하려고 하고 있다. 이에 발맞추어 식품안전분야에서도 4차 산업을 통한식품안전관리의 시스템화, 자동화, 빅데이터 분석 등을 통한 정보 제공을 통해 생산에서 유통까지 소비자가 식품을 믿고 소비할 수 있도록 끊임없는 노력이 필요할 것이다. 이를 위해 한국식품안전관리인증원도 정보통신기술(ICT) 융 · 복합을 통한 스마트 HACCP 서비스를 제공하고, 특히 IoT 기반을 둔 첨단 HACCP 작업장 플랫폼 개발 · 보급 등 인공지능, 사물인터넷, 바이오 식품안전이 융 · 복합된 신규 사업분야 개척을 위해 노력할 것이다.

참고 문헌

1. 스마트 팩토리 산업 인터넷 혁명의 서곡(LG Business Insight), LG경제연구원, 2016
2. 제조업과 ICT의 융합, 4차 산업혁명(weekly tip), 융합정책연구센터, 2017.1.2
3. 주요국 제4차 산업혁명 추진 전략 동향, 한국전자통신연구원, 2017
4. 독일 인더스트리 4.0 스마트공장(GT2017-EU04), 한국산업기술진흥원, 2017.03.17
5. 인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진(POSRI보고서), 포스코경영연구소, 2014
6. 독일 스마트공장 현황과 시사점, IBK경제연구소, 2016.8
7. 4차 산업혁명과 국내외 스마트 공장 산업 동향(weekly tip), 융합정책연구센터, 2017.2.6.
8. Industry 4.0 : The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems, Wolfgang Wahlster, DFKI 2013.5.27.
9. 일본이 바라본 글로벌 산업전망과 4차 산업혁명의 영향(산업기술정책브리프, 한국산업기술진흥원, 2017.3)
10. 스마트공장 보급, 확산을 위한 업종별 참조모델, 스마트공장 추진단, 2015.10
11. DFKI(독일인공지능연구소), 2011
12. 독일과학기술학회, 2011
13. World Economic Forum, 2016.1
14. 독일인공지능연구소, 2011
15. 현대경제연구원