

2016.5.10 (제10호)  
ICT 융합 Issue Report

# 인더스트리 4.0의 기대 효과와 시사점

—  
조호정

# 인더스트리 4.0의 기대 효과와 시사점

ICT 융합 Issue Report

2016.5.10 (제10호)

## Executive Summary

1. 개요
2. 인더스트리 4.0 추진의 기대 효과
  - 2.1 경제적 효과
  - 2.2 생산 방식의 변화
  - 2.3 사회적 변화
  - 2.4 제도적 변화
3. 시사점

조호정

(현대경제연구원 연구위원)

(사) 한국ICT융합네트워크

이 보고서는 2015년 9월부터 2016년 8월까지 진행되는  
정보통신기술진흥센터 SW컴퓨팅산업원천기술개발사업  
(과제명 : 사이버-물리 생산 시스템 (CPPS) 구현을 위한  
생산설비 연동 미들웨어 개발)의 일환으로 작성되었습니다.

## <Executive Summary>

### □ 개요

독일의 제조업 경쟁력은 세계 최고 수준으로 평가받고 있다. 독일은 높은 제조업 경쟁력을 바탕으로 대내외 경제위기를 빠르게 극복할 수 있었고 유럽 재정위기 이후로는 유럽 경제의 버팀목 역할을 하고 있다. 이러한 상황에서도 독일 제조 기업들은 2000년대 들어 중국 등 아시아 국가들의 급성장, 사물인터넷 (IoT) 등 미래 기술 환경 변화에 대응하여 자국 산업의 경쟁력과 미래 성장 동력 확보를 위한 새로운 전략으로서 인더스트리 4.0을 추진하고 관련 기술 개발 등에 대한 투자를 확대하고 있다. 이에 인더스트리 4.0 관련 기술의 빠른 개발뿐만 아니라 파급 영향도 확산될 것으로 전망된다.

### □ 인더스트리 4.0 추진의 기대 효과

독일은 인더스트리 4.0 추진으로 미래에 어떤 변화를 맞게 될까? 인더스트리 4.0은 독일의 제조업 생산성, 제조 공정의 효율성 증대 등을 통한 경제적 효과뿐만 아니라 생산 방식, 작업 현장, 새로운 비즈니스 모델, 제도 등 사회 전반에 많은 변화를 야기할 것으로 전망되고 있다.

첫째, 인더스트리 4.0 추진으로 생산성 증대 등의 경제적 효과가 기대된다. 독일 내에서 뿐만 아니라 유럽, 전 세계적으로 첨단 제조 기술에 대한 투자가 확대됨에 따라 제조 공정의 효율성 제고, 스마트 제품 출시 등으로 부가가치가 늘어날 것이

다. BMWi(독일 경제에너지부)가 여러 기관의 인더스트리 4.0 추진에 따른 경제적 기대 효과 추정을 기반으로 제시한 결과에 따르면, 독일은 2020년까지 약 1,553억 유로의 추가적인 경제 효과를 얻을 수 있다. 각 산업별로는 자동차 산업이 525억 유로로 가장 큰 수혜가 예상되고 엔지니어링 320억 유로, 장치 산업 300억 유로, 전자 산업 235억 유로, ICT 150억 유로 순이다. 이러한 추가적인 산업 생산성 증대는 각 산업별로 센서 시스템, 로봇틱스, 혁신 생산 시스템, 물류 및 ICT 기술 개발 등에 대한 투자가 확대되고 경쟁력이 강화되는데 기인하게 된다. 한편, 독일의 제조 첨단화는 현재 EU 차원에서도 ‘미래 공장’ 프로젝트로 공조가 이뤄지고 있어 유럽 전역에서 2030년까지 1조 3,500억 유로의 추가 경제 효과가 기대된다. 또한, 전 세계적으로도 2025년까지 사물 인터넷 29조 유로, 디지털 인공지능 7.2조 유로, 로봇틱스 4.8조 유로, 클라우드 컴퓨팅 1.4조 유로의 투자가 이뤄질 것으로 전망되고 있다.

**둘째, 인더스트리 4.0은 지능형 자동화된 생산 시스템 구축을 목표로 하는 만큼 생산 방식도 스마트, 그린, 도심형 생산으로 변화될 것이다.** 이러한 생산 방식의 변화는 자원 효율성은 극대화하고 생산 비용도 절감시킨다. 즉 인더스트리 4.0은 최적화된 생산 공정 구현으로 자본, 에너지 및 인력 비용을 효율적으로 감축할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 자본 비용은 자동화와 최적생산으로 고정 자본을 감축할 수 있고 에너지 비용은 공장 설비의 스마트한 통제 및 효율적인 사용으로 줄어든다. 또한, 인력 비용도 고도의 자동화된 생산 공정 및 로봇 도입 등으로 저숙련 인력에 대한 수요가 감소될 것이다.

이외에도 인더스트리 4.0은 생산 방식을 기존 공급자 주도형에서 수요자 맞춤형으로 변화시킬 것이다. 기존 생산 방식은 대량 생산보다 소량 생산의 경우 비용이 더 높아 맞춤형 제공이 불가능했다. 그러나 인더스트리 4.0의 스마트한 생산 체계는 맞춤형으로 제작된 견본품 또는 한 개의 상품 생산까지도 수지에 맞게 생산할 수 있다. 이러한 생산 방식의 변화는 공장 내 작업 현장의 변화도 이끌어 낼 것이다. 인더스트리 4.0은 스마트한 설비 도입으로 생산 공정의 실시간 관리가 가능해지고 각 공정별 의사결정도 신속하고 상호 연관되어 이뤄져야 하며 제품과 서비스도 단독으로 존재하기보다 상호 의존성이 높아질 것이다. 이러한 변화들로 인해 인더스트리 4.0의 생산 체계 내에서는 전문 엔지니어들의 역할이 더욱 중요해질 것이다. 또한, 빅 데이터, 산업 인터넷 인프라 구축과 관리 등의 중요성도 더욱 확대될 것으로 보인다.

**셋째, 인더스트리 4.0은 일자리 수요 변화, 새로운 비즈니스 모델 창출, 일-가정 양립 등의 사회적 변화들도 야기할 것이다.** Siemens의 암베르그 공장, 아디다스의 스피드 팩토리 사례에서 나타났듯이 스마트 공장이 구현되면 생산성은 몇 배 증가되지만 인력 수요는 줄어들게 된다. 그러나 보스턴 컨설팅이 독일의 인더스트리 4.0의 추진에 따른 일자리 변화를 추정한 결과를 보면, 인더스트리 4.0의 기술이 약 50% 도입되고 생산성이 매년 1%씩 증대(기본 가정)된다면 2015~2025년까지 기존 제조업 등의 일자리는 약 61만개 줄어들겠지만 데이터 분석 등 IT 기술 인력, R&D 부문, 공유 경제 등 신 비즈니스 창출 등으로 고부가 서비스 일자리가 약 96만개 증가하여 신규 일자리는 35만개 늘어날 것으로 전망하였다. 다만, 일자리 증

가가 IT 인력, 데이터 분석 등에 집중되는 만큼 일자리 재구조화에 따른 훈련, 전문가 양성 프로그램 등은 새롭게 변화되어야 할 것이다. 다른 한편으로 인더스트리 4.0을 통한 스마트 생산 체계 하에서는 제품, 생산 과정, 서비스 등이 임베디드 시스템을 통해 다양한 데이터를 수집한다. 이렇게 축적된 데이터는 정제·분석하여 스마트 데이터로 변화되고 소비자 니즈를 정확하게 파악할 수 있는 새로운 정보로 제공되는 등 다양한 비즈니스 모델의 창출로 연결될 것이다. 또한, IT와 생산 공정의 결합으로 업무 유연성이 확대되고 도심형 생산이 늘어나면서 근로자들은 일, 개인 생활 및 재교육에 이르기까지 일-가정을 양립할 수 있는 환경이 조성될 것으로 기대되고 있다.

**넷째, 인더스트리 4.0 추진에 따른 변화를 뒷받침할 수 있는 제도 변화도 뒤따를 것이다.** 인더스트리 4.0의 완전한 구현을 위해서는 제조업 밸류 체인 전반에 걸친 표준화, 보안, 안전 등에 대한 사회적 합의가 필요하다. 인더스트리 4.0은 오픈 플랫폼에 기반을 두는 만큼 여러 밸류 네트워크 간 표준화가 무엇보다도 중요하다. 더불어 정보, 생산 설비, 노하우, 기술 등의 오남용과 비공식된 접근 방식을 차단할 수 있는 보안도 확보되어야 한다. 인간을 기계·전자적 위험들로부터 보호할 수 있는 안전장치도 마련해야 한다. 마지막으로 이러한 제도 마련은 다양한 이해관계가 상충하고 자국 내, 지역 간, 글로벌 차원에서도 기준이 상이할 수 있는 만큼 이들 간 합의를 이끌어낼 수 있는 협력 기구를 마련하는 노력도 필요할 것이다.

## □ 시사점

독일의 인더스트리 4.0은 4차 산업혁명의 선두주자로서 향후 우리의 생활환경을 완전히 변화시켜 나갈 것으로 예상된다. 새로운 변화는 고객 맞춤형 생산체계 구현을 통한 생산성·효율성 제고, IT 등 고학력 숙련 인력의 수요 증가, 생활 편의성 극대화, 일-가정 양립 확대 등 긍정적인 영향들이 많을 것으로 전망된다. 그러나 4차 산업 혁명의 핵심 기술 요소들을 대부분 일부 선진국들이 독점하고 있고 기존 생산 체계보다 통합적이고 패키지화된 시스템이 구현되고 보급될 것으로 전망되는 만큼 후발 주자들이 Catching-up은 훨씬 어려울 것이다. 또한 한 국가 내에서도 산업 구조조정, 일자리 구조 변화 등에 따른 양극화 현상이 더욱 심화될 것으로 우려된다. 이에 인더스트리 4.0의 긍정적 효과를 극대화할 수 있도록 전략 추진 과정에서 발생하는 사회 변화에 관심을 갖고 제도적 측면에서 보완해 나가는 노력이 중요하다.





## 1. 개요

**제조 환경에 침투하고 있는 사물 및 서비스 인터넷: 인더스트리 4.0은 CPS의 기술적 통합을 제조와 물류에 그리고 사물 및 서비스 인터넷을 산업 공정에 통합시킬 것이다. 이로 인해 가치 창출, 사업 모델, 다운스트림 서비스 및 업무 구조에 있어 다양한 함의를 갖게 될 것이다.**

*(The Internet of Things and Services is coming to the manufacturing environment: In essence, Industrie 4.0 will involve the technical integration of CPS into manufacturing and logistics and the use of the Internet of Things and Services in industrial processes. This will have implications for value creation, business models, downstream services and work organisation.)*

**Kagermann (2013)**

제조업의 높은 경쟁력에 기반을 둔 국가들은 대내외 경제 위기에도 빠르게 회복되는 모습을 보였다. 대표적인 국가가 독일이다. 2008년 이후 세계 경제는 미국의 서브 프라임발 금융위기에 휘청거렸고 이후 유럽으로 전이된 위기는 과도한 국가 채무를 지녔던 그리스, 아일랜드, 스페인 등 일명 PIIGS 국가<sup>1)</sup>들을 국가 부도 직전까지 내몰았다. 이후 유로화를 사용하는 유로존 국가들은 구제금융과 긴축으로 부도 위기는 넘겼지만 유럽 경제는 여전히 침체를 겪고 있다. 역내 수출 비중이 약 60%에 달하는 독일 역시 2009~2010년 사이 역내 수출이 급감하면서 경기가 빠르게 악화됐다. 그러나 독일은 자동차, 기계, 화학 등에서 세계 1위의 경쟁력을 보유하고 있는 만큼 수출 지역 다변화, 신규 시장 개척 등을 통해 빠른 경제 회복세를 보였고 유럽 경제의 버팀목 역할을 하고 있다 (조호정, 2013a). UNCTAD의 세계 제조업 생산성 순위<sup>2)</sup>에 따르면, 독일은 2013년 기준 인구 1인당 제조업 생산성이 8,000달러로 주요 경쟁국 대비 월등한 1위를 기록하고 있다 (<표 1> 참조).

1) 2010년 유럽 재정위기 초기 높은 국가채무를 보였던 포르투갈, 아일랜드, 이탈리아, 그리스, 스페인을 5개국을 지칭

2) 출처: Rhodes (2015); 원전: UK Parliament 자료 재인용

&lt;표 1&gt; 세계 제조업 생산성 순위 (2013년 기준, 2005년 환율로 환산)

순위	국가	제조업 생산 (10억 달러)	1인당 제조업 생산
1	미국	1,820	5,600
2	중국	1,757	1,300
3	일본	1,001	7,900
4	독일	663	8,000
5	한국	354	7,200
6	프랑스	268	4,000
7	이탈리아	256	4,200
8	영국	243	3,900
9	인도	203	200
10	대만	179	7,700

자료: UNCTAD 국민계정 통계

그러나 독일 제조 기업들은 2000년대 들어 중국 등 아시아 국가들의 급성장, IoT 등 미래 기술 환경 변화 등에 대응하여 자국 산업의 경쟁력 확보, 미래 성장 동력에 대한 고민이 커져갔고 이에 새로운 미래 전략을 필요로 했다.

독일은 기계·플랜트 제조업 등에서 세계적인 경쟁력을 확보하고 있고, 공장 자동화관련 IT역량도 높게 평가받고 있다 (조호정, 2013b). 특히, 제조 기계를 움직이는 임베디드 시스템과 자동화 엔지니어링 분야에서 글로벌 선두 지위를 확보하고 있다. 독일 내에서는 이러한 경쟁 우위를 적극적으로 활용하여 글로벌 경쟁 심화와 ICT 기술 발전 등에 대응할 수 있는 새로운 전략과 정책 지원이 필요하다는 요구가 커져 갔다. 이런 상황 하에서 인더스트리 4.0(4차 산업혁명)에 대한 담론이 기업가, 연구 기관 및 산업계 등을 중심으로 꾸준히 제기되었고 2011년 이후 독일 정부의 미래 프로젝트로 추진되고 있다. 인더스트리 4.0은 민간 부문(기업, 산업 단체, 연구기관 등)에서 꾸준히 문제를 제기하는 상향식(bottom-up) 의사 전달 체계를 기반으로 민간 중심의 실행 그룹이 작동되고 있지만 최근에는 독일 정부의 역할이 점차 확대되고 있다 (Scheremet, 2015). 독일 정부는 인더스트리 4.0 관련 기술에 대한 R&D 투자 지원을 확대하고 법 체계, 실용화 등 정책 보완 등을 통해 국가 차원의 미래 프로젝트로서 추진해 나가고 있다. 이에 따라 관련 연구, 기술 등의 빠른 성장이 예상되며 파급 영향도 확대될 것으로 전망된다.

## 2. 인더스트리 4.0 추진의 기대 효과

독일은 인더스트리 4.0 추진함으로써 미래에 어떠한 변화들을 맞게 될까? 인더스트리 4.0 추진으로 독일은 제조업 생산성, 제조 공정의 효율성 제고 등을 통한 경제적 효과뿐만 아니라 생산 방식, 작업 현장, 제도, 비즈니스 모델 등 사회 전반에서 많은 변화가 나타날 것으로 전망된다.

우선, 인더스트리 4.0은 기존 제조 공정에 사이버 물리 시스템(Cyber physical system), 사물 인터넷(IoT), 서비스 인터넷(IoS) 등 ICT 기술을 적용하여 자율 제어가 가능한 스마트 시스템으로 변화시켜 나갈 것이다. 이는 자동화 수준에 머물러 있던 공장을 제조 공정에 속한 사람, 기계 등이 모두 네트워크에 연결되고 사이버 물리 시스템에 의해 가상 세계와 실제 세계가 통합되면서 보다 지능화된 스마트 공장(Smart Factory)으로의 진보를 의미한다. 생산 과정도 로봇기술, 3D 프린팅, 빅 데이터(Big Data)를 정제하여 정확한 소비자 니즈 파악 등 최첨단 기술들이 활용될 것이다. 이에 따라, 인더스트리 4.0은 토탈 패키지 형태의 제조 시스템을 구현하게 된다. 토탈 제조 패키지가 완성되면 상품 제조에 있어 가치 사슬(Value chain)의 수직적, 수평적 통합이 확대될 것이다. 또한, 인더스트리 4.0은 글로벌 네트워크상에서 기계, 제품 취급 시스템, 생산 설비(공장)들을 유기적으로 작동하게 한다. 특히, 사이버 물리 시스템으로 통제되는 스마트 기계(Smart Machine), 재고 관리 시스템, 생산 설비들은 자율적으로 정보를 교환, 생산하고 독립적으로 통제되게 된다. 이를 위해서는 국가, 기업 차원의 투자가 활성화되어야 하며 관련 산업 분야(기계·장비, 자동차, 센서 제조, ICT 등)의 경쟁력 제고를 통해 부가가치가 늘어나고 산업 발전 속도도 빨라질 것으로 전망된다.

글로벌 컨설팅사인 PWC(PriceWaterhouseCoopers)는 인더스트리 4.0 추진으로 산업 인터넷이 확산되고 산업 인터넷 솔루션이 발전됨에 따라 상품과 서비스의 디지털화 진전, 새롭고 혁신적인 비즈니스 모델 출현 등의 변화를 전망하였다 (<표 2> 참조). 이외에도 2020년까지 유럽 제조 기업들이 산업 인터넷 적용 분야에 매년 1,400억 유로를 투자할 것이고 산업 인터넷이 제조 공정에도 도입됨에 따라 생산성과 자원 효율성이 제고되어 5년 내 약 18%의 효율이 높아질 것으로 전망했다. 또한 유럽 제조 기업들은 변화된 제조 환경을 기반으로 디지털화된 상품과 서비스를 다양하게 출시함으로써 매년 약 1,200억 유로의 추가 매출을 발생시킬 수 있을 것으로 내다봤다.

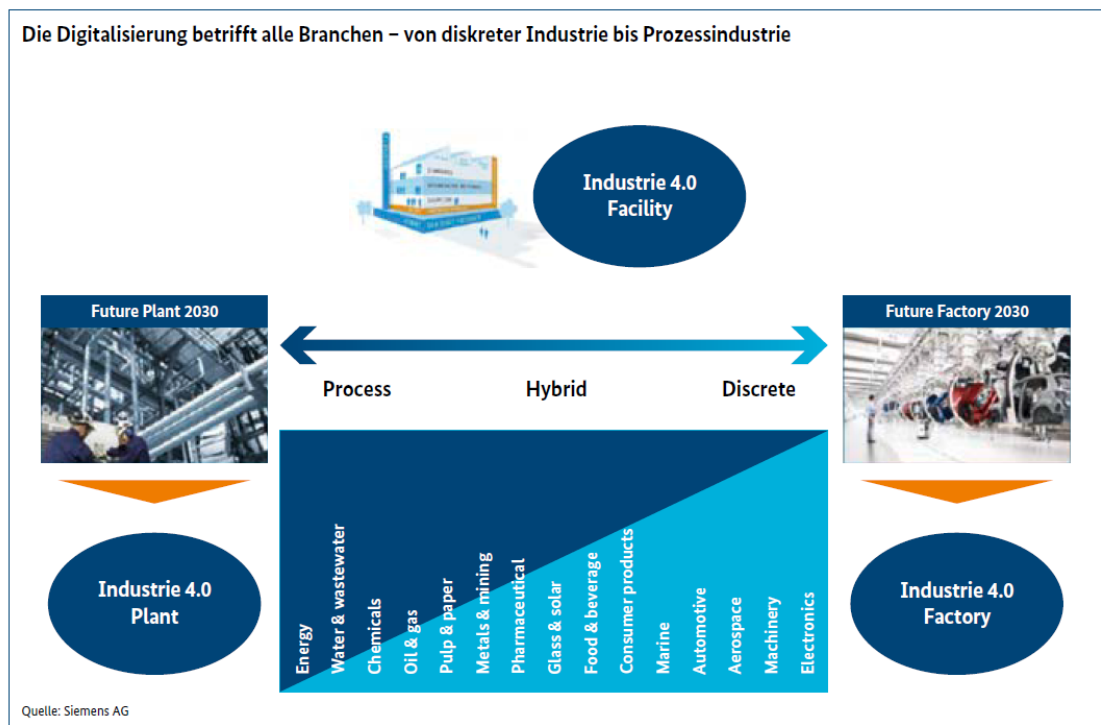
&lt;표 2&gt; PWC의 인더스트리 4.0 관련 설문 주요 결과

(1)	산업 인터넷이 회사 전체를 변화시키고 CEO agenda의 한 부분이 될 것
(2)	2020년까지 유럽 제조업체들은 산업 인터넷 적용 분야에 매년 1,400억 유로를 투자
(3)	5년 내에 80%이상의 기업들이 그들의 가치사슬을 디지털화하게 됨
(4)	산업 인터넷은 생산성과 자원 효율성을 창출하여 5년 내 약 18%의 효율 제고
(5)	통합 분석과 데이터 사용 등이 산업 인터넷의 핵심 역량임
(6)	제품과 서비스의 디지털화가 지속가능한 기업 성공의 핵심임
(7)	디지털화된 상품과 서비스가 유럽 제조업체 매출을 매년 약 1,100억 유로 증대 예상
(8)	산업 인터넷은 새롭고 혁신적인 디지털 사업 모델들을 이끌게 됨
(9)	수평적 협력이 고객의 만족도를 제고
(10)	산업 인터넷은 또한 정책 입안자 등에게 다양한 도전을 야기할 것임

출처: PWC (2014)

또한, 인더스트리 4.0 추진에 있어 주요 참여 기업인 Siemens도 4차 산업혁명에는 에너지부터 기계, 전자 산업 등 전 생산 체계에 영향을 미칠 것이며 2030년까지 각 산업별로 설비, 플랜트, 공장 등의 변화를 전망하고 있다 ([그림 1] 참조).

[그림 1] 각 산업별 디지털화 형태



출처: Siemens (2014)

다음으로 인더스트리 4.0은 기업의 생산방식, 작업 현장, 사회·제도적 변화들도 야기할 것이다. 인더스트리 4.0은 자율 제어가 가능한 스마트 공장을 구현함으로써 상품과 서비스 간 수직·수평적 통합이 확대되고 축적된 데이터 분석에 기반하여 최적화된 생산, 수요자 맞춤형 생산 등 생산 방식의 효율성을 높일 것이다. 작업 현장도 M2M(Machine to machine, 기계 간 통신) 등이 확산되면서 기계들의 자율 제어가 가능해 지고 생산 과정에 로봇 도입도 확대되면서 공장 내에서 인간과 로봇 간의 소통과 업무 분배 등이 보다 중요해 질 것이다. 이외에도 일자리 수요, 생산자와 소비자의 관계, 비즈니스 모델, 표준과 보안 등도 중요한 변화를 맞게 될 것으로 예상된다. ([그림 2] 참조)

[그림 2] 인더스트리 4.0 추진에 따른 기대 효과

<b>제조업 생산성 향상</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산비용 감축</li> <li>• 다품종 소량 생산, 맞춤형 생산</li> <li>• 제조업 생산성 약 30% 증가 전망</li> </ul>
<b>디지털 제조강국 변화</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래형 생산체제로 변화</li> <li>• 자원효율성 극대화</li> </ul>
<b>제조업 창조산업화</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT 융합으로 신사업 활성화</li> <li>• 중소기업 경쟁력 제고</li> </ul>
<b>업무환경 개선</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용형태 다변화</li> <li>• 업무 유연성 증대</li> <li>• 일-가정 양립에 긍정적</li> </ul>

출처: Kagermann(2013) 보고서 등을 참고하여 저자 재구성

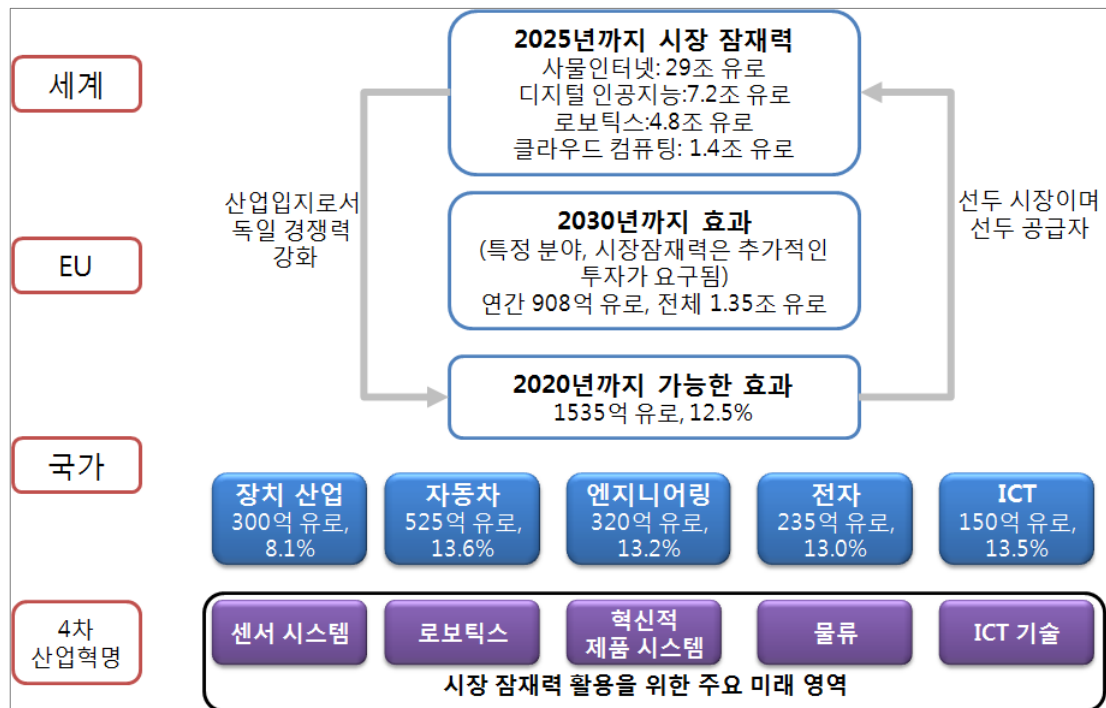
## 2.1 경제적 효과 ([그림 3] 참조)

인더스트리 4.0 추진은 독일뿐만 아니라 유럽, 전세계 차원에서도 첨단 제조 기술에 대한 투자를 확대시키고 제조 공정의 효율성 증대, 스마트 제품 출시 등으로 부가가치가 늘어날 것으로 전망된다.

우선, BMWi(독일연방경제에너지부)가 여러 기관의 인더스트리 4.0 추진에 따른 경제적 효과 추정을 기반으로 제시한 결과를 보면, 2020년 까지 독일 내 경제적 효과는 약 1,535억 유로에 달할 전망이다. 각 산업별로 보면, 자동차 산업이 525억 유로, 엔지니어링 320억 유로, 장치 산업 300억 유로, 전자 산

업 235억 유로, ICT 150억 유로의 경제적 효과를 보일 것으로 예상된다. 특히, 경제적 효과는 각 산업별로 인더스트리 4.0 추진을 따라 센서 시스템, 로봇릭스, 혁신 생산 시스템, 물류 및 ICT 기술 개발로 투자가 확대되고 경쟁력이 강화되는데 기인할 것이다.

[그림 3] 인더스트리 4.0 추진에 따른 경제적 기대 효과



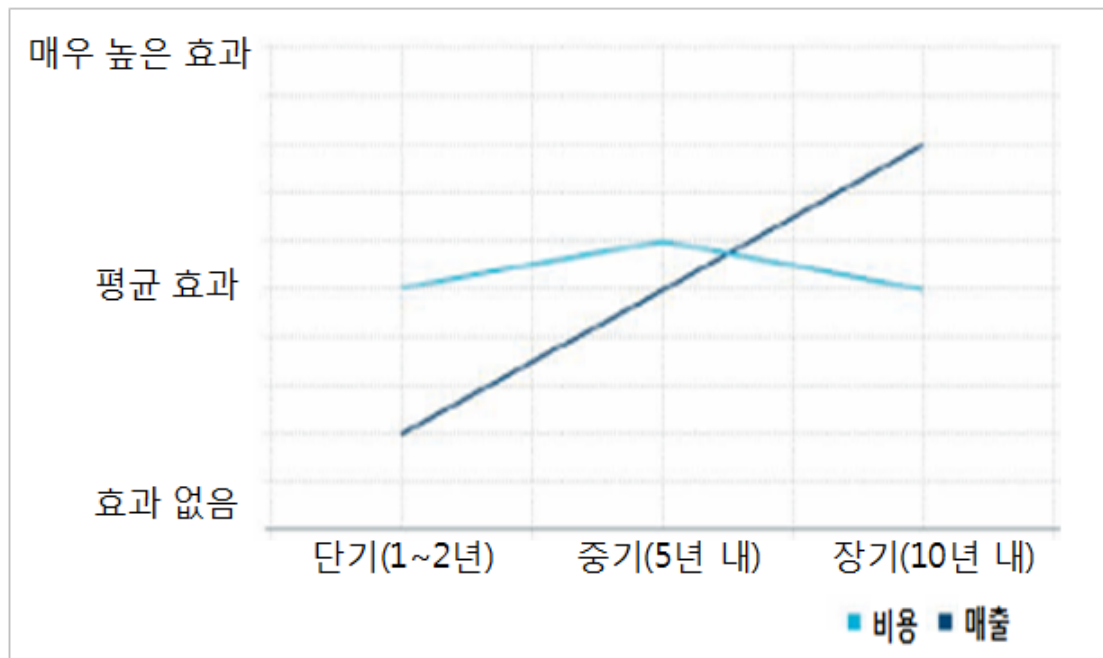
출처: BMWi (2015)

한편, 독일의 제조 첨단화는 현재 EU 차원에서도 공조가 이뤄지고 있고 EU국가들도 자국의 제조업 경쟁력을 높이기 위해 적극적으로 참여하고 있다. 이에 따라 EU 차원에서 뿐만 아니라 국가 차원의 투자들도 확대되고 있다. 이러한 유럽 차원의 제조업 혁신은 미국, 중국, 한국 등 주요 제조 선진국들에게도 제조업 혁신에 대한 필요성을 높이고 투자를 이끌어 내고 있어 전 세계적으로도 경제적 잠재력을 확대시킬 것이다. 유럽에서는 2030년까지 매년 약 908억 유로의 투자를 통해 1조 3,500억 유로의 경제적 효과가 기대된다. 한편, 전 세계적으로도 2025년까지 IoT 29조 유로, 디지털 인공지능 7.2조 유로, 로봇릭스 4.8조 유로, 클라우드 컴퓨팅 1.4조 유로의 투자가 이뤄질 것으로 전망되어 4차 산업혁명에 따른 경제적 효과가 상당할 것으로 전망된다.

다만, 인더스트리 4.0은 2025년 이후에나 완전히 구현될 수 있고 투자도 중기

적 관점에서 이뤄지고 있어 매출 증대는 장기적으로나 가능할 것으로 보인다. 이에 기업들의 적극적인 투자를 유인하는데 다소 어려움이 예상된다. 특히, 중소기업의 경우 인더스트리 4.0 추진으로 생산 주체 간 협업과 네트워크 강화로 투명성이 제고되고 자원 효율성이 높아져 경쟁력이 강화될 것으로 예상되지만 이들의 중장기적 투자 유인은 쉽지 않을 것으로 전망되고 있다. 따라서 독일 정부는 중소기업의 인더스트리 4.0 추진을 체계적으로 지원하기 위한 Mittelstand 4.0 정책 등을 다양한 관점에서 추진하고 있다.

**[그림 4] 인더스트리 4.0 과정에서 비용과 매출 중 어떤 것이 확대될 것으로 전망되는가?**



출처: BMWi (2015)

**□ 별첨 1: 인더스트리 4.0을 구현해가는 아디다스의 스피드 팩토리 (Speed Factory)<sup>3)</sup>**

아디다스는 스피드 팩토리를 통해 지역 기반의 미니 공장에서 보다 유연한 생산 체계를 구현해 나갈 것이다. 아디다스 제품은 주로 노동 비용이 저렴한 아시아 지역에서 생산하여 전 세계로 배송되는 아웃소싱 형태를 추구해 왔다. 제품 구성도 글로벌 전체 지역 트렌드를 종합 분석하고 제품 디자인에 반영하고 생산하다 보니 시장 대응이 늦어져 경쟁력이 하락



했다라고 아디다스 측은 분석하고 있다. 현재 고객들은 상품 생산에 자신들의 니즈를 적극적으로 반영하길 원하고 이벤트, 맞춤형 제품에 대한 수요도 커지고 있다. 특히 개별 고객뿐만 아니라 각 지역에 특화된 상품을 신속하게 런칭하기 위해서도 새로운 제조 시스템을 적용하는 것이 중요해졌다. 이에 아디다스는 인더스트리 4.0의 프로젝트로서 정부 지원을 받아 스피드 팩토리 개발을 시작하였고 2015년 말에는 독일 안스바흐(Ansbach) 지역에 상주 인력 10명에 불과한 100% 로봇 자동화 공장을 최초로 설립하였다. 아디다스는 공장 설립 이후 지역민들의 상품디자인 요구를 반영한 500컬레 신발을 시험적 생산하고 있다. 스피드 팩토리의 모든 공정은 본사 서버와 인터넷에 연결·관리되며 공장 주변 지역민의 관심사와 패션 트렌드를 분석하고 반영하여 실시간 맞춤형 제품을 디자인하고 매장에 공급해 나갈 예정이다. 스피드 팩토리는 맞춤형 디자인 제품 생산뿐만 아니라 지역 기반의 공장인 만큼 시장도 근접하여 물류비용을 획기적으로 낮출 수 있을 것으로 기대하고 있다.



자료 : <http://www.adidas-group.com>

스피드 팩토리는 소규모 이동성이 있는 생산 네트워크 공장 모델(movable production networks of small factories)이다. IT 기반 기술이 생산 과정에서 에너지·소재 절감과 더불어 인텔리전트하고 자율적 기능을 갖춰 맞춤형 생산이 가능한 유연한 생산 인프라를 제공하게 된다. 이러한 새로운 생산 시스템을 통해 글로벌 기업인 아디다스는 기존 공장들을 리쇼어링(re-shoring, 저개발 국가에서 서양 산업 국가로)하고 신 시장에서도 로봇 생산의 초현대식 생산 설비 구축하게 된다. 즉 아디다스의 제품 생산 방식은 기존 중앙집권화(Centralized)된 체계에서 탈집권화(Decentralized)되는 방식으로 변화해 나갈 것이다.

소비자 욕구가 다양화되고 이머징 마켓의 수요가 증대되는 상황에서 디지털 네트워킹 확산, 3D 프린터 발전 등으로 이룩된 인더스트리 4.0은 기존 저개발 국가 중심의 생산 체계에 대한 포괄적인 모니터링을 할 수 있는 기회를 제공할 것이며 고도의 경제적인 자동화 솔루션이 선진국과 저개발 국가 모두에서 고품질(High quality) 제품 생산이 가능토록 지원할 것으로 전망된다.

#### □ 별첨 2: 유럽의 '미래공장 프로젝트'<sup>4)</sup>

유럽 연합(EU)은 '2020 성장전략(Europe 2020: Europe's growth strategy)'의 산업 경쟁력 강화와 일자리 창출의 목표 달성을 위해 독일의 인더스트리 4.0에 상응하는 미래공장(Factories of the Future) 프로젝트를 가동하였다. 유럽 국가들은 지식기반 생산 기술과 시스템 개발을 위한 R&D 활동을 통해 유럽의 산업 경쟁력과 지속가능성을 높여나갈 것이다. 이를 위해 경쟁력 있고 지속가능한 생산 플랜트 구축, 산업 자동화, 기계 및 로봇틱스, 디자인과 플랜트 관리 등을 위한 산업 소프트웨어 개발을 목표하고 있다 (<표 3> 참조).

유럽 2020 성장전략은 스마트, 그린 및 포괄적 경제 구현을 목표로 한다. 이에 에너지·자원 효율적 제조 공정과 지속가능하고 안전한 작업 현장의 구현, 혁신적 제조업 하의 하이테크 기업 활성화 등을 추진해 나갈 것이다. 미래 공장 프로젝트는 EU의 2020년 산업정책 목표를 지원함으로써 제조업 비중을 2020년까지 16%에서 20%로 높이고 장비 분야의 투자도 6%에서 9%로 확대할 것이다. 아울러 전체 제조업에서 기술 이전을 촉진하고 직업 훈련 등도 활성화해 나갈 것이다.

유럽은 R&D 활동 강화를 통해 최첨단 제조공정 도입, 적응 가능하고 및 스마트한 제조 시스템 구축, 디지털화되고 자원 효율적인 공장 등을 확대해 나갈 것이다. 최첨단 제조공정 도입 등을 위해 40~50개의 관련 프로젝트가 진행되고 있다. 이를 통해 제조 공정 과정의 에너지 소비를 약 30%, 폐기물 20%를 감축해 나갈 것이며 재료 소비도 20% 감축하는 등 환경 친화적인 제조업을 추구해 나갈 계획이다. 아울러 인간 중심적 작업

3) Siemens (2014) 등을 참고하여 저자 재구성

4) EFFRA (2013)를 참고하여 재구성

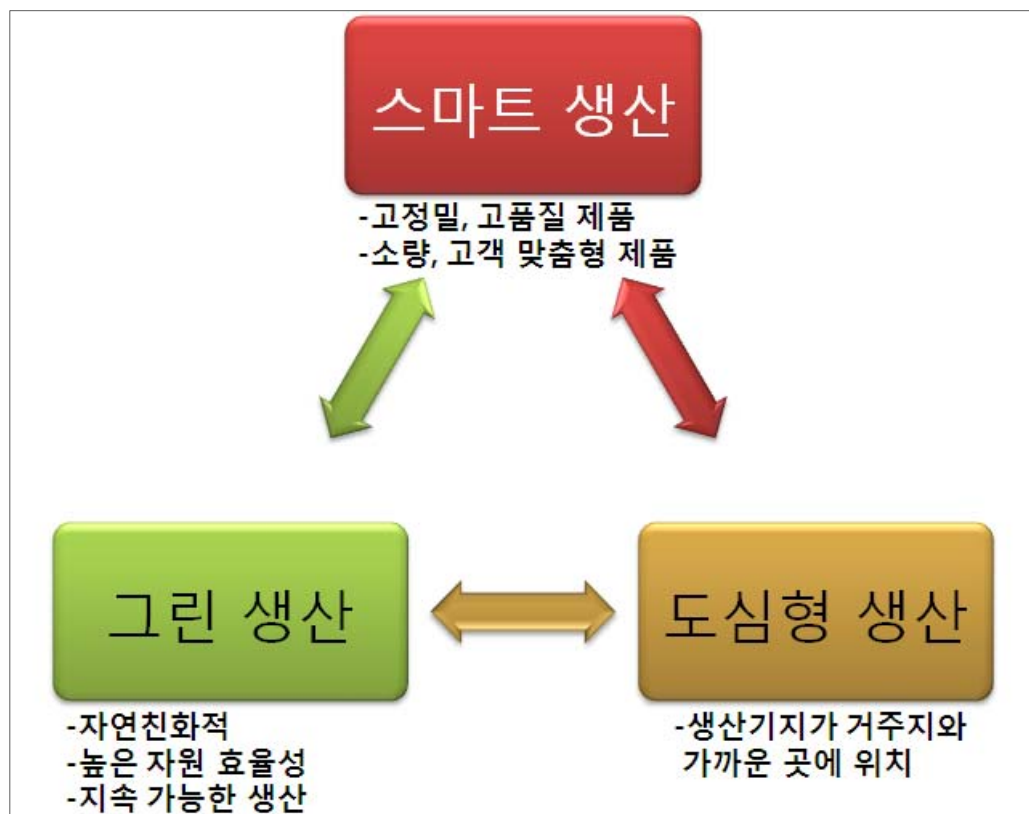
환경 구축, 다양한 전문 일자리 창출 및 지식과 기술 기반 제조업에서 다양한 창업 활동 등도 지원하고 있다.

**<표3> 미래 공장 로드맵 프레임워크**

도전 & 기회		연구와 혁신 우선순위		기술 & Enablers
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 미래제품 제조</li> <li>· 경제적 지속성</li> <li>· 사회적 지속성</li> <li>· 환경적 지속성</li> </ul>	→	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최첨단 제조 공정</li> <li>2. 적응가능하고 스마트한 제조 시스템</li> <li>3. 디지털 가상 &amp; 자원 효율적 공정</li> <li>4. 협력적 &amp; 모바일 기업</li> <li>5. 고객 중심의 제조업</li> </ol>	←	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 최첨단 제조 공정</li> <li>· 메카토닉스</li> <li>· ICT</li> <li>· 지식 노동자</li> <li>· 모델링, 시뮬레이션 &amp; 예측</li> </ul>

## 2.2 생산 방식의 변화

**[그림 5] 인더스트리 4.0의 생산 방식**



출처: Wahlster(2013)

인더스트리 4.0은 지능화된 자율자동화 생산 시스템 구축을 목표로 하므로

스마트 생산(Smart Production), 그린 생산(Green Production), 도심형 생산(Urban Production)을 추구한다 ([그림 5] 참조). 따라서 기존 제조업하면 떠오르는 이미지인 노동집약적이고 자원소비형이라는 사회적 인식들은 변화될 수 있을 것이다. 또한, 축적된 데이터를 바탕으로 최적 생산 모드를 시뮬레이션한 이후 제품을 생산하므로 자원 효율성은 극대화되고 생산 실패 또는 불량률도 최소화될 것이다. 인더스트리 4.0을 통해 구현될 스마트 생산은 제조 방식이 고품질·고정밀화 되고 그린 생산은 재고·불량률 등이 낮아지면서 자원 효율성이 극대화되며 도심형 생산은 거주지와 가까운 곳에 생산 공장이 위치할 수 있게 됨으로써 삶의 방식도 변화될 것으로 예상된다. 한편, 제품의 기획 단계부터 생산, 소비, 폐기에 이르는 전주기적 관리가 가능해지면서 정확한 수요 예측, 자동화 제품 생산, 스마트 물류 시스템에 이르기까지 모든 단계가 인텔리전트(Intelligent)한 체계로 빠르게 변화해 나갈 것이다.

그렇다면, 스마트·그린 생산 체계가 구축되면 어떤 긍정적 효과를 얻을 수 있을까? 전체 밸류 체인 내의 최적화된 생산 시스템 구축을 통해 자원 효율성을 극대화 시키고 생산 비용도 절감할 수 있다. 인더스트리 4.0은 생산 공정의 최적화를 통해 자본, 에너지 및 인력 비용을 효율적으로 감축할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 자본 비용(Capital Cost)은 자동화와 최적생산으로 고정자본(Tied-up Capital)을 감축할 수 있고 에너지 비용(Energy Cost)은 공장 설비의 스마트한 통제 및 효율적인 사용으로 줄어든다. 인력 비용(Personnel Cost)도 고도의 자동화된 생산 공정 및 로봇 도입으로 저숙련 인력에 대한 수요가 감소될 것으로 전망된다. 또한, 글로벌 네트워크 하의 유기적이고 스마트한 생산 방식을 통해 각기 다른 곳에 위치하더라도 자원 효율성을 극대화할 수 있도록 공급자의 신속한 참여 등도 유도될 수 있다 (Heng, 2014).

인더스트리 4.0은 생산 방식을 기존 공급자 주도에서 수요자 중심의 맞춤형·소량 생산 체계로 변화시켜 나갈 것이다. 현재는 생산자가 상품을 제공하고 소비자가 선택하는 방식으로 생산되고 판매 이후 정보 수집과 고객의 피드백에 따라 상품이 개발되어 왔다면 인더스트리 4.0하에서는 고객의 개별 주문 사항을 즉각적으로 반영한 개별 생산이 가능해지고 고객에게 맞춤형(Tailor-made) 제품과 서비스를 제공할 수 있게 된다. 특히, 기존 생산 방식이 대량 생산보다 소량 생산의 경우 비용이 더 높아 맞춤형 제공이 불가능했다면 인더스트리 4.0의 스마트한 생산 체계에서는 맞춤형(Tailor-made)으로 제작된 견본품 또는 한 개의 상품(one-off product)까지도 수지에 맞게 (profitable) 생산할 수

있게 된다 (Kagermann, 2013).

생산 방식의 변화는 공장 내 작업 현장에서의 변화도 이끌어 낼 것이다. 인더스트리 4.0은 네트워크·자동화된 설비 도입으로 생산 공정의 실시간 관리가 가능해지면서 상품과 서비스의 디지털화가 촉진되고 상호연관성이 증대될 것이다. IoT, IoS에 기반을 두어 원자재에서 부터 생산, 소비되는 모든 과정의 정보가 관리되고 실시간으로 통제된다. 또한 각 과정에서 생산된 정보를 분석하여 가상 시스템을 통해 최적화된 생산 방법을 유도해 내는 의사 결정 시스템이 조성되는 만큼 생산 각 단계별 상호 연관성은 점차 증대될 것으로 보인다. 한편, 상품과 제조 시스템이 점점 복잡해지면서 제품 생산을 위한 적절한 계획과 설명 모델들의 필요성이 높아진다. 이에 따라 인더스트리 4.0의 생산 체계에서는 전문 엔지니어들의 역할이 점차 중요해 질 것이다 (Roland Berger, 2014). 또한, 산업 인터넷의 보급이 확산되면서 생산 공정상의 관리(Maintenance) 효율성도 향상될 것으로 기대된다. Roland Berger & BDI (2015)가 산업의 디지털 변화(The Digital Transformation of Industry)에서 주장하였듯이 인더스트리 4.0 구현을 위해서는 빅데이터가 실시간 유기적으로 교환되고 사이버 물리 시스템을 통해 각 생산단계가 통제되고 자율적으로 작동해야 하는 만큼 산업용 포괄적 브로드밴드 인프라 구축의 중요성은 더욱 커질 것이다. 특히, 인더스트리 4.0이 현실화되기 위해서는 IoT의 확산과 더불어 생산 공정이 인터넷에 연결되고 관리되는 산업의 디지털화가 선행되어야 한다. 따라서 독일은 인더스트리 4.0을 첨단기술전략으로 뿐만 아니라 Digital Agenda의 한 부문으로도 인식하고 추진하고 있다. 다만, PWC (2014)에 따르면, 설문조사한 기업들 중 1/5만이 가치 사슬에 따른 중요한 공정이 디지털화되어 있다고 응답했지만 향후 5년 후까지 총 85% 이상이 인더스트리 4.0 솔루션을 도입할 것으로 설문 조사되어 인더스트리 4.0의 추진이 빠르게 확대될 것으로 기대된다.

### 2.3 사회적 변화 (<표 4> 참조)

인더스트리 4.0이 구현되면 우리 사회에는 어떤 변화들이 일어날까? 우선, 생산 공정이 디지털화, 자율·지능화되면 일자리 수요가 크게 변화될 것으로 전망된다. 아울러 생산 공정에서 발생하는 모든 데이터들이 축적되고 분석되면서 빅 데이터를 정제·분석한 스마트 데이터화가 중요해지고 새로운 비즈니스 모델들도 창출 될 수 있다 (조호정·이부형, 2016).

&lt;표 4&gt; 인더스트리 4.0 구현에 따른 사회적 변화

구분	진화 방향	내 용
가치 창출	신사업 기회 창출 고용 형태 다변화 중소기업 경쟁력 제고	- 제품, 서비스 등 다양한 빅 데이터를 활용한 <b>새로운 가치 창출, 고용 형태 다변화</b> - B2B서비스의 촉진으로 <b>중소기업의 경쟁력이 강화되고 창업도 활성화</b>
업무 환경	유연성 제고	- IT와 생산체계의 결합으로 <b>업무 유연성이 확대</b> - <b>도심형 생산으로 일-가정 양립에 긍정적</b>
인력 활용	일자리 재구조화	- 근로자의 창의성·전문성 확대 - 고령 숙련근로자의 근로 기간 연장 - <b>훈련·교육 프로그램 변화</b>

출처: Kagermann (2013) 자료를 바탕으로 저자 재정리

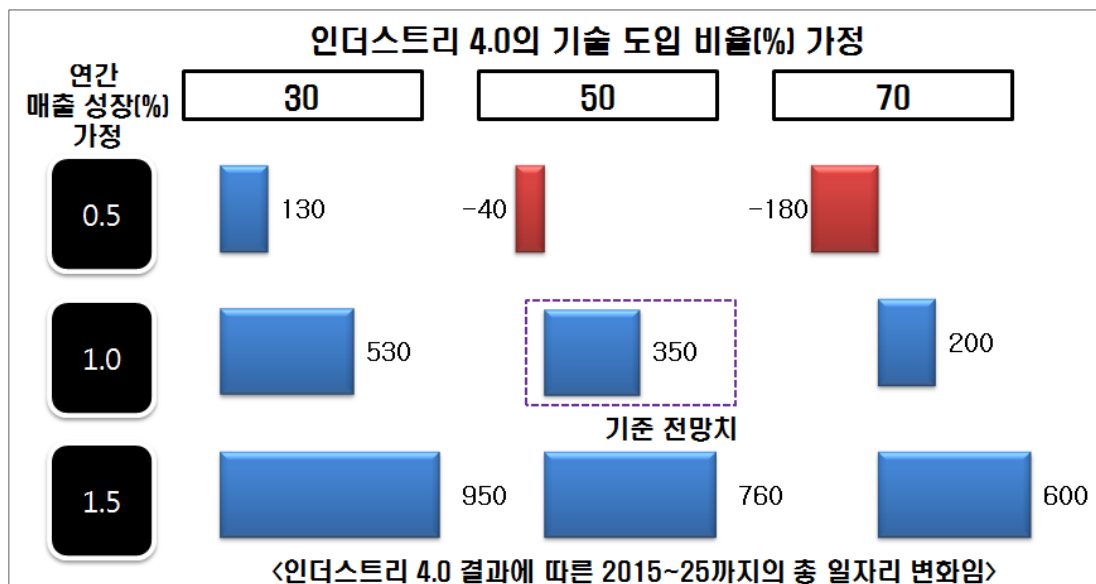
인더스트리 4.0의 중요 구성요소를 보면 IoT, 빅데이터 그리고 로봇틱스 등을 들 수 있다 (Vermesan & Friess, 2015). 스마트 공장으로 명명되는 Siemens의 Amberg 공장, 아디다스의 SpeedFactory 사례에서 나타났듯이 생산성은 몇 배 증가했지만 인력 수요는 제자리 이거나 완전 자동화된 공장 시스템으로 인해 최소한의 인력 수요만을 필요로 하게 된다. 그러나 Boston Consulting이 독일에서 인더스트리 4.0 추진에 따른 일자리 변화를 추정한 결과를 보면 ([그림 6] 참조), 기존 제조업 일자리 수는 줄어들겠지만 새로운 일자리 수요가 늘어나 총 일자리 수는 증가할 것으로 전망하였다 (BCG, 2015). 보고서의 기준 전망치(Base case)를 보면, 독일이 인더스트리 4.0 기술을 약 50% 도입하고 연간 추가 생산성이 1% 늘어날 경우 제조업 등의 일자리가 약 61만개 줄어들겠지만 데이터 분석 등 IT 기술 인력, R&D 부문, 신 비즈니스 창출 등으로 고부가 서비스 일자리를 중심으로 약 96만개 일자리가 증가하여 신규 일자리는 총 35만개 늘어날 것으로 전망되었다. 다만, 인더스트리 4.0 기술의 확산 정도에 따른 매출 증대 정도에 따라 일자리 창출력은 오히려 감소하거나 기준 전망치보다 확대될 수도 있다고 설명했다. 한편, 일자리 수요 증가가 IT 인력, 데이터 분석 등에서 생겨날 것으로 전망되는 만큼 일자리 재구조화(Restructuring)에 따른 훈련과 전문가 양성 프로그램 등도 새롭게 변화되어야 할 것이다 (Kagermann, 2013, p.52-57.).

또 다른 측면에서 인더스트리 4.0의 구현은 생산가능인구 감소 등에 따른 인구구조 변화에도 효과적으로 대응할 수 있는 미래 전략으로 인식되고 있다. 그리고 생산 과정의 스마트화로 근로자의 일상 업무(Routine activity)의 부담이

감소하고 육체노동의 상당 부문이 로봇과 기계로 이전됨에 따라 근로자들은 보다 창조적이고 가치 부가적인 활동에 집중하게 되고 전문성도 개발할 수 있다. 특히 육체노동의 감소로 고령·숙련근로자들이 생산적인 업무를 보다 오랫동안 유지할 수 있는 환경이 조성된다 (Kagermann, 2013, p.16, p.23, p. 52-57.). 그러나 IT통합, 네트워크, 빅데이터 등 제조 공정에 필요한 업무 지식이 급변하는 만큼 기존 인력에 대한 재교육 프로그램과 이 분야의 필요 인력이 급격히 증가할 것이고 인력을 양성하고 공급할 수 있는 교육·훈련 과정도 IT 교육과 새로운 생산 설비를 효과적으로 운영할 수 있는 방향으로 재설정되어 나갈 것이다.

[그림 6] 독일 인더스트리 4.0 기술 도입에 따른 일자리 증감 추정

(단위: 천 명)



출처: BCG (2015)

한편 인더스트리 4.0을 통한 스마트 생산 체계 하에서는 제품, 생산 과정, 서비스와 관련된 모든 정보들이 임베디드 시스템을 통해 다양한 데이터로 생성된다. 이에 따라 축적된 빅데이터를 정제·분석하여 소비자 니즈 등을 정확히 파악할 수 있는 새로운 데이터 마켓 시장등도 생성될 것이다 (Kagermann, 2015). 특히, 스마트 데이터는 생산 과정에 적용될 뿐만 아니라 소비자에게 필요한 다양한 Smart Service를 제공하는 다양한 비즈니스 모델로 활용될 수 있을 것이다. Smart Service란 스마트 데이터를 활용하여 생산과 소비자 효율을 최적화하기 위해 제공되는 수요 맞춤형 서비스이며 물리적 서비스와 디

지털 서비스가 결합된 웹 기반 서비스(Web-based Service)로 정의될 수 있다 (조호정·이부형, 2016). 또한, 사회 내 유연성(Flexibility)이 제고되면서 최적의 의사결정 시스템이 구축될 수 있다. 네트워크화 되고 자율제어가 가능한 생산 방식의 도입으로 고객 수요 변화에 더욱 유연하게 대응 할 수 있게 된다. 아울러 가치 사슬 상에서 발생하는 문제들도 더 빠르게 대처 가능하고 개별화된 생산 라인들도 더욱 독립적으로 구조화 될 수 있다. 일-가정 양립 문화도 더욱 확고해 질 것이다. IT와 생산 공정의 결합으로 업무 유연성이 확대되고 도심형 생산이 늘어난다. 이에 따라 근로자들은 일과 개인 생활 및 전문성 교육까지도 양립할 수 있는 환경이 구축될 수 있고 이러한 변화들이 지속되어 나갈 것이다 (Kagermann, 2013).

[그림 7] 스마트 제조와 서비스로의 변화에 따른 기대 효과

소비자와 서비스 제공자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 맞춤형 서비스를 위한 정보 공유 등에 대한 높은 신뢰 요구</li> </ul>
비즈니스 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고객 참여의 제품 개발 확대</li> <li>• 제조 공정과 시스템 간 연계성 강화</li> <li>• 특화된 기업, 기업 간 협력 강화</li> <li>• 기존 IT 기업 이외에 니치마켓을 공략한 새로운 기업 등장</li> <li>• 디지털 상품 시장 규모 확대</li> </ul>
기술 기반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT, M2M 등 확산</li> <li>• 스마트 제품 생산 확대</li> <li>• 소비자 보완 강화</li> </ul>

출처: Kagermann(2013), Kagermann(2015) 보고서 등을 바탕으로 저자 재구성

## 2.4 제도적 변화<sup>5)</sup>

인더스트리 4.0 추진으로 생산 방식과 사회적 변화가 예상되는 만큼 이를 뒷받침할 수 있는 제도 변화도 뒷받침되어야 한다. 무엇보다도 제조업 밸류 체인 전반에 걸친 표준화(Standardization), 보안(Security), 안전(Safety)에 대한 사회적 합의 도출이 필요하다. 인더스트리 4.0은 오픈 플랫폼에 기반을 두는 만큼 여러 밸류 네트워크 간 표준화가 매우 중요하다. 따라서 생산 밸류 체인

5) Kagermann (2013) 제 5장 Priority areas for action, p.37-51을 바탕으로 저자 재정리



의 수직·수평적 협력이 강화되면 다양한 기업과 고객 간 네트워킹의 통합이 촉진되기 때문에 이를 보완할 수 있는 적절한 표준화는 필수적이다. 표준화는 협력 체계를 규정하고 각 주제간 정보를 교환하는데 중점을 두고 진행되어야 한다. 인더스트리 4.0 하에서의 표준화는 생산 과정, 네트워크화 된 장치들 간, 소프트웨어 적용, 제조 과정의 각 엔지니어링 단계 등 4부문에서 표준화가 추진될 것으로 전망된다.

수평·수직적 통합이 촉진되고 오픈 플랫폼 형태로 정보 교환이 이뤄지는 만큼 보안과 안전에 대한 사회적 합의 도출도 중요하다. 정보, 생산 설비, 노하우, 기술 등이 오남용(misuse)되거나 비공인 된(unauthorized) 방식으로 접근되는 것에서 보호되어야 하며 기계, 전자, 로봇틱스 등의 활용이 확대되므로 제조 설비와 상품 간 상호연관성이 높아지고 정보에 따라 자율적으로 통제되어야 하는 만큼 이에 따른 안전도 확보되어야 한다. 독일은 인더스트리 4.0 하에서 안전을 기술적 시스템(기계, 생산설비, 제품 등)이 인간과 환경에 피해를 주지 않도록 하는 것으로 정의하고 있다. 또한, 보안은 시스템 그 자체에 대한 접근 보호, 공격에 대한 보안, 데이터와 정보 보안 등으로 오남용 등을 방지하는 것으로 정의하고 있다. 보안(Security)/IT 보안(IT Security)/사이버 보안(Cyber-security)은 비밀 보장(데이터와 서비스에 대한 접근 제한), 무결성(데이터 정확성과 서비스들의 바른 운영), 이용가능성(특정 시점에 기능 수행 능력 평가)을 증대시키는 방향으로 목표가 설정되고 정보 보호, 지적재산권 보장, 기술·노하우 보장을 확보해 나가야 한다. 한편, 안전(Safety)은 기계·전자적 위험들로부터의 보호, 과열 및 초고압 등과 연관된 위험 등에서 보호를 포함한다. 특히, 설비의 바른 운영에 따른 안전과 더불어 실패율을 낮추고 실패 시에도 기본 기능들이 확보되는 강건(Robustness)함을 갖춰나가는 것도 매우 중요하다. 더불어 표준화, 보안 및 안전은 다양한 이해관계가 상충하고 자국내, EU, 글로벌 차원에서 기준이 상이할 수 있는 만큼 이들 간의 합의체와 협력 기구를 마련하여 조정해 나가는 노력도 지속되어야 할 것이다.

### 3. 시사점

독일 인더스트리 4.0은 모바일 네트워크의 확산, 인공지능(AI)의 발전 등 미래 기술 환경의 변화를 산업 혁신의 영역으로 연결시켰다는 점에서 그 의미가 크다. 한편에서는 인더스트리 4.0이 디지털 혁명과 자동화의 연속선상에 있다고 주장하기도 하지만 향후 전망되는 변화들은 우리의 생활환경 모습을 완전히

바뀌나갈 것으로 전망된다. 새로운 변화들은 고객 맞춤형 생산 체계의 구현을 통한 생산성·효율성 제고, IT 등 고학력 숙련 인력의 수요 증가, 생활 편의성 극대화, 일-가정 양립 확산 등 긍정적인 영향이 예상된다. 그러나 4차 산업 혁명의 핵심적 기술 요소들이 대부분 일부 선진국들이 독점하고 있고 기존 생산 체계보다 훨씬 통합적이고 패키지화된 시스템이 구축·보급될 것으로 보여 후발 주자들의 Catching up은 이전 산업혁명 때보다 더욱 어려울 수 있다. 또한, 한 국가 내에서도 산업 구조조정, 일자리 구조 변화 등으로 양극화 현상은 더욱 심화될 것으로 우려된다 (Schwab, 2016).

이에 인더스트리 4.0의 긍정적 효과를 극대화하기 위한 관련 연구 강화, 기술 투자 확대뿐만 아니라 양극화 등에 대응할 수 있는 제도적 보완도 함께 심도 있게 논의되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 조호정 (2013a) 독일 제조업 경쟁력의 핵심 요인, VIP리포트, 현대경제연구원
- 조호정 (2013b) 독일의 창조경제: Industry 4.0의 내용과 시사점, VIP리포트, 현대경제연구원
- 조호정·이부형 (2016) 초연결 시대 산업 전략, VIP리포트, 현대경제연구원
- BCG (2015) Lorenz, Markus et al. Man and Machine in industry 4.0: How will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?, Boston Consulting Group
- BMWi (2015) Industrie 4.0, Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland
- EFFRA (2013) (유럽 미래공장 연구협회) Factories of the future
- Heng, Stefan (2014) Industry 4.0 Upgrading of Germany's industrial capabilities on the horizon, Current Issues, Deutsche Bank Research
- Kagermann, Henning (2013) Securing the future of German Manufacturing Industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0, BMBF
- Kagermann, Henning (2015) Smart Service Welt, Recommendations for the strategic initiative web-based services for businesses, BMWi
- PWC (2014) Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet
- Rhodes, Chris (2015) Manufacturing: International comparisons, Briefing Paper, House of Commons Library, UK Parliament
- Roland Berger (2014) Industry 4.0 The new industrial revolution how europe will succeed
- Roland Berger & BDI (2015) The digital transformation of industry
- Scheremet, Wolfgang (2015) Industrie 4.0: A German Perspective, BMWi
- Schwab, Klaus (2016) The fourth industrial revolution, World Economic Forum
- SIEMENS (2014) Industry Journal Issue 2
- UNCTAD 전세계 국민계정 통계
- Vermesan, Ovidiu; Friess, Peter (2015) Building the hyperconnected society, IoT research and innovation value chains, ecosystem and markets, River Publishers
- Wahlster, Wolfgang (2013) The Semantic product emory as a basis for cyber physical production systems, DFKI

ICT융합 Issue Report 2016-2

## 인더스트리 4.0의 기대 효과와 시사점

---

2016년 5월 10일 인쇄

2016년 5월 10일 발행

발행인 (사) 한국ICT융합네트워크 회장

발행처 (사) 한국ICT융합네트워크

서울 강남구 강남대로 320 1312호

전화: 070-4119-6601

Homepage: [www.kicon.org](http://www.kicon.org)

---



[(사)한국ICT융합네트워크]에 의해 작성된 [Issue Report]는 크리에이티브 커먼즈 저작자표시-비영리-변경금지 4.0 국제 라이선스에 따라 이용할 수 있습니다.

(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.)



사단법인  
**한국ICT융합네트워크**  
Korea ICT Convergence Network

**회원가입문의**

김은 010-4941-6601 | eunkim55@gmail.com  
김재한 010-2287-8362 | jhk1434@gmail.com  
김도윤 010-2520-3905 | chic-hn@hanmail.net  
[www.kicon.org](http://www.kicon.org)

비매품



9 791195 711314  
ISBN 979-11-957113-1-4 (PDF)