

지속 가능한 성장을 위한

VIP 리포트

- 독일의 창조경제: Industry 4.0의 내용과 시사점
- 제조업의 진화 전략이 필요하다

발행인 : 김 주 현
편집주간 : 한 상 완
편집위원 : 주 원, 장후석, 백흥기
발행처 : 현대경제연구원
서울시 종로구 연지동 1-7
Tel (02)2072-6305 Fax (02)2072-6249
Homepage. <http://www.hri.co.kr>
인쇄 : 서울컴퓨터인쇄사 Tel (02)2636-0555

- 본 자료는 기업의 최고 경영진 및 실무진을 위한 업무 참고 자료입니다.
- 본 자료에 나타난 견해는 현대경제연구원의 공식 견해가 아니며 작성자 개인의 견해를 밝혀 둡니다.
- 본 자료의 내용에 관한 문의 또는 인용이 필요한 경우, 현대경제연구원 산업연구본부(02-2072-6245)로 연락해 주시기 바랍니다.

목 차

■ 독일의 창조경제: Industry 4.0의 내용과 시사점

Executive Summary	i
1. 독일의 창조경제 : Industry 4.0	1
2. Industry 4.0의 추진 배경	2
3. Industry 4.0의 주요 내용	5
4. 시사점	10
【참고문헌】	12
【HRI 경제 통계】	13

< 요약 >

■ 독일의 창조경제: Industry 4.0

독일의 제조업은 세계 최고 수준으로 평가받고 있으나 세계 시장에서의 경쟁이 심화되고 있다. 이에 독일 정부는 미래 경쟁력을 높이는 창조경제의 동력으로 Industry 4.0이라는 제조업 진화 전략을 추진하고 있다. Industry 4.0은 제조업과 같은 전통 산업에 IT 시스템을 결합하여 인텔리전트한 스마트 공장(Smart Factory)으로 진화하자는 것이다. 이를 통해 독일 국가과학위원회는 산업 생산성이 30%까지 향상될 것으로 전망했다.

■ Industry 4.0의 추진 배경

세계 최고 수준의 독일 제조업이지만, 다양한 대내외적 문제에 직면해 있다. **우선, 독일의 제조업 비중이 하락하고 있다.** 독일이 전세계에서 차지하는 제조업의 부가가치 비중이 1995년 8.9%에서 2011년 6.5%로 낮아졌고, 세계 수출시장 점유율도 2000년대 중반까지 9.5%를 유지했으나 2011년 8.7%로 하락했다. **둘째, 생산인구가 감소하는 등 인구구조적 변화도 심화되고 있다.** 독일의 생산인구는 2013년부터 2025년까지 2012년보다 약 500만명 줄어드는 반면, 노인부양비율은 2025년 40.2%로 높아져 인구구조 변화가 빠르게 진행될 것이다.

셋째, 고임금 사회의 연속성을 유지하기 위해 노동생산성 제고도 필요하다. 독일의 2011년 구매력 기준 평균 임금은 40,200달러로 일본 35,100달러, 프랑스 38,100 달러 등에 비해 높다. 단위노동비용 상승률도 2000~2008년 평균 0.1%에 불과했으나 2008년 글로벌 금융위기 이후로는 2.2%로 높아졌다. **넷째, 에너지 등 자원 효율성도 제고해야 한다.** 독일의 에너지 자급률은 40.1%로 미국 85%, 중국 89.2%의 절반 수준에 불과하지만 최종 에너지 소비량은 세계 5위 수준으로 높다. **마지막으로 미국, 일본 등 경쟁국들의 제조업 강화 정책에도 대응해야 한다.** 오바마 행정부는 첨단 제조업 강화 전략, 일본 아베 정부도 산업재흥플랜으로 제조업 강화 전략을 추진하고 있다.

■ Industry 4.0의 주요 내용

(의미) 독일은 ICT와 기계 산업의 융합을 통해 '제조업의 완전한 자동 생산 체계를 구축하고 모든 생산 과정이 최적화되는 4차 산업혁명을 2013년 들어 본격적으로 추진하고 있다. Industry 3.0에서 생산은 생산 공정간 수직/수평적 분리와 제한된 정보교환 등으로 부분적 최적화에 그쳤다. 반면, **Industry 4.0은 사물 인터넷(Internet of Things)을 통해 완전한 정보 교환이 가능하고 이를 통해 최적화된 상품 제조 플랫폼을 조성할 수 있어 전체 생산 공정을 최적화할 수 있다.**

(생산 방식의 변화) Industry 4.0은 사람, 사물, 서비스 간 임베디드 시스템을 통해 네트워크가 확산되고 지능형 생산시스템이 구축됨으로써 기존 제조업의 생산방식을 스마트, 그린 및 도심형 생산으로 변화시킨다. 최근 독일 인공지능연구센터(DFKI)는 ‘스마트 공장’을 실현할 수 있는 시스템을 개발하고 시험 가동하면서 현실화에 박차를 가하고 있다.

(필요 조건) 최적화된 상품 제조 플랫폼인 사이버 물리 시스템(CPS)의 구축이 스마트 생산 실현에 있어 핵심이다. 사이버 물리 시스템은 사물 간 인터넷, 서비스 간 인터넷의 확산으로 사람, 제조과정, 제품까지도 양방향의 정보 교환이 자유롭게 이루어지고 이들 간 형성된 빅 데이터의 정확한 분석을 통해 최적화된 생산 시뮬레이션을 가능케 해 준다.

(정책적 지원) 스마트 생산으로 진화하기 위해서는 기업 간, 생산 단계 간 네트워크를 통해 자유롭게 통제될 수 있도록 표준화가 진척되어야 한다. 다양한 생산 주체가 함께 참여하는 오픈형 네트워크에 기반을 둔만큼 사이버 보안 및 안전성 강화도 중요하다. 마지막으로 생산 체계의 변화로 인력 교육과 전문성 개발도 기업별 개별 교육에서 공동 훈련 프로그램이 강화되는 방향으로 변화될 것이다.

(기대 효과) Industry 4.0은 기존 생산 방식을 맞춤형·소량 생산으로 변화시키고 생산 주체와 과정 등도 유연성이 향상되는 미래형으로 전환시킬 것이다. 제품, 생산 과정, 서비스 등 임베디드 시스템을 통한 다양한 빅 데이터가 생성됨으로써 이를 활용한 새로운 가치 창출과 고용 형태의 다변화도 가능하다. 또한, 스마트·도심형 생산으로의 전환은 일·가정 양립에도 긍정적으로 작용할 것이다.

■ 시사점

독일의 Industry 4.0이라는 제조업 진화 전략은 우리나라도 경쟁 우위가 있는 제조업의 혁신을 통해 창조 경제의 명확한 비전을 제시해야 함을 보여준다. 이를 위해 첫째, 창조 경제 구현을 위한 한국형 제조업 진화 전략을 마련해야 한다. 국내 경제의 지속가능한 성장과 수출 경쟁력 제고를 위해서는 제조업의 혁신을 꾸준히 추구하는 방향으로 ‘한국형 창조경제 모델’을 만들어야 한다. 둘째, IT와 제조업의 결합이 확대되도록 지원을 확대해야 한다. 국내 IT 인프라와 기술은 세계적인 경쟁력을 갖추고 있고, 제조업 경쟁력도 높으나 이들 간 결합은 미미한 수준이다. 셋째, 사이버 물리 시스템 등 오픈형 시스템의 연구개발을 강화하고 표준화에도 적극 참여해야 한다. 특히, 오픈형 시스템 개발이 촉진될 수 있도록 산학연 연계, 글로벌 기업과의 공동 연구 등을 체계적으로 지원하고 스마트 생산 시스템의 표준화에도 적극 참여해야 한다. 마지막으로 사물 인터넷의 확산에 따라 사이버 보안과 안전성을 높이는 환경을 조성해야 한다. 보안 시스템의 연구개발 지원 확대뿐만 아니라 프라이버시 보호 등에 대한 사회적 합의 도출도 필요하다.

1. 독일의 창조경제: Industry 4.0

- 독일은 제조업 경쟁력이 세계 최고 수준으로 평가받고 있으나 전세계 경쟁이 심화되는 등 문제에 대응하고 미래 경쟁력도 높이기 위해 Industry 4.0의 제조업 진화 전략을 추진
 - 독일 제조업은 세계 최고 수준으로 평가
 - 독일은 유럽 총 제조업 부가가치의 30%를 차지하고 경상수지 흑자도 2011년 이후 중국을 제치고 세계 1위를 유지하는 등 제조업 경쟁력이 높게 평가
 - 독일 내에서도 제조업은 2012년 기준 총부가가치의 22.4%, 일자리 부문에서도 제조업 직접 고용 727만명, 제조업 서비스 등 간접고용 710만명으로 전체의 약 35%를 차지하며 국가 경제의 중추로 역할
 - 최근 독일 제조업은 대외적으로는 전세계 제조업 경쟁이 치열해지고, 대내적으로 인구구조 변화 등에 따른 노동 생산성 제고 등의 다양한 문제에 직면
 - 독일 제조업은 대외적으로는 전세계 비중이 하락하고 미국, 일본의 제조업 강화 전략 등으로 경쟁이 치열해지는 문제들과 내부적으로는 노동 생산성 제고, 자원 효율성 증대 등의 문제를 해결해 나가야 함
 - 이에 독일은 미래 경쟁력을 꾸준히 높여 나갈 창조 경제의 동력으로서 Industry 4.0의 제조업 진화 전략을 추진
 - (정의) Industry 4.0은 제조업과 같은 전통 산업에 IT 시스템을 결합하여 생산 시설들을 네트워크화하고 지능형 생산 시스템을 갖춘 스마트 공장(Smart Factory)으로 진화하자는 것임
 - (전망) 독일 국가과학위원회(Germany's national academy of science and engineering)는 Industry 4.0을 통해 산업 생산성이 30% 향상될 것으로 전망함
- 독일 제조업의 현재 당면한 과제들이 우리나라와 유사한 만큼 'Industry 4.0'을 통한 제조업 진화 전략의 내용을 살펴보고 시사점을 도출해 보고자 함

2. Industry 4.0의 추진 배경

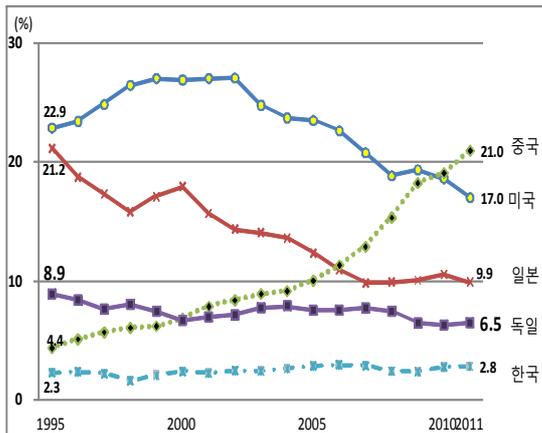
○ 전세계 제조업 중 독일이 차지하는 비중이 점차 감소

- 독일이 전세계에서 차지하는 제조업의 부가가치와 상품 수출의 비중이 점차 하락
 - 독일이 전세계 제조업에서 차지하는 비중은 미국, 일본 등에 비해서는 하락폭이 낮았지만 1995년 8.9%에서 2011년 6.5%로 점차적으로 낮아진 반면, 중국의 비중은 동기간 4.4%에서 21.0%로 급등
 - 독일의 세계 수출시장 점유율도 2000년대 중반까지 9.5%대를 유지했으나 2011년 8.7%로 하락

○ 생산인구가 감소하는 등 인구구조적 변화가 빠르게 진행

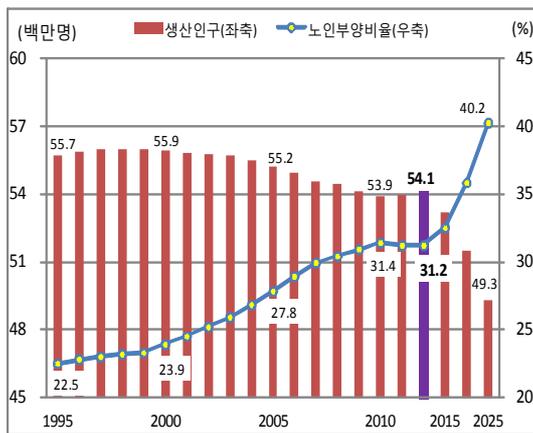
- 낮은 출산률, 고령화 등으로 생산인구가 감소하는 인구구조적 변화에 대응
 - 독일의 생산인구는 1995년 5,570만명에서 2005년 이후 빠르게 감소하면서 2012년 기준 5,410만명으로 160만명이 감소했고, 노인부양비율(65세 이상 인구 / 15~64세 인구)은 1995년 22.5%에서 2012년 31.4%로 급등
 - EU의 인구추계에 따르면, 독일의 생산인구는 2013년부터 2025년까지 2012년보다 약 500만명 줄어들고 노인부양비율도 40.2%¹⁾로 2013년보다 8.8%p 높아지는 등 인구구조의 변화가 빠르게 진행

<전세계 제조업 부가가치 중 국별 비중>



자료: UN, World Bank.
 주: 210개국의 명목 US달러 기준 제조업 부가가치 합일. 중국의 1995~2003년 데이터는 세계은행의 데이터 참고.

<독일의 생산인구와 노인부양비율>



자료: Eurostat.
 주: 1) 생산인구는 15~64세 인구.
 2) 2015년 이후는 5년 단위 추계 인구임.
 3) 노인부양비율(%)=65세 이상 인구 / 15~64세 인구.

1) 생산인구 2.5명이 65세 이상 인구 1명을 부양하는 것을 의미.

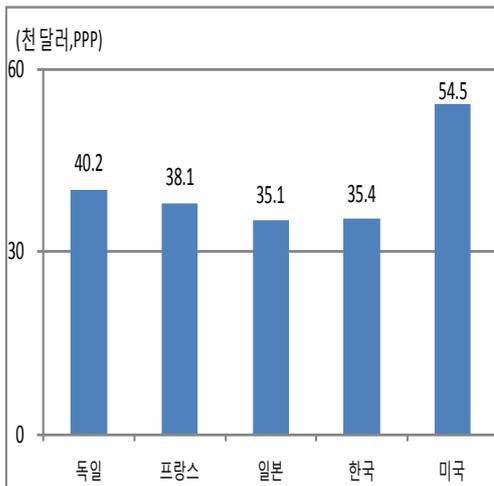
○ 고임금 사회의 연속성을 유지하기 위한 노동 생산성의 꾸준한 제고가 필요

- 2000년대 이후 노동 비용 상승은 낮게 유지됐지만 임금 수준 자체가 높기 때문에 생산성을 꾸준히 제고해야 함
- 독일의 2011년 기준 임금(구매력 기준)은 40,200달러로 일본 35,100달러, 프랑스 38,100달러, 한국 35,400달러 등에 비해 높은 수준임
- 2000~2008년까지 평균 0.1% 상승으로 낮게 유지되던 단위노동비용이 글로벌 금융위기 이후인 2009~2012년까지 평균 2.2%로 높아지는 등 상승세가 지속

○ 에너지 등 자원의 효율성 제고도 중요

- 독일은 에너지 자국생산 비중은 낮지만, 제조업의 비중이 높은 만큼 에너지 사용량은 많아 자원의 효율성을 높여나가야 함
- 독일의 에너지 자급률(1차 에너지 중 자국생산 비중)은 40.1%로 미국 85%, 중국 89.2%에 비해 절반 수준이나 최종 에너지 소비량은 2010년 기준 226.8백만 MTOE(백만 석유환산톤)²⁾로 중국, 미국 등에 이어 5위를 기록
- 특히, 에너지 등 자원 소비 비중이 높은 제조업의 비중(총 부가가치 대비 기준)은 2011년 기준 독일이 22.6%로 미국 12.6%, 일본 19.1%에 비해 높게 조사됨

<주요국의 평균 임금 비교>



자료: OECD.
주: 2011년, USD PPP기준임.

<에너지 자급률/최종 소비량과 제조업 비중>
(단위: MTOE)

	에너지 자급률 (%)	최종 에너지 소비량	제조업 비중 (%)
독일	40.1	226.8	22.6
미국	77.8	1,500.2	12.6
일본	19.5	324.6	19.1
중국	91.4	1,512.2	32.2
한국	18.0	157.4	31.2

자료: IMD, UN Database.
주: 에너지 자급률과 최종소비량은 2010년 총부가가치 대비 제조업 비중으로 2011년 기준.

2) 100만 톤의 석유에 해당하는 에너지를 가리키는 단위임.

○ 미국, 일본 등 경쟁국의 제조업 강화에 대응한 새로운 혁신 전략이 필요

- 오바마 행정부는 첨단 제조업 강화 전략 등 산업 경쟁력을 높이는 정책을 추진
 - 글로벌 금융위기 이후 경기 침체가 장기화 되면서 실업률 감소, 중산층 복원 등을 위해 제조업의 중요성이 커졌고 셰일가스 개발에 따른 생산비용 절감 등으로 제조업의 경쟁력이 높일 수 있는 계기가 마련됨
 - 이에 오바마 행정부는 법인세 개편, 해외진출기업의 국내 이전 장려, 제조업 혁신 허브 증설, 수출 확대 정책 등의 제조업 경쟁력 제고 전략을 추진
 - 미국도 양질의 일자리 창출과 혁신 역량을 제고할 수 있는 첨단 제조업 (Advanced Manufacturing) 강화 전략을 마련. 특히, 제조업 혁신을 위한 국가네트워드를 강화하기 위해 향후 10년간 45개의 제조업 혁신 연구소 건립을 추진

- 일본도 아베노믹스를 통해 구조적인 문제를 해결하고 장기 경기 침체를 탈출하기 위한 산업 경쟁력 강화를 추진
 - 일본의 아베 정부도 제조업 경쟁력을 강화하기 위해 지난 6월, 6대 전략 37개 과제로 구성된 산업재흥플랜을 제시
 - 산업재흥플랜은 긴급구조개혁프로그램(산업신진대사 촉진), 과학기술이노베이션 추진, 세계최고수준의 IT사회 실현 및 고용제도개혁 및 인재력 강화 등 제조업 경쟁력을 높이기 위한 전략으로 구성

〈미국의 재 산업화 전략〉		〈일본의 산업재흥플랜 6대 전략〉	
구분	내 용	구분	내 용
기업	-법인세 35%에서 28%로 인하 -제조업에 대한 실질세율 25%를 넘지 않도록 조정 -해외진출 기업 중 국내로 이전하는 기업에 대한 인센티브 확대	기업	긴급구조개혁프로그램 :과소투자, 과잉 규제, 과당경쟁 해소 중소기업 및 소규모 사업자의 혁신 :창업 활성화 4.5%→10%대로 개선
혁신	-첨단 제조업 강화 전략 -제조업 혁신 연구소 45개 건립 추진으로 혁신 허브 구축	혁신	과학기술 혁신 추진 :WEF 이노베이션순위 1위 달성 목표 세계 최고 수준의 IT 사회 :세계최첨단 IT 국가창조선언 추진
에너지	-청정에너지 개발에 79억 달러 편성 조성 -에너지 부문의 창업과 고용창출 확대	기타	고용제도개혁 및 인재력 강화 :20~64세 인구취업률 개선 입지 경쟁력 강화 :산업기반 강화, 비즈니스 환경 개선

자료:현대경제연구원, 경제주평 통권 555호, '제조업 경쟁력이 국가 경쟁력을 결정한다!'

자료: 자료:현대경제연구원, 경제주평 통권 555호, '제조업 경쟁력이 국가 경쟁력을 결정한다!'

3. 독일 Industry 4.0³⁾의 주요 내용

- (의미) 독일은 ICT와 기계 산업의 융합을 통해 '제조업의 완전한 자동 생산 체계를 구축하고 모든 생산 과정이 최적화'되는 4차 산업혁명을 본격화
 - 4차 산업혁명으로 명명되는 Industry 4.0은 제조업의 생산 체계를 새롭게 진화
 - 1차 산업혁명이후 제조업은 노동 분업과 기계화를 통한 대량생산, 생산 자동화 등으로 발전해 왔고, 미래에는 산업 기기부터 생산과정까지 모두 네트워크로 연결되고 정보를 교환함으로써 사람 없이도 기계 스스로 생산·통제·수리도 가능한 '스마트 공장'의 4차 산업혁명으로 진화
 - Industry 4.0은 독일 정부의 하이테크 전략으로 2013년 들어 본격적⁴⁾으로 추진⁵⁾
 - Industry 3.0에서는 생산 부분별 최적화 실현은 가능하나 최적화된 완성품은 생산되지 못할 수 있는 반면, Industry 4.0에서는 제품개발부터 상품 제조, 이후 서비스 단계까지 모든 공정의 최적화가 가능
 - Industry 4.0은 사물 인터넷(Internet of Things)을 통해 완전한 정보 교환과 정보를 활용한 최적의 생산 시뮬레이션이 가능하고, 이를 바탕으로 최적의 상품 제조 플랫폼이 조성됨으로써 생산의 모든 단계뿐만 아니라 완성품의 최적화도 가능
 - 반면, Industry 3.0에서는 생산 공정간 수직/수평적 분리, 제한된 정보교환 등으로 부분적 최적화에 그침

<제조업의 혁신 단계 비교>

	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
시기	18세기 후반	20세기 초반	1970년 이후	2020년 이후
혁신 부문	물증기의 동력화	전력, 노동분업	전자기기, ICT 혁명	ICT와 제조업 융합
커뮤니케이션 방식	책, 신문 등	전화기, TV 등	인터넷, SNS 등	사물 인터넷 서비스 간 인터넷
생산방식	생산 기계화	대량 생산	부분 자동화	시뮬레이션을 통한 자동 생산
생산통제	사람	사람	사람	기계 스스로
독일 산업정책	Industry 1.0	Industry 2.0	Industry 3.0	Industry 4.0

자료: 독일 연방교육연구부의 Industry 4.0 자료 등을 활용하여 재정리.

3) 독일 연방교육연구부(BMBF)의 'Securing the future of German Manufacturing Industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0', 2013.4월을 참고
 4) 지난 2013년 1월 설문조사에 따르면 독일 기업의 47%가 이미 Industry 4.0에 참여하고 있으며, 참여 기업의 18%는 관련 연구를 12%는 이미 실행에 옮기고 있는 것으로 조사됐음
 5) 미국, 일본도 ICT와 제조업 융합, 최첨단 제조업 전략 등을 추진하고 있지만, 정부 차원에서 체계적으로 도입한 나라는 독일이 유일함.

○ (생산 방식의 변화) Industry 4.0은 사물, 서비스 간 인터넷의 확산으로 지능형 생산 시스템이 구축됨으로써 기존 제조업의 생산 방식을 스마트 생산 등으로 전환

- Industry 4.0은 기존 생산체계를 스마트, 그린 및 도심형 생산으로 변화

- 스마트 생산은 고정밀, 고품질, 고객 맞춤형·소량 생산, 그린 생산은 자원 효율성이 높고 지속가능한 생산, 도심형 생산은 거주지와 가까운 곳에 생산 공장이 위치하는 것으로 변화

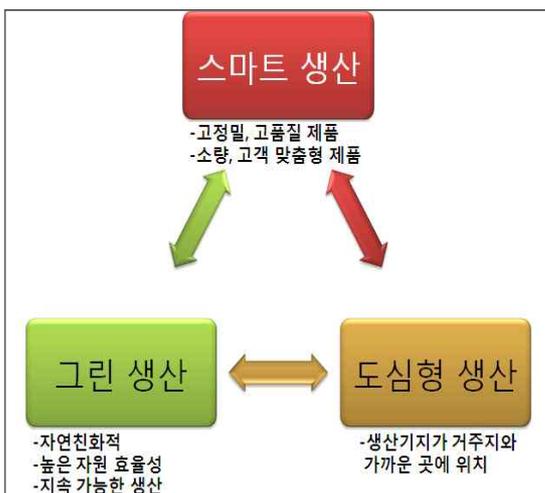
- 최근 독일 인공지능연구센터(DFKI)는 세계 최초로 '스마트 공장'을 실현할 수 있는 시스템을 개발하고 시험 가동 중이며, 지멘스, 보쉬 등 대기업들도 사이버 물리 시스템의 구축을 통한 생산 공정의 스마트화에 적극 참여하고 있음

- 원료, 생산, 물류, 서비스, 제품까지도 모두 임베디드 시스템을 통해 네트워크에 연결되고 사이버 물리 시스템(CPS)을 통해 생산 과정을 통제

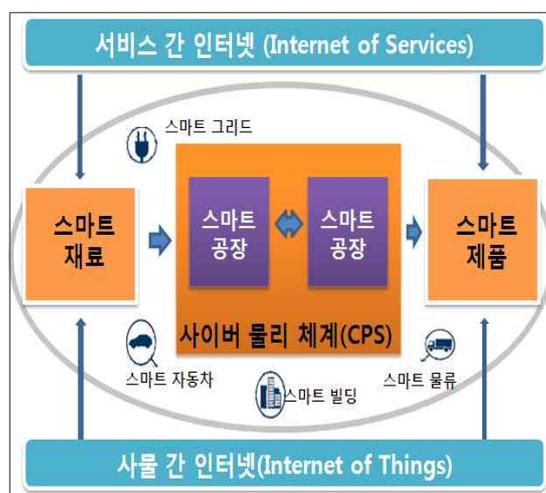
- 사이버 물리 시스템(CPS, Cyber Physical System)은 사람뿐만 아니라 사물 인터넷까지도 확대됨으로써 생산에 필요한 모든 정보가 교환되고, 최적화된 상품 제조가 가능하도록 만들어진 상품 제조 플랫폼으로 스마트 공장의 생산과정을 통제

- 한편, 임베디드 시스템의 확산으로 2015년까지 전세계 인구의 75%인 73억명, 스마트 폰, TV, 자동차 등 66억개의 장치들이 임베디드 시스템을 통해 인터넷에 연결되어 서로 정보를 교환하는 사물 간·서비스 간 인터넷의 환경이 조성

<Industry 4.0의 생산 방식>



<Industry 4.0의 스마트 공장 체계>



자료: Wolfgang Wahlster, 'Industry 4.0' 발표자료

자료:독일 연방교육연구부(BMBF).

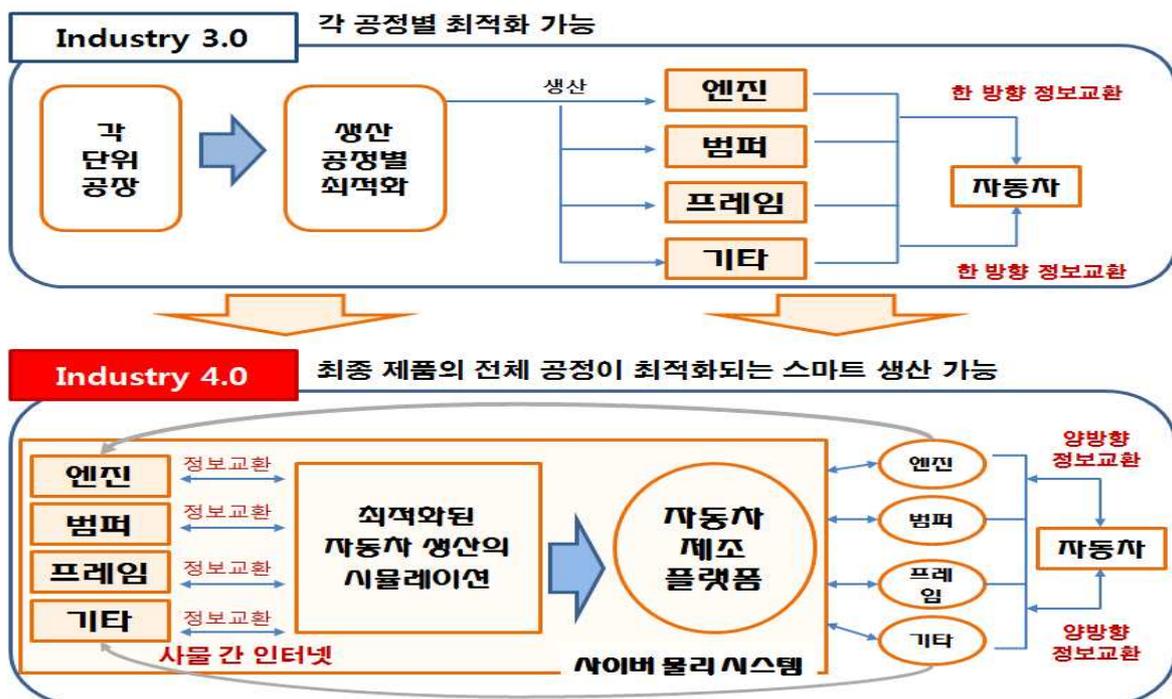
6) 임베디드 시스템(embedded system)은 기계 또는 전자 장치를 효과적으로 제어할 수 있도록 두뇌 역할을 하는 마이크로프로세서를 칩에 담아 기계에 내장시킨(embedded) 장치로 대부분의 디지털 기기, 전자기기에 사용

○ (필요 조건) 최적화된 상품 제조 플랫폼인 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System)의 구축이 스마트 생산을 실현함에 있어 핵심 요소임

- 스마트 생산 등이 실현되기 위해서는 사물·서비스 간 인터넷의 기반 위에 최적의 상품이 제조될 수 있도록 통제하는 상품 제조 플랫폼인 사이버 물리 시스템을 구축하는 것이 가장 중요

- 사이버 물리 시스템(CPS)은 상품 제조 등이 일어나는 물리 세계와 인터넷, 서비스 중심의 사이버 세계의 중간 지점에 위치하며 소프트웨어, 센서, 정보처리장치 등에 기반하여 스마트 생산을 지원
- 사이버 물리 시스템은 사물 간 인터넷(Internet of Things), 서비스 간 인터넷(Internet of Services)의 확산으로 사람, 제품, 제조 과정까지도 양방향의 정보 교환이 자유롭게 이루어지는 최적화된 생산 시뮬레이션을 통해 조성이 가능
- 독일 정부는 사이버 물리 시스템을 구축하고 스마트 생산으로 전환하기 위해 3년간 5억 유로(약 7,500억원)를 연구개발에 지원할 계획

<Industry 3.0과 Industry 4.0 비교: 예) 자동차 생산에서 사이버 물리 시스템의 역할>



7) 2007년 8월 미국 대통령과학정책자문위원회 권고에 따라 CPS는 과학기술적 중요성 뿐만 아니라 미국의 안전과 경쟁력을 유지시키는 주요 분야(국방, 항공우주, 자동차, 에너지, 제조업, 교통분야 등)에 끼치는 엄청난 파급효과를 고려하여 주요 연구분야로 지정됨

- (정책적 지원) 표준화 확대, IT 기술 및 네트워크 보안 강화 및 새로운 인력교육 방식의 도입 등 정부의 정책적 지원이 Industry 4.0을 추진하기 위해 필요
- 다양한 기업 간, 생산 단계 간 네트워킹이 사이버 물리 시스템 상에서 자유롭게 통제되고 생산 체계에 적용되기 위한 **표준화(Standardization) 확대**
 - Industry 4.0 플랫폼 구축을 위한 표준화는 생산의 모든 주체가 하나의 공통 (Single, Common)된 접근 방식을 통해 CPS에 접근하고 제조 과정, 장치, 환경 등에 적합한 소프트웨어 등을 원활하게 사용할 수 있는 방향
- **오픈형 네트워크가 확산되는 만큼 사이버 보안 및 안전성을 강화**
 - 무선 통신에 대한 높은 의존성, 시스템의 개방성 및 새로운 시스템 상에서의 취약성 등으로 인해 보안 강화는 특히 중요. 즉, 사이버 공격 상황에서도 CPS의 요구사항들이 만족할 수준으로 수행되고 효과적인 복구 시스템도 갖춰야 함
 - 더욱이 CPS 상에서 다양하고 많은 새로운 정보들이 생성됨으로써 개인의 프라이버시가 침해될 수 있는 문제도 점진적으로 개선해야 함
- **인력 교육 및 전문성 개발 프로그램도 새롭게 변화**
 - Industry 4.0은 기존 명확한 노동 분업을 의사 결정, 협력, 통제 및 지원 서비스로 새롭게 구조화. 특히, 가상 세계와 실제 세계, 생산관리체계와 공장통제 시스템 간의 상호 작용을 잘 조직화할 수 있는 인력이 중요해짐
 - 특히, IT 인력 교육도 기업별 개별 교육에서 공동 훈련 프로그램으로 변화

<Industry 4.0 구현을 위한 과제>

보완 정책 분야	내 용
CPS 적용 가능 산업	- 제조업, 통신, 에너지 인프라, 교통, 헬스케어, 로봇틱스 외
표준화 증진	-네트워크와 사이버 물리 시스템의 이용 편의성 증대 -표준화된 관리 체계 도입
사이버 보안 강화	-프라이버시 보호, 시스템 회복력 증대 -IT 시스템의 침입 탐지 및 디도스 등 악의적 공격 대응 능력 강화
인력 교육 방식 변화	-컴퓨터 과학, 네트워크 전문가 등에 대한 수요 급증 -기존 공학 전공자에 대한 재교육 프로그램 신설

자료:독일 연방교육연구부의 자료와 Wolfgang Wahlster의 'Industry 4.0' 발표 자료를 재정리.

- (기대 효과) 맞춤형·소량 생산 등 미래 생산 방식에 대비하고 빅 데이터 등을 활용한 신사업 기회 창출 등으로 제조업의 경쟁력을 제고
 - Industry 4.0은 기존 생산 방식을 맞춤형·소량 생산으로 변화시키고 생산 주체와 과정 등의 유연성이 향상된 미래형 생산 방식으로 전환
 - 제품에 내장된 IT 시스템에 기반을 두어 정확한 수요가 예측되고, 자동화된 시스템에 따라 제품 생산, 스마트 물류 시스템에 의해 재고가 부족한 곳에 상품이 배송되는 인텔리전트(Intelligent)한 생산 체계가 구축
 - 특히, 스마트한 생산 방식은 각기 다른 곳에 위치하더라도 자원 효율성을 극대화할 수 있는 공급자의 신속한 참여 등도 유도
 - 제품, 생산 과정, 서비스 등 임베디드 시스템을 통한 다양한 빅 데이터가 형성됨으로써 이를 활용한 새로운 가치 창출과 고용 형태의 다변화가 가능
 - 임베디드 시스템을 통해 생산 체계와 고객 등에 대한 다양한 데이터를 생성하고 이를 활용할 경우 새로운 사업 기회 및 다양한 고용 형태들이 등장
 - 또한, 스마트 생산 방식은 B2B(기업간) 서비스를 촉진시킬 수 있어 중소기업의 경쟁력을 높이고 창업도 활성화시킬 것임
 - 또한, 스마트·도심형 생산의 활성화는 일·가정 양립에 긍정적으로 작용
 - IT와 생산체계의 결합으로 업무 유연성이 확대되고 도심형 생산이 늘어날 경우 일·가정 양립이 촉진

<Industry 4.0을 통한 기대 효과>

구분	진화 방향	내 용
생산 체계	미래형 생산체계로 변화	- IT 시스템에 기반한 정보로 정확한 수요 예측 - 맞춤형·소량의 미래 생산 방식으로 전환
	유연한 생산체계 자원 효율성 제고	- 다른 곳에 위치한 공급자의 신속한 참여 유도 - 생산 과정의 질적·가격·자원 효율성을 제고
가치 창출	신사업 기회 창출 고용 형태 다변화 중소기업 경쟁력 제고	- 제품, 서비스 등 다양한 빅 데이터를 활용한 새로운 가치 창출, 고용 형태 다변화 - B2B서비스의 촉진으로 중소기업의 경쟁력이 강화되고 창업도 활성화
업무 환경	일·가정 양립	- IT와 생산체계의 결합으로 업무 유연성이 확대 - 도심형 생산으로 일·가정 양립에 긍정적

자료:독일 연방교육연구부(BMBF), 'Securing the future of German Manufacturing Industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0'을 참고하여 재정리.

4. 시사점

- 독일은 창조 경제를 실현하고 미래에 대비하기 위해 기존에도 경쟁력이 높게 평가받고 있는 제조업의 새로운 진화 전략을 본격적으로 추진
 - 특히, 에너지, 의료, 운송 등의 효율성을 증대시킬 것으로 기대되어 주요국들이 관심이 높은 사이버 물리 시스템(CPS)를 제조업에 빠르게 적용하여 한 단계 더 진화함으로써 세계 선도자로서의 지위를 확고히 할 계획
 - 독일 제조업에서 CPS 활용이 확산되고 표준화가 추진될 경우 기계 산업뿐만 아니라 생산 공정의 소프트웨어 시장을 포함하는 생산 체계 전반을 선점할 수 있음
 - 미국 등 여타 선진국들도 IT와 제조업의 결합을 적극적으로 추진하고 있음
 - 독일 지멘스, 보쉬 등 대기업들은 향후 제조업 혁신의 80% 이상이 ICT에 기반을 둘 것으로 추정
- 우리도 경쟁 우위가 있는 제조업의 혁신을 통해 창조 경제의 명확한 비전을 제시하고 미래에 대비해야 하며, 이를 위해 한국형 제조업 혁신 전략, IT와 제조업의 결합, CPS 등 오픈형 시스템의 연구개발 및 표준화 강화 등이 시급함
 - 첫째, 창조 경제 구현을 위한 한국형 제조업 혁신 전략 마련
 - 국내 경제의 지속가능한 성장과 꾸준한 수출 경쟁력 제고를 위해서는 제조업의 혁신을 꾸준히 추구하는 방향으로 '한국형 창조경제 모델'⁸⁾을 만들어 나가야 함
 - 독일뿐만 아니라 미국, 일본 등 주요 선진국들이 경제 안정성을 높이는 제조업의 중요성을 강조하고 미래형 생산 체제로 변화하고 있음
 - 우리도 미래 제조업이 개별·맞춤형 및 소량 생산 체제로 변화될 것으로 예상되는바 이러한 변화에 대응할 수 있는 제조업 생산 체계의 혁신이 요구됨

8) 창조경제 주창자인 존 호킨스는 지난 5월 30일 '창조경제 포럼'에 참석해 한국의 과학기술 경쟁력을 활용하여 벤처 창업을 늘려 나가는 것도 중요하지만 한국에서는 제조업과 대기업의 성공모델을 활용해야 한다고 조언

- 둘째, 세계적인 경쟁력을 지닌 IT 인프라와 기술이 제조업과 결합하여 혁신을 이끌고 새로운 가치 체계를 창출할 수 있도록 지원을 확대
 - WEF에 따르면 국내 네트워크 준비 지수는 세계 11위, 글로벌 제조업 경쟁력 순위도 세계 5위로 높게 평가받고 있으나 이들 간 결합은 미미한 수준임
 - 반면, 독일은 스마트 공장, 미국은 최첨단 제조업을 앞세워 IT와 제조업의 결합을 확산 시키고 모든 생산 체계를 네트워크화 함으로써 경쟁력을 높여나가고 있음

- 셋째, CPS 등 오픈형 시스템의 연구개발을 강화하고 표준화에도 적극 참여
 - 미래 제조업에서는 스마트 공장, CPS 플랫폼 등을 관리, 통제할 수 있는 소프트웨어, 솔루션의 개발이 중요하나 국내 경쟁력을 낮은 만큼 산학연 연계, 글로벌 기업과의 공동 연구 등을 체계적으로 지원해야 함
 - 특히, 독일 등 선도자들이 생산 체계를 표준화할 경우 후발주자들은 따라갈 수밖에 없기 때문에 스마트 생산 시스템의 표준화에도 적극 참여

- 마지막으로 사람뿐만 아니라 사물, 서비스 간 인터넷도 확산되는 만큼 사이버 보안과 안전성을 높이는 노력을 지속해야 함
 - 보안 시스템의 연구개발을 꾸준히 지원할 뿐만 아니라 프라이버시 보호 등에 대한 사회적 합의 도출도 필요 **HRI**

경제연구본부 조호정 선임연구원(02-2072-6217, chjss@hri.co.kr)

<참고 문헌>

현대경제연구원, 경제주평 통권 554호, '제조업이 살아야 경제가 산다'

현대경제연구원, 경제주평 통권 555호, '제조업 경쟁력이 국가 경쟁력 결정한다!'

현대경제연구원, VIP보고서 통권 543호, '독일 제조업 경쟁력의 핵심 요인'

한국방송통신전파진흥원, '스마트한 신세계로의 초대: 사이버물리시스템' PM Issue Report 2013, 제 1권 이슈 1.

BMBF, Securing the future of German Manufacturing Industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0, 2013년 4월.

Germany Trade&Invest, German Manufacturing at a glance, 2013

Acatech, Cyber-Physical System, 2011년 12월

Wolfgang Wahlster, 'Industry 4.0: The semantic product memory as a basis for Cyber-Physical Production Systems', SGAICO Forum, 2013년 5월

Stefan Ferber(BOSCH), 'Das Internet der Dinge & Dienste auf dem weg in die Procuktion: Industrie 4.0' Cebit, BITKOM World Forum, 2013년 5월

Wolfgang Heuring(Siemens), 'Industrie 4.0- The path from Research to Practice', 2013년 4월.

Sabian Jeschke, 'Cyber Physical Systems- History, Presence and Future', 2013년 2월

IMD, World Competitiveness Online

UNdatabase, OECD Statistics, Eurostat

HRI 경제 통계

주요 경제 지표 추이와 전망

< 국내 주요 경제 지표 추이 및 전망 >

구분	2011	2012	2013				2014		
			1/4	2/4	3/4	연간(E)	연간(E)		
국민계정	경제성장률(%)	3.7	2.0	1.5	2.3	3.3	2.6	3.8	
	민간소비(%)	2.4	1.7	1.5	1.7	2.2	2.0	2.7	
	건설투자(%)	-4.7	-2.2	2.4	7.1	8.0	3.7	2.5	
	설비투자(%)	3.6	-1.9	-11.9	-5.1	1.8	-1.5	6.7	
대외거래	경상수지(억 \$)	261	431	100	198	190	620	490	
	통관기준	무역수지(억 \$)	308	283	57	143	111	468	399
		수출(억 \$)	5,552	5,479	1,353	1,412	1,370	5,648	6,123
		증감률(%)	(19.0)	(-1.3)	(0.4)	(0.8)	(2.9)	(3.1)	(8.4)
		수입(억 \$)	5,244	5,196	1,297	1,269	1,259	5,180	5,724
증감률(%)	(23.3)	(-0.9)	(-3.0)	(-2.7)	(0.2)	(-0.3)	(10.5)		
소비자물가 상승률(%)	4.0	2.2	1.4	1.1	1.2	1.4	2.4		
실업률(%)	3.4	3.2	3.6	3.1	3.0	3.3	3.1		
원/달러 환율(평균, 원)	1,108	1,127	1,085	1,123	1,111	1,098	1,070		

주: E(Expectation)는 전망