

e-KIET 산업경제정보



제 620 호

[2015-17]

2015.10.30

미래 제조혁신을 위한 스마트공장의 이슈와 과제

요약

최근 제조업이 국가경쟁력의 핵심요인으로 재부각되고 있으며, 글로벌 제조강국은 제조업의 새로운 혁신을 위하여 다양한 정책을 추진

각국의 제조혁신 정책은 추진방향에서 다소 차이가 있으나, 첨단 제조기술 개발, IT 융합을 통한 제조스마트화 등은 공통적으로 추진되는 분야

- 스마트공장에 대한 관심은 독일, 일본, 미국 등 전통적 제조강국을 중심으로 급속한 확산 추세
- 우리나라도 “제조업 혁신 3.0 전략”에서 IT와 SW융합을 통한 제조업 혁신 전략을 설정하였으며, 그 실행대책으로 스마트공장 확산 목표를 제시

스마트공장은 제조업은 물론 관련 소프트웨어 및 서비스 시장에 대한 직·간접적 파급효과가 크기 때문에 관련 시장의 적극적 발굴이 중요

스마트공장에 대한 국내외의 높은 관심에도 불구하고, 스마트공장에 대한 구체적 개념 및 효과에 대한 통일된 이해가 여전히 미흡한 실정

- 국내에서도 스마트공장 추진을 위한 표준 플랫폼 등이 제시되고 있으나, 현장 적용에 현실적 어려움이 있고, 특히 공급 측면에서 국내 경쟁력이 취약하여 이에 대한 대응방안이 요구

스마트공장의 궁극적 성공을 위해서는 IT융합은 물론 기존 제조기술의 고도화가 병행되어야 하며, 기술표준 이슈에 대한 대응도 필요

스마트공장화로 인한 일자리 감소 우려가 지적되고 있는바, 간접고용 창출 효과에 초점을 맞춘 기존 인력 재교육의 효과적 추진방안 마련 필요

장기적으로 글로벌 협력생산체계를 구축하여 우리나라에 최적화된 모델을 마련하는 한편, 핵심제품의 스마트공장 국내화를 통해 제조경쟁력을 확보해야 함.

최근 제조혁신을 통한 제조업 부흥이 경제성장의 원동력으로 재인식

금융위기 이후 실업, 소득양극화 문제의 주요 원인으로 제조업 경쟁력 약화 지적

- 미국, 유럽 등 선진국에서의 지속적인 제조업 기여도 감소세는 국가의 안정적 성장을 저해
 - * 미국은 서비스수지 흑자에도 불구하고 제조업 약화로 경상수지 적자가 확대, 유럽의 경우 제조 중심 국가인 독일, 오스트리아, 스위스 등은 높은 경제성장률을 보인 반면 그리스, 포르투갈 등은 마이너스 성장
- 제조업의 경우 제조설비와 기술발전 등이 상호 밀접하게 연계되어 자발적으로 지속적인 진화가 가능할 뿐 아니라, 이를 기반으로 선순환적 재생산이 가능하기 때문에 경제성장의 가장 중요한 원동력으로 재인식

주요 선진국에서는 3D 프린팅, 지능형로봇, 사물인터넷 등 제조업 차세대 기술 선점 경쟁이 치열해지고 있고, 이를 활용한 첨단 제조기술 기반의 시장창출형 정책 추진

- IT융합 차세대 제조기술을 통해 제품다각화 및 소량 맞춤 생산, 원료-생산-제품-서비스의 각 단계는 물론 전체 공급사슬의 효율 극대화 추진
- 제조업의 발전을 토대로 타 산업의 발전을 유도하는 시장연계 및 견인형 정책은 물론, 신지식과 기술을 기반으로 기존에 없던 새로운 시장을 창조하는 시장창출형 정책까지 정책기조의 다변화 추세

(미국) 지속적인 제조업 경쟁력 약화 및 무역수지 적자 확대에 대응하여 첨단제조업 혁신, 스마트 제조시스템 구축 정책 추진

- 첨단제조 파트너십(AMP, Advanced Manufacturing Partnership) 프로그램(2011.6) : 산학연 협력 R&D, 제조설비 및 인프라 공유를 통한 첨단 제조경쟁력 확보
 - * 2013.9월 발표된 AMP 2.0은 첨단제조업 혁신 가속화, 혁신인력 확보, 비즈니스 활성화 3개 축의 통합적 개선을 위한 실행방안과 12개 권고를 포함(PCAST, 2014)
- NNM(Nationalwide Network for Manufacturing Innovation) : 미국 연방정부 차원에서 지속가능한 제조혁신 협력 인프라 구축을 목표로 연방정부와 민간 연구기관의 네트워크 구성 및 연구자금 지원
 - * 2015년 3월 기준 9개 기관이 참여하고 있으며, 향후 10년 동안 45개 기관까지 확대 목표

(독일) 신흥국과의 저가경쟁 과열 및 기술추격에 대응하여 제조업 혁신 강화 정책 추진

- 기존의 인더스트리 4.0의 문제점¹⁾ 개선을 위해 제조공정의 디지털화 전략 개선, 표준화, 데이터 보안, 제도정비 및 인력육성을 골자로 한 '플랫폼 인더스트리 4.0' 정책 추진
- 독일 인더스트리 4.0 혁신센터는 2020년까지 공장의 90% 이상이 스마트화될 것으로 보고 있으며, 이를 통해 10년 내 약 100조원 이상의 부가가치가 창출될 것으로 전망

¹⁾ 인더스트리 4.0은 많은 기대를 받으며 2013년 한 해에만 약 2억 유로의 자금이 투입되었으나, 당초 계획이 실패했다는 평가를 받고 있음. 2년 이상 표준에 대한 합의가 지연되면서 활용기술 개발이 이루어지지 못했고 보안정책 부재, 중소기업의 거부반응, 관련 인력 부족 등의 문제가 지적되었음(POSRI, 2015).

표 1 | 독일의 인더스트리 4.0과 플랫폼 인더스트리 4.0 전략

	인더스트리 4.0	플랫폼 인더스트리 4.0
주체	산업협회 (BITKOM, VDMA, ZVEI)	경제에너지부, 교육연구부
형태	'연구 어젠다' 중심. 독일 국가차원의 미래첨단기술전략 10개 핵심 주제에 포함	정부기관 책임하에 산업, 노조, 연구기관이 함께 참여하 는 현 정부 핵심추진과제
핵심 추진 과제	인더스트리 4.0 개발/발전 및 적용전략 도출	5개 핵심분야별 실제 적용가능한 결과물 도출 목표 - 1) 플랫폼 및 표준, 2) 연구 및 혁신, 3) 사이버보안 - 4) 법/제도적 조건, 5) 인력양성 및 교육
목표 결과물	인더스트리 4.0 실행기획안 2015년 4월 적용전략 제안문서 발표	각 핵심분야에서 구체적 결과물 도출 2015년 11월 정부 주최의 IT최고정책회의(IT Gipfel)에서 1차 결과물 발표 예정

자료 : 독일 경제통상부(BMWI) 자료 종합, POSRI(2015)에서 재인용.

(중국) 「중국제조 2025」(2015.5)에서 장기적으로 3단계 전략목표를 세우고 2025년까지 글로벌 제조강국 도약을 위한 성장동력 10대 산업을 선정하는 한편, 전략적 육성방안을 제시

* (1단계 : ~2025년) 노동생산성 제고 및 IT와 제조업 융합을 통해 제조업 제2강국(독일, 일본) 진입; (2단계 : ~2035년) 우위산업에서 글로벌 시장 견인; (3단계 : ~2049년) 주요 산업에서 세계 시장을 선도하는 제조업 제1강국(미국) 도달

- 1단계 전략에서는 제조업 혁신역량 강화 및 정보화-산업화 융합발전 도모를 위하여 스마트제조 및 지능형생산시스템(IMS : Intelligent Manufacturing System) 구축 사업 등을 중점 추진 분야로 채택

* 10대 산업 : 차세대 정보기술, 고정밀 수치제어 및 로봇, 항공우주장비, 해양장비 및 첨단기술 선박, 선진 반도체설비, 에너지절약 및 신에너지 자동차, 전력설비, 농업기계장비, 신소재, 바이오 의약 및 고성능 의료기기

스마트공장은 제조혁신의 공정혁신 핵심요소로 급부상

IT 기술을 활용한 스마트공장으로 제조업 효율성 극대화 모색

- 인구고령화, 친환경 이슈, 비용절감 압박, 소비자 요구 변화 등이 제조업에 끼치는 영향이 확대되면서 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 최신 IT기술을 활용한 '스마트공장' 대두
- 스마트 공장(smart factory)은 감지, 제어(판단), 실행의 세 가지 기능을 가지고 각각의 기능이 일체화된, 사람처럼 유기적으로 연계되어 동작하는 공장

독일의 인더스트리 4.0의 '스마트공장'은 사이버-물리 시스템(CPS : Cyber-Physical System)²⁾, 사물인터넷/서비스(Internet of Things/Services)를 기반으로 구성

- 스마트공장에 대한 일반적이고 통일된 개념은 아직 부재하나, 사물인터넷 및 빅데이터를 중심으로 한 IT기반의 완전 자동화/최적화 제조공장을 의미

2) CPS는 실제계와 사이버세계가 긴밀하게 결합된 통합시스템으로, '사물, 데이터, 서비스가 서로 소통하며 자동적·지능적으로 제어되는 시스템'을 의미. 센서 등 요소기술의 발달로 물리세계와 긴밀하게 통합되어 있으면서 동적 변화에 유연하게 대응할 수 있는 복잡한 CPS의 구현이 가능해졌고, 스마트공장은 이를 생산공정 혁신에 적용한 것임.

그림 1 | 스마트공장의 세 가지 기능

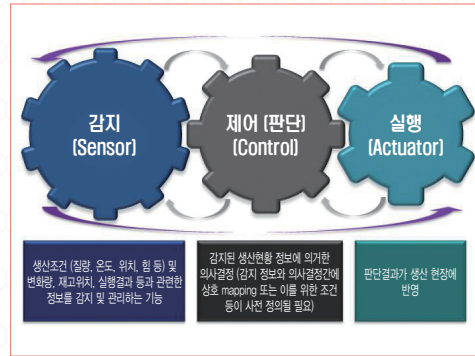
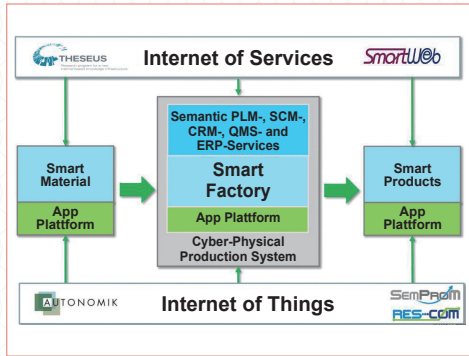


그림 2 | 독일의 스마트공장 개념도



자료 : Deloitte Anjin Review(2015), 산업연구원 재작성. 자료 : Wahlster(2012).

- 기존 대비 고품질/고정밀 자동 생산, 소비자 맞춤형 유연생산, 효율적인 생산자원 관리, 공정비용 절감, 새로운 비즈니스 창출 등 기대

우리나라도 ‘제조혁신 3.0 전략’을 수립하여, 그 실행대책으로 제조공장 스마트화를 추진

정부는 독일 등 제조강국의 정책흐름을 반영하여 2014년 6월 “창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0 전략”을 통해 IT와 SW융합을 통한 제조업 혁신 전략 구체화(표 2) 참조)

- 제조업 경쟁기반 약화, 고부가가치 부문 경쟁력 저하 및 제조업 패러다임 변화에 대응하기 위한 3대 전략 및 6대 과제 제시
- 융합형 신제조업 창출 전략은 IT·SW 융복합 기반의 공정혁신을 통해 전통 제조업과 차별화된 첨단제조업을 목표로 하며, 2020년까지 1만개 공장 스마트화 과제 추진

정부는 민관합동으로 ‘스마트공장 추진단’을 설립하여 스마트공장 기술개발, 보급확산, 표준/인증 등의 관련 사업 총괄³⁾

표 2 | 제조업혁신 3.0 전략 개요

3대 전략	6대 과제
융합형 신제조업 창출	IT/SW 기반 공정혁신
	융합 성장동력 창출
주력산업 핵심역량 강화	소재/부품 주도권 확보
	제조업의 소프트파워 강화
제조혁신기반 고도화	수요맞춤형 인력/입지 공급
	동북아 R&D 허브 도약

자료 : 「창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0 전략」(산업부 보도 참고자료, 2014.6.26).

3) 민관합동 스마트공장 추진단은 스마트공장 추진전략 수립, 보급사업 총괄, 표준/인증 개발, 인력양성, 기술개발 기획 등의 역할을 담당하며, 2015년 6월 비영리법인으로 출범.

표 3 | 2015년도 스마트공장 지원사업 현황⁴⁾

	사업명	지원내용	지원규모	운영주체
기술개발	스마트공장 고도화 기술개발	주문 맞춤형 유연생산을 위한 공정 최적설계 자동화 기술 개발 등	50억원	한국산업기술 평가관리원
모델공장 구축 지원	ICT융합 스마트공장 보급확산(모델공장)	6대 뿌리업종의 선도적 스마트공장(모델공장) 구축	8억원	국가뿌리산업진흥센터
개별공장 스마트공장 구축 지원	산업혁신 3.0	중소기업(대기업 2~3차 협력사) 제조전반 IT솔루션 구축 비용 및 컨설팅	약 350억원 ⁵⁾	대한상의
	생산현장 디지털화	기업별 맞춤형 정보시스템 구축	80억원	중소기업기술정보진흥원
업종/지역기업 스마트공장 구축 지원	ICT융합 스마트공장 보급확산(업종)	중소중견기업 업종 컨소시엄의 IT솔루션 비용 지원	27.5억원	대한상의
	창조경제혁신센터	스마트공장 구축 컨설팅, 구축비용 지원	지역별 상이	지자체 (17개)
금융지원	스마트공장 온렌딩	스마트공장 구축 참여기업 자금 대출지원	500억원	산업은행

자료 : 산업부 보도자료(2015.4.23), 산업연구원 수정.

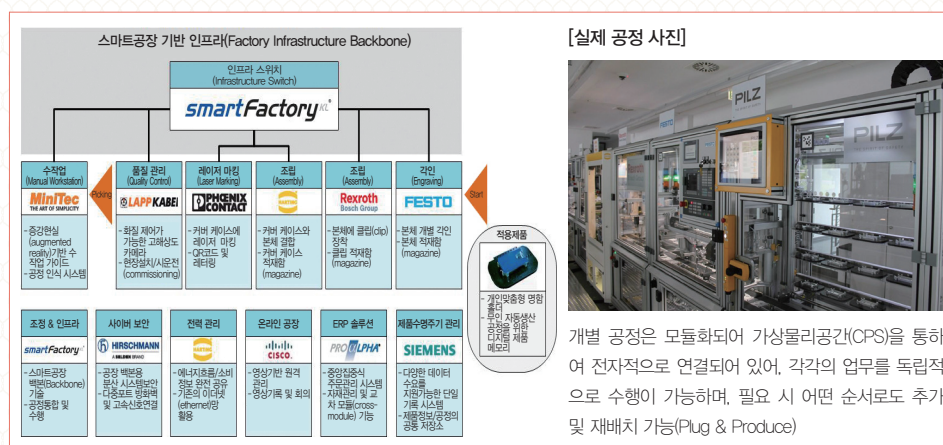
- 스마트공장 수요가 높은 업종 중심으로 가상-실제 공장이 연계된 다양한 형태의 모델 공장을 구축하고 스마트공장 구축을 위한 정책적 지원 추진

국내외 주요 기관은 스마트공장 개념 구체화 및 구현을 위한 플랫폼 개발

독일 인공지능연구소(DFKI)는 스마트공장의 표준공정을 의미하는 표준 플랫폼(reference model)의 개발을 추진(2014년)

- 플랫폼의 정립은 모든 공정혁신요소와 인프라의 스마트화가 포함되었으며, 스마트공

그림 3 | 독일 스마트공장 플랫폼 사례(INDUSTRIE 4.0 SmartFactory^{KL} - Demonstrator)



자료 : 독일 인공지능연구소(DFKI)(2014) 및 <http://www.wired.co.uk/news/archive/2015-05/21/factory-of-the-future>, 산업연구원 수정.

4) 현재 대부분의 정부지원 사업은 산업혁신 3.0 등 스마트공장 보급의 확산을 위한 구축비용 지원에 초점을 맞추고 있음.
5) 2014년 지원예산, 2015년 사업은 7월 중 공고 예정. 산업혁신 3.0 사업은 대기업 등의 동반성장기금을 재원으로 하며, 총 지원예산 350억원 중 특정 대기업의 협력사로 판단하기 어려운 중소기업(미연계 기업) 지원 예산은 약 80억원.

장 관련 기술을 보유한 5개의 핵심 글로벌 기업들이 모여서 자사의 기술을 구현하는 테스트베드를 구축(현재의 테스트베드는 비교적 단순한 제품인 명함홀더 생산으로 시현)

* 테스트베드 구축에 독일 기업뿐 아니라 미국 IoT 전문기업인 시스코도 참여하여 글로벌화와 표준화 추진

- 생산 공정을 각인, 레이저마킹, 조립, 품질관리 및 수작업공정으로 구분하여 자동화, 고해상도 카메라와 증강현실 기술 등을 적용하는 한편, 사이버보안, 전력관리, 온라인 공장(connected factory), 제품 수명주기 관리 등의 인프라 기술을 연계

대한상공회의소는 스마트공장 관련 기관과 협력하여 스마트공장의 수준별 플랫폼 제시

- 표준플랫폼은 개별 기업 수준에 적합한 스마트공장의 구축에 활용하기 위하여, 업종별 특성 및 수준을 고려하여 설계하였으며, 특히 중소기업에서 기업 역량에 따라 점진적으로 효과적인 스마트화를 진행할 수 있도록 스마트공장의 수준을 정의하고 분류

- 그럼에도 불구하고, 국내 중소기업의 스마트공장에 대한 기초적 이해 수준과 ICT 인프라 도입 현실을 감안할 때, 상대적으로 제시된 플랫폼이 지나치게 높은 수준

* 실제로 중소기업은 Level 1 (디바이스) 또는 Level 2 (제어)(ISA-95 Level 기준)와 같은 수준의 자동화 수준이 미흡함에도 불구하고, 이의 선행 구축 없이 정부과제 또는 주요 논의수준이 Level 3 (제조/생산관리, ERP 및 MES등이 해당) 또는 Level 4 (경영전략 및 공급망)에서 이루어지고 있어 개발 성공 시에도 중소기업에 적용하기에는 한계가 있음.

표 4 | 스마트공장 수준별 플랫폼(reference model)

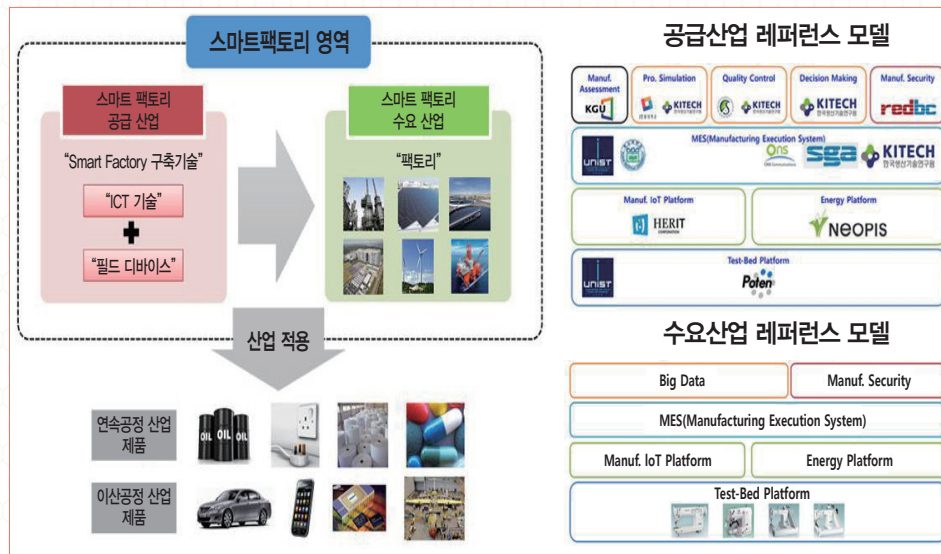
	현장자동화	공장운영	기업자원 관리	제품개발	공급사슬 관리	
고도화	IoT/IIoT 기반의 CPS화					기초수준 : 기초적 ICT를 활용한 정보수집 및 이를 활용한 생산관리 구현
	IoT/IIoT화	IoT/IIoT(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영		빅데이터/설계·개발 가상 시뮬레이션/3D프린팅	인터넷 공간상의 비즈니스 CPS 네트워크 협업	
중간수준2	설비제어 자동화	실시간 공정제어	공장운영 통합	기준정보/기술 정보 생성 및 연결 자동화	다품종 개발 협업	중간수준1 : 다양한 ICT를 활용한 설비 정도 자동 획득, 협력사와 고신뢰성 정보를 공유하여 기업운영 자동화 지향
중간수준1	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기준정보/기술 정보개발 운영	다품종 생산 협업	중간수준2 : 협력사와 공급사슬 및 엔지니어링 정보공유, 제어자동화 기반 공정 운영 최적화, 실시간 의사결정
기초수준	실적집계 자동화	공정물류 관리(POP)	관리 기능 중심 기능 개발 운용	CAD 사용 프로젝트 관리	단일 모기업 의존	
ICT 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업	고도화 : 사물/서비스/비즈니스 모듈 간 실시간 대화체제 구축, 사이버공간상에서 비즈니스 실현

자료 : 대한상공회의소(2014), KEIT(2014).

스마트공장 관련 산업은 공장구축기술을 공급하는 공급산업과 이 기술을 필요로 하는 수요산업으로 구분 가능하며, 이를 기반으로 공급측/수요측 플랫폼이 존재

- (공급) 스마트공장 구축에 필요한 구성요소 및 시스템 설계 기술로, 선진국의 글로벌 제조기업이 핵심기술 대부분을 보유
- (수요) 스마트공장 구축기술 및 솔루션을 활용해 제품을 제조하는 제조기업

그림 4 | 스마트공장 공급산업과 수요산업



자료 : 한국생산기술연구원 발표자료(2015.5.21).

제조공정 최적화, 생산성 향상 등 일부 영역에서 국내외 스마트공장 구축 성공사례 등장

우리나라는 2014년 국내 277개사에 스마트공장 시범사업을 지원하여 불량률 감소

표 5 | 국내 스마트공장 주요 구축 사례

	기업명	구축 내용	주요 성과
대기업	LS산전 (청주공장)	현장자동화, 실시간 운영현황 분석/제어, 공장운영정보 실시간 관리 및 의사결정, 공급사슬 관리 등	기존 대비 생산성 3.3배(38기종) 에너지사용률 60% 절감 불량률 발생률 0.01% 이하 달성
	포스코ICT	제품불량 예측(빅데이터 분석), 통합모니터링 및 제어(업무환경, 전력, 안전 등), 무인로봇 활용, 가상공장을 활용한 사전검증 및 교육 등	운전인력 58% 감소 생산성 27% 향상 제품품질 21% 향상 에너지효율 34% 향상
대기업 협력사 (연계)	삼성전자 (경북창조센터)	(에나인더스트리社) 사출작업 자동화	공정시간 획기적 감소 불량률 감소(12→1.8%)
		(신흥정밀社) 사출/금형 설계 자동화	제품설계 소요시간 단축(13→10시간) 조립 불량률 50% 감소
	현대자동차 (광주창조센터)	20개사에 ICT 기반 공정품질 관리 시스템 구축 및 컨설팅	공정불량률 감소, 생산성 향상, 품질 비용개선 등 60.3% 개선성과 달성
	한화	(우리社) 생산/판매/관리 전산화 등	제조 리드타임 단축(163→119일)
중소기업	KT	(다산정보통신社) 설비자동화, 생산작업DB화	설비가동률 70% 개선(40→68%)
	라이솔	생산공정에 바코드시스템 도입	생산성 향상(서류/작업준비 시간 단축) 원가절감(재고량 15% 감소)
	새한진공 열처리	IT활용 자동화 설비 도입 열처리 작업결과 빅데이터 구축	불량률 70% 개선(3→1% 미만) 원가절감(전기요금 30% 감소)
	재영솔루텍	설계-생산정보 공유시스템 구축	작업시간 30~50% 단축, 설계정보 입력 오류발생 50% 감소
	삼일금속	공정자동화, 공정변수 모니터링 및 제어시스템 구축	작업자 유해환경 노출 감소 품질향상 및 생산성 개선
혜성ENG	생산/품질 종합관리정보시스템 구축	공정불량률 44.8% 개선 작업효율 21.3% 향상	

자료 : 산업혁신운동 홈페이지, 각종 보도자료 및 발표자료를 참고하여 산업연구원 작성.

(32.9%), 원가절감(23.1%), 노동생산성 향상(14.5%) 납기단축(27.0%), 매출증가(16.8%) 성과 달성

- 구축결과 지원대상 기업의 스마트화 수준은 대부분 기초(82.3%)와 중간(15.2%) 수준으로 낮은 수준임에도, 공정최적화 및 업무수행능력 개선 등을 통한 의미 있는 성과 발생

스마트공장 관련 기술의 해외 성공사례는 스마트 공장 기술의 유익 시사

- 최근 스마트공장 관련 주요 기술을 활용한 제조공장의 다양한 성과개선 사례 등장

표 6 | 스마트공장 관련 기술의 성공 사례

	기업명	혁신 내용
SPA ⁶⁾	Numeca(벨기에)	제조공장 대규모/고속 가상 테스트 솔루션
	Intelligent Sensing Anywhere(포르투갈)	유동체인 비용을 최소화하고 효율을 최대화하는 모니터링 솔루션
차세대 주단조 ⁷⁾	Sheffield Forgemasters International Ltd(영국)	다양한 주강 잉곳 및 단조재, 관련 용탕 및 엔지니어링 전문기술 보유
생산규모 최적화 ⁸⁾	Quintiq(독일)	단일 소프트웨어 플랫폼에서 모든 비즈니스 모델의 생산계획 및 공정최적화 지원 유연한 코어 아키텍처를 제공하여 사용자가 자신의 산업 및 제품 특수성 반영
	Signavio(영국)	사용자가 공정 모델을 공유할 수 있으며 아래의 기능 지원 - 시각화, 토론, 문서화 작업 - 공정 설명서 및 관련 표준운영지침(SOP) 접근 - 연속적인 공정 개선과정에 모든 종업원 통합

자료 : Avigdor et al.(2014), 산업연구원 정리.

스마트공장, 간접고용 확대를 통한 고용창출 효과 기대

제조공정 자동화 및 스마트화는 공장의 직접고용을 감소시킬 수 있으나, 다른 연관 산업의 간접고용을 크게 증가시키는 형태로 고용창출에 기여⁹⁾

- 미국의 2009년 제조업 평균 간접고용은 제조업 종업원 1명당 0.58명으로 낮은 수준이나, 스마트공장이 확산됨에 따라 간접고용이 급증하면서 제조공장의 고용창출 지속 전망

- 또한 스마트공장은 고속련, 고임금 일자리 창출이 가능하여 해외이전 제조공장의 회귀를 가능하게 하며, 이를 통해 대규모 일자리 창출이 가능할 것으로 예상

* 보스턴컨설팅그룹(BCG)은 제조공장이 미국으로 회귀하면서 발생한 약 80만명의 제조업 종사자가 약 240만명의 간접고용을 창출할 것으로 전망

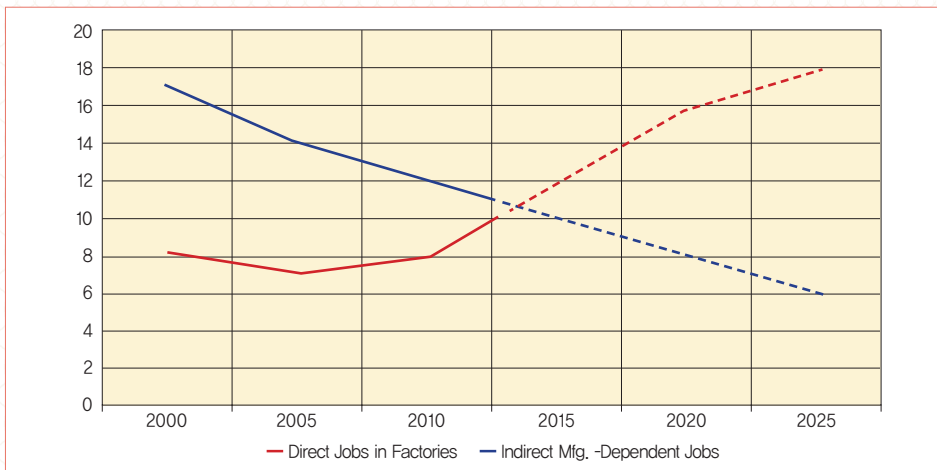
6) SPA(Smart Process Application) : 공장 및 각종 디바이스에서 수집된 정보를 분석해 비즈니스 및 공정관리에 유용한 정보를 제공하는 소프트웨어로 제조공정 효율향상 및 비용절감, 빠른 재개발 및 제조시스템 테스트 등에 유익.

7) 차세대 주단조 : 주조 및 단조 산업은 복잡 형상 주물(castings), 친환경 기준 강화, 가격 절감, 품질 개선, 운송 최적화, 전문성 확보 등 다양한 과제에 직면하고 있으며, 스마트공장 기술은 이를 해결하기 위한 핵심요소.

8) 생산규모 최적화 : 2025년 약 80~100%의 제조기업이 사물인터넷을 활용할 것으로 예상되며, 이를 토대로 공장설계 및 생산기획이 가능한 최적화 소프트웨어를 통해 생산의 효율과 속도 향상, 생산환경의 손쉬운 조작 등이 가능.

9) "The multiplier effect : There are more manufacturing-related jobs than you think"(Nosbusch and Bernaden, 2012).

그림 5 | 미국 제조업의 직접고용과 간접고용 전망



자료 : National Association of Manufacturers(2009), Nosbusch and Bernaden(2012)에서 재인용.

국내 현황을 고려한 차별적 추진전략 마련 필요

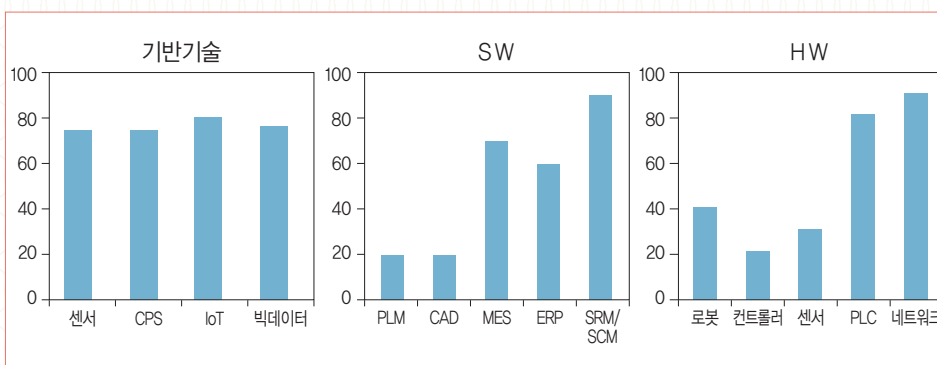
스마트공장은 제조업의 생산성 향상에 기여할 것으로 전망되고 있으나, 산업 간 융합을 위한 인력과 자본, 핵심기술의 부재는 걸림돌로 작용

- 특히 우리나라는 IT 인프라 환경은 뛰어난 반면, 기업 간 격차가 크고, 중소기업의 스마트화 역량이 취약하며 스마트공장 관련 기술경쟁력 또한 미흡한 실정
- 일부 대기업은 스마트공장 기술을 활용한 공정혁신 및 새로운 비즈니스 개척을 추진하고 있으나 중소기업 다수는 생산이력, 불량관리 등 초보적인 수준에도 미달하는 실정
- 스마트공장 관련 주요 기술의 국내 경쟁력은 선진기업 대비 20~90% 수준으로 추정 (<그림 6> 참조)

선도국은 각국의 실정에 부합하는 추진방향과 전략을 수립하여 추진하고 있는바, 우리나라 역시 국내 실정을 반영한 차별적 전략의 추진이 필요

- 독일의 경우 후발주자의 기술추격 및 저가경쟁 대응을 위해 독일의 강점 분야인 임베

그림 6 | 스마트공장 국내 기술경쟁력 현황



자료 : 「제조업 혁신 3.0 전략」 실행대책(관계부처 합동, 2015), 산업부 발표자료(2015.5.21).

표 7 | 스마트공장 촉진요인 및 저해요인

	촉진요인	저해요인
글로벌 동향	-정보통신기술(ICT)의 발달로 실시간 네트워크 교류가 가능한 모바일 기기 및 센서 활용 가능 -3D 프린팅과 같은 새로운 디지털 제조기술을 활용한 제품 및 공정혁신 가능 -제조공장의 에너지 소비증가로 에너지 비용 절감에 대한 제조기업의 수요 증가 -정책당국의 친환경 규제 강화와 지속가능한 친환경 공장 트렌드 확산 -최종수요자의 특정한 요구를 충족시킬 수 있는 복잡한 모델링 소프트웨어 활용 가능	-스마트공장 구축을 위한 자금 조달 어려움(특히 시제품, 초기제품의 경우) -스마트공장 구축 기술 대부분을 선진국이 보유하고 있어, 대부분의 국가는 해외 기술도입 필요 -뿌리산업 숙련기술자 확보의 어려움 -ICT 등에서 빠르게 등장하는 새로운 기술 활용에 필요한 인력부족 및 직원훈련 한계 -중소기업의 경우, 최근 정책당국의 환경 및 에너지 규제강화에 대한 대응이 어려움 -지식재산권 등 기술혁신의 결과물을 적절히 보호하기 위한 보호방안 미흡
국내	-뿌리산업 품질 및 공정개선 혁신을 위한 정책적 노력 지속 추진 -세계 최고 수준의 공장을 보유한 국내 제조 대기업과의 협력을 통한 스마트공장 구축 가능 -다양한 첨단 제품 및 공정 시장이 풍부한 국내 제조시장을 기반으로 기존 제조공정 한계 돌파	-스마트공장 구현 기술의 해외의존도가 높고 첨단 뿌리산업의 기술경쟁력 및 숙련도 부족 -열악한 제조공장 근무환경 및 인식으로, 젊은 전문 인력 확보가 매우 어려움 -복잡한 모델링 소프트웨어 등 제조 엔지니어링 관련 개발역량이 미흡하고, 소프트웨어 부문은 선진국 의존도가 높은 편

자료 : Avigdor et al.(2014)을 참고하여 산업연구원 작성.

디드 시스템 등을 결합한 플랫폼 선점 전략에 집중하고 있는 반면, 일본은 모노즈쿠리 고도화 및 전원참가형 제조업 경쟁력 구축과의 연계성 강화에 초점

- 우리나라는 IT 기반을 적극 활용한 원천기술 개발 및 시장창출, 표준화 등 핵심적인 스마트공장 경쟁력 조기 확보를 위한 정책적 지원이 요구되며, 동시에 기술역량 및 관련 인프라가 취약한 중소 제조기업 현실을 감안한 스마트화 방안 마련이 필요

스마트공장의 성공적 구현 및 제조경쟁력 강화를 위한 정책과제

(기술개발) 제조공장 종속화 회피 및 원천기술 확보를 위한 첨단기술 R&D 추진

- 현재 유럽, 미국 등 제조선진국이 스마트공장 관련 핵심기술뿐만 아니라 표준화 또한 선점하고 있어, 스마트공장 도입 확대에 인한 향후 국내 제조공장의 해외 종속화 우려
- 스마트공장 핵심기술 확보를 통해 외국 기업의 스마트공장 공급기술에 대한 국내경쟁력 확보가 시급하며, 스마트공장 구현을 위한 관련 응용기술 개발이 요구됨.

(시장창출) 스마트공장 도입 및 확산을 위한 국내 시장기반 구축

- 소비자 맞춤형 유연생산, 스마트 디바이스 기반의 서비스 경쟁, 공장 없는 비즈니스 등 스마트공장은 제조업의 새로운 트렌드를 뒷받침할 것으로 예상되나, 국내 시장은 관련 사업모델 및 서비스 시장이 왜소하여 대상 시장이 부족
- 스마트 공장 분야와 직접 연계되는 사업뿐 아니라, 소프트웨어 중심의 스마트 서비스 등 직간접적으로 파급되는 다양한 분야에 대응한 사업모델 창출 노력 필요

* 산업단지 내 에너지, 용수 등 다양한 인프라가 스마트 관제되는 시스템 개발 및 중소기업의 유망 기술의 세계화 지원 프로그램 등을 마련

(표준 이슈 대응) 제조공장과 IT기술의 성공적 융합을 위해서는 스마트기기와 시스템, 제조공장의 상호호환성 확보를 위한 표준안 확립 필요

- 국가기술표준원은 2015년부터 스마트공장 국가표준 및 인증 개발에 착수
- 현재 우리나라는 스마트공장 구축 및 표준화 모두에서 선진국 대비 열세이나, 스마트공장 공급, 수요부문과 표준의 균형적 발전을 도모하여 향후 글로벌 경쟁력 확보가 가능할 것¹⁰⁾

(기존 생산기술 고도화) 제조공장 스마트화는 기존 생산공정에 대한 이해를 요구하며, 스마트공장 구축을 위한 기존 생산기술의 고도화 필요

- 스마트공장 관련 기술은 대부분 IT에 속하지만, 공장 내 사물인터넷 구현 및 최적화 등 핵심적인 공정인프라 개선을 위해서는 공정기술 자체에 대한 심도 있는 이해가 필요
- 단순 공장자동화를 넘어서는, 진정한 의미에서 스마트공장 달성을 위해서는 기존 장비의 설계 개념부터 혁신 및 개선이 요구됨.¹¹⁾

(엔지니어링 서비스 고도화) 스마트화 수준이 낮은 기존 공장을 중간 수준 이상의 스마트공장으로 개선하기 위해서는 가상공장(virtual-factory)을 통한 시뮬레이션 등이 요구

- 공장가동 중단이 어려운 중소기업 등은 공장이 가동 중인 상태에서 스마트공장 기술 도입에 현실적 어려움이 존재하며, 시뮬레이션 등을 통한 사전 타당성 검증이 이루어진 후에 일괄적인 공장 업그레이드 및 즉시 운영이 가능한 방안 필요

(고용창출 및 인력양성) 스마트공장 확산에 대비한 일자리 전략 수립 필요

- 스마트공장은 최고 수준의 공장자동화를 통해 공장 내 일자리 감소를 가져올 것으로 예상되나, 스마트공장 공급부문 및 이와 간접적으로 연관된 분야에서는 다수의 일자리가 창출될 것으로 전망
- 따라서 일자리감소 우려를 최소화하고, 더 나아가 일자리창출을 위해서는 스마트공장 구축 핵심기술 개발 및 공급기업 육성 등이 필요
- 또한 스마트공장 확산에 따른 제조공장 숙련인력의 개념 변화에 대응하여, 기존 숙련 인력의 재교육(전문 소프트웨어 활용 등) 및 스마트공장 신규 인력양성 프로그램이 필요

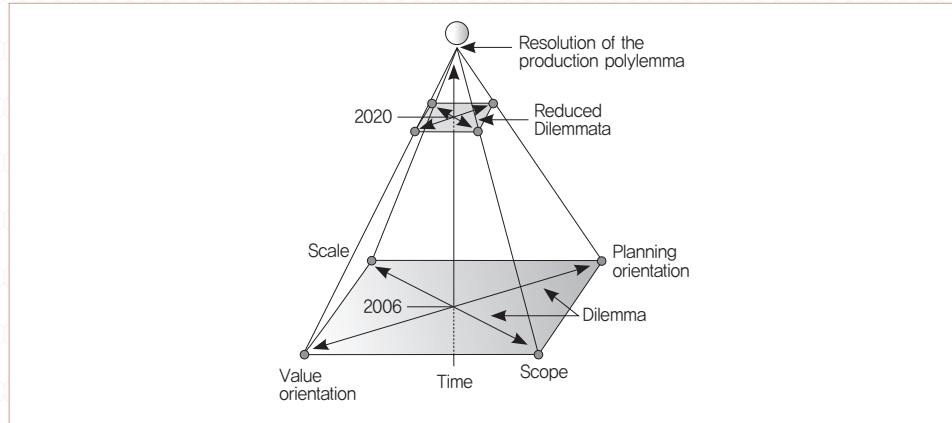
(전략적 글로벌 협력) 장기적 관점에서 우리나라의 제조경쟁력 강화를 위해서는 글로벌 협력생산 체계 구축을 통한 효율적 생산구조 확립이 필요

- 생산 측면에서 볼 때, 고임금 구조의 선진국은 대량생산과 맞춤형 제품 생산의 균형(Scope)이 중요한 척도이나, 저임금 국가에서는 대량생산(Scale)이 중요

10) 표준화 과정에서 독일과 미국의 사례를 참조할 필요가 있음. 독일은 인더스트리 4.0을 통해 스마트공장의 선제적 표준화를 추진하였으나 표준화 지연으로 관련 기술 구현 및 시장창출에 어려움을 겪고 있는 반면, 미국의 IIC(Industrial Internet Consortium)는 표준화보다 관련 기술의 시장활용 가능성 검증을 우선 추진하고 있음.

11) 예를 들어, 용탕단조 등 주조공정의 경우 용탕의 정확한 충전 거동 파악을 위해 다양한 부위에서 금형/용탕 계면의 온도측정을 하는데, 이는 기존의 금형에 여러 개의 센서를 결합하는 것만으로는 한계가 있음. 즉, 공정 스마트화를 위해서는 금형 및 관련 장비 설계의 전면적 수정 및 변화를 필요로 하며, 이를 위해서는 IT기술 이외에도 기존 제조기술에 대한 더 높은 이해가 요구됨.

그림 7 | 제조업 생산체계 변화 전망



자료 : Integrative production technology for high-wage countries(Brecher et al., 2012).

- 전략 측면에서 선진국은 정교한 계획과 생산시스템을 활용한 전략 최적화(planning orientation)가 중요한 반면, 개도국은 표준화된 안정적 프로세스 기반의 비용 최적화(value orientation)가 중요
- 효과적인 글로벌 협력을 위하여 생산 측면에서의 효율과 전략 측면에서의 효율 사이에서 각 국가의 실정에 적합한 균형이 필요

김 상 훈

(연구위원·신성장산업연구실) · (연구위원·신성장산업연구실)
 sanghoon_kim@kiet.re.kr swjkorea@kiet.re.kr
 044-287-3181 044-287-3024

심 우 중

본 자료는 산업연구원 홈페이지 www.kiet.re.kr을 통하여 항상 보실 수 있습니다.
 이미 발간된 산업경제정보 및 더욱 상세한 관련 보고서도 보실 수 있습니다.

KIET 산업연구원
Korea Institute for Industrial Economics & Trade

발행인 김도훈 / 편집인 최윤기 / 편집·교정 조계환
 30147 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 경제정책동
 Tel : 044-287-3114 Fax : 044-287-3333 www.kiet.re.kr