

미래 스마트 팩토리 유망 서비스

한국과학기술기획평가원(KISTEP)·한국전자통신연구원(ETRI)

2021. 12.



※ 본 보고서는 한국과학기술기획평가원(KISTEP) “2021년 과학기술혁신정책 스코어보드 개발연구(AO21020)”와 한국전자통신연구원(ETRI) “자율적으로 연결·제어·진화하는 초 연결 지능화 기술 연구(21ZR1120)”를 통해 작성된 결과물입니다

요 약

◆ 연구배경 및 목적

- 국내 제조업의 지속적인 성장을 위해서는 생산성 향상, 효율성 제고, 비용 절감을 포함한 내생적 혁신과 글로벌 경쟁력 강화가 필수
- 제조업과 ICT 융합을 통한 제조업의 디지털 전환 가속화 및 탄소 중립에 대한 요구가 확대되고 있으며, 기술발전과 빠르게 변화하는 소비자 수요에 대응하기 위한 스마트 팩토리 도입 및 활성화 필요성 증대
- 본 보고서에서는 국내 제조업 현안 과제를 스마트 팩토리를 중심으로 파악하고 이에 대응 가능한 미래 스마트 팩토리 유망 서비스를 도출함으로써 미래 제조혁신의 방향성을 제시하고자 함
- 이를 위해 기술예측 전문기관인 KISTEP과 국가 지능화 종합연구기관인 ETRI가 협력하여 전문가 자문 및 브레인스토밍 등을 통해 미래 유망 서비스를 발굴하고 국내 스마트 팩토리 경쟁력 강화를 위한 활성화 방향을 제안

◆ 주요 결과 및 시사점

- 전문가 워크숍 및 자문을 통해 도출된 서비스 후보에 대한 전문가 및 내부 연구진 검토를 통해, 유사 서비스 통합 및 범위 조정 등을 거쳐 최종 13대 유망 서비스 선정

유망 서비스	
1	자율지능 기반 실시간 개인 맞춤형 주문·생산 시스템(Customized Intelligent Manufacturing)
2	인간과 협업하는 지능형 자율공장(Human Collaborative Manufacturing)
3	자율지능 제조 모듈 가변형 시스템(Intelligent Flexible Manufacturing)
4	소비자 콜라보 메타버스 가상 설계·제조 공장(Customer Involvement Metaverse Factory)
5	숙련 경험 모사형 제조공정 고도화 기술(Intelligent Precision Manufacturing)
6	고속련 직무교육 및 공정 가이드(High-Skilled Manufacturing Guide)

7	공장 내 자율주행 물류 시스템(Autonomous Mobility System)
8	작업자 특성 맞춤형 웨어러블 증강 슈트(Wearable Augmented Suit)
9	지능형 위해 예측 및 안전 강화 기술(Advanced Safe Manufacturing)
10	위험 환경 대응 원격 공정 로봇(Hazardous Operation Robot)
11	탄소 인터넷 기반 온실가스 저감 시스템(Zero Emission Factory)
12	블록체인 기반 고도화된 스마트 제조 보안 시스템(Blockchain-Factory)
13	글로벌 능동형 공급 체인 예측 및 대응 시스템(Global Active SCM)

◆ 국내 스마트 팩토리 활성화 방향

- (기술) 기업 내외부 제조와 시장 환경변화, 기술혁신에 능동적 대응을 위해 첨단 디지털 기술을 중심으로 제조 융합 R&D 역량을 강화하고 제조과정에서 생산성 향상을 위한 공정개선 솔루션 개발 중요
- (정책·제도) 중소제조 기업을 중심으로 스마트 팩토리 조기 확산을 위한 데이터 표준화, 테스트 베드 및 기업 내부 도입 촉진의 지원정책 마련 중요
- (산업 생태계) 국내 스마트 팩토리 경쟁력을 강화하기 위한 공급솔루션-SI 등 산업 생태계 조성 및 미래에 변화하는 제조환경을 선도할 유망 서비스 선제적 활성화

목 차

1. 연구배경 및 목적.....	1
2. 스마트 팩토리 정책동향 및 환경분석.....	3
3. 국내 스마트 팩토리 당면과제 및 유망 서비스 도출.....	8
4. 국내 스마트 팩토리 활성화 방향.....	17
[참고문헌].....	19
[붙임] 전문가 워크숍 참여명단.....	20
별첨1 스마트 팩토리 글로벌 연구 경쟁력 분석.....	21
별첨2 국내 스마트 팩토리 SWOT 분석.....	26
별첨3 스마트 팩토리 전문가 조사결과.....	28

1 연구배경 및 목적

◆ 연구배경

- 국내 산업에서 제조업이 차지하는 비중과 수출 의존도가 높아 제조업의 지속적인 성장을 위해서는 경쟁력 강화가 필수이며 특히, 4차 산업혁명의 대전환 시기에 그 중요성은 더욱 커지고 있음
 - 우리나라의 GDP 대비 제조업의 비중('18년)은 27.5%를 차지하고, 총수출에서 제조업이 차지하는 비율은 97.3%로 한국은 제조업 중심으로 성장
- 해외 주요국은 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명 핵심 기술을 활용해 글로벌 시장에서 제조역량을 강화하기 위한 정책적 지원을 확대
- 제조업과 ICT 융합 확대 및 친환경 제조에 관한 관심이 증대되면서 제조업의 디지털 전환 및 탄소 중립 구현을 위한 미래 유망 기술 및 솔루션 개발 필요성 증대
 - 인공지능을 비롯한 첨단 ICT 기술의 발전과 산업간 융복합 촉진은 제조업의 디지털화와 서비스화를 가속하고, 탄소 저감 수요에 대응하기 위한 새로운 미래 기술개발 수요 증대
- 기술발전과 빠르게 변화하는 다양한 소비자 수요에 대응하기 위해 제조의 유연성과 생산성을 높일 수 있는 미래 스마트 팩토리 유망 기술개발 필요성 증대

연구목적

- 4차 산업혁명의 확대에 따른 제조 분야의 디지털 전환이 빠르게 전개되면서 지능형 자율공장, 능동적 소비자 참여형 스마트 팩토리 등을 통해 미래지향적 제조혁신 및 新 가치 창출 필요
- 이에, 기술예측 전문기관인 KISTEP과 국가 지능화 종합연구기관인 ETRI가 협력하여 제조 분야 산학연 전문가 자문 및 브레인스토밍 등을 통해 ① 국내 스마트 팩토리가 직면한 문제점 파악, ② 미래 스마트 팩토리 유망 서비스를 발굴하고 ③ 국내 스마트 팩토리 경쟁력 강화를 위한 활성화 방향을 제언

2 스마트 팩토리 정책동향 및 환경분석

◆ 스마트 팩토리 개념 및 중요성

○ 스마트 팩토리 개념

- 기획·설계→생산→유통·판매에 이르는 제조과정에서 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 가상증강(AR/VR), 빅데이터, 5G 등을 적용하여 생산성·품질 향상과 고객 맞춤형 제품을 생산하는 자동화·지능형 공장



* 출처: 한국인더스트리4.0협회(2016), KB금융지주경영연구소(2017) 재인용

[그림 1] 스마트 팩토리 개념도

○ 우리나라에서 스마트 팩토리의 중요성

- (제조업 중심 국내 산업주도) 우리나라 GDP 대비 제조업의 비중(2018년)은 27.5%를 차지하고, 총수출에서 제조업이 차지하는 비율은 97.3%로 제조업 중심으로 성장 (산업연구원, 2021)
- (신성장 동력의 핵심산업) 세계시장 점유율 1위 품목 수가 정체되어 있고, 최근 10년간 신산업의 부상 없이 10대 주력산업이 그대로 유지 되는 상황에서 제조업 혁신을 통한 글로벌 경쟁력 확보의 중요성 증대

- (고령화로 인한 저성장 대응) 빠른 고령화로 인해 생산가능 인구가 감소함에 따라 향후 우리나라 경제의 저성장 고착화 우려(한국경제연구원, 2021)에 대응하기 위해 생산현장에서 디지털 전환 확대를 통한 스마트 제조혁신 강화 중요
 - ※ 인구대비 생산가능인구 비중: 72.1%('20)→66.0%('30)→56.8%('40)(통계청, 2021)
- (글로벌 경쟁 심화) 미국과 중국을 중심으로 기술패권 및 글로벌 공급망(GVC) 주도권 우위를 강화하기 위해 자국내 스마트 공장 도입·구축에 자원과 역량을 집중
- (글로벌 시장 확대) 글로벌 스마트 팩토리 시장은 2020년 2,707억 달러에서 연평균 9.3% 성장을 통해 2026년 4,228억 달러 규모로 빠르게 시장이 확대될 것으로 전망(Modor Intelligence, 2021)
 - ☞ 고령화로 인한 생산가능 인구 감소, 저성장 고착화, 성장동력 부재, 글로벌 제조 경쟁 심화 등에 효율적인 대응과 글로벌 최고 수준의 제조역량을 지속하기 위해 스마트 팩토리 확산 및 고도화 필요성 증대

◆ 글로벌 정책동향

- 우리나라를 비롯한 독일, 미국, 일본, 중국 등 해외 주요국은 AI, 빅데이터, 5G 등 첨단 ICT 기술을 활용한 디지털 전환과 스마트 제조혁신을 통해 스마트 팩토리 중심의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 정책지원 강화
 - 글로벌 제조 강국인 독일과 일본은 전통산업의 디지털 전환을 통한 제조 혁신과 G2 대비 글로벌 제조역량 위상 강화를 위해 스마트 팩토리에 대한 정책지원 집중
 - 미국은 AI, 빅데이터 등 첨단 ICT 기술경쟁력을 바탕으로 첨단제조업의 글로벌 리더십 확보를 위한 스마트 제조 인프라 구축 강화
 - 후발주자인 중국은 AI의 글로벌 기술경쟁력을 토대로 선진국과의 격차 해소를 위해 단계별 스마트 제조 고도화 전략 추진
 - 우리나라는 중소기업의 디지털 전환과 제조역량 강화를 위해 DNA (Data-Network-AI) 중심의 스마트 공장 고도화 전략을 추진

〈표 1〉 글로벌 스마트 팩토리 정책동향

구 분	내 용
 독일	<ul style="list-style-type: none"> • 인더스트리4.0 전략(2010년): 전통산업과 IT 시스템을 통합해 생산공정의 개선 추구 • 플랫폼 인더스트리4.0(2014년): 정교한 디지털화 전략을 통해 중소기업의 역량 강화와 인력양성 등을 주요 목표로 추진 • 2030 Vision for Industrie 4.0(2019년): G2 대비 글로벌 제조역량 강화를 위해 혁신적인 디지털 생태계 구축
 미국	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 첨단제조업 전략계획(2012년): 첨단제조업 혁신을 통한 제조 인프라 구축 • 첨단제조업 리더십 확보 전략(2018년): 국가 안보와 경제적 번영을 위한 전 산업 부문에 걸친 첨단제조업의 미국 리더십 확보 추구 • 바이든 정부의 기술·혁신 정책 의제(2020년): 자국 제조업의 혁신을 목표로 대학-기업-주정부-지방정부 연계의 파트너십 강화 및 재정 지원을 통해 첨단분야의 제조혁신 지원정책 강화
 일본	<ul style="list-style-type: none"> • 일본 재흥전략(2015년): 과학기술 혁신, 산업 입지 경쟁력 강화 등 제조업 강화 정책 마련 • Society 5.0(2017년): 5대 전략 분야 중 하나로 Smart Manufacturing을 선정, 스마트 팩토리 관련 정책추진 본격화 • 디지털 전환에 관한 보고서 발표(2018년): 일본 기업 전반에 걸쳐 디지털 전환(DX) 추진을 위한 다양한 조치·정책 개발
 중국	<ul style="list-style-type: none"> • 중국제조 2025(2015년): 글로벌 제조 선도국가 실현을 위해 단계별 제조업 고도화 전략 제시 • 스마트제조 발전계획(2016년): 2020년까지 전통 제조업 분야에서 디지털 제조 실현하고, 25년까지 스마트제조 지원 시스템 구축 • 스마트제조 정책 백서(2020년): 선진국과의 스마트 제조 격차 해소를 위한 정책 제언
 한국	<ul style="list-style-type: none"> • 중소기업 스마트 제조 혁신전략(2018년): 중소기업 대상 스마트 공장 보급 확대 및 스마트 제조혁신 인프라 확대 • 5G 기반 스마트공장 고도화전략(2019년): 5G 활용 스마트 공장 혁신 및 5G 솔루션 보급·확산에 필요한 정책적 지원 기반 마련 • AI·데이터 기반 중소기업 제조혁신 고도화 전략(2020): AI·데이터·5G 기반 스마트 공장 고도화 및 스마트 제조 공급기업의 경쟁력 향상

*출처: 스마트제조혁신추진단(2021), 중소기업벤처부(2018, 2020), 정보통신기획평가원(2020), 과기정통부(2019), 한국과학기술기획평가원(2018), 산업통상자원부(2017) 참조

◆ 국내 환경분석

○ 국내 제조업에 대한 STEEP 분석 및 미래 선도 방향

- (사회) 고령화 및 개인화 진전에 대응하기 위한 중소기업 대상 디지털 전환 및 분산·유연 지능형 제조시스템 개발 확대
- (기술) 인공지능, 디지털 트윈, 6G 이동통신 등 첨단 IT 기술과 제조의 융합 분야에 대한 선제적 투자 확대
- (경제) 글로벌 패권경쟁에 적극적으로 대응하기 위해 가치사슬과 연계형 스마트 제조를 통한 글로벌 경쟁우위 확보
- (생태계) 제조산업 패러다임 변화에 능동적 대응을 위한 창의 제조 서비스업 집중 육성
- (정책) 중소기업 경쟁력 강화 및 제조업의 기후변화 대응을 위한 탄소 절감과 스마트 팩토리 구축을 적극 연계

〈표 2〉 국내 STEEP 분석 및 미래 선도 방향

STEPP 요소	AS-IS (2021년)	TO-BE (2030년)	미래 선도 방향
사회 (Society)	<ul style="list-style-type: none"> • 고령화 사회 진전과 제조 현장의 적용 • 일부 주도층의 개인 특성과 기호를 반영한 제품 수요 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 초고령화, 생산인구 감소에 따른 제조기업의 생산성, 효율성 하락 • 개인 특성과 기호가 제품 수요로 직결 • 이용자 참여 및 혁신형 제품 수요 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 중소기업의 디지털 전환과 스마트 팩토리 도입·활용 강화 • 1인 1제품에 부합되는 분산, 유연한 지능형 제조시스템 개발
기술 (Technology)	<ul style="list-style-type: none"> • 일부 대기업, 일부 분야에서 인공지능의 제한적 활용 • 노동형 제조 대체 중심의 로봇 활용 • 5G/5G+ 기술의 일부 기업에서 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 기업 제조의 모든 분야에서 인공지능의 전면적 활용 • 인공지능, 엣지 컴퓨팅 기반의 제조 로봇의 지능 강화 • 원격제조, 협업 제조를 위한 6G 기술의 활용 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 제조 IT 융합 분야에 대한 기술개발 투자 확대 • 제조업의 데이터, 전문지식과 인공지능, 로봇의 연계 강화

STEEP 요소	AS-IS (2021년)	TO-BE (2030년)	미래 선도 방향
경제 (Economics)	<ul style="list-style-type: none"> 고용 대체나 고용성장이 제한된 경제 등장과 제조업에 적용 글로벌 패권경쟁에 따른 일부 제조 공급망 차질 발생 ESG 등 기업의 환경, 사회적 책임 강화 추세 	<ul style="list-style-type: none"> 창의 분야를 중심으로 고용성장과 제조업에서도 일자리 양극화 글로벌 패권경쟁 심화에 따라 공급망이 제조경쟁력 결정 기업과 모든 제품에서 사회적 책임과 윤리, 신뢰 강조 	<ul style="list-style-type: none"> 고부가 창출이 가능한 정밀, 첨단, 창의 제조에 대한 투자 확대 디지털 트윈과 인공지능을 강화한 제조-공급망 연계시스템 구축 작업자 안전 및 소비자 보호를 동시 추구하는 팩토리 설계
생태계 (Ecology)	<ul style="list-style-type: none"> 제조업의 지식서비스사업화 시작 대기업과 중소기업의 강력한 협력구조 연계 3D 제조 분야에 대한 높은 외국인 노동자 의존 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업과 서비스업의 경계 약화 및 융합 제조서비스업 등장 3D 프린팅을 활용한 개인제조 시스템 확산 3D 제조 분야에 대한 국내철수 및 해외 이전 가속화 	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 제조 시스템을 활용한 신 제조서비스 융합산업 육성 개인생산을 지원하는 설계-제조-관리-유통 시스템을 거점지역에 구축 3D 제조 분야에서 빅데이터 활용 및 로봇밀도 지속 강화
정책 (Policy)	<ul style="list-style-type: none"> 제조업의 디지털 전환 강화 정책추진 소부장 산업의 국내 경쟁력 강화 정책 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업에서 탄소절감 등 기후변화 대응 정책 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 전환 및 스마트 팩토리 솔루션 공급기업 육성 탄소 중립형 제조 설계-모니터링-저감 시스템 구축사업 확대

*출처: 저자작성

3 국내 스마트 팩토리 당면과제 및 유망 서비스 도출

◆ 추진 방법

- (1단계) 국내 스마트 팩토리 관련 기술 및 인문사회과학 등 다양한 분야의 전문가(붙임) 워크숍을 통해 스마트 팩토리 서비스 후보군 도출
- (2단계) 전문가 워크숍에서 도출된 스마트 팩토리 서비스 후보군을 대상으로 과학기술 분야 전문가 검토와 브레인스토밍을 통해 통합 및 범위 조정 등을 거쳐 최종 13대 유망 서비스 선정

◆ 전문가 워크숍을 통한 당면과제 및 서비스 후보 풀 도출

- 1, 2차 전문가 워크숍을 통해 국내 스마트 팩토리 당면과제 발굴
 - 전문가 브레인스토밍 방법을 통해 다양한 아이디어 도출을 유도하였으며, 국내 스마트 팩토리가 직면한 당면과제를 도출 ('21.6)

〈표 3〉 국내 스마트 팩토리 당면과제

구분	내용
기술/R&D	<ul style="list-style-type: none"> • 선진국 대비 낮은 핵심 기술 경쟁력 • 대용량 실감 데이터의 빠른 전송이 가능한 고도화된 무선통신네트워크 기술 도입 미흡 • 고도화된 자율지능 기술 역량 부족 • 고속연 근로자의 업무 노하우와 경험 기반 디지털화 기술 역량 미흡 • 로봇간, 작업자와 로봇간 자율적 커뮤니케이션 기술역량 부족 • 공장 내 작업자 안전을 위한 위험 안내·경보 시스템 취약 • 산업데이터 해킹 방지를 위한 고도화된 보안시스템 인프라 미흡 • 근로자의 생산성 향상 및 신체 보호를 위한 착용형 로봇 기술 도입 부족
정책/제도	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트 팩토리 유망 기술·시스템·서비스 검증을 위한 테스트 베드 부족 • 기업 특성을 반영한 정책지원 미흡 • 스마트 팩토리 활성화를 저해하는 각종 규제 존재 • 산업현장 발생 다양한 데이터의 효율적 활용을 위한 표준화 제도 미흡

구분	내용
비즈니스/ 산업 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 경영진의 스마트 팩토리 도입·활용에 대한 낮은 인식 • 소비자 참여형 신제품 및 비즈니스 모델 개발 부족 • 스마트 팩토리 전문 인력 부족 • 가상공간 공장 활용을 위한 혁신적 가치창출 생태계 환경 조성 미흡 • 5G 적용 스마트 팩토리 성공 레퍼런스 창출·확산 미흡 • 산업데이터의 공유·활용 인식 부족으로 새로운 비즈니스 창출 기회 제한

*출처: 저자작성

○ 전문가 워크숍을 통해 당면과제를 선제적으로 대응하기 위한 50개 미래 스마트 팩토리 서비스 후보 도출 (‘21. 7)

〈표 4〉 스마트 팩토리 50개 미래 서비스 후보 목록

후보 서비스	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ AAS(Asset Administration Shell) 기반의 디지털 트윈 장비의 설계·제작·운영 서비스 ▪ 인공지능 시뮬레이션 모델 고도화 및 공정 프로세스 최적화 ▪ XR기반 설계 기술 ▪ 빅데이터를 이용한 실시간 매출 및 소비자 니즈 파악 서비스 ▪ 실시간 주문-생산 시스템 ▪ 한 사람을 위한 개인 맞춤형 실시간 생산 ▪ 개인의 취향, 특성, 트렌드를 결합한 맞춤형 주문 시스템 ▪ 제조공정 노하우의 디지털화 ▪ 생산지식 자산화 ▪ 근로자 경험 기반 인공지능 구현 기술 ▪ 고숙련자 노하우와 경험의 디지털화를 통한 제조 공정 고도화 ▪ 지능형 공정 설비 ▪ 인공지능 기반 스스로 알아서 생산하는 지능형 설비 ▪ 자율지능 로봇과 인간의 협업 ▪ 지능형 자율공장 ▪ 인공지능 기반 불량률 예측 ▪ 제조공정에서 예지·보전 서비스 ▪ 프로세스 단계별 데이터 분석을 통한 프로세스 단위의 품질관리 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CPS 기반 공정 상태 모니터링 및 생산 품질 예측 ▪ 지능형 디지털 트윈 ▪ 인공지능 기반 공정 장비 유지관리 ▪ 유연생산 자율제조 시스템 ▪ 비전 카메라 및 지능형 CCTV를 통한 작업자 행동 자동 인식 및 위치 추적 ▪ 작업자의 위치, 자세, 활동 기반 휴먼센싱 ▪ 작업자 데이터 기반 안전 안내 서비스 ▪ 공장 내 사고 유형·패턴 분석 및 실시간 작업자 안내서비스 ▪ 인공지능을 활용한 공장내 이상 상황 파악 서비스 ▪ 원격 생산 시스템 ▪ 원격 공정관리 ▪ 공장 외부에서 스마트 기기를 통해 원격으로 진단 및 유지 보수 ▪ 위험 현장 특화형 원격 로봇 ▪ 원격 로봇을 통한 위험 지역 및 고난이도를 요하는 작업 수행 ▪ 산업용 사물인터넷 기반 제조시스템 실시간 연동 기술 ▪ 산업현장의 대용량 데이터를 5G/6G 기반 초저지연, 초고속 실시간 전송 기술 ▪ 지능형 생산·제조 가이드 시스템

후보 서비스	
<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 및 증강현실 활용 제조공정 및 제품 생산 모니터링 및 작업 가이드 인공지능과 빅데이터 기반 최적 공정 운영 시스템 근력 증강 보조 로봇 개인 특성 맞춤형 착용형 근력 증강 웨어러블 슈트 인간과 로봇간 협업 생산 시스템 효율적 물류 이동을 위한 공장내 지능형 물류 시스템 안정성 확보 기술을 통한 자율주행차량 배송 	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 무인 로봇 물류 시스템 탄소 중립 기술을 통한 에너지 사용량 분석·예측을 통한 공정 최적화 생산제품별 탄소 배출량 예측 스마트 팩토리 특화형 탄소 인터넷 XR, 메타버스 활용 가상공장 친환경 3D 프린팅 제공 공정이 모듈화되어 스스로 조립하는 가변 모듈 시스템 블록체인 기반 최적의 공장 내 보안시스템

*출처: 저자작성

◆ 미래 스마트 팩토리 유망 서비스 선정

○ 전문가 워크숍을 통해 도출된 서비스 후보에 대한 전문가 및 내부 연구진 검토를 통해 유사 후보 통합 및 범위 조정 등을 거쳐 최종 13대 유망 서비스 선정

〈표 5〉 미래 스마트 팩토리 13대 유망 서비스

유망 서비스	
1	자율지능 기반 실시간 개인 맞춤형 주문·생산 시스템(Customized Intelligent Manufacturing)
2	인간과 협업하는 지능형 자율공장(Human Collaborative Manufacturing)
3	자율지능 제조 모듈 가변형 시스템(Intelligent Flexible Manufacturing)
4	소비자 콜라보 메타버스 가상 설계·제조 공장(Customer Involvement Metaverse Factory)
5	숙련 경험 모사형 제조공정 고도화 기술(Intelligent Precision Manufacturing)
6	고속련 직무교육 및 공정 가이드(High-Skilled Manufacturing Guide)
7	공장 내 자율주행 물류 시스템(Autonomous Mobility System)
8	작업자 특성 맞춤형 웨어러블 증강 슈트(Wearable Augmented Suit)
9	지능형 위해 예측 및 안전 강화 기술(Advanced Safe Manufacturing)
10	위험 환경 대응 원격 공정 로봇(Hazardous Operation Robot)
11	탄소 인터넷 기반 온실가스 저감 시스템(Zero Emission Factory)
12	블록체인 기반 고도화된 스마트 제조 보안 시스템(Blockchain-Factory)
13	글로벌 능동형 공급 체인 예측 및 대응 시스템(Global Active SCM)

*출처: 저자작성

① 자율지능 기반 개인 맞춤형 디자인·주문·생산 시스템(Customized Intelligent Manufacturing)

- (개념) 개인의 취향·건강·특성, 트렌드, 사회적 지위 등의 데이터를 기반으로 인공지능 알고리즘이 이를 분석·예측하여 스스로 알아서 고객이 선호하는 모양·용도·크기 등을 반영하여 제품·서비스를 디자인·주문·생산하는 시스템
- (AI-IS) 기존 주문·생산 시스템은 빠르게 변화하는 고객의 다양한 특성을 종합적으로 적기에 반영하지 못하며, 실시간 주문생산 제공 역량 미흡
- (TO-BE) 인공지능, 빅데이터, 디지털 트윈, 메타버스 등 첨단 ICT 기술을 활용, 고객 관련 다양한 정보를 스스로 알아서 분석·예측하여 고객에게 최적화된 제품을 디자인·주문·생산하는 시스템 제공 가능
- (기대효과) 공장에서 최적화된 효율적인 생산의 극대화 및 빠르게 변화하는 소비자의 다양한 니즈를 적시에 반영함으로써 적기생산 및 만족도 향상

② 인간과 협업하는 지능형 자율공장(Human Collaborative Manufacturing)

- (개념) 자율지능을 가진 로봇이 생산과정에서 로봇간 또는 작업자와 상호 자율적으로 소통·협업하며 다양한 제품 제조가 가능한 유연 생산을 토대로 최적의 공정을 계획·수행하는 지능화된 공장
- (AI-IS) 고정형 로봇이 대부분이며 사람과 로봇, 로봇과 로봇 상호간 커뮤니케이션을 위한 기술 역량 미흡, 다양한 유연 생산 가능 제조공정 운영 취약
- (TO-BE) 인공지능, 차세대 이동통신, 지능형 사물인터넷·센서 등의 기술을 활용해 로봇간, 작업자와 로봇 상호간 실시간 자율적 의사소통과 협력을 통해 디지털 트윈 기반의 최적화된 생산공정을 계획·수행하는 지능화된 제조환경 제공
- (기대효과) 작업자와 로봇간 혼선·충돌 없이 안전한 업무 수행, 다양한 제품 대응 지능형 유연 생산 가능, 공장 내 기계설비의 효율적 이용과 생산 능력 향상

③ 자율지능 제조 모듈 가변형 생산 시스템(Intelligent Flexible Manufacturing)

- (개념) 모듈화된 제조공정에 다양한 제품 생산 유형별 스스로 알아서 조립이 가능한 제조환경을 제공하는 가변형 제조 모듈 시스템
- (AI-IS) 빠르게 변화하는 수요를 반영하기 위한 공장 내 생산 모듈 시스템의 구성 및 적기 대응 역량 미흡
- (TO-BE) 제품의 특성에 맞춰 기존 모듈 시스템이 스스로 알아서 조정됨에 따라 효율적인 생산 시스템 구현 가능
- (기대효과) 제조공정 프로세스의 유연화 및 생산라인 변경에도 추가적인 인프라 투자 비용 절감

④ 소비자 콜라보 메타버스 가상 설계·제조 공장(Customer Involvement Metaverse Factory)

- (개념) 메타버스 가상의 공간에서 소비자가 직접 참여하여 신제품의 디자인·설계·제조·시험검증 등을 통해 새로운 제품 개발·시연 및 가치를 창출하는 가상 설계·제조 공장
- (AI-IS) 신제품 개발과정에서 제한적인 소비자 수요 조사 반영
- (TO-BE) 메타버스와 능동적 소비자 참여의 콜라보레이션을 통해 가상공간에서 사전 신제품 전주기 과정을 직접 시연 가능한 가상의 설계·제조 공장 구현
- (기대효과) 소비자 참여형 혁신적인 신제품 개발 및 가치 창출, 제품 개발 비용 절감 등 효율적 제조공정 운영

⑤ 숙련 경험 모사형 제조공정 고도화 기술(Intelligent Precision Manufacturing)

- (개념) 생산현장에서 고숙련 근로자의 작업 노하우와 다년간 축적된 경험을 학습 및 디지털화함으로써 제조공정의 생산성 및 효율성을 고도화하는 기술
- (AI-IS) 고숙련자의 업무 수행 여부에 성과가 좌우되는 작업자 기반 생산공정 시스템
- (TO-BE) 고숙련 근로자가 제조공정 관련 노하우와 경험을 인공지능, 빅데이터,

디지털 트윈 등의 첨단 ICT 기술을 통해 학습·분석·예측하여 디지털화함으로써 제조공정의 효율성과 생산성 제고 가능

- (기대효과) 공장내 디지털화된 작업 노하우의 제조공정 도입·확대와 일정한 고품질 수준의 생산공정 안착 및 생산성 향상에 기여

⑥ 고속련 직무 교육 및 공정 가이드(High-Skilled Manufacturing Guide)

- (개념) 인공지능과 증강현실 기기를 활용하여 제조 전 과정에서 시뮬레이션을 통해 작업자의 업무 시연과 공정상의 작업자 업무를 세부적으로 안내해주는 서비스
- (AI-IS) 복잡한 공정 작업의 경우 비숙련자의 작업 참여 제한 및 일부 제한된 업무만을 수행
- (TO-BE) 수작업 매뉴얼 대신 고도화된 인공지능과 증강현실 기술을 활용하여 생산현장의 제조공정을 모니터링하고 근로자가 쉽게 작업할 수 있도록 증강현실 활용 제조공정 업무 안내 제공
- (기대효과) 비숙련자의 작업 참여도 증가 및 업무 효율성과 생산성 제고

⑦ 공장 내 자율주행 물류 시스템(Autonomous Mobility System)

- (개념) 원재료·부품 저장 창고, 공정, 물류 등 전주기 제조과정에서 원재료·부품·제품을 자율적으로 공장 내에서 이동을 지원하는 시스템
- (AI-IS) 공장내에서 원재료·부품·제품의 이동과정에서 혼선과 혼잡 문제 발생으로 작업 지연 초래
- (TO-BE) 인공지능, 고정밀 위치정보 기술, 자율주행 기술 등을 활용하여 공장내 원재료·부품·제품을 혼선·혼잡 없이 스스로 알아서 각 생산단계에 맞게 자율적인 이동이 가능한 물류 시스템으로 발전
- (기대효과) 공장 내 물류 이동의 혼선·혼잡 방지 및 지연 없는 제조공정 실현

⑧ 작업자 특성 맞춤형 웨어러블 증강 슈트(Wearable Augmented Suit)

- (개념) 공장내에서 작업을 수행하는 작업자의 신체조건을 반영한 맞춤형 근력 강화를 위한 웨어러블 슈트

- (AI-IS) 작업자의 세밀한 신체(근조직 등) 및 작업유형 특성 반영 미흡
- (TO-BE) 작업자의 신체특성 및 작업형태를 반영한 맞춤형 근력 증강 웨어러블 슈트 활용이 가능한 제조공정 환경 제공
- (기대효과) 작업자의 신체보호 및 업무 강도 완화, 근력 증강을 통한 작업 효율 및 생산성 향상에 기여

⑨ 지능형 위해 예측 및 안전 강화 기술(Advanced Safe Manufacturing)

- (개념) 공장 내에서 발생하는 각종 안전사고의 유형에 대한 인공지능 알고리즘 학습을 통해 작업자에 대한 정보(위치, 자세 등), 작업 환경(가스 누출, 위험물 적재 등) 등을 분석·예측하여 실시간 작업자에게 위험을 알려주는 기술
- (AI-IS) 작업자에 대한 휴먼센싱 부족, 실시간 작업자에게 위험 안내 및 대응력 취약
- (TO-BE) 작업자에 대한 정밀화된 휴먼센싱 정보와 고도의 인공지능 카메라 기술 기반 공장 내 모니터링 데이터와 위험 발생 유형 학습을 통해 작업자 상황에 맞는 지능형 안전관리 환경 인프라 구축
- (기대효과) 산업재해 발생 예방 및 안전한 작업 환경 제공

⑩ 위험 환경 대응 원격 공정 로봇(Hazardous Operation Robot)

- (개념) 안전상의 문제로 작업자가 접근하지 못하거나 고난도의 작업을 필요로 하는 특수한 생산현장에 로봇이 투입되어 작업자가 실시간 원격으로 작업을 하게 하는 특수환경 맞춤형 로봇
- (AI-IS) 고위험 생산현장에서 부득이한 작업으로 인해 작업자의 상시 위험 노출과 이로 인한 산업재해 발생
- (TO-BE) 위험에 노출된 생산현장에 로봇을 투입하여 원격으로 작업을 지시·수행함으로써 산업재해 예방과 업무 효율성 향상 가능
- (기대효과) 작업자의 안전 보장과 업무 성과 향상

⑪ 탄소 인터넷 기반 온실가스 저감 시스템(Zero Emission Factory)

- (개념) 공장내 다양한 기기와 설비로부터 발생하는 탄소 데이터를 수집·저장·전송하는 과정에서 인공지능, 빅데이터, 센서, 디지털 트윈 등 첨단기술을 접목하여 탄소 배출을 실시간 자율적 모니터링, 시뮬레이션을 하는 인터넷 시스템
- (AI-IS) 제조 현장의 각종 기기와 설비로부터 발생하는 탄소 데이터를 얻을 수 있으나 분석 및 대응 미흡
- (TO-BE) 공장 내 탄소 발생을 실시간 모니터링하고 이를 통해 습득한 정보를 인공지능 학습을 통해 자율적으로 탄소 발생 예측을 시뮬레이션함으로써 공장 내 탄소 중립 환경 촉진
- (기대효과) 기업의 탄소 배출 제어 역량 제고 및 ESG 경영을 통한 친환경 공장 구현 기대

⑫ 블록체인 기반 고도화된 스마트 제조 보안시스템(Blockchain-Factory)

- (개념) 제조 전주기 과정에서 외부로부터의 해킹, 위변조 방지 및 보안 신뢰성을 높이기 위한 블록체인 기술활용 제조 보안시스템
- (AI-IS) WiFi, 사물인터넷 기반 공장 내 무선통신 네트워크의 산업데이터 위변조·해킹 대응 취약 및 보안 신뢰성 확보 한계
- (TO-BE) 보안에 최적화된 블록체인 기술을 적용하여 산업데이터의 부당한 유출, 위변조를 사전에 방지 및 신뢰성 높은 제조데이터 운영 가능
- (기대효과) 외부로부터 자사 산업데이터 해킹, 위변조 방지 및 보안 신뢰성 강화

⑬ 글로벌 능동형 공급체인 예측 및 대응 시스템(Global Active SCM)

- (개념) 글로벌 공급망 가치사슬(GVC) 문제 발생 시 대체 가능한 공급기업의 실시간 자율적 예측·선정 및 연결을 지원하는 플랫폼 시스템을 의미
- (AI-IS) 기업 내부 및 외부 환경 요인으로 인해 예기치 못한 공급망 문제로 수요기업의 생산 차질 불가피

- (TO-BE) 단순한 수요와 공급의 연결을 넘어 가상환경에서 시뮬레이션을 통해 기술적·경제적 검증 후 공급망과의 연결을 지원
- (기대효과) 안정적 생산라인 유지, 중단없는 공급망 관리, 유연하고 신속한 공급망 가치사슬 재편 가능

4 국내 스마트 팩토리 활성화 방향

◆ 국내 스마트 팩토리 활성화 방향

- 제조 분야 산학연 전문가 워크숍, 전문가 조사, 브레인스토밍 등을 통해 미래 제조혁신을 위한 국내 스마트 팩토리 활성화 방향 기술, 정책·제도, 산업 생태계를 중심으로 제언
- (기술) 기업 내외부 제조와 시장 환경변화, 기술혁신에 능동적 대응을 위해 첨단 디지털 기술을 중심으로 기술 역량을 강화하고 제조과정에서 생산성 향상을 위한 공정개선 솔루션 개발 중요
 - 인공지능 기반 예측제어 기술과 디지털 트윈의 시뮬레이션 기술을 접목·적용한 솔루션 개발 필요
 - 제조 현장에서 발생한 대용량의 실감 데이터 전송이 가능한 5G/6G 기술의 조기 도입 및 활용 필요
 - 공장 내 작업자와 자율지능 로봇과의 커뮤니케이션 기술 역량 확보를 통한 업무 생산성 증대 필요
 - 산업용 데이터 해킹, 위변조 방지 및 보안 신뢰성 확보를 위한 보안 기술 고도화
 - 작업자의 안전 보장과 업무 생산성 향상을 위한 안전 시스템 강화 및 신체 특성 반영 착용형 웨어러블 슈트 개발 역량 강화
- (정책·제도) 스마트 팩토리 조기 확산을 위한 데이터 표준화, 테스트 베드 및 도입 촉진 지원정책 마련 중요
 - 제조 공정과정에서 발생한 다양하고 방대한 데이터의 수집·저장·분석·예측 및 활용을 위한 산업데이터의 표준화 제도 마련 시급
 - 기업 규모·유형 등의 특성 등을 반영한 기업 맞춤형 테스트 베드 구축 및 지원정책 강화
 - 스마트 팩토리 도입 및 활용에 저해되는 각종 규제 완화 및 제도 개선

- (산업 생태계) 국내 스마트 팩토리 경쟁력을 강화하기 위한 공급솔루션-SI 등 산업 생태계 조성 및 미래에 변화하는 제조환경을 선도할 유망 서비스 선제적 확산
 - 스마트 팩토리에 대한 기업 내부 인식 전환 개선을 위한 교육 확대
 - 인공지능 등 첨단 디지털 기술에 대한 이해력과 산업현장에서 발생한 산업데이터를 이용한 스마트 팩토리 기술개발 및 운영 관련 전문 인력양성
 - 스마트 팩토리 성공사례·레퍼런스 전파·확대
 - 글로벌 공급체인 붕괴의 사전 대응력 강화를 위한 실시간 기업 맞춤형 공급체인 선정·연결을 지원하는 제조 공급망 위기관리 생태계 인프라 구축
 - 소비자 참여형 제품 디자인·설계·제조·시연이 가능한 미래 제조환경 구축
 - 산업데이터 활용 새로운 가치 창출 기회 확대, 비즈니스 모델 개발 및 미래 유망 서비스 발굴·확산 강화

참 고 문 헌

- 과학기술정보통신부(2019), “5G기반 스마트공장 고도화 전략(안)”
- 산업연구원(2021), “한국 제조업 경쟁력, 코로나19 경제위기의 버팀목”
- 산업통상자원부(2017), “스마트 제조 혁신 비전 2025”
- 스마트제조혁신추진단(2021), “일본의 스마트제조혁신 정책 분석: 주요 현황과 시사점”
- 정보통신기획평가원(2020), “스마트 제조 분야의 최근 D.N.A 동향”
- 중소벤처기업부(2018), “중소기업 스마트 제조혁신 전략”
- 중소벤처기업부(2020), “AI·데이터 기반 중소기업 제조혁신 고도화 전략“
- 통계청(2021), “장래인구추계: 2020~2070년”
- 한국경제연구원(2021), “성장률 제고를 위한 전략과 비전”
- 한국과학기술기획평가원(2018), “제조업 혁신 주도를 위한 스마트공장 정책 현황 분석 및 시사점”
- 한국인더스트리4.0협회(2016), “우리나라 제조업의 4차 산업혁명에의 대응실태 조사 결과 발표”, 2016 대한민국 제조혁신 컨퍼런스.
- KB금융지주경영연구소(2017), “국내외 스마트 팩토리 동향”
- Modor Intelligence(2021), “Smart Factory Market-Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026)”

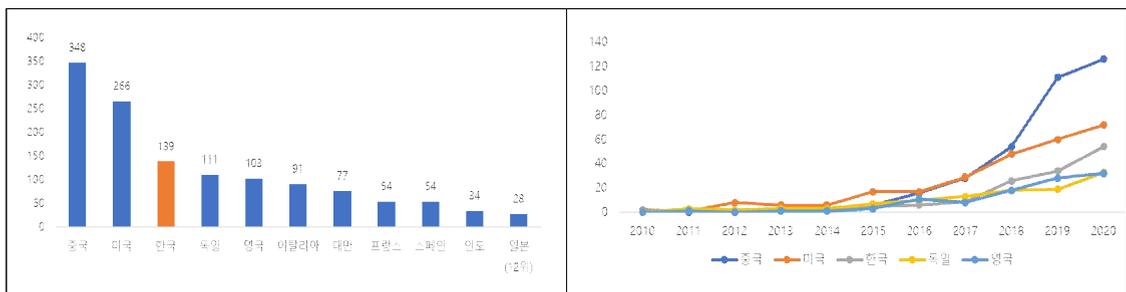
[붙임] 전문가 워크숍 참여명단

소속	직책	성명
고려대학교	교수	조충호
경희대학교	교수	정재윤
버넥트	대표	하태진
스마트제조혁신추진단	단장	박한구
알서포트	이사	신동형
올랄라랩	대표	강학주
울산과학기술원	교수	박형욱
SKT	팀장	강인식
에스티에이테스팅컨설팅	대표	권원일
트웜	전문	김재현
한국산업기술평가관리원	스마트 제조 PM	고재진
한국생산기술연구원	박사	배지훈

※ 소속기관 가나다 순

[별첨 1] 스마트 팩토리 글로벌 연구경쟁력 분석

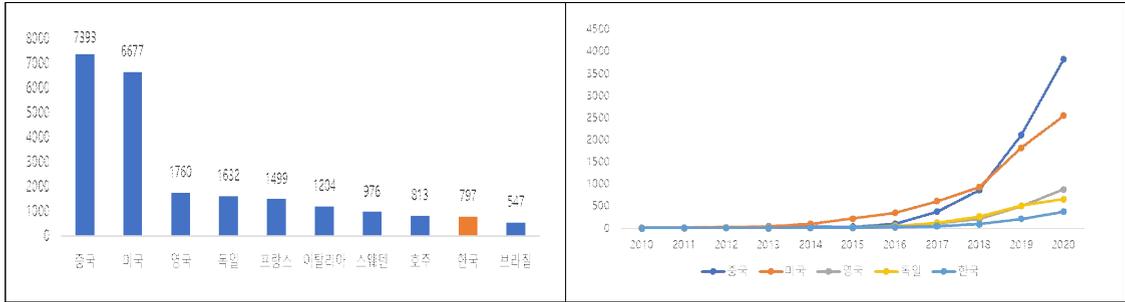
- 전문 학술 데이터베이스인 WoS(Web of Science)를 활용하여 2010년 이후 2020년 까지 SSCI 및 SCIE 저널에 발표된 논문(article)을 검색
- 다음의 검색식을 활용하여 주제 검색을 수행(제목, 초록, 저자 키워드)하였고, 총 1,792개 논문 검색, 그중 총 1,290개 논문을 최종 분석함
 - TS = ("smart manufact*" OR "digital manufac*" OR "smart factor*" OR "digital factor*")
- 제조업 강국들이 지식생산에도 강국에 포진해있고(중국, 미국, 한국, 독일, 영국 등), 중국과 한국의 지식 생산성이 급증하는 반면, 미국의 비중은 점차 줄어드는 추세임
 - 중국(27.0%)과 미국(20.6%)이 글로벌 우위를 차지한 가운데, 한국은 10.8%점유로 글로벌 3위를 차지함



*출처:저자작성

[그림 2] 스마트 팩토리 연도별 지식생산

- 제조업 강국들은 지식 영향력 부문에서도 상위에 포진하고 있고(중국, 미국, 영국, 독일, 프랑스 등), 한국 역시 지식 영향력이 향상하고 있으나, 다른 상위 국가보다 성장률이 미흡함
 - 중국(36.9%)과 미국(33.3%)이 글로벌 우위를 점하고 있고, 한국은 4.0% 점유로 글로벌 9위를 차지함

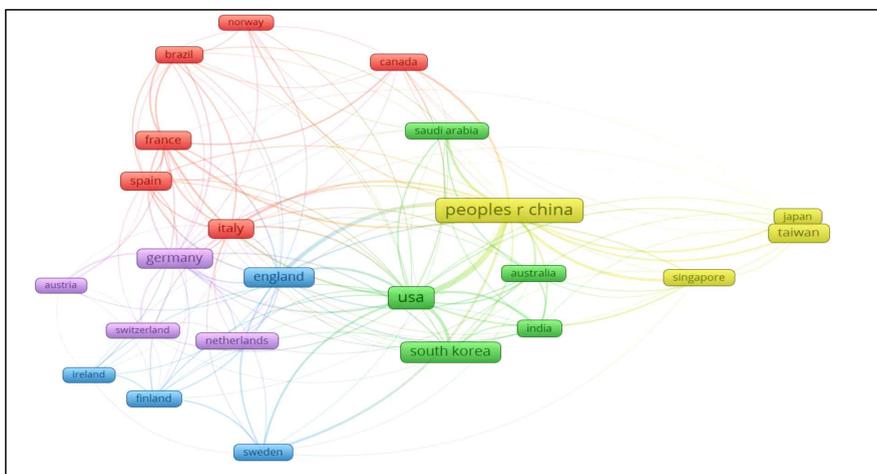


*출처:저자작성

[그림 3] 스마트 팩토리 연도별 지식 영향력

○ 글로벌 협업을 기준으로 Vosviewer를 통해 분석한 결과, 총 5개의 국가군으로 클러스터링 됨

- 논문당 협업비율과 협업 국가 수가 모두 높은 군은 3군으로 영국, 핀란드, 아일랜드, 스웨덴이 해당함
- 일본, 중국, 싱가포르, 대만은 논문당 협업비율과 협업 국가 수가 상대적으로 낮은 4군에 해당함
- 한국은 논문당 협업비율이 상대적으로 높으나, 협업 국가 수는 상대적으로 적은 2군에 해당함



*출처:저자작성

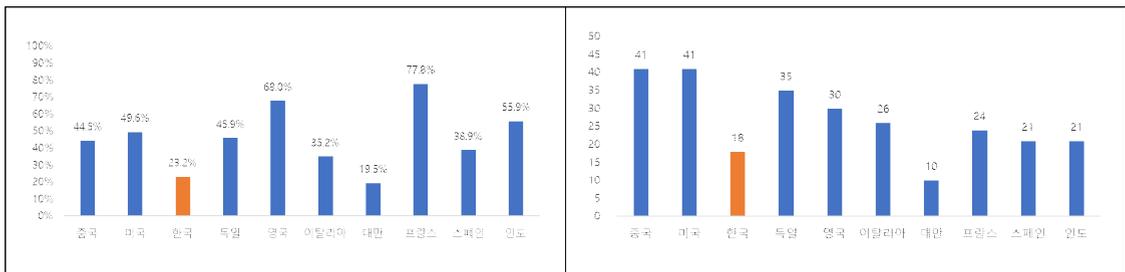
[그림 4] 스마트 팩토리 글로벌 협업연구 현황

〈표 6〉 논문당 협업비율과 협업 국가 수

그룹	국가	논문당 협업비율	논문당 협업국가수
1군	브라질, 캐나다, 프랑스, 이탈리아, 포르투갈, 스페인	중	중
2군	호주, 인도, 사우디아라비아, 한국, 미국	중	저
3군	영국, 핀란드, 아일랜드, 스웨덴	고	고
4군	일본, 중국, 싱가포르, 대만	저	저
5군	오스트리아, 독일, 네덜란드, 스위스	중	고

*출처:저자작성

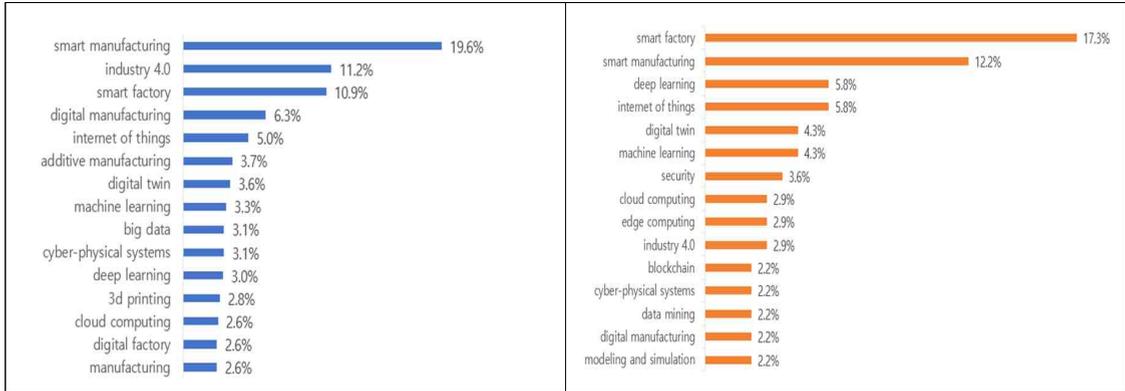
- 스마트 팩토리 글로벌 협업 연구를 수행한 국가는 70개국으로 지식생산 참여자 대부분(95.9%)이 협업을 수행함
 - 지식생산 상위 10개국 가운데 프랑스(77.8%), 영국(68.0%)의 국제 공동연구가 가장 많았음
 - 한국은 전체 논문 가운데 23.2%만이 글로벌 협업을 수행하여 타 상위국과 비교하면 상대적으로 열위임



*출처:저자작성

〔그림 5〕 주요국들의 글로벌 협업 연구

- 저자 키워드를 중심으로 글로벌 전체와 한국의 핵심 연구주제를 분석한 결과, 상당한 주제 차이가 있음을 확인함
 - 글로벌 핵심 연구주제로는 Industry 4.0, IoT, 적층 생산, 디지털 트윈 등이 상위에 분포함
 - 한국은 딥러닝, 머신러닝, 보안, 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅이 상대적으로 핵심 주제임

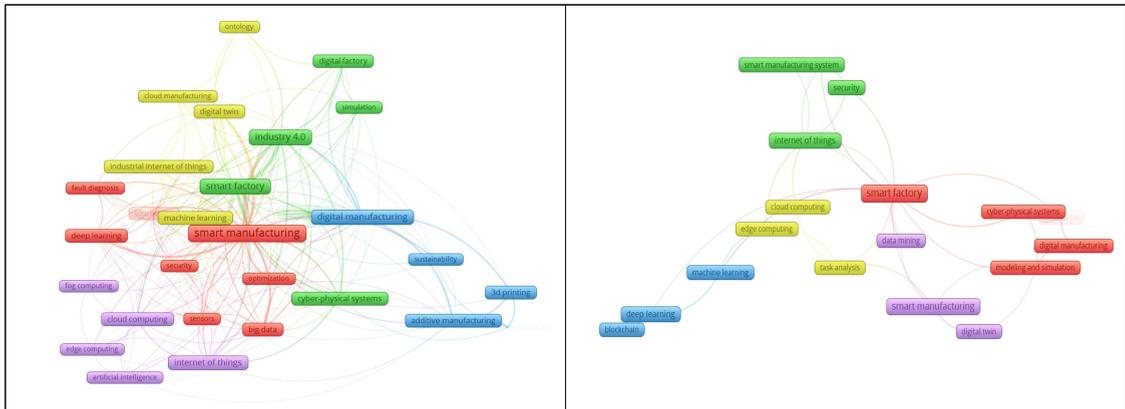


*출처:저자작성

[그림 6] 글로벌 전체 및 한국의 핵심 연구주제

○ 핵심 연구주제에 대한 VOSviewer 분석결과, 글로벌 전체와 한국 사이에 클러스터링에서 거의 유사함

- 글로벌: ① 빅데이터 적용, ② Industry 4.0, ③ 디지털 트윈, ④ 컴퓨팅과 인공지능 적용
- 한국: ① 컴퓨팅 적용, ② 딥러닝과 머신러닝 적용, ③ IoT, ④ 데이터 마이닝의 적용으로 클러스터링



*출처:저자작성

[그림 7] 글로벌 전체와 한국의 핵심 연구주제 클러스터

○ 시사점

- 최근 3년 동안 글로벌 스마트 팩토리 연구는 미국과 중국 등 글로벌 제조 강국이 주도하는 상황에서 한국이 글로벌 3위의 지식 강국으로 부상
 - 한국의 지식 영향력은 성장하고 있으나, 다른 상위 국가들보다 성장률이 미흡
 - 지식생산과 지식 영향력에서 중국이 빠른 속도로 성장하고 있고, 2018년 이후 지식 영향력에서는 미국을 추월함
- 한국은 글로벌 협업 연구에서 그 범위와 대상이 일부 국가로 한정되어 있음
 - 글로벌 연구 협력을 강화하여 지식 영향력 확대를 동시에 추구하는 전략 필요
- 한국의 주요 연구주제는 전자공학과 통신, 인공지능을 스마트 팩토리에 적용한 연구가 핵심 연구주제로 다른 국가들과 차별화하고 있음
 - 한국이 강점을 보유하고 있는 제조공학과 IT, 인공지능을 접목한 연구 분야에 대하여 집중 투자 확대가 필요함

[별첨 2] 국내 스마트 팩토리 SWOT 분석

○ 국내 제조업 SWOT 분석 및 스마트 팩토리 측면에서 대응 방향

- (강점) 글로벌 최고 강점을 지닌 제조 및 IT 역량을 결합하여 차세대 스마트 팩토리 기술개발 선도
- (약점) 영세 노동집약적 중소 제조기업의 경쟁력 약화에 대응하기 위한 중소기업 특성을 반영한 맞춤형 스마트 팩토리 개발
- (기회) 유연·분산형 제조, 탄소 중립형 제조 등 기업 가치사슬 전반을 연계하는 지능형 제조 중심의 디지털 전환 강화
- (위협) 고령화, 글로벌 패권경쟁, 외산 의존성 등 제조 현장의 위협요인에 선제 대응이 가능한 인간과 로봇의 협업, 디지털 트윈 기술을 적용한 제조 공급망 위기관리 시스템 개발

<표 7> 국내 스마트 팩토리 SWOT 분석

SWOT 요소	분석 결과	대응 방향
강점 (Strength)	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 상위권의 제조강국 역량 확보 • 글로벌 수위의 제조현장에서 로봇활용 밀도 확보 • 대기업의 글로벌 등대공장형 제조 선도역량 확보 • 제조 IT 융합분야의 글로벌 기술개발 역량 확보 • 5G/6G 등 네트워크 분야의 글로벌 선도 및 제조 현장에의 응용역량 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 수위의 제조역량과 IT 역량을 결합할 스마트 팩토리 기술 및 서비스 개발에 집중 투자 • 대기업의 제조 IT 지식과 경험을 공급망내 중소기업으로 연결하는 기업간 협력을 강화 • 로봇의 전문제조성과 생산성을 강화하기 위한 인간과 로봇의 협업 지능형 제조 기술개발 • 인공지능과 차세대 이동통신을 결합한 기술개발을 통해 사전예측성, 신속대응성, 제조 효율성을 강화
약점 (Weakness)	<ul style="list-style-type: none"> • 중소기업의 영세 노동집약형 제조행태 지속 • 중소기업의 제조 IT 도입을 위한 투자·전문인력 부족 • 제조 융합형 SW 분야의 글로벌 경쟁력 취약 • 인공지능, 디지털 트윈 등 차세대 제조 융합 분야에 대한 외산 기술 일부 의존 	<ul style="list-style-type: none"> • 중소 제조기업 특성 맞춤형 스마트 팩토리 서비스 개발 및 활용 전문교육 강화 • 스마트 팩토리 솔루션 공급기업 육성 및 기술개발 역량 강화에 대한 정부 지원 확대 • 차세대 제조 IT 융합 기술에 대한 대규모 정부 프로젝트 확대: 특히, 디지털 트윈과 지능형 로봇, AI 기반의 분산, 유연, 지능형 제조시스템 개발 집중

SWOT 요소	분석 결과	대응 방향
	<ul style="list-style-type: none"> 제조현장에서 유효 데이터 확보 및 산업 내 데이터 공유·협업의 어려움 단순 제조 중심의 로봇 활용도가 높아 지능화된 제조에 일부 부적합 	<ul style="list-style-type: none"> 한국형 제조업 디지털 댐 구축 사업 강화 및 기업 내 유효 데이터 수집 및 분석 시스템·컨설팅 지원강화
기회 (Opportunity)	<ul style="list-style-type: none"> 제조 인력의 고령화에 따른 생산성 저하 대응 필요 제조업 전반의 디지털 전환 확산 추세 정부의 스마트 팩토리 확산에 대한 적극적 지원정책 소부장 기업 경쟁력 강화를 위한 정부의 적극 투자 제조업 탄소 중립을 위한 정부와 기업 투자 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 신체증강 기기 개발을 통한 제조업 고령화에 적극 대응 제조를 중심으로 기업내 가치사슬 전반의 디지털 전환과 시스템적 연계 강화에 정부와 기업 집중 투자 제조현장의 탄소 모니터링 및 저감에 특화된 센서 및 인공지능 시스템 개발 확대
위협 (Threat)	<ul style="list-style-type: none"> 제조 인력의 퇴직·고령화에 따른 제조지식/경험의 세대간·기업내 공유·이전의 어려움 중소기업에서 생산분야 IT 도입에 대한 일부 저항 글로벌 패권경쟁에 따른 제조업 전반의 공급망 일부 위기 발생 가능 로봇 등 지능형 제조 장비의 외산 의존에 따른 SW 업그레이드 및 부품 공급의 차질 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능을 활용한 제조경험/지식 축적 및 교육이 가능한 AI 제조장인 시스템 개발 인간과 로봇의 협업기술 개발을 통한 제조 전문성과 정밀성 강화 및 일자리 대체에 대응 디지털 트윈과 인공지능을 활용한 제조 공급망 위험 조기 탐지 및 신속 대응시스템 구축 정밀 제조 로봇 분야의 국내 전문 기업 육성 및 외산 기술 대체 적극 추진

*출처: 저자작성

[별첨 3] 국내 스마트 팩토리 전문가 조사결과

○ 조사개요

- 조사목적: 국내 제조기업을 중심으로 스마트 팩토리 활성화 방향 설정을 위한 전문가 심층 조사 수행
- 조사기관 및 방법: 한국전자통신연구원-한국과학기술기획평가원의 설문지 공동개발을 바탕으로 전문 리서치 기관에 의한 온라인 조사
- 조사 기간: 2021년 하반기
- 조사대상 전문가: 스마트 팩토리 분야에서 연구와 담당 업무를 최소 2년 이상 수행하고 있는 최종학력이 학사 이상의 국내 전문가로 구성

○ 조사 응답 전문가 프로파일

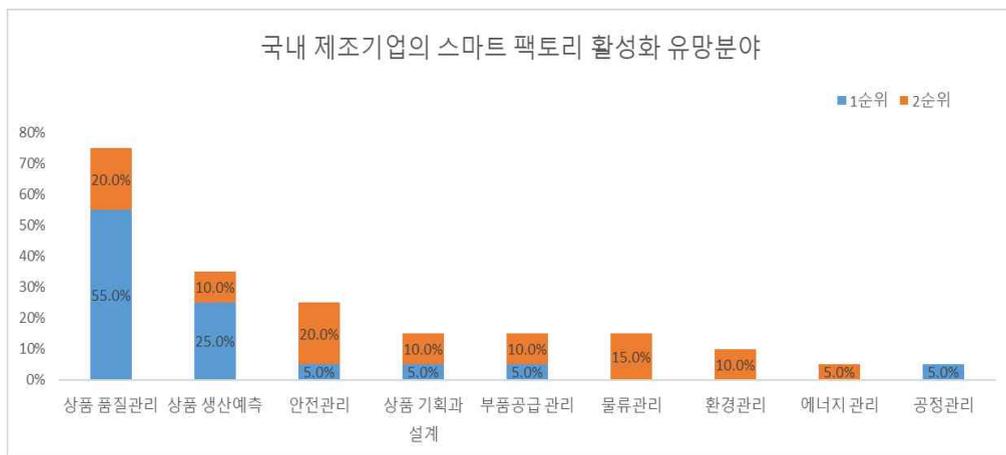
- 총 20명의 전문가가 조사에 응답하였으며 이들의 최종학력은 학사(15%), 석사(35%), 박사(50%)로 나타남
- 전문가들의 최종전공은 경영학, 경제학이 30%로 가장 많았으며 산업공학(15%)과 기술경영학(15%), 컴퓨터 과학(15%) 순으로 높았음
- 전문가들의 소속기관은 기업이 70%로 가장 많았으며 정부출연관련 기관이나 연구기관 15%, 대학 10% 순으로 나타남

○ 스마트 팩토리 활성화 관련 주요조사 결과 및 시사점

(1) 국내 제조기업의 스마트 팩토리 활성화 유망 분야

- [그림 8]과 같이 국내 제조기업의 스마트 팩토리 활성화 유망분야에 대해 1, 2순위를 합쳐 전문가들의 75%가 상품의 품질관리로 들었으며 상품의 생산예측은 35%, 공장 내부의 안전관리가 25%, 상품의 기획과 설계, 부품 공급관리, 공장내 물류관리가 각 15%로 유망분야로 나타남

- 그 이유에 대한 오픈형 응답으로 ① 스마트 팩토리의 핵심기술인 인공지능과 디지털 트윈, 센서(IoT), 3D 프린팅의 최적 적용 분야, ② 공장 내 지능형 로봇, 센서들의 적용 확대에 따른 데이터 수집과 이를 활용할 최적 분야, ③ 소품종 대량생산으로의 제조 패러다임 변화에 대한 대응, ④ ESG 확대에 따른 공장내 위험 환경의 사전 통제 필요성 증대, ⑤ 공급망과 제조의 효율적 연결과 이를 통한 비용 절감으로 나타남



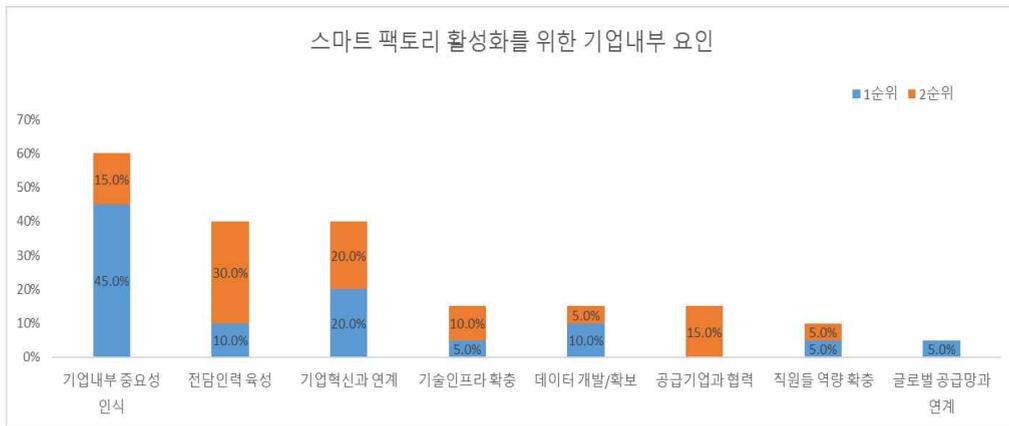
*출처: 저자작성

[그림 8] 국내 제조기업의 스마트 팩토리 활성화 유망분야

(2) 스마트 팩토리 활성화를 위한 기업내부 요인

- [그림 9]와 같이 전문가들은 국내 제조기업에서 스마트 팩토리를 활성화하기 위한 기업 내부요인으로 중요성 인식을 1, 2순위를 포함하여 전체 전문가의 60%가 가장 높게 응답하였음. 이어 기업 내부의 스마트 팩토리 전담인력 육성 (40%), 기업의 혁신과 스마트 팩토리와의 연계 (40%) 순으로 높게 응답
- 그 이유에 대한 오픈형 응답으로 ① 국내에서 스마트 팩토리 도입을 증대하기 위해서는 CEO를 비롯한 기업 내부 전체적으로 중요성 인식과 구성원들의 합의 (consensus) 필요, ② 솔루션 도입만큼 중요한 것이 운용과 이를 통한 경험과 지식확산이므로 기업 내부에서 스마트 팩토리를 전담할 전문인력 시급, ③ 기업

전체의 혁신(비즈니스 혁신, 정보시스템 혁신, 공정 혁신 등)과의 연계가 되어야 스마트 팩토리의 기업성과(생산성과 효율성 증대, 비용절감 등) 창출 가능 등으로 나타남



*출처: 저자작성

[그림 9] 스마트 팩토리 활성화를 위한 기업내부 요인

(3) 스마트 팩토리 활성화를 위한 정부지원 요인

- [그림 10]과 같이 전문가들은 국내 제조기업에서 스마트 팩토리를 활성화하기 위한 정부의 지원요인으로 스마트 팩토리 전문 공급기업(솔루션, SI) 육성, 실증사업 확대, 기술개발 지원을 각각 40%로 가장 높게 인식함. 이어 기업의 직원에 대한 교육지원(35%)로 나타남
- 그 이유에 대한 오픈형 응답으로 ① 외산 기술에 대한 의존도에 벗어나 국내 제조기업 현실에 적합한 솔루션 공급 필요, ② 실증사업을 통한 개별 기업에 대한 맞춤형 스마트 팩토리 인프라 지원 강화, ③ 차세대 유망분야에 대한 기술개발 확대를 통한 지능형 팩토리 시스템으로 조기 고도화, ④ 기업 내부의 애로사항인 전담인력 교육에 대한 정부지원 확대 필요를 들었음



*출처: 저자작성

[그림 10] 스마트 팩토리 활성화를 위한 정부지원 요인

저 자

한국과학기술기획평가원

정선민 smjung87@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2567, 한국과학기술기획평가원
부연구위원

김진용, jykim@kistep.re.kr, (Tel)043-750-2365, 한국과학기술기획평가원 센터장

한국전자통신연구원

박종현, stephanos@etri.re.kr, (Tel)042-860-1081, 한국전자통신연구원 책임연구원

김문구, mkkim@etri.re.kr, (Tel)042-860-1182, 한국전자통신연구원 책임연구원

한국과학기술원

오지선, jsoh@kaist.ac.kr, 한국과학기술원(KAIST) 기술경영학 박사과정

(전문 자문)

박준희, juni@etri.re.kr, (Tel)042-860-14811, 한국전자통신연구원 산업·IoT지능화
연구단장

손지연, jyson@etri.re.kr, (Tel)042-860-5640, 한국전자통신연구원 지능·제조융합
연구실장



미래 스마트 팩토리
유망 서비스