

「지역 제조업 설계지원(대구)(엔지니어링 설계지원센터 구축)」

제조 엔지니어링 설계기술 및 산업동향 보고서

2020.05

제 출 문

첨단정보통신융합산업기술원장 귀하

본 보고서를 「제조 엔지니어링 설계기술 및 산업동향 보고서」의 최종보고서로 제출합니다.

2020.05

한국능률협회컨설팅

목 차

I. 개요

- 1. 제조 엔지니어링 설계 기술 개요 1
- 2. 제조 엔지니어링 설계 기술 분류 18

II. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 분석

- 1. 제조 엔지니어링 설계 기술 분석 25
- 2. 제조 엔지니어링 설계 기술 분야별 전망 36

III. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 산업동향

- 1. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 산업동향 49
- 2. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 활용사례 71
- 3. 제조 산업별 기술 적용 현황 88

IV. 결론

- 1. 개발 동향 및 향후 지역 제조 산업 적용 방안 제시 97
- 2. 종합 분석 및 기대효과 116

표 목차

<표 1> 플랫폼인더스트리 4.0 워킹그룹(WG)별 주요 아젠다 및 추진 내용	3
<표 2> 미국 혁신전략 주요 목표 및 추진 내용	4
<표 3> 16대 첨단제조업 육성 정책	6
<표 4> 일본 정부의 4차 산업혁명 대응전략(신산업구조비전)	7
<표 5> 커넥티드 인더스트리의 5대 중점 분야	9
<표 6> 중국제조 2025의 5대 중점 프로젝트 개요	11
<표 7> 스마트 제조 혁신 비전 2025 - 전략 및 과제	14
<표 8> 제조엔지니어링 설계 기술 및 산업동향 보고 범위	17
<표 9> 제조업 혁신에 적용 가능한 엔지니어링 역량	19
<표 10> 제조엔지니어링 범위	21
<표 11> 제조엔지니어링 분류	22
<표 12> 제조 엔지니어링 기술 내용 정리	25
<표 13> AI를 활용한 제조공정 혁신	41
<표 14> 한국 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률 (단위: Billion USD, %)	50
<표 15> 세계 시장 대비 한국 스마트 제조 시장 비중 (단위: %)	51
<표 16> 한국 스마트 제조 기술별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)	56
<표 17> 한국 스마트 제조 요소별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)	58
<표 18> 한국 스마트 제조 솔루션 시장 규모 및 세계 시장 대비 비중	59
<표 19> 한국 스마트 제조 장비·디바이스 시장 규모 및 세계 시장 대비 비중	61
<표 20> 세계 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률	62
<표 21> 세계 스마트 제조 기술별 시장 규모 및 전망	65
<표 22> 세계 스마트 제조 요소별 시장 규모 및 전망	66
<표 23> 국가별 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률	68
<표 24> 권역별 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률	69
<표 25> 삼성 SDS의 Nexplant 주요 라인업	72
<표 26> 두산 로보틱스의 주요 협동 로봇 라인업	77
<표 27> 두산 로보틱스의 협동 로봇 주요 기능	78
<표 28> 산업용 IoT 플랫폼 ThingSPIN 의 기능	79
<표 29> 공급·수요기업 간 스마트 제조 산업 활성화 위한 인력 양성 필요 분야	101
<표 30> 공급·수요기업 간 외산 스마트 제조 도입 이유 비교	104
<표 31> 공급·수요기업간 국산 스마트 도입 이유 비교	105
<표 32> 공급기업 고객사 평균 매출 및 수요기업 주력 업종	

비중 비교	107
<표 33> 공급기업 1순위 주력 기술분야 및 수요기업 선택 기술분야 비중 비교	109
<표 34> 스마트 제조 미도입 이유(수요기업)	112
<표 35> 스마트 제조 도입 당시 우려사항(수요기업)	113

그림 목차

<그림 1> 제조업 르네상스 비전 및 전략 주요내용	13
<그림 2> MES 개념도	32
<그림 3> PosFrame 플랫폼 기능	42
<그림 4> Nexplant 플랫폼 기능	43
<그림 5> 코그넥스의 머신비전	45
<그림 6> LS산전의 SCADA시스템 구성도	47
<그림 7> LG CNS의 'Factova' 개념 및 구성도	76
<그림 8> GE 프레딕스 운영 구조도	84
<그림 9> GE의 3D 프린팅 기술을 이용해 제작된 LEAP 엔진용 노즐 ..	90
<그림 10> GE헬스케어 재팬공자의 비콘과 eAndon	92
<그림 11> 국내 공급기업 스마트 제조 산업 활성화 국내외 정책 지원 비교 ..	100
<그림 12> 국내 스마트 제조 활성화를 위한 인력 양성 지원 방식	102

I. 개요

1. 제조 엔지니어링 설계 기술 개요

(1) 연구 배경

□ 4차 산업혁명 기반의 제조 패러다임 변화

- 인공 지능, 사물 인터넷, 빅 데이터 등 디지털 기술의 발전에 따라 제조업 분야에서도 다양한 디지털 기술을 기반으로 한 제조 과정의 혁신, 제품의 혁신 등을 통한 생산 효율성 극대화가 시도되고 있음
- 디지털 기술을 제조에 적용하여 제품 설계에서 생산, 소비에 이르는 전 과정을 자동화·지능화하는 것을 스마트 제조라고 정의하는데 스마트 제조는 기존의 제조업을 진화시키고 있음

□ 제조업 혁신을 위한 세계 정책 동향

- 독일, 미국, 일본 등 제조 기술 선진국 뿐 만 아니라, 중국 등의 후발국 또한 제조업 혁신을 위한 다양한 정책을 추진 중이며, 국가별 제조업 혁신정책은 다양하나, 공통적으로 첨단제조기술의 개발, 스마트 제조 등이 포함됨

- (독일) 자국의 제조 기술력 기반으로 ICT를 결합하여 스마트 제조화를 선도하고 있으며, 제조 효율성 향상, 사업 모델 확장, 제품 경쟁력 강화 등을 도모하기 위한 인더스트리 4.0 정책을 추진하고 있음
 - (인더스트리 4.0) 독일 산업계 전반의 디지털 전환에 대한 국가적 제조 혁신 정책으로 10'년에 최초로 산업정책으로 포함되었으며, 다품종 유연생산체제 달성을 위하여 정보통신 기술 기반의 공정 업그레이드와 사이버물리시스템(Cyber-Physical System, CPS) 등 가상과 현실의 유기적 결합을 통한 제조 가치 사슬(개발-생산-유통-판매-서비스)의 통합을 강조함
 - (플랫폼 인더스트리 4.0) 스마트 제조 실효성 강화를 위해 15'년 독일 정부 주도로 탄생한 민·관 협의체로 기계공업협회, 독일 IT·통신·뉴미디어산업협회, 독일 전기·전자공업협회로 구성된 사무국 주축으로 운영되고 있으며, 6개의 워킹 그룹을 통해 표준화 모델 도입, 기술 및 응용시나리오, 보안, 법적 체계, 교육 및 훈련, 비즈니스 모델 개발 등 각 사업을 추진하고 있음

<표 1> 플랫폼인더스트리 4.0 워킹그룹(WG)별 주요 아젠다 및 추진 내용¹⁾

구분	주요 아젠다	추진 내용
WG 1	참조 아키텍처 표준 및 규범 구축	- 표준화 모델 RAMI 4.0 도입 - 관련 장비들을 네트워크로 연결하는 Administration Shell에 대한 실제 테스트 수행
WG 2	기술 및 응용 시나리오	- 디지털 산업에 대한 독일의 비전을 설명하는 10개의 시나리오 수립 - 시나리오를 기반으로 표준, 연구 등의 상호작용과 중소기업에 미치는 영향 등을 설명
WG 3	네트워크 시스템의 보안	- 보안 통신에 대한 기술적 요구사항 고려 - 보안 신원에 대한 필수 요구 사항 제공, 정치 및 사업 활동을 위한 권장 사항 개발 - 데이터와 시스템을 정확하고 완전하게 제공하고 점검할 수 있는 방법 연구 - 국제 IT 보안에 대한 솔루션 아이디어 개발
WG 4	법적 체계	- 인더스트리 4.0으로 인한 업무 및 비즈니스에서의 법적 문제 해결 - 데이터기반 협력을 위한 독점 금지 체계 지원
WG 5	노동, 교육 및 훈련	- 인더스트리 4.0에 대한 기술 및 지식 습득을 가능하게 하는 방법, 회사 내에서 디지털 교육 프로그램 개발 할 때 고려해야할 사항, 운영 모범 사례 등이 담긴 가이드 제시 - 사회적 파트너십 조성

1) Platform Industrie 4.0(2019), <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/ThePlatform/PlatformWorkingGroups/platform-working-groups.html>

WG 6	인더스트리 4.0의 디지털 비즈니스 모델	- 디지털 비즈니스 모델의 기본 메커니즘을 분석하고, 이러한 모델의 잠재력을 활용할 수 있는 방법 제시
---------	---------------------------------	---

(출처 : Platform Industrie 4.0 웹사이트 내용을 재구성, 2020)

- (미국) 서비스업 중심의 경제기조를 유지하다 경제 침체에 빠지면서
첨단 제조업의 육성을 통한 경제 회복을 위해 다양한 혁신전략을
추진하고 있음

<표 2> 미국 혁신전략 주요 목표 및 추진 내용²⁾

시기	정책	내용
2009	미국 혁신 전략 (A Strategy for American Innovation : Driving Towards Sustainable Growth and Quality Jobs)	·미국형 혁신의 주 요소에 대한 투자 (연구 및 실험 세액공제 영구화, STEM* 교육 강화 등) ·생산적 기업가정신의 확산을 위한 경쟁시장 구축 (지재권 보호 강화, 중소기업 대상 교육/멘토링 제공 등) ·국가적 현안 대응을 위한 혁신의 촉진 (신재생 에너지 활성화를 위한 세금감면 예산 확대 등)
2011	미국 혁신 전략 (A Strategy for American Innovation : Securing Our Economic Growth and Prosperity)	·초고속 무선통신망 확대 ·특허처리기간 단축 ·교육선진연구과제원 설립 및 교사 양성 ·청정에너지보급확대 위한 기금 확대 ·신생기업 투자 확대
2015	미국 혁신 전략 (A Strategy for American Innovation)	·혁신 기반 투자 (창의적 연구자에 5년간 자금 지원 등) ·민간의 혁신 가속화 지원 (R&D세액공제 범위 확대, 민간 중소기업투자자에 대한

2) 오세진 (2018), “독일과 미국의 혁신기술 진흥전략”, 「Weekly KDB Report」, 산업은행

시기	정책	내용
		연방정부의 보증범위 확대 등 ·혁신국가 구축 (정부와 시민이 함께 참여하여 연방정부 전반의 근원적 문제점 발굴 등) ·양질의 고용창출 및 지속적 경제성장 (제조업 혁신 네트워크 출범 통한 첨단제조기술 개발활용 및 고급 제조인력 양성, 중소기업 설비투자 지원 등) ·국가적 우선과제의 돌파구 마련 (스마트시티 건설 추진 등) ·국민을 위한 혁신 정부 실현 (온라인 공공서비스 개발 등)

- (첨단제조파트너십(AMP, Advanced Manufacturing Partnership))
 첨단 제조업 혁신과 스마트 제조 시스템 구축을 위한 정책으로
 국가안보 및 산업에 관련된 제조 역량 강화, 첨단 소재 개발 및
 상용화 기간 단축, 차세대 로봇 개발, 혁신적이고 에너지 효율적인
 제조 공정 개발 등이 주요 내용임

<표 3> 16대 첨단제조업 육성 정책 3)4)

구 분	권고사항
혁신의 가속화	1. 범국가적 첨단 제조 전략의 수립 2. 최상위 범분야 기술의 R&D지금지원 확대 3. 범국가적 제조 혁신 기관 간 네트워크 수립 4. 첨단 제조 연구의 산학 협업 활동 강화 5. 첨단 제조 기술의 상업화를 위한 주변 여건 조성 6. 범국가적 첨단 제조 포털 구축
인재양성	7. 제조에 대한 일반인의 오해 수정 8. 재향군인을 위한 인재 풀 마련 9. 지역 대학 단위의 교육 투자 10. 제조 숙련도 증명 및 승인을 위한 파트너십 개발 11. 첨단 제조 관련 대학 프로그램의 확대 12. 범국가적 제조 펠로우십 및 인턴십 창설
비즈니스 환경개선	13. 세제 개혁 14. 첨단 제조 관련 법률 규제의 유연성 확보 15. 통상 정책의 향상 16. 에너지 정책의 개선

(출처 : 국가기술표준원, 2015, KISTEP, 2017 및 전자부품연구원, 2018에서 재인용)

- (일본) 4차 산업혁명 기술의 적극적 활용을 통해 장기 정체 문제를 해결하고 경제성장을 추진하기 위해 다양한 정책을 도입, 추진 중임
 - (일본재흥전략) 생산인구감소 상황에서 지속적 경제성장을 위한 산업구조의 전환, 혁신적 생산을 위한 전략으로 IoT, 빅데이터, 인공지능, 로봇을 활용하여 고부가가치 달성을 달성하기 위함
 - (신산업구조비전) 일본의 강약점을 진단하고 이에 따라 인공지능 등의 신기술을 통한 혁신과 빅데이터를 활용하여 새로운 수요를 창출하고, 기술혁신을 통해 새로운 제품과 서비스를 창출하기 위한 전략 제시

3) 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2017), “제조업 스마트화를 위한 국가 R&D 전략연구”, 「연구보고 2017-23」

4) 전자부품연구원(2018), “4차 산업혁명 대응을 위한 디지털 제조혁신 정책 연구”

<표 4> 일본 정부의 4차 산업혁명 대응전략(신산업구조비전)⁵⁾

대응 전략		주요 내용
1	데이터 촉진활용을 위한 환경정비	데이터 플랫폼 구축, 데이터 유통시장의 창설, 개인 데이터 이용·활용 촉진, 보안기술·인력양성이 가능한 생태계 조성, 지적재산정책과 경쟁정책 정비
2	전문인력 육성·획득, 고용시스템 유연성 향상	새로운 수요에 대응한 교육시스템 구축, 글로벌 인재 획득, 다양한 노동참가 촉진, 노동시장, 고용시스템의 유연성 향상
3	이노베이션/기술개발의 가속화	오픈 이노베이션 시스템 구축, 핵심 이노베이션 거점 정비, 국가 프로젝트 구축, 지적재산관리와 국제 표준화의 전략적 추진
4	재무기능 강화	리스크 머니 공급을 위한 equity finance 강화, 4차 산업혁명에 대응한 무형 자산 투자 활성화, 핀테크 등 금융·결제 기능의 고도화
5	산업구조/취업구조 전환의 원활화	신속·과감한 의사 결정이 가능한 거버넌스 체제 구축, 신속·유연한 사업재생/산업재편이 가능한 제도·환경 정비, 노동시장과 고용제도의 유연성 향상
6	중소기업/지방에 4차 산업혁명 파급	중소기업·지방에 IoT 등의 도입/이용 기반 구축
7	4차 산업혁명을 향한 경제사회시스템 구축	각종 규제 개혁, 행정서비스 향상, 전략적 제후를 통한 글로벌 전개 강화, 사회에 4차 산업혁명을 침투

(출처 : 일본 경제산업성(2016), POSCO경영연구원(2018) 재인용)

- (초 스마트 사회(Society 5.0)) 가상공간과 현실공간을 융합하여 효율성과 형평성을 개선하고 새로운 가치를 창출하는 것이 특징이며, 4차 산업 기술을 사회전반에 활용하여 사회적 문제 해결과 경제발전을 동시해결이 가능함, 로봇, 빅데이터를 통한 건강수명 연장, 교통, 데이터 통신망 및 주행 데이터 수진을 통한 이동혁명 실현, 생산용 로봇을 통한 공급사슬 차세대화 등이 포함됨

5) 포스코경영연구원 (2018), “日本の 4차 산업혁명 정책현황과 기업 사례 및 시사점”, 「POSRI 이슈리포트」, P3

- (커넥티드 인더스트리(Connected Industries)) 커넥티드 인더스트리의 비전을 통해 사회 시스템 변화를 창출하고 사회문제를 해결할 수 있는 솔루션을 개발하기 위함
 - * 커넥티드 인더스트리의 5대 중점 분야는 교통사고, 혼잡 예방, 환경 부하 완화, 분산에너지 관리 등 자율주행, 모빌리티 분야, 생산 최적화 및 non-stop 팩토리 등의 제조업, 로봇 분야, 의료 제약 개발 및 혁신 소재 창출을 위한 바이오 및 소재 분야, 공장 안전 성과 생산성, 보안개선 등 플랜트, 인프라 분야, 고령화에 따른 노동력 부족 및 기타 사회문제(일자리 창출)를 해결하기 위한 스마트 라이프 분야로 분류됨
 - ** 제조업 분야 주요 정책으로는 IIoT플랫폼 연계, 스마트 공장 시범사업, 스타트업 팩토리 구축 지원, 테스트베드 시범사업을 추진하고 있음

<표 5> 커넥티드 인더스트리의 5대 중점 분야⁶⁾

구분	비전 (대중적 중요성)	시장 성장성, 예상 경제 효과	추진주체
자율주행· 모빌리티	<ul style="list-style-type: none"> * 교통 사고·교통혼잡 * 환경 부하 완화 * 분산 에너지 관리 * 모바일 서비스 확대 	<ul style="list-style-type: none"> * 자율주행차 시장 : 약 870억 달러 * 자율주행으로 인한 생산성 향상 및 소비 서비스 증가 예상 효과 : 약 1000억 ~1조 달러 	자율주행 비즈니스 전략 패널
제조업· 로봇	<ul style="list-style-type: none"> * 생산 최적화 * non-stop 팩토리 * 사고·환경 부하 감축 	<ul style="list-style-type: none"> * 산업 인터넷 시장 : 향후 20년 이내, 전세계 GDP를 10조~13조 달러 향상시킬 것으로 추정 	PRI (일본 로봇 혁명 이니셔티브)
바이오· 소재	<ul style="list-style-type: none"> * 혁신적인 자재·의료·제약 개발 * 에너지 자원 측정 * 혁신 소재 창출 	<ul style="list-style-type: none"> * 전세계 바이오 시장 : 2030년까지 약 16조 달러 * 전세계 기능성 원자재 시장 : 약 50조엔 	COCN, 일본화학산업협회
플랜트· 인프라 보안	<ul style="list-style-type: none"> * 공장 안전성·생산성 향상 * 내부 보안 개선 및 수익력 창출 * 센서, 드론 등 첨단기술의 효과적 활용 	<ul style="list-style-type: none"> * 인프라 노후화 및 관련 수요 확대 : 약 200조엔 시장 	플랜트 데이터 활용 촉진 회의
스마트 라이프	<ul style="list-style-type: none"> * 고령화 사회에 따른 노동력 부족 및 기타 사회 문제를 극복하기 위한 대안 → 고용창출 	<ul style="list-style-type: none"> * '11년 무상노동의 화폐 가치 : 약 100조 엔 (가전시장 약 7조엔) 	IoT 추진 lab

(출처 : 일본 경제산업성(Ministry of Economy, Trade and Industry), 2020, 번역본인용)

- (중국) 정부적 차원의 중장기적 전략 수립 및 대규모 투자를 통해 빠른 속도로 스마트 제조 산업을 집중 육성 중이며, 중장기 산업발전 계획에 사물인터넷, 로봇, 스마트 제조 분야를 포함함

6) Connected Industries(2019),
https://www.meti.go.jp/english/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html

- (전략성 신흥산업 육성정책) 국가적으로 중요성이 높은 8대 신산업 분야(차세대 정보기술산업, 첨단장비 제조산업, 신소재, 바이오, 신 에너지 자동차, 신에너지, 에너지절약 및 환경보호, 디지털 창의 산업)을 선정하여 핵심특허 확보 및 기술 우위 선점을 위한 정책을 추진 中

- (중국제조 2025) 2015년 발표된 중국제조 2025는 세계 제조를 선도하기 위하여 2015년부터 2045년 까지 총 3단계로 구분된 제조업 혁신 정책으로 성장 잠재력이 높은 10대 산업을 전략적으로 선정하고 집중적 투자를 추진하며 민간의 혁신과 산업 고도화를 유도함

* 중국제조 2025의 10대 전략산업

- ① 차세대 정보기술 ② 고정밀 수치제어 공작기계 및 로봇 ③ 항공우주장비
- ④ 해양 엔지니어 장비 및 첨단 선박 ⑤ 선진 궤도교통 설비
- ⑥ 에너지 절약 및 신에너지 자동차 ⑦ 전력설비 ⑧ 농업기계설비
- ⑨ 신소재 ⑩ 바이오의약 및 고성능 의료기기

<표 6> 중국제조 2025의 5대 중점 프로젝트 개요

분야	주요 내용	목표 및 추진 현황
①	제조혁신 능력센터 ·주요 업종 구조의 전환·고도화 ·차세대 IT, 스마트 제조, 신소재, 바이오의약 등 수요 충족 ·산업 기초·핵심기술의 연구개발 및 산업화, 인력 양성	▶‘20년까지 약 15개 구축 ▶‘25년까지 40개 구축 ※ ‘17년말 기준, 5개 국가급 48개 성급 센터 건설
②	스마트 제조 ·주요 제조공정의 스마트화·로봇 도입을 통한 대체 ·생산 공정의 스마트제어 및 공급사슬의 최적화 ·중점 분야의 스마트 공장·디지털 작업현장 구축	▶‘20년까지 시범프로젝트 운영자본/ 상품생산주기/불량률 각 30%↓ ▶‘25년까지 각 50%↓ ※ 226개 스마트제조종합 표준화 실험/검증/신모델 응용 프로젝트 시행, 109개 시범 프로젝트 선정
③	공업기반 ·인센티브 제공 및 리스크에 대한 보상 메커니즘 구축 ·핵심 기초부품/선진공법/중요 기초재료의 최초 사용을 지원 ·4대 공업기반 연구센터 설립, 공공서비스 플랫폼 구축	▶‘20년까지 핵심기술부품/ 기초소재 40% 국산화 ▶‘25년까지 70% 국산화 ※ 19개 산업기술 기초 공공서비스 플랫폼 구축

④	친환경 제조	<ul style="list-style-type: none"> ·전통 제조업의 에너지 효율 제고/수질오염 방지/자원 순환 이용을 위한 관련 기술 향상 ·주요 지역 및 업종의 친환경 생산수준 제고를 위한 계획 시행 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ '20년까지 친환경 시범공장 1,000개/시범단지 100개 건설, 중점 업종의 주요 오염물질 배출강도 20%↓ ▶ '25년까지 친환경제조 세계선도지위 확립 ※ 녹색 제조시스템 구축 착수, 친환경설계 시범프로젝트 운영 중(99社), 국가 저탄소 공업원구 건설(51개), 고위험 오염물 감축 프로젝트 시행
⑤	첨단설비 혁신	<ul style="list-style-type: none"> ·중점분야의 설비혁신(대형항공기/대형엔진/가스터빈/에너지절감형신에너지자동차/해양프로젝트설비·최첨단선박/스마트그리드 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ '20년까지 자주R&D 및 기술응용 실현 ▶ '25년까지 첨단설비시장 내 보유지재권 확대/기초 조립기술 역량 강화 ※ 고속철 및 전기 자동차용 핵심소재 개발 진행 중

(출처 : 국제무역연구원, 2019, “중국제조 2025 추진성과와 시사점”, p.10~13 발췌요약)

□ 제조업 혁신을 위한 국내 정책 동향

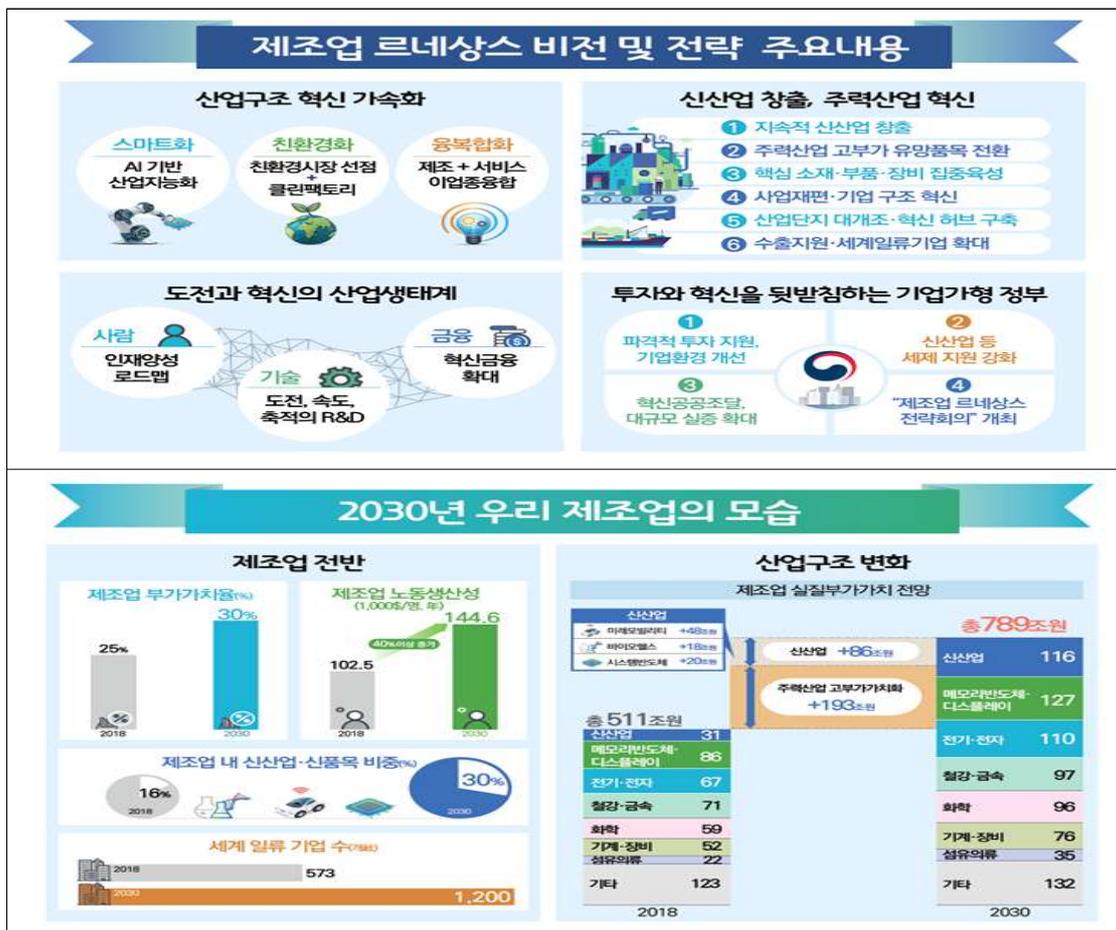
- 세계적 제조업 패러다임 변화 추세에 따라 제조업 혁신을 통한 경제 성장 및 일자리 창출을 위한 다양한 정책을 추진 중

○ (제조업 르네상스) 제조업 부흥을 통한 ‘세계 4대 제조 강국’ 도약을 목표로 4대 추진 전략을 제시 (‘19.06)

* 제조업 르네상스 4대 추진전략

- ① 스마트화, 친환경화, 융복합화를 통한 산업구조 혁신 가속화
- ② 신산업을 주력산업으로 육성, 기존 주력산업은 혁신 추진
- ③ 도전과 축적 중심의 산업 생태계 조성
- ④ 투자와 혁신을 뒷받침하는 정부 역할 강화

<그림 1> ‘제조업 르네상스 비전 및 전략’ 주요내용⁷⁾



(출처 : 산업부(2020))

7) 산업통상자원부(2019), “제조업 르네상스 비전 및 전략 발표”

- (제조업 혁신 3.0 전략) IT·SW 융합으로 제조업의 새로운 부가가치를 창출하고, 기업이 제조업 혁신을 주도할 수 있도록 환경조성에 주력하기 위함
- (제조업 혁신 3.0 전략 실행대책) 제조업 혁신 3.0 전략 후속으로 스마트 공장 보급 및 확산과 이를 위한 스마트 제조 기술 개발, 지역거점 산단의 스마트화 등 스마트 제조 혁신 추진
- (스마트 제조 혁신 비전 2025) 제조업과 ICT를 융합한 스마트 공장 구축을 통해 중소, 중견기업의 제조 혁신을 촉진하기 위하여 '17년 4월 산업부에서 제시하였으며 스마트 공장 보급 및 고도화 촉진, 스마트 공장 기반 기술 역량 확보 등 기반산업 경쟁력 강화, 스마트 공장 전문 인력 확보의 3대 전략을 추진 중

<표 7> 스마트 제조 혁신 비전 2025 - 전략 및 과제⁸⁾

전략	과제
보급 및 고도화 지원	<ul style="list-style-type: none"> * '25년까지 스마트공장 3만개(누적) 보급·확산 * 스마트공장 고도화 촉진
기반산업 경쟁력 강화	<ul style="list-style-type: none"> * 스마트공장 기반기술 역량 확보 * 스마트공장 보급·확산을 통한 시장창출 * 해외시장 진출을 위한 Alliance 구축
스마트공장 전문인력 확보	<ul style="list-style-type: none"> * 스마트공장 창의융합형 인재양성

(출처: 산업부(2017))

8) 산업통상자원부(2017), “스마트 제조혁신 비전 2025”

○ (스마트 팩토리 확산 및 고도화 전략) '18년 3월에 중소 제조기업의 경쟁력 강화와 일자리 창출을 위한 민간 주도의 스마트 공장 확산 및 고도화 방안을 수립하여 3대 전략을 제시

* 스마트 팩토리 확산 및 고도화 주요 3대 전략

① 지역중심의 공급체계 강화, 민간 주도의 보급 확산 추진

② 현장 수요 기반 맞춤형 고도화, 한국형 첨단 스마트 공장 모델 구현 등 스마트 수준 고도화 및 첨단화

③ 전문인력 양성 및 근로자 직무 전환을 통한 전문성 강화

○ (중소기업 스마트 제조혁신 전략) '18년 12월에 제시한 전략으로 '22년까지 스마트 공장 3만개 구축으로 중소기업 제조 우위를 선점하고 일자리를 창출, 전문 인력을 양성하기 위함

□ 한국의 제조 산업 현황 진단

○ 현재 한국은 스마트, 친환경, 융복합 등 제조업의 대변혁에 대한 대응 역량이 부족

- 스마트공장 보급 등 성과가 있으나 아직 고도화는 미흡

- 산업체 밀집지역에 오염물질 배출이 집중되어 있으며, 전기·수소차 등 친환경 상품의 기술력은 우수하나 확산은 부족

- 기업의 개방적 기술도입이 미흡하고, 기존 업역과의 갈등 및 규제 회색지대로 인해 융합 제품 및 서비스의 자유로운 출시가 제한

○ 신산업 성장 지체

- 핵심부품, 소재, 장비의 해외의존 등으로 제조업 부가가치율이 선진국 (30%) 보다 낮은 수준(25%)에서 정체

○ 현재 정부는 다양한 정책을 통해 기업들의 스마트 제조 등 제조혁신을 위한 전환을 지원하고 있으나, 보급, 확산 위주의 수요확대에 초점이 맞춰진 실정

□ 연구배경 요약

4차 산업혁명 기반의 세계적인 제조업 혁신 추세에 직면하여 한국 또한 제조 강국으로의 도약을 위해 다양한 정책 및 전략을 제시하고 있으며, 이는 한국의 제조 경쟁력을 통한 경제 성장과 직결되는 중요한 과제 중 하나이나, 현재 한국의 제조 혁신 현황을 진단한 결과, 신산업 성장지체, 대응 역량 부족, 수요 중심의 사업 확대 등으로 추진성과가 미흡한 상황임. 제조엔지니어링 설계 기술의 산업 동향, 기술 활용 사례 등을 조사함으로써 지역 제조 산업 적용 방안을 마련하고 이를 통한 제조 산업 혁신을 도모하는 것이 필요함

(2) 연구의 목적과 범위

□ 연구 목적

○ 한국의 제조 혁신을 위한 다양한 제조 엔지니어링 설계 기술을 분류하고 이에 따라 기술 분야별 국내·외 전망, 산업 동향, 기술 활용 사례 등을 조사하여 지역 제조 산업 적용 방안과 기대효과를 제시하고자 함

□ 연구 범위

○ 본 연구의 범위는 제조엔지니어링 설계 기술을 분석하고 추후 제조 엔지니어링 설계 기술 산업의 동향 조사, 기술적용 현황 등을 조사하여, 지역 제조 엔지니어링 산업에 적용방안을 포함함

<표 8> 제조엔지니어링 설계 기술 및 산업동향 보고 범위

연구 범위	연구 내용
제조엔지니어링 설계 기술 분류	제조엔지니어링 설계 기술 정의 및 분류
제조엔지니어링 설계 기술 분석	제조엔지니어링 설계기술 분야별 분석 및 전망
제조엔지니어링 산업동향 조사	국내외 제조엔지니어링 설계 기술 산업동향 국내외 제조 엔지니어링 설계기술 활용 사례
지역 제조 산업 적용방안 제시	향후 지역 제조 산업 적용방안 제시 및 기대효과

2. 제조엔지니어링 설계 기술 분류

(1) 제조 엔지니어링의 정의

□ 주요 국가에서의 제조엔지니어링 정의⁹⁾

- 제조 선진국에서의 엔지니어링 활동은 기술 개발 뿐 아니라 기술 전략 부문까지 확대 되고 있는 추세이며, 국내 또한 영역의 확대를 고려해 볼 필요가 있음
- (미국) 미국의 경우 첨단 제조업은 정보, SW, 네트워킹 등의 기술을 조합 또는 사용하거나 물리학, 생물과학 등을 통해 새로운 제품을 만들고 활용도를 높이는 일련의 활동으로 정의함
- (영국) 서비스와의 융합 측면에서 제품 또는 제조공정을 포괄하거나 통합하는 활동으로서 판매되는 제품과 직결된 서비스로 정의, 생산 전 과정을 반영한 12가지의 서비스를 manu-service 로 분류 하였고, 그 중 디자인과 개발, 시스템과 솔루션 등의 중요도를 높게 선정
- (독일) 상품의 판매를 기술서비스와 융합하여 상품의 경쟁력을 제고
 - 지적재산권, 라이선싱, 기술정보 등과 같은 기술서비스와의 융합을 통한 상품 경쟁력 제고

9) 엔지니어링산업 특수분류체계 연구(2016) 제조엔지니어링 정의 내용 요약, 재인용

□ 해외 주요국가의 제조엔지니어링 정의 요약

- 각 국에서 정의되는 제조엔지니어링은 영국은 서비스 융합, 독일은 상품과 기술서비스와의 융합 등 각 국의 제조 혁신 전략에 따라 정의가 다른 것처럼 보이지만, 기존의 제조와 기술의 융합에 따른 고부가가치 창출이라는 점은 공통적임. 이는 수요가 다르거나, 기존 제조업의 핵심 역량이 다르기 때문이며, 이에 한국에서의 제조 엔지니어링 또한 수요와 역량에 따라 정의 내려질 필요가 있음

□ 한국에서의 제조엔지니어링 정의

- 제조업 혁신의 글로벌 동향과 제조업 가치사슬의 최신 경향 등을 반영하여 엔지니어링 활동 분야를 제조분야로 확대 적용하여 정의를 규정하였으며 제품설계, 공정설계, After Market Service 부문에 대한 세부 엔지니어링 서비스를 제시

<표 9> 제조업 혁신에 적용 가능한 엔지니어링 역량¹⁰⁾

구분	제조업 혁신방향	엔지니어링 역량
미국	첨단제조업파트너십 (AMP)	정보, SW, 네트워킹 등의 기술 조합, 신제품 제조 가능한 과학기술
영국	Manu-Service	제품, 제조 공정 포괄 서비스
독일	Industries 4.0, Platform	제조기술 개발, 제조공정 디

10) 엔지니어링산업 특수분류체계 연구(2016) 제조엔지니어링 정의 내용 요약, 재인용

	Industries 4.0	지털화, IoT, 공정 및 데이터 표준화 스마트 공장
한국	제조업 혁신 3.0 전략	제품설계, 공정설계, After Market Services, 스마트 공장

- (엔지니어링 산업 진흥법상 정의) 엔지니어링활동을 통하여 경제적 또는 사회적 부가가치를 창출하는 산업으로 정의됨
 - 과학기술의 적용을 통한 부가가치의 창출을 기반으로 하므로 단순한 기자재의 제작과 시설물의 시공, 설치 등의 활동은 제외됨
- 일반적으로 제조엔지니어링이란 “전문 인력이 엔지니어링 소프트웨어를 활용해 제조효율을 높이는 활동” 으로 주로 소프트웨어 기반의 기술 개발에 집중되어 있으나, 제조엔지니어링 분야의 확대 추세에 따라 “제조업 가치사슬 전 영역에 걸쳐 제품 기능의 효과적 구현과 제품 생산의 효율성 제고를 위해 적용되는 엔지니어링 활동” (한국엔지니어링 협회, 2016.5) 으로 넓게 정의될 수 있음
 - 제품과 공정관련 엔지니어링 활동을 모두 포함하는 개념

(2) 제조엔지니어링 범위

□ 국내·외 제조혁신 관련 정책에 기반을 둔 범위 설정

- 국내·외 제조업 혁신 정책에서 요구하는 공통된 엔지니어링 요소와 제조업 패러다임을 고려했을 때 제조 엔지니어링 범위는 다음과 같이 설정될 수 있음

<표 10> 제조엔지니어링 범위¹¹⁾

범위	내용
제품 및 부품 관련 제조엔지니어링	소재 및 부품관련 원천기술 개발, 디자인, 엔지니어링 소프트웨어 등 제조지원
생산공정 관련 제조엔지니어링	IT/SW 기반의 공정혁신을 통한 스마트공장의 구축 및 제조 공정의 스마트화
연구개발 관련 제조엔지니어링	동북아 R&D 허브 구축을 통한 제조업 혁신 기반 고도화 (제조업혁신 3.0전략 내용)
기술서비스 및 유지보수 관련 제조엔지니어링	(독일) 지적 재산권, 라이선싱, 기술관련 정보 제공 등 기술서비스와의 융합을 통해 제조업의 경쟁력 제고 (영국) 유지 및 보수 서비스까지 포함한 12가지 manu-service 제시

- (요약) 제조엔지니어링은 제조 패러다임 변화 및 세계적 추세 기반으로 기존의 제조 뿐 아니라 생산 공정, 연구개발, 유지보수 등 넓은 범위의 서비스를 포함하고 있으며, 이는 제품 개발, 제조 과정, 제품 개발 후 관리까지 제조엔지니어링 영역이 확대되어 제조 경쟁력을 높이기 위함임

11) 국내제조엔지니어링 활용실태 및 발전방안 연구, 산업연구원, 2016 재정리

(3) 제조엔지니어링 분류

□ 기술범위에 기반한 제조엔지니어링 분류

- 제조엔지니어링 기술 범위에 기반하여 제조업 가치사슬 관점에서 제조엔지니어링은 크게 제조엔지니어링 서비스와 제조관련 연구개발 및 기술전략 자문서비스로 분류될 수 있으며 <표 11> 과 같이 정리될 수 있음

<표 11> 제조엔지니어링 분류

구분	분류	소분류
제조엔지니어링 서비스	제품엔지니어링 서비스	제품, 부품 등의 설계 및 개발 제품디자인 응용시스템 설계 및 개발
	공정엔지니어링 서비스	공정기술, 가공기계 등 설계 및 개발 공정자동화 설계 및 개발
	제조지원 엔지니어링 서비스	컴퓨터 활용 제조지원 성능평가 및 수명주기 개선 시험, 검사 및 분석
제조관련 연구개발 및 기술전략 자문서비스	제조관련 과학기술 연구개발 서비스	제조관련 자연과학 연구 개발 제조관련 공학 연구 개발
	제조관련 기술전략 자문서비스	제조관련 기술정보 분석 및 제공 제조관련 기술 마케팅

(자료: '엔지니어링산업 특수분류체계 구축연구', 한국엔지니어링협회, 2017)

- 제조엔지니어링 서비스는 제품의 설계 및 개발, 디자인, 스마트 제조 뿐 만 아니라 성능평가, 수명주기 개선, 검사 등 제조지원 부문까지 제품제조의 전 과정을 포함함
 - 제품엔지니어링은 제품을 효과적 구현을 위한 제품설계, 기획, 작동 및 기능성의 제고와 관련되며, 특히 응용시스템 설계 및 개발 엔지니어링은 공항, 항만, 철도, 도로, 의료, 보안 등 주요 인프라 관련 운영시스템의 설계 및 개발 분야로 구분됨
 - 공정엔지니어링은 안정적 생산을 이행하기 위한 설비 및 장비 등의 설계관련 엔지니어링 서비스로서 효율적이고 안정적 생산을 위한 공정기술, 가공기계의 설계 및 개발 분야와 공정자동화와 관련된 공정 자동화 설계 및 개발 엔지니어링 분야로 구분 될 수 있음
 - 제조지원은 생산 이후 성능평가 및 개선 등을 지원하는 서비스로서 CAD, CAM, CIM, CNC, 가상생산시스템, 성형해석, 구조해석, 동역학해석 등과 관련된 서비스, 성능평가 및 수명주기 개선, 시험, 검사 및 분석 서비스 등을 포함함
 - (CAD, Computer Aided Design) CAD는 도면작성, 제품디자인 등 설계 관련 활동을 지원하는 컴퓨터 기반 도구로서 제품 생산 관련 다양한 영역에 적용됨
 - (CAM, Computer Aided Manufacturing) CAM은 CAD를 통한 도면을 바탕으로 전송된 데이터를 기반으로 제품생산을 위한 사전

준비 작업을 수행

- (CIM, Computer Integrated Manufacturing) CIM은 컴퓨터의 활용을 통해 기술개발, 설계, 생산 단계를 포괄하는 통합적 생산시스템, 시뮬레이션과 설계해석 등의 기능을 담당하는 CAE로 진화함
 - (CNC, Computerized Numerical Control) CNC는 절삭 가공시 컴퓨터를 통해 절삭구의 움직임을 제어함으로써 정밀부품 등의 대량 생산을 가능케 하는 기능을 수행
- 제조관련 연구개발 및 기술전략 자문서비스는 제품의 경쟁력을 제고하기 위한 연구개발 분야
- 제조관련 과학기술, 자연과학, 공학 연구개발 서비스 및 기술전략 자문서비스가 포함되며, 제조관련 기술전략 자문서비스는 고부가가치 창출이 가능한 영역이며, 제조관련 기술정보 분석 및 제공, 제조 관련 기술 마케팅 서비스 등이 포함됨
 - 제조관련 기술정보 분석 및 제공 서비스는 특히, 지적재산권 등에 대한 조사, 분석 자문 서비스를 지칭하며, 제조관련 기술 마케팅 서비스는 기술의 사업화, 상업화를 위한 마케팅 관련 자문, 개발된 기술의 임대, 라이선싱 등 사업화 전략 자문 등을 포함함

Ⅱ. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 분석

1. 제조엔지니어링 설계 기술 분석

□ 제조엔지니어링 설계 기술은 제품, 부품 등의 설계 및 개발, 제품 디자인, 응용시스템 설계 및 개발을 위한 제품 엔지니어링과 공정 기술, 가공기계 등의 설계 및 공정자동화 설계 및 개발을 위한 공정 엔지니어링, 컴퓨터 활용 제조지원, 성능평가 및 수명주기 개선, 시험, 검사 및 분석을 위한 제조지원 엔지니어링으로 구분되며, 각각의 기술 내용 및 특성과 중요성은 다음과 같음

□ 제조엔지니어링의 기술별 내용 정리

○ 제조엔지니어링 관련 기술별 내용은 다음과 같이 요약됨

<표 12> 제조 엔지니어링 기술 내용 정리¹²⁾

구분	대분류	소분류	내용
지원 시스템	플랫폼	클라우드	스마트 제조, 공급망 관리 등 제조 서비스에 대해서 사용자가 필요한 소프트웨어를 자신의 컴퓨터에 설치하지 않고도 인터넷 접속을 통해 언제든지 사용할 수 있고 데이터를 손쉽게 공유하는 등 통합 제공하는 사용 환경
			예) IaaS, PaaS, SaaS

12) 스마트 제조 기술수준조사, 한국스마트제조산업협회(2018)

구분	대분류	소분류	내용
		AR / VR	가상현실(AR), 증강현실(VR), 혼합현실(MR)을 구현하여 제조공정상 효율적 설계를 가능토록 하는 시스템 예) Glasses, Data Processing, Communication
		IIoT	스마트한 제조환경을 가능하게 하는 제조업에서의 다양한 정보를 감지할 수 있는 센싱소자와 신호처리가 결합하여 데이터 처리, 자동보정 자가진단, 의사결정 기능을 수행하는 센싱기술 예) IoT 기반 데이터 획득, 처리, 서비스
		CPS / Digital twin	사이버 시스템과 실세계의 물리적 시스템을 네트워크로 연결하여 제어 가능토록 하는 시스템 예) 가상물리시스템, administration shell
		빅데이터 / AI	대량의 데이터들을 수집/분석/처리하여 정보가치를 추출, 예측하는 플랫폼 기술 예) 데이터 수집 분산처리, 원인분석, 예지분석, 처방분석, 인지분석 등의 데이터 처리 및 분석 방법론
		보안	주요기반시설에서 원거리에 산재된 시스템의 효과적인 제어를 위해 필수적으로 사용되는 시스템 예) DDOS, 방화벽, 바이러스, PKI 등 보안 관련 솔루션
		Edge Computing	공장 또는 현장을 독립적 컴퓨팅 환경에서 운영하고 클라우드 서비스와는 분산 운영을 지향하는 기술 예) 미쓰비시 Edge Cross, IBM Edge Analytics Agent 등
		운영 시스템	비즈니스 (Lv 4)
SCM	제품생산을 위한 프로세스를 전산화하여 효율적으로 처리할 수 있는 관리 시스템 예) 구매 협업, 전략구매, 조달구매		
ERP	경영활동 프로세스를 통합적으로 연계하여 관리하는 전사적 자원관리 시스템		

구분	대분류	소분류	내용	
			예) 기업자원관리	
		PLM	제품개발부터 폐기에 이르기까지 전 과정의 데이터를 관리하는 시스템 예)설계 협업, 제품설계/개발(PDM 포함) : 3D CAD, CAE 예)Digital Mock-up, 공정기술 개발 : 3D Simulaiton & Analysis, 공정 Design 등 공정설계 및 개발에 필요한 기능들	
	공장운영 시스템 (Lv 3)	MES	공장운영 및 통제, 품질관리 등 제조현장에서 필요로 하는 기능을 수행하는 시스템 예) 공장운영 및 통제, 품질관리, 창고관리, 설비관리, 금형관리 등	
		HMI	공정 데이터가 인간이 인지할 수 있는 형태로 나타나 제어가 가능한 인터페이스 예) 운영 및 제어를 위한 소프트웨어 및 터치 패널의 장치류	
	제어시스템 (Lv 2)	SCADA	중앙 제어 시스템이 원격지 시설장치를 중앙 집중식으로 감시 제어하는 시스템 예) 공장 운영을 위한 통합 관제 시스템	
		DCS	지리적으로 분산된 제어 루프를 사용하는 디지털 자동화 산업제어 시스템 예) 분산제어 시스템	
		PLC	조립라인이나 로봇장치와 같은 높은 신뢰성 제어가 필요한 산업 디지털 컴퓨터 예) Data 취득 및 계측을 위한 기기류	
		CAX	컴퓨터 기술을 사용하여 제품의 설계, 분석 및 제조를 지원 예) CAD, CAE, CAM	
	IoT (Lv 1)	제어 Device	Motion Controller	각종 생산 장비 및 시스템에서의 유연생산 시스템을 위한 가장 기초적인 정밀 구동기기 제어 기술 예) 공작기계, 산업용 로봇, 일반산업기계 등 위치 및 속도 제어
			CNC	컴퓨터를 조합해서 기본적인 기능의 일부 또는 전부를 실행하는 수치제어 기술 예) 컴퓨터 수치 제어 NC머신

구분	대분류		소분류	내용
		측정 Device	스마트센서	소자부품과 이미지센서 활용 및 영상처리 기술로 스마트 제조환경 구축 예) 광학센서, 바이오센서, 물리센서 등
		통신 (Lv 1)	산업용 통신	다양한 장치를 연결하기 위한 데이터 교환, 데이터 제어 및 유연성의 방법을 제공 하면서 모든 자동화 시스템 아키텍처의 백본 기술 예) 점유율(프로토콜 점유율)
	생산현장 (Lv 0)		로봇	공유된 작업 공간에서 인간과 물리적으로 상호 작용하려는 기계 예) 산업용 로봇, 협업 로봇
			머신비전	기계에 인간이 가지고 있는 시각과 판단 기능을 부여한 것으로 사람이 인지하고 판단하는 기능을 하드웨어와 소프트웨어의 시스템이 대신 처리하는 기술 예) 카메라, 모듈, 이미지 처리 SW
		3D 프린팅		연속적인 계층의 물질을 뿌리면서 3차원 물체를 만들어내는 제조 기술 예) 적층제조, 신소재(신공법) 개발, 신규 설비(신규 AGV, 멀티케이어 등)

□ 제품엔지니어링 설계 기술의 특성 및 중요성

○ 설계 및 개발

- 제품기능의 효과적 구현 및 제품의 심미적 특성을 제고하기 위해 적용되는 기술로 주로 생산 이전 단계에서 제품 기획, 설계, 작동 및 기능성의 제고와 관련됨
- 설계 및 개발 기술은 ① 설계 및 개발 ② 제품 디자인

③ 응용 시스템 설계 및 개발의 3가지로 분류될 수 있음

① 설계 및 개발

- 제품, 부품 등에 대한 기획, 설계 및 개발 관련 기술로 제품의 기획 및 기능 구현과 직결되며, 자동차, 항공, 조선, 전자, 기계, 반도체, 통신 등 국내 주요 시스템 제조업종의 제품을 모두 포함함
- 설계의 생산성과 효율성을 높이기 위해 생산 초기 단계부터 제품과의 연결 즉 스마트 커넥티드(Smart Connected) 제품 설계 기술이 대두되고 있으며, 디지털 설계와 실제 제품을 연결하여 빠르고 스마트하게 설계과정을 고도화시킬 수 있음 이를 통해 물리적 시제작을 줄이고 제품을 빨리 출시할 수 있으므로 제조기업의 제품개발의 어려움을 해소할 수 있음

② 제품 디자인

- 제품 디자인은 제품디자인, 공업디자인, 산업디자인과 사용자 경험(UX, User Experience), 사용자 인터페이스(UI, User Interface)등과 관련된 디자인 분야를 지칭함
- 디자인의 중요성은 제품뿐만 아니라, 고객을 만족시킬 수 있는 모든 것에 걸쳐 더욱 부각되고 있으며, 많은 기업은

제품의 기획, 마케팅 등 제품이 만들어지는 전 과정에 걸쳐 디자인적 감수성과 사고방식을 적용시키고 있음

- 제품 디자인 산업은 그래픽디자인, 웹디자인, 시각디자인 등 적용 분야가 지속적으로 확대되고 있으며, 가상현실을 통해 게임그래픽과 고객에게 초점을 맞춤 UI, UX 기술은 범용성이 높음
- 상품과 디자인의 가치 변화가 기능적 해결과 외형적 만족에서 사용자 중심의 문제 해결과 심리적 만족으로 변화하고 있는 상황에서 디자인의 역할은 더 커짐

③ 응용시스템 설계 및 개발

- 제품의 작동, 운영, 성능 및 기능성의 제고와 직결된 기술로 SCP 제품의 등장 등 제품패러다임 변화와 함께 고부가가치 창출 분야에 해당함
- SCP는 스마트(smart), 연결성(connectivity), 물리적(physical) 요소로 이루어지며, 스마트 요소로서 내장된 운영시스템(embedded operating system)과 사용자 인터페이스(user interface)로 기존 제품과 차별화함
- SCP는 관측(monitring), 조정(control), 최적화(optimization), 자율(autonomy)의 4단계를 거치는데,

이에 따라 제조업체는 제품관련 하드웨어, 내장형 소프트웨어, 연결성 제고를 위한 기술, 원거리 서버를 통한 작동을 위한 제품 클라우드, 보안관련 규약, 경영시스템과의 통합 등 새로운 기술을 구축하는 계기가 되었으나 아직은 생소한 분야임

- 전자, 전기, 자동차, 선박, 항공기 등 국내 주요 제품의 작동 운영과 관련된 설계, 개발 뿐 아니라, 공항, 항만, 도로, 의료, 보안 등 주요 인프라 관련 운영시스템의 설계 및 개발도 포함함

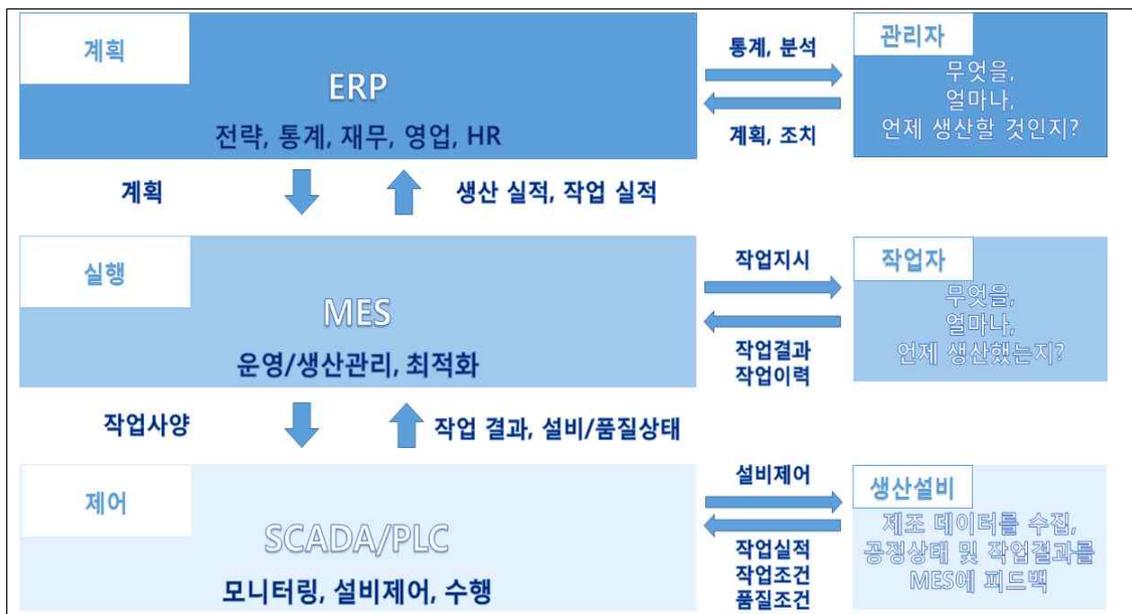
○ 공정 엔지니어링

- 제품 설계 완료 후 효율적 공정과 공정시스템을 설계하고 안정적인 생산을 위해 필요한 설비 및 장비 등의 설계 관련 기술로 공정기술 및 가공기계 설계, 개발 분야와 공정자동화 설계 및 개발 분야로 분류됨
- (공정기술, 가공기계 설계, 개발 분야) 효율적이고 안정적 제품 생산을 위한 생산 설비 및 관련 장비의 설계와 개발에 적용되는 분야
- (공정자동화 설계 및 개발) 공정 설계 및 공정자동화와 관련된 분야로 효율적 생산을 위한 고부가가치 창출이 가능하며,

공정자동화를 위해 요구되는 프로그램, 솔루션, 시스템의 개발과 유연생산시스템, 생산관리시스템 등의 설계분야를 포함

- (MES, Manufacturing Execution System, 제조실행 시스템) 은 계획과 제어 시스템 사이에서 상호작용하며 제조의 시작부터 최종 생산에 이르기 까지 효율적 생산 활동을 위한 정보를 제공 및 실행하는 생산관리 시스템으로 자원할당, 상태정보, 데이터 수집, 품질, 유지보수 관리, 성능관리 등 다양한 기능을 수행 가능함

<그림 2> MES 개념도 13)



(출처 : 컴퓨터메이트(2015) 인용·재구성)

13) 컴퓨터메이트(2015), "통합생산관리시스템 MES 개요/정의/효과/도입필요성", <https://m.blog.naver.com/computermate/220475304706>

○ 제조지원 엔지니어링

- 제품의 기획, 설계, 공정설계, 생산 이후 성능평가 및 개선을 지원하는 기술로서 컴퓨터 활용 제조지원 엔지니어링, 성능평가 및 수명주기 개선, 시험, 검사 및 분석의 3가지 분야로 분류될 수 있음
- (컴퓨터 활용 제조지원) CAE를 활용한 제품 및 공정설계, 전략, 설계 관련 다양한 소프트웨어의 개발 및 공급업을 포함하고 부가가치창출 분야로서 개별생산단계에서의 효율성을 넘어 전체 생산 공정의 관리 차원에서 효율성을 제고할 수 있음
 - CAE, CAD, CAM, CIM, CNC, 가상생산시스템, 성형해석, 구조해석, 동역학해석 등과 관련됨
 - (CIM, Computer Integrated Manufacturing)은 기술개발, 설계, 생산 단계를 포괄하는 통합적 생산시스템이며, 시뮬레이션과 설계해석 등의 기능을 담당하는 CAE로 진화함
 - (CAD, Computer Aided Design) 은 도면작성, 제품디자인 등 설계 지원 도구로 적용됨
 - (CAM, Computer Aided Manufacturing) 은 CAD에서 작성된 도면은 CIM을 통해 전송되고, CAM은 전송된 데이터 기반으로 제품생산을 위한 사전 준비 작업을 수행함

- (CAAM, Computer Aided additive Manufacturing)은 디지털 데이터와 3D 프린터를 통해 복층의 부품을 제조
- 즉, CIM을 통해 제품의 발주가 이루어지고, CAD로 작성된 도면이 데이터의 형태로 다시 CIM을 통해 생산현장의 CAM으로 전송되어 생산이 진행되는 구조임
- (CPS, Cyber Physical System)은 제품, 공정, 생산설비 등 제조시스템을 대상으로 한 실제물리세계와 가상 세계의 통합 시스템으로 실제 제조데이터에 기반하여 가상공간에서 새로운 변화를 사전에 시뮬레이션 함으로써 발생 가능한 상황을 미리 예측하고 이를 통해 돌발사고의 최소화 및 제조 자원 활용의 최적화를 실현 가능함
- (성능평가 및 수명주기 개선) 생산 이후 단계에서 수리, 유지, 보수 및 AS 분야를 포함하며, 특히 제품의 개발 및 생산관련 데이터의 통합관리 시스템인 제품수명주기관리 (PLM, Product Life-cycle Management)는 중요하게 평가되고 있음
- 제품수명주기관리 (PLM, Product Life-cycle Management)은 제품의 전체 수명주기 동안의 관련 정보를 통합된 환경에서 관리하고 내·외부 관계자에게 제공하는 시스템으로서 아이디어, 기획부터 폐기까지 제품 관련된 정보를 통합 관리하여 제품개발에 소요되는 기간과 비용을 절감하고 품질을 향상시키는 등 제품

개발의 효율성 및 경쟁력을 제고함

- (시험, 검사 및 분석) 제품의 성능과 관련한 시험, 검사, 분석 뿐만 아니라, 이를 수행하기 위한 장비, 기기 등의 개발을 포함

2. 제조엔지니어링 설계 기술 분야별 전망

□ 제품설계 및 개발 분야

- (스마트 커넥티드와 같은 연결성 제품 설계 트렌드 지속) 제품 생산 성과 효율성을 높이고 고객의 니즈를 충족시키기 위해 생산 초기 단계부터 제품과의 연결 즉 스마트 커넥티드(Smart Connected)와 같은 제품 설계 트렌드는 지속될 것으로 보임

- (경험 중심, 고객 중심의 제품 설계 트렌드) 디지털 서비스에 있어서 고객의 부정적 경험은 서비스 및 제품 이용, 제품 신뢰도에 큰 영향을 미치며 이에 따라 기업은 ‘개인화된 경험’영역을 제품 설계 초기부터 반영하여 제품을 생산하는 추세임. 즉 생산자가 각 소비자의 경험 데이터를 분석해, 그에 맞춰 제공하는 시스템을 도입하고 있으며, 어도비와 포레스터에 따르면, 프로세스, 기술전반에 걸쳐 고객 경험에 투자한 기업의 매출 증가율은 23%를 기록했으나, 그렇지 않은 기업은 13%로 나타남

- (어도비 익스피리언스 플랫폼, Adobe Experience Platform)
어도비는 어도비 익스피리언스 플랫폼 솔루션을 통해 실시간으로 데이터를 처리, 분석해 기업에 제공하고, 기업은 이를 토대로

소비자에게 개인화된 제품이나 서비스, 혹은 콘텐츠를 제공할 수 있도록 솔루션 개발

- (3D 익스피리언스 플랫폼, 3D Experience Platform)은 다쏘시스템이라는 기업에서 포드식 컨베이어 벨트 공정으로 부분의 결합을 통한 완성이 아닌, 완성이후 사용단계의 경험을 기반으로 구축한 시스템으로, 소비자의 사용 경험, 생산자의 작업 경험 등 경험기반의 연결이 제품 최적화에 기여할 것으로 기대하여 경험기반의 워크로드를 플랫폼에 입히고 그 경험을 3D를 통해 디지털 환경에서 구현함

○ (소프트 파워인 제품 디자인 가치 부각)¹⁴⁾ 제품이 평준화, 표준화 되면서 소프트 파워인 창의적 디자인의 가치는 부각되고 있으며, 일례로 애플의 아이폰, 테슬라의 전기차, 구글의 자율주행차 등은 이런 소프트 파워를 통해 기존 시장을 뒤집고 새로운 시장을 창출한 사례임

- 제조업에서 소프트파워란, 제품의 부가가치를 결정하는 핵심요소로 기획, 설계, 디자인 등 제조 이전의 무형의 생산요소를 의미함
- (AI 와 머신러닝을 통한 디자인 설계) 골프장비업계의 대표격인 캘러웨이는 AI와 머신러닝 도입을 통한 가상의 시제품 15,000개를 생산하고, 알고리즘이 최고 디자인을 결정, 성능이 가장 좋은 제품

14) [포춘US]디자인 경영 | 데이터로

재탄생하다<http://www.fortunekorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=11142> (2019), 내용 요약정리

을 선택하여 에픽 플래쉬 라는 최신 클럽 제품군을 출시하였고,
이에 따라 유명 잡지 골프 다이제스트 Golf Digest는 최근 2019년
20점 만점에 20점을 줄 정도로 긍정적인 평가를 함.

통상 전통적인 기법으로 골프클럽을 디자인, 출시할 때 5~7단계의
실물 시제품 제작과정을 거치는 반면, AI와 머신러닝을 통해서는
무려 15,000개의 가상 시제품만 생산하면 되므로, 생산 효율성이
높아짐

- (컴퓨터 지원 디자인(CAD)기업들의 머신러닝 기반의 지속적
프로그램 개발) 어도비, 오토데스크와 같은 CAD 기업들은
머신러닝에 기반한 프로그램을 지속적으로 개발하고 있음
- (어도비의 Adobe Sensei) Adobe Sensei는 머신러닝 네트워크로
어도비의 크리에이티브 클라우드 소프트웨어 외 많은 플랫폼을
구동하고 있으며, 디자이너들은 아이디어를 정교하게 다듬기
위해, 이미지 매칭과 고객 데이터 판독 등에 이 프로그램을 활용
함
- (오토데스크의 생성적 디자인(generative design)) 오토데스크는
시각적 다양성을 표현하는 소극적 단계에서 벗어나 디자인의
빠대인 프로세스에 적극 개입하는 디자인 상품 드림캐처를
개발하여, 더 빠르게 좀 더 많은 디자인을 디자이너들이 시험 할
수 있도록함. 제너럴 모터스는 이 프로그램으로 자동차 부품을

개발하고 있음

- (다양한 산업 분야에서의 AI 기반 디자인) 가구, 건축, 패션, 그래픽 디자인 등 다양한 산업 분야에서 AI를 활용하여 고객 중심의 초개인화 제품을 생산하고 있음
 - (패션분야의 AI 기반 제품 개발) 이탈리아 전자상거래 플랫폼 욱스(Yocx)가 개인적인 선호도 분석을 소셜 미디어와 인터넷 콘텐츠들을 취합해 주요 시장에 초점을 맞추고, 트렌드와 판매된 제품, 고객 반응을 검토하여 대중적 관점에서 인기 있는 컬렉션을 제작하였는데 이는 대중적 선호도 분석을 반영하기 때문임
 - (기타) IBM 리서치는 최근 글로벌 조향업체와 협업하여 머신러닝 기반의 향수를 개발함

- (가상설계를 위한 가상물리 시스템, CPS (Cyber Physical System))
 - 제품, 공정, 생산설비 등 제조시스템을 대상으로 한 실제 물리세계와 가상 세계의 통합 시스템으로서, 효율적 설계, 운영을 운영하며, 공정 이상, 설비 고장 등의 상황 변경을 자율적으로 인지, 판단, 대응을 지원함
 - 실제 제조 데이터에 기반하여 가상공간에서 새로운 변화를 사전에 시뮬레이션함으로써 발생 가능한 상황을 미리 예측
 - CPS를 기반으로 스마트 공장 구축을 한 사례로서 지멘스 암베르크

공장이 있는데, 공장에서 매일 실시간 수집하는 5,000만개 이상의 빅데이터를 분석하여 자동작업 지시를 통해 99.5%의 제품을 24시간 이내 출하함

□ 공정엔지니어링

- (자율적응형 운영이 가능한 Big data/인공지능 기술) 다양한 생산요소(제조응용솔루션, 생산설비 등)가 스스로 상황을 인지, 판단하는 자율적응형 제조환경을 구축하는 기술로 인공지능(AI)가 있음
 - 다양한 생산요소(제조응용솔루션, 생산설비 등)가 스스로 상황을 인지·판단하는 자율적응형 제조환경을 구축하는 핵심기술
 - (제조 분야 적용) 위해 공장 내 생산요소의 데이터를 플랫폼을 통해 수집·분석하며 궁극적으로 공장의 자율운영·최적화 추구¹⁵⁾

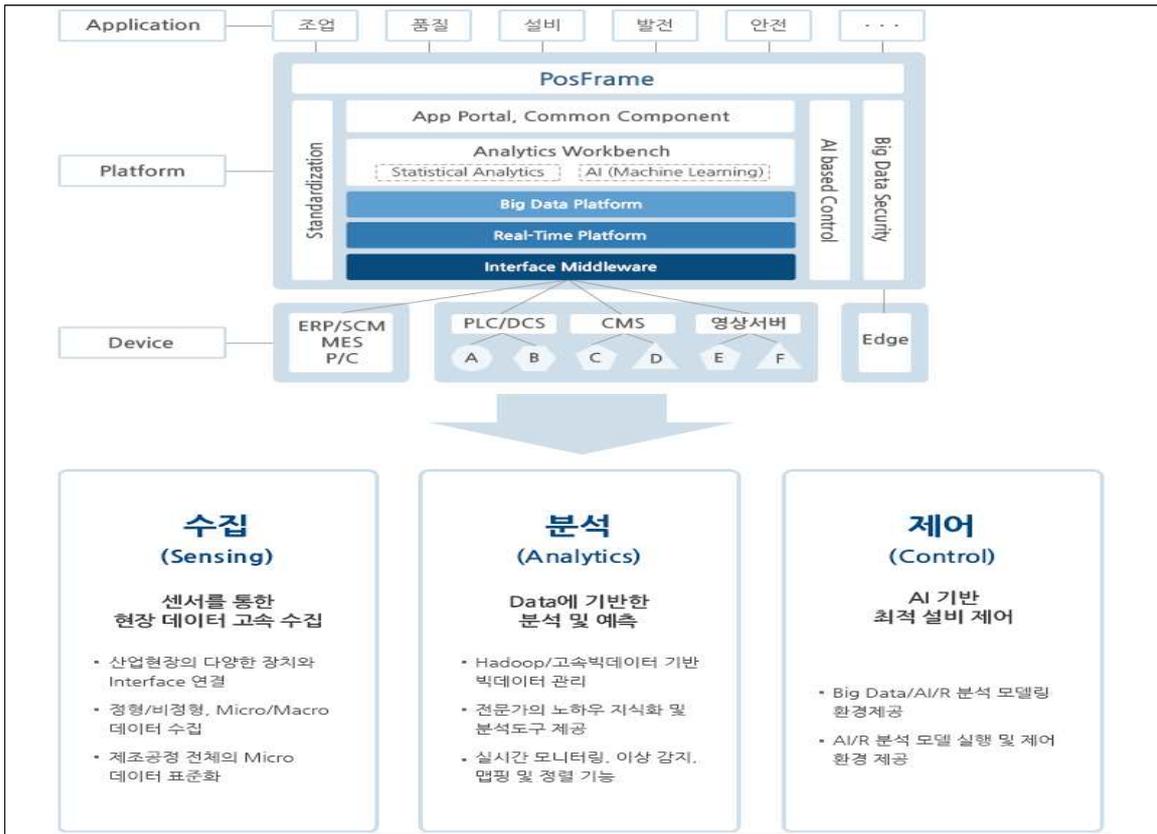
15) 심원래(2018) “제조업에서 AI(기계학습)의 활용 분야와 솔루션”, 계장기술(18년 7월호), 전자신문 “AI 팩토리’ 구축땐 제조업 부가가치·노동생산성”(19년 6월), 포스코경영연구원 “스마트팩토리, 인공지능으로 날개를 달다”(17년 5월)의 내용 발췌 및 요약·종합

<표 13> AI를 활용한 제조공정 혁신

기획·설계	생 산		물류·비즈니스	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 빅데이터 기반 시장정보분석 시장예측 ■ AI 기반 제품·공정설계 지원 	(공정진단)	(공정제어)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자율 물류 관리 ■ 빅데이터 기반 물류 최적화 ■ 실시간 배송 및 A/S 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제조 빅데이터 분석·학습 ■ 품질 자율진단 및 불량 예방 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자율제어 ■ 설비 예지보전 		
	(지능형 제조설비)			
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자가학습 기반의 추론·판단 ■ 다기능 유연생산 			

- AI를 통한 자율적응형 운영이 가능한 스마트 공장이 가장 높은 수준이며, 아직 전세계 적으로 사례는 없으나, 제조업 내에 사례는 있음
- (포스코) 자체 개발한 빅데이터/AI 플랫폼인 ‘포스프레임’을 활용하여 생산 데이터 수집 및 작업자 의사 결정 지원, 설비 이상 징후 사전 감지, 품질 결함요인 분석, 현장 위험요소의 모니터링 등 생산전반에 활용 중이며 이는 연속공정 공장 생산 전반에 빅데이터/AI플랫폼 기술을 적용하여 생산성 향상 및 작업자 안전을 확보

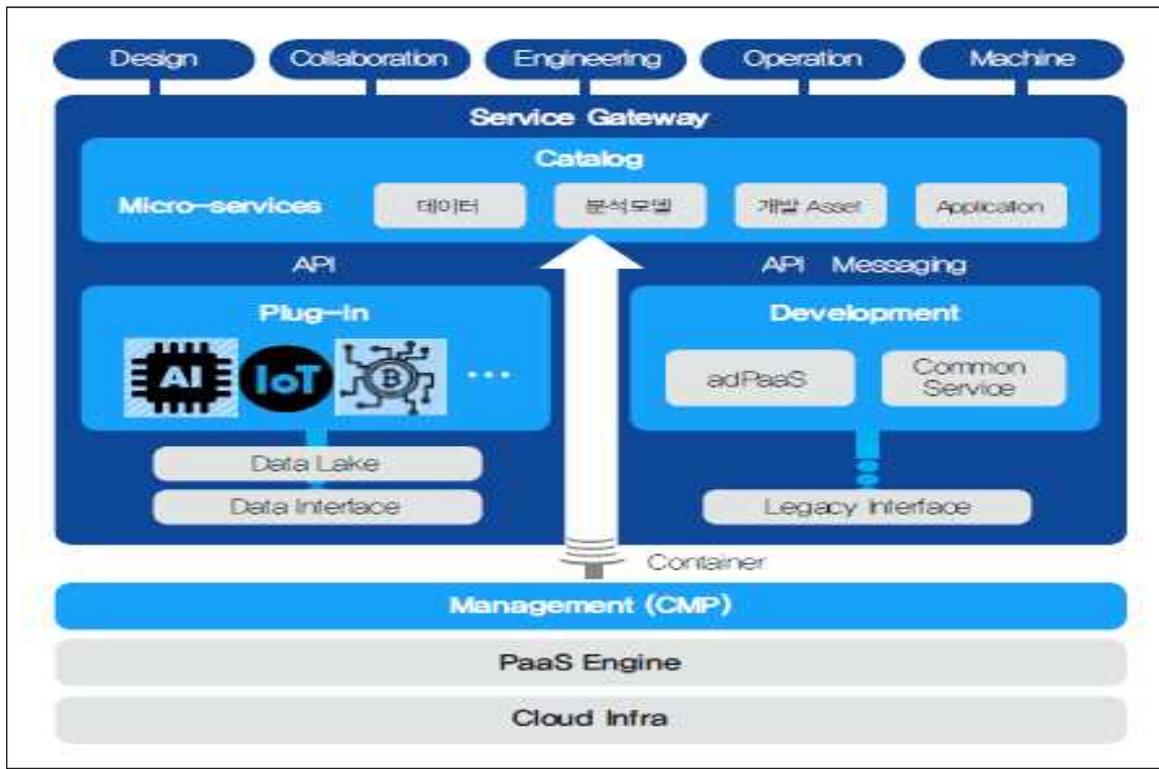
<그림 3> PosFrame 플랫폼 기능



(출처 : 포스코ICT 홈페이지)

- (삼성 SDS) 자체 AI 통합 플랫폼 Nexplant를 개발하여 반도체 공장에 적용, 공정품질 30% 향상, 불량 검출률 3.5배 향상, 불량 분류 정확도 32% 증가 등 제품의 품질 향상 및 생산성 향상에 기여

<그림 4> Nexplant 플랫폼 기능



(출처 : IDG Tech Dossier (2018))

- (DCS, Distributed Control System) 은 각각의 프로세스 제어
 뿐 만 아니라, 전체 제조시스템의 제어와 최적화를 가능케 하는
 솔루션으로 개개의 프로세스 디테일을 제어하는 통합 서브
 시스템과 이를 감독하는 최고단(supervisory level) 이 포함됨
- (슈나이더 일렉트릭의 Ecostruxure Foxboro DCS)는 개방형
 의 상호 운영적 공정 자동화 시스템으로, 가시적 운영 수익성 개선
 과 미래 대비 아키텍처를 제공, 강력한 사이버 보안을 보장하며,
 공장 생산 일정에 가장 적합하게 원하는 순서, 원하는 속도로 공장

의 개별 섹션을 업그레이드 가능

- 클라우드 컴퓨팅 (Cloud Computing)은 자체적 서버없이 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 공정데이터의 저장부터 정보처리 까지 수행하기 위한 제조업의 데이터 기반 디지털 전환의 핵심 요소
 - (Amazon Web Service, AWS) AWS 클라우드 IoT 서비스, 엣지 컴퓨팅, 데이터 레이크 등을 적용하여 공장 데이터의 캡처, 조화, 분석, 시각화 및 실행을 통해 제조 운영을 개선함으로써 품질, 생산량과 같은 주요 KPI를 개선함

□ 제조지원 엔지니어링

- (머신 비전) 제조업 현장에서 불량 검출 기능을 넘어 제품 생산성을 위한 공정 시스템으로 발전하는 중임
 - 제조공정에 융합되어 수동작업을 줄이고 제조 정확성을 향상시켜 스마트 제조 성장을 주도하고 있으며, 제조과정에서의 결함 추적, 표면 마무리 검사, 색상 검사 등의 품질 검사 등에 광범위하게 사용되고 있음

- (로봇기반의 검사) 수아랩(SUALAB)에서는 딥러닝 기술을 바탕으로 단순 불량 검출 차원을 넘어 사람의 눈과 팔로 검사하는 것과 같은 외관 상태 검사 기술을 개발 중임
- (3D 비전) 코그넥스(Cognex)의 3D 변위 센서는 3차원 검사 기능을 제공하고, 3D 센서와 2D 카메라를 결합하여 제품 물질을 최적화함

<그림 5> 코그넥스의 머신비전¹⁶⁾



<코그넥스의 자동화 장비용 머신 비전>

<머신 비전 구성 요소>

(출처 : 코그넥스(2019) 발췌·인용)

- (식음료 분야) 보틀링 라인에서 단위 불량 및 포장의 밀봉상태, 포장 라벨 등을 검사하며, 머신비전 시스템으로 생성한 데이터는 예방적 유지보수를 위해 사용

16) COGNEX(2019), <https://www.cognex.com/ko-kr>

- (제약 및 의료기기 분야) 제품 개수, 알약과 병, 키트의 구성 요소, 약병의 위조 방지 씰 등을 검사하여 의료제품 포장의 무결점 확인
- (자동차 제조 분야) 자동차 안전장치의 엄격한 품질 검사 및 작업자 오류 확인

○ 제품 수명 주기 관리 (PLM. Product Lifecycle Manangement)

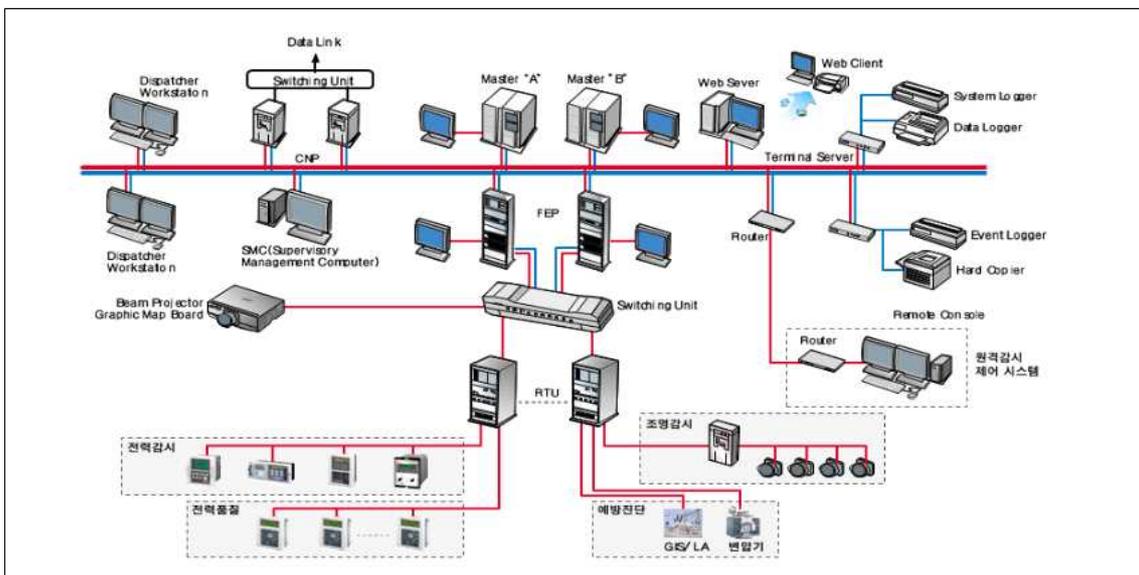
제품의 전체 수명주기 동안의 관련 정보를 통합된 환경에서 관리하고 내·외부 관계자에게 제공

- (기술 트렌드) 글로벌 리서치 기업 Forrester에 따르면, 최근 PLM 관련 니즈는 다음의 다섯 가지로 요약 가능
 - 제품 전 수명 주기에 대한 제품 데이터 및 레코드의 일관성 보증
 - 제품 개발 프로세스에 대한 통찰을 제공하는 데이터 분석 기능 탑재
 - 기능적 조직화 툴과의 협업성 증대
 - 실시간으로 모든 제품 개발 데이터에 대한 정보의 단일 소스 제공
 - 제품 개발에 영향을 주는 신기술에 대한 계획 가능
- (발전 방향) 이와 같은 니즈를 반영하기 위해 3D 기반 데이터

시각화, 다양한 제조단계에서 기능하는 데이터 플랫폼, 솔루션과의 통합, 연계, 디지털 트윈, VR/AR 등 신기술과의 접목 등의 방향으로 발전 예정임

- SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 은 제조 시스템을 시각화하고 신뢰할 수 있는 정보를 제공하여 제조 자동화 프로세스의 효과적 감독을 수행하고 있으며, 원격 단말 장치를 통해 상태정보를 수집, 중앙 제어 시스템을 통해 감시 제어를 수행하는 자동화 시스템임
- (LS 산전 원방감시제어 시스템) 은 기본적 SCADA 기능에 전력품질 감시, 예방 진단 기능을 추가하여 혁신적 전력종합관리 기능을 구현함

<그림 6> LS산전의 SCADA 시스템 구성도¹⁷⁾



(출처 : LS 산전(2019))

17) LS 산전(2019), <http://www.lsis.com/ko/product/view/P01009>

○ CAE 분야 스마트 제조 솔루션

- 국내 유일의 CAE·CFD 개발사이자 CAE 분야 아시아 최대 기업으로, 제품의 설계와 성능 검토·개선 관련 스마트 제조 솔루션 제공
 - CAE (Computer Aided Engineering)는 제품의 성능 검증에 주로 활용되는 구조해석 프로그램
 - CFD (Computational Fluid Dynamics) 성능예측·설계 최적화·제품동작검증을 위한 유체 역학 및 열 시뮬레이션
- 설계에서 양산시제품 제작 사이의 반복 작업(설계→시제품제작→실험을 통한 성능 검토·개선의 반복 과정)을 획기적으로 단축하여 시간·비용을 절감할 수 있는 CAE 기반 설계 솔루션 개발
 - 설계 단계에서 제품의 성능 검토와 개선이 가능하여, 기존 프로세스 대비 제품 개발 기간을 60~70% 가량 단축

Ⅲ. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 산업 동향

1. 국내·외 제조 엔지니어링 설계 기술 산업 동향

(1) 국내 제조 엔지니어링 설계 기술 산업 동향

□ 국내 제조 엔지니어링 시장 규모

○ 한국의 제조 엔지니어링 시장 규모는 2018년 기준 약 80.6억 달러에 달하며, 2024년경에는 1.9배 규모인 약 152.8억 달러를 돌파하며 전 세계 시장에 비해 빠른 속도로 성장할 것으로 전망¹⁸⁾

- Markets&Markets(2019)에 따르면, 한국 시장의 연평균 성장률이 11.4%(2019~2024)를 기록할 것으로 전망되며, 요소 시장(12.4%)이 기술 시장(9.6%)에 비해 빠른 속도로 확대될 전망¹⁹⁾ 함, 또한 세계 연평균 성장률인 9.8% 보다 높은 국내 연평균 시장 성장률(11.4%)을 예측하고 있음

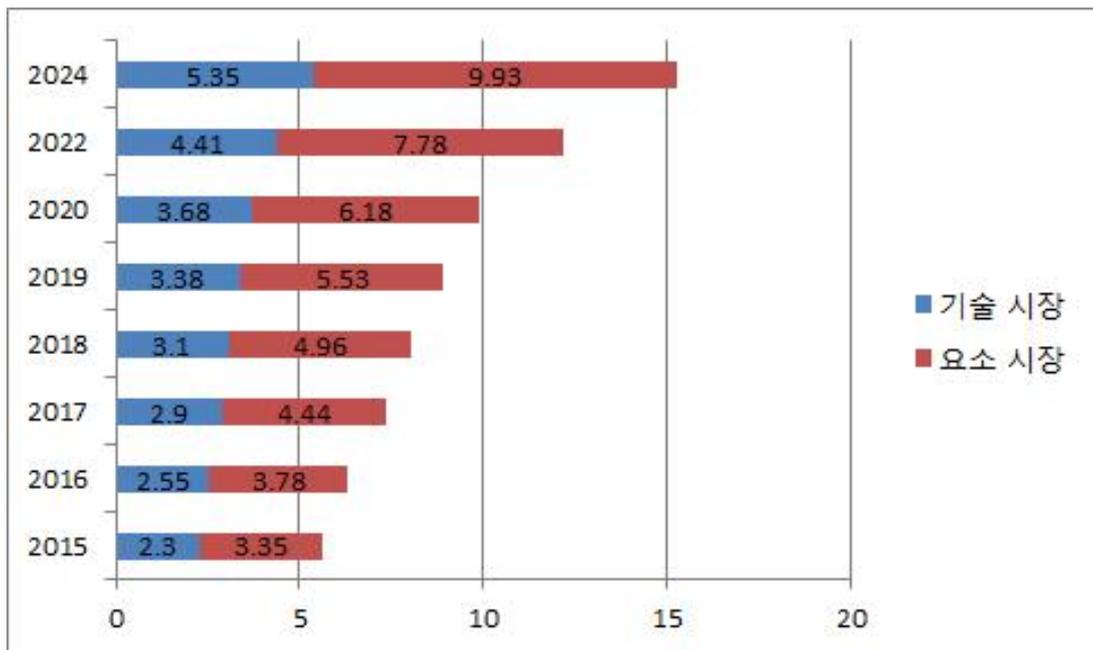
18) Markets&Markets (2019), "Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024"

19) Markets&Markets (2019), "South Korea Smart Factory Market"

- Market&Markets(2019)의 보고에 의하면, 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률은 다음과 같음

<표 14> 한국 스마트 제조 시장 예상 성장률 (단위: Billion USD, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR ('19-'24)
기술 시장	2.30	2.55	2.90	3.10	3.38	3.68	4.41	5.35	9.6
요소 시장	3.35	3.78	4.44	4.96	5.53	6.18	7.78	9.93	12.4
합계	5.65	6.33	7.34	8.06	8.91	9.86	12.19	15.28	11.4



(출처 : Markets&Markets, 2019, 발췌·인용)²⁰⁾

20) Markets&Markets (2019), "South Korea Smart Factory Market"

* 기술 시장 : MES, PAM, HMI, DCS, ERP, SCADA, PLM, PLC 등

* 요소 시장 : 산업용 3D프린팅, 산업용 로봇, 센서, 머신 비전 등

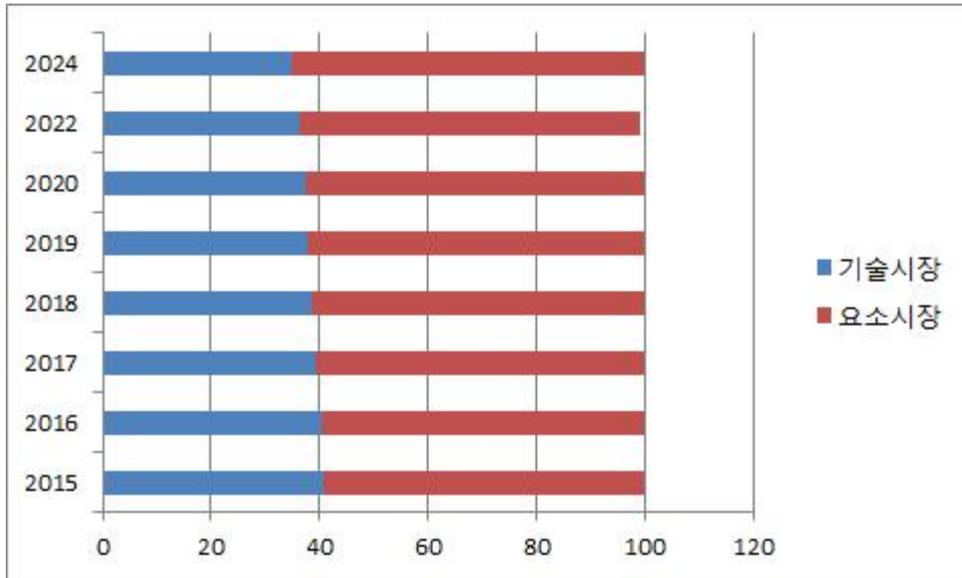
○ 세계 기술 및 요소 시장에서 2019년 기준 한국이 차지하는 비중은 5.10%, 6.33%로 요소 시장의 비중이 상대적으로 큰 편이며, 요소 시장의 높은 연평균 성장률에 힘입어 빠른 속도로 성장할 것으로 전망 (2019~2024년 기준)

<표 15> 세계 시장 대비 한국 스마트 제조 시장 비중 (단위: %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024
한국 기술 시장 비중 (세계 기술 시장 = 100)	4.54	4.73	5.03	5.02	5.10	5.17	5.35	5.57
한국 요소 시장 비중 (세계 요소 시장 = 100)	5.62	5.85	6.13	6.25	6.33	6.40	6.53	6.67
한국 시장 비중 (세계 시장 = 100)	5.12	5.34	5.64	5.71	5.80	5.88	6.05	6.24

(출처 : Markets&Markets, 2019, 발췌·인용)²¹⁾

21) Markets&Markets (2019), "South Korea Smart Factory Market"



(출처 : Markets&Markets, 2019, 발췌·인용)²²⁾

□ 국내 제조 엔지니어링 기술별 시장 규모 및 전망

○ 제조 엔지니어링 기술별 내용

- (DCS, Distributed Control System) DCS는 각각의 프로세스 제어는 물론, 전체 제조 시스템의 제어와 최적화를 가능케 하는 솔루션으로 DCS 시장은 구성요소를 기반으로 하드웨어, 소프트웨어 및 애프터 서비스로 분류되며 개개의 프로세스 디테일을 제어하는 통합 서브 시스템과 이를 감독하는 최고단(supervisory level)이 포함됨
- (MES, Manufacturing Execution System) MES는 제조의 시작

²²⁾ Markets&Markets (2019), "South Korea Smart Factory Market"

부터 최종 생산에 이르기 까지 효율적 생산활동을 위한 정보를 제공, 실행하는 기능을 수행하며, 자원할당, 상태정보, 작업/상세 계획, 생산단위의 분산, 데이터 수집, 공정, 품질, 유지보수 관리, 제품 추적, 성능 분석 등을 수행하는 제조실행 시스템임

- **(PAM: Privileged Access Management)** PAM은 IT 환경에서 사용자, 계정, 프로세스 및 시스템에 대한 높은 접근 권한 및 승인을 제어하기 위한 사이버 보안 전략 및 기술로 사용자, 계정, 응용 프로그램, 시스템, 장치(IoT 등) 및 컴퓨팅 프로세스에 대한 접근 권한 및 승인을 일상적이고 허락된 활동을 수행하는 데 필요한 최소 수준으로 제한하는 특권접근관리 솔루션임
- **(ERP, Enterprise Resource Planning)** ERP는 경영활동 프로세스를 통합적으로 연계하여 관리하는 전사적 관리 시스템으로 회계, 재무, 제조, 운영 등 조직의 일상 업무 활동을 관리하기 위해 사용하는 시스템 및 소프트웨어 패키지임
- **(PLC, Programmable Logic Controller)** PLC는 제조 현장의 다양한 센서와 액츄에이터에서 발생하는 데이터를 수집, 처리하며 이에 연결되어 실시간으로 통신하기 위한 입·출력, 독립된 전원 공급, 실시간 처리 능력을 탑재함
- **(SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition)** SCADA는 제조시스템의 작업을 시각화하고, 신뢰할 수 있는 정보를 제공

하여 제조 자동화 프로세스의 효과적인 감독을 수행하며, 데이터 수집 및 에너지 소비, 난방, 환기를 제어하고 모니터링하여 제조업에 적극적 적용이 가능함

- **(HMI, Human-Machine Interface)** HMI는 사용자와 기계사이의 인터페이스 역할을 수행하여 데이터의 시각화를 향상시키고 운영자가 제조 프로세스를 조정 및 제어할 수 있게 도와주는 핵심기술로, 복잡한 프로세스 변수를 실행가능하고 유용한 정보로 변환하는데 도움이 되는 하드웨어 및 소프트웨어로 구성됨
- **(PLM, Product Life-cycle Management)** PLM은 제품의 수명 주기 동안의 관련 정보를 통합된 환경에서 관리하고 내·외부 관계자에 제공하는 제품 수명주기 관리 시스템으로, 아이디어, 기획부터 폐기까지 제품 관련된 정보를 통합 관리하여 제품 개발에 소요되는 기간 및 비용을 절감, 품질 향상 등 제품 개발의 효율성 및 경쟁력을 제고 할 수 있음

○ 제조엔지니어링 기술별 시장 규모와 전망

- 'DCS'와 'MES' 분야가 1/3 이상을 차지하며 국내 시장을 주도 중 ('18년 34.2%)이나, 'PAM' 분야가 가장 급격한 증가세를 보이며 단일 기술로는 최대 시장으로 성장할 전망('24년 19.0%)

- DCS, MES, PAM 분야가 지속적으로 주류를 차지할 것으로 전망
 - (DCS) ('18년) 5.6억 달러(18.1%) → ('24년) 8.6억 달러(16.0%)
 - (MES) ('18년) 5.0억 달러(16.1%) → ('24년) 9.2억 달러(17.2%)
 - (PAM) ('18년) 4.9억 달러(15.8%) → ('24년) 10.2억 달러(19.0%)

- 반면, SCADA, ERP, PLC 분야는 전체 기술 시장의 성장세(9.6%, '19년-'24년 기준)에 못 미치는 추세(동일 기간 동안 각각 9.4%, 8.7%, 6.4%)로 인해, 국내 스마트 제조 기술별 시장에서 차지하는 비중이 '18년 39.0%에서 '24년에 36.0% 수준 까지 감소할 전망
 - (SCADA) ('18년) 3.9억 달러(12.6%) → ('24년) 6.6억 달러(12.3%)
 - (ERP) ('18년) 4.1억 달러(13.2%) → ('24년) 6.7억 달러(11.2%)
 - (PLC) ('18년) 4.1억 달러(13.2%) → ('24년) 6.0억 달러(12.5%)

<표 16> 한국 스마트 제조 기술별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)

기술 분야	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR (‘19-’24)
DCS	0.49	0.51	0.55	0.56	0.60	0.64	0.74	0.86	7.3
MES	0.31	0.37	0.44	0.50	0.55	0.60	0.74	0.92	10.8
PAM	0.34	0.38	0.45	0.49	0.55	0.62	0.79	1.02	13.1
ERP	0.30	0.34	0.39	0.41	0.44	0.48	0.56	0.67	8.7
PLC	0.35	0.37	0.39	0.41	0.44	0.46	0.52	0.60	6.4
SCADA	0.27	0.31	0.36	0.39	0.42	0.46	0.54	0.66	9.4
HMI	0.22	0.24	0.28	0.30	0.33	0.36	0.44	0.55	10.9
PLM	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	11.0
기술 시장 합계	2.30	2.55	2.90	3.10	3.38	3.68	4.41	5.35	9.6

(출처 : Markets&Markets, 2019, 발췌·인용)²³⁾

23) Markets&Markets (2019), “South Korea Smart Factory Market”

□ 국내 제조 엔지니어링 요소별 시장 규모 및 전망

- 제조 엔지니어링 요소 시장은 '산업용 로봇' 분야가 주류를 차지하는 가운데, '24년까지 약 12.4%의 성장세가 이어질 전망
 - 요소별 CAGR ('19~'24년, %) : 산업용 3D 프린팅 38.5 > 센서 11.6 > 산업용 로봇·머신 비전 각 11.0
- 산업용 로봇 시장은 26.9억 달러 규모('18년 기준)로, 국내 스마트 제조 요소 시장의 54.2%를 차지, '24년에는 49.8억 달러 규모까지 성장하며 국내 단일 요소 시장 중 최대 규모를 유지할 전망
- 산업용 3D 프린팅 시장은 국내 스마트 제조 요소 시장 중 가장 작은 비중(1.8%, '18년 기준)을 차지하는 상황이나, 2024년까지 요소 시장 중 가장 빠른 성장세를 보일 것으로 전망됨
 - 다른 요소 시장 대비 3배 이상의 연평균 성장률(38.5%, '19년-'24년 기준)을 기록하며, '24년에는 국내 요소 시장의 약 8.3% 수준까지 성장할 전망
- 산업용 3D 프린팅 시장의 폭발적인 성장세와 대조적으로, 센서와 머신 비전 시장은 국내 스마트 제조 요소 시장에서 차지하는 비중이 '18년 44.0%에서 '24년에 41.6% 수준 까지 감소할 전망

- (센서) ('18년) 13.7억 달러(27.6%) → ('24년) 26.3억 달러(26.5%)
- (머신 비전) ('18년) 8.1억 달러(16.4%) → ('24년) 15.0억 달러(15.1%)

<표 17> 한국 스마트 제조 요소별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)

요소 분야	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR ('19-'24)
산업용 로봇	1.83	2.08	2.40	2.69	2.96	3.27	4.01	4.98	11.0
센서	0.97	1.07	1.28	1.37	1.52	1.68	2.09	2.63	11.6
머신 비전	0.51	0.59	0.69	0.81	0.89	0.98	1.20	1.50	11.0
산업용 3D프린팅	0.03	0.04	0.07	0.09	0.16	0.25	0.48	0.82	38.5
요소 시장 합계	3.35	3.78	4.44	4.96	5.53	6.18	7.78	9.93	12.4

(출처 : Markets&Markets, 2019, 발췌·인용)²⁴⁾

□ 국내 제조 엔지니어링 분야별 시장 규모 및 전망

○ 제조 솔루션 분야의 시장 규모 및 전망

- '24년까지 연평균 성장률 10.8%을 기록하며 시장이 확대될 것으로

24) Markets&Markets (2019), "South Korea Smart Factory Market"

전망하며, 2018년 기준으로 가장 큰 비중을 차지하던 MES는 2024년 경 PAM, PLM 보다 낮은 비중을 차지할 것으로 전망, 즉, PAM 과 PLM의 시장 비중이 크게 확대될 전망이다

<표 18> 한국 스마트 제조 솔루션 시장 규모 및 세계 시장 대비 비중

(단위: 십억 달러, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR ('19-'24)	
제조 솔루션	ERP	0.30	0.34	0.39	0.41	0.44	0.48	0.56	0.67	8.7
	MES	0.31	0.37	0.44	0.5	0.55	0.6	0.74	0.92	10.8
	PLM	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	11.0
	PAM	0.34	0.38	0.45	0.49	0.55	0.62	0.79	1.02	13.1
	SCADA	0.27	0.31	0.36	0.39	0.42	0.46	0.54	0.66	9.4
	소계	1.25	1.44	1.68	1.83	2.01	2.21	2.69	3.35	10.8
	세계 대비 비중	5.73	5.99	6.35	6.29	6.27	6.26	6.27	6.40	-

(출처 : Markets&Markets(2019))

- PAM*(13.1%)과 PLM**(11.0%)은 분야 평균을 상회하는 성장률을 기록할 전망이나, 시장 성장세에도 불구하고 우리 기업의 기술 수준 및 시장 지배력 미흡으로 외산에 종속될 우려가 있음

* Markets&Markets(2019)에 따르면, 실제로 세계 PAM 시장은 ABB,

Emersion, Honeywell, Rockwell 등 4대 기업이 점유 하고 있음

** 기술수준조사(2018)에 따르면, 한국의 PLM은 아직 후발그룹 수준임

○ 장비·디바이스 분야의 시장 규모 및 전망

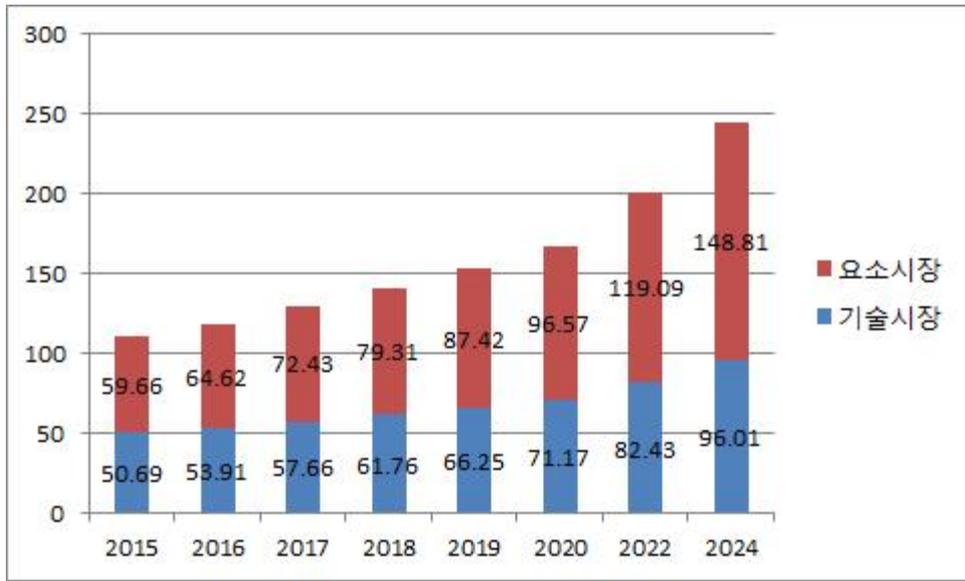
- 장비·디바이스 분야는 '24년까지 제조 솔루션 대비 빠른 속도의 시장 확대를 전망 ('24년까지 연평균 성장률 11.6%)
- 국내 장비·디바이스 시장은 로봇이 가장 큰 비중을 차지하고 스마트 센서, 머신 비전, DCS 순으로 2024년까지 지속될 전망
- 산업용 3D 프린팅은 국내 장비·디바이스 분야에서 평균 3.3배 급성장 하여 2024년 경에는 HMI와 PLC 시장의 규모를 상회할 전망

<표 19> 한국 스마트 제조 장비·디바이스 시장 규모
 및 세계 시장 대비 비중

(단위: 십억 달러, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR ('19-'24)	
장비· 디바이스	DCS	0.49	0.51	0.55	0.56	0.6	0.64	0.74	0.86	7.3
	HMI	0.22	0.24	0.28	0.3	0.33	0.36	0.44	0.55	10.9
	Industrial 3D Printing Machine Vision	0.03	0.04	0.07	0.09	0.16	0.25	0.48	0.82	38.5
	PLC	0.35	0.37	0.39	0.41	0.44	0.46	0.52	0.6	6.4
	Robots	1.83	2.08	2.4	2.69	2.96	3.27	4.01	4.98	11.0
	Smart Sensors	0.97	1.07	1.28	1.37	1.52	1.68	2.09	2.63	11.6
	소계	4.40	4.90	5.66	6.23	6.90	7.64	9.48	11.94	11.6
	세계 대비 비중	4.97	5.18	5.46	5.56	5.67	5.77	5.98	6.20	-

(출처 : Markets&Markets(2019))



(출처 : Markets&Markets, 2019)

- 2018년 기준 시장 규모는 약 1,410.8억 달러이며, 2024년경에는 1.7배 규모인 약 2448.2억 달러를 돌파하며 빠른 속도로 성장할 것으로 전망
- 분야별 연평균 성장률 (2019~2024, %) : 전체 9.8, 요소시장 11.2, 기술시장 7.7으로 이는 최근 5년간의 전년 대비 성장률보다 높으며, 시장의 크기는 과거에 비해 더 빠르게 성장할 것으로 전망함
- Markets&Markets(2019)에 따르면, 스마트 제조 시장은 크게
 - ① 기술 시장*과 ② 요소 시장**으로 구성되며 요소 시장이 국내와 마찬가지로 기술 시장보다 높은 비중을 차지하고, 추후로도 그 추세는 지속될 것으로 전망함

* MES, PAM, HMI, DCS, ERP, SCADA, PLM, PLC 등

** 산업용 3D프린팅, 산업용 로봇, 센서, 머신 비전 등

□ 해외 제조 엔지니어링 기술별 시장 규모 및 전망

○ ‘DCS’와 ‘PLC’ 기술 분야가 ‘19년 기준 약 45%을 차지하며 세계 시장을 주도 중이며, ‘MES’ 분야가 ‘24년까지 14.05%의 급격한 증가세를 보이며 단일 기술로는 최대 시장으로 성장할 전망이다

- DCS, PLC, MES 분야가 지속적으로 주류를 차지할 것으로 전망하는 한편, SCADA, ERP, PLM 분야는 전체 기술 시장의 성장세(7.7%, ‘19년-‘24년 기준)에 못 미치는 추세(동일 기간 동안 각각 6.1%, 6.4%, 4.2%)로 인해, 세계 스마트 제조 기술 시장에서 차지하는 비중이 ‘18년 21.7%에서 ‘24년에 20.2% 수준 까지 감소할 전망

<표 21> 세계 스마트 제조 기술별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)

기술 분야	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR ('19-'24)
DCS	13.99	14.25	14.75	15.33	15.99	16.74	18.49	20.56	5.16
PLC	11.73	12.24	12.77	13.30	13.81	14.30	15.21	16.03	3.02
MES	7.38	8.28	9.32	10.53	11.93	13.55	17.59	23.03	14.05
SCADA	4.16	4.55	4.98	5.39	5.81	6.23	7.03	7.80	6.07
PAM	3.81	4.20	4.65	5.15	5.72	6.36	7.91	9.91	11.63
ERP	5.84	6.33	6.80	7.30	7.82	8.37	9.49	10.66	6.38
HMI	3.14	3.39	3.68	4.02	4.39	4.81	5.81	7.07	9.99
PLM	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.89	0.96	4.19
기술 시장 합계	50.69	53.91	57.66	61.76	66.25	71.17	82.43	96.01	7.70

(출처 : Markets&Markets, 2019) ²⁶⁾

□ 해외 제조 엔지니어링 요소별 시장 규모 및 전망

- 국내 시장과 마찬가지로 세계 스마트 제조 요소 시장은 '산업용 로봇' 분야가 주류를 차지할 전망 ('24년까지 약 11.2%의 성장 전망)이며, 센서와 머신 비전 시장은 전체 요소 시장의 성장세에 못 미칠 것으로 전망함

26) Markets&Markets (2019), "Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024"

<표 22> 세계 스마트 제조 요소별 시장 규모 및 전망 (단위: Billion USD, %)

요소 분야	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR (‘19-‘24)
산업용 로봇	35.81	38.94	44.73	49.45	55.23	61.92	79.08	102.86	13.24
센서	16.78	17.67	18.64	19.68	20.77	21.89	24.22	26.63	5.09
머신 비전	6.45	7.18	7.96	8.77	9.59	10.42	12.05	13.53	7.12
산업용 3D프린팅	0.62	0.84	1.10	1.42	1.83	2.34	3.75	5.80	25.88
요소 시장 합계	59.66	64.62	72.43	79.31	87.42	96.57	119.09	148.81	11.22

(출처 : Markets&Markets, 2019) 27)

- 산업용 로봇 시장은 495억 달러 규모(‘18년 기준)로, 세계 스마트 제조 요소 시장의 62.4%를 차지, ‘24년에는 1,029억 달러 (69.1%) 규모까지 성장할 전망
- 센서와 머신 비전 시장은 전체 요소 시장의 성장세(11.2%, ‘19년-‘24년 기준)에 못 미치는 추세(동일 기간 동안 각각 5.1%, 7.1%)로 인해, 세계 스마트 제조 요소 시장에서 차지하는 비중이 ‘18년 35.9%에서 ‘24년 27.0% 수준 까지 감소할 전망
- 산업용 3D 프린팅 시장*은 세계 스마트 제조 요소 시장 중 가장 작은 비중(1.8%, ‘18년 기준)을 차지하는 상황이나, 2024년까지 개별 요소 중 가장 빠른 성장세를 보일 것으로 전망됨

27) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

- * 25.88%의 연평균 성장률('19년-'24년 기준)을 기록하며, '24년에는 세계 스마트제조 요소 시장의 약 3.9% 수준까지 성장할 전망

□ 해외 제조 엔지니어링 지역별 시장 규모 및 전망

- 세계 스마트 제조 시장은 2024년 경 2,449억 달러의 시장 규모로 성장할 것으로 전망하며, 미국과 중국이 각각 413억 달러, 470억 달러의 시장규모를 차지할 것으로 전망함
- 미국과 중국이 주도('18년 기준 각 17.7%, 16.9%)하고 있으며, 일본과 독일을 포함한 상위 4개국에 세계 시장의 절반 이상을 점유
 - 상위 5개국은 미국, 중국, 일본, 독일, 한국이며, 시장 점유율은 '18년 51.9%에서 '24년 59.5%까지 확대되며, 나머지 국가들과의 차이가 심화될 전망
 - 2020 년경에는 중국이 미국을 추월하여 전 세계 최대 시장으로 성장할 전망이며, 한국은 11.4%의 연평균 성장률('19~'24 기준)로 세계 5위의 시장을 유지할 것으로 전망
 - 특히, 중국을 비롯한 인도·한국·일본 등의 아시아 태평양 국가가 세계 시장의 연평균 성장률을 상회('19~'24 기준, 9.8%)하며 빠르게 확대될 것으로 예상됨 (Markets and Markets, 2019)²⁸⁾

28) Markets&Markets (2019), "Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024"

<표 23> 국가별 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률

(단위: Billion USD, %)

국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR (‘19-’24)
미국	20.49	21.57	23.15	24.98	27.04	29.32	34.67	41.30	8.83
중국	16.93	18.80	21.50	23.79	26.47	29.51	36.99	46.97	12.16
일본	11.11	12.19	13.66	14.85	16.22	17.77	21.49	26.34	10.18
독일	7.59	8.08	8.78	9.52	10.37	11.33	13.66	16.66	9.94
한국	5.65	6.32	7.33	8.06	8.90	9.86	12.19	15.28	11.41
캐나다	5.60	5.86	6.24	6.69	7.19	7.74	9.02	10.60	8.07
프랑스	4.81	5.01	5.34	5.74	6.21	6.74	8.00	9.62	9.14
인도	4.04	4.41	4.93	5.43	6.02	6.69	8.32	10.49	11.75
영국	4.30	4.47	4.63	4.94	5.30	5.69	6.64	7.83	8.13
멕시코	2.54	2.70	2.94	3.21	3.52	3.86	4.68	5.70	10.11
이탈리아	2.42	2.61	2.85	3.14	3.47	3.85	4.78	5.99	11.52
기타	24.88	26.51	28.74	30.72	32.96	35.39	41.08	48.04	7.83
합계	110.35	118.54	130.09	141.08	153.67	167.74	201.52	244.82	9.76

(출처 : Markets&Markets, 2019.)²⁹⁾

- 권역별로는 아시아태평양 지역이 2015년 이후 최대 시장이며, 2024년 경에는 북미와 유럽 시장을 합친 규모를 능가할 전망이다

29) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

<표 24> 권역별 스마트 제조 시장 규모 및 예상 성장률

(단위: Billion USD, %)

국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2024	CAGR (‘19-24)
북미 지역	28.63	30.14	32.33	34.88	37.76	40.92	48.37	57.59	8.81
유럽 지역	24.96	26.36	28.23	30.53	33.17	36.14	43.31	52.57	9.64
APAC	44.69	49.30	55.99	61.31	67.52	74.52	91.56	114.01	11.05
기타 지역	12.07	12.74	13.54	14.35	15.23	16.17	18.27	20.65	6.28
합계	110.35	118.54	130.09	141.08	153.67	167.74	201.52	244.82	9.76

(출처 : Markets&Markets, 2019) ³⁰⁾

□ 해외 제조 엔지니어링 기업 동향

○ 글로벌 스마트 제조 기업의 2017년도 매출 증가율 (revenue growth)

전년 대비 현저히 증가하는 경향을 보임 (Markets and Markets,

30) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

2019)³¹⁾

- “디지털화”에 대응하기 위한 스마트 제조 생태계 내의 파트너십이 활발하게 진행 중
 - 특히, 산업용 제어 및 공장 자동화 분야의 경우, 기업간 협업의 형태로 다양한 디지털 기술*과의 연계를 시도하며 시장이 성장하는 추세 (Markets and Markets, 2019)³²⁾
 - 인공지능, AR/VR, 상태 진단(Condition Monitoring), 산업용 사이버 보안, 빅데이터 분석, 산업용 사물인터넷(IIoT), 블록체인³³⁾
 - (산업용 제어 및 공장 자동화 시장 규모) \$1,483.4억('17)→\$2,694.5억('24)³⁴⁾
 - (자동화 솔루션 분야) 연속 공정 대비 이산 공정 분야의 자동화 솔루션 공급기업이 연속공정을 대상으로 하는 기업들 대비 디지털 친숙도(디지털화)가 높은 것으로 드러남³⁵⁾

31) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

32) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

33) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

34) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

35) Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

2. 국내·외 제조엔지니어링 설계기술 활용 사례

(1) 국내기업의 기술 활용 사례

○ 플랫폼 기반의 제조 지능화를 위한 Samsung Nexplant 개발

- 삼성SDS는 인텔리전트한 전 제조 현장 관리를 모토로 Samsung Nexplant를 개발하여 제조 지능화를 구현하고 있으며, 이에 인공지능 기반 분석 플랫폼인 브라이틱스(Brightics)*를 적용하여 고도화함³⁶⁾

* 방대한 제조 데이터를 신속하게 분석·시각화하여 솔루션을 제시하는 처방형 알고리즘의 AI 분석 플랫폼

- (기능 및 효과)

① 고장원인 분석시간 단축 및 검사 불량 분류 정확도 향상 등 머신러닝 기반으로 생산효율성 향상 및 품질 제고 효과

• 부품 계측 데이터와 제조 빅데이터를 분석, 머신러닝 기법으로 제품 불량을 미리 감지하여 고장원인 분석시간 90% 단축

• 수백만 장의 양품·불량품 이미지를 자동으로 분류하여 검사불량 분류 정확도 30% 향상

36) 머니투데이 (2019), “삼성 SDS, AI 기술로 제조 지능화 박차 - AI로 인텔리전트팩토리 구현... 업무 자동화 속도”, <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=>

② 빅데이터 분석 기반 설비 보전 시점 예측

- 빅데이터 분석을 제조 공정에 도입하여 설비 노후화 정도, 이상 빈도, 이상강도에 대한 데이터를 누적학습한 뒤, 이상 원인을 분석하고 설비 점검 시점 및 교체 시점 제안

③ 공정 제어 자동화

- 생산 공정을 전 자동화하여 생산 지원부터 통합 관리하고 원격으로 제어, 시장 수요 증감에 따른 제품 변경이나, 물량 조절을 공장 내 물류 설비 자동화의 생산 설비 및 공정을 자동화하여, 변경된 요구사항에 신속하게 대응가능

④ IoT-AI를 통한 자재 물류 제어

- 자재물류 설비의 필요 수량과 최적 위치를 스스로 선정하고, 이동 경로를 실시간 제조 상황이 반영된 최적의 경로로 설정하여 물류 효율 향상

<표 25> 삼성 SDS의 Nexplant 주요 라인업³⁷⁾

구분	주요 기능
Nexplant Analytics	·대용량 제조 빅데이터를 분석하여 제품 불량이나 설비 이상 패턴을 분류·원인 추적 프로세스 제공 * 맵 패턴 분석, 불량 원인 자동 분석, * 설비 건강 진단, 설비 이상 예측, * 센서 특이 패턴 탐색, 핵심 센서 자동 분류 기능 등 제공

37)삼성SDS (2020)

https://www.samsungsds.com/global/ko/solutions/off/np/Samsung_Nexplant.html

구분	주요 기능
Nexplant MES	<ul style="list-style-type: none"> ·업종 및 규모별 맞춤 분석을 통한 생산 공정 최적화 및 효율성 증대 * 생산 스케줄링 및 이를 기반으로 하는 작업대상설비 디스패칭 기능, * 생산 자원 관리 및 추적, * 물류 및 설비 제어 기능 등 제공
Nexplant SLM	<ul style="list-style-type: none"> ·인공지능과 클라우드 기반의 Data Driven Disign 방식으로 CAE를 자동화하여, 설계·검증해석·업무의 자동화 및 최적화 제공 * 통합 환경에서 엔지니어의 설계-검증 업무 가능 * 스트리밍 기반의 다수 사용자 동시 시각화 및 데이터 통합 지원 * 로그 자동수집 통한 설계-검증 진척상황 실시간 제공
Nexplant PLM	<ul style="list-style-type: none"> ·제품 수명주기 전체에 걸친 데이터의 수집·관리를 통해 단계별로 의미 있는 정보 제공 및 협업을 통한 제품 개발 효율의 극대화 가능 * 프로젝트 관리· 제품 데이터 관리 기능, * 애플리케이션 개발 관리 기능 제공 * 제품설계 및 엔지니어링, 개발협업 플랫폼 기능 제공
Nexplant Safety	<ul style="list-style-type: none"> ·업종별로 차별화된 기준 및 오감 유사 센서 기반의 영상 분석을 통한 작업자 설비 실시간 보호 및 실시간 경보 전송 * 기업 표준작업절차 근거한 영상분석 규칙 관리 가능 * 관심 대상에 대한 모형화가 가능한 객체 모델러 기능 등 제공
Nexplant Mobile	<ul style="list-style-type: none"> ·모바일 기반으로 실시간 제조 운영 데이터를 확인, 감지 알림 수신, 설비 관리 가능 * 모바일 MES 기능 제공, 아날로그 무전기와 스마트폰 간 통신 제공, * 다년간 영상/음성 통화 및 메시지 전송 등 통신 기능 제공 * 이상 징후를 실시간 감지하여 모바일로 알림 전송 * 다양한 디바이스에서 사용 가능한 보안 하이브리드 플랫폼 기능 * 올인원스캐너 기능 제공

구분	주요 기능
Nexplant EAM	·제조 자산에 IoT 기술을 적용, 실시간으로 자산 정보를 연계/분석하여 운영-정비-보수-폐기까지 자산 생애주기 전반에 걸친 최적화 가능 * 데이터 분석을 기반으로, 예방정비주기와 정비작업오더 등 자산 운영 정책을 자동 수립/실행 가능 * 부품조달 및 재고관리를 통합, 자동화하여 최적의 재고수준 유지 가능

(출처 : 삼성 SDS 홈페이지 발췌인용)

○ 제조 전 과정 표준화를 위한 LG CNS의 스마트 팩토리 플랫폼

‘Factova’

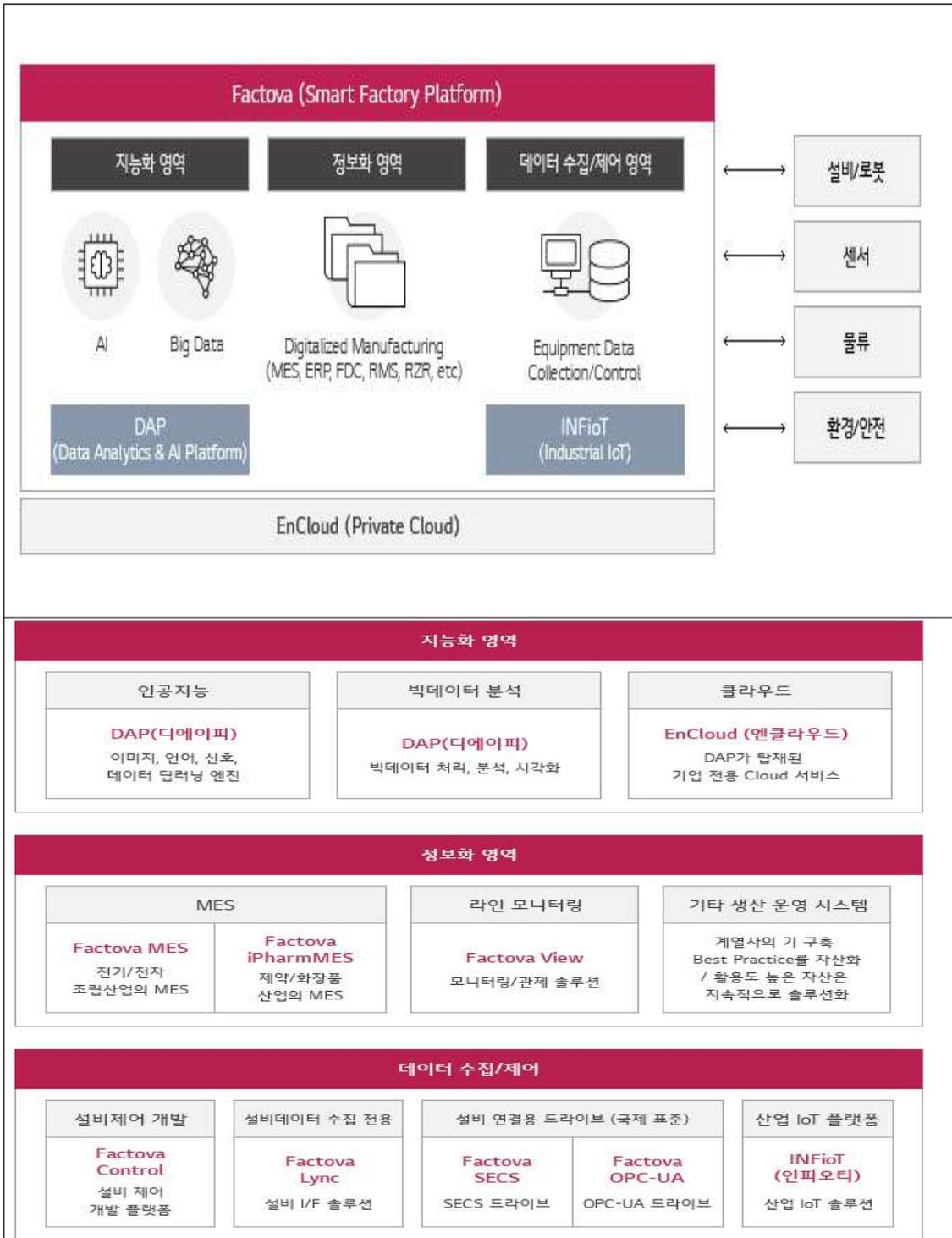
- 자사의 소프트웨어 플랫폼 기술과 LG 전자의 장비 및 공정설계 역량, LGU+의 통신 인프라를 결합하여 제조 숲 과정에서 표준화된 개발과 운영이 가능³⁸⁾하며 LG 전자의 북미 세탁기 공장 및 LG 디스플레이인 파주 OLED 공장, LG 화학 폴란드 전지 공장 등에서 활용되고 있음
- (기능 및 효과) 상품 기획 및 공정 설비 기간 단축, 품질검사 정확도 향상, 재고관리 최적화 및 물류비용 최소화 등 전 단계에서 지능화를 통해 생산 효율성 제고
 - (상품기획) 반년 이상 소요되던 상품기획 단계(시장조사, 제품 결정, 디자인, 시제품 제작)를 AI 빅데이터 기반 시장분석 및

38) 매일경제 (2018), “LG그룹, 신규공장에 AI기반 ‘팩토바’ 탑재”, <https://mk.co.kr/news/business/view/2018/04/213397/>

설계 자동화와 시뮬레이션을 통해 2~3개월로 단축 가능

- (생산) 수작업으로 수집되어 하루 이상 소요되던 제조 공정 설비 데이터를 IIoT 기반으로 실시간 수집. 기존에 사람이 수집하기 어렵던 진동 데이터 뿐 아니라 창고의 온·습도나 정전기, 악취 등 다양한 종류의 데이터도 센서로 자동화된 수집·분석·대응 가능
- (품질검사) AI 빅데이터 플랫폼인 `DAP`를 기반으로 비전검사를 적용, 정확도를 99.7%까지 향상 가능
- (물류) 실시간 위치추적 시스템과 IoT 기술로 배송 초 과정을 실시간으로 관리, 배송지연·누락 발생시 신속한 대응이 가능하고 제품 입출고 관리를 통한 재고관리 최적화 및 물류비용 최소화 가능

<그림 7> LG CNS의 'Factova' 개념 및 구성도³⁹⁾



(출처 : LG CNS 홈페이지 발췌인용)

39) LG CNS (2020), <http://www.lgcns.co.kr/LGCNS.GHP.Main/Solution/SmartFactory>

○ 다양한 생산 공정에 적용 가능한 두산로보틱스의 협동 로봇

- 6개 관절마다 내장된 토크센터 및 모션 컨트롤 알고리즘을 기반으로 자동화가 필요한 다양한 생산공정에 적용할 수 있으며, M0609, M1509, M1013, M0617의 협동로봇을 개발함
- 조립·설비보조작업·품질검사·에어블로잉·글루잉/본딩·폴리싱/디버링 패키징/팔레타이징·픽애플레이스 등의 분야에 적용 가능

<표 26> 두산 로보틱스의 주요 협동 로봇 라인업

M0609	M1509	M1013	M0617
가벼운 물체의 빠른 반복 작업에 최적화된 컴팩트 로봇	작업자 부담이 큰 중량물의 작업을 위한 고가반 중량 로봇	다양한 작업 공정에 적용 가능한 표준형 로봇	2개 이상의 작업 공장·원거리 작업에 적합한 long range 로봇
최대 하중 6kg, 최대 길이 900mm	최대 하중 15kg, 최대 길이 900mm	최대 하중 10kg, 최대 길이 1,300mm	최대 하중 6kg, 최대 길이 1,700mm

(출처 : 두산로보틱스 홈페이지 발췌 인용)

- (기능) 협동 로봇은 제조의 전 과정에서 적용이 가능하며, 주요 기능은 다음과 같이 정리될 수 있음

<표 27> 두산 로보틱스의 협동 로봇 주요 기능⁴⁰⁾

구분	주요 기능
조립	·자동차, 전자, 일반기기 등 주요 제조업 완제품 생산라인에 적용 가능 * 정밀 조립, 나사 조립, 기어 조립 등
설비보조작업	·주요 제조업 부품 생산라인에 적용 가능 * 공작기계 외에도 프레스장비, 사출기 등 다양한 자동화 설비를 보조
품질검사	·자동차, 전자, 일반기기, 식품, 의약, 화장품 등 제조 검사에 적용 가능 * 자체 개발 모듈과 결합된 카메라 시스템 기반 비전 검사 * 작업자의 손 감각을 모사한 고노 게이지 검사, 자동무게감지 기능을 활용한 불량품 검출 가능
에어 블로잉	·완제품이나 가공품의 외관 세척에 적용 가능 * 나선형 분사, 다각도 복합 분사까지 구현
글루잉/본딩	·조립라인의 마감제나 접착제 도포 작업에 적용 가능 * 정확한 도포를 위한 자동 측정 및 기능, 고급 모션 블렌딩을 지원 * 니켈페이스 도포, 도어 접합부 글루잉 등 구현
폴리싱/디버링	·완제품이나 가공품의 외관 후가공 작업에 적용 가능 * 작업자 손 감각을 모사하여 대상물 외관의 파손이나 불균형 없이 일관된 품질의 완벽한 후공정 구현
패키징/팔레타이징	·완제품의 운송박스 배치, 지정장소 정렬 작업에 적용 가능 * 다양한 적재 방식, 패키징, 팔레타이징 기능을 제공
픽앤플레이스	·제품이나 부품의 위치 이동에 적용 가능 * 직관적 사용성, 로봇 작업 티칭을 통해 쉽게 적용 가능

(출처 : 두산로보틱스 홈페이지 발췌 인용)

40) 두산 로보틱스 (2019), <https://www.doosanrobotics.com/ko/Applications/Applications> (최종접속일 2020.05.01.)

○ 한컴MDS의 산업용 IoT 플랫폼 ThingSPIN

- 제조 빅데이터를 활용한 설비의 예지정비 모니터링 시스템으로 공장 내 설비의 사전 이상 진단 및 수명 예측을 통해 최적의 설비 상태를 유지토록하며 자사의 산업용 IoT 플랫폼(ThingSPIN)과 atvise 社の SCADA 솔루션, FLIR 社の 열적외성 카메라 등을 활용함
- (기능) 연결성 지원, 시각화 지원, 실시간 지원, 양방향 원격지원 등 데이터의 실시간 수집, 저장, 가시화를 구현함

<표 28> 산업용 IoT 플랫폼 ThingSPIN 의 기능

구분	사업 내용
산업용 IoT 플랫폼 (ThingSPIN)	·데이터의 실시간 수집·저장·가시화를 구현하는 산업용 IoT 플랫폼 * (연결성 지원) 국제 표준 통신 프로토콜(OPC UA) 지원 * (시각화 지원) 시계열 데이터 가시화 지원(차트, 그래프, 표 등) * (실시간 지원) 실시간 데이터 모니터링 및 실시간 이벤트 저장 * (양방향원격 지원) 기기를 양방향으로 원격에서 제어 가능 * (데이터 호환 지원) 다양한 데이터 출처·유형 및 DB 연동 가능 * (플랫폼 연동 지원) 빅데이터·머신러닝 등 다양한 플랫폼 연동 가능

(출처 : 한컴MDS 홈페이지 및 보도자료 등 발췌인용)

- (활용사례) 설비 모니터링, 예지 정비, 에너지 관리 등에 활용 가능하며, 실제 세계적 석유가스기업인 Halliburton 社에 원격 해양 시추 제어시스템을 구축하여 해양 시추 작업정확도 향상, 압력확인 통한 펌프 변형, 누출의 파악/감시, 의도하지 않은 가스, 석유 분출 예방 등을 가능하게 함

(2) 해외 제조 엔지니어링 설계 기술 활용 사례

○ 지멘스의 디지털 엔터프라이즈(Digital Enterprise)

- 물리적 가치 사슬전체의 완전한 디지털 표현으로, 고객이 개발 및 생산하는 데이터를 총체적으로 통합할 수 있도록 포괄적 하드웨어와 소프트웨어 포트폴리오 제공⁴¹⁾
- (Process industries 활용) 플랜트 전체의 라이프 사이클을 다루어 공장이 실제 운영되기 전 시뮬레이션, 테스트, 최적화를 반복하여 공장 에너지 효율 최대화와 운영 안정화를 보장
 - 디지털 트윈은 실제 시스템의 가상화 (virtual representation) 를 의미. EWA 공장에 적용하여 가동 중인 현재 상태를 실시간으로 파악하고, 서비스 및 유지 보수 활동 계획 등에 활용
- (Discrete industries 활용) 개별산업 분야의 산업용 소프트웨어 및 자동화 통합 포트폴리오 제공. 제품 제조업체와 기계 및 라인 설계자는 공급 업체를 포함하여 전체 가치 사슬 통합 및 디지털화 가능⁴²⁾
 - ‘마인드 스피어 (MindSphere)’는 지멘스의 클라우드 기반

41) SIEMENS(2020),
<https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise.html>

42) SIEMENS(2020),
<https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise.html>

개방형 IoT 플랫폼으로 IoT에서 생성된 풍부한 데이터를 효과적으로 활용 가능⁴³⁾

- EWA 스마트 공장(Electronics Works Amberg factory)*은 마인드 스피어에 디지털 트윈을 접목하여 ‘불량률 제로’에 도전하고 있고, 데이터를 바탕으로 전체 공정의 75%가 자동화로 진행 중⁴⁴⁾

* (EWA 공장 (Electronics Works Amberg factory)) 가장

성공적인 스마트 공장으로 평가받고 있으며, 독일 남부 암베르크 (Amberg)에 위치하여 ‘인더스트리 4.0’의 표준모델이 되는 지멘스의 대표적인 스마트 공장⁴⁵⁾

- 파워엔지니어링, 산업용 제어 시스템, 시스템 솔루션 등을 생산하며 하루 기준 수집되는 5,000만 건의 정보를 통해 제조 공정마다 자동으로 실시간 작업 지시를 내리며 이로 인해 작업 및 공정 최적화 가능

* EWA 공장의 스마트화를 통한 효과

- ① 주문 후 제품의 99.7%를 24시간 내 출하 가능
- ② 급한 설계 변경에도 유연하게 대처 가능
- ③ 제품의 불량률이 0.0001%(10만 개 제품 생산 시 1개) 수준으로 급감
- ④ 공정의 75% 자동화 실현
- ⑤ 직원들의 근무 시간 주 35시간이지만, 생산성 최고 유지

43) SIEMENS(2019), <https://new.siemens.com/global/en/products/software/mindsphere.html>

44) 전자부품연구원(2018), “4차 산업혁명 대응을 위한 디지털 제조혁신 정책 연구”, P58

45) KB금융지주 경영연구소(2017), “국가별 스마트 팩토리 진행 현황과 전망”, P4-5

⑥ 기존 공장 대비 약 30%의 에너지 절감 효과

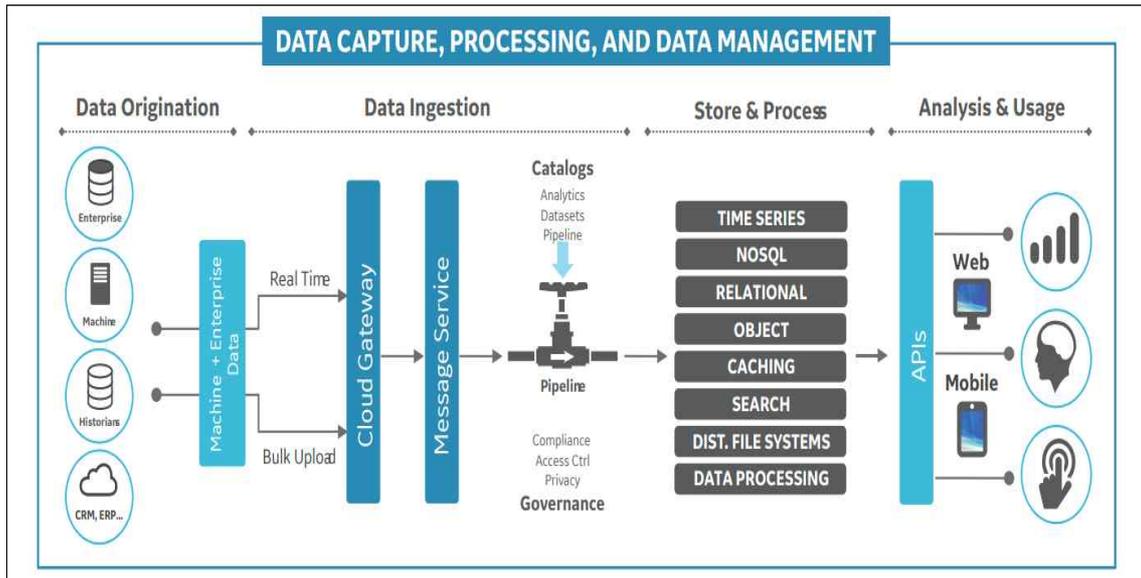
○ 미국 General Electric의 GE 프레딕스 (Predix)

- GE가 '11년부터 10억 달러를 투자하여 개발한 산업 IoT어플리케이션 플랫폼으로 모든 기계를 지능화하는 데 필요한 소프트웨어*와 관련 서비스를 통해 산업 인프라 및 운영 전반에 혁신**을 유발⁴⁶⁾ 하였으며, Edge-to-Cloud 플랫폼, 디지털 트윈, SaaS 어플리케이션 등의 기술 제공⁴⁷⁾
- (활용사례) 항공기 엔진에 센서 부착 → 데이터 수집 → 프레딕스를 통한 최적 운영 방법 도출(정비, 보수의 최적 시기를 예측하여 알려주거나 연료비를 절감할 수 있는 최적의 방법을 제시하는 등) → 추가 수익 창출(연료 절감, 고장 예방 등)

46) GE Digital(2019), <https://www.predix.io/>

47) General Electrics (2019), "PREDIX, The Industrial IoT Application Platform", https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Predix-The-Industrial-Internet-Platform-Brief.pdf

<그림 8> GE 프레딕스 운영 구조도⁴⁸⁾



(출처 : GE Digital(2020) 발췌·인용)

- (GE Power 적용사례) 수작업으로 계산하여 절단되었던 변전소 부품 알루미늄 파이프를 프레딕스를 활용하여 절단 패턴을 시뮬레이션 하여 파이프 절단에 적용. 기존에는 수 시간이 소요되던 절단 계산업이 불과 몇 초로 단축되었으며, 낭비되는 파이프도 10%에서 4% 대폭 줄어, 연간 20만 불의 비용 절감⁴⁹⁾
- (Toray Plastics 적용사례) 과자 등 음식용 봉지 제조업체로, 프레딕스를 기반으로 생산설비와 클라우드를 연결. 생산라인부터 매니지먼트에 이르기까지 통합하여 조율이 가능해지고, 불량 원인 파악에 소요되는 시간을 줄여 불량을 감소. 생산시간 단축 등의 효과를

48) General Electrics (2019).

https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Predix-The-Industrial-Internet-Platform-Brief.pdf

49) 대한무역투자진흥공사 (2018), “미국 스마트 제조기술 기업의 행보”, <http://news.kotra.or.kr/>

연음⁵⁰⁾

-(GE Power 적용사례) 애틀랜타 소재 GE 파워 감시.진단(Monitoring & Diagnostics, M&D)센터에서는 세계 60여개국 900곳의 발전소에 설치된 가스터빈.발전기 등의 설비 가동 상황을 실시간으로 모니터링 함. ‘프레딕스’알고리즘은 특정 설비의 디지털 트윈과 직접 수집된 데이터를 조합하여 진동, 압력, 온도 및 그 외 인자에 관한 정보를 활용해 앞으로 일어날 일들을 예측하고, 유지보수에 가장 적합한 시기나 발전소에 맞는 가장 적절한 가동 방법을 조언함⁵¹⁾

50) 대한무역투자진흥공사 (2018), “미국 스마트 제조기술 기업의 행보”, <http://news.kotra.or.kr/>

51) GE코리아 (2018), “100만개의 센서와 2,000억 데이터 포인트 - 디지털로 발전소 운영을 최적화하다”
<https://www.gereports.kr/mission-critical-ges-new-digital-center-atlanta-using-data-power-plants-spot-trouble-save-money/>

○ 스위스의 ABB ability

- 디바이스에서 엣지·클라우드까지 연결하는 ABB의 통합·표준 디지털 제품⁵²⁾ 으로 ABB의 전문지식과 네트워크 연결성, 최신 디지털 기술 혁신이 결합된 솔루션과 플랫폼⁵³⁾
 - (활용사례) 하이델베르크 공장은 90년 이상 차단기를 생산해 온 ABB의 대표공장으로 최근 ABB Ability를 적용하여 미래형 스마트 化를 추진 중⁵⁴⁾이며, 3% 생산성 증대, 유연한 운영, 변형제품 생산 3배 상승, 정확한 납기일정, 고품질 제품 생산 등의 효과를 기대함
- * 1) 전체 생산라인에 설치된 센서로 데이터를 수집 및 분석
- 2) IoT 기술이 적용된 7개의 로봇이 다양한 복합 기능을 수행
- 3) MES 적용
- 4) 고유 QR코드로 생산, 설치 이력 추적 등

52) ABB(2019), <https://new.abb.com/abb-ability/>

53) 에너지데일리(2018), “[탐방] ABB ‘ability’ - 그 두 번째 이야기”, <http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=85513>

54) 에너지데일리(2018), “[기획] ABB - 스마트 공장 솔루션, 어디까지 왔나”, <http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=93007>

○ 미국 로크웰 오토메이션의 커넥티드 엔터프라이즈

- IT와 OT의 융합을 통해 효율적 자동화 시스템을 구현하는 스마트 공장 비전 및 종합 솔루션⁵⁵⁾
- (활용효과) 네트워크를 통합하여 공통의 생산 플랫폼을 구축하고, 데이터 액세스를 실현하여 실질적인 사업 실적* 획득

- ※ ① 연간 4~5% 생산성 향상 ② 폐기물 감소로 수십만 달러의 비용 절감
- ③ 공장 가동 시점을 몇 개월에서 몇 주로 앞당기는 등 출시 기간 단축
- ④ 품질 향상을 통해 결함 절반으로 감소 ⑤ 정시 납품을 82%에서 98%로 향상

55) Rockwell Automation(2019),
https://www.rockwellautomation.com/ko_KR/capabilities/connected-enterprise/overview.page?

3. 제조 산업별 기술 적용 현황

□ 제조 엔지니어링 기술은 다양한 산업에서 적용되고 있으나, 특히, 전기, 전자, 자동차, 헬스케어, 플랜트 분야 등에서 많이 활용되고 있음. 각 산업별 적용 현황은 다음과 같음

□ 전기 전자 분야

○ 동양피스톤의 스마트 공장

- IoT·CPS를 이용한 가상공간과 실제 생산공정의 디지털 동기화 (대표-데모공장간 Digital Sync.)를 통해 ‘현장자동화’부터 ‘공장운영’까지 일체화된 고도화 스마트공장을 구현⁵⁶⁾하였으며, 이를 통해 생산성 15% 향상, 불량률 64%감소, 자동화율 10% 상승, 매출액 5.9% 상승

○ 포스코의 빅데이터/AI 기반의 포스프레임

- 포스코는 자체 개발한 빅데이터/AI 플랫폼인 ‘포스프레임’을 활용하여 생산 데이터 수집 및 작업자 의사결정 지원, 설비 이상징후 사전 감지, 품질 결함요인 분석, 현장 위험요소의 모니터링 등 생산 전반에 활용 중

56) 한국산업기술평가관리원(2018), “KEIT PD 이슈리포트”, VOL 18-12,

이며, 연속공정 공장 생산 전반에 빅데이터/AI 플랫폼 기술을 적용하여 생산성 향상 및 작업자 안전을 확보⁵⁷⁾

○ 산업용 3D 프린팅을 활용한 GE

- 디지털 기반의 유연 생산과 복잡한 형상의 효율적 구현이 가능한 스마트 제조 핵심 요소⁵⁸⁾로 의료부터 건축까지 다양하게 활용 중이며, 복잡한 공정라인을 줄여 초기 투자 비용 절감을 가능하게 하고, 대량맞춤형 제조가 가능함
- 3D 프린팅 기술은 제조업 분야의 시제품 개발단계에 주로 사용되며, 다품종 소량생산과 개인 맞춤형 제작에 용이함
- GE는 LEAP 제트 엔진용 노즐을 금속 3D 프린팅 기술로 3만개 이상 인쇄하였고, 이를 통해 30% 비용 절감, 25% 경량화, 95% 재고 절감, 5배 내구성 강화 등의 효과를 볼 수 있었음
- 또한 GE의 터보프롭(Turbo-Prop)엔진의 경우, 3D 프린팅 기술로 부품일체화를 이루어 공급 사슬(supply chain)에 큰 영향을 줄 수 있고, 5%의 경량화, 12개월에서 6개월로 연소 테스트 일정 단축, 885개에서 12개로 부품 개수 절감의 효과가 있었음

57) KDI (2017) 「지금은 4차 산업혁명 시대」, KDI 경제정보센터, 세종

58) 신성장동력산업정보기술연구회 (2019), 「국내외 스마트 공장(Smart Factory) 시장동향과 비즈니스 전략」, (주)산업경제리서치, 남양주, P248~293

<그림 9> GE의 3D 프린팅 기술을 이용해 제작된 LEAP 엔진용 노즐⁵⁹⁾



(출처 : GE 항공 홈페이지(2018))

□ 자동차 분야

○ 머신비전 기반의 품질 제고

- 머신비전은 단순한 외관 검사를 넘어 빅데이터 및 딥러닝을 활용한 품질관리 표준을 확립하는 핵심기술로 성장 중이며, 자동차 제조에 있어서 안전장치의 엄격한 품질 검사 및 작업자 오류 확인의 기능을 수행할 수 있음
- 관련 기술로는 3D 비전이 있는데 이는 정확한 비전 이미지 제공, 이미지 가공 및 분석을 위한 것이며, 코그넥스(Cognex)의 3D 변위 센서는 3차원 검사 기능을 제공하고 3D 센서와 2D 카메라를 결합하여 제품 품질을 최적화함

59) GE Aviation(2018), “ New manufacturing milestone 30,000 additive fuel nozzles”

○ 증강현실을 활용한 BMW의 마케팅 전략

- 독일의 고급 자동차 제조사인 BMW는, 자사의 자동차 판매를 촉진시키기 위한 전략으로 구글의 증강현실 기술 ‘탱고(Tango)’를 활용
- 구글 탱고는 스마트폰에 탑재된 센서와 카메라를 이용해 디지털 이미지를 실제 공간에 입히는 기술로 소비자들이 BMW 자동차 판매장을 방문하지 않고도 원하는 곳에서 스마트폰으로 BMW의 자동차 내부를 증강현실로 구경하고 구입할 수 있도록 기반 마련

□ 헬스케어 분야

○ GE헬스케어 재팬공장

- 산업인터넷과 카이젠(Kaizen, 일본의 지속적 개선 개념. 공정에서 낭비를 제거하는 린 방식을 주축으로 한 생산기법으로 도요타가 개척한 방법론)이 결합한 공장. 맞춤형 키트 카트, 생산과정 문제를 메시지로 전달해주는 ‘eAndon’, 오류를 방지하는 ‘EPI(Enterprise Pulse Insight)’, 작업자의 움직임을 추적하여 장비 레이아웃의 최적화를 도와주는 ‘무선 비콘 (Wireless Beacon)’등 운영 중⁶⁰⁾이며, 생산품의 리드타임 65% 감소 효과

60) General Electrics (2017), “생각하는 공장(Brilliant Factory)”은 실제 어떤 모습일까?
<https://www.gereports.kr/leaner-lean-digitalization-transforms-manufacturing/>

<그림 10> GE헬스케어 재팬공자의 비콘과 eAndon



(출처 : GE Digital(2019) 발췌·인용)

○ 증강현실을 활용한 GE 헬스케어

- 스카이라이트(Skylight) 플랫폼 기반 스마트 글라스를 생산, 조립, 수리, 유지관리, 물류관리 등 다양한 분야에 적용 중이며, 예컨대 MRI 기계 부품을 제조하는 미국 사우스캐롤라이나주 플로렌스 소재 GE헬스케어 공장에서는 작업자들이 착용하고 있는 스마트 글라스를 통해 신규 작업지시를 내려받고, 또한 스카이라이트가 작업자가 가야 할 저장소와 보관함으로 안내하여 필요한 물품을 차례대로 준비할 수 있도록 함. GE헬스케어는 스카이라이트를 도입한 이후 지시 작업 완료율이 46% 개선됨

○ 머신 비전 기반의 의료제품 품질 제고

- 머신 비전이란 컴퓨터 비전이라고도 하며, 전자·공학·기계·소프트웨어를 사용하여 자연물체를 보고 검사할 수 있는 컴퓨터 기능을 의미⁶¹⁾하며, 강도(희미한 빛에서 물체를 감지하는 기계의 능력)와 해상도(객체를 구별하는 기계의 범위)가 중요한 변수임
- 머신 비전 기본 구성 요소
 - ①카메라 : 이미지 센서와 렌즈가 포함된 이미지 장치
 - ②프레임 그래버 : 비디오 이미지 및 오디오를 잡거나 캡처하는 전자 장비
 - ③광학 및 LED 조명 : 밝기 또는 조명을 높임
 - ④프로세서 및 소프트웨어 : 이미지 처리
- 제약 및 의료기기 분야에서는 제품 개수, 알약과 병, 키트의 구성 요소, 약병의 위조 방지 싹 등을 검사하여 의료제품 포장의 무결점 확인이 가능함

61) Markets&Markets (2019), "Industrial control and factory automation market - global forecast to 2024", P69-74

□ 플랜트 및 에너지 관리 분야

○ 에너지 사물 인터넷과 증강현실을 접목한 스마트 변전소

- 한국전력공사와 전자부품연구원(KETI)이 에너지 사물인터넷(IoT)와 증강현실/가상현실을 접목하여 공동으로 스마트변전소를 개발함으로써 작업자가 현장과 동일하게 느낄 수 있는 정밀한 3차원 가상환경을 구현함. 이를 통해 전력설비 점검 및 유지보수 업무 효율성을 향상시키고 사고로부터 작업자의 안전을 강화
- 가상현실은 발전소를 그대로 스캔해 실제와 같은 가상환경을 제공하고 작업 가이드를 통해 교육훈련을 하는데 사용되고, 증강현실은 작업자가 마이크로소프트 홀로렌즈를 착용하고 실제 발전설비 위에 표시되는 가상의 정보를 통해 설비 운영 효율 관리 및 설비 점검이 가능하도록 사용됨

○ SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 기반 LS 산전 원방감시 제어 시스템

- SCADA는 제조 시스템의 작업을 시각화하고, 신뢰할 수 있는 정보를 제공하여 제조 자동화 프로세스의 효과적인 감독 수행하는 기술로서 원격 단말장치를 통해 상태 정보를 수집하고, 중앙 제어

시스템을 통해 감시 제어를 수행하는 자동화 시스템으로 에너지 소비, 난방 환기를 제어하고 모니터링하여 제조업에 적극적 적용이 가능함

- LS산전은 기본적인 SCADA 기능에 전력품질감시·예방진단 기능을 추가하여 원방감시제어시스템을 개발하고 이를 통해 혁신적인 전력 통합 관리 기능을 구현하였고 기능은 다음과 같음

- (a) 원방 감시/제어 (Demand·역률 제어, 차단기 등 정보 수집)
- (b) 전력품질 분석 (전력품질 요소 실시간 감시, 문제 시 데이터 기록)
- (c) 예방진단 분석 (항목 실시간 감시, 정밀 진단 기능)
- (d) DB관리 (DB생성 및 변경, 이력 관리)

○ 프랑스 슈나이더 일렉트릭 (Schneider Electric) 의 에코스트럭처 (EcoStruxure)

- AI·IoT 기반의 에너지 관리 및 공정 최적화 기술 플랫폼⁶²⁾으로 에너지 효율성·안전성·신뢰성·생산성 향상에 도움을 주며, 빌딩·데이터 센터·산업·인프라 등 4개 분야로 나뉘어 적용
- (활용사례 1) 세계적인 호주의 철광석 광산인 로이힐은 수요사슬 및 일정 계획, 재고 추적 및 품질관리 등을 위한 솔루션을 적용하여 ,원격 관리 시스템 구축 및 생산 효율성 향상 등의 효과

62) 전자신문(2018), “IoT기반 스마트한 에너지관리 기술 ‘에코스트럭처’가 뜬다”, <http://www.etnews.com/9>

를 검증함

- (활용사례 2) 중국건축재료그룹 유한회사는 에코스트럭처 플랜트를 통해 에너지 관리 시스템과 장치 관리 솔루션을 적용하여, 에너지 효율 및 운영 비용 절감 효과를 검증

IV. 결론

1. 개발 동향 및 향후 지역 제조 산업 적용 방향 제시

(1) 국내 제조 산업 현황

- 국내 제조업 분야에서 제조 및 제품 패러다임의 변화로 인해 기술 경쟁력 강화, 설계, 디자인 등 소프트파워의 중요성 부각, 소비자의 소비 트렌드 변화 등 기존의 제조업의 환경은 스마트 제조로 빠르게 변화하고 있으며 이에 따라 국내 제조업은 이에 대한 준비가 필요함

- 현재 국내의 제조업은 스마트 제조 분야에서 초기단계에 머물러 있으며, 원인으로서는 초기단계 투자의 어려움, 전문적 인력의 부족, 수요와 공급 기업 간 매칭의 어려움, 기술력 부족 등이 있음

- 대구지역은 전통적으로 섬유산업이 주력산업이었으나, 점차 자동차 및 기계부품 산업이 강세를 보이고 있으며, 스마트 제조 기반의 의료, 지능형 자동차 및 로봇, 신재생에너지 산업 등이 고 부가가치 창출의 신 성장 동력 산업으로 부각되고 있으므로 이에 따라 스마트 제조를 위한 기반 마련이 필요한 시점임

□ 대구 지역의 스마트 제조 기반의 제조 산업의 활성화를 위해 현장에서 필요한 전문 인력의 양성, 기술 경쟁력 강화, 네트워크 기반의 실증 강화, 인프라 공동 투자 등의 지원 등을 제시하며 이를 통해 부가가치를 창출할 수 있는 신 성장 동력 기반을 마련, 대구지역의 지역경제 활성화 및 제조 산업의 부흥을 기대함

(2) 지역 제조 산업 적용 방향 제시

□ 대구 지역 제조 산업의 스마트 제조 기반 마련 및 발전을 위해, 기술 경쟁력 강화, 전문 인력 양성, 네트워크 기반의 지원(실증 강화, 인프라 공동투자 등)을 발전 방향으로 제시하며, 이에 대한 내용은 다음과 같음

□ 전문 인력 양성

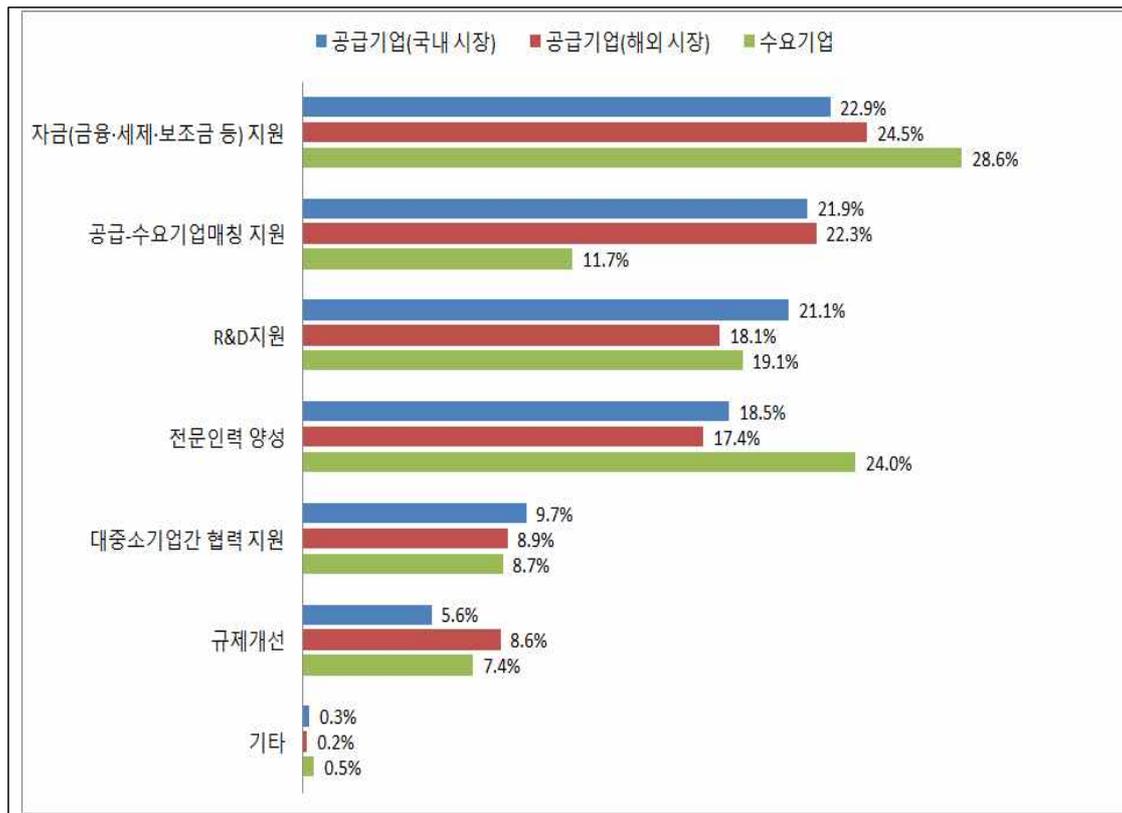
○ 대구 지역의 제조업계는 제품의 융합화, 스마트화에 따라 다양한 어려움을 겪고 있으나, 그 중 공통된 의견은 전문 인력 확보의 어려움이며, 그에 따라 외주 용역비가 과다하고 고객의 요구에 신속하게 대응하기 어려움

○ 스마트 제조 산업 활성화를 위한 지원 필요 분야를 살펴보면, 수요 기업 관점에서 전문 인력 양성 부분이 정부의 자금 지원 다음으로 많음⁶³⁾

* 스마트 제조 산업 생태계 조사는 2019년 3월 국내 제조 산업에 있는 400여개의 수요/공급 기업이 참여, 국내 스마트 제조의 기술, 정책 측면에서의 의견을 묻는 설문조사로서 추후 스마트 제조에 대한 방향성을 설립하기 위함임

63) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

<그림 11> 국내 공급기업 스마트 제조 산업 활성화 국내외 정책 지원 비교⁶⁴⁾



- 스마트 제조 산업 활성화를 위한 인력양성 필요 분야는 수요/공급기업 모두 ① 디지털 융합형 인력 ② 현장 중심 디지털 전환 전문 인력이 높게 나타났음

64) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

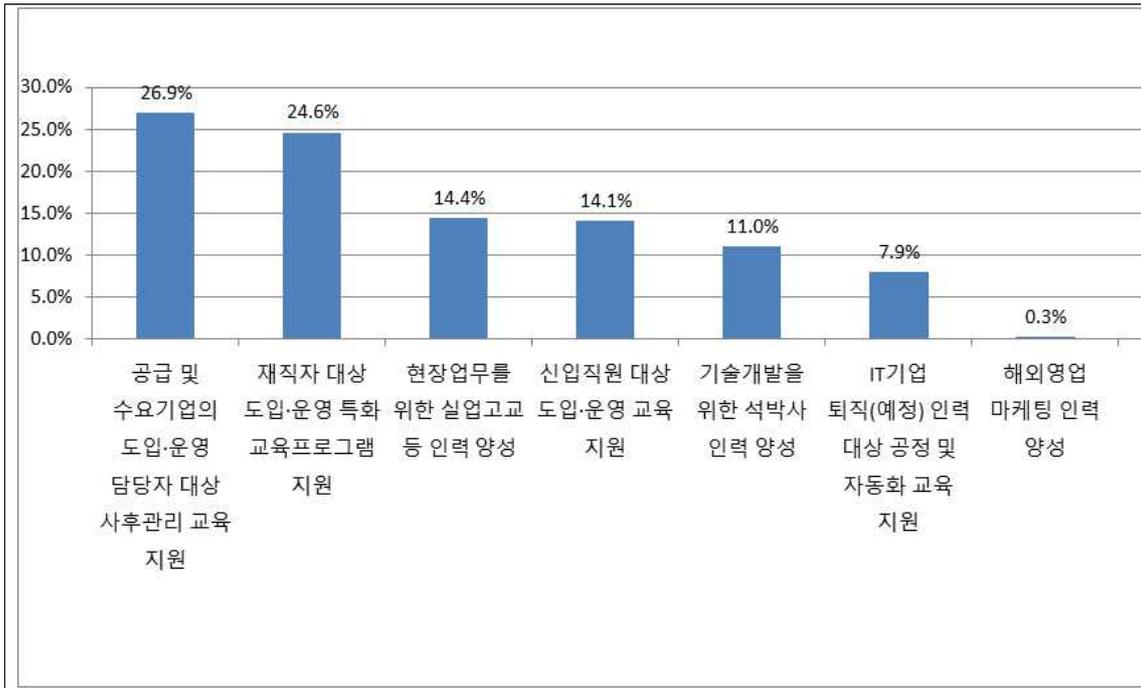
<표 29> 공급수요기업 간 스마트 제조 산업 활성화 위한 인력 양성 필요 분야

구분	공급기업 응답 비중 (순위) (A)	수요기업 응답 비중 (순위) (B)
공정, 자동화, 지능화 분야 종합적 전문성을 보유한 디지털 융합형 인력	25.2% (1)	29.1% (1)
현장 중심 디지털 전환 전문인력	18.0% (2)	19.7% (2)
스마트 제조 공급기업 도입·운영 인력	17.1% (3)	14.2% (4)
디지털 부품(센서, 운영SW, 스마트 부품 및 장비 등) 개발공급 인력	13.0% (4)	9.1% (5)
스마트 제조 기술표준체계 구축 인력	12.1% (5)	16.5% (3)
해외 영업·마케팅 인력	5.8% (6)	1.5% (8)
IT기업 퇴직(예정) 인력	4.6% (7)	4.6% (7)
산업정보 보안체계 구축 인력	4.2% (8)	5.3% (6)

- 대구 지역은 디지털 융합 기술에 대한 수요는 있으나, 전문 인력 확보가 어려워 외주를 주거나 스마트 제조를 도입하지 않고 있는 상황으로 추후 분야별 수요 맞춤형/현장맞춤형 전문 인력 양성을 추진할 필요가 있음
- 2019년 기준 수요기업 관점에서 인력양성 추진 현황을 분석해 보면, 담당자 사후관리 교육 지원 및 재직자 대상 교육 지원이 가장 큰 비중을 차지하고 있으나, 기술 개발을 위한 석·박사급 전문 인력 양성은 11%에 불과함⁶⁵⁾

65) 국내 스마트 제조 산업 생태계 조사(2019)

<그림 12> 국내 스마트 제조 활성화를 위한 인력 양성 지원 방식(수요기업
관점)⁶⁶⁾



- 신 기술 개발을 위한 전문 인력을 분야별/수요맞춤형으로 양성하기 위해 대학-수요기업-공급기업으로 구성된 컨소시엄을 운영함으로써 수요기업 현장애로 해결형 산학프로젝트 실시, 프로젝트 별 학위제 수여 등을 실시하는 것도 제고해 볼 수 있으며, 대학별 양성된 인력을 현장에 투입하는 것도 방안으로 제시 할 수 있음
- (사례) 판교에 위치한 전자부품연구원-한국생산성본부 공동으로 교육센터를 구축하여 수직-수평적 통합을 위한 IIoT, 산업데이터 활용, 디지털 트윈 등을 교육 하고 있음

66) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

- (대구지역 적용방안) 산-관-학 연계 교육센터 운영을 통해 대구지역 제조 산업에서 필요한 주요 기술에 대한 수요를 파악하고 수요 맞춤형 교육 프로그램 운영 및 현장 투입 제고

□ 기술 경쟁력 강화

- 국내 공급 기업이 국산이 아닌 해외 제품, 솔루션 등 스마트 제조 도입을 하는 이유 중 큰 하나는 기술력 우수로 꼽히며, 그 외 신뢰도/인지도가 높음, 좋은 상호 호환성, 가성비 순이었음. 수요 기업 또한 신뢰도/인지도 높음과 기술력 우수를 이유로 해외 제품을 도입하고 있는 것을 아래 표로 확인할 수 있으며, 결론적으로 국내 제품의 기술력 강화를 통한 신뢰도 향상이 중요함을 알 수 있음

<표 30> 공급·수요기업 간 외산 스마트 제조 도입 이유 비교⁶⁷⁾

구분	공급기업 응답 비중 (순위)	수요기업 응답 비중 (순위)
기술력 우수	28.0%	30.8%
신뢰도/인지도 높음	18.8%	38.5%
既 제품·솔루션과의 상호 호환성 좋음	18.8%	23.1%
가성비 높음	15.6%	7.7%
유지보수관리 용이	9.4%	0.0%
정부지원금 보조	9.4%	0.0%

- 반면 국산 제품 및 솔루션 등을 도입하는 이유는 유지보수 관리가 용이가 가장 큰 비중을 차지하였으며, 좋은 가성비는 다음으로 큰 비중을 차지함, 수요기업 응답의 경우 기술력 좋음은 4.6%에 불과하게 나타남

67) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

<표 31> 공급·수요기업간 국산 스마트 도입 이유 비교⁶⁸⁾

구분	공급기업 응답 비중 (순위)	수요기업 응답 비중 (순위)
유지보수관리 용이	28.3% (1)	40.2% (1)
가성비 높음	22.0% (2)	24.1% (2)
기술력 우수	19.6% (3)	4.6% (5)
신뢰도/인지도 높음	15.8% (4)	3.4% (6)
정부지원금 보조	8.2% (5)	16.1% (3)
既 제품·솔루션과의 상호 호환성 좋음	5.8% (6)	9.2% (4)
기타	0.3% (7)	2.4% (7)

○ 공급기업의 매출과 수요기업의 주력 업종 비중은 다소 차이가

있으며, 업종별 핵심 기술 경쟁력 강화는 중요

- 공급기업 주요 고객 업종 (259개사) 기준으로 평균 매출 비중 순으로 자동차 및 트레일러 제조업이 가장 높았고, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 순으로 이 업종들은 절반 이상을 차지 하였음
- 155개사의 수요기업 기준으로 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업과 기타 기계 및 장비 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업 순으로 비중을 차지함
- 기타 제품제조업, 기타 기계 및 장비 제조업은 공급기업의 고객사

68) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

평균 매출 비중 대비 수요기업 주력 업종 분포가 높은 반면,
자동차 및 트레일러 제조업, 1차 금속 제조업 등은 수요기업 주력
업종 분포 대비 공급기업 고객사 평균 매출 비중이 높게 나타남

- 고부가가치 영역인 의료용 물질 및 의약품 제조업, 의료, 정밀,
광학기기 및 시계 제조업은 공급기업 매출 대비 수요기업 주력
업종 분포가 현저히 낮음

<표 32> 공급기업 고객사 평균 매출 및 수요기업 주력 업종 비중
비교⁶⁹⁾

구분	공급기업 고객사 평균 매출 비중 (순위)	수요기업 주력 업종 비중 (순위)
자동차 및 트레일러 제조업	30.0% (1)	10.7% (3)
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	29.9% (2)	12.0% (1)
금속가공제품 제조업 (기계 및 가구제외)	26.1% (3)	8.3% (5)
고무 및 플라스틱 제품 제조업	22.9% (4)	6.3% (7)
1차 금속 제조업	21.7% (5)	2.4% (14)
기타 기계 및 장비 제조업	21.3% (6)	12.0% (2)
기타	21.1% (7)	7.8% (6)
섬유제품 제조업(의복 제외)	18.6% (8)	1.0% (19)
화학물질 및 화학제품 제조업 (의약품 제외)	18.5% (9)	4.9% (8)
산업용 기계 및 장비수리업	18.4% (10)	2.4% (12)
의료용 물질 및 의약품 제조업	15.8% (11)	2.4% (12)
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	15.5% (12)	2.9% (10)
전기 장비 제조업	15.4% (13)	4.9% (8)
기타 제품제조업	15.3% (14)	9.2% (4)
식품 제조업	15.1% (15)	2.9% (10)
의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	14.7% (16)	1.0% (19)
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	14.4% (17)	0.0% (24)
비금속 광물제품 제조업	13.9% (18)	1.5% (18)
코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업	13.7% (19)	0.0% (24)
음료 제조업	12.7% (20)	1.0% (19)
기타 운송장비 제조업	12.4% (21)	1.9% (15)
가죽, 가방 및 신발제조업	10.1% (22)	1.0% (19)
인쇄 및 기록매체 복제업	9.7% (23)	1.5% (16)
목재 및 나무제품 제조업 (가구 제외)	9.5% (24)	0.5% (23)
가구제조업	8.1% (25)	1.5% (16)
담배 제조업	7.0% (26)	0.0% (24)

69) 국내 스마트 제조 산업 생태계 조사(2019)

○ 공급기업의 주력 기술과 수요기업의 필요 기술 분야 또한 차이가 있는데 공급기업과 수요기업의 필요 기술 분야 차이에 대한 분석을 통해 공급기업-수요기업간 강화가 필요한 기술을 조정하고 기술 분야별 기술력 강화를 제고할 필요가 있음

- 공급기업의 1순위 주력 기술 분야는 ① MES, ② ERP, ③ IIoT, ④ PLM ⑤ 로봇 순이었으며, 수요기업이 국내 스마트제조 활성화를 위해 필요로 하는 기술 분야는 ① 빅데이터/AI, ② IIoT, ③ 로봇 8.4%, ④ MES 8.0%, ⑤ 스마트 센서, ⑥ 클라우드 6.7% (응답 수 25) 순이었음

- 공급기업 1순위 주력 기술과 수요기업의 필요 기술 분야 비중 차이를 살펴보면, 빅데이터/AI(9.00), 클라우드(3.00), 보안(3.00), 스마트센서(2.20), 로봇(1.67) 등은 수요기업이 국내 스마트 제조 활성화를 위해 필요하다고 응답한 순위가 공급기업 1순위 주력 기술 분야 순위 대비 상대적으로 높게 나타났으며, ERP(0.22), MES(0.25), CAx(0.33), PLM(0.50), 머신비전(0.55) 등은 수요기업의 필요 순위 대비 공급기업의 주력 비중이 상대적으로 높게 나타남

<표 33> 공급기업 1순위 주력 기술분야 및 수요기업 선택 기술분야 비중
비교⁷⁰⁾

기술분야	공급기업 1순위 주력 기술분야 비중 (순위)	수요기업 선택 기술분야비중 (순위)
MES	24.7% (1)	8.0% (4)
ERP	13.9% (2)	4.5% (9)
IIoT	10.1% (3)	14.5% (2)
PLM	9.3% (4)	4.8% (8)
로봇	4.6% (5)	8.4% (3)
머신비전	4.2% (6)	2.9% (11)
3D 프린팅	3.5% (7)	2.1% (12)
CAx	3.1% (8)	0.3% (24)
CPPS/Digital twin	2.7% (9)	1.6% (15)
빅데이터/AI	2.7% (9)	14.8% (1)
PLC	2.3% (11)	1.6% (15)
스마트센서	2.3% (11)	7.0% (5)
AR/VR	1.9% (13)	4.0% (10)
Edge Computing	1.9% (13)	1.3% (18)
HMI	1.5% (15)	1.3% (18)
SCADA	1.5% (15)	0.8% (22)
산업용 통신	1.5% (15)	1.6% (15)
클라우드	1.2% (18)	6.7% (6)
보안	1.2% (18)	6.7% (6)
APS	1.2% (18)	1.3% (18)
SCM	1.2% (18)	2.1% (12)
DCS	1.2% (18)	0.5% (23)
Motion Controller	1.2% (18)	1.9% (14)
CNC	1.2% (18)	1.3% (18)

70) 국내 스마트 제조 산업 생태계 조사

- 국내 제조 산업의 기술 경쟁력을 강화하기 위하여 제조 현장 애로 사항 해결 및 스마트 제조를 위한 맞춤형 솔루션, 수직-수평적 통합형 패키지 개발 등이 필요하며, 특히 국내 중소기업 중심의 제조 산업 활성화를 위해 중소기업 맞춤형 제조 솔루션을 개발하는 것이 필요함

- 또한 불확실성, 변동성에 대비하여 유연하고 최적화된 제조 환경 구축을 위한 지능형 제조 운영 시스템 기술을 개발하는 것을 제고할 수 있음
 - 지능형 제조 운영 시스템 개발에는 검사공정(비전검사 등) 연계 지능형 품질 개선 및 예측 기술, 데이터 기반 동적 스케줄링 및 운영 제어 기술, AI 적용 이동형 장비 기반 유연생산 지원(상황 인지 및 추로 기술 내재 생산 설비, 제조 특화 자가학습 최적화 알고리즘 등) 개발 등이 있을 수 있음

- 업종별로 다양한 요구사항에 대응할 수 있는 업종 맞춤형 스마트 제조 기술 개발 제고
 - 업종별로 상이한 제조 공정, 품질 기준, 재고 관리 등의 요구사항에 대응 가능한 장비·디바이스-플랫폼-솔루션 연계 기술 개발
 - (예시) 자동차 산업에서의 다양한 요구사항 대응

- 유연생산공정 위한 모듈형 생산장비, 디지털트윈 기반 공정 최적화 시스템으로 갑작스러운 주문이나 변경에 신속히 대응
- 품질 데이터 추출이 가능한 스마트 설비, AI 기반 품질 분석 솔루션을 통하여 품질관리 강화
- 복잡한 부품 외관의 검사가 가능한 머신 비전 시스템을 통해 품질 검사의 인력, 시간 투입 감축

- 대구 제조 산업의 활성화를 위해 주력업종인 자동차, 트레일러, 전기, 전자 분야의 기술력 강화가 업종별로 이루어져야 하며, 특히 공통 핵심 기술을 중심으로 중소기업형 맞춤형 제조 솔루션 개발, 업종별 맞춤형 제조 기술 개발이 필요함
- 특히 의료분야는 미래 신성장 동력으로서 고부가가치 창출 분야 이므로, 의료분야의 기술 경쟁력 강화를 위한 다양한 기술 개발을 위한 적극적 투자와 인력양성이 제고됨

□ 네트워크 기반의 지원 실증강화 및 인프라 구축

- 대구 지역 뿐 아니라 국내 제조업체는 환경변화에 따른 스마트 제조 시스템을 도입하기 어려운 실정으로 스마트 제조를 도입하지 않는 가장 큰 이유로 높은 구축 비용 등 초기 투자자금 부담을 꼽음

그 다음으로 스마트 제조 관련 기술의 현장 도입 어려움과 전문 인력 확보의 어려움으로 나타남

<표 34> 스마트 제조 미도입 이유(수요기업)⁷¹⁾

스마트 제조 솔루션 등 미도입 이유	복수응답수	백분율
높은 구축 비용 등 초기 투자자금 부담(비용 부담)	25	22.1%
스마트 제조 관련 기술의 현장 도입의 어려움	19	16.8%
전문인력(업체) 확보 어려움	14	12.4%
정부 지원금이 적음	13	11.5%
불확실한 경영환경에 따른 투자확대 어려움	13	11.5%
ROI 등 가시적 성과 확신 부족	8	7.1%
유지/보수, 업그레이드 및 별도예산 수립 등 비용 증가	8	7.1%
정보(기술유출) 우려	4	3.5%
내부 직원들 저항(낮은 수용성)	3	2.7%
국가적 차원의 스마트 제조 관련 정책 홍보 및 컨설팅 부족	1	0.9%
국가적 인증/표준 제도의 미비	1	0.9%
원청업체 종속성 강화 우려	0	0.0%
기타	4	3.5%
합계	113	100.0%

○ 또한 스마트 제조를 도입한 기업들도 도입 전 높은 구축 비용 등 초기 투자금 부담과 사후 비용 증가 부담을 가장 우려한 것으로 나타남

71) 국내 스마트 제조 산업 생태계 조사(2019)

<표 35> 스마트 제조 도입 당시 우려사항(수요기업)⁷²⁾

스마트 제조 솔루션 등 도입 당시 우려 사항	복수응답수	백분율
높은 구축 비용 등 초기 투자자금 부담(비용 부담)	45	28.1%
유지/보수, 업그레이드 및 별도예산 수립, 사후관리 전담조직 운영 등 비용 증가	26	16.1%
내부 직원들 저항(낮은 수용성)	23	14.3%
전문인력(업체) 확보 어려움	17	10.6%
스마트 제조 관련 기술의 현장 도입의 어려움	17	10.6%
ROI 등 가시적 성과 확신 부족	16	9.9%
정보(기술유출) 우려	7	4.3%
불확실한 경영환경에 따른 투자확대 어려움	6	3.7%
대기업 종속성 강화 우려	2	1.2%
국가적 인증/표준 제도의 미비	2	1.2%
없음	0	0.0%
합계	161	100%

○ 이러한 현상은 추후 신제품 개발 뿐 아니라 고객의 요구에 대응하기에도 어려움이 있어 제조 산업 발전에 장애가 될 수 있으므로, 시제품 개발의 활성화, 제품 실증 강화 등을 저비용, 공동투자 등으로 해소하는 것이 필요함

○ 독일의 Labs Network Industries 4.0은 민간 및 공공(미텔슈탄트 4.0 지식센터)의 테스트베드를 연결하여, 데이터 공동 활용 및 공동 기술 개발 등 협업체계를 구축하여 운영하고 있으며, 국내 사례로는 안산 데모공장의 한국형 LNI4.0화 (가칭 데모공장)을

72) 국내 스마트 제조산업 생태계 조사(2019)

구축하여 미래형 공장의 비전을 제시한 바 있음. 이처럼 대구 지역에서도 대구국가산업단지 조성을 기반으로 네트워크를 통한 제조엔지니어링 기술 개발 협업 체계를 구축하는 것도 제고해 볼 수 있으며 이에 따라 전국 테스트베드 네트워크로 확대할 수 있음

○ 대규모 수요 연계형 업종 특화 기술 개발을 통해 선도기업과 협력 기업 간 연계형 실증을 제고해 볼 수 있으며, 업종 특화 공급기업 얼라이언스를 구성하여 상호호환성 기반으로 업종 내 수요기업군에 적용가능한 패키지 기술 개발 및 실증을 추진

○ 제조엔지니어링 공급 관련 공동 인프라 구축을 통한 개별 업체의 과도한 투자, 인프라 유지 비용 방지 제고

- (대구지역 적용) 대구국가산업단지 중심으로 입주 기업간 공동투자를 통해 기술개발, 시험, 분석에 필요한 다양한 소프트웨어나 하드웨어를 구축하여 운영하는 등 공동 투자, 운영 유지를 제고할 수 있으며, 이는 비용 측면 뿐 아니라 유희 장비와 인력의 활용에 대한 생산성 제고가 가능할 수 있음

- 이는 단순한 공간과 인프라의 공동 활용의 의미 뿐만 아니라, 영업

권별 제조엔지니어링 업체간 협업과 상호작용이 가능한 환경 조성
이라는 점에서도 제조엔지니어링 네트워크화는 의미가 있을 수
있음

2. 종합 분석 및 기대효과

- 제조 패러다임 변화에 따른 제조 엔지니어링 기술적, 생산 공정 등의 변화 요구

- 4차 산업혁명 기반의 세계적인 제조업 혁신 추세에 직면하여 한국 뿐만 아니라 세계적으로도 제조 강국으로의 도약을 위해 다양한 정책 및 전략을 제시하고 있음

- 제품의 표준화와 평준화에 따라 설계, 디자인 등의 소프트파워의 가치는 더욱 부각되고 있으나, 한국은 아직 디자인 등의 소프트파워가 미흡한 편이므로 추후로는 소프트파워의 강화로 고부가가치를 창출할 수 있는 제조 산업의 환경을 구축할 필요가 있음

- 개인화와 맞춤화, 스마트 제조로의 변화, 다품종 소량생산 등의 환경 변화에 따라 전통적 제조 산업에서는 신제품 개발에 어려움을 겪고 있으며, 이에 따라 신기술 개발, 생산라인 변환 등이 요구되고 있음

- 국내외 제조엔지니어링 시장 지속적 성장 전망

- 국내외 제조엔지니어링 시장은 꾸준히 성장할 전망이며, 특히 산업용 로봇과 3D 프린팅 영역은 시장의 큰 비중을 차지할 전망이다

- 솔루션 부문에서는 MES는 지속적으로 큰 비중을 차지할 전망이고, PAM과 PLM 시장은 추후 크게 성장할 전망이다
- 해외에서는 최근 “디지털화”에 대응하기 위한 스마트 제조 생태계 내의 파트너십이 활발하게 진행 중
 - 특히, 산업용 제어 및 공장 자동화 분야의 경우, 기업간 협업의 형태로 다양한 디지털 기술*과의 연계를 시도하며 시장이 성장하는 추세
- 국내외 기업의 다양한 기술 적용을 통한 생산 효율성 강화
- 제조 엔지니어링의 산업 분야는 전통 산업 분야에서 벗어나 점차 다양한 분야로 확대되고 있으며, 지능화, 스마트화에 따라 헬스케어, 바이오 등의 산업이 고부가가치 산업으로 부각되고 있음
- 두산로보틱스의 협동 로봇은 제조의 전 과정(조립, 품질검사, 패키징 등)에서 적용이 가능하여 생산의 효율성을 강화하고, 삼성 SDS는 제조의 지능화를 위한 Samsung Nexplant를 개발하여 생산 효율성 향상 및 품질을 제고함. 이 외 LG CNS는 제조의 표준화를 위한 플랫폼을 개발하는 등 스마트 제조를 통한 생산의 효율성 강화와 품질 제고 노력은 강화되고 있음

□ 제조 엔지니어링 기술의 다양한 산업에서의 적용

- 제조 엔지니어링 기술은 다양한 산업에서 적용되고 있으나, 특히, 전기, 전자, 자동차, 헬스케어, 플랜트 분야 등에서 많이 활용되고 있음.
- 전기전자 분야에서는 동양피스톤이 가상공간과 실제 생산공정의 디지털 동기화를 통해 현장자동화와 공장운영을 일체화한 스마트 공장을 구현하였고, 이를 통해 생산성 향상, 불량률 감소, 매출액 상승의 효과가 있었음
- 3D 프린팅 분야는 의료부터 건축까지 다양하게 활용 중이며, 복잡한 공정라인을 줄여 초기 투자 비용 절감이 가능하여, 시제품 단계에서 많이 활용되고 있음. 또한 다품종 소량생산과 개인 맞춤형 제작에 용이함
- 플랜트와 에너지 관리를 위한 사물인터넷과 증강현실 기반의 스마트 변전소, SCADA 기반 원방감시제어 시스템 등 다양한 활용사례가 있음

□ 국내 제조엔지니어링의 현황과 대응방안

- 현재 국내의 기술력은 글로벌 선도 기업 대비 취약한 편이며, 이에

따라 수요기업의 니즈 대응이 어려운 실정임

- 이에 따라 기술경쟁력을 강화하기 위하여, 업종별로 다양한 요구 사항에 대응가능한 업종 맞춤형 기술 개발, 지능형 제조 운영 시스템 구축, 저비용/고효율적 중소기업 맞춤형 제조 솔루션 개발 등의 노력이 필요함
- 전통 제조 방식에서 스마트 제조로 변환하지 못하는 중소기업은 인프라 구축 비용 등 초기 투자금 부담을 우려하고 있으며, 이를 지원하기 위하여 네트워크 기반의 제조엔지니어링 기술개발 협업체계를 구축하여 공동 인프라 투자 및 운영을 제고 할 수 있음, 이는 기업의 비용 측면 뿐 아니라 유희 장비와 인력의 활용에 대한 생산성 향상으로 이어질 수 있음
- 국내 제조산업의 중소기업은 디지털 기술로의 변환이 어려운 이유 중 하나를 전문인력 확보의 어려움을 꼽았으며, 이에 따라 현장 투입이 가능한 전문인력 양성이 필요함
- 신 기술 개발을 위한 전문 인력을 분야별/수요맞춤형으로 양성하기 위해 대학-수요기업-공급기업으로 구성된 컨소시엄을 운영함으로써 수요기업 현장애로 해결형 산학프로젝트 실시, 프로젝트 별 학위제 수여 등을 실시하는 것도 제고해 볼 수 있으며, 대학별 양성된 인력을 현장에 투입하는 것도 방안으로 제시 할 수 있음

- (사례) 판교에 위치한 전자부품연구원-한국생산성본부 공동으로 교육센터를 구축하여 수직-수평적 통합을 위한 IIoT, 산업데이터 활용, 디지털 트윈 등을 교육 하고 있음

□ 지역사회 적용 방안 제시 및 기대효과

- (기술력 강화) 대구 제조 산업의 활성화를 위해 주력업종인 자동차, 트레일러, 전기, 전자 분야의 기술력 강화가 업종별로 이루어져야 하며, 특히 공통 핵심 기술을 중심으로 중소기업형 맞춤형 제조 솔루션 개발, 업종별 맞춤형 제조 기술 개발이 필요함.
- (전문인력 양성 및 투입) 산-관-학 연계 교육센터 운영을 통해 대구지역 제조산업에서 필요한 주요 기술에 대한 수요를 파악하고 수요 맞춤형 교육 프로그램 운영 및 현장 투입 제고, 특히 의료분야는 미래 신성장 동력으로서 고부가가치 창출 분야이므로, 의료분야의 기술 경쟁력 강화를 위한 적극적 투자와 인력양성이 제고됨
- (네트워킹 기반의 공동 인프라 구축 및 기술개발 제고) 대구산업단지 중심으로 네트워크를 통한 제조 엔지니어링 기술 개발 협업 체계를 구축하는 것을 제고해 볼 수 있으며 이에 따라 전국 테스트베드 네트워크로 확대할 수 있음
 - 대구산업단지 중심으로 입주 기업간 공동투자를 통해 기술개발,

시험, 분석에 필요한 다양한 소프트웨어나 하드웨어를 구축하여 운영하는 등 공동 투자, 운영 유지를 제고할 수 있으며, 이는 비용 측면 뿐 아니라 유헬 장비와 인력의 활용에 대한 생산성 제고가 가능할 수 있음

○ 기술력 강화, 현장형 전문인력 양성, 스마트 제조 환경 기반

구축을 통해 신산업으로의 도입이 어려운 제조 환경을 스마트 제조 산업으로의 전환에 기여할 수 있으며, 스마트 제조 산업으로의 도입 과 성장에 따라 추후 의료, 바이오 산업, 자동차 산업 등 고부가가치 신동력 제조산업으로 성장하는 것을 기대할 수 있음

Reference

- 국내 제조엔지니어링 활용실태 및 발전방안 연구(2016), 산업연구원
4차 산업혁명 위원회·관계부처 합동(2018), “스마트공장 확산 및 고도화 전략”
스마트 제조혁신 비전 2025(2017)
제조업 르네상스 비전 및 전략(2019), 관계부처 합동
김아린(2018), “중국 「전략성 신흥산업」 육성정책과 특허동향 분석 및 시사점”, 「심층분석 보고서」, 한국지식재산연구원
김평수(2019), “제조업 혁신을 위한 산업용 사물인터넷 기술 및 플랫폼 동향”, 정보통신기획평가원
과학기술일자리진흥원(2018), “스마트팩토리 산업 및 시장동향”, 「S&TMarket Report」, Vol.56
과학기술정책연구원(2017), “일본의 제4차 산업혁명 대응 정책과 시사점”
관계부처 합동(2015), “제조업 혁신 3.0 전략 실행 대책”
관계부처 합동(2018), “중소기업 스마트 제조혁신 전략”
국제무역연구원 (2019), “중국제조 2025 추진성과와 시사점”
대외경제정책연구원 (2016), “디지털경제의 진전과 산업혁신정책의 과제: 주요국 사례를 중심으로”, 「KIEP 정책연구 브리핑」
대외경제정책연구원 (2017), “주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략: 미국, 독일, 일본을 중심으로”, 「KIEP 정책연구 브리핑」
대외경제정책연구원(2018), “일본의 제조업 혁신 정책 추진 현황과 시사점: ‘Connected Industries’를 중심으로”, 「KIEP 오늘의 세계경제」, Vol.18, No.34
대한무역투자진흥공사 (2018), “미국 스마트 제조기술 기업의 행보”, <http://news.kotra.or.kr/>
두산 로보틱스 (2020),

<https://www.doosanrobotics.com/ko/Applications/Applications>

매일경제 (2018), “LG그룹, 신규공장에 AI기반 ‘팩토바’ 탑재”,

<https://mk.co.kr/news/business/view/2018/04/213397/>

매일경제 (2019), “한화·현대重·두산... 10조 협동로봇 시장 정조준”,

<https://www.mk.co.kr/news/business/view/2019/04/221117/>

머니투데이 (2019), “삼성 SDS, AI 기술로 제조 지능화 박차 - AI로

인텔리전트팩토리 구현... 업무 자동화 속도”,

<https://news.mt.co.kr/mtview.php?no042027>

유연생산체계를 구현하는 스마트 팩토리:생산전략의 효율적 운용방안,

딜로이트

[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Docu](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anjin-review-04_08.pdf)

[ments/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anji](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anjin-review-04_08.pdf)

[n-review-04_08.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anjin-review-04_08.pdf)

삼성 SDS 생산성을 높이는 증강현실 기술‘증강현실기술의 제조업

적용사례

[https://www.samsungsds.com/global/ko/support/insights/augme](https://www.samsungsds.com/global/ko/support/insights/augmented-reality-technology.html)

[nted-reality-technology.html](https://www.samsungsds.com/global/ko/support/insights/augmented-reality-technology.html)

디자인경영/데이터로 재탄생하다(포춘US)(2020)

<http://www.fortunekorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=1114>

2

엔지니어링 데이터 활용이 바꿀 미래 제조경쟁력 (2019)

<http://www.mfgkr.com/archives/9632>

백수현 (2016), “스마트 제조의 글로벌 현 주소와 표준화 추진 방향”,

「Issue Paper」, 2016 NO.03, 한국과학기술기획평가원

산업연구원(2018), “독일 인더스트리 4.0 전략의 확산·발전 동향과

정책적 시사점”

산업통상자원부(2017), “4차 산업 혁명 시대 스마트 공장 확산을 위한
핵심 분야별 정책 방안 연구”
산업통상자원부(2017), “성과 가시화되는 스마트공장, 올해까지 5,000개
보급”
산업통상자원부(2017), “스마트 제조혁신 비전 2025”
산업통상자원부(2018), “제조업 혁신, 대한민국 경제를 다시 뛰게
합니다! - 2019년 산업통상자원부 업무보고”
산업통상자원부(2019) “스마트제조 R&D 로드맵 - 4차 산업혁명 시대,
글로벌 제조강국 실현-”
산업통상자원부(2019), “정책 브리핑- 제조업혁신 3.0”
산업통상자원부(2019), “제조업 르네상스 비전 및 전략 발표”
삼성 SDS (2020),

<https://www.samsungsds.com/global/ko/solutions/ind/manu/manufacturing.html>

삼정KPMG 경제연구원(2018), “4차산업혁명과 제조혁신:스마트팩토리
도입과 제조업 패러다임 변화”, 「삼정 Insight」, No.55
송병준 (2018), “[오피니언] 스마트공장의 핵심 SW,
MES(제조실행시스템)에 주목하자”, 「컴퓨터월드」,
<http://www.comworld.co.kr/news/articleView.html?idxno=49525>
스마트공장추진단 (2017), “스마트공장 참조모델 : 업종중심으로 - 3차
개정증보판(Version 3.1)”
스마트제조혁신추진단(2019),
<https://www.smart-factory.kr/bsnsIntrcn/intrcnView?bsnsClcCodeSe=0000002A#>
신성장동력산업정보기술연구회 (2019), 「국내외 스마트 공장(Smart

Factory) 시장동향과 비즈니스 전략」, (주)산업경제리서치, 남양주
 오세진 (2018), “독일과 미국의 혁신기술 진흥전략”, 「Weekly KDB
 Report」, 산업은행
 융합연구정책센터(2017), “4차 산업혁명과 국내외 스마트 공장
 산업동향”, 「융합 Weekly TIP」, Vol.5
 스마트제조산업 생태계 조사 및 정책지원 방안 연구,(2019), KETI
 인더스트리뉴스(2018). “슈나이더일렉트릭, 에코스트럭처 플랜트로
 스마트 팩토리 최적화”,
<http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=26140>
 인더스트리 뉴스(2017), “제조업의 부활을 이뤄낼 키워드, Smart
 Factory Korea!”,
<https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=4469>
 에너지데일리(2018), “[탐방] ABB ‘ability’ - 그 두 번째 이야기”,
<http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=85513>
 장은교 (2019), “제조업 위기극복을 위한 혁신생태계 조성방안 : 미국
 제조혁신연구소 사례를 중심으로”, 「국토정책 Brief」, No.697,
 국토연구원
 전자과학(2018), “슈나이더 일렉트릭, ‘EcoStruxure Foxboro DCS
 제어 소프트웨어’ 최신버전 공개”,
<http://www.elec4.co.kr/article/articleView.asp?idx=21273>
 전자부품연구원(2017), “일본의 신산업 구조 비전 주요내용”, 「KETI
 동향보고서」
 전자부품연구원(2018), “4차 산업혁명 대응을 위한 디지털 제조혁신

정책 연구”

전자신문(2018), “IoT기반 스마트한 에너지관리 기술 ‘에코스트럭처’가
뜬다”, <http://www.etnews.com/9>

조선비즈 (2019), “[르포] LS산전 스마트공장 가보니..로봇이 운반부터
포장까지 ‘척척’”,
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2019/05/14/.html

조선일보(2019), “스마트공장 플랫폼으로 불량검출률 3.5배 높여,
http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2019/03/04/2019030402032.html

중견기업연구원 (2017), “독일 미텔슈탄트 4.0 전략의 주요 내용 및 시
사점”, 「HERI 국내외정책동향」

중소기업정책연구DB (2018), “독일의 중소기업 디지털화 지원
프로젝트”,
<https://db.kosbi.re.kr/kosbiDB/front/functionDisplay?menuFrontNo=4060&menuFrontURL=front/categoryResearchDetail&dataSequence=180702D1>

지식산업정보원(2018), “인더스트리 4.0시대 스마트 팩토리 주요
핵심기술별 구축방안 실태분석”

차두원 (2019), “스마트팩토리와 인간-로봇 공진화를 위한 협동로봇
등장 : 공장의 로봇 도입에 따른 인간 일자리 변화는?”,
<https://brunch.co.kr/@dwcha7342/45>

포스코경영연구원(2016), “전통 제조업 부활의 Key, 스마트 유연생산”,
「POSRL 보고서」

포스코경영연구원(2017), “스마트팩토리, 인공지능으로 날개를 달다”,
「POSRI 이슈리포트」

포스코경영연구원 (2018), “日本의 4차 산업혁명 정책현황과 기업 사례
및 시사점”, 「POSRI 이슈리포트」

포스코ICT (2019),
https://www.poscoict.com/business/smart_solution01.jsp
 한국과학기술기획평가원(KISTEP)(2017), “제조업 스마트화를 위한 국가 R&D 전략연구”, 「연구보고 2017-23」
 한국무역협회 국제무역연구원(2019), “독일 중소기업의 4차 산업혁명 대응전략”, 「IIT TRADE FOCUS」, Vol.19 No.01
 한국산업기술진흥원(2017), “디지털화에 대응한 독일의 10대 정책방향”, 「KIAT 산업기술 정책 브리프 17-07」
 한국산업기술진흥원(2017), “스마트제조 정책을 위한 가이드”, 「글로벌기술협력기반육성사업(GT) 심층분석보고서」
 한국산업기술진흥협회(2018), “인간과 함께 작업하는 협동로봇의 시대”, 「Special Issue 02」
 한국산업기술평가관리원(2018), “스마트공장과 인공지능 기술 동향”, 「글로벌기술협력기반육성사업(GT) 심층분석보고서」
 한국산업기술평가관리원(2018), “스마트공장선도모델공장 및 R&D 연계 전략”, 「KEIT PD 이슈리포트」, VOL 18-12
 한국스마트제조산업협회 (2016), “Smart Factory 구현 기술 - 제어 Engineering 기반 기술 Guide -”
 한국스마트제조산업협회(2018), “스마트제조 기술수준조사”
 현대경제연구원(2017), “주요국 정책으로 살펴본 우리나라 제4차 산업혁명 정책 수립 방향”
 홍상균(2009), “PLM, 제조업 생산성 혁신을 위한 도구”, 「산업정책연구」, 정보통신산업진흥원
 4차 산업혁명 대응을 위한 디지털 제조혁신 정책연구보고서(2018),KETI
 제 4차 산업혁명과 제조엔지니어링 SW 활용, KIET
 ABB(2019),

<https://new.abb.com/control-systems/industry-specific-solutions/mining/800xa-for-boliden-garpenberg---the-world-s-most-integrated-and-advanced-mine>

ABB(2019), <https://new.abb.com/abb-ability/>

Amazon AWS, “스마트 공장 - 클라우드에서의 제조 운영”

<https://aws.amazon.com/ko/manufacturing/smart-factory/>

BMW(2019),

“<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190429-mit-einem-klick-zur-passenden-digitalisierungsberatung-startschuss-go-digital.html>”

FA저널(2013), “진화하는 PAC, PC의 단점 개선하면서 산업 현장서 독자 분야 개척”,

<http://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=2171>

FA저널(2017), “지멘스 PLM 소프트웨어, 중소기업을 위한 MES 솔루션으로 시장 공략”,

<https://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=4424>

FA저널(2017), “에머슨, 한국 제조 산업을 향상시킬 IIoT 프트폴리오 제시”,
<http://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=4316>

FA저널(2017), “인더스트리 4.0, 변화하는 PLC·인버터·센서 산업 전망”,

<https://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=5297>

FA저널(2018), “스마트화 되는 머신비전, 그 미래를 보다...①”,

<https://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=5909>

FA저널(2018), “수아랩, 딥러닝 머신비전 기반으로 로봇 비전검사 분야 확대”,

<http://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=5989>

FA저널(2019), “오라클, 스마트 AI 적용으로 ERP 클라우드 시장 입지

강화”,

<https://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=7591>

GE 리포트 코리아(2017), “당신이 산업사물인터넷(IIoT)에 대해 알아야 할 모든 것”,

<https://www.gereports.kr/everything-you-need-know-about-industrial-internet-of-things/>

General Electrics (2015), “유연하고 똑똑한 공장이 세계의 제조업 지평을 바꾼다 - GE의 멀티모달 공장 (Multi-Modal Factory)”,

<https://www.gereports.kr/new-flexible-or-multi-modal-factory-in-india/>

General Electrics (2017), “생각하는 공장(Brilliant Factory)”은 실제 어떤 모습일까?“

<https://www.gereports.kr/leaner-lean-digitalization-transforms-manufacturing/>

General Electrics (2019), “PREDIX, The Industrial IoT Application Platform”,

https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Predix-The-Industrial-Internet-Platform-Brief.pdf

IDG Tech Dossier (2018), “‘자동화를 넘어 지능화로’ 디지털 트랜스포메이션을 이끄는 스마트팩토리의 진화”,

https://image.samsungsds.com/global/ko/support/resources/_icsFiles/afieldfile/2018/08/14/IDG_TechDossier_ko.pdf?queryString=

KB금융지주 경영연구소(2017), “국가별 스마트 팩토리 진행 현황과 전망”

KB금융지주 경영연구소(2018), “클라우드 컴퓨팅을 넘어서.. 엣지 컴퓨팅의 개념과 사례”

KDB 미래전략연구소(2018), “스마트공장 구축 사례 및 시사점”, 「이슈분석」, No. 747

KDI (2017) 「지금은 4차 산업혁명 시대」, KDI 경제정보센터, 세종

LG경제연구원(2016), “미국 독일 일본의 스마트 팩토리 전략”, 「LG 경제연구원 연구보고서」

LG CNS (2020),
<http://www.lgcns.co.kr/LGCNS.GHP.Main/Solution/SmartFactory>

Markets&Markets (2019), “Industrial control and factory automation market - global forecast to 2024”

Markets&Markets (2019), “Smart Factory Market - Global Forecast & Analysis to 2024”

Markets&Markets (2019), “Smart Manufacturing Platform Market - Global Forecast to 2024”

Markets&Markets (2019), “South Korea Smart Factory Market”

Markets&Markets (2019), “South Korea Smart Manufacturing Platform Market”

Oracle(2020),
<https://www.oracle.com/kr/applications/erp/what-is-erp.html>
[Map/map.html](https://www.oracle.com/kr/applications/erp/what-is-erp.html)

Rockwell Automation(2019),
https://www.rockwellautomation.com/ko_KR/capabilities/connected-enterprise/overview.page?

Rockwell Automation(2020),
<https://www.rockwellautomation.com/>

Rockwell Automation, “스마트 팩토리를 위한 스마트 센서”,
「로크웰매거진」

SIEMENS(2019),

<https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise.html>

SIEMENS(2019),

<https://new.siemens.com/global/en/products/software/mindshare.html>

TF분석실 (2019), 「국내·외 스마트공장 제품/분야별 산업 현황 및 시장
전망과 기술개발 동향」, 트렌드 포커스, 서울