

석사학위논문

중소기업 규모별 스마트공장 도입을
통한 주요성과에 대한 실증 연구

2022년

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

최 윤 용

석사학위논문
지도교수 홍정완

중소기업 규모별 스마트공장 도입을
통한 주요성과에 대한 실증 연구

An Empirical Study on the Key Performance
through the Introduction of Smart Factory by Size
of Small and Medium Enterprises

2022년 6월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

최 윤 용

석사학위논문
지도교수 홍정완

중소기업 규모별 스마트공장 도입을 통한 주요성과에 대한 실증 연구

An Empirical Study on the Key Performance
through the Introduction of Smart Factory by Size
of Small and Medium Enterprises

위 논문을 컨설팅학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 6월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

최 윤 용

최운용의 컨설팅학 석사학위 논문을 인준함

2022년 6월 일

심사위원장 박현성 (인) 

심사위원 송기영 (인) 

심사위원 홍정관 (인) 

국 문 초 록

중소기업 규모별 스마트공장 도입을 통한 주요성과에 대한 실증 연구

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스 마 트 용 합 컨 설 팅 학 과

스 마 트 용 합 컨 설 팅 전 공

최 윤 용

오늘날 전 세계적으로 제조에 있어서 지국의 이익과 세계적 시장에서
우위점을 유지하고자 독일을 시작으로 선진 강국들이 앞다투어 스마트공장을
추진하고 있다.

그동안 제조업에서 운영해 온 생산자동화는 제조과정에서 가급적 사람의 개
입을 최소화하고 그 일들을 기계가 하도록 하여 궁극적으로 무인화 공장을
지향하는 것이었다. 그러나 스마트공장의 개념은 이를 뛰어넘어 제조의 전 과
정을 기획, 설계, 유통, 판매 등을 ICT로 통합하고 실시간 측정된 데이터를
통해 고객 맞춤형 스마트 제품을 생산하는 지능형 공장으로서 인간과 기계가
유기적으로 연결되는 시스템을 말한다.

특히 우리나라의 제조업의 구성은 대기업에 비하여 중소기업이 전체의 97%
를 차지하고 있다. 따라서 우리나라에서 제조업을 스마트화 해나가기 위해서

는 소공인 제조업을 외면해서는 안될 것이다.

중소벤처기업부가 주도하는 스마트공장 구축 유형 중에서 본 연구에서 비교한 공정개선형과 생산관리형의 차이는 다음과 같다.

공정개선형이란 기존 장비의 개조 또는 신규장비 도입으로 공정개선, 기초 데이터 관리화 등 하드웨어 중심이지만 구축장비와 연결된 데이터의 수집과 활용이 되도록 소프트웨어(MES)가 동시에 구축되어야 한다. 반면에 생산관리형이란 기초데이터 생성·구축·관리 등 데이터 활용 소프트웨어(MES) 중심의 스마트공장을 구축하는 경우를 말한다.

국가마다 스마트공장화 추진전략이 다르겠지만 우리나라는 스마트공장화 계획을 스마트공장과 스마트공방으로 구분하고 스마트공장은 근로자의 규모에 제한이 없는 반면에 스마트공방은 10인 미만으로 규정하고 지원 방법을 달리하고 있다.

스마트공장이나 스마트공방 지원사업 이후 주요 결과로 보는 것은 주요성과지표(KPI)로서 지금까지 스마트공장의 KPI는 조금씩 보고되고 있으나 스마트공방의 결과는 2020년도 시범사업을 한후 실제 구축사업 진행이 2021년도 뿐이어서 스마트공장과 스마트공방 간 KPI의 변화 양상에 대한 연구가 없는 실정이다.

본 연구는 스마트공장에 대한 선행연구들과 스마트공장과 스마트공방 사업에 전문 컨설턴트로서 직접 관여한 경험으로 사업 도입의 시작점에서 이 둘간의 공정개선을 실증 비교하고 향후 개선방안을 논의해 보고자 본 연구를 시도하였다.

연구 방법은 조사연구로서 2018년부터 2021년도까지의 스마트공장 및 스마트공방으로 국가의 지원을 받은 업체 중 본 연구자가 컨설턴트로 관계하였거나 관련기관으로부터 협조를 받아 다음과 같이 진행되었다. 연구자료는 스마트공장은 2021년 10월부터 2022년 3월까지 스마트공장 지원사업 후 최종

완료보고서 120개 였다. 스마트공방은 2021년 4월부터 시작된 스마트공방 기술보급 사업이 진행된 최종완료보고서 147개였다. 분석은 본 연구 문제에 대한 두 군간의 t 검정을 통하여 평균 차이 검증을 하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같았다.

첫째, 스마트공장과 스마트공방 간 주요성과지표 별 t 검증한 결과 다음과 같았다. 납기 준수, $t=2.12(p=.036)$, 품질향상, $t=3.05(p=.003)$, 생산성증가 $t=6.68(p=.000)$ 및 원가감소 $t=3.54(p=.001)$ 로 주요지표 4가지 모두에서 스마트공방이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

둘째, 생산관리형과 공정개선형 기업 간 주요성과지표를 비교해 본 결과, 유의미한 차이를 보인 주요 지표에는 품질향상과 생산성증가로서 품질향상의 경우, $t=4.28(p=.000)$, 생산성증가 $t=3.35(p=.001)$ 로 공정개선형 구축 기업에서 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다.

결론적으로 오늘날 제조업들이 미래를 향해 나아가고자 한다면 스마트공장화는 선택이 아니라 필수이며, 스마트공장화에 대한 계획 시점을 앞당겨 그동안의 작업 관행을 과감히 변화시켜 세계화하는데 발맞추지 못한다면 그 기업의 미래를 아무도 보장할 수 없을 것이다.

【주요어】 스마트공장, 주요성과지표, 납기준수, 품질향상, 생산성, 원가감소

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 필요성 및 목적	1
제 2 장 이론적 배경	5
제 1 절 주요성과지표(KPI)	5
제 2 절 스마트공장	9
제 3 절 스마트공장 도입성과	17
제 4 절 국내·외 스마트공장 구축현황	21
1) 국내 현황	21
2) 국외 현황	27
가) 미국	29
나) 독일	32
다) 일본	36
라) 중국	39
제 5 절 스마트공장구축 사업과 스마트공방 기술보급 사업 간 제도적 차이	41
1) 스마트공장 구축 사업	41
2) 스마트공방 기술보급 사업	47
제 3 장 연구 설계	50
제 1 절 연구 방법 및 연구 문제	50
제 2 절 자료수집 및 분석방법	50
제 4 장 연구 결과	52

제 1 절 연구대상 업체 분포	52
1) 연구대상 기업의 일반적 특성	52
2) 연구대상 업체 업종별 분포	53
3) 중소기업의 규모별 구축유형	54
4) 규모별 주요성과지표(KPI) 선택 업체 수	56
제 2 절 분석을 위한 사전 검증	57
1) 스마트공장 주요성과지표 별 특이값 검증	58
2) 스마트공방 주요성과지표 별 특이값 검증	59
제 3 절 비교 검증 결과	60
1) 스마트공장과 스마트공방 간 주요성과지표 비교	60
2) 생산관리형(소프트웨어 중심)과 공정개선형(하드웨어 중심+소프트웨어) 구축 간 주요성과지표 비교	61
제 5 장 결론	62
제 1 절 연구의 결과	62
제 2 절 연구의 시사점	65
제 3 절 연구의 한계 및 제언	66
참 고 문 헌	68
ABSTRACT	74

표 목 차

[표 2-1] Mark의 일곱 가지 주요성과지표 개발 원칙	6
[표 2-2] 생산 관련 KPI 분류 및 KPI 명	7
[표 2-3] 스마트공장 주요성과지표 및 하위세부지표	8
[표 2-4] 소상공인시장진흥공단의 주요지표 수집근거	9
[표 2-5] 스마트공장 수준	14
[표 2-6] 기초 수준의 정의	15
[표 2-7] 중간 1 수준의 정의	15
[표 2-8] 중간 2 수준의 정의	16
[표 2-9] 고도화 수준의 정의	17
[표 2-10] 2019-2021년도 스마트공장 구축 성과	20
[표 2-11] 스마트공장 수준별, 기업별 및 솔루션별 보급현황	24
[표 2-12] 주요 국가별 스마트 제조 년도별 규모 및 연평균 성장률	28
[표 2-13] 주요국의 스마트 제조 기술 수준 및 기술격차 비교	28
[표 2-14] 미국의 스마트 제조 관련 주요 단체	31
[표 2-15] 4차 산업에 대한 미국과 독일의 접근법	32
[표 2-16] 스마트공장 추진단계별 수준	44
[표 2-17] 스마트공방 지원금 개편	46
[표 2-18] 부적격 사항	47
[표 2-19] 2020년 스마트공방 지원과제 공고	48
[표 2-20] 스마트공방을 위한 년도 별 지원규모 상황	49
[표 4-1] 연구대상 기업의 일반적 특성	53
[표 4-2] 규모별 업종 분포	54
[표 4-3] 중소기업의 규모별 구축유형	55
[표 4-4] 규모별 주요성과지표 선택 업체 수	57
[표 4-5] 스마트공장 주요성과지표 별 특이값 검증	58
[표 4-6] 스마트공방 주요성과지표 별 특이값 검증	59
[표 4-7] 스마트공장과 스마트공방 간 주요성과지표 비교	60
[표 4-8] 생산관리형과 공정개선형 구축 기업 간 주요 과지표 비교	61

그림 목 차

[그림 2-1] 스마트공장의 수평적 통합과 수직적 통합	12
[그림 2-2] 스마트공장의 범위	13
[그림 2-3] 중소기업의 현실적 문제	22
[그림 2-4] 스마트공장 보급 추이	23
[그림 2-5] 스마트공장 단계별 계획	25
[그림 2-6] 미국 스마트팩토리 정책 타임 라인	30
[그림 2-7] 독일 스마트팩토리 정책 타임 라인	35
[그림 2-8] 일본 스마트팩토리 정책 타임 라인	37
[그림 2-9] 중국 스마트팩토리 정책 타임 라인	40
[그림 2-10] 스마트공장 개념도	42
[그림 2-11] 스마트공장 구축효과와 수준	45
[그림 4-1] 스마트공장 주요성과지표별 특이값에 대한 박스플롯	58
[그림 4-2] 스마트공방 주요성과지표별 특이값에 대한 박스플롯	59

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 필요성과 목적

오늘날 글로벌 경제가 저성장의 조짐 속에 저출산에 의한 노동 인구 감소라는 또 다른 위기에 처해 전 세계가 이에 대처하기 위한 4차 산업혁명 시대로의 전환을 본격화하는 가운데 우리나라도 동일한 패러다임으로의 전환을 유도하고 있다.

4차 산업혁명은, 인더스트리 4.0, 산업용 사물(Industrial Internet of Thing), 4세대 산업혁명 등의 다양한 용어로 표현되고 있으며 4차 산업혁명의 중심에 있는 스마트공장은 제조업에 ICT를 접목하여 제품설계-BOM-생산-조달-물류-서비스에 이르는 모든 생산활동을 통합하여 관리하는 솔루션으로(박종식, 강경식, 2017), 우리나라도 전국의 중소기업에 스마트공장 추진을 적극적으로 지원하고 있다.

2014년도부터 시작된 우리나라 스마트공장의 특징은 ICT와 제조기술의 융합에 의한 장비 간, 장비와 부품 간의 연결성, 다품종 대량생산, 소량 생산이 가능한 생산체계의 유연성, 상황에 따라 스스로 능동적 의사결정이 가능한 지능성, 생산작업 운영에 대한 관리자의 신뢰 확보가 가능한 신뢰성, 제조 및 운영과정에서 사전 경보, 긴급조치, 소요 시간과 정보 공유 등, 실시간적으로 처리하여 빠른 대응력을 확보하는 민첩성의 5 가지의 주 특징이 있다(김재권, 2020). 그러나 우리나라는 제조선진국에 비해 대기업 중심으로 중소·중견기업의 스마트공장 기술 경쟁력이 대기업에 비해 열세에 있고 기기, 소프트웨어 등 스마트공장 공급 산업 기반이 취약하여 인프라가 열악한 중소기업의 경우에는 스마트공장 구축에 어려움을 겪고 있다(임종오, 2018).

이를 뒷받침해주는 중소벤처기업부 발표(2019)에 따르면 국내 중소기업은 67,095개로 전체 기업의 99%가 이에 해당되어 중소기업이 우리나라 산업의

근간임을 알 수 있으나 사업체가 실제 생산한 금액인 생산액과 기업의 임금이나 이윤의 원천인 부가가치는 대기업과 차이가 많으나 중소기업은 종업원 1인당 부가가치 생산성은 대기업 대비 24% 수준으로 현저히 낮은 것으로 보고하고 있다(김병주, 2021). 이는 결국 중소기업과 대기업 간의 임금격차가 발생하여 젊은 인력층의 중소기업 취업을 기피하는 원인이 되어 기술발전과 인적자원의 부족 현상이 반복되는 악순환 고리를 탈피하지 못하고 있는 실정이다.

중소벤처기업부 보도자료(2021년 12월)에 의하면 중소기업의 스마트제조혁신을 위해 2022년도에 3,663억원을 지원하기로 공고하고 이를 통해서 민관이 협력해서 스마트공장 5,000개 이상 보급할 계획을 발표하였는데 이는 2020년도 19,799개에서 2021년도 누적 25,008개, 그리고 2022년도 30,000개 목표를 추진하고 있는 것으로(중소벤처기업부, 보도자료, 2021.12.28.) 고무적인 현상이라고 판단할 수 있다.

한편, 중소기업부에서 제조업들을 스마트화의 지원 과정에서 목적 달성여부를 주요성과지표(Key Performance Indicators, KPI) 또는 핵심성과지표로 파악하는데 이때 주요성과지표란 기업이 현재의 경영 성과 뿐만 아니라 미래의 가치를 증대시키기 위하여 관리하고자 하는 중요한 지표를 의미한다(Homgren, Sundem, 1990). 이에따라 주요성과지표로 생산성증가, 품질향상, 납기준수, 및 원가감소를 위주로 구축사업의 달성여부를 판단하고 있다(중소벤처기업부, 2021.12.28., 보도자료).

그동안 구축사업의 향상을 조사한 결과, 스마트공장 구축기업은 평균적으로 생산성 증가 28.5%, 품질향상 42.5%, 원가감소 15.5% 등 경쟁력이 높아진 것으로 보고하고 있는데 이는 기업당 매출향상은 7.4%를 비롯해 고용증가는 2.6명, 산업재해감소는 6.2% 등 기업의 성장과 양질의 일자리 창출로 이뤄진다고 보고하였다(중소벤처기업부, 보도자료, 2021.12.28. www.mss.go.kr).

한편, 스마트공방 기술보급 사업(이하 스마트공방)은 소상공인기본법(2020

년 2월 4일, 법률 제16954호)의 제정과 함께 시작되었다.

스마트공방 기술보급의 사업목적은 소공인의 수작업 위주 제조공정에 기초 스마트기술 즉 LoT, AI 등을 맞춤 접목하여 디지털화하는데 지원하는 것을 말한다. 이때 소공인이란 상시 근로자 수가 10명 미만이고, 한국표준산업분류상 중분류 기준 '제조업'을 주된 사업으로 영위하여야 한다. 이때 소공인이란 ①노동집약도가 높고 ②숙련기술을 기반으로 하며 ③일정지역에 집적하는 특성이 있는 ④ 24개 업종(업종코드 : C10~34)의 제조업체를 의미한다.

중소벤처기업부의 소공인 자생력강화를 위한 핵심과제 공고에 의하면, 2020년도에 시범사업 65개사를 시작으로 2021년도 600개사 내외로 사업모집공고를 하였으며 3차년도인 2022년도에는 1,000개사 내외로 확대하고 사업모집을 공고하여 점차 그 수와 범위를 확대해 나가고 있다(중소벤처기업부 공고, 2021-63호, 2021-679호).

스마트공방 기술 보급의 주 내용에는 공정개선형, 생산관리형, 서비스 복합형, 제품기술혁신형, 컨소시엄형으로 구분하여 스마트화 할 수 있는 여건을 지원하고 있다.

공정개선형이란 기존 장비 개조 또는 신규장비 도입으로 공정개선, 기초데이터 관리화 등 하드웨어 중심이며, 구축장비와 연계한 데이터의 수집과 활용이 되도록 소프트웨어(MES: Manufacturing Execution System)가 구축되어야 한다. 한편 생산관리형이란 기초데이터 생성·구축 관리 등 데이터 활용 소프트웨어(MES) 중심의 스마트공방을 구축하는 경우를 의미하고 있다.

스마트공장이나 스마트공장 구축지원의 주요 결과로 보는 지표는 KPI로서 중소벤처기업부에서 이것의 변화를 유의 주시하고 지원하고 있으며 지금까지 스마트공장의 KPI는 조금씩 보고되고 있는 실정이나 아직 스마트공방의 결과는 2020년도 시범사업 이후 2021년도 자료뿐이어서 스마트공장과 스마트공방 간 KPI의 변화 양상에 대한 연구가 없는 실정이다. 그러나 지금부터 문제점을 파악하고 그 개선 방향을 파악하기 위한 연구가 시작되어야 보다

단 기간 내에 오류를 줄이면서 중소기업의 비약적인 발전을 도모할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구자는 스마트공장 관련 선행연구들과 스마트공장과 스마트공방 사업에 전문 컨설턴트로서 직접 관여한 경험으로 KPI를 조사하여, 사업 도입의 시작점에서 이 둘 간의 공정개선을 실증 비교하고 향후 개선방안을 논의해 보고자 본 연구를 시도하였다.

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 주요성과지표(KPI)

주요성과지표(Key Performance Indicator)란 기업이 현재의 경영 성과뿐만 아니라 미래의 가치를 증대시키기 위하여 관리하고자 하는 동시에 파악될 수 있는 지표를 의미한다(Homgren, Sundem, 1990).

KPI 개발을 위한 모델은 BSC(Balanced Scorecard), IPOO(Input-Process-Output-outcome) 지표, QCDP(Quality-cost-delivery-productivity) 지표 등으로 다양하다고 할 수 있다.

오늘날 KPI 개발의 근거로 많이 활용되는 BSC는 카플란과 노튼(1998)이 제시한 것으로 이를 기반으로 기업의 성과측정시스템 도입은 날로 발전을 거듭하고 있다.

BSC의 구성요소는 비전, 전략, 고객, 내외부 프로세스, 재무, 학습과 성장의 요소와 핵심성공요인(CSF), 주요성과지표(KPI) 등이다. 여기서 주요성과지표란 기업이 현재의 경영성과뿐만 아니라 미래의 가치를 증가시키기 위해 무엇을 관리해야 할지를 명확하게 알려주는 지표로서, BSC의 최종 목적은 무엇을 측정할 것인가? 를 알고자 하는 것이므로 결국 조직의 전략 달성 여부는 전사단위, 조직단위, 개인단위로서 어떠한 KPI를 설정하는가에 따라 달려 있다고 할 수 있는 것이다(박천수, 2006).

KPI의 활용 범위는 병원, 제조업, 건설업, 공공서비스, 골프프리즈트 사업 등 다양한 업체에서 각 기업의 상황에 적절하게 맞도록 개발하여 사용되고 있다. 만약 각 기업에서 자신들의 기업에 적절하도록 주요성과지표를 개발할 경우 이것이 전사적 핵심목표, 부서별 목표, 그리고 개인별 목표와 관련성이 잘 드러나 있어야 한다.

Mark(1996)는 주요성과지표의 개발 원칙을 일곱 가지 제시한 바 있는데 이는 주요성과지표의 개발에 관하여 대표적인 것으로 알려져 있다[표 2-1].

[표 2-1] Mark의 일곱 가지 주요성과지표 개발 원칙

	개발 원칙
첫째	주요성과지표는 적을수록 좋다.
둘째	주요성과지표는 핵심성공 요인들과 연계성이 있어야 한다.
셋째	설정된 관점 속에서 조직의 과거와 현재, 미래를 한 눈에 바라볼 수 있는 지표여야 한다.
넷째	고객과 주주, 다른 이해 관계자들의 기대를 기반으로 하여 개발되어야 한다.
다섯째	최고경영자의 의지로 시작해 조직 내 모든 구성원들에게 전파될 수 있는 지표여야 한다.
여섯째	지표의 변경이 용이해야 하며 환경 및 전력이 변화함에 따라 재조정 가능하게 개발되어야 한다.
일곱째	지표의 목표 및 방향은 명확한 조사에 의해 설정되어야 한다.

KPI의 구체적 지표는 어떤 항목들이나 지표가 될 수 있겠는가에 대한 연구를 살펴보면, 정해석과 유우식(2012)은 [표 2-2]에서와 같이 14개의 분류 및 26개의 KPI를 발표한 바 있으며 여기에 오늘날 많이 활용되고 있는 분류를 볼 수 있다.

[표 2-2] 생산 관련 KPI 분류 및 KPI 명

분류	KPI 명	점수
고객만족	고객만족률	10
	주문충족률	10
품질	품질인지도	10
	품질향상률	10
	품질경영수준	10
원가	목표원가 달성수준	10
	가격경쟁력	10
납기	납기사이클 타임	10
	납기준수율	10
기술수준	신제품매출비율	10
	주력제품 기술수준	10
효율성	설비가동률	10
프로세스	생산계획수립주기	10
	마감소요시간	10
R&D	신제품개발비율	10
	제품개발사이클타임	10
자재구매	수입검사불량률	10
생산	생산적합성	10
	재공재고 정확도	10
영업	완제품 재고회전수	10
	완제품 불용재고 비율	10
유통	창고운영비	10
	운송비	10
인사	이직률	10
	교육훈련 시간	10
경영자 능력	경영자 기술 이해도	10

이와같은 KPI의 발전 흐름에 따라 현재 중소벤처기업부의 활발한 지원사업의 일환으로 스마트공장 보급 확산사업 후 혜택 기업의 성과와 경쟁력, 운영효율 등을 판단하고 그 결과에 대한 내부의 핵심역량을 측정하기 위해서 다음과 같은 주요성과지표 KPI(Key Performance Indicator)를 활용하고 있다.

특히 스마트공장과 스마트공방의 구축 지원사업을 했을 경우 그 결과나 효과를 파악하고자 하는 주요성과지표는 2019년도 구축사업 계획서에 [표 2-3] 와 같이 제시하고 있다(2019년도, 중소벤처기업부 공고 제 2019-75202 호).

스마트공장 보급 확산사업을 통해서 생산에는 시간당생산량, 제조리드타임을 품질에는 공정불량율(감소율), 완제품불량률(감소율)을 더 중요시하여 보며 원가의 경우 재공재고(절감률)과 납기의 경우 납기단축을 최우선순위로 적용함을 명시하고 있다[표 2-3].

[표 2-3] 스마트공장 주요성과지표 및 하위세부지표

P. 생산(Product)	Q. 품질(Quality)	C. 원가(Cost)	D. 납기(Delivery)
1. 생산품목수 증가 (증가율)	1. 공정불량률(●) (감소율)	1.작업공수(절감률)	1. 수주출하 리드타임 (감소율)
2. 매출액 증가 (증가율)	2.완제품불량률(●) (감소율)	2. 제품원가 (절감률)	2. 납기단축 (●) (감소율)
3. 영업이익률 (증가율)	3. 검사불량률 (감소율)	3. 재공재고 (●) (절감률)	
4. 시간당생산량(●) (증가율)	4. 반품율 (감소율)	4. 재고비용 (절감률)	
5. 제조리드타임(●) (단축률)	5. Claim 건수 (감소율)		
6. 설비가동률 (향상률)			

(●)표시는 최우선 순위 적용

한편 소상공인시장진흥공단에서는 주요성과지표의 수집 근거를 [표 2-4] 와 같이 제시하고 있다.

[표 2-4] 소상공인시장진흥공단의 주요지표 수집 근거

구분	측정항목	수집 근거자료
생산성(P)	생산량 (일별 상품별 생산량)	Σ 생산 상품
	매출액 (일별 제품별 매출액)	Σ 출하 제품*판매가
	인당 매출액 (일별 인별 매출액)	Σ 매출액 / 투입인력
품질(Q)	클레임 수 (일별 클레임 수)	Σ 클레임 수
	자재 불량율 (일별 불량 자재 수량)	(불량수량 / 수입 검사 수량) * 100
	수율 (투입 대비 양품 생산량)	(양품 생산량 / 투입량) * 100
원가(C)	작업공수 (상품별 투입 M/H)	Σ 상품별 실적 투입 공수
	제품원가 (기간별 제품별 생산원가)	재료비 + 가공비
	재고 보유 비용 (기간별 재고 보유 비용)	Σ 품목별재고 수량 * 생산원가 * 가중치
납기(D)	서비스 리드타임 (수주 후 출하까지 리드타임)	Σ 품목별(출하일 - 주문 접수일)
	납기 단축율 (전년 동기 대비 납기 단축율)	[(전년 수주출하 리드 타임 - 금년 수주출하 리드 타임)/ 금년 수주출하 리드 타임 * 100
	출하납기 준수율 (주문 대비 출하 준수 비율)	납기준수건수 / 주문 건수 * 100

(출처: 중소벤처기업부, 소상공인시장진흥공단)

제 2 절 스마트공장

스마트공장이란 ICT(Information Communication Technology), 설비 및 자동화 솔루션이 융합되어 시장과 고객이 요구하는 스마트제품을 고객이 요구하는 시점에 생산하여 적시에 납품할 수 있도록 실시간 의사결정과 운영체계가 최적화된 인공지능형 공장을 의미한다(민관합동 스마트공장추진단, 2017). 그러나 아직까지 스마트공장 또는 스마트팩토리란 용어의 일반화에

있어서 우리나라는 이 둘을 혼용하여 쓰고 있으며, 스마트팩토리는 사물형 팩토리(factory of things)(Lucke et al., 2008), 지능형 팩토리(intelligent factory)(Wan et al., 2015), 디지털 팩토리(digital factory)(Caggino et al., 2015) 등 다양하게 표현되고 있는데 그 내용은 모두 IoT를 활용한 모든 개체 간의 연결을 지향한다는 동일한 맥락으로 이해될 수 있다(송원철, 2021).

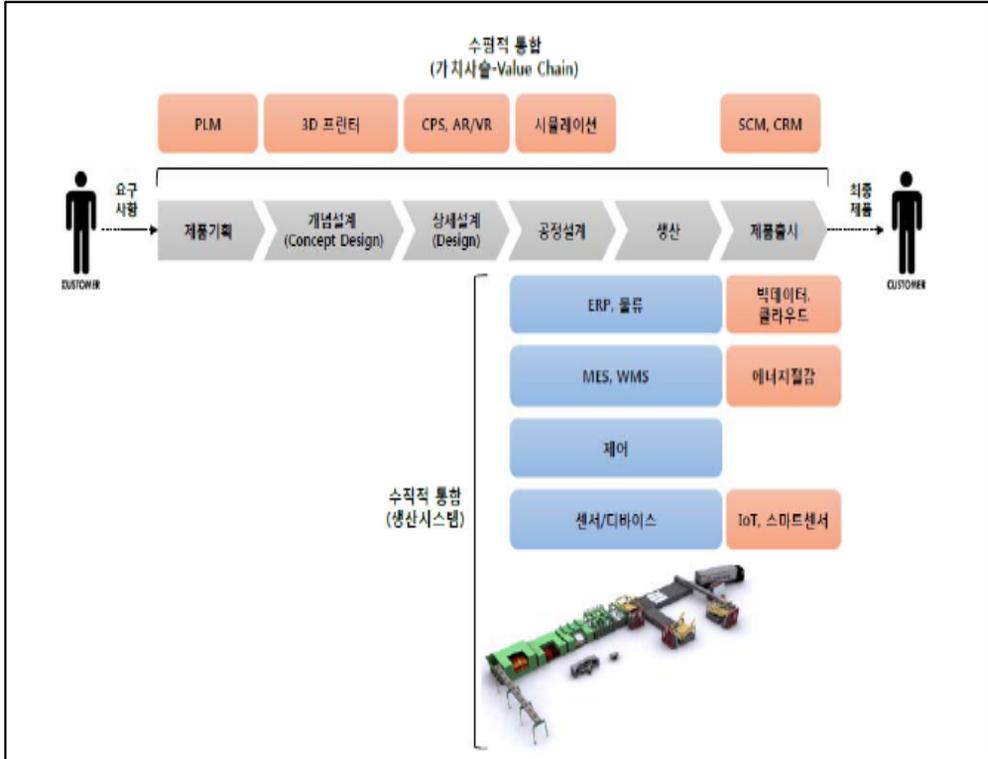
스마트공장을 이해하기 위한 정의를 살펴보았을 때 설계·개발, 제조 및 유통·물류 등 생산과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 정보통신기술(Information and Communication Technology: ICT)을 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도를 향상시키는 지능형 생산 공장이라 하거나 (정혜란, 배경한, 이민구 등, 2020), 기획 및 설계, 생산, 유통 및 판매 등의 전 과정을 IoT, 인공지능, 빅데이터 등으로 통합하여 자동화와 디지털화를 구현한 공장으로서 최소비용과 최소시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 공장이라고 하기도 하였다(민관합동 스마트공장추진단, 2017). 또한 공장의 생산설비를 기반으로 한 수직적 통합과 고객의 요구사항을 시작으로 하는 제품 개발 가치 사슬 기반의 수평적 통합이 구현되는 공장이라고도 정의하였다(Cho, 2016).

Cho(2016)에 따르면, 스마트공장에는 수직적 통합 시스템과 수평적 통합 시스템으로 구분된다. 먼저 생산시스템을 의미하는 수직적 통합은 센서, 디바이스, 제어, MES(Manufacturing Execution System), WMS(Warehouse Management System), SCM(Supply Chain Management), PLM(Product lifecycle management), ERP(Enterprise Resource Planning), 물류 등의 유기적인 통합 흐름을 관리하는 시스템을 의미한다. 반면에 가치사슬로도 이해되는 수평적 통합은 비용 및 시간을 절약하고 기업의 생산성과 효율성을 향상시키기 위해 맞춤형 생산제품을 수주에서 설계, 자재준비, 생산, 출고 및 유통까지 판매제품의 모든 과정을 수평적으로 통합하여 시장의 변동 상황에 빠르게 대응할 수 있도록 제조가치사슬이 유기적으로 연결된 고도화되고 지능화된 맞춤형 제조의 전 과정을 포함한다고 한다.

이와 같은 획기적인 스마트팩토리는 최근 4차 산업혁명의 진전, 미·중 기술 분쟁 등과 함께 GVC(Global Value Chain)의 변화를 통하여 기업들의 본국 회귀에도 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다(Bank of America, 2020). 또한 COVID-19의 발병으로 전 세계가 마스크와 방호품의 수요가 급증하자 우리나라 기업 중 삼성은 스마트팩토리 지원을 통하여 마스크, 진단키트 업체, 보호구 제조업체 등을 도와 국내외 중소기업의 생산성이 대폭 증대하여 방역에 기여한 사례도 있다(변재웅, 2020).

Markets & Markets에 따르면 세계적인 스마트팩토리 시장 규모는 2022년까지 매년 9.3%씩 성장하여 약 2016년 1,700억 달러 규모에서 2022년 2,054억 달러로 빠르게 증가할 것으로 전망된다(www.snmnews.com). 한국의 시장 규모도 2020년에는 78.3억 달러, 2022년까지는 127.6억 달러로 예상되어, 연간 12.2%의 높은 성장률로 아시아 지역에서 중국에 이어 두 번째로 빠른 성장 속도를 보일 것으로 예상된다(변재웅, 2021).

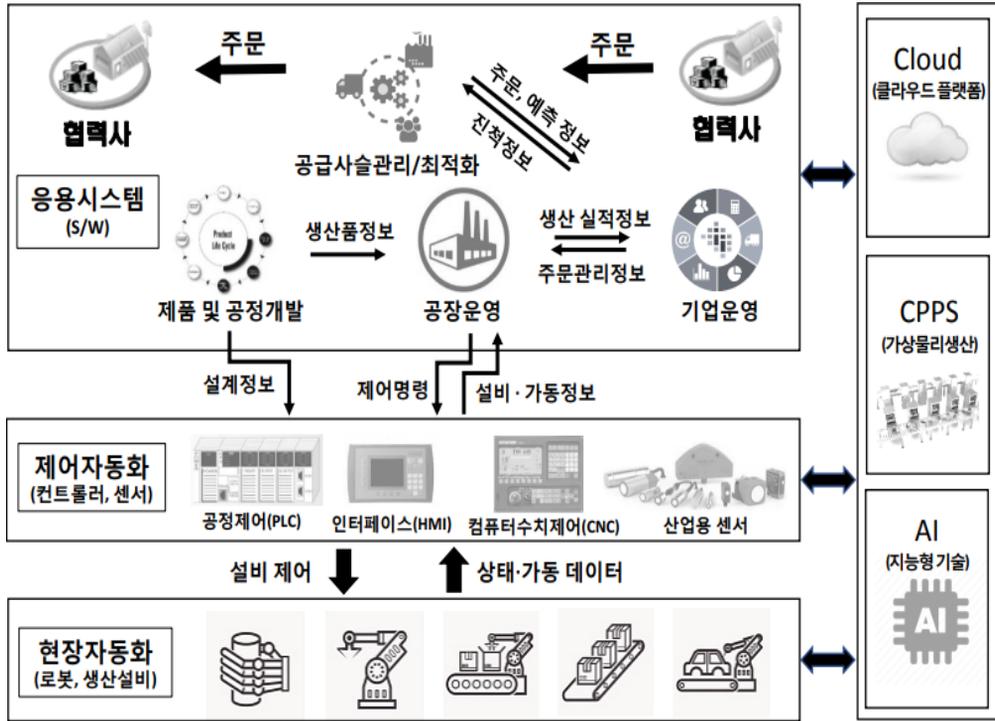
오늘날 스마트팩토리는 고객 니즈의 변화에 따른 자연스러운 개념으로 발전에 발전을 거듭하고 있으며 고객의 다양한 요구사항에 부합하기 위해서는 생산시스템 통합과 가치사슬 통합이 유기적으로 연결되어야 함이 당연시되고 있다(중소기업기술정보진흥원 중소기업 전략기술로드맵 2020-2022 스마트제조) [그림 2-1].



[그림 2-1] 스마트공장의 수평적 통합과 수직적 통합
(중소기업 전략기술로드맵 2020-2022.)

민관합동 스마트공장추진단(2017)에 의하면 스마트공장의 범위는 다음과 같다[그림 2-2].

스마트공장은 제품개발에서부터 양산까지, 시장 수요 예측 및 모기업의 주문에서부터 완제품 출하까지의 모든 제조 관련 과정을 포함하며 수직적으로는 현장자동화, 제어자동화, 응용시스템의 영역을 모두 포함한다(민관합동 스마트공장추진단, 2017).



[그림 2-2] 스마트공장의 범위

한편, 스마트공장추진단(2017)은 수준별 스마트팩토리를 정의하였는데 각 수준을 정의한 이유는, 중소·중견기업은 스마트공장 구축을 위한 대규모의 자체 투자 여력이 부족하므로 기업의 여력과 능력에 따라서 점진적으로 발전시켜 궁극적으로 고도화의 단계에 이르도록 하는 단계적 발전 전략이 요구되기 때문이며 이때 발전 단계는 기업이 마스터플랜을 수립하기 용이하도록 4 단계로 구성하며, 각 단계를 스마트공장 수준으로 구성하며 수준은 스마트공장의 성숙도 지표이며, 기초, 중간 1, 중간 2, 그리고 고도화의 4 개로 구분한다(민관합동 스마트공장추진단, 2017).

수준을 정의하는 요소는 4M+1E(Man, Materials, Machinery, Methods, Environment)의 식별·측정·제어 자동화 및 통신 능력, 실시간 운영 능력, 실시간 최적 의사결정 능력 등으로 구성되며, 이러한 요소를 바탕으로 수직적 수평적 통합성, 신경망의 구성 정도, 지능화 정도를 측정하여 수준을 정의한

다(민관합동 스마트공장추진단, 2017). 또한 수준은 총체적 관점에서의 수준(스마트공장 수준)과 대기능 별 수준으로 정의하는데, 기능별 수준을 구성하는 이유는 부분적으로 스마트공장을 구축하는 중소기업이 통합성과 인터페이스를 유지하면서 점진적 발전을 도모할 수 있도록 지원하기 위함이다(민관합동 스마트공장추진단, 2017).

스마트공장의 대기능은 현장자동화와 공장운영, 제품 및 공정 설계·개발, 공급사슬관리 및 운영 최적화, 기업자원관리의 4개 기능에 대하여 기능별 수준을 정의한다(민관합동 스마트공장추진단, 2017). 각 수준에 대한 구체적 내용은 아래 [표 2-5]에 상세히 제시되어 있다.

[표 2-5] 스마트공장 수준

구 분	현장자동화	공장운영	기업자원 관리	제품개발	공급사슬 관리
고도화	IoT/loS기반의 CPS화				인터넷 공간 상의 비즈니스 CPS 네트워크 협업
	IoT/loS화	IoT/loS(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영			
중간수준2	설비제어 자동화	실시간 공장제어	공장운영 통합	시뮬레이션과 일괄 프로세스 자동화	다품종 개발 협업
중간수준1	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기술 정보 생성 자동화와 협업	다품종 생산 협업
기초수준	실적집계 자동화	공정물류 관리(POP)	관리 기능 중심 기능 개별 운용	서버를 통한 기술/납기 관리	단일 모기업 의존
ICT 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업

각 수준에 대한 구체적 적용상황을 살펴보면, 먼저 기초수준의 경우 기초적인 ICT를 활용하여 생산 일부 분야의 정보를 수집·활용하고, 모기업 인프라 활용 등을 통하여 최소비용으로 자사의 정보시스템을 구축하는 수준을 의

미한다(민관합동 스마트공장추진단, 2017) [표 2-6]

[표 2-6] 기초 수준의 정의

구 분	수준의 정의
현장 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생산실적 정보를 집계할 수 있는 자동화 수준 - Lot별로 생산 시작 및 종료 시점 등의 기초적인 실적정보를 집계하는 수준으로 바코드, Counter와 Timer 등의 기초센서가 이용될 수 있음
공장 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정물류관리 수준 - 자재와 제품 생산이력이 관리되어지고 역추적 가능(Lot-tracking) - 생산실적관리 및 작업지시
공급사슬관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모기업의 IT인프라를 활용하여 정보 공유 - 자기업은 자신의 시스템을 보유하지 않으며 모기업이 보유하는 시스템을 사용하여 모든 정보를 처리함
제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서버를 통한 기술개발 정보 및 납기가 관리되는 수준 - 2D, 3D CAD로 단순 제품 설계 - 프로젝트 납기 일정 및 도면 문서, 기술 정보가 분류되어 공유
기업자원관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수불 및 재고 정도 향상

(출처: 민관합동 스마트공장추진단, 2017)

중간 1 수준의 경우 설비 정보를 최대한 자동으로 획득하고 모기업과 고신뢰성 정보를 공유하여 기업 운영의 자동화를 지향하는 수준(민관합동 스마트공장추진단, 2017)을 의미하며 구체적으로 [표 2-7]에 제시되어 있다.

[표 2-7] 중간 1 수준의 정의

구 분	수준의 정의
현장 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생산실적 정보 집계 자동화 ○ 계측정보 집계자동화 - 측정센서(인장강도, 정밀도, 온습도, 압력, 화학측정 등) 고도화
공장 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 공장 운영 현황 분석 및 의사결정 - 공장운영상태 실시간 모니터링 - 실시간 공정품질분석/경고
공급사슬관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모기업과 영업, 생산, 품질정보 등을 공유하되 독자적으로 정보시스템을 운영하는 독립형 협업
제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제품 개발을 위한 기준정보와 엔지니어링 정보 생성 자동화 및 협업하는 수준 - 3D CAD/CAM /CAE(CFD포함)/CAS/CAPP 응용 및 자동화 설비 프로그램 생성 - 개발일정 WBS화, 3D Model, BOM, 설계변경, ERP 연계 및 협력업체 도면 호환
기업자원관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공장운영시스템과 자동생산계획의 연계 ○ 계획과 원가의 정도 향상

(출처: 민관합동 스마트공장추진단, 2017)

중간 2 수준은 모기업과 공급사슬 관련 정보 및 엔지니어링 정보를 공유하며, 글로벌 계획 최적화와 제어자동화를 기반으로 Real-time 의사결정 및 제어형 공장을 달성하는 수준(민관합동 스마트공장추진단, 2017)을 말하며 이는 [표 2-8]에 제시되어 있다.

[표 2-8] 중간 2 수준의 정의

구분	수준의 정의
현장 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생산실적 및 계측정보 집계자동화 ○ 설비 제어 자동화 <ul style="list-style-type: none"> - CAD/CAE/CAM 운영 - 래시피 생성, PLC 및 컨트롤러 자동 제어
공장 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제어 기반의 공장운영 최적화 ○ 실시간 스케줄링/의사결정 ○ 모니터링/진단/분석/Feedback 체계 운영 ○ 주기적 분석 및 피드백을 통한 가치 창출형 공장 경영
공급사슬관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 운영 최적화, 고객 납기약속, 내외부 환경변화에 대비한 What-if 분석 등 실시 ○ 모기업과 영업, 생산, 품질정보와 제품개발 정보를 공유하되 독자적으로 정보시스템을 운영하는 독립형 협업
제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시뮬레이션, 복수 프로젝트 관리, 현장 설비 자동 연동으로 일괄 프로세스화 <ul style="list-style-type: none"> - 시뮬레이션 중심, 3D 프린팅, Digital (Mock up, Prototyping, Manufacturing) 구현 - 프로젝트 포트폴리오, 개발 유형별 프로세스들과 모든 산출물이 시스템에서 관리
기업자원관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제품개발 시스템 연계 ○ KPI 개발 운영 ○ 대시보드를 이용한 눈으로 보는 경영

(출처: 민관합동 스마트공장추진단, 2017)

마지막으로 고도화 수준의 경우는 사물과 서비스를 IoT/IoS 화하여 사물, 서비스, 비즈니스 모듈 간의 실시간 대화 체제를 구축하고 사이버 공간상에서 비즈니스를 실현하는 수준(민관합동 스마트공장추진단, 2017)으로서 이때는 고객 맞춤형 생산체제가 가능하고 AR/VR 기술을 활용한 생산활동이 가능한 수준이다.

[표 2-9] 고도화 수준의 정의

구 분	수준의 정의
현장 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고객맞춤형 생산체제(Lot-one 생산체제, 모듈형 생산체제, 3D 프린팅 체제 등) ○ AR/VR 기술을 활용한 생산 활동 ○ 자율적응형 생산체제
공장 운영	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가상화 및 분산 컴퓨팅 기반의 공장통합 운영 ○ 자율적응형 컴퓨팅 기반의 공장운영시스템 ○ CPPS, 인공지능 기술 기반의 실시간 공장관제 기술 구현 ○ 고객의 니즈를 반영한 실시간 제품 설계 및 생산
기업자원관리	
제품 개발	
공급사슬관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가상 물리시스템(CPS) 기반의 협업 <ul style="list-style-type: none"> - IoT와 IoS를 통한 설비, 공정, 공장 등의 자유로운 선택 및 비즈니스 활동 ○ 제품개발부터 완제품까지, 자재구매에서부터 유통까지, 생산에서부터 폐기까지 인터넷 공간상의 경영

(출처: 민관합동 스마트공장추진단, 2017)

제 3 절 스마트공장 도입 성과

산업의 근간이 되는 제조업의 변화 발전은 지속적이며 끊임없는 노력이다. 2006년부터 첨단기술전략을 논의해 온 독일이 마침내 2011년도에 제시한 인터스트리 4.0을 계기로 전 세계 제조업에 끊임없이 도전이 되어 왔던 생산성 향상, 매출액증가, 불량률 감소 등의 문제를 해결할 수 있는 ICT(Information Communication Technology) 개념을 포함한 스마트공장이 세계적으로 확산되고 각 나라가 자국의 이익을 위해 앞다투어 전략과 방향을 제시하고 자국의 제조업을 돕고 있다.

지금까지 일반적으로 제조업에서 운영해 온 생산자동화는 제조과정에서 가급적 사람의 개입을 최소화하고 그 일들을 기계가 하도록 하여 궁극적으로 무인화 공장을 지향하는 것이었다. 그러나 스마트공장의 개념은 이를 뛰어넘어 제조의 전 과정을 기획, 설계, 유통, 판매 등을 ICT로 통합하고 실시간 측정된 데이터를 통해 고객 맞춤형 스마트 제품을 생산하는 지능형 공장으로서 인간과 기계가 유기적으로 연결되는 시스템을 말한다.

이에 따라 선진국들은 각기 다양한 제조기업의 변화에 따라 제조공장 스마트화 확산 전략을 추진하고 있다. 한국도 혁신성장 사업으로 스마트공장 보급을 추진 중이고 현재 정부에서 추진하는 스마트공장화 전략은 모두 네 단계로서 기초, 중간 1, 중간 2 그리고 고도화 단계로 구분하여 중소기업 지원 정책을 추진하고 있다. 이를 기반으로 중소제조기업의 생산성 향상, 제품품질 향상, 일자리 창출 등의 성과 창출을 가시화하고 있으며 구축한 기업의 생산을 증가와 불량률 감소의 성과가 좋아졌는데 일반기업과 대기업 협력사를 비교 연구한 결과(남우정, 2021)를 보면 일반기업보다는 대기업 협력사에서 스마트공장을 도입한 경우, 생산을 증가에서 21.5%로 가장 높게 나왔으며 불량률 감소가 3.9%로 가장 낮게 평가되었다고 보고하고 있다.

지금까지 밝혀진 스마트공장의 기대효과는 첫째, 소비자 맞춤형 대량생산 확대가 가능한 것으로서 고객들은 개인별 맞춤화된 제품에 대해 5-20%의 프리미엄 비용을 쓸 수 있다는 것과 둘째, 사전 시뮬레이션이나 end-to-end 엔지니어링이 가능한 것으로 이미 다양한 방법으로 end-to-end 엔지니어링이 실시되고 있는데 예를 들어 지멘스는 TIA(Totally Integrated Automation) SW를 개발하고 이를 통하여 공장의 레이아웃에서부터 제어설계, 생산 시뮬레이션, 가동모니터링 등의 일련의 과정을 한 패키지에서 실현하여 자원의 효율성을 제고하는 것이 일례로 볼 수 있다.

셋째, 개별 제조업만의 고유의 기술을 서비스화하여 경쟁력을 강화시킬 수가 있는데 그중 한 방법으로는 스마트공장을 통하여 필요한 동영상을 만들어 클라우드에 저장해 두면 어디서든지 지식을 공유할 수 있도록 할 수 있어 개별 고유의 서비스를 가지고 경쟁력을 높여갈 수 있으며, 넷째, 센서가 장착된 모듈형 설비를 확산함으로써 공장간 설비공유가 가능하여져서 이를 이용한 도심형 공장뿐 아니라 재택근무 활성화로 지역사회에 공헌하거나 일과 가정의 양립이 가능해지고 있다는 점이다(서창성, 2016).

2017년도에 추진된 스마트공장 구축의 성과를 일부 사례를 살펴보면 (중소벤처

처기업부, 민관합동 스마트추진단, 2018), 건강식품 전문회사인 A 사의 대표는 스마트공장 도입 후 더욱 건강한 맛, 안정적인 품질, 생산성 향상, 원가절감의 네 가지에서 큰 성과를 얻었다고 밝혔다.

B 사의 경우 좀 더 구체적인 변화를 다음과 같이 밝혔는데 첫째, 근로환경이 개선되어 퇴근 시간의 단축되었다는 것으로 스마트공장 도입 전에는 전산화가 잘 되어있지 않아 생산공정 현황에 대한 공유가 어려워 내용 확인이 필요할 경우, 해당 공정 담당자를 직접 찾아가거나 서류를 열어보고 맞는지 대조하는 등 시간과 에너지가 소모되는 경우가 많아 자동적으로 추가업무를 위하여 퇴근의 지연되는 상황이 잦았다는 것이다. 그러나 스마트공장 도입으로 가장 큰 변화는 이러한 문제의 해결로 인하여 퇴근 시간이 1시간-1시간 반 정도가 당겨졌다는 점을 들었다. 또 다른 큰 변화는 측정실에서 작성하는 서류작업이 실시간 연동으로 가능해져서 수 개월 후는 서류작업이 모두 없어진다는 점을 들었다(중소벤처기업부, 민관합동 스마트추진단, 2018).

이에 더 나아가 2021년도 12월에 발표된 스마트공장 구축성과는 보다 실제적이면서 효율적인 방향과 정보를 개별 기업별 사례연구를 통해 밝히고 있었다. 이 보고서에 의하면 파악된 영역은 ICT 기술의 활용 정도와 기업별 역량에 따라 신규구축, 대중소상생형, 노동친화형, 업종별특화형, 그리고 고도화의 5개 영역, 총 20개 기업이었으며, 이 기업들이 제시한 구축성과지표는 공정불량률 4개 기업, 불량처리시간 1개 기업, 재고확인소요시간 1개 기업, 에너지사용량 1개 기업, 납기준수율 1개 기업, 매출액 1개 기업, 생산성 8개 기업, CCP이탈인지시간 1개 기업, 생산계획준수율 1개 기업, 설비가동달성률 1개 기업이었다(중소벤처기업부.KOSMO,스마트제조혁신추진단. 2021, 제조혁신의 중심, 스마트공장-스마트공장지원사업 참여기업 우수사례집, 2019-2021 선정, 2022-01) [표 2-10].

[표 2-10] 2019-2021년도 스마트공장 구축 성과

효과 단위:%

영역	기업명	성과지표	구축 전	구축 후	효과
신규구축	에이치엔에스하이텍(주)	공정불량률	5%	1%	4.0▼
	(주)엘브리지	불량처리시간	36시간	15시간	58.0▼
	제이엠푸드(주)	재고확인소요시간	1시간	10분	83.3▼
	(주)케이이씨구미사업장	에너지사용량	48.3MWh	47.9MWh	0.9▼
	(주)함펠	납기준수율	88%	98%	10.0▲
대중소상생형	대전열병합발전(주)	작업시간	912h/년	220h/년	76.0▼
	새한주식회사	설비종합효율	85%	94%	9.0▲
	(주)코젠바이오텍	생산성	600,000 테스트/주	1,080,000 테스트/주	80.0▲
	(주)풍림파마텍	작업시간	46.8hr	40hr	14.5▼
노동친화형	(주)삼현	공정불량률	3,373ppm (15년)	1,913ppm (21년)	43.0▼
	(주)오토닉스	시간당생산량	14EA/hr	29EA/hr	207.0▲
업종별특화형	(주)세일사	시간당생산량	71UPH	250UPH	252.0▲
	(주)에치와이 평택공장	CCP이탈인지시간	30분	3분	90.0▼
	일동제약(주)	생산계획준수율	93%	95.4%	2.4▲
	진양제약(주)	공정시간단축	5600공수/월	4900공수/월	14.0▼
고도화	동아연필(주)	시간당생산량	23,393EA	28,078EA	20.0▲
	(주)비츠로빅스텍	설비가동달성률	65%	82%	17.0▲
	아주스틸(주)	매출액	2515억원 (19년)	3268억원 (20년)	30.0▲
	엠에스이(주)	공정불량률	2,299PPM	1,829PPM	20.0▼
	(주)한중엔시에스	공정불량률	16,058PPM	10,820PPM	33.0▼

결과적으로 오늘날 제조업들이 미래를 향해 나아가고자 한다면 스마트공장화는 선택이 아니라 필수이며, 스마트공장화에 대한 계획 시점을 앞당겨 그동안의 작업 관행을 과감히 변화를 주어 세계화하는데 발맞추지 못한다면 그 기업의 미래를 아무도 보장할 수 없을 것이다

제 4 절 국내·외 스마트공장 구축현황

1) 국내 현황

우리나라는 주요국들의 제조업 혁신 흐름에 발맞춰 ‘제조업혁신 3.0’ 정책을 수립하고자 2014년 6월, 제조업 내 IT 와 소프트웨어 융합으로 신산업을 창출하고자 다음과 같은 일련의 과정을 추진해 왔다.

2015년 7월, 스마트팩토리의 개발, 보급 및 확산에 속력을 내기 위해 민관 합동 스마트공장 추진단 신설하였고, 2017년에 세운 ‘스마트 제조혁신 비전 2025’에 따라 2025년까지 스마트팩토리 3만개 구축의 목표 제시, 2018년 ‘스마트공장 확산 및 고도화 전략’과 ‘중소기업 스마트 제조혁신 전략’ 수립해 왔다.

한편, 산업통상자원부는 2019년 3월, 스마트제조 R&D 로드맵을 발표, 다시 7월 ‘스마트제조혁신추진단’을 출범시켜 스마트팩토리를 보급하여 제조혁신 R&D, 표준화 등의 관련 사업도 총괄하는 등의 숨가쁜 발전 계획을 추진해 왔다. 그러나 현재 우리나라의 중소기업은 대기업과 달리 경제적 이유로 프로세스가 충분히 구축되지 않으므로 인하여 생산과정에 여러 문제를 가지고 있으며 이를 해결하기 위한 어플리케이션이 매우 필요한 상황에 있는 기업이 많다.

[그림 2-3]에서 보여주듯이 그동안 중소기업에서 발생하는 여러 문제들 중 BOM 및 시장관리가 원활히 되지 않아 작업을 처음부터 다시 해야 하거나, 제때에 물품이 나오지 못한 문제나, 고객사의 발주 계획이 수시로 변경되는 문제를 해결하기 위해 긴급히 대응해야 하는 문제로 인한 신뢰성 저하의 문제, 동시에 자재관리를 일일이 수작업으로 하는 이유로 인한 누락과 오기, 시간 지연으로 인한 전산과 실물 차이 등이 큰 문제로 대두되어 왔다(2018

글로벌 스마트제조 컨퍼런스 재인용, 중소벤처기업부, 중소기업기술정보진흥원, Nemo Partners, 입스 [편] (2020-2022) 중소기업 전략기술로드맵 [전자자료] = Technology roadmap for SME : 스마트제조).

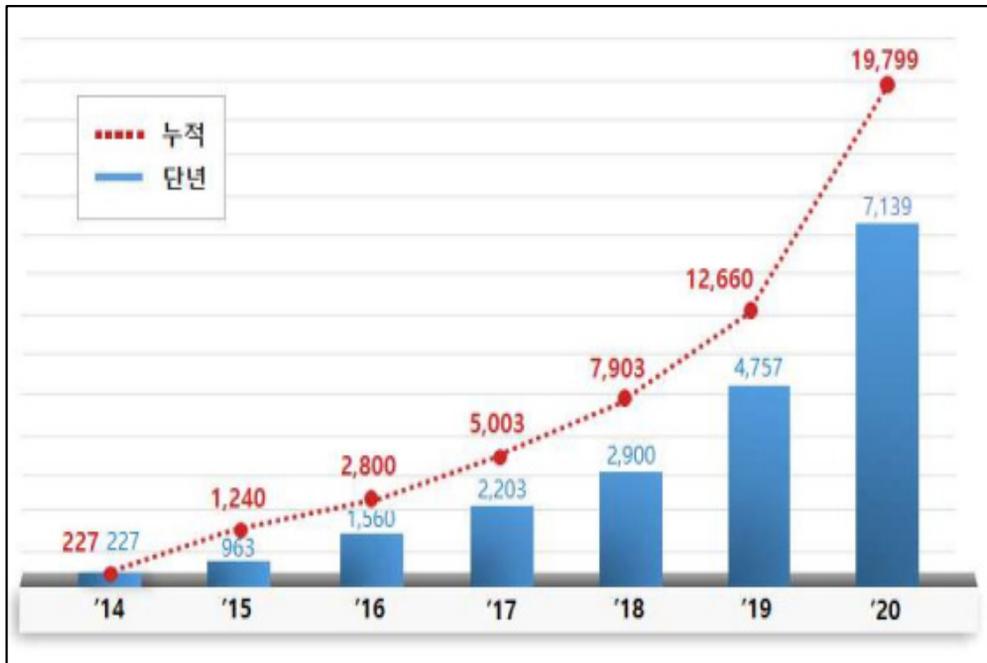


[그림 2-3] 중소기업의 현실적 문제

이에 따라 본 난에서는 중소벤처기업부의 2021년도 추진업적을 살펴 본 후, 2022년도 스마트제조 혁신지원사업의 구축관련 주요 내용을 살펴보고자 한다.

먼저 2021년 중소벤처기업부 보도자료(2021)에 의하면, 중기부, 스마트공장 보급 2만 개 달성을 통한 스마트 제조 저변 확대를 목표로 2020년, 중기부 스마트공장 7,139개를 보급하여 당초 목표치 5,600개를 초과 달성하여 누적 기준 목표치 19,799개를 달성하였다고 보고하였다. 또한 스마트공장의 효과

입증과 제조업의 디지털 전환 가속화 등으로 당초 목표치를 초과하여 중소기업 스마트 제조의 저변을 크게 확대한 것으로 발표하였다[그림 2-4].



[그림 2-4] 스마트공장 보급 추이(단위:개)(중소벤처기업부 보도자료, 2021)

2021년 스마트팩토리 보급현황, 기업별 사업 횟 수 및 솔루션별 보급현황은 아래 [표 2-11]과 같다.

스마트팩토리 보급현황에는 사업의 참여 기업 수준은 78%에서 기초수준의 자동화, 사무 자동화 수준에 머무르는 상황이었으며, 기업별 사업 횟 수는 83.9%에서 1회 실시한 반면에 3개의 기업은 7회까지 한 것으로 조사되었다.

솔루션별 보급 현황은 MES(manufacturing Execution System) 구축이 69.5%로 가장 많았다. 그러나 향후 데이터 기반의 스마트팩토리 구축 실적 향상에 주력하고자 하며 현재 자동화+디지털화 3.9%, AI, Big date 0.1%, 그리고 CPS(Cyber-Physical System), HMI(Human Machine Interaction), IOT(Internet of Things), 센서 등 6.3% 등 이들 모두 합이 10% 정도인 것을 향후 25%까지 향상시키고자 하는 목적을 가지고 있다.

[표 2-11] 스마트공장 수준별, 기업별 및 솔루션별 보급현황

수준별 보급현황								기업별 사업 횟수					솔루션 별 보급현황		
구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	합계	횟수	기업수	과제수	솔루션	보급수	점유율		
중간2	7 (2.5)	31 (3.2)	22 (1.4)	5 (0.3)	41 (1.4)	81 (2.1)	187 (1.6)	1	14,488	83.9%	14,488	73.1%	ERP	2,190	13.4%
중간1	44 (15.9)	141 (14.6)	416 (26.7)	354 (17.7)	475 (16.5)	930 (24.4)	2,360 (20.5)	2	1,986	12.8%	3,972	20.1%	MES	11,326	69.5%
기초	226 (81.6)	791 (82.1)	1,122 (71.9)	1,639 (82.0)	2,361 (82.1)	2,802 (73.5)	8,941 (77.8)	3	294	2.6%	882	4.5%	FEMS	194	1.2%
소계	277	963	1,560	1,998	2,877	3,813	11,488	4	83	0.5%	332	1.7%	PLM	691	4.2%
기타	-	-	-	205'	23'	944"	1,172	5	16	0.1%	80	0.4%	SCM	196	1.2%
총계	277	963	1,560	2,203	2,900	4,757	12,660	6	4	0.0%	24	0.1%	자동화+디지털화	641	3.9%
								7	3	0.0%	21	0.1%	AI, Big Data	15	0.1%
								소계	16,874	100%	19,799	100%	CPS, HMI IOT센서 등	1,032	6.3%
											합계	16,285	100%		

한편, 스마트공장구축의 단계별 계획은 다음과 같다[그림 2-5].

1 단계는 2014년도부터 시작되어 이를 스마트 제조 혁신 1.0세대로 부른다. 1 단계의 주 내용은 제조기업의 글로벌 제조경쟁력 확보, 저변 확대중심의 스마트공장 보급 및 확산사업으로 2022년도에는 3만 개를 목표로 하고 있다.

2 단계는 2020년도부터 시작되며 이는 스마트제조혁신 2.0으로 명명하였는데, 구체적 내용에는 스마트공장에서 생성되는 데이터를 저장분석활용하여 중소기업의 AI 스마트공장화 지원하는 마이제도 데이터인프라 ‘AI 중소벤처 제조플랫폼(KAMP)’를 구축하는 것이 목적이다.

3 단계는 2022-2025년도까지이며, 주 내용에는 5G와 AI 가 합쳐진 스마트공장 고도화단계의 공장 1,000개를 목적으로 하며 동시에 스마트 제조 공급기업의 경쟁력 향상의 일환으로 해외진출 기업을 800개를 목적으로 한다.

이 목적을 다 이루면 우리나라는 중소제조업의 디지털화를 통한 야심찬

제조혁신강국의 목표를 지향하게 될 것으로 계획하고 있다(스마트공장연수, 2021년).



[그림 2-5] 스마트공장 단계별 계획

이를 달성하기 위해 중소벤처기업부는 2022년 사업을 일반형 및 특화형 단독 스마트공장, 디지털 협력 지구(cluster), 제조데이터 활용지원, 스마트공장시험대, 그리고 수준확인·컨설팅 등 6개 분야로 구성하고 총 3,663억원을 지원할 계획을 발표하였다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

구체적으로는 다음과 같다.

첫째, 기업별 상황에 적절한 각 수준별 스마트 공장구축에 총 2,530억원이 책정되었다. 여기에는 개별 수요기업의 작업현장과 스마트공장 운영 역량을 기반으로 스마트공장 수준을 기초, 고도화 1단계, 고도화 2단계로 나누어 상

황에 맞게 지원하도록 계획되어 있는데 구체적으로 보면 전국 19개 테크노파크를 통해 지역을 기반으로 한 정부 단독지원형태와 대기업과 중소기업이 자발적으로 스마트공장을 구축하면 정부가 후원하는 대·중소 상생형으로 구분하여 운영되며 정부는 단독지원형과 대·중소 상생형 모든 경우에 각 수준에 따라 차등 지원을 원칙으로 한다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

둘째, 업종이나 각 분야의 특성을 고려하여 계획되는 특화형 스마트공장 구축영역에 551억원이 책정되었는데 구체적으로는 기술이나 업종별 또한 지원목표 등을 충분히 참조하여 일반 스마트공장의 지원방식과는 내용을 차별화한 특화형 스마트공장 구축에도 지원을 한다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

셋째, 네트워크형 스마트제조 혁신을 위한 디지털협력지구(클러스터) 구축에 292억원이 책정되었다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

디지털 협력지구 구축사업이란 각 개별 공장 중심 스마트화 지원 뿐 아니라 가치사슬 또는 협업기업 등 각기 다른 여러 스마트공장이 자체가 가진 데이터와 네트워크 기반의 활용한 상호연결을 통해 자재관리부터 수주, 생산, 유통, 마케팅 등을 함께 수행할 수 있도록 지원하는 사업이다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일). 특히 이 사업은 협업을 하는 기업들 간에 데이터나 네트워크를 연결한 클러스터의 형태로 스마트공장 구축을 지원해 주므로써 그동안 행해져 오던 입지 중심의 군집형 협력지구 방식에서 탈피하여 지역과 관계없이 원거리에 있는 기업들 간에도 디지털 기술로 다양한 협업 비즈니스가 가능한 것이 또 다른 특징이다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

넷째, 세계 최초 인공지능 제조플랫폼인 캠프(KAMP)를 통한 제조데이터 활용지원에 100억원이 책정되었는데(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일), 캠프란 인공지능 중소벤처 제조플랫폼(Korea AI Manufacturing Platform)으로서 제조중심의 중소기업들의 데이터를 수집하고 분석하는 일에

서부터 인공지능 해법을 개발하여 확산시키는 일까지 지원하는, 클라우드를 토대로 한 플랫폼을 의미하며 이를 통해 공장에서 생산되는 각종 제조데이터를 분석하여 공정 과정을 최적화하고 또한 동시에 자동제어까지 가능한 상위 단계의 스마트공장 구축 역량을 갖추도록 발전해 나가는 계획을 갖고 있다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

그 외에도 스마트공장을 구축하기 전에 미리 구축 환경을 시험해 보고 체험해 볼 수 있는 스마트공장 시험대 즉 테스트베드의 조성도 지원계획이 있으며, 마지막으로 수준확인·컨설팅 등 기타사업에도 지원할 계획을 발표하였다(중소벤처기업부 보도자료, 2021년 12월 28일).

2) 국외 현황

본 난을 통하여 선진국들의 현황을 살펴보고자 한다.

먼저, 독일, 미국, 일본, 중국은 각 국가별 제조업 특성이나 자신들만이 갖고 있는 강점 역량, 독자적 산업 구조에 따라 서로 다른 형태의 스마트공장 전략을 다음과 같이 추진하고 있다.

독일의 경우 정부가 주도하여 독일 전역의 기업들에게 스마트공장 생태 환경을 조성하고 민간, 정부, 대학들이 서로 연계하여 세계적으로 우수품질로 인정받는 독일 고유의 자동차, 기계, 정밀제품 위주로 표준화 전략을 적극적으로 추진해 오고 있으며, 미국은 IT를 중심으로 한 대기업들의 주도 아래, 시장 표준화 전략을 적극적으로 추진해 오고 있다.

한편 일본의 경우는 로봇이나, 사물인터넷, 인공지능 및 빅데이터 등의 기술에 주 초점을 두고 자국내의 제조업들의 경쟁력을 강화시키기 위한 설비투자 지원과 R&D 투자에 매우 공격적인 초점을 맞추고 있는 반면, 중국은 제조업의 특정 분야가 아니라 제조업 전반에 대해 톱다운 방식의 장기 전략을 마련함으로써 제조업 강국으로 도약을 계획하고 있다(한국개발연구원, 2021).

이와 같은 상황 하에서 주요 국가별 스마트제조 시장은 2019년부터 2024년 까지 연평균 약 8.83 ~ 12.16%의 성장률을 보이며, 2024년 약 152.8~469.7억 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망하고 있다[표 2-12] (Market&Market, 2019).

[표 2-12] 주요 국가별 스마트제조 년도 별 규모 및 연평균 성장률

단위 Billion,USD

국가	2018년	2019년	2020년 (예상치)	2022년 (예상치)	2024년 (예상치)	CAGR ('19-'24)
미국	24.98	27.04	29.32	34.67	41.30	8.83%
중국	23.79	26.47	29.51	36.99	46.97	12.16%
일본	14.85	16.22	17.77	21.49	26.34	10.18%
독일	9.52	10.37	11.33	13.66	16.66	9.94%
한국	8.06	8.9	9.89	12.19	15.28	11.41%

(출처: Market&Market(2019: 재인용: 스마트혁신추진단, 2017)

주요 국가별 스마트제조 기술 수준은 최고 기술국(미국) 대비 주요국별 기술수준은 66.0~93.4%로 세계에서 독일이 두 번째이며 그다음으로 일본, 유럽, 한국, 중국 순으로 높은 기술력을 지녔으며, 0.4 ~ 3.1년의 기술격차를 보이고 있다(독일의 스마트제조혁신 정책 분석, 재인용: 스마트제조혁신추진단(www.smart-factory.kr, 2021.10) [표 2-13].

[표 2-13] 주요국의 스마트제조 기술수준 및 기술격차 비교

구분	미국	독일	일본	유럽	한국	중국
기술수준	100.0%	93.4%	79.9%	79.6%	72.3%	66.0%
기술격차(년)	0.0	0.4	1.5	1.5	2.5	3.1

가) 미국

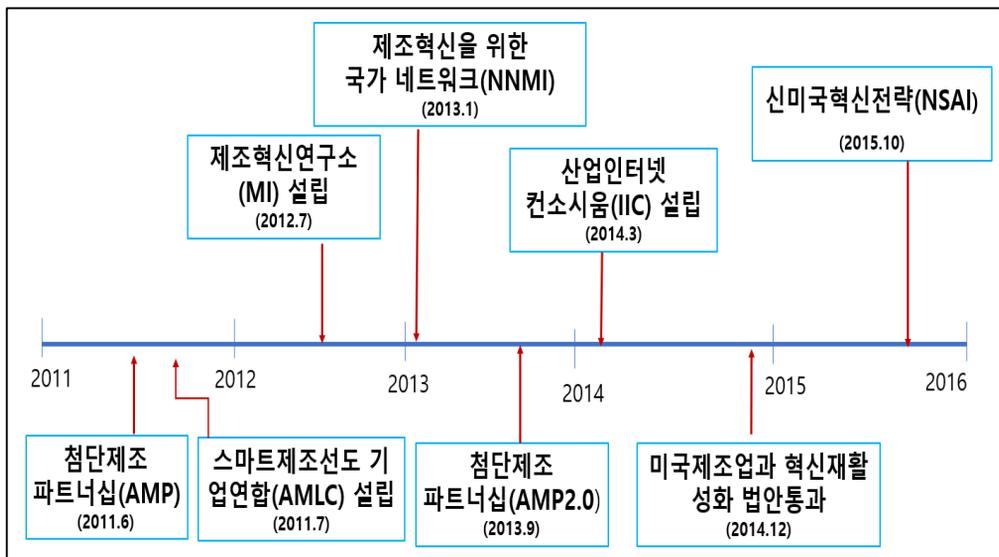
2008년, 금융위기를 겪은 미국은 2011년 6월, 대통령과학기술자문위원회(President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)의 회의 결과 자국의 제조업 육성을 위한 ‘첨단 제조 파트너십 (Advanced Manufacturing Partnership, 이하 AMP)’ 프로그램을 창안하고 이 프로그램의 주 목표를 다음과 같이 설정하고 발표하였는데, 그 네 가지는 첫째, 국가안보 및 산업과 관련있는 제조 역량을 강화시키고 둘째, 첨단 물질의 개발 및 상용화 시간 단축시키는데 초점을 두며 셋째, 공장 근로자들과 의료인들 군인들 그리고 우주비행사 등 이러한 영역들에서 재직 관계자로서 마땅히 해왔던 업무를 지원하기 위하여 차세대 로봇을 개발하고 마지막으로 혁신적이고 에너지 효율적인 제조공정 개발(김형준 등, 2018, 재인용: KDI 경제정보센터, 2021)의 4가지였다.

그 후 2013년 1월, 제조업 혁신기술이 상업화되는데 필요되는 시간을 줄이고자 국가네트워크(National Network for Manufacturing Innovation, NNMI) 프로그램 발표, 2013년 9월, ‘첨단제조파트너십’을 개선한 AMP 2.0을 추진, 2014년 12월, ‘미국 제조업과 혁신 재활성화’ 법안의 통과 등 숨가쁘게 스마트팩토리 생태계 조성 노력에 박차를 가해오는 동시에 법제화를 통한 예산편성으로 제조업을 적극 지원하는 정책을 쓰고 있다(김형준 등, 2018, 재인용: DI 경제정보센터, 2021) [그림 2-6].

미국의 스마트공장 정의를 살펴보면, 국립표준기술위원회(NIST, The National Institute of Standards and Thchnology)에서 고객의 요구에 맞게 공급망을 통하여 공장에서 실시간으로 변화하는 고객 요구와 조건을 만족시켜주는 완전히 통합되고 협동적인 제조시스템이라고 하였다(최영환, 최상현, 2017).

미국의 경우 스마트팩토리 활성화는 세계적인 IT 기업을 위주로 행해지고

있는데 즉 GE, MS, 아마존, 시스코 등이 그 중심이며 이들 기업들은 협회나 컨소시엄의 형태로 구성하여 시장 중심의 표준화를 주도해 나가고 있다. 구체적으로 살펴보면, 2011년에 출범한 스마트제조 선도기업 연합(Smart Manufacturing Leadership Coalition, SMLC)은 첨단 제조 역량 확보를 목적으로 설립된 협의체 성격의 연구개발 컨소시엄이며, 또한 GE, IBM, 인텔, 시스코 등이 주도하여 2014년에 결성한 산업인터넷컨소시엄(Industrial Internet Consortium, IIC)은 사물인터넷, 스마트 제조 등 생산망 최적화 및 기술혁신과 새로운 비즈니스 모델의 개발에 주 초점을 두고 있는 형태이다[표 2-14].



[그림 2-6] 미국 스마트팩토리 정책 타임라인

(김형준 등, 2018, 재인용: KDI 경제정보센터, 2021)

[표 2-14] 미국의 스마트 제조 관련 주요 단체

기관	주요 내용	추진 주체	설립 시기
SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition)	<ul style="list-style-type: none"> 스마트공장 구현을 위한 로드맵과 실행계획 제시 참조 모델(reference architecture), 보안 체제 (security framework), 공개 표준 등을 통한 산업 생태계 조성 	민간기업 (56개 기업)	2011.7월
IIC(Industrial Internet Consortium)	<ul style="list-style-type: none"> IoT 표준화 및 모든 기기를 연결하는 플랫폼 개발을 목적으로 함. 	민간기업 (250여개 기업)	2014.3월
OCF(Open Connectivity Foundation)	<ul style="list-style-type: none"> 비교적 늦게 출범한 사물인터넷 표준화 단체로 철저한 개방 정책과 업체 간 상호협력을 강조 작은 IoT 기기의 연결에서부터 상대적으로 큰 가전 기기의 연결로 확장:Testbeds 활용 2016년 3월 기존의 경쟁관계였던 AllSeen Alliance를 사실상 흡수 합병하면서 IoT 표준화 경쟁에서 애플, 구글과 함께 3자 구도를 형성하게 되었음. 	민간기업 (150여개 기업)	2014.7월

(출처: 2021-04 스마트팩토리 편 해외동향 KDI 경제정보센터, 2021)

미국은 스마트팩토리 산업 육성을 위한 산업인터넷의 기술 주도를 위하여 미국 국립 산업기술표준기구(NIST)를 비롯하여 전세계 220개 기업들이 참여해 만든 컨소시엄 'IIC(Industrial Internet Consortium)'을 구축하였고, IIC는 산업인터넷에서 주도권 확보를 목표로 표준화 작업, 사례 공유 등을 진행 중이다. 미국의 스마트팩토리 정책은 IoT를 통한 대기업 주도의 시장기반 스마트팩토리 구축을 진행하고 있는 점이 특징이다. 이는 다양한 물리적 기계들을 센서 네트워크로 연결하여 여기에서 파생된 생산 현장의 빅데이터들을 첨단 기법으로 분석하여 당장 확보 가능한 사업상 기회를 추구하는 전략이다. Forbes에 따르면 미국의 스마트공장 도입률은 산업 생산(67%), 항공 및 방위(62%), 자동차 및 운송(50%), 에너지 및 유틸리티 산업(42%), 소비재(40%), 생명과학 및 바이오/제약(37%)로 분석하고 있다(KOTRA, 2017). GE, Tesla, Cisco, Intel 등 많은 미국 기업들이 혁신적 스마트공장을 활용한다(변재용, 2021).

미국의 제조혁신은 독일의 스마트공장 전략과 차이점을 알 수 있다.

독일은 정부 주도하에 산업과 학계와 연구소등을 연계를 통해 공적 표준

화 전략을 추진하며, 인더스트리 4.0 전략을 통하여 제조업과 IT 시스템을 결합한 스마트공장 추진의 차세대 생산체제 창출이라는 목표를 추구하고 있다. 반면, 미국은 대기업이 주도권을 갖고 개방적 구조 형태로 시장의 표준화 전략을 추진하며, 사물인터넷의 연장선상에서 새로운 사업모델과 수익 흐름을 창출하고, 기존산업의 효율성을 증대시키기 위한 IT분야의 사업분야 창출을 목표로 제조업보다는 제조혁신에 중점을 두고 있다. 이처럼 IOT의 연장선상에서 스마트공장을 실리적으로 추진하고 있다는 점이 독일과 다른 점이다. 이러한 전략의 일환으로 미국기업들은 타국 기업들과 산업 인터넷 컨소시엄(IIC)를 구성하고 추진하고 있다. 즉 다양한 물리적 기계들을 센서 네트워크로 연결시켜, 여기에서 얻어진 생산 현장의 빅데이터들을 첨단기법으로 분석해, 당장 확보 가능한 사업상 이익을 다양하게 얻고자 하는 것이 미국의 스마트공장 핵심 전략이다(김규판 외, 2017)[표 2-15].

[표 2-15] 4차 산업에 대한 미국과 독일의 접근법

미국 (Cyber → Real)	독일 (Real → Cyber)
①IoT센 빅데이터, 인공지능(AI)의 우위 선점	①대기업/중소·중견기업의 협업 생태계 구축
②방대한 데이터 처리를 통한 전세계 서비스 제공	②IoT, CP)S 기반의 개체간 최적화된 연결혁신
③전세계공장/설비 제어를 통한 표준화 실현	③개발/관리 효율·최적화를 통한 시스템 및 표준 확보

출처: 하원규(2015), 송원철(2021, 재인용), 4차 산업혁명의 신지평과 주요국의 접근법, 주간기술 동향, 대전:정보통신기획평가원, pp.4-7의 내용 요약

나) 독일

독일은 세계적으로 기술 강국으로 인정받는 국가이다. 스마트공장의 경우도 앞서서 달려가는 국가로 모든 국가의 귀감과 롤모델이 되고 있는 국가이기도 하다.

독일 인공지능연구소(DFKI, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz)에서 발표한 스마트공장의 정의는 스마트사물 인터넷 기술을 기반으로 공장 안의 모든 요소가 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 공장이다(최영환, 최상현, 2017).

2011년 독일공학협회(VDI)에서 처음으로 ‘인더스트리 4.0(Industrie 4.0)’이라는 용어를 사용한 이후, 독일은 인더스트리 4.0을 국가과학기술 육성정책인 첨단기술전략(Hightech-Strategie für Deutschland)에 포함시켜 국가적으로 정책적인 지원을 시작했다.

2011년, 추진된 인더스트리 4.0은 그동안 지속해온 독일만이 가지고 있는 고유의 제조업의 세계적 위상을 유지하고자 산업의 경쟁 구도를 근본적으로 변화시키는 기술을 적용하여 세계 1위라는 타이틀을 더욱 견고히 하고자 시작된 것으로 특징으로는 공급자와 시장에서 독일을 세계적으로 선도적인 위치에 다시 올려놓는 이중전략으로 추진되고 있다.

공급자 측면으로는 독일 제조업체들이 전 세계 제조 시장에서 리더의 위치를 차지하고 ICT 기술을 제조과정에 적극적으로 통합시킴으로서 지능형 제조기술의 선도공급자가 되는 전략으로 이러한 지능형 제조기술은 점점 개인적이고 복잡해 지는 고객들의 니즈들을 충족시키는데 활용가능하다.

시장 측면으로는 여러 고유의 제품들을 생산할 수 있도록 총체적인 가치 창출 네트워크를 통합시키는 것으로 고객 니즈에 딱 맞도록하는 제품을 제조하는데 최적화된 기계 및 설비시장에서 독일 기업의 경쟁우위 정도를 높이는 전략이다.

인더스트리 4.0의 이중전략의 목표는 개인별 맞춤형 제품의 대량생산이며 이는 소품종 대량생산에서 다품종 대량생산으로 발전을 의미하고 있는데(오윤환 등, 2021) 그 이후 독일은 2012년 인더스트리 4.0 작업반을 조직하여 2013년 「인더스트리 4.0의 효과적인 실시를 위한 최종 보고서」를 발간하기에 이른다.

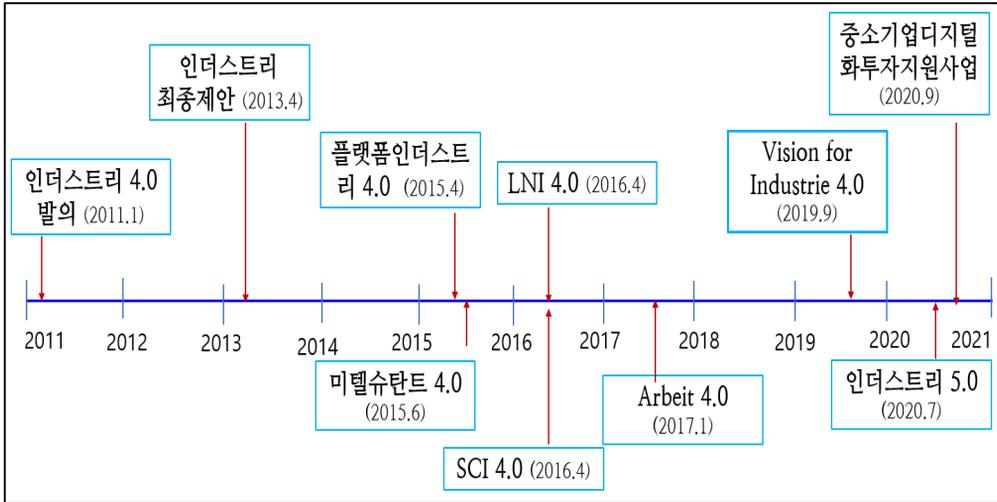
당시 이런 일련의 과정에는 연방교육연구부(BMBF)와 연방경제에너지부(BMWi) 중심의 정부, 국립과학엔지니어링학회(Acatech) 중심의 학계, 보쉬, 티센크루프, 도이치텔레콤, BMW, 그리고 DHL 등 많은 기업들이 적극 참여했는데 지금은 가장 성공적인 스마트 제조 모델을 갖춘 국가로 평가되고 있지만 인더스트리 4.0의 표준 모델을 제시하기 위한 논의가 2년 이상 지연되면서 컨설팅업체 중 하나인 T-System의 CEO, 라인하르트 클레멘스는 “독일의 인더스트리 4.0은 디지털화의 전반전에서 패배했다”고 평가하는 등 위기의식이 고조되었다.

야심차게 추진됐던 ‘인더스트리 4.0’이 예상보다 부진했던 원인으로는 더딘 표준화, 보안정책의 부재, 중소기업들의 거부반응, 관련 인력의 부족 등이 지적되었었다(임재현, 2015).

이에 따라 독일은 인더스트리 4.0을 재정비하여 2015년, 플랫폼 인더스트리 4.0을 출범시켰고, 2016년, 표준화 로드맵을 개정하여 인간-기계 상호작용, 통신, IT 보안에 초점을 두고 추진했다. 이러한 일련의 과정 속에 보여지는 독일의 표준, 보안, 인력양성과 같은 제조업의 플랫폼을 정비가 매우 중요하다는 것이 보여졌으며 이러한 기본 여건을 마련하는데 정부가 적극적으로 나서겠다는 의지를 플랫폼 인더스트리 4.0에서 밝혔다. 더불어 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’은 기업이 스마트공장 관련 지원을 받을 수 있는 통합 창구로서 역할을 담당하는 한편, 500여 개의 테스트베드를 구축하고 성공사례를 공유함으로써 스마트공장 확산을 도모했다(한국개발연구원, 2021).

또한 독일 연방 경제에너지부(BMWi)는 중소기업들의 ‘인더스트리 4.0’ 참여에 부진했 왔던 문제점을 개선하기 위하여 ‘인더스트리 4.0’ 도입 동기 및 장애요인과 관련한 중소기업과 대기업의 차이점을 연구한 「인더스트리 4.0의 중소기업 도입 잠재력에 대한 보고서」를 발간했고 이를 근거로 2015년, ‘텔 슈탄트(중소기업) 4.0 정책을 수립하여 적극적으로 중소기업들 대상의 지원사업을 진행했다.

그 결과, 독일 중소기업의 4차 산업혁명 관련 사업모델 성숙도는 ‘시장성숙’ 단계의 사례가 51%로 가장 많고, ‘플랫폼 인더스트리 4.0’에 등록된 업체 중 중소기업이 전체의 45%에 이를 정도로 중소기업의 참여도가 높아졌다(장현숙 외, 2019) [그림 2-7].



[그림 2-7] 독일 스마트팩토리 정책 타임라인
(김형준 등, 2018, 재인용: KDI 경제정보센터, 2021)

독일은 스마트 제조 혁신을 기업의 기술 혁신만 고려하는 것이 아니라 사회 전체가 기술혁신이 느껴지도록 사회 혁신을 동시에 추진하는 방향으로 전진하고 있는데 첨단기술에 대한 전략의 경우 전략이 점차 고도화되면서 점점 더 세부적인 내용까지의 사회혁신 전략이 추진되어 이를 통하여 기술혁신으로 인한 사회혁신까지 계획하고 있다.

인더스트리 4.0 역시 스마트공장의 양적 보급이 아닌 보급하고자 하는 기준 모델을 잘 만들기 위하여 테스트베드를 구축하고 제조 관련 국제 표준 선점에 초점을 두고 있는데(백수현, 2016) 이는 단순히 생산시설을 스마트하게 바꾸는 게 목적이 아니라 사회 전체에서 활용할 수 있는 시설을 만들어 모든 기업들이 그 변화를 감지할 수 있게 하는데 목적을 두기 때문이다.

또한 스마트제조 혁신을 단순히 제조공정의 자동화로 보지 않고 제품의 가치사슬을 재구성하여서 가치창출의 방법을 색다르게 구조화 하는 것으로 보고 이를 통하여 새 비즈니스 모델 출현 모색하고 있는데 예를 들면 RAMI 4.0 모델은 스마트공장으로 인해 나오게 되는 제품들이 서로 연결된 세계로서 확장하는 모습을 보여주고 있으며 이는 제조과정의 스마트화가 새로운 가치를 일으켜서 이를 통하여 사회를 혁신시키는 것을 의미한다.

동시에 스마트 서비스 벨트는 ICT 기반의 스마트 서비스와 공장의 제조과정이 서로 결합하여서 새 비즈니스 모델을 발생시키고자 하였고, Mittelstand 4.0의 역량센터도 새 비즈니스 모델을 동일 지역 내 중소기업에 퍼지게 함으로써 사회에 새로운 가치를 제공하고자 하고 있다. 또한 독일은 신 첨단기술 전략을 2014년도에 발표할 때부터 제조업의 변화로 인한 노동 문제들에 대해서도 관심을 가지고 연구하기 시작하였는데 그 결과, 생산과 서비스, 또한 미래의 노동을 위한 혁신적 노동 세계를 주요 목표로 제시한 바 있다.

그 외에도 플랫폼 인더스트리 4.0에 노조가 자발적으로 참여하여서 노동 관련 워킹 그룹도 형성되었으며, 플랫폼 인더스트리 4.0의 구현을 위해서는 노동 또한 바뀌어야 한다는 사실을 명시한 노동 4.0 녹색 및 백서를 발간하여서 제조혁신은 곧 노동 혁신과 이어진다는 점에 대한 공감대를 확산하기 위해 노력하고 있다(오윤환 등, 2021).

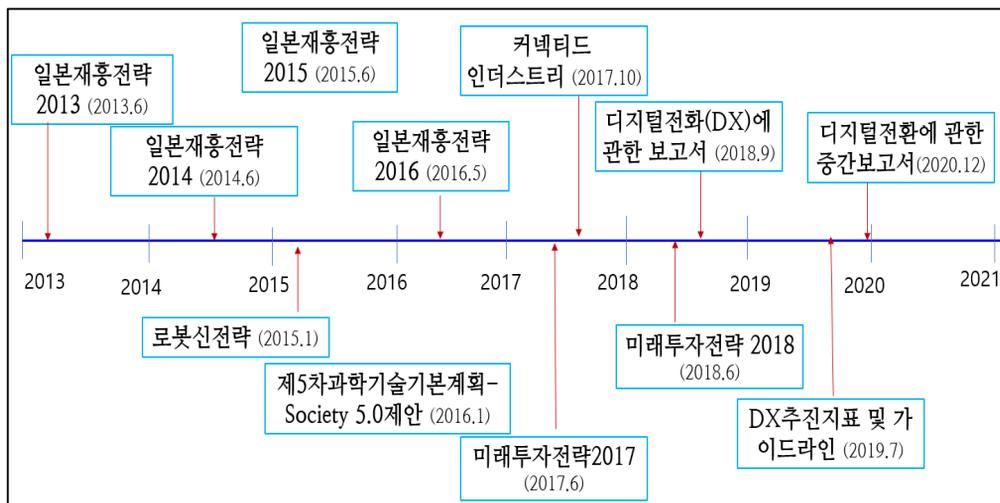
다) 일본

전 세계적으로 인구감소화와 노령화가 심각한 국가로서 알려진 일본은 노동생산성을 향상시키기 위하여 스마트공장 도입에 적극적이다.

먼저 일본 스마트공장 정책 타임라인을 살펴보면 [그림 2-8], 2013년, 일본은 장기적인 일본의 경기침체를 극복하기 위해 신성장전략(2010), 일본 재

생전략(2012)을 발표하였고 이에 이어 세 번째 성장전략으로 일본재흥전략을 수립했다.

일본재흥전략에서 가장 중요한 점은 기업의 첨단설비투자를 향상시키고 다양한 규제의 완화를 추진하는 등 기업과 관계된 여러 여건을 개선하고, 제조 관련 과학기술의 혁신을 지원하는 것이다. ‘일본재흥전략’은 과거 추진했던 ‘신성장 전략’이나 ‘일본재생전략’과는 달리 문제를 해결하기 위한 세부 지침을 마련하고 구체적인 목표를 제시했다는 특징을 가지고 있다(한국개발연구원, 2021).



[그림 2-8] 일본 스마트팩토리 정책 타임라인

(김형준 등, 2018, 재인용: KDI 경제정보센터, 2021)

2016년, 일본 정부는 내각부가 발표한 중장기 성장 로드맵에서 Society 5.0 을 일본의 미래상으로 제시하였고, 이를 통하여 4차 산업혁명 관련 기술을 활용하여 저출산 및 고령화 문제나, 시장 수요의 다변화 등 사회적 과제를 해결하여 지속적인 성장을 달성해 나가겠다는 목표를 공표하였다.

일본의 이러한 정책은 독일의 인터스트리 4.0이나 미국의 IIC와는 다르게 산업 분야에 한정하지 않고 일본 사회의 전체 시스템의 혁신에 중점을 둔 것

으로 이후 일본은 일본재흥전략의 후속 정책인 미래 투자전략(2017)에서 Society 5.0의 구체적인 실현을 위해 규제 샌드박스 제도를 도입하여 이를 적용 운영하기 시작했으며, 동시에 일본 경제산업성은 2017년 커넥티드 인터스트리라는 개념을 제시하고 5대 중점 분야를 선정했다.

‘커넥티드 인터스트리’는 4차 산업혁명 기술로 모든 사물이 연결되고 이로 부터 수집된 빅데이터가 새로운 부가가치를 창출하는 미래 산업 구조를 의미하며, 5대 중점 분야는 ① 자율주행·모빌리티, ② 제조업·로봇, ③ 바이오·소재, ④ 플랜트·인프라 보안, ⑤ 스마트 라이프를 선정했다(한국개발연구원, 2021).

일본의 제조업 현황을 살펴보면 총수출에서 제조업이 차지하는 비중은 2019년도 90.4%로 국가 경제에 있어서 제조업의 중요도는 높으나 세계제조업 경쟁력 순위는 2010년대 이후 중국과 한국 등과 경쟁하여 세계 4-5 위로 하락하고 있는 경향이다.

주요 정책 현황을 살펴보았을 때 내각부는 매해 국가성장전력을 수립·발표하고 있으며 성장전략 관련 부처에서는 이를 실현하기 위한 주요 실행계획을 수립하여 발표·추진하고 있다. 스마트 제조 관련 세부 정책은 4차 산업혁명 논의가 본격화되고 일본의 미래상인 Society 5.0 개념이 제시된 2016년 이후 본격화되었다고 볼 수 있다(오윤환 등, 2021).

일본은 2020년을 중심으로 이전과 이후를 살펴볼 수 있는데 2020년 이전의 경우, 정책 추진 초기로서 로봇 등 첨단기술을 활용한 제조 고도화 중심이었으나 Connected Industries 관점 및 AI 활용을 거쳐 디지털 전환을 중심으로 확대해 오고 있다.

2020년 이후에는 이전에 수립한 스마트제도 정책을 일관되게 추진하고 있으며 정책 중간 점검을 통해 미흡한 부분을 분석하고 이를 보완하기 위해 후속책을 마련해 나가고 있다. 특히 2050년 탄소중립 실현을 위한 노력으로 디지털 전환의 중요성이 강조되어 디지털 가속화 방안에 대한 논의가 활발해

지고 있는 상황이다.

결론적으로 일본은 국가 장기 비전인 Society 5.0과 Connected Industries로 모든 부처가 국가 비전을 달성하기 위한 정책 목표를 수립하고 일관된 정책을 추진해 오고 있다. 동시에 민간기업주도를 장려해 오고 있는데 정책 추진 역할을 민간에 부여함으로써 스마트제조 정책을 민간이 주도하도록 유도해 오고 있다(오윤환 등, 2021).

라) 중국

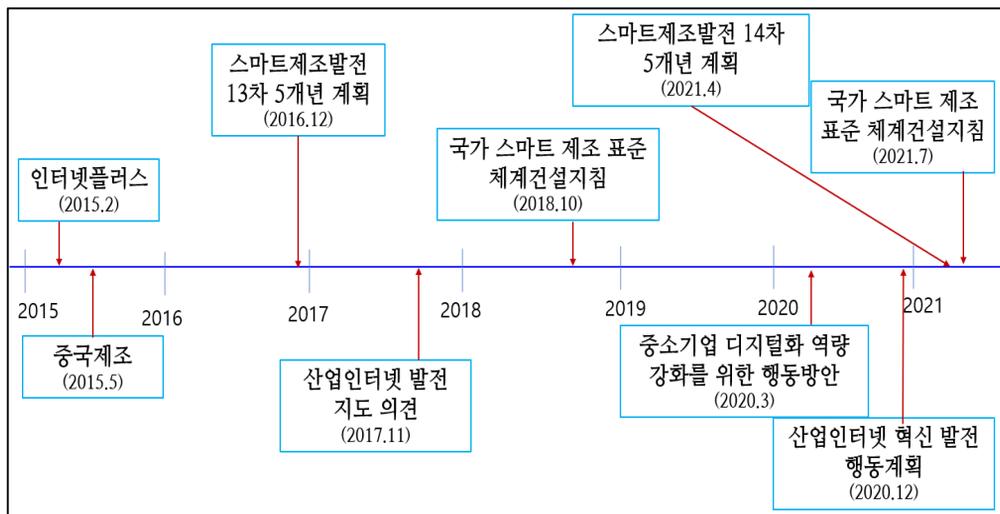
중국은 세계 최대 제조업 국가들중 하나이지만 그 이면에는 핵심기술 부족과 품질 문제가 끊임없이 지적되어 오므로서 중국 정부는 이를 중국 제조업의 크지만 강하지 않은 상태 즉 대이불강(大而不强)이라고 정의하면서, 제조업에 대한 높은 대외 의존도와 공업에 대한 혁신 부족을 제일 중요한 원인으로 지적했다. 또한 과거에 비해 중국의 노동 임금이 상승하고 생산가능인구가 감소하고 있는 가운데, ‘제조업 대국’에서 ‘제조업 강국’으로 발전하고 중장기 성장동력을 확보하기 위한 ‘중국제조 2025’ 전략을 추진하게 됐다(한국개발연구원, 2021).

중국이 2015년에 발표한 중국제조 2025는 제조업으로서의 강국으로 도약하기 위해서 중국이 야심차게 10년 단위로 총 30년에 걸쳐 추진하는 국가 전략인데 이 전략의 목표는 기존 대량생산의 체제에서 첨단기술 기반으로의 경제체제로 중국 경제의 체질을 변환시키고, 2035년도까지 세계적 제조 강국을 설립하는 것을 목표로 삼고 있다.

구체적으로는 2015~2025년까지의 첫 초기 10년내에 전 세계 제조강국 반열에 진입하는 것이 목표이고, 이후 2025~2035년까지의 10년은 제조 강국 반열의 중간수준 도달하여 마침내 2035~2045년까지의 세 번째 10년에는 전 세계 제조기업의 최대 강국으로서 선두로 나가겠다는 전략이다.

중국 정부는 이러한 중장기 비전을 달성하기 위해 스마트 제조, 공업기반 강화, 녹색 제조 등을 5대 중점 프로젝트로 제시하고, 제조업 혁신센터 구축 등 정부 차원의 정책 지원을 제공하고 있다(정진우 외, 2015).

2015년부터 2021년도까지 중국의 스마트팩토리 정책타임라인을 살펴보면 2015년 인터넷 플러스를 시작으로 2015년 중국제조, 2016년 스마트제조발전 13차 5개년 계획이 공표되고, 그 후 2017년 산업인터넷 발전지도 의견과정을 거쳐 2018년도에 국가스마트 제조표준 체계 건설지침발표, 2020년 중소기업 디지털화 역량 강화를 위한 행동방안발표, 2020년 산업인터넷 혁신 발전 행동계획 발표 그리고 2021년 국가 스마트제조 표준 체계건설지침을 제시하였다(오윤환 등, 2021) [그림 2-9].



[그림 2-9] 중국 스마트 팩토리 정책 타임라인

(김형준 등, 2018, 재인용: KDI 경제정보센터, 2021)

현재까지를 종합해 보면 중국은 2016년 국가 발전을 위한 13차 5개년 계획부터 스마트제조 중요성을 강조하였으며 《중국제조 2025》와 《인터넷+》라는 최대 30년의 국가 장기 비전을 제시하여 스마트제조 산업 육성 및 경쟁력을 강화해 오고 있다.

한편, 중앙-지방정부 간 정책 연계 및 실행을 위하여 균형발전을 위한 정책은 중앙정부에서 주관하지만 각 지역별 특성에 따른 차별적 발전이 필요한 정책은 지방정부로 이관하여 실행하고 있다.

또한 민간참여 확대를 위하여 중국은 4차 산업혁명 특히 스마트제조 발전에 있어 민간의 참여를 적극 권장하고 있으며, 협회, 연맹 등, 민관산학연이 협력한 조직을 구성하여 정책 실행 채널로 활용하고 있으며, 디지털 기술을 강조하여 특별히 2021년 14차 5개년 계획 발표와 《중국제조, 2025》1 단계의 후반기 돌입으로 제조업의 디지털화를 통한 고품질화 강조해 오고 있었다(오윤환, 2021).

제 5 절 스마트공장구축 사업과 스마트공방 기술보급 사업 간 제도적 차이

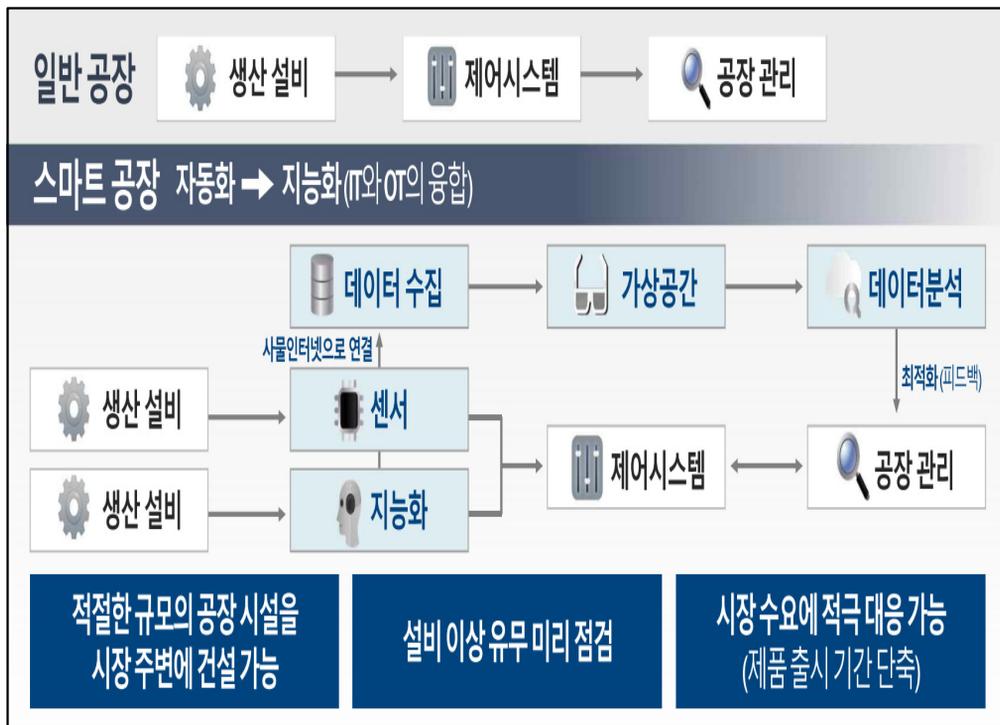
1) 스마트공장 구축 사업

산업통산자원부 민관합동스마트공장 추진단(2017)은 스마트공장이란 ICT, 설비 및 자동화 설비가 합쳐져서 마켓과 고객이 원하는 스마트 제품을 고객이 요구하는 시점에 생산하여 원하는 시기에 가장 적절히 납품할 수 있도록 실시간 의사결정과 운영체계가 최적화된 인공지능형 공장이라고 정의하고 있다. 따라서 최소비용과 시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장으로 공정 자동화 및 다품종 생산에 대응하는 유연생산체계 등을 통해 생산성 향상, 에너지 절감, 인간 중심의 작업환경 등을 지향하는 것을 말한다(스마트공장추진단, 2017).

스마트공장에서 행해지는 스마트 제조는 기존 공장 자동화와는 다른 개념이다. 공장 자동화는 정해진 개념을 바탕으로 처음에 설정한 값에 따라 작동

하는 반면, 스마트 제조는 인공지능을 바탕으로 관련 지식을 실시간 수집-활용하여 스스로 발전하는 목표를 지향한다.

기존 공장 자동화는 인간이 모여진 데이터를 분석하고 대책을 강구하여 발전시키는 반면, 스마트 제조는 모르던 데이터까지 누적해 발전을 도모한다. 기업은 이렇게 쌓은 데이터를 분석하고 향후 벌어질 현상을 예상해 스마트공장을 운영할 수 있다[그림 2-10].



[그림 2-10] 스마트공장 개념도

이와 같은 스마트 제조의 도입의 필요성이 다음과 같은 이유로 증대되었다.

① 코로나 19 팬데믹으로 인한 제조업계의 변화와 스마트 제조 도입의 필요성이 두드러지게 되었다.

② 국내 제조업들의 평균가동률과 매출증가율 등 제조업 지표가 약세를

보이고 국제경쟁력은 하락하는 추세였으나 최근 스마트공장의 보급확대 등의 성과로 다시 경쟁력이 좋아지고 있다.

③ 세계 3위 수준의 한국제조업 경쟁력이 코로나 19 위기를 극복하는 데 기여했다는 평가를 받는다.

④ 미래 국가의 경쟁력을 높이는 주된 성장동력으로서 스마트공장의 확산과 이에 따른 고도화가 더욱 절박하게 요구되어지고 있다.

⑤ 스마트제조 of 궁극적인 목표는 고객 니즈에 대한 맞춤 제품을 최상의 효율로 보고 이에 따라 니즈맞춤 제품을 생산하여 제공하는 것으로 고객과 시장의 변화가 긴밀한 연관이 있다.

⑥ 스마트공장 도입은 제조현장에서 발생하는 돌발 장애·품질 불량 등의 정확한 원인을 알아내고 해결할 수 있는 대응능력을 제공하고 생산성을 혁신시켜준다(중소벤처기업부, 중소기업기술정보진흥원, 2021).

KDB 한국개발 은행 2015년 보고서에 따르면 지난 2004년부터 2013년까지 10년 동안 제조산업 경쟁 선진국의 제조업 생산단위 단위노동 비용 증감률은 미국 30.2%, 일본 14.4%, 독일 2.5%로 지속적으로 증가되고 있는 가운데 한국은 2013년 현재까지 노동 집약적 소품종 대량생산의 제조에서 탈피하지 못하는 기업환경을 정부가 심각하게 인식하고 있다고 한 바 있다(최영환, 최상현, 2017). 이에 따라 정부는 지속적으로 재정적으로 어려운 중소기업을 대상으로 지원을 확장해 나가고 있다.

스마트공장 추진에 있어서 수행단계는 산업통산자원부 산하 스마트공장추진단에서 다음의 [표 2-16]과 같이 5단계 수준으로 구분하고 있다(산업통상자원부, 2015).

[표 2-16] 스마트공장 추진단계별 수준

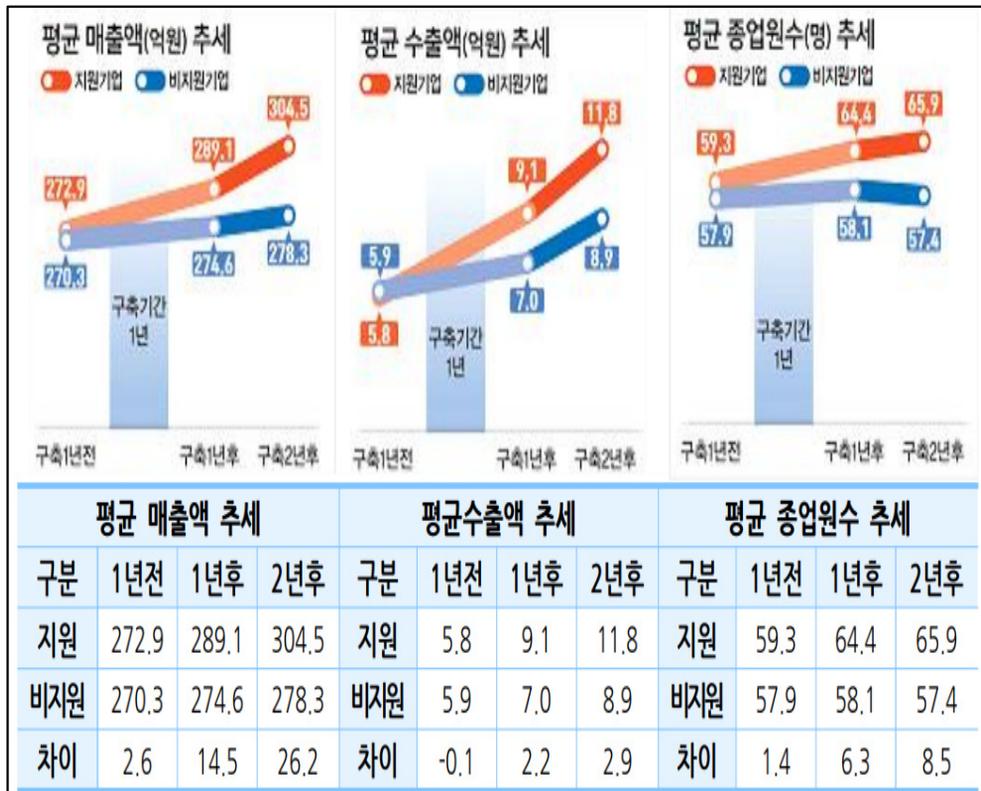
수준정의		표준	IOT대상	특성	조건(구축수준)	주요도구
고도화	Level 5	자율운영	작업자, 설비, 자재, 운전조건+환경	맞춤 및 자율 (Customized)	모니터링부터 제어, 최적화까지 자율로 진행	인공지능, AR/VR, CPS등
중간 2	Level 4	최적화	작업자, 설비, 자재 운전조건	최적화 (Optimized)	공정운영 시뮬레이션을 통해 사전 대응 가능	센서 제어기 최적화 도구
중간 1	Level 3	제어	작업자, 설비, 자재,	분석 (Analysed)	수집된 정보를 분석하여 제어가능	센서+분석도구
기초	Level 2	모니터링	작업자, 설비, 자재,	측정 (Measured)	생산정보의 모니터링이 실시간 가능함	센서
	Level 1	자재	자재	식별 (Identified)	부분적 표준화 및 데이터관리	바코드 FRID

공장의 구축 효과는 아래 [그림 2-11]과 같다.

[그림 2-11]에서와 같이 정부로부터 스마트공장의 지원을 받은 기업과 지원을 받지 못한 기업 간 평균 매출액, 평균 수출액 추세, 평균 종업원 수(명)를 볼 수 있다.

먼저 평균매출액 변화 추세를 보면 정부지원으로 스마트공장을 구축한 기업과 비지원 기업의 차이는 구축 당시 2.6억 원 정도이던 기업들 간 차이가 1년 후 14.5억 원으로 벌어졌고 구축 2년째에는 26.2억 원으로 차이를 크게 보이고 있었다. 평균 수출액의 경우 구축 당시 지원받은 기업이 오히려 -0.1억 원이었던 것이 1년 후 2.2억 원으로 역전되었다가 구축 2년째에는 2.9억 원으로 차이가 더 벌어지는 현상을 파악할 수 있었다. 평균종업원 수의 추세

를 보면, 정부지원기업과 비지원기업간 구축 1년 전은 지원받은 기업이 1.4명이 많았던 것이, 구축 1년 후 그 차이가 6.3명으로 고용의 효과가 나타나기 시작하였으며 구축 2년 차를 조사한 결과 고용의 효과가 8.3명으로 더 증가함을 볼 수 있었다(중소벤처기업부, 중소기업기술정보진흥원, 2021).



[그림 2-11] 스마트공장 구축효과와 수준

이런 긍정적 효과를 나타내는 혁신 지원사업은 국내 중소·중견 제조기업의 경쟁력 제고 및 제조혁신을 위하여 중소기업부에서 추진하고 있으며 중소기업이 이를 활용하기 위해서는 2021-2022년도 사업공고를 잘 이해해야 한다[표 2-17].

정부지원금을 2020년도 고도화 1.5억 원에서 2021년에는 고도화1은 2억 원, 고도화2는 4억 원으로 증액하여 고도화 방향으로 지원은 강화했다. 반면

신규구축은 2020년 1억 원, 2021년 0.7억 원, 2022년 0.5억 원으로 지원 규모가 감소했다.

[표 2-17] 스마트공방 지원금 개편

기존('20)	개편('21)	비고	개편('22)
고도화 (1.5억원)	고도화2 (4억원)	생산공정 실시간 제어(중간2 이상)	고도화2 (4억원)
	고도화1 (2억원)	생산정보 실시간 수집분석(중간1)	고도화1 (2억원)
신규구축 (1억원)	기초 (0.7억원)	생산정보 디지털화(ex, 바코드·RFID 적용)	기초 (0.5억원)

(출처: 중소벤처기업부 2020년, 2021년 2022년 중소기업 스마트제조혁신 지원사업 통합공고)

정부지원금은 총사업비의 30~100%인데 사업별 특성에 따라 정부지원금 지원기준 및 민간부담(현금부담) 비율이 다르므로 개별 사업공고(2022년 중소기업 스마트제조 혁신지원사업 통합공고 2021. 12. 28)를 반드시 참조해야 한다. 매출액 및 상시근로자 수의 제한은 없으며, 지원 대상에서 제외되는 부적격 사항은 다음과 같다[표 2-18].

[표 2-18] 부적격 사항

- 부적격 사항 -
<ul style="list-style-type: none">· 휴·폐업중인 기업· 국세 및 지방세 체납 중인 기업· 도입 솔루션과 장비가 연동이 안 되는 업체· 유흥·향락업, 숙박·음식점· 불건전 오락용품 제조업· 개별 사업공고에서 '신청제한' 또는 '지원제외' 사항 등에 해당하는 경우

(출처: 2022년 중소기업 스마트제조 혁신지원사업 통합공고, 2021. 12. 28)

2) 스마트공방 기술보급 사업

스마트공방 기술보급 사업(이하 스마트공방)은 소상공인기본법의 제정(2020년 2월 4일, 법률 제16954호)과 함께 시작되었으며, 이 사업의 목적은 소공인의 수작업 위주 제조공정에 기초 스마트기술 즉 IoT, AI 등을 맞춤형 접목하여 디지털화 하는데 있다.

이때 소공인이란 상시 근로자 수가 10명 미만이고, ①노동집약도가 높고 ②숙련기술을 기반으로 하며 ③일정지역에 집적하는 특성이 있는 ④ 한국표준산업분류 상 중분류 기준 24개 업종(업종코드 : C10~34) 의 제조업체를 의미한다.

2020년도 1차 지원 분야는 스마트공방 기술 보급 확대를 수작업 위주 공정에 IoT, AI 등 디지털 기술을 접목하여 생산설비 부분 자동화, 생산관리정보화등 스마트화에 지원을 하기로 하고 해당 기업 수를 60개 내외로 1차 지원금을 5천만원 이내로 공고하였다[표 2-19].

[표 2-19] 2020년 스마트공방 지원과제 공고

지원분야	지원내용	지원규모	지원한도
스마트공방 기술보급 확대	○ 수작업 위주 공정에 IoT, AI 등 디지털기술을 접목하여 생산설비 부분 자동화, 생산관리 정보화 등 스마트화 지원	60개사 내외	5천만원 이내

지원방식은 사업비 매치 지원으로 국비 80% 이하, 자부담 20% 이상이다. 지원 대상은 「중소기업기본법」 제2조 제2항에 따른 소기업 중 상시근로자 수 10인 미만의 제조업체이며, 한국표준산업분류 상 중분류 기준에 해당하는 제조업이다(출처: 중소벤처기업부 공고 제2020-415호).

다음 해인 2021년 2월 1일 현재까지 소상공인들의 제조과정에서 주로 손으로 하는 제조공정 과정에 기초 스마트기술(IoT, AI 등) 등을 맞춤형으로 접목하여 디지털화해 나가는 재원지원을 목적(중소벤처기업부 공고 제2021-63호)으로 「2021년 스마트공방 기술보급」을 공고하였다. 지원 규모는 600개 회사 내외로 하며, 개별 업체당 국가가 최대 49백만원을 지원(중소벤처기업부 공고 제2021-63호)하기로 하며 이때 지원방식은 총사업비 70백만원 중, 국비 49백만원(70%) 이내, 자부담 21백만원(30%) 이상으로 매칭 지원하는 방식으로 이는 다른 의미로 국비 70% 이내, 자부담 30% 이상을 뜻한다(중소벤처기업부 공고 제2021-63호)이다. 또한 2022년도 동 사업을 더욱 확대하여 지원 규모를 1,000개 사 내외로하고, 개별 업체당 국비의 최대 49백만원으로 지원하기로 공고하였다(중소벤처기업부 공고 제2021-679호). 이는 우리나라 기업 환경상 소상공인이 매우 많은 것을 고려하여 이들의 스마트 제조화를 정부가 적극적으로 추진하고 있다는 사실을 보여주는 것이다[표 2-20].

[표 2-20] 스마트공방을 위한 년도 별 지원 규모 상황

년도별	지원규모	총사업비
2020년	60개사 내외	국비 40백만원(80%) 이하 자부담 10백만원(20%) 이상
2021년	600개사 내외	국비 49백만원(70%) 이내 자부담 21백만원(30%) 이상
2022년	1,000개사 내외	국비 49백만원(70%) 이내 자부담 21백만원(30%) 이상

제 3 장 연구 설계

제 1 절 연구 방법 및 연구 문제

연구 방법은 조사연구로서 2018년부터 2021년도까지의 스마트공장 및 스마트공방으로 구축사업을 한 기업들로서 스마트 공장 120개 기업 자료와 스마트공방 147개 기업 자료였다.

본 연구를 진행하기에 앞서 연구자로서 국가과학기술인력개발원(KIRD)에서 제공하는 이공계 연구윤리 교육을 3시간 이수하였다.

연구 문제는 연구 필요성과 이에 따른 목적에 따라 주요성과지표(KPI) 중 중소벤처기업부에서 스마트공장과 스마트공방 구축 이후에 파악하고자 하는 주요성과지표인 납기준수, 품질향상, 생산성증가 및 원가감소 등 네 가지를 선택하여 살펴보려고 하였으며 구체적 연구 문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 중소벤처기업부의 스마트제조 혁신사업에서 요구하는 KPI를 스마트공장과 스마트공방에서는 어떤 영역으로 분류되었는가?

연구문제 2. 스마트공장과 스마트공방 간의 네 가지 주요성과지표에는 차이가 있는가?

연구문제 3. 생산관리형과 공정개선형 구축 간의 네 가지 주요성과지표에는 차이가 있는가?

제 2 절 자료수집 및 분석방법

자료수집은 스마트공장 및 스마트공방으로 국가의 지원을 받은 업체 중

본 연구자가 직접 컨설턴트로 관계하여 자료를 이미 확보하거나 또는 관련기관으로부터 협조를 받아 자료를 수집하였다.

자료수집 기간은 스마트공장 구축은 2021년 10월부터 2022년 3월까지 스마트공장 수행기관, 어플리케이션 공급 및 도입기업에서 스마트공장 지원사업에 지원한 공장들의 최종완료보고서 120개 였다.

스마트공방의 자료수집은 2021년 12월부터 2022년 3월까지로 본 자료는 2021년 4월부터 시작된 스마트공방 기술보급 사업의 일환으로 스마트공방 기술보급 사업 수행기관으로부터 최종완료보고서 147개를 확보하고 이를 분석에 사용하였다.

분석방법은 SPSS 통계프로그램을 이용하여 먼저 기술통계를 하였고, 그다음 t 검정을 통하여 본 연구에서 선택한 주요성과지표 네 가지를 두 군간의 평균 차이 검증하였다. 두 번째로 이들 기업들의 구축 유형을 중소벤처기업부에서 분류한 방법에 의한 생산관리형(소프트웨어 중심) 구축 및 공정개선형(하드웨어 중심+소프트웨어) 기업들 간에 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다.

제 4 장 연구 결과

제 1 절 연구대상 업체 분포

1) 연구대상 기업의 일반적 특성

본 연구대상 기업들의 일반적 특성을 살펴 본 결과 [표 4-1] 과 같았다.

근로자 규모 순으로 살펴보았을 때 스마트공장은 50명 미만 49.2%(59개 사), 100명 미만 25.0%(30개 사), 100명 이상 20.0%(24개 사) 그리고 10명 미만 5.8%(7개 사)였으며, 스마트공방의 경우 6명 미만 38.8%(57개 사), 3명 미만 34.7%(51개 사) 그리고 10명 미만 26.5%(39개 사)로 나타났다.

영업기간 순으로 살펴보면 스마트공장은 15년 이상 55.9%(67개 사), 15년 미만 18.3%(22개 사), 5년 미만 15.0%(18개 사) 그리고 10년 미만 10.8%(13개 사)였으며, 스마트공방은 5년 미만 54.4%(80개 사), 10년 미만 25.2%(37개 사), 15년 이상 12.9%(19개 사) 그리고 15년 미만 7.5%(11개 사)로 나타났다.

지역 분포 순으로 살펴보면 스마트공장은 강원지역 47.5%(57개 사), 대전 충청지역 23.3%(28개 사), 수도권 19.2%(23개 사), 전북지역 4.2%(5개 사), 대구 경북지역 3.3%(4개 사) 그리고 부산 경남지역 2.5%(3개 사)였으며, 스마트공방은 대구 경북지역 38.8%(57개 사), 부산 경남지역 36.0%(53개 사), 수도권 13.6%(20개 사), 대전 충청지역 6.8%(10개 사) 그리고 강원지역 4.8%(7개 사)로 나타났다.

스마트 구축 업체수 순으로는 스마트공장은 2020년도 75.0%(90개 사), 2019년도에는 12.5%(15개 사), 2021년도에는 6.7%(8개 사) 그리고 2018년도 5.8%(7개 사)였으며, 스마트공방의 경우 2020년도에 100%(147개 사)였다.

[표 4-1] 연구대상 기업의 일반적 특성

n=267(스마트공장 120, 스마트공방 147)

특성	구분	스마트공장 업체 수(%)	스마트공방 업체 수(%)
근로자 규모	3명 미만	-	51(34.7)
	6명 미만	-	57(38.8)
	10명 미만	7(5.8)	39(26.5)
	50명 미만	59(49.2)	-
	100명 미만	30(25.0)	-
	100명 이상	24(20.0)	-
영업기간	5년 미만	18(15.0)	80(54.4)
	10년 미만	13(10.8)	37(25.2)
	15년 미만	22(18.3)	11(7.5)
	15년 이상	67(55.9)	19(12.9)
지역분포	수도권	23(19.2)	20(13.6)
	강원 지역	57(47.5)	7(4.8)
	대구경북 지역	4(3.3)	57(38.8)
	부산경남 지역	3(2.5)	53(36.0)
	대전충청 지역	28(23.3)	10(6.8)
	전북 지역	5(4.2)	-
스마트 구축년도	2018년	7(5.8)	-
	2019년	15(12.5)	-
	2020년	90(75.0)	147(100.0)
	2021년	8(6.7)	-

2) 연구대상 업체 업종별 분포

본 연구 대상 업체의 업종별 분포는 [표 4-2]와 같다.

먼저 스마트공장의 경우 기계부품조립 48.3%(58개 사), 기타 19.2%(23개

사), 가공식품 13.3%(16개 사), 화학 10.0%(12개 사), 전자부품조립 9.2%(11개 사)로 총 120개 업체였다.

스마트공방은 기계부품조립 38.7%(57개 사), 기타 27.9%(64개 사), 화학 14.3%(21개 사), 가공식품 11.6%(17개 사), 전자부품조립 7.5%(11개 사)로 총 147개 업체로 조사되었다.

[표 4-2] 규모별 업종 분포

업체 수(%)

업종	스마트공장 업체 수(%)	스마트공방 업체 수(%)	소계(%)
기계부품 조립	58(48.3)	57(38.7)	115(43.1)
가공식품	16(13.3)	17(11.6)	33(12.4)
전자부품 조립	11(9.2)	11(7.5)	22(8.2)
화학	12(10.0)	21(14.3)	33(12.4)
기타	23(19.2)	41(27.9)	64(23.9)
소계	120(100.0)	147(100.0)	267(100)
합계			267(100.0)

3) 중소기업의 규모별 구축유형

공정개선형이란 기존 장비 개조 또는 신규장비 도입으로 공정개선, 기초데이터 관리화 등 하드웨어 구축을 중심으로 구축장비와 연계된 데이터가 활용

될 수 있도록 동시에 소프트웨어(MES)의 구축까지 필요한 형태를 의미한다.

반면 생산관리형이란 기초데이터 생성·구축·관리 등 데이터를 활용하는 소프트웨어(MES) 중심의 구축을 의미하고 있다.

[표 2-16]을 근거로, 구축유형을 중소기업의 규모별로 파악한 업체 수는 [표 4-3]과 같다.

스마트공장에서 생산관리형(소프트웨어 중심)은 53.3%(64개 사), 공정개선형(하드웨어 중심+ 소프트웨어)은 46.7%(56개 사)로 나타났다.

한편, 스마트공방의 경우 공정개선형(하드웨어 중심+ 소프트웨어)은 73.5%(108개 사), 생산관리형(소프트웨어 중심)은 26.5%(39개 사)로 나타났다.

[표 4-3] 중소기업의 규모별 구축유형

유형		스마트공장		스마트공방	
		업체 수	비율(%)	업체 수	비율(%)
생산관리형 (소프트웨어 중심)	기초(Level 1)	53	44.1	39	26.5
	기초(Level 2)	11	9.2	-	-
	소계	64	53.3	39	26.5
공정개선형 (하드웨어 중심 +소프트웨어)	기초(Level 1)	29	24.2	108	73.5
	기초(Level 2)	27	22.5	-	-
	소계	56	46.7	108	73.5
계		120	100.0	147	100.0

4) 규모별 주요성과지표(KPI) 선택 업체 수

개별업체들이 사용한 용어를 [표 2-3]과 [표 2-4]를 근거로, 통합 정리하고 동시에 규모별 사용 지표별로 제시한 것은 [표 4-4]와 같다.

생산성증가, 설비가동율증가, 매출액증가율은 KPI의 생산성증가로 통일하였으며, 제품불량률감소, 클레임건수감소, 공정불량율감소는 KPI의 품질향상으로 통일하였다. 또한 제조리드타임단축, 납기준수율증가, 그리고 납기단축을 증가는 KPI의 납기준수로, 마지막으로 작업공수절감, 원가절감, 비용절감, 재고비용절감은 KPI의 원가감소로 통일하였다.

스마트공장 총 120업체 중 품질향상 77.5%(93개 사), 생산성증가 71.1%(89개 사), 원가감소 50.0%(60개 사) 그리고 납기준수를 선택한 업체는 46.7%(56개 사) 였다.

한편 스마트공방의 경우, 생산성증가 83.7%(123개 사), 품질향상 64.6%(95개 사), 납기준수 46.9%(69개 사), 그리고 원가감소 35.4%(52개 사)로 나타났다.

[표 4-4] 규모별 주요성과지표 선택 업체 수

본 연구 지표	원 지표	스마트공장 (업체 수: 120)		스마트공방 (업체 수: 147)		총:267	
		선택 업체 수	%	선택 업체 수	%	선택 업체 수	%
생산성 증가	생산성증가	89	71.7	123	83.7	212	79.4
	설비가동율증가						
	매출액 증가율						
품질 향상	제품불량율감소	93	77.5	95	64.6	188	70.4
	클레임건수감소						
	공정불량율감소						
납기 준수	제조리드타임단축	56	46.7	69	46.9	125	46.8
	납기준수율증가						
	납기단축율증가						
원가 감소	작업공수절감	60	50.0	52	35.4	112	41.9
	원가절감						
	비용절감						
	재고비용절감						

제 2 절 분석을 위한 사전 검증

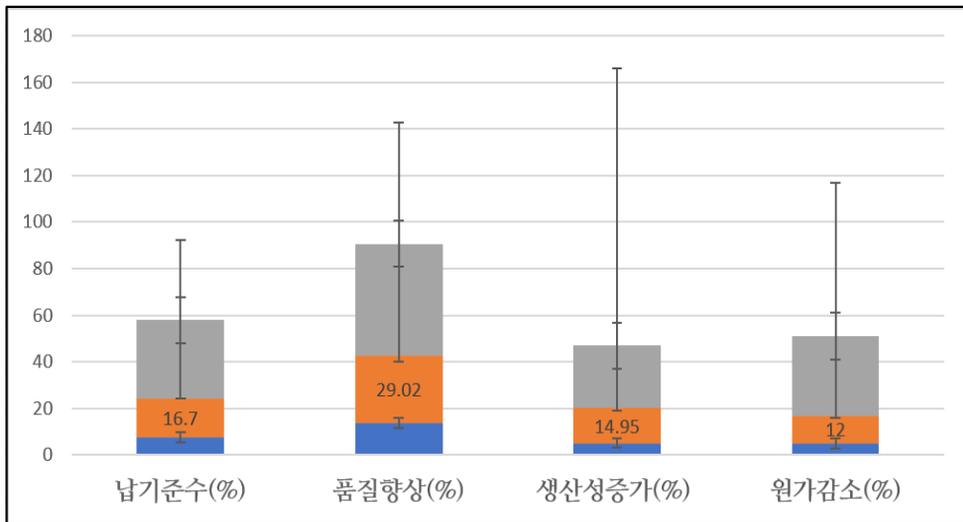
본 분석을 시작하기 전, 이상치의 영향을 제거하여 그 영향을 최소화한 후 데이터 분포를 확인하기 위하여 박스플롯으로 파악하였으며 본 분석에 따라 특이값을 제외한 후 분석에 활용하였다.

1) 스마트공장 주요성과지표 별 특이값 검증

[표 4-5] [그림 4-1] 에 제시된 바와 같이 각 영역 즉 납기준수, 품질향상, 생산성증가 및 원가감소에서 파악된 특이값을 제외한 후 본 분석에 활용되었다.

[표 4-5] 스마트공장 주요성과지표 별 특이값 검증

구분	납기준수(%)	품질향상(%)	생산성증가(%)	원가감소(%)
최소값	-0.1	2.8	0.9	1.0
2사분위	7.5	13.8	5.1	5.0
중앙값	16.7	29.0	14.9	12.0
3사분위	33.6	47.8	26.8	34.0
최대값	68.1	100.0	1046.0	100.0
Outlier	72.7	98.9	59.3	77.5



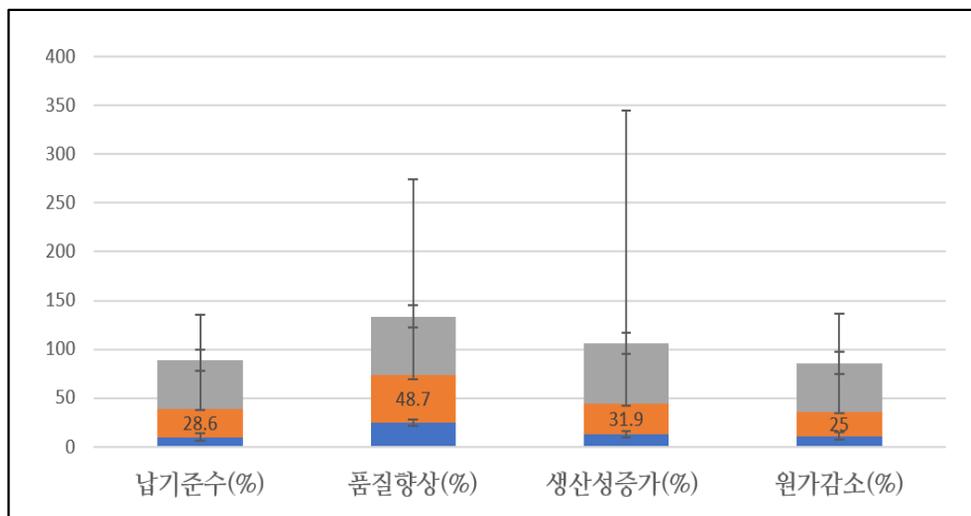
[그림 4-1] 스마트공장 주요성과지표 별 특이값 박스플롯

2) 스마트공방 주요성과지표 별 특이값 검증

[표 4-6] [그림 4-2] 에 제시된 바와 같이 각 영역 즉 납기준수, 품질향상, 생산성증가 및 원가감소에서 파악된 특이값을 제외한 나머지가 본 분석에 활용되었다.

[표 4-6] 스마트공방 주요성과지표 별 특이값 검증

구분	납기준수(%)	품질향상(%)	생산성증가(%)	원가감소(%)
최소값	1.1	4.0	2.3	2.0
2사분위	10.0	25.0	12.9	11.0
중앙값	28.6	48.7	31.9	25.0
3사분위	50.0	60.0	61.2	50.0
최대값	97.2	200.0	300.0	333.3
Outlier	110.0	112.5	133.7	108.5



[그림 4-2] 스마트공방 주요성과지표 별 특이값 박스플롯

제 3 절 비교 검증 결과

1) 스마트공장과 스마트공방 간 주요성과지표 비교

스마트공장과 스마트공방 간 본 연구에서 조사된 네 가지 주요성과지표 별 t 검증한 결과 다음과 같았다.

납기 준수의 경우, $t = 2.12(p=.036)$ 로 스마트 공방이 통계적으로 유의하게 높았다. 품질향상의 경우, $t=3.05(p=.003)$ 으로 스마트공방이 통계적으로 유의하게 높았으며, 생산성증가 $t=6.68(p=.000)$ 및 원가감소 $t=3.54(p=.001)$ 로 주요 지표 4가지 모두에서 스마트공방이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다 [표 4-7].

[표 4-7] 스마트공장과 스마트공방 간 주요성과지표 비교

주요성과 지표	유형	n	평균	표준편차	t	p
납기준수	공장	56	22.99	18.78	2.12	.036
	공방	69	30.87	22.64		
품질향상	공장	90	33.8	24.68	3.05	.003
	공방	94	44.9	24.58		
생산성 증가	공장	78	15.14	11.39	6.68	.000
	공방	109	34.61	27.16		
원가감소	공장	56	17.57	17.92	3.54	.001
	공방	51	33.46	27.10		

2) 생산관리형(소프트웨어 중심)과 공정개선형(하드웨어 중심+소프트웨어) 구축 간 주요성과지표 비교

생산관리형 구축기업과 공정개선형 구축 기업 간 주요성과지표를 비교한 결과는 [표 4-8]과 같았다.

본 연구 결과에서 유의미한 차이를 보인 주요 지표에는 품질향상과 생산성증가로서 품질향상의 경우, $t=4.28(p=.000)$ 로, 생산성증가는 $t=3.35(p=.001)$ 로 공정개선형 기업에서 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다. 그러나 납기준수 $t=.31(p=.759)$, 원가감소 $t=4.28(p=.125)$ 로 두 군 간에 유의미한 차이가 없었다.

[표 4-8] 생산관리형과 공정개선형 구축 기업 간 주요성과지표 비교

주요성과 지표	유형	<i>n</i>	평균	표준편차	<i>t</i>	<i>p</i>
납기준수	생산관리	46	28.22	20.51	.307	.759
	공정개선	79	29.79	36.52		
품질향상	생산관리	62	28.03	15.70	4.28	.000
	공정개선	122	43.53	26.08		
생산성 증가	생산관리	72	17.71	14.44	3.35	.001
	공정개선	115	36.15	45.08		
원가감소	생산관리	35	20.83	21.39	1.54	.125
	공정개선	72	28.08	25.58		

제 5 장 결론

제 1 절 연구의 결과

본 연구에서는 스마트공장과 스마트공방을 구축했을 때 이들 각각의 구축 전후, 주요성과지표에 어떤 변화가 있었고, 또 이에 따른 시사점은 무엇인지 파악해 보고자 시도되었다.

본 연구에서 사용한 네 가지 주요 성과지표는 소상공인시장진흥공단에서 사용한 분류표를 기준으로 분류하였으며 이에 따라 납기준수, 품질향상, 생산성증가 및 원가감소를 선택하여 분석하였다.

분석은 첫째, 스마트공장과 스마트공방 간, 주요성과지표인 납기준수, 품질향상, 생산성증가 및 원가감소에 대한 구축 전후를 비교 검증하였으며, 둘째, 중소벤처기업부(2021)에서 제시한 구축 형태 5 가지 중 본 연구대상 기업이 선택한 생산관리형과 공정개선형 별로 나누어 주요성과지표 네 가지를 비교 검증하였다.

연구결과에 대한 결론과 시사점은 다음과 같았다.

스마트공장과 스마트공방 간 비교에서, 납기준수($t= 2.12, p=.036$), 품질향상($t=3.05, p=.003$), 생산성증가($t=6.68, p=.000$) 및 원가감소($t=3.54, p=.001$)의 주요성과지표 네 가지 모두에서 스마트공방이 통계적으로 모두 유의하게 높게 나타났다.

이종각과 김주현(2020)의 연구에 의하면 제품의 생산역량이 높을수록 스마트공장 활용 정도는 통계적으로 유의하게 높았다고 보고한 것에 비추어 보

면 스마트공장에 비하여 스마트공방에서 기존의 생산방식보다 스마트공장화에 따른 생산방식이 품질 측면과 생산성 측면에 두드러진 결과를 가져왔다고 볼 수 있었다. 그러나 이외에 본 결과를 비교할 연구가 부족하였는데 다음과 같은 이유 때문이었다.

첫째, 스마트공장은 구축 시작 시점이 2014년도로, 스마트공방 구축 시점인 2020년도에 비하여 상대적으로 앞서 있었기 때문에 긍정적인 결과가 보고되고 있는 반면, 소공인을 위한 스마트공방은 2020년도에 시범사업을 시작하여 2021년도에 첫 사업이 공고된, 이제 막 시작된 사업이므로 인하여 아직 결과에 대한 보고가 없다는 점이였다.

둘째, 주요성과지표 모두에서 스마트공방이 더 효과가 있었던 것은 우리나라 소공인 제조업의 실 면을 간접적으로 알 수 있는 계기라고 판단되었다. 즉 10명 미만이고, 상대적으로 업무 프로세스가 체계적이지 못할 뿐 아니라 기계화, 자동화되지 못한 기업들이 향후 지속적인 발전을 목표로 과감히 스마트공방을 시도했을 경우, 눈에 띄는 효과가 보여진 것으로 판단되었다.

셋째, 동시에 [표 4-3] 에서와 같이 스마트공장에 비하여 스마트공방에서 공정개선형 구축 비율이 46.6% 대 73.5%로 상대적으로 높았던 것을 고려한다면 기존장비 개조 또는 신규장비 도입이 많은 것도 한 이유로 생각되며,

넷째, 또 다른 이유로는 근로자 수가 10명 미만인 스마트공방은 신속한 상호의사소통, 규모에 맞는 소프트웨어 구축, 새 시스템에 대한 동시 현장 교육(On the Job Training) 및 이에 따른 새로운 시스템에 대한 숙달이 좀 더 빠를 수 있다는 장점이 있고,

다섯째, 경제적 문제로 그동안 장점과 방법을 알면서도 해결하지 못한 스마트화의 도입이 큰 효과를 발휘하여 단 기간 내 성과를 더 극대화할 수 있었던 것으로 추정되었다.

따라서 본 연구를 계기로 스마트공방에 대한 연구가 지속되어 우리나라 제조업의 97% 이상을 차지하는 중소기업의 발전을 도와 국가 전체산업에 영향을 주는 전환점이 되어야 한다고 판단되었다.

또 다른 중요한 분석으로, 소프트웨어를 중심으로 구축한 생산관리형과 하드웨어 중심의 공정개선형으로 구분하여 주요 성과지표를 비교하여 본 결과, 공정개선형에서 품질향상($t=4.28$, $p=.000$)과 생산성증가($t=3.35$, $p=.001$)에서 통계적으로 유의미하게 높게 나타났으나 납기준수와 원가감소는 차이가 없었다.

그 이유는,

첫째, 공정개선형은 기존의 장비개조 또는 신규장비 도입으로 공정개선 및 기초데이터 관리화 등 하드웨어 중심 구축을 의미한다.

이는 구축장비와 연계된 데이터의 수집 및 활용이 가능하도록 소프트웨어(MES)가 동시에 구축되므로 생산제품에서 발생된 데이터와 각 공정의 검사 항목을 비교하여 제품의 적합·부적합을 객관화시킬 수 있어 품질 측면에서 향상되는 효과가 뒤따른다(중소벤처기업부 공고 제 2021-63호). 또한 그동안 부족했던 자동화 장비 중심의 스마트공방 구축으로 생산성 향상 및 품질균일화에도 크게 기여하게 된 결과로 볼 수 있었다.

둘째, 통계청의 자료(2019)에 의하면 스마트공장을 구축한 사업체 수 3,121개를 대상으로 스마트공장 구축의 목적을 조사한 결과, 생산성향상이 72.6% 로 가장 많았으며 그 뒤를 이어 품질개선 57.3%, 납기단축 34.3% 원가감소 29.7%로 보고된 바 있다. 이것을 본 연구 결과와 비교할 때 동일한 결과로 보여지며 우리나라 기업들은 아직 생산성 향상을 최우선하고 있다고 볼 수 있었다(통계청, 2019).

셋째, 본 연구 결과, 납기준수와 원가감소에서는 차이가 나타나지 않은 것은 본 연구자료수집의 시점이 사업완료보고서를 제출한 바로 그 시점인 것과

관련이 있다고 판단되었다. 즉 품질향상은 생산과정에서 바로 볼 수 있으며 이에 따라 생산성증가도 동시에 파악이 가능한 성과지표이나 납기준수나 원가감소는 이보다는 시차를 두어야 그 결과를 파악할 수 있는 지표이기 때문으로 생각되었다. 따라서 이를 고려하여 사업완료 6개월 후 또는 1년 후 등으로 시계열로 차이를 두어 주요 성과를 측정하는 것이 더욱 정확한 결과를 파악할 수 있을 것으로 판단되었다.

제 2 절 연구의 시사점

본 연구를 통한 몇 가지 시사점은 다음과 같다.

첫째, 스마트공장 구축 도입은 기업에 도전이 된다. 그 결과, 품질향상, 생산성 증가, 납기일준수, 원가감소 등의 매우 긍정적이고 매력적인 결과들이 뒤따르지만 스마트공장을 구축하고자 하는 개별 기업들은 각자 상황에 적절하고 명확한 목표 설정이 우선되어야 할 것이다. 또한 이 목표설정에는 근로자와 함께 설정될수록 성공률이 높을 것이다. 만약 근로자들이 이 목적에 자발적으로 동의하고 협력하고자 동기부여가 되지 않았다면 이 도입은 성공하기가 쉽지 않을 것이다. 그러나 스마트공장이든 스마트공방이든 간에 스마트화 하고자 하는 회사들은 성공적인 스마트공장 구축을 위해 자사의 규모와 도입 목적에 맞게 스마트공장 수준을 결정하고 수준에 따른 단계별 전략을 수립해야 한다. 즉, 최고경영자를 중심으로 스마트공장의 필요성을 인식하고 조직구성원의 적극적인 마인드 조성과 이들의 역량이 매우 필요하다(정혜란 등, 2020).

피터 드러커의 주장과 같이 하위자(직원)과 함께 목표를 세우고 달성 계획을 세우는 일이 안정적으로 스마트공장화에 이를 수 있을 것으로 본다. 단지 정부의 도움으로 스마트공장을 도입하려는 경영 마인드는 구축 결과를 극대화 할

수 없을 것으로 보인다.

이와 같은 상황은 본 연구자의 컨설팅 경험의 결과, 이런 과정 중 하나라도 소홀이 되는 경우 성공하기 거의 어려운 상황을 다수 경험한 바 있다.

둘째, 우리나라 제조업의 98% 이상이 소기업이라는 점은 의미하는 바가 매우 크다고 본다. 자칫 우리가 기업명을 말하면 다 알 수 있는 대기업들은 실제 소수이며 이들 기업들이 전부인 것처럼 착각을 하는 상황을 간과해서는 안된다고 하는 것이다. 소기업들과 관련된 가족을 모두 고려한다면 이들 소기업들이 숫자적으로, 생산적으로 국가 경제에 또 다른 중심에 있다고 생각해야 할 것이다.

따라서 향후 우리나라가 국가의 발전 방향을 통한 안정된 글로벌 포지셔닝을 목적으로 한다면 스마트화 정책이 좀 더 적극적으로 소기업들을 중심으로 지원하여야 하되 그 과정은 정부로서는 철저하며 구체적이고, 결과에 대한 책임은 소기업들에게 묻는 과정을 통하여 성실한 기업을 발굴해 나가는 책임이 있으며, 소공인은 성실한 기업가 정신으로 스마트화 사업에 접근해야 할 것으로 본다.

결론적으로 오늘날 제조업들이 미래를 향해 나아가고자 한다면 스마트공장화는 선택이 아니라 필수이며, 스마트공장화에 대한 계획 시점을 앞당겨 그동안의 작업 관행을 과감히 변화를 주어 세계화하는데 발맞추지 못한다면 그 기업의 미래를 아무도 보장할 수 없을 것이다.

제 3 절 연구의 한계 및 제언

본 연구는 스마트공장과 스마트공방을 구축한 후, 구축 전과 후의 주요 성

과를 비교하는 연구였다.

현재, 스마트공방의 결과는 2020년도 시범사업 이후 2021년도 자료뿐이어서 스마트공장과 스마트공방 간 KPI의 변화 양상에 대한 연구가 없는 실정이어서 비교검토에 한계가 있었다.

또한 본 연구에서 사용한 스마트공장 구축 및 스마트공방 구축 완료보고서의 공개를 조심스러워해 더 구체적인 분석에 한계가 있었음을 밝힌다. 그러나 오늘날 글로벌 경쟁 시대의 부산물이 된 스마트공장은 피할 수 없는 세계적 추세이기 때문에 특별히 소공인들게에는 도전이 될 것이다.

따라서 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 경영자의 혁신에 대한 마인드 전환이 매우 중요하다.

둘째, 공장자동화에서 스마트공장으로의 전환 의지가 매우 중요하다.

셋째, 자동화설비 도입 및 정보통신기술(ICT)의 접목에 대한 과감한 투자 의지와 이의 실행이 매우 중요하며, 체계적인 기업맞춤형 구축과 그 결과에 대한 지속적인 성과 모니터링으로 도입효과의 극대화가 필요하다.

또 스마트공장 구축 사업을 주관하는 관계기관에 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 경제적 문제로 그동안 장점과 방법을 알면서도 해결하지 못한 스마트화의 도입을 정부의 기업맞춤형 구축 지원과 그 결과에 대한 지속적인 성과 모니터링으로 스마트화가 안정적으로 유지 관리될 수 있도록 제도적 보완이 필요하며, 사업완료 6개월 후 또는 1년 후 등으로 시계열로 차이를 두어 주요 성과를 측정하는 것이 더욱 정확한 지표를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

둘째, 연구를 계기로 스마트공방에 대한 연구가 지속되어 우리나라 제조업의 99% 이상을 차지하는 중소기업의 발전을 도와 국가 전체산업에 영향을 주는 전환점이 되어야 한다고 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 권세인, 양종근. (2020). 중소기업의 스마트 공장 기술 결정요인, 제조 운영 및 성과 간 구조적 관계에 관한 연구. 한국산학기술학회논문지 21(11), 650-661. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.11.650>
- 김규판, 이형근, 김종력, 권혁주. (2017). 주요국의 4차산업혁명과 한국의 성장전략. 미국, 독일, 일본을 중심으로. KIEP연구보고서. 대외경제정책연구원.
- 김명식, 정필운, 박찬권, 강명원. (2020). 제4차 산업혁명시대에 과학기술분야의 헌법적 쟁점. 과학기술정보통신부.
- 김병주. (2021). 기계가공 산업에서 스마트 팩토리를 통한 설비종합효율과 생산유연성 향상에 관한 연구. 한국기술교육대학교 대학원, 석사학위논문.
- 김재원. (2020). 중소기업체에 맞는 스마트팩토리 구축에 관한 연구. 전남대학교 대학원, 석사학위논문.
- 김진하. (2016). 제 4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색. KISTEP InI. 15. 45-58.
- 김상윤. (2016). 4차 산업혁명의 핵심동력 소프트웨어, 산업일반, 포스코 경영연구원, 1-12.
- 김세윤. (2020). 제4차산업혁명의 구성요소에 대한 관심도 추이 및 분포에 대한 실증 분석. 한국과 국제사회, 4(6), 65-90. <https://doi.org/10.22718 /kga.2020.4.6.065>
- 김수영. (2018). 4차산업혁명시대 스마트 팩토리 운영관리(FOM)시스템의 도

- 입성과에 대한 사례분석. 전산회계연구, 16(1), 43-62.
- 김익성. (2018). 독일기업의 4차산업혁명 성공사례 및 한국기업과 정부에 대한 시사점-스마트공장을 중심으로. 이슈페이퍼, 10, 고려대학교 미래성장연구소, 1-44.
- 남우정. (2021). 중소기업 스마트공장 도입 후 효과성에 대한 분석, 스마트공장에 대한 정량적 평가지표를 중심으로. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 민관합동 스마트공장추진단. (2017). 3차 개정중보판 스마트공장 참조모델-업종중심으로.
- 민성희. (2018). 스마트공장 구축사례 및 시사점. 산은조사월보, 747, 산업분석리서치센터, 41-64.
- 박종식, 강경식. (2017). 스마트팩토리 구축전략과 중소기업 제조기업의 적용방안. 한국안전경영과학회지, 19(1), 227-236.
<http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2017.19.1.227>.
- 박천수. (2006). 목표관리제와 국가인적자원개발정책의 평가체제 구축. 한국직업능력개발원연구보고서.
- 박한구. (2021). 스마트공장구축 사례별 Use Case 설명회. 스마트제조혁신추진단. 2021년 4월.
- 박홍조, 지현미. (2017). 경영성과지표(KPI)를 이용한 중소기업 경쟁력 실증분석. 한국건축시공학회지, 17(2), 199-209.
<Http://doi.org/105345/.JKIBC.2017.17.2.199>
- 변재웅. (2017). 4차산업혁명이 문화산업에 미치는 영향에 관한 연구. 문화산업연구, 17(3), 107-118.
- 변재웅. (2021). 4차산업혁명시대의 스마트팩토리 정책과 시사점 연구: 독일과 미국 사례 중심으로. 문화산업연구, 21(3), 143-150.
- 백수현. (2016). 스마트제조와 글로벌 현주소와 표준화 추진방향. KISTEP 한

국과학기술기획평가원.

산업통상자원부. (2015). 제조업혁신 3.0 구현을 위한 스마트공장 확산 추진 계획.

산업통상자원부. (2017). 4차산업혁명시대 스마트 공장확산을 위한 핵심분야 별 정책방안연구. 산업통상자원부.

서창성. (2016). 스마트 팩토리 구축을 통한 중소기업 생산성 향상에 대한 연구. 부산대학교 대학원 석사학위논문.

소아영. (2017). 4차 산업혁명과 국내외 스마트공장 산업 동향. 융합 Weekly TIP, 57, KIST 융합연구정책센터, 1-7.

송원철. (2021). 기업의 핵심역량이 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구: 스마트팩토리와 4차 산업혁명 인식의 매개효과를 중심으로. 영남대학교 대학원, 박사학위논문.

오윤환, 김문선, 진우석 등. (2021). 독일의 스마트 제조 혁신 정책분석: 주요 현황과 시사점. 스마트제조혁신추진단.

오윤환, 김문선, 김은아 등. (2021). 일본의 스마트 제조 혁신 정책분석: 주요 현황과 시사점. 스마트제조혁신추진단.

오윤환, 김문선, 구운모 등. (2021). 중국의 스마트 제조 혁신 정책분석: 주요 현황과 시사점. 스마트제조혁신추진단.

이록, 김채수. (2020). 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술 적용이 품질과 혁신 성과에 미치는 영향. 벤처창업연구. 15(3), 59-71.

이종각, 김주현. (2020). 국내 금속가공 중소기업의 스마트팩토리 활용 정도에 대한 실증적 연구. 인문사회 21. 11(6), 269-284. <http://dx.doi.org/10.22143/HSS21.11.6.20>

임종오. (2018). 중소·중견기업의 제조경쟁력 확보를 위한 스마트팩토리 교육에 관한 연구. 금오공과대학교 대학원, 석사학위논문.

장태우, 성시일, 이정철. (2019). 스마트 공장 중소 공급기업 실태 분석과 개선방안. Entrue Journal of Information Technology, 17(1), 77-88.

- 장현숙, 유준혁 (2019). 독일중소기업의 4차 산업혁명 대응전략. Trade Focus 2019년 1호, 한국무역협회.
- 정해석, 유우식. (2012). 중소기업제조업의 사업포지셔닝에 영향을 미치는 생산관련 핵심성과지표에 관한 연구. 대한안전경영과학회지, 14(2), 221-228.
- 정혜란, 배경한, 이민구, 권혁무, 홍성훈. (2020). 4차산업혁명시대의 스마트 팩토리 구축을 위한 품질전략. 한국품질경영학회지, 48(1), 87-105.
<https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2020.48.1.87>
- 중소기업기술정보진흥원. (2021). 중소기업 전략 기술 로드맵 2022-2024 스마트제조. <http://smroadmap.smtech.go.kr>
- 중소벤처기업부. KOSMO, 스마트제조혁신추진단. (2021). 제조혁신의 중심, 스마트공장-스마트공장지원사업 참여기업 우수사례집, 2019-2021 선정, 2022-01.
- 중소벤처기업부. (2019). 스마트 공장지원사업 성과 조사분석연구. 중소기업부, 1-9.
- 중소벤처기업부. (2021). 보도자료, 2021.12.28.
- 중소벤처기업부. (2021). 2021년 스마트공방 기술보급 사업 모집 공고. 2021-63호.
- 중소벤처기업부.중소기업기술정보진흥원. (2021). 중소기업 전략기술로드맵 2022-2024 스마트제조.
- 중소벤처기업부, 민관합동 스마트추진단. (2018). 스마트공장 더 나은 내일이 보인다. 2017스마트공장 지원사업 참여기업 우수사례집.
- 최영환, 최상현. (2017). 스마트공장시스템 구축이 중소기업 경쟁력에 미치는 요인에 관한 연구. Information System Review, 19(2), 95-113.
<http://dx.doi.org/10.14329/isr.2017.19.2.095>
- 케플란, 노튼 저. 송경근, 성시중 역(1998). 균형성과관리지표 BSC. 한언.
- 클라우드 슈밥, 송경진 역(2016). 제4차 산업혁명, 메가스터디북스, 24-28.

통계청 자료. 산업통상자원부. (2019).

https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=115&tblId=DT_115034_A026&conn_path=I3

한국개발연구원. (2021). 2021-04 스마트팩토리 편 해외동향. KDI 경제정보 센터, 3-18.

2019년도 스마트공장 구축 고도화사업 계획서. 중소벤처기업부 공고 제 2019-75202호.

2. 국외문헌

Bank of America. (2020). Global Equity Strategy: Technical shifts in Global supply chains. BofA Global Research, 1-15.

Byun, Jae-Woong. (2020). The Analysis of Smart Factory during the 4th Industrial revolution and the pandemic: case studies of siemens and Samsung. The Myanmar Journal, 7(3), 188-196.

Caggiano, A., Caiazzo, F., and Teti, R. (2015). Digital Factory approach for flexible, and Efficient manufacturing systems in the Aerospace industry. Prodedia CIRP, 37, 122-127.

Cho, Y. J. (2016). Suggestion for building smart factory of medium and small sized manufacturing companies. Korea International Trade Association. Issue papers 2.

Hermann, M. Pentek T., Otto B. (2015). Design principles for industries 4.0 scenarios: A Literature Review. Working Paper No. 01, January 2015.

Homgren, C.T., Sundem, G.G. (1990). Introduction to management accounting 8th ed.,: Prentice Hall.

- Lucke, D., Constantinescu, C., and Westkamper, E.(2008). Smart factory–A step towards the next generation of manufacturing. *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*. 115–118.
- Mark, G. (1996). *Keeping Score: Using the right metrics to drive world-class performance* by Mark Graham Brown. Ohio: CRC Press.
- Wan, J., Cai, H., and Zhou, K. (2015). Industrie 4.0:Enabling Technologies. In *Intelligent Computing and Internet of Things(ICIT)*. 2014 International Conference on IEEE. 135–140.
- Wen, Z., Liu, X., Xu, Y. and Zou. (2016). A Restful Framwork for internet of things based on software defined network in Modern manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 84(1-4), 361–369.
- Zuehlk, D. (2010). Smart Factory –Towards a Factory-of-things. *Annual Reviews in Control*. 34(1), 129–138.

ABSTRACT

An Empirical Study on the Key Performance through the Introduction of Smart Factory by Size of Small and Medium Enterprises

Choi, Yun Yong

Major in Smart Convergence Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

Graduate School of Knowledge Service
Consulting

Hansung University

Today, advanced countries are rushing to promote smart factories in order to maintain their regional interests in manufacturing and their dominance in the global market.

Production automation, which has been operated in the manufacturing industry, minimizes human intervention and allows machines to do the work, ultimately aiming for an unmanned factory.

However, the concept of the smart factory integrates the entire manufacturing process with ICT, including planning, design, distribution, and sales. And as an intelligent factory that produces customized smart

products through real-time measured data, it is a system in which humans and machines are organically connected.

Among the five types of smart factory construction led by the Ministry of SMEs and Startups, the differences between the Process Improvement Type and the Production Management Type compared in this study are as follows.

The Process Improvement Type refers to hardware-centered methods such as process improvement and basic data management by remodeling existing equipment or introducing new equipment. However, the software (MES) must be built at the same time to collect and utilize the data connected to the building equipment.

The Production Management Type refers to the establishment of a Smart Small-Factories centered on software (MES) that utilizes data such as basic data creation, construction, and management.

In Korea, the smart factory promotion plan is divided into Smart Factories and Smart Small-Factories. Smart factories have no limit on the number of workers, while Smart Small-Factories have fewer than 10 workers.

Key performance indicators (KPIs) are an indicator that can determine the results achieved after the establishment of a smart factory or Smart Small-Factories. So far, KPIs of smart factories have been reported little by little, but in the case of smart workshops, which started their business in earnest in 2021 after the first pilot in 2020, there is no research on KPIs.

This researcher tried to empirically compare the Process improvement between the two, and to discuss future improvement plans, with

experience directly involved in the Smart Factory and Smart Small-Factories projects as a professional consultant.

The research method was an investigative study, and among the companies that received national support for Smart Factories and Smart Small-Factories from 2018 to 2021, this researcher was involved as a consultant or cooperated with a related institution, and the following was carried out.

The research data for the smart factory was 120 final completion reports after the smart factory support project from October 2021 to March 2022.

The number of Smart Small-Factories was 147 final reports on the Smart Small-Factories technology dissemination project, which started in April 2021.

For analysis, the mean difference was verified through the t -test between the two groups.

The main findings were as follows.

First, the results of t verification for each key performance indicator between the smart factory and the Smart Small-Factories were as follows. On-time delivery, $t= 2.12$ ($p=.036$), Quality improvement, $t=3.05$ ($p=.003$), Productivity increase $t=6.68$ ($p=.000$), and Cost reduction $t=3.54$ ($p=.001$) Smart Small-Factories was found to be statistically significantly higher in all four major indicators.

Second, as a result of comparing Key Performance Indicators between Production management type and Process improvement type companies, the major indicators showing a significant difference were Quality

improvement $t=4.28$ ($p=.000$) and Productivity increase $t=3.35$ ($p=.001$). It was found to be statistically significantly higher in Process improvement company than the Production management type.

In conclusion, if today's manufacturing companies want to move toward the future, smart factorization is not an option but a necessity. Therefore, no one will be able to guarantee the future of the company unless it advances the planning time for the smart factory and changes the work practices in the past to keep pace with globalization.

【key words】 smart factory, Key performance indicator, on-time delivery, quality improvement, productivity increase, cost reduction