석사학위논문

중소기업의 스마트팩토리 구축 사례 및 경영성과 연구

2022년

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

김 기 원

석 사 학 위 논 문
지도교수 박현성

중소기업의 스마트팩토리 구축 사례 및 경영성과 연구

A Study on the Cases of Smart Factories by SMEs and on Their Business Performance

2022년 6월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

김 기 원

석 사 학 위 논 문
지도교수 박현성

중소기업의 스마트팩토리 구축 사례 및 경영성과 연구

A Study on the Cases of Smart Factories by SMEs and on Their Business Performance

위 논문을 컨설팅학 석사학위 논문으로 제출함

2022년 6월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

김 기 원

김기원의 컨설팅학 석사학위 논문을 인준함

2022년 6월　　일

심사위원장 홍 정 완 (인)

심 사 위 원 송 거 영 (인)

심 사 위 원 박 현 성 (인)

국 문 초 록

중소기업의 스마트팩토리 구축사례 및 경영성과 연구

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원
스 마 트 융 합 컨 설 팅 학 과
스 마 트 융 합 컨 설 팅 전 공
김 기 원

2019년 11월 중국에서 최초 보고된 COVID-19는 사회의 변화뿐 아니라 제조업의 제조방식의 패러다임 전환을 가속화하고 있다. 이는 코로나 이후를 대비하는 기업들 사이에서 사무실 또는 생산 현장에서 비대면이라는 새로운 작업환경의 확산이 스마트팩토리 도입 및 구축에 관한 관심으로 나타나고 있다. 즉, 빅데이터, AI, 로보틱스, IOT, 사이버 물리 시스템 등을 활용해 생산공정 또는 작업환경을 개선하여 더 효율적인 작업환경 구축하려는 노력이 잇따르고 있다. 5G 인터넷, 모바일 등 4차산업을 연결하는 핵심기술이 획기적으로 발전하면서 스마트팩토리는 산업 간의 융합과 생산성에서 그만큼 높아졌기 때문이다. 따라서 스마트팩토리를 도입한 기업과 도입하지 않은 기업과의 생산성의 격차도 커질 수밖에 없다.

따라서 중소기업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 혁신이 필요하며, 혁신은 4차 산업혁명을 통한 빠른 스마트팩토리 도입과 적용이라 하겠다. 그러나 중소기업은 인력, 자금, 설비, 인식 부족 등 여러 요인으로 인하여 스마트팩토리 도입을 망설이고 있는 것으로 보인다.

본 연구에서는 스마트팩토리 도입에 대한 선행연구와 경영성과에 대한 선행연구 및 적용사례를 살펴보고, 이를 통해 스마트팩토리 도입이 중소기업의 경쟁력 향상에 도움이 된다는 것을 도출하여 중소기업에서 빠른 스마트팩토리 도입이 이루어지기를 바라는 데 중점을 두고 있다.

이러한 연구 결과는 다음과 같은 시사점을 갖는다. 스마트팩토리 구축을 위해서는 첫째, 기업의 현재 위치를 정확히 파악해야 한다. 즉 기업에 적합한 목표을 설정하고 그 목표 달성을 위하여 미진한 부분 및 부족한 부분을 검토한 후에 그에 맞는 시스템을 구축해야 보다 확실한 효과를 거둘 수 있다. 둘째, CEO의 의지가 중요하다. 스마트팩토리 구축은 근로자로서는 새로운 업무이며, 구축하는 동안의 업무의 과중이 생기기 마련이다. 따라서 CEO는 스마트팩토리가 회사가 나아갈 방향이란 공감대를 모든 근로자와 공유하고 이끌어 나갈 의지가 필요하다. 셋째, 스마트팩토리 도입은 속도전, 장기전으로 가야 한다. 스마트팩토리는 2014년 시범 사업을 시작한 이후 2022년까지 3만 개의 보급을 목표로 정부에서 추진하고 있지만 도입에 실패한 기업도 많이 생기고 있다. 이는 스마트팩토리 구축할 때 회사의 사정을 인식하지 못하고 과도하게 설계하여 구축에 오랜 시간을 허비하는 경우가 대부분이다. 또한 구축 이후에는 시스템의 불안정, 운영인력의 부족, 시스템에 대한 교육 부재, 적용의 어려움 등이 생길 수 있다. 이는 장기적으로 교육, 개선, 인력 수급 등으로 개선하여 나아가야 성공할 수 있다. 넷째, 스마트팩토리는 단계별로 구축을 목표로 하여야 한다. 기초단계의 스마트팩토리는 모든 자료를 데이터화 하는 과정과 같다. 단계가 높을수록 4차 산업혁명에서 보여주는 기반기술이 접목되어 자동화를 이룩할 수 있으며 이는 선도국과의 기술수준 차이 극복하는 방법이고 경쟁력이 될 것이다. 따라서 장기적인 관점에서 스마트팩토리 구축을 계획하고 나가기를 바란다.

【주요어】 스마트팩토리, 경영성과, 4차산업혁명, 기반기술

목 차

Ⅰ. 서론 ····· 1
1.1 연구의 배경 및 목적 ····· 1
1.2 연구의 방법 및 범위 ····· 3

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 5
2.1 스마트팩토리에 관한 일반적 고찰 ····· 5
2.1.1 4차 산업혁명의 개념과 특징 ····· 5
2.1.1.1 4차 산업혁명의 개념 ····· 5
2.1.1.2 4차 산업혁명의 특징과 기반기술 ····· 7
2.1.1.3 4차 산업혁명의 대응 현황 ····· 9
2.1.2 스마트팩토리의 개념과 특징 ····· 13
2.1.2.1 스마트팩토리의 개념 ····· 13
2.1.2.2 스마트팩토리의 특징 ····· 16
2.2. 스마트팩토리 관련 기술 및 필요성 ····· 17
2.2.1 스마트팩토리의 기반 기술 ····· 17
2.2.1.1 사이버 물리 시스템(CPS) ····· 17
2.2.1.2 로보틱스(Robotics) ····· 18
2.2.1.3 3D프린팅(3D Printing) ····· 20
2.2.1.4 IoT (Internet of Things) ····· 21
2.2.1.5 모바일(Mobile) ····· 22
2.2.1.6 빅데이터(Big Data) ····· 22
2.2.1.7 스마트 센서 (Smart Sensor) ····· 23
2.2.1.8 클라우드(Cloud) ····· 24
2.2.2 스마트팩토리의 필요성 ····· 25

Ⅲ. 스마트팩토리 구축 및 성과에 대한 사례 연구 ····· 27

3.1 스마트팩토리 구축 관련 선행연구 ····· 27
3.2 스마트팩토리 성과 관련 선행연구 ····· 29
3.2.1 재무적 성과 ····· 31
3.2.2 비재무적 성과 ····· 31
3.3 스마트팩토리 구축 및 성과 관련 사례 ····· 32
3.3.1 LS산전 ····· 33
3.3.2 포스코 ····· 34
3.3.3 새한진공열처리 ····· 36
3.3.4 동양피스톤 ····· 38
3.3.5 워랜텍 ····· 39
3.3.5.1 도입의 필요성 ····· 40
3.3.5.2 도입의 목적 ····· 41
3.3.5.3 스마트팩토리 구축 추진전략 ····· 42
3.3.5.4 스마트팩토리 도입의 기대효과 ····· 43
3.3.5.5 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 45
3.3.6 알에프메디칼 ····· 46
3.3.6.1 도입의 필요성 ····· 46
3.3.6.2 스마트팩토리 구축 추진전략 ····· 47
3.3.6.3 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 48
3.3.7 마이크로엔엑스 ····· 48
3.3.7.1 도입의 필요성 ····· 49
3.3.7.2 스마트팩토리 구축 후 업무개선 내역 ····· 49
3.3.7.3 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 50
3.3.7 한미케이블(주) 화성공장 ····· 51
3.3.7.1 도입의 필요성 ····· 51
3.3.7.2 스마트팩토리 구축 추진전략 ····· 51
3.3.7.3 스마트팩토리 구축 후 업무개선 내역 ····· 52
3.3.7.4 스마트팩토리 구축 후 성과 ····· 55
3.3.8 ㈜모산에프에스 ····· 58

3.3.8.1 추진 배경 ····· 58
3.3.8.2 AI 스마트팩토리 구축 ····· 60
3.3.8.3 AI 스마트팩토리 구축 성과 ····· 62
3.3.9 한국인삼공사 ····· 63
3.3.10 그 외 기업들 ····· 66
3.3.10.1 동아연필(주) ····· 65
3.3.10.2 ㈜비츠로넥스텍 ····· 67
3.3.10.3 한중엔시에스 ····· 68
3.3.10.4 새한주식회사 ····· 69
3.3.10.5 풍림파마텍 ····· 70

Ⅳ. 결론 ····· 72
4.1 연구 결과 및 시사점 ····· 72
4.2 연구의 한계 및 향후 연구 제언 ····· 78

참 고 문 헌 ····· 80

ABSTRACT ····· 86

표 목차

[표2-1] 4차 산업혁명의 정의 ····· 6
[표2-2] 4차 산업혁명 대표적인 기반기술 ····· 8
[표2-3] 주요 국가의 4차산업 혁명 정책과 제조업 비교 ····· 12
[표2-4] 연구자별 스마트공장의 정의 ····· 14
[표2-5] 스마트화 수준별 단계 ····· 17
[표2-6] 일반 제조공정과 3D프린팅 제조공정 비교 ····· 20
[표3-1] 스마트팩토리 구축 관련 선행연구 ····· 28
[표3-2] 스마트팩토리 성과 관련 선행연구 ····· 30
[표3-3] 스마트팩토리 구현 효과 ····· 37
[표3-4] AS-IS 대비 To-BE 비교표 ····· 43
[표3-5] 워랜텍의 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 46
[표3-6] 알에프메디칼의 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 48
[표3-7] 마이크로엔엑스 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 51
[표3-8] 영업이익률 전후 비교 ····· 56
[표3-9] 클레임 감소율 전후 비교 ····· 57
[표3-10] 한미케이블 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 58
[표3-11] 모산에프에스 스마트팩토리 도입 후 성과 ····· 62
[표4-1] 스마트팩토리 구축 사례 ····· 72

그림 목차

[그림2-1] 중국의 인더스트리4.0 관련 정책 추진 현황 ····· 11
[그림2-2] 스마트팩토리의 기본 개념 ····· 16
[그림2-3] 사이버 물리 시스템 ····· 18
[그림2-4] 현대로보틱스 도입공장 ····· 19
[그림2-5] 사물인터넷(IoT) ····· 21
[그림2-6] 다양한 종류의 빅데이터 ····· 23
[그림2-7] 8대 스마트팩토리 기반 제조 기술 ····· 24
[그림3-1] LS산전 스마트팩토리 ····· 33
[그림3-2] LS산전의 생애주기지원 스마트팩토리 플랫폼 ····· 34
[그림3-3] 포스코의 스마트팩토리 플랫폼 포스 프레임 ····· 35
[그림3-4] 새한진공열처리의 스마트팩토리 구현과 서브제로 열처리 ···· 36
[그림3-5] 동양피스톤 스마트팩토리 ····· 39
[그림3-6] ㈜워랜텍 내·외부 전경 ····· 40
[그림3-7] 워랜텍 시스템 _H/W구성도 ····· 42
[그림3-8] 워랜텍 시스템 _S/W구성도 ····· 43
[그림3-9] 재고 배치관리와 바코드스캐너 ····· 45
[그림3-10] 알에프메디칼의 스마트팩토리 구축 후의 생산공정 ····· 47
[그림3-11] 마이크로엔엑스 업무개선 내역 ····· 49
[그림3-12] 한미케이블 구축구성도 ····· 52
[그림3-13] 업무개선 내역 ····· 53
[그림3-14] 공정흐름도 ····· 59
[그림3-15] AI 스마트팩토리 공정 구축도 ····· 61
[그림3-16] 평행광(parallel Light) ····· 64
[그림3-17] 광산광(diffused Light) ····· 64
[그림3-18] 파우치 외관 검사 장비 ····· 65
[그림3-19] AI 검사 장비가 제품을 촬영하는 모습 ····· 65

[그림3-20] 동아연필 스마트팩토리 구축시스템 ····· 67
[그림3-21] 비츠로넥스텍 스마트팩토리 구축시스템 ····· 68
[그림3-22] 한중엔시에스 스마트팩토리 구축시스템 ····· 69
[그림3-23] 새한주식회사 스마트팩토리 구축시스템 ····· 70
[그림3-24] 풍림파마텍 스마트팩토리 구축시스템 ····· 71

Ⅰ. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2019년 11월부터 중국에서 최초 보고되고 퍼지기 시작해 현재까지 전 세계에서 지속되고 있는 COVID-19는 사회의 변화뿐 아니라 제조업의 제조방식의 패러다임 전환을 가속화하고 있다. 코로나 이후를 대비하는 기업들 사이에서 스마트팩토리 구축에 관한 관심과 도입에 관한 관심이 크게 나타나고 있고, 코로나를 계기로 사무실 또는 생산 현장에서도 비대면이라는 새로운 작업환경이 확산하고 있다. 즉, 빅데이터, AI, 로보틱스, IOT, 사이버 물리 시스템 등을 활용해 생산공정 또는 작업환경을 개선하여 더 효율적인 작업환경을 구축하려는 노력이 잇따르고 있다. 5G 인터넷, 모바일 등 4차산업을 연결하는 핵심기술이 획기적으로 발전하면서 스마트팩토리는 산업 간의 융합과 생산성에서 그만큼 높아졌기 때문이다. 따라서 스마트팩토리를 도입한 기업과 도입하지 않은 기업과의 생산성의 격차도 커질 수밖에 없다. 제조업 경쟁력의 중심에 '스마트팩토리'가 있는 셈이다. 즉 4차 산업혁명은 미래가 아닌 현실이 되었다. 금융위기 이후 오늘날 제조업은 제조 경쟁력 강화가 국가의 저성장, 실업 및 소득 양극화 문제를 해결하는 방안으로 생각하고 있으며, 미국, 독일, 일본, 중국 등 제조 강국들은 제조업에서 4차 산업혁명이 적용된 AI, IoT, 사이버 물리 시스템, 빅데이터, 로보틱스 등을 스마트팩토리 도입에 접목하였으며, 5G 인터넷, 모바일과 같은 다양한 네트워크로 연결된 초연결 ICT 융합이 도입된 시스템을 만들어 4차 산업혁명의 집약된 결과물을 스마트팩토리에 적용하고 있다.

4차 산업혁명은 2010년 독일에서 제시한 "High-Tech Strategy 2020"의 10대 정책 중 하나로 제시되었으나, 본격적인 사용이나 의미의 전달은 2016년 1월 스위스 다보스 지역에서 열린 세계경제포럼에서 클라우스 슈밥 (Klaus Schwab)이 처음으로 사용하면서부터라고 할 수 있다. 4차 산업혁명의 핵심은 인공지능(AI, Artificial Intelligence), 빅데이터

(Big-Data), 사물인터넷(IoT, Internet of Things), 클라우드 서비스(Cloud Service), 사이버 물리 시스템(CPS), 무선 센서 네트워크 등 기존에 존재하지 않았던 새로운 기술혁신이다. 이러한 4차 산업혁명은 기존의 3차 산업혁명을 통해 존재하고 있던 정보기술에 새로운 혁신적인 기술(빅데이터, 무선 센서 네트워크, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 등)이 더해져 디지털 생태계를 구축하고 통합하면서, 경제 및 산업은 물론 국가의 경계마저도 허물어 가고 있다.

최근 국내 제조업 특히 중소기업들은 갈수록 치열해지는 국내외 상황에 직면해 있다. 특히 21세기에 대량생산 중심의 제조업에서 나타나고 있는 노동환경의 변화, 즉 숙련공의 노령화나 저출산에 의한 노동력 감소는 기업의 경영환경의 여러 가지 문제들과 결합하여 산업 생태계의 위기로까지 불릴 정도이며, 이런 급속한 노동환경 또는 경영환경의 변화 속에서 제조업을 영위하는 기업은 생산의 효율성과 품질의 퀄리티를 확보해야 생존이 가능한 시대에 직면하게 되었다. 기업에 있어서 새로운 혁신은 생산력 향상과 경쟁력을 강화하는 중요한 요소라고 할 수 있다. 기업의 혁신 활동들은 생산 제품의 경쟁 우위를 확보할 수 있는 기반을 제공하는 중요한 요소라고 할 수 있다(곽수환과 서창적, 2010). 지금과 같은 4차 산업혁명 시대에 어려운 경영환경을 극복하고 새로운 성장 동력을 찾아야 하는 기업, 특히 중소기업의 경우 새로운 혁신을 진행하기가 쉽지 않지만 치열한 경쟁 환경을 극복하는 방법으로써 혁신은 그 중요성이 더욱 커지고 있다.

세계적으로 많은 나라가 제품과 서비스의 혁신을 통해 고부가가치 제품을 만들어 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있는 국가 산업 부문을 만드는 것을 목표로 하고 있다. 혁신은 효율성, 자원 활용도 및 고객과 사회 모두의 요구에 대응하는 고유한 경쟁 우위를 기업에 제공함으로써 기업에 힘을 실어 주고 있다.

오늘날 우리나라의 경제 성장을 이룩하는 데 중소기업은 매우 중요한 역할을 수행하였다. 그렇지만 현재 우리나라 중소기업의 상황은 재료비, 근로자의 인건비 등 제조원가의 지속적인 상승 요인과 함께 점점 짧아지고 있는 제품의 수명주기, 불규칙한 수요변동, 제품을 선택하는 고객의 다

변화, 고객사의 요구사항의 복잡성과 어려움 등으로 인해서 많은 문제에 직면해 있다.

따라서 중소기업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 혁신이 필요하며, 혁신은 4차 산업혁명을 통한 빠른 스마트팩토리 도입이 요구되는 시점이라 하겠다. 즉, 중소기업들이 어려운 경영환경을 이겨내고 새로운 기술을 바탕으로 진행하는 혁신적인 활동 중에 전통적인 제조설비에 ICT 기술의 융복합과 같은 4차 산업혁명과 연계한 기술을 도입한 스마트팩토리가 부각되고 있다. 현재 전 세계적으로 진행되고 있는 4차 산업혁명은 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile), 사물인터넷(Internet of Things), 클라우드(Cloud), 인공지능(Artificial Intelligence) 등의 지능화된 정보기술을 말하는 것으로 국내 주요 제조 산업의 생산과 소비에서 새로운 변화를 촉진하고 있으며 향후 우리나라의 많은 제조업체에 새로운 경쟁력을 좌우하는 중요한 부분이라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 위에 서술한 기업의 이런 상황을 극복하기 위해서 도움을 주고자 진행하였다. 따라서 기본적으로 제조업을 중심으로 4차 산업혁명에 대한 개념과 특징, 기반기술을 알아보고, 스마트팩토리에 대한 기본 개념과 특징을 파악하고, 스마트팩토리 도입과 관련된 대기업과 중소기업의 선행연구와 사례 분석을 통하여 스마트팩토리 도입이 경영성과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다. 이를 통해 중소 제조기업들이 어려운 경영환경을 이겨내고 새로운 기술을 바탕으로 진행하는 혁신적인 활동이 기업의 재무적 성과 및 경쟁력을 강화하는 부분이 매우 중요한 요소라는 인식이 점점 확산하기를 바라며, 기업들 각자의 현재 수준과 상황을 파악하고, 현실에 맞는 스마트팩토리 준비를 위한 자료로 활용되기를 바란다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 국내·외에서 발간된 문헌, 단행본, 연구소에서 발행되는 보고서 및 학술자료, 공공기관에서 발행되는 학술자료 및 보고서와 관련

논문, 언론사의 기사 등을 통하여 얻은 정보를 토대로 분석하여 본 연구에 적용하였다. 특히 기존 연구자들의 선행연구와 스마트팩토리를 도입한 업체들의 사례를 연구에 활용하였다. 스마트팩토리의 성공적인 도입과 활용에 관해서 기업의 내·외부적으로 발생하는 다양한 리스크와 함께 수시로 변화하는 기업의 환경에 신속하고 유연하게 대처함으로써 기업의 생존과 지속가능한 성장을 창출하게 한다(권세인, 2019)고 볼 수 있다고 하였다.

스마트팩토리 도입을 망설이는 이유로 중소기업들은 스마트팩토리 구축에 대한 필요성 또는 경제적 이득을 인식하고 있지만, 구축에 필요한 인력, 자금, 시설 등의 측면에서 대응이 부족하고, 대기업보다 열악한 상황이 지속되는 여러 가지 사유로 인해 불리한 상황에 머무르는 경우가 많고, 스마트팩토리를 추진하더라도 단계적으로 추진하거나 추진을 미루는 경우도 많다(김태균, 2021).

따라서 중소기업이 새로운 스마트팩토리 시스템을 도입하기 위해서는 전략적인 접근이 필요하며, 스마트팩토리 도입으로 발생하는 경영성과(생산성 향상, 품질향상, 이익증가, 매출 증가 등)의 창출에 관한 연구가 필요하다(김태균, 2021)고 할 수 있다. 그러나 많은 연구가 스마트공장 구축 사례 연구나 스마트공장 관련 기술에 관한 연구가 주를 이루고 있고, 일부 연구에서는 스마트공장 도입이나 도입의도에 관한 연구 등의 단편적 연구가 주를 이루고 있어, 스마트공장 도입과 경영성과라는 측면의 연구를 진행하는 것도 중요한 의미가 있다고 할 수 있다.

그렇다면 왜 어떠한 기업은 스마트팩토리를 도입하고 어떠한 기업은 도입하지 않는 것일까? 스마트팩토리를 도입한 기업들은 기업경영성과에 어떤 영향을 미치는가?

본 연구에서는 스마트팩토리 도입에 대한 선행연구와 경영성과에 대한 선행연구를 살펴보고, 제조업에서 스마트팩토리 적용사례를 연구하여 스마트팩토리 도입 이후 경영성과가 어떻게 나타나는지를 연구하여 제조업들의 ICT 융합 또는 스마트팩토리 결합이 생산 패러다임에 미친 변화를 살펴보고자 한다.

Ⅱ. 이론적 배경

2.1 스마트팩토리에 관한 일반적 고찰

2.1.1 4차 산업혁명의 개념과 특징

2.1.1.1 4차 산업혁명의 개념

4차 산업혁명은 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)이 2016년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서 처음 등장했는데, 세계 경제 포럼의 논제는 '4차 산업혁명의 이해'로 4차 산업혁명이란 용어가 처음 등장하였다. 클라우스 슈밥은 "4차 산업혁명을 이끄는 새로운 기술은 이전 산업혁명에서 개발되고 축적된 기술에 기반을 둔다. 그중에서도 특히 4차 산업혁명은 디지털 역량이 핵심"(클라우스 슈밥, 2016)이라고 하였으며, 이후 많은 학자와 연구기관에서 4차 산업혁명과 산업사회 전반에 걸친 변화에 대한 다양한 논의가 시작되었다. 최근에는 독일, 미국, 일본, 중국 등 많은 나라에서 스마트팩토리와 관련된 의제와 구체적인 실천 방안들을 발표하고 있다. 독일은 인더스트리 4.0의 슬로건 하에 범국가 차원에서 전략을 추진해 왔고, 미국은 첨단제조파트너쉽과 국가제조혁신네트워크를 통해서 혁신 전략을 추진했으며, 일본은 스마트팩토리 실증사업과 중소기업 지원 제반 정책에 중점으로 지원했고, 중국은 중국 제조2025를 제시하여 제조환경에서 ICT 기술과 제조 역량을 융합한 제조환경 구축에 힘을 집중하였다. 이처럼 세계 중요 국가에서는 4차 산업혁명을 기술혁명을 통한 ICT의 융합으로 인해 세계의 경제에 새로운 생명력을 불어넣을 수 있는 동력으로 제시되었다.

4차 산업혁명은 정보기술의 발전으로 인해 자동화된 기계의 연결이 극대화된 '초지능, 초연결'이 가능한 사회(천우림,2019)이라 정의했고, 4차 산업혁명은 물리적 영역을 포함한 모든 영역의 경계가 없어지고 물리적 공간과 가상공간과의 연결성이 극대화되는, 과거와 다른 생산과 소비 패

러다임이 융복합되는 디지털 경제로의 변화로 정의(김상훈, 2017)하고 있다. 또한 Min Xu, Jeanne M. David, Suk Hi Kim (2018)는 4차 산업혁명은 정보기술의 비약적인 발전을 기반으로 산업간 경계를 허물뿐만 아니라 물리적 공간과 사이버 공간과의 연결성을 확대한 초연결 사회(Hyper-Connected Society)로의 변화로 설명하였다. 다른 한편으로는 4차 산업혁명에 대한 명확한 정의가 모호하다는 지적을 하는 연구자들도 있다. 4차 산업혁명에 대한 앞에 언급한 연구자들의 정의를 제시하면 다음의 [표2-1]과 같다.

[표2-1] 4차 산업혁명의 정의

연구자	4차 산업혁명의 정의	연도
Klaus Schwab	축적된 기술에 기반 둔 디지털 역량이 핵심	2016
천우림	자동화된 기계의 연결이 극대화된 ‘초지능, 초연결’이 가능한 사회	2019
김상훈	물리적 공간과 가상공간과의 연결성이 극대화되는, 고거와 다른 생산과 소비 패러다임이 융복합되는 디지털 경제로의 변화	2017
Min Xu, Jeanne M. David, Suk Hi Kim	물리적 공간과 사이버 공간과의 연결성을 확대한 초연결 사회(Hyper-Connected Society)	2018

4차 산업혁명은 대체로 기술적 진보 즉, 사이버 물리 시스템, 빅데이터, 로보틱스, 3D프린팅, IOT, 모바일, 빅데이터, 스마트 센서, AI, 클라우드 등 특정 분야의 기술에 국한되지 않고 산업 전 분야에 걸쳐 통합과 융합적 기술을 활용한 초연결 사회를 만들어 변화를 주는 계기라고 설명할 수 있다. 따라서 4차 산업혁명은 위와 같은 IT 기술들을 바탕으로는 기존 제품들과 새로운 제품들과 융합하거나 상호보완을 통하여 3차 산업혁명 시대와는 다른 새로운 가치를 창출해 내는 것이라 할 수 있다.

2.1.1.2 4차 산업혁명의 특징과 기반기술

4차 산업혁명의 특징은 기술적 진보, 기술에 의한 산업 재편, 시스템의 변화, 여러 분야의 혁신적 기술의 융합을 통한 초연결 사회를 만들어 주는 변화라고 할 수 있다. 이는 인류가 그전에는 경험하지 못한 빠른 속도의 변화와 기술의 진보를 말하며, 전 산업 분야에 나타나는 경계를 넘나드는 ICT 융합이다. 따라서 생산, 관리, 조직, 소비 형태, 지배구조 등을 포함하여 전체적으로 시스템의 변화가 예상되기도 한다. 이는 우리 삶을 변화시키고 있으며, 물리적 · 디지털적 · 생물(유전공)학적 영역의 경계가 없어지면서 기술이 융합되는 새로운 시대의 도래를 지칭한다고 할 수 있다. 4차 산업혁명의 특징으로는 첫째는 초연결성(Hyper-Connected)이다. 초연결성은 물리적 공간과 인터넷상의 공간을 매개로 사람들과 주변 사물들, 사람들과 공간들, 사물과 공간들을 하나로 각각 연결하여 만드는 것이다(천우림,2019). 둘째는 초지능화(Hyper-Intelligent)이다. 집적된 데이터의 분석 및 활용을 통해 빅데이터와 AI의 융합으로 주위에서 발생하는 다양한 현상들을 분석한 후 빅데이터와 인공지능을 통한 분석으로 예측하고, 현실 속 사물의 자동제어가 가능하며, 실제 현실의 세계와 사이버 세계가 연결됨으로 새로운 진화를 거듭되는 지능화된 사화의 변화를 가져온다. 셋째는 자동화(Automation)이다. 사물인터넷, 인공지능, 로보틱스, 3D 프린팅 등과 같이 기반기술을 기초로 자동화는 제품생산과 서비스가 자동으로 이루어진다. 넷째는 초융합성(Hyper-confluent)이다. ICT 관련 기술의 융합으로 설계, 유통, 물류, 금융, 에너지, 서비스 등의 산업계와 건강, 의료 및 교육, 교통 등의 공급사슬과 소비사슬 전체 과정을 연결하는 새로운 산업혁명이다. 이는 일상생활에 커다란 변화를 가져올 것으로 전문가들은 보고 있다.

4차 산업혁명이 진화를 거치면서 사회에 영향을 미치는 몇 가지 주요 기술들을 기반기술(핵심기술)이라 하는데, 클라우스 슈밥(2016)은 “클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명”The Next에서 핵심기술을 12가지로 나열하고 있다. 클라우스 슈밥이 정의한 핵심기술은 컴퓨팅 기술, 블록체인, 사

물인터넷, 인공지능과 로봇, 첨단소재, 3D프린팅, 생명공학, 신경 기술, 가상현실과 증강현실, 에너지, 지구공학, 우주기술로 분류하였다.

[표2-2] 4차 산업혁명 대표적인 기반기술

매가트랜드분야	핵심기술	내용
물리학 기술	인공지능과 로봇	· 센서의 발달, AI의 발전으로 로봇은 주변 환경에 대한 이해도가 높다. · AI, 센서 등을 통해 로봇은 다양한 업무 수행이 가능 · 클라우드 서버는 원격정보 접근이 가능하고, 5G 인터넷은 로봇 간 네트워크 연결 가능
	첨단소재	· 형상기억합금, 탄소섬유복합재,와 같은 재생, 세척 등 기존에 없던 소재로 항공우주, 자동차, 디스플레이등에 활용
	3D프린팅	· 여러 가지의 물질을 사용하여 현실 세계에서 물건을 입체적으로 만드는 것 · 현재 자동차, 기계가공, 비행기, 의료산업에서 주로 활용
디지털 기술	컴퓨팅 기술	· 퀀텀 개념을 도입한 새로운 컴퓨터
	블록체인	· 모르는 사용자들이 공동으로 시스템을 만들어가는 방법 · 프로그램이 암호화 되어 있어 모두에게 공유되지만 특정 사용자가 암호화된 프로그램을 해독 할 수 없어 시스템을 통제할 수 없다 · 각종 인증서, 금융거래, 등 코드화가 가능한 모든 거래를 암호화 하여 블록체인 시스템을 통해 이루어짐
	사물인터넷	· 사물과 공정, 사물과 사람, 사물과 장소, 사람과 지역 등 상호 연결된 기술과 플랫폼을 기반으로 관계를 연결한다. · 제조공정, 항공, 항만과 같은 물류뿐만 아니라 집, 의류, 액세서리, 도시, 에너지 분야까지 내장되어 활용
	AR/VR	· 가상현실기술, 증강현실 기술, 혼합현실 기술은 인간의 삶뿐만 아니라, 예술의 영역에도 영향을 미친다.
생명/공학/우주기술	생명공학	· 유전자 염기서열분석이 간단해졌고, 유전자 연구가 활성화됨 · 진단의학, 신약 개발, 디지털헬스케어 등에서 활용
	신경 기술	· 인간 두뇌의 전자기적 신호체계에 인공지능의 전자기적 신호를 연공 시키는 기술
	에너지	· 에너지 분산 발전과 에너지 분산저장 기술이 필요
	지구공학	· 인위적 방법으로 지구환경에 관여함 · 인공섬, 인공태양광 기술, 온실가스배출 관리 기술 등
	우주기술	· 인간이 이주 가능한 행성 탐사

출처 : 클라우스 슈밥,“클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명”, 새로운북스(메가북스), 2016.

2.1.1.3 4차 산업혁명의 대응 현황

4차 산업혁명은 각국의 선진국들이 경쟁에서 주도권을 선점하기 위하여 산업기술·과학 혁신 전략을 국가적 논의 주제로 제시하고, 자국의 선도기업에 혁신 역량 재고에 주력하고 있다(천우림.2019).

독일은 2006년에 '하이테크 전략'을 수립하고, '인더스트리 4.0'을 통해 제조 분야의 경쟁력을 강화하는 전략을 추진하고 있다. 그중에서도 '플랫폼 인더스트리 4.0' 실행 기구는 '인더스트리 4.0' 의 산·관·학 구심점 역할을 하며 산하의 워킹그룹 활동을 통해 표준화, 연구·혁신, 사이버 보안, 법·제도, 노동이라는 5대 정책을 입안하고 실행하는데 이 실행 기구의 작동과 관련해 가장 큰 특징은 주(州) 정부, 협회 등 다양한 이해 당사자와의 '쌍방향 소통' 방식으로 업무를 추진하고 있는 점이다(김규판 외, 2017). 경쟁국들보다 효과적으로 대처하기 위하여 첨단 기술의 변화와 발전을 목표로 2014년에는 ' 新 하이테크 전략'을 발표하였다. 기존 방향성과 정책을 유지하면서 성과를 내기 위해 예산 규모를 확대하였고, 인프라가 부족한 독일은 4차 산업혁명을 위해 공장 내부의 대응을 스마트화로 시작하며, 기계 분야의 강점을 살려 공장을 스마트 IoT에 특화된 맞춤형 생산에 중점을 두고 있다. (천우림,2019)

미국은 2008년 금융위기 이후 기존의 서비스 중심의 산업구조에서 양질의 많은 일자리 창출과 고부가가치 창출이 가능한 산업구조로의 전환 필요성에 따라서 다시금 제조업 중심의 산업구조로 전환기를 맞이하게 되었다(장윤종 등, 2016). 이에 따라 제조혁신을 통한 미국의 제조 역량은 새롭게 변화를 꾀하기 시작하였다. 미국 정부 기관의 혁신성장 정책은 스마트팩토리와 같은 첨단제조파트너쉽(Advanced Manufacturing Partnership, AMP)과 국가제조혁신네트워크(National Network for Manufacturing Innovation, NNMI)를 통해 미국혁신전략(Strategy for American Innovation)을 추진하고 있으며, 정부 주도의 첨단 제조 능력 확보를 목표로 하는 실무부처 간 협의를 위한 범 국가 차원의 연구 개발 컨소시엄인 스마트 제조 리더쉽연합체(SMLC: Smart Manufacturing Leadership Coalition)를 발족하여 운영하고 있다(김익성, 2018). 미국의

제조기업들은 새로운 사업모델의 기획력과 전 세계 부품, 제조기업들을 연결해 제품을 생산해 내는 SCM 운영 역량이 매우 뛰어나다(나준호과 최드림, 2016). 우수한 민간의 IT 기술을 바탕으로 AI, 산업 플랫폼, 클라우드 서비스 등을 결합하여 4차 산업혁명에 대응하고 있으며, 생산과 관련된 전 공정에 대해 제어할 수 있는 글로벌화된 표준을 만들기 위해 클라우드를 통하여 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 AI를 이용하여 분석하고 축적하며, 또한 우수한 통신 환경을 바탕으로 오픈 플랫폼을 구축하고, 빅데이터 활용에 초점을 두어 세계시장에서 경쟁력을 갖추고 지속적인 발전으로 이익을 창출하고 있다.(천우림,2019)

중국은 제13차 4차 산업혁명에 맞춘 5개년 계획(2016-2020)을 수립하여 국제 영향력을 강화하고, 산업의 고도화 및 경제 구조조정을 지원하기 위하여 핵심기술 분야에서의 발전을 목표로 제시하였고, 타국의 성장에 맞춰 중국은 정부 주도하에 경쟁력 강화의 기회로 활용하기 위하여 흐름과 기술혁신을 주시하며 적극적으로 대응하고 중국의 최대 강점인 거대한 규모의 내수시장 바탕으로 경제 성장이 가능하다는 점이고, 제조업 발전을 위해 내수시장 규모에 ICT 기술을 적극적으로 활용하고 있다(천우림,2019). 중국의 경우는 디지털 기술로 사회 및 제조 분야를 고도화하려는 '인터넷 플러스', '중국제조 2025' 전략을 수립했고 유라시아 지역경제를 주도하려는 '일대일로(一带一路)'를 추진 중인데 '중국제조 2025' 의 경우 제조업의 종합경쟁력을 2025년까지 독일과 일본 수준으로 끌어올리는 것을 목표로 하고 있다(정분도·홍미선, 2018). '중국제조 2025'가 하드웨어 중심의 혁신정책이라면 인터넷 플러스 정책은 소프트 인프라 중심의 정책이라는 점에서 4차 산업혁명을 대비한 균형 잡힌 전략이라고 볼 수 있다(김창도, 2017).

[그림2-1] 중국의 인더스트리4.0 관련 정책 추진 현황

출처 : 김창도. (2017). 중국의 인더스트리4.0과 스마트팩토리 추진전략 (재인용)

일본은 중 장기적으로 과학기술 (2016-2020)을 기본으로 국가 정책 방향을 수립하였다. 일본 정부의 「일본재흥전략」 개정 2015에서 일본 정부의 성장 전략 중 최상위 위치로 올려놓으면서 미래 투자를 통한 생산성 혁명을 성장 전략의 주요한 시책으로 언급하고 그중 하나로 4차 산업혁명을 이야기하였다(사공목과 주대영, 2016). 일본 정부는 4차 산업혁명을 통해서 현재의 일본 제조업을 한층 더 업그레이드하기 위하여 2015년부터 적극적으로 대처하기 시작하였다. 일본재흥전략 개정 2015에서의 4차 산업혁명에 대한 인식은 "모든 것이 인터넷으로 연결되고, 사이버 세계가 급속히 확산하는 가운데, 비즈니스 및 사회 전반이 근본적으로 변화하는 IoT, 빅데이터, 인공지능(AI)의 시대가 도래한다"라고 적시하며 의료분야 등 다른 분야에도 4차 산업혁명을 적극적으로 도입할 준비를 하고 있다(장윤종 등, 2016). 일본 정부는 4차 산업혁명 시대에는 제품의 제조만으로는 생존하기 어렵기 때문에 '제조+기업'이 요구된다는 점에 기초하여 제조업 변화의 기본 방향을 제시하고 있으며 아베 총리는 2016년 5월 개최된 제27차 산업경쟁력위원회에서 신 성장 전략 성공의 핵심은 4차 산업혁명이 될 것임을 분명히 하였다(이승주, 2018).

[표2-3] 주요 국가의 4차 산업혁명 정책과 제조업 비교

	미국	독일	중국	일본	한국
국가 정책	A Strategy for American Innovation	Industrie 4.0	중국 제조2025	산업 재흥 플랜	제조업 혁신 3.0
대표 협회/사무국	Industrial Internet Consortium	Platform Industrie 4.0	중국공업 4.0 협회	산업가치사슬망 연합회, 로봇혁명실현 연합회	민관합동 스마트공장 추진단
GDP 대비 제조업 비중	12%	23%	28%	19%	30%
2016년 글로벌 제조 경쟁력 순위	2	3	1	4	5
2020년 글로벌제조 경쟁력 순위 예상	1	3	2	4	6
산업구조 특성	글로벌 대기업, 벤처기업	글로벌 강소기업	정부 소유기업	소재 부품 기업	재벌 대기업
글로벌 경쟁력 분야	IT, 소프트웨어, 데이터 분석	기계 산업, 공정 관리 소프트웨어	대량 생산	부품, 소형화, 로봇	제조 생산 효율

자료 : LG경제연구원 스마트팩토리 현황(2016)

우리나라는 1960년대 이후 경제개발을 진행한 결과 제조업 중심의 수출을 기반으로 하여 많은 경제 성장을 이룩하였다. 특히 과거 경공업 중심에서 조선, 중공업, LCD, 반도체, ICT(Information and Communication Technology) 등 기술 중심의 고부가가치 제조업으로 전환하여 제조업의 국내 경제 파급효과는 물론 국제적인 경쟁력을 갖추게 되었다. 또한 적극적인 해외 설비 및 직접 투자를 진행하여 교역 대상국 진출의 교두보를 쌓음과 동시에 제조업 분야의 효율성을 높이게 되었다(신동평과 양윤나, 2018). 그러나 우리나라는 높은 국가 경쟁력 순위에도 불구하고, 주요 요인에 대한 강점 및 약점이 불명확한 채 기술우위의 독일, 미국 등 제조 강국과 중국, 인도 등 비용우위의 제조 강국 사이에 끼어 두각을 나타내지 못하고 있으며 한국의 제조업 구조는 R&D 집약적이고 하이테크 완제품에 집중된 상황이다(글로벌 과학기술정책서비스, 2016). 우리나라는 전통적 제조국가로서 향후 장기적으로 고려되는 사항은 우리나라 제조업의 경쟁

력 기반이 되는 중소기업의 생산성 향상과 경쟁력 강화가 매우 중요한 부분으로 인식되고 있다. 스마트공장 구축은 중소 · 중견 기업의 선택이 아닌 생존의 문제로서 IOT, 빅데이터, 클라우드를 기반으로 생산공정, 서비스, 물류까지 통합 관리하여 생산성을 높이고, 매출액, 영업이익 등 경영성과를 높이기 위한 것이다. 또한, 스마트팩토리를 통한 생산성 향상이 개도국의 저렴한 인건비 우위를 상쇄시켜 중국 등 개도국 업체들과의 경쟁이 가능해지는 효과가 있을 것으로 예상하며, 중소 · 중견기업들이 4차 산업혁명에 적극적으로 대응할 수 있도록 다양한 스마트팩토리 정책을 추진하고 있다(산업통상자원부, 2017).

2.1.2 스마트팩토리의 개념과 특징

2.1.2.1 스마트팩토리의 개념

"스마트공장(Smart Factory)"이란 용어는 독일에서 Industrie 4.0 프로젝트를 수행하면서 처음으로 사용하게 되었는데, 2006년 독일의 서부 공업도시인 Kaiserslautern (카이저스라우테른)에서 BASF(Badische Anilin & Soda-Fabrik, 독일 종합화학회사), DFKI(Deutsdches Forshungzentrum fur Kunstliche Intelligent, 독일 인공지능연구소), KSB(독일 국적 펌프/밸브 제조 회사), SIMENS(지멘스, 독일 엔지니어링 회사) 등에 의해 "Smart Factory"라는 기술계획에서 소개되면서부터라고 할 수 있다.

4차 산업혁명은 2016년 1월 다보스 세계경제포럼에서 논의되면서 세계적 화두로 등장하였으며, 글로벌 금융위기 이후 저성장, 불평등, 지속가능성 등의 경제위기 문제가 주요 의제로 선정된 이후 많은 학자와 연구기관에서 4차 산업혁명과 산업 · 사회 변화에 대한 다양한 논의가 시작되었다(김태균, 2021).

스마트팩토리는 기존의 제조업의 자동제어시스템에 사물인터넷, CPS, 로보틱스, 빅데이터, 스마트 센서, 3D프린팅, 모바일, 인터넷, 클라우드, 컴퓨팅 등의 최신 기술의 융합으로 제품기획에서 생산, 판매의 전 과정을

ICT로 통합하여 시간, 비용을 절약하고 다양한 소비자의 성향에 맞게 고객 맞춤형 제품을 생산하는 과정이라 할 수 있다.

또한 많은 연구자가 스마트팩토리와 관련된 연구를 진행하면서 다양하게 정의를 설명하지만 기본 개념은 모두 유사한 내용으로 정리되고 있다. 이러한 스마트팩토리는 고객의 다양한 요구사항을 실현하기 위하여 생산시스템의 통합과 가치사슬의 통합이 유기적으로 연결되어야 하고 수직적·수평적 통합을 유기적으로 구현하기 위해 다양한 ICT 기술이 적용(조용주, 2016)되고 있다. 설비와 물류 자동화를 기반으로 한 공정 자동화, 공장자동화, 공장 에너지관리, 제품개발, 협업형 정보경영체제인 공급사슬관리, 기업자원관리 등이 ICT를 이용하여 구현된 공장(스마트추진단, 2015)이라 한다. 연구자 별로 다양한 정의를 [표2-4]에 정리하면 다음과 같다.

[표2-4] 연구자별 스마트공장의 정의

연구자	스마트공장의 정의	연도
Davis et al.	제조업의 기계장치 등의 자동제어 시스템에 연결되어 상호 소통하고 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 생산시스템	2012
DFKI	지능화된 미래형 공장으로 기계장치 등에 ICT 기술을 활용하여 모든 공정을 연결하고, 투입, 산출 및 공급 등의 최적화를 이루어 내는 것	2014
Deloite Anjin	사람에 의한 변동은 최소한으로 줄이고, 데이터 기반의 의사결정이 실시간으로 이행되는 환경을 가진 공장	2015
스마트공장 추진단	설비와 물류 자동화를 기반으로 한 공정 자동화, 공장자동화, 공장 에너지관리, 제품개발, 협업형 정보경영체제인 공급사슬관리, 기업자원관리 등이 ICT를 이용하여 구현된 공장	2015
조용주	생산설비를 기반으로 한 수직적 통합과 고객의 니즈를 반영한 제품개발의 수평적 통합이 구현된 공장	2016
미래창조 과학부	외부 환경변화(설비고장, 고객주문 등)에 공장 내 기계가 즉시 반응하여 최적의 솔루션을 찾아 해결하는 지능형생산 공장	2016
이성희 등	실시간으로 자료를 수집하여 공정을 컨트롤하고 이를 통해 프로세스를 지속적으로 개선하는 프로세스 혁신의 확장판	2017
Lu & Weng	하나의 공장처럼 실시간으로 연동되고 통합되는 생산체제	2018

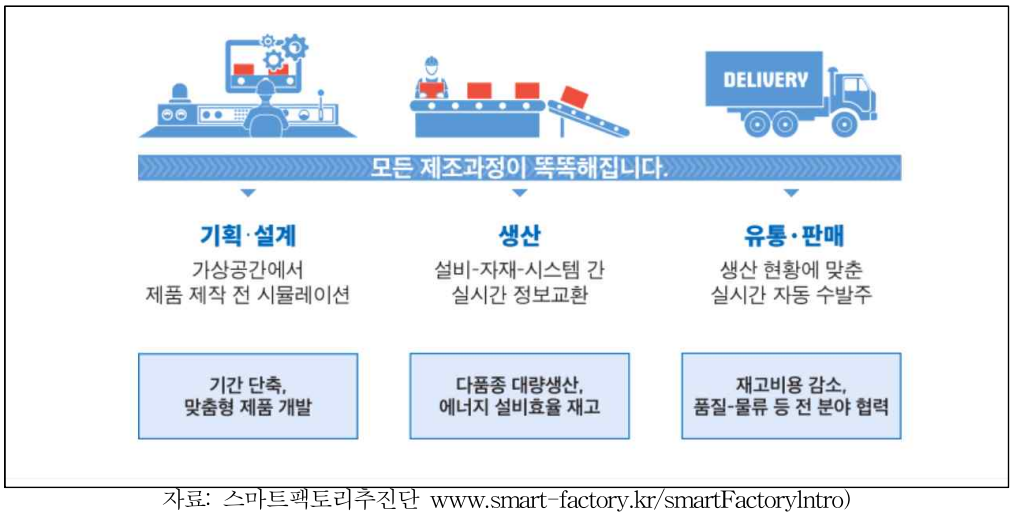
	구축을 통해 인간 중심의 작업환경을 만들어 생산성향상을 도모하고, 에너지를 절감하는 등 인간 중심의 새로운 생산 환경을 만드는 것	
오승철, 안영효	제품의 기획부터 판매까지의 모든 생산과정에서 ICT(정보통신기술)를 활용하여 비용을 줄이고 가장 짧은 작업시간으로 고객이 원하는 제품을 고객에게 맞추어 생산하게 하는 사람 중심의 첨단지능형 공장	2020
스마트제조 혁신추진단	제품의 기획부터 판매까지의 모든 생산과정에서 ICT(정보통신기술)를 활용하여 비용을 줄이고 가장 짧은 작업시간으로 고객이 원하는 제품을 고객에게 맞추어 생산하게 하는 사람 중심의 첨단지능형 공장	2020

스마트팩토리는 생산 활동의 모든 공정이 통합된 프로세스를 바탕으로 4차산업 시대에 맞춰 서로 연결되어 공장 내에서는 모든 공정 및 활동을 제어 가능성이 되게 하고 그에 따른 생산공정 유연화, 자유화를 목표로 통합되어 자동화가 선행되게 하는 것이며, 이를 바탕으로 생산 활동 과정에서 발생한 개별 요소 간 데이터들을 수집하여 생산된 데이터들을 분석하여 생산공정 전체의 효율성과 생산성을 향상하게 시키며, 수집된 데이터는 IoT 및 Deep Learning AI기술, 빅데이터, 로봇 장비의 자동화된 ICT 기술들을 활용하여 시스템의 지능화 및 유연성 있는 생산이 가능하도록 민첩하고 능동적인 생산에 대한 신뢰성 확보를 추구한다(천우림,2019).

스마트팩토리의 범위와 관련하여 생산 현장의 데이터를 실시간으로 수집하는 사물인터넷(Internet of Things: IoT)과 수집·축적된 데이터를 실시간으로 처리하여 의사결정을 지원하는 분석기술(Analytics) 및 인공지능(Artificial Intelligence: AI) 기술을 스마트팩토리 운영의 기술적 토대인 가상 물리 시스템(CPS)의 핵심이다(김민식, 2020).

[그림 2-1] 국내 스마트팩토리와 관련하여 많은 업무를 수행하고 있는 스마트제조혁신추진단에서 정의하고 있는 스마트팩토리의 기본 개념으로써 제품의 기획 및 설계 단계에서부터 생산과정을 거쳐 판매에까지 이르는 전 과정을 나타낸 그림이다

[그림2-2] 스마트팩토리의 기본 개념



자료: 스마트팩토리추진단 www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro)

2.1.2.2 스마트팩토리의 특징

4차 산업혁명의 다보스포럼 이전의 공장과 비교하여 스마트팩토리가 차별화되는 특징은 민첩성, 연계성, 신뢰성, 능동성, 지능성 등 5가지로 요약할 수 있다. 민첩성은 실시간 정보 처리되는 수준이 크게 향상되어 생산되는 모든 공정에 걸친 소요 시간, 조치, 정보 공유 등의 기능에 대해 빠른 대응력을 확보하여 시스템 성능을 보장하는 생산 운영 체계이다(천우림,2019), 연계성은 다양한 정형, 비정형, 반정형 종류의 데이터를 수집하여 데이터 영역으로 구분하고 ETL프로그램을 통하여 생산 관련 데이터의 질과 양적 증가를 가능케 하며, 신뢰성은 수집된 정형, 비정형, 반정형 데이터의 신뢰성 확보하여 이상 상황에 대해 대처가 가능한 안정성을 있게 해주고, 예측할 수 있는 작업은 수행할 수 있도록 하여 생산, 작업 운영에 대한 관리에 대해 신뢰를 확보하며, 능동성은 산출된 데이터 분석을 통해 데이터에 대한 상관성을 찾고, 재고 감소에 따른 보유 현황에 감소의 필요성을 신호를 알려주거나 장기 재고의 처리 여부 등에 관한 판단이 필요한 작업을 통해 상황에 맞게 조치할 수 있게 하여 양방향으로 대응할 수 있게 하고, 마지막으로 지능성은 저장된 데이터를 기반으로 변화된 조건에 따라 지능적으로 판단하고 의사결정을 하여 다수의 작업을 나누지 않으며

일괄적이고 연속적으로 실행하며 설정된 마스터 판단을 통하여 입력 데이터에 대한 출력 데이터를 도출할 수 있게 한다(천우림,2019).

[표2-5] 스마트화 수준별 단계

단계	자동화	공정 운영	비즈니스
고도화	제어 자동화 및 디지털 식별이 결합한 IoT 형 자동화	CPS, IoT, 빅데이터를 이용한 자가 진단과 제어 능력을 갖춘 지능형 생산	가치사슬 연계를 통한 실시간 고객 맞춤 서비스
중간	설비 제어 자동 제어로 통한 실시간 생산 최적화	관리 시스템 간 실시간 연동으로 의사결정 및 설비 직접제어	시장과 고객 요구에 능동적 대응, 실시간 의사결정, 실시간 통제
초기	기계, 설비 정보 실시간 자료수집	설비로부터 수집된 자료를 기반으로 집계된 실적 중심의 공장 운영 분석	정보경영에 기반, 공장 운영 등 실시간 정보 공유
기초	바코드/RFID 이용 기초적 물류정보 수집 수준	공정 물류 수준 중심의 실적 관리	Lot-Tracking을 통한 품질 이력 관리

2.2. 스마트팩토리 관련 기술 및 필요성

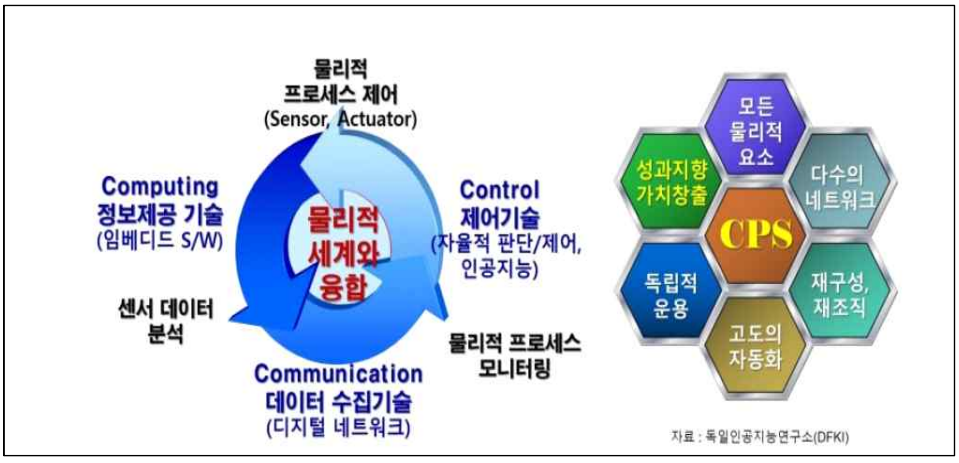
2.2.1 스마트팩토리의 기반 기술

2.2.1.1 사이버 물리 시스템(CPS)

4차 산업혁명에서 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System)이란 제품, 공정, 생산설비 등 제조시스템을 대상으로 한 실제 물리 세계와 가상 세계의 통합 시스템을 말하며, IoT 기반으로 제조 현장 빅데이터를 수집하고, 이를 데이터 애널리틱스를 통해 실시간으로 분석, 현장과 동기화된 사이버 모델(cyber model)을 디지털트윈(digital twins) 개념으로 구성, 활용하여 제조시스템의 효율적인 설계, 운영을 수행하는 체계로서, 주문

변경, 공정 이상, 설비고장 등의 상황 변경을 자율적으로 인지, 판단, 대응할 수 있는 지능적인 시스템이다. (노상도, 2016) 즉, 물리적 세계와 사이버 세계의 통합을 추구하는 시스템으로 융복합 기술의 발전으로 주목받는 기술이다. 2017년 다보스포럼의 스마트팩토리 언급 이전에 사용하던 임베디드 시스템에서 넓혀진 개념이라고 볼 수 있다. (천우림, 2019)

[그림2-3] 사이버 물리 시스템



자료 : 독일인공지능연구소(DFKI)

2.2.1.2 로보틱스(Robotics)

“로보틱스에 대해서 무엇이다”라고 정의를 하는 것은 어려울 정도로 학문의 범위는 광대해지고 진화하고 있다. 로보틱스는 기계공학, 전기공학, 컴퓨터공학 및 인류학, 사회과학까지 포함하는 공학 및 과학의 한 분야이다. 로보틱스는 로봇의 설계, 조립, 작동, 사용 및 로봇의 제어, 센서 피드백, 정보 처리를 위한 컴퓨터 시스템을 포함하며, 로봇은 인간을 모방하여, 외부 환경을 인식(Sense)하고, 상황을 판단(Think)하여, 자율적으로 동작(Act)하는 기계로서, 국제로봇연맹(IFR)에서는 제조 로봇과 서비스로봇으로 구분하고, 고령화 사회, 재난 대응, 저성장 시대에 돌입하면서, 로봇이 부족한 일손을 대체하여, 제조용이나 서비스용, 그리고 주력산업을 고도화시킬 수 있는 수단으로 주목받게 돼 있다(계중읍 외,2017).

로봇은 센서, 엑추에이터, 정보 처리를 통해서 물리적 세상과 상호작용하는 기계이며, 제조 분야는 로봇이 사용되는 주요 분야이다. 산업현장에서 처음으로 현장에 사용되었던 공장용 팔 로봇 '유니메이트'로 유니메이트는 1962년 미국의 자동차회사에서 사용한 산업용 로봇이다. 실제 생산라인에 투입되어서 사용된 기능은 물건의 단순한 이송 및 제품의 용접, 생산라인의 조립, 검사 등에 사용되었고, 다이캐스팅 공정처럼 특별히 공정 중에 사람의 근접이 어려운 환경에서도 최초의 로봇은 인간의 위험을 대신하여 거대한 힘을 내면서 단순하고 반복적인 일을 성실하게 수행했다.

4차 산업혁명 기반기술 중 하나인 로봇 기술은 센서, AI 등의 발전으로 핵심기술로 부각되고 있으며 생산 및 제조 현장, 서비스산업, 물류산업 등 넓은 분야에서 사용되고 있고, 산업용 로봇은 사람이 투입될 수 없는 공간에 투입되어서 4차 산업혁명에는 없어서는 안 될 필수적인 도구로 자리잡았다. 2017년 다보스포럼 이전의 기존의 대량생산 체계에서는 단순하고 반복적인 업무가 주였지만, 미래의 산업로봇은 단순하지 않고 비정형화된 공정의 업무를 상황에 맞게 처리할 수 있는 로봇이 필요하며, 현재도 로봇은 전자나 자동차, 항공기 등에서 여러 가지의 제조 분야에서 인간을 대신하여 위험함을 무릅쓰는 노동력을 제공하고 있다.

[그림2-4] 현대로보틱스 도입공장

자료 : 지디넷코리아 사진:픽사베이

2.2.1.3 3D프린팅(3D Printing)

3D프린팅이란 '여러 가지의 물질을 사용하여 현실 세계에서 물건을 3차원적으로 만드는 것'이며, 3D프린팅을 하면서 사용되는 파일들이 사용되는 것이다. 즉, 3D프린팅은 3차원 정보를 담고 있는 설계도를 기반으로 다양한 물질을 인쇄해 입체적인 물체를 생산해낼 수 있는 기술이다. 3D프린팅 기술은 설계비용, 제작 시간 및 투입인력의 수를 대폭 줄이며 고가의 제조설비 없이 다양한 형태의 제품 제작이 가능하다는 점에서 제품생산의 민주화라 불리기도 한다. 현재 국내외에서는 3D프린터를 이용하여 자동차, 항공기, 주택, 음식 등 다양한 제조 분야에 응용이 되고 있고, 치아 보형물, 장기, 피부이식 등의 의료분야에서도 의미 있는 연구가 진행 중에 있다. (김상원 외, 2015)

기술은 약 30년 전에 미국의 찰스 훌(Charles W.Hull)이 설립한 회사 3D시스템즈에서 발명되어 오래된 기술이다. 자동차나 항공기 산업에서도 시험용 제품을 만드는 용도로 3D프린터를 사용해 오고 있다.

[표2-6] 일반 제조공정과 3D프린팅 제조공정 비교

구분	일반 제조공정	3D프린팅 제조공정
제조 방식	금형을 만들어 주조 등으로 부품을 생산하고 이를 조립 하여 완성품 제작	원료를 한 층씩 적층하여 조립공정 없이 최종 완성품 제작
장점	대량생산 유리 단순 형상의 제품 제작 용이	다품종소량생산 유리 복잡한 형상의 제품 제작 용이 1개 장비로 다양한 제품생산 시제품의 제작비용 및 시간 절감
단점	제품별로 다른 금형과 생산라인 필요 조립 등의 추가 공정 필요	일반제품 제조시간은 오래 걸리면 표면의 정밀도가 다소 떨어짐

자료:한국무역협회, 성장하는 3D프린팅 시장, 어떻게 진입할 것인가?

2.2.1.4 IoT (Internet of Things)

사물인터넷은 특정 기관이나 기업, 개별적, 폐쇄적인 형태에서 개방된 사물인터넷 서비스로 진화되면서 주변 기술과 융합되어 하나의 생태계를 구성한다(나형배, 2018). 사물인터넷 생태계에서는 IoT를 통해 기업이나 정부, 소비자 등 서비스 이용자들이 플랫폼에 접근할 수 있도록 지원하고 서비스에 연결하고 모니터링하는 등 목적에 따라 적절하게 활용할 수 있으며, 사물에 센서를 부착해 실시간으로 데이터를 인터넷으로 주고받는 사물인터넷 기술은 최근 다양한 분야에서 활용되고 있다(최윤혁, 2019). 사물인터넷은 기존 제조업 등에 AI, 센스, 클라우팅 등 IoT 기술을 접목함으로써 새로운 부가가치를 형성하는 것이다. 사물인터넷의 가치사슬 흐름은 주요 기술들의 융합을 기반으로 하여 데이터 운영과 활용할 수 있는 애플리케이션 개발을 통해 궁극적으로 이용자들의 생활을 변화시켜 주는 서비스로 완성될 것이며 관련된 서비스 도메인별로 이슈를 연구하거나 제품 및 서비스 제공을 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다(나형배, 2018).

[그림2-5] 사물인터넷(IoT)

자료 : www.linkedin.com

2.2.1.5 모바일(Mobile)

모바일은 최종 소비자에게 서비스를 전달하는 수단이다. 독자 운영체제, 클라우드 환경, 소프트웨어 역량을 바탕으로 클라우드가 제공하는 의미 있는 정보들이 모바일을 통해 전달된다. 사용자에게 정보제공을 서비스하는 스마트폰, 태블릿, 자율주행 자동차 등처럼 최종적으로 정보를 제공하는 기기 모두를 모바일로 정의할 수 있다. 예를 들어 언제 어디에서나 제조설비의 가동상황 디스플레이 및 제어, 물류의 이동정보 공유, 이상 발생에 대한 경보, 안전상태 및 에너지 사용량 분석정보 등을 실시간으로 제공하고, 제어가 가능하게 구현한다(나형배, 2018). 즉, 사물인터넷에서 정보를 수집해서 이를 클라우드에 데이터베이스로 전송한다. 이렇게 클라우드에 쌓인 정보들은 빅데이터에 의해서 분석되며 모바일로 전송된다. 모바일에서는 5G 인터넷을 활용한 인터페이스(사용자와 상호 작용하는 기술)를 통해 사용자에게 다양한 정보들을 제공한다.

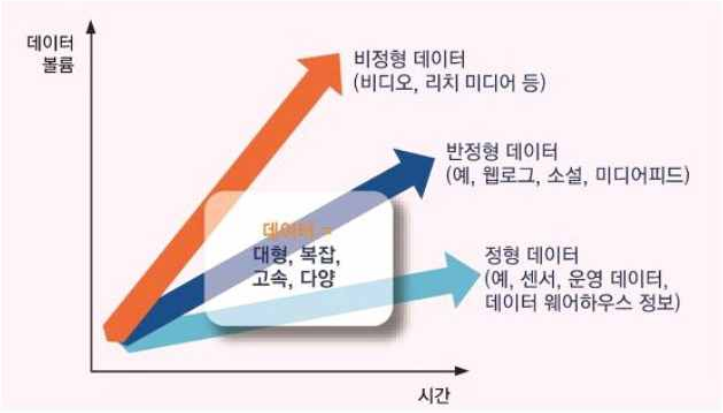
2.2.1.6 빅데이터(Big Data)

빅데이터(big data)란 기존의 데이터베이스 관리도구의 능력을 뛰어넘어 대용량의 데이터를 정형 또는 비정형의 데이터까지 데이터의 가치를 추출하고 적재하며 분석하는 기술이다. 빅데이터는 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고, 생성 주기가 짧고, 수치 데이터인 정형데이터뿐만 아니라 문자와 영상 데이터 등 비정형데이터를 포함한 테라바이트(Terabyte) 이상의 대규모 데이터양을 말한다(이은지 외, 2021). 빅데이터에 대한 정의는 다양하지만, 기업적인 측면에서 빅데이터를 기업의 효과적인 전략 도출에 필요한 상세하고 높은 빈도로 생성되는 다양한 종류의 데이터로 정의할 수도 있다(김현근, 2014).

빅데이터의 대표적인 특징으로는 3V로 설명할 수 있다. 즉 V3는 Volume(데이터의 양)), Velocity(데이터의 생성 속도), Variety(데이터

형태의 다양성)을 의미한다. 최근에는 복잡성(Complexity)나 가치(Value)를 붙이기도 한다. Velocity(속도)는 대량의 데이터를 빠르게 처리, 분석할 수 있는 속성이며, 융합 및 복합 환경에서 디지털 데이터에서는 빠른 속도로 생산되어 이를 실시간으로 유통, 수집, 저장, 분석처리가 가능한 성능을 의미하고, Varity(다양성)는 데이터의 다양한 종류를 의미하며 정형화된 데이터의 종류에 따라 비정형, 반정형, 정형데이터로 분류할 수 있고, 이처럼 방대하고 다양한 크기의 데이터를 처리하는 것이 미래 경쟁력의 우위를 판가름할 수 있는 현시대의 중요한 자원으로 활용이 될 수 있다는 점에서 세계의 주목을 받고 있다(천우림,2019). 대규모 데이터를 처리 및 분석해서 의미 있는 데이터를 찾아내는 시도는 이전에도 있었으나, 현재 시대의 빅데이터 환경은 정형, 비정형, 반정형 등 다양한 데이터 종류와 과거에 비교해 데이터의 양과 질은 물론 다양성 측면에서 패러다임의 변화를 의미한다.

[그림2-6] 다양한 종류의 빅데이터



자료 : IDC

2.2.1.7 스마트 센서 (Smart Sensor)

센서는 광학 등 오감 기능이 디지털로 구현되어 데이터가 수집되는 기술로써 빅데이터를 구성하는 필수 요소이며, 최근 사물인터넷(IoT)의 급격한 확대 적용에 따라 단순한 주변 상황 감지 수준에서 신체정보, 사용자

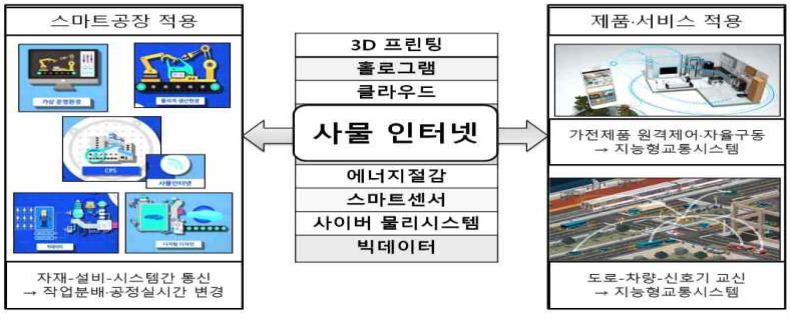
행동, 감정 인지기능 등 수행하는 영역으로 확대되고 있으며, 적용 분야의 예를 들면 자동차, 모바일, 로봇, 보안, 바이오/의료, 환경, USN(Ubiquitous Sensor Network) 등에 적용하고 있다(최윤혁, 2019). 제조업에서 보면 IoT 계측 센서, 나노 센서 등 다양한 센서 기술을 무선 네트워크로 연결하여 효율적인 생산능력 확보 및 품질관리 데이터 확보 등 생산 각 분야에 활용될 수 있다(나형배,2018).

2.2.1.8 클라우드(Cloud)

클라우드는 가상의 대규모 네트워크와 연결을 통해 중앙으로 수집된 정보를 분석하며, 이를 기반으로 사용자들에게 원격서비스를 제공하는 컴퓨팅 모델이다(최윤혁,2019). 따라서 클라우드는 유비쿼터스 환경을 실현하기 위한 중요한 기술로 부각되고 있으며, 빅데이터의 저장을 쉽게 하며, 언제 어디에서든지 활용할 수 있는 환경을 만들어 줄 수가 있다(나형배,2018). 실제로 네트워크를 통한 클라우드의 활용은 기존공장에서는 제조 활동하기 위한 각종 데이터를 저장하고 활용하기 위해서 저장매체가 주변에 있어야 하는 구조이었기 때문에 공간적인 설치의 제약과 운영상 제약이 따랐으나, 클라우드 환경은 이런 공간적인 제약을 받지 않게 해준다.

위에서 설명한 스마트 팩토리의 요소기술을 함축시킨 내용은 [그림2-6]에서 설명되고 있다.

[그림2-7] 8대 스마트팩토리 기반 제조 기술



자료 : 스마트팩토리와 연관된 생산 제조 기술 동향 (2015)

2.2.2 스마트팩토리의 필요성

코로나19 및 세계공급망 불안정으로 인한 경기 침체는 미국, 독일, 일본 등의 국가들도 낮은 성장률을 유지하고 있고 성장에 필요한 동력을 잃어가고 있다. 또한, 주요 국가들의 저성장이 글로벌 금융위기 이후부터 지속되고 있는 국면에서 소비심리는 악화하고 있으며 그에 따른 여파는 생산과 소비에 반영되어 위축되는 악순환이 반복되고 있다.

기존의 제조업에서는 산업구조의 저임금으로 인한 기피 현상과 문화와 정보의 확산으로 인해 서비스업 중심으로 변화하여 제조업의 선호도는 계속 낮아지고 있으며, 숙련공은 고령화 및 저출산으로 인한 기피 현상 등으로 인하여 활용할 수 있는 인력은 줄어들고 있지만, 소비자들의 요구는 다양해져 이들을 만족시킬 수 있는 맞춤형 생산이 요구되고 있다(천우림, 2019). 또한 베트남, 태국, 말레이시아 등 동남아 국가들은 낮은 인건비를 바탕으로 제조업 경쟁력을 가지고 있지만, 기존 선도국들은 인건비 상승으로 인해 경쟁력이 저하되고 있다. 산업경쟁력 확보를 위해 저렴한 인건비를 찾아 신흥국으로 생산기지를 이동했던 기업들은 해마다 증가하는 인건비로 인해 다른 대체할 수 있는 신흥국을 찾고 있지만 인프라 부족으로 인해 이 또한 이전이 어려운 상태를 보인다. 선진국들은 4차 산업혁명 이후 스마트한 제조공정을 통해 생산성의 부가가치를 높여 리쇼어링 확대를 추진하고 있다. 이러한 제조 패러다임 변화에 따른 대응 방안으로 제시되고 있는 것이 스마트팩토리이다.

ICT 기반의 스마트팩토리는 공장에서 있는 모든 공정과 사물들, 구성요소들과 구성원들을 인터넷으로 연결해 실시간으로 설비 또는 작업자, 개별 장치까지 연결되어 서로 통신이 가능하게 하여, 이는 생산의 효율성과 생산성을 높여준다. ICT 기반 플랫폼을 통하여 수집된 정보들은 클라우드, 빅데이터, IoT, 인공지능 등의 기술 등을 활용하여 제조공정 시스템의 고도화를 촉진함으로써 생산이 유연할 수 있도록 한다. 또한 안전적 측면에서는 AI와 같은 인공지능을 접목하여 지능을 가진 시스템이 스스로 관리할 수 있게 되면 로봇을 활용한 안전한 작업환경을 구축할 수 있게

해준다. 스마트팩토리 최고 단계인 고도화단계는 시뮬레이션을 통한 자체적으로 생산공정에 따른 최적의 방안으로 도출하고 이를 생산공정에 적용할 수 있게 시스템이 작동하여 자원 낭비를 줄이고 오류나 사고 등을 최소화하여 생산성 높이고 공정의 효율을 극대화할 수 있게 된다. 따라서 선진국들은 중요성을 인지하고 스마트팩토리를 통해 제조업 강화를 위하여 기술 개발과 구축 확대에 힘쓰고 있다. 한국의 스마트팩토리 수준은 세계 평균에 미치지 못하는 단계지만, 2016년에 우리나라 정부에서 발표한 제조업 혁신 3.0 전략 등을 발표하여 제조업들의 경쟁력 향상을 위한 스마트팩토리 구축과 확대를 위하여 정책적 시도를 추진하고 있다.

Ⅲ. 스마트팩토리 구축 및 성과에 대한 사례 연구

3.1 스마트팩토리 구축 관련 선행연구

제조 강국이라 할 수 있는 독일, 미국, 일본 등은 4차 산업혁명의 대응과 자국의 제조업 경쟁력 강화를 위해서 스마트팩토리를 도입하고 다양한 분야에 활용하고 있다. 그렇지만 기업이 새로운 장비나 설비 그리고 4차 산업의 혁신적인 기술을 활용하여 스마트팩토리를 위한 체계를 세우는 작업은 쉽지 않은 일이다. 특히 중소기업에 있어서 비용과 시간이 소요되는 중대한 결정 사항이며 기업에서 원하는 문제를 단기간에 달성된다는 보장이 없는 불확실성이 내포된 기업의 힘든 전략이라 할 수 있다.

박종식과 강경식(2017)은 스마트팩토리의 구축 전략을 수립하는 데 있어서 필요 기술을 가상장비 모델링 및 시뮬레이션, 하이브리드 복합생산기술, 유연 자율 생산시스템, CPS(Cyber Physical System) 기반 생산시스템, 임의 형상 적층 생산 기술로 나누고, 스마트팩토리의 기반이 되는 ICT 기술 및 기존에 운영하는 생산제조기 술의 융합을 통하여 기존 주력산업들의 고부가가치화와 스마트팩토리를 통한 관련 신산업 창출이 필요하다고 보았다. 성창용(2019)은 스마트팩토리의 구축을 4차 산업혁명 기술의 주요 항목으로 보았으며, 스마트팩토리 구축을 위해서는 자금적인 지원이 가장 필요하며 지원 금액에 대한 상향조정, 사전 검토를 위한 공급업체와의 매칭과 사전컨설팅 확대가 필요하다고 분석하였다.

스마트팩토리 구축에 필요한 중소 제조 맞춤형 빅데이터 분석시스템 구현에 대한 구체적인 방법과 플랫폼을 제안하고, 공정데이터 4M 관점의 분석모델을 중심으로 데이터 분석을 통하여 국내 중소기업 제조공정에 적용할 수 있는 구체적 방안을 제시하였다(김재성, 2017). 특히, 빅데이터 기술을 활용하여 제조 관련 빅데이터를 수집, 저장, 분석, 시각화하는 시스템을 구축하여 활용함으로써 확장성과 유연성을 가지도록 하였으며, 제안된 방법을 자동차부품 제조 중소기업에 적용하여 품질향상과 4M 데이터에 내재한 불확실성을 해소, 데이터 기반 실시간 의사결정이 가능한 환

경을 구축하는 방안을 제시하였다(김재성, 2017). 그리고 중소 제조기업에 적합한 성공적인 스마트팩토리 구축을 위해서는 무엇보다도 현업의 이해와 함께 중소기업에 쉽게 적용할 수 있는 수준별, 맞춤형 빅데이터 적용기술이 필요하다고 하였다. 소병업(2018)은 스마트팩토리는 회사의 규모 등 기업의 환경을 충분히 고려하여 도입 목적에 적합하게 도입되어야 한다고 하였으며 실제 스마트팩토리를 구축하여 생산효율 및 생산량이 안정적으로 이루어졌음을 실증적으로 분석하였다. 또한 기업의 생산 현장 내에 안전사고가 감소하고 작업환경이 개선됨을 분석하였다. 중소기업의 스마트팩토리 구축은 비용적 문제와 생산 차질을 고려할 때 단계적으로 진행되는 것이 바람직하다고 하였으며 단기간에 기업이 원하는 성과를 만들어 내기 어렵기 때문에 정부의 중장기적인 정책지원이 필요하다고 하였다.

Baloutsos et al.(2020)은 비즈니스 모델(BM) 혁신 및 기업가 정신 분야에서 다원적 접근법을 도출하여 Industry 4.0에서 가치를 포착하는 BM을 생성하고 검증하기 위한 민첩한 프로세스를 수립하였다.

BMI(Business Model Innovation)는 특정 제품보다는 회사의 핵심 비즈니스에 관한 것으로써 본질적으로 BM이 성공하기 위해서는 대부분은 비교적 잘 지켜지고 내실화된 기업의 프로세스가 변경되어야 한다고 하였다. 그리고 모든 데이터 기반 비즈니스 모델과 마찬가지로, 고객을 중심으로 한 새로운 BM 설계 접근방식은 해당 고객과 최종 사용자를 명확하게 구분하는 것이 필수적이라 하였으며 이 모든 것이 실행 가능하고 지속 가능한 스마트팩토리 생태계를 구축하기 위한 전망으로 보았다.

[표3-1] 스마트팩토리 구축 관련 선행연구

선행연구	개념적 정의	연도
박종식 과 강경식	스마트 ICT와 제조업의 결합이 부각되고 있으며 제품 생산성과 자원의 효율성이 향상되도록 제품을 생산하는 것 이상으로 시장의 수요가 수시로 급변하는 상황에서 효율적으로 제조하는 개념과 관련된 생산제조시설 기술 연구에 대하여 분석하였다.	2017

성청용	기술, 사회, 문화 등 전반적인 변화의 움직임이 점점 다양화되는 시대 속에서 우리나라 중소 제조업체들의 스마트 공장에 대한 인지 정도에 따른 영향을 분석하여 인지 정도, 진행상태, 필요 지원 사항을 객관적으로 파악하였다.	2019
김재성	스마트팩토리 구축에 필요한 중소 제조 맞춤형 빅데이터 분석시스템 구현에 대한 구체적인 방법과 플랫폼을 제안하고, 공정데이터 4M 관점 분석모델을 중심으로 데이터 분석을 통하여 중소기업 제조공정에 적용할 수 있는 구체적 방안을 제시	2017
소병업	스마트팩토리의 도입 목적을 고려하여 회사의 규모 등 기업의 환경을 충분히 고려하여 적합하게 수행되어야 한다고 하였으며 실제 스마트팩토리를 구축하여 생산효율 및 생산량이 안정적으로 이루어졌음을 실증적으로 분석하였다.	2018
Balouts os et al.	비즈니스 모델(BM)은 혁신 및 기업가 정신 분야에서 도출하며 접근방식을 따라 Industry 4.0에서 가치를 포착하는 BM을 생성하고 검증하는 민첩한 프로세스를 구축하고 실행 가능하고 지속할 수 있는 "스마트"공장 생태계를 구축하기 위한 전망이다.	2020

3.2 스마트팩토리 성과 관련 선행연구

과거에 전략경영 분야에서 경영성과 측정은 주로 투자수익률, 주당 순이익, 자본 이익률 그리고 매출 증가율과 같은 재무적 관점에 집중됐으나, 이러한 재무적 관점에 치중된 성과측정은 기업의 중 · 장기적 전략과 연계된 성과측정이 아닌 단기적 재무제표상의 목표 달성만을 강조하여 미래 성과 가치를 소홀히 하는 우를 범한다는 지적을 받았다. (한상호,2020) 경영성과는 다양한 요인들이 작용하여 복합적으로 창출되기 때문에 통합적인 요인에 근거하여 재무적, 비재무적 관점에서 성과의 중요성을 인식할 필요성이 있다. 특히 스마트팩토리는 새로운 제조환경을 구축하여 생산성 향상, 품질개선, 노동력 감소, 소비자 요구에 대응하기 위한 유연한 시스템 구축이 기업의 경쟁력 향상의 중요한 목표가 되고 있다.

이와 관련하여 선행연구자들의 내용을 정리하며 아래의 표와 같다.

[표3-2] 스마트팩토리 성과 관련 선행연구

선행연구	개념적 정의	연도
오주환 외	스마트팩토리의 성공은 해당 기술에 대한 직원의 태도와 해당 기술 사용에 대한 직원의 인식 등에 크게 좌우될 수 있음	2019
진성옥, 서영욱	기업의 환경요인을 고려한 스마트팩토리 핵심 요인은 경영성과에 영향을 주는 것으로 나타나, 스마트팩토리를 도입 한 각 기업이 성과를 극대화하기 위해서는 그들의 독특한 환경에 따른 스마트팩토리 핵심 요인을 선별하여 운용에 개별적으로 적용하는 전략이 필요함	2019
김현규	생산성과를 증대하기 위해 외적 통합을 추진해야 하며, 생산적 차원과 함께 품질 성과를 함께 증대하기 위해서 설비 자동화, 업무 자동화, 점진적 개선에 주목한다면 전반적인 스마트팩토리 경영성과가 향상될 수 있음을 강조	2020
이록, 김채수	중소벤처기업의 4차 혁명 시대 스마트팩토리의 핵심으로서의 상호연결을 통해 수준 높은 정보 품질관리를 구현할 수 있다고 피력하면서 제조설계에서부터 실행, 분석에 이르기까지 상호 컴포넌트 연동과 중소벤처기업의 필요에 따라 디바이스로부터 수집된 체계적인 정보를 통합 관리함으로써 기업의 성과를 높일 수 있음	2020
이상철, 강수진	산업간 스마트공장 도입이 생산성 향상에 차이가 있음을 확인하였고, 지원정책에서도 산업간 차별적인 지원정책 도입을 검토해 볼 필요가 있을 것이라는 시사점을 제시	2020

재무성과와 비재무성과는 일반적으로 경영성과의 판단 기준이 된다. 재무적 성과는 전통적 성과측정 방법으로 기업의 영업 결과의 평가와 더불어 사업의 성과평가지표이다(최경숙, 2020). 기업의 단기 성과측정으로 사용하고 있는 가장 중요한 기준이 되고 수익성은 이익, 판매이익률, 투자이익률 등 다양한 지표에 의하여 측정될 수 있지만 그중에도 투자이익률이 널리 사용되고 있다(정찬삼, 2011). 비재무적 경영성과는 경영성과 평가의 결과로써 제공되는 정보들이 계량적으로 표현하기 어려운 지표를 의미하며, 경영성과 가치들을 마케팅활동이 얼마나 잘 수행되고 있는지 평가하는 성과지표로 제품생산 관련 정보, 경쟁시장 정보 등 무형적인 비계량을 측정하는 것이다(전인오, 안운석, 2016). 비재무적인 관점에서 지식

과 네트워크의 활용으로 향후 경제적 효익을 창출할 수 있는 기업구성원의 자질과 능력, 고객 및 공급자와의 긴밀한 관계의 형성, 외부 지식의 활용 능력 등을 반영한 종합적 형태가 경영성과라고 하였다(이정실, 2015).

3.2.1 재무적 성과

스마트팩토리 도입 관련 MES, 품질분석, 설비보전, IoT, SCM, APS 등 주요 기술적 요인이 재무적 성과와 비재무적 성과에 미치는 영향을 연구하였는데, 재무적 성과는 매출액 및 영업이익 증가, 부가가치 및 자산증가, 매출 원가 감소, 비용 절감 등 재무제표에 나타나는 성과를 말하고, 비재무적 성과는 품질향상, 서비스 수준 및 생산성 향상, 직원의 만족도 등과 관련된 성과를 지칭한다. (배병축, 2017)

재무성과의 장점은 기업이 결산 및 감사의 과정을 거쳐 생산된 재무제표를 활용하여 기업의 다양한 재무적 측면에 대한 객관적인 성과를 제공하는 것이고, 단점은 중소기업의 재무제표는 신뢰성이 떨어진다는 사실로, 신뢰성이 낮은 자료를 이용하면 그 결과에 대한 신뢰성도 문제가 될 수 있다. (김상문, 2020).

기업경영에 대한 성과를 정량적인 분석 방법을 통해 평가함으로써 스마트팩토리 도입에 따른 성과를 객관적인 수치로 나타내고 추진 방향성을 제시할 수 있다. (정병주, 2017). '스마트팩토리 추진단'에 따르면, 스마트팩토리 도입 이후 매출액 증가, 불량률 감소 등 구체적인 성과가 도출되었으며, 매출액은 전체 제조업체의 매출액보다 증가율이 2배 높고, 생산성도 16% 향상된 것으로 조사되었다. (김상문, 2020)

3.2.2 비재무적 성과

기업의 성과와 관련된 요인에 대해서는 왕덕위(2019)는 "기업의 성과는 어느 하나의 요소에 의해서 결정되기보다는 환경, 전략, 조직 등 다양한 요소들이 종합적으로 작용하여 나타나는 결과"라고 하였고, 기업이 스

마트팩토리를 도입하면 기대할 수 있는 비재무적 성과는 다양하다. (왕덕위, 2019)

배병축(2019)은 스마트팩토리 도입으로 생산 서비스 수준 향상, 품질 서비스 수준 향상, 생산성 향상과 같은 것을 비재무적 성과라고 하였다. (배병축, 2019). 명상일(2017)은 스마트팩토리를 통한 성과로 적시 생산 시스템(JIT), 유연생산시스템(FMS), 컴퓨터통합생산시스템(CIM)을 제시하고 있다. (명상일, 2017). 서창성(2018)은 소비자 맞춤형 생산, 사전 시뮬레이션 및 End-to-End 엔지니어링, 제조업의 서비스화를 통한 경쟁력 강화, 도심형 공장 증가 및 재택근무 활성화와 같은 요소들을 스마트팩토리 구현의 기대효과로 제시하고 있다. (서창성 외, 2018).

이외 스마트팩토리 구축에 따른 비재무성과는 고객서비스 향상, 비용 절감, 납기 향상, 품질향상, 인력 효율화, 맞춤형 제품생산, 환경 및 안전, 자원 효율성, 통합된 협업 생산시스템, 최적화된 동적 생산시스템, 신 비즈니스 창출, 제품 및 서비스의 생산 통합, 높은 수준의 협업 달성, 제조의 신뢰성 확보 등으로서 다양한 구축 목적이 있는 것으로 확인되었다. (임정우 외, 2018).

3.3 스마트팩토리 구축 및 성과 관련 사례

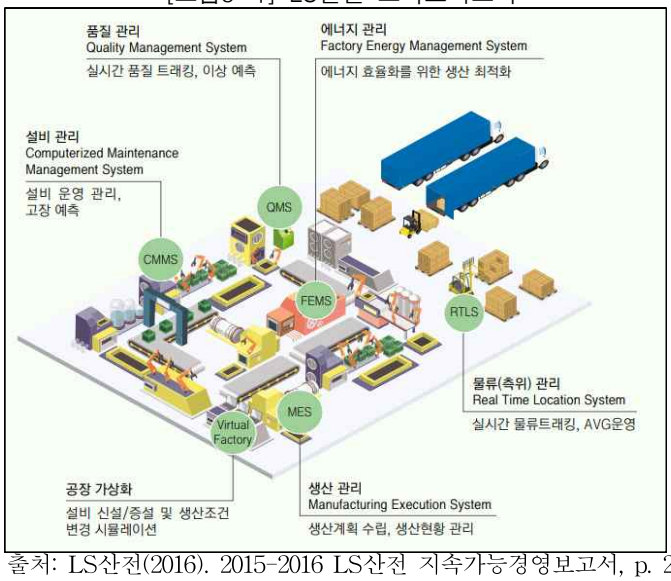
최근 국내 기업들도 경쟁력 확보를 위해 다양한 형태의 스마트팩토리 도입을 추진하고 있다. 대표적인 사례로 LS산전, 포스코 등이 사례의 예로 자주 소개되고 있다. 스마트팩토리의 경우는 대기업 중심으로 구축이 먼저 진행되었지만, 중소 · 중견 기업들도 세계적 업체들의 납기, 가격, 품질 등 다양한 요구에 대응하기 위해 스마트팩토리 추진에 적극적이다. 중소기업의 스마트팩토리 도입한 대표적 사례로 새한진공열처리, 동양피스톤이 예로 자주 소개되고 있다. 처음 스마트팩토리를 도입하면 중소기업의 경우 많이 추진하는 기술로는 ERP가 있는데 이 ERP를 활용하여 스마트팩토리를 구축한 사례로 ㈜워랜텍, ㈜알에프메디컬, 마이크로엔엑스 등

중소기업들의 사례와 성과를 알아본다.

3.3.1 LS산전

1974년에 설립된 LS산전은 국내의 스마트팩토리 성공사례에 자주 등장하는 기업이다. 전기, 전자, 정보, 계측 및 자동화기기 제조, 판매를 주요 사업으로 한다. 2010년부터 4년에 걸쳐 청주공장을 국내 최초로 중간2 수준의 스마트팩토리로 완성했다. (김태균. 2021) 이를 통해 ICT와 자동화 기술의 접목이 가능하게 되었고, 다품종 대량 생산과 함께 맞춤형 소량 생산도 가능하게 되었다. (민성희, 2018).

[그림3-1] LS산전 스마트팩토리



출처: LS산전(2016). 2015-2016 LS산전 지속가능경영보고서, p. 26.

LS산전의 스마트팩토리 성공 요인으로는 CEO 의지를 들 수 있다. 제조 공정 고도화를 위해 직원들의 교육을 지속해서 시행하였으며, 이는 기술 역량 강화로 이어져 스마트공장 구축 수준이 [중간2] 단계로 올라섰으며 이는 생산성 개선을 이루었다. 구축 이후 생산성 향상 60%, 불량률 감소 93%, 에너지 절감 60%라는 양호한 실적을 실현하였다. 라인당 필요 작업자 수를 절반으로 줄여 감축된 인력을 신규 사업라인으로 재배치하는 등

경영 효율성도 제고되었다(김태균,2021). LS산전은 현재 지속적인 사이버 물리 시스템과 사물인터넷 도입에 지속적인 투자를 하고 있으며, 시뮬레이션 분석에 의한 생산시스템 최적화, CPS, IoS, IoT로 통한 공정시스템에 최적화가 가능한 고도화단계를 추진 중이다. 4단계인 자체 시뮬레이션 분석 솔루션의 도입과 역량 강화를 위해 내부 전문가의 지속 양성, 협력사 대상의 기술교육을 통해 스마트팩토리를 확대하고 있다.

LS산전은 산업현장의 모든 4M1E 데이터를 모니터링-분석-최적화-예측하여, 자율 생산하는 스마트팩토리 구축을 위해 OT부터 IT까지 전체 영역에 대해 컨설팅, 시스템 구축, 운영/유지보수를 포함하는 생애주기 관리 서비스를 제공한다.

[그림3-2] LS산전의 생애주기지원 스마트팩토리 플랫폼

자료 : LS산전 2020-2021 지석 가능 보고서

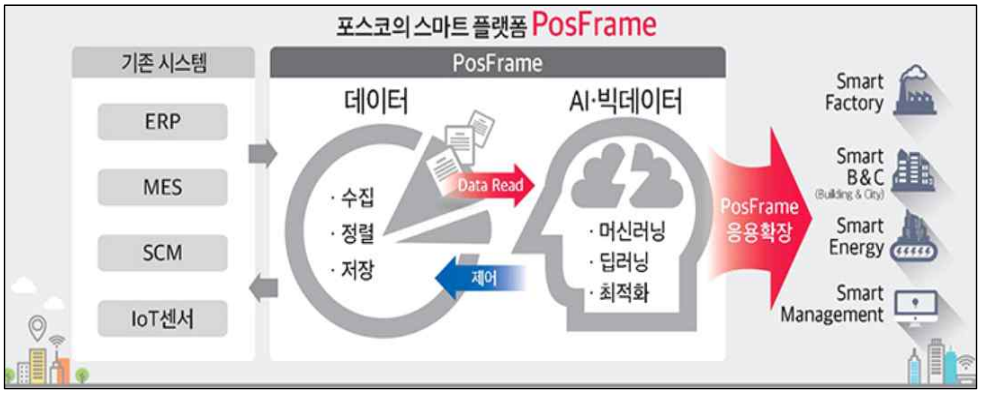
3.3..2 포스코

포스코는 1968년 대한중석을 모태로 설립된 철강회사이다. 포스코는 스마트팩토리 구축에 매우 적극적으로 대응하고 있으며, ICT를 활용하고 있는 대표적인 기업이다. 철강산업의 특징으로 용광로에서 생산되는 설비공

정에 따라, 안전 재해, 품질 불량, 설비고장, 잉 여재고 등이 없는 공장 구축을 목표로 하여 IOT를 활용한 설비, 디바이스, 사람 등이 상호 유기적으로 연결하는 것에 초점을 두고 스마트팩토리를 구축하였다. 또한 공정상 조업, 품질, 설비 관련 자료를 수집하고 이를 클라우드 서버에 축적해서 빅데이터를 생성하고 이를 분석해 불량 발생 여부와 그 원인을 실시간 추적할 수 있는 시스템 구축을 목표로 하고 있다(김태균,2021).

포스코의 성과는 스마트 팩토리를 구축함으로서 도입하기 전과 비교하여 제품 불량률이 20% 감소하였고, 2016년도에는 51.6억원의 비용을 절감하였으며, 제품 품질 21% 향상, 생산성 27% 증대, 에너지 효율 34% 향상, 운전인력 58% 감소 등의 효과가 나타났다(김태균,2021). 이와 같은 결과를 바탕으로 2018년에는 포스코 공장 전체 스마트팩토리를 공정 전체에 적용하면서 손실 없는 조업체계와 불량률 최소화를 지향하고 있다. 그리고 포스코는 GE 스마트팩토리 솔루션 APM과 자체 스마트팩토리 플랫폼 포스프레임의 결합을 추진하여, 그 결과, 제조공정에서 수집된 데이터를 바탕으로 설비의 고장을 예측하는 조기경보가 가능해 졌고, 안전성과 가동률을 향상하는 강점이 있는 APM과 철강 제품생산 과정에서 수집한 정보를 확보 · 분석 · 시각화하는 것이 장점인 포스프레임의 결합으로 철강산업 설비 운영의 효율 향상과 안전사고 예방에 획기적인 성과를 보여줄 것으로 기대하고 있다(박종필, 2017).

[그림3-3] 포스코의 스마트 팩토리 플랫폼 포스 프레임



자료 : 포스코 뉴스룸(https://.newsroom.posco.com)

포스프레임은 생산 계획을 수립하는 수주공정부터 고로에 철광석을 용해시키는 재선 공정, 불순물을 제거하는 과정인 제강공정, 연속주조 공정, 늘리거나 얇게 만드는 압연공정, 이외에 후판 공정, 선제공정, 도금공정에 이르는 모든 공정을 효율적이고 안전한 작업환경을 위해 머신러닝과 딥러닝을 통한 최적화를 이루기 위해 AI, 빅데이터를 광범위하게 적용하고 있다.

3.3.3. 새한진공열처리

2004년에 법인 전환한 ㈜새한진공열처리는 금속제품을 금형 열처리, 제품 열처리, 침탄 열처리 등 열처리를 전문으로 하는 기업이다. 2014년에 서브제로(Sub-Zero) 열처리 공정을 개발하는 등 열처리 분야에서 독보적인 기업 기술력을 바탕으로 뿌리 기업 명가로 2014년에 선정되었다. 지금은 스마트팩토리를 도입해 제조공정에 ICT 기술을 접목하게 시켜 스마트폰과 태블릿, 터치스크린, PC 등을 활용해 공정별로 필요한 위치에 효율인 설비를 공정에 필요한 적재적소에 배치하여 공정개선을 이뤘다. (천우림.2019)

[그림3-4] 새한진공열처리의 스마트팩토리 구현과 서브제로 열처리

자료 : 새한진공열처리 (http://www.heattreatment.co.kr)

스마트팩토리의 생산관리시스템(MES) 도입단계에서부터 모든 공정을

데이터화하고 제조과정이 실시간으로 서버에 축적되어 자동제어가 가능하여 서버를 통한 관리 · 제어가 가능하게 구축하였다. 현장에서 공정을 분석하여 활용도가 낮은 기능들을 배제하고 필수 공정 또는 활용도에 따른 공정을 을 분류하여 시스템 운영에 관해 부담을 낮춘 성과의 결과이다. 스마트팩토리 도입 이전 작업지시서와 같은 모든 기록이 수기로 기록 관리하여 전달 과정에서 오류가 발생하였으나 스마트팩토리 도입 후에는 스마트폰, 태블릿 PC, 키오스크 등을 통하여 모든 자료를 자료화하여 통합관리를 할 수 있게 되었다. 이는 작업공정에 대해 진행률, 품질 이력, 작업 이력 등 관리까지 가능하게 되어 공정에 효율성을 높이고 있다. 수주에서 생산, 출고, 고객 대응뿐만 아니라 생산공정 내 인력, 장비, 자재, 에너지 소비 등을 계획하고 관리하며 실행할 수 있는 스마트팩토리 도입은 작업 진도율이나 실적을 집계, 통계, 분석하여 보고서를 작성하는 시간을 단축하고 결과의 정확도를 높여 분석의 신뢰도를 높였으며, 분석자료를 토대로 생산에 반영시켜 작업에 대해 효율성을 높일 수 있게 되었다.

[표3-3] 스마트팩토리 구현 효과

고객 대응력 향상	업무 프로세스 개선	제조 비용 절감
· 실시간 주문상황 파악 고객 불만 추적과 분석 여건 구축작업 · 실명제를 통한 정밀 관리 여건 구축 · 시스템을 활용한 실시간 정보 공유로 품질 사고 예방	· 문서 생성 최소화 모바일로 주문입력 고객 제출용 시험성적 자동 발행 · 외국인 근로자 전용화면 구성 · 설비별 명확한 작업 지시	· 생산 계획 최적화 · 전력감시 → 통계처리 → 계획수립 때 반영 생산 일정 조정 때 소비 전력 표시

출처: KSTEC 재인용

이처럼 새한진공열처리는 스마트팩토리 도입 후 실시간으로 주문상황이 파악할 수 있게 되었으며, 고객의 불만에 대해서도 이력 관리가 가능하게 되었고, 시스템을 통한 정보 수집 및 활용 분석하여 고객 대응력이 높이는데 이바지하였다. 수주 현황에 맞춰 설비별로 작업 지시가 가능하게 되었으며 효율적인 생산을 진행할 수 있게 되었고, 필요하지 않은 분석 작업이 사라지고 고객 제출용으로 쓰이는 시험성적서를 자동 발행할 수 있게 되

는 등 업무 프로세스를 개선하였다. 또 다른 개선의 결과로 전력 소비를 절감할 수 있는 알고리즘들을 개발하여 생산 계획에 대해 최적화함으로써 전력 요금을 연 3억 원에서 2.5억까지 낮출 수 있게 되어서 전력 요금 절감을 통한 제조 비용을 절감을 이뤘으며, 매출은 기존 약 40억에서 약 50% 증가한 60억 정도까지 증가하였다(천우림,2019).

3.3.4 동양피스톤

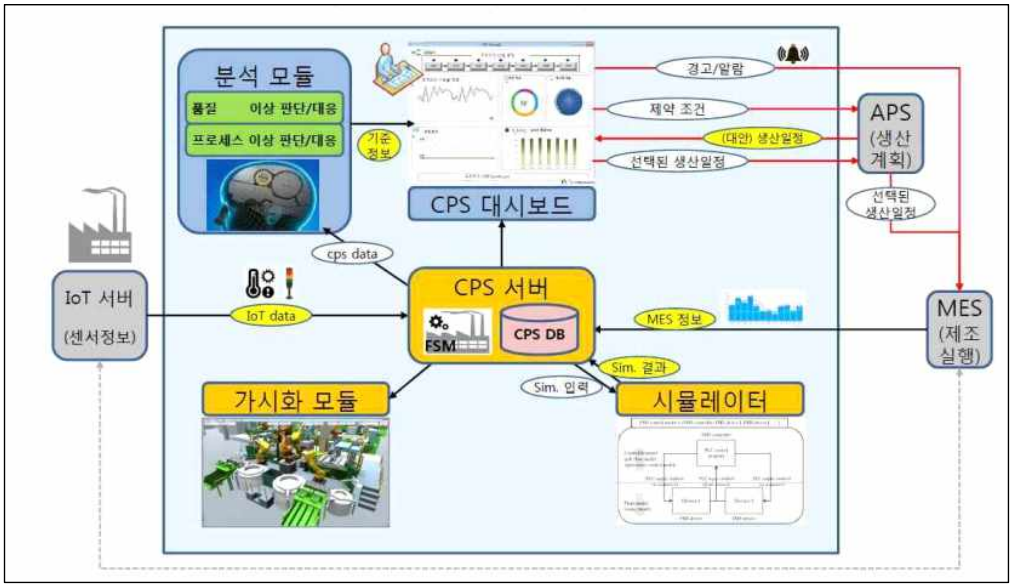
1977년 설립된 동양피스톤은 내연기관용 엔진 피스톤을 전문으로 생산, 판매하는 피스톤 전문기업으로 자동차 피스톤 생산업체로 국내 1위, 세계 4위 기록하고 있다. 국내 1호 스마트공장 도입기업이기도 한 동양피스톤은 산업통상자원부 지정 대표 스마트팩토리로 선정되었으며, 기존의 자동화된 피스톤 생산설비를 보다 지능화하였다.

동양피스톤은 자동차엔진의 핵심부품인 피스톤을 생산하며, 세계 시장 점유율은 9%대로 4위, 국내 1위 기업으로 스마트팩토리 자동화율 87% 구현하였으며, 모듈형 유연 생산설비, IoT, 사이버 물리 시스템(CPS), 인공지능, 빅데이터의 유기적 결합을 통해 다품종 유연 생산이 가능한 자동화라인 구축하고, 로봇을 통한 자동 주물 이송 및 주입의 주조공정, 공정 물류 자동화, 자동검사의 가공공정, 정밀품질 유지의 조립공정 구축하고, 실제 환경과 가상 환경에서 수집된 정보는 빅데이터 분석을 거쳐 품질검사 및 공정 효율성을 예측하여 지능형 제어를 구현하였다(최윤혁, 2019).

동양피스톤 성과는 스마트팩토리 도입 이후 2018년 말 기준 3년 만에 생산성이 25% 향상됐고 불량률은 85% 감소했다. 2015년 첫해 90만 개 미만의 수주로 시작한 BMW 수출은 매년 늘어나 올해 연간 200만 개 수출이 예정돼 있고, 2022년까지 330만 개까지 늘어날 예정이다. 동양피스톤은 스마트팩토리를 중간2단계를 진행중이며, IoT, IoS, SCM의 솔루션을 이용하여 자동화 및 실시간 의사결정 등을 실현 가능한 단계를 시도중이다. 동양피스톤은 가상의 공간을 구축해서 생산 현장을 서버에 그대로 옮긴 것처럼 관련 데이터를 한 곳에서 관리하여, 제품 품질의 불량과 고장 발생을 예측하고, 생산과 물류 및 유통과정을 자동으로 관리하는 가

상 물리 시스템을 구축을 추진하였으나 아직 센서 등이 부족해 적중률이 50% 수준에 머물고 있어 실제로 활용되지는 못하고 있다. 비용 대비 효율성 등을 고려해 추가 투자 여부 등을 고려 중이다(industrynews, 2019).

[그림3-5] 동양피스톤 스마트팩토리



자료 :http://www.dypiston.co.kr

3.3.5. 워랜텍

1995년 서울대학교, 연세대학교, 가톨릭대학교의 치과대학이 공동참여하여, ‘G7 Project’라는 정부 과제 중 보건복지부 지원 ‘차세대 인공치아 시스템 개발’ 과제에 의한 연구 결실로 2001년에 설립하여 치과용 임플란트 및 치과 의료 장비 제조 전문기업으로 유럽 CE, ISO13485, FDA 510K, 식약처 KGMP 등과 국내 특허 10건, 미국특허 1건, 실용신안 및 상표권 10건 등을 가지고 있다.

개발 초기부터 임플란트 학계에서 인정받은 디자인과 특허화된 표면처리(SLA) 기술로 임플란트 시술의 성공률을 높였으며, 지속적인 연구·개발

투자와 품질 혁신을 통하여 대한민국 최초로 ONEBODY IMPLANT를 출시하기도 하였다. 또한, 호환성과 편의성을 겸비한 IU IMPLANT SYSTEM은 또 하나의 기술 집합체로 가치를 인정받고 있다.

워랜텍은 치과용 의료기기를 제조하는 회사로 유한양행이 2017년 지분투자와 2018년 스트라우만의 지분투자로 국내와 세계시장 진출에 교두보를 확보했지만, 생산공정에서는 종이 문서에 의한 작업 지시와 데이터의 엑셀 입력 등의 수작업 관리가 주루 이루고 있다. 또한 의료기기의 특성상 모든 제품의 이력 추적이 필요한 상황이지만 전산화의 한계로 ERP를 통한 스마트팩토리 도입이 시급한 상황이었다. 이에 2021년 10월에 스마트팩토리 도입을 추진하여 현재는 ERP 시스템 프로그램을 구현 가동하고 있으며, 서버를 클라우드로 구축하여 태블릿 PC, PDA, 모바일 등으로 업무의 처리가 가능하고 실시간 공정의 흐름을 파악할 수 있는 단계이다.

3.3.5.1 도입의 필요성

기존의 엑셀로 일정 수준의 업무, 공정, 작업 등을 관리 할 수 있었으나, 현재 전산 시스템 없이 체계적이고 효율적으로 관리하기 힘들다는 한계점을 발견하게 된다. 특히 각 제품의 LOT 번호별 추적 부분에 취약해 해당 부분을 개선하고, 성장을 기반으로 내부 시스템 정립의 필요성을 느끼고 개선해야겠다는 임직원들의 확고한 의지가 있다.

[그림3-6] ㈜워랜텍 내 · 외부 전경

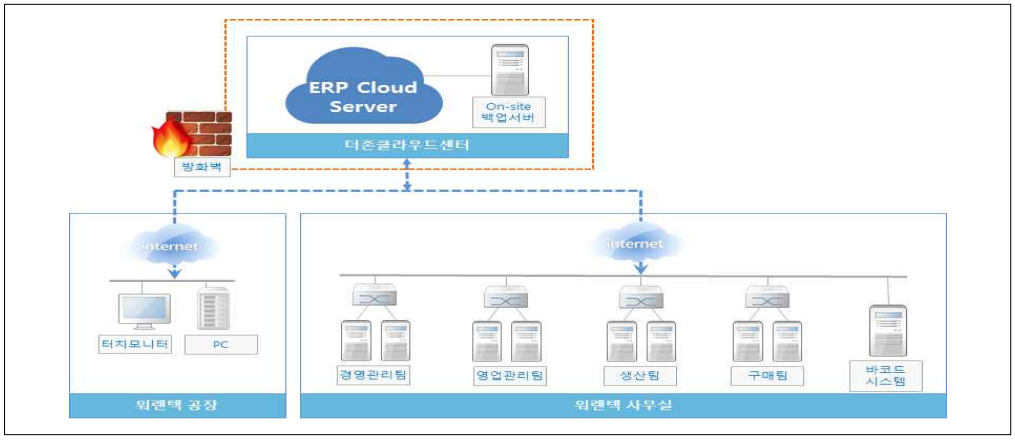
3.3.5.2 도입의 목적

워랜텍이 스마트팩토리를 도입하려는 목적은 기존에 가지고 있는 문제점을 개선하기 위해서이다. 문제점을 살펴보면, 첫째는 수작업 문서작성 최소화 및 도면 관리 체계화이며, 둘째는 공정관리에 따른 업무 흐름 관리를 통한 효율성이며, 셋째는 구매, 수주, 생산, 품질 등 기업자원 운용으로 비용 절감이고, 넷째는 의료기기 제품의 특성상 높은 품질을 추구하며, 끝으로 의료기기 통합 정보시스템 도입에 따른 제품의 이력 추적의 필요성 때문이다. 따라서 스마트팩토리 도입 목적은 크게 4가지로 정리할 수 있다. 첫째는 임플란트 생산 작업의 효율성 도모 및 재고 관리의 명확화에 둘 수 있다. 현재 별도 시스템 없이 엑셀로 관리하는 상황에서, 전사적 자원 솔루션의 도입을 통한 데이터 활용 및 예측 능력을 키우고 실시간 데이터 공유를 통한 생산성 증대 및 작업자들의 체계적인 재고 관리 등 업무 효율성을 도모하고, 특히 생산라인의 경우 바코드 및 태들 PC를 통한 등록으로 ERP 입력 효율을 극대화를 목적으로 한다. 둘째는 원가절감 및 프로세스 개선이다. 가용재고에 대한 파악 및 필요 수량에 대한 실시간 파악을 통하여 원가절감 및 프로세스의 체계적인 개선을 목표로 하고 있다. 셋째는 합리적인 경영 의사결정을 위한 업무 처리의 전산화이다. 기존 전체 회의에 보고 받는 형태로 경영진에 생산 및 판매 관련된 내용이 보고되었으나 정확한 데이터임을 입증할 자료가 없어 원활한 의사결정 및 판단이 어려워 회계/인사/영업/구매 자재/생산현황 업무 등을 각 담당자가 시스템에 입력, 경영진이 별도의 보고서 없이 실시간 업무를 파악, 합리적인 의사결정에 이바지하는 프로세스 만들 목적이다. 넷째는 바코드, 태블릿 PC 연계를 통한 스마트워크 환경 구축이다. 기업자원관리시스템을 성공적으로 구축하기 위해 바코드와 태블릿 PC를 연계하여 정보의 활용성을 높이고, 효율적인 업무환경을 구축하여 생산성 향상을 목적으로 한다. 특히 LOT 번호 추적을 통한 불량 원인을 추적하여 문제점에 대한 대응을 신속히 처리하는 것을 목표로 삼고 있다.

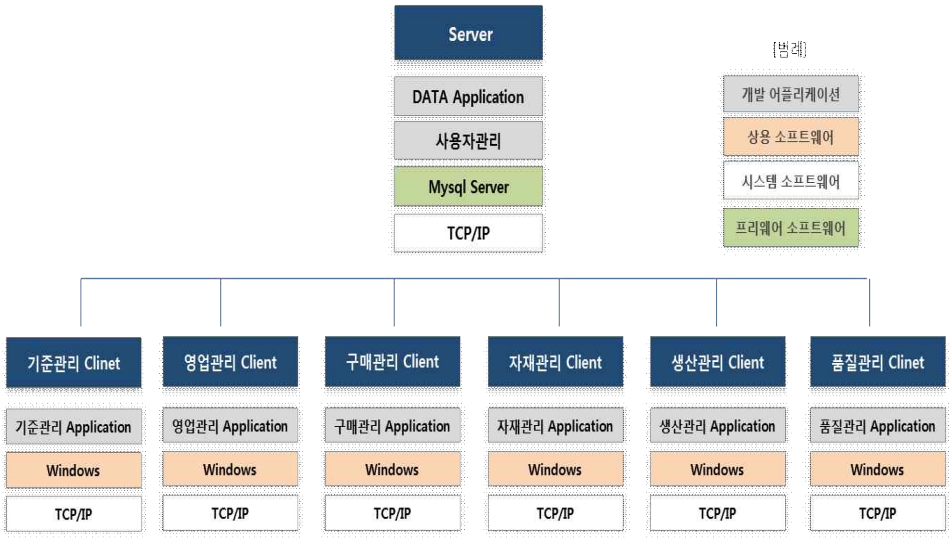
3.3.5.3 스마트팩토리 구축 추진전략

워랜텍은 스마트팩토리 구축을 위하여 다음과 같은 목표를 세우고 접근하였다. 첫째, BOM 기준 재공품 재고 관리-각 공정을 진행하면서 발생하는 재공품의 이력을 BOM을 기준으로 제공 재고의 체계적인 관리가 가능하도록 지원하는 것이다. 둘째, 수작업 최소화로 작업 효율성 향상-서류 작성의 많은 일을 시스템 도입으로 문서의 수작업을 최소화하고, 도면 관리를 체계적으로 할 수 있도록 만들어 업무의 효율성을 높이고 누적 데이터 관리로 정확한 예측이 가능하게 만드는 것이다. 셋째, 업무의 흐름 관리를 통한 생산성, 효율성 향상과 공정별 업무의 체계화와 업무 간의 원활한 소통을 통한 생산성, 효율성 극대화를 유도하는 것이다. 넷째, 기업자원 운용의 효율성 향상이다. 수주, 생산, 구매, 품질 등의 기업자원 운용의 효율성의 향상하게 시켜 자재관리를 효율적으로 하고, 불량률을 감소하고, 정확한 납기를 통한 고객 신뢰도를 높이는 것이다. 끝으로 GS1 바코드 시스템 도입이다. 유럽 및 미국 수출에 대비한 포장 및 물류의 이력 관리 시스템을 선제로 도입하여 세계시장 진출하는 것을 목표로 하였다.

[그림3-7] 워랜텍 시스템 _H/W구성도



[그림3-8] 워랜텍 시스템 _S/W구성도

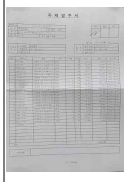


3.3.5.4 스마트팩토리 도입의 기대효과

워랜텍은 스마트팩토리 도입을 통하여 기업 통합 전산화를 구축하여 생산정보 수집/분석으로 업무의 불편을 해소하고 효율성을 높이며, 스마트공장 시스템 환경의 기틀을 마련하고자 하였다.

[표3-4] AS-IS 대비 To-BE 비교표

구분	AS-IS		TO-BE	기대효과
회계 관리	기초수준, 물류/생산 연계 없이 채권/채무 만 관리		관리항목별(부서별, 간별, 전년기간별) 분석, 전방(영업, 구매) 전표 연계, 기업 중점 계정과목별 분석	- 경영지표의 세부 분석을 통한 손익부서 분별 - 전방부서 전표 발행으로 인한 결산 기간 단축 및 회계자료 정합성 강화로 기회비용 절감
인사 관리	단순 급여 작업 처리		자동 급여 계산 및 급여 대장 관리, 인사기록 카드, 입, 퇴사 관리.	- 현재 동진 밸브 직원들의 경력 관리 - 급여 대장을 통한 빠른 보고 처리 - 급여 지급 후 명세서 e-mail 전송 - 실시간 급여 현황 파악

영업 관리	영업 관리프로그램, 수작업 및 EXCEL 관리		주문 진행관리, 납기 분석, 출고/반품/매출 마감 분석, 채권분석, 매출기여도 분석	- 실시간 진행관리로 납기 단축 및 납품 미납 오류 제거 - 다양한 관점(고객, 품목, 영업 담당자)의 매출 기여 분석을 통한 기회이익 증가 - 실시간 채권분석에 의한 재무안정성 유지
구매/자재관리	수작업 및 EXCEL 관리		발주 진행관리, 납기 분석, 입고/반품/매입 마감 분석, 재고 분석, 재고 평가, 과다/부동 재고 분석, 매입기여도 분석	- 실시간 진행관리로 납기 단축(재고 보관 비용, 채무증가 최소화) 및 납품 미납 오류로 제조 진행 문제 제거 - 다양한 관점의 재고 분석 가능 (창고, 분류별) - 실시간 출고 원가 및 기말 재고 금액 산출로 재고자산 금액 작업시간 단축
생산/외주 관리	수작업 및 EXCEL 관리		작업 지시 진행관리, 실적(양품・불량품) 분석, BOM 차수 관리, 자재 사용분석, 제공 분석	- 품목/공정(외주치) 리드 타임 분석 (단축 시 직/간접비용 절감) - 제조 표준정보 관리 및 공유에 의한 실적분석 시간 단축
바코드 관리	수작업관리		현장에서 직접 입, 출고 및 원부자재 사용을 바코드를 통해 직접 관리하고 각종 현황 분석	- 편리한 UI 및 장비의 결합으로 생산 현장에 작업 중 즉시 입력으로 업무 생산성 향상 및 ERP 자료등록 피로도 제거 효과 - 실시간 작업 진행 및 제공 / 재고 관리 현실화와 오류 발생 최소화 - 생산 현장 즉시 등록으로 주문 및 생산 납기관리 실시간 모니터링 가능

3.3.5.5 스마트팩토리 도입 후 성과

워랜텍의 스마트팩토리 도입 성과로는 기존 엑셀을 통한 제한적인 관리를 벗어나 데이터 취합 및 활용에 매우 효율적인 업무를 수행할 수 있으며, 장기간 보존해야 하는 서류의 양을 대폭으로 축소하였다. 업무 프로세스 개선 및 표준화는 데이터 조회 및 분석에 필요한 소요 시간 단축하고, 자료수집의 편의성 증대 및 신뢰성 향상에 도움이 되며 보고자료 작성 등 즉각적인 전산 데이터 활용으로 의사결정이 쉬워졌으면, 실시간 제품/자재 수급 및 신속한 재고 정보 파악은 수주에서 출하까지 재고의 최소화 및 구매비용 효율적 운영을 가능하게 하였다. 도면 관리의 전산화로 배포 시간 단축과 차수 관리에 의한 작업오류 감소는 불량률 감소를 가져와 품질 향상을 이룰 수 있도록 하였다. 투명한 정보 공유를 바탕으로 고객 신뢰도 향상되었고 기존 위력추적의 어려운 점을 ERP를 통한 자료 매트리스 바코드의 도입으로 제품 전 생애주기에 걸쳐 이력 추적을 할 수 있는 시스템을 갖추었다.

[그림3-9] 재고 배치관리와 바코드스캐너

스마트팩토리 도입 후 제조 리드 타임은 16.7% 개선되었고, 공정 불량률은 73.7% 향상되었으며, 제공 재고의 감소도 20.8%의 성과를 보이고 있으며, 납기 준수율은 8.8% 향상되었다.

[표3-5] 워랜텍의 스마트팩토리 도입 후 성과

No	분야	핵심 지표	도입전	도입후	개선율(%)
1	P	제조 리드 타임(단축률)	15일	12.5일	16.7%
2	Q	공정 불량률(감소율)	4,149(PPM)	1,088(PPM)	73.7%
3	C	재공개고 감소	1,390(백만 원)	1,100(백만 원)	20.8%
4	D	납기 준수율	90%	98%	8.8%

3.3.6.알에프메디칼

의료기기 전문 중소기업 ㈜알에프메디컬은 2004년 설립 후 암 치료용 고주파 의료기기 시스템을 순수 독자 기술로 개발하여, 현재 보편화되어 있는 고주파 간암 치료기의 국내 및 세계시장 보급에 큰 역할을 담당하였다. 국내 인증과 미국 FDA, 유럽 CE, 러시아 GOST, 남미의 브라질 ANVISA, 대만 TFDA 등 다양한 해외 의료기기 인증을 취득하여, 전 세계 수출하고 있다.

3.3.6.1 도입의 필요성

알에프메디칼의 스마트팩토리 도입 의도는 첫째는 업무의 표준화와 재고 관리의 어려움이 있었다, 작업 지시 및 재고 관리 등 생산업무가 종이 서류 및 Excel을 통해 관리되고 있고 현 사용 전산 프로그램을 통한 정확한 관리가 불가한 상황으로 전산과 장부의 이중작업으로 인한 중복 업무 제거가 필요하며 이로 인한 업무 효율성이 낮고, 실시간 필요 수량 및 재고에 대한 파악이 어려움이 나타났다. 둘째는 제조과정에서 지연 요소 발생의 제거가 필요한 상황이었다. 생산 계획의 변경 때 계획작성에 대한 프로그램이 없는 상황으로 작업자나 관리자가 실시간으로 확인하여 작업순서 및 공정의 변화를 관리하기 어렵고, 영업담당자들의 실시간 제품 재고

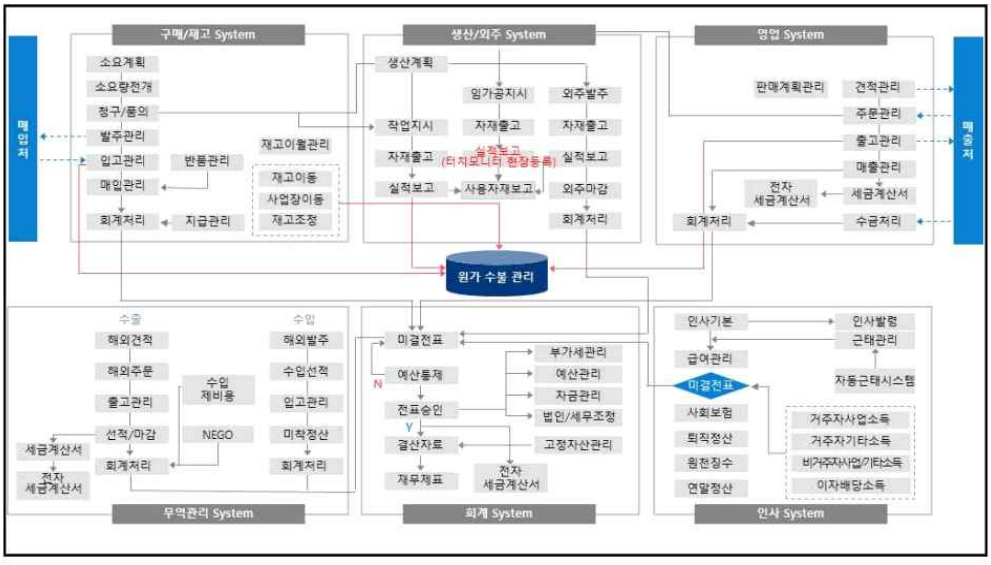
현황 파악 및 생산라인에서 제품별 자재 필요 수량에 대한 파악을 생산팀을 통하여 이루어지므로 자재 투입 기간 단축과 제조공정의 지연 요소 제거가 필요하였다. 또한 실시간 생산현황을 파악하기 어렵고 서면으로 관리하다 보니 분실 등의 위험이 큰 상황이었다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 ERP를 적용한 스마트팩토리 도입을 추진하였다.

3.3.6.2 스마트팩토리 구축 추진전략

스마트팩토리 구축을 위하여 다음과 같은 목표를 세우고 접근하였다. 품목, BOM의 기준정보를 코드화시키고, 기준을 명확하게 하여 ERP 체계 아래의 담당자별 정확한 업무 분장을 하였다. 국내 및 해외 영업담당자의 주문진행 내역의 공유와 생산공정별 진행관리로 고객사의 납기에 정확한 대응이 가능토록 추진하였다.

구매, 재고, 생산, 외주, 영업, 무역, 회계, 인사 등 ERP와 전자결재 시스템과의 연계로 정보의 활용성을 높이고 효율적인 업무환경을 구축 목표로 하였다.

[그림3-10] 알에프메디칼의 스마트팩토리 구축 후의 생산공정



3.3.6.3 스마트팩토리 도입 후 성과

알에프메디칼의 스마트팩토리 도입 후 성과로는 제조 리드 타임의 단축, 불량률 감소, 재공개고 회전율의 개선, 납기 단축을 들 수 있다. 측정 방법으로는 제조 리드 타임 기준은 2020년 판매량이 가장 많은 제품 중 1개를 기준으로 제품당 제조 리그 타임 산출(근거-2018년 리드 타임 기준으로 2019년과 2020년의 단축을 확인)로 산출식은 (전년도 제조 리드 타임-당해년도 제조 리드 타임)/(전년도 제조 리드 차임) X 100으로 산출했고, 완제품 불량률은 공정에 대해 불량 수/생산 수를 기준으로 산출(근거-ERP 생산공정 경로 관리를 통하여 2019년 하반기 대비 2020년 6월 이후 불량률 감소)로 산출식을 (전년도 불량률-당해년도 불량률)/(전년도 불량률) X 100으로 작성했다. 재공개고는 공정 진행 때 불필요하게 투입된 제공을 산출(근거-ERP 공정별 생산실적 등록을 통하여 2019년 대비 2020년 비교) 하였으며, 산출식으로는 (당해년도 재공개고 보유 건수-전년도 재공개고 보유 건수)/(전년도 재공개고 보유 건수) X 100으로 산출 하였다. 납기 기간 단축은 재고가 있다는 가정하에 제조 리드 타임을 제외한 수주부터 출하까지 걸리는 시간으로 표시한다. 이와 같은 내용을 정리하여 스마트팩토리 도입 후 성과를 [표3-6]으로 정리할 수 있다.

[표3-6] 알에프메디칼의 스마트팩토리 도입 후 성과

No	분야	핵심 지표	도입전	도입후	개선율(%)
1	P	제조 리드 타임(단축률)	5%(7일)	4.5%(4일)	43%
2	Q	완제품 불량률(감소율)	5.4%	4.2%	22%
3	C	재공개고(절감률)	10%	7.9%	21%
4	D	납기 단축(감소율)	2%	1%	50%

3.3.7.마이크로엔엑스

2001년에 설립한 마이크로엔엑스는 스위스형 마이크로모터 기술을 기반으로 치과용 의료기기 개발, 설계, 제조하는 회사이다. 제품으로는 치과

시술용 핸드피스, 치과 시술용 유니트 체어, 임플란트 시술용 엔진 등 치과 관련 제품을 전문으로 제조 생산하여 국내 및 해외에 수출하고 있으며 2020년 매출 규모는 52억 원이다.

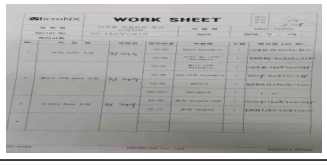
3.3.7.1 도입의 필요성

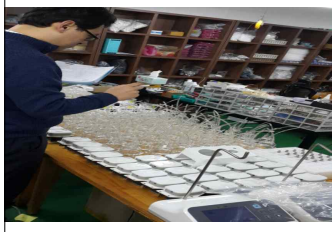
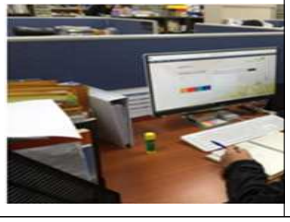
마이크로엔엑스는 치과용 의료기기를 제조하는 회사로 수주 및 납품의 이력 관리가 매우 크며, 기존의 수작업에 의한 문서작성 및 보관에서 어려움을 가지고 있었다. 스마트팩토리 도입으로 ERP를 통한 전산화와 바코드를 통한 효율적인 재고 관리를 실현하며, 구매, 수주, 생산, 품질 등 기업의 자원 운용에 효율성을 부여하고, 수작업 문서작성을 최소화하고, 도면 관리 체계화가 필요한 상황이었다.

3.3.7.2 스마트팩토리 구축 후 업무개선 내역

마이크로엔엑스의 스마트팩토리를 구축 이후 기대효과는 현장과 사무실을 ERP와 그룹웨어로 연결하여 효율적인 업무 환경 구축하고, 부정확한 원부자재 관리 및 생산 투입을 바코드로 관리하여 재고 파악을 쉽게 하고, 생산공정별 진행관리를 통하여 고객사 납품에 신속히 대응하는 납품 리드타임 단축 및 국내외 영업담당자의 주문진행 내역 공유로 빠른 제조 실현을 목표로 하고 있다.

[그림3-11]마이크로엔엑스 업무개선 내역

구분	개선전	개선후	효과
작업 관리	작업 시트의 수기 작성으로 작업 된 품명별 수량 데이터 관리가 어려움.	양식, 품목코드 등의 통일로 생산작업관리가 용이해짐. 전산처리	1. 통일된 방식으로 업무시간 단축. 2. 품목코드 통일로 판매집계가 정확해짐. 3. 데이터 전산화로 재고 파악 용이함
			

재고 관리	품목 코드의 비통일, 생산수량, 불량, A/S, 국내수발주, 해외수발주, 외주 등의 데이터화가 되어있지 않아서 정확한 재고 관리가 되지 않음 	품목의 모든 입출이 바코드로 관리되므로 유실률이 줄어들고, 품목들의 입출 데이터가 정확해짐. 	1. 품목별 재고 관리가 정확해지고 쉬워짐. 2. 품목 유실률 낮아지고 생산량이 늘어남.
불량 관리	불량의 원인, 불량 위치 등을 알기가 쉽지 않았고, 그 처리 또한 어떻게 되었는지 정리가 되지 않음 	불량관리를 통해 불량의 원인을 규명할 수 있게 되었고, 불량의 분류화가 됨 	불량 원인 파악을 하고 개선방안을 낼 수 있게 되어 불량률을 줄일 수 있게 됨
외주 관리	외주로 나간 공정에 대한 관리가 잘되지 않았고, 데이터로 확인하기가 쉽지 않음. 	외주업체에 수주와 납품을 열어주어 실시간으로 진행 상황을 확인할 수 있음 	1. 외주 처벌 수주, 납품 관리 및 납기 일정 관리가 됨 2. 전체적인 생산관리 및 제품 납품을 체계적으로 할 수 있음

3.3.7.3 스마트팩토리 도입 후 성과

마이크로엔엑스의 스마트팩토리 도입 후 성과는 생산 품목 수의 증가와 불량률 감소, 구매리드타임 감소에 따른 납기 준수율 향상을 들 수 있다.

[표3-7] 마이크로엔엑스 스마트팩토리 도입 후 성과

No	분야	핵심 지표	도입전	도입후	개선율(%)
1	P	생산품 목수증가	4	6	50%
2	Q	검사 불량률(감소율)	0.008	0.005	38%
3	C	구매리드타임 감소	48h	42h	13%
4	D	납기 준수율 향상	95%	99%	4%

3.3.7 한미케이블(주) 화성공장

한미케이블은 1989년 창립하여 자동차용 내역 Tube 개발을 시작으로 열 수축접착, Brake Pipe 용 열 수축 Tube 등 튜브생산에 특화된 기업이다. 2006년 경기도 화성공장을 설립하여 사세를 확장하여 운영 중이며, 본사는 ERP를 도입하면 화성공장은 미구축된 상태여서 다음과 같은 문제점이 발생하여 스마트팩토리를 추진하였다.

3.3.7.1 도입의 필요성

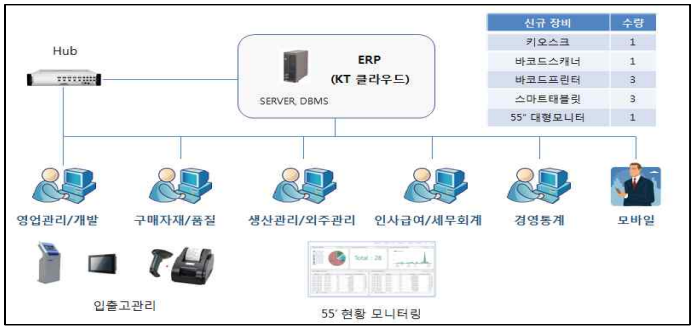
공정 과정에서 발생한 불량문제, 설비의 관리, 생산품의 품질관리 등 각 공정에서 생성되는 데이터의 수작업으로 생기는 인적 오류를 감소하고 비효율을 개선하며, 각 품질검사 데이터의 현장 수집으로 실시간 품질관리와 현장 직원의 품질 의식 고취를 통한 기업경쟁력 높이고자 스마트팩토리 도입의 필요성이 발생하였다. 스마트팩토리를 통하여 수주 및 납품 이력 관리와 수작업 문서작성 최소화 및 도면 관리 체계화를 추진하여 공정관리에 따른 업무 흐름 효율성을 높이고 구매, 수주, 생산, 품질 등 기업자원 운용에 활용함으로써 비용 절감을 목표로 하고 있다.

3.3.7.2 스마트팩토리 추진전략

한미케이블은 다음 네 가지 방향으로 스마트팩토리 구축의 목표를 설정하고 도입하였다. 첫째는, 영업, 수주, 납품의 이력 관리이다. 수주로부터

시작하여 납품에 이르게 되는 과정을 시스템에 적용하여, 수주와 납품이 원활하게 되고, 시스템을 통해 정확하고 효율적으로 진행되므로 고객과의 신뢰를 구축하고자 하였다. 둘째는 수작업 최소화로 작업 효율성 향상을 목표로 하였다. 서류작성의 시스템 도입으로 문서의 수작업을 최소화하고, 도면 관리를 체계적으로 할 수 있도록 지원하여, 업무의 효율성을 높이고 누적 데이터 관리로 정확한 예측이 가능하게 하였다. 셋째는 업무의 흐름 관리를 통한 생산성 및 효율성 향상이다. 공정별 업무의 체계화와 업무 간의 원활한 소통을 통한 생산성을 향상하고 효율성 극대화를 유도하였다. 끝으로 기업자원 운용의 효율성 향상이 목표이다. 구매, 수주, 생산, 품질 등의 기업자원 운용의 효율성을 향상하게 시켜 자재관리를 효율적으로 하고, 불량률을 감소하고, 정확한 납기를 통한 고객 신뢰도를 높이고자 하였다. 위와 같은 추진전략에 따라 구축한 스마트팩토리의 구성도는 [그림 3-12]와 같다.

[그림3-12 한미케이블 구축구성도]



3.3.7.3 스마트팩토리 구축 후 업무개선 내역

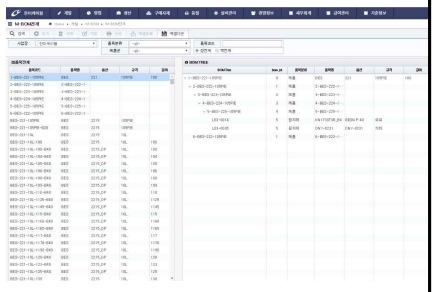
스마트팩토리 구축 후 전산에서 기준 마스터파일을 관리하여 정확성을 확보하고, 정확한 제공 재고 파악 및 생산 계획 대비 진행 정도를 실시간으로 확인할 수 있게 되었으며, 수입검사, 공정검사, 출하 검사를 통해 불량수량 및 유형이 파악되어 불량을 줄이기 위한 대책 마련이 신속하게 가능하고, 공정 불량 시 불량 데이터를 활용하여 즉각적인 추가생산이 가능

해짐으로써 이를 통해 납기 준수율이 높아져 고객과의 신뢰성이 높아진 그것으로 보인다.

[그림3-13] 업무개선 내역

구 분	개선전	개선후	효 과
BOM관리	서류를 통해서만 관리하던 BOM이어서 BOM의 정확한 구조를 알 수 없었고, 가독성이 많이 떨어져있었고, 품목별 검색이 어려웠다.	전산에 BOM으로 등록/관리할 수 있고, 정확한 계층 구분으로 가독성이 좋아졌으며, 소요량을 알기도 쉬워졌다.	1. 전산에 등록된 BOM을 기준으로 생산계획을 구체적으로 세울 수 있게 되었다. 2. BOM을 통해 재고출고를 할 수 있어서 정확한 재고관리를 할 수 있게 되었다.

Level	도번	품명
0	EP96-03758A	ELA-ETC RRUC2 SUB ASSY
1	2600-00DOTIMO	MEA-RRUC2_TOP_ASSY
..2	EP61-00012A	HOUSING-RRUP2_TOP_COVER
...3	EP61-00012A-DC	HOUSING-RRUP2_TOP_COVER-DC
..2	EP96-03758A-SUB1	COVER-RRUP2_DEBUG_WINDOW ASSY
...3	EP63-00020A	COVER-RRUP2_DEBUG_WINDOW
....4	2600-00EW5ZM0-DC	COVER RRUP2 DEBUG WINDOW-2-DC
...3	2600-OOCZLVM0	HINGE_PIN_3
...3	2600-OOCZLUM0	HINGE_PIN_5
...3	2600-00D0V2M0	RRH CABLE LABEL_SKT
...3	EPDC-013210	SPECIAL TORXSCREW(PH,M4,L15,WSP,STS304)6009-0018
..2	2600-00D09HM0	ROM-RRUP2 MAIN GASKET(268*482.4.5)
..2	2600-00D09GM0	ROM-RRUP2 IO COVER GASKET(107*130*3.0)
..2	2600-00CZLXM0	HINGE 01
..2	2600-00CZLWM0	HINGE 02
..2	RRUP2-38*49*2.0T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 38*49*2.0T
..2	RRUP2-20*20*2.0T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 20*20*2.0T
..2	RRUP2-10*10*1.5T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 10*10*1.5T
..2	RRUP2-16*22*1.5T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 16*22*1.5T
..2	RRUP2-5*13*1.5T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 5*13*1.5T
..2	RRUP2-15*15*1.5T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 15*15*1.5T
..2	RRUP2-115*139*0.5T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 115*139*0.5T
..2	RRUP2-40*28*4.0T	THERMAL PAD 40*28
..2	RRUP2-23*15*8T	RRH RRUP2 THERMAL PAD 23*15*8T
..2	EPDC-011447	PROTECTIVE VENTS PMF100444 GORE
..2	3719-001802	CONNECTOR ACCESSORY
...3	CABLE GLAND 22051Y7 PFLIT	CABLE GLAND 22051Y7 PFLITSCH
...3	SEALING RING-OS17*1.5	SEALING RING(OS17*1.5)
...3	SILICONE PAD-소	SILICONE PAD(소)
..2	3719-001803	CONNECTOR ACCESSORY
...3	CABLE GLAND 22553Y16 PFLI	CABLE GLAND 22553Y16 PFLITSCH
...3	SEALING RING-OS22*1.5	SEALING RING(OS22*1.5)
...3	SILICONE PAD-대	SILICONE PAD(대)
..2	2600-00FL0MM0	RRUC2-PROTECTING-ASSY



재고파악

현재 재고관리가 수기작업으로 인해 정확하게 파악되지 못하고, 생산 중 사용되는 것과 공정 중 재고 현황 등의 관리체계가 미흡했다.

소재들의 분류체계가 확립되고, 사용처가 분명하게 지정됨으로 인한 정확한 재고 관리를 할 수 있게 됨.

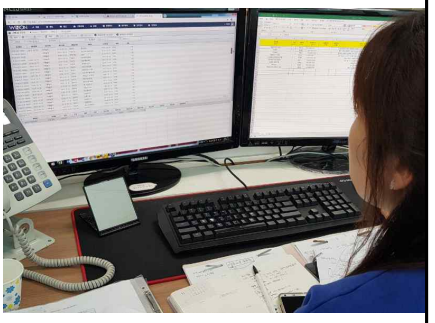
정확한 재고 파악으로 분실이나 불분명한 loss가 줄어듦.
재고파악 업무의 획기적인 개선이 이루어짐.

<완제품 적정 재고 현황 파악>

□ 1주 소요량이 한계이상을 주력으로 간주함

작 성

품명	규격	DIM'S	16년5월	16년6월	16년7월	3개월 평균	1주 소요량	16년
SSA	12	50	115,200	134,700	142,200	130,700	32,675	
SSA	12	55	10,000	15,000	15,000	13,333	3,333	
SSA	12	60	217,600	334,800	363,200	305,200	76,300	
SSA	12	65	316,000	371,000	327,600	339,533	84,783	
SSA	12	85	24,100	0	0	8,033	2,008	
SSA	14	30	0	0	0	0	0	
SSA	14	33	35,000	70,000	30,000	45,000	11,250	
SSA	14	40	0	0	0	0	0	
SSA	14	50	99,800	293,600	168,800	187,400	46,850	
SSA	14	60	1,000	6,800	2,000	3,267	817	
SSA	14	70	4,000	0	3,000	2,333	583	
SSA	15	27	30,000	60,000	70,000	53,333	13,333	
SSA	15	40	34,000	17,200	21,000	30,733	7,683	
SSA	15	50	9,000	12,000	83,000	34,667	8,667	
SSA	15	55	30,000	6,000	12,000	16,000	4,000	
SSA	15	60	60,000	51,000	42,000	51,000	12,750	
SSA	15	65	50,000	0	24,000	24,667	6,167	
SSA	15	70	0	0	0	0	0	
SSA	15	105	0	0	0	0	0	
SSA	15	120	0	1,000	0	333	83	
SSA	15	1000	0	0	0	0	0	
SSA	16	27	40,000	30,000	45,000	38,333	9,583	
SSA	16	30	0	0	0	0	0	
SSA	16	35	12,000	4,000	20,000	12,000	3,000	
SSA	16	40	6,000	3,000	6,000	5,000	1,250	
SSA	16	50	18,000	26,000	28,000	24,000	6,000	
SSA	16	60	0	0	0	0	0	
SSA	16	70	0	0	0	0	0	
SSA	18	40	2,000	0	2,000	1,333	333	

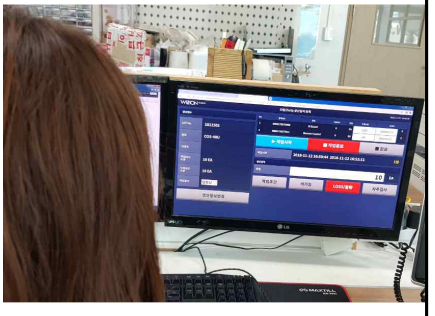


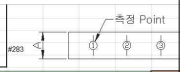
생산관리

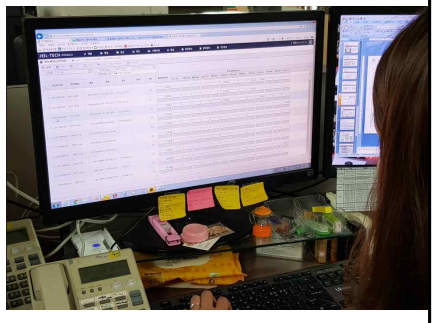
정확한 재고 및 재공재고 파악이 쉽지 않아서 생산계획을 잡고 작업지시가 되어도 그 과정에서 진척도를 알 수 없었다.

정확한 재공재고 파악 및 생산계획 대비 진행정도를 실시간으로 확인이 가능하게 되었다.

생산진척도를 확인할 수 있어서 납품 및 거래처 관계에 대한 응대가 정확해지고, 신뢰를 줄 수 있게 되었다.
생산량의 정확한 관리를 통해 영업이 더욱 활발해질 수 있게 되었다.



<table>
<tr><td rowspan="2">품질관리/혁신</td><td>품질검사를 해야하는데 할때마다 페이퍼웍을 했었고, 따로 파일을 관리하는 2중, 3중업무를 했었다. 그리고 재작성 과정에서 누수, 오류 등이 발생하기도 했다.</td><td>검사한 바를 즉각 등록하고, 불량 파악이 즉각적으로 되어 불량관리 및 처리를 전산으로 가능해짐.</td><td>수입검사, 공정검사, 출하검사를 통해 불량수량 및 유형이 파악되어 불량을 줄이기 위한 대책마련이 가능해짐.
공정불량 시 불량 데이터를 활용하여 즉각적인 추가생산이 가능해짐.
이를 통해 납기준수율이 높아져 신뢰형성.</td></tr>
<tr><td colspan="2">
<table>
<tr><td>업체명</td><td>파인트티엠에스(주)</td><td>자재 규격</td><td>ELI ϕ5 * 2500</td></tr>
<tr><td>제조업체명</td><td>DYNAMET</td><td>수량</td><td>50</td></tr>
<tr><td>입고일자</td><td>2017-07-13</td><td>본딩 단가</td><td>30,858</td></tr>
<tr><td>검사자</td><td>안소희</td><td>총 금액</td><td>1,542,900</td></tr>
<tr><td>M/S No.</td><td>H26609</td><td>LOT No.</td><td>177K02</td></tr>
</table>


<table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="10">검사 Point</td><td rowspan="2">Min.</td></tr>
<tr><td>1 Point</td><td>2 Point</td><td>3 Point</td><td>4 Point</td><td>5 Point</td><td>6 Point</td><td>7 Point</td><td>8 Point</td><td>9 Point</td><td>10 Point</td></tr>
<tr><td rowspan="10">원자재 번호</td><td>1</td><td>4.991</td><td>4.992</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>2</td><td>4.991</td><td>4.992</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td>4.993</td><td>4.995</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>3</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td>4.990</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>4</td><td>4.991</td><td>4.993</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td>4.994</td><td>4.992</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>5</td><td>4.992</td><td>4.992</td><td>4.991</td><td>4.991</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>6</td><td>4.994</td><td>4.992</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>7</td><td>4.992</td><td>4.991</td><td>4.991</td><td>4.991</td><td>4.994</td><td>4.993</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>8</td><td>4.993</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td>4.991</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>9</td><td>4.992</td><td>4.994</td><td>4.991</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
<tr><td>10</td><td>4.993</td><td>4.993</td><td>4.991</td><td>4.992</td><td>4.993</td><td>4.992</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.99</td></tr>
</table>
</td><td>  </td></tr>
</table>

내부역량관리	작업이 비표준화 되어있고 관리체계도 잡혀있지 않아 전체적으로 작업손실률이 컸다.	업무 프로세스가 정립되고 효율적으로 업무 분배를 하고 일정 작성이 가능해짐.	개인의 업무 소실이 적어져서 전체적인 역량이 강화되고, 더욱 유기적으로 조직이 대응할 수 있게 됨.

3.3.7.4 스마트팩토리 구축 후 성과

한미케이블(화성)은 자동차 부품공장으로 ERP를 도입 후에 영업이익률이 17.8% 증가하였다. 도입 전과 도입 후의 영업이익률에 관련 자료는 [표3-8]과 같다

[표3-8] 영업이익률 전후 비교

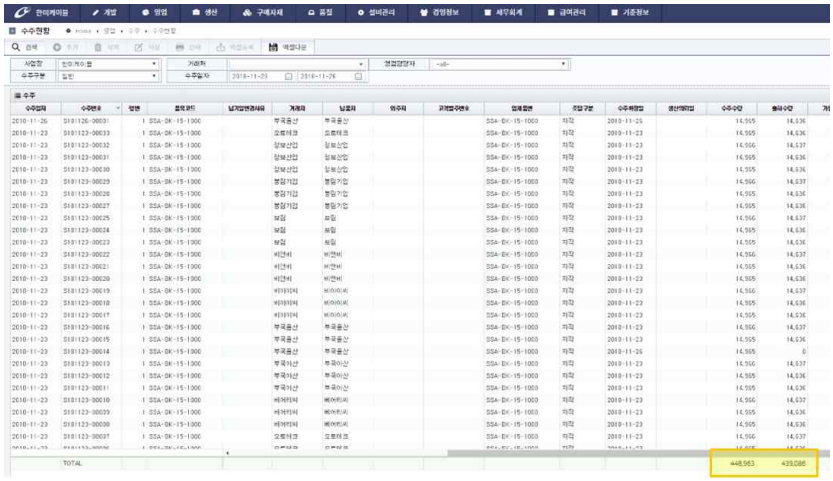
적용전

<2018년 월간 매출 및 영업이익 추이>

월	6	7	8	9	10
월매출	756,217,171	1,406,337,328	1,373,234,186	1,121,733,909	1,667,490,241
영업이익	47,490,438	98,724,880	95,577,099	75,717,039	119,892,548
이 익 률 (%)	6.28	7.02	6.96	6.75	7.19

- 평균 영업이익률 : 6.84%

적용후



월	판매가	주문수량	매출	제반비용
월매출	3,748	448,963	1,682,714,888	1,547,088,068
영업이익	135,626,820		영업이익률	8.06

-

클레임 감소율은 50%의 개선효과를 보이고 전후 비교한 자료는 [표3-9]와 같다.

[표3-9] 클레임 감소율 전후 비교

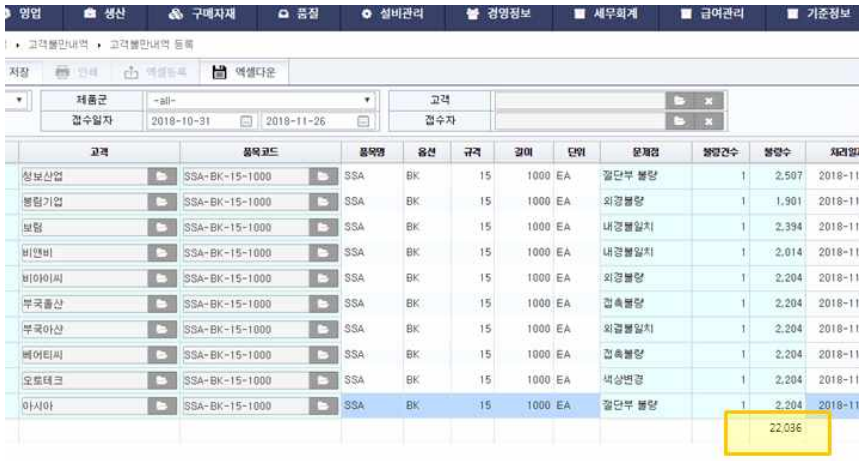
적용전

<2018년 월간 클레임 현황>

월	6	7	8	9	10
납품량	188,651	351,209	336,347	279,236	412,868
클레임량	18,825	35,226	31,586	29,065	41,123

- 제품 : SSA-BK-15-1000
- 클레임률 : 9.94%

적용후



제품 : SSA-BK-15-1000
- 납품량 : 439,086
- 클레임 수 : 22,036
- 클레임률 : 5.02%

또한 재고비용 절감률은 44.4%를 보이고 있고, 수주 출하 리드 타임 감소율도 50%를 효과를 보인다. 이것을 간략하게 정리하면 [표3-10]과 같다.

[표3-10] 한미케이블 스마트팩토리 도입 후 성과

No	분야	핵심 지표(KPI)	단위	현 재	실적	개선율	비 고
1	P	영업이익률 (증가율)	%	6.84	8.06	17.8 %	매출액 대비 세전 이익금액
2	Q	클레임 건수 (감소율)	%	10	5	50%	월간 납품건에 대한 클레임 수(제품 SSA-BK-15-1000기준)
3	C	재고비용(절감률)	%	18	10	44.4 %	입고 후 미불출 자재율
4	D	수주출하리드타임 (감소율)	분/일	480/1	240/1	50%	수주 후 출하까지의 리드타임 (제품 SSA-BK-15-1000기준)
종합 달성도						40.57%	

1.영업이익률 (실적 - 현재)/현재X100(%) = (8.06-6.84)/6.84x100 = 17.8%
2. 클레임 감소율((현재 - 실적)/현재X100(%) = (10-5)/10x100 = 50%
3. 재고비용 절감율((현재 - 실적)/현재X100(%) = (18-10)/18x100 = 44.4%
4. 수주 출하 리드타임 감소율현재 - 실적)/현재X100(%) = (480-240)/480x100 = 50%

3.3.8 ㈜모산에프에스

3.3.8.1 추진배경

(주)모산에프에스는 2009년에 설립된 김치 전문 제조 회사로 주 생산품은 김치류이며, 세부 항목으로는 배추김치, 맛김치, 깍두기 등 다양한 김치 제품을 생산하고 있다. 다품종 제품을 생산하기 위해 공정관리의 효율성이 필요해서 AI 스마트 공장을 구축을 추진하였다. 구축 전에는 생산과정에서 모든 관리는 작업 인력에 의해 이루어지고 있으며, 공정관리나 품질관리에 대한 자료수집이 이루어지고 있지 않아 전체적으로 객관적인 관리가 이루어지고 있지 않은 상태이고, 식품생산의 특성상 생산품에 대하여 직접적인 검사과정을 도입하는 것은 현실적으로 무리가 있으며, 생산설비와 주변 환경의 상태를 확인하는 것으로 생산 품질의 균일화를 이루고자 하였다.

생산공정을 보면 입고/보관 -> 전처리공전->절임공정->세척탈수공정->탈수공정->양념배합공정->포장->숙성/출하의 단계로 [그림 3-14]와 같다.

[그림3-14] 공정흐름도

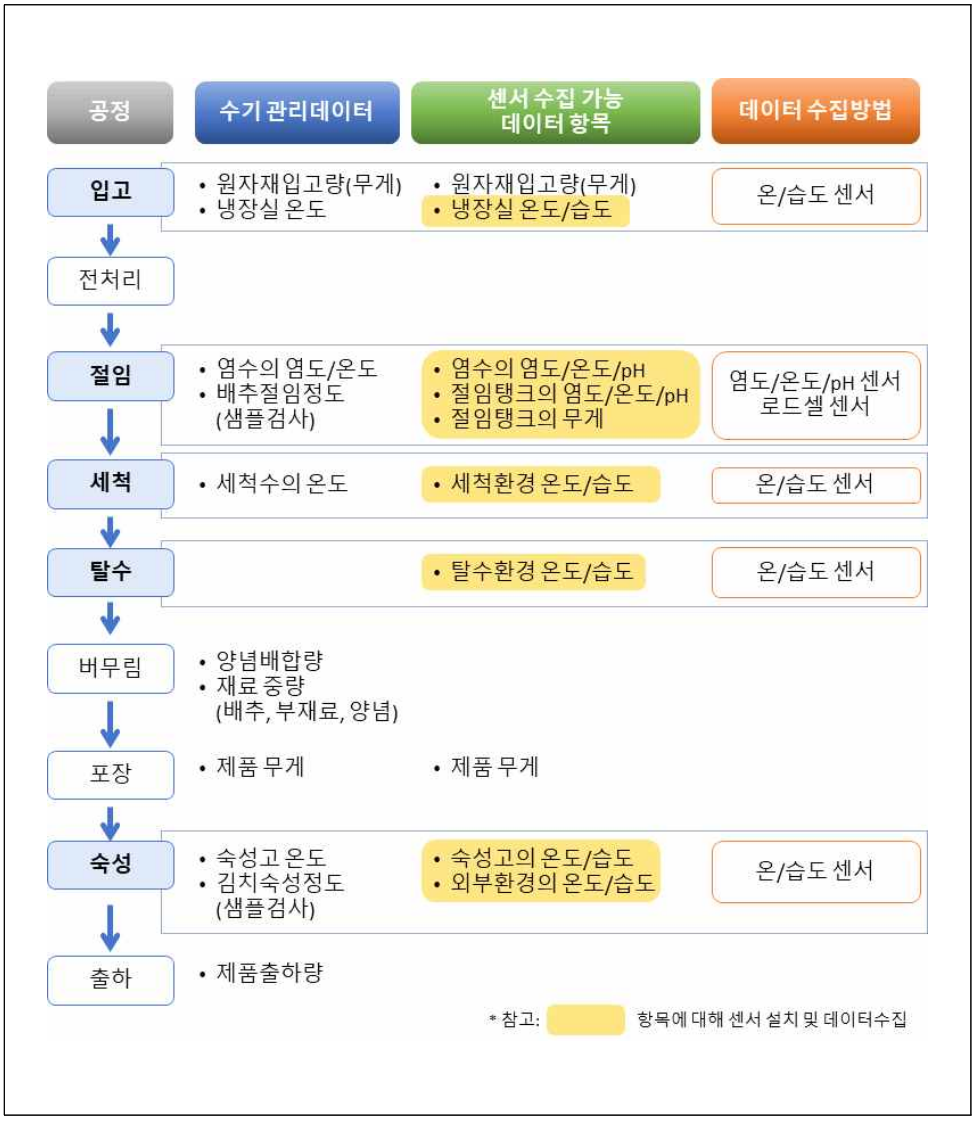
AI 스마트팩토리의 필요성을 보면, 첫째는 제품생산 공정은 절단, 절임, 세척, 탈수, 버무림, 포장 순으로 제품생산이 이루어지며, 공정 중 절임공정과 탈수공정에서 제품의 품질에 많은 영향을 주고 있다. 둘째는 김치 생산공정의 모든 과정은 전문인력의 기술을 활용하고 직접 투입되어 진행되며, 공정별 모든 조건의 정량화가 되어있지 않은 상태이다. 셋째는 생산공정이 외부요인(환경변화, 원자재 투입량 등)에 따라 제품의 품질이 변화되는 환경에 노출이 되어있으며, 외부요인과 품질의 상관관계에 대해 면밀한 분석이 필요한 상태이다. 절임공정에서 염수의 염도를 일정하게 유지하는 것이 중요하지만 배추를 절이고 다음 공정으로 옮기면서 염도가 변화하고, 염도를 맞추기 위해 염분을 투입해주는 과정을 반복하면서 시기별로 염도의 차이가 발생한다. 절임공정은 절임 탱크에 일정한 농도의 염수를 투입하여 약 12시간에 걸쳐 이루어지며, 절임과정에서 염수의 농도 및 온도 변화가 제품 품질에 가장 큰 영향을 주는 것으로 판단이 되어 정확한 관리가 요구되며, 탈수공정에서는 균일한 환경(온도, 습도 포함)을 유지 시키면서 탈수공정이 진행되어야 하며, 탈수공정이 진행되면서 변화

되는 환경의 온도, 습도 등이 품질에 영향을 줄 것으로 고려할 필요성이 있다. 현재 절임 및 탈수공정과 관련하여 데이터 수집을 하지 않은 상황으로 균일한 품질관리를 위해 객관적인 데이터 수집 방안을 모색하고 체계적으로 관리할 수 있는 시스템을 마련이 필요한 상태이다. 넷째는 공정 데이터 수집을 위한 인프라의 부재이다. 생산 현장 내 공정 데이터 수집을 위한 네트워크 인프라 및 센서 시스템이 구축되어 있지 않으며, 센서 설치 및 네트워크 구축을 통해 데이터 수집이 가능한 환경을 조성할 필요성이 대두되었다. 구축을 위한 설비들은 HACCP 기준에 적합하고, 제품의 품질에 영향을 끼치지 않으며, 염수를 사용하는 제조 특성상 외부에 센서를 부착하여 데이터 수집하는 것에 대해 설치환경을 고려해야 할 필요성이 있다.

3.3.8.2 AI 스마트팩토리 구축

제품생산 공정 중 가장 중요한 절임공정에서 절임 탱크 내외로 센서를 설치하여 염분, 온도, pH 데이터를 시계열 데이터로 수집하고, 투입되는 염수 및 배추의 중량을 확인하기 위해 절임 탱크에 로드셀 센서를 설치하여 원자재 중량 및 투입량에 대한 데이터를 수집하여 생산 환경에 따라 생산되는 제품의 중량과 비교하여 상관관계를 분석하고자 AI 스마트팩토리를 구축하였다.

[그림3-15] AI 스마트팩토리 공정 구축도



수집된 데이터를 기반으로 AI 알고리즘 기반 분석기술을 적용하여 데이터 분석을 함으로써, 절임공정의 생산 조건과 제품 품질 간의 상관관계를 파악하고, 이미 구축된 스마트공장 시스템 관리 데이터를 활용하여 다양한 데이터 분석을 진행하며 생산 환경 및 공정 조건 간의 제품생산의 최적 조건을 도출하고, 품질의 균일화 및 품질향상을 추진하였다.

3.3.8.3 AI 스마트팩토리 구축 성과

AI 스마트팩토리를 도입한 후 실시간 데이터 수집 및 모니터링 체계 구축하여 절임배추의 맛을 결정하는 염도 예측 시스템 적용하였고, 절임 과정 중의 중량, 염수의 염도 및 온도와 절임배추의 염도의 상관관계 파악하여 환경 데이터 모니터링을 통한 적정한 환경 유지를 위한 기틀 마련하였다.

[표3-11] 모산에프에스 스마트팩토리 도입 후 성과

No	성과지표)	단위	현 재	목표	실적	달성률	비 고
1	절임배추 목표염도 달성률	%	50	75	66.7	55.7%	
2	데 이 터 분 석 (Accuracy)	%	N/A	80	75	93.7%	
3	고객클레임건수	건	60	36	0	428.6%	
종합 달성도					178.97%		

1. 절임배추 목표염도 달성률(실적-현재)/(목표-현재)X100(%) = (66.7-50)/(75-50)X100=55.7
2. 데이터 분석 정확도(Accuracy)(실적-현재)/(목표-현재)X100(%)=(75-0)/(80-0)X100=93.75
3. 고객 클레임 건 수(현재-실적)/(현재-목표)X100(%)=(60-0)/(60-36)X100=428.6

절임공정 중 염수의 온도, 염도의 변화와 중량 간의 상관관계를 밝혀내어 절임배추의 염도에 미치는 영향을 파악하여 이에 따라 김치의 맛에 가장 큰 영향을 끼치는 염도를 예측해내고, 적절한 염도를 내기 위한 환경 조성의 기틀을 마련했다. 또한 각 생산공정의 환경을 수치화하여 관리하게 되었고 데이터 수집 및 모니터링 체계 구축하였다.

오랜 시간 데이터의 추이와 숙성에까지 미치는 영향을 파악하고 균질한 배추의 품질과 맛을 낼 수 있는 환경으로 스마트팩토리를 구축하였다.

3.3.9 한국인삼공사

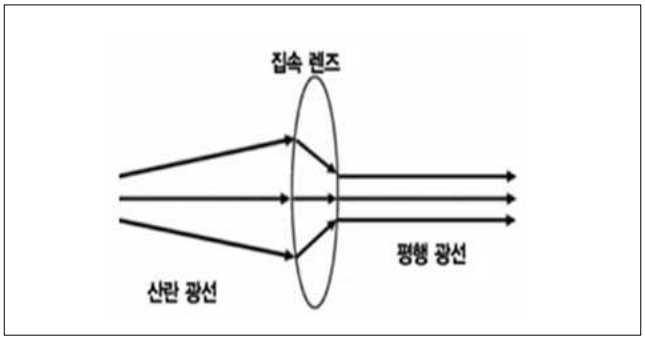
한국인삼공사는 1899년 대한제국 궁내부 삼정과에서 시작해 120년 이상의 역사를 가진 기업이다. 한국인의 건강을 책임져온 기업에서 세계인의 건강과 아름다움을 책임지는 종합건강기업으로 도약하는 중이다. 한국인삼공사의 홍삼정은 맨눈 검사로 분당 400포를 검사했다. 그러다가 생산성을 높이고 불량률을 낮추고자 AI 비전 검사기를 활용한 스마트팩토리 도입하게 됐다.

생산공정을 보면 (1) 육안 검사 : 필름 형태의 제품이다 보니 난반사가 많고 제품 불량 유형도 비정형적이라 육안으로 제품 선별해야 했다. 그러나 육안 검사는 검사원의 컨디션이나 판정에 따라 결과가 달라져 걸러내야 할 진성 불량은 물론 가성 불량까지 완벽하게 걸러내지 못했다.

(2) 살균 후 벌크 형태로 이동 : 한국인삼공사의 파우치 제품은 제품생산 후 별도의 살균 공정을 거치고 있다. 대부분의 파우치 제품은 제품 주입과 동시에 비전 검사가 가능하지만, 이 파우치 제품은 장시간의 살균을 거치고 검사해야 해 제품이 벌크 형태로 검사부로 이동하는 타사의 파우치 제품과 생산과정이 달랐다.

한국인삼공사의 문제점은 다음과 같다. (1) 난반사 : 식음료 분야에선 필름 형태의 포장이 많이 쓰인다. 그런데 아무리 성능 좋은 비전 카메라라고 해도 필름 형태의 난반사는 해결하기 어렵다. 그래서 필름 형태의 난반사를 최소화하기 위해 평행광, 확산 형광 등 2가지 조명을 검사에 도입했다. 일반적으로 많이 쓰이는 확산형 조명은 음영이 생기거나 제품의 물성으로 인해 균일성 확보가 어렵다.

[그림3-16] 평행광(parallel Light) : 렌즈를 통해 빛이 편행하게 조사



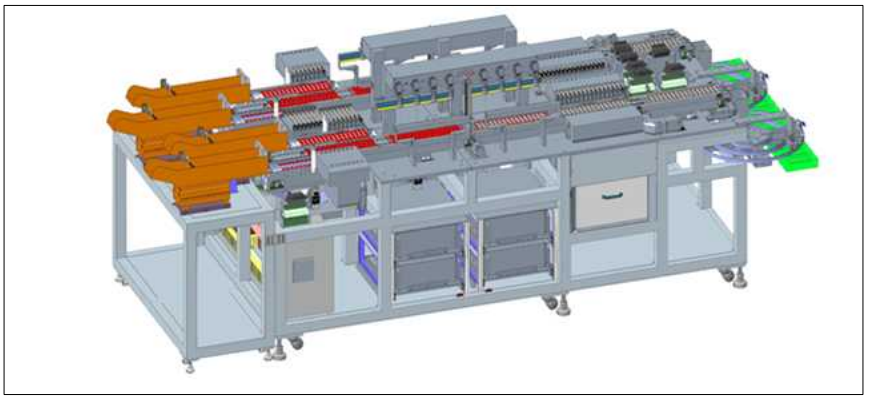
[그림3-17] 광산광(diffused Light) : 확산 판을 통해 빛이 부드럽고 고르게 조사

(2) 비정형 결함 : 한국인삼공사의 파우치 제품에 대한 결함 유형은 비정형적이고 다양했다. 구체적으로는 구김, 찍힘, 스크래치, 배접, 실링, 엠보싱, 오염 등이다. 또 파우치의 영역에 따라 발생하는 불량 유형이 달랐다. 이런 문제를 해결하기 위해 첫 번째로 AI 딥러닝 비전 검사 소프트웨어를 적용하고, 두 번째로 동일 제품을 각기 다른 조명으로 3번 촬영해 뚜렷한 불량 형태를 취득했다. 그래서 설비에 제품을 투입할 때 발생하는 공정 불량(제품의 방향성, 제품의 틀어짐, 반전 에러)과 제품의 결함으로 발생하는 검사 불량을 검출해 양산시 미검률 0%에 도달했다.

(3) 벌크 제품에 대한 정렬과 전면 검사 문제 : 한국인삼공사의 공정 특성상 검사를 위해서는 최종단에서 해결해야 할 부분이 크게 2가지가 있었다. 첫째, 벌크 형태로 제품이 이송되다 보니 자동화 투입을 위해 제품 정렬이 필요했다. 둘째, 전면 검사를 위해 반전이 필요했다. 이를 해결하기 위해 브러시의 높이, 재질, 위치 선정 등을 고려해 최적의 조건을 적용했다.

한국인삼공사는 홍삼정의 외관 검사를 육안으로 진행했으나 생산성 증대와 불량률을 최소화하기 위해 AI 비전 검사 장비를 도입했다. 앞서 언급한 문제점을 해결하기 위해 커스터마이징(Customizing)한 AI 비전 검사 장비는 전체적인 물류 구동에 체인 컨베이어 방식을 도입했다. 물류 구성은 크게 투입, 검사, 배출로 구성했다.

[그림3-18] 파우치 외관 검사 장비



[그림3-19] AI 검사 장비가 제품을 촬영하는 모습

스마트팩토리 도입 후 기존 10명이 육안으로 분당 400포를 검사했다가 AI 검사기 1대로 분당 300포를 검사했다. 또 기존에는 포장 투입에 별도의 인원이 있었으나 검사기에서 자동으로 투입해 인력을 줄였다. 8인 이상의 인력을 줄였다. 이젠 설비 1대로 분당 300~450포까지도 검사할 수 있다.

스마트팩토리 도입 후 성과로는 생산율과 낮은 불량률로 공정의 효율성을 높였다. 아울러 검사원에 대한 인건비 절감으로 도입하는지 3개월부터 투자 대비 수익률(ROI)을 거뒀다.

3.3.10 그 외 기업들

그 외 스마트제조혁신추진단이 생긴 이후 현재까지 구축한 중소기업에서 우수 구축 사례 중 몇 개 업체를 소개하면 다음과 같다.

3.3.10.1 동아연필(주)

대한민국 최초의 필기구 회사로 1946년에 설립하여 1963년부터 연필을 수출하였고 중성펜 생산량의 65%를 수출하는 기업이다. 제품의 품질향상과 정량의 제품생산이 필요한 상황이지만, 수많은 품목 수기로 업무 현황을 파악하고, 실적, 설비, 불량 등 데이터 이력 관리가 미흡한 상태이며, 체계적인 생산 계획 인프라가 구축되지 않다 보니 판매계획 및 생산 계획을 수립할 때 많은 시간을 소요하여 효율성이 부족한 상태였다. 이를 해결하기 위하여 2019년에 ERP, MES, WMS시스템을 도입하여 중간 1단계를 구축하였다.

[그림3-20] 동아연필 스마트팩토리 구축시스템

ERP도 입으로 작업 일지 첨단화	MES 기반 인터페이스 개발로 자동으로 생산실적 수집하고 지켜보는 기능 구현	WM 도입으로 효율적인 창고관리를 통해 제품의 신속한 출하 가능	WEB 관제 시스템 구축으로 실시간 수주, 품질, 생산 계획, 현장 생산정보 관리

동아연필의 스마트공장 도입 효과는 ERP를 통한 불필요한 서류작업을 최소화하여 업무 효율성을 높였으며, 데이터의 중앙 집중관리로 중복 데이터에 의한 오류를 사전에 차단하고, IoT 기술을 적용한 실시간 모니터링 및 제어로 생산 수량에 도달하게 되면 자동으로 자재투입을 중지하게 되는 시스템을 구축해 생산량 잘못을 방지하고 데이터 분석에 의한 현장 업무 표준화 및 관리체계가 개선되어 생산 제품의 오류 및 불량 발생의 정확한 산출이 가능해졌다. 결과적으로 시간당 생산량 증가, 공정 불량률 감소, 생산 품목 수 증가, 납기 단축을 들 수 있다. 도입하던 시간당 생산량은 23, 39개에서 도입 후 28,078개로 20% 증가하였고, 공정 불량률은 0.4%에서 0.2%로 0.2%가 다운되는 505의 개선 효과를 보이며, 생산 품목 수도 1,400개에서 1.550개로 10.7%로 증가하였다. 따라서 납기 단축도 4일에서 3일로 25% 기간이 단축되었다.

3.3.10.2 ㈜비츠로넥스텍

2010년 비츠로테크의 모태로 2016년에 비츠로넥스텍으로 물적으로 나눈 기업으로 항공우주, 핵융합, 가속기, 극저온 사업을 수행하고 있다. 비츠로넥스텍은 여러 담당자가 수많은 업무를 분업하는 가운데 오류 발생 때 책임 소재가 불명확하고, 공정마다 수기 작성 및 데이터의 공유문제가 발생하여 계획에서 실행까지 비효율적인 과정을 반복하는 등 불필요한 업무 손실이 발생하고 있었다. 2019년에 MES를 통한 스마트팩토리를 구축

하면서 동시에 RFID, WMS 도입하여 중간 1단계를 구축하였다.

[그림3-21] 비츠로넥스텍 스마트팩토리 구축시스템

현장에서 종이 문서 제로화 실현	생산 계획-작업 지시-실적입력-실적등록-시스템고도화	실시간 설비 및 생산 감시 체계 구축	바코드 이후 DFD 방식의 관리 시스템 확보

비츠로넥스텍의 스마트공장 도입 후 실시간으로 생산 계획 수정, 추가 및 취소를 할 수 있어져서 작업변경으로 손실되는 시간을 최소화하고 전체적인 공정 및 납기관리 또한 신속하고 정확하게 가능해졌다. 장비 상태를 실시간으로 확인하여 불량 최소화 및 전력 절감에 도움이 되며, MES 도입으로 데이터 입력시간이 70% 이상 감소하여 평균 문서작업 시간 단축과 업무 지연시간 감소 등의 효과를 보인다. 결과적으로 스마트팩토리 도입 효과는 설비 가동률이 도입 전 65%에서 도입 후 82%로 26% 증가하였고, 공정 불량률은 도입전 3%에서 도입 후 2%로 33% 줄어든 효과를 보이며, 작업 공수율은 도입전 80%에서 도입 후 87%로 9%의 상승을 가져왔다. 따라서 납기 준수율도 도입전 89%에서 도입 후 93%로 5% 상승한 것을 볼 수 있다.

3.3.10.3 한중엔시에스

1995년에 설립한 회사로 에너지저장 장치 제조를 주업종으로 하고 있다. 작업 방식이 일일이 수기로 써서 엑셀에 따로 적어 데이터를 관리하였으나 원인 파악에 어려움을 겪고 있었으며, 불량 체크에만 10여 명이 투입돼 긴 시간을 할애하지만 체크 못하는 불량이 나타날 수 있고, 불량이 제품 수만 개를 리콜해야 하는 손해를 감수해야 하는 문제가 있었다. 2015년부터 단계적으로 스마트팩토리를 도입하고 있으며, 202년에는

PLM, MES, DMS시스템등 중간 1단계를 구축하였다.

[그림3-22] 한중엔시에스 스마트팩토리 구축시스템

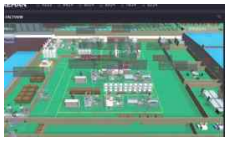
생산부터 포장까지 현황을 실시간으로 파악	수기 및 엑셀 대신 자동으로 실적 기록 및 데이터 공유	바코드로 단 하나의 불량품도 확인 가능	설비 연계를 통한 자동 품질검사 시스템

스마트팩토리 구축 후 한곳에 데이터가 실시간으로 자동으로 저장이 되어 정확한 재고 파악이 가능하고, 단1~2명이면 자동으로 쉽고 빠르게 불량품을 확인 및 처리할 수 있도록 구축하였다. 따라서 스마트팩토리 구축의 성과를 보면 C/T(실가동공수-비가동/생산수량)가 도입전 1.8025초에서 1.708초로 5.2% 개선되었으며, 공정 불량은 도입전 16,058ppm에서 10, 80ppm으로 33% 감소하였고, 제공 재고는 도입전 22,853개에서 13,668개로 40% 개선되었으며, 납기 준수율 또한 도입전 900%에서 도입후 98%로 8%로 개선된 것으로 보여주고 있다.

3.3.10.4 새한주식회사

1986년에 설립한 새한은 새한미디어에 비디오 및 오디오 카세트 부품을 납품하는 회사로 출발하여, 사업 다각화한 지금 주요 생산 제품은 가구 목재용 피스, 전자 개폐기, 전기차EV릴레이에 들어가는 SHAFT ASS'Y이다. 스마트팩토리를 도입하기 전에는 작업일지를 수기로 작성하여 빠뜨리거나 알아볼 수 없게 기록되기도 하고, 취합이 어려운 상황이 발생할 경우도 생겨 업무 지연 및 소통 혼선이 반복된 상황이고, a~d공장까지 각각의 공정에 직접 가서 데이터를 확인해야 하므로 비효율적인 상황이 자주 발생하는 문제를 가지고 있었다. 20015년 ERP 시스템 구축을 시작으로, 2017년부터 2019년까지 MES 구축하고 2020년에는 중간 1단계를 구축하였다.

[그림3-23] 새한주식회사 스마트팩토리 구축시스템

			
누적된 생산, 품질, 유실, 설비 등 데이터를 바탕으로 지속적인 개선 활동	부서별 불량 유형 코드화하여 실시간 점검 SPC 운영으로 불량 사전 예방	MES 시스템으로 불량 유실, 생산성 등의 실적 데이터 실시간 분석 및 확인	체계적인 데이터 관리를 바탕으로 부문별 실적을 실시간 모니터링

스마트팩토리를 단계별로 도입 후 ERP 조회로 재고, 발주 수량 등 필요한 데이터를 신속하게 확인할 수 있고, PLC 기반으로 실시간 생산량을 집계하여 전산에 자동 저장되어 생산에만 집중할 수 있어 업무의 효율이 향상되었으며, 데이터 관리와 효율적인 생산시스템 활용으로 트랜트 파악과 빠른 의사결정이 가능해졌다. 스마트팩토리 성과를 보면 설비 종합효율이 도입전 85%에서 도입 후 94%로 11%로 상승했으며, 시간당 생산량은 29.5%에서 30.5%로 3% 상승효과가 발생했고, 재고 회전은 도입전 64%에서 도입 후 57%로 11%로 개선되었으며, 공정 불량률 또한 도입전 3.5%에서 0.9%로 74% 감소세를 보인다.

3.3.10.5 ㈜풍림파마텍

1979년 설립한 풍림파마텍은 주사기, 주사침, 바이알 등 제약회사나 병원에서 사용되는 의료기기 및 관련 제품을 제조 공급하는 의료기기 전문기업이다. COVID-19 이후 최소잔여형 주사기를 개발한 K-주사기의 위력을 세상에 알린 기업이다. 이후 폭발적인 수요에 생산이 이를 뒷받침하지 못하는 상황이 나타나고, 전 세계적인 주사기 수요를 맞출 수 있는 시스템의 필요성을 느낀 것이 스마트팩토리 도입의 주요한 계기이다. 하지만 스마트팩토리 도입전 풍림파마텍은 수기 작성으로 문서 관리해 정보누락이 생기고, 공정 실수를 사람이 수습하는 데 시간이 많이 소요되며, 부서마다 다른 재고 정보와 오차로 계획에 차질이 생기고 생산현황 확인을 위한 자료수집이 실시간으로 안 되는 상황이다.

풍림파마텍은 스마트공장 대 중소상생형 지원사업을 통해 삼성전자와 같이 생산시스템을 구축하여 생산관리, 제조설비, 현장 개선 등을 해결하였다.

[그림3-24] 풍림파마텍 스마트팩토리 구축시스템

데이터 디지털화로 효율적인 업무 및 생산 계획 수립	MES 시스템 도입을 통해 실시간 모니터링으로 생산 가동률 향상	바코드 도입으로 재고 관리 시간 및 정확도 향상	재고의 실시간 현황 확인으로 생산 계획 용이

스마트팩토리 도입 후 효과는 설비 가동률이 도입전 71.3%에서 85%로 19% 상승했고, 공정 불량률은 도입전 3.4%에서 도입 후 2.1%로 38% 향상되었으며, 작업시간은 도입전 46.8시간에서 도입 후 40시간으로 15% 단축되고, 납기도 도입전 26.5일에서 22일로 17% 단축할 수 있었다.

Ⅳ. 결론

4.1 연구 결과 및 시사점

구축 사례 기업은 [표4-1]과 같이 매출실적이 워랜텍의 23억에서 26조하는 포스코까지 서로 다르고, 종업원의 수도 30명에서 17,000여 명까지 다르며, 설립연도 또한 차이가 있고, 구축 수준도 다양하다. 물론 대기업인 LS산전이나 포스코를 중소기업과 단순 비교하는 것이 무리가 있지만 사례에 나타난 표를 보면 알 수 있는 것은 도입의도, 구축내용, 구축 효과 등에서는 공통점이 본인 다는 것을 확인할 수 있다. 첫 번째 공통점은 도입 의도이다. 대기업, 중소기업 구분 없이 대다수 기업은 수작업에 따른 업무의 비효율성을 해결하기 위하여 스마트팩토리 도입 의도를 가지고 추진하고 있다. 이러한 경향은 특히 중소기업에서 더 많이 나타나고 있다. 2016년도에 도입한 새한진공열처리부터 2021년도에 도입한 워랜텍까지 모든 사례에 나타나는 기업들 모두 수작업 문서 관리와 이에 따른 휴먼에러, 업무의 비효율성이라는 문제점을 해결할 목적으로 스마트팩토리를 구축하려는 의도로 보고 있다. 그 외 데이터의 전산화 부재, 그에 따른 휴먼에러의 발생, 업무의 비효율성, 재공 재고 파악의 어려움, 공정별 작업 관리의 어려움 등 회사의 다양한 문제들을 해결하기 위하여 스마트팩토리를 검토한다는 것이다. 결과적으로 스마트팩토리를 구축하려고 하는 기업들은 이런 다양한 문제를 해결하기 위하여 도입을 추진한 것으로 보인다,

[표4-1] 스마트팩토리 구축 사례

업체명	설립연도	종업원수	매출	구축내용	구축기간	수준	도입의도	P	Q	C	D
LS산전	1974	3,256	2조4,027억원	ERP, PLM, SCM,FEMS 등	2010~2014	중간2	1. 현장부서는 엑셀 위주의 업무 2.경쟁력강화	생산성 60%↑	불량률 93%↓	에너지 절감 60%↓	
포스코	1968	17,932	26조5,099억원	FEMS	2015	중간2	1. 철강산업 경쟁력 강화 2.새로운비즈니스기회창출 3.원가절감	생산성 27%↑	품질 21%↑	에너지 효율 34%↑ 운전 인력	

										58%↓	
동아연필(주)	1946	110	196억원	ERP, MES, WMS	2019	중간1	1. 수기에 의한 업무 현황 2.데이터의관리 3.생산계획인프라구축	생산성 20%↑	불량률 50%↓	생산품목 10%↑	납기단축 25%↑
㈜비츠로넥스텍	2016	213	648억원	MES	2019	중간1	1. 수기작성에 따른 휴먼에러 2.데이터의공유가안됨 3.업무의효율성확보	설비가동 26%↑	불량률 33%↓	작업공수 9%↑	납기단축 5%↑
새한주식회사	1986	105	369억원	ERP, MES	2020	중간1	1. 실시간 정보 공유로 업무시스템 개선 2.수기작성에따른휴먼에러방지	설비가동 11%↑ 생산량 3%↑	불량률 74%↓	재고회전 11%↑	
한중엔시에스	1995	265	713억원	PLM, MES, DMS	2020	중간1	1.설비가동정보를 통한 품질향상 2.생산성향상과원가절감 3.수기입력에따른데이터관리미흡	설비가동 5%↑	불량률 33%↓	재공재고 40%↓	납기단축 8%↑
새한진공열처리	2004	34	29억원	MES, EMS	2016	기초	1. 수작업에 따른 휴먼에러 2.열악한작업환경개선	매출 50%↑	불량률 67%↓	에너지절감 17%↓	
워랜텍	2001	30	23억원	ERP	2021	기초	1. 수작업문서관리 2.도면관리체계화 3.제품이력관리 4.공정관리의효율성	리드타임 17%↓	불량률 74%↓	재공재고 21%↓	납기단축 9%↑
알에프메디칼	2003	75	101억원	ERP	2020	기초	1. 수작업문서관리 2.Excel을통한재고관리 3.실시간생산공정파악안됨	리드타임 43%↓	불량률 22%↓	재공재고 21%↓	납기단축 50%↑
(주)마이크로엔엑스	2001	56	52억원	ERP	2016	기초	1. 수주 및 납품이력 전산화 2.수작업문서작성최소화 3.바코드를활용한재고관리	생산품목 50%↑	불량률 38%↓	구매리드타임 38%↓	납기준수 4%↑
한미케이블(주)화성공장	1989	77	211억원	ERP	2018	기초	1. 수작업 문서관리 최소화 2.도면관리체계화 3.수주및납품이력관리 4.공정관리에따른업무흐름관리 5.구매,수주,생산,품질등기업자원운용에활용	영업이익 18%↑	클레임 50%↓	재공재고 44%↓	납기단축 50%↑
풍림파마텍	1979	81	360억원	MES	2020	기초	1. 생산량 확보 2. 수기문서에 따른 휴먼 에러 3. 재고 정보의 미공유에 따른 비효율	설비가동 19%↑	불량률 38%↓	작업시간 50%↓	납기단축 17%↑

앞에서 살펴본 사례에 의하면 워랜텍, 알에프메디칼, 한미케이블 등 기초단계를 도입하는 기업들뿐만 아니라 중간 1단계를 구축하는 동아연필, 비츠로넥스텍, 한중엔시에스, 새한주식회사 등도 모두 수작업에 의한 휴먼에러의 문제, 업무의 비표준화에 따른 재공 재고 관리의 어려움, 생산공정별 비효율성 등의 문제를 가지고 있었으며 이를 해결할 목적으로 스마트팩토리를 도입하였다. 두 번째는 납기관리이다. 중소기업에서 나타나는 구축 성과를 보면 납기 단축 또는 납기 준수가 4%에서 50%까지 개선 효과

가 나타나고 있는데 스마트팩토리 구축의도가 반영된 결과로, 공정에서의 수작업을 줄이고, 데이터를 전산으로 관리, 공유하면서 업무의 효율성이 향상된 결과로 보인다. 세 번째는 [표4-1]의 성과지표처럼 경쟁력 향상을 위한 스마트팩토리의 도입이다. 세계시장에서 경쟁력 강화를 위하여 4차 산업혁명의 기반기술을 토대로 융합을 통한 스마트팩토리의 접목이다. 기초단계를 처음 도입하는 기업들의 ERP부터 MES, WMS, PLC 등은 적용하는 단계는 물론이고, AI를 활용하고, 로보틱스를 이용하며, 센서 등을 활용하여 IoT, SPC를 구축하는 기업들도 나타나고 있다. 앞에서 예시로 다룬 기업들도 생산성 향상, 품질개선, 인건비 절감, 리드 타임 단축, 기타 비용의 절감을 목표로 4차산업의 기반기술을 활용하여 스마트팩토리를 기초단계 또는 다음 단계인 중간 1단계를 구축하였다. 스마트팩토리 도입 후 생산성 향상의 경우 LS산전은 60%, 포스코는 27%, 동양피스톤은 25%, 워랜텍은 17%, 알에프메디칼은 43%의 향상을 보이고 있고, 품질개선의 경우 LS산전은 불량률 감소가 93%부터 알에프메디칼의 22%까지 다양하게 나타나고 있으며, 특히 LS산전과 포스코는 에너지 절감이 34~60%의 절감 효과가 보인다. 특히 워랜텍, 알에프메디칼, 한미케이블과 같은 중소기업들도 기초적인 ERP 또는 MES만 도입했는데도 생산성 향상 되었고, 불량률 감소가 22~74%, 제공 재고 감소는 21~44%, 납기 준수율 개선은 9~50%씩 보이다.

이처럼 중소기업의 도입사례를 보면 업체마다 스마트팩토리 도입 이후에 나타나는 경영성과는 다르다. 그러나 모든 기업의 생산성이 향상됨을 알 수 있다. 중소기업의 성과지표로 살펴보면, 품질(Q)에서 74% 개선을 보인 워랜텍과 새한주식회사가 있고, 생산(P)은, 생산품목 수가 50% 증가한 마이크로엔엑스, 리드 타임이 43%로 감소한 알에프메디칼, 매출이 50% 증가한 새한진공열처리까지 개선된 것이 보인다. 또한 비용(C)면에서 한미케이블은 제공 재고가 44% 감소했으며, 풍림파마텍은 작업시간이 50% 단축되었다. 납기(D)를 살펴보면 알에프메디칼, 한미케이블은 납기 준수율이 50% 개선되는 보다 효과적인 결과를 보여주고 있다, 이는 중소기업들이 스마트팩토리 도입을 추진할 때 기업의 현 상황을 잘 파악하고

추진하면 보다 효과적인 결과를 도출해 낼 수 있다는 것으로 해석된다. 또한, 중소기업의 경우는 대기업처럼 에너지에 관련하여 데이터를 별도로 산출하기 어려운 점이 있어 에너지 절감이 어떻게 보이는지 알 수는 없지만, 대기업의 결과를 유추하면 낭비의 요소를 찾아서 줄일 수 있을 그것으로 보인다.

스마트팩토리 중간 1의 레벨을 구축한 동아연필, 비츠로넥스텍, 한중엔시에스, 새한주식회사도 생산성의 향상과 품질개선 및 납기 단축 등의 효과를 보인다.

본 연구의 검토 결과로 스마트팩토리 구축은 사례에서 보여지는 것처럼 생산시스템을 최적화시켜 생산성 향상을 가져오며, 생산 비용 절감과 업무의 효율성도 확보할 수 있다. 또한 ERP, MES 등을 통한 데이터의 수집 및 관리는 데이터 분석에 의한 현장 업무 표준화 및 관리체계가 개선되어 생산 제품의 오류 및 불량 발생의 정확한 산출 등으로 품질개선과 납기 준수율을 개선해 고객의 신뢰를 높여 준 것으로 생각된다. 또한 생산공정에서 수집된 데이터들을 분석, 활용함으로써 불량요인을 찾아 불량률을 감소시킬 수 있다. 이는 낭비되는 요인을 감소시켜 생산설비의 설비 가동률을 높이고, 작업공정별로 생산능력을 파악하여 효율성 있는 생산 운영이 가능해진다.

많은 중소기업이 생산성 향상, 품질향상, 이익증가, 매출 증가를 이루기 위하여 혁신이라는 전제하에 스마트팩토리 추진을 도입 및 추진하고 있다. 어떠한 기업들은 이미 스마트팩토리의 기초단계를 넘어 중간단계를 계획하거나 진행하고 있는 기업도 있고 더 높은 단계로 나아간 기업도 있다. 스마트팩토리는 기존의 생산방식에 ICT가 융합한 4차 산업혁명이라 할 수 있데, 앞에서 언급한 IoT, 클라우드, 빅데이터, CPS, AI, 로보틱스 등의 기반 기술로 이용하여 네트워크를 통한 상호연결과 융합을 통해서 제품의 품질개선과 경영개선, 그리고 공정개선을 통한 생산성을 향상하는 목적이 있다고 할 수 있다.

본 연구를 기반으로 스마트팩토리의 성공적인 구축을 위한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기업의 현재 위치를 정확히 파악해야 한다.

사례에 보여지는 기업들을 보면, 스마트팩토리 구축 의도 중에 수기 작성의 문제를 제시한 업체는 새한진공열처리, 워랜텍, 알에프메디칼, 마이크로엔엑스, 한미케이블, 동아연필, 비츠로넥스텍, 한중엔시에스, 새한주식회사, 풍림파마텍 등 대부분의 회사에서 제시하고 있으며, 엑셀 작업의 최소화, 데이터의 활용 미비, 실시간 공정 파악 어려움 등과 같은 전산화가 안돼서 나타난 현재 문제점을 인식하고, 이러한 문제점을 해결하려는 의도에서 시작한다. 따라서 스마트팩토리 도입 후의 성과를 가시적인 목표의 설정을 통해서 우리가 할 수 있는 것과 할 수 없는 것을 파악하는 것부터 시작해야 한다. 스마트팩토리 도입전에 기업의 현황을 체크하는 체크리스트를 만들어서 사전에 체크하는 것도 좋은 방법이다. 그 후 스마트팩토리 구축의 범위, 시기, 비용을 산정 할 수 있다. 첫째, 기업의 현재 위치를 정확히 파악해야 한다. 즉 기업에 적합한 목표을 설정하고 그 목표 달성을 위하여 미진한 부분 및 부족한 부분을 검토한 후에 그에 맞는 시스템을 구축해야 보다 확실한 효과를 거둘 수 있다.

둘째, CEO의 의지가 중요하다.

스마트팩토리 구축은 근로자로서는 새로운 업무이며, 구축하는 동안의 업무의 과중이 생기기 마련이다. 기존업무와 스마트팩토리 도입에 따른 업무를 같이해야 하는 근로자의 반발 혹은 무관심이 생길 수 있다. 위의 사례에 나타나는 대부분 회사가 처음 스마트팩토리 도입의 필요성을 가지는 것은 수작업하는 업무를 줄이기 위한 것으로 나타나고 있다. 그러나 스마트팩토리를 구축하는 동안 또는 구축 이후의 상당한 기간은 기존 수기업무와 스마트팩토리 도입 업무를 병행해야 하는 이중고에 시달리게 된다. 따라서 CEO는 스마트팩토리가 회사가 나아갈 방향이란 공감대를 모든 근로자와 공유하고 이끌어 나갈 의지가 필요하다.

셋째, 스마트팩토리 도입은 속도전, 장기전이다.

스마트팩토리는 2014년 시범 사업을 시작한 이후 2022년까지 3만 개

의 보급을 목표로 정부에서 추진하고 있지만 도입에 실패한 기업도 많이 생기고 있다. 이는 스마트팩토리 구축할 때 회사의 사정을 인식하지 못하고 과도하게 설계하여 구축에 오랫동안을 허비하는 경우가 대부분이다. 또한 구축 이후에는 시스템의 불안정, 운영인력의 부족, 시스템에 대한 교육의 부제, 적용의 어려움 등이 생길 수 있다. 이는 장기적으로 교육, 프로그램 개선, 인력 수급 등으로 개선하여 나아가야 성공할 수 있다.

넷째, 스마트팩토리는 단계별로 구축을 목표로 하여야 한다.

기초단계의 스마트팩토리는 모든 자료를 데이터화 하는 과정과 같다. 워랜텍은 스마트팩토리 기초단계인 ERP 구축 후 2022년에는 MES를 베이스로 다관절 로보틱스를 샌딩공정에 도입을 추진하고 있고, 중소기업으로 동아연필은 2017년도에 스마트팩토리를 도입하여 기초단계를 구축한 후 2019년도에 MES, WMS를 결합한 중간 1단계를 구축하였으며, 비츠로넥스텍은 2016년 스마트생산시스템을 자체 구축 후 2019년에 MES 시스템을 확대 구축하는 동시에 RFID WMD 기반을 마련하여 다품종 소량 생산체제를 확보하여 중간 1단계를 구축하였다. 또한, 한중엔시에스는 2015년 스마트팩토리 도입 후에 단계적으로 MES, SCM, PLM, 등 솔루션을 구축하여 선입선출이 빨라지면서 로스타임감소, 생산성 향상, 원가 비용 절감, 품질향상을 이뤄내 스마트팩토리 효과를 보고 있다. 대기업인 LS산전, 포스코는 중간 2단계를 넘에 고도화단계를 목표로 하고 있다. 단계가 높을수록 4차 산업혁명에서 보여주는 기반기술이 접목되어 자동화를 이룩할 수 있으며 이는 선도국과의 기술 수준 차이를 극복하는 방법이고 나아가 우리의 경쟁력이 될 것이다.

다섯째, ICT 융합이 필요하다.

위의 사례에서 나타나는 것처럼 대부분의 스마트팩토리 구축은 ERP가 많은 부분을 차지하고 있으며, 일부 MES를 구축하는 업체가 있을 뿐이다. 모산에프에스처럼 MES에 AI기술을 접목하는 예도 있지만 아직 많은 중소기업은 ERP /MES 구축에 머물러 있다고 보인다. 생산시스템에 인공지

능을 융합하고, 로보틱스가 생산 제조 현장에 있으며, 모든 공정이 IoT로 연결되며, 자료가 클라우드에 공유되어 빅데이터를 기반으로 AI가 새로운 생산시스템을 구축하는 것이 현재의 스마트팩토리이며, 미래의 스마트팩토리로 나아갈 방향이다. 기초단계인 ERP 구축은 다음 단계로 가기 위한 첫걸음이지 마지막이 아니라고 제안하고 싶다.

여섯째. 멘토와 같은 안내자가 필요하다.

풍림파마텍과 같이 짧은 기간 안에 스마트팩토리를 구축할 수 있었던 것 중의 하나는 삼성전자의 직원들이 파견돼서 같이 도와준 결과이다. 현재 정부의 코칭 프로그램이 있지만, 이것은 스마트팩토리 구축 시 또는 구축 이후에 관리에 중점을 둔 시스템이다. 스마트팩토리를 구축하려는 중소기업 또는 구축을 주저하는 중소기업을 대상으로 처음부터 회사를 진단하고, 문제점을 파악하며, 스마트팩토리 추진 방향을 잡아주고, 나아가서는 운영하고, 유지하며 더 높은 단계를 구축할 수 있는 안내자가 필요해 보인다.

스마트팩토리는 궁극적으로 고도화를 통해서 4차 산업혁명이 완성될 수 있을 것으로 보인다. 따라서 장기적인 관점에서 스마트팩토리 구축을 계획하고 나가기를 바란다.

4.2 연구의 한계 및 향후 연구 제언

본 연구는 기존 연구를 토대로 하여 사례를 중심으로 스마트팩토리 도입이 경영성과에 긍정적인 효과를 준다고 규명하고자 하였다. 본 연구를 통해서 살펴본 선행연구, 사례, 시사점에도 불구하고 한계점을 지니고 있다. 첫째, 스마트팩토리 도입에 따른 성과를 분석하는 데 있어 사례로 제시한 업체의 표본이 부족하다. 따라서 더욱 많은 기업의 자료를 바탕으로 경영성과를 연구할 필요가 있다.

둘째, 표본의 구체화가 부족하다. 스마트팩토리 구축은 기업의 규모, 사업경력, 업종의 차이가 있을 수 있으며, 그에 따른 성과도 다르게 나타날 것이다. 이런 차이에 따른 경영성과를 제시하지 못한 점도 한계점이다.

셋째, 스마트팩토리 도입과 관련한 정부의 다양한 지원제도가 경영성과에 어떻게 반영되었는지 제시하지 못하였다. 정부의 지원제도와 같은 외부 환경요인의 반영하지 못한 한계가 있다.

넷째, 스마트팩토리의 활용 부분에 있어서는 설비의 자동화 및 업무 프로세스 활용, 스마트팩토리 기반기술의 활용 정도 등 구체성을 좀 더 다양하게 고려하지 않았다는 점 또한 문제점으로 지적할 수 있다.

다섯째, 스마트팩토리 도입 이후 성과를 낸 기업들의 사례를 중심으로만 연구를 진행한 것 또한 문제점으로 지적할 수 있다.

본 연구의 한계점을 보완하기 위해 향후 연구에서는 다음과 같이 제시한다. 첫째, 기업의 규모별 스마트팩토리 도입 시기, 구축 수준, 지역별 특성 등을 반영한 구축 효과를 연구하는 것도 의미 있는 연구가 될 것이다.

둘째, 스마트팩토리 도입 때 외부 환경이 구축 효과에 어떻게 나타나는 살펴보는 것도 필요하다. 특히 정부의 지원제도에 따른 효과를 반영한 영구도 필요하다.

셋째, 스마트팩토리 도입 시 적용된 설비, 업무 프로세스, 기반기술의 반영이 스마트팩토리 구축 효과에 어떠한 영향을 미치는지, 어떤 방법으로 구축하는 것이 더욱 효과적인지 살펴볼 필요가 있다.

넷째, 스마트팩토리 도입에 실패한 기업들에 대한 이유와 원인분석이 필요하다. 이를 통해 더욱 많은 기업이 스마트팩토리 구축에 성공 하기기를 바란다. 끝으로 스마트팩토리를 도입하고 활용하려는 중소기업에 어떠한 영향을 미치는지, 스마트팩토리를 도입하지 않는 기업을 위한 어떠한 방법을 제시하여야 하는지에 대한 심층적인 분석도 고려해야 할 부분으로 보인다.

기업 실정에 맞는 스마트팩토리를 도입하고 적절하게 활용될 수 있는 여건이 조성되도록 하여 스마트팩토리가 안정적으로 보급되고 정착되기를 바란다.

참 고 문 헌

권세인. (2019). "스마트 팩토리 도입의 핵심성공요인과 기업성과에 관한 실증연구-국내 중소 제조기업을 중심으로-". 단국대학교 대학원 박사학위논문.

계중읍, 박상수, 문종덕, 김경훈. (2017). 4차 산업혁명 대응을 위한 지능형로봇 투자 성과 분석, 『로봇과인간』, 제14권 제3호 27-41

곽수환, 서창적.(2010). 제조업과 서비스업의 기술혁신 결정요인 비교, 『한국서비스 경영학회 춘계 학술발표대회』, Vol.2010, No5. 167-188.

글로벌과학기술정책서비스. (2016). 과학기술&ICT정책·기술동향, 『미래창조과학부』, 주요통계69호.

김규판,이형근,김종혁,권혁주. (2017). 주요국의 4차 산업혁명과 한국의 성장전략 : 미국, 독일, 일본을 중심으로, 세종:대외경제정책연구원.

김기웅. (2016). "중소기업의 사물인터넷 수용에 영향을 미치는 요인에 관한 연구- 통합기술수용이론(UTAUT)을 적용하여-". 한세대학교 대학원 박사학위논문.

김민식. (2020). “스마트팩토리의 경쟁우위 창출 메커니즘”. 고려대학교 대학원 박사학위논문.

김민주, 이엽. (2018). 『클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명 THE NEXT』, 서울 : 새로운 현재.

김상문. (2020). “빅데이터기반 중소제조기업의 스마트팩토리 수용의도와 경여성과에 관한 연구실증”. 한성대학교 대학원 석사학위논문.

김상원, 정성준. (2015). 3D 프린팅 기술, 『고분자 과학과 기술』.

김상훈. (2017), 4차 산업혁명: 주요 개념과 사례. 『KIET 산업경제』,

67-80.

김익성. (2018). 독일기업의 4차 산업혁명 성공사례 및 한국기업과 정부에 대한 시사점 -스마트공장을중심으로-. 『고려대학교 미래성장연구소』, 이슈페이퍼 10호.

김재성. (2017). “스마트팩토리 구축을 위한 중소제조공정 빅데이터 분석 적용방안 : 자동차 부품 제조공정을 중심으로”. 충북대학교 대학원 박사학위논문.

김진한, 조진형, 이세제. (2019). 스마트공장 보급이 중소기업 경영에 미치는 영향 요인 분석. 『한국산업경영시스템학회 2019년 추계학술대회 논문집』, 125-133.

김창도. (2017). 중국의 인더스트리4.0과 스마트팩토리 추진 전략. 『POSRI이슈리포트』, Vol.2017, No.4.

김태균. (2021). “중소기업 스마트 팩토리 지원사업의 재무적 성과에 대한 연구”. 건국대학교 대학원 박사학위 논문.

김현규. (2020). 스마트팩토리 실행전략이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구. 『대한경영학회지』, 33, 1475-1492.

김현근. (2014). “R을 이용한 빅데이터 사례 분석”. 호서대학교 대학원 석사학위논문.

김형철. (2014). “중소기업의 성장단계별 재무특성에 관한 연구”. 목포대학교 경영행정대학원 석사학위논문.

나준호, 최드림. (2016). 미국, 독일, 일본의 스마트 팩토리 전략, 『LG경제연구소』.

나형배. (2018). "중소기업 스마트팩토리 구축을 위한 공정/설비 부문 방법론에 대한 연구". 공주대학교 대학원 석사학위논문.

남우정. (2021). “중소제조업 스마트공장 도입 후 효과성에 대한 분석 : 스마트공장에 대한 정량적 평가지표를 중심으로”. 충남대학교 산업

대학원 석사학위 논문.
노상도. (2016). 스마트팩토리와 사이버물리시스템 기술, 『한국통신학회지(정보와 통신)』, 33(11), 3-7.
노영동. (2019). “중소제조기업 최고경영자의 역량이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구”. 한국항공대학교 대학원 박사학위논문.
도승철. (2018). “스마트공장 구축이 기업경영성과에 미치는 영향: 중소제조업 중심으로”. 연세대학교 공학대학원 석사학위 논문.
명상일. (2018). “IoT 기반의 스마트 공장 자동화 관리 시스템 구축에 관한연구". 동명대학교 대학원 박사학위논문
박종식, 강경식. (2017). 스마트팩토리 구축전략과 중소·중견 제조기업의 적용 방안. 『대한안전경영과학학회지』, Vol.19, No.1, 227-236.
박종필. (2017). 인더스트리 4.0시대의 스마트 팩토리 성공 사례 분석: 국내 대・중・소기업을 대상으로, 『한국디지털정책학회』, Vol.15, No.5, 107-115.
박형욱. (2015). 스마트 팩토리와 연관된 생산제조기술 동향. 『한국통신학회지(정보와 통신)』, 24-29.
배병축. (2017). “스마트공장의 기술적 요인이 경영성과에 미치는 영향.: 스마트공장 지원사업 수혜기업을 중심으로”. 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
사공목, 주대영. (2016). 『일본의 4차산업혁명 대응실태와 정책방향-제조업을 중심으로-』, 양평군 : 산업연구원.
서창성, 정신진, 김석찬. (2018). 기업의 생산성 향상을 위한 스마트 팩토리 구축. 『한국통신학회지(정보와 통신)』, Vol.35, No.6, 43-49.
성창용. (2019). 중소 제조업체의 스마트공장 인지정도에 따른 구축 현황 분석. 『한국산학기술학회논문지』, Vol.20, No.9, 182-187.
소병업. (2018). "센서와 가상공정설계를 활용한 스마트 팩토리 구축에

관한 연구". 호서대학교 대학원 박사학위논문.
스마트제조혁신추진단. (2021). 『제조혁신의 중심, 스마트공장 - 스마트공장 지원사업 참여기업 우수사례집』, 서울 : 스마트제조혁신추진단
신동평, 양윤나. (2018). 제조업 혁신주도를 위한 스마트공장 정책현황 분석 및 시사점. KISTEP ISSUE WEEKLY (통권 제250호).
LS산전.(2016). 2015-2016 LS산전 지속가능경영보고서.
오주환. (2019). “스마트 팩토리의 전략적 활용 연구: 구축 목적 및 내용이 지속적 사용의도에 미치는 영향”. 충북대학교 대학원 박사학위논문.
유영난. (2016). "스마트 제조를 위한 빅데이터 기술수준 분석 -텍스트마이닝 기법을 활용한 국내특허동향 조사에 대하여-". 연세대학교 대학원 석사학위논문.
이록,김채수. (2020). 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향. 『벤처창업연구』, Vol.15, No.3, 51-52
이상철,강수진. (2020). 스마트 공장 지원사업이 재무성과에 미치는 영향. 『국가미래기술경영연구소』, P37-49.
이승주. (2018). 4차 산업혁명과 일본의 국가전략. 『세계정치』, Vol. 28, No.2018, 137-171
이유미. (2017). "스마트 팩토리 구축을 위한 빅데이터 시스템 연구". 한국항공대학교 대학원 석사학위논문.
이은지, 조철호. (2021). 빅데이터 분석을 활용한 스마트팩토리 연구 동향 분석, 『품질경영학회지』, Vol.49 No.4 551-567
장세권. (2021). “스마트공장 제조데이터의 운영이 중소기업 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구”. 경희대학교 테크노경영대학원 석사학위논문.

장윤종, 사공목, 이상현, 김상훈. (2016). 주요 제조 강국의 4차산업혁명 추진동향 연구. 『미래사회협동연구총서』 P16-33.

장필성. (2016). 2016 다보스포럼 : 다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은?. 『과학기술정책』, Vol.-No.211, 12-15.

정병주. (2017). "스마트공장의 도입이 기업성과와 직무만족에 미치는 영향에 관한 연구 -국내 기업의 스마트공장 도입 사례 중심으로-". 경희대학교 대학원 석사학위논문.

정분도,홍미선.(2018). 4차 산업혁명의 주요국 현황 비교에 따른 활성화 방안에 관한 연구. 『e-비지니스 연구』, Vol.19, No.3, 117-131.

조용주. (2016). 『중소중견 제조기업의 스마트 팩토리 구축을 위한 제언』, 서울 : 한국무역협회.

정은미. (2017). 『4차 산업혁명이 한국 제조업에 미치는 영향과 시사점』, 세종 : 산업연구원 (KIET) 산업경쟁력연구본부.

진성옥,서영욱. (2019). 중소기업에서 Smart Factory의 핵심요인인 생산자동화와 운영·자원관리 시스템이 경영성과에 미치는 영향. 『한국기술혁신학회』, Vol.2019, No.5

천우림. (2019). "인공지능을 활용한 스마트 팩토리 구축 사례 및 전략 연구". 남서울대학교 복지경영대학원 석사학위논문.

최윤혁. (2019). "스마트 팩토리 구축을 통한 중소 제조업의 품질경영 연구". 고려대학교 기술경영전문대학원 석사학위논문.

클라우스 슈밥.(2016). "클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명", 새로운북스(메가북스).

황정선. (2021). "스마트공장 도입기업의 경영환경이 경영성과에 미치는 영향 연구 -기술수용모델을 기반으로-". 경기대학교 대학원 박사학위 논문.

https://www.industrynews.co.kr

Baloutsos, S., Karagiannaki, A., Mourtos, I. (2020). Business Model Generation for Industry 4.0: A “Lean Startup” Approach. The International Technology Management Review Vol.9, No.1, 34-45.

BMBF. (2013). Securing the future of German Manufacturing Industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group.

Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J. & Sarli, M.(2012), 「Smart Manufacturing, Intelligence and Demand-dynamic Performance」,Computers & Chemical Engineering, 47, pp 145-156.

Min Xu, Jeanne M. David, Suk Hi Kim (2018), The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges, International journal of financial research, 9(2), 90-95

ABSTRACT

A Study on the Cases of Smart Factories by SMEs and on Their Business Performance

Kim Gi-won

Majored in Smart Convergence Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

Graduate School of Knowledge Service Consulting Hansung University

The COVID-19 virus that was first reported in China in November 2019 has not only changed society, but has also accelerated a paradigm shift in the manufacturing processes of the manufacturing business. Therefore, the spread of a new non-face-to-face working environment among companies preparing for the post-COVID-19 era or in offices or production fields is leading to a great interest in the introduction and construction of smart factories. In other words, people continue to make

efforts to achieve the construction of a more efficient work environment by improving the production process or working environment through the use of big data, AI, robotics, IoT, cyber physical system, etc. This is because the core technologies that connect the 4th industries, such as 5G Internet, mobile, etc., have developed dramatically, resulting in an increase in the covergence between industries and in productivity by smart factories. So, the gap in productivity between companies that have introduced smart factories and those that have not has no choice but to get bigger and bigger.

In securing the competitiveness of SMEs, innovation is essential, which is the rapid introduction and application of smart factories through the 4th Industrial Revolution. However, SMEs seem to be struggling with the introduction of smart factories due to the lack of various factors such as manpower, funds, facilities, knowledge, etc.

This study focused on supporting SMEs to achieve the rapid introduction of smart factories by reviewing both the cases of the smart factories by the SMEs and previous studies on the introduction of the smart factories and the business performance of the SMEs, thereby reaching a conclusion that the introduction of the smart factories helps to improve the competitiveness of the SMEs.

The findings of the study have the following implications. In order to construct smart factories, the current location of companies needs to be accurately identified. In other words, there is no doubt that it can achieve a certain effect only under the premise of setting a purpose proper to companies, examining weaknesses and shortcomings to achieve that purpose, and then constructing a system accordingly. Second, the will of the CEO is important. This is because the construction of smart factories is new for employees, and their work will be overloaded with duties while constructing them. Therefore, the CEO needs to share with all employees

the bond of sympathy that the company should construct smart factories for the future, as well as to have the will to lead them. Third, smart factories should be introduced quickly, but be viewed from a long-term perspective. Regarding smart factories, the government has been pushing forward with the goal of distributing 30,000 smart factories by 2022 after starting its pilot project in 2014, but many companies have been failing to introduce them. One of the most common reasons is because they spend a lot of time constructing smart factories due to overdesign without being aware of the company's circumstances. In addition, after the smart factories are constructed, there may be some problems such as system instability, lack of operational manpower, absence of education on the system, difficulties in application, etc. Improvements in education, manpower, etc. should be made in the long term for the successful construction of smart factories. Fourth, smart factories should aim for step-by-step construction. Smart factories that remain in the basic stage are the same as the process in which all data are converted into data. Automation will be achieved along with the grafting of the basic technology in the 4th Industrial Revolution as the level increases, which will be a way to overcome the technological gap with leading countries and to increase competitiveness. Therefore, it is desirable to plan and proceed with the construction of smart factories from a long-term perspective.

【Key Words】 Smart factory, Business performance, 4th Industrial Revolution, Basic technology