

뿌리업종 중견중소기업의 설비 AI 플랫폼 구축에 관한 사례연구*

이병구** · 문태수***

〈 목 차 〉	
I. 서론	IV. 사례연구의 분석과 토론
II. 이론적 배경	4.1 사례연구의 종합분석
2.1 스마트공장의 개념	4.2 사례연구 결과의 토론
2.2 POSCO 등대공장	V. 결 론
2.3 스마트팩토리 프레임워크	참고문헌
III. 사례연구	<Abstract>
3.1 아진산업 사례	
3.2 한주라이트메탈 사례	
3.2 대창공업 사례	

I. 서론

4차 산업혁명의 도래와 함께 혁신적인 ICT 기술의 발전이 제조기업의 스마트공장과 설비 관리 환경을 새롭게 변화시키고 있다. 특히 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 인공지능(AI)과 같은 새로운 ICT기술이 기존 제조환경과의 융합을 통하여 공장의 경쟁력을 제고하고 있다. 금형, 주조, 열처리 등의 뿌리업종에 속한 기업들은 설비관리 업무에 대한 디지털 혁신이 절실하다. AI 및 빅데이터를 활용한 어플리케이션으로 디지털 기술을 활용한 설비관리시스템을 구축하고, 조업 중의 품질이상 감지, 설비고장 예지 등을 구현하여 효율적인 수리 및 보전을 구현함으로써 고신뢰 설비운용 및 생산을 통해 공정 결함을 사전 예측하고 최적의 제어가 가능한 솔루션을 활용하는 디지털 전환의 적극적인 추진이 필요하다 (유기성, 문영민, 2020). 많은 중소기업은 스마트팩토리의 구축을 원하고 있지만 추진 예산이 부족하거나 ICT 전문가가 부족하여 설비AI 플랫폼 서비스를 도입하는 것이 어려운 상황에 있다. 뿌리업종은

선으로 디지털 기술을 활용한 설비관리시스템을 구축하고, 조업 중의 품질이상 감지, 설비고장 예지 등을 구현하여 효율적인 수리 및 보전을 구현함으로써 고신뢰 설비운용 및 생산을 통해 공정 결함을 사전 예측하고 최적의 제어가 가능한 솔루션을 활용하는 디지털 전환의 적극적인 추진이 필요하다 (유기성, 문영민, 2020). 많은 중소기업은 스마트팩토리의 구축을 원하고 있지만 추진 예산이 부족하거나 ICT 전문가가 부족하여 설비AI 플랫폼 서비스를 도입하는 것이 어려운 상황에 있다. 뿌리업종은

* 이 논문은 이병구의 경영학 석사학위 논문 중 일부를 발췌하여 확장한 논문임
** 동국대학교 경영대학원 경영학석사, lbk1130@daum.net (주저자)
*** 동국대학교 경영학부 교수, tsmoon@dongguk.ac.kr (교신저자)

2021년 기준 약3만개로 국내 제조업의 8%를 차지하고 있으며, 인건비 상승과 수익구조 면에서 기업 경쟁력이 열약해지고 있으며, 투자여력 상실로 스마트화 수준이 7%에 불과하다 (중소기업기술정보진흥원, 2021).

설비 분야의 AI 플랫폼은 사물인터넷을 기반으로 현장의 데이터를 실시간으로 수집하고 클라우드에 저장하며, 데이터의 축적을 통해 인공지능 알고리즘을 이용하여 설비 상태를 모니터링하며 설비의 진동 데이터를 분석하여 비정상적인 진동 패턴을 감지하거나, 온도와 습도 데이터를 분석하여 이상한 상승 또는 감소를 탐지할 수 있다. 이를 통해 설비의 고장 가능성을 예측하고, 효율적인 수리 및 보전 계획을 수립할 수 있다. 또한, AI 플랫폼은 데이터를 기반으로 효율적인 수리 및 보전 전략을 수립하고 설비의 특정 부품이 주기적으로 고장 나는 상황이 있는 경우, AI 플랫폼은 해당 부품의 교체 주기를 최적화하고 예상 수명을 예측하여 비용을 절감할 수 있다. 따라서, 중소기업들은 이를 활용하여 스마트팩토리를 구축하고 경쟁력을 확보하는데 큰 도움이 된다.

기존의 연구결과를 정리해보면, 스마트공장의 방향설정과 프레임워크 (최무진, 박종필, 2017; 박동진 등, 2020; 박진성 등, 2021; 송기형 등, 2020), 수준진단 및 측정 (김현득 등, 2019; 서관중 등, 2022), 설비예지보전 기술과 시스템 도입 (김근형 등, 2022; 유기성, 문영민, 2020; 허덕행 등, 2021) 등에 관한 연구가 대부분이며, 실증적인 연구는 많지 않다. 스마트공장과 AI 플랫폼 서비스의 활용은 대단히 중요한 연계방안이다. 대기업의 경우에는 자원이 풍부하여 스마트공장 구축을 위한 예산 투입과

전문가 활용이 비교적 용이하나, 중소기업의 경우에는 투입 예산과 전문가의 확보가 어렵다고 할 수 있다. 따라서 중소기업의 설비관리 현황을 면밀히 검토하고 분석하여 산업별, 업종별, 기업의 특성 등 현장에 적합한 방향으로 추진되어야 한다. 또한 스마트공장 구축을 검토 중인 기업은 자사의 객관적인 현 수준 파악과 진단을 실시하여 이를 기반으로 스마트공장 구축을 위한 방향 설정 및 전략 수립이 요구된다. 최근 중소기업의 스마트공장 구축과 관련해서 구축 현황 및 수준진단 평가 (김현득 등, 2019), 스마트공장 시뮬레이션 연구 (박진성 등, 2021), 스마트공장 성과연구 (최영환, 최상현, 2017; 서관중 등, 2022; 전대홍, 구일섭, 2021) 등의 다양한 선행연구들이 진행되었으나, 특정 산업에 편중되거나 스마트공장 구축과 관련한 단순화된 모형을 통해 분석하고 연구하였다. 본 연구는 뿌리업종 중견중소기업의 스마트공장 구축과 관련하여 자체적인 시스템 구축 및 활용이 어려운 경우, 설비AI 플랫폼 서비스를 이용하여 스마트공장의 구현하는 방안에 대해 사례연구를 통해 실질적인 조직성과에 미치는 영향을 분석하고 전략적 실행방안을 제안하고자 한다.

스마트팩토리는 제조공정에 있는 모든 설비에 부착된 사물인터넷(IOT)를 이용하여 부품 생산과 품질 등의 정보가 포함되어 클라우드 데이터베이스에 저장하고, 빅데이터 기반의 인공지능 기법을 활용하여 설비의 고장진단 및 예지보전을 수행함으로써 기업의 효율을 극대화하여 품질, 생산성 향상 및 무인화를 구현할 수 있게 한다. 최근 KT, SKT, LG U+ 등의 정보통신기업들이 스마트팩토리 솔루션을 개발

하고 사업화하여 중견중소기업에서 활용하고 있다. 하지만 공장 설비환경과 매치되기 어렵거나, 비용투자 대비 성능이 낮고, 사용자들의 플랫폼 운영 미숙, 유지관리의 문제점 발생 등으로 중소기업들이 운영하는 데에 한계가 있다 (박진성 등, 2021; 서판중 등, 2022). 본 연구는 뿌리업종인 금형, 주조, 기계부품 등을 제조하는 중견중소기업에서 구축한 스마트팩토리의 AI 플랫폼 구축과 활용을 연구대상으로 하며, 국내 스마트팩토리 추진 사례연구를 통하여 설비 AI 플랫폼의 이용에 대한 필요성과 연구방향을 제시하고자 한다. 특히 국내 중소기업이 설비 AI 플랫폼 서비스를 활용하기 위한 실용적 대안을 찾아 실행방안을 제안하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 스마트공장의 개념

스마트공장은 독일 정부의 Industry 4.0 체계를 통해 구현하는 개념으로 “사물인터넷(IoT)에 의한 소재, 제품, 기기의 지능화를 통하여 과거의 경직된 중앙집중식 생산체계 Industry 3.0에서 모듈 단위의 유연한 분산·자율제어 생산체계인 Industry 4.0 구축을 통해 제조공장의 모든 요소를 완전 자동화하고 최적화하는 것”으로 정의하고 있다. 독일 인공지능연구센터(DFKI)는 “스마트 사물인터넷 기술을 기반으로, 모든 프로세스가 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 공장”으로 스마트공장의 개념을 정의하고 있다. 한국 산업통상자원부는 “설계·개발, 제조, 유통·물류 등 생산 전체 과정에 디지털 자동화 솔루션이 결합된 선진적 ICT

를 적용하여 생산성, 품질, 고객만족도를 향상시키는 지능형 유연생산공장”이라고 정의하고 있다. 한국 중소벤처기업부는 “새로운 생산시스템과 통합 기업 업무 시스템을 정보통신기술과 융합, 제조업의 개방형 혁신을 통해 새로운 가치를 창출해 내는 공장”이라고 정의하고 있다 (서판중 등, 2022). 한국표준협회에서는 스마트공장을 “전통 제조산업에 ICT를 결합하여 제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 과정을 ICT기술로 통합하여 최소비용과 시간으로 고객맞춤형 제품 생산을 지향하는 공장으로, 생산성 향상, 에너지 절감, 인간중심의 작업환경이 구현되고, 개인맞춤형 제조, 융합 등 새로운 제조환경에 능동적 대응이 가능한 공장”으로 정의하고 있다(국가기술표준원, 2016). 중소기업기술정보진흥원 스마트제조혁신추진단(KOSMO, 2019)의 스마트공장 정의는 “제품의 기획부터 판매까지 모든 생산과정을 ICT 기술로 통합해 최소비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장으로 비즈니스 가치 사슬 전반에 지능화 수준을 의미한다.”라고 정의하고 있다. 중소기업중앙회(2020) 발표에 따르면 “새로운 생산 시스템(디지털 제조 등)과 통합 기업 업무 시스템을 정보통신기술과 융합하여 제조업의 개방형 혁신을 통해 새로운 가치를 창출해 내는 공장”으로 정의하고 있다.

스마트공장의 개념은 관점에 따라 서로 달리 정의하고 있지만 ICT 기술을 융합한 자동화, 유연한 생산체계를 지향하는 포괄적인 관점을 지니고 있다. 본 연구는 “다양한 고객의 수요에 신속하고 유연하게 대응하기 위해 제조 전반에 걸쳐 사물인터넷(IOT)을 기반으로 실시간으로

데이터를 수집하고 클라우드 기반의 데이터 저장 및 빅데이터 분석체계를 통해 인공지능을 활용하여 제품생산 능력과 품질 향상 등 제조환경 개선을 통해 새로운 가치를 제공하는 제조환경”으로 정의하고자 한다.


2.2 POSCO 등대공장

스마트공장과 관련한 대표적인 국내 사례로 POSCO 사례를 제안할 수 있다. 4차 산업혁명이 제안된 2016년도에 천재 바둑기사 이세돌과 대결한 인공지능 바둑기사 알파고의 사례를 통해 딥러닝에 관한 관심이 높아졌다. 국내 대표적인 철강기업 POSCO는 2016년 하반기부터 딥러닝을 활용하여 포항제철소 2고로의 스마트공장을 본격적으로 추진하였다 (포스코, 2020). 스마트공장 도입 이전에는 쇳물의 온도를 확인하기 위해 직원이 2시간마다 접촉식 온도계를 사용하여 온도를 측정했다. 스마트공장 도입 이후에는 원료(철광석 입도)뿐만 아니라 결과물

에 30개의 고화질 카메라와 수백 개의 사물인터넷 센서, 2과장 온도계가 내부 온도를 실시간으로 측정하여 알려준다. 스마트공장에 수집된 다양한 데이터는 딥러닝 알고리즘을 통해 온도변화를 예측할수 있게 되고, 이를 통해 미리 제어할 수 있도록 하였다. 이런 노력에 힘입어 중국 다롄에서 열린 2019년 다보스포럼에서 전세계 제조업의 미래를 선도할 26개의 등대공장 중 하나로 선정되었고, 국내기업 최초의 등대공장이 되었다. 등대공장으로 선정되면 세계경제포럼(WEF)에서 관리하는 등대공장 협력 네트워크에 참여할 수 있는 자격이 주어져 세계 스마트팩토리 기술을 선도하고 서로간 경험을 공유하여 제조업의 스마트화를 더욱 고도화할 수 있다. 2019년 26개의 등대공장 네트워크가 2022년말 현재 132개의 등대공장 네트워크로 확장되었다 (WEF, 2022).

POSCO 스마트제철소의 기원은 2015년부터 시작되었고, 광양제철소 후판공장에 사물인터넷을 통해 실시간 자료수집 환경을 갖추고 빅

POSCO 등대공장의 프로세스					
생산계획	제선	제강	연주	압연	도금
더 빠른 주문을 점검할 경우	노환의 상황을 실시간으로 체크	취련단계의 정보 연계는?	모든 소재의 선택적 검사 상황	편차 없이 균일한 압연상황	아연도금의 코팅 경제성 분석
부하 강종의 최적 설계 방법은?	노환의 정확한 온도 유지 체크	목표 온도를 정확히 맞출 경우	연주공정의 실시간 현황	압연공정에서 상황적 판단	아연도금 공정의 실시간 현황

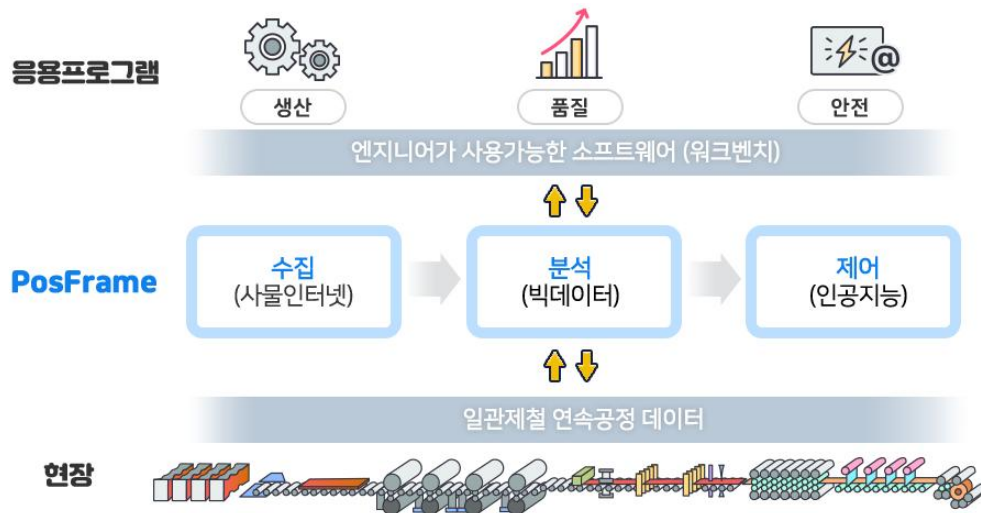


<그림 1> 포스코 등대공장의 프로세스
 인 쇳물 온도도 실시간으로 확인할 수 있도록 데이터를 포함한 ICT 신기술을 도입해 시범적 구현하였다. 최근까지 고도화 작업을 통해 고로
 으로 스마트팩토리를 추진하여 POSCO 고유의

스마트 AI 플랫폼인 포스프레임(PosFrame)을 만들었다. PosFrame을 통해 2016년부터 POSCO 전직원은 인공지능, 빅데이터를 활용할 수 있는 기반을 갖추었으며, 2017년에는 전직원 대상 스마트 기술교육을 실시하였다. 누구나 쉽게 사용가능한 워크벤치를 통해 현장 엔지니어들이 자신의 노하우와 데이터를 결합시켜 제조 공정에서 적용할 수 있는 자동화모델

을 개발하는 것이다.

PosFrame 기반의 POSCO 스마트공장 조직 성과는 IOT센서로 실시간 온도 측정, 머신비전을 통한 자료수집, 온도 예측, 생산성과 비용 측정 등을 자동화하는 기반을 갖추었으며, 그 성과로 생산량이 5% 증가, 비용이 4% 절감되는 효과를 보았다.



<그림 2> 포스코 등대공장의 프로세스

<표 1> 포스코 스마트공장 도입에 따른 변화

구분	AS-IS	TO-BE
현장상태 분석	<ul style="list-style-type: none"> 철광석 등 직원이 1일 3회 표본 검사 	<ul style="list-style-type: none"> 머신 비전을 통해 이미지 데이터화
온도확인	<ul style="list-style-type: none"> 직원이 2시간마다 온도 측정 	<ul style="list-style-type: none"> 고로에 붙어 있는 IoT센서로 실시간 온도 측정
연료 예측	<ul style="list-style-type: none"> 코크스 등 연료 및 비용 예측 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> AI가 1시간 후 쇳물 온도 예측 쇳물 온도를 1500도 이상으로 유지 하기 위해 필요한 코크스의 양 계산
결과	<ul style="list-style-type: none"> 쇳물 생산량 전년대비 5%증가, 연료 비용 4% 절감 	

2.3 스마트팩토리 프레임워크

스마트공장의 중요성과 필요성은 지속적으로 상승하고 있으나 국내 중소기업은 대기업에 비해 물적·인적 자원이 열악하여 자체적인 스마트공장 추진에는 그 한계가 있다. 이에 정부는 스마트제조혁신 지원을 통해 중소기업의 스마트공장, 스마트화를 추진하고 있다. 중소기업 기술정보진흥원의 스마트제조혁신추진단은 국내 기업의 환경을 고려하여 스마트공장의 수준을 ICT미적용, 기초, 중간1, 중간2, 고도화 등의 5단계로 구분하고 현장자동화, 공장운영, 기업자원관리, 제품개발, 공급사슬관리 등의 5개 영역에 5개 수준으로 평가하는 모형을 제안하였다. 각 수준별 5개 영역의 수준측정 평가항목은 <표 2>와 같다.

또한 스마트제조혁신추진단은 스마트공장 수준 진단 평가 항목을 개발하였다. 스마트공장 수준 진단 평가는 리더십과 전략, 제품개발, 생

산계획, 공정관리, 품질관리, 설비관리, 물류운영, 정보시스템, 설비자동화, 성과 등 총 10개 영역으로 구성되어 있다. 중소기업기술정보진흥원의 스마트공장 수준 진단 10가지 영역에 대한 총 44개 진단 항목으로 구성되어 있다. 추진전략의 리더십과 전략은 리더십, 전략 및 추진계획, 조직 및 역량 관리, 성과지표 관리의 4개 항목으로 구성되어 있으며, 각 영역 별 진단 항목은 서판중 등(2022)에 제시되어 있어 참고할 수 있다. 평가 결과에 따라 각 항목은 미적용 수준인 Level 0에서부터 세계 최고수준의 Level 5의 5가지 수준으로 평가된다. 최영환과 최상현(2017)은 스마트공장 시스템 구축에 있어 최고경영자의 의지와 스마트공장 구축과의 관련성을 연구하여 최고경영자 리더십은 스마트공장 구축에 정의 영향을 미친다고 하였다. Kiron et al.(2016)과 Odważny et al.(2018)의 연구에서 스마트공장의 성공적 구축을 위해 최고경영자의 확고한 리더십이 필요하며, 리더십

<표 2> 국내 스마트공장 수준측정 프레임워크

구분	현장자동화	공장운영	기업자원관리	제품개발	공급사슬관리
고도 (Level 5)	IoT/IIoS기반의 CPS화				인터넷 공간의 비즈니스 CPS네트워크 협업
	IoT/IIoS화	IoT/IIoS 모듈화 빅데이터 기반 진단 및 운영			
중간2 (Level 4)	설비제어 자동화	설비제어 자동화	실시간 공장제어	시뮬레이션과 프로세스자동화	다품종 개발 협업
중간1 (Level 3)	설비데이터 자동집계	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기술정보 생성 자동화 협업	다품종 생산 협업
기초 (Level 2)	실적집계 자동화	실적집계 자동화	공정물류관리 (POP)	서버를 통한 기술/납기관리	단일 모기업 의존
기초 (Level 1)	실적 모니터링	실적 모니터링	공장내 모니터링	생산정보의 모니터링	센서 기반
ICT미적용 (Level 0)	수작업	수작업	수작업	수작업	전화, 이메일 협업

* 출처 : 중소기업기술정보진흥원 (스마트제조혁신추진단)

기반으로 스마트공장 구축에 대한 비전과 전략, 계획 수립이 중요하다는 점을 강조하였다.

Romero and Vernadat(2016), Ball et al. (2017)은 4차 산업혁명으로 정보통신기술과 정보시스템 기술의 진전에 따라 MES, SCM, ERP, PLM, CRM의 구현 필요성을 강조하였고, Mittal et al.(2019)은 스마트공장 구축과 관련하여 PLM, SCM, MES, ERP 시스템의 운영과 활용을 강조하였다. Hermann et al.(2016) 연구는 정보시스템을 통해 기계·설비의 자율성을 추구하고 프로세스의 최적 관리를 통해 지능화 프로세스의 자율운영 개념을 강조하였다. 김현득 등(2019)은 국내 제조업체 스마트공장 평가 모형 개발 및 수준 평가연구를 통해 CEO의 스마트공장 추진의지, 스마트공장 전담인력 확보, 생산·품질정보 및 표준체계의 수립이 중요하다는 결과를 제시하였다. 선행연구들은 스마트공장 도입에 필요한 중요 요인 제시와 기업 성과와의 영향을 체계적으로 제시하지 못한 한계점이 있다. 따라서 본 연구는 기존 개념적 접근과 기술적 접근에서 벗어나 국내에서 개발된 스마트공장의 사례를 자세한 수준에서 분석하고 진단하는 실증연구를 시도하고자 한다.

III. 사례연구

3.1 아진산업 사례

아진산업(www.wamc.co.kr)은 1978년 5월 설립되어 주요사업으로 자동차 부품, 산업기계용, 농공기계용, 치공구 제조 및 판매사업을 수행하고 있다. 동사는 차량 충돌 시 충격 전달을

최소화하는 자동차 차체 보강 패널류(PNL ASSY F/APRON I/O COMPL 등)를 생산하고 있다. OEM 방식으로 완성차업체인 현대자동차(HMC)에 납품하고 있으며, 매출 다변화를 위하여 독일 부품업체와 협력을 통해 중국 현지법인에서 도어모듈을 자체 생산하고 있다. 글로벌 경쟁력의 강화를 위해 2024년까지 미국 조지아주에 4천400억원을 투자해 전기차 부품 공장을 짓고 전 공장라인에 첨단 자동화 시스템을 구축하고 있다. 2021년부터 본사 공장에 정부가 지원하는 스마트팩토리 사업을 진행하였으며, 현재까지 용접 부품의 유인 제작에서 3D 머신비전을 활용하여 비정렬 제품을 공급하는 시스템 무인화에 추진하여 유사공정으로 확산하는 사업을 진행 중이다.

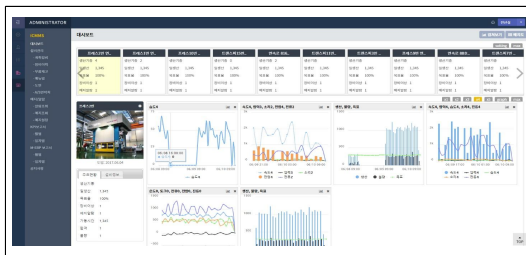
아진산업은 수요예측시스템(APS)이 적용된 유연생산시스템을 운영하여 왔는데, APS는 주문부터 생산계획, 자재 발주까지 자동으로 연결되는 유연생산방식이다. 2016년부터 약 4년간 50억 이상을 투자해 단계적으로 스마트공장을 구축하여 왔다. 2021년 9월부터 용접제품 시스템 무인화에 성공하여 불량율은 2% 감소하는 효과를 거두었으며, 스마트 팩토리 구현을 통해 효율적인 인원 배치를 하고, 작업장의 위험요소를 실시간으로 파악해 안전한 생산 환경을 구현하고, 품질 결함요인을 파악해 불량률 최소화를 실현하고 있다. 아진산업은 ICT와 자동화 기술을 융합함으로써 효율적인 생산을 통해 기업이익과 생산효율을 비약적으로 높인 사례라고 할 수 있다.

스마트팩토리는 한 라인에서 여러 모델을 제조하는 혼류생산에서 강점을 보여, 특정 모델을 생산하다 다른 모델로 생산방식을 전환하는데

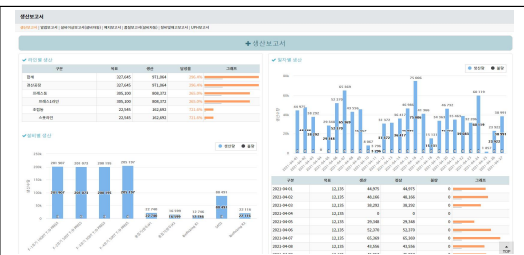
사람은 1분 내외가 소요되는 반면, 스마트팩토리 설비는 제품을 인식하고 3초 만에 알맞은 부품을 찾아 공급한다. 아진산업은 2015년에는 World Class 300기업에 선정된 바 있으며 4차 산업혁명 트렌드에 맞춰 미래의 성공을 위해 ICT 융합 연결로 대표되는 사업을 확대하고 있으며 모든 공정에 확대 적용하여 완전한 스마트팩토리 구축을 목표로 하고 있다. 아진산업은 스마트팩토리 분야에서 지속적으로 투자하게 된 배경에는 CEO의 확고한 의지와 제조공정의 기술역량을 강화하기 위한 노력 때문으로 [중간 1]와 [중간 2] 단계 수준의 스마트공장을 구

축하였다.

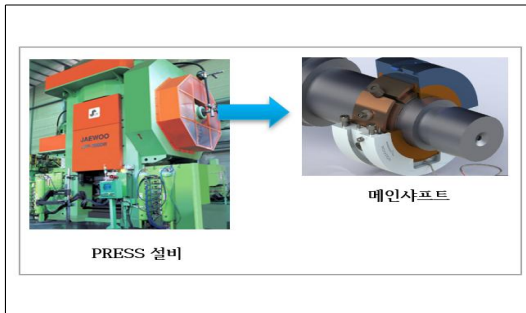
<그림 3-1-1>은 IoT를 통해 생산설비에서 현장 Data를 직접 수집하여 각종 수집된 정보를 표현하고 있다. <그림 3-1-2>는 설비통합관리 화면으로 각종 성과지표를 표현하고 예지정보를 사용자에게 전달한다. <그림 3-1-3>은 프레스 설비의 메인소프트에 문제가 발생한 경우 보여주는 화면이며, <그림 3-1-4>는 프레스 설비의 메탈온도를 보여주고 있다. 부품관리가 안 될 경우 메인소프트를 감싸고 있는 부시가 녹아 내려면서 장기간 비가동을 발생할 수 있으며, 설비예지보전이 안된 상태에서 메인소프트



<그림 3-1-1> 아진산업 설비관리 화면



<그림 3-1-2> 아진산업 설비관리 KPI



<그림 3-1-3> 아진산업 프레스 설비



<그림 3-1-4> 설비 SI 플랫폼 화면

<표 3> 아진산업의 스마트팩토리 성과

No	분야	핵심성과지표 (KPI)	단위	기존 (구축 전)	목표 (구축 후)	가중치 (100%)	비 고
1	P	시간당생산량	UPH	670	690	0.5	생산량
2	Q	불량/hr	개수	3	0.5	0.5	생산불량

가 마모되면 교체로 이어지게 되며 생산량이 저하되고 납품 문제가 발생할 수 있다. 프레스의 메인 샤프트에 문제가 발생할 경우 교체시기가 대략 20일~25일 이상 소요되며 매출 하락과 납품 지연 문제로 고객의 신뢰를 잃을 수 있기 때문에 중요하게 관리해야 한다. 이러한 장시간의 비가동 상황은 궁극적으로 비용 발생과 생산성 하락, 수익감소의 주요 원인이 된다. 부품제조업종의 프레스 설비관리는 담당인력 부족, 야날로그 관리방식으로는 한계가 있다.

설비 AI 플랫폼을 활용할 경우, 설비의 사전 예지보전이 가능하여 비가동으로 발생하는 손실을 막고 기업의 이익을 극대화하고 고용 확대로 연결된다. 아진산업의 스마트팩토리 성과는 시간당 생산량이 2% 향상하였고, 불량갯수가 시간당 3개에서 0.5개로 상당히 개선되었다. 설비 AI 플랫폼은 온도뿐만 아니라 설비의 진동, 습도 등의 데이터를 수집하기 위해 IoT 센서를 설치하고, 초단위로 수집된 데이터를 기반으로 Cloud 기반의 데이터로 축적하여, 기계 학습 알고리즘과 딥러닝 기술을 활용하여 설비의 이상 징후를 사전에 파악하고, 정확한 예측을 수행하며 효율적인 수리 및 보전을 위한 대응 전략을 수립하는 등의 중요한 의사결정을 지원할 수 있다. 따라서, 중소기업들은 이를 활용하여 스마트팩토리를 구축하고 경쟁력을 확보하는 데 큰 도움이 된다.

3.2 한주라이트메탈 사례

한주라이트메탈(hanjoolightmetal.com)은 1987년에 설립된 제조업체이며, 한국경금속에서 1995년 한주금속으로 상호를 변경한 이후,

알루미늄을 원재료로 하여 자동차 엔진 부품과 알루미늄 휠을 전문적으로 생산하는 자동차 부품 제조기업이다. 1988년 현대자동차와 엔진부품 공급 계약을 맺고 납품하기 시작하여 1990년에는 국내 최초로 DOHC 엔진 흡기 기관을 국산화 하며 알루미늄 주조물 사업으로 진출하였다. 끊임없는 기술개발과 뛰어난 품질로 1994년 유망 중소기업 우수상을 수상했고 삼성 자동차의 1차 벤더로 등록되어있으며 엔진 및 사시 부품을 해외로 수출하기 시작하여 2015년 7000만불 수출탑, 2016년 철탑산업 훈장을 수상하였다.

2016년에는 2010년부터 개발해온 전자기교 반고압주조 기술을 활용하여 세계 최초로 알루미늄 너클/캐리어를 승용 및 SUV 차량에 적용시켰고, 이 실적을 바탕으로 월드클래스 300 기업으로 기술력을 인정받아 글로벌 강소기업으로 선정되었다. 2023년 2월에는 코스닥에 상장하고 사명을 한주금속에서 한주라이트메탈로 변경하였다. 스마트팩토리 구축에 적극적으로 대응하고 있는 한주라이트메탈은 일반적인 생산조립공정과는 달리 고온 알루미늄을 24시간 관리하여 주조설비에서 주조하기 때문에 IoT를 부착하지 못하고 설비공정 연결이 어려워 스마트팩토리의 핵심기술인 IoT 기술 적용이 어려운 특징이 있었다.

한주라이트메탈(주)은 스마트팩토리 고도화 사업을 통해 MES 주조공정부터 제품단위 공정 이력 실시간 추적을 통한 불량품 분석시간 축소로 통해 불량률을 개선하고 생산되는 주조공정의 고온 제품을 레이저 각인 시스템을 통하여 제품의 문자열 각인을 수행함으로써 공정 이력 추적을 가능하게 하고, X-ray 검사 공정 AI

판독과 로봇에 의한 협업으로 공정시간 단축과 정확도, 신뢰성을 향상하였다. 또한 설비 AI 플랫폼인 iCMMS-ING 시스템을 도입하여 설비 고장에 의한 Line Stop을 감소하고 설비가동율 향상과 생산량 증대, 생산설비 유기적 연결 등을 수행하였다. 2022년에는 데이터 수집 이후 설비 인공지능(AI)을 통해 검사공정의 신뢰도 향상 작업을 수행하였다.

알루미늄 주조제품 특성상 온도, 압력, 재료, 설비 컨디션 등의 품질 영향요인에 대한 관리가 중요하다. 현재 X-ray 검사장비에서 작업인원이 일일이 육안검사를 통해 품질검사를 하고 있었으나 스마트팩토리 고도화사업을 통해 AI Deep Learning 솔루션을 적용하여 작업자의 노동 부하를 감소하고 검사공정 인원도 재배치되었다. 스마트 팩토리 구축 이전에는 작업자가

소재 이미지를 직접 전수검사를 하였으나 스마트팩토리 고도화 이후 훈련 학습 이미지 2,500장을 사용하여 소재검사를 AI Deep Learning으로 대체하였으며 2023년 1월까지 95% 신뢰도를 달성하였다. 고도화 과정에서 생산 데이터를 IoT로 수집 및 저장하고, 고급 데이터 분석 기술과 인공지능 기술을 적용하여 품질 예측, 설비고장 예지모형을 만들어 알루미늄 고유의 경쟁력을 높일 수 있는 스마트팩토리 플랫폼을 구현한 것이다.

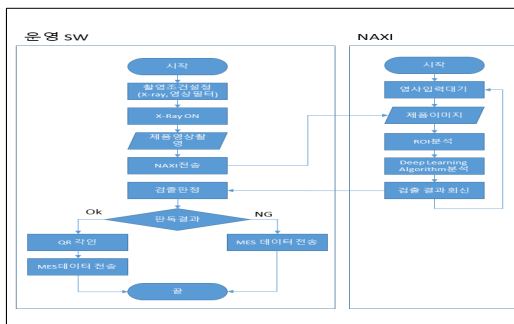
2022년 하반기부터 딥러닝을 활용해 저압 주조 1~4호기 생산라인을 스마트화 추진한 결과, 과거에는 작업자의 경험 데이터에 의존했지만, 고열에 견딜 수 있는 소재 레이저마킹기를 통해 실시간으로 축적된 데이터를 이용해 불량원인을 추적하고 분석할 수 있게 되었다. 2022년



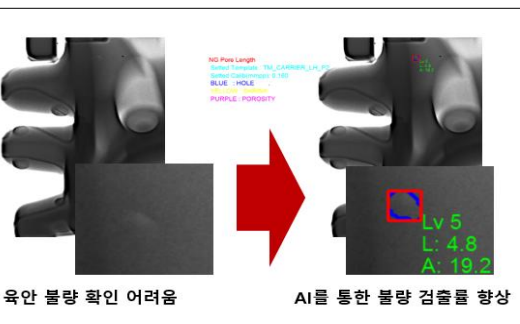
<그림 3-2-1> 공정간 작업정보 전달

순번	핵심 요소기술	개발내용	효과
1	X-ray AI 판독 시스템 도입	빅데이터를 기반으로 한 AI 자동판독 시스템	판독 신뢰도 향상 판독 시간 단축
2	설비 통합관리 시스템 AI 도입	설비 이상 알림/제지에 대한 AI 모니터링화	설비 가동률 증가
3	지능형 주조파라미터 시스템 도입	제품 불량 발생시 주조 생산환경 AI 추적 및 조치 가이드 제공	불량률 감소 불량 조치시간 단축
4	로봇 실시간 제어	설비통합관리시스템을 통한 로봇 가동률 실시간 제어	비가동 시간 단축
5	빈픽킹(Bin Picking) 시스템 도입	3D Vision을 통하여 제품 위치에 상관없이 그래픽 실시간 제어	생산성 증대 검사자 안전 증가
6	주조공정 이력 추적	고온 레이저 라인을 통해 제품별 주조공정 이력 추적 가능, MES와 연동.	불량률 감소 불량 조치시간 단축
7	탕구 절단 공정 2D 비전 시스템 도입	2D Vision을 통한 자동 버코드 마킹	주조공정 이력 추적
8	X-ray 검사 이후 로봇공정 도입	작업자 대신 로봇도입	검사자 안전 향상

<그림 3-2-2> AI 고도화 기술개발내용



<그림 3-2-3> AI 딥러닝 알고리즘



<그림 3-2-4> AI 플랫폼 불량률 관리

<표 4> 한주라이트메탈의 스마트팩토리 성과

No	분야	핵심성과지표 (KPI)	단위	기존 (구축 전)	목표 (구축 후)	기중치	비 고
1	P	생산성향상 (UPH)	ea/hr	31	44	0.5	생산량
2	Q	반품을	%/월	6	3	0.5	유출불량

11월부터는 제품추적이 0%에서 95%로 개선되었고, 불량품은 4% 감소하는 효과를 거두었으며, 스마트팩토리 구현을 통해 효율적인 인원 배치를 하고, 작업장의 위험요소를 실시간으로 파악해 안전한 생산환경을 구현하고, 품질 결함 요인을 파악해 불량률 최소화를 추진하고 있다. 특히 스마트팩토리의 성과로 기존 작업자가 수행하던 X-ray 품질검사를 AI가 수행하면서 ‘단순노동’은 줄어든 반면 AI 진단과 해석이라는 양질의 직무인력이 필요하다는 점이다. 한주라이트메탈은 스마트팩토리가 구현되면서 IoT 센서를 통해 인공지능 기술과 실시간으로 문제점을 찾아내어 공정개선과 제조원가 개선, 품질 및 생산성 향상을 가능하게 하였을 뿐만아니라 공정간의 문제점 해결과 다품종 맞춤 생산이 가능해지는 체계를 구축하였다.

3.3 대창공업 사례

대창공업은 2006년 설립하여 용접 조립품을 생산하는 업체로써, 고품질의 시트 프레임을 용접하고 조립하여 생산하는 기업이며, 디에스시(주), 다스(주)에 주로 납품하고 있다. 최종 고객은 현대자동차(HMC)이다. 대창공업은 2006년 설립 이후 디에스시와 계속 거래하고 있으며, 거래금액 100%의 총매출을 차지하고 있다.

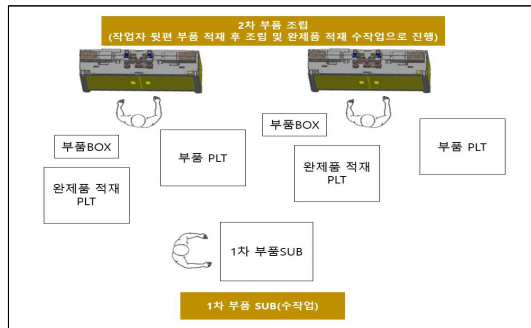
대창공업에 납품하는 여러 종류의 시트 프레임은 국내 완성차 기업인 현대자동차에서 조립되어 판매되고 있으며, 다양한 현대자동차 세단, SUV 및 제네시스의 신규 전지자동차 등에 장착되고 있으며, 세계 최대의 시트 차체 전문 제조기업을 목표로 하고 있다. (주)대창공업은 2022년 정부 스마트팩토리 고도화 사업을 통해 설비AI 플랫폼을 도입하였다. 스마트 팩토리 이전 가장 큰 문제는 이전 설비 전산화가 부분적으로 이루어졌으며 기존 시스템과의 연계와 신규 설비와의 통합이 안되어 정보의 수집 자동화가 불가능 하였다. 생산 Data를 직접 수기로 작성하였으며 휴무 근로자가 있을 경우 정보 혼선도 자주 발생하였다. 또한 현장 근로자 다수가 외국인으로 구성되어 있어 생산성 및 품질에도 문제가 발생하여 스마트 설비 자동화가 절실한 시점이였다.

대창공업은 스마트팩토리 고도화 사업을 통해 공정개선과 설비자동화를 추진하고자 하였다. 공정개선에서는 자재입고, 외주관리, 작업일지, 생산량 근사치 작성, 검사정보, 출하일지 작성을 전산화하였고, 품질이 우선 되는 인텍스 리벳 공정에 대해서는 기존 외국인 근로자 주간 3명, 야간 3명 총 6명이 공정에 투입되었으나 고도화 이후에는 주간 1명, 야간 1명 총 2명으로 공정을 개선하고 인력을 재배치하였다. 이

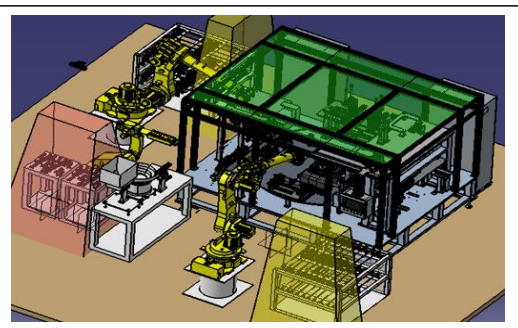
를 통해 생산량은 102개에서 170개로 생산성 향상을 이루었으며 설비 정보를 실시간 관리하도록 하였다.

대창공업의 스마트팩토리 고도화 사업은 공정 개선을 위해 설비 IoT 센서를 설치하여 생산 설비에서 현장 Data를 직접 수집하고, 각종 생산정보를 설비 AI 플랫폼에서 표현하여 생산실적 KPI와 설비 예지 정보를 사용자에게 전달한

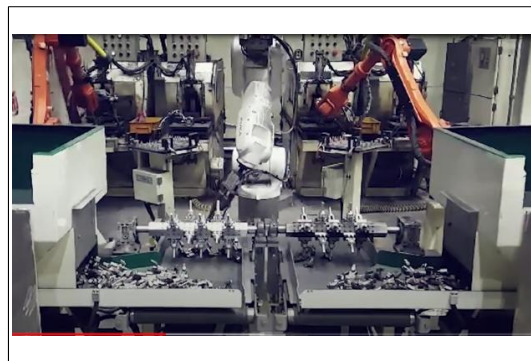
다. 대창공업은 2022년 11월부터 제품의 시간당 생산량이 45개에서 50개로 향상되었고, 작업공수도 4.48시간에서 4시간으로 감소하여 생산성 향상의 실적을 보였다. 대창공업은 스마트팩토리가 구현되면서 IoT 센서를 통해 현장 데이터를 실시간 수집하는 것은 물론이고 인공지능 기술을 활용하여 공정을 개선하고 품질 및 생산성을 향상하는 성과를 얻게 되었다.



<그림 3-3-1> 공정개선 전 Layout



<그림 3-3-2> 공정개선 후 Layout



<그림 3-3-3> 설비시 플랫폼(로봇, 비전)



<그림 3-3-4> AI 플랫폼 불량률 관리

<표 5> 대창공업의 스마트팩토리 성과

No	분야	핵심성과지표 (KPI)	단위	기존 (구축 전)	목표 (구축 후)	가중치	비 고
1	P	시간당 생산량	개/h	45	50	0.6	용접공정, 조립공정
2	C	작업공수	1HR	4.48	4	0.4	용접공정, 조립공정

IV. 사례연구의 분석과 토론

4.1 사례연구의 종합분석

본 연구는 스마트공장 프로젝트 완료 기업을

대상으로 자세한 수준에서 스마트팩토리 사업의 도입배경, 도입과정, 수준평가, 성과와 기대 효과 등을 분석하고 정리하여 스마트팩토리 구축 기업의 제조능력과 설비AI 플랫폼의 필요성과 활용방안에 대하여 사례연구 기반으로 실증

<표 6> 스마트팩토리 프레임워크에 따른 사례기업 비교

사례기업	스마트공장 수준	현장자동화	공장운영	기업자원관리	제품개발	공급사슬관리	
아진산업	구분	현장자동화	공장운영	기업자원관리	제품개발	공급사슬관리	
	고도 (Level 5)	IoT/loS기반의 CPS화					인터넷 공간의 비즈니스 CPS네트워크 협업
		IoT/loS화	IoT/loS 모듈화 빅데이터 기반 진단 및 운영				
	중간2 (Level 4)	설비제어 자동화	설비제어 자동화	실시간 공장제어	시물레이션과 프로세스자동화	다품종 개발 협업	
	중간1 (Level 3)	설비데이터 자동집계	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기술정보 생성 자동화 협업	다품종 생산 협업	
	기초 (Level 2)	실적집계 자동화	실적집계 자동화	공정물류관리 (POP)	서비를 통한 기술/납기관리	단일 모기업 의존	
	기초 (Level 1)	실적 모니터링	실적 모니터링	공장내 모니터링	생산정보의 모니터링	센서 기반	
ICT미적용 (Level 0)	수작업	수작업	수작업	수작업	전화, 이메일 협업		
한주라이트메탈	구분	현장자동화	공장운영	기업자원관리	제품개발	공급사슬관리	
	고도 (Level 5)	IoT/loS기반의 CPS화					인터넷 공간의 비즈니스 CPS네트워크 협업
		IoT/loS화	IoT/loS 모듈화 빅데이터 기반 진단 및 운영				
	중간2 (Level 4)	설비제어 자동화	설비제어 자동화	실시간 공장제어	시물레이션과 프로세스자동화	다품종 개발 협업	
	중간1 (Level 3)	설비데이터 자동집계	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기술정보 생성 자동화 협업	다품종 생산 협업	
	기초 (Level 2)	실적집계 자동화	실적집계 자동화	공정물류관리 (POP)	서비를 통한 기술/납기관리	단일 모기업 의존	
	기초 (Level 1)	실적 모니터링	실적 모니터링	공장내 모니터링	생산정보의 모니터링	센서 기반	
ICT미적용 (Level 0)	수작업	수작업	수작업	수작업	전화, 이메일 협업		
대창공업	구분	현장자동화	공장운영	기업자원관리	제품개발	공급사슬관리	
	고도 (Level 5)	IoT/loS기반의 CPS화					인터넷 공간의 비즈니스 CPS네트워크 협업
		IoT/loS화	IoT/loS 모듈화 빅데이터 기반 진단 및 운영				
	중간2 (Level 4)	설비제어 자동화	설비제어 자동화	실시간 공장제어	시물레이션과 프로세스자동화	다품종 개발 협업	
	중간1 (Level 3)	설비데이터 자동집계	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기술정보 생성 자동화 협업	다품종 생산 협업	
	기초 (Level 2)	실적집계 자동화	실적집계 자동화	공정물류관리 (POP)	서비를 통한 기술/납기관리	단일 모기업 의존	
	기초 (Level 1)	실적 모니터링	실적 모니터링	공장내 모니터링	생산정보의 모니터링	센서 기반	
ICT미적용 (Level 0)	수작업	수작업	수작업	수작업	전화, 이메일 협업		

분석을 수행하고자 하였다.

중소기업기술정보진흥원(2019)의 수준 진단 모델과 선행연구를 기반으로 한 금형, 주조, 기계 등의 뿌리업종, 기계조립업종에 속한 중견중소기업을 대상으로 기업 현장의 제조·설비관리와 스마트 자동화(정보시스템 도입 및 설비 자동화)를 통해 설비AI플랫폼 서비스의 도입과정과 그 분석결과를 제시하였다. 본 연구의 사례연구 분석결과, <표 6>과 같이 중소기업기술정보진흥원의 스마트공장 수준측정 모델에 따라 3개 사례기업의 수준 측정과 스마트팩토리 실행방안, 그리고 그 성과를 정리하였다.

4.2 사례연구 결과의 토론

본 연구에서 POSCO 등대공장을 기반으로 뿌리 및 기계업종의 3개 기업 스마트팩토리 사례를 연구해보면, 몇가지 이슈를 살펴볼 수 있다. 첫째는 업종, 기업의 특징과 기존 설비자동화, 정보화수준에 따라 조직역량이 다를 경우, 스마트팩토리의 추진수준이 달리 평가되며, 이에 따라 스마트팩토리 실행전략이 달라진다는 점이다. 이는 서판중 등(2022), 박진성 등(2021), 김현득 등(2019) 등의 선행연구를 통해서도 확인된 결과로 스마트공장 구축 기업은 업종 특성에 따라 도입방법의 차별화가 필요하다는 것이다. 아진산업, 한주라이트메탈 등은 금형 및 주조산업에서 상당한 투자를 통해 현장 자동화 및 설비 자동화를 추진해왔고, 기초 단계를 지난 중간 1 혹은 중간 2 단계의 스마트팩토리 자동화를 위해 노력해왔던 기업이다. 이에 비해 대창공업의 경우에는 아직 수작업단계에서 스마트팩토리 초기단계의 실적 모니터링

혹은 IoT를 이용한 실적집계 자동화의 수준에 있는 것으로 분석되었다.

둘째는 사례연구 기업의 스마트공장 구축에 있어 최고경영자의 의지와 역량, 사업추진 능력 등의 조직역량이 큰 기업들이 전반적으로 제조·설비관리와 자동화에 예산 투자를 하여 기업 성과를 높이고 있다는 점이다. 이는 전대홍과 구일섭(2021), 김현득 등(2019), 최영환(2019) 등의 선행연구를 통해서도 확인된 결과로 스마트공장 구축 기업은 도입에 앞서 경영진의 추진의지와 인식 개선 등 리더역량 확보가 중요하며, 스마트공장 구축과 연계한 추진 전략과 추진능력을 집중화하여 내부 구성원의 자발적인 노력이 연계될 수 있도록 조직 전반의 역량 개발과 연계되어야 할 것이다.

셋째, 스마트공장 구축에 있어 기업이 보유한 핵심기술 제품의 개발과 공급사슬관리에 있어 대기업과의 협업이 아닌 단일기업 위주의 생산자동화 및 설비자동화를 추진하고 있어 협업 네트워크를 기반으로 하는 스마트팩토리의 협업 노력이 필요할 것으로 보인다. 이 결과는 성기영 등(2019), 주영석과 이동희(2019)의 선행연구와 유사한 결과이며, 스마트팩토리 추진 기업 대부분이 공급사슬에 참여하는 기업간의 협업과 신뢰를 기반으로 참여기업의 경쟁력을 확보할 수 있도록 하고, 스마트공장 도입 성공률을 제고함으로써 현재의 주력 제품 외에도 미래의 경쟁력 있는 신제품 개발, 신기술 개발, 신공정 개선 등의 노력과 함께 추진될수록 더 높은 경쟁우위를 확보할 수 있다는 점을 기억해야 할 것이다.

넷째, 금속주조 및 기계업종에 속한 3개 사례기업 모두 제품생산과 제조설비관리의 자동화

및 생산성 향상을 위한 많은 투자와 노력을 계속 수행하고 있다는 점이다. 제품생산을 위한 설비 자동화를 위해 기존의 작업인원 대신 로봇과 비전기술을 접목한 융복합 기술의 적용을 통해 생산성 향상, 품질 향상, 원가절감 등의 조직성과에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 유기성과 문영민(2020), 박동진 등(2019), 주영석과 이동희(2019)의 선행연구와 유사한 결과로 나타났다. 제조업 전반적으로 공급과잉, 수요축소 시대가 도래하면서 제조업은 스마트팩토리 플랫폼의 도입을 고민하고 있고, 특히 설비관련 빅데이터의 수집과 인공지능의 활용을 통하여 조업과 설비이상 감지, 설비 고장 예지 등의 신뢰성 높은 설비운영과 생산공정을 통해 공정의 결함을 미리 파악하고 예측된 결과에 따라 최적의 제어를 가능하게 하는 솔루션의 개발과 활용이 필요한 것으로 분석된다.

V. 결론

세계 주요 선진국인 미국, 독일, 일본 등은 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 제조업에 ICT 기술을 접목한 스마트공장을 4차 산업혁명의 대안으로 제시하고 있다. 국내 제조기업들도 중국 브라질 인도 등 후발국과 기술격차 축소로 제조업의 성장 한계에 직면하는 등 제조업 패러다임의 변화에 대해 심각하게 고려하고 있으며, 스마트 제조생산기반으로의 전환을 고려한 제조혁신전략의 수립이 필요한 시점이다. 정부는 제조기반 중소기업 제조혁신 전략으로 2022년까지 3만개 스마트공장 구축을 목표로 스마트공장 보급·확산사업 등을 추진하고 있으며, 정

부 주도의 스마트팩토리 보급 추진으로 정량적인 목표는 달성하고 있지만 질적 성장측면에서는 아직 기대하는 만큼의 성과를 이루지 못하고 있다.

본 연구에서 요약한 사례연구의 학문적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 뿌리업종의 중견중소기업을 위한 스마트팩토리의 이론체계가 많이 부족하다는 점이다. 주물, 단조, 주조와 같은 기존 공정프로세스에 적합한 스마트팩토리를 추진하기 위해서는 기존 공장자동화의 수준을 넘어 인공지능, 빅데이터 등의 4차 산업혁명 기술을 이용한 새로운 제조방식의 변화와 실증사례가 제시되어야 한다. 하지만, 아직 대기업을 중심으로 추진하는 스마트팩토리의 실행이나 성공사례가 아직 중견중소기업을 위한 이론체계와 구체적인 실행방안을 제시하지 못하고 있다. 둘째, 뿌리업종의 공정특성과 제품특성을 반영한 스마트팩토리의 실행방안 마련이 시급하다는 점이다. 현재 제조업의 8%를 차지하는 중요한 기반산업이지만, 대상기업 중 스마트화는 7% 정도 밖에 추진되지 않았다는 통계자료를 접하면서, 미래 경쟁력 강화를 위한 스마트팩토리 실행방안의 제안과 추진이 중요할 것으로 보인다 (중소기업기술정보진흥원, 2021). 셋째, 스마트팩토리 추진과 관련한 기존의 실증적인 연구가 개념 및 시스템 개발방안 위주로 연구되고 있어 스마트팩토리 추진성과에 대한 깊이 있는 사례연구와 성공요인의 도출과정이 필요하다. 특히 현장의 사례연구를 통해 스마트팩토리의 주요 성과에 미치는 영향요인과 인과요인을 밝혀내는 것이 향후 중요한 연구과제가 될 것이다.

본 연구에서 정리한 사례연구의 실무적 시사

점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 스마트팩토리와 관련된 정부정책이나 정부기관의 제도적 지원이 더욱 활성화 되어야 한다는 점이다. 최근 스마트팩토리에 대한 정부 정책의 수립과 실행이 국내 중견중소기업에 많은 영향을 준 것은 사실이나, 스마트팩토리의 성과와 관련된 진단과 해석에 있어서 좀더 다양한 접근방법과 연구가 필요한 것이 사실이다. 아직은 스마트팩토리의 구현과 관련된 연구대상, 방법, 모델이 다양하지 못하고 실증분석의 결과가 제시되지 못하고 있으며, 결과가 제시된다 하더라도 특정 산업이나 업종에 편중되어 일반화하기 위한 노력이 계속되어야 한다는 것이다. 둘째는 스마트팩토리의 구축과 관련한 직접적인 실증사례의 발굴과 홍보가 필요하다는 점이다. 사례연구는 스마트팩토리의 추진과정에서 나타나는 성공적인 영향요인과 실패요인을 분석할 수 있고, 실증결과에 따라 어떤 실행요인을 더욱 고려해야 할 것인지를 보여주기도 한다. 따라서 스마트팩토리와 관련된 사례연구의 필요성이 더욱 높아져야 하며, 그 결과의 확산을 통해 실무적인 시사점을 던져줄 수 있어야 한다. 따라서 본 연구는 기존의 스마트팩토리와 관련된 연구들이 개념적인 접근이나 시스템 개발과 개발효과를 전달하는 수준에서 벗어나 자세한 수준에서 스마트팩토리의 실행을 위한 현상학적 접근을 통해 사례연구 기반의 실증결과를 제시하고자 노력하였다.

본 연구는 기존 선행연구에서 제시한 중소기업기술정보진흥원 스마트제조혁신추진단(2019)에서 제안한 스마트공장 구축 가이드와 프레임워크를 기반으로 사례기업을 선정하고, 스마트팩토리 프로젝트의 추진현황과 과정, 결과에 대

한 실증연구를 통해 스마트공장 구축 기업을 이해하려고 노력하였고, 스마트팩토리 도입 및 추진과정, 기대효과 등에 대해 심도있는 연구결과를 제시하였다. 스마트팩토리 설비AI플랫폼을 구현한 3개 기업을 대상으로 기업 방문과 책임자 인터뷰, 수준진단 평가결과는 사례기업의 스마트팩토리 현황을 파악하고 이해하는 데에 많은 도움이 되었다.

본 연구의 결과는 스마트팩토리 추진을 위해 조직역량을 집중하고 설비자동화 추진과정에서 나타나는 최고경영자의 의지와 구성원 참여 인식 등이 중요하다는 점도 발견하였으며, 제조현장의 제조설비와 관련된 스마트 자동화를 통해 생산성, 품질, 원가, 납기 등의 조직성과를 향상할 수 있었다는 점을 명확히 정리하였다. 하지만, 본 연구는 사례연구를 통해 자세한 수준에서 연구변수를 찾기 위한 노력을 기울였지만, 연구의 한계점이 있다. 본 연구결과의 일반화를 위해서는 3개 기업의 사례연구에서 제시한 연구결과에 대하여 인과관계를 분석할 수 있는 연구모형의 채택이 필요하며, 스마트공장 도입의 영향요인과 성과의 관련성을 규명할 수 있는 실증연구의 필요성이 높다고 할 수 있다. 향후 연구에서는 업종별, 기업 특성별 데이터 추가 확보와 균형 있는 데이터 수집을 통해 연구 결과를 일반화하는 노력이 필요하다.

참고문헌

국가기술표준원, “스마트공장 - 제2부: 용어, 한국산업 표준,” KS X 9001-2:2016, 2016.

- 김근형, 김호림, 강재정, 문태수, 안진현, 이병구, “스마트팩토리 에러텍스트의 토픽 모델링을 통한 에러유형 분석 및 데이터 라벨링,” 인터넷전자상거래연구, 제22권, 제4호, 2022, pp.15-30.
- 김현득, 이경근, 윤제환, 염세경, “중소기업 경영환경이 스마트공장 수준에 미치는 영향,” 대한경영학회지, 제39권, 제9호, 2019, pp. 1561-1579
- 박동진, 최명수, 양동식, “스마트팩토리에 적용 가능한 디지털 트윈 관리시스템 프레임워크에 관한 연구,” 융합정보논문지, 제10권, 제9호, 2020, pp.1-7.
- 박진성, 박소희, 김준우, “스마트공장 운영설계를 위한 3D 공장 시뮬레이션 기반 사전 공정 연구,” 대한산업공학회지, 제47권, 제1호, 2021, pp.117-129.
- 서판중, 김동희, 문태수, “국내 중소기업의 스마트공장 구축을 위한 조직역량과 조직성과에 관한 연구,” 정보시스템연구, 제31권, 제1호, 2022, pp.197-218.
- 송기형, 정홍진, 이동윤, 김보현, “뿌리산업의 스마트공장 구축을 위한 스마트공장 패키지 SW 구성 및 클라우드 기반 서비스 시스템,” 한국생산제조학회지, 제29권, 제4호, 2020, pp.323-330.
- 유기성, 문영민, “스마트공장 설비진단 및 예지보전 기술의 발전동향,” 한국통신학회지 (정보와통신), 제37권, 제7호, 2020, pp.36-42.
- 전대홍, 구일섭, “스마트공장에 대한 이해가 스마트공장 구축성과에 미치는 영향,” 한국경영공학학회지, 제26권, 제4호, 2021, pp.1-10.
- 주영석, 이동희, “중소 금속가공 기업의 경쟁력 향상을 위한 스마트공장 도입 요인 연구,” 대한산업공학회지, 제45권, 제1호, 2019, pp.70-80.
- 중소기업기술정보진흥원, “스마트공장 수준진단 모델 및 수준확인 자가 진단지,” 2019
- 중소기업기술정보진흥원, “스마트공장 구축 가이드모델(뿌리업종 공정중심), 2021.
- 중소기업기술정보진흥원, “스마트공장 구축 가이드모델(기계부품조립중심), 2021.
- 중소기업중앙회, “스마트공장 구축 활성화를 위한 연구,” 2020.
- 최무진, 박종필 “CPS(Cyber Physical System) 와 MIS의 연구기회 탐색,” 정보시스템 연구, 제26권, 제4호, 2017, pp.63-85.
- 최영환, 최상현 “스마트공장 시스템 구축이 중소기업 경쟁력에 미치는 요인에 관한 연구,” Information Systems Review, 제19권, 제2호, 2017, pp.95-113.
- 허덕행, 정원창, 임관철, “제조 데이터 기반의 CNC 설비예지보전 시스템 연구,” 융복합지식학회논문지, 제9권, 제4호, 2021, pp.179-187.
- Ball, G., Runge, C., Ramsey, R. and Barrett, N. “Systems Integration and Verification in an Advanced Smart Factory”. In Systems Conference (SysCon), 2017.
- Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. “Design principles for Industries 4.0 Scenarios”. HICSS 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE,

2016, pp. 3928-3937

Kiron, D., Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N. and Buckley, N., “Aligning the Organization for its Digital Future”. MIT Sloan Management Review, Vol. 58, No. 1, 2016, pp. 1-29.

Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D. and Wuest, T. “Smart Manufacturing: Characteristics, Technologies and Enabling Factors”. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, *Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 233, No. 5, 2019, pp. 1342-1361.

Odwazny, F., Szymańska, O. and Cyplik, P. “Smart Factory The Requirements for Implementation of the Industry 4.0 Solutions in FMCG Environment Case Study”. *LogForum*, Vol. 14, No. 2, 2018, pp. 257-267.

Romero, D. and Vernadat, F. “Enterprise Information Systems State of the Art Past, Present and Future Trends”. *Computers in Industry*, Vol. 79, 2016, pp. 3-13. Annual IEEE International, pp. 1-5.

World Economic Forum (WEF),
<https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/lighthouses#>

포스코, 뉴스룸 (POSCO Newsroom), 등대공장 포스코가 특별한 세가지 이유,
<https://newsroom.posco.com/kr/등대공장-포스코>, 2020.

이 병 구 (Lee, Byong Koo)



동국대 경영대학원 경영학과에서 경영학석사 학위를 취득하였다. 아이엔지글로벌 대표이사로 재임하고 있으며, 공장자동화와 스마트팩토리 사업을 수행하고 있다. 주요 관심분야는 기업의 디지털 전환에 관심이 많으며, 스마트팩토리, 설비 AI 플랫폼, 인공지능 등이다.

문 태 수 (Moon, Tae Soo)



현재 동국대학교 경주캠퍼스 경영학부 교수로 재직 중이다. 한국외국어대학교에서 학사, 석사, 고려대학교 대학원 경영학과에서 경영정보학 박사학위를 취득하였다. 포항산업과학연구원, 한국정보화진흥원 등에서 연구원으로 근무하였다. 미국 센트럴플로리다주립대(UCF) 방문교수, 한국인터넷전자상거래학회 편집위원장과 학회장, 한국정보시스템학회 회장, 한국경영정보학회 회장을 역임하였다. 주요 관심분야로는 MIS 전략, ERP, SCM, e-Business, 스마트팩토리 등이다.

<Abstract>

Case Study on the Implementation of Facility AI Platform for Small and Medium Enterprises of Korean Root Industry

Lee, Byong Koo · Moon, Tae Soo

Purpose

This study investigates the impact of organizational characteristics on organizational performance through case studies of smart factory implementation in the context of Korean small and medium Enterprises (SMEs). To achieve this goal, this study adopts the smart factory index of KOSMO (Korea Smart Manufacturing Office) established by Korean Ministry of SMEs and Startups. We visited 3 firms implemented smart factory projects. This study presents the results of field study in detail with evaluation criteria on how organizational competences like AI technology adoption and facility automation can be exploited to positively influence organizational performance through smart factory implementation.

Design/methodology/approach

There are not so many results of empirical studies related to smart factories in Korea. This is because organizational support and user involvement are required for facility AI platform service beyond factory automation after the start of the 4th Industrial Revolution. Korean government's KOSMO (Korean Smart Manufacturing Office) has developed and proposed a level measurement index for smart factory implementation. This study conducts case studies based on the level measurement method proposed by KOSMO in the process of conducting case studies of three companies belonging to the root and mechanic industries in Korea.

Findings

The findings indicate that organizational competences, such as facility AI platform adoption and user involvement, are antecedents to influence smart factory implementation, while smart factory implementation has significant relationship with organizational performance. This study provides a better understanding of the connection between organizational competences and organizational

performance through smart factory case studies. This study suggests that SMEs should focus on enhancing their organizational competences for improving organizational performance through implementing smart factory projects.

Keyword: Case Study, Facility AI Platform Service, Smart Factory, Organizational Performance.

* 이 논문은 2023년 8월 23일 접수, 2023년 9월 14일 1차 심사, 2023년 9월 24일 게재 확정되었습니다.