4차산업혁명시대 스마트팩토리운영관리(FOM) 시스템의 도입성과에 대한 사례분석*

A Case Study of the Introduction of Smart Factory Operation
Management(FOM) in the Fourth Industrial Revolution Era

김수영 (Kim, Su - Young) **

〈요 약〉

대한민국의 생산·제조분야의 공장들은 IT 솔루션 혹은 생산성 향상 기법 등을 활용하여 다양한 방식으로 생산현장의 데이터(수행, 사용불가, 결함 등)에 대하여 기록 및 관리 감독을 하고 있다. 공장에서는 이러한 데이터를 바탕으로 생산계획을 수립하고 생산현장을 통제하지만 대부분의 중소기업에서는 생산현장의 데이터를 체계적으로 관리하지 못하고 있는 실정이다.

상기의 문제들을 해결하기 위하여 도입되는 새로운 공장운영관리 방법은 급격히 변화하는 중소기업 제조업체의 4M(사람, 기계, 재료, 방법) 정보를 수집하고 정확한 분석과 신뢰도 높은 데이터 관리를 수행하면서 지속적으로 생산능력을 제어할 수 있도록 설계되어야 한다.

이에 본 논문은 합리적이고 효율적인 공장운영을 지원하는 소프트웨어 기반의 스마트팩토리 운영관리(FOM) 솔루션을 개발하는 방법과 적용 사례에 대한 연구를 수행했다. 본 연구에서는 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션을 활용하여 생산현장에서 많이 발생하는 7가지의 낭비요인을 제거하고 생산프로세스를 분석함으로써 공장의 생산성을 높이는 방안 및 사례를 제시하였다.

결론적으로 본 연구의 솔루션은 공장들이 시스템을 안정화하고 수주에 유연하게 대응 할 수 있는 생산계획을 제시할 뿐만 아니라, 4M의 변화에 합리적인 방법으로 공장을 운영할 수 있어 공장의 생산능력을 향상시켜 줄 것이다.

한글검색어 : 디지털팩토리, 스마트팩토리, 스마트팩토리운영관리, 생산관리, 생산성향상

• 접수일자 : 2018.4.2 • 1차수정일 : 2018.5.23 • 2차수정일 : 2018.6.20 • 게재확정일 : 2018.6.27

* 본 논문은 본인의 박사학위 논문의 계속 연구로 작성된 것입니다.

** 호서대학교 기술경영전문대학원 교수, e-mail : df2030@hoseo.edu

I. 서 론

1.1 연구의 필요성

우리나라는 지난 수십 년간 다양한 제조 산업이 중심이 되어 효율적인 생산, 공급이라는 사회적 기능과 역할을 충실히 수행하여 고도의 성장을 이룩해 왔으며 한국경제가 1997년 IMF 외환위기, 2008년 미국에서 시작된 경제위기를 조기에 극복하고 지속적인 성장을 하게 된 것은 제조업 부문의 탄탄한 경쟁력이 뒷받침하고 있기 때문이다(홍영락, 박종우, 2011).

제조 기업들은 기업 경쟁력 확보와 생존을 위해 제품 개발에 많은 연구와 투자를 진행하고 있으며, 제품, 공정, 제조 시스템에 각종 IT 기술을 적극 적용하여 기술 개발과 지원 시스템 구축에 많은 노력을 기울이고 있다(노상도 외, 2006 ; Iwata et al., 1995). 제조 산업에서 경쟁력을 유지하기 위해서는 연구개발을 통한 기술적 우위와 생산제조기술을 지원하는 효율적인 공장운영관리가 다른 산업분야보다 더 중요하다.

전 세계적으로 제조업 기술과 정보통신기술(ICT)을 융합한 제조혁신이 진행되고 있다. 제조업 강국 독일의 경우 미래 제조업 시장을 주도하기 위하여 ‘인더스트리 4.0’을 수행하고 있으며 과거 기계위주의 생산, 컴퓨터 로봇 생산의 패러다임이 현재는 기계, 사람, 인터넷의 상호연결을 통해 생산하는 스마트한 제조업으로 진화하고 있다(POSRI 보고서, 2014).

우리나라의 경우 제조업 3.0 정책을 추진하면서 제조업의 디지털화 및 스마트 공장 등에 대한 표준화 연구와 모델 개발에 주력하고 있는데, 이러한 기술뿐만 아니라 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 드론 등의 기술들을 적극 활용함으로써 글로벌 경쟁에서 우위를 점하고 선도적인 기업으로서의 역할을 수행하는 것이 필수적으로 요구되고 있다(김미정과 이수전, 2017).

국내 제조 기업에서도 제조 경쟁력 향상을 위하여 엑셀을 사용한 관리부터 IT 솔루션 활용 등 다양한 방법으로 생산현장의 데이터를 관리하고 있다. 정철호 외(2016)에 의하면 초기에는 생산 분야의 비용 절감 및 효율성 강화를 위한 다양한 전략이 구사되었고, 시간이 흐르면서 기업 내부의 자원을 통합적으로 관리, 운영할 수 있는 ERP(Enterprise Resource Planning)시스템을 통한 효율성 추구 전략으로 확대되었고, 이후 또 다시 한계

에 다다른 기업 내부의 혁신에서 기업 외부의 자원과 네트워크의 통합에 초점을 두는 SCM(Supply Chain Management)을 활용함으로써 기업의 경쟁력을 확대해 왔다.

하지만 대부분의 중소기업에서는 생산현장 데이터에 대한 체계적인 수집 및 관리가 미흡하고 작업자의 노하우를 바탕으로 한 생산관리가 이루어지고 있다. 일부 기업에서는 체계적인 공장운영관리를 위하여 IT 솔루션을 활용하고 있으나 대부분 도입 시에 기대한 만큼의 성과를 도출하지 못하는 실정이다.

현 정부에서는 중소기업의 경쟁력 강화를 위하여 스마트팩토리 사업을 통해 5,003개('14~'17) 업체를 지원하였지만 76.4%(4차산업혁명위원회 의결안건, 2018)가 기초수준의 데이터 수집단계에 머물러 있어 데이터 분석 및 활용을 통한 기업의 경쟁력 강화에는 많은 도움이 못 되고 있는 실정이다. 또한, 주 52시간 근무시간 시행으로 인하여 중소기업에서는 제조원가 절감을 통한 생산성 향상이 기업의 생존과 직결되는 상황이지만 수집된 데이터 분석 및 활용에 대한 인력 및 기술이 부족하여 공장운영에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 시시각각 변하는 중소기업의 특성을 고려하여 생산현장의 4M(Man, Machine, Material, Method) 데이터, 생산실적, 비가동, 불량 데이터를 집계하고 분석하여 수주에서 생산, 납기에 이르기까지 일련의 과정을 관리할 수 있는 스마트팩토리운영관리(FOM, Factory Operation Management) 솔루션이 필요하다(김수영 외, 2014 ; 김수영 외, 2010).

1.2 연구 목적

종래의 기술들은 기업의 각종 프로세스들을 디지털화하고 제품의 생산을 자동화하여 생산성을 향상시키지만 생산성을 향상시키기 위해서는 제품의 생산 및 제작 과정에서 발생하는 불필요한 낭비요소들을 찾아 개선하는 것이 실질적인 생산원가 감소 및 생산성 향상에 매우 중요하다(김수영 외, 2005).

생산·제조 기업의 효율적인 생산현장 관리를 위한 ERP, MES, POP와 같은 IT 솔루션 및 생산관리 기법들은 많이 존재하지만, 소프트웨어를 중심으로 작업자부터 경영자에 이르기까지 전사적인 생산혁신을 지원하는 컨설팅 방법론이나 시스템에 대한 연구와 성공 사례는 전무한 상황이다.

관련 연구로는 지능인지형 신생산시스템 (Meta Intelligent-New Production System, MI-NPS) 디지털팩토리 기술 적용으로 현장 4M 데이터의 디지털화 및 분석을 통한 프로세스 재정립 및 기업 적용에 대하여 기술한 사례가 있다(김수영과 송민강, 2014). 상기 논문에서는 생산 현장의 4M 데이터를 디지털화하여 생산성을 향상시킨 기업 적용사례를 통하여 효과를 확인 하였으나, 지속적인 관리를 수행할 수 있는 솔루션이 없어 분석 및 관리를 통한 생산성 향상에는 많은 어려움이 있었다.

이에, 본 논문에서는 생산현장의 관리를 위한 기존방법론 및 IT 솔루션 연구에 대해 조사하였고, 기존 방법론의 단점을 보완하기 위해 공장자동화 시스템 구축 경험과 연구를 바탕으로 개발된 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션에 대해 알아본다. 또한, 본 솔루션을 활용하여 다양한 방법으로 생산현장을 분석 및 관리함으로써 생산성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

II. 공장관리 IT 솔루션 관련 연구

2.1 공장관리 IT 솔루션 도입 현황

국내 생산·제조 기업은 다양한 IT 솔루션을 활용하여 생산현장정보를 수집 및 관리하고 있다. 대기업의 경우 공정분석 및 생산계획 수립에 해외 프로그램을 사용하고 있으며 새로운 생산·제조시스템의 도입으로 생산성 향상 등 많은 효과를 나타내고 있으나 외산 IT 솔루션은 구입비용이 고가이고 시스템 구축에 필요한 절차가 많으며, 운영방법 또한 어렵다. 그리고 국내 생산현장의 특성을 정확히 반영하지 못하여 기업 맞춤형으로 재조정하는 과정에서 많은 어려움이 발생하기 때문에 대기업을 제외한 중소기업에서는 사용기가 더욱 어려운 실정이다.

현재 기업에서 가장 많이 활용하는 IT 솔루션인 ERP에 대한 현황을 살펴보면, 국내 ERP 도입 기업은 전체 38.6% 이며, 사업장 규모별로는 10-49인 34.2%, 50-249인 51.9%, 255-999인 82.7%, 1,000인 이상 99%가 사용하고 있으며 제조업의 경우에는 46.6%의 기업이 ERP를 도입하여 비제조업 대비 13% 높고 기업 규모별로 보면 대기업이 94.5%, 중소기업은 37.5%가 활용하고 있다(정보통신산업진흥원, 2016).

오세구(2011)에 의하면 IT 솔루션을 도입한 기업들의 실상을 보면 고가의 비용을 지불하여 시스템을 구축하였으나 실적 집계와 같은 제한적인 도구로만 활용될 뿐 기업의 생산성이나 품질 향상 등을 추진할 수 있는 합리적이고 실용적인 도구로서의 역할을 못하고 있어 이러한 문제해결을 위한 대책 마련이 시급하다. 따라서 성공적인 IT 도입 및 활용을 위해서는 사전에 철저한 준비를 통해 충분한 역량을 갖추고, IT 전략과 사업전략을 연계하는 일관성 있는 전략수립이 필요하다(오세구, 2011).

국내 IT 솔루션 시장의 규모가 확대됨에 따라 IT 솔루션 도입에 성공하거나 실패한 사례들이 나타나고 있다.

IT 솔루션 도입에 성공한 D사는 전세버스 사업을 수행하는 기업으로 실무구조로 성장한 1차 성장 시기를 지나 다음 스텝의 성장방향을 고민하면서 성공요인의 패턴을 로직화하고 성과목표에 대해 폭발적인 집중을 유도하기 위하여 ERP 시스템 도입을 결정하였다. ERP도입을 통한 주요 성과는 첫째, 재무적 성과로 매출액이 25%, 영업이익률이 약 2% 신장되었으며 둘째, 환경적 성과로 주요과업별 수행소요시간이 60%이상 절약되었고 셋째, 최우선과업에 대해 집중하는 업무집중 시간이 200%로 향상되면서 기업의 생존을 위한 재무적인 성과에 집중하는 성과 중심적인 조직으로 탈바꿈 되는 구조적인 혁신을 이룩하게 되었다. 도입 성공요인으로서는 첫째, 경영자의 강력한 변화의지로 전 직원의 경영자화를 이루기 위한 가장 합리적인 도구로서의 ERP 적용의 공표와 업무시스템화를 주도적으로 진행하였으며, 둘째, 실제적인 실무를 적용할 직원들에 대한 초점이 명확한 교육과 시스템화 된 과업변화가 안정화 되도록 충분한 인내와 시간에너지를 부과했으며, 셋째, ERP시스템 정착을 위한 모든 프로세스를 주도하고 교육하고 실무적으로 확장 적용시킬 인재를 등용하고 추진할 수 있는 환경적 조성에 집중한 것을 들 수 있다(문양호, 2017).

반면에 IT 솔루션 도입에 실패한 W사는 항공우주 및 에너지 시스템 부품을 제조하는 기업으로 회사의 비용 절감을 위해 도입한 ERP 프로젝트에 투입된 비용으로 재무적 손실을 입었다. 애널리스트들은 주당 60센트의 순익과 4억 9,100만 달러의 매출을 예상했지만, W사는 순익은 주당 40센트, 총 매출은 4억 6,000만 달러에 그쳤다. 실패원인으로서는 ERP의 많은 부분에서 새롭게 개발해야 하는 부분이 요구됐으며 공정 과정 모듈에도 많은 투자가 필요했다. 그 결과 콘텐츠와 시스템의 복잡성이 모두 예상보다 더 증대됐다. 이러한 투자 증가는 예기치 못한 수익에 압박을 가하며 저조한 매출로 이어졌다(Chris Kanaracus, 2012).

앞선 사례와 같이 IT 솔루션의 활용은 기업의 혁신을 가져다 줄 수도 있지만, 철저한 준비 없이 도입하는 것은 오히려 기업 경쟁력을 떨어뜨리는 요인이 될 수도 있다.

2.2 IT 솔루션 적용의 문제점 및 개선 방안

중소기업의 경쟁력 향상을 위하여 도입된 기존의 IT 솔루션들은 대부분 탑다운(Top down) 방식으로 개발되었는데, 이러한 방식은 급발주, 출하변경 등 급변하는 영업환경에 의한 생산 시나리오 다변화와 끊임없이 변화하는 현장과 애로사항 해소에는 큰 도움이 되지 못하였다. 또한 현장의 정보를 제대로 반영하지 못하고 개발되어 기업체 적용 후에도 단순한 모니터링에 한정되어 활용되었고 데이터 분석은 미흡한 경우가 많았다. 따라서 기업의 IT 솔루션 활용도를 높이기 위해서는 생산현장의 4M 정보를 디지털화하여 생산 환경을 유연하게 변경할 수 있는 버텀업(Bottom up) 방식의 새로운 시스템 및 방법론에 관한 연구가 필요하다.

생산현장의 4M 낭비제거를 통한 작업 표준화와 표준화를 통한 교육 수행 및 급변하는 생산 환경에 대응하기 위한 다양한 생산 시나리오 도출을 통하여 생산현장을 최적화함과 동시에 공장 및 경영 관리 등의 관리관점 또한 최적화하여 유연한 시스템을 구축할 필요가 있다. 또한 생산현장의 객관적 지표 설정으로 비부가가치는 제거하고, 품질은 향상시키며, 기존 IT 솔루션과 연동되어 생산실적 및 생산저해요인(비가동, 불량), 납기 및 수주, 자재입고 등의 정보를 생산, 구매, 품질, 생산기술, 영업 등의 각 부서의 직원들과 경영진들까지 공장 현황에 대한 정보를 공유할 수 있는 새로운 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션의 개발이 필요하다.

III. 연구 설계

3.1 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 설계

본 연구가 제안하는 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션은 [그림 1]과 같이 FOM 프로세스와 FOM 시스템으로 구성되어 있다. 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션은 FOM 프

로세스에서 도출된 데이터를 FOM 시스템에 입력하여 현황분석 및 생산예측을 수행하며 FOM 시스템에서 분석된 데이터를 다시 FOM 프로세스에 적용하여 생산성을 향상시키는 시스템이다. 즉, FOM 프로세스와 FOM 시스템의 정보가 서로 교류하며 지속적으로 생산 관리 및 생산성 향상을 수행할 수 있는 솔루션이다.

[그림 1] 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 다이어그램

기존의 공장관리 방법론은 IT 솔루션에서 도출되는 데이터를 바탕으로 일방의 보고서가 작성되며 문제점에 대한 사후관리가 이루어지므로 지속적인 개선활동을 수행하기 어렵다. 하지만 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션은 FOM 프로세스와 FOM 시스템을 통해 전 직원이 공유할 수 있는 통합된 시스템 구축으로 현장의 정보들을 공유한다.

3.2 FOM 시스템 구현

FOM 시스템은 생산현장의 생산성 및 품질을 향상시키고 전 직원이 공통된 4M 현황 공유 및 전사적인 혁신활동 지원을 목적으로 개발된 소프트웨어이다. 여기에는 3수준의 Level로 세분화된 현장관리지표가 포함되어 있어 데이터 분석에 대한 신뢰성을 높였다. 또한, 생산능력 분석을 통하여 최적의 작업 지시를 현장에 전달하고 현장 정보를 반영한 데이터베이스를 구축함으로써 지속적인 유지·관리를 수행할 수 있다.

데이터베이스에 입력되는 데이터는 작업 일자, 주간/야간 등의 구분과 대분류, 중분류, 소분류로 공장, 부서, 반, 라인, 팀 등을 구분할 수 있다. 생산실적 집계를 위하여 작업이 진행된 설비, 제품, 작업자, 생산수량 등이 입력된다.

입력된 정보를 바탕으로 FOM 시스템에서는 <표 1>에서와 같이 Level 1에서는 생산성(1000), 비가동(2000), 불량(3000) 등 3가지 항목으로 정의되며, Level 2에서는 11가지 항목으로 나누어지고, Level 3에서는 60가지 생산현장 능력관리 지표로 세분화된다. 즉, Level 1에서 생산성(1000)의 경우, Level 2에서는 종합 생산실적(1100), 설비 생산실적(1200), 작업자 생산실적(1300)으로 분류하고, 비가동(2000)은 종합 비가동(2100), 설비 비가동(2200), 작업자 비가동(2300), 개별요인(2400)으로 분류하여 관리하며, 불량(3000)의 경우는 종합 불량(3100), 설비 불량(3200), 작업자 불량(3300), 개별요인(3400)으로 분류한다. Level 2의 11가지 항목들은 Level 3에서 년/월/주/일/주야(교대)/요인현황 등으로 분류되어 관리된다. 이렇게 분류된 자료를 바탕으로 실적관리를 실시하고 생산실적이 떨어지는 설비 및 작업자에 대해서는 보수 및 교육을 실시할 수 있고, 비가동, 불량 부분에 대해서는 해결방안을 수립할 수 있다. 이것은 작업자, 관리자, 경영자 모두가 현장의 4M 현황을 공유할 수 있어 문제 발생에 대한 신속한 의사결정 및 대처가 가능하고 급변하는 현장에 신속하게 대응할 수 있다.

〈표 1〉 생산관리지표 리스트

Level 1	Level 2	Level 3
생산성 (1000)	종합 생산실적(1100)	연(1110)/월(1120)/주(1130)/일(1140)/주야(1150)
	설비 생산실적(1200)	연(1210)/월(1220)/주(1230)/일(1240)/주야(1250)
	작업자 생산실적(1300)	연(1310)/월(1320)/주(1330)/일(1340)/주야(1350)
비가동 (2000)	종합 비가동(2100)	연(2110)/월(2120)/주(2130)/일(2140)/주야(2150)
	설비 비가동(2200)	연(2210)/월(2220)/주(2230)/일(2240)/주야(2250)/요인현황(2260)
	작업자 비가동(2300)	연(2310)/월(2320)/주(2330)/일(2340)/주야(2350)/요인현황(2360)
	개별요인(2400)	연(2410)/월(2420)/주(2430)/일(2440)/주야(2450)
불량 (3000)	종합 불량(3100)	연(3110)/월(3120)/주(3130)/일(3140)/주야(3150)/요인현황(3160)
	설비 불량(3200)	연(3210)/월(3220)/주(3230)/일(3240)/주야(3250)/요인현황(3260)
	작업자 불량(3300)	연(3310)/월(3320)/주(3330)/일(3340)/주야(3350)/요인현황(3360)
	개별요인(3400)	연(3410)/월(3420)/주(3430)/일(3440)/주야(3450)

3.3 FOM 프로세스 구현

FOM 프로세스는 [그림 1]과 같이 현장의 4M 정보에 대한 생산능력관리를 통해 비합리 요소를 제거하고 생산성과 품질을 향상시켜 지속적으로 성과를 창출하는 것이다. FOM 프로세스는 진단, 분석, 적용, 유지, 최적, 교육 등 6단계로 진행되며, 효율적인 생산현장의 관리를 위해 지속적 문제도출 및 개선활동을 수행한다.

3.3.1 진단

현장 및 관리자 관점에서 현장의 4M 정보, IT 솔루션 활용 정보, 부서별 VOC(Voice of customer) 등의 현황을 파악한 후 FOM 시스템을 통해 생산관리 데이터를 분석하는 단계이다.

3.3.2 분석

진단 부분에서 도출된 비부가가치 요소를 제거하기 위해서는 현장 및 관리 전반의 상세한 현황 파악이 필요하다. 4M 관점 애로사항 자료를 취합하여 병목공정 또는 상세 분석에 필요한 공정을 선정한다. 예를 들면, 캠코더 등의 촬영 장비를 통해 제조현장의 중요 작업, 물류흐름 등의 작업영상을 수집하고 디지털 4M 분석을 수행한다. 도출된 4M 데이터는 FOM 시스템에 적용되어 생산성, 비가동, 불량률의 생산관리지표에 활용한다.

3.3.3 적용

분석 단계에서 도출한 저해요인을 재검토하고, 부서 간 협의를 통해 개선 적용이 가능한 안건을 선정하여, 현장에 맞는 개선대안을 단기 및 장기 안건으로 구분하고 상세 수행 일정을 수립한다. 디지털 표준 교육매뉴얼 작성 및 작업자 교육 등을 통한 개선 적용 지도를 실시하고, 개선대안에 대해 팀별로 이루어진 분임조 또는 개선활동 팀을 조직하여 혁신활동을 실시한다. 개선 전/후 비교분석을 통해 수정 및 보완을 하고 효과를 산출하여 디지털 표준 지침서를 이용한 안정화 관리를 한다.

3.3.4 유지

지속적인 관리를 위하여 총 60개 항목의 생산관리지표를 활용하여 생산현장을 관리하

고, 모니터링, 이슈 점검, 요구사항 수집 등을 수행한다. FOM 시스템을 활용하여 현장 관리자가 저해요인 및 개선요인을 지속적으로 도출하여 생산성 및 품질을 향상시키며, 관리 지표를 실적평가에 반영하여 지속적인 개선을 실시한다.

3.3.5 최적

FOM 프로세스를 적용하여 산출된 정보를 기반으로 최적화된 맞춤형 FOM 시스템을 개발하는 단계이다. 기존 IT 솔루션 시스템 구성요소 및 데이터베이스와의 연동을 통하여 기존 IT 솔루션과 연계되는 통합 시스템을 구축하게 되면 FOM 시스템의 활용도를 더욱 향상시킬 수 있다.

3.3.6 교육

생산혁신 방안 및 마인드 함양을 목적으로 한 기본교육과 현장에서 작업 실적이 가장 뛰어난 우수 작업자를 선정하여, 선정된 작업자를 기준으로 제작된 표준작업 지침서를 이용한 현장 실무교육을 병행하여 진행한다.

IV. 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 적용결과

4.1 솔루션 적용 대상기업 선정

4.1.1 현재(As-Is) 시스템 분석

스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 적용 대상기업은 열처리 전문기업인 A사로 매출액 200억, 종업원 150여명의 전형적인 중소 제조기업으로 자동차 브레이크 패드, 클러치 드럼 등을 생산하고 있다. 인력 유동성이 빈번하며, 한 사람의 관리자가 다수의 업무를 관장하고 있어 업무효율이 매우 저조하고 고객사의 꾸준한 생산량 증가로 인해 설비 증설이 필요한 상황이었다. A사는 기존에 ERP, POP 등을 도입하여 사용하고 있었으나 사이클 타임 등의 4M 관리 정보의 정확도가 매우 낮았다. 따라서 효율적인 생산시스템 구축을 통하여 생산성과 품질을 향상시킬 수 있는 합리적인 공장운영관리가 필요하였다.

스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 적용은 3단계로 진행하였다. 첫 번째는 현장 진단

및 분석과정으로 FOM 시스템에 현장 현황정보를 입력하여 현재(As-Is) 시스템의 문제요인을 분석하였다. 두 번째는 FOM 프로세스의 적용과 교육 프로세스를 활용하여 분석된 생산현장의 정보 개선 및 표준화를 수행하였다. 세 번째는 FOM 시스템을 활용하여 임직원 모두가 현장 상황을 한눈에 확인할 수 있도록 A사에 적합한 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션을 구축하였다.

4.1.2 현재 수준 관리현황 분석

생산현장의 현황을 파악하기 위해 [그림 2]의 공장 Layout을 기반으로 한 공정흐름을 확인하였고, [그림 3]에서와 같이 디지털 4M 분석을 진행하였다.

[그림 2] 공장 Layout

[그림 3] 디지털 4M 분석 예시

A사는 ERP를 사용하고 있지만 생산실적 관리는 생산수량 집계만 수행하고 있어 생산능력에 대한 기준은 없어서 FOM 시스템에 입력하여 도출된 결과를 관리지표 기준으로 설정하였다. 이때 <표 1>의 생산관리지표 Level 2 단계의 11가지 생산관리지표를 기준으로 분석하였다.

[그림 4] 종합 생산실적(8월)

[그림 5] 설비 생산실적(8월)

[그림 4]의 작업자의 종합 생산실적(1100)은 사이클 타임과 작업 시작/종료시간 관리 미흡으로 전체적인 달성률이 낮고 심한 편차를 보이고 있다. [그림 5]의 설비 생산실적(1200)은 열처리 설비 2호기를 제외한 모든 설비의 달성률이 하향 평준화 되어 있었다.

[그림 6] 작업자 생산실적(8월)

[그림 7] 불량 요인(8월)

[그림 6]의 작업자 생산실적(1300)은 작업자의 달성률이 전체적으로 상향평준화 되어 있었고, 상위 6명의 데이터를 분석결과, 다른 공정의 실적이 함께 포함되어 있는 것으로 확인되었다. [그림 7]의 불량 개별요인(3400)은 녹 발생, 질화미흡 등 총 8가지의 불량요인으로 구분할 수 있었으며, 이 중 녹과 질화미흡이 가장 많이 발생되어 개선이 시급한 상황이었다.

A사의 기존 관리방법으로는 11가지 생산관리지표 중 위의 네 가지 생산관리지표만 확

인할 수 있는 상황이었으며, FOM 시스템으로 생산실적을 진단한 결과 공정별 달성률에서 포장 공정은 251%로 높게 측정됐고, 컨베이어 세척과 열처리 공정은 60% 이하로 낮게 측정되었으며, 설비별 달성률이 관리되지 않아 사이클 타임 재정립과 작업시간 표준화 작업이 시급하다고 판단되었다. 그리고 IT 솔루션 활용현황을 분석한 결과 비가동, 불량 데이터를 관리하지 않고 있었으며, 공정이동에 따른 로트(Lot) 관리가 진행되지 않고 있어 생산관리에 대한 혁신이 시급한 상황이었다.

4.2 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 적용

4.2.1 생산관리지표 관점

앞서 진행된 현재(As-Is) 시스템 분석을 통해 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션을 적용하기 위한 개선테마를 선정하였다. 우선, FOM 시스템의 관리 정보 구축을 위해 디지털 4M 분석을 통해 <표 2>와 같이 사이클 타임을 재측정 하였다.

<표 2> 공정 분석 결과

공정명	라인UPD		
	기준(EA)	분석(EA)	차이(%)
컨베이어세척	50,000	67,764	136%
방질	40,000	42,678	107%
샌딩	40,000	35,555	89%
포장	—	30,869	—

현장에서는 매일 작업자가 실적현황, 비가동, 불량 현황 정보를 POP 단말기를 통해 ERP 시스템에 입력하는데 이 때 작업자가 실제 작업시간 대로 실적 현황 등을 입력하지 않아 실제와 큰 오차가 발생하였다. 이를 개선하기 위해 기존의 일과 종료시 일괄 입력 하던 것을 로트(Lot) 당 시작시간 및 종료시간을 실시간 입력하는 방법으로 변경하여 실제의 작업현황과 POP 입력현황 차이를 개선하였고, 이를 지속적으로 FOM 시스템을 활용하여 유지·관리할 수 있게 되었다.

[그림 8] 종합 생산실적(10월)

사이클 타임 재정립과 작업자 교육을 진행한 후 FOM 시스템에 입력된 생산실적으로 11가지의 관리지표를 활용한 생산관리를 진행했고, 종합 생산실적, 종합 비가동실적, 종합 불량실적의 결과를 분석하여 개선된 것을 확인하였다. 이중 생산성 항목에 대한 분석을 살펴보면, 첫 번째 관리지표인 종합 생산실적(1100)은 [그림 8]과 같이 편차가 적은 달성률을 나타내고 있지만 10월 5일자 생산 달성률은 다른 일자 보다 현저하게 저하된 것을 확인할 수 있었다. 해당일의 비가동 및 불량 발생 현황을 분석한 결과, 입고소재 부족으로 세척, 방질 공정의 작업 정지가 발생하였고 일부 열처리 설비도 정지하는 비가동 시간이 발생해서 실적이 저하된 것을 확인할 수 있었다.

[그림 9] 설비 생산량(10월)

[그림 10] 작업자 생산실적(10월)

두 번째 관리지표인 설비 생산실적(1200)은 [그림 9]와 같이 10월 설비의 생산 달성률 순위를 분석한 결과, PIT 1호기의 10월 생산 달성률이 132%인 것으로 확인되었다. 상세 분석한 결과, 기존 관리되고 있는 제품별 사이클 타임 정보에 오차가 있어 잘못된 정보를 입력하여 달성률이 100%를 초과한 것이다. 반면 80%로 가장 저조한 생산 달성률을 기록한 PIT 2호기는 원소재 입고 수량의 감소로 인해 설비가 가동을 일시중지하는 비가동 시간이 발생하여 달성률이 저하됨을 알 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제품별 사이클 타임 정보를 수정하였다.

세 번째 관리지표인 작업자 생산실적(1300)은 [그림 10]의 작업자별 달성률을 근거로 달성률이 100%를 초과하는 작업자는 작업시간이 실제 현황에 정확하게 입력되었는지 여부와 사이클 타임 재정립을 통해 현장 현황을 실제와의 오차가 없도록 하였고, 달성률이 낮은 작업자에게는 교육을 진행하여 생산성을 높이도록 조치하였다.

〈표 3〉 개선 전후의 분석 결과

Lv.1	Lv.2	개선 전	개선 후	효과
생산성 (1000)	종합(1100)	① C/T 관리미흡 ② 달성률 편차 큼 (19.1%~74.4%)	① C/T 재정립 ② 달성률 편차 감소 (67.0%~104.8%)	17.5% 감소
	설비(1200)	① 달성률 편차 큼 (36.2%~264.7%)	① 달성률 편차 감소 (80.0%~132.1%)	174.4% 감소
	작업자(1300)	① 달성률, 요인관리 미흡 ② 달성률 편차 큼 (113.0%~2865.7%)	① 교육, C/T재정립 ② 달성률 편차 감소 (104.0%~143.8%)	2712.9% 감소
비가동 (2000)	종합(2100)	① 비가동률 8.34%	① 비가동 관리 및 개선 ② 평일 비가동률 6.73%	비가동 15% 감소
	설비(2200)	① 원인, 개선점 파악불가	① 설비 비가동 확인 및 개선	
	작업자(2300)		① 작업자 비가동 확인 및 교육	
	개별요인 (2400)		① 요인 비가동 점유율 파악 및 개선	

〈표 3〉 개선 전후의 분석 결과 (계속)

Lv.1	Lv.2	개선 전	개선 후	효과
불량 (3000)	종합(3100)	① 일일 관리 미흡 ② 불량률 : 1844ppm	① 일일 불량 요인 파악 ② 불량률 : 499ppm	불량률 73% 감소
	설비(3200)	① 원인, 개선점 파악불가	① 설비불량 확인 및 개선 (최다발생-샌딩기)	
	작업자(3300)	① 작업자별 관리 안됨 ② 원인, 개선점 파악불가	① 작업자 불량 확인 및 교육 관리	
	개별요인 (3400)	① 원인, 개선점 파악불가	① 요인 및 일일 관리 ② 개선활동을 통한 질화 미흡 감소 예상	

FOM 시스템을 통하여 도출된 데이터를 바탕으로 비가동, 불량에 대한 분석 및 개선도 상기의 내용으로 수행하였다. 그 결과 〈표 3〉과 같이 11개 항목의 생산현장 관리를 통한 향상 효과를 도출할 수 있었다. 현장관리지표의 분석 및 개선활동을 요약하면, 설비 사이클 타임의 재정립과 작업자의 저하된 숙련도를 지속적인 작업표준 교육을 통해 향상시킴으로써 생산 달성률이 향상되었고, 현장의 핵심성과지표를 가시화하여 관리함으로써 개선 활동을 수행할 수 있는 신뢰 가능한 현장의 현황 정보를 마련하였다.

4.2.2 부서간 활용 관점

스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 적용은 생산부서외에 부서간 정보 공유가 이루어져 업무효율이 향상되는 효과도 나타났다. 영업부서는 수주 여건에 따른 공장 부하율과 효율성 예측이 가능해졌고 구매부서에서는 구매품의 불량과 공급 지연에 따른 생산의 비가동 요인에 대한 손실금액 산정 및 납품업체 관리가 가능해졌다. 또한, 품질부서에서는 불량 유입과 분출에 따른 대응이 가능하여 기업 이미지 재고 및 손실 비용에 대한 관리를 수행할 수 있었다. 부서간 데이터 공유 및 생산 저해요인에 대한 협업을 통하여 비가동 감소에 대한 손실비용이 연간 약 2,000만 원 정도 절감되었다.

생산관리지표 직접 관련부서인 생산 및 생산관리부서 외에 영업부, 품질관리부, 구매부 등에 대하여 FOM 시스템을 활용한 결과를 〈표 4〉를 통해 정리하였다.

〈표 4〉 FOM 시스템 활용 결과

항 목	개선 전	개선 후
실적현황 입력방법	일과 종료 후 일괄 입력	실시간 입력
출하계획 준수율	92%	98%
수량관리 업무소요시간	5시간	4.3시간
고객 유출 불량률	3%	0%

V. 결 론

생산제조기업의 현장에서는 일일 작업자 개인별 실적, 설비별 가동률, 제품별 비가동, 불량, 수주 정보, 재공재고 등 수많은 정보들을 끊임없이 관리해야 한다. 일부기업에서는 IT 솔루션을 이용하여 수집·관리하고 있지만 실제로 필요한 정보를 수집하여 가공하기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 중소기업의 상황에 적합한 소프트웨어 중심의 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션 개발에 대한 연구를 수행하였고, 기업에 적용하여 생산성 향상 효과를 검증하였다. 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션은 시시각각 변하는 중소제조기업의 특성을 반영하여 생산현장의 4M 정보를 수집, 분석 및 관리를 통하여 지속적으로 효율적인 공장운영관리를 수행할 수 있는 유용한 수단이 될 것이다.

스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션을 적용한 A사는 IT 솔루션(ERP, POP)를 도입하였으나 생산현장 4M 관리 정보의 정확도가 낮아서 FOM 프로세스를 활용하여 Cycle Time 등의 4M 관련된 표준데이터를 재정립하였고, 도출된 데이터를 FOM 시스템에 입력하여 60가지 항목의 핵심성과지표를 설정하고 생산현장의 문제점을 도출하였다. 이를 기준으로 생산성 및 품질의 7대 낭비요인을 제거할 수 있도록 개선안을 도출하고 지속적인 안전 협의 및 대안을 적용하여 생산 및 품질부문에서 만족할 만한 성과를 거두었다. 솔루션 활용을 통하여 영업부, 구매부, 품질부 등 실제로 사용하는 각 부서별로 성과가 도출되었을 뿐만 아니라, 관리부서에서도 눈에 들어나지 않는 비 가동, 불량 등 손실에 대하여 부서별 커뮤니케이션을 유도함으로써 부서 간 협업을 통한 효율적인 공장운영관리를 수행할 수 있게 되었다.

향후 중소기업에 적합한 스마트팩토리운영관리(FOM) 솔루션을 지속적으로 개선하고 활용한다면, 임직원들의 제조혁신 마인드 함양과 FOM 시스템을 활용한 스마트한 공장운영관리와 수주에서 출하까지의 전체 프로세스에 대한 혁신을 이루어갈 것으로 생각된다. 또한 이러한 개선과정이 지속되어 기업문화로 정착되어야 할 것이다. 또한 본 연구결과는 정부에서 추진하고 있는 스마트공장 사업으로 활용이 가능하며 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

〈국내문헌〉

- 김미정, 이수전(2017), “4차산업혁명 기반 사물인터넷 비즈니스 플랫폼 개발연구 : 비용절감형 모델 활용”, **전산회계연구**, 15(2) : 1-18.
- 김수영, 김우현, 정일홍(2014), “디지털팩토리 기술을 이용한 자동차부품 조립업체의 생산성 향상 사례연구”, **한국생산성학회지**, 28(3) : 35-52.
- 김수영, 송민강(2014), “MI-NPS 디지털팩토리 방법론을 활용한 생산능력의 향상 및 최적 레이아웃 구축에 관한 연구 : 자동차 부품 Shaft 제조라인 적용 사례”, **한국생산성학회지**, 28(1) : 47-73.
- 김수영, 이기성, 이희준(2005), “지능인지형 신생산시스템 기술에 의한 디지털팩토리 구축(1) : 소형컴퓨터제조업체의 최적 생산시스템 구축”, **한국생산성학회지**, 19(3) : 171-189.
- 김수영, 정진도, 최성우(2010), “디지털팩토리를 이용한 제조공장 진단 시스템 구축 : 화장품 용기 조립공장 리모델링”, **한국생산관리학회지**, 21(1) : 87-99.
- 노상도, 신종계, 지해성, 임현준(2006), **CAD, 디지털 가상생산과 PLM**, 시그마프레스.
- 문양호(2017), “ERP 도입이 중소기업의 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구 : D사를 중심으로”, **한양대학교 기업경영대학원 석사논문**.
- 오세구(2011), “공급사슬 내 IT의 활용이 경쟁역량 및 기업성과에 미치는 영향”, **한국생산성학회지**, 25(1) : 51-76.
- 정보통신산업진흥원(2016), **2015년 국내기업 IT·SW 활용조사**.
- 정철호, 서용석, 광동신, 이상진(2016), “ERP와 SCM시스템 간의 비교를 통한 성공적인 정보시스템 구현 전략 연구”, **전산회계연구**, 14(2) : 43-57.
- POSRI 보고서(2014), **인더스트리4.0**, 독일의 미래제조업청사진, 포스코경영연구소.
- Chris Kanaracus(2012), **ERP 실패로 고통받는 기업들**, www.ciokorea.com/news/13307.
- 홍영락, 박종우(2011), “제조전략이 제조성과에 미치는 영향에 관한 연구”, **한국생산성학회지**, 24(4) : 275-304.

〈외국문헌〉

- Iwata, K., Onosato, M., Teramoto, K and Osaki, S(1995), “A Modeling and Simulation Architecture for Virtual Manufacturing Systems”, *Annals of the CIRP*, 44(1) : 399-402.

“본 논문은 학회윤리규정을 준수하였으며 논문에 대한 판권을 학회에 위임합니다.”

〈Abstract〉

A Case Study of the Introduction of Smart Factory Operation Management(FOM) in the Fourth Industrial Revolution Era

Kim, Su - Young*

Companies in the field of production and manufacturing in Republic of Korea are currently supervising data (performances, un-availability, defects and others) of production scenes in various ways by keeping production logs, making good use of IT solutions and others. The companies are establishing production plans and controlling the scenes of production based on such data and yet, most of small and medium-sized businesses do not appear to conduct any systematic supervision on the data of the production scenes. In order to resolve the problems above, a new factory operation and management method should be designed which would constantly control productive capacity by collecting 4M (Man, Machine, Material, Method) information and conducting the most careful supervision and accurate analysis for considering all these rapidly-changing characteristics of the small and medium-sized manufacturing companies. In this light the present study carried out a research on how to develop a software-based smart Factory Operation Management (FOM) solution. The study regards the proposed solution as a solution to increase productivity of a company by eliminating the seven greatest wasteful factors occurring in the scenes of production by analyzing processes. After all, the solution presented in this study leads companies not only to come up with productivity plans to stabilize systems and to cope with the quantity of orders received but also to operate their factories in rational ways depending on changes in 4M, which would, again, eventually improve productive capacity of the companies.

Key words : Digital factory, Smart factory, Factory operation management, Production management, Productivity improvement

* Professor, Graduate School of Management of Technology, Hoseo University, e-mail : df2030@hoseo.edu