

중소기업의 글로벌 경쟁력 제고를 위한 스마트공장 표준화 전략[†]

Standardization Strategy of Smart Factory for Improving SME's Global Competitiveness

정선양(Sunyang Chung)*, 전중양(Joong Yang Jeon)**, 황정재(Jeong-Jae Hwang)***

목 차

- | | |
|------------|----------------|
| I. 서 론 | IV. 스마트공장 사례분석 |
| II. 이론적 배경 | V. 결론 및 시사점 |
| III. 연구방법론 | |

국 문 요 약

정보통신(ICT)의 발달은 제조업에 있어 큰 변화를 가져왔으며 제조공정에는 사물인터넷, 증강현실, 빅데이터와 같은 최신 정보기술이 적용되어 스마트공장이라는 이름으로 진화하고 있다. 이에 미국, 독일, 일본 등 선진국들은 전기전자, 자동차, 기계 등의 제조업에서 스마트공장을 활발히 도입함에 따라 기존의 제조기업들의 생산품질을 높이고, 생산 환경은 유연한 체제로 변화시키면서 미래 제조업을 앞당기고 있다. 이러한 변화는 국내 제조업에까지 영향을 미치게 되었으며 대기업 중심으로 스마트공장이 이루어지고 있다. 그러나 중소기업들은 기술적, 재무적 어려움으로 인해 스마트공장을 적극적으로 도입하고 있지 못하다. 이같은 배경 속에서 본 논문은 스마트공장의 표준화가 중소기업들의 스마트공장의 활용에 큰 기여를 할 것으로 전제하고 우리나라 중소기업들의 스마트공장의 표준화 전략 및 확산 방안을 도출하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 이론분석을 통하여 스마트공장의 확산에 영향을 미치는 요소를 기술적 요인, 조직적 요인, 산업적 요인, 정책적 요인으로 도출·분류하고 사례분석을 실시하였다. 실증분석 대상은 우리나라 제조업의 핵심이 되고 있는 뿌리산업이며, 특히 금형분야의 두 기업을 대상으로 실시하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 향후 뿌리산업 중소기업들에게 스마트공장 구축을 위한 표준화 전략 4가지, 즉 국제 표준화, 정부주도 표준화, 기업주도 표준화, 비표준화 추진 등을 도출 및 제안하였다.

핵심어 : 스마트공장, 기술표준, 표준화 전략, 중소기업, 경쟁력, 뿌리산업

※ 논문접수일: 2016. 7. 20, 1차수정일: 2016. 9. 5, 게재확정일: 2016. 9. 20

* 건국대학교 경영대학 기술경영학과 교수, sychung@konkuk.ac.kr, 02-450-3117, 교신저자

** 건국대학교 경영대학 기술경영학과 박사과정, bpr@hanmail.net

*** 건국대학교 경영대학 기술경영학과 석사과정, ohnhop@naver.com

† 이 논문은 <제4회 표준정책 마일스톤 연구논문 공모전> 선정 논문으로 2016년도 한국표준협회의 지원을 받아 수행된 연구임.

ABSTRACT

The development of ICT brings a big change in manufacturing industries, and new information technology such as IoT, AR, and big data was applied on manufacturing process. As a result, the concept of smart factory has been introduced as a new manufacturing paradigm.

In fact advanced countries like USA, Germany, and Japan have actively introduced smart factory in their manufacturing industries such as electronic, automobile, machinery, to improve production efficiency and quality. The manufacturing environment has been changed into flexible system, so that smart factory will be leading future manufacturing industries.

These changes have more severe influence on Korean manufacturing industries. Many industrial companies, have a strong interest in smart factory and they, particularly big enterprises, have been adopting smart factory to increase their manufacturing efficiencies. However, Korean small and medium-sized enterprises (SMEs) have many financial and technological difficulties so that the diffusion of smart factory in Korean SMEs has not been satisfiable up to present. However, smart factory is very important for enhancing their competitiveness in global market.

Therefore, this study aims at identifying the standardization strategy of smart factory in so-called Korean 'roots industry' by presuming that the standardization will activate the diffusion of smart factory among Korean SMEs. For this purpose, first, this study examines the competitiveness of SMEs, especially in 'roots industry' and identifies the necessity of diffusion of smart factory among those SMEs. Second, based on the active review on the existing literature, this study identifies four factor groups that would influence the adoption or diffusion of standardized smart factory. They are technological, organizational, industrial and policy factors. Third, using those four factors, this study made two comprehensive case analyses on the adoption and diffusion of smart factory. These two companies belong to molding sector which is one of the important six sectors in 'root industry'. Finally, based on the theoretical and empirical analyse, this study suggests four strategies for activating the standardization of smart factory; international standardization, government-leading standardization, firm-leading standardization, and non-standardization.

Key Words : Smart Factory, Technology Standardization, Standardization Strategy, Small and Medium-sized Enterprises, Competitiveness, Roots Industry

I. 서 론

최근 제조기업의 혁신전략으로 스마트공장에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 한국의 산업 발전은 일반제조 분야에서부터 정보통신기술(ICT)까지 급속한 발전을 이루면서 국가경제를 이끌어 왔다. 과거의 경제발전은 철강, 조선, 선박 등 제조를 기반으로 한 산업에서 강세를 보여왔으며 현재는 전기·전자 반도체 부문까지 경제성장 동인을 이끌고 있다. ICT의 발전은 산업 전반에 걸쳐 커다란 파급력을 가져왔으며, 이를 적용한 제조업분야의 적용방법은 ‘4차 산업혁명’으로 표현하고 있다. 4차 산업혁명의 물결 중 제조업에서는 생산설비 스스로가 생산과정 전반에 대한 정보를 수집하고 판단하여 자동생산을 할 수 있도록 하는 ‘스마트공장(smart factory)’이 현실적인 대안이 되고 있다. 전문가들은 ICT에 기반한 스마트공장의 구축 및 활용이 향후 중소기업의 제조 경쟁력을 좌우할 것으로 예상하고 있다(노용휘, 2015).

주요 제조 선진국인 독일, 미국, 일본 등은 이미 국가 아젠다를 제품생산 공장에 초점을 두고 자동차, 기계 등의 대형 제조업 분야에 스마트공장을 도입하고 있으며, 지능화되고 유연한 생산체제를 구축하기 위한 방안으로 시스템의 수직적, 수평적 통합을 추진하고 있다(김영훈, 2016). 유연한 생산체제 구축은 대기업과 중소기업 간의 상호협력을 통해 시스템 통합의 완성도를 높이고 품질향상, 원가절감, 국제표준화 체계 확립을 통해 세계시장에 진출하기 위한 기반활동으로 작용한다.

많은 나라들은 스마트공장의 보다 폭넓은 확산을 위해 스마트공장의 표준화를 위해 노력하고 있다. 대표적으로 독일은 스마트공장의 국제표준화 체계를 구축하기 위해 제조혁신 프레임워크를 중심으로 제조에 직접 연관된 ISO/184와 IEC TC 65를 중심으로 진행하고 있으며, 제조분야의 사물인터넷(IoT)과 지능화 기술 솔루션 측면에서는 ISO/IEC JTC 1, IEEE, OMG, IIC 등 많은 부분에서 표준개발이 이루어지고 있다(김용운 등, 2015). 독일뿐만 아니라 미국에서도 GE, 인텔, 포드 등 대기업이 주축이 되어 스마트공장을 도입하여 표준화 추진을 진행하고 있으며, 그 중 핵심요소라 할 수 있는 산업용 사물인터넷(IoT)과 빅데이터 분석 관련 기술에 대해서도 표준화 활동을 추진하고 있다.

반면, 한국의 제조공정은 일반 소비자용과 산업용 제품을 생산하는 공장으로서 경영, 영업/수주, 제품 기획, 설계, 개발, 원부자재 구매, 제조, 품질검사, 재고관리, 출하 등 다양한 사업 활동을 통해 운영되고 있으며, 제조공정의 대부분이 외산 장비를 수입하여 시스템을 운영하고 있어 해외 소프트웨어와 하드웨어 공급 의존도가 높게 형성되어 있을 뿐만 아니라 자체 개발에도 많은 애로사항을 가지고 있다. 이런 스마트공장의 변화는 대기업과 1~2차 하청 기업들을 중심으로 생산정보, 납품단가, 품질정보, 규격정보 등을 통합하기 위해 시작이 되었으며 정부의 추진정책과 맞물려 점차 그 범위가 중견·중소기업까지 범위를 넓혀 가고 있으나 대기업과의 기술수준 및 정보화 격차는 계속해서 멀어지고 있다. 대기업은 자체 시험인증체계 및 표준화

체계를 마련하고 있는 반면 중소기업의 표준화 준비는 무방비 상태에 놓여 있어 기업 간 공동 협력을 통한 표준화 마련이 시급하다.

우리나라 정부는 제조업의 중요성을 인식하고 정부정책의 일환으로 산업혁신 3.0의 개념을 도입하여 5년간 스마트공장 1만개 보급을 목표로 중소기업들에게 스마트공장 보급을 위한 자금지원과 우수모델의 발굴 및 확산에 속도를 내고 있지만 중소기업의 기술수용능력, 자금부족, 표준화 모델 부족 등에 의해 스마트공장의 중소기업들에 대한 확산이 아직 충분히 이루어지고 있지 않다. 또한 현재까지 중소기업에 약 1,300개의 스마트공장이 구축되고 있으나, 정부의 많은 노력에도 불구하고 급하게 기획된 추진정책으로 인해 지원성고가 더디게 나타나고 있다.

특히, 제조분야의 중소기업들은 경제 및 환경적인 제약으로 스마트공장 기초수준에도 못 미치고 있으며, 스마트공장의 개념조차 인지하지 못하는 기업들이 많은 것으로 나타났다(국가뿌리산업진흥센터, 2015). 그 이유는 근본적으로 우리나라의 기업규모에서 찾아 볼 수 있는데, 통계청(2014) 조사에 따르면 영세기업이 50.7%, 중소기업이 48%, 중견기업 이상이 1.3%를 차지하고 있어, 상당부분이 50인 미만의 영세기업과 중소기업으로 구성되어 있기 때문에 정부가 목표로 하고 있는 스마트공장 1만개 성과창출에는 규모의 한계를 갖는다.

이에 따라, 우리나라 중소기업들에게 스마트공장이 폭넓게 확산되기 위해서는 다양한 수준의 스마트공장 표준화가 이루어져야 할 것이다. 특히 중소기업이 스마트공장의 기초수준에서 탈피하기 위해서는 국내의 자체적인 개념화 및 표준화가 필요하며 정립된 자체표준을 국제표준화로 추진하기 위해 정부와 기업들이 함께 협력하여 시장을 선도해야 할 필요가 있다. 또한 중소기업의 경쟁력 강화와 스마트공장의 보급·확산을 성공시키기 위해서는 표준화에 참여하는 중소기업의 경쟁력, 표준화 저해요인, 스마트공장 채택 및 확산요인, 스마트공장 표준전략에 대한 연구가 매우 필요하다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장은 중소기업의 기술혁신과 경쟁력, 중소기업과 스마트공장의 관계, 스마트공장 채택 및 확산에 영향을 미치는 요인에 대해 살펴보고, 3장은 연구범위와 연구방법론에 대해 정의하고, 4장에서 뿌리산업의 스마트공장 구축사례를 비교 및 분석하여 스마트공장 표준화 전략을 제시할 것이며, 마지막으로 5장에서 연구의 시사점과 한계점을 도출하고 추후연구를 제안한다.

II. 이론적 배경

1. 중소기업의 기술혁신과 경쟁력

Schumpeter(1911, 1934)는 중소기업이 대부분의 혁신의 원천일 수 있었다고 제안하면서

기술혁신 활동에 있어서 중소기업(SMEs: Small and Medium Enterprises)의 중요성을 강조하였다. 중소기업은 경제 발전 추진력의 근간으로 중소기업의 중요성이 점점 강조되고 있는 환경 속에서 지역의 경쟁력, 국가의 경쟁력, 나아가 세계 경쟁력을 키우는 산업영역의 핵심적인 동인으로 자리 잡고 있다. 중소기업의 혁신 장려는 여전히 지역, 국가, 유럽전체 수준에서 경제발전 활성화를 위한 정책계획의 중심으로 발전하여 왔다(정선양, 2013; Jones & Tilley, 2003). 실제로 독일은 기술혁신능력이 대단히 높은 중소기업들로 구성된 산업구조를 가지고 있으며, 독일의 중소기업은 기술혁신능력을 바탕으로 세계 시장의 70%~80%를 석권하고 있지만 밖으로는 드러나지 않는다는 점에서 이를 ‘숨겨진 챔피언(hidden champion)’이라고 부르고 있다(Simon, 1992, 1996; 정선양·박동현, 1997).

중소기업의 기술혁신능력을 강화하는 요인은 제품혁신과 공정혁신으로 구분할 수 있는데 전자는 새로운 변화와 새로운 제품의 도입을 의미하며, 후자는 생산공정에 있어서의 새로운 변화 및 공정의 도입을 의미한다(정선양, 2016). 특히 공정혁신은 제품의 품질, 생산성, 불량률 감소, 규모의 경제 창출 등 역량을 강화하는 활동으로 기업내부의 비용절감과 이익창출 두가지의 큰 효과를 가지고 있으나, 기업내부에서 발생하는 것으로 경쟁기업의 모방 우려로 인해 비밀로 취급하는 경우가 많다(이공래, 2000). 이런 특성은 중소기업의 공정혁신 노하우를 외부로 공개하는 것을 꺼리게 만들고 표준화 채택 확산을 저해하는 요인으로 작용한다.

제품 및 산업의 수명주기가 짧아지고 환경의 불확실성이 높아짐에 따라 기업들은 신기술과 신제품 개발에 몰두하게 되고, 글로벌 표준에 부합하는 신제품과 서비스를 출시해야 한다. 기술혁신의 중요성이 증가하는 이유는 시장의 세계화로 글로벌 기업들과의 경쟁은 차별화된 제품생산과 서비스를 제공하기 위해 지속적으로 혁신하도록 압력을 주고 있기 때문이다(정선양, 2016). 중소기업에 있어서도 기술혁신은 지속적인 경쟁우위의 핵심요인이며, 가장 중요한 도전요인이다(정선양, 2013; 정선양·박동현, 1997; O'Regan외, 2006). Hill & Jones(1995)는 경쟁우위의 원천을 효율성, 품질, 혁신, 고객응답성에서 찾아볼 수 있다고 하였다. 이들은 기업을 노동, 자본, 기술, 정보, 경영 등을 투입하고 제품이나 서비스를 생산해 내는 장치로 보았으며, 효율성과 품질 그리고 혁신과 고객응답성을 경쟁우위를 창출하기 위한 구성요소들로 보았다.

이 점에서 공정혁신 측면에서 스마트공장의 구축은 비즈니스 프로세스를 효율화 시키는 공정혁신에 해당하며, 제품과 공정들 간의 시스템 관점에서 일어나는 혁신은 제품구조 혁신과 부품혁신 또는 모듈러 혁신이 있으며 구조적 혁신은 전체시스템의 디자인을 변화시키거나 각 부품 간에 상호작용하는 방식을 바꾸는 것을 말한다. 스마트공장은 기업 생산공정의 효율성과 품질을 제고하고 고객 응답성을 높여 기업의 경쟁우위를 가져온다. 이 점에서 스마트공장이 우리 기업들에게 폭넓게 도입되어야 할 것이며 여기에 스마트공장 표준의 중요성이 있는 것이

다. 특히 스마트공장 도입에 있어서 재무적, 기술적 어려움이 있는 중소기업들에게는 표준화를 통한 스마트공장의 활용 및 확산은 개별 중소기업들은 물론 산업 전체의 경쟁력을 강화할 수 있을 것이다.

2. 중소기업과 스마트공장 표준화

1) 중소기업과 스마트공장

중소기업이 대부분인 제조업은 다양한 차원에서 접근할 수 있는데 산업의 적용대상에 따라 자동차, 전기·전자, 조선중공업으로 나눌 수 있다. 스마트공장의 적용대상은 제조업 전반을 대상으로 하고 있으나 대기업의 계열사를 비롯한 주요기업들은 이미 구축이 완료되어 있는 관계로 최근 스마트공장 확산의 대상으로 뿌리산업에 속한 중소기업들이 중요한 비중을 차지하고 있다(국가뿌리산업진흥센터, 2015).

뿌리산업의 중소기업이 세계적인 경쟁력을 가지고 있는 독일의 경우에는 역사적으로 스마트공장을 포함한 새로운 생산기술의 표준화 및 확산을 위한 대단한 노력이 이루어지고 있다(Chung, 1996; Lay, 1992, 1993; Chung & May, 1996). 이같은 노력은 지속적으로 이어져 와 최근 스마트공장의 체계적 구축 및 도입을 위한 Industrie 4.0 등의 전체적인 정부 프로그램이 진행되어 오고 있다(BMBF, 2013, 2016).

국가의 기술경쟁력 확보를 위해서는 기업이 경쟁력을 보유하는 것이 대단히 중요한 요소인데, 이를 하부에서 뒷받침해주는 원천이 뿌리산업(root industry)이다. 기초공정산업인 뿌리산업은 최종 제품의 품질과 성능을 결정하며 제조업 전반에 걸쳐 기반성과 연계성이 높은 산업으로 자동차, 조선, IT 등 타산업의 제조 과정에서 '공정기술'로 이용되며, 최종 제품의 품질경쟁력 제고에 필수적인 요소로 완제품을 생산하는 최종제품의 경쟁력에 큰 영향을 미치고 있다. 뿌리산업의 기술영역은 주조, 금형, 소성가공, 용접, 표면처리, 열처리 등 제조업의 전반에 걸쳐 활용되는 공정기술로서 대통령령으로 정하는 기술을 말한다.

국가뿌리산업진흥센터(2015)에서 발간한 「뿌리산업실태조사」에 따르면 2013년 기준 뿌리산업을 영위하는 사업체 수는 26,013社로 매년 3.5%씩 증가하고 있으며, 종사자는 42만 명으로 각각 전체 제조업의 7.6%, 11.7%를 차지하고 있다. 뿌리산업 4개 업종(표면처리, 금형, 용접, 소성가공) 비중이 20% 이상으로 대동소이하며, 2개 업종(주조, 열처리)의 비중이 5.0% 미만으로 업종별 분포자 수에 많은 차이를 보이고 있다. 뿌리산업을 종사자 규모별로 살펴보면, 10인 미만의 소공인 형태의 사업체가 68.4%(17,792개사)를 차지하고 10인 이상 50인 미만의 소기업이 25.2%(6,546개사), 50인 이상 300인 미만의 중기업이 6.1%(1,586개사)를 차지해 중

소기업 위주의 산업으로 나타났다(국가뿌리산업진흥센터, 2013). 뿌리산업에 속하는 기업들은 1차~4차 협력기업까지 넓은 스펙트럼을 갖고 있으며 주로 대기업과 1차 협력기업에 의존도가 높은 특성을 가지고 있다. 또한 이들은 공정기술을 기반으로 대기업과 1차 협력기업보다는 2차~4차 협력기업으로 구성되어 있는 특성을 갖는다.

국가뿌리산업진흥센터(2015)에 따르면, 뿌리산업에 속한 중소기업들은 스마트공장의 도입을 충분히 하고 있지 않은 것으로 나타났다. 스마트공장 도입기업의 업종별 현황으로는 뿌리산업기업의 참여비중은 12.3%로 나타났으며, 스마트공장 도입기업의 48.9%는 소재·부품기업이었고, 규모별로는 매출액 50억 미만의 기업이 39.6%, 종업원 수 20~49인 규모 기업이 40.6%로 가장 높은 비중을 차지하였다. 지역별로는 수도권에 347개로 28.0%, 비수도권은 893개로 82.0%가 분포하는 것으로 나타났다. 소재부품기업의 대부분을 포함하는 뿌리산업의 참여비중이 낮은 이유로는 고객의 요구사항에 따라 제품규격이 변하는 산업적인 특성과 기업 간의 협력구조, 복잡성이 높은 기술의 첨단성 부족과 신규도입에 대한 인식 부족이 크게 작용하고 있다.

따라서 정부의 스마트공장 구축 및 확산 대상은 중소중견기업으로 이루어져 있으며 자동차, 전기전자, 조선중공업 분야에 제조부품을 공급하는 뿌리산업의 공정기술을 가진 기업으로 범위를 좁힐 수 있다. 여기에 중소기업들을 위한 스마트공장의 표준화 필요성이 있으며 이를 통한 스마트공장 확산의 중요성이 대두된다.

2) 스마트공장 표준화 복잡도

중소기업들에게 스마트공장을 확산하기 위해서는 스마트공장의 표준화(standardization)가 필요하다. 그러나 스마트 공장은 대단히 복잡한 시스템으로 구성되어 있어서 표준화가 쉬운 일이 아니다. 스마트공장의 복잡성은 비즈니스 구조와 공급사슬 관점에서도 확인할 수 있으며, 생산 및 공급사슬 전반에 있어 매우 강하게 침투하고 있다(Davis 등, 2012). 이는 제품개발부터 양산까지, 시장 수요 예측 및 모기업의 주문에서부터 완제품 출하까지의 모든 제조 관련 과정의 복잡성이 높다는 것을 시사한다.

김용운 등(2015)은 스마트공장의 국제표준화에 대한 연구에서 표준영역의 다양성과 복잡성을 크게 두가지 영역으로 구분하였는데 첫째, 제조와 직접적 연관이 되는 표준화 범위(ISO/TC 184와 IEC TC 65)와 둘째, 제조에 대한 지능화를 실현하는 기술 솔루션 관련표준(ISO/IEC JTC 1, oneM2M, IEEE, OMG, IIC 등)으로 나누면서 다양한 복잡성에 대해 강조하고 있다.

일반적으로 스마트제조 범위는 IEC SG8에서 포함하고 있으며 이를 중심으로 각 영역의 표준화 그룹이 다양하게 개설되었으며 계속해서 신규영역의 표준을 확립하고 있는 실정이다. IEC/TC 65는 산업공정 측정, 제어 및 자동화를 다루고 있다. ISO/TC 184/SC 4, 5는 산업데이

터와 전사적 시스템과 자동화 응용을 위한 상호운용성, 통합 및 아키텍처 분야를 포함하고 있으며, ISO/IEC JTC 1/WG 9는 방대한 데이터를 기반으로 스마트공장 모니터링 및 예측을 담당하는 빅데이터 영역을 포함한다. ISO/IEC JTC 1/WG 10은 스마트공장의 원격제어, 센서에 의한 인식 등을 포함하는 사물인터넷(Internet of Thing)을 담당하고 OneM2M은 사물인터넷 서비스 플랫폼 표준기술을 개발을 포함하고 있다. IEEE P2413은 사물인터넷의 구조 프레임워크에 대한 표준의 제정을 포함한다. 또한 보안의 영역이 계속적인 문제로 떠오르면서 사이버 보안 기술, 디바이스 사이버 보안, 클라우드 서비스 보안 세 보안 분야의 표준화 영역의 중요성이 대두되고 있다(박종만, 2015).

스마트공장은 단일 제품이 아닌 자동차를 만들기 위한 전체 공정의 집합체와 같이 기존공장과 새로운 ICT의 결합을 통한 혁신물의 집합체로 볼 수 있다. 혁신물의 구성요소는 공장의 단위를 구성하는 건물, 장비 등의 기반 인프라와 이를 운영하고 모니터링을 하는 관리시스템 등이 모두 포함되어 있다. 특히, IoT, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 보안, CPS, M2M 등의 새로운 주제에 따라 표준규격이 추가되거나 추상적인 개념의 재정의가 필요한 어려움으로 제품 및 공정의 복잡도가 기하급수적으로 증가하는 문제를 갖는다. 이처럼 스마트공장의 표준화는 대단히 복잡한 기술적 요소들을 포함하고 있어서 기술표준의 확보 그 자체를 논의하는 것은 본 연구의 범위를 벗어난다. 오히려 본 연구에서는 중소기업들이 스마트공장을 적극적으로 도입하기 위해서는 표준적인 스마트공장을 도입하고 있는 대표적인 기업들의 사례를 체계적으로 분석하여 다른 기업들이나 정부정책에 도움이 될 수 있는 시사점을 도출하는 것이 보다 바람직할 것이다. 이를 위해서는 스마트공장의 활용 및 확산에 미치는 영향요인을 체계적으로 분석하는 것이 매우 필요하다.

3. 스마트공장 확산에 미치는 영향요인

기술 표준화는 어떠한 목적을 가지고 추진되는 과정으로 사회적, 정책적, 기업적인 의사결정으로 이루어진다. 또한 기술혁신과정에서 표준화를 추진하는 동인으로 첫째, 단위, 참조, 정의를 위한 표준(참조), 둘째, 다양성 감소를 위한 표준(단순화), 셋째, 상호작용을 위한 표준(호환성), 넷째, 진화를 위한 표준(유연성)이며, 이러한 모든 단계에서 성능과 품질표준이 요구된다(Sherif, 2001).

기술 표준화는 크게 기업관점과 정부관점 등 두 가지의 관점에서 접근할 수 있다. 기업의 관점에서는 기업이 경제적 이익에 기반한 신규시장 진출 및 선점을 위한 경쟁전략이며, 정부의 관점에서는 정부주도에 의해 특정 산업의 전반적인 경쟁우위의 제고 및 공공의 이익 보호의

목적으로 추진된다. 두 관점 모두 기업과 국가 차원의 신규시장 진입 또는 기존시장의 확대를 위한 전략적 요소가 포함되어 있다.

이처럼 중요한 표준의 문제는 기술의 확산과 긴밀한 관련이 있다. 즉, 기술표준의 확보는 해당 산업에 있어서 해당기술의 폭넓은 확산을 가져오면서 해당 기업과 산업의 경쟁우위의 확보에 결정적인 기여를 한다. 그 결과 표준의 확보 및 기술의 확산은 정부의 중요한 정책적 과제로 인식되어 왔다. 예를 들어, 일찍이 Chiang(1991)은 국가의 과학기술정책을 임무지향적 과학기술정책과 확산지향적 과학기술정책으로 나누어볼 수 있으며, 미국 등과 같은 많은 나라들이 임무중심형 과학기술정책을 추구하고 있는데 앞으로는 확산지향적 과학기술정책으로의 변환이 필요함을 강조하였다.

실제로 국가전체의 차원에서는 기술의 개발보다 기술의 확산이 국가 및 산업의 경쟁우위 확보에 보다 구체적인 공헌을 한다는 측면에서 더욱 의미가 있다. 그 결과 그동안 기술확산에 관한 연구가 다양한 분야에서 이루어져 왔다. 대체적으로 기술확산에 관한 연구들은 기술혁신의 수용률과 방향에 미치는 영향에 관해 집중되었다. 가장 대표적인 연구는 Rogers(1962)가 처음으로 체계화한 혁신확산모델(Diffusion of Innovation Model)이다. 그는 기술혁신의 수용과 확산은 S커브를 그리며, 혁신의 수용률은 처음에는 낮아 혁신자들에게만 수용되다가, 점차 조기수용자, 후기다수수용자, 지체자 순으로 수용됨을 제시하고 있다. 특히 그는 기술혁신의 수용과 확산에 있어서 수용자들의 유형화와 이들의 서로 다른 대응에 보다 주안점을 두고 있다는 특징을 가지고 있다.

스마트공장의 초기 단계인 유연생산체제(FMS: Flexible Manufacturing System), 컴퓨터자동생산체제(CIM: Computer Integrated Manufacturing)과 같은 신생산기술은 많은 기업들에 의해 확산이 되어 기업의 경쟁우위의 제고에 공헌하여야 할 당위성이 있다. Chung(1996)과 Chung & Lay(1997)은 독일과 한국의 신생산기술의 확산 전략을 비교분석하면서 이들 기술의 확산에 미치는 영향 요인을 포괄적으로 파악하여 국가의 산업구조, 국가의 과학기술체제, 신생산기술의 사용자와 공급자와의 관계, 그리고 신생산기술을 수용하는 기업의 행위 등 네 가지로 비교분석하였으며, 모든 나라에 적용가능한 기술혁신 확산전략은 없으며 국가의 고유한 상황에 맞는 전략을 추구하여야 할 것임을 강조하였다.

Tidd & Bessant(2013: 370)은 기술혁신의 확산 패턴은 수요측면의 요소와 공급측면의 요소들의 상호작용에 달려있음을 강조하고, 수요측면의 요소로는 기존수용자와의 접촉, 수용자의 기술혁신의 효과와 위험 등에 관한 선입견 등을 제시하고 있고, 공급측면의 요소들로는 기술혁신의 상대적 장점, 정보의 이용가능성, 기술혁신의 장애요인, 기술혁신의 개발자와 사용자간의 상호작용 등을 들고 있다.

아울러 Tidd & Bessant(2013: 373)은 기술혁신의 수용(adoption)을 확산과 구분하여 설명하면서 기술혁신의 수용에 미치는 영향을 기술혁신 자체의 특징, 수용자의 특징, 환경의 특징 등 세 가지의 군집으로 구분하고 있다. 기술혁신의 특징은 기술혁신의 상대적 장점, 조화성, 복잡성, 시험가능성 등을 포함하며, 환경의 특징은 경제적 요인, 사회적 요인 등을 포함하고, 수용자의 특징은 개별 수용자로서 나이, 교육, 사회적 위치 등을 나타내는데 기업 수용자의 경우에는 기업의 역사, 전략, 기술능력 등을 나타내 주는 것으로 파악할 수 있다.

기술혁신이 시스템적인 성격 혹은 네트워크적인 성격이 있을 경우에는 보다 이를 수용하고 확산하기 위하여 포괄적인 요소들을 경영하여야 한다. Chakravorti(2004)는 시스템 기술의 경우에는 기술혁신의 확산을 촉진 혹은 방해하는 하부구조, 보완제품, 지원 서비스 등을 포함하는 공급측면의 요소들과 잠재적 수용자의 불확실성, 이들간의 커뮤니케이션 등 수요측면의 요소들이 관리되어야 할 것임을 강조하고 이를 수용 네트워크(adoption network)로 표현하고 있다. 스마트 공장의 경우에도 시스템 기술로서 수용자는 물론 최종제품의 수요자인 수요기업들과의 긴밀한 네트워크를 필요로 한다는 점에서 이의 주장은 타당한 것으로 평가된다.

기술혁신의 개발 및 확산에 있어서 수용자, 즉 사용자의 중요성을 강조한 역사는 매우 깊다. 특히 von Hippel(1978, 1988)은 현대의 시장이 매우 이질적이라는 점을 강조하면서 기술의 개발 및 확산에 있어 사용자 조기참여의 중요성을 강조하며 그 이유로 장기간의 시행착오 기간을 통해 사용자 수요의 세심한 이해에 필요한 기간을 단축할 수 있으며, 사용자 의견의 투입은 제조용이성을 가져오고, 작은 틈새 고객의 니즈도 쉽게 충족시킬 수 있음을 제시하고 있다. 이는 스마트 공장의 도입에 있어서도 제품의 수용자가 될 수 있는 수요기업과의 협력의 필요성을 강조하는 것으로 파악할 수 있다.

그럼에도 불구하고 기술혁신의 수용 및 확산에 있어서 가장 근본적인 요인은 기술혁신의 특징 그 자체이다. 일찍이 Rogers(1983)는 기술혁신이 잠재적 수용자에게 인식되도록 하며 기술의 수용률에 영향을 미치는 요인으로 기술혁신의 상대적 장점, 조화성, 복잡성, 시험가능성, 인지가능성 등 다섯 가지를 제시하고 있는데 이는 전술한 바와 Tidd & Bessant(2013)도 유사하게 지적한 바가 있다. 특히 스마트 공장의 표준화와는 이같은 기술의 특징을 결정짓는다는 점에서 이와 긴밀한 관련성이 높을 것이다. 예를 들어, 표준화된 스마트공장은 수용자들에게 이상에서 제시한 다섯가지 변수들에 대한 인지도를 높여 수용을 용이하게 할 것으로 판단된다.

이상에서 도출하는 스마트공장을 포함한 기술혁신의 수용 및 확산의 영향요인들의 도출은 궁극적으로는 수용의 주체인 기업 혹은 정책 당국인 정부가 특정한 기술의 활용 및 확산을 위한 관리가능성을 제고하기 위함이다. 즉, 기술의 수용 및 확산은 저절로 이루어지는 것이 아니라 기업과 국가에 의해 세심하게 경영되어야 할 것이다. 이와 같은 기술활용의 세심한 경영

의 필요성은 일찍이 많은 학자들에 의해 강조되어 왔다. Leonard-Barton & Kraus(1985)는 신기술활용에 있어서 최고경영자 주도의 다양한 변수들을 고려한 체계적인 활용 및 경영의 필요성을 강조하면서 1980년대 미국의 제조기업들에 비하여 일본의 제조기업들은 자동화 기술 등 생산기술에 있어서의 세심한 경영을 하여 보다 높은 경쟁력을 나타내게 되었음을 강조하였다. Preece(1989)는 신기술의 활용에 있어서 전략적 접근방법의 필요성을 강조하고 신기술 활용의 목적, 신기술활용의 전략 및 단계, 구체적인 기술활용의 단계 등에 따라 체계적으로 활용되어야 할 것임을 강조하고 있다. Bessant(1991)은 첨단생산기술의 확산이 5차 장기파동의 핵심이라고 강조하면서 다양한 첨단생산기술, 즉, 유연생산체제(FMS), 컴퓨터통합생산(CIM) 등의 확산은 저절로 이루어지는 것이 아니라 기업의 세심한 전략과 경영이 필요함을 강조하였다.

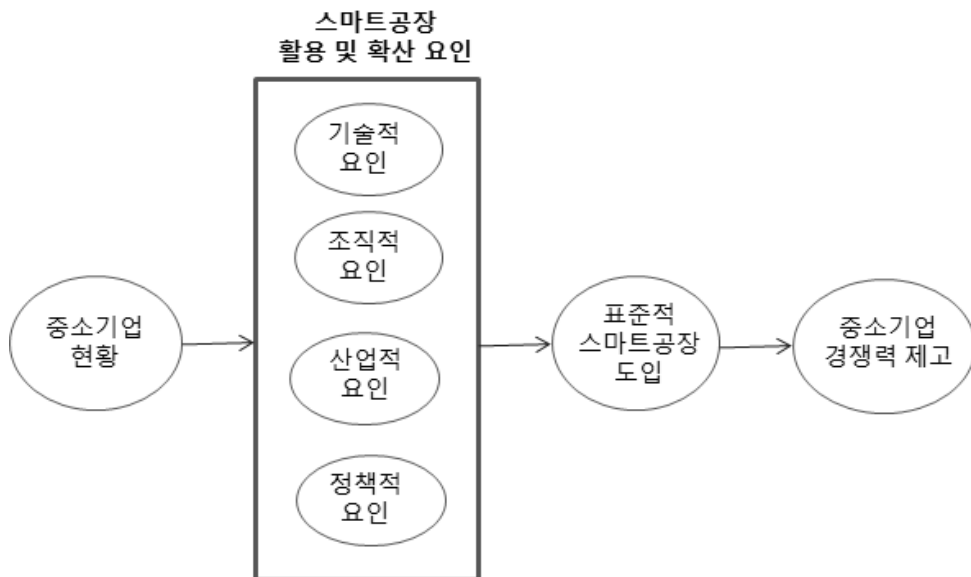
이상의 논의를 바탕으로 스마트공장의 확산에 영향을 주는 요인은 대체적으로 기술적 요인, 조직적 요인, 산업적 요인 등으로 요약할 수 있다. 여기에서 기술적 요인은 스마트공장의 시스템적 특성, 복잡성 등을, 조직적 요인은 수용기업의 기술능력, 경영전략, 기술수용가능성 등을, 산업적 요인은 스마트 팩토리를 활용하는 기업들이 속해 있는 산업의 전반적 특징 및 분업관계 등을 나타내 준다. 이들 세 요인에 덧붙여서 한국적인 풍토에 있어서는 추가적으로 중요한 변수가 있는데, 이는 정부의 정책적 요인이다. 그동안 우리 정부는 스마트 팩토리의 확산을 위해 다양한 정책적 노력을 기울여 왔으며, 본 연구에서 대상이 되는 기업들이 중소기업들이라는 점을 고려하면 정책적 요인은 대단히 중요한 변수가 아닐 수 없다. 이 점에서 본 논문에서는 중소기업의 경쟁력 제고를 위한 표준화된 스마트공장의 확산을 위한 주요 변수로서 기술적 요인, 조직적 요인, 산업적 요인, 정책적 요인 등 네 가지의 변수를 도출하고 이를 중심으로 실증 분석을 수행하기로 한다.

III. 연구방법론

본 연구는 스마트공장의 표준화가 스마트공장의 확산에 매우 큰 공헌을 할 것이라는 점을 전제로 하여 표준적인 스마트공장의 확산방안을 연구하여 스마트공장의 표준화 전략을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 연구는 크게 세 가지 분석단계를 따른다. 첫 번째 단계는 중소기업 경쟁력과 연관된 기술혁신 요인을 파악한다. 두 번째 단계는 스마트공장과 중소기업과의 관계, 스마트공장 표준화의 중요성과 복잡성, 그리고 스마트공장의 활용과 확산에 영향을 미치는 요인에 대해 분석한다. 세 번째 단계는 기업사례분석을 통해 향후 중소기업의 스마트공장 표준화와 확산을 위한 전략방안을 제시한다.

본 연구에서는 선행연구에서 산업특성을 제시한 바와 같이 제조 및 공정기술을 기반으로 하는 뿌리산업으로 대상범위를 한정하였다. 산업 범위를 한정하는 이유는 뿌리산업은 우리나라 산업구조에서도 모기업과의 협력구조 즉, 대부분 3차~5차까지의 하청구조를 가지고 있고, 자동차, 조선, IT 등 전 산업의 제조 과정에서 공정기술로 이용되며, 최종제품의 품질경쟁력 제고에 필수적인 요소로 독특한 산업구조를 갖고 있기 때문이다. 그간 뿌리산업에 관한 연구는 많지 않았으며, 사례 및 프로세스를 심층분석하여 중소기업 표준화 전략을 도출한 연구는 본 연구가 처음이다.

본 연구는 심층적 사례연구의 다중사례연구방법을 사용하였다. 사례연구는 현상에 대해 잘 알려진 바가 없는 경우 적합하며, 미리 주어진 개념을 가지고 현상을 설명하는 것이 아니라 사례연구를 수행하는 과정 속에서 새로운 개념과 변수들을 찾아내고 이를 통해 이론을 구축할 수 있는 연구방법이며(Eisenhardt, 1989), 사례가 매우 특이하거나 중요한 경우, 혹은 새로운 정보를 제공할 때 적합한 연구방법이다(Yin, 2009).



(그림 1) 연구흐름 및 프레임워크

본 연구는 중소기업과 스마트공장 표준화에 관한 사례연구로 연구문제는 (그림 1)과 같이 중소기업의 경쟁력과 스마트공장은 어떤 관계가 있는지, 스마트공장의 채택과 확산이 표준화에 미치는 요인은 무엇인가와 스마트공장 보급·확산을 활성화 할 수 있는 표준화 전략은 무엇인가이다. 이를 위해 표준적 스마트공장의 확산 문제를 대표적인 사례분석을 통하여 살펴보고 스마

트공장 표준화 전략을 제안한다. 특히 본연구의 실증분석인 사례분석은 뿌리산업을 대상으로 실시한다. 뿌리산업은 크게 금형, 주조, 소성가공, 용접, 표면처리, 열처리 등 여섯 개 분야로 구성되어 있다. 이들은 스마트공장 도입의 기술 영역, 기술수준, 표준화 복잡도 등에 있어서 상당한 차이가 있다. 이들 중 금형분야는 표준화 복잡도가 낮은 편이고 스마트공장 확산의 정도가 다른 분야보다 높다는 점에서(국가뿌리산업진흥센터, 2015), 본 연구에서는 이 분야에 속하는 대표적인 두 기업을 선정하여 사례분석을 실시하였다.

IV. 스마트공장 사례분석

1. (주)재영솔루텍

1) 기업의 개요

(주)재영솔루텍은 1976년 설립 이래 수입금형의 국산화를 다수 실현하여 업계를 선도하여 왔으며 1995년부터 ‘플라스틱응용기술연구소’를 신설하여 R&D 역량개발에 중점을 두고 있다. 또한, 하이테크 고부가가치를 추구하는 뿌리기업으로 금형기술력을 바탕으로 한 미래정보통신, 정보전자, 자동차부품의 사출성형금형을 생산하는 뿌리산업분야 전문업체이다. 최근에는 고도화된 기술력과 경험을 바탕으로 한 시스템을 개발하고 응용하는 분야로 확장하여 세계적 기업으로 성장하고 있다.

원가절감 및 해외시장 진출을 위해 본사 외에도 3개(개성법인, 일본법인, 중국법인)의 법인을 보유하고 있으며 글로벌 경쟁력 향상을 위해 제품의 품질은 물론 스마트공장 구축을 통해 34개의 국내·외 파트너십을 유지하며 수요처를 늘려가고 있다. 대내·외 협력관계를 높여 국내 고객사는 삼성, 엘지 등 총 18개의 고객사를 보유하고 있으며, 해외고객사는 GM, Sony 등 총 16개를 보유하고 있어 다양한 수요네트워크를 가지고 있다. 재영솔루텍은 금형제품의 거의 대부분을 해외로 수출하기 때문에 표준화 규격, 품질, 성능은 물론이며 수요처와의 커뮤니케이션이 무엇보다 중요한 것으로 인식하고 있다.

타 기업들과의 차별화전략은 내부 핵심역량 강화를 위해 기업부설연구소를 설립하고 꾸준한 R&D 활동을 통해 기술혁신의 근원인 제품혁신과 공정혁신 모두를 안정화 하는데 성공하였다. 또한 금형시장의 환경변화에 따라 ICT를 활용한 스마트공장 구축계획을 오래전부터 수립·추진해 왔으며, 지속적으로 자동화 및 정보시스템 구축 등에 투자를 아끼지 않았다. 이를 통해 품질

항상과 원가절감을 통해 기업경쟁력을 높이고 실시간 모니터링을 통해 불량체크를 통해 불필요한 비용을 절감하는 효과를 가져왔다.

2) 스마트공장 채택 및 확산 요인

(1) 기술적 요인

최근 IT기술의 급속한 발전으로 금형부품에도 QR코드, RFID 등을 이용한 금형정보 관리방법을 도입중이며, 절삭가공 종료 후 동일기계에서 레이저로 QR코드를 부품표면에 직접 가공한 후 이를 스마트폰으로 촬영, 금형의 상세 제조정보를 모바일 기기로 열람하도록 하는 뿌리기술과 IT기술의 융합 서비스 개발도입이 필요하게 되어 (주)재영솔루텍은 스마트공장을 추진하였다.

금형부품 제작 시 레이저를 이용하여 금형부품 표면에 QR코드를 자동 기입토록 하여, 수요기업이 스마트폰으로 QR코드를 스캔하면 금형부품의 상세 정보(재질, 성능, 담당기술자 등)를 즉시 얻는다. 기존에는 일일이 수작업으로 코드를 식별하고 제조업체에 전화를 통해 문의하는 방법으로 많은 금형의 제조상태, 제조과정, 제품정보 등을 볼 수 없는 단점을 보완하였다.

스마트공장 구축의 선행 작업으로는 절삭가공을 주 기능으로 삼고 레이저 가공 프로세스가 NC 기계 내부에 탑재되어 각각 독립적으로 동작할 수 있도록 하는 하드웨어와 소프트웨어의 융합시스템을 개발, 제작하고 상이한 두 공정 중 하나의 가공공정에서 이상 발생시 절삭헤드와 LASER 헤드의 상호교환 부착이 가능한 호환 시스템을 개발하였다. 금형 표면에 LASER 가공된 QR코드와 무선으로 접속되며 금형제조정보를 수록할 수 있는 모바일 앱과 연관 프로세스를 개발하였다. 파노라마M 앱을 통해 해외에서도 QR코드만 있으면 금형제조과정을 직접 확인할 수 있는 장점이 있다.

(2) 조직적 요인

(주)재영솔루텍은 경영자의 빠른 의사결정과 물적, 인적자원 지원을 통해 내부 설비 자동화와 스마트공장의 구축을 좀 더 빠르게 진행할 수 있었다. 연구개발과 생산관리 영역의 기능적 차별화와 전문적인 연구를 중점적으로 할 수 있도록 별도의 기업연구소 운영까지 내부 조직역량을 강화하는데 많은 노력을 하고 있다.

자체 공정개선 및 스마트공장 구축과 같은 전략적 목표가 세워지면 새로운 변화에 대한 인식에 대한 교육 및 훈련을 통해 관리자와 직원들의 기술수용을 위한 태도변화관리를 중점적으로 하고 있다. 국내 및 해외 신기술 동향 파악과 세미나 참여 그리고 정책 사업설명회 등에 연구원들이 적극 참여하여 대내·외 의사소통 채널을 넓히고 시장동향 예측을 통해 타 기업과의 경쟁

관계에서 항상 우위를 점하는 전략적 사고를 가져왔다.

(3) 산업적 요인

금형산업은 스마트공장의 도입에 있어서 독특한 특징을 가지고 있다. 첫째, 금형은 동일 형태·사이즈의 제품을 대량으로 생산하기 위하여 금속재료로 된 틀을 제작하는 기술로 정밀한 기술이 수반된다. 또한 금형은 다양한 모습의 제품이 존재하고 제품에 대한 규격과 구조도 제각각이며, 금형설계자들의 설계 접근방법이 모두 다르기 때문에 표준화 구축에 어려움을 가지고 있다. 이러한 애로요인은 비표준체계에서 발생하는 정보로 인해 직원들 간의 제품정보 미스매칭을 가져오게 되고 나아가 생산의 불량률을 높이는 원인이 되고 있었다. 이에 따라, (주)재영솔루텍은 고객사의 니즈에 따라 다양한 종류의 제품을 생산 납품하는 기업이기 때문에 그동안 원자재 및 1차 금형 제품의 출 입고 관리를 수작업으로 진행하고 있어 담당직원이 물품 및 부품을 입출고할 때마다 품목의 수량을 일일이 수기로 기록하거나 현장 바닥에 놓여 있는 상태에서 조립 및 현장 맞춤에 의존해 제품 및 부품을 카운팅하여 입출고를 하는 문제를 가지고 있어 스마트공장 구축에 의한 표준화가 더욱더 절실하게 되었다.

둘째, 대기업과의 협력관계에 있어 초기의 (주)재영솔루텍은 주요부품의 의뢰를 통해 이루어지는 부분으로 대기업과의 수직적 관계를 이루고 있었다. 그러나 이를 극복하기 위해 기술력을 높이고 다양한 수요처를 확보하여 공급 경쟁력을 강화할수록 수평관계에 가깝도록 공급조건을 개선해 나갔다. 한번 공급관계를 맺게 될 경우 장기적인 신뢰를 통해 추가 주문이 이루어지기도 하며, 수요처에 개선된 제품(부품)을 역으로 제안하거나 반대로 수요처에서 공동개발을 요청하기도 한다. 수요처와 파트너십 관계를 갖게 될 경우 동일한 규격, 품질, 성능 등에 대한 안정적 공급과 상호간의 기술에 대한 기밀이 포함되기 때문에 스마트공장 구축에 있어서도 수요처와의 정보교환, 규격 등의 표준화된 호환성이 필요하게 되어 스마트공장 구축 시 수요처의 플랫폼과의 호환성을 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다.

셋째, 금형업종의 표준화 복잡도는 6대 뿌리업종과 비교분석한 결과 다른 업종에 비해 낮은 편에 속하는 것으로 분석되었다. 수요에 따라 변경되는 다양한 금형 틀의 과정을 제외하고는 대부분 표준화된 공정라인을 갖추고 있어 보이지 않는 제품을 다루는 표면처리, 열처리에 비해서 표준화 가능성이 높은 것이라 할 수 있다. 특히, 소성가공, 표면처리, 열처리 등은 많은 전기(열)에너지를 사용해야하는 제약사항으로 특정시기의 법적규제가 수반되지만 금형업종의 경우 이런 규제에는 해당사항이 없어 동종 뿌리 업종에 비해 단순한 플랫폼을 가지고 있다.

마지막으로 독일의 Industry 4.0과 한국의 제조업혁신 3.0이라는 이슈는 스마트공장 관련 기술인 RFID/USN, IoT 등의 신기술 도입을 적극적으로 권장하는 사회적 분위기 조성이 빠르

게 확산됨에 따라 조직의 내부까지 침투하였다. 스마트폰의 확산 사례처럼 스마트공장을 편리하고 쉽게 다루며 개인 또는 기업의 이익을 가져다주는 도구로 인식함으로써 과거의 신기술 도입에 있어 저항세력의 발생빈도보다는 직원(감독자, 동료, 개인)들의 수용정도가 빠르게 작용을 했다.

(4) 정책적 요인

(주)제영솔루텍은 한국생산기술연구원 국가뿌리산업진흥센터를 통해 뿌리기업 자동화·첨단화 지원사업, 스마트공장구축 지원사업, 뿌리기업-수요기업 기술협력지원사업 등을 통해 자동화 공정은 물론 기업경쟁력 강화를 위한 자금과 설비지원을 받아 제품공정을 고도화 하는데 많은 도움이 되었다. 자동화 설비 도입 및 스마트공장 구축의 의사결정을 빠르게 할 수 있었던 요인으로 정부의 정책적 지원이 영향을 크게 미쳤다. 기업 간 경쟁을 위해서는 자체적으로 구축해야 하는 꼭 필요한 공정혁신 활동인데 정책적 보조금의 지원이 스마트공장 구축도입을 빠르게 하는 요인으로 작용하였다.

3) 표준화 전략

(주)제영솔루텍은 각 부품에 고유번호를 부여하면서 고유번호 확인을 통해 식별하는 전산화 기반을 갖추었다. 공장에 근무하는 모든 관리자와 작업자들은 고유번호만 보면 어떤 종류의 부품이라는 것을 인지한다. 몇 년 전에는 절삭가공면의 표면거칠기를 규정하는 색상표준도 정립했다. 표준화는 지사의 공장에 있는 근로자들에게도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 원격에 있는 근로자들도 표준화된 규격과 색상을 보고 금형부품을 가공해 본사로 전달하고 있다. 금형은 고객사의 주문에 따라 금형의 제조정보가 다르기 때문에 고객사의 니즈를 신속히 파악하고 빠른 변화에 신속하게 대응하여 납품하는 것이 주요 경쟁력으로 작용한다. 저해요인에서 분석한 것과 같이 금형제조는 다양한 규격의 존재로 제품표준화 구축에는 어려움이 있기 때문에 공정의 표준화가 중요한 것으로 보인다.

2. 고려정밀공업(주)

1) 기업의 개요

고려정밀공업(주)은 지난 1976년 창립 이래 약 40년 축적해온 단조금형 분야에서 장인의 기술력과 고객사와의 신뢰를 바탕으로 대한민국 단조산업 및 소재 가공분야에 대표적인 기업으로 성장해 왔다. 끊임없는 연구개발에 대한 열정과 업계에서 오랜 기간 축적한 기술력으로 단조산

업을 비롯한 자동차 핵심부품, 항공우주·방위산업부품, 해양·산업 플랜트 등 다양한 산업분야에 적용되는 부품을 제작 공급함으로써 고객사가 요구하는 고도의 기술과 효율적인 제품생산에 기여하고 있다. 다양한 국내 수요처를 늘려가고 있으며, 현대자동차, 현대위아, 두산중공업, 두산인프라코어, 세플리코리아 등을 주요 수요처로 두고 있다. 2011년 부터는 기업부설연구소를 설립하여 R&D 기능을 강화하면서 해외시장 진출에 발판을 마련하기 시작하고, 해외 시장 진출을 위해 2015년에는 서울 사무소를 개소하고 해외수출을 위한 마케팅을 전개하고 있다.

특히, 기술연구소는 신기술연구와 신공업 개발을 통해 공정의 최적화와 고강도·고품질의 신제품 개발 제조 시간의 단축을 지원함으로써 고객사를 위한 혁신적인 원가절감을 실현하고 있다. CAD/CAM과 CAE해석 소프트웨어 등 최선의 기술과 설비로 신제품개발과 신공법 개발을 위한 지속적인 연구와 투자를 하고 있다.

3) 스마트공장 채택 및 확산 요인

(1) 기술적 요인

금형공정은 사람의 손이 많이 가는 작업 중 하나로 공정을 수작업으로 진행하다보니 고속런 기능공들이 많이 필요한 반면, 작업표준화, 매뉴얼화, 기술 전수 등에 많은 어려움을 갖고 있다. 그런 이유에서 고려정밀공업(주)는 공정 전반에 대한 자동화, 첨단화, IT화 등에 관심을 많이 두게 되었다. 스마트공장 시스템을 구축하면 사람 손으로 직접 작업하는 공정들에 대한 표준화나 기술축적 같은 정보저장을 첨단화하여 일회성 사용이 아닌 중장기적인 노하우 축적 및 전수를 위한 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대하였다.

고려정밀공업(주)는 주요 제품 생산공정 중 하나인 단조금형공정이 모재→금형→열박음→최종마무리→검사 과정을 거쳐 진행 된다. 이 중 열박음 공정은 가장 중요한 공정 중 하나로 일종의 조립공정이라고 할 수 있는데, 열박음공정은 가열된 하우징에 금형을 박음처리하는 작업으로 금형 제품의 수명을 높이고 품질을 향상 시키는 핵심 공정이다. 현재 고려정밀공업(주)의 열박음공정은 수작업으로 진행되고 있는데 작업자들이 가열로의 높은 온도(400-500도 내외)에서 가열된 하우징을 수작업을 통해 프레스 작업을 하고 있기 때문에 재해발생의 위험에 노출되어 있을 뿐만 아니라 가열로에서 하우징을 가열하는 온도와 가열 시간 및 열박음에 필요한 프레스 압력등에 대한 작업 표준화가 이루어지지 않아 숙련공의 작업 노하우에만 의존하고 있는 상황으로 조직내 작업표준화 및 공정에 대한 표준화 가이드라인 마련이 필요한 것으로 나타났다.

고려정밀공업(주)의 자동화 공정 구축은 주요 공정인 열박음 공정의 개선을 위해 온도 센서를 설치하여 공정상의 비자동화, 비정밀화를 개선하고 가열로의 온도가 온도 센서를 통해 실시

간으로 데이터베이스에 저장되고 생산 현장과 사무실 동시에 대형화면으로 모니터링 되며, 이를 통해 많은 불량률의 원인을 사전에 예방할 수 있는 MES 시스템을 구축하였다. 수주가 발생하면 연구개발팀에서 고객의 요구사항에 맞게 기술표준서(도면), POR 자료가 입력되고 현장 데이터를 근거로 손쉽게 생산계획을 수립하였다.

또한 작업자, 작업설비 정보를 바코드화 하여 현장 키오스크에 배치하여 바코드 스캐너를 활용함으로써 오류를 최소화하고 작업지시서에 의해 작업자 정보, 공정 중 진행물량, 불량 및 품질검사정보, 완제품 입고 및 출하에 이르기까지 전 공정을 모니터링하여 안정화 된 생산계획 수립을 가능하게 하였고 업무 로스를 최소화하였다.

(2) 조직적 요인

고려정밀공업(주)는 금형산업에 불어오는 스마트공장의 바람을 미래 먹거리를 대비하는 자동화 및 첨단화로 보고 경영진에서도 IT 도입에 많은 관심을 갖고 있었다. 이 회사는 스마트 품질경영이라는 생산 모토를 가지고 제품의 개발단계에서 양산에 이르는 품질보증체계를 구축하였다. 고객요구사항의 실시간 대응으로 생산공정 실시간 모니터링 시스템화, 자주검사관리의 시스템화, 혁신적 품질의 제품 연구개발, 전사적 자원관리체계 구축, 측정·분석시스템의 고도화를 통해 고객 만족 실현을 달성하였다. 또한 업계 최초로 스마트공장체계를 구축하고 생산공정의 실시간 모니터링을 통한 생산관리 혁신, 바코드 시스템을 적용한 가공부품 LOT관리, 자주검사관리 등의 품질관리 혁신을 실현하고 있다. 이와 같은 스마트공장 시스템을 추진하기 위해서 별도의 기술연구소를 설립하고 연구개발에 전문적인 요소를 더하며 생산공정에서는 작업자들의 품질관리 및 수시 모니터링을 강화하여 품질개선에 많은 노력을 기울였다.

(3) 산업적 요인

금형산업에서는 산업의 경쟁력을 높이기 위하여 스마트공장에 대한 많은 관심이 확산되었다. 이 산업에 속한 대부분 중소기업들은 국내 수요처와의 수직적 관계를 이루고 있으며, 이와 관련한 규격, 품질, 성능 등에 대한 안정적 공급과 상호간의 기술에 대한 기밀이 포함되기 때문에 표준화된 시스템의 부재가 발생한다. 수요량에 따라 산업의 성패여부가 결정되기 때문에 이를 보완하기 위하여 해외 수요처 개발에 노력하고 있다.

선행 사례분석과 마찬가지로 뿌리산업에서의 표준화 복잡도는 6대 뿌리업종과 비교분석한 결과 금형업종은 다른 업종에 비해 낮은 편에 속하는 것으로 동일하게 분석되었다.

한국 정부가 추진하는 제조업혁신 3.0의 정책적 사회적 이슈를 파악하고 스마트공장 추진이 당연하다는 사회적 분위기 조성으로 고려정밀공업(주)도 스마트공장 구축이 직원들의 업무 효

울성을 증가시키고 작업장 개선을 통해 효율적인 업무를 할 수 있다는 것을 수시로 인식하고 받아들일 수 있도록 인식개선 활동을 실시하였다. 그 결과 신기술 도입의 저항세력을 완화시키고 직원들의 인식 및 기술수용을 빠르게 흡수시켜 스마트공장이 기업 내에 한 몸체처럼 유기적으로 작용할 수 있는 기반을 마련하였다.

(4) 정책적 요인

고려정밀공업(주)은 앞서 분석한 재영솔투택과 동일하게 한국생산기술연구원 국가뿌리산업 진흥센터를 통해 뿌리기업 자동화·첨단화 지원사업, 스마트공장구축 지원사업, 뿌리기업-수요기업 기술협력지원사업 등을 통해 자동화 공정은 물론 기업경쟁력 강화를 위한 자금과 설비 지원을 받아 제품공정을 고도화 하는데 많은 도움이 되었다. 자동화 설비 도입 및 스마트공장 구축의 의사결정을 빠르게 할 수 있었던 요인으로 정부의 정책적 지원이 영향을 크게 미쳤다. 기업 간 경쟁을 위해서는 자체적으로 구축해야하는 꼭 필요한 공정혁신 활동인데 정책적 보조금의 지원이 스마트공장 구축도입을 빠르게 하는 요인으로 작용하였다. 앞서 분석한 사례와 마찬가지로 정책적 지원(홍보, 보조금 지원)요인은 효과가 있는 것으로 나타났다.

3) 표준화 전략

고려정밀공업(주)은 대부분 수작업으로 진행되고 작업 표준 매뉴얼 등이 미흡한 요인들을 표준화하기 위한 전략으로 정부의 지원을 받아 자동화 추진 및 스마트공장 구축을 진행하게 되었다. 외부 수출시장 판로는 작년부터 시작을 했기 때문에 1단계는 내부의 프로세스 표준화, 2단계로 글로벌 시장 진출에 따른 제품 및 스마트공장 전체의 표준화 추진 전략을 계획하고 있다.

3. 사례의 비교분석

위의 두 기업들은 뿌리산업 중 금형산업에 속해있는 중소기업들로 스마트공장을 성공적으로 도입한 매우 표준적인 사례들이다. 이들의 성공은 뿌리산업의 다른 중소기업들에게도 확산되어야 할 것이다. 두 기업은 뿌리산업 중 금형산업에 속한 기업들로서 스마트공장의 도입 및 활용에 있어서 유사한 특징을 가지고 있다(표 1) 참조). 이 점에서 이들이 도입한 스마트공장은 금형산업의 표준적인 스마트공장이고 이들의 도입의사결정에 미치는 여러 영향요인들은 향후 우리나라 금형산업의 스마트공장의 도입에 많은 참조가 될 수 있을 것이다.

이들 두 기업의 스마트공장에 있어서 유사하게 영향을 준 요인들은 다음과 같다. 먼저, 이들

은 최고경영자의 스마트공장의 중요성에 대한 조기 인식 및 강력한 의지로 스마트공장을 도입하였다. 두 기업은 스마트공장 관련 연구개발에 대한 집중적 투자는 물론 기업연구소를 활성화하였고 중장기적인 ICT기술에 대한 투자를 하였다. 또한 스마트공장의 성공적 운영에 있어 기본적 요소인 인적자원에 대한 교육훈련 등에도 많은 노력을 기울였다.

둘째, 두 기업이 도입한 스마트공장 관련 기술적 영향요인을 살펴보면 스마트공장 관련 상대적인 기술적 이점을 가지고 있었고, 스마트공장이 기존의 공장라인과 일치성이 있었으며 그 결과 스마트공장의 도입과 관련된 기술적 복잡성은 낮은 편이었다.

셋째, 스마트공장 도입의 조직적 영향요인과 관련하여 두 기업은 전술한 최고경영자의 강력한 의지를 바탕으로 구성원들의 기능적 전문화 및 차별화를 제고하였으며, 그 결과 관리자들은 스마트공장에 대한 기술수용도를 높였고 스마트공장 도입과 관련하여 구성원들간의 의사소통에 많은 노력을 기울였다.

넷째, 스마트공장도입의 산업적 영향요인을 살펴보면, 이들이 속해있는 금형산업은 기업들간 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 스마트공장의 도입필요성에 대해 많은 인지를 하고 있는 상황이었다. 아울러 산업의 구조는 대부분의 중소기업들은 수요기업인 대기업들과 수직적 협력관계를 가지고 있어서 수요기업들의 원하는 제품의 사양 및 품질제고에 대한 압력을 받아오고 있는 편이었다. 아울러 금형산업은 뿌리산업의 다른 업종과는 달리 스마트공장의 표준화 관련 복잡

〈표 1〉 스마트공장 구축 사례 비교분석

기업명	(주)재영솔루텍	고려정밀공업(주)
기업규모	중견기업	소기업
기업의 현황	<ul style="list-style-type: none"> - CEO의 의지 및 빠른 의사결정 - R&D 집중투자 - 중장기 ICT 도입계획 - 공정혁신, 공장자동화, 스마트공장 - 인적자원 기능적 차별화 - 기업부설연구소 	<ul style="list-style-type: none"> - CEO의 의지 및 빠른 의사결정 - R&D 집중투자 - ICT 도입의 필요성 인식 - 공정혁신, 공장자동화, 스마트공장 - 인적자원 기능적 차별화 - 기업부설연구소
저해요인 스마트 공장 활용요인	<ul style="list-style-type: none"> - 기술적 요인(상대적 이점, 일치성, 복잡성) - 조직적 요인(전문화, 기능적 차별화, 관리자 태도, 기술적 지식자원, 내/외부적 의사소통) - 산업적 요인(수직적 협력구조, 낮은 표준화 복잡도) - 정책적 요인(다양한 정책 콘텐츠, 보조금 지원, 정책홍보) 	<ul style="list-style-type: none"> - 기술적 요인(상대적 이점, 일치성, 복잡성) - 조직적 요인(전문화, 기능적 차별화, 관리자 태도, 기술적 지식자원) - 산업적 요인(수직적 협력구조, 낮은 표준화 복잡도) - 정책적 요인(다양한 정책 콘텐츠, 보조금 지원, 정책홍보)
표준화 전략	<ul style="list-style-type: none"> - 기업 주도형 - 기존 공정 표준화 도입 및 자체 표준화 시도 - 공정 표준화, 글로벌 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> - 정부 주도형 - 정부 지원을 통해 표준화 시도 - 공정 표준화

도가 상당히 낮은 편이었기 때문에 일부 선도 중소기업들은 이미 스마트공장을 도입해오고 있는 상황이었다. 이같은 산업적 특징들은 두 기업이 스마트공장의 도입결정에 매우 긍정적인 영향을 주었다.

마지막으로, 정부의 정책적 요인도 큰 영향을 주었다. 정부는 글로벌 제조환경 속에서 스마트공장의 중요성을 인식하고 뿌리산업을 대상으로 스마트공장의 도입 및 확산을 위한 정책 프로그램을 운영하고 있었다. 세부적으로는 공장자동화, 스마트공장 구축에 대한 직접적 지원, 뿌리기업-수요기업 기술협력 지원 등을 위해 보조금을 지급하였으며, 사업의 성공을 위하여 활발한 정책홍보도 실시하였다.

그러나 이들 두 기업은 차이점도 있다. 근본적으로 (주)재영솔루텍은 중견기업으로서 상당한 기술능력과 기업경쟁력을 가지고 있는데 비하여 고려정밀공업(주)는 소기업으로 스마트공장의 도입에 있어서 상대적으로 기술적, 재무적 어려움을 더 많이 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 두 기업은 최고경영자의 강력한 의지를 바탕으로 스마트공장을 성공적으로 도입을 하였다. 이는 기업의 규모에 관계없이 세심한 준비와 기획을 바탕으로 스마트공장의 성공적인 구축이 가능함을 나타내 주는 것이다.

그 결과 이들 두기업의 스마트공장 표준화 전략은 상이한 것으로 나타났다. 기술적, 재무적 능력이 상대적으로 유리한 (주)재영솔루텍은 기업주도로 스마트공장의 표준화에 주안점을 두고 있으며, 기존 공정에 대한 표준의 적극적인 도입 및 이같은 경험을 바탕으로 자체표준을 구축하려는 시도를 추진하고 있다. 표준의 주안점은 공정표준화에 두었고 표준화의 상당한 경험을 바탕으로 최근에는 글로벌 표준화에 노력을 기울이고 있다. 이에 반하여 고려정밀공업(주)는 기술적, 재무적 어려움으로 말미암아 자체적인 표준화 시도보다는 정부주도의 표준화에 노력하고 있는 것으로 나타났다. 이 회사는 소기업의 특징으로 인해 자체적인 표준화 시도는 거의 이루어지지 않고 있으며 정부의 지원에 의한 표준화를 소극적으로 추진하고 있는 것으로 나타났고 표준화의 적용범위도 공정 및 작업 표준화에 주안점을 두고 있는 것으로 나타났다.

3. 스마트공장 표준화 추진 전략

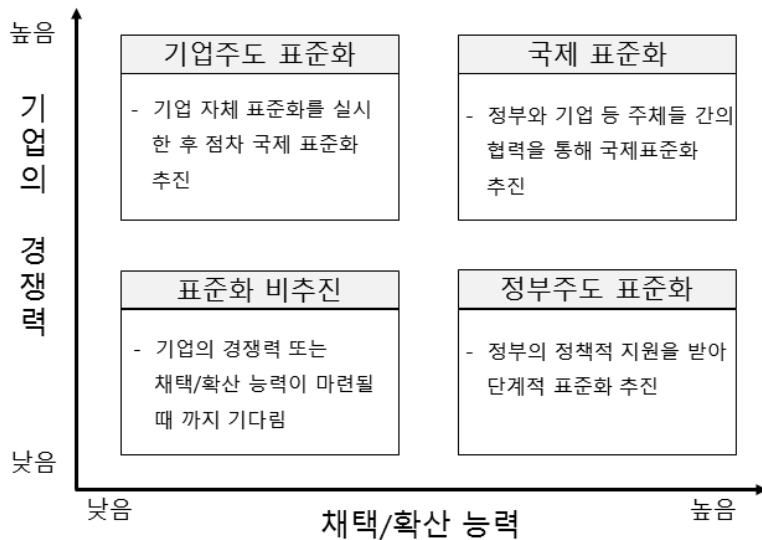
기본적으로 표준화 전략은 기업전략과 정부전략으로 나누어 살펴볼 수 있으며, 이같은 전략의 도출은 기업의 기술적, 재무적 경쟁력에 바탕을 두어야 할 것이다. 본 연구에서는 중소기업이 가지는 경쟁력과 스마트공장 및 표준화를 채택·확산하는 요인은 두 요인 사이에 상관관계가 있는 것으로 분석되었으며, 이에 고려해야 할 사항으로 중소기업의 기술적 특성, 기업의 조직적

특성, 산업적 특성, 정부지원 여부 등이 해당되는 것을 이론정리와 사례분석을 통해 증명하였다. 이같은 특성을 고려하여 스마트공장의 표준이 설정되어야 할 것이며, 이같은 표준의 설정은 스마트공장의 확산에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 (그림 2)와 같이 표준화 추진의 주요 전략을 중소기업의 경쟁력과 기술활용능력의 두 축으로 살펴보았으며, 그 결과 다음과 같은 전략을 추진할 수 있다.

우선, 기업의 경쟁력이 약하고 스마트공장의 도입 능력을 모두 갖추지 못한 경우에는 스마트 공장 구축을 미루어야 하며 기업의 경쟁력이 확보 될 때까지 시간을 두고 기다려야 할 것이다. 이들 기업들은 스마트공장의 중요성에 대한 인식을 높이고 이에 대한 사전적 준비를 보다 세심하게 하여야 할 것이다.

다음으로, 양쪽 능력 모두 한쪽이 강한 경우에는 기업주도형 표준화와 정부주도형 표준화로 나눌 수가 있다. 전자는 기업의 역량이 크고 채택·확산 능력이 미흡할 경우로 자체 표준화 과정을 거쳐야 할 것이다. 특히 이 상황에서는 수요기업들과의 긴밀한 협력이 필요할 것이다. 반면, 스마트공장의 활용 능력은 갖추고 있으나 기업역량이 떨어지는 경우에는 정부의 정책적 지원을 통하여 스마트공장의 도입 및 표준화를 추진하여야 할 것이다. 다행히 우리정부가 중소기업의 스마트공장 확산을 위한 다양한 사업을 실시하고 있다는 점은 매우 고무적인 일이 아닐 수 없다.

마지막으로, 기업의 경쟁력이 높고 스마트공장 활용능력이 높은 선도 중소기업들의 경우에는 국제 표준화 전략을 추진할 수 있다. 사례분석에 따르면 오랜 기간 혁신적 역량, 조직적



(그림 2) 스마트공장 표준화 전략

역량, 사회적 역량, 정책적 역량의 모두가 뒷받침될 경우 기업 자체 표준화는 물론 국제 표준화 준비를 위한 높은 수준을 보유함에 따라 뿌리산업의 선도 기업으로서 후발기업 지원을 위한 보급·확산을 통해 우수모델로서 표준화를 구축할 가능성이 높다. 이같은 노력에 있어서는 선진국 기업들과의 긴밀한 협력 및 정부의 적극적인 지원도 필요할 것이다.

V. 결론 및 시사점

본 연구에서는 스마트공장의 표준화와 이의 확산이 중소기업의 경쟁력에 대단히 중요한 영향을 미친다는 전제하에 관련 문헌연구를 통해 표준적인 스마트공장의 확산에 영향을 주는 주요 요인들을 도출하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 뿌리산업 중 금형업종의 사례를 비교분석하여 표준화 전략과 정책에 대한 시사점을 도출하였으며, 이를 통해 도출한 표준화 전략 시사점은 다음과 같다.

첫째, 산업적 특성을 고려한 스마트공장의 표준화와 확산 모델을 개발하여야 한다. 특히 산업의 특성, 기업간 협력, 표준화 복잡도가 스마트공장의 도입-채택-확산에 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 뿌리산업은 크게 여섯 개 분야의 다양한 중소기업들로 구성되어 있고, 이들의 대기업과의 협력양태와 표준화에 대한 복잡도가 매우 상이하다. 아울러 국내 스마트공장 도입 기업 중 기초수준의 기업이 82.3%로 압도적으로 많은 수치를 차지하는 것을 고려할 때(국가뿌리산업진흥센터, 2015) 이는 기초수준에서의 표준 수요가 많은 것을 의미하므로 향후 단계별 수준을 높이면서 지속적으로 스마트공장 고도화를 해야 할 것이다.

둘째, 금형분야 사례분석과 같이 스마트공장 구축 및 표준화 모범사례(Best Practice) 모델 공장 구축을 확대해야 한다. 선행된 기업들의 모범사례는 후발 추진 기업들에게 많은 도움을 줄 수 있으며, 산업, 규모 등에 따른 모범사례들을 발굴 및 확대해 나가야 할 것이다. 그러나 기업의 상황에 맞게 앞서 제시한 스마트공장 표준화 전략 네 가지 단계를 통해 기업의 능력에 따라 표준화 비추진, 기업주도 표준화, 정부주도 표준화, 국제 표준화 전략을 추진해야 할 것이다.

셋째, 스마트공장 구축 소프트웨어 및 하드웨어 개발 SI 업체 발굴 및 지원을 강화해야 한다. 스마트공장은 수요예측부터 출하까지 전 범위를 포괄하는 복잡한 시스템이며, 이같은 기술적 복잡성은 표준적 스마트 공장의 확산을 방해할 수 있다. 따라서 이를 통합적으로 운영할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어를 개발할 수 있어야 하고, 더 나아가 다양한 범위의 스마트공장 S/W, H/W 개발을 통해 외산장비에 편중된 문제점을 해결해야 할 것이다.

넷째, 뿌리산업의 스마트공장의 표준화 구축 및 확산을 위해서는 수요기업들과 긴밀한 협력

관계를 고려한 표준화를 추진하여야 할 것이다. 수요기업인 대기업들은 제품 및 스마트공장에 대한 매우 구체적인 니즈를 가지고 있다. 이와 같은 수요기업의 니즈를 바탕으로 한 스마트공장의 표준화와 도입은 성공적인 스마트공장의 확산에 아주 효율적인 방안이 아닐 수 없다. 또한 이와 같은 스마트 공장의 표준화와 확산에 있어서 대기업-중소기업의 협력 사례를 보다 확산시킬 필요가 있다.

다섯째, 스마트공장 진단 체계 발굴 및 표준화 도입을 위한 보급·확산 프로그램을 마련해야 한다. 현재 정부는 스마트공장 지원사업을 추진하고 있으나 스마트공장의 표준화 복잡도 비교 분석을 통해 분야별 사업의 규모, 자체 보유기술 수준, 채택·확산 정도에 따라 다양한 분야의 스마트공장 확산을 위한 보다 상세한 프로그램을 마련하여 점진적으로 확산시키는 전략을 추진해야 할 것이다. 특히 스마트공장의 표준화를 직접 겨냥하는 독립된 정책프로그램의 도입도 매우 필요할 것이다.

이상의 연구에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 스마트공장 표준화 확산의 결정요인을 위한 계량분석이 필요했으나, 스마트공장 도입 및 구축 기간이 짧은 관계로 정확한 분석이 이루어지지 못했다. 둘째, 뿌리산업 6대 분야의 공정 및 표준화 복잡도를 비교분석하고 업종별 비교를 통해 표준화 영역을 구체적으로 분석하기에는 한계가 있다. 셋째, 스마트공장의 표준화 범위가 기업단위에서 추진하기에는 많은 한계점을 지니고 있어 시간의 추적을 통해 표준화 단계별 핵심요소를 분석할 수 있는 장기적인 연구가 필요하다. 따라서 후속 연구에서 스마트공장 표준화와 확산요인에 대한 체계적인 검증이 필요하며, 스마트공장 구축의 목표가 달성되는 5년간의 계량데이터를 분석하여 성공·실패요인 분석과 표준화 흐름을 같이 비교하여 분석한다면 현재의 연구보다 다양한 분석을 통해 표준화 영향요인과 전략을 도출할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국가뿌리산업진흥센터 (2013), 「뿌리산업실태조사」, 서울: 한국생산기술연구원.
 국가뿌리산업진흥센터 (2015), 「스마트공장 구축 보고서」, 서울: 한국생산기술연구원.
 김영훈 (2016), “전통 제조업 부활의 Key, 스마트 유연생산”, 「POSRI 보고서」, 서울: 포스코경영연구원.
 김용운·정상진·유상근·차석근 (2015), “스마트 공장 국제 및 국내 표준화 동향”, 「한국통신학회지」, 33(1): 30-36.

- 노용휘 (2015), “중소기업의 혁신역량, 표준화 교육활동 및 혁신성과의 관계 : 정보통신 및 전자 산업을 중심으로”, 「기술혁신연구」, 23(3): 67-85.
- 박종만 (2015), “중소제조업 스마트공장 기술 동향과 이슈”, 「한국통신학회지」, 40(12): 2491-2502.
- 정선양 (2013), 「독일의 프라운호퍼연구회 벤치마킹 및 중소기업 육성정책 분석 연구」, 서울: 한국생산기술연구원.
- 정선양 (2012), 「기술과 경영」, 제2판, 서울: 경문사.
- 정선양 (2016), 「전략적 기술경영」, 제4판, 서울: 박영사.
- 정선양·박동현 (1997), “독일의 중소기업 기술혁신체제”, 「중소기업연구」, 19(2): 153-178.
- Bessant, J. (1991), *Managing Advanced Manufacturing Technology: The Challenge of the Fifth Wave*, Manchester: NCC Blackwell.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2013), *Zukunftsbild “Industrie 4.0”*, Bonn: BMBF.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2016), *Bundesbericht Forschung und Innovation 2016*, Berlin: BMBF.
- Chakravorti, B. (2004), “The Role of Adoption Networks in the Success of Innovations”, *Technology in Society*, 26: 469-482.
- Chiang, J. (1991), “From Mission-oriented to Diffusion-oriented Paradigm: The New Trend of U.S. Industrial Technology Policy”, *Technovation*, 11(6): 339-356.
- Chung, S. (1996), *Technologienpolitik für neue Produktionstechnologien in Korea und Deutschland*, Heidelberg: Physica-Verlag.
- Chung, S. and Lay, G. (1997), “Technology Policy between ‘Diversity’ and ‘One Best Practice’ - A Comparison of Korean and German Promotion Schemes for New Production Technologies”, *Technovation*, November/December: 675-693.
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A. (1990), “Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 128-152.
- Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J. and Sarli, M. (2012), “Smart Manufacturing, Manufacturing Intelligence and Demand-dynamic Performance”, *Computers & Chemical Engineering*, 47: 145-156.
- Eisenhardt, K. M.(1989), “Building Theories from Case Study Research”, *Academy of Management Review*, 14(4): 532-50.
- Jones, O. and Tilley, F. (2003), *Competitive Advantage in SMEs*, Chichester: Wiley.

- Lay, G. (1992), "CIM-Projekte in der Bundesrepublik Deutschland: Ziele, Schwerpunkte, Vorgehen", *VDI-Z* 134, No.3. März.
- Lay, G. (1993), "Government Support of Computer Inegrated Manufacturing on Germany: First Results of an Impact Analysis", *Technovation*, 13: 283-297.
- Leonard-Barton, D. and Kraus, W. A.(1985), "Implementing New Technology", *Harvard Business Review*, November-December: 102-110.
- Moore, G. (1991), *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Technology Products to Mainstream Customers*, New York: HarperBusiness.
- Moore, G. (1998), *Inside the Tornado: Marketing Strategies from Silicon Valley's Cutting Edge*, Chicester: John Wiley & Sons.
- Narula, R. (2004), "R&D Collaboration by SMEs: New Opportunities and Limitations in the Face of Globalisation", *Technovation*, 24(2): 153-161.
- O'Regan, N., Ghobadian, A. and Sims, M. (2006), "Fast Tracking Innovation in Manufacturing SMEs", *Technovation*, 26(2): 251-261.
- Preece, D. A. (1989), *Managing the Adoption of New Technology*, London: Routededge.
- Rogers, E. M. (1962, 1983), *Diffusion of Innovations*, New York: Free Press.
- Schumpeter, J. A. (1911), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, 1. Auflage, Leipzig: Duncker & Humbolt.
- Schumpeter, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Sherif, B. (2001), "The Ambiguity of Boundaries in the Fieldwork Experience: Establishing Rapport and Negotiating Insider/outsider Status", *Qualitative Inquiry*, 7(4): 436-447.
- Simon, H. (1992), "Lessons from Germany's Midsize Giants", *Harvard Business Review*, 70(2): 115-123.
- Simon, H. (1996), *Hidden Champion: Lessons from 500 of the World's Best Unknown Companies*, Boston: Harvard Business School Press.
- Tidd, J. and Bessant, J. (2013), *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, Fifth Edition, Chichester: John Willy & Sons.
- von Hippel, E. A. (1978), "Users as Innovators", *Technology Review*, January: 31-37.
- von Hippel, E. A. (1988), *The Sources of Innovation*, New York: Oxford University Press.
- Yin, R. K. (2009), *Case Study Research; Design and Methods*, Sage Publishing.

정선양

독일 University of Stuttgart에서 기술경영·정책학 박사학위를 취득하였다. 현재 건국대학교 밀러MOT스쿨 원장, 건국대학교 경영대학 기술경영학과 교수 및 한국과학기술한림원 정책학부 부장으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 기술혁신이론, 기술경영, 기술정책, 중소기업 기술혁신 등이다.

전중양

한국외국어대학교에서 “경영정보전공”으로 경영학석사학위를 취득하였으며, 건국대학교 밀러MOT스쿨에서 박사수료를 하였다. 관심분야는 기술혁신, 기술협력, 기술사업화 등이다.

황정재

건국대학교 밀러MOT스쿨에서 기술경영학과를 졸업하였으며, 동대학원 석사과정에 재학 중이다. 관심분야는 기술경영 교육, 혁신체제론, 지역혁신 등이다.