

## 論文

## 방위산업 경쟁력 강화를 위한 스마트팩토리 발전방향 제언

최기일1, 김선영2, 황일면3, 허홍무4, 손연숙\*

## Suggested Direction for Smart Factory Development to Strengthen Competitiveness of Defense Industry

Ki-Il Choi1, Sun-Young Kim2, Il-Myun Hwang3, Heung-Mu Heo4, Yeon-Suk Son\*

## ABSTRACT

The purpose of this study is to propose the conceptual approach and the strategy of the Smart Factory utilization plan, which is called the future of manufacturing industry, for defense companies in defense & defense industries in order to prepare for The Fourth Industrial Revolution.

Through this, we could find out how to utilize Smart Factory and develop direction for strengthening competitiveness of defense industry. The effects of the Fourth Industrial Revolution on the defense and defense industries will be reexamined and the possibility of infinite growth of the defense industry can be predicted by combining new technologies.

In the defense industry, it is expected that the process improvement and efficiency will be enhanced and the productivity and management performance when the smart factory is applied and utilized.

## 초 록

본 연구에서는 제4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 국방분야 중 방위산업에 있어서 방산업체를 대상으로 제조업의 미래라 일컬어지는 스마트팩토리(Smart Factory) 활용방안 관련 각종 국내외 산업현장 사례와 다양한 문헌자료 등을 통해서 개념적 접근방법과 추진 전략을 도출하였다.

이를 통해, 방위산업 경쟁력 강화를 위한 스마트팩토리의 활용방안 및 발전방향을 모색할 수 있었다. 제4차 산업혁명이 국방 및 방위산업에 미칠 영향과 의의 등을 재조명하고, 새로운 신기술 접목을 통해 방위산업의 무한한 성장 가능성도 예측해 볼 수 있겠다.

방위산업에서 스마트팩토리 접목 및 활용 시에 공정개선과 효율성이 향상되어 생산성 및 경영성과도 신장하는 효과를 기대할 수 있겠으며, 각종 무기체계 제조 간에 소요되는 막대한 비용과 기간이 과거와 비교할 수 없을 정도로 현격히 절감될 수 있을 것으로 분석되었다.

**Key Words** : The Fourth Industrial Revolution(제4차 산업혁명), Defense Industry(방위산업), Smart Factory(스마트팩토리), Artificial Intelligence(인공지능)

논문접수: 2018.05.10.

논문확정: 2018.06.12.

1저자: 최기일, 국방대학교 국방관리대학원 교수

2저자: 김선영, 방위사업청 특수전사업TF팀장(육군 대령)

3저자: 황일면, 숭실대학교 안보·공익경영학과 겸임교수

4저자: 허홍무, 숭실대학교 안보·공익경영학과 겸임교수

\*교신저자(Corresponding author): 손연숙, 숭실대학교 안보·

경영학과 특임교수, E-mail: s3978@hanmail.net

<http://journal.kadis.or.kr/>

ISSN 1738-6144

## I. 서론

최근 사회 각 분야에서 '제4차 산업혁명'<sup>1)</sup>이 최대 화두로 대두되고 있으며, 전 세계적으로도 다가오는 새로운 과학기술 시대를 대비하기 위한 준비로 분주하다. 하지만, 제4차 산업혁명이라는 용어가 생겨났던 당시에는 급변하는 세상에 대한 개념조차 명확하지 않았고, 일반인들에게 막연한 먼 미래의 이야기로 받아들여졌다.

이미 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 알파고(Alpha-GO)와 인간 간의 바둑대결로 인하여 인공지능 발전에 대한 관심이 자연스럽게 제4차 산업혁명으로 이어지게 되는 계기가 되었다.

오늘날에는 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터(Big Data), 3D 프린터, 무인 항공기 드론(Drone), 로봇공학(Robot Engineering) 등 제4차 산업혁명을 주도하는 첨단기술들이 사회 전반에 빠르게 확산되고 있다. 또한, 학문 간에 융합과 복합을 기반으로 한 연구가 충분한 성과와 발전으로 이어지고 있는 만큼 앞으로는 인류의 삶을 크게 변화시킬 수 있을 것이다.

특히, 새롭게 출범한 현 정부의 국정운영 5개년 100대 국정과제<sup>2)</sup>로서 방위사업 비리 척결과 함께 제4차 산업혁명 시대에 걸맞은 방위산업의 육성이 포함되어 발표되었다. 하지만, 국방분야에 제4차 산업혁명의 개념과 접근이 부족하며, 특히 방위산업을 중심으로 한 관련분야의 심도 있는 심화연구가 절실해졌다.

방위산업은 기본적으로 제조업을 기반으로 하는데, 앞으로 다가올 제4차 산업혁명 시대에서 제조업 분야의 급진적인 혁신과 기술적 진전이 예측되는 상황 하에 있어서 스마트팩토리(Smart Factory)<sup>3)</sup> 개념을 주목할 필요가 있겠다.

1) 2016년 1월, 제46회 세계경제포럼(WEF: World Economic Forum)에서 Klaus Schwab 세계경제포럼 회장이 '제4차 산업혁명의 이해'라는 주제로 "제4차 산업혁명은 디지털·물리적·생물학적 영역 경계가 없어지면서 기술이 융합되는 것이며, 인류가 이제껏 한 번도 경험하지 못한 새로운 시대를 접하게 될 것"이라고 강조한 바 있음.

2) 대한민국 제6공화국의 일곱 번째 정부 수장이자 제19대 대통령으로서 당선되어 출범한 문재인 정부 국정운영 5년 간 추진될 100대 국정과제로 '방위사업 비리 척결과 제4차 산업혁명 시대 걸맞은 방위산업 육성'이 선정되어 공표됨.

3) 스마트팩토리(Smart Factory)는 공장 내의 생산 설비시스템 기반으로 수직적 통합과 고객의 요구를

미래 제조업은 과거 단순한 가공·조립·생산 하는 것에서 또 하나의 새로운 서비스를 제공함으로써 기존의 제조업과 서비스업 간에 경계와 영역이 허물어질 것으로 예측된다. 따라서 제4차 산업혁명에 있어서 제조업의 변화는 선택이 아닌 필수이며, 국방분야 중 방위산업에 있어 정부가 유일한 수요자로서 방산업체로 하여금 다품종을 소량생산하거나 소품종을 대량생산하던 방식에서 벗어나 가까운 미래에는 다품종을 대량생산하는 시대가 도래할 것이다.

이러한 방위산업 제조업 산업현장에서 스마트팩토리가 접목되어 활용 시, 기존에 생산라인(Line) 부서에서는 작업인력에 의한 공정이 기계화되어 사람을 대신한 인공지능 로봇(Robot)으로 대체가 되고, 공장자동화(Factory Automation)가 가능해졌다. 이를 통해서, 공정개선과 효율성이 향상되어 생산성 및 경영성과도 신장하는 효과를 기대할 수 있으며, 각종 무기체계의 제조에 소요되는 막대한 비용과 기간이 과거와는 비교할 수 없을 정도로 현격히 절감될 수 있을 것이다.

또한, 방산원가 제도에 있어서도 기존 작업자 중심의 노무비 배부기준에서 재료비를 기준으로 변경될 수밖에 없겠으며, 이른바 표준원가계산(Standard Cost Accounting) 도입과 정착이 가능할 것이다. 더 나아가 알파고(Alpha-Go)와 같은 기계학습(Deep Learning) 방식 인공지능에 의해 방산원가를 산정하는 것도 충분히 예상해 볼 수 있겠다.

이에 따라, 본 연구에서는 방위산업의 제조업 혁신과 경쟁력 강화를 위해 스마트팩토리 접목 및 활용방안에 대한 연구를 통해서 접근방법을 모색해보고, 더 나아가 다양한 국내·외 사례를 통해 구체적인 주요 추진전략과 발전 방향성을 제시하고자 한다.

아울러 제4차 산업혁명 시대를 대비하기 위해 국방분야 중 방위산업 분야뿐만 아니라 연구의 결과가 일반 민간 제조분야에서도 나름 정책적 의의와 시사점이 있을 것으로 본다.

## II. 선행연구 및 이론적 고찰

### 1. 국내 방위산업 변천과정과 주요 현황

현 정부 출범 이후 국정운영 100대 과제 중 '방위사업 비리 근절과 제4차 산업혁명 시대에

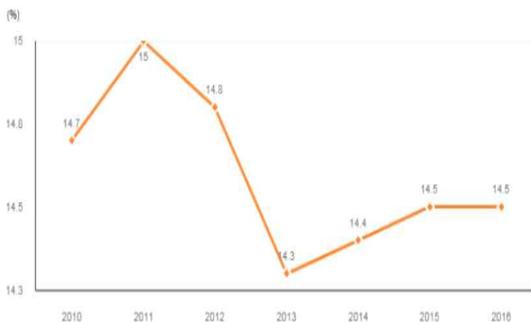
반영하여 제품개발 가치사슬(Value Chain) 하에서 수평적 통합이 구현되는 공장을 의미함.

결맞은 방위산업 육성' 이 88번째 과제로서 선정 되었는데, 이를 통해 다가올 미래 방위산업 육성 및 지원정책 기초를 짐작할 수 있는 대목이다.

지난 박근혜 정부 당시에 모든 국정운영 핵심 키워드는 '창조경제' 4) 개념에서 시작이 되었다. 창조경제는 창조력과 상상력을 과학기술 및 정보 통신기술 등이 실천력을 통하여 창업 등이 활성화되고, 일자리 창출형 성장이 선순환되어 경제 발전을 도모할 수 있다는 것을 뜻하는 개념이다. 하지만, 전 정부에서 방위산업의 경우는 오히려 마이너스로 뒷걸음치게 되었고, 방위산업 자체가 비리산업이라는 부정적인 인식이 뿌리 깊게 자리 매김하는 악영향을 초래하는 결과만을 낳았다.

방위산업은 국가의 안보를 위한 전략산업이자 경제적 차원에서 적극 육성시킴으로써 국방과학기술 선진화뿐만 아니라 고급인력 육성, 새로운 일자리 창출 등에 커다란 영향을 미치는 등 그 잠재적 파급효과와 성장 가능성도 매우 큰 산업 분야이다.

국내 방위산업의 규모를 가늠해 보기 위해서 정부재정 대비 국방예산 비중을 확인해 볼 필요가 있겠다. 참고로 과거 2009년도부터 2015년도 까지 정부 전체 세출예산 규모와 점유율 추이를 살펴보면, 대략 14% 정도를 상회하였던 것으로 확인할 수 있었다. 이는 <그림 1>에서 정부재정 대비 국방예산 점유율 추이 현황을 통해서 보다 더 자세하게 확인할 수 있겠다. 반면에 최근 2016 ~ 2017년도는 10%를 약간 밑도는 수준이며, 2018년 요구안 기준으로도 10% 정도를 차지하고 있다.



<그림 1> 정부재정 대비 국방예산 점유율 추이

4) 창조경제(The Creative Economy) 용어는 영국 경영 전략가 존 호킨스(John Howkins)에 의해 “창조경제(The Creative Economy, '01)”와 미국 카네기멜론대학 리처드 플로리다(Richard Florida)에 의해 저술된 “창조적 계급 등장(The Rise of the Creative Class)”에서 소개됨.

참고로 2018년도 국방예산 요구안의 총 43조 원 중에 전력운영비를 제외한 국방 무기체계를 획득하기 위한 구매 및 연구개발 예산인 방위력 개선비는 약 13조 원 편성 요구되었다. 그리고 전력운영비 및 방위력 개선비 증가율 비중 추이 현황은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 국방예산 연도별 증가율 및 비중5)

국내 방위산업은 1970년대 초부터 자주적인 전력증강 요구로 육성되기 시작하여 중화학공업 건설과 병행하여 방위산업 발전전략을 채택하고, 방위산업의 생산활동을 민수업체에서 담당하도록 하였다. 또한, 당시 국내 유일의 종합과학기술 연구기관인 한국과학연구소를 기반으로 1970년 8월 무기개발을 전담하는 국방과학연구소(ADD)를 창설했으며, 1973년 방위산업 육성을 제도적으로 뒷받침하기 위해 기본법으로 ‘군수산업에 관한 특별조치법’ 제정하여 정부의 적극적인 지원과 강한 의지를 통해 목표 지향적 방위산업을 육성할 수 있었다. 1990년대 국방 획득정책이 첨단 정밀무기 개발을 위한 핵심기술 확보를 위해서 선진국들과 방산 기술협력을 추구하는 국산화 및 다변화하는 정책으로 변하고, 2000년대 들어서 한국형 첨단무기의 개발을 위한 ‘국방과학기술 선진화 5대 정책’ 이 추진되었다. 하지만, 국내 방위산업은 정부의 수요독과점적 내수시장 중심에서 벗어나 적극적 수출 확대정책과 노력으로 최근 해외수출 확대 추세임에도 불구하고, 아직 까지도 국내 방산 제조업이 글로벌 방산시장에서 차지하는 위상은 미흡한 수준이다.

국내 방위산업 현 실태는 전반적으로 취약한 실정에 있으며, 특히 방산 중소기업 실상은 방산 대기업에 비해 더욱 취약하다. 1970년 이후 제조 능력 성장에도 불구하고, 종합생산 기반은 아직 미흡한 상태이다. 또한, 조립생산 중심의 생산

5) 방위사업청, “2017 방위사업 통계연보”, p.66.

체제를 유지하고 있으며, 주요 핵심부품을 해외 도입에 의존함에 따라 방산 중소기업은 더욱더 침체를 벗어나지 못하고 있는 것이다.

국내 방위산업 경영실태에 있어서 먼저, 방산업체 경영상태를 분석하는 일반적인 지표로 기업 경영성과에 대한 성장성, 수익성, 생산성, 안정성 및 활동성 지표를 통해서 확인할 수 있다. 한국 방위산업진흥회에서 매년 발간하는 방산업체의 경영분석 통계자료<sup>6)</sup>에 의하면, 방산매출은 흑자이고, 방산수출도 증대된 반면, 평균 생산·제조가동률이 낮고, 방산업체 간 영업이익률 편차가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

국내 방위사업은 다른 타 주력산업 대비 산업 발전 수준도 정체된 실정이다. 그동안 내수시장 규모 대비하여 방산수출은 증가 추세이나, 국내 제조업에서 방위산업 분야가 차지하는 비중은 대체로 제조업 대비 2% 내외의 수준에 불과한 것으로 주요 산업통계 지표<sup>7)</sup> 등을 통해서도 확인할 수 있다.

방위산업은 국내의 안보 여건 특성상 비교적 안정적 내수시장이 보장된다는 이점으로 인하여 방산업계 자구적인 수출활로 모색 미흡 등 매출 증대를 다각화 할 수 있는 노력이 부진하게 되어 이익증대 요인 등이 약화되었고, 일부 방산 대기업 위주로 매출이 집중되어서 우수한 경쟁력을 갖춘 중소 및 중견 방산업체가 감소하였다. 점차 민간업체들의 국내 방위산업 시장 진입이 어려워지면서 저조한 민·군 겸용성 또는 민간주도의 연구개발 부족에 따른 방위산업 제조업 분야에서 경쟁력 약화 등 총체적인 한계 상황에 직면한 것으로 분석된다.

## 2. 스마트팩토리의 개념과 의의

현재 진행되고 있는 기술 간에 융합의 핵심은 스마트 기술의 발전에서 찾을 수 있겠다. 스마트 기술은 인간의 고유능력이라 간주되었던 지능과 감성의 일부를 보완 및 확장하며, 인간의 지능을 내재화하는 ICT 융합영역의 신기술을 말한다.

6) 서울신문, (2015. 9. 15), “방위사업 비리대책 이면에 숨겨진 진실”, 기사본문 중 한국방위산업진흥회에 따르면, 방산업체 방산부문 매출액 대비 순이익률은 2006 ~ 2008년도 1.8 ~ 2.6% 수준이었다가 2009년 4.9%, 2010년 6.3%로 고점을 찍음. 그러나 2011년 4.0%, 2012년 2.5%, 2013년 -5.8%로 최근 급격하게 하락하는 추세를 보였으며, 참고로 2013년 기준으로 제조업 평균 순이익률은 3.4%임.

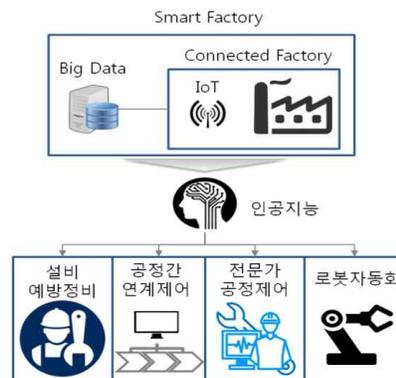
7) 한국산업기술진흥원(KIAT) 분석 발표자료 인용함.

이러한 스마트 기술은 디지털화를 기반으로 모든 산업화 과정에서 다양한 융합 현상을 촉진시키게 되고, 이를 통해서 산업의 핵심 가치가 빠르게 변화하여 산업 구분 또한 빠르게 붕괴될 것으로 전망된다. 스마트 관련 기술 발전은 각종 산업을 수직 또는 수평적으로 확장시켜 영역을 재구성하는 변화를 이끌어내고, 다양한 전통산업 분야와 IT가 융합하면서 기존 산업 간의 경계를 무너뜨리면서 신산업 분야를 창출하면서 와해성 기술(Disruptive Technology)<sup>8)</sup>을 만들어냈다.

또한, 나노기술과 IT기술 융합은 다양한 산업 공정과 제품들을 초소형화, 초고속화, 초고용량화, 초고유효화가 가능하게끔 기여했고, 이와 관련된 기술 및 산업 전반을 획기적으로 발전시킬 수 있으리라 전망되고 있다. 이렇듯 스마트 기술로 인한 융합기술 발달은 새로운 기술 기반 산업을 탄생시키는 한편, 보다 풍요로운 삶을 위한 다양한 수단과 환경을 제공할 것으로 예측되고 있다. 그리고 이러한 새로운 신기술 기반의 산업으로서 탄생하게 된 것이 스마트팩토리이다.

제4차 산업혁명은 기존 제조업에 있어 최첨단 정보통신기술(ICT)을 융합하여 국가적 측면에서 제조분야 경쟁력을 향상시키기 위한 제조업 혁신 개념인데, 제4차 산업혁명의 핵심은 초연결성과 초지능성을 통해서 다양한 소비자의 수요를 충족하는 것이며, 이를 구현하는 수단으로서 대표적으로 스마트팩토리를 들 수 있겠다.

스마트팩토리 개념을 단순하게 설명하면, 기본적으로는 인공지능을 중심으로 한 공장자동화가 결합되어서 빅데이터 및 사물인터넷을 기반으로 산업용 로봇이 활용되어 제조공정의 작업이 실행되는 것이다.

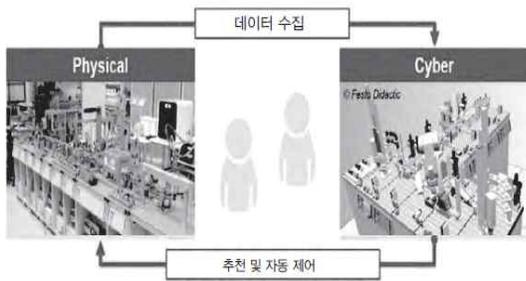


<그림 3> 스마트팩토리 구상 기본 개념도

8) 와해성 기술은 산업계를 완전히 재편성하고, 시장 대부분을 점유하게 될 신제품이나 서비스를 뜻함.

스마트팩토리는 가상물리시스템(CPS)<sup>9)</sup>에 의해 수요자인 고객 개개인 요구들을 실시간으로 반영하여 해당 제품들을 적시에 대량으로 맞춤생산이 가능하다.

가상물리시스템(Cyber Physical Systems) 상의 장점은 가상공간에서 실시간 다양한 정보에 의해 최적의 생산계획을 제공하므로 물리적인 공간의 시행착오를 감소시키고, 신속한 공정 프로세스(Process) 변경, 생산관련 의사결정이 혼란 없이 빠르게 결정된다. 즉 고객의 다양한 요구에 맞는 제품을 빠른 시간 내에 최소 비용으로 유연하게 생산할 수 있다는 점이다.



<그림 4> 가상물리시스템(CPS) 구현 개념도<sup>10)</sup>

다시 말해, 가상물리시스템(CPS)이란 물리적·사이버 세계를 연결하는 통합시스템을 의미하고, 현실 세계를 그대로 사이버 세계에 구현한다는 개념이다. 이러한 경우 맞춤형 생산을 위해 공장라인을 교체할 때 물리적으로 바로 수정하면서 시행착오를 겪기보다 가상 사이버 세계에서 먼저 변화를 시뮬레이션(Simulation)으로 현실 세계에 반영할 수가 있다. 그만큼 생산라인의 유연성을 더 높일 수가 있다. 여기에 CPS의 지능화가 한층 고도화될수록 자율적인 의사결정이 가능해지기 때문에 고객의 수요 변화에 따라 공정 역시 즉각적으로 변화시키기가 훨씬 수월해진다.

즉, 제4차 산업혁명에 있어서 스마트팩토리는 대표적인 사례로서 가상물리시스템(CPS) 상에서 시스템에 의해 구현된다. 이는 물리적인 공간과 가상공간을 연결하는 지능형 통합자동시스템으로

대량맞춤(Mass Customization) 생산을 위한 공장 생산라인을 전환하거나 공장 생산라인을 즉각적으로 변경하면서 시행착오를 겪는 것보다 가상공간에서 먼저 변경하고자 하는 변화를 시뮬레이션한 후에 취약한 요소 등을 사전에 제거할 수 있다. 그리고 이를 공장 생산라인에 반영함으로써 작업 간 시행착오도 줄일 수 있게 되고, 시간 및 비용을 절약함으로써 유연성을 더욱 높일 수 있다는 것이다.

대표적인 사례로서 독일 기업 중에 아디다스(Adidas)에서는 스마트팩토리를 통해서 세계적인 육상선수인 우샤인 볼트(Usain St. Leo Bolt)나 리오넬 메시(Lionel Messi) 같은 프로 축구선수들이 자기 발에 딱 맞는 신발, 자기만을 위해 제작된 신발을 신는 것처럼 소비자 개인 취향에 따라 발 모양 등을 고려한 개별 맞춤형 신발을 대량으로 제작이 가능하였다.

생산라인에서 산업용 로봇과 빅데이터를 활용하여 제작기간과 비용은 줄이면서 소비자 요구를 충족시킬 수가 있었다. 즉, 이처럼 스마트팩토리에서 핵심은 대량맞춤 생산을 위해 물리적 공간 상에 있는 생산라인에 모듈공정, 가변·유연설비, 자율 및 분산제어, 실시간 위치추적 등을 할 수 있는 기기를 설치한다. 또한, 가상공간에는 빅데이터, 인공지능 등을 활용하여 고객들의 요구와 수요에 맞도록 제품의 생산계획을 만들어서 생산라인에 보내는 것이다. 이후에 물리적 공간에서 생산계획에 맞추어 생산라인을 가동하여 제품을 생산하고, 다양한 수요의 고객에게 적기에 배달하는 시스템이다.

제4차 산업혁명 시대를 맞이하면서 기존 제조업의 공장은 스마트팩토리로 점차 변모하게 될 것이며, ICT(Information and Communication Technology) 기술이 완벽하게 결합하면서 공장내 기계와 기계가 사물인터넷(IoT)을 통해 초연결되어 인간과 기계, 기계와 기계 간 서로가 마치 실시간으로 대화를 하듯 제조공정이 이루어지게 될 것이다.

이처럼 실제로 스마트팩토리 실행개념이 구현되면, 이를 통해 작업자가 실수로 놓칠 수 있는 작업 간의 문제점들을 이전 공장 방식보다 더욱 빠르게 확인 및 공정개선이 가능하겠으며, 정확성과 생산성을 획기적으로 제고할 수 있게 될 것이다.

이러한 스마트팩토리를 활성화하기 위해 세계 각국 정부와 기업들이 진행하고 있는 프로젝트(Project)가 있는데, 대표적으로는 독일 정부의 ‘Industry 4.0’ 을 들 수 있다.

9) 가상물리시스템(CPS)이란 물리적시스템과 사이버 시스템이 네트워크(Network)로 연결되어서 하나의 지능형 통합시스템을 뜻함. 즉, 물리적 공간 상에서 획득된 데이터를 가상공간에서 인공지능, 빅데이터 등을 활용하여 최적의 해법을 물리적 공간으로 피드백(Feed Back)하여 사물을 통제·제어하는 시스템임.

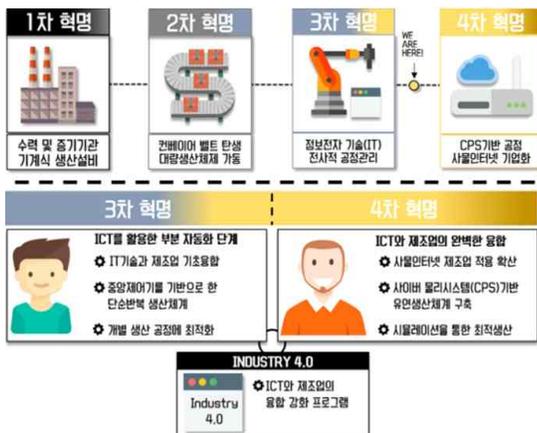
10) 출처: Technische University Braunschweig.

‘Industry 4.0’은 ICT와 제조업 융합을 더욱 극대화하여 강화시키기 위한 목적으로 시행되었으며, 다양한 국가 및 기업에서 제4차 산업혁명 관련 선제적 위치를 차지하기 위해서 치열하게 최적의 스마트팩토리 솔루션(Solution)을 개발 중이다.

일례로 세계적 산업용 공구 및 장비 선두기업 중에 스웨덴 아틀라스콤포(Atlas Copco) 회사는 사내 산업용 공구 사업부에서 자체적으로 ‘시나텍(Synatec)’이라 불리는 공장 자동화 솔루션(Factory Automation Solution)을 개발하고 있는데, 이 솔루션에서는 크게 3가지 특성을 지니고 있다. 첫째는 공장 내 작업 간 불량방지 기능, 둘째, 공장 내 모든 솔루션 통합 관리(작업 간 효율성 증가), 셋째, 공장 내 공정작업 결과 값을 데이터화하여 최적의 작업환경 제공이다.

이와 같이 시나텍(Synatec)이 제공하고자 하는 주요 특성들을 통해 스마트 팩토리가 궁극적으로 추구하는 역할과 기능에 일치하고 있다는 것을 확인할 수 있겠다.

스마트팩토리의 개념과 유래를 확인하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 ‘Industry 4.0’ 11)에 대해서 살펴보아야 한다. 먼저, <그림 5>에서 볼 수 있듯이 과거 제1, 2차 산업혁명을 거친 후 제3차 산업혁명에서 제4차 산업혁명을 맞이하게 되는 시점에 있어 가상물리시스템(CPS) 기반의 스마트팩토리가 실현될 것으로 예측되고 있다.



<그림 5> 산업혁명 변천과정과 Industry 4.0

11) Industry 4.0 정책에서는 사물인터넷(Internet of Things)을 통해 생산기기와 생산품 간 정보 교환이 가능한 완전한 공장자동화(Factory Automation)의 생산체계를 구축하고, 생산 및 제조 간 과정 전반을 최적화하는 산업정책으로 ‘제4세대 산업생산시스템’이라고도 함.

<표 1> 산업혁명 단계별 변화 요약

구분	제1차 산업혁명	제2차 산업혁명	제3차 산업혁명	제4차 산업혁명
산업혁명	기계화 혁명 (국가 내부 연결성 강화)	대량생산 혁명 (기업·국가 간 연결성 강화)	지식정보 혁명 (사람·환경·기계의 연결성 강화)	만능초지능 혁명 (자동화, 연결성의 극대화)
시기	18세기 후반	20세기 초반	20세기 후반	21세기 초반
핵심기술	증기기관	전기에너지	반도체·인터넷	빅데이터·IoT·AI
산업 및 사회의 변화	영국 섬유공업의 거대산업화	컨베이어 벨트기반 대량 생산, 미국의 최강대국화	디지털혁명으로 미국 주도의 글로벌 IT기업 부상	사람·사물·공간간의 초연결·초지능화, 산업·사회시스템혁신

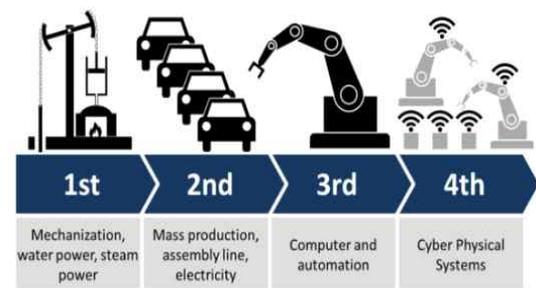
제4차 산업혁명 시대에 있어 ICT기술의 급진적인 동시다발적 진전으로 초지능화를 통한 고객 세분화와 개인화가 예상이 되며, 경계가 없는 초연결화의 시대가 도래하여 산업 간 경계가 해체되고, 마켓빅뱅(Market Big-Bang)의 시장변화가 빠르게 전개될 것이다.

초지능화, 초연결화 등 일련의 과정을 통해서 실제 현실(Physical) 속의 세계와 사이버(Cyber) 세계가 연동되어 연결됨으로써 서로 새로운 상화작용과 진화를 거듭하게 되고, 이를 글로벌 가상물리시스템(CPS) 생태계라 칭하고 있다. 결국에 글로벌 가상물리시스템(CPS) 생태계 속에서 매커니즘(Mechanism)은 사물인터넷, 빅데이터, 가상물리시스템(CPS), 인공지능으로 구성되어 이루어짐을 알 수 있겠다.



<그림 6> 글로벌(Glaobal) CPS 생태계

이러한 제4차 산업혁명 시대에 있어서 스마트 팩토리 구상에 대한 기반이 독일에서 2010년부터 시작된 Industry 4.0 정책으로 구현되면서 미래 제조업이 나아가갈 방향을 말해주고 있다.



<그림 7> 산업혁명 과정 간 제조업의 주요 변화

<그림 7>은 오늘날 인류의 산업혁명 변천과정에서 제조업에 대한 주요 변화들을 핵심적으로 나타낸 것이다. 앞서 언급했듯이 제4차 산업혁명 시대에 있어서 스마트팩토리는 가상물리시스템(CPS) 기반 하에 운영되는 개념이라고 정리하여 설명할 수 있다.

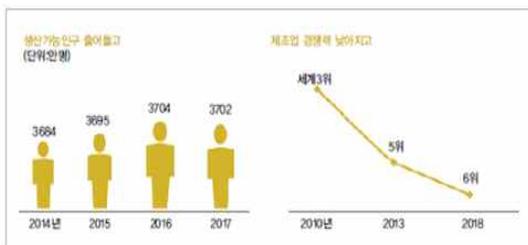
그리고 2010년 이후부터 전 세계 주요 선진국에서는 독일 정부의 Industry 4.0정책을 벤치마킹(Benchmarking)하여 스마트팩토리를 구축하고자 많은 노력을 기울이고 있다.

특히, 미국, 일본, 중국을 중심으로 제4차 산업혁명 시대를 준비하기 위한 정책적·제도적 추진 체계를 구상하여 진행 중인데, <그림 6>과 같이 대표적으로는 독일의 Industry 4.0, 미국의 산업인터넷(Industry Internet) 정책 기반의 첨단제조파트너쉽(Partner Ship), 일본의 로봇 신전략(산업재흥 전략), 중국의 중국제조 2025 정책을 살펴볼 수 있겠다.

<표 2> 국가별 제4차 산업혁명 시대 접근전략

구분	독일	미국	일본	중국	한국
주요 정책	인더스트리 4.0	산업인터넷 (Industrial Internet)	로봇신전략 산업재흥플랜	중국 제조 2025	제조업 혁신 3.0전략
플랫폼	설비·단말 중심 플랫폼	클라우드 중심 플랫폼	로봇 중심 플랫폼	설비·단말 중심 플랫폼	제조업 중심 플랫폼
추진 체계	· 정부기관 · 글로벌 제조기업 · 글로벌 IT기업	· 정부기관 · 글로벌 제조기업 · 글로벌 IT기업	· 정부기관 · 글로벌 제조기업	· 정부기관	· 정부기관 · 글로벌 제조기업
대응 방향	제조업 중심의 정책방향 설계·자동화, 기계 설비 등 자국 글로벌기업 중심으로 국가 차원 과제 제시와 함께 민관의 활발한 공동 대응	민간 중심 대응전략으로 제조업 중심 정책방향을 설계하고 및 자국 글로벌 IT 기업의 적극 참여 지원	정부 중심의 대응 전략 추진과 기존 강점인 로봇 기술 중심 전략 수립	자국 시장규모를 활용, 정부 중심의 강력한 정책 추진과 기존 제조업을 한 단계 더 발전시키는 수단으로 ICT 기술 활용	융합형 신제조업 창출, 주력산업 핵심역량 강화, 제조혁신기반 고도화 추진

하지만, 독일, 미국, 일본, 중국 등 다른 나라들과 달리 정작 국내 국제 제조업 경쟁력이 낮아지고 있는 상황에서 스마트팩토리 추진에 대한 구체적인 관련 연구와 제도적 지원정책은 뒤쳐져 있는 실정이다.



<그림 8> 제조업 혁신이 필요한 한국의 상황

### III. 국내·외 산업 동향과 현황 분석

#### 1. 국가별 산업 동향과 주요 추진정책

다보스 포럼(Davos Forum)에서 제기된 제4차 산업혁명 시대를 대비하고 있는 세계 국가들은 독일을 필두로 미국, 일본, 중국, 유럽연합(EU) 등 주요 국가들이 해당되며, 로봇산업으로 통칭되는 무인항공기 드론, 무인자율주행 자동차 및 선박, 사물인터넷 등 신산업의 등장은 자동차·조선·가전·정보기술(IT) 등을 비롯하여 제3차 산업혁명 기술에서 기초한 글로벌 선도국가들과 기업의 순위 구조 등을 크게 바꿀 것으로 예상된다.

인공지능 기술 기반의 이들 신산업군은 현재 직업, 삶의 양식 변화 등 우리 미래가 바뀔 수 있다는 점에서 매우 중요하겠으며, 특히 제4차 산업혁명의 혁신에서 가장 중심은 국방분야 및 방위산업 현장에 있어서 대표적 사례를 찾아볼 수 있게 될 것이다.

이미 오래전부터 산업 발전을 추동하는 혁신 기술의 상당부분은 국방기술에서 그 기반을 두고 있다. 현재 우리 삶의 일부가 되고 있는 컴퓨터(Computer), 인터넷(Internet)에 기반을 둔 제3차 산업혁명의 시작도 국방기술에서 전이(Spin-Off)된 바 있다. 컴퓨터는 제2차 세계대전 중 군사용 목적으로 개발된 에니악(ENIAC)에서 비롯되었고, 인터넷은 과거 냉전시절 핵무기 대응의 목적으로 아르파넷(Advanced Research Projects Agency Network) 개발된 것이 시초이다.

군수시장, 즉 방위산업에서는 신기술 산업화를 위한 발판이 되는 기반산업의 새로운 첨단기술이 요구되어 운영하는 최첨단 집약기술 산업군으로 분류할 수 있다. 특히, 제4차 산업혁명 시대에서 스마트팩토리 기반의 제조업 혁신은 국방·방위산업에 미치는 영향과 시사점이 남다를 것으로 사료된다.

제4차 산업혁명 시대를 대비하는 주요 국가별, 기업별 산업 동향과 주요 추진정책을 살펴보도록 하겠다.

제4차 산업혁명 시대는 디지털, 물리적, 생물학적 분야 첨단기술들의 획기적인 발전과 다양한 융합으로 기존산업을 재편하는 것으로 인류의 역사상 기술발전이 전례 없는 속도(Velocity), 범위(Scope), 구조의 충격(System Impact) 3가지 측면에서 과거 제3차 산업혁명과 구분된다.



〈그림 9〉 산업혁명 과정 간 제조업 혁신 추이

20세기말 산업구조가 제조업에서 서비스 산업 중심으로 전환되는 탈공업화가 모든 선진 공업 국가에서 공통적으로 진행하는데, 이는 전 세계적으로 GDP에서 제조업이 차지하는 비중은 1970년대 28%에서 2010년대 18%로 40년 동안 10% 감소한 반면, 서비스업은 전체 규모의 2/3 수준까지 성장하게 되었다. 그리고 2008년과 이어 2009년에 글로벌 금융위기가 제조업의 중요성을 더욱 부각시키는 계기를 제공한 단초가 되었다.

글로벌 경제위기 상황 속에서도 한국, 중국, 독일 등과 같이 제조업의 비중이 높은 국가들은 꾸준한 성장세를 기록한 반면에 영국, 프랑스, 캐나다 등 제조업의 비중이 낮은 국가들은 마이너스 성장이 지속되었고, 이에 미국을 포함한 선진국은 제조업 역할을 재조명하면서 경제 회생 및 일자리 창출에서 가장 필요한 산업 정책으로 제조업 강화 추진정책들을 수립하여 실시하기에 이른다.

세계 주요국들의 제조업 혁신정책 추진배경을 살펴보자면, 미국의 오바마(Barack Obama) 정부가 첨단 제조업에 주목하게 된 배경에는 제조업에서 미국의 국가 경쟁력이 하락하고, 미국이 세계적으로 앞서가고 있는 분야인 첨단기술에서조차도 제조업에 제대로 접목하지 못하고 있다는 반성하에서 출발하게 된 배경이 있다.

Industry 4.0으로 대표되는 독일의 경우, 전통적인 제조업 강국으로서 강력한 산업적 기반을 통해 성장, 복지, 양질의 일자리 창출을 이루어 내고 있는 가운데, 디지털 기술의 산업적 적용을 바탕으로 국제 경쟁력을 확고히 하는 것이 필요하다는 인식이 확산되면서 시작되었다.

유럽연합(EU)은 2008년과 2009년도에 세계 제조업 강국들이 제조업 경쟁력 강화를 위한 산업 구조조정에 착수한 가운데, 유럽에서도 제조업 경쟁력 약화에 대한 우려감과 함께 대응방안을 논의하게 되었다.

일본은 2000년대 들어서 제조업의 경쟁력이 약화되면서 세계경제에서 차지하는 위상과 함께 국가 경쟁력도 크게 하락했는데, 일본 제조업이 부진에 빠지게 된 원인 중 하나는 전 세계적으로 디지털화가 진행되고 있음에도 불구하고, 이러한 환경변화에 능동적으로 대처할 수 있는 혁신역량 미비에서 찾을 수 있다.

중국은 1990년대 중반 이후 단순가공을 기반으로 제조업이 크게 성장하면서 세계 최대의 제조업 국가로 부상했으나, 임금 상승에 따른 단순가공 제조업 경쟁력 상실, 제조업으로부터 유발되는 환경오염 등으로 투자·수출 증가율이 둔화되면서 산업 구조조정, 품질 개선 등 제조업의 질적 변화압력이 증대하였다.

선진국을 위협하는 신흥 제조국의 성장도 눈여겨 볼 수 필요가 있는데, 선진국들은 컨베이어 벨트(Conveyer Belt) 기반 대량생산, 부품 공용화, 모듈화 제조업 혁신에 힘입어 오랫동안 산업 발전을 이끌어 왔다. 하지만 낮은 인건비나 지대 등의 가격 경쟁력으로 개발도상국의 추격은 선진국을 압박하고 있다. 생산장비 등의 기술이 보편화되면서 이제는 신흥국 기업들도 선진 제조기업 생산기술들을 상당 부분 따라잡을 수 있게 된 것이다. 제조 경쟁력의 핵심이 되어 온 핵심부품, 소재, 특허, 설비의 독점적 활용이 어렵게 됨에 따라 고유한 차별적 가치 확보도 어려워졌다.

선진 제조기업 간의 경쟁이 격화되는 가운데 동남아시아국가 등 신흥국 추격이 두드러지면서 선진국의 제조업 위기감은 커져 왔다. 또한, 신흥국의 기술적 진보도 빠르게 일어난다는 점도 선진국의 제조업에 상당한 위협이 되고 있다.

이러한 신흥 개도국 추격을 따돌리고 혁신을 도모하기 위해서 선진국들은 제조업의 부활 프로젝트를 추진 중인데, Industry 4.0 정책 중심으로 스마트팩토리 전략이 미래 제조업의 방향을 말해 주고 있겠다.

독일 정부는 Industry 4.0 정책 대표적인 성공 사례로서 스마트팩토리 구축에 집중하고 있는데, 학계 주도의 연구를 진행하면서 산업계가 스마트팩토리를 구축·실현하는 방식을 적용하고 있다. 지멘스(Siemens) 암베르그(Amberg) 공장, 지멘스(Siemens)와 SAP 장비 및 솔루션을 적용한 BMW 공장 등이 대표적 도입 사례이다.

미국 정부도 제조업 부활과 신흥국으로 이전한 공장들을 미국으로 회귀시키기 위한 리쇼어링(Reshoring)<sup>12)</sup> 강화 정책의 일환으로서 최첨단 및 스마트제조(Advanced & Smart Manufacturing)를 위한 R&D 예산 확충 프로그램 등을 시행하고, 미국의 연방정부가 발족한 연구개발 컨소시엄 SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition) 지능형 시스템을 공장에 적용하고 있는 중이다.

미국의 경우 정부와 민간 프로그램(Program)이 함께 발달했다는 특징이 있다. 대표적인 것이 IIC(Industrial Internet Consortium)로 GE, IBM, Intel, Cisco, AT&T, SAP 등에 의해 2014년 설립되었다. 현재 200여 개의 기업이 참여하며, 제조업 강화 프로그램의 중추적 역할을 하고 있다. 인터넷 기술의 발전과 적용 확산을 촉진하면서 이를 위해서 참조모델(Reference Architecture), 보안체제(Security Framework), 공개표준(Open Standard)을 통해 산업 생태계 조성을 지향하고 있다. 민간 프로그램인 만큼 학술적인 색채보다 실용성이 강해서 독일보다 뒤늦게 출발했음에도 불구하고, 주목할 만한 사례로서 평가를 받는다.

일본의 경우에도 장기 불황을 극복하기 위한 아베노믹스(Abe-Nomics) 한 축으로 제조업 혁신 정책을 추진 중으로 산업재흥 전략, 로봇 신전략 등을 통해 첨단설비 투자를 유도하여 로봇산업의 육성을 희망하고 있다.

이러한 가운데 일본의 기계학회를 중심으로 한 IVI(Industrial Value chain Initiative)가 발족이 되었는데, 이 프로그램은 각 공장마다 서로 다른 규격으로 운영되고 있는 설비 간 데이터 전송이 가능하도록 통신규격과 보안기술 표준화를 추진하는 것이다. 이를 통해, 공장 간의 연결을 강화하여 부품 생산에서 최종 단계인 제품 조립까지 자연스럽게 연결할 수 있는 산업 생태계를 구축하겠다는 것이다.

한국의 제조업은 40년 간 국부·고용·혁신 창출의 원천 역할을 수행해 왔다. 그러나 소프트 파워 부족, 고비용 생산구조로 인한 국내 생산 기반 축소 등의 구조적 문제점과 원화절상, 기후 변화 대응 등 대외 환경 변화에 대응함과 동시에 제조업 패러다임(Paradigm) 변화에 발맞추어서 새로이 진화하기 위해서 2014년 6월 26일 개최된 전국상공회의소 회장단 오찬 간담회에서 ‘창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0전략’을 수립 및 발표하였다.

이는 세계 최고수준의 IT 인프라(Infra)와 튼튼한 제조업 기반을 바탕으로 제조업 역량을 강화하여 국내 제조업 퀀텀 점프(Quantum Jump)<sup>13)</sup>를 해야 함을 강조한 것이다.

제조업 혁신 3.0 전략의 추진 목적은 IT·SW 융복합으로 융합 신산업을 창출하여 새로운 부가가치를 만들어내고, 선진국 추격형의 전략에서 선도형 전략(제조업 혁신 3.0)으로 전환하여 우리나라 제조업만의 경쟁우위를 확보하기 위함이다.

이를 위해 정부는 제조업 혁신을 주도할 수 있도록 환경 조성에 주력할 것이다. 구체적으로 스마트공장 수요가 높은 업종 중심으로 가상 및 실제 공장이 연계된 다양한 형태의 공장을 구축하고, 스마트공장 가동을 위한 정책적인 지원이 추진될 계획이다.

한국의 제조업 혁신 3.0 전략에서 제조업 경쟁 기반 약화, 고부가가치 부문의 경쟁력 저하 및 제조업 패러다임 변화에 대응하기 위해서 전통 제조업과 차별화된 최첨단 제조업 육성과 지원을 목표로 2020년까지 1만개 공장 스마트화를 추진하라고 발표한 바 있다.

이후, 산업통상자원부 장관과 대한상공회의소 회장이 대한상의에서 만나 2014년 6월 26일 전국상 회장단 오찬간담회에서 발표한 ‘제조업 혁신 3.0 전략’을 민·관이 함께 구체화하여 추진하기 위해서 민·관합동 제조혁신위원회를 발족하고, 1차 회의를 개최하기도 했다.

하지만 국내 중소기업의 스마트공장에 대한 기초적인 이해 수준과 ICT 인프라 도입 현실을 감안하면서 상대적으로 제시된 플랫폼이 비현실적이라는 비판에서 벗어나지 못하고 있다. 뿐만 아니라 제조업 혁신 3.0을 구현할 제조혁신위원회는 2014년 7월 발족과 함께 1차 회의를 가진 후 매월 한 차례씩 위원회를 개최한다는 방침이 있었지만, 일정 조율의 어려움 등을 이유로 위원장이 참여하는 전체회의는 제대로 열리지 못하고 있다. 세부대책 수립과 제도 시행도 속도를 내지 못하면서 국내 제조업계 재도약을 위한 골든타임(Golden Time)을 놓치고, 전 세계적인 제조업의 혁신과 스마트팩토리 추진의 시대적 흐름에도 뒤떨어지고 있다는 지적을 받고 있다.

12) 해외 자국기업을 각종 세계 혜택과 규제 완화를 통해 자국으로 불러들이는 정책을 뜻함.

13) 일명 ‘양자도약(Quantum Leap)’은 대약진 또는 대도약을 뜻하는 용어임. 혁신적 사고방식으로 기존 환경과 구조를 깨고, 새로운 도약이나 성장을 하는 기업이나 방식을 나타내는 말로서 원래는 물리학의 양자역학에서 유래되었으나, 경영학과 경제학 용어로 많이 사용됨.

## 2. 국내·외 스마트팩토리 구축사례

국내·외에서 스마트팩토리 추진을 통한 비용 절감과 생산성과 소비자 만족도 제고 차원의 제4차 산업혁명을 미래 성장기회로 활용하기 위해 세계 각국 정부와 기업은 대응전략 마련 모색에 분주하다. 특히, 제조업 분야에서 스마트팩토리 도입은 더 이상 선택의 문제를 떠나 필수적으로 선제적 구축 없이는 생존이 걸린 일이 되었다.

이처럼 스마트팩토리의 도입과 구축이 가속화되면서 단순히 공장자동화 수준이 아닌 인공지능 및 빅데이터 기술들을 접목하여 시스템을 고도화되면서 인간 노동력을 대체하는 수준으로 진보한 것이다.



〈그림 10〉 스마트팩토리 작업공정별 운영도

각국 정부에서는 제4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 관련 정책적·제도적 추진이 실행되고 있으며, 각 기업들도 여건과 환경에 따른 체질 개선을 통해 경쟁력 강화를 준비하고 있다. 산업생태계를 구성하는 기업들의 현황을 살펴보면, 영역별 고유의 개별 솔루션을 제공하는 기업들이 많지만, 다른 영역과의 인터페이스(Interface)가 증가함에 따라 기존 서비스 영역을 확장해 나아가는 기업들도 증가하는 추세를 보이고 있다.



〈그림 11〉 해외 스마트팩토리 공급기업 현황

먼저, 해외 기업들 중 스마트팩토리 구축 및 추진 사례들을 보면, 전통적인 전문분야를 바탕으로 수직적 또는 수평적 영역에서 확장 추세를 보이며, 지멘스(Siemens), 미쓰비시(Mitsubishi), 로크웰(Rockwell) 등의 글로벌(Global) 기업들은 전 영역에 대한 통합 솔루션을 통해서 시장을 선도하고 있다. 또한, Dassult, PTC, Autodesk 등의 PLM 기업과 SAP, Microsoft, Oracle 등의 IT기업들은 자사 플랫폼 기반 관련 제품 출시하여 자사의존성을 심화하는 것에 집중하고 있다.

이렇듯 해외의 주요 기업들은 고객 맞춤형, 다품종 생산을 위해서 스마트팩토리 부품 및 솔루션 기술개발 및 공급에 주력하고 있고, 좀 더 넓은 서비스(Service) 영역을 통해 공장의 생산 및 물류 전 영역에 대한 수요를 충족하고자 노력 중임을 알 수 있다. 그리고 전통적인 전문분야를 바탕으로 하드웨어(Hardware)는 상위 응용영역까지 소프트웨어(Software)는 사물인터넷, 클라우드(Cloud) 등을 접목한 사업으로 확장 중에 있으며, 세계 다국적 선도 기업들의 독점 경향의 추세도 강화되고 있다.

〈표 3〉 해외 기업 스마트팩토리 구축사례<sup>14)</sup>

업체명	사업영역 및 주요 내용
Siemens	생산설비, 제어시스템 및 산업용 소프트웨어 등 거의 모든 산업 분야의 제조 및 공장자동화 솔루션을 보유하고 있으며, 자동화, 디지털화 영역에 핵심 역량 집중
Rockwell Automation	센서 장비, 제어 장비와 같은 하드웨어에서 네트워크 기술 및 소프트웨어와 같은 인프라 및 응용 프로그램까지 산업 전 분야에 걸친 자동화와 정보 솔루션 제공
Mitsubishi Electric	로봇, 제어기, PLC 등 공장자동화와 관련된 다양한 기기 및 제어 솔루션을 보유하고 있으며, 공장 전체를 커버하는 패키지형 솔루션으로 확대
Schneider Electric	에너지 관리 분야 글로벌 기업으로 빌딩자동화, 제어 및 전력 모니터링 기술을 바탕으로 공장, 주택, 빌딩의 에너지 인프라와 데이터 및 네트워크 솔루션 제공
Honeywell	자동화기기, 제어기기, 전자통신 제조업체에 대한 전자장치에서 소형 온도조절기까지 다양한 제품을 공급하고 있으며, 데이터 처리 시스템과 산업용 애플리케이션 등 소프트웨어 솔루션으로 사업 영역 확대
SAP	시스템, 애플리케이션, 데이터 처리 등의 IT 기술을 바탕으로 ERP와 같이 기업의 사업 운영 및 고객 관계를 관리하는 기업용 소프트웨어 제공
Oracle	소프트웨어, 서버, 네트워크, 스토리지 부문 전문기업으로 데이터베이스 관리시스템, ERP, CRM 및 공급망 관리 시스템인 SCM 소프트웨어 제공
AutoDesk	건축, 엔지니어링, 건설, 제조 등 다양한 분야의 소프트웨어를 제공하며 클라우드 서비스, 캐드 기반 솔루션, 3D 솔루션 보유
Dassault Systemes	3D 캐드, 3D 디지털 모델, 기업 간 협업 솔루션, 제조 인텔리전스 솔루션, PLM 솔루션을 자동차 및 항공 등 다양한 제조 기업에 제공
PTC	3D 캐드 기반의 PLM 및 서비스관리 솔루션을 보유하고 있으며, 엔지니어링 분야의 수치해석 기반 솔루션 제공
Cisco	네트워크 전문기업으로 스위치, 클라우드, 스토리지 네트워킹, 라우터, 소프트웨어 등 다양한 통신관련 제품을 보유하고 있으며, 엔터프라이즈 네트워크 서비스, 클라우드 서비스, 통합 컴퓨팅 서비스 등을 제공
GE	산업인터넷 컨소시엄을 구성하여 스마트공장과 스마트그리드 관련 프로젝트를 진행하고 있으며, HW 및 SW에 다양한 산업용 솔루션 보유
PLEX Systems	PLEX Manufacturing Cloud를 통해 SaaS(Software-as-a-Service) 기반의 ERP, MES, QMS, SCM 소프트웨어를 제공
Bosch	Industry 4.0에 맞추어 설비/품질 관리, 공정제어 등의 SW와 자동차, 에너지 모니터링, 물류 관리 등의 다양한 HW 솔루션 보유

국내 주요 대기업들의 경우, 그룹 내 IT계열사(삼성 SDS, LG CNS, SK C&C)를 통해서 애플리케이션(Application) 영역을 구축하고, 최근 클라우드, 빅데이터 플랫폼 영역으로 확장 중이다.

14) "ICT Brief" 언론보도 자료 등 인용 및 발췌함.

<표 4> 국내 기업 스마트팩토리 구축사례15)

업체명	사업 영역 및 주요 내용
LG CNS	LG 그룹사 및 외부 IT 서비스 및 컨설팅 서비스 제공하고 있으며, 특히 MES 와 같은 소프트웨어나 공정설계 서비스와 같이 공정 전반적인 솔루션 제공
삼성 SDS	삼성그룹 계열의 ICT 기업으로 미래플랫폼을 인수하여 MES 뿐 아니라 설비자동화, 공정모니터링, 제조품질관리, 생산 스케줄링 등 다양한 솔루션 제공
포스코 ICT	철강 분야 시스템에 공정별 IT 설계 및 구축을 주로 수행하였으며 MES 뿐만이 아니라 HMI, 전기제어, 설비 등의 역할 보유
LS 산전	자동차 솔루션 전력 솔루션, 드라이브 솔루션 등 산업용 제어 기반 사업영역 커버, 각종 단위 기계에서 대규모 프로세스 제어까지 다양한 산업현장 솔루션 제공
SK C&C	SKALA 를 통해 제어, IoT, 빅데이터 플랫폼을 제공하고 있으며, 해당 플랫폼을 통해 라인설계, 기구설계, 공정설계, 빅데이터 분석 등의 솔루션 보유
유디애펙	제어언론 시뮬레이션 솔루션을 보유하고 있으며, 제품/공정/라인 설계 시 일어날 수 있는 다양한 문제에 대한 시뮬레이션 기능을 제공
이씨아이너	화학전자 업종에 대한 제조 빅데이터 분석 및 컨설팅 수행하며 저세 SW 솔루션을 보유하고 있어 교육을 통한 현업의 지속적인 분석 가능
비스텔	반도체 업종의 품질 예측 및 가산 계획 분야의 솔루션 보유
에임시스템	반도체, 태양광, 자동차기계, 화학전자재료 등 다양한 분야의 생산정보시스템을 구축하였으며, 공장·장비 자동화를 위한 MES 및 제어 솔루션을 보유
에이시에스	실시간 생산정보와 컨설팅 및 시스템 통합을 제공하며 MES 같은 솔루션부터 IoT 센서 및 데이터까지 공장 전반에 걸쳐 HW, 미들웨어 및 IT 서비스를 폭넓게 제공
엑센솔루션	자동차 부품, 반도체, 중공업, 기계, 식품, 제약 등 다양한 제조업을 대상으로 MES Master Plan 컨설팅 서비스 및 제조 시스템 구축 서비스 제공.
지식시스템	수요예측, 생산계획, 스케줄링 등에 대한 최적화 솔루션 제공
신명정보통신	주조, 사출 등 뿌리산업 위주로 센서, M2M 데이터 및 정보통합 솔루션 제공
큐빅테크	CAD/CAM, CAE 솔루션 및 금형 제조 환경에 특화된 제조현장관리 솔루션 보유 및 MES Consulting 사업 수행
솔리드이엔지	디산의 솔루션을 영업 및 판매하고 있으며, 이 솔루션들을 활용한 PLM 사업을 기반으로 IoT 및 컨설팅 서비스 제공
이도링크	IoT/M2M 관련 네트워크 장비, 개발형 플랫폼 및 미들웨어를 활용해서 응용 서비스 개발, 특히 위치 기반 서비스(LBS)를 활용한 서비스 구축에 집중
바추일텍	WiFi 기반 실내 위치서비스(LBS)를 개발하고 있으며, 이를 활용하여 응용 서비스를 포함한 SI 수행
이랜서	RFID 기반의 IT 아웃소싱, SI 및 컨설팅 서비스를 제공하고 있으며, 제조 기업을 대상으로 ICT 를 적용하고 있음
한국오픈솔루션	기업용 오픈소스 플랫폼 전문기업, 빅데이터 기반 제조·플랜트 운영 인텔리전스 솔루션 보유
핸디소프트	Handypia IoT 플랫폼 및 SaaS 플랫폼을 보유. 소프트웨어뿐만 아니라 하드웨어 분야로 계열사인 네트링크, 솔루션 기업 디산네트웍스 소유

<표 4>를 통해 확인할 수 있듯이 엑센솔루션, 에이시에스, 신명정보통신, 모두솔루션, 솔리드이엔지, 앤솔루션, 에임시스템, 성우시스템, 스페이스솔루션 등 중소 IT기업들이 활발하게 SI형태로 사업을 전개하고 있으며, 외산 제품 또는 부품을 활용하여 공정설비 간에 인터페이스, 공장설비 자동화 등 업무를 진행하고 있는 경우도 많다.

하드웨어 디바이스(Hardware Device) 요소에 대한 기업은 대체로 영세한 규모이며, 대기업과 관련한 SI기업들과 중소 제조기업에 대한 시스템 구축을 하는 기업들이 대부분인 상황으로 핵심 요소기술은 글로벌 선도기업들에게 크게 의존을 하는 실정이다. 이는 스마트팩토리 공급산업이 전체적으로 생태기반이 취약한 편이지만, 외산 솔루션을 도입하여 시스템 통합하는 ICT 융·복합의 경험은 상대적으로 풍부한 편이라 하겠다.

15) KESSIA, 2015, “스마트공장 현황 및 시사점” 의 언론보도 자료 등 일부 발췌함.

제4차 산업혁명을 통한 제조혁신 Industry 4.0 시대를 앞두고서 스마트팩토리 시장규모는 2018년 기준 290조 원에 달할 것으로 전망된다. 매년 10% 이상 성장하는 고부가가치 산업으로 스마트팩토리는 제조업뿐만 아니라 IT기술과 정부 정책 등 사회 전 분야에 밀려올 제4의 물결이며, 전 세계 산업계에서는 더 이상 선택이 아닌 필수로 받아들여지고 있는 상황인 것이다.

스마트팩토리의 궁극적 목표는 제조업과 정보통신기술을 결합하여 제조공정을 인공지능형으로 진화시키는 것이다. 이를 통해 미래 인류의 삶이 더 윤택해지고, 풍요롭도록 도움을 주는 것인데, 그 핵심은 ‘인간 중심의 자동화’에서 방향을 찾을 수 있겠다.

그리고 정부 역할은 최소한으로 스마트팩토리 환경과 여건 조성으로 지속가능한 사회·경제적 발전을 위해서 육성 및 지원하는 것이며, 기업은 스마트팩토리 해당 시스템 구축을 통한 제조공정 효율화 달성, 시스템 유지 보수 과정상에서 발생하는 다양한 경험을 축적하여 궁극적으로 세계적 산업 선도국이 되기 위해서 관련 해당경험들을 사업화 및 상용화하면서 국제시장을 선점하는 것으로 이어져야 하겠다.

#### IV. 전략적 활용방안과 발전방향 제언

##### 1. 방위산업 제조업 혁신과 발전 대응방향

방위산업은 국가 안보를 유지할 뿐만 아니라 내수증대를 통한 고용증대와 산업구조 고도화와 같은 파급효과를 기대할 수 있다. 새로운 신성장동력으로 재조명되는 방위산업을 육성하기 위해 방산업체의 체질을 내실 있게 강화시켜 나가야 할 것이다. 기존의 방위산업이 정부주도 보호와 통제 하에 관리 및 감독되어 오던 것에서 점차 경쟁과 자율의 권한이 확대되어야 하는 것이다. 시장경쟁체제 하에서 방산업체의 경쟁력과 경영성과 제고가 가능할 것이며, 경영 효율화를 전략적으로 추진할 수 있게 될 것으로 본다.

따라서 방위산업의 다양성과 기술의 급변화 속에서 기술 주도와 시장 주도 모습이 혼재되는 과정을 거쳐서 경쟁력 있는 국내 방위산업 환경들이 조성되고, 다각적인 방산업체의 경영개선 대책들이 추진될 수 있을 것으로 전망되며, 이를 위해서 방위산업의 패러다임 전환이 심층적으로 논의되어야 할 시점이라 본다.

방위산업의 패러다임 전환에 있어 기본적으로 방산업체 경영이론에 접목하여 살펴볼 수 있다.

산업적 경영 패러다임은 시대마다 강조되는 가치에 따라 지속적으로 변화되어 왔다. 세계화 시대로 접어들게 되면서 경쟁의 정도가 더욱 치열해지고, 시장의 범위가 확장됨에 따라 조직을 둘러싼 환경도 불확실해졌다.

우리나라 방위산업은 최근까지 정부보호 및 육성 정책에 의해 주요 방산업체가 대기업 형태 독과점(Monopolistic and Oligopolistic)을 유지하고 있는 특징적 시장구조를 갖고 있어 시장지배력은 더욱 강화되고 있으나, 전략적인 방산업체 경영 행위에 대한 세부 정보 부족으로 인하여 정부는 광범위한 시장지배력에 효율적으로 대응하지 못하고 있다. 그 결과, 우리나라 방위산업은 첨단 기술을 확보하지 못하고, 정부와 업체 간에 상호 불신과 정보 비대칭성으로 인해 그동안 합리적인 방위산업의 시장을 형성하지 못하고 있는 것으로 평가되어 왔다.

방산 중소기업의 경우를 살펴보면, 근본적으로 자본력 취약과 자금조달 애로 및 전문 기술인력 확보 및 수급의 제한, 높은 인건비에 따른 문제 등 여러 가지 취약점을 안고 있다. 최근 국가적 경제위기 분위기까지 겹치게 되면서 원자재 가격 상승에 따른 원가부담이 가중되는 등 내외의환을 겪고 있다. 이는 국내 방산 중소기업 경영여건과 경쟁력이 악화되고 있는 실정인 것이다.

물론, 기업의 경쟁력 확보는 기본적으로 기업 자체 역량이 무엇보다 중요할 것이다. 그러나 대기업에 비해 경쟁력이 취약한 중소기업은 정부의 체계적 지원이 절실히 요청된다고 볼 수 있겠고, 특히나 방산 중소기업의 경우에는 방위산업 그 자체가 곧 우리의 안보자산이 될 수 있다는 측면에서 정부 주도 하의 적극적인 지원이 필요하고, 해외 글로벌 방산업체 간 경쟁에 있어서도 내실 있는 기업 제조업 분야 경쟁력 강화에 있어서도 효과적일 수 있겠다.

오늘날 첨단 과학기술과 정보통신기술이 급변하는 세상을 살고 있다. 특히, 다가오는 제4차 산업혁명의 시작은 어느덧 우리 삶에서 발견할 수 있다. 기존에 기술과 산업 간 경계가 허물어지고, 융·복합 사회로의 진전이 거듭되고 있는 것이다.

현재 국방과학기술 정책은 과거 정부주도의 연구개발에서 업체주도 연구개발로 확대가 되고, 주요 핵심기술과 부품을 도입하여 생산하는 연구개발을 지양해오면서 완성장비 독자개발과 핵심 기술 부품개발의 산·학·연 연계체제 구축 및 선진 각국의 연구개발 기술정보 획득 강화 등을 주요 정책으로 추진하고 있다.

1990년대 냉전종식 이후 방산물자 국제거래에 대한 통제가 완화되고, 미국, 러시아 등의 방위산업 선진국들이 국제 무기구매에서 경쟁체제를 도입하면서 세계 방산시장에서의 경쟁이 본격화되었다. 근래 방위산업 시장의 초과수요를 유발 하였던 아프가니스탄, 이라크 전쟁이 종결됨에 따라 무기수요가 정상화되는 한편 중고 무기가 대량 공급되어 신규 무기 판로는 위축되면서 세계 시장에서의 경쟁은 더욱 치열해질 것으로 보인다. 이에 더해 2000년대 후반 글로벌 금융위기와 경기침체에 대응한 정부지출을 확대하기 위해서 주요 방산 선진국은 국방예산 감축을 단행한 바 있는데, 이는 국제 방산시장 경쟁을 더욱더 가속화하고 있는 것이다.

이러한 가운데 첨단기술들의 급속한 발전과 선진국 기술보호 정책은 갈수록 강화되고 있고, 국내 방위산업의 실상은 방산업체들이 연구개발 투자를 유지하거나 지속시켜 나가기를 기피하는 실정이다. 특히, 국방분야의 연구개발 투자비는 정부재정의 적자편성으로 정부부문의 한계, 경기 위축으로 인한 민간부문의 투자여력 감소로 인해 자주국방의 연구개발 수준이 미약한 실정에 머무르고 있다.

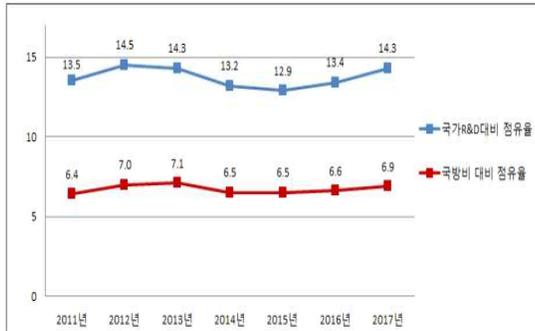
세계 각국은 기존의 노동집약적인 군대 구조에서 향후 장비중심의 자본집약적 군대 구조로 전환될 것으로 예측되고 있다. 이에 따라 재래식 무기보다는 자본 및 기술집약적 첨단 무기체계에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다.

과학기술이 발전함에 따라 첨단·신개념 무기 개발의 중요성이 강화되고, 전장이 우주·사이버 공간을 포함한 5차원 공간으로 확대되어 미국 등 선진국의 경우에는 로봇무기가 실제 분쟁 지역에 등장하는 등 이미 무기체계 개발의 무인화, 유도 정밀화, 스마트화를 지향하고 있는 추세이다.

하지만 탈냉전 이후 국내 방산수요와 물량의 급격한 감소로 경영악화가 지속되어 방위산업의 근본 생태계 존속에 위협이 되고 있는 상황이다. 정부는 이를 해결하는 방법으로 정부주도의 방위산업 육성계획을 마련하고, 국방과학기술 발전, 방산수출 장려, 국내수요 확대 등 다양한 노력을 통한 국내 국방산업 기반구축을 위해 추진하고 있으나, 팔목할 만한 기대 이상의 성과를 보이지 못하고 있다.

또한, 국방연구개발비도 OECD 통계에 의하면, 전체 가입국 대상으로 파악된 2011년도 기준 OECD 국가 전체의 정부연구개발비 대비 국방연구개발비는 27.5%이다. 가령, 미국의 경우 정부 연구개발 예산에서 국방연구개발비 비중 56.8%인

반면 한국은 정부연구개발비 대비 국방연구개발비는 13.2%에 불과하고, 국방연구개발비 대비 6.5%에 불과하여 아직까지 국내 방위산업 변화를 위한 노력들이 부족하다고 할 수 있다.<sup>16)</sup>



〈그림 12〉 국방연구개발비 점유율(%) 현황<sup>17)</sup>

이러한 국방연구개발 환경 속에서 방사청은 국방과학기술 발전을 위한 측면으로 2013년부터 선도형 핵심기술 연구개발 사업을 추진했으나, 기존 연구개발의 문제점인 장기간 소요 결정에 따른 기술 진부화와 높은 진입장벽 등 문제점을 해결하기 위한 노력에서 미진한 실정이다.

현재 방위산업 연구개발 시 단순 시제품체로 참여하여 개발된 무기체계에 대해서 양산을 담당하고 있는데, 개발된 무기체계 양산을 담당하게 되므로 체계개발에 따른 위험부담을 안고 있어서 업체들의 자체 연구개발 능력 확보를 위한 동기부여가 미흡한 상태이다. 또한, 국방과학연구소(ADD) 역할이 과중하여 중점 무기체계 및 핵심기술에 대한 집중 등이 미흡한 것으로 나타나고 있다.

따라서, 앞으로 방산업체의 연구개발 참여를 지속적으로 유지하면서 확대하기 위해서는 우선적으로 일반 무기체계 분야는 국방과학연구소(ADD) 중심의 연구개발 수행체계에서 자체 연구개발 능력을 갖춘 업체중심 개발체제로 전환하여 나가는 것이 바람직할 것으로 본다. 또한, 성능개량 분야에 있어서도 업체로부터 소요의 제기가 가능하도록 개선할 필요가 있겠다.<sup>18)</sup>

16) 방위사업청, 2014, “2014 ~ 2028 국방과학기술 진흥정책서”, p.12.

17) 방위사업청, 2017, “2017 방위사업 통계연보”, p.69.

18) 방산업체의 국방 연구개발 능력과 투자를 확대하기 위해서는 무기체계 및 핵심기술 지식재산권을 국가 또는 국방과학연구소에서 독점적 지위로 보유하여 오던 관행을 개선하여 민간의 방산업체로 특허

이를 통해서, 방산업체의 연구개발 투자활동을 장려하여 증대함으로써 기업의 생산여건과 활발한 기술투자 등으로 경영여건을 개선해 나가는 전략이 요구되며, 방산업체 성장성 증대를 위해서는 연구개발의 투자비 확대가 필수적일 것으로 분석된다. 그리고 국방기술 연구개발은 방산 대기업과 연구기관 중심 대형과제 위주로 추진되고 있으므로 정부·연구기관·업체 간 유기적 협조체제도 미흡한 실정이므로 중소 방산업체의 적극적인 R&D 참여가 확대되도록 관련 정책과 제도 개선이 요구된다.

다가오는 제4차 산업혁명의 시대를 대비하는 국방분야 특히, 방위산업에 있어서 앞서 지적한 바와 같이 산업적 경영 패러다임의 전환과 이에 따른 정부의 적극적이고도 실효적 육성 및 지원 정책이 뒷받침되어 방산업체들의 자발적인 R&D 연구개발 투자 등으로 이어져야 할 것이며, 중소 방산업체가 내실 있는 경쟁력 강화 노력이 수반되어야 급변하는 첨단 과학기술 시대에 지속가능한 방위산업 제조업 혁신과 발전 대응전략으로서 진정 실효성 있는 대비가 가능할 것이다.

## 2. 스마트팩토리 방위산업 분야 활용방안

최근 국방부는 국방 지능형 경계감시 시스템, 머신러닝 기반 군 전력장비 정비수요 예측시스템, 지능형 국방의료정보 빅데이터 분석체계, 인공지능 지휘결심지원체계, 지능형 감시정찰시스템, 인공지능 백신 및 관제체계, 인공지능 교관 및 인공지능 인사과장, 인공지능 고충상담 헬프콜 등의 인공지능 관련기술을 국방분야에 접목하여 적용·활성화하는 방안을 적극적으로 모색하면서 구체적 계획 하에 추진 중이다.



〈그림 13〉 국방분야 인공지능 기술 활용방안<sup>19)</sup>

권 소유로 전용 또는 통상실시권 사용 개방을 전면 확대하여 민간의 국방 기술개발 참여도를 높이고, 적극적으로 국민 산업재산권을 보호한다는 취지에서 민군 간 시너지 효과와 더불어 방산물자 가격경쟁력 제고로 방위산업 발전과 육성을 도모하게 될 것이다.

특히, 이러한 국방분야 인공지능 기술의 활용 중 국방 지능형 경계감시시스템은 다중센서 융합 영상 생성기술, 날씨·조명변화 영상 보정기술, 객체 변화 학습을 통한 이동물체 탐지기술 등의 핵심기술을 개발하는 것이다. 이것은 감시병력 집중력 저하 등을 극복하는 동시에 날씨·조명변화에 따른 지능형의 영상분석이 가능해질 전망이다.

그리고 기계학습(Machine Learning) 기반의 군 전력장비 정비수요 예측시스템의 경우는 군 전력장비에 관한 정비·운용 데이터를 활용, 인공지능 기반 정비·수리부속을 예측하는 기술로서 주요 전투장비에 대한 사전예측을 통해 적정재고 유지 및 적정 수리부속 유지가 가능해질 것으로 예측된다. 국방부는 K-1 전차와 T-50 고등훈련기에 우선 적용한 뒤 단계별로 확대할 계획이다.

지능형 국방 의료정보 빅데이터 분석체계는 진료기록 DB 11억 건, 영상자료 125테라바이트(TB)에 달하는 방대한 빅데이터를 분석하여 맞춤형 진료·처방, 질병 예방, 전염병 예측, 신약·의료장비 개발 등 군 장비 맞춤형 의료서비스를 제공하는 체계이다.<sup>20)</sup>

이외에도 국방 군수분야에 있어서 보급분야의 경우에는 2016년 정부에서 2016 ~ 2025년 국가물류 기본계획을 수립하여 7대 추진전략을 밝힌 바 있다. 7대 추진전략 중 주목할 부분은 미래 대응형 스마트 물류기술 발굴, 산업경쟁력 확보 등을 위한 융·복합 물류인프라 구축이며, 특히 물류와 첨단기술 접목 등 물류산업의 미래상을 반영해 실전적인 계획을 다수 포함했다.

또한, 최근 산업통상자원부에서 발표한 미래 성장 가능성이 큰 5대 유망품목에 무인인송 물류 로봇이 포함되었고, 로봇산업 확산을 위해 첨단 로봇 상용화 연구센터를 2022년까지 점진적으로 운용하기로 밝혔다.

이처럼 정부 주도로 추진하고 있는 첨단 물류 로봇 개발 및 관련기술의 발전 추이를 고려하여 국방분야 물류분야에도 도입할 수 있을 것인데, 물류 자동화 관리 로봇을 들 수 있다.

현재 국방부에서는 물류체계 혁신 시범사업 및 군수 저장시설 현대화 등을 통해 선진 물류 인프라 조성 및 속도 중심의 군 물류체계 구축을 위해 노력 중이며, 국방개혁 일환에 따라 군수 인력 감축, 사단 및 군단별 책임지역 확장, 전투

부대 전력화 장비 증가 등에 따른 수리부속 보급 소요 증가 등 급변하는 환경을 고려할 시, 미래 군수부대 군수물류 저장시설 내에 군수품을 자동으로 관리하는 물류 자동화 관리로봇의 도입을 검토하고 있는 것이다. 아울러, 주요 군수시설에 무인경계 및 전투로봇을 대체하는 사업과 로봇 기술 활용을 통한 정비분야 적용사업 검토, 부족한 정비인력을 대체할 무인 정비보조 로봇, 장비 내부검사 및 정비수행 목적의 초소형 로봇, 군수부대 대량물자 수송용 자율주행 전투차량 등 제4차 산업혁명 인공지능, 무인로봇 등 기술이 국방분야 전반에서도 다양하게 접목되어 활용되면서 장차 활용범위는 더욱 확대될 것으로 내다본다.

국방과학기술과 미래 전장 환경의 변화 측면에서 제4차 산업혁명 도래라는 환경변화에 따라 세계 각국은 새로운 기술개발과 획득전략을 모색하고 있다. 이에 적정 국방예산 확보 제한이라는 시대적 흐름에 맞추어 산업경쟁력을 제고할 수 있는 투자와 효과적인 상업화 그리고 첨단기술을 국방부문에서 효과적으로 사용할 수 있는 체계를 구축하기 위한 전략을 추진 중이다. 이른바 지식정보화 사회의 기술 발달 속도와 미래 전장환경, 제4차 산업혁명 핵심기술을 반영하여 여러 분야 다양한 기술들을 융합하고, 기술 확산(Spin-Off) 패러다임에서 기술 활용(Spin-On)의 정책을 국방 기술 개발과 병행 추진하는 방향으로 전환하고 있는 것이다.

미국의 경우, 국방예산의 제약과 전훈분석을 토대로 미국 국방부는 범세계적 차원의 군사적 우위를 유지하기 위해서 새로운 전략개념을 창출하고, 미래 전장 환경을 지배할 수 있는 혁신적 기술과 무기 개발에 노력을 집중하고 있다. 미래 전장환경 변화 등에 대비한 새로운 개념 발전의 노력은 상쇄전략(Offset- Strategy)<sup>21)</sup>으로도 나타났으며, 이러한 개념구현을 위해서 미래 전장의 판도를 역전시킬 수 있는 게임 체인저(Game Changer)<sup>22)</sup> 전력 확보가 추진이 되었다. 예로서 인공지능 기능을 갖춘 자율형 무기체계나 맞춤형 드론, 무한전력 에너지, 홀로그램 훈련 등 10대 미래기술 개발을 추진하고 있다. 아울러 ‘Better Buying Power 3.0’ 프로그램 등을 시행하여 우수 방산업체에 과감한 인센티브를 부여하고, R&D

19) 출처: 국방일보, 2017. 4. 11.

20) 맹수열, 2017. 4. 11, “인공지능, 나라 지킨다! 국방 미래혁신 가속도”, 국방일보.

21) 확정과피능력과 상쇄능력을 갖추으로써 어떠한 예측이 불가능한 규모의 핵공격에도 억제하고, 만일 한정된 핵전쟁이 발발할 경우에는 전면전쟁이 확대되기 전 이것을 수습하려고 하는 전략을 뜻 함.

22) 어떤 일에서 결과나 흐름의 판도를 뒤바꿔 놓을 만한 중요한 역할을 한 인물이나 사건을 말함.

및 혁신을 유도하면서 미래기술 개발을 위한 중장기 연구개발을 강화하고, 국방획득 관련 제도 행정절차를 간소화하는 노력들이 추진되고 있다.

따라서 우리 군에서도 국방환경을 진단하고, 각국의 군사혁신 및 민간분야의 혁신 사례분석을 통하여 당면한 근본적 문제들을 해결하기 위해서 창의성과 과학기술을 제반 국방업무에 융합하여 점진적 개선이 아닌 파괴적인 혁신을 지향하는 국방발전의 새로운 창조적 접근전략을 추진 중에 있다.

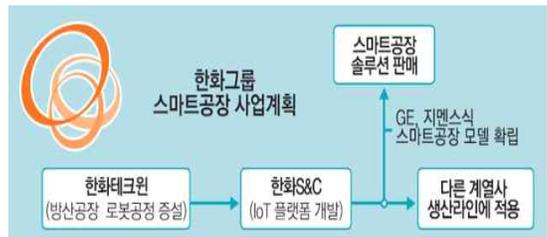
미래 혁신적 국방가치를 창출할 수 있는 국방과학기술로 ICBMS이라 불리는 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 등의 대표적인 첨단기술 분야와 미래 군사분야에 융합 가능한 주요 분야인 무인항공기 드론, 무인로봇 및 자동차, 레이저, 나노 바이오 기술 등에 대한 관련 연구개발과 획득 노력을 강화하고 있다.

장차 대한민국 전역을 중심으로 전쟁수행의 대상 또는 목표가 되는 적과 환경을 극복하면서 안보 목적을 달성하기 위해서 자원·인간·장비, IoT 로봇조직 정보 네트워크를 어떻게 설계하고 또 관리할 것인가에 대한 융합적 사고와 혁신적 마인드를 갖고서 미래를 창조해야 할 것이다.

이를 위해서는 소요군의 전문성과 창조성이 요구되었으며, 미래 전쟁수행 개념 및 첨단 과학기술을 융합하여 사용자와 사회를 통섭하고, 제4차 산업혁명 개념을 국방시스템(Defense System) 상에 접목하려는 노력을 기울여야 할 시점이다. 국방개혁 2.0 추진 간에도 제4차 산업혁명의 개념을 반영하여 보완함으로써 병력구조를 정예화하고, 고효율의 선진 국방운영 및 관리체계를 구축하면서 스마트 방위사업의 체계적인 추진을 보장하여 방위산업의 경쟁력을 더욱 강화해야 할 것이다.

제4차 산업혁명 조류가 점차 강해지는 가운데 국내 방위산업 분야 업계 1위인 (주)한화그룹이 스마트팩토리 사업에 뛰어든 바 있다. 2017년 2월 국내 언론을 통해 (주)한화그룹에서 제시한 사업계획 중에서 경남 창원시 소재 한화테크윈 항공기 계열 엔진 제조공장의 스마트공장 추진 소식이 알려지게 되면서 대표적 방위산업 스마트팩토리 사례로 비상한 관심과 주목을 받았다.

(주)한화그룹에서는 방산/항공분야 한화테크윈 외 주력 계열사 등에 스마트공장 플랫폼을 구축하고, 이러한 모델을 태양광·화학분야 산업부문 등 다른 계열사 생산라인으로도 확대하여 제조부문의 성장엔진을 업그레이드하겠다는 청사진을 제시한 것이다.



<그림 14> 한화그룹의 스마트팩토리 추진계획

이를 위해, 스마트공장 TF를 신설하고, 제4차 산업혁명 대비를 위한 생산공정 확산작업에 착수하였으며, 김승연 회장의 장남 김동관 한화큐셀(주) 전무가 주도하면서 2016년 11월 경남 창원 첨단 엔진공장 기공식 현장에서 로봇공정 등을 직접 점검하면서 스마트공장 확대 발전 가능성을 확인하였다.

한화테크윈은 1,000억 원을 들여 경남 창원에 1만 4,000㎡ 규모 항공기 엔진 로봇공장을 신설하고, 스마트공장을 위한 하드웨어 설비를 확보하였는데, 2018년까지 항공기 엔진부문 스마트공장을 2배 증설 확대할 계획이다. 소프트웨어는 IT솔루션 계열사인 한화S&C가 맡고, 로봇공정 기반 방산공장 전용 IoT플랫폼 개발에 착수했다.

기본적인 공정개념은 작업일정을 사전에 입력한 후 로봇이 비어 있는 생산라인을 찾아 스스로 제작하는 자동화시스템에 추가로 개발된 IoT플랫폼이 더해지면, 개별설비에 첨단센서를 붙여서 기계 상태를 실시간으로 전송하는 시스템이 적용되어 이상 징후를 사전 감지해 생산량을 높일 수 있게 된다.

(주)한화그룹은 궁극적으로 빅데이터 제어시스템을 도입 예정으로 제품 생산에 투입된 시간과 불량률 등 공정자료를 빅데이터로 분석하여 생산 최적화를 위해 어떤 공정을 밟아야 하는지 공장 내 로봇 스스로 판단하는 솔루션을 점목할 계획인데, 국내 방산업계의 스마트팩토리 활용 가능성을 가늠해 볼 수 있겠다.

### 3. 스마트팩토리 추진 종합 발전방향

이미 선진국들은 범국가적인 방위산업 육성과 지원정책의 시행으로 미래전 양상에 대비한 무기체계 연구개발의 활성화, 인수합병(M&A)을 통한 경쟁력 강화, 국제협력 증진 노력 외 해외수출 증대 다각화 등 방위산업 구조개편과 글로벌화를 추구하면서 이를 통해 자국의 어려운 경제여건을 동시에 타개하기 위한 전략산업으로서 점차 인식하고 있다.

방위산업은 첨단 과학기술을 기반으로 국가의 존립과 직결되는 특수한 안보산업이라는 특성을 갖고 있으며, 전 세계 선진국에서는 자국의 제한적인 수요를 극복하고 보다 더 경제적으로 국내 생산기반을 유지하기 위하여 방산수출을 적극적으로 추진하고 있다. 또한, 성장과 고용창출의 동력으로서 방위산업은 연구개발 중심 융·복합 지식 및 첨단기술이 집약된 산업으로 양질의 일자리 창출이 가능할 것이며, 방산 대기업과 중소기업이 동반성장으로 상생하여 경쟁력을 갖추어 방위산업 육성과 발전을 위한 실효적인 방안이 될 것이다.

1990년대 이후 냉전의 붕괴는 세계적 국방비 감축 및 무기수요 감소를 가져왔고, 이것은 방산업체 전체의 불황을 초래하였다. 이를 극복하기 위해 선진국들은 범국가적 방산 지원정책과 미래전 양상에 대비한 무기장비 연구개발 활성화와 인수합병(M&A)을 통한 경쟁력 강화, 국제협력 및 해외수출 증대 등 국제 방위산업 환경에 있어 구조개편과 글로벌화를 동시에 추구해야만 하는 상황에 직면하게 되었다.

이러한 국제 방위산업 환경 하에서 최근 우리나라 방위산업 역시 국내·외에서 많은 주목을 받고 있다. 지난 1970년대 초반 중화학공업 육성정책과 함께 본격적으로 착수한 우리 방위산업은 소총, 탄약과 같은 기본무기의 모방개발과 기술 도입 생산에서 출발하였다. 이후 한 세대가 지난 지금은 국내 방위산업은 T-50 고등훈련기 외에 잠수함과 같은 첨단 무기 체계를 생산하고, 국내 기술력으로 개발한 훈련기, 자주포, 전차, 소형함정 등 체계장비와 관련된 기술들을 수출하는 수준에 이르고 있다.<sup>23)</sup>

하지만, 방위산업의 지속적 발전과 방산 선진국 진입을 위해서 해결해야 하는 구조적인 문제들이 많다. 1990년대 중반 이후 국가 기간산업이 강화되면서 활기를 되찾았지만, 기본병기의 수요 부족으로 방산업체 가동률이 59.8%로 현저하게 저하되어 방산기반 유지가 어렵게 되었다. 당시 이러한 현실에서 방산수출의 육성과 활로개척은 국가 방위산업의 자생적인 성장기반 구축과 글로벌 경제력을 확보를 위한 신규 수요를 창출할 수 있는 근본적인 해결책이 될 수 있을 것으로 전망하였다.

그동안 산업혁명의 변방이었던 우리나라는 제4차 산업혁명을 시대적·환경적 기회로 활용하여

국가안보를 책임지는 방위산업 제조업 분야에서 스마트팩토리를 통한 혁신과 발전이 강구되어야 할 것이다.

융합과 혁신의 제4차 산업혁명은 국방분야에 있어서도 시작되었으며, 이러한 흐름 속에서는 국방부가 창조적인 정보화 추진체계 발전, 정보시스템 서비스능력 제고, 공통서비스 기반환경 구축, 국방 사이버 방호역량 강화라는 4가지의 전략을 바탕으로 네트워크 중심 디지털 정예강군 육성을 위해 노력해야 할 것이다. 이를 위해서는 가상현실(Virtual Reality), 인공지능, 빅데이터 등 10대 주요 핵심기술을 융·복합 적용하고, 정보통신기술(ICT) 전문인력 양성과 민·군 간의 ICT 융합 생태계를 구축하여야 하겠다.<sup>24)</sup>

현재 헬스케어(Health-Care) 분야에서 유명한 인공지능 시스템으로 미국 IBM이 개발한 ‘왓슨(Watson)’이다. 왓슨은 빅데이터를 기초로 딥러닝(Deep Learning) 등의 인공지능 기술을 융합함으로써 진단은 물론 질병 예측과 맞춤형 처방까지 제시하고 있다. 국방부에서도 현재까지 진료기록 DB, MRI·CT 영상자료 등 11억 건 빅데이터를 활용하여 인공지능 기반 의료정보 빅데이터 분석 체계를 구축해 군 장병들에게 개인 맞춤형 진료 실시와 질병 예방, 전염병 예측, 효율적인 의료 기기 및 약품 지원 등에 활용할 계획이다.

또 다른 하나는 딥러닝(Deep Learning) 기반의 수리부속 수요예측 모형을 개발하여 T-50 훈련기와 K1A1전차 정비를 예측해 선제적으로 수리부속을 조달함으로써 정비의 효율성과 예산 절감에도 기여할 것으로 판단된다. 또한, 제4차 산업혁명의 핵심기술인 로봇 개발을 국방과학연구소에서 추진 중이다. 국방과학연구소(ADD)는 지상무인운송체계를 2020년대 초에 실전 전투용으로 배치할 계획인데, 자체 지상운행이 가능한 수송용 견마로봇이 실제로 운용을 앞두고 있다. 견마로봇은 2012년 제작되어서 실제 사용하는데 문제점이 없는지 진행 중이며, 향후 군사용 로봇으로 전투원을 대신하여 3D 과업을 보조하면서 군사작전도 수행할 수 있는 지능형 로봇이 되겠다.

피터 싱어(Peter Albert David Singer)의 저서 ‘하이테크 전쟁 로봇 혁명과 21세기 전투’에서 로봇 전사가 현실이 되어 로봇들의 전쟁이 될 것이라고 예측하고 있다. 미래 전장은 사람이 아닌 로봇과 무인체계들의 싸움이 될 것이라는 전망인 것이다.

23) 군사전문지 『Defense News』에서 “한국이 세계적 방위산업 강국(Global Power)으로 부상” 언급함.

24) 박래호, 2016. 12. 21, “정보화환경 구축 창조국방 첫 단추”, 국방일보.

이미 미국은 알카에다(Al-Qaeda), 이슬람 무장 단체 IS와 벌이는 대테러전의 상당 부분을 무인 항공기 드론에 의존하고 있다. 국방기술품질원이 발간한 미래 무기 혹은 미래 전장 무인화 추세를 살펴보면, 실로 상상 속에서 그려지던 모습들이 수년 혹은 길게 20년 안팎이면 현실화될 것으로 전망되고 있다. 특히 가까운 미래 활성화될 무인기와 로봇은 선진국과의 격차를 좁히기 위해서 다각도로 노력하고 있으며, 현재 방위사업청과 국내 방산업체 간의 긴밀한 협력으로 공동연구를 진행 중이다.<sup>25)</sup>

국방분야에서도 ICT 기술을 활용한 네트워크 중심작전환경(NCOE)<sup>26)</sup>을 구축하려 노력 중이며, 인공지능, 빅데이터, 로봇은 일부 개발 중이거나 전력화할 예정이다. 또한, 국방부에서 미래합동전장개념서, 장기무기체계발전계획 상에서 제4차 산업혁명의 주요 핵심기술들을 적용한 관련 무기체계개발계획도 포함하고 있다.

최근에는 많은 세미나 및 토론에서도 제4차 산업혁명의 국방분야 적용방안 등에 대해서 열띤 토론이 진행 중이며, 제4차 산업혁명의 도입의 필요성과 이에 대한 대비를 강조하고 있다.

하지만 제4차 산업혁명 국방분야 적용을 국방부 내에서 조정 및 통제하는 컨트롤타워(Control Tower)가 없기 때문에 군 속성상 각 군의 이기주의로 인해 무인체계 관련 개발이 중복되거나 불필요한 소요들이 제기되어 국방예산과 노력이 낭비될 우려도 있겠다. 따라서, 군 차원에서도 제4차 산업혁명과 관련된 전문가들을 양성해서 이러한 전문인력을 적체적소 보직하여 통제 및 관리가 되어야 할 것이다.

앞으로 방위산업에 있어서 제4차 산업혁명이 가져다 줄 첨단 과학기술을 바탕으로 중장기적 로드맵(Road Map) 수립을 통한 선택과 집중과 환류체계 구축이 필요하겠다. 관련 과학기술을 국방 및 방위산업 분야에 접목하여 활성화하고, 다각적인 활용전략 등을 통해서 발전을 도모해 나아가야 할 것이다.

특히, 방위산업 분야에 있어서 스마트팩토리는 장기적 안목에서 지속적으로 진행되어야 할 사업이므로 내실 있는 추진동력을 확보하기 위해서 스마트팩토리 구축을 위한 명확한 목표와 목적을 구체화하여 제시할 필요가 있다.

이를 위해서 근본적인 국방 및 방위산업 분야 제4차 산업혁명에 대한 관련 연구와 검토, 중장기의 발전계획(Master Plan) 등을 통해서 스마트팩토리 개념과 관련 주요 기술 등이 실질적으로 활용되어질 수 있도록 강구해야 하겠으며, 궁극적으로는 이러한 융·복합 기술을 통해 국방 및 방위산업 전 분야에 파급되어 발전적 지향성에 의미를 둘 수 있겠다.

제4차 산업혁명을 대비하여 국방분야의 다각적인 활용방안이 검토되고, 국내 방위산업 제조업 경쟁력이 혁신과 발전을 거듭할 수 있기 위한 기회이자 위기로 스마트팩토리에 대한 지속적인 관심과 노력만이 분명 미래의 발전을 담보할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 연구에서 제4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 국방분야 중 방위산업에 있어서 방산업체를 대상으로 스마트팩토리 활용방안에 대하여 각종 국내·외의 실제 산업현장의 사례와 다양한 문헌 자료 등을 통해 개념적인 접근방법과 추진전략을 도출하였다.

이를 통해서 방위산업의 경쟁력 강화를 위한 스마트팩토리 활용방안과 발전방향을 모색할 수 있었다. 제4차 산업혁명이 국방분야 방위산업에 미칠 영향과 의의를 재조명하고, 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 3D 프린터, 무인항공기 드론, 로봇공학 등을 중심으로 새로운 신기술 접목을 통해 방위산업의 무한 성장 가능성도 조심스럽게 예측해 볼 수 있었다는 점에서 나름 연구 의의도 부여할 수 있겠다.

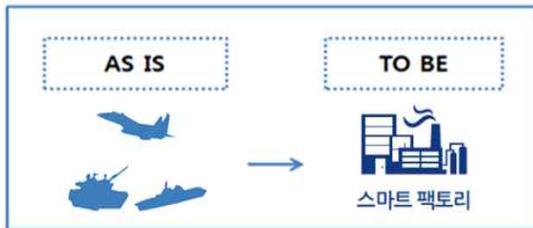
최근 국내 제조업 위기에 대응하기 위한 해결 방안으로 스마트팩토리가 대두되면서 이에 대한 관련 해외 선진국들의 각종 추진 정책과 R&D 프로그램에 대한 연구와 관심이 높아지고 있다. 각국 정부에서 제4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 관련 정책적 및 제도적인 추진이 실행되고 있으며, 각 기업들도 저마다 여건과 환경에 따른 체질 개선을 통해 경쟁력 강화를 준비하고 있는 상황이다. 제조업 산업 생태계를 구성하는 기업들의 현황을 살펴보면, 영역별로 고유 개별 솔루션을 제공하는 기업들이 많지만, 다른 영역과의 인터페이스가 증가하면서 기존 단순 제조업에서 서비스 영역으로 확장해 나아가는 기업들도 증가하는 추세를 보이고 있다는 점 등을 확인할 수가 있었다.

25) 안두원, 2017. 3. 14, “민군협력으로 강한 국방”, 『MK news』.

26) Network Centric Operations Enviroment(네트워크 중심작전환경)의 약자임.

새롭게 출범한 현 정부의 국정운영 5개년 100대 국정과제로서 ‘방위사업 비리 척결과 제4차 산업혁명 시대에 걸맞은 방위산업 육성’이 발표되면서 국방분야 및 방위산업에 있어 제4차 산업혁명 시대 신기술 활용과 개념 접근이 적극 요구되어지는 상황이다.

방위산업은 기본적으로 제조업 기반으로 하고 있는데, 앞으로 다가올 제4차 산업혁명 시대에 있어 제조업 분야 급진적 혁신과 기술적 진전이 예측되는 상황에서 스마트팩토리 개념에 주목할 이유가 있다. 미래 제조업은 과거 단순한 가공·조립·생산하는 것에서 또 하나의 새로운 고객 맞춤형의 서비스를 제공함으로써 기존 제조업과 서비스업 간의 경계와 영역이 허물어질 것이기 때문이다.



<그림 15> 미래 대한민국 방위산업의 발전방향

따라서 미래 제4차 산업혁명에 있어 제조업의 변화는 선택이 아닌 필수이며, 국방분야 중 방위산업에서도 기존 정부가 유일한 수요자로서 방산업체로 하여금 다품종을 소량생산하거나 소품종 대량생산하던 방식에서 다품종을 대량생산하는 시대가 도래할 것이다.

이러한 방위산업의 제조업 현장에서 스마트팩토리가 접목되어 활용되면, 기존의 생산라인 부서는 작업인력에 의한 공정이 기계화되어 인공지능 로봇으로 사람을 대체하게 될 것이며, 공장 자동화가 가능해질 것이다. 이를 통해, 공정개선 및 효율성이 향상되면서 생산성 및 경영성과도 신장하는 효과를 기대할 수 있으며, 각종 군의 무기체계 제조 간 소요되는 막대한 비용·시간이 과거와는 비교할 수 없을 정도로 현격히 절감될 수 있다.

국내에는 스마트팩토리에 대한 개념과 연구가 아직 걸음마 단계 수준인데, 해외에서 추진되고 있는 스마트팩토리 관련 정책과 현황 등의 분석 내용은 특히 국방분야 및 방위산업 외 일반 민간 부문에 있어서도 연구결과의 활용도를 기대할 수 있을 것으로 본다.

## 참고문헌

- 1) 방위사업청, 「2017 방위사업 통계연보」, 2017.
- 2) 국방품질기술원, 「세계방산연감」, 2016.
- 3) KESSIA, 「스마트공장 현황 및 시사점」, 2015.
- 4) 방위사업청, 「2014 ~ 2028 국방과학기술 진흥정책서」, 2014.
- 5) 권태영, 노훈, 「21세기 군사혁신과 미래전」, 법문사, 2008.
- 6) WEF, 「The Future of Jobs」, 2016.
- 7) 김진하, 「제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색」, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2017.
- 8) 김승규 외 2명, 「인공지능기술의 동향과 국방 분야 적용방안」, 국방과 기술, 2017. 3. 20.
- 9) 김승현, 「제4차 산업혁명을 대비한 주요국 혁신정책」, Entrepreneurship Korea, 2017.
- 10) 서상국 외 2명, 「제4차 산업혁명기 한국군의 군사력 건설 시스템 혁신 방향: 소요창출을 위한 전투발전체계 혁신을 중심으로」, 국방정책연구 제33권 제1호, 2017.
- 11) 박춘우, 「4차 산업혁명과 한국 방위산업 대응 방안」, 국방과 기술, 2017. 5.
- 12) 윤일영, 「제조업과 ICT 융합, 제4차 산업혁명」, 융합연구정책센터, 2017.
- 13) 박상기, 이명래, 「중소기업을 위한 스마트팩토리」, 전자통신동향분석 제31호, 2016.
- 14) 박형욱, 「스마트팩토리 연관된 생산제조 기술 동향」, 울산과학기술원, 2016.
- 15) 한국표준협회, 「4차 산업혁명을 리드하는 일본 정부의 추진 전략과 정책 시사점」, KSA Policy Study, 2016.
- 16) 이인재, 「스마트팩토리 국내외 추진 동향 대응방안」, 주간 기술동향, 2016. 9.
- 17) 중소기업연구원, 「주요국의 인더스트리 4.0 제조 중소기업 혁신 활성화 정책 현황 및 시사점」, KOSBI 중소기업정책동향 특별보고서, 2016. 9.
- 18) 권준화, 「독일 스마트공장 현황과 시사점」, IBK경제연구소, 2016.
- 19) 권준화, 이성봉, 「독일 Industry 4.0 중소기업에 대한 도입 사례 분석과 시사점」, 경성논총, 2016.

- 20) 이상홍, 「주요 선진국의 제4차 산업혁명 정책동향」, 해외 ICT R&D 정책동향(정보통신 기술진흥센터), 2016.
- 21) 이재원, 「제4차 산업혁명: 주요국의 대응 현황을 중심으로」, 한국은행 국제경제 리브, 2016.
- 22) 송경진 역, 「클라우드 슈밤의 제4차 산업혁명」, 새로운현재, 2016.
- 23) 조용주, 「중소·중견 제조기업의 스마트 팩토리 구축을 위한 제언」, Issue Papers, 2016.
- 24) 장상국, 「제4차 산업혁명 시대 CPS모델에 의한 미래 전투부대 편성 디자인에 관한 연구」, 광운대학교 대학원 박사학위논문, 2016.
- 25) 장재현, 정재훈, 「스마트팩토리 산업 인터넷 혁명의 서곡」, LG Business Insight, 2016.
- 26) 정태석, 「스마트팩토리 사례를 통한 성공적 공장 융합 자동화 방안 도출」, 한국융합학회 논문지 제7권 제1호, 2016.
- 27) 한찬욱, 「군의 빅데이터 활용가능 분야에 대한 연구」, 경영관리 연구, 2016.
- 28) 권준화, 「독일 Industry 4.0 현황과 시사점」, IBK경제연구소 중소기업고용포럼 발제, 2015.
- 29) 이정아, 「사이버물리시스템(CPS) 기반의 사회시스템 최적화 전략」, IT&Future Strategy, 2015.
- 30) 윤상윤, 이상현, 「무인로봇의 군사적 활용 방안과 운용개념 정립」, 안보경영연구원 연구 보고서, 2015.
- 31) 김연한, 「제조업 하락의 대안, 스마트 팩토리」, Special Feature, 2015.
- 32) 이승엽, 「Industry 4.0이 가져 온 미래형 공장 혁신 사례」, IT Insight(LG CNS), 2015.
- 33) 한국표준협회, 「스마트공장 글로벌 추진 동향과 한국의 표준화 대응전략」, KSA Policy Study, 2015. 7.
- 34) 서우덕 외 2인, 「방위산업 40년, 끝없는 도전의 역사」, 한국방위산업학회, 2015. 3.
- 35) 한국정보화진흥원, 「초연결사회 도래와 사이버물리시스템(CPS)」, IT & Future Strategy, 2014. 6.
- 36) 조호정, 「독일의 창조경제: Industry 4.0의 내용과 시사점」, 현대경제연구원, 2013.
- 37) KIAT, 「주요 5개국 제조업 지원정책 특징 비교」, 산업정책 브리프(제2013-55호), 2013 11.
- 38) 김형주, 박윤혁, 이계용, 「국방분야 빅데이터 활용방안」, 한국전략문제연구소, 2013. 11.
- 39) 은용순, 「사이버물리시스템 연구 동향」, 정보과학회지, 2013.
- 40) 오윤수, 박현수, 오기환, 「제조업 미래와 ICT의 역할」, ISSUE CRUNCH(KT경제경영연구소), 2013. 6.
- 41) 채제욱 등 5명, 「NCW 기반 미래병사체계 연구개발 기술동향」, 제어로봇시스템학회 합동 학술대회 논문집, 2012. 7.
- 42) Dittrich, P. J., 「Reskilling for the Fourth Industrial Revolution: Formulating a European Strategy」, Jacques Delors Institut Policy Paper 175, 2016.
- 43) Schwab, Klaus., 「The fourth industrial revolution. Geneva」, World Economic Forum, 2016.
- 44) World Economic Forum, 「The Global Information Technology Report」, 2016.
- 45) Sommer, L, 「Industrial Revolution(Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of Revolution)」, Journal of Industrial Engineering and Management, 2015.
- 46) Staufen A.G., 「Deutscher Industrie 4.0 Index」, 2015.
- 47) Chambers, J, & Elfrink, W, 「The Future of Cities: The Internet of Everything Will Change How We Live」, Foreign Affairs, 31, 2014.
- 48) Theresa Böhme, 「Industrie 4.0: Zwei Beispiele für die Fabrik der Zukunft」, SAP News Center, 2014.
- 49) Czarnitzki, D. Hanel, P. & Rosa, J. M., 「Evaluating the Impact of R&D Tax Credits on Innovation: A Microeconomic Study on Canadian Firms」, Research Policy, Vol. 40, 2011.
- 50) Benecke, W., 「Aktueller Stand der deutschen Sozialen Marktwirtschaft. In Ziemek, Marc」, Soziale Marktwirtschaft in Deutschland und die Politik der neuen Regierung in Korea. Seoul: Konard Adenauer Stiftung, 2008.