

미국과 독일의 산업혁신전략과 정책적 시사점*

정 세 은** · 이 명 현***

논문초록

본 연구는 4차 산업혁명 시대 대표적 선도국인 미국, 독일의 산업혁신 전략을 분석하여 시사점을 도출함을 목적으로 한다. 미국과 독일은 두말할 필요 없는 대표적인 첨단산업 선도 국가들이면서 서로 구별되는 경제시스템을 가지고 있고 차별화된 산업 전략을 추진해 왔다는 점에서 이들의 사례는 우리에게 유용한 시사점을 줄 것으로 기대된다. 미국의 경우 오바마 정부가 ‘매뉴팩처링 USA (Manufacturing USA)’라는 제조업 르네상스 정책을 추진했던 배경과 정책의 내용을 살펴보고 독일의 경우 독일연방정부의 포괄적 혁신전략 ‘하이테크 전략’이 어떻게 발전되어 왔는지 그리고 그 속에서 ‘제조업 4.0’의 의제가 어떻게 확대되어 왔는지를 살펴볼 것이다. 미국과 독일의 전략에서 가장 주목할 만한 시사점은 국가의 적극적인 역할이다. 과거 간접적 지원을 고수하던 방식에서 벗어나 국가가 전면으로 나선 것은 기술변화의 가속화가 야기할 변화가 매우 크고 이에 대응이 필요하기 때문이라고 보인다.

핵심 주제어: 4차 산업혁명, 매뉴팩처링 USA, 하이테크 전략, 제조업 4.0

경제학문헌목록 주제분류: O14, O43

투고 일자: 2020. 10. 6. 심사 및 수정 일자: 2020. 10. 17. 게재 확정 일자: 2020. 10. 27.

* 본 연구는 2020년 국회 기획재정위원회 연구용역 보고서 ‘4차 산업혁명 선도국가의 산업혁신전략과 정책적 시사점’의 일부 내용을 재정리한 것임.

** 제1저자, 충남대학교 경제학과 교수, e-mail: jseeun@cnu.ac.kr

*** 교신저자, 인천대학교 경제학과 교수, e-mail: mooselee65@gmail.com

I. 서론

한국 산업은 대기업 중심의 조립상품 수출에서 시작하여, 선진국이 제시한 개념을 바탕으로 상세설계 등을 소화하면서 점차 역량을 고도화해 왔다. 이 과정은 자본재 도입과 제조업 기반, 수출이라는 키워드를 중심으로 실행을 통한 학습을 성공적으로 달성하는 과정이기도 했다. 실행 역량을 축적함에 따라 어느새 세계적 수준의 제조 역량, 즉 Manufacturing Excellency를 갖추는 단계에까지 이르게 되었다. 현재는 자동차, 화학, 전자 산업 등에서 개념설계에 도전할 정도의 혁신 역량을 갖춘 대기업들이 글로벌 무대에서 선전하고 있다. 즉 이들은 새로운 개념설계에 도전하기 위해 실리콘 밸리, 유럽 및 일본의 챔피언 기업들과 경쟁 및 협력할 수 있는 수준에까지 이르렀다.

한편 세계 경제는 새로운 디지털 기술 혁명이 제공하는 잠재력의 실현을 목전에 둔 슈퍼테리언 모멘트에 진입하고 있다. 4차 산업혁명의 진행속도가 더 빨라지면서 경제에 미치는 영향력도 더욱 커지고 있는데 이는 단순히 몇 개의 기술이, 몇 개의 제품과 산업에 영향을 미치는 것이 아니라 지능정보기술 및 과학기술의 발전과 융합을 통한 경제 패러다임의 전환이 일어나고 있는 것이다. 이러한 기술 급변 시대에 미국의 경우 오바마 정부 이래 연방 차원에서 첨단제조업 발전 정책(Advanced Manufacturing Partnership, Manufacturing USA 등)을 추진하고 있다. 독일은 2010년대부터 ‘제조 4.0’, ‘스마트 서비스 세상’ 등 디지털 제조 기술을 이용하여 전통 제조업을 근본적으로 혁신하는 독일판 첨단 제조업 전략을 추진 중이다. 프랑스도 2010년대 초반 이후 국가산업위원회(Conseil National de l’Industrie)를 만들어 국가 수준의 체계적이고 포괄적인 산업정책을 추진 중이다.

특히 전통적으로 국가의 개입을 지양해왔던 미국이 국가 주도의 제조업 르네상스 전략을 적극 추진하는 현상은 매우 흥미롭다. 애플, 구글, 테슬라, 아마존 등은 실리콘 밸리를 배경으로 하는 혁신 대기업들로서 4차 산업혁명의 각 영역에서 변화를 주도하고 있고 GE는 사물인터넷 부문에서 미국 기업들의 일사불란한 대응을 이끌고 있다.¹⁾ 그러나 이와 같이 4차 산업혁명의 각 영역을 선도하는 기업들을 보유하고 있음

1) GE는 2012년에 사물인터넷 대신 산업인터넷이란 개념을 제시하고 그 플랫폼인 ‘프리덱스(Predix)’를 개발하였으며 2014년에는 Intel, Cisco와 같은 미국의 대표적인 IT 대기업들과 산업 인터넷 컨소시엄(Industrial Internet Consortium, IIC)을 구성하였다. IIC는 사물인터넷에 대한 산업 표준화를 목표로 하고 있다(유인태, 2018).

에도 불구하고 미국 내부적으로는 첨단 제조업 부문에서 국제 경쟁력을 상실하고 있다는 반성과 우려가 제기된 지 이미 오래이다. 제조업에서의 고용 비중이 급격히 감소하고 무역수지가 지속적으로 적자를 보이고 있는데 이러한 현상이 저임금 제조업 뿐 아니라 첨단 제조업에서도 나타나고 있다. 이로부터 첨단 부문에서도 경쟁력이 상실되고 있다는 비판적인 목소리가 나오고 있다.²⁾

본 연구는 미국, 독일을 선택하여 이들의 산업혁신 전략의 내용과 특징을 분석하고 그로부터 시사점을 도출함을 목적으로 한다. 미국과 독일은 두말할 필요 없는 대표적인 첨단산업 선도 국가들이면서도 서로 구별되는 경제시스템을 가지고 있어서 사례 분석이 더욱 의미가 있다. 물론 이 두 국가의 산업혁신 전략에 관한 선행연구들이 다수 존재한다. 주현 외(2015)는 글로벌 금융위기 이후 미국, 일본, 독일, 프랑스의 산업정책의 내용과 시사점을 검토하였다. 장윤종 외(2017)는 위의 4개국에서의 4차 산업혁명 대응현황을 살펴보고 있다. 또한 김계환·박상철(2017)은 독일의 제조업 4.0에 집중하여 그 추진배경, 전략, 추진체계 등을 설명하였다. 정준호(2016), 박유미(2019), 장은교(2019) 등은 특히 미국의 산업혁신 전략을 살펴보았다.

이 논문은 미국과 독일의 산업혁신 전략 관련하여 기존 국내 연구에서 이미 언급되어 있더라도 깊이 다루어지지 않았던 주제 혹은 측면에 집중함으로써 두 나라의 산업혁신에 대한 이해를 심화하고자 한다. 미국의 경우 제조업 르네상스 전략에 초점을 맞추되 이를 실리콘밸리와 월스트리트가 결합된 혁신전략의 한계, 산업공유자산과 제조역량 자체의 중요성이라는 틀로서 설명함으로써 제조업 르네상스 전략의 의미를 새롭게 조명하고자 한다. 독일의 경우는 제조업 4.0 의제가 도출된 배경인 하이테크 전략의 1기부터 4기까지의 발전과정과 그 속에서 제조업 4.0 관련 의제의 위치와 내용의 변화과정, 그리고 추진하는 여러 주체들의 플랫폼인 ‘제조업 4.0’의 구조와 작동방식에 대해서 집중적으로 살펴보하고자 한다. 그리고 더 넓은 맥락에서, 최근 독일정부가 천명한, 산업정책에서 정부의 역할 강화의 논리와 기본전략을 살펴본다.

이하 논문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 미국과 독일의 산업 전략에 대해서 살펴봄으로써 두 국가의 제조업의 현황을 파악할 것이다. 제Ⅲ장은 미국의 혁신모델의 전환 배경과 오바마 정부의 ‘매뉴팩처링 USA (Manufacturing USA)’ 정책의 내용을 살펴보고 그 성과를 살펴볼 것이다. 제Ⅳ장에서는 ‘제조업 4.0’의 논의를 일반화시

2) 실제로 첨단제조업에서의 미국의 무역적자는 2001년부터 적자로 돌아서서 2003년 170억 달러 적자였다가 2010년에는 810억 달러로 적자가 더욱 커졌다(Tassey, 2010). 이러한 현상이 오바마 정부의 제조업 르네상스의 배경이 되었다.

킨 독일연방정부의 포괄적 혁신전략 ‘하이테크 전략’이 어떻게 발전되어 왔는지 그리고 그 속에서 ‘제조업 4.0’의 의제가 어떻게 확대되어 왔는지를 살필 것이다. 마지막 장은 결론으로써 두 국가의 사례로부터 배울 수 있는 시사점을 제시할 것이다.

II. 미국과 독일의 산업 전략의 특징

1. 독일과 미국의 서로 다른 제조업 비중

독일은 한국, 일본과 더불어 OECD 국가 중에서 제조업의 비중이 높은 국가이다. 2015년 기준³⁾으로 독일의 부가가치 중 제조업 비중은 23.1%이며, 이것은 한국(29.8%)을 제외한 주요 OECD 회원국보다 뚜렷이 높은 수준이다(〈표 1〉). 미국은 그에 비해 제조업의 비중이 작은 국가이다. 2015년 전산업에서 제조업이 차지하는 부가가치의 비중은 12.3%에 머물렀다. 독일의 제조업 구조를 살펴보면 비중이 높은 분야는 화학 및 의약품, 기타 기계와 장비, 그리고 특히 운송장비이다. 반면, 컴퓨터, 전자, 광학 제품은 한국은 물론 일본이나 미국의 수준에도 미치지 못한다.

〈표 1〉 중요국의 부가가치 중 중요 제조업 분야 비율(2015년)

(단위: %)

2015		한국	독일	일본	미국	프랑스	영국
제조업		29.8	23.1	20.9	12.3	11.5	10.1
-화학 및 의약품		2.7	2.6	2.2	2.1	1.5	1.4
-컴퓨터, 전자, 광학제품		6.5	1.4	1.7	1.6	0.6	0.5
-전기장비		1.8	1.5	1.4	0.3	0.3	0.3
-기타 기계와 장비		2.7	3.5	3.1	0.8	0.6	0.6
-운송장비		4.6	5.1	3.4	1.7	1.4	1.4
참고: GDP	단위	조 원	십억 유로	천억 엔	십억 달러	백만 유로	백만 파운드
	액수	1,424	2,740	5,265	17,550	1,963	1,685

자료: <https://stats.oecd.org/#> STAN Industrial Analysis 2020. 2. 23.

제조업 분야가 차지하는 중요성은 고용 면에서도 차이가 발생한다. 2015년 기준 독일에서 제조업이 전체 취업자 수에서 차지하는 비율은 17.5%인데, 이것은 자국의 부

3) OECD 통계자료가 회원국의 세분된 산업별 부가가치 구성을 제공하는 최근년도임.

가가치 점유율보다는 낮지만, 비교국가 중에서는 가장 높은 수준을 보이고 있다(〈표 2〉). 특히 화학 및 의약품, 기타기계와 장비 분야의 취업자 점유율이 한국보다 높고 운송장비의 비율은 비슷한 수준이다.

〈표 2〉 중요국의 취업자 중 중요 제조업 분야 비율(2015년)

(단위: %)

2015	한국	독일	일본	미국	프랑스	영국
제조업	17.3	17.5	15.3	8.2	9.7	8.0
-화학 및 의약품	0.9	1.1	0.7	0.5	0.6	0.4
-컴퓨터, 전자, 광학제품	2.2	0.8	1.0	0.7	0.3	0.4
-전기장비	1.1	1.2	1.0	0.2	0.3	0.3
-기타 기계와 장비	1.9	2.7	2.0	0.7	0.6	0.6
-운송장비	2.3	2.3	2.0	1.0	0.7	0.9
참고: 총 취업인구(천명)	25,936	43,069	66,220	157,523	27,434	31,281

자료: <https://stats.oecd.org/#> STAN Industrial Analysis 2020. 2. 23.

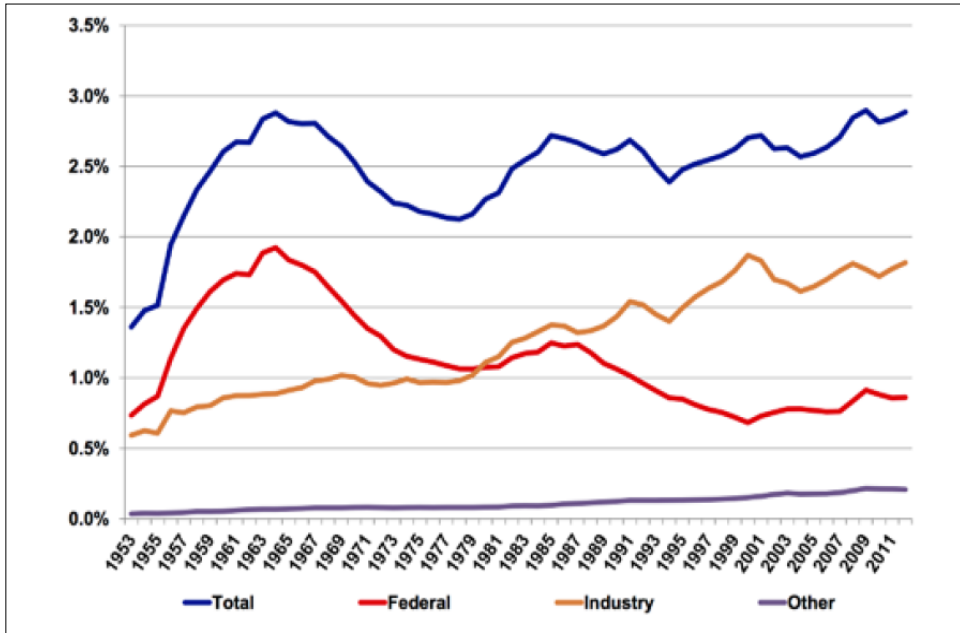
2. 미국 산업혁신전략의 특징과 최근의 문제

선진국들의 국가혁신체제는 2차 세계대전 중 정부의 R&D지출이 급증하는 변화를 겪었으나 그중에서도 미국의 변화가 더욱 극적이었다. 1940년대 이전에는 기업이 R&D를 주도했다면 2차 세계대전을 치르는 동안 군수산업 R&D에 대한 연방정부 지원이 급증하였고 이것이 전후 미국경제의 발전에 지속적으로 큰 영향을 미쳤다. 〈그림 1〉은 지난 반세기 동안 국가 R&D 지출에서 연방정부가 차지하는 비중이 어떻게 변화해왔는지를 보여주고 있다. 국가 R&D는 전후 빠르게 증가하여 산업혁신을 이끌었다. 1960년대까지만 해도 미국은 연방정부의 R&D 지원을 통해 새로운 기술을 만들어내고 이 기술을 활용하여 민간의 신산업을 창출하는 산업발전 전략을 구사했다(Gallagher et al., 2012). 연방정부의 이러한 지원을 바탕으로 미국은 전후 가장 경쟁력 있는 제조업 국가가 될 수 있었다.

그러나 1960년대 중반 민간 R&D의 두 배에 이르렀던 연방정부의 R&D는 이후 줄어들기 시작하여 1980년대에는 민간의 R&D와 비슷한 규모가 되었고 1990년대에는 다시금 빠르게 하락하여 2011년에는 민간 R&D의 1/2, 전체 R&D의 1/3 수준으로 줄어들었다. 연방정부의 R&D 비중이 감축은 혁신의 주도권이 민간으로 넘어가게 되

는 것을 의미하는데 이와 더불어 민간에서의 혁신의 주도권이 메인스트리트에서 월스트리트-실리콘 벨리로 넘어가는 변화도 발생했다. 1990년대가 되면 혁신은 더 이상 제조현장에서 이루어지는 것이 아니라 ‘실리콘 벨리’에서의 연구개발 과정에서 탄생하는 것이라는 인식이 확고히 자리잡게 되었다(Pahnke and Welter, 2018).

〈그림 1〉 연방정부, 기업의 R&D 지출 규모(GDP대비 %)



자료: National Science Foundation National Patterns of R&D Resources Series. Melaas and Zhang (2016) 재인용.

실리콘 벨리가 혁신의 대명사가 된 것은 1970년대 미국경제의 위기와 관련된다. 즉 전후 가장 경쟁력 있는 제조업 국가였던 미국은 1970년대 성장률 저하, 최대의 무역 적자국이라는 충격적인 현실에 직면하게 되었다. 그런데 당시 경제학자들과 정책결정자들이 대규모 기업으로부터 그 해결책을 찾으려 할 때 Brish(1981)는 대규모 기업은 더 이상 미국에 일자리를 만들어주지 않으며 중소기업, 500인 이하의 기업이 새로운 일자리의 80%를 제공한다는 것을 발견했다. 또한 Acs and Audretsch(1990)는 소규모 기업이 과거 대규모 기업들의 R&D활동보다 혁신 활동의 더욱 큰 부분을 차지한다는 것, 그리고 신생 소기업들이 기업 내에서 만들어진 혁신을 상업화 역량이 있는 기업들에게 더욱 잘 전파한다는 것을 발견했다.

마침 이즈음부터 실리콘 밸리를 배경으로 하는 성공사례가 주목받기 시작했다. 예를 들어 과거의 전통 제조업이 아니라 스티브 잡스, 빌 게이츠 등 개인컴퓨터, 소프트웨어가 경제적 부흥을 이끈 것이다. 그리고 당시 많은 연구들이 스타트업 활성화와 경제적 성과 사이에 긍정적인 관련성이 있다는 것을 발견했고 이러한 배경 하에서 실리콘 밸리가 정체인 경제에 탈출구를 제공해주는 혁신의 전형으로서 받아들여지게 되었다. 미국의 혁신이 실리콘 밸리를 중심으로 다시 정의된 것이다. 실리콘 밸리식 혁신은 그 성격에 있어서 점진적이기 보다 급진적인 혁신에 기초한 첨단기술 기업을 중심으로 이루어진다. 기업과 대학 내에서 창출된 아이디어, 연구개발이 창업으로 연결 되는 것이다.

특히 실리콘 밸리의 혁신에서는 대학이 매우 중요한 역할을 하는데 이러한 계기가 된 것은 1980년에 도입된 바이-돌법(Bayh-Dole Act)이다. 1980년대 이전에는 대학이 연방정부와 주정부의 지원을 받아 수행한 결과물은 정부의 엄격한 관리 하에 들어갔기 때문에 상업화가 어려웠다. 바이-돌법(Bayh-Dole Act), 즉 소규모기업 특허법(University and Small Business Patent Procedure Act)의 도입은 정부의 재정지원을 받아 수행한 연구결과를 대학이 쉽게 상업화할 수 있는 길을 열어주었기 때문에 법이 통과된 이후 대학들은 그냥 묵혀 두었던 연구결과물에 대해 전례 없는 속도로 특허를 취득했다. 이 법과 더불어 특허권을 강화하는 다른 법적, 정치경제적 변화가 동시에 이루어지게 되었고 그 결과 대학이 혁신에 적극 뛰어들기 시작했다(홍성욱 외, 2002).

실리콘 밸리형 혁신의 특징은 ‘공장 없는 혁신’이라는 데에 주목할 필요가 있다. 이는 ‘연구개발과 제조의 분리’를 구현한 시스템으로서 이를 앞세운 미국경제는 자연스럽게 글로벌 밸류 체인에서 첨단기술 개발이라는 고리, 물론 고부가가치를 창출하는 고리에 위치하는 방식으로 국제 분업 구조에 결합하게 되었다. 그러다 보니 미국의 혁신 기업들은 장기에 걸친 숙성 기간이 필요한 기술보다는 개발된 이후 시장에서 즉각 거래될 수 있는 기술에 초점을 맞추는 경향이 생겨났다. 기업들의 초점이 혁신의 초기 단계에 주로 국한됨에 따라 제조과정 자체는 아웃소싱되는 현상이 발생하게 되었다.

즉 Kota, Talbot-Zorn and Mahoney(2018)에 따르면 많은 미국기업이 “여기에서 발명하지만 제조는 다른 곳에서 한다(Invent here, manufacture there)”를 금과옥조로 여기게 되었다. 그리고 2008년 국제금융위기 전까지만 해도 이러한 혁신 및 산업 전략에 대해 경제가 성숙하게 되면 자연스럽게 나타나는, 오히려 바람직한 현상이라

고도 보는 시각이 지배적이었다. 미국경제가 밸류 체인에서 고부가가치 부분인 기술 개발에 특화한 증거라는 것이다. 미국이 대표적인 혁신 국가지만 제조업의 부가가치와 고용 비중이 낮은 것은 이러한 역사적 맥락이 존재한다.

1990년대 이후 인터넷 기반의 혁신 기업들이 미국에서 대거 등장하고 이로부터 파급된 경제적 호황이 지속되었기 때문에 실리콘 밸리식 혁신이 전세계에 퍼질 정도로 인정을 받게 되었다. 그러나 2000년대 들어서는 제조업 부문의 일자리가 비중만이 줄어드는 것이 아니라 절대적 숫자까지 줄어들기 시작하고 전통적 제품만이 아니라 첨단기술 제품마저 무역적자가 발생하는 현상이 발생함에 따라 이에 대한 우려의 목소리가 내부적으로 점차 커지게 되었다. 이러한 배경 하에 오바마 정부의 르네상스 전략이 시작되었다.

3. 현장을 중시하는 독일 산업 전략과 새로운 문제

독일은 자동차, 기계, 화학 분야에서 강력한 산업경쟁력을 갖추고 있는데 그 기초로는 이 분야에서의 오랜 전통, 현장-이론이 결합된 직업교육, 안정적 노사관계, 장기적 시야의 관계금융, 산학연의 긴밀한 협력 등을 들 수 있다.⁴⁾

첫째, 앞에서 언급한 분야에 속한 대기업들은 19세기 말까지 거슬러 올라가는 역사를 가지고 있으며 긴 기업 성장사 속에서 강력한 지식 및 기술 자산을 축적해 왔다.⁵⁾

둘째, 독일어권 지역에 특징적으로 나타나는 이중(dual) 직업교육 체계는 10대 후반, 20대 초반의 청소년들을 대상으로 기업의 비용으로 이루어지는 기업 내 실습과 주로 주 정부의 재정으로 운영되는 직업학교에서의 교육을 결합시킴으로써 생산성이 높은 노동자들을 배출한다.

셋째, 주식회사 등 대기업의 경우에는 이중이사회, 노동이사 등의 제도 등을 통해서, 중소기업의 경우에도 경영평의회(Betriebsrat)를 통해서 경영참여가 보장되어 있고 이로 인하여 노사관계가 타협적 성향이 강하다.

넷째, 금융면에서 기업들은 주식시장을 통한 직접금융보다 은행을 통한 간접금융에 의존하고 은행들은 장기적이고 안정적 수익을 추구하는 경향이 강하다. 중소기업의 자금원인 소규모 협동조합 은행이나 기초자치단체나 주 소유의 은행들도 관계중심

4) 이 단락의 논의는 이명현(2011), 이명현·원승연(2016)의 내용을 기초로 보완한 것이다.

5) 예컨대 자동차 분야의 벤츠, 기계분야의 지멘스, 화학분야의 BASF 등은 모두 19세기 중후반에 창립되었다.

금융을 통해서 기업이 장기적 시야를 가지고 경영할 수 있는 여건을 마련해 준다.

다섯째, 기술개발과 혁신 측면에서 대학 이외에 연구기관으로서 공공연구기관들이 발달해 있고 특히 그중에서도 프라운호퍼(Fraunhofer) 연구회 산하의 응용기술 연구기관들은 공공기관과 기업들로부터 연구자금을 조달받으면서 기업의 혁신을 지원하는 현장 지향적 연구를 수행한다. 또한 기초연구 중심의 대학교(Universität)와 구분되는 중소규모 응용과학대학(Hochschule: University of Applied Science)들이 지역 내 중소기업들과 네트워크를 이루어 그들의 혁신을 지원하는 기능이 발달되어 있다. 또한, 산업 단위 또는 지역 단위로 기업들이 조직화되어 기업 간 협력조직이 발달되어 있고 그러한 조직을 기반으로 한 지역 단위의 분산적 기술이전 조직들과 중소기업들의 산업별 연구조합 조직들이 활동하면서 이른바 경쟁전(競爭前: Vorwettbewerb) 단계에서 협동연구를 행하는 체제가 발달되어 있다.

이러한 특성에 힘입어 독일은 전통적 제조업 분야에서 강력한 경쟁력을 보유하고 있으나, 최근에는 산업정책적 측면에서 새로운 도전에 직면하고 있다. 우선, 기후변화와 고령화로 인해서 발생하는 사회경제적 문제에 대응해야 할 사회적 필요성이 커지고 있다(Forschungsunion, 2013, p. 6). 다른 한편 정보기술 분야에서 상대적으로 경쟁력이 뒤처지고 있으며 정보기술과 제조업, 서비스가 융합되는 경제의 흐름 속에서 전통적 제조업의 경쟁력이 무의미해질 수 있는 위기에 직면하고 있다.⁶⁾

독일에서는 전통적으로 특정 사업과 기술을 대상으로 하는 산업정책은 중요한 경제정책수단으로서 작동했던 적이 별로 없다(주현 외, 2015, p. 214). 그러나 위에서 언급한 바와 같은 도전에 직면하여 그에 대응하려는 과정에서 아래의 4장에서 볼 것과 같이 ‘제조업 4.0’ 전략을 추진하고 있으며, 더 큰 맥락에서 산업정책의 새로운 방향을 천명하고 있다.

III. 오바마 정부의 첨단 제조업 혁신전략

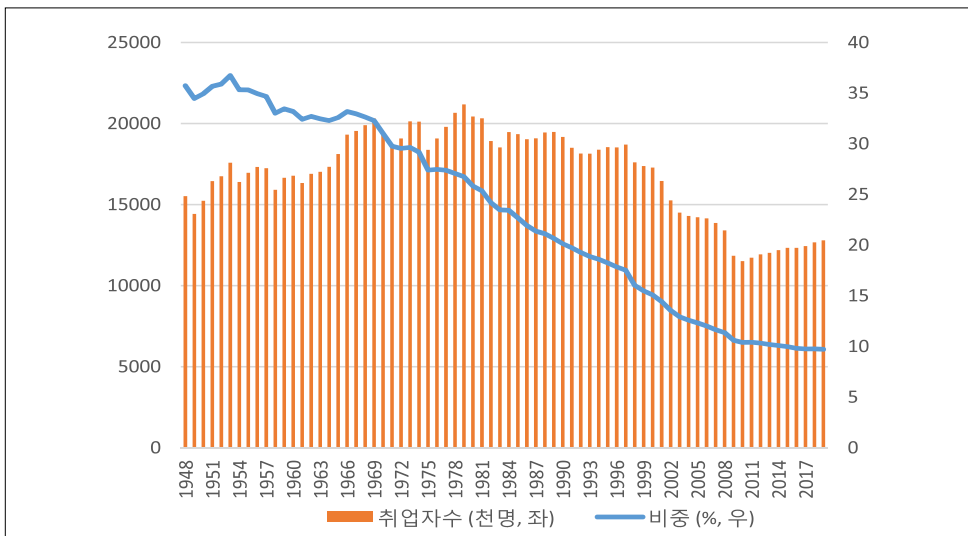
1. 미국 제조업 위기와 ‘산업공유자산’ 중요성

미국 경제에서 제조업의 고용이 차지하는 비중은 2차 세계대전 직후에는 전체의 40%를 차지할 정도로 높았으나 이후 지속적으로 축소되어 오는 모습을 보이고 있다.

6) 이에 대해서는 IV장 3절의 ‘국가제조업 전략 2030’에 대한 논의에서 더 상세히 소개한다.

경제가 고도화할수록 제조업이 감소하고 서비스업이 증가하는 현상은 자연스러울 수 있다. 그러나 1980년대 이후부터의 제조업 비중의 감소는 저숙련 노동자가 고용되는 경공업 분야의 급속한 일자리의 감소와 함께 고숙련 노동자와 저숙련 노동자 간의 임금격차가 증가하고 그로 인해 소득분배가 악화되는 문제를 동반했다. 그럼에도 1990년대까지도 미국경제는 유례없는 호황을 누렸기 때문에 제조업 고용 비중 감소에 크게 개의치 않는 것이 지배적 상황이었다(주현 외, 2015).

〈그림 2〉 미국의 제조업 취업자 수 및 비중 추이(1948~2019)



자료: U.S. Bureau of Economic Analysis DB.

그러나 2000년대 들어 미국 제조업은 고용 비중의 하락뿐 아니라 절대적인 기준에서의 고용자수의 급격한 감소가 관찰되었다(〈그림 2〉). 1965~2000년 사이에 제조업의 고용 비중이 줄어들었음에도 불구하고 제조업 일자리는 1,700만 명 수준을 유지하였는데 2000~2010년의 10년 사이에 무려 약 580만 명의 제조업 일자리가 감소하여, 제조업 일자리의 1/3이 사라졌다. 2010년 3월 미국 제조업 고용은 1,150만 명으로서 1941년 이래 가장 낮은 수준을 보였다. 제조업 고용이 가장 많았던 1979년 6월에 비하면 41% 줄어든 것이다(Levinson, 2019). 이로 인해 과거 제조업으로 호황을 구가했던 자동차와 철강, 기계공업 등의 중심 지역인 디트로이트·미시간, 피츠버그·펜실베이니아, 오하이오, 위스콘신 등 러스트 벨트(Rust Belt)는 지역 경제가 심각하게 붕괴되는 어려움에 처하였다.

일자리가 줄어들고 해외로 이동하는 것도 문제지만 첨단기술 제품마저 지속적으로 무역적자가 발생하기 시작한 것은 미국에게는 큰 우려로 다가오게 되었다. U.S. Census Bureau의 통계에 따르면 2002년부터 미국은 첨단기술 제품에서 무역적자를 보기 시작했다. 예를 들어 2011년에 미국은 첨단기술 제품에서 990억 달러의 무역적자를 보았는데 이는 전체 무역 적자의 17%에 해당하는 수준이었다.⁷⁾ 이와 더불어 미국은 2000년대 첨단기술 제조업에서 687,000개의 일자리를 상실했다(NSTC, 2013). 왜 이러한 문제가 발생한 것인가? 일부에서는 이미 오래전부터 진행되어온 현상이 계속되는 것일 뿐이기 때문에 우려할 현상은 아니라고 주장했다. 즉 제조업에서의 일자리 상실은 기술발전과 자동화 때문이므로 불가피하고 연방정부의 정책은 다른 부문에 초점을 맞추어야 한다는 것이다. 2014년 월스트리트 저널을 통해 미국의 전 재무부 장관인 로렌스 서머스(Lawrence Summers)는 장기추세적인 제조업에서의 일자리 상실에 대해 기술과 과거 농업의 위축을 반영한, 기술과 시장의 힘에 의한 멈출 수 없는, 거의 전 지구적인 현상으로 보았다.⁸⁾

그러나 이러한 주장은 과거에는 타당한 설명으로 받아들여졌으나 중국을 위시한 동아시아 국가들의 제조업 수출증가뿐 아니라 첨단 제조업 분야에서도 미국을 앞서 나가는 양상이 나타나게 됨에 따라 점차 의문이 제기되고 있다. 이에 대해 중국을 위시한 미국의 교역국들의 국가들의 불공정 무역행위 때문이라는 주장도 있으나 실리콘 밸리식 혁신에 내재하고 있는 한계 때문이라는 분석도 점차 주목받고 있다. 즉 실리콘 밸리식 혁신의 핵심은 고부가가치 혁신은 미국 내에 남기고 저부가가치 제조현장을 해외로 아웃소싱 주는 것이다. 그런데 점차 제조공장이 해외로 이전되는 것을 넘어서 R&D까지도 해외로 이전되는 현상이 진행되어 왔다. 제조공장이 중국·아시아로 이전함에 따라 제조 공급자망(supplier chain)이 통째로 중국·아시아로 이전했고, 그 결과 미국 민간기업의 R&D 활동마저 제조공장과 공급망이 있는 중국·아시아로 이전하는 현상이 발생하게 된 것이다. 단지 소비자 가전제품만이 해외에서 디자인되고 생산되는 것이 아니다.

이러한 맥락에서 주목할 개념이 바로 하버드 경영대학원의 Pisano and Shih (2012)이 제시한 ‘산업공유자산(Industrial Commons)’이다. 산업공유자산이란 어떤 산업이든 제조를 가능하게 해주는 지식, 실용적 기술, 공급망, 생산 역량, 물질, 기기 등

7) <https://www.census.gov/foreign-trade/balance/c0007.html#2011>.

8) Lawrence Summers, "Lawrence H. Summers on the Economic Challenge of the Future: Jobs," Wall Street Journal, July 7, 2014.

전반적인 산업 생태계의 총체적 집합이라고 정의될 수 있다. 즉 제조회사를 중심으로 기업들이 공통으로 접근 가능한 자원으로 정의될 수 있는데 이는 새로운 아이디어, 연구개발만이 아닌 실제로 제조를 성공적으로 실행할 수 있게 하는 집합체이다. ‘산업공유자산’은 이 생태계에서 새로운 혁신이 탄생하기 때문에 중요하다.

Pisano and Shih (2012)는 미국이 반도체 파운드리 제조 시설을 아시아로 옮겨버린 결과, 실리콘 프로세싱과 박막 증착 역량을 잃어버렸고, 이로 인해 동일한 역량을 필요로 하는 태양광 패널의 선두주자가 될 기회를 놓쳤다고 주장했다. 제조 시설을 옮겼을 뿐이라고 생각했겠지만 제조를 둘러싼 혁신생태계가 파괴되어 버린 것이다. 이들은 제조에 이어 설계까지 아웃소싱에 맡기면서 혁신 역량을 잃고 브랜드 이름만 남은 휴렛팩커드(Hewlett-Packard), 델(Dell), 실바니아(Sylvania), 마그나복스(Magnavox)와 같은 회사들이 걸은 길을 미국의 산업도 걸을 수 있다고 경고하였다. 건강한 21세기 산업 생태계를 유지하기 위해서는 R&D뿐 아니라 제조기능 자체를 같이 보유하는 것이 필요하다는 것이다.

왜 혁신을 추구함에 있어 제조활동이 중요한가? 제조능력은 ‘실행을 통한 학습(learning by doing)’을 가능하게 함으로써 기존 기술을 향상시킨다. 뿐만 아니라 새로운 기술과 혁신은 기존 제품과 공정을 다른 산업이나 목적에 새로이 적용해보면서 발전되는데, 이는 기존 제조기반이 있어야 가능하다. 또한 제조능력이 부족하면 R&D를 위해 필요한 기자재 공급 역시 원활하지 않다. 연구를 위해 필요한 새로운 기기들은 각 연구자가 원하는 바를 제대로 반영해서 제작되어야 하는데 이를 위해서는 근접 거리에 실력 있는 기자재 제조업체가 존재해야 한다는 것을 의미한다. 제조현장이 중요한 또 다른 이유는 그 생태계에서 ‘암묵지(tacit knowledge)’가 형성되고 이 암묵지가 경쟁력 및 혁신의 중요 결정요인이기 때문이다.

실리콘 밸리식 혁신의 문제점은 단기 고이윤을 추구하는 금융의 논리가 강하게 작용하게 된 것과 관련된다. 실리콘 밸리 모델이 성공할 수 있었던 중요한 요인 중 하나는 벤처캐피털과 엔젤투자자들의 존재인데 이들은 모험자본으로서 창업 초기 기업에 집중 투자하되 인수합병(M&A)나 기업공개(IPO)를 통해 투자금을 회수하기 때문에 고위험, 고수익 투자전략을 구사한다. 이러한 전략 하에서 저부가가치 부분이라고 여겨지는 제조현장은 중요하지 않은 것이다. 즉 1980년대 신자유주의적 개혁이 시작되면서 유동성과 단기적 비용절감을 선호하는 금융투자 자본이 경제를 주도하게 되었고 이러한 분위기 변화에 발맞추어 기업들은 ‘핵심 경쟁력’(core competence)만 남기고 대부분의 제조 공정을 저임금 국가로 이전하는 전략을 선택하기 시작했다.

이러한 전략의 기저에는 제조업 비중의 감소는 자연스러운 현상이며 우려할 것이 아니라는 경제학자들의 주장이 자리 잡고 있다. 혁신이란 생산과 구별되는 것이어서 생산이 해외로 이전되어도 문제가 없다는 견해이다(Bonvillian, 2016). 대표적으로 애플을 보면 고부가가치 부문이라고 하는 기술, 디자인, 마케팅 등은 미국에서 수행하지만 조립 공정은 중국과 다른 국가들에서 수행한다.⁹⁾ 그런데 이 금융자본이 중요한 혁신 지원자가 된 배경에는 정부의 R&D지원 축소가 자리잡고 있다. 즉 정부의 R&D지원이 과거의 전통제조업으로부터 멀어지게 되고 실리콘 밸리식 혁신이 부상하면서 미국의 정책과 제도는 '전통적 제조업-관리된 경제(managed economy)'에서 '실리콘 밸리 혁신 기업-규제 완화된 금융주도적 경제'로 전환하게 된 것이다. 따라서 실리콘 밸리식 혁신의 한계는 시장에서는 해결되기 어려운 구조적 문제라는 특징을 갖는다.

2. 오바마 취임 후 정책 기조의 변화

2009년 오바마 정부는 미국경제가 당면한 한계와 문제점들을 지적하고 이를 해결하기 위한 새로운 개혁이 필요함을 천명했다. 오바마 정부는 2009년 12월에 '미국 제조업 부흥을 위한 프레임워크(Framework for Revitalizing America)'을 발표하여 새로운 경제 전략의 핵심이 제조업 부흥임을 밝혔다. 보고서는 현재의 제조업이 거대한 도전에 직면해 있음을 지적했다. 생산성 상승이라는 제조업에서의 성공은 모순적으로 고용이 줄이고 있다는 것이다. 이에 대한 해결책으로서 바이오, 풍력, 나노기술, 우주항공, 차세대 자동차, 이제 막 태동하는 미래 산업들에서 미국이 가진 잠재력을 현실화시키는 것이 필요하다고 보았다. 그러나 이러한 잠재력이 현실화되기 위해서는 적절한 정부 정책이라는 핵심적 역할이 필요하다고 결론 내렸다(Council on Competitiveness, 2011).

이러한 재인식의 연장선상에서 2011년 6월, '과학과 기술에 관한 대통령 자문위원회(President's Council of Advisors on Science and Technology: PCAST)'와 '혁신과 기술에 관한 대통령 자문위원회(President's Innovation and Technology Advisory Committee: PITAC)'가 '첨단 제조업에서 미국의 리더십 확보방안

9) 최근 들어서는 미국 기업들이 생산 활동 뿐 아니라 연구와 개발, 회계, 정보 기술, 세무 설계, 법률적 조사마저도 역외로 이전시키는 현상이 나타나고 있다(Levinson, 2011).

(Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing)’이라는 보고서를 발간하였다(PCAST, 2011). 이들은 이 보고서를 통해서 2000년대 나타났던 제조업에서의 고용과 부가가치 비중의 하락이 저개발국이 유리한 저기술 제품에서만 아니라 미국이 앞서고 있다고 여겼던 첨단기술 제품에서도 나타났다는 점에 주목했다. 즉 미국이 첨단 부문에서도 경쟁력이 위협받고 있다고 본 것이다. 이러한 문제의식으로부터 자문위원회는 적어도 첨단 부문에서의 경쟁력을 유지하기 위해서는 적극적 조치가 필요하다고 결론 내렸다.

그러나 이들은 정부가 특정한 산업이나 기업에 직접 투자하는 방식과 같은 산업정책은 해결책이 아니라고 생각했다. 그보다는 미국 정부가 새로운 기술을 지원할 수 있게 해주고 제조업 부문에서 좋은 일자리를 만들어내는 기반을 제공해 줄 수 있는 일관된 혁신정책이 필요하다고 주장했다. 미국이 제조활동을 끌어당기고 지식생산에서 우위를 계속 유지하기 위해서 다음과 같은 두 개의 전략을 권고했다. 첫째, 혁신에 유리한 환경의 조성이 중요한데 그 중에서 기업의 비즈니스 환경을 혁신 우호적으로 개선할 것, 구체적으로는 세제와 기업지원 정책 및 기초연구에 대한 지원 확대, 고숙련 노동자들의 훈련과 교육 프로그램 확대 등이다. 둘째, 시장실패를 극복하기 위한 투자를 늘릴 것, 구체적으로는 새로운 기술과 디자인을 미국에서 개발할 뿐 아니라 기술기반 제조 기업들이 미국에서 성장하게 할 인프라를 갖추는 것이다.

위원회는 특히 이를 전담할 ‘첨단 제조업 이니셔티브(Advanced Manufacturing Initiative)’를 출범시킬 것을 권고했다. 첨단 제조업 이니셔티브란 첨단 제조업 발전을 위해 범 정부 차원에서의 조율된 노력을 펼치는 것을 의미하여 상무부, 국방부, 에너지부가 주도하고 미국 대통령실(Executive Office of the President)이 조정하는 역할을 할 것을 제안했다. 더 나아가 정부 노력만이 아니라 산업계와 학계의 노력이 병행되는 것이 중요하다고 보았다. 이 이니셔티브는 장래가 유망한 기술에서 응용연구 프로그램 지원, 범용기술을 중심으로 한 공공-민간 파트너십 결성, 기존 제조업의 발전을 지원할 수 있는 기술 인프라의 공유 등을 통해 첨단 제조업에서의 혁신이 일어나도록 지원하는 것을 목표로 한다. 특히 첨단 제조업에 대한 전문성이 있는 외부의 자문위원회가 이러한 과업을 추진하는 데 도움을 주는 것이 필요하다고 제안했다.

이러한 맥락 하에서 2014년 12월에 첨단제조업 육성정책인 ‘미국 제조업 부흥과 혁신법(Revitalize American Manufacturing and Innovation Act: RAMI Act)’이 하원을 통과했다. RAMI법은 이미 제안되었던 중요 아이디어인 ‘제조업 혁신 네트워크(Network for Manufacturing Innovation)’를 어떻게 만들고 어떻게 작동시킬 것인가

가, 이를 만드는 데 필요한 자금을 연방정부가 어떻게 지원할 것인가를 규정한 것으로서 정부가 바뀌어도 10년간은 변함없이 추진되도록 하기 위한 것이다.

〈표 3〉 연방정부의 첨단 제조기술 중점 육성 분야

유망제조기술	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 재료 제조(Advanced Material Manufacturing) • 첨단 바이오 제조 공학생물(Engineering Biology to Advanced Biomanufacturing) • 재생의료를 위한 바이오 제조(Biomanufacturing for Regenerative Medicine) • 첨단 바이오제품 제조(Advanced Bioproducts Manufacturing) • 제약의 연속 제조(Continuous Manufacturing of Pharmaceuticals)
잠재적 투자 유망 분야	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 기계도구 및 제어장치(Advanced Machine Tools and Control Systems) • 보조 및 유연 로봇(Assistive and Soft Robotics) • 재생의료를 위한 생체공학(Bioengineering for Regenerative Medicine) • 여러 기술 분야의 바이오 프린팅(Bioprinting across Technology Sectors) • 증명, 평가, 자격(Certification, Assessment and Qualification) • 제조업을 위한 사이버보안(Securing the Manufacturing Digital Thread - Cybersecurity for Manufacturing) • 화학 및 열 공정 집적화(Chemical and Thermal Process Intensification) • 지속가능(에너지효율 개선) 한 제조공정(Sustainability in Manufacturing) • 고부가 Roll-to-Roll 제조(High Value Roll-to-Roll Manufacturing) • 혹독한 환경에 적용 가능한 재료(Materials for Harsh Service Conditions)

자료: NSTC (2016).

핵심 내용은 ‘제조업 혁신 인스티튜트(Institues for Manufacturing Innovation: IMI)’들을 전국에 만들고 그것들을 네트워크로 묶는 것, 이 인스티튜트들이 자립하기 전, 초반에 마중물로서의 대규모의 자금을 투입하는 것이다. 상무부가 주관하되 많은 정부부처의 지원을 받고 실무는 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology: NIST) 내에 ‘제조업 혁신 네트워크 프로그램 지원단(National Office of the Network for Manufacturing Innovation Program)’을 만들어 담당하도록 계획되었다. 지원단은 프로그램 진행을 감독하는 것이 주업무인데, 관련 연방정부 부처들과 MOU를 맺으며 주기적으로 프로그램 진행을 위한 전략 계획을 업데이트하고, 그 외 다른 연방정부 기구들과 협력을 극대화하고 프로그램 관련 활동을 조율하며 정보가 공유되도록 하고 네트워크 의장 역할을 하는 임무를 부여받았다.¹⁰⁾

미국정부는 첨단 제조업 관련 제조기술 중점 육성 분야도 선정하였다. RAMI법이

도입되기 전에 시범사업으로서 2012년 7월 처음으로 센서·측정·공정관리, 적층가공 기술(3D 프린팅), 바이오 제조와 생물정보학, 나노기술, 지속가능한 제조공정, 산업용 로봇, 첨단 설비 및 검사장비 등 11개 제조 기술 분야를 선정하였고 2016년 4월에는 첨단재료 제조, 재생의료를 위한 바이오 제조 등 향후 5개의 유망제조기술과 연방정부 차원의 잠재적 투자 유망 분야 10개를 선정하였다.

3. 제조업 혁신 인스티튜트의 설계와 운용

RAMI법의 통과로 탄생하게 된 ‘제조업 혁신 국가 네트워크(National Network for Manufacturing Innovation: NNMI)’는 ‘매뉴팩처링 USA(Manufacturing USA)’이라고 불리는데 이 이름 자체가 이 프로젝트의 핵심을 명확하게 알려주고 있다. ‘매뉴팩처링 USA’라는 네트워크는 사람, 아이디어, 기술을 연결하는 촉매역할을 통해 미국의 산업과 경제를 성장시키는 것을 목표로 한다. 이를 통해 유망 첨단기술에 생명을 불어넣고 제조업자들로 하여금 공동체를 활용하여 새로운 제조과정을 발전시키게 함으로서 새로운 상품을 더 빨리 더 싸게 생산하게 하고자 한다.

목표는 제조업을 과거와 같이 힘들고 더럽고 위험해서 해외로 이전시켜야 하는 것에서 깨끗하고 안전하고 선도적인 것으로 업그레이드하는 것이다. 특히 이러한 프로젝트가 네트워크를 강조하는 것에 주목할 필요가 있다. 특히 첨단제조업 혁신과 관련된 기관들의 국가적 차원에서의 네트워크를 형성하는 것이 목적이다. 이를 통해 제조업 공동체 전체와 정부기관, 학계를 연결시킬 뿐 아니라 미국이 분권화되어 있어서 경제 정책 및 혁신 정책이 전국 단위의 체계성을 결여하고 있다는 문제점을 완화하고자 한다.

‘제조업 혁신 인스티튜트(Institutes for Manufacturing Innovation: IMI)’가 미국 전역에 건설되었고 이 IMI들이 네트워크로 연결되었다.¹¹⁾ 첨단제조업이 제시하는 과제가 다양하기 때문에 각각의 IMI 신청 기관은 특정 업종과 기술에 초점을 맞추게 했

10) 이 법안은 또한 중소기업을 지원하는 기존의 Hollings Manufacturing Extension Partnership을 이 프로그램과 통합시킬 것을 규정했다. 이는 중소기업들이 이 프로그램의 수혜를 충분히 받도록 하기 위함이다. 이 프로그램을 위한 재원마련을 위해 RAMI법은 재무부에 ‘제조업 혁신 네트워크 기금(Network for Manufacturing Innovation Fund)’을 만들 것도 규정했다.

11) 2013년 1월에 IMI와 NNMI의 목적, 구성, 운영 등을 자세히 밝힌 ‘The National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design’이 발표되었다(PCAST, 2013).

고 신청을 하고난 뒤 연방정부 부처 간 기관인 ‘첨단 제조업 프로그램 지원단 (Advanced Manufacturing National Program Office: AMNPO)’이 심사 절차를 통해 선정했다. 참여 부처는 상무부, 국방부, 교육부, 에너지부, NASA, 그리고 국가과학재단(National Science Foundation)였다. 선발 기준은 신청 기관의 관심분야와 그것이 미국 경제에 미치는 중요성, 제안 분야에서 향후 어떤 성과를 거둘 수 있을지에 관한 계획, 거버넌스와 운영 구조의 효율성, 신청 기관의 동원가능 자원, 공동투자의 수준, 중소기업과 다른 지역 이해관계자들의 참여도, 계획의 지속가능성 등이다. <표 4>는 2018년 기준 14개 IMI의 첨단기술 분야가 무엇인지를 보여주고 있다.

<표 4> 2018년 14개 IMI의 전문 첨단기술 분야

IMI 이름	기술	관련부처	장소	설립시기
America Makes	Additive manufacturing	국방부	Youngstown, Ohio	2012. 8.
MxD	Digital manufacturing and design/Cybersecurity in Manufacturing	국방부	Chicago, Illinois	2014. 2.
LIFT	Lightweight materials manufacturing	국방부	Detroit, Michigan	2014. 2.
PowerAmerica	Wide bandgap power electronics manufacturing	교육부	Raleigh, North Carolina	2015. 1.
IACMI	Fiber-reinforced polymer composites manufacturing	교육부	Knoxville, Tennessee	2015. 6.
AIM Photonics	Integrated photonics manufacturing	국방부	Rochester and Albany, New York	2015. 7.
NextFlex	Thin flexible electronics devices and sensors manufacturing	국방부	San Jose, California	2015. 8.
AFFOA	Sophisticated, integrated, and networked fibers, yarns, and fabric manufacturing	국방부	Cambridge, Massachusetts	2016. 4.
CESMII	Smart manufacturing	교육부	Los Angeles, California	2016. 12.
BioFabUSA	Engineered tissues and tissue-related manufacturing	국방부	Manchester, New Hampshire	2017. 2.
ARM	Transformative robotic technologies and education for manufacturing	국방부	Pittsburgh, Pennsylvania	2017. 1.
NIIMBL	Biopharmaceutical manufacturing	국방부	Newark, Delaware	2017. 3.
RAPID	Modular chemical-process intensification for clean manufacturing	교육부	New York, New York	2017. 3.
REMADE	Sustainable manufacturing with clean energy and carbon-emission reduction	교육부	Rochester, New York	2017. 5.

자료: NIST(2019).

이러한 절차는 당연히 경쟁을 포함하는 것으로서 이를 통해 각 IMI 신청 기관은 고부가가치 제조업 부문에 도전할 기회를 갖게 되었고 이를 정부, 산업계, 학계의 중요 이해관계자들을 한 자리에 모으는 계기로 활용했다. 이해관계자들은 구체적으로 관련 기업, 연구중심대학과 커뮤니티 대학, 관련 기구와 조직(산업 컨소시엄, 경제개발 기관, 노동조직, 국가 연구소), 연방정부 및 지방 정부기구들로 이루어져 있다. 각각의 초점 분야에서 IMI들은 지역 혁신 인프라의 중심이 되어 연구와 실증(demonstration) 프로젝트를 시행한다.

IMI들은 ‘산업공유자산’(R&D, 엔지니어링, 기술을 시장화 제품으로 전환시키는 제조역량 등)을 제공한다. 지속가능한 제조업 혁신 허브로서 IMI는 상업적 생산을 위한 핵심적인 역량을 제공함으로써 새로운 제품, 새로운 생산과정을 만들어내는 혁신의 장이 되고자 한다. 이를 통해 기업들의 창업과 성장을 가속화하는 것이 목적이지만 이를 위해서는 기업 역량뿐 아니라 교육과 노동자 훈련도 중요한 활동 영역으로 포함되었다. 이러한 목적을 위해 인스티튜트는 참가하는 모든 파트너들로부터 가장 좋은 인재와 역량을 이끌어내고 공유하는 것에 집중한다. 한편 IMI는 모든 유형의 기업을 참여시키지만 특히 중소 제조업이 관심의 대상이다.¹²⁾

IMI의 역할은 연방정부의 R&D와 민간기업 R&D 사이에 놓여있는 간극을 메우는 것으로서 설계되었다. 미국의 R&D 체제는 전체 R&D의 1/3을 수행하는 연방정부가 기초연구에, 2/3를 수행하는 기업들이 기술적, 상업적 위험이 낮고 회수 기간이 짧은 응용연구와 기술 실증에 투입하는 양극화된 특징을 가지고 있다. 즉 이러한 두 개의 투자 영역 사이는 매우 중요한 지대이지만 저투자되는 지대가 존재한다. NNMI는 혁신의 최초단계와 혁신의 마지막 단계(상업화 바로 전 단계인 제조과정 혁신/스케일-업) 사이를 메우려 한다. 따라서 기술 준비도 단계와 그와 상응하는 제조 준비도 단계에서 4-7에 해당하는 단계 즉, 프로토타입을 만들고 실증해보는 단계를 지원하고자 한다(〈표 5〉). 즉 NNMI의 핵심적 개념 중 하나는 정부-산업-학교 파트너십을 통해 가용한 자원을 총동원하여 제조 공간에서의 혁신의 갭을 메우는 것, 즉 제조 기술 개발뿐 아니라 제조 맞춤형 제품 디자인, 디자인 수정을 하게 하는 것이다.

12) 중소기업이 공동으로 사용할 수 있는 장비를 제공함으로써 실험실에서의 결과와 성숙된 기술을 제조 목적으로 스케일업을 달성할 수 있도록 도와줄 것이다. 미국기업뿐 아니라 미국 내에서 터를 잡고 활동하는 외국기업들도 IMI의 참가할 수 있게 문호를 개방한다.

〈표 5〉 IMI가 목표로 하는 지원 정책의 내용

	TRL 1: Basic principles observed and reported	MRL 1: Manufacturing feasibility assessed
	TRL 2: Technology concept and/or application formulated	MRL 2: Manufacturing concepts defined
	TRL 3: Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof of concept	MRL 3: Manufacturing concepts developed
NNMI Target	TRL 4: Component and/or breadboard validation in a laboratory environment	MRL 4: Capability to produce the technology in a laboratory environment
	TRL 5: Component or breadboard validation in a relevant environment	MRL 5: Capability to produce prototype components in a production relevant environment
	TRL 6: System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment	MRL 6: Capability to produce prototype system or subsystem in a production relevant environment
	TRL 7: System prototype demonstration in an operational environment	MRL 7: Capability to produce systems, subsystems or components in a production relevant environment
	TRL 8: Actual system completed and qualified through test and demonstrated	MRL 8: Pilot line capability demonstrated; Ready to begin Low Rate Initial Production
	TRL 9: Actual system proven through successful mission operations	MRL 9: Low rate production demonstrated; Capability in place to begin Full Rate Production

자료: NSTC (2013).

IMI는 연방정부로부터 자금을 지원받지만 그 외 원천으로부터도 자금 지원을 받도록 설계되었다. IMI는 5년~7년 정도 연방정부 자금으로 7천만~1억 2천만 달러를 받도록 설계되었는데 구체적인 액수는 사업의 종류에 의해 결정된다. 연방정부 자금에 다른 자금이 많이 결합될수록 사업의 규모는 커질 수 있다. 연방정부 자금이 투입되는 기간이 끝난 이후에는 자립하는 것이 원칙인데 자립을 위해서는 회비, 지적재산수입, 계약 연구, 수수료 획득 서비스 등 수입을 생산하는 활동의 비중을 점차 늘려갈 계획이다. 또한 IMI는 산업 컨소시엄, 지역 클러스터, 그 외 과학, 기술 자원 등을 동원할 수 있는 독립 비영리 기관에 의해 운영된다.

IMI의 대표자들, 연방 정부, 다른 기관이 모여서 ‘네트워크 리더십 위원회(Network Leadership Council)’가 만들어졌고 이 위원회는 지적재산, 계약, 연구 및 성과 평가, 베스트 프랙티스 공유 등 공동관심사 문제들에 대한 해결책을 모색하는 임무를 맡았다. 각 IMI는 또한 AMNPO가 주관하는 제조업 포털에 참여함으로써 이 포털을 통해 관련 연구, 연구 파트너, 중요 정보를 교류하고 네트워크의 효과를 살리기 위해 각 IMI의 연구와 상업화 결과를 다른 IMI과도 공유한다.

4. NNMI 관련 논란과 그간의 성과

물론 RAMI법이 통과하기 전까지, 그리고 통과한 이후에도 제조업에서 연방정부의 적절한 역할이 무엇인가라는 논쟁은 그치지 않았다. 정부가 기술혁신을 육성하거나 특정 기업, 산업 혹은 산업부문을 지원하는 것이 적절한가는 매우 역사가 긴 논쟁 주제이다. 이에 대한 견해는 연방정부는 최소한의 지원역할에 그쳐야 한다는 입장에서부터 유망한 기술, 기업, 산업을 적극 지원해야 한다는 입장까지 다양하게 존재한다.

기술과 산업을 발전시키는 데 있어 강력한 연방정부의 역할을 주장하는 이들은 자주 그러한 개입이 미국의 기술적 산업적 우위를 가져옴에 따른 경제적, 국가 안보적, 사회적 이득에 의해 정당화된다고 주장한다. 그러한 이유로 제조업은 미국 탄생 초기부터 연방정부의 주목을 받아왔다고 본다.¹³⁾ Hard, Ezell and Atkinson (2012)은 미국이 제조업에서 심각한 시장실패를 경험하고 있기 때문에 제조업 강화를 위해 연방정부의 적극적 개입이 필요하다고 주장하였다. 미국이 경험하고 있는 제조업에서 시장 실패란 단지 한 부분에서의 저투자 문제가 아니라 서플라이 체인 전체에 걸친 제조 시스템의 통합이 제대로 이루어지지 않은 것, 그로 인해 혁신의 스케일-업이 제한되는 것이다. 앞에서 이야기한 ‘산업공유자산’의 부재를 의미한다고 볼 수 있다. 그런데 연방정부의 R&D 정책은 그에 맞추어져 있지 않으며 근본적으로는 미국 공학계가 과학으로서의 공학에 대한 강조로 인해 ‘독창성과 급진적 아이디어’에 초점을 맞출 뿐 현장실행적인 문제해결을 높이 사지 않고 있어서 공학계도 문제 해결의 열쇠를 제공하지 못하고 있다고 주장한다. 이런 점에서는 단순히 연방정부의 R&D 지출 규모를 늘리는 것이 중요한 것이 아니라 ‘산업공유자산’을 축적하기 위한 적극적 개입이 필요하다는 것이다.

현재까지의 NNMI 구축 효과는 어떠한가? RAMI법은 2024년까지 NNMI사업을 지속하고 2024년 12월 31일에 최종 평가를 내리도록 요구했다. 따라서 트럼프 정부에 들어와서도 2014년에 입안한 그대로 NNMI는 계속 작동하고 있으며 2015년부터 연례보고서를 내고 있다. 가장 최근에 발간된 2018년 연례보고서(NIST, 2019)는 14개의 인스티튜트와 회원기관들에 대해 기술과 인재에 초점을 맞추어 현재 진행 중인 혁신노력의 성과를 설명하고 있다.

13) 1791년 재무부 장관이었던 알렉산더 해밀턴(Alexander Hamilton)은 의회에 ‘Report on the Subject of Manufactures’를 제출하여 미국의 제조업 발전을 위한 정책을 제안했다는 역사적 사실은 널리 알려져 있다.

2018년 연례보고서에 따르면 미국 상무부, 국방부, 에너지부의 지원을 받은 14개의 IMI들은 2018년 다음과 같은 성과를 거두었다. 첫째, 다양한 분야에 사용될 수 있는 475개의 중요한 연구개발 협력 프로젝트를 실시했다. 둘째, 1,937개의 회원 기관을 참여시켰다. 이는 전년에 비해 50% 증가한 수치이다. 회원들의 63%는 제조업체들이고 이들 중 70%가 미국 제조업의 서플라이 체인에서 중요 역할을 하는 중소기업들이다. 셋째, 인재양성 노력을 통해 20만 명 이상의 노동자, 학생, 교육자를 지원했다. IMI들은 기관 간 협력, 베스트 프랙티스 공유 등을 지속하고 있다. 결과는 교육자/훈련자 교육과 과학, 기술, 엔지니어링, 수학(STEM) 활동을 포함하여 IMI들이 주도하는 인재 개발 노력의 지속이다. 넷째, 1억 8,300만 달러의 연방정부 자금을 마중물로 하여 3억 400만달러의 주정부와 민간의 투자를 끌어 들였다.

구체적인 사례로 가장 먼저 설립된 ‘국립적층가공 혁신 연구소’의 경우 3D 프린팅 기술과 관련하여 140개 이상의 파트너와 협업관계를 형성하고 있으며, 교육프로그램을 통해 7,000여 명의 이수자를 배출하였고 설립 지역에 수억 달러의 3D 프린팅 관련 투자를 유치하는 성과를 이루었다. GE와 Alcoa도 각각 3,200만 달러, 6,000만 달러를 투자를 실시하였다.

IV. 독일의 하이테크 전략과 새로운 국가제조업 전략 2030

독일은 제조업 4.0이란 개념을 가장 선도적으로 제시한 국가이다. 이하에서는 이 개념을 탄생시킨 통합적 범국가적 혁신전략인 ‘하이테크 전략’의 발전과정을 살펴본 후에, 그 개념의 전파와 실현에 중요한 역할을 하고 있는 ‘제조업 4.0 플랫폼’의 조직과 작동방식을 정리한다. 그리고 최근 크게 진전되고 있는 인공지능 및 플랫폼 경제에 대응하기 위해 독일이 종전의 산업정책 전통에서의 탈피를 선언한 국가제조업 전략 2030의 내용을 검토한다. 끝으로 지금까지의 제조업 4.0 관련 정책과 산업계의 성취에 대해서 어떤 평가가 내려지고 있는지를 살펴본다.

1. 통합적 ‘하이테크 전략’과 ‘제조업 4.0’ 개념

독일은 전통적으로 제조업을 중심으로 하여 기업, 공공연구소, 대학간의 협력과 기술이전에 입각한 ‘분산적’ 혁신체제가 발달한 나라이다. 그러나 2000년대 들어서 연구개발 및 혁신과 관련해서 연방 수준의 조정과 역량 집종의 필요성이 제기되었다. 특

히 혁신정책과 관련된 여러 주체들, 특히 연방정부 부처 사이에 통합적으로 조정된 혁신전략의 중요성이 강조되기 시작하였다(이명현, 2010, 90). 이에 따라서 2005년 연방하원 선거를 통해서 새롭게 집권한 기민당-자민당 정부 하에서 2006년 연방교육연구부가 처음으로 연방정부 수준의 통합적인 혁신전략의 개념으로 ‘하이테크 전략’¹⁴⁾을 제시하였다. 여기서는 건강-안전, 교통-통신, 부문 횡단적 기술의 세 분야별로 중점 지원대상 기술들이 제시되었다.

이 1기 전략에서는 제조업 4.0의 개념이 사용되지는 않았지만 나중에 그 구성요소가 되는 기술들에 대한 지원이 이루어졌다. 즉, 정보통신기술 분야에서 사물인터넷이 연구필요가 있는 하부 분야 중의 하나로 지목되었고(BMBF, 2006, S. 58) 또한 독일이 전통적으로 강한 경쟁력을 갖고 있는 생산장비 관련 기술도 부문횡단적 기술의 하나로 지목되었다(BMBF, 2006, S. 99이하). 그러나 사물 인터넷과 생산장비간의 연계에 대한 관심은 1단계 하이테크 전략 시기에는 명시적으로 나타나지 않은 것으로 보인다.

이 하이테크 전략의 추진과정에서 주목할 점은 특히 학계와 경제계간의 혁신 파트너십의 중요성이 강조되었다는 점이다(BMBF, 2006, 7 & 11). 하이테크 전략은 이 파트너십 강화를 위해서 클러스터 지원을 주된 정책집행 방식으로 제시하였다. 또한, 하이테크 전략의 수행을 지원하기 위한 협의 및 자문기구로서 대학, 연구소, 그리고 기업의 전문가들 약 30명으로 이루어진 ‘연구 유니온’¹⁵⁾을 구성하고 7개 분과¹⁶⁾를 설치하여 2006년부터 2013년까지 운영하였다. 이 유니온이 제조업 4.0이라는 아이디어를 제시하고 확산시키는 데 중요한 역할을 하게 된다. 2010년 제시된 2기 하이테크 전략인 ‘하이테크 전략 2020’은 5개 필요분야(〈표 6〉)를 전면에 내세우고 그 분야의 문제해결에 필요한 핵심기술들을 제시하면서 그 발전을 위한 중요한 정책으로 지역 클러스터에 대한 지원을 강조하였다(BMBF, 2010).

이 2기 하이테크 전략은 제조업 4.0의 개념을 제시하고 그것을 전략의 중요 프로젝트로 반영했다는 점에서 중요하다. 이러한 진전이 이루어지는 데에는 앞에서 언급한 ‘연구 유니온’이 중요한 역할을 하였다. ‘연구 유니온’은 제조업 4.0 작업팀(Arbeitskreis)을 결성하여 제조업 4.0 추진을 위한 정책권고안을 2012년 10월에 중

14) BMBF(2006) “Die Hightech-Strategie für Deutschland.”

15) <http://www.forschungsunion.de/>.

16) 7개 분과는 기후/에너지, 건강/영양, 이동, 안전, 커뮤니케이션, 사회적 기본조건, 그리고 횡단적 주제이다.

간보고서로, 2013년 4월에 최종보고서로 두 번에 걸쳐 연방정부에 제출하였다.¹⁷⁾ 이 작업팀은 다섯 개의 작업반(스마트 공장, 실제 환경, 경제적 환경, 인간과 노동, 기술 요소)으로 구성되었고 유니온의 관련 위원 외에도 관련된 기업과 학계, 노조(DGB)와 기업 대표조직(BDI) 그리고 산업협회들이 참여하였다.¹⁸⁾

〈표 6〉 2기 하이테크 전략의 필요분야와 연구주제

필요분야	연구주제
기후와 에너지	화석에너지원 발전, 원자력 안전기술, 융합에너지, 효율화 기술, 에너지 효율적 건물, 에너지 네트워크와 저장기술, 지속가능한 교통, 재생 에너지
건강과 영양	고령기 삶의 질, 연구, 개인화된 의료와 예방, 일상생활에서의 예방, 바이오 의약과 의료공학, 재료-임상-제약 연계연구, 돌봄
이동	차량, 교통관리, 교통개발과 환경영향, 전기교통수단, 재화이동과 물류, 미래의 이동수단
안전	안정적 인프라, 정보기술, 접근관리와 감시, 위기방지, 재난 및 위기관리, 안전과 사생활권
커뮤니케이션	컴퓨터 네트워크, 지능형 대상, 이동성과 디지털 플랫폼, 정보제시와 가공, 디지털 커뮤니케이션의 기회와 위기

자료: https://www.dfg.de/dfg_profil/gesamtliste_publicationen/sonstige/index.html

그 중간보고서에서 ‘제조업 4.0’의 개념이 상세히 제시되었고 그 기술적 가능성이 독일의 제조업 입지 유지와 강화에 큰 도움이 될 수 있는 잠재력이 있다는 견해가 표명되었다. 그것은 두 가지 경로를 통해서인데, 하나는 물리적 현상과 컴퓨팅 기능을 인터넷을 통하여 긴밀하게 통합하는 체계인 ‘가상-물리-시스템(Cyber-Physical System: CPS)’¹⁹⁾ CPS를 독일 내 제조업 생산현장에 폭넓게 도입하고 적용함으로써 나타나는 효율성의 증가이고, 다른 하나는 독일 기업이 CPS를 발전시킴으로써 기술과 그것이 체화된 제품을 수출할 기회를 확보하는 것이다. 이 잠재력을 실현할 전략으로서 선도(先導) 공급자 관점과 선도시장 관점의 이원(二元) 전략을 제시하고 있다(Forschungsunion, 2012, S. 22). 선도공급자적 관점은 다른 제조업 기업이 생산을 위해서 필요로 하는 장비와 시스템을 공급해주는 장비(裝備) 산업(기계 및 시설제작,

17) Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft(2012).

18) 여기에 참여한 산업단위 협회들 즉 BITKOM, VDMA, ZVEI는 모두 후술하는 제조업 4.0 플랫폼에서 주도적 역할을 하게 된다.

19) 이를 통해서 일상적 대상물들과 거기에 작용하는 기계들이 프로그램화되고 정보저장 능력을 갖게 되며, 센서링과 상호통신 기능을 갖게 된다(Forschungsunion, 2012, p. 9).

자동화기술, 엔지니어링, IT)의 관점이다. 다른 한편 선도시장 관점은 독일 및 전세계에 걸친 제조업 분야에서 CPS를 채용한 생산체계(Cyber-physical Production Sytem: CPPS)를 수요하는 시장을 창출해간다는 관점이다.

이같이 추진된 2기 하이테크 전략시기의 후반기인 2013년에는 지금까지 경제계와 학계 대표자들로 구성되어 자문역할을 해오던 ‘연구유니온’이 시민사회를 포괄하는 ‘하이테크 포럼’으로 개편되었다²⁰⁾. 또한, 이와 궤를 같이하여 제조업 4.0에 제시된 과제들을 구체적으로 추진하고 그 결과를 확산하는 산학연관(産學研官) 협력 조직인 ‘제조업 4.0 플랫폼’이 출범하였다.

3기 하이테크 전략은 2014년 ‘새로운 하이테크 전략(Neue Hightech Strategie)’이라는 이름으로 발표되었다(BMBF, 2014). 이 전략문서는 앞의 1, 2기 전략이 혁신을 통해서 달성하고자 하는 과제를 제시하고 그 해결을 위해서 발전시킬 기술분야를 적시하는 구조였던 것에서 더 나아가서 혁신을 추동할 경제, 사회적 제도의 변화까지 그 틀 속에 담고 있다는 특징이 있다(<표 7>). 즉, 이전까지의 하이테크 전략이 기초 및 응용 연구와 개발지원 정책이라는 틀에 머물고 있었던 것에 비해서 이제는 산업, 금융, 노동, 법제도 시민들의 혁신과정 참여 등을 망라하는 포괄적 혁신체제 개혁정

<표 7> 3기 하이테크 전략의 기본 구도

혁신전략의 5개 기둥	연방정부 정책
우선적 미래과제	디지털 경제와 사회, 지속가능한 경제와 에너지, 혁신적인 노동세계, 건강한 삶, 지능형 교통, 시민의 안전
이전체제 개선	학계의 혁신역량제고, 대학의 기업 및 사회와의 협력역량 확대, 학문연구와 경제적 응용의 연계강화, 국제화 강화
기업혁신동력 제고	핵심기술의 산업이용 가능성 이용, 혁신적 중소기업 강화, 혁신적 스타트업 숫자 증가, 구조취약 지역의 혁신 잠재력 개선
혁신친화적 기본조건	기술 및 혁신지향적 직업의 전문인력 확보, 혁신 금융 개선, 기술관련 법칙들과 표준 개발지속, 무형재 보호제도의 효율화, 개방형 혁신지원, 교육 및 연구친화적 지적재산권 창출, 혁신적 공공조달을 통한 인센티브 강화
대화 강화	참여가능성 창출, 시민대화 및 시민연구 지원, 과학 커뮤니케이션 확대, 어젠다 과정을 통해서 관련자를 혁신초기부터 참여시킴, 투명성 창출과 전략적 전망 강화

자료: Bundesregierung (2014)의 내용을 필자가 요약.

20) 연구유니온은 2013년 시점에서 독일 혁신체제 발전을 위해서 필요한 정책과제를 정리한 종합보고서(Forschungsunion, 2013)를 발표하였다.

책의 성격을 분명하게 갖게 된 것이다.²¹⁾ 혁신을 통해서 대응해야 할 과제로서 제시된 여섯 가지(〈표 7〉)는 기본적으로 1, 2기에 제시되었던 사회적 과제들을 계승한 것으로 볼 수 있지만 2기에서 커뮤니케이션이라고 다소 협소하게 정의되었던 영역은 ‘디지털 경제와 사회’로 그 개념이 확장되었고 2기까지 독립적 과제 영역으로 제시되지 않았던 ‘노동세계’가 과제 영역으로 독립된 점이 주목할 만하다.

특히 3기 하이테크 전략에서는 2기 후반기에 미래 프로젝트의 일환으로 등장한 ‘제조업 4.0’이 우선적 미래과제 중 하나인 ‘디지털 경제와 사회’의 하부 프로그램으로 명시적으로 언급되었다(〈표 8〉). 그 뿐 아니라 ‘디지털 경제와 사회’의 다른 하부 프로그램들도 모두 제조업 4.0 또는 4차 산업혁명과 밀접히 연관된 문제들을 다루고 있다. 특히 ‘스마트 데이터’나 ‘클라우드 컴퓨팅’ 등에서 보이듯이 지금까지 중소기업이 접근하기 어려웠던 정보기술에 접근하는 것을 지원하려는 정책이 독일적 특징을 보여준다. 또한, ‘기업혁신동력 제고’라는 전략 부문에서도 ‘제조업 4.0을 위한 자동화(Autonomik)가 중요한 하부정책으로 자리 잡고 있다(Bundesregierung, 2014, S. 36).

〈표 8〉 3기 하이테크 전략 우선적 미래과제 중 ‘디지털 경제와 사회’의 하부 프로그램

하부 프로그램	연방정부의 목표, 활동
제조업 4.0	-독일이 이 기술의 선도공급자 및 생산업자가 되도록 하는 것이 목표 -노동시장과 다양한 피용자 집단에 미치는 영향을 파악하여 기업과 피용자의 이익에 부합하는 방식으로 진행되도록 함
스마트 서비스	-제품, 공정, 서비스가 스마트 서비스로 통합되는 경향 -독일기업들이 전체 가치사슬과 생산공정을 통제할 수 있도록 함
스마트 데이터	-빅데이터 기술을 이용한 중소기업들의 그리고 중소기업들을 위한 서비스 개발과 시험을 지원
클라우드 컴퓨팅	-클라우드를 통해서 중소기업이 이전에는 이용할 수 없었던 혁신적 기술에 접근할 수 있도록 함(Trusted Cloud)
디지털 네트워크	-독일 전역에 걸친 고성능 통신 네트워크 구축 -교육, 에너지, 건강, 교통, 행정 분야에서 ICT 잠재력 충분히 이용할 수 있도록 범정부적 ‘지능형 네트워크 구축’ 전략을 수립
디지털 과학	-디지털 과학 인프라 구축 및 디지털 정보 접근성 및 이용가능성 제고 -주정부들과 공동으로 조정자문위원회를 구축하여 학계의 자기조직과정을 지원
디지털 교육	-디지털 미디어 이용과 지식사회 요구에 대응할 수 있도록 준비시키는 교육체계 구축 -전생애 걸친 교육에서 디지털 미디어 이용 강화
디지털 생활세계	-직장과 가정사이의 경계 퇴색, 세대간 미디어 사용능력 격차 등의 문제에 대해서 사회과학, 인문학적 해결책을 모색

자료: Bundesregierung (2014) S. 16-17의 내용을 필자가 요약.

21) 1, 2기 때와 달리 3, 4기의 하이테크 전략은 ‘연방교육연구부’가 아닌 ‘연방정부’의 이름으로 발표되었다.

2018년 초 출범한 제 4기 메르켈 내각의 연립정부 형성을 위한 기독교민주연합(CDU), 기독교사회연합(CSU)과 사민당(SPD)의 연정합의서에는 ‘4.0’이라는 표현이 제조업은 물론 노동, 직업교육, 교통 등과 결합하여 전방위적으로 나타나고 있다(CDU, CSU und SPD, 2018). 즉, ‘4.0’은 디지털화에 대응해서 사회, 경제 각 분야의 근본적 혁신을 추구한다는 입장 표명을 위한 접미사가 되고 있다. 이러한 배경에서 제 4기 하이테크 전략이 2018년 8월 ‘인간을 위한 연구와 혁신: 하이테크 2025’라는 제목으로 발표되었다. 이 전략은 혁신을 통해서 대응해야 할 사회적 도전을 제시하고 그것을 위해서 필요한 주체별 역량과 그 상호작용 조건을 개선한다는 개념을 바탕으로 하고 있다(〈표 9〉). 이것은 3기 하이테크 전략에서 표명된 포괄적 혁신전략의 노선을 따르고 있는 것으로 평가할 수 있다.

4기 하이테크 전략에서 사회적 도전으로 제시된 여섯 가지 문제들(〈표 9〉)은 3기 하이테크 전략에서 제시되었던 문제들과 거의 같다고 볼 수 있다. 다만, 3기 전략에서 ‘디지털 경제와 사회’ 그리고 ‘혁신적 노동세계’로 분리되어 있던 주제가 ‘경제와 노동 4.0’이라는 제목으로 통합되었고 ‘도시와 농촌’이 새로운 주제로 도입되었다. 한편, ‘노동 4.0’은 노동과 가족, 돌봄, 시민적 참여를 어떻게 조화시킬 것인가를 문제로 제시하면서 특히 경제의 디지털화가 노동세계에 가져다주는 기회를 이용하고 위험에 대처하기 위한 기술적, 사회적 혁신을 추구할 것임을 밝히고 있다.

〈표 9〉 4기 하이테크 전략의 개념도

활동영역	세부주제
사회적 도전	건강과 돌봄, 지속가능성, 교통, 도시와 농촌, 안전, 경제와 노동 4.0
독일의 미래 역량	기술적 기초, 전문인력 기초, 사회의 참여
개방적인 혁신과 도전문화	지식 및 혁신 네트워크 이용, 기업정신 강화, 지식의 작동

자료: <https://www.hightech-strategie.de/de/hightech-strategie-2025-1726.html>

이상에서 본 바와 같이 3기, 4기 하이테크 전략 추진과정에서 제조업 4.0은 독일 제조업 경쟁력 유지를 위해서 중요한 부분전략으로 강조되었지만, 그렇다고 해서 연구개발 관련 연방정부의 예산지출 면에서 관련 연구분야, 즉 정보통신 기술이나 생산 기술 분야가 특별히 혜택을 받지 않는 않았다. 2009년부터 2016년까지 연방정부의 연구개발비 지출은 120억 유로에서 158억 유로로 32% 증가했는데, 특히 지원규모가 평균 이상으로 증가한 분야는 건강, 영양-농업-소비자보호, 에너지, 차량-교통, 혁신

관련 기본조건 관련 연구분야이다. 반면, 정보통신기술은 약 22%, 생산기술은 약 12% 증가하는 데에 그쳤다.²²⁾ 단, 중소기업의 혁신지원에 대한 지원이 40% 증가하였는데 이 중 일부분은 중소기업의 제조업 4.0 도입에 투입되었을 가능성이 있다.

2. '제조업 4.0 플랫폼' 대화기구

독일에는 중요한 정책 의제에 대해서 정부, 기업, 노조, 학계 등 다양한 주체들이 한시적으로 대화의 틀을 만들어서 집중적 논의를 통해서 합의를 도출하고 그 합의의 실천을 위한 네트워크를 형성 또는 강화하는 전통이 있다.²³⁾ 제조업 4.0이 가져다 주는 도전적 상황에 대한 대처과정에서도 '제조업 4.0 플랫폼'이라는 대화기구가 형성되어 정부와 민간이 대응해야 할 과제를 식별하고 그 해결을 위한 논의를 진행하고 있다.

이 플랫폼은 앞에서 언급한 바와 같이 '제조업 4.0' 작업반의 중간보고서가 제출되자, 그에 대해서 관련 산업협회들이 호응함으로써 형성되기 시작하였다.²⁴⁾ 여기에 참여한 협회는 BITKOM(디지털), VDMA(기계), 그리고 ZVEI(전기)였으며 소속사가 6천 개에 달한다. 이들 협회들이 2013년 4월 여러 협회를 아우르는 협력을 추진하기로 결정함으로써 '제조업 4.0 플랫폼'이 결성되었고, 그 출범이 2013 하노버 박람회 에서 공표되었다. 이 플랫폼에는 대중소 기업들과, 협회는 물론이고, 노조, 연구기관, 대학 등 약 350개의 조직과 기관들이 참여하고 있다.²⁵⁾ 플랫폼을 구성하는 기구는 지도부, 작업반, 이전 네트워크, 연구자문위원회 등이다(<표 10>).

우선, 지도부(Leitung)는 제조업 4.0과 관련한 전략적 정책적 과제를 발굴하는 역할을 한다.²⁶⁾ 여기에는 연방정부 두 관계부처(경제에너지부와 교육연구부)의 장관들

22) 현재 행해지고 있는 제조업 4.0 및 디지털화와 관련된 연구개발 지원프로그램으로는 "미래 생산, 서비스, 그리고 노동을 위한 혁신(Dachprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen)"이 대표적이다.

<https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/>

23) 이처럼 다양한 주체들 간의 한시적으로 제도화된 대화가 개혁으로 이어진 대표적 사례가 2002년 형성되어 노동시장 관련 제도 개혁에 관한 제안을 제시한 '하르츠 위원회'와 그 제안에 기초한 '하르츠 개혁'이다.

24) Die Geschichte der Plattform Industrie 4.0

<https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Plattform/Hintergrund/hintergrund.html>

25) https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation-gesamt/zusammensetzung_plattform.pdf?__blob=publicationFile&v=6

과 관련분야 대기업(도이치 텔레콤, 보쉬(기계, 장비분야), SAP(정보기술), 지멘스(기계, 시스템), Festo(제어)), 중규모 기업(Schunk(기계부품)), 산업계(Bundeverband der Deutschen Industrie(독일제조업 연방협회)), 노조(IGM(금속산업노조)), 그리고 공공연구기관(프라운호퍼 연구회)이 참여하고 있다.

〈표 10〉 제조업 4.0 플랫폼의 조직

지도부: 연방경제에너지부 장관, 연방교육연구부 장관 기업, 노조, 연구계 대표, 정책지원 조직		
내용	운영	실천
작업반 -기준 아키텍처, 기준과 규격 -기술 및 적용 시나리오 -네트워크화된 시스템의 보안 -법적 기본조건 -노동, 추가교육, 재교육 -제조업 4.0속에서의 디지털 비즈니스 모델	운영위원회 (Lenkungskreis) -기업이 선도 -기업대표 -작업반 대표 -연방경제부, 연방교육연구부 -분야별협회(BDI, BITKOM, VDMA, ZVEI)	이전 네트워크 제조업 4.0 -연방경제부, 연방교육연구부 -주정부 -DIHK&IHK -협회(BDI, BITKOM, VDMA, ZVEI) -지역 이니셔티브 -미텔슈탄트4.0-역량센터 -Labs네트워크 산업4.0 e. V. -프라운호퍼 연구회 -기타
연구자문위 -학계와 산업계가 주도 -학계와 산업계 대표	국제 -단일화된 세계적 기초 -표준화 -교류&모범사례	Labs네트워크 산업4.0 e. V.
사무처 조직, 소통, 절차관리		표준화 Council 산업 4.0

자료: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Plattform/Struktur-Organisation/struktur-organisation.html>

제조업 4.0 개념의 구체화를 위한 논의는 〈표 10〉에 보인 6개 작업반에서 이루어진다. 6개 작업반의 구성을 보면 기술적 측면은 물론 법적 조건, 노동 및 교육, 그리고 비즈니스 모델 등의 주제도 포함되고 있다. 각 작업반은 30~50명 정도의 기업, 노조, 정부 등 관련분야의 전문가들로 구성되어 정기적인 모임을 통해서 주제별 논의를 진행하며 그 결과를 각종 보고서 형태로 정리해서 일반에 제공하고 있다.

다른 한편 이 플랫폼은 중소기업들이 제조업 4.0을 이해하고 거기에 참여할 수 있

26) https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/plattform-flyer.pdf?__blob=publicationFile&v=6

도록 지원하는 데에 역점을 두고 있다. 우선 각 지역별 상공회의소와 협력하여 ‘중소 기업에서의 제조업 4.0’(Industrie 4.0@Mittelstand)이라는 이름으로 순회 정보제공 행사를 개최함으로써 중소기업들이 디지털화를 실현하려할 때 주의할 점, 관련정보를 얻을 수 있는 경로, 지역 내 선도적 기업들의 경험 등이 공유될 수 있도록 지원하고 있다.²⁷⁾

또한 이 같은 일회적 행사의 틀을 넘어서 중소기업에게 제조업 4.0 아이디어를 체계적으로 확산시키기 위한 활동을 하고 있다. 이를 위해서 조직된 ‘기술이전 네트워크 제조업 4.0’은 정보제공, 워크숍, 컨설팅을 지원하는 것을 목적으로 한다.²⁸⁾ 여기에는 연방경제에너지부, 연방교육연구부 외에 앞에서 언급한 산업분야의 전국단위 협회, 프라운호퍼 연구회는 물론이고, 독일 제조업의 중요 기업들이 자리하고 있는 바이에른 주, 바덴-뷔르템베르크 주, 니더작센 주의 경제부처들과 해당 지역의 제조업관련 지역네트워크들이 참여하고 있다. 즉, 지역단위 네트워크들을 연결하는 ‘네트워크들의 네트워크’라는 성격을 가지고 있다. 이 네트워크는 정기적 모임을 통해서 지역단위 네트워크간 지식 교류와 공동 프로젝트를 논의의 장을 열고 있으며, 특히 제조업 4.0 아이디어를 구현한 독일, 프랑스, 그리고 일본의 기업사례를 지도형식으로 데이터베이스화(Landkarte ‘Anwendungsbeispiele Industrie 4.0’)하여 중소기업들이 구체적 사례에 접근할 수 있도록 하고 있다. 또한, 제조업 4.0과 관련하여 출현한 100개가 넘는 다양한 기술들을 프라운호퍼 연구소의 ‘제조업 4.0 가치창출 모델’에 입각해서 19개 주제영역으로 구조화한 카타로그를 제공함으로써 중소기업들이 제조업 4.0과 관련한 기술을 이해하고 접근할 수 있도록 돕고 있다.

다른 한편, 이 플랫폼은 기업들, 특히 중소기업들이 제조업 4.0의 구체적 실현 아이디어를 시험해 보고 발전시킬 수 있는 테스트 센터들의 네트워크를 구축하였다. 중소기업들은 2019년 11월까지 연방교육연구부의 예산으로 이루어지는 기술개발 지원 프로그램 ‘중소기업을 위한 제조업 4.0 시험환경(Testumgebungen von I4KMU)’에 참여하면서 이 테스트 센터들을 이용할 수 있었다. 이들이 자신의 필요에 적합한 테스트 센터를 선택할 수 있도록 연방교육연구부는 ‘국가 접촉 및 조정사무소’를 슈트트가르트 대학내에 설치하였다.²⁹⁾

27) 2016년 이래 65개의 행사에 3,100이 참여하였다.

28) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Standardartikel/transfernetzwerk-ziele.html>

29) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Standardartikel/karte-vernetzung-der-testzentren.html>

다른 한편, 플랫폼에 참여한 민간 기업들과 협회들은 중소기업들의 제조업 4.0 관련 기술에 대한 접근, 그 시험적 운용과 비즈니스 모델 시험 등을 도울 수 있는 보다 지속성 있는 조직으로 LNI4.0협회(Verein Labs Network Industrie 4.0)를 창설하였다.³⁰⁾ 이 협회는 일반적 정보제공 및 개별기업에 적합화된 시범 및 교육서비스를 제공한다. 또한, 시험센터들을 중개해줌으로써 중소기업들이 앞에서 언급한 실험적 시도들을 적은 비용으로 위험부담을 크게 지지 않고 해볼 수 있는 기회를 제공해 주고 있다. 더 나아가 ‘제조업 4.0 표준화 위원회(Standardization Council Industrie 4.0)³¹⁾’와의 협력을 통해서 그러한 중소기업의 실험에서 얻어진 결과를 표준화 절차에 포함시킬 수 있는 길을 열어주고 있다.

3. 국가제조업 전략 2030³²⁾

독일은 제조업 강국이지만 중앙정부가 특정 산업을 발전시키는 전략을 구사하는 국가는 아니었다. 전통적으로 정부는 국내외 시장에서의 자유경쟁질서 확립, 연구개발, 인력양성을 중시하고 특정한 산업의 육성을 위한 자원집중에는 소극적인 산업정책 전통이 형성되었다.³³⁾ 그러한 독일에서 최근 산업정책과 관련하여 최근 주목할 만한 변화를 예고하는 정책선언이 있었다. 그것은 연방경제에너지부가 2019년 2월 발표한 “국가산업전략 2030: 독일과 유럽의 산업정책의 전략적 기본노선(Strategische Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik)”이다. 이 전략문서의 바탕이 되는 현실인식은 독일이 미래산업과 관련한 문제에 대한 대응에 있어서 경쟁국에 비해서 크게 뒤쳐져 있다는 것이며, 그리고 그러한 대응은 시장에만 맡겨두어서는 성공적으로 이루어질 수 없다는 것이다.

이 전략문서는 이른바 게임체인저(game chanager)로 불리는 근본적 혁신분야에서 주도권을 확보할 필요성을 강조하고 있다. 특히 여기서 주목하는 분야는 플랫폼 경제

30) <https://lni40.de/der-verein/ueber-uns/>

31) <https://sci40.com/de/>

32) Nationale Industriestrategie 2030.

<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/nationale-industriestrategie-2030.html>

33) 재분배 정책을 중시하고 노동자의 이익을 더 적극적으로 대변하는 사민당(SPD)이 1966년부터 여러 가지 연정형태로 정권을 주도하거나 참여하게 되었지만 이러한 산업정책적 노선을 크게 바꾸지는 않았다.

이다. 급속도로 확대되고 있는 플랫폼 경제의 부가가치에 참여하는 것이 필수적인데 독일 및 유럽 국가들은 이 과제를 수행하지 못하고 있다고 평가하고 있다. 특히 이와 관련해서 가장 큰 근본적 혁신기술이 인공지능(AI) 이라고 보고 이것이 모든 분야에 파급될 것이라고 판단하고 있다. AI는 특히 자율주행, 진단의학에서 영향력이 결정적일 것이라고 보고 있다. 그 외에도 게임체인저 기술로 NT, BT, 재료, 양자 컴퓨터 등을 꼽고 있다.

이 맥락에서 특히 이 보고서가 집중하고 있는 산업은 자동차 부문이다. 미래 자동차 분야에서 ‘자율주행을 위한 디지털 플랫폼은 미국이, 배터리는 아시아가 지배하게 된다면 독일과 유럽은 이 분야의 부가가치 중 50%를 상실하게 될 것’이라고 전망하고, 그렇게 될 경우 ‘그 충격은 자동차분야에 머무는 것이 아니라 독일 경제, 사회 전체에 미치게 될 것’이라며 위기의식을 드러내고 있다. 동시에 그러므로 이 도전에 대한 대응은 자동차 산업만의 문제가 아니라 정부의 문제라고 강조하고 있다.

또 한 가지, 이 전략문서가 강조하는 상황(게임체인저)은 혁신의 속도가 매우 빨라지고 있다는 것이다. 이 추세를 따르지 못하는 기업과 국민경제는 ‘rule-maker에서 rule-taker(보조 작업대) 신세가 될 것’이라고 주장하고 있는데 이것은 아래에서 보듯, 전통적인 틀을 뛰어넘는 정부의 개입을 정당화하는 근거가 되고 있다.

이상과 같은 상황인식 하에서 이 문서는 독일 제조업 정책의 지향점을 몇 가지로 제시하고 있다.³⁴⁾ 첫째는 독일이 미래의 도전에 대응하기 위해서 산업과 기술상의 주권(Souveränität)과 역량이 결정적 문제라고 전제한다. 둘째, GDP에서 제조업의 비중을 현재 23%에서 25%로 높이는 것을 목표(지표)로 삼을 것을 제시하고 있다. 셋째, 원재료의 생산과 집약, 가공, 판매, 서비스, 그리고 연구개발을 포괄하는 완결된 부가가치 사슬을 유지해야 한다고 강조하고 있다. 넷째, 현존하는 강점을 강화하면서 동시에 추격하는 과정이 필요하다고 하면서, 제조 중소기업을 강화하는 동시에 국가적 그리고 유럽적인 챔피언 대기업을 육성할 필요성을 강조하고 있다.³⁵⁾ 이를 위해서 시장 지위를 개선하기 위한 기업 인수 금지는 극히 제한된 경우에만(국가안보 등) 행해야 한다는 입장을 밝히고 있다. 더 나아가 국가의 행동은 ‘비례원리’에 따라야 한다. 즉 국민경제적으로 의미가 큰 사안일수록 국가가 적극적으로 행동할 수 있는 여지도 더 커져야한다는 논리를 제시하면서 플랫폼 경제, AI, 자율주행 분야 등에

34) BMWi(2019), S.12-13.

35) 이 논점을 ‘크기가 문제다(size matters)’라는 말로 요약하고 있다.

서는 직접적 국가의 지분참여가 필요하고 정당하다고 역설하고 있다.

전략문서는 전통적인 자유주의적, 시장주의적 산업정책의 원칙, 즉 국가의 개별기업의 경영상 결정에 대한 개입배제, 개별 기업간 경쟁에 대한 국가의 자의적 개입 배제와 자유무역과 다자주의 원칙을 강조한다(BMWi, 2019, S. 14). 그러나 국제적으로 ‘공정한 경쟁 조건(level playing field)’ 창출을 위해서 타국이 만들어내는 왜곡을 교정해야 한다는 논리에 바탕하여, 산업정책적 수준을 넘어서서 여타 다른 분야의 경제정책에서도 적극적 대응이 필요하다고 역설하고 있다. 즉, 지난 수십년간 환경보호, 기후보호, 에너지 전환, 사회정책 등을 위한 국가개입으로 인해서 비용과 경쟁력이 악화되었다고 하면서 그러한 불리점을 상쇄하는 조치를 취하는 것은 경쟁왜곡이 아니라 경쟁을 보완하는 것이라고 주장하는 것이다. 특히 이 맥락에서 대응이 필요한 분야로 전기와 에너지 가격, 기업과세, 사회보장부담 등을 들고 있다. 또한, 가까운 시일 내에 전세계적 사회적 시장경제(soziale Marktwirtschaft) 체제가 구축되지 않는다면 경쟁왜곡에 적극 대처해야 한다는 입장을 밝히면서, 그러한 대처가 특히 필요한 분야로서 국가보조관련 법률과 경쟁법의 개혁, 혁신분야 지원, 덤핑과 시장지배지위 남용에 대한 효과적 대처, 기업합병 용이화 등을 들고 있다(BMWi, 2019, S. 15).

끝으로 이 전략문서는 산업정책의 유럽적 차원을 제시하고 있다. 즉, 주요 제조업 국가들의 전략에 입각하여 EU차원의 산업전략을 구축해 올릴 것을 역설하면서(BMWi, 2019, S. 15) 여러 EU 회원국에서 진행중인 탈산업화(탈제조업화) 과정에 중지부를 찍고 역전시켜야 한다고 주장하고 있다. 또한, EU의 경제정책에 대한 논의의 장이 분절화되어 있는 것을 극복하여 통합적 경제정책 논의 및 결정기구(Rat)가 필요하다고 주장하고 있다.

이같은 입장은 미국이나 중국에 비해서 경제규모가 적어서 독자적으로는 앞에서 언급한 게임체인저 분야에서 우위를 점할 수 없는 독일이 다른 EU 국가, 특히 프랑스와의 전략적 제휴를 통해서 EU 차원의 대응을 주도하려는 의지를 표명한 것이라고 볼 수 있다.³⁶⁾

36) 이 전략문서 발표에 대한 한 언론보도는 독일 경제부가 프랑스 경제부와 이미 긴밀한 접촉을 하고 있음을 밝히고 네덜란드, 폴란드, 그리고 발트해 국가들과 논의를 통하여 다음 단계 행동을 결정할 것으로 전망하고 있다.

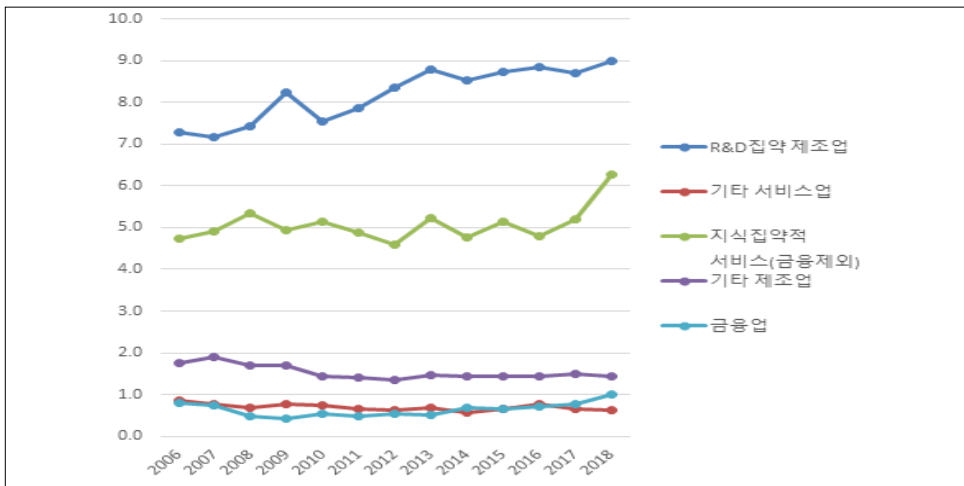
<https://nove.eu/wp-content/uploads/2019/02/Germany-Industrial-Policy-Strategy-2030.pdf>

4. 잠정적 성과 평가

‘제조업 4.0’과 그것을 포함하는 경제의 디지털화에 대응하는 독일의 혁신정책은 본격적으로 추진되기 시작하고 나서 충분한 시간이 흐르지 않아서 그 성과에 대한 학술적 평가를 하기는 아직 이른 것으로 보인다. 다만, 2010년대 독일의 지식집약, 첨단기술 산업 비중이 다른 나라에 비해서 어떻게 변화되어 왔는지를 살피고자 한다. 독일연방정부는 2006년 ‘연구혁신전문가 위원회(Expertenkommission Forschung und Innovation)’를 설립하여 독일의 연구혁신체계를 평가하고 관련 정책에 대한 자문과 제언을 하도록 하고 있다.³⁷⁾ 이 위원회는 2008년부터 매년 ‘독일 연구혁신기술능력 평가서’를 연방정부에 전달하고 있다. 최근 위원회는 2006년 이래 하이테크 전략으로 추진한 혁신전략의 성과를 평가할 수 있는 몇 가지 흥미로운 경제지표들을 제시하였다(EFI, 2020).

첫째, 독일 제조업과 서비스 부문의 혁신집약도(혁신관련 지출/매출액)를 보면 연구개발 집약적 제조업(첨단기술 제조업과 고급기술 제조업)의 경우 2000년 후반 7%이었으나 그 후 증가추세를 보이며 2013년에는 8.8%, 2018년에는 9.0%에 달하였다

〈그림 3〉 독일 제조업과 기업지향 서비스 산업의 혁신집약도



주: 1) 혁신집약도=혁신관련지출/매출액.

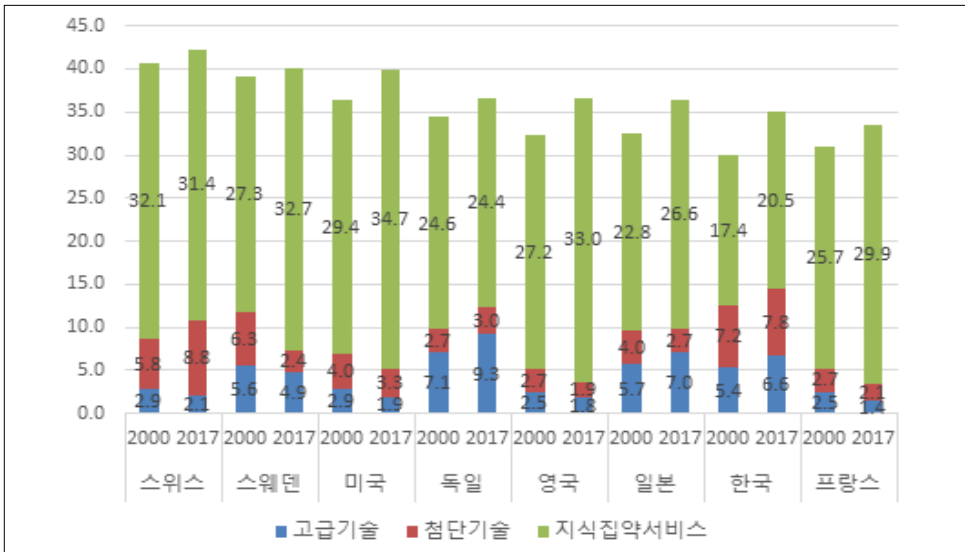
2) 산업 분류는 Gehrke, Rammer et al. (2010), Gehrke, Frietsch et al. (2013)에 따름. 부록 참조.
자료: EFI(2020), S.93.

37) 현재 6명의 대학교수로 구성되어 있다.

(〈그림 3〉). 이것은 같은 기간 그 외 제조업 분야에서는 혁신집약도가 약 2% 수준에서 약 1%로 하락하고 있는 것과 뚜렷한 대조를 보인다. 서비스 분야에서는 지식집약적 서비스 분야는 2006년부터 2016년까지 혁신집약도가 5%대외로 등락하다가 최근 6%를 넘는 수준으로 상승한 반면, 기타 서비스 분야에서는 1% 수준이었던 것이 서서히 하락하고 있다(EFI, 2020, S.93).

둘째, 독일에서는 2000년대 들어서서 최근까지 고급기술과 첨단기술을 이용하는 제조업이 부가가치에서 차지하는 비율이 동시에 증가하였고, 이처럼 두 종류의 제조업 비중이 모두 증가한 나라는 독일 외의 중요 비교대상국 중에서는 한국이 유일하다(〈그림 4〉). Gehrke und Schierch (2020)에 의하면 독일에서는 고급기술 제조업의 비중이 2000년 7.1%였던 것이 2017년 9.3%로 증가하였고 첨단기술 제조업의 비중도 같은 기간 2.7%에서 3.0%로 증가하였다. 독일은 고급기술 제조업의 비중 면에서는 2000년이나 2017년이나 비교대상국 중 가장 높았고, 첨단기술 제조업의 비중 면에서는 2000년에는 비교대상국 프랑스와 함께 최하위권이었지만 2017년에는 스위스, 한국, 미국에 이어서 중위권으로 올라섰다. 반면, 지식집약적 서비스의 비중은 비교대상국 중 24.6%에서 24.4%로 감소함으로써 스위스와 더불어 드문 사례가 되고 있다.

〈그림 4〉 연구개발 집약적 제조업과 지식집약 서비스의 부가가치 기여비율(%)



자료: Gehrke und Schiersch (2020), EFI (2020) S.109에서 재인용.

위의 분석의 대상이 된 첨단기술 제조업, 고급기술 제조업, 지식 집약 서비스 산업에 포함되는지 여부가 ‘4차 산업혁명’ 또는 ‘제조업 4.0’ 기술 적용 여부와 정확히 일치하는 것이 아니다. 그러나 부록에 보인 목록에서 알 수 있듯이 첨단기술 및 고급기술 제조업으로 분류되는 산업들 중에는 제조업 4.0의 직접적 적용의 일차적 대상이 될 수 있는 것들이 다수 포함되어 있으므로³⁸⁾ 이러한 분야에서의 혁신활동의 증가와 GDP 중 비중의 상승은 ‘제조업 4.0’의 기술체계가 연관성 깊은 산업으로의 침투와 국민경제에 대한 기여가 상승하고 있을 가능성에 대한 방증이라고 볼 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 4차 산업혁명 선도국가로 미국, 독일을 선택하여 이들의 산업혁신전략을 살펴보았다. 이 국가들은 경제시스템이 우리와 다르기 때문에 이들의 경험으로부터 매우 구체적인 정책적 시사점을 도출하는 것이 무리이다. 다만 그들의 경제시스템의 맥락에서 혁신전략의 기초와 내용을 살펴봄으로써 우리나라의 산업혁신 전략의 수립에 있어서 그 방향성 면에서는 도움을 받을 수는 있다. 두 국가의 사례로부터 시사점은 다음과 같다.

첫째, 미국의 사례는 제조현장이 혁신에서 중요함을 보여주었다. ‘산업공유자산’이라는 개념을 통해서 Pisano and Shih(2012)이 지적하였듯이 제조업 생태계가 좋은 일자리를 창출하는 효과뿐 아니라 새로운 혁신의 용광로가 된다. 즉 첨단기술을 개발하는 것에만 주의를 집중할 것이 아니라 그것을 어떻게 국내에서 스케일업해서 생산까지 할 것인가에 주목해야 한다는 것이다. 우리나라는 독일, 일본과 함께 제조업 현장이 유지되고 있는 국가로 여겨지고 있지만 부가가치 규모에 비해 고용이 그만큼 크지는 않다는 문제를 안고 있다. 또한 대기업들이 글로벌 밸류체인에 깊숙히 결합되면서 중요한 제조기능이 자꾸 해외로 빠져나간다는 문제점도 안고 있다. 이러한 상황이 지속된다면 혁신 자체도 정체될 가능성이 있다. 제조기능을 중심으로 하는 ‘산업공유자산’을 축적하기 위한 의식적인 노력이 중요하다.

둘째, 독일의 사례는 혁신정책이 제조업 일부에만 국한된 현상이 아닌 사회의 모든 측면이 영향을 받는 문제이고 그러한 시각에서 접근해야 함을 보여주고 있다. 2006년 하이테크 전략이 처음 시작되었을 때에는 유망한 각종 기술들을 병렬적으로 지원하는

38) 예컨대 데이터처리장비, 전력 및 광학 제품, 전자 장비, 기계제작, 자동차, 자동차 엔진, 자동차 부품 및 추가부품, 기차제작, 기계 및 장비설치, 정보기술 서비스 제공 등을 들 수 있다.

접근 방식이었다. 그러나 이후 시간이 경과하면서 건강, 지속가능성, 안전, 디지털화에 따른 경제와 노동세계의 변화 등 공공의 영역에서 대처해야 할 사회적 도전에 대한 대응 수단으로서의 혁신이라는 개념이 강화되어 왔다. 따라서 이를 다루기 위해 관련된 연방부처를 포괄하는 통합적 혁신전략을 수립하려는 노력이 강화되어 왔다. 독일연방은 연구개발혁신 정책을 교육연구부, 경제부, 교통부, 농림부 등이 분권적으로 시행해온 전통이 강하다. 그러나 하이테크 전략이 수립되기 시작하면서 혁신의 과제설정과 재원 배분에 있어서 범부처적 통합적 전략의 개념을 수립하려는 노력이 강화되어 왔다. 그 결과 3기 하이테크 전략부터는 기술개발에 대한 지원뿐 아니라 혁신친화적 금융, 표준, 시민사회의 참여, 노동 4.0과 같은 과제가 모두 혁신전략의 구성요소가 될 수 있었다.

셋째, 미국과 독일 양국에서 국가의 주도적 역할이 중요한 동력이었다. 국가가 전면에 나선 것은 기술변화의 가속화가 야기할 변화가 매우 크고 이에 대응이 필요하기 때문이다. 미국의 경우 전통적으로 민간과 경쟁하지 않는 부문에서의 R&D 지원으로만 국가의 역할을 한정했으나 오바마 정부는 ‘매뉴팩처링 USA’를 통해 국가 주도의 적극적 제조업 혁신을 추진했다. 독일의 경우 질서자유주의적 전통 하에서 그동안 국가는 노사간 협력을 뒤에서 밀어주는 역할을 하였으나 이번에 민간 주체들이 제조업 4.0이라는 의제를 도출하고 그 구체적 실천전략을 제시함에 있어서 그 틀을 정부가 마련해 주었다. 또한 2019년 발표된 ‘국가산업전략 2030’을 통해서 전통적인 시장주의적 산업정책 노선을 일정하게 수정하여 국가의 적극적 역할을 강조하는 방향으로 전환했다. 이 전환의 배경은 근본적이고 급속한 기술체계변화와 플랫폼 경제의 출현으로 인해서 자동차를 중심으로 한 독일의 부가가치 생산체계는 물론 사회복지체계 전체가 흔들리게 될 것이라는 위기의식이 있었다.

넷째, 국가가 주도하고 있지만 일방적 국가 주도 방식은 아니다. 민관협력(PPP), 생태계 접근(ecosystem and filieres) 등이 주요 특징이다. 민관협력, 생태계 협력은 원래 조합주의적 국가인 독일에서 전통적으로 정착된 방식이었는데 미국도 ‘매뉴팩처링 USA’ 전략을 추진하면서 범부처 연합으로, 민간 협력으로, 각 지역에 허브를 만들고 그 허브 간 네트워크를 만들었다는 점에서 새로운 거버넌스 체계를 작동시키고 있다. 산업공유자산 개념을 통해 이해하게 된 것은 제조활동의 지역에서의 존재가 중요하다는 것으로서 그 활동을 통해서 새로운 혁신도 가능하다는 것이다. 그런데 그 활동이란 그 곳에 모여서 함께 교류하는 이해관계가 전체가 함께 협력해야 가능한 일이다. 따라서 여러 주체가 협력하여 각 지역에서 생태계를 만들어야만 그러한 자산이

축적되는 것이다.

우리나라는 전통적으로 국가가 주도해서 산업혁신을 이끌어왔기 때문에 미국, 독일에서 추진되고 있는 산업혁신전략이 새로운 것이 아닐 수 있다. 따라서 우리는 이미 이들이 추구하고 있는 방향으로 잘해 왔는지도 모른다. 그러나 이들의 사례를 조금 더 구체적으로 들여다보면 여전히 우리에게 부족한 것이 무엇인지 보인다. 예를 들어 독일의 경우 거대한 산업전환을 위해 이해관계자 모두가 적극 소통하고 협력하고 있는 점이다. 특히 이러한 과정에서 노사가 협력적인 태도로 함께하고 있다는 점이 흥미롭다.

■ 참 고 문 헌

1. 김계환 · 박상철, “독일의 인더스트리 4.0과 제조업의 변화,” 정책자료 2017-310, 산업연구원, 2017.
2. 박유미, “미국 제조업 르네상스의 의미와 교훈- 혁신에서 제조의 중요성,” KIET 산업경제 7월호, 산업연구원, 2019.
3. 유인태, “미국의 4차 산업혁명 담론과 전략, 제도,” 『세계정치』, 제28권 제0권, 2018.
4. 이명현, “독일의 신재생에너지 연구개발 정책과 국가적 혁신체제,” 『EU학 연구』, 제16권 제2호, 2011, pp. 77-119.
5. 이명현 · 원승연, “독일 경제체제의 특징과 중소기업,” 이병천, 윤홍식, 구갑우 엮음, 안보개발국가를 넘어 평화복지국가로: 독일의 경험과 한국의 과제, 참여사회연구소 총서 27, 2016.
6. 장운중 · 사공목 · 주대영 · 이상현 · 김상훈, “4차 산업혁명의 글로벌 동향과 한국산업의 대응전략,” 산업연구원, 2017.
7. 장은교, “제조업 위기극복을 위한 혁신생태계 조성방안-미국 제초혁신연구소 사례를 중심으로,” 국토정책 BRIEF, 1월, 국토연구원, 2019.
8. 정준호, “EU의 스마트 전문화 및 미국의 제조업 르네상스 정책에 대한 비판적 검토와 한국 지역산업정책 방향,” 『경제지리학회지』, 제19권 제4호, 2016, pp. 782-798.
9. 주 현 · 김인철 · 노영진 · 최현경 · 김영민 · 김종일 · 권현욱 · Erber, G. · Buigues, P., “글로벌 금융위기 이후 선진국의 산업정책 연구,” 연구보고서 2015-741, 산업연구원, 2015.
10. 홍성욱 · 이두갑 · 신동민 · 이은경, “선진국 대학연구체계의 발전과 현황에 대한 연구,” 정책연구, 과학기술정책연구원, 2002.
11. Acs, Z. J., and D. B. Audretsch, *Innovation and Small Firms*, Cambridge: MIT Press, 1990.
12. Bonvillian, William B., “Advanced Manufacturing Policies and Paradigms for Innovation,” *Science* 342 (6163), 2013, pp. 1173-1175.
13. _____, “Donald Trump’s Voters and the Decline of American Manufacture,” *Issues in Science and Technology*, June 2016.
14. Brich, D., “Who Creates Jobs?” *Public Interest*, Vol. 65, 1981, pp. 3-14.

15. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, "Grünbuch: Arbeiten 4.0," 2014.
16. _____, "Weissbuch: Arbeiten 4.0," 2017.
17. Bundesministerium für Bildung und Forschung, "Berufsbildung 4.0 - Den Digitalen Wandel gestalten," 2017.
18. _____, "Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft," 2016.
19. _____, "Die Hightech-Strategie 2020 für Deutschland," 2010.
20. _____, "Die Hightech-Strategie für Deutschland," 2006.
21. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, "Nationale Industriestrategie 2030: Strategische Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik," 2019.
22. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, (BMWi), Bundesministerium des Innern (BMI) und Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), "Digitale Agenda 2014-2017," 2014.
23. Bundesregierung, "Bericht der Bundesregierung: Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan)," 2012.
24. _____, "Die Hightech-Strategie 2025: Forschung und Innovation für die Menschen," 2018.
25. _____, "Die neue Hightech-Strategie: Innovation für Deutschland," 2014.
26. CDU, CSU und SPD, "Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode," 2018.
27. Council on Competitiveness, *Make an American Manufacturing Movement*, December 2011.
28. Detlef, G., "Industrie 4.0: Auswirkungen und Perspektiven von Digitalisierung auf Industriearbeit" Beitrag zur Reihe 'Böll Economics' am 17. September in Frankfurt, 2018.
29. Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB), "Künstliche Intelligenz und die Arbeit von morgen: Ein Impulspapier des Deutschen Gewerkschaftsbundes zur Debatte um Künstliche Intelligenz (KI) in der Arbeitswelt," 2019.
30. Deutscher Industrie- und Handelskammertag, "DIHK-Konjunkturumfrage Herbst 2019: Konjunktur auf Talfahrt," 2019.
31. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), "Gutachten zur Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016," 2016.
32. _____, "Gutachten zur Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020," 2020.
33. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft, "Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0," Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 Vorabversion, 2012.
34. _____, "Perspektivenpapier der Forschungsunion: Wohlsand durch Forschung - Vor Welchen Aufgaben steht Deutschland?" 2013.
35. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft, und acatech (Deutsches Akademie der Technikwissenschaften), "Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern:

- Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0," Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013.
36. Gehrke, B. und Schiersch, A., "FuE-intensiven Industrien und wissensintensive Dienstleistungen in internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem," 2020.
 37. Gehrke, B., Frietsch, R., Neuhäusler, P., Rammer, C. und Leidmann, M., "Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter: NIW/ISI/ZEW-Listen 2012," Studien zum deutschen Innovationssystem, No.8-2013, Expertenskommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin, 2013.
 38. Gehrke, B., Rammer, C., Frietsch, R., Neuhäusler, P. und Leidmann, M., "Listen wissens- und technologieintensiver Güter und Wirtschaftszweige: Zwischenbericht zu den NIW/ISI/ZEW-Listen 2010/2011," Studien zum deutschen Innovationssystem, No.19-2010, Expertenskommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin, 2010.
 39. Gottschalk, S. und Licht, G., "Finanzierung von jungen Unternehmen durch externes Eigenkapital in Deutschland: Auswertung aus dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP)," Projektbericht, 2013.
 40. Hart, David M. Stephen J. Ezell and Robert D. Atkinson, "Why America Needs a National Network for Manufacturing Innovation," Information Technology and Innovation Foundation, December 2012.
 41. Hinrichsen, Sven und Jasperneite, Juergen, Industrie 4.0 - Begriff, Stand der Umsetzung und kritische Würdigung, "Betriebspraxis & Arbeitsforschung," 2, 2013, 45-47.
 42. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, "Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft," IAB-Forschungsbericht 8-2015, 2015.
 43. Kota, Sridhar, Justin Talbot-Zorn and Tom Mahoney, "How the U.S. Can Rebuild Its Capacity to Innovate," *Havard Business Review*, October 23, 2018.
 44. Levinson, Marc, "Hollowing Out' in U.S. Manufacturing: Analysis and Issues for Congress," CRS Report, R41712, Congressional Research Service, 2011.
 45. _____, "Job Creation in the Manufacturing Revival," CRS Report, R41898, Congressional Research Service, 2019.
 46. Melaas, Aaron and Fang Zhang, "National Innovation Systems in the United States and China: A Brief Review of the Literature," The Center of International Environment & Resource Policy, Energy, Climate and Innovation Program, The Fletcher School, Tufts University, Number 011, 2016.
 47. NIST, Manufacturing USA Annual Report 2018, 2019.
 48. NSTC, *The National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design*, 2013.
 49. Pahnke, A., and F. Welter, "The German Mittelstand: Antithesis to Silicon Valley Entrepreneurship?" *Small Business Economics*, Vol. 52, No. 2, 2019, pp.345-358.
 50. PCAST, *Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing*, June 2011.
 51. Pisano, G. P. and W. C. Shih, *Producing Prosperity : Why America Needs a Manufacturing Renaissance*, Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2012.
 52. Tassey, Gregory, "Rationales and Mechanisms for Revitalizing U.S. Manufacturing R&D

Strategies," *Journal of Technology Transfer*, Vol. 35, 2010.

53. VDI nachrichten, "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution' 1, April 2011, Nr.13, 2011.

〈부록: 그림 2, 그림 3의 산업분류(Gerhke, Rammer, 2010, S.9, 11)〉³⁹⁾

첨단기술 제조업:

- 20.2 해충구제, 농약, 살균제, 21 약품, 25.4 무기탄약, 26 데이터처리장비, 전력
및 광학 제품,
30.3 항공기 우주선 제작, 30.4 군사전투기

고급기술 제조업:

- 20.1 화학 기본물질, 비료 및 질소결합물, 인조물질
20.4 비누, 세탁, 청소, 신체관리 및 향수
20.5 기타 화학 제품, 27. 전자 장비, 28. 기계제작, 29.1 자동차, 자동차 엔진,
29.3 자동차 부품, 추가부품, 30.2 기차제작, 33.2 기계 및 장비설치

지식집약적 서비스:

- 58 출판, 59 필름 및 TV 프로그램 생산, 대여, 판매; 영화관, 음향스튜디오
60 라디오방송, 61 통신, 62 정보기술 서비스 제공, 63 정보서비스,
64 금융서비스 제공, 65 보험, 재보험, 연금(사회보험 제외),
66 금융 및 보험서비스와 연계된 활동, 69 법률, 세무자문, 경제감사
70 기업과 경영체 행정 및 운용; 기업자문,
71 건축, 엔지니어링사무소, 물리 및 화학연구
72 연구개발, 73 광고 및 시장조사, 74 기타 자유업, 경제 및 기술 활동
75 수의, 86 의료기관, 90 창의적, 예술적 오락활동, 91 도서관, 문서보관, 박물관,
동식물원

39) 산업분류 방법론에 대한 상세한 설명은 Gehrke, Rammer et al. (2010), Gehrke, Frietsch et al. (2013)을 참조

제조업의 경우 고급기술과 첨단기술의 기준은 기본적으로 '생산액 대비 연구개발 지출'의 비율 각각 3%와 9%(Gehrke, Frietsch et al., 2013, S.6, 7)로 한다.

Industrial Innovation Strategies of the U.S. and Germany and Their Policy Implications

Seeun Jeong* · Myungheon Lee**

Abstract

The purpose of this study is to analyze the industrial innovation strategies of the United States and Germany, the leading countries in the era of the Fourth Industrial Revolution, to draw policy implications. Needless to say, their case is expected to give us useful implications in that the U.S. and Germany are representative countries leading the change at the forefront of the Fourth Industrial Revolution but have different economic systems and have pursued differentiated industrial strategies. In the case of the U.S., we will look at the background of the Obama administration's push for a manufacturing renaissance policy called "Manufacturing USA," its contents and achievements. In the case of Germany we will examine how Germany's comprehensive innovation strategy, "High-Tech Strategy," has evolved and how the agenda of "Manufacturing 4.0" has expanded. The most notable implication in the strategy of the United States and Germany is the active role of the state. The reason why the state has taken the lead is the need for coordinated responses due to the large changes caused by accelerating technological change.

Key Words: 4th industrial revolution, manufacturing USA, hitech strategy, manufacturing 4.0

JEL Classification: O14, O43

Received: Oct. 6, 2020. Revised: Oct. 17, 2020. Accepted: Oct. 27, 2020.

* First Author, Professor, Department of Economics, Chungnam National University, 99, Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea, Phone: +82-42-821-5580, e-mail: jseeun@cnu.ac.kr

** Corresponding Author, Professor, Department of Economics, Incheon National University, 119, Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 22012, Korea, Phone: +82-32-835-6839, e-mail: moseslee65@gmail.com