

제조업 혁신과 HPC(High Performance Computing) 활용

Manufacturing Innovation and HPC (High Performance Computing) Utilization

김용열(Yong-yul Kim)*

목 차

- | | |
|--------------------|---------------------|
| I. 서론 | III. HPC 활용의 정책적 과제 |
| II. 제조업 혁신의 이론적 고찰 | IV. 결론과 시사점 |

국문 요약

본 연구의 목적은 두 가지이다. 첫째, 제조업 혁신과 관련하여 이론적인 측면에서 의미, 파급효과, 고려요소 등에 대해 고찰한다. 둘째, 고성능컴퓨팅(HPC) 활용 정책의 위상을 검증하고 미국과 한국의 상황을 분석한다. 각국의 제조업 혁신 정책은 공통적으로 생산성의 획기적 향상을 목표로 하는데 단순한 생산성의 개선이 아니라 패러다임의 전환을 수반하는 혁신 지향 정책으로서의 성격을 갖는다. 장기적인 성장과 고용을 위해서는 탈공업화를 대체하여 재공업화의 필요성도 있다고 보아야 한다. 제조업 혁신을 통해 고용이 일시적으로 또는 부분적으로 줄어들 수 있으나 간접적인 경로로 고용이 확대되는 효과가 더 클 것이다. HPC 활용의 정책은 제조업 혁신의 부분집합으로서가 아니라 별개의 흐름으로서 중요성을 갖는다. 미국의 경우 HPC 기반의 M&S 활동을 촉진하기 위해 정부주도로 애로요인 해소에 주력하고 있고 민간 합동체제를 통한 문제해결 방식을 추진하고 있다. 한국의 경우 HPC 기반의 M&S 활동에 관련된 생태계 조성이 필요하고 이를 위해 제조기업 M&S 활용 확대와 M&S 지원 전문기업 육성의 과제가 중요하다고 할 수 있다.

핵심어 : 제조업 혁신, HPC 활용, 생산성, M&S

※ 논문접수일: 2016.1.13, 1차수정일: 2016.3.11, 2차수정일: 2016.4.18, 게재확정일: 2016.5.10

* 홍익대학교 국제경영학과 교수, yykim@hongik.ac.kr, 044-860-2482

ABSTRACT

The purpose of this study is two fold. First, we will explore the meaning, spread effect and consideration factors of manufacturing innovation in terms of theoretical perspective. Second, we will verify the status of high performance computing (HPC) utilization policy, and analyze the situation of US and Korea.

Manufacturing innovation policy in each country has the objective in common which aims epoch-making enhancing of productivity. Nevertheless it can be characterized as innovation oriented policy rather than simple trial of productivity improvement. For long term growth and employment, the need for reindustrialization instead of deindustrialization should be recognized. Employment may be decreased temporarily and partially due to manufacturing innovation. However net effect of employment increasing will be bigger because of indirect employment.

HPC utilization policy has the importance as a separate movement other than as a subset of manufacturing innovation. US government is trying to eliminate the bottleneck elements in adoption of HPC based M&S activity, and to promote the way of problem solving through the mechanism of public-private partnership, in spite of low level of HPC based M&S. In Korea, ecosystem related with the activity of HPC based M&S is needed, and expansion of M&S utilization in manufacturing companies and fostering of M&S supporting institutions will be important for this task

Key Words : Manufacturing Innovation, HPC Utilization, Productivity, M&S (Modeling and Simulation)

I. 서 론

세계적으로 제조업 혁신이 추진되고 있다. 선진국은 물론이고 개도국에서도 제조업 혁신을 위한 정책이 마련되어 시행되고 있는 것이다. 우리나라도 예외가 아니다. 제조업 혁신에 관련된 정책과 그 후속방안들이 단계적으로 전개되고 있다. 이러한 움직임으로 인하여 세계는 제조업을 중심으로 한 혁신경쟁의 시대에 돌입하였다고 말할 수 있다.

최근 들어 제조업 혁신이 관심사가 되는 이유로서 2008년 미국발 서브프라임모기지 사태 이후 각국 경제가 침체되었고 금융을 비롯한 서비스 부문이 성장동력의 역할을 하지 못하게 되면서 제조업의 중요성이 다시 부각된 것이 아닌지 추측이 된다. 또한 오바마 행정부가 그러하였듯이 제조업 강화 정책을 통해 경제의 고부가가치화를 추구하고 지속가능한 성장을 도모하려는 측면이 있을 것이다.

글로벌 사업전개의 패턴에 변화가 생기고 있다는 점에도 유념할 필요가 있다. 흔히 ‘유타’이나 ‘리쇼어링’이라는 단어로 표현되는 현상으로서 해외진출 기업의 국내 복귀가 늘어나고 있다. 중국, 베트남 등 세계의 공장 지역으로 거점을 옮겼던 기업들이 자국으로 돌아오는 이유는 인건비가 싼 대신 품질관리비가 많이 들거나 공급망 관리에 어려움이 있기 때문이다. 유타 현상에 대응하기 위해서는 제조업 정책이 달라져야 한다.

이러한 배경 하에서 독일의 ‘인더스트리 4.0’, 미국의 ‘첨단제조구상’, 일본의 ‘일본산업재흥 플랜’, 중국의 ‘중국제조 2025’, 한국의 ‘제조업 혁신 3.0’ 등이 동시다발적으로 시행되고 있다. 다음 2장 1절에서 보듯이 이에 관한 국내의 기존연구가 많은 편인데 제조업 혁신에 관한 기존 연구의 대부분은 학술적 연구라고 하기보다 내용의 정리와 소개를 주안으로 하는 자료로서의 성격이 강하다고 할 수 있다.

즉 기존연구들은 제조업 혁신의 최근 동향을 보여주고 있지만 예외 없이 각국 제조업 혁신 정책의 배경이나 주요 시책, 관련된 예산이나 기구 등을 소개하는 데 그치고 있어서 분석적인 수준의 연구라고 보기 어렵다. 본 연구에서는 이들과 달리 해당 정책들이 어떠한 의미를 가지고 있고 파급효과와 고려해야 할 요소가 무엇인지 다양한 관련이론을 동원하여 고찰하게 될 것이다.

한편 제조업 혁신과 관련하여 또는 병행하여 일정 수준 이상의 능력을 갖는 고성능컴퓨팅 즉 HPC(High Performance Computing, 이하 HPC로 표기)를 활용하는 방안이 대두되고 있다. 이 분야는 미국이 주도하고 있고 우리나라도 선도적으로 대응하려는 체비를 갖추고 있다. 제조업 혁신의 내용에 비해 많이 주목받고 있지 않지만 HPC 활용에 관한 정책 역시 제조업 경쟁력 강화에 있어서 중요한 흐름이라고 할 수 있다.

HPC 활용에 관련된 기존연구로서 미국 경쟁력위원회의 각종 보고서(3장 2절에서 후술)가 있고 한국의 경우 국책연구기관의 일부 보고서나 내부자료가 있을 뿐이다. 제조업 혁신이라고 하는 큰 흐름에 비해 HPC 활용에 관해서는 상대적으로 덜 알려져 있는 만큼 기존의 연구가 많지 않은 편이다. 또한 기존연구들에서는 우리의 관심사항에 대해 충분히 소명되지 않는 부분이 남아 있다.

본 연구에서는 HPC 활용에 관한 논의가 제조업 혁신과 별도의 흐름으로 진행되어 왔다는 판단 하에 해당 정책의 포지셔닝이나 다양한 개념 간의 위상 등을 확실하게 밝히고자 한다. 이를 바탕으로 모범사례라고 할 수 있는 미국의 경우와 이를 벤치마킹해야 할 한국의 상황에 대해 객관적으로 살펴보게 될 것이다. 이러한 점들은 기존연구에서 다루어지지 않고 있기 때문에 본 연구의 의의가 있다고 할 수 있다.

본 연구는 제조업 혁신과 HPC 활용의 두 가지 이슈를 동시에 다루고 있는데 이러한 점이 본 연구의 기여일 수 있지만 제약일 수도 있을 것이다. 여기서 제약이라 함은 각각의 접근방법이나 연구방법론이 약간 상이하다는 점을 말하는 것이다. 즉 연구의 성격 상 2장에서 다루는 제조업 혁신 이슈는 이론적 접근에 해당하고 3장의 HPC 활용은 정책적 성격에 가깝다고 할 수 있다.

그 이유는 다음과 같다. 먼저 전자의 경우 기존연구들과 달리 제조업 혁신의 내용을 이론적 관점에서 해석하거나 의미를 부여하는 데 주안이 두어져 있다는 점이다. 후자의 경우에는 적은 기존연구를 바탕으로 하되 가급적 전자와의 관계구도 하에서 현재 논의되는 세부과제들의 위상과 관계를 분명히 하고 이로부터 한국의 상황과 나아갈 방향에 대한 시사점을 도출하는 데 주안이 두어져 있다는 점이다.

본 절의 서론 부분에 이어 2장에서는 현재 각국에서 추진되고 있는 제조업 혁신 정책과 관련 하여 이론적인 측면에서 의미, 파급효과, 고려요소 등을 고찰하게 될 것이다. 3장에서는 HPC 활용에 관한 정책이 갖고 있는 흐름이나 특징을 논리적으로 검증하고 미국과 한국의 진전 상황 및 추진 방향을 과제 중심으로 분석하게 될 것이다. 마지막 4장은 결론과 시사점에 해당한다.

II. 제조업 혁신의 이론적 고찰

1. 각국 제조업 혁신 정책 개요

제조업 혁신을 주요 정책으로 추진하고 있는 국가는 많이 있고 선진국은 물론 개도국도 이러

한 움직임에 참여하고 있는데¹⁾ 이하에서는 독일, 미국, 일본, 중국, 한국 등 5개국의 정책 개요에 대해 살펴보기로 한다. 제조업 혁신 정책의 내용 중에서 실제로 추진의 대상이 되는 주요활동이 무엇인지를 중심으로 논의를 전개하게 될 것이다.²⁾

제조업 혁신이 널리 알려지게 된 데는 독일의 인더스트리 4.0 정책이 큰 역할을 하였다. 전통적인 제조 강국 독일은 기존 제조업의 성숙화에 대응하여 제조업과 IT를 접목함으로써 생산의 효율성을 극대화하는 방안을 마련하고 이를 인더스트리 4.0이라고 명명하였다. 여기서 가장 중요한 점은 제조업과 IT의 접목이라고 할 수 있다. 기존 제조업을 IT에 결합하여 전혀 새로운 제조기술로 재탄생시킨다는 것이다.

인더스트리 4.0 정책은 IT기술을 활용하여 스마트팩토리를 구현하는 것을 목표로 하고 있고 수단으로서 사물인터넷(IoT: Internet of Things)과 가상물리시스템(CPS: Cyber Physical System)이 중요한 역할을 한다. 이런 점에서 PWC(2014)는 독일의 제조업 혁신을 산업 인터넷(industrial internet)과 동일한 개념으로 간주할 수 있다고 하였다.

다만 기존의 인더스트리 4.0은 최근 들어 플랫폼 인더스트리 4.0으로 변경되어 추진되고 있다. 그 이유는 당초 설정된 구도와 달리 가상물리시스템이나 사물인터넷의 실제 적용에 있어서 활용기술 개발과 표준화 문제가 해결되지 않았던 것이고 그에 따라 플랫폼과 표준, 제도혁신과 인력양성을 포함한 보다 광범위한 정책으로 발전하게 되었다.

미국에서 제조업 혁신을 주도하는 곳은 대통령 직속 기구인 경쟁력위원회(CoC: Council on Competitiveness)이고 정책 추진의 요체는 첨단제조구상(AMI: Advanced Manufacturing Initiative)이라고 할 수 있다. 이를 위해 제조혁신 국가네트워크(NNMI: National Network for Manufacturing Innovation)를 구축하였고 그 산하에 지역별 15개의 제조혁신연구소가 설립되어 긴밀히 연결되어 있다.

미국은 제조업 혁신의 활동으로서 첨단제조업의 R&D에 관련된 5대 목표를 설정하는 한편 3D 프린팅, 첨단센서, 신소재디자인, 나노소재, 생물정보학, 산업용 로봇 등 핵심 기술분야를 지정하였다. 또한 최근에는 보다 거시적인 차원에서 첨단제조업을 비롯하여 정밀의학, 두뇌이

1) 대한무역투자진흥공사(2015가)에서는 대만, 인도, 러시아, 모로코, 에콰도르 등 개도국들의 제조업 육성 또는 혁신 정책에 대해 소개하고 있다.

2) 제조업 혁신에 관한 학술적 연구로서 첨단제조방식이나 스마트제조업의 영향을 분석한 Kotha and Swamidass(2000), Davis et al.(2012), Zuehlke(2008) 등이 대표적이고 제조업 혁신 정책을 전반적으로 다룬 국내연구로서 대한무역투자진흥공사(2015가), 현대경제연구원(2014), 전국경제인연합회(2015) 등을 들 수 있다. 각국별로 독일의 제조업 혁신 정책에 대해서는 포스코경영연구소(2014, 2015), PWC(2014) 등을 참고할 수 있고 미국의 경우 경쟁력위원회 보고서 Make(2011) 이외에도 대한무역투자진흥공사(2013), 김보민 외(2014) 등이 도움이 될 수 있다. 일본에 대해서는 日本經濟再生本部(2013), 현대경제연구원(2015), 김윤경(2015) 등을 참조할 수 있다. 중국의 중국제조 2025는 대한무역투자진흥공사(2015나), 대외경제정책연구원(2015), 송슈양(2015) 등을 보면 좋을 것이다. 우리나라 제조업 혁신 정책은 산업통상자원부(2014), 관계부처 합동(2015)과 함께 대한상공회의소(2014), 산업통상자원부(2015가)의 자료를 참고할 수 있다.

니셔티브, 첨단자동차, 스마트시티, 청정에너지, 교육기술, 우주, 고성능컴퓨팅 등 9개 과제를 새로운 미국혁신전략으로 발표하였다.

미국의 제조업 혁신은 경쟁력위원회가 주도하고 있지만 국방부, 에너지부, 교육부, 국립표준기술연구소, 미국항공우주국, 미국과학재단 등이 참여하는 범부처적인 성격으로 추진되고 있다. 따라서 각 부처의 R&D 예산편성에 있어서도 첨단제조업이 우선시되고 있는데 이러한 점은 우리에게도 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

일본 역시 최근 제조업 정책에 커다란 변화가 일어나고 있다. 일본 정부는 제조업 경쟁력 강화를 위해 2013년 ‘일본재흥전략’을 설정하였는데 이를 상위개념으로 하여 3개의 액션플랜이 마련되었다. ‘일본산업재흥플랜’, ‘전략시장창조플랜’, ‘국제전개전략’ 등으로서 이 가운데 일본산업재흥플랜이 주로 제조업 경쟁력에 관한 내용을 담고 있다. 일본의 경우 제조업 혁신 정책이라는 표현은 직접적으로 사용하고 있지 않다.

일본재흥전략과 함께 과학기술혁신 종합전략이 2014년 발표되었다. 과학기술혁신의 추진을 위해 ‘전략적 혁신촉진 프로그램’(SIP: cross-ministerial Strategic Innovation Promotion program)과 ‘혁신적 연구개발 지원’(ImPACT: Impulsing PARadigm Change Through disruptive technologies)의 국가적 프로젝트를 신설하였다. 일본재흥전략이 산업정책이라면 과학기술혁신 종합전략은 과학기술정책에 해당한다고 볼 수 있을 것이다.

중국은 제조업 대국에서 제조업 강국으로 전환하기 위한 전략으로서 중국제조 2025를 발표하였다. 중국의 제조업 혁신 정책은 독일과 미국의 관련정책에 대응하거나 이를 벤치마킹한 것으로 보아야 할 것이다. 2015년부터 각 10년씩 끊어 달성할 목표수준이 단계적으로 정해져 있는데 1단계에서는 독일과 일본의 수준에 근접하고 2단계에서는 세계최고의 미국 수준에 이르며 마지막 3단계에서는 중국이 세계최강의 제조업 경쟁력을 갖게 된다는 것이다.

중국제조 2025에서도 제조업과 IT의 융합을 강조하고 있는데 이를 통해 차세대 IT기술, 고급 디지털제어, 신소재 등 향후 업그레이드할 10대 산업을 선정하였다. 또한 제조업 혁신센터, 스마트제조업 프로젝트, 제조업 기초역량 강화, 녹색 제조, 최첨단 설비 등 5대 중점과제에 대해 중점적인 지원을 제공하기로 하였다. 스마트 제조업, 3D 프린팅 등이 강조되고 있는 점은 다른 선진국들과 마찬가지로 할 수 있다.

한국의 경우 창조경제의 패러다임 안에서 경제혁신 3개년 계획에 이어 제조업 혁신 3.0 전략이 입안되어 시행되고 있다. 기본방향은 제조업과 IT, 서비스를 융합한 스마트 산업혁명을 추진한다는 것이다. 구체적으로 보면 스마트 생산방식 확산, 창조경제 대표 신산업 창출, 지역 제조업의 스마트 혁신, 사업재편 촉진 및 혁신기반 조성 등 4대 추진방향 하에서 13대 추진과제가 설정되어 있다.

여러 가지 방안 가운데 가장 비중이 높은 것은 역시 스마트공장의 보급과 확산이라고 할 수 있다. 2015년 3월 관계부처 합동으로 마련된 제조업 혁신 실행대책 아래 6월 민관공동의 스마트공장 추진단이 설립되었고 대한상공회의소를 비롯하여 유관기관들이 역할을 분담하여 각종 지원사업을 추진하고 있다. 이외에도 미래성장동력과 산업엔진이 될 신산업창출 대상으로서 19대 산업분야를 선정하였다(미래창조과학부·산업통상자원부, 2015).

2. 제조업 혁신의 의미

최근 추진되고 있는 각국의 제조업 혁신 정책은 과거부터 해왔던 신성장동력 육성이나 경쟁력 강화와 궤를 달리한다고 볼 수 있다. 앞에서 보듯이 유망기술 분야를 선정하고 지원하는 프로그램도 있지만 스마트팩토리나 첨단제조방식과 같이 방법론에서의 혁신을 지향하는 비중이 높기 때문이다. 이 점에 있어서는 각국의 제조업 혁신 정책이 모두 마찬가지라고 할 수 있다.

우리나라 제조업 혁신 3.0의 내용 중에도 미래 유망분야의 선정과 육성이 포함되어 있고 장석인 외(2014)와 같이 성장동력의 정책이 역대 정권에서 중시되어 왔다. 그럼에도 불구하고 제조업 혁신 정책의 중점은 제조과정이나 방법의 혁신에 있다고 보아야 한다. 이는 새로운 분야에 대한 R&D 투입이나 확대가 아니라 R&D 자체의 성격이 변화해야 한다는 점을 의미하는 것이다.

그간 R&D는 정부와 민간 또는 기초연구와 응용연구 등 이분법적인 사고에 의해 성격이 규정되어 왔다. 대체로 정부와 대학에서의 기초연구에 비해 민간부문에서의 상업화 연구가 투자금액이 많았고 성공확률도 높았다. 이 둘 사이의 유기적인 연결에 대해서는 별로 노력이 기울여지지 않았다. Molnar(2014)는 기초연구와 상업화의 사이에 갭이 생기는 현상을 “missing middle”이라고 부르며 이를 메꿔줄 대안이 제조업 혁신이라고 풀이하였다((그림 1) 참조).



(그림 1) 제조업 혁신의 역할

자료: Molnar(2014)로부터 수정

이를 다른 시각에서 보면 과학기술정책과 산업정책의 연계라고 할 수 있다. 산업정책으로서의 제조업 경쟁력과 과학기술정책으로서의 IT, 소프트웨어가 결합하여 새로운 제조방식이나 신기술분야가 탄생할 수 있다는 것이다. 각국 제조업 혁신 정책의 공통분모인 스마트팩토리, 가상물리시스템, 첨단제조방식 등도 과학과 기술 그리고 산업을 잇는 연결고리 역할을 하고 있다고 볼 수 있을 것이다.

제조업 혁신이 요구되는 배경이나 상황은 국별로 다양하고 복잡하지만 이론적으로 볼 때 신축적 전문화(flexible specialization)의 관점이 제조업 혁신의 의미를 이해하는 데 도움을 줄 수 있다. 오래 전에 Piore and Sabel(1984)은 제2차 산업분기점이라는 저서를 통해 컴퓨터의 활용과 시장의 유연화로 대량생산 체제와 신축적인 조정메커니즘이 공존할 수 있다는 점에 주목하였다.

원저에서는 1차 산업분기점이 19세기에 있었고 1980년대가 2차 산업분기점이 지나가는 시기라고 하였으나 이러한 관점에서 보면 최근의 제조업 혁신은 3차 또는 4차 산업분기점의 시기에 해당하는 것이라고 볼 수 있다. 독일의 인더스트리 4.0이 제조업과 IT의 결합을 통해 생산체제를 전환하는 데 주력하고 있고 미국의 첨단제조구조상 역시 기존 제조업의 근본적 변화와 새로운 첨단기술을 활용한 제품개발에 중점을 두고 있기 때문이다.

산업혁명 이후 오랜 기간에 걸쳐 지속적인 생산성 향상이 이루어졌고 1980년대에 접어들어 정보기술 혁명 또는 ME(microelectronics) 혁명이라고 하는 국면이 도래하였다.³⁾ 정보기술의 혁명으로 인하여 다시 엄청난 진전이 이루어졌다. 이후 2000년대 이후 전개되기 시작한 인터넷 혁명 또는 디지털 혁명이 새로운 변수가 되고 있는 바 이를 제조업과 연계하도록 한다는 구상이 제조업 혁신의 의미라고 해석할 수 있다.

각국의 제조업 혁신 정책은 제조업의 생산성이나 경쟁력을 향상시킨다는 목적을 갖고 있는데 측정이 모호한 경쟁력보다는 확실한 측정방법을 갖고 있는 생산성이 현실적인 목표가 될 수 있다. 이와 관련하여 Abernathy(1978)가 말하는 생산성의 딜레마에 대해 생각해볼 필요가 있다. 그의 이론에서는 생산성과 혁신이 다른 개념으로 다루어지고 있다. 생산성의 향상이 곧 혁신은 아니라는 것이다.

생산성은 현재의 여건을 주어진 것으로 간주하고 그 틀 안에서 경제적이고 합리적인 행동을 통해 비용을 절감하거나 수익을 증대하려고 하는 것이다. 반면에 산업의 발전, 기술의 변화, 기업의 환경적응은 비연속적으로 이루어질 가능성이 높기 때문에 전략적인 환경창조나 혁신활동이 요구된다는 것이 Abernathy(1978)의 주장이다. 이처럼 생산성의 딜레마를 받아들이면 제조업 혁신이 추구하는 생산성 향상은 혁신의 취지와 일견 모순될 수도 있다.

3) 컴퓨터의 보급을 1차 정보혁명, ME 기술의 발달을 2차 정보혁명으로 부르기도 한다.

그러나 최근의 제조업 혁신이 지향하는 생산성의 향상이 종래의 제조과정이나 생산방법을 유지하면서 약간의 변화를 도모하는 것이 아니라는 점에 유념할 필요가 있다. 제조업 혁신의 목표는 기존의 또는 신규의 제조업 부문에 대해 첨단기술을 접목하여 생산성을 획기적으로 향상시키고자 하는 데 있기 때문에 현행의 패러다임 자체를 바꾸어 즉 패러다임의 전환을 통해 대폭적인 개선이나 전환을 달성하려는 혁신적 활동에 해당하는 것이다.

제조업 혁신의 현실적인 목표가 생산성의 향상에 있다는 것은 또 다른 측면에서 보면 혁신의 유형이 제품혁신(product innovation)이 아닌 공정혁신(process innovation)에 해당하는 것이라고 볼 수 있다. Abernathy and Utterback(1978)에 의하면 산업 내의 혁신 패턴에 있어서 시간이 흐름에 따라 제품혁신과 공정혁신의 비중이 변화하게 된다. 즉 초기에는 제품혁신이 주류를 이루다가 후기에 이룰수록 공정혁신의 비중이 높아진다는 것이다.

그렇다면 각국에서 추진되고 있는 최근의 제조업 혁신은 왜 새로운 제품의 출현과 같은 제품 혁신이 아니라 기존의 제품이나 제조방법에서의 공정혁신을 지향하는 것일까? 이는 대부분의 산업에서 이미 혁신의 성숙화가 진행되어 지금까지 없었던 전혀 새로운 제품의 개발을 기대하기 어렵다는 상황논리와 무관하지 않다. 제품혁신이 어렵다면 공정혁신이 더욱 중요해질 수 있을 것이다.

제조업 혁신 정책의 양대 축인 유망분야 육성과 첨단제조방식 접목은 굳이 분류를 한다면 전자가 제품혁신에, 후자가 공정혁신에 해당한다고 볼 수 있다. 주요국들의 제조업 혁신 정책 중에서는 양자를 모두 지향하는 경우도 있고 그중에서 공정혁신에 치중하는 경우도 있는 것으로 보인다. 미국의 첨단제조기술과 첨단제조방식, 독일의 스마트팩토리와 가상물리시스템은 특히 공정혁신에 초점을 맞춘 것이라고 보아야 할 것이다.

3. 파급효과와 고려요소

근년 각국 특히 선진국에서는 경제의 서비스화, 소프트화가 진행됨으로써 산업구조의 고도화가 이루어졌다. 전체 경제의 비중에 있어서 제조업이 차지하는 비중이 줄어들고 대신 서비스업의 비중이 늘어나는 탈공업화(deindustrialization)가 진전되었던 것이다. 탈공업화 현상은 선진국일수록 더욱 뚜렷한 경향을 보이고 있다. 그런데 제조업 혁신을 추진한 결과로서 생산성이 높아지게 되면 다시 제조업의 비중이 높아지는 현상이 발생하게 된다.

이러한 현상은 탈공업화의 반대로서 재공업화(reindustrialization)에 해당하는 것이다. 그렇다면 제조업 혁신은 지금까지 진행된 탈공업화를 대체하여 재공업화를 달성하려는 것인가? 이러한 측면에 대해서는 기존 문헌이나 관련 정책에서 논의된 바 없기 때문에 나름대로 추론을

할 수 밖에 없다. 재공업화 문제는 Issawi(1980), Tregenna(2011) 등에서 초기 근대화 과정이나 이후 산업발전 과정을 대상으로 분석을 시도한 바 있다.

그러나 이들 연구는 비교적 장기의 기간에 걸쳐 각국 제조업의 비중이 낮아지거나 높아지는 현상을 탈공업화 시기와 재공업화 시기로 분류하는 데 주안을 두고 있기 때문에 제조업 혁신 정책의 관점과는 차이가 있다고 할 수 있다. 탈공업화와 재공업화는 각각의 상황에 따라 타당성을 가질 수 있기 때문에 몇 가지 단기적 지표를 가지고 성급히 방향성을 특정할 필요는 없을 것이다.

한국은행(2014)은 2010년을 기준으로 한 산업연관표를 바탕으로 산업구조를 추계하였다. 2010년 현재 우리나라 제조업 비중은 산출액 기준 49.0%, 부가가치 기준 30.7%에 이르고 있다. 이러한 수치는 OECD 국가들의 평균치인 26.2%, 14.9%에 비해 현저히 높은 수준이다. 우리나라의 제조업 비중은 OECD 상위 21개 국가 중 가장 높은 수치에 해당하는데 제조업 강국인 독일과 일본은 산출액 기준 34.0%, 32.0%로서 우리나라가 15% 내지 17% 포인트 높다.⁴⁾

한국과 중국⁵⁾은 산업구조 중에서 제조업이 아직 높은 비중을 차지하고 제조업을 강화함으로써 국민경제 전체에 긍정적인 효과를 미칠 수 있다. 그러나 미국, 독일, 일본 등 선진국들은 제조업 비중이 매우 낮은 수준임에도 불구하고 제조업 혁신이 왜 중요성을 갖는 것일까? 이는 IT산업이나 서비스업의 비중이 높아지고 있지만 고용확대에 미치는 효과가 제한적이거나 고용의 지속성이 낮다는 점으로 설명될 수 있을 것이다.

반면에 제조업을 통한 고용효과는 안정적이고 장기적인 특성을 갖는다. 경기침체 하에서는 고용문제가 더욱 심각하게 대두되는데 2008년 이후 경제위기가 일시적으로 극복되는 듯하다가 다시 불황의 골이 깊어지고 있는 상황에서 제조업 혁신을 통한 경제성장과 고용확대의 중요성이 부각되었다고 할 수 있다. 기대를 모았던 서비스업에서는 별다른 성과가 없었기에 더욱 그러했을 것이다.

제조업 혁신이 고용문제와 관련이 있다고 하였는데 제조업 혁신의 중심축인 스마트팩토리의 경우 오히려 고용을 줄이는 것이 아닌가 하는 우려가 제기되고 있다. 사람을 대신하여 기계나 로봇이 생산을 담당하게 되고 IT 기술을 사용한 제어가 가능해지기 때문이다. 이 문제는 매우 중요할 수 있는데 실제로 제조과정이 자동화되거나 스마트화 하게 되면 생산인력이 줄어드는 것이 일반적인 현상이다.

Nosbusch and Bernaden(2012)에 의하면 스마트팩토리나 첨단제조방식은 그 자체로 생산인력을 감축시키지만 관련산업의 간접고용을 크게 증가시킴으로써 전체적으로 순증의 효과가

4) 같은 자료에서 서비스업의 비중은 한국이 40.3%(산출액), 59.3%(부가가치)이고 OECD 평균은 각각 59.4%, 72.2%이다. 서비스업의 비중으로 보면 한국은 OECD 상위 21개 국가 중 꼴찌에 해당한다.

5) 중국은 OECD 국가가 아니기 때문에 상기 자료에 포함되어 있지 않다.

기대될 수 있다고 하였다. 간접고용은 두 가지 경로로 발생할 수 있다. 첫째, 스마트팩토리와 관련된 다른 산업이나 가치사슬에서 고용이 창출되는 것이다. 둘째, 기존 공장의 스마트화 가능성이 확인됨에 따라 해외로 나갔던 공장이 국내로 돌아옴으로써 국내고용이 확대되는 것이다.

고용문제와 관련하여 경제학에서 말하는 파레토 법칙⁶⁾이 제조업 혁신에도 적용될 수 있다는 점을 지적할 수 있다. 가상물리시스템이나 스마트팩토리를 채용하게 되면 제조과정에서 실제 생산업무에 비해 설계와 제어기능이 강화되게 된다. 기존의 생산업무는 숙련도가 낮고 환경이 열악하여 좋은 일자리로 간주되지 않았다. 반면에 새로 확대되는 설계나 제어업무는 지식노동에 해당하고 고급 일자리로 인식되어 제조업을 기피하던 신규 노동력을 흡수하는 데 도움이 될 수 있다.

이를 파레토 법칙에 적용해보면 전체 제조기능에서 설계업무가 차지하는 비중은 20%에 불과하지만 이 20% 부분에서 괜찮은 일자리에 대한 노동공급 증가와 설계업무의 채용수요 증가가 맞물려 새로운 고용창출이 일어날 수 있다. 80%에 해당하는 기존업무에서는 고용이 일부 줄어들 수 있다. 따라서 20% 부분에서 창출되는 고용의 증가분이 80% 부분에서 기존업무 스마트화에 따르는 고용의 감소를 상회하고도 남는다면 결과적으로 일자리 창출이나 순고용은 플러스로 나타나게 된다. 즉 20%가 80%를 해결할 수 있다는 것이다.

마지막으로, 제조업 혁신이 효과를 거두기 위해 고려해야할 요소로서 플랫폼, 표준화, 인증의 문제를 살펴보기로 하자. 독일의 인더스트리 4.0이 2년여 지나 수정이 된 것은 표준의 문제가 있었기 때문이다. 스마트팩토리가 규격 통일이나 인증 절차를 거치지 않고 각각의 방식으로 추진됨으로써 기술개발의 확산과 전파가 이루어지지 못했던 것이다. 이를 해결하기 위해 독일 정부는 공통의 기반 즉 플랫폼 개발에 초점을 맞춘 플랫폼 인더스트리 4.0의 정책으로 전환하게 되었다(포스코경영연구소, 2015).

플랫폼의 공유는 결국 표준화와 인증의 문제라고 할 수 있다. 우리나라의 경우 플랫폼 전략이 중요하다는 판단 하에 이미 스마트공장의 표준 플랫폼이 제시된 바 있고 이를 체계적으로 뒷받침할 수 있도록 국가기술표준원 주도로 스마트공장 표준화 추진전략이 발표되었다(산업통상자원부, 2015나). 진전 상황이나 성공 여부는 좀 더 지켜보아야 할 데지만 플랫폼과 표준의 지정 및 인증으로 제품개발에 따르는 시간단축, 비용절감 효과 등 가시적인 성과가 있을 것으로 기대되고 있다.

6) 파레토 법칙은 상위 20%가 전체의 80%에 해당하거나 보유하는 불평등한 구조를 말하는 것으로 20 대 80의 법칙이라고 부르기도 한다.

III. HPC 활용의 정책적 과제

1. HPC 활용 정책의 위상

최근 각국이 제조업 혁신에 매진하는 가운데 HPC 활용이라고 하는 또 하나의 정책이 강조되고 있다. 논리적으로 보면 HPC 활용은 제조업 혁신의 큰 틀 속에서 하나의 수단이 되는 것이 마땅하지만 실제로는 제조업 혁신과 HPC 활용의 두 가지 정책이 별도의 트랙으로 진행되고 있다. 이는 HPC 활용이 반드시 제조업 혁신의 부분집합이라고는 볼 수 없다는 뜻이다. 스마트 팩토리나 가상물리시스템이 HPC에 의존하지 않고도 가능하기 때문이다.

그럼에도 불구하고 성장률 제고나 경쟁력 강화를 위해 HPC를 적극적으로 활용하려는 정책이 나오게 된 것은 슈퍼컴퓨터(이하 슈퍼컴으로 표기)를 비롯한 HPC가 산업적인 목적으로 이용되는 비중이 점차 높아지고 있기 때문이다. 슈퍼컴 전문조사기관 Top500에 의하면 세계 500대 슈퍼컴의 활용분야를 산업용, 연구용, 학술용으로 분류하였을 때 지난 10년 사이에 산업계에서 쓰이는 실용목적의 비율이 3배 이상 신장한 반면 연구용과 학술용 등 순수목적의 비율은 크게 줄어들었다.

컴퓨터를 산업계 특히 제조업 분야에서 제품설계의 용도로 활용하는 방안이 꼭 새로운 것만은 아니다. 오래전부터 CAD(Computer Aided Design), CAM(Computer Aided Manufacturing)이라고 하는 기술이 있었고 최근에는 단순한 CAD, CAM의 단계를 지나 컴퓨터의 지원을 받고 고도화된 엔지니어링을 가능케 한다는 의미의 CAE(Computer aided Engineering) 기술이 점차 보편화되고 있다.

CAE라는 용어에서 컴퓨터가 반드시 슈퍼컴이나 HPC일 필요는 없다. 그러나 HPC를 활용하여 엔지니어링 그중에서도 특히 M&S(Modeling and Simulation)를 하는 기술이 각광을 받게 됨에 따라 CAE와 구분하여 M&S라는 개념을 사용하는 빈도가 늘어나고 있다. M&S는 HPC 환경을 기반으로 제품설계나 제품개발의 단계에서 현실의 물리적 현상을 가상적으로 현실과 유사하게 구현하는 데 초점이 맞추어져 있다.

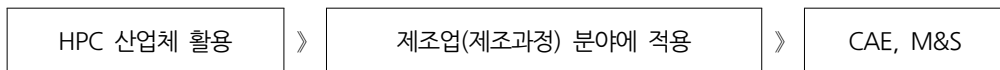
이상의 다양한 개념들 간의 관계를 <표 1>과 같이 정리할 수 있다. 2D 또는 3D의 CAD와 CAM 단계를 지나 PC와 워크스테이션이 중심이 되어 CAE와 공장자동화가 이루어지는 단계가 오고 여기서 더 진전이 되면 슈퍼컴이나 컴퓨터 클러스터를 활용하여 M&S와 스마트생산이 이루어지는 단계로 이행하게 된다. 표에서 단계가 진전될수록 복잡성이 높아지고 성과가 극대화되는 현상이 나타나게 된다(한국과학기술정보연구원, 2014).

〈표 1〉 컴퓨터 활용의 단계와 개념

	1단계	2단계	3단계	4단계
시기	1960-1980	1980-2000	2000-2010	2010 이후
설계/생산기술	2D CAD	3D CAD/CAM	CAE/공장자동화	M&S/스마트생산
계산자원	아날로그 컴퓨터	메인프레임	PC/Workstation	슈퍼컴/컴퓨터 클러스터
중심개념	경험 중심	실험 중심	실험-데이터 중심	가상(cyber) 중심

자료: 한국과학기술정보연구원(2014)의 내용을 일부 변환하여 재정리하였음.

또한 HPC 활용에 관련된 정책 분야에서 여러 가지 개념 간의 관계도를 (그림 2)와 같이 정리할 수 있을 것이다. 먼저 가장 큰 개념으로서 HPC 활용이란 거대과학이나 순수연구가 아닌 산업적 용도로 HPC를 활용한다는 것을 말하는 것이고 산업체 활용 중에서도 제조업의 제조 과정 분야에 적용하는 개념이 다음의 순서가 된다. 제조과정에 HPC를 활용하여 CAE나 M&S를 하는 과정이 마지막 순서의 작은 개념에 해당한다.



(그림 2) 개념 간의 관계도

2. 모범사례로서의 미국

HPC 활용의 정부 시책과 업계 실무에 관해서는 미국이 가장 모범적인 사례라고 할 수 있다. 독일, EU, 일본, 중국, 한국도 HPC 활용에 관한 여러 가지 정책을 추진하고 있으나 대부분 제조업 혁신 정책이 우선시되거나 포괄적으로 운용되는 추세를 보이고 있는 반면 미국은 HPC 활용 정책 자체의 내용이 다양하고 풍부하며 실제 성공사례도 다수 존재하는 등 선도적인 모습을 보이고 있다.

미국의 경우 제조업 혁신을 위한 기구로서 제조혁신 국가네트워크(NNMI)가 중심적인 역할을 수행하고 있는 데 반해 HPC 활용과 관해서는 별도의 기구인 NDEMC(National Digital Engineering and Manufacturing Consortium)가 설립되어 적극적인 기능을 수행하고 있다. NDEMC의 활동에 많은 기업들이 참여하게 되자 이를 더욱 촉진할 수 있도록 다른 전문기관인 DMDI(Digital Manufacturing and Design Innovation)가 설립되기도 하였다.

미국에서 HPC를 민간부문의 산업적 용도에 활용함으로써 생산성과 경쟁력을 향상시켜야 한다는 HPC 구상(HPC initiative)이 시작된 것은 2004년이였다. 이후 최근에 이르기까지 경쟁

력위원회(CoC)가 주도적으로 또는 다른 기관과 공동으로 많은 회의록과 보고서를 발표하였는데 백서 형태의 발표자료 이외에도 HPC 활용에 관련된 정책보고서만 해도 여러 개에 이른다. 그중 대표적인 것들은 다음과 같다.

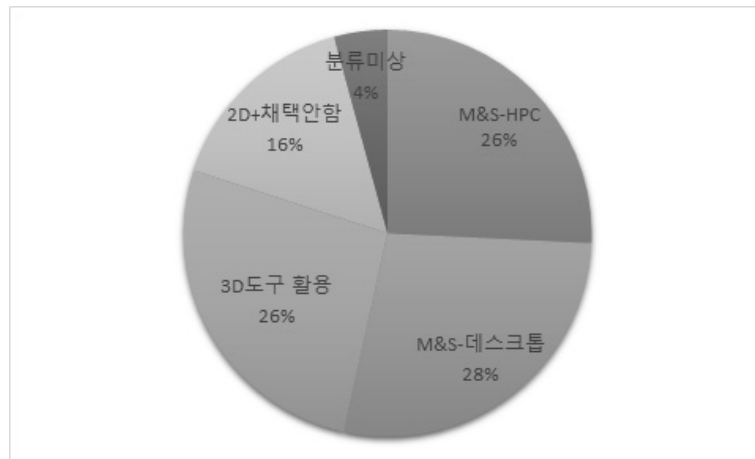
- Reveal, Council on Competitiveness and USC-ISI Broad Study of Desktop Technical Computing End Users and HPC(2008, 이하 Reveal로 표기)
- Advance, Benchmarking Industrial Use of High Performance Computing for Innovation (2008, 이하 Advance로 표기)
- Solve, The Exascale Effect: the Benefits of Supercomputing Investment for U.S. Industry(2014, 이하 Solve로 표기)
- Modeling, Simulation and Analysis, and High Performance Computing: Force Multiplier for American Innovation(2015, 이하 MS&A로 표기)

미국 산업과 기업의 경쟁력 제고를 위해 HPC 활용이 필수불가결하다는 데는 이견의 여지가 없다(Reveal, 2008; Advance, 2008). 그런데 왜 굳이 데스크톱 컴퓨터가 아니라 슈퍼컴을 비롯한 고성능컴퓨터를 사용해야 하는 것일까? 2008년 시점에서 보면 극히 소수의 기업들이(전체 기업의 3%) HPC를 산업적 용도로 이용하고 있고 대부분의 기업들은 데스크톱에 의존하는 경우가 많았다.

HPC가 아닌 데스크톱을 이용하는 이유는 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 계산규모가 작고 복잡성도 간단한 분야에서 작업을 수행하기 때문이다. 둘째, 실제 HPC 활용에 애로가 있기 때문이다. 여기서 애로요인은 두 가지인데 사용이 편리한 응용소프트웨어가 부족하고 인력과 예산이 미흡하다는 점이다. 따라서 많은 기업들은 이러한 요인이 해결된다면 향후 HPC를 활용할 계획을 가지고 있다고 한다.

2008년 시점에서 소수에 불과하던 HPC 기반의 M&S 활용기업 비율은 이후 지속적으로 상승하게 되는데 2012년 시점의 분석결과는 (그림 3)과 같다. 이전보다 높기는 하지만 여전히 HPC를 이용하여 M&S를 하는 기업은 조사대상 260개 기업 가운데 26%에 그치고 있다. M&S를 하지만 데스크톱에 의존하는 기업의 비율이 더 높다. 본격적인 M&S가 아니라 3D나 2D를 이용하거나 채택하지 않는 기업이 합쳐서 42%에 이르고 있다.

경쟁력위원회가 IT분야 조사기관인 IDC에 의뢰하여 조사한 바에 따르면 많은 기업들은 산업계 차원에서 HPC 투자가 필요하다고 보고 있지만 투자의 우선순위에서 뒤로 밀릴 수 있다고 하였다. 그 이유는 HPC에 대한 투자가 가져올 혁신의 가치를 추정하기 어렵고 어느 정도 투자 수익률(ROI)을 거둘 수 있을지 측정하기 어렵기 때문이다(Solve, 2014). 정부나 공공기관이 아닌 민간부문이 자체적으로 보유하는 HPC와 관련하여 민간부문은 두 가지 종류의 투자를



(그림 3) HPC와 M&S의 활용 현황

자료: Intersect360(2012)에서 작성

요구받고 있다.

먼저 하드웨어에 대한 투자인데 더 큰 HPC 능력을 갖추어야 한다는 것이다. 슈퍼컴의 처리 능력은 현재 페타 플롭스 급에서 향후 엑사 플롭스 급으로 향상될 것으로 기대되고 있는데⁷⁾ 미국과 같은 슈퍼컴 선도국가들은 단계적으로 슈퍼컴 처리능력을 강화하고 있기 때문에 공공부문과 민간부문이 슈퍼컴 관련 투자예산을 확보하는 데는 특별한 문제가 없을 것이다.

문제는 소프트웨어에 대한 투자라고 할 수 있다. 공공부문은 그렇지 않지만 민간부문은 하드웨어를 사는 때와 달리 고가의 소프트웨어를 구매하는 데 주저하는 경향이 강하다. 그로 인하여 소프트웨어 개발업체들의 수익모델이 성립하지 않을 가능성이 매우 높다. 따라서 이 문제를 정부가 개입하여 해결해야 할 필요성이 나타나게 된다. 정부의 역할이 중요하다는 것은 바로 이 점을 말하는 것이다.

HPC 활용을 위한 소프트웨어는 회사 내에서 자체개발하거나, 오픈소스를 다운로드하거나, 독립된 소프트웨어 업체로부터 구입 내지 임대하는 등의 세 가지 방법으로 조달될 수 있다. 이들 세 가지 방법 이외에도 초급 수준의 HPC를 사용하는 경우를 위한 소프트웨어 문제도 있을 수 있는데 Solve(2014)에서는 각각의 경우에 정부가 지원할 수 있는 활동과 유의사항에 대해 구체적으로 제안을 한 바 있다.

미국의 경우 기업의 HPC 활용이 주로 M&S 활동에 적용되고 있고 HPC 기반의 M&S 활동이

7) 슈퍼컴 능력은 1초당 계산회수인 플롭스(flops) 기준으로 kilo(천), mega(백만), giga(십억), tera(1조), peta(1000조), exa(1000×peta), zetta(1000×exa) 플롭스의 순으로 진전된다.

일부 기업에서만 채택되고 있다는 점은 이미 언급하였다. 그런데 중소기업에서의 M&S는 대기업에 비해 훨씬 낮은 수준을 보이고 있다. 이에 착안하여 미국 중소기업들에게 HPC 기반의 M&S 활동을 촉진하기 위해 정부와 민간의 역할이 어떻게 전개되어야 하는지의 관점에서 작성된 보고서가 바로 MS&A(2015)이다.

이 보고서에서는 대기업의 공급망을 구성하는 다수의 중소기업들이 M&S를 통해 혁신적인 성과를 내게 되면 해당 중소기업은 물론 대기업의 공급망과 경제 전반에 영향을 미칠 수 있다는 점을 강조한다. M&S가 대기업의 생산성과 경쟁력 향상에 도움이 되지만 중소기업의 M&S 채택 비중이 워낙 낮기 때문에 효과를 거두지 못하고 있다는 것이다. 이를 해결할 방법이 민관 합동체제(Public-Private Partnership: PPP)라고 할 수 있다.

실제로 PPP 방식으로 추진된 시범사업의 성과는 매우 고무적인 것으로서 당시 시행된 20개의 프로젝트 중 16개 사업이 완료되었고 이로부터 커다란 성과가 도출되었다. 만일 이러한 시범사업이 향후 1000개의 중소기업들에서 시행된다면 그 기대효과는 매우 클 것이다. 실제 사업과 사업 예상으로부터의 성과는 <표 2>와 같이 정리될 수 있다.

여기서 보듯이 기존 사업의 효과는 미미하지만 향후 예상되는 기대효과는 매우 크다고 할 수 있다. 이러한 효과가 구체적으로 어떻게 산출된 것인지 MS&A(2015)에서 밝히고 있지 않기 때문에 타당성 여부를 판단할 수 없지만 단순히 16개 사업이 1000개로 확대되었을 때 62.5배의 사업효과보다는 적게 계상하였음을 알 수 있다. 즉 너무 낙관적으로만 본 것은 아니라고 할 수 있다는 것이다.

<표 2> PPP 사업의 실제 성과와 기대 효과

	16개 실제 사업	1000개 사업 예상
고용 창출	160명	8000명
신규 매출액	2000만 달러	10억 달러
수출액	약 1000만 달러	약 5억 달러
신제품 개발	3개	150개
특허 출원	1개	50개

주: 각각의 수치가 산출된 근거는 원 문헌에서 밝히지 않음
자료: MS&A(2015)로부터 작성

3. 한국의 HPC 활용정책 현황과 사례

한국의 경우 제조업 혁신 정책의 흐름과 별도로 HPC를 활용하고 M&S를 지원하기 위한 정

책의 필요성이 제기되고 있다. 그에 따라 첫 번째 기반으로 국가 초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률이 제정(2011년 4월)되어 현재에 이르고 있다. 슈퍼컴 관련 법률을 독립된 입법체제로 갖춘 것은 미국에 이어 우리나라가 두 번째에 해당한다. 일본, 영국, 프랑스, 중국 등은 과학기술 관련법의 일부 조항으로 이를 담고 있을 뿐이다.

상기 법률은 총 4개장 21개조로 구성되어 있는데 이중에서 주목할 부분은 슈퍼컴의 산업체 활용 지원이라고 할 수 있다(법률 제4장 제18조). 법률에서는 슈퍼컴 활용의 촉진과 확산에 대해 규정하고 있는데 연구개발부문, 산업부문, 국가현안 및 공공부문 중에서 산업부문에서의 슈퍼컴 활용이 점차 강조되고 있는 추세이다. 다만 슈퍼컴의 산업적 활용 특히 M&S와 같은 전문분야에서의 활용 비중은 아직 낮은 편이다⁸⁾

슈퍼컴의 산업적 활용은 주로 한국과학기술정보연구원(이하 KISTI로 표기)이 담당하고 있다. KISTI는 슈퍼컴과 해당 전문인력을 보유하고 있어서 주요 미션의 하나로 중소기업의 슈퍼컴 활용을 지원하도록 되어 있는데 2004년부터 이 사업을 시작하여 2015년 말 시점까지 대략 420개의 중소기업에 대해 지원한 실적을 갖고 있다. 그간 다수의 성공사례가 있는 것으로 보고 되고 있다.⁹⁾

가장 많이 알려진 사례로서 NUC전자를 들 수 있다. 이 회사는 1978년에 설립되어 30여 년간 녹즙기, 발효기 등 생활가전 분야의 제조를 지속해온 중소기업이다. 특히 녹즙기 분야에서 압도적인 우위를 차지하고 있는데 국내는 물론 미국, 유럽, 일본, 중국 등 해외에서 프리미엄급 상품으로 높은 점유율을 갖고 있다. NUC전자는 2000년대 중반부터 슈퍼컴 기반의 시뮬레이션을 통해 녹즙기의 착즙률 개선프로젝트에 착수하였다.

KISTI의 1차 지원이 있었던 2007년 착즙률이 70%에 이르렀고 2011년부터 2013년까지 시행된 2차 지원을 통해 착즙률 82.6%를 달성하였다. 당시 세계 최고기술을 가진 녹즙기의 착즙률이 75%였다는 점을 감안하면 대단한 수준임을 알 수 있다. 3차 지원이 이루어진 2014년에는 세계 최초로 과일을 잘라서 넣지 않고 통째로 착즙할 수 있는 신제품을 개발하여 경쟁력이 더욱 제고되었다.

NUC전자 이외에도 이러한 사례는 많이 있고 향후 성공사례가 계속 나타날 수 있지만 여기서 문제는 특정 공공기관이 직접 지원하는 형태의 HPC 활용이나 M&S 지원에는 한계가 있을 수밖에 없다는 점이다. 우리나라의 경우 중소 제조기업들이 HPC와 M&S를 활용하는 비율이 매우 낮을 뿐 아니라 슈퍼컴의 산업적 활용을 지원하는 기관이 매우 적기 때문에 미국과 같은 저변

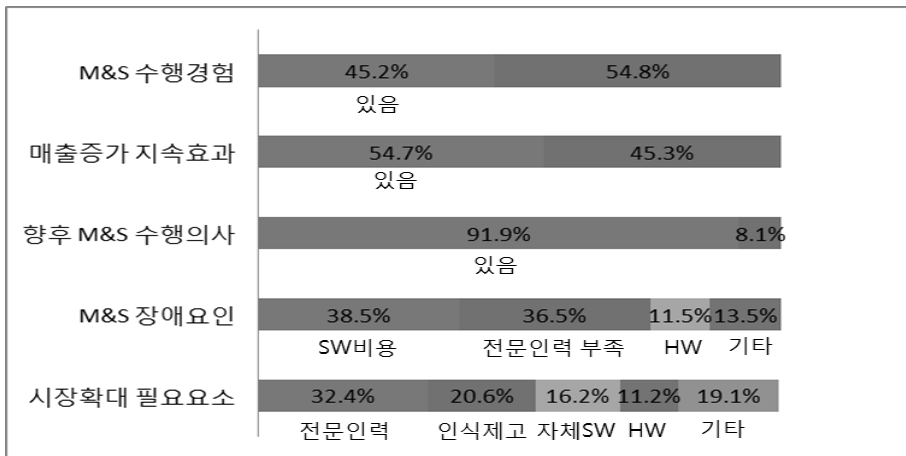
8) 정보과학회지 2013년 4월호는 초고성능컴퓨팅 특집을 편성하였는데 관련법률, 기반기술 등과 함께 산업체에서 제안하는 초고성능컴퓨팅 활용 예를 소개하고 있다.

9) 이러한 상황에 대해서는 발간되지 않은 KISTI 내부자료를 통해 확인하였다. 이하에 소개하는 NUC전자도 상기 내부자료의 지원기업으로 등재되어 있다.

확대가 이루어지지 못할 가능성이 높다.

KISTI는 중소기업의 HPC, M&S 활용의 실태를 알아보기 위해 자체 설문조사를 시행하였다. 조사 결과의 요약은 (그림 4)와 같다. 먼저 조사대상 중소기업 가운데 어떤 형태로든 M&S를 수행한 경험이 있는 기업의 비율은 45.2%로 집계되었다. 미국에 비해 오히려 높은 숫자라고 볼 수 있지만 여기에는 CAD, CAM, CAE 등 유사한 개념의 활동이 모두 포함되어 있어서 직접적인 비교는 어려울 것이다.

광의의 M&S를 활용하여 일정 기간 이상 매출증대 효과가 지속된다고 응답한 비율은 54.7%이다. M&S가 직접적으로 성과에 도움을 주는 경우가 많다는 것이다. 향후 M&S를 수행할 의사가 있는지 문의한 결과 91.8%가 의사가 있다고 응답하여 M&S를 활용하려는 의지는 매우 강하다고 할 수 있다. 문제는 활용 의사가 있다고 하더라도 실제로 그렇게 하지 못하는 이유가 있다는 점이다.



(그림 4) 슈퍼컴 기반의 M&S 실태조사 결과

자료: 한국과학기술정보연구원(2014)에서 인용

M&S를 수행하는 데 장애가 되는 요소로서 고가의 소프트웨어 비용이 가장 높은 비중을 차지하고 그 다음으로 전문인력 부족을 꼽고 있다. 하드웨어 자체의 문제는 그다지 높은 비중을 차지하지 않았다. 향후 M&S 관련시장의 확대를 위해 필요한 요소로서 전문인력 양성, M&S 활용의 인식제고, 국산 소프트웨어 등의 순으로 응답이 많았고 하드웨어 확보는 낮은 비율인 것으로 나타났다.

특히 소프트웨어의 경우 우리나라 기업들이 M&S를 위해 사용할 수 있는 소프트웨어나 프로

그램이 현재 대부분 외국산이라서 향후 국산화의 필요성이 있는 것으로 나타났다. 국산화하는 경우에도 중소기업 수준에 비추어 너무 가격이 비싸다면 사용하는 데 제약이 많기 때문에 외산에 비해 상대적으로 가격이 낮은 소프트웨어의 개발이 필요하다고 지적되었다.

이처럼 우리나라 중소기업들이 공정개선과 제품개발을 위해 M&S를 채택하려는 계획이 높음에도 불구하고 현실적으로 소프트웨어와 전문인력의 부족이 장애가 되고 있다. 슈퍼컴을 비롯한 HPC를 이용하려면 각각의 요구에 맞는 프로그램이 필요한데 대부분 외국산 소프트웨어인데다가 이들의 가격이 지나치게 높은 상황이다. 또한 M&S를 수행할 수 있는 전문인력이 부족할 뿐 아니라 중소기업의 경우 더욱 심각하다고 볼 수 있다.

그렇다면 미국의 사례에서와 같이 정부나 공공기관이 이러한 문제를 해결해주어야 한다는 결론이 도출되고 그 대책으로서 제조기업 자체의 M&S 활용 확대와 제조기업의 M&S를 지원하는 전문기업의 육성이라고 하는 과제가 추진되어야 한다. 구체적으로는 보급형 소프트웨어 개발, M&S 교육 및 콘텐츠 구축, M&S 컨설팅, M&S 활용환경 구축 등이 필요하고 이들 간에 유기적인 관계가 형성되어야 한다.

소프트웨어 문제와 관련하여 한 가지 희망적인 것은 소프트웨어 특히 HPC, M&S에 사용되는 전문 소프트웨어를 개발하는 산업이 전반적으로 매우 취약한 상황이지만 일부 예외가 있다는 점이다. 전문소프트웨어 업체로서 세계적인 명성을 얻고 있는 대표적인 예로 마이다스아이티를 들 수 있다.¹⁰⁾ 이 회사는 포스코건설의 사내벤처에서 독립하여 2000년 설립되었고 전문 소프트웨어 기업으로서 글로벌 경쟁력을 갖고 있다.

마이다스아이티는 건설, 기계 분야의 구조해석과 설계 소프트웨어를 개발하는 업체인데 이 프로그램을 이용하여 고객 회사들의 각종 시뮬레이션이 이루어진다. 설립 이후 12년간에 걸쳐 매출액이 37배 성장하였고 한국 최초로 과학기술분야 소프트웨어를 수출한 기록을 갖고 있다. 동사 프로그램의 시장점유율은 국내 99%, 세계 30%로 추산되고 있다. 2011년 월드클래스 300 프로젝트에 선정되고 2013년 미래창조과학부장관상을 수상하였다.

일부 사례이기는 하지만 소프트웨어 전문기업이 경쟁력을 가질 수 있다는 점은 향후 HPC 활용 정책의 확대 적용에 유리한 조건으로 작용하게 될 것이다. 우리가 미국에 비해 전반적으로 열악한 상황이지만 소수의 집중화된 분야에서 먼저 성공사례를 도출하는 것이 현재 시점에서 바람직한 전략이 될 수 있기 때문이다. 부분적인 성공을 바탕으로 이후 저변 확대를 시도할 수 있을 것으로 보인다.

10) 2015년 5월 불가리아 대통령 방한 시 대통령 일행이 마이다스아이티를 방문하여 한국 소프트웨어의 우수성을 세계적으로 알리는 계기가 되기도 하였다.

IV. 결론과 시사점

앞에서 살펴본 바와 같이 최근 세계적으로 제조업 혁신 경쟁이 치열하게 전개되고 있고 각국의 정책도 다양하게 추진되고 있다. 또한 제조업 혁신의 일환으로 또는 그와 병행하여 HPC 활용의 정책이 중요한 흐름의 하나로 대두되고 있다. 본 연구에서는 제조업 혁신, HPC 활용의 두 가지 시대적 요구에 대해 이론적 측면과 정책적 측면의 분석을 행하였다.

먼저 제조업 혁신과 관련하여 각국의 정책 내용을 이해하는 것이 필요하지만 이론적 근거나 배경을 고찰하는 것이 더욱 중요할 수 있음을 강조하였다. 독일의 인더스트리 4.0, 미국의 첨단 제조구상, 일본의 일본산업재흥플랜, 중국의 중국제조 2025, 한국의 제조업 혁신 3.0 등은 미래 성장동력의 육성과 함께 기존 제조방식의 전환이라고 하는 요소를 포함하고 있다.

이들의 정책은 공통적으로 생산성의 획기적 향상이라고 하는 목표를 갖고 있다. 따라서 제조업 혁신이 생산성에 관련된 정책이라고 볼 수도 있으나 단순한 개선의 시도가 아니라 패러다임의 전환을 수반하는 혁신 지향의 정책으로 자리매김하는 것이 정확한 판단일 것이다. 또한 각국의 제조업 혁신 정책은 제품혁신과 공정혁신의 요소 중 후자에 비중이 두어지고 있다고 보아도 무방할 것이다.

제조업 혁신을 통해 제조업의 생산성이나 경쟁력이 높아지게 되면 그간 진행되어 온 탈공업화의 움직임과 배치되는 현상도 발생할 수 있다. 장기적인 성장과 고용을 위해서는 탈공업화를 대체하여 재공업화의 필요성도 있는 것으로 보아야 할 것이다. 특히 고용 문제와 관련하여 일시적으로 또는 부분적으로 제조업 혁신을 통해 고용이 줄어들 수 있으나 간접적인 경로로 확대되는 고용확대에 의해 부정적인 영향이 상쇄될 수 있을 것이다.

HPC 활용의 정책은 제조업 혁신의 부분집합으로서가 아니라 별개의 흐름으로서 중요성을 갖는다. HPC의 산업적 활용이 요구되고 있는 가운데 제조업의 제조과정 분야에 HPC를 활용하여 CAE나 M&S를 추진할 수 있을 것이다. 종래의 2D나 3D의 단계를 지나 CAE와 M&S의 단계로 진화적인 변화가 일어나고 있는 만큼 첨단제조방식의 하나로서 제조과정에서 모델링과 시뮬레이션에 대한 의존도가 심화되고 있는 추세이다.

미국의 경우 HPC 활용과 M&S 지원에 관한 정책이 풍부하고 성공사례도 다수 존재하여 타국에 비해 모범적인 모습을 보여주고 있다. HPC 기반의 본격적인 M&S 채택의 비율은 아직 높지 않지만 정부주도로 애로요인 해소에 주력하고 있고 민관 합동체제를 통한 문제해결의 방식을 추진하고 있다. 실제로 시행된 시범사업으로부터 매우 의미 있는 성과가 도출되었고 이를 더 많은 사업에 확대할 수 있도록 노력하고 있다.

한국의 경우 HPC 활용을 위한 법률적 기반을 마련한 데 이어 중소기업의 M&S 지원을 주요

시책으로 전개할 수 있는 여건을 조성하고 있다. 미국에 비해 전반적인 상황은 불리하지만 일부 유리한 요소도 있어서 경우에 따라 긍정적인 가능성을 기대할 수 있을 것이다. 향후 다수의 주체들로 구성된 M&S의 생태계 조성이 필요하고 이를 위해 제조기업 자체의 M&S 활용 확대와 M&S 지원기관의 육성이라고 하는 두 가지 과제가 해결되어야 한다.

제조업 혁신과 HPC 활용은 동전의 양면과 같은 속성을 갖고 있다. 현재의 상황은 대체로 두 개의 정책이 병렬적으로 진행되는 구도이지만 향후 두 흐름이 밀접한 연관을 갖고 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 연계할 필요가 있을 것이다. 이러한 요구를 다른 말로 표현하면 고성능컴퓨팅과 제조업의 접목 나아가 산업정책과 과학기술정책의 결합에 해당한다고 볼 수 있을 것이다.

제조업 혁신과 HPC 활용의 두 가지 흐름이 시너지를 발휘할 수 있으려면 무엇보다 인력이나 표준 등 관련제도들에 대한 세심한 준비가 필요할 것이다. 이미 진행되고 있는 스마트공장의 사례에서 보듯이 많은 자금지원이 이루어지고 있음에도 불구하고 구체적인 과제들을 실행할 수 있는 인력 양성이나 소프트웨어 개발 등이 문제가 되고 있다. 또한 각각의 방식을 어떻게 표준으로 설정할 것인지도 후속의 관심사가 될 수 있을 것이다.

HPC 활용의 경우에도 결국은 실행 가능한 소프트웨어 및 능력 있는 사람의 문제가 애로요인이 되고 있다. 특히 HPC 활용은 그 적용대상이 소수의 기업이 아니라 산업계 일반 또는 중소기업 수준으로 확대되어야 실질적인 효과를 기대할 수 있기 때문에 생태계와 인프라의 구축이 중요한 과제라고 할 수 있다. 이러한 점들에 대해서는 본 연구에서 다루지 않았지만 추후의 연구나 정책적 고려를 통해 심도 있게 대응할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 관계부처 합동 (2015), 「제조업 혁신 3.0 전략 실행대책: 창조경제 구현을 위한 제조업의 스마트 혁신 추진방안」, 보도자료 2015.3.19.
- 김보민·한민수·고희채·김종혁·이성희 (2014), 「미국의 제조업 경쟁력 강화정책과 정책 시사점」, 대외경제정책연구원 연구보고서, 세종: 대외경제정책연구원.
- 김윤경 (2015), 「사업재편제도 개선의 필요성: 일본 사업재편특별법의 시사점」, KERI Brief, 한국경제연구원.
- 대외경제정책연구원 (2015), 「중국제조 2025 문건의 내용 및 평가」, 북경사무소 브리핑.
- 대한무역투자진흥공사 (2015가), 「주요국의 제조업 육성정책과 시사점」, Global Market Report.

- 대한무역투자진흥공사 (2015나), 「중국제조 2025 전략과 시사점: 육성에서 혁신으로」, KOCHI 자료.
- 대한무역투자진흥공사 (2013), 「미 제조업 경쟁력 강화 정책 및 시사점: 주요국의 제조업 육성 정책과 시사점」, Global Market Report.
- 대한상공회의소 (2014), 「한국제조업의 위기징후와 정책제언」, 세미나 발표자료.
- 미래창조과학부·산업통상자원부 (2015), 「윤곽 드러낸 미래 먹거리 마스터플랜」, 보도자료 2015.3.25.
- 산업통상자원부 (2015), 「스마트공장 표준화 본격 추진된다」, 보도자료 2015.7.23.
- 산업통상자원부 (2014가), 「민관 공동 제조업 혁신 3.0 전략 추진」, 보도자료 2014.6.26.
- 산업통상자원부 (2014나), 「창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0 전략」, 세미나 발표자료.
- 송슈양 (2015), “세계가 Next China 찾을 때 중국은 진정한 세계의 공장 꿈꾼다”, 「Business Insight」, LG경제연구원.
- 장석인·정은미·박승록 (2014), 「한국의 성장동력정책 평가와 향후 발전 과제」, 세종: 산업연구원.
- 전국경제인연합회 (2015), 「해외 제조업 르네상스 사례와 시사점」, 이슈페이퍼.
- 포스코경영연구소 (2015), 「다시 시작하는 인더스트리 4.0」, POSRI 보고서.
- 포스코경영연구소 (2014), 「인더스트리 4.0: 독일의 미래 제조업 청사진」, POSRI 보고서.
- 한국과학기술정보연구원 (2014), 「슈퍼컴퓨팅 기반 Modeling & Simulation 4.0」 기획보고서, 대전: 한국과학기술정보연구원.
- 한국은행 (2014), 「2010 기준년 산업연관표 작성 결과」, 보도자료 2014.2.19.
- 한국정보과학회 (2013), “초고성능 컴퓨팅 특집을 내면서”, 「정보과학회지」, 31(4): 3-3.
- 현대경제연구원 (2015), 「일본 제조업 혁신 부진의 교훈」, VIP 리포트.
- 현대경제연구원 (2014), 「제조업을 업그레이드하자: 미·일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점」, VIP 리포트 14-7, 서울: 현대경제연구원.
- 日本經濟再生本部 (2013), 「日本再興戰略: JAPAN is BACK」, 東京: 日本經濟再生本部.
- Abernathy, W. J. and Utterback, J. M. (1978), “Patterns of Industrial Innovation”, *MIT Technology Review*, 80(7): 41-47.
- Abernathy, W. J. (1978), *The Productivity Dilemma*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Council on Competitiveness (2011), *Make: An American Manufacturing Movement*.
- Council on Competitiveness (2008), *Reveal, Council on Competitiveness and USC-ISI*

- Broad Study of Desktop Technical Computing End Users and HPC.*
- Council on Competitiveness (2008), *Advance, Benchmarking Industrial Use of High Performance Computing for Innovation.*
- Council on Competitiveness (2014), *Solve, the Exascale Effect: The Benefits of Supercomputing Investment for US Industry.*
- Council on Competitiveness (2015), *Modeling, Simulation and Analysis, and High Performance Computing.*
- Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J. A. and Sarli, M. (2012), “Smart Manufacturing, Manufacturing Intelligence and Demand-Dynamic Performance”, *Computers and Chemical Engineering*, 47: 145-156.
- Intersect360 Research (2012), *HPC Trends and Market Update for 2012.*
- Issawi, C. (1980), “De-industrialization and Re-industrialization in the Middle East since 1800”, *International Journal of Middle East Study*, 12: 469-479.
- Kotha, S. and Swamidass, P. M. (2000), “Strategy, Advanced Manufacturing Technology and Performance”, *Journal of Operations Management*, 18(3): 257-277.
- Molnar, M. (2014), “The National Network for Manufacturing Innovation”, in ASEE Engineering Deans Public Policy Forum.
- Nosbusch, K. D. and Bernaden, J. A. (2012), “The Multiplier Effect”, *Manufacturing Executive*, March 2012, 1-9.
- Piore, M. and Sabel, C. (1984), *The Second Industrial Divide*, New York: Basic Books.
- PWC (PricewaterhouseCoopers: 2014), *Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the Industrial Internet*, Munich: PWC.
- Top500 Homepage (2015), <http://www.top500.com> (11 October 2015).
- Tregenna, F. (2011), “Manufacturing Productivity, Deindustrialization and Reindustrialization”, Working Paper.
- Zuehlke, D. (2008), “Smart Factory: from Vision to Reality in Factory Technologies”, in Proceedings of International Federation of Automatic Control.

김용열

일본 Kobe 대학에서 경영학 박사학위를 취득하고 현재 홍익대학교 국제경영학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 시장추격과 기술추격, 기술 사업화, 창업과 벤처 등이다.