

김정은 시대 ‘인민경제 CNC화’ 추진: ‘분산조종체계’ 보급을 중심으로¹⁾

강호진 | SK텔레콤(주) | ss@sk.com

1. 머리말

일반적으로 CNC(Computerized Numerical Control) 또는 CNC 기술은 공작기계의 가공 공정을 컴퓨터를 활용하여 제어하는 일련의 기술을 의미한다.²⁾ 이 정의와 같이 CNC 기술의 대표적인 적용 영역과 관련 연구의 초점은 공작기계분야이다. 특히 북한의 경우는 CNC 공작기계의 성능이나, 미사일과 같은 첨단무기 등과 CNC 기술과의 연관성이 주된 관심사였다. 그런데 북한은 CNC 기술 보급 초기부터, 소위 ‘인민경제 CNC화’를 주창하며 산업 전반에 이 기술을 확산시키겠다는 의지를 다양한 경로로 피력하였다.³⁾ 그런데 과연 정밀한 산업용 부품을 제작하는 CNC 공작기계를 지방의 식품 공장, 양식장, 양묘장과 같은 시설에서 어떻게 활용한다는 것이며, ‘CNC화’한다는 것의 실체는 무엇인가? 이 연구는 북한 CNC 기술이 다양한 산업에서 어떻게 활용되는가에 관한 위와 같은 질문들에서 시작되었다.

북한 연구자 김규석(2012)은 CNC 기술을 “정보기술수단을 가지고 모든 기계설비들에서 조종대상의 위치와 속도, 동작의 순차성, 운동자리길 등을 모두 수자정보로 처리하여 무인조종을 실현하는 기술이다. 공작기계의 발전 과정에 개발된 CNC기술은 단순히 기계설비뿐만

1) 본고는 강호진, 「김정은 시대 산업기술 혁신정책과 현실」, 북한대학원대학교 박사논문, 2025. 1월의 두 번째 소논문을 보완·재작성하였다.

2) 한국정보통신기술협회(TTA) 정보통신용어사전에 따르면, CNC는 1940년대에 가공 위치, 방위, 속도 등을 지정하는 수치 정보에 의해 공작기계를 제어하는 방안이 미국에서 제안되었고, 이를 기초로 하여 개발된 초기의 수치 제어는 종이테이프에 수치 데이터를 천공하고, 그것을 서보 기구(servo mechanism)에 대한 명령 펄스열로 변환하여 그 명령대로 기계를 작동시키는 것이었다. 그 후 소형 컴퓨터의 등장으로 수치 정보의 계산과 명령 펄스 변환하는 작업을 컴퓨터가 대신하게 되면서 컴퓨터 수치 제어(CNC)라고 부르고, CNC로 작동하는 기계를 컴퓨터 수치제어 공작기계로 칭했다(https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=039379-1, 접속일: 2024. 8. 3).

3) 송미란, 「장군님과 CNC(14)」, 『로동신문』, 2011. 3. 20; 안명훈, 「위대한 령도자 김정일동지께서 지식경제강국건설위업에 쫓아올리신 불멸의 업적」, 『경제연구』, 제4호, 2013.

아니라 생산공정 전반을 최첨단기술로 현대화해나가는데 적극 도입리용된다”라고 정의하고 있다.⁴⁾ 이를 통하여 CNC 기술의 활용 범위가 공작기계뿐만 아니라, 여타 산업의 생산공정과 설비에도 포괄적으로 적용됨을 알 수 있다. 여기에서 인간의 산업적·경제적 의도에 따라 기계를 제어하는 기능을 특히 컨트롤러(controller)라고 하는데, 북한에서는 이를 ‘조종체계’로 통칭한다.⁵⁾ 컨트롤러는 인간의 의도가 디지털 신호로 전환된 도면 또는 명령을 기계, 설비 또는 장치에 전달하여 의도한 작업을 수행하게 하며, 해당 제어 대상의 작업 공정, 상태 등과 관련된 정보를 인간이 이해할 수 있도록 매개하여 주는 특정 기능에 특화된 컴퓨터로 볼 수 있다. 이러한 기능이 점차 다른 기술들과 결합하면, 최소의 인력과 비용으로 대규모의 공장 또는 생산 설비, 도로, 항만, 철도, 발전 시설 등의 감시·제어가 가능하며, 종국적으로 생산의 ‘무인화’ 전환의 토대가 된다.

2009년 8월 『로동신문』의 “(정론) 침단을 돌파하라”에서 제기한 국산화가 일단락된 CNC 기술의 핵심이 ‘열린조종체계’, 즉 컨트롤러였다. 여기서 ‘열린’의 의미는 북한이 다양한 영역에서 자체적으로 활용이 가능한 핵심 역량을 확보한 것으로 해석할 수 있다.⁶⁾ 따라서 이러한 컴퓨터에 의한 ‘조종체계’가 적용된 공작기계, 생산 설비 또는 시설은 ‘CNC화’되었다고 말할 수 있다. 결국 공작기계에 컨트롤러가 부착되면, ‘CNC 공작기계’가 되고, 생산 설비의 감시와 제어에 컨트롤러가 연관 기술과 함께 활용되는 경우를 북한에서는 ‘분산조종체계(Distributed Control System: DCS)’로 일컫는다.⁷⁾ 결국 컨트롤러는 공작기계에 적용되거나, 설비와 시설의 감시·제어에 활용되는 경우 모두 제어의 핵심 기능을 담당하는 공통된 기술이다. 그런 측면에서는 북한의 분산조종체계는 개념적으로는 통상의 IIoT(Industrial Internet of Things)⁸⁾의 개념에 오히려 가깝다고 볼 수 있다.

한편 분산조종체계를 산업 현장에 구축하는 방식은 특정 산업 설비를 대상으로 기획, 설계, 구축하는 경우(구축형: on-premise)와 표준 제품화하여 개별 현장 여건에 맞게 일정 수준에서 보정하여 활용하는 방식(보급형: general type)의 두 가지가 병존한다. 따라서 양자 모두 구축 및 운영 단계에서의 수정·보완의 과정이 필수적인 것은 마찬가지이다.

4) 김규석, 「공업기업소 CNC기술도입전략의 본질적내용」, 『경제연구』, 제4호, 2012.

5) “일정한 대상의 동작을 요구되는 상태로 자동조종하기위한 기구와 장치 등 여러 가지 요소들로 구성된 체계”, 『조선말 대사전(증보판) 3』, 사회과학출판사, 2017.

6) 위 논의에서 ‘열린’의 강조는 기존 CNC 기술을 보유한 일부 선진국들의 배타적 기술 보호 정책에 대한 비판 차원에서 ‘달린’ 기술로 표현하고 있는데, 이에 대한 대조의 의미로 ‘열린’을 강조한 것으로 보인다. 송미란, 「(정론) 침단을 돌파하라」, 『로동신문』, 2009. 8. 11.

7) 이는 통상적인 분산조종체계(DCS)의 개념과는 다소 차이가 있다. 60년대 중반 고안된 단일 CPU에 의한 공정제어(Direct Digital Control: DDC) 방식의 불안정성에 대한 대안으로 1975년을 전후로 복수의 CPU를 채용하여 기능별로 분산화시키고 공정 정보만 별도 통합 관리하는 분산형 제어시스템의 개념이 출현하였다. 이와 같이 DCS는 원래 요소별 기능 분할(separated)을 핵심으로 고안된 개념인데, 북한은 해당 개념을 포함하여 대규모의 설비나 시설 관리까지 여러 물리적 공간에 분산된(distributed) 관리 대상을 감시·제어하는 기능까지 포괄하는 개념으로 사용하고 있는 것으로 보인다. 윤형득·신현식, 「분산제어시스템의 구축과 응용사례에 관한 연구」, 한국해양정보통신학회 2001년도 추계종합학술대회, 2001. 10. 1.

8) IIoT(Internet of Things)의 하위개념으로서, IIoT 플랫폼은 제조, 에너지, 기타 산업용 사례에서 사용되는 연결된 장치를 관리하고 데이터를 처리하는 고급 분석 플랫폼과 인터넷으로 연결된 설비로 구성된다고 한다(<https://www.copadata.com/ko/product/platform-editorial-content/what-is-the-iiot-and-iiot/>, 접속일: 2024. 8. 16).

북한에서 전자는 ‘우선순위’가 높은 중앙급 기간 공업의 대상설비⁹⁾에 주로 활용하였고, 후자는 지방 경공업 공장이나, 양식장, 양묘장, 축산 설비 등 다양한 중소형 설비의 제어에 대체로 활용하였다.

본 연구에서는 남북한의 관련 연구와 보도를 면밀하게 살피고, 파편화된 근거를 재조합하여 1995년 최초의 CNC 공작기계가 언급된 후 지난 30년간의 ‘CNC화’의 큰 흐름¹⁰⁾ 속에서金正은 시대의 ‘인민경제 CNC화’를 분산조종체계를 중심으로 재조명하고자 한다.

II. 북한 CNC 기술의 완성과 확산

고축적에 의한 급속한 공업화 추진에 따라, 북한경제는 50년대의 초고속 성장과 60년대의 둔화 추세와 함께 70년대 후반 이후에는 경제성장의 장기 침체 국면에 직면하였다.¹¹⁾ 이와 같은 사회주의 공업화의 과학기술 전략은 기계 보급 확대를 통한 다양한 노동 유형 간의 균질화를 추구하는 ‘기술혁명’ 추진이었고, 이는 60년대 초 동유럽 공업국과 거의 동일한 시기 북한이 채용한 내포적 성장(intensive growth) 방안이었다.¹²⁾ 그러나 60년대의 안보 위기, 과학기술계에 대한 사상성 문제 제기¹³⁾ 등으로 민수분야 과학기술은 침체기에 직면하였다. 70년대에는 후계자 김정일 시기의 이론적 진전으로 ‘사상·기술·문화의 3대 혁명론’이 제시되고, 80년대에는 외부 세계의 전자공업과 기계공업과의 결합 추세에 따른 산업 혁신 동향에 대비하고 있었다.¹⁴⁾ 이는 실패한 기술혁명 추진¹⁵⁾의 반성과 후속 대안 탐색 과정의 하나로 볼 수 있으나, 1994년 김일성의 사망과 함께 90년대의 경제 위기는 그러한 혁신 시도를 지연시켰다.

김정일이 경제 위기의 초반인 1995년도 희천시 ‘련하기계’에서 완성된 2대의 CNC 기계¹⁶⁾를

- 9) 국가계획에 따라 정해진 기본건설 대상에만 생산 공급하는 기계 설비이며, 국가 규격으로 규격화되어 대량 생산으로 보급되는 규격 설비들과는 달리 개별적인 기본건설 대상에 맞게 설계 제작된 기계 설비들이다. 『경제사전 1』, 사회과학출판사, 1985.
- 10) 자강도 희천시에 있는 ‘련하기계’에서 제작한 최초의 CNC기계인 ‘CNC출방전가공반(4축)’을 김정일이 처음 발견한 1995년 4월 29일을 기산점으로 삼았다. 송미란, 『장군님과 CNC(1)』, 『로동신문』, 2011. 3. 3.
- 11) 양문수, 『북한 경제의 구조: 경제개발과 침체의 메커니즘』, 서울대학교출판부, 2001.
- 12) 외연적 방법에는 고용자의 수적 증가, 보다 많은 교대와 노동시간의 연장, 경작지의 증가, 광물자원의 개발 확대 등이 해당하며, 내포적 방법은 노동강도, 기술 진보, 숙련노동의 발전 및 조직화의 향상 등이 해당한다. János Kornai, *The Socialist System: The Political Economy of Communism*, Princeton University Press, 1992.
- 13) 1967년 갑산파 사건은 이의 핵심 연루자가 당 과학교육부장 허석선이었던 관계로 과학기술계에 대한 불신의 계기로 작용하였고, 이러한 과학계의 불신은 김정일이 후계자로 내정된 70년대 후반에 가서야 회복되기 시작하였다. 강호제, 「간추린 북한 과학기술정책 70년의 역사」, 『내일을 여는 역사』, 제78호, 2020.
- 14) 이는 1988년도 11월에 ‘공작기계공업과 전자, 자동화공업 발전을 위한 결정’으로 이어졌다. 유영구, 『김정은의 경제발전전략 1』, 경인문화사, 2020.
- 15) 통상 북한의 기술혁명 추진은 실패한 것으로 평가되며, 그 요인은 북한의 낮은 과학기술 및 교육수준, 정책 역량 부족, 불안한 안보환경에 기인한 자원 제약과 투자 여력 한계 등이다. 변하문, 『북한의 기술혁명론』, 『과학기술정책』, 제27권 제2호, 2015.
- 16) 송미란, 『장군님과 CNC(19)』, 『로동신문』, 2011. 3. 25에 나타난 외국 공작기계 전문가의 지원과 해외 출장 등에 관한 사실을 종합하면, 2009년 8월 『로동신문』의 CNC 기술 국산화 완성 선언 이전이므로, 위의 1995년 제작된 기계는 주요 CNC 기술 보유국의 기술 지원 및 수입 부품을

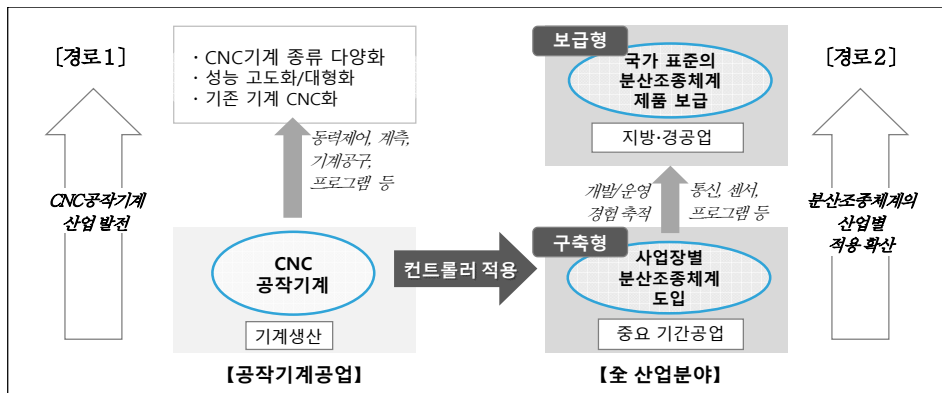
마주하면서, 북한 CNC화의 실질적 추동은 시작되었다.¹⁷⁾ 이로부터 15년 후, 2009년 8월 『로동신문』 정론을 통하여 CNC 기술의 완성을 대외적으로 선전하였는데, 이는 CNC 기술의 핵심인 컨트롤러의 국산화 완성이 보도의 직접적 동인일 것으로 추정된다.¹⁸⁾

CNC 기술의 완성은 경제적 측면에서는 '고난의 행군'의 후유증을 극복할 생산 혁신의 방법론적 대안의 구축이며, 산업적 관점에서는 북한 자체적인 산업 혁신을 위한 핵심 기술 자원을 확보했다는 의미로 평가되고 있다.¹⁹⁾

한편 김정일 시대 일정 수준의 국산화에 도달한 CNC 기술의 확산은 다양화·고도화된 CNC 공작기계를 대량 생산 및 산업 현장에 공급하는 경로와 더불어, 주요 생산 공정 또는 설비의 제어·감시에 활용하는 두 가지 경로로 진행되었던 것으로 보인다.

[그림 1]은 CNC 기술, 특히 핵심인 컨트롤러 기술이 활용되는 2가지 확산 경로를 보여주고 있다. 우선 (경로 1)의 기계공업 내의 CNC 기술 확산은 CNC 공작기계의 다양화, 성능 개선 및 기존 기계의 CNC화 등으로 요약된다. 반면 (경로 2)에서는 개별 기간 공업 분야의 핵심 사업장 중심으로 컨트롤러 기술을 활용한 생산 설비 또는 시설 등의 제어와 감시 목적으로 현장 최적화된 구축형 분산조종체계가 우선 적용되었고, 이후 축적된 운영 경험을 토대로 범용화된 분산조종체계 보급으로 전개되었음을 보여준다.

[그림 1] CNC 기술의 확산 경로



주: 저자 작성.

활용한 기술 검증 차원에서 제작된 것으로 추정된다.

- 17) 최초의 개발 조직 '련하기계 개발집단'은 1993년 결성된 것으로 기록되어 있다. 아울러 '고난의 행군' 시기에도 핵심 인력의 선진 공업국 출장 및 기술 습득 사례가 확인된다. 송미란, 「장군님과 CNC(1)」, 『로동신문』, 2011. 3. 3.
- 18) 2009년 8월 11일의 『로동신문』 정론에서는 "우리의 CNC종자를 착상해내고 조종체계를 완성해냈다. 그것은 세계에서 처음으로 보는 새로운 형의 CNC조종장치였다."라고 기술하고 있으며, 이것은 2012년 전후의 CNC공작기계 대량생산의 촉매로 작용하였다.
- 19) 1994년 고난의 행군의 시작과 함께 김정일은 CNC 개발을 지시하고, 국가의 잔여 재원을 핵과 장거리 미사일을 위한 CNC 개발에 투입하여, 첫 인공위성 발사(1998), 첫 핵실험(2006) 성과와 병행하여 핵심 민수산업 중심으로 CNC 기술을 확장하였고, 2009년 이후 본격적으로 주체철, 주체섬유 및 주체비료공장에 적용했다. 박후건, 『DPRK의 경제건설과 경제관리체제의 진화(1949-2019)』, 도서출판 선인, 2019.

III. 김정은 시대 CNC화 추진 전략

1. 추진 환경과 당면 과제

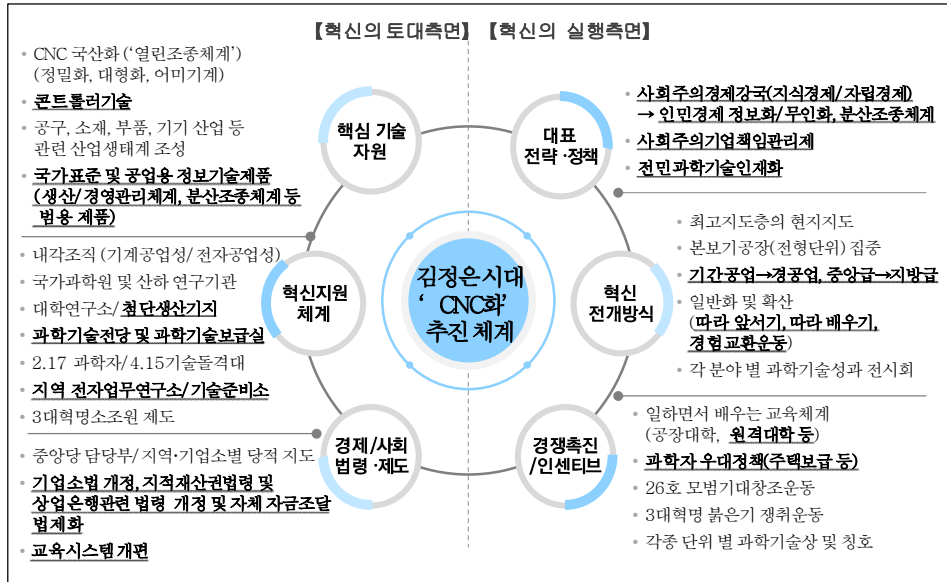
김정일 시대로부터 승계된 ‘새 세기 산업혁명’, ‘인민경제 CNC화’ 등의 중요 담론은 김정은 시대에는 ‘사회주의경제강국’의 비전으로 정립되고, 그 근간은 바로 지식경제로의 체질 전환이며, 이의 본질은 생산과 산업 전반의 혁신을 통한 ‘경제의 현대화와 정보화’이다. 따라서 김정은 시기는 핵심 기간산업에 한정된 기술 혁신이 아니라, 산업 전반으로의 혁신 대상 확장으로 정책방향을 재조정하였다. 다음 [그림 2]에서는 김정은 시기 ‘CNC화’ 추진에 있어 새롭게 마련한 제도는 무엇이며, 기존 체계 중 어떤 요소들이 지속 활용·변용되었는지 살펴볼 수 있다.

좌측의 3가지 요소는 ‘CNC화’ 추진 주도 세력의 사전 여건 조성에 해당하는 ‘혁신 토대’의 속성을 가지는 영역들이며, 검증된 기술의 확보와 그 산업적 활용의 토대는 ‘CNC화’ 추진의 기본적 요건이 된다. 우측의 3가지 요소는 그러한 혁신정책을 받아들이는 현장의 실행과 촉진에 관련된 운영 측면의 요소이다.

중·소규모 산업 현장까지 혁신 대상이 확대됨에 따라, 국가는 ‘CNC화’ 추진에 요구되는 국가표준화 및 기술 지원체계를 확충·개선하고, 도·시·군 단위의 전자업무연구소, 각 기업소와 공장의 과학기술보급실 구축 등 현장 지원체계의 기능을 강화하였다. 그러나 분산조종체계와 같은 혁신 기술의 대규모 보급은 상당한 수준의 국가 재원과 역량이 요구되는데, 위에 언급한 각종 현장 지원체계 구축의 저변에는 국가 재정 부담 최소화 및 보급 대상의 재원 부담을 전제로 한다. 따라서 분산조종체계와 같은 공업용 정보화 제품 개발 과정에서도 품질 검증을 전제로 도입 주체의 부담 최소화를 고려하고 있으며, 지역별 전자업무연구소 또한 자체적인 영리활동을 장려하는 기업소 역할을 동시에 부여하여 국가의 재원 지원을 최소화한 자생적 운영을 유도하였다.²⁰⁾

20) 전자업무연구소는 도 단위 또는 군 단위로 2000년대 초반부터 설치(평안북도 전자업무연구소)되었으나, 이후 자강도는 2019년 개건, 함경북도는 2022년 신설되었다. 군 단위는 북창군과 온성군의 전자업무연구소가 보도에서 확인되고 있는데, 전자업무연구소는 지역 공장의 기술 지원, 과학 기술보급실 구축 외에 자체적인 프로그램 제품의 개발·판매를 통한 수익원을 보유하는 기업소의 성격을 가져야 한다고 김정일이 강조하였다고 한다. 『로동신문』, 「탐구의 열정으로 들끓는 일터」, 2019. 5. 28.

[그림 2] 김정은 시기 'CNC화' 추진 체계



자료: 저자 작성(밑줄 강조 부분은 김정은 시기에 강조되거나 새롭게 마련된 제도나 체계).

아울러 김정은 시기의 기업소법, 상업은행법 개정 등 기업소 관련 제도 개혁 및 법제화도 그러한 생산 혁신의 추진 주체와 재원조달 방안과의 연관성을 보여주는 간접적 근거로 볼 수 있다.²¹⁾ 결국 김정은 시기는 '인민경제 CNC화' 본격 추진을 통한 실질적 성과 도출이 당면 목표였으며, 이를 위한 국가 재정 및 도입 현장의 부담 최소화를 전제로 신속하고 전면적인 산업 현장 대상의 기술 혁신과 관련 제도 개선을 병행했다.

한편 '인민경제 CNC화' 추진의 성패는 김정은 당국의 산업 혁신과 경제성장에 있어 매우 중요한 시험대였다. 이를 안정적으로 달성하기 위한 전략은 집권 초반기를 마감하고 김정은 시대만의 혁신 비전을 제시한 제7차 당대회의 핵심 담론인 '사회주의경제강국' 건설이며, 해당 전략은 '지식경제강국'과 '자립경제강국'이라는 2개의 축으로 이루어졌다. 특히 지식경제 강국 건설의 당면 목표는 '인민경제의 현대화와 정보화'이며, '생산 공정의 현대화·정보화, 통합생산체계²²⁾와 무인조종체계'가 핵심 과제로 제시되었는데²³⁾ 제시된 과제 대부분이 분산 조종체계와 직결되어 있다. 이는 분산조종체계와 생산 공정의 '무인화²⁴⁾'와의 깊은 연관성을

21) 2010년 후반부의 김정은 시대 '복합식 금융 개혁'은 금융분야에 한정되지 않고, 경제정책 운용, 기업소 자율권 신장, 법제화 등 실물 경제와 연관된 포괄적인 개혁을 논하였는데, 위와 같은 생산 설비의 개편은 기업소의 도입 관련 의사 결정, 자금조달 형태 등과도 깊은 연관성을 보인다. 황수민·양문수, 「김정은 시대 '복합식' 금융개혁에 관한 연구」, 『국가전략』, 제26권 1호, 2020.

22) "21세기 공업기업소 현대화, 정보화에서 기원을 이루는 첨단생산방식이며 컴퓨터통합생산체계(략칭 CIM: Computer Integrated Manufacturing System)는 제품의 설계, 제작으로부터 관리업무에 이르는 생산경영활동전반이 컴퓨터기술에 기초하여 하나로 통합되어 진행되는 생산체계이다", 김충성, 「컴퓨터생산체계의 도입은 인민경제의 현대화, 정보화의 중요한 투쟁목표」, 『경제연구』, 2010년 제1호, 2010.

23) 김정은, 「조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고」, 조선로동당출판사, 2016.

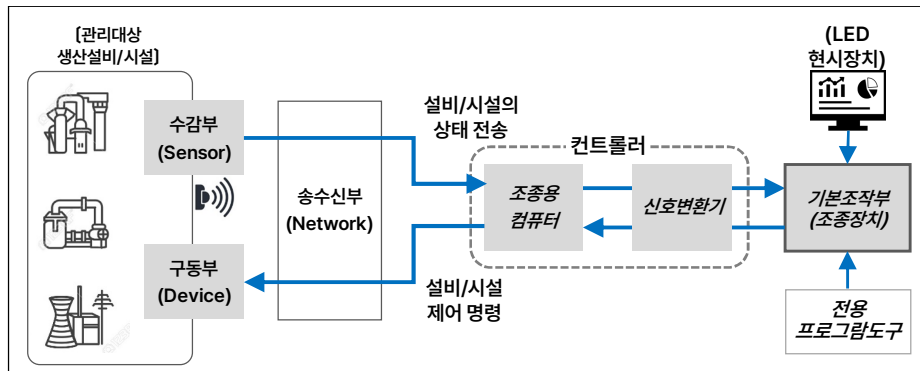
보여준다.²⁵⁾

2. 분산조종체계의 범용 제품화

위에서 언급한 분산조종체계의 대규모 공급을 위하여, 김정은 당국은 집권 초기부터 체계적으로 준비해 온 것으로 보인다. 2010년대 초반부터 구축형으로 분산조종체계를 운영한 화학, 금속공업 등에서 축적된 경험과 기술을 활용하여,²⁶⁾ 2015년 전후로 공업 분야 정보제품의 국가표준화 및 범용 상품화에 집중하였다.²⁷⁾ 그런데 분산조종체계는 기본적으로 컨트롤러 기술이 그 핵심이기는 하나, 다양한 생산 현장에 적용을 위하여 여러 가지 관련 기술 요소들이 동시에 제공되는 일종의 산업용 패키지이다.

[그림 3]은 북한의 관련 보도와 문건 등을 토대로 재구성한 분산조종체계의 구성을 보여준다. 분산조종체계는 통제와 제어가 필요한 생산 공정과 설비 등에서 발생하는 설비의 상태나 정보가 수감부(Sensor)²⁸⁾를 통하여 유선 또는 무선 네트워크로 전송되고, 이를 관리자가

[그림 3] 분산조종체계의 구조



자료: 저자 작성.

- 24) “인민경제 현대화의 최종 목표는 ‘무인화’ 실현이며, 이는 CNC기술의 전면적 도입과 프로그래밍기술의 빠른 발전에 기초한 정선 및 육체로동을 하는 지능화 수준이 높은 산업용 로봇의 대대적인 도입으로 구현된다”, 리기성 외, 『경제학연구논문집 16: 위대한 령도와 김정일동지의 주체의 사회주의경제사상과 리론』, 사회과학출판사, 2015. 이와 같이 김정은 시기에 강조되는 ‘지능생산체계’ 구현과 무인화 추진에서는 대체로 공정 전반에 대한 ‘분산조종’ 기능이 강조되는데, 이것은 ‘무인화’의 기본 토대가 ‘분산조종’이기 때문이다. 결국 무인화단계에서도 기본적인 시스템적 토대는 분산조종체계(DCS)로 이루어진다.
- 25) 이와 같은 사실은 김정은 당국이 ‘지식경제’라는 새로운 담론 제시 과정에서, 이미 김정일 시기에 제시되었던 세부 실행방안이 새롭게 핵심적인 위치로 격상된 것으로 평가되는데, 이는 당시까지도 목표했던 성과를 여전히 달성하지 못했거나, 본격적인 실행 이전이었다는 점을 방증하는 것으로 볼 수 있다.
- 26) 이 연구에서는 특정한 사업장을 전제하여 분산조종체계를 구축/운영하는 경우를 ‘구축형’이라 칭했다. 현실적으로 구축형의 대부분은 북한의 ‘대상 설비’를 대상으로 한 경우가 대부분이다.
- 27) 『조선중앙통신』, 「분산형컴퓨터조종체계 개발」, 2013. 4. 4.
- 28) 수감부 역시 2015년 전후로 국가표준화를 통하여 제품화하였으며, 제품명은 《설봉》이며, 최근까지도 지속 업그레이드 및 기능 다양화를 진행한 것으로 보인다. 《미래102》의 전용 프로그램은 《흰구름》 계열의 공업용 소프트웨어가 쓰이고 있다고 보도되고 있다. 『로동신문』, 「과학연구기관들은 자기 분야의 발전을 책임지자」, 2023. 6. 17.

인지하고 판단하는 현시장치(모니터)와 필요한 명령을 내리는 일련의 프로그램 요소(조종장치) 등으로 구성된다. 또한 다양한 생산 현장의 여건에 맞도록 변형 활용이 가능한 사용자 프로그램도 함께 제공된다.²⁹⁾

북한의 한 보도에서는 분산조종체계에 대하여 다음과 같이 기술하고 있다.

현시기 세계적으로 생산공정의 CNC화, 무인화에는 분산형조종체계(DCS)라고 하는 전용조종 설비들이 리용되고 있다. (중략) 우리의 실정에 맞게 원가가 적게 들면서도 안정성과 믿음성이 보장되는 분산형조종체계를 설계하고 그에 필요한 매물형조작체계와 자동화전용프로그램도 구들을 개발하였으며 여러 종류의 부분품들도 연구제작하였다. (중략) 우리 식의 분산형조종체계《미래 102》(1.0판)를 개발하는데 성공하였으며 도입대상의 규모와 내용에 따라 계열생산 할수 있도록 15개 계열로 규격화하였다. (중략) 이 체계는 현재 세계적으로 개발판매되고있는 일체화된 제품의 총가격에서 70%를 차지하는 매물형조작체계와 자동화전용프로그램도구들을 비롯한 지적제품들이 모두 국산화되어있으므로 이것을 구축하는데 드는 원가는 통채로 수입하는 경우에 비하여 1/3이하밖에 되지 않는다고 한다.³⁰⁾

위의 보도 내용은 국가와 도입 주체의 부담을 최소화하는 국산화와 원가 절감, 구축 기간의 획기적 단축과 다양한 생산 유형이 반영된 '계열생산'의 규격화 등 당국의 정책 의지가 그대로 담겨있다.³¹⁾

보급형 제품인 '미래102'가 최초로 도입된 곳은 '평양메기공장'과 '조선인민군제122호양묘장'으로 알려져 있는데,³²⁾ 2015년 전후로 분산조종체계를 도입했다거나 'CNC화'하였다는 보도가 상당한 수준으로 증가했다. 이러한 보도 추세를 고려해 보면, 2020년까지 다양한 유형의 지방 중소형 생산 시설과 설비에 활발하게 도입한 것으로 추정되며, 지방 경공업 공장의 현대화 사업에 필수적으로 보급된 것으로 보인다.³³⁾ 2018년 전후는 룡악산 비누공장, 평양곡산공장, 강서약수공장, 창성식료공장 등이 대표적이다.

아울러 '미래 102'는 대체로 2013년부터 2018년까지 성능 개선 노력이 확인되는데, 특히 2015년에는 '(1.0판)'이라는 버전(version) 표기가 추가되었다. 초기의 제품화 과정은 일부 외산 부품이나 기술을 활용하였을 개연성이 높고, 2015년의 (1.0판)은 일정 수준 이상의 국산화로 독자성과 완결성을 높인 것으로 보이며, 2018년의 개발은 추가적 기능 향상, 적용

²⁹⁾ 최근의 생산 혁신과 관련한 '스마트팩토리', '4차 산업혁명' 및 '인공지능' 등의 다양한 기술의 활용에도 불구하고, 설비와 공정 관리의 제어 및 감시라는 기본 구조는 위의 기술 내용과 유사하다.

³⁰⁾ 『조선의 오늘』, 「분산형조종체계의 국산화실현과 그 주인공들」, 2015. 4. 23.

³¹⁾ 「계열생산」은 "제품 또는 부분품을 한류음씩 주기적으로 반복하여 생산하도록 하는 생산조직의 한 형태이며, '류음식 생산'이라고도 칭한다." 『경제사전 1』, 사회과학출판사, 1985.

³²⁾ 『조선의 오늘』, 「우리 식의 분산형조종체계 개발자, 그 주인공들」, 2015. 12. 3.

³³⁾ 이는 김정은 시기의 인민 소비품 국산화 정책 및 지방 경공업 활성화 정책 등과 깊은 관련이 있을 것으로 추정된다.

생산 유형의 확대 또는 공급 프로그램 개선 등으로 추정된다.³⁴⁾

한편 2018년에는 남흥청년화학연합기업소의 무연탄가스화공정에 신형 DCS 도입 관련 보도가 확인되는데, 이는 기존에 구축형을 운영 중인 기술력을 보유한 대형기업소의 자체적 고도화 사례로 판단된다.³⁵⁾ 2022년 연포온실농장 및 2024년 강동종합온실 사례에서는 ‘지능형 통합생산체계’가 강조되고 있는데,³⁶⁾ 최근 2024년 보도에서도 분산조종체계와 인공지능 기술과의 결합 사례가 늘어나는 상황으로 판단된다.³⁷⁾

IV. 김정은 시대 CNC화 추진 의의

지금까지 북한 CNC 기술의 발전 경로의 하나로서 분산조종체계의 범용화 및 대량 보급을 통하여, 북한 당국이 CNC 기술을 어떻게 확산했는지 살펴보았다. 본 장에서는 이에 대한 전체적인 흐름을 정리하고, 그 의의를 살펴보고자 한다.

조선의 과학자들과 기술자들은 자체의 힘으로 CNC기술을 개발하고 그것을 경제전반에 도입하기 위하여 부단히 노력하였다. (중략) 나라의 수많은 기계공장들이 국내산 CNC기계들로 갱신되었다. 이것은 단지 기계제작부문에서만 일어나고있는 일이 아니다. CNC기술은 나라의 중요화학기지의 하나인 2.8비날론연합기업소에도 적극 도입되었다. 남흥청년화학연합기업소의 기술자들은 화학공업에서 높은 수준의 자동조종을 보장하는 DCS(분산형조종체계)를 개발하였다. CNC기술은 방직, 식료 및 소비품 공업에도 도입되었다.³⁸⁾

위의 인용을 고려하여, 북한의 CNC 기술이 어떻게 북한경제와 산업 현장에 적용되었는지를 시간의 흐름에 따라 다음의 [그림 4]와 같이 전체적으로 조망해 보고자 한다.

34) 해당 보도에서는 “우리 식으로 개발완성된 분산형조종체계는 실시간처리능력과 다중과제처리량, 체계안정성을 비롯한 일부 주요기술지표와 성능에서 세계선진수준에 확고히 도달하고있다”고 하였다. 『아리랑메아리』, 「우리 식의 분산형조종체계(미래102)개발」, 2018. 1. 30.

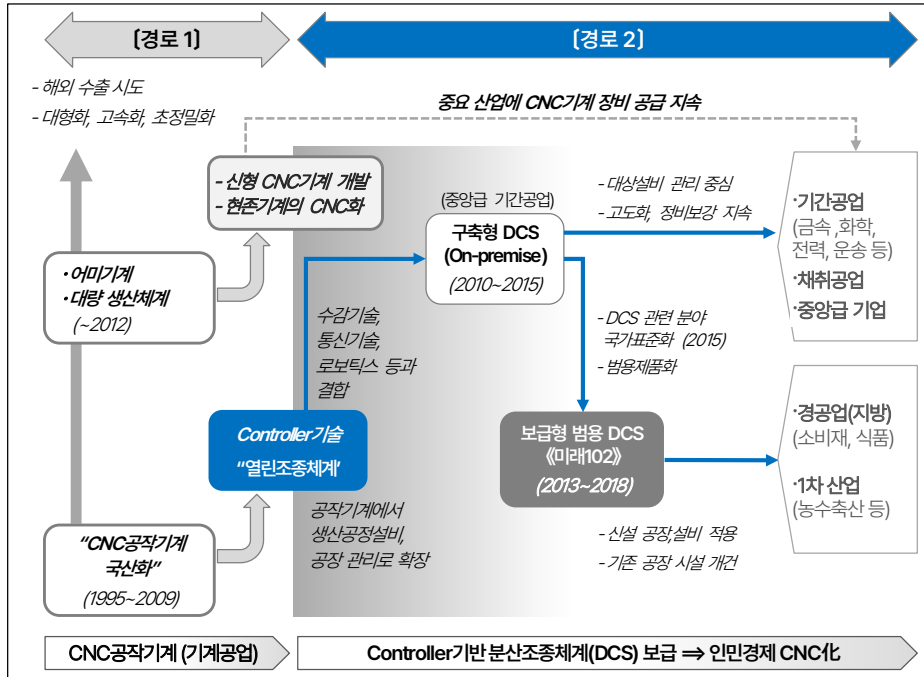
35) 『우리민족끼리』, 「당의 령도밑에 창조와 혁신의 길로 출달음처은 자립적인 대화학공업기지 - 남흥청년 화학연합기업소가 걸어온 50년의 자랑스런 로정을 더듬어보며-」, 2018. 10. 13.

36) 강동종합온실농장 등 최근 신설된 대규모 온실농장에 인공지능 기술이 반영된 최신의 ‘지능형 통합생산체계’가 도입된 것으로 보도하고 있다. 『로동신문』, 「연포온실농장과 중평온실농장사이 사회주의경쟁 활발히 진행」, 2023. 10. 11 및 「위대하고 거창한 창조투쟁의 성공적인 결실 -새시대 현대적인 온실의 본보기로 일떠선 강동종합온실-」, 2024. 3. 22.

37) 최근의 보도는 ‘분산형조종체계는 종전의 생산조종체계들에 비하여 체계들사이의 정보통합을 능동적으로 분산시키는 방법으로 전반적생산공정을 진행하는 인공지능프로그램이다’라고 하는 등 인공지능 기술과의 연계를 강조하고 있다. 『조선의 소리』, 「독점물이 아니다」, 2024. 4. 29. 따라서 최근의 디지털 혁신 경향에 있어서, IoT 플랫폼 기술과 인공지능 기술 등과의 연계는 통상적인 추세이며, 북한의 분산조종체계 또한 다양한 기술과 결합되는 플랫폼(platform)적 성격을 잘 보여주고 있다.

38) 『조선사회과학자협회』, 2022. 10. 14.

[그림 4] 북한 CNC 기술의 'CNC화' 전개



자료: 저자 작성

북한은 지난 1995년 이후 30여 년간의 자체적인 CNC 기술의 발전을 이루었으며, 이는 동시에 북한 '인민경제 CNC화'의 추진 경로이기도 했다. 우선 (경로 1)에서 김정일 시기는 CNC 기술 완성, CNC 공작기계의 대량 생산 및 기존 기계의 CNC화에 집중하였는데, 이는 기계공업 중심의 생산 정상화와 효율 증대라는 직접적 효과 때문으로 보인다.

동시에 2010년대 초반에는 CNC 기술, 통신, 로봇틱스 및 센서 기술 등과의 결합으로 중요 장치산업에 구축형 분산조종체계가 구축되었음을 (경로 2)는 보여주고 있다. 이후 북한은 상당한 기술과 운영 경험을 축적하였고, 2015년을 전후로 관련 기술에 대한 국가표준화를 통한 범용 제품화라는 '보편화' 전략으로 선회하였다. 이러한 분산조종 제품들은 다수의 중소 규모 생산 시설 및 다양한 산업군에 구축형 대비 저렴한 비용으로 단기간에 보급되면서, '인민경제 CNC화'의 성과 확대를 위한 핵심 기술 수단의 하나가 되었다. 따라서 김정은 시대 '인민경제 CNC화'의 핵심적 과제는 분산조종체계의 보급이었으며, 이는 김정은 시대 'CNC화'의 기술적 실체의 하나로 평가할 수 있다. 이와 같이 김정일 시대에 일정 수준의 국산화에 도달한 CNC 기술의 확산은 지난 30여 년간 기계공업의 혁신이라는 한 축과 다양한

북한의 산업 전반에 대한 ‘분산조종체계’ 보급이라는 두 개의 경로에서 장기간 진행된 혁신 시도였다. 그렇다면 2015년 이후 대량 보급된 ‘미래102’와 같은 분산조종체계는 북한 산업 기술 혁신에 있어 어떤 의의가 있는가?

첫째, 분산조종체계의 보급은 산업 전반에 대한 포괄적이며 신속한 기술 혁신 시도라는 점이다. 특히 표준화 전략에 따라 분산조종체계를 범용 제품화하여 공급한 점은 국가와 산업 현장의 재정 부담을 최소화하면서도, 생산 증대와 효율화를 위해 단기간의 전면적 확산을 지향한 정책 당국의 핵심 전략으로 볼 수 있다.

둘째, 해당 기술은 북한 자체적인 개발 산출물임에도 불구하고, 글로벌 표준 및 통상 국가의 산업 혁신 추세와 일치한다. 컨트롤러 기술과 정보화 혁명 시기 축적한 ICT 기술을 활용하여 생산 공정에서 발생하는 데이터를 수집, 축적, 가공한다는 개념은 국가 간 차별성에도 불구하고, 오늘날의 산업 선진국들의 해당 분야 기술 발전의 추세이다. 이는 향후의 국제적인 경제 협력 및 투자에서 긍정적 유인이 되는 기술 여건을 갖춘 것으로 볼 수 있다.

셋째, 북한 자체적인 산업 혁신을 지속적으로 추진할 수 있는 여건을 구축하였다는 점이다. 이는 오늘날 부상하는 새로운 산업 기술들과 기존의 분산조종체계와의 결합으로 자체적인 적용, 응용이 가능한 환경을 보유했기 때문이다. 2019년 이후 ‘디지털 경제’에 해당하는 ‘수자경제’ 담론을 제시할 수 있었던 것도³⁹⁾ 사실은 이러한 기술적 토대가 일정 수준 갖추어졌기 때문으로 판단되며, 이는 북한이 향후의 자체적 기술 혁신을 지속할 수 있는 기술적 ‘매개체’를 확보하고 있다는 의미이다.

우리가 오늘날 북한의 보도 사진에서 공장의 생산 통제실의 모니터 앞의 소수 조작 인력이 생산 공정 전반을 통제, 제어하는 모습들이 낯설지 않게 된 것과 같이, 이미 위에서 지적한 북한 산업 기술 혁신 시도들은 이미 상당 기간에 걸쳐 북한의 ‘정착된 현실’로 보아야 한다.

V. 김정은 시대 ‘CNC화’ 성과

이제는 논의의 마무리 차원에서 분산조종체계의 실제 산업 현장에서의 보급 성과 및 그 지속가능성에 대하여 살펴보고자 한다. 분산조종체계는 기본적으로 새로운 기술 체계를 생산 현장에 적용하여, 중국적으로 생산 효율 제고와 같은 경영상 이득 확대가 목적이다. 또한 분산조종체계는 단일 장비 보급이 아닌 ‘시스템 도입’의 성격과 유사하여, 다음의 속성을

39) 변혁문·최현규, 「북한의 ‘경제의 정보화’ 정책 추진 동향」, KISTI, 2021.

가진다.

첫째, 분산조종체계는 해당 생산 현장의 여건을 정확하게 반영하는 커스터마이징(customizing) 절차가 매우 중요하다. 이는 현장별로 상이한 환경과 개별 생산 설비의 여건에 최적화되어야 하는 매우 정교한 수정 과정이며, 지속적인 운영 성과를 보장하는 핵심 조건이다. 따라서 해당 과정은 초기 구축 단계뿐만 아니라, 운영 과정에서도 필수적이므로 이것이 원활하지 않다면 구축된 체계는 의도했던 성능을 발휘하기 어렵다.

둘째, 위의 지속적인 커스터마이징에 따른 재정적·기술적 자원의 지속 투입이 필수적이다. 일반적으로 ICT 시스템은 신설 시의 구축 비용 이외에 상당 수준의 연간 유지 보수 및 고도화 비용이 지속 발생하며, 이는 시스템 철수 시까지 지속된다.⁴⁰⁾ 또한 운영 과정상의 다양한 기술적 문제에 대한 현장 기술 지원도 신속하고 정확해야 한다. 재원이 충분하더라도 원활한 기술 지원 체계가 부실하다면, 생산 과정의 안정성 측면에서 매우 심각한 문제가 되기 때문이다.

셋째, 북한의 기업소·공장도 독립채산제를 기반으로 하는 경영 단위인 만큼, 이러한 시스템의 운영은 비용편익 측면의 타당성을 보장하여야 한다.⁴¹⁾ 즉 시스템의 정상 운영을 위한 투입 재원을 초과하는 원가절감, 생산량 증가 또는 품질 제고 등의 성과가 지속적으로 보장되어야 한다. 그런데 당국의 판단에 따라 국가의 재원으로 설치된 경우는 구축, 운영 재원과 지원체계까지도 국가가 책임진다. 반면 자체 재원으로 보급형을 도입한 기업소는 위의 투자와 지출을 전적으로 책임져야 하는 구조이다.

결국 성공적인 신규 도입 시스템의 성패는 현장 최적화 수준, 지속적인 인적·물적 사후 관리와 기술 지원체계의 작동 및 비용편익 타당성 보장 여부에 달려 있다. 따라서 구축만으로 혁신의 성과가 보장되는 것은 아니며, 구축 이후의 지속적인 재정적·기술적 역량과 여건 확보가 중요하다. 특히 북한의 경우 분산조종체계의 대규모 보급 대상이 대체로 기업소의 경영 독자성과 책임이 확대된 중소형 지방공업과 경공업 공장이 상당수인데,⁴²⁾ 이 경우 지속적 비용 투입의 편익 보장이 불확실하다면 추가 투자 타당성은 약화 될 것이며, 신속하고 정확한 기술 지원체계의 작동 여부도 상당한 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 분산조종체계와 관련된 기술의 산업 전반 확산이 지속적인 재원 투입이 역량이 충분하지 못한 기업소와

40) 국내의 경우 개발된 시스템의 기본적인 유지·보수 등에 소요되는 운영비는 매년 최초 시스템 개발비의 최소 20~30% 수준에서 발생하며, 특히 성능 개량 또는 고도화의 경우와 같이 별도의 개발 절차가 필요한 경우는 추가 투자 비용이 발생하는 것이 일반적이다.

41) 북한에 IT 연구사 경험을 보유한 인사(Ⅱ, 36세, 2019년 탈북)와의 인터뷰에 따르면, 당국이 지정한 국가 주요 산업 시설이나 '본보기' 차원에서 기술 개선을 하는 경우는 국가가 비용을 부담하나 기업소나 공장 자체의 발의로 진행 시에는 공장·기업소가 해당 비용과 향후의 유지, 보수 비용을 부담한다고 하였다(인터뷰 일자: 2024. 7. 26).

42) 북한 당국은 기술 혁신의 보편화 전략 차원에서 제품의 보급은 일정 수준의 자율권을 보유한 위와 같은 유형의 기업들도 상당수 포함했을 것으로 보인다. 이석기 외(2018)에 따르면, 국가의 계획 외에 자율권 기반의 경영 비중이 높은 기업유형(부분 계획형, 형식적 계약형, 계약형과 위계 조적형)의 기업소는 설비 투자의 자율권과 동시에 유지 운영에 대한 책임을 보유하고 있다. 이석기 외, 『김정은시대 북한경제개혁 연구: 우리식 경제관리방법을 중심으로』, 산업연구원, 2018.

공장의 책임으로 맡겨지는 경우, 위와 같이 도입된 시스템의 유지 유인은 약화 될 가능성이 높을 것으로 예측된다. 이에 따라 새롭게 보급된 시스템은 현장에서 외면받게 되고, 기존 생산방식으로 회귀할 가능성이 높아지는데, 위와 같은 추정은 국내 중소기업 대상 관련 연구에서도 유사하게 나타나는 일반적 현상이다.⁴³⁾ 물론 본 논의에서 통상적으로 알려진 북한 산업의 원자재 수급 및 전력 문제 등 산업 구조적 한계에 따른 요인도 결코 배제할 수는 없으나, 이 연구에서는 ‘CNC화’에 한한 성과 추정이라는 점을 밝힌다.

요컨대 김정은 시기 북한 당국의 분산조종체계의 ‘보편화’ 전략은 인민경제 전반의 혁신을 지향하고, 북한의 여건을 고려한 가장 효율적 방안으로서 북한이 ‘선택’한 측면도 있지만, 동시에 장기간의 경제 고립 상황의 돌파를 위한 ‘유일한 대안’이기도 하였다. 그럼에도 해당 분야의 기본 속성으로 인한 ‘보급 대상의 확대’와 ‘인적·물적 운영 역량 수준’ 간의 상충 가능성에 따라, 실제 도입에 따른 지속적인 성과 창출은 어려울 것으로 판단된다.⁴⁴⁾

VI. 맺음말

본 연구는 김정은 시기의 ‘인민경제 CNC화’ 추진에 대한 새로운 시각을 분산조종체계의 대량 보급을 통해 제시하고자 하였다. 2009년 완성한 것으로 선언한 북한의 CNC 기술이 기계공업 분야의 논의에 한정되지 않고, 핵심 기술인 컨트롤러의 확산 및 보편화 전략 차원에서 김정은 시기에 제품화된 분산조종체계가 산업 전반에 보급·활용되었다는 점을 밝혔다. 따라서 북한의 ‘인민경제 CNC화’ 추진 전략은 기계공업 내의 CNC 기술 적용과 동시에 다양한 산업의 생산 설비에 대한 분산조종체계 보급이라는 두 가지 추진 경로로 지난 30여 년 동안 장기간에 걸쳐 진행된 경로였다.

특히 분산조종체계는 2015년 이전까지는 중요 산업 시설 중심의 개별 구축 및 운영이 중심이었으나, 2015년 이후 김정은 당국은 축적된 운영 경험과 기술력을 바탕으로 국가표준 정립 및 범용 제품화를 진행하여, 경공업에서 1차 산업까지 포괄하여, 단기간에 보급하는 ‘보편화’ 전략을 실행했다. 아울러 제7차 당대회에서 제시된 지식경제 전환의 핵심 과제로서

43) 심현숙·최경현, 「스마트공장 확산을 위한 도입 결정요인연구: 국내제조기업을 중심으로」, 『J. Korean Soc. Living Environ. Sys.』, Vol. 28 No. 3, 2021. 국내 중소기업의 경우, 스마트공장 도입 저해 요인이 ‘도입 성과에 대한 불확실성, 직원들의 수용 역량 및 자금 제약’ 순으로 나타나고 있다. 이를 감안하면 계획 경제와 시장 메커니즘이 혼재하는 북한의 경우 위와 같은 제약 요인은 보다 크게 작용할 가능성이 높을 것으로 보인다.

44) 지방 신설 공장의 분보기인 ‘김화군’ 사례 관련 보도에서 “이미 있던 공장들을 단순히 개건하고 이빠진 공장들을 보강하는 식으로가 아니라 설계로부터 현대화와 생산공정배치에 이르기까지 완전히 새롭고 선진적인 생산기술적잠재력을 마련하자면(후략)”과 같이 언급된 내용이 확인된다. 기존 공장 또는 설비에서의 기술 개건 성과의 한계를 간접적으로나마 엿볼 수 있다. 『로동신문』, 「《지방발전 20X10 정책》관철을 위한 투쟁에서 당중앙이 제시한 정책적요구를 철저히 구현하자」, 2024. 2. 8.

그 보급을 촉진하였다. 따라서 분산조종체계는 김정은 시대 ‘인민경제 CNC화’의 핵심 전략이며, 기술적 실체의 하나로 재해석 할 수 있었다.

분명한 것은 김정은 시대의 ‘CNC화’ 전략과 목표는 김정일 시기에 제기되었으나,⁴⁵⁾ 본격적 실행은 기술적 역량과 여건이 조성된 2015년 이후였다는 점이다. 그리고 북한의 이러한 혁신 시도는 그 확산의 정도와 성과의 검증 필요성에도 불구하고, 오늘날의 통상적인 국가의 산업 혁신 과정에서 나타나는 생산 정보의 디지털화 및 네트워크화와 함께 인공지능과 같은 디지털 기술⁴⁶⁾과의 융합 추세와도 일치된 흐름이라는 점은 분명하다. 이에 따라 향후의 산업 기술 혁신은 다양한 기술과의 원활한 연계가 가능하며, 북한 자체적으로 지속적 기술 혁신이 가능한 여건을 확보했다는 의의도 찾아볼 수 있었다.

그러나 김정은 당국이 선택한 ‘보편화’ 전략이 대다수 중·소규모 산업 현장을 대상으로 했다는 점과 지속적이고 체계적인 현장의 운영 역량과 기술 지원이 요구되는 속성 간의 상충은 불가피할 것으로 보인다. 결국 정책 수립에 있어 국가와 도입하는 기업소, 공장의 경제적 부담을 최소화한 보편화 전략은 생산 확대 효과 등 단기적 성과는 일부 가능했으나, 지속된 재원 부담, 운영 역량과 경험의 미숙, 열악한 기술 지원체계 등의 산업 현장의 문제로 지속적인 성과 창출에는 일정한 한계가 있었을 것으로 추정된다.

45) 송미란, 「장군님과 CNC(16)」, 『로동신문』, 2011. 3. 22.

46) 디지털 시대의 이와 같은 기술들을 GPT(General Purpose Technology)로 통칭하는데, 경제성장 전반에 대한 영향력을 보유하고, 다양한 분야에 광범위하게 적용되는 기술을 지칭한다. 고전적인 GPT로는 증기와 전기가 대표적으로 꼽힌다. Timothy Bresnahan, 「General Purpose Technologies」, in Bronwyn H. Hall, and Nathan Rosenberg, eds., *Handbook of the Economics of Innovation*, Volume 2, Elsevier, 2010.

참고문헌

- 강호제, 「간추린 북한 과학기술정책 70년의 역사」, 『내일을 여는 역사』, 제78호, 2020, p.284.
- 강호진, 「북한 산업기술 혁신정책과 현실」, 북한대학원대학교 박사논문, 2025. 1.
- 김규석, 「공업기업소 CNC기술도입전략의 본질적내용」, 『경제연구』, 2012년 제4호, 2012.
- 김정은, 『조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고』, 조선로동당출판사, 2016, pp.45~48.
- 김충성, 「컴퓨터생산체계의 도입은 인민경제의 현대화, 정보화의 중요한 투쟁목표」, 『경제연구』, 2010년 제1호, 2010, pp.25~26.
- 리기성 외, 『경제학연구논문집 16: 위대한 령도자 김정일동지의 주체의 사회주의경제사상과 이론』, 사회과학출판사, 2015, p.209.
- 박후건, 『DPRK의 경제건설과 경제관리체제의 진화(1949-2019)』, 도서출판 선인, 2019, pp.111~112.
- 변학문, 「북한의 기술혁명론」, 『과학기술정책』, 제27권 제2호, 2015, p.63.
- 변학문·최현규, 『북한의 '경제의 정보화' 정책 추진 동향』, KISTI, 2021, p.20.
- 송미란, 「(정론) 침단을 돌파하라」, 『로동신문』, 2009. 8. 11.
- _____, 「장군님과 CNC(1)」, 『로동신문』, 2011. 3. 3.
- _____, 「장군님과 CNC(14)」, 『로동신문』, 2011. 3. 20.
- _____, 「장군님과 CNC(16)」, 『로동신문』, 2011. 3. 22.
- _____, 「장군님과 CNC(19)」, 『로동신문』, 2011. 3. 25.
- 심현숙·최경현, 「스마트공장 확산을 위한 도입 결정요인연구: 국내제조기업을 중심으로」, 『J. Korean Soc. Living Environ. Sys.』, Vol. 28 No. 3, 2021, p.311.
- 안명훈, 「위대한 령도자 김정일동지께서 지식경제강국건설위업에 쌓아올리신 불멸의 업적」, 『경제연구』, 2013년 제4호, 2013.
- 양문수, 『북한 경제의 구조: 경제개발과 침체의 메커니즘』, 서울대학교출판부, 2001. p.82, 105.
- 유영구, 『김정은의 경제발전전략 1』, 경인문화사, 2020, p.441.
- 윤형득·신현식, “분산제어시스템의 구축과 응용사례에 관한 연구,” 한국해양정보통신학회 2001년도 추계종합학술대회, 2001. 10. 1, p.553.
- 이석기 외, 『김정은시대 북한경제개혁 연구: 우리식 경제관리방법을 중심으로』, 산업연구원,

- 2018, pp.136~156.
- 황수민·양문수, 「김정은 시대 ‘북한식’ 금융개혁에 관한 연구」, 『국가전략』, 제26권 1호, 2020, pp.176~179.
- 『경제사전 1』, 사회과학출판사, 1985.
- 『로동신문』, 「탐구의 열정으로 들끓는 일터」, 2019. 5. 28.
- _____, 「과학연구기관들은 자기 분야의 발전을 책임지자」, 2023. 6. 17.
- _____, 「련포온실농장과 중평온실농장사이 사회주의경쟁 활발히 진행」, 2023. 10. 11.
- _____, 「《지방발전 20X10 정책》 관철을 위한 투쟁에서 당중앙이 제시한 정책적요구를 철저히 구현하자」, 2024. 2. 8.
- _____, 「위대하고 거창한 창조투쟁의 성공적인 결실 -새시대 현대적인 온실의 본보기로 일떠선 강동종합온실-」, 2024. 3. 22.
- 『아리랑메아리』, 「우리 식의 분산형조종체계 《미래102》 개발」, 2018. 1. 30.
- 『우리민족끼리』, 「당의 령도밑에 창조와 혁신의 길로 줄달음쳐온 자립적인 대화학공업기지-남흥청년 화학연합기업소가 걸어온 50년의 자랑스런 로정을 더듬어보며-」, 2018. 10. 13.
- 『조선말 대사전(증보판) 3』, 사회과학출판사, 2017.
- 『조선사회과학자협회』, 2022. 10. 14.
- 『조선의 소리』, 「독점물이 아니다」, 2024. 4. 29.
- 『조선의 오늘』, 「우리 식의 분산형조종체계 개발자, 그 주인공들」, 2015. 12. 3.
- 『조선중앙통신』, 「분산형컴퓨터조종체계 개발」, 2013. 4. 4.
- János Kornai, *The Socialist System: The Political Economy of Communism*, Princeton University Press, 1992, pp.180~184.
- Timothy Bresnahan, 「General Purpose Technologies」, in Bronwyn H. Hall, and Nathan Rosenberg, eds., *Handbook of the Economics of Innovation*, Volume 2, Elsevier, 2010, pp.761~791.
- 〈웹사이트〉
- 한국정보통신기술협회(TTA)정보통신용어사전(<https://terms.tta.or.kr/dictionary/>, 접속일: 2024. 8. 3).
- COPA-DATA(<https://www.copadata.com>, 접속일: 2024. 8. 16).