

미중 기술패권 경쟁과 양자컴퓨팅 정책 동향

United States-China Competition for Technological Supremacy in Quantum Computing and Policy Trends

이선재 (S.J. Lee, lseonj@etri.re.kr) 기술경제연구실 Post-Doc.
정선화 (S.H. Jeong, sh-jeong@etri.re.kr) 기술경제연구실 책임연구원
조병선 (B.S. Cho, tituscho@etri.re.kr) 기술경제연구실 책임연구원

ABSTRACT

The competition for technological supremacy is unfolding in the high-tech field, and quantum computing can be determinant for economic and security ripple effects. The United States and China, leaders in quantum computing, have developed this field through adequate policies. The United States has fostered quantum computing through government policies and competition among private companies, while China has secured world-class technology through large-scale government investment and attracting foreign talent. In quantum computing, securing talented people is essential to guarantee independent technology development regarding academic attributes and security. We analyze quantum computing policies in the United States and China on a timeline and determine their policy trends. In addition, the policies for securing talent in these countries are reviewed, and the policy effects are compared based on literature analysis. Through the analysis of policy cases between the United States and China, bilateral policy implications for Korea are delineated.

KEYWORDS 미중 기술패권, 양자컴퓨팅, 인력정책, 정책 동향

1. 서론

4차 산업혁명을 주도한 첨단기술은 기존의 산업 구조를 재편하고 국가의 안보에까지 영향을 주면서 글로벌 기술패권 경쟁을 야기했다. 최근 중국은 과감하고 지속적인 투자를 통해 R&D 예산, 논문출판, 특허출원 등에서 세계 2위로 올라서며[1], 첨단 산업 분야에서 냉전 이후 견고했던 미국의 위상을

위태롭게 하고 있다. 2021년 말에 발표된 벨퍼보고서는 향후 10년 중국이 기술격차를 좁혀 미국을 따라잡거나 추월할 수 있는 기술 분야들을 조명하며 미국의 위기감을 고조시켰다[2]. 반도체 및 통신에서 촉발된 미중 글로벌 기술패권 다툼은 이러한 배경 속에서 다른 기술 분야로도 확산되고 있으며 그 중 하나가 양자컴퓨팅이다.

양자컴퓨팅은 증첩, 얽힘 등 양자 고유의 특징을

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380405>

* 본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음[23ZR1400, 국가지능화 기술정책 및 표준화 연구].



활용하여 정보를 표현하고 연산하는 차세대 컴퓨팅 기술이다. 양자 고유의 특징을 활용하여 기존 컴퓨팅에서 해결 가능 영역의 문제는 더 효율적으로 해결하고, 해결 불가능 영역의 문제 일부도 해결 가능성을 갖게 한다. 반도체 고집적화 제약 등으로 기존 컴퓨팅 기술이 한계에 직면한 상황에서 양자컴퓨팅은 컴퓨팅 개념을 바꾸면서 새로운 컴퓨팅 시대로 이끌 기술로 주목받고 있다.

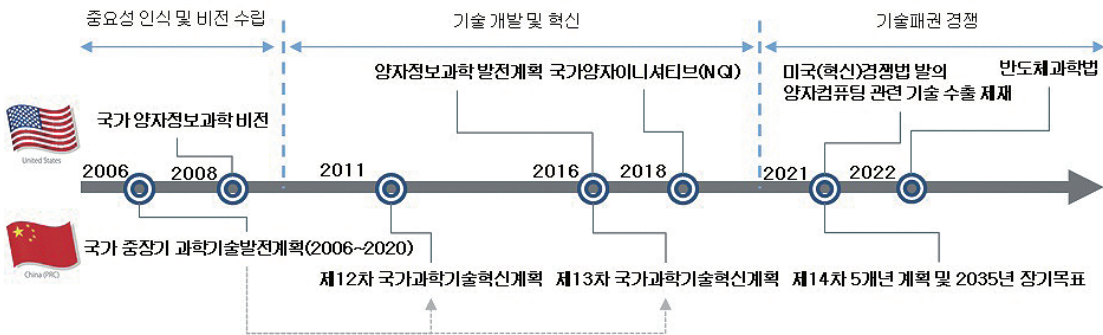
다양한 산업에서 실제 문제를 해결할 수 있는 양자컴퓨팅이 개발된다면 사회, 경제, 안보에 미치는 영향력은 광범위하고 매우 클 것이다. 범용 양자컴퓨팅이 아직 개발되지 않았음에도 불구하고 에너지, 교통·물류, 항공·우주, 신약 개발, 금융 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는 잠재력을 보여주고 있다[3]. 반면 양자컴퓨팅이 개인정보 및 금융정보 유출, 국가 기밀정보 탈취 등과 같은 사이버 공격에 활용될 수 있어 사회 및 국가안보에 부정적인 영향을 끼칠 우려도 제기된다. 긍정과 부정 두 측면에서 큰 파급력을 갖는 양자컴퓨팅 분야에서 기술혁신을 주도하기 위해 미국과 중국은 앞다퉀 정책을 발표하고 있다. 중국은 미국보다 뒤늦게 출발했지만, 양자컴퓨팅 산업화 시기에 주도권 선점을 위해 미국보

다 약 15배 많은 정부 차원의 공격적 투자를 지속하고 있다[4]. 양자기술 분야는 기초과학에서 응용기술까지 광범위한 지식이 필요하고, 기술 난도가 매우 높아 고급인력 확보가 매우 중요한 분야이다. 양자 생태계에서 인력 부족은 기술혁신의 주요 걸림돌로 지속적으로 지적되고 있다.

이에 본고에서는 II장에서 미중 관계에서 양자컴퓨팅 관련 정책의 지향점을 분석하기 위해 비전 수립, R&D 투자 그리고 기술패권 경쟁 등 시기별로 구분하여 살펴보았다. III장에서는 양자컴퓨팅의 기술확보 전략에서 가장 중요한 인재 확보 전략을 분석하기 위해 양국의 주요 인력정책 살펴보았다. 또한, 논문데이터를 활용하여 인력정책 효과를 실증적으로 분석하였다. IV장의 결론에서는 정책 분석 결과를 토대로 우리나라 양자컴퓨팅 분야에서 정책적 시사점을 도출하였다.

II. 미중 양자컴퓨팅 주요 정책

여러 통계 및 보고서 등을 종합적으로 살펴볼 때, 현재 양자컴퓨팅 분야는 미중을 중심으로 발전하고 있으며 양국은 기술혁신을 위한 다양한 정책을 추



출처 Reproduced from [5].

그림 1 미중 양자기술 정책 타임라인

진하고 있다. 양자기술 정책을 시기별로 살펴보면 양국 간 기술 수준 격차 및 국제 환경에 따라 정책 목적이 변화함을 알 수 있다. 양국의 양자기술 비전 수립 완료, 본격적인 R&D 정책 추진 및 주요한 기술 개발 성과 발생, 신냉전 선언을 기준으로 시기를 구분하여 정책적 지향점을 파악하고자 한다(그림 1 참고)[5].

1. 국가 양자정보과학 비전 수립 시기(~2008)

2000년대 중반 양국은 양자기술에 대한 중요성을 인지하고 서로 견제하며 국가 주도의 개발계획을 수립하기 시작하였다.

미국은 오래전부터 양자컴퓨팅 연구가 진행되었으나 기존에는 각 부처·기관별로 다양하게 추진되고 있었다. 2008년 연방정부 차원에서 ‘양자정보과학비전’을 수립하고 연구개발의 우선순위를 조정하였다. 이를 통해 양자기술 분야의 국가적 해결 과제를 도출하였으며 양자컴퓨터 기술 개발을 본격적으로 추진하였다.

중국은 2006년 ‘국가중장기과학기술발전계획’을 발표하면서 양자기술 분야가 최초로 국가 정책에 포함되었다. 중국은 향후 15년간 중점적으로 추진할 국가 전략 미래기술 4대 분야를 발표하였는데, 그 중 한 분야가 양자제어였다[6].

2. 양자컴퓨팅 기술 개발 및 혁신을 위한 R&D 투자 시기(2009~2018)

미국은 ‘국가양자이니셔티브법안(NQI)’을 통해 최대 12억 달러, 중국은 양자정보과학국가연구소 예산에만 1,000억 위안을 확보하는 등 국가 주도의 대규모 투자가 추진되고 기업 간 기술 개발 경쟁이 본격적으로 이루어진 시기이다.

미국은 연방정부 부처와 국가 연구소를 중심으로 대규모 예산 및 시간이 소요되는 하드웨어 중심의 연구개발 정책과 인력정책을 추진하였다. 민간에서도 구글, IBM, 인텔 등 빅테크 기업들이 양자컴퓨터 개발 및 양자컴퓨터 클라우드 서비스를 준비하고 기업 간 협력을 통해 활용사례를 만들어 가는 등 양자컴퓨터 상업화를 위한 기술 개발 경쟁이 성과로 이어졌다. 정부의 기초 연구지원 마련과 빅테크 기업 간 경쟁은 미국이 양자컴퓨터 분야에서 선두를 지킬 수 있었던 배경이었다.

양자기술은 안보 분야의 다양한 활용성 측면에서 미래의 창과 방패 역할을 할 것으로 예상된다[7]. 암호해독 등을 가능케 해주는 양자컴퓨터가 창으로 표현된다면 암호해독이 불가능한 양자통신은 방패 역할을 한다. 중국은 초기에 방패 역할을 하는 양자통신에 먼저 주력하면서 자국의 정보를 보호하고자 하였다.

중국은 ‘국가중장기과학기술발전계획’의 우산하에서 5년마다 국가과학기술계획을 발표하면서 국가전략기술의 개발을 체계적으로 추진하고 있다. 제12차 계획에서 양자통신을 포함하였고[8], 제13차 계획에서는 양자통신뿐만 아니라 양자컴퓨터까지 중대 과학기술 프로젝트로 규정하고 있다. 국가계획을 통해 양자기술 분야에 집중투자해 오던 중국은 제13차 계획의 대표 과학기술 성과인 양자통신위성 발사 성공(16.8)을 시작으로, 2018년부터 양자컴퓨팅 분야에서도 주요한 성과를 보여주기 시작하였다[9].

미국은 중국의 기술 추월을 경계하면서 2018년 12월 NQI법을 제정하였다[10]. NQI를 통해 양자기술 R&D에 대한 전략적 투자를 촉진하면서 미국의 기술우위를 유지하고자 하였다. NQI는 향후 10년에 걸친 연방정부의 양자 분야 우선과제 선정, R&D 목표 설정, 성과평가 및 투자계획 등을

제시하고 있다. 특히, 백악관 국가과학기술위원회(NSTC)는 NQI의 다양한 정책 중 인재 양성이 미국의 우선 과제를 밝힘으로써 인력정책의 중요성을 강조하였다.

3. 양자컴퓨팅 기술패권 경쟁 본격화 시기 (2019~)

미국의 탈중국화와 과학기술 신냉전이 공식화되고 중국이 과학기술강국을 위한 기술굴기를 강조하면서 미중 패권경쟁이 격화되었다. 이러한 경쟁은 경제 및 안보와 직결된 첨단 기술인 5G, 인공지능, 반도체 분야에서 시작하여 양자컴퓨팅 분야로 이어져 오고 있으며, 미국은 관련 기술에 대한 대(對) 중국 규제를 강력하게 시행하였다.

이에 중국은 과학기술혁신을 최우선 전략 과제로 선정하고 2021년 기술자립·쌍순환을 핵심키워드로 하는 ‘제14차 국가과학기술혁신계획’을 발표하였

다[11]. 본 계획은 전략적으로 육성할 7대 분야에 양자통신·양자컴퓨터를 제시하고, 연구개발비를 매년 7% 이상 증액하여 관련 분야들을 집중적으로 육성하는 내용을 담고 있다.

미국은 중국의 제14차 계획에 대응하기 위해 대(對) 중국 견제 법안으로 ‘미국혁신경쟁법’(상원)과 ‘미국경쟁법’(하원)을 2021년, 2022년에 각각 발의하였다[12]. 동 법안들은 5년간 2천억 달러 이상의 예산을 투입하며, 미국의 첨단 산업 및 제조업의 기술 수준 향상과 각종 제재를 통한 첨단 산업 보호, 나아가 동맹국과의 공동 제재를 목적으로 하고 있다. 또한, 미국은 중국의 양자컴퓨팅 기술이 미군을 위협할 수 있다고 판단하고 중국 12개 기업에 양자컴퓨팅 기술 수출을 제한한다고 발표[13]하면서 양자기술을 중심으로 한 기술패권 경쟁을 한층 격화시키고 있다.

시기별로 살펴본 양국의 양자컴퓨팅 주요 정책을 표 1과 같이 요약 정리하였다.

표 1 미중 양자컴퓨팅 주요 정책 시기별 비교

시기	구분	미국	중국
비전 수립	정책	• 국가양자정보과학 비전	• 국가중장기과학기술발전계획
	목적	• 연방정부 차원에서 양자연구 우선순위 조정	• 자주혁신능력 증대, 과학기술의 경제사회 발전과 국가안보 촉진 능력을 제고
R&D 투자	정책	• 국가양자이니셔티브법안(NQI)	• 제13차 국가과학기술혁신계획
	목적	• 미국의 양자정보과학 분야 기술우위 유지	• 외국기술의 모방에서 벗어나 선도적 위상 차지
	예산	• 최초 NQI 예산 2019~2023년 최대 12억 달러	• 양자정보과학국가연구소 예산 1,000억 위안 (2018~2022년, 약 13조 원)
	특징	• 정부의 연구 토대 확립 및 연구개발 투자 • 빅테크 기업 간 혁신 경쟁 및 민간 투자 확대	• 국가 주도의 대규모 집중 투자
	성과	• 양자컴퓨터 개발 성공(구글, IBM)	• 양자통신위성 발사 성공
기술 패권 경쟁	정책	• 미국혁신경쟁법·미국경쟁법, 반도체 과학법	• 제14차 국가과학기술혁신계획
	목적	• 첨단기술 수출 제재를 통한 미국의 국가안보 위협에 대한 대응	• 미국의 강력한 중국 기술규제 극복을 위한 기술자립
	예산	• NQI 연도별 예산은 지속적으로 증액('19년 4.49억 → '20년 6.72억 → '21년 7.93억 → '22년 8.77억(달러))	• 연구개발비를 매년 7% 이상 증액하여 양자기술 분야를 집중 육성

4. 향후 전개 방향

미중 기술패권 경쟁이라는 신냉전 이면에는 경제·산업·안보에 엄청난 파급력을 가지고 있어 게임 체인저로 표현되는 양자기술이 존재한다.

반도체와 같은 기존의 첨단 산업 핵심 부문은 대부분 기술적으로 미국이 우월하며 산업 구조적으로도 파운드리·소재 부분에서 강자인 한국·대만·일본이 미국과 칩4 동맹을 맺어 틈새를 공략하기 쉽지 않아 전체적으로는 중국이 미국을 따라가기 어려운 것이 현실이다.

그러나 양자컴퓨팅 기술은 초기 단계이므로 중국이 기술우위를 가져갈 가능성이 존재하며, 실현될 경우 미국 군사력의 핵심 역량을 상쇄시키면서 잠재적으로 중요한 경제적 이점을 가져갈 수 있다. 이러한 이유로 중국은 정부 주도로 대규모 자금을 집행하면서 양자기술 확보에 전력을 다하고 있다.

미국은 빅테크 기업을 중심으로 민간 섹터에서 앞서고 있으나, 중국의 기술 추격에 대해 위기감을 느끼고 있다[14].

미국은 양자컴퓨팅 기술 수출 통제와 같은 직접적인 제재 외에도 다양한 방법으로 양자기술추격을 제어하기 위해 노력하고 있다. 현재의 양자컴퓨팅은 고전컴퓨터와 양자컴퓨터가 함께 활용되는 하이브리드 형태로만 운영할 수 있으므로, 미국은 컴퓨터의 핵심인 반도체를 규제¹⁾하여 중국의 양자 위협을 완화하려 하고 있다.

기술혁신 경쟁과 함께 미중 간 기술동맹 경쟁도 첨예하게 전개되고 있다. 미국은 자국의 양자기술 분야 주도권 유지를 위해서는 기술협력 강화가 필요하므로[15], 일본을 시작²⁾으로 양자기술 선도국

과 기술동맹³⁾을 구축하고 있다. 우리나라도 2023년 4월 25일 한-미 양자과학기술 협력 공동성명서를 발표하면서 동맹국 중심의 양자과학기술 다자협의 체⁴⁾에 13번째 국가로 참여하였다.

한편 민간부문에서는 구글과 IBM의 자금지원 아래 미·일 대학의 양자컴퓨터 개발 공동연구를 발표('23.5)하기도 하였으며[16], 공동연구의 목적에는 중국 견제도 포함되어 있다.

중국 또한 개발도상국으로 표현되는 제3세계 국가들과의 기술동맹을 통해 양자컴퓨팅을 포함한 첨단기술 분야에서 미국의 기술동맹에 대응하고 있다 [17].

양자기술이 미치는 파급력을 고려할 때 양국은 당분간 기술동맹 구축 및 패권경쟁을 지속할 것으로 예상된다.

III. 미중 양자컴퓨팅 인력정책

미시세계의 양자역학 이론을 기반으로 하는 양자기술 분야는 우리에게 익숙한 고전역학적 발상과 전혀 다른 사고를 요구하는 학문이므로 기존 인력의 전환이나 새로운 인재 양성이 쉽지 않은 분야이다. 또한, 학문적 특성 및 다학제적 연구의 필요성으로 인해 해당 분야의 전문인력을 육성하는 데 다른 분야에 비해 상대적으로 오랜 시간이 소요된다.

따라서 미중은 대학원 중심의 고급인력 양성과 더불어 양자 분야의 학문적 특성에 기반한 초기 접근의 중요성을 인식하고 대학원(박사) → 대학교(학부) → 초·중등 교육과정으로 양자 분야 교육을 확대하고 있다.

3) 정부 간 양자 다자협의체 설립(2022.05)

4) 미국, 캐나다, 독일, 프랑스, 영국, 스위스, 네덜란드, 스웨덴, 덴마크, 핀란드, 일본, 호주 등이 포함

1) Chips and Science Act

2) 2019년 '양자 협력에 관한 도쿄 성명'

표 2 NQI 연례보고서의 인력양성 주요 내용

실행과제	주요 내용
Action 1) 단·장기적 관점에서 QIST 생태계 인력 수요 이해 및 개발 유지	국립과학재단(NSF)과 국가양자조정실(NQCO)은 Q-12 파트너십과 협력하여 교수 / 고등학교 교사 / 산업 파트너 / 교육·다양성·형평성·포용 분야의 전문가와 함께 초기 양자 교육의 발전에 필요한 구체적인 실행과제를 모색하기 위한 회의 및 세미나를 개최 ⁵⁾ 하였으며, 인력을 중점 주제로 다자 국가 간 대화에 참여하여 국제 양자 인력 요구에 대해 논의
Action 2) 대중 홍보 및 교육을 통한 QIST 소개	NSF가 지원하는 Q2Work 프로그램은 초중고에서의 양자 정보 과학 교육을 위해 물리학, 컴퓨터 과학, 화학 및 수학의 고등학교 교사와 함께 K-12 교육 ⁶⁾ 프레임워크를 개발하고 있으며, 미래 양자 정보 과학 학습자를 위한 핵심 개념 ⁷⁾ 에 기반함
Action 3) QIST 분야 전문 교육 및 훈련 기회 격차 해소	국가안보국 물리과학연구소(LPS)는 대학/대학원 교육 이후 양자 교육 및 훈련의 격차에 대한 가상 워크숍을 개최하였으며 학계, 산업계 및 정부 관계자들이 모여 QIS의 교육 및 훈련 격차 해소 방안 논의
Action 4) QIST 및 관련 분야의 경력에 대한 접근성과 공정성 향상	NSF은 양자정보과학공학(QISE) 연구를 위한 지원 방안을 발표('22.10)하였으며, 대규모 QISE 포트폴리오가 없는 기관의 연구 역량을 높이고 QISE 및 관련 분야에 대한 참여를 확대하기 위해 ExpandQISE 프로그램 시작

출처 Reproduced from [19], Public Domain.

1. 미국

2018년 제정한 NQI법은 미 행정부가 양자정보 과학을 발전시킬 다양한 정책 방안 추진을 명시하고 있으며, 앞서 언급했듯이 양자기술 인력양성은 NQI의 우선순위 과제이다[18].

미국은 ‘양자정보과학비전’ 수립 이후 연방 차원에서 R&D 연구자원 토대를 마련하고 인력을 양성했으나, 각계에서 여전히 필요한 인력에 대한 부족을 토로하고 있다. 이에 미국은 각계각층에서 필요로 하는 인력공급 계획인 ‘양자정보과학기술(QIST) 인력개발 국가 전략계획⁸⁾’을 발표('22.2)하였다. 계획에서 NSTC는 인력양성 분야의 비전을 실현하는

전략적 접근법으로 표 2[19]와 같이 4대 실행과제를 제시하였다.

2023년 2월 NQI법에 따라 연례보고서⁹⁾[19]가 발간되었으며, 이 보고서는 국가 연방 QIST 연구개발 생태계의 연간 하이라이트와 QIST 관련 기관들의 정책 수행 진행 상황을 담고 있다. NQI 연례보고서의 인력양성 주요 내용을 표 2와 같이 QIST 4대 실행과제 관점에서 정리하였다. 표에서 알 수 있듯이 미국의 인력정책 방향성은 크게 ① 양자 교육의 초기 접근성 확대, ② 다양한 분야로의 양자 프로그램 확대를 통한 참여기회 증대로 나타나고 있다.

QIST 분야의 투자는 지속적으로 증가하고 있으며, 이와 함께 인력 수요의 급속한 증가도 예상된다. 미국은 국내 인력양성에는 많은 시간이 소요되는 점을 고려하여 QIST 인력 수요에 대응하고자 해외 고급 인재의 유치를 위한 정책을 마련 중이다[20].

5) K-12: 무상으로 교육을 받을 수 있는 학년인 유치원에서부터 고등학교까지의 교육기간

6) Key Concepts for Future QIS Learners(NSF, 2020)

7) NSF announces increased support for capacity building in quantum information science and engineering research

8) National Strategic Plan for Quantum Information Science and Technology Workforce Development(NSTC, 2022)

9) OSTP and NSF host “Quantum Workforce: Q-12 Actions for Community Growth,” Event, Release Quantum Workforce Development Plan

2. 중국

중국 또한 고급인재 유치와 양성 두 가지를 과학 기술 인력 확보 전략으로 추진해왔다. 2008년부터 시행한 ‘천인계획’과 같이 초기에는 과학기술 관련 국내·외 고급인재 유치에 초점을 맞추었다[1]. 유치 정책을 통해 세계 과학기술을 선도하는 해외 유학생이 대거 중국으로 돌아왔으며, 중국 양자 분야의 권위자인 판젠웨이(潘建伟)도 오스트리아에서 귀국 후 중국의 양자 분야를 이끌고 있다. 중국은 ‘천인계획’에 이은 ‘만인계획’까지 수립하며 우수 인재 유치에 지속적으로 노력하고 있다. 이에 미국도 최고 과학자들이 중국으로 돌아가지 못하도록 다각도로 대응 정책을 마련하고 있다.

중국은 미국의 조치로 해외 인재 유치의 어려움에 봉착하면서 현재는 국내 과학기술인력 양성에도 노력하고 있다. 제14차 계획에서 기술혁신 최우선 과제로 제시한 7대 과학기술 분야에 인재를 공급하기 위한 내용을 담고¹⁰⁾ 국가 고급 인재 양성 계획을 마련하였다.

혁신역량을 가진 젊은 과학기술 인력양성에 중점을 두고 있으며, 우수 청년 과학기술지원단 조직 및 핵심 기업 유입, 청년 과학기술 인력 지원체계 개선, 청년 과학기술 인력의 주요 프로젝트 주도적 추진 지원과 같은 내용을 담고 있다.

또한, 2021년 초 중국의 교육부는 양자 정보 과학을 학부에 새로이 추가(중국과학기술대 양자정보과학과 설치)하였으며[21], 교육 현대화계획¹¹⁾의 일환으로 초등학교에 양자기술을 포함시키고자 하였다. 교육 현대화 계획은 기초 교육과정에서 아이들이

10) 공업정보화 인재 풀 구축강화 및 개선에 관한 실시의견(중국 공업정보화부(MIIT), 2022)

11) 교육 현대화 계획 2035(중국 교육부, 2019)

과학기술에 흥미를 갖게 하는 과정을 만드는 것을 목표로 하고 있다.

3. 인력정책 지향점

NQI 연례보고서의 인력 관련 주요 내용을 분석하면 초중등 교육과정에 양자 교육 프로그램을 다양하게 개발하는 등 미국은 고급 인력양성과 더불어 초기 양자 교육에 집중하는 전략을 수행하고 있다.

중국은 초기 해외 인재 유치 중심의 인력 확보 전략에서 선회해 국내 젊은 과학 인재 중점육성으로 정책지향점의 변화가 나타나고 있으며, 교육 현대화 계획을 통해 양자 분야의 기초교육 확대에도 힘 쓰고 있다.

미국은 양자 분야 관련 기초과학 인재 토대 강화 및 다양성 확대, 중국은 엘리트 중심의 젊은 과학자 중점육성이라는 차이점도 있지만, 양자 교육의 기초교육으로 확대라는 공통적 정책지향점이 존재한다. 우리나라의 양자 분야 인력정책 수립 시 양국에서 중요하게 생각하는 기초교육에 대한 부분을 참고할 필요가 있다.

표 3 미중 인력정책 비교

	미국	중국
주요 정책	• QIST 인력개발 국가 전략 계획	• 천인계획·만인계획 • 공업정보화 인재 풀 구축 강화 및 개선에 관한 실시의견
정책 지향점	• 박사 이상의 고급인력 양성 • 접근성·공정성·다양성 강조	• 해외 우수 인재 유치 • 젊은 과학인재 중점 육성, 중점 인재 풀 구축 강화
	(공통) 양자 교육의 초기 접근 중요성 공감대 및 기초 교육과정으로 확대	
방향	(초기) 육성 → (현재) 유치	(초기) 유치 → (현재) 육성

양국 모두 해외 인재에 대한 필요성을 인지하고 다양한 인재 유치 정책을 추진하였으며, 기술 수준 및 인력정책 목적에 따라 표 3과 같이 유치 정책에 집중하는 시기는 차이가 있었다.

4. 인력정책 효과분석

양자 분야 인력정책의 궁극적인 목표는 필요로 하는 충분한 인력의 확보, 기술과 산업의 경쟁력을 이끌 우수 인재의 확보일 것이다. 양국에서 추진한 인력정책에 대한 효과를 알아보기 위해 논문데이터를 활용하였다. 대표적인 연구개발 결과물 중 하나인 특허도 활용할 수 있지만, 양자컴퓨팅은 산업보다 과학영역에 머물러 있는 기술이므로 인력분석을 위해서는 논문데이터가 더 적합하다고 판단하였다.

논문 계량 정보를 수집하기 위해 검색식은 KISTI 보고서[22]에서 제시한 검색식을 본 연구 목적에 맞게 수정하여 사용하였으며, 데이터베이스는 SCOPUS를 활용하였다. 총 55,873건의 논문이 수집(2022년 출판 기준)되었으며, 미국은 27.8%, 중국은 21.3%로 미국이 좀 더 많은 비중을 차지¹²⁾하고 있었다.

양자컴퓨팅 분야에서 앞서 연구를 진행한 미국이 2000년대 중반까지 확실한 경쟁우위를 점하고 있었지만, 중국이 ‘천인계획’을 추진하면서 인력을 확보한 2010년 이후부터는 격차를 해소하며 미국보다 우위를 점한 연도도 있었다. 해외 인력 유치 정책이라는 변수 하나만으로 출판 건수 증가를 모두 설명하기 어렵지만, 해당 정책을 통한 인력 확보가 R&D 성과로 작용했다는 것을 유추할 수 있다(그림 2 참고). 또한, 해외 인력 유치 정책 효과는 R&D 투자

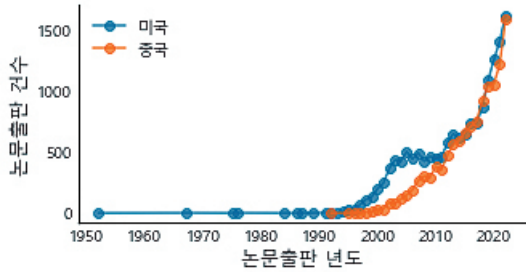


그림 2 미중 논문출판 추이

표 4 정책 시기별 미중 논문출판 수(연평균증가율)

	비전수립 ('91~'08)	R&D 투자 ('09~'18)	패권경쟁 ('19~'22)
미국	3,943 (31.6%)	6,217 (7.1%)	5,381 (14.2%)
중국	1,278 (42.9%)	5,713 (13.6%)	4,912 (14.9%)

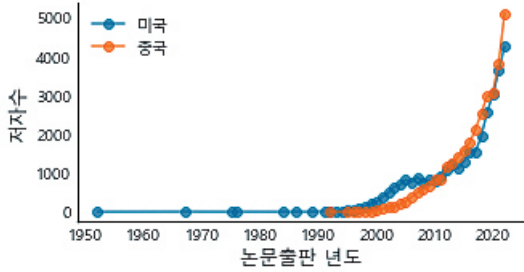
표 5 정책 시기별 논문 피인용 평균

구분	비전수립 ('91~'08)		R&D 투자 ('09~'18)		패권경쟁 ('19~'22)	
	전체	상위 10%	전체	상위 10%	전체	상위 10%
미국	117.0	767.3	65.7	401.5	19.3	104.3
중국	30.3	173.1	25.0	148.8	11.4	61.9
미/중	3.86	4.43	2.6	2.7	1.7	1.7

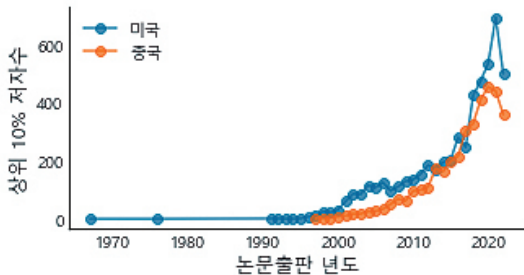
시기('09~'18)의 연평균증가율에서도 확인할 수 있다(표 4 참고).

II장에서 구분한 정책 시기별로 논문데이터를 분석한 결과는 표 4와 같다. R&D 투자 시기에 미국은 논문의 연평균 증가율(CAGR)이 중국의 절반 정도에 그쳤으나, NQI를 중심으로 추진된 인력정책이 반영된 결과 최근에 들어와서 다시 중국과 유사한 수준으로 회복 추세이다.

12) 논문 저자들의 국적이 상이한 경우, 각 국가의 논문출판 수로 모두 인정(예: 논문 한 편에 중국 저자와 미국 저자가 동시에 있는 경우 중국과 미국 각각 논문출판 수 1건씩 증가)



(a)



(b)

그림 3 미중 논문 저자 수
(a) 전체 논문, (b) 피인용수 상위 10%

표 5와 같이 질적 지표인 논문 피인용 수를 비교하면, 평균 피인용 수는 미국이 월등히 높은 수준이다. 피인용 상위 10%를 비교하더라도 그 간격은 커서 아직은 미국의 기술 수준이 높다고 평가할 수 있으나 간극은 점점 줄어드는 추세이다.

그림 3(a)와 같이 논문 저자 수 기준으로 연구인력을 분석하면, 규모 면에서 2010년 초 이후 중국이 미국을 추월하며 세계 최대 규모를 현재까지 유지하고 있으나 그림 3(b)와 같이 고급 연구인력은 여전히 미국이 중국을 앞서고 있다. 중국은 이를 자각하고 인적자본의 질적 향상을 위해 III장 2절에서 살펴본 바와 같이 다양한 인력정책을 우수한 인적 자원 육성에 노력하고 있다.

지금까지 논문데이터 분석결과를 토대로 살펴보

면, 양적 지표인 논문 수와 저자 수는 중국이 이미 미국을 추월하고 있으나 질적 지표인 논문 피인용 수와 피인용 수 상위 10% 저자 수(고급 인재) 지표에서는 여전히 미국이 선두를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

IV. 결론

양자컴퓨팅은 국가의 경제·산업·안보에 가장 파급력이 큰 기술로 간주 되고 있어, 기술의 경쟁력 확보를 위한 미중의 기술패권을 향한 경쟁이 심화되고 있다. 특히 양자컴퓨팅 개발에 필요한 기술은 아직 초기 R&D 단계에 있는 만큼, 최선진국인 미국과 중국의 정책 방향은 양자컴퓨팅 기술의 진화 방향뿐만 아니라 인력정책에서도 시사하는 바가 크다.

미국의 양자컴퓨팅 정책의 근본적인 방향은 초기 경쟁력을 유지하며, 첨단기술 수출 제재, 칩4 동맹과 같은 기술동맹을 통해 중국의 추격을 제지하는 것이다. 이를 위해서 미국 정부는 투자 규모가 크고, 시간과 기술이 필요한 양자컴퓨팅 하드웨어 제조를 중심으로 하는 과학기술발전 및 혁신을 위한 정책을 수립하여 투자하고 있고, 양자컴퓨팅 소프트웨어와 서비스는 민간기업 중심의 경쟁을 통한 발전을 꾀하고 있다. 인력정책의 방향도 양자기술에 대한 접근성과 공정성 향상을 위한 홍보 및 교육, 장기적인 수요대응과 저변확대 그리고 체계적인 양성에 초점을 두고 있다.

중국의 양자컴퓨팅 관련 정책은 미국의 견제와 기술동맹에 대응하여 과학기술혁신을 통한 기술자립 정책 및 제3세계와의 기술동맹을 추진하고 있다. 인력정책은 초기 해외 고급두뇌 유치정책에서 최근에는 국내 젊은 과학 인재 중점육성 정책으로 발전하고 있다.

미중 기술패권 경쟁이 선진국 간 기술동맹으로

확산되어 가면서 우리나라도 국가 차원의 대응전략이 필요하다. 우리나라는 미국 중심의 기술동맹에 참여하면서도 중국과의 협력도 강화해야 하는 균형 잡힌 정책 접근이 필요한 상황이다. 현재 미국 중심의 양자 다자협의체에 참여한 상황이며, 기술동맹에서는 생존하는 동시에 기술패권 다툼에서는 피해를 최소화하는 전략적 입장을 취해야 한다.

기술동맹의 생존전략은 동맹국에서 필요로 하는 양자컴퓨팅 주요 기술확보가 핵심이다. 초기에는 다양한 후보기술을 폭넓게 지원하되 우리나라가 강점을 지닌 산업과의 연계 가능성을 고려하여 선택과 집중을 통해 전략적으로 우리의 미래 기술을 확보해나가는 노력이 필요하다.

미중 모두 중시하는 인력정책에서도 시사하는 바가 크다. 우리는 논문분석 등을 통해 미중의 인력정책이 첨단기술 분야를 발전시키는 데 충분한 효과가 있었음을 실증적으로 입증했다. 우리나라 역시 양자컴퓨팅 분야의 경쟁력 확보를 위해서는 인력정책에 집중할 필요가 있다.

중국과 같이 해외 고급두뇌 유치와 고급인력 양성을 위한 해외인력 파견, 젊은 과학 인재 육성도 필요하다. 아직 미미한 국내 생태계를 고려하여, 동맹국의 인력교류 기반 국제공동 연구를 진행하면서 인력양성 추진도 필요하다.

양자컴퓨팅 분야의 파급력·시급성을 고려한다면 중국의 '천인계획'과 같이 미국의 민간기업에서 활동하고 있는 우리나라 양자컴퓨팅 인재를 유치하는 방법도 인재 확보 전략에 주효할 것으로 예상된다. 또한, 미국과 중국이 공통으로 강조하고 있고, 초기 접근성이 중요한 양자 분야 특성을 반영하여 초·중·고등학생 대상 양자 기초교육을 폭넓게 진행할 필요가 있다.

양자컴퓨팅 분야의 선도국과 기술격차는 있지만, 산업화 관점에서 아직 지배적 기술이 정립되지 않

아 추격의 기회는 열려 있는 상황이다. 정부는 미중 양자컴퓨팅 정책 사례를 참고하여 우리에게 적합한 효과적인 정책을 개발하고 기업은 양자컴퓨터의 파급력을 인지해 투자 및 기술 개발에 노력한다면 양자컴퓨팅 분야에서 경쟁력을 확보하는 기회를 얻을 수 있을 것이다.

용어해설

양자컴퓨터 양자 정보의 최소 단위인 큐비트(Qubit)의 상태를 제어하여 연산과 양자 알고리즘을 수행하기 위한 장치로써 양자 정보를 처리하는 양자 연산 프로세스에는 크게 큐비트, 양자 게이트, 큐비트 정보를 읽어내는 측정자 그리고 양자 오류 정정 회로가 필요

양자통신 안전한 통신을 위해 양자 역학적 특성을 이용한 양자 암호의 양자 암호 키 분배 기술로 물리적 입자의 전달이 아닌 큐비트를 전송하는 기술

약어 정리

LPS	National Security Agency Laboratory for Physical Sciences
NQCO	National Quantum Coordination Office
NQI	National Quantum Initiative Act
NSF	National Science Foundation
NSTC	National Science & Technology Council
QISE	Quantum Information Science and Engineering
QIST	Quantum Information Science and Technology

참고문헌

- [1] 연원호 외, "미중간 기술패권 경쟁과 시사점," 대외경제정책연구원 연구보고서, 20-04, 2020.
- [2] G. Allison et al., "Great tech rivalry: China vs the US," Belfer Center, Avoiding Great Power War Project, 2021.
- [3] McKinsey & Company, "Quantum computing: An emerging ecosystem and industry use cases," 2021.
- [4] <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/quantum-computing-use-cases->

- are-getting-real-what-you-need-to-know#/
 [5] 과학기술정보통신부, “양자기술 연구개발 투자전략(안),” 2021.
 [6] 손병호, 강현규, 김선경, “주요국의 과학기술 중장기 계획 분석 및 시사점,” 한국과학기술기획평가원 조사자료, 2006-02, 2006.
 [7] 양지원, 엄희승, 한세진, “미래의 창과 방패, 양자 기술,” 국방논단, 제1858호, 2021.
 [8] 서행아, “중국 13차 5개년 국가 과학기술혁신 계획 특징 및 시사점,” 한국과학기술기획평가원, Issue Paper, 2016-20, 2016.
 [9] 한중과학기술협력센터, “중국의 양자컴퓨팅 R&D 정책동향,” Issue Report, vol. 4, 2019.
 [10] 박소영, “미국 「양자연구집중지원법」 제정의 주요 내용과 시사점,” 외국입법 동향과 분석, 제30호, 2020.
 [11] 한중과학기술협력센터, “14차 5개년 계획 내 과기동향 분석,” Issue Report, vol. 3, 2021.
 [12] 경선주, “미·중 기술 패권 경쟁 시대, 중국의 대응 전략과 시사점,” 외국입법·정책 분석, 제21호, 2022.
 [13] <https://www.cnet.co.kr/view/?no=20211130064709>
 [14] K. M. Saylor(Congressional Research Service), “Emerging military technologies: Background and issues for congress,” CRS Report, 2020.
 [15] 한국군사문제연구원, “미 발퍼 기술안보 연구소 보고서,” 뉴스레터, 제1144호, 2021.
 [16] 차정미, “미중기술패권경쟁과 중국의 강대국화 전략,” 국제전략 Foresight, 3호, 2021.
 [17] <https://stock.mk.co.kr/news/view/126002>
 [18] NSTC, “Quantum information science and technology workforce development national strategic plan,” 2022.
 [19] NSTC, “National quantum initiative supplement to the president’s FY 2023 budget,” 2023.
 [20] 한국과학기술기획평가원, “미국, 양자정보과학 분야 해외 인재의 중요성,” 과학기술인재정책 동향브리프, 제21호, 2021.
 [21] <https://edpolicy.kedi.re.kr/frt/boardView.do?strCurMenulid=10092&nTbBoardArticleSeq=830288>
 [22] 이준, 문희진, “양자컴퓨터 R&D정책 현황과 전망,” KISTI 정책총서, vol. 5, 2019.