

Are You Ready for the 4th Industrial Revolution?

2023. 10. 4 (수)

meritz Strategy Daily

전략 공감 2.0

Strategy Idea

2023 세계지식포럼 양자컴퓨터 세션 견문록

칼럼의 재해석

기후 문제 해결을 위한 애플 공급망의 대응

본 조사분석자료는 제3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다. 당사는 자료작성일 현재 본 조사분석자료에 언급된 종목의 지분을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.

본 자료를 작성한 애널리스트는 자료작성일 현재 추천 종목과 재산적 이해관계가 없습니다.

본 자료에 게재된 내용은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 신의 성실하게 작성되었음을 확인합니다.

본 자료는 투자자들의 투자판단에 참고가 되는 정보제공을 목적으로 배포되는 자료입니다. 본 자료에 수록된 내용은 당사 리서치센터의 추정치로서 오차가 발생할 수 있으며 정확성이나 완벽성은 보장하지 않습니다. 본 자료를 이용하시는 분은 본 자료와 관련한 투자의 최종 결정은 자신의 판단으로 하시기 바랍니다. 따라서 어떠한 경우에도 본 자료는 투자 결과와 관련한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 조사분석자료는 당사 고객에 한하여 배포되는 자료로 당사의 허락 없이 복사, 대여, 배포 될 수 없습니다.

Strategy Idea



▲ 글로벌 투자전략 - 선진국

Analyst 황수욱

02. 6454-4896

soowook.hwang@meritz.co.kr

2023 세계지식포럼 양자컴퓨팅 세션 전문록

- ✓ 최근 양자 오류 보정 문제 해결 가능성 확인은 향후 하드웨어 확대 경로의 중요 이정표
- ✓ 향후 과제: 1) 하드웨어 규모 추가 확대, 2) 쓰임 확장해줄 소프트웨어 개발(애플리케이션)
- ✓ AI와 비교해 본다면, 중기 시계에서 양자컴퓨팅 소프트웨어 등장 시점에 주목

AI 다음 혁신 기술을 고민하는 투자자가 흥미로워 할만한 주제

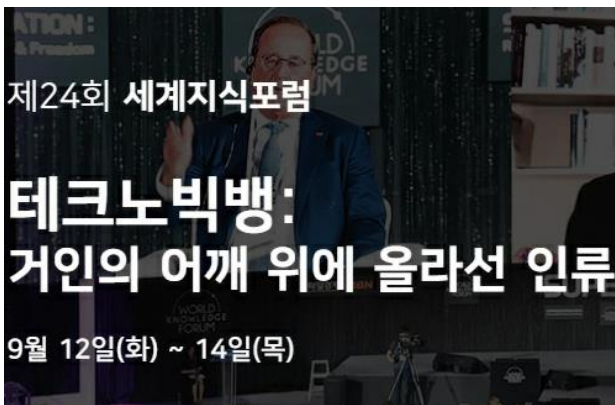
최근 세계지식포럼의 주제는 경제, 지정학 등. 이번 주제는 '기술'

세계지식포럼은 글로벌 비즈니스 리더, 석학, 국제기구 총수 등 각 분야 전문가들이 참여해 글로벌 번영을 논의한다. 최근 수년간 글로벌 위기, 경제구조변화 등 매크로 이슈가 주제였는데, 올해는 '기술'이었다. 첫날 오픈AI CEO 샘 올트먼이 AI로 1인 스타트업 창업자가 유니콘 기업을 만들 수 있는 시대가 올 것이라고 전망한 게 주목받았듯, 이번 포럼의 관심사는 세상을 바꿀 다음 혁신의 영향력이었다.

주요 주제 중 '양자컴퓨팅' 포함

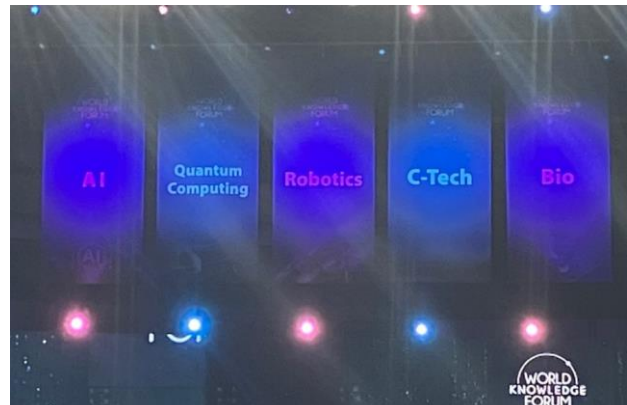
크게 5가지 기술에 대한 세션 클러스터가 있었는데, 필자가 가장 관심을 가졌던 분야는 '양자컴퓨팅'이다. 포럼에 함께 등장한 AI, 로봇, 바이오 등은 이미 주식시장에서 그 가치를 반영해 나가고 있는 듯 하다. 그 다음으로 주목 받을 기술이 무엇일까라는 관점에서 양자컴퓨터에 관심을 가지고 있었는데, 이번 세계지식포럼의 주요 어젠다 중 하나로 등장했다.

그림1 2023년 제 24회 세계지식포럼 주제



자료: wkforum.com

그림2 메인홀인 장충체육관에 걸려 있는 주요 기술 어젠다



자료: 메리츠증권 리서치센터

관심의 배경: 미국의 국가주도 전략 경쟁 기술 육성정책에 기반한 정부선택 산업

미국 국가 주요 문건에 반복해서 등장하는 양자기술

작년말 작성했던 2023 연간전망에서 '정부선택>소비자선택'이라는 주제로 제한된 성장 가운데 재정 정책 수혜를 받는 산업에서 투자 기회가 있을 것이라는 전망을 했었다. 그 때 근거는 미-중 분쟁 가운데 미국이 전략경쟁 산업으로 인식하는 AI, 반도체, 양자컴퓨터, 생명공학, 고급 통신 그 수혜를 받는 기술이라는 것이다.

관련 R&D 예산의 지속적 증가

미국은 미-중 패권 경쟁에서의 기술 우위를 점하고자 2019년 양자정보과학을 5G, AI, 빅데이터, 로봇, 항공우주와 함께 우선순위 집중 투자 대상으로 선정했다. 2019년부터 관련 R&D 예산이 본격적으로 편성되기 시작했고 2024 회계연도 예산안에서도 해당 예산은 계속 늘어나고 있다.

이미 나타나는 주가 반응

'2022 양자기술백서'에 따르면, 2030년까지 양자기술 시장은 CAGR 36% 성장세가 전망된다. 양자컴퓨터가 공상과학처럼 보이지만 세상이 빨라진 만큼 지식포럼에서 메인 어젠다로 등장할 정도로 현실에 가까워졌으며, 미국 증시에서는 이미 퓨어 양자컴퓨터 상장 기업을 중심으로 주가 반응도 나타나고 있다.

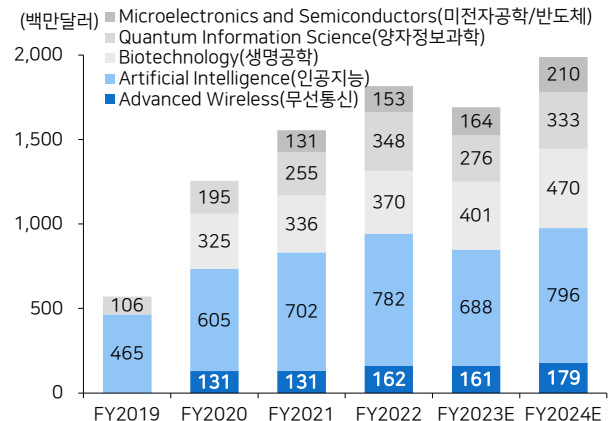
그림3 2022 바이든 국가안보전략 문건에 명시된 전략기술

These investments will enable the United States to anchor an allied techno-industrial base that will safeguard our shared security, prosperity and values. This means working with allies and partners to harness and scale new technologies, and promote the foundational technologies of the 21st century, especially microelectronics, advanced computing and quantum technologies, artificial intelligence, biotechnology and biomanufacturing, advanced telecommunications, and clean energy technologies. We also will partner with like-minded nations to co-develop and deploy technologies in a way that benefits all, not only the powerful, and build robust and durable supply chains so that countries cannot use economic warfare to coerce others.

We are already rallying like-minded actors to advance an international technology ecosystem that protects the integrity of international standards development and promotes the free flow of data and ideas with trust, while protecting our security, privacy, and human rights, and enhancing our competitiveness. That includes work through the U.S.-EU Trade and Technology Council to foster transatlantic coordination on semiconductor and critical mineral supply chains, trustworthy artificial intelligence, disinformation, the misuse of technology threatening security and human rights, export controls, and investment screening, as well as through the Indo-Pacific Quad on critical and emerging technologies, open, next-generation digital infrastructure, and people-to-people exchanges. Across this work, we seek to bolster U.S. and allied technology leadership, advance inclusive and responsible technology development, close regulatory and legal gaps, strengthen supply chain security, and enhance cooperation on privacy, data sharing, and digital trade.

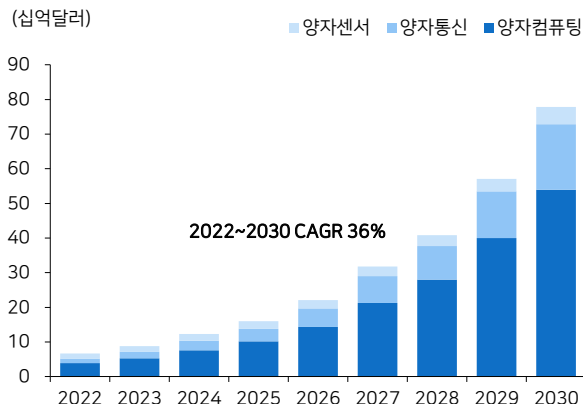
자료: The White House

그림4 미국 국립과학재단 전략기술 R&D 예산 증가 지속



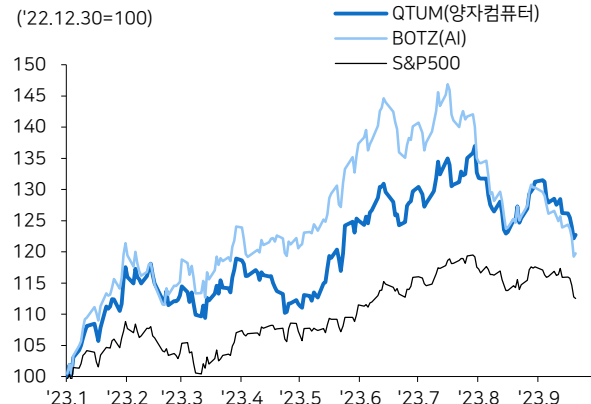
자료: National Science Foundation, 메리츠증권 리서치센터

그림5 양자기술 시장 규모 전망



자료: 과학기술정보통신부, '2022 양자기술백서', 메리츠증권 리서치센터

그림6 S&P500 vs QTUM(양자) ETF vs BOTZ(AI) ETF



자료: Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

2018년 국가 양자 이니셔티브 법(NQI) 재정 이후 정부, 학계, 산업계 역량 집중

2018년 미국은 이미
국가 양자 이니셔티브 수립

구체적으로 미국은 양자기술 분야의 글로벌 리더십 확립을 위해 2018년 12월 세계 최초로 '국가 양자 이니셔티브(National Quantum Initiative Act, NQI) 법'을 제정했다. NQI는 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센서를 포괄해 양자기술에 종합적인 연구 수행 프로그램이다. 법령 현실화를 위해 범정부적 양자 관련 거버넌스 추진 체계를 구성하고 연구센터 설립, 지원 법률 제정 등을 병행했다.

IonQ, IBM 등 주요 기업들의
양자 이니셔티브 참여

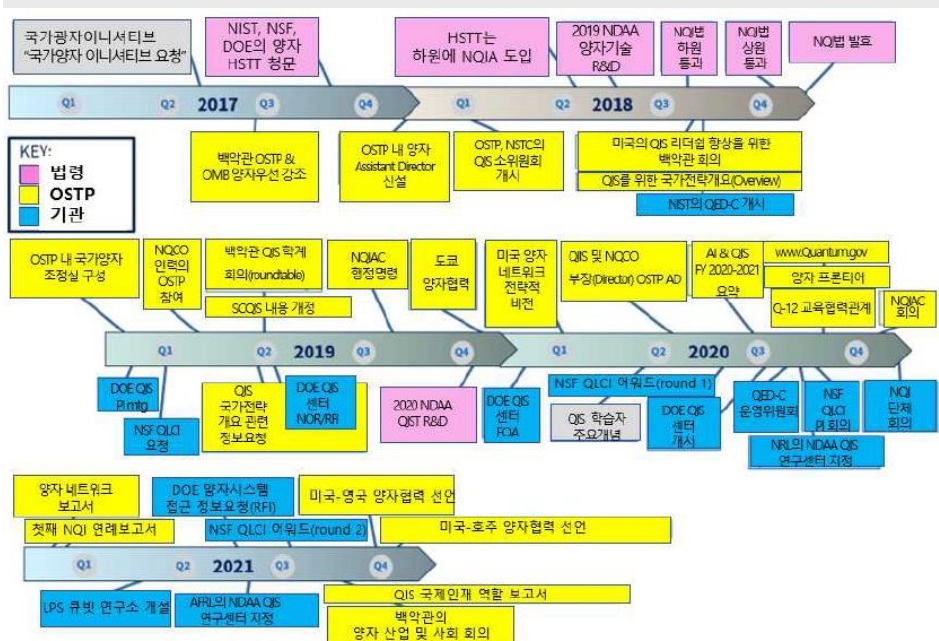
정책적 기반을 갖춘 가운데 국가 주도의 양자기술 육성 정책에 민간 기업들이 참여하고 있다. 대학, 연구소 등 학술기관 중심으로 연구되는 양자기술 개발에 미국 양자컴퓨터 기업인 IBM, IonQ, QuEra 등 기업들이 참여한다.

표1 미국 양자 이니셔티브 프로그램 구성 요소

연구개발 분야	주요 연구 내용
센서 (QSENS (Quantum Sensing and Metrology))	양자 중첩 및 얽힘, 비고전적인 빛 상태, 새로운 계측 체계 또는 양식, 원자시계 등 양자제어로 가능해진 정확성 및 정밀도 향상 과업의 실현을 위한 제반 연구들
컴퓨터 (QCOMP (Quantum Computing))	양자 비트(큐비트) 및 얽힘 게이트(gate), 양자 알고리즘 및 소프트웨어, 프로그래밍 가능한 양자 장치를 사용한 디지털 및 아날로그 양자 시뮬레이터, 양자 컴퓨터 및 프로토타입, 양자+고전 컴퓨팅 시스템 개발 등
통신 (QNET (Quantum Networking))	새로운 정보기술 응용 및 기초과학을 위해 얽힘 양자상태(장거리에 걸쳐 분산되고 여러 당사자가 공유)를 생성 및 이용, 고전적 컴퓨팅 능력을 뛰어넘는 향상된 중간 규모 양자컴퓨터(모듈)의 네트워킹 연구 등
기반과학기술 (QIS for Advancing Fundamental Science)	다른 학문 분야의 기본 지식을 확장하기 위해 양자 장치 및 QIS 이론을 적용하기 위한 연구를 수행하며, 생물학, 화학, 계산, 우주론, 에너지 과학, 공학, 재료, 핵물질 등 기타 기초과학 측면에 대한 이해를 향상
	다양한 주제에 걸쳐 연구 수행 - 최종 이용자와 협력해 현장에서 양자기술을 배포하고 사용 사례를 개발 - 전자/광학/극저온을 위한 기반 시설 및 제조 기술 등 양자 과학/공학 지원을 위한 기초연구 - 양자기술(예: 양자 후 암호화)에 의해 발생하는 위험을 이해하고 완화

자료: NSTC(2021), IITP(2022), 과학기술정보통신부 '2022 양자기술백서' 재인용, 메리츠증권 리서치센터

그림7 미국 양자 이니셔티브 추진 타임라인(2017~2021)



자료: NSTC(2021), IITP(2022), 과학기술정보통신부 '2022 양자기술백서' 재인용

국내 투자자들은 이미 관심 갖는 중

양자컴퓨팅 기업 상장 이후 지속된
국내 투자자들의 관심

9월 25일 누적 순매수 기준, 한국예탁결제원 국내 투자자의 해외증권 순매수 상위 종목 TOP10 중 IonQ가 8위에 올라 있다. IonQ는 2021년 10월 퓨어 양자컴퓨터 기업 중 최초로 뉴욕증시에 상장한 기업이다. 상장 이후 국내 대기업 투자 유치를 근거로 국내 투자자들로부터 관심이 이어져왔다. 채권 금리 상승 추세 지속 가운데 글로벌 증시 불확실성이 큰 환경에서 대부분 국내 증시 투자자의 순매수가 채권 관련 ETF에 집중되어있던 것에 비교할 때, 주식 종목 중 IonQ의 선전에 눈길이 간다.

IonQ 주가는 연초 이후 279% 상승했다(YTD 최대 상승폭 474%). 미국 증시가 2월부터 5월까지 이어지던 박스권 장세에서 6월 이후 탈출하면서 주가 상승폭도 확대되었는데, 그 이후 국내 투자자들의 관심도 더 커졌다. 6월 이전까지 IonQ 주식 순매수 순위는 10위권 밖이었는데, 6월 이후 순위권에 들어서기 시작했다. 8월부터 시작된 증시 조정 국면에서도 시장 관심은 이어지며 8월에는 순매수 순위 4위, 9월에는 10위를 기록했다.

표2 국내 투자자 월간 및 연간 누적 미국 시장 순매수금액 상위 10종목 (단위: 백만달러)

순위	연간 누적		1월		2월		3월		4월	
1	TMF(채권)	922.2	TSLA	281.6	GOOGL	134.5	TMF	137.1	TSLA	244.4
2	SQQQ(나스닥숏)	385.3	SOXS	151.9	MSFT	122.6	FRCB	101.5	SOXL	120.2
3	SCHD(배당성장)	281.1	SQQQ	96.0	TMF	83.8	TSLA	87.2	TMF	110.9
4	TLT(장기채)	243.4	AAPL	86.7	SQQQ	78.1	VOO	79.9	SQQQ	46.3
5	TLTW(장기채 커버드콜)	243.3	LQD	76.5	JEPI	64.4	BNKU	57.5	TLT	35.2
6	O(리얼티인컴)	193.4	TSMC	60.9	SOXS	35.4	TLT	49.9	TSLL	33.9
7	SOXS(반도체 3x인버스)	185.2	HYG	47.2	AMZN	33.5	SCHD	49.0	LQD	25.8
8	IONQ(아이온큐)	159.2	ACWI	44.4	BBBYQ	31.4	JEPI	44.3	AGG	20.3
9	TSLL(테슬라 1.5배)	128.6	EMLC	39.8	BOIL	28.7	RIVN	31.7	DKK	17.2
10	JEPI(배당)	128.3	JEPI	39.1	BDRY	27.9	MSFT	31.7	JEPI	15.8
순위	5월		6월		7월		8월		9월	
1	TMF	232.7	SQQQ	80.2	TLTW	121.1	TMF	191.2	NVDA	117.7
2	SOXS	90.5	SOXS	69.7	TMF	108.2	NVDA	171.8	SOXL	113.2
3	SQQQ	86.1	TLTW	54.0	MSFT	59.8	SOXL	115.8	AAPL	110.2
4	SCHD	48.6	SCHD	50.0	TSLL	42.7	IONQ	87.8	QQQM	58.8
5	TLTW	39.9	LCID	46.8	IVV	40.2	TLT	61.2	TMF	45.7
6	TOP	31.3	O	46.2	TLT	32.3	AAPL	60.5	O	41.6
7	TLT	29.0	AMD	45.5	JOBY	30.6	TSLL	58.1	ARM	40.9
8	JEPQ	28.8	MU	36.1	AAPL	25.8	O	56.6	SCHD	38.9
9	ACWI	21.1	BIL	32.7	IONQ	23.9	TSL IN	52.1	TSL IN	33.6
10	O	18.3	IONQ	25.7	AMD	20.6	NKLA	45.6	IONQ	33.5

주: 9월 25일 기준

자료: 한국예탁결제원, 메리츠증권 리서치센터

양자컴퓨팅 세션에 미국 핵심 전문가 다수 참석

이번 세계지식포럼에서 양자컴퓨팅은 3일에 걸친 포럼에 6개의 세션이 구성되었다. 양자기술의 미래와 상용화, 양자보안 등이 주요 주제로 다뤄졌다. 여기에 미국 주요 양자컴퓨팅 기업들의 핵심 과학자들을 포함, 학계, 산업계의 주요 전문가들이 연사로 참여했다.

미국의 양자관련 학계, 산업계
주요 인사 다수 연사로 참석

주요 연사로 학계에서는 미국 양자 이니셔티브를 수립 및 시행하는 NIST(국립표준기술연구원)의 제이콥 테일러 고문, 더스틴 무디 NIST 양자내성암호 표준 개발 책임자 등이 참석했다. 산업계에서는 제리 초우 IBM 양자 인프라 개발 부문 이사, 미하일 루킨 QuEra 공동 창업자(하버드대 교수), 기타가와 타쿠야 QuEra 회장 등이 참여했다. IBM은 양자기술을 선도하는 대기업이며, QuEra는 IBM과 양자컴퓨터 규모 경쟁을 하고 있는 비상장 기업이다.

IonQ의 공동 창립자인 듀크대학교의 크리스토퍼 먼로 교수, 김정상 교수가 참석했다. 크리스토퍼 먼로 교수는 2018년 국가 양자 이니셔티브의 공동 책임자이기도 한 미국 양자기술의 핵심 인사 중 하나다.

이하에서는 세계지식포럼 양자 세션에서 다뤄진 내용들을 정리했다. 기술적인 내용들보다는 투자자 관점에서 관심 가질 만한 양자 산업의 흐름과 방향에서 중요하다고 생각한 내용들을 정리했다.

표3 2023 세계지식포럼 양자 컴퓨터 세션 및 연사

구분	세션명	주요 연사	사회자
1	2차 양자 혁명이 가져올 미래	채은미(고려대학교, 물리학 교수) 제이콥 테일러(미국 NIST(표준기술연구원) 연구원 겸 핵심유망기술 고문) 제리 초우(IBM, IBM 펠로 및 양자 인프라 개발 부문 이사)	김재완(고등과학원, 양자우주연구센터 석좌교수)
2	양자 위협에 대비하기	스킵 산체리(큐시큐어, 공동창업자 겸 최고운영책임자)	-
3	양자 과학과 기술의 미래	미하일 루킨(하버드 대학교 교수, 큐에라(QuEra) 컴퓨팅 공동 창업자) 크리스토퍼 먼로(듀크 대학교 교수, IonQ 공동창업자 겸 수석과학자) 얀 괴츠(QM 퀀텀컴퓨터, 공동창업자 겸 CEO)	최순원(MIT 교수)
4	양자컴퓨팅 상용화	이준구(KAIST 교수, 큐노바 창업자) 제리 초우(IBM, IBM 펠로 및 양자 인프라 개발 부문 이사) 미하일 루킨(하버드 대학교 교수, 큐에라(QuEra) 컴퓨팅 공동 창업자)	김정상(듀크 대학교 교수, IonQ 공동창업자 겸 CTO)
5	양자 경제의 구축	양현봉(세종테크노파크, 원장) 기타가와 타쿠야(큐에라(QuEra) 컴퓨팅 회장) 김정상(듀크 대학교 교수, IonQ 공동창업자 겸 CTO)	-
6	양자컴퓨터 시대의 신 암호학: 선진국의 대응전략	더스틴 무디(미국 NIST, 양자내성암호 표준 개발 책임자) 데미안 스텔레(크립토크, 수석 과학자) 스킵 산체리(큐시큐어, 공동창업자 겸 최고운영책임자)	천정희(서울대학교 수리과학부 교수, 크립토크)

자료: wkforum.com, 메리츠증권 리서치센터

양자기술 세션 정리: 1) 지금 관심받는 이유, 2) 향후 전망을 중심으로

오래 전 고안되어 발전해온
양자컴퓨팅 기술

양자물리학은 100년이 넘는 이론이다. 양자 시스템을 활용한 정보 및 연산처리에 대한 아이디어는 40년 전 리처드 파인만이 최초로 고안했다. 1차 전환점은 어떻게 하면 실제로 양자컴퓨터를 연구소에서 만들어낼 수 있는지 고민하기 시작한 90년대 중반이었다. 이후 전세계적으로 양자컴퓨터를 구현하기 위한 각 국가들의 경쟁이 시작되었다. 미국에서 정부 역량도 본격적으로 양자 기술을 포함한 안보기술 발전에 가세하기 시작한 것은 미-중 분쟁이 격화되기 시작한 2018년 이후다.

그런데 왜 지금 관심 받는지

투자자 입장에서 가장 궁금한 점은 1) 위와 같이 오래 전부터 개발되어 온 기술이 왜 지금 관심을 받고 있는지, 2) 이 기술이 앞으로 상용화 및 확산되어 수익 창출이 될 수 있는가 여부다. 이런 궁금증에 앞서 먼저 이해해야 하는 부분은 기술이 어느 단계까지 발전해 있는지 것이다.

양자기술은 어디에 와 있는가? '쓸모'의 검증 단계는 넘어

AI도 쓸모가 검증되고
상용화에 대한 공감 이후
주가 반응

지금 기술이 어디에 와있는지는 AI의 발전 과정과 비교해 이해할 수 있다. AI도 오래된 개념임에도 기술 발전 단계에서 '쓸모'가 검증되고, '상용화'에 대한 시장의 공감대가 형성된 이후 주가 모멘텀이 나타났다. '쓸모'의 검증은 기존에 역할을 하던 것을 대체하거나 이전에 없던 새로운 기술이 유용할 수 있다는 것이 드러나는 사건이 필요하다.

AI의 쓸모 검증은
알파고의 등장

키타가와 타쿠야 QuEra Computing CEO는 AI에 있어서 핵심 이정표와 같은 사건이 2016년 알파고의 등장이라고 설명했다. 알파고 등장 이후 AI의 근본적인 파운테이션 모델이 이뤄지기 시작했고 이것이 Open AI의 모델이 되었다고 설명했다. 다르게 해석하면, 알파고의 등장은 AI가 인간의 인지능력을 대체하여 '쓸모'가 있다는 것을 인지하게 된 사건이다.

양자컴퓨터에서 유사한 사건은
2019년 '양자 우위' 확인

양자컴퓨터의 세계에서는 유사한 사건이 2019년에 있었다. 2019년 9월 미국 NASA 홈페이지에 구글의 양자컴퓨터 칩 '시커모어'가 특정 과제를 푸는 임무에서 현존하는 가장 빠른 슈퍼컴퓨터를 완전히 압도했다는 문건이 게시되었다. 양자컴퓨터가 기존 디지털 컴퓨터의 성능을 일부 넘어서는 '양자 우위'를 최초로 달성한 사례인데, 현존 최고 슈퍼컴퓨터로 1만년 걸릴 문제를 양자 컴퓨터로 3분 20초만에 풀었다는 것이다.

'양자 우위' 달성은 속도 측면에서 기존 컴퓨터를 대체할 수 있는 '쓸모'가 확인된 사건이었다. 필자가 이해한 '엄밀'과 '중첩'으로 이루어진 양자 컴퓨터의 핵심은 확률 세계를 기존 디지털 체계보다 훨씬 더 효율적으로 표현한다는 것이다. 디지털 체계가 다소 선형적으로 문제를 풀어낸다면, 양자 컴퓨터는 확률 세계를 구현해 비교적 입체적으로 문제를 해결한다. 현실은 확률 세계에 가깝기 때문에 양자 컴퓨터의 유용성은 계속 발전될 가능성이 높아 보인다.

지금 관심받는 이유는? 중요한 이정표인 '양자 오류 보정문제' 해결 가능성 확인

상용화까지는 시간이 필요

쓸모의 검증은 했다면, 이후 과제로는 상용화가 남아있다. 상용화를 위해서는 데스크탑의 윈도우 혹은 MS 오피스, AI의 Chat GPT와 같은 key 어플리케이션의 등장 필요하다는 것이다. 이는 하드웨어 개발이 조금 더 진전되고 추가적인 쓸모를 확인한 이후의 스토리로, 시간이 필요하다는 게 연사들의 공통된 생각이었다.

그럼에도 최근 양자컴퓨팅에 관심 갖게 하는 주요 이정표 통과

그럼에도 지금 왜 시장의 이목이 집중되고 있는냐라고 생각했을 때, 상용화에 앞서 중요한 이정표를 최근에 통과했기 때문이다. 양자컴퓨터의 발전단계를 연구개발(하드웨어) → 생산(하드웨어) → 적용 및 상용화(소프트웨어) 단계로 구분할 때, 연구개발단계에서 가장 중요한 과제는 '양자 오류 보정문제'였다.

양자컴퓨팅의 규모확장 위해서는 양자오류 보정 문제 해결 필요

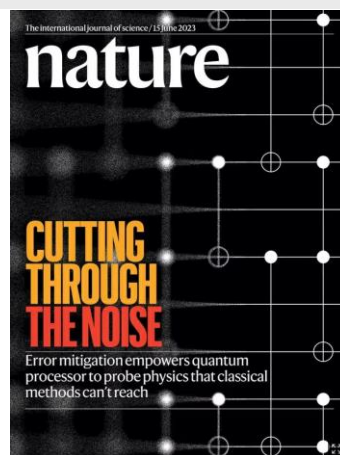
그동안 양자 컴퓨터를 '꿈'의 컴퓨터라고 보던 이유가 오류 때문이다. 확률 세계를 구현하는 큐비트 특성상, 동시에 여러 상태를 '중첩'해서 지니고 있다. 그렇기 때문에 큐비트 단위가 늘어날수록 오류 가능성도 커진다. 오류를 제어할 수 없으면 양자 컴퓨터는 아무리 빨라도 정확하지 않아 쓸모가 없다.

올해 2월 구글은 양자컴퓨터 오류를 정정할 수 있다는 실험 결과를 발표했다. 큐비트 수를 늘려도 오류율이 상승하지 않을 수 있음을 증명한 첫 사례였다. 다만 오류율이 1% 미만으로 떨어져야 상용화가 가능한데, 구글의 연구 결과는 거기에 미치지 못했다.

올해 6월 해결 가능성 확인

6월에 IBM은 오류를 완화하는 방법으로 양자컴퓨터를 활용할 수 있다는 연구 결과를 네이처지를 통해 게재했다. 키타가와 CEO 등 지식포럼에 참여한 몇몇 연사들은 공통적으로 해당 연구 결과를 중요한 이정표로 언급했다. '오류 보정 문제'의 해결은 양자컴퓨터 규모 확대(성능 개선)를 위한 중요한 전제조건이었기 때문이다. 그런데 양자 오류의 통제 가능성을 확인한 해당 연구 결과로 양자 컴퓨터 규모 확대 전망이 진전되었다는 것이다.

그림8 올해 6월 IBM의 양자 오류 완화 접근법이 실린 Nature 표지



자료: Nature

중기 과제는 상용화. 관건은 키 소프트웨어의 등장

기술의 성공에 상용화 필요

전문가들은 공통적으로 양자컴퓨팅 기술의 상용화를 중요하게 여기고 있다. AI 선례에서 확인된 것처럼 기술이 성공하기 위해선 상용화가 필요하고, 현재 개발중인 하드웨어가 정립된 이후 소프트웨어 시장이 개화하는 것이 필요하다는 것이다.

키타가와 교수는 일단 하드웨어가 나오면 소프트웨어가 기하급수적으로 가속화될 것이며, 애플리케이션 개발의 동기부여는 하드웨어에 출시에 있다고 언급했다. 이준구 카이스트 교수는 핵심 기술 하나만으로는 상업화가 될 수 없고, 플랫폼을 개발해서 상용화 해야한다고 주장했다. 플랫폼의 경우 80%는 전통적인 소프트웨어, 20%가 양자가 가지고 있는 장점을 활용하는 어플리케이션일 것이라는 설명이다.

키 소프트웨어(킬러 애플리케이션) 등장이 중요

IonQ의 김정상 교수는 상용화에 있어 킬러 앱을 어떻게 발굴할 것인가가 관건이라고 했다. 애플리케이션과 소프트웨어에서 기회가 훨씬 더 많을 것인데 세상을 변화시킨 기술은 애플리케이션(소프트웨어) 쪽에서 더 컸다는 것이다.

상용화 시점은 확답하긴 어려우나 멀지 않다는 게 전문가 중론. 10년 이상 보다는 3~5년 후일 가능성

여러 세션에 걸쳐 청중들이나 패널 모두 가장 관심사는 상용화 시점이었다. 질문에 대답했던 학자들의 전반적인 뉘앙스는 '확답은 하기 어려우나, 멀지 않았다'였다. 키타가와 교수는 양자컴퓨팅 산업 상용화까지 3~5년 정도 걸리겠으나, 얼마 남지 않았다는 게 핵심이라고 언급했다. 김정상 교수는 양자 컴퓨팅의 미래는 20년 후가 아닌 수년 후라고 응답했으며, IonQ의 크리스토퍼 먼로 교수도 수십 년가지도 필요하지 않고 수년 내 상업용 가치를 지닌 (양자컴퓨팅 관련) 애플리케이션을 낼 것이라고 했다.

보편적인 쓸모는 '아직 찾고 있다'

상용화를 위해선 보편적인 쓸모가 중요한데, '아직 찾고 있다'가 전반적인 뉘앙스였다. 먼로 교수는 AI도 마찬가지로 우리 사회를 위해 아직 인공지능이 구체적으로 무엇을 해줄 수 있는지는 모른다고 했다. 다만 명확한 것은 분명히 무언가를 편리하게 해줄 수 있어 보이는 단계에 있다는 것이다. 양자컴퓨터도 마찬가지로, 구체적으로 어떤 일을 해줄 지는 아직 모르지만, 무언가를 해줄 수 있다는 것을 곧 알게 될 것이라고 했다.

에너지 효율 쓸모 가능성 언급

여러 활용 가능성 중에 기억에 남는 스토리는 에너지 절약 관련 질의 응답 내용이었다. 양자컴퓨터의 장점 중 하나가 에너지 효율성이라는 것이다. Chat GPT 학습에 필요한 에너지 소비 비용이 몇 천만 불이라고 알려져 있는데, 이를 10년 내 수천분의 일로 수 있다고 설명했다.

이미 나타나고 있는 매출 기반의 주가 반응

이미 주가 반응 나타나는
일부 상장 기업

양자컴퓨터의 상용화를 통한 성공까지는 아직 시간이 필요하다는 게 전문가들의 전반적인 톤이었다. 그럼에도 불구하고 이미 주가 반응이 나타나는 기업과 그렇지 않는 기업이 존재한다. IonQ와 같은 퓨어 양자컴퓨팅 기업은 최근 주가 조정이 나타났다으나 연초 이후 주가가 급등했고, IBM도 양자컴퓨팅을 선도하는 기업이지만 주가 반응은 나타나지 않았다.

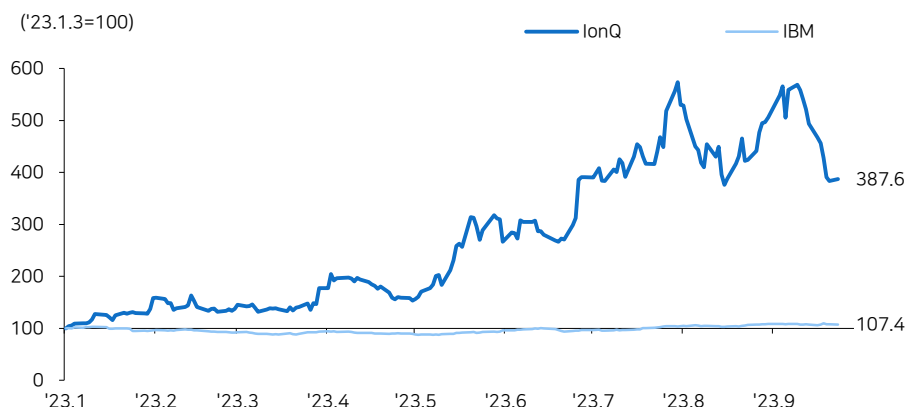
눈에 보이는 매출 성장 때문

차이는 매출에서 드러난다. 퓨어 양자컴퓨팅 기업인 IonQ의 2Q23 매출은 전년동기대비 111.4% 증가했다. 반면 IBM도 양자컴퓨팅 관련 클라우드 서비스를 제공하지만 관련 매출 성장이 확인되지 않아 주가 반응도 미온적이다.

상용화 이전 시장 선점 위한
R&D 수요가 매출의 배경

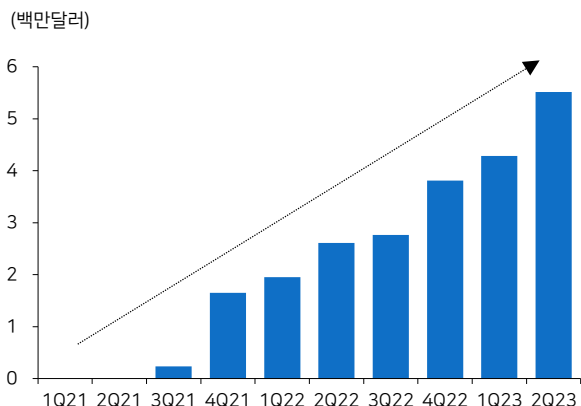
아직 양자컴퓨팅이 상용화될 시점이 멀었다는 전반적인 세션 내용에도 불구하고 IonQ의 매출은 성장 중이다. 이 부분에 대해 김정상 교수는 기업, 연구기관들이 향후 도래할 양자 시대에 기술력을 선점하기 위한 R&D 수요가 회사 매출로 이어지고 있는 것으로 보인다고 설명했다.

그림9 연초 이후 IonQ, IBM 주가 추이



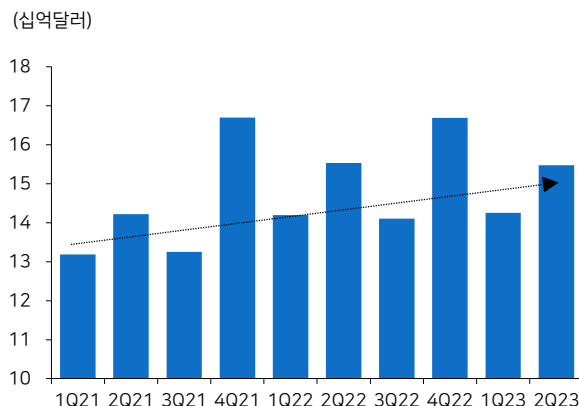
자료: Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

그림10 IonQ 분기별 매출 추이



자료: Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

그림11 IBM 분기별 매출 추이



자료: Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

시사점

방향성 명확하다는 점 공감 시
긴 호흡으로 관심 가져볼 만함

주식 투자 관점에서 양자컴퓨팅은 매출이 나오는 퓨어 기업 규모가 작아 주가 변동성도 크거나, 이익이 발생하는 단계도 아니다. 다만 양자컴퓨팅의 방향성은 명확해 보인다. 최근 오류 보정 가능성을 확인해 중요한 이정표를 달성한 사례로 양자컴퓨팅이 '꿈'의 단계는 넘어섰을 가능성이 높은 것으로 판단된다. 포럼에 참여한 연사들에게서 전반적으로 양자컴퓨팅 시대가 도래한다는 방향성에 대해서는 자신감이 느껴졌다. 방향성이 비교적 명확하다는 점에 공감하고, 당장의 변동성을 감내할 수 있는 투자자라면 2~3년의 긴 호흡에서 지금부터 관심을 가져도 나쁘지 않다는 생각이다.

상용화나 수익 측면에서 의구심
있는 경우 양자 기술 소프트웨어
등장 시점에 주목

그러나 아직 상용화나 수익 측면에서 의구심이 드는 투자자의 경우 양자컴퓨팅에 다시 주목해 볼 타이밍은 AI의 경험에 비추어 볼 때 양자기술 관련 소프트웨어가 등장하는 시점이 될 수 있다고 생각한다.

칼럼의 재해석

김동관 연구원

기후 문제 해결을 위한 애플 공급망의 대응 (Bloomberg)

애플은 2022년 10월 글로벌 공급망 전역에서 2030년까지 탄소 중립화를 달성한다는 계획을 발표했다. 기후 변화에 대한 적극적인 대응의 이면에는 애플 공급망의 기후 변화에 대한 취약성이 있다. 애플을 비롯한 IT 제품의 생산·조립 공장은 전 세계적으로 가장 기후 변화에 취약한 지역에 위치해 있다.

연구에 따르면 기온이 상승하면서 국가 GDP의 위축 압박이 심해진다. 이는 물론 애플 서플라이체인이 위치한 지역에도 해당된다. 지구온난화에 따른 자연 재해가 경제적 피해로 이어진 사례는 쉽게 찾을 수 있다. 2011년 태국 전역의 홍수는 자동차·IT 제품 생산에 차질을 입혔다. 2023년 초 가뭄으로 인한 중국 윈난성의 정전 사태로 알루미늄 제련소가 가동 차질을 겪기도 했다. 기온이 상승하면서 홍수와 정전 등의 위험이 커지는 가운데 애플은 이에 대응하기 위해 자체적인 친환경 발전 계획을 발표했다.

유럽연합이 국가 간 탄소 배출 규제 정도가 느슨한 국가의 생산품에 대해 탄소국경세를 도입하기 시작했다. 이는 화석연료 사용 비중이 높은 국가에서 대부분 제품을 조달하는 애플에도 압박으로 작용할 전망이다. 일차적인 국경세 부과 품목에는 해당되지 않지만 점차 해당 품목을 확대할 예정이기 때문이다. 호주와 미국도 유사한 취지의 제도 도입을 검토하고 있다. IT 제조업 벨트는 자연 재해의 위협과 각국 정부의 제도적인 압박을 동시에 직면하고 있다. 애플이 주도하는 변화의 전개 방향에 지속 주목할 필요가 있다.

애플 공급망이 직면한 기후 변화 문제

2030년까지 전 영역 탄소중립화를
목표로 하는 애플

애플은 적극적으로 기후 변화 대응을 위해 노력하는 대표적인 기업 중 하나이다. 지난 10월 애플은 글로벌 공급망에 2030년까지의 탄소중립화 달성을 촉구했다. 이미 2020년부터 모든 사무실, 매장, 데이터센터에서의 탄소 중립을 달성했으며 탄소배출량을 2015년 대비 40% 절감했다. 이에 더해 2030년까지 모든 애플 제품의 net-zero 달성을 목표로 하고 있다. 2020년 아이폰12 시리즈부터 패키지 내 충전기와 유선 이어폰이 제외된 것도 위 목표와 무관하지 않다.

IT 공급망이 집중된 지역은 기후
변화에도 가장 취약

하지만 Bloomberg에 따르면 30개국, 180개 지역에 퍼져있는 400개 이상의 애플 관련 사업장들은 여전히 환경에 부정적인 영향을 끼치고 있는 것이 사실이다. 이러한 IT 관련 생산 시설이 집중되어 있는 지역들은 전 세계적으로 기후 변화에 가장 취약한 곳으로 나타났다. 주요 IT 부품 공급업체들은 애플뿐만 아니라 삼성전자, Sony, Dell 등 대부분의 세트업체들과 거래를 하고 있는 만큼 기후 변화는 애플을 포함한 다양한 IT 업체들이 함께 직면한 문제이다.

자연 재해 위험이 가장 큰 지역은
열대·아열대 기후 아시아 지역

지구 온난화로 자연 재해의 위험이 가장 크게 심화되고 있는 지역은 인도부터 일본까지 이어지는 아시아 전역이다. 특히 열대기후와 아열대기후 지역에서 이상 기후 현상이 가장 도드라질 것으로 예상된다. 이미 도시화가 많이 진행된 남아메리카, 상대적으로 개발 정도가 낮은 사하라 이남 아프리카와 달리 아시아 제조업 벨트 지역에서는 급격한 도시로의 이주가 진행되고 있다. 이는 애플 완제품 조립을 위한 노동자의 수급입과 동시에 탄소 배출과 자연 재해 위험도 증가를 의미한다.

실제 경제적 손실로 이어지는 기후 변화

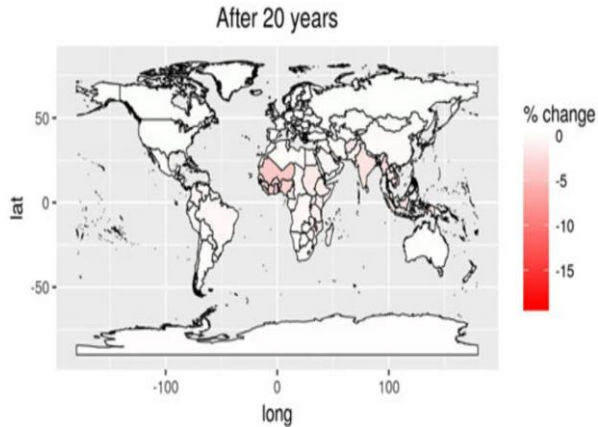
기온 상승에 따른 경제 성장 둔화가 예상

한 지역의 경제와 기온 상승의 관계를 살펴봄으로써 기후 변화의 영향을 추정할 수 있다. 2018년 진행된 연구에 따르면 2037년까지 평균 기온이 3°C 상승할 때 GDP 성장률이 2%p 이상 감소할 것으로 예상되는 중진국은 총 13개였다. 그리고 이 중진국 국가 중 애플 공급업체가 위치한 국가는 총 다섯 국가에 달했다.

홍수로 인한 Mac 제품 인도 차질

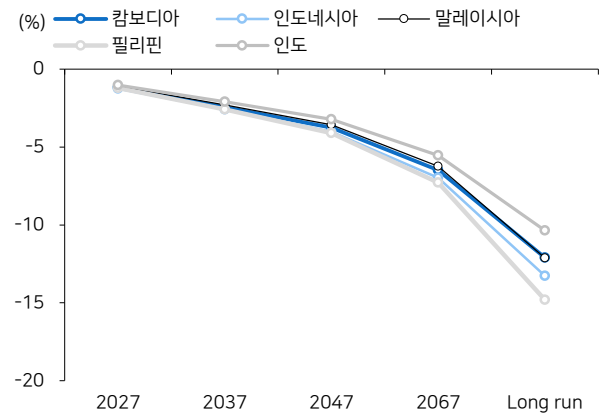
자연 재해가 IT 공급망에 피해를 주는 사례는 손쉽게 찾을 수 있다. 2011년 태국 전역에서 발생한 홍수로 글로벌 자동차·IT제품 서플라이체인에 속한 14,000여 기업이 문을 닫았다. 부품업체들의 라인 운영에 차질이 발생하며 당시 애플의 Mac 제품의 고객 인도가 늦어지기도 했다. 컨설팅 업체 Marsh McLennan에 따르면 애플의 공급망은 기온 상승에 따라 더욱 홍수 피해 위험성이 커질 것으로 예상되고 있다.

그림1 기온 3°C 상승이 GDP에 미치는 영향



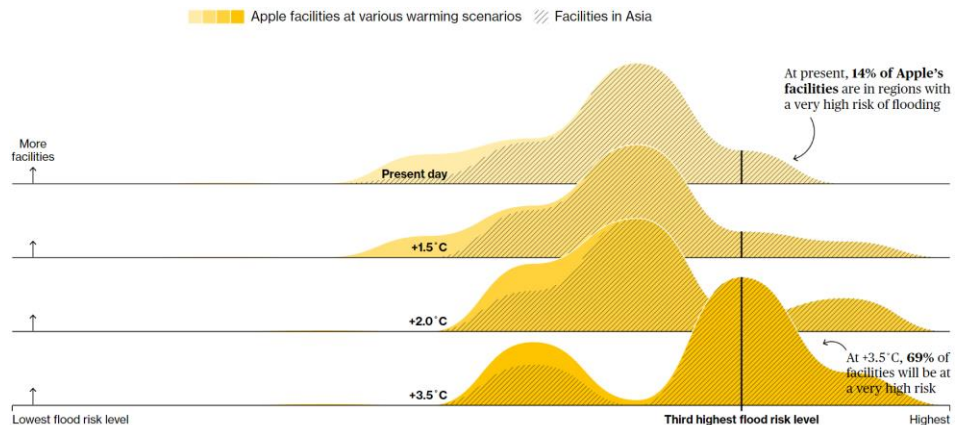
자료: Kompas et al., Earth's Future Vol. 6, Issue 8 (2018)

그림2 이들 중 다섯 국가에 애플 공급업체 위치



자료: Kompas et al., Earth's Future Vol. 6, Issue 8 (2018), 메리츠증권 리서치센터

그림3 기온이 상승할수록 애플 생산시설의 홍수 위험도도 증가



자료: Marsh McLennan Flood Risk Index, Apple, Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

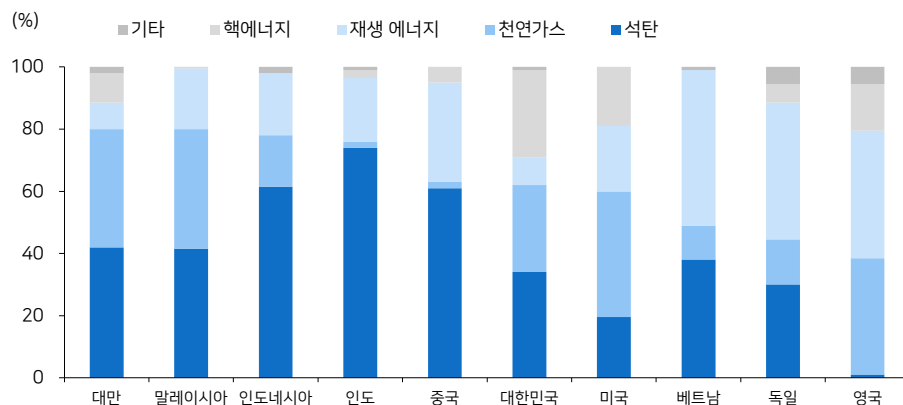
정전으로 인한 알루미늄 제련 차질

정전 사태는 제조업 운영에 큰 차질을 줄 수 있는 또 다른 재해에 해당한다. 정전 피해는 여름 기온 상승에 따른 냉방용 전력 소비 증가, 폭우, 발전 설비의 노후화에 따른 오작동 등으로 더욱 커질 것으로 예상된다. 올해 초 중국 원난성의 가뭄으로 인한 전력 부족은 아이폰 등에 사용되는 알루미늄을 생산하는 제련소의 가동 중단으로 이어졌다.

애플 공급망의 재생 에너지 사용량은 2019년 대비 5배 증가

어떤 발전 방식이 향후 전력 확보의 안정성을 담보할 수 있을 지는 불확실하지만 애플은 자체적으로 친환경 발전 계획을 수립하고 있다. 200개 이상의 애플 협력업체는 애플 관련 생산 공정에 풍력·태양열 등 재생 전력을 사용하기로 합의했다. 2023년 4월 기준 애플의 전체 글로벌 공급망에서 사용 중인 재생 에너지는 2019년 대비 5배 이상 증가한 13.7기가와트에 달한다. 이는 도로에서 380만대의 자동차가 사라진 것과 동일한 탄소 절감 효과를 창출할 수준이다.

그림4 국가 별 발전 원재료 별 비중 (2022년 기준)



자료: Energy Institute, Bloomberg, 메리츠증권 리서치센터

IT 산업 전체의 과제, 대응 방향에 주목

EU는 올해 10월부터 탄소국경세 도입

기후 변화 대응을 위한 국가 단위의 정책 또한 활발히 집행되고 있다. 올해 10월부터 유럽연합은 탄소국경세 도입을 통해 에너지 관련 원재료 수입에 추가 비용을 부과할 예정이다. 탄소국경세 도입 시 EU는 수입품에 역내 생산 제품과 마찬가지로 동일한 탄소 가격을 부과할 수 있다. 전세계적인 탄소 배출 저감 기조 속 탄소 배출 규제가 상대적으로 느슨한 지역에서 사업을 영위하는 기업들에게 불이익을 초래하며 균형을 맞추고자 하는 것이 탄소국경세 제도의 취지이다.

미국·호주도 탄소 배출 기반 무역 정책 검토

EU를 비롯해 호주와 미국 또한 탄소 배출 기반 무역 정책을 통해 기후 변화에 대응하려는 움직임을 펼치고 있다. 한편 현재 애플의 부품 공급업체들은 대부분 탄소 배출량이 많은 지역들에 위치해있다. 따라서 탄소국경세와 유사한 정책 도입 지역 및 범위가 확대될 경우 현재 애플의 공급망이 위치한 지역에서 생산된 제품의 경쟁력이 약화될 수 있다.

IT 제조업 전반의 기후 문제 대응
은 앞으로도 계속될 것

IT 공급망은 낮은 인건비·유연한 환경 규제 등에 힘입어 아시아 등지에 자리잡아왔다. 하지만 심화되는 자연 재해 위험과 각국 정부의 탄소 누출(carbon leakage)을 막기 위한 정책 도입에 대응하여 애플은 탈탄소화 계획으로 맞서고 있다. 가장 규모가 큰 애플을 예시로 들었지만 기후 변화에 대응하기 위한 공급망 재정비는 많은 제조업 기업들이 동일하게 직면한 문제이다. 향후에도 IT 산업 전반의 기후 변화 대응 전략에 지속 주목할 필요가 있다.

원문: *Apple Suppliers Collide With Climate Change (Bloomberg)*