

Monthly Quantum

양자컴퓨터가 AIDC에 들어가려면

정부가 제시한 유용한 양자컴퓨터의 기준

17일 DOE는 최대 2억 1,500만 달러 규모의 Quantum Genesis Q Competition 을 공고했다. 2028년 논리 큐비트 100개 이상을 갖춘 오류내성 시스템의 실증을 지원하고, 검증된 성과에 따라 인센티브를 지급하는 구조다. 함께 공개된 과학국 자문 위원회(SCAC)의 로드맵은 계산의 정확도와 전체 작업의 24시간 이내 완료를 목표에 포함했다. 기업의 개발 계획을 연산 규모와 처리시간, 과학적 예측력이라는 외부 기준에 대조할 수 있게 됐다.

IBM의 단백질 연구가 최대 94개 물리 큐비트와 슈퍼컴퓨터를 결합해 대규모 분자를 계산하는 방법을 보여줬다면, 정부의 다음 목표는 오류정정을 도입해 핵심 부위의 반응과 결합 에너지를 정밀하게 예측하는 것이다. 연구기관과의 협력, 고전 컴퓨팅과의 연동 역량이 하드웨어 성능을 실제 활용으로 연결하는 경쟁력이 될 전망이다.

데이터센터 도입 관건은 주변 설비

양자컴퓨터를 설치하는 데에는 장비를 둘 공간 외에도 냉각과 배관, 진동 관리가 필요하다. 초전도 시스템에서는 압축기의 소음과 발열 때문에 전산실과 기계실을 분리해야 하며, 냉각 손실 이후 복구에 걸리는 시간도 운영 조건에 포함된다.

AI 데이터센터의 고도화는 전력과 바닥하중 측면에서 양자컴퓨터 도입에 도움이 된다. 다만 냉각수 조건은 다르다. NVIDIA가 루빈 세대에서 최대 45℃의 냉각수를 활용하는 반면, IQM은 15~25℃를 요구한다. 공용 설비를 활용하면서도 장비별 냉각 계통을 조정하는 설계와 시공 역량이 중요해진다.

오류정정과 장기 운영이 넓히는 투자 범위

논리 큐비트 확대는 오류를 실시간으로 해석할 고전 연산과 저지연 연결 수요를 동반한다. NVIDIA와 Dell 등 고전 컴퓨팅 기업의 참여는 이러한 제어·연산 수요를 시사한다. 냉각 분야에서는 랙에 들어가는 소형 장치와 대형 시스템용 플랫폼이 함께 개발되고 있으며, 공용 극저온 설비는 여러 입주 기업이 설치와 운영 부담을 나누는 방향을 제시한다.

설치 이후에는 소모품 조달과 정비, 프로세서 교체가 반복된다. 데이터센터 사업자가 냉각과 유지보수를 어디까지 서비스에 포함하느냐에 따라 수익 기회도 달라질 전망이다. 상업 단계에서의 개발 및 인도 일정을 평가할 때 부지·전력 확보와 공급망, 업그레이드 계획도 고려해야 한다.

I. 미국 정부가 생각하는 “산업적으로 유용한 양자컴퓨터”

1. 정부가 제시한 개발 목표와 지원 방식

지난 7월호에서 살펴본 미국의 양자 행정명령이 구체적인 개발 목표로 이어졌다. 9월 17일 에너지부(DOE)는 Quantum Genesis Q Competition을 공고했고, 과학국 자문위원회(SCAC)는 양자컴퓨팅의 과학·하드웨어·기반 기술 로드맵을 공개했다. 6월 행정명령에서 예고한 QC-ADDS의 방향이, 어떤 계산을 수행하고 어떤 방식으로 성과를 검증할 것인지로 구체화됐다.

두 문서는 역할이 다르다. SCAC 보고서는 연구자가 사용할 양자컴퓨터에 필요한 역량과 단계별 발전 방향을 권고한다. Q Competition은 기업이 실증해야 할 성과와 검증 절차, 성과 달성에 따른 지급 방식을 제시한다. 이번 발표를 통해 정부가 지원하려는 과학 계산의 범위와 이를 수행할 시스템의 요건을 함께 확인할 수 있다.

가장 가까운 목표는 2028년 과학적으로 의미 있는 오류내성 양자컴퓨터(SRQC)의 실증이다. 오류내성은 계산 도중 발생하는 오류를 계속 정정하며 연산을 이어가는 능력이다. SCAC는 2026~2028년 과학 난제 해결을 위한 실증을 먼저 진행하고, 성과와 예산 등을 검토해 2028년 이후 사용자 시설로 확대하는 경로를 제안했다.

표 1. DOE Q Competition의 단계별 지원 구조

구분	성과 기준	계획 금액
1단계 검증 계획	DOE의 성능 검증 계획 승인	기업당 25만 달러
1단계 시제품	합의한 시제품 성과의 검증	기업당 125만 달러
2단계 기본 성과	100개 이상 논리 큐비트 등 1세대 SRQC 목표 달성	1억 달러 공동 배분
2단계 추가 성과	기타 목표 충족 및 150개 / 200개 이상 논리 큐비트	각 5,000만 달러 추가 공동 배분

자료: DOE, 미래에셋증권 리서치센터

공모의 전체 계획 규모는 최대 2억 1,500만 달러이며, 이 중 2026회계연도 재원은 250만 달러다. DOE는 별도로 국립연구소의 성능 검증 기반에 4,500만 달러를 계획했다. 초기 검증 계획과 시제품을 거쳐, 2028년 9월 최종 평가에서 성과를 달성한 기업들이 인센티브를 나누는 구조다. 9월 25일 설명회와 10월 19일 신청 마감 이후에는 참여 기업의 목표와 검증 설계가 비교 대상이 된다.

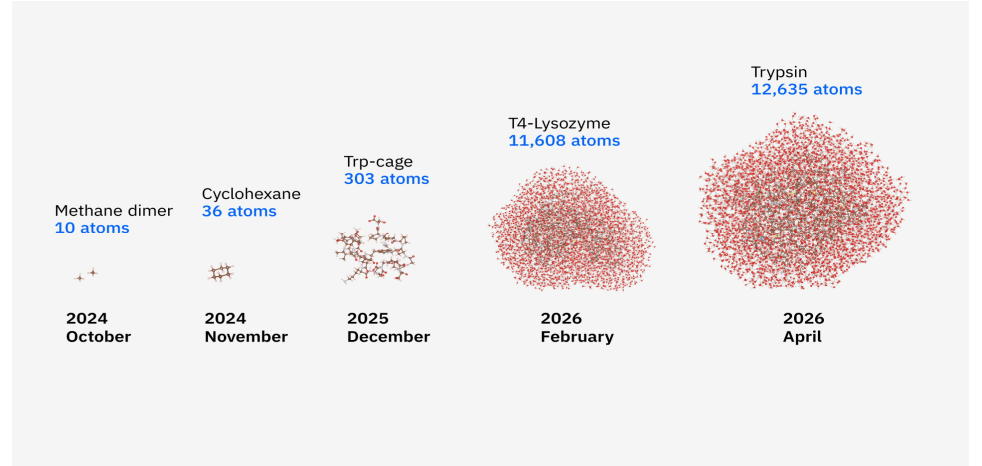
2. 연구 성과와 2028년 목표의 간격

1) IBM 연구가 보여주는 현주소

이번 로드맵이 겨냥하는 연구는 이미 진행 중인 양자·고전 혼합 계산에서 출발한다. 지난 5월 IBM과 클리블랜드 클리닉, RIKEN이 발표한 단백질 연구가 대표적이다. 연구진은 물 속의 단백질과 결합 분자를 포함한 최대 12,635개 원자 규모의 계를 계산했다. 실제 생체 환경에 가까운 대상을 양자컴퓨터와 슈퍼컴퓨터가 함께 다루는 작업 흐름을 보여줬다는 데 의미가 있다.

계산은 분자를 여러 조각으로 나누는 방식으로 이루어졌다. 상대적으로 다루기 쉬운 부분은 고전 컴퓨터가 계산하고, 전자 사이의 상관관계가 복잡한 일부 조각에는 양자 샘플링을 적용했다. 양자컴퓨터에서 얻은 정보를 바탕으로 Fugaku와 Miyabi-G가 후속 계산을 수행하고 결과를 결합했다. 이때 한 번 연산에 사용한 물리 큐비트 수는 최대 94개다.

그림 1. IBM의 단백질 연구 현황



자료: IBM, 미래에셋증권 리서치센터

SCAC가 2028년 생물학 분야에서 제시한 목표는 선택한 단백질·리간드 또는 효소 활성 부위의 화학적 정확도를 갖춘 예측이다. IBM 사례는 현재 주순의 양자컴퓨터로 실용적 연산을 하기 위한 절차를 마련했다면, 다음 단계에서는 목표하는 반응과 결합 에너지를 어느 정도의 정확도와 속도로 예측할 수 있는지를 확인한다. 분자의 전체 크기와 핵심 부위 예측 성능을 함께 보게 되는 셈이다.

표 2. IBM의 생물학 연구와 SCAC의 목표

비교 항목	IBM·클리블랜드·RIKEN 연구	SCAC 2028년 목표
연구 대상	용액 속 단백질·결합. 최대 12,635개 원자	선택한 단백질·리간드 또는 효소 활성 부위
계산 구성	분자 분할, 양자 샘플링, HPC 후속 계산 결합	오류내성 연산 포함 양자·HPC·AI 전체 작업 흐름
큐비트 해석	최대 94개 물리 큐비트로 선택한 조각을 계산	50~100개 이상 논리 큐비트
성과 기준	대규모 분자에 혼합 계산 적용 방식 및 확장성	과학적 정확도와 독립 검증, 전체 계산 24시간 이내

자료: IBM, SCAC, 미래에셋증권 리서치센터

다만 IBM은 물리 큐비트를 기준으로 연구를 진행했으며, 따라서 오류 정정은 적용되지 않았다. SCAC는 논리 큐비트 기준으로 50~100개 이상 확장하려는 목표를 제시하고 있으므로, 이에 도달하기 위해서는 양자 오류 정정의 성공적 도입이 필수적이다. 이는 알고리즘과 하드웨어가 함께 개선되어야 하는 부분이다.

2) 과학 분야마다의 예측 목표

생물학 이외의 분야도 목표의 구체적인 내용은 다르지만 같은 구조로 설정되어 있다. 촉매 분야에서는 작은 촉매 중심과 결합의 계산에서 출발해 산업적으로 중요한 반응의 단계별 예측으로 확장한다. 재료 분야에서는 실험을 재현하는 간단한 모형을 복잡한 상관관계로 확대하고, 핵융합에서는 설계를 제약하는 물리량을 검증하는 방향이다. 기존에 단순히 문제의 크기와 큐비트 수로만 비교됐던 양자컴퓨터의 역할을, 실험과 설계에 어떤 정보를 제공하는 지로 확장하는 역할을 했다.

따라서 이를 각 기업의 응용 사례 발표에도 적용하여 볼 필요가 있다. 같은 화학 계산이라도 전체 분자의 구조를 근사하는 연구와 특정 반응의 에너지 차이를 정밀하게 예측하는 연구는 성과의 성격이 다르다. 앞으로는 대상 분자나 재료, 계산할 물리량, 검증에 사용할 실험 또는 고전 계산을 함께 확인하면 각 기업이 어느 과학 목표에 접근하고 있는지 판단하기 쉬워진다.

3. SCAC의 하드웨어 로드맵

1) 큐비트 종류 무관, 연산 규모와 처리 시간을 동시에

하드웨어 로드맵은 큐비트 수와 함께 연산량, 정확도, 처리시간을 제시한다. SCAC의 2028년 예시 범위는 약 50~100개 이상의 논리 큐비트와 1만~10만 회의 난도가 높은 논리 연산이다. 동시에 전체 과학 계산을 24시간 안에 마치고, 실험이나 고전 계산의 한계, 과학적 예측력을 기준으로 결과를 독립 검증하도록 했다.

여기서 난도가 높은 연산(hard operation)은 오류정정 방식에서 구현 비용이 크지만 범용 계산에 필요한 연산을 뜻한다. 물리 큐비트에서 간단한 게이트를 여러 번 실행한 횟수와는 측정 대상이 다르다. 같은 수의 논리 큐비트를 확보하더라도 이러한 연산을 더 길고 안정적으로 이어갈 수 있다면, 실행 가능한 알고리즘의 범위가 넓어진다.

표 3. SCAC 하드웨어 로드맵 제시

항목	2027년	2028년	2030년 이후
논리 큐비트	약 10~50개	약 50~100개 이상	약 1,000~10,000개
난도가 높은 논리 연산	약 1천~1만 회	약 1만~10만 회	약 10억~100억 회
처리시간·운영	동일 정확도에서 시간당 연산 확대	전체 과학 계산 24시간 이내	수일 내 연구 계산, 계산 시간 비중 80% 초과
시스템 활용	제어·디코딩·소프트웨어 통합	과학 검증을 포함한 전체 작업 흐름	지속적인 연구를 위한 사용자 시설 역량

자료: SCAC, 미래에셋증권 리서치센터

이 지표들은 동시 달성이 중요하다. 정밀도를 높이는 대신 계산이 크게 느려지거나, 큐비트가 늘면서 충실도가 낮아져 제어와 보정에 드는 시간이 길어지면 연구자의 대기시간이 늘어나 실용성이 떨어진다. 보고서는 양자 연산 자체의 속도뿐 아니라 초기화, 제어, 오류 해석과 고전 후처리를 포함해 결과가 돌아오는 시간을 보도록 평가 범위를 넓혔다.

2) Q Competition: 계산 재현과 확장 경로를 검증

Q Competition은 이 방향을 시제품과 1세대 장비의 실증으로 연결했다. 공고의 예시 지표는 시제품이 논리 큐비트 10개와 1천 회의 난도가 높은 연산으로 계산의 일부 절차를 수행하고, 1세대는 100개와 10만 회로 전체 과학 작업 흐름을 실행하는 것이다. 1천 개와 1천만 회를 제시한 차세대 장비는 이후 확장 경로를 평가하기 위한 예시다. SCAC의 장기 사용자 시설 목표와 공모의 단계별 예시는 평가 범위가 다르다.

기업과 DOE는 장치 구조에 맞춰 세부 지표와 검증 방법을 협의한다. 1세대 실증은 고전 계산과 결과를 비교할 수 있는 규모에서도 진행할 수 있어, 초기에는 정확한 계산의 재현과 오류내성 시스템의 작동을 검증할 수 있다. 이후 규모가 커질수록 실험과의 비교, 예측의 유용성, 고전 계산으로 다루기 어려운 영역의 결과가 더 중요해진다.

4. 산업 영향

1) 기업별 영향

이번 정책에서 정부의 역할은 목표 제시와 검증 기반 제공으로 구체화됐다. 공모 참가 기업은 장비를 제작·설치·운영하고, DOE가 지정한 기관은 물리적·원격 접근을 통해 성능을 확인한다. 논리 오류율과 연산 성능뿐 아니라 과학 계산의 코드, 입출력 데이터, 고전 컴퓨터와 결합한 부분까지 검증 자료에 포함된다. 기업 자체 시연이 외부 연구자가 확인할 수 있는 결과로 이어지는 구조다.

이에 따라 기업 간 경쟁에서도 개별 부품의 최고 성능과 시스템 전체의 완성도를 함께 보게 될 것으로 판단한다. 물리 오류율을 낮추는 기술은 더 적은 자원으로 논리 큐비트를 만드는 데 기여할 수 있고, 빠른 제어·디코딩은 정정 작업이 계산을 지연시키는 부담을 줄일 수 있다. 모듈 연결과 소프트웨어가 뒷받침되면 이러한 성능을 더 큰 과학 계산으로 옮길 수 있다.

SCAC는 특정 큐비트 구현 방식 하나를 조기에 국가 표준으로 선택하기보다 서로 다른 과학 임무에 맞는 장비들을 발전시키는 방향을 권고했다. 기업의 일정과 전략을 비교할 때에도 목표 논리 큐비트 수와 함께, 어떤 응용을 어느 정확도와 시간에 수행하고 누가 재현했는지를 살펴볼 필요가 있다. 소프트웨어와 연구기관의 협력 이력도 장비 성능을 실제 연구로 연결하는 역량을 보여준다.

성과 연계 지급 방식은 참여 기업의 자금 조달과 개발 일정에도 영향을 줄 수 있다. 검증 계획과 시제품에 대한 초기 지급 이후에는 최종 성과를 달성한 기업들이 정해진 재원을 나눠 갖는다. 기업별 수령액은 달성 시점과 수준, 경쟁자의 성과 및 가용 예산에 따라 달라진다. 향후 선정 발표에서는 참가 여부와 함께 합의한 검증 목표와 중간 성과를 확인하는 것이 유용하다.

2) 연구시설 역량

과학 계산을 반복적으로 제공하려면 계산이 이루어지는 시설의 운영 역량도 갖춰야 한다. SCAC의 기반 기술 로드맵은 오류정정과 제어 회로에 이어 냉각·배선·전력, 모듈 교체, 제조·공급망, 자동 운영을 함께 제시했다. 2028년에는 오류정정 시스템을 높은 가용성으로 수개월 동안 운용하는 연구 작업이 목표에 포함된다. 칩이 작동하는 순간의 성능에서 연구자가 지속적으로 이용할 수 있는 시스템으로 평가 범위가 넓어지는 것이다.

예를 들어 모듈화의 성과는 여러 프로세서를 연결하는 데서 그치지 않는다. 모듈 사이에서 논리 연산을 수행하고, 시스템 전체를 해체하지 않고도 모듈을 교체하는 구조를 요구한다. 소프트웨어는 동일한 프로그램을 둘 이상의 하드웨어에서 수정 없이 실행하고 비용과 정확도를 미리 예측하는 방향이다. 각각의 목표는 장비 확장과 교체에 필요한 시간, 연구자의 이식 비용을 줄이는 데 연결된다.

시설 투자도 이러한 운영 요구에 따라 구체화될 전망이다. SCAC는 과학자와 장비 개발자가 함께 시스템을 설계하고, 국립연구소가 HPC·AI와 연구 장비를 연결하는 역할을 제안했다. 한편 이번 Q Competition에서 초기 장비의 입지와 운영은 기업이 책임진다. 따라서 공모의 실증 장비와 향후 국립연구소 사용자 시설은 각 단계의 역할에 맞춰 구별해 볼 필요가 있다.

양자와 고전 컴퓨팅의 연동 역시 작업에 따라 필요한 구성이 달라진다. 실시간 오류 해석은 짧은 지연을 요구하는 반면, 계산 작업을 전달하고 결과를 수집하는 과정은 원격 접근을 활용할 수 있다. 이 차이에 따라 연산 자원을 배치할 거리와 냉각·기계 설비의 구성도 달라진다. 다음 장에서는 실제 설치 사례를 통해 필요한 공간과 전력, 냉각, 운영 조건을 살펴본다.

표 4. SCAC 2028년 목표가 필요로 하는 인프라

역량	권고된 실증 방향	시설·공급업체가 맡을 영역
제어·오류정정	계산 중 실시간 정정, 전체 큐비트 동시 운용	저지연 제어·오류 해석용 고전 연산과 데이터 연결
냉각·배선·전력	지원 인프라 포함 큐비트당 전력 부담 절감	냉각 계통과 케이블, 전력 공급의 통합 설계
모듈·정비	모듈 경계의 논리 연산 능력, 모듈식 교체	연결 규격, 교체 동선, 정비 중 가동 유지
제조·공급망	규모 확대 시 단가 측정, 핵심 부품의 검증된 대체 공급원	반복 생산, 품질 관리, 조달과 재고 관리
장기 운영	수개월 연구 작업의 높은 가용성	자동 보정·진단, 유지보수, 소모품과 장애 대응

자료: SCAC, 미래에셋증권 리서치센터

II. 양자컴퓨터의 데이터센터 도입과 운영 조건

1. 양자컴퓨터 설치 조건

양자컴퓨터를 지속적으로 운용하기 위한 준비는 실제 데이터센터에서도 진행되고 있다. 지난 6월 OCP(Open Compute Project)는 양자 프로세서를 고전 컴퓨팅과 함께 배치하기 위한 아키텍처를 공개했다. 8월에는 오라클과 쿼타뉴엄의 Helios 도입 파트너십, Diraq의 시드니 Equinix 배치 계획이 이어졌다. 설치 장소의 조건과 장비 주변의 설비가 도입 일정에 영향을 주기 시작한 것이다.

1) 설치 사례: RPI 부어히스 컴퓨팅센터

RPI 부어히스 컴퓨팅센터는 1930년대 채플을 전산 센터로 개조한 건물이다. 2024년 4월 5일 127큐비트 IBM Quantum System One의 개관식을 열었다. IBM이 9월 1일 공개한 팟캐스트에서 RPI와 IBM의 설치 책임자들은 당시 공사 과정을 설명했다. 기존 건물의 진동을 측정하고 하중을 보강하는 작업이 핵심이었다.

그림 2. RPI 부어히스 컴퓨팅센터에 설치된 IBM Quantum System One



자료: RPI, IBM

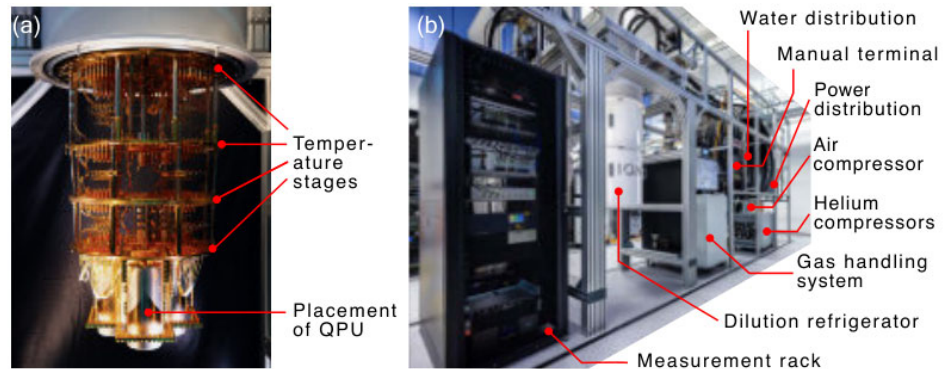
메인 플로어에 올라가는 구조물만 5톤이어서 콘크리트 35톤을 보강하고 기둥을 추가했다. 압축기 등 기계 설비는 아래층에 배치했으며, 기존 전산 센터를 운영하는 상태에서 공사를 진행했다. 장비를 놓을 면적 외에 하중을 지탱할 구조와 기계실, 두 공간을 잇는 배관을 함께 확보해야 했던 사례다.

계약부터 가동까지는 약 9개월이 걸렸다. IBM은 이 과정에서 기계실의 위치와 고객 건물에 요구할 사양을 더 명확히 정리했다. 이후 도입 기관은 앞선 현장의 경험을 통해 공사 범위와 반입 동선을 미리 검토할 수 있다. 설치 조건을 문서화하는 작업은 이러한 현장 경험을 반복 가능한 배치 절차로 옮기는 데 의미가 있다.

2) 양자컴퓨터의 구성: QPU와 주변 설비들

설치 조건을 따지려면 먼저 (초전도) 양자컴퓨터가 크게 세 덩어리로 나뉘어 있음을 이해해야 한다. 첫번째는 QPU를 외부 간섭에서 떼어놓기 위한 극저온 부분으로, 원통형 냉동기 본체는 높이 1.22m, 지름 0.45m 남짓이다. 두번째가 배선과 제어 전자장치다. 큐비트를 조작하고 결과값을 읽어내기 위해 냉동기 안쪽을 위아래로 관통하는 케이블 다발이 있고, 바깥에는 신호를 제어하는 랙이 두 대 정도 붙는다. 그리고 마지막 세번째가 이를 총괄하는 고전 서버다.

그림 3. 초전도 양자컴퓨터의 냉동기 내부 및 외장이 제거된 시스템의 모습



자료: IQM (a)는 유사 장비의 냉동기 내부 모습, (b)는 외장을 제거한 전체 시스템의 모습

문제는 이 셋만으로는 컴퓨팅을 수행할 수 없다는 점이다. 초전도와 실리콘 스핀처럼 극저온이 필요한 방식은 먼저 수 K까지 온도를 내려야 하고, 초전도 큐비트는 여기서 다시 15mK 안팎까지 내려야 한다. 냉각은 세 단계를 거친다. 건물에서 끌어온 냉수 루프로 1차 냉각 후, 액체질소로 80K(약 -193℃) 언저리까지 내리는 2차 냉각을 거친다. 그 아래 온도는 액체질소로 만들 수 없기 때문에, 헬륨-3와 헬륨-4 혼합액을 사용하는 희석 냉동 방식을 사용하며, 이 과정을 통해 최종 목표인 15mK에 도달하게 된다.

그런데 냉각을 위한 압축기와 가스 핸들링 시스템은 전산실에 함께 둘 수 없다. Bluefors는 공식 문서에서 압축기를 크라이오스탯(극저온 유지장치)과 별도의 방에 두기를 권장한다고 명시하고 있다. 이유는 소음과 발열이다. Bluefors의 Cryomech CP2880 압축기 한 대가 정상 운전에서 7.2~9kW를 소비하고 1미터 거리에서 70dB의 소음을 내며, 분당 8.8L의 냉각수를 별도로 요구한다. 2023년 배치된 OQC(Oxford Quantum Circuits)의 32큐비트 초전도 시스템은 대당 15~20kW를 소모하는 것으로 알려졌는데, 시스템 한 대에 9kW급 수랭 헬륨 압축기가 두 기씩 들어가므로 대부분이 압축기 몫이다.

그래서 실제 시공 과정에서도 전산실과 기계실의 분리가 필요하다. IQM은 뮌헨에 건설한 자사 데이터센터에서 압축기, 펌프, 액체질소, 헬륨 저장탱크가 들어가는 방을 별도로 두고, 헬륨 배관이 바닥으로 지나가도록 설계했다. 기존 데이터센터와 병합될 때 계속해서 문제가 될 수 있는 지점이다. 랙을 둘 자리 외에도 냉각 장치를 위한 별도의 공간, 그리고 그 둘을 잇는 배관 공사가 필요하기 때문이다.

냉각과 관련한 비용은 설치 후 운영 과정에서도 발생한다. 액체질소는 예냉 외에도 혼합 기체를 걸러내는 콜드트랩에도 들어가는데, IQM의 20큐비트 시스템이 주당 10리터, OQC는 냉동기 한 대당 주당 최대 40리터를 소모한다. 이는 시스템 구매자의 유지비용에 포함되므로, 도입을 검토할 때에는 장비 가격 외에도 지속적으로 들어갈 소모품 비용을 함께 고려해야 한다.

현재 확인되는 상업 코로케이션 사례에서도 이러한 극저온 소모품은 시스템 소유자가 직접 관리하고 있다. 데이터센터에 입주하더라도 냉각에 필요한 물자를 조달하고 보충하는 일은 별도로 남는 것이다. 뒤에서 다룰 공용 극저온 플랜트는 이러한 설비와 운영 부담을 여러 입주 기업이 나누려는 시도다.

한편 냉각 장치 자체를 줄이려는 시도도 이어지고 있다. attocube의 attoCMC는 19인치 10U 크기에 압축기까지 포함한 무게가 100kg이며, 약 1kW의 전력으로 2.3K까지 냉각할 수 있다. Bluefors도 크라이오스탯과 가스 핸들링 시스템, 펄스튜브 압축기를 한 캐비닛에 넣고 계측 전자장치용 19인치 랙 10U를 함께 붙인 Ultra-Compact LD를 내놓으면서, 주요 도입처로 HPC 센터를 언급했다. 기저 온도는 10mK 이하다. Quantum Motion은 지난해 실리콘 CMOS 기반의 풀스택 시스템을 19인치 랙 세 대에 담았다. 기존 데이터센터의 랙 규격 안에 양자컴퓨터를 넣으려는 방향이다.

동시에 대형 시스템을 위한 냉각 장치도 개발되고 있다. IBM System Two에 사용되는 Bluefors의 KIDE는 높이 3m, 지름 2.5m에 바닥이 지탱해야 할 하중이 7톤 수준이며, RF 라인만 4,000개가 넘는다. 이렇듯 양자컴퓨터의 설비가 모두 작아지는 것은 아니다. 시스템의 규모와 용도에 따라 랙에 들어가는 소형 장치부터 별도의 공간이 필요한 대형 플랫폼까지 함께 개발되고 있으며, 이에 따라 요구 전력도 크게 달라진다.

표 5. 소형 냉각 장치와 대형 플랫폼은 설계 목적이 다름

제품	냉각 성능(기저온도)	공간·구성	도입 시 확인할 점
attocube attoCMC	2.3K	19인치 10U 압축기 포함 약100kg	공랭식 압축기 최대 입력전력 <1.4kW
Bluefors Ultra-Compact LD	<10mK	냉동기·가스 핸들링·압축기 통합	10U는 계측 전자장치용 여유공간
Bluefors KIDE	10mK (전형값)	플랜지 1.6m ² RF 라인 > 4,000개	최대 탑재하중 500kg 설치 치수는 개별 설계

자료: attocube, Bluefors, 미래에셋증권 리서치센터. 냉각 온도와 탑재 규모가 서로 다른 제품.

3) 설치에 필요한 조건

IQM의 20큐비트 시스템 설치 경험은 현장에서 측정해야 할 항목을 보여준다. 반입 경로와 바닥하중에 더해 진동, 자기장, 온·습도와 냉각수 조건을 확인한다. 사전 측정을 길게 수행하는 이유는 사람이 이동하거나 주변 장비가 가동할 때의 변화까지 살펴보기 위해서다. 시설의 명목 사양과 실제 장비 위치에서의 환경을 함께 확인하게 된다.

냉각 상태의 유지 여부는 복구 시간에도 영향을 준다. 완전히 온도가 올라간 경우 다시 냉각하는 데 수일이 필요하지만, 해당 IQM 사례에서는 QPU를 1K 미만으로 유지하면 보정이 2분 안에 복귀할 수 있다고 설명했다. 전원과 냉각의 이중화는 장비 보호와 함께 연구자가 다시 계산을 시작하기까지의 시간을 줄이는 역할을 한다.

OCP 자료는 큐비트 구현 방식별로 다른 환경 조건을 제시한다. 초전도와 실리콘 스핀에서는 극저온 장치 및 배관의 배치가 중요하고, 중성원자와 이온트랩에서는 레이저 광학계의 정렬을 유지할 진동·온도 관리가 중요하다. 같은 바닥하중을 견디는 시설이라도 주변 설비에서 전달되는 진동에 따라 적합한 장비가 달라질 수 있다.

실리콘 스핀은 더 높은 온도에서 운용할 수 있는 가능성이 주목받지만, Diraq의 배치 계획에도 극저온 냉각은 포함된다. 냉각 온도가 달라지면 확보할 수 있는 냉각 여력과 주변 설비의 구성이 달라진다. 광자 방식 역시 구성에 따라 검출기 등의 냉각이 필요하므로, 방식의 이름과 실제 설치 사양을 함께 살펴봐야 한다.

결국 기존 시설이 이미 충족하는 조건과 추가로 보완할 조건을 구분하는 것이 설치 계획의 출발점이다. 같은 양자컴퓨터라도 신규 데이터센터와 기존 연구 건물의 공사 범위는 다를 수 있다. 표준화된 반입·검수 절차와 축적된 시공 경험은 도입 기간을 예측하고 후속 장비로 확대하는 데 도움이 된다.

표 6. IQM 20큐비트 시스템의 설치 및 운영 조건

항목	IQM 20큐비트 시스템 설치·운영 조건 (초전도)
바닥하중	1,000 kg/m ²
크라이오스탯 치수	126 × 453 × 290 cm
반입경로 폭	전 구간 최소 90 cm
진동	1~200Hz에서 400 μm/s RMS 미만
자기장	DC 100 μT 미만 / AC 1 μT p-p 미만
소음	80 dBA 미만
온·습도	24시간당 온도 변화 1℃ 미만(권장) / 25~60%
냉각수	15~25℃
전력	쿨다운 피크 30 kW
사전 프로파일링	최소 25시간
냉각 손실 시 복구	2~5일 소요

자료: IQM, 미래에셋증권 리서치센터. 온도의 현장 검수 기준은 설정온도 20~25℃에서 12시간동안 ±1℃ 미만으로 별도 제시.

2. 전력과 냉각이 만드는 설계 과제

1) 시스템마다 다른 소비전력

공개된 양자 시스템의 소비전력은 수 kW에서 수십 kW, 향후 대형 시스템은 MW 단위까지 넓게 분포한다. 전력 수요를 시설 계획에 반영하려면 현재 장비인지 개발 목표인지, 냉각과 고전 서버를 어디까지 포함한 수치인지 함께 확인해야 한다. 도입 기관에는 장비의 정상시 전력과 냉각을 시작할 때의 최대 부하가 각각 필요하다.

표 7. 공개 소비전력과 측정 범위

시스템	소비전력	냉각 포함 여부
QuEra Aquila (256큐비트, 중성원자)	7 kW 미만(2023년)	미명시
OQC 32큐비트 (초전도)	15~20 kW	미명시, 대부분 헬륨 압축기
Dirac 8큐비트 (실리콘 스핀)	20 kW 미만	미명시
IQM 20큐비트 (초전도)	쿨다운 피크 30 kW	—
Quantinuum Helios (98큐비트, 이온트랩)	약 60 kW	HVAC 제외
IBM System One (127큐비트, RPI)	100 kW 미만	시스템 전체 기준
IBM Starling (2029 목표)	최대 3 MW	—

자료: 각 사, 미래에셋증권 리서치센터

오라클이 제시한 Helios의 약 60kW는 냉난방·환기·공조(HVAC)를 제외한 값이다. IQM 20큐비트 사례의 30kW는 쿨다운 시 최대 부하이며, RPI의 100kW 미만은 시스템 전체 기준이다. 각각 장비실 부하와 기동 시 피크, 전체 설비 계획을 검토하는 데 쓰이는 수치다. 향후 기업들이 같은 작업의 전력량을 공개하면 계산 결과당 에너지 비용까지 비교할 수 있다.

20kW급 시스템은 기존 고밀도 랙에 공급하는 전력과 비슷한 범위다. 따라서 상업 데이터 센터의 기존 전력 캐파를 활용할 가능성이 높다. 다만 전기 공급과 함께 압축기의 열을 배출할 냉각 용량, 작업 중단 시 복구에 필요한 시간과 백업 인프라 등을 같이 설계해야 한다. 전력 여유가 있는 부지에서도 기계 설비가 추가되는 이유다.

IBM이 2029년을 목표로 개발하는 Starling은 최대 3MW의 전력을 계획한다. 이 정도 규모에서는 개별 랙에 전원을 추가하는 수준을 넘어 시설의 변전·배전과 냉각 용량을 함께 검토하게 된다. 소형 장비의 코로케이션과 대형 시스템의 전용 시설이 병행되는 배경이다. 기업의 논리 큐비트 확대 계획을 부지와 전력 확보 계획에 연결해 볼 필요가 있다.

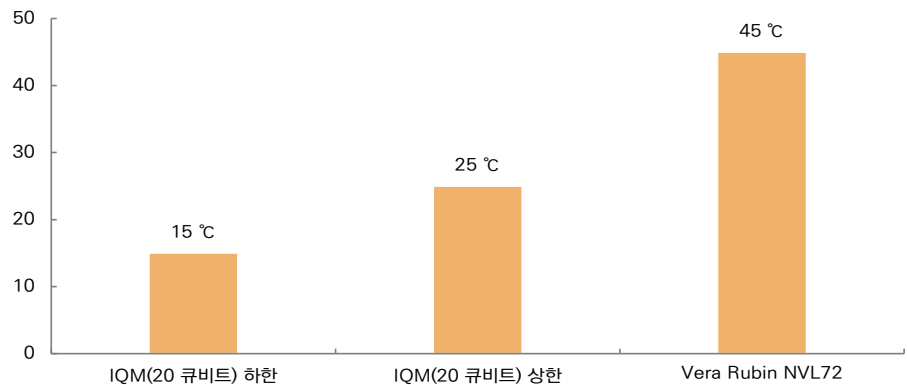
SCAC가 지원 인프라를 포함한 큐비트당 전력과 장기 가동을 함께 다루는 것도 같은 맥락이다. 시스템 규모가 커질 때 제어와 냉각의 부담을 얼마나 효율적으로 늘릴 수 있는지가 중요해진다. 양자컴퓨터의 에너지 효율은 향후 같은 과학 계산을 같은 정확도로 완료하는데 필요한 장비·냉각·고전 연산의 전력을 함께 측정하면서 구체화될 것으로 판단한다.

2) AI 데이터센터는 양자에 유리한가

AI 수요에 대응하기 위해 데이터센터가 고도화되면서 양자컴퓨터를 도입하기 쉬워지는 부분도 있다. 대표적인 것이 바닥하중과 전력 밀도다. NVIDIA GB200 NVL72 랙은 무게가 약 1.36톤, 바닥면적이 약 0.64m²다. 기존 초전도 장비가 요구하는 하중을 검토할 때 이러한 AI 설비의 구조 설계 경험을 참고할 수 있다.

냉각수에서는 장비별 온도 조건이 갈린다. AI 데이터센터는 냉각에 쓰는 에너지를 줄이기 위해 더 높은 공급 온도를 활용하는 방향으로 발전하고 있다. NVIDIA는 루빈 세대에서 최대 45℃의 냉각수로 칠러 없이 열을 배출하는 구성을 제시했다. 반면 IQM의 설치 사례는 15~25℃, OCP 양자 시스템 표준은 10~28℃의 냉각수 범위를 제시한다.

그림 4. 양자 시스템과 AI 시스템의 냉각수 온도



자료: IQM, NVIDIA, 미래에셋증권 리서치센터

따라서 공용 냉각 설비가 있더라도 각 장비에 공급되는 물의 온도는 별도 계통에서 조절할 수 있어야 한다. OCP 자료도 양자 시스템의 2차 냉각 루프를 HPC와 분리하는 구성을 다룬다. 건물 밖으로 열을 배출하는 기반은 활용하되, 장비에 가까운 냉각 계통은 공급 온도와 유량, 진동 전달을 맞춰 설계하는 방식이다.

연산 자원의 연결에서는 작업의 시간 단위가 중요하다. IQM 20큐비트 설치 사례의 HPC 연계에는 1GbE 회선이 사용됐다. 반면 대규모 오류정정은 오류 정보를 계속 수집하고 해석해야 하므로, 제어 장치 가까이에 빠른 고전 연산과 연결 자원이 필요하다. 현재의 작업 전달용 네트워크와 미래 실시간 제어용 네트워크는 맡는 역할이 다르다.

OCP 자료에 제시된 약 100TB/s의 오류정정 메타데이터 대역폭은 이러한 대형 시스템의 설계 요구를 보여준다. 이를 모든 현재 장비의 외부 통신량으로 적용하기보다, 오류 해석 자원과 QPU 제어부 사이에서 처리할 데이터의 규모로 보는 것이 적절하다. NVIDIA와 Dell 등 고전 컴퓨팅 기업의 참여도 양자 시스템 내부의 제어·연산·연결 수요와 함께 읽을 수 있다.

물리적 거리는 연결할 업무에 맞춰 결정된다. 실시간 오류정정에는 낮은 지연이 필요하지만, 연구 작업을 제출하고 결과를 받는 과정은 원격으로 구성할 수 있다. 연산 자원은 필요한 만큼 긴밀하게 연결하면서, 소음과 진동을 만드는 기계 설비는 적절히 분리하는 설계가 중요하다. 양자·AI·HPC의 공동 배치는 이러한 서로 다른 조건을 함께 조정하는 작업이다.

3) 냉각 인프라를 공유할 수 있을까

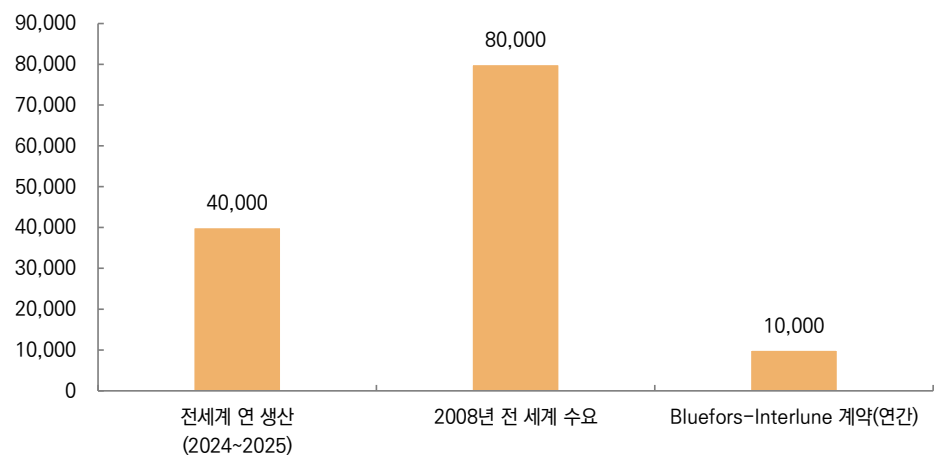
설치 부담을 나누는 방안으로는 극저온 기반의 공용화가 추진되고 있다. Maybell의 ColdCloud는 중앙 플랜트가 4K 예냉을 제공하고, 개별 노드가 더 낮은 mK 온도를 만드는 구조다. 노드별로 온도를 올리거나 정비할 수 있어, 중앙 설비의 효율과 개별 장비의 운영 독립성을 함께 확보하려는 접근이다.

공유하는 범위는 냉각 단계에 따라 달라진다. 중앙에서 헬륨 압축과 4K 냉각을 제공해도, 희석냉동기의 헬륨-3·헬륨-4 혼합물은 개별 장비의 폐순환 계통에 필요하다. Maybell이 제시한 전력·냉각수 및 헬륨-3 절감 수치는 이러한 냉각 설계의 개선을 포함한다. 공동 설비의 이용 요금과 개별 장비의 운영 비용을 합쳐 비교하면 도입 기관별 효과를 판단할 수 있다.

시카고 IQMP에서는 공용 극저온 플랜트에 2억 달러 이상이 투입되며, 입주 기업이 공간과 함께 전력·냉각수·가스 등을 사용하는 구조를 추진한다. 2027년 1단계 완공 목표 이후에는 실제 이용 조건과 운영 경험이 축적될 전망이다. 핵심 입주사 PsiQuantum이 브리즈번에서는 전용 플랜트를 선택한 점은 같은 기업도 부지와 규모에 따라 다른 냉각 구성을 사용할 수 있음을 보여준다.

헬륨-3을 사용하는 시스템은 장기 조달도 고려해야 한다. 공급은 트리튬의 방사성 붕괴에 크게 의존한다. 반감기 12.32년이라는 생산 구조상 수요 증가에 즉시 대응하기 어렵기 때문에, 공급 계약과 재고 관리가 시스템 확대 계획의 일부가 된다. DOE 동위원소 프로그램 역시 개별 건적 방식으로 판매한다.

그림 5. 헬륨-3의 현재 생산 규모와 장기 조달 계약



자료: USGS, Bluefors, 미래에셋증권 리서치센터

USGS가 제시한 세계 생산 규모는 연간 약 4만 리터다. Bluefors와 Interlune의 계약은 2028년부터 10년간 연 최대 1만 리터의 공급을 계획하고 있다. 계약상 최대 물량은 현재 생산 규모와 비교해 약 4분의 1에 해당한다. 이는 미래 조달 계획의 크기를 보여주는 수치이며, 실제 공급량과 공급 개시 여부는 이후 이행 상황을 통해 확인할 수 있다.

DARPA가 올해 3월 헬륨-3 없이 동작하는 모듈형 준켈빈 냉각기에 대한 정보요청을 낸 것도 공급 선택지를 넓히려는 움직임이다. SCAC의 대체 공급원 확보와 정비성 목표는 이러한 장기 운영 준비와 연결된다. 장비 판매에 이어 소모품 공급, 정기 점검과 장애 대응을 누가 맡는지에 따라 시설 사업자와 장비 업체의 서비스 범위도 달라질 수 있다.

3. 실제 설치하는 어떻게 진행되고 있나

현재의 배치 경로는 상업 코로케이션, 클라우드 사업자 시설, HPC 센터, 전용 시설, 기존 건물 개조로 나뉘볼 수 있다. 각 경로는 시스템의 크기와 활용 목적, 고객이 이미 확보한 기반에 따라 선택된다. 발표된 협력과 설치 계획, 실제 운영 사례를 구분하면 어느 단계에서 시설과 운영 수요가 발생하는지 파악하기 쉽다.

표 8. 양자컴퓨터 설치 방식별 사례와 진행 상태

설치 방식	대표 사례	확인된 상태	기준 시점
상업 코로케이션	Diraq / Equinix 시드니	2026년10월 설치 완료 계획	26.08
클라우드 사업자 시설	Helios / Oracle OCI	도입을 위한 다년 파트너십 발표	26.08
기존 HPC 센터	IQM 20큐비트 / LRZ	설치·운영 경험을 논문으로 공개	25.09
전용 시설·대형 시스템	IBM Starling / Poughkeepsie	2029년 시스템 목표	25.06
기존 건물 개조	IBM System One / RPI	개관·가동 발표	24.04

자료: 각 사, 미래에셋증권 리서치센터

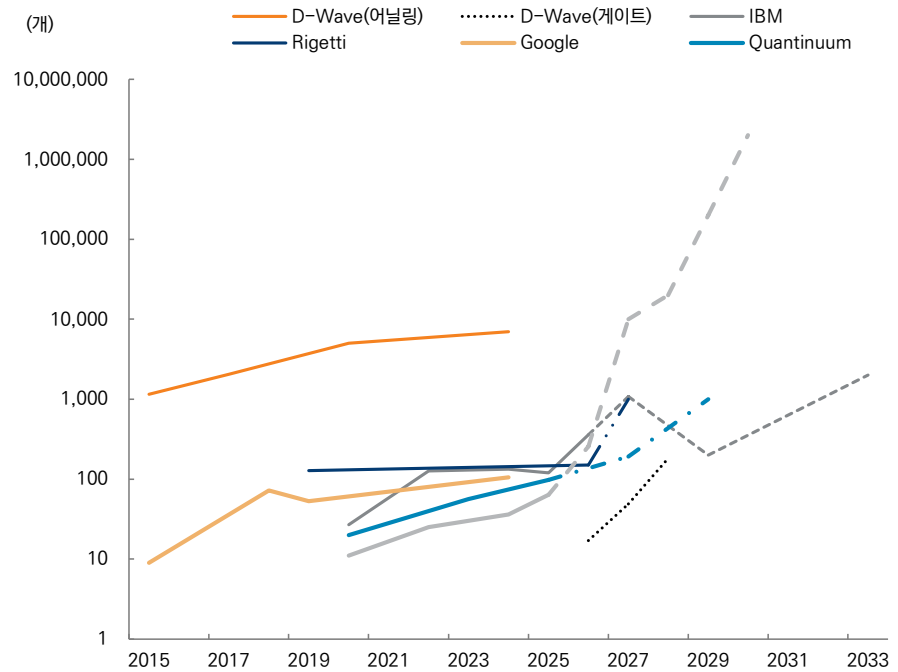
상업 코로케이션에서는 OQC가 도쿄 Equinix와 뉴욕 Digital Realty에 배치한 사례가 있다. Diraq의 시드니 계획은 호주와 실리콘 스피ن 방식의 배치 경험을 더한다. 클라우드 사업자는 기존 서비스에 양자 접근을 연결하고, HPC 센터는 연구자의 계산 환경에 양자 프로세서를 통합한다. 공간 임대와 연구 서비스가 결합되는 방식은 고객군별로 다르다.

국내에서는 연세대가 2024년 11월 국제캠퍼스에서 127큐비트 Eagle 기반 IBM System One의 가동을 시작했다. IBM은 RPI에서 얻은 유리 구조물의 조립 경험을 연세대 설치에도 적용했다고 설명했다. 장비를 도입하는 기관이 늘면서 현장에서 축적된 반입·시공 경험을 다음 설치에 활용하는 사례다.

올해 11월에는 연세대의 프로세서를 120큐비트 Nighthawk로 교체할 예정이라고 보도됐다. 기존 장비실과 냉각 계통을 어느 정도 활용하는지, 교체에 필요한 공사와 가동 중단은 어느 범위인지가 공개되면 후속 도입 기관의 계획에도 참고가 될 수 있다. 신규 설치와 함께 업그레이드를 지원하는 역량이 중요해지는 구간이다.

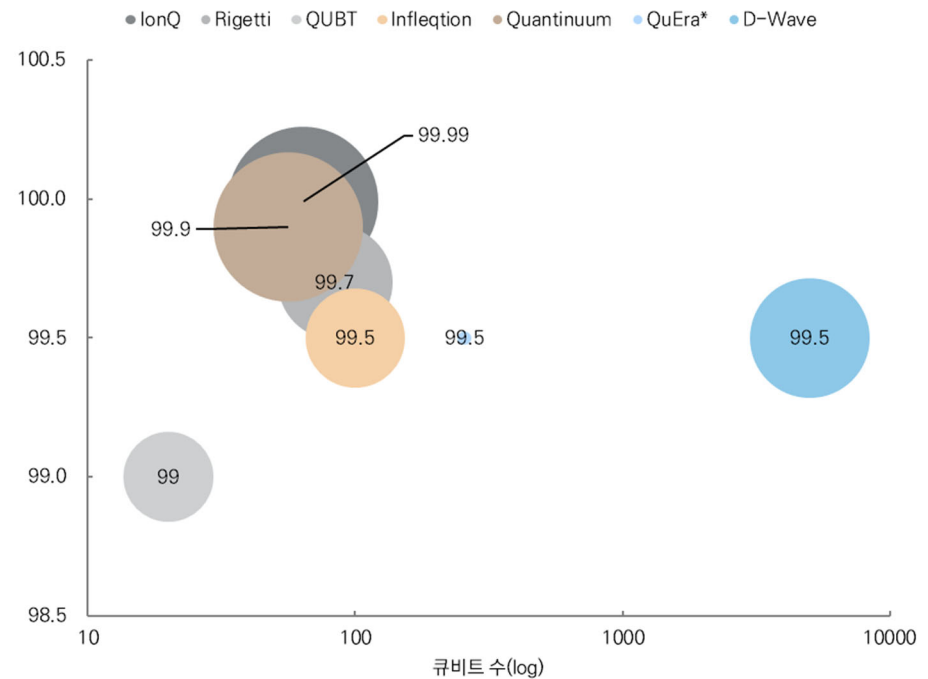
이번 정부 로드맵과 실제 배치 사례를 함께 보면, 과학적 성과를 반복해서 제공하는 시스템에 필요한 투자가 구체화되고 있다. 논리 연산의 확대는 제어와 고전 연산, 연결 기술의 수요로 이어지고, 장시간 운영은 냉각과 정비, 조달 체계를 요구한다. 향후 기업의 실증 발표에서는 계산 결과와 함께 설치·운영 조건이 어떻게 달라졌는지를 살펴볼 필요가 있다.

그림 6. 양자컴퓨터 로드맵 기준 물리적 큐비트 수 비교



자료: 각 사, 미래에셋증권 리서치센터

그림 7. 기업별 큐비트 수 vs 2-큐비트 게이트 충실도 비교



자료: Bloomberg, 각 사, 미래에셋증권 리서치센터

주: 원의 크기는 시가총액, * 표기는 비상장 기업.

표 9. Quantum Industry Universe

종목명	티커	주가 (현지통화)	시가총액 (조원)	1W	1M	3M	6M	1Y	YTD	실적발표 예정일	기업 개요
양자컴퓨터											
아이온큐	IONQ US	39.13	22	4.3	-12.8	-30.8	25.4	-44.4	-12.8	11-05	이온트랩 양자컴퓨터 선도기업. 양자 통신 및 센싱, 칩 제조까지 공격적인 수직적 통합 중
퀀티뉴엄	QNT US	51.58	21	5.1	-8.9	-26.1	-	-	-	11-17	이온트랩 양자컴퓨터 선도기업. 양자컴퓨팅 최대 규모 IPO
D-Wave	QBTS US	17.11	9	1.7	-16.1	-30.7	8.8	-36.3	-34.6	11-06	세계 유일 상용 양자 어닐링 기업. QCI 인수로 게이트 모델 본격 진출
리게티	RGTI US	15.76	7	3.2	-12.0	-26.2	5.9	-44.7	-28.8	11-10	초전도 양자컴퓨터. 자체 Fab. 상무부 \$100M LOI, 108Q 총실도 99.9%
IQM	IQMX US	9.54	3	-2.9	-14.1	-8.9	-9.3	-5.7	-6.7	11-13	유럽 대표 초전도 양자컴퓨터. 온프레미스 23대 판매 세계 최대. SPAC 합병 나스닥 상장(26.7)
Quantum Computing Inc.	QUBT US	8.70	3	9.2	-2.5	-19.1	25.0	-62.6	-15.2	11-13	TFLN 기반 광학 양자 최적화. 현금 \$1.4B 기반 공격적 M&A, NHanced 인수로 Fab 2 추진
Infleqtion	INFQ US	13.23	4	5.0	-6.3	-2.2	50.2	8.7	-15.2	11-13	중성원자 양자컴퓨터/센서. 확장성 우수, 상온 동작. DARPA/방산 계약
IBM	IBM US	229.55	300	-7.8	-2.6	-7.2	-3.7	-11.6	-20.9	10-21	초전도 양자 선도. 5년 \$100억 투자, '26 양자우위 및 '29 FTQC 목표.
후지쯔	6702 JP	3,979	61	-1.2	9.1	23.9	20.5	10.3	-7.1	10-30	RIKEN 협력 256큐비트 초전도 가동, '30년 1만큐비트 개발 착수. 양자 매출 비중 미미
클라우드/플랫폼											
마이크로소프트	MSFT US	493.78	5,082	-2.3	2.2	30.4	29.8	-3.9	2.8	10-29	Azure Quantum 클라우드. Majorana 2 위상큐비트 공개(검증 논란 지속)
아마존	AMZN US	253.71	3,793	0.1	-1.9	3.8	23.5	9.6	9.9	10-30	AWS Braket 클라우드. 자체 고양이 큐비트 개발 중
양자보안 및 통신											
SEALSQ	LAES US	2.24	1	-3.4	-11.8	-28.2	-24.3	-47.8	-40.7	03-29	NIST PQC 표준 보안칩. '25 매출 \$18.3M(+66%), H1'26 잠정 +120%. EAL5+ 인증 4Q26 목표
국순양자	688027 CH	360.65	8	4.8	-6.7	-31.7	-43.9	5.4	-28.4	10-19	중국 QKD 1위. 양자컴퓨팅 부품 매출 비중 40% 돌파
KT	030200 KS	53,300	13	0.2	1.9	0.7	-9.2	9.6	4.7	11-09	한국 QKD 인프라 구축. 국방 PQC 시범적용, QKD+PQC 하이브리드
SK텔레콤	017670 KS	87,600	19	-2.8	-15.2	-6.5	13.8	60.5	66.5	10-30	한국 QKD 선도. 양자보안칩 QKEV7 상용화
Quantum eMotion	QNC CN	2.38	1	-11.2	-26.5	-46.9	-27.4	66.4	-52.4	10-30	QRNG 전문. eShield-Q 출시
Arqit Quantum	ARQQ US	20.13	0	23.6	-4.8	-17.4	48.0	-51.8	-8.0	12-09	SKA 플랫폼 양자안전 암호화. H1 FY26 \$623K로 이미 FY25 연간 초과, 계약 11건
BTQ Tech	BTQ US	2.61	1	-7.8	-25.9	-54.0	10.1	-44.7	-49.0	10-30	PQC+양자 HW+블록체인. QSSN 한국 원화 스테이블코인 파일럿 채택
Thales	HO FP	238.20	78	3.4	-5.9	2.5	-0.4	-1.9	5.0	03-03	유럽 방산 대기업. 세계 최초 5G SIM 원격 PQC 시연. 양자 매출 비중 미미
드림시큐리티	203650 KS	2,805	0	0.4	38.2	7.9	74.8	52.7	70.5	03-18	QKMS 국정원 인증 1호. KREONET 국가망 PQC 실증 주관. KT 협력
우리넷	115440 KS	10,000	0	12.5	43.7	8.1	22.1	45.5	37.9	11-16	POTN+QKD 개발. SKT/KT/SK브로드밴드 협력. KCMVP 인증 획득
장비											
Infineon	IFX GR	55.99	116	3.6	0.1	-31.7	49.5	70.1	49.5	11-10	이온트랩 칩 생산. EU 양자 파일럿라인 참여, PQC 칩 로보틱스·AI 확장
Keysight Technologies	KEYS US	335.00	79	6.4	6.0	-7.9	20.7	88.0	64.9	11-24	양자 측정장비. 양자 관련 매출이 EIS 부문의 10% 미만
FormFactor	FORM US	118.38	13	15.0	3.7	-20.8	28.4	236.0	112.2	11-09	IQ2000/3000 극저온 프로버. CPO+양자가 Systems 성장 동력
hamamatsu Photonics	6965 JP	2,247	6	4.2	-5.1	-19.7	19.0	42.8	36.7	11-06	양자컴퓨터 핵심부품(디텍터, 카메라, 레이저, SLM) 독점적 지위. 정부 30억엔 FTQC 개발.
스미토모 중공업	6302 JP	5,978	6	7.4	6.5	9.0	20.1	81.4	46.1	10-30	4K 극저온 냉동기 세계 1위. 초전도 QC 화석냉동기 예냉기 필수 공급자. 매출 비중 미미

자료: Bloomberg, 미래에셋증권 리서치센터 / 주: 실적발표 일정은 변경될 수 있음

Compliance Notice

- 당사는 자료 작성일 현재 조사분석 대상법인과 관련하여 특별한 이해관계가 없음을 확인합니다.
- 당사는 본 자료를 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- 본 자료를 작성한 애널리스트는 자료작성일 현재 조사분석 대상법인의 금융투자상품 및 권리를 보유하고 있지 않습니다.
- 본 자료는 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 애널리스트의 의견이 정확하게 반영되었음을 확인합니다.

본 조사분석자료는 당사의 리서치센터가 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나, 당사가 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목 선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 조사분석자료는 어떠한 경우에도 고객의 증권투자 결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 조사분석자료의 지적재산권은 당사에 있으므로 당사의 허락 없이 무단 복제 및 배포할 수 없습니다.