

## 일본의 양자기술 전략 방향

- 일본 정부는 경제안보 전략의 일환으로 인공지능(AI)과 함께 차세대 기술인 양자기술(Quantum Technology)의 중요성을 강조, 이 기술을 일본 단독으로 반드시 보유해야 할 기술로 지목해 2020년에 책정한 기존의 '양자기술 이노베이션 전략'을 개정해 조기 상용화 비즈니스를 촉진하면서 중장기적 연구개발도 추진하겠다는 방향을 모색하고 있음.
- 양자기술에 관해서는 미국, 중국이 선도하고 있으나 상업화되기 시작한 양자 암호통신이나 최적화 문제 계산에 특화된 양자 Annealing 방식의 컴퓨터에서는 일본기업이 조기 실용화에서 성과를 거두고 있으며, 일본산업은 이를 기반으로 6G 차세대 통신망, 차세대 제조혁신, 차세대 반도체 기술 등에서 선도적인 지위를 구축하려는 방향임.
- 실제로 양자암호통신의 실용화 기기를 이미 개발한 바 있는 도시바는 통신관련 장비의 소형화, 비용절감 등에도 효과를 가질 수 있는 통신시스템의 광반도체 칩화에 세계 최초로 성공
- 히타치제작소는 최적화 문제의 계산에 특화된 CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 반도체 기반의 Annealing 방식의 컴퓨터를 개발해 고객의 실무 작업 개선 솔루션 비즈니스를 다양하게 개척하는 한편, 다목적 분야에서의 계산 능력을 가진 게이트형 양자컴퓨터를 실리콘 기술 기반으로 개발하는 전략을 동시에 전개 중임.
- 양자기술이 가진 경제안보적 중요성과 차세대 산업 강화라는 효과를 고려하여 우리나라도 양자기술을 활용한 반도체 산업 고도화, 중장기적인 양자컴퓨터 개발, Annealing 방식 컴퓨터의 응용 및 상용화, 관련 제조 및 서비스 분야에서의 협업을 촉진하기 위해 대학, 연구기관, 대기업, 스타트업 등이 함께 협업할 수 있는 생태계의 구축 및 강화가 중요할 것임.

### 1. 일본정부의 기술개발 정책

- ☐ 일본 정부는 경제안보 전략의 일환으로 인공지능(AI)과 함께 차세대 기술인 양자기술(Quantum Technology)의 중요성을 강조, 기존의 정책 방향을 전환하여

이 기술을 일본 단독으로 반드시 보유해야 할 기술로 지목해 새로운 국가전략을 모색

- 일본 내각부의 '양자기술 이노베이션 전략 재검토 워킹 그룹'은 금년 1월 24일에 중간보고서를 발표(量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性 中間取りまとめ概要(案), 令和4年1月24日 量子技術イノベーション戦略見直し検討ワーキンググループ), 이를 통해 2020년에 책정한 기존의 '양자기술 이노베이션 전략'을 개정하겠다는 입장을 나타냈음.
  - 양자기술은 미국, 중국이 개발을 주도하고 있는 미래 기술인데, 기존의 일본 정부의 전략은 이를 감안하여 중장기적인 연구개발에 주안점이 있었으나 이 양자기술이 경제안보에 중요한 영향을 미칠 것이라는 인식을 바탕으로 양자기술의 조기 산업화, 관련 스타트업의 육성, 양자 인터넷 연구 강화 등에 주력하겠다는 입장으로 방향을 조정
  - 미국 하버드대학 케네디 스쿨에 따르면 국가별 양자기술 관련 특허는 2018년 기준으로 중국이 1,157건, 미국 363건, 일본 53건(일본경제신문, 2022. 1.24.)으로 일본이 열세에 있지만 양자암호 통신 등 실용화되기 시작한 분야에서는 일본기업의 실험이 선행적으로 성공을 거두고 있다는 판단도 작용하고 있는 것으로 보임.
  - 사실, 도시바, NEC, 노무라홀딩스 등은 양자암호통신으로 주식거래 관련 데이터를 원활하게 전송하는 실험에 성공하고 있음.
- 도청하기 어렵고 보안성이 높은 양자암호 통신은 경제안보의 핵심 과제라고도 할 수 있으며, 일본정부는 이 양자암호 통신 기술을 강화하면서 전용 장치의 보급 확대와 함께 높은 원가의 절감에 주력해 관련 산업의 부흥과 경쟁력 강화를 모색할 필요성을 인식
- 구체적인 정책 방향으로서 관련 연구개발의 강화와 함께 조기 사업화 지원책,

관련 장비 및 부품 등의 경쟁우위성 확보 전략, 양자기술을 뒷받침하는 반도체 기술의 강화 등에 재정지출을 확대할 방침임.

- 양자기술(Quantum Technology)은 미래 기술로서 주목되는 한편 군사 및 첩보 분야의 파괴적인 혁신 기술로서도 각광을 받고 있으며, 미중 패권전과 함께 주요국간의 기술개발 경쟁이 한층 격화될 것으로 전망되고 있는 분야이기도 함.
  - 이 양자기술은 일상생활과 다른 초미세 차원에서 발생하는 비상식적이고 특이한 메커니즘인 양자역학을 응용한 기술이며 0과 1의 성질을 동시에 가진 중첩(Superposition)과 복수의 양자 간에서 상관관계를 갖게 하는 얽힘(Entanglement)이라는 2가지 성질을 활용
  - 예를 들면 100개의 양자 비트가 있으면 1,000조의 조합으로 동시병렬적인 계산이 가능하며, 정답을 찾은 양자비트를 선택해서 관찰하는 기능을 갖추면 나머지 양자비트는 자연 소멸해 계산 수치를 얻을 수 있음(정답을 찾은 양자비트를 잘 선택하지 않으면 랜덤한 해답, 오답이 됨).
  - 세계 각국에서는 이 양자비트를 늘리는 한편 외부 환경의 간섭을 받기 쉽고 오작동, 오답을 하기 쉽다는 문제의 해결을 위해 초전도 기술의 활용(초저온 장치의 구축 등으로 기계 시스템이 거대화) 등에 주력, 오답을 자동적으로 수정하는 기능의 개발 등이 과제가 되면서 완전한 양자컴퓨터의 개발에는 아직도 상당한 시일이 소요될 것으로 예상되고 있음.
  - 이에 따라 일본기업은 현재의 컴퓨터처럼 범용적으로 문제를 계산할 수 있는 게이트식(양자회로 방식)의 양자컴퓨터의 개발은 중장기 과제로 삼는 한편 조합문제 및 최적화 문제의 해결에 특화된 양자 Annealing 방식의 유사 양자 컴퓨터 개발에 주력해 성과를 거두고 있음.
- 한편, 양자통신 기술의 경우 이상과 같이 실용화에 난점이 있는 양자컴퓨터에

비해 보다 실용화에 가까운 개발 사례들이 나오고 있음.

- 양자 얽힘 상태에 있는 복수의 양자에 정보를 갖게 해 먼 지점 간에서의 고속 통신에 활용하려는 것임
- 양자의 특성으로 인해 통신 과정에서 누군가가 도청하는 등의 관찰이 인지될 때에는 양자 자체가 변질되기 때문에 원론적으로 보안성이 강한 통신 기술이 되는 것임.
- 양자센서도 상대적으로 개발이 빨라질 것으로 기대되고 있으며, 레이더 등에서 응용이 모색되는 등 군사 관련 기술을 혁신하는 가능성도 고려되고 있음.
- 양자센서는 양자 얽힘(Entanglement)을 활용해서 떨어져 있는 양자간의 상호관계를 활용해서 목표물의 거리 등을 측정하는 것임.
- 양자 레이더의 경우 양자 얽힘 상태에 있는 한조의 광자(光子) 중 하나를 레이더에서 목표물 향해 사출하고 남아 있는 광자와의 상호관계를 검출해 거리 등을 측정하는 것임.
- 이것이 발전하면 현재와 같이 인공위성 GPS에 의존하지 않아도 자신의 위치와 주행 및 비행, 항법 방향을 파악할 수 있게 됨. 미래에 우주 공간에서의 전투 및 사이버 공격으로 GPS가 파괴되어도 각종 군사자산을 활용할 수 있고 잠수함의 보다 조용한 활동, 반대로 잠수함의 탐지 능력 제고 등에 효과를 볼 수도 있을 것으로 기대되고 있음(이는 미국, 중국, 러시아 등 간의 글로벌 핵 전략 및 군사 균형 문제에도 영향을 줄 수 있는 사항이기도 함).

#### 양자기술 이노베이션 전략의 추진

- 일본정부는 전략적 중요도가 높은 양자기술에 지속적으로 투자하고 인재를 육

성하면서 DX를 촉진하고 산업경쟁력을 제고하는 양자 이노베이션 전략에 주력하겠다는 입장을 중간보고서(量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性中間取りまとめ概要(案), 令和4年1月24日 量子技術イノベーション戦略見直し検討ワーキンググループ)에서 제시

- 양자기술에 의해 사회전체의 트랜스포메이션(QX : Quantum Transformation)을 지향하고 반도체전략, 차세대 6G 통신(Beyond 5G) 추진 전략 등에 양자기술을 적극적으로 도입 및 활용하겠다는 생각임.

□ 이를 위한 정책 방향은 다음 세가지를 고려해서 관민이 일체적으로 추진

- 양자기술이나 연구성과를 사회 시스템에 활용(사회의 트랜스포메이션)하고 생산성 향상, 탄소중립사회, SDGs 등의 사회적 과제해결을 실현함.
- 최첨단 양자컴퓨터 및 양자통신을 보다 많은 유저가 이용할 수 있는 환경을 실현하고 양자기술의 활용 및 보급을 촉진함.
- 경제성장의 엔진이 되는 양자기술을 활용한 신사업, 스타트업 기업의 창출 및 활성화 등의 산업진흥을 강력히 촉진함.

□ 양자컴퓨터의 학술적 연구에 그치지 않고 산업화 및 개발 연구 체제를 강화

- 기존의 슈퍼컴퓨터 시스템과 양자컴퓨터의 연계 및 융합에 의한 계산 시스템의 발전을 도모
- 단기적으로는 일본이 강점을 가진 양자 Annealing 방식의 서비스를 착실히 추진하고 여기서의 경험과 지식을 장기적으로 게이트 방식의 본격적인 양자컴퓨터의 상용화에 기여하도록 함.
- 양자컴퓨터, 양자센서 등에 필요한 기반 재료, 반도체 소자, 제어 및 계측 장치, 주변기기, 제조장치, 부품 등을 포함한 서플라이체인의 주도권을 확보

- 향후 수천, 수만 규모의 양자 비트의 대규모 반도체 칩을 양산할 경우에는 산업계의 시제, 제조를 지원하는 시설(벨기에의 IMEC와 같은 기관)을 정비함.
- 일본 각지에 분산된 리소스를 집중시키기 위해 복수의 기업 등에 의한 기술연구조합과 같은 조직을 만들고 집중적으로 지원하는 방안도 고려함.

#### 양자소프트웨어의 산업화 및 연구개발

- 다양한 인재가 액세스할 수 있는 양자 컴퓨터의 이용 환경 정비, 다른 분야의 산업·기술과의 융합에 의한 소프트웨어 개발
- 새로운 비즈니스 아이디어를 발굴하기위한 아이디어 콘테스트와 뛰어난 아이디어를 지원하는 메커니즘 구축
- 양자소프트웨어 앱에서 스타트업의 역할 유도
- 연구 조직의 포스트 확충, 산업계의 적극적인 인재 수용 등 산학의 인재 육성체제의 확충·확대
- 유저에게 가치를 제공하기 위한 니즈와 시즈의 가교가 되는 인재의 육성
- 사용자의 Literacy(활용능력)을 올리기 위한 활용 사례의 정보 발신 및 상담 창구 설정
- 양자 소프트웨어에 관한 국가 프로젝트 확충 및 강화

#### 양자 Security Network의 산업화 및 연구개발

- 6G 등 차세대 통신 시스템을 포함해서 미래의 Security Network의 청사진에서의 양자기술의 기여 및 위치를 명확화
- 유저가 쉽게 양자 암호 통신을 이용할 수 있는 서비스 제공이 중요, 이를 위해 유저와의 인터페이스가 바뀌지 않고 서서히 양자암호키분배기(QKD) 네트워크에 신기술이 적용되는 서비스의 구조가 기대됨.
  - 양자통신은 안전보장상 중요한 기술이기 때문에 부품 및 소재의 국산화가 중요함. 특히 해외에 의존도가 높은 단일 광자 검출기에 대해서는 국산화에 주력할 필요가 있다는 것이 일본정부의 입장임.
  - 보안 대책은 강제력이 없으면 간과되는 경향이 있기 때문에, 제도 정비에 주력, 안전성 확보를 위한 양자 보안 수법의 평가·인증 제도를 도입
- 양자인터넷에 주력하고 조직적으로 연구개발을 진행시키는 국가 프로젝트를 추진
  - 양자 인터넷에서 중요한 양자 중계 기술에 대해서는, 현재의 Trusted Node 기술에 기초하여 중계를 실시하는 양자 네트워크로부터, 양자 얽힘을 제공해 양자 비트에 대한 에러 내성 양자 게이트 방식을 포함한 궁극적인 형태의 양자 인터넷의 개발까지 포함한 기술 로드맵이 필요함.
  - 양자 암호 통신의 장거리·소형화 등 핵심 부품 및 장비의 개량뿐만 아니라 주변 기술을 포함한 실용화 기술(아키텍처, 프레임워크, 인터페이스 등)의 확립과 표준화, 디바이스의 저비용화를 추진함으로써 실용화 기술에서도 세계의 리더가 되는 것이 중요함.

양자 기술의 지식재산권화·표준화, 스타트업 활용, 인재육성

- 미래의 컴퓨터·통신의 전체 시스템을 조망한 양자 컴퓨터·양자 통신의 지식재산화·표준화, 국제적인 룰 도입에 관한 주도 체제나 구조를 구축
  - 양자 기술에 관한 특허 풀의 창설과 주체적인 민간 운영 조직의 발족
  - 양자 컴퓨터에 관해서는 하드웨어의 방식이 확정되어 있지 않기 때문에, 표준화에는 시간을 필요로 하지만 양자 컴퓨터 상층부 레이어 등 가능한 영역에서 먼저 표준화에 주력
- 관련 기업가를 육성하고 투자자와의 매칭을 지원, 정부계 펀드 등을 포함한 투자자금 지원, 연구개발 지원, 양자컴퓨터 이용 환경 제공, 인큐베이션 거점 정비, 비즈니스 아이디어 경진 대회 등 양자 분야의 스타트업 창출 및 활성화 프로그램의 강력한 추진
- 인재 육성을 위해 산업계와 인재의 매칭, 코디네이트 하는 구조, 취업으로 이어질 수 있는 교육 프로그램 및 자격 검증 제도를 구축해 젊은 인재가 선택할 수 있는 시스템을 구축
  - 국내외의 연구개발 및 기업 활동과 연계된 양자 거점을 육성하면서 인재를 육성하는 동시에 대학 등이 참여하여 폭넓게 인재를 육성, 대학을 통해 양자분야와 타 분야를 연계한 종합적인 교육 프로그램의 개발 및 실시에 주력

## 2. 일본기업의 개발 전략 방향

### 도시바, 세계최초로 양자암호통신의 광 반도체 칩화에 성공

- 양자암호통신의 실용화 기기를 이미 개발한 바 있는 도시바는 통신관련 장비의 소형화, 비용절감 등에도 효과를 가질 수 있는 통신시스템의 광 반도체 칩



화에 세계 최초로 성공(株式会社東芝, 世界で初めて光集積回路化により小型化した量子暗号通信システムの開発・実証に成功 - プラントや工場間の機密データ通信への適用を目指す -, 2021.10.22.)

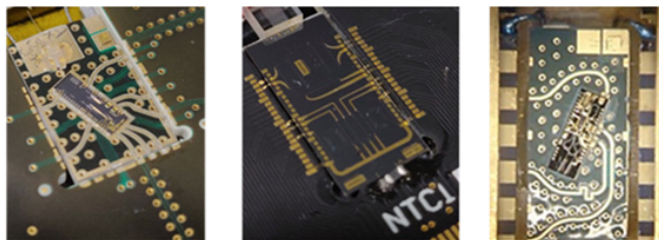
- 이 기술을 활용하면 대형 플랜트나 공장간에서의 데이터 송수신을 통한 효율적인 공장운동을 뒷받침하는 IoT를 촉진하면서 신뢰성을 높일 수 있음.
- 각종 공장 장비를 IoT로 연계하여 데이터를 수시로 송수신하는 시스템은 외부의 해킹 공격을 효율적으로 방어할 필요가 있으며, 특히 기간산업의 대형 공장이나 중요 인프라에서는 보안 강화가 중요
- 이를 위해서는 원천적으로 도청이나 진입이 어려운 양자암호 통신 기술이 효과적인 솔루션이 될 수 있으나 관련 장비가 거대해지고 비용이 가중될 경우 기업의 부담이 발생
- 도시바가 이번에 세계최초로 개발한 양자암호 통신 시스템의 반도체 칩화는 이러한 문제의 해결에 기여하는 장점이 기대되고 있음.
- 반도체의 양산을 통한 원가 절감 효과가 확대될 경우 중소형 공장용 IoT 시스템에 보급시킬 수 있는 가능성도 존재

□ 도시바가 개발한 반도체 기반 양자암호 통신 장비는 다음과 같은 특징이 있음.

- 양자 암호 통신은, 미약한 광 신호의 위상으로 표현된 양자 비트에 의해 전달되는 암호 키를 이용해, 데이터를 암호화해 통신함.
- 이번에 개발한 시스템은 이러한 양자 비트를 전송하는 '양자 송신기', 수신하는 '양자 수신기', 및 암호화 키를 준비하는데 필요한 균일한 난수를 발생하는 '양자 난수 발생기'를 각각 반도체 칩으로 만들었음.
- 시제한 칩의 크기는 양자 송신 칩이 2x6mm, 양자 수신 칩이 8x8mm, 양자 난수 발생 칩이 2x6mm로 작고, 표준 반도체 제조 기술을 사용하여 한 장의 웨이퍼에 수백 개의 칩을 한꺼번에 생산함으로써 양산할 수 있음.

- Toshiba는 이 3 개의 칩을 사용하여 50km 광섬유에 의한 장거리 암호화 키 배송을 시연했음. 또한, 생성한 암호화키를 시판의 100Gb/s의 암호화 기기에 배송함으로써 데이터를 암호화해, 리얼타임으로 암호 통신을 실시하는 데에 성공했음.
- 또한 도시내 통신을 상정한 10km의 광섬유를 이용한 실험에서는 암호화키의 생성 속도는 5.5일간의 연속 동작의 평균값으로 470kbps에 이르렀으며, 이것은 화상 통화를 가능케 하는 수준임.
- 이번에 시제한 시스템은 표준 통신 인프라에 탑재할 수 있는 1U 사이즈의 랙 마운트 모듈에 들어가는 크기이며, 광학 부품으로 구성된 기존의 시스템(레이저나 빔 등 광학부품을 탑재한 복잡한 광 회로로 구성됨)보다 소형·경량화 및 절전화를 실현하고 있음.

도시바가 시제한 광 집적회로와 칩 베이스의 양자암호 통신 시스템



주 : 왼쪽 상단에서 양자 송신 칩, 양자 수신 칩, 양자 난수 발생 칩,  
하단이 칩 베이스 양자 암호 통신 시스템임.

- 이번에 시제한 시스템에 관해서 도시바는 2024년 상용화를 목표로 연구개발을 추진할 방침임.

- 한편 도시바는 2021년 10월 5일에 영국의 대형 통신 사업자인 BT 그룹과 공동으로 영국 런던에 양자암호 통신의 상업용 인프라 구축, 실증실험을 개시하겠다고 발표(久保田 龍之介, 東芝、ロンドンに商用向け量子暗号通信網を構築 英BTと共同で, 日経クロステック, 2021.10.5.)
- 런던 주변에 복수 거점을 연결하는 양자 암호 통신망을 구축함으로써, 복수 고객에게 높은 안전성을 가진 데이터 통신 서비스를 제공할 수 있도록 함. 도시바에 의하면, 복수 거점을 연결하는 도시부에서의 상업용 양자 암호 통신망(QKD 메트로 네트워크)의 구축은 「세계 최초」라고 함.

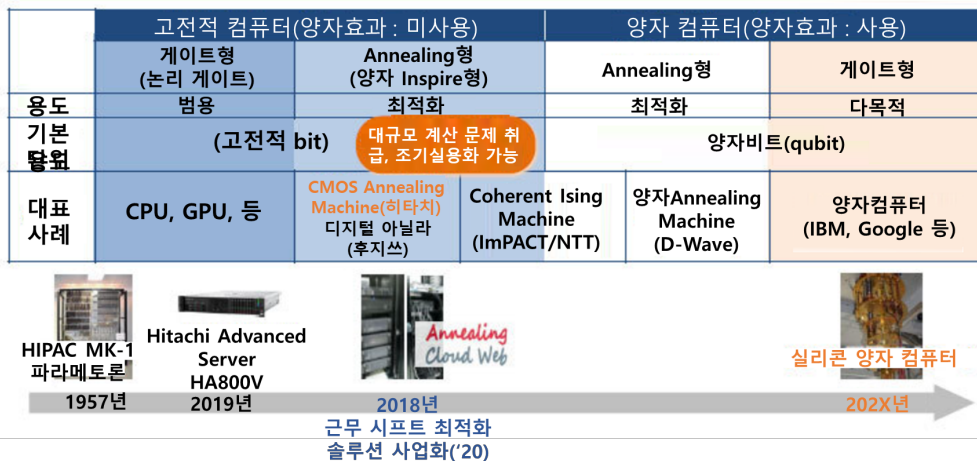
#### 히타치, CMOS 양자 Annealing 실용화와 실리콘 게이트형 개발에 주력

- 히타치제작소는 조합 선정 등 최적화 문제의 계산에 특화된 CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 반도체 기반의 Annealing 방식의 컴퓨터를 개발해 고객의 실무 작업 개선 솔루션 비즈니스를 다양하게 개척하는 한편, 다목적 분야에서의 계산 능력을 가진 게이트형 양자컴퓨터를 실리콘 기술 기반으로 개발하는 전략을 동시에 전개 중임.
- 히타치제작소는, 상하 좌우 대각선의 8개 방향에 CMOS Annealing 칩을 접속함으로써 체적을 줄이면서 대규모 '조합 최적화 문제'를 푸는 컴퓨터 기술을 개발(日立製作所, 実装体積を抑えながら大規模な組合せ最適化問題を解く CMOSアニーリング技術を開発, 2021.2.18.)
- 본 기술에서는, 한 장의 보드에 CMOS Annealing 칩을 가로세로 3열의 합계 9장을 배치함으로써 세계 최대급의 144k비트를 실현
- 히타치는 이 기술을 활용해서 방대한 계산량으로 풀어야 하는 '조합 최적화 문제'를 보다 단시간에 처리할 수 있는 컴퓨터로서, 2015년에 CMOS Annealing

Machine의 시제에 성공해 2020년에 손해보험의 포트폴리오 최적화 실험 등의 솔루션 제공사업을 개시

### 히타치제작소의 양자기술 관련 연구개발 전략 방향

대규모 계산 문제 대응이 가능하고 조기 실용화가 가능한 CMOS Annealing Machine의 개발을 선행



자료 : 히타치제작소(日川 佳三, 日立、量子ゲート型の量子コンピュータをシリコン技術で開発、2027年のクラウド公開目指す, IT Leaders, 2021.9.14.에서 인용)

- 히타치제작소는 이 CMOS Annealing Machine을 기존의 컴퓨터 보다 훨씬 성능을 발휘할 수 있는 분야에 응용하기 위해 고객과 함께 솔루션의 개발에 주력 중임.
- 예를 들면 금융상품의 최적 포트폴리오 계산에 있어서는 많은 종목 수, 수수료, 세금 등 고려해야 할 변수가 많아질 경우 기존 컴퓨터로는 실시간으로 계산할 수가 없어서 근사치 밖에 확보할 수 없지만 히타치의 CMOS Annealing Machine을 활용하면 세밀한 계산이 가능함.
- 또한 히타치제작소는 손보저팬일본코아사에게 손해보험의 조합 패턴을 최적화하는 용도로 CMOS Annealing Machine 시스템을 납품함.

- 대상 계약 수 200~1만개에서 기존 방식과 똑 같은 정확도를 유지한 상태에서 업무 고속화를 실증, 그 결과 계약 대상 수가 10만 건의 경우 2.6년 소요되었던 업무를 5.5일로 완료함.
- 미쓰이스미토모 파이낸셜 그룹의 콜 센터에서 실시한 실험에서는 사람 손으로 작성해 왔던 근무 시프트 일정 관리를 히타치의 CMOS Annealing Machine으로 자동 계산함으로써 과잉 인력 배치의 발생을 약 80% 감축했음.
- 히타치제작소는 철도회사의 철도 운행계획에서 몇일 소요되었던 승무원의 배치 계획(하루 440개의 열차 운행, 약 1,000만개의 조합, 승무원 휴식 고려) 작성 작업을 CMOS Annealing Machine으로 30분으로 단축, 2022년 중에 상용화해 해외시장도 개척할 방침임.
- 한편, 히타치제작소는 2020년부터 실리콘을 이용한 양자 게이트형 컴퓨터 '대규모 집적 실리콘 양자 컴퓨터'의 개발을 시작했으며, 2027년경 실험적인 클라우드 서비스를 실시할 것을 목표로 하고 있음.
- 히타치제작소의 주관 연구장 겸 히타치 교토대학 연구소장인 미즈노 히로유키 씨에 의하면 이것이 완성되면 예를 들어서 코로나19 바이러스 감염증에 대한 치료 효과가 기대되는 약품을 개발하려고 할 때 이 양자 컴퓨터 상에서 구조 분석을 완료할 수 있다고 함. 현재의 컴퓨터로는 계산량이 방대해서 근사치 밖에 계산할 수 없어서 동물실험 등을 할 필요가 있는 상황임(大河原克行, 日立製作所が研究開発に取り組む2つの量子コンピューター, <https://japan.zdnet.com/>. 2021.9.15.).
- 양자게이트 컴퓨터도 양자 비트의 대규모화가 필요하며, 그래서 히타치는, 적은 양자 비트수로 개발한 후 비트 수를 서서히 늘려 가는 접근 방식이 아니라 처

음부터 대규모 양자 비트를 개발하는 방식을 채택하고 있다고 함.

- 2021년 12월 15일부터 17일에 걸쳐 도쿄 빅사이트에서 개최된 'SEMICON Japan 2021 Hybrid'에서 히타치제작소는 현재 개발 중인 실리콘 양자 컴퓨터용 실리콘 양자 웨이퍼도 전시했음(小林行雄, シリコン量子コンピュータの実現を目指す日立 - SEMICON Japan 2021, news.mynavi.jp., 2021.12.16.)
- 이것은 반도체 중의 전자 스핀을 이용해서 실현하는 기술이며, 이미 성숙된 기술인 실리콘 반도체 기술을 이용함으로써 개발 비용을 낮출 수 있는 장점이 존재
- 양자 dot 어레이를 중심으로 양자점을 제어하는 디코더/셀렉터 회로 등을 CMOS 프로세스로 주변에 구축한다는 Q-CMOS 프로세스의 실현을 위한 연구로서 진행되고 있는 것임.
- 회로로서는 메모리 기술을 응용하는 방향으로 생각되고 있어 최종적인 0과 1의 판정에는 양자 스핀을 이용하는 방법이 상정되고 있지만, 현 단계에서는 실제로 양자 비트가 동작하고 있는지 어떨지를 다양한 조건에서 검증을 진행하고 있는 단계라고 함.
- 히타치제작소는 이 실리콘 기반 게이트형 양자컴퓨터의 조기 실현을 위해 각 관계기관과 협력해 연구 개발을 진행해 나가고 있는 상황임.

### 3. 시사점

#### 경제안보의 핵심인 양자기술의 조기 응용 주력

- 일본정부는 미국과 함께 양자기술을 경제안보 전략의 핵심 기술로 인식하면서 이를 독자적으로 확보해야 한다는 입장에서 개발 및 응용, 실용화에 주력 중임.

- 양자기술을 활용한 컴퓨터 계산 능력의 확충을 통해 제품개발력의 향상 등 기존 제조업의 경쟁력 제고가 가능하며, 또한 양자 암호 기술을 활용한 통신보안성 제고효과는 IoT 시대의 산업경쟁력의 기초가 될 수 있을 것임.
- 새로운 반도체 기술의 개발과 기술 구조 전환의 계기가 될 수도 있을 것으로 기대되고 있음.
- 이와 같은 일본의 추세를 감안하여 우리나라도 양자기술의 중장기적인 개발 전략과 함께 현 시점에서 실현 가능한 응용개발에 더욱 주력해야 할 시점이라고도 할 수 있음.

#### 양자기술 관련 반도체 칩 경쟁력 확보 모색

- 양자기술 중 현재 실용화 단계에 들어간 CMOS Annealing Machine이나 양자 암호 통신 분야에서는 핵심 기능을 반도체 칩으로 집약하여 양산효과를 추구하는 방안이 중요해지고 있음.
- 이러한 기술혁신 트렌드를 잘 활용하면서 한국의 반도체 양산 기술과 연계하는 전략이 중요할 것임.
- 그리고 양자기술 기반의 반도체 고도화와 함께 이를 활용하는 서비스 로봇, 공장자동화 로봇, 각종 DX 솔루션을 함께 개발하면서 상호상승 효과를 추구

#### 양자기술 개발 및 응용 생태계 육성

- 양자기술의 중장기적인 개발, 단기적인 응용 및 상용화, 관련 제조 및 서비스 분야에서의 협업을 촉진하기 위해서는 대학, 연구기관, 대기업, 스타트업 등이 함께 협업할 수 있는 생태계의 구축이 중요할 것임.

## 참고문헌

- 内閣府, 量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性 中間取りまとめ概要(案), 令和4年1月24日 量子技術イノベーション戦略見直し検討ワーキンググループ
- 株式会社東芝, 世界で初めて光集積回路化により小型化した量子暗号通信システムの開発・実証に成功 - プラントや工場間の機密データ通信への適用を目指す -, 2021.10.22.
- 日立製作所, 実装体積を抑えながら大規模な組合せ最適化問題を解くCMOSアニーリング技術を開発, 2021.2.18.