

Q REPORT

양자정보과학 리포트

양자(Quantum)기술 특허기술 동향 조사





CONTENTS

I. 개요	4
1. 분석 배경 및 목적	5
1-1. 분석 배경	5
1-2. 분석 목적	7
2. 분석 프로세스	8
3. 분석 범위	10
3-1. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위 한정	10
3-2. 검색식 및 분석대상 도출	11
3-3. 양자기술 유효특허 선별 기준 및 결과	12
II. 특허정보에 대한 이해	13
1. 국제특허분류(IPC)	14
1-1. 국제특허분류(IPC)에 대한 이해	14
2. IPC와 산업연계 연구 및 방법	18
2-1. IPC와 산업연계를 위한 연구	18
2-2. IPC와 산업연계 방법	19
3. 융합산업(기술)의 측정	20
III. 기술분류체계 도출	21
1. 기술분류체계	22
1-1. 종래 양자기술의 분류체계	22
1-2. 특허-산업 연계를 통한 기술분류체계	23
2. 양자기술 산업분야 관련 국제특허분류(IPC)	26
3. 양자기술 특허-산업 연계 소분류별 유효특허 선별결과	31



CONTENTS

IV. 양자기술 관련 산업 동향 분석	34
1. 산업분야별 특허 Landscape	35
1-1. 양자기술 관련 전체 산업 특허동향 분석	35
1-2. 양자기술 관련 세부산업(중분류)별 특허동향 분석	38
1-3. 양자기술 관련 세부산업(소분류)별 특허동향 분석	63
2. 국가별 주력산업분야 Landscape	79
2-1. 주요시장국별 주력산업분야 특허동향 분석	79
V. 양자기술 관련 기술융합 동향 분석	95
1. 단일/융합기술 관련 Landscape	96
1-1. 양자기술 관련 단일/융합기술 관련 전체 특허동향 분석	96
2. 산업분야별 기술융합 Landscape	97
2-1. 양자기술 관련 산업별 기술융합 동향 분석	97
VI. 대상기업 주력산업분야 분석	113
1. 대상기업 개요	114
1-1. 대상기업의 연혁 및 이슈(Issue)	114
2. 대상기업의 주력기술 관련 산업분야 분석	120
2-1. 대상기업의 주력산업분야 및 제품 매칭	120
VII. 특허분석 결론	130
1. 양자기술 관련 산업 동향 분석 결과	131
2. 양자기술 관련 기술융합 동향 분석 결과	135
3. 대상기업 주력산업분야 분석 결과	136
4. 결론 및 시사점	138



양자기술 특허기술동향조사 보고서

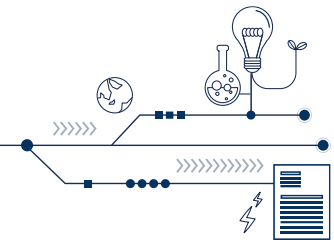
개요

1. 분석 배경 및 목적
2. 분석 프로세스
3. 분석 범위



chapter
I

개요



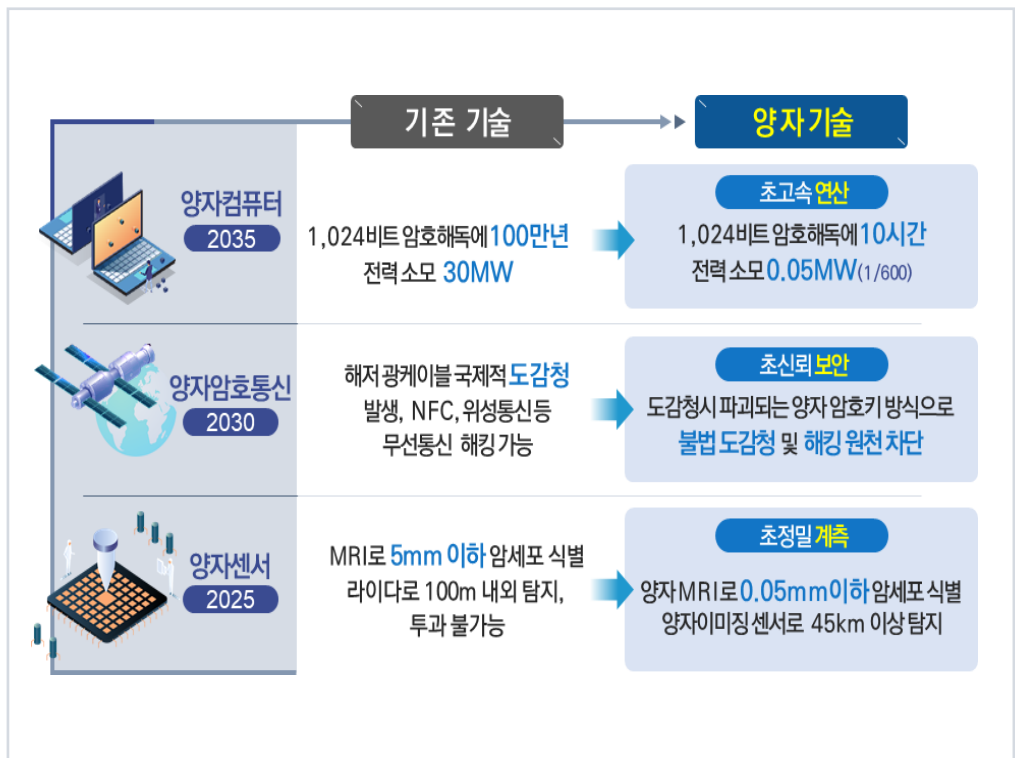
**I-1.
분석 배경 및
목적**

1-1. 분석 배경

본 『양자기술』 과제의 특허동향조사는 양자기술의 산업 분야 적용·활용 추이 및 수준을 객관적으로 파악하고 효율적인 연구 개발 방향을 설정하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 성균관대 양자정보 연구지원센터가 주관하는 사업임

양자기술은 양자 고유의 특성(얽힘, 중첩 등)을 활용하여 기존 기술의 한계를 뛰어넘는 초고속연산(양자컴퓨팅), 초신뢰 보안(양자통신), 초정밀 계측(양자센서)을 가능케 하는 파괴적 혁신기술임

〈그림 1-1〉
양자기술의 개념



양자기술은 기존 ICT기술의 획기적인 변화를 가져올 뿐만 아니라 4차 산업혁명 시대의 중요한 기술인프라로 인공지능, 빅데이터, 클라우드 기반 지능정보기술을 더욱 촉진시킬 수 있는 미래 산업 경쟁력의 핵심기술(Game Changer)로서 산업·경제 전반에 혁신을 가져올 것으로 기대됨

특히, 기존 정보통신의 한계를 극복할 수 있는 차세대 정보통신기술인 양자기술은 ICT와 양자의 융합을 통해 新 부가가치를 창출할 수 있는 신산업으로 기대가 증폭되고 있음

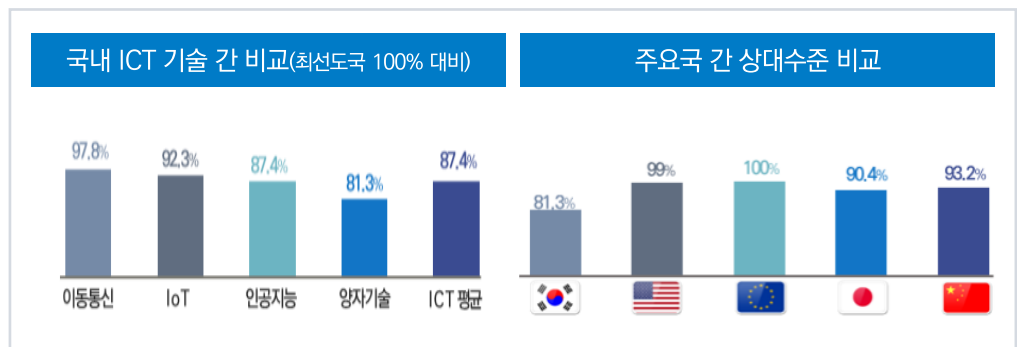
또한, 비단 정보통신산업 뿐만 아니라 정보보안이 중요한 국방, 금융 산업을 비롯하여 정밀분석이 필요한 제약/의료산업, 항공/우주산업 등 양자기술은 4차 산업혁명시대의 핵심기술로 다양한 산업 분야로의 응용범위가 확대될 것으로 기대되고 있음

〈그림 1-2〉 양자기술의 적용 산업 분야 사례



다만 양자기술의 중요성과 영향력에도 불구하고 국내에서는 양자 관련 정책 실행이 지연되면서 기술개발 및 산업육성이 뒤처지고 있는 것으로 나타남

〈그림 1-3〉 양자기술의 기술수준 및 R&D 투자규모 (2019년 ICT 기술수준 조사(IITP))



한편, 기존 양자기술 분류는 대표적으로 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자 센싱 분야로 구분되고 있음. 그러나, 이러한 분류만으로는 양자기술이 구체적으로 어떤 산업 분야와 관련이 있는지, 혹은 적용 및 활용될 수 있는지를 판단하기 어려운 문제점이 있었음

이에, 새로운 시각으로 양자기술을 특허적으로 분류하여 양자기술 관련 산업 생태계를 분석함으로써, 양자기술 관련 산업 생태계를 조망하고 양자기술 관련 산업 현황을 면밀히 확인하여 이에 대한 국가 경쟁력확보가 요구됨

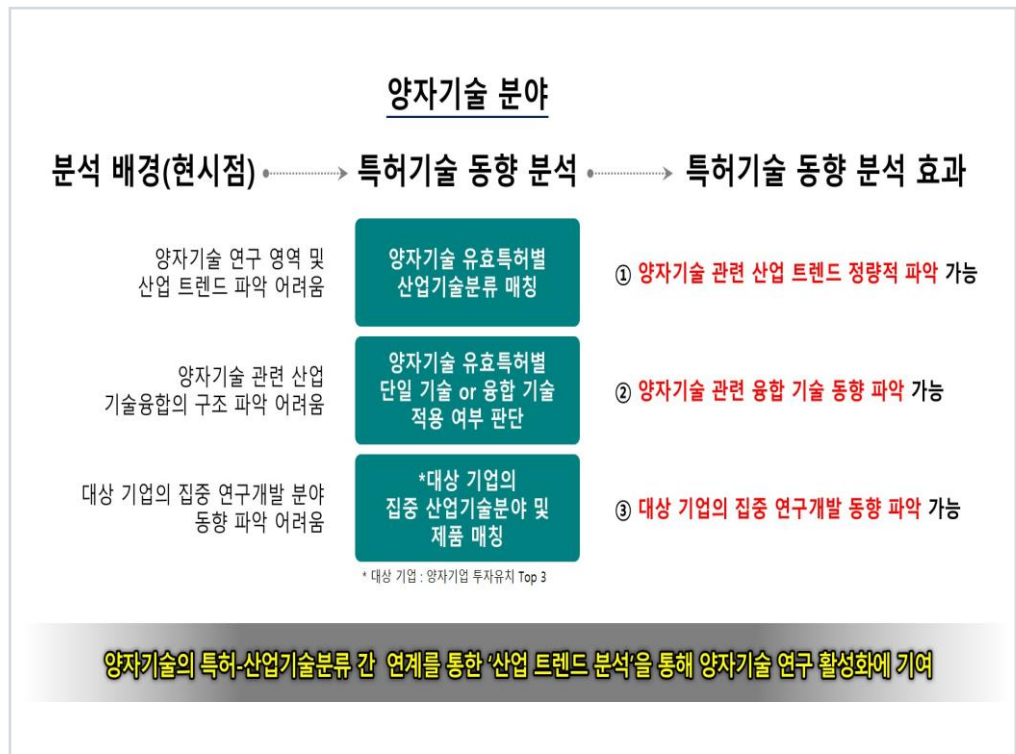
1-2. 분석 목적

본 특허동향조사 보고서는 특허 정보를 다각적으로 활용하여 유용한 정보 제공 및 주요이슈 도출에 기초가 되는 국제특허분류(IPC)와 산업분류를 연계하는 작업을 수행함으로써, 양자기술 관련 특허출원활동이 어떤 산업분야에 적용 및 활용되는지, 얼마나 활발히 이루어지는지, 그리고 양자기술 관련 기술 융합이 이루어지는지를 살펴보는 것을 목적으로 함

이를 통해, 관련 산업분야의 기술의 개발을 위한 기반 구축뿐만 아니라, 선진국과의 기술격차를 줄이고 독자적인 기술 및 관련 특허를 확보함과 동시에 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공할 수 있을 것으로 판단됨

양자기술의 특허-산업기술분류 간 연계를 통한 ‘산업 트렌드 분석’을 실시함으로써, 국내 양자기술 연구의 활성화 방향에 대한 전략 수립에 활용하고, 중복연구를 방지하고, 나아가 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함

〈그림 1-4〉
분석 필요성 및 목적



I-2. 분석 프로세스

최근 경제현상의 복잡화에 따라 특허 단독정보의 설명력이 점차 약화되고 있기 때문에, 특허정보를 유관데이터와 연계한 다각적인 심화분석의 중요성이 커지고 있음

이에 본 특허동향조사 보고서에서는 산업기술혁신사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진하기 위해 구축된 ‘산업기술분류’와 특허통계의 집계 기준인 국제특허분류(IPC)간 연계를 통해 양자기술 관련 산업 트렌드를 도출하고자 함

이를 위한 본 분석 추진절차는 하기 <그림 1-5>과 같은 7개의 STEP(단계)으로 구성됨

<그림 1-5>
본 분석 추진절차



Step 01

양자기술 관련 유효데이터를 수집하여 대상특허 모집단 데이터 베이스를 구축함. STEP 1에서는 특허데이터 수집구간 및 추출 정보에 대한 분석 범위를 정의하고 양자기술 관련 로우데이터(Raw Data)를 추출한 후, 검토를 통해 양자기술 관련 유효특허를 추출함

Step 02

상기 STEP 1에서 추출된 양자기술 관련 유효특허별 IPC(International Patent Classification, 국제특허분류)에서 서브클래스 기준 IPC 분류 코드를 추출하고, 한국특허청에서 제공하는 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에 근거하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭을 수행함. 이때, 상기 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에서 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭이 보이지 않는 경우에는 유효특허의 명세서 내용을 통해 가장 밀접한 산업기술분류 코드를 할당함. 이를 기초로 기술분류체계를 확립하여 분석을 수행할 수 있음

Step 03

상기 STEP 2에서 산업기술혁신사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진하기 위해 산업통상자원부에서 구축하고 있는 ‘산업기술분류체계’를 양자기술 관련 유효특허에서 심사관이 부여하는 국제 특허분류 체계인 IPC(International Patent Classification)를 매칭된 결과를 통해, 양자기술 관련 유효특허별로 관련도가 높거나 적용 및 활용될 수 있는 산업기술분야를 도출할 수 있음

Step
04

상기 STEP 3에서 도출된 양자기술 관련 유효특허별로 관련도가 높거나 적용 및 활용될 수 있는 산업기술분야를 근거로, 양자기술 관련 산업기술 동향을 정량적으로 분석할 수 있음

Step
05

양자기술 관련 유효특허별로 단일기술, 융합기술의 적용 여부를 검토함. 이때, 양자기술 관련 유효특허의 IPC main(주요 기술 분야)와 IPC All(모든 기술 분야)를 비교하고, 비교 결과 해당 유효특허의 IPC All의 섹션(section)들 중에서 IPC main의 섹션과는 다른 섹션을 가진 IPC가 존재하면 해당 특허가 두 개 이상의 산업기술로 구성되었다고 판단하여 해당 유효특허의 기술을 융합기술로 판단할 수 있음

Step
06

상기 STEP 5에서 판단된 융합기술이 적용된 유효특허를 추출하고, 추출된 유효특허를 근거로 융합기술 적용 양자기술의 현황을 정량적으로 분석할 수 있음

Step
07

양자기업 투자유치 Top3에 해당하는 기업인 'PsiQuantum, IonQ, Quantinuum'을 대상기업의 특허의 IPC와 '산업기술분류체계'와의 매칭 결과를 살펴보고, 상기 대상기업의 집중 산업기술분야 및 제품 매칭을 통해서 정성적으로 대상기업의 주력 기술 관련 산업 분야를 판단할 수 있음

상술한 분석 프로세스는 기존에 있어왔던 일반적인 특허분석 프로세스와 달리, 양자기술 관련 특허출원활동이 어떤 산업분야에 적용 및 활용되는지, 얼마나 활발히 이루어지는지, 그리고 양자기술 관련 산업이 이종 분야의 타기술과의 융합이 이루어지는지를 살펴볼 수 있도록 할 수 있음



I-3. 분석 범위

본 분석에서는 양자기술 과제를 대상으로 하였으며, 2022년 12월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 일본, 미국, 유럽, 중국 특허, PCT(국제특허출원) 공개공보, 및 호주, 이스라엘 공개 및 등록 특허를 대상으로 분석됨. 본 분석은 WIPS ON 검색 DB를 사용하여 특허검색을 실시함

3-1. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위 한정

1 분석대상 특허¹⁾

〈표 1-1〉
검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록 특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	WIPS ON	~ 2022.12	특허 공개 및 등록 전체문서
	미국 (USPTO)	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서
	일본 (JPO)	WIPS ON		특허 공개 및 등록, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽 (EPO)	WIPS ON		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	중국 (CNIPA)	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서
	PCT (WIPO)	WIPS ON		특허공개 전체문서
	호주(AU)	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서
	이스라엘(IL)	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서

※ 분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국, PCT, 호주, 이스라엘 : ~2022.12 (출원년도 기준)

1)출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2021. 06. 이후 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~ 2020년 12월까지 한정함

2)유럽 19개 각국 특허청 : 유럽특허제도는 유럽특허조약의 회원국 사이에서 유효한 유럽특허를 부여하기 위해 만들어진 제도로서 유럽특허조약(EPC : European Patent Convention)에 따라 유럽특허청(EPO)에서 운영함. 유럽특허청(EPO)에 출원함과 관계없이 유럽의 각국 특허청에 출원한 특허를 포함하여 분석함. (DE, FR, GB, AT, BE, CH, DD, DK, ES, FI, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RU, SE, SU)

3-2. 검색식 및 분석대상 도출

1 검색식 및 로우데이터(Raw Data) 건수

본 보고서에서는 양자기술 분야의 과제책임자로부터 제공받은 키워드를 기초로 수정·보완하여 최종 검색식을 작성함

〈표 1-2〉
최종 검색식

대분류	검색식
양자기술 (A)	((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 (컴퓨* 처리*)) OR (quantum* near1 comput*) OR ((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 (정보* OR 데이터*)) OR (quantum* near1 (information* data*)) OR ((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 (기술* 테크*)) OR ((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 통신*) OR (quantum* near1 communicat*) OR ((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 (알고리즘* 알고리즘* 학습* 모델*)) OR (quantum* near1 (algorithm* learn* model*)) OR ((양자* 쿼텀* 관텀*) near1 (이점* 장점*)) OR (quantum* near1 advantag*) NOT (밀도* near1 함수* near1 이론*) NOT "density functional theory" NOT "DFT" NOT "양자점" NOT ((쿼텀* 양자*) near1 (닷* 점*)) NOT "quantum dot"

최종 검색식을 검색 DB인 WIPS ON에 적용하여 얻은 로우데이터(Raw Data)의 건수는 다음 표와 같음

〈표 1-3〉
최종 검색식에 따른
로우데이터(Raw
Data)의 건수

대분류	Raw Data 건수								
	한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CNIPA)	PCT (WIPO)	호주 (AU)	이스라엘 (IL)	합계
양자 기술 (A)	1,522	1,918	5,494	565	2,802	1,309	209	23	13,842



3-3. 양자기술 유효특허 선별 기준 및 결과

① 유효특허 선별 기준

앞서 도출된 최종 검색식을 적용하여 얻은 로우데이터(Raw Data)에서 하기 <표 1-4>와 같이 특허 내용이 양자기술 관련 내용이 요약 및 대표청구항, 발명의 상세한 설명에 기재된 특허를 양자기술 관련 유효특허로 추출함. 추출한 유효특허를 대상으로 본 보고서의 분석을 진행함

<표 1-4>
분석대상 노이즈제거
및 유효특허추출기준

대분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
양자기술 (A)	특허 내용에서 양자기술 관련 내용이 요약 및 대표청구항, 상세한 설명에 기재된 특허

② 양자기술 관련 유효특허 선별 결과

양자기술 관련 유효특허 선별 결과, 한국 119건, 미국 1,006건, 일본 308건, 유럽 575건, 중국 2,242건, PCT 177건, 호주 200건, 이스라엘 21건으로 나타나, 중국과 미국에서 양자기술 관련 특허출원활동이 가장 많은 것으로 확인됨

<표 1-5>
양자기술 관련
유효특허 선별결과

대분류	Raw Data 건수								
	한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CNIPA)	PCT (WIPO)	호주 (AU)	이스라엘 (IL)	합계
양자기술 (A)	119	1,006	308	575	2,242	177	200	21	4,648





양자기술 특허기술동향조사 보고서

특허정보에 대한 이해

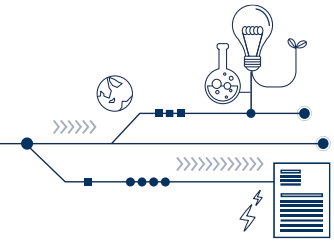
1. 국제특허분류(IPC)
2. IPC와 산업연계 연구 및 방법
3. 융합산업(기술)의 측정



chapter

II

특허정보에 대한 이해

II-1.
국제특허
분류(IPC)

본 분석에서는 특허 IPC-산업 간 연계를 위해 한국특허청에서 제공하는 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에 근거하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭을 수행해야 함. 이를 위해서, 국제특허분류(IPC) 및 산업기술분류에 대한 개념을 이해해야 함

1-1. 국제특허분류(IPC)에 대한 이해

① 특허분류 부여 절차

지식과 정보가 경쟁력의 원천이 되는 지식기반 사회에 접어들면서 노동 및 자본기반의 경제활동으로 산출된 결과물에 대한 재산권보다는 지식활동으로 얻어진 결과물을 재산권 형태로 보호하는 지식재산권에 대한 중요성이 날로 커지고 있음

이에 따라 지식재산권을 대표하는 형태 중의 하나인 특허의 출원 건수도 매년 증가하고 있으며, 특허의 누적 등록건수가 향후 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 상황에서 특허 조사를 효과적으로 수행할 수 있도록 특허를 기술 및 산업분야에 따라 적절하게 분류하는 것이 중요해 지고 있음

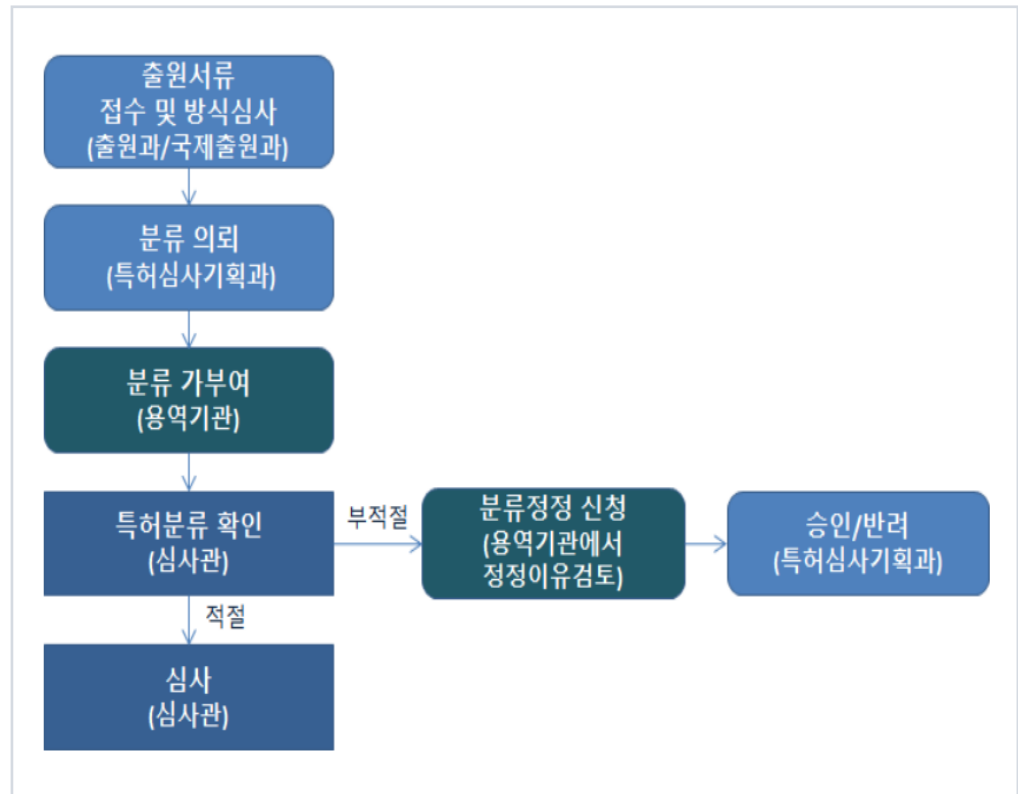
특허문서의 적절한 분류는

- ① 특허출원 명세서의 신규성이나 진보성을 평가하기 위하여 기존 특허문헌을 효과적으로 조사(선행기술 검색)하는데 활용되고,
- ② 특허문서에 포함되어 있는 기술 및 권리 정보에 용이하게 접근하기 위해 특허문서를 정연하게 배열하고 보급하는데 활용되며,
- ③ 여러 분야에 대한 기술 발전 평가 및 통계 작성에 활용되며,
- ④ 특허분류의 정확성 및 일관성 확보와 검색 효율성을 제고하여 특허업무의 질적 수준 향상 등을 목적으로 유용하게 사용되고 있음

특허청의 특허·실용신안 심사기준에 따르면 특허분류 부여는 다음 <그림 2-1>과 같은 절차로 수행됨. 특허청에 접수된 일반출원이 접수 과정에서 문제가 없는 경우, 특허청은 외부용역 기관에 해당 출원의 특허분류 부여를 의뢰함. 용역기관에서는 의뢰받은 출원들에 대해 분류원(사람)이 각 출원의 기술내용에 따라 특허분류의 분류표상의 특정 분류개소로 각 출원을 분류함.

이렇게 용역기관에서 일반출원을 가분류한 다음에 심사관이 특허분류가 출원된 발명의 기술적 내용에 따라 적절하게 부여되었는지를 확인하고 심사에 착수하는 과정을 거침. 이 과정에서 특허분류의 부여를 위하여 국제특허분류(International Patent Classification, IPC)가 사용되고 있음

〈그림 2-1〉
특허분류 부여
절차(IPC labeling
Process of Patents)



2 국제특허분류(IPC) 개념

IPC는 국제특허분류(International Patent Classification)의 약자로서, 상술한 특허분류 부여 절차에 따라, 특허출원 후 고유의 분류기호인 IPC가 부여됨. IPC는 국가 간 기술교류 및 타국가의 특허문헌조사 요구를 반영하여 국제협약을 통해 통일된 분류된 분류체계로, 국내에서 출원된 특허에도 적용됨. IPC는 1968년에 도입되었으며, 새로운 기술의 등장으로 인하여 새로운 분류가 필요할 때마다 개정이 이루어지고 있음

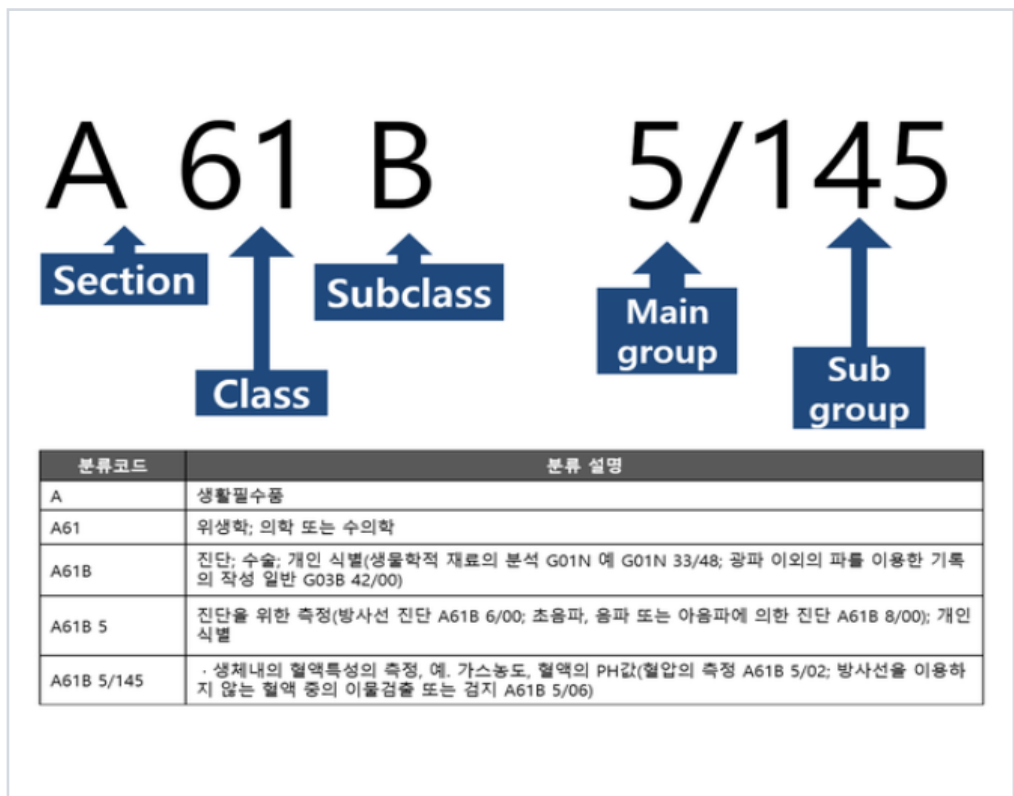
IPC 분류구조는 최상위 레벨인 8개의 섹션, 128개의 클래스, 약 650개의 서브클래스, 약 6,800개의 메인그룹, 그리고 65,000개 이상의 서브그룹의 5개의 레벨로 구성된 계층적 구조임. 하기 <표 2-1>과 같이 IPC 계층구조의 최고층 레벨인 섹션(Section)은 A에서 H까지의 8개의 알파벳으로 구분되며 A는 생활필수품, B는 처리조작, 수송, C는 화학, 야금, D는 섬유, 종이, E는 고정 구조물, F는 기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발, G는 물리학, 그리고 H는 전기 분야를 나타냄

〈표 2-1〉
IPC 섹션(Section)별
분류

섹션 (Section)	내용
A	생활필수품(Human Necessities)
B	처리조작;운수(Performing Operations; Transporting)
C	화학;야금(Chemistry; Metallurgy)
D	섬유;지류(Textiles; Paper)
E	고정구조물(Fixed Constructions)
F	기계공학; 조명; 가열; 무기; 폭발 (Mechanical Engineering;Lighting;Heating;Weapons;Blasting)
G	물리학(Physics)
H	전기(Electricity)

IPC 다섯 단계의 분류계층구조에 대해서 자세히 설명하면, IPC 레벨의 아래로 내려갈수록 그 기술분야는 더욱 세분화됨

〈그림 2-2〉
IPC 계층구조 설명을
위한 IPC 예시



클래스(Class)

클래스(Class)는 분류계층구조의 2번째 레벨로서, 상기 섹션을 세분화한 것으로 섹션 기호에 2개의 숫자를 붙인 것으로, 예컨대 IPC의 표기에서 A61를 가진 특허는 “위생학; 의학 또는 수의학”과 관련도가 있는 기술 내용을 포함하는 것으로 판단하면 됨

서브클래스(Subclass)

서브클래스(Subclass)는 분류계층구조의 3번째 레벨로서, 각 클래스는 1개 이상의 서브클래스를 포함하고, 서브클래스는 클래스 기호에 1개의 대문자를 붙여 표시됨. 예컨대, IPC의 표기에서 A61B를 가진 특허는 “진단; 수술; 개인 식별”과 관련도가 있는 기술 내용을 포함하는 것으로 판단하면 됨

메인그룹(Main-group)

메인그룹(Main-group)은 서브클래스 기호에 1개의 사선에 의해 좌측에 표기되는 것으로 서브클래스 기호와 붙여서 표시될 수 있음. 메인그룹(Main-group)은 발명의 검색에 유용하다고 생각되는 주제사항의 분야를 나타냄. 예컨대 A61B5는 “진단을 위한 측정”과 관련도가 있는 기술 내용을 포함하는 것으로 판단하면 됨

서브그룹(Sub-group)

서브그룹(Sub-group)은 서브클래스 기호에 1개의 사선에 의해 우측에 표기되는 것으로, 메인그룹의 분류범위 내에서 발명의 서치에 유용하다고 생각되는 주제사항의 분야를 나타냄. 예컨대 A61B 5/145는 “생체내의 혈액특성의 측정”과 관련도가 있는 기술 내용을 포함하는 것으로 판단하면 됨

상술한 바처럼, IPC는 다음 <표 2-1>에 제시된 것처럼 크게 8개의 섹션(Section)으로 구성되어 있으며, 그 하부에 클래스(Class), 서브클래스(Sub-Class), 메인그룹(Main-Group), 서브그룹(Sub-Group)으로 구성되는 다섯 단계의 계층구조로 구성되어 있음

특히, 특허정보분석을 위해서 대부분의 경우에는 서브클래스(Subclass)까지만 사용하는 것이 일반적이거나, 본 특허 분석에서는 메인그룹(Main-group)까지 활용하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류와 연계시키고자 함

이때, 1차적으로, 한국특허청에서 제공하는 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에 근거하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭을 수행하나, 상기 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에서 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭이 보이지 않을 때에는 유효특허의 명세서 내용을 통해 가장 밀접한 산업기술분류 코드를 할당하고자 함. 이를 기초로 기술분류체계를 확립하여 본 보고서의 분석을 수행하고자 함

II-2. IPC와 산업연계 연구 및 방법

2-1. IPC와 산업연계를 위한 연구

IPC는 유사한 기술을 구분하려는 법률적 목적으로 고안되었기 때문에 일반적인 경제분석에 직접 적용하는 데는 무리가 따름. 이에, IPC와 산업을 연계시켜 분석하려는 연구 시도가 있었던 것으로 나타남

Kronz 등(1980)은 4개국 출원특허를 이용하여 연구자의 직관에 의존해 기술과 산업연계를 시도하였으며, Evenson & Puttman(1988)은 캐나다 특허청의 특허자료를 대상으로 하여 8개의 IPC 섹션을 25개의 산업과 연계시켰음

또한, Verspagen 등(1994)은 핀란드 통계청의 자료를 토대로 625개의 IPC 서브클래스 분류를 22개 산업으로 분류하였으며, Johnson(2002)은 연결 확률을 계산하여, 625개의 IPC 서브클래스를 115개의 제조업과 소매업에 연계시킨 바 있음

이후, Schmoch 등(2003)은 EU의 3개 연구소와의 협력으로 625개 IPC 서브클래스를 44개의 제조업에 일치시키는 공동작업을 수행한 바 있으며, 우리나라에서는 이원영 등(2004), 서환주(2005), 강희종(2006)등이 Schmoch et. al. (2003)의 연구에서 제시된 산업분류를 사용하여 기술-산업 간의 연계를 시도한 바 있는 것으로 나타남

또한, 최근 2022년 9월 29일에는 국가R&D사업의 중복 연구로 인한 예산 및 인력 낭비를 방지하고, 연구과제의 체계적·효율적 관리 활용을 위한 산업기술혁신 촉진법 개정안이 발의된 바 있음

이번 산업기술혁신 촉진법 개정안에서는 산업기술분류체계의 정의를 법으로 명시하여 명확히 하고, 특허분류체계를 병용하는 내용이 담겨, 이번 개정안을 통해 특허분류체계와 산업기술분류체계를 연계시켜 병용함으로써 R&D 진행 시 선행조사를 통해 중복된 특허기술이 있는지 사전에 파악이 가능해져 중복특허로 좌초되는 기술을 예방할 수 있음과 동시에 국가 연구개발의 체계적인 관리가 가능할 것으로 기대됨



2-2. IPC와 산업연계 방법

특허정보 분석을 위해서 대부분의 경우에는 IPC의 서브클래스(Subclass)까지만 사용하는 것이 일반적이거나, 본 특허 분석에서는 서브클래스(Subclass)보다 구체화된 메인그룹(Main-group)까지 활용하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류와 연계시키고자 함

이때, 한국특허청에서 제공하는 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에 근거하여 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭을 통해 IPC와 산업을 연계시킬 수 있음. 여기서, 산업기술분류표는 산업기술혁신사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진하기 위해, 산업기술혁신사업 공동 운영요령 제16조에 근거하여 대분류(8개), 중분류(72개), 소분류(654개)로 분류된 산업기술분류체계를 나타내는 것임. 상기 대분류(8개)는 ①기계·소재, ②전기·전자, ③정보통신, ④화학, ⑤바이오·의료, ⑥에너지·자원, ⑦지식서비스, ⑧세라믹 산업기술 분야를 포함함

〈그림 2-3〉
산업기술분류표

다만, 상기 산업기술-특허(IPC,CPC) 연계표에서 유효특허별 IPC와 산업기술분류표와의 매칭이 보이지 않으면 유효특허의 명세서 내용을 통해 가장 밀접한 산업기술분류표 코드를 할당하고자 함. 이를 기초로 기술분류체계를 확립하여 본 보고서의 분석을 수행하고자 함

II-3. 융합산업 (기술)의 측정

기술 간의 융합을 통해 새로운 제품이나 서비스가 출현되면서 융합 또는 융합기술 등에 대한 논의가 증대하고 있음. ‘융합’이란 인간창조성의 결과로 한 경험의 영역에서 다른 영역으로 아이디어를 적용하는 것(KEIT, 2012)으로 정의되고 있음

즉, 융합기술이란 미래 경제·사회적 이슈해결을 위해 다양한 학제 및 이종 기술 간의 결합을 통해 확보되는 혁신기술로 IT, BT, NT, CT, ET, ST 등의 상호의존결합으로 상승작용의 신제품/신서비스를 창출하거나 제품 성능을 향상시키는 기술(KEIT, 2012)로 정의하고 있음

융합기술의 미래 방향을 예측하기 위해서 많은 방법론들에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음. 대표적인 특허분류 정보를 통해 기술융합정도를 측정하는 방법으로 Curran과 Leker(2011)은 IPC co-classification을 이용하여 융합을 관찰하며, 하나 이상의 다른 분야에 동시에 속할 가능성을 바탕으로 융합의 정도를 파악하였음

상술한 방법에 따라, 본 분석에서는 양자기술 관련 유효특허를 수집하고 수집된 유효특허별로 단일기술 혹은 융합기술(여러분야의 기술을 집약한 기술)에 해당하는지를 살펴봄으로써, 양자기술 관련 융합산업(기술)을 측정할 수 있을 것으로 판단됨

구체적으로, 양자기술 관련 유효특허에서 기술 간 융합을 알아보기 위해, 국제특허분류 IPC에 의해 분류된 출원 데이터를 분석대상으로 삼아 유효특허의 IPC main(주요 기술 분야)와 IPC All(모든 기술 분야)를 비교하고, 비교 결과 해당 유효특허의 IPC All의 섹션(section)들 중에서 IPC main의 섹션과는 다른 섹션을 가진 IPC가 존재하는 경우, 해당 특허를 두 개 이상의 산업기술로 구성된 융합기술로 판단할 수 있음

본 분석에서는 양자기술 관련 유효특허 중에서 융합기술로 판단된 특허를 추출하고, 추출된 융합기술의 연도별 융합기술 추이 등을 분석함으로써 **양자기술 관련해 어떤 기술과 융합이 이루어져 있는지를 살펴볼 수 있을 것으로 사료됨**





양자기술 특허기술동향조사 보고서

기술분류체계 도출

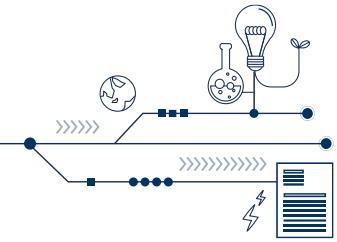
1. 기술분류체계
2. 양자기술 산업분야 관련 국제특허분류(IPC)
3. 양자기술 특허
 - 산업 연계 소분류별 유효특허 선별결과



chapter

III

기술분류체계 도출



III-1. 기술분류 체계

1-1. 종래 양자기술의 분류체계

기존 양자기술의 분류체계는 양자기술의 기존 투자현황 및 성과를 분석하고 미래의 투자 방향 설정을 위해 과학기술혁신본부, KISTI, 및 전문가 집단에 의해 도출된 바 있음. 종래 양자기술의 분류체계는 내역은 크게 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자센싱 분야 3개로 구분되고 있으며 그 내역은 다음과 같음

〈표 3-1〉
종래 양자기술의
기술분류체계

분류	코드	기술군
양자컴퓨팅	T01	큐비트 구현 기반기술
	T02	큐비트 물리적 구현기술
	T03	큐비트 양자얽힘게이트 구현기술
	T04	다중 큐비트 상태 측정 하드웨어 기술
	T05	다중 큐비트 게이트 신호생성 하드웨어 및 제어 기술
	T06	고속 하드웨어 제어 프로세서 및 펌웨어 기술
	T07	양자 컴퓨터 프론트엔드 및 백엔드 소프트웨어 스택
	T08	양자 정보 및 양자컴퓨팅 이론
	T09	양자 오류 보정 및 제어 이론
	T10	양자 컴퓨터 알고리즘
	T11	시스템 통합화 및 확장 가능한 큐비트 아키텍처
	T12	확장 가능한 이종양자 인터페이스
	T13	양자 시뮬레이터
양자통신	T14	유전양자암호
	T15	무선(자유공간) 양자암호
	T16	양자전송
	T17	QKD 네트워크
	T18	양자 네트워크
	T19	위성 양자 통신
	T20	양자통신이론
	T21	양자통신용 소재/소자기술
양자센싱	T22	양자 관성센싱
	T23	양자 시간/주파수 측정
	T24	양자 자기장 센싱
	T25	양자 전기장 센싱
	T26	양자광 기반 센싱
	T27	양자 센싱 기반기술

다만, 종래 양자기술의 분류체계 분류만으로는 양자기술이 구체적으로 어떤 산업 분야와 관련이 있는지, 혹은 적용 및 활용될 수 있는지를 판단하기 어려운 문제점이 있었음. 이에, 새로운 시각으로 양자기술을 특허적으로 분류하여 양자기술 관련 산업 생태계를 분석하는 것을 제안함

1-2. 특허-산업 연계를 통한 기술분류체계

① 본 분석에서의 양자기술 기술분류체계

본 분석보고서에서는 크게 양자컴퓨팅, 양자통신, 양자 센싱 분야로 구분되고 있는 기존 양자기술의 기술분류에서 벗어나, 상술한 “II. 특허정보에 대한 이해”에 근거하여, 양자기술과 관련 유효특허에서의 국제특허분류(IPC)를 기반으로 관련도가 높거나 적용/활용될 수 있는 산업기술분류를 매칭하여 하기<표 3-2>와 같은 기술분류를 확립할 수 있었음. 이에 대한 분석을 수행하였으며, 그 내역은 아래의 표와 같음

<표 3-2>
본 분석(특허-산업
연계)에서의 양자기술
기술분류체계

대분류	중분류	소분류		
기계 · 소재 (A)	정밀생산기계 (AA)	CAD/CAM 관련 S/W (AAA) 정밀생산기계 관련 IT·SW (AAB)		
	자동차/철도차량 (AB)	자동차/철도차량 관련 IT·SW (ABA)		
	에너지/환경기계 시스템 (AC)	냉동기계 (ACA)	수처리 설비 (ACB) 에너지/환경 제어설비 (ACC)	
		로봇/자동화기계 (AD)	로봇 비전 및 생산자동화 기술 (ADA) 로봇 제어 및 지능화기술 (ADB)	
	산업/일반기계 (AE)	농업기계 (AEA)	산업/일반기계관련 S/W (AEB) 일반가공기계 (AEC)	
		조선/해양시스템 (AF)	해양레이저 및 탐사장비 (AFA)	
		항공/우주 시스템 (AG)	인공위성체/탑재체 시스템 (AGA) 항공우주 지상설비 시스템 (AGB)	
	나노·마이크로기계시스템 (AH)	나노 마이크로기계시스템 관련 IT·SW (AHA)		
	소성가공/분말 (AI)	분말가공기술 (AIA)	분말제조기술 (AIB)	
		청정생산 (AJ)	청정생산 공정설계 (AJA)	환경친화제품 제조기술 (AJB) 자원재활용 기술 (AJC)
	반응용기기 (BA)		레이저 관련부품 및 발생장치 (BAA)	레이저 가공기 (BAB) 결상기기 (BAC) 광계측·제어기기 (BAD) 광원 (BAE) 광소자 (BAF)
			반도체장비 (BB)	노광·트랙장비 (BBA) 측정/검사 장비 (BBB)
		중전기기 (BC)		송배전 및 보호/감시장치 (BCA)
		반도체소자및시스템 (BD)	Si 소자 (BDA)	화합물 소자 (BDB) MEMS 소자 (BDC) Sensor용 소자 (BDD) SoC (BDE) 설계 Tool (BDF)

전기·전자 (B)	전기전자부품 (BE)	센서 부품 (BEA)
		복합 부품 (BEB)
		플라즈마 발생용 부품 (BEC)
	계측기기 (BF)	물리량 시험/분석 계측기 (BFA)
		안전감시/진단 계측제어기 (BFB)
		전자 계측기 (BFC)
		광계측기 (BFD)
	영상/음향 기기 (BG)	3차원 영상기기 (BGA)
		화상통신 (BGB)
		스피커 (BGC)
디스플레이 (BH)	OLED (BHA)	
	디스플레이 제조장비 (BHB)	
정보통신 (C)	이동통신 (CA)	이동통신 서비스 (CAA)
		이동통신 시스템 (CAB)
	디지털방송 (CB)	디지털 방송 콘텐츠 (CBA)
	위성-전파 (CC)	위성통신·방송 전송 (CCA)
		위성항법 (CCB)
		EMI/EMC (CCC)
		전자파 진단 및 방호 (CCD)
	홈네트워크 (CD)	유·무선 홈네트워킹 기술 (CDA)
	광대역 통합망 (CE)	전달망 (CEA)
	U-컴퓨팅 (CF)	U-컴퓨팅 플랫폼 및 응용기술 (CFA)
	소프트웨어 (CG)	임베디드 SW (CGA)
		SW솔루션 (CGB)
		System Integration (CGC)
	디지털콘텐츠 (CH)	컴퓨터 그래픽 (CHA)
		가상현실 (CHB)
		게임 및 u-러닝 (CHC)
	지식정보보안 (CI)	정보보안 (CIA)
		물리보안 (CIB)
		융합보안 (CIC)
	정보통신 모듈 및 부품 (CJ)	이동통신 모듈 및 부품 (CJA)
광통신 모듈 및 부품 (CJB)		
멀티미디어 모듈 및 부품 (CJC)		
안테나 모듈 및 부품 (CJD)		
ITS/텔레매틱스 (CK)	ITS 응용서비스 (CKA)	
화학 (D)	정밀화학 (DA)	화장품/소재 (DAA)
		전자산업용 정밀화학소재 (DAB)
	고분자재료 (DB)	복합재료제조기술 (DBA)
		나노소재기술 (DBB)
	수질/토양 (DC)	해양오염 방지기술 (DCA)
	섬유재료 (DD)	합성섬유 (DDA)
나노섬유 (ddb)		

바이오 · 의료 (E)	의약바이오 (EA)	시약/진단체 (EAA)
	융합바이오 (EB)	바이오분석기기 (EBA)
	치료기기 및 진단기기 (EC)	중재적 치료기기 (ECA)
		방사선치료기 (ECB)
		임상화학 및 생물 분석기기 (ECC)
		생체신호 측정/진단기기 (ECD)
		X-ray 및 CT (ECE)
		MRI (ECF)
	의료정보 및 시스템 (ED)	핵의학 및 분자 영상 진단기기 (ECG)
		의료정보표준화 (EDA)
U-HER(electronic health record) (EDB)		
	기타 의료 정보 및 시스템 (EDC)	
에너지 · 자원 (F)	스마트 그리드 (FA)	지능형 전력망-배전 (FAA)
		지능형 서비스-운영 (FAB)
		지능형 프로슈머-운송 (FAC)
	신재생에너지 (FB)	수열-열공급 (FBA)
		가스안전-가스사고예방기술 (FBB)
	에너지효율 향상 (FC)	열-열생산 설비기술 (FCA)
열-열사용 설비기술 (FCB)		
지식서비스 (G)	경영 · 마케팅전략서비스 (GA)	비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션 (GAA)
		시장조사/마케팅관리서비스 (GAB)
		기타경영 · 마케팅전략서비스기술 (GAC)
	금융 · 무역서비스 (GB)	전자금융서비스 (GBA)
	인적자원 역량개발 서비스 (GC)	인간-시스템 상호작용기술 (GCA)
	제조 · 엔지니어링서비스 (GD)	생산공정모델링/시뮬레이션서비스 (GDA)
		시험/검사/분석/품질관리서비스 (GDB)
		제조플랫폼 서비스 (GDC)
제조부가서비스 (GE)	유통물류서비스 (GEA)	
세라믹 (H)	광전자 소재 (HA)	유전체소재 (HAA)
		자성소재 (HAB)
		광/단결정소재 (HAC)
		초전도소재 (HAD)
	나노·융복합 소재 (HB)	나노하이브리드소재 (HBA)
		탄소복합재료 (HBB)
	세라믹 공정기술 (HC)	성형·가공기술 (HCA)
		부품 및 패키징 기술 (HCB)

Ⅲ-2. 양자기술 산업분야 관련 국제특허분류(IPC)

본 보고서의 분석을 수행하기 위해서는 양자기술 분야와 관련 있는 국제특허분류(IPC)를 기반으로 관련도가 높거나 적용/활용될 수 있는 산업기술분류를 매칭하는 방법을 제안함

하기 <표 3-3>은 양자기술 관련 유효특허 각각 들이 관련도가 높거나 적용/활용될 수 있는 산업분야를 크게 ①기계·소재, ②전기·전자, ③정보통신, ④화학, ⑤바이오·의료, ⑥에너지·자원, ⑦지식서비스, ⑧세라믹으로 구분하고, 각 세부 산업분야별 해당하는 IPC를 메인그룹(Main-group) 수준에서 연계하였음

일반적으로 선행연구에서는 IPC의 클래스(Class)나 서브클래스(Subclass) 수준에서 기술이 정의되고 있으나 양자기술 분야의 경우 분석 범위가 다소 제한되어 있으므로 상세한 요소까지로 분석수준을 정의할 필요가 있었음

<표 3-3>
양자기술 산업분야
관련 국제특허분류(IPC)

대분류	중분류	소분류	관련 국제특허분류(IPC)_Main-group
기계·소재 (A)	정밀생산기계 (AA)	CAD/CAM관련 S/W(AAA)	B29C64
		정밀생산기계 관련 IT·SW(AAB)	G05B19
	자동차/철도차량 (AB)	자동차/철도차량 관련 IT·SW(ABA)	B60W30
	에너지/환경기계 시스템 (AC)	냉동기계 (ACA)	H05K7, H01L39, H01L31, G06N10, G06F1, F25B21, F25B9, F17C3, B65D25, B01D8
		수처리 설비 (ACB)	C02F1
		에너지/환경 제어설비 (ACC)	F01N3, F01K27, F02M27
	로봇/자동화기계 (AD)	로봇 비전 및 생산자동화 기술 (ADA)	G05B19
		로봇 제어 및 지능화기술 (ADB)	B25J9, G05B13
	산업/일반기계 (AE)	농업기계 (AEA)	A01G22, A01M21
		산업/일반기계관련 S/W(AEB)	G06K19
	조선/해양시스템 (AF)	일반가공기계 (AEC)	B02C13
		해양레저 및 탐사장비 (AFA)	B63G8
	항공/우주 시스템 (AG)	인공위성체/탑재체 시스템 (AGA)	B64G1, H01S1, G04F5, G04F10, G01J11
		항공우주 지상설비 시스템 (AGB)	G01S7
나노·마이크로기계시스템 (AH)	나노 마이크로기계시스템 관련 IT·SW(AHA)	B82Y10, H01L27, H01L39, G02B5, G02B6, G05B19, G05B19	
소성가공/분말 (AI)	분말가공기술 (AIA)	B21D31	
	분말제조기술 (AIB)	B22F1	
청정생산 (AJ)	청정생산 공정설계 (AJA)	B41J2	
	환경친화제품 제조기술 (AJB)	B01D53	
	자원재활용 기술 (AJC)	A23L2, C05G3	
전기·전자 (B)	광응용기기 (BA)	레이저 관련부품 및 발생장치 (BAA)	G02B3, G02B23, G02F3, G01N21, G01K1, G06N10, H01L33, H01S1, H01S3, H01S4, H01S3, H01S5
		레이저 가공기 (BAB)	B23K26
		결상기기 (BAC)	G02B27
		광계측·제어기기 (BAD)	G01J3, G02B6, G02B1, G02B27, G02F1, G06N99, H04B10, H01L31
		광원 (BAE)	G01M11, G21K1, G06N10, G06E3, G02F3, G02F1, G02B6, G02B27, G06N1, H04B10, H01S5, H01S3, H01Q1, H01L33
광소자 (BAF)	H01S5		

전기 · 전자 (B)	반도체장비(BB)	노광·트랙장비(BBA)	G03F1, G03F7
		측정/검사 장비(BBB)	G01J4, G01J9
	중전기(BC)	송배전 및 보호/감시장치(BCA)	H02B1, H02B13, H02H7
	반도체소자및시스템 (BD)	Si 소자(BDA)	B82B1, H01L27
		화합물 소자(BDB)	B82Y10, H01L49, H01L39, H01L29, H01L27, G06N10
		MEMS 소자(BDC)	H05K7, H04B10, H03M13, H03K19, H03H7, H03H11, H03H1, H02M1, H01S3, H01R9, H01R12, H01P7, H01L39, H01L37, H01L29, H01L27, H01L23, H01J49, H01G5, H01M8, H01G4, H03B29, H05K1, H01P1, 1C23, G06N99, G06N10, G06F9, G06F17, G06F15, G03H5, G03H1, G02F3, G02F1, G02B5, G01N24, G01D5, G01B9
		Sensor용 소자(BDD)	G01R33
		SoC(BDE)	B82Y10, H05K1, H04L9, H04L45, H04L1, H04B10, H03M13, H03M1, H03K19, H03K17, H03H7, H03F19, H03F1, H01S5, H01P7, H01L49, H01L39, H01L31, H01L29, H01L27, H01L25, H01L23, H01L21, H01J9, H01J49, H01J37, H01J3, H01L43, H03D7, H01M4, H03K3, H01P1, H04B1, H01J03, G21K1, G11C29, G11C16, G11C13, G11C11, G11B33, G11B20, G06N1, G11B11, G06N99, G06N3, G06N10, G06F9, G06F8, G06F7, G06F30, G06F17, G06F15, G06F13, G06F11, G06F1, G06E3, G06E1, G05B19, G04F5, G02F3, G02F1, G02B6, G01R31, G01N24,
		설계 Tool(BDF)	H01L21, G06F1, G06N10
		전기전자부품(BE)	센서 부품(BEA)
	복합 부품(BEB)		H05K1
	플라즈마 발생용 부품(BEC)		H05H3
	계측기기(BF)	물리량 시험/분석 계측기(BFA)	G06F15, G01V3, G01L11, G01K7, G01K3, G01J3, G01J11, G01J1, G01H17, G01C22, G01C21, G01C3, G01K13, G01V1
		안전감시/진단 계측제어기(BFB)	G01D5
		전자 계측기(BFC)	H03K17, H01L29, G09B23, G06N10, H04L9, G02B6, G01R35, G01R33, G01R31, G01R29, G01R27, G01R21, G01R19, G01N22, G01N21, G01H09, G01C19, G01B9, G02F1, G01N13, G06N99, G06E1
		광계측기(BFD)	H04N1, H04N5, H01L39, H01L27, G21K1, G06N10, G06F30, G06E3, G05D23, G02F1, G02B6, G01S17, G01N21, G01M11, G01J11, G01J1, G01V7, G01S7

전기 · 전자 (B)	영상/음향 기기 (BG)	3차원 영상기기 (BGA)	G03H1
		화상통신 (BGB)	H04N5, H04N7, H04N19, H04N21
		스피커 (BGC)	G10H1, G10K11, G10K15
	디스플레이 (BH)	OLED (BHA)	H01L51
		디스플레이 제조장비 (BHB)	G02B1
	이동통신 (CA)	이동통신 서비스 (CAA)	H04W99, H04W72, H04W40, H04W24, H04L47, H04L43, H04L41, H04L27, H04L12, H04L1, H04B7, H04W28, H04W8, H04L9
		이동통신 시스템 (CAB)	H04L9, H04L25, H04J3, H04J14, G21G5, G06F15, G06F1, H04B7, H04W4, H04L1, H04L27, H04W48
	디지털방송 (CB)	디지털 방송 콘텐츠 (CBA)	G10L25
	위성-전파 (CC)	위성통신·방송 전송 (CCA)	H04N5, H04L7, H04L1, H04B7, B64G1, H04B17, H04L12
		위성항법 (CCB)	G08C23, G05D3, G01S19, G01S17, G01S7, G01J1, G01C21
EMI/EMC (CCC)		H04B3	
전자파 진단 및 방호 (CCD)		H02G13	
홈네트워크 (CD)	유·무선 홈네트워크 기술 (CDA)	H04W4	
광대역 통합망 (CE)	전달망 (CEA)	H04Q11, H04L67, H04L5, H04B10, H01J49, H01J40, G21K5, G06N10, G06F17, G06F15	
U-컴퓨팅 (CF)	U-컴퓨팅 플랫폼 및 응용기술 (CFA)	H04Q9	
정보 통신 (C)	소프트웨어 (CG)	임베디드 SW (CGA)	H04W56, H04N9, H04M3, H04L29, H04L12, H04B10, H03M7, H03M13, H03K19, H03H11, H01L29, G16B15, G10L17, G09B25, G09B23, G06T17, G06N99, G06N7, G06N5, G06N3, G06N20, G06N10, G06K9, G06J3, G06J1, G06G7, G06F9, G06F8, G06F7, G06F40, G06F30, G06F3, G06F17, G06F16, G06F15, G06F13, G06F12, G06F11, G06F1, G06E1, G05B19, G02B6, G10L19, H04L25, H04L9, G16H4, G06Q4, B82Y10, H01L39, G06N1, G06F7, G06N3, G06N5, G06K9
		SW솔루션 (CGB)	G06F9, G06N10, G06N99
		System Integration (CGC)	G06F17, G05B19
	디지털콘텐츠 (CH)	컴퓨터 그래픽 (CHA)	H04B10, G06V40, G06V30, G06V10, G06T7, G06T5, G06T3, G06T1, G06N10, G06K9, G06F3, G06T11
		가상현실 (CHB)	G09B9, G09B5, G09B23, G09B19
		게임 및 러닝 (CHC)	G07F17
	지식정보보안 (CI)	정보보안 (CIA)	H04W12, H04W4, H04N7, H04L9, H04L7, H04L67, H04L51, H04L29, H04L12, H04L1, H04K3, H04K1, H04J3, H04B10, H04B1, G09C1, G09B19, G06T1, G06Q30, G06Q20, G06N7, G06N10, G06K9, G06K7, G06F9, G06F7, G06F21, G06F15, G06F11, G05D1, G02F3, G02F1, G02B6, G02B17, H04B7, G09C5, G06N99, G06N5, G06F7, H04L9
		물리보안 (CIB)	H04B10, G06N3
		융합보안 (CIC)	G08B17, G08B13, G08B7, G07C9, H04W88

정보 통신 (C)	정보통신 모듈 및 부품 (CJ)	이동통신 모듈 및 부품 (CJA)	H04M1, H03K5, H03K3, H03H9, H03H7, H03F3, H03F1, H03B15, H04W52, B82Y10, G06N10	
		광통신 모듈 및 부품 (CJB)	H04L9, H04B5, H04B17, H04B10, H04B1, G21K1, G06N99, G06N10, G06F5, G06E3, G05G5, G05D3, G05B19, G02F3, G02F2, G02F1, G02B6, G02B27, G02B23, B65G47, H04L9	
		멀티미디어 모듈 및 부품 (CJC)	H04N5	
		안테나 모듈 및 부품 (CJD)	H01Q1, H04B7	
	ITS/텔레매틱스 (CK)	ITS 응용서비스 (CKA)	H04W72, H04W12, H04W4, H04L9, H04L29, G08G5, G08G1, G06Q10, G05D1, G05B13, G01D21, G06Q50, G06N99, G06N10	
화학 (D)	정밀화학 (DA)	화장품/소재 (DAA)	A61K8	
		전자산업용 정밀화학소재 (DAB)	C07D213	
	고분자재료 (DB)	복합재료제조기술 (DBA)	B01D69, C09K11	
		나노소재기술 (DBB)	C08G63, C07H21, C07D487, C07D209, C01G45, C01G03, B82B3, G06N99, G01Q30, G06F15, G06N10	
	수질/토양 (DC)	해양오염 방지기술 (DCA)	C02F9	
	섬유재료 (DD)	합성섬유 (DDA)	D06M13	
나노섬유 (ddb)		D06P5		
바이오 · 의료 (E)	의약바이오 (EA)	시약/진단체 (EAA)	A61K38	
	융합바이오 (EB)	바이오분석기기 (EBA)	A61K31, G06F17	
		중재적 치료기기 (ECA)	A61M3, A61M37	
		방사선치료기기 (ECB)	A61N1, A61N2, A61N5	
		임상화학 및 생물 분석기기 (ECC)	G06F17, G01N33	
		생체신호 측정/진단기기 (ECD)	A61B5, A61N1	
		치료기기 및 진단기기 (EC)	X-ray 및 CT (ECE)	H04B10, G06N10, G06F30, G06F15, G01N21, G01T1, G06N99
			MRI (ECF)	G06N10, G01V3, G01R33, A61K49, A61B5
	핵의학 및 분자 영상 진단기기 (ECG)		A61B6, G06T11, G01N21, G16C10	
	의료정보 및 시스템 (ED)	의료정보표준화 (EDA)	G16H70	
U-HER(electronic health record) (EDB)		G16H50		
기타 의료 정보 및 시스템 (EDC)		G16B5, G16B15, G16B30		
에너지 · 자원 (F)	스마트 그리드 (FA)	지능형 전력망-배전 (FAA)	H02J3, H04L12, H04W16, G06Q10	
		지능형 서비스-운영 (FAB)	G06Q50	
		지능형 프로슈머-운송 (FAC)	B65B51	
	신재생에너지 (FB)	수열-열공급 (FBA)	G05D23	
		가스안전-가스사고예방기술 (FBB)	G01J1, G01M3	
	에너지효율 향상 (FC)	열-열생산 설비기술 (FCA)	H05B3	
열-열사용 설비기술 (FCB)		H05K7		

지식 서비스 (G)	경영·마케팅전략 서비스(GA)	비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션 (GAA)	G06F15, G06F16, G06F17, G06Q10
		시장조사/마케팅관리서비스 (GAB)	G06N10, G06Q30
		기타경영·마케팅전략서비스기술 (GAC)	G06F17, G06Q50
	금융·무역서비스(GB)	전자금융서비스 (GBA)	G06F17, G06N10, G06Q10, G06Q20, G06Q40
	인적자원 역량개발 서비스(GC)	인간-시스템 상호작용기술 (GCA)	A61B5, G06F3, G06N7
제조·엔지니어링 서비스(GD)	생산공정모델링/시뮬레이션서비스 (GDA)	H01L21, G06F17, G06N10, G06F30, G06N99, G16C10	
	시험/검사/분석/품질관리서비스 (GDB)	G01N1, G01N21	
제조부가서비스(GE)	제조플랫폼 서비스 (GDC)	G05B19	
	유통물류서비스(GEA)	G06N10	
세라믹 (H)	광전자 소재(HA)	유전체소재(HAA)	C03C3, G02B6
		자성소재(HAB)	C07F19, C07F5, C01B19, H01F7, H01F6, H01F17, H01F1, H02J15
		광/단결정소재(HAC)	H01L21, G02B6, G02B1, G01N22, G01N21, G01J1, C30B35, C30B29, C30B25, C30B21, C30B19, C25D07, C23C16, C23C14, C09D5, C07F15, C07F5, C03C15, C03C14, C03C12, C01B32, B29C55, G01R33, G06N10, G01N24
	나노·융복합소재(HB)	초전도소재(HAD)	H01B12, H01L39, G06N10, G06N99
		나노하이브리드소재(HBA)	G02B1
	세라믹 공정기술(HC)	탄소복합재료(HBB)	B82Y10, C01B3, C01B31, C01B32, C01G29, C08L87
성형·가공기술(HCA)		B23K26, C04B41, H01L39	
	부품 및 패키징 기술(HCB)	G02B6	

상술한 바와 같이 양자기술 분야와 관련있는 국제특허분류(IPC)를 기반으로 관련도가 높거나 적용/활용될 수 있는 산업기술분류를 매칭시킴으로써, 양자기술 관련 특허출원활동이 어떤 산업분야에 적용 및 활용되는지, 얼마나 활발히 이루어지는지, 그리고 양자기술 관련 산업 간 융합이 이루어지는지를 정량적으로 분석할 수 있음

또한, 향후 양자기술 관련 특허를 살펴봄에 있어, 상기 <표 3-3>의 국제특허분류(IPC)의 메인그룹(Main-group)과의 매칭을 통해서 어떤 산업기술분류와 연관성이 있는지를 쉽게 확인할 수 있을 것으로 사료됨

뿐만 아니라, 아래 <그림 3-1>과 같이 2022년 9월에 발의된 ‘산업기술혁신 촉진법 일부개정법률안(박영순의원 등 10인)’에서 중복투자를 막고 국가핵심기술을 보호 및 육성하기 위해 산업기술분류체계와 특허분류체계를 병용하는 법률안의 의도에 맞는 양자기술 관련 기초분류자료로서 사용될 수 있을 것으로 판단됨

<그림 3-1> ‘산업기술혁신 촉진법 일부개정법률안’ 내용



Ⅲ-3. 양자기술 특허-산업 연계 소분류별 유효특허 선별결과

〈표 3-3〉 양자기술
특허-산업 연계
소분류별 유효특허
선별결과

대분류	소분류	유효특허 건수								합계
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CNIPA)	PCT (WIPO)	호주 (AU)	이스라엘 (IL)	
기계· 소재 (A)	CAD/CAM 관련 S/W(AAA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	정밀생산기계 관련 IT-SW(AAB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	자동차/철도차량 관련 IT-SW(ABA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	냉동기계(ACA)	0	8	0	4	7	0	1	0	20
	수처리 설비(ACB)	0	0	0	0	5	0	0	0	5
	에너지/환경 제어설비(ACC)	0	0	0	1	3	0	0	0	4
	로봇 비전 및 생산자동화 기술(ADA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	로봇 제어 및 지능화 기술(ADB)	0	0	1	1	2	0	0	0	4
	농업기계(AEA)	0	0	0	0	4	0	0	0	4
	산업/일반기계관련 S/W(AEB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	일반가공기계(AEC)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	해양레저 및 탐사장비(AFA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	인공위성체/탐사체 시스템(AGA)	0	0	3	0	4	6	0	0	13
	항공우주 지상설비 시스템(AGB)	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	나노 마이크로기계시스템 관련 IT-SW(AHA)	0	6	0	8	2	1	7	3	27
	분말가공기술(AIA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	분말제조기술(AIB)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	청정생산 공정설계(AJA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	환경친화제품 제조기술(AJB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	자원재활용 기술(AJC)	0	0	0	0	2	0	0	0	2
전기· 전자 (B)	레이저 관련부품 및 발생장치(BAA)	2	8	3	1	24	1	1	1	41
	레이저가공기(BAB)	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	결상기기(BAC)	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	광계측·제어기기(BAD)	0	9	1	4	20	2	2	0	38
	광원(BAE)	1	16	0	4	41	4	0	0	66
	광소자(BAF)	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	노광·트랙장비(BBA)	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	측정/감사장비(BBB)	0	1	0	0	6	0	0	0	7
	송배전 및 보호/감시장치(BCA)	1	0	0	0	3	0	0	0	4
	Si 소자(BDA)	1	1	1	0	0	0	0	0	3
	회합물 소자(BDB)	1	8	0	8	1	0	3	0	21
	MEMS 소자(BDC)	2	62	3	41	12	8	20	2	150
	Sensor용 소자(BDD)	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	SoC(BDE)	49	383	139	163	417	89	83	8	1,331
	설계 Tool(BDF)	0	0	1	1	1	0	0	0	3
	센서 부품(BEA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	복합 부품(BEB)	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	플라즈마 발생용 부품(BEC)	0	3	0	0	1	0	0	0	4
	물리량 시험/분석 계측기(BFA)	0	8	0	1	15	0	1	0	25
	안전감시/진단 계측제어기(BFB)	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	전자 계측기(BFC)	1	8	0	13	19	2	0	0	43
	광계측기(BFD)	1	7	1	10	30	0	0	0	49
	3차원 영상기기(BGA)	0	1	0	0	1	0	0	0	2
	화상통신(BGB)	0	1	0	0	9	1	0	0	11
스피커(BGC)	0	1	0	0	0	2	0	0	3	
OLED(BHA)	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
디스플레이 제조장비(BHB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1	

정보 통신 (C)	이동통신서비스(CAA)	2	5	0	8	28	1	0	0	44
	이동통신시스템(CAB)	1	6	1	8	3	1	0	0	20
	디지털방송 콘텐츠(CBA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	위성통신·방송 전송(CCA)	2	3	0	4	8	1	0	0	18
	위성항법(CCB)	1	0	0	2	12	0	0	0	15
	EMI/EMC(CCC)	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	전자파진단및방호(CCD)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	유·무선홈네트워크기술(CDA)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	전달망(CEA)	0	9	0	0	11	0	0	0	20
	U-컴퓨팅플랫폼및응용기술(CFA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	임베디드 SW(CGА)	12	198	14	98	192	16	43	5	578
	SW솔루션(CGB)	0	4	0	3	1	0	8	0	16
	System Integration(CGC)	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	컴퓨터 그래픽(CHA)	0	3	1	1	31	1	1	0	38
	가상현실(CHB)	0	1	0	0	3	2	0	0	6
	게임 및 u-러닝(CHC)	0	3	0	0	0	0	0	0	3
	정보보안(CIA)	21	104	88	126	861	21	13	1	1,235
	물리보안(CIB)	1	0	0	0	0	0	1	0	2
	융합보안(CIC)	0	2	0	1	6	0	0	0	9
	이동통신 모듈 및 부품(CJA)	0	7	2	1	7	0	2	0	19
광통신 모듈 및 부품(CJB)	14	54	18	25	211	8	3	0	333	
멀티미디어 모듈 및 부품(CJC)	0	0	0	1	1	0	0	0	2	
안테나 모듈 및 부품(CJD)	0	0	1	0	1	0	0	0	2	
ITS 응용서비스(CKA)	0	3	0	1	22	1	3	0	30	
화학 (D)	화장품/소재(DAA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	전자산업용 정밀화학소재(DAB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	복합재료제조기술(DBA)	0	0	0	1	2	0	0	0	3
	나노소재기술(DBB)	0	2	1	3	6	0	3	0	15
	해양오염방지기술(DCA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	합성섬유(DDA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	나노섬유(DDB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
바이오· 의료 (E)	시약/진단체(EAA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	바이오분석기기(EBA)	0	1	1	0	1	1	0	0	4
	중재적치료기기(ECA)	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	방사선치료기(ECB)	0	1	2	0	4	0	0	0	7
	임상화학및 생물 분석기기(ECC)	0	4	1	0	0	0	0	0	5
	생체신호 측정/진단기기(ECD)	0	0	0	0	4	0	0	0	4
	X-ray 및 CT(ECE)	0	2	0	5	2	1	0	0	10
	MRI(ECF)	0	2	0	1	3	0	0	0	6
	핵의학및 분자영상 진단기기(ECG)	0	1	0	0	3	0	0	0	4
	의료정보표준화(EDA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	U+HER(electronic health record)(EDB)	0	3	0	0	2	0	0	0	5
	기타의료 정보 및 시스템(EDC)	0	0	0	1	5	0	0	0	6

에너지·자원 (F)	지능형 전력망-배전 (FAA)	0	0	1	0	10	0	0	0	11
	지능형 서비스-운영 (FAB)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	지능형 프로슈머-운송 (FAC)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	수열-열공급 (FBA)	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	가스안전-가스사고예방기술 (FBB)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	열-열생산 설비기술 (FCA)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	열-열사용 설비기술 (FCB)	0	1	0	0	1	0	0	0	2
지식 서비스 (G)	비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션 (GAA)	1	7	3	0	18	1	0	0	30
	시장조사/마케팅관리서비스 (GAB)	0	5	0	1	4	0	0	0	10
	기타경영·마케팅전략서비스기술 (GAC)	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	전자금융서비스 (GBA)	0	10	1	0	30	0	0	0	41
	인간-시스템 상호작용기술 (GCA)	0	1	0	0	5	0	0	0	6
	생산공정모델링/시뮬레이션서비스 (GDA)	1	12	7	0	18	0	0	0	38
	시험/검사/분석/품질관리서비스 (GDB)	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	제조플랫폼 서비스 (GDC)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	유통물류서비스 (GEA)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
세라믹 (H)	유전체소재 (HAA)	0	1	0	0	1	0	0	0	2
	자성소재 (HAB)	0	2	0	2	6	0	0	0	10
	광/단결정소재 (HAC)	1	3	3	11	26	1	1	1	47
	초전도소재 (HAD)	0	2	0	4	3	0	0	0	9
	나노하이브리드소재 (HBA)	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	탄소복합재료 (HBB)	0	1	1	2	1	1	0	3	9
	성형-가공기술 (HCA)	0	0	0	1	2	0	0	0	3
	부품 및 패키징 기술 (HCB)	0	1	0	0	0	0	0	0	1
총계		119	1,006	308	575	2,242	177	200	21	4,648





IV

양자기술 특허기술동향조사 보고서

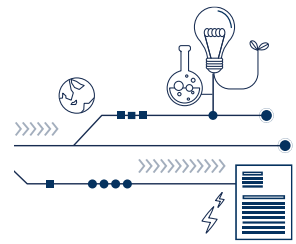
양자기술 관련 산업 동향 분석

1. 산업분야별 특허 Landscape
2. 국가별 주력산업분야 Landscape



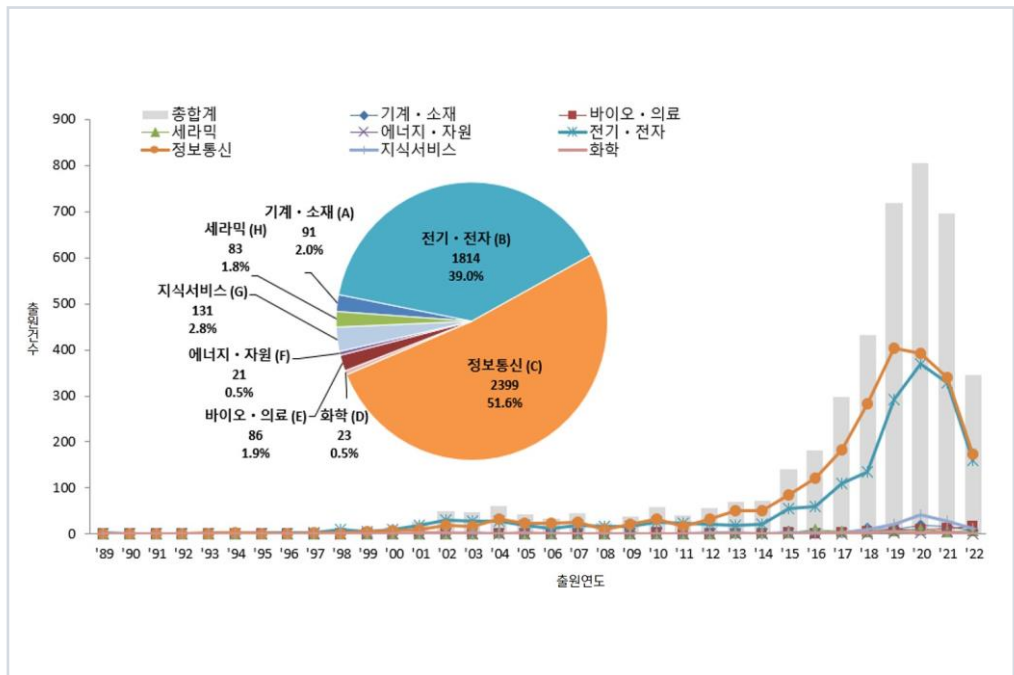
chapter
IV

양자기술 관련 산업 동향 분석



IV-1. 산업분야별 특허 Landscape

1-1. 양자기술 관련 전체 산업 특허동향 분석



〈그림 4-1〉 양자기술 관련 전체 산업 연도별 특허동향

양자기술 관련 유효특허 4,648건(100%)의 특허출원 관련 산업 분야를 살펴보면, 정보통신(C) 분야 2,399건(51.6%), 전기·전자(B) 분야 1,814건(39.0%), 지식서비스(G) 분야 131건(2.8%), 기계·소재(A) 분야 91건(2.0%), 바이오·의료(E) 분야 86건(1.9%), 세라믹(H) 분야 83건(1.8%), 화학(D) 분야 23건(0.5%), 에너지·자원(F) 분야 21건(0.5%) 순으로 관련 산업 분야의 비중이 높은 것으로 나타남

양자기술 관련 대분류별 특허 동향을 살펴보면, 1990~2010년까지는 전기·전자(B) 분야의 기술을 시작으로 정보통신(C) 분야의 기술이 함께 증가하는 추세였으나, 2010년 초반부터 최근까지 정보통신(C) 분야의 기술이 전기·전자(B) 분야보다 양적으로 급증하는 추세를 보임. 특히, 2010년경에는 정보통신(C) 분야에서 양자암호통신에 대해 유럽의 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 ISG(Industry Specification Group) 수준의 규격 표준화를 시작하는 사건이 발생하면서 이후부터 양자통신 관련 특허출원 활동이 많이 발생한 것으로 사료됨

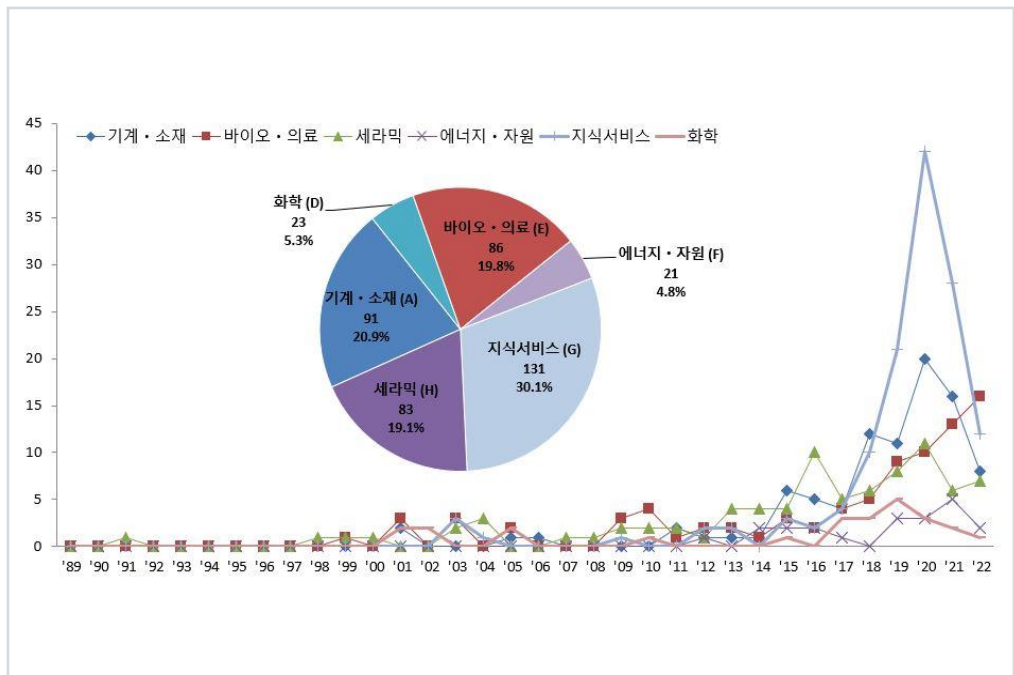
〈표 4-1〉
전기·전자(B) 분야 및
정보통신(C) 분야 산업
출원 기술 분포 변화

출원구간	전기·전자 (B)	정보통신 (C)
'90~ '00	33	26
'01~ '10	217	215
'11~ '22	1562	2158

전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야의 경우 2021년부터 2022년까지 전체 특허출원 건수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 이는 양자기술 관련한 시장 관심도나 기술 관심도가 감소한 것에 의한 것이 아닌, 주요 시장국의 특허법에 따른 출원 공개제도에 의해 미공개 건들이 다수 존재하기 때문으로, 실질적으로 2021년 이후에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상함

한편, 양자기술 관련 전체 산업의 90.6%를 차지하는 전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야를 제외한 타산업의 특허 동향을 살펴보면, 다음 하기 〈그림 4-2〉와 같음

〈그림 4-2〉
전기·전자(B) 분야 및
정보통신(C) 분야 제외
타산업 연도별
특허동향



전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야를 제외한 양자기술 특허 건수 중에서 지식서비스(G) 분야 30.1%, 기계·소재(A) 분야 20.9%, 바이오·의료(E) 분야 19.8%, 세라믹(H) 분야 19.1%, 화학(D) 분야 5.3%, 에너지·자원(F) 분야 4.8% 순으로 산업 분야의 비중이 높은 것으로 나타남

전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야를 제외한 타산업 분야 중에서도 지식서비스(G) 분야 및 기계·소재(A) 분야의 비중이 타산업 분야의 약 절반을 차지하고 있어서, 전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야를 제외한 타산업 분야 중에서도 지식서비스(G) 분야 및 기계·소재(A) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발한 것으로 보임

특히, 2015년 이후부터 지식서비스(G) 분야의 출원이 타분야 대비 급격히 증가하였고, 바이오·의료(E) 분야의 특허출원 활동도 타년도 대비 활발하게 증가하는 추세인 것으로 나타남. 또한, 세라믹(H) 분야의 특허출원 활동도 증감을 반복하지만 꾸준히 이뤄지고 있는 것으로 나타남

화학(D) 분야 및 에너지·자원(F) 분야는 특허 양적으로 타분야보다는 미미하지만, 2015년 이후부터 특허 활동이 적지만 꾸준히 발생되고 있는 것으로 나타남. 상기 화학(D) 분야 및 에너지·자원(F) 분야는 현재는 미미하지만 향후 양자기술 도입으로 크게 발전될 것으로 예상됨

전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야를 제외한 타산업 분야의 경우도, 전기·전자(B) 분야 및 정보통신(C) 분야와 마찬가지로 2021년부터 2022년까지 전체 특허 출원 건수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 이는 양자기술 관련한 시장 관심도나 기술 관심도가 감소한 것을 나타내는 것이 아닌, 주요 시장국의 특허법에 따른 출원 공개제도에 의해 미공개 건들이 다수 존재하기 때문으로, 실질적으로 2021년 이후에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상됨

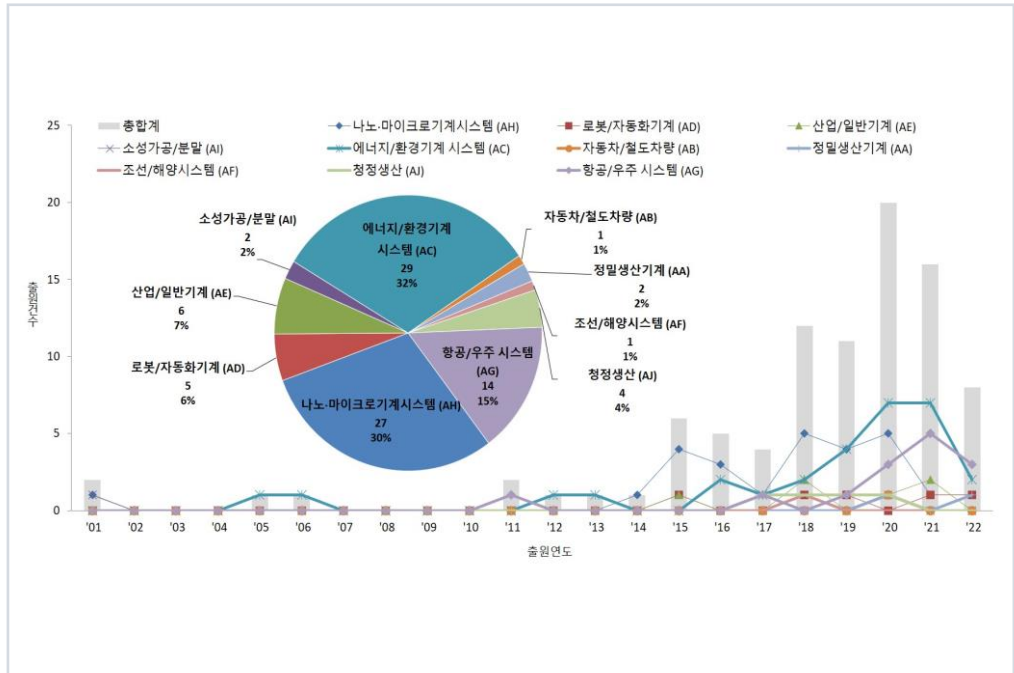
양자기술 관련 전체 산업 분야는 양자기술 전반에 관심이 급증함과 동시에 해당 기술 분야에 대하여 최근 몇 년 사이 국내외 정부 출연 연구비와 기업 R&D 투자 규모도 급증하는 추세에 따라 향후 출원활동이 크게 증가할 것으로 판단됨



1-2. 양자기술 관련 세부산업(중분류)별 특허동향 분석

1 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-3〉
기계·소재(A) 산업 분야
연도별 특허동향



양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 2014년까지 미미한 특허출원을 보이다가 2017년까지 적지만 꾸준한 증감을 반복하다 2017년 이후부터 최근까지 급증하는 추세를 나타내고 있음. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

양자기술 관련 기계·소재(A) 산업은 2021년부터 2022년까지 관련 특허출원 건수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 이는 양자기술 관련 기계·소재 시장 관심도나 기술 관심도가 감소한 것을 나타내는 것이 아닌, 주요 시장국의 특허법에 따른 출원 공개제도에 의해 미공개 건들이 다수 존재하기 때문으로, 실질적으로 2021년 이후에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상됨

양자기술 관련 기계·소재(A) 분야 중에서 에너지/환경기계 시스템(AC) 분야 및 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야는 각각 기계·소재(A) 분야의 총 특허출원건수의 32%, 30%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련에너지/환경기계 시스템(AC) 분야 및 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 기계·소재(A) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

에너지/환경기계 시스템(AC) 분야에서는 2005년부터 특허출원활동이 나타나며, 2015년 이후부터 최근까지 적지만 꾸준한 출원 증가율을 보이고 있음. 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야에서는 2000년대 초반부터 특허출원활동이 나타나며, 에너지/환경기계 시스템(AC) 분야와 마찬가지로 최근까지 꾸준한 출원 증가율을 보이고 있음

에너지/환경기계 시스템(AC) 분야 및 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야를 제외하고 기계·소재(A) 분야에서 가장 큰 비중을 보이고 있는 분야는 항공/우주 시스템(AG) 분야로서, 항공/우주 시스템(AG) 분야는 2017년부터 특허출원활동이 나타나고 있으며 미미하지만 2019년부터 최근까지 해마다 5건 이내로 꾸준한 특허창출 활동을 보이고 있는 것으로 나타남

상술한 분야 이외에도, 기계·소재(A) 분야에 속하는 산업분야들은 대부분 최근 5년 이내에 특허출원활동이 나타나고 있는 것으로 확인되며, 특히 산업/일반기계(AE) 분야, 로봇/자동화기계(AD) 분야, 청정생산(AJ) 분야와 연관된 양자기술 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 양자기술을 활용하여 산업/일반기계(AE) 분야, 로봇/자동화기계(AD) 분야, 청정생산(AJ) 분야와 같은 산업 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것을 확인할 수 있었음.

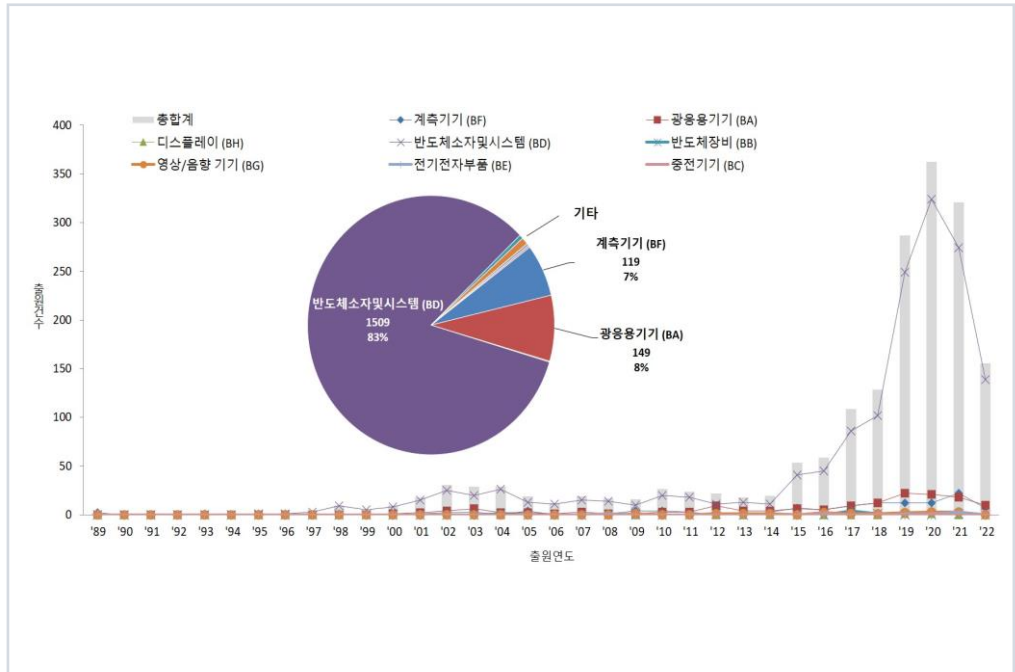
이를 통해서, 향후 양자기술이 기계·소재(A) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 ‘스마트팩토리 분야, 로봇 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

예컨대, 로봇/자동화기계(AD) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 2021년 오스트리아 비엔나 대학(University of Vienna)의 실험이 있음. 이 실험은 양자기술이 로봇의 학습 과정의 속도를 높일 수 있음을 밝힘. 미래 양자 인공지능의 발전에 이바지하는 이번 연구는 과학저널 네이처(Nature) 최신호에 게재된 바 있음

2) ‘Experimental quantum speed-up in reinforcement learning agents’ Nature volume 591, pages229-233 (2021)

2 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-4〉
전기·전자(B) 산업
분야 연도별 특허동향



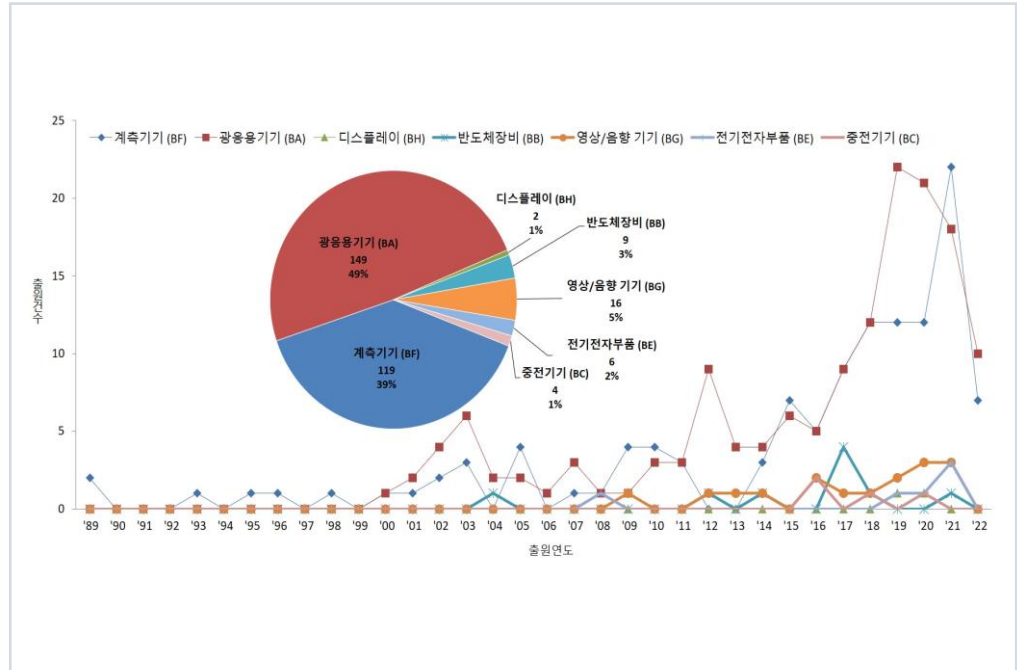
양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 2014년까지 30건 내외의 꾸준한 특허출원을 보이다가 2015년 이후부터 최근까지 급증하는 추세를 나타내고 있음. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

양자기술 관련 전기·전자(B) 산업은 2021년부터 2022년까지 관련 특허 출원 건수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 이는 양자기술 관련 전기·전자(B) 시장 관심도나 기술 관심도가 감소한 것을 나타내는 것이 아닌, 주요 시장국의 특허법에 따른 출원 공개제도에 의해 미공개 건들이 다수 존재하기 때문으로, 실질적으로 2021년 이후에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상됨

한편, 반도체소자 및 시스템(BD) 분야는 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 총합계 그래프와 매우 유사한 양상을 보여 양자기술 관련 전기·전자(B) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 또한, 반도체소자및시스템(BD) 분야는 전기·전자(B) 분야의 특허 총건수인 1,814건 중에서 1,509건(83%)를 차지하고 있어 본 전기·전자(B) 산업 분야의 주력 산업 분야인 것으로 판단됨

한편, 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업분야의 83%를 차지하는 반도체소자및시스템(BD) 분야를 제외한 전기·전자(B) 분야의 특허동향을 살펴보면, 다음 하기 <그림 4-5>와 같음

<그림 4-5>
반도체소자및시스템(BD)
분야를 제외한
전기·전자(B) 분야
연도별 특허동향



반도체소자및시스템(BD) 분야를 제외한 전기·전자(B) 분야의 특허 건수 중에서 광응용기기(BA) 분야 49%, 계측기기(BF) 분야 39%, 영상/음향기기(BG) 분야 5%, 반도체장비(BB) 분야 3%, 전기전자부품(BE) 분야 2%, 중전기기(BC) 분야 1%, 디스플레이(BH) 분야 1% 순으로 전기·전자(B) 산업분야의 비중이 높은 것으로 나타남

양자기술 관련 전기·전자(B) 분야 중에서 반도체소자및시스템(BD) 분야를 이어, 광응용기기(BA), 계측기기(BF) 분야 순으로 특허출원건수가 높은 것으로 나타나, 광응용기기(BA) 및 계측기기(BF) 분야의 특허 출원 및 연구 개발 등의 기술활동이 활발한 것으로 판단됨

계측기기(BF) 분야는 분석구간(1990년) 초기부터 특허출원활동이 보이며, 2013년을 기점으로 최근까지 꾸준한 특허출원 증가세를 보이는 것으로 나타남. 또한, 광응용기기(BA) 분야는 계측기기(BF) 분야보다는 늦은 시점인 2000년대 초반부터 특허출원활동이 보이나, 2000년대 초반부터 최근까지 계측기기(BF) 분야보다는 양적으로 큰 특허출원을 보이며 특히 2010년 중반부터 최근까지 급격한 특허 출원 증가세를 나타내고 있음

상술한 분야 이외에도, 전기·전자(B) 분야에 속하는 산업분야들은 최근 5년 이내에 적지만 꾸준한 특허출원 증감세를 보이는 것으로 나타나며, 그중에서도 영상/음향기기(BG) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 양자기술을 활용하여 영상/음향기기(BG) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것을 확인할 수 있었음.

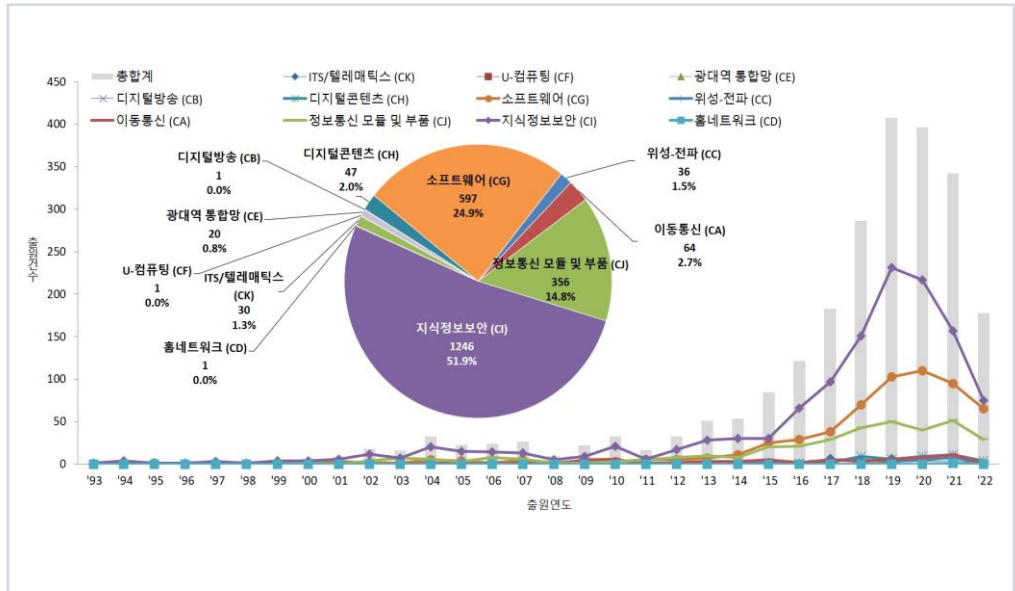
이를 통해서, 향후 양자기술이 전기·전자(B) 산업 분야에서 영상/음향기기와 연관성이 높은 '메타버스(Metaverse) 및 디지털 트윈(digital twin) 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

예컨대, 영상/음향기기(BG) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례는 구체적으로 없으나, 유사하게 한국표준과학연구원(KRISS)과 포스코공과대학교 공동연구팀이 2022년 6월에 음향, 소음, 진동의 변화를 실시간으로 예측하고 문제를 해결할 수 있는 기반기술인 AI기반 음향 시뮬레이션 기술을 개발한 사례를 들 수 있을 것임. AI기반 음향 시뮬레이션 기술은 다양한 대상의 음향 상태를 모니터링하고 AI가 시뮬레이션을 거쳐 내린 의사결정을 반영해 성능을 최적화할 수 있음. 이러한 기술은 가상세계에 현실 속 사물의 쌍둥이를 만든 뒤 다양한 시뮬레이션을 통해 검증하는 기술인 디지털 트윈(digital twin)에 적용될 것으로 기대되고 있음



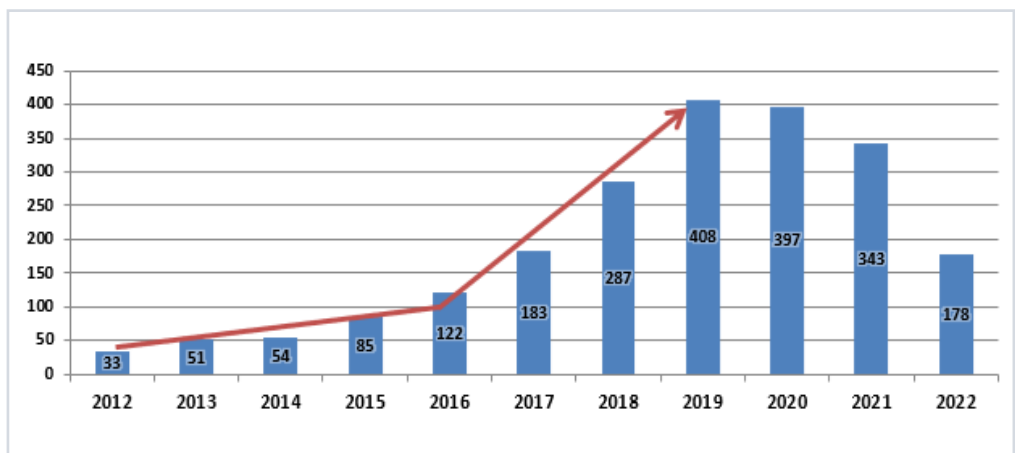
3 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-6〉
정보통신(C) 산업 분야
연도별 특허동향



〈그림 4-6〉 및 〈그림 4-7〉에 근거하여 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 2000년대 초반부터 2012년까지 30건 내외 특허출원을 보이다가 2016년을 기점으로 최근 2019년까지 급증하는 추세를 나타내고 있음. 또한, 2020년에는 약간 줄어드는 특허출원을 보이거나 2021년~2022년 특허는 특허법상 미공개 특허가 존재하므로 감소 추세라고 보기에 무리가 있음. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

〈그림 4-7〉
정보통신(C) 산업 분야
연도별 특허동향
(2012~2022)



양자기술 관련 정보통신(C) 분야 중에서 지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야는 각각 정보통신(C) 분야의 총 특허출원건수의 51.9%, 24.9, 14.8%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 정보통신(C) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

한편, 상기 지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야의 비중을 모두 합치면 정보통신(C) 분야의 총 특허출원건수의 91.6%를 차지하므로 상기 3개의 산업분야에서 양자기술과 연관되어 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발한 것으로 판단됨

지식정보보안(CI) 분야는 2000년대 초반부터 특허출원이 활발하게 나타나며, 이후 2015년까지 30건 내외의 특허출원을 꾸준히 보이다가 2015년을 기점으로 최근까지 급격한 출원 증가율을 보이고 있음

소프트웨어(CG) 분야 역시 2000년대 초반부터 특허출원이 활발하게 나타나며, 이후 2015년까지 20건 미만의 특허출원을 꾸준히 보이다가 2015년을 기점으로 최근까지 급격한 출원 증가율을 보이고 있음. 다만, 소프트웨어(CG) 분야의 출원 증가세는 지식정보보안(CI) 분야의 출원 증가세보다 기울기가 적은 양상을 나타내고 있음

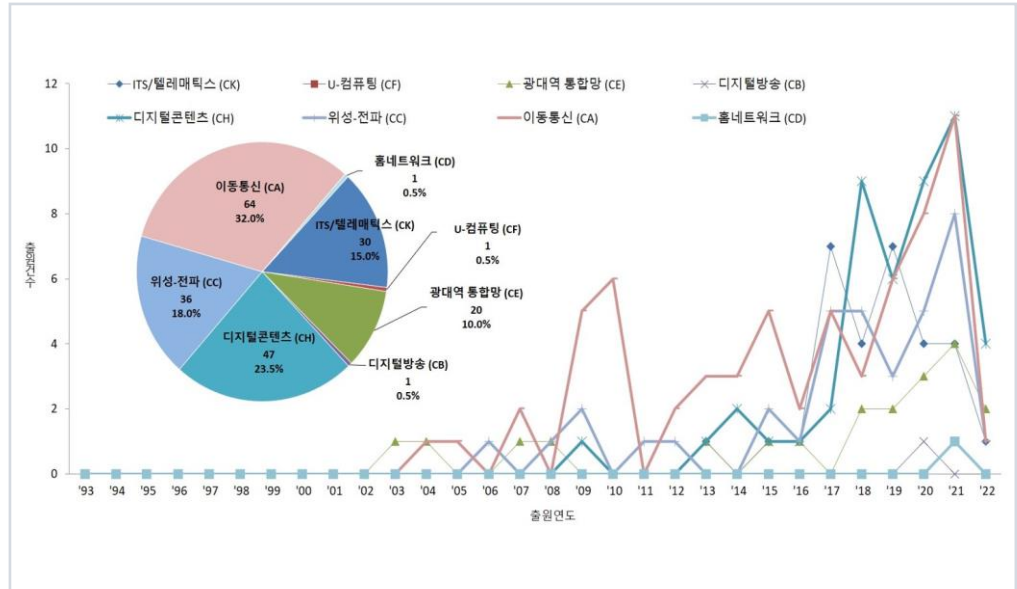
정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야에서도 2000년대 초반부터 특허출원이 활발하게 나타나며, 이후 2015년까지 10건 내외의 특허출원을 꾸준히 보이다가 2015년을 기점으로 최근까지 급격한 출원 증가율을 보이고 있음. 다만, 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야의 출원 증가세는 지식정보보안(CI) 분야 및 소프트웨어(CG) 분야의 출원 증가세보다 기울기가 적은 양상을 나타내고 있음

이를 통해, 지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야는 지식정보보안(CI) 분야를 선두로 소프트웨어(CG) 분야, 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야 순으로 특허출원활동이 발생하는 것으로 판단할 수 있음



한편, 양자기술 관련 정보통신(C) 산업분야의 91.6%를 차지하는 지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야를 제외한 정보통신(C) 분야의 특허 동향을 살펴보면, 다음 하기 <그림 4-8>와 같음

<그림 4-8>
지식정보보안(CI) 분야,
소프트웨어(CG) 분야,
및 정보통신 모듈 및
부품(CJ) 분야를
제외한 정보통신(C)
분야 연도별 특허동향



지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ)분야를 제외한 정보통신(C) 분야의 특허 건수 중에서 이동통신(CA) 분야 32%, 디지털콘텐츠(CH) 분야 23.5%, 위성·전파(CC) 분야 18%, ITS/텔레매틱스(CK) 분야 15%, 광대역 통합망(CE) 분야 10%, 디지털방송(CB) 분야 0.5%, 홈네트워크(CD) 분야 0.5% 순으로 정보통신(C) 산업분야의 비중이 높은 것으로 나타남

양자기술 관련 정보통신(C) 분야 중에서 지식정보보안(CI) 분야, 소프트웨어(CG) 분야, 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야를 이어, 다음으로 이동통신(CA) 분야, 디지털콘텐츠(CH) 분야, 위성·전파(CC) 분야, ITS/텔레매틱스(CK) 분야, 광대역 통합망(CE) 분야 순으로 특허출원건수가 높은 것으로 나타나, 이동통신(CA) 분야, 디지털콘텐츠(CH) 분야, 위성·전파(CC) 분야, ITS/텔레매틱스(CK) 분야, 광대역 통합망(CE) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발한 것으로 판단됨

이동통신(CA) 분야는 2000년대 초기부터 특허출원활동이 보이며, 2000년대 후반에 증가하다 2010년대에 들어서면서 감소세 및 증감세를 반복하는 양상을 보이다 2010년 중후반부터 특허출원이 급증하는 추세를 나타냄. 또한, 디지털콘텐츠(CH) 분야는 2000년대 후반부터 특허출원활동이 보이다 2010년대에 들어서면서 미미하지만 꾸준한 출원을 보이며 2010년 후반에 들어서면서부터 급격히 증가하는 추세를 나타냄

한편, 위성·전파(CC) 분야는 2000년대 중반부터 특허출원활동이 보이며, 최근까지 미미하지만 꾸준한 특허출원을 보이고 있는 것으로 나타남. 또한, ITS/텔레매틱스(CK) 분야는 2013년에 특허출원활동이 처음 보이며 2010년대 후반에 들어서면서 적지만 출원이 증가하는 추세를 나타냄. 뿐만 아니라, 광대역 통합망(CE) 분야는 2000년대 초중반에 특허출원활동이 처음 보이거나, 2010년대 초반까지 특허출원활동이 보이지 않다가 2010년대 중반에 들어서면서 미미하지만 꾸준한 특허출원활동이 나타남

상술한 바처럼, 정보통신(C) 분야와 관련된 세부 산업 분야는 2000년대 초중반에 양자기술 관련한 특허출원이 발생되었으나, 2010년대 초반까지 저조한 특허출원활동을 보이고 있는 것으로 나타남. 그러다 2010년 중후반에 들어서면서 특허출원활동이 활발하게 나타나고 있는 것으로 보아 향후 정보통신(C) 분야와 관련된 세부 산업 분야의 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨

특히, 최근 5년 이내 특허출원활동이 활발한 산업분야인 디지털콘텐츠(CH), 이동통신(CA), ITS/텔레매틱스(CK) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 양자기술을 활용하여 디지털콘텐츠(CH), 이동통신(CA), ITS/텔레매틱스(CK) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것을 확인할 수 있었음.

이를 통해서, 향후 양자기술이 디지털콘텐츠와 연관성이 높은 '게임 분야', 이동통신과 연관성이 높은 '이동통신 품질 개선 분야', ITS/텔레매틱스와 연관성이 높은 '교통/운송·물류 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)



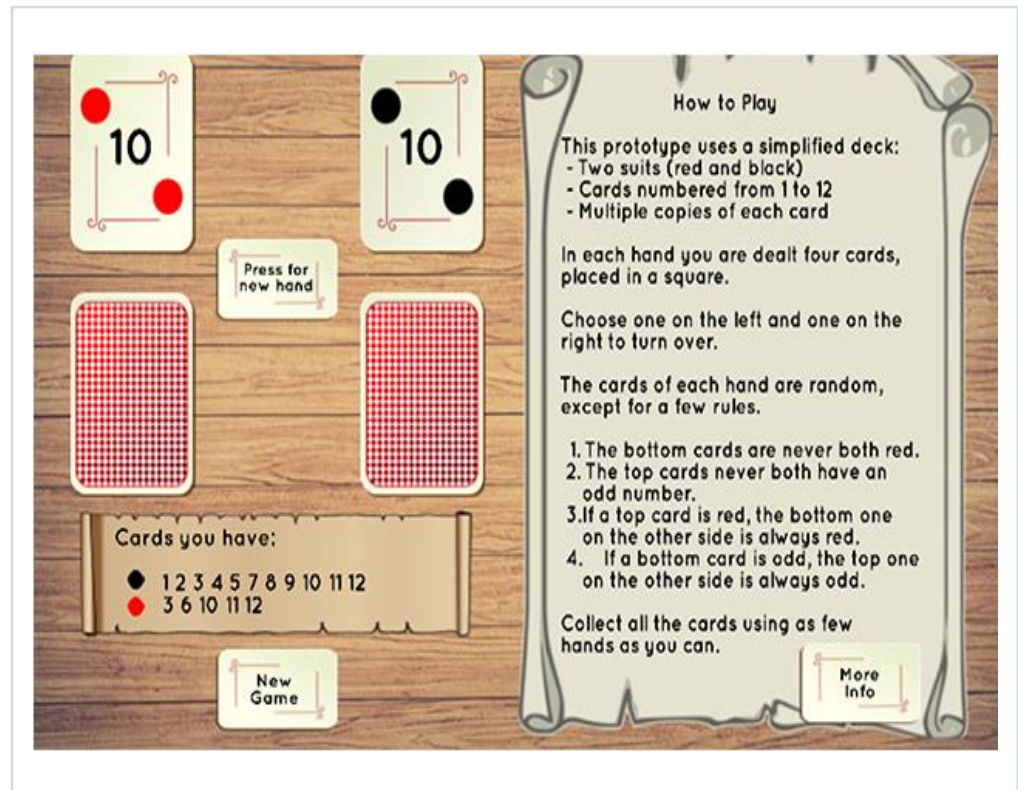
예컨대, 디지털콘텐츠(CH) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 퀀텀 솔리테리어(Quantum Solitaire)라는 카드 게임이 있음. HTML5 기반으로 유니티 엔진을 활용해서 개발했지만, IBM이 클라우드를 통해 제공하는 프로토타입 양자 프로세서 온라인 플랫폼인 '퀀텀 익스피리언스(Quantum Experience)'와 퀀텀 SDK 프로젝트 Q(Project Q)를 결합해 실제 IBM의 양자 컴퓨터가 카드를 처리하는 게임이 있음. 게임은 테이블에 놓인 4장의 카드를 뒤집어서 검정색과 빨간색 카드를 각각 1~12까지 모은 한벌을 만드는 게 목표임

〈그림 4-9〉

퀀텀 솔리테리어

(출처:

<https://decodoku.itch.io/quantum-solitaire>)

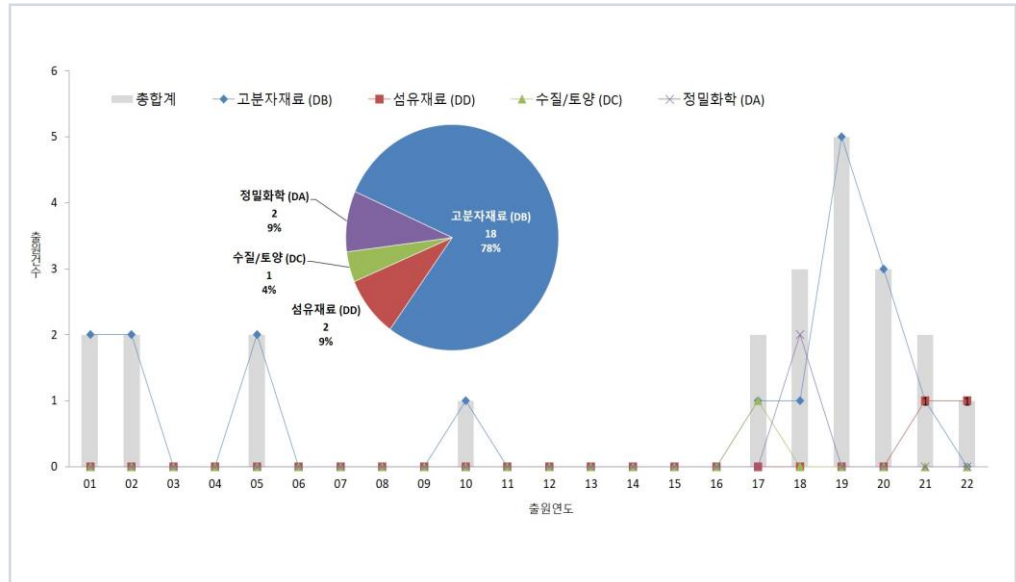


이동통신(CA) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 일본의 제2위의 민간 통신 회사인 KDDI가 이동통신 서비스 품질을 높이는데 양자 컴퓨팅 기술을 활용한 사례가 있음(2022년 3월 1일 기사). 지디넷재팬에 따르면 KDDI는 도쿄와 가나가와 현의 약 1천국의 기지국을 최적화하는데 양자기술을 적용했음. KDDI 측은 기존 범용 컴퓨팅 방식으로 여러 기지국의 설정 최적화를 연산하는데 연산 속도가 따라주지 못한다는 점을 고려했다고 설명했음. 또한, KDDI는 내년부터는 도심부의 5G 이동통신의 품질 향상을 위해 양자기술을 활용한다는 방침임

ITS/텔레매틱스(CK) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 LG CNS가 한국후지쯔와 '양자 디지털 어닐러 기반 수학적 최적화 알고리즘'을 공동으로 개발하고 대도시의 교통 체증 및 물류 운반 문제를 실시간으로 해소하는 최적의 교통신호 체계를 도출한 사례가 있음

4 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-10〉
화학(D) 산업 분야
연도별 특허동향



양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 2016년까지 매우 미미한 특허출원을 보이다가 2017년부터 최근까지 적지만 증가하는 추세를 나타내고 있음. 참고로, 상기 그래프 상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

양자기술 관련 화학(D) 산업은 2021년부터 2022년까지 관련 특허 출원 건수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 이는 양자기술 관련 화학시장 관심도나 기술 관심도가 감소한 것을 나타내는 것이 아닌, 주요 시장국의 특허법에 의한 출원 공개제도에 의해 미공개 건들이 다수 존재하기 때문인 것으로, 실질적으로 2021년 이후에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상됨

한편, 양자기술 관련 화학(D) 분야 중에서 고분자재료(DB) 분야는 화학(D) 분야의 총 특허출원건수의 78%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 고분자재료(DB) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 화학(D) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

또한, 양자기술 관련 화학(D) 분야 중에서 고분자재료(DB) 분야는 다른 화학 분야들보다 빠른 시점인 2000년대 초반부터 최근까지 미미하지만 꾸준한 특허출원활동이 보이며, 이어서 2017년에는 정밀화학(DA) 분야 및 수질/토양(DC) 분야에서 특허출원활동이 보이기 시작함. 또한, 섬유재료(DD) 분야는 2021년에 관련 특허출원활동이 보이기 시작함. 상술한 바에 따르면, 양자기술 관련 화학(D) 분야는 가장 최근 17년~19년 사이에 특허출원 및 연구개발 등의 기술활동이 활발해진 것으로 보임

이렇게 최근 5년 이내 특허출원활동이 활발한 산업분야인 정밀화학(DA) 분야, 수질/토양(DC) 분야, 섬유재료(DD) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 양자기술을 활용하여 정밀화학(DA) 분야, 수질/토양(DC) 분야, 섬유재료(DD) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단되며, 향후 상술한 분야들과 관련된 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨.

이를 통해, 향후 양자기술이 화학(D) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '자동차 전지(배터리) 화학 분야, 생태공학 분야, 웨어러블 디바이스 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

예컨대, 정밀화학(DA) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 현대자동차 그룹과 미국 양자컴퓨팅 전문회사인 IonQ(아이온큐)가 협력해 리튬 화합물과 배터리 내 화학 반응을 연구하는 양자컴퓨팅 화학 시뮬레이션을 개발한 사례가 있음(2022년 1월 20일 기사). 양자컴퓨팅 화학 시뮬레이션은 차세대 리튬 배터리의 품질을 획기적으로 개선하며, 동시에 화학 반응을 보다 정밀하게 재현하고 제어하면서 배터리의 충전·방출 사이클과 그 용량, 내구성, 안전성 등을 개선할 것으로 예상됨

〈그림 4-11〉
자동차 전지(배터리)
화학 분야에서의
양자기술 활용 예시

업체	시기	협력 파트너-분야
현대차	2022년 1월	아이온큐(미국)-배터리 화학 모델 개발
도요타	2021년 5월	양자 기술 민관협의회(일본)-배터리 소재 연구
BMW	2021년 1월	허니웰(미국), 엔트로피카랩스(싱가포르)-자동차 제조 및 공급망 최적화 방안 모색
메르세데스벤츠	2020년 1월	IBM(미국)-전기차용 신소재 발굴
폭스바겐	2018년 11월	디웨이브(캐나다)-교통량 관리 시스템 개발

또한, 2021년~2022년의 특허는 미공개 상태라 특허출원 건수가 작은 것으로 보이나, 글로벌 대표 컨설팅 회사인 맥킨지(McKinsey & Company)의 '양자 컴퓨팅 기술이 가져올 화학 산업내 영향력 전망'(19년 7월) 보고서³⁾에 따르면, 향후 양자기술 관련 화학 산업 분야는 크게 발전할 것으로 전망했음

맥킨지 보고서의 내용에 따르면, 화학 산업에서 양자기술은 단백질 구조의 가장 적합한 형태를 규명·개발하는데 기여하고, 제약산업, 농작물 보호 화학물질, 생물화학물 개발에 큰 영향을 미칠 전망이라고 밝힘. 특히, 화학 산업은 본질적으로 양자역학의 법칙에 의해 지배되는 분자조작을 다루고 있으므로 양자기술을 이용한 접근으로 화학산업 발전이 확대될 것으로 전망함

〈그림 4-12〉
맥킨지(McKinsey & Company)
보고서(2019.07 발간)



또한, 미국의 양자컴퓨터 개발업체인 IonQ의 창업자인 김정상 듀크대 교수는 가장 빨리 양자컴퓨터의 득을 볼 분야로 '화학'과 '소재'를 꼽은 바 있음. 그는 "대학·기업 연구소 출신으로 복잡한 화학적 반응을 연구하거나 양자물리학 분야에 활용할 특이한 소재를 발굴할 때 기존 컴퓨터 연산으로 많은 한계에 부딪힌다"라고 말한 바 있음

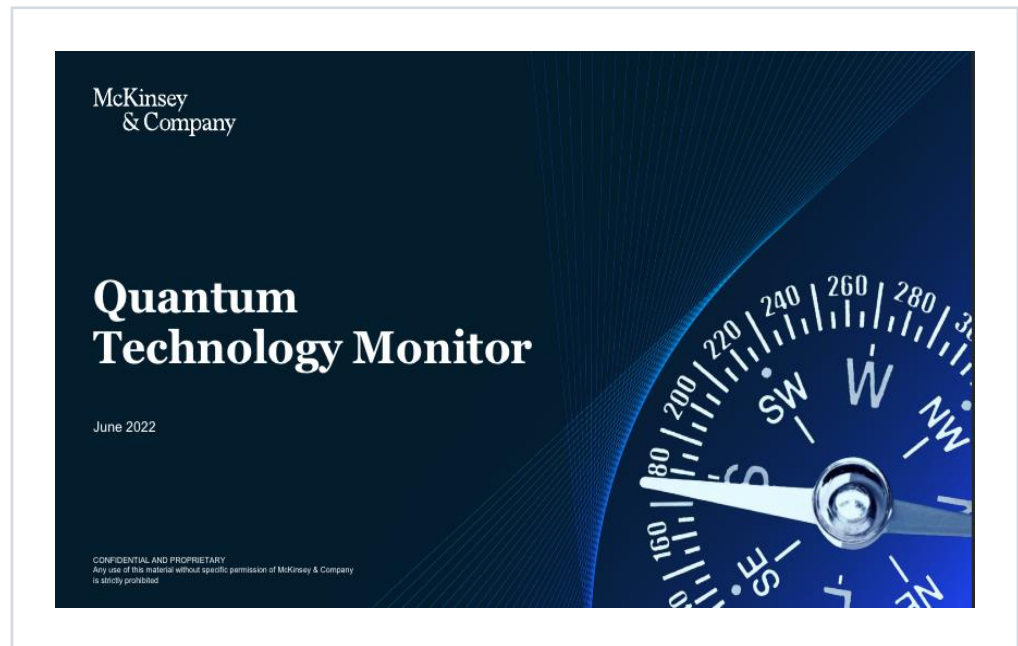
3) 맥킨지 보고서 영문명 : The next big thing? Quantum computing's potential impact on chemicals

또한, BMW의 화학자들은 수소 연료 전지에서 전극 반응을 시뮬레이션하기 위해 양자 화학을 사용해 왔으며, 이때 궁극적인 목표는 백금을 기반으로 하지 않는 촉매 변환기를 설계하는 것임. 한편, 석유 및 가스 회사인 TotalEnergies는 양자 화학을 사용하여 기후 변화에 대한 대응에서 가장 중요한 부분인 탄소 포집을 위한 금속-유기 프레임워크를 모델링한 바 있음

따라서, 향후에는 양자기술과 연관된 화학 산업의 시장 동향, 연구개발 동향, 및 특허출원활동을 모니터링할 필요가 있을 것으로 사료됨

한편, 글로벌 대표 컨설팅 회사인 맥킨지(McKinsey & Company)가 2022년 6월에 발표한 양자기술 영역의 현황 보고서⁴⁾에서는 단기적으로 양자기술은 화학(재료) 분야, 자동차 분야(배터리 전지, 자율주행 등) 및 금융 분야에 적용 및 활용될 것으로 전망하고 있음. 다만, 장기적으로 가장 높은 가치를 가지는 분야는 생명과학(바이오·의료) 분야, 및 지식서비스 분야인 금융 분야인 것으로 전망하고 있는 것으로 나타남

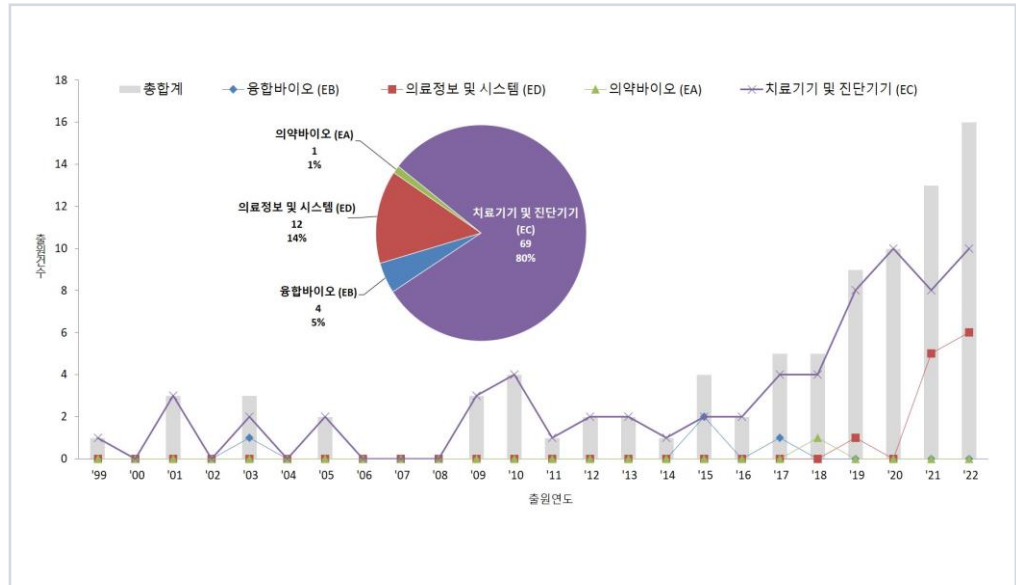
〈그림 4-13〉
맥킨지(McKinsey &
Company) 보고서
(2022.06 발간)



4) 맥킨지 보고서 영문명 : quantum technology monitor

5 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-14〉
바이오·의료(E) 산업
분야 연도별 특허동향



양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 앞서 살펴본 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 특허 동향 그래프와 같이 분석구간 초기부터 2016년까지 매우 미미한 특허출원을 보이다가 2017년부터 최근까지 적지만 급증하는 추세를 나타내고 있음. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

일반적으로, 특허법상 출원 후 1년 6개월 후에 공개되는 출원 공개제도에 의해 2021년부터 2022년까지 구간의 특허출원 건수는 급격히 감소하는 경향을 나타내고는 있으나, 그럼에도 불구하고 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업은 2021년~2022년에도 계속적으로 증가하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타남. 이를 통해 실질적으로 2021년 이후에도 바이오·의료(E) 관련 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발할 것으로 예상됨

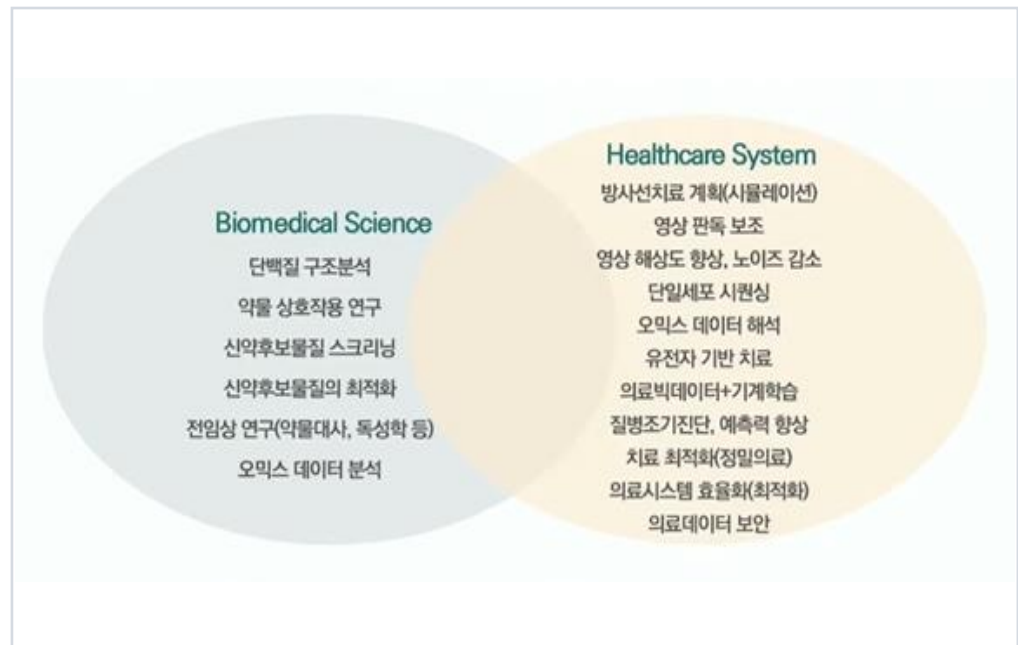
한편, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야 중에서 치료기기 및 진단기기(EC) 분야는 바이오·의료(E) 분야의 총 특허출원건수의 80%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 치료기기 및 진단기기(EC) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

또한, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야 중에서 치료기기 및 진단기기(EC) 분야는 다른 바이오·의료 분야들보다 빠른 시점인 1999년부터 최근까지 미미하지만 꾸준한 특허출원활동이 보이며, 이어서 2015년에는 융합바이오(EB) 분야, 2018년에는 의약바이오(EA) 분야, 2019년에는 의료정보 및 시스템(ED) 분야에서 특허출원활동이 보이기 시작함. 상술한 바에 따르면, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야 역시 화학(D) 산업 분야와 비슷하게 가장 최근 17년~22년 사이에 특허 출원 및 연구 개발 등의 기술활동이 활발해진 것으로 보임

이렇게 최근 5년 이내 특허출원활동이 발생한 산업분야인 융합바이오(EB) 분야, 의약바이오(EA) 분야, 의료정보 및 시스템(ED) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 양자기술을 활용하여 융합바이오(EB) 분야, 의약바이오(EA) 분야, 의료정보 및 시스템(ED) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단되며, 향후 상술한 분야들과 관련된 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨

따라서, 향후 양자기술이 바이오·의료(E) 산업 분야에서 융합바이오와 연관성이 높은 ‘디지털 헬스케어 분야’, 의약바이오와 연관성이 높은 ‘난치성 질환치료 분야, 유전자 분석 분야, 희귀질환 및 신종 감염병 진단·제어 분야’, 의료정보 및 시스템과 연관성이 높은 ‘신약 개발 플랫폼 분야 및 환자진료관리 플랫폼 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-15〉
바이오·의료(E) 산업
분야에서 양자기술 적용



(출처 : 연세대학교 융합과학기술원 양자컴퓨터와 바이오헬스 포럼 자료)

참고로, 성균관대학교는 바이오·의료(E) 산업 분야에서의 양자생물학의 중요성을 인지하고 양자생명과학 분야에 시대적 선두자로서 자리매김하기 위해 2018년에 양자생명물리과학원(Institute of Quantum Biophysics(IQB))을 설립했음

양자생명물리과학원 원장인 루크 리(Luke P. Lee) 교수는 UC 버클리 대학교 생명공학, 생물물리학, 전기/컴퓨터공학과 석좌교수로서, 나노, 바이오 및 광학이 융합된 새로운 학문 분야인 나노바이오포토닉스를 선도적으로 개척했으며 국제적으로 연구 활동을 이끌고 있음

이러한 성균관대 양자생명물리과학원은 기초과학, 공학, 의학 연구진이 함께 혁신적인 양자의료기술 개발을 위한 과학적 기초를 구축하는 것을 목표로, 기초양자생물물리학 및 양자생물학적통합회로(QBICs)에 대한 체계적인 이해를 통해 획기적인 저비용 의료 디바이스를 개발하여 미래지향적인 '5P메디슨'(Preventive, Predictive, Personalized, Participatory, and Precision Medicine) 시스템을 구현하여 글로벌 의료 분야에서 선두적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨

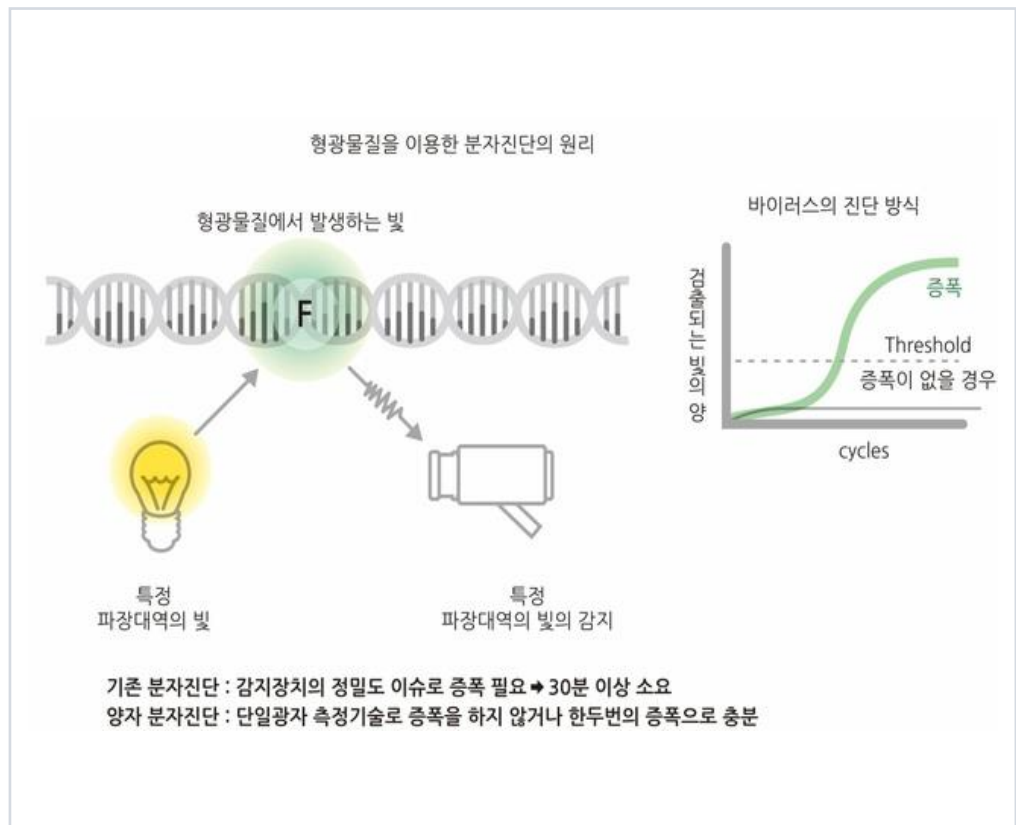
〈표 4-2〉
성균관대학교
양자생명물리과학원(IQB)
연구분야 내용

연구분야	세부내용
Quantum Biophysics	살아있는 생체시료의 원격시공간을 조절하여 나타나는 양자물리현상을 이해하고 관련 나노물리 신호변화와 생체정보변화의 상관관계 연구
BASIC-QBIC	Soft-state Biological Application Specific Integrated Circuits (BASICs)과 Quantum biophysics and Quantum bioelectronics IC (QBICs) 기술을 기반으로 생체 의료 분야 적용을 위해 quantum biological electron transfer(QBET)를 이용하여, QBET-based Rx, 나노광학, 나노플라스모닉, 나노안테나, 바이오 MEMS, 광유체학, 양자생체신호조절을 위한 최첨단 나노기술을 융합하여 quantum biological interface devices(QBIDs) 바이오칩 개발
Molecular diagnostic IC	BASIC 및 QBIC 기술을 기반으로 ultrafast precision molecular diagnostic systems(iMDx) 및 microphysiological analysis platform (MAP)을 개발하고 활용하여, 초정밀 분자진단 및 정량진단 의료AI시스템을 구현하여 4대 질환(암, 뇌질환, 면역질환, 희귀질환)에 대한 5P Medicine 연구
Organogenesis on Chip	생체 모든 기관을 바이오 칩 위에 설계하여 성숙화시키고 4대 질환에 대한 병리학적/생리학적 변화 진단

한편, 의약바이오(EA) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 국내 기업인 '트루윈(대표 남용현)'이 바이오 센서 및 양자기술 개발 회사인 미국의 제네시스퀀텀과 광도파로 분석 키트(Kit) 개발을 위한 제품 공동 개발 계약을 체결하여 양자 분자 진단 기술 시장에 진출한 사례가 있음(2022년 12월 5일 기사).

양자분자 진단 기술은 빛의 알갱이 즉, 광자를 측정하는 기술로서 양자통신, 양자보안기술과 양자컴퓨터에 적용되는 최첨단의 기술로 분자 진단기술에 활용됨. 양자 분자 진단 기술은 600nm 파장대의 광자 하나하나를 측정하여 소량의 바이러스만 있어도 어떠한 종류의 바이러스인지 신속하게 감지할 수 있는 최첨단 기술임. 이러한 양자 분자 진단 기술은 바이오 산업의 핵심인 진단과 분석 분야에 새로운 지평을 개척할 것으로 예상됨

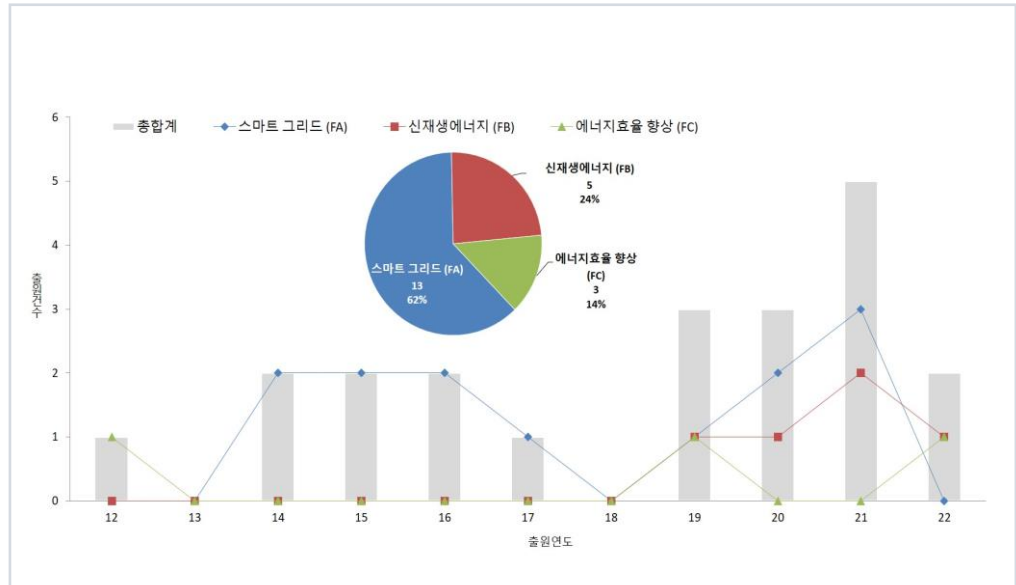
〈그림 4-16〉
트루윈의
'양자 분자 진단 기술'



상술한 바와 같이, 바이오·의료(E) 분야에 양자기술이 적용된 사례 및 연구결과는 향후에도 많이 노출될 것으로 전망됨. 따라서, 양자기술과 연관된 바이오·의료 산업의 시장 동향, 연구개발 동향, 및 특허출원활동을 모니터링할 필요가 있을 것으로 사료됨

6 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-17〉
에너지·자원(F) 산업
분야 연도별 특허동향



양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 2010년대 초반부터 최근까지 미미하지만 꾸준하게 5건 미만의 특허출원을 보이고 있음(2013년, 2018년 제외)

최근 5년 이내에 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야의 특허 출원 건수는 전체 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야의 특허 출원 건수의 약 67%를 차지하고 있는 것으로 파악되어 본 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야의 특허 양적 성장은 최근 5년 이내에 이뤄진 것으로 파악됨. 참고로, 상기 그래프 상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

한편, 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야 중에서 스마트 그리드(FA) 분야는 에너지·자원(F) 분야의 총 특허출원건수의 62%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 스마트 그리드(FA) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

또한, 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야 중에서 스마트 그리드(FA) 분야에서는 에너지효율 향상(FC) 분야보다는 2년 늦은 2014년에 특허출원활동이 시작되었으나 2014년부터 최근까지 미미하지만 꾸준한 특허출원활동이 보이고 있는 것으로 나타남. 한편, 2012년에는 에너지효율 향상(FC) 분야, 2019년에는 신재생에너지(FB) 분야에서 특허출원활동이 보이기 시작함. 상술한 바에 따르면, 양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야는 가장 최근 2018년 이후 부터 특허 출원 및 연구 개발 등의 기술활동이 활발해진 것으로 보임

이렇게 최근 5년 이내 특허출원활동이 활발히 발생한 산업분야인 스마트 그리드(FA) 분야, 에너지효율 향상(FC) 분야, 신재생에너지(FB) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 스마트 그리드(FA) 분야, 에너지효율 향상(FC) 분야, 신재생에너지(FB) 분야에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단되며, 향후 상술한 분야들과 관련된 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨

이를 통해서, 향후 양자기술이 에너지·자원(F) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '전력망 분야 및 에너지 관리 시스템 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

예컨대, 스마트 그리드(FA) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 권텀C테크와 중국 국가전력망이 전력그리드 프로젝트에 양자기술을 적용하기 위해 협력을 2016년부터 현재까지 이어왔으며, 국가전력샤오싱전력공사(国网绍兴供电公司)는 권텀C테크와 협력해 기존의 터미널 접점 방식 대신 '양자+' 원격제어 발전기를 설치하기 위한 원격제어 모듈을 개발한 사례가 있음(2022년 5월 31일 기사). 샤오싱시(绍兴市) 남부 산간지역 배전망이 독자적인 마이크로 그리드 운영기능을 갖추도록 한 바 있음. '양자+' 원격제어 발전기 솔루션은 선로 고장시 영향권이 크고 시간이 오래 걸리는 문제를 해결하고 정전 없이 종합적인 선로 점검이 가능한 효과가 있음

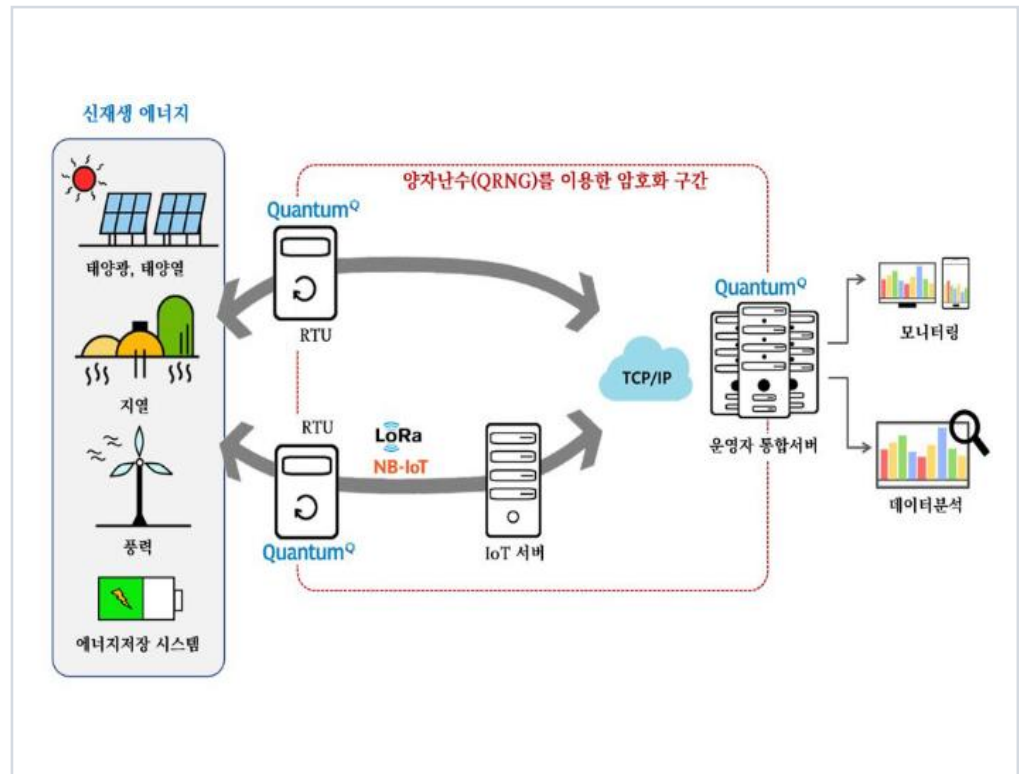
에너지효율 향상(FC) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 SK텔레콤이 대형 가스 시설물의 가스 유출을 실시간 파악할 수 있는 '양자 기반의 가스센싱 시스템'을 국내 처음으로 보령 LNG 터미널에서 현장 실증한 사례가 있음(2022년 9월 20일 기사).

양자 기반의 가스센싱 시스템은 누출되는 가스에 레이저를 쏘 뒤 돌아오는 반사파의 빛 알갱이 수를 측정해 가스의 농도와 부피 등 다양한 정보를 파악할 수 있으며, 또한 가스가 누출된 지점부터 확산 방향까지 실시간 모니터링할 수 있다는 장점이 있어 가스 에너지 관리 시스템으로서 작동할 것으로 기대되고 있음



신재생에너지(FB) 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 국내기업인 이와이엘과 엔비스가 양자 기술을 이용해 신재생에너지 보안 시스템을 구축한 사례가 있음(2022년 12월 5일 기사). 이와 같이 국내에서 에너지 인프라에 양자난수 암호화 기술을 적용한 것은 처음인 사례임. 이와이엘과 엔비스는 경기 여주 강천면 소재 태양광발전소에 양자난수 암호화 기술을 모듈화한 장비를 공급, 모니터링 시스템 보안을 강화함. 해당 발전소가 양자기술로 보안을 강화한 이유는 신재생에너지가 주목을 받으면서 보안에 대한 요구도 높아졌기 때문임

〈그림 4-18〉
양자난수를 이용한
신재생에너지 보안
시스템 개념도

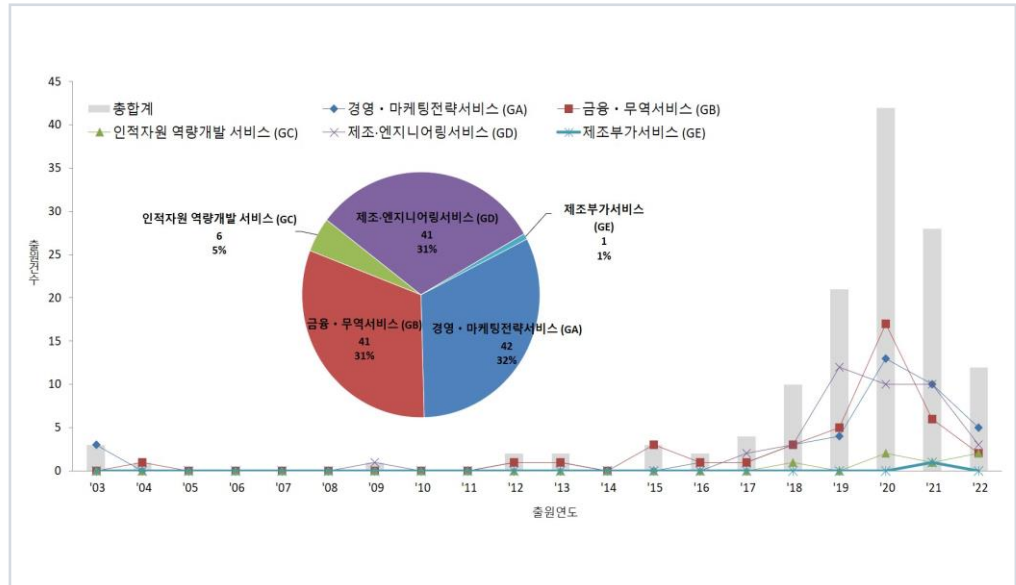


현재 전세계적으로 탄소 배출 제로시대로의 돌입에 따라 신재생에너지 전환이 가속되고 있어, 향후에는 양자기술이 적용된 에너지·자원 산업 분야에 관한 관심이 더욱 높아질 것으로 사료되므로 이에 대한 시장 동향, 연구개발 동향, 및 특허출원활동을 지속적으로 모니터링할 필요가 있을 것으로 판단됨



7 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-19〉
지식서비스(G) 산업
분야 연도별 특허동향



양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 2003년 특허출원을 시작으로 2016년까지 매우 미미한 특허출원을 보이다가 2017년을 기점으로 최근까지 급증하는 추세를 나타내고 있음

최근 5년 이내에 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 특허 출원 건수는 전체 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 특허 출원 건수의 약 89%를 차지하고 있는 것으로 파악되어 본 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 특허 양적 성장은 최근 5년 이내에 이뤄진 것으로 파악됨. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

한편, 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야 중에서 경영·마케팅전략서비스 (GA) 분야, 금융·무역서비스(GB) 분야, 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야는 각각 지식서비스(G) 분야의 총 특허출원건수의 32%, 31%, 31%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야 중에서도 경영·마케팅전략서비스 (GA) 분야, 금융·무역서비스(GB) 분야, 및 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

또한, 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야 중에서 경영·마케팅전략서비스 (GA) 분야는 금융·무역서비스(GB) 분야와 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야 보다는 앞서 특허출원활동이 시작된 것으로 나타남. 구체적으로 살펴보면 경영·마케팅전략서비스 (GA) 분야, 금융·무역서비스(GB) 분야, 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야 순으로 특허출원 시기가 빠른 것으로 확인됨

또한, 인적자원 역량개발 서비스(GC) 분야 및 제조부가서비스(GE) 분야는 2020년부터 특허출원활동이 보여, 이들 분야에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단되며, 향후 인적자원 역량개발 서비스(GC) 분야 및 제조부가서비스(GE) 분야와 관련된 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨. 참고로, 상기 제조부가서비스는 이미 판매한 제품의 운영·관리를 위해 유지·보수 등의 서비스를 제공하는 것을 의미함

이를 통해서, 향후 양자기술이 지식서비스(G) 산업 분야에서 '인적자원 역량개발 서비스 분야 및 제조부가서비스 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

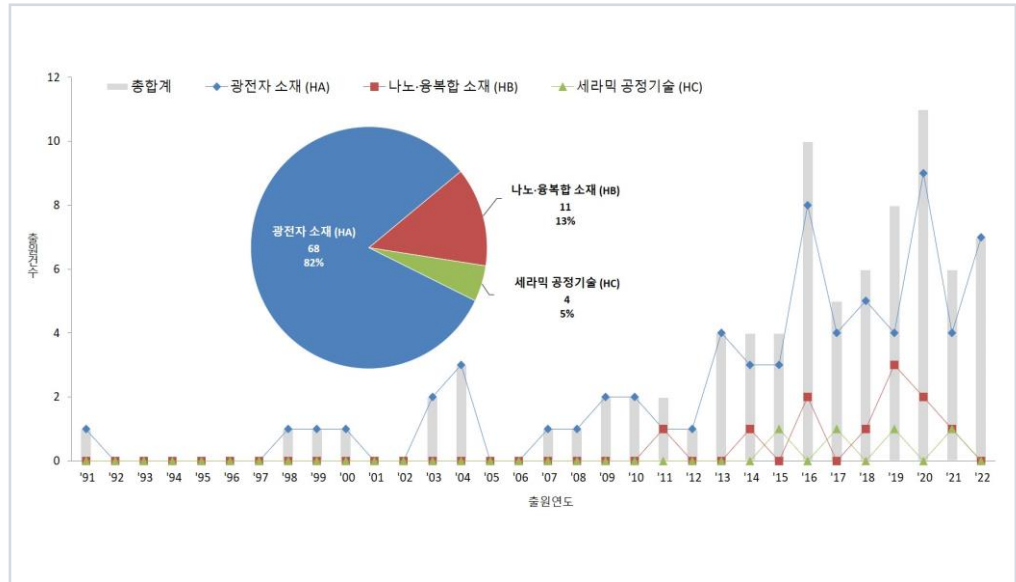
예컨대, 지식서비스(G) 산업 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 1999년 설립된 스페인의 상업은행인 '빌바오 비스카야 아르헨타리아 은행(BBVA)'이 2018년부터 양자기술 관련 연구를 수행한 사례가 있음. BBVA는 프로그램 결과를 얻기까지 며칠에서 몇 주까지 소요되는 복잡한 문제를 빠르게 수행하는 양자기술의 계산 능력에 주목했고, 우선 투자 포트폴리오 구축을 위한 자산 선택 시 광범위한 데이터 중 가장 적합한 변수를 선택하는 데 도움이 되는 양자 알고리즘을 개발한 바 있음.

또한, BBVA는 100개 이상의 자산 또는 요소를 고려한 포트폴리오 최적화를 수행할 때 기존 방법보다 양자기술이 더 유용함을 입증했음. 마지막으로 신용평가 결과를 얻기까지의 시간을 단축한 신용평가 프로세스 최적화, 통화 차익 거래 최적화에 양자기술을 적용해보고 기존 방법 대비 장점이 있다는 것을 입증한 바 있음



8 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야 특허동향

〈그림 4-20〉
세라믹(H) 산업 분야
연도별 특허동향



양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 특허 동향을 살펴보면, 1991년 특허출원을 시작으로 2015년까지 매우 미미한 특허출원을 보이다가 2016년을 기점으로 급증하는 추세를 보이다 다시 감소하는 증감을 반복하는 양상을 최근까지 보이고 있음

최근 5년 이내에 양자기술 관련 세라믹(H) 분야의 특허 출원 건수는 전체 양자기술 관련 세라믹(H) 분야의 특허 출원 건수의 약 51%를 차지하고 있는 것으로 파악되어 본 양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 특허 양적 성장은 최근 5년 이내에 이뤄진 것으로 파악됨. 참고로, 상기 그래프상에서의 소분류별 원 다이어그램의 색과 선 그래프의 색은 대응함

한편, 양자기술 관련 세라믹(H) 분야 중에서 광전자 소재(HA) 분야는 세라믹(H) 분야의 총 특허출원건수의 82%의 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나, 양자기술 관련 광전자 소재(HA) 분야의 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발하여 양자기술 관련 세라믹(H) 분야의 정량적 흐름에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타남

또한, 양자기술 관련 세라믹(H) 분야 중에서 광전자 소재(DA) 분야에서는 1990년대 초반부터 특허출원활동이 시작되었고 2010년 중반에 들어서면서 특허출원활동이 증가하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타남. 한편, 나노·융복합 소재(HB) 분야는 광전자 소재(DA) 분야보다는 늦은 2014년에 특허출원 활동이 시작된 것으로 보이며, 이후 세라믹 공정기술(HC) 분야는 2015년에 특허출원활동이 보이기 시작함. 상술한 바에 따르면, 양자기술 관련 세라믹(H) 분야는 2010년 중반부터 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발해진 것으로 보임

또한, 최근 5년 이내 특허출원활동이 활발히 발생한 산업분야인 나노·융복합 소재(HB) 분야 및 세라믹 공정기술(HC) 분야와 연관된 양자기술 관련 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타나, 최근에 나노·융복합 소재(HB) 분야 및 세라믹 공정기술(HC) 분야에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단되며, 향후 상술한 분야들과 관련된 시장을 선점하기 위한 기술 고도화 및 상용화가 치열하게 전개될 것으로 예상됨

참고로, 상기 나노·융복합 소재는 두 가지 또는 그 이상의 나노소재들이 더해져서 그 각각의 재료들보다 구조적, 기능적 성능과 기능이 더 뛰어나도록 설계된 재료를 의미함

이를 통해서, 향후 양자기술이 지식서비스(G) 산업 분야에서 '나노·융복합 소재 분야 및 세라믹 공정기술 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

예컨대, 세라믹(H) 산업 분야에 양자기술이 적용된 R&D 사례로는 2021년 울산과학기술원(UNIST)의 김제형 물리학과 교수팀의 연구성과가 있음. 이 연구는 양자 정보의 기본 단위인 '큐비트'를 상온에서 만들 수 있는 새로운 양자 소재에 관한 것으로, 현재 영하 270도의 극저온에만 작동하는 양자컴퓨터와 달리 상온에서도 쓸수 있게 하려고 단결정 벌크형 소재 대신 다결정 나노 소재인 탄화실리콘(SiC) 나노선(nanowire)을 시스템 재료로써 사용함. 이번 연구는 2021년 10월 22일자에 세계적인 학술지 나노레터스(Nano Letters)에 온라인 속보로 게재된 바 있음



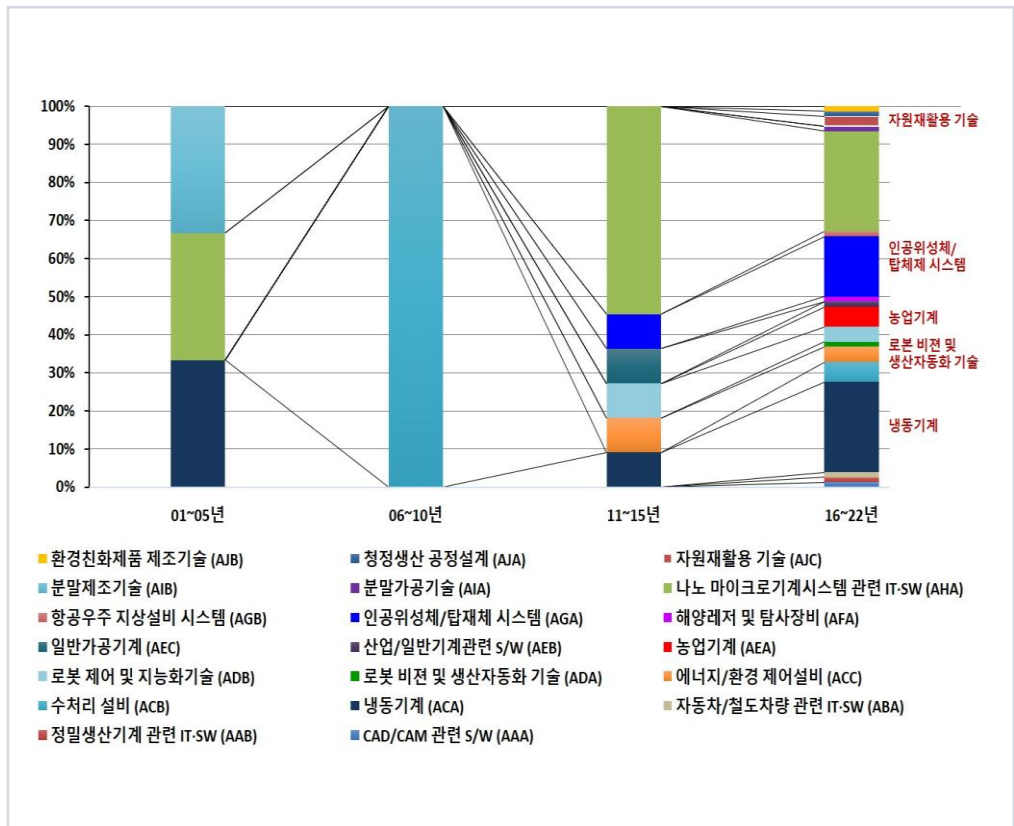
5) Strong zero-phonon transition from point defect-stacking fault complexes in silicon carbide nanowires, Nano Letters 21, 9187 (2021)

1-3. 양자기술 관련 세부산업(소분류)별 특허동향 분석

양자기술 관련 세부산업(소분류)별 특허동향을 파악하기 위해, 각 소분류별 출원년도 구간을 적절한 소정 구간으로 구분하여 과거부터 현재까지의 양자기술 관련 세부산업(소분류)별 출원 현황을 살펴봄

1 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-21〉
기계·소재(A) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 2001~2005년에는 양자기술 관련 냉동기계(ACA) 기술, 나노 마이크로기계시스템 관련 IT·SW(AHA) 기술, 수처리 설비(ACB) 기술의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 2006~2010년에는 수처리 설비(ACB) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

한편, 2011~2015년 및 2016~2022년 구간에는 과거 2001~2005년 및 2006~2010년 구간에서 나타나지 않은 양자기술 관련 기계·소재(A) 분야의 출원이 나타나고 있는 것으로 나타남

2011~2015년에는 과거 2001~2005년 및 2006~2010년 구간에서 나타나지 않은 기술인 양자기술 관련 에너지/환경 제어설비(ACC) 기술, 로봇 제어 및 지능화 기술(ADB), 일반가공기계(ACE) 기술, 인공위성체/탑재체 시스템(AGA) 기술이 나타나기 시작하는 것으로 보아, 2011~2015년에 상기 기술들과 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

또한, 2016~2022년에는 2006~2010년 및 2011~2015년에 출원건수가 적어진 냉동기계(ACA) 기술 관련 특허출원이 크게 증가하고 있는 것으로 나타남. 이는 초전도 큐비트 기반 양자컴퓨터를 실행시키기 위해서는 컴퓨터 온도를 극저온으로 유지시켜줘야 하는 장치가 필수적이므로, 이에 대한 연구개발의 필요성이 증대되었기 때문으로 사료됨

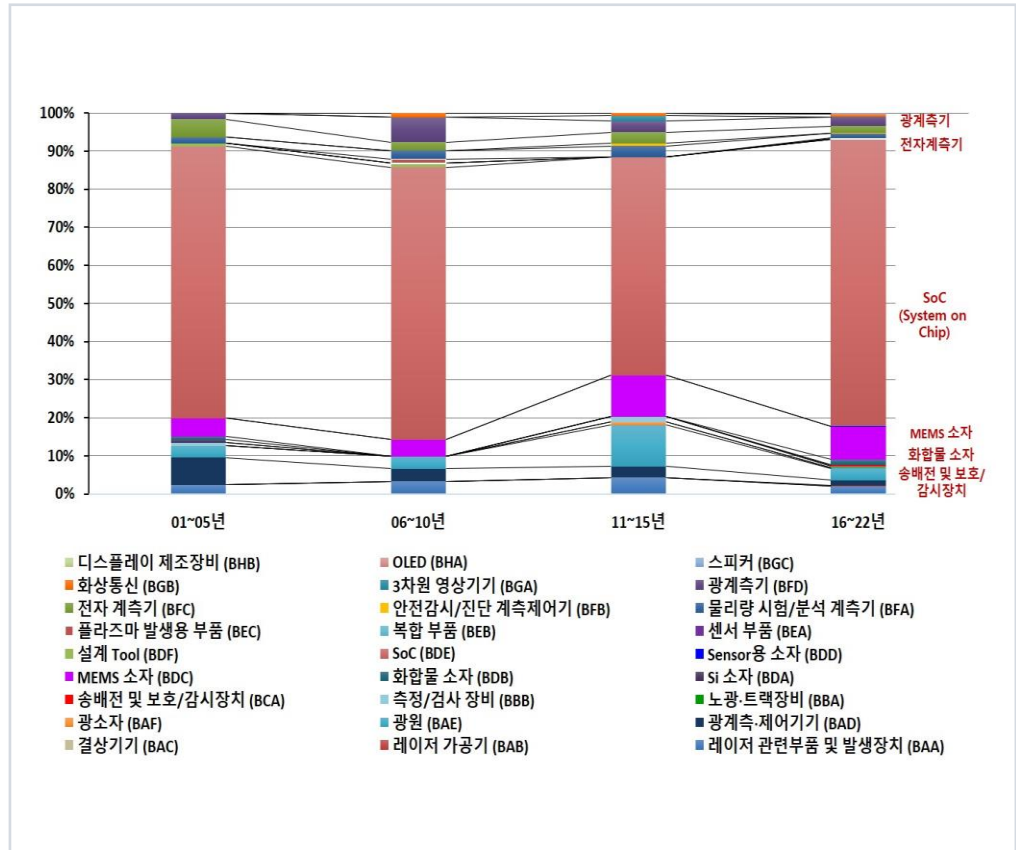
특히, 가장 최근인 2016~2022년에는 양자기술 관련 로봇비전 및 생산자동화(ADA) 기술, 농업기계(AEA) 기술, 인공위성체/탑재체 시스템(AGA) 기술, 자원재활용 기술(AJA)의 특허출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 기계·소재(A) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 ‘스마트팩토리 분야, 로봇 분야, 스마트팜 분야, 국방 분야, 및 환경 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-21〉
향후 기계·소재(A) 산업
소분류에서의 양자기술
주력 적용 분야(예시)



2 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-22〉
전기·전자(B) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 2001~2005년에는 양자기술 관련 SoC(BDE) 기술 및 광계측·제어기기(BAD) 기술의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 2006~2010년에도 SoC(BDE) 기술 및 광계측기(BFD) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

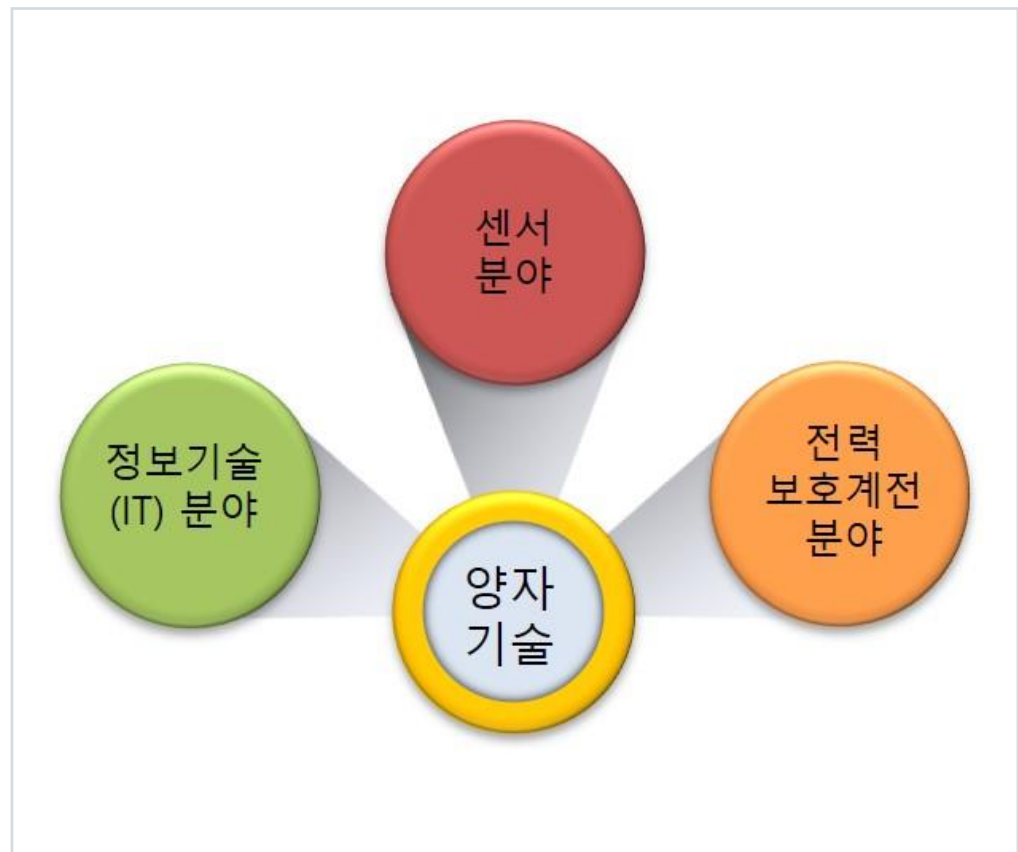
2011~2015년에는 SoC(BDE) 기술, 광원(BAE) 기술 및 MEMS 소자(BDC) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 이때에는 과거에 출원이 나타나지 않은 안전감시/진단 계측제어기(BFB) 기술에 대한 출원이 나타나기 시작함

2016~2022년에는 SoC(BDE) 기술, MEMS 소자(BDC) 기술, 화합물 소자(BDB) 기술, 광계측기(BFD) 기술, 전자 계측기(BFC) 기술의 출원이 주를 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이때에는 과거에 출원이 나타나지 않은 송배전 및 보호/감시장치(BCA) 기술에 대한 출원이 나타남. 2016~2022년에 송배전 및 보호/감시장치(BCA) 기술에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

상술한 바에 따르면, 전반적으로 모든 출원연도 구간에서 SoC(BDE) 기술, MEMS 소자(BDC) 기술, 광계측기(BFD) 기술, 전자 계측기(BFC) 기술의 특허출원이 출원연도 구간별로 주를 이루고 있는 것으로 나타남. 이는 전자기기의 고성능화, 콤팩트화, 저가격화 추세에 따라 각종 회로소자들을 고집적화에 대한 수요 및 관심이 증대됨과 동시에 산업적 응용범위가 넓고 초정밀 계측을 위한 센서기술에 대한 수요 및 관심이 증대되고 있기 때문인 것으로 사료됨

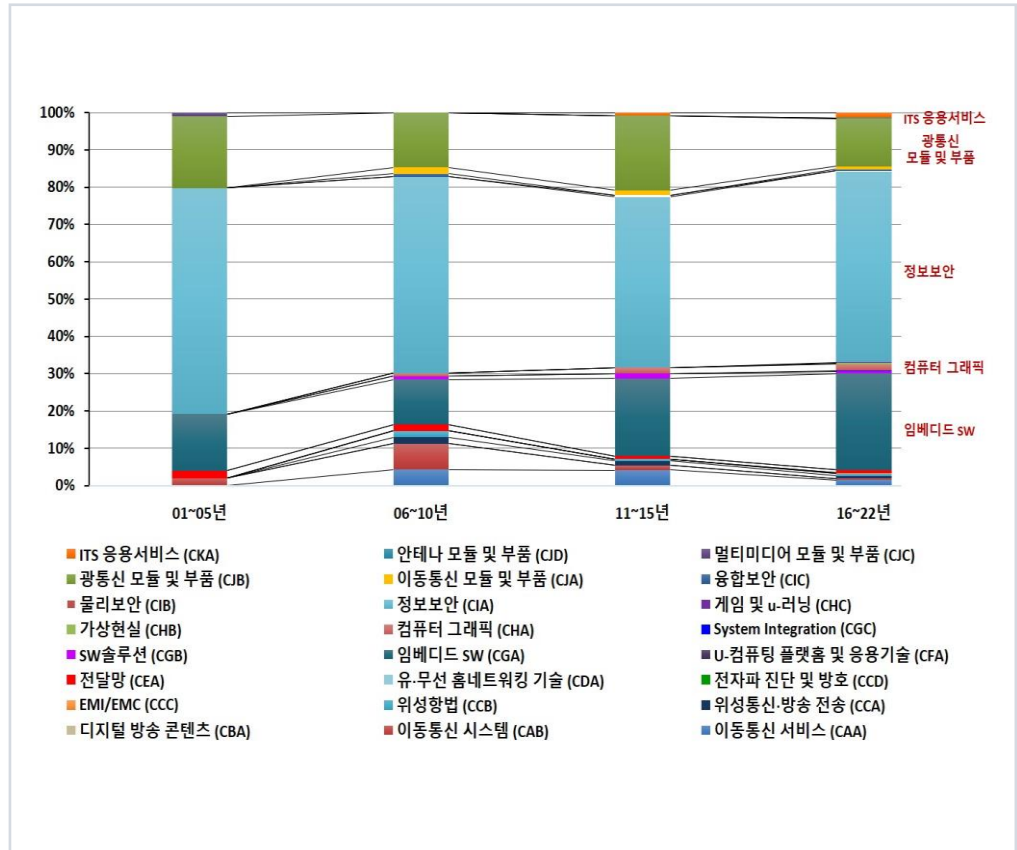
특히, 가장 최근인 2016~2022년에는 SoC(BDE) 기술, MEMS 소자(BDC) 기술, 화합물 소자(BDB) 기술, 광계측기(BFD) 기술, 전자 계측기(BFC) 기술, 송배전 및 보호/감시장치(BCA) 기술의 특허 출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 전기·전자(B) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '정보기술(IT) 분야, 센서 분야, 및 전력 보호계전 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-23〉
향후 전기·전자(B) 산업
소분류에서의 양자기술
주력 적용 분야(예시)



3 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-24〉
정보통신(C) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 2001~2005년 및 2006~2010년 구간에는 양자기술 관련 정보보안(CIA) 기술, 광통신 모듈 및 부품(CJB) 기술 및 임베디드 SW(CGA) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

2006~2010년에는 2001~2005년에 출원이 나타나지 않은 양자기술 관련 위성통신·방송 전송(CCA) 기술, 위성항법(CCB) 기술에 대한 출원이 나타나기 시작함. 2006~2010년에 위성통신 및 위성항법 기술에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

2011~2015년 역시 과거 구간과 마찬가지로, 양자기술 관련 정보보안(CIA) 기술, 광통신 모듈 및 부품(CJB) 기술 및 임베디드 SW(CGA) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 또한, 2011~2015년에는 과거에 출원이 나타나지 않는 ITS 응용서비스(CKA) 기술에 대한 출원이 나타남. 2011~2015년에 ITS 응용서비스(CKA) 기술에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

2016~2022년에는 정보보안(CIA) 기술, 임베디드 SW(CGA), 광통신 모듈 및 부품(CJB) 기술의 출원이 주를 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이때에는 ITS 응용서비스(CKA) 기술 및 컴퓨터 그래픽(CHA) 기술에 대한 특허출원이 2011~2015년에 비해 급증한 것으로 확인됨

상술한 바에 따르면, 전반적으로 모든 출원연도 구간에서 정보보안(CIA) 기술, 임베디드 SW(CGA) 기술, 광통신 모듈 및 부품(CJB) 기술의 특허출원이 출원연도 구간별로 주를 이루고 있는 것으로 나타남. 이는 4차 산업 혁명의 미래 성장 동력으로 정보통신기술(ICT)이 기존 산업기술인 제조업과 융합됨과 동시에, 대규모 데이터 처리 및 디지털 트랜스포메이션과 비대면 확산에 따른 보안에 대한 수요 및 관심이 증대되고 있기 때문인 것으로 사료됨

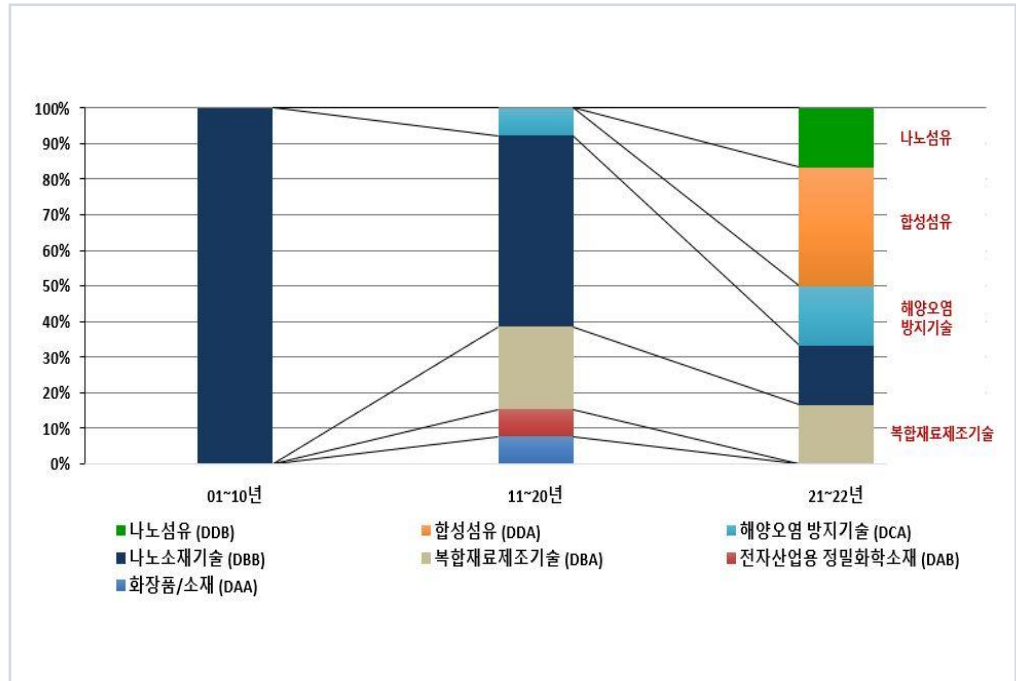
특히, 가장 최근인 2016~2022년에는 정보보안(CIA) 기술, 임베디드 SW(CGA), 광통신 모듈 및 부품(CJB) 기술, ITS 응용서비스(CKA) 기술, 컴퓨터 그래픽(CHA) 기술의 특허출원 건수가 타연도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 전기·전자(B) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '정보통신기술(ICT) 분야, 교통/운송·물류 분야, 및 디지털 트윈(digital twin) 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-25〉
향후 정보통신(C) 산업
소분류에서의 양자기술
주력 적용 분야(예시)



4 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-26〉
화학(D) 산업의 소분류
분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 전체 구간에서의 특허출원건수는 미미하나, 2001~2010년 및 2011~2020년 구간에는 양자기술 관련 나노소재기술(DBB)의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

2011~2020년에는 2001~2010년에 출원이 나타나지 않은 양자기술 관련 해양오염 방지기술(DCA), 복합재료제조기술(DBA), 전자산업용 정밀화학소재(DAB) 기술, 화장품/소재(DAA) 기술에 대한 출원이 나타나기 시작함. 2011~2020년에 양자기술을 다각적으로 화학(D) 산업 분야의 다양한 분야에 적용하려는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

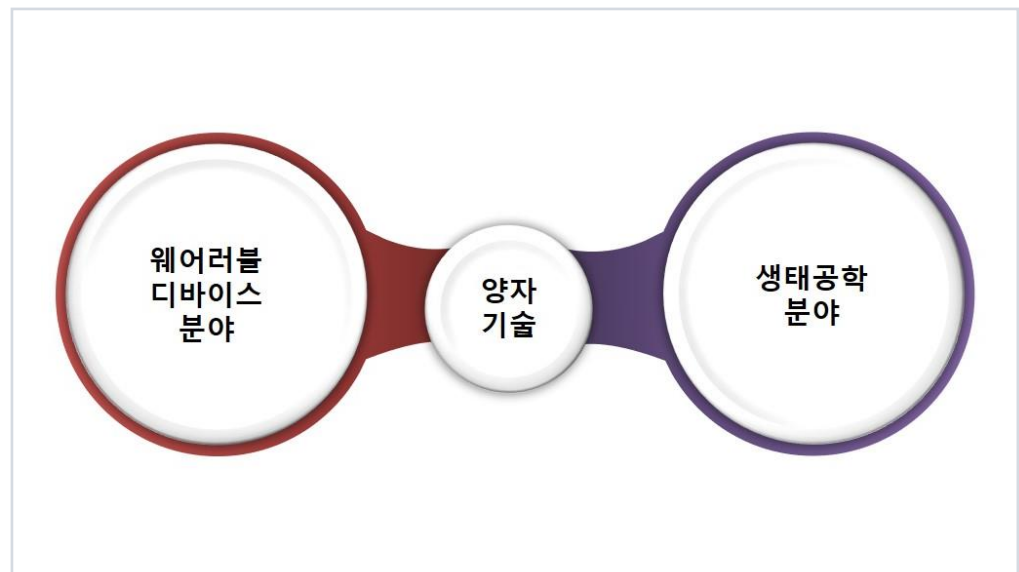
2021~2022년에는 미공개 특허가 존재하여 특허출원건수가 매우 미미하지만, 그 특허출원건수 중에서 합성섬유(DDA) 기술, 해양오염 방지기술(DCA), 복합재료제조기술(DBA)의 출원이 주를 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이때에는 나노섬유(DDB) 기술에 대한 특허출원이 나타나기 시작한 것으로 확인되어 나노섬유(DDB) 기술에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

상술한 바에 따르면, 가장 최근인 2021~2022년에는 합성섬유(DDA) 기술, 복합재료제조기술(DBA), 나노섬유(DDB) 기술의 특허출원이 미미하지만 증가하는 양상을 보이고 있음. 이는 고성능섬유, 고강도섬유에 대한 수요 및 관심이 증대되고 있기 때문인 것으로 사료됨

또한, 합성섬유(DDA) 기술, 복합재료제조기술(DBA), 나노섬유(DDB) 기술과 같은 기술은 구조물의 다양한 집적체 제품을 형성할 수 있으므로 많은 산업의 기반 기술적 위치를 점유할 수 있으며, 동시에 섬유 자체의 용도가 아닌 복합화, 첨단분야(에너지, 정보전자, 바이오 등)의 소재로서 고부가가치 분야로의 확대가 이루어질 것으로 예상됨

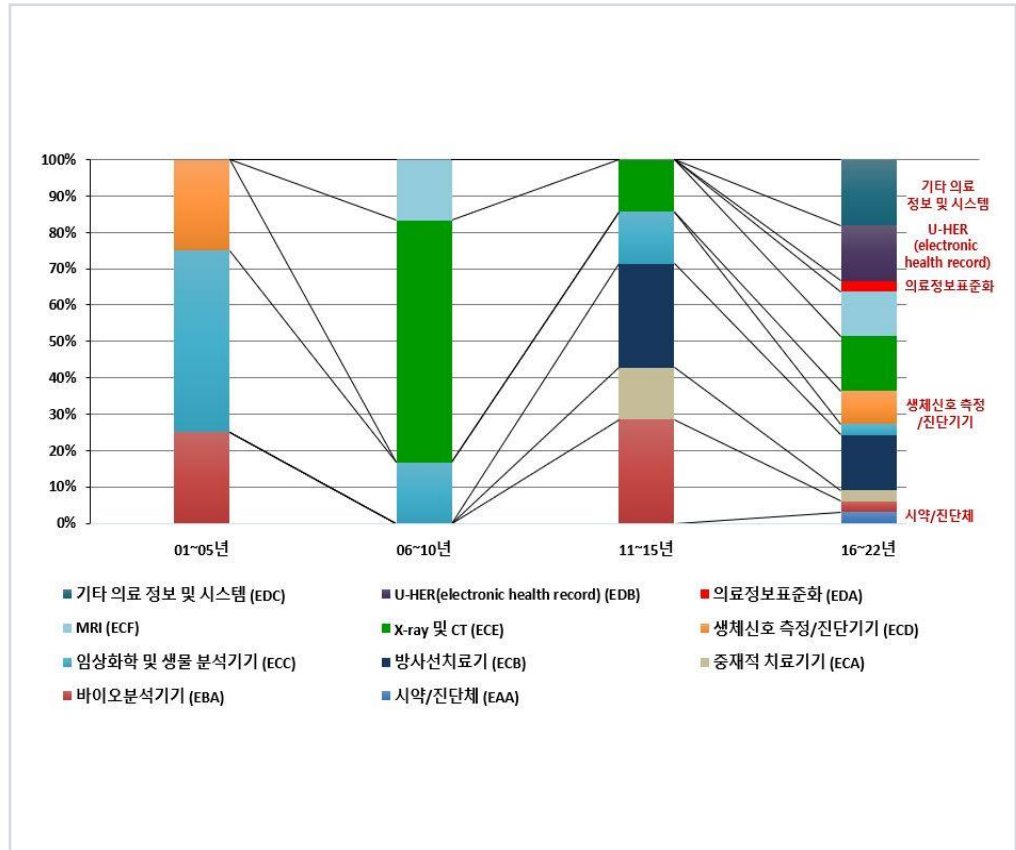
상술한 바와 같이 가장 최근인 2021~2022년에는 합성섬유(DDA) 기술, 나노섬유(DDB) 기술, 해양오염 방지기술(DCA), 해양오염 방지기술(DCA)의 특허 출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 화학(D) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '웨어러블 디바이스 분야, 생태공학 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-27〉
향후 화학(D) 산업
소분류에서의 양자기술
주력 적용 분야(예시)



5 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-28〉
바이오·의료(E) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



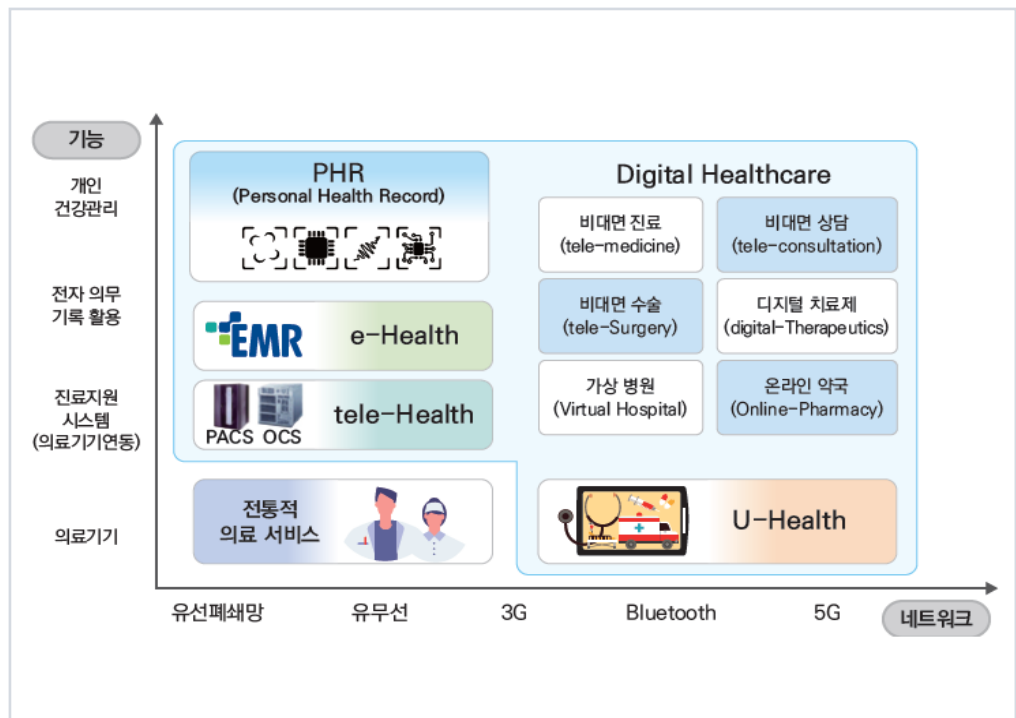
양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 전체 구간에서의 특허출원건수는 미미하나, 2001~2005년에는 양자기술 관련 임상화학 및 생물 분석기기(ECC) 기술의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 2006~2010년에는 2001~2010년에 출원이 나타나지 않은 양자기술 관련 X-ray 및 CT(ECE) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

2011~2015년에는 과거에 출원이 나타나지 않은 방사선치료기(ECB) 기술 및 중재적 치료기기(ECA) 기술에 대한 출원이 나타나기 시작함. 이를 통해, 2011~2015년에 최소침습형 의료 기기를 중심으로 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨. 여기서, 상기 중재적 치료기기는 광범위한 분야의 적용이 가능한 Theragnosis(치료(Therapy)+진단(Diagnosis))형 신의료기술이 적용된 최소침습형 의료 기기로서, 다양한 영상장비를 이용해 치료하는 의료 기기를 의미함

2016~2022년에는 과거에 출원이 나타나지 않은 U-HER(electronic health record)(EDB) 기술, 의료정보표준화(EDA) 기술, 생체신호 측정/진단기기(ECD) 기술, 기타 의료 정보 및 시스템(EDC) 기술, 시약/진단체(EAA) 기술의 출원이 나타남. 2016~2022년에 양자기술을 다각적으로 다양한 바이오·의료(E) 산업 분야에 적용하려는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨. 이는 과거처럼 치료 중심이 아닌 건강관리 및 예방에 좀더 수요 및 관심이 증대되고 있기 때문인 것으로 사료됨

특히, 가장 최근인 2021~2022년에는 미미하지만, U-HER(electronic health record) 기술, X-ray 및 CT(ECE) 기술, 방사선치료기(ECB) 기술, MRI(ECF) 기술, 생체신호 측정/진단기기(ECD) 기술의 특허출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 바이오·의료(E) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '디지털 헬스케어 분야, 비대면 의료정보시스템 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드). 참고로, 디지털헬스케어는 의료 영역에 ICT 기술을 활용하여 언제 어디서나 개인 건강 및 질환을 관리하는 산업 분야를 의미함

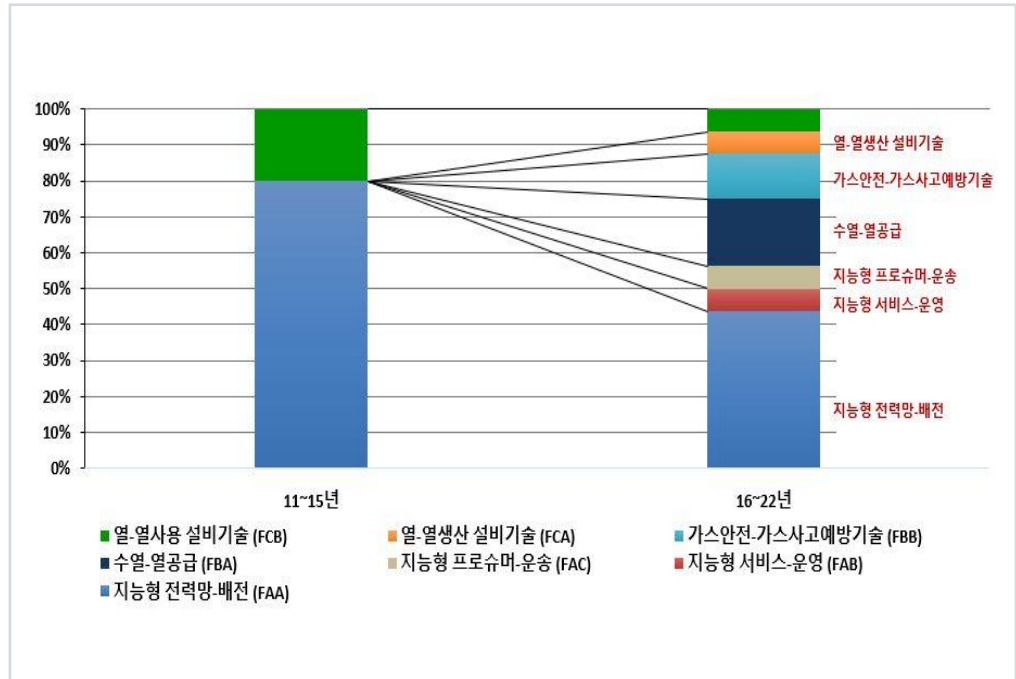
〈그림 4-29〉
향후 바이오·의료(E)
산업 소분류에서의
양자기술 주력 적용
분야(예시)



구체적으로 디지털 헬스케어는 의료 기기와 의료 서비스로 구성됨. 의료 기기에는 MRI, X-Ray 등 전통적인 독립형(Stand-Alone) 의료 기기와 같은 하드웨어 기반 디지털 의료 기기를 포함하며, 의료 서비스에는 디지털 치료제와 같은 소프트웨어 의료기기(SaMD, Software as Medical Device), 인공지능 의사, 정밀 의료 서비스 등 다양한 기능의 서비스들이 있음. 디지털헬스케어 서비스는 독립적인 의료 기기 서비스와 온라인 소프트웨어 서비스, 그리고 의료 기기와 연동하여 개인건강기록(PHR) 기반의 개인 맞춤형 의료 서비스 등 다양한 형태의 의료 서비스를 모두 포함함

6 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-30〉
에너지·자원(F) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 전체 구간에서의 특허출원건수는 미미하나, 2011~2015년에는 양자기술 관련 지능형 전력망-배전(FAA) 기술 및 열-열사용 설비기술(FCB)의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났음

이에 반해, 2016~2022년에는 2011~2015년에 출원이 나타나지 않은 지능형 서비스-운영(FAB) 기술, 지능형 프로슈머-운송(FAC) 기술, 수열-열공급(FBA) 기술, 가스안전-가스사고예방기술(FBB), 열-열생산 설비기술(FCA)에 대한 출원이 나타나기 시작함. 2016~2022년에 양자기술을 다각적으로 에너지·자원(F) 산업 분야의 다양한 분야에 적용하려는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

한편, 가장 최근인 2016~2022년에도 여전히 지능형 전력망-배전(FAA) 기술의 특허출원이 미미하지만 증가하는 양상을 보여, 과거부터 최근까지 여전히 지능형 전력망-배전(FAA) 분야에 대한 수요 및 관심이 지속되고 있는 것으로 판단됨

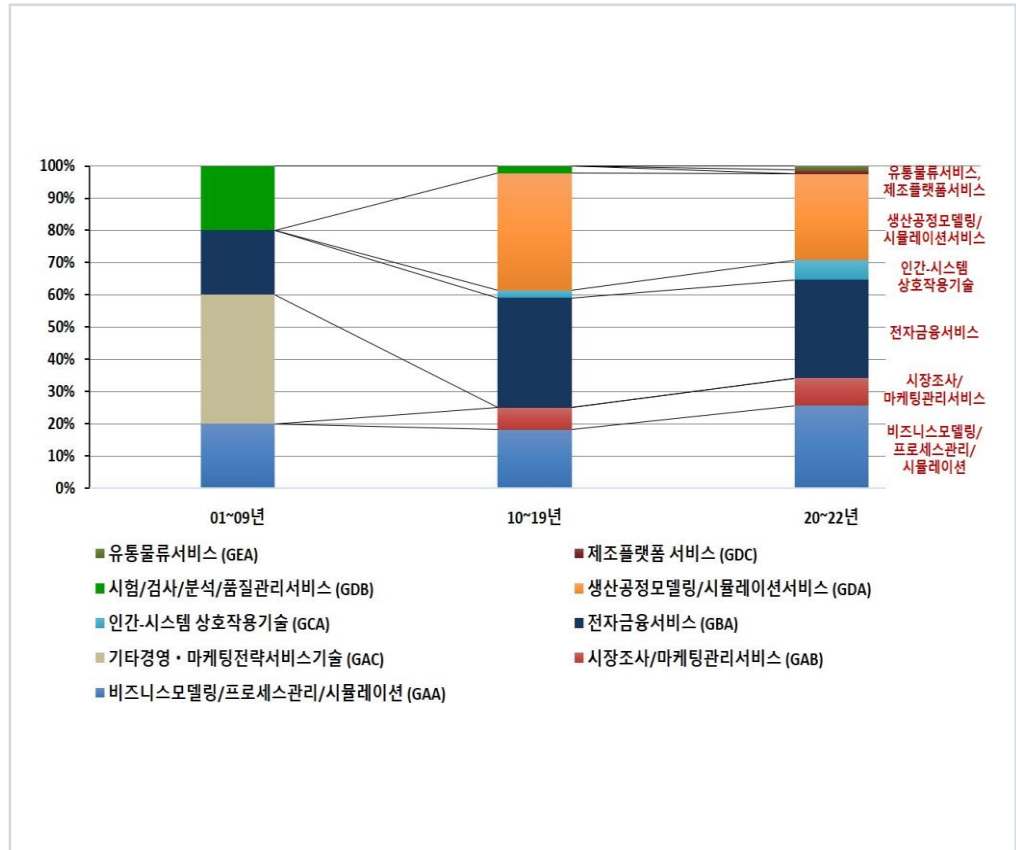
상술한 바와 같이 최근인 2016~2022년에는 지능형 전력망-배전(FAA) 기술, 수열-열공급(FBA) 기술, 가스안전-가스사고예방기술(FBB)의 특허출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 이를 통해서, 향후 양자기술이 에너지·자원(F) 산업 분야에서 상기 기술분야들과 연관성이 높은 '지능형 전력망 분야, 열공급 분야, 가스 안전 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-31〉
향후 에너지·자원(F)
산업 소분류에서의
양자기술 주력 적용
분야(예시)



7 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-32〉
지식서비스(G) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



지식서비스 산업이란 지식을 집약적으로 생산 가공 활용하고, 타 산업과의 융합을 통해 높은 부가가치를 창출하는 서비스산업으로, 고품질 서비스에 대한 수요가 증가하고 있고 타 산업의 생산성 향상에도 크게 이바지하는 미래 신성장동력으로 주목받고 있음

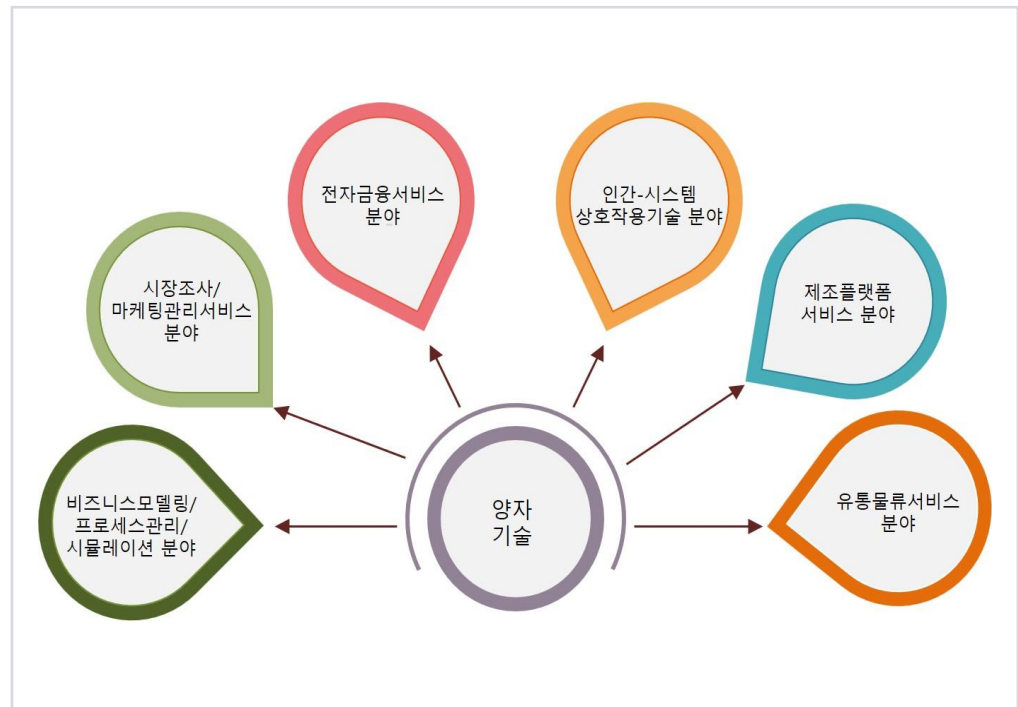
양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 전체 구간에서의 특허 출원 건수는 미미하나, 2001~2009년에는 양자기술 관련 경영·마케팅전략서비스기술(GAC) 기술의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 2010~2019년에는 2001~2010년에 출원이 나타나지 않은 기술인 양자기술 관련 생산공정모델링/시물레이션서비스(GDA) 기술과 2001~2010년에 출원이 저조했던 전자금융서비스(GBA) 기술의 출원이 집중적으로 이뤄지고 있는 것으로 나타남

또한, 2010~2019년에는 2001~2009년에 출원이 나타나지 않은 생산공정모델링/시뮬레이션서비스(GDA) 기술 이외에 시장조사/마케팅관리서비스(GAB) 기술 및 인간-시스템 상호작용기술(GCA)에 대한 출원이 나타나기 시작함. 이는 2010~2019년에 과거 글로벌 경제위기 이후 경기 회복세가 본격화되어 전 세계적으로 선진경제로의 구조변화가 발생함에 따라 제조업의 시장 한계를 극복하기 위해 양자기술을 지식서비스(G) 산업 분야의 다양한 분야에 적용하려는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

한편, 가장 최근인 2020~2022년에는 비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션(GAA) 기술, 시장조사/마케팅관리서비스(GAB) 기술 및 인간-시스템 상호작용기술(GCA)의 특허출원 건수가 타년도 구간 대비 많은 것으로 나타남. 또한, 2020~2022년에는 제조플랫폼 서비스(GDC) 기술 및 유통물류서비스 (GEA) 기술의 출원이 나타나기 시작함. 이를 통해 최근 들어, 지식서비스 산업의 다양한 소분류 기술과 양자기술의 접목이 가속화되고 있는 것으로 판단됨

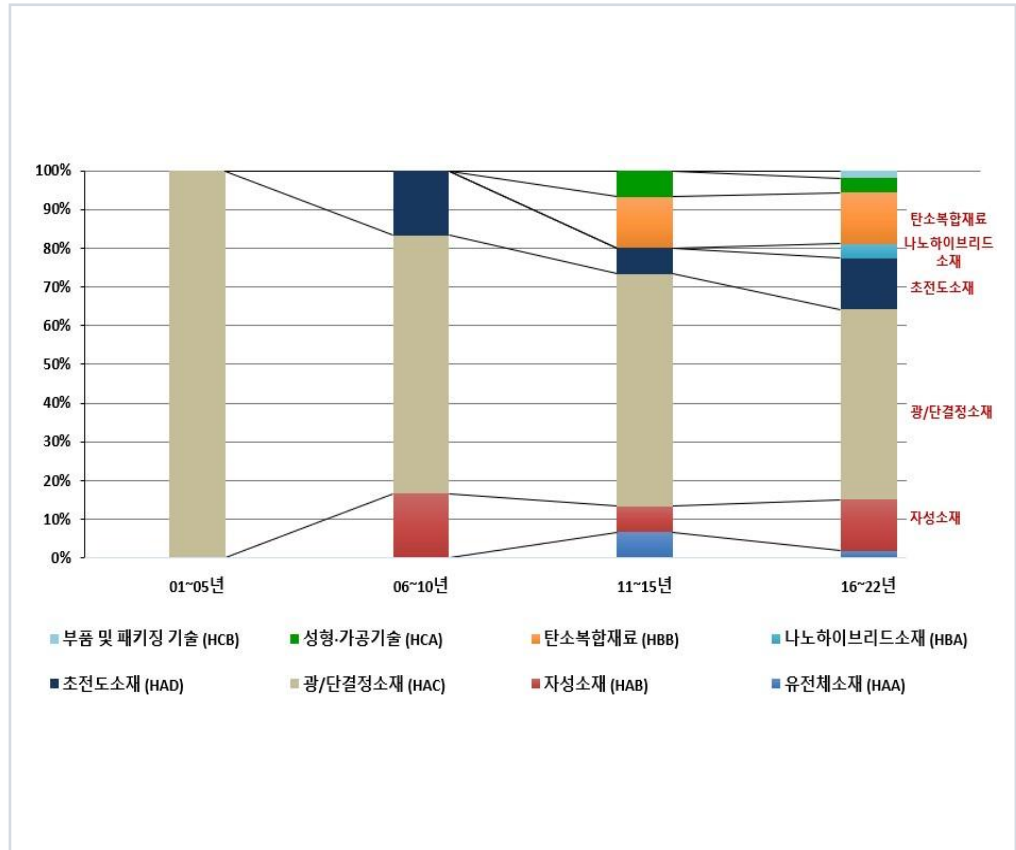
향후 양자기술은 지식서비스(G) 산업 분야에서 특허출원 증가 추세를 나타내고 있는 ‘비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션 분야, 시장조사/마케팅관리서비스 분야, 전자금융서비스 분야, 인간-시스템 상호작용기술 분야, 제조플랫폼 서비스 분야, 및 유통물류서비스 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드). 여기서, 상기 인간-시스템 상호작용기술(HCI:Human-Computer Interaction)은 인간과 컴퓨터 간의 상호작용을 위한 기술로, 인간이 더욱 쉽게 컴퓨터 기술을 쓸 수 있도록 하기 위한 사용자 인터페이스(user interface) 설계 및 구현 기술을 포함함

〈그림 4-33〉
향후 지식서비스(G)
산업 소분류에서의
양자기술 주력 적용
분야(예시)



8 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야 출원 분포 변화

〈그림 4-34〉
세라믹(H) 산업의
소분류 분야 연도구간별
출원분포



양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 구간별 출원 동향을 살펴보면, 전체 구간에서의 특허출원건수는 미미하나, 2001~2005년 및 2006~2010년 구간에는 양자기술 관련 광/단결정소재(HAC)의 출원이 주로 이뤄지고 있는 것으로 나타났음

또한, 2006~2010년에는 양자기술 관련 초전도소재(HAD) 기술 및 자성소재(HAB) 기술에 대한 출원이 나타나기 시작하였고, 이는 2000년 중반에 들어 기상이변으로 인한 피해가 전 세계적으로 확대되면서 에너지 절감 및 에너지 저장·활용을 위한 초전도소재(HAD) 기술 및 자성소재(HAB) 기술에 대한 수요 및 관심이 증대되었기 때문인 것으로 판단됨

2011~2015년 역시 과거 구간과 마찬가지로, 양자기술 관련 광/단결정소재(HAC)의 출원이 주를 이루고 있는 것으로 나타나며, 이때에는 과거에 출원이 나타나지 않는 양자기술 관련 유전체소재(HAA) 기술 및 탄소복합재료(HBB)기술에 대한 출원이 나타남. 2011~2015년에 유전체소재(HAA) 기술 및 탄소복합재료(HBB) 기술에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

한편, 2016~2022년에는 미공개 특허가 존재하여 특허출원건수가 미미하지만, 그 특허출원건수 중에서 과거와 마찬가지로 양자기술 관련 광/단결정소재(HAC) 기술의 출원이 주를 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이때에는 나노하이브리드소재(HBA) 기술 및 부품 및 패키징 기술(HCB)에 대한 특허출원이 나타나기 시작한 것으로 확인되어 나노하이브리드소재(HBA) 기술 및 부품 및 패키징 기술(HCB)에 양자기술을 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

향후 양자기술은 세라믹(H) 산업 분야에서 특허출원 증가 추세를 나타내고 있는 '초전도소재 분야, 나노하이브리드소재 분야, 탄소복합재료 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 사료됨(산업트렌드)

〈그림 4-35〉
향후 세라믹(H) 산업
소분류에서의 양자기술
주력 적용 분야(예시)

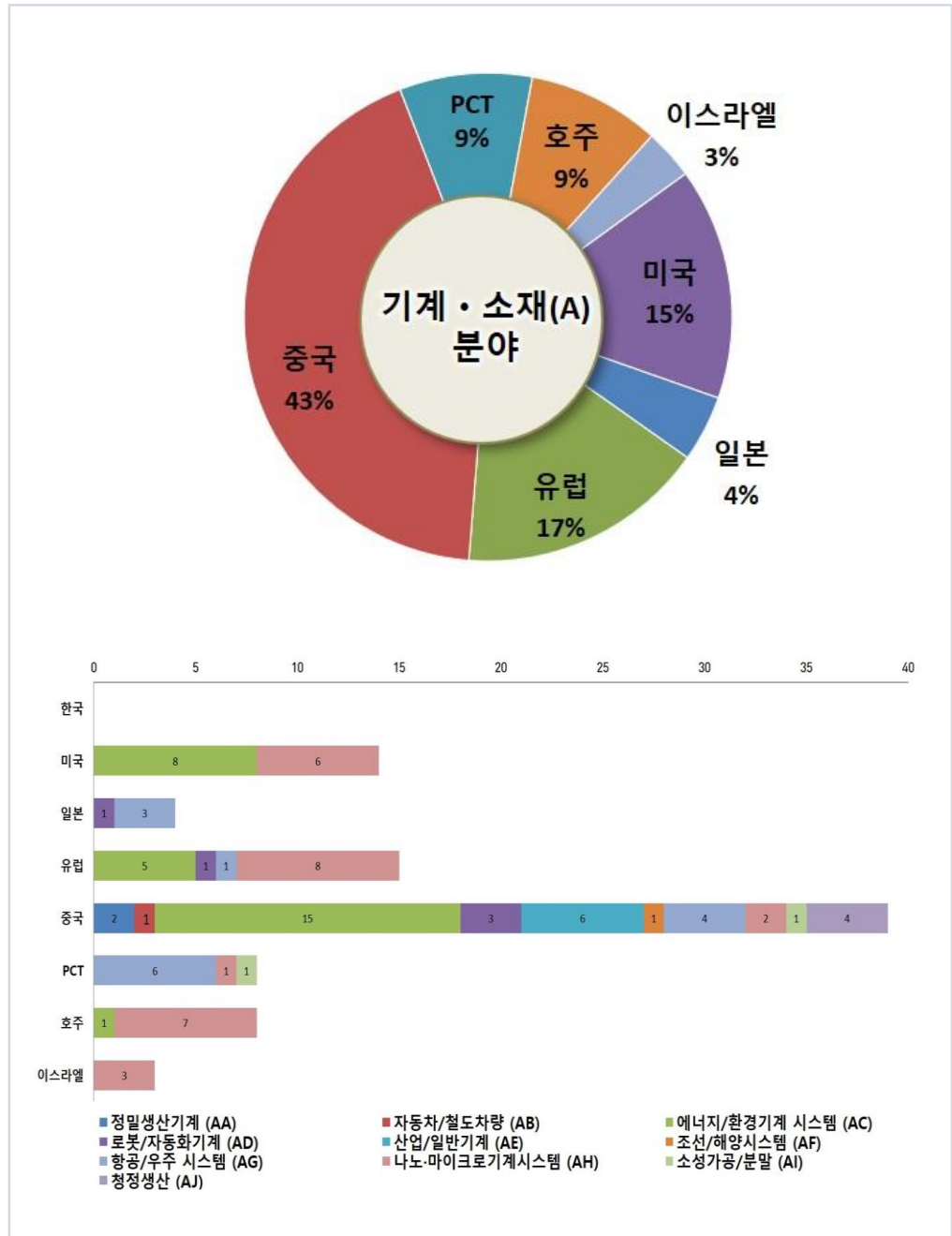


Ⅲ-2. 국가별 주력산업분야 Landscape

〈그림 4-36〉
주요시장국별 양자기술
관련 기계·소재(A) 산업
분야 출원분포

2-1. 주요시장국별 주력산업분야 특허동향 분석

① 기계·소재(A) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향



기계·소재(A) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 중국이 43%로 가장 높은 특허 출원 분포를 나타내고 있으며, 유럽, 미국, 호주, PCT, 일본, 이스라엘 순으로 각각 17%, 15%, 9%, 9%, 4%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허출원 분포는 중국이 개방과 혁신을 지향하는 성장모델이 강조되면서 정부 주도의 R&D 투자가 증가하고, 기업을 비롯한 대학 및 연구기관들의 기술 역량이 강화됨에 따라 지식재산권 보호에 대한 인식이 향상에 기인한 것으로 판단됨

한편, 중국은 기계·소재(A) 산업 분야의 다양한 분야에서 특허출원이 나타나지만, 그중에서도 특히 타국들 대비 에너지/환경기계 시스템(AC) 분야 및 산업/일반기계(AE) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남

미국은 에너지/환경기계 시스템(AC) 분야 및 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타나며, 유럽, 호주 및 이스라엘은 나노·마이크로기계시스템(AH) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남

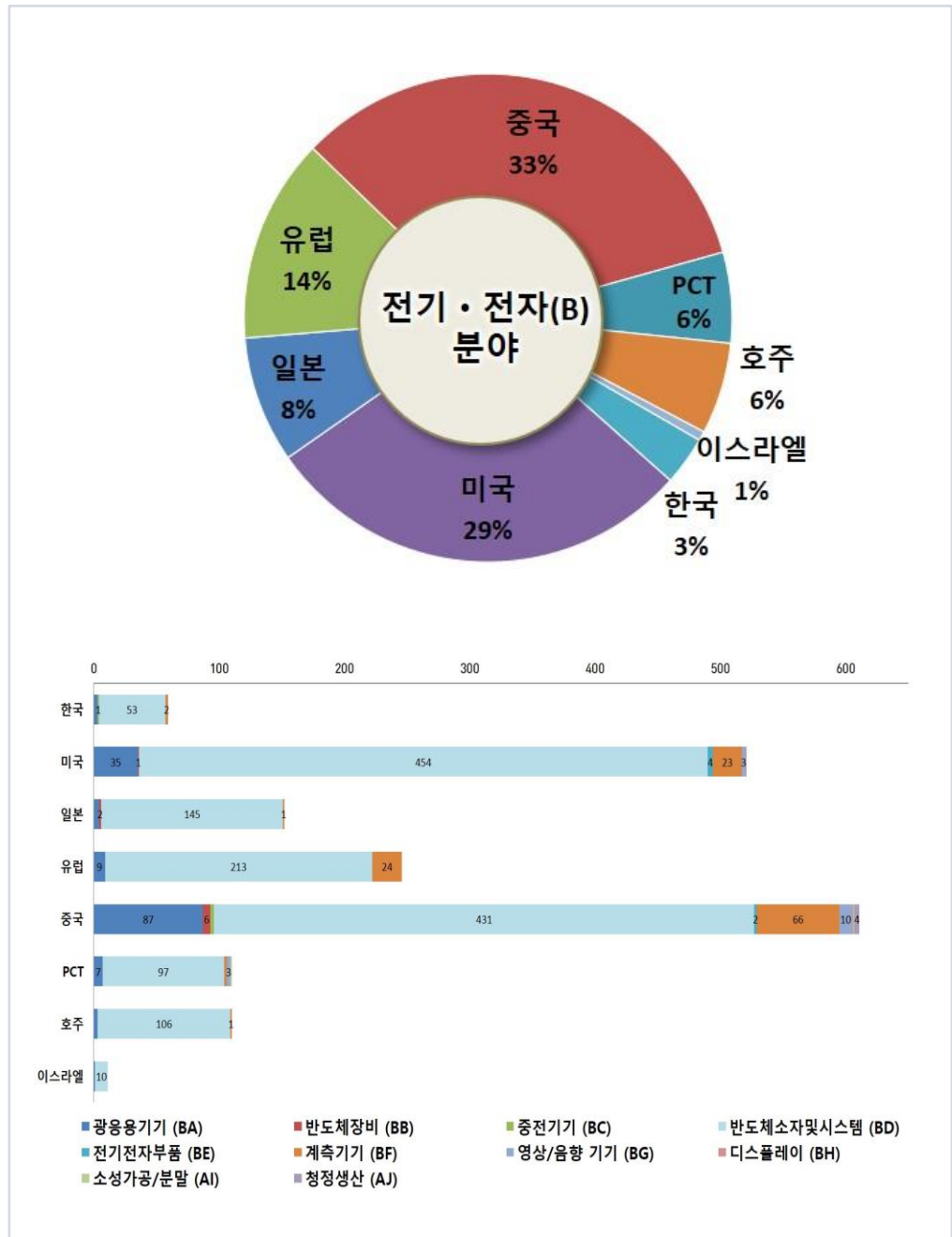
일본 및 PCT 출원은 기계·소재(A) 산업 분야와 관련된 양자기술의 출원 건수가 매우 미미하나, 항공/우주 시스템(AG) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남. 특히 일본의 경우 2017년에 2030년까지 우주산업 규모를 220억달러(약 25조원)로 키우는 '우주산업비전 2030'을 발표하고 현재는 우주개발 현실에 맞게 만든 우주정책기본법을 개정하는 등 우주산업육성을 위해 힘을 쏟고 있음에 따라 양자기술 관련 항공/우주 시스템(AG) 분야에도 관심을 가지고 있는 것으로 파악됨

한국은 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 특허출원 분포가 보이지 않아, 향후 기계·소재(A) 산업 분야와 연계된 양자기술 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 추진하여 고부가가치 양자기술 관련 특허권 확보가 필요할 것으로 사료됨



2 전기·전자(B) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-37〉
주요시장국별 양자기술
관련 전기·전자(B) 산업
분야 출원분포



전기·전자(B) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 중국이 33%로 가장 높은 특허 출원 분포를 나타내고 있으며, 미국, 유럽, 일본, 호주, PCT, 한국, 이스라엘 순으로 각각 29%, 14%, 8%, 6%, 6%, 3%, 1%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허출원 분포는 중국이 개방과 혁신을 지향하는 성장모델이 강조되면서 정부 주도의 R&D 투자가 증가하고, 기업을 비롯한 대학 및 연구기관들의 기술 역량이 강화됨에 따라 지식재산권 보호에 대한 인식이 향상에 기인한 것으로 판단됨

한편, 중국은 반도체소자및시스템(BD) 분야에 집중하면서 전기·전자(B) 산업 분야의 다양한 분야에서 특허출원이 보이지만 그중에서도 특히 타국들 대비 계측기기(BF) 분야 및 광응용기기(BA)분야에 집중하고 있는 것으로 나타남

또한, 미국, 유럽, 일본, 호주, 이스라엘, 한국, PCT 출원 모두 반도체소자및시스템(BD) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남

한편, 미국 및 유럽은 중국과 마찬가지로 반도체소자및시스템(BD) 분야 이외에, 계측기기(BF) 분야 및 광응용기기(BA)분야에 주력하고 있는 것으로 나타남

일본은 반도체소자및시스템(BD) 분야 이외에, 광응용기기(BA) 분야, 반도체장비(BB) 분야 및 계측기기(BF) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있음

호주 및 이스라엘은 반도체소자및시스템(BD) 분야 이외에, 계측기기(BF) 분야 및 광응용기기(BA)분야에 대한 특허출원이 나타나고 있음

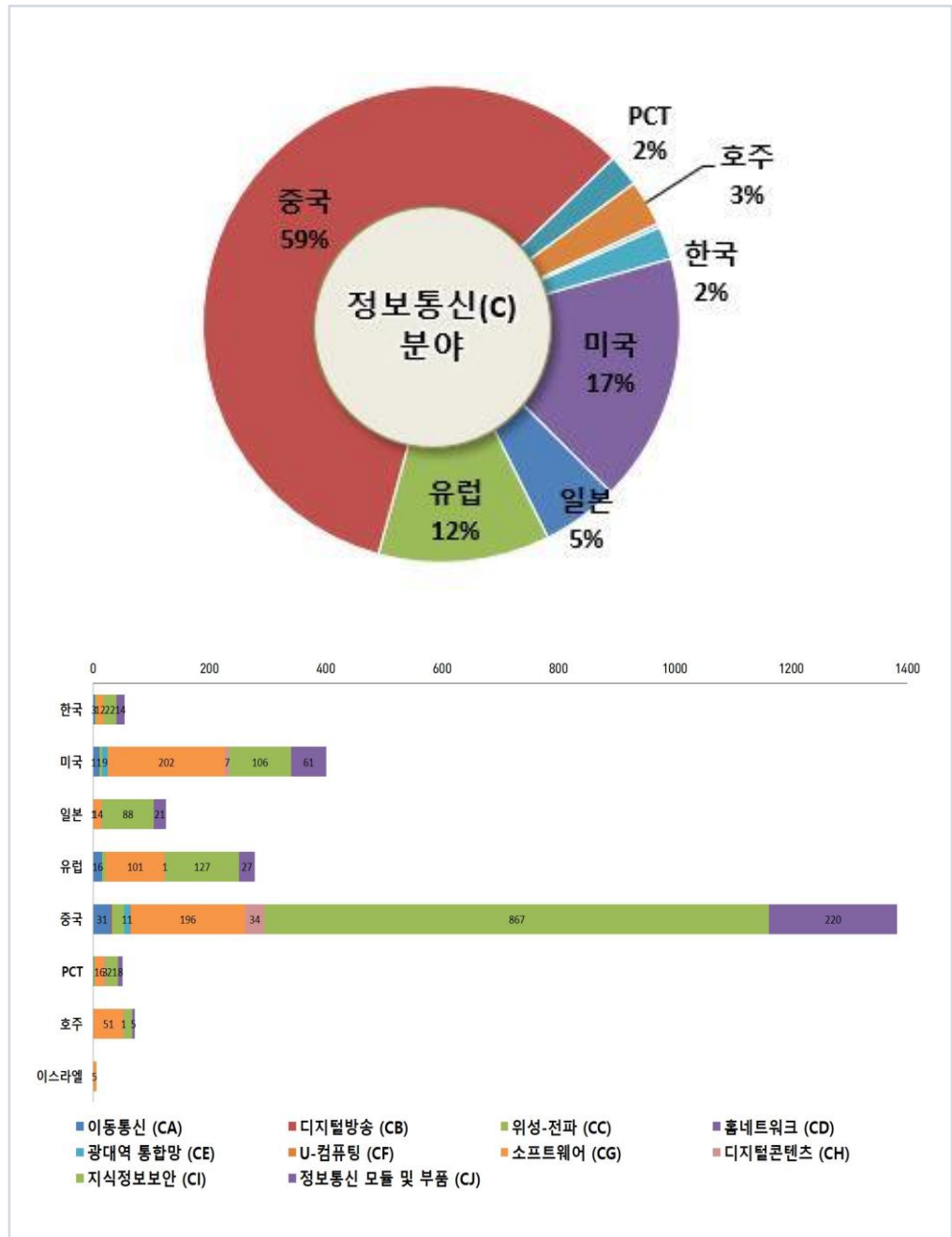
PCT의 경우 반도체소자및시스템(BD) 분야 이외에, 영상/음향 기기(BG) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있음. 이는 양자기술 관련 영상/음향 기기(BG) 분야에도 관심이 시작된 것에 의한 것으로 사료됨

한국은 타 국가들과 마찬가지로 반도체소자및시스템(BD) 분야에 대한 특허출원의 비중이 크고, 계측기기(BF) 분야 및 광응용기기(BA) 분야에 특허출원이 나타나고 있음. 다만, 중국과 같이 전기·전자(B) 산업 분야의 다양한 분야에 특허출원 활동이 보이지 않아 전기·전자(B) 산업 분야의 다양한 분야와 연계된 양자기술 특허 창출 활동이 필요할 것으로 사료됨



3 정보통신(C) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-38〉
주요시장국별 양자기술
관련 정보통신(C) 산업
분야 출원분포



정보통신(C) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 중국이 59%로 가장 높은 특허 출원 분포를 나타내고 있으며, 미국, 유럽, 일본, 호주, 한국, PCT 순으로 각각 17%, 12%, 5%, 3%, 2%, 2%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허출원 분포는 중국이 양자통신 글로벌 경쟁의 후발자라 할 수 있지만, 출발 기술의 수준이 높고, 발전 속도가 빠르며, 양자통신의 많은 응용영역에서 특허 창출 활동이 최근 몇 년 사이에 이뤄짐에 기인한 것으로 판단됨. 현재 중국은 양자통신 분야에 있어서 이미 세계 선진 수준에 이르고 있는 것으로 평가되고 있는 것으로 나타남

한편, 중국은 정보통신(C) 산업 분야의 다양한 분야에서 특허출원이 나타나지만, 그중에서도 특히 타국들 대비 지식정보보안(CI) 분야 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남

구체적으로 중국은 지식정보보안(CI) 분야에서 가장 비약적인 연구성과를 내는 국가로 나타나며, 2016년 세계 첫 양자암호통신 위성 '묵자'(墨子) 호를 발사한 데 이어, 2018년에는 이 위성을 이용해 베이징에서 약 7천600km 떨어진 오스트리아 빈까지 대륙 간 무선 양자암호통신에 성공함

또한, 중국은 지식정보보안(CI) 분야에 대한 투자도 활발함. 2020년까지 세계 최대 규모의 양자연구소인 '국립 양자 정보과학 연구소'를 건설하는 데 13조 원을 투입한다고 발표한 바 있음

미국, 유럽, 호주, 이스라엘 및 PCT는 소프트웨어(CG) 분야 및 지식정보보안(CI) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남

일본은 지식정보보안(CI) 분야 및 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남. 일본 역시 2022년 양자통신용 위성을 발사하고, 시험 운용을 거쳐 2027년에는 본격 운용한다는 계획을 2018년에 발표함

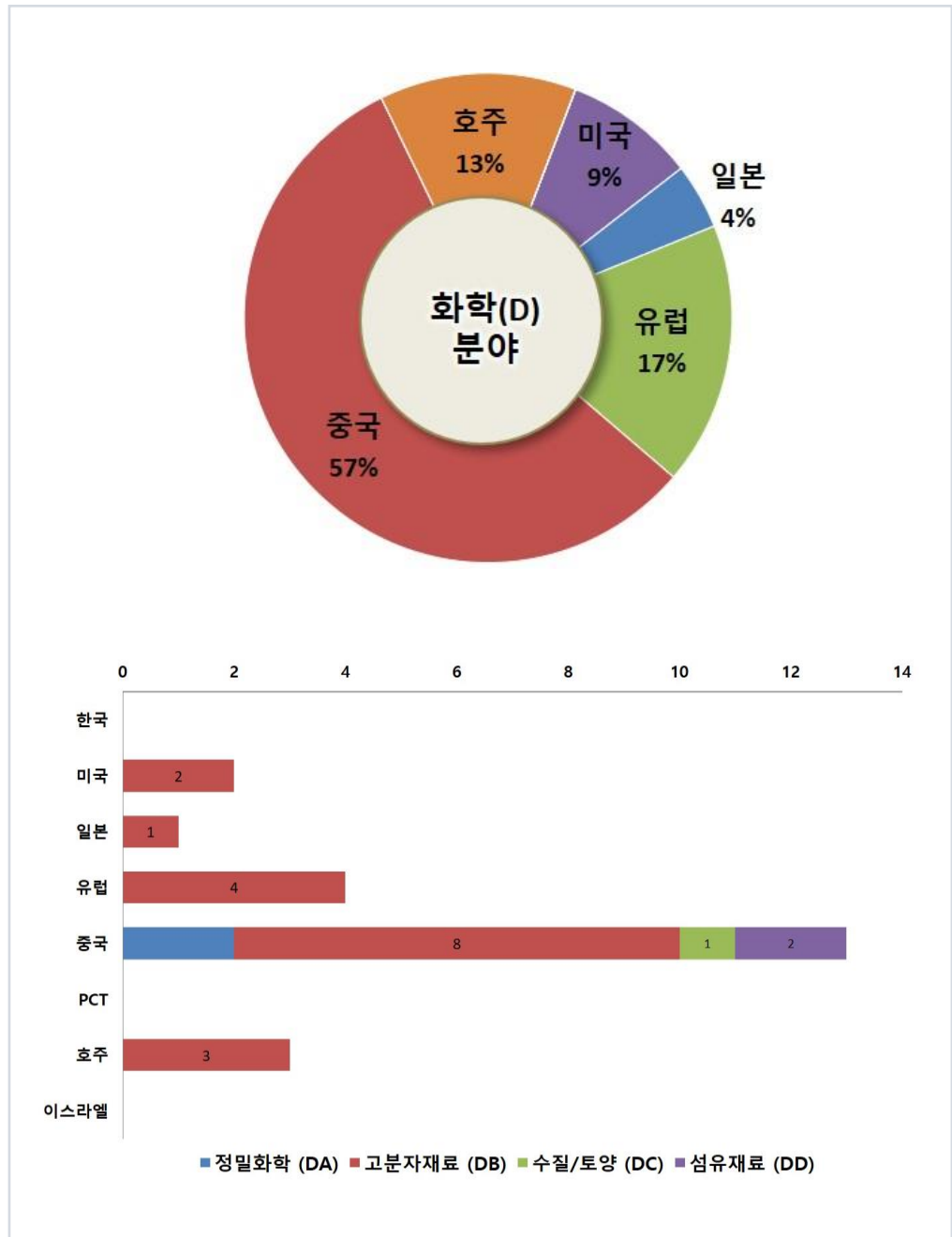
한국은 타국들 대비 정보통신(C) 산업 분야와 연계된 양자기술의 특허출원이 양적으로 작은 것으로 나타나며, 타 국가들 대비 전반적으로 정보통신(C) 산업 분야의 특정 분야에 특허출원활동이 보이지 않음

한국은 2018년 과학기술정보통신부가 8년간 양자정보통신 분야에 총 3천40억원을 투입한다는 R&D 계획을 기획재정부에 제출했지만, 기술개발 성공 가능성과 경제성이 낮다는 이유로 예산 확보에 실패한 사례가 있었음. 이처럼, 정부차원의 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야에 대한 투자가 없다면 다른 국가 대비 기술경쟁력 및 국가 안보를 확보하기 어려울 것이 예상되므로 이에 대한 정부의 적극적인 R&D 투자가 필수적일 것으로 사료됨



4 화학(D) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-39〉
주요시장국별 양자기술
관련 화학(D) 산업 분야
출원분포



화학(D) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 주요시장국에서 화학(D) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원이 총 23건으로 전반적으로 타 기술 대비 다소 미미한 것으로 나타남. 따라서, 주요시장국의 특허출원 분포를 통해 유의미한 결과를 얻기는 어려움

구체적으로, 화학(D) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원 총 23건 중에서 중국이 57%로 가장 높은 특허출원 분포를 나타내고 있으며, 유럽, 호주, 미국, 일본 순으로 각각 17%, 13%, 9%, 4%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음. 다만, 각 국의 특허출원의 편차가 크게 나지 않으므로 중국이 화학(D) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허 창출을 선도하고 있다고 말하기에는 무리가 있음. 즉, 화학(D) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허권을 확보함에 있어서 세계 시장진입장벽이 높지 않은 것으로 판단됨

상술한 바와 같이, 화학(D) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허출원의 건수가 다소 미미하여 특정 국가가 선도하고 있다고 보기는 어려우나, 그래도 특허 출원이 그나마 있는 다양하게 분포하고 있는 중국이 화학(D) 산업 분야와 양자기술을 다각적으로 연구개발하여 선도하고 있다고 볼 수 있을 것임

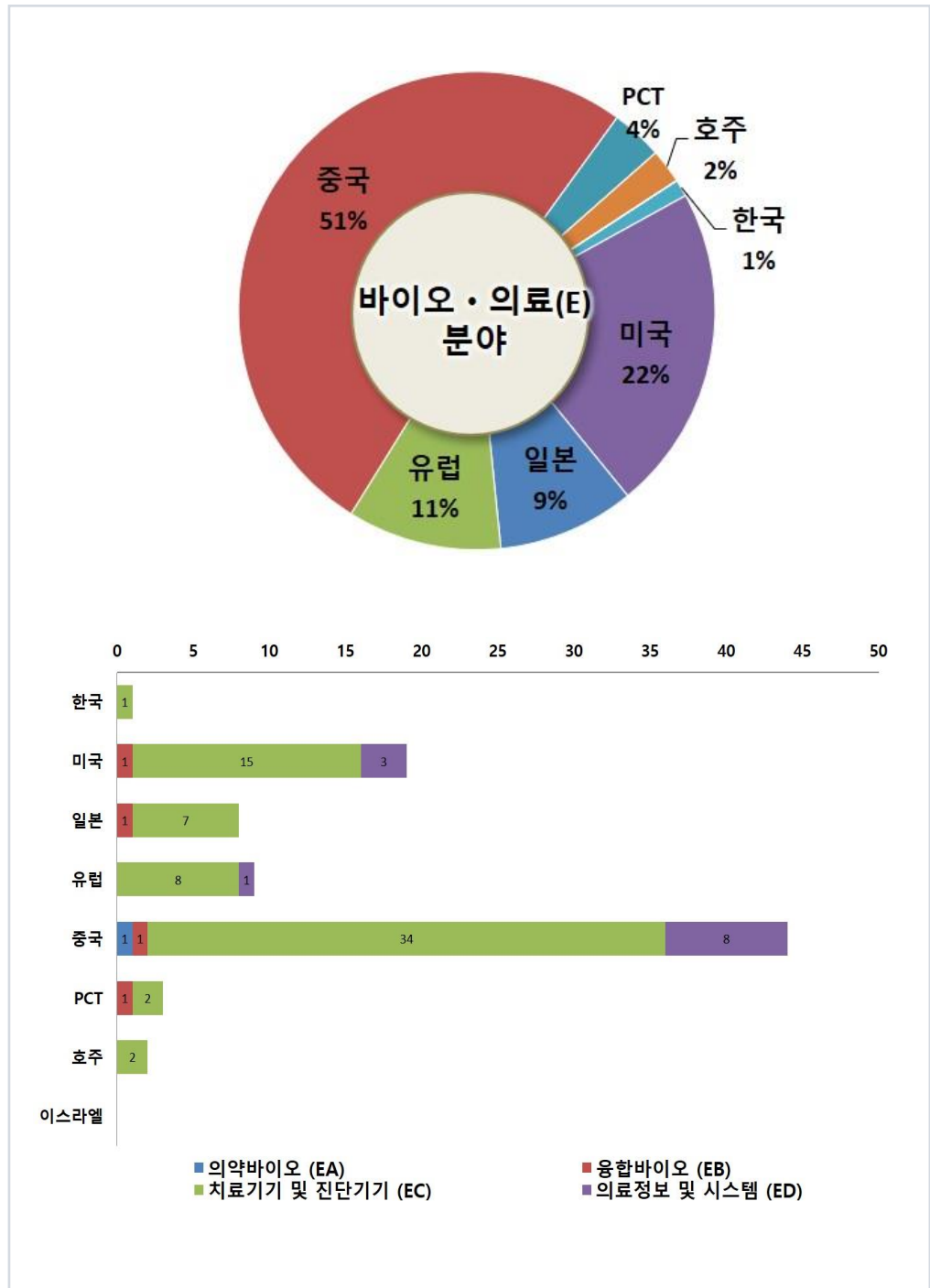
중국은 고분자재료(DB) 분야를 중심으로 다양하게 정밀화학(DA) 분야, 섬유재료(DD) 분야, 및 수질/토양(DC) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있으며, 유럽, 호주, 미국, 일본 역시 고분자재료(DB) 분야에 국한하여 특허출원이 나타나고 있음

이에 반해, 한국과 PCT 출원은 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 특허출원 분포가 보이지 않음. 그러나, 앞서 상술한 바와 같이 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야는 양자기술 관련 특허권을 확보함에 있어서 세계 시장진입장벽이 높지 않은 분야로 판단되기 때문에, 향후 한국이 화학(D) 산업 분야와 연계된 양자기술 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 적극적으로 추진한다면 향후 한국이 화학(D) 산업 분야와 연계된 양자기술 관련 세계시장에서 선도국가로 인정받을 수 있을 것으로 사료됨



5 바이오·의료(E) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-40〉
주요시장국별 양자기술
관련 바이오·의료(E)
산업 분야 출원분포



바이오·의료(B) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 주요시장국에서 바이오·의료(B) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원 총 86건 중에서 중국이 51%로 가장 높은 특허 출원 분포를 나타내고 있으며, 미국, 유럽, 일본, PCT, 호주, 한국 순으로 각각 22%, 11%, 9%, 4%, 2%, 1%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허출원 분포는 중국이 작년에 발표한 「14차 5개년계획 기간 경제사회발전계획 및 2035년 장기 목표」(‘21.3)에서 크게 생명과학 기술과 산업 분야의 연구 방향을 발표에 따라 3대 기술 정책 방향으로 ‘뇌과학’, ‘유전자 및 바이오솔’, ‘임상의학 및 헬스케어’를 선정하였고, 상기 분야와 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능 등 차세대 정보기술과의 융합을 강조함에 따라 지식재산권 보호에 대한 인식 향상에 기인한 것으로 판단됨

한편, 중국은 바이오·의료(B) 산업 분야의 다양한 분야에서 특허출원이 나타나지만, 그중에서도 특히 타국들 대비 치료기기 및 진단기기(EC) 분야 및 의료정보 및 시스템(ED) 분야에 집중하고 있는 것으로 나타남

중국을 제외한 미국, 유럽, 일본, 한국 역시 치료기기 및 진단기기(EC) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남. 또한, 호주 역시 치료기기 및 진단기기(EC) 분야에 특허출원이 나타나고 있음

한편, PCT 출원의 경우, 매우 적은 특허출원이 발생하나, 치료기기 및 진단기기(EC) 분야 이외에도 융합바이오(EB) 분야에서도 특허출원이 나타나고 있음. 이는 양자기술 관련 융합바이오(EB) 분야의 기술의 시장진입장벽이 낮아 이분야에 대한 시장진입을 위한 특허권리 확보를 위한 것으로 사료됨

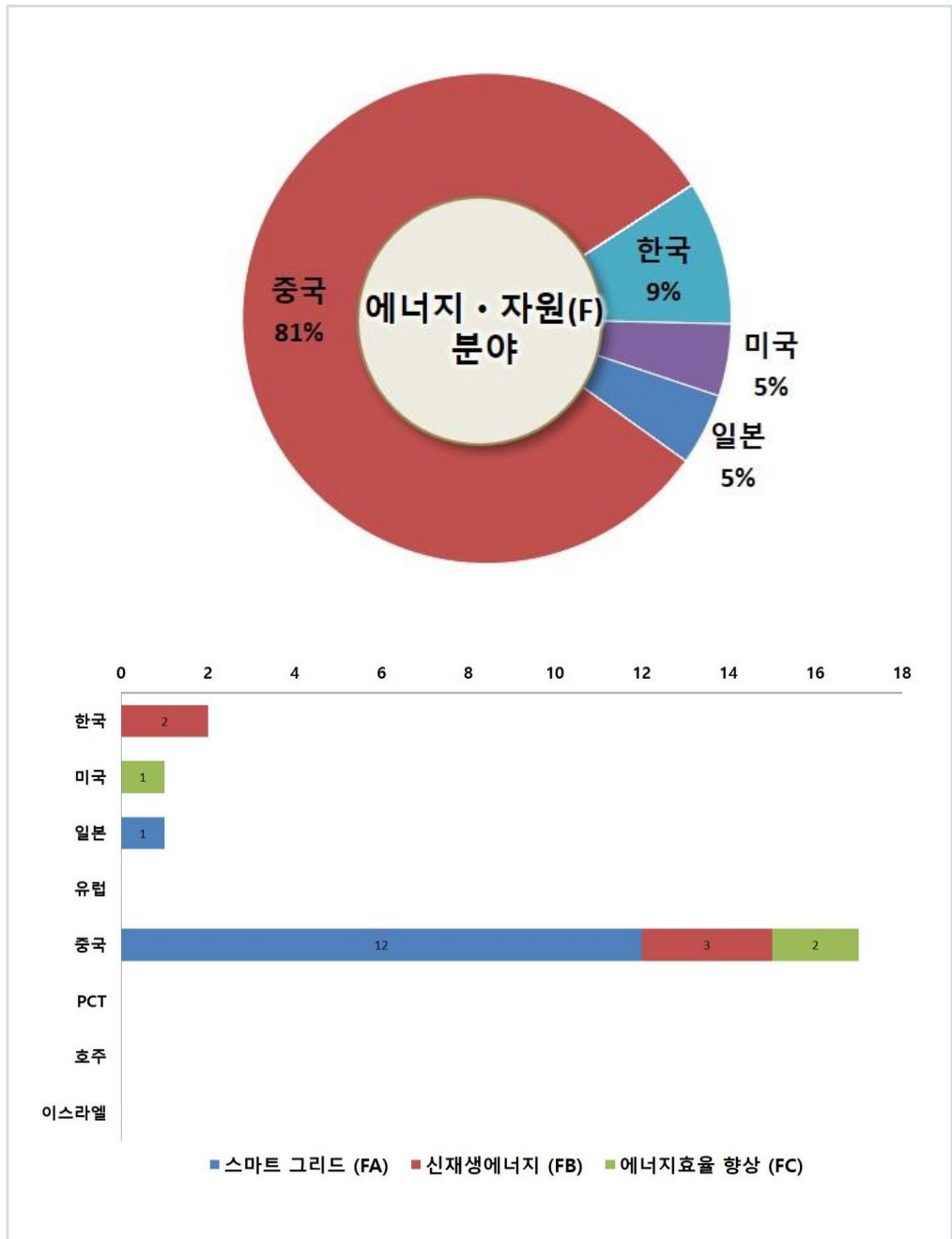
한국은 양자기술 관련 바이오·의료(B) 산업 분야의 특허출원 분포가 보이지 않음. 또한, 화학(D) 산업과 마찬가지로 바이오·의료(B) 산업 분야와 연계된 양자기술의 발전 가능성을 고려해볼 때 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 적극적으로 추진할 필요가 있음

또한, 바이오·의료(B) 산업 분야는 양자기술 관련 특허권을 확보함에 있어서 아직은 세계 시장진입장벽이 높지 않은 분야로 판단되기 때문에, 세계시장 진출을 위한 고부가가치 표준특허 창출이 우선 선행되어야 할 것으로 사료됨



6 에너지·자원(F) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-41〉
주요시장국별 양자기술
관련 에너지·자원(F)
산업 분야 출원분포



에너지·자원(F) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 주요시장국에서 에너지·자원(F) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원이 총 21건으로 전반적으로 타 기술 대비 다소 미미한 것으로 나타남. 따라서, 주요시장국의 특허출원 분포를 통해 유의미한 결과를 얻기는 어려움

구체적으로, 화학(D) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원 총 21건 중에서 중국이 81%로 가장 높은 특허출원 분포를 나타내고 있으며, 한국, 미국, 일본 순으로 각각 9%, 5%, 5%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음. 다만, 각 국의 특허출원의 편차가 크게 나지 않으므로 중국이 에너지·자원(F) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허 창출을 선도하고 있다고 말하기에는 무리가 있음. 즉, 에너지·자원(F) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허권을 확보함에 있어서 세계 시장진입장벽이 높지 않은 것으로 판단됨

상술한 바와 같이, 에너지·자원(F) 산업 분야에서 양자기술 관련 특허출원의 건수가 다소 미미하여 특정 국가가 선도하고 있다고 보기는 어려우나, 그래도 특허 출원의 비중이 타국가들 대비 높고 다양한 기술분야의 출원분포를 가지고 있는 중국이 에너지·자원(F) 산업 분야와 양자기술을 다각적으로 연구개발하여 선도하고 있다고 볼 수 있을 것임

중국은 스마트 그리드(FA) 분야를 중심으로 다양하게 신재생에너지(FB) 분야 및 에너지효율 향상(FC) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있어, 중국은 에너지·자원(F) 산업 분야에 다각적으로 양자기술을 접목하려는 시도가 있는 것으로 판단됨

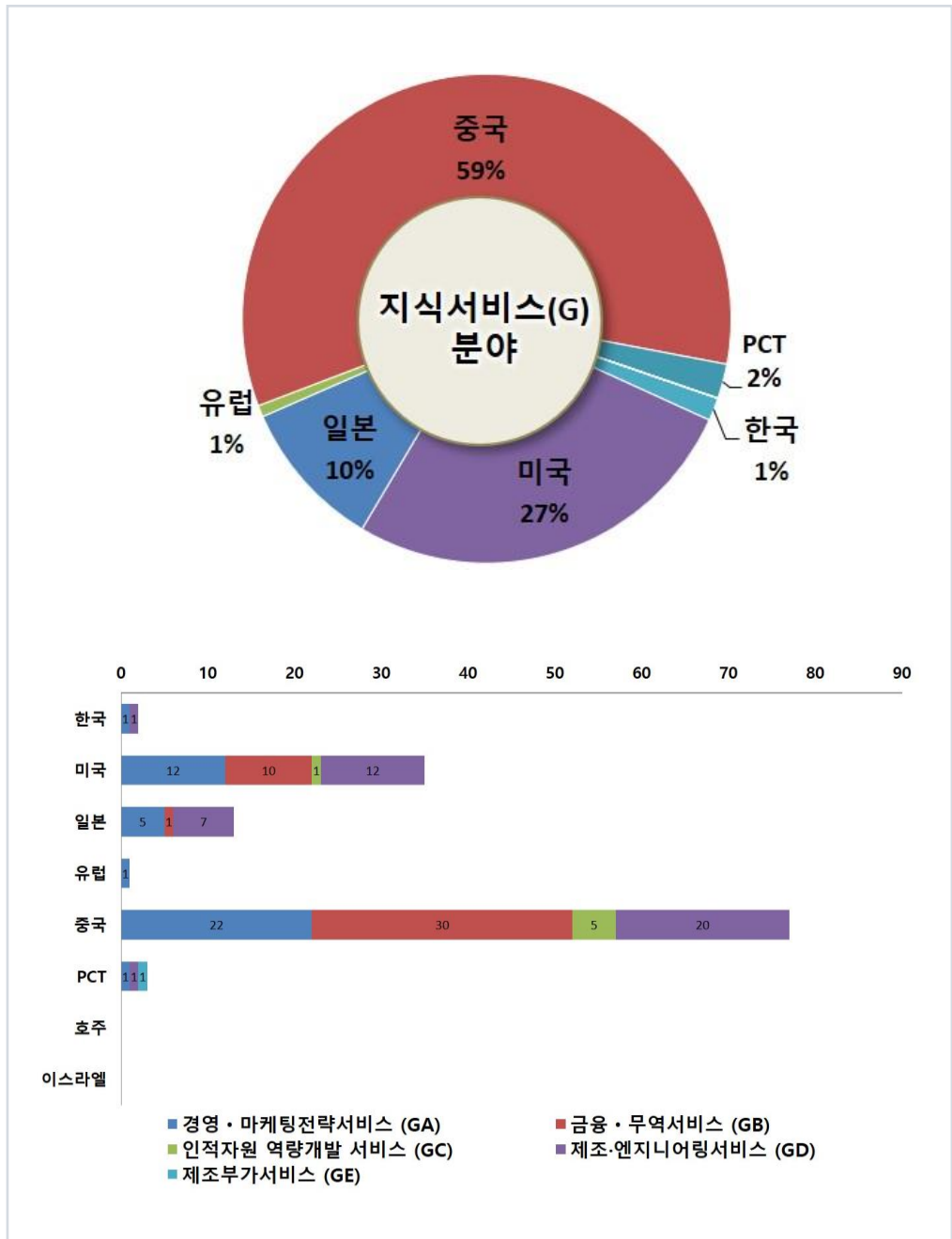
중국 이외에, 한국, 미국 및 일본은 매우 적은 에너지·자원(F) 관련 양자기술 특허를 출원하고 있지만, 그래도 한국은 신재생에너지(FB) 분야에서 특허출원이 나타나고, 미국은 에너지효율 향상(FC) 분야에서 특허출원이 나타나며, 일본은 스마트 그리드(FA) 분야에서 특허출원이 나타나고 있음

이에 반해, 유럽, 호주, 이스라엘, PCT 출원은 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 특허출원 분포가 보이지 않음. 이는 유럽이 에너지·자원(F) 산업 분야만 보았을 때 시장을 선도하고 있으나, 이에 반해 에너지·자원(F) 산업과 양자기술과의 연계를 통한 특허권 확보에 대한 국가적인 투자 및 노력이 미진한 것 때문이라고 사료됨. 왜냐하면, 유럽연합(EU)은 2018년 양자기술 개발에 향후 10년간 총 10억 유로를 지원하고, 2021~2033년간 80억 유로를 지원할 방침이라고 발표했으나, 이는 중국과 미국의 연구개발 지원금에 비해 크게 못 미치는 수준으로 나타났기 때문임



7 지식서비스(G) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-42〉
주요시장국별 양자기술
관련 지식서비스(G)
산업 분야 출원분포



지식서비스(G) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 중국이 59%로 가장 높은 특허 출원 분포를 나타내고 있으며, 미국, 일본, PCT, 한국, 유럽 순으로 각각 27%, 10%, 2%, 1%, 1%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허출원 분포는 중국이 개방과 혁신을 지향하는 성장모델이 강조되면서 정부주도의 R&D 투자가 증가하고, 기업을 비롯한 대학 및 연구기관들의 기술 역량이 강화됨에 따라 기존 기술과의 융합 분야에 대한 지식재산권 보호에 대한 인식이 향상에 기인한 것으로 판단됨

한편, 중국은 금융·무역서비스(GB) 분야에 집중하면서 지식서비스(G) 산업 분야의 다양한 분야에서 특허출원이 보이지만 그중에서도 특히 타국들 대비 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야 및 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야에도 주력하고 있는 것으로 나타남

미국은 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야 및 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야에 집중하면서, 금융·무역서비스(GB) 분야에도 주력하고 있는 것으로 나타남

일본은 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야 및 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남

유럽은 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있음. 한편, 호주 및 이스라엘은 지식서비스(G) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원을 나타내고 있지 않음

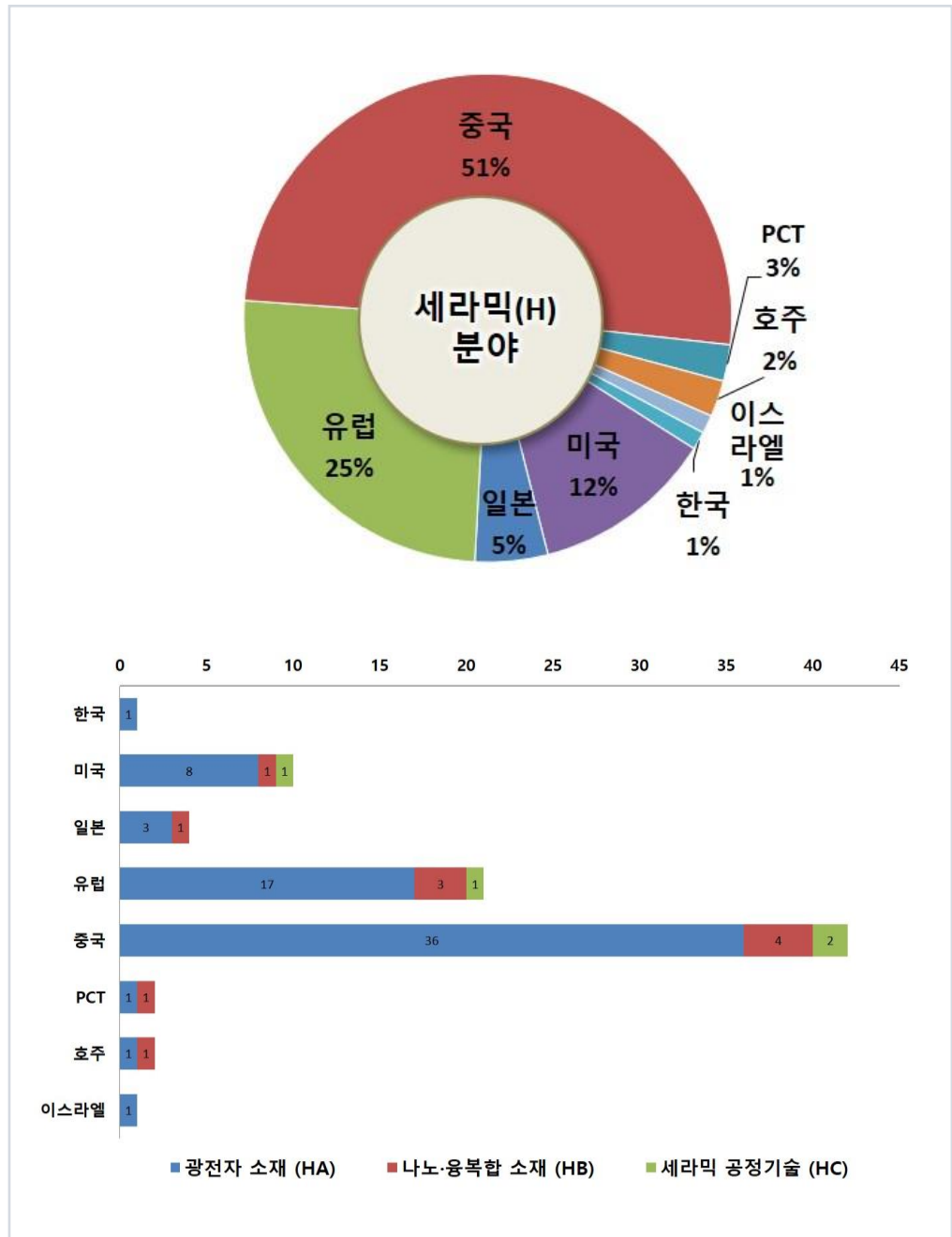
PCT의 경우 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야 및 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야 이외에도 제조부가서비스(GE) 분야에 대한 특허출원이 나타나고 있음. 이는 양자기술 관련 제조부가서비스(GE) 분야에도 관심이 시작된 것에 의한 것으로 사료됨

한국은 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야 및 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야에 대한 특허출원은 보이나, 본 지식서비스(G) 산업 분야 관련 특허출원의 양적 성장이 이뤄지지 않았기 때문에 지식서비스(G) 산업 분야에 대한 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 적극적으로 추진할 필요가 있음



8 세라믹(H) 산업 분야의 주요시장국별 양자기술 관련 특허동향

〈그림 4-43〉
주요시장국별 양자기술
관련 세라믹(H) 산업
분야 출원분포



세라믹(H) 산업 분야에서의 주요시장국별 양자기술 출원 분포를 살펴보면, 주요시장국에서 세라믹(H) 산업 분야 관련 양자기술의 특허출원 총 83건 중에서 중국이 51%로 가장 높은 특허출원 분포를 나타내고 있으며, 유럽, 미국, 일본, PCT, 호주, 이스라엘, 한국 순으로 각각 25%, 12%, 5%, 3%, 2%, 1%, 1%의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

미국, 유럽, 일본, PCT, 호주, 한국 순으로 각각 22%, 11%, 9%, 4%, 2%, 1% 의 출원 분포로 그 뒤를 따르고 있음

이와 같은 중국의 높은 특허 출원 분포는 중국의 제조업을 2015년 '제조대국'으로 2025년에는 '제조강국', 2035년에는 '혁신강국'이 되는 것을 목표로 신소재를 포함한 10대 중점분야를 설정하여 추진하는 '중국 제조 2025'라는 정책에 의해 신소재 분야와 양자기술의 접목 필요성에 기인한 것으로 판단됨

한편, 중국은 광전자 소재(HA) 분야에 집중하면서 나노·융복합 소재(HB) 분야 및 세라믹 공정기술(HC) 분야에 대한 특허출원을 하고 있는 것으로 나타나며, 유럽, 미국, 일본의 경우도 광전자 소재(HA) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남. 이를 통해, 전세계 국가들은 세라믹(H) 산업 분야 중에서도 광전자 소재(HA) 분야를 양자기술과 연계시킨 기술개발에 주력하고 있는 것으로 판단됨

한편, 호주, PCT 출원의 경우, 매우 적은 특허출원이 발생하나, 광전자 소재(HA) 분야 이외에도 나노·융복합 소재(HB) 분야에서도 특허출원이 나타나고 있음. 이는 양자기술 관련 나노·융복합 소재(HB) 분야의 기술의 시장진입장벽이 낮아 이 분야에 대한 시장진입을 위한 특허권리 확보를 위한 것으로 사료됨

한국은 광전자 소재(HA) 분야에 대한 특허출원은 보이나, 본 세라믹(H) 산업 분야 관련 특허출원의 양적 성장이 이뤄지지 않았기 때문에 세라믹(H) 산업 분야에 대한 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 적극적으로 추진할 필요가 있음

특히, 세라믹(H) 산업 분야의 경우 과거 일본의 수출규제, 중국발 요소수 사태 등에서 보았듯, 앞으로 자국 이기주의는 더욱 팽배해질 것으로 예상됨. 따라서, 세라믹 원료와 세라믹 기반 소재·부품을 선제 관리하지 않으면 국가 안보에도 위험한 상황이 올 수 있음. 따라서, 향후 세라믹(H) 산업 분야와 연계된 양자기술 관련 고부가가치 표준특허 창출 및 특허포트폴리오 구축이 필수적일 것으로 사료됨





양자기술 특허기술동향조사 보고서

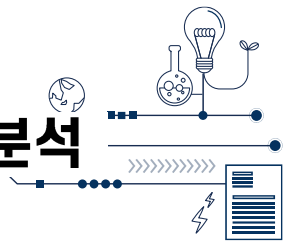
양자기술 관련 기술융합 동향 분석

1. 단일/융합기술 관련 Landscape
2. 산업분야별 기술융합 Landscape





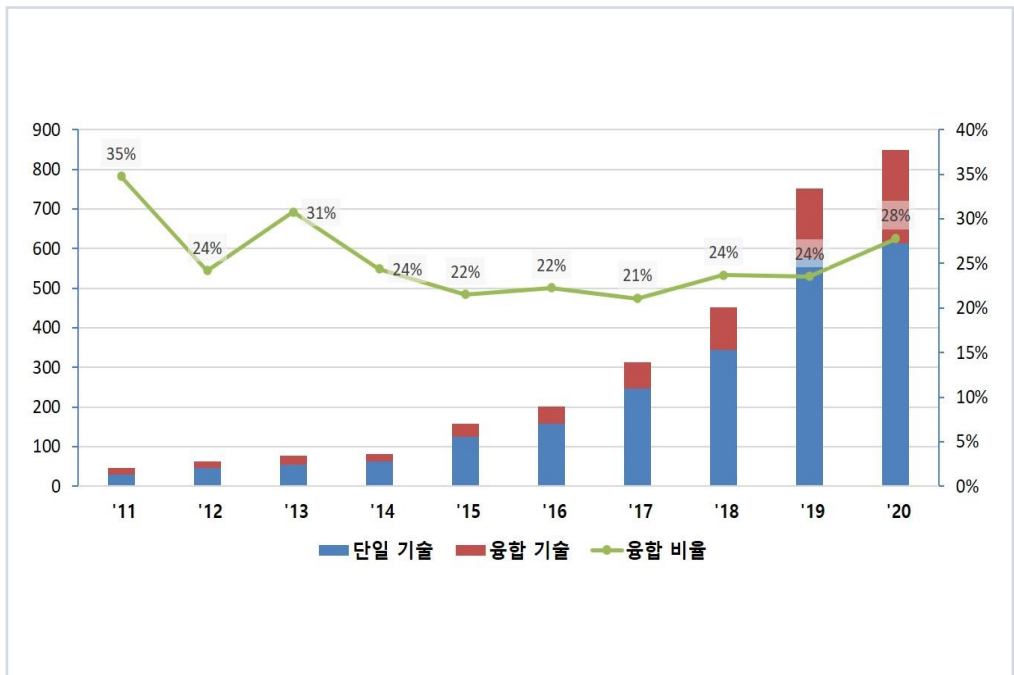
양자기술 관련 기술융합 동향 분석



V-1. 단일/융합기술 관련 Landscape

〈그림 5-1〉 양자기술 관련 단일/융합기술 관련 전체 특허동향 추이

1-1. 양자기술 관련 단일/융합기술 관련 전체 특허동향 분석



본 분석에서는 최근 기술융합 트렌드를 분석하기 위해서 양자기술 관련 유효특허 중에서 최근 10년간(특허 미공개 구간 제외)의 양자기술 관련 유효특허만을 추출하였음. 추출된 양자기술 관련 유효특허에서 국제특허분류 기준인 IPC에 의해 분류된 유효특허별 기술분류를 분석대상으로 삼고, 하나의 특허가 두 개 이상의 기술분류로 구성된 경우에 기술융합이 이루어진 것으로 간주하였음

〈그림 5-1〉은 IPC 특허 기준으로 단 하나의 분야를 갖는 단일기술, 그리고 두 개 이상의 분야를 기술분류로 갖는 융합기술을 기반으로 최근 10년간 출원된 양자기술 관련 유효특허의 특허 동향 추이를 나타낸 것임

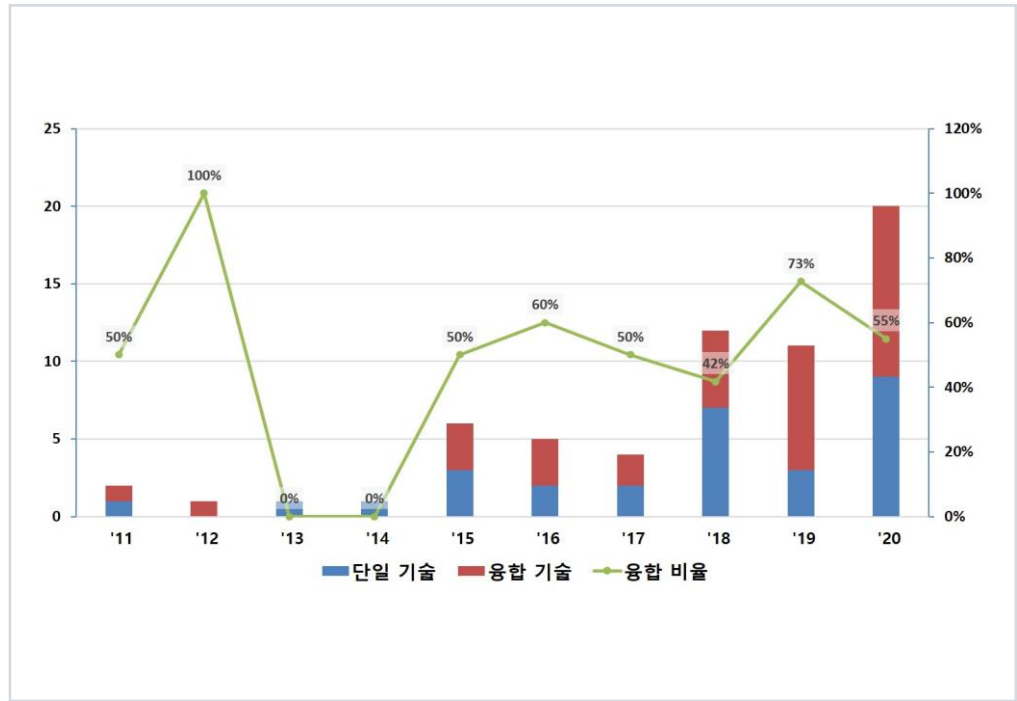
최근 10년간 양자기술 관련 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2011년부터 최근까지 꾸준하게 증가하는 추세를 보이며, 융합기술은 매년 전체기술(단일+융합기술)의 최소 21%~최대 35%의 수준으로 출원된 것으로 나타남. 이를 통해서 볼 때, 최근 10년간 양자기술 관련 전체 산업 분야는 타 기술과의 기술융합이 저조했던 것으로 판단됨. 다만, 융합기술이 증감을 반복하고 있지만 최근 점점 증가하는 추세로 나타나 최근 타 분야 기술과의 융합이 활발해지고 있는 추세인 것으로 판단됨

V-2. 산업분야별 기술융합 Landscape

2-1. 양자기술 관련 산업별 기술융합 동향 분석

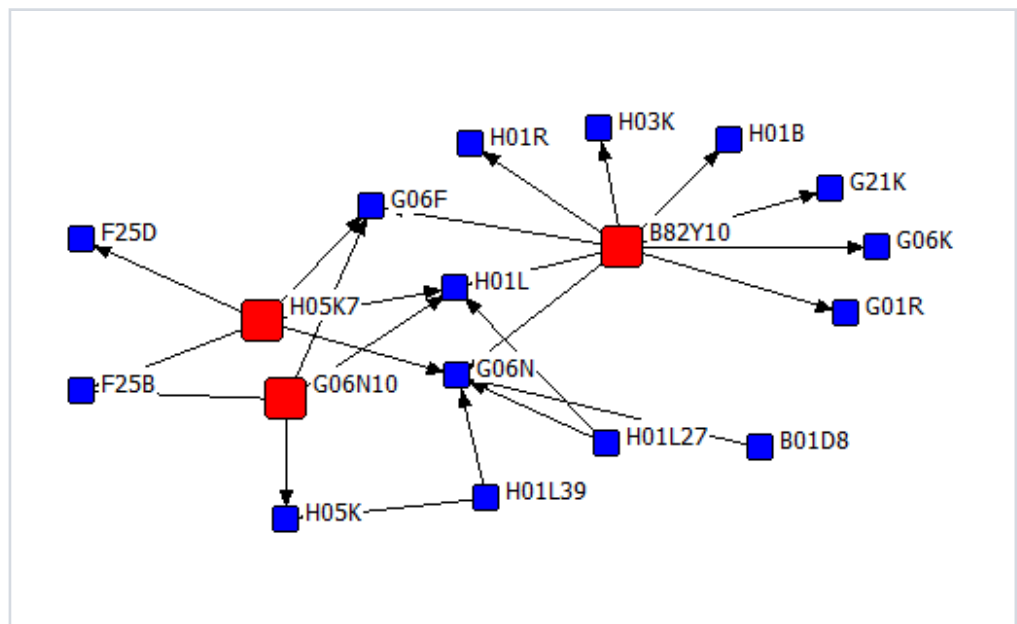
① 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-2〉 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 최근까지 증감을 반복하고 있으며, 융합기술은 2015년부터 최근까지 매년 전체기술의 최소 42%~최대 100%의 수준으로 출원된 것으로 나타남. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야는 타 분야의 기술과 기술융합이 활발했던 것으로 판단됨

〈그림 5-3〉 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-3>은 국제분류체계인 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 네트워크 분석용 프로그램인 UCINET for Windows와 시각화 프로그램인 NetDraw프로그램을 이용하여 제시하였음. 각 IPC 코드는 노드(Node)에 해당하고, 상기 각 IPC 코드의 연결 관계는 노드 간 연결인 링크(Link)로 표현될 수 있음

IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 통해서, 연결 정도 중심성 정도를 파악할 수 있음. 여기서 연결 정도 중심성은 특정 노드가 다른 노드들과 얼마만큼 관계를 맺고 있는가를 나타내는 값으로, 연결 정도 중심성이 크다는 것은 다른 기술분야와의 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술임을 의미함

양자기술 관련 유효특허 중에서 기계·소재(A) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 전기·전자(B) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 나노 마이크로기계시스템 관련 IT·SW(B82Y10) 분야로 분석되었으며, 그 뒤를 이어 냉동기계(H05K7, G06N10) 분야인 것으로 나타남. 이를 통해, 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “나노 마이크로기계시스템 IT·SW 및 냉동기계” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 나노 마이크로기계시스템 관련 IT·SW(B82Y10) 분야는 반도체 장치 기술(H01L), 도전접속(H01R), 펄스 기술(H03K), 케이블(H01B), 입자 또는 전리 방사 취급 기술(G21K), 그래픽 데이터판독 기술(G06K), 전자기변량의 측정 기술(G01R), 디지털 데이터처리 기술(G06F), 컴퓨팅 장치 기술(G06N)과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

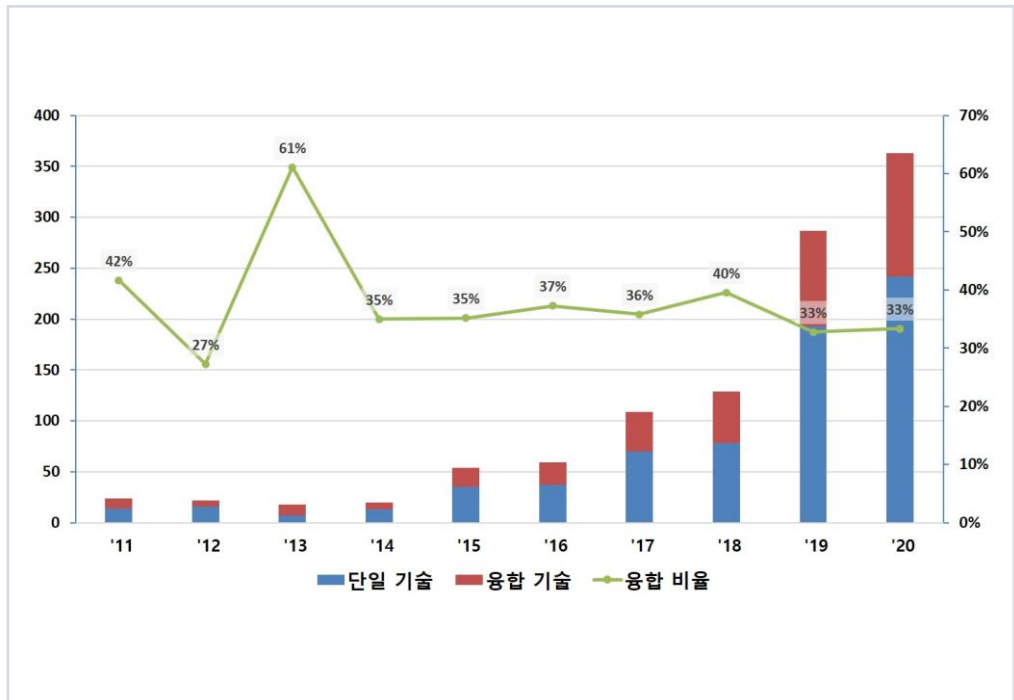
즉, 양자기술 관련 기계·소재(A) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 물리학(G) 또는 전기(H) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-1>
양자기술 관련
기계·소재(A) 산업 분야의
융합기술의 IPC 섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
G	물리학(Physics)
H	전기(Electricity)

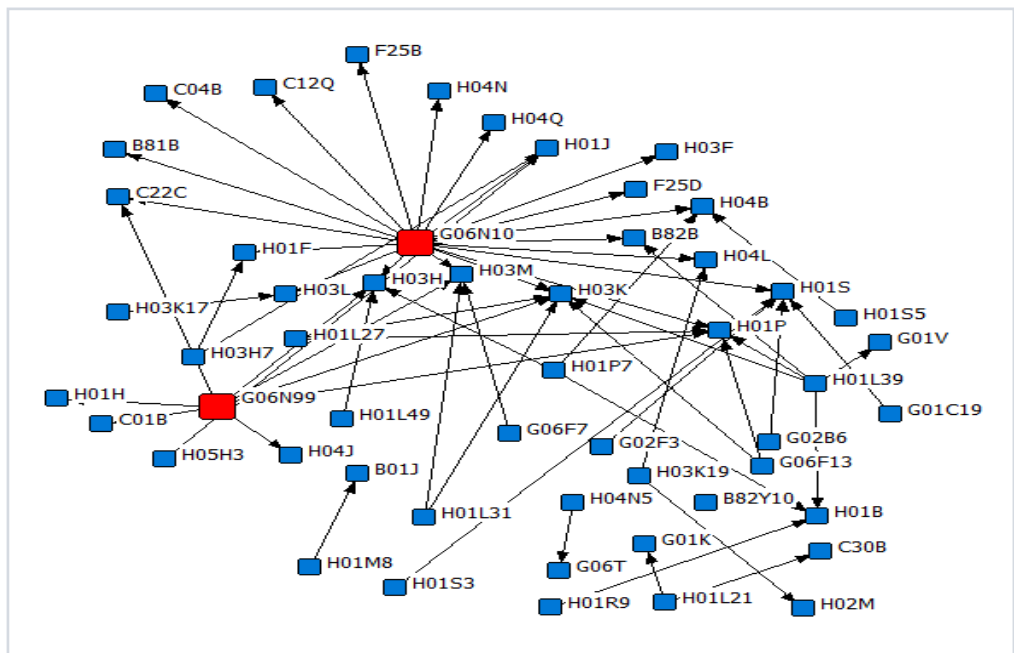
2 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-4〉 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2011년부터 최근까지 증가하는 추세를 나타내며, 융합기술은 2015년부터 최근까지 매년 전체기술의 최소 33%~최대 40%의 수준으로 출원된 것으로 나타남. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야는 타 분야의 기술과 기술융합이 저조했던 것으로 판단됨

〈그림 5-5〉 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-5>는 양자기술 관련 유효특허 중에서 전기·전자(B) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 전기·전자(B) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 반도체소자및시스템(G06N10, G06N99) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “반도체소자및시스템” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 반도체소자및시스템(G06N10, G06N99) 분야는 측정 또는 시험방법(C12Q), 석회 조성물(C04B), 비금속 원소(C01B), 합금(C22C), 냉동기계(F25B, F25D) 기술 등과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

즉, 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 화학(C) 또는 기계공학(F) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-2> 양자기술 관련 전기·전자(B) 산업 분야의 융합기술의 IPC 섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
C	화학;야금(Chemistry; Metallurgy)
F	기계공학; 조명; 가열; 무기; 폭발 (Mechanical Engineering; Lightning;Heating;Weapons;Blasting)

상기 <그림 5-7>는 양자기술 관련 유효특허 중에서 정보통신(C) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 정보통신(C) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 소프트웨어 분야 및 지식정보보안(H04L9) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야에서 기술융합이 가장 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “소프트웨어 및 지식정보보안” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 소프트웨어 분야 및 지식정보보안(H04L9) 분야는 분리(B01D), 우주항공체(B64G), 물리량 측정(G01B), 광학제어장치(G02F), 광파배치(G03B), 그래픽 데이터의 판독(G06K), 난수발생장치(G07C), 지령발신장치(G08B), 암호화(G09C), 무선전파(G01S), 밸브(F16K) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

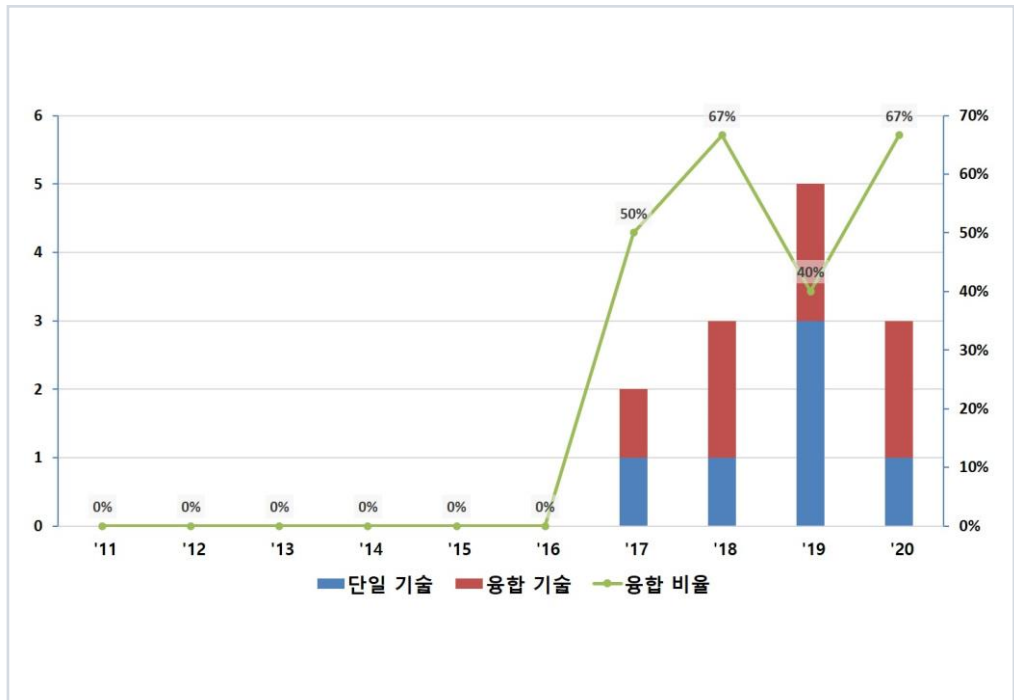
즉, 양자기술 관련 정보통신(C) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 처리조작(B), 물리학(G), 전기(H), 기계공학(F) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-3>
양자기술 관련 정보통신(C)
산업 분야의 융합기술의
IPC 섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
B	처리조작;운수(Performing Operations; Transporting)
G	물리학(Physics)
H	전기(Electricity)
F	기계공학; 조명; 가열; 무기; 폭발 (Mechanical Engineering; Lightning;Heating;Weapons;Blasting)

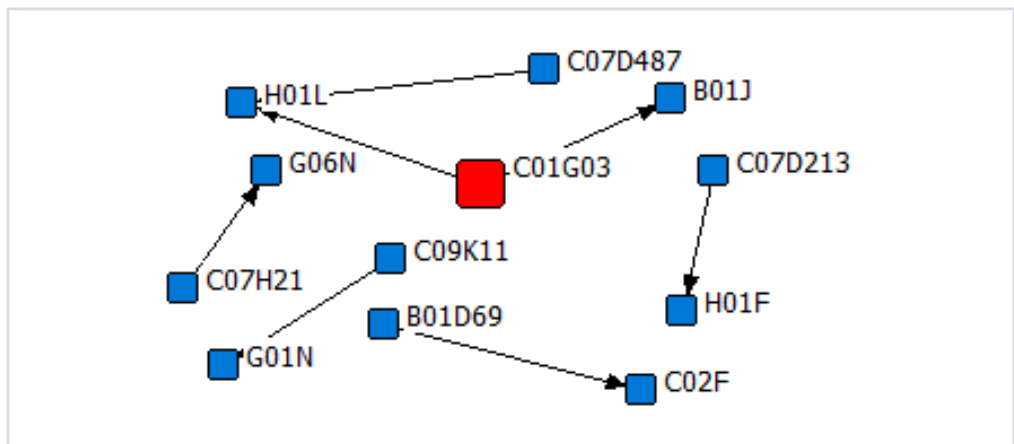
4 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-8〉 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2017년에 출원이 발생되어 최근까지 꾸준히 증가하는 추세를 보이다 가장 최근에는 주춤하는 모습을 보이며, 융합기술은 2016년부터 최근까지 매년 전체기술의 최소 40%~최대 67%의 수준으로 출원된 것으로 나타남. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야는 타 분야의 기술과 기술융합이 증가하는 추세인 것으로 판단됨

〈그림 5-9〉 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 〈그림 5-9〉는 양자기술 관련 유효특허 중에서 화학(D) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 화학(D) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 나노소재기술(C01G03) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “나노소재기술” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 나노소재기술(C01G03) 분야는 화학적 또는 물리적 방법 및 공정 기술(B01J), 반도체 장치(H01L) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

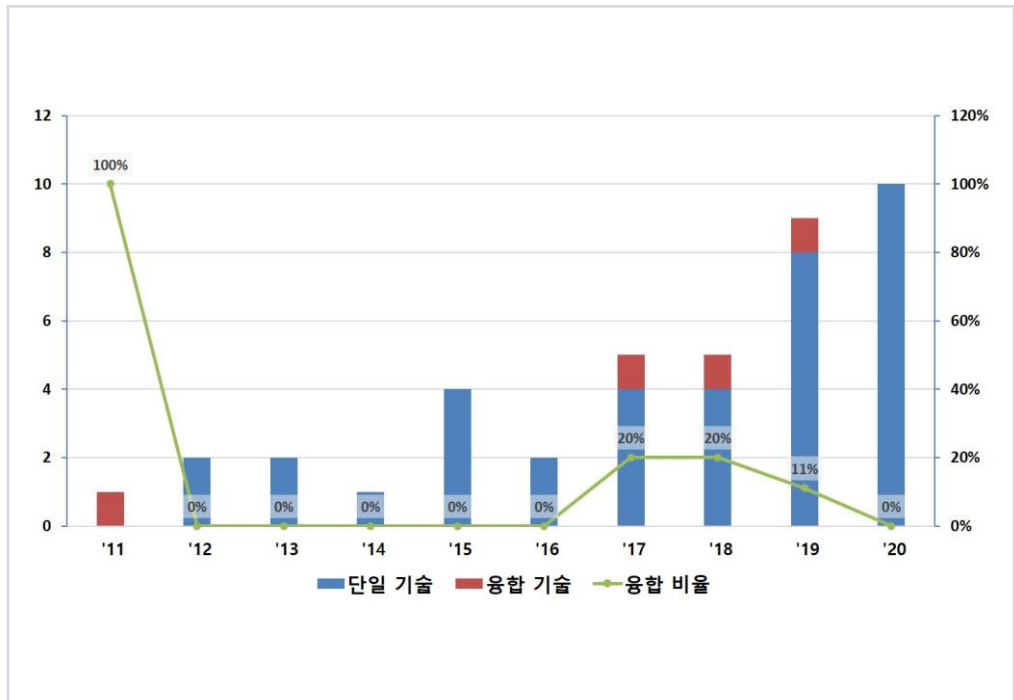
즉, 양자기술 관련 화학(D) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 처리조작(B) 또는 전기(H) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

〈표 5-4〉
양자기술 관련 화학(D)
산업 분야의 융합기술의
IPC 섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
B	처리조작;운수(Performing Operations; Transporting)
H	전기(Electricity)

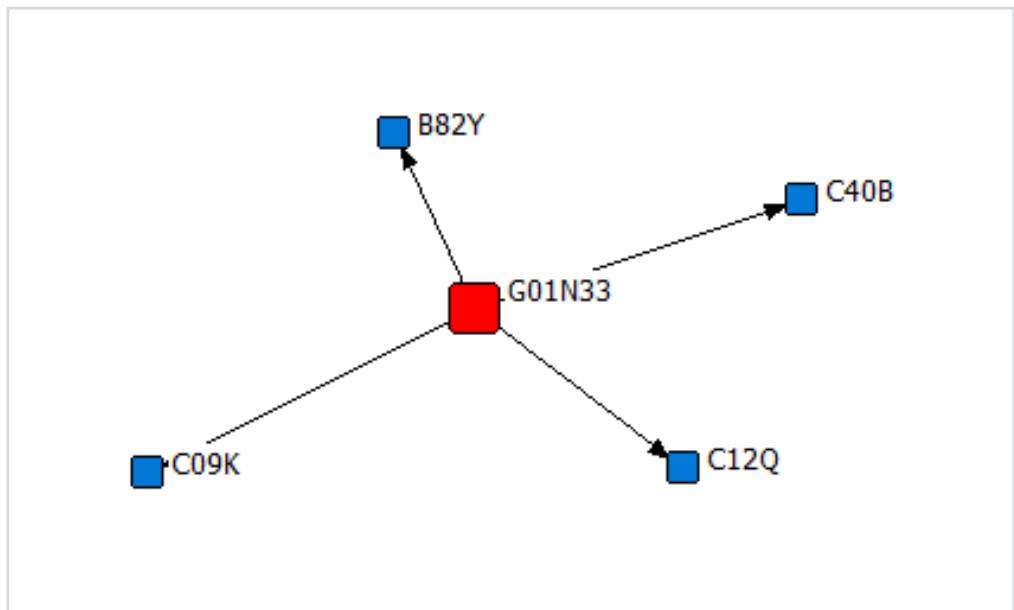
5 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-10〉 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2012년에 출원이 발생되어 최근까지 증감을 반복하다 2010년 후반에는 증가하는 추세를 보이며, 융합기술은 2011년 1건, 그 이후 2010년 중반까지 출원이 보이지 않다가 2000년대 후반에 들어 매년 1건의 특허출원을 보이며 현재는 출원이 완전히 줄어드는 양상을 보이고 있음. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야는 타 분야의 기술과 기술융합이 거의 없는 단일기술이 우세한 상태로 판단됨

〈그림 5-11〉 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-11>은 양자기술 관련 유효특허 중에서 바이오·의료(E) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 바이오·의료(E) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 임상화학 및 생물 분석기기(G01N33) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “임상화학 및 생물 분석기기” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 임상화학 및 생물 분석기기(G01N33) 분야는 나노 구조의 분석 또는 측정(B82Y), 물질의 응용(C09K), 측정 또는 시험방법(C12Q), 화학 라이브러리(C40B) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

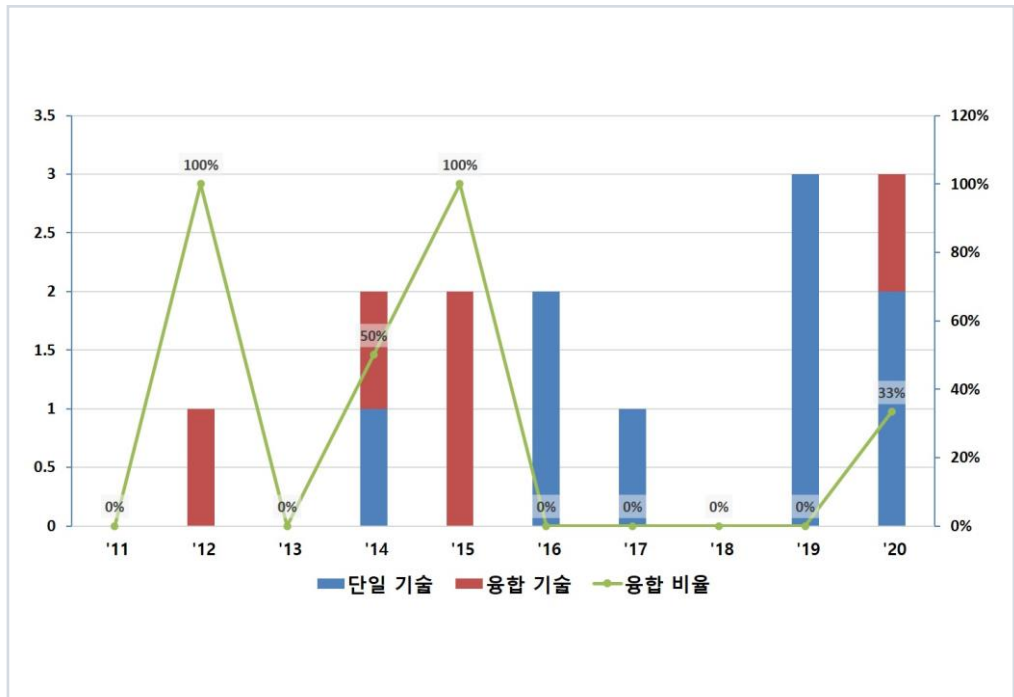
즉, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 처리조작(B) 또는 화학(C) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-5>
양자기술 관련
바이오·의료(E) 산업
분야의 융합기술의 IPC
섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
B	처리조작;운수(Performing Operations; Transporting)
C	화학;야금(Chemistry; Metallurgy)

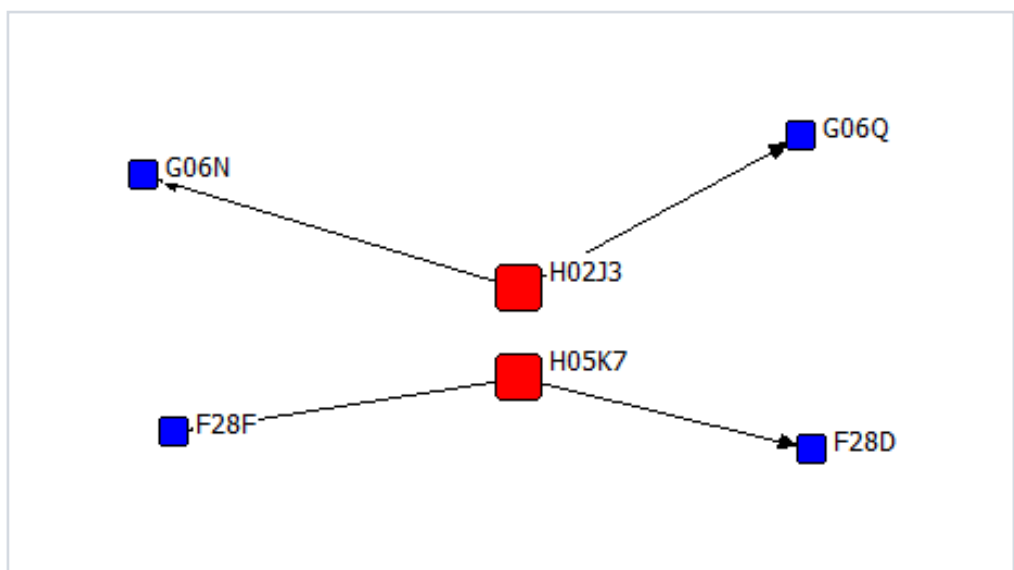
6 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-12〉 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허동향을 살펴보면, 단일기술은 2014년에 출원이 발생되고 2015년에 출원이 나타나지 않다가 다시 2016년에 출원이 발생한 후 감소 추세를 보이거나 2019년에 출원이 증가하다 감소하는 추세를 보이고 있음. 한편, 융합기술은 2012년에 출원이 나타나다가 2013년에 출원이 나타나지 않다가 다시 2014~2015년에는 출원이 발생된 후 2019년까지 출원이 나타나지 않다가 2020년에 들어 출원이 발생되는 증감을 반복하고 있음. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야는 타 분야의 기술과 기술융합이 매우 저조했던 것으로 판단됨

〈그림 5-13〉 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-13>은 양자기술 관련 유효특허 중에서 에너지·자원(F) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 에너지·자원(F) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성을 나타내는 기술 분야는 지능형 전력망-배전(H02J3) 분야 및 열-열사용 설비기술(H05K7) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “지능형 전력망-배전 기술 및 열-열사용 설비기술” 분야인 것으로 판단됨

한편, 지능형 전력망-배전(H02J3) 분야는 컴퓨팅 장치(G06N), 데이터처리시스템 및 방법(G06Q) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타나고, 열-열사용 설비기술(H05K7) 분야는 열전달장치(F28F), 열교환 장치(F28D) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

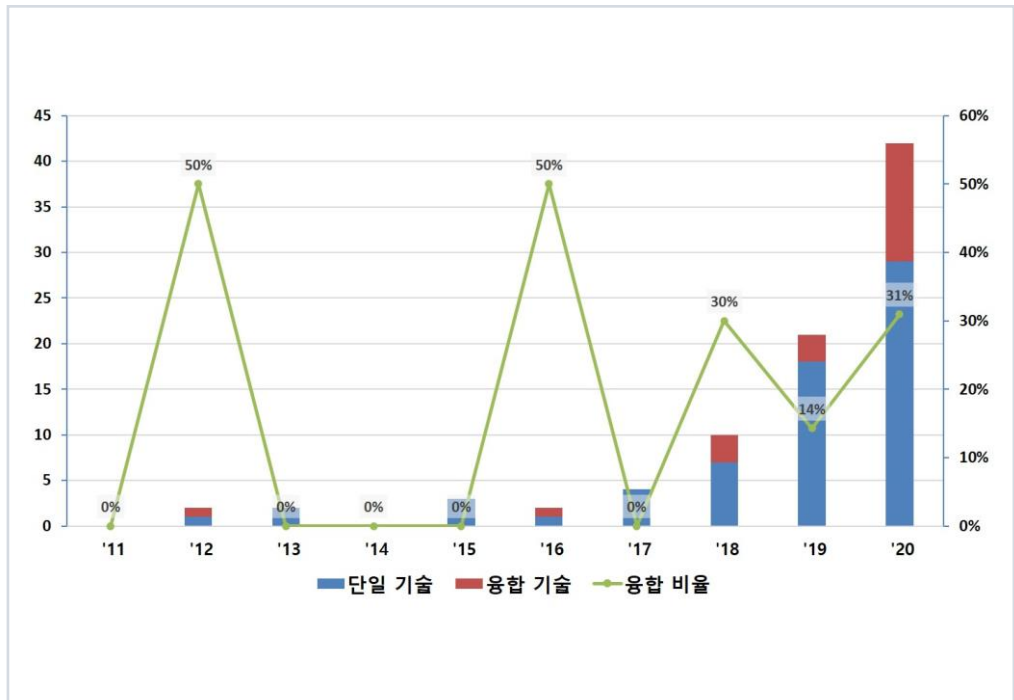
즉, 양자기술 관련 에너지·자원(F) 산업 분야의 기술은 하기와 같이 IPC의 섹션이 기계공학(F) 또는 물리학(G) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-6>
양자기술 관련
에너지·자원(F) 산업
분야의 융합기술의 IPC
섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
F	기계공학; 조명; 가열; 무기; 폭발 (Mechanical Engineering; Lightning;Heating;Weapons;Blasting)
G	물리학(Physics)

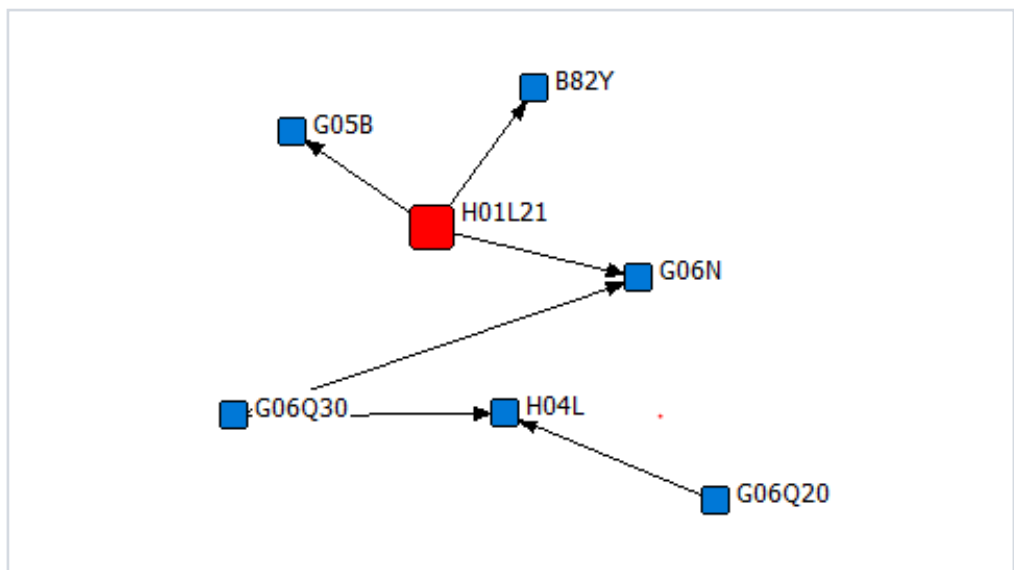
7 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-14〉 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2012년에 출원이 발생되고 2017년까지 저조한 출원 증감을 반복하다 2018년부터 최근까지 증가하는 추세를 보이고 있음. 한편, 융합기술은 2012년에 출원이 발생되나 2017년까지 뚜렷한 출원 추세를 보이지 않다가 2015년 이후 출원 증감을 최근까지 반복하는 추세를 보이고 있음. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업은 타 분야의 기술과 기술융합이 저조했던 것으로 판단되나, 기술융합이 점점 증가하는 추세를 나타내고 있음

〈그림 5-15〉 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-15>은 양자기술 관련 유효특허 중에서 지식서비스(G) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 지식서비스(G) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 생산공정모델링/시뮬레이션서비스(H01L21) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 바이오·의료(E) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “생산공정모델링/시뮬레이션서비스” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 생산공정모델링/시뮬레이션서비스(H01L21) 분야는 제어계/조정계(G05B), 컴퓨팅 장치(G06N), 나노 구조의 분석 또는 측정(B82Y) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

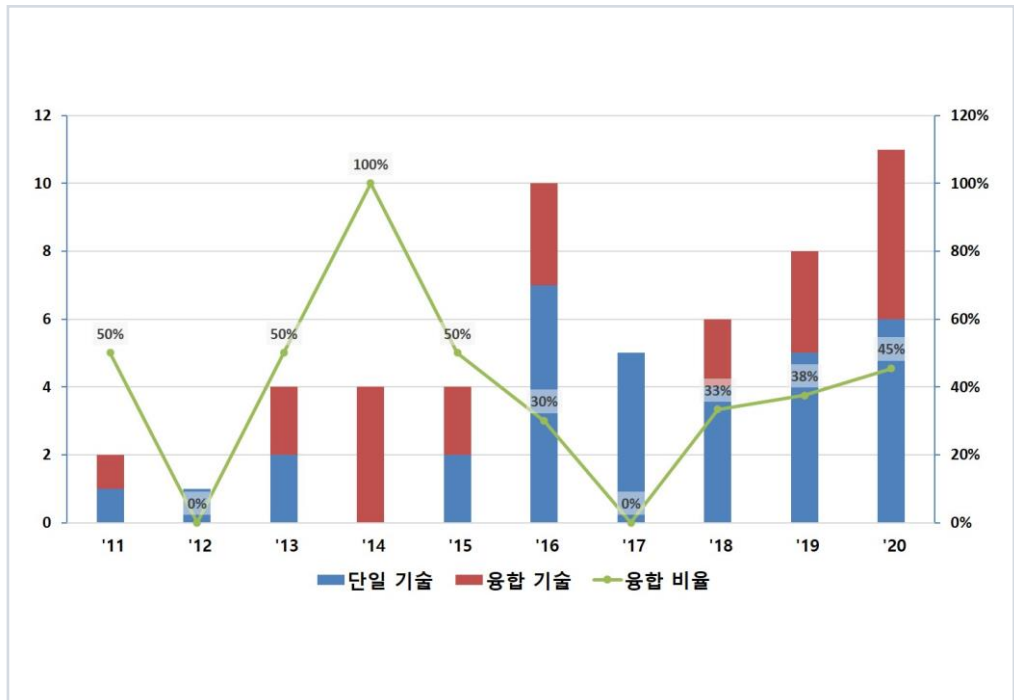
즉, 양자기술 관련 지식서비스(G) 산업 분야의 기술은 하기와 같이 IPC의 섹션이 처리조작(B) 또는 물리학(G) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-6>
양자기술 관련
지식서비스(G) 산업
분야의 융합기술의 IPC
섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
B	처리조작;운수(Performing Operations; Transporting)
G	물리학(Physics)

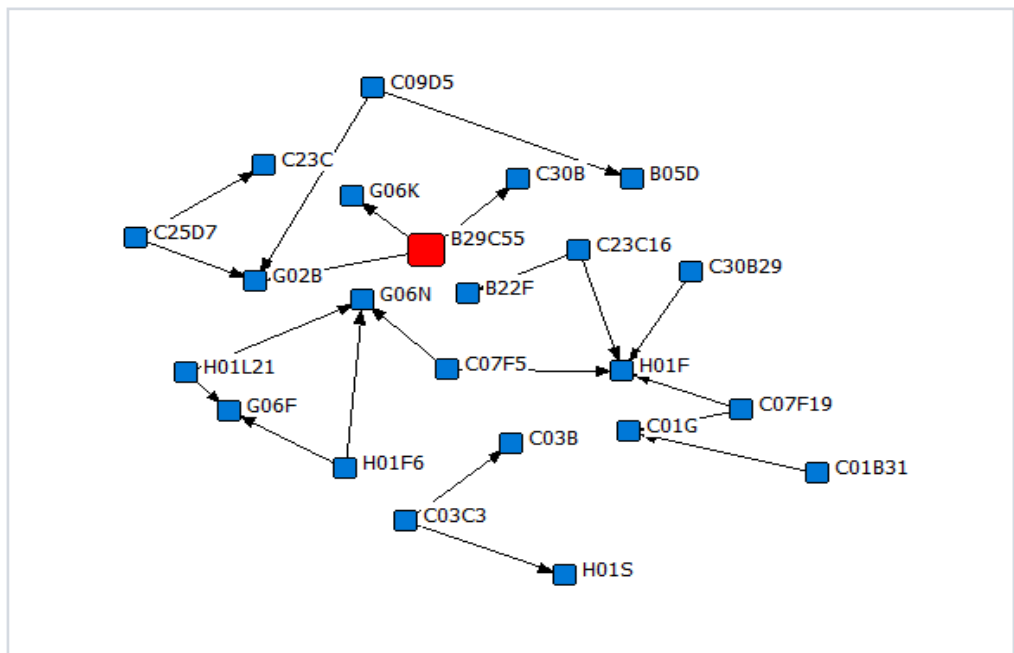
8 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야 기술융합 동향 분석

〈그림 5-16〉 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 단일/융합기술 추이



최근 10년간 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야에서 단일/융합기술의 특허동향을 살펴보면, 단일기술은 2011년부터 최근까지 증감을 반복하고 있으며, 융합기술은 2011년에 출원이 발생되나 감소하다 증가하다 하는 증감추세를 2017년까지 보이다 2018년부터 최근까지 증가하는 추세를 나타내고 있음. 이를 통해, 최근 5년 사이에 양자기술 관련 세라믹(H) 산업은 타 분야의 기술과 기술융합이 활발한 추세를 보이고 있음

〈그림 5-17〉 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 기술융합 네트워크 구조



상기 <그림 5-17>은 양자기술 관련 유효특허 중에서 세라믹(H) 산업 분야의 융합기술을 알아보기 위해, 세라믹(H) 산업 분야에 적용/활용되는 양자기술 관련 유효특허의 IPC 코드 간 사회연결망분석(SNA) 결과를 도시한 것임

양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 사회연결망분석(SNA) 분석 결과, 연결 정도 중심성이 높은 기술 분야는 광/단결정소재(B29C55) 분야로 분석되었음. 이를 통해, 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야에서 기술융합이 활발히 일어나고 있는 기술 분야는 “광/단결정소재” 분야인 것으로 판단됨

한편, 연결 정도 중심성이 가장 높은 광/단결정소재(B29C55) 분야는 단결정성장(C30B), 광학(G02B), 그래픽 데이터 판독(G06K) 기술과 기술융합을 이루는 것으로 나타남

즉, 양자기술 관련 세라믹(H) 산업 분야의 기술은 하기 표와 같이 IPC의 섹션이 화학(C) 또는 물리학(G) 분야의 기술과 융합이 일어나고 있는 것으로 판단됨

<표 5-7>
양자기술 관련 세라믹(H)
산업 분야의 융합기술의
IPC 섹션 분야

IPC 섹션(Section)	내용
C	화학;야금(Chemistry; Metallurgy)
G	물리학(Physics)



양자기술 특허기술동향조사 보고서

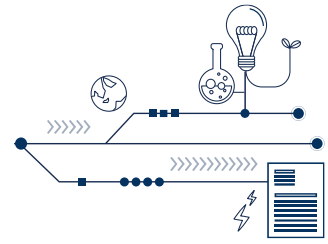
대상기업 주력산업분야 분석

1. 대상기업 개요
2. 대상기업의 주력기술 관련 산업분야 분석



chapter
VI

대상기업 주력산업분야 분석

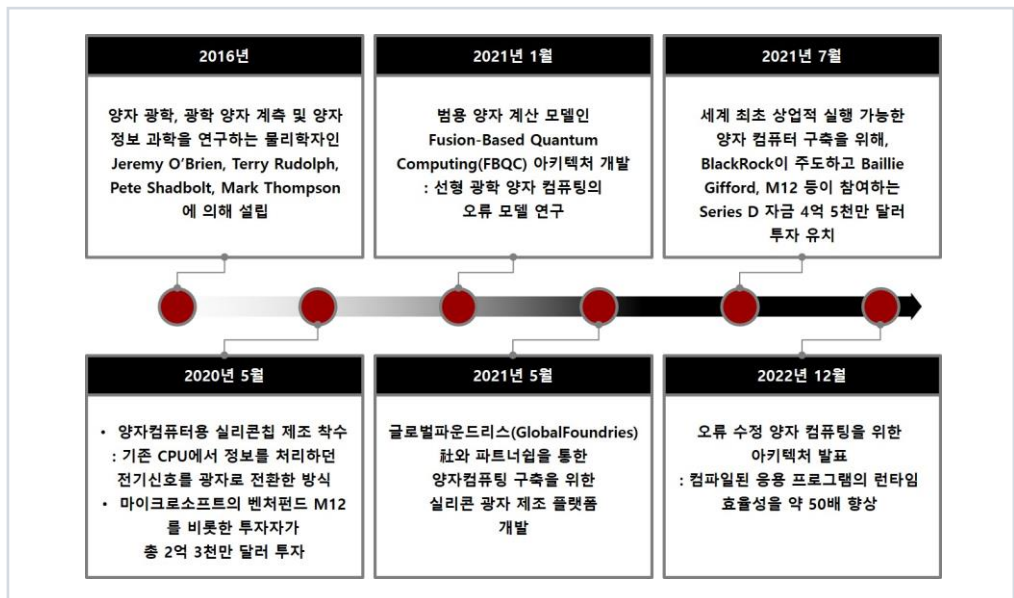
VI-1.
대상기업 개요

1-1. 대상기업의 연혁 및 이슈(Issue)

양자기업 투자유치 Top3에 해당하는 기업인 'PsiQuantum, IonQ, Quantinuum'을 대상기업으로 삼아, 각 대상기업의 연혁 및 이슈(Issue)를 살펴보고자 함

① PsiQuantum社 연혁 및 이슈(Issue)

〈그림 6-1〉
PsiQuantum社
대표적 연혁 및
이슈(Issue)



미국의 대표적인 양자컴퓨팅 개발사인 PsiQuantum은 2016년에 양자 광학, 광학 양자 계측 및 양자 정보 과학을 연구하는 물리학자인 Jeremy O'Brien의 주도하에 Terry Rudolph(수석설계자), Peter Shadbolt(최고전략책임자), Mark Thompson(수석기술자)와 공동으로 설립되었음

PsiQuantum의 대표인 Jeremy O'Brien은 2009년 브리스톨 대학의 교수였고, 이때 단일 빛 입자를 조작하고 양자 작업을 수행하기 위해 기존 통신 업계에서 개발한 온 칩 광학 부품의 용도를 변경하는 방법을 설명하는 연구 논문을 발표한 바 있었음

2020년 5월에 PsiQuantum은 마이크로소프트의 벤처펀드 M12를 비롯한 투자자로부터 총 2억 3천만 달러를 투자받은 바 있음. 이때, PsiQuantum은 양자컴퓨터용 실리콘칩의 설계를 마쳤고, 상기 PsiQuantum의 실리콘칩은 기존 CPU에서 정보를 처리하던 전기신호를 광자로 전환한 방식으로, 별도의 양자컴퓨터 전용 칩을 개발 중인 구글 등 경쟁사와는 개발 방향이 다른 것으로 나타남

PsiQuantum의 실리콘칩은 광자를 반사할 수 있는 일종의 거울로 만든 경로가 만들어져 있으며 경로 위를 이동하는 광자를 센서로 측정하고 계산할 수 있는 것으로 나타났으며, 이를 위해 PsiQuantum은 실리콘칩 개발 및 양자 컴퓨팅 관련 전문 지식을 갖춘 100명 이상의 엔지니어로 구성된 팀을 구성한 것으로 나타남

2021년 1월에 PsiQuantum은 범용 양자 계산 모델인 FBQC(Fusion-Based Quantum Computing) 아키텍처를 개발하여 발표한 바 있음. 이 아키텍처는 양자 컴퓨팅을 위한 특정 물리적 시스템에서 발생하는 오류 구조를 자연스럽게 포착하며, 확률론적 융합과 광자 손실이 있는 선형 광학 양자 컴퓨팅의 오류 모델을 연구하여 양자 오류를 수정할 수 있음

2021년 5월에 PsiQuantum은 칩 제조 시설을 개발해야 하는 경쟁업체와 달리 세계 최대 반도체 파운드리 업체인 글로벌파운드리(GlobalFoundries)사와 협업을 통한 양자컴퓨팅 구축을 위한 실리콘 광자 제조 플랫폼을 개발한 바 있음

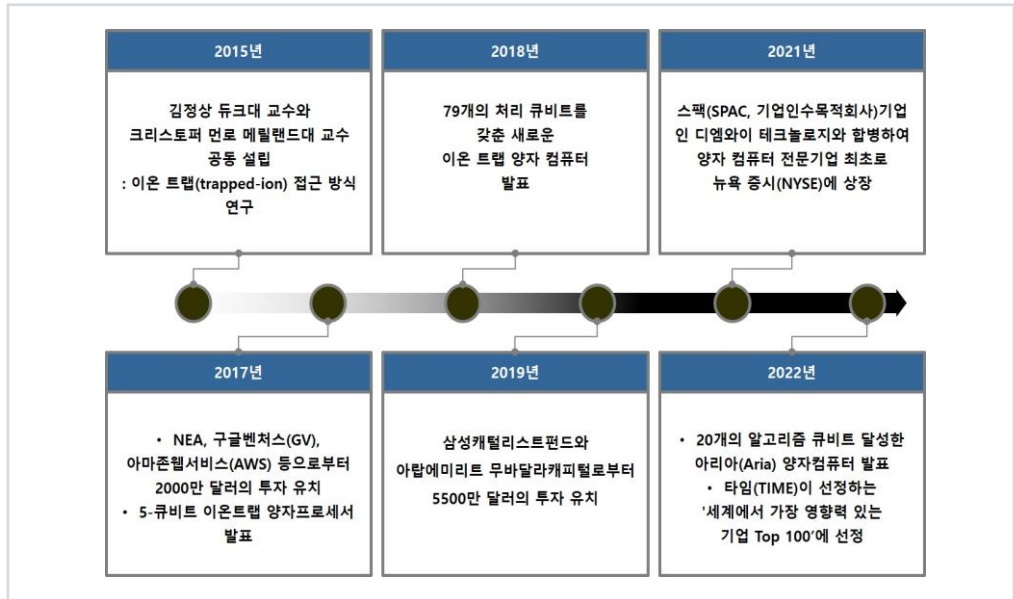
2021년 7월에는 PsiQuantum은 세계 최초 상업적으로 실행 가능한 양자 컴퓨터 구축을 위해 시리즈 D 펀딩을 통해서 4억 5천만 달러를 추가로 투자 유치한 바 있음. 이를 통해서, PsiQuantum의 대표인 Jeremy O'Brien은PsiQuantum의 기업 가치가 31억 5,000만 달러에 이르렀다고 말한 바 있음

2022년 12월에 PsiQuantum은 내결함성 양자 계산을 보다 효율적으로 구현하기 위한 획기적인 기술인 오류 수정 아키텍처를 발표한 바 있음. 이 기술은 오류가 수정되지 않은 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 시스템과 달리 오류가 수정된 양자 컴퓨터용 알고리즘을 대상을 하며, 컴파일된 응용 프로그램의 런타임 효율성을 약 50배 향상시킬 것으로 기대됨



2 lonQ社 연혁 및 이슈(Issue)

〈그림 6-2〉 lonQ社 대표적 연혁 및 이슈(Issue)



미국의 이온트랩 기술 전문 스타트업인 lonQ는 김정상 듀크대 교수와 크리스토퍼 먼로 메릴랜드대 교수가 2015년 공동 설립한 기업으로 전기의 성질을 띤 입자 '이온'을 전기장에 잡아둔 뒤 하나의 이온을 이진법으로 인식시키는 '이온트랩' 기술을 통해 양자컴퓨터를 구현하는 회사 중 하나임

이온트랩 기술은 구글, IBM 등 양자컴퓨팅에 관심을 보이는 기업들이 시도했던 방식이지만, lonQ의 이온트랩 기술은 극저온에서만 가동이 가능한 기존 방식과는 달리 상온에서 작동하는 양자컴퓨터를 구현할 수 있어 차별성을 가지고 있음. 이에 따라, 기존에 양자컴퓨터를 구현하기 위해 커다란 냉각 장비가 필요했던 문제점을 해소함과 동시에 양자컴퓨터의 소형화를 실현시킬 수 있게 됨

2017년 lonQ는 New Enterprise Associates(NEA)와 GV(구 Google Ventures), 아마존웹서비스(AWS) 등으로부터 2000만 달러 규모의 시리즈 B 라운드 투자 유치를 한 바 있음. 2015년에 lonQ 설립시에 NEA가 투자한 200만 달러를 포함하여 총 약 2,200만 달러를 모금된 것임. 또한, 2017년에는 정밀하게 작동하는 5-큐비트 이온트랩 양자프로세서를 발표하고, IBM의 초전도 기반 클라우드 양자컴퓨터와 성능 비교 결과를 발표한 바 있음

2018년 lonQ는 79-큐비트(qubit : 물질의 최소단위인 양자 정보의 단위) 배열 계산에 성공하여 79개의 처리 큐비트를 갖춘 새로운 이온트랩 양자 컴퓨터를 발표한 바 있음

2019년 lonQ는 삼성전자 전략혁신센터(SSIC)가 운영하는 벤처캐피털 '삼성캐털리스트펀드'와 아랍에미리트의 '무바달라캐피털'로부터 5500만달러(약 645억원) 투자를 유치하였음. 이 밖에도 lonQ는 소프트뱅크, 액센츄어, 피델리티, 골드만삭스 등과 파트너십을 맺고 양자컴퓨터의 상업적 활용 가능성을 검토하고 있는 것으로 나타남

2019년부터는 조달한 투자금을 활용해 IonQ는 상온에서 작동하는 엑스박스(Xbox, 마이크로소프트 콘솔 게임기기) 크기의 양자컴퓨팅 기기를 제조할 계획임. IonQ는 이 기기를 오는 2023년에 출시할 예정인 것으로 나타남

2021년 10월 1일에 IonQ는 세계 최초의 순수 양자컴퓨터 스타트업으로서 스펙(SPAC) 합병을 통해 뉴욕 증시에 상장하였음

가장 최근인 2022년 IonQ는 20개의 알고리즘 큐비트를 달성한 아리아(Aria) 양자컴퓨터를 발표한 바 있음. IonQ 아리아(Aria)는 수십 개의 회로만 실행할 수 있는 초전도 시스템에 비해 550개 이상의 게이트를 포함하는 양자 회로를 성공적으로 실행할 수 있는 것으로 나타남. 이를 통해 IonQ는 양자 알고리즘의 실제 사용에서 경쟁 우위를 차지할 수 있을 것으로 전망함

또한, 같은 해인 2022년 IonQ는 미국 시사주간지 타임(TIME)이 선정한 가장 영향력 있는 100대 기업에 선정된 바 있어 향후 기대감이 큰 기업임

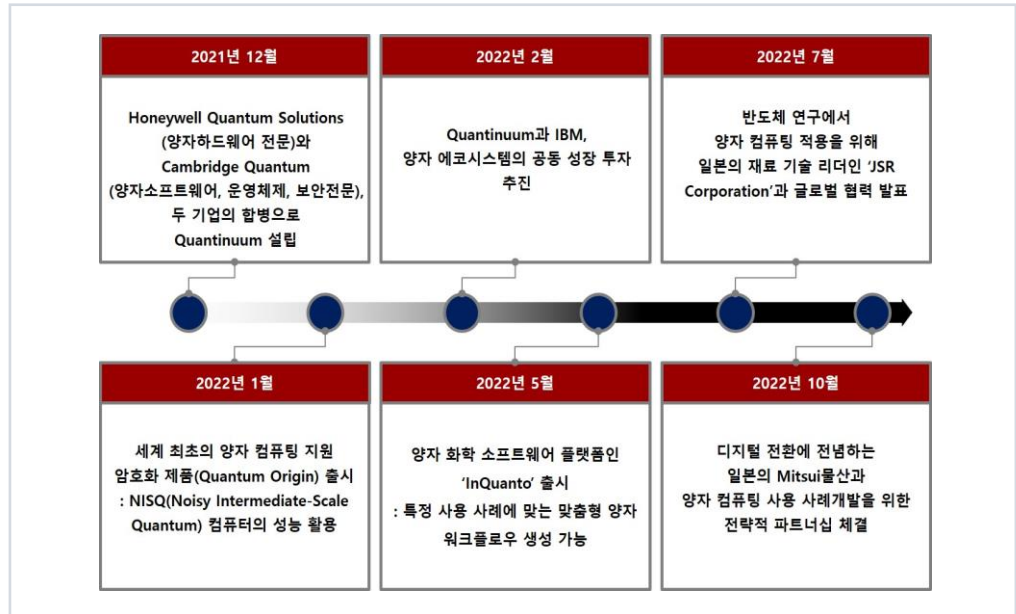
참고로, 2021년 1월에는 성균관대학교(총장 신동렬)의 양자정보연구지원센터(센터장: 성균나노과학기술원 정연욱 교수)는 IonQ와 양자컴퓨터 활용을 위한 파트너십을 맺고, 2021년 1월 1일부터 이온트랩 양자컴퓨터 하드웨어를 국내 연구자와 학생들에게 제공하고 있는 것으로 나타남

국내의 관련 연구자와 학생들은 양자정보연구지원센터를 통해 곧바로 IonQ의 양자컴퓨터를 연결해 이용할 수 있으며, 양자정보연구지원센터는 IonQ와의 파트너십을 통해 한국의 연구자와 학생들이 세계 최첨단의 양자컴퓨터 시스템을 직접 이용해 학습하고 응용할 수 있도록 지원하고 있음. 이와 더불어 양자정보연구지원센터는 국내 양자기술의 저변확대를 위해 다양한 양자컴퓨터 교육프로그램을 IonQ와 함께 제공할 예정인 것으로 나타남



3 Quantinuum社 연혁 및 이슈(Issue)

〈그림 6-3〉
Quantinuum社
대표적 연혁 및
이슈(Issue)



2021년 12월, 양자 컴퓨팅 분야의 세계적인 선두주자인 Honeywell Quantum Solutions와 Cambridge Quantum, 두 기업의 합병으로 Quantinuum社가 탄생함. 기존 Honeywell Quantum Solutions는 양자 하드웨어를 전문으로 하며, 기존 Cambridge Quantum은 소프트웨어, 운영 체제 및 사이버 보안에 중점을 두던 기업이었음. 이 두 기업의 합병은 '세계 최대의 통합 양자 컴퓨팅 회사'를 설립하기 위한 것으로, 합병의 목표는 양자 컴퓨팅 분야의 개발과 혁신을 촉진하는 것임

Quantinuum은 설립 시점에 약 400명의 직원을 보유하며, 영국, 미국, 일본 및 독일에 사무소를 설립하였음. 이들 직원 중 약 300명이 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션 개발 기술팀에서 근무하는 과학자로 알려짐

2022년 1월, Quantinuum은 세계 최초의 상용 암호화 키 생성 플랫폼인 'Quantum Origin'을 출시한 바 있음. 'Quantum Origin'은 검증 가능한 양자 무작위성에 대해, NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 컴퓨터를 활용하여 구축된 최초의 상용 제품이며 현재 암호화 위협으로부터 전 세계 데이터를 보호하도록 구축되어 있음

2022년 2월에 Quantinuum은 IBM 양자 허브를 확장하기 위해 IBM과 계약을 체결했다고 발표함. 이에 따라, Quantinuum은 IBM의 127 큐비트 프로세서 '이글(Eagle)' 뿐만 아니라, IBM의 양자 관련 전문성과 양자 에코시스템 개발 키트인 '퀴스킷(Qiskit)' 등을 포함하는 IBM의 양자 컴퓨팅 시스템에 대한 더 좋은 접근성을 제공할 수 있게 되었음. 이때, Quantinuum에 대한 IBM의 투자는 IBM Ventures를 통해 추진된 것으로 알려짐

2022년 5월에 Quantinuum은 계산화학자가 오늘날의 양자 컴퓨터에서 광범위한 양자 알고리즘을 쉽게 실험할 수 있도록 지원하는 최첨단 양자 화학 소프트웨어 플랫폼인 'InQuanto'를 출시한 바 있음. InQuanto는 독립형 플랫폼으로서 특정 업계에서 양자 컴퓨팅 사용 사례를 모색하고자 하는 BMW, 일본제철, TotalEnergies와 같은 협력사들의 협력을 지원하기 위해 Quantinuum의 양자 화학팀에 의해 개발 및 구축되었음. 협력사들은 양자 컴퓨팅의 잠재력을 통해 해당 분야의 복잡한 분자 및 재료 시뮬레이션의 정확도를 향상시키기 위해 InQuanto를 사용하고 있는 것으로 알려짐

2022년 7월에 Quantinuum은 반도체 연구에서 양자 컴퓨팅 방법의 적용을 모색하기 위해 일본의 재료 기술 리더인 JSR Corporation과 글로벌 협력을 발표한 바 있음. 이 협력은 일본, 유럽 및 미국에 소재하고 있는 Quantinuum의 양자 컴퓨팅 전문가와 JSR의 세계 최고의 재료 과학자를 하나로 모았고, 최첨단 양자 화학 소프트웨어 플랫폼인 'InQuanto' 소프트웨어 플랫폼을 사용하여 금속 착물 및 전이 금속 산화물과 같은 반도체 재료를 모델링하는 방법을 탐색한 바 있음

2022년 9월, Quantinuum은 Honeywell 기반 게이트 이온 트랩 양자 컴퓨터 시스템 모델 H-1에서 세계 최대의 양자 볼륨인 QV8192의 구현을 달성함

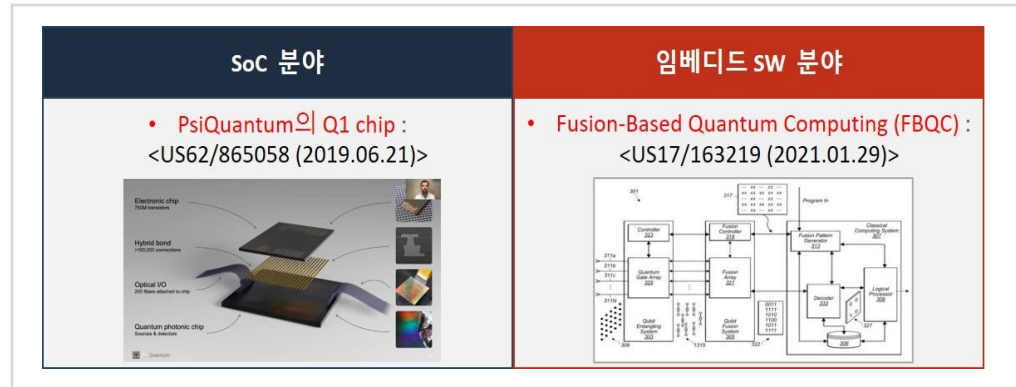
2022년 10월에 Quantinuum은 일본과 아시아태평양 지역에 양자 컴퓨팅을 제공하기 위해 일본의 미쓰이물산(Mitsui)과 전략적 파트너십 계약을 체결한 바 있음. 미쓰이물산(Mitsui)과 Quantinuum 간의 전략적 파트너십에 관한 세부 내용으로, ① 양자 컴퓨팅을 활용한 비즈니스 사용 사례 및 비즈니스 모델의 공동 개발(제약, 소재 개발, 에너지, 모빌리티, 물류 등), ② 양자 컴퓨팅 지식의 보급 및 공유를 통한 시장 개척, ③ 일본 및 아시아태평양 시장에 Quantinuum의 양자 컴퓨팅 솔루션 출시가 포함되어 있음



VI-2. 대상기업의 주력기술 관련 산업분야 분석

2-1. 대상기업의 주력산업분야 및 제품 매칭

① PsiQuantum社 주력산업분야 분석



〈그림 6-4〉 PsiQuantum社 주력산업분야 및 관련 제품-특허

미국의 대표적인 양자컴퓨팅 개발사인 PsiQuantum의 주력산업분야를 살펴본 결과, PsiQuantum은 본 분석의 소분류에 해당하는 SoC(BDE) 분야 및 임베디드 SW(CGA) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남

SoC(BDE) 분야에 있어서, PsiQuantum은 펩(Fab) 운영사 글로벌 파운드리(GlobalFoundries)의 도움을 받아 Q1 양자 칩(chip) 제조를 하고 있으며, Q1 양자 칩(chip)은 작은 거울과 교차하는 맞춤형 실리콘칩으로, 광자들은 칩 경로를 따라 이동하고 거울은 그것들을 얽힌 상태로 “바운스(bounce)”하며, 얽힌 광자를 측정하는 센서를 통해 계산을 수행하고 출력을 얻을 수 있는 것을 특징으로 함. 참고로, PsiQuantum의 Q1 양자 칩(chip)은 포토닉 양자 컴퓨팅 전문가팀이 5년간 개발한 결과인 것으로 확인됨

PsiQuantum의 Q1 양자 칩(chip)과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 최우선 출원으로 US62/865058(출원일 : 2019.06.21.)이 확인되며, 관련 국제출원은 PCT-US2020-038962(출원일 : 2020.06.22.)으로 확인됨

PsiQuantum이 출원한 US62/865058, PCT-US2020-038962 특허(발명의 명칭 : PHOTONIC QUANTUM COMPUTER ARCHITECTURE)에서 회로는 클록 사이클 당 하나의 자원 상태를 생성하는 자원 상태 생성기를 포함할 수 있으며, 각 자원 상태는 여러 개의 얽힌 큐비트를 가지고, 다른 클록 사이클에서 동일한 자원 상태 생성기에 의해 생성된 자원 상태의 큐비트에 대해 얽힘 측정 동작을 수행하기 위한 회로 및 지연 라인을 포함할 수 있음. 또한, 지연 라인을 적절하게 선택하면 단일 자원 상태 생성기가 대규모 얽힘 구조를 생성하는 데 필요한 모든 자원 상태를 생성할 수 있는 것을 특징으로 함

또한, 임베디드 SW(CGA) 분야에 있어서, PsiQuantum은 퓨전이라고 하는 얽힘 측정이 작고 일정한 크기의 얽힌 리소스 상태의 큐비트에서 수행되는 범용 양자 계산 모델인 퓨전 기반 양자 컴퓨팅(FBQC, fusion-based quantum computing)을 소개한 바 있음. 이 프레임워크는 포토닉스와 같은 양자 컴퓨팅을 위한 특정 물리적 시스템에서 발생하는 오류 구조를 자연스럽게 포착하며, 확률론적 융합과 광자 손실을 이용한 선형 광학 양자 컴퓨팅의 오류 모델을 연구하는 것을 특징으로 함

PsiQuantum의 퓨전 기반 양자 컴퓨팅(FBQC)과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 최우선 출원으로 US17/163219(출원일 : 2021.01.29.)이 확인되며, 관련 국제출원은 PCT-US2021-015903(출원일 : 2021.01.29.)으로 확인됨

PsiQuantum이 출원한 US17/163219, PCT-US2021-015903(발명의 명칭 : FUSION BASED QUANTUM COMPUTING)의 특허에서 큐비트 융합 시스템은 복수의 양자 시스템을 수신하도록 구성되고, 상기 복수의 양자 시스템의 각각의 양자 시스템은 얽힌 상태의 복수의 양자 서브시스템을 포함함. 또한, 상기 큐비트 융합 시스템의 복수의 융합 게이트는 각각 상기 복수의 양자 시스템의 각각으로부터 서로 다른 양자 서브시스템에 대한 공동 측정을 수행하도록 구성됨. 여기서, 상기 공동 측정은 공동 측정 산출 데이터를 생성하며, 큐비트 융합 시스템에 통신 가능하게 결합되고, 상기 공동 측정 산출 데이터에 기초하여 복수의 신드롬 그래프(syndrome graph) 값을 결정하도록 구성된 디코더(decoder)를 포함하는 것을 특징으로 함

상술한 바와 같이, PsiQuantum은 양자 광집적회로(SoC) 분야 및 임베디드 SW 분야에 주력하고 있어, 양자 하드웨어 개발과 동시에 소프트웨어 등 응용분야에 대한 투자도 적극적인 것으로 분석됨

또한, 최근 2022년 4월에는 특허는 아니지만, PsiQuantum이 Mercedes-Benz R&D와 공동 저술한 'Fault-tolerant resource estimate for quantum chemical simulations: Case study on Li-ion battery electrolyte molecules' Isaac H. Kim, Ye-Hua Liu, Sam Pallister, William Pol, Sam Roberts, and Eunseok Lee, Phys. Rev. Research 4, 023019 (2022, 4, 7)

라는 논문이 게재되어 내결함성 양자 컴퓨팅이 전기 자동차에 가장 보편적인 기술인 리튬 이온(Li-ion) 배터리를 포함하여 배터리 설계를 가속화할 수 있는 방법에 대한 체계적인 설명을 제공하고 있음

이는 PsiQuantum은 리튬 이온 배터리(LiB)의 전해질 분자가 내결함성 양자 컴퓨터에서 시뮬레이션 될 수 있는 방법을 제시하는 것으로, 자동차 제조업체가 추구하는 혁신을 가능케 할 것으로 기대되고 있음

특허상에서는 PsiQuantum이 양자 광집적회로(SoC) 분야 및 임베디드 SW 분야에 주력하고 있는 것으로 나타났으나, 최근에는 배터리 설계를 위한 양자 시뮬레이션 기술에도 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타남. 이는 PsiQuantum가 광집적회로 제작 핵심기술 및 임베디드 SW 기술을 기반으로 다양한 산업 분야에 시장 진입을 시도하고 있는 것으로 판단됨

이에, 우리나라는 PsiQuantum과 국제공동연구진을 구성하여 해외 기술 도입을 통해 국내 양자광원 소자, 광집적회로 제작 핵심기술 및 소프트웨어 핵심기술을 확보할 필요가 있을 것으로 사료됨

6) Isaac H. Kim, Ye-Hua Liu, Sam Pallister, William Pol, Sam Roberts, and Eunseok Lee, Phys. Rev. Research 4, 023019 (2022, 4, 7)

2 lonQ社 주력산업분야 분석

<그림 6-5> lonQ社 주력산업분야 및 관련 제품-특허



미국의 대표적인 이온 양자 컴퓨팅 기업인 lonQ의 주력산업분야를 살펴본 결과, lonQ는 앞서 상술한 PsiQuantum의 주력산업분야와 마찬가지로 본 분석의 소분류에 해당하는 SoC(BDE) 분야, 임베디드 SW(CGA) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남. 한편, 추가적으로 lonQ는 상술한 PsiQuantum과 달리 양자 시뮬레이션 분야에도 주력하여 주 수익모델을 창출하고 있는 것으로 분석됨

먼저, SoC(BDE) 분야에 있어서, lonQ의 양자 칩(chip)은 쿼텀 프로세스 칩(Quantum Processor Chip) 안에 이온 트랩을 구현하고 챔버(Chamber)라고 하는 작은 밀폐된 용기 안에 넣어져 잠기게 되도록 하고, 다시 챔버를 lonQ의 시스템 모듈 안에 안착시키면 주어진 연산 임무를 수행하도록 하는 방식으로 작동시킬 수 있음

lonQ의 양자 칩(chip)과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 US16/903174(출원일 : 2020.06.16.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : Optical alignment using reflective dove prisms)는 레이저 빔 정렬을 위한 기술로, 하나 이상의 레이저 빔 또는 하나 이상의 이미지의 3개의 반사를 생성하기 위해 배치된 3개의 분리된 반사 구조를 갖는 하우징을 포함하는 조립체를 포함하는 이온 양자 정보 처리(QIP) 시스템을 개시하고 있음

최근 2021년 8월에 lonQ는 실리콘이 아닌, 3D 유리와 금속을 사용한 구조의 새로운 칩(chip)을 개발한 바 있음. 이 새로운 칩(chip) 기술로 세자리수의 큐비트 양자 컴퓨터를 만들 수 있을 거라 기대되고 있음

또한, 임베디드 SW(CGA) 분야에 있어서, lonQ는 양자 회로에 기술된 게이트들 간의 의존성을 파악하고 이를 위배하지 않으면서 이온 트랩 기반의 양자컴퓨팅 하드웨어의 성능을 끌어올리기 위한 최적화된 양자 컴파일러(Compiler) 기술을 보유하고 있는 것으로 나타남

이와 관련되어, IonQ의 컴파일러(Compiler)와 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 US17/490769(출원일 : 2021.09.30.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : OPTIMIZING CIRCUIT COMPILER FOR TRAPPED-ION QUANTUM COMPUTERS)는 고전적인 컴퓨터에 의해 첫 번째 양자 회로를 두 번째 양자 회로로 변환하는 것을 포함하고, 여기서 첫 번째 양자 회로는 기존의 게이트 세트를 포함하고 두 번째 양자 회로는 표준 포획 이온 게이트 세트를 포함하는 첫 번째 최적화된 양자 회로를 생성함. 또한, 두 번째 양자 회로를 조정함으로써, 첫 번째 최적화된 양자 회로를 위상 민감 트랩 이온 게이트 세트를 포함하는 세 번째 양자 회로로 변환하고, 위상 민감 트랩 이온 게이트 세트를 포함하는 두 번째 최적화된 양자 회로를 생성함. 고전적인 컴퓨터를 사용하여 계산을 수행하기 위해 양자 컴퓨터에 첫 번째 또는 두 번째 최적화된 양자 회로를 적용하는 것을 특징으로 함. 이를 통해, 양자 회로가 최적·효율적으로 구현될 수 있음

한편, IonQ의 주 수익모델은 양자계 시뮬레이션 분야로, 양자계 시뮬레이션과 관련된 IonQ의 보유 기술은 본 분석의 기술분류에 해당하는 지식서비스 (G) 분야의 생산공정모델링/시뮬레이션서비스(GDA), 전자금융서비스(GBA)과 화학(D) 분야의 나노소재기술(DBB) 분야와 관련된 것으로 나타남. 산업계 동향을 검토하여 살펴보면, 현재 IonQ의 보유 시뮬레이션 기술은 상기 지식서비스 분야 및 화학 분야 이외에도 바이오·의료 분야(신약 개발 등)에도 적용/활용될 것으로 예상됨

상술한 IonQ의 보유 시뮬레이션 기술 중에서 가장 상용화되고 있는 IonQ의 양자 컴퓨터 제품은 'IonQ Aria(아이온큐 아리아)'가 있음. IonQ Aria는 업계 최고 수준인 25 알고리즘 큐비트를 자랑하고 있는 것으로 나타남

IonQ Aria(아이온큐 아리아)와 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 US17/162566(출원일 : 2021.01.29.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : ACCELERATED MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION METHOD ON A QUANTUM-CLASSICAL HYBRID COMPUTING SYSTEM)는 고전적 컴퓨터 및 양자 프로세서를 포함하는 하이브리드 양자-클래식 컴퓨팅 시스템을 사용하여 분자 역학 시뮬레이션을 위한 연산 방법을 개시하고 있음. IonQ는 본 특허를 기반으로 개량특허를 창출하여 양자계 시뮬레이션 관련 특허포트폴리오를 구축하고 있는 것으로 나타남

한편, 2022년 5월 17일에 IonQ의 최신 시뮬레이션 양자 컴퓨터인 'IonQ Forte(아이온큐 포르테)'가 출시되었음. IonQ Forte는 이테르븀 이온을 사용하며 상술한 'IonQ Aria' 보다 정확도 및 시스템 성능을 더욱 향상시킨 새로운 첨단 광학 기술을 특징으로 가지고 있는 것으로 소개됨

IonQ Forte와 IonQ Aria와의 차이점은 IonQ Forte는 음향 광학 편향기(AOD, acousto-optic deflectors) 기술을 이용한다는 차별성을 가짐. 상기 음향 광학 편향기를 통해서 노이즈 최소화와 이온 위치의 변화를 극복할 수 있으며, 이를 통해 트랩된 이온들의 체인들의 충실도를 개선시킬 수 있는 것으로 나타남. 또한, IonQ Forte는 소프트웨어로 구성 가능한 양자 컴퓨터라는 점에서 가장 큰 장점이 있는데, 기존에는 32큐비트 양자컴퓨터를 가동하기 위해서는 32개의 채널이 필요했다면, IonQ Forte는 소프트웨어로 이를 제어하므로 물리적인 채널 수가 큰 의미 없다는 말이므로 양자컴퓨터가 더 크게 확장될 수 있을 것으로 기대되고 있음

IonQ Forte(아이온큐 포르테)와 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 US17/841511(출원일 : 2022.06.15.)으로 확인되며, 상기 특허에서는 IonQ Aria 관련 특허인 US17/162566의 내용과 달리 음향 광학 편향기(AOD, acousto-optic deflectors) 기술을 이용한다는 내용을 추가로 개시하고 있음

상술한 IonQ Forte은 자율주행 분야 및 항공우주 화물 적재 분야에 적용/활용될 예정인 것으로 나타남

구체적으로, 자율주행 분야와 관련해서 2022년 4월 19일 IonQ와 현대자동차는 파트너십 확대를 한다고 발표했고, 그 골자는 양자 머신러닝을 통한 도로 표지판을 읽고 실제 도로 환경과 같은 상황을 재현해 3D 물체 감지 기술개발에 나선다고 발표를 했음. 이는 자율주행을 위한 현대 자동차의 포석으로 보여짐

또한, 항공우주 화물 적재 분야와 관련해서는 2022년 8월 24일 IonQ와 에어버스가 공동으로 항공 화물 적재 효율성 향상을 위한 기술개발을 나선다고 발표한 바 있음. 양사는 12개월간 양자컴퓨팅을 통한 항공기 적재 최적화 프로젝트를 통해 최적화된 화물 분배와 적재로 비용 절감을 위한 알고리즘 개발의 첫 단계를 시작했다고 설명했고, 에어 버스는 궁극적으로 연료 소비 감소를 위한 공기역학, 최적화된 항로 설정 등 기술개발에 양자 알고리즘을 적극적으로 활용할 계획이라고 밝힌 바 있음

이와 같이, IonQ의 양자 컴퓨팅 기술은 향후 더욱 다양한 산업 분야로 확장되어 산업계 전반에 적용 및 활용될 것으로 전망됨

한편, 하기 <그림 6-6>과 같이 IonQ는 2028년까지 총 3단계로 구분해 시장 성장 상황에 따른 단계별 회사 중기 성장 로드맵을 발표했음

<그림 6-5> IonQ社
주력산업분야 및 관련
제품-특허



IonQ의 중기 성장 로드맵은 시장 니즈와 성숙에 따라 단계별 구간마다 집중하는 분야가 다름이 명확히 나타나고 있음. 이는 IonQ가 자사의 양자 시뮬레이션 기술을 각 산업 분야로 사용 범위를 발 빠르게 넓혀서 양자 컴퓨터 기술 관련 선도 기업으로 나아가고자 하는 의지가 담겨있는 것으로 보임

현재는 1단계에 속하는 구간으로 주로 딥러닝에 기반한 머신러닝에 최적화된 시스템을 통한마켓 리더로 자리매김을 하는 것에 포커싱되어 있는 것으로 나타남

이와 관련된 사례로는 2021년 9월 21일 골드만삭스는 아이온큐의 쿼텀 알고리즘을 이용해 본격 도입 전 단계인 기술 검증 단계인 개념 증명(Proof of concept) 단계로 주가 분석을 통한 실전 투자를 목전에 두고 있는 것으로 나타났고, 2021년 9월 22일 피델리티 본사 산하의 응용 기술 연구소(Fidelity Center for Applied Technology : FCAT) 또한 양자 머신러닝을 금융에 도입해 데이터 분석 및 변수와 주가의 상관관계 등을 시뮬레이션 테스트 중인 것이 일례가 될 수 있음

이와 같이 각종 금융회사와, 마이크로소프트나, 아마존, 구글 같은 클라우드 컴퓨팅 회사를 비롯해 자동차 회사들이 IonQ와 협력 모델을 구축하는 이유도 바로 머신러닝 기술은 그 첫 단계로 거쳐야 할 필수 불가결한 기반기술인 것을 인지하고 있기 때문인 것으로 판단됨

그 다음 2단계인 2026년부터는 다양한 산업재 전방위 중심으로 빠른 최적화를 해나간다는 계획을 세우고 있음. 이때부터 IonQ의 양자 컴퓨터 기술이 일반 컴퓨터가 차지하고 있는 대부분의 산업 분야로 적용될 것으로 판단했기 때문임

마지막 3단계에 가서는 더욱 기능적으로 완벽한 시스템 최적화를 통해 양자 화학 분야로까지 넓혀가겠다는 계획을 세우고 있음. 이쯤에는 IonQ의 양자 컴퓨터 기술이 신소재, 신약, 소재 관련 산업에도 적용 및 활용될 수 있는 것으로 전망되고 있음

상술한 바처럼, IonQ는 전략적으로 자사 양자 컴퓨터 기술을 다양한 산업 전반에 적용하고자 하는 의지가 강하므로, 한국은 IonQ의 양자 시뮬레이션 기술의 벤치마킹과 함께, 양자 시뮬레이션 관련 기술 동향을 지속해서 모니터링하여 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 양자 시뮬레이션 기술로 혁신시킨다면 국가 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

3 Quantinuum社 주력산업분야 분석

〈그림 6-7〉
Quantinuum社
주력산업분야 및 관련
제품-특허



세계 최대의 통합 양자 컴퓨팅 기업인 Quantinuum의 주력산업분야를 살펴본 결과, Quantinuum은 본 분석의 소분류에 해당하는 SoC(BDE) 분야, 정보보안(CIA) 분야, 임베디드 SW(CGA) 분야, 및 화학 분야의 나노소재기술(DBB) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남. 한편, Quantinuum은 상술한 IonQ과 마찬가지로 양자 시뮬레이션 기술을 활용하여 화학 분야에 접목시킨다는 공통점을 가지고 있으나, 상술한 IonQ 및 PsiQuantum과 달리 정보보안 분야에도 주력하고 있는 것으로 분석되어 타기업 대비 차별성을 가지고 있는 것으로 판단됨

SoC(BDE) 분야에 있어서, Quantinuum의 양자 칩(chip)은 자회사인 Honeywell이 개발한 이온 트랩 양자 칩으로서, 칩에 내장된 좁은 홈에 전자기장에 갇힌 희토류계 원소 이테르븀(Ytterbium)을 사용함. 전자기장에 갇힌 이테르븀은 레이저로 조작할 수 있으며 다른 유형의 큐비트에 비해 꽤 오랜 시간 동안 상태를 일관성 있게 유지할 수 있음. 또한, 이러한 큐비트가 양자 칩(chip)에서 이동할 수 있어 양자 알고리즘을 생성하는 방식으로 상호 작용할 수 있다는 것에 특징이 있음

Quantinuum의 양자 칩(chip)과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 최우선 출원으로 US16/717602(출원일 : 2019.12.17.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : Apparatuses, systems, and methods for ion traps)는 충분한 이온 위치 제어를 제공하는 이온 트랩 장치를 제공하는 기술로, 넓은 전극과 좁은 전극을 포함하는 다양한 영역(예: 작용 영역, 중간 영역, 저장 영역 등)으로 이온 트랩을 구성하여 이온 트랩 내에서 이온 수송 조작이 가능하도록 하는 것에 기술적 특징이 있음

또한, 정보보안(CIA) 분야에 있어서, Quantinuum은 세계 최초의 상용 암호화 키 생성 플랫폼인 'Quantum Origin'을 소개한 바 있음. 이 플랫폼은 NISQ(Noisy, Intermediate-Scale Quantum)를 이용한 최초의 상업 제품으로 양자역학의 예측 불가능성을 이용해 증명 가능한 양자 임의성이 포함된 암호키를 생성할 수 있는 것에 기술적 특징이 있음

Quantinuum의 'Quantum Origin'과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 최우선 출원으로 US63/076289(출원일 : 2020.09.09.)이 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : CRYPTOGRAPHIC SYSTEMS AND NON-DETERMINISTIC RANDOM NUMBER GENERATORS BASED ON QUANTUM SYSTEMS)는 얽힌 광자의 양자 상태를 측정함으로써 생성된 인증된 양자 랜덤 비트 문자열을 사용하여 약한 비트 열을 증폭함으로써 랜덤 비트 열(암호)을 생성하기 위한 프로토콜과 시스템에 관한 것임

또한, 임베디드 SW(CGA) 분야에 있어서, Quantinuum은 2021년에 양자 소프트웨어 개발 키트인 'TKET'를 공개한 바 있음. 이 소프트웨어 개발 키트는 세계 굴지의 양자 하드웨어 및 시뮬레이터 플랫폼에 대한 접근성을 제공하며, 양자 컴퓨팅 하드웨어에서 시행 시 양자 알고리즘의 성능을 최대한 높이고, 여러 산업 부문에서 양자 컴퓨팅 애플리케이션 개발을 가속하고자 개발됨. 또한, 양자 회로에 대한 높은 수준의 하드웨어 최적화 결함을 할 수 있음. 이를 통해 양자 컴퓨팅 사용자는 일관된 고성능을 유지하면서 양자 플랫폼 간에 원활하게 이동할 수 있음

Quantinuum의 'TKET'과 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 EP2022-159844(출원일 : 2022.03.02.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : QUANTUM COMPUTING SYSTEM AND METHOD)는 수많은 데이터를 처리하기 위해 최적의 방식으로 양자 컴퓨터를 구성하는 방법에 관한 것으로, 데이터 처리 오류를 감소시키도록 큐비트 배치를 관리하는 컴파일러가 포함된 데이터 프로세서를 개시하고 있음

한편, Quantinuum의 양자 시뮬레이션 기술을 살펴보면, 상술한 IonQ의 양자 시뮬레이션 기술과 마찬가지로 화학 산업 분야에 우선 적용 및 활용되고 있는 것으로 분석됨. 구체적으로 Quantinuum은 2022년 5월에 최첨단 양자 계산화학 소프트웨어 플랫폼인 'InQuanto'의 출시를 발표한 바 있음

Quantinuum의 'InQuanto'는 최신 양자 알고리즘, 고급 서브루틴 및 화학 관련 노이즈 완화 기술을 혼합함으로써 양자 컴퓨터를 최대한 활용시키도록 지원하는 독립형 플랫폼으로서, 이 플랫폼은 전자 구조 시뮬레이션을 위한 계산 요구사항을 줄이고, 가장 광범위한 양자 장치 및 시뮬레이터에서 성능을 극대화할 수 있음

Quantinuum의 'InQuanto'와 관련된 대표적인 특허를 살펴본 결과, 관련 출원은 US16/705727(출원일 : 2019.12.06.)으로 확인되며, 상기 특허(발명의 명칭 : Holographic quantum dynamics simulation)는 비교적 소수의 잠재적으로 노이즈가 많은 양자비트를 사용하여, 고전적인 계산 수단을 통해 해결하는 것이 매우 어렵고 난해성일 수 있는 복잡한 문제를 해결하도록, 효율적인 양자비트 사용을 수반하는 양자 회로를 실행하기 위한 홀로그램 양자 동역학 시뮬레이션에 관한 내용을 개시하고 있음. Quantinuum은 본 특허를 기반으로 개량 특허를 창출하여 양자계 시뮬레이션 관련 특허포트폴리오를 구축하고 있는 것으로 나타남

상술한 Quantinuum의 'InQuanto'는 화학 분야 이외에도 제약 분야, 재료 분야, 에너지 자원 분야에도 적용/활용되고 있는 것으로 나타남

구체적으로, 화학 분야와 관련해서 Quantinuum은 BMW과 협업하여 InQuanto 플랫폼을 사용해 수소연료 전지의 전극 반응을 시뮬레이션하기 위한 산소 환원 모델링을 수행한 바 있음

또한, 제약 분야와 관련해서 Quantinuum은 InQuanto 플랫폼을 사용해 약물-단백질 상호작용의 정량화를 처음으로 탐색한 바 있으며, 재료 분야와 관련해서 Quantinuum은 일본제철과 협력해 철강 개발을 위한 철 결정체 등과 같은 재료의 시뮬레이션에서 그 능력을 입증한 바 있음

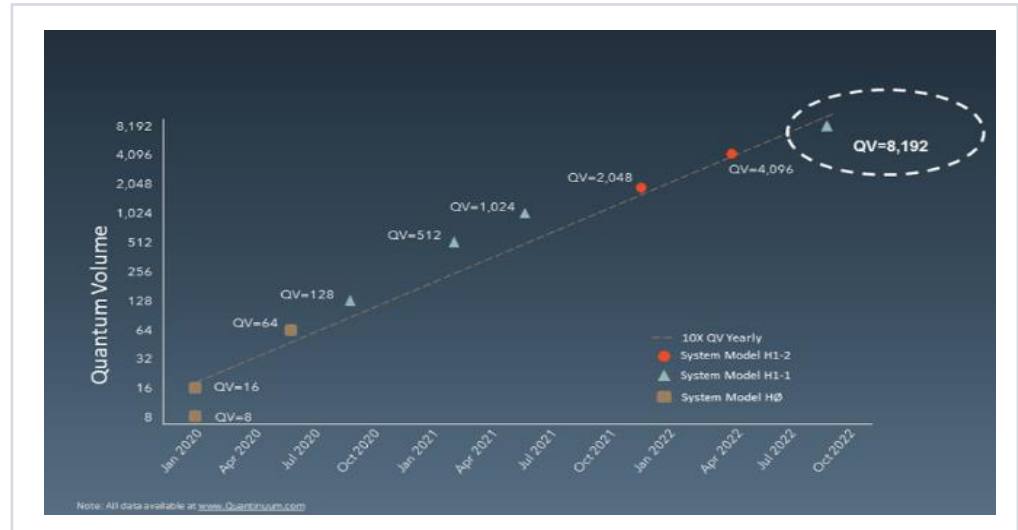
그뿐만 아니라, 에너지 자원 분야와 관련해서 Quantinuum은 InQuanto 플랫폼을 사용해 TotalEnergies와 함께 탄소 포집을 위한 금속-유기 프레임워크를 모델링한 바 있으며, Honeywell과 함께 InQuanto 플랫폼을 사용해 새로운 냉매 설계에 대한 양자 컴퓨팅의 적용 가능성을 조사한 바 있음

상술한 바와 같이, Quantinuum은 화학, 사이버 보안, 최적화 전반에 걸쳐 양자 컴퓨팅과 애플리케이션 개발을 가속하고 있는 것으로 나타났으며, 세계에서 가장 시급한 문제를 일부 해결하기 위해서 에너지, 기후 변화 및 제약 등의 분야에서 확장 가능한 양자 솔루션을 개발하는데 주력하고 있는 것으로 나타남

향후에도 Quantinuum은 양자 컴퓨팅 기술을 다양한 산업 분야에 적용/활용할 수 있는 방법을 모색할 것으로 예상되며, 이와 관련된 서비스 시장 선점을 위해 일본을 비롯한 아시아 태평양 지역의 기업과 협력 관계를 도모하고 있는 것으로 판단됨

또한, Quantinuum은 하드웨어 시스템 모델인 H-시리즈를 출시한 바 있음. 하기 <그림 6-8>은 상기 H-시리즈 모델별 양자 볼륨(Quantum Volume) 기록 차트를 보여주고 있음

<그림 6-8>
Quantinuum사의
양자 볼륨(Quantum
Volume) 기록 차트



상기 <그림 6-8>을 참조하면, 2020년에는 10큐비트 이온트랩 프로세서 시스템 모델 H1-1을 발표하고 이때 양자볼륨 128을 달성한 바 있으며, 2021년 12월에는 하드웨어 시스템 모델 H1-2를 추가로 발표하여 양자 볼륨(Quantum Volume) 2,048을 달성하였고, 그 후 4개월 뒤인 2022년 4월에는 완전히 연결된 12개의 큐비트를 모두 사용하여 양자 볼륨 4,096을 통과시킨 바 있음. 이로 인해 Quantinuum의 H1-2 시스템 모델은 2019년 IBM에서 도입한 벤치마크인 양자 볼륨 4096을 통과한 최초의 상용 양자 컴퓨터가 되었음. Quantinuum의 목표는 양자 볼륨을 매년 10배로 늘리는 것을 목표로 하고 있음

상술한 바를 통해서, Quantinuum은 양자기술 관련 하드웨어 및 소프트웨어 전반에 걸쳐 타 기업보다 진보된 기술을 보유하고 있는 것으로 사료됨. 이는 양자 하드웨어 전문 기업인 Honeywell Quantum Solutions와, 양자 소프트웨어 및 양자 알고리즘 분야의 전문 기업인 Cambridge Quantum의 합병을 통해 이룩된 것으로 판단됨

우리나라 역시 장기적으로 민간 주도의 양자 생태계를 개척하기 위해서는 양자기술 관련 핵심기술을 보유한 국내외 기업 간의 협력을 강화하고, 국내외 연구소 및 대학과의 협력을 통한 유기적인 연결이 필요할 것으로 사료됨





VII

양자기술 특허기술동향조사 보고서

특허분석 결론

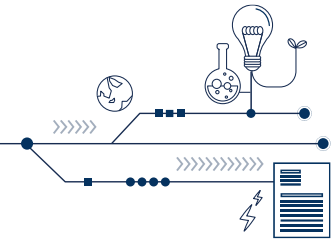
1. 양자기술 산업 동향 분석 결과
2. 양자기술 기술융합 동향 분석 결과
3. 대상기업 주력산업분야 분석 결과
4. 결론 및 시사점



chapter

VII

특허분석 결론



VII-1. 양자기술 산업 동향 분석 결과

양자기술 관련 산업 분야를 살펴보면, 정보통신(C) 분야, 전기·전자(B) 분야, 지식서비스(G) 분야, 기계·소재(A) 분야, 바이오·의료(E) 분야, 세라믹(H) 분야, 화학(D) 분야, 에너지·자원(F) 분야 순으로 양자기술 관련 산업 분야의 비중이 높은 것으로 나타남

먼저, 양자기술 관련 기계·소재(A) 분야에 속하는 산업분야들은 대부분 최근 5년 이내에 특허출원활동이 나타나고 있는 것으로 확인되며, 특히 산업/일반기계(AE) 분야, 로봇/자동화기계(AD) 분야, 청정생산(AJ) 분야와 연관된 양자기술 특허 창출이 나타나고 있는 것으로 나타남

양자기술 관련 기계·소재(A) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술 ‘스마트팩토리 분야, 로봇 분야, 스마트팜 분야, 국방 분야, 및 환경 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 전기·전자(B) 분야에 속하는 산업분야들은 하드웨어 기술 분야인 반도체소자및시스템(BD) 분야를 중심으로 2015년부터 최근까지 급증하는 추세를 보임

양자기술 관련 전기·전자(B) 분야 중에서 반도체소자및시스템(BD) 분야에 이어, 광응용기기(BA), 계측기기(BF) 분야 순으로 특허출원건수가 높은 것으로 나타나, 광응용기기(BA) 및 계측기기(BF) 분야에도 특허 출원 및 연구 개발 등의 기술활동이 활발한 것으로 사료됨

양자기술 관련 전기·전자(B) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 ‘정보기술(IT) 분야, 센서 분야, 및 전력 보호계전 분야’를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 정보통신(C) 분야에 속하는 산업분야들은 지식정보보안(CI) 분야 및 소프트웨어(CG) 분야를 중심으로 2016년부터 최근까지 급증하는 추세를 보임

양자기술 관련 정보통신(C) 분야 중에서 지식정보보안(CI) 분야 및 소프트웨어(CG) 분야를 이어, 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야, 이동통신(CA) 분야, 디지털콘텐츠(CH) 분야, 위성·전파(CC) 분야, ITS/텔레매틱스(CK) 분야, 광대역 통합망(CE) 분야 순으로 특허출원건수가 높은 것으로 나타나, 지식정보보안(CI) 분야 및 소프트웨어(CG) 분야 이외에 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야, 이동통신(CA) 분야에도 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발한 것으로 판단됨

양자기술 관련 정보통신(C) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '정보통신기술(ICT) 분야, 교통/운송·물류 분야, 및 디지털 트윈(digital twin) 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 화학(D) 분야에 속하는 산업분야들은 고분자재료(DB) 분야를 중심으로 2017년부터 최근까지 미미하지만, 꾸준히 증가하는 추세를 보임. 양자기술 관련 화학(D) 분야는 가장 최근 2017년~2019년 사이에 특허출원 및 연구개발 등의 기술 활동이 활발해진 것으로 보임

최근에는 양자기술을 활용하여 화학(D) 분야에서 정밀화학(DA) 분야, 수질/토양(DC) 분야, 섬유재료(DD) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 상기 분야들은 화학(D) 분야 중에서도 아직 타 기술 분야 대비 시장 진입장벽이 낮은 분야로 판단되므로 상기 분야들과 관련해 적극적인 연구개발 투자 및 인력 육성이 필요할 것으로 사료됨

양자기술 관련 화학(D) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '웨어러블 디바이스 분야, 생태공학 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야에 속하는 산업분야들은 치료기기 및 진단기기(EC) 분야를 중심으로 2016년까지 매우 미미한 특허출원을 보이다가 2017년부터 최근까지 적지만 급증하는 추세를 보임

최근에는 양자기술을 활용하여 바이오·의료(E) 분야에서 융합바이오 오(EB) 분야, 의약바이오(EA) 분야, 의료정보 및 시스템(ED) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 상기 분야들은 바이오·의료(E) 분야 중에서도 아직 타 기술분야 대비 시장 진입장벽이 낮은 분야로 판단되므로 상기 분야들과 관련해 적극적인 연구개발 투자 및 인력 육성이 필요할 것으로 사료됨

양자기술 관련 바이오·의료(E) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '난치성 질환치료 분야, 유전자 분석 분야, 희귀질환 및 신종 감염병 진단·제어 분야, 신약 개발 플랫폼 분야 및 환자진료관리 플랫폼 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 에너지·자원(F) 분야에 속하는 산업분야들은 스마트 그리드(FA) 분야를 중심으로 2010년대 초반부터 최근까지 미미하지만 꾸준한 출원을 보이며, 가장 최근인 2018년도부터 특허출원이 증가하는 양상을 보이고 있음

최근에는 양자기술을 활용하여 에너지·자원(F) 분야에서 에너지효율 향상(FC) 분야, 신재생에너지(FB) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 상기 분야들은 에너지·자원(F) 분야 중에서도 아직 타 기술분야 대비 시장 진입장벽이 낮은 분야로 판단되므로 상기 분야들과 관련해 적극적인 연구개발 투자 및 인력 육성이 필요할 것으로 사료됨

양자기술 관련 화학(D) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '지능형 전력망 분야, 에너지 관리 시스템 분야(열공급 분야, 가스 안전 분야)'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

양자기술 관련 지식서비스(G) 분야에 속하는 산업분야들은 2016년까지 미미한 특허출원을 보이다 최근 5년 이내에 경영·마케팅전략서비스(GA) 분야, 금융·무역서비스(GB) 분야, 제조·엔지니어링서비스(GD) 분야를 중심으로 특허출원이 급증하는 양상을 보이고 있음

최근에는 양자기술을 활용하여 지식서비스(G) 분야 중에서 인적자원 역량개발 서비스(GC) 분야 및 제조부가서비스(GE) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 상기 분야들은 지식서비스(G) 분야 중에서도 아직 타 기술분야 대비 시장 진입장벽이 낮은 분야로 판단되므로 상기 분야들과 관련해 적극적인 연구개발 투자 및 인력 육성이 필요할 것으로 사료됨

양자기술 관련 지식서비스(G) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '비즈니스모델링/프로세스관리/시뮬레이션 분야, 시장조사/마케팅관리서비스 분야, 전자금융서비스 분야, 인간-시스템 상호작용기술 분야, 제조플랫폼 서비스 분야, 및 유통물류서비스 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

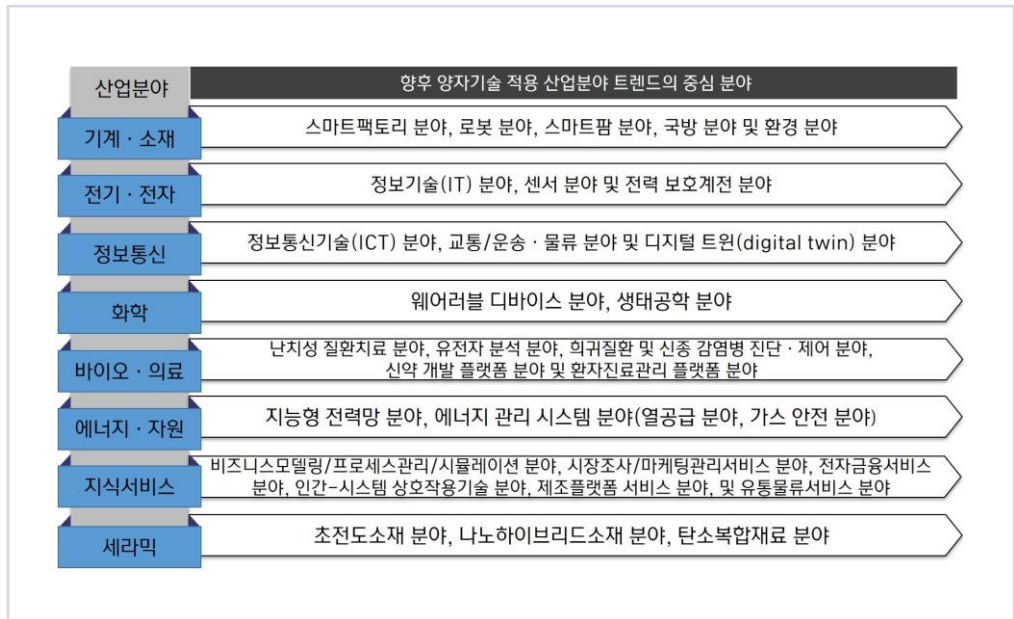
양자기술 관련 세라믹(H) 분야에 속하는 산업분야들은 광전자 소재(HA) 분야를 중심으로 분석초기 구간부터 2015년까지 미미한 특허출원을 보이다가 2016년을 기점으로 증감을 반복하는 추세를 보이고 있으나 향후에 계속적으로 특허 출원이 증가될 양상을 보임

최근에는 양자기술을 활용하여 세라믹(H) 분야 중에서 나노·융복합 소재(HB) 분야 및 세라믹 공정기술(HC) 분야에 적용하는 시도가 이뤄지고 있는 것으로 나타남. 상기 분야들은 세라믹(H) 분야 중에서도 아직 타 기술분야 대비 시장 진입장벽이 낮은 분야로 판단되므로 상기 분야들과 관련해 적극적인 연구개발 투자 및 인력 육성이 필요할 것으로 사료됨

양자기술 관련 세라믹(H) 분야의 특허 분석을 통한 향후 산업트렌드 분석 결과, 향후 양자기술이 '초전도소재 분야, 나노하이브리드소재 분야, 탄소복합재료 분야'를 중심으로 적용될 수 있을 것으로 예상됨

하기 <그림 7-1>은 상술한 분석 결과를 토대로 각 산업분류별 향후 양자기술 적용 산업분야 트렌드의 중심 분야를 정리한 것임. 상기 산업분야별 트렌드의 중심 분야는 최근 특허기술동향에 근거하여 도출된 것이므로, 상기 산업분야별 트렌드의 중심 분야와 관련하여 보다 적극적인 특허 확보 및 양질의 특허를 확보함으로써 국내 및 해외 시장을 선점할 수 있는 전략을 수립하는 것이 필요할 것으로 판단됨

〈그림 7-1〉 향후 양자기술 적용 산업분야 트렌드의 중심 분야(특허창출 필요분야)



한편, 주요시장국별 주력산업분야 특허동향을 살펴본 결과, 중국은 타국 대비 양자기술 관련 모든 산업분야(대분류)에서 높은 특허출원 분포를 나타내고 있음. 또한, 중국은 모든 산업분야별 세부 기술에 대해서도 타국 대비 다양한 소분야에도 특허출원을 나타내고 있는 것으로 나타나, 중국은 다양한 산업 분야에 양자기술을 접목해 연구개발 활동을 진행하고 있다고 볼 수 있음

상술한 바와 같은 중국의 특허출원 분포는 중국 자체적으로 개방과 혁신을 지향하는 성장모델이 강조되면서 중국 정부 주도의 적극적인 양자기술 관련 R&D 투자가 증가하고, 중국 내 기업을 비롯한 대학 및 연구기관들의 양자기술 관련 인력 양성 및 기술 역량이 강화됨에 따라 지식재산권 보호에 대한 인식이 향상되었기 때문으로 사료됨

한국은 타국들 대비 모든 산업분야에서 양자기술과 연계된 출원분포가 매우 미미한 것으로 나타나, 중국과 같이 우리나라 정부 차원에서 적극적인 양자기술 R&D 투자, 인력 및 산업육성을 추진하여 고부가가치 양자기술 관련 특허권 확보가 필요할 것으로 사료됨



VII-2. 양자기술 기술융합 동향 분석 결과

최근 10년간 양자기술 관련 단일/융합기술의 특허 동향을 살펴보면, 단일기술은 2011년부터 최근 까지 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 융합기술은 매년 전체기술(단일+융합기술)의 최소 21%~최대 35%의 수준으로 출원된 것으로 나타남. 이를 통해서 볼 때, 최근 10년간 양자기술 관련 전체 산업 분야는 타 기술과의 기술융합이 저조했던 것으로 판단됨. 다만, 융합기술이 증감을 반복하고 있지만 최근 점점 증가하는 추세로 나타나 최근 타 분야 기술과의 융합이 활발해지고 있는 추세인 것으로 판단됨

산업분야별 양자기술 관련 특허에서 양자기술이 타 분야의 기술과 융합된 정도를 효율적으로 판단하기 위해서, 네트워크 분석용 프로그램인 UCINET 6 for Window를 이용하여 각 산업분야별로 사회연결망분석(SNA)을 실행하였음. 구체적인 각 산업분야별로 사회연결망분석(SNA) 결과의 시각화 내용은 본 보고서의 목차 V. 양자기술 관련 기술융합 동향 분석의 '2. 산업분야별 기술융합 Landscape' 부분을 참조하길 바람

각 산업분야별 사회연결망분석(SNA) 분석 결과를 통해서 산업분야별로 기술융합 동향을 분석한 결과, 타 분야의 기술과 기술융합이 활발한 산업 분야는 '기계·소재(A) 분야, 화학(D) 분야'인 것으로 분석됨. 이와 반대로, 타 분야의 기술과 기술융합이 저조한 산업 분야는 '전기·전자(B) 분야, 정보통신(C) 분야, 바이오·의료(E) 분야, 에너지·자원(F) 분야, 지식서비스(G) 분야, 세라믹(H) 분야'인 것으로 분석됨

상술한 바를 통해, 양자기술 관련 전기·전자(B) 분야, 정보통신(C) 분야, 바이오·의료(E) 분야, 에너지·자원(F) 분야, 지식서비스(G) 분야, 세라믹(H) 분야에서는 이종 분야의 타 기술과 결합을 통한 기술융합보다는 동종 분야 간의 기술결합 양상이 더 지배적이라는 사실을 확인할 수 있음

한편, 아직 타 분야의 기술과의 기술융합이 저조한 산업 분야인 전기·전자(B) 분야, 정보통신(C) 분야, 바이오·의료(E) 분야, 에너지·자원(F) 분야, 지식서비스(G) 분야, 세라믹(H) 분야 역시 세계 양자 시장의 지속 성장과 외부 환경 변화(기후 변화, 탄소 중립, 신종 바이러스 확산 등)의 영향을 받아 향후 동종 기술이 아닌 이종 기술과의 융합이 활발히 추진될 것으로 예상됨



VII-3. 대상기업 주력산업분야 분석 결과

앞서, 양자기업 투자유치 Top3에 해당하는 기업인 'PsiQuantum, IonQ, Quantinuum'을 대상기업으로 삼아, 각 대상기업의 연혁 및 이슈(Issue)를 살펴보고, 각 대상기업의 주력산업분야를 분석하였음

각 대상기업의 주력산업분야를 분석한 결과, 먼저 PsiQuantum은 특허적으로 양자 광집적회로(SoC) 분야 및 임베디드 SW 분야에 주력하고 있는 것으로 나타났음. 이를 통해, PsiQuantum은 양자 하드웨어 개발과 동시에 소프트웨어 등 응용분야에 대한 투자도 적극적인 것으로 판단됨

최근 PsiQuantum은 특허는 아니지만, PsiQuantum이 Mercedes-Benz R&D와 공동 저술한 논문('Fault-tolerant resource estimate for quantum chemical simulations)을 게재하고, 이후 배터리 설계에 대한 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타나, 화학 분야 관련 양자 시뮬레이션 기술에도 연구개발을 진행하고 있는 것으로 나타남

PsiQuantum은 광집적회로 제작 핵심기술 및 임베디드 SW 기술을 기반으로 다양한 확장된 산업 분야로의 시장진입을 시도하고 있는 것으로 판단됨

IonQ는 PsiQuantum의 주력산업분야와 마찬가지로 SoC(BDE) 분야, 임베디드 SW(CGA) 분야에 주력하고 있는 것으로 나타남. 한편, 추가적으로 IonQ는 상술한 PsiQuantum과 달리 양자 시뮬레이션 분야를 주력함으로써, 주 수익모델을 창출하고 있는 것으로 분석됨

IonQ는 양자 시뮬레이션 기술(발명의 명칭 : ACCELERATED MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION METHOD ON A QUANTUM-CLASSICAL HYBRID COMPUTING SYSTEM)을 출원한 바 있으며, 이와 상응하는 'IonQ Aria(아이온큐 아리아)' 제품을 출시한 바 있음. 이 제품의 양자 시뮬레이션 기술을 지식서비스 분야 및 화학 분야에 접목한 것으로 나타남

IonQ는 'IonQ Aria(아이온큐 아리아)' 제품 출시 이후에 'IonQ Forte(아이온큐 포르테)' 제품을 출시한 바 있으며, 제품 출시 전에 IonQ Forte 제품에 상응하는 특허를 출원한 바 있음. 이는 IonQ가 상기 양자 시뮬레이션 기술 관련 특허를 기반으로 계속적으로 개량 특허를 창출하여 양자계 시뮬레이션 관련 특허포트폴리오를 구축함으로써 경쟁사의 시장진입을 보다 효과적으로 차단하고자 하는 의지로 판단됨

최근 IonQ는 상기 IonQ Forte 제품을 자율주행 분야 및 항공우주 화물 적재 분야에 적용/활용할 예정인 것으로 나타남. 이와 같이, IonQ의 양자 컴퓨팅 기술은 향후 더욱 다양한 산업 분야로 확장되어 산업계 전반에 적용 및 활용될 것으로 전망됨

Quantinuum은 앞서 상술한 기업인 PsiQuantum 및 IonQ와 마찬가지로 SoC(BDE) 분야, 임베디드 SW(CGA) 분야에 주력하면서도, IonQ 및 PsiQuantum과 달리 정보보안 분야에도 주력하고 있는 것으로 분석됨. 한편, Quantinuum은 상술한 IonQ과 마찬가지로 화학 분야에 적용 및 활용되는 양자 시뮬레이션 기술에도 주력하고 있는 나타나고 있음

Quantinuum은 2022년 5월에 최첨단 양자 계산화학 소프트웨어 플랫폼인 'InQuanto'의 출시한 바 있으며, 제품 출시 전에 IonQ와 마찬가지로 상기 제품에 상응하는 특허(발명의 명칭 : Holographic quantum dynamics simulation)를 출원한 바 있음. Quantinuum 역시 본 특허를 기반으로 패밀리 특허를 여러 국가에 출원하여 양자계 시뮬레이션 관련 특허포트폴리오를 구축하고 있는 것으로 판단됨

최근 Quantinuum의 'InQuanto'는 화학 분야 이외에도 제약 분야, 재료 분야, 에너지 자원 분야에도 적용/활용되고 있는 것으로 나타남. 이는 Quantinuum이 양자기술을 통해서 세계에서 가장 시급한 문제를 해결하기 위해서 에너지, 기후 변화 및 제약 등의 분야에서 확장 가능한 양자 솔루션을 개발하는 데 주력하고 있는 것에 따른 것임

향후에도 Quantinuum은 양자 컴퓨팅 기술을 다양한 산업 분야에 적용/활용할 수 있는 방법을 모색할 것으로 예상되며, 이와 관련된 서비스 시장 선점을 위해 Quantinuum은 일본을 비롯한 아시아 태평양 지역의 기업과 협력 관계를 도모하고 있는 것으로 판단됨

특히, Quantinuum은 양자기술 관련 하드웨어 및 소프트웨어 전반에 걸쳐 타기업보다 진보된 기술을 보유하고 있는 것으로 사료됨. 이는 양자 하드웨어 선도 기업인 Honeywell Quantum Solutions와, 양자 소프트웨어 및 양자 알고리즘 분야의 선도 기업인 Cambridge Quantum의 합병을 통해 이룩된 것으로 판단됨

〈그림 7-2〉 특허로 본 양자기업 투자유치 Top3 기업의 주력산업분야 분석 결과

	SoC 분야	임베디드 SW 분야	정보보안 분야	시뮬레이션 분야
 PsiQuantum	✓	✓		
 IONQ	✓	✓		✓
 QUANTINUUM	✓	✓	✓	✓

상기 〈그림 7-2〉에 도시된 바처럼 양자기업 투자유치 Top3에 해당하는 대상기업인 'PsiQuantum, IonQ, Quantinuum'의 주력산업분야를 분석한 결과, 투자유치 Top3에 해당하는 기업들은 결과적으로 양자 하드웨어 기술 및 양자 소프트웨어 기술에 주력하고 있는 것으로 분석됨

PsiQuantum, IonQ, Quantinuum 모두 양자 하드웨어 기술에서 타 기업 대비 핵심적인 기술을 보유하고 있으며, 이 하드웨어 기술을 근간으로 소프트웨어 기술개발에 집중하고 있는 것으로 사료됨

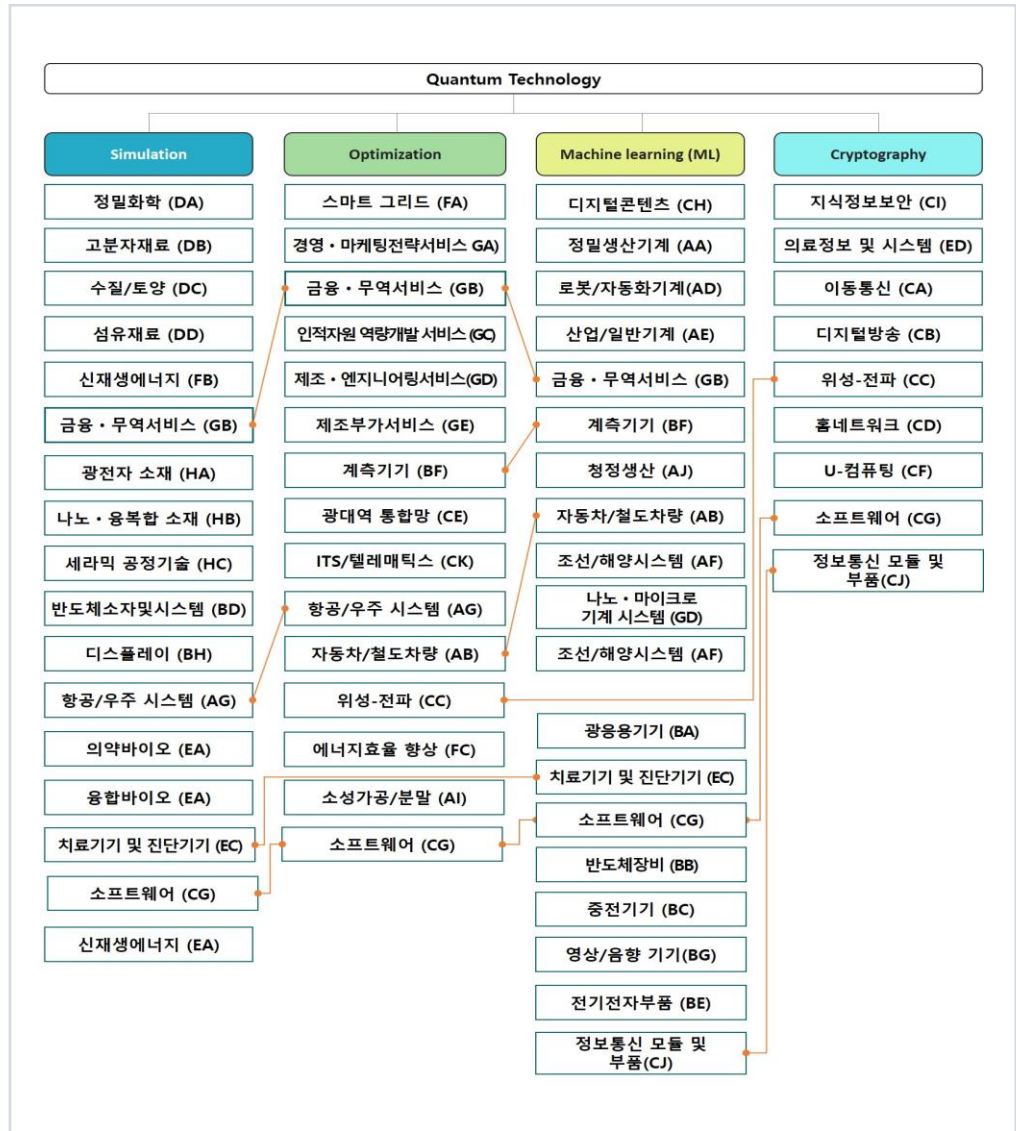
이처럼, PsiQuantum, IonQ, Quantinuum은 하드웨어와 동시에 소프트웨어 등 응용분야에 대한 투자도 적극적으로 진행하고 있는 분석됨. 이는 대상기업들은 양자우위(Quantum supremacy) 시대가 달성된 후 소프트웨어 개발에 뛰어들면 이미 늦을 것으로 예상하기 때문임

VII-4. 결론 및 시사점

본 장에서는 앞서 분석된 『양자기술 특허기술동향조사 보고서』에서의 분석 결과를 제시하고 우리나라의 양자기술 성장 및 발전을 위한 시사점을 제시하고자 함

앞서 특허-산업을 연계시켜 분석한 내용을 토대로, 종래 양자기술 4가지 유형별로 산업기술분류를 매칭한 결과, 다음 <그림 7-3>과 같음

<그림 7-3> 본 분석에 따른 양자기술 4가지 유형별 산업분류 매칭 결과



〈그림 7-3〉은 본 『양자기술 특허기술동향조사 보고서』에서 분석된 내용을 토대로, 본 분석(특허-산업 연계)의 기술분류(산업기술분류체계의 중분류) 각각을 양자기술 4가지 유형인 Simulation(시뮬레이션), Optimization(최적화), Machine Learning(기계학습), Cryptography(암호화)에 매칭시켜 정리한 결과임

이와 같이, 본 분석에서 활용된 산업기술분류체계의 기술분류들이 양자기술 4가지 유형에 매칭될 수 있는 것으로 나타남

한편, 〈그림 7-3〉에서 금융·무역서비스(GB) 분야, 계측기기(BF) 분야, 항공/우주 시스템(AG) 분야, 치료기기 및 진단기기(EC) 분야, 위성-전파(CC) 분야, 자동차/철도차량(AB) 분야, 정보통신 모듈 및 부품(CJ) 분야, 및 소프트웨어(CG) 분야는 양자기술 4가지 유형에 2가지 이상으로 중복되어 매칭됨. 특히, 소프트웨어(CG) 분야는 양자기술 4가지 유형에 모두 매칭될 수 있는 것으로 판단됨. 이는 소프트웨어 기술이 다양한 요구에 맞게 조정 및 확장이 가능하기 때문임

이와 같은 소프트웨어 기술의 확장성으로 인해, 향후에는 하드웨어 중심의 양자기술 R&D 투자보다는 ‘소프트웨어 중심의 양자기술 R&D 투자’가 우세할 것으로 사료됨

한편, 2022년 10월 11일, 세계 양자컴퓨터 개발 경쟁에서 가장 앞서 나가고 있는 기업 중 하나인 IBM의 최고기술책임자는 “양자 컴퓨터가 기존 슈퍼컴퓨터의 성능을 뛰어넘는 ‘양자 우위’ 시대가 2023년부터 시작될 것이다”라고 공식 거론한 바 있음. 이는 양자 우위 시대가 도래했음을 공식화한 것으로 의미가 있음

‘양자 우위’ 시대를 위해서는 1000개 이상의 큐비트와 0.01% 이하의 낮은 오류율, 1초 이하 단위의 빠른 연산 속도를 갖춰야 하므로 이 때문에 많은 양자 기업들이 현재까지 하드웨어 중심으로 기술개발을 해오고 있음. 그러나, ‘양자 우위’ 시대에 돌입한다면 더욱 소프트웨어 및 응용 프로그램 중심으로 기술개발이 우세하게 이뤄질 것으로 전망되고 있음

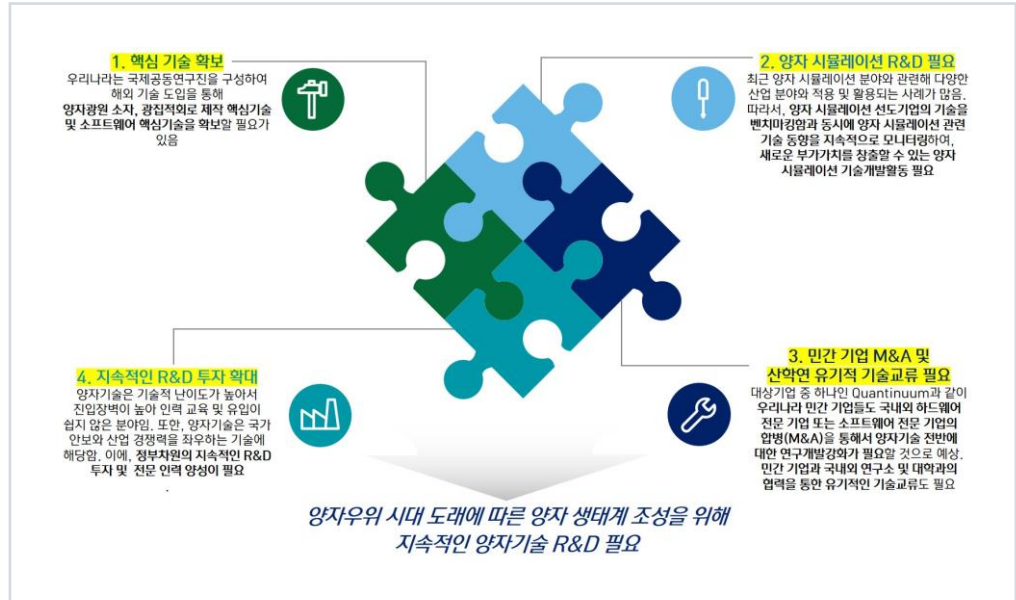
본 『양자기술 특허기술동향조사 보고서』에서 분석된 투자 유치 Top3 기업인 PsiQuantum, IonQ, Quantinuum 역시 하드웨어 개발과 동시에 소프트웨어 등 응용분야에 대한 연구개발 시도 및 투자도 적극적으로 진행하고 있는 것으로 나타났음

이러한 배경에서, 우리나라는 우선 국제공동연구진을 구성하여 해외 기술 도입을 통해 국내 양자광원 소자, 광집적회로 제작 핵심기술 및 소프트웨어 핵심기술을 확보할 필요가 있음

또한, 양자 시뮬레이션 선도기업의 기술을 벤치마킹함과 동시에 양자 시뮬레이션 관련 기술 동향을 지속적으로 모니터링하여, 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 양자 시뮬레이션 기술개발 활동이 필요할 것임

뿐만 아니라, 우리나라 민간 기업들도 Quantinuum과 같이 국내외 하드웨어 기업과 소프트웨어 기업의 합병(M&A)을 통해서 연구개발강화가 필요할 것으로 사료되며, 민간 기업과 국내외 연구소 및 대학과의 협력을 통한 유기적인 기술교류도 필요할 것으로 판단됨

〈그림 7-4〉 우리나라 양자 R&D 관련 방향성 제언



참고로, 본 보고서의 관리기관인 ‘성균관대 양자정보연구지원센터(센터장: 성균나노과학기술원 정연욱 교수)’는 상술한 필요성과 같은 맥락에서 IonQ와 양자컴퓨터 활용을 위한 파트너십을 맺고, 2021년 1월 1일부터 이온트랩 양자컴퓨터 하드웨어를 국내 연구자와 학생들에게 제공하고 있음

국내의 관련 연구자와 학생들은 양자정보연구지원센터를 통해 곧바로 IonQ의 양자컴퓨터를 연결해 이용할 수 있으며, 양자정보연구지원센터는 IonQ와의 파트너십을 통해 한국의 연구자와 학생들이 세계 최첨단의 양자컴퓨터 시스템을 직접 이용해 학습하고 응용할 수 있도록 지원하고 있음. 이와 더불어 양자정보연구지원센터는 국내 양자기술의 저변확대를 위해 다양한 양자컴퓨터 교육프로그램을 IonQ와 함께 제공하고 있음

본 특허동향조사 보고서는 특허정보를 다각적으로 활용하여 유용한 정보 제공 및 주요이슈 도출에 기초가 되는 국제특허분류(IPC)와 산업분류를 연계하는 작업을 수행함으로써, 양자기술 관련 특허출원 활동이 어떤 산업 분야에 적용 및 활용되는지, 얼마나 활발히 이루어지는지, 그리고 타 분야의 기술과 기술융합이 이루어지는지를 살펴보았음. 또한, 양자기술 관련 산업 트렌드 분석과 대상기업(양자기술 투자유치 Top3 기업)의 주력산업분야 분석을 수행함으로써 향후 양자기술 관련 R&D 방향성 수립에 근거를 제시하였다는 점에서 의미가 있다고 사료됨