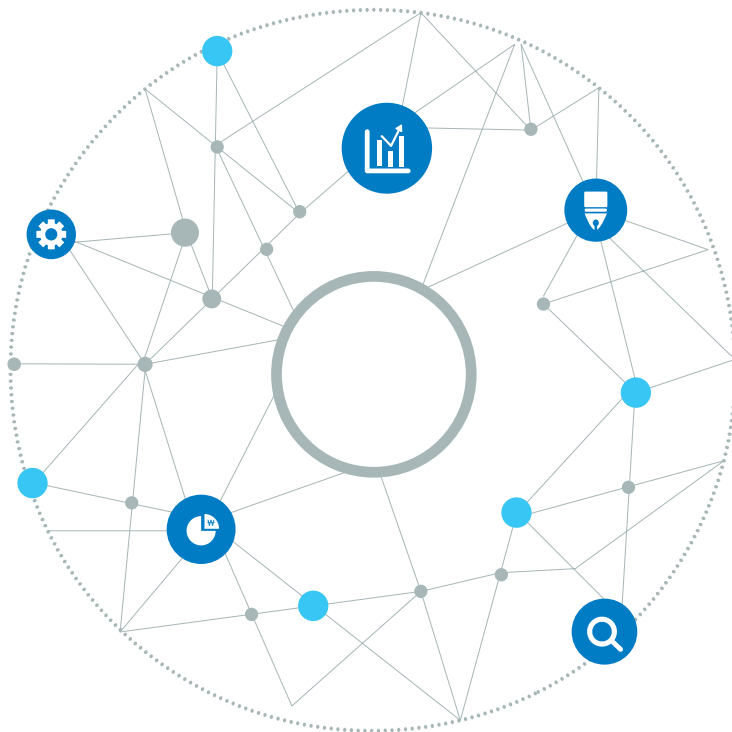


토픽모델링을 이용한 인천 바이오산업 연구개발 현황분석

김동관 • 박재우

2023. 12.



본 연구는 과학기술정보통신부·인천광역시가 출연한 인천 연구개발지원단 육성지원사업의
연구비 지원으로 이루어졌으며, 연구내용은 인천테크노파크의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

요 약

□ 서 론

- 바이오산업 패러다임 변화와 전국 바이오클러스터와의 경쟁 및 협력 환경을 고려하여, 인천은 산업 인프라 확장과 지속적인 성장을 위해 차별화된 전략마련이 필요
- 본 연구는 인천의 바이오산업 육성을 위한 시사점을 연구개발에 중점을 두고 토픽모델링을 통해 연구개발 현황을 분석하고 이에 대한 정책적 시사점을 모색하고자 함.

□ 국내외 바이오산업 동향

- (국외) 2022년에 1조 3,700억 달러로 추산된 세계 바이오 시장은 2030년까지 연평균 13.96% 성장하여 3조 8,800억 달러에 이를 것으로 예상
- (국내) 2017년부터 2021년까지 생산액 기준으로 연평균 19.9%, 내수액 기준으로 연평균 20.7% 성장하며 바이오 관련 산업의 매출이 지속적으로 증가 추세

□ 인천 바이오산업 특징

- (송도 바이오클러스터) 인천 바이오산업은 송도를 중심으로 대기업들이 위탁생산서비스(CMO)를 제공하는 것이 특징으로 다양한 대학, 지원센터 등이 소재하고 있으며 산학연병 협력을 위한 클러스터를 더욱 견고히 하기 위해 노력 중
- (생산 및 내수) 인천 바이오산업은 전국 대비 기업 수는 적지만, 높은 생산 규모(3조 9,724억 원)와 적은 내수시장(4,221억 원)을 지니고 있음.
- (매출) 의약분야에서 23,384억 원의 수출을 달성하며 강력한 국제 경쟁력을 보여주고 있으며, 서비스 분야에서는 국내판매 3,937억 원과 수출 1조 2,236억 원을 기록해 이 두 분야에서 상대적인 강세를 보이고 있음.

- (투자) 기업당 평균 전체 투자비가 210억 원, 연구개발비가 92억 원, 시설투자비가 118억 원으로, 이는 다른 지역에 비해 가장 높은 수준의 투자액을 나타냄.
- (인력) 인천 바이오산업의 인력은 2014년 2,791명에서 2021년 5,931명으로 급증했으며, 이는 주로 생산직과 제조인력에서의 증가에 기인
- (연계협력) 전국 기준 400개의 협력관계 보유 기업 중 전체 비중이 2.5%에 불과해 협력과 공동연구개발에서 상대적으로 낮은 수준을 보임.
- (기업 수) 중소·벤처기업 수는 전국 대비 낮은 수준으로, 벤처기업 및 INNO-BIZ, MAIN-BIZ의 수가 9개에 불과

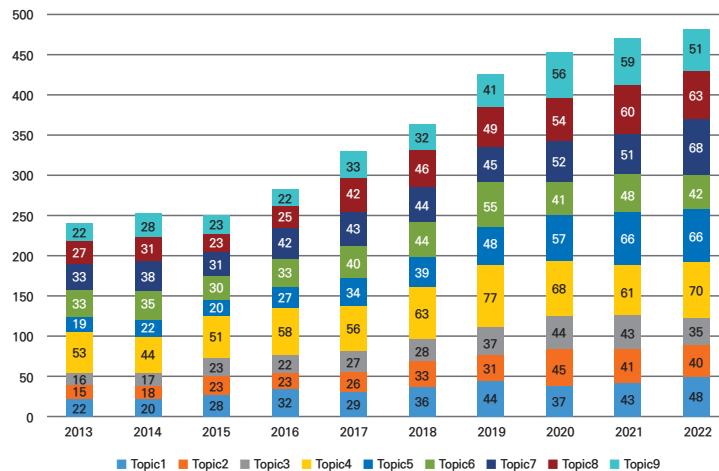
□ 인천 바이오 연구개발 현황분석

- (분석 개요) 국가연구개발사업 과제정보를 바탕으로 텍스트 마이닝의 종류인 토픽모델링(Topic Modeling)을 활용하여 인천의 바이오 연구개발현황을 분석
- (기술통계) 인천광역시 국가연구개발사업 BT의 투자금액은 6T 중 두 번째로 높은 투자금액을 보이며 총 투자액은 10년 동안 6,385억 원으로 2013년부터 2022년까지 연간 투자 금액은 점진적으로 증가하는 추세
- (모델링 결과) 바이오 연구개발 개발 과제에서 데이터 전처리 작업을 통해 도출된 11,300개 단어들을 대상으로 LDA 토픽모델링을 수행한 결과 9개의 토픽을 도출

〈토픽모델링 분석 결과 (2013~2022)〉

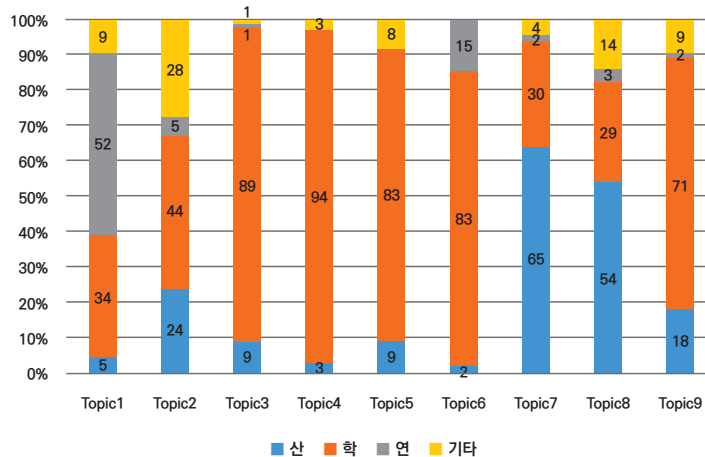
Topic	Theme	Keywords	비중
Topic1	생물 다양성 및 자원보존	생물, 표본, 지역, 생물자원, 관리, 분포, 유전, 신종	9.5%
Topic2	임상시험 및 의료교육	임상시험, 교육, 병원, 운영, 글로벌, 의료기기, 기업, 센터	8.3%
Topic3	세포재생 및 배양 기술	타액선, 줄기세포, 배양, 재생, 소재, 세포주, 공정, 분자	8.2%
Topic4	유효물질 타겟팅 및 약물 개발	타겟, 억제, 혈관, 분자, 염증, 약물, 인자, 동물모델	16.9%
Topic5	운동학 및 진단기술	운동, 진단, 프로그램, 데이터, 예측, 치매, 검사, 바이오마커	11.2%
Topic6	해양 미생물 및 유전체 기술	유전체, 배양, 해양, 미생물, 균주, 생태, 생물, 생합성	11.3%
Topic7	바이오 뷰티와 소재 개발	소재, 피부, 화장품, 원료, 공정, 추출물, 성분, 식품	12.6%
Topic8	자동화를 통한 바이오기술 혁신	모듈, 성능, 데이터, 제어, 센서, 장치, 자동, 공정	11.8%
Topic9	나노 기술을 응용한 진단 및 치료	진단, 합성, 영상, 반응, 검출, 약물, 나노입자, 형광	10.3%

- (과제 매칭) 2013년부터 2022년까지의 분석 결과, 대부분의 토픽에서 연구 과제 수가 점진적으로 증가하여 바이오 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있음을 반영



〈토픽과 관련된 연구과제 변화 추이〉

- (기관 분석) 각 토픽별 주요 참여 기관들의 비율을 분석한 결과, 기초연구는 대학이, 실용화 및 사업화 연구는 산업계에서 주로 참여



〈토픽에 따른 산학연 참여 비율〉

- (유망기술 매칭) 10대 유망기술과 인천에서 도출된 토픽간 매칭을 통해 인천 바이오산업의 육성 및 발전에 있어 전략적인 기회를 제공하며, 지역적인 특성을 고려한 맞춤형 연구개발 방향 설정이 가능

□ 결론 및 시사점

- (결론) 인천 바이오산업은 지역의 핵심 성장산업으로 글로벌 경쟁력에서도 뒤지지 않는 역량을 보유하고 있으나 분야, 인력, 협력관계, 기업 수 등에서 여러 가지 한계점 존재
- 토픽모델링 분석을 통한 인천 바이오산업의 다양한 특징을 도출
 - ※ (1)지역 내 혁신기관의 특성 반영 (2)해양 지리적 특성은 해양자원 활용 연구로 연결 (3)글로벌 산업 트렌드에 맞춰 연구개발 진행 (4)토픽별 다양한 산학연 참여 패턴 존재 (5)최신 유망기술과의 매칭 가능성 존재
- (시사점) (1)거대한 수요처를 활용하는 연구개발 지원사업 추진 (2)중소벤처 기업 중심의 기술지원 및 협력 증진 추진 (3)바이오 분야 산학연 협력 네트워크 협력체계 강화 (4)연구개발 투자를 통한 인력수급과 중소벤처기업 육성

차 례

제1장 서론

- 1. 추진배경 및 필요성 12
- 2. 연구범위 및 절차 14

제2장 국내외 바이오산업 동향

- 1. 국외 동향 16
- 2. 국내 동향 17

제3장 인천 바이오산업 특징

- 1. 송도 바이오 클러스터 24
- 2. 인천 바이오산업 현황 26

제4장 인천 바이오 연구개발 현황분석

- 1. 분석 데이터 및 방법 34
- 2. 분석 절차 37
- 3. 분석 결과 39

제5장 결론 및 시사점

- 1. 결론 54
- 2. 시사점 55

- 참고문헌 57

표 차례

〈표 1〉 바이오산업 생산 및 내수규모(분야별)	18
〈표 2〉 바이오 분야별 국내판매 현황(5개년)	19
〈표 3〉 바이오 분야별 수출 현황(5개년)	20
〈표 4〉 바이오 분야별 수입 현황(5개년)	21
〈표 5〉 바이오 분야별 연구개발 현황(5개년)	22
〈표 6〉 송도 바이오클러스터 주요 입주기업(기관)	25
〈표 7〉 바이오산업체의 소재지별 분포	26
〈표 8〉 2021년 바이오산업 시도별 생산 및 내수 현황	27
〈표 9〉 수도권 바이오산업 분야별 매출 현황	28
〈표 10〉 2021년 바이오산업 주요 시도별 투자 규모	29
〈표 11〉 2021년 바이오 관련 기업 수	32
〈표 12〉 인천 바이오 분야별 기업 수 추이	32
〈표 13〉 6T별 정부와 민간의 연구개발비 비교(2020)	34
〈표 14〉 토픽모델링 분석결과 (2013~2022)	42
〈표 15〉 토픽모델링별 주요 참여기관	48
〈표 16〉 2023년 10대 바이오 미래유망기술	50
〈표 17〉 유망기술 매칭 결과	53

그림 차례

〈그림 1〉 연구 절차	15
〈그림 2〉 Global Biotechnology Market	16
〈그림 3〉 바이오산업 생산 및 내수규모(전체)	18
〈그림 4〉 국내 바이오산업 전망(2024~2026년)	23
〈그림 5〉 송도 바이오융합 산업기술단지 (좌: 구역, 우: 조감도)	24
〈그림 6〉 바이오산업 종사자 수 (2021년)	30
〈그림 7〉 타 기관 협력관계 현황 (2021년)	31
〈그림 8〉 LDA 토픽모델링의 이해	35
〈그림 9〉 LDA 알고리즘의 구조	36
〈그림 10〉 데이터 분석 절차	37
〈그림 11〉 인천 국가연구개발사업 투자현황(6T별)	40
〈그림 12〉 바이오분야 워드클라우드(한글 키워드)	41
〈그림 13〉 바이오분야 워드클라우드(영문 키워드)	41
〈그림 14〉 토픽과 관련된 연구과제 변화 추이	47
〈그림 15〉 토픽에 따른 산학연 참여 비율	49

제1장 서론

1. 추진배경 및 필요성

□ 코로나19 팬데믹과 4차 산업혁명의 진전에 따른 디지털 전환은 바이오 산업의 패러다임을 근본적으로 변화시키고 있음.

○코로나19 이전부터 인구 고령화와 같은 사회적 요인으로 인해 바이오산업은 성장 잠재력이 높은 분야로 인식되어 왔지만 이해관계자 간의 갈등과 기존 시스템과의 괴리로 인해 기술 발전이 지연되고 있었음.

○팬데믹 이후 비대면 진료 및 의료 과부하 해소를 위한 디지털 기술의 활용이 확대되었으며, 이에 따라 대중의 인식도 개선(보건산업진흥원, 2021).

□ 팬데믹 상황에서 코로나19 관련 백신 및 치료법 개발에 대한 관심이 크게 증가하였으며, 건강관리와 질병 예방의 중요성 인식을 높이면서 관련 제품의 수요를 급증(권오성, 2021)

○전 세계적인 위기 상황은 바이오산업의 역할을 강조하며 진단 및 치료 기술 개발을 촉진시키고, 백신 및 치료제 개발의 중요성을 부각시키는 동시에 디지털 헬스케어에 대한 수요를 증가시킴.

□ 코로나19 이후 바이오산업은 인공지능(AI), 빅데이터, 사물인터넷(IoT)과 같은 첨단 기술을 통합하여 새로운 산업 생태계를 창출

○바이오기술을 기반으로 첨단기술을 융합함으로써, 개인 맞춤형 치료, AI 기반의 신약 개발, 바이오 빅데이터를 활용한 융합 연구 등 다양하고 혁신적인 바이오 제품·서비스들이 개발되는 중(한국산업기술진흥원, 2023)

○특히, AI를 활용하여 실험 방법을 자동화하고 다양화함으로써 연구의 비효율성을 줄이고 감염 위험도 감소시키는 연구가 확산

□ 한편, 우리나라 바이오산업은 각 지자체의 핵심 전략산업 중 하나로 중앙정부와 지자체의 노력으로 전국에 많은 클러스터가 구축되었으나 분산과 중복의 문제점이 존재

○국내 바이오클러스터는 전국 15개 시도에 25개에 달해 클러스터별 차별화가 부족하고, 과제 중복 및 예산 부족 등의 문제가 나타남(유승준·이시영, 2020).

○국내 바이오클러스터가 전국 곳곳에 생겨나면서, 클러스터가 산업의 경쟁력을 높이기보다는 오히려 분산시키는 결과를 낳고 있어 선택과 집중을 통해 경쟁력 있는 소수의 클러스터를 육성해야 한다는 의견 존재(조용래 외, 2021)

□ 인천은 바이오시밀러 및 바이오의약품 제조 분야에서 두각을 나타내고 있으며, 삼성바이오로직스와 셀트리온과 같은 글로벌 기업들이 바이오 생산허브로서의 역할을 충실히 수행 중

○바이오산업체의 집적으로 자체적으로 바이오클러스터가 조성되어 지자체의 지원에 힘입어 대형 바이오클러스터로 성장

○그 결과, 2010년 삼성바이오로직스를 기점으로 우수한 대기업들이 송도에 자리를 잡아 바이오 생산량 세계 1위의 도시로 발돋움 하여 명실상부한 바이오 도시로 자리잡고 있음

○더불어 바이오 공정 인력양성센터, K-바이오 랩센트럴 등 대규모 정부사업을 유치함으로써 바이오 클러스터의 위상을 견고히 다지고 있는 중

□ 최근, 코로나19와 디지털 경제로의 전환으로 인한 바이오 패러다임의 변화와, 전국 바이오클러스터와 경쟁 및 협력 관계를 고려한 인천만의 차별화된 전략을 고민해야 할 시점

□ 더불어, 인천의 산업 인프라 확장에 따른 성장을 지속적으로 유지하기 위해서는 지역 내 바이오 연구개발에 대한 논의 및 검토가 필요한 시점

○바이오산업은 우수한 R&D 성과가 바로 시장에서 성공으로 연결되는 과학·기술집약적 산업으로 R&D가 산업의 성패를 좌우하는 가장 중요한 요소

○최종 결과물인 제품 판매에 의해서만이 아닌 R&D 과정 전체에 걸쳐 기술창업, 기술이전, 연구개발서비스업 등 부가적인 경제 효과가 창출

□ 이러한 배경 하에 본 연구는 인천 바이오산업 육성을 위한 시사점을 연구개발에 중점을 두고 추진방향을 모색하고자 함.

○인천은 바이오앵커 기업의 거대한 수요가 존재하는 환경을 활용해 바이오 스타트업 및 벤처기업 육성과 이를 위한 연구개발 지원을 수행할 필요가 있음

○최근의 글로벌 바이오산업은 글로벌 빅파마들의 독점 중심의 산업에서 벗어나 신약개발을 보다 효율적으로 수행하기 위한 오픈 이노베이션이 활성화되고 있으며, 바이오융합을 통한 새로운 기술 개발로 전환되고 있다는 점에서 연구개발에 대한 주목이 필요

- 인천의 바이오산업 연구개발 현황을 면밀하게 분석하여 정책적 대안을 모색하는 것은 지역산업의 지속 가능한 성장과 경쟁력 강화를 위한 기초가 될 수 있으며, 지역 내 혁신적인 산업 생태계를 조성하는 데 기여할 수 있음

2. 연구범위 및 절차

- 본 연구에서 정의하는 바이오산업은 바이오기술(BT, Biotechnology)을 바탕으로 생물체의 기능과 정보를 활용하여 인류의 건강증진, 질병예방·진단·치료에 필요한 유용물질과 서비스 등 다양한 부가가치를 생산하는 산업(최윤희, 2007)

- 바이오산업은 다양한 기술들이 접목된 응용산업으로 기술이나 제품을 특정하기 어려운 측면이 존재함에 따라 본 연구에서는 기존 연구를 참고하여 바이오산업의 범주라 추정하여 발간한 통계 자료를 기반으로 분석을 추진

- 국내 바이오 기업 현황은 한국바이오협회에서 발간하는 ‘국내 바이오산업 실태조사 결과 보고서’의 내용을 바탕으로 분석

- 연구개발현황은 국가과학기술지식정보서비스(National Science & Technology Information Service)에서 제공하는 국가연구개발사업 과제 데이터를 활용하며 6T¹⁾분류 중 BT²⁾로 분류된 내용을 분석

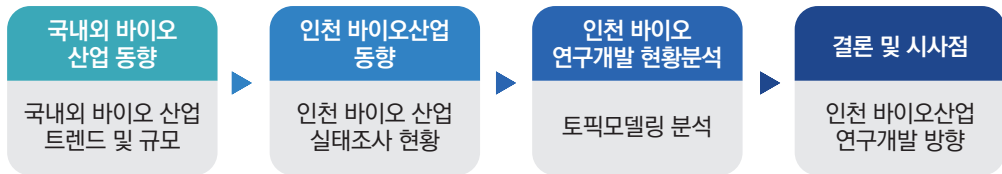
- 본 연구는 국내외 및 인천의 바이오산업 현황과 연구개발 동향을 분석하며, 특히 인천 지역에서 수행된 바이오 연구개발 과제를 조사하여 해당 연구분야의 중요한 주제와 트렌드를 확인하고, 이에 관련된 정책적 시사점을 제시

- 우선적으로 바이오산업의 국내외 현황과 인천지역의 산업 현황을 실태조사보고서를 바탕으로 분석

- 지역에서 바이오 연구개발의 현황을 탐색하는 방법으로는 대량의 서지정보와 텍스트를 활용한 텍스트 마이닝의 종류인 토픽모델링(Topic Modeling)을 활용

1) 미래유망신기술(6T)은 정보기술(IT: Information Technology), 생명공학기술(BT: Bio Technology), 나노기술(NT: Nano Technology), 에너지환경기술(ET: Environmental Technology), 우주항공기술(ST: Space Technology), 문화기술(CT: Culture Technology)의 총 6개 기술로 분류
2) 기초·기반기술(유전체기반기술, 단백질체연구등), 보건의료관련응용(바이오신약개발기술, 난치성질환치료기술등), 농업·해양·환경관련 응용(유전자 변형 생물체 개발기술, 농업·해양 생물자원의 보존 및 이용기술 등)을 포함

○ 분석결과를 바탕으로 인천 바이오산업 특징과 향후 연구개발의 추진방향을 모색



| 그림 1 | 연구 절차

제2장 국내외 바이오산업 동향

1. 국외 동향

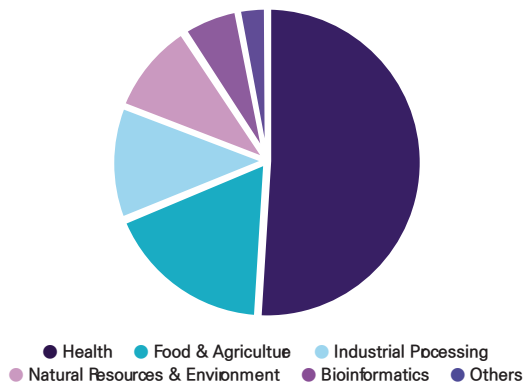
□ 세계 바이오 시장 규모는 2022년 1조 3,700억 달러로 추산되었으며, 2023년부터 2030년까지 연평균 복합성장률(CAGR) 13.96%로 3조 8,800억 달러까지 성장할 것으로 예상³⁾

○건강 응용 부문이 2022년 가장 큰 점유율을 차지하였으며, 질병 부담 증가, 농업·바이오 서비스의 활용성 증가, 바이오 산업 부문의 기술 개발이 부문 성장을 주도할 것으로 예상

○또한, 특히 식품 및 음료와 같은 산업의 바이오분야에서 활용률이 높아질 것으로 예상되는 인공지능(AI), 머신러닝, 빅데이터 분야의 발전으로 인해 해당 부문의 성장이 가속화되고 있음

Global Biotechnology Market

Share, by Application, 2022(%)



※ 자료 : Grand view research (2023)

그림 2 | Global Biotechnology Market

3) 바이오산업의 시장 범위는 출처에 따라 범위가 다르며 해당 분석은 Grand view research의 분류로 작성된 'Biotechnology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (Nanobiotechnology, DNA Sequencing, Cell-based Assays), By Application (Health, Bioinformatics), By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030' 참조

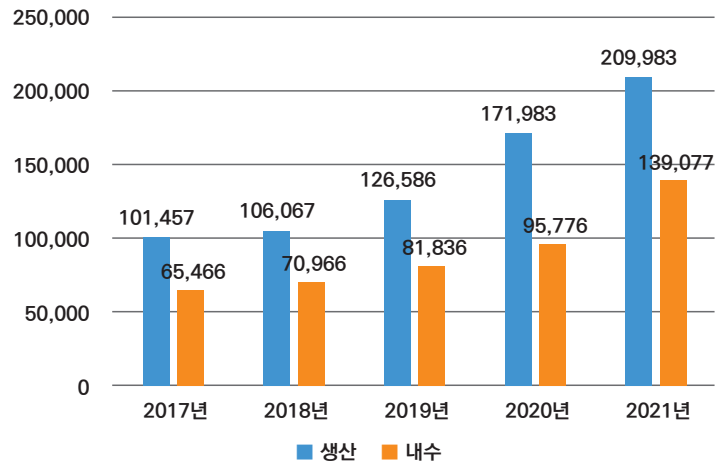
□ **코로나19 팬데믹으로 바이오산업은 성장을 가속화 할 것으로 예상되며, 이에 따라 생명공학 회사들은 인수, 매각, 연구개발투자, 디지털 기술의 전환 등을 통해 성장 추세를 이어가고 있음(Vicky, 2023)**

- 생명공학 회사들은 유전자 및 세포 치료, mRNA 플랫폼, 항체-약물 결합체(ADCs)와 같은 신약 개발에 투자하며 혁신과 가치 창출에 집중
- 관련 회사들은 목표 달성을 위해 바이오 분야 이해 관계자들과 협력하고 지식, 전문성, 자원을 공유하려는 의지를 보이고 있음
- 또한, 인공지능(AI), 자동화, 블록체인과 같은 디지털 기술이 확장되어 개발 및 제조 비용을 낮추고 약물 연구 및 개발 노력을 가속화하는 효율성을 창출 중

2. 국내 동향

□ **국내 바이오산업 현황 역시 코로나19 백신의 위탁생산 확대와 진단키트의 지속적인 수출 증가로 바이오 관련 산업의 매출이 증가**

- 시장규모(생산)는 생산액 기준 2017년 10조 1,457억원에서 2021년 20조 9,983억원으로 연평균 19.9%로 성장
- 내수액 기준으로는 2017년 6조 5,466억원에서 2021년 13조 9,077억원으로 연평균 20.7%의 성장률을 기록
- 분야별 생산액 기준으로는 의약산업이 5조 8,385억원(27.8%)으로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 뒤를 이어 의료기기 산업(25.1%), 식품산업(20.0%) 등의 순으로 큰 비중을 차지
- 내수시장 역시 의약산업이 6조 3,979억원(46.0%)로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 화학·에너지산업(19.3%), 식품산업(14.0%)순으로 비중을 차지



| 그림 3 | 바이오산업 생산 및 내수규모(전체)

| 표 1 | 바이오산업 생산 및 내수규모(분야별)

(단위 : 억원, %)

구 분	생산				내수			
	국내 판매	수출	계	비중	국내 판매	수입	계	비중
총계	91,385	118,598	209,983	100.0	91,385	47,692	139,077	100.0
의약	23,320	35,065	58,385	27.8	23,320	40,659	63,979	46.0
화학·에너지	23,906	3,603	27,509	13.1	23,906	2,896	26,801	19.3
식품	18,408	23,529	41,937	20.0	18,408	1,055	19,463	14.0
환경	690	1	691	0.3	690	1	692	0.5
의료기기	10,583	42,209	52,793	25.1	10,583	580	11,164	8.0
장비 및 기기	1,403	506	1,910	0.9	1,403	2,282	3,685	2.6
자원	809	113	922	0.4	809	193	1,002	0.7
서비스	12,265	13,572	25,838	12.3	12,265	26	12,291	8.8

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 2021년 한국의 바이오산업은 국내판매는 상당한 성장을 보임

- 최근 5년 동안 국내판매 규모는 연평균 16.4% 증가하며, 2017년 이후 꾸준한 성장을 지속하였으며, 2018년에는 5조 원을, 2021년에는 9조 원을 초과하는 판매액을 기록
- 국내판매 규모는 9조 1,385억 원으로, 이전 해 대비 27.9% 증가한 수치로 이 중 바이오화학·에너지산업이 2조 3,906억 원(26.2%)으로 가장 큰 비중을 차지하고 바이오의약산업과 바이오식품산업이 각각 25.5%와 20.1%로 뒤를 이음
- 이 세 분야는 전체 국내판매의 71.8%를 차지하고 2017년 이후로 바이오산업 국내판매는 지속적으로 성장해 2018년 5조 원, 2021년에는 9조 원을 넘어섰으며, 최근 5년간 연평균 16.4%의 성장률을 기록
- 전년 대비 바이오서비스산업(46.5%)의 성장이 두드러졌지만 바이오자원산업은 전년 대비 26.0% 감소

표 2 | 바이오 분야별 국내판매 현황(5개년)

(단위 : 억원, %)

분야	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	CAGR	비중
총계	49,773	53,685	61,172	71,472	91,384	16.4	100.0
의약	15,882	15,699	16,180	16,703	23,320	10.1	25.5%
화학·에너지	14,811	16,825	17,356	18,013	23,906	12.7	26.2%
식품	12,199	12,447	15,818	16,782	18,408	10.8	20.1%
환경	458	500	551	662	690	10.8	0.8%
의료기기	1,641	2,211	3,095	8,603	10,583	59.4	11.6%
장비	660	585	701	1,245	1,403	20.7	1.5%
자원	1,498	1,549	1,041	1,093	809	-14.3	0.9%
서비스	2,624	3,809	6,430	8,371	12,265	47.0	13.4%

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 바이오산업의 수출 부문에서는 2021년에 11조 8,598억 원의 규모를 기록

- 최근 5년간 바이오산업 수출은 연평균 23.1%의 성장률을 보이며 지속적인 성장세를 유지했으며, 2020년 대비 18.0% 상승
- 2020년 수출액은 3조 5,097억 원이 급격하게 증가
- 바이오의료기기산업이 4조 2,209억 원(35.6%)으로 가장 큰 비중을 차지했고, 바이오의약품산업이 3조 5,065억 원(29.6%)으로 뒤를 이음
- 특히, 바이오의료기기산업은 2020년 대비 39.0% 증가한 수치를 보였으나 반면, 바이오환경산업과 바이오자원산업은 각각 약 1억 원, 5억 원 감소
- 2020년 대비 수출 규모에서 가장 큰 성장을 기록한 산업은 바이오서비스 분야로, 증가율은 40.1%에 달했으며 가장 큰 감소율을 보인 산업은 바이오환경 분야로 감소율은 100.0%

표 3 | 바이오 분야별 수출 현황(5개년)

(단위 : 억원, %)

분야	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	CAGR	비중
총계	51,684	52,381	65,415	100,512	118,598	23.1	100.0
의약	19,162	19,401	26,066	32,471	35,065	16.3	29.6%
화학·에너지	1,134	1,091	1,205	3,240	3,603	33.5	3.0%
식품	19,043	18,568	24,085	24,143	23,529	5.4	19.8%
환경	4	16	6	1	0	-100.0	0.0%
의료기기	6,130	6,271	7,343	30,374	42,209	62.0	35.6%
장비	469	305	405	477	506	1.9	0.4%
자원	213	236	216	118	113	-14.6	0.1%
서비스	5,529	6,493	6,089	9,688	13,572	25.2	11.4%

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 최근 5년 동안 국내 바이오산업의 수입 규모는 연평균 32.0%로 꾸준한 증가를 지속

- 2021년 국내 바이오산업의 수입액은 4조 7,692억 원으로 2017년 1조 5,693억 원 대비 3조 1,999억 원(32.0%) 크게 증가
- 바이오의약산업이 전체 수입액의 85.3%를 차지하며, 2021년에는 2020년 대비 2조 3,387억 원 증가
- 바이오장비의 연평균 성장률은 45.2%로 분야별로 가장 높은 금액을 기록하였으며, 2017년 514억 원에서 2021년 2,282억 원으로 확대
- 바이오서비스는 가장 높은 마이너스 성장률(-27.5%)을 보이며, 2017년 94억 원에서 2021년 26억 원으로 감소
- 바이오환경 분야도 -15.9%라는 마이너스 성장률을 기록하였지만 전체 바이오산업중 비중이 미비하여 전체 통계에 큰 영향은 미치지 않음

표 4 | 바이오 분야별 수입 현황(5개년)

(단위 : 억원, %)

분야	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	CAGR	비중
총계	15,693	17,282	20,665	24,305	47,692	32.0	100.0
의약	13,404	14,093	16,443	18,455	40,659	32.0	85.3%
화학·에너지	833	1,258	1,056	2,022	2,896	36.5	6.1%
식품	461	500	567	1,042	1,055	23.0	2.2%
환경	2	2	1	2	1	-15.9	0.0%
의료기기	322	504	543	471	580	15.8	1.2%
장비	514	655	1,754	2,089	2,282	45.2	4.8%
자원	63	245	267	199	193	32.3	0.4%
서비스	94	24	34	25	26	-27.5	0.1%

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 2017년부터 2021년까지 국내 바이오산업 연구개발(R&D) 투자는 전반적으로 지속적인 증가 추세

- 5년간 총 투자액은 2조 2,161억 원에서 3조 679억 원으로 약 38.5% 증가하였으며 가장 큰 비중을 차지한 분야는 의약 분야로, 꾸준한 증가를 보임
- 의료기기 분야는 2017년 1,033억 원에서 2021년 3,041억 원으로 증가하여 이 기간 동안 가장 높은 성장률을 기록
- 바이오 서비스 분야의 투자도 2017년 2,376억 원에서 2021년 5,091억 원으로 두 배 이상 증가하였으며 CAGR은 21.0%로 상당히 높은 편
- 반면, 식품, 화학·에너지 분야는 일시적인 증가 후 감소하는 경향을 보였고, 환경 및 자원 분야는 비교적 안정적인 투자가 이루어짐.

표 5 | 바이오 분야별 연구개발 현황(5개년)

(단위 : 억원, %)

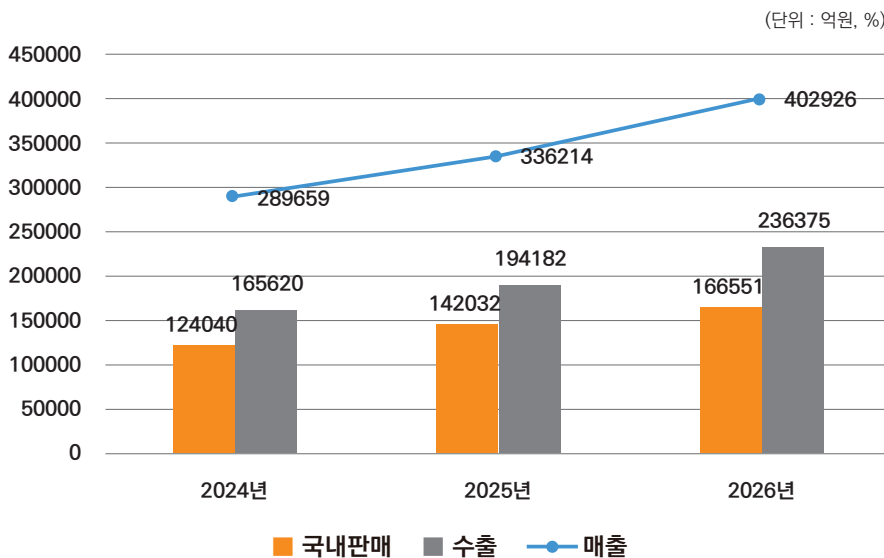
분야	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	CAGR	비중
총계	22,161	23,999	25,928	27,884	30,679	8.5	100.0
의약	15,217	15,360	16,945	18,096	18,226	4.6	59.4%
화학·에너지	1,787	2,192	2,463	1,928	2,143	4.7	7.0%
식품	1,224	2,104	2,112	1,862	1,524	5.6	5.0%
환경	114	172	204	222	197	14.7	0.6%
의료기기	1,033	1,653	1,567	2,642	3,041	31.0	9.9%
장비	151	90	157	280	318	20.5	1.0%
자원	259	121	136	141	139	-14.4	0.5%
서비스	2,376	2,307	2,344	2,713	5,091	21.0	16.6%

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 5개년(2017~2021년) 실태조사를 기반으로 연평균 성장률을 적용하여 바이오산업의 매출 및 국내시장 전망은 지속적으로 성장을 예측(김은희, 2022)

○ 2022년부터 2027년까지 5년간 매출은 총 15.1% 성장을 전망하였으며, 매출을 구성하는 국내판매와 수출은 각각 13.7%, 16.1% 성장을 전망

○ 수출은 국내판매보다 더 큰 비중을 차지할 것으로 예측되며 국내시장을 구성하는 수입은 최근 5년간 21.4% 성장이 예측되며 '22년 대비 '26년 비중이 6.2%p 증가할 것을 예상



※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사 전망 재인용

그림 4 | 국내 바이오산업 전망(2024~2026년)

제3장 인천 바이오산업 특징

1. 송도 바이오 클러스터

□ 인천 바이오산업은 송도클러스터를 중심으로 차세대 바이오 핵심 기술을 갖춘 대규모 기업들이 위탁생산 서비스(CMO)를 제공하는 것이 특징

- 2004년 인천시는 지역경제 활성화를 위해 인천 지역혁신 5개년 계획을 수립하고, 바이오산업 육성을 목표로 인천 바이오산업지원센터를 구축하여 운영하기 시작
- 송도에 민간기업과 지자체가 협력하여 바이오 클러스터를 구축했으며, 셀트리온(2005년) 및 삼성바이오로직스(2012년) 등이 송도에 입주 후 활성화
- 송도는 단일도시기준 세계최대 규모의 바이오의약품 생산역량(88만리터)을 확보하며 전세계에서 압도적 1위의 생산량을 기록하고 있으며 지속적으로 안정적인 성장세를 나타냄.⁴⁾



※ 자료 : 인천경제자유구역청 홈페이지(좌) / 인천TP 내부자료(우)

그림 5 | 송도 바이오융합 산업기술단지 (좌: 구역, 우: 조감도)

4) 인천경제자유구역 홈페이지, <https://www.ifez.go.kr>

□ 송도 바이오클러스터는 지역 내 기업들의 공장증설을 통한 생산용량 확장, 대기업 유치, 정부와 인천시의 인력양성 지원, 세제 혜택, 중소벤처 및 스타트업 지원 등 추진하며 규모를 확장 중

- 2020년 중기부로부터 바이오융합산업기술단지(송도 11공구) 승인과 바이오공정 전문인력양성센터 유치가 이루어졌으며 2021년 의약 바이오 분야의 혁신 스타트업을 육성하기 위한 세계적인 바이오 스타트업 육성 인프라 구축을 목표로 하는 K-바이오 랩센트럴 프로젝트에 선정되었음.
- 2023년 셀트리온이 글로벌생명공학연구센터에 입주를 완료했고, SK바이오사이언스는 글로벌 연구개발(R&PD)센터 건설을 위해 착공식을 진행했으며, 2025년에 본사와 연구소를 송도로 이전할 계획
- 동아쏘시오홀딩스도 송도에 바이오의약품 사업을 시작했으며, 롯데바이오로직스 역시 송도에 대규모 공장 건설을 추진 중이고 삼성바이오로직스도 2025년 9월로 예정되었던 5공장의 가동 목표 시점을 급증하는 바이오의약품 생산수요에 대비하고자 2025년 4월로 앞당김.

□ 이밖에, 송도 바이오클러스터는 다양한 대학, 지원센터 등이 소재하고 있으며 산학연병 협력을 위한 최적의 클러스터를 더욱 견고히 하기 위해 노력 중

표 6 | 송도 바이오클러스터 주요 입주기업(기관)

분야	주요 입주기업(기관)
연구/제조	셀트리온, 삼성바이오로직스, 바이넥스, 안센백신, 에스티젠바이오, SCM생명과학, 삼성바이오에피스, 싸토리우스
공정지원	아지노모도제넥신, 마크로젠, 싸이티바 코리아, 머크, 생고뱅, 써모피셔
의료/의약기기	아이센스, 올림푸스, 오스템 임플란트, 유타-인하 DDS 및 신의료기술개발 공동연구소
연구/서비스	극지연구소, 이원의료재단, 가천대 이길여 암당뇨연구원, 마크로젠, 노터스, 찰스리버 코리아, 한국건설생활환경시험연구원
보육	인천스타트업파크, 르호봇, 연세대학교, BRC 주식회사
대학	연세대, 인천재능대, 인천대, 가천대, 겐트대(글로벌캠퍼스)

※ 자료 : 인천경제자유구역청 홈페이지, <https://www.ifes.go.kr>

2. 인천 바이오산업 현황

□ (생산 및 내수) 인천 바이오산업의 기업 수는 전국과 비교하여 상대적으로 적으나, 생산 규모는 높고 내수시장은 적은 특성이 있어 수출중심의 대기업 바이오 의약품 제조업체들의 주요 생산기지로서 특징이 나타남.

- 경기는 41.2%의 생산규모(8조 6,544억 원)와 350개사의 기업체 수로 전국에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 인천은 전국 비중이 2.7%인 29개사에 불과하지만, 생산 규모 면에선 18.9%인 3조 9,724억 원으로 전국 2위를 기록
- 내수 규모는 서울 38.5%(5조 3,511억 원), 경기 21.2%(2조 9,423억 원)으로 서울이 가장 높은 순위를 기록하였으며 인천은 3%(4,221억 원) 수준
- 오송첨단의료복합단지가 위치한 충북은 생산 규모에서 9.8%(2조 628억 원), 내수 규모에서 10.4%(1조 4,529억 원)을 나타내 높은 비중을 차지
- 대덕 바이오단지가 소재한 대전은 상대적으로 작은 규모의 생산과 내수 시장을 가지고 있지만, 안정적인 바이오 산업의 기반을 갖추고 있으며 생산규모는 5,326억 원으로 전체 시장의 2.5%를, 내수규모는 4,701억 원으로 전체 시장의 3.4%의 비중
- 대구첨단의료복합단지가 있는 대구의 경우, 바이오 산업의 생산규모와 내수규모 모두 작은 편으로 생산규모는 897억 원으로 전체 시장의 0.4%에 불과하며, 내수규모도 유사한 수준
- 대규모 생산능력과 기술력을 보유한 주요 바이오 의약품 제조사들이 수출을 중심으로 자리매김하고 있음을 시사

표 7 | 바이오산업체의 소재지별 분포

지역	전체	서울	부산	인천	대구	광주	대전	울산	세종
기업 수	1,055	249	14	29	13	6	84	9	4
지역	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
기업 수	350	44	84	41	31	37	25	27	8

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

표 8 | 2021년 바이오산업 시도별 생산 및 내수 현황

(단위 : 억원, %)

구분	생산				내수			
	국내판매	수출	계	비중	국내판매	수입	계	비중
전체	91,385	118,598	209,983	100.0	91,385	47,692	139,077	100.0
서울	13,012	6,767	19,780	9.4	13,012	40,498	53,511	38.5
부산	60	19	79	0.0	60	24	84	0.1
인천	4,099	35,625	39,724	18.9	4,099	121	4,221	3.0
대구	483	414	897	0.4	483	0	483	0.3
광주	19	-	19	0.0	19	1	20	0.0
대전	4,437	889	5,326	2.5	4,437	264	4,701	3.4
울산	10,760	65	10,825	5.2	10,760	1,846	12,606	9.1
세종	18	-	18	0.0	18	-	18	0.0
경기	26,203	60,341	86,544	41.2	26,203	3,220	29,423	21.2
강원	2,207	3,563	5,770	2.7	2,207	336	2,543	1.8
충북	13,827	6,801	20,628	9.8	13,827	702	14,529	10.4
충남	1,590	611	2,200	1.0	1,590	160	1,750	1.3
전북	2,894	581	3,474	1.7	2,894	23	2,916	2.1
전남	2,925	223	3,148	1.5	2,925	117	3,042	2.2
경북	8,454	2,413	10,867	5.2	8,454	199	8,653	6.2
경남	305	240	546	0.3	305	180	485	0.3
제주	91	45	137	0.1	91	1	92	0.1

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ (매출) 인천은 ‘의약’ 분야 수출에 크게 의존하고 있으며, 다른 산업 분야에서는 상대적으로 활동이 적은 편

- 서울은 의료기기가 국내판매 4,830억원, 수출 5,415억원으로 가장 높은 분야로 나타났으며 의약에서도 국내판매 3,855억 원, 수출 299억 원의 강세를 나타냄.
- 경기도는 식품 분야에서 국내판매 10,179억 원, 수출 22,832억 원으로 높은 매출을 기록하였으며, 의료기기 분야에서도 국내판매 3,170억 원, 수출 31,590억 원을 달성하며 두 분야 모두 강세를 보임.
- 인천은 의약 분야에서 수출 23,384억 원을 기록하며 국제적인 경쟁력을 나타내고 있으며, 서비스 분야에서도 국내판매 3,937억 원, 수출 12,236억 원의 활발한 활동을 보여 다른 산업 분야에 비해 이 두 분야에서 강세를 나타내고 있음.
- 서울과 경기도는 바이오 의약, 화학, 에너지, 의료기기, 식품 등 다양한 분야에서 경쟁력을 보유하고 있는 반면, 인천은 주로 수출 중심의 의약품 제조에 강점을 보임

표 9 | 수도권 바이오산업 분야별 매출 현황

(단위 : 억원)

구분	서울		경기		인천	
	국내판매	수출	국내판매	수출	국내판매	수출
의약	3,855	299	2,551	2,710	14	23,384
화학·에너지	517	15	6,316	2,631	146	5
식품	511	26	10,179	22,832	0	0
환경	86	0	281	0	0	0
의료기기	4,830	5,415	3,170	31,590	1	0
장비 및 기기	250	11	829	414	2	0
자원	44	1	637	67	0	0
서비스	2,920	1,000	2,240	97	3,937	12,236
계	13,012	6,767	26,203	60,341	4,099	35,625

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ (투자) 인천의 바이오산업 연구개발비 및 시설 투자비 규모도 소수 대기업 위주의 투자 특징을 보여주고 있음.

- 전체 투자비 면에서는 경기도가 36.5%(1조 1,200억원)로 가장 높지만, 인천은 19.8%(6,086억원)로 그 뒤를 이어 2위를 차지하며, 충북은 12.5%(3,846억원)로 3위에 위치
- 연구개발비의 경우에도 경기도가 38.6%(8,764억원)로 가장 높고, 서울이 15.4%(3,500억원), 인천은 11.7%(2,665억원)으로 세 번째로 높은 투자를 기록
- 시설투자비에서는 인천이 42.9%(3,421억원)로 가장 높은 투자를 보여주고 있으며, 이는 경기도의 30.6%(2,436억원)와 서울의 3.9%(308억원)를 크게 앞서는 수치
- 그러나, 인천의 기업 당 평균 투자비를 살펴보면 전체 투자비는 평균 210억 원, 연구개발비는 92억 원, 시설투자비에서는 118억 원을 투자하여 모든 분야에서 다른 지역에 비해 가장 높은 기업당 평균 투자액을 나타냄.
- 적은 기업 수에도 불구하고 개별 기업의 투자 집중도가 높은 특성을 보여 대기업 중심의 산업구조를 반영하고 있음.

표 10 | 2021년 바이오산업 주요 시도별 투자 규모

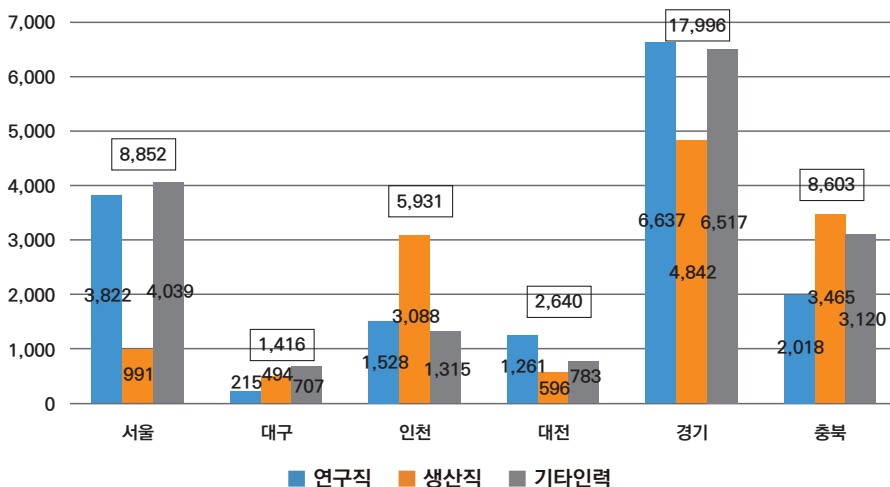
(단위 : 억원)

구분	기업 수	응답 기업 수	연구개발비		시설투자비		전체 투자비	
			총투자액	평균 투자액	총투자액	평균 투자액	총투자액	평균 투자액
전국	1,055	1,023	22,705	22	7,974	8	30,679	30
서울	249	229	3,500	15	308	1	3,808	17
인천	29	29	2,665	92	3,421	118	6,086	210
대구	13	12	72	6	43	4	115	10
대전	84	84	1,648	20	442	5	2,090	25
경기	350	346	8,764	25	2,436	7	11,200	32
충북	84	82	3,180	39	666	8	3,846	47

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ (인력) 인천의 바이오산업 인력은 2014년의 2,791명에서 2021년에 5,931명으로 급증하였으며 연구직보다는 생산직과 제조인력의 비중이 높음.

- 전국 바이오산업 종사자수는 55,618명으로 인천은 이 중 10.7%의 비중을 차지하고 있으며 종사하는 인력은 주로 생산직으로 구성
- 인천지역에서는 연구직의 비율은 전체 종사자의 25.8%에 불과하여, 서울(43.2%)과 경기(36.9%) 지역에 비해 상대적으로 낮은 수준을 보이고 있음.
- 바이오산업 클러스터의 경우 일반적으로 산업, 학계, 연구기관, 병원 등이 지리적으로 인접해 있어 암묵적 지식의 전파에 있어 유리한 위치를 차지하고 있으나 인천의 바이오산업 클러스터는 이러한 일반적인 특성과는 다른 양상을 보이고 있음.
- 인천시의 연구소 및 연구 인력 인프라 분석을 통해 고급 인력 수급을 통한 연구개발(R&D) 역량과 경쟁력의 강화 필요성이 있는 것으로 판단됨.

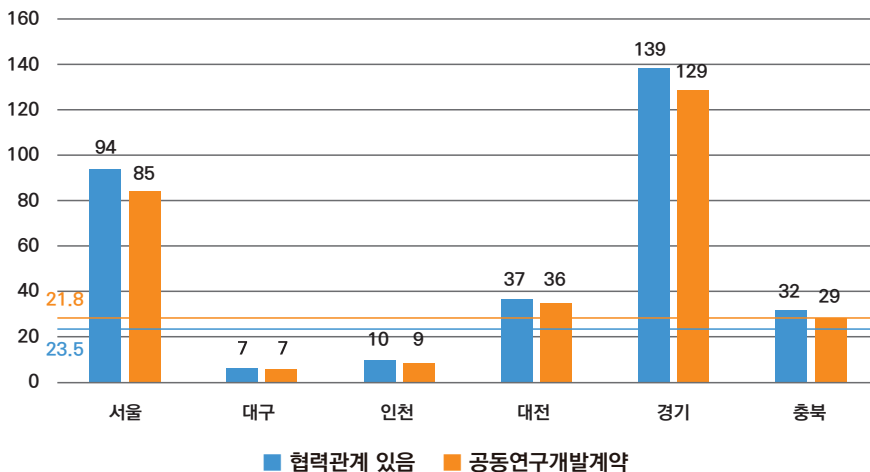


※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회(2022)

그림 6 | 바이오산업 종사자 수 (2021년)

□ (연계협력) 인천 지역의 협력관계 보유 기업은 전국 기준 400개 중 10개로, 전체의 2.5%에 불과하여 상당히 낮은 수준을 나타내고 있고 공동연구개발 현황도 전국 평균 21.8개와 비교해 매우 낮은 수치

- 서울과 경기도는 각각 협력관계를 94개, 139개를 보유하고 있으며, 공동연구개발 계약도 85건, 129건으로 다른 지역에 비해 월등히 높은 수준
- 대전과 충북은 전국 평균보다 약간 높은 수준을 나타내는 반면, 인천은 낮은 수준
- 인천의 경우 공동연구개발의 부족함을 드러내며, 기업 창업 및 유치를 통한 공동연구개발 촉진을 위한 관련 정책과 프로그램, 거버넌스의 마련이 절실히 요구
- 앵커 기업을 중심으로 한 중소벤처기업과의 협력이 필요하지만, 타 지역에 비해 연계 협력 비율이 매우 부족한 상황
- 협력관계의 개선과 이를 산학연과 연계하는 종합적인 프로그램과 정책, 사업의 도입이 더욱 필요한 상황



※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회(2022)

그림 7 | 타 기관 협력관계 현황 (2021년)

□ (기업 수) 인천 지역 내 바이오산업의 구조는 주로 소수 대기업 위주의 생산업체에 집중되어 있으며, 이로 인해 바이오 중소·벤처기업의 수는 전국 대비 현저히 낮은 수준

○ 인천 내에서 벤처기업 및 INNO-BIZ, MAIN-BIZ의 수가 9개에 불과하며, 이는 서울 및 경기 지역에 비해 현저히 낮은 수준

표 11 | 2021년 바이오 관련 기업 수

(단위 : 개)

구분	기업 수	벤처기업	INNO-BIZ	MAIN-BIZ	코넥스 상장기업	코스닥 상장기업	유가증권 상장기업	해당 없음
서울	249	157	58	7	9	34	7	79
인천	29	17	9			4	2	5
대구	13	7	4	1		1	2	4
대전	84	64	37	3	2	13	5	12
경기	350	211	131	23	7	70	34	53
충북	84	42	34	11	3	19	3	20

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

□ 인천의 바이오 분야별 기업 수는 바이오 의약이 29개 기업 중 13개로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 화학·에너지가 6개로 2순위

○ 기업 수 추이는 2020년을 기점으로 7개가 증가하였으며 식품, 자원 관련 기업은 지역에 전무

표 12 | 인천 바이오 분야별 기업 수 추이

(단위 : 개)

분야	2017	2018	2019	2020	2021
의약	11	12	10	10	13
화학·에너지	3	2	3	4	6
식품	3	2		-	
환경	3	4	4	3	4
의료기기	1	-		-	2
장비 및 기기	-	1	1	2	1
자원	-	-		-	
서비스	2	3	3	3	3
계	23	24	21	22	29

※ 자료 : 2021년 기준 국내 바이오산업 실태조사, 산업통상자원부·한국바이오협회 (2022)

- 인천시 바이오 클러스터의 핵심 목표가 고용 유발, 바이오 기업 육성, 생산규모 확대임을 감안할 때, 클러스터의 전통적 역할 수행에 한계가 있을 수 있음.
 - 협력관계, 공동연구개발, 중소기업의 수 등 현재 상황은 클러스터의 기본적인 인프라를 구축하기에 부족한 상황
 - 바이오 기업수의 종류도 의약에 집중에 되어 있어 바이오가 다른 영역과 융합을 통해 새로운 시장을 만들어 낸다는 측면에서 해당 부분에 보강이 필요
- 인천의 바이오산업은 중장기적인 산업경쟁력 확보를 위해 중소·벤처기업 유치와 발굴을 위한 적극적인 조치와 여건 마련이 필요한 상황

제4장 인천 바이오 연구개발 현황분석

1. 분석 데이터 및 방법

□ 본 연구에서는 국가과학기술지식정보서비스(National Science & Technology Information Service)에서 제공하는 국가연구개발사업 과제 정보로 데이터를 구축

- 2021년 기준, 한국의 총 연구개발비는 102조원에 달하며, 이 중 정부의 연구개발 투자예산은 27.5조원으로 전체 연구개발비의 약 26.9%를 차지
- 6T별 정부 R&D 사업의 연구개발비는 21년 기준 16조 7,019억원이고 이중 BT는 4조 7,766억원 규모
- 2020년 기준 6T중 민간 R&D 투자가 가장 많은 분야는 NT분야(88.4%)이며 그 뒤로 IT(87.6%)가 차지하고 있고 BT의 경우에는 54%로 민간투자가 낮은 수준(한국생명공학연구원, 2022)

표 13 | 6T별 정부와 민간의 연구개발비 비교(2020)

(단위 : 억원)

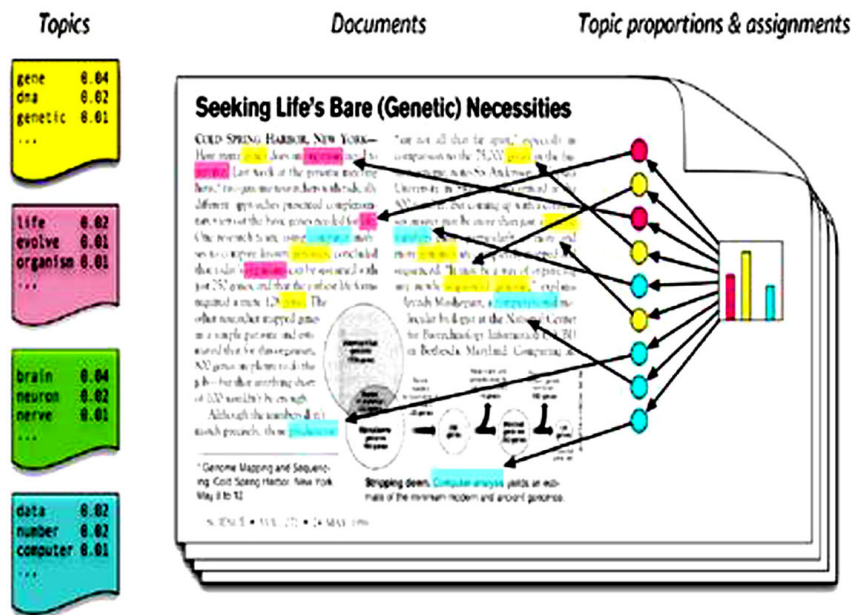
구분	IT	BT	NT	ST	ET	CT
정부	43,168	41,253	10,884	21,461	27,738	2,485
정부비중	12.4%	46.3%	11.6%	100.0%	31.0%	30.0%
민간	304,990	47,909	83,245	-	61,214	5,792
민간비중	87.6%	53.7%	88.4%	-	68.8%	70.0%
총 R&D 투자	348,158	89,162	94,129	21,461	88,952	8,277

※ 자료 : 한국생명공학연구원 (2020)

- 우리나라에서 수행되는 모든 BT 연구개발현황을 분석하기는 힘들지만 NTIS의 BT의 연구개발 현황을 살펴보는 것은 바이오산업의 낮은 민간투자를 감안하면 연구 트렌드를 분석하기에는 충분할 것으로 판단

□ 본 분석은 지역에서 수행된 바이오 연구개발 과제의 현황을 탐색하는 방법으로 대량의 서지정보와 텍스트를 활용한 텍스트 마이닝의 종류인 토픽모델링(Topic Modeling)을 활용

- 토픽모델링은 텍스트 마이닝의 한 방법으로, 비구조화된 대량의 문서 또는 텍스트 데이터에서 숨겨진 주요 주제인 ‘토픽’을 추출하는 확률적 모델을 의미(Blei, Ng, Jordan, 2003)
- 이는, 비정형 텍스트 데이터 내 숨겨진 패턴과 관계를 추출하여 의미 있는 정보나 지식을 찾아내는 데 매우 유용하며, 특히 바이오 분야와 같은 연구개발 투자 방향과 주제 분야의 분석에 적합
- 특히 대규모 문헌 집단에서 유용하며, 학문적 매체(논문), 기술적 매체(특허), 사회적 매체(웹뉴스) 등 다양한 분야에서 매체별 토픽들의 키워드를 추출하여 동향 분석에 활용되고 있음(노철현, 2020).



※ 자료 : TowardsDataScience 홈페이지

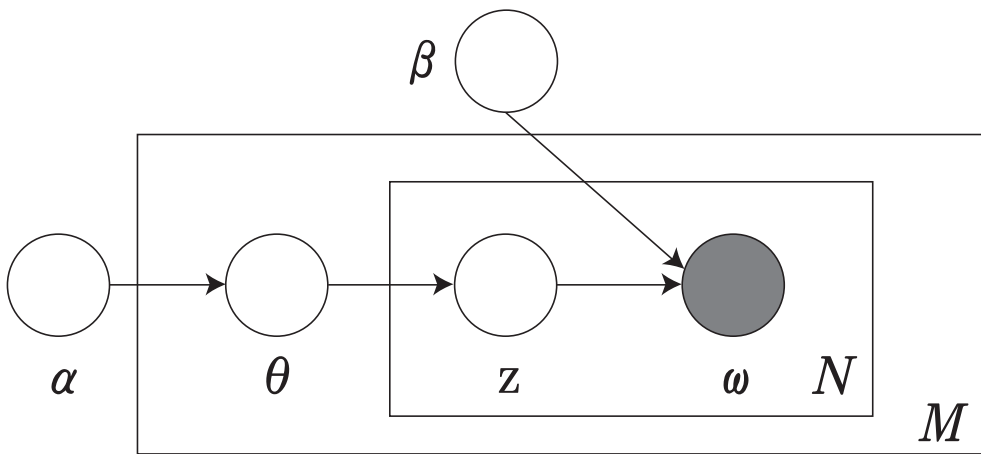
그림 8 | LDA 토픽모델링의 이해

□ 토픽모델링은 특정 단어들의 리스트가 결과물로 도출되고 이를 활용해 문서에 포함된 주제를 파악하는데 이 과정에서 가장 일반적으로 사용되는 방법은 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 기법

○토픽모델링은 잠재 의미 분석(Latent Semantic Analysis, LSA)에서 시작되어, 확률기반 잠재의미분석(Probabilistic LSA, pLSA)을 거쳐, 현재는 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA)을 널리 사용하고 있음(양명석 외, 2021).

○LDA는 각 문서가 여러 ‘토픽’의 혼합이며, 이들 토픽은 다양한 단어들의 혼합으로 구성된다고 가정하고, 문서와 단어들을 확률적으로 분석하여 각 토픽에 속할 가능성이 높은 단어들을 집합으로 추출

○〈그림9〉는 토픽 추출과정을 나타내는 모델로 θ 는 문서의 각 주제별 비율(topic proportions)이고 Z 는 특정 주제에 대한 단어의 확률로, θ 값에 따라 Z 가 결정되고 β 는 주제(topic)이며, 단어 W 는 Z 와 β 의 값에 따라 결정됨.

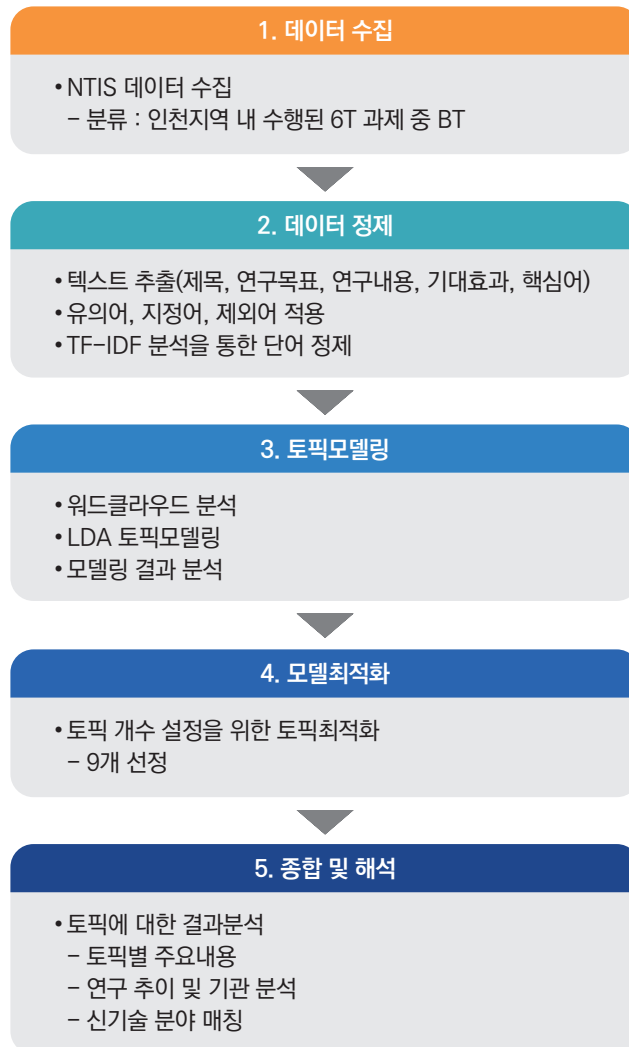


※ 자료 : Blei, Ng, Jordan, 2003

그림 9 | LDA 알고리즘의 구조

2. 분석 절차

- 데이터 분석은 데이터 수집, 데이터 정제, 토픽모델링, 모델최적화, 종합 및 해석 절차 5단계로 이루어졌으며 데이터 수집과 토픽모델링 분석은 네트워크분석 전문프로그램인 Net Miner4를 사용



| 그림 10 | 데이터 분석 절차

□ (데이터 수집) 2013년부터 2022년까지 인천시에서 수행한 BT 분야 연구개발 과제를 NTIS 데이터베이스에서 선별

○ 지난 10년간 인천시에서 진행된 총 15,925개의 연구개발 과제 중에서, ‘6T’ 범주 아래 ‘BT’ (생명공학기술)로 분류된 3,617개 과제가 대상

□ (데이터 정제) 데이터에서 분석 대상 비정형 데이터(연구목표, 내용, 기대효과, 키워드)를 수집한 뒤 체계적으로 정제하여 분석에 필요한 정보를 추출

○ 수집된 비정형 텍스트를 형태소 분석기를 사용해 형태소 단위로 분해하고, 주요 명사를 추출

○ 텍스트 전처리 과정에서는 문장 분리, 단어 분할, 소문자 처리, 구두점 제거, 의미 없는 단어 제거, 원형 복원 등을 수행

○ 또한, TF-IDF(term frequency-inverse document frequency) 분석을 통해 특정 단어의 문서 내 중요도를 측정

○ TF-IDF는 문서 집합 내에서 특정 단어의 빈도와 역문서 빈도를 고려하여 해당 단어의 중요도를 계산하는 방식으로, 관용적으로 쓰는 단어에는 낮은 점수를, 문서에서 중요한 의미를 가지는 핵심어에는 높은 점수를 부여(김남규 외, 2017)

○ 이렇게 계산된 TF-IDF 점수를 기반으로 문서와 단어 간의 연결 관계를 이원모드 네트워크(2-mode network)로 형성하고, TF-IDF 점수가 0.5 이상인 단어를 중심으로 토픽 분석을 수행

□ (토픽모델링) 인천시 BT분야의 주요 키워드를 파악하기 위해 워드클라우드와 LDA 토픽모델링 기법을 사용

○ 워드클라우드 분석을 통해 수집된 데이터에서 주요 키워드를 시각화하고, LDA 모델을 활용하여 데이터 내 숨겨진 토픽들을 도출

○ 각 토픽이 어떤 연구 주제와 관련되어 있는지 파악하여, 인천시 BT 연구의 주요 방향성을 분석

□ (모델 최적화) 토픽모델링의 정확성과 해석 용이성을 높이기 위해 토픽 수의 최적화를 진행

○ 토픽 수를 결정하기 위해 혼잡도, 일관성 점수 등을 고려하며, 결과의 해석 용이성과 타당도를 기준으로 토픽 수를 결정하기도 하지만 본 연구에서는 토픽 수별로 결과를 추출하고 해석 용이성과 타당도를 기준으로 도출

- 최근에는 완벽한 방식으로 토픽 수를 결정할 수 있는 모델이 실질적으로 존재하지 않는다는 견해가 설득적이기 때문(오정심, 2020)
- 최적화된 토픽 수를 사용하여 토픽모델링을 재실행하고, 각 토픽이 가지는 의미와 키워드들 간의 관련성을 분석

□ (종합 및 해석) 도출된 토픽을 중심으로 인천시 BT분야의 연구 동향과 주요 이슈를 분석

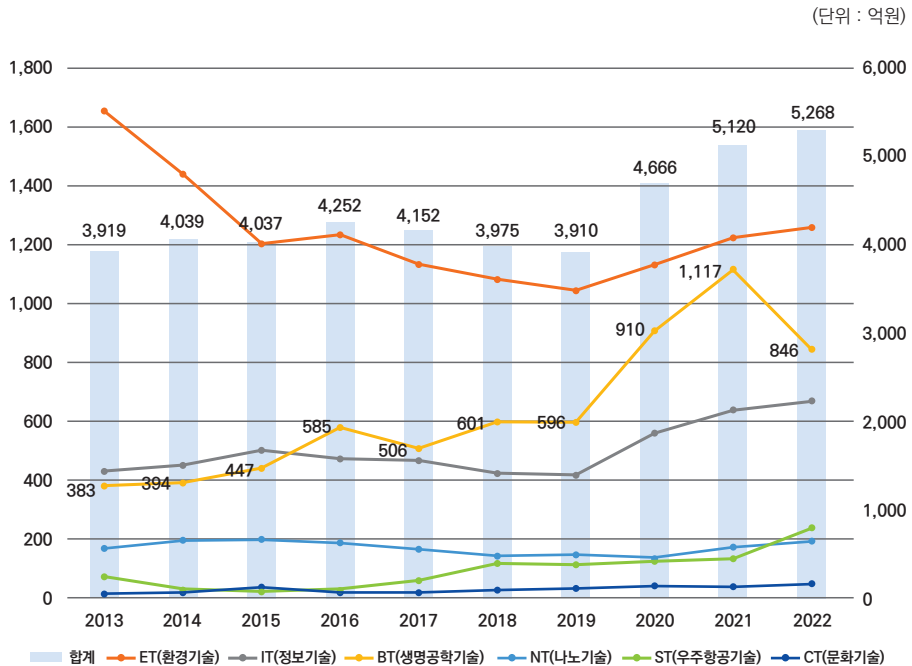
- 각 토픽별로 연구 개발 과제들을 분류하고, 이를 통해 인천시의 BT분야에서 주목받는 연구 주제들과 트렌드를 파악
- 도출된 토픽을 중심으로 과제와 매칭하여 추이와 핵심 기관을 분석하고 인천에서 수행되고 있는 BT 관련 연구주제가 유망기술 트렌드와 일치하는지 매칭

3. 분석 결과

1) 기술통계

□ 인천광역시 국가연구개발사업의 6T별 투자금액은 ET가 지난 10년간 가장 많은 비중을 보이며 BT의 경우 두 번째로 높은 투자금액을 나타냄.

- BT 분야에 대한 총 투자액은 10년 동안 6,385억원으로 2013년부터 2022년까지 연간 투자 금액은 점진적으로 증가하는 추세를 보여줌.
- 2021년에는 1,117억원의 투자가 이루어져, 이 기간 동안의 연간 투자 중 가장 높은 금액을 기록하였으나 2022년에는 투자 금액이 급격히 감소
- 이러한 현상은 코로나바이러스 발병과 관련하여 감염병 연구에 대한 긴급한 수요와 관심이 높아진 것과 연관이 있음.
 - 코로나바이러스 대유행 기간 동안 감염병에 대한 연구개발과제가 크게 증가하였고, 이는 ‘BT(생명공학기술)’ 분야에 대한 투자 증가로 이어졌음.
 - 그러나 해당 연구 과제들이 종료되고 코로나바이러스 상황이 안정화되면서, 2022년에는 관련 투자 금액이 다시 감소한 것으로 보임.



| 그림 11 | 인천 국가연구개발사업 투자현황(6T별)

2) 워드클라우드 분석

□ 인천시의 BT분야 핵심키워드를 살펴보기 위해 과제정보 내의 한글키워드와 영문키워드 컬럼에 있는 단어를 중심으로 가장 빈도가 높은 300단어를 중심으로 워드클라우드 분석을 수행

○ 한글키워드에는 그림과 같이 세포, 바이오, 질환, 치료, 단백질, 혈관 등이 상위에 랭크 된 것을 알 수 있으며 영문키워드도 비슷한 맥락으로 'cell', 'disease', 'system', 'cancer' 등이 상위에 랭크

○ 인천시 국가연구개발사업은 '세포', '질환', '암'과 같은 기초 의학 연구부터 시작하여, 화장품 개발, 인공피부 스마트 공정 설계 등의 응용 기술 개발에 이르기까지, 바이오와 관련된 전반적인 분야를 수행

3) 토픽모델링 결과

□ 바이오 연구개발 개발 과제 3,617개에서 데이터 전처리 작업을 통해 도출된 11,300개 단어들을 대상으로 LDA 토픽모델링을 수행한 결과 9개의 토픽을 도출

○ Topic 1 ~ 9의 토픽 명을 주제별 키워드들을 바탕으로 <표 14>와 같이 유추하였으며, 각 토픽들은 인천 바이오 연구개발과 관련 주요 이슈들을 나타냄.

표 14 | 토픽모델링 분석결과 (2013~2022)

Topic	Theme	Keywords	비중
Topic1	생물 다양성 및 자원보존	생물, 표본, 지역, 생물자원, 관리, 분포, 유전, 신종	9.5%
Topic2	임상시험 및 의료교육	임상시험, 교육, 병원, 운영, 글로벌, 의료기기, 기업, 센터	8.3%
Topic3	세포재생 및 배양기술	타액선, 줄기세포, 배양, 재생, 소재, 세포주, 공정, 분자	8.2%
Topic4	유효물질 타겟팅 및 약물개발	타겟, 억제, 혈관, 분자, 염증, 약물, 인자, 동물모델	16.9%
Topic5	운동학 및 진단기술	운동, 진단, 프로그램, 데이터, 예측, 치매, 검사, 바이오마커	11.2%
Topic6	해양 미생물 및 유전체 기술	유전체, 배양, 해양, 미생물, 균주, 생태, 생물, 생합성	11.3%
Topic7	바이오 뷰티와 소재개발	소재, 피부, 화장품, 원료, 공정, 추출물, 성분, 식품	12.6%
Topic8	자동화를 통한 바이오기술 혁신	모듈, 성능, 데이터, 제어, 센서, 장치, 자동, 공정	11.8%
Topic9	나노 기술을 응용한 진단 및 치료	진단, 합성, 영상, 반응, 검출, 약물, 나노입자, 형광	10.3%

□ **(생물 다양성 및 자원보존) Topic 1의 토픽명을 추론한 근거는 제시된 키워드가 생물학적 다양성, 생물자원의 수집 및 활용, 유전자 다양성의 보존, 신종 발견과 같은 생물자원의 관리 및 보전과 밀접하게 연관되어 있기 때문**

- 키워드 ‘생물’과 ‘표본’, ‘지역’은 생물자원을 식별하고 수집하는 활동을 지역적 다양성과 특정 지역에서 발견되는 생물자원의 중요성을 강조
- ‘생물자원’, ‘관리’, ‘분포’, ‘유전’ 등은 생물자원들이 환경 내 위치하는 정도, 유전적 다양성, 지속 가능하게 보존하고 활용하는 전략과 정책부분을 나타냄.
- 인천은 국립생물자원관과 극지연구소와 같은 주요 생물자원 관련 기관들이 위치하고 있으며 이러한 기관들은 생물 다양성의 보존, 생물학적 표본 수집 및 관리, 유전자 다양성 연구, 그리고 신종 발견과 같은 활동에 중추적인 역할 수행

□ **(임상시험 및 의료교육) 제시된 키워드는 임상시험의 실행, 의료교육의 진행, 병원 운영 및 글로벌 의료기기의 개발과 관련된 활동들을 포괄**

- 임상시험의 설계와 실시, 의료 인력의 교육 및 훈련, 병원의 효율적 운영, 그리고 의료기기 개발 및 협력에 중점을 둔 연구와 활동들을 보여줌.
- 또한, 이 지역 의료 기관들은 글로벌 의료 협력과 의료기기 개발에 있어서도 중요한 역할을 담당하고 있으며 이러한 협력은 기업에서 공공센터의 지원을 받아 의료기기 등을 개발하고 있음.
- 인천지역의 의료 기관들의 활동과 역할을 고려할 때, ‘임상시험 및 의료교육’이라는 토픽은 인천에서 수행되는 병원에 연관된 연구개발 과제들로 보임.
- 해당 분야 연구는 병원 뿐 아니라 산학연이 참여가 가능하고 이를 바탕으로 다양한 제품이나 기술들이 도출되고 있음.

□ **(세포재생 및 배양 기술) Topic 3은 세포와 관련된 다양한 연구 및 기술 개발 영역을 나타내며, 특히 세포의 재생 및 배양과 관련된 기술에 중점.**

- ‘타액선’ 및 ‘줄기세포’는 세포 및 조직 재생 분야에서 주요 연구 대상이며 ‘배양’은 실험실 환경에서 세포를 성장시키고 유지하는 중요한 기술
- ‘재생’은 세포 및 조직 재생과 관련된 연구에 초점을 맞추고 ‘소재’와 ‘세포주’는 세포 연구와 관련된 기초 자원 및 소재들을 의미하고 ‘공정’과 ‘분자’도 세포 수준에서의 절차와 생물학적 연구를 지칭

- 키워드들은 세포재생, 세포 배양, 그리고 이와 관련된 기술적 개발과 과학적 연구를 아우르는 주제들을 포함하고 있으며 해당 토픽은 세포 기반의 의학적 및 생물학적 연구가 중요한 역할을 하는 바이오분야를 대표함.
- 인천대, 인하대, 가천대 등 인천에 소재하고 있는 대학에서 생명과학 및 생물공학 분야에서 중점적으로 이루어지고 있는 것으로 판단됨.

□ (유효물질 타겟팅 및 약물 개발) 해당 토픽은 질병을 이해하고 치료하는 최신 접근 방식을 포함하며 바이오 연구의 핵심영역으로 볼 수 있음.

- ‘분자’, ‘타겟’은 질병의 원인이 되는 특정 분자나 경로를 정확하게 타겟팅하여 치료 효과를 극대화하는 전략이며 ‘약물’은 새로운 치료제나 약물을 발견하고 개발하는 과정
- 혈관 건강과 염증 반응은 많은 질병, 특히 심혈관 질환과 자가면역 질환에서 중요한 역할을 하며 이러한 과정에서 약물의 효과와 안전성을 평가하기 위해 동물모델을 사용
- ‘유효물질 타겟팅 및 약물 개발’ 토픽은 분자 수준의 복잡한 질병 메커니즘을 이해하고, 이를 기반으로 한 혁신적인 치료법을 개발하는 현재의 연구 동향과 방향성을 잘 나타내는 분류
- 인천에선 대학에서 수행을 주로 하고 있으나 바이오 관련 중소기업도 일부 연구를 추진하고 있는 분야로 도출된 토픽 중에서 가장 많은 분야를 차지.

□ (운동학 및 진단기술) Topic5는 건강 증진, 질병 관리, 정밀 의학 분야에서의 현대적 접근 방식과 연구 동향을 대표하는 중요한 분류로 건강한 삶과 질병 치료의 질을 높이는 데 핵심적인 역할

- 본 토픽은 체력 향상과 질병 예방을 위한 ‘운동’ 연구, 조기 발견 및 정확한 ‘진단’을 가능하게 하는 진단 기술의 발전, 그리고 질병 ‘예측’ 및 치료를 위한 ‘바이오마커’ 연구에 대한 내용을 담고 있음.
- 건강 관리와 질병 치료에 필요한 체계적인 운동 및 치료 ‘프로그램’의 개발, 그리고 의료 데이터 분석을 통한 개인화된 치료 전략 제공에 중점
- 신경퇴행성 질환인 ‘치매’의 조기 진단 및 관리를 위한 연구에도 중요한 역할을 하며, 이는 환자 관리와 치료 계획 수립에 핵심적
- 인천 소재 대학, 병원 등에서 주로 연구를 수행하고 있으며, 바이오연구 및 적용에서 환자 맞춤형 치료와 건강 관리의 발전을 위한 중요한 영역

□ **(해양 미생물 및 유전체 기술) 해당 토픽은 인천의 지리적 특성과 밀접한 관련이 있으며 해양 생물 다양성과 생태계에 대한 이해를 높이고, 이를 기반으로 한 다양한 응용 연구와 기술 개발의 중요한 분야로 인식되고 있음.**

- 인천은 해양과 인접해 있어 다양한 해양 미생물과 그들의 유전체를 연구할 수 있는 풍부한 자원을 통한 해양 미생물학과 유전체학 연구기회를 제공
- 키워드 분석결과를 살펴봐도 해양 미생물은 지구 생태계에서 중요한 역할을 수행하며, 바다의 생물 다양성과 생태계 균형에 핵심적인 기여를 하고 있음.
- 또한, 최근의 기술 발전은 해양 미생물의 유전체를 연구하는 데 큰 도움이 되고 있어 유전체 기술은 해양 미생물의 기능, 진화, 그리고 환경적 상호작용을 이해하는 데 필수적인 도구가 됨.
- 인천지역의 해양 연구의 활성화는 이 지역의 자연적, 지리적 특징과 직결되어, 중요한 연구 영역으로 자리 잡게 되었으며 수행과제들의 경우에도 인천의 해양 미생물을 활용한 유전체 분석연구가 다수 수행되고 있음.

□ **(바이오 뷰티와 소재개발) 바이오소재의 연구 및 개발은 뷰티 산업에 혁신을 가져오고 있으며, 특히 피부과학과 결합하여 개인 맞춤형 화장품, 고성능 제품, 그리고 안전한 화장품의 개발로 이어지고 있음.**

- 인천에는 다수의 화장품 회사들이 존재하고 있으며 이 지역에서 바이오기술을 활용한 혁신적인 화장품 소재 개발이 활발히 이루어지고 있음
- 이러한 지역적 특색과 바이오 기술을 활용한 새로운 생물학적 자원의 활용은 화장품 산업에서 중요한 역할을 하고 있으며 이런 요인들로 인해 주요 토픽으로 분류되었음.
- 바이오기술을 통한 새로운 소재의 개발은 화장품의 효능과 안전성을 향상시키는 데 기여하고 있으며 특히 피부과학과 결합하여 개인 맞춤형 화장품, 고성능 제품, 그리고 안전한 화장품의 개발이 이루어지고 있음.
- 해당 토픽은 인천에 있는 다수의 기업들을 중심으로 개발이 이루어짐

□ **(자동화를 통한 바이오기술 혁신) 바이오기술은 복잡한 실험과 공정이 많아, 자동화 기술을 통한 효율성과 정확성의 향상이 필수적이며 자동화는 실험과 생산 공정에서 시간과 비용을 절약할 수 있음.**

- 최근 인공지능(AI) 기술의 급속한 발전이 바이오기술 분야의 전반적인 자동화 추세에 큰 영향을 미치고 있으며 데이터 분석, 실험 과정의 최적화, 그리고 생산 공정의 자동화에 핵심적인 역할을 수행

- 해당 토픽은 AI의 발달이 바이오기술 분야에 가져온 자동화 공정에 대한 변화와 혁신을 반영하여 바이오기술의 미래 방향성을 지시하며, 연구 및 산업 과정에서의 기술적 진보와 새로운 가능성을 제시
- 이 분야는 인천에 있는 바이오 관련 기업 뿐 아니라 데이터 분석 기업, 로봇 기업, 재활을 적용한 기술을 보유한 기업들이 바이오와 타 분야와의 융합된 형태로 나타나고 있음.

□ (나노 기술을 응용한 진단 및 치료) 토픽을 도출한 이유는 최근 의료 및 바이오기술 분야에서 나노 기술이 진단과 치료법에 가져온 혁신적인 변화 때문

- 나노 기술은 의료 진단 분야에서 높은 정밀도를 제공하며 나노 입자를 사용한 바이오마커 탐지, 이미징, 그리고 조기 진단은 질병의 더욱 정확하고 빠른 발견을 가능하게 함.
- 또한, 나노 입자를 활용한 표적 치료는 질병 치료의 효과를 극대화하며, 새로운 치료제가 목표 조직이나 세포에 더 효과적으로 도달하여 다양한 질병의 치료법 개발에 새로운 방법을 제공
- 해당 연구는 인천에 소재하고 있는 인천대, 인하대, 한국생산기술연구원 등에서 바이오 분야를 적용하여 수행

4) 과제 매칭

□ 2013년부터 2022년까지의 국가연구개발과제 데이터를 기반으로, 각 연도에 수행된 과제들과 가장 연관성이 높은 토픽들을 매칭하여 추이를 분석

- 대부분의 토픽에서 과제 수가 점진적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며 이는 해당 분야에 대한 연구가 따라 증가하고 있음을 나타냄.
- 앞의 BT분야 연구비는 2021년에서 2022년에 급감한 추세를 나타냈지만 같은 기간에 토픽의 수가 줄어들지 않은 것은 과제의 수는 증가한 것을 의미
- Topic1(생물 다양성 및 자원보존)과 Topic6(해양 미생물 및 유전체 기술)은 점진적인 증가 추세를 보이며, 이는 환경 및 해양 분야의 중요성이 증가하고 있음을 반영
- Topic4(유효 물질 타겟팅 및 약물 개발)은 가장 많은 과제 수를 보여주며, 이는 해당 분야의 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있음을 의미

○Topic8(자동화를 통한 바이오기술 혁신)은 2017년 이후로 큰 증가세를 보이며, 이는 자동화 및 AI 기술의 바이오 분야 적용이 확대되고 있음을 의미

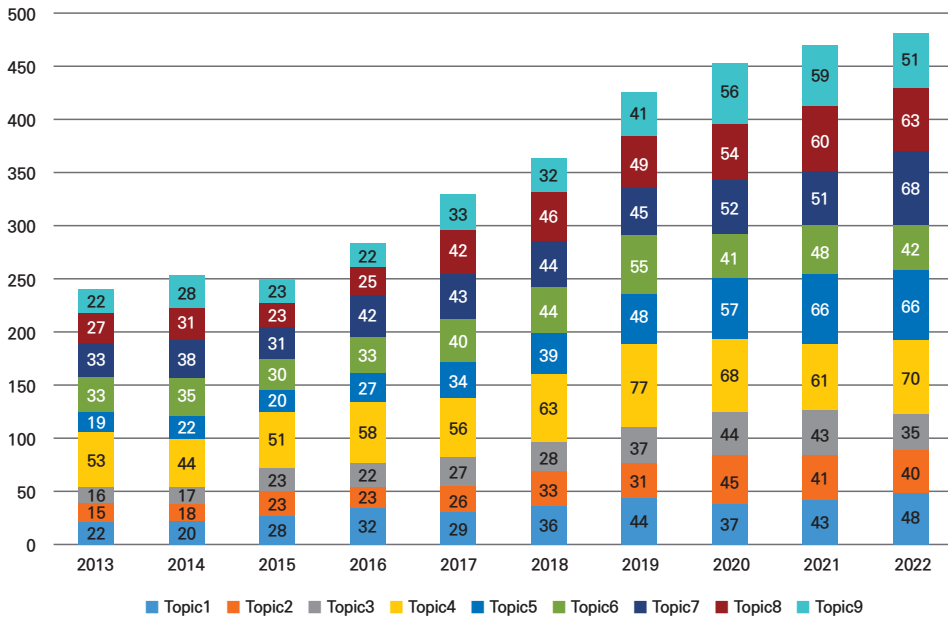


그림 14 | 토픽과 관련된 연구과제 변화 추이

5) 기관분석

□ 앞의 데이터를 활용하여 인천 지역의 바이오 연구개발 분야에서 각 토픽별 주요 참여 기관들의 비율을 분석한 결과, 토픽별로 산학연의 참여 패턴에 차이가 존재

○학계의 참여가 매우 높은 토픽들은 Topic 3(세포재생 및 배양 기술), Topic 4(분자 타겟팅 및 약물 개발), Topic 5(운동학 및 진단기술), Topic 6(해양 미생물 및 유전체 기술), Topic 9(나노 기술을 응용한 진단 및 치료)

- 해당 토픽은 학문적 연구와 기초과학 연구에 중점을 두고 있으며, 주로 대학과 같은 교육 기관에서 연구를 수행

○산업 참여가 두드러지는 토픽으로는 Topic7 (바이오 뷰티와 소재 개발)과 Topic8 (자동화를 통한 바이오기술 혁신)으로 실용적 응용과 제품 개발에 중점을 두고 있으며, 산업계의 참여가 매우 높음.

-특히, Topic7 바이오 뷰티와 소재 개발 분야는 산업 참여 비율이 65%로 가장 높으며, Topic8은 연구기관 중에 한국생산기술연구원이 포함되어 있어 향후 바이오산업의 융합을 위한 참여자로 생명공학분야 전문분야가 아니더라도 참여 할 수 있는 가능성을 시사함.

○Topic1(생물 다양성 및 자원보존)은 연구소의 참여가 52%로 가장 높은 토픽으로 인천에 국립생물자원관, 국립환경과학원 등 전문 연구기관들을 중심으로 수행 중

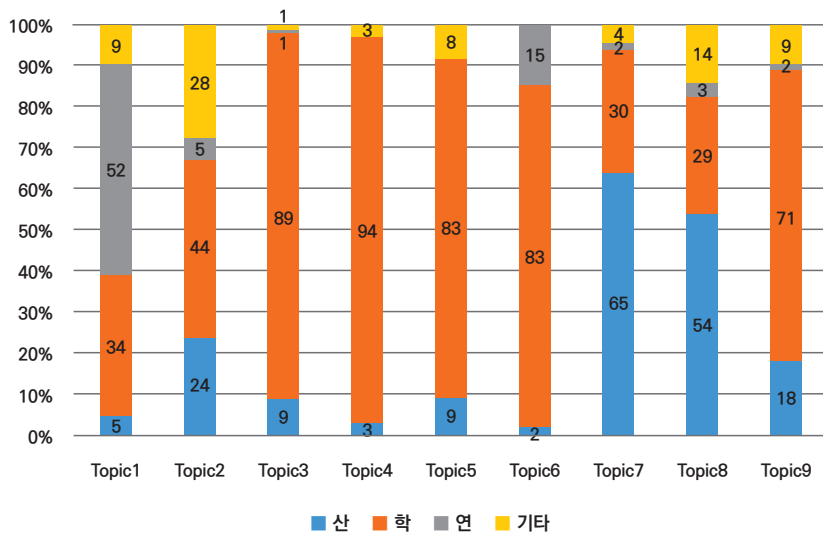
○Topic2(임상시험 및 의료교육)은 학계와 산업의 균형 잡힌 참여를 보이며, 해당분야는 학술 연구와 실용적 적용이 모두 중요한 분야임을 시사

표 15 | 토픽별 주요 참여기관

Topic	Theme	주요 참여기관
Topic1	생물 다양성 및 자원보존	국립생물자원관, 국립환경과학원, 강화군농업기술센터, 옹진군농업기술센터
Topic2	임상시험 및 의료교육	인하대, 가천길 의료재단, 인하대병원
Topic3	세포재생 및 배양기술	인하대, 인천대, 가톨릭관동대, 가천대, 인하대병원
Topic4	유효물질 타겟팅 및 약물개발	인하대, 인천대, 가천대
Topic5	운동학 및 진단기술	인하대, 인천대, 가천대학교, 인하대병원
Topic6	해양 미생물 및 유전체 기술	인하대, 인천대, 가톨릭관동대, 가천대
Topic7	바이오 뷰티와 소재개발	인하대, 인천대, **바이오메디컬, 바이오**씨, **신약
Topic8	자동화를 통한 바이오기술 혁신	인하대, 인천대, 재활공학연구소, 한국생산기술연구원, **아이, **비전
Topic9	나노 기술을 응용한 진단 및 치료	인하대, 인천대, 가천대, 한국뉴욕주립대학, 한국생산기술연구원

- 학계의 중점적인 참여가 두드러지는 토픽들은 기초과학 및 학문적 연구에 중점을 두고 있는 반면, 산업계의 참여가 높은 토픽들은 실용적 응용 및 제품 개발에 더 중점을 두고 있음을 확인

○ 각 토픽별로 연구개발의 특성이 다양하며, 이에 따라 다른 유형의 기관들이 주요 역할을 하고 있으며 이를 통해 바이오산업육성을 위한 전략적 시사점을 도출할 수 있음.



※ 주 : '연'의 경우 출연연구소, 공공립연구소를 포함하여 분석하였으며 기타는 병원, 의료재단, 지자체 등 산학연에 포함되지 않는 기타 기관들을 의미

그림 15 토픽에 따른 산학연 참여 비율

5) 미래유망기술 매칭 분석

- 인천에서 수행된 바이오 연구개발 토픽들이 최근 기술트렌드와 얼마나 일치하는지 매칭하여 분석을 추진

| 표 16 | 2023년 10대 바이오 미래유망기술

유망기술 명칭		유망기술 명칭
플랫폼 바이오	생체 내 면역세포 실시간 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 면역세포의 기능을 실시간으로 관찰하는 동시에 관련 유전자의 발현을 분석 ○ 복잡한 면역반응과 질환별 면역세포의 다양한 기능을 분석하여 인체 면역 원리에 대한 이해를 높이고, 이를 통해 효과적인 치료제 개발에 활용
	AI 기반 인공 단백질 설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기술을 활용하여 자연계에는 존재하지 않지만 유용한 기능을 보유한 인공 단백질을 설계 ○ 실험적 접근 방식으로는 불가능했던 단백질을 인공적으로 설계하여 기존 단백질의 단점을 보완하고, 생산과 유통에 있어 획기적인 장점을 제공
	세포 역노화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세포 리프로그래밍 등을 통해 세포의 건강을 유지하고, 세포의 재생 능력을 복원 ○ 세포 노화에 의해 발생하는 각종 퇴행성 질환을 근본적으로 치료 가능하게 할 뿐 아니라 건강수명 연장 및 노년 삶의 질을 향상
레드 바이오	개인 맞춤형 암백신	<ul style="list-style-type: none"> ○ 암환자별 특이적 항원에 대한 데이터 분석을 통해 개발된 다양한 형태(DNA, RNA, 펩타이드 등)의 암백신 ○ 종양 항원에 대한 방대한 데이터로 암백신 라이브러리를 구축할 수 있으며, 이를 통해 치료용 암백신 및 예방용 암백신을 신속하게 개발하는 데 활용
	임상 적용 가능 유전자편집기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 빠르게 진전되고 있는 유전자편집기술을 활용하여 환자 치료 등 임상에 적용하기 위한 고도화 기술 ○ 높은 유전자 편집 효율성과 안전성을 기반으로 유전자 돌연변이 등 다양한 희귀, 난치질환에 대한 임상적인 치료 가능성을 제고
	비침습적 신경조율기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인지기능 저하 등 뇌기능 문제를 부작용과 거부감 없이 회복, 향상시키는 새로운 접근방법 ○ 비약물의 국소 신경망 자극을 통해 부작용과 거부감이 적고, 개인의 돌봄 접근성을 높임으로써 팬데믹 이후 증가 추세인 정신건강 문제해결에 기여
그린 바이오	배양육/대체육 고도화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화, 팬데믹 대응을 위해 동물세포 배양, 식물 유래 단백질 등을 통해 친환경, 고기능성 대체육류를 생산 ○ 축산업에 요구되는 자원과 공간, 온실가스 배출을 크게 감축하여 환경을 보호하며, 미래 식량 문제해결에 기여
	토양 마이크로바이옴	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물지각 내 마이크로바이옴을 파악하고 개발하여 건강한 토양 생태계를 유지 ○ 탄소, 질소 등의 생물지구화학적 순환과 토양 내 영양수준을 유지하여 토양 안정성, 동식물 보존 등 건강한 토양 생태계 보존 및 복원에 기여
화이트 바이오	합성생물학 적용 미생물공장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 합성생물학에 의해 재설계된 생합성 경로를 미생물에 구현하여 천연물질, 화학합성 대체물질 및 유용 단백질을 생산 ○ 자연계에 존재하는 미생물에 비해 목표물질 생산 효율이 높으며, 다수의 대사반응 조합으로 복잡한 물질도 생산할 수 있어 바이오제조 역량 구축에 기여
	미세플라스틱의 건강 및 생태영향 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미세플라스틱이 생체에 미치는 영향을 모니터링하고, 장기별 독성, 유해성 검증을 통해 건강에 미치는 영향을 평가 ○ 환경 유해인자로 심각성이 새롭게 대두되고 있는 미세플라스틱의 체내 유입량과 잠재적인 영향에 대한 평가를 통해 환경 및 건강 관리방안 마련에 활용

※ 자료 : 한국생명공학연구원 (2022)

□ 2023년 한국생명공학연구원은 플랫폼 바이오 (기초 · 기반), 레드 바이오(보건의료), 그린바이오(바이오농업), 화이트바이오(바이오화학/환경) 분야에서 10개의 바이오 미래유망기술을 발굴(한국생명공학연구원, 2023)

□ 인천에서 도출된 토픽과 위에 언급된 10대 기술의 매칭을 통해, 지역 연구 인프라를 활용하여 수행 가능한 유망기술들을 확인함으로써 인천 바이오산업의 육성 및 발전에 전략적인 기회를 제공할 수 있음.

○정부 정책 및 신기술 개발에도 충분히 활용될 수 있으며, 인천의 지역적 특성을 고려한 맞춤형 연구개발 방향 설정에도 기여할 수 있음.

□ 다음은 각 토픽과 유망기술의 매칭 근거로 이는 지역의 연구개발 노력을 확장하고, 새로운 연구 분야로의 전환을 촉진 할 수 있음.

○Topic1 (생물 다양성 및 자원보존) – 토양 마이크로바이옴

- 토양 내 미생물군은 생물 자원의 관리, 분포, 유전적 다양성 및 신종 발견에 핵심적인 역할
- 생태계의 건강과 지속 가능성을 유지하는 데 필수적이며, 토양 생물학적 균형과 자원 보존에 중요한 정보를 제공

○Topic2 (임상시험 및 의료교육) – 개인 맞춤형 암백신 및 임상 적용 가능 유전자편집기술

- 개인 맞춤형 암백신 개발은 유전자편집 기술의 발전과 밀접하게 연결되어 있으며, 이는 병원, 의료기기, 글로벌 기업과의 협력을 통해 임상시험 및 의료교육에 큰 변화를 가져올 수 있음.
- 유전자편집 기술은 암 치료에 있어 개인별 맞춤형 접근을 가능하게 하며, 임상시험의 방향성과 교육 커리큘럼에 혁신적인 영향을 끼침

○Topic3 (세포재생 및 배양 기술) – 배양육/대체육 고도화

- 세포 배양과 생물학적 공정에 중점을 두며, 미래 식품 산업의 지속 가능한 발전을 위한 중요한 요소
- 대체육의 개발은 식품 산업의 지속 가능성을 향상시키고, 식량 안보 및 환경 보호에 기여하는 혁신적인 접근법

○Topic4 (유효물질 타겟팅 및 약물 개발) – AI 기반 인공 단백질 설계

- AI 기술을 활용하여 새로운 단백질을 설계하고, 기존 약물의 단점을 보완하는 데 기여할 수 있음

-분자, 염증 및 동물 모델 연구와 밀접하게 연관되어 있으며, 약물 개발의 효율성과 정확성을 향상시키는 데 중요한 역할을 함.

○Topic5 (운동학 및 진단기술) - 비침습적 신경조율기술

-비침습적 신경조율은 운동 능력과 인지 기능을 향상시키는 데 기여 가능

-데이터 기반 예측, 치매, 바이오마커 분석 등과 연계되어 질병 진단 및 치료에 혁신적인 방법을 제공

○Topic6 (해양 미생물 및 유전체 기술) - 합성생물학 적용 미생물공장

-해양 및 유전체 연구는 합성생물학을 통해 해양 미생물을 활용

-생합성 및 유전체 데이터 분석에 큰 기여를 하며, 새로운 생물학적 자원의 개발과 활용에 기여

○Topic7 (바이오 뷰티와 소재 개발) - 세포 역노화

-화장품 원료, 공정, 추출물 및 성분 분석과 관련이 있으며, 세포의 역노화 및 재생 능력 향상에 중요한 기초를 제공

-피부 건강과 미용 산업에 혁신적인 변화를 가져올 수 있으며, 장기적인 피부 건강 유지 및 노화 방지에 중요한 역할

○Topic8 (자동화를 통한 바이오기술 혁신) - 생체 내 면역세포 실시간 분석

-바이오기술 혁신은 자동화된 공정과 센서 기술을 활용하여 면역세포의 실시간 분석에 활용될 수 있음.

-자동화는 고도화된 연구 방법론과 데이터 분석을 가능하게 하며, 면역계의 깊은 이해와 질병 진단 및 치료에 혁신을 가져올 수 있음.

○Topic9 (나노 기술을 응용한 진단 및 치료) - 미세플라스틱의 건강 및 생체영향 평가

-나노 기술을 활용하여 독성평가와 진단, 생체 내 미세플라스틱 탐지 등을 통해 환경적 영향을 모니터링하고 분석할 수 있음.

-환경 보호 및 인간 건강에 대한 영향을 평가하는 데 중요한 역할을 하며, 환경과 건강분야에서의 새로운 진단 및 치료 방법을 제공

| 표 17 | 유망기술 매칭 결과

토픽	유망기술 명칭	매칭 근거
Topic1 (생물 다양성 및 자원보존)	토양 마이크로바이옴 (Biocrusts microbiome)	토양 내 미생물군의 연구는 생물 자원의 관리, 분포, 유전적 다양성 및 신종 발견에 중요한 역할을 할 수 있음
Topic2 (임상시험 및 의료교육)	개인 맞춤형 암백신 (Personalized Cancer Vaccines)	개인 맞춤형 암백신 개발 및 임상적 유전자편집 기술의 발전을 지원할 수 있고 병원, 의료기기, 글로벌 기업과의 협력을 통해 임상시험 및 의료교육에 혁신을 가져올 수 있음
Topic2 (임상시험 및 의료교육)	임상 적용 가능 유전자편집기술 (Clinical grade gene editing)	개인 맞춤형 암백신 개발 및 임상적 유전자편집 기술의 발전을 지원할 수 있고 병원, 의료기기, 글로벌 기업과의 협력을 통해 임상시험 및 의료교육에 혁신을 가져올 수 있음
Topic3 (세포재생 및 배양 기술)	배양육/대체육 고도화 (Advanced cultured meat/ alternative meat)	세포 배양과 생물학적 공정 기술에 중점을 두고 있으며 미래 식품 산업의 지속 가능한 발전을 위한 핵심 요소로 작용
Topic4 (유효물질 타겟팅 및 약물 개발)	AI 기반 인공 단백질 설계 (AI-based artificial protein design)	AI 기술을 활용하여 새로운 단백질을 설계하고, 기존 약물의 단점을 보완하는 데 기여할 수 있으며 이러한 접근은 분자, 염증 및 동물 모델 연구와 밀접하게 연관
Topic5 (운동학 및 진단기술)	비침습적 신경조율기술 (Non-invasive neuromodulation)	비침습적 신경조율을 통해 운동 능력과 인지 기능을 향상시키는 데 기여할 수 있고 이는 데이터 기반 예측, 치매, 바이오마커 분석 등과 연계 가능
Topic6 (해양 미생물 및 유전체 기술)	합성생물학 적용 미생물공장 (Synthetic microbial factory)	해양 및 유전체 연구는 합성생물학을 통해 해양 미생물을 활용하는 데 중요한 역할을 할 수 있고 이는 생태, 생합성 및 유전체 데이터 분석에 큰 기여를 할 수 있음.
(Topic7) 바이오 뷰티와 소재 개발	세포 역노화 (Cell rejuvenation)	화장품 원료, 공정, 추출물 및 성분 분석과 관련이 있으며 세포의 역노화 및 재생 능력 향상에 중요한 기초를 제공
Topic8 (자동화를 통한 바이오기술 혁신)	생체 내 면역세포 실시간 분석 (In situ immune cell live imaging/sequencing)	바이오기술 혁신은 자동화된 공정과 센서 기술을 활용하여 면역세포의 실시간 분석에 기여할 수 있으며 자동화는 고도화된 연구 방법론과 데이터 분석을 가능하게 함
Topic9 (나노 기술을 응용한 진단 및 치료)	미세플라스틱의 건강 및 생체영향 평가 (Microplastics biomonitoring)	나노 기술을 활용하여 독성평가와 진단, 생체내 미세플라스틱 탐지 등 환경적 영향을 모니터링하고 분석할 수 있음.

제5장 결론 및 시사점

1. 결론

□ 본 연구는 인천의 바이오산업 현황을 살펴보고 NTIS 데이터를 활용하여 인천 바이오 연구개발 현황을 토픽모델링을 통해 분석하였음.

□ 인천의 바이오산업은 지역의 핵심 성장산업으로 글로벌 경쟁력에서도 뒤지지 않는 역량을 보유하고 있으나 여러 가지 한계점도 존재하고 있음을 확인

○ 송도 클러스터를 중심으로 수출 중심의 대기업들이 위탁생산 서비스(CMO)를 주로 제공하는 것이 특징으로 기업 수는 적지만 생산 규모는 크고 내수시장은 작음.

○ 바이오산업 분야별 매출 현황을 살펴보면, 인천은 ‘의약’ 분야에서의 수출 실적은 타 지역에 비해 압도적이지만 다른 산업 분야에서는 상대적으로 활동이 적은 편

○ 연구개발 인력보다는 생산 및 제조인력의 비중이 높아 고급인력에 대한 수급을 통한 연구개발 역량 강화를 도모할 필요가 있음.

○ 협력관계에서도 부족한 측면이 드러나고 있고 벤처기업의 수도 부족하여, 이러한 부분은 극복과 개선이 필요한 사항임.

□ 토픽모델링 분석결과 인천의 바이오산업의 다양한 특징을 도출할 수 있었음

○ 첫째, 지역 내 혁신기관의 특성을 반영한 연구개발 현황을 보여줌.

-국립생물자원관과 국립환경과학원 등이 소재하고 있어 생물 다양성 및 자원보존과 관련된 연구가 주요 주제로 도출

-대학병원의 존재로 인해 임상시험, 의료교육, 운동학 등의 연구가 활발하게 이루어지고 있고 지역 내 화장품 회사의 다수 존재는 뷰티 관련 연구의 활성화를 반영함.

○ 둘째, 인천의 해안 지리적 특성은 해양자원을 활용한 연구의 수행으로 이어지고 있음.

-해양 미생물 및 유전체 기술과 같은 분야에서 인천 지역의 해양자원을 활용한 연구가 진행되고 있으며, 이러한 연구는 지역의 지리적 장점과 자연자원을 최대한 활용하는 방향으로 나아가고 있음.

- 셋째, 바이오기술의 변화와 글로벌 산업 동향에 발맞추어 연구개발을 수행
 - AI를 활용한 자동화 및 나노 기술을 응용한 바이오 융합 연구를 활발히 수행하고 있으며 이러한 과제들은 점차 증가 추세
 - 특히 해당분야는 민간기업의 참여가 높은 분야로 지역 내 바이오 중소벤처기업 육성을 위한 타겟팅 연구를 수행한다면 해당분야를 중심으로 추진해 볼 수 있음.
- 넷째, 토픽 과제 참여기관 매칭 분석결과 인천 지역의 바이오 연구개발 분야에서는 토픽별로 산학연 참여 패턴에 상당한 차이가 있음.
 - 학계의 참여가 높은 분야는 세포재생 및 배양 기술, 분자 타겟팅 및 약물 개발, 운동학 및 진단기술 등의 토픽으로, 이는 학문적 연구와 기초과학 연구에 중점을 두고 있음.
 - 이에 반해 산업 참여가 두드러지는 토픽으로는 바이오 뷰티와 소재 개발, 자동화를 통한 바이오기술 혁신 등이 있으며, 이는 실용적 응용 및 제품 개발에 중점을 두고 있음을 확인
- 마지막으로 최신 유망기술이 인천 바이오산업의 연구개발 역량과 충분이 매칭 가능하며 이러한 부분은 지역에서 관련 과제를 충분히 수행할 수 있는 잠재력과 가능성이 존재함을 확인
 - 지역 내 연구개발의 범위를 넓히고 새로운 연구 영역으로의 진입을 촉진하는 데 있어, 각 토픽과 유망 기술 간의 연계는 중요한 전략적 요소

2. 시사점

□ 첫째, 인천시 바이오산업이 위탁생산시설을 중심으로 구성되어 있는 점을 고려하여, 연구개발의 경우 거대한 수요처를 활용하고 지원할 수 있는 사업을 추진해야 함.

- 인천 내의 연구기관과 교육기관이 대기업의 수요를 충족시키지 못하는 경우, 대기업들은 필요한 인력과 지식기반을 클러스터 외부에서 조달할 가능성이 높아 적극적인 지원과 정책 마련이 필요(오준병, 2021)
- 대기업의 품질 요구 수준을 만족시킬 수 있는 중소기업의 연구개발 과제 육성에 초점을 맞춰 다양한 중소기업들이 참여하게 하여 인천의 바이오산업의 클러스터 참여자를 증대시키고 이를 통해 시스템 체계를 견고히 할 수 있음.

□ **둘째, 지자체는 거대 자본이 필요한 바이오 핵심기술 개발은 국책기관, 대학, 대기업 중심으로 진행하고, 중소기업 중심의 실용적 응용 및 제품 기술지원과 협력 증진에 집중할 필요가 있음.**

○바이오 뷰티와 소재 개발, 자동화를 통한 바이오기술 혁신 등 지역 기업이 활발히 참여하는 분야를 직접 지원하고, 다른 분야는 연구를 수행하는 기관과의 연계를 통해 진행하는 전략이 필요

○민간기업의 참여가 높지 않는 분야의 경우에도 산학연 협력활성화를 위한 방안을 모색하여 다양한 연구주체가 참여할 수 있는 방안을 마련

□ **셋째, 바이오 분야의 산학연 협력 네트워크를 강화하는 것은 인천의 바이오산업 발전에 핵심적인 요소**

○대기업과 중소·벤처기업 간의 협력뿐만 아니라, 연구기관과의 협력을 통해 산업의 혁신 및 발전을 이끌어내는 전략적 접근이 필요

○바이오산업의 발전 추세와 디지털 혁신의 가속화를 고려, 인천의 기존 제조업 기반을 바탕으로 지역 경제의 다변화와 함께 새로운 산업 영역으로의 확장을 도모하기 위한 협력체계 구축

□ **마지막으로 지자체 연구개발 투자를 통한 바이오 분야 인력수급과 중소벤처기업의 육성을 위한 노력이 필요**

○체계적인 연구개발 투자와 지원 프로그램은 지역 내 우수한 인재들을 유치하고 유지하는 데 중요한 요건

○바이오 분야 지자체 연구개발지원 자금 지원을 통하여 우수한 인력들이 지역에 유입되고 연구개발 성과가 창업으로 이어질 수 있는 유인책 마련

참고문헌

- 권오성 (2021), 포스트 코로나 시대의 바이오산업 발전 전략, 산업연구원.
- 김남규, 이동훈, 최호창, William Xiu Shun Wong (2017), 텍스트 분석 기술 및 활용 동향, 한국통신학회논문지, 42(2), 471-492.
- 김은희(2022), 국내 바이오산업 실태조사 심층분석, 한국바이오경제연구센터
- 노설현 (2020), “토픽모델링을 활용한 4 차 산업혁명의 이슈 분석”, 디지털콘텐츠학회논문지, 21(3), pp. 551-560.
- 산업통상자원부 · 한국바이오협회 (2021), 2021년기준, 국내 바이오산업 실태조사 결과 보고서.
- 양명석, 이성희, 박근희, 최광남, 김태현 (2021), “LDA 토픽모델링을 활용한 인공지능 관련 국가 R&D 연구동향 분석”, 인터넷정보학회논문지, 22(5).
- 오정심 (2020), “빅데이터 토픽모델링 및 네트워크 분석을 통한 문화콘텐츠학 지식구조 연구”, 문화정책논총, 34(2), 35-69.
- 오준병 (2021), 인천지역 바이오 클러스터의 특징과 정책적 제언, 한국은행.
- 유승준, 이시영 (2020), 국내 바이오클러스터 현황과 정책제언, 한국생명공학연구원_국가생명공학정책연구센터.
- 조용래, 이종혁, 송치웅 (2021), 바이오클러스터 정책 진단과 지역주도 혁신성장 방향, STEPI Insight.
- 최윤희 (2007), 바이오산업의 2020 비전과 전략, 산업연구원.
- 한국보건산업진흥원 (2021), 바이오헬스 산업의 넥스트 노멀.
- 한국산업기술진흥원 (2023), 2023 산업기술 환경예측 보고서(바이오·헬스).
- 한국생명공학연구원 (2022), 2022 내손안의 바이오 통계.
- 한국생명공학연구원_국가생명공학정책연구센터, 한국과학기술정보연구원 (2023), 2023 바이오 미래 유망기술.
- D. M. Blei, A. Y. Ng, M. I. Jordan (2003), “Latent dirichlet allocation”, Journal of Machine Learning Research, 3(Jan), pp. 993-1022.
- Vicky Levy (2023), 2023 Global Life Sciences Outlook, Deloitte.
- 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지 : <https://www.ntis.go.kr/>
- 인천경제자유구역청 홈페이지 : <https://www.ifez.go.kr>
- Grand View Research 홈페이지: <https://www.grandviewresearch.com/>
Towards Data Science 홈페이지 : <https://towardsdatascience.com/the-complete-guide-for-topics-extraction-in-python-a6aaa6cedbbc>

연구책임 **김동관** 인천테크노파크 기업성장센터 책임연구원
공동연구 **박재우** 인천테크노파크 기업성장센터 전임연구원

토픽모델링을 이용한 인천 바이오산업 연구개발 현황분석

발 행 2023년 12월
발 행 처 (재)인천테크노파크
주 소 (21999)인천시 연수구 갯벌로 12, 미추홀타워(본관) 6층
전 화 032)260-0618
팩 스 032)260-0890
홈페이지 www.itp.or.kr
