

# AlphaFold2 이후 국내 AI 기반 바이오·의료 국가R&D 투자의 가치사슬 단계별 분포 및 포트폴리오 재배분 구조 분석

김근환\*, 이도연\*

\*한국과학기술정보연구원 데이터분석연구본부  
e-mail:khkim75@kisti.re.kr

## Value-Chain Stage Distribution and Portfolio Reallocation of National R&D Investment in AI-based Bio-Medical Industry after AlphaFold2

Keunhwan Kim\*, Doyeon Lee\*

\*Research Division for Data Analysis, Korea Institute of Science and Technology Information

### 요약

본 연구는 AlphaFold2 공개 이후(2021-2025년) 국내 AI 기반 바이오·의료 산업의 국가R&D 투자를 가치사슬5단계(신약개발·오믹스·전임상·바이오제조·임상)로 재구성하여 단계별 투자 분포, 성장·변동성, 포트폴리오 재배분 구조를 실증적으로 분석하였다. NTIS 과제 데이터(총7,389건, 2조3,440억 원)를 활용하여 CAGR, YoY 변동성, 포트폴리오 비중(PS), 표준화 투자 강도 지수(SIII)를 적용한 결과, 투자는 오믹스(25.4%)·임상(43.1%) 단계에 집중되는 반면 전임상·바이오제조 중간 구간은 낮은 비중과 높은 변동성을 보이는 구조적 취약성이 확인되었다. 포트폴리오 변화는 후방에서 전방으로의 선형 이동보다 2023년 재정 조정 이후 비대칭적 재배분 양상으로 나타났으며, 중간 가치사슬 병목 구간에 대한 안정적 투자 누적 전략의 필요성을 시사한다.

## 1. 서론

대한민국 정부는 AI, 첨단 바이오 등12대 전략기술을 중심으로 국가 R&D 투자를 확대하고 있으며, 최근 정책은 기초 연구부터 사업화까지 이어지는 가치사슬 전주기의 연계와 협업을 강화하는 증거 기반 접근을 지향한다[1]. 바이오·의료 R&D는 긴 개발 기간과 높은 비용, 실패 위험을 동반하며 단계마다 요구 조건이 크게 달라 가치사슬 전반의 연속적 발전이 필수적이다[2].

2021년 공개된 AlphaFold2는 단백질 구조 예측을 계산 및 데이터 기반 연구 인프라로 전환시키며 초기 연구 단계의 생산성을 크게 높였다. 그 결과 가치사슬 단계 간 기술 발전 속도의 격차가 확대되었고, 국가 R&D 투자 포트폴리오를 단계별로 재조정할 필요성이 제기되었다[3]. 그러나 기존 연구는 주로 기술 분야나 키워드 중심으로 투자 총량을 분석하는 데 머물러, 단계 간 투자 불균형과 구조적 이동을 진단하는 데 한계가 있었다[4].

이에 본 연구는 AI 기반 바이오·의료 산업을 5단계 가치사슬로 구성하고, AlphaFold2 공개 이후 국가 R&D 과제 데이터를 활용하여 다음 세 가지 연구 질문에 답한다.

RQ1. AlphaFold2 이후 국가 R&D 투자는 가치사슬 중 어느 단계에 가장 집중되어 있는가?

RQ2. 가치사슬 단계별 국가 R&D 투자는 서로 다른 성장 패턴과 변동성을 보이는가?

RQ3. 투자 중심은 후방 연구 단계에서 전방 임상·제조 단계로 이동하고 있는가?

## 2. 이론적 배경

2.1 바이오·의료 가치사슬과 AI 확산의 비대칭성  
바이오·의료 혁신은 상이한 기능과 목표를 지닌 연구·개발 단계가 연결된 복합적 가치사슬 구조를 통해 이루어진다. 본 연구는 선행 문헌을 종합하여 다음 5단계로 구분하였다: ① 신약의약 개발(CLUSTER1, 후보물질 탐색·분자 설계), ② 오믹스·바이오인포매틱스(CLUSTER2, 대규모 생물학 데이터 분석), ③ 전임상·실험 자동화(CLUSTER3, 세포·동물모델 검증), ④ 바이오제조·공정(CLUSTER4, 생산 공정·품질 최적화), ⑤ 임상·실사용(CLUSTER5, 임상시험·RWD 기반 평가)[5].

AI의 도입 효과는 바이오·의료 가치사슬 전반에 동일하게 나타나지 않는다. 초기 탐색과 데이터 분석 단계에서는 적용 속도가

빠른 반면, 임상시험과 제조 단계에서는 규제와 검증 요구로 인해 상대적으로 점진적이다[6]. 이러한 비대칭적 확산 구조는 기술 분야가 아닌 단계 구조 단위에서 R&D 투자를 분석할 필요성을 시사한다.

### 2.1 가치사슬 기반 국가 R&D 투자 분석의 연구 공백

기존 국가 R&D 투자 분석은 주로 기술 분야별 투자 총량과 증가 추세 파악에 초점을 두어 왔다[4]. 반면 혁신 과정의 어느 단계에 투자가 집중되고 단계 간 투자 중심이 어떻게 이동하는지를 구조적으로 진단하는 프레임워크는 충분히 제시되지 않았다. 본 연구는 이러한 공백을 보완하기 위해 가치사슬 단계 기반 국가 R&D 투자 분석 프레임워크를 제안하고 실증 검증한다.

## 3. 연구 방법

### 3.1 데이터 수집 및 정제

NTIS(국가과학기술지식정보서비스) 국가R&D 사업 데이터베이스에서 2021-2025년 과제를 대상으로 AI 핵심 키워드(인공지능, 머신러닝, 딥러닝, LLM 등 OECD AI 키워드 프레임워크 기준)와 바이오·의료 가치사슬 단계별 핵심 용어를 결합한 검색식을 적용하였다. 1차 추출 데이터 9,604건에 대해 생명과학(LA)·보건의료(LC)·뇌과학(OA)·인지감성과학(OB) 분류 및 건강·의료 적용 분야로 범위를 한정하고 비R&D성 과제(정부출연금 5천만 원 미만)를 제외하여 최종 6,895건 데이터셋을 구성하였다(총 7,389과제, 2조 3,440억 원 기준).

### 3.2 분석 지표

#### 3.2.1 투자 성장성 및 변동성

연평균성장률(CAGR), 연도별 성장률(YoY), 그리고 YoY 성장률의 표준편차를 변동성(Volatility) 지표로 산출하였다. 변동성 값이 클수록 연도별 투자 규모 변동이 크고 예산 배분 안정성이 낮음을 의미한다.

#### 3.2.2 포트폴리오 비중 및 투자 강도

포트폴리오 비중(Portfolio Share, PS)은 특정 연도에 각 가치사슬 단계가 전체 R&D 투자에서 차지하는 비율이며, 표준화 투자 강도 지수(Standardized Investment Intensity Index, SIII)는 각 단계의 투자액을 해당 단계의 시계열 평균과 표준편차로 표준화하여 단계 내부의 상대적 투자 강도를 나타낸다.

## 4. 연구 결과

### 4.1 가치사슬 단계별 투자 분포(RQ1)

전체 분석 대상 7,389건, 총 투자 2조3,440억 원 기준 단계별 분포는 아래 [표1]과 같다.

[표1] AI 기반 바이오·의료 가치사슬 단계별 국가R&D 투자 분포(2021-2025)

CLUSTER	Number of Projects	National R&D Fund (100Million KRW)	Average National R&D Fund (100Million KRW)	Portion of National R&D Fund
CLUSTER1 (Drug)	999	4,562	4.6	19.5%
CLUSTER2 (Omics)	2,190	5,946	2.7	25.4%
CLUSTER3 (Preclinic)	815	2,414	3.0	10.3%
CLUSTER4 (Biomfg)	176	421	2.4	1.8%
CLUSTER5 (Clinic)	3,209	10,096	3.1	43.1%
Total	7,389	23,440	3.2	100.0%

임상·실사용 단계(CLUSTER5)가 43.1%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 오믹스(CLUSTER2) 25.4%, 신약(CLUSTER1) 19.5%가 뒤를 이었다. 반면 전임상(10.3%)과 바이오제조(1.8%)는 낮은 비중을 보였다. AI 기반 바이오·의료 R&D는 후방의 데이터·지식 축적(오믹스)과 전방의 임상 적용 단계에 동시에 집중되는 구조로 나타났으며, 이를 연결하는 중간 가치사슬 구간의 불균형 가능성이 확인되었다.

### 4.2 성장률 및 변동성 비대칭 구조(RQ2)

가치사슬 단계별 투자 성장 패턴은 아래[표2]와 같이 뚜렷한 차이를 보였다.

[표2] 가치사슬 단계별 CAGR, YoY 성장률 및 변동성(2021-2025)

CLUSTER/ YEAR	2021	2022	2023	2024	2025	Total	CAGR (21-25)
CLUSTER1 (Drug)	683	935	676	954	1,314	4,562	18%
CLUSTER2 (Omics)	1,169	1,402	886	1,169	1,321	5,946	3%
CLUSTER3 (Preclinic)	660	746	308	370	330	2,414	-16%
CLUSTER4 (Biomfg)	105	153	34	50	78	421	-7%
CLUSTER5 (Clinic)	2,201	2,686	1,470	1,858	1,882	10,096	-4%
Total	4,818	5,922	3,374	4,402	4,924	23,440	1%
CLUSTER		21-22 YoY	22-23 YoY	23-24 YoY	24-25 YoY		Volatility*
CLUSTER1 (Drug)		37%	-28%	41%	38%		33.2%
CLUSTER2 (Omics)		20%	-37%	32%	13%		30.3%
CLUSTER3 (Preclinic)		13%	-59%	20%	-11%		35.6%
CLUSTER4 (Biomfg)		45%	-78%	46%	55%		63.3%
CLUSTER5 (Clinic)		22%	-45%	26%	1%		32.8%
Total		23%	-43%	30%	12%		33.3%

신약 개발 단계(CLUSTER1)는 CAGR 18%로 가장 높은 성장을 기록하였으며, AI 기반 후보물질 발굴 플랫폼 확산을 반영한다. 바이오제조 단계(CLUSTER4)는 YoY 표준편차63.3%로 변동성이 가장 높았으며, 전임상 단계는 CAGR -16%로 감소가 가장 컸다. 오믹스(30.3%)와 임상(32.8%)은 상대적으로 안정적인 투자 흐름을 유지하였다. 중간 가치사슬 구간(전임상·바이오제조)이 낮은 비중과 높은 변동성을 동시에 보이는 구조적 취약 영역임을 확인하였다.

#### 4.3 포트폴리오 재배분 구조(RQ3)

##### 4.3.1 포트폴리오 비중(PS) 변화

연도별 PS 분석 결과, 투자 포트폴리오는 후방에서 전방으로 단조롭게 이동하기보다 2023년 재정 조정 이후 단계 간 비중이 비대칭적으로 변동하는 양상을 보였다. 임상 단계(CLUSTER5)는 0.46(2021)→0.38(2025)으로 점진적으로 감소한 반면, 신약 개발(CLUSTER1)은 0.14→0.27로 지속적으로 확대되었다. 전임상(CLUSTER3)은 0.14→0.07로 축소되었으며, 바이오제조(CLUSTER4)는 전 기간 0.02 수준에 머물렀다.

##### 4.3.2 표준화 투자 강도(SIII) 변화

SIII 분석에서 신약 개발 단계는 2024년 이후 플러스 영역으로 전환되어 2025년 +1.54까지 상승한 반면, 전임상(CLUSTER3)과 바이오제조(CLUSTER4)는 2023년 이후 지속적으로 평균 이하 수준에 머물렀다. PS와 SIII를 결합하면, 포트폴리오 비중의 상대적 배분과 단계 내 투자 강도가 반드시 동일한 방향으로 움직이지 않는 비대칭적 재배분 구조가 확인된다.

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 AI 기반 바이오·의료 국가R&D 투자를 가치사슬 5단계 프레임워크로 재구성하여 투자 분포, 성장·변동성, 포트폴리오 재배분 구조를 통합적으로 분석하였다. 핵심 발견은 다음 두 가지이다.

첫째, 국가 R&D 투자는 후방(오믹스)과 전방(임상) 단계에 집중되는 반면, 중간 가치사슬 구간(전임상·바이오제조)은 낮은 비중과 높은 변동성이 동시에 나타나는 구조적 취약 영역으로 확인되었다.

둘째, 투자 포트폴리오는 후방→전방으로의 선형 이동이 아니라, 2023년 재정 조정 이후 단계 간 비중과 강도가 서로 다른 방향으로 변화하는 비대칭적 재배분 양상을 보였다.

정책적으로는 전주기 일괄 확대 전략보다 중간 가치사슬 병목 구간(전임상·바이오제조)에 대한 안정적 투자 누적과 연계성 강화를 중심으로 한 선택적 보강 전략이 필요하다. 특히 AI 기반 공정

최적화·스케일업 역량 확보를 위한 중장기 안정 투자 트랙 구축이 요구된다. 본 연구는 NTIS 정부 과제 데이터 기반으로 민간 투자 및 국제 비교를 포함하지 못한 한계가 있으며, 향후 특허논문·임상시험 성과 데이터와의 연계 분석이 필요하다.

#### 사사

본 연구는 한국과학기술정보연구원 주요사업(수요대응형 지역 R&D혁신 지원체제 구축, 과제번호: K26L4M2C3) 및 한국연구재단 바이오의료기술 개발사업 (과제번호: 2024M3A9H5043141, RS-2025-02413635)의 지원을 받아 수행되었습니다. 본 발표는 『AlphaFold2 이후 국내 AI 기반 바이오·의료 산업의 가치사슬 단계별 국가 R&D 투자 및 협력 구조 분석』 (한국산학기술학회논문지, 2026, DOI: 10.5762/KAIS.2026.27.4)의 연구 내용을 바탕으로 재구성하였습니다.

#### 참고문헌

- [1] 과학기술정보통신부, 12대 국가전략기술R&D 투자 계획, 2025.
- [2] K. A. Getz, K. I. Kaitin, "Why is the Pharmaceutical and Biotechnology Industry Struggling?", Re-Engineering Clinical Trials, Academic Press, 2015.
- [3] N. Borkakoti, J. M. Thornton, "AlphaFold2 Protein Structure Prediction: Implications for Drug Discovery," Current Opinion in Structural Biology, Vol. 78, 2023.
- [4] H. S. Kim, Y. W. Ha, Status and Characteristics of the ICT R&D Portfolio, ETRI Insight, 2023.
- [5] Y. Kim et al., "A New Digital Value Chain Model with PLC in Biopharmaceutical Industry," Journal of Open Innovation, Vol. 8, No. 2, 2022.
- [6] E. J. Topol, "High-Performance Medicine: The Convergence of Human and Artificial Intelligence," Nature Medicine, Vol. 25, No. 1, 2019.