

바이오안보: 새로운 관점의 변화가 필요한 시기

김 현 수

한국생명공학연구원 국가생명공학정책연구센터 정책개발실장

[기획자 註] 바이오산업은 21세기의 새로운 경제성장동력으로 많은 각광을 받고 있는 분야이다. 하지만 많은 과학기술이 그러하듯, 특정 행위자들에 의해 기술이 악용될 위험이 존재하며, 그 잠재적인 파괴력은 COVID-19 팬데믹 당시 간접적으로 확인된 바 있다. 또한, 바이오산업과 기술이 인공지능(AI)과 결합하며 급속하게 발전·진화하고 있고 세계 각국이 바이오산업을 경쟁적으로 육성하고 있다. 이러한 맥락에서 본고는 한국이 ‘바이오안보’의 시각에서 전략을 수립해야할 필요성을 논의한다 [기획: 박동준 연구실장 (djpark@jpi.or.kr)].

* 이 글에 포함된 의견은 저자 개인의 견해로 제주평화연구원의 공식입장과는 무관합니다.

초록

첨단 생명공학 기술의 급속한 발전과 인공지능의 결합은 바이오를 보건·산업 영역을 넘어 국가 안보와 경제 주권을 좌우하는 전략적 자산으로 부상시키고 있다. 특히 COVID-19 팬데믹과 미·중 기술 패권 경쟁은 생물학적 위협이 군사적 충돌 없이도 국가 시스템 전반에 치명적 영향을 미칠 수 있음을 보여주며, 바이오안보를 비전통 안보의 핵심 의제로 재정의 하도록 촉발하였다. 본 원고에서는 생물안전과 바이오안보의 개념적 차이를 명확히 구분하고, ‘기술로서의 생물학(Biology as Technology)’ 시대에 확대되는 이중용도 위험과 바이오 데이터, 공급망을 둘러싼 안보 이슈를 분석한다. 나아가 미국과 중국을 중심으로 재편되는 국제 바이오 질서 속에서 한국이 직면한 제도적 취약성과 전략적 과제를 진단하고, 사고 대응 중심의 관리 체계를 넘어 기술·데이터·공급망을 통합적으로 고려하는 국가 전략 차원의 바이오안보 접근 필요성을 제시한다. 이를 통해 바이오안보를 위험 통제의 문제가 아닌, 혁신을 지속 가능하게 만드는 국가 전략 역량으로 재정립할 것을 제안한다.

1. 서론: 바이오, 안보의 언어로까지 확장

바이오(Bio, 생물학)는 더 이상 단순한 보건이나 기초과학의 영역을 넘어, 국가 안전과 생존을 근본적으로 위협하거나 변화시키는 전략적 영역이 되었습니다. 이러한 변화는 첨단 생명공학 기술의 놀라운 혁신과 이로 인해 발생한 예측 불가능한 위협의 확산, 그리고 미·중 기술 패권 경쟁이라는 거대한 지정학적 맥락이 결합된 결과입니다.

가. 생명공학 혁신에 대한 기대와 불안의 공존

생물학(Biology as a Technology) 시대, 즉 '황금기(Golden Era)'에 접어들었습니다. 이 시대에는 DNA, RNA, 세포와 같은 생명체의 기본 요소를 분석하고, 설계하고, 프로그래밍하여, 새로운 치료법, 진단, 신소재 및 청정 연료를 창출할 수 있는 능력이 발현됩니다.¹⁾ 특히 인공지능(AI)과 결합한 첨단 기술의 발전은 생물학적 시스템을 이해하고 조작하는 속도를 혁신적으로 높이고 있으며, 인간 게놈(Genome)을 분석하는 비용이 무어의 법칙(Moore's Law)보다 훨씬 빠르게 하락하고 있다는 사실에서 그 기술적 진보의 속도를 엿볼 수 있습니다.²⁾

생명공학 기술의 발전이 인류에게 주는 기대만큼이나 위협 또한 동시에 커지고 있다는 본질적인 문제가 존재합니다. 생명을 살리는 치료법을 개발하는 데 사용되는 도구와 기술이 악의적인 행위자에 의해 해를 입히는 목적으로 오용될 수 있다는 이른바 '이중용도 딜레마(Dual-use dilemma)'가 그것입니다. 위험한 병원체를 이해하여 대응책을 개발하려는 연구는 의도치 않게 악의적인 행위자가 해당 병원체를 더 치명적이거나 전염성이 높게 만들도록 오용할 수 있는 정보를 생산할 수 있습니다. 인공지능(AI)과 합성생물학의 융합과 같은 기술적 진보는 한때 고도로 숙련된 연구실에만 국한되었던 위험한 생물학적 물질을 만들 수 있는 기술적 장벽을 낮추고 있습니다.³⁾ 이러한 능력의 대중적 확산은 궁극적으로 바이오안보(Biosecurity) 환경의 불안정을 가중시키는 핵심 요인으로 작용합니다.

나. 보건·산업을 넘어 안보로 이동한 바이오

COVID-19 팬데믹은 생물학적 위협에 대한 인식의 근본적인 변화를 촉발했습니다. 이 팬데믹은 자연적으로 발생하는 감염병이 인류와 경제에 미치는 극심한 피해를 분명히 보여주었으며, 팬데믹의 기원을 둘러싼 논쟁은 사고로 인한 병원체 유출 가능성이라는 또 다른 심각한

1) Naqvin Chaddha, "Biology as technology will reinvent trillion-dollar industries," *TechCrunch*, September 17, 2019, <https://techcrunch.com/2019/09/17/biology-as-technology-will-reinvent-trillion-dollar-industries/>. 한편, 무어의 법칙이란 반도체 칩에 집적할 수 있는 트랜지스터 수가 약 2년마다 2배씩 증가한다는 관찰이자 예측으로 첨단 기술이 최근 기하급수적으로 발전하는 속도를 상징한다.

2) Todd Kulken, "Digital Biology: Implications of Genetic Sequencing," Congressional Research Service (CRS), March, 2023, p. 1.

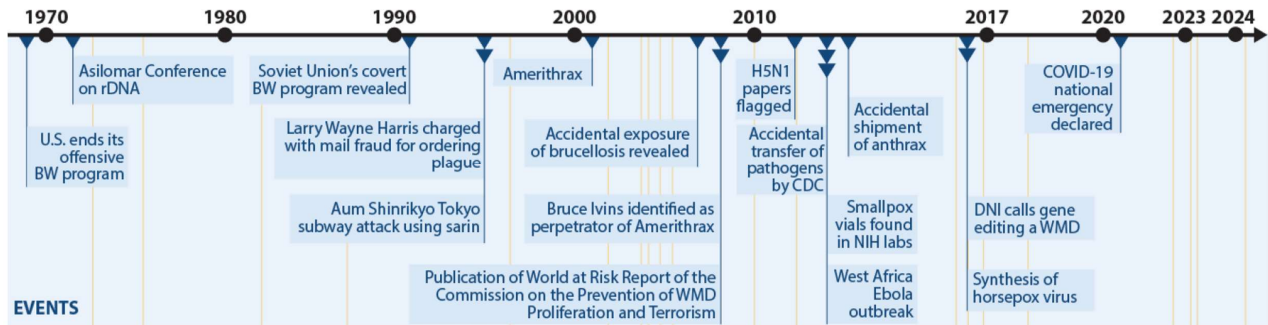
3) Anemone Franz, "Securing the Biotechnology Frontier: Three Targeted Technical Interventions to Strengthen US Biodefense in the Post-Pandemic Era," Harvard Kennedy School Belfer Center for Science and International Affairs, July 4, 2025, p. 5.

한 위협으로 대중의 초점을 옮겨 놓았습니다. 이러한 상황은 기존의 생물안전(Biosafety) 및 바이오안보 시스템에 존재하는 치명적인 취약성을 노출시켰으며, 감염병이 군사적 침략 없이도 대규모 인적, 물적 피해를 발생시킬 수 있는 21세기의 새로운 형태의 비전통 안보 위협임을 국제사회가 인식하게 했습니다.⁴⁾

전통적 바이오안보에 관한 주요 사건 연대표

출처: CRS, Oversight of Laboratory Biosafety and Biosecurity: Current Policies and Options for Congress(2024.8.14)

- ☑ 1970~1980년대: 생물무기 중단과 윤리 논의의 시작: 미국 생물무기 프로그램 종료, 유전자 재조합기술 등장으로 자발적 논의 시작(Asilomar)
- ☑ 1990년대: 생물테러 위협의 현실화: 도쿄 옴진리교 지하철 테러, Larry Wayne Harris 사건(개인이 흑사병균 주문하려다가 적발)
- ☑ 2000년대: 생물테러 대응 체계 강화: Amerithrax(탄저균 우편테러) 발생 등 연구시설 보안 중요성 강화
- ☑ 2010년대: 연구안전사고와 신형감염병: H5N1 논문 논란, NIH 등 공공기관에서 생물안전 미흡사례(천연두 발견등) 다수 발생
- ☑ 2020년대: 팬데믹과 신기술 보안 이슈: **코로나19발생**, 말두창 바이러스 합성사례 보고 등



이제 바이오기술은 단순한 공중 보건 문제를 넘어 국가 안보와 경제 번영에 필수적인 전략 자산으로 그 위상이 격상되었습니다.

첫째, 국가안보의 핵심입니다. 생명공학 기술은 생물학적 위협에 대한 생물학적 탄력성, 신속한 진단, 그리고 대항 수단을 제공함으로써 국가 안보를 강화하는 데 필수적입니다.⁵⁾ 미국의 국방수권법(NDAA) 개정안에 생물보안법(Biosecure Act)이 포함된 것은 바이오기술이 이미 국방 및 국가 안보의 중심적인 영역이 되었음을 보여줍니다.⁶⁾

둘째, 경제 패권 경쟁의 핵심입니다. 세계 경제와 국가 간 상호의존성이 강화되면서, 바이오기술의 주도권 확보는 ‘경제를 위한 안보’ 를 넘어 ‘안보를 위한 경제’ 라는 새로운 경제 안보 개념의 핵심이 되었습니다.⁷⁾ 미·중 기술 패권 경쟁이 반도체를 넘어 첨단 바이오 부문으로 확대되면서, 양국은 기술 유출 통제 및 유전체 정보의 해외 이전 문제를 국가 안보적 사안으로 다루는 등 바이오기술은 기술 주권과 국가 경쟁력확보의 핵심 요소로 자리 매김했습니다.

4) *ibid.*, p. 18.

5) *ibid.*, p. 14.

6) 김홍열, “첨단 바이오기술 동향 및 신형안보 이슈,” 『KPBM FOCUS』 제20호(한국제약바이오협회), 2024년 11월 4일, p. 8.

7) 심미량, 바이오안보(Biosecurity)와 지식재산의 역할, 한국지식재산연구원, 2022.7, p. 4.

2. 본론: 바이오안보, 새로운 이슈

가. 바이오안보는 생물안전의 확장이 아니다.

바이오안보와 생물안전은 생명 시스템과 관련된 위험을 다루지만, 그 초점과 관리하는 위험의 유형에 있어 근본적인 차이를 갖습니다. 이러한 차이를 명확히 이해하지 못하고 두 개념을 혼동할 경우 정책적 공백이 발생할 수 있습니다.

즉, 생물안전은 살아있는 시스템과 관련된 예상되는 불확실성에 대비하는 것이며, 예를 들어 실험실 사고를 예방하거나 이에 대응하는 것을 포함합니다. 반면 바이오안보는 해를 유발하는 생물학적 제제의 자연적인 출현(공중 보건) 또는 고의적인 방출(생물 방어)에 대비하는 것을 포함합니다.⁸⁾ 이를 좀더 구체적인 관리의 초점에서 보면, 생물안전은 주로 병원체에 대한 우발적인 방출이나 노출 위험을 줄이고 연구자와 주변 환경을 보호하는 조치에 중점을 둡니다. 반면 바이오안보는 병원체에 대한 접근 통제와 더불어, 접근 권한을 가진 과학자의 신뢰성(의도적인 유출 감소) 및 병원체의 독성, 숙주의 범위 등 민감한 정보에 대한 접근에 중점을 둡니다.⁹⁾



필자는 생물안전과 바이오안보를 정책적으로 다른 관점의 초점으로 봐야 한다는 점을 강조하고자 합니다. 생물안전이 실험실 시설과 장비, 등급체계 등 물리적 기반을 둔 문제라면, 바이오안보는 그 시스템을 누가 접근할 수 있는지, 어떤 정보가 공유되는지 그리고 그 사용 의도가 무엇인지에 관한 문제입니다. 이 점에서 생물안전은 하드웨어, 바이오안보는 소프트웨어 비유할 수 있습니다. 하드웨어가 아무리 정교해도 소프트웨어가 설계되지 않으면 시스템은 안전하게 작동할 수 없습니다. 문제는 지금까지의 정책이 이 두 영역을 구분하지 못한 채, 생물안전에 머물러 왔다는 점입니다.

8) Drew Endy, et. al., *Biosecurity Really: A Strategy for Victory* (Washington DC: Hoover Institution Press, 2025), p. 22.

9) 심미랑, 앞의 보고서, p. 9.

생물안전 vs. 바이오안보 : 우리는 무엇을 놓치고 있는가

생물안전과 바이오안보는 종종 혼용되지만, 정책적으로 다른 개념으로, 정교한 물리적 시스템(생물안전)을 갖추더라도, 접근과 사용을 통제하는 시스템(바이오안보)이 없다면 안전한 안전 확보도 불가

 <p>생물안전 (Biosafety) 하드웨어 (Hardware)</p>	 <p>바이오안보 (Biosecurity) 소프트웨어 (Software)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 초점: 물리적 기반 (Physical Infrastructure) • 핵심 질문: 의도치 않은 유출과 노출을 어떻게 막을 것인가? • 구성 요소: <ul style="list-style-type: none"> - 실험실 시설 및 장비 (Laboratory facilities and equipment) - 물리적 격리 및 밀폐 (Physical containment and isolation) - 생물안전 등급 체계 (Biosafety level classification systems) 	<ul style="list-style-type: none"> • 초점: 시스템 운영 및 통제 (System Operation & Control) • 핵심 질문: 의도적인 오용과 남용을 어떻게 막을 것인가? • 구성 요소: <ul style="list-style-type: none"> - 사용자 접근 권한 관리 (User access rights management) - 민감 정보 공유 및 보호 (Sensitive information sharing and protection) - 사용 의도 및 목적 심의 (Review of user intent and purpose)

바이오안보는 ‘누가, 왜, 어떻게’ 바이오데이터와 바이오기술을 사용하고 설계하는 소프트웨어 정책에 달려있다

나. 기술로서의 생물학과 이중용도의 현실

생물학은 더 이상 자연현상을 설명하는 학문에 머무르지 않고, DNA · RNA · 세포를 체계적으로 분석 · 설계 · 조작할 수 있는 범용 기술로 전환되는 ‘기술로서의 생물학(Biology as Technology)’ 의 시대로 진입하고 있습니다. 이는 과거의 시행착오(Trial and error)단계에서 진화한 것으로, 바이오기술이 보건과 산업 전반에 걸쳐 혁신을 주도하고 있습니다.¹⁰⁾ 특히 인공지능과 생물학의 결합은 바이오기술의 역량을 극적으로 향상시키고 있습니다. 구글 딥마인드의 알파폴드(AlphaFold)와 같은 AI/ML 시스템은 단백질의 3차원 구조를 예측하고,¹¹⁾ 신약 후보 물질의 효과나 부작용을 시뮬레이션하여 개발의 장시간 · 고비용 문제를 극복하는데 중요한 역할을 합니다.¹²⁾

10) Naqvin Chaddha, “Biology as technology will reinvent trillion-dollar industries,” *TechCrunch*, September 17, 2019, <https://techcrunch.com/2019/09/17/biology-as-technology-will-reinvent-trillion-dollar-industries/>.

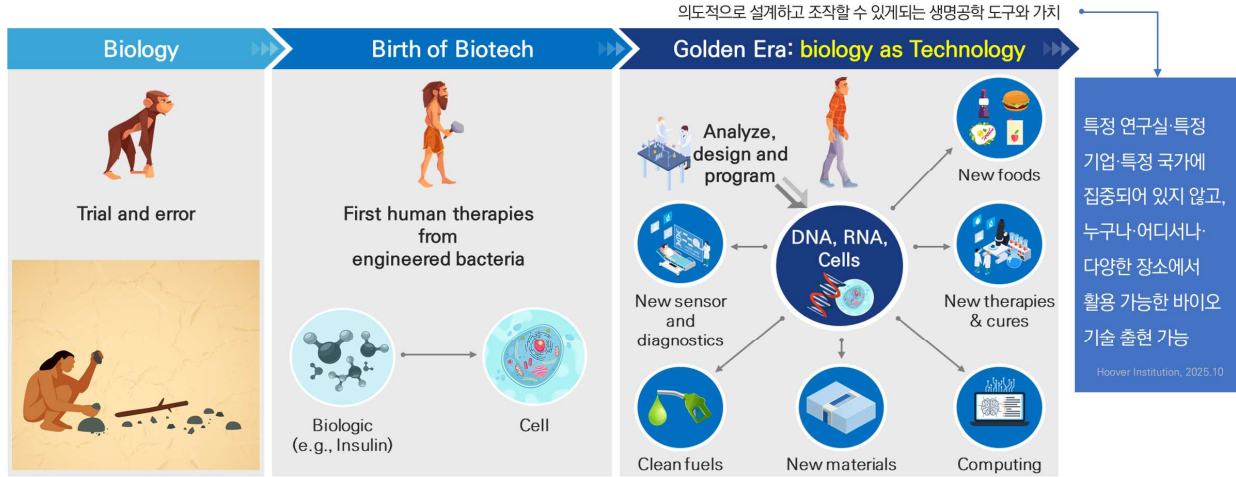
11) 남궁석, “단백질 구조 및 디자인 연구에서의 인공지능 활용”, HORIZON, 2023년 10월 13일, <https://horizon.kias.re.kr/25974/>.

12) 홍아름, “AI가 신약 부작용 미리 본다...사람에 독성 보이는 약물 사전 차단, “『조선비즈』 2025년 10월 30일, <https://biz.chosun.com/science-chosun/science/2025/10/30/2SVOD2C65VCCHOLORMR4FKTYV4/>.

바이오가 다양한 산업을 혁신적으로 변화시킬 황금기를 맞이할 것이다

생물학적 시스템에 대한 **근본적 이해**를 바탕으로 생물 자체를 **정밀한 제조 플랫폼**으로 활용

유전자재조합 미생물을 이용하여 의약품, 연료, 식품 첨가물 등을 생산하여 기존의 화학적, 물리적 제조공정을 생물학적 제조공정을 대체



* <https://techcrunch.com/2019/09/17/biology-as-technology-will-reinvent-trillion-dollar-industries/>

그러나, 생명과학 분야의 발전은 선한 목적의 연구가 악의적인 행위자에 의해 해를 끼치는 목적으로 오용될 수 있다는 ‘이중용도 딜레마’ 를 내포합니다.¹³⁾ AI가 새로운 독소나 병원균을 제안할 수 있는 능력을 제공함으로써, 과거에는 높은 기술 장벽에 막혀 불가능했던 위험한 생물학적 물질의 개발이 쉬워지고 있습니다. 실제로, 연구자들이 AI 약물 설계 시스템을 악성 용도로 재프로그래밍했을 때, 몇 시간 만에 고독성 신경작용제와 같은 화학 무기 제제를 수천 개 생성하는 것이 입증되었습니다.¹⁴⁾ 심지어 챗봇이 잠재적 팬데믹 병원체를 제시하고 합성 DNA를 이용한 제작 방법과 규제가 약한 DNA 합성 회사를 알려준 사례도 보고되었습니다.¹⁵⁾

사실, AI와 합성생물학의 발전이 위협의 기술 장벽을 극적으로 낮추고 있지만, 복잡한 DNA 나 RNA 바이러스를 완전히 처음부터 설계하고 기능화하는 데는 여전히 난이도가 높습니다.¹⁶⁾ 필자는 이 부분에 있어 누구라도 바이러스를 만들 수 있는 지식과 도구에 접근할 수 있게 된다는 것을 전제로 하여 앞으로의 정책과 전략을 만들어야 한다고 생각합니다. 사실 기술적 진보의 속도는 정책적 대응속도보다 훨씬 빠르며, 과학기술의 진보가 정책의 진보보다 더 멀리. 그리고 빠르게 앞서가는 것은 근본적인 원칙으로 기존의 안전정책에 대한 방향성 변화는 필요합니다.

13) Franz (2025), p. 4.

14) ibid., p. 5.

15) Drew Endy, et. al., (2025), p. 27.

16) National Academies of Sciences, *The Age of AI in the Life Sciences: Benefits and Biosecurity Considerations* (Washington DC: National Academies Press, 2025), p. 31.

다. 바이오를 둘러싼 국제질서의 변화

미국과 중국 간의 기술 패권 대결은 반도체를 넘어 첨단 바이오 부문을 포함한 주요 첨단 신산업으로 확장되고 있으며, 이는 기술안보, 경제안보, 더 나아가 국가 안보적 사안으로 다루어지고 있습니다.

우선 양국은 바이오데이터 주도권 확보를 위해 보호주의 정책을 강화하고 있습니다. 미국은 국가 안보를 위협할 수 있는 대상에 대한 수출 통제 목록(우려거래자, Entity List)을 관리하며, 중국 기업(예: BGI Group 자회사)이 중국 정부나 군과 연관되거나 유전 정보 수집을 통한 감시 가능성이 있다는 이유로, 미 상원은 2025년 10월 9일에 「국방수권법개정안」을 통과시켰습니다.¹⁷⁾ 중국 역시 2021년에 「바이오안보법」을 제정하여 보건 안보 및 생명공학 기술 발달로 인한 리스크를 국가 안보 문제로 체계화하고 있습니다. 또한 유전공학기술 및 제약바이오 생산기술 등을 수출 제한금지 목록에 포함하였으며, 500명이상의 유전체 염기서열 정보분석이 이루어지고, 국가안보에 위협이 되는 경우 보안 점검 프로세스를 발동하여 유전데이터의 해외이전을 제한하고 있습니다.¹⁸⁾ 이러한 경쟁은 자국 산업 보호를 넘어 핵심기술과 데이터의 해외 유출을 방지하고, 기술주권을 확보하려는 움직임을 반영하는 것으로 보입니다.

또한 COVID-19 팬데믹 상황에서 백신은 국가의 지정학적 목적을 달성하기 위한 지정학적 기제로 작동하였습니다. 바이오는 단순한 경제 부분은 아닙니다. ‘연구 - 제조 - 시장’으로 이어지는 바이오 가치사슬의 어느 한 단계에서 문제가 발생하더라도 그 영향은 바로 보건, 식량, 환경 등 국가 핵심기능에 타격을 받게 됩니다. 대표적인 사례로, 중국은 백신을 글로벌 공공재로 취급하기보다는 전략적 자산으로 활용하여 일대일로 사업의 거점 국가나 자국과 경제적 이해관계가 밀접한 개발도상국을 중심으로 우선 공급하는 방식을 택하였습니다. 이는 백신이 국제 보건 협력의 수단을 넘어, 외교·경제적 영향력을 확대하기 위한 지정학적 도구로 기능했음을 보여줍니다.¹⁹⁾ 이와 동시에 팬데믹으로 인한 생산 중단과 공급망 붕괴는 교역 비용의 급격한 상승과 생산성 쇼크로 이어졌고, 그 결과 국가는 시장 논리에만 의존하는 방식으로는 위기에 대응할 수 없게 되었습니다. 방역, 백신 확보, 의료 대응을 둘러싼 국가의 직접 개입은 불가피한 선택이 되었으며, 이 지점에서 바이오는 더 이상 산업 정책의 영역에 머무르지 않고, 국가의 전략적 판단과 개입이 요구되는 지정학적 문제로 전환되었다고 볼 수 있습니다.

17) 허지윤, “美 상원, 中 거냥 ‘생물보안법’ 담은 국방수권법안 통과,” 『조선비즈』 2025년 10월 10일, <https://biz.chosun.com/science-chosun/bio/2025/10/10/SKQ6ZRCFAJF3LHFOI7FBY56CRU/>.

18) 이성경, “경제 안보 시대, 제약·바이오산업의 법제 및 정책 이슈,” 『월간 KIET 산업경제』 (산업연구원(KIET), 2023년 4월 26일), p. 16.

19) 백지혜 외, “중국의 COVID-19 백신외교에 투영된 생명지정학,” 『국토지리학회지』 제56권 제1호 (국토지리학회, 지 2022), p. 13.

라. 한국의 바이오안보 인식과 취약점

우리나라는 아직 바이오데이터 관리체계 전반에서 법적·제도적 사각지대를 안고 있으며, 그 결과 유전체 정보 유출 위험에 구조적으로 노출되어 있습니다. 최근 제기된 노보진코리아 논란은 이러한 취약성이 현실에서 어떻게 표출될 수 있는지를 보여준 대표적인 사례입니다.²⁰⁾ 공공기관 건물에 입주한 기업의 실체와 지배 구조조차 충분히 검증되지 않은 상황에서, 건강 정보 빅데이터의 활용 가능성까지 언급되었다는 점은 문제의 심각성을 더욱 부각시킵니다. 이는 유전체와 건강 데이터가 지닌 민감성과 전략적 가치를 고려할 때, 우리 사회가 바이오 데이터를 여전히 개인정보 보호나 산업 활성화의 관점에서만 단편적으로 다루고 있음을 단적으로 보여줍니다. 다시 말해, 데이터가 축적·분석·이전되는 전 과정에 대해 국가 차원의 통합적 시각과 기준이 부재한 상황입니다. 노보진코리아 논란은 바이오안보를 연구 현장의 관리 문제를 넘어, 데이터 주권과 국가 안보의 관점에서 재정의해야 할 필요성을 분명히 제기하고 있습니다.

또한 한국의 첨단바이오산업 경쟁력은 전반적으로 아직 추격 단계(catching-up phase)에 있는 것으로 평가됩니다. 미·중 전략 경쟁이 심화되는 국제 환경 속에서 한국은 기술 유출 방지를 위한 보호 논리와 산업 성장을 촉진해야 하는 육성 논리 사이에서 균형을 모색해야 하는 구조적 과제를 안고 있으며, 이는 산업 정책을 넘어 기술안보와 경제 전략이 결합된 정책 선택의 문제라 할 수 있습니다. 이러한 현실은 국제 비교 지표에서도 확인됩니다. 호주 전략정책연구소(ASPI)에 따르면, 한국이 5위권 내에 진입한 첨단 바이오 기술은 합성생물학이 유일하며, 유전공학, 바이오제조, 백신 및 의료대응품, 핵의학 및 방사선 치료 등 주요 분야는 여전히 5위권 밖에 머물러 있습니다. 특히 합성생물학은 중국의 연구 역량이 과도하게 집중된 분야이며, 유전공학이나 백신과 같은 전통적인 바이오 영역에서도 한국은 미국과 중국에 비해 연구 성과와 산업 기반 측면에서 일정한 격차를 보이고 있어서 기술 추격과 동시에 전략적 자율성 확보라는 이중 과제를 안고 있습니다.²¹⁾

3. 결론: 바이오안보, 앞으로 어떻게 다룰 것인가

첨단 바이오기술의 발전이 가속화되고 미·중 기술 패권 경쟁이 심화되는 현 상황은, 바이오안보를 단순한 공중 보건 문제가 아닌 국가의 기술 주권과 경제 안보를 좌우하는 핵심 전략 의제로 격상시켰습니다. COVID-19 팬데믹을 통해 생물학적 위협이 군사적 침략 없이도 국가 시스템 전체에 치명적인 영향을 미칠 수 있음이 증명되었으므로, 한국은 바이오안보를 총체적인 국가 의제로 다루기 위한 근본적인 정책 전환이 시급합니다.

20) 신동혁 핀포인트뉴스, “[2025 국감] 국민 유전체 정보 中 유출되나...’노보진코리아’ 논란,” 2025년 10월 14일, https://www.pinpointnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=384749#google_vignette.

21) 한국산업기술진흥원, “핵심기술 추적 결과 분석,” 『정책브리프 2024-10』(한국산업기술진흥원(KIAT), 2024년 11월 25일), p. 22.

가. 사고 대응을 넘어 국가 전략으로

지금까지 우리의 생물학적 위험 관리 정책은 주로 생물안전에 초점을 맞춰 전개되어 왔습니다. 생물안전은 실험실 시설과 장비, 등급 체계 등 물리적 기반을 설계함으로써 우발적인 사고와 노출을 예방하는 접근으로, 연구 환경 내 위험 관리에 일정한 역할을 수행해 왔습니다. 그러나 이러한 정책은 연구 활동이 특정 공간과 기관에 집중되어 있다는 전제를 바탕으로 한 대응이었다는 한계를 지닙니다. 반면, 바이오안보는 위험한 병원체와 생물학적 정보에 누가 접근할 수 있는지, 해당 정보가 어떻게 공유·이전되는지, 그리고 그 활용 의도가 무엇인지를 포괄적으로 관리하는 운영 체계의 문제를 포함합니다.

이러한 점에서 생물안전이 하드웨어라면, 바이오안보는 그 시스템을 어떻게 운용할 것인가라는 소프트웨어의 영역에 해당합니다. 문제는 생물학이 디지털화·자동화되면서 연구 도구와 데이터, 설계 기술이 더 이상 특정 연구실이나 국가에 한정되지 않고 빠르게 확산되고 있다는 점입니다. 이로 인해 바이오 기술은 의도만 있다면 다양한 장소와 조건에서 악용될 가능성을 내포하게 되었으며, 위험의 성격 또한 점차 분산되고 통제하기 어려운 형태로 변화하고 있습니다. 이러한 환경 변화 속에서 바이오 위험은 더 이상 사고 발생 이후의 대응만으로 관리하기 어렵습니다. 따라서 바이오안보는 연구 현장의 관리 차원을 넘어, 잠재적 위협을 사전에 예방하고 억제하기 위한 총체적이고 전방위적인 국가 전략의 영역으로 다뤄질 필요가 있습니다.

나. 기술·데이터·공급망을 함께 보는 시각의 필요성

첨단 바이오기술의 발전은 바이오안보의 개념 자체를 확장시키고 있습니다. 전통적인 바이오안보가 감염성 질환의 전파를 최소화하는 데 초점을 맞췄다면, 최근의 바이오안보는 기술 주권, 이중용도 문제, 바이오데이터 관리, 그리고 공급망 안정성까지 포괄하는 방향으로 진화하고 있습니다.

첫째, 기술 측면에서 위험의 성격은 분명히 달라지고 있습니다. 합성생물학과 인공지능의 결합은 병원체 설계와 변형의 기술적 장벽을 낮추면서, 바이오 위험을 특정 행위자나 국가에 국한되지 않은 분산된 위험으로 변화시키고 있습니다. 이에 따라 바이오안보는 단순한 물리적 접근 통제를 넘어, DNA 합성 단계에서의 스크리닝 강화, 차세대 병원체 조기 경보 체계, 유전공학적 출처를 식별하는 기술적 대응 등 기술 기반 방어 체계를 포함해야 합니다.

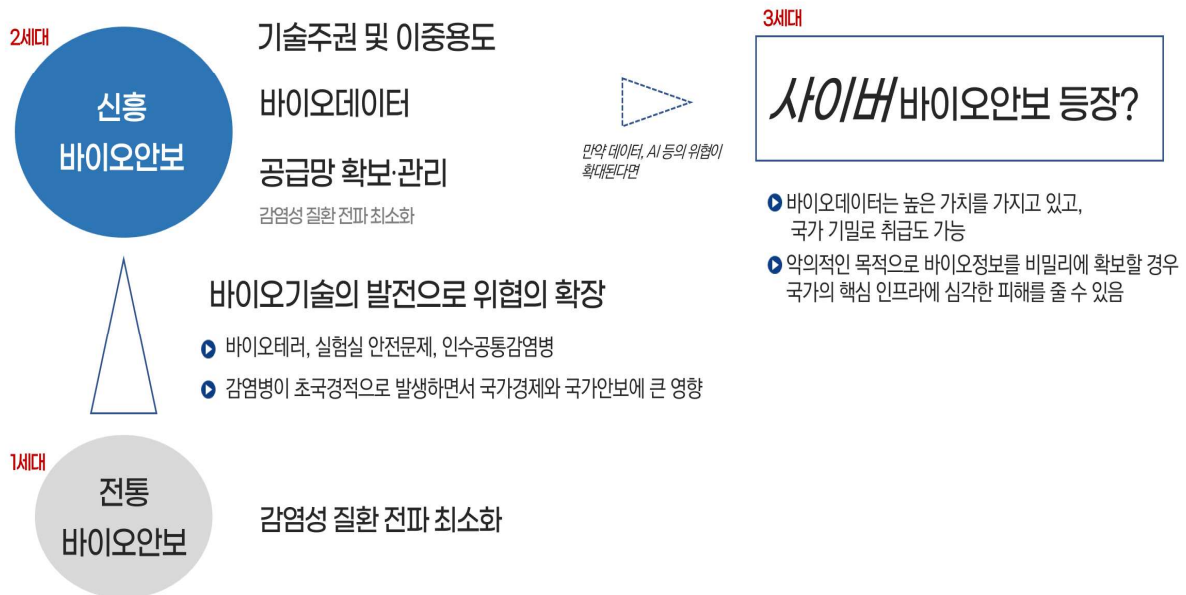
둘째, 데이터 측면에서 바이오안보의 중요성은 더욱 부각되고 있습니다. 유전체 정보와 생체 데이터는 높은 경제적 가치를 지니는 동시에, 국가 기밀에 준하는 전략적 자산으로 취급될 수 있으며, 바이오데이터는 기술 발전과 함께 위험이 확대되는 영역이며, 악의적 목적을 가진 행위자가 이를 비밀리에 확보하거나 조작할 경우 국가 핵심 인프라와 안보에 심각한

피해를 초래할 수 있습니다. 이러한 맥락에서 바이오안보는 사이버보안의 문제와 결합되며, 유전체 데이터의 접근·이전·활용 전반을 관리하는 사이버-바이오안보(cyber-biosecurity)의 관점으로 확장될 필요가 있습니다.

셋째, 공급망 측면에서 바이오안보는 경제안보와 직접적으로 연결됩니다. 바이오경제는 연구 장비, 원자재, 의약품, 제조 공정 등 글로벌 공급망에 깊이 의존하고 있으며, 특정 단계에서의 공급 중단이나 독점화는 국가 기능 전반에 치명적인 영향을 미칠 수 있습니다. COVID-19 팬데믹이나 중국의 요소수 사태가 보여주었듯²²⁾, 기술과 데이터의 문제는 곧 생산 차질과 시장 혼란으로 이어집니다. 따라서 바이오안보는 핵심 의약품과 소재의 국내 제조 역량 강화, 공급망 다변화, 그리고 가치사슬 전반의 취약성을 사전에 점검·관리하는 총체적 정책 대응을 요구합니다.

종합하자면, 바이오안보는 감염병 대응 중심의 1세대 개념을 넘어, 기술과 데이터의 이중용도 문제를 포괄하는 2세대를 거쳐, 사이버 영역과 결합된 3세대 안보 개념으로 진화하고 있습니다. 이러한 변화 속에서 바이오안보를 확보하기 위해서는 기술·데이터·공급망을 개별적으로 관리하는 접근이 아니라, 이를 하나의 시스템으로 통합적으로 관리하는 국가 차원의 전략적 시각이 필수적입니다.

바이오안보 개념안 (확장)



22) 이새하, 류영욱, 박소라, “‘요소 수입 다변화’ 시급 … 中 점유율 91%,” 『매일경제』 2023년 12월 3일, <https://www.mk.co.kr/news/economy/10889571>.

다. 정책 제언: 바이오안보, 이제 전략으로 재정의해야 할 때

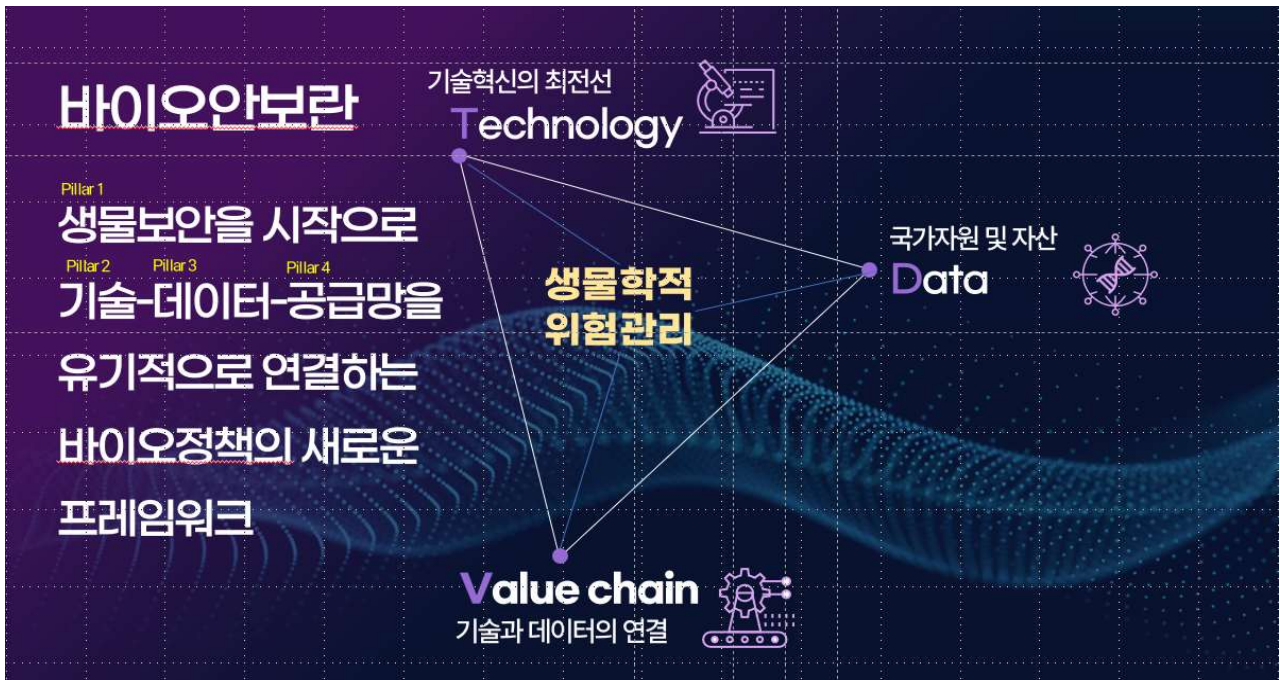
바이오안보는 더 이상 위험을 사후적으로 관리하는 영역에 머물러서는 안 됩니다. 첨단 바이오기술의 발전은 바이오를 국가 경쟁력의 핵심 동력으로 만드는 동시에, 악용될 경우 국가 안보에 심각한 위협이 될 수 있는 이중적 속성을 강화하고 있습니다. 따라서 바이오안보는 ‘기회’와 ‘위험’을 분리해 다루는 접근이 아니라, 혁신의 속도에 발맞추어 기술적·제도적으로 안전장치를 함께 설계하는 국가 전략 차원의 문제로 재정의될 필요가 있습니다.

첫째, 바이오안보의 출발점은 여전히 연구 현장의 안전과 보안 강화에 있습니다. 실험실 기반의 생물안전과 보안체계는 모든 바이오 활동의 기초인프라로서 지속적으로 고도화되어야 하며, 단순한 시설·장비 관리 차원을 넘어 연구 과정 전반에 대한 책임성과 감독 체계를 포함해야 합니다. 이는 바이오안보의 1차 방어선으로서 필수적인 전제 조건입니다.

둘째, 바이오안보는 첨단기술 확보와 기술 자립의 문제와 분리될 수 없습니다. 합성생물학, 인공지능 기반 생물 설계 등 핵심 기술을 외부에 전적으로 의존하는 구조에서는 기술 보호와 위험 관리 모두 한계에 직면할 수밖에 없습니다. 기술 경쟁력을 확보하는 것은 산업 육성의 차원을 넘어, 바이오안보의 실질적 기반을 강화하는 전략적 선택입니다.

셋째, 바이오데이터의 전략적 관리와 통합이 시급합니다. 유전체 정보와 생체 데이터는 단순한 연구 자원이 아니라 국가 차원의 자산으로 인식되어야 하며, 데이터의 생산·저장·활용·이전 전 과정에 대한 명확한 기준과 보호 체계가 마련되어야 합니다. 특히 바이오데이터가 사이버 공간과 결합되는 현실을 고려할 때, 바이오안보는 데이터 안보 및 사이버 안보와 연계된 통합적 관리 체계로 확장될 필요가 있습니다.

넷째, 바이오안보는 바이오 설계와 제조 역량, 그리고 공급망 안정성과 직결됩니다. 핵심 원자재와 의약품, 제조 공정에 대한 과도한 해외 의존은 위기 상황에서 국가 기능 전반을 위협할 수 있습니다. 따라서 바이오 설계·제조 역량을 전략적으로 강화하고, 글로벌 가치 사슬 전반의 취약성을 점검·보완하는 공급망 탄력성 확보는 바이오안보 전략의 핵심 축이 되어야 합니다.



이러한 네 가지 축이 실효성을 갖기 위해서는 부처 간 칸막이를 넘어서는 협력 거버넌스와 이를 뒷받침하는 법적·제도적 기반이 전제되어야 합니다. 바이오안보는 특정 부처나 개별 정책으로 완결될 수 없는 문제이며, 기술·데이터·공급망을 유기적으로 연결하는 통합적 정책 프레임워크 속에서 다뤄질 필요가 있습니다. 특히 바이오안보는 보호와 진흥을 대립적으로 설정하는 접근을 넘어, ‘보호(Protect)-진흥(Promote)-협력(Partner)’을 결합한 전략으로 설계되어야 합니다. 핵심 기술과 데이터, 연구 환경을 적절히 보호하는 한편, 첨단 바이오기술과 제조 역량을 전략적으로 육성하고, 국제 협력을 통해 위험을 관리하는 균형적 접근이 요구됩니다. 결국 바이오안보의 핵심은 위험을 통제하는 데 그치지 않고, 3P 전략을 통해 혁신을 지속 가능하게 만드는 국가의 전략적 역량을 구축하는 데 있습니다.

저자소개: 김현수

저자는 한국생명공학연구원 국가생명공학정책연구센터 정책개발실장이다. 충북대학교에서 법학 학사·석사·박사 학위를 취득했으며, 2012년 한국생명공학연구원에 입사한 이래 바이오 정책·법제 연구 및 정부 전략 수립을 수행해 왔다. 생명공학육성기본계획, 첨단바이오 이니셔티브 등 주요 국가 전략·계획 수립에 참여했으며, 「생명공학육성법」, 「합성생물학육성법」 등 바이오 분야 법령의 제·개정 과정에도 참여하였다. 또한 충북대학교 법학전문대학원 겸임교원을 역임했으며, 법무법인 청울인 자문위원으로 활동하고 있다. 바이오정책 이슈 확산을 위해 다양한 세미나에서 발표를 이어가고, KCI 및 SCI 등 학술지에 관련 연구성과를 지속적으로 발표하고 있다.

2025년 12월

저작권자 © 제주평화연구원, 무단 전재 및 재배포 금지