eISSN 3140-409X

ISSUE BRIEF

이슈브리프 907호
(2026.10. 8)

기술보다 먼저 형성되는 규범과 한국의 대응과제: 거울생명체 거버넌스 논의를 중심으로

제907호

김현중 nicolas0121@inss.re.kr



국가안보전략연구원
Institute for National Security Strategy

INSS
www.inss.re.kr

국문초록

거울생명체를 둘러싼 국제 논의는 기술이 구현되기 전에 연구의 허용 범위와 관리 원칙이 형성되고 있다는 점에서 주목할 필요가 있다. 2026년 9월 싱가포르 거울생명체 국제회의에서도 과학적 위험평가와 잠재적 기술 경로, 선제적 거버넌스 대안이 주요 의제로 다뤄졌다. 일부 거울상 분자는 이미 합성·활용되고 있지만, 이를 자기복제 생명체로 통합하는 데에는 상당한 기술적 과제가 남아 있다. 문제는 이러한 기술적 불확실성이 규범 형성의 유예로 이어지지 않는다는 데 있다. 연구비 지원과 기관 심사, 국제공동연구의 참여 조건을 통해 기술의 개발 방향에 영향을 미치는 기준이 먼저 정착할 수 있기 때문이다. 거울생명체 논의에 등장하는 핵 비유 역시 위험한 능력이 확립되기 이전에 개입해야 한다는 예방 논리를 부각한다. 이 과정에서 연구 역량과 재원, 정책 네트워크를 확보한 소수 주체에 규범 결정권이 집중될 가능성도 검토할 필요가 있다. 한국은 유익한 거울상 분자 연구와 자기복제 생명체 구현으로 이어질 수 있는 연구를 구분하는 국내 검토체계를 마련하고, 위험평가와 연구지원·심사 기준의 국제적 설계에 참여해야 한다. 선도적 참여의 목표는 기술 개발의 가속화가 아니라, 위험 예방과 유익한 연구의 지속을 함께 뒷받침하는 규범 형성에 기여하는 데 있다.

키워드: 거울생명체, 바이오안보, 선제적 거버넌스, 국제규범 형성, 연구 위험관리, 과학기술외교

2026년 9월 28~29일 싱가포르에서 열린 거울생명체 국제회의(Singapore Conference on Mirror Life)는 아직 구현되지 않은 생명공학 기술에 국제사회가 어디까지 개입할 것인가를 논의하는 자리였다. 아시아보건안보센터(ACHS), 싱가포르 합성생물학 컨소시엄(Sinergy), 합성생물학 임상·기술혁신 연구조직(SynCTI)이 공동 주최하고 거울생물학대화기금(MBDF)이 행사 운영을 지원한 이번 회의에서는 과학적 위험평가와 잠재적 기술 경로, 거버넌스 대안이 함께 다뤄졌다. 회의에서 제기된 쟁점은 향후 카네기국제평화재단이 소집한 거울생명체 정책작업반(Mirror Life Policy Working Group)의 정책권고 논의로 이어질 예정이다.

이번 회의의 핵심 쟁점은 기술이 완성된 이후 이용을 관리하는 방식으로 잠재적 위험에 대응할 수 있는가에 있다. 생명과학에서 선제적 위험관리가 새로운 발상은 아니다. 재조합 DNA 연구에서도 1975년 아실로마(Asilomar) 회의와 이후 연구지침을 통해 위험을 사전에 관리하려는 시도가 있었다.[1] 거울생명체 논의가 주목되는 이유는 이러한 개입의 범위가 연구 수행의 안전조건을 넘어, 자기복제 생명체의 생성 여부와 이를 가능하게 하는 기반기술의 허용 범위에까지 이르고 있기 때문이다. 기술이 구현되기 전에 무엇을 허용하고 제한할 것인지 정하려는 것이다.

이러한 논의는 과학적 안전성을 평가하는 동시에 미래 연구의 조건을 설정하는 과정이다. 어떤 기술적 진전을 위험으로 판단할 것인지, 연구를 허용하려면 어느 수준의 증거가 필요한지, 판단 권한과 책임을 누구에게 부여할 것인지에 따라 연구의 방향과

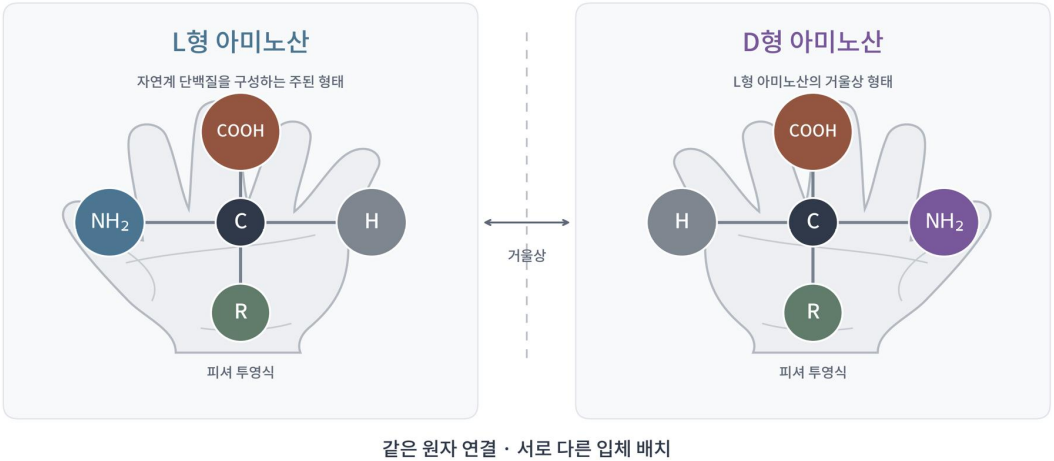
1) 1975년 2월 미국 아실로마에서 열린 회의에서는 재조합 DNA 연구의 잠재적 위험과 연구 재개 조건을 논의하고, 위험 수준에 맞는 물리적·생물학적 봉쇄조치 아래 연구를 수행한다는 원칙을 마련했다. 이는 이후 미국 국립보건원(NIH)의 연구지침으로 이어진 과학계의 선제적 위험관리 사례다. 다만 과학자 중심의 논의가 광범위한 사회적·윤리적 쟁점과 시민 참여를 충분히 반영하지 못했다는 비판도 제기된다. 조은희, 「유전자재조합 기술의 수용과정을 통해 본 과학자의 책임과 역할」, 『BioWave』, 제7권 제7호(생물학연구정보센터 BRIC, 2005), pp. 2 참조.

국제협력의 조건이 달라질 수 있다. 따라서 한국의 과제는 기술 동향을 파악하는 데 그치지 않는다. 기술적 불확실성을 평가할 역량을 갖추는 한편, 이를 관리할 기준이 형성되는 단계부터 참여할 필요가 있다.

거울상 분자에서 자기복제 생명체로: 기술적 진전과 미해결 과제

거울생물학의 출발점은 분자의 '손대칭성', 즉 키랄성(chirality)이다. 왼손과 오른손처럼 서로 거울상 관계에 있으면서도 회전하거나 위치를 바꾸어 완전히 겹칠 수 없는 성질을 뜻한다. Figure 1의 L형·D형 아미노산은 이러한 관계를 보여준다. 자연계 단백질을 구성하는 아미노산은 주로 L형이며, DNA와 RNA의 당은 D형이다. 거울생물학은 이와 반대되는 키랄성을 가진 분자와 시스템을 연구한다. 거울상 단백질은 D형 아미노산으로, 거울상 핵산은 L형 당을 포함하는 구성요소로 만들어진다.[2)]

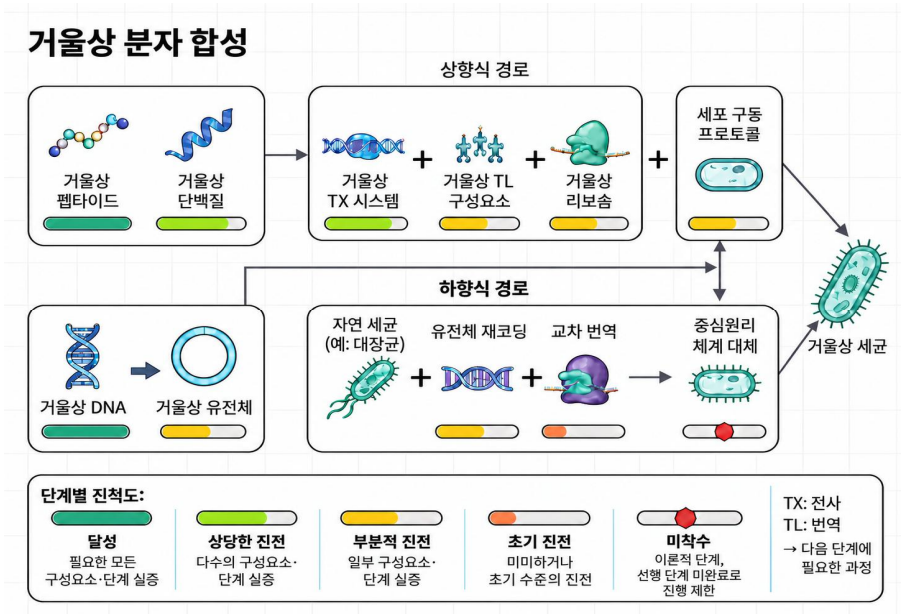
Figure 1. 아미노산의 키랄성: L형과 D형의 거울상 관계



2) 김현중, 「거울생명체(Mirror Life)의 부상과 바이오안보 거버넌스 과제: 국제 논의 동향과 한국에 대한 정책적 시사점」, 『INSS 이슈브리프』 제834호(국가안보전략연구원, 2026. 4. 20.)

중요한 것은 거울상 분자의 합성과 자기복제 거울생명체의 구현 사이에 상당한 기술적 간극이 존재한다는 점이다. 일부 거울상 DNA·RNA·단백질·효소는 이미 합성되고 있으며, 자연계 효소에 의한 분해에 상대적으로 강한 특성을 활용한 의약품과 진단·연구 도구 개발도 진행되고 있다. 그러나 개별 분자가 특정 기능을 수행하는 것과 하나의 생명체가 스스로 유지되고 증식하는 것은 서로 다른 단계다. 자기복제 거울생명체를 구현하려면 유전정보의 복제와 발현, 단백질 합성, 대사, 세포막 유지 등의 기능을 하나의 시스템으로 통합해야 한다. WHO의 2026년 설명자료도 자기복제 거울생명체가 아직 보고되지 않았다고 명시한다.[3] 유익한 분자 연구와 생명체 구현으로 이어질 수 있는 고위험 연구 경로를 구분해야 하는 이유도 여기에 있다.

Figure 2. 거울생명체의 잠재적 기술 경로와 단계별 과제[4]



3) World Health Organization, Questions and Answers on Mirror Biology and Mirror Life (5 Febr uary 2026), p. 2. available at https://cdn.who.int/media/docs/default-source/science-division/q-a-on-mirror-biology-and-mirror-life.pdf.

4) 주: 싱가포르 거울생명체 국제회의에서 제공된 기술 경로 발표자료를 바탕으로 한글로 재구성. 단계별 진척도는 원자료의 정성적 평가를 나타내며, 개발 완성률이나 성공확률을 의미하지 않는다. 개별 구성요소의 실증 역시 자기복제 생명체의 구현을 뜻하지 않는다.

Figure 2는 거울생명체의 구현으로 이어질 수 있다고 논의되는 잠재적 기술 경로를 보여준다. 개별 분자와 기능을 통합하는 상향식 접근과 기존 세포의 시스템을 재구성하는 하향식 접근 모두 다수의 미해결 과제를 안고 있다. 2024년 『Science』 논문도 복잡한 구성요소의 제작과 세포 시스템의 통합에 상당한 기술적 돌파구가 필요하다고 평가했다.[5] 따라서 이 그림은 확정된 개발 일정이 아니라, 현재의 기술적 진전과 남아 있는 과제, 규범적 개입 지점을 함께 검토하기 위한 개념도로 이해해야 한다.

위험평가의 핵심은 거울상 분자의 특성이 자기복제 능력과 결합할 때 발생할 수 있는 변화다. 자연계의 면역 인식과 효소 작용, 미생물 간 상호작용은 분자의 입체적 형태에 영향을 받는다. 거울상 세균이 이러한 방어와 제약의 일부를 회피한다면 인간과 동식물에 감염을 일으키거나 환경에 정착할 가능성이 제기된다. 다만 이를 모든 면역기전이나 항생제가 무력화된다는 의미로 받아들여서는 안 된다. WHO도 일부 기존 항생제의 활용 가능성을 인정하면서, 대응 수단을 신속하게 개발·보급하거나 생태계 전체에 적용하는 데에는 중대한 한계가 있다고 설명한다.[6]

현재의 위험평가는 실제 거울생명체를 관찰한 결과가 아니라 분자 수준의 실험과 면역학·생태학적 지식을 종합한 전망이다. 유엔 사무총장 과학자문위원회가 특정 시나리오에서 인류에 재앙적 위협이 될 수 있다고 평가한 것도 이러한 맥락에서 이해할 필요가 있다. 잠재적 피해를 심각하게 다뤄야 한다는 판단과 인류 멸종이 필연적이라는 주장은 구분되어야 한다. 정책적 과제는 불확실성이 해소될 때까지 판단을 미루는 데 있지 않고, 피해의 잠재적 규모와 현재 지식의 한계를 함께 반영한 개입 기준을 마련하는 데 있다.

---

5) Katarzyna P. Adamala et al., “Confronting risks of mirror life,” *Science,* Vol. 386, No. 6728 (20 December 2024), pp. 1351 - 1353, https://doi.org/10.1126/science.ads9158.
6) WHO, *Ibid.* (5 February 2026), p. 4.

기술 성숙 이전의 개입: 규범은 어디에서 작동하는가

거울생명체에 대한 규범 논의는 최종 생명체의 생성 여부에서 관련 연구의 지원과 수행 조건으로 확장되고 있다. 2025년 6월 파리 회의 운영위원회는 거울생명체의 생성을 추진하지 않고 공공·민간 자금도 이를 지원하지 않을 것을 권고했다.[7] 동시에 유익한 생명과학 연구를 최대한 보존하면서, 거울생명체로 이어지는 주요 기술적 이정표를 관리할 체계를 마련할 것을 제안했다. 국제적으로 확정된 법적 금지는 아니지만, 연구자와 지원기관의 행동 기준을 통해 기술 개발의 방향에 선제적으로 영향을 미치려는 접근이다.

문제는 유익한 연구와 제한이 필요한 연구의 경계를 어디에 설정할 것인가이다. 거울상 분자는 의학적·산업적 가치를 갖지만, 일부 성과는 다른 기술과 결합해 거울생명체 구현의 장벽을 낮출 수도 있다. 연구의 명시적 목적만으로 위험을 판단하기 어려운 이유다. 개별 연구가 제공하는 기능과 다른 성과와의 결합 가능성, 자기복제 시스템 구현에 대한 기여를 함께 검토해야 한다. 유엔 과학자문위원회의 독립적 평가 역시 유익한 분자 연구를 보호하면서 생명체의 생성을 방지할 경계 설정을 주요 과제로 제시한다. 이는 유엔 전체의 합의된 정책과는 구분되지만, 향후 규범 논의에서 다뤄야 할 핵심 쟁점을 보여준다.

싱가포르 회의에서 논의된 단계별 관리 구상도 이러한 경계 설정의 어려움을 반영한다. 분자 수준의 연구와 효소·생합성 시스템, 완전한 세포·생명체를 구분하고 인증시설이나 기관·국가 차원의 심사 등을 검토하는 접근이 제시됐지만, 관리 범위와 책임 주체에 관한 합의가 확정된 것은 아니다. 그렇다고 세부 금지선에 대한 견해차를 거울생명체 생성 방지 원칙에 대한 공감대 부재로 확대

7) Paris Conference on Risks from Mirror Life, Conference Steering Committee, “Recommendations,” (검색일: 2026. 10. 4.) https://www.parismirrorlife.org/

해석할 필요도 없다. 생성 방지라는 목표를 제시하는 것과 이를 실제 연구에 적용할 기술적 경계를 정하는 작업은 서로 다른 과제이기 때문이다. 『Science』 논문은 심각한 위험을 부정할 설득력 있는 증거가 없는 한 거울생명체를 만들지 말 것을 권고하면서, 일부 기반기술에 대한 감독과 과학적 진전에 따른 조치의 재검토를 함께 제안했다. WHO 역시 제한 대상에 포함할 기반 기술의 범위는 계속 논의 중이라고 설명한다.

중요한 점은 법적 구속력을 갖춘 국제조약이 마련되기 전에도 연구 환경이 달라질 수 있다는 사실이다. 연구비 지원 조건과 기관의 연구심사, 국제공동연구의 참여 기준이 유사한 방향으로 정착하면 비구속적 원칙도 연구자의 선택과 자원의 배분에 실질적인 영향을 미친다. 기술의 완성 여부와 별개로 연구의 허용 범위와 입증 책임이 먼저 정해질 수 있는 것이다. 따라서 규범 형성에 조기에 참여하는 주체는 위험의 정의와 증거 기준, 심사 절차를 설계할 기회를 갖는 반면, 참여가 늦은 국가는 자국의 연구 여건과 정책적 우선순위가 충분히 반영되지 않은 기준에 적응해야 할 수 있다.

선제적 개입의 필요성이 초기 판단의 고정화를 정당화하는 것은 아니다. 영국 정부과학청(Government Office for Science)이 공개한 전문가 회의록은 거울상 구성요소와 자기복제 시스템을 구분하고, 전면적인 연구 제한이 유익한 응용과 위험관리 역량을 저해할 수 있다고 지적한다.[8] 이러한 자문은 선제적 관리가 제한의 범위를 넓히는 방향으로만 작동해서는 안 된다는 점을 보여준다. 관리 체계에는 제한 대상과 판단 근거를 명시하는 절차뿐 아니라, 새로운 증거에 따라 기준을 조정할 수 있는 절차도 포함되어야 한다. 기술의 진전을 따라 규범을 재검토할 수 있어야 위험 예방과 연구의 지속 가능성을 함께 확보할 수 있다.

8) UK. Government Office for Science, “Mirror life,” 12 June 2025, updated 16 July 2025, “Key points” 및 paras. 12, 30, (검색일: 2026. 10. 04), available at.https://www.gov.uk/government/publications/mirror-life/mirror-life

핵 비유와 '새로운 P5'의 가능성

거울생명체 논의에 등장하는 핵 비유는 잠재적 피해의 규모와 함께 개입 시점의 중요성을 부각한다. 카네기국제평화재단에 게재된 「비확산보다 예방」 논고는 핵무기의 등장 이후 확산을 통제하려 했던 경험과 거울생명체의 등장 이전에 생성을 방지할 수 있는 현재의 기회를 대비한다.[9] 위험한 능력이 확립되기 전에 국제적 행동 기준을 마련해야 한다는 논리다. 이러한 비유가 재조합 DNA·기능획득·CRISPR 논의보다 더 빈번한지는 별도의 분석이 필요하지만, 거울생명체를 연구실의 안전관리를 넘어 국제안보와 인류 공동의 보호 문제로 다루게 한다는 점은 주목할 만하다.

재앙적 위험에 대한 인식은 강력한 예방조치를 정당화하는 동시에, 누가 위험을 판단하고 연구의 경계를 결정할 것인가라는 문제를 제기한다. 이 맥락에서 '새로운 P5'는 규범 결정권의 집중 가능성을 설명하는 분석적 비유다. 유엔 안전보장이사회 상임이사국 지위와 핵확산금지조약상의 핵보유국 지위는 별개의 제도이며, 거울생명체 분야에 이에 상응하는 체제가 만들어진 것도 아니다. 다만 연구 역량과 재원, 국제적 정책 네트워크를 확보한 소수 주체가 위험의 정의와 허용 기준을 지속적으로 주도한다면 사실상의 규범 중심부가 형성될 수 있다. 핵심은 특정한 다섯 국가의 출현보다 규칙을 작성하고 수정할 권한의 배분에 있다.

현재의 논의를 서구 선진국만의 폐쇄적 구도로 규정하는 것도 적절하지 않다. 카네기가 소집한 정책작업반에는 중국·싱가포르·일본 및 아프리카 기관 소속 전문가가 참여하며, 구성원은 정부

9) Mariano-Florentino (Tino) Cuéllar, Corey Hinderstein, and David Relman, "Prevention Beats Nonproliferation: Addressing the Risks of Mirror Life," Carnegie Endowment for International Peace, October 3, 2025, (검색일: 2026. 10. 4.). https://carnegieendowment.org/posts/2025/10/mirror-life-bacteria-risks-prevention

대표가 아닌 개인 자격으로 활동한다. 한국은 이미 완성된 독점 체제를 전제로 대응하기보다, 형성 중인 다국적 네트워크에서 전문성과 정책적 기여를 바탕으로 발언권을 확보할 필요가 있다. 과학적 권위가 규범 형성의 중요한 자원이라면, 그 권위가 폭넓은 참여와 책임성을 갖춘 의사결정으로 이어지도록 하는 것 역시 거버넌스의 과제다.

한국의 대응과제: 규범 설계에 참여할 역량 확보

한국의 국제적 발언권은 국내에서 기술과 정책을 함께 검토할 역량을 갖추는 데서 출발한다. 합성생물학·면역학·생태학과 보건안보·연구윤리·국제법 전문가, 관계 부처가 참여하는 상시적 협력체계를 마련하고 국내 관련 연구의 현황과 잠재적 위험을 검토할 필요가 있다. 이 과정에서 거울상 분자 연구 전체를 하나의 위험 범주로 묶기보다 연구의 목적과 기능, 다른 기술과의 결합 가능성을 구분해야 한다. 국내 연구의 특성과 관리 여건에 대한 이해가 축적되어야 국제 논의에서도 구체적인 기준과 대안을 제시할 수 있다.

연구지원과 심사체계는 이러한 검토를 정책으로 연결할 수 있는 초기 수단이다. 자기복제 거울생명체의 생성을 직접 목표로 하는 연구에 대해서는 공적 지원의 제한 원칙을 우선 검토하고, 관련 기반기술은 별도의 전문적 위험평가 대상으로 다룰 필요가 있다. 유익한 거울상 분자 연구와 안전성 평가 연구는 목적과 범위를 명확히 해 지속할 수 있도록 해야 한다. 특히 위험평가를 위한 연구도 실제로 어떤 능력을 진전시키는지 검토해야 한다. 안전성 평가라는 명목 아래 위험한 구현 능력이 확대되지 않도록 연구의 기대효과와 기술적 기여를 함께 심사하는 것이다. 이는 생성 능력을 진전시키지 않는 범위에서 위험·편익 연구를 수행하자는 파리 회의 권고와도 연결된다.

국제적 참여의 목표는 회의 참석을 넘어 기준의 공동 작성에 두어야 한다. 한국은 위험평가에 필요한 증거 수준, 심사 대상의 정의, 연구지원기관의 책임, 기준의 재검토 절차와 같은 의제에서 구체적인 기여를 할 수 있다. 국내의 과학적·정책적 검토를 거친 제안을 국제 전문가 네트워크와 다자 논의에 지속적으로 제시하고, 그 결과를 국내 제도 검토에 반영하는 구조가 필요하다. WHO가 제시한 책임 있는 생명과학 연구 프레임워크의 연구심사, 지원 감독, 다중 이해관계자 참여도 이러한 선제적 관리체계를 설계하는 데 참고할 수 있다.

한국은 규범 형성의 참여 기반을 넓히는 데에도 기여할 수 있다. 거울생명체의 잠재적 피해는 연구 역량을 보유한 국가에 한정되지 않으며, 보건·환경 대응 능력이 취약한 국가에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기술 선도국의 전문성만으로 규범의 정당성과 실효성을 충분히 확보하기는 어렵다. 아시아 국가와 중저소득국이 과학적 정보를 공유하고 관리 기준의 검토에 참여할 수 있도록 공동 논의의 통로를 마련할 필요가 있다. 이는 한국의 발언권을 높이는 동시에 국제적 위험관리의 기반을 확대하는 방안이다.

거울생명체 거버넌스는 기술의 구현에 앞서 연구의 경계와 국제적 책임이 정해지는 과정을 보여준다. 기술적 불확실성이 크다는 이유로 참여를 미룬다면, 한국은 향후 정착된 기준을 수용하는 데 더 많은 비용을 부담할 수 있다. 지금 필요한 선도성은 위험을 평가할 과학적 역량과 이를 관리할 규범적 역량을 함께 축적하는 데 있다. 한국은 유익한 연구의 지속과 위험 예방을 뒷받침할 기준을 제시함으로써, 형성 중인 국제규범의 설계에 실질적으로 참여해야 한다.

//끝//

본 내용은 집필자 개인의 견해이며,
국가안보전략연구원의 공식입장과는 다를 수 있습니다.