

バイオテクノロジーの発展がもたらす安全保障上の懸念

日本軍縮学会2024年度研究大会

東洋英和女学院大学

田中極子 (TANAKA.KIWAKO@TOYOEIWA.AC.JP)

1. 問題背景

国連事務総長『軍縮アジェンダ』2018年

「合成生物学やゲノム編集のように、禁止されている兵器へのアクセスや使用の障壁を緩和する新技術の能力に関する懸念がある。」

1. 機能獲得型研究 (Gain-of-Function)

- 自然界に存在する遺伝子に新たな機能を付加することで、新たな生物学的構成要素を設計する
- デュアルユース懸念のある研究 (DURC) と認識される
- CRISPR-Cas9ゲノム編集ツールの開発と商業化により、研究障壁が著しく低下

2. 遺伝子データ分析のデジタル化

- マイクロアレイ等による遺伝子データ解析のスピードの向上、廉価での解析
- DTC (Direct-to-consumer) 遺伝子検査会社：23andMe, LivingDNA

3. 新興技術とバイオテクノロジーの統合

- 機械学習やディープラーニングによる機能ゲノミクスとテーラーメイド創薬の発展

(参考) 生物戦脅威におけるバイオテクノロジーのインパクト

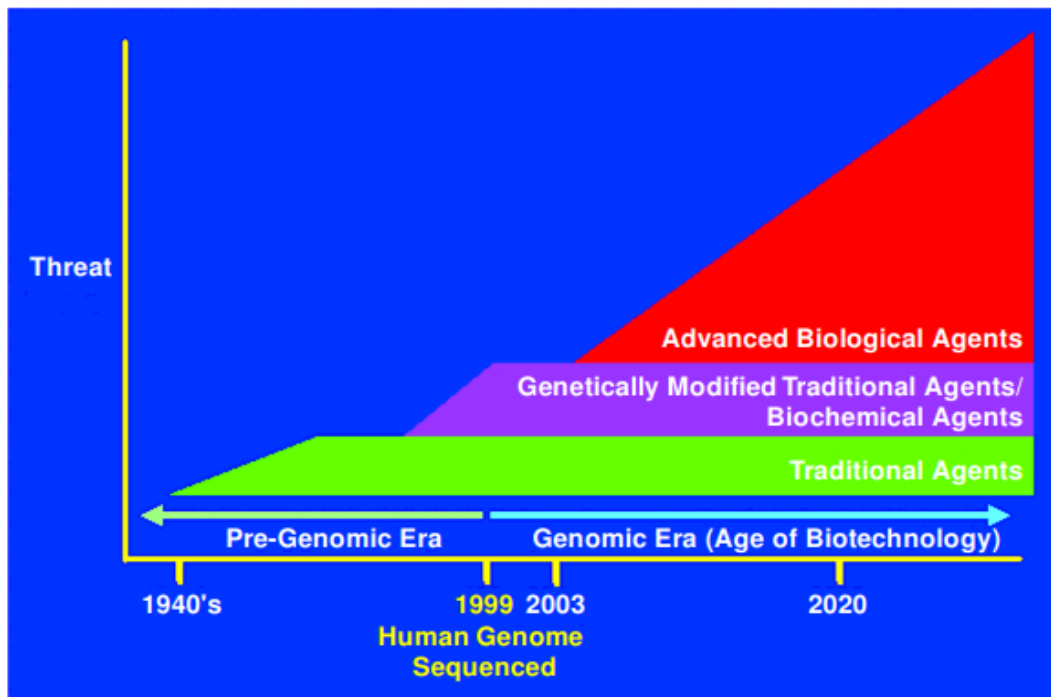
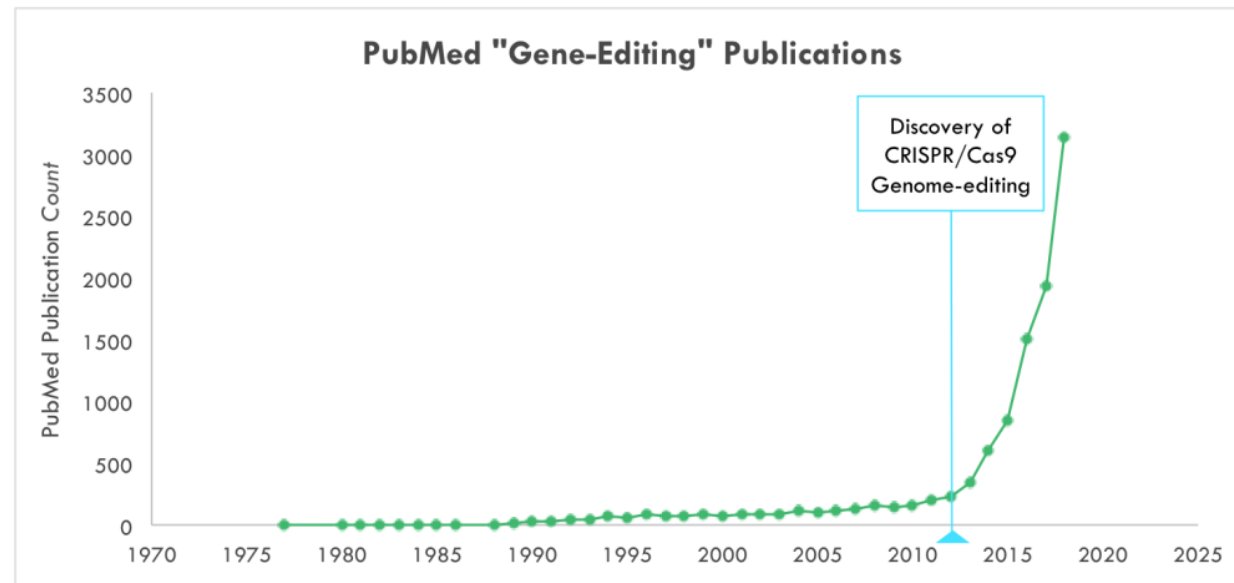


FIG. 1. Timeline describing impact of biotechnology on biological warfare threat. This timeline depicts the relative threat level presented by traditional (e.g., naturally occurring bacterial, viral agents), genetically modified traditional (e.g., antibiotic-resistant bacteria), and advanced biological agents (novel BW agents created using biotechnological applications).



Source: ARK Investment Management LLC, 2018; Data Sourced from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

James B. Petro, Theodore R. Plasse, and Jack A. McNulty, *Biotechnology: Impact on Biological Warfare and Biodefense, Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategic, Practice, and Science*, Vol 1(3), 2003

2. 安全保障上の懸念

1. 新興・再興病原体の開発・製造・悪用の懸念

- 遺伝子データに高度なパターン認識を加えることで、病原体をより危険なものに強化したり、危険度の低い病原体を影響力の高いものに改良する
- 全く新しい病原体を作り出したり、絶滅した影響力の高い病原体を再現する

2. 政府による管理不能

- 民間セクターや大学研究機関により研究開発が推進、研究管理が困難 (Brockmann et al., 2019)
- 技術の民主化による研究開発の分散化 (Pauwels, 2019)

3. サイバー・バイオセキュリティ

- バイオコンピューティング、サプライチェーン、バイオセキュリティ・インフラへのサイバー攻撃により、ワクチン、抗生物質、免疫療法などの在庫管理への損害や、ゲノミクスデータのキュレーション内の情報の改ざんや消去などのデータ操作の可能性。収集された亜集団の疾患に関するバイオインテリジェンスへの影響

4. 超標的型生物兵器の開発・製造

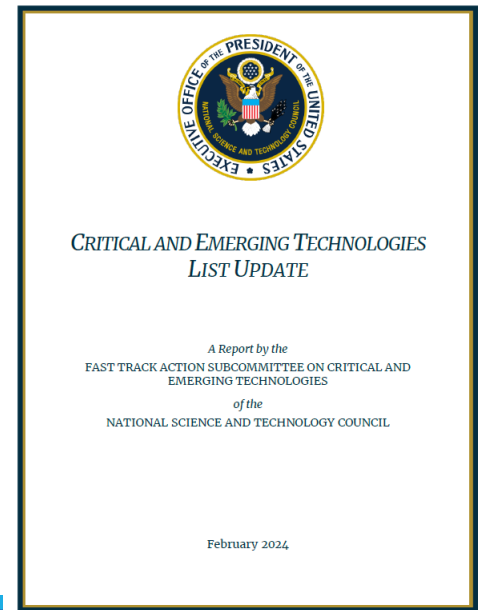
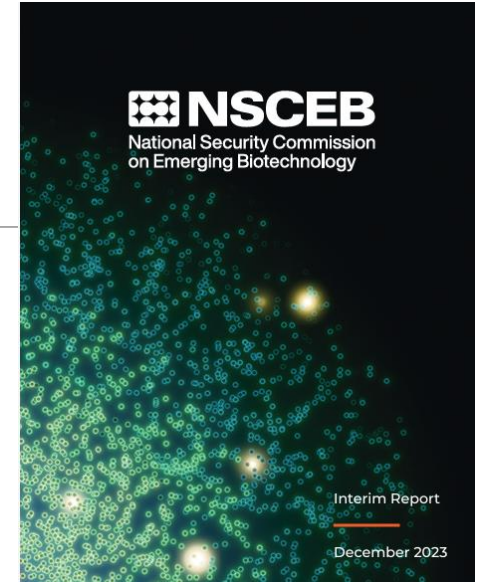
- 標的とする集団・個人にのみ影響する生物兵器の開発
- 特にAIにより、関連する臨床データとともに特定の集団における感染症感受性のマッピングを行うことが可能 (UNIDIR)

3. 脅威認識(米国)

Notably, the People's Republic of China (PRC) intends to win the age of biology...Our failure to seize this moment and act decisively could empower China and others **to deploy biotechnologies for the surveillance of vulnerable populations, to develop strangleholds on key supply chains, or to create weapons that could harm Americans.**

Biotechnologies

- Novel synthetic biology including nucleic acid, genome, epigenome, and protein synthesis and engineering, including design tools
- Multi-omics and other biometrology, bioinformatics, computational biology, predictive modeling, and analytical tools for functional phenotypes
- Engineering of sub-cellular, multicellular, and multi-scale systems
- Cell-free systems and technologies
- Engineering of viral and viral delivery systems
- Biotic/abiotic interfaces
- Biomanufacturing and bioprocessing technologies



4. さまざまな対応

1. 2013 Global Alliance for Genomics and Health (GA4GH)

- 臨床および遺伝子データの効果的で責任ある共有を通じて人類の健康促進に貢献するための、国際的なデータ共有枠組み「Framework for Responsible Sharing of Genomic and Health-Related Data」の策定
- Data Security Infrastructure Policyの策定

2. 2021年 米国「バイオエコノミー情報共有分析センター (BIO-ISAC)」

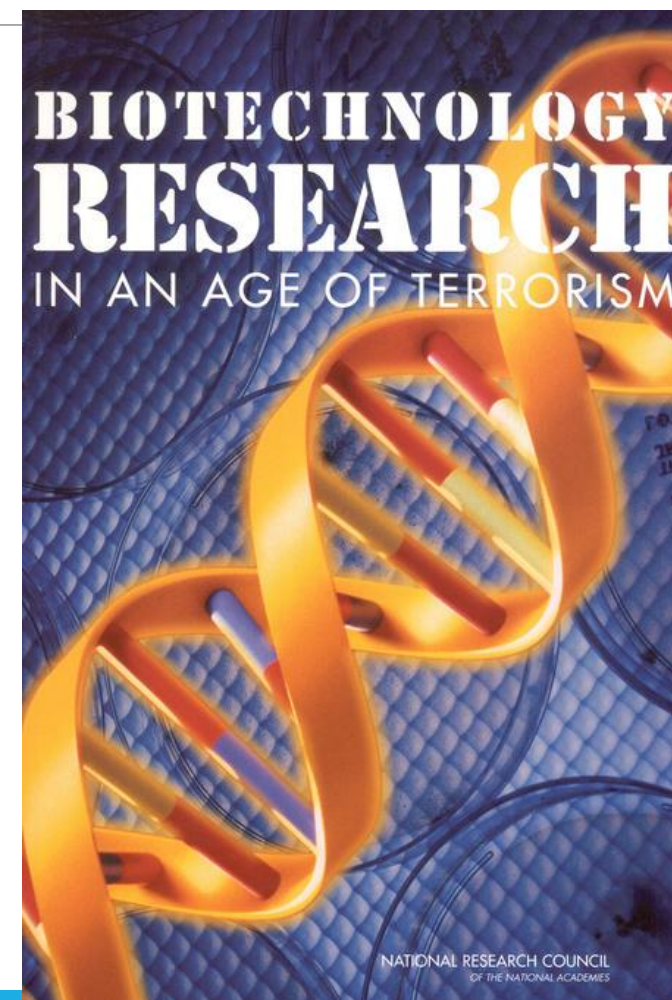
- バイオエコノミー領域のサイバーセキュリティ情報共有・分析センターとして設立されたNPO

3. 2023年7月 米国「Securing Gene Synthesis Act」議会提出

- 遺伝子合成製品を販売する企業に対し、潜在的な脅威について顧客の注文をスクリーニングし、顧客に対するデューデリジェンスを実施することを義務づける。
- 連邦政府が資金提供する団体や連邦政府に対し、このようなスクリーニングや顧客デューデリジェンスを実施する企業からのみ購入することを義務付ける

5. 科学者の役割

1. 2004年『テロリズム時代のバイオテクノロジー管理（フィンクレポート）』
 - バイオ技術研究には社会的責任が伴うことを明記し、科学者コミュニティによる自主管理を通じた規制枠組みを提案
 - 病原体研究において生物兵器の凶悪化に関係するとして問題となる7つの研究カテゴリーを示し、バイオセキュリティ並びにデュアルユース懸念の観点から研究の在り方や公表の仕方などについて検討する必要性
 - 米国バイオセキュリティに関する国家諮問委員会（NSABB）設立へ
2. 2005年インターアカデミーパネル（IAP）「バイオセキュリティに関するIAP声明」
 - 2011年日本学術会議「科学・技術のデュアルユース問題に関する検討委員会」設置、2013年「科学者の行動規範—改訂版」（「科学研究の利用の両義性」追加）
 - 2013年JST-CRDS「ライフサイエンス研究の将来性ある発展のためのデュアルユース対策とそのガバナンス体制整備」
 - 2014年日本学術会議提言「病原体研究に関するデュアルユース問題」



6. 生物兵器禁止条約(BWC)での議論

- ◆1995-2001年 政府専門家アドホックグループ (AHG)による検証議定書交渉
- ◆2001年7月 米国の反対により交渉決裂
- ◆第5回(2001年)～第8回(2016年)運用検討会議 会期間活動における専門家会合・締約国会合の開催
 - ①バイオセーフティおよびバイオセキュリティに関する自発的な管理基準の実施,
 - ②民間および公共部門の専門家に対する意識向上の促進,
 - ③生命科学分野で活動する者に対して, 条約に基づく義務および関連する国内法や指針の周知を促進,
 - ④条約に関連する生物剤や毒素へのアクセスが見込まれる者に対する訓練および教育プログラムの開発,
 - ⑤専門家に対する責任文化の促進し, 自発的な行動規範の作成, 採択および普及
- ◆2第9回運用検討会議(2022年)条約強化に関する作業部会の設置決定
「法的拘束力のある措置を含む具体的かつ効果的な措置を特定、検討、策定し、条約を強化・制度化するための勧告を行う」
 - ①国際協力・支援、②科学技術発展、③信頼醸成と透明性、④遵守と検証、⑤国内実施、⑥支援、対応、防護体制、⑦組織、制度、財政

7. 課題と展望

◆ 科学技術発展のフォローアップ

- ◆ 国際的にバイオテクノロジーの発展をフォローする仕組みがない

◆ ガバナンス

- ◆ バイオテクノロジーと他の新興技術の統合に対する対応枠組みの欠如
- ◆ 政府、研究機関、産業界、DIYコミュニティにおける連携強化
- ◆ 対内投資、査証管理など、既存の枠組みを超えた関係者間での体制強化が必要
- ◆ 産業界、研究機関に対するコンプライアンス、デューディリジェンス基準の強化