

原稿作成日： 2019年3月29日

デュアルユース：

研究がもたらす影響の多様性

<教材提供>

AMED 支援「国際誌プロジェクト」提供

無断転載を禁じます

無断転載禁止

目次

はじめに

デュアルユース研究の歴史

 学術研究の自由と規制

 日本で大きく取り上げられたデュアルユースの懸念

 研究活動がもたらす社会的利益とリスク

学術雑誌への投稿時におけるデュアルユースの扱い

バイオセーフティ、バイオセキュリティ、デュアルユース

まとめ

参考文献

はじめに

生命医科学研究は、生物の生命活動のメカニズムをさまざまな手段で解き明かしてきました。生命のメカニズムを研究するために、動物実験を行うこともありますし、生物個体の性質を改変したり、自然界には存在しなかった新たな生物個体を人為的に創り出そうとすることさえもあります。また、そうして得られた知見を基にして、研究者は既存の生命活動に介入しています。医薬品や医療行為の発展はそのポジティブな活用の代表です。しかしながら、研究成果の活用の仕方次第では人間社会にネガティブな形で影響を与えることがあります。



デュアルユース研究とは、一義的には、その成果が**民生目的と軍事目的のどちらにも使える研究**のことを指します。成果を活用するのは当の研究を行った本人以外の場合ももちろん含まれます。本人が全く意図しない形で、誰かが人類にとって脅威となる生物兵器を開発することがあるのです。この場合、元となる研究を実施した研究者には責任があるのでしょうか。

極端なことを言えば、どのような研究も軍事目的で利用されることはあり得ます。しかしながら、利用された際の責任の所在はさておき、生命医科学分野は生命により直接的に関わっているという点からすると、当該分野の研究者は自分の研究が持つ潜在的な応用可能性を考慮する必要があるでしょう。また、研究成果を発表する場である学術誌もそうした懸念に目を向けており、その投稿規程においてデュアルユース研究について研究者が理解していることを求めるようになっています。

そこで本教材では、デュアルユース研究の歴史を概観しつつ、学術誌が投稿を受け付けの際に研究者に求めている事項について説明します。

学習目標

- デュアルユース研究とは何かを説明できる。
- デュアルユース研究の具体的な事例を説明できる。
- デュアルユース懸念のある研究について学術雑誌が求めていることを説明できる。

デュアルユース研究の歴史

学術研究の自由と規制

歴史的には、生物兵器が使用されたと考えられる例は多くあります。当然、生物兵器の拡散を食い止める動きも現れました。第一次世界大戦後には、「窒息性ガス、毒性ガスまたはこれらに類するガスおよび細菌学的手段の戦争における使用の禁止に関する議定書（**ジュネーヴ議定書**）」（1925年）において生物兵器使用の禁止が表明されましたし、その後、第二次世界大戦終結から冷戦初期を経て「細菌兵器（生物兵器）及び毒素兵器の開発、生産及び貯蔵の禁止並びに廃棄に関する条約（**生物兵器禁止条約**）」（1975年）が発効され、世界的にも生物兵器の開発禁止の方向へと向かっていったのです。

しかし、条約発効当初は研究活動に関して楽観的な見解が多数を占めていたのか、研究活動が懸念になり得ると指摘されるようになったのは、第3回（1991年）の運用検討会議*以降です。生物兵器の禁止という人類にとって望ましい動きは、学術的な探究としての研究に再考を促すことになったのです。例えば、遺伝子工学や合成生物学といった分野の発展は、生物兵器を容易に開発する技術をもたらす可能性があります。そのため、米国科学アカデミー（National Academy of Sciences）は「テロリズムの時代における生命工学研究（フィンクレポート）」（2004年）を作成しました。このレポートでは「デュアルユースのジレンマ」という言葉を用い、バイオテクノロジー研究が潜在的に抱える危険性を指摘しました。フィンクレポートが出る数年前に米国で起きた炭疽菌郵送テロ事件（2001年）は、デュアルユースの諸問題について、私たちがあらためて考える上で一つの重要な事例となりました。一般市民までもがバイオテロの対象となるため、アメリカ政府は被害を未然に防ぐための法律を定め、国民を守る方向に進みます。そうした規制は、バイオテクノロジー研究の遂行にも影響を及ぼしました。

*運用検討会議の目的：条約の目的実現と条約規定の遵守を確保するよう5年毎に条約の運用を検討する。

日本で大きく取り上げられたデュアルユースの懸念

日本でも通常の研究成果発表が思わぬところでデュアルユースの懸念を受けてしまい、研究者集団が大きく困惑する事例が起きました。ことの発端は2011年、H5N1高病原性鳥インフルエンザに関する論文を東京大学医科学研究所



所・ウィスコンシン大学マディソン校の河岡義裕らの研究チームが *Nature* に、エラスムス医療センター（オランダ・ロッテルダム）のロン・フォーシェらの研究チームが *Science* に投稿したところから始まります。研究は、鳥にしか感染しないインフルエンザウイルスの遺伝子を改変し、哺乳類に空気感染していくメカニズムの解析・流行予測・ワクチン開発等を行うものでした。しかし、アメリカ国立衛生研究所（NIH）に設置されたバイオセキュリティ国家科学諮問委員会（National Science Advisory Board for Biosecurity: NSABB）は、論文の成果がバイオテロに悪用される可能性を考え、*Nature* と *Science* へ論文内容の一部を掲載しないように要請しました。そして、両雑誌は著者らに該当箇所の修正を求めたのです。これを受け、日本・アメリカ・ヨーロッパにおいてインフルエンザウイルスの研究を牽引する科学者 39 人がインフルエンザウイルスの伝播性を変化させる研究を一定期間停止するというモラトリアムの声明文を出しました。その後、世界保健機関（WHO）は専門家会議を開き、論文の発表は将来的に公衆衛生に資すると結論し、全文公開を勧告しました。NSABB も著者らを招いての聞き取り調査を行い、結果として、河岡チームとフォーシェチームの論文は無修正のまま学術誌に掲載されたのです。これを契機に、高病原性鳥インフルエンザ研究ならびに類似の分野の研究についてのデュアルユース問題が各界で議論されることになり、研究についてのルール化が進んでいくこととなります。

この例からもわかる通り、本人にはその意図はなくとも、研究成果が学術分野を超えて影響を及ぼすことがあります。そのため、各学術誌は投稿された論文の潜在的デュアルユースの可能性に慎重にならざるを得ません。これは研究者個人の倫理ばかりではなく、学術活動全体の倫理とも言えます。

なお、デュアルユース研究の具体例としては、他にも、マウスポックス研究（*J Virol*: 2001 年）、ポリオウイルス人工合成（*Science*: 2002 年）、1918 年型スペイン風邪ウイルス再構成（*Science*: 2005 年）、ボツリヌス毒素の牛乳への混入シミュレーション研究（*Proc Natl Acad Sci U S A*: 2005 年）、馬痘ウイルス人工合成（*PLOS ONE*: 2018 年）などの報告があります。また、一般概念としてデュアルユース性が注目されている研究領域として、合成生物学領域、CRISPR/Cas9 を利用したゲノム編集技術、Gain of Function Research（インフルエンザ、SARS、MERS などを対象に、生理的には有していない機能の獲得を目的として行われる研究）があります。

研究活動がもたらす社会的利益とリスク

2010 年、第 2 回研究公正に関する世界会議（World Conference on Research Integrity）において、シンガポール宣言が作成されました。この宣言は、「研究のすべての側面における誠実性」「研究実施における説明責任」「他者との協働に



おける専門家としての礼儀および公平性」「他者の代表としての研究の適切な管理」を原則とし、14項目にわたる研究者および研究機関の責任を掲げています。その中には、以下の項目があります。

社会的配慮：研究者および研究機関は、その研究に特有のリスクを社会的利益と比較検討する倫理的義務があることを認識しなければならない。

つまり、研究者は研究活動の成果が社会の中にリスクと利益の両方をもたらし得ることを理解する必要があるということです。研究者として、客観的に、誠実に研究を行うことは当然です。そのように研究を実施していたとしても、必要ならば、研究を中止するという倫理的判断さえ求められるのです。

しかしながら、論文の発表から数十年を経て、全く予想もしなかった形で成果が悪用されてしまうといった事態もあるかもしれません。そのような場合にまで研究者が責任を負うべきかどうかは簡単に結論を出すことができません。そうではあっても、潜在的なデュアルユースへの懸念があるかどうかを、その時にできる範囲で検討しておくことは必要でしょう。

学術雑誌への投稿時におけるデュアルユースの扱い

研究者本人もしくは共同研究者が、その研究内容のもたらし得る潜在的リスクについて全く気がついていない場合があります。そのような場合のため、学術雑誌はその投稿規程において、研究者にあらためて注意喚起を呼びかけています。例えば、[Nature research journalのバイオセキュリティに関するポリシー](#)では次のように書かれています。

Nature research journalの編集者は提出された論文について、査読者からのテクニカルなアドバイスだけでなく、例えば、倫理的問題、データや試料へのアクセスの問題など、懸念事項を生む論文の側面についてもアドバイスを求めることがある。滅多にないことではあるが、論文を出版することで社会に与える影響（安全への脅威を含む）も関係する。そうした状況では、アドバイスはテクニカルな査読プロセスと同時に求められるのが常である。出版するかどうかの最終的な決定は、当該のNature research journalの編集者が責任を負う。

このように、研究者たちが意識していなくとも、論文の掲載前に編集委員や査読者によって、デュアルユースへの懸念が認められることもあります。この場合の査読プロセスは、研究者をサポートす



るものとして理解できるでしょう。

他の学術雑誌、例えば *Science* でも同様の方針が定められています。同誌では NSABB の定義を引用しつつ、投稿された論文にデュアルユースの懸念がある場合は、編集長のさらなる判断を仰ぎ、必要に応じて、当該分野の専門家に相談することが求められています。

Nature と *Science* のように編集者や査読者に委ねるのではなく、研究者自身が自発的にデュアルユースへの懸念に気づくことを求める学術誌もあります。例えば [EMBO \(European Molecular Biology Organization\) Journal の規程](#) では次のようになっています。

[投稿者は]投稿時のカバーレターとチェックリストで潜在的なデュアルユースへの懸念と委員会*の評価について記述すべきである。特定の実験データや物質が生物兵器・テロリスト、その他の犯罪活動のために潜在的に悪用される恐れが示された場合、編集者は出版による利益とリスクのバランスを考慮する必要がある。論文を投稿されたまま公開するか、提案した修正を経て公開するかは、バイオセーフティ・バイオセキュリティ・公衆環境衛生分野の委員や外部専門家に相談したのち、編集者の権限で最終決定する。

*倫理委員会、組換え DNA や感染実験などの安全委員会、大学や研究所の代表組織、学会等で組織される検討委員会など

ここではカバーレターとチェックリストという形式的な手続きが、重要な役割を担っています。このチェックリストでは、米国国立衛生研究所のバイオセキュリティに関する文書や化学物質・毒物についてのリストを参照するように求めており、研究者が自身の研究を実施している際には気がつかなくとも、論文を投稿しようとチェックリストを用意している段階でデュアルユースへの懸念に気がつき、周囲に相談するという場合も考えられます。

また、[Infection and Immunity の規程](#) のように、バイオテロリズムと直結する研究への反対をより直接的に表明している学術誌もあります。

アメリカ微生物学会の The Council on Microbial Sciences (COMS) は、微生物学者は科学の適切かつ有益な適用のために働き、そして一般市民と当局が微生物学と微生物学由来の情報のミスユースに注意を払っていく、というスタンスを長期にわたり取っている。生物兵器としての微生物の使用を含む、人類の福祉に反する微生物学の使用をアメリカ微生物学会のメンバーは思いとどまる義務がある。バイオテロリズムはこの学会の倫理綱領で示された基本原則に反し、アメリカ微生物学会とそのメンバーが忌むべきものである。

以上のように、対応の差は若干あれども、デュアルユースへの懸念を野放しにしている学術誌はありません。少なくとも、科学者コミュニティ全体における問題として、対応を考えていると言えます。研究者がどこまでデュアルユースについて留意できるかは、各人の置かれてきた教育研究環境にも影響を受ける一方で、科学者としての自己認識にも関わっています。



バイオセーフティ、バイオセキュリティ、デュアルユース

デュアルユースの懸念がある研究の実施に際して、研究者は**バイオセーフティ**と**バイオセキュリティ**に気を配ることになるでしょう。バイオセーフティとは、病原体および毒素への意図せぬ曝露や、これらの偶発的な放出を予防するために実施する封じ込めの原則、技術、実践を意味します。扱う実験材料等の有害度に応じてレベルが設定されており、取り扱いに関する規定（実験室バイオセーフティ指針（WHO 第3版）等）が存在します。一方で、バイオセキュリティは特にバイオテロへの対策を念頭に置いた、生物学的脅威に対する社会的な対策のことを意味します。

これらに関する適切な知識は、バイオテクノロジー関連の研究を実施する上での必須事項ともなっており、その教育課程を通して、研究者はデュアルユースについても学習することが多いでしょう。

まとめ

研究者にとって研究成果を公表することが重要な仕事であることは言うまでもありません。そして、研究者は自分の研究を実施するにあたって、その学術的価値を考えているはずですが、他方、デュアルユースの問題に対応する際に求められているのは、そうした価値よりも広い意味において、自身の研究が社会において果たす意味を考えることに他ならないのです。

本単元は、日本医療研究開発機構(AMED)が実施する研究公正高度化モデル開発支援事業(第一期)の「医系国際誌が規範とする研究の信頼性にかかる倫理教育プログラム」(略称: AMED 支援国際誌プロジェクト、信州大学・大阪市立大学)によって作成された教材です。作成および査読等に参加した専門家の方々の氏名は、[こちら](#)に掲載されています。

無断転載禁止

参考文献

- [1] 四ノ宮成祥・河原直人編著『生命科学とバイオセキュリティ ～ デュアルユース・ジレンマとその対応』東信堂、2013年
- [2] 牧田浩典「『科学の公正性』をめぐる米国と我が国の動向」『平成24年度日本学術振興会 国際学術交流研修 海外実務研修報告集』、日本学術振興会、2012年
http://jspsusa.org/report/2012Report_WO_makita.pdf
- [3] 提言「病原体研究に関するデュアルユース問題」基礎医学委員会 病原体研究に関するデュアルユース問題分科会、2014年1月23日、日本学術会議
- [4] 報告「科学・技術のデュアルユース問題に関する検討報告」科学・技術のデュアルユース問題に関する検討委員会、2012年11月30日、日本学術会議
- [5] 小林信一「ポスト冷戦、ポスト 911 の科学技術イノベーション政策」、『冷戦後の科学技術政策の変容：科学技術に関する調査プロジェクト報告書』、2017年
<http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2017/index.html>
- [6] シンガポール宣言(原文)
<https://wcrif.org/documents/327-singapore-statement-a4size/file>
- [7] シンガポール宣言(邦訳)
https://www.jsps.go.jp/j-kousei/data/singapore_statement_JP.pdf
- [8] Resnik DB, Shamoo AE. The Singapore Statement on Research Integrity. *Account Res*, 2011; 18 (2): 71–5.
- [9] 北村敬・小松俊彦 監修、北村敬・小松俊彦・杉山知良・森川茂・篠原克明 訳『実験室バイオセーフティ指針(WHO 第3版)』バイオメディカルサイエンス研究会
http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety3_j.pdf
- [10] 国立感染症研究所日本語版 翻訳・監修『バイオリスクマネジメント 実験施設バイオセキュリティガイドンス』世界保健機関 (WHO)
http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69390/WHO_CDS_EPR_2006.6_jpn.pdf;jsessionid=B8E1532E100A3C9C6ED35FDEE640CC91?sequence=2

- [11] 齋藤智也 監訳『テロリズムの時代における生命工学研究(“フィンクレポート”エグゼクティブ・サマリー)』 ナショナルアカデミーズ・全米研究会議 生命工学の破壊的応用を予防するための研究基準と慣行に関する委員会、2010年8月
https://researchmap.jp/muhbibsfsz-41699/?action=multidatabase_action_main_filedownload&download_flag=1&upload_id=22755&metadata_id=23808

デュアルユースに関連する事例

- ・ H5N1 高病原性鳥インフルエンザ研究
Imai M *et al.* Experimental adaptation of an influenza H5 HA confers respiratory droplet transmission to a reassortant H5 HA/H1N1 virus in ferrets. *Nature* 2012; 486(7403): 420-8.

Herfst S *et al.* Airborne Transmission of Influenza A/H5N1 Virus Between Ferrets. *Science* 2012; 336(6088): 1534-41.
- ・ マウスポックス研究
Jackson RJ *et al.* Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox. *J Virol.* 2001; 75(3): 1205-10.
- ・ ポリオウイルス人工合成
Cello J *et al.* Chemical synthesis of poliovirus cDNA: generation of infectious virus in the absence of natural template. *Science* 2002; 297(5583): 1016-8.
- ・ 1918年型スペイン風邪ウイルス再構成
Tumpey TM *et al.* Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus. *Science* 2005; 310(5745): 77-80.
- ・ ボツリヌス毒素の牛乳への混入シミュレーション研究
Wein LM, Liu Y. Analyzing a bioterror attack on the food supply: the case of botulinum toxin in milk. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2005; 102(28): 9984-9.