

## 〈2〉 バイオ研究現場の安全保障貿易上の問題点

理化学研究所バイオリソース研究センター遺伝子材料開発室 室長 三輪 佳宏

### はじめに

今回、寄稿の機会をいただくにあたって、まず筆者自身の立ち位置を明らかにしておきたい。私自身は、決して安全保障貿易や関連する法令などを専門に扱ってきたわけではなく、むしろそうした問題を比較的最近までほとんど意識していなかった生命科学研究者である。下村脩先生が2008年にノーベル化学賞を受賞した GFP の発見以降、蛍光を使って生きたままの細胞や生物個体をライブで観察する「バイオイメージング」技術が爆発的に進歩したが、まさにその分野を専門としており、海外の研究者とサンプルのやりとりをする機会はそれほど多くなかった。また私が筑波大学に在籍中に樹立した、生きたマウス体内で狙った細胞の動きをトレースできる Kaede マウス（文献1）は、世界中の100以上の研究室に提供しているものの、実際に海外に送るための手続きは、現在の私の所属である理化学研究所バイオリソース研究センター（BRC）の実験動物開発室にマウスを寄託し、そこから送付してもらったため、安全保障貿易上の問題点を意識することはなかった。なので、経済産業省から事前に許可を得てからでないと海外に送ることができない特定の塩基配列の DNA が存在するという自体、ほとんど意識していなかった。図1に本稿の要点を列記しておいたが、その中の最初の項目、「0. 研究者が安全保障貿易について意識・知識が乏しい」にまさに該

当していたと思う。ただし、現在ではほとんどの大学や研究機関、企業などで十分な教育が実施されており、研究者の意識も変わった（はずである？）ため、括弧書きにしておいた。

図1：研究者と安全保障貿易の間の危うい壁

- (0. 安全保障貿易について意識・知識が乏しい)**
1. 感染性微生物について必ずしも詳しくない
  2. 外来要素を単なる「構成要素」だと思っている
  3. キット文化、外注文化の弊害

ところが2020年4月に現在の所属であるBRCの遺伝子材料開発室、いわゆる日本の「遺伝子バンク」の室長に着任して状況は一変した。毎年200～300サンプルを海外の研究者に届けなければならないため、当然のことながら安全保障貿易について十分に理解し、日常的に該非判定を行うことが必要になり、実際に該当品も含まれるため、大急ぎで猛勉強することとなった。その経験を通じて、「一般的な生命科学研究者の意識」と「安全保障貿易の管理」との間には、少なからず『ギャップ』が存在していることを痛感した。この『ギャップ』こそ、大学などの各組織で安全保障貿易や研究セキュリティの担当者が、研究者に対してなんとなく感じている「壁」そのものなのではないかと思う。一人の人間が短期間のうちに研究者と管理者の両方の視点を経験する、

という機会はかなり貴重ではないかと思うので、この『ギャップ』の実体について考察することで、本稿を担当させていただくことにした。研究者と安全保障貿易の間になんらかの「橋渡し」をすることに成功し、さまざまな組織で実際に安全保障貿易の管理の役割を担っておられる方々に多少とも役に立てば幸いである。後半では、ある程度の有効性が期待される解決策について提案することと、生命科学を専門とする立場から、最新技術について今後どのようなところに危険が潜んでいるかについても論じておきたい。

(文献1：Tomura M, et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105(31), 10870-10875, 2008)

## これまでの生物兵器

生物兵器や化学兵器は、映画やSF小説の中には当たり前のように登場するが、実際に使用された例となると、化学兵器は第1次世界大戦に実際に毒ガスが使用されたほか、地下鉄サリン事件のようにテロに使用された実例も存在するのに対して、生物兵器については、2001年のアメリカ炭疽菌事件のようなテロの例は存在するものの、戦争での使用例はほとんどない。

ではなぜ、生物兵器の使用例がほとんどないのか。化学兵器は、散布するときに自分自身が吸い込まないように防毒マスクなどを着用していれば、自他を区別して相手だけを攻撃することが可能である。いっぽう生物兵器は、確かに散布する際に自分は接触しないようにすることは可能だが、もしヒトからヒトへの感染が広がるタイプの兵器である場合には、回り回って後から自分達も感染してしまう危険がある。このことは、第1次世界大戦においてインフルエンザの大流行いわゆる「スペイン風邪」が青年成人において特に致死率が高かったために、敵も味方も多くの兵士が死亡してしまい戦争そのものが継続できなくなったことからわかるように、敵味方の区別ができない兵器では、そもそも兵器として成り立っておらず有効性が疑問である。これが、使用例がほとんどないことの本質的な理由ではないかと想像される。

毒ガスのように具体的な事例があれば、その製造

のための材料を規制したり、製造に必要な装置や設備を規制したり、と具体的に何をすればよいか明確でわかりやすい。ところが、ほとんど具体例がないとなると、きっとこういう材料やこういう技術は生物兵器開発に使われる「かもしれない」という予測に基づいて規制を検討することになる。そのため、実は生命科学の専門家にとっても、何を規制することが重要なのか、逆に現在の規制対象がなぜ選ばれているのか、すぐには理解しにくいという事情がある。このように、そもそもの生物兵器が漠然としているために、安全保障貿易の管理の必要性を意識しにくい面があり、これも図1の項目0の理由でもありと考えられる。むしろ、医療に役立てるつもりで行っている研究や、開発している新技術のほとんどが、デュアルユースとして生物兵器開発にも役立ってしまうと予想され、どのように線引きをすればいいのかイメージすることが難しい。

ただし、この生物兵器による敵味方の区別については、COVID-19の対策としてその有効性が強烈に印象付けられた「mRNA ワクチン」が状況を一変させる可能性がある。この点については、最後の「最新技術に伴う懸念点」の章で詳しく論じる。

## 現在の生物兵器の規制

では、さまざまな予測に基づいて現時点で規制対象とされている生物兵器とは何か。単に「生物を兵器として利用する」という定義であれば、例えば軍用犬は実際に多くの戦争に投入されている。しかし、優秀な犬を選抜しさまざまなトレーニングを施して一人前の軍用犬に育てることは大変な労力と資金が必要であり、「動物兵器」ではあっても少なくとも『大量破壊兵器』にはなり得ない。そこで現時点では、『大量破壊兵器』になりうるという観点から、感染症を引き起こす病原微生物を応用したものを生物兵器と想定している。これまでに使われた炭疽菌は、天然に存在する細菌なので、大量培養のための設備などは規制の対象になっている。しかし将来を見据えて本当にしっかり規制・管理しなくてはならないのは、遺伝子組換え技術によって天然には存在しない高毒性や特殊性を備えた人工的微生物が開発されることを防ぐことである。そのためにはまず微生物

そのものについて十分に理解されていることが重要だが、この微生物についての知識は実は一般的にあまり浸透していない。例えば、アウトリーチ活動の一環として一般の方々向けのサイエンスカフェなどを担当すると、そもそもウイルスと細菌の区別がつかないという方が実はかなり多い印象である。そこで、この記事を読んでくださっている方々がどのくらい知識を持ち合わせているか力試しをするために、どこかで1度くらいは聞いたことがありそうな感染性疾患を以下に並べたので、その原因が、細菌なのか、ウイルスなのか、あるいはそれ以外なのか、試しに解答して見ていただきたい。

1) 重症急性呼吸器症候群 (SARS)、2) インフルエンザ、3) おたふく風邪、4) はしか、5) みずぼうそう、6) 狂犬病、7) エボラ出血熱、8) デング熱、9) 黄熱病、10) 日本脳炎、11) エイズ、12) ポリオ、13) 破傷風、14) コレラ、15) ペスト、16) 梅毒、17) 結核、18) O-157 食中毒、19) 赤痢、20) カンジダ症、21) アニサキス症、22) マラリア熱

いかがだろうか。全問について正解を即答できたという方は、感染症に関して相当な知識の持ち主だが、普通は判断に迷う疾患がいくつもあったのではないだろうか。ちなみに答えは、1)SARS から 12) ポリオまでは全てウイルス、13) 破傷風から 18) O-157 食中毒までは細菌、19) 赤痢には、細菌性の疾患とアメーバつまり真核生物が原因のものが両方存在し、20) カンジダ症は真核生物のうちの真菌類（カビの仲間）、21) アニサキス症と 22) マラリア熱は真核生物の中でも寄生虫と呼ばれるものが原因である。では、生命科学の専門家であれば簡単に全問正解できるか？ というと、実はそうではない。医学部以外の学部の出身者にとって、感染性微生物について詳しく学ぶ機会は必ずしも多くはないし、上記の中にはおそらく迷う疾患も普通にあると思う。つまり、図1の項目1に書いたように、生命科学の専門家といっても、実は感染性微生物について必ずしも詳しいわけではない。むしろ多くの研究者が、『輸出令及び貨物等省令のマトリクス』の『3の2項生物兵器』の中の「第2条の2 1項」にリストアップされている第一号のウイルス名や、第二号の細菌名を見ても、どんな微生物なのかピンとこない、と

いうものが非常に多いと予想する。ということは、これらの微生物由来の遺伝子断片を自分の研究に使っていたとしても、そのことを十分に認識できていない危険がある、ということの意味している。このことについて十分に配慮した上で、研究者に対して講習会などを通じた教育を実施することが重要である。単にウイルスのリストを見せられても多くの研究者にとっては右から左に通り返るだけで、例えば「このウイルスのこの遺伝子は、多くの研究でツールとして利用されている」と具体的に示すなどの工夫をしなければ、せっかくの講習会が単なるやっただけに終わりほとんど効果を発揮しない、ということにもなりかねない。

## 生命科学分野における規制対象品とは

安全保障貿易を担当しておられる方々は、省令などの文面については熟知していると思うが、その文面だけでは分かりにくい生命科学分野の特性について考察してみたい。

伝染性疾患の原因について、ウイルス、細菌、真核生物の3つに分類したが、どの疾患の原因が3つのどれに該当するか、はよく知らない研究者であっても、ウイルス、細菌、真核生物はどう違うか、という区別についてはほぼ全員が明確に理解していると予想される。安全保障貿易の担当者も、『貨物』を扱う場合には病原微生物の名前さえ理解していれば判定できるが、『技術』を考える際には、この3つは明確に区別できていることが望ましい。

細菌や真核生物（真菌類、寄生虫）は細胞を構成し、自律的に自己複製できるので「生き物」の定義に当てはまる。しかしウイルスは、ウイルス単独では全く増えず、感染可能な宿主細胞の中に侵入し、その細胞の持ついくつかのタンパク質の助けを借りて初めて自己複製を実現できる。従ってウイルスはいわゆる「生き物」ではない。これが技術的にどのような違いを生むかということ（図2）、細菌や真核細胞は栄養条件をそろえた培地に入れば「培養」によって増やすことができ、その培養方法はよく知られたものが多くほとんどは公知である。ところがウイルスは単独では培養できないため、細胞への感染→培養（増殖）→回収という全く別の実験技術が必