
■ 講演

バイオテクノロジー革命への期待と危険性

ジョージ・ポースト

ヘルス・テクノロジー・ネットワークス CEO

The Promise and Peril of the Biotechnology Revolution

George Poste, DVM, PhD

Chief Executive, Health Technology Networks, Gilbertsville PA, USA

前席のヘンダーソン先生がすでに概略を述べられました。人間が微生物学の知識を応用し、歴史的な進展を遂げてきた道程において、我々は特に悲惨で憂鬱な地点にさしかかっています。実際に、この長い旅が始まったのはだいぶ昔のことです。今世紀の変わり目に、遺伝子伝達の法則を研究する先駆者たちのひとりが、遺伝の法則、すなわち遺伝学を決定すること自体が、自然界を制覇する大きな力をもつようになり、世界により多くの変化をもたらすことになるだろうと予知的なコメントを述べました。当然ながらそれは本質を突いたものでした。我々はその力を有益な目的に使うのでしょうか、それとも悪用するのでしょうか。

2003年の4月に、遺伝子の基本単位であるDNAの構造を決定することとなった有名なワトソンとクリックの二重らせんの発見50周年記念を迎えます。去年になってようやくもうひとつの画期的な発見とみられる人間の遺伝情報を構成する30億の塩基配列を解読するという快挙がなされました。現在、他の種類の生物に対しても同様の遺伝子マップを作成し始めています。それによってヒト遺伝子の固有性の根拠が明らかにされるのです。この配列の構成が驚くほど見事な生理機能の演出を司り、私たちがほとんどの場合に極めて健康に生きることを可能にしていると同時に、こうしたことのひとつひとつが人体への攻撃法を開発する新たな方法を決定することにつながります。

ここに我々のジレンマがあります。こうした知識は、我々人間がいつもそうしてきたように、有益な目的に応用されるのでしょうか。医学、農業および環境管理の分野の有益な目的に応用されるのでしょうか。皆さんもよくご存じのことと思いますが、有益な利用法として、次のことが実際に利用可能なことです。

有益な利用法の第一歩は、病気の分子基盤を実際に解明することです。それは、新しい目標、診断、薬、およびワクチンを目指すための知的触媒となります。今までのところ、病気は、同じような症状を示しても同じものではなく、それぞれの病気を引き起こす実際のはっきりとした分子病理があることが解明されつつあります。それによって、それぞれの病気に適切な治療を提供するという方針が立てられるようになるのです。さらに、各個人

の固有の遺伝子プロファイルを解明し、それが個々の薬に対する反応の仕方にどのように影響を与えるかがわかれば、それぞれの病人に適切な薬が処方できます。やがていつかは、将来かかる可能性のある病気を予測し、適切な予防対策を講じることができるようになるかもしれません。これが有益な面での活用法です。もちろん、これには特に、感染症や寄生虫による病気が蔓延する発展途上国の“満たされない大量の需要”という難問にまで広げて含める必要があります。

また、有効利用は医学に限られたものではありません。世界の食料生産という困難な問題にも同じように応用できる利点もあります。大麦、トウモロコシ、米といった重要な植物のゲノムが遺伝学においてごく最近解明したからです。

しかし、DNA の構造が二重らせんになっているのと同じように、そのらせんは先端が 2 つに分かれていて、それが我々の方向性を決める要因となっています。ヘンダーソン先生は我々のたどってきた道筋を示されました。私は今後数十年のプロジェクトとそれが世界の安全を熟慮する際になぜ重要とみなされるかについてお話ししたいと思います。

遺伝学は、人間の遺伝子検査、すなわち、人間そのものを調べるということを懸念する人々の問題や、それに、もちろん農家の見地から遺伝子組換え食品という観点から何をすべきかや、異種移植の目的のために動物を生産することへの賛否など、いろいろと論議されています。理論上でどのように定義しても、それがどのように使われるかを懸念する人は必ずいます。しかし、これは、実際は現代のテクノロジーのある側面の方向とモラルに対して人々が抱いている不安についてはるかに複雑な問題のメタファー（隠喩）なのです。我々は皆、教育レベルに関係なく、複雑な問題にいつも即答を求めるという罪を犯す兆候があります。

その上、テクノロジー反対派の圧力団体は、テクノロジーの多くに本来備わっているある種の曖昧さを利用するのです。テレビでインタビューされるのは最悪です。いつもこんな質問をされます。「では、ヘンダーソン先生にしてもポスト先生にしても、リスクがないとは言えないのですね」。もちろん、誰にしてもリスクがないとは言えないのですが、曖昧な返事をしたとたん、政治家はこの問題は面倒だと考え、一般大衆も同様の感想を抱き、専門家たちはほとんどの場合、知的な潔癖さを保ち、この問題で公開の論争に関わる必要はないと考えがちなのです。しかし、これほど真実からほど遠くかけ離れた態度はありません。なぜなら、ゲノム学は実際に人間の知的な努力が普及していくなかでもっとも画期的な出来事のひとつとして歴史に反映されていくか、テクノロジーのディストピア（暗黒郷）とも言うべき罪深き暗黒の世界を創造するために使われるかの瀬戸際にあるからです。

では、以上のことが、バイオテロリズムという課題のどこに当てはまるのでしょうか。これは、過去 200 年以上にもわたって行われてきた軍事活動の従来のやり方、「ビッグバン」

や「ビッグメタル」として一般に知られている、より遠くの場所から、より正確に標的を絞り、より爆発的な破壊力をもつ兵器の製造を企てるやり方に当てはまるのです。しかし、これには言及しません。今、我々は、非対称戦争の時代を迎えています。端的に言えば、それは「ダビデとゴリアテの戦い」なのです。アメリカや NATO に対して従来の戦争をしようと思う者はほとんどいないでしょう。しかし、西側同盟諸国の動向が懸念されるような多くの合法的政治的事態が生じれば、唯一の選択肢が残されるのです。すなわち、従来の戦争で対等に戦えないのであれば、比較的容易に、安価で製造でき、しかも壊滅的な影響を及ぼすことのできる武器に頼るしか術はないのです。その最たる例が、サイバーテロリズムであり、バイオテロリズムです。

ここが懸念すべき点です。我々が知っているように、非対称戦争に移行するのは地政学的な要因だけではありません。世界貿易センタービルと国防総省（ペンタゴン）への攻撃はその典型的な例です。敵は、技術的に容易な、比較的安価な武器を使用して大量破壊を行いました。バイオテクノロジーの知識はますます脅威に満ち、インターネットやその他の情報源にアクセスするだけで容易に入手できるようになっています。もし自宅の地下室で核爆弾を製造しようとし、その情報をインターネットから入手しようとする、すぐに諜報部員が駆けつけるでしょう。諜報委員会がどこを捜査したらいいかわかっているからです。さらに、通常お金をかけて特別な施設を作ればそれも見破られてしまいます。しかし、生物兵器はずっと廉価に製造でき、隠すのもカムフラージュするのもずっと簡単でできます。我々には、それを見つけ阻止する能力において大きなギャップがあります。もし、重大事件が発生した場合、それを防ぐ能力においても大きなギャップがあるのです。

今日、皆さんのお時間をいただいておりますことは、バイオテクノロジーの進歩によって、今後は脅威の多様性と複雑さが増してくるということです。これは、傲慢な人間中心の社会のなかに限られたものではありません。我々はいつも人間のことだけを考えがちですが、農作物に壊滅的な攻撃を加えることによって、その共同体に破壊的な経済的損失を被らせることもできるのです。ある事例では手足口病が発生しました。知識を民間のために使うか、それとも軍事目的に使うかというジレンマは、人間の知的能力を用いるときにはいつも存在しているのです。軍事目的のために、知識を有益に活用することもできます。それは、国家の防衛になくてもはならないものです。一方、有益な利用と悪用の間にはっきりした区別があります。

微生物の毒性の分子的機序を解明することは、次世代の生物兵器につながります。微生物の遺伝子情報を解読する際に、毒性の菌株と無毒の菌株を比較すると、微生物の有害性の機序が突き止められます。そして、それをどのように変化させればワクチンや人間の免疫システムを免れるようになるのかが調べられます。ヘンダーソン先生はバイオプレパレート・プログラム（Biopreparat Program）に言及しました。それは、当時ソ連国内で非合法のもとに遂行された生物・化学兵器の開発プログラムでした。彼らは恐ろしいほどの数の抗生物質に耐性のある微生物を、特に我々のワクチン戦略に対抗するために製造していた

のでした。

我々にはこれら分子生物学の強力なツールを使う能力があります。微生物を操作して毒性を変化させ、影響を与える宿主を変化させ、体の器官と各器官の親和性を変え治癒力を与えることで、有益な目的に貢献できるのです。最近では微生物を完全に合成するということがばかりでなく、ポリオ菌の合成も可能です。

次の10年から20年の間に、体内の生命の機能すべてを司る分子調節経路が解読されるでしょう。それとともに、医学、獣医学、農業の進歩にその知識が活用される素晴らしい好機がやってきます。しかし、鍵遺伝子の作動開始終了の仕組みを知ることは、同時に悪用の目的でその知識を利用する者にとってもそれと同じ経路が操作しやすくなるということなのです。例えば、転写調節の標的モジュレーションは、見事な振付けによって体内の遺伝子の作動開始と終了を指示し、現在、生物回路攪乱物質、すなわちBCDとして知られている物質を作り出します。これらの経路の特質は生物学で解明されますが、それを操作するには化学薬品が使用されるかもしれません。我々が話していることは、体の他の部分で鍵となる機能をどのように操作するかについてです。というのは化学薬品を使用するのはそのあとだからです。特定の神経経路を分析するには分子生物学を利用します。鬱病を引き起こしたり、依存症を引き起こしたりする経路とはどのようなものか、暴力、幻覚、痙攣はどのようにして引き起こされるのか、現在は利用できるようになった脳などの器官を使って、その調節経路を解明すればわかります。しかし、それらは第五、第六世代の化学兵器となるでしょう。

それはまた、特定の化学的機能を有する微生物を操作するというバイオテクノロジーの知識を使って人間に障害をきたし無能力にする武器だけでなく、いわゆる非致死兵器を作るための枠組みでもあります。例えば、皆さんもご存じのように、多くの研究者たちが石油製品の質を低下させ、経路を劣化させる生物を突き止めようとしています。シリコンを蝕む生物とはどんなものかを考えてみましょう。人間の嗅覚システムに大量の刺激を与えて無力にしてしまう方法、いわゆるウルトラ悪臭弾があります。これはいさかばかげたものですが力があります。生物学を研究解明することは、とりわけまったく新しい武器システムを生み出す引き金ともなるのです。現在調査中のものからごく一部のみ挙げています。

幾分未来的な見解になりますが、血管内部のナノサブマリンについては、体外および体内のセンサー・テクノロジーの問題にのみ関心を払われがちですが、病人を追跡調査して病状を解読し、治療を行う時期や投薬の時期を知るのにも利用できます。しかし、小型化されたバイオセンサーによってまったく新しいカテゴリーが生じるために、その同じテクノロジーが、悪い意味での重要性をもつようになります。人知 (human-int)、情報伝達知能 (sign-int) はすでにありますが、今まさに、バイオ知能 (bio-int) が台頭しつつあります。この小型化技術における目覚ましい変革によって小型装置が作られるようになっ

たため、体内の一部のように働く機械装置を作り、その動きを離れたところでモニターすることもできるようになりました。発見する能力においても、例えば、今では、菌の病気にかかった作物の葉がただれていく様子を静止軌道の衛星からのハイパースペクトル画像でキャッチして、早期に発見することが可能になりました。スキッド (SQUID: 超伝導量子干渉素子) テクノロジーを使って、脳の働きの特定のパターンをモニターできるようになりました。これによって、空港の磁気探知機を通過する人が銃やその他の危険物を所持しているかどうかばかりか、疑惑を招くような怪しげな行動のパターンを示しているかどうかまで見抜かれてしまうのです。

もちろん、これも幾分未来的な長い用語と言えますが、人間はコンピューターシステム上では、単なる炭素、いわゆる「炭素と珪素の融合」に過ぎません。このことも、ニューロプロテーゼ (人工神経) のような分野で目覚ましい発展をもたらすことでしょう。半身、または下半身損傷や麻痺をわずらう患者の身体機能を回復させることができます。また、体の特定の機能を調整するのにも使われます。しかし、これもまたその同じ知識が事実、明らかに軍事的に応用されうるものなのです。

そこで、ヘンダーソン先生はこのように述べています。「知識の制約は、どこから始めるか」。知識を禁止することは、ほんの少数の中世のローマ法王にしか許されていなかったことで、制約については、アメリカでは幹細胞に関する論議のなかで少し話し合われたことがあるくらいです。しかし、全体として見れば、問題は、大量の情報が外部に流れていく状況のなかで、どうやってそれに対処するかなのです。この知識の特定の Kategorie については出版を制約すべきでしょうか。あるいは、出版を制約するのではなく、ある種の最大限に細心の注意を要する情報に関しては、機密情報にするといった奇策を弄するよりもむしろ、既存の学術機関、企業、政府のみに入手可能にする新しい出版形態を作るべきでしょうか。それでは、その情報にアクセスできる者はどのように決めたいのでしょうか。例えば、このワクチン製造工場は有益な実験を行っているか、同時に何か他のものも手がけていないかといったことは、どのようにしたらわかるようになるのでしょうか。

今までにもこのようなジレンマに陥ったことがあります。そのようなときは、過去に行われてきた前例から学ぶことができます、とヘンダーソン先生は述べています。我々は他の世代より賢いわけではありません。ただ、対処すべき問題が違うというだけのことです。その昔、核兵器製造のために、物理、数学、工学における細心の注意を要する情報の取扱いに関する問題に直面した研究者たちは、制約つき知識という特定の Kategorie にその情報を隔離してしまったのです。問題は、その知識が、物理、数学および工学においてどんなにわずかなものであったとしても、それを明らかに悪用する意図でコントロールできたということです。生物学においては、どの雑誌の記事を読んでも、創造力に限りがあったとしても、その情報のほとんどを歪曲して利用できるのがわかります。それは、かつてないほど、深刻な問題となっています。合法的なバイオテクノロジー研究所を背景に情報を隠すことは簡単なことであり、諜報機関が非合法なことを隠れてやっている者を突き止め

るのは非常に難しいことです。

そこで、ヘンダーソン先生もすでに指摘していますが、私は次のことを提起したいと思います。すなわち、バイオテロリズムの開発を直接的に追及することは、バイオテロリズムの定義を拡大したとしても、微生物を悪用した最たるものであると言えます。我々は科学、医学の世界に身を置くものとして、この問題に関しては、政治的懸念と国民の懸念に対処すべく、何をなすべきかという問題を考え始める必要があります。我々が真っ先に立ち上がって、このような考えを推し進めていかなければなりません。

同時に、合法的な国家安全についての問題があります。この問題においては、科学とテクノロジーの分野での活気ある知的文化を壊すことなく、しかも、皆さん全員が関心のある世界中の様々な問題に対処するために善意の研究を安心して続けられるよう、バランスを保っていくことが必要です。事実、生物学に関して不必要な分類を取り除くよう働きかけられるのは、医学なのです。

簡単な方法はありません。この問題がチェックリストで答えられるほど簡単ではないのはわかっています。誰にとっても簡単なことではないと思います。しかし、判断基準の見直しは行わなければならないでしょう。例えば、たった今報告された生物学的事象はどのような意味をもつのか。ある特定の生物学的研究が与える脅威の規模はどのくらいか。それは悪用されやすいものか、悪用されにくいものか。時間はどのくらいかかるのか。文字通りすぐに実現化するものなのか、それとも、今話したようなことを実現するには、あと10年や20年はかかるものなのか。技術上の問題点は何か。大学の小さな研究室で開発できるようなものなのか、あるいは、実際に最先端産業の能力を有する研究所が必要なのか。それを実現するには費用も必要となります。同様に、誰かがそれを行っているということ了我々に知らせるメカニズムが適切に配置されているかどうかという点も重要です。ある意味では、これらを全部まとめたものにする必要があるかもしれません。

今、簡単な判断基準を提案することはできませんが、政治外交的レベルで話し合いを始め行動を起こす以外にはないでしょう。今私が述べた意見に全員が賛成するわけではないことはわかっています。しかし、生物兵器を含む大量破壊兵器の問題を解決したいと望んでいるなら、世界がそれを取り除く決意を示さなければならないのです。私は、今現在、イラクにおける大量破壊兵器を取り除く必要があるのに、世界がその決意を示していないことに危機感をもっています。しかし、それ以上に、我々は、科学者として、医師としての倫理的責任感を強くもち、人間に対して罪を犯す恐るべき道徳的残虐行為としてその行為を位置付ける必要があるのです。我々は、様々な形態のテロリズム、ハイジャック、海賊行為という状況のなかでそのようにしてきました。もし、このような、全人類に対する大きな脅威であり、恐怖を代表する領域で行動を起こさなかったら、子供たちと孫の世代に対する義務が遂行できなくなってしまうと思うのです。

要約すれば、これは明らかにこの課題のほんの導入部に過ぎません。これまでそのほとんどが国家安全問題から除かれてきた生命科学が、国家安全においてますます重要な位置を占めてきます。バイオの脅威は非対称戦争の台頭によって、非対称戦争の武器としてばかりか壊滅的なテロリズムの武器としてますます恐ろしい力をもつようになります。そして生命科学の軌道においてもますます重要なものとなってきます。バイオテクノロジーは、将来の医学と農業にこれほど素晴らしい展望を抱かせるものであるにもかかわらず、同時にバイオの脅威の領域と範囲を広げ、複雑さを増し、悪用されうる情報の起源ともなるのです。それは、合法的な研究の推進力を守ろうとする我々の能力をはるかに凌ぐものです。ですから、それをどのように研究していくのかについては細心の注意を払っていく必要があります。

我々は両方の利用方法を管理するための政策を作らなければなりません。医学の世界における科学とテクノロジー、私は科学とテクノロジーの世界に医学を自動的に含めてしまうのですが、これらは率先してリーダーシップを取って行く必要があります。皆さんは各界のリーダーです。この論争には皆さんが参加することが絶対の基本なのです。もし、問題を否定したり、曖昧にしたり、ぐずぐずと関わりを遅らせたりすれば、他の勢力、たとえそれが善意の支配であっても、比較的承認できるものであっても、それが我々を支配することになるのは自明の理です。承認できる制約と規制は常に悪い規制と言えます。ですから、我々は先駆者にならなければなりません。

政治には大昔からそういった側面があります。「政治とは、可能性の技術である。つまりそれは計算された生き残るための科学である」。オットー・フォン・ビスマルクはよく病理学の父であるルドルフ・ウィルヒョウと知的論争を楽しんでいましたが、このビスマルクの言葉に対するウィルヒョウの返答は、我々が往々にして言いそうなことでした。「いいえ。生き残るために政治の技術はほとんど役に立ちませんが、科学をうまく計算して利用することは必須です」。もちろん、ここで言う科学にも医学が含まれています。

皆さん、我々にあるのはひとつの特権です。それは、我々の最大の責任はよき先祖になるということです。我々にこの課題に対応する能力があることを祈りましょう。