

バイオテロの経済分析：基本概念と分析モデル

安川文朗

Economic Analysis on the Issue of Bio-terrorism Preparedness:  
Concept and Model  
Fumiaki Yasukawa

**ITEC Working Paper Series**

**05-11**

**September 2005**

# バイオテロの経済分析：基本概念と分析モデル

同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター  
ワーキングペーパー05-11

安川文朗

同志社大学 技術・企業・国際競争力研究センター (ITEC)  
専任フェロー  
602-8580 京都市上京区今出川通烏丸東入  
Tel: 075-251-3838  
Fax: 075-251-3838  
[fyasukaw@mail.doshisha.ac.jp](mailto:fyasukaw@mail.doshisha.ac.jp)

キーワード：テロリズム、バイオテロ、備蓄、リスク分析、ゲーム理論

Keywords: Terrorism, Bio-terro, Preparedness, Risk Analysis, Game-theoretic Analysis

本文内容の専門領域：リスク学、経済学、危機管理、テロリズム

Specialty of the article: Risk Analysis, Economics, Risk Management, Terrorism

著者の専門領域：医療経済学、リスク学

Specialty of the author: Health Economics, Risk Analysis

## 要旨

バイオテロの脅威が認識されるなか、生物兵器の特徴や症状、医療機関や行政の対応のあり方について多数の論述がなされてきた。しかし、バイオテロに対する備蓄の実態や、経済的な合理性、可能性に関する議論はこれまでほとんどおこなわれていない。

バイオテロに関する備蓄の経済合理性を議論するために、従来は Risk Analysis の手法を使って被害予測やワクチンの費用対効果などがアメリカで試みられてきた。しかし、Risk Analysis ではリスクの動学的な変化の分析が難しく、またテロリストと政府との間の戦略的対応も十分考慮されていない。そこで近年、合理的選択理論やゲーム理論によるテロへの対応を分析する経済モデルが登場している。これらのモデルは直接費用効果の分析を志向するものではないが、テロにおける備蓄の基本的なスタンスを検討するうえで、不可欠の理論的根拠を提示するものと期待される。

## 謝辞

本研究は、厚生労働科学研究特別研究事業「危機管理における備蓄の経済学に関わる研究」の成果、および 21 世紀 COE プログラム「技術・企業・国際競争力の総合研究」プロジェクト、『危機管理の備蓄の経済学的研究』における研究成果の一部である。

## バイオテロの経済分析：基本概念と分析モデル

安川文朗

### はじめに

本稿の目的は、文献調査を通じてバイオテロの経済分析における基本概念と分析モデルを提示し、今後の研究の進展に資することである。

2001年9月11日の米国同時多発テロ以後、テロの脅威が現実のものとして認識され、国家レベルでのテロ対策が進められている。日本においても、9.11以前のオウム真理教による松本サリン事件および地下鉄サリン事件を契機に、生物化学テロ（BCテロ）に対する具体的な警戒と対応マニュアルが、国レベルで取りまとめられてきた。

しかしこれまでの議論は、テロの脅威に関する一般的な認識と、テロが発生した場合の関係機関の連絡協力体制のあり方を列挙したもの、もしくは医学的見地からのサーベイランスの必要性やワクチン接種の是非、医療機関における患者への対応のあり方、連絡通報経路などを概念的に整理したものが中心であり、実際にテロが発生した場合の初動体制をだれがどのように指揮するのか、いつまで、どれくらいの要員で対応にあたるべきなのかといったことが明示されていない。その理由は、幸か不幸かわれわれがまだ現実のバイオテロに遭遇したことがなく、具体的な被害想定や備蓄のレベルについてのリアリティを持ち得ないからであり、それゆえにテロ対策に必要な予算や資源配分の決定をおこなう経済的な裏づけを持っていないからでもある。

本稿では、これまでに幾人かの論者や研究者によって提示されてきたバイオテロの経済学的分析に関する仮説やモデルを検討しながら、バイオテロへの具体的な対応の根拠としての「備蓄の経済分析」について、①経済分析のための基本的な概念枠組み、②それをふまえた分析モデルの提示、③分析上の検討課題、といった観点から議論する。なお本稿では議論の対象をバイオテロに限定するとともに、分析の実例はおもに文献の紹介をもってかえ、本稿独自の分析は別稿に譲ることとする。

## 1. バイオテロ研究のこれまでの蓄積

### 1-1. バイオテロ研究のトピックスと研究概要

はじめに、これまでのバイオテロに関する研究蓄積を概観しておきたい。テロリズムが現代の技術革新の進んだ社会にとって大きなリスクとなりうるという認識は、特にアメリカでは同時多発テロ以前から存在し、主としてリスク分析の分野から研究がおこなわれてきた（たとえば Marts & Johnson,1987、Cox,1990、Bier,1997、Haime et al.,1998、Bier et al.,1999 など）。バイオテロの脅威にかかわる研究も、1990年代後半から米国を中心にはじめられたが、その数が飛躍的に増えたのはやはり、2001年の炭疽菌事件以降であるといえるだろう。なお、天然痘や炭疽菌などの感染症に関する研究はそれ以前から多数存在するが、本稿では、バイオテロに直接関係する研究に限定して概観する。

バイオテロに関するこれまでの研究は、おおむね

- 1) テロに使用される可能性のある生物剤の特徴と臨床像、効果に関する議論
- 2) バイオテロに対する医療機関の対応、関係機関の連携および公衆衛生の役割に関する議論
- 3) 天然痘の場合にけるワクチン接種の効果と副作用、およびワクチン接種政策の是非に関する議論
- 4) 生物テロ発生時の感染拡大と被害に関する数理モデルおよびリスクアセスメントの理論を援用したテロのリスク測定の議論
- 5) シナリオにもとづく被害想定シミュレーション（実験および理論的検討）

の5つのトピックに整理できる。

1) 2) はここ数年日本でも多数の議論が登場した領域であり、1) では公衆衛生や感染症の専門家を中心に解説やバイオテロモデルが数多く紹介されている（蟻田,2002、倉田,2002、岩田,2002、加來,2003、Blendon R. et al. 2003、Lupatkin H. et al. 2004、Mckenzie E.2004、Henderson D. et al.1999 他） いっぽう、2) に関しては、厚生労働省の事務連絡「国内における生物テロ事件発生を想定した対応について」が出されて以後、多くの報告や提言が公にされてきた(佐藤,2002、倉田,2002、岡部,2002 嶋津,2002,2003、嶋津ら,2002、大西,2002、西野,嶋津,2003、ジリンスカス,2003、他)。

これらの議論ではほぼ一致して、バイオテロの特徴として

- ① テロによる感染症の発生と自然な流行との識別がつきにくいこと、
- ② 確定診断が遅れること、
- ③ 診断がついた時点では医療機関の収容能力をはるかに上回る大量の患者が発生していること、
- ④ 救急隊員や医療従事者などが最初の対応者となること、
- ⑤ 二次感染、三次感染の危険が高いこと、

などが指摘されており、これに対して、日ごろから感染症サーベイランスを緻密に実施すること、行政、自衛隊・警察、医療機関との連携強化をはかること、医療従事者の危機管理の万全と教育訓練の充実をはかること、そして住民のパニックを防ぐために適切な情報提供をおこなう体制を整えることが提言されている。

また3)では、天然痘ワクチン接種の効果とリスクがいくつかの角度から比較検討されている(Kretzschmar et al.2004, Leissner K. et al.2004, Kuhles & Ackman 2003, Kaplan et al.2002,英国では Jefferson 2005 ほか)。たとえば Bozzette et al.では、第二次大戦後のヨーロッパと北米におけるこれまでの天然痘の発生記録と、専門家のエキスパートオピニオンをベースに、潜伏期間や発現期間、初期対応の場所(病院、地域)別の二次感染率などモデル化したうえで、テロ攻撃の発生確率と発生場所別のテロによる感染死亡者数とワクチン接種による死亡者数とを推計した。結果から、バイオテロ攻撃の可能性が低い場合には、医療従事者への事前のワクチン接種が総死亡者数を減らす効果をもつ(かつ接種ありの場合の総死亡者数<接種なしの死亡者数)が、テロ攻撃の可能性が高い場合には、一般市民への広範な接種が効果的であることが示唆されている(Bozzette et al.,2004)。いっぽう、バイオテロリスクの測定をおこなうことは、テロの背景に関する「総合的なフレームワーク」(大内、大山,2003)を理解することであるという認識のもとで、感染範囲や第一次感染者の数、予防の介入方法の違いをコントロールしたシミュレーションによって、テロ発生後の二次感染リスクを評価している(Meltzer, Damon et al.,2001)。

さいごに5)では、バイオテロ攻撃が実行された場合の被害予測を、いくつかの病原体といくつかのシナリオによって試みている。たとえば Inglesby では、メリーランド州のフットボール場に上空から炭疽菌がばらまかれた場合の感染の仕方、感染者の数、パニックの状況などがシミュレーションされている(Inglesby,1999)。また、デンバーの町にペスト菌が散布されたことを想定した「トップオフ TOPOFF」と呼ばれるシミュレーション(Inglesby, et al.,2000)が存在する。さ

らに、2001年6月(9.11テロの3ヶ月前!)に、米国国際問題研究所(CSIS)をはじめとする4つのバイオテロ研究施設が、「ダークウインターDark Winter」と呼ばれる図上演習を実施し、米国における天然痘の発生から感染拡大までの経路のシミュレーションを通じて、米国の天然痘テロに対する備蓄量が緊急対応には不十分であることが示されている(O'Toole& Inglesby,2001)。これらのシミュレーション分析は、被害の予測や備蓄量の妥当性を検証するためだけでなく、テロ発生時における行政や公衆衛生、医療、企業や一般市民の直面する問題を提起して、テロへの対応について真剣に考えるための教育的側面をもっている。

## 1-2. バイオテロの経済分析はどの程度進んでいるか

アメリカでは同時多発テロ以前から、日本では同時多発テロ以降という違いはあるものの、上記5つのトピックのようなバイオテロへの脅威と対応のあり方に関わる研究がここ数年間で蓄積されてきているのにくらべて、バイオテロの経済学的な分析に関する研究蓄積はあまり進んでいないように思われる。

バイオテロの経済分析の範疇には、次のような議論がふくまれる。

- 1) バイオテロへの対応に必要な資源の備蓄に関する国家予算の配分とその妥当性
- 2) バイオテロ発生時の被害額の算定
- 3) バイオテロの備蓄におけるコストベネフィット分析

まず、1)の国家予算のうち、アメリカの状況についてはいくつかのデータが公表されている。アメリカではバイオテロ対策として、2003年度では総額約60億ドル(6,600億円)が計上されおり、この額は前年度予算15億ドルと比べ実に3倍以上に及んでいる。アメリカがいかにバイオテロの脅威を実感しその防御に真剣に取り組んでいるかがわかる(因みに2004年度の国家安全保障省全体への予算配分は294億ドルで、9.11の同時多発テロ以来、アメリカでは国土安全保障のためにこれまでに1,050億ドル(約12兆円)を注ぎ込んでいる)(Doyle,2004)。また、2003年度予算のうち、CDC(Center for Disease Control and Prevention)へ16億ドル、NIH(National Institute of Health)に18億ドルが配分されており、半分以上が医療・公衆衛生セクターにおけるアクティビティを考慮した予算となっている(Front Line Strategic Consulting, Inc.2003)。

いっぽう、予算の妥当性や執行の効率性に関しても、いくつかの調査研究がなされている。Bashir et al.では、2004年2月に全米郡・市医療行政官協会 National Association of County and City Health Officials(NACCHO)が実施した、2002年度予算のもとでの各州のバイオテロ対策進捗状況に関する調査が紹介されており、

そこでは、米国のテロ対策予算増額政策が、州レベルでのバイオテロに対する公衆衛生的備蓄を進展させているという楽観的な結論が述べられている (Bashir et al.,2004)。

これに対して、非営利の医療分野調査機関である Trust for American Health は、同じく 2002 年度に CDC を通じて各州に配分された公衆衛生部門におけるテロ対策予算が、各州でどの程度活用 (執行) され、バイオテロへの備えが改善されたかを数値でアセスメントした。アセスメントは、予算執行の状況、人的・物的インフラ整備の達成度、危機対応プランの策定状況など 10 個の指標に対する「YES」「NO」でおこなわれ、「YES」と答えた場合に 1 点を与えて、総点数を州ごとに比較している。アセスメント結果は、州ごとの単純な点数比較だけでなく、アメリカの公衆衛生部門が全般的にどの程度バイオテロに対応できる態勢を整えつつあるかという観点から提示され、1) 州レベルでの公衆衛生部門の予算は低下傾向にあること、2) 政府の予算増額にもかかわらず、必要な人的・物的資源の整備はなかなか進んでいないこと、3) 危機対応プログラムは各州が作成しているものの、必要な教育、連携の態勢は必ずしも十分ではない、といった点が指摘されている (Trust for American Health,2003)。

このような「予算配分とその効果」に関する活発な議論とくらべ、2) のバイオテロ発生時の被害額算定や 3) のコスト・ベネフィットの分析はきわめて乏しい状況にある。2) についていえば、対イラク戦争における細菌兵器による兵士の死亡者数予測 (米国自然資源防衛評議会防衛評議会(NRDC),2003) などの、ある意味で実践的なシミュレーション分析を別とすれば、コスト分析の進んでいるアメリカでさえ、公にされた研究成果は少ない。ここでは、Kaufmann et al.によるバイオテロ攻撃の直接・間接費用の計算 (試算)、および Abt et al.による、貨物輸送システムへの攻撃シナリオによる被害と予防効果の試算を紹介する。

Kaufmann et al.は、バイオテロのインパクトを規定する要因として、使用する細菌の毒性や散布の方法、被曝者の数、彼らの免疫度、効果的な救援態勢の有無、二次感染の可能性などをあげ、また備蓄の最適コストを、初回のテロ攻撃で回避可能なロス (=初動介入の時点で確認されたすべてのロスから、初動時の効果的な介入でも回避不可能であったロスを差し引いたもの) として定義したうえで、人口 10 万人の都市がテロ攻撃の標的となった場合を想定して炭疽菌、野兔病などの作用菌別に曝露後の医療費、生産性のロス、死亡コスト (所得のロス) を計算した(Kaufmann et al.,1997)。その結果、ブルセラ菌の場合の 4800 万ドル/10 万人から、炭疽菌の場合の 260 億ドル/10 万人まで、50 倍以上のレンジでバイオテロの経済インパクトが計算されている。いっぽうで、Abt C.et al.は、アメリカ経済が物流輸送システムに大きく依存している実態をふまえて、ニューヨーク、ワシントン DC、ロサンゼルスなどの大都市圏の空港、港湾、鉄道、地下鉄駅で、同



時に天然痘とペスト菌が噴霧されたというシナリオを想定し、2003年時点でのアメリカにおけるテロ備蓄の実態をベースラインに、テロが成功した場合の死亡者数、死亡の統計的価値、貿易の停滞やさまざまな資産へのダメージなどを推定するとともに、米国政府がバイオディフェンスの改善のために年100億ドルを支出した場合、損失がどれだけ削減されるかを予測している (Abt C. et al.,2003)。彼らの試算では、100億ドルをテロ対策整備に追加投下しても、テロ対応の総コストは280億ドルから3800億ドルもの幅で削減できると結論づけている。しかし彼ら自身もレポートのなかで表明しているように、「テロ対策の成果については、実際には正確な数値化は難しい」。したがってここでの計算は、必ずしも合理性のある備蓄量にもとづく備蓄の効果が推計されているわけではなく、「目安」以上の情報とはなりえていない。

アメリカのこうした研究、議論と比較して、日本では文献的に見る限り、(大学における予防医学や環境衛生等の研究室ベースでのシミュレーションを除けば、) バイオテロの被害予測や被害額の算定結果はほとんど公表されていないといつてよい。バイオテクノロジーのもつ危険性や生物兵器の技術的側面、バイオテロ災害に対する日本とアメリカの医療的対応の比較検討など、現時点におけるもっとも包括的なバイオテロ研究と思われる杉島らの研究でも、被害想定およびそれにもとづく経済的価値付けなどの作業はおこなわれていない (杉島編,2003)。

### 1-3.なぜバイオテロの経済研究が進まないのか

日本でバイオテロの損害額がほとんど予測されていない理由を考えることは、日本(政府)のバイオテロに対する基本的なスタンスを考えることと同じである。アメリカは9.11および首都での炭疽菌テロ以降、アフガン、イラクに対して次々と「テロとの戦い」という名目の武力行使をおこなった。政治的判断の妥当性や倫理的善悪はともかく、相手を「大量破壊兵器を使えるテロリスト」として認識することは、そのままアメリカ政府に「具体的なテロの脅威」を考慮させる結果となった。それゆえ、生物兵器によるテロに対抗すべく、「国土防衛」のための資源備蓄やテロ対策に関わるさまざまな分野での研究開発に必要な巨額の予算要求が議会を通過し、またテロの実行を想定したシミュレーション分析や演習が行われてきたと考えられる。

これに対して日本では、1995年にサリン散布という化学テロを経験したことから、生物剤・化学剤を用いたテロに対する対処マニュアルの整備をすすめるとともに、感染症対策、ワクチン準備といった保健医療態勢の強化を進めるための予算を支出してきたといわれる。しかし、一連の対応経過をみると、バイオテロに対する日本の基本的なスタンスは、「テロとの戦い」や「テロからの防衛」という

アグレッシブな対応というよりも、危機管理としての省庁間、関連機関間の「調整」に主眼をおいた対応であるように思われる。それゆえ、日本の都市や施設がテロの標的となり、何十万という人々が生物剤による感染症に罹患していくというシナリオを描き、それがどれくらいの人的社会的被害をもたらすのか、経済的なダメージを蒙るのかをイメージして、それに必要な備蓄を進めることよりも、いざというときの関係機関の行動指針や基準を定めて、いわば責任の所在を明確にしておくことを優先したといえるのではないか。もしそうだとすれば、バイオテロの被害額や備蓄のコストを計算しても、迅速な予算措置があまり期待できないから、行政担当者も研究者も民間企業も、真剣にシミュレーションやコスト分析をおこなうインセンティブは小さくなってしまおうと思われる。

しかしもちろん、理由はそれだけではない。Kaufmann らが指摘しているように、使用される細菌の毒性や散布の方法、散布される地域住民の数や免疫度、効果的な救援態勢の有無、二次感染の可能性など、バイオテロのシミュレーションを規定する要因は複雑でかつ水準も無限に想定可能である。また、バイオテロは他の化学テロや核攻撃とことなり、誰がいつどこで攻撃を開始したかを特定することが限りなく困難で、かつ感染症の潜伏期期間によって、攻撃がおこなわれてもすぐに被害が認知されず、バイオテロと認識されたときにはすでに二次感染のリスクが存在するなど、予防の面からも備蓄の面からもその基礎となるシナリオを作ることが大変難しい。こうしたバイオテロのテロとしての特徴も、被害や備蓄の経済学的評価のおおきな障害になってきたのは事実であろう。

そこで次節では、先行研究の成果をふまえながら、バイオテロの経済分析をおこなうための基本的な概念枠組みを検討し、それに基づく分析モデルを提案してみたい。

## 2. バイオテロの経済分析における基本的概念構成と分析モデル

### 2-1. バイオテロの基本特性と経済学的フレームによる理解

すでに触れたように、バイオテロに使用される生物剤は、テロリストにとってきわめて都合のよい、それゆえにテロの標的である市民や国家にとってはきわめてやっかいな特性を持っている。表1は、米国CDCによるバイオテロ使用可能剤の一般的な特性を列挙したものである。また表2は、ジリンスカス(2003)による、バイオテロ攻撃発生時に直面する状況特性である。

表1. バイオテロに使用される可能性のある生物剤の特性

- \* 製造コストが小さい
- \* 病原体の培養が容易で、短期間に大量の培養が可能
- \* 輸送や散布が容易
- \* 病原体を持ち歩いても探知機などによるチェックが不可能
- \* 感染力が強い
- \* 潜伏期間が長い
- \* 国内での発生例がない、あるいは少ししかなく、大部分の医師が病原体感染に関する臨床経験をもたない
- \* 診断・治療が困難で感染対策もとりにくく、死亡率も高い
- \* 有病期間が長く、二次感染、三次感染のスピードも速い
- \* 社会的心理的にパニックを引き起こす

表2. バイオテロ攻撃発生時に人々が直面する状況

- \* 人為的な感染症の流行（すなわちバイオテロの実行）があったとしても、最初は実行者以外、原因となる病原体、感染源が誰にもわからない
- \* 大規模な流行が発生した場合、ほとんどの救急医療関係者や医療機関の従事者、公衆衛生の専門家は、それを自然発生的なものともみなす可能性が高い
- \* 国や地方自治体の緊急時の対応計画が、救急医療処置や医療機関の受け入れ態勢を機能させることができるかどうか、初動の成否をにぎる

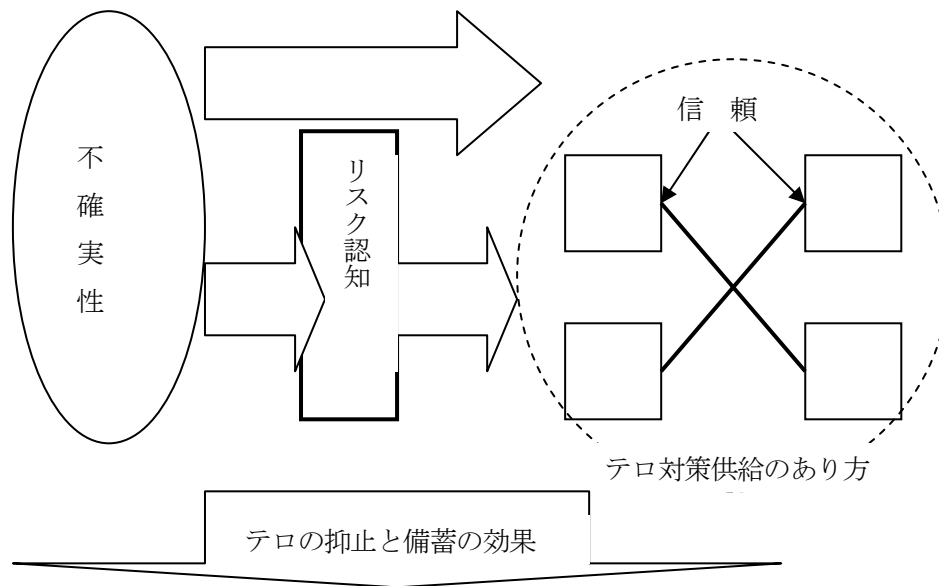
なお表2ではふれていないが、個人情報保護にもとづく個人の権利と、有事の際の公的機関による行動規制との関係をどう調整するかといった問題も、バイオ

テロにおいて直面する重要な課題であることはいうまでもない。

以上のような整理から、われわれはバイオテロという分析対象の経済学的な観点からの特性を理解することができる。ここでのキーワードは、「不確実性」「リスク認知の困難性」「テロ対応財の供給のあり方」「信頼」である。すなわち、生物剤は密かにかつ安価に製造され、テロの実行サイトまで密かに運ばれる。そこで誰が、いつ、どのようにしてその生物剤を散布もしくは付着させたかは、少なくとも事前にはわからない。それゆえ、テロ対策そのものはたえず深刻な「不確実性」に直面することになる（どんな備蓄でも、それは明確な予測にもとづくものではないために、その効果に対する評価も“推測”の域を出ない）。また、感染症の著しい流行がおこっても、その初期症状が他の見慣れた感染症の症状と似ていれば、テロのリスクに対する日ごろの認識が低い場合には、テロ攻撃の事実と感染拡大のリスクを見過ごすか、あるいは不当に低く「認知」してしまう。さらに、テロへの対応は国家によって（公費を使って）提供される「公共財」と考えられるが、その提供を実質的に担うのは公的私的医療機関であり、医療従事者である。テロ対応の提供者がいかに有効に対策を実行できるかは、単に提供者の能力だけでなく、提供のしくみや提供の財源に大きく影響される。仮に公共財であるテロへの対応が全く私的医療機関での私的供給に依存すると、必要な需要量に対して供給は過少にしかなされない（これを「公共財の私的供給問題」という。詳しくは Atkinson & Stiglitz(1987)ほかを参照のこと）。そして、緊急時の政府や行政の対応が効果的に機能するには、関係する医療機関等のあいだの連絡調整とともに、住民の協力が不可欠となるが、それを引き出せるかどうかは、日ごろから地域住民や国民が行政や政府に対してどのくらいの「信頼」をおいているかに依存するであろう。

以上を整理すると、バイオテロの経済分析における基本的概念図は図 1 のように描けるだろう。不確実性の高いテロと対峙する政府・一般市民にとって、的確にテロリスクの認知をおこない、必要な対応を迅速におこなえる態勢づくりと教育訓練が、実質的にテロを抑止し備蓄の効果を高める。バイオテロの経済分析は、一定の予算制約のもとで、テロの抑止と備蓄の効果が最大になるような資源配分のあり方を検討することにほかならない。

図 1. バイオテロの経済分析の基本的概念図



ジリンスカスらにもとづき安川が作成

## 2-2.分析モデル化の要件と基本モデル

以上の基本概念を、実際の経済分析モデルに反映させるにはどうしたらよいだろうか。仮にうえの概念をそのまま応用してテロ対策の効果を評価するためには、少なくとも

- 1) バイオテロの不確実性の程度 (=テロの不確実性尺度)
- 2) バイオテロリスクの認知度 (=テロをテロと認識する確率)
- 3) 生物剤の総量や威力についての範囲の定式化 (=生物剤のタイプ)
- 4) テロに対する初動態勢の総量と、予想外の救急医療需要への対応可能性についての定式化 (=供給可能資源の量×質)
- 5) テロへの効果的な対応 (医療資源等を最大に活用することを含む) を阻害する要因の定式化 (=地域特性、パニックの発生可能性)

を考慮しなければならないだろう。

これらを考慮すると、バイオテロのごく基本的な経済分析におけるファクターの関係は、

$$\max E = E(\rho, \theta, N, t, \epsilon) \quad (1)$$

とかけ、またその記述モデルは、

$$E = \theta \rho \cdot (1 - \theta)(1 - \rho) + N^t + \varepsilon \quad (2)$$

E : バイオテロの抑止と備蓄効果

$\rho$  : バイオテロの実行確率

$\theta$  : バイオテロの実行を正しく認知する確率

N : バイオテロの被害を最小限にする資源供給のベクトル

t : バイオテロに対する資源供給に関する阻害係数

$\varepsilon$  : その他の環境要因

とかけるであろう。

もちろん、上記の(1) (2) からただちにバイオテロの経済評価が導かれるわけではなく、この基本モデルによりリアリティをもたせて、実際に分析可能なモデルを作らなければならない。なお、上記のモデルはバイオテロに対する備蓄のあり方を検討するためのひとつのモデル例であり、その基本構造はいろいろなかたちで表現可能である。たとえば Blair et al.は、バイオテロのリスクを抑止し、テロ攻撃の結果 Consequences を最小にするような以下のような記述モデルを提案している (Blair et al.,2004)。

$$C = C\{H + P \cdot T \cdot (W \times M) + R\} \quad (3)$$

C: バイオテロ攻撃の結果

H: 防衛/対テロ戦略の状況

P: 組織的/システム的なテロへの備蓄

T: テロリスト自身の攻撃能力と外部からの支援

W: バイオテロ兵器の水準

M: バイオテロ攻撃の威力に関わる乗数

R: バイオテロの発生に対する組織的、システム的対応措置の水準

## 2-3. バイオテロの経済分析モデル

### 1) Risk Analysis Model

上記 (2) および (3) の記述モデルにもとづく経済分析モデルとは、実質的には記述モデルの各項を計算可能なかたちに変換することに他ならない。ではどのような分析モデルが考えられるであろうか。

前節での文献的検討から、現時点ではまだバイオテロの経済分析モデルは確立していないことが理解されたが、Kaufmann ら (1997) が指摘したとおり、バイオテロの被害は使用された細菌の毒性や散布の方法 (=感染可能性)、被曝者の数や免疫度、そして対応の準備水準に大きく依存する。言い換えると、テロのリスクは「テロの脅威そのもの threat」と「攻撃対象の頑健さ (脆弱さ) vulnerability」というリスクに大きく分解することができる。

ある事象におけるリスクの大きさが人々の健康や環境、社会に及ぼす影響を総合的に研究する学問領域として、「リスク学」がすでに 30 年以上の歴史を有している。経済学とリスク学は近接領域のひとつとして相互に深い結びつきをもっており、経済的意思決定のあるところにはかならずリスクの概念が登場する (酒井,1991、日本リスク研究学会編,2000)。その意味で、テロに関するリスクの分析 Risk Analysis から、われわれは直接間接に経済学的考察を得ることができる。ここでは Winterfeldt と Rosoff による Risk Analysis の例から、経済分析へのヒントを抽出してみたい。

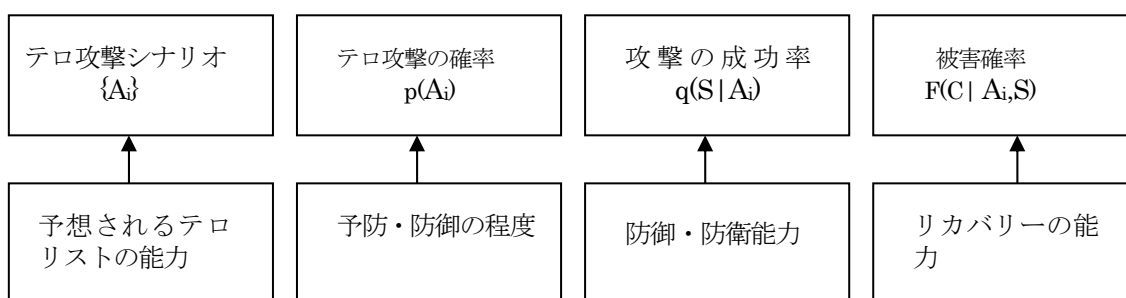
南カリフォルニア大学の Winterfeldt と Rosoff を中心とする研究グループは、ロサンゼルス湾の港湾施設に対する放射線物質によるテロ攻撃の脅威とその予想される結果を分析するモデルの構築に際して、上記の threat と vulnerability のというふたつのリスクに着目した Risk Analysis Model を提案した。彼らの分析モデルは、Consequences Assessment、Response Modeling、Economic Analysis という「モデルエリア」を加えた統合的な Risk Analysis であり、Threat Analysis、Vulnerability Analysis、Consequences Analysis という 3つのサブモデルがこの分析を有機的につないでいる (Winterfeldt D. & Rosoff H.,2005)。

はじめに、サブモデルである Threat Analysis と Vulnerability Analysis を簡単に説明する。まず Threat Analysis では、ある地域  $i$  におけるテロ発生という「シナリオ」 $\{A_i\}$  を作成し、このシナリオに生起確率  $p$  を与える  $\{p(A_i)\}$ 。ここでは、テロ対象の環境状況や健康度などの要素は無視され、純粹にテロリストが想定したシナリオを実行するかどうかの問題となる。次に Vulnerability Analysis では、所与のテロ実行確率  $p(A_i)$  のもとで、その攻撃がテロリストの期待どおり成功する可能性  $q(S|A_i)$  を考える。こうすることで、テロが起きることと、それがうまくいく

(損害が生じる) こととを独立に分析する。このモデルの利点は、きわめて不確実性が高い「テロの発生」を最悪のシナリオとして受け入れたとしても、その効果に影響を与える要因を独立に分析することで、テロの「結果」を、たとえばマキシマムなケースとミニマムなケースに分けて評価できることである。

そこでこのモデルに  $p$ 、 $q$  を決定する諸要因を挿入していくことで、Risk Analysis は以下のように拡張される。

図 2. 拡張されたリスク分析モデル



Source: Detlof von Winterfeldt & Heather Rosoff, “Using Project Risk Analysis to Counter Terrorism” Symposium on Terrorism Risk Analysis, January 13-14, 2005 より抜粋して筆者が邦訳

テロ攻撃のシナリオ  $A_i$  は、テロリストのテロ実行能力如何によって大きく左右される。ここで実行能力とは、細菌を製造・増殖させる能力 (技術)、保管する能力、運搬する能力、効果的な散布場所や付着媒体を選択する能力などが含まれる。テロリストがどんな手段で病原細菌を製造し、どのような経路で散布や付着を実施できるのかは、そのままテロ実行シナリオの設定バリエーションを決定する。また、テロリストの能力は、テロ攻撃を受ける側の予測や防御態勢のレベルによって相対的に評価されるべきである。たとえテロリストが病原細菌の入手が容易な環境にいるとしても、その殺傷能力を高めたりテロリスト自身の感染を防いだりする技術を持っていなければ、おのずからテロ実行確率  $p$  は低くなる。

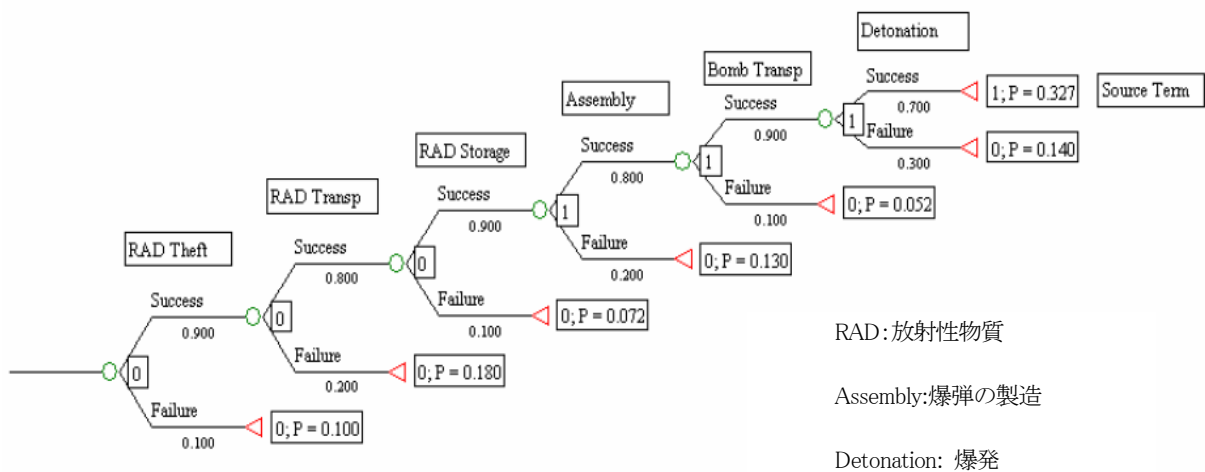
この拡張は、経済分析モデルの検討にとって重要なヒントを与える。テロリストの能力を評価するには、日ごろからテロ実行の動機をもつ組織や個人の情報を的確に収集・分析する必要がある。すなわち、情報収集や査察に投入される人的物的資源の質と量によって、テロリストの能力の測定がより精緻になり、それによってテロ攻撃シナリオ  $A_i$  が絞りこまれ、実行確率  $p(A_i)$  が低くなる。それゆえ、この分析モデルを通じて  $A_i$  および  $p(A_i)$  を評価するとき、同時にその評価に必要な資源投入コストを算定することができる。このロジックは、攻撃の成功率  $q(S | A_i)$  にも適用できて、テロに対する備蓄の水準ごとに、その水準で可能なテロの成功確率の減退度を、比較的簡便に推定することができる (というのも、すでに  $p(A_i)$



で攻撃の可能性が与えられているため、投入される防御システムの質量に関するコスト情報を変数として推計式に入れても、「他の条件を一定」とする部分均衡モデルでテロ攻撃成功率の変化を推定することができるからである。

Winterfeldt と Rosoff におけるテロ攻撃のシナリオは、米国内の病院、企業から放射性物質と照射機器が盗まれ、またロシアの核再処理施設から使用済み核燃料が盗まれるかヤミ購入されてテロリストの手にわたり、放射能汚染爆弾が製造される。そしてロサンゼルス・ロングビーチ港内で放射能汚染爆弾が爆発するというものである。このシナリオが以下のような event tree をつかってシミュレートされる。各シナリオの段階で成功率 success と失敗確率 failure が割り振られ、そのときの「ゼロリスク」の可能性 P が計算される。このシミュレーションプロセスでは、テロの成功と失敗に影響を及ぼす備蓄の状況を暗黙のうちに想定してそれぞれの確率を割り当てることができるが、そうするためには、実際にその備蓄がどこまで機能するかを考慮する必要がある。Winterfeldt と Rosoff のモデルでは、備蓄の機能確率そのものを事前に考えるかわりに、テロ攻撃という「プロジェクト」を遂行するために必要な（テロリスト側の）資源や資源や技術の水準を想定して、その水準に応じた成功率を推定する方法を採用している。

図 3.テロ攻撃シナリオの成功率に関する event tree



Source: Detlof von Winterfeldt & Heather Rosoff, "Using Project Risk Analysis to Counter Terrorism" Symposium on Terrorism Risk Analysis, January 13-14, 2005

放射能爆弾を製造することのできる施設、スタッフ、技術などがテロリストサイドでどの程度調達できるのかは、それを阻害する防御態勢がどの程度機能しているかに依存するから、この成功率は「相対的」なものである。言い換えれば、テロを成功させる資源確保の確率をどうすれば 1/2 にできるか、という観点から、

テロ対策のインプット量とコストを推計するのである。

Winterfeldt と Rosoff では、成功確率を割り当てた結果としてどんな被害が生じるかを、Consequences Assessment として定義し、また、テロ攻撃によって港湾施設が閉鎖された場合の経済効果についての推計を Economic Modeling と位置づけている。Winterfeldt と Rosoff のモデルは、経済分析としては前節の分類でいえば 2) バイオテロの被害額算定、および 3) コスト＝ベネフィット分析に直接つながるものである。Consequences Assessment では、被害を短期、中期、長期の三段階にわけ、短期的効果として①爆破による人的被害（けが人、死亡者数）、②施設のダメージ、③放射能汚染の程度を、中期的効果として④港湾閉鎖、⑤産業への影響を、長期的効果として⑥（放射能汚染による）潜在的ながん患者の発生、があげられており、また Economic Modeling では、港湾の閉鎖期間に応じた経済的損失が総額で示されている。バイオテロにおける被害想定はこれとは異なると思われるが、備蓄のコスト＝ベネフィットを考える際にはエンドポイントをどこに設定するかが重要となる。

ただし、Winterfeldt と Rosoff のモデルでは、(2) 式における備蓄の有効性に影響を与える要因（ $t$ ）が明確に意識されていない。核攻撃のシナリオでいえば、放射能汚染の脅威に反応して地域で予想されるパニックの水準が考慮されていないのである。またこのモデルでは、テロリストの（テロ攻撃に関する）時間的な選好は考慮されていない。つまり予定の攻撃がすぐに実行されても、ある程度時間のずれがあっても、テロリストの効用に影響はないと仮定していることになる。

## 2) Micro-economic Analyses

うえで指摘したように、想定されたシナリオにもとづくテロのリスクと、テロの防御や迅速な対応の態勢の水準に応じたベネフィットにコストの情報を付加する risk-based analysis は、

- ① 1回のテロによって生じる損害と対応の効果を推計（複数回のテロは1回のテロが数回おこったとして計算）
- ②（テロリストにとって）今日のテロ実行と明日の実行は同値（時間選好を無視）
- ③ テロリストと政府・市民との相互関係を考慮しない
- ④ テロリストとテロの対象との双方における学習効果を考慮しない

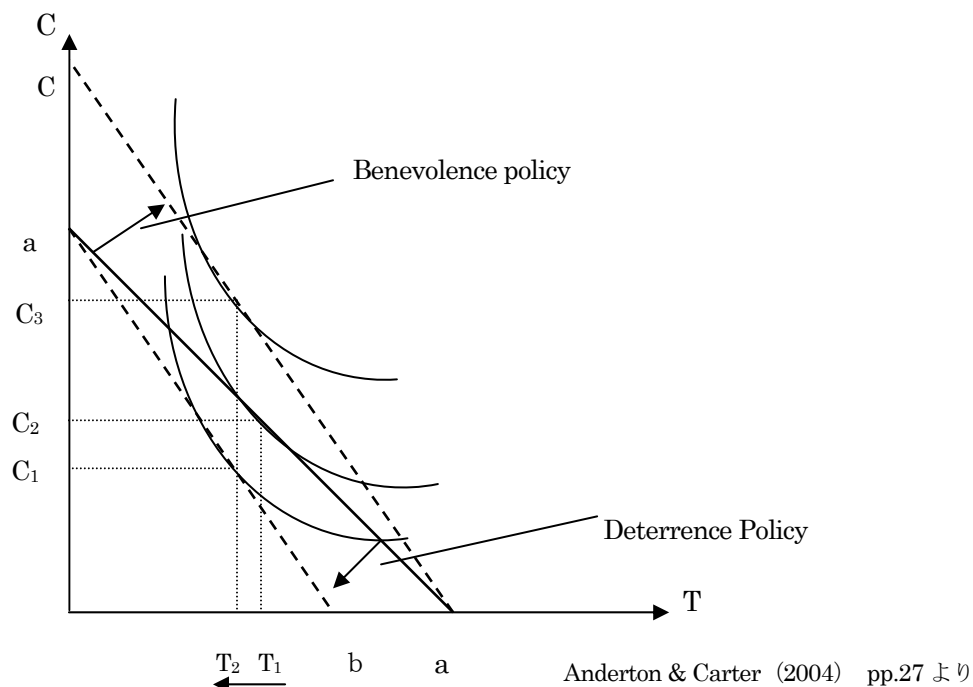
といった、基本的に静学的 static な性質をもつ分析方法といえる。

こうした静学的な Risk Analysis Model の重要性は、ともかくテロの脅威を具体的に社会が意識し、最低限の備蓄に必要な社会的コストを示すという点にあり、それはテロの備蓄に対する社会的コンセンサスを得るうえで不可欠な、政策的な意味での実用性をもつものといえる。しかしこのような分析に対して、テロの発生やテロにかかわる人間・組織の意思決定のメカニズムを、より拡張性のあるフレキシブルなモデルから理解するために、近年マイクロ経済学の諸理論をテロの分析に応用しようとする動きが出てきている。そこで本節では、Anderton & Carter (2004) から、合理的選択モデル Rational Choice Model とゲーム理論モデル Game-theoretic Model のふたつのモデルについて、基本的な考え方とテロ分析への貢献可能性を検討する。

#### a) Rational Choice Model

テロリズムの分析に「合理的選択モデル Rational Choice Model」を応用するときの基本的な考え方は、テロリストはテロという行動をいかにとるかについて、資金と資源調達状況に応じて合理的に決定するはずだ、というものである。Anderton & Carter は、「テロ : T」と「それ以外の合成財 : C」というふたつの財を想定したとき、テロリストが C に対する支出（食料や衣服、住居など、テログループの維持に必要なコスト）を必需財として考慮するならば、必然的にテロ攻撃という行動の選択は、彼らの直面する予算制約に対して弾力的となるとした。この、所得—消費におけるテロリストの合理的な判断という仮定から、テロ攻撃を抑止するふたつの方策が提案される。ひとつは、「抑止的政策 Deterrence policy」と呼ばれる方策で、政府がテロに対する防御をすすめ、いっぽうでテロリストの潜伏地や訓練施設を攻撃したり、リーダー格の人間を捕縛したりするといった行動をとることで、テロリストはテロ攻撃に関してより高い「価格」に直面させ、結果的にテロ攻撃への選好を後退させるというものである。もうひとつは、「慈善的政策 Benevolence policy」と名づけられた方策で、テロ攻撃に直接かかるコストを引き上げるのではなく、テロ実行の機会費用を引き上げることで、結果的にテロを抑止しようとするものである。このふたつの方策のロジックは、図 4 のように示される。まず、テロリストが直面するテロ実行と他の財の購入に関する初期の予算制約は線分 aa で示される。このとき、政府がテロリストたちの施設を攻撃したり、主犯格の逮捕に踏み切ったりすることで、T の相対価格を引き上げると、テロリストの直面する予算制約線は ab になる。テロリストが自らの効用を最大にする最適な消費選択をおこなう（すなわち最適解が内点解となる）ならば、このときテロの実行可能性は  $T_1$  から  $T_2$  に後退する。これが「抑止的政策」である。

図 4.テロを抑止するための Deterrence, Benevolence ポリシー



いっぽう、こんどはおなじ予算制約 $aa$ のもとで、政府が $C$ に関する価格、すなわちテロ以外の合成財の価格を下げる政策をとったとしよう。定義されたように、 $C$ にはテロの実行とはかかわりのない食料品や衣服、住居のほか、就業機会や（テロ以外の）社会的活動も含まれると考えられる。重要な点は、これらのいくつかは、実はテロリストがテロの実行によって獲得しようとするものが含まれるということである。こうした合成財の価格が下がるということは、そうしたテロの実行によって獲得できるとテロリストが考えるもの（基本的生活財の確保や就業機会の確保）も、わざわざテロに訴えなくとも手に入る水準に近づくということである。言い換えれば、これらの合成財が比較的安価に獲得できれば、テロリストにとってテロを実行することはよりコストがかかる行為となる。 $C$ の価格が下がった状況でのテロリストの予算制約線は $ac$ となり、そのとき効用最大となる $T-C$ の選択点では、やはり $T_1$ は $T_2$ へと下がっている。これが「善意的政策」である。

この分析が Rational Choice Model といわれるゆえんは、テロリストがテロの実行とそれ以外の選択肢にそれぞれある合理的な選好をもち、それが $T$ と $C$ の価格（コスト）を通じて表明されると考えるところにある。またこのモデルから、テロリストにとって $T$ の価格が小さいほどその $T$ を実行しやすいという、テロの方法についての選択も暗黙のうちに導かれる。つまり、テロのなかでも最もコストのかからない「貧者の兵器」といわれるバイオテロは、もっとも実行可能性の

高いテロであることがモデルから傍証されているのである。

しかし、もともと「非合法」な集団であるテロリストが「合理的」な選択をおこなうという仮説がはたしてどの程度までテロやテロリストの現実を反映しているかは、非常に重要なポイントである。たとえばテロリストが、単にある権利や立場の確保といった政治的目的ではなく、社会的な混乱を引き起こすことを目的としてテロを実行しようとする場合には、たとえ  $C$  の相対価格が下がってもテロの抑止にはつながらないかもしれない。言い換えれば、テロリストがどんなにコストを負担しようとも、どんなに社会的に非難されよとも、テロを起こすことそのものに最大の意味を見出しているような状況（経済学的に言えば、テロの実行という選好が「端点解 corner solution」となっている場合）では、Rational Choice Model の分析力は小さくなる。筆者のみるところ、Rational Choice Model の貢献は、前節 (3) 式における  $T$  の意味を明確に定式化したことである。 $T$  が定式化されることで、テロリストのテロ実行に影響を与える要因が、単にテロ集団サイドにだけあるのではなく、社会制度や経済状態がテロの実行を促しもし抑止もするという事実を、分析モデルのなかに明確に位置づけることが可能になる。

## b) Game-theoretic Model

Rational Choice Model がテロリストの経済的意思決定に注目した分析モデルであったのに対して、ゲーム理論モデル Game-theoretic Model は、テロリストと政府というテロをめぐる攻撃側と防御側の関係を、戦略的なゲームで記述するモデルということができる。

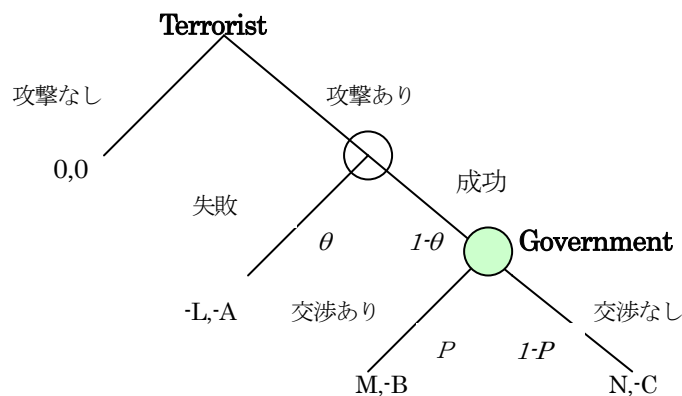
テロをめぐる両者の戦略をゲームとして記述する場合、通所は各プレイヤー（テロリストあるいはテロ組織と政府あるいは行政）の戦略的意思決定の順序と、その意思決定による両者の利得 pay off を記述していく。Anderton & Carter では、Lapan & Sandler(1988)を引用して、テロリストと政府の人質解放というシチュエーションのゲームを紹介している。人質解放ゲームは、まずテロリストが（人質をとるために）テロを敢行するかどうかの意思決定をおこなうところからスタートし、もしテロリストが攻撃を行わなければ両者の利得はゼロ（双方に得るものも失うものもない）、もしテロリストが攻撃をおこなっても、人質の捕縛が  $\theta$  の確率で失敗すれば、テロリスト側はかなりの損失（たとえば  $-L < 0$ ）をこうむる。いっぽう、もしテロによる人質の捕縛が成功 ( $1-\theta$ ) すれば、テロリストはそれをもとに政府と交渉をはじめだろう。もし政府との交渉に成功し（確率  $p$ ）、テロリストに都合のよい条件を引き出せば、テロの目的は達成されてテロリストには  $M$  の利得がはいるが、交渉が失敗もしくは政府が交渉を拒絶すれば ( $1-p$ )、テロリストが手にする利得  $N$  は、それほど望ましいものではないだろう（少なくとも  $N$

<M)。いっぽうこのゲームを政府のサイドからみると、もしテロリストが人質の捕縛に成功すると、その時点で政府はあらかじめ支払った安全対策コストや警備の資源などを無駄にしたことになるので、-Aのようなロスをこうむることになる。またテロリストとの交渉が成立した場合でも、政府は身代金の支払いや国際的な信用など・Bのロスが生じるが、それはAほどの大きさではないだろう。そして交渉を拒絶した場合には、人質の生命やテロリストの自暴自棄な行動などが予想されるいっぽうで、政府が強い態度でテロリストを威嚇すれば、テロの続行をあきらめることもありうる。後者の場合には、若干の流血はみるかもしれないが、結果的に政府のロス・Cは最小にすることができるかもしれない (-C<-B<-A)。

この人質ゲームの期待利得Zは、(4)式のように表記でき、それを戦略ゲームのツリーとして表記すれば図5のようになる。

$$Z = -\theta L + (1-\theta)\{pM + (1-p)N\} \quad (4)$$

図5.政府とテロリストの人質解放ゲーム



Source: Lapan & Sandler(1988)

### 3. バイオテロの経済分析における課題と展望

#### 3-1. Game-theoretic Model の有効性と限界

静学的な Risk Analysis の限界を修正し、動学的な分析を可能にするという意味で、たしかに Game-theoretic Model の有効性は大きいと思われる。ゲーム理論を応用した分析の理論的な利点を整理すると、

- ① プレイヤーの利得 (=テロ攻撃とテロの防御のそれぞれの成果) を同時に予測し比較することができること、
- ② テロ攻撃から対応までの一連のイベントを時系列でモデル化できること
- ③ テロリストの攻撃戦略と政府の防御戦略の対応関係を検討できること

があげられる。②③は、繰り返しゲーム repeated game のツリーを考え、それを後ろ向き backward にたどっていくことで、テロリストの戦略水準に応じて自身の戦略水準を決めながら経済的な意味での最適な対応パスを見つけることが可能になるということである。

しかし、ゲーム理論の理論的特徴は、プレイヤー相互が相手の戦略を事前に予測できるかどうかでゲームの構造や利得が変わるという点にある。特に、テロリストも政府もともにある予算制約に直面するとすれば、相互にできるだけロスが少ない戦略を採用し、成功を収めたいとすることは間違いない。しかも、バイオテロの最大の特徴が、攻撃の不確実性とコストの安さにあるとすれば、防御側の政府にとっては、事前に相手の戦略がわからないという「不完備情報」のもとで、どれくらいの防御努力をすべきかを選択しなければならない。Anderton & Carter は、政府側に積極的な防御を提唱するグループとそうでないグループの二者がいるとき、両者のあいだに（ゲーム上の）コンフリクトが発生して、いわゆる「囚人のジレンマ」のような最悪の結果をもたらす可能性を、簡単な戦略型ゲームで指摘している。たしかに、現在の日本政府がバイオテロに対する徹底的な予防策を実行できないでいる（膨大な予算をバイオテロのために投入できないでいる）のは、日本政府の危機意識が乏しいのではなく、不確実なテロ攻撃に対してできるだけ「損をしない」対応をとりたいと考えている結果だというべきかもしれない。その結末が、囚人のジレンマのような最悪のシナリオにならないことを祈るばかりである。いっぽうアメリカはバイオテロに対策に 100 億ドルを超える予算を投じているが、この意思決定に対する批判には、「・・・もし何も起こらなければ、あまりに過剰な投資をおこなったということになるだろう」（ジリンスカス,2003）としか言いようがない。だからこそ、アメリカではテロリストに関する情報を収集するために、諜報機関を使って莫大な努力をするわけである。

Game-theoretic Model の分析上の課題はほかにも指摘できる。テロへの対応が関連機関の連携でなりたっているようなケースでは、そうした連携のあり方がテロ対策の効果、つまりゲームにおける利得の違いを生む。

たとえばある地域に天然痘菌がエアゾールによって噴霧され、最初の感染者が大量に発生したというシナリオで、テロリストの天然痘菌散布と地域の医療態勢との「関係」を Game-theoretic Model で分析するとしよう。その場合、バイオテロに対する備蓄態勢は、ある資源がそれぞれ無関係に独立して配置されるわけではなく、むしろ病院どうしのネットワークや医療従事者と公衆衛生担当者の連携が複雑にからみあってひとつの「対応ユニット」が形成されるから、あるひとつの病院に対するバイオテロ攻撃の影響は、医療従事者の不足やベッドの不足を埋めるというかたちで他のすべての病院や行政機関に波及する。そのようなプレイヤー内部の機能を抑制する効果について、Game-theoretic Model は明示的に考慮していない (Bier,2005)。単純に考えれば、テロへの対応資源が「ユニット」として連携している場合、それぞれの資源がテロへの対応のためにセキュリティ対策を個別に実行すると、共同のセキュリティ・システムを導入する場合に比べて「過剰投資」になることは明らかであるが、いっぽうで国民全体を対象にしたワクチン接種を実施したり、国家的規模の情報システムを開発してテロリスト監視を強化したりすることは、きわめて重要なテロ対策のアクションだが、社会全体のテロ対策投資という観点からみれば、多くの個人や資源がセキュリティ投資をおこなわなくなり、結果的に社会全体が必要とするセキュリティ量に対して「過小投資」になる可能性がある。こうした「フリーライダー」問題は、テロ対策が「公共財」としての性質を持つ以上、考慮せずにはいられない経済学的、政策的課題である。そこで、いかに公的なバイオテロ対策を実行しながら、対応ユニットとしての医療機関や民間企業が「フリーライド」のインセンティブを回避し、すべてのプレイヤーが「社会的に最適 socially optimal な」防御の水準を達成できるかに関する、効率的なメカニズム・デザインを早急に検討する必要がある (Bier,2005)。この点について、ゲーム理論を使ったごく基本的な理論分析と簡単なコーディネーション策の提案は試みられているが (たとえば Kunreuther & Heal,2003)、現時点ではまだ十分な議論が提起されていない。



### 3-2. 今後の課題と展望

日本のバイオテロ対策をふりかえると、2001年の同時多発テロ以降、小泉首相の訪米をきっかけに急速にバイオテロの発生を想定した省庁レベルの対応マニュアルが作られた。しかし研究者サイド、特に経済学分野の研究者は、これまでほとんどこの問題に対する理論的・実証的研究をおこなっておらず、もっぱら医学者や統計学者によるテロの影響分析や、医療的対応の態勢づくりに関する提言が公にされてきた。しかし、リスク学や災害学における研究蓄積は、テロの経済分析（いわゆる被害額の算定だけでなく、テロ抑止のメカニズム・デザインにかかわる分析）にとって貴重な資源であり、今後はこれらの領域の研究者と共同で、経済学理論を応用したバイオテロ分析を加速的に進展させることが必要である。

日本において、バイオテロをはじめとする「テロ」に対する危機管理体制が遅れている背景にはさまざまな理由が考えられるが、バイオテロの経済分析をなぜきちんとおこなわなければならないかについて、筆者は2点を指摘したい。第一点は、テロは地震や洪水などと異なり未知のリスクであり、その確率や結果の甚大さをあらかじめ想像できないため、人心や社会の混乱度は自然最大とは桁違いに大きい。それゆえ、その被害想定と必要な備えを、コストの情報を含めて社会に提供することは、単に物理的なテロへの備蓄を進めるだけでなく、国民が、社会の安全について自分自身の生活環境と社会システムの文脈で理解するすぐれた契機となる。第二点は、社会経済的規模でテロの被害予測と対抗措置に関する議論を喚起・醸成することは、テロという手段を使おうとしている人々や国家にとって、テロの目的のひとつである「社会混乱」の効果を減ずる契機となる可能性がある。先述した「抑止的効果」の具体化のひとつとして、社会が緻密なテロ分析をおこなうわけである。そして、これら二点の効果をより有効にするためには、国家レベルでの真剣なテロ研究と対策が、政策面でも経済面でも目に見えるかたちで実行される必要がある。

こうしたことは、もちろん日本だけにいえることではない。これまでみてきたように、アメリカはすでにこうした認識を強く持っており、そのもとで研究体制は整備されつつある（代表的なものに、米国国家安全保障省が資金を出し、南カリフォルニア大学内に設置した CREATE :Center for Risk and Economic Analysis of Terrorism Events がある。ここでは、リスク学、経済学、心理学、工学などの学際的なチームがテロの抑止を目指した研究を行っており、RAND や New York 大学の研究者と連携した経済分析に特化したチームがセミナーや研究報告会を毎年実施している。CREATE の Dr. Randolph W. Hall は、筆者のインタビューに対し、「バイオテロの分野ではまだアメリカでもほとんど研究が進んでいないので、2005年4月からバイオテロに焦点を絞った基礎的研究をスタートさせたい」と答えている）。

いずれにせよ、バイオテロの経済分析はまだ基礎理論の提示と検討の段階である。さきあげた二点への効果をふまえて、筆者が今後特に研究をすすめるべきと考えるテーマは、

- ① バイオテロの備蓄をだれがどのようにおこなうべきか ⇒ 公共財としてのテロ対策支出におけるフリーライド問題の解決
- ② テロ対策というサービスに対して、国民がどのような効用（関数）を持っているのか ⇒ テロ対策という政策への、国民の信頼と関与の問題
- ③ テロリストやテロ計画に関する情報をいかに効率的に収集するか ⇒ ユビキタス技術の活用と個人情報保護との関係
- ④ 日本のテロ対応技術の国際競争力を生かし、研究開発投資をいかに製品化と備蓄につなげるか ⇒ テロ対策の国際的R&Dのあり方

このうち、①と②は、公共財としてのバイオテロ備蓄がどのように効率的に提供されるかに関する、需要供給双方からの分析アプローチといえる。特に②では、テロへの備えというものが、必然的に市民社会にさまざまな規制を課していくことに注目し、一定量以上のテロ備蓄が人々の効用、さらには社会的な厚生に及ぼす影響をふまえた「テロ備蓄需給均衡モデル」を考えなければならないだろう。また③と④では、バイオテロへの備蓄に必要な技術力が、日本ではまだ十分有効活用されていない（たとえば日本では、偽剤をつかった防護マスクフィルターの性能実験が実験室外では認められていないため、風向や気温、湿度などによるリアルな性能測定が難しい）ことをふまえた、テロ対策と法整備との関係なども検討すべきであろう。また、バイオテロの備蓄がもっとも効果的におこなわれるような人的・技術的資源の配分のあり方に関する、統計科学にもとづくシミュレーション分析は、まさに他領域とのコラボレーションを進める意味で重要であろう。省庁の垣根を越えた研究グループの創設と合理的な予算配分を前提とした、日本におけるバイオテロ研究、とくに経済学的研究の進展が期待される。

## 参考文献

- Abt.C et al.(2003), 'The economic impacts of bioterrorist attacks on freight transport systems in an age of seaport vulnerability', *Executive summary of Contract # DTRS57-03-P-80130*.
- Atkinson A. and Stiglitz J.,(1987), *Lectures on Public Economics*, McGraw-Hill International.
- Anderton C.H. and Carter J.R.(2004), '*Applying intermediate microeconomics to terrorism*', mimeo.
- Bashir Z. et al.(2004), 'The impact of federal funding on local bioterrorism preparedness', *Journal of Health Management Practice*, Vol.10, No.5, pp.475-478.
- Bier V. et al.(1999), 'Assessing and managing the risk of extremes', *Risk Analysis*, Vol.19, No.1, pp.83-94.
- Bier V.(1997), 'An overview of probabilistic risk analysis for complex engineered systems', In *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*, Lewis Publishers.
- Bier V. (2005), '*Game-theoretic and reliability methods in counter-terrorism and security*', Discussion paper of Center for Human Performance and Risk Analysis, Department of Industrial and Systems Engineering, University of Wisconsin-Madison.
- Blair J. Myron D. and Zapanta A.(2004), 'The bioterrorism formula : facing the certainty of the uncertain future', Blair J. et al. ed. *Bioterrorism, Preparedness, Attack and Response*, Elsevier.
- Bozzette S. et al.(2004), 'A model of a Smallpox-vaccination policy', *New England Journal of Medicine*, No.348, pp.416-425.

Brookmeyer R. and Blades N.(2001), 'The statistical analysis of truncated data: application to the Sverdlovsk anthrax outbreak', *Biostatistics*, Vol.2, No.2, pp.233-247.

Cox L.(1990), 'A probabilistic risk assessment program for analyzing security risks', In *New Risks : Issues and Management*, New York Plenum Press.

Chung S. et al.(2004), 'Efficacy of an educational web site for educating physicians about bioterrorism', *Academic Emergency Medicine*, Vol.11, No.2, pp.143-148.

Front Line Strategic Consulting (2003), *Bio-defense: An analysis of strategic opportunities*. Front Line Strategic Market Report #1370.

Haimes Y. et al.(1998), "Reducing vulnerability of water supply systems to attack", *Journal of Infrastructure Systems*, Vol.4, pp.164-177.

Heal G. and Kunreuther H.(2004), 'Interdependent security: A general model', *NBER Working Paper Series*, No.10706.

Henderson D. et al.(1999), 'Smallpox as biological weapon', *JAMA*, Vol.281, No.22, pp.2127-2137.

Inglesby T.(1999), 'Anthrax : a possible case history', *Emerging Infectious Disease*, Vol.5, No.4, pp.556-560.

Inglesby T. et al.(2000), 'A plague on your city: observations from TOPOFF', *Biodefense Quarterly*, Vol.2, No.2, pp.1-10.

Jefferson T.(2005), 'Bioterrorism and compulsory vaccination'. *BMJ*, Vol. 329. pp.524-525.

Kaufmann A., Meltzer M. and Schmid G.(1997), 'The economic impact of a bioterrorist attack : are prevention and post-attack intervention programs justifiable?', *Emerging Infectious Disease*, Vol.3, No.2, pp.83-94.

Kretzschmar M. et al.(2004), 'Ring vaccination and Smallpox control', *Emerging Infectious Disease*, Vol.10, No.5, pp.832-841.

Kuhles D. and Ackman D.(2003), 'The federal Smallpox vaccination program : where do we go from here?', *Health Affairs (web exclusive)*, Vol.22, pp.503-509.

Kunreuther H. and Heal G.(2003), 'Interdependent security', *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol.26,pp.231-249.

Lane M. and Goldstein J.(2003), 'Evaluation of 21<sup>st</sup> Century risks of Smallpox vaccination and policy option', *Annals of Internal Medicine*, Vol.138, No.6, pp.488-494.

Leissner K. et al.(2004), 'Bioterrorism and children : unique concerns with infection control and vaccination', *Anesthesiology Clinics of North America*, Vol.22, pp.563-577.

Marts H. and Johnson M.(1987), 'Risk analysis of terrorist attacks', *Risk Analysis*, Vol.7, No.1, pp.35-47.

Meltzer M. Damon I. et al.(2001), 'Modeling potential responses to Smallpox as a bioterrorist weapon', *Emerging Infectious Disease*, Vol.7, No.6,pp.959-969.

Meltzer M.(2003), 'Risk and benefits of pre-exposure and post-exposure Smallpox vaccination', *Emerging Infectious Disease*, Vol.9, No.11, pp.1363-1370.

Mondy C, Cardenas D, and Avila M.(2003), 'The role of an advances practice public health nurse in bioterrorism preparedness', *Public Health Nursing*,Vol.20, No.6, pp.422-431.

Murphy J.(2004), 'After 9/11 : priority focus areas for bioterrorism preparedness in hospitals', *Journal of Healthcare Management*, Vol.49, No.4, pp.227-235.

O'Toole T. and Inglesby T.(2001), 'Shining light on Dark Winter', *Biodefense Quarterly*,Vol.3, No.2, pp.1-3.

Reshetin V. and Regens J.(2003), 'Simulation modeling of Anthrax spore dispersion in a bioterrorism incident', *Risk Analysis*, Vol.23, No.6, pp.1135-1145.

Spink R.(2003), 'The bio-security trust', *Bioscience*, Vol.53, No.3, pp.270-277.

Steed C. et al.(2004), 'Integrating bioterrorism education into nursing school curricula', *Journal of Nursing Education*, Vol.43, No.8, pp.362-367.

Trust for America's Health (2003), *Ready or not? protecting the public's health in the age of bioterrorism*.

Walden J. and Kaplan E.(2004), 'Estimating time and size of bio-error attack', *Emerging Infection Disease*, Vol.10, No.7, pp.1202-1205.

Winterfeldt D. and Rosoff H.(2005), *Using project risk analysis to counter terrorism*, Presentation at Symposium on Terrorism Risk Analysis, Jan.13-14.

ジリンスカス R. (黒川昭、杉島正秋訳) (2003) 「バイオテクノロジーの潜在的危険性—犯罪利用の問題を中心に—」杉島正秋編『バイオテロの包括的研究』朝日大学法制研究所叢書第6号、8-32

ジリンスカス R. (黒川昭、杉島正秋訳) (2003) 「日本の生物災害対策：病院、救急医療部門、政府機関の比較研究」杉島正秋編『バイオテロの包括的研究』朝日大学法制研究所叢書第6号、50-90

蟻田 功 (2002) 「生物兵器としての皮膚感染症、特に天然痘を中心として」『日本皮膚科学会誌』112(13) : 1768-1770

岩田健太郎 (2002) 「炭疽」『小児科診療』65(12) : 49-53

大内正俊、大山達雄 (2003) 「テロリズムリスクの予測と評価」『オペレーションズ・リサーチ』48(7) : 499-506

大西健児 (2001) 「生物剤感染症対策 (バイオテロ対策)」『臨床病理レビュー』特集121 : 244-252

大西健児 (2003) 「施設内での感染予防対策 (消毒その他)」『INFECTION CONTROL』12(3) : 61-63

大山卓昭 (2003) 「実地疫学専門家チームの対応」『INFECTION CONTROL』12(3) : 56-60

岡部信彦 (2003) 「バイオテロの基本的な知識と対応」『INFECTION CONTROL』  
12(3) : 244-250

岡部信彦 (2002) 「生物テロ (バイオテロ) の危機管理と医療従事者」『総合臨床』  
51(10) : 2728-2732

奥村徹、鈴木幸一郎 (2002) 「化学兵器によるテロへの医療対策」『治療学』  
36(9) : 53-58

加來浩器 (2003) 「ボツリヌス・ペスト・天然痘」『Infection Control』12(3) : 38-44

金光敬二、賀来満夫 (2003) 「バイオテロリズムとその感染対策—臨床工学士の役割について—」『Clinical Engineering』14(3) : 287-286

川名林治 (2003) 「炭疽病の経験」『INFECTION CONTROL』12(3) : 296-298

北村 敬 (2002) 「ウイルス感染予防—バイオセーフティとバイオテロリズム対策」  
『臨床とウイルス』30(3) : 158-162

倉田 毅 (2002) 「生物兵器によるテロへの医療対策」『治療学』36(9) : 963-967

酒井泰弘 (1991) 『リスクと情報：新しい経済学』勁草書房

阪上賀洋 (2002) 「ワクチンの安全性と副作用」『総合臨床』51(10) : 2733-2737

佐々木秀章、玉城浩、山城正登 (2002) 「炭疽菌を疑わせる「白い粉」事件の院内発生を経験して」『日本集団災害医学会誌』7 : 23-28

佐藤敏信 (2002) 「バイオテロリズムへの対応 (厚生労働省の場合)」『日本集団災害医学会誌』7 : 21-22

嶋津岳士、西野正人他 (2002) 「バイオテロリズムの救急対応 Part II : 生物テロに対する医療機関の準備と対応」『日本救急医療医学会誌』13 : 167-173

嶋津岳士 (2002) 「生物テロと医療機関の対応—炭疽菌の場合を想定して—」『日本皮膚科学会誌』112(13) : 1771-1773

- 嶋津岳士 (2003) 「生物テロと医療機関の対応」『臨床皮膚科』 57(5) : 190-193
- 杉島正秋編 (2003) 「バイオテロの包括的研究」朝日大学法制研究所叢書第6号
- 砂川富正 (2002) 「ペスト、天然痘」『小児科診療』 63(12) : 2046-2050
- 西野正人、嶋津岳士 (2003) 「生物テロ—国（政府）、地方自治体、関連機関などの連携の必要性和現状」『日本内科学会雑誌』 92(8) : 162-169
- 日本リスク研究学会編『リスク学事典』TBSブリタニカ
- 森澤雄司 (2002) 「バイオテロ対策」『現代医療』 34(11) : 157-161
- 安川文朗 (2004) 『医療安全の経済分析』勁草書房
- 吉田菊喜 (2003) 「白い粉事件を担当して」『INFECTION CONTROL』 12(3) : 293-295
- 防衛庁 (2001) 『生物兵器への対処に関する懇談会報告書』
- 総合研究開発機構 (2003) 『生物テロと被害管理—日米安全保障協力への新たなアプローチ』NIRA16(3)
- 石井修一 (2004) 「バイオテロ対策と民間企業の協力態勢について」インタビュー記録