

され隔離されるまでの日数: x (日)

- b) 最初の感染者が隔離され、検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定されるまでの日数: y (日)
→保健所による接触者調査開始までの日数: y (日)
- c) 検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定された後、国が活動制限のアナウンスを行うまでの日数: z (日)

a)~c)のいずれの場合においても最初の感染者が発症してから、発疹が現れ初めに病院に行くまでに1日と設定した。ここでは、 $2 \leq x \leq 3$, $y=2$, $2 \leq z \leq 6$, と設定し、 x と y の最大値と最小値を各々抽出してシミュレーションを行った。

3. 結果

3.1 a)による接触者数・感染者数への影響

$z=2$ と固定し、 x の値を変化させて a)による接触者数・感染者数への影響について調べた。

i) $x=2$ のとき

これは、最初の感染者が発症してから活動制限のアナウンスを行うまでの日数が最短になる時である。

このとき、最初の感染者が発症してから、隔離されるまで $1+x=3$ (日)、接触者調査が開始されるまで $1+x+y=5$ (日)、活動制限のアナウンスにより接触者数の増加に歯止めがかかるまで $1+x+y+z=7$ (日) である。

ii) $x=3$ のとき

i) と同様に計算すると、隔離されるまで 4 (日)、接触者調査が開始されるまで 6 (日)、活動制限のアナウンスにより接触者数の増加に歯止めがかかるまで 8 (日) である。

i) ii)それぞれについて接触者数と感染者数をアナウンスが行われる日までカウントし、各々について図2、図3と表2、表3に示した。

更に、一次接触者数と、捕捉できない一次接触者からの二次接触者数を表4に示した。

i) ii)から得られたグラフより、最初の感染者が初めに病院に行ってから医師に天然痘の疑い例と診断され隔離されるまでの日数が1日遅くなることによって、アナウンスまでに接触者調査の対象人数は約2倍に増え、感染者数も増加することが分かった。

次に、表1値から保健所の接触者調査に動員可能な人員と表2値を比較した。 $x=2$ の場合、接触者調査の開始時期は5日目であり接触者数は97名、 $x=3$ の場合、接触者調査の開始時期は6日目であり接触者数は189名であり、いずれの場合においても1日での対応は困難であろうと考えられる。表4のIから考えると、接触者のうち一次接触者数に限定すれば1日での対応も可能であると考えられる。

I, IIともに最初の感染者が隔離されるまでの日数が1日遅れる、 $x=3$ の場合の方がわずかに多く、IIIでは更に大きな差が見られた。

3.2 c)による接触者数への影響

$x=2$ と固定し、 z の値を変化させて c)による接触者数への影響について調べた。

iii) $z=2$ のとき

i) と同様のシミュレーション結果となる。

iv) $z=6$ のとき

i) と同様に計算すると、隔離されるまで 7 (日)、接触者調査が開始されるまで 9 (日)、活動制限のアナウンスにより接触者数の増加に歯止めがかかるまで 11 (日) である。

iv)について接触者数をカウントし、図4と表5に示した。

iii) iv)から得られたグラフより、検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定された後、国が活動制限のアナウンスを行うまでの日数が4日遅くなることによって、接触者調査の対象人数

は約2倍に増えた。

また、表6にⅢ:一次接触者数のうち知人以外であり、隔離された直後に連絡が取れず捕捉不可能な人数がアナウンスまでに増やす二次接触者数、Ⅳ:アナウンスまでの発症者数を示した。Ⅲの数について比較すると、アナウンスが遅れる $z=6$ の場合の方が大幅に多く、Ⅳの数も $z=6$ の場合のみが1となり新たな発症者が生じることが分かった。

4. 考察

4.1 最初の感染者が初めに病院に行ってから、医師に天然痘の疑い例と診断され隔離されるまでの日数について

医師が天然痘の疑い例と診断するまでの日数が1日遅くなるだけで、国が活動制限のアナウンスを行うまでの間に増加する接触者数が大きく増えることが分かった。今回は、感染源が1人として考えており、天然痘テロの場合は複数の感染源が同時に発生する可能性が高いと考えられるため、医師が天然痘と疑うまでの日数が増すと接触者数と感染者数の増加に関する影響が更に大きくなると考えられる。

つまり、正確かつ迅速に天然痘と診断できる医師の育成が天然痘テロの封じ込め対策として大きな効果が期待され、育成が進むことによって医師が天然痘の疑い例と診断するまでの日数が短くなれば最初の時点で感染の広がる可能性が低くなり、アナウンスまでの間に増加する接触者数と感染者数を抑えることができる。

4.2 接触者調査に関して

今回、シミュレーションを行うにあたって、感染源が1人でありアナウンスまで1週間であるときには、接触者調査の対象を一次接触者と二次接触者までとした。潜伏期は最短で7日であり、この期間は一次接触者は新たな感染者を生まないが、一次接触者の衣服に天然痘ウイルスが付着した場合等には二次接触者にも感染の可能性があるので、

二次接触者までを接触者調査対象とした。

このことに加えて、接触する相手が同一人物であることが多いと思われるため、今回のシミュレーションでは接触者数は指数関数的にはなく、対数関数的な増加を見せ、接触者調査の動員可能人員と比較してもこのような場合、今回の調査対象とした保健所に関しては、二次感染による発症の可能性の高い一次接触者までの調査であれば、接触者調査は対応可能であろうと考えられる。ただし、接触者調査対象のうち、公共機関等での知人ではない人との接触については、国による活動制限のアナウンスが行われるまでは捕捉出来ないことが懸念される。更には、接触者調査が進み、隔離が必要な人数が多くなってきた場合、患者の搬送先の不足が問題となる。また、ワクチンの配備までの時間がかかれば、患者の症状が進行し死亡の危険も出てしまうことになり、接触者調査後の体制作りも大変重要である。

4.3 検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定された後、国が活動制限のアナウンスを行うまでの日数について

アナウンスが遅くなれば、接触者調査の対象人数が大幅に増え、新たな発症者が出て接触者調査が複雑化し、感染者も増え、それによって天然痘テロの終息までの時間が遅くなる大きな原因となる。

最初の感染者が発症した日に一次接触者が感染し潜伏期が7日であるという発症まで最短となる場合、最初の感染者が発症した日から7日以内にアナウンスを行えば、感染源の第2例目を出さなくて済み、天然痘テロの終息を格段に早めることが可能になると考えられる。ただし、アナウンスを行った場合、国内のパニックは必至と考えられ、疑似患者や不安を持った人が病院に殺到し、電話相談の急増により保健所や病院が対応に追われることが懸念される。その場合、保健所の接触者調査への動員人員を減らさざるを得なくなり、接触者調査の効率の低下と、それによる更なる接触者や感染者の拡大も進むことになる。混乱を見越し

た体制作りが大変重要となる。

4.4 本シミュレーションの限界について

今回のシミュレーションにおいては、初発患者を1人とした小さな規模であり、ワクチンの接種のための準備にかかる日数や種痘の接種の効率、患者の隔離先不足による封じ込めへの影響を取り入れることができなかったため、天然痘テロが起こった際の状況により近付けるために、より具体的な行動パターンを取り入れたシミュレーションが必要である。また、シミュレーションの試行回数が充分であるとは言えず、より正確な結果を得ることを今後の課題としたい。

5 保健所のヒヤリング調査

今年度は、東京都の若者が集まる大きな展示場施設を持つA特別区保健所を訪問した。

5.1 【保健所A】調査時期：平成21年1月29日

(1) 実働に関する取り決めについて

マニュアルの整備に関しては、東京都の作ったマニュアルが保健所の方に提示されているが、東京都23区の場合は、各保健所が独立した形で作成している。しかし、特にバイオテロに限ったものではなく、感染症の危機管理として作成されたものである。

東京都の特別区保健所には、通常保健所長の他、予防課長、係長等、最低3名の医師が所属しているので、不審な感染症の発生が病院や住民から届け出られた場合は必ず医師が初動で出動するため、その後の処置は迅速に対応できる可能性が高い。

また医師同士は普段からネットワークを持っているので、何かわからないことがあればすぐに問い合わせをすることができるメリットを持っているとのことである。

他機関との連携に関しては、今までに起こった感染症に関していえば対応において特に混乱はなかったが、バイオテロ等の大規模な事例になると、都を始めとした縦の連携で対応することになり、普段の対応と動きが多少違うため混乱が起こるこ

とが多少の不安材料である。

(2) 初期対応における体制について

a) 隔離・搬送

隔離・搬送に関しては、搬送の手段はあり対応自体は可能で地方と異なって数カ所あるために、どこに搬送するかが、かえって混乱するかもしれない。

b) 接触者調査

接触者調査に関しては、以前から食中毒、結核などについて接触者調査を頻繁に行ってきたので基本的な内容については慣れており、天然痘テロにおいても主な流れは変わらないと考えられる。しかし、実際に訓練を行った時に感じたことは、1チーム3名では不足で、後方サポートの1名が必要とのことであった。これは、感染予防の装具や汚染物を処理し、運ぶのに重要な役割であり、この後方サポートなしでは、接触者調査は非常に非能率的で実際的でないと指摘があった。

c) 種痘

種痘に関しては、他の予防接種と異なり特殊な器具を用いるため、技術面において十分な知識と経験が必要になる。種痘の善感率は十分な知識と経験が無い場合約3割、ある場合でも約7~8割である。この保健所においてもこの事実は把握されていなかったが、本研究班が作成したバイオテロに関するDVDの存在は知っており、その中でも種痘の方法や注意点が述べられていることは知っていた。実際の医師であれば、DVD等のメディアでもトレーニングが可能であるとのことであり、その機会を作るべきだとの意見であった。啓発用のDVDはもっと広く保健所や学校医等に配布されるべきであろう。

4. 結論

本報では、昨年度、本年度に行った保健所および都道府県を対象に実施した質問紙調査結果の解析、及びヒヤリング調査の結果から得られた情報と、実際の天然痘初発患者を設定し、アンケート調査をもとに接触者の行動パターンをもとに、SOARSを用いてシミュレーションを行った。そ

の結果では、保健所が動員できる可能性のある接触者調査要員では、一次接触者までの調査は可能であるが、二次接触者調査は不可能である可能性が高いことが示唆された。

また、検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定された後、国が活動制限のアナウンスを行うまでの日数に関しては、初発患者の派生から7日目までに活動制限の措置をとれば、二次感染の発症を防げる可能性が示唆された。

また、東京都の保健所に勤務する医師でも、種痘の訓練を受ける機会がほとんどないことから、少なくともビデオトレーニングの機会を与えることが重要であると思われた。

学会発表：

参考文献

- 1) 政府，国民の保護に関する基本方針 14 (2005)
- 2) Marwick C, Scary scenarios spark action at bioterrorism symposium, JAMA 281, 1071-1073 (1999)
- 3) 内山巖雄, 村山留美子, 安川良朗, 栢谷清太, 保健所におけるバイオテロリズム及び一類感染症対策の現状と課題, 厚生労働科学研究費補助金(国際健康危機管理ネットワーク強化研究事業) 分担研究報告書(2006)
- 4) 内山巖雄, 村山留美子, 安川良朗他, バイオテロのばく露状況の推定, 及び被害予測・公衆衛生的対応の効果評価のための数理モデルの開発 —公衆衛生的対応(自治体)の評価, 厚生労働科学研究費補助金(健康危機管理・バイオテロ対策システム研究事業) 分担研究報告書(2008)
- 5) 国立感染症研究所, 全国感染症対策担当者会議資料, (2003)
- 6) 厚生労働省健康局結核感染症課, 天然痘対応指針(第5版), 13-II, (2004)

表1 各保健所の接触者調査に対する動員可能人数 (班数)

| | 都市Ⅰ | 都市Ⅱ | 都市Ⅲ |
|----------------|------------------|-------------------|------------------|
| 動員可能人数 (班数) | 約 60 名 (20 組) | 約 200 名 (70 組) | 約 90 名 (30 組) |

表2 a)による接触者数の増加の様子

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| $x=2, z=2$ | 11 | 48 | 70 | 88 | 97 | 108 | 122 |
| $x=3, z=2$ | 10 | 51 | 91 | 139 | 173 | 189 | 215 |

表3 a)による感染者数の増加

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|---|---|---|----|
| $x=2, z=2$ | 2 | 4 | 7 | 7 |
| $x=3, z=2$ | 2 | 4 | 8 | 10 |

表4 一次接触者数と捕捉できない一次接触者からの二次接触者数

| | I | II | III |
|------------|----|----|-----|
| $x=2, z=2$ | 11 | 3 | 43 |
| $x=3, z=2$ | 16 | 6 | 60 |

- I: 一次接触者数のうち知人であり最初の感染者が隔離された直後に連絡が取れ捕捉可能な人数
 II: 一次接触者数のうち知人以外で隔離された直後に連絡が取れず捕捉不可能な人数
 III: IIの人がアナウンスまでに増やす二次接触者数

表5 c)による接触者数の増加の様子

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $x=2, z=2$ | 11 | 48 | 70 | 88 | 97 | 108 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 |
| $x=2, z=6$ | 15 | 25 | 48 | 70 | 102 | 110 | 130 | 151 | 172 | 193 | 233 |

表6 捕捉できない一次接触者からの二次接触者数と発症者数

| | Ⅲ | Ⅳ |
|------------|-----|---|
| $x=2, z=2$ | 43 | 0 |
| $x=2, z=6$ | 121 | 1 |

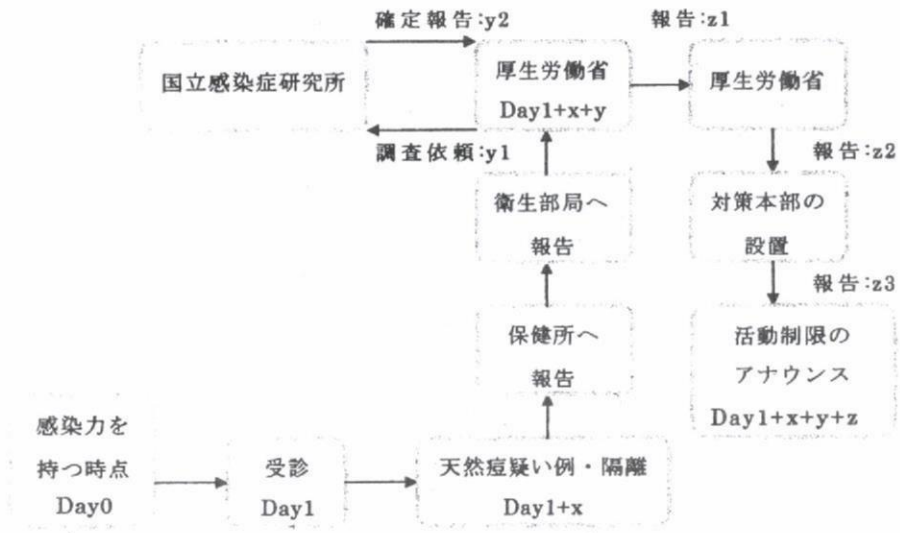


図1 感染者の発症から活動制限アナウンスまでの流れ

註

- x: 最初の感染者が初めに病院に行ってから何度かの診療の後、医師に天然痘の疑い例と診断され隔離されるまでの日数
- y: 最初の感染者が隔離され、検体が国立感染症研究所に運ばれ天然痘であると確定されるまでの日数 ($y=y_1+y_2$)
- z: 検体が天然痘であると確定された後、国が活動制限のアナウンスを行うまでの日数 ($z=z_1+z_2+z_3$)

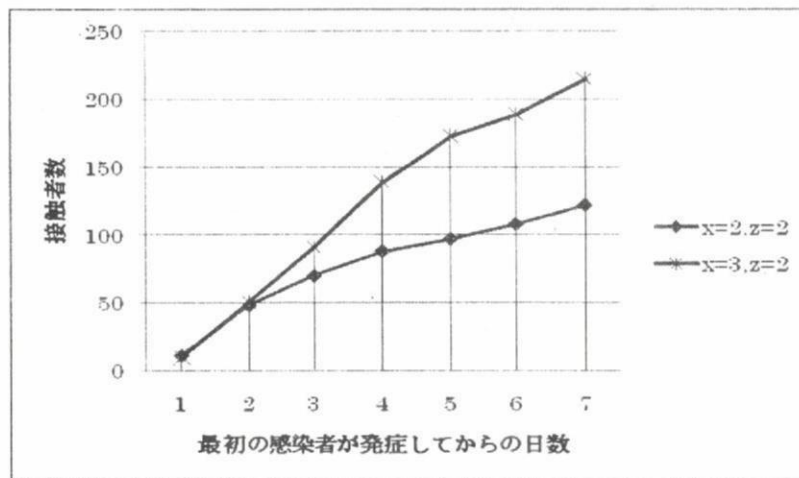


図2 a)による接触者数の増加の様子と比較

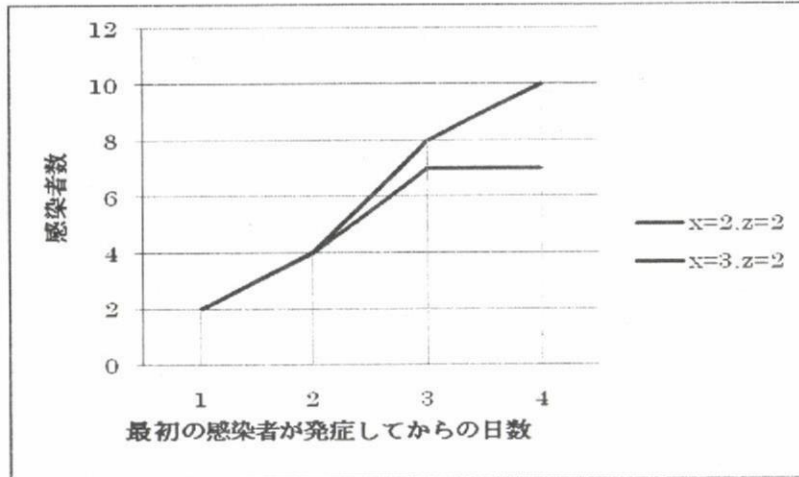


図3 a)による感染者数の増加の様子と比較

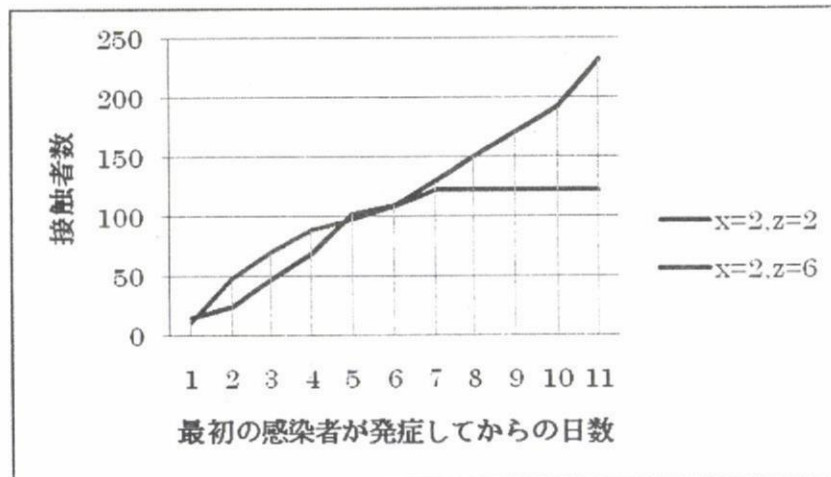


図4 c)による接触者数の増加の様子と比較

Ⅲ 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

| 著者氏名 | 論文タイトル名 | 書籍全体の編集者名 | 書籍名 | 出版社名 | 出版地 | 出版年 | ページ |
|--------------|-----------|---------------|-----------------|--------|-----|------|---------|
| 加來浩器 岡部信彦 | 生物剤とは | | 必携NBCテロ対処ハンドブック | 診断と治療社 | | 2008 | 33-44、 |
| 庵原俊昭 | 水痘の診断方法は？ | 末廣 豊、 宮地良樹 | 小児の皮膚トラブルFAQ | 診断と治療社 | 東京 | 2008 | 154-156 |

論文

| 発表者氏名 | 論文タイトル名 | 発表誌名 | 巻号 | ページ | 出版年 |
|---|--|---------------------|--------------------|-----------|------|
| 加來浩器 | バイオテロへの備え | 総合臨床 | Vol. 57, No. 11 | 2615-2620 | 2008 |
| 庵原俊昭 | 予防接種 2008:何が変わり、何が問題か？ | 小児科臨床 | 61 | 741-747 | 2008 |
| 庵原俊昭 | 麻疹・風疹・ムンプス(流行性耳下腺炎)・水痘感染対策:抗体測定とその評価 | CAMPUS HEALTH | 45 | 9-14 | 2008 |
| Ichinohe S, Ichinohe N, Sakuma F. | Antimicrobial therapy and shedding time of Shiga toxin-producing Escherichia coli. | Scand J Infect Dis. | 40: | 1002-3. | 2008 |
| Kobayashi S, Murayama S, Takanashi S, Takahashi K, Miyatsuka S, Fujita T, Ichinohe S, Koike Y, Kohagizawa T, Mori H, Deguchi Y, Higuchi K, Wakasugi H, Sato T, Wada Y, Nagata M, Okabe N, Tatsuzawa O. | Clinical features and prognoses of 23 patients with chronic granulomatous disease followed for 21 years by a single hospital in Japan. | Eur J Pediatr. Epub | 167 | 1389-94. | 2008 |

| | | | | | |
|--|---|--|-------------|--------------|------|
| 齊加志津子、松永貞一、小川知子、一戸貞人 | 麻疹ゼラチン粒子凝集(PA)抗体の特性—中和(NT)抗体及び血球凝集抑制(HI)抗体との比較並びにIgG activityとの関連感染症. | 感染症学会誌 | 82 | 310-316 | 2008 |
| 高山直秀、三輪操子、細部千晴、外川玲子、高橋菜穂子、伊藤隆一、森江蘭子、松永貞一、齊加志津子、一戸貞人、加藤達夫 | 就学一年以内の小児における麻疹・風疹混合(MR)ワクチン追加接種の効果と安全性: 2007年度調査. | Prog Med | 28 | 1801-1806. | 2008 |
| 丸ひろみ、小川知子、芦沢英一、福嶋得忍、関谷希望、石川俊樹、一戸貞人 | 2008年7月にみられた小学校におけるB型インフルエンザの集団発生—千葉県 | 病原微生物検出情報 | 29 | 254-255 | 2008 |
| 吉岡康、齊加志津子、小倉誠、岡田峰幸、篠崎邦子、小川知子、一戸貞人 | 2008年千葉県における高校柔道大会に起因した麻しん集団発生. | 病原微生物検出情報 | 30 | 32-34 | 2009 |
| Y. Ohkusa T. Sugawara. | Simulation Model of Pandemic Flu in the Whole of Japan | JJID | forthcoming | forthcoming. | 2009 |
| Ohkusa Y. | H. Maeda et al. Assessing the Potential Effectiveness of Shutting Down Transportation System to Contain Pandemic Influenza in a Megacity Area | Mathematical Engineering Technical Reports | . | . | 2008 |
| Maeda H Y. Ohkusa K. Aihara | Effect of facility closure in the SEIR epidemic model | Artificial Life and Robotics | 12(1,2) | pp. 172-175 | 2008 |

IV 研究成果の刊行物・別刷

必携

NBCテロ対処 ハンドブック

CBRNEテロ対処研究会 編

診断と治療社

2 生物剤

1. 生物剤とは

a. 生物剤と生物兵器

生物剤 (biological agent) とは、ヒトおよび動物を殺傷したり植物を枯らすなどを目的とした細菌やウイルス等の微生物、および細菌、真菌、動植物等が作り出す毒素のことと定義される。生物兵器 (biological weapon) とは、生物剤そのもの、あるいは生物剤を媒介する動物 (ノミ、ダニ、カ、ネズミ等)、またはこれらを充填したもの (砲爆弾、ロケット、ミサイル等) や付着、汚染させたもの (衣類、食物等) と定義される。生物剤と生物兵器とを同義語として使用する場合もあるが、2001年10月のアメリカ炭疽菌テロのように、炭疽菌 (芽胞) を生物剤、特殊に加工された白い粉またはそれを入れた封筒を生物兵器というように区別可能である。

各種兵器における費用対効果では、1km² の範囲に存在する生物を殺傷する費用として一般的兵器 2,000ドル、核兵器 800ドル、化学兵器 600ドル、生物兵器 1ドルであり、生物兵器が“貧者の核兵器”といわれるゆえんである²⁹⁾。

b. 生物戦と生物テロ

一般に生物兵器を用いた戦闘状態 (国-国、国-組織、組織-組織) を生物戦という。この場合、明確に軍事目的・目標を設定し、そのために最も効率的・効果的な戦術が講じられる。敵をせん滅することを目的とする場合や、一時的に戦闘力を減弱することを目的とする場合など、様々な使われ方が懸念される。生物兵器の効果は、敵のみでなく自軍にも作用するために、攻撃側はあらかじめ防護したり被害軽減の処置が必要となる。

生物テロとは、テロリストが政治的・宗教的・経済的パニックを引き起こし、一般公衆に対して社会混乱を起こすために生物兵器を用いることと定義される。自爆をも厭わない狂信的なテロリストも存在し、この場合は防護措置がとられないこともある。

生物剤が理想的なテロ攻撃手段と考えられているのは、①入手や製造が比較的容易で、②発見が困難で大量死者発生が期待でき、③多様な散布方法にて遠距離から目標地域への散布が可能であり、④徴候出現まで数日を要しその間に犯人は逃走可能であるうえ、⑤使用の脅威だけでも恐怖、パニックを惹起できるなどの理由からである。

2. 生物戦の歴史と生物テロの趨勢

a. 生物戦の歴史²⁹⁾

1) 生物戦のはじまり

古今東西を問わず、戦争で使用される兵器にはより高い効率性、効果が求めら

れ、古代では下痢作用を有する植物や植物に生えたカビ、ヘビ毒などが利用された。すでに紀元前6世紀には、麦角を利用した生物戦が記録されている。麦角とは、麦角菌（カビ）*Claviceps purpurea* がライ麦等の穀物に寄生した際につくられる長さ1～5cmの褐色～紫色角形の物質で、マイコトキシンの一種である。これを経口摂取した場合には、神経症状（けいれん発作等）や血管収縮に伴う手足の壊死が起こる。アッシリア人が、この麦角を用いて敵の水源を汚染したことが知られている。紀元前400年頃には、スキタイ族が弓矢の先端を糞尿や腐敗した兵士の遺体で汚染させてから用いたり、紀元前184年にはカルタゴ軍の司令官ハンニバルが敵船に毒蛇を投げ込んだ記録が残されている。

2) 中世から近世での生物戦

中世の軍隊の司令官は、生物学や細菌学が確立する前の時代でも、感染症で死亡した人はそれ自体が感染源となりうることを経験的に認識していた。1346年、中央アジアのタタール軍がジェノバ植民地のクリミア半島の港町カフファ（現在のフォドシャ）を攻め囲んだときに、多数の兵士がペストに感染し死亡した。タタール軍司令官は、友軍兵士の遺体を城壁内に投げ込み、その後城内ではペストの流行が起こった。カフファから逃げたジェノバ人が、ヨーロッパ全体にペストを拡げ、14～15世紀にかけて黒死病が大流行した。ヨーロッパ全体では、当時の全人口の1/3にあたる2,500～3,500万人が死亡した。同様の手法は、1710年と1718年におけるロシア軍によるレバル城壁内のスウェーデン軍に対する戦いでも用いられた。

一方、16世紀の中南米や18世紀のアメリカにおいて天然痘を利用した戦いが行われた。1520年、スペイン人のコルテスは、約500名の兵士を率いて人口約25万人のアステカ王国都市テノチティラン（現メキシコ市）を攻めた。劣勢であったスペイン軍では戦力補充の黒人奴隷が天然痘を発病しており、この患者からアステカ王国に天然痘が流行した。このため形勢が逆転し、1521年4月テノチティランは陥落した。第二のコルテスを目指したピサロは約180名の兵士を率いて、1533年に奇策を用いて皇帝を捕らえインカ帝国を征服した。この頃に天然痘患者が使用した衣類がスペイン人によって持ち込まれ、南米での天然痘の流行が始まった。

北米でのフレンチ-インディアン戦争（1754～1763年）においては、イギリス軍のアムヘルスト卿が、1763年にフランス側に付いたアメリカ原住民に対して天然痘ウイルスに汚染された毛布を送るよう指示し、部族の半数以上を死滅させた。スイスの傭兵ブーケ大佐は、デラウェア族との戦いで同様の方法で成果を収めている。独立戦争時（1775～1783年）には、イギリス軍による同様の事態が予測され、独立軍のジョージ・ワシントン将軍は天然痘に免疫を有する部隊を編成するため人痘接種を義務化した。人痘接種とは天然痘にかかった人の痘皮を吸入させ軽い天然痘に感染させることであり、1796年イギリスのエドワード・ジェンナーの種痘発明前に行われていた方法であった。しかしこの人痘接種では、重症の天然痘で死亡する

者や梅毒など他の感染症に罹患する者も多かった。

3) 第一次大戦での生物戦

19世紀後半にパスツールやコッホらにより細菌学が徐々に確立され、特定の病原細菌の分離培養が可能となった。炭疽菌、結核菌、コレラ菌、腸チフス菌、破傷風菌、赤痢菌などである。これらの病原体を人工的に増殖させ意図的に使用するのが、近代的な生物兵器の始まりである。

第一次大戦(1914～1918年)では、窒息剤やびらん剤などの化学兵器が本格的に用いられたが、生物兵器は戦闘での使用よりはむしろ秘密工作員によるテロの道具として用いられた。その対象は、当時輸送手段であったウマ、ラバや食料としてのウシ、ヒツジが主であった。ドイツ工作員が、フランス騎兵隊の軍馬やロシアに輸出されたヒツジに炭疽菌を接種したり、アメリカやフランスに輸出されるウシ、ウマに対して炭疽菌や類鼻疽菌を接種したことがのちに判明している。当時のヨーロッパでは動物間で類鼻疽菌が流行したため、意図的なものか自然流行かは不明であったが、1917年に4,500頭のラバに類鼻疽菌を感染させたドイツ工作員がメソポタミアで逮捕され全貌が明らかになった。1915年にはイタリアではコレラが、帝政ロシアの首都サンクトペテルブルグではペストが流行したが、ドイツ工作員による意図的の散布が原因と考えられている。

4) ジュネーブ協定から第二次大戦までの生物戦

第一次大戦では、一般市民を含め約130万人の化学兵器による死傷者が出た反省から、化学剤のみならず生物剤および毒素の戦場での使用を禁止する動きが高まり、1925年には初めて国際的法的枠組みとしてジュネーブ協定が策定された。しかし、化学剤、生物剤および毒素の開発、生産、保有は禁止されず、各国では密かに開発が進められた。

第一次大戦後、日本は他国に先駆け生物剤の開発に乗り出した。1936年には関東軍防疫給水部(のちの第731部隊)が石井中将を中心に編成され、1938年より中国東北部ハルビン郊外の平房に広大な施設が建設された。同部隊の目的は、生物剤の研究、開発、製造であり、生物兵器の対象は、炭疽菌、ペスト菌、ボツリヌス毒素、コレラ菌、赤痢菌、髄膜炎菌、ブルセラ菌であった。実際に生物戦を担当する部隊としては第1644部隊等が組織され、1940～1942年にかけて、中国本土でペスト菌に感染したノミを飛行機から投下したり、ペスト菌、コレラ菌、腸チフス菌を食物や井戸に混入したりしたとされている。終戦時には、炭疽菌が陶器製爆弾に貯蔵されていたとされている。

ドイツではナチスにより生物・化学剤の開発、製造がなされたが、第一次大戦でびらん剤により危うく失明しかけたヒトラーは、生物・化学兵器の使用を躊躇したといわれている。しかし、セラチア菌を用いてパリの地下鉄で散布実験を行い、菌の検出可能範囲の調査を実施した。さらに囚人を用いて、発疹チフス、リケッチ

ア、A型肝炎ウイルス、マラリア原虫を用いた感染実験が行われていた。

イギリスは、ナチスへの対抗策として炭疽菌の兵器化を試みた。1942～1943年にはスコットランドのグリニヤード島で、炭疽菌の浮遊液を爆発させ風下のヒツジに曝露させる実験や、炭疽菌入りの対戦車砲の開発などが行われたが、実際の戦場では用いられなかった。その後の調査で、約40年にわたって同地が汚染されていることが判明したため、1986年に280tのホルムアルデヒドと2,000tの海水で除染が行われた。

カナダでは1940年、インスリンの発見者でノーベル賞学者のバンティング博士を中心に、オウム病の病原体の空中散布実験を行っていた。

アメリカでも、ドイツや日本へ対抗するためにイギリス、カナダにやや遅れて生物剤の研究が開始された。1943年にはメリーランド州のキャンプ・デドリックに生物剤研究所が設置され、イギリス、カナダと共同の本格的な生物兵器開発が開始された。ここで初めて製造されたものはボツリヌス毒素（乾燥X）であった。

旧ソ連では、1933年の日本とほぼ同時期に生物兵器開発が始まり、野兎病とQ熱などが研究され、ナチスドイツとのスターリングラードの攻防戦では野兎病が、クリミア半島での戦いではQ熱が、使用された疑いがある。

5) 第二次大戦後以降の生物剤開発

第二次大戦後、各国はより生物兵器の開発に力を注ぐことになる。旧ソ連では、野兎病、Q熱のほか、炭疽、腸チフス、発疹チフスなどの研究、開発が進められた。アメリカでは、ボツリヌス毒素のほか、ベネズエラウマ脳炎ウイルス、炭疽菌、野兎病菌、ブルセラ菌、Q熱リケッチア、黄色ブドウ球菌エンテロトキシンBなどを攻撃用生物兵器として保有するに至った。1955年7月にはユタ州ダグウェイ試験場で、Q熱リケッチアを用いたボランティアの兵士による人体実験が行われた。しかしながら、1969年にニクソン大統領が生物兵器研究の中止ならびに現有生物兵器の廃棄を表明し、全世界に向けて生物兵器禁止条約の提唱を行った。これに基づき1971～1973年で生物兵器は廃棄され、キャンプ・デドリックはフォート・デドリックと名称が変わり、そこに世界随一の生物兵器傷者の防護、治療、予防に関する研究施設であるアメリカ陸軍感染症医学研究所（United States Army Medical Research Institute of Infectious Diseases；USAMRIID）が創設された。

6) 生物兵器開発規制の動き

1972年、生物兵器禁止条約がアメリカを中心にまとめられ、1975年に発効した。本条約は、戦時における使用を禁じた1925年のジュネーブ協定を受けて、平時においても生物兵器の開発、生産、貯蔵、取得、保有を禁止する（第1条）、すでに保有している生物兵器を廃棄する（第2条）、直接・間接の移譲、援助を禁止する（第3条）などからなる簡素な条約である。ただし、条約遵守状況の検証規定がない、違反国に対する罰則、制裁規定がないなど、早くからその問題点が指摘されて

いる。アメリカ、旧ソ連、イラクなど79か国が締約し、2007年9月現在では159か国にも達している。しかし、多くの国で密かに開発、保有が続けられていると考えられている。

1979年4～5月、旧ソ連のスヴェルドロフスク（現ロシア、エカチェリンプルグ）において、地域住民96名が発症し少なくとも66名が死亡するという吸入炭疽の集団発生が起こった²⁶⁾。当時の公衆衛生当局は、闇市場で取引された炭疽汚染肉によって起こった食中毒事例だと報告した。しかし1992年6月にロシアのエリツィン大統領が、ソ連時代に生物兵器条約締約以降も密かに生物兵器の製造が続けられていたことを表明し、今後開発を中止する旨を発表した。旧ソ連の生物兵器開発の担当者のケン・アリベック氏は、1992年にアメリカに亡命し、スヴェルドロフスクには炭疽菌の生物兵器製造工場があり、炭疽集団発生事例は事故によって工場から5～6時間炭疽菌芽胞が漏出したことが原因であったと明らかにした。

ロシアによる生物兵器開発中止表明により、旧ソ連の科学者が密かに生物兵器を開発、保有している国々や組織へ流出することが危惧されている。しかし生物兵器禁止に関する国際世論の高まりを受けて、国対国の戦争での明らかな使用は確認されていない。1991年の湾岸戦争時も、イラクでは炭疽菌、ボツリヌス毒素、ウェルシュ菌、アフラトキシン、麦角菌、リシンを保有していたが、実際には使用されなかった。2003年3～5月の米英軍を中心としたイラク戦争においても、大量破壊兵器が実際に使用されることはなかった。一方で、条約に縛られることがないテロリストや過激派が生物兵器を入手する機会が増し、生物兵器がテロに使用される可能性が高まっている。

b. 生物テロの趨勢

近年の生物テロ事例としては、1978年ロンドンのバス停でブルガリアからの亡命者であるゲオルグ・マルコフ氏がブルガリアの共産党員によって暗殺されたことが知られている。使用された武器は雨傘の形をした銃で、大腿部から摘出された金属球にはリシン毒素が詰められていた。フランスのパリでも同様の手法でウラジミール・コストフ氏が暗殺されそうになったが、幸いにも背中の皮下組織に金属球がとどまっておらず無事に摘出された。金属球は直径1.7 mmで、小孔には植物がつくり出す毒素であるリシンが入っており、ワセリンの蓋が体温で溶けると、金属球の外に毒素が流れ出る構造になっていた。

狂信的なカルト集団が地域住民とのトラブル時に、しばしば安価で簡単に製造できる生物剤を用いた事例が明らかになっている。1984年9～10月のアメリカ・オレゴン州ダルズでのサルモネラ菌を用いたものが有名である。当時、インド由来の美・愛・性の至上主義を掲げるラジュニーシ教団の信者が数千名の規模でダルズ郊外の農場に居住していたが、その近隣地域の住民751名にサルモネラ (*Salmonella Typhimurium*) 集団食中毒事例が発生した。症例対照調査による疫学解析によって、

10軒のレストランにおけるサラダバーでの喫食が最も高い危険因子であることが判明したが、どのような経緯で病原体が混入したかについては解明できなかった。当初からラジュニシ教団の関与が噂されたが確証には至らなかった。のちに教団の内部分裂によって情報が漏れ、公安当局による捜査によってその犯行手口が明らかとなった。さらに教団は、赤痢菌、腸チフス菌、野兔病菌をも保有していたことが判明した。

日本のオウム真理教が、神経剤等を用いた化学テロ（サリン、VX、ホスゲン等）へとエスカレートする前に、生物テロを企てていたことが一連の公判で明らかになった。1990年4月には、霞が関の官庁舎やアメリカ海軍横須賀基地等に向かって車両からのボツリヌス菌散布を試みている。1993年6～7月には、東京都亀戸のオウム道場ビル屋上に設置された散布機から炭疽菌（動物用ワクチン株）を散布した。幸いなことに地域住民は肉の腐敗臭を感じただけで炭疽患者は発生しなかった。1995年3月の地下鉄サリン事件の直前には、地下鉄霞ヶ関駅でボツリヌス菌噴霧を可能としたアタッシュケースが放置されたが、これも失敗に終わっている。

c. 生物テロに使われるおそれが高い生物剤の特徴

バイオテクノロジーの急速な発達は、様々な微生物や毒素をテロリストが生物剤として使用する可能性を高めた。テロリストにとっては、安い開発経費で容易に生物剤が取得できること、安全に持ち運べかつ隠密裏に散布可能であること、散布された生物剤が環境中で安定して存在できることが必要である。もっとも一部の自爆テロをも辞さない狂信的なテロ集団には、安全性はあまり関係ないかもしれない。生物剤が致死的もしくはヒトからヒトへの伝染性を有する場合や、非特異的な症状のため診断が困難で治療開始が遅れた場合には、生物テロによる被害は増大する。さらに患者が広範囲でしかも同時多発的に発生したり、心理的・社会的パニックが起これば政治・経済的混乱が生じたりすれば、その傾向がさらに高まる。このような特性に合致する感染症、中毒症が、生物テロに使われる可能性がある。

1) テロリストによる生物剤開発

テロリストにとって入手した微生物や植物から生物剤をつくり出すことは、培養器と雑菌の繁殖を防ぐための滅菌器等からなる簡単な実験設備を整えれば可能である。生物剤開発に携わった国家や組織がテロリストグループを直接的・間接的に支援すれば、天然痘等の特殊な微生物が入手可能となるばかりでなく、以下の生物剤の特殊化を行うことができる。

- ①乾燥生物剤の作成（フリーズドライ）や細粒子化
- ②ペスト菌等の細菌を生きたまま兵器化
- ③ウイルス、リケッチアの兵器化
- ④病原体のコーティング化
- ⑤遺伝子組み換え技術によるウイルスのキメラ化

⑥治療抵抗性病原体の創出

2) 生物剤のリスト

WHOは1972年の生物兵器禁止条約に先立ち、生物戦を回避するための生物剤として29の微生物と二つの毒素を1970年にリストアップした。アメリカ陸軍USAMRIIDでも生物戦に対する防護、予防のために必要な装備やワクチン開発のための独自リストを作成している。公衆衛生学的な観点から生物テロ対応を検討するために、アメリカ疾病管理予防センター（Centers for Disease Control and Prevention；CDC）が、炭疽菌テロが行われる2000年の段階で30の生物剤（26の微生物と四つの毒素）をリストアップした。CDCリストでは、①感染性・伝染性、②公衆衛生に与える影響（致死率等）、③認知度、④特別な準備の要否等について、対策優先度を3段階（カテゴリーA, B, C）に分類している。WHOは、アメリカ炭疽菌テロ以降のテロや大規模破壊兵器を取り巻く国際環境を考慮して、2003年3月に30年ぶりにガイドラインを改正した。生物テロに使用される可能性のある代表的なものとして17の生物剤がリストアップされている（表I-7）。それを生物剤の特性により分類すると以下ようになる。

- ①細菌：炭疽、野兎病、ペスト、ブルセラ症、鼻疽、類鼻疽、Q熱、発疹チフス
- ②真菌：コクシジオイデス症
- ③ウイルス：天然痘、ベネズエラウマ脳炎
- ④毒素：ボツリヌス症、リシン中毒、黄色ブドウ球菌エンテロトキシンB中毒、T-2マイコトキシン中毒、サキシトキシン中毒、アフラトキシン中毒

3. 生物テロによる被害の様相

a. 生物テロでの生物剤の使用形態

生物テロでの生物剤の散布要領としては、エアロゾルまたは粉剤の空気中への散布、水道・井戸水や飲食物への混入、感染媒介昆虫等の放出、感染患者の人ごみ中への放出などが考えられる。

1) エアロゾルの散布

最も効率的・効果的な生物剤散布は、ヒトの呼吸器系に感染する病原体を空気中に散布する方法である。エアロゾル発生器による散布手段には、弾道ミサイル、巡航ミサイル、スプレー装置付きの航空機、無人機、気球、地上散布車両、船上散布、携帯用散布システムなどがある。

人体に最も影響を及ぼすエアロゾルの粒子径は、1～5 μm であるといわれている²⁰。1 μm より小さければ吸気により肺胞に取り込まれても呼気によって排出され、5 μm 以上であれば鼻腔や気道粘膜上皮の線毛運動によって喀出される。

散布する生物剤の性状によって、液状生物剤と乾燥生物剤とに分けられる。液状生物剤のエアロゾル化は、生物剤培養液そのものをガス加圧で缶やびんから霧状に

表 1-7 生物テロに使用される可能性のある生物剤 (WHO と CDC)

| 生物剤 | 感染症 | WHO ^{*2} | CDC ^{*3} | WHO ^{*4} |
|--------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | (1970) | (2000) | (2003) |
| 細菌 | <i>Bacillus anthracis</i> | ● | A | ◎ |
| | <i>Francisella tularensis</i> | ● | A | ◎ |
| | <i>Yersinia pestis</i> | ● | A | ◎ |
| | <i>Brucella species</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Burkholderia mallei</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Burkholderia pseudomallei</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Coxiella burnetii</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Rickettsia prowazekii</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Salmonella Typhi</i> | ● | B | |
| | <i>Salmonella species</i> | ● | B | |
| | <i>Shigella dysenteriae</i> | | B | |
| | <i>Enterohaemorrhagic E. coli O157:H7</i> | | B | |
| | <i>Vibrio cholerae</i> | | B | |
| | <i>Chlamydia psittaci</i> | | B | |
| | <i>Rickettsia rickettsii</i> | ● | | |
| 真菌 | <i>Coccidioides immitis</i> | ● | | ◎ |
| ウイルス | Variola major virus | ● | A | ◎ |
| | Ebola virus | | A | |
| | Marburg virus | ● | A | |
| | Lassa virus | | A | |
| | Machupo virus | | A | |
| | Junin virus | | A | |
| | Venezuelan equine encephalomyelitis virus | ● | B | ◎ |
| | western equine encephalomyelitis virus | ● | B | |
| | eastern equine encephalomyelitis virus | ● | B | |
| | Hantaan virus | ● | C | |
| | Nipah virus | | C | |
| | Crimean-Congo hemorrhagic fever virus | ● | | |
| | Rift Valley fever virus | ● | | |
| | tick-borne encephalitis virus | ● | | |
| | dengue virus | ● | | |
| | yellow fever virus | ● | | |
| | Japanese encephalitis virus | ● | | |
| | Chikungunya virus | ● | | |
| O'nyon-nyong virus | ● | | | |
| influenza virus | ● | | | |
| 寄生虫 | <i>Cryptosporidium parvum</i> | | B | |
| | <i>Toxoplasma gondii</i> | ● | | |
| | <i>Schistosoma species</i> | ● | | |
| 毒素 | <i>Clostridium botulinum toxin</i> | ● | A | ◎ |
| | ricin toxin | | B | ◎ |
| | <i>Staphylococcal enterotoxin B</i> | ● | B | ◎ |
| | <i>Clostridium perfringens epsilon toxin</i> | | B | |
| | aflatoxin | | | ◎ |
| | trichotecene mycotoxin | | | ◎ |
| saxitoxin | | | ◎ | |

* 1 : リケッチアおよびクラミジアを含む。

* 2 : WHO 報告 : Health aspects of chemical and biological weapons 1970. ●は可能性のある生物剤。

* 3 : CDC 分類は、伝染性・感染性、公衆衛生に与える影響、認知度、特別な準備の要否等を勘案し、カテゴリー A, B, C に分類。

* 4 : WHO 報告 : Public health response to biological and chemical weapons. 2nd ed, (案) 2003. ◎は代表的な生物剤。