

- i) 人口密集地においてテロが遂行されるがその時点ではテロが感知されない。
- ii) テロの遂行は冬季で、インフルエンザ等の高熱を発する感染症が流行している。それらは天然痘の初期症状と紛らわしく、発疹が出るまで天然痘と診断するのが困難である。
- iii) 発熱開始をもって発症とみなす。感染者は発症とともに感染性を持つ。
- iv) 第1世代の患者が発生してテロが認識され、患者や接触者の追跡や隔離が行われる。
- v) 第2世代以降の感染者は発症してから発見される。
- vi) 患者や接触者は完全に発見されるとは限らず、一部は追跡や隔離から漏れる。
- vii) 患者の発見や確認にはある程度の時間がかかり、それまでに次世代の感染者が生じる。
- viii) 少なくとも流行開始時においては総人口に対して天然痘罹患者の割合は非常に小さく、発病による免疫獲得者の影響は流行の拡大を考える上で無視し得る。

なお、患者は発症後1から7日目まで感染性のレベルが高い事が知られている。一方、潜伏期はウイルス暴露後8から19日目、特に9から14日目に88%が集中している。従って、ある患者が発症し感染性を持っている時期には、次世代感染者は潜伏期にあると想定している。

シナリオを考えるにあたり、第1世代感染者と第2世代以降感染者の違いに注目した。第1世代感染者には以下の特徴がある。1) テロが起こったと分かるのは患者が現われてからで、当初は患者が他の疾病と混同されたり、診断に時間がかかると予想される。しかし、一旦テロ発生地点が特定できれば、2) 誰が発症する可能性があるか、ある程度限定できる。そこで、3) 発症する前に隔離できる可能性がある。一方、第2世代以降の感染者については、1) 誰が感染者なのか発症するまで予見できない。そこで、2) 発症した後で患者を隔離し、接触者を追跡するという事後の対応になる。しかし、3) テロが起こった事が分かっているので、第1世代患者に比べて患者は速やかに発見され、診断されると期待できる。

以上にに基づき次のようなシナリオを考えた。流行の各段階を図と共に示す。

## B-2. 感染の広がり の 想定

### 1. テロの発生 (図1)

- i) 天然痘ウイルスが人口密集地(例えば運動競技場、駅、講演会場、コンサート会場、等)で空中散布される。その場所のE人がウイルスに暴露した可能性を持つが、誰が感染し、発症するかこの時点では不明である。
- ii) E人のうちdの割合が天然痘に感染する(第1世代感染者はE×d人)。しかし、感染者はまだ潜伏期

(incubation period) にあるため E 人のうち誰が第 1 世代感染者かは不明である。彼らは自由に行動するが、他を感染させる可能性は無視し得る。

## 2. 感染者の発症 (図 2)

- iii) 潜伏期のばらつきのため、この時点では感染者  $E \times d$  人のうち、一部だけが発症している。発症者の確定診断がなされてテロが認識され、ウィルス暴露者の追跡や、医療機関への出頭の呼びかけが開始される。
- iv) 発症した患者はウィルスを放出し、周囲の人間を感染させている。第 2 世代患者は潜伏期にある。

## 3. テロ発生地点にいた者の追跡と隔離 (図 3)

- v) 潜伏期にある感染者と未感染者が区別できないため、テロ発生地点に居た者 (E 人) 全員が追跡・隔離の対象者である。E 人は成功率  $f$  で追跡・隔離される。E 人のうち割合  $d$  が第 1 世代感染者となる。隔離を開始した時 ( $t_a$ )、感染者全体 ( $Ed$ ) のうち、既に割合  $1-a$  は発症していて、第 2 世代感染者を生み出してしまっている。第 2 世代のうち割合  $f$  は追跡・隔離できる。
- vi) 第 2 世代感染者を残せるのは既に発症している患者と、追跡・隔離を逃れた患者及び感染者である。前者は  $Ed(1-a)f$  人で、全体で  $RT_a$  人を残

す。 $RT_a$  は追跡・隔離までの時間 ( $t_a$ )、潜伏期の分布、そして感染力の時間分布に依存し、 $a$  は  $t_a$  と潜伏期の分布に依存するので、 $RT_a$  は  $t_a$  の関数である。追跡・隔離から漏れた  $Ed(1-f)$  人は、一人当たり  $R$  人の第 2 世代感染者を残す。4. 第 2 世代以降の流行 (図 4)

- vii) 第 2 世代以降の流行は、追跡から漏れた感染者が感染源となる。この  $i$  世代の感染者は潜伏期にあるので事前に特定できない。 $i$  世代の感染者は発症してから発見される (時間  $t_s$ ) が、その時まで既に  $(1-s)R$  人の  $i+1$  世代感染者が発生している。 $i$  世代の感染者はすぐに隔離され、その後の  $sR$  人の感染者の発生は未然に防げる。ただちに  $i+1$  世代の感染者となる可能性を持つ接触者を追跡するが、 $1-f$  の割合は追跡から漏れ、 $i+2$  世代の感染源となる。

## B-3. ワクチン接種の戦略 (strategy)

暴露前にワクチンを接種するのは発症防止や症状の軽減に効果がある。暴露後でも 3~4 日間以内ならワクチン接種が発症の予防と症状の軽減に役立つと言われている (Dixon 1962)。ワクチン接種が必要であると考えられる主要な対象者は、i) 患者の搬送、治療にたずさわる "first responders" や病院の労働者 (特に洗濯物を取り扱う者)

(high risk group であるため、過去の接種歴に関わらず全員を接種する)、

- ii) 患者との接触者、
- iii) 日常的な世話や介助などにより、接触者と隔離後も接する必要がある者、である。副作用の問題と、患者との接触者に優先的に接種する必要があるため、一般人口を対象とした大規模な接種は行わない。

#### B-4. 主要なパラメーター (記号の後の括弧内の数値は暫定的な値)

- ウィルス暴露人数 …… E (6000)
  - 複数箇所 (3カ所) でバイオテロが起こった場合を想定する
  - 一カ所で2000人が暴露したと想定する
  - なお、この人数には散布されたウィルス量、散布密度、人口密度が関係する
- 暴露者における患者発生率 d (0.04)
  - O'Toole (1999) では1000人程度の集会で、50人程度の第一世代患者が生じたと想定している。
  - ヨーロッパに天然痘患者が入った時、接触者 (contacts) 300人程度に最大10人程度が感染した場合が報告されている。
  - これらの値から、暴露者20人から30人に一人が感染すると想定するのが妥当と思われる。ただし、これはヨーロッパと日本の免疫レベルの違いを考慮していな
- 感染力 (患者1人あたりの新たな患者数) …… R (3.97)
  - 暫定的に  $d = 0.04$  と仮定する。
  - 季節・気候の要因: 種痘ウィルスの研究から、温度が低いほど、湿度が低いほど、空中に漂う天然痘ウィルスは生存率が高くなると推定されている (Harper 1961)。そこで、日本で流行が起きた場合、熱帯で記録されたデータより高い感染力が予想され、ヨーロッパに天然痘が侵入した場合の感染力に近くなると考えられる。
  - Gani (2000) はヨーロッパへの天然痘侵入例を解析し、免疫が無い集団に天然痘が流行した場合の感染力 ( $R_0$ ) は11程度であるとしている。これは、一般社会と病院での感染の両方による値である。
  - 上記の  $R_0$  から現在の日本の免疫レベルを考慮に入れて感染力を推定する必要がある。現在の日本では接種の経験が無い者が29%を占めている。ワクチン接種者と非接種者の感染割合からワクチンの有効率を計算すると、接種された者の感染のリスクは接種されない者の感染リスクの10%程度と推測される。これは Fenner et al. (1988) の Table 4.12 から Mantel-Haenszel 法

により求めた。

- 現在の免疫レベルを考慮に入れ、暫定的に、 $R = 11 \times (0.29 + 0.71 \times 0.1) = 3.97$  とする。
- 第2世代目以降の患者の次世代感染を阻止できた割合 ……  $s$  (0.7)  
(患者が持つ潜在的な最大次世代感染者のうち、隔離で感染を予防できた割合)
  - これは天然痘と気付くまでの時間、患者が発症してからの感染性の時間関数、そして接触者の時間分布の3つが関係する。Fenner et al. (1988) の Table 4.8 によると患者は発症後1週間程度口腔や気道から多量の天然痘ウィルスを排出する。その後ウィルス排泄量は減少し、感染後15日以降は検出されない。ここでは、感染者は発症後10日間感染性を持ちそのレベルは一定と仮定する。隔離に要する時間が最大1週間程度であれば、発症1週間より後の感染性の変化が結果に及ぼす影響は無視し得るので、この仮定で差し支えない。接触者数の時間分布は不明であるが、ここでは時間に比例すると仮定している。すなわち、 $s$  は患者一人ひとりについて、感染可能期間のうち隔離できた時間の割合で近似できる。
  - 暫定的に患者発症後、隔離まで3日間要するとして、 $s = 1 - 0.3 =$

0.7 を想定する。

- 追跡・隔離に成功した第1世代感染者が、隔離前に残せた第2世代患者数の割合  
……………  $R^T a / EdfR$  (0.34)
  - 図5は第2世代感染者発生の時間との関係を求める方法の概念図である。潜在期間の分布はMack (1972) の Figure 1 における1日だけ暴露した接触者の患者発生曲線をもとに、表1のように設定した。次に、感染性の時間関数を前述のように、各第1世代感染者は発症後10日間感染性を持ちそのレベルは一定である、と仮定する。これにより、表2に示す第2世代感染者の出現時間分布が推定できる。
  - 患者が出現し始めた当初はテロの発生が感知されていないため、患者の認識や対処に予想外の時間を要するものと思われる。ここでは患者の鑑別診断に最初の患者の出現から4日間、追跡や隔離が完了するのに3日間、計7日間かかると仮定する。この想定では追跡・隔離が完了するまでに、第1世代が感染可能な最大第2世代患者数の34%が発生していると推定される。
- 発症の可能性のある者の追跡 (follow up) 成功確率 ……  $f$  (0.70)

➤ マスコミなどで情報が豊富に、かつ、速やかに広がる日本では追跡の成功率は高いと思える。一方、疾病そのものへの恐怖感や偏見への恐怖等の心理的要因により追跡から逃れようとする者や、出頭の呼びかけに応じない人間も存在すると考えられる。また、警告や呼びかけの情報が本人や周囲の人間に通じていない場合や、周囲の人間の無知や無関心のために患者が天然痘と認識されない場合も考えられる。

➤ ここでは暫定的に70%とする。

● 発症の可能性のある者一人あたりに必要なワクチン dose …… C (400)

➤ ヨーロッパと日本に天然痘が侵入した事例で記録された接触者数の最大値 (400)を想定する。

➤ **First responders** や医療関係者も対象になるが、ここでは直接感染に関わる人間のみを考える。

➤ 今回の推定の対象は、第1世代感染者の可能性のある者、すなわちテロ発生時にテロ発生地点に居合わせた者、及びその接触者、そして第2世代以降の感染者の接触者である。テロに居合わせた者の接触者までワクチン接種の対象者とするのは以下の理由からである。(1) インフルエンザ等の、天然痘発症初期段階と識別が困難な感染症が流行している可

能性があるので、全ての事例を鑑別診断するよりワクチン接種の方が時間と手間がかからない、

(2) 疾病への恐怖感を持った者全てにワクチン接種を保証する事でパニックを防ぐ効果が期待できる、(3) 可能性は低いが典型的な症状を示さずにウィルスを放出する感染者がいるので、その感染者からの流行が予防できる、(4) 多数にワクチン接種すれば集団免疫レベルの上昇がある程度期待できるからである。

**C. 研究結果**

以上のように流行を想定すると、各世代の患者数は以下の式で表される。

$R^T a / EdfR$  のみは暫定的に定めた値 (0.34) を代入した。

第1世代患者数： $Ed$

第2世代患者数( $P_2$ ):

図3の部分Xからの第2世代感染者数：  
 $0.34 \times EdfR$

図3の部分Y及びZからの第2世代患者数の合計： $Ed(1-f)R$

$$0.34 \times EdfR + Ed(1-f)R = (1-0.66f)EdR$$

第*i*世代患者数( $P_i$ ):  $(1-s)(1-f)R P_{i-1}$

**C-1. 流行終息の条件**

第  $i$  世代患者数の式が示すように、 $(1-s)(1-f)R < 1$  の条件が満たされる限り、流行は終息に向かう。 $R=3.97$  であれば、 $(1-s)(1-f) < 0.252$  が流行終息の必要条件となる。 $s$  は第 2 世代以降の患者の次世代感染を防止できる割合であるが、 $t_s$  を隔離に要する時間とすると、B-4 での  $s$  の項にあるように

$$1-s = \frac{t_s}{10} \text{ の関係があるので、}$$

$$t_s(1-f) < 2.52$$

が流行終息の条件である。図 6 に流行が最終的に終息する事が期待できる「患者発症後の隔離までの時間」と「追跡成功率」の領域を示す。

### C-2. 患者数の総計

患者数の総計は

$$Ed + \frac{(1-0.66f)EdR}{1-(1-s)(1-f)R} \text{ となるが、これを整理すると以下の式になる。}$$

$$Ed \left( 1 + \frac{(1-0.66f)R}{1-(1-s)(1-f)R} \right)$$

各パラメーターに暫定的に決めた値を入れて計算すると、患者数の総計は、1038 人と推定された。

### C-3. 必要なワクチン量

ワクチン必要量は、テロ発生地点に居合わせた  $E$  人のうち追跡できた者全員（追跡に成功した第 1 世代感染者を含む）とその接触者、及び、第 2 世代以降の患者との接触者に接種するとして計算

した。前述のように一人につき 400 人に接種すると想定すると、必要ワクチン量は次の式で表わされる。

$$\left( Ef + \frac{(1-0.66f)EdR}{1-(1-s)(1-f)R} \right) \times C$$

すなわち、

$$EC \left( f + \frac{(1-0.66f)dR}{1-(1-s)(1-f)R} \right)$$

である。

暫定的なパラメーター値で計算すると、ワクチン必要量は 200 万 dose と推定された。

### C-4. Sensitivity analysis

推定患者数は式から分かるように  $E$  と  $d$ 、すなわち、テロ発生地点の人数と第 1 世代感染者の発症率に比例して変化する。それ以外のパラメーターの変化が推定患者数に及ぼす影響を調べるため、他のパラメーターを想定値に固定して各パラメーターを 1/2 から 2 倍まで変化させて推定患者数を計算した。結果を図 7 に示す。 $f$ （追跡成功率）の減少は患者数を最も大きくさせた。 $R$ （感染力）の増加も同程度の影響を与えた。 $s$ （第 2 世代以降の患者が発見されてから隔離されるまでの期間）の減少はそれらに次いで患者数に影響を与えた。 $t_a$ （第 1 世代患者の隔離までの期間）が患者数に与える変化は他のパラメーターの変化に比べて小さかった。

必要ワクチン量は、 $E$  と  $C$  すなわち、テロ発生地点の人数と、発症の可能性の

ある者一人あたりに必要なワクチン dose に比例して変化する。他のパラメーターを想定値に固定してそれぞれのパラメーターを1/2から2倍まで変化させた結果を図8に示す。必要ワクチン推定量は最大で約1.8倍変化した。

以上の分析は注目するパラメーターのみを変化させ、他の全てのパラメーターを想定のままに固定した場合の結果である。複数のパラメーターを同時に変化させると、さらに大きな変化が生じると予想される。

#### D. 考察

今回の推定に用いたモデルは現実起こり得る流行とその制御の努力をできる限り反映するように設定した。しかし、他に考慮すべき点があるかもしれない。例えば、感染者と接触者の追跡が今回のシナリオのようにうまく行くとはい限らない。ヨーロッパでの天然痘侵入の場合、接触者の追跡が事実上不可能となって、地域全体の人口にワクチン接種を行った事例が少なくない。このような事が頻発すれば必要ワクチン量は増加する事になる。

また、潜在的な感染の可能性は低く、無視し得ると仮定した。しかし、ワクチン接種者や健康状態の良い者は典型的な天然痘の症状とならず、見過ごされたままでウィルスを放出する可能性がある。このような可能性が高ければ、流行の終

息には時間がかかり、患者数も必要ワクチン量も増加すると予想される。

パラメーター値については、過去の天然痘流行から推測できるものは、できる限り日本の現状にあわせた値を推定しようとしたが、改良すべき点もあるかもしれない。感染力（R）については、日本の人口密度の高さと交通機関の発達を考慮に入れると、もっと高いRとなるかもしれない。

感染力に影響する免疫レベルについては、接種後の年数を考慮に入れていない。しかし、3回ワクチン接種を行った集団で、血清中の中和抗体が最後の接種後30年経っても高いレベルで安定していた、というデータがある（El-Ad et al. 1990）ので、これは大きな問題ではないと思われる。

今後の検討課題の候補として、患者数及必要ワクチン量の時間的変化の推定や、患者の空間的広がりへの推定があげられる。次年度以降に取り組みたい。

#### E. 結論

天然痘ウイルスによるバイオテロが生じた時の天然痘患者数と必要なワクチン量を推定した。暫定的なパラメーター値をあてはめると患者数は1000人程度、必要ワクチン量は、first responders や医療関係者に接種する量に加えて200万 dose 程度必要であろうと推定された。しかし、これらの値はパラメーター値の

設定によって4倍以上に増加する可能性もある事が判明した。患者数の時間的変化についての確率変動を考慮に入れたシミュレーションや空間的拡散のシミュレーションが今後の課題である。

#### F. 参考文献

Dixon CW. Smallpox.

London:Churchhill;1962.

El-Ad R, Roth Y, Winder A, Tochner Z,

Lublin-Tennenbaum T, Katz E,

Schwartz T. The persistence of

neutralizing antibodies after

revaccination against smallpox. *J*

*Infect Dis.* 1990; 161: 446-448.

Fenner F, Henderson DA, Arita I,

Jezeq Z, Ladnyi ID. Smallpox and

its eradication. Geneva: World

Health Organization; 1988.

Gani R, Leach S. Transmission

potential of smallpox in

contemporary populations. *Nature*

2000; 414: 748-751.

Harper GJ. Airborne

micro-organisms: survival tests with

four viruses. *J Hyg.* 1961; 59:

479-486.

Henderson DA, Inglesby TV, Bartlett

JG, Ascher MS, Eitsen E et al.

Smallpox as a biological weapon.

*JAMA.* 1999; 28: 2127-2137.

Mack TM. Smallpox in Europe,

1950-1971. *J Infect Dis* 1972; 125:

161-169.

Meltzer MI, Damon I, Leduc JW,

Millar JD. Modeling potential

responses to smallpox as a

bioterrorist weapon. *Emerg Infect*

*Dis* 2001; 7 :959-969.

O'Toole T. Smallpox: an attack

scenario. *Emerg Infect Dis.* 1999;

5: 540-546.



表 1. 潜伏期間の分布

第 1 世代患者出現の時間分布は潜伏期間の分布に従うと期待される。Mack (1972) の天然痘ウイルスへの暴露が 1 日間であった場合の患者発生データをもとに作製した。

暴露からの日数	患者数	患者の 出現分布	累積分布
8	1	0.02	0.02
9	7	0.12	0.13
10	14	0.23	0.37
11	9	0.15	0.52
12	9	0.15	0.67
13	8	0.13	0.80
14	6	0.10	0.90
15	2	0.03	0.93
16	1	0.02	0.95
17	1	0.02	0.97
18	1	0.02	0.98
19	1	0.02	1.00
計	60	1.00	

表 2. 第 2 世代患者出現分布

第 2 世代の患者の時間分布は、第 1 世代患者の時間分布と各患者の感染性の時間分布から求められる。患者の感染性について詳しく観察されたデータは無いが、患者は発症後 1 週間にわたり天然痘ウィルスを多量に排泄している事が知られている。ここでは、患者は発症から 10 日間感染性を持ち、そのレベルは一定であると仮定している。(図 5 参照)

時間 (日)	第 1 世代患者一人 あたりの 第 2 世代感染者数	第 2 世代感染者数の 分布	第 2 世代感染者数の 累積割合
1	0.007	0.002	0.002
2	0.053	0.013	0.015
3	0.146	0.037	0.052
4	0.205	0.052	0.103
5	0.265	0.067	0.170
6	0.318	0.080	0.250
7	0.357	0.090	0.340
8	0.371	0.093	0.433
9	0.377	0.095	0.528
10	0.384	0.097	0.625
11	0.384	0.097	0.722
12	0.344	0.087	0.808
13	0.251	0.063	0.872
14	0.192	0.048	0.920
15	0.132	0.033	0.953
16	0.079	0.020	0.973
17	0.040	0.010	0.983
18	0.026	0.007	0.990
19	0.020	0.005	0.995
20	0.013	0.003	0.998
21	0.007	0.002	1.000
計	3.970	1.000	

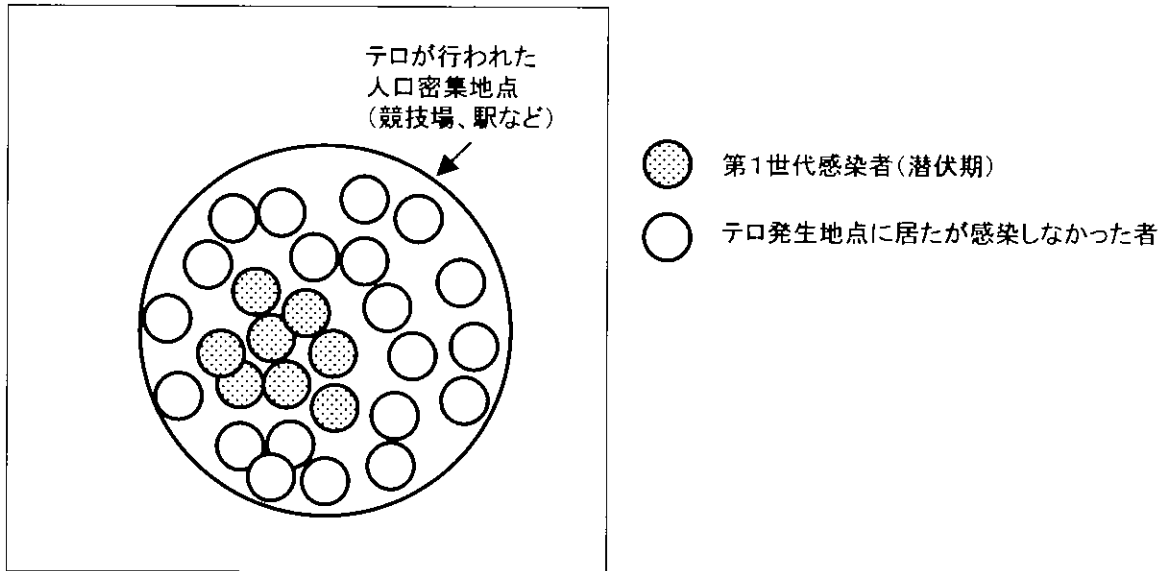


図1. テロの発生

テロ発生時にはテロは感知されてない。第1世代感染者は潜伏期にあり他の人間と識別できない。

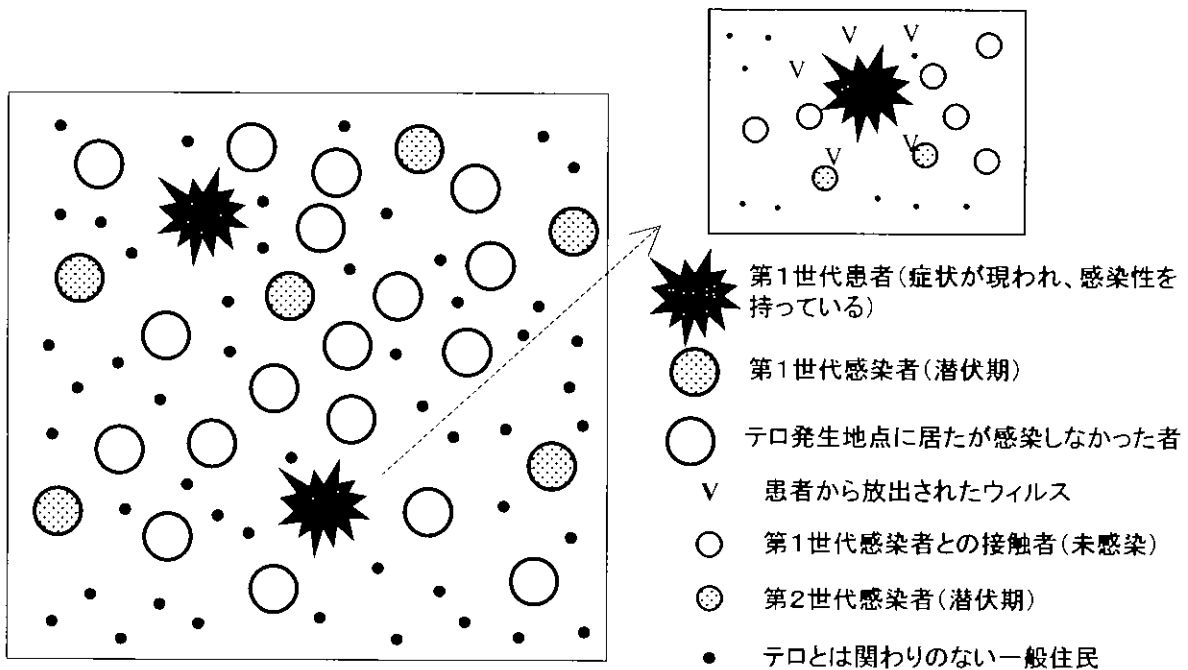


図2. 感染者の発症

天然痘の発症者が出始め、テロの発生が認識される。複数の患者の調査から共通するウイルス暴露の場所、すなわちテロ発生地点が特定される。

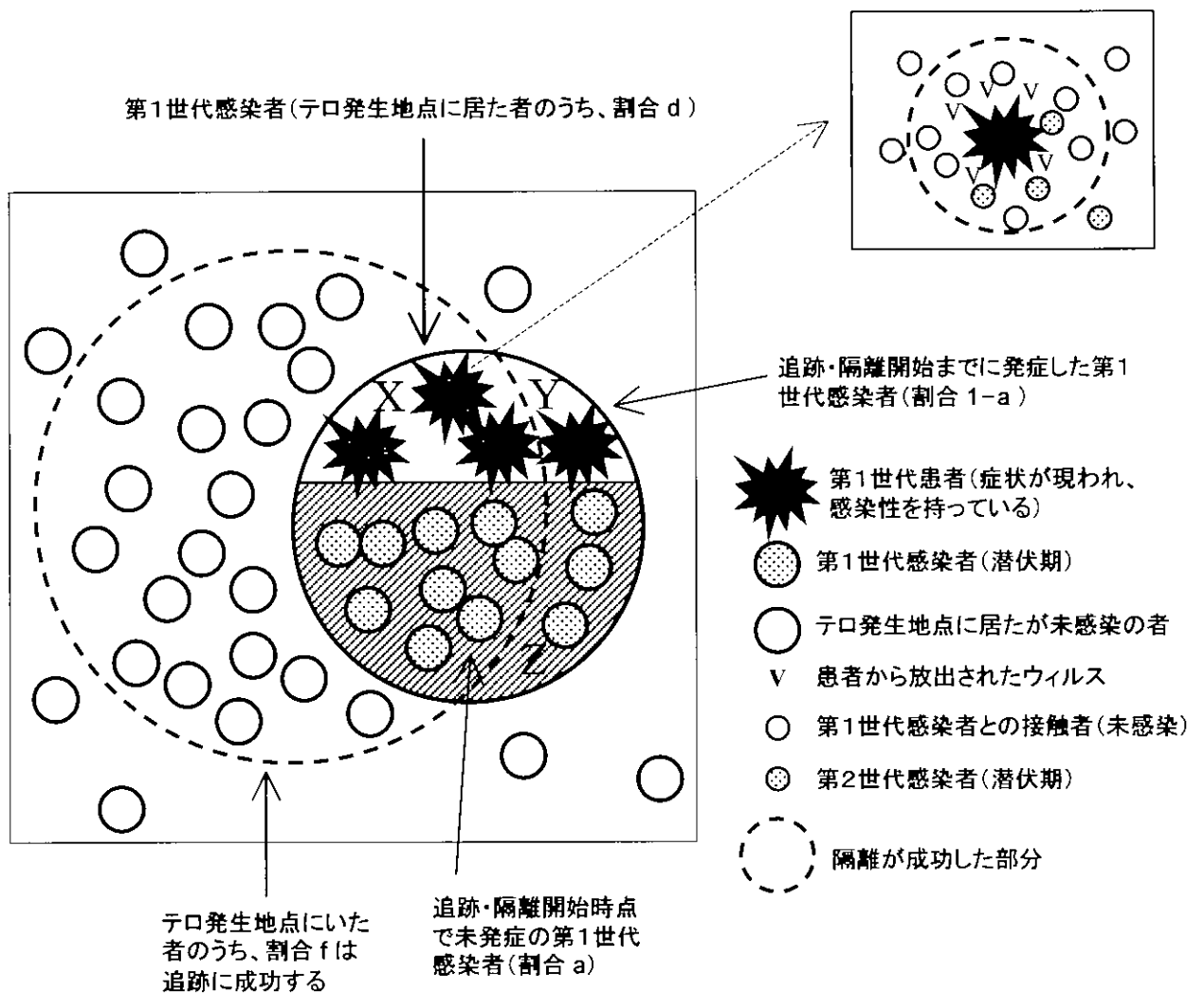
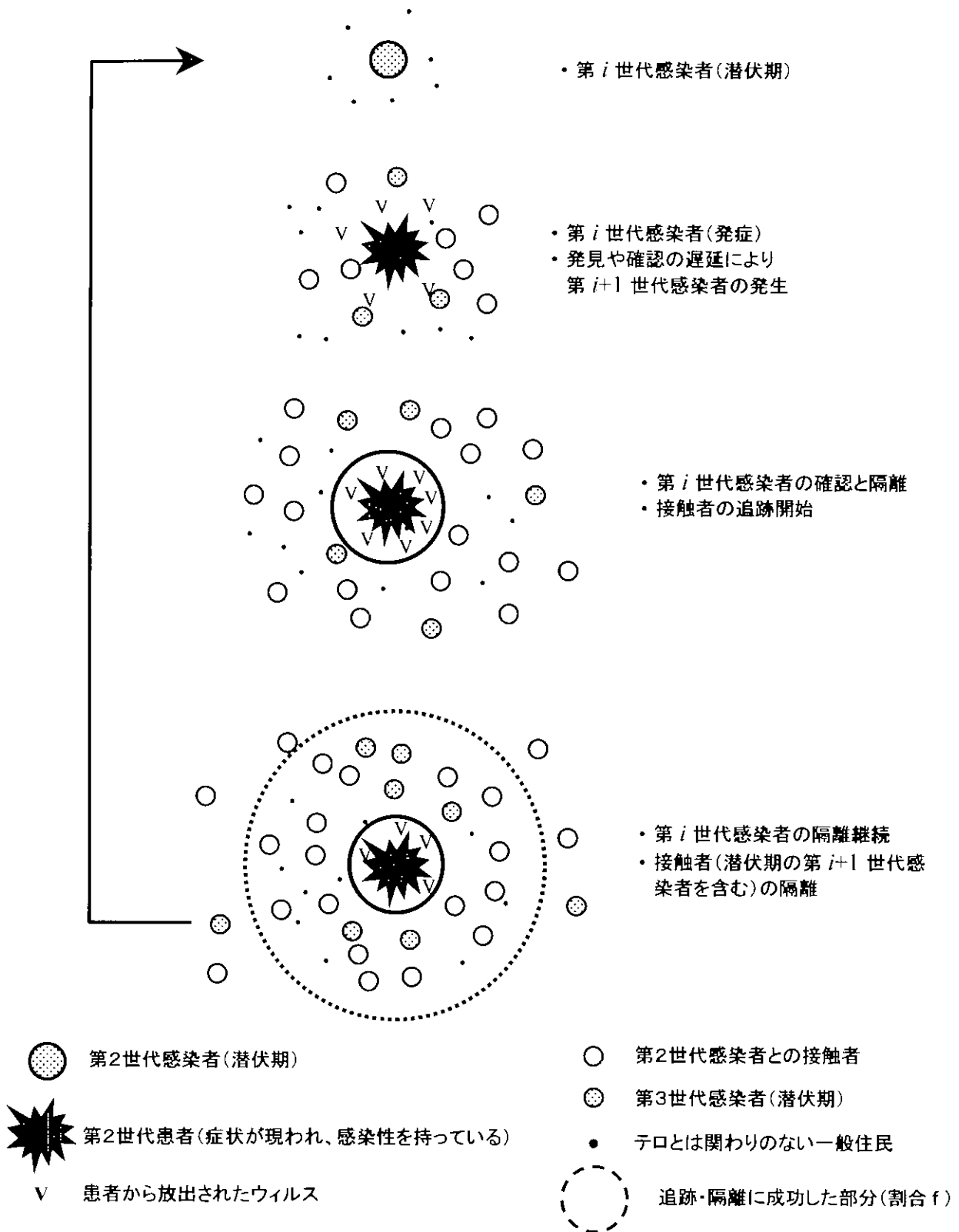


図3. テロ発生地点に居た者の追跡・隔離

テロが認識された後の感染者の追跡・隔離、及び、発症の割合を示す。

潜伏期にある感染者と未感染者が区別できないため、テロ発生地点に居た者( $E$ 人)全員が追跡・隔離の対象者である。 $E$ 人は成功率  $f$  で追跡・隔離される。 $E$ 人のうち割合  $d$  が第1世代感染者となる。隔離を開始した時( $t_0$ )、感染者全体( $Ed$ )のうち、既に割合  $1-a$  は発症していて、第2世代感染者を生み出してしまっている。第2世代のうち割合  $f$  は追跡・隔離できる。

第2世代感染者を残せるのは  $X$   $Y$   $Z$  の部分である。部分  $X$  は  $Ed(1-a)f$  人で、全体で  $R^1a$  人を残す。 $R^1a$  は追跡・隔離までの時間( $t_0$ )、潜伏期の分布、そして感染力の時間分布に依存し、 $a$  は  $t_0$  と潜伏期の分布に依存するので、 $R^1a$  は  $t_0$  の関数である。部分  $Y$  と  $Z$  は合わせて  $Ed(1-f)$  人で、どちらも追跡・隔離から漏れて一人当たり  $R$  人の第2世代感染者を残す。



#### 図4. 第2世代以降の流行

第2世代以降の流行は、追跡から漏れた感染者が感染源となる。この  $i$  世代の感染者は潜伏期にあるので事前に特定できない。 $i$  世代の感染者は発症してから発見される(時間  $t_s$ ) が、その時まで既に  $(1-s)R$  人の  $i+1$  世代感染者が発生している。 $i$  世代の感染者はすぐに隔離され、その後の  $sR$  人の感染者の発生は未然に防げる。ただちに  $i+1$  世代の感染者となる可能性を持つ接触者を追跡するが、 $1-f$  の割合は追跡から漏れ、 $i+2$  世代の感染源となる。

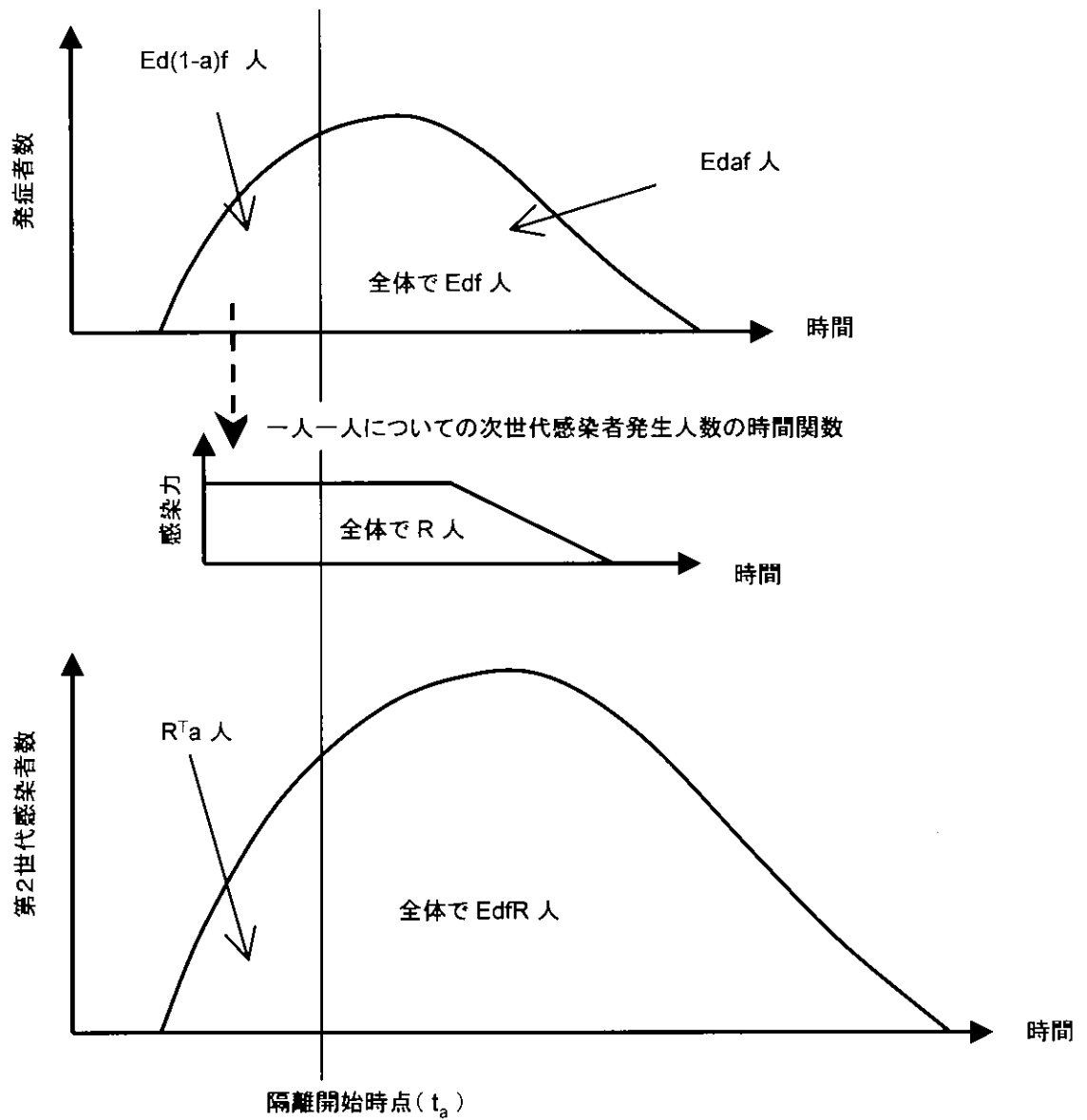


図5. 第2世代感染者発生の時間との関係

第1世代感染者の発症曲線は、潜在期間の分布から推定でき、患者一人が発生させる次世代感染者の時間関数は疫学データから推定できる。従って、第2世代感染者数の時間関数が推定できる。

Mack (1972) によるとウィルス暴露後8日から19日後に患者の発生が観察されている。患者一人は発熱後1週間程度高い感染性を持つことが知られ、14日目にはほとんど感染性を持たない。

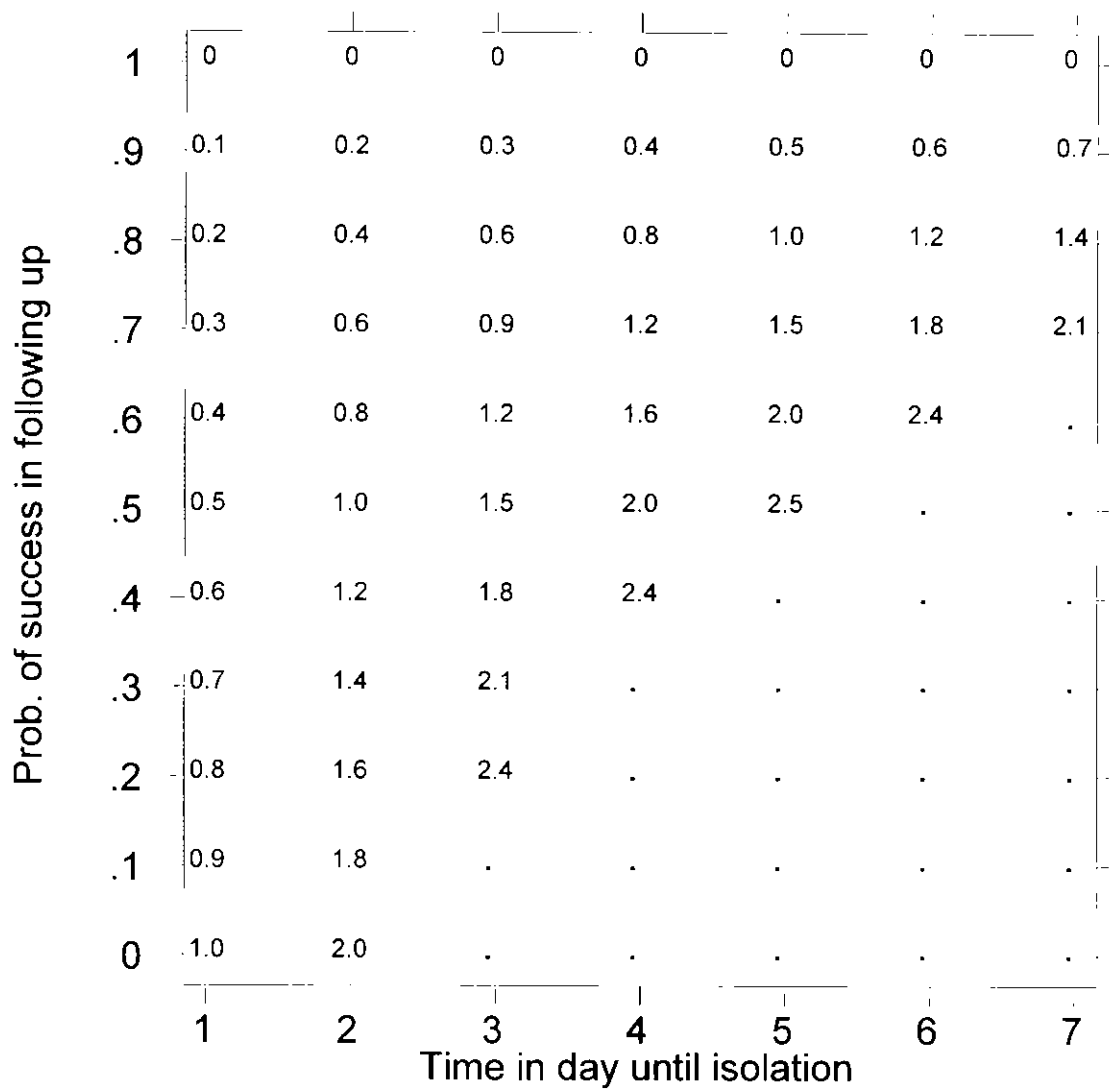


図6. 天然痘流行が終息する条件

縦軸は感染者及び接触者の追跡・隔離成功率、横軸は患者発症後の隔離までの時間である。図中の数字が小さいほど速やかに終息する。数字が 2.52 以上であれば流行は拡大し、制御不能となる( . で示した領域)。

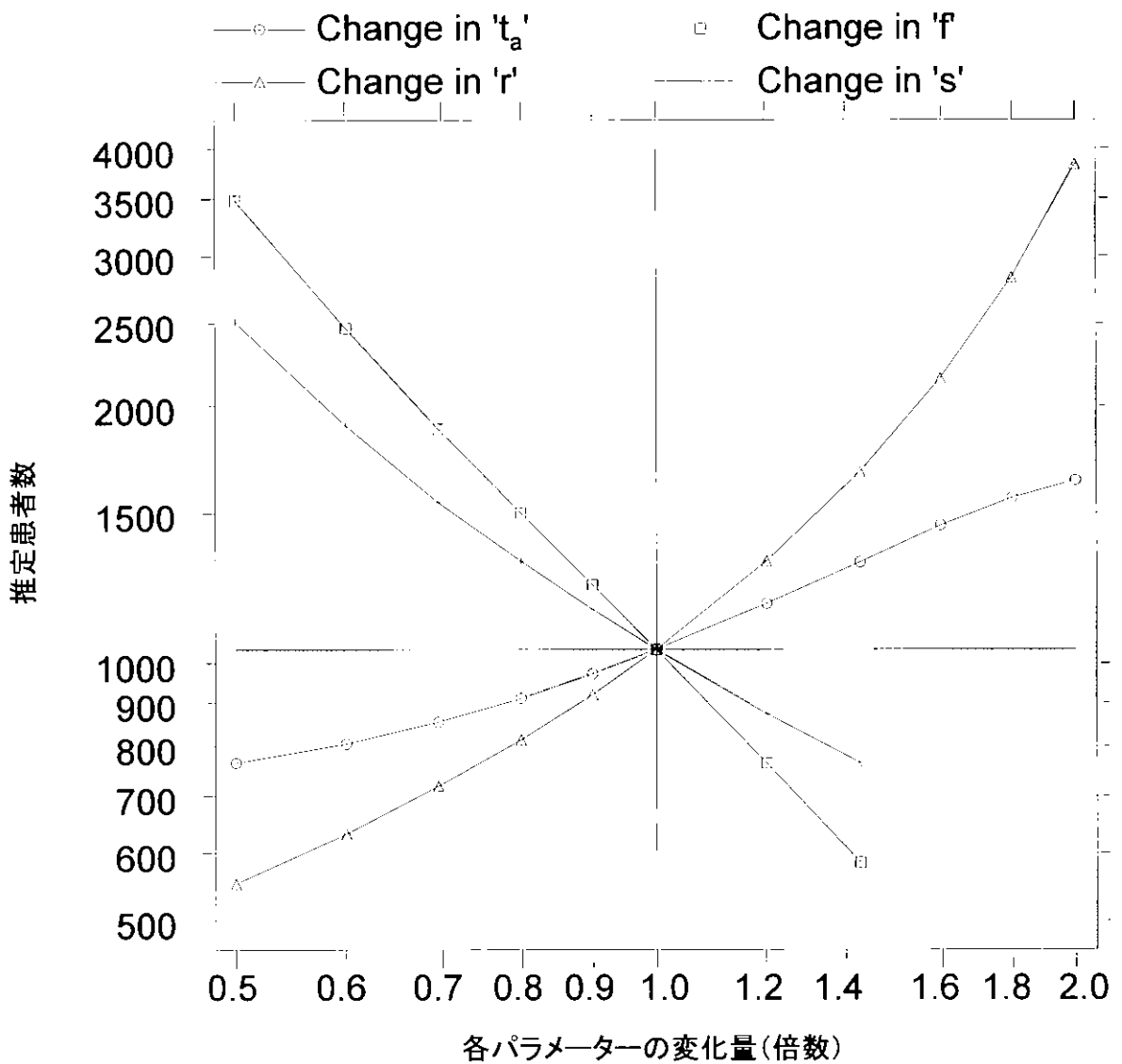


図7. パラメーターの変化と推定患者数の変化

他のパラメーターを想定値に固定して各パラメーターをX軸の大きさ倍にした時の推定患者数の変化。f(追跡成功率)の減少は患者数を最も大きくさせる。R(感染力)の増加も同程度の影響を与える。s(第2世代以降の患者が発見されてから隔離されるまでの期間)の減少はそれらに次いで患者数に影響を与える。t<sub>a</sub>(第1世代患者の隔離までの期間)が患者数に与える変化は他のパラメーターの変化に比べて小さい。



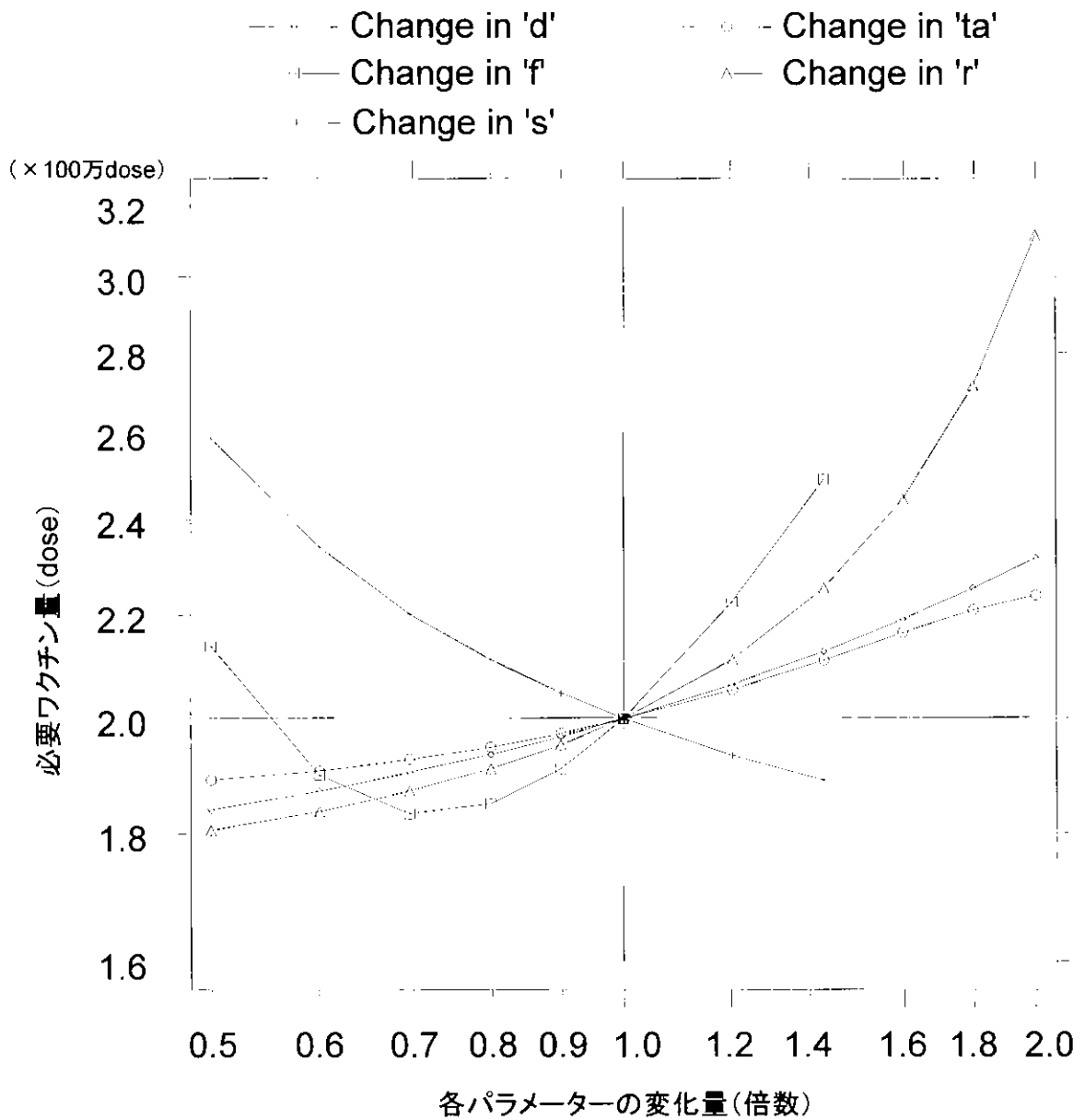


図8. パラメーターの変化とワクチン必要量の変化

他のパラメーターを想定値に固定して各パラメーターをX軸の大きさ倍にした時の必要ワクチン量の変化。それぞれのパラメーターを1/2から2倍に変化させると、結果は最大で約1.8倍変化する。他のパラメーターも同時に変化させると、もっと大きな変化が予想される。

### Ⅲ 米国視察報告

# エモリー大学付属病院における炭疽菌テロと天然痘テロのシミュレーションについて

主任研究者 山本保博（日本医科大学救急医学主任教授）

## 研究要旨

エモリー大学付属病院に行き、炭疽菌テロや天然痘テロなどの Bioterrorism に対する準備状況とその対応プラン、シミュレーションに関して情報提供を受け、意見交換を行った。そこで得られた成果をまとめ報告する。

## A. 研究目的

2001年9月11日の米国同時多発テロ事件後に炭疽菌テロが勃発し、米国では、続発が予想される天然痘テロなどの Bioterrorism が国家的危機として認識されている。

CDC に隣接し、歴史的にも CDC と密接な関係にあるエモリー大学を訪問し、当大学の Mass casualty preparedness plan (シミュレーション含む)のプレゼンテーションを受け、意見交換をすることにより、日本の実情にあった Bioterrorism 対応策を構想するための情報を得た。

## B. 研究方法

Bioterrorism 対応担当者と会談し、彼らの情報のプレゼンテーション後に討論を行った。

## C. 研究結果

(1) エモリー大学の Bio(chemical)terrorism 対応代表者である Dr. Henry J. Siegelson の Mass casualty preparedness plan(シミュレーション含む)及び Emory's plan

① All HazMat Mass Casualty Preparedness Plan (presented by Dr. Siegelson)

・災害プランは 2001 年 9 月 11 日の WTC 倒壊及び Pentagon 襲撃テロ以降から大きく変わった。

・ **All HazMat Mass Casualty Preparedness Plan** の規模について：10,000 人以上の Mass gathering event 規模での HazMat 暴露による Mass casualty(100 人未満の規模ではない)を対象にしたもので、その為には既存の人的・設備的なもの全てを流用することが実現の為には重要なことである。

・ 第 1 step として NBC terrorism の内、HazMat での **C** の **Chemical terrorism** を重視して備える。その理由は、Bioterrorism よりも早い時系列(24 時間以内)で発覚する性格のものが多く、対応の為には 24 時間体制で迅速に対応するシステムが必要となるため。

・ Scene, Response Zone(Triage Zone), Hospital の 3 つに対応場面があり、最初に Police と EMT

が出勤することになる。次に Hospital staff の対応となる。

・ 民間職員の教育の重要性：今回最も注目しているのは、“列車”に於ける職員を含めた民間職員の対応で、その為には民間職員の教育が必要となってくると考えている。

・ **Self decontamination** の重要性について：Police と EMT 到着前の、現場 Scene における対応として“**Self decontamination**”が重要と考える。Self decontamination で重要なものは自ら行う Removal of Clothing である。実際、HazMat でも Liquid による contamination の 80% に対しては Removal of Clothing で対処できる。煙霧(Vapor)による contamination となると、Removal of Clothing に加え、シャワーを必要とする。

### →Hospital Planning

Option として、気道が最も生命に関わるので Protective gear として Mass gathering 現場には **N95** マスクがあるべきである。

実際に Dr. Siegelson 自身が現在 Shopping モールに於いて一般民衆向けに All HazMat Mass Casualty Preparedness Plan を講演し、“**Self decontamination**”等の教育活動を始めている。

いざ事件が起これば Police や EMT は Mass casualty には対応不可能の状況となるであろうから、市民レベルで各自 Self reliance しないと身を守れないことなどを啓発している。

現在その反響は大きく、行政サイドから徐々に評価されて始めている。

・ **Bio(chemical)terrorism** 時に対応できる建築設計(主に空調)の指導：建物の Air Intake の場所など設計の段階での設備面の対策を指導している。

例えば、有毒ガス発生時などでは施設内が常に陽圧になるような空調設備にしたり、新鮮な空気を大量に取り込める空調設計が必要であるなど。

・ **Hospital Planning**：“全ての”病院（基幹病院に限定しない一般病院を含む）は最小限の All HazMat Response capacity を備えるべきであ

る。病院が備えるべき項目を以下に挙げる。

Chemical agency preparedness  
 Incident Command System(HEICS)  
 Syndromic surveillance (Manual, computerized)  
 Rapid reporting to health department (Web-based)  
 Regular exercise with local agencies

・有事の規模による対応の違い: 10,000 人以上の規模の Mass gathering event での HazMat 暴露による Mass casualty に対しては、現場で十分な対応は不可能と考えられる。よって家に帰してからテレビによる報道で contact を取らなければならないこともある。

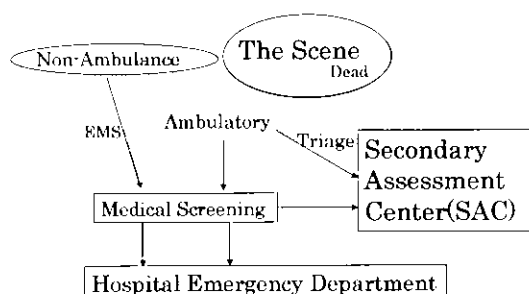
Mass gathering の規模によって、Community HazMat と Mass casualty HazMat に明確に概念を分けて考えなければならないことが分かってくる。

Chemical terrorism は Mass casualty HazMat に相当する。

Community HazMat では、全ての病院での Hospital Planning はまずは Small なものでもよくて、Cost-effective なものから始めることを考える。(最小限のものでよいから備えることが大切だから)

Mass casualty HazMat では、Mass casualty shower の設備を備える病院を想定することになる。この場合は以下に掲げる Mass casualty の流れをコントロールする必要性が生じる。

図4



・Mass casualty HazMat に於ける患者のながれのコントロール (シミュレーション) (図 4) :

Dr. Siegelson が考える重要なガイドラインである。

・このガイドラインに於ける Mass casualty decontamination: 現場での Chemical agent の迅速な除去と同時に Mass casualty に Self decontamination 等、現場でのガウンを使用した Removal of Clothing をさせてから徒歩で“SAC”に行かせる方式を取る。装着したガウンの下での Removal of Clothing に要する時間は僅か 10 分と想定される。

すべての Mass casualty が一様に病院に殺到して病院の機能が麻痺する事態を避け、病院外で対応可能な Mass casualty に対応する Preparedness Plan である。

②エモリー大学付属 Egleston Children's Hospital の HazMat equipment の視察

- ・ 野外徐染シャワー (小児用)
- ・ PPE(personnel protective equipment)のマスクへの室外配管装備 (酸素)
- ・ 小児用ボータグム脱衣キット (ポンチョタイプ)

・救急初療室の前の野外に設営されており、既にシミュレーション・訓練は何度も行っている。  
 ・小児用として対応しているものを揃えている。

③Mass casualty event に対する Emory's plan

・1996 年、アトランタオリンピックという Mass gathering に対し当大学は Mass casualty Response と Teaching mission を経験した。

・選手に引率された各国医師団は、自国の VIP・選手の Care だけにしか興味と責任感がなく、大会全体としての有事における Mass casualty Preparedness and Response Plan に加わりとうとはしなかった。

日本に於いて見られるこのような事態をこちらで質問した時、こちらでも同じ状況であると大いに同意していた。

アメリカでもシステム全体で抱える問題点は、日本と非常に類似していた。

・当大学は地下鉄サリン事件から Chemical terrorism に関して多くのことを学んだと言う。

・今は Bio(chemical)terrorism に対する Drugs, Equipments, Network 等を準備している。

・具体的には NATIONAL FOOTBALL LEAGUE の王座を決めるスーパーボウルがその協会から資金が出ており、その対応策(Emory's Plan)を持っている。その他にはロックコンサートが危険度の高い Mass casualty と考えている。

・基本的には Emergency medicine と Disaster medicine は異なるもので、どこでそれを切り替えるかが難しい。Disaster medicine での Mass casualty Response は病院と他の機関との協力体制は必須のものであることは同意された。

・総じて、米国における各 Mass casualty Response の問題点は、実は日本で抱える様々な問題と非常に似ていることが確認され、大いに同意を得た。

・次にアメリカにおいて起こる可能性が非常に