

図6 全体の間1～問10の情報源の総計

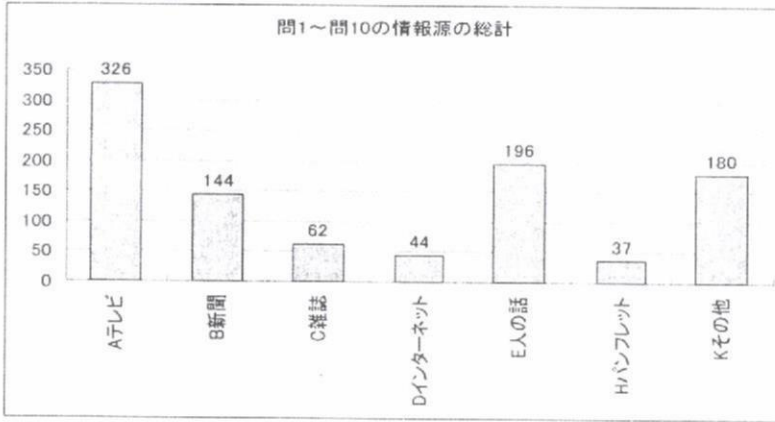
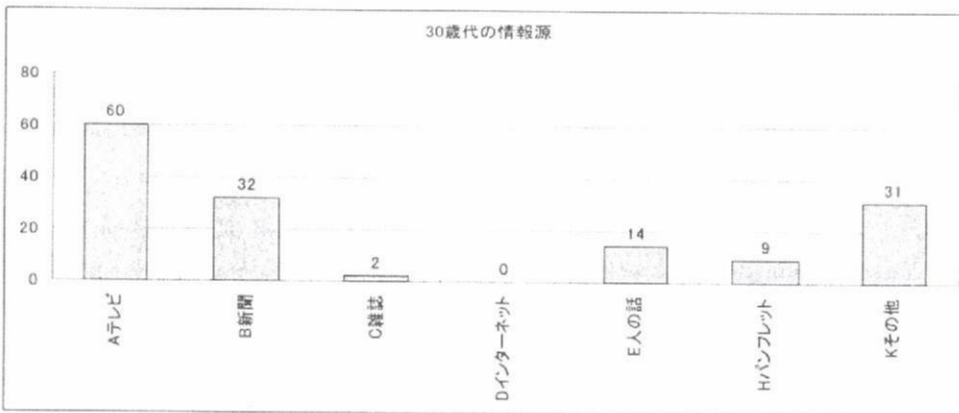
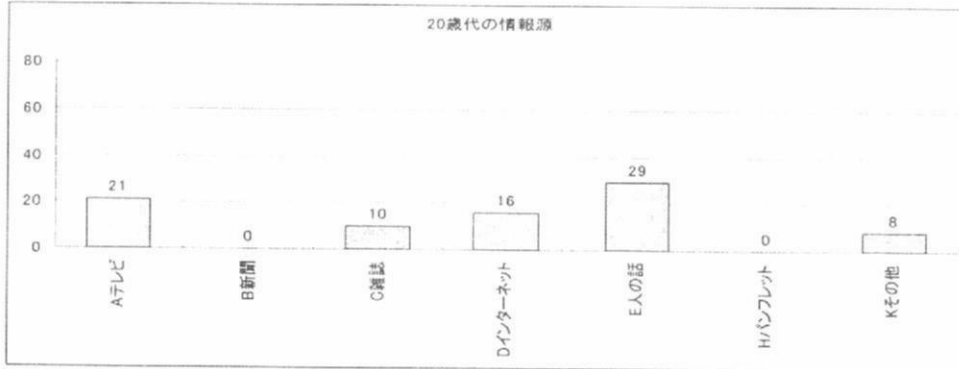


図7 年代別の問1～問10の情報源の総計



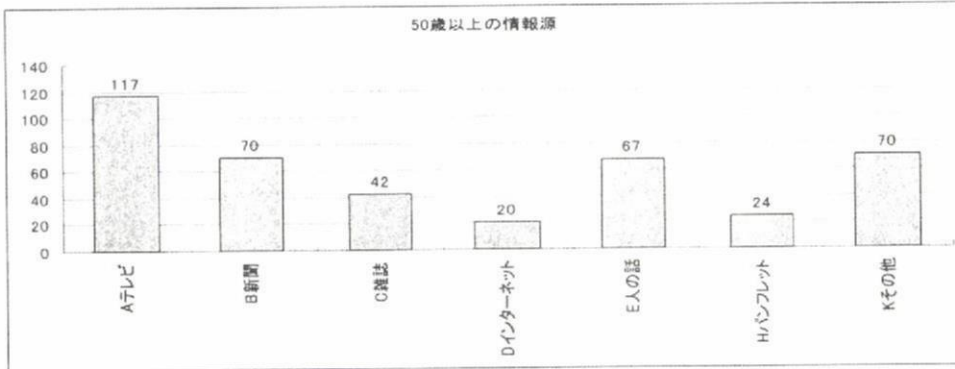
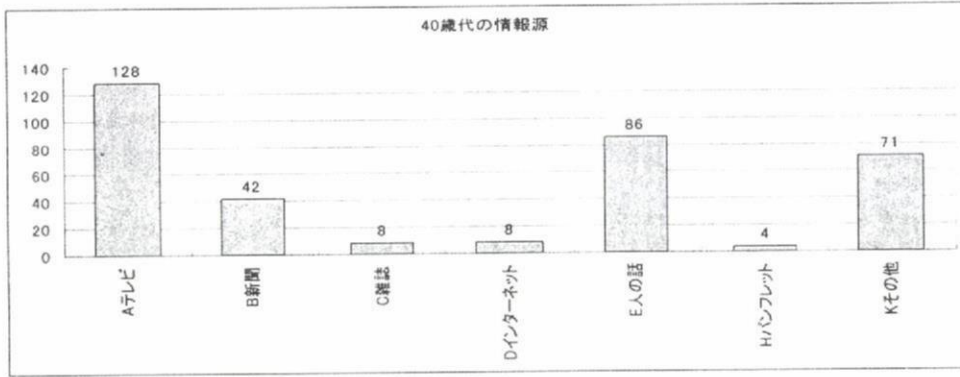
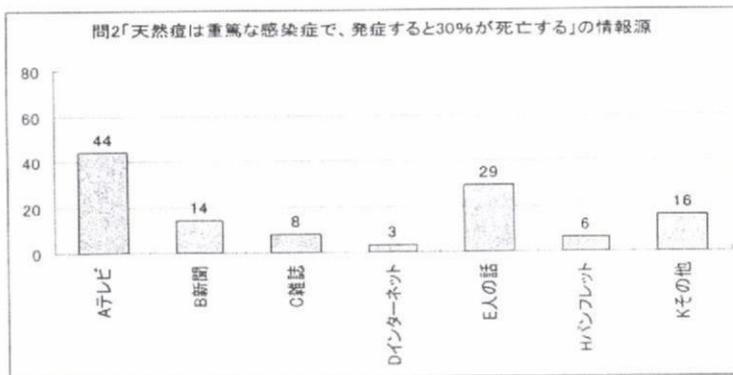
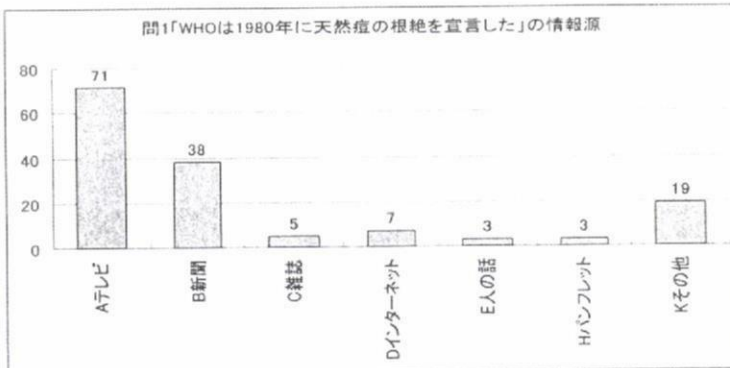
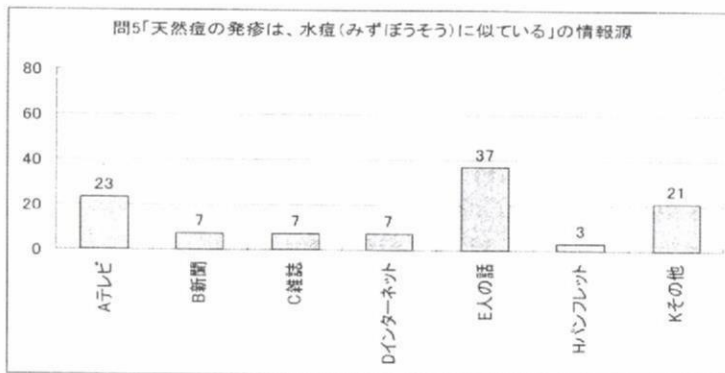
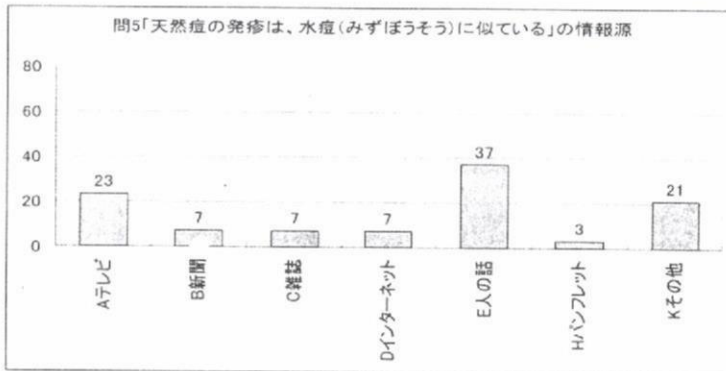
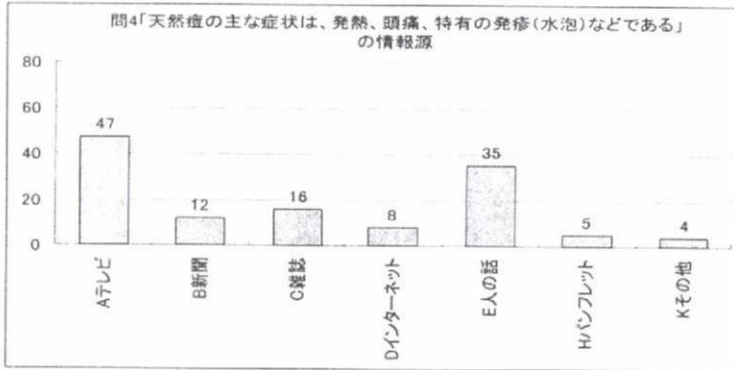
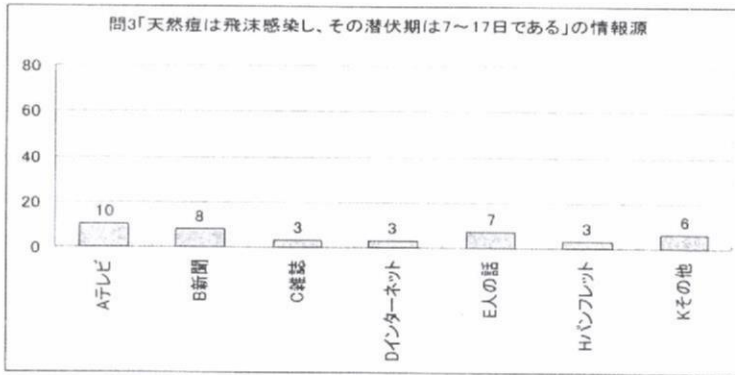
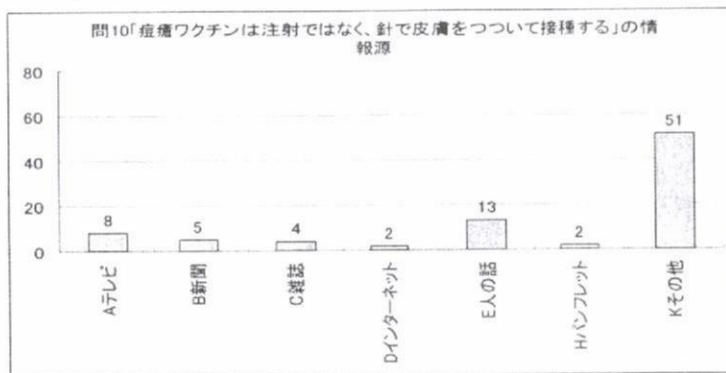
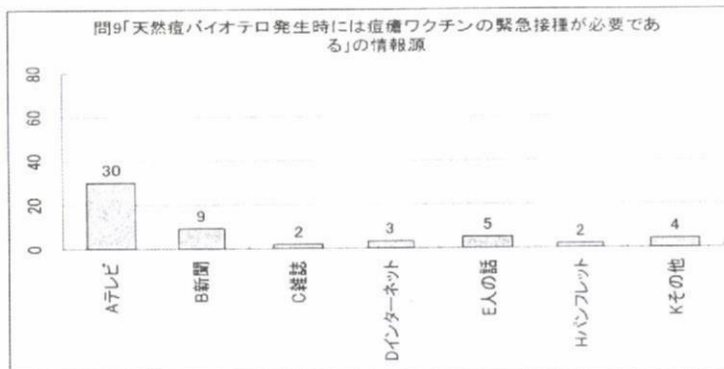
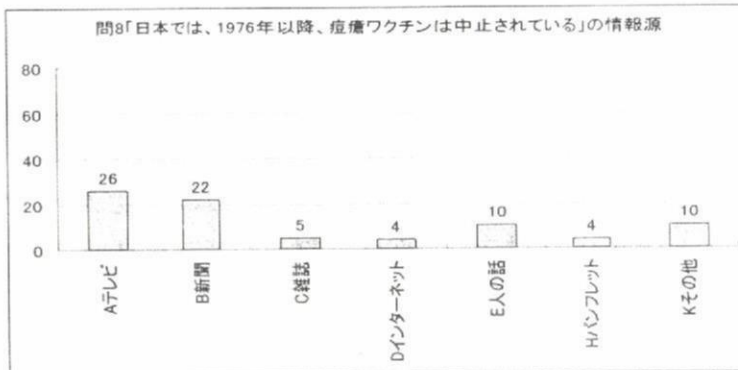
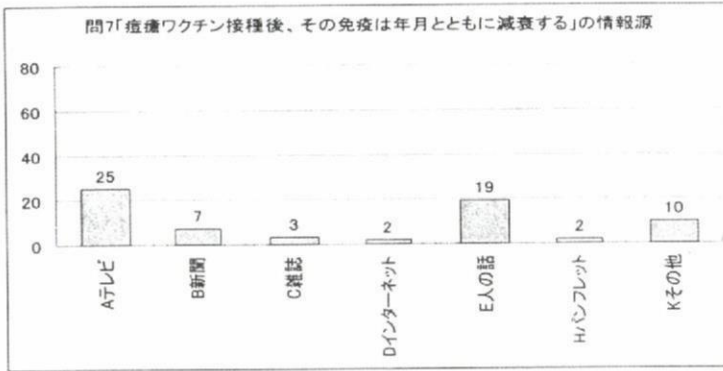


図8 問1～問10のそれぞれの情報源







平成20年度厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業  
バイオテロの曝露状況の推定、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  
天然痘（痘瘡）対策における水痘対策の重要性

分担研究者 庵原俊昭（国立病院機構三重病院院長）  
研究協力者 中野貴司（国立病院機構三重病院小児科）  
落合 仁（落合小児科）

研究要旨 バイオテロに使用されるリスクの高い病原体は天然痘ウイルスであり、臨床的には水痘との鑑別が大切である。水痘ワクチンを天然痘対策の一つとしている米国では、2007年から水痘ワクチンの2回定期接種を開始し、水痘の流行排除を目指している。一方水痘ワクチン接種率が20～30%である本邦では、この数年間水痘患者数の減少は認められていない。水痘ワクチン後に自然水痘に罹患した31例を対象に、水痘ワクチン後の自然水痘の病態について検討を行ったところ、ワクチン不全例はすべて二次性ワクチン不全であり、皮疹の数は少ないうえに水疱形成率は低く、水疱を形成したとしても水疱からのウイルス分離率は有意に低率であった。以上の結果から、水痘ワクチン後の自然水痘罹患例からの周囲への感染リスクはきわめて低いものと推察された。

#### A. 研究目的

バイオテロ対策で大切なことは、的確な診断による感染の早期封じ込めである。バイオテロで使用が予測される生物兵器のうち、ヒトからヒトへの感染力が強く、病原性が強い病原体は天然痘ウイルス（ポックスウイルス）である。幸いなことに、天然痘はワクチン（種痘）により地球上から根絶されたが、結果として天然痘は医療従事者にとってなじみが薄い疾患となり、水痘との鑑別など、天然痘の早期診断に困難が予測されている。

天然痘によるバイオテロ対策を効果的に行うためには、米国と同様に症状が類似している水痘の流行コントロールを考慮すべきである。本研究では、水痘の流行コントロール対策を提言するとともに、バイオテロ発生時の緊急予防接種対策について提言することを目的としている。初年度は、天然痘と水痘の臨床像の違い、および米国の水痘対策について文献的な検討を行うとともに、本邦水痘ワクチンの有効性について検討を行った。今年度は水痘ワクチン接種後の自然水痘罹患例の病態について検討を行った。

#### B. 研究方法

##### 1. 水痘ワクチン接種後の自然水痘例の病態の検討

対象は、保育園や幼稚園で水痘が流行したときに、水痘に特異的な皮疹を認めた、水痘ワクチン

歴がある小児31例（ $2.9 \pm 1.3$ 歳； $0.77 \pm 0.96$ 病日、vaccine failure (VF)群）と水痘ワクチン歴がない小児14例（ $2.5 \pm 1.5$ 歳； $0.29 \pm 0.61$ 病日、初感染群）、合計45例である。ウイルス学的検討として、初診時に血清水痘IgM抗体およびIgG抗体を酵素免疫法（EIA法）で測定し、同時に水疱からのウイルス分離を行った。ウイルス分離にはヒト胎児線維芽細胞（HEF）を用いた。臨床的特徴としては、発熱、chest boxの発疹の数、水疱形成の有無について検討を行った。

統計学的検討は、Mann-Whitney検定、 $\chi^2$ 検定検定、t検定を用いて行った。

#### C. 研究結果

##### 1. ウイルス学的所見の検討

ワクチン歴の有無により発症早期のIgM抗体の陽性率を比較したところ、VF群では31例中陰性26例、同等（±）2例、陽性3例と、83.9%がIgM抗体陰性であったのに対し、初感染群でも陰性11例、陽性3例と、78.6%がIgM抗体陰性であり、IgM抗体陰性率には有意な差を認めなかった（ $P=0.5928$ ）。

発症早期のIgG抗体では、VF群では同等5例、陽性26例と83.8%が陽性であり、しかも19例（61.3%）は32EIA単位以上の中等度以上の陽性であった。一方、初感染群では14例中陰性11例、同等1例、陽性2例と、抗体陰性率が有意



に高率であった( $P<0.0001$ )。

次に、IgM抗体が同等または陽性であったVF群5例、初感染群3例を対象に、IgM抗体とIgG抗体との関係を検討したところ、VF群では全例IgM抗体は3.6抗体指数以下の低値に関わらず、IgG抗体は32EIA単位以上の中等度以上陽性を示していたが、一方、自然感染群では、IgM抗体1.54抗体指数、IgG抗体10.4EIA単位の1例を除き、他の2例のIgM抗体は4.8抗体指数以上の高値を示していた。

水疱からのウイルス分離結果では、VF群では19例全例からの分離は陰性であったが、初感染群では13例中12例から水痘帯状疱疹ウイルス(VZV)が分離された( $P<0.0001$ )。

## 2. 臨床的所見の検討

VF群29例、初感染群12例を対象に臨床像の特徴について検討を行った。Chest boxの発疹数では、VF群 $19.1\pm 14.2$ 個に対し初感染群 $36.3\pm 20.6$ 個とVF群は有意に少なく( $P=0.0038$ )、水疱形成率ではVF群29例中13例(44.8%)であったのに対し、初感染群100%と、VF群の水疱形成率は有意に低く( $P=0.0007$ )、発熱率もVF群25例中7例(28.0%)に対し、初感染群12例中10例(83.3%)とVF群の発熱率は有意に低率であった( $P=0.0021$ )。

## D. 考察

国内にバイオテロが持ち込まれたときの重要な対策は、早期診断による感染封じ込めと地域への感染拡大防止である。バイオテロのうち、感染力などのインパクトの強さから一番恐れられているのは天然痘である。米国では、天然痘対策の一貫として、天然痘に臨床症状が類似している水痘の流行コントロールを行っているが、本邦では水痘ワクチンは任意接種であり、水痘は野放し状態である。

昨年度の研究によると、水痘ワクチンは麻疹ワクチンやムンプスワクチンと比較すると有効率はやや劣るものの、VF例の保育園を休む日数は短く、休園日数からVF群は軽症化する可能性が示唆された。今年度は臨床像やウイルス学的な面から水痘VF例の病態と臨床像について検討を行った。

ウイルス学的検討では、発症0~1病日では、

VF群も初感染群も多くはIgM抗体が陰性であり、IgM抗体の有無のみで初感染とVFとの鑑別は困難であった。次にIgG抗体を検討すると、VF群では全例がIgG抗体同等または陽性であるのに対し、初感染群では78.6%が陰性であり、水痘VFを診断するには、IgM抗体だけではなくIgG抗体も同時に測定することの重要性が示された。また、水痘初感染群の0~1病日の抗体パターンはIgM抗体陰性、IgG抗体陰性と、麻疹やムンプスと異なるパターンを示しており、水痘診断にあたっては注意すべき所見であった。なお、今回抗体パターンの検討を行ったVF群31例は、すべて水痘初感染の抗体パターンを示さず、しかもIgG抗体が急性期から検出されることから、全例二次性ワクチン不全(SVF)と診断した。

今回の検討では、VF群では水疱形成があっても水疱からのウイルス分離の結果は陰性であり、VF群では症状が軽症化すると同時に、VF群から周囲への感染リスクは少ないと推察された。また、VF群の登園登校を考える上で考慮すべき所見と思われた。

最後に、水痘にはアシクロビル(ACV)などの抗ウイルス剤が治療に用いられている。今回の検討結果から、ワクチン接種歴があっても自然水痘発症時に発熱があり、水疱形成があれば初感染に近い病像を示すと予測され、このような症例には抗VZV剤の投与を考慮すべきと思われた。

## E. 結論

水痘ワクチンのVF例の多くはSVFであり、軽症化すると同時に周囲への感染リスクはきわめて低いと推察された。なお、VFの診断にはIgM抗体とIgG抗体を同時に測定すべきであるが、水痘初感染例の0~1病日の血清抗体パターンは、IgM抗体もIgG抗体も陰性であり、水痘の早期診断にあたっては注意すべき所見であった。

## G. 研究発表

### 1. 著書・論文発表

庵原俊昭：水痘の診断方法は？末廣 豊、宮地良樹 編集：小児の皮膚トラブルFAQ. 診断と治療社、2008、154-156

庵原俊昭：予防接種 2008：何が変わり、何が問題か？小児科臨床 2008;61:741-747

H. 知的財産の出願・登録状況  
特記することなし。



## 研究要旨

天然痘ウイルスのようなヒト～ヒトへ感染性を有する病原体を用いたテロが行われた場合、その被害者が収容された医療機関では、医療従事者及び患者等において2次的感染の発生が懸念される。現在の国内の医療機関では、1) 感染制御の在り方、2) 職業曝露対策、3) 院内サーベイランス、4) 保健行政当局との連携、5) リスクコミュニケーションに関して、今後整備すべき課題が山積している。本研究により、患者の早期の確知と対応（鑑別診断を含む教育の普及、物理的封じ込めできる陰圧個室の整備、コホーティングによるアウトブレイク対応）、院内の各部署の連携の在り方（感染制御活動の充実、院内サーベイランスの体制強化）、ワクチンによる免疫付与（病院職員の職業曝露対策としての免疫記録等の整備）、保健行政当局との平素からの人的交流や地域ネットワークの構築、疫学情報網の整備を進めていくことが重要であるといえる。

### 1. 研究目的

天然痘は、1980年に世界根絶宣言が行われた疾患であるが、国内ではその数年前から種痘が行われなくなってきた。種痘を受けたことがない世代が増えている現代社会は、天然痘テロに対して極めて脆弱な集団になっていると言える。日本国政府は、2001年の米国の炭疽菌テロ以降に、天然痘テロを警戒して国産のLC16m8株を用いた種痘ワクチンの生産・備蓄を開始した。この種痘ワクチンは、天然痘テロが発生しない平和な時代には全く必要の無いものと言えるが、感染症危機管理の立場から少なくとも初期の段階で患者と接する者（初動対応要員）には、接種しておく必要があるだろう。

バイオテロ発生初期における医療対応上の問題として、医療従事者での職業曝露をあげることができる。現在、わが国では医療機関での感染制御は、病原微生物が判明するまでは標準予防策で対応し、検査結果が判明した後は、病原微生物ごとに定められた感染経路別対策を加えて対応することになっている。しかしながら、明示的テロ（Overt Attack）の場合であればともかく、秘匿的テロ（Covert Attack）の場合は、受診直後の患者の症状のみからバイオテロの存在を察知することが困難であり、さらにヒト～ヒト感染を起こす病原体の場合には、早期に標準予防策による対応を行っても医療施設内で2次感染が起こることが予測される。そこで、本年度は、バイオテロ被害者が医療機関を受診した際の、感染制御上の問題点を列挙して、今後整備すべき課題などを検討した。

### 2. 研究方法

昨年度の研究費で作成した天然痘のケース・シミュレーション（「天然痘テロとの闘い！ 医療機

関での取り組み」）を基に、現在の国内での典型的な医療実態を示しているとした南福岡病院と、理想的な初期対応により院内での2次感染防止が図られた青葉総合病院（いずれも架空）を比較することによって、1) 医療機関での感染制御の在り方、2) 医療従事者に対する職業曝露対策、3) 院内サーベイランスの活用、4) 保健行政当局との連携、5) リスクコミュニケーションに関する問題点を列挙し、それぞれについて、今後整備すべき事項を検討した。

### 3. 研究結果

#### （シナリオの概要）

3月17日、高熱の患者が、発熱後4日目に紅斑が出現してきたとして南福岡病院に緊急入院となった。（発疹第1日目）入院当初に診察していた医師及び看護師は、患者が呼吸器症状を呈していなかったために、マスクやガウンを着ることもなく、標準予防策による対応をとっていた。翌18日には、水疱が出現したために、成人発症の水痘が疑われ、空気感染対策が取られると共に陰圧の個室での管理となった。しかし入院3日目の20日には、天然痘の典型的な発疹が出現し始めたものの確証がつかなかった。入院5日目の21日には、インターネット情報により天然痘の発疹に酷似していること、国内の他の地区で天然痘の患者が発生していることが判明し、所轄の保健所へ届け出を行った。当日、保健所職員が確認検査のために臨床検体を採取に来たが、確定するまでの間、当病院に入院を継続させるよう依頼があった。しかしながら、当病院への天然痘ワクチン（種痘ワクチン）の供給は行われなかった。入院9日目の25日、確定診断後に患者移送されることになったが、曝露後の種痘に手間取ってしまい、結果的に病院職



員、入院患者から天然痘の2次感染が発生した。

青葉総合病院には、発疹出現後3日目(水疱～膿疱)の患者2名(夫婦)が揃って来院した。担当した救急医は、ただちに感染制御医と相談し、水痘患者との接触の有無、発熱と発疹の出現パターン及び特徴から天然痘を強く疑い、病院長へ報告した。病院長は、直ちに臨時院内感染対策委員会を開催し、1) 院内サーベイランスの強化、2) 種痘経験者のみで対応、3) 感染管理の徹底、4) 保健所への通報などの善後策を協議した。保健所からは初動対処要員とし種痘ワクチンを接種していた保健所長みずからが来院し、患者の臨床経過を確認後、入院の継続を依頼するとともに、職員・患者へのワクチン提供を約束した。入院3日目の3月22日には、48時間以内の予防接種を行うことができ2次感染を防ぐことができた。また、県及び国によるバイオテロの認定がなされるとともに、知事によるリスクコミュニケーションが行われ、パニック防止へとつながった。さらに、青葉総合病院では、保健行政当局との連携を密に図りながら、初発患者からの2次感染患者の大量発生に備えるなど体制を強化した。

各地で発生している天然痘患者の初発事例の疫学解析から、3月1日に首都圏で行われたコンサートへ参加していたという共通事項が浮かび上がった。

#### 1) 医療機関における感染制御の在り方

現在、国内で推奨されている感染制御法は、患者の診断がつくまでは標準予防策(Standard Precaution)をとり、病名が確定した段階で病原微生物ごとに定められた感染経路別対策(Transmission-root based Precaution)を追加するというものである。標準予防策とは、米国疾病管理予防センター(CDC)により作成された「隔離予防策のためのCDCガイドライン」が基本になっている。これは、すべての医療施設のすべての患者のケアのために行うとしたもので、汗を除く血液、体液、分泌物、排泄物、創のある皮膚、粘膜は伝播しうる感染性病原体を含んでいる可能性があるとの原則に基づいている。2007年6月27日には、その改正版が出され、「隔離予防策のためのガイドライン: 医療現場における感染性病原体の伝播予防 2007」(以下、ガイドライン2007)として発表された。これには、ア) 手指衛生、イ) 個人防護具(PPE)、ウ) 汚れた患者ケア器具、エ) 環境の感染制御、オ) 布・繊維製品と洗濯物、カ) 針、その他の鋭利物、キ) 患者の蘇生術、ク) 患者配置、ケ) 呼吸器衛生/咳エチケット等の要素に分けての勧告がなされている。(表1)

南福岡病院に患者が入院となった時期は、紅斑が出現期でありヒトへの感染性を有しているが、体液等に目に見えて触れるという状況や呼

吸器症状を呈しているという状況ではなかった。上記のガイドライン2007の勧告によると、患者への診察の前後に手洗いは必要であるが、手袋、マスクの装着、ゴーグルの着用は必要でないことになる。翌日の水疱出現期になると、水痘が疑われたために空気感染防止策(Air-born Precaution)が取られ、患者は陰圧個室に収容、医療従事者はN95マスクを着用、診察時には異常な皮膚にふれるので手袋が装着されるが、ガウンやゴーグルは付けられなかった。このように、天然痘の病初期の段階では、医療従事者の曝露のリスクが高いことを考えると、救急患者を受け入れる際の感染防御は、標準予防策に加えてリスクを考慮した予防策(リスク予防策: Risk-Assessment based Precaution)を講じる必要がある。

#### 2) 医療従事者に対する職業曝露対策

平成19年の春～夏にかけて、全国の大学等の施設において成人麻疹が流行し、学校閉鎖や教育実習等の延期などが行われ社会問題となった。医療機関においても、30歳前後の医療従事者が発症し、院内感染対策として入職時のワクチン接種の在り方が改めて問題となった。そこで、現在では、原則として医療従事者はB型肝炎のみならず、小児ウイルス性疾患である麻疹、風疹、水痘、ムンプスのワクチン接種が推奨されるようになった。しかし、痘瘡ワクチンの場合、テロ発生の蓋然性と副反応のリスクを考慮して、当面は保健行政当局又は初動対処要員である医療従事者にのみに準備を進め、テロが発生した場合には、必要に応じて曝露後接種を行うこととした計画が進められている。そこで、テロの認定をできるだけ速やかに行い、曝露後48-72時間以内に接種できるように痘瘡ワクチンを分配・移送し、接種要員の確保など事前の準備が大切である。

青葉総合病院のケースでは、当初、種痘経験者による診療に当たらせるとともに、48時間以内には病院職員に対して種痘ワクチンの接種を行うことができたが、南福岡病院では保健所の職員が来院した5日目でも種痘ワクチン接種の具体的な行動をとることができなかった。

#### 3) 院内サーベイランスの活用

入院した天然痘患者が、感染源となって院内で2次感染が発生することが懸念されるので、病院職員及び入院患者を対象として発熱サーベイランスを行う必要がある。通常、曝露日から推定発症日が計算されるので、この期間は特に留意する必要がある。(図2) 曝露後直ちに種痘ワクチンの接種を行ったのであれば、副反応の出現を十分に確認しながら、推定発症日前後の善感判定を行うことになる。

青葉総合病院では、患者が入院したその日に



臨時院内感染対策委員会が召集され、病院職員及び入院患者での2次感染の推定発症日を予測した監視体制をとることになった。

#### 4) 保健行政当局との連携

さまざまな感染症危機管理への対処のためには、平素からの保健行政当局と医療機関における顔の見える人間関係が重要であると言われている。というのも、感染症法や医療法に基づく保健所への届け出が、基準に達していないという理由でなされなかった場合、初動対処における時間の遅れが後に致命的になることがあるからである。

青葉総合病院のケースでは、保健所長自らが初動対処要員として種痘ワクチンを受けていた。そのために、病院長からの第一報が入ったときには、保健所長が直接、患者の診察を行うことができ、事後の行政対応を円滑にすすめることができた。また、現場での調整の結果、種痘ワクチンの提供を講じるなど、リーダーシップを発揮することができた。これはひとえに、平素からの地域医療ネットワークの一環としての医療機関と保健所との意思疎通の賜と言えよう。南福岡病院のケースでは、保健所長が病院からの第一報を受けても、ワクチン未接種者である保健所職員を派遣させ、検体の採取と搬送のみを指示したのみで、その対応にかなりお温度差を感じるができる。

#### 5) リスクコミュニケーション

天然痘テロの発生など、従来の行政対応では乗り越えることができない規模な災害が発生した又はその恐れがある場合などにおいて、地域住民に対して、安全対策のために行う行政処置などについて説明し、住民側に許容されるリスクについて理解を深めてもらうために行う情報伝達のことをリスクコミュニケーションと言います。双方向的な意思疎通を図るためには、行政当局などが提供すべき情報と地域住民・被害者・消費者、患者側（地域住民など）が求める情報を共有・共感する必要があります。

青葉総合病院のケースでは、事態が直ちに知事に報告され、マスメディアを通じて、ア) テロによると思われる被害者が発生した、イ) 患者の経過（プライバシーに配慮しながら）、ウ) 県職員が一丸となって対処している、というメッセージを発し、県民に過度なパニックにならないように呼びかけた。南福岡病院のケースでは、保健所長から病院長に対してマスコミへの緘口令をひくなど、積極的な対策を見ることはできなかった。

#### 4. 考察

病院内での天然痘の数理モデルを考察すると、2次の患者の発生を、第1波（初発患者から医療

スタッフ又は他の入院患者へと伝播）と、第2波（医療スタッフから他の医療スタッフ、外来患者、入院患者、家族を通じて一般市民へと伝播）とに分けることができる。（図4）これらの伝播が、どれくらいになるかは、ひとえに、院内感染対策の在り方、医療スタッフの感染制御の考え方によって異なってくるものと言えるだろう。特に、発熱と発疹を有する患者の診療の際には、手袋とマスク（呼吸器症状が無くても）を装着する体制が必要である。

バイオテロ患者は、大量に同時に患者が発生する、患者が重症のために移送が困難であるなどの理由から感染症指定医療機関のみで対応することは現実的でなく、本シナリオのようにはじめに入院した病院での措置を依頼されることが十分に考えられる。その際は、救急医療に携わるものすべてがそのリスクを負うことを理解する必要がある。

#### 5. 結論

医療機関での天然痘対策の重点事項として、

1) 患者の早期の確知と対応（鑑別診断を含む教育の普及、物理的封じ込めできる陰圧個室の整備、コホーティングによるアウトブレイク対応）、2) 院内の各部署の連携（感染制御活動の充実、院内サーベイランスの体制強化）、3) ワクチンによる免疫付与（病院職員の職業曝露対策としての免疫記録等の整備）、4) 保健行政当局との連携（平素からの人的交流、地域ネットワークの構築、疫学情報網の整備）などがあげられる。

#### 6. 政策への反映

(1) 救急診療部等における個人防護衣（PPE）装着基準の見直し  
(2) 医療従事者への天然痘に関する教育普及  
(3) 保健行政当局による初動対処要員の指定と種痘の実施  
(4) 大規模接種に備えた痘瘡ワクチン接種要領の教育

#### 7. 研究発表

##### (1) 論文発表

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：p33-44、診断と治療社2008.5

加來浩器：バイオテロへの備え：総合臨床：Vol. 57, No. 11, p2615-2620, 永井書店、2008

##### (2) 学会発表

加來浩器：シンポジウム アウトブレイクへの対応 -いかに気づき、いかに対応

すべきか - 「リスクアセスメント」  
: 日本環境感染学会、2009年2月28日  
加來浩器：教育講演 アウトブレイク発生  
時のサーベイランス：第79回ICD講  
習会、2009年2月28日

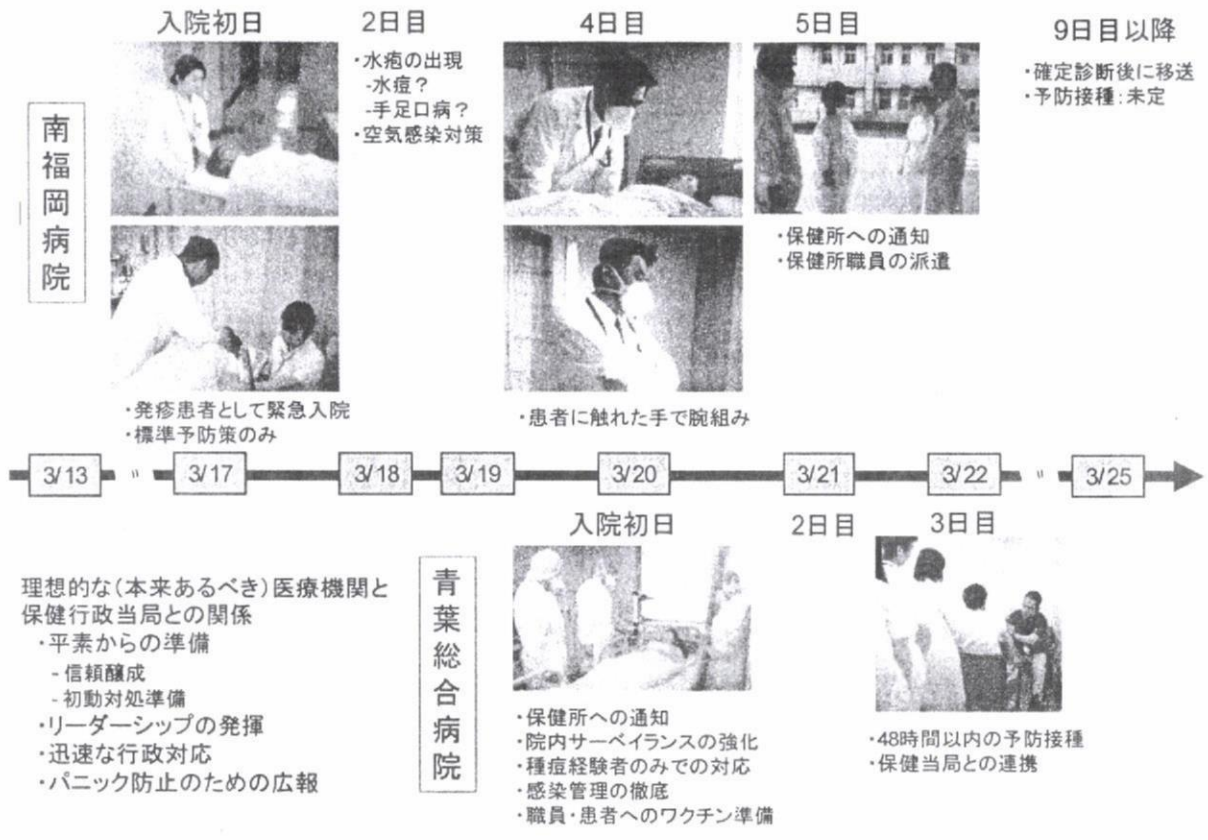


図1 2つの医療機関での対応の比較



表1 「隔離予防策のためのガイドライン：医療現場における感染性病原体の伝播予防2007」による勧告

要素	勧告
手指衛生	<ul style="list-style-type: none"> <li>○体液等に触れた後</li> <li>○手袋をはずした直後</li> <li>○患者と患者のケアの間</li> </ul>
個人防護	<ul style="list-style-type: none"> <li>○体液等との接触に対して</li> <li>○衣服や露出した皮膚に体液等が接触することが予測される手技及び患者ケアに際して</li> </ul>
目・顔の防護具	<ul style="list-style-type: none"> <li>○吸引や気管支内相関の際など、体液等の跳ねやしぶきが発生する可能性のある主義及び患者のケアに際して</li> </ul>
汚れた患者のケア器具	<ul style="list-style-type: none"> <li>○他者および環境への微生物の伝播を防ぐように扱う</li> <li>○目に見える汚れがある場合は手袋を装着する、手指衛生を実施する</li> </ul>
環境の感染制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>○環境表面、特に患者ケア区域の接触頻度の高い表面の日常的な手入れ、清掃、消毒に関する手順を作成</li> </ul>
布・繊維製品と洗濯物	<ul style="list-style-type: none"> <li>○他者または環境への微生物の伝播を防ぐように扱う</li> </ul>
針、その他の鋭利物	<ul style="list-style-type: none"> <li>○使用済みの針をリキャップする、曲げる、折る、手で扱うといった行為を行わない</li> <li>○リキャップの必要がある場合は、片手ですくう手技のみを用い、利用可能な場合には安全器材を用いる</li> <li>○使用済みの鋭利物は、耐貫通性容器に入れる</li> </ul>
患者の蘇生術	<ul style="list-style-type: none"> <li>○口および口腔の分泌物との接触を避けるために、マウスピース、蘇生バッグ、その他の人工換気用の器材を用いる</li> </ul>
患者配置（次のような状況の患者では個室を優先する）	<ul style="list-style-type: none"> <li>○伝播のリスクが高い場合</li> <li>○環境を汚染する可能性がある場合</li> <li>○適切な衛生を維持できない場合</li> <li>○感染のリスクが高い、あるいは感染後に不運な結果を招く危険性が高い場合</li> </ul>
呼吸器衛生／咳エチケット	<ul style="list-style-type: none"> <li>○咳やくしゃみをする時には口や鼻を覆う</li> <li>○ティッシュを用い、使い捨てる</li> <li>○手指衛生を実施する</li> <li>○他の人から空間的距離（少なくとも1m * 1）をおく</li> </ul>
安全な注射手技	<ul style="list-style-type: none"> <li>○滅菌された注射器具の汚染を防ぐために、無菌技術を適用する</li> <li>○針やカニューレを交換しても、1本の注射器から複数の患者に薬剤を投与しない</li> <li>○針・カニューレ・注射器は単回使用であり、他の患者に再使用しない</li> <li>○非経口の薬物療法には、可能ならば常に単回量バイアル製剤を用いる</li> <li>○単回量バイアルから複数の患者に薬剤を投与しない、後で使用するために残液を統合しない</li> <li>○複数回量バイアルを使用せざるを得ない場合、針・カニューレ・注射器はすべて滅菌されていなければならない</li> <li>○複数回量バイアルを患者治療の周辺区域に置かない、製造元の奨励に従って保管する、無菌状態が疑わしい場合には廃棄する</li> <li>○注射用溶液のバッグやボトルを複数の患者への共通の供給源として用いない</li> </ul>
特殊な腰椎穿刺手技時の感染制御策	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ミエログラフィー、腰椎穿刺、脊椎麻酔、硬膜外麻酔等の脊柱管や硬膜外スペースにカテーテルを留置又は注射をする際、従事者はサージカルマスクを着用する</li> </ul>

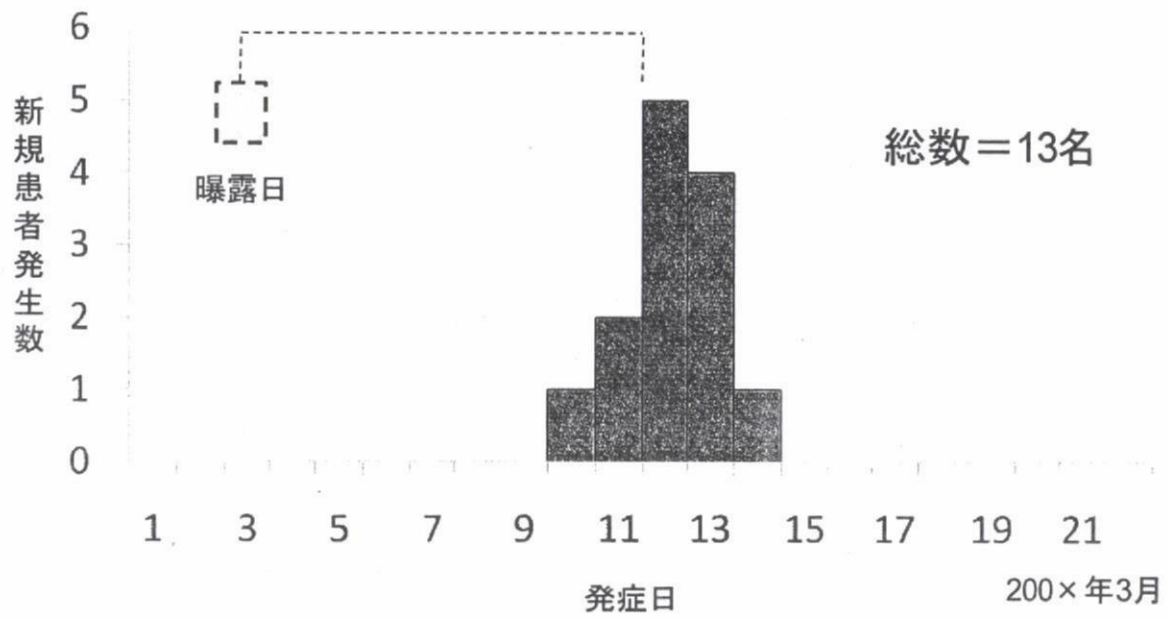


図2 暴露日から発症日を推定

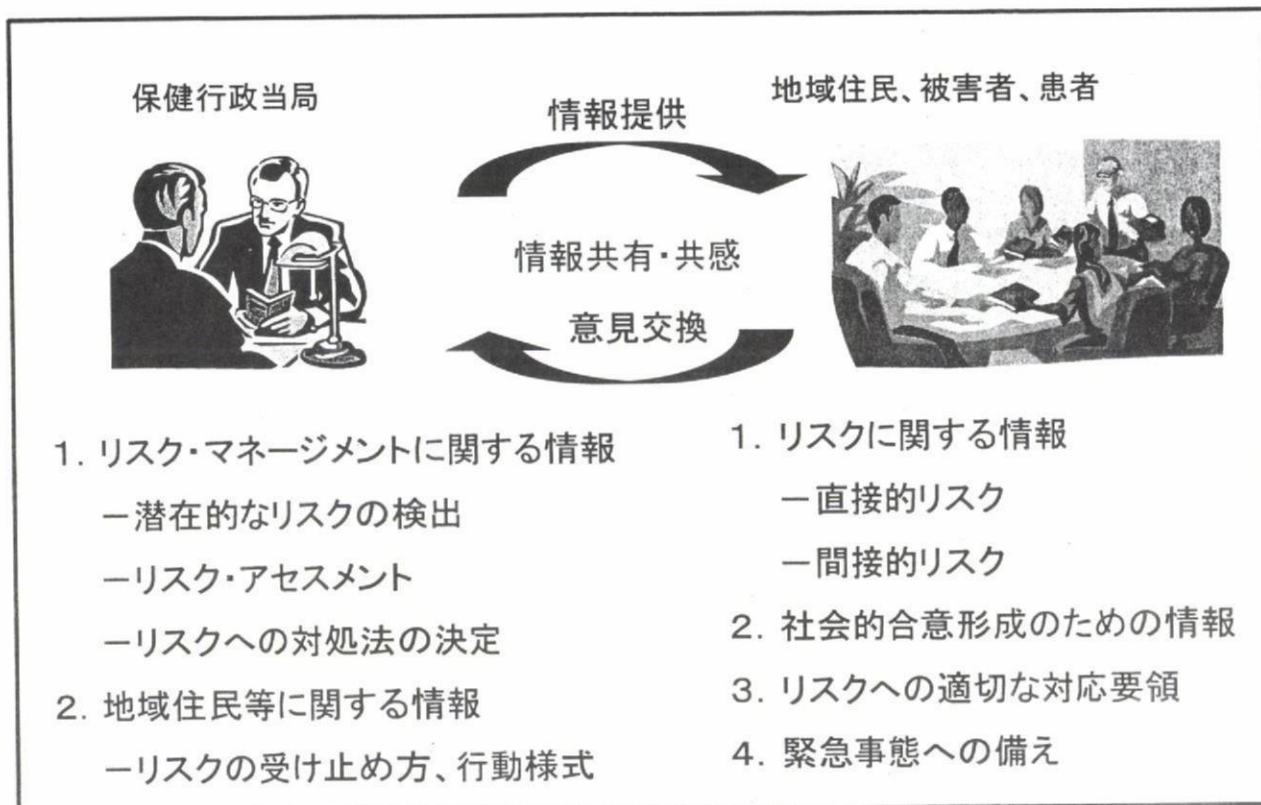


図3 リスクコミュニケーションにおける情報の共有・共感

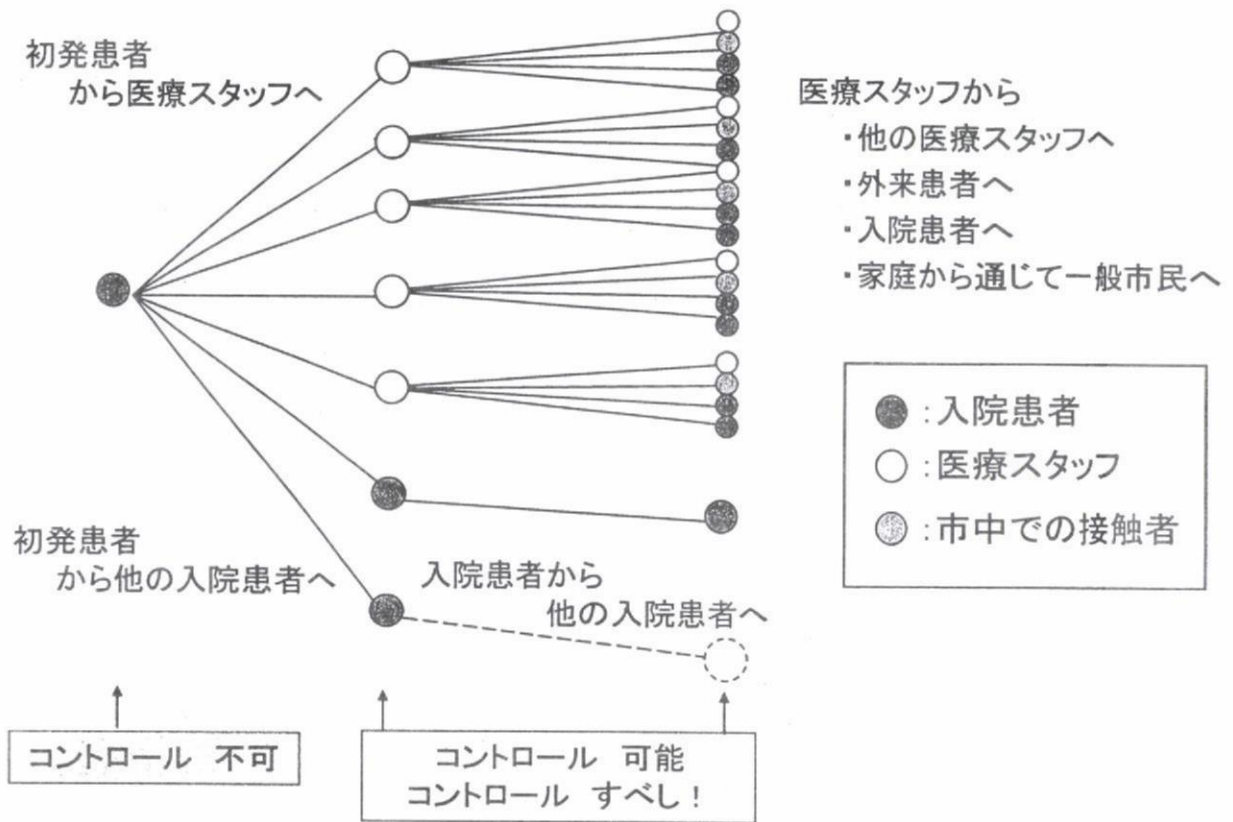


図4 病院内における天然痘の数理モデル



厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

バイオテロのばく露状況の推定，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を利用した天然痘ワクチンの備蓄及び使用計画に関する検討  
分担研究「公衆衛生的対応（自治体）の評価」

研究分担者	内山巖雄	京都大学工学研究科	教授
研究協力者	村山留美子	京都大学工学研究科	助教
	奥村 光	京都大学工学研究科	修士1年
	宮川雅充	吉備国際大学	専任講師
	安川文朗	同志社大学	教授
	岸川洋紀	同志社大学	特別研究員
	奥村二郎	近畿大学医学部	教授
	東 賢一	近畿大学医学部	助教

#### 研究要旨

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これまでにほとんどなかったことから，少なくとも当研究班が作成した啓発DVDを全国の保健所や学校医に配布し，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。

#### 1. 研究目的

わが国では，2001年の米国同時多発テロ，炭疽菌事件，2003年のSARSの国際的流行，等を契機として，生物テロおよび感染症に関する各種の法整備がなされている。生物テロおよび感染症に関する対策については，厚生労働省，自治体（都道府県・政令指定都市）の感染症（衛生）担当課，保健所，等が中心になって行われている。

現代社会は急速にグローバル化が進んでおり，生物テロおよび感染症の発生・流行のリスクに，

常に直面した状態であると考えられる。しかし，わが国の対策（特に，生物テロの対策）については，欧米諸国と比較して遅れているとされており，迅速な対策の整備が求められている。

生物テロの中でも，優先して対策を検討すべきと考えられているのが天然痘テロである<sup>2)</sup>。天然痘は，紀元前より多くの人を死に至らしめてきたが，種痘の普及によりその発生数は減少し，1980年にWHOが撲滅を宣言した。現在では，天然痘ウイルスは，研究用のため，米国疾病管理予防センター（CDC）およびモスクワのウイルス予防研究所のみに，厳重に保管されている。しかし，旧

ソ連崩壊後、多くの生物剤研究者とともに天然痘ウイルスがロシアから流出した可能性が指摘されている<sup>2)</sup>。したがって、天然痘患者が発生した場合には、自然発生の可能性は考えられず、人為的な発生すなわちテロの発生を意味することになる。わが国では、1976年に種痘が廃止されており、天然痘に対する免疫をもたない者が、若年層を中心に約4,000万人いると考えられ、このことも天然痘の驚異を増大させている。

以上のような背景から、著者らは、自治体および保健所における生物テロおよび一類感染症の対策（天然痘テロおよびSARS）に関する調査研究を行っている。この一環として、2005年12月～2006年1月にかけて、保健所および自治体（都道府県・政令指定都市）を対象に、天然痘テロ対策を中心とした質問紙調査（一部、SARS対策に関する質問を含む）を行った。2005年度報告<sup>3)</sup>では、保健所を対象とした調査結果を解析することで、保健所間で対策の実施状況に大きな差が認められること、対策が不十分と考えられる保健所が少なからず存在すること、等を明らかにした。

さらに2007年度報告<sup>4)</sup>では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を解析することで、都道府県の天然痘テロ対策およびSARS対策の現状および課題を明らかにすることを試みた。その結果、天然痘対応マニュアルを整備していない都道府県が26%あることが分かった。また、マニュアルを整備していない都道府県は、SARSと共通に対応可能な対策以外には、ほとんど天然痘テロ対策を行っていないことが明らかとなった。全体的に、都道府県の天然痘テロ対策の状況には温度差が認められ、厚生労働省の通達通りには必ずしも対策が整備されていないことが明らかとなった。国際的なアウトブレイクを経験したSARSと比較して、天然痘テロ対策の実施率は全体的に低く、都道府県の認識も「発生の可能性が高いと判断された後に対応する」といったものが主流と考えられた。また、各自治体と所属保健所の対策の状況は必ずしも一致していないことがうかがわれた。但し、政令都市などの大規模保健所からの

回答が少なかったために、近畿圏3保健所のヒヤリング調査をおこなった。各保健所とも、感染症対策の一環と捉えており、またSARSや大震災を経験していたため、比較的対策は十分と考えられたが、接触者調査に要する予測人員確保数、種痘の手技の習熟、低い善感率の問題などにはまだ不十分な点もあると推測された。

保健所における天然痘テロ対策において、天然痘の拡大を極力早く抑えるために最も重要になると考えられるものが接触者調査である。これは、接触者調査によって接触者の把握が進み追跡調査によって接触者に対する予防接種がスムーズに行えることに加えて、接触者に対して管理や監視を行ったり活動の自粛を要請したりすることによって、接触者数の増加を食い止め、感染者による新たな感染拡大を防ぐことに直接繋がるためである。逆に言うと、接触者調査の後に追跡調査が進まない限り迅速かつ適切な予防接種が行えず、感染の終息が遅れる最大の原因となると考えられる。

本研究では、これまで行われてこなかった接触者調査のシミュレーションを行い、接触者数の拡大の様子を明らかにすることによって、保健所が想定している接触者調査の規模の妥当性を明らかにすることを目的とする。また昨年度に引き続き、東京都特別区保健所に対してヒヤリング調査を行った。

## 2. 方法

SOARS (Spot Oriented Agent Role Simulator, 東京工業大学総合理工学研究科知能システム科学専攻出口研究室開発)のエージェントベースシミュレーション用の言語を用いて、エージェントベースで天然痘患者の拡大と接触者数の増加の様子をシミュレートし、日を追うごとに接触者数や感染者数がどのように増えるか、接触者調査に動員可能な人数と発生する接触者数との比較、天然痘テロへの対応の流れにおいて各対応までにかかる時間を変化させ、それによって感染者の隔離や天然痘テロの終息までの時期にどのような影響が出るかを調べた。これにより、ヒヤリング調査を行



った保健所の接触者調査における人員が実際に足りるのか、また、テロの終息に効果的なファクターについて検討する。

天然痘患者発生のシナリオを設定する(詳細は後述)。その際に、患者がどれだけの人数とどのような条件で接触し、更に接触者がその次の接触者へとどのように接触していくかを定めるため、いくつかの行動のパターンが必要となる。そこで、実際に行ったアンケート調査(詳細は次項で説明する)によって行動のパターンを数十種類用意し、ランダムで各エージェントに当てはめる。そして、感染率や発症率等の必要なパラメータを入力する。シミュレーションでは日を追うごとに接触者と感染者が増えていくが、接触者調査によって捕捉され隔離された時点でその対象者はそれ以上感染を広げないものとする。接触者調査による介入が進むに従って接触者数と感染者数は収束していき、国による活動制限のアナウンスが行われ、感染が広がる可能性がなくなった時点でシミュレーションを終了とする。

## 2.1 アンケート調査

本シミュレーションでは、種痘による免疫がなく活発に行動を行う可能性の高い学生が天然痘テロの標的となった場合を仮定し、最初の感染者を京都大学修士課程学生A(以下学生Aと記す)と設定した。ここでは、学生Aから直接接触する可能性のある人を中心にアンケートを依頼し、タイムテーブルに沿って7日間分の行動と各行動における接触者の数、接触距離、接触時間、年齢を各接触者について記入してもらい、データを集計した。このデータを元に、最初の感染者以外の行動パターンと接触者の増やし方を各日について設定した。

## 2.2 シナリオ

本シミュレーションでは、天然痘に感染した患者は初めに1人と設定した。これは、シミュレーションを大規模にすることによって不確定要素が増え、正確な結果を得られない場合を懸念し、ア

ンケート調査による実際の動きを基にして、具体的な状況を知ることが目的とするためである。感染したことに気付かず日常生活において様々な人と接触し、二次感染によって感染を拡大させていく。本シミュレーションでは感染者を大学生と設定し、主に学校やアルバイト先、移動中や外食において周囲の人間と接触し、接触者や感染者を増やしていくものとする。接触者は大学の教授や大学生、アルバイト先のスタッフ、その他公共の交通機関で接触する面識の無い人が考えられる。

本シミュレーションにおいて、感染者の発症から活動制限のアナウンスまでの流れを図1に示す。最初の感染者に症状が現れ、病院に行き診察を受け、医師により天然痘の疑いがあると診断されると、保健所や厚生労働省を通じて、国立感染症研究所へ検体の調査を依頼する。検体の調査によって天然痘と確定された時点から接触者調査が開始される。ただし、初期症状として熱が出た時点で天然痘と診断される可能性は低く、更に病期が進行し、水疱等の天然痘特有の症状が出るまで天然痘と診断されない場合が十分に考えられる。水疱等の天然痘特有の症状が出るのが、感染力を持った時点から約1日であるので、ここでは最初の感染者が発症してから、発疹が現れ初めて病院に行くまでに1日と設定した。国が活動制限のアナウンスを行い、接触者調査が進み、隔離される人数が増えていくことによって、感染を広げる人数が減り、天然痘テロは終息へと向かうと考えられる。

## 2.3 パラメータ

### (1) 感染や発症に関して

各々のパラメータの数値に関しては、これまでに判明している天然痘に関する情報や、これまで行われてきた天然痘の拡大シミュレーションモデルで使われている数値を参考にして決定した。

### ① 感染率

国立感染症研究所のデータにおける感染率の平均値から、接触頻度や接触時間に応じて18%、38%、58%を採用した<sup>5)</sup>。

## ② 発症率

95%を採用した。

## ③ 接触距離

接触の種類を2m以内の接触とそれ以上の距離における接触で分け<sup>9)</sup>、2m以内の接触者は①の感染率によって感染の可能性を与え、それ以上の距離における接触者は感染の可能性を無視し、接触者としての数のみをカウントした。

## ④ 感染力を持つ期間

潜伏期の期間と、発症してから発熱し一旦熱が下がるまでの期間には感染力を持たず、感染の可能性のある時期は、二度目の発熱と発疹が口蓋咽頭にできる頃から最後の痂皮が落屑するまでの間とする<sup>9)</sup>。

## ⑤ 各病期における感染力の強さ

各病期における正確な感染率が明らかになっていないため、いずれの病期においても①の感染率を用いてシミュレーションを行った。

## ⑥ 接触時間

接触していた時間が長ければ長い程、感染の可能性が高くなる。極端に短時間であった接触を除いては、上記と同様の基準で感染する可能性を与えた。

### (2) 保健所の接触者調査に関して

前年度の保健所のヒヤリング調査で得られた接触者調査に動員可能な人員の数及び班数を各保健所について表1に示した。

## 2.4 設定について

SOARSで設定したエージェント、エージェントの行動、スポットについて説明する。

### (1) エージェント

- ・ 最初の感染者
- ・ 一次接触者（最初の感染者と接触した人）
- ・ 二次接触者（一次接触者と接触した人）

### (2) スポット

- ・ 自宅
- ・ 大学
- ・ アルバイト

・ その他

- ・ 医療機関
- ・ 隔離場所

### (3) 各エージェントの行動

- ・ 最初の感染者の行動

最初の感染者は各スポットに移動して接触者や感染者を増やして行く。曜日に応じて、各エージェントの行動パターンも変化するように設定した。水疱等の症状が現れると、病院に移動し診察を受け、天然痘と診断されれば隔離場所に移動し隔離される。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た時点から保健所による接触者調査が開始される。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った時点でシミュレーションを終了とした。

### ・ 接触者の感染と潜伏期決定

接触者は、接触時間と接触距離、接触頻度に応じて感染確率等の条件を決定した。複数回接触する人については接触する度に感染する可能性を発生させ、バスや電車等の公共機関での接触のため会話を交わす機会を持たず、感染の可能性が比較的低い人については感染する確率を低く設定した。感染し発症した場合、感染力を持たない潜伏期の後、アンケート調査から得られたデータを元に設定した行動パターンに沿って二次接触者を増やしながら、行動を開始する。感染しなかった場合は、二次接触者を増やすことなく、行動を続ける。

## 2.5 シミュレーションの実行

条件を変えてシミュレーションを複数回行い、得られた日数と接触者数、感染者数の関係をそれぞれ表とグラフに示した。変化させる条件は、天然痘テロの拡大リスク軽減のファクターとなり得るものとして、以下のa)~c)を設定した。

- a) 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