

VII-159

水道水中の病原微生物による感染リスク評価

東北大学大学院 正会員○渡部 徹 東北大学大学院 学生員 吉村千洋
 東北大学大学院 正会員 福士謙介 東北大学大学院 正会員 大村達夫

1. はじめに

人間の病原微生物の摂取量とその人間の感染確率の関係を示す用量-反応モデルは、これまで多数提案されている。モデルのパラメータの決定、および最適モデルの選択のためには、対象微生物に関する動物あるいは人間の感染データが不可欠である。この種のデータの大半は、ボランティアグループに異なった微生物量を暴露する実験によって集められている。しかし、ボランティアグループには比較的健康な人間が所属しており、このデータに基づく用量-反応関係を、微生物に対する抵抗力の低い乳幼児や高齢者にそのまま適用することは非常に危険である。

そこで本研究では、我が国における患者調査の結果から算出した相対感染確率という値を用いることにより、用量-反応関係に年齢の影響を加味した。

2. 用量-反応関係

(1) 用量-反応モデルの決定

水道水の *Poliovirus 1* 濃度は非常に希薄であるため、ウイルス摂取量と感染確率との関係を表す用量-反応モデルとして、低用量域において感染確率が最も高く算出される次式を用いる¹⁾。

$$P(D) = 1 - \left(1 + \frac{D}{1000}\right)^{-15}$$

ここで、 $P(D)$: 1回の暴露で感染する確率。

D : 暴露量あるいは用量[個]。

(2) 年齢を考慮した用量-反応モデル

前節のモデルに年齢の影響を加味するために、本研究では次式によって計算される換算感染確率 $P^*(D,A)$ という値を感染確率として用いる。

$$P^*(D,A) = P(D) \times RP(A)$$

ここで、 $RP(A)$: 相対感染確率。

A : 年齢[歳]。

この相対感染確率とは腸管感染症に対する相対的な抵抗力を示しており、国勢調査に基づく年齢階級別人口と患者調査に基づく年齢階級別推計患者数から次の2つの計算式により算出される。

$$\text{罹患率}[\%] = \frac{\text{年齢階級別推計患者数}[\text{人}]}{\text{年齢階級別人口}[\text{人}]} \times 100$$

$$\text{相対感染確率} = \frac{\text{年齢階級別罹患率}[\%]}{\text{全年齢罹患率}[\%]}$$

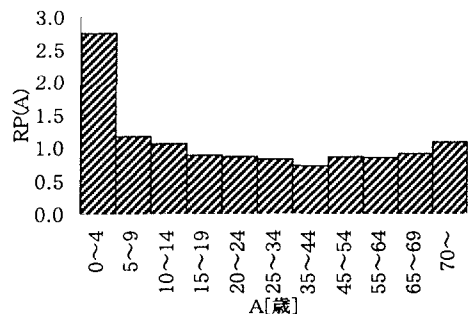


図-1. 年齢と相対感染確率の関係。

実際の計算には、1985年と1990年における調査結果に基づく相対感染確率の平均値を用いた。その年齢階級別相対感染確率を図-1に示す。

3. 都市域内におけるリスク評価

(1) 都市感染モデル

一定量の水道水に含まれる病原微生物の数はポアソン分布に従うものとする。

都市人口として1000人と10000人、年齢構成分布として次の3つのタイプに分類する。

- ・タイプⅠ…発展途上国型（ザンビア 1990年）。
- ・タイプⅡ…中心都市型（東京都 1995年）。
- ・タイプⅢ…高齢化地域型（秋田県 1995年）。

これらの3タイプの年齢構成分布を図-2に示す。

(2) シミュレーションの方法

1人1日の微生物摂取量をポアソン分布に従うようにモンテカルロ法により全人口について決定する。その摂取量と年齢に見合った換算感染確率を算出し、再びモンテカルロ法により感染・非感染の判定を行う。1日を1ステップとして、この行程を365ステップ行い、

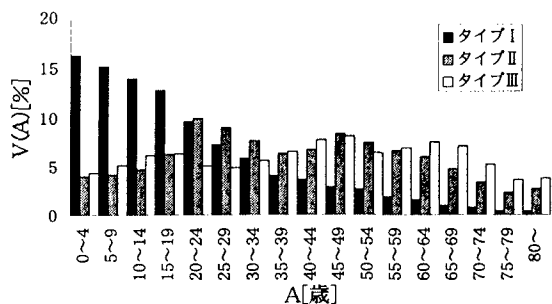


図-2. 都市タイプ別年齢構成分布。

Key Words: 相対感染確率, モンテカルロ法, 年齢構成分布, リスク評価, 水系感染症

東北大学工学部土木工学科 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 TEL 022-217-7483

1年後の全感染者数（感染履歴のある人間も含む）を求める。

(3) リスク評価の方法

a) 感染リスク

感染リスク R [1/年] とは、住民 1 人が 1 年間で水系感染症に感染する確率で、次式により示される。

$$R = K/P$$

ここで、 K : 1 年間の全感染者数 [人 / 年].

P : 都市人口 [人].

$R < 1/P$ が成り立つ平均微生物濃度をもつ水道水であれば、水系感染症は発生しない。 $R < 1/P$ を満たす最大の平均微生物濃度を **最大非感染濃度** と定義する。

b) 流行拡大速度

流行拡大速度とは、水系感染症がどれだけ迅速に都市域内に拡大していくかを示す指標で、次式により示される。

$$V_x = x/T_x$$

ここで、 V_x : $x\%$ 流行拡大速度 [1/日].

T_x : 最初の感染者が発生してから感染者数が人口の $x\%$ を初めて超えるまでの経過日数 [日].

4. 結果

水道水の平均 *Poliovirus 1* 濃度と感染リスクとの関係について、図-3 にその一例を示す。また、全人口に対する感染者の割合の経時変化の一例を図-4 に示す。

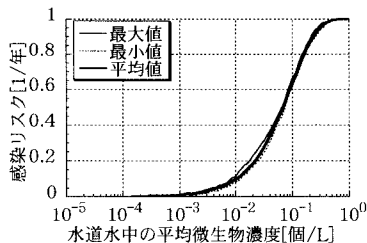


図-3. 都市タイプⅢ，人口 1000 人の場合の水
道水の平均 *Poliovirus 1* 濃度と感染リスクの
関係。

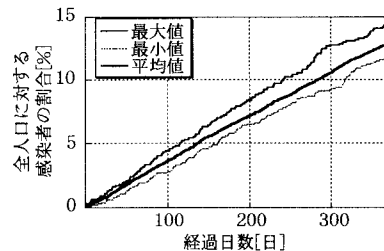


図-4. 都市タイプⅠ，人口 1000 人，水道水
の平均 *Poliovirus 1* 濃度 0.01 個 / L の場合の
全人口に対する感染者数の割合の経時変化。

感染リスクの平均値で評価を行った場合における都市タイプ、都市人口別最大非感染濃度を表-1 に示す。同様に都市タイプ、都市人口別 1% 流行拡大速度を表-2 に示す。

表-1. 最大非感染濃度 [個 / L].

都市タイプ	都市人口	
	1000人	10000人
タイプⅠ	8.91×10^{-5}	1.41×10^{-5}
タイプⅡ	1.41×10^{-4}	1.41×10^{-5}
タイプⅢ	8.91×10^{-5}	1.41×10^{-5}

表-2. 1% 流行拡大速度 [1/日].

都市タイプ	都市人口	
	1000人	10000人
タイプⅠ	3.3×10^{-2}	3.9×10^{-2}
タイプⅡ	2.2×10^{-2}	2.7×10^{-2}
タイプⅢ	2.3×10^{-2}	2.8×10^{-2}

5. 結論

・水道水の平均 *Poliovirus 1* 濃度が同じであれば、若年層（0～14歳）の人口が多いほど感染リスクは大きくなる。最大非感染濃度の最大値と最小値は 10 倍も異なる。

・水系感染症の最初の被害者は若年層の人間である可能性が高く、若年層の割合が大きいくほど水系感染症が都市域内に流行しやすい。1% 流行拡大速度の最大値と最小値は 1.7 倍も異なる。

このように、都市人口と年齢構成に着目した場合、当然のことながら水系感染症に対する抵抗力の小さい若年層の人口が、都市の水系感染症に対する感受性の最も重要な因子になることが分かった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、(財)科学技術振興事業団から援助頂いたことを報告いたします。

参考文献

- 1) Haas, C. : Estimation of risk due to low doses of micro-organisms: A comparison of alternative methodologies, *Jour. of Epidemiology*, 18, No. 4, pp. 573, 1983.