

(P26)

都市における巨大地震と豪雨による複合災害時の感染リスクに関する基礎的考察

首都大学東京 大学院都市基盤環境学域 ○中川 直子  
 首都大学東京 大学院都市基盤環境学域 河村 明  
 首都大学東京 大学院都市基盤環境学域 天口 英雄

1. はじめに

2011年3月11日に起きた東日本大震災によって、被災地では、下水道管がダメージを受けて下水が溢れたり、排水ができなくなったためしばらく仮設トイレを使用するなど、衛生状態の悪い中で生活を余儀なくされた。このような環境下においては、病原微生物への感染リスクが増大していると考えられる<sup>1)</sup>。また、近年首都圏では頻発するゲリラ豪雨や台風被害に加え、首都直下型地震など、巨大地震発生の可能性が高まっている。つまり、巨大地震の発生により都市河川の破堤や下水道管網の壊滅的破壊が生じ、復旧時に豪雨・洪水が首都圏を襲う複合災害発生のリスクは高く、その場合、下水管からの生下水や仮設トイレ内の汚物が流出し、感染リスクは著しく増大すると予想される。さらに、都市部においては人口密度も高いため、ヒトからヒトへの感染リスクは郊外よりも高くなると考えられ、ひとたび感染症の拡大が始まると、大規模流行につながる恐れもある。このように、巨大地震の後に豪雨・洪水に見舞われるなどの複合災害を受けると、通常時には衛生状態も良く機能性の高い都市部においても、病原微生物への感染リスクが高まると考えられる。そこで本研究では、病原微生物のリスク評価手法を、巨大地震と豪雨・洪水による複合災害時に適用し、感染リスク評価を試み基礎的考察を行った。

2. 巨大地震と豪雨による複合災害時の病原微生物感染リスク評価

本研究では、病原微生物のリスク評価手法を、巨大地震と豪雨による複合災害時に適用し、前述の手順に従ってリスク評価を試みた。

1) 対象病原微生物の同定とデータの収集

本研究では、腸管系の病原微生物に着目し、感染症罹患者の糞便中濃度が高く、また比較的必要データのそろっている、エンテロウイルス、ロタウイルス、ノロウイルス、そして赤痢菌、サルモネラ菌、コレラ菌を対象とした。これらの6つの病原微生物について、リスク計算に必要な下水中濃度・罹患者の糞便中濃度を、文献・論文等から調べてまとめたものを表-1および表-2に示す。

2) 用量・反応解析

リスク評価の用量・反応解析において、複数のモデルが提案されている。本研究で使用した用量・反応モデルを図-1に示す<sup>2),3)</sup>。

表-1 病原微生物の下水中濃度

病原微生物名	濃度(個/L)	出典
エンテロウイルス	$10^{4.78} \sim 10^{6.16}$	4)
ロタウイルス	$10^3 \sim 10^5$	5)
ノロウイルス	$10^{6.96} \sim 10^{8.22}$	4)
赤痢菌	$10^3 \sim 10^4$	6)
サルモネラ菌	$10^3 \sim 10^4$	6)
コレラ菌	$10^1 \sim 10^3$	6)

表-2 病原微生物の糞便中濃度

病原微生物名	濃度(個/g)	出典
エンテロウイルス	$10^5 \sim 10^7$	7)
ロタウイルス	$10^{10}$	7)
ノロウイルス	$10^5 \sim 10^9$	8)
赤痢菌	$10^5 \sim 10^9$	7)
サルモネラ菌	$10^4 \sim 10^{11}$	7)
コレラ菌	$10^8 \sim 10^9$	9)

3) 曝露評価

巨大地震と豪雨・洪水による複合災害時の病原微生物への曝露量を仮定するため、想定されるシナリオを2つ設定した。シナリオ1: 下水道の損傷により下水が溢れていたところに洪水・内水氾濫に見舞われ、浸水時にそれを誤飲した。シナリオ2: 屋外の仮設トイレを使用していたところに洪水・内水氾濫に見舞われる。トイレ内の汚物が流出し、浸水時にそれを誤飲した。なお、シナリオ2では、仮設トイレ使用者に対象病原微生物の罹患者が1人いると仮定した(罹患者1人の糞便量は150gとした)。本研究では、モンテカルロシミュレーションに用量・反応モデルを適用し、感染リスク評価を実施した。モンテカルロシミュレーションにより確率的に発生させたデータは、病原微生物の下水中濃度、糞便中濃度、洪水による浸水時の希釈率であり、それぞれ次のように中央値と標準偏差を定めた対数正規分布として設定した。下水中濃度は中央値±標準偏差が表-1の濃度となるように設定し、糞便中濃度は中央値±標準偏差が表-2の濃度となるように設定、洪水による希釈率は中央値±標準偏差が

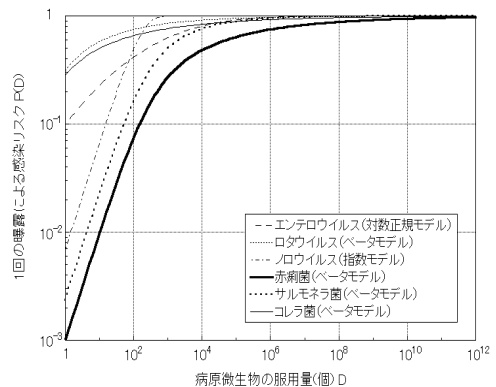


図-1 各病原微生物に対する用量と反応の関係

$10^{2\pm 2}$  となるように設定した。これらの条件のもとで、シナリオ 1 およびシナリオ 2 において病原微生物を含む洪水 10 mL を誤飲した場合の感染リスクを算出した。それぞれの感染リスク計算には、モンテカルロシミュレーションにより乱数を用いた試行を 1000 回行った。

### 3. 感染リスク計算結果および考察

シナリオ 1, シナリオ 2 における各病原微生物に対する感染リスク中央値の 95% 信頼区間をそれぞれ図-2 と図-3 に示す。図-2 に示すように、シナリオ 1 においては、ウイルスの下水中濃度が細菌よりも高いため感染リスクも高い結果となったと考えられる。また図-3 に示すように、シナリオ 2 においては、仮設トイレ使用者に対象病原微生物の罹患者が 1 人いると仮定してシミュレーションを行ったが、糞便 1 g 中の濃度がウイルス細菌共に高いため、ウイルス細菌共に高い感染リスクになったと考えられる。このことは、コレラ菌など通常時にはわが国の都市部ではあまり存在しない細菌でも、このような複合災害時に衛生状態が悪くなると、保菌者が一人いるだけでも感染が拡大する可能性があることを示唆していると考えられる。

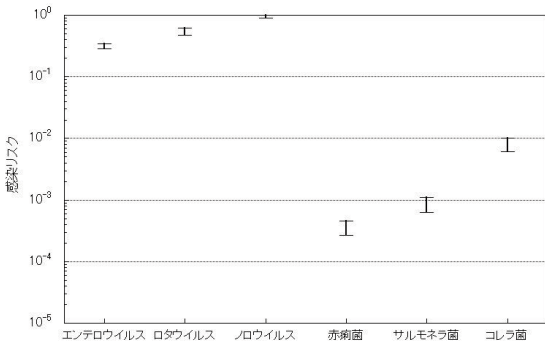


図-2 シナリオ 1 における各病原微生物の感染リスク中央値の 95% 信頼区間

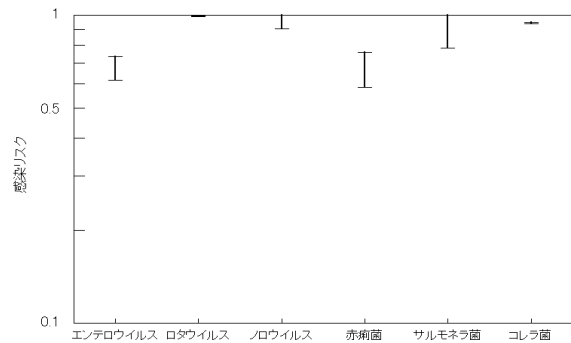


図-3 シナリオ 2 における各病原微生物の感染リスク中央値の 95% 信頼区間

### 4. まとめ

本研究では、病原微生物に対する感染リスク評価手法を巨大地震と豪雨・洪水による複合災害時に適用し、2つのシナリオにおける感染リスクを算出することにより、定量的な感染リスク評価を実施した。その結果、巨大地震と豪雨・洪水による複合災害時においては、通常時には衛生状態も良く機能性の高い都市部においても、病原微生物への感染リスクが高まるという結論を得た。これにより、巨大地震と豪雨・洪水による複合災害時には物理的な被害や外傷だけでなく、感染症への注意も必要であることが示唆された。

**謝辞:** 本研究を遂行するにあたって、東京都アジア高度研究「アジア都市圏における水問題解決のための適応策に関する研究」(代表: 河村明) 及び科学研究費基盤研究(C)「尿分離による資源循環・低エミッション型排水処理システムの構築」(代表: 中川直子) の補助を受けました。

### 参考文献

- 1) 国立感染症研究所, 感染症情報センター: 東日本大震災, 3月14日リスクアセスメント表, <http://idsc.nih.go.jp/earthquake2011/RiskAssessment/risukuhyouPDF/20110314hyou.pdf> (参照: 2011/09/20).
- 2) 金子光美: 水道の病原微生物対策, 丸善株式会社, pp.219-225, 2006.
- 3) 金子光美: 水質衛生学, 技報堂出版, p.438, 1996.
- 4) Hiroyuki Katayama, Eiji Haramoto, Kumiko Oguma, Hiromasa Yamashita, Atsushi Tajima, Hideichiro Nakajima and Shinichiro Ohgaki: One-year monthly quantitative survey of noroviruses, enteroviruses, and adenoviruses in wastewater collected from six plants in Japan, *Water research*42, p.1445, 2008.
- 5) 斎藤博之: 下水を利用した環境中の病原ウイルスのモニタリングに関する研究, [www.daido-life-welfare.or.jp/research\\_papers/19/welfare\\_4.pdf](http://www.daido-life-welfare.or.jp/research_papers/19/welfare_4.pdf), p.18 (参照: 2011/10/15).
- 6) 金子光美: 水質衛生学, 技報堂出版, p.230, 1996.
- 7) Hass, C. N., Rose, J. B. and Gerba, C. P.: *Quantitative microbial risk assessment*, p.36, 1999.
- 8) Kazuhiro Ozawa, Tomoichiro Oka, Naokazu Takeda and Grant S. Hansman: *Norovirus Infections in Symptomatic and Asymptomatic Food Handlers in Japan*, *Journal of clinical microbiology* Vol. 45, No. 12 pp.3996-4005, 2007.
- 9) 山本耕一郎: コレラ菌 *V. cholerae*, <http://micro.fhw.oka-pu.ac.jp/microbiology/g-negative/cholera.html> (参照: 2011/10/15).

キーワード: 複合災害, 都市, 大震災, 豪雨, 洪水, 感染リスク