

大震災時における環境低負荷型トイレを活用した応急的水システム

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、東北地方では、上下水道も激しく損壊した。上水道は内陸部を中心に復旧が進むが、標高の低い太平洋岸にある下水処理場は津波の被害が深刻であり、全国の自治体が設備修繕を支援してはいるが、下水道システムの本格復旧には数年かかるとの見通しもある。震源地からは遠く離れた地域でも、千葉県浦安市などの埋立地では液状化現象に見舞われ、マンホールが隆起し管路が断絶し、下水処理施設に損傷はなくても、市内では生活排水を排出できない期間が6週間程度続いた。このように、大震災時においては、下水道システムが大きなダメージを受け、上水は給水車などによって確保できても、下水道システムが復旧するにはかなりの時間を要する。特に大震災時においてはトイレが問題となる。被災地の避難所においては機能しなくなった水洗トイレが病原菌の温床になり、病原菌による感染リスクが高まると考えられる。

一方、筆者らは、水消費量、電力消費量およびこれらに伴うコストが膨大であることが問題となっている高速道路のサービスエリア、パーキングエリアに関して、水消費量及び汚濁負荷排出の大きい既存のトイレ施設に着目し、洗浄水循環型尿分離トイレなどの環境低負荷型トイレを導入することによる、水消費量、エネルギー消費量、そして汚濁負荷量の削減効果およびそれらに伴うコスト削減効果を試算してきた^{1),2)}。

そこで、本研究では、水を使わない、または少量しか使用しない環境低負荷型トイレを活用することで、大震災後に下水道システムが機能しない事態となっても、衛生状態が劣悪にならない応急的水システムを提案する。

2. 大震災時に活用可能な環境低負荷型トイレ

表-1に示すように、生活排水の中で、水洗トイレからの汚水は、尿尿以外の雑排水に比較して水量・汚濁負荷が大きく、大震災後に下水道システムが機能しなくなった場合、膜処理等によってトイレ排水や雑排水などすべての生活排水を一緒に混ぜて浄化するのは負荷が大きすぎると考えられる。また、感染症の原因となる病原菌は通常大便の中に多く含まれるので、衛生面から考えても尿尿とその他の雑排水は分離した方がよい。

そこで、尿尿と雑排水は分離して排水するようにし、汚濁負荷

の大きい尿尿は下記の環境低負荷型トイレで処理をすることを提案する。前述のように、大震災時において下水道インフラがダメージを受けるとその復旧には多くの時間を要するが、電気は比較的短期間で復旧する。そこで、電力使用量も少なく、洗浄水を循環させる洗浄水循環型超節水トイレや、尿は分離して洗浄水は循環させる洗浄水循環型尿分離トイレ、そして電力使用量は高いが水は全く使用しないコンポスト型トイレを震災後の応急的水システムにおいて活用することを提案する。これらのトイレは普段は水を得るのが困難な山岳地帯や、下水道未整備地域の公園や民家などで使用されているトイレであり、詳細を以下に述べる。

2-1. 洗浄水循環型トイレ

洗浄水循環型超節水トイレ(図-1)は尿尿と洗浄水を分離しトイレ洗浄水は循環利用する。尿尿排水用の洗浄水と便器用洗浄水とを電磁石で切り替え2段階に分けて流すことで、1回の廃棄洗浄水量を0.6Lまで削減した使用水量が非常に少ないトイレである。便器用洗浄水は2.5L流れるが尿尿とは混じらず、一度使用した水を土壌や濾過膜で浄化し、循環利用するしくみになっている。図-1に示した洗浄水循環型トイレは尿尿を減量させるため、土中にパイプを埋設するが、図-1に示したように簡単に(特に地震後は土壌がゆるくなっていることもあり)埋設できるようになっている。

表-1 家庭排水における汚濁負荷の割合³⁾

Appliance	Volume	COD	NH ₄ -N	PO ₄ -P
WC (Toilet)	31 %	44 %	97 %	80 %
Kitchen sink	13 %	23 %	0.3 %	9.4 %
Wash Basin	13 %	3 %	0.1 %	1.3 %
Bath	16 %	3 %	0.6 %	1.1 %
Shower	12 %	6 %	0.7 %	4.1 %
Washing Machine	16 %	22 %	1.2 %	4.3 %



図-1 洗浄水循環型トイレと処理槽 (覆土前)

2-2. 洗浄水循環型尿分離トイレ

また洗浄水循環型尿分離トイレ(図-2)は、開発途中であるが、前述した洗浄水循環型トイレに新たにセンサーを用いて尿分離の機能を付加したもので、外見は洗浄水循環型トイレと同じである。洗浄水循環型トイレと同様に、1回の廃棄洗浄水量を0.6Lまで削減した使用水量が非常に少ないトイレである。便器用洗浄水は2.2L流れるが尿尿とは混じらず、循環利用するしくみになっている。

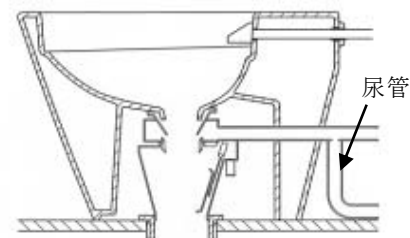


図-2 洗浄水循環型尿分離大便器

2-3. コンポスト型トイレ

コンポスト型トイレは、尿尿を多孔性担体であるおが屑と混合し、攪拌することによって好气的条件を維持し、好气的生物分解および水分蒸発によって尿尿を水と炭酸ガスに分解する(図-3)⁴⁾。この方式においておが屑は1～2年間は交換せず使えるが、交換時に取り出したおが屑廃棄物はコンポストとして農地還元が可能である。水は使用しないが、おが屑の攪拌と発酵のための加熱に電気が必要となる。



図-3 コンポスト型トイレと処理槽

3. 環境低負荷型トイレを用いた大震災後の応急的水システム

そこで、前述した環境低負荷型トイレを用いた、震災後の応急的水システムを図-4に示す。上水を給水車で供給できる時には給水車によって、出来ないときには近隣の河川から取水し、膜濾過・殺菌などの処理をして供給する。そして排水に関しては、尿尿は前述した環境低負荷型トイレによって、その他の雑排水は膜処理や生物処理による浄化システムによって処理をする。このような水システムを応急的に構築すれば、機能しなくなった水洗トイレを介して病原菌に感染するなどのリスクも減ると考えられる。

4. まとめ

本研究では、環境低負荷型トイレを用いた大震災後の応急的水システムを提案した。本提案の水システムでは機能しなくなった水洗トイレを介して病原菌に感染するリスクも減ると考えられる。しかしながら、本提案の水システムにおいても病原菌感染リスクはゼロではないと思われるため、今後は提案した水システムの病原菌感染リスクについて精査、感染リスクが限りなくゼロである水システムの構築を行う必要があると考えられる。

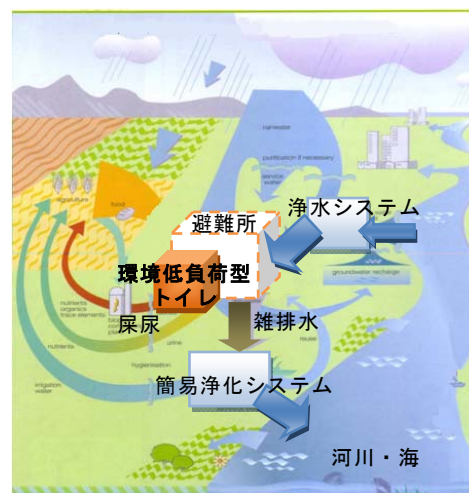


図-4 大震災後の応急的水システム

謝辞: 本研究は、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)並びに、文部科学省科研費研究課題「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)の一環です。また、本研究に対して(株)リンフォースより貴重なデータを提供して頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中川直子,河村明, 天口英雄, 高速道路サービスエリアにおける環境負荷削減対策,第65回土木学会年次学術講演会講演概要集第2部, pp.169-170,2010.
- 2) 中川直子,河村明, 天口英雄, 高速道路サービスエリアにおける環境負荷削減対策—費用便益に関する一考察,2010年度研究発表会要旨集, 水文・水資源学会, pp.288-289,2010.
- 3) Nakagawa,N., M. Otaki, S.Miura, H.Hamasuna,K. Ishizaki, Field survey of a sustainable sanitation system in a residential house, Journal of Environmental Sciences,Vol.18,No.6.pp.1088-1093,2006.
- 4) 中川直子,河村明, 天口英雄, 宮古島の特性を考慮した雑排水処理システムの実証実験, 水文・水資源学会誌, 水文・水資源学会, Vol.23, No.3, pp.408-417,2010.

キーワード : 環境低負荷型トイレ, 洗浄水循環型トイレ, 大震災, 尿分離, 水システム