

京都大学情報学研究科 正会員 ○吉澤 源太郎
 京都大学防災研究所 正会員 畑山 満則
 京都大学防災研究所 正会員 多々納 裕一

1. はじめに

災害時における水確保の目標として、これまでは被災者の生命と健康保持の観点から飲用水の確保に重点が置かれてきた。しかしながら、東日本大震災では、飲用水を渴望する声は少なく、むしろ、トイレ用水、風呂用水といった非飲用水の不足が非常に顕著であったことが明らかとなっている^{1), 2)}。また、被災都市の活動を支える水は、常住者および避難所生活者の生活用水だけではない。都市活動用水といった企業・工場・店舗等の営業・事業継続に必要な水についても評価される必要がある。東日本大震災を契機に、水道水以外の水を災害時に有効利用することの重要性がより強調されているようになってきた³⁾。このことから、災害時における水需給の推定においては、飲用水と雑用水双方の需給量を的確に把握することが重要である。本研究では、飲用系と雑用系の水供給ラインが2本確保されている工業用水道給水区域に着目し、水量面、水質面双方における災害時水需給バランスについて評価する。

2. 災害時における水需要の推計手法

(1) 水使用用途別需要

本研究では「災害時等に伴う断水時において被災者と被災企業がそれぞれの断水受忍限度を超過しない限界水量（災害時における被災者と企業従事者各人の水利用欲求の集積）」を潜在水需要と定義し、その需要量を推計する。

災害発生後 t 日目の災害被災地域における水の潜在需要 QD は、次式により推計する。

$$QD(t, n_p, n_j) = QD^D(t, n_p) + QD^I(t, n_j) + QD^E(t) \quad (1)$$

ここに、 QD^D ：生活用水の潜在需要、 QD^I ：都市活動用水の潜在需要、 QD^E ：災害応急対策用水の需要、 n_p ：断水影響人口（発災初期に断水被害を受けた地区内の全給水人口）、 n_j ：産業部門 j ($i=1, 2, \dots, J$) の断水影響事業所数（発災初期に断水被害を受けた地区内の事業所数の総計）である。

災害応急対策用水 QD^E の需要は、 $QD^a(t)$ ：帰宅困難者用水、 $QD^m(t)$ ：災害医療対応用水、 $QD^w(t)$ ：災害廃棄物等処理用水、 $QD^e(t)$ ：消火用水（地震火災）の需要量として、次式により定義した。

$$QD^E(t) = QD^a(t) + QD^m(t) + QD^w(t) + QD^e(t) \quad (2)$$

なお、式(1)、(2)の詳細の算定法については、参考文献4)を参照されたい。

(2) 水質レベル別需要

被災都市で使われている主な水の用途を取り上げ、水の需要量ごとにレベル分けしたものを表-1に示す。飲用に適する水を水質レベル1とし、体に直接触れる水を水質レベル2とし、体に直接触れない水を水質レベル3とした。

このとき式(1)は、各水質レベルの水使用用途の集合を $L1 \sim 3$ とすると、次式で表される。

$$QD(t, n_p, n_j | k) = QD^D(t, n_p | k) + QD^I(t, n_j | k) + QD^E(t | k), \quad k = \{L1, L2, L3\} \quad (3)$$

3. 大阪市の工業用水道給水区域における推計例

南海トラフ巨大地震時⁵⁾の大阪市について、工業用水道給水区域（図-4）における水使用用途別の推計例を図-1に、水質レベル別の推計例を図-2に示す。なお、水供給の想定については、本稿では既存の調査報告⁵⁾を所与とした。

図-2より、発災初日には地震火災により消火用水が爆発的に必要になり、かつ帰宅困難者用水、災害医療対応用水

の需要がピークになることが確認できる。また、水需給ギャップ（＝潜在水需要量－期待水供給量）については、発災当日は水供給が0となるため爆発的な消火用水需要を全くカバーできず、その後に来る需給ギャップの最大期（ $t_{max}=11$ ）には、ギャップ量が294,850（ m^3 ／日）にのぼることがわかった。

さらに図-3からは、どのフェイズにおいても水質レベル2と3の水需要が全体の約70～80%を占めていることが窺える。一例と

表-1 水使用用途別の水質レベル区分

水質L1	水質L2	水質L3
飲用水	風呂用水	トイレ用水
調理用水	洗濯用水	散水用水
洗面用水	生産用水（製造業）	冷却用水
生産用水（製造業）	洗浄用水	生産機材用水
空調用水		清掃用水
治療用水		消火用水

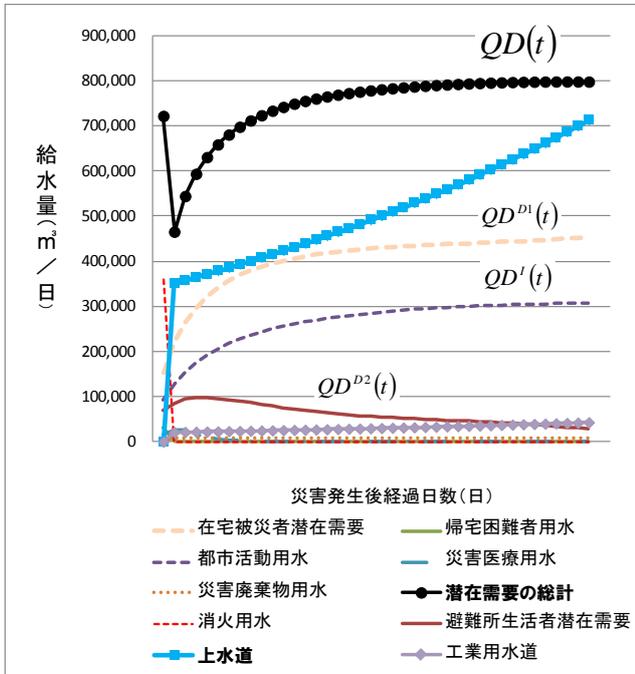


図-1 水使用用途別推計結果

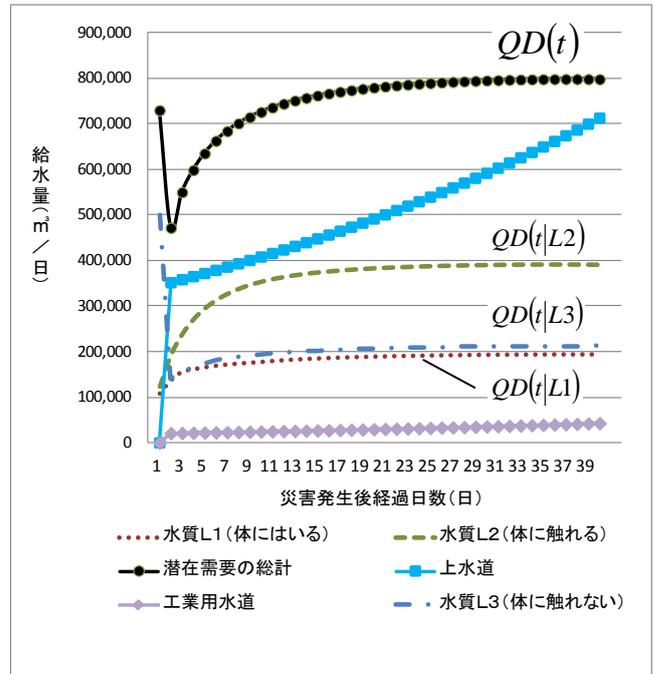


図-2 水質レベル別推計結果

して $t_{max}=11$ の水質レベル別需給内訳を示す。これより、供給側は水質レベル1がほとんどであり需要側とアンバランスは著しい。大阪市の工業用水道の給水能力は260,000（ m^3 ／日）であり⁹⁾、多くの余剰能力を有している。それらを応急的に他用途へ転用できれば、需給ギャップの大幅な低減に繋がることが示唆された。

4. おわりに

本研究では、飲用系・雑用系の2系統の水供給ラインがある都市域を対象に、災害時水需給の量的・水質的バランスを評価した。その結果、需給ギャップ低減の方策として工業用水道の他用途転用が有力な選択肢であることを示した。

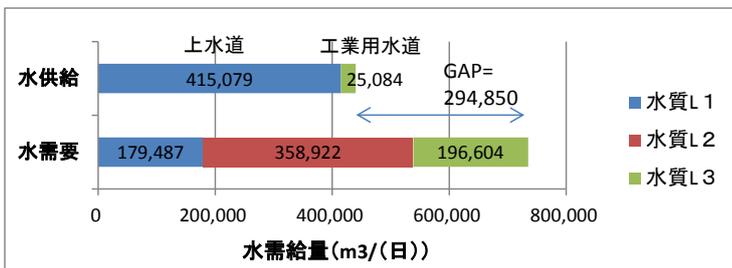


図-3 発災後11日目（ $t_{max}=11$ ）の水質レベル別需給内訳

参考文献

- 1) 内閣府・消防庁・気象庁：津波避難等に関する調査結果，中央防災会議の専門調査会報告，平成23年9月
- 2) 仙台市：東日本大震災における市民アンケート調査，平成23年9月
- 3) 厚生労働省：新水道ビジョン，平成25年3月
- 4) 吉澤源太郎・畑山満則・多々納裕一：被災者と被災企業の断水受忍限度を考慮した災害時の潜在水需要の推計，自然災害科学，平成27年5月
- 5) 第5回大阪府南海トラフ巨大地震災害対策等検討部会，平成26年1月24日
- 6) 大阪市水道局：大阪市の水道技術2012

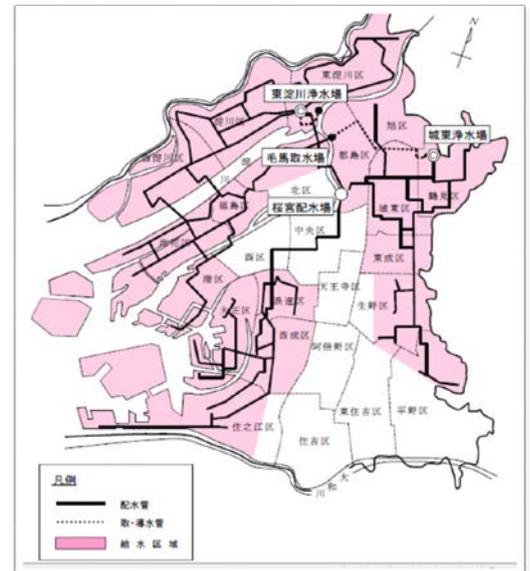


図-4 大阪市の工業用水道給水区域⁹⁾