

震災時における水需要確保方法の評価モデル

名城大学 都市情報学部 4 回生 ○西部 恵
名城大学 都市情報学部 3 回生 川本晃由
名城大学 都市情報学部 3 回生 久保力也
名城大学 都市情報学部 正会員 張 昇平

1. 概要

阪神大震災においては水道による水供給が遮断され、大きな火災被害が生ずるとともに、震災後の生活用水の水源を河川などに委ねる状況が生じた。この災害を教訓として、都市においては水供給を複数系統化することの必要性が語られている¹⁾²⁾。この場合、水道系統の複数化のみでは不十分であり、河川や池、水路などの地域内の水(以下では「水ストック」と呼ぶ)を水源として活用することも対象とした複数化を、事前対策として実施しておくことが求められる。一方で、震災後徐々に回復する水需要に対する供給においては、水道の復旧が重要であり、他地域からの応援給水などを含めた事後対策としてできるだけ早い復旧を目指す必要がある。表1には現在検討されている主な震災時の水需要確保対策を示した。

しかしながら、現状においては、事前対策としての水ストックの活用と事後対策としての水道の復旧が、共通の尺度上で議論されておらず、それぞれ独立に計画されていると考えられる。このため、本研究においては、震災後消火用水が生活用水を大きく卓越する状況から、徐々に平常の需要へと回復する状況を想定し、水道および河川、水路、防火水槽などの水道以外の水ストックから水供給をおこなう場合の需給バランスを確率として定量化するモデルを構築する。

表1. 震災時における主な水需要確保対策

分類	水道系	非水道系
事前対策	水道地震対策の強化	防災用水の備蓄 水ストックの活用
事後対策	水道の復旧	水の緊急輸送

2. 震災後の水需給バランス確率評価モデルの定式化

震災直後に、通常の水供給系統(水道)が機能低下し徐々に復旧するが、その復旧期間中に水道以外の水源も利用して生活用水および消火用水需要量を確保する状況を想定する。水道以外の水源としては、河川、水路、池、防火水槽などがある。本研究では、これらの水源が貯水容量を有し、上流域からの流入や下水処理水などの補給を受けることのできるストック量として考えるものとする。ストック量が震災後何日にわたって利用可能であるかを評価するために、本研究では、対象期間中の累積水量を需給バランスの指標とする。ここで、需給バランスの評価を日毎で行う方法も考えられるが、その場合には水ストック量の時間配分(現在の需要を優先するか、今後の需要に備えるか)が問題となる。本研究では、この配分ルールについては震災後の一定期間において水量確保が図られた上で検討すべき課題として累積水量による評価をとりあげる。

水需要としては、震災後 t 日までの累積値を対象とし、消火用水 $f(t)$ と生活用水 $d(t)$ を取り上げる。一方、水供給も累積値を対象とし、河川・池・防火水槽などの水ストックからの供給 $q(t)$ 、徐々に復旧する水道からの供給 $w(t)$ があり、これらはすべて確率変数とする。さらに他地域から給水車などで緊急輸送される水 $p(t)$ があるが、これは確定変数とする。このとき、地域の水需給バランスが確保される確率を次のように定義する。

$$P(q(t) + w(t) + p(t) \geq d(t) + f(t)) = P(Z(t) = q(t) + w(t) - d(t) - f(t) \geq -p(t)) = \int_{-p(t)}^{\infty} g_z(z) dz \quad (1)$$

ただし、 $g_z(z)$: 確率変数 $Z(t) = q(t) + w(t) - d(t) - f(t)$ の確率密度関数である。

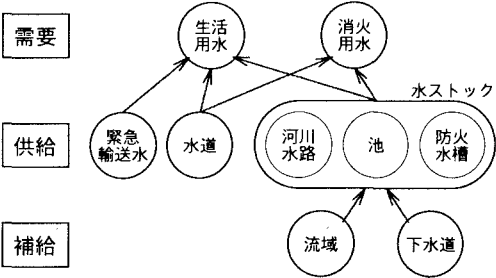


図.1 震災後の水需給

3. 分析結果

表2、図2にはケース設定を、図3には、あるモデル地区を対象に、期間長別に事前対策と事後対策の組み合わせに対する需給バランス確率の等確率線を示した。これにより、たとえば25日目までは水道の「遅い復旧」で水ストックの「補給20%」とすることが、「補給なし」での「早い復旧」と等確率となるなど、事後対策と等価な事前対策がわかる。等確率線が横向きになると補給による効果が小さく、復旧による効果が大きいことを意味し、縦向きの場合は逆に補給による効果が大きく、復旧による効果が小さくなる。初期(5~10日目まで)においては、対策をしない場合(図の左下側)はやや縦向きで、対策のレベルをあげる場合(図の右上)は横となっているが、中期までは(15~20日目まで)、おおむね横になってくる。全期(25~30日目まで)は復旧なしから遅い復旧まではほとんど横になり、補給の効果がないことを示しているが、図の左上では相対的に縦となっており遅い復旧での補給は、補給なしでの早い復旧と等価である。

表2. 事前対策についてのケース設定

ケース	摘要
補給なし	初期ストック水量のみ使用可能
補給10%	河川容量の10%相当の水量と下水処理水が毎日補給される
補給20%	河川容量の20%相当の水量と下水処理水が毎日補給される

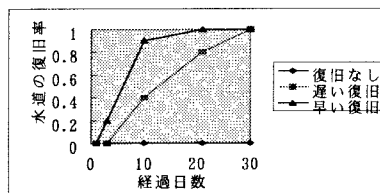
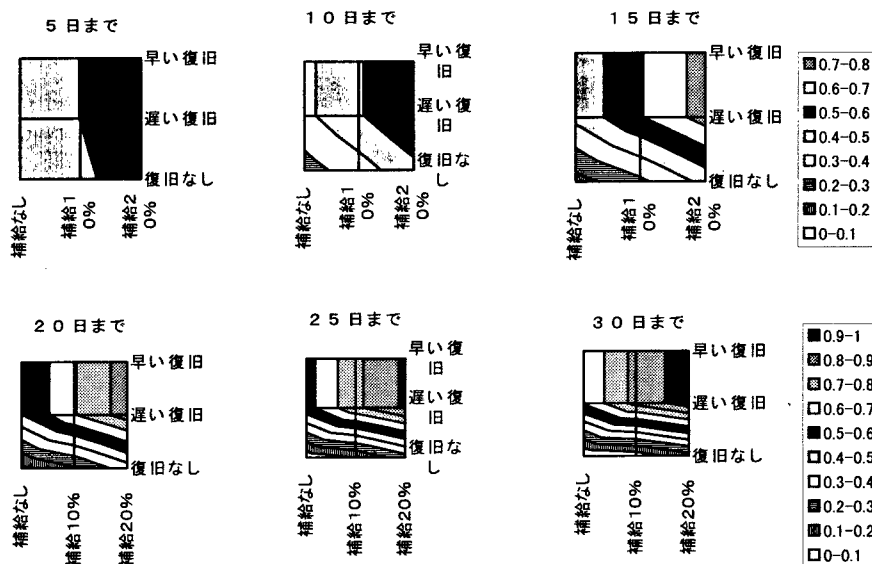


図2. 水道復旧のケース設定

図3. 水ストック補給と水道復旧の等確率曲線（防火水槽1倍、経過日数別）



4. まとめ

地震発生後の水供給について、水道以外の水ストックの活用を含めた需給バランス確保確率の評価モデルを提案した。本モデルにより事前対策と事後対策を水需要確保確率という共通の尺度で評価できることが分かった。また、適用事例の結果から、事前対策には水ストックからの供給能力を高めること、事後対策には水道の復旧作業や水の補給量を都市の防災対策として活用することができると言える。

今後、本モデルを用いて地域特性などを考慮したきめ細かい水需給バランスの評価が必要になるほか、震災後の水需要量、とりわけ、消火用水需要量を、その発生メカニズムを考慮して予測し、評価精度を高めていく必要がある。

[参考文献]

- 1) 神戸市水道局：阪神淡路大震災水道復旧の記録，1996
- 2) 島谷幸広・萱場陽一・房前和朋・保持尚志：大震災にみる河川の緊急用水・防災空間としてのポテンシャル，河川 No.587，pp.56-70，1995