

震災時を想定した水道事業体の提携に関する考察

京都大学大学院 学生会員 ○久保 宜之^{*1} 京都大学防災研究所 正会員 清水 康生^{*1}
 京都大学防災研究所 正会員 萩原 良巳^{*1} 八千代エンジニアリング 正会員 阪本 浩一^{*2}

1. はじめに

水道水の供給は震災によって阻害されるおそれがある。従来、その対策は水道事業体が個別に講じ、配水ブロック化計画や給水区域内の幹線管路の耐震化を行っている。更なる被害軽減を図るためには都市域を一体として考えることが重要である。そこで都市域の水循環を河川・水道・都市活動・下水道の4つのレイヤーから構成される都市水循環システム¹⁾として捉える。本研究では水道レイヤーに着目

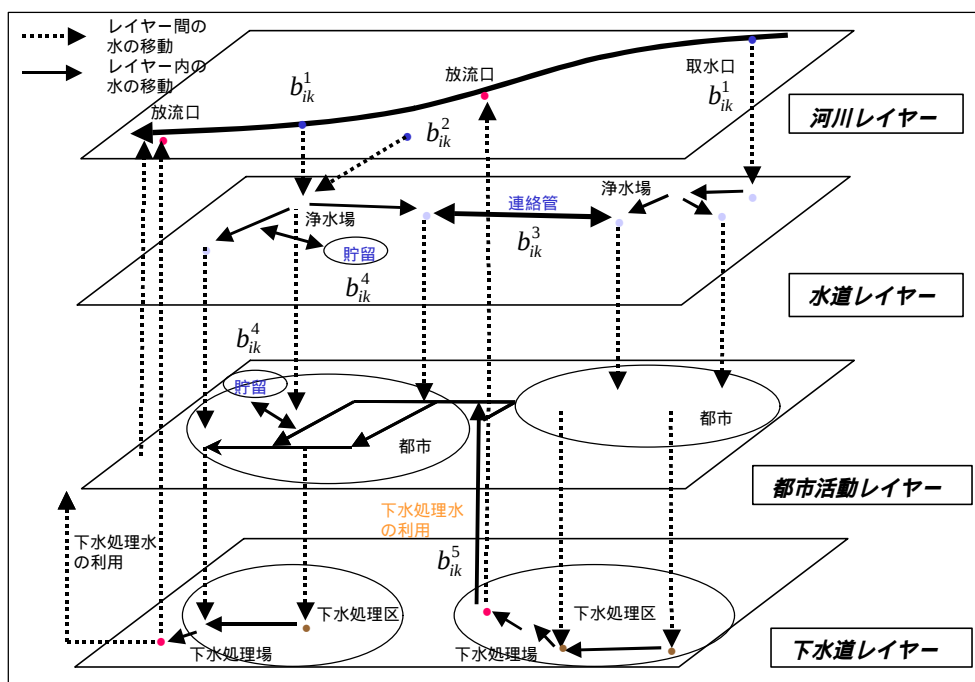


図1 都市水循環システムにおける震災対策

し、淀川流域を対象として水道事業体の提携の可能性について考察を行う。

2. 都市水循環における水道連絡管の位置付け

都市水循環システムにおいて考えられる震災時の対策を図1に示す。水道事業体を i 、活断層を k とすると、震災時に都市生活者に供給される水量は、機能している浄水場によって供給される河川水量 b^1_{ik} 、その他の自己水源水量 b^2_{ik} 、連絡管によって他の事業体から供給される水量 b^3_{ik} 、貯留によって確保されている水量 b^4_{ik} 及び下水処理水の再利用によって得ることのできる水量 b^5_{ik} の総和である。

震災による被害軽減のための対策として、水道事業体の行い得る $b^1_{ik}, \dots, b^4_{ik}$ に注目し分析を行う。

3. 前提条件とシナリオの設定

本研究では連絡管によって被害の軽減が可能となる関係を提携と考える。この提携の可能性を検討するために、提携内の事業体の間にはどのような行動をとるかについての合意があるという提携形ゲームの概念を適用する。都市生活者の被害は不足水量を指標と

して表す。流域全体が一度に震災被害にあうことは考えにくいと、水量に余裕のある事業体が浄水場の機能停止などで不足している事業体に水を融通すると考える。

震災時における水供給への影響は、水循環システムの施設に対する被害と水源の水環境汚染を引き起こす都市活動施設の被害の2つが原因で生ずる。後者については、上流の被災のために河川に汚染物質が流れ出し、その下流の事業体では取水が困難となる事態が想定される。これらの状況に関しては文献²⁾³⁾をもとに次の2つのシナリオを設定する。

ケース1：震災直後の水源の水質汚染による取水停止と水供給施設に対する被害を考え、また、貯留を考慮する場合

ケース2：水質汚染が終息した後の、水供給施設に対する被害のみを考える場合

4. モデル化

活断層 k による事業体 i の不足水量 D_{ik} は式(1)と

キーワード：都市水循環システム、震災対策、水道連絡管、水道事業体間提携、提携形ゲーム

^{*1} 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 TEL0774-38-4317 FAX0774-38-4044

^{*2} 〒153-8639 目黒区中目黒 1-10-21 TEL 03-3715-1231

して定式化する。

$$D_{ik} = a_{ik} - \sum_{j=1}^4 b_{ik}^j \quad (1)$$

ここで a_{ik} は事業体 i が活断層 k により被災した時、供給区域内で必要とする水量であり、 $b_{ik}^1, \dots, b_{ik}^4$ は各供給量を表す。

提携が成立するには隣接関係にあることを条件とする。成立した提携内に水量に余裕のある事業体が存在する場合は不足事業体に供給する。

提携 S が成立したときの不足水量を以下のように定義する。

$$D_k(S) = \sum_{i \in S} D_{ik}(S) \quad (2)$$

$D_{ik}(S)$ は提携 S が成立した際、提携 S を構成する事業体 i の不足水量（活断層 k を想定）である。また、

$$\max_k D_k(S) > 0 \quad (3)$$

であるとき提携 S は、これと交わらない提携 T が

$$D_{k_S}(T) < 0, \quad k_S = (k | \max_k D_k(S)) \quad (4)$$

を満たせば提携 $S \cup T$ の成立によって被害を軽減できる。 k_S は提携 S が想定する活断層である。ここで提携 $S \cup T$ 成立の条件として互いの提携が式(3)、(4)を満たすこととする場合（提携条件1）と、少なくとも一方だけが満たせば提携 $S \cup T$ が成り立つとした場合（提携条件2）を考える。前者の条件では双方の提携が被害軽減されるときのみ提携 $S \cup T$ が成立する。後者の条件ではどちらか一方でも軽減するとき提携 $S \cup T$ が成立する。

5. ケーススタディ

(1) 分析条件

淀川流域にモデルを適用する。対象とする水道事業体は、淀川を水源とする水道水を供給している京都府営水道・大阪府営水道・阪神水道企業団・京都市上水道・大阪市上水道・神戸市上水道の6事業体とする。対象とする活断層系は、花折・西山・有馬高槻・生駒・上町・六甲の6つである。震度7が想定される区域の施設は機能しないとする。このゲームのプレイヤーは対象とする水道事業体である。不足水量の単位は[m³/日]とする。

b_{ik}^1, b_{ik}^2 は震災ハザードのデータ²⁾³⁾から設定する。貯留についての変数 b_{ik}^4 はパラメータとして扱う。貯留水 b_{ik}^4 はケース1で1人1日当たり2リットルとして算出し、ケース2では0とする。また、水量のみで提携を考える際は用水供給によってすでに連絡関係にある阪神水道企業団と神戸市上水道は既に提携しているものとして

考える。

(2) 分析結果

不足水量をもとに考えた連絡管による提携の成立は表1のようになった。ケース1のように水質汚染による取水停止を考慮すると、震災区域の下流で取水する浄水場が機能しないため、対象事業体のほとんどで水量が不足し、連絡管による水融通は困難である。この期間では貯留が被害軽減対策として重要であることがわかった。しかし、河川の水質汚染が終息した後（ケース2）では、連絡管によって不足水量を軽減でき、提携条件1の場合、大阪府営水道が重要な立場となる。以上より、連絡管・貯留は、必要となる場面が違い、それぞれが補完しあって被害軽減に役立つことが示された。詳細は発表時に説明する。

表1 成立可能な提携

	水質汚染・施設の直接被害・貯留を考慮(ケース1)	河川の水質汚染が終息した後、施設の直接被害のみを考慮(ケース2)
提携条件1	全て単独提携	大阪府営水道と大阪市上水道もしくは大阪府営水道と阪神水道企業団の提携が成立し、他の事業体は単独提携
提携条件2	京都市上水道・京都府営水道・大阪府営水道の提携が成立、他は単独提携	全体提携が成立

6. おわりに

本研究では震災時を想定し、連絡管による水道事業体間の提携の可能性について考察した。これにより、震災直後では貯留が、その後、連絡管による提携が有効であることが分かった。今後の課題であるが、水の用途やコストについてを考慮した上で、以上の提携が成立するかどうかの分析が必要である。また、本稿では省略した下水処理水の利用や貯留を考慮して、なお一層の被害軽減策について分析する必要があると考えている。

【参考文献】

- 1) 清水康生・秋山智広・萩原良巳：都市域における人工系水循環モデルの構築に関する研究、環境システム研究論文集 Vol.28、pp.277-284、土木学会、2000.
- 2) 阪本浩一・清水康生・萩原良巳：震災ハザードに対する都市水循環システムの診断に関する一考察、土木学会年次学術講演会全国大会、2000.(投稿中).
- 3) 中瀬有祐・清水康生・萩原良巳：震災時を想定した水循環汚染に関する地域診断と水道取水への影響に関する考察、土木学会年次学術講演会全国大会、2000.(投稿中)