

京都大学大学院 学生員 ○阪本 浩一 京都大学防災研究所 正会員 清水 康生
京都大学防災研究所 正会員 萩原 良巳

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、導水管が被災して水源水量が制約され、水道の復旧活動に必要な水が確保できず、復旧に遅れが生じた。また、各事業体の供給エリアの広域化に伴い、浄水場などの上流部の水道施設が被害を受けたために水が供給されないといった間接的な被害が発生することも想定できる。しかし、既往の事業体を越えた広域水道に関する研究¹⁾においては、震災のことは考慮されていない。そこで、本分析では、震災による被害を軽減するために、上水を相互に融通する広域連絡管の有用性について検討する。

2. コンセプト

都市域の水循環は、河川・水道・都市活動・下水道の4レイヤーからなる階層構造を有し、それら相互の水のやりとりにより1つのシステムを構成している²⁾。本分析では、そのうちの水道レイヤーに着目し分析を行う。広域連絡管が有効になる背景として、経済成長の鈍化による水資源の遊休化や、広域的にとらえると、全事業体が同時に同一活断層から壊滅的な被害を受けることは考えにくいため相互補完が可能ということが挙げられる。本分析では、既往の研究³⁾を参考にしながら、震災ハザードを考慮し、震災時に備えて新規水源開発を行い、水利権を確保するということだけでなく、連絡管による広域的な連携により相互補完することで、震災リスクの軽減を図ることを協力ゲームを援用し、考える。

3. モデル化

3.1 不足水量の定式化

事業体 j が活断層 i を想定したときに、どの連絡管も繋がらない状態で水量が不足しているのか余裕があるのかを、不足水量を正として次式のように与える。

$$h_j^i = (1 - r_j) a_j^i + s a_j^i - b_j^i \quad (1)$$

a_j^i は、地震による非直接被害エリアの平常時使用水量であり、 a_j^i は直接被害エリアの平常時使用水量である。 r_j は事業体 j が非直接被害エリアで他に融通可能な柔軟度であり、 s は被害復旧のために平常時の何倍

の水量が必要となるかを表す定数である。 b_j^i は、活断層 i による震災を想定した時に事業体 j が供給可能な水量を示す。柔軟度とは、水道の供給がどの程度弾力性をもっているか示すものである。

3.2 費用負担の定式化

ゲーム理論におけるコアの理論を用いて定式化を行う。その際に個人合理性の基準となるコストを想定する必要がある。ここでは、自己中心的に事業体にとって最悪被害をもたらす活断層に対して、上水を確保するときにかかるコストをその基準として用いる。また、各プレイヤーが、各自の最悪の被害をもたらす活断層を想定して、提携交渉に臨むものとする。そして、自分の考えている活断層により地震が起きたと想定する時に、提携を考える相手プレイヤーから互いに水融通を受けられる場合のみゲームが成立しうる。モデルのアルゴリズムを図1に示す。

4. ケーススタディ

4.1 モデルの設定

淀川流域を対象とし、図2に示すようにプレイヤーと連絡管を設定する。想定する活断層は、淀川流域に大きな被害を及ぼすと想定される⁴⁾花折・西山・有馬高槻・生駒・上町・六甲の6つである。大阪市と大阪府は、特定の活断層により被災した際には、意志決定主体は1つであるが、プレイヤー内の水道供給の分断を考慮し、内部は2つに分割されるものとする。

震災時の水の確保という地域性を有する問題を扱うために、地域間の繋がりの強さを考慮するものとする。そのため、ゲームを3つのSTEPに分け、同府県内のプレイヤー同士がまず提携を考えるものとし、1度できた府県内のプレイヤーの提携は強固であるため、以降のSTEPにおいて、その関係が壊れることはないとする。さらに、隣接していないプレイヤー同士の提携も合理的ではないため考えない。これらの前提に基づくと、起こりうるのは7つのゲームに絞られる。

プレイヤーは、現在想定している活断層に関して、まず、既存の提携内において各プレイヤーが不足している水量を補填した残量で他プレイヤーとの交渉に臨

むものとする。そして、提携によりプレイヤーの負担額が安くなるならば、水量確保が不十分でも提携が成立するものとする。また、柔軟度として、0.3 を考える。これは、渇水時には供給水準を 30% 程度下げても、実被害がないことが明らかになっているためである。

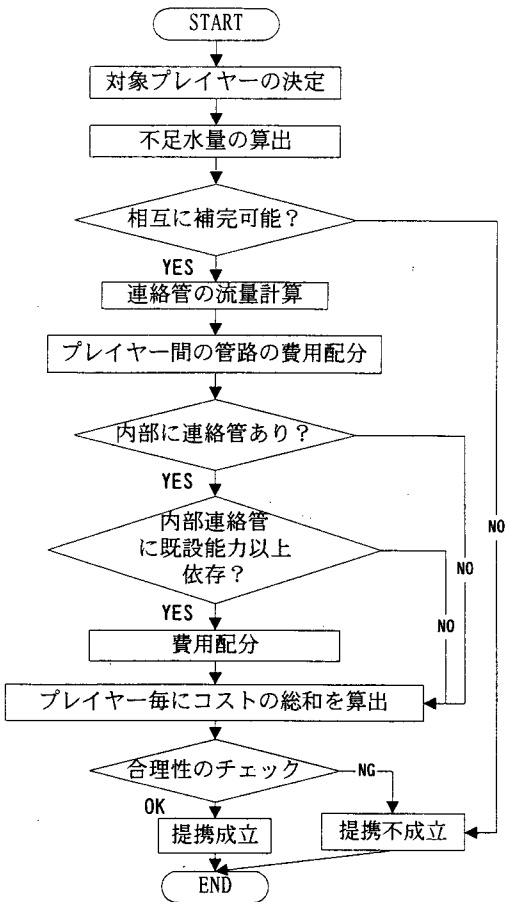


図1 モデルのアルゴリズム

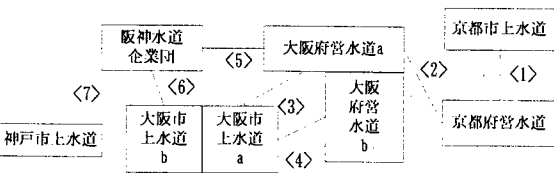


図2 事業体の隣接関係と連絡管

4.2 結果と考察

分析の結果を図3に示す。図中の太線は提携成立、細線は提携不成立を示す。数値は費用(百万円)で、カッコ内には想定する活断層を示す。
プレイヤー12 とプレイヤー34 間のゲーム④が成立しないことが明らかになった。これは、最悪の被害をもたらす活断層のみを考えたモデル化を行っているこ

とと、大阪府営水道と京都府営水道との間の距離が長く、連絡管の建設コストが過大になったことが原因であると思われる。プレイヤー34 は、地理的条件からプレイヤー12 とプレイヤー56 の双方に対して全提携を形成するためのキーを持っていることがわかる。例えば、全提携を成立させるためには、プレイヤー34 とプレイヤー56 がゲーム⑤を経て、プレイヤー3456 ができた後に、プレイヤー12 との交渉を経る必要がある。その場合にのみ全提携が成立する。流域全体として震災リスクを軽減するために全提携を目指すには、このような提携の形成過程も重要であることが明らかとなった。

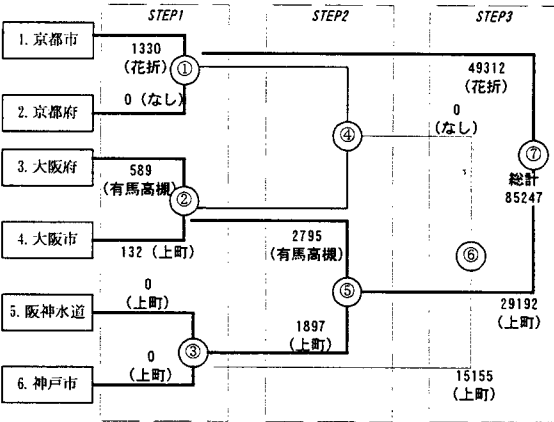


図3 分析の結果

5. おわりに

今後の課題としては以下のことが挙げられる。①各プレイヤーの第2ハザード以上の活断層を考慮すること②プレイヤー内部の管路や耐震化施策を考慮すること③各都市の持つ自己水を組み込むこと④都市域水循環を総合的にとらえて分析を行うこと。

参考文献

1)例えば、萩原良巳・今田俊彦:水道広域化の効果の評価に関する方法論的研究、土木学会衛生工学研究論文集、Vol.21,pp.1-10、1985。2)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。3)関西水道事業研究会:市民の視点に立った水道地震被害予測及び震災時利用連絡管整備に関する一考察、1996。4)清水康生・萩原良巳・阪本浩一・小川安雄・藤田裕介:水道システムの診断のための震災ハザードの推定、土木学会関西支部年次学術講演会、2000。(投稿中)