

京都大学 学生員 ○北畑 貴史 京都大学防災研究所 正会員 岡田 憲夫

1 はじめに

＜水＞は明らかに、人間の生命を維持する上で最も重要なものの1つである。＜ライフライン＞は、その名の通り、人の命や生活を維持するための様々な資源を我々の生活の場に運ぶことで、我々の生活の快適性や利便性を作り上げていると言える。すなわち、＜ライフライン＞によって成り立っている現在の都市機能の利便性・快適性は、その平時の機能性とは裏腹で、阪神・淡路大震災のようなくライフラインの寸断が引き起こされるような大災害においては、人的にも物質的にも甚大な被害を招きかねない脆弱性を有している。

そこで、本研究においては、阪神・淡路大震災直後の被災現場において被災者がとったリスク回避行動に関する事実経過をドキュメンテーションする。その際、水利用行動のリスクマネジメントという枠組みによる整理と分析・評価を試みる。これにより、今後の防災計画に活かすべき検討項目の洗い出しにもつなげることを目的とする。

2 水系ライフラインに関する故障連関分析

本研究では、被災地における水利用の実態を明らかにするために、関係者からのヒアリングをベースとした現地調査を行う。その際、調査対象を医療機関にしぼり、ヒアリング調査、fax・電話調査、郵送調査を行った。対象とした医療機関の数は15である。さらに、関係行政部局（兵庫県医療環境部、神戸市水道局）からも資料提供による協力を得た。

具体的には、まず現地調査により得られた情報に基づいて、医療機関に関する水系ライフラインの機能障害（故障）の発生メカニズムを特定することを試みた。すなわち、医療機関に関する水系ライフラインの故障過程連関分析をFTA（fault tree analysis）手法を用いて行った。この分析手法は信頼性設計、安全性設計、工程設計などで利用される手法である。これにより、致命的な故障

を回避する上でのボトルネックを洗い出し、今後のシステムの改善点を抽出することに役立てることができると考えられる。

図1はFTA手法により、医療機関の水系ライフラインの構造連関を表したものである。図中、四角の記号は「事象」といい、水系ライフラインを構成する様々な機能要素を表す。こうした事象の機能障害の連関の鍵を握っているいわば「スイッチ」の働きを表しているのが、三日月型のORゲート、ならびに半円型のANDゲートである。ORゲートは入力する事象のうち、1つでも故障していれば出力部の事象も故障していることを表し、ANDゲートは、入力する全ての事象が故障しているときに、出力部も故障することになる。この図により、下にある事象が、どのように結合して、最終的に最も上にある頂上事象（致命的な故障）につながるのかという機能障害の発生過程の構造連関が明らかになる。

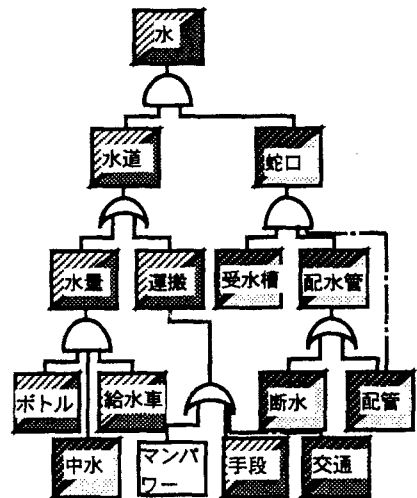


図1 FTA法による病院施設の水資源系ライフラインの機能連関図の適用例

3 水系ライフラインの故障による医療活動への影響

医療機関は、平時からいわゆる＜命の現場＞として、人々の命を維持し、守っている。そのために、多様な水利用がなされる。それゆえ、被災時の水系ライフラインの故障下における水不足による医療活動への影響

表1 影響のレベル

レベル	影響の出たカテゴリー	内容
8	1 2 3 4 5 6	全く水がなく、すべての医療活動に影響がある
7	2 3 4 5 6	飲料水に困らない程度しか水がない
6	2 3 4 (6)	きれいではないものの、量には困らない程度の中水があり、トイレを流すための水などがある。手洗いなどの生活用水に影響が出る。
5	2 (3) 4	きれいな中水があり、風呂や透析には使えないものの生活用水や、機械用の水としては使える。
4	2 3 4 5	レベル3やレベル4よりも影響の出たカテゴリーが多いようだが、きれいな水が手近にあるという意味でその水は利用しやすいといえる。
3	(2 4)	水の量と言う意味では困らないが、その運搬能力や果たして手術用に使えるほどきれいなのかということで、影響が出ることがある。
2	(2 5)	水道水という質のよい水が大量にあるため、ほとんど困ることはないと思われるが、やはり備蓄量にも限界があるので、トイレ用水など優先順位の低いようとは割られる
1		蛇口から水が出るのでほとんど影響なし。

は甚大かつ多様であると予想される。

そこで、本研究においては、医療機関に対するヒアリング調査の中で、「水不足による医療活動への影響として、何が挙げられるか？」という質問を行った。その結果を、被害の程度毎に影響レベルを想定し、表1のようにまとめた。影響レベルは1~8まであり、数字が大きいほど被害が大きかったことを示している。また、表1の中の「影響の出たカテゴリー」という項目は、影響の出た様々な医療活動を、その水利用使用量とそれに必要とされる水質により分類したものである。(表2参照)

表2 カテゴリーの分類

	量	必要な水質	内容	備考
カテゴリー1	少	良	食料、飲料水	優先順位が高い
カテゴリー2	多	良	透析、風呂	
カテゴリー3	少	良、中	手洗い	優先順位は低い
カテゴリー4	少	良、中	手術用(洗浄)	
カテゴリー5	多	良、中、悪	トイレ用	
カテゴリー6	多	良、中	検査機器、医療機器、空調、加温	電気が必要

F T A手法により分析した水系ライフラインの連関構造を考慮に入れ、様々な水系ライフラインの機能障害(故障)毎に、それに対応する影響レベルを当てはめて、種々の影響の波及過程をモデル化したものが図2である。すなわち、図2はC C C手法を用いて、水系ライフラインの故障とそれに対応する影響レベルを示したものである。この図により、どの機能の障害が最もクリティカルな被害を招くのか特定できる。また、どの機能の安全性を向上させればクリティカルな被害を回避する上で効果が大きいのかといった点を分析することができる。

本研究においては、図2の図を、調査した15の病院毎に作成することで、阪神・淡路大震災で被災した医療機関が、水利用系ライフラインの安全性を向上させる上で、どのような課題があるかを明らかにできた。

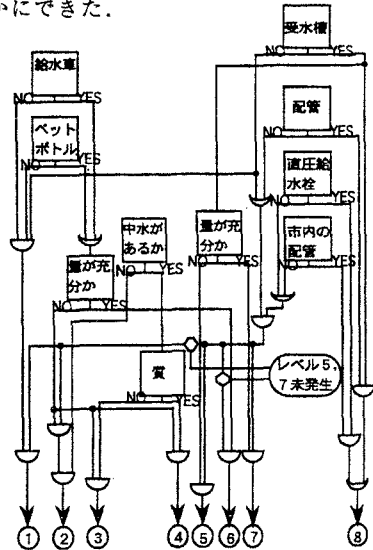


図2 病院施設におけるC C C手法による連関分析の基本図

4 得られた一般的知見

以上の分析の結果、①被災当時、水そのものの不足よりもむしろ水の運搬機能が問題であった、②断水時でも病院施設内の配水設備が機能していれば被害が少なかった、③トイレをはじめとする雑用水の確保の可否により被害が大きく異なった、こと等が示された。

[参考文献] 塩見弘(1983):故障解析と診断, 日科技連
兵庫県環境医療部(1995)災害医療についての実態調査