

F T Aによる淀川渇水の構造解析

京都大学防災研究所 正員 池淵 周一
 京都大学大学院 学生員 白村 暁
 京都大学大学院 学生員 ○宮川 裕史

1. はじめに 本研究では安全性解析法の一つであるF T A (Fault Tree Analysis) を用いて、淀川を例に、枚方取水点での取水カットを淀川水系での水供給システムにおけるシステム全体の特定欠陥事象(頂上事象)とし、その発生要因の遡及解析によりF T図を構成する。そして、このF T図を用いて渇水事象の因果関係を構造重要度、確率重要度などで考察し、従来ともすれば経験的・感覚的に論じられてきた渇水問題に対し、定性・定量両面から論理的なアプローチを試みる。

2. F T図の作成 F T Aでは中間的・過渡的な状態をとる事象や時系列的变化をとる事象を取り入れることは困難である。そこで、一般にこれらの性質を持つ渇水事象にF T Aを適用するため、本研究では枚方取水点において計画取水量確保の状態からなんらかの原因により取水が制限されるもしくは取水が不可能となることとして渇水を定義する。今回想定した領域は、淀川とその3大支川である宇治川(含琵琶湖)、桂川、木津川およびこれらの各河川の流域であり(図1)、F T図作成の都合上、各河川上の水利施設や合流点を境界として領域を区分した。頂上事象となる取水カット発生の要因としては、1)水利施設の不備、2)河川からの不法取水(過剰取水)、3)水質障害、4)異常少雨、5)琵琶湖での湖面蒸発量の異常増加の5種類が考えられ、これらを順に事象I~V系とおく。また、F T図作成上以下のことを前提として作成した。a)宇治川、桂川、木津川での流量低下をそれぞれA, B, Cとおくと、3川合流点での流量低下は、{A}, {A, B}, {A, C}, {B, C}, {A, B, C}の5通りの場合で発生するものとする。b)気象予測のF T図への取入れは行わない。c)A₂'区間の流量は考慮しない。d)異常気象に関する事象はその発生確率が無次元で与えられるとする(つまり確率の逆数は再現期間を表すものではない)。e)異常少雨の生起する領域としては、A₃域, B₂域, C₂域, C₃域を想定し、F T Aの前提に則り各地域での異常少雨および湖面蒸発量の異常増加は、相互に独立とする。f)今回の解析では、おもに流量を重視し、水質障害についての細かい展開は行わない。g)C₃域の調整施設である室生ダムおよび青蓮寺ダムは1つのダムとして取り扱う。これらの前提を基に作成されたF T図をBool代数で論理演算を行い簡易化したものが図2である。図2において、各基本事象は各事象系に属する事象にその発生領域をサフィックスとして示している。例えばI_{A3}とは、A₃域における事象I系に属する水利施設の不備(ここでは洗堰での不備)を表わしている。

3. F T Aの適用結果と考察 作成されたF T図自体の持つ構造的特徴として各基本事象の構造重要度を求め、最小カットセット・最小パスセットとも照らし合わせた結果、渇水は定性的に、その発生要因に比して抑制要因の少なさから生起が十分に予想されうるものであり、定性的要因の中では、琵琶湖-宇治川-淀川というライン上で発生する要因が取水カットに対する致命的要因であることがわかる。また、本研究における桂川と木津川の取扱いでは、水利施設のない桂川の方が渇水に対する潜在的寄与度が大いこともわかった。次に、定量的解析の結果であるが、各基本事象の生起確率は、事象I~III系については、0.0001~0.01, 事象IV系については、0.1~0.2, 事象V系については、0.001~0.1で設定した。この場合、10年間での渇水発生の期待値は、1~3回程度となる。また、各基本事象の確率データとして、1)事象I~V系すべて最小値、2)同最大値、3)事象I~III系が0.001, 事象IV系が0.15, 事象V系が0.01, の3通りの場合において、各基本事象の確率重要度を求めた結果、いずれの場合も琵琶湖域の異常少雨および湖面蒸発量の異常増加の2要因が、その発生確率の変動分がほぼそのまま取水カットの生起確率の変動分として効いてくる程の傑出した重要要因であることがわかった。同様に、この3通りについて各基本事象のクリティカリティ重要度を求めると、

Shuichi IKEBUCHI, Satoru SHIRAMURA, and Hiroshi MIYAKAWA

やはりIV_{A3}, V_{A3}の重要性が高いことの他に、事象Ⅰ～Ⅴ系の各確率の相対的大小関係の違いにより、琵琶湖-宇治川-淀川ライン上のⅠ～Ⅲ系の事象が桂川・木津川での異常少雨と同程度の重要性となる場合や、琵琶湖の湖面蒸発量の異常増加が桂川・木津川での異常少雨よりも重要性が高くなる場合のあることがわかった。これらの各重要度の具体的な数値およびアソシエイト分析の検討結果は、講演時で述べる。

4. おわりに 今回の解析では、琵琶湖流域での異常気象が淀川渇水発生に対する致命的要因となることが定性・定量的に導かれ、また、桂川が木津川より渇水発生に対しての寄与度が大きいことがわかった。今後の課題としては、1)よりリアルに渇水をF T Aで取り扱うために、時系列的变化をF T図に取り込む検討を行う。2)複数の代替F T図を作成して、相互比較を行う。3)気象予測のF T図への導入を検討する。4)事象Ⅰ～Ⅲ系に属する事象の発生状況、発生確率などのより詳しい説明に努める。5)事象Ⅳ、Ⅴ系に属する事象間のように依存性 (Association) のある基本事象が一部に存在する場合の頂上事象生起確率に対するよりよい近似評価式の探求を行う、これらのことがあげられる。

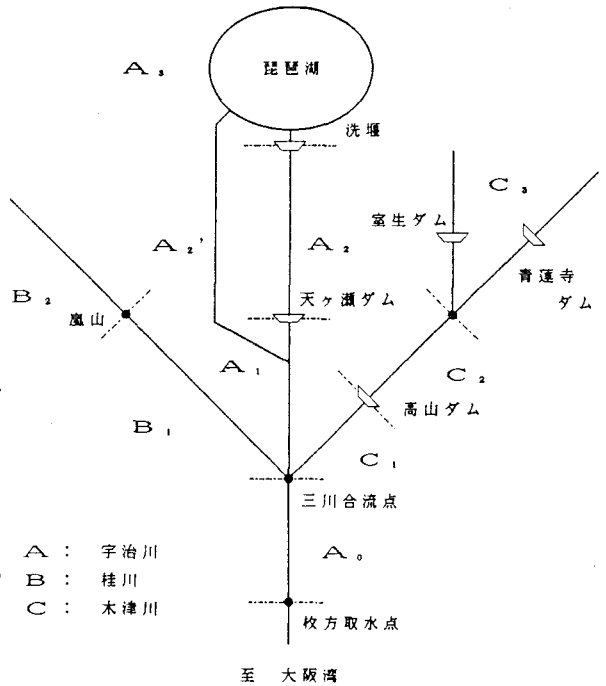


図1 頂上事象(枚方取水点での取水カット)の想定領域

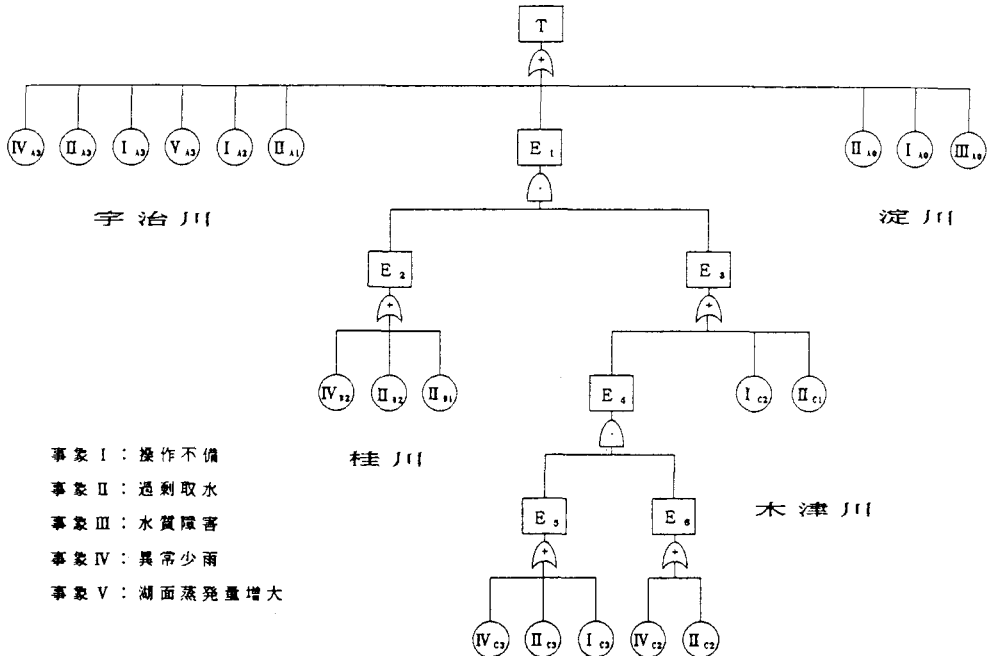


図2 枚方取水点での取水カットを頂上事象としたF T図

《参考文献》 井上威恭監修, 総合安全工学研究所編: F T A安全工学 日刊工業新聞社 (1979)