

# 洪水時におけるシステムダウン時の対応について

山路 正一

滋賀県 甲賀土木事務所 河川砂防課 (〒528-8511 滋賀県甲賀市水口町水口6200)

現在、県では洪水予測システムを用いて水位を予測し洪水予報を発表している。仮にこのシステムがネットワークの通信エラーやアプリケーションエラー等によりシステムが正常に作動しない場合、どのようにデータを収集し簡易な手法を用いて水位を適切に予想して洪水予報を発表し、いかに住民の円滑かつ迅速な避難に資する情報を提供できるかについて検討してみた。ここでは、その対処法を紹介する。

キーワード 洪水予測システム, 簡易な洪水予想

## 1. はじめに

近年の水害は、局地的かつ短時間豪雨が頻発し中小河川の洪水氾濫により生じている。代表的な水害として、2000年9月の東海豪雨や2004年7月に発生した新潟・福島豪雨や福井豪雨は、中小の河川が破堤し多くの犠牲者を出した。こうした状況を踏まえ国は、2001年、2005年に水防法の一部を改正し、洪水予報河川の拡充や浸水想定区域図の公表等、円滑かつ迅速な避難の確保を図るための措置の充実を図ってきた。本県においても洪水予報河川の指定に伴い洪水予測システムを整備し洪水予報を発表している。

仮にこのシステムがアプリケーションエラーやネットワークの通信エラー等によりシステムが正常に作動しない場合、どのようにデータを収集し、簡易な手法を用いて水位を適切に予想して洪水予報を発表し、いかに住民の円滑かつ迅速な避難に資する情報を提供できるかについて検討してみた。ここでは、その対処法を紹介する。

滋賀県水防計画<sup>1)</sup>  
 知事（滋賀県知事）の責任  
 ア洪水予報（知事が行う洪水予報）  
 知事は、あらかじめ指定した河川について、洪水のおそれがあると認められるときは、彦根地方気象台長と共同して、洪水予報を行い、水位を示してただちに水防計画で定める水防管理者及び量水標管理者に通知するとともに、必要に応じ報道機関の協力を求めて、これを一般に周知させなければならない。（水防法第11条）

## 2. 洪水予測システム

### (1) 洪水予測システムの概要

洪水予測システムは、県と気象台が共同して洪水予報を発表するために、気象台から提供を受けた3時間後の予測雨量データをもとに流出量を計算し3時間後の流量および水位を算出するシステムである。図2-1に洪水予測システムの概念図<sup>2)</sup>を示す。

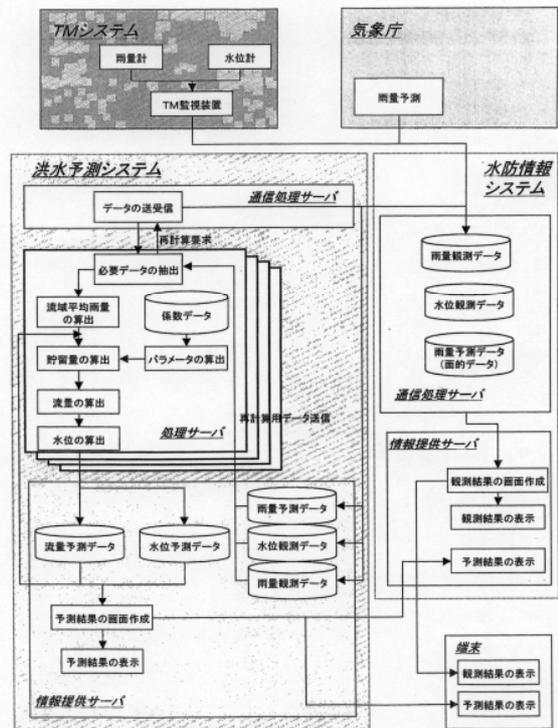


図2-1：洪水予測システム概念図

(2) 洪水予測システムの特徴について

現在、県内7河川で洪水予測システムを構築しているが、このうち6河川において流出計算モデルに貯留関数法を採用している。その採用根拠について整理すると以下のとおりである。

- ① 当該河川の治水計画（基本高水の算出モデル）に採用されている
- ② 洪水予報河川の対象流域面積がこのモデルに適合する
- ③ 比較的モデルの考え方が簡単

このモデルは、過去の降雨規模の大きな数洪水を対象にモデル定数を同定して構築されており、一般的に集中豪雨や長雨への適合が困難であると言われている。<sup>4)</sup> また、当該河川の治水計画において既往洪水の再現性から最適化して設定した飽和雨量 $R_{sa}$ や一次流出率 $f_1$ 等のパラメータについても、洪水予測モデルにそのまま適用している。したがって、モデルの同定対象となった過去の降雨（気象）条件とこれから予測しようとする気象条件が異なれば、飽和雨量 $R_{sa}$ や一次流出率 $f_1$ 等のパラメータ等に差異が生じ、水位や流量の予測精度に影響を与えることがある。また、当然のことながら洪水予測結果は、入力する予測雨量データの精度にも大きな影響を受ける。このように、貯留関数法を流出計算モデルに採用した洪水予測は、予測雨量や解析定数の精度に限界があることを前提に算出していることを念頭に置いたうえで計算値を読み解く必要がある。

定数の計算結果に与える影響 例)  $R_{sa}$

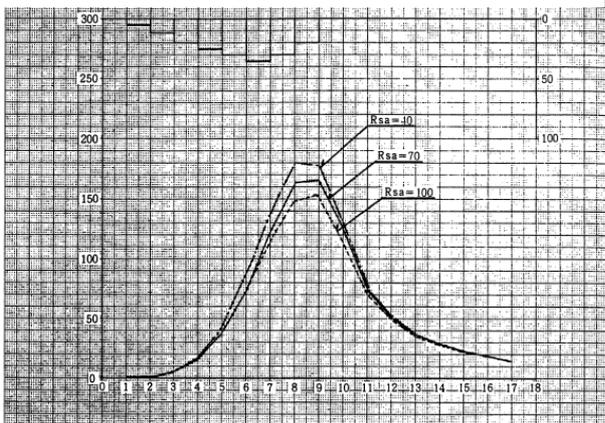


図2-2  $R_{sa}$ 変化による流出波形の変化<sup>2)</sup>

姉川・高時川の洪水予測システムでは飽和雨量（ $R_{sa}$ ）の初期値を100mmに設定している。例えば2山降雨が発生した場合、2山目の降雨に対する流出が過小評価され予測するはん濫危険水位の到達時刻に遅れを生じさせる恐れがある。

3. 簡易な洪水予想について

(1) 洪水予想の手法

ここで、システムエラー等により万一洪水予測システムやテレメータが作動しない場合に、簡易に洪水位を予想できる手法を検討してみた。

洪水予報は、洪水到達時間が2～3時間程度確保できる区間を対象に発表されている。そこで、洪水到達時間を避難に要する時間（リードタイム）に相当する時間として評価できれば、十分リードタイムを確保して洪水予報を発表できると考えた。その手法は、予測雨量を用いず洪水予想を行う時点までに観測された水位や雨量データを用い、過去の出水の経験的な降雨量と水位上昇量の関係から、はん濫危険水位に到達する時刻を予想するというものである。

各水文データの入手方法、発表までの流れ（図3-1）

- ① 水位データ  
職員が目視により量水標を観測し無線により報告
- ② 雨量データ  
職員が雨量観測局の転倒雨量ますの回転数をカウントし時間雨量を無線により報告
- ③ 報告された雨量と水位の関係をグラフ化し、過去の洪水現象と照合したうえで3時間後の水位を予想
- ④ 防災FAXにより関係機関に洪水予報を発表

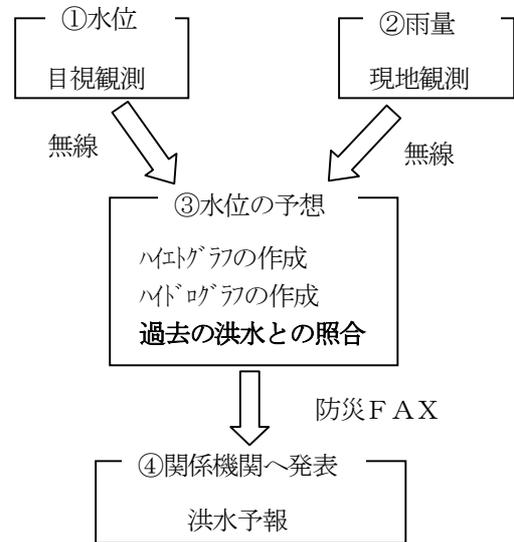
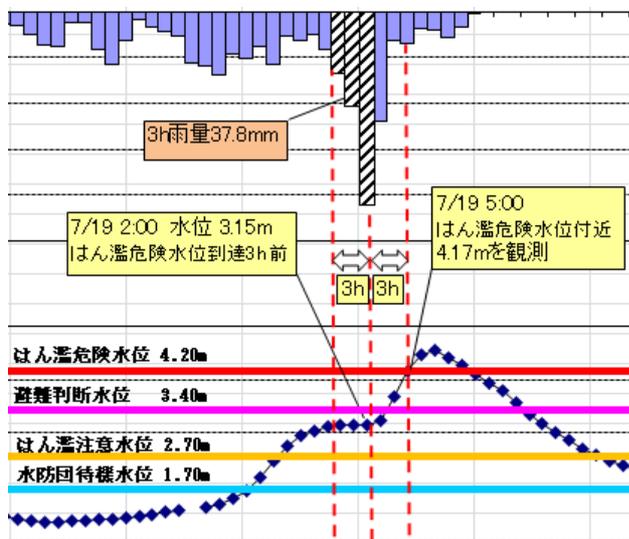
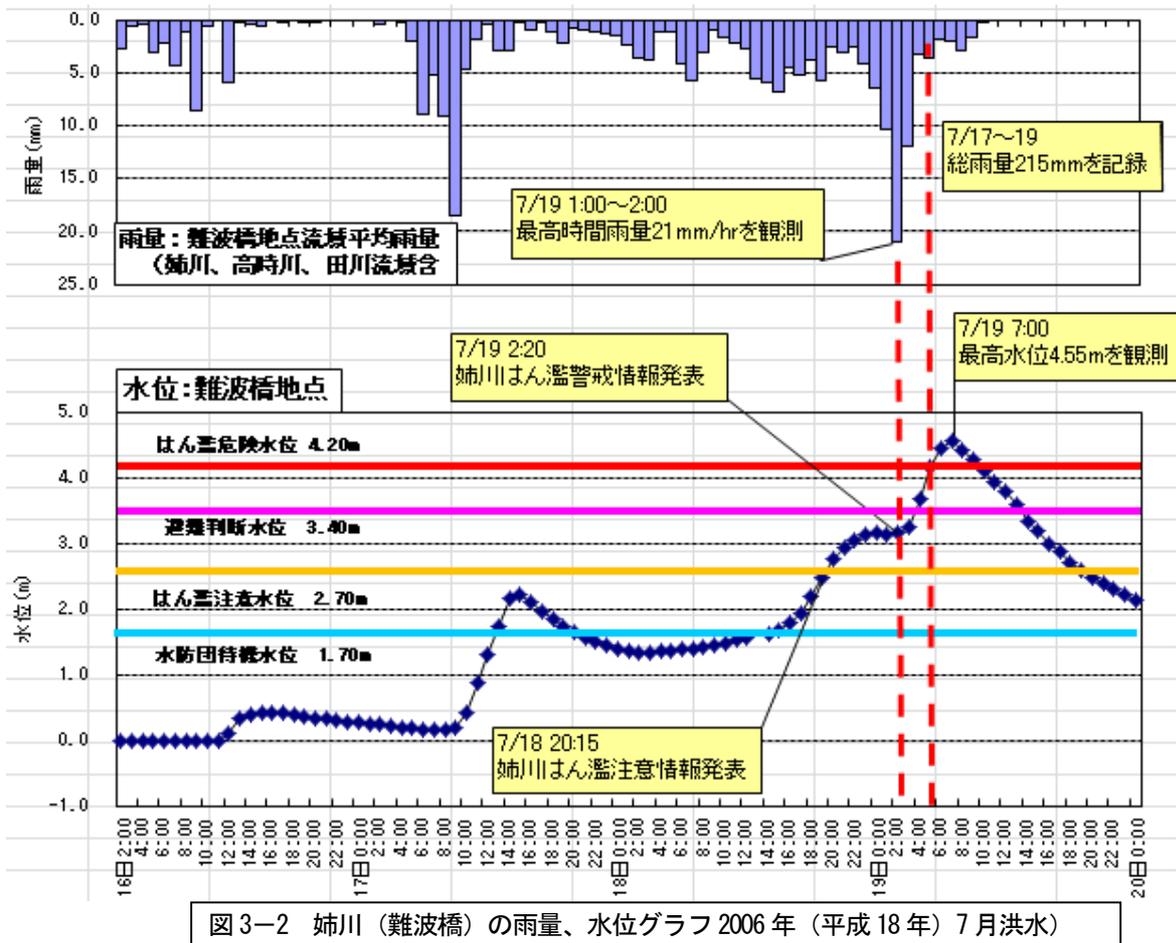


図3-1 水文データの入手方法、発表までの流れ

(2) 姉川・高時川のケースについて

ここで、比較的長時間雨量や水位データが整理され、かつ洪水予測システム導入後、県下で初めて洪水予報を発表した姉川・高時川流域をモデルケースとして検討する。初めて洪水予報を発表した2006年（平成18年）7月豪雨の雨量と水位の関係を図3-2に示す。



この洪水は、梅雨前線により7月15日夜半から降り始めた雨で水位が上昇し、予測水位がはん濫危険水位に到達すると予測された7月19日午前2:20に、県は彦根地方气象台と共同して姉川はん濫警戒情報を発表し、その約3時間後の午前5:00に難波橋のはん濫危険水位(4.20m)に到達し、その後午前7時にピークをうった。

ここで、1992年(平成4年)以降の当該流域で比較的大きな出水となる避難判断水位(3.40m)を超過した5洪水を対象に雨量と水位の関係を見ていく。

避難情報の伝達、避難の準備、避難所までの移動といった一連の避難に要する時間を考慮すると、はん濫危険水位の到達時刻の3時間前にははん濫警戒情報を発表する必要があることから、はん濫危険水位の到達時刻の3時間前の現況水位と、同時刻からn時間前の実績流域平均雨量に着目した。これを表3-1に整理する。

- ①はん濫危険水位(4.20m)到達直後の時刻から3時間前の観測水位は平均3.0m(高水敷程度)である。
- ②3時間前の観測水位からはん濫危険水位付近までの水位上昇量と、3時間前の流域平均雨量の相関が高い。
- ③3時間の流域平均累加雨量は平均30mm程度である。

以上のことから、降雨のパターンにもよるが、姉川・高時川流域(難波橋地点)の場合、推定はん濫危険水位到達時刻の3時間前の水位が概ね3mを超過し、直前の3~4時間の流域平均累加雨量が30mm~40mm前後に達していると、その3時間後にははん濫危険水位程度まで水位が上昇する傾向がある。

こうした経験則を踏まえ、洪水到達時間を利用して一定リードタイムを確保できる区間においては、予測雨量データが入手できなくても、現況水位と実測雨量から

表 3-1 姉川（難波橋）の各水位と流域平均雨量の関係

単位：mm

洪水 (年月日)	① (m)	② (m)	③ (m)	④ (m)	はん濫危険水位到達時刻の3h前から				洪水原因
					1h前雨量	2h前雨量	3h前雨量	4h前雨量	
1998年9月22日	4.37	4.23	1.84	2.39	15.7	34.6	46.9	53.0	台風8号
2003年8月9日	4.01	4.01	3.31	0.7	7.2	15.4	26.4	37.7	台風10号
2006年7月19日	4.55	4.17	3.15	1.02	21.0	31.4	37.8	42.0	梅雨前線
2010年7月4日	3.78	3.78	3.35	0.43	6.2	15.7	20.8	24.6	梅雨前線
2011年9月4日	3.74	3.74	3.15	0.59	6.0	15.7	32.0	42.9	台風12号
平均値	4.09	3.99	2.96	1.03	11.2	22.6	32.8	40.0	
相関係数					0.59	0.85	0.90	0.81	

- ① 洪水中のピーク水位
- ② はん濫危険水位（4.20m）到達直後の毎正時の観測水位
- ③ はん濫危険水位（4.20m）到達直後の毎正時から3時間前の観測水位
- ④ ②-③

相関係数は、④と各n時間前雨量の相関を算出

はん濫危険水位に到達する時刻を予想し、避難に要する時間（リードタイム）を確保しつつ避難の勧告の目安となるはん濫警戒情報を発表できる。ただし、これはあくまで洪水到達時間がある程度確保できる区間に限定される。なお、難波橋地点より13kmほど上流の河合地点においても、河道の流下時間は短くなり難波橋地点と比較して避難に要する時間（リードタイム）は短縮されるが、難波橋地点と同様の手法により現況水位と実測雨量からはん濫危険水位に到達する時刻を予想することができる。

実際にある県では、システムエラーとまでは至らないものの、システムによる予測値と現況水位との乖離が大きいため、システムに頼らず職員自ら観測された水位をグラフにプロットし、水位を予測し洪水予報を発表された事例がある。

なお、滋賀県水防計画では、システムエラーなどの事態に備え各河川に設定されている避難判断水位に到達した場合の情報を関係機関に提供することとなっている。

#### 4. 観測施設の確認

洪水予測システムおよびSISPADを中心とした観測システムが機能しない場合、洪水予想を行うには現況の水位や雨量データが必要になる。

##### (1) 水位データの取得方法

水位観測所に設置されている量水標を目視により観測し、無線で事務所に報告。

ところで、昼間の時間帯で水位を観測するのは比較的容易であるが、夜間、暗いところで水位が観測できるか検証してみた。

反射板付量水標は懐中電灯で量水標を照らせば、十分水位を読み取ることができる。川幅が大きく観測地点から量水標までの距離が大きい場合は双眼鏡が必要である。



図 4-1 野洲川(水口橋)の様子(2011年9月21日)

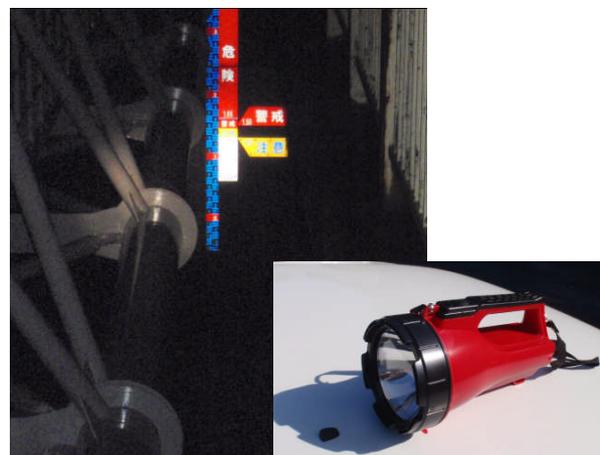


図 4-2 水口橋量水標を夜間に懐中電灯で照らす

また、洪水は夜間に起こる印象が強いが、実際どの時間帯に降雨があり水位が上昇しているのか確認してみた。

図 4-3 は日野川の桐原橋におけるピーク水位の生起時刻を時間帯別に整理したものである。1990年以降でははん濫注意水位以上に達した25洪水中、夜から朝方にかけてピークを打った洪水は15洪水を占めた。この結果、概ね6割の洪水で暗いうちに水位がピークに達する、若しくは水位が上昇している状態であり目視により水位を観測するのは夜間の可能性が高いことがわかった。

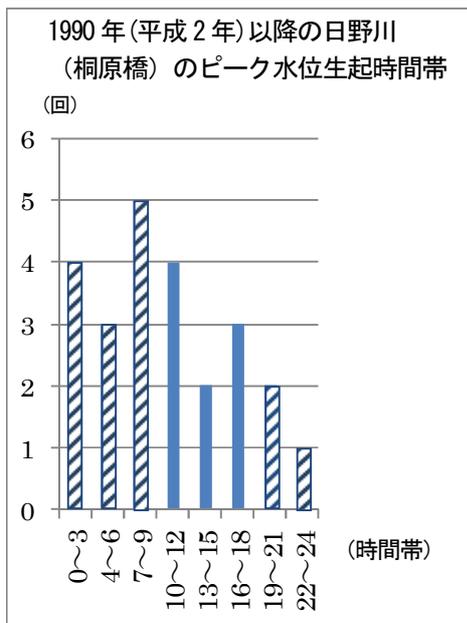


図4-3 日野川(桐原橋)のピーク水位の生起時間帯

**(2) 雨量データの取得方法**

職員自ら雨量観測局の雨量転倒ますの回転数をカウント、若しくはメスシリンダーにて時間雨量を観測し無線により報告。(図4-4参照)



図4-4 水口局雨量計(左)と転倒ます(右)

**5. まとめ**

- ① 予想地点までの洪水到達時間が避難に要する時間(ロードタイム)を確保できれば、予測雨量データを入手できなくても現況の雨量や水位データを基に経験的にははん濫危険水位の到達時刻を推定できる。
- ② ただし、一定の洪水到達時間が確保された地点においてのみ有効な方法であり、十分に確保されない地点については、別途措置が必要。
- ③ 反射板付量水標は夜間の水位観測に有効である。目視により観測した水位を事務所に報告する際に無線を使うこととしているが、豪雨時には無線はつながりにくいことも念頭に。

- ④ 雨量データについては、職員が現地の雨量観測所に行って転倒ますの回転数をカウント、若しくはメスシリンダーにて雨量を観測することを想定しているが、職員数に制約のあることや山地の観測所までの移動を考慮すると、テレメータに依存せずデータを入手することは相当困難と思われる。(滋賀県水防計画では雨量観測集計表により雨量を報告するようになっている。)
- ⑤ システムダウンなど不測の事態を想定した対応マニュアルを検討する必要がある。例えば、システムダウンにより洪水予測システムが作動しない事態を市町に通知し、市町の独自の判断により避難のタイミングを判断いただく。(行政対応の限界を周知)

**6. おわりに**

近年、計算機性能の各段の向上や観測機器の整備により、より正確に、よりシステム化、マニュアル化が進み洪水予測等算出できるようになってきた。こうしたシステムを使い、より精度の高い洪水予測を行い、より適切なタイミングで洪水予報等を発表し、住民の円滑な避難に資する情報を提供できる体制が充実されることは重要なことである。かつ防災に係る予算や人員が制約を受ける状況では必然なことである。

しかし、一方で構造物の設計のようにあまりにもシステムティックになり計算過程がブラックボックス化してしまうと、エラーの起こった時の対応が困難になってしまう。システムはエラーが起こった時でも何重ものバックアップが機能し、システム自体がダウンする可能性は恐らくないと考えられるが、仮にダウンした場合を想定し、その対処法を日ごろから用意しておくことは危機管理の観点からも必要なことである。

本稿では、洪水を例に超アナログな手法により洪水予想が可能か検討してみた。システムに頼りすぎることなく雨量や水位などの基本的な水文データや過去の洪水記録(ハイトグラフ、ハイドログラフ、台風ルート図、等雨量線図等)を基に流域の流出特性を把握しておくことが、システムトラブルに対する最も有効な対処法だと考える。河川管理者や気象、防災の関係者はそうしたアナログ感覚を身に着けた上でシステム等の技術を駆使し、洪水時の対応に努めたいものである。

以上

参考文献

- 1)平成23年度 滋賀県水防計画
- 2)姉川高時川情報基盤緊急整備洪水予測システム検討業務
- 3)日野川洪水予測システム検討業務
- 4)パラメータ逐次更新型貯留モデルによる実時間予測手法の検討ー庄内川洪水予測システムを例としてー