

# 一庫ダム流出予測システムの精度向上の検討

～流量観測が困難なためH-Q式が存在しない地点の精度向上～

森岡 浩然<sup>1</sup>・笠井 昭彦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153兵庫県川西市一庫字唐松4-1)

<sup>2</sup>水資源機構 一庫ダム管理所 所長代理 (〒666-0153兵庫県川西市一庫字唐松4-1)

一庫ダムでは、平成 25 年度に管理開始以来第 1 位の流入量を観測するなど大規模な洪水が頻発している。その背景を踏まえて、平成 27 年度に流出予測システムの精度向上の検討を行った。検討において一番重要なポイントは、多田院地点水位の予測精度向上である。多田院地点は、川西市が避難判断を決定する重要な基準地点であるが、H-Q 式が存在しない。また、従来の流出予測システムでは、多田院の実績水位についても取り込めていない状況であった。

検討の結果、多田院地点を流域分割したこと予測用の H-Q 式を作成したこと及び実績水位が取り込めるようになったことにより従来の流出予測システムより精度が向上したと考えられる。

キーワード H-Q式, 水位予測, フィードバック

## 1. はじめに

一庫ダムは、淀川水系猪名川支川一庫大路次川に建設された多目的ダムである。昭和 58 年に管理を開始し 33 年が経過している。

管理開始以来、洪水調節は 14 回を数える。洪水調節の頻度としては、0.42 回/年=14 回/33 年となっているが近年では、平成 25 年度に 1 回、平成 26 年度に 2 回と立て続けに洪水調節を実施している。洪水規模についても平成 25 年度に管理開始以来第 1 位、平成 26 年度に第 2 位、第 5 位という現状であり流出予測システムの精度が洪水調節時の放流計画を検討する上で重要な位置を占めている。

このような背景を踏まえて、平成 27 年度の洪水期を迎える前に流出予測システムの精度向上の検討を行った。

改良及び機能向上した項目の全項目については、表-1 のとおり 20 項目である。

なお、一庫ダムの流出予測システムは貯留関数法を採用している。

検討において一番重要なポイントは、多田院地点水位の予測精度向上である。

多田院地点は、川西市が住民避難を判断する際の地点として定められている重要な地点<sup>1)</sup>である。しかし、避難判断水位等水位の基準が定まっている観測所であるが、直近上下流の河道に直線区間がないこと等から流量観測が困難なため実施されておらず実測に基づく H-Q 式は存

在しない。また、従来の流出予測システムでは、多田院地点の実績水位を取り込んでいないため、実績あわせを行うフィードバック方式が採用できなかった。

本検討の中では、このような現状を踏まえ下記のとおり 3 点の検討を行い精度向上に努めた。

- ① 流出予測モデルの中で、多田院地点を流域分割
- ② 銀橋地点 H-Q 式を基とする多田院地点の H-Q 式の作成
- ③ 多田院地点の実績水位の取り込み

検討の結果、多田院地点の流域分割、予測用 H-Q の作成及び実績水位の取り込みにより精度予測が大幅に改善したと考えられる。以下に、これらの検討した結果の詳細について報告する。

## 2. 検討内容及び検討結果

### (1) 流出予測モデルの多田院地点での流域分割

多田院地点の精度を向上させるために従来の流域分割に加え図-1 のとおり多田院流域を分割することとした。図-2 のとおり多田院地点は、観測地点の前後に柳谷川、芋生川と 2 つの流入河川を有している複雑な地点である。芋生川については、観測地点より下流に位置するが観測地点直下約 100m に流入しているため、大きな出水の時は、流入に伴う背水の影響が考えられると推定した。

そこで、支川の流入の影響を不等流計算で確認するこ

ととした。CASE1は支川からの流入なし、CASE2は支川からの流入有りとして試算した。支川流入量はダム流域を除いた流域面積比にて設定し、その比率は表-2のとおりである。

多田院付近から銀橋までに流入する支川の柳谷川、芋生川、矢間川、塩川の流域面積はダム流域を除く銀橋上流域100%に対し14.2%であるところを10%とし、柳谷川：芋川：（矢間川、塩川）の流域面積比は2.5%：

2.5%：5%とした。多田院付近の支川の流入の状況を図-3に示す。そうしたところ、図-4のとおり多田院水位観測所上流16.8km地点の結果を見ると流入の影響を考慮した場合流量 $Q=700\text{m}^3/\text{s}$ のときに、流入がない時よりも10cm程度水位上昇が見られる結果となった。このことより芋生川の流入は、多田院地点への背水による水位上昇に影響を与えるため、下流で流入する芋生川流域を多田院流域に組み込むモデルとした。

表-1：流出予測システムの改良項目等一覧（全項目）

| 項 目         |                   | 内 容                                                                                                             |
|-------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 流出モデルの改良    | 予測地点の追加           | 畦野、多田院を水位予測地点に追加した。                                                                                             |
|             | 多田院地点のH-Q式作成      | 実績の多田院水位と、銀橋流量、ダム放流量の関係から、多田院HQ式を作成した。                                                                          |
|             | 既往洪水を用いた精度検証      | 近年発生した3洪水（平成25年台風18号、平成26年台風11号、平成26年8月前線）を検証洪水として、一庫ダム下流域の流出モデル定数の検証を行った。                                      |
|             | 放流量の計算機能          | 試算放流量が放流の原則に従わない部分のプログラム修正を行った。                                                                                 |
| 予測システムの機能向上 | 自動計算機能            | 10分毎に気象データ（ダム諸量、テレメータ雨量・水位、MICS予測雨量、高精度降雨予測）を取り込み、最新のデータを使用して予測計算を自動実行する。                                       |
|             | 計算結果保存機能          | 自動計算に使用した気象データ及び予測計算結果をデータベースフォルダに保存・蓄積する。<br>検証、演習などで計算を行った結果を任意で保存できる。                                        |
|             | 自動補填機能            | 自動計算時に、欠測がある場合は、欠測値の自動補填を行う。<br>自動補填した値は、再計算時に、数値確認画面で確認・修正を行うことができるものとする。                                      |
|             | 水位データのインターネット経由入力 | インターネット「川の防災情報」から、リアルタイムで「多田院」の水位データを取得して、予測計算に使用する。                                                            |
|             | 予測降雨の変更対応(1)      | 関連業務（①高精度降雨予測システム改良業務）で変更された予測雨量の取り込みを行う。                                                                       |
|             | 予測降雨の変更対応(2)      | 関連業務（②降雨予測提供システム改良業務）で変更されたMICS短時間予測雨量、長時間予測雨量の取り込みを行う。                                                         |
|             | 閾値を超えた場合の警報表示機能   | 自動計算の予測値が閾値を超過した場合に、警報表示画面をディスプレイにポップアップ表示する。<br>閾値として、ダムの基準水位、ダム流入量、弾力的管理期間中の貯水位、予測雨量、水位観測地点の基準水位等を設定できるものとする。 |
|             | ただし書き操作申請資料作成機能   | 現在画面表示されている予測計算結果を、ただし書き操作申請様式エクセルファイルに貼り付けを行う。                                                                 |
|             | 下流浸水想定自動記載機能      | ただし書き操作申請様式エクセルファイルに下流浸水被害デープルを追加し、下流基準地点の予測結果から浸水被害数量を算定する。                                                    |
|             | ダム操作設定            | ダムの後期放流目標水位を、期別（洪水期、非洪水期、弾力的管理期間）の設定を可能にする。<br>ダム放流量手入力機能に、1時間/10分を切り替えて入力できる機能を追加する。                           |
|             | 流出予測結果グラフの書式調整機能  | 予測結果を表示する地点グラフの軸目盛、線種、色、フォントの設定、変更を行う機能を追加する。                                                                   |
|             | ファイアウォールの設定       | インターネット経由でシステムに取り込む多田院水位データのセキュリティ対策として、ファイアウォールが機能するように接続設定を行う。                                                |
|             | 画面レイアウト           | 画面の見易さ、文字サイズの検討を行う。                                                                                             |
|             | 印刷機能の拡充           | プリンター選択、PDF出力を行うことができる。<br>数値表示画面は、印刷範囲（開始日時～終了日時）を指定して印刷できる。                                                   |
|             | 定数設定・変更・リセット      | 流域定数、HQ式を「設定」「変更」または「初期値に戻す」機能を追加する。                                                                            |
|             | 河道断面図データの更新       | 河道横断測量データをエクセルで編集、保存できる。保存した「横断図.xls」ファイルを読み込んで、横断図データを更新する。                                                    |

表-2：流域面積とその比率

| 流域名（ダム流域を除く）  |            | 流域面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 採用比率  |
|---------------|------------|----------------------------|-------|
| 多田院上流域（柳谷川除く） |            | 120.1(85.8)                | 90.0  |
| 支川            | 柳谷川流域      | 3.8(2.7)                   | 2.5   |
|               | 芋生川流域      | 5.0(3.6)                   | 2.5   |
|               | （塩川・矢間川）流域 | 11.1(7.9)                  | 5.0   |
|               | 支川計        | 19.9(14.2)                 | 10.0  |
| 銀橋上流域         |            | 140(100.0)                 | 100.0 |

## (2) 銀橋地点H-Q式を基とする多田院地点のH-Q式の作成

多田院地点は、直近上下流の河道に直線区間がないこと等から流量観測が困難なため実施されておらずH-Q式は実在しない。しかし、今回の流出予測システムの精度向上には、H-Q式が必要なため、下流の銀橋地点から推定することとした。

多田院H-Q式の作成にあたって多田院実績水位と多田院推定流量を用いてH-Q式を作成した。

多田院推定流量は以下のとおり定義した。

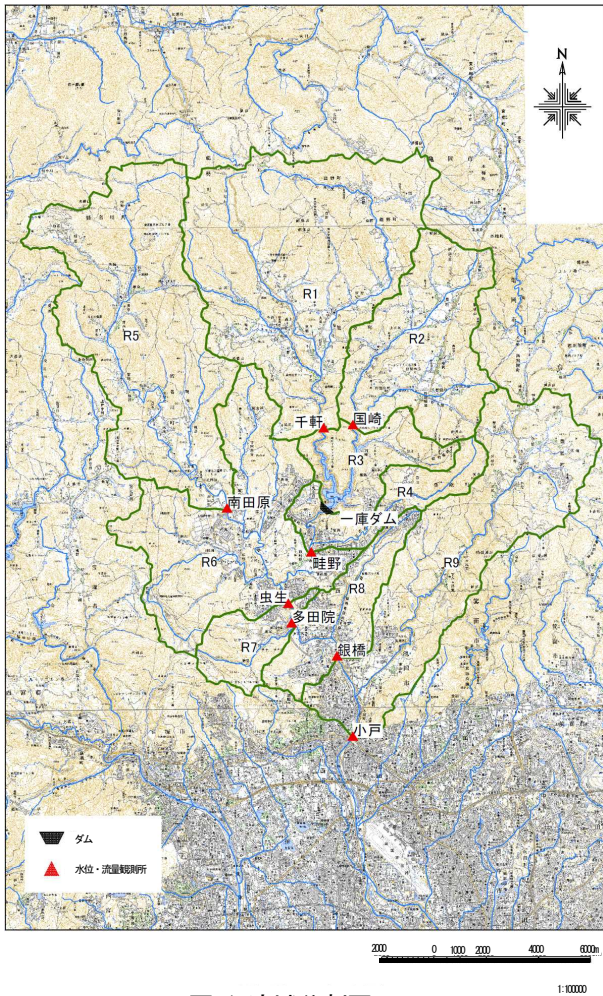


図-1:流域分割図

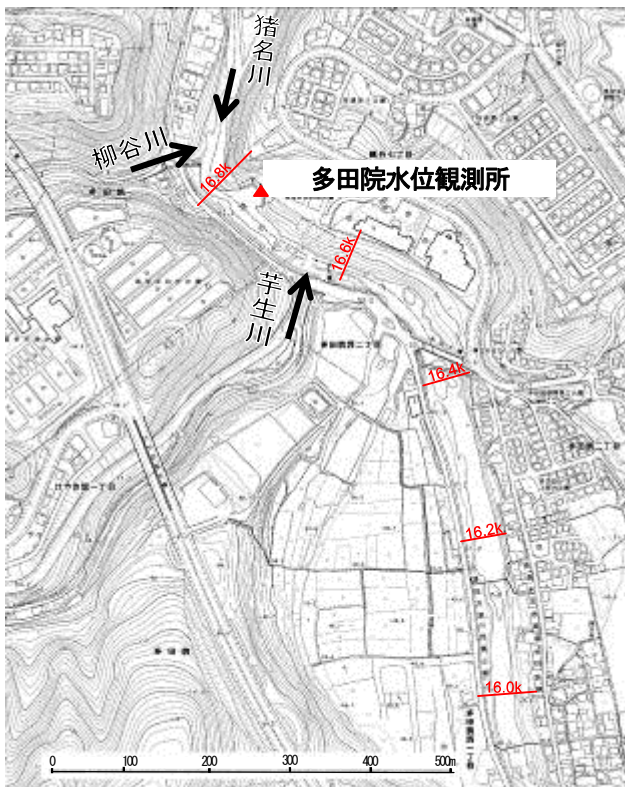


図-2:多田院付近平面図

○多田院推定流量

$$= \text{ダム放流量} + (\text{銀橋流量} - \text{ダム放流量}) \times \text{流域面積比}$$

○流域面積比(表-2 参照)

$$= (\text{ダム流域を除く多田院上流域面積}) / (\text{ダム流域を除く銀橋上流域面積})$$

多田院地点と銀橋地点では、距離があるため洪水到達時間を考慮する可能性があるため平成 25 年台風 18 号、平成 26 年台風 11 号、平成 26 年前線の実績データより検証することとした。

多田院地点の実績水位と銀橋地点の実績水位を同時刻(図-5)、10 分ずらし(図-6)、20 分ずらし(図-7)、30 分ずらし(図-8)とそれぞれ時間差を考慮した計 4 パターンで比較したところ、時間差を考慮しない同時刻の結果の相関関係がもっともよかった。

このことから、H-Q式の作成にあたっては洪水の到達時間を考慮せず多田院実績水位と同時刻の銀橋流量を元とした式(1)の多田院推定流量の関係より、多田院H-Q式を作成した。結果を図-9に示す。

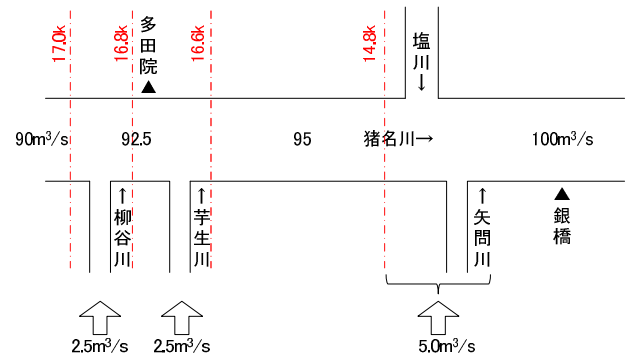


図-3:流入状況図(例示)

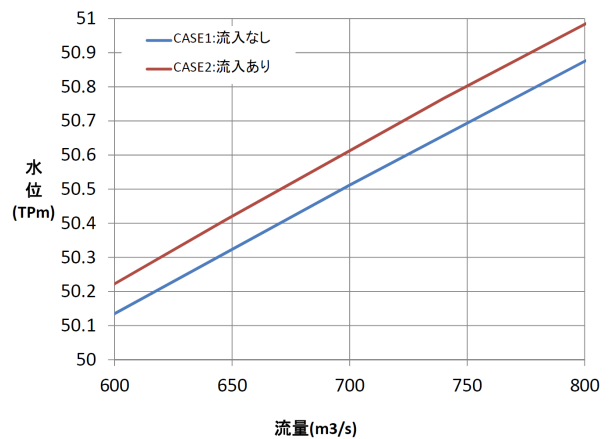


図-4:多田院水位観測所上流(16.8k)の不等流計算結果

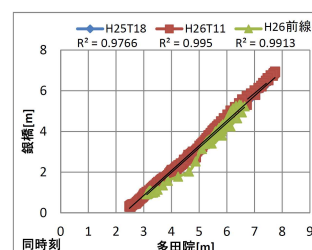


図-5 同時刻

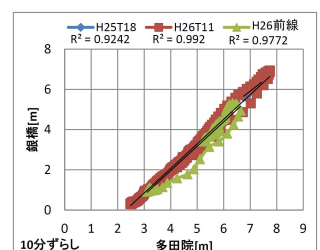


図-6 10分ずらし



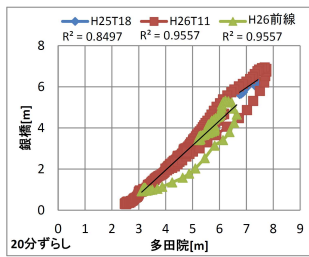


図-7 20分ずらし

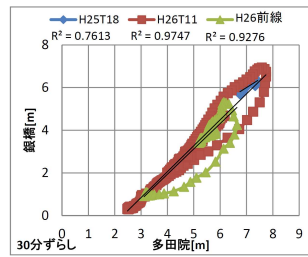
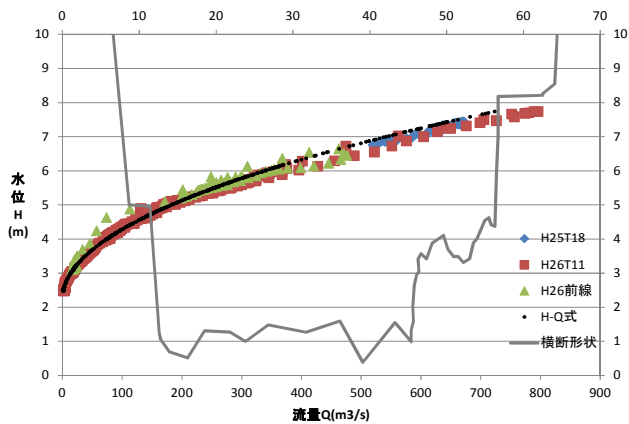


図-8 30分ずらし



| $Q=A(H+B)^2$ [m³/s] |        | 適用水位[m]  |
|---------------------|--------|----------|
| A                   | B      | H        |
| 23.908              | -2.239 | 2.240 以上 |

図-9 多田院H-Q式

### (3) 多田院地点の実績水位の取り込み

これまでの流出予測システムでは、虫生地点の予測水位から過去の実績洪水より算出した水位相関式を使用して多田院水位を求めていたが、多田院実績水位を取り込めていないため、実績水位と予測水位に差が生じて補正することができなかった。

このため、インターネットの「川の防災情報」に公表されている多田院地点の実績水位を取り込み実績水位と予測水位の誤差を補正（フィードバック）し、多田院地点の水位予測の精度向上を図るように検討した。図-10にフィードバックを行わない時、図-11にフィードバックを行った時を示す。

実績水位と予測水位の誤差を予測計算毎に補正することによって、これまで生じていた予測誤差は大きく解消することができるようになった。

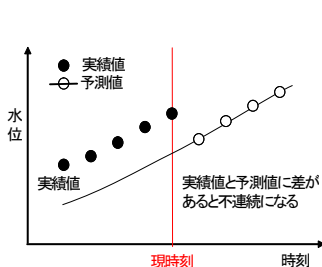


図-10 フィードバックを行わない時

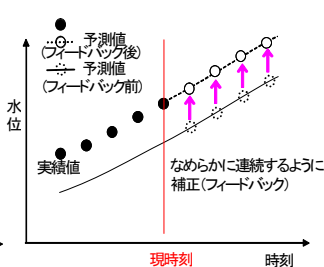


図-11 フィードバックを行った時

## 3. まとめ

本論で、検討した事項について下記のとおりまとめる。

- 従来の水位相関式による予測ではなく、残流域として多田院流域を流域分割したため、支川からの流出が早い時など、洪水の再現性がよくなることが推定される。
- 不等流計算結果より、芋生川の流入が多田院水位の変動に影響を与えることから、芋生川を多田院流域として組み込むモデルとした。
- 多田院 H-Q 式の作成にあたっては、比較検討の上、多田院地点から銀橋地点までの洪水到達時間を考慮せず  
○多田院推定流量  
=ダム放流量+(銀橋流量-ダム放流量)×流域面積比  
○流域面積比  
=(ダム流域を除く多田院上流域面積)/(ダム流域を除く銀橋上流域面積)  
と定義し、多田院実績水位と多田院推定流量の関係から作成した。
- インターネットより多田院地点の実績水位を取り込むことにより予測水位と実績水位の誤差を予測計算結果毎に補正することができるようになり、実態に即した予測水位を得られるようになった。

## 4. 今後の課題

(1) 今回の流出予測システム変更後、平成 27 年 7 月の台風 11 号の出水が検証洪水となった。その結果、多田院地点の予測水位が実績水位よりも若干大きい傾向となった。この主な原因は、雨量予測の変動が大きな影響を及ぼしている可能性が高いと考えられる。

(2) 多田院推定流量を算出する過程でダム放流量を用いているが到達時間を考慮していないために今後は、最適な時間差を考慮する必要がある。

(3) 今回多田院地点を新たに流域分割したことによりダムより下流の各予測地点で用いる流出計算の定数を見直した。その検証で用いた洪水は、平成 25 年台風 18 号、平成 26 年台風 11 号、平成 26 年前線の 3 洪水のみである。そのため、さらなる予測精度の向上には、その他の既往洪水についても検証の対象に入れ定数を設定していく必要がある。

## 参考文献

- 川西市地域防災計画風水害等対策計画編。2014。川西市。p. 152