

九州北部豪雨を踏まえた流出予測システムの構築

伊藤 祐美¹・林 幹男²・黒木 裕次³

1. 独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 管理課 (〒518-0413 三重県名張市下比奈知 2811-2)
2. 独立行政法人水資源機構 早明浦ダム管理所 管理所長 (〒778-0040 高知県土佐郡町田井 6591-5)
3. 独立行政法人水資源機構 日吉ダム管理所 主査 (〒629-0335 京都府南丹市日吉町中神子ヶ谷 68)

小石原川ダム、江川ダム、寺内ダムがある朝倉市では、近年、九州北部豪雨 (H24, H29) や西日本豪雨 (H30) など、線状降水帯による局所的な豪雨が発生している。線状降水帯は雨域が不安定であり、発生する場所、降雨時間の予測が難しいことから、ダムの洪水調節を行うには技術者の経験や判断が必要とされる。独立行政法人水資源機構朝倉総合事業所 (現：筑後川上流総合管理所) で構築された流出予測システムは、流出予測の精度向上のため、分布型モデル、貯留関数モデルの 2 つのモデルを採用すると共に、対応が難しい線状降水帯に対して、技術者の判断を支援する機能を検討した。

本稿は、新たに構築される、小石原川ダム、江川ダム、寺内ダムにおける流出予測システムの構築及び技術者支援機能の検討結果を報告するものである。

Key Words : 流出予測システム, 分布型モデル, 貯留関数モデル, レーダ雨量, CommonMP

1. はじめに

小石原川ダム、江川ダム、寺内ダムがある朝倉市では、近年、いわゆる九州北部豪雨 (H24, H29) や西日本豪雨 (H30) など線状降水帯による局所的な豪雨が発生している。線状降水帯は発生する場所、降雨時間の予測が難しい上に、発生すると激しい雨が三時間以上降り続くことがあるため、ダムの洪水調節を行うには技術者の経験や判断を要することになる。

本稿は、局所的な豪雨に対する流出予測システム構築と、必要とされる技術者の判断を支援する新機能の検討を行った結果を報告するものである。

2. 流出予測システムの構築

(1) 流出予測モデルの構築

分布型モデルはメッシュ状の物理モデルであるためレーダ雨量の降雨分布を反映できるという利点があるが、パラメータが多いため精度にばらつきが生じる。そこで貯留関数モデルを併用することでモデルによる誤差を低減することが可能となり、より高い精度が得られると考

えられた。したがって本システムでは分布型モデル、貯留関数モデルの 2 つのモデルを採用することとした。

a) 分布型モデルの構築

分布型流出モデル¹⁾は図-1に示すように、流域内の全メッシュに鉛直方向 3 層(表層、不飽和層、地下水層)のモデルと、河道モデルから構成されている。表層モデルは、土地利用別に 5 分類 (森林、田、畑、市街地、その他) のタンクモデルによって構成し、不飽和層モデルや地下水層モデルはそれぞれ土壤データ・表層地質データ

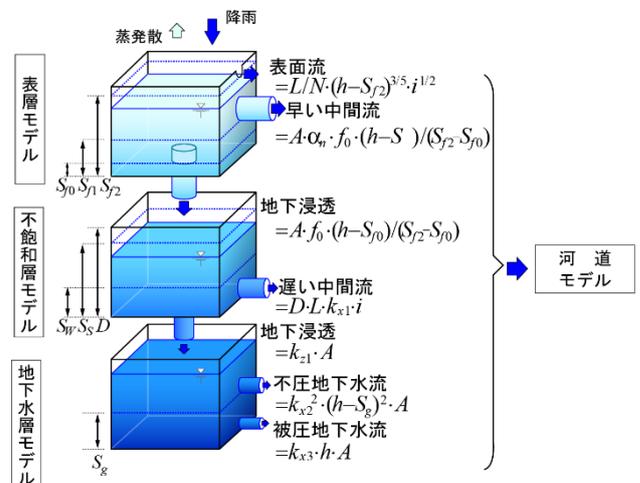


図-1 分布型モデルの概要図

から浸透度別に3分類したタンクモデルで構成した。各層の水は落水線に沿って河道に流入し、河道モデルの河道内流量はKinematic Wave法によって計算される。このモデルでは、土地利用、土壌、表層地質の局所的な水文学的特性が反映できる。

b) 貯留関数モデルの構築

貯留関数モデルは、古くから流出量の算定において多くの適用事例がある手法である。主なパラメータは流域定数 (K, P)、遅滞時間 (TL) であり、大流域で降雨波形と流出波形が滑らかな形状である場合に適合性が高いことが多い。またダム計画等で検証されるモデルとしても採用されている。

(2) 新支援機能の構築

a) 職員へのヒアリングの実施

本システムが洪水時のダム操作における技術者の判断を支援できるようにするため、実際にシステムを使用する職員へヒアリングを実施した。その結果得られた課題から、新しい機能の構築を図った。

b) 下流河道のモデル構築

下流基準地点の影響を明確にし、ダムの評価を行うため、下流河道をモデル化する機能を追加する。

ダム下流の洪水調節効果の算出、予測される放流量及び残流域をもとに、小石原川ダム、江川ダムを流下する小石原川、寺内ダムを流下する佐田川において、縦断的な水位把握が可能となるよう、一次元不定流計算モデルを構築する。

3. 流出予測システム精度評価

(1) レーダ雨量の精度評価

小石原川、寺内、江川の3ダム流域におけるレーダ雨量の特性を把握するため、小石原川及び佐田川流域におけるレーダ雨量について地上雨量観測所との比較を実施した。レーダ雨量は国土交通省全国合成レーダ、気象庁全国合成レーダ、統合プロダクトの3つを用いた。

過去12年間(平成18年~平成30年)における代表的な洪水波形として大規模3洪水、中小規模7洪水、計10洪水において精度評価を実施した。図-2に大規模洪水である平成30年7月6日洪水、図-3に中小規模洪水である平成26年7月3日洪水の流域平均雨量と、実績レーダ雨量との精度比較結果を示す。

大規模洪水ではレーダ雨量のピークが過大になっているのに対し、中小規模では過小になっている。以上のこ

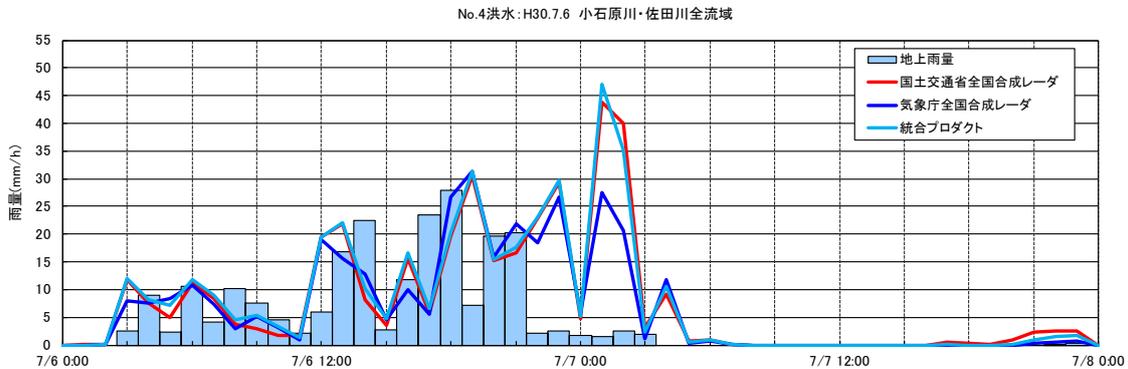


図-2 レーダ雨量と地上雨量流域平均雨量との比較 (平成30年7月6日洪水)

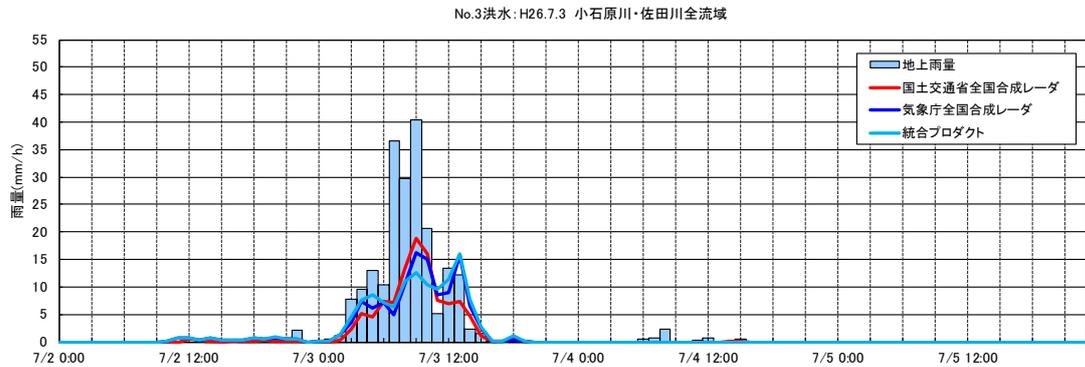


図-3 レーダ雨量と地上雨量流域平均雨量との比較 (平成26年7月3日洪水)

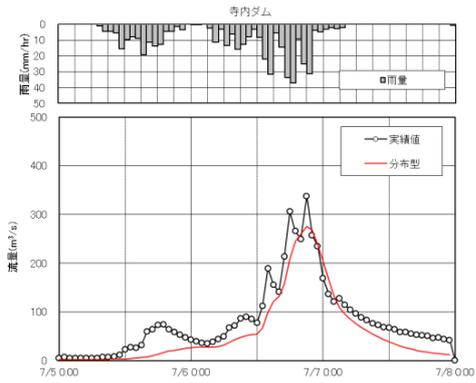


図-4 流入量予測結果（分布型，大規模，レーダ雨量）

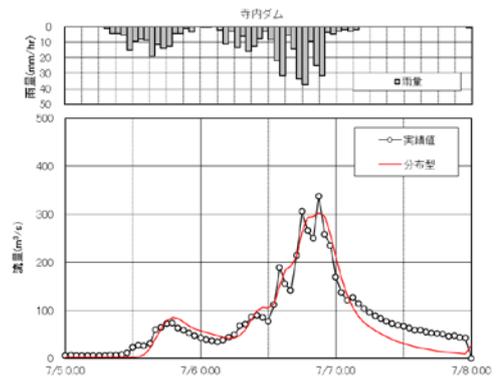


図-5 流入量予測結果（分布型，大規模，地上雨量）

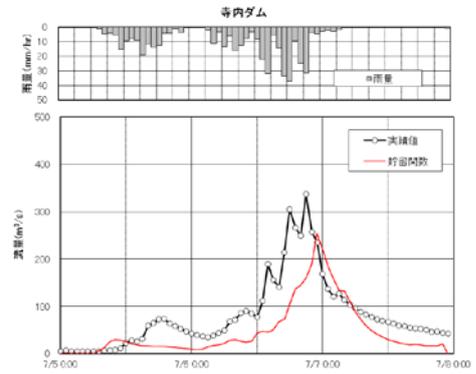


図-6 流入量予測結果（貯留関数，大規模，レーダ雨量）

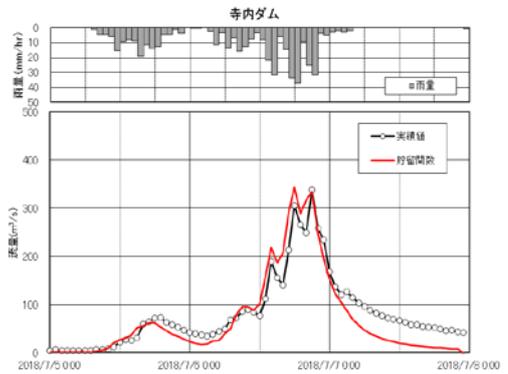


図-7 流入量予測結果（貯留関数，大規模，地上雨量）

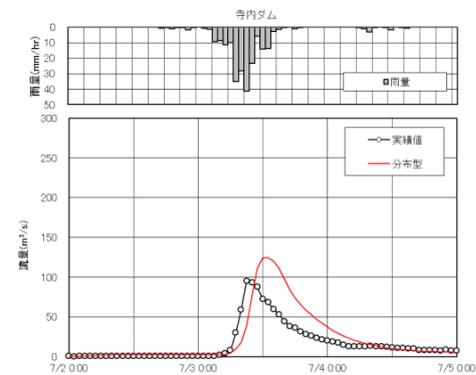


図-8 流入予測結果（分布型，中小規模，レーダ雨量）

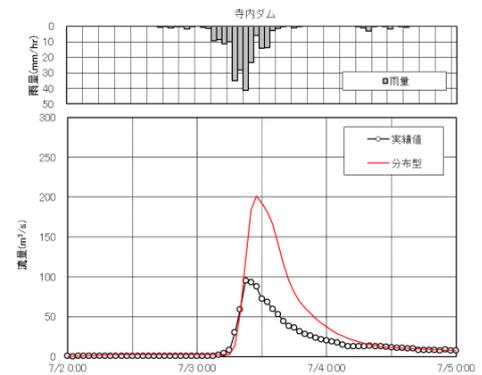


図-9 流入量予測結果（分布型，中小規模，地上雨量）

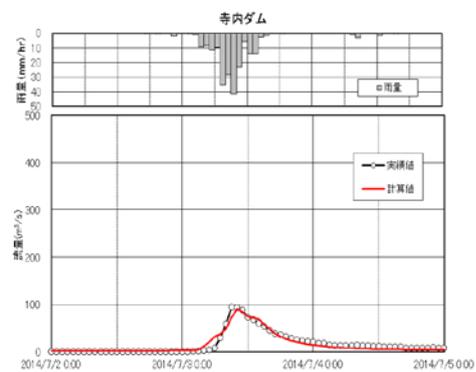


図-10 流入予測結果（貯留関数，中小規模，レーダ雨量）

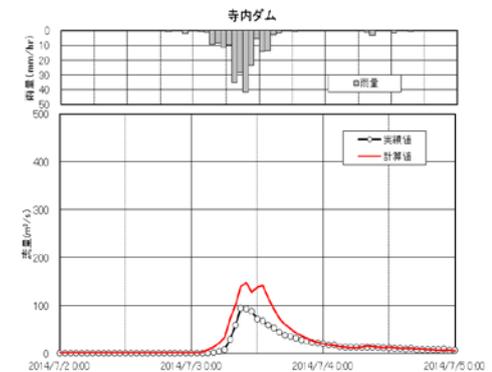


図-11 流入予測結果（貯留関数，中小規模，地上雨量）

とから、レーダ雨量は降雨量等によってばらつきが生じることがわかる。

(2) 流出モデルの精度評価

レーダ雨量にばらつきが生じることから、これを補う方法として、再現性の高いパラメータを同定できるとされている SCE-UA 法によって、分布型モデルのパラメータ設定を行うこととした²⁾。分布型モデルと貯留関数モデルの精度評価をレーダ雨量、地上雨量で行った。図-4、図-5、図-6、図-7 に平成 30 年 7 月 6 日大規模洪水を外力としたもの、図-8、図-9、図-10、図-11 に平成 26 年 7 月 3 日中小規模洪水を外力としたものの結果を示す。

大規模洪水では地上雨量の方がレーダ雨量より精度が高くなるのに対し、中小規模洪水ではレーダ雨量の方が地上雨量より精度が高くなっている。

また、大規模洪水では分布型モデルの方が貯留関数モデルより精度が高くなるのに対し、中小規模洪水では分布型モデルの方が貯留関数モデルより精度が高くなっている。以上のことから、モデルの精度は降雨量等によってばらつきがあることがわかる。

(3) 考察

a) レーダ雨量の特徴

対象流域におけるレーダ雨量と地上雨量観測所の比較結果にばらつきがあることがわかった。この要因として、線状降水帯による強雨域の発生箇所の不安定性が考えられる。線状降水帯の発生域は急激に発達するため、その場所の特定は困難である。少し発生箇所がずれるだけで流域界に入ることから、移動しやすい線状降水帯は、特に図-12 に示すように流域面積が小さく南北に短い形状の小石原川や佐田川流域では、発生箇所が南北にずれた場合の影響が大きいと推測される。

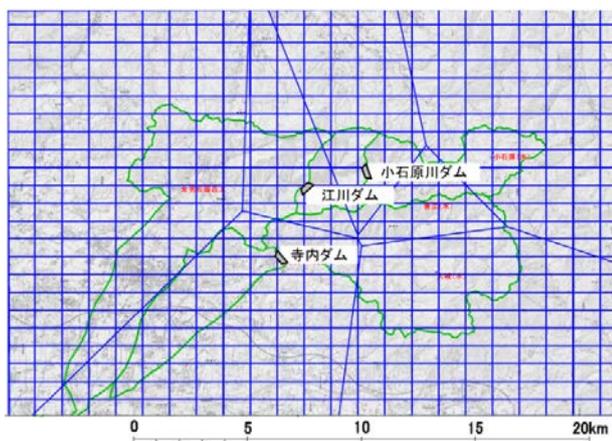


図-12 ティーセン分割図及び 1km メッシュ図

b) レーダ雨量精度のずれに対する対応

レーダ雨量の精度について、現況レーダ雨量でも精度が高くないことがある現状では、予測レーダ雨量による予測流入量の精度については、留意する必要がある。その対策として、予測雨量の精度向上が望まれるが、雨域発生箇所の不確実性を払拭するには至っていない。

c) 流出予測モデルの検討結果

貯留関数モデルと分布型モデルの比較結果から、降雨量等によって精度にばらつきがあった。中小規模の地上雨量が過大に算出された要因として、平成 26 年 7 月 3 日洪水前は渇水期で降雨がなく土壌が極めて浸透しやすい状態にあり、流出する流量が少なかったため、過大評価したと考えられる。

降雨量、土壌状況により分布型モデル、貯留関数モデルの精度にばらつきが生じることから、2 つのモデルを併用することで予測パターンを増やし、ダム操作における判断材料を増やすことが望ましいと考えられる。

4. 新支援機能の検討

(1) 職員へのヒアリング結果

職員へのヒアリング結果とその対応を表-1 に示す。大きく 2 つの意見が見られた。

1 つ目の意見は放流計画の作成に関するものある。ヒアリング時の意見は以下の通りである。

- 雨量や放流量を手入力することで任意の予測が立てられるようにしたい。
- 現在の放流量を継続した場合のダム貯水位が簡単にわかるようにしたい。
- 流入量を等倍にした場合の予測が簡単にできるようにしたい。
- 雨域を移動させ、雨量予測を任意に立てられる機能がほしい。

以上の意見に対する対応として、図-13 に示すように、ダム放流量、流入量を手入力できる機能、予測雨量を等倍する機能を検討した。また、図-14 雨域を移動させる機能として、レーダ雨量に表示されている雨域を任意で移動できる機能を追加した。

表-1 ヒアリング結果とその対応

ヒアリング結果	対応
放流計画の作成	放流量、雨量の手入力 雨域の任意移動機能
外部閲覧機能	流出予測結果の携帯端末での閲覧
警戒体制移行時の情報配信	警戒体制移行のメール配信



図-13 手動予測画面（条件設定）



図-14 手動予測画面（雨域の変更）

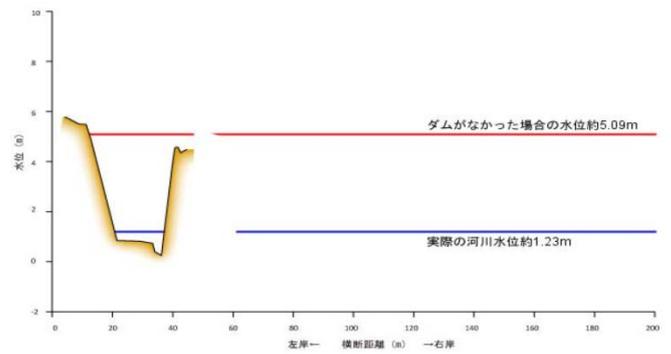


図-15 ダムあり・なしでの河川水位と浸水エリアの表示例

2 つ目の意見は情報配信に関するものである。ヒアリング時の意見は以下の通りである。

- 警戒体制移行時の情報を配信してほしい。
- 流入予測結果を外部でも見られる機能がほしい。

以上の課題に対する対応として、警戒体制移行時のメール配信機能の追加、流入予測結果を携帯端末で閲覧できる、外部閲覧機能の追加を検討した。

(2) 下流河道モデルの検討

本システムでは、CommonMP によって洪水調節効果算定モデルを構築し、洪水直後に自動演算できるようにした。CommonMP とは国土交通省国土技術政策総合研究所が中心となって開発した共通プラットフォームソフトウェアである³⁾。

図-15 に示すように、ダムあり・なしでの河川水位や想定浸水エリアを表示できたり、浸水戸数等を自動演算し、出力することができたりするため、洪水後のダム効果の評価に用いることが出来る。また、自動予測結果のみならず、手動予測結果においても浸水エリア、浸水戸

数を算出することができるため、ダム操作を行う際の判断材料として使うことが出来る。

出力した氾濫エリアや浸水戸数等は公表資料の根拠として活用できるため、出水後における公表を速やかかつ効率的に行うことが出来る。

5. おわりに

近年増加している局所的な線状降水帯による豪雨は、洪水時のダム操作をより高度なものにしている。

本システムは予測の難しい線状降水帯に対応するため、分布型、貯留関数型の2つのモデルを用いることで、技術者の判断材料を増やすこととした。さらに、技術者を支援する機能を追加することで、より使いやすいシステムの構築を目指した。

本システムは運用を開始し始めたばかりであるため、今後、各モデルの予測結果の傾向を見いだすことや、より使いやすい画面構成をつくること等は課題となってい

る。しかし、本稿で述べた、新しく追加した支援システムが流出予測システムの精度向上及び技術者の支援に少しでも活かされれば幸いである。

参考文献

- 1) 安陪, 大八木, 辻倉, 安田: 分布型流出モデルの広域的適用, 水工学論文集, Vol. 46, pp. 247-252, 2002.
- 2) 松原隆之, 土田和敏, 日比谷正則: SCE-UA 法と適用した分布流出モデルの代表パラメータ設定手法に関する検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 71, No. 4, I_265-I_270, 2015.
- 3) 立川康人: 降雨流出予測の最新技術, 河川 67(1), 38-42, 2011-01, 日本河川協会