

降雨予測の精度向上施策によりダム流入量に与える影響について

中電技術コンサルタント株式会社	正会員	○天野 卓三
中電技術コンサルタント株式会社	正会員	石井 智博
山口大学大学院	正会員	朝位 孝二
山口大学大学院	正会員	白水 元

1. はじめに

近年、大規模な被害をもたらす雨の降り方や気候変動による降雨の更なる増加への対応策として、上流で洪水を貯留するダムは運用の変更や施設の改良によって、外力の増大に的確に対応する施策が検討されている。

ダムの運用として、「施設能力を最大限発揮させるための柔軟で信頼性のある運用」が求められる中、石井ら¹⁾はダム防災操作の「信頼性のある運用」に向けて、降雨予測の精度向上施策によりダム流入量に与える影響を検証することを目的とした「Neural Network を用いた降雨予測の修正」を行っている。

本研究は、石井ら¹⁾の Neural Network を用いた降雨予測の修正方法を用いて、二級河川阿武川水系阿武川ダム上流域の流域平均雨量を対象に、MSM 予測雨量を修正し、阿武川ダムに流入する総ボリュームの精度検証を実施した。なお、MSM 予測雨量の修正は、24 時間雨量を対象とした。

2. 流域を対象とした Neural Network

(1) 使用するデータ

山口県内において低標高洪水吐を有する施設として、二級河川阿武川水系の阿武川ダムを対象とした。

なお、検証対象データは、阿武川ダムで洪水調節が行われた主要 3 洪水(2009 年 7 月 20 日洪水, 2010 年 6 月 27 日洪水, 2010 年 7 月 15 日洪水)とし、流域平均雨量について Neural Network による修正を行った。

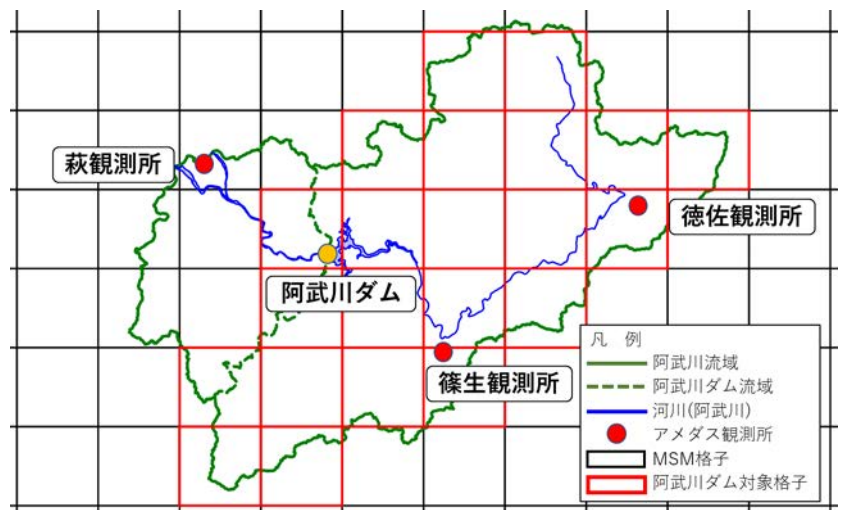


図-1 二級河川阿武川水系と MSM 対象格子図

阿武川ダム上流域の流域平均雨量は、地上雨量観測所(気象庁, 山口県所管の 24 観測所)から得られる実測雨量をティーセン法により求めた実測の流域平均雨量と、MSM 予測雨量について、流域に含まれる 22 メッシュ内の雨量を単純平均したものを予測の流域平均雨量とした。

(2) Neural Network による予測雨量の修正方法

MSM 予測雨量(24 時間累積雨量)の修正方法は、石井ら¹⁾が示している Neural Network による修正方法(実測雨量と MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量がともに閾値 20mm 以上のデータで学習させ、20mm 以上の MSM 予測雨量のデータを修正した場合(20mm 未満のデータは修正なし))を用いて、主要 3 洪水の実測雨量と MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量流域平均雨量を修正した。ただし、3 洪水を検証するにあたり、検証する洪水を除く 2 洪水を学習データとして使用し、解析する洪水を学習データに含めないようにしている。

キーワード MSM 予測雨量, Neural Network, ダム流入量ボリューム

連絡先 〒734-8510 広島市南区出汐二丁目 3-30 中電技術コンサルタント株式会社 河川本部河川砂防部

TEL 082-256-3348

(3) Neural Network による予測雨量の修正結果

2009 年 7 月 20 日における実測雨量の 24 時間累積雨量と MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量の時系列を図-2 に示す。この事例では 7 月 20 日の MSM 予測雨量が実測雨量よりも大きい。全体的には MSM 予測雨量は実測雨量よりも小さい。石井らの手法 2 を用いた修正結果を図-3 に示す。実測雨量の 24 時間累積雨量が 100mm 以上を超えている 7 月 20 日 12 時～7 月 21 日 6 時までで 60mm 以下の MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量が実測雨量に近い値まで上方修正された。また、MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量が 250mm と予測していたものが 200mm まで下方修正され、予測雨量の精度は流域平均雨量でも向上している。

2010 年 6 月 27 日における修正結果を図-4、図-5 に示す。修正前では、80mm を超える期間では MSM 予測雨量は過少な降雨量となっている。6 月 27 日 0 時～6 月 27 日 6 時に実測雨量の 24 時間累積雨量が 150mm 程度の降雨に対して MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量が 80mm 程度まで上方修正された。一方で、実測の 24 時間累積雨量が 100mm 以下、かつ、MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量が 60mm 以下と予測したものが 100mm 程度まで過剰に修正された。

2010 年 7 月 15 日における修正結果を図-6、図-7 に示す。この事例でも MSM 予測雨量は実測雨量よりも小さい。7 月 12 日 18 時～7 月 14 日 18 時までの実測雨量の 24 時間累積雨量が 120mm を超える期間においては、MSM 予測雨量の 24 時間累積雨量が約 100mm 程度まで上方修正された。

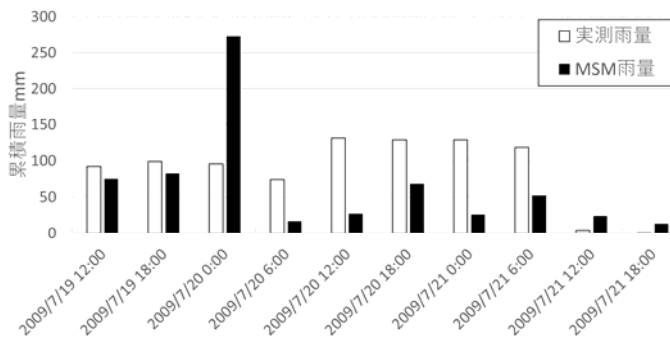


図-2 実測と MSM の 24 時間累積雨量の時系列
(2009 年 7 月 20 日)

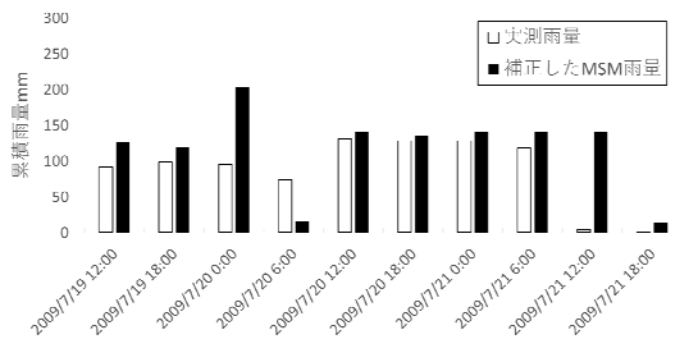


図-3 MSM 雨量を修正した結果
(2009 年 7 月 20 日)

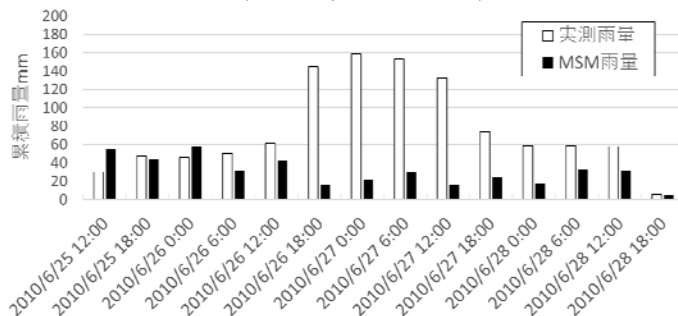


図-4 実測と MSM の 24 時間累積雨量の時系列
(2010 年 6 月 27 日)

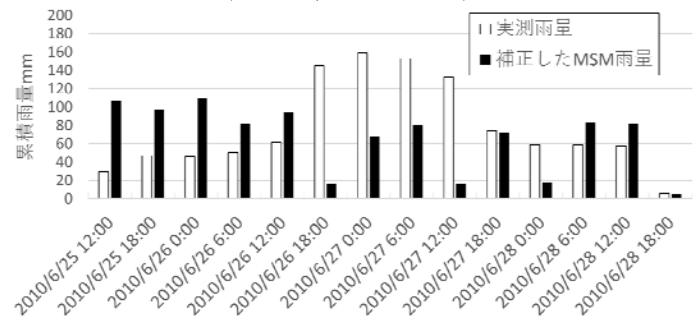


図-5 MSM 雨量を補正した結果
(2010 年 6 月 27 日)

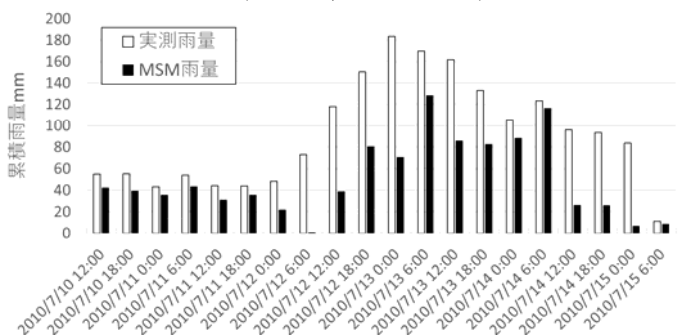


図-6 実測と MSM の 24 時間累積雨量の時系列
(2010 年 7 月 15 日)

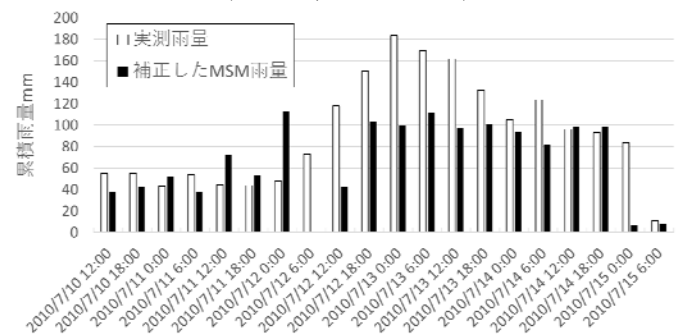


図-7 MSM 雨量を補正した結果
(2010 年 7 月 15 日)

3. 阿武川ダム流域に与える影響の検証

(1) 流出モデルの検証

Neural Network で修正した MSM 予測雨量がダム流入量に対して、どのような影響を与えるか検証するため、実績雨量を流出モデルに投入し、流出モデルの再現性の検証を行った。阿武川ダムの流出計算には平成 26 年 12 月に策定された「二級河川阿武川水系河川整備基本方針」²⁾で用いられている貯留関数法(流域・河道定数含む)を使用した。

流出計算は実測雨量, MSM 予測雨量, 補正した MSM 予測雨量の 3 種類の雨量を用いて実施した。図-8 に実測雨量を用いた流出計算結果を示す。図-8 からピーク流入量に対して、流出モデルの予測精度が良好であると確認できた。

(2) 予測雨量の検証(ピーク流入量)

各降雨ケース(予測時刻別)を用いて、実測雨量, MSM 予測雨量, 修正した MSM 予測雨量のダム流入量の流出計算を実施した。検討結果を図-9～11 に示す。

実績雨量の計算流量を黒丸, MSM 予測雨量の計算流量を実線, 修正した MSM 予測雨量の計算流量を破線で示している。なお, MSM 予測雨量は 24 時間で修正しているため, 1 時間毎の修正は 24 時間の倍率を用いて設定した。また, 予測時間は, 阿武川ダムピーク流入量発生時刻から 12 時間, 24 時間前を設定し, 複数波形の場合は数ケースの検証を行った。

2009 年 7 月 20 日のダム流入量の計算結果を図-9 に示す。MSM 予測雨量と修正した MSM 予測雨量の計算流量では実績雨量を用いた場合のピーク流入量を再現できていないが, 修正した MSM 予測雨量では, 実測雨量の計算流量に近づけることはできた。

2010 年 6 月 27 日のダム流入量の計算結果を図-10 に, 2010 年 7 月 15 日のダム流入量の計算結果を図-11, 図-12 に示す。2 洪水に関しても, 2009 年 7 月 20 日の結果と同様の傾向を示した。

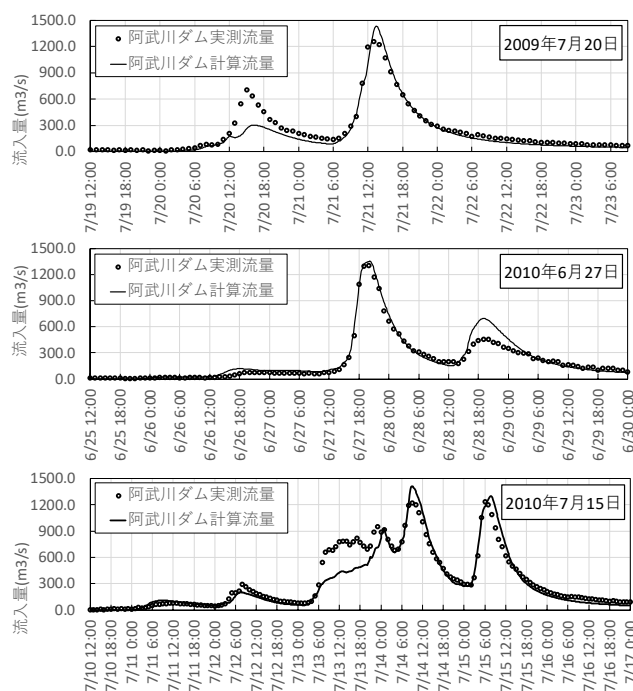


図-8 モデルの再現性

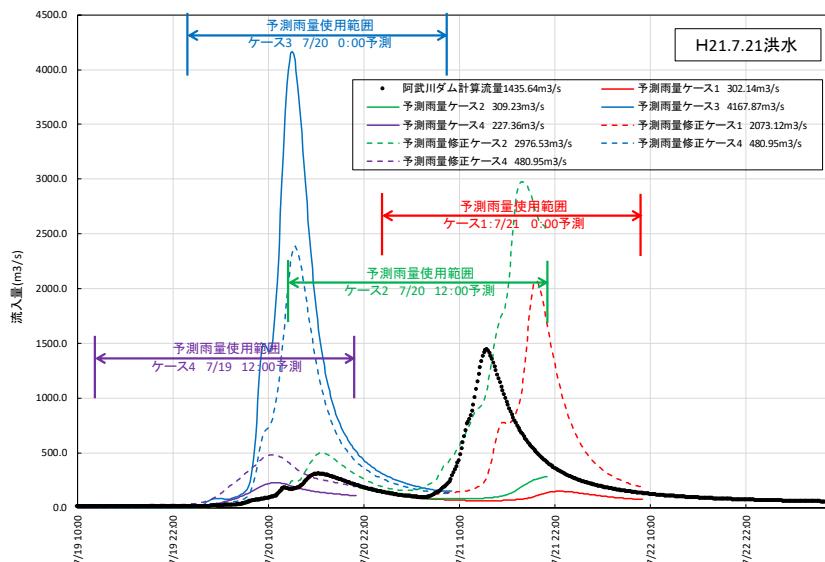


図-9 予測雨量による計算結果(2009年7月20日)

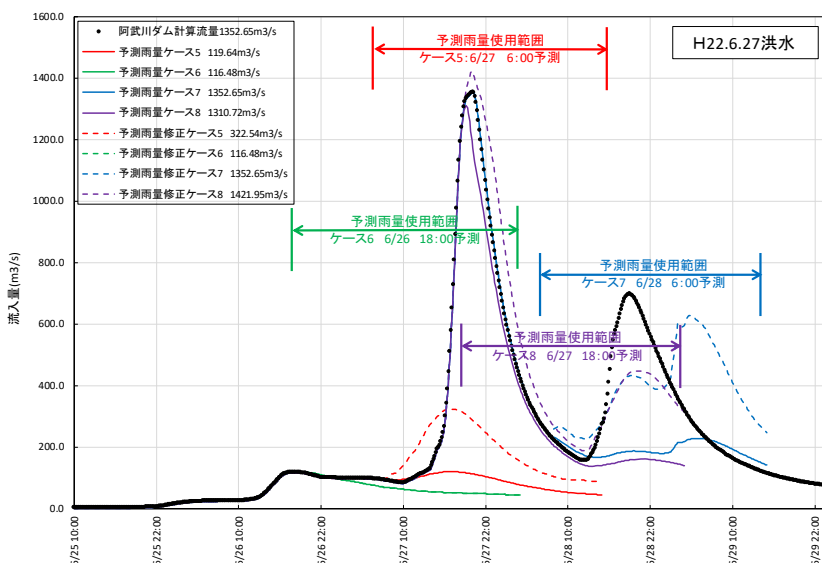


図-10 予測雨量による計算結果(2010年6月27日)

(3) 予測雨量の検証(流入ボリューム)

本研究ではピーク流入量の再現性よりもダム防災操作の判断に直結するダムへの流入ボリュームに重きを置いている。よって、検証した13ケースの実測雨量, MSM 予測雨量, 補正した MSM 予測雨量の予測開始時刻から33時間先までの総流入ボリュームの相対誤差を確認した。

表-1 に示す検証結果より, MSM 予測雨量での流入ボリュームが予測雨量を修正することで実測のボリュームに近づくことが確認され, 青字のケース(9 ケース)は相対誤差が小さくなり精度向上している。

一方で, 赤字のケース(3 ケース)は修正することにより予測精度が低下している。

さらに, 黒字のケース(1 ケース)は予測雨量が20mmに達していないため, 修正しなかったケースである。図-12 に33時間先までの流入ボリュームについて, 補正前後の相関分布を示す。全体的な傾向として, MSM 予測雨量を修正することで, 流入ボリュームが実測のボリュームに近づくことが確認された。

表-1 予測時刻～33時間先までの流入ボリューム

洪水・ケース		33時間先までの 流入ボリューム (×10 ⁷ m ³)			相対誤差	
		実測雨量	MSM雨量	修正した MSM雨量	MSM雨量	修正した MSM雨量
2009年7月20日	ケース1	49.11	11.33	62.44	3.33	0.21
	ケース2	49.13	18.87	96.60	1.60	0.49
	ケース3	15.20	101.56	64.11	0.85	0.76
	ケース4	9.51	9.62	20.66	0.01	0.54
2010年6月27日	ケース5	49.43	10.25	21.27	3.82	1.32
	ケース6	43.65	8.41	8.41	4.19	4.19
	ケース7	37.21	23.19	45.88	0.60	0.19
	ケース8	63.97	43.85	65.32	0.46	0.02
2010年7月15日	ケース9	60.36	26.77	61.25	1.25	0.01
	ケース10	91.69	93.38	75.69	0.02	0.21
	ケース11	81.92	55.22	64.64	0.48	0.27
	ケース12	82.40	57.19	48.97	0.44	0.68
	ケース13	43.00	17.68	22.12	1.43	0.94

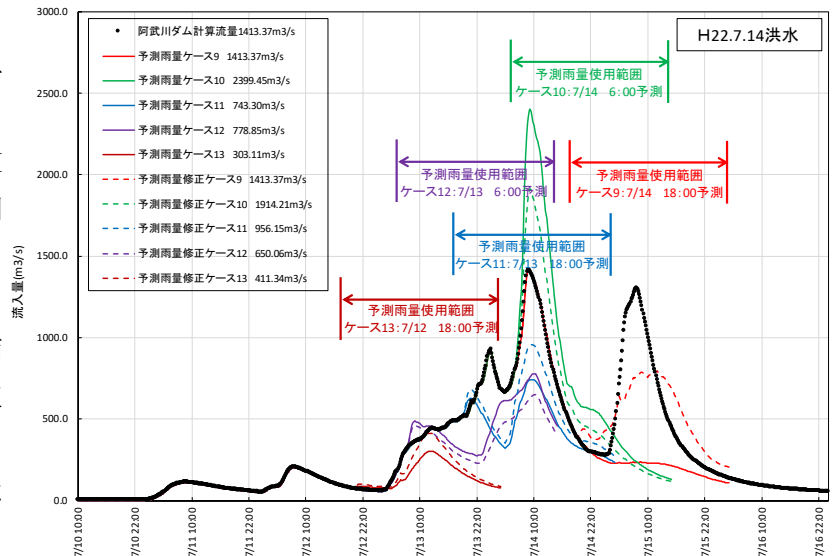


図-11 予測雨量による計算結果(2010年7月15日)

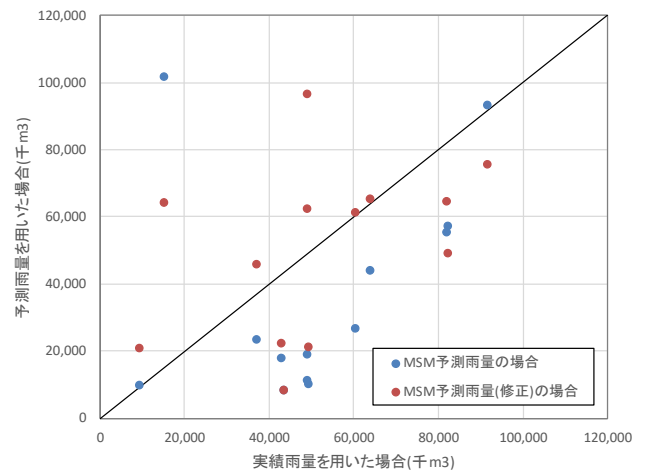


図-12 流入ボリュームの相関図

4. おわりに

本研究では以下の知見が得られた。

- ・MSM 予測雨量, Neural Network により修正した MSM 予測雨量の流出計算では, 実測雨量のピーク流入量を再現することは困難であり, 短時間降雨予測等を活用する必要があることが再確認された。
- ・一方で, 本研究の目的である流入ボリュームでは, 修正による33時間先までのダムへの流入ボリュームが実測に近づいており, Neural Network による MSM 予測雨量の修正効果が確認された。

以上の結果より, ダムの防災操作に寄与する流入ボリュームでは一定の効果が得られるが, 更なる精度向上を目的として, 学習データや学習方法などを工夫し, 長期間予測によるダム事前放流の実施判断のみならず, 流量調整や水位回復操作の判断材料など, 一雨降雨期間内のダム防災操作への適用を目指す予定である。

参考文献

- 1) 石井智博他, Neural Network による24時間長期予測雨量の精度向上について, 土木学会中国支部, 2020
- 2) 山口県, 二級河川阿武川水系河川整備基本方針, 2014