

# 淀川水系ダム群の特別防災操作について

松岡 一成<sup>1</sup>・中村 正樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 淀川ダム統合管理事務所 広域水管理課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町10-1)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 淀川ダム統合管理事務所 防災情報課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町10-1)

ダムの特例操作(ただし書き操作)の一つである特別防災操作は、ダム下流の被害を軽減するために貯留量を増やして容量を有効に活用する高度な操作である。この操作は、洪水に対してダム容量に余裕があるときに限り実施するが、その余裕の目安となる数値は各ダムで異なる。今回、この目安の数値について近年の気象予報精度の高度化及び気象データの蓄積から、淀川水系ダム群の一部である木津川筋のダム群について検証を行ったので報告するものである。

キーワード 特別防災操作、淀川水系、木津川ダム群、メソ数値予測モデル (MSM)

## 1. 特別防災操作

ダムの特例操作(ただし書き操作)には、異常洪水時防災操作と特別防災操作がある。前者は、大きな出水によりダムの洪水調節容量を使い切る可能性が生じた時に流入量と同じ放流量に移行するための操作であり、各ダムの操作規程及び操作要領等により定められている。後者は、ダム下流の河道整備不十分な箇所被害を軽減するためにダム放流量を調節したり、複数のダムで貯水容量を融通し連携して下流の浸水被害を防止・軽減するダムの容量を有効に活用する高度な操作である。

淀川水系では図-1に示すように上流、主に3河川(桂川、宇治川、木津川)で形成され、桂川の上流では日吉ダム、宇治川の上流では天ヶ瀬ダム、木津川の上流には高山ダム、布目ダム、室生ダム、青蓮寺ダム、比奈知ダムの7つのダムがあり管理者については国土交通省近畿地方整備局管理のダム、独立行政法人 水資源機構の管理するダムがある。これらのダムにおいて特別防災操作を単独で実施するのではなく連携して実施し、ダムの貯留能力を互いに融通することにより効率的・効果的なダム操作を近畿地方整備局の指示のもと実施してきている。

特に、木津川筋のダム群において操作規程等に定められる通常時の操作(以下本則操作)では、ダム下流の無害流量(下流で被害が発生しない流量)から設定されていないため、本則操作を実施すると、下流の河道整備が不十分な箇所で氾濫が頻発してしまう。これを防ぐために各ダム連携した特別防災操作を過去から実施しており、平成21年18号台風では、特別防災操作により名張市街の洪水被害を回避し、土木学会賞や名張市長より感謝状を受けている。図-2に特別防災操作のイメージ

ジ、図-3に特別防災操作実施時のダムでのハイドログラフを示す。

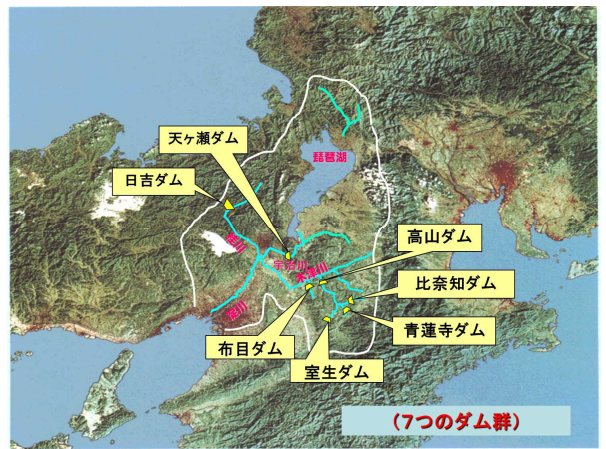


図-1 淀川水系のダム群

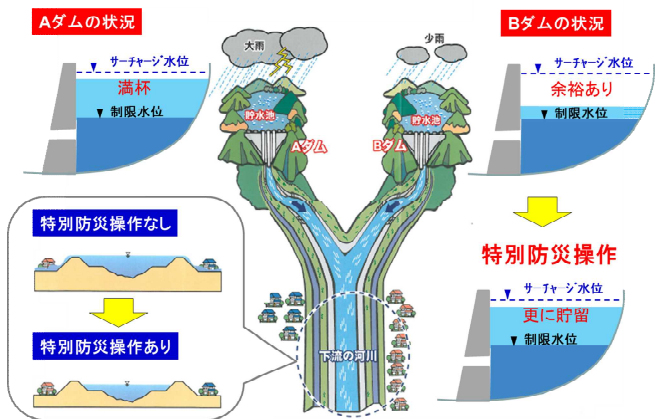


図-2 特別防災操作イメージ

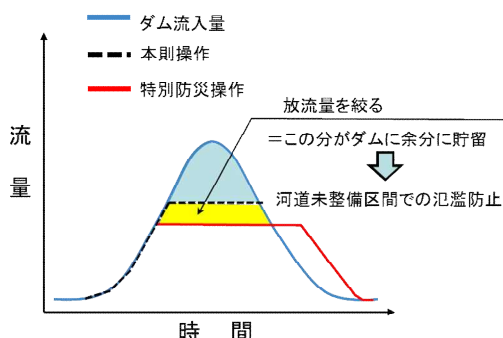


図-3 ダムのハイドログラフ

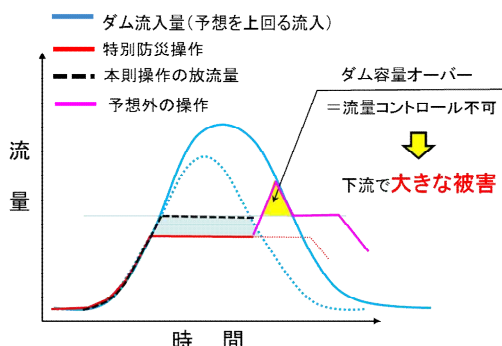


図-4 特別防災操作とリスク

## 2. 特別防災操作のリスク

特別防災操作を行い河道整備が不十分な箇所では氾濫を生じさせないようにダムの放流量を絞ることは、本則操作であれば河道の方で受け持つ負荷（流量）をダムの方で受け持つ行為でありダムの貯留能力を先使い（計画より早くダム容量を消費）している操作となる。このため予想を上回る整備計画規模（過去に経験した最大規模等）のような大きな洪水の時に同様の操作を実施していると、ダムの貯留能力を計画より早く使いきってしまい河道整備が完了している箇所も含めて氾濫が起きることになり、より大きな被害を発生させてしまう危険性をはらんでいる。（図-4 参照）

このようなことが生じないように、特別防災操作を実施する場合には、不確実なものを科学的な検証をおこなっていかに確実なものにするかが重要であり、そのためには常時から過去の情報を精度良く分析して降雨予測の不確実性の度合いを見極め、その不確実性の度合いからダムの貯留量の余裕を一定量決めておいて、それを確保しうることを確認してから操作判断することが不可欠となる。

## 3. 本論の目的

淀川水系のダム群においては過去に判断に迷うことなく適切な特別防災操作が出来るように「淀川水系ダム群の洪水時統管指示操作の実施に向けた取り組み」<sup>1)</sup>の中で操作手順書が示され、現在まで運用してきている。

近年では、メソ数値予報モデル（MSM）等の気象庁から出されるデータの精度の向上および、予測時間の延長、情報更新頻度が高くなってきており、そのデータの蓄積も進んでいる。

ダムの貯留量は、総流入量と総流出量の差分となることから総流入量を支配することとなる積算雨量に注目して、今回は淀川ダム群のうち複数のダムが密集している木津川ダム群において上記の気象予測技術の向上を踏まえ降雨予測と実際に降った雨を比較検討し、降雨予測雨量を何倍にしておけば実測の降雨量が収まるか予測誤差α値を算出し、手順書への反映を行うことを目的とする。

## 4. 検証手法および結果

気象庁から出されるメソ数値予報モデル（MSM）については、平成13年3月から気象庁の方で運用されているが予測時間が33時間となった平成19年以降を対象（現在の予測期間が39時間となった平成25年以降を対象としたいが、データが少ないため）に、木津川ダム群の地域で概ね100mm以上の洪水を選抜すると7洪水。また、7洪水の内その原因が台風であった洪水は6洪水、前線性であったのが1洪水であった。その中で流出量が100m<sup>3</sup>/sに満たず布目ダムのみ特別防災操作を実施した2回は除いた5洪水（全て台風性）について検証を行った。手法としては気象庁から出された予報値と予報値が出されて以降の実績降雨を比較し降雨ピークの2日前、降雨ピーク1日前、降雨立上り、降雨ピーク時、降雨終了時のそれぞれのα値を算出する。

その結果を表-1に示す。

表-1 木津川ダム群 α値

ダム名	洪水名	総雨量 (mm)	降雨ピーク 2日前	降雨ピーク 1日前	降雨立上り	降雨ピーク時	降雨終了時
高山ダム	H21T18洪水	240	0.91	0.92	0.94	0.89	1.00
	H23T12洪水	518	1.21	1.18	1.20	1.09	1.00
	H24T17洪水	147	-	1.20	1.20	0.89	1.00
	H25T18洪水	290	-	1.18	1.17	1.08	1.00
	H26T11洪水	236	-	0.99	0.98	0.92	1.00
	H21T18洪水	280	0.79	0.80	0.82	0.87	1.00
青蓮寺ダム	H23T12洪水	699	0.84	0.83	0.83	0.86	1.00
	H24T17洪水	190	-	1.06	1.06	0.89	1.00
	H25T18洪水	368	-	1.03	1.04	0.94	1.00
	H26T11洪水	323	-	0.88	0.88	0.85	1.00
	H21T18洪水	225	0.75	0.76	0.77	0.80	1.00
	H23T12洪水	424	0.95	0.92	0.93	0.99	1.00
室生ダム	H24T17洪水	84	-	0.87	0.88	0.88	1.00
	H25T18洪水	226	-	0.81	0.85	0.91	1.00
	H26T11洪水	255	-	0.88	0.89	0.87	1.00
	H21T18洪水	222	0.89	0.90	0.93	0.89	1.00
	H23T12洪水	287	0.89	0.91	1.04	0.99	1.00
	H24T17洪水	141	-	1.43	1.43	1.02	1.00
布目ダム	H25T18洪水	252	-	1.17	1.21	1.01	1.00
	H26T11洪水	251	-	1.01	1.01	0.91	1.00
	H21T18洪水	303	0.82	0.83	0.85	0.89	1.00
	H23T12洪水	844	0.89	0.86	0.91	0.90	1.00
	H24T17洪水	223	-	1.03	1.04	0.90	1.00
	H25T18洪水	440	-	1.01	1.02	0.95	1.00
比奈知ダム	H26T11洪水	409	-	0.97	0.98	0.94	1.00
	最大値		1.21	1.43	1.43	1.09	1.00
最小値		0.75	0.76	0.77	0.80	1.00	
平均値		0.85	0.85	0.86	0.89	1.00	

■ 1.0以下 ■ 1.0以上

予測誤差α値 = 実測降雨量 / 降雨予測雨量

表-2 全国洪水実績 19事例

通番	年	降雨期間						最寄アメダス				備考	
		開始時			終了時			府県	アメダス	期間降雨量(mm)	時間最大雨量(mm)		起時
		月	日	時	月	日	時						
1	2013	7	28	1	7	28	24	島根	津和野	381.0	73.0	28日5時	島根県、山口県の大雨
2	2013	9	14	1	9	16	24	三重	宮川	580.0	55.0	16日1時	台風18号
3	2014	7	8	1	7	9	24	沖縄	名護	457.5	74.5	9日7時	台風8号
4	2014	8	1	1	8	5	24	高知	繁藤	1366.0	67.0	3日6時	8月大雨
5	2014	8	8	1	8	10	24	高知	魚梁瀬	1078.5	74.5	10日1時	同上
6	2014	8	7	1	8	10	24	高知	船戸	918.5	41.5	10日1時	同上
7	2014	8	9	1	8	10	24	三重	宮川	661.0	69.0	9日13時	同上
8	2014	8	16	1	8	17	24	京都	福知山	335.5	50.0	17日4時	同上
9	2014	8	15	1	8	18	24	岐阜	高山	385.5	56.0	17日8時	同上
10	2014	8	19	1	8	20	24	広島	三入	257.0	101.0	20日4時	広島市土砂災害
11	2014	10	5	1	10	6	24	静岡	清水	428.0	61.0	6日8時	台風18号
12	2015	7	15	1	7	18	24	奈良	上北山	745.5	47.0	16日19時	台風11号
13	2015	7	15	1	7	18	24	和歌山	西川	694.0	51.0	17日1時	同上
14	2015	7	15	1	7	18	24	高知	魚梁瀬	681.0	87.0	16日23時	同上
15	2015	7	18	1	7	21	24	鹿児島	尾之間	628.0	33.5	20日8時	台風12号
16	2015	9	8	1	9	10	24	栃木	五十里	617.0	59.5	10日4時	関東東北豪雨
17	2016	7	8	1	7	14	24	宮崎	えびの	816.5	50.5	12日23時	前線
18	2016	8	28	1	8	31	24	十勝	ぬかびら 源泉峡	355.0	35.5	31日3時	台風10号等、前線複合
19	2016	8	22	1	8	23	24	静岡	天城山	434.5	86.0	22日9時	台風10号等、前線複合

表-3 2×2:流域面積≒100km<sup>2</sup> 検証結果

洪水	各到達直後					原因
	降り始め	50mm	100mm	200mm	300mm	
	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	
1	11.61	10.88	14.02	2.22	2.22	島根県、山口県の大雨
2	1.25	1.23	0.99	1.05	1.17	台風18号
3	3.07	2.93	2.06	1.28	1.25	台風8号
4	5.23	3.37	1.48	3.00	2.60	8月大雨
5	1.42	1.81	1.46	1.87	1.50	同上
6	1.29	1.09	1.10	1.47	1.36	同上
7	1.38	1.18	1.26	1.30	1.47	同上
8	5.97	9.58	5.56	45.40	45.40	同上
9	1.11	1.92	1.16	2.79	2.27	同上
10	4.80	4.43	4.43	0.99	-	-広島市土砂災害
11	2.32	1.41	1.83	1.50	1.06	台風18号
12	1.14	1.19	1.99	1.30	1.13	台風11号
13	1.39	1.72	1.68	1.56	1.31	同上
14	0.94	1.96	1.76	1.38	1.33	同上
15	0.42	1.24	1.35	0.78	1.08	台風12号
16	1.66	2.02	1.68	2.97	0.74	関東東北豪雨
17	0.31	0.26	0.48	1.60	1.20	前線
18	1.02	1.18	1.30	1.38	0.66	台風10号等、前線複合
19	0.66	1.09	1.09	0.36	-	-台風10号等、前線複合
平均:n	3.90	3.14	2.64	3.90	3.99	
max	11.61	10.88	14.02	45.40	45.40	
min	0.94	1.09	0.99	0.36	0.66	
台風起因のみ抽出						
平均:n	1.87	1.84	1.72	1.26	1.19	
max	3.07	2.93	2.06	1.56	1.33	
min	0.94	1.19	0.99	0.78	1.06	

■ 予測時間不足のため除外データ ■ 台風起因洪水

表より、降雨終了時に近づくに従って概ね精度が良く ( $\alpha = 1.0$ に近く) になっていることが確認できる。また、高山ダム、布目ダムにおいては  $\alpha > 1$  (実測が予想を上回る) の傾向、室生ダムは  $\alpha < 1$  (実測が予想を下回る) の傾向があることが分かるが、いずれも  $\alpha < 2$  であることが確認できた。

次に、木津川ダム群付近だけにとどまらず全国の洪水における  $\alpha$  値について検証を行った。対象降雨は、メソ数値予報モデル (MSM) の予報更新時間が3時間毎と

表-4 5×5:流域面積≒600km<sup>2</sup> 検証結果

洪水	各到達直後					原因
	降り始め	50mm	100mm	200mm	300mm	
	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	実測/ 予測	
1	11.56	10.15	10.01	1.91	0.51	島根県、山口県の大雨
2	1.10	1.25	1.00	1.32	1.17	台風18号
3	2.10	1.80	1.33	1.39	0.18	台風8号
4	3.79	1.93	1.25	2.52	2.03	8月大雨
5	0.58	1.01	1.41	1.34	1.44	同上
6	0.95	0.92	1.07	1.19	1.40	同上
7	1.35	1.25	1.29	1.24	1.29	同上
8	3.46	3.66	4.62	2.48	-	-同上
9	1.20	1.95	2.04	2.82	1.14	同上
10	4.94	3.43	1.36	-	-	-広島市土砂災害
11	1.99	1.39	1.63	1.33	0.85	台風18号
12	1.02	1.04	1.35	1.20	0.98	台風11号
13	1.28	1.71	1.67	1.54	1.38	同上
14	1.15	1.82	1.68	1.38	1.21	同上
15	0.71	2.53	1.93	1.64	0.62	台風12号
16	1.60	1.80	1.63	2.55	0.60	関東東北豪雨
17	0.34	0.26	0.44	0.67	0.59	前線
18	1.21	1.06	1.83	2.68	-	-台風10号等、前線複合
19	0.58	0.97	0.20	-	-	-台風10号等、前線複合
平均:n	3.14	2.28	2.07	1.72	1.03	
max	11.56	10.15	10.01	2.82	2.03	
min	0.58	0.97	0.20	0.67	0.18	
台風起因のみ抽出						
平均:n	1.59	1.50	1.51	1.40	0.91	
max	2.10	1.82	1.93	1.64	1.38	
min	1.10	1.04	1.00	1.20	0.18	

■ 予測時間不足のため除外データ ■ 台風起因洪水

なり同時に39時間先までの予報値が得られるようになった平成25年5月以降の洪水を対象とし、気象庁が毎年まとめている「災害をもたらした気象事例」を基に、全国各地で豪雨による河川氾濫や土砂災害となった事例19洪水を抽出した。抽出した結果を表2に示す。

手法は、流域面積が100km<sup>2</sup>程度のダム、青蓮寺ダム(100km<sup>2</sup>)、室生ダム(136km<sup>2</sup>)、比奈知ダム(75.5km<sup>2</sup>)、布目ダム(75km<sup>2</sup>)のダムのモデルとして、1メッシュが5km<sup>2</sup>であるメソ数値予報モ

デル (MSM) の2×2メッシュ (100km<sup>2</sup>相当) を抽出し、その予想降雨と実績降雨を比較し $\alpha$ 値を算出した。

また、流域面積が大きい高山ダム (615km<sup>2</sup>) については、メソ数値予報モデル (MSM) 5×5メッシュ (600km<sup>2</sup>相当) を抽出し、同様に予想降雨と実績降雨を比較し $\alpha$ 値を算出した。

比較時期は降り始め直後、50mm到達直後、100mm到達直後、200mm到達直後、300mm到達直後についてそれぞれ検証した。なお、メソ数値予報モデル (MSM) の予想時間が39時間先までなので、それ以降も降雨があるもの (予報時間が実績降雨時間に比して不足) については検証から除外した。

結果を表-3、表-4に示す。

表より、2×2のメッシュデータより5×5のメッシュデータの方が範囲の大きい分、平均化され若干予測精度 ( $\alpha$ 値が1.0に近い値) が良くなっていることが分かる。また当然予測後期の方が予測精度は上がるはずであるが、5×5メッシュデータでは上がっているが、2×2メッシュデータについては精度が上がっていない。ただし台風起因する降雨のみ着目すると後期になる程、予測精度が向上していることが分かる。このことは前線起因の降雨の予測精度は低く予測が難しいことを表していると考えられる。

$\alpha$ 値についてはダムの特別防災操作を実施し始めることが多いと考えられる100mm到達直後以降に着目すると、両方のメッシュデータで $\alpha=2.0$ を下回る洪水が多いが、最大で $\alpha=45.40$ と大幅に上回るものもある。しかし、台風起因の洪水に着目すると概ね $\alpha=2.0$ 以内となることが確認できた。なお、1洪水のみ $\alpha=2.0$ を上回るが、200mm到達直後では $\alpha=1.28$ となり2.0以下となる。

以上より、木津川ダム群で特別防災操作を行うような洪水は、近年では台風起因の洪水がほとんどであり台風起因の洪水であれば全国の洪水事例、木津川筋ダム群の洪水事例に照らしても特別防災操作を行う時期 (100mm到達直後以降) においては、実績と予報の予測誤差を $\alpha=2.0$ としても問題ないことが確認できた。

## 5. 課題

第一に、予報はあくまでも予測であり今回、過去のデータに照らして安全と思われる予測誤差を算出したが、これを当てはめて特別防災操作を実施しても確実ということはない。このため特別操作開始後も予報を確認するとともに、より精度の高いレーダ予測 (3時間予測) を使って予報の更新を行いながら問題があれば直ぐに本則操作に切り替える準備をしておくことは当然である。ま

た2. で記述した特別防災操作実施に伴うリスクについては沿川住民の方には十分説明し理解をしてもらう必要がある。

第二に、今回台風起因の洪水については一定の予測誤差が求められたが、前線性の雨に対してはまだ予報の誤差が大きく予報を信頼して特別防災操作をおこなうことは難しい状況である。今回検証した木津川ダム群の範囲は台風起因の洪水が多いが、日吉ダム等の北部地域は前線性の洪水も過去に数多く経験しているので今回の内容を日吉ダムにそのままあてはめるのは危険と考える。

## 6. まとめ

河川改修事業には河川の水を安全に流す河道整備 (築堤、河道掘削等) と、河川の水を一定程度貯める貯留施設整備 (ダム建設、遊水地整備) がある。両方の事業が同時に完成するのが理想だが、同時に完成させることは難しくタイムラグが生じる、ダムが先に完成すると下流の河道整備が不十分な箇所では、特別防災操作等の必要性が生じる。河道整備を急ぐことはもちろん必要であるが、災害はいつ起こるか分からないこと、予想を超える大きな洪水においては、現状の施設を効率的かつ効果的に利用することが重要であり、そのために特別防災操作の役割は大きいと考える。ただしこの操作にはリスクを伴っていることを十分に周知することも同時に重要である。

今回の検証で木津川筋のダム群においては、近年の予報データと実測データを検証することにより一つの予測誤差 ( $\alpha$ 値) を求めることができた。ただし近年、地球温暖化に伴う気候変動で洪水の状況も大きく変化しており、この予測誤差を信じ切って使用することは危険である。そのため絶えず新しいデータで検証並びに操作手順の更新をしていくことが重要と考える。

謝辞：独立行政法人 水資源機構 木津川ダム総合管理所におきましては、解析データの提供等、多岐にわたるご協力をいただいた、この場をかりて謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 森田 宏, 志鹿 浩幸, 井川 智博: 淀川水系ダム群の洪水時統管指示操作の実施に向けた取り組み, ダム技術, No.329, pp.57-64, 20142