

第 1 章

事前放流操作

I. 本章の目的、点検フロー

「ダム機能を最大限活用する洪水調節方法の導入に向けたダム操作規則等点検要領（平成29年7月）」において、事前放流に関する点検では『「事前放流ガイドライン（案）¹⁾」において事前放流により確保する空容量の範囲として定められる「降雨解析などにより確実に容量回復が見込める容量の活用」について近年の降雨予測技術による予測雨量を使用して検討する』とされており、具体的には「回復可能水位テーブル」に基づく事前放流実施方法について検討を実施することとされている。

本章では、回復可能水位テーブルに基づく事前放流実施方法に関わる技術的事項について述べる。具体的には、回復可能水位テーブルの概要を述べた後（II.）、A ダムを事例とした、近年の降雨予測技術による予測雨量を使用した回復可能水位テーブルの作成手順（III.）及び回復可能水位テーブルの評価（IV.）について述べる。また、事前放流操作の点検フローを図1.1に示す。

なお、A ダムとは異なり、点検対象ダムの上流にダムが直列の位置関係にある場合は、流域の治水・利水計画における各施設の役割、施設規模等を踏まえ、ダム群としての事前放流方法を検討する方が望ましい場合がある。

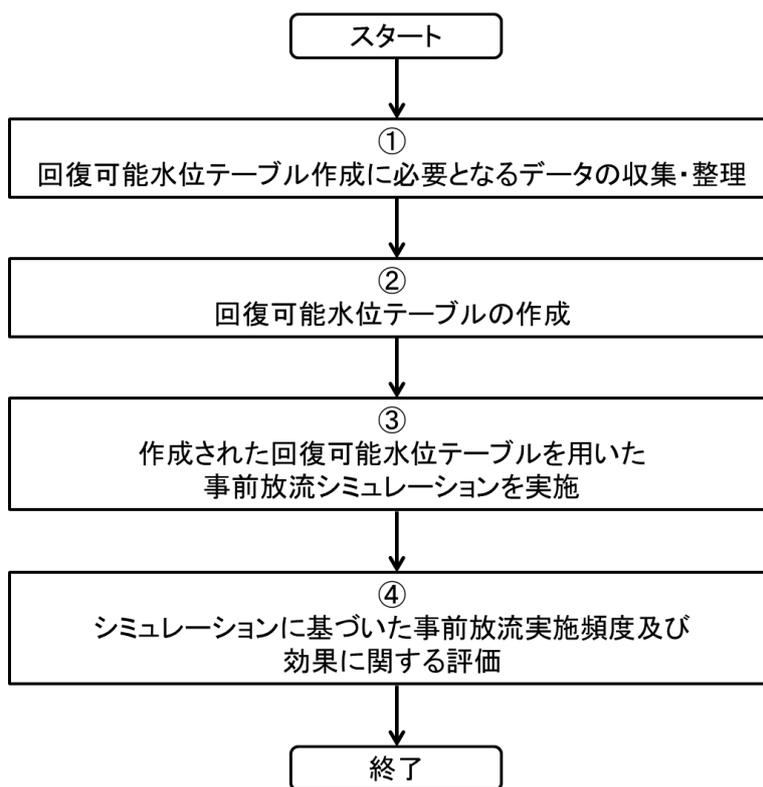


図 1.1 事前放流操作の点検フロー

II. 回復可能水位テーブルの概要

1. 回復可能水位テーブルの構成、使用方法

表 1.1 が回復可能水位テーブルの一例である。縦軸は実績の累積雨量を一定間隔で区切った「累積雨量ランク」を示し、横軸は予測積算雨量を一定間隔で区切った「予測雨量ランク」を示し、それぞれに対応する回復可能水位を表示した構成となっている。使用方法は、洪水調節開始前の任意の時間における累積雨量およびその時点で発表されている予測雨量の情報を収集し、それに対応する回復可能水位をテーブルから読み取り、その水位まで事前放流を実施するという順序で利用する。テーブル状の構成となっているため、利用が簡便であり誰が操作を行っても同様に操作されることが利点として挙げられる。また、事前放流だけでなく利水容量に空容量がある場合に洪水調節開始前の水位維持操作の判断にも利用することができる。

2. 回復可能水位テーブルの作成方法の概要と意味

回復可能水位テーブルは、過去の複数の出水に関する実績の流入量、放流量、雨量及びその時に発表された予測雨量を基に作成されるものであり、後述 (III.3.) するとおり作成方法によって表 1.1 のように 2 種類が存在する。表 1.1 に示される各累積雨量ランク及び各予測雨量ランクに対応する回復可能水位は、過去に同等の累積雨量が発生し、かつその予測雨量ランク以上の大きさの予測雨量が発表された全ての出水の中で、貯留量が最も少なかった出水の貯留量を洪水貯留準備水位相当容量から引き、その貯水量に対応する貯水位として定められる (III.3.で詳述)。そのため、事前放流を行いつつも洪水貯留準備水位までの確実な貯水位回復を意識した性質を有していると言える。

III. 回復可能水位テーブルの作成手順

回復可能水位テーブルは、II.2.で記した通り過去の複数の出水に関するデータを用いて作成するものである。ここでは、A ダムを事例として交えて下記手順で回復可能水位テーブルの作成方法について記す。なお、ここで述べる作成手順は、「事前放流検討の手引き²⁾」を参考とした上で、最新の降雨予測技術による予測雨量を用いる手順として示すものである。

表 1.1 回復可能水位テーブル

(上：回復可能量の考え方その①に基づき作成、下：回復可能量の考え方その②に基づき作成、
詳細は「2.3 回復可能量の整理」に記述)

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流 しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119												
120 - 139												
140 - 159												
160 - 179												
180 - 199												
200 -												

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流 しない											
1 - 19												
20 - 39									293.5			
40 - 59									(-5.5m)			
60 - 79					298.2 (-0.2m)							
80 - 99					297.3 (-1.7m)							
100 - 119			296.1	(-2.9m)								
120 - 139	295.0		294.3					291.4	(-7.6m)			
140 - 159	(-4.0m)		(-4.7m)									
160 - 179									289.7			
180 - 199									(-9.3m)			
200 -												

1. A ダムの諸元

A ダムの諸元は以下の通りである。

- 形式：重力式コンクリートダム
- 用途：F（洪水調節）、N（不特定用水）、W（水道用水）、P（発電）
- 流域面積：80.9 km²
- 洪水期の不特定容量：5,500,000 m³
- 洪水期の洪水調節容量：17,000,000 m³
- 洪水貯留準備水位：299.0 m
- 最低水位：276.0 m
- 放流設備：常用洪水吐 3 門（高圧ラジアルゲート）、非常用洪水吐 4 門（普通ラジアルゲート）
- 洪水調節方式：一定量放流方式
- 洪水量：200 m³/s
- 計画最大放流量：350 m³/s
- 洪水期：6 月 16 日～10 月 31 日

※上述の用語の定義は、例えば、「社団法人 日本河川協会、財団法人 国土開発技術研究センター 編：改訂 解説・河川管理施設等構造令」、「財団法人 ダム技術センター：多目的ダムの建設」等を参照のこと。

2. 回復可能水位テーブル作成に必要となるデータの収集・整理

2.1 データの収集

1) 収集するデータの種類

回復可能水位テーブルを作成するために、下記の2種類のデータを収集する。

- 対象ダムにおける毎時の実績貯水位、流入量、放流量、流域平均雨量
- MSM(Meso-Scale Model)の予測雨量またはそれに準じる精度を有する予測雨量

ここで、MSMとは、日本及びその近海の大気を対象とした気象庁の数値予報モデルのことであり、時空間解像度などの詳細は以下の3)で示す通りである。

2) 収集対象期間

気象庁が運用するMSMの33時間予測が開始された2007年から、検討実施時点までの洪水期を対象期間とする。Aダムの洪水期は6月16日～10月31日であることから、6月16日以前に始まり6月16日をまたいで発生した出水についても整理対象とするため収集対象期間は洪水期より少し延伸して、2007年から2015年における毎年の6月1日～10月31日とした。ダム諸量についてもMSMと同様の期間について収集する。

3) MSMの予測雨量の主な仕様、処理

ここでは、予測雨量として気象庁が運用するMSMの予測雨量を用いることとする。MSMの主な仕様は以下の通りである。MSMは雨量だけでなく気温、風速をはじめとした数多くの変数について予測計算されているが、これ以降断りがない限り「MSM」という表記は予測雨量を示すものとする。

- 空間解像度：約5 km
- 時間解像度：1時間
- 予測先行時間及び更新頻度：

2013年5月29日以降 39時間先まで、1日8回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC (UTCは協定世界時))

2013年5月29日以前 33時間先まで、1日8回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC) ただし、33時間先までの予測は03, 09, 15, 21UTCの1日4回

2013年5月29日以降は39時間先までのMSMを用いることができる。しかし2013年以降のデータのみで検討を行おうとすると利用可能なデータ期間が短くなってしまうため、ここでは39時間先の予測が利用可能な2013年5月29日以降のMSMも33時間先までを利用し、それ以前まで配信されていた33時間先までのMSMと併せて用いることとする。

また、収集したMSMはグリッドデータとなっているため、以降の検討に用いるために対象ダム流域内のMSMの各グリッドについて予測雨量を抽出し、それらの値を平均して流域平均値を算出する。

2.2 回復可能水位テーブルの作成に用いる出水の抽出

対象期間として設定した期間の中から、回復可能水位テーブルの作成に用いる「出水」を抽出する。ここで「出水」とは、流入量が洪水量に至った出水と至らない小規模な出水を併せて表現する。出水は、以下の手順で抽出する。

1) 評価期間内の水文量の整理

①毎時の累積雨量の整理

対象期間において収集したダム流域の流域平均時間雨量から毎時の累積雨量を整理する。累積雨量の整理に当たっては、無降雨が何時間継続したら累積雨量をリセットするかを考慮する必要があり、ここ

では各ダムのダム管理用制御処理設備（ダムコン）において設定されている値を用いることを基本とする。Aダムにおいては、無降雨が6時間継続した時点で累積雨量をリセットすることとした。

②毎時のダム流入量の整理

対象期間において収集した毎時のダム流入量を整理する。

③毎回のMSM予測値の整理

対象期間において収集した毎回のMSM予測値を整理する。MSMの雨量予測値は2013年5月29日以前にあっては03,09,15,21UTCの各回における予測初期時刻から33時間先までの毎時の1時間雨量を抽出し、33時間分の流域平均雨量積算値を整理する。また、2013年5月29日以降にあっては00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTCの各回における予測初期時刻から39時間先までの毎時の1時間雨量を抽出し、予測初期時刻から33時間分の流域平均雨量積算値を整理する。

2) 洪水量に到達した出水の水文量の整理

対象期間において洪水量に到達した出水について、表1.2のように、最大流入量生起日時、最大流入量、期間の総雨量、洪水量到達時の累積雨量、最大流入量発生時点における累積雨量、洪水量到達までに計算されたMSM33時間予測積算雨量の最大値、気象要因を整理する。ここで、図1.2は、表1.2におけるNo.2の出水の各水文量の時系列変化を、参考として示したものである。

表1.2 洪水量に到達した出水における水文量の整理結果

No	最大流入量 生起日時	最大 流入量 (m^3/s)	期間の 総雨量 (mm)	洪水量 到達時 累積雨量 (mm)	最大 流入時点 累積雨量 (mm)	洪水量到達前 最大予測雨量 (mm/33hr)	気象要因
1	2007-07-14T23:00	290.2	373	156	291	296	梅雨前線、台風第4号
2	2009-10-08T04:00	581.9	342	227	291	350	台風第18号
3	2011-07-20T00:00	701.2	647	270	623	593	台風第6号
4	2011-09-03T03:00	929.9	1,520	359	885	586	台風第12号
5	2011-09-17T01:00	203.4	155	109	114	120	台風第15号
6	2011-09-21T10:00	540.4	422	257	339	349	台風第15号
7	2012-06-19T18:00	561.0	128	83	119	221	台風第4号
8	2012-09-18T12:00	236.7	362	306	306	284	台風第16号
9	2012-09-30T17:00	684.0	101	46	92	306	台風第17号
10	2013-09-04T13:00	221.6	114	71	71	106	低気圧
11	2013-09-16T03:00	643.9	296	184	257	403	台風第18号
12	2014-08-10T10:00	498.8	603	211	568	390	台風第11号
13	2014-10-06T05:00	482.5	211	136	189	398	台風第18号
14	2015-07-17T04:00	574.5	580	207	511	374	台風第11号
15	2015-08-25T20:00	385.8	168	138	159	247	台風第15号

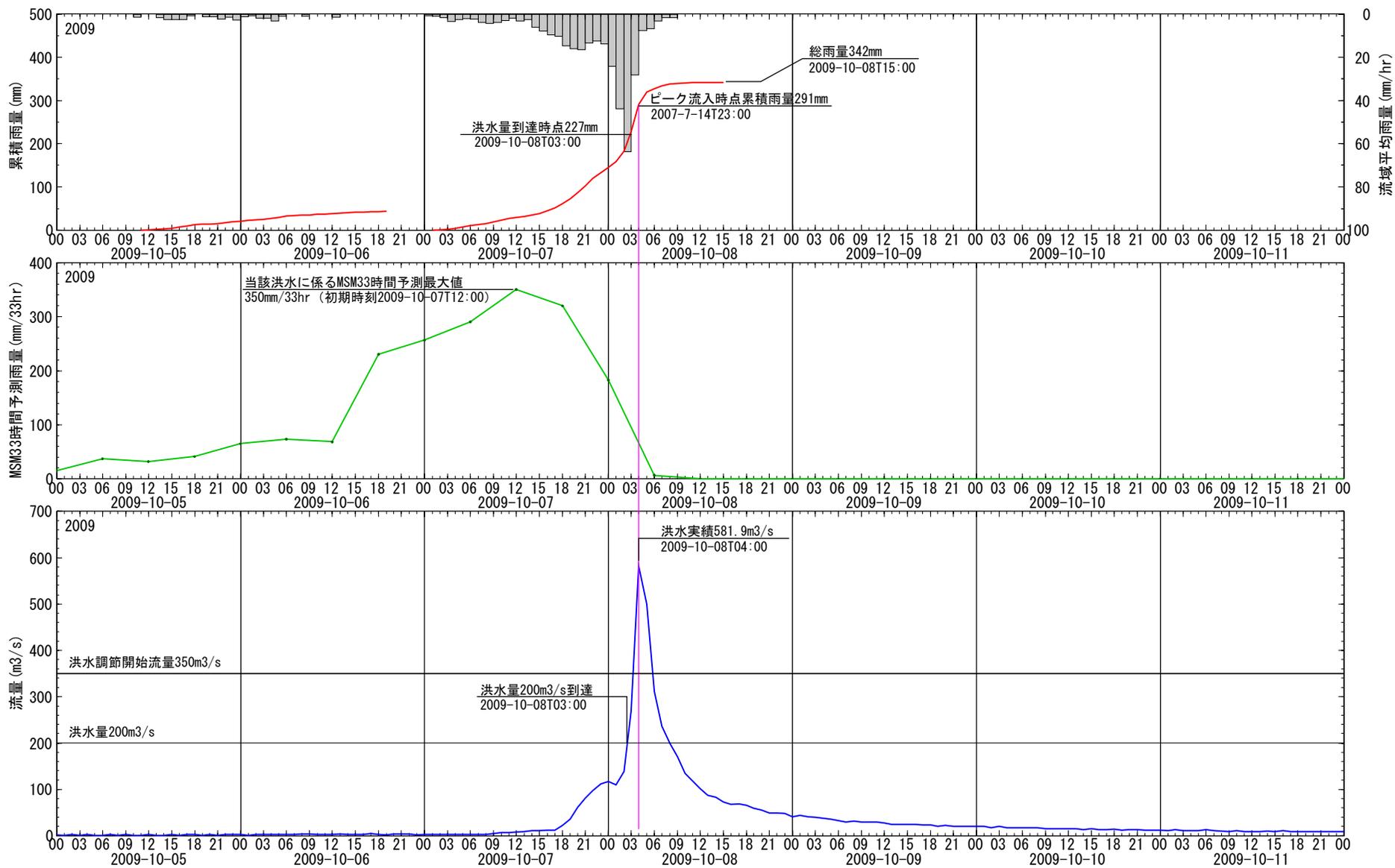


図1.2 洪水量に到達した出水における水文量の整理例

3) 回復可能水位テーブルの作成に用いる出水の抽出

最初に、洪水量に到達した出水の水文諸元の整理結果から、回復可能水位テーブルの作成に用いる出水を抽出するため、予測雨量の閾値（X）、累積雨量の閾値（Y）を決定する。

①予測雨量の閾値（X）の決定

対象期間内に洪水量に達した出水に着目し、それらの出水から「洪水量到達前の33時間予測積算雨量最大値」の最小値（X mm/33hrとする）を抽出する。

Aダムでは、表1.3に示すように、2013年9月4日13時にピーク流量が生起した出水に係る降雨が該当し、X=106mm/33hrである。

②累積雨量の閾値（Y）の決定

対象期間内に洪水量に達した出水に着目し、それらの出水から「最大流入量時点の累積雨量」の最小値（Y mmとする）を抽出する。

Aダムでは、表1.3に示すように、2013年9月4日13時にピーク流量が生起した出水に係る降雨が該当し、Y=71mmである。

表1.3 予測雨量の閾値（X）、累積雨量の閾値（Y）の決定

No	最大流入量 生起日時	最大 流入量 (m ³ /s)	期間の 総雨量 (mm)	洪水量 到達時 累積雨量 (mm)	最大 流入時点 累積雨量 (mm)	洪水量到達前 最大予測雨量 (mm/33hr)	気象要因
1	2007-07-14T23:00	290.2	373	156	291	296	梅雨前線、台風第4号
2	2009-10-08T04:00	581.9	342	227	291	350	台風第18号
3	2011-07-20T00:00	701.2	647	270	623	593	台風第6号
4	2011-09-03T03:00	929.9	1,520	359	885	586	台風第12号
5	2011-09-17T01:00	203.4	155	109	114	120	台風第15号
6	2011-09-21T10:00	540.4	422	257	339	349	台風第15号
7	2012-06-19T18:00	561.0	128	83	119	221	台風第4号
8	2012-09-18T12:00	236.7	362	306	306	284	台風第16号
9	2012-09-30T17:00	684.0	101	46	92	306	台風第17号
10	2013-09-04T13:00	221.6	114	71	71	106	低気圧
11	2013-09-16T03:00	643.9	296	184	257	403	台風第18号
12	2014-08-10T10:00	498.8	603	211	568	390	台風第11号
13	2014-10-06T05:00	482.5	211	136	189	398	台風第18号
14	2015-07-17T04:00	574.5	580	207	511	374	台風第11号
15	2015-08-25T20:00	385.8	168	138	159	247	台風第15号

累積Y= 71 予測X= 106

③閾値以上となる出水の抽出

対象期間において整理した毎回のMSM予測による33時間予測積算雨量から閾値（X）以上となる出水を抽出する。

まず、表1.4（手順1）に示すように、対象期間内の全てのMSM予測による33時間予測積算雨量を最大の結果から最小の結果へ降べき順に整理し、予測雨量が閾値（X）以上となる全ての予測を抽出する。

次に、表1.4（手順2）に示すように、閾値（X）以上となる予測を時系列順に並べ替え、一つの降雨イベントに係る予測として区分けする。区分けした降雨イベントに係る予測において、最大となる予測値を確認する。さらに、降雨イベント毎のピーク流量生起時刻、ピーク流量値、また、ピーク流量生起時の累積雨量を確認する。

表1.4 予測雨量の閾値 (X) を超過する出水の抽出

(手順1) 対象期間内の全ての予測結果の降べき順整理 (手順2) 予測値の時系列順整理、降雨イベント毎の水文量の確認

順位	予測初期時刻	予測雨量 mm/33hr	順位	予測初期時刻	予測雨量 mm/33hr	ピーク流量 発生時刻	同左ピーク 流量 (m3/s)	同左累積 雨量 (mm)	
1	2011-09-03T12:00	780	205	2007-07-13T12:00	120	2007-07-14T23:00	290.2	291	
2	2011-07-18T18:00	593	127	2007-07-13T18:00	178				
3	2011-09-02T12:00	586	96	2007-07-14T00:00	209				
4	2011-09-03T06:00	576	54	2007-07-14T06:00	296				
5	2011-09-03T00:00	573	87	2007-07-14T12:00	218				
6	2011-09-02T18:00	563	178	2007-07-14T18:00	139				
7	2011-07-19T00:00	553	131	2007-09-11T00:00	174	2007-09-12T00:00	27.7	77	
8	2011-09-03T18:00	539	207	2007-09-11T06:00	119				
9	2011-07-19T06:00	504	218	2007-09-11T12:00	114				
10	2011-09-02T06:00	492	179	2007-09-11T18:00	136				
11	2011-09-01T18:00	443	158	2008-08-29T06:00	154	2008-08-30T09:00	68.3	103	
12	2015-09-08T03:00	436	74	2008-08-30T00:00	240				
13	2011-07-18T12:00	431	227	2008-09-17T18:00	111	2008-09-19T08:00	198.4	166	
14	2013-09-15T12:00	419	166	2008-09-18T12:00	149				
15	2013-09-15T00:00	403	44	2008-09-18T18:00	323				
16	2014-10-04T21:00	398	39	2008-09-19T00:00	336				
17	2013-09-15T03:00	392	43	2008-09-19T06:00	324				
18	2014-08-09T06:00	390	193	2008-10-23T00:00	125	2008-10-24T01:00	39.8	66	
~ 中略 ~			107	2008-10-23T06:00	202				
227	2008-09-17T18:00	111	174	2008-10-23T12:00	141				
228	2014-08-08T09:00	110	187	2008-10-23T18:00	127				
229	2013-10-24T06:00	110	206	2009-07-27T18:00	120	2009-07-29T04:00	5.7	27	
230	2013-10-24T00:00	109	78	2009-07-28T00:00	234				
231	2011-10-21T06:00	109	194	2009-07-31T12:00	125				
232	2013-10-24T12:00	109	114	2009-07-31T18:00	197				
233	2015-08-16T15:00	108	73	2009-08-08T18:00	245	2009-08-10T17:00	102.8	158	
234	2011-09-04T06:00	108	116	2009-08-09T00:00	194				
235	2009-08-09T06:00	106	235	2009-08-09T06:00	106				
236	2013-09-03T21:00	106	30	2009-08-09T12:00	356				
237	2015-08-16T03:00	105	75	2009-08-09T18:00	237				
238	2014-06-04T12:00	105	221	2009-08-10T00:00	113				
239	2007-10-19T00:00	105	161	2009-08-10T12:00	152				
240	2015-08-28T21:00	104	79	2009-10-06T18:00	230	2009-10-08T04:00	581.9	291	
241	2011-10-14T00:00	104	68	2009-10-07T00:00	256				
242	2013-10-25T00:00	104	58	2009-10-07T06:00	290				
~ 中略 ~			31	2009-10-07T12:00	350				
7315	2015-10-31T03:00	0	46	2009-10-07T18:00	320				
7316	2015-10-31T06:00	0	125	2009-10-08T00:00	183				
7317	2015-10-31T09:00	0	以下省略						
7318	2015-10-31T12:00	0	閾値以上の予測を時系列順に並べ替え						

整理範囲

X=106mm

範囲外

また、同様の手順で、対象期間において整理した累積雨量について、閾値 (Y) 以上となる出水を整理する。

表1.5は、上記2つの閾値のいずれかを超過する出水をまとめたものである。表1.5の左端において「予測」及び「累積」の列に示される●印は、それぞれ予測雨量の閾値（X）及び累積雨量の閾値（Y）を超過して抽出されたことを示しており、降雨によっては両方に該当する場合がある。

表1.5 回復可能水位テーブルの作成に用いる出水の水文諸元

予測 X	累積 Y	No	最大流入量 生起日時	最大 流入量 (m ³ /s)	期間の 総雨量 (mm)	洪水量 到達時 累積雨量 (mm)	最大 流入時点 累積雨量 (mm)	最大流入前または 洪水量到達前の 最大予測雨量 (mm/33hr)	気象要因
●	●	1	2007-06-08T22:00	8.1	96		73	80	低気圧
●	●	2	2007-07-14T23:00	290.2	373	156	291	296	梅雨前線、台風第4号
●	●	3	2007-08-02T21:00	66.5	182		142	100	台風第5号
●	●	4	2007-09-12T00:00	27.7	77		77	174	低気圧
●	●	5	2007-10-19T20:00	18.2	77		76	105	前線
●	●	6	2008-06-03T09:00	34.2	98		87	83	台風第5号
●	●	7	2008-08-30T09:00	68.3	111		103	240	低気圧
●	●	8	2008-09-19T08:00	198.4	274		166	336	台風第13号
●	●	9	2008-10-24T01:00	39.8	88		66	202	前線
●	●	10	2009-07-29T04:00	5.7	27		27	234	梅雨前線
●	●	11	2009-08-10T17:00	102.8	158		158	356	台風第9号
●	●	12	2009-10-08T04:00	581.9	342	227	291	350	台風第18号
●	●	13	2010-07-29T20:00	6.4	54		54	112	低気圧
●	●	14	2010-09-16T03:00	18.0	53		53	217	低気圧
●	●	15	2010-09-28T06:00	19.8	82		82	88	低気圧
●	●	16	2010-10-03T23:00	11.3	41		31	172	前線
●	●	17	2010-10-09T17:00	78.9	173		160	294	低気圧
●	●	18	2011-06-20T17:00	20.0	34		31	172	梅雨前線
●	●	19	2011-07-20T00:00	701.2	647	270	623	593	台風第6号
●	●	20	2011-08-01T08:00	9.2	19		19	126	低気圧
●	●	21	2011-09-03T03:00	929.9	1,520	359	885	586	台風第12号
●	●	22	2011-09-17T01:00	203.4	155	109	114	120	台風第15号
●	●	23	2011-09-21T10:00	540.4	422	257	339	349	台風第15号
●	●	24	2011-10-14T20:00	17.7	67		20	125	低気圧
●	●	25	2011-10-22T07:00	59.7	94		92	205	低気圧
●	●	26	2012-06-19T18:00	561.0	128	83	119	221	台風第4号
●	●	27	2012-07-07T07:00	56.0	88		80	23	梅雨前線
●	●	28	2012-08-05T13:00	7.6	0		0	227	大気不安定
●	●	29	2012-09-18T12:00	236.7	362	306	306	284	台風第16号
●	●	30	2012-09-30T17:00	684.0	101	46	92	306	台風第17号
●	●	31	2012-10-18T22:00	14.2	73		72	46	台風第21号
●	●	32	2013-06-21T01:00	15.4	111		98	197	梅雨前線
●	●	33	2013-06-26T16:00	53.2	84		83	116	梅雨前線
●	●	34	2013-07-26T17:00	7.4	85		79	5	大気不安定
●	●	35	2013-09-04T13:00	221.6	114	71	71	106	低気圧
●	●	36	2013-09-16T03:00	643.9	296	184	257	403	台風第18号
●	●	37	2013-10-16T03:00	138.0	124		115	206	台風第26号
●	●	38	2013-10-20T13:00	65.5	109		100	62	低気圧
●	●	39	2013-10-26T04:00	70.8	66		59	125	台風第27号
●	●	40	2014-07-04T02:00	7.0	36		36	129	梅雨前線
●	●	41	2014-07-10T17:00	65.1	122		122	72	台風第8号
●	●	42	2014-08-02T13:00	2.0	14		13	140	台風第12号
●	●	43	2014-08-10T10:00	498.8	603	211	568	390	台風第11号
●	●	44	2014-10-06T05:00	482.5	211	136	189	398	台風第18号
●	●	45	2014-10-13T17:00	174.1	124		102	174	台風第19号
●	●	46	2015-07-17T04:00	574.5	580	207	511	374	台風第11号
●	●	47	2015-08-17T03:00	5.1	36		27	186	前線
●	●	48	2015-08-25T20:00	385.8	168	138	159	247	台風第15号
●	●	49	2015-09-04T00:00	10.3	20		20	123	前線
●	●	50	2015-09-09T08:00	61.2	128		118	436	台風第18号

2.3 回復可能量の整理

2.2 で抽出した出水それぞれについて「回復可能量」を算定する。回復可能量には「①洪水調節で貯留することのできる容量」及び「②洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量」という 2 種類の定義が存在する。

回復可能量の考え方その①（洪水調節で貯留することのできる容量を回復可能量とする）：

任意の流入に対して通常の洪水調節操作を実施し、洪水調節によって貯まる体積を当該洪水に対する回復可能量として計上する（図 1.3）。洪水調節に至らない出水については、回復可能量は 0 m^3 となる。

回復可能量の考え方その②（洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量を回復可能量とする）：

任意の流入に対して通常の洪水調節操作を実施し、洪水調節によって貯まる体積に加えて、流入量が洪水調節開始流量を下回ってから放流量を下げることで貯留される体積を計上して当該洪水に対する回復可能量とする。洪水調節に至らない出水については、流入量がピークを迎えた後から放流量を下げることで貯留される体積を当該洪水に対する回復可能量とする（図 1.4）。また、減水期間における貯留については、何時間先まで貯留し続けるか及び何 m^3/s を最低限放流する必要があるかを決定する必要がある。これについてはダム毎に決定する。

回復可能量に関するこの算定方法の違いにより表 1.1 に示した 2 種類の回復可能水位テーブルが作成されることになる。両者の基本的な特性の違い、管理や効果における違いについては、次節「IV.回復可能水位テーブルの評価」で述べる。

図 1.5 及び図 1.6 は、A ダムにおける出水に対して洪水調節及び減水期間における貯留を行ったグラフである。洪水調節については通常操作（ $350 \text{ m}^3/\text{s}$ の一定量放流）に基づき実施することを想定する。減水期間を何時間先まで取るかについては、ここでは「事前放流の実施後に利水容量を直ちに回復する」ことを考慮して、2～3 日のうちに利水容量を回復する観点から、48 時間とした。また減水期間においては、発電最大使用水量の $9.0 \text{ m}^3/\text{s}$ を放流するものとした。図 1.5 においては「①洪水調節で貯留することのできる容量」は、「洪水調節量 533 万 m^3 」が該当し、「②洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量」は、「洪水調節量 533 万 m^3 」に「減水期間貯留 48 時間 730 万 m^3 」を足した値となる。一方洪水調節に至らない図 1.6 については、「①洪水調節で貯留することのできる容量」は 0 m^3 、「②洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量」は「減水期間貯留 48 時間 350 万 m^3 」となる。この考え方に基づいて表 1.5 に示した出水について回復可能量を計算した結果が表 1.6 である。

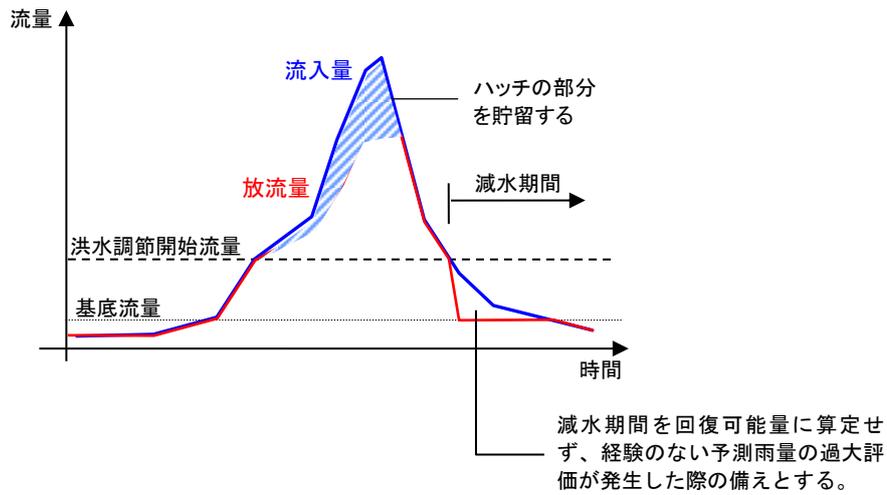


図 1.3 回復可能量の考え方その① (洪水調節で貯留することのできる容量を回復可能量とする)

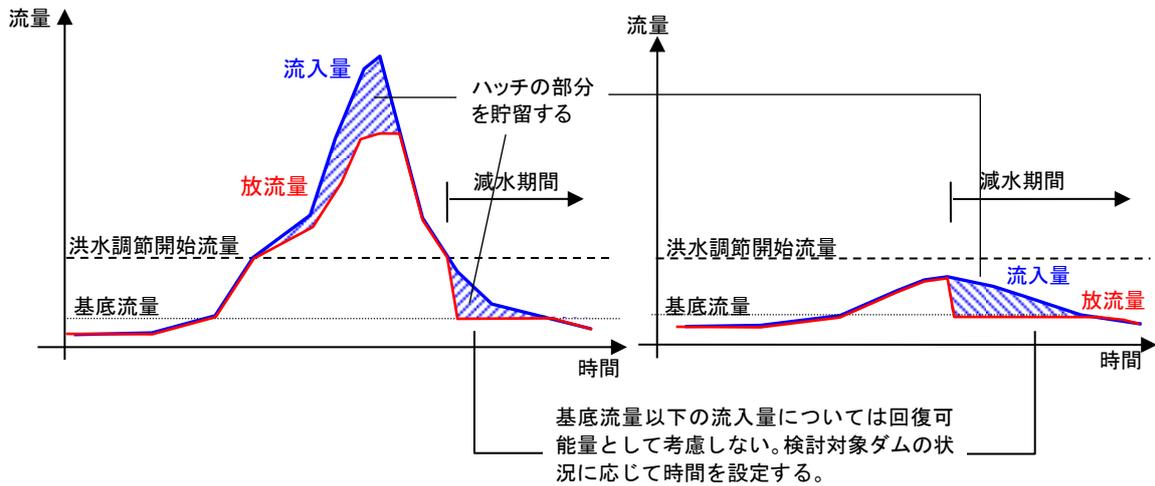


図 1.4 回復可能量の考え方その②
(洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量を回復可能量とする)

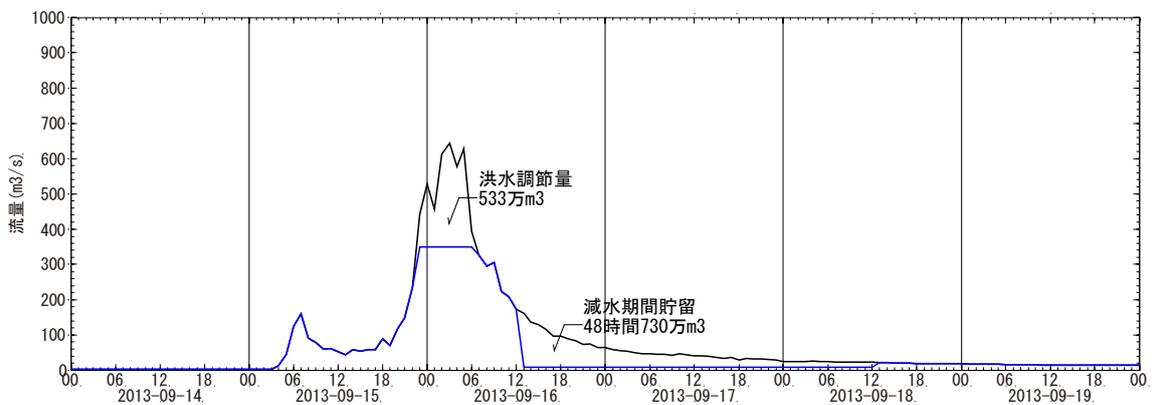


図1.5 洪水調節開始流量を超える出水における回復可能量算定 (洪水調節、減水期間の貯留)

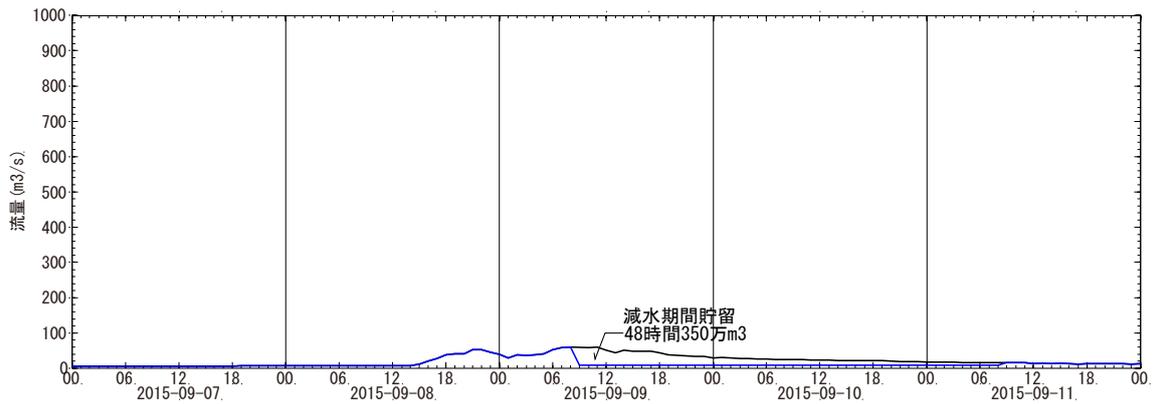


図1.6 洪水調節開始流量に満たない出水における回復可能量の算定（減水期間の貯留）

表1.6 回復可能量の算定結果

予測 X Y	No	最大流入量 生起日時	最大 流入量 (m³/s)	期間の 総雨量 (mm)	洪水量 到達時 累積雨量 (mm)	最大 流入時点 累積雨量 (mm)	最大流入量前または 洪水量到達前の 最大予測雨量 (mm/33hr)	回復可能量			気象要因
								①洪水調節 (m³)	②減水期間貯留 48時間分(m³)	合計 ①+② (m³)	
●	1	2007-06-08T22:00	8.1	96		73	80	0	0	0	低気圧
●	2	2007-07-14T23:00	290.2	373		291	296	0	8,153,892	8,153,892	梅雨前線、台風第4号
●	3	2007-08-02T21:00	66.5	182		142	100	0	2,627,640	2,627,640	台風第5号
●	4	2007-09-12T00:00	27.7	77		77	174	0	186,336	186,336	低気圧
●	5	2007-10-19T20:00	18.2	77		76	105	0	34,632	34,632	前線
●	6	2008-06-03T09:00	34.2	98		87	83	0	1,884,708	1,884,708	台風第5号
●	7	2008-08-30T09:00	68.3	111		103	240	0	1,932,552	1,932,552	低気圧
●	8	2008-09-19T08:00	198.4	274		166	336	0	8,625,384	8,625,384	台風第13号
●	9	2008-10-24T01:00	39.8	88		66	202	0	586,512	586,512	前線
●	10	2009-07-29T04:00	5.7	27		27	234	0	0	0	梅雨前線
●	11	2009-08-10T17:00	102.8	158		158	356	0	6,480,036	6,480,036	台風第9号
●	12	2009-10-08T04:00	581.9	342	227	291	350	1,375,128	5,946,876	7,322,004	台風第18号
●	13	2010-07-29T20:00	6.4	54		54	112	0	0	0	低気圧
●	14	2010-09-16T03:00	18.0	53		53	217	0	42,696	42,696	低気圧
●	15	2010-09-28T06:00	19.8	82		82	88	0	62,028	62,028	低気圧
●	16	2010-10-03T23:00	11.3	41		31	172	0	6,048	6,048	前線
●	17	2010-10-09T17:00	78.9	173		160	294	0	3,071,124	3,071,124	低気圧
●	18	2011-06-20T17:00	20.0	34		31	172	0	518,292	518,292	梅雨前線
●	19	2011-07-20T00:00	701.2	647	270	623	593	5,498,964	8,856,072	14,355,036	台風第6号
●	20	2011-08-01T08:00	9.2	19		19	126	0	0	0	低気圧
●	21	2011-09-03T03:00	929.9	1,520	359	885	586	21,136,392	8,601,192	29,737,584	台風第12号
●	22	2011-09-17T01:00	203.4	155		114	120	0	5,831,640	5,831,640	台風第15号
●	23	2011-09-21T10:00	540.4	422	257	339	349	2,016,432	8,815,896	10,832,328	台風第15号
●	24	2011-10-14T20:00	17.7	67		20	125	0	44,604	44,604	低気圧
●	25	2011-10-22T07:00	59.7	94		92	205	0	1,164,960	1,164,960	低気圧
●	26	2012-06-19T18:00	561.0	128	83	119	221	1,269,324	6,586,956	7,856,280	台風第4号
●	27	2012-07-07T07:00	56.0	88		80	23	0	1,394,028	1,394,028	梅雨前線
●	28	2012-08-05T13:00	7.6	0		0	227	0	0	0	大気不安定
●	29	2012-09-18T12:00	236.7	362		306	284	0	10,993,500	10,993,500	台風第16号
●	30	2012-09-30T17:00	684.0	101	46	92	306	1,822,896	6,390,288	8,213,184	台風第17号
●	31	2012-10-18T22:00	14.2	73		72	46	0	19,584	19,584	台風第21号
●	32	2013-06-21T01:00	15.4	111		98	197	0	35,964	35,964	梅雨前線
●	33	2013-06-26T16:00	53.2	84		83	116	0	1,560,600	1,560,600	梅雨前線
●	34	2013-07-26T17:00	7.4	85		79	5	0	0	0	大気不安定
●	35	2013-09-04T13:00	221.6	114		71	106	0	3,300,480	3,300,480	低気圧
●	36	2013-09-16T03:00	643.9	296	184	257	403	5,334,408	7,302,276	12,636,684	台風第18号
●	37	2013-10-16T03:00	138.0	124		115	206	0	3,749,940	3,749,940	台風第26号
●	38	2013-10-20T13:00	65.5	109		100	62	0	2,807,280	2,807,280	低気圧
●	39	2013-10-26T04:00	70.8	66		59	125	0	4,190,472	4,190,472	台風第27号
●	40	2014-07-04T02:00	7.0	36		36	129	0	0	0	梅雨前線
●	41	2014-07-10T17:00	65.1	122		122	72	0	2,639,124	2,639,124	台風第8号
●	42	2014-08-02T13:00	2.0	14		13	140	0	0	0	台風第12号
●	43	2014-08-10T10:00	498.8	603	211	568	390	1,816,236	8,681,544	10,497,780	台風第11号
●	44	2014-10-06T05:00	482.5	211	136	189	398	476,820	4,150,116	4,626,936	台風第18号
●	45	2014-10-13T17:00	174.1	124		102	174	0	6,554,376	6,554,376	台風第19号
●	46	2015-07-17T04:00	574.5	580	207	511	374	5,331,960	8,434,368	13,766,328	台風第11号
●	47	2015-08-17T03:00	5.1	36		27	186	0	0	0	前線
●	48	2015-08-25T20:00	385.8	168	138	159	247	128,808	3,374,100	3,502,908	台風第15号
●	49	2015-09-04T00:00	10.3	20		20	123	0	0	0	前線
●	50	2015-09-09T08:00	61.2	128		118	436	0	3,502,800	3,502,800	台風第18号

3. 回復可能水位テーブルの作成

3.1 回復可能水位テーブルの縦軸及び横軸の設定

ここでは、回復可能水位テーブルの縦軸（累積雨量のランク）、横軸（予測雨量のランク）の設定方法について述べる。

1) 縦軸（累積雨量ランク）の設定

- 累積雨量ランクの最小値の設定

近年の降雨予測技術による降雨予測の精度向上を考慮すると、降雨が発生する以前から、または累積雨量が極めて少ない時点において、予測雨量の精度が一定量確保されていて事前放流を実施できることが期待される。この観点から、累積雨量ランクの最小値は0 mmとすることを基本とする。

- 累積雨量ランクの区分設定

表1.5で抽出した出水の最大累積雨量の分布をふまえ、10 - 50 mmの単位で区切ることを基本とし、「累積雨量〇〇mm以上××mm未満」と区分した設定とする。Aダムにおいては流入量が洪水量に到達する時点での累積雨量が200 mm強である出水が多く、0 - 200 mmまでを10分割するという考えのもとに20 mm刻みとし、これに0 mmおよび200 mm以上の区分を加えて表1.7に示す縦軸のように決定した。

2) 横軸（予測雨量ランク）の設定

- 予測雨量ランクの最小値の設定

予測雨量ランクは、十分な流出遅れが見込める流域面積が大きいダムであれば予測雨量が少なくとも累積雨量が大きければ事前放流実施できる可能性があるため、予測雨量ランクの最小値を0 mm/33hrとすることを基本とする。Aダムの流域面積はそれほど大きくないが、0 mm/33hrを最小値とした。

- 予測雨量ランクの区分設定

表1.5で抽出した出水の予測雨量の最大値の値を考慮して、10 - 50 mm/33hrの単位で区切ることを基本とし、「予測雨量〇〇mm/33hr以上××mm/33hr未満」と区分した設定とする。Aダムにおいては50 mm/33hr刻みとした。

3) 「事前放流を実施しない」範囲の設定

2.2では、回復可能水位テーブルの作成に用いる出水を抽出するために、累積雨量及び予測雨量についてX mm/33hr及びY mmという閾値を設定し、いずれかを満足する出水を抽出した。そのため、回復可能水位テーブルの作成に当たってはX mm/33hr及びY mmを両方とも下回る規模の出水については回復可能水位テーブルには反映されないため、この規模の出水については事前放流の対象としないものとする。

Aダムでは、累積雨量が71 mm未満かつ予測雨量が106 mm/33hr未満の出水は対象としない。

上記1)~3)により作成される回復可能水位テーブルは表1.7のようになる。

表1.7 縦軸及び横軸を設定した回復可能水位テーブル

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119												
120 - 139												
140 - 159												
160 - 179												
180 - 199												
200 -												

3.2 各累積雨量ランク及び予測雨量ランクに対応する回復可能量の設定

ここでは、回復可能量の考え方は「①洪水調節で貯留することのできる容量」（以下、「回復可能量の考え方その①」）、表1.7の累積雨量ランク「160-179」（表1.7の赤枠部分）を例にして各予測雨量ランクに当てはまる回復可能量の設定手順を示す。

1) 累積雨量ランクごとの33時間予測積算雨量最大値の整理

各出水について、累積雨量が160 mm - 179 mmに到達する以前に発表された33時間予測積算雨量の最大値を整理する。これに各出水の回復可能量を整理したものが表1.8である。累積雨量が160 mmに到達しなかった出水については、「累積雨量が160 mm - 179 mmに到達する前に発表された33時間予測積算雨量の最大値」に「×」を付している。ここで、表1.8で整理された33時間予測積算雨量の最大値は、累積雨量到達前の予測雨量最大値であるため、表1.5及び表1.6の「33時間予測積算雨量の最大値」で示された値と異なる場合があることに注意が必要である。

2) 各累積雨量ランク及び予測雨量ランクに対応する回復可能量の設定

横軸に予測雨量の各ランクを示し、それぞれの出水について表1.8で整理した33時間予測積算雨量の値がそのランク以上の値を示している箇所に「○」を記す（表1.9）。表1.9で、灰色に塗られている出水は累積雨量が160 mmに到達しなかったものを示している。次に、各予測雨量ランクについて、「○」が付された出水の中で最小の回復可能量を探索する。この値が累積雨量160 mm - 179 mm、予測雨量ランクにおける回復可能量となる。この探索を全ての予測雨量のランクに対して実施する。表1.9においては、予測雨量ランク350 mm - 399 mmにおける最小の回復可能量の探索について赤線・赤枠で示している。この予測雨量ランクにおいては、No.19, 36, 43, 46において、350 mm - 399 mmのランク以上の予測が発表されており、これらの出水の中で最小の回復可能量を示すNo.43の1,816,236 m³が回復可能量として選定される。この探索について図で示したものが図1.7である。予測雨量ランク350 mm - 399 mmでは、No.19, 36, 43, 46において350 mm - 399 mmと同等または上回る33時間の予測積算雨量が発表されており、回復可能量はそれぞれ5,498,964 m³, 5,334,408 m³, 1,816,236 m³, 5,331,960 m³である。これらの出水の中で最小の回復可能量であるNo.43の1,816,236 m³がこの予測雨量ランクにおける回復可能量として選定される。

以上のプロセスから得られる各予測雨量ランクにおける回復可能量は、そのランク以上の予測雨量を示した全イベント中で、最小の回復可能量として設定されると表現することができる。

表1.8 出水毎の累積雨量160 mm - 179 mm到達前の最大の33時間予測積算雨量の整理

No	最大流入量 生起日時	最大 流入量 (m ³ /s)	最大流入時 点または洪 水量到達時 点の累積雨 量(mm)	回復可能量	累積雨量が160 mm - 179 mm に到達する前に発表された33 時間予測積算雨量の最大値 (mm/33hr)
				洪水調節のみ (m3)	
1	2007-06-08T22:00	8.1	73	0	×
2	2007-07-14T23:00	290.2	291	0	296
3	2007-08-02T21:00	66.5	142	0	×
4	2007-09-12T00:00	27.7	77	0	×
5	2007-10-19T20:00	18.2	76	0	×
6	2008-06-03T09:00	34.2	87	0	×
7	2008-08-30T09:00	68.3	103	0	×
8	2008-09-19T08:00	198.4	166	0	336
9	2008-10-24T01:00	39.8	66	0	×
10	2009-07-29T04:00	5.7	27	0	×
11	2009-08-10T17:00	102.8	158	0	×
12	2009-10-08T04:00	581.9	227	1,375,128	350
13	2010-07-29T20:00	6.4	54	0	×
14	2010-09-16T03:00	18.0	53	0	×
15	2010-09-28T06:00	19.8	82	0	×
16	2010-10-03T23:00	11.3	31	0	×
17	2010-10-09T17:00	78.9	160	0	294
18	2011-06-20T17:00	20.0	31	0	×
19	2011-07-20T00:00	701.2	270	5,498,964	593
20	2011-08-01T08:00	9.2	19	0	×
21	2011-09-03T03:00	929.9	359	21,136,392	278
22	2011-09-17T01:00	203.4	114	0	×
23	2011-09-21T10:00	540.4	257	2,016,432	349
24	2011-10-14T20:00	17.7	20	0	×
25	2011-10-22T07:00	59.7	92	0	×
26	2012-06-19T18:00	561.0	83	1,269,324	×
27	2012-07-07T07:00	56.0	80	0	×
28	2012-08-05T13:00	7.6	0	0	×
29	2012-09-18T12:00	236.7	306	0	284
30	2012-09-30T17:00	684.0	46	1,822,896	×
31	2012-10-18T22:00	14.2	72	0	×
32	2013-06-21T01:00	15.4	98	0	×
33	2013-06-26T16:00	53.2	83	0	×
34	2013-07-26T17:00	7.4	79	0	×
35	2013-09-04T13:00	221.6	71	0	×
36	2013-09-16T03:00	643.9	184	5,334,408	419
37	2013-10-16T03:00	138.0	115	0	×
38	2013-10-20T13:00	65.5	100	0	×
39	2013-10-26T04:00	70.8	59	0	×
40	2014-07-04T02:00	7.0	36	0	×
41	2014-07-10T17:00	65.1	122	0	×
42	2014-08-02T13:00	2.0	13	0	×
43	2014-08-10T10:00	498.8	211	1,816,236	390
44	2014-10-06T05:00	482.5	136	476,820	×
45	2014-10-13T17:00	174.1	102	0	×
46	2015-07-17T04:00	574.5	207	5,331,960	374
47	2015-08-17T03:00	5.1	27	0	×
48	2015-08-25T20:00	385.8	138	128,808	×
49	2015-09-04T00:00	10.3	20	0	×
50	2015-09-09T08:00	61.2	118	0	×

表1.9 予測雨量ランク毎の回復可能量の選定（累積雨量160 mm - 179 mm、回復可能量の考え方その①）

No	最大流入量 生起日時	回復可能量 洪水調節FC (m3)	累積雨量に 対応した 予測雨量	予測雨量のランク													
				0~49	50~99	100~149	150~199	200~249	250~299	300~349	350~399	400~449	450~499	500~549	550~600		
1	2007-06-08T22:00	0	×	○													
2	2007-07-14T23:00	0	296	○	○												
3	2007-08-02T21:00	0	×	○	○												
4	2007-09-12T00:00	0	×	○	○	○											
5	2007-10-19T20:00	0	×	○	○												
6	2008-06-03T09:00	0	×	○	○	○	○										
7	2008-08-30T09:00	0	×	○	○	○	○										
8	2008-09-19T08:00	0	336	○	○	○	○	○									
9	2008-10-24T01:00	0	×	○	○	○	○	○									
10	2009-07-29T04:00	0	×	○	○	○	○	○									
11	2009-08-10T17:00	0	×	○	○	○	○	○	○								
12	2009-10-08T04:00	1,375,128	350	○	○	○	○	○	○	○							
13	2010-07-29T20:00	0	×	○	○	○	○	○									
14	2010-09-16T03:00	0	×	○	○	○	○	○									
15	2010-09-28T06:00	0	×	○	○	○	○	○									
16	2010-10-03T23:00	0	×	○	○	○	○	○									
17	2010-10-09T17:00	0	294	○	○	○	○	○									
18	2011-06-20T17:00	0	×	○	○	○	○	○									
19	2011-07-20T00:00	5,498,964	593	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	2011-08-01T08:00	0	×	○	○	○	○	○									
21	2011-09-03T03:00	21,136,392	278	○	○	○	○	○									
22	2011-09-17T01:00	0	×	○	○	○	○	○									
23	2011-09-21T10:00	2,016,432	349	○	○	○	○	○	○	○							
24	2011-10-14T20:00	0	×	○	○	○	○	○									
25	2011-10-22T07:00	0	×	○	○	○	○	○									
26	2012-06-19T18:00	1,269,324	×	○	○	○	○	○									
27	2012-07-07T07:00	0	×	○	○	○	○	○									
28	2012-08-05T13:00	0	×	○	○	○	○	○									
29	2012-09-18T12:00	0	284	○	○	○	○	○	○								
30	2012-09-30T17:00	1,822,896	×	○	○	○	○	○	○	○							
31	2012-10-18T22:00	0	×	○	○	○	○	○									
32	2013-06-21T01:00	0	×	○	○	○	○	○									
33	2013-06-26T16:00	0	×	○	○	○	○	○									
34	2013-07-26T17:00	0	×	○	○	○	○	○									
35	2013-09-04T13:00	0	×	○	○	○	○	○	○	○							
36	2013-09-16T03:00	5,334,408	419	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
37	2013-10-16T03:00	0	×	○	○	○	○	○									
38	2013-10-20T13:00	0	×	○	○	○	○	○									
39	2013-10-26T04:00	0	×	○	○	○	○	○									
40	2014-07-04T02:00	0	×	○	○	○	○	○									
41	2014-07-10T17:00	0	×	○	○	○	○	○									
42	2014-08-02T13:00	0	×	○	○	○	○	○									
43	2014-08-10T10:00	1,816,236	390	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
44	2014-10-06T05:00	476,820	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
45	2014-10-13T17:00	0	×	○	○	○	○	○									
46	2015-07-17T04:00	5,331,960	374	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
47	2015-08-17T03:00	0	×	○	○	○	○	○									
48	2015-08-25T20:00	128,808	×	○	○	○	○	○									
49	2015-09-04T00:00	0	×	○	○	○	○	○									
50	2015-09-09T08:00	0	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
回復可能量の最小値(m3)				0	0	0	0	0	0	0	0	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964	
累積雨量、予測雨量の実績(回数)				11	11	11	11	11	11	11	7	4	2	1	1	1	1
回復可能量最小値に該当する実績降雨				4降雨	4降雨	4降雨	4降雨	4降雨	4降雨	4降雨	2008-9-19	2014-8-10	2013-9-16	2011-7-20	2011-7-20	2011-7-20	

× : 累積雨量ランクの範囲外となったことを示す

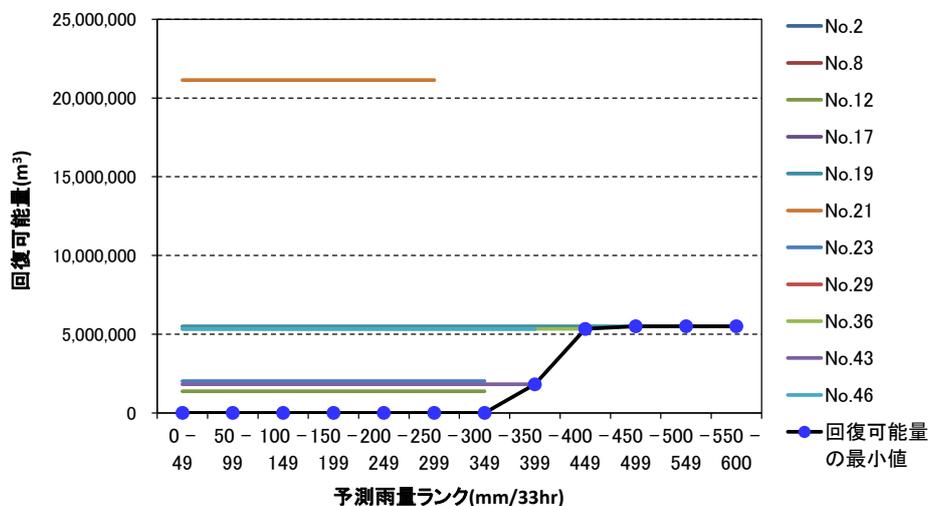


図1.7 予測雨量ランク別の回復可能量最小値（累積雨量ランク160 mm - 179 mm）

この手続きを各予測雨量ランクについて実施した結果として表1.9の下段にある回復可能量の最小値の一行が、累積雨量ランク160 mm - 179 mmにおける回復可能量となり、回復可能量テーブルには表1.10のように反映される。

表1.10 累積雨量ランク160 mm - 179 mmに回復可能量が設定されたテーブル

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119												
120 - 139												
140 - 159												
160 - 179	0	0	0	0	0	0	0	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964
180 - 199												
200 -												

3) その他の累積雨量ランクにおける繰り返しによる、回復可能量のテーブルの作成

2)に示した作業をその他の累加雨量ランクについても実施することで、表1.11に示す回復可能量のテーブルが作成される。

表1.11 回復可能量のテーブル (回復可能量の考え方その①)

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)																						
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -											
0	事前放流しない																						
1 - 19													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 - 39													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40 - 59													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 - 79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
80 - 99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
100 - 119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
120 - 139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,334,408	5,498,964	5,498,964											
140 - 159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,334,408	5,498,964	5,498,964											
160 - 179	0	0	0	0	0	0	0	0	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964											
180 - 199	0	0	0	0	0	0	0	1,375,128	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964											
200 -	0	0	0	0	0	0	0	1,375,128	1,816,236	5,498,964	5,498,964	5,498,964											

3.3 回復可能量の修正と回復可能水位への変換

1) 不特定容量を上限とした回復可能量の設定例

事前放流により確保する対象容量の最大限度として、本資料でここまでに検討した「降雨解析などにより確実に容量回復が見込める容量の検討」に加え、未利用容量及び不特定容量、死水容量についての確認、放流設備の施設諸元から定まる限度の確認を行う必要がある。

Aダムでは利水容量の未利用容量、死水容量となっているものはない。また、事前放流は常用洪水吐きを用いて放流するが、常用洪水吐きの取水標高は標高268.592mであり、最低水位標高276.00mより低位であることから、取水標高の限度として制約とならない。

このため、利水の共同事業者に支障を与えない観点から、不特定容量を上限として回復可能量のテーブルを修正したものが表1.12である。本事例は表1.11に示される回復可能量の最大値が不特定容量5,500,000 m³未満であるため該当する項は発生していない。そのため表1.11と全く同じとなる。また、過去の出水で未経験の範囲 (表1.11及び表1.12において「未経験」と記載されている箇所) については、同じ累積雨量ランクで予測雨量ランクが小さいセルの回復可能量を援用することを基本とする。

表1.12 不特定容量を上限として修正した回復可能量のテーブル（回復可能量の考え方その①）

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100 - 119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120 - 139	0	0	0	0	0	0	0	0	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964
140 - 159	0	0	0	0	0	0	0	0	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964
160 - 179	0	0	0	0	0	0	0	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964
180 - 199	0	0	0	0	0	0	1,375,128	1,816,236	5,334,408	5,498,964	5,498,964	5,498,964
200 -	0	0	0	0	0	0	1,375,128	1,816,236	5,498,964	5,498,964	5,498,964	5,498,964

2) 回復可能量のテーブルを貯水位換算

表 1.12 まで作成したら、表 1.12 は回復可能量で示されているため、それぞれのセルの値を洪水貯留準備水位に相当する容量から差し引き、HV 関係から貯水位換算したうえで 0.1 m 単位で切り上げ、同一の目標水位となる項を整理する。その結果、表 1.13 となる。

表1.13 回復可能水位テーブルの作成（回復可能量の考え方その①）

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119												
120 - 139											289.7	
140 - 159									290.0		(-9.3m)	
160 - 179									296.3			
180 - 199									297.0			
200 -									(-2.0m)			

また、「②洪水調節及び減水期間で貯留することのできる容量」の考え方で回復可能量を算出した場合の回復可能量のテーブルを表1.14に示す。

表1.14 回復可能量のテーブル（回復可能量の考え方その②）

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99	0	0	34,632	35,964	586,512	3,071,124	3,502,800	3,502,800	3,502,800	3,502,800	3,502,800	3,502,800
100 - 119	1,932,552	1,932,552	1,932,552	1,932,552	1,932,552	3,071,124	3,502,800	3,502,800	3,502,800	14,355,036	14,355,036	14,355,036
120 - 139	2,627,640	2,627,640	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	4,626,936	4,626,936	12,636,684	14,355,036	14,355,036	14,355,036
140 - 159	2,627,640	2,627,640	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	6,480,036	6,480,036	12,636,684	14,355,036	14,355,036	14,355,036
160 - 179	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	7,322,004	10,497,780	12,636,684	14,355,036	14,355,036	14,355,036
180 - 199	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	10,497,780	12,636,684	14,355,036	14,355,036	14,355,036
200 -	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	7,322,004	10,497,780	14,355,036	14,355,036	14,355,036	14,355,036

不特定容量を上限として修正した回復可能量のテーブル、回復可能水位テーブルを表1.15及び表1.16に示す。

表1.15 不特定容量を上限として修正した回復可能量のテーブル（回復可能量の考え方その②）

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19	0											
20 - 39	0											
40 - 59	0											
60 - 79	0	0	34,632	35,964	586,512	3,071,124	3,502,800	3,502,800	3,502,800	3,502,800	未経験	未経験
80 - 99	0	35,964	35,964	35,964	1,164,960	3,071,124	3,502,800	3,502,800	3,502,800	3,502,800	未経験	未経験
100 - 119	1,932,552	1,932,552	1,932,552	1,932,552	1,932,552	3,071,124	3,502,800	3,502,800	3,502,800	5,500,000	5,500,000	5,500,000
120 - 139	2,627,640	2,627,640	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	4,626,936	4,626,936	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000
140 - 159	2,627,640	2,627,640	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000
160 - 179	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	3,071,124	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000
180 - 199	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000
200 -	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000

※ 表1.14において不特定容量である5,500,000 m³を上回る回復可能量が設定されているセルが5,500,000 m³に修正された。

表1.16 回復可能水位テーブルの作成（回復可能量の考え方その②）

累積雨量ランク (mm)	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19	事前放流しない											
20 - 39	事前放流しない											
40 - 59	事前放流しない											
60 - 79	事前放流しない											
80 - 99	事前放流しない											
100 - 119	296.1 (-2.9m)											
120 - 139	295.0 (-4.0m)	294.3 (-4.7m)										
140 - 159	291.4 (-7.6m)											
160 - 179	289.7 (-9.3m)											
180 - 199	289.7 (-9.3m)											
200 -	289.7 (-9.3m)											

(参考) 回復可能量の設定に使用した出水特性の確認例

表1.17は各予測雨量・累積雨量における回復可能量の設定に使用した事例数の表示例である。表に示されるように、回復可能水位テーブルの特性として、予測雨量・累積雨量が大きくなるにつれて事例数は減少する傾向がある。設定される回復可能量は出水事例の特性に依存するため、少数の出水事例から回復可能量が設定される場合は、流入量のヒドログラフ、降雨の成因、雨量の予測特性（すなわち予測雨量が過小予測であったか過大予測であったか）などの観点から、その出水事例が他の事例に比べて特異でないことを確認することが考えられる。

表1.17 各予測雨量・累積雨量における回復可能量の設定に使用した事例数の表示例

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0-49	50-99	100-149	150-199	200-249	250-299	300-349	350-399	400-449	450-499	500-549	550-
0	50	42	33	24	15	8	6	4	未経験	未経験	未経験	未経験
1 - 19	49	47	37	27	16	9	6	5	2	未経験	未経験	未経験
20 - 39	47	44	39	27	18	11	11	7	2	未経験	未経験	未経験
40 - 59	40	37	30	23	18	12	11	7	3	未経験	未経験	未経験
60 - 79	36	32	27	23	16	11	10	7	3	未経験	未経験	未経験
80 - 99	31	29	25	22	17	13	10	7	3	未経験	未経験	未経験
100 - 119	22	22	19	18	15	13	10	7	3	1	1	1
120 - 139	16	16	14	14	13	12	9	6	2	1	1	1
140 - 159	13	13	12	12	12	12	8	5	2	1	1	1
160 - 179	11	11	11	11	11	11	7	4	2	1	1	1
180 - 199	9	9	9	9	9	9	7	5	2	1	1	1
200 -	7	7	7	7	7	8	6	4	2	2	2	2

IV. 回復可能水位テーブルの評価

ここでは、回復可能量の考え方その①（以下、テーブル①）及び回復可能量の考え方その②（以下、テーブル②）に基づく2種類の回復可能水位テーブル（表 1.13 及び表 1.16）の評価方法として、「事前放流実施頻度」及び「事前放流の効果」について述べた後、両テーブルの一般的な得失についてまとめる。

1. 事前放流実施頻度に関する簡易評価

回復可能水位テーブルの作成に用いた過去の出水について、それぞれの回復可能水位テーブルに基づいて事前放流の実施判断を行った場合、いくつの出水で事前放流を実施する必要があるのか、及びテーブル②についてはそのうちいくつの出水において洪水貯留準備水位までの回復のために減水期間における貯留を実施する必要があるのかについて簡易的に調べる。これを調べることによって、おおよその事前放流実施頻度を把握することが可能となる。

具体的には、回復可能水位テーブルの作成に用いた過去の出水それぞれについて、累積雨量ランク及び予測雨量ランクの最高値を調べ、回復可能量のテーブルから該当する事前放流量を調べる。併せて、それぞれの出水について回復可能量を洪水調節による回復可能量と減水期間における回復可能量を分けて表示・比較することで簡易評価する。

表1.18はAダムについて出水毎の回復可能量（洪水調節による回復可能量と減水期間における回復可能量を分けて表示）、累積雨量及び予測雨量の最高値を基に回復可能水位テーブルから取得される事前放流量をまとめたものである。

テーブル①については、全50出水中7個の出水で事前放流を実施する結果となり、その全てについて洪水調節の貯留のみで洪水貯留準備水位まで貯水位を回復することができた。例えば、No.21の出水では、「(1)洪水調節(m³)」で貯留できる容量が21,136,392 m³と計上されているのに対し、回復可能水位テーブルから求まる事前放流量は5,498,964 m³となるため、洪水調節による貯留だけで洪水貯留準備水位まで貯水位が回復すると考えられる。

テーブル②については、全50出水中34個の出水で事前放流を実施する結果となった。また、そのうち洪水調節による貯留だけで洪水貯留準備水位まで貯水位を回復できる出水は2個で、残り32個の出水については減水期間に貯留することで洪水貯留準備水位まで回復する。例えば、No.23の出水では、回復可能水位テーブルから求まる事前放流量は5,500,000 m³であるのに対し、「(1)洪水調節(m³)」で貯留できる容量は2,016,432 m³であるため洪水貯留準備水位まで貯水位が回復しないことが考えられる。「(1)洪水調節(m³)」に「(2)減水期間貯留 48時間分(m³)」の8,815,896 (m³)を加えることで合計10,832,328 m³となり事前放流量5,500,000 m³を上回るため洪水貯留準備水位まで貯水位が回復すると考えられる。

表1.18 事前放流実施頻度に関する簡易評価表

No	最大流入量 生起日時	出水毎の回復可能量			洪水量 到達時 累積雨量 (mm)	最大 流入時点 累積雨量 (mm)	洪水量到 達前の33 時間予測 積算雨量 の最大値 (mm/33hr)	事前放流量と回復可能量の大小関係 - : 事前放流を実施しない、○ : 事前放流量<回復可能量、 ● : 事前放流量=回復可能量、× : 事前放流量>回復可能量				
		(1)洪水調節 (m³)	(2)減水期間貯 留 48時間分(m³)	(3)合計 =(1)+(2) (m³)				回復可能水位テーブル①		回復可能水位テーブル②		
								回復可能水位 テーブル上で該 当する事前放 流量(m³)	洪水調節による 回復可能量(1) と事前放流量 の大小関係	回復可能水位 テーブルで該当 する事前放流 量(m³)	洪水調節による 回復可能量(1) と事前放流量の 大小関係	洪水調節及び減 水期間の貯留によ る回復可能量(3)と 事前放流量の大小 関係
1	2007-06-08T22:00	0	0	0	73.0	80.0		しない	-	しない	-	-
2	2007-07-14T23:00	0	8,153,892	8,153,892	291.0	296.0		しない	-	5,500,000	×	○
3	2007-08-02T21:00	0	2,627,640	2,627,640	142.0	100.0		しない	-	2,627,640	×	●
4	2007-09-12T00:00	0	186,336	186,336	77.0	174.0		しない	-	35,964	×	○
5	2007-10-19T20:00	0	34,632	34,632	76.0	105.0		しない	-	34,632	×	●
6	2008-06-03T09:00	0	1,884,708	1,884,708	87.0	83.0		しない	-	35,964	×	○
7	2008-08-30T09:00	0	1,932,552	1,932,552	103.0	240.0		しない	-	1,932,552	×	●
8	2008-09-19T08:00	0	8,625,384	8,625,384	166.0	336.0		しない	-	5,500,000	×	○
9	2008-10-24T01:00	0	586,512	586,512	66.0	202.0		しない	-	586,512	×	●
10	2009-07-29T04:00	0	0	0	27.0	234.0		しない	-	しない	-	-
11	2009-08-10T17:00	0	6,480,036	6,480,036	158.0	356.0		しない	-	5,500,000	×	○
12	2009-10-08T04:00	1,375,128	5,946,876	7,322,004	227.0	291.0	350.0	1,375,128	●	5,500,000	×	○
13	2010-07-29T20:00	0	0	0	54.0	112.0		しない	-	しない	-	-
14	2010-09-16T03:00	0	42,696	42,696	53.0	217.0		しない	-	42,696	×	●
15	2010-09-28T06:00	0	62,028	62,028	82.0	88.0		しない	-	35,964	×	○
16	2010-10-03T23:00	0	6,048	6,048	31.0	172.0		しない	-	しない	-	-
17	2010-10-09T17:00	0	3,071,124	3,071,124	160.0	294.0		しない	-	3,071,124	×	●
18	2011-06-20T17:00	0	518,292	518,292	31.0	172.0		しない	-	しない	-	-
19	2011-07-20T00:00	5,498,964	8,856,072	14,355,036	270.0	623.0	593.0	5,498,964	●	5,500,000	×	○
20	2011-08-01T08:00	0	0	0	19.0	126.0		しない	-	しない	-	-
21	2011-09-03T03:00	21,136,392	8,601,192	29,737,584	359.0	885.0	586.0	5,498,964	○	5,500,000	○	○
22	2011-09-17T01:00	0	5,831,640	5,831,640	114.0	120.0		しない	-	1,932,552	×	○
23	2011-09-21T10:00	2,016,432	8,815,896	10,832,328	257.0	339.0	349.0	1,375,128	○	5,500,000	×	○
24	2011-10-14T20:00	0	44,604	44,604	20.0	125.0		しない	-	しない	-	-
25	2011-10-22T07:00	0	1,164,960	1,164,960	92.0	205.0		しない	-	1,164,960	×	●
26	2012-06-19T18:00	1,269,324	6,586,956	7,856,280	83.0	119.0	221.0	1,164,960	×	1,164,960	○	○
27	2012-07-07T07:00	0	1,394,028	1,394,028	80.0	23.0		しない	-	しない	-	-
28	2012-08-05T13:00	0	0	0	0.0	227.0		しない	-	しない	-	-
29	2012-09-18T12:00	0	10,993,500	10,993,500	306.0	284.0		しない	-	5,500,000	×	○
30	2012-09-30T17:00	1,822,896	6,390,288	8,213,184	46.0	92.0	306.0	3,502,800	○	3,502,800	×	○
31	2012-10-18T22:00	0	19,584	19,584	72.0	46.0		しない	-	しない	-	-
32	2013-06-21T01:00	0	35,964	35,964	98.0	197.0		しない	-	35,964	×	●
33	2013-06-26T16:00	0	1,560,600	1,560,600	83.0	116.0		しない	-	35,964	×	○
34	2013-07-26T17:00	0	0	0	79.0	5.0		しない	-	しない	-	-
35	2013-09-04T13:00	0	3,300,480	3,300,480	71.0	106.0		しない	-	34,632	×	○
36	2013-09-16T03:00	5,334,408	7,302,276	12,636,684	184.0	257.0	403.0	5,334,408	●	5,500,000	×	○
37	2013-10-16T03:00	0	3,749,940	3,749,940	115.0	206.0		しない	-	1,932,552	×	○
38	2013-10-20T13:00	0	2,807,280	2,807,280	100.0	62.0		しない	-	1,932,552	×	○
39	2013-10-26T04:00	0	4,190,472	4,190,472	59.0	125.0		しない	-	しない	-	-
40	2014-07-04T02:00	0	0	0	36.0	128.9		しない	-	しない	-	-
41	2014-07-10T17:00	0	2,639,124	2,639,124	122.0	72.0		しない	-	2,627,640	×	○
42	2014-08-02T13:00	0	0	0	13.0	140.0		しない	-	しない	-	-
43	2014-08-10T10:00	1,816,236	8,681,544	10,497,780	211.0	568.0	390.0	1,816,236	●	5,500,000	×	○
44	2014-10-06T05:00	476,820	4,150,116	4,626,936	136.0	189.0	398.0	4,626,936	×	4,626,936	×	●
45	2014-10-13T17:00	0	6,554,376	6,554,376	102.0	174.0		しない	-	1,932,552	×	○
46	2015-07-17T04:00	5,331,960	8,434,368	13,766,328	207.0	511.0	374.0	1,816,236	○	5,500,000	×	○
47	2015-08-17T03:00	0	0	0	27.0	186.0		しない	-	しない	-	-
48	2015-08-25T20:00	128,808	3,374,100	3,502,908	138.0	159.0	247.0	3,071,124	×	3,071,124	×	○
49	2015-09-04T00:00	0	0	0	20.0	123.0		しない	-	しない	-	-
50	2015-09-09T08:00	0	3,502,800	3,502,800	118.0	436.0		しない	-	3,502,800	×	●

2. 事前放流の効果に関する評価

1.では回復可能水位テーブルについて事前放流の「実施頻度」を通じて簡易的に評価する方法について述べた。ここでは、事前放流の「効果」について、異常洪水時防災操作の回避及び異常洪水時防災操作の開始を遅らせることを観点に評価する方法について述べる。事前放流の効果は、回復可能水位テーブルを用いた事前放流シミュレーションにより算出するものであり、ここではシミュレーションの条件、シミュレーション事例等について述べる。

2.1 シミュレーションの条件

ここでのシミュレーションでは、実際のダム管理に即したシミュレーションとするため、MSMの配信時間の遅れ及び巡視等の準備に要する時間を考慮して行う。

1) MSMの配信時間の遅れ

MSMの取得には、予測初期時刻から配信まで最短2.5時間程度を要し、遅延がある場合は最長4.0時間程度を要することがある。ここでは、実際にMSMが取得できるのは予測初期時刻から4.0時間後として設定した。

2) 巡視等の準備に要する時間

放流操作実施の手続きにかかる準備時間は、ダム毎の条件に従い設定する必要がある。Aダムでは、図1.8に示すように、MSM予測データが配信された後、実施判断に必要な時間を3.0時間、分室から管理所までの参集に必要な時間を1.5時間、関係機関への連絡・下流巡視に必要な時間を1.5時間として設定した。

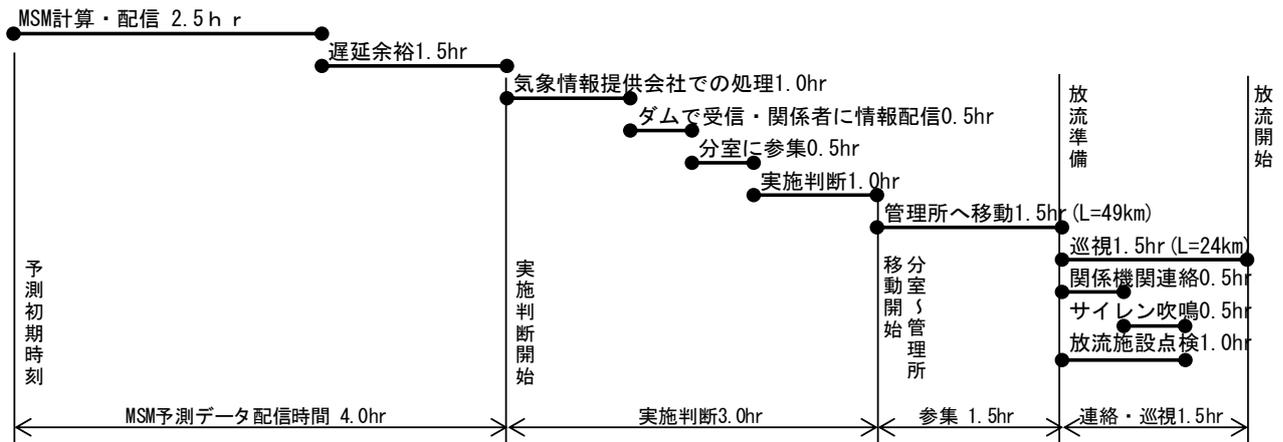


図1.8 Aダムの事前放流実施に係る準備時間

3) 放流の原則

事前放流にあたって、ダム下流河道の流量が少ない状況から放流量を増加させることとなるため、下流河道水位の急上昇を避けるため、放流の原則に基づいて放流量を増加させる。また、事前放流の最大放流量は、ダムの洪水量を上限とする。

4) 利水放流能力の考慮

事前放流の放流量は、利水放流設備の放流能力を考慮して設定する。事例として取り上げるAダムでは、発電最大使用水量である9.0 m³/sに常用洪水吐からの放流を加えて事前放流の放流とする。しかし、ダムによって常用洪水吐からの放流が認められない等の条件があるダムについては、利水放流設備のみでの放流とする等、適宜条件を変更することが必要となる。

5) 事前放流の終了・洪水調節

事前放流操作は、目標とする水位まで水位が低下するまで、または事前放流中に流入量が洪水量に到達するまで実施することとし、流入量が洪水量に達して以降は、操作規則に基づく洪水調節操作を行うものとする。

2.2 対象出水

A ダムを対象とした事前放流シミュレーションとして、下記 2 出水を対象とした事例を示す。

出水 1：2011 年（平成 23 年）9 月 2 日 台風 12 号（A ダムにおける近年最大規模の出水）

出水 2：2015 年（平成 27 年）9 月 7 日 台風 18 号（実績に対して過大な予測となった出水）

2.3 シミュレーション結果

1) 出水 1

- 累積雨量の時系列変化及び予測雨量の更新状況に基づく事前放流操作の目標水位の変化、操作開始及び終了のタイミング

表 1.19 下は、テーブル①について、累積雨量の時系列変化及び予測雨量の更新状況に応じて事前放流の目標水位がどのように変化し、どのタイミングで事前放流を開始し、終了したかを示したものである。1 日 18 時を初期時刻とする MSM が取得されるまでは、事前放流を実施する基準に至らない。1 日 18 時に累積雨量 194 mm、予測雨量 443 mm/33 hr に達する。この時点で表 1.19 上の回復可能テーブルの累積雨量ランク「180 - 199」、予測雨量ランク「400 - 449」に到達したため、290.0 m までの事前放流を開始する。ただし、MSM の配信遅れを 4 時間、巡視等の準備に要する時間を 6 時間として設定しているため、実際の事前放流開始は予測初期時刻である 1 日 18 時から 10 時間が経過した 2 日午前 4 時からとなる。その後、2 日 6 時を初期時刻とする予測が発表された段階（4 時間の配信遅れを考慮して実際に MSM が取得できるのは 2 日 10 時）で、累積雨量 284 mm、予測雨量 492 mm/33 hr に達するため、回復可能水位テーブルの累積雨量ランク「200 -」、予測雨量ランク「450 - 499」に示される 289.7 m を目指して事前放流することになる。289.7 m を目標として事前放流を実施している最中に流入量が増加し 2 日 13 時において洪水量に到達するため、その時点で事前放流は終了し洪水調節操作が開始される。事前放流を実施することができた時間は 9 時間程度となった。

なお、2 日 0 時時点で累積雨量 242 mm、予測雨量 345 mm/33 hr となり、回復可能水位テーブルでは目標水位が 297.0 m となり、290.0 m よりも高い水位となる。目標を 290.0 m から 297.0 m に上げることも考えられるが、回復可能水位は過去の出水に基づけば確実に洪水貯留準備水位まで貯水位が回復する水位を示しているため、目標とする水位を途中で上げなくてもよい。よってここでは目標とする水位を上げる操作は行わないこととした。

表 1.20 下は、テーブル②に対して表 1.19 下と同様の時間推移を示したものである。1 日 12 時に累積雨量 139 mm、予測雨量 278 mm に到達し、表 1.20 上の回復可能水位テーブルの累積雨量ランク「120 - 139」、予測雨量ランク「250 - 299」に到達し、配信遅れ及び巡視等に要する時間を考慮して 1 日 12 時から 10 時間後の 1 日 22 時から 294.3 m まで事前放流を開始する順序となる。ただし、その次の予測初期時刻である 1 日 18 時において、累積雨量 194 mm、予測雨量 443 mm/33 hr に到達し、回復可能水位テーブルの累積雨量ランク「180 - 199」、予測雨量ランク「400 - 449」に該当し、目標となる水位は 289.7 m になる。

この情報は1日22時に取得されるため、結局294.3 mではなく289.7 mを目標として事前放流することとなる。洪水調節開始は2日13時であるため、事前放流を実施することができた時間は15時間程度となった。

- 効果

図1.9に示す通り、テーブル①に基づく事前放流では、2日4時から放流量を増加させるのに対し、テーブル②ではそれよりも早い1日22時から事前放流を開始している。テーブル②ではテーブル①よりも事前放流を実施している時間が長いため、図1.9上の貯水位の図に示されているとおり事前放流による貯水位低下が大きい。その後、通常の洪水調節操作では3日15時ぐらいから異常洪水時防災操作を開始するのに対し、テーブル①ではそれよりも3時間程度遅い3日18時頃から異常洪水時防災操作を開始した。テーブル②では、そこからさらに12時間程度が経過した4日6時頃から異常洪水時防災操作を開始した。テーブル①、②ともに異常洪水時防災操作そのものを回避することはできなかったものの、その開始時刻を遅らせることができたことが効果として挙げられる。

表 1.20 事前放流の目標水位決定手順（出水1：2011年9月2日、テーブル②）

累積雨量ランク (mm)	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流											
1 - 19	しない											
20 - 39									293.5			
40 - 59									(-5.5m)			
60 - 79					298.2 (-0.2m)							
80 - 99					297.3 (-1.7m)							
100 - 119			296.1 (-2.9m)									
120 - 139	295.0		294.3					291.4	(-7.6m)			
140 - 159	(-4.0m)		(-4.7m)									
160 - 179												
180 - 199									289.7	(-9.3m)		
200 -												

年月日	2011年8月31日																							2011年9月1日																							2011年9月2日																																																																				
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																																																				
2011-08-31 12:00 予測 累積0mm、予測102mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
2011-08-31 18:00 予測 累積0mm、予測122mm	初期時刻																							配信時間4hr																							目標水位296.9m(-0.1m)																																																																				
2011-09-01 0:00 予測 累積42mm、予測115mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
2011-09-01 6:00 予測 累積95mm、予測172mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
2011-09-01 12:00 予測 累積139mm、予測278mm	初期時刻																							配信時間4hr																							準備時間6hr																							目標水位294.3m(-4.7m)																																													
2011-09-01 18:00 予測 累積194mm、予測443mm	初期時刻																							配信時間4hr																							初期時刻																							配信時間4hr																							目標水位289.7m(-9.3m)																						
2011-09-02 00:00 予測 累積242mm、予測345mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
2011-09-02 06:00 予測 累積284mm、予測492mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
2011-09-02 12:00 予測 累積387mm、予測586mm	初期時刻																							配信時間4hr																																																																																											
事前放流設定水位	事前放流に該当しない																							目標水位294.3m(-4.7m)																							目標水位289.7m(-9.3m)																							13時に洪水調節に移行																																													

※累積雨量は無降雨6時間でリセット

※準備時間6時間の内訳(実施判断3.0hr、参集1.5hr、巡視・連絡1.5hr)

洪水調節移行の15時間前に事前放流開始

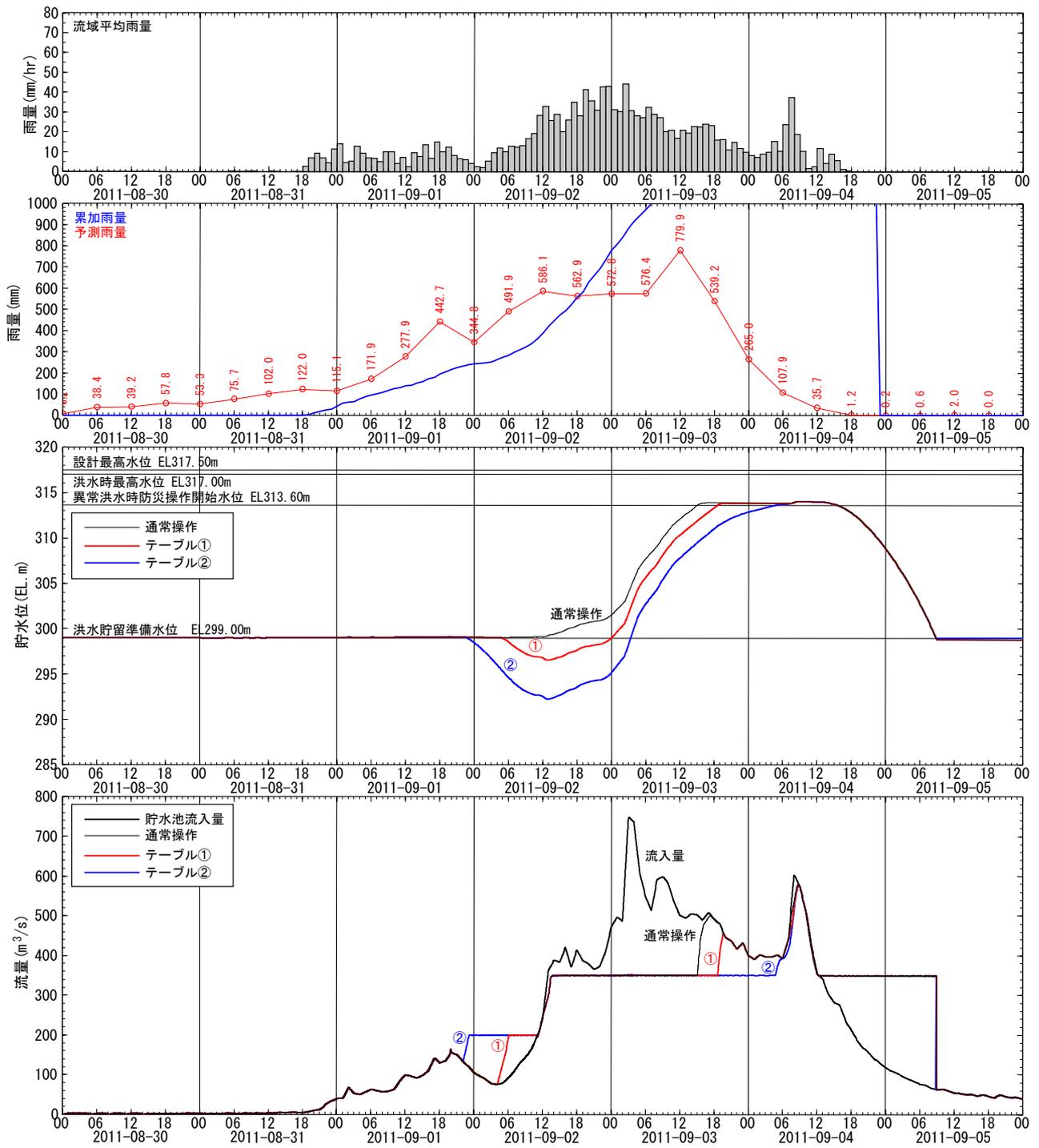


図1.9 Aダム事前放流シミュレーション (出水1: 2011年9月2日)

2) 出水 2

表 1. 21 下より、累積雨量の時系列及び予測雨量の更新状況からテーブル①では事前放流を実施しない。それに対しテーブル②では、14 日 6 時に累積雨量が 0 mm ではあるが予測雨量が 376 mm に到達し、293.5 m を目標として事前放流を開始する。その後、図 1. 10 に示す通り 9 月 9 日 1 時頃に目標とする水位に到達して事前放流を終了、水位維持操作を実施する。ただし、この出水においては予測が過大評価であったため、ピーク流量が生起する 9 月 9 日 8 時からオーバーカット操作を実施することで貯水位を回復させる必要が生じている。

3. テーブル①及びテーブル②の違い

1.では実施頻度、2.では事前放流シミュレーションによりテーブル①及び②の評価を行った。これらの結果から、テーブル①及び②には下記のような特性があると考えられる。

● テーブル①

減水期間における貯留量を回復可能量に算入していないため、②の考え方と比較して事前放流の実施頻度及び容量が少なくなる。

過去の出水において経験のない規模で雨量が過大に予測され、事前放流を実施した後に洪水貯留準備水位まで貯水位が回復しないおそれがある出水においても、減水期間において貯留することで貯水位回復に努めることができる。その一方で、事前放流実施容量が少なくなることから異常洪水時防災操作を回避すること及び開始を遅らせることに関する効果が小さくなる。

● テーブル②

①の考え方と比較して減水期間を考慮する分だけ回復可能量が多くなり、事前放流の実施頻度および容量が多くなる。

事前放流実施容量が多くなることから異常洪水時防災操作を回避すること及び開始を遅らせることに関する効果も大きくなる。その一方で、減水期間における貯留量を含めて事前放流するため、過去の出水において経験のない規模で雨量が過大に予測された出水が発生した場合には、事前放流実施後に減水期間における貯留を実施しても洪水貯留準備水位まで貯水位が回復しないおそれがある。

表 1.21 事前放流の目標水位決定手順 (出水 2 : 2015 年 9 月 7 日、テーブル①)

累積雨量ランク (mm)	予測雨量ランク (33時間予測積算雨量 mm/33hr)											
	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流											
1 - 19	しない											
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119												
120 - 139												
140 - 159												
160 - 179										289.7		
180 - 199									290.0	(-9.0m)		
200 -							297.0	(-2.0m)	296.3	(-2.7m)		

年月日 時刻	2015年9月7日											2015年9月8日											2015年9月9日																																				
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2015-09-07 9:00 予測 累積0mm 予測56mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-07 12:00 予測 累積0mm 予測74mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-07 15:00 予測 累積5mm 予測78mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-07 18:00 予測 累積17mm 予測114mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-07 21:00 予測 累積20mm 予測12mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 0:00 予測 累積21mm 予測358mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 3:00 予測 累積2mm 予測436mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 6:00 予測 累積2mm 予測316mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 9:00 予測 累積4mm 予測362mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 12:00 予測 累積8mm 予測322mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 15:00 予測 累積19mm 予測269mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 18:00 予測 累積40mm 予測122mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-08 21:00 予測 累積63mm 予測71mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 0:00 予測 累積69mm 予測38mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 3:00 予測 累積86mm 予測38mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 6:00 予測 累積107mm 予測23mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 9:00 予測 累積124mm 予測2mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 12:00 予測 累積128mm 予測1mm	初期時刻 配信時間4hr																																																										
2015-09-09 15:00 予測 累積128mm 予測3mm	初期時刻																																																										
事前放流設定水位	事前放流に該当しない																																																										

※累積雨量は無降雨6時間でリセット
 ※準備時間6時間の内訳(実施判断3.0hr、参集1.5hr、巡視・連絡1.5hr)

表 1.22 事前放流の目標水位決定手順（出水2：2015年9月7日、テーブル②）

累積雨量ランク (mm)	0 - 49	50 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 249	250 - 299	300 - 349	350 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 549	550 -
0	事前放流しない											
1 - 19												
20 - 39												
40 - 59												
60 - 79												
80 - 99												
100 - 119	296.1 (-2.9m)											
120 - 139	295.0 (-4.0m)	294.3 (-4.7m)				291.4 (-7.6m)						
140 - 159												
160 - 179												
180 - 199	289.7 (-9.3m)											
200 -												

年月日	2015年9月7日																							2015年9月8日																							2015年9月9日																							
	時刻	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23									
2015-09-07 9:00 予測	初期時刻	配信時間4hr																																																																				
累積0mm 予測56mm																																																																						
2015-09-07 12:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積0mm 予測74mm																																																																						
2015-09-07 15:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積5mm 予測78mm																																																																						
2015-09-07 18:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積17mm 予測114mm																																																																						
2015-09-07 21:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積20mm 予測172mm																																																																						
2015-09-08 0:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																							準備時間6hr																							
累積21mm 予測358mm																																															目標水位293.5m(-5.5m)																							
2015-09-08 3:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積2mm 予測436mm																																																																						
2015-09-08 6:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積2mm 予測316mm																																																																						
2015-09-08 9:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積4mm 予測362mm																																																																						
2015-09-08 12:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積8mm 予測322mm																																																																						
2015-09-08 15:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積19mm 予測269mm																																																																						
2015-09-08 18:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積40mm 予測122mm																																																																						
2015-09-08 21:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積63mm 予測71mm																																																																						
2015-09-09 0:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積69mm 予測38mm																																																																						
2015-09-09 3:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積86mm 予測38mm																																																																						
2015-09-09 6:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積107mm 予測23mm																																																																						
2015-09-09 9:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積124mm 予測2mm																																																																						
2015-09-09 12:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積128mm 予測1mm																																																																						
2015-09-09 15:00 予測	初期時刻																							配信時間4hr																																														
累積128mm 予測3mm																																																																						
事前放流設定水位	事前放流に該当しない																							目標水位293.5m(-5.5m)																							オーバーカットによる貯水位回復(48時間)																							
※累積雨量は無降雨6時間でリセット																								ピーク流量生起の17時間前に事前放流開始																							●ピーク流量生起 9月9日8:00																							
※準備時間6時間の内訳(実施判断3.0hr、参集1.5hr、巡視・連絡1.5hr)																								※洪水量に達せず、空振りとなる。																																														

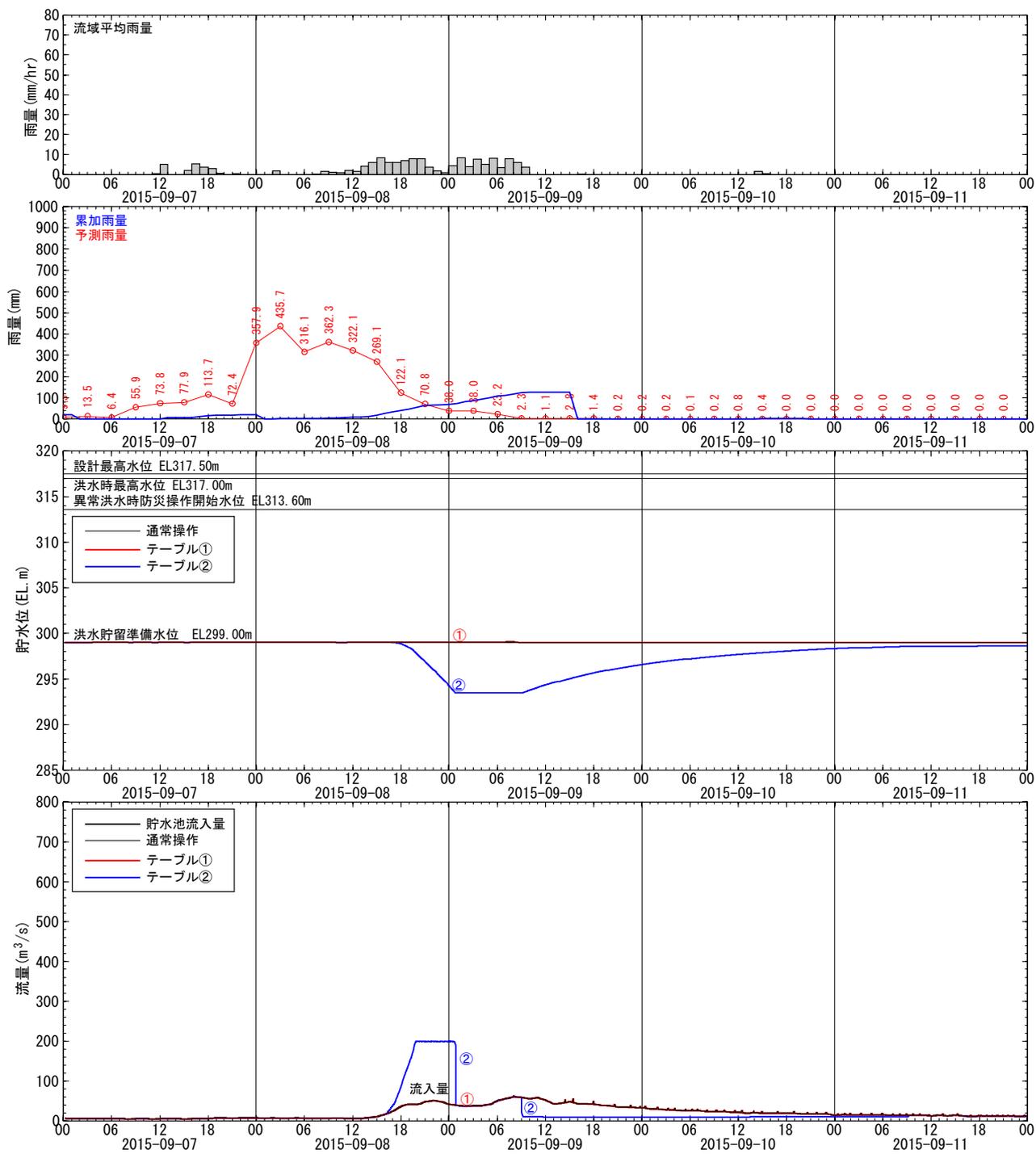


図 1.10 A ダム事前放流シミュレーション (出水 2 : 2015 年 9 月 7 日)