

第3章

特別防災操作

I. 特別防災操作の概要、本章の目的、点検フロー

特別防災操作は、下流河川で洪水被害が発生又は発生するおそれがある場合において、洪水の終わりの見通しが相当程度確実と考えられる場合にのみ実施するものであり、気象水文観測・予測情報を基に開始・継続の判断を行うものである。具体的には、図3.1に示されるフローを基本として実施されるものであり、特別防災操作の「開始判断」と「継続判断」に大別される。開始判断については以下①～④のステップで検討が行われ、継続判断については⑤で検討が行われるものである。本章ではBダムを事例として、①～⑤の各ステップにおいて判断に用いる情報や特別防災操作の放流量の決定方法及び、下流地点の水位低下効果のシミュレーションについて紹介する。また、特別防災操作の点検フローを図3.2に示す。

なお、複数のダムが直列の位置関係にある場合は、ダム毎に個別の点検を行ったうえで、複数ダムが連携して実施する場合の実施判断、継続判断の手順について整理することが望ましい。

● 開始判断

① 下流河川で洪水被害が発生または発生するおそれがないか

下流河川で洪水被害が発生又は発生するおそれがあるかについて、雨量や水位情報を参考に判断する。

② 次期洪水のおそれがないか

気象庁の府県天気予報（明後日までの天気）および週間天気予報資料を参考に、現洪水に次ぐ洪水が発生するおそれがないか、又は現洪水に対する洪水調節によって貯留した容量を洪水貯留準備水位まで低下させるまでの期間に次の洪水の発生のおそれが無いことを確認する。

③ 洪水の終了が見通せるか

現況の雨および今後（数時間先まで）の雨の予測に関する情報を基に、雨量のピークおよび降り終わりを確実に確認又は予測できるかについて確認する。ここでは、現況に至るまでの雨の推移および現況の雨の把握については国土交通省Cバンドレーダ雨量計もしくはXRAINによる雨量データを用いることを基本とする。また、今後の雨の見通し（今後の雨域の移動、ダム流域の流域平均雨量の予測）については、6時間先までの予測雨量である降水短時間予報を用いることを基本とする。

④ 残貯水容量に余裕があるか、放流量の検討

洪水の終了が見通せた場合、本則操作による放流を継続した場合に残貯水容量に余裕があるか確認する。残貯水容量に余裕がある場合、本則操作に基づく放流よりも放流量をカットできるか検討する。

● 継続判断

⑤ 特別防災操作を継続するか

特別防災操作を開始した後は、ダム貯水位、流入量および下流河川の状況を把握しながら、天気予報や予測雨量が更新されるたびに次期洪水発生の恐れおよび今後数時間に予測される雨量について確認を行い、状況に変化がない場合は特別防災操作を継続する。再び雨が降るなど次の予測雨量の更新までに残貯水容量が不足する状況が予測される場合、特別防災操作を終了する。

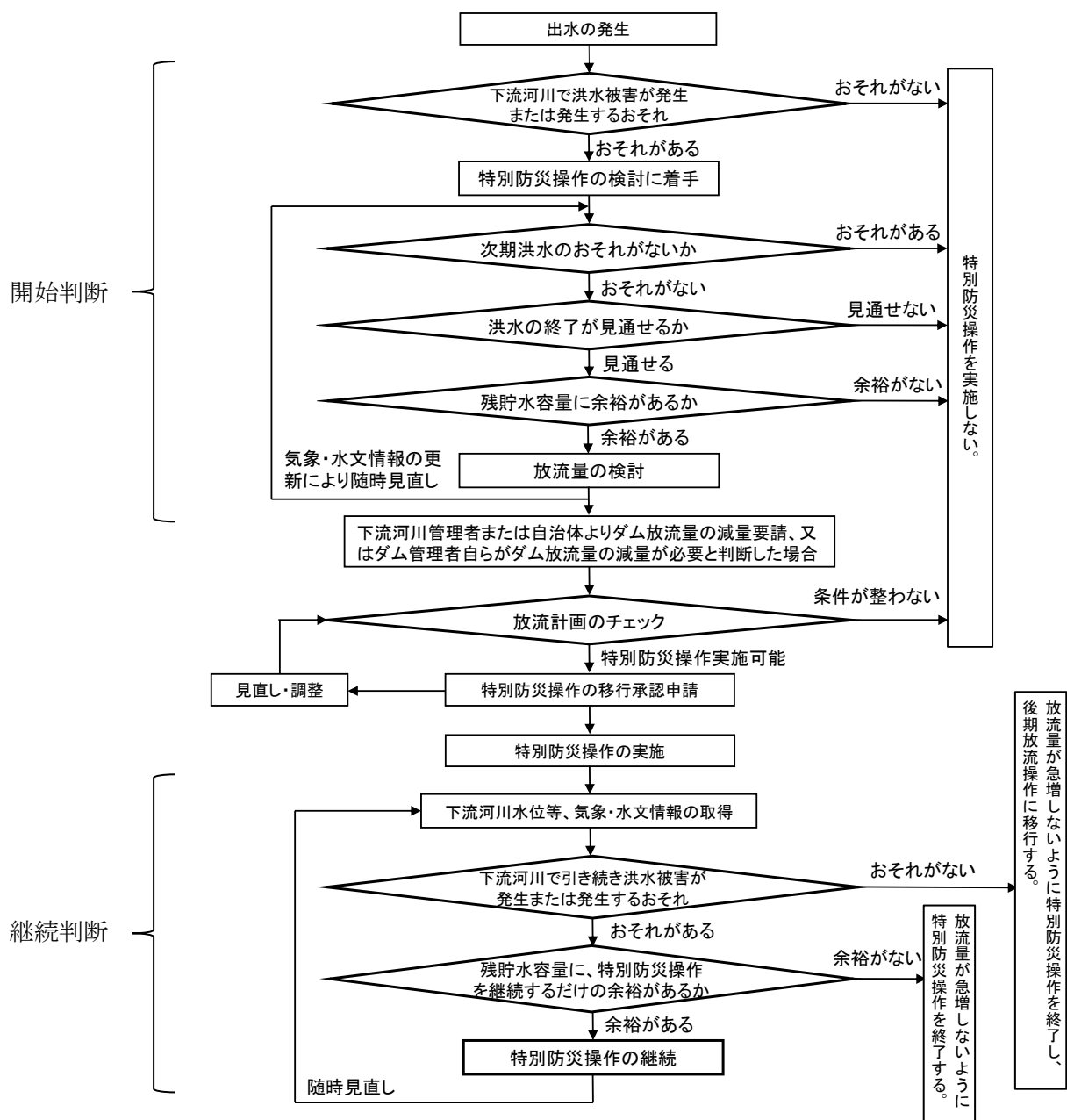


図3.1 特別防災操作の実施フロー

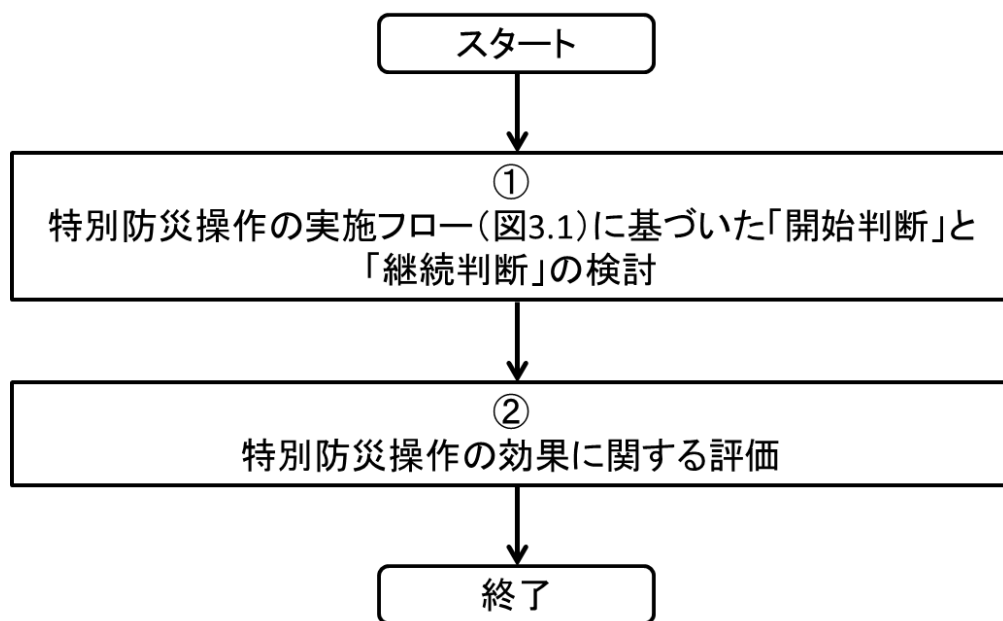


図3.2 特別防災操作の点検フロー

II. 特別防災操作の実施フローに関わる技術的事項

I.で述べた①～⑤それぞれのステップにおける検討事項について、Bダムにおける既往洪水を事例として具体的に説明する。

1. Bダムの緒元、下流水位観測地点（C地点）、対象出水について

• Bダムの諸元

Bダムは1級水系D川の支川であるE川に位置している。諸元は以下の通りである。

流域面積：226.4 km²

ダム地点からD川合流点までの距離：約10 km

洪水貯留準備水位：318.0 m

異常洪水時防災操作の開始水位：330.8 m

洪水時最高水位：333.0 m

設計最高水位：334.0 m

洪水調節容量（洪水期）：28,000,000 m³

洪水量：100 m³/s

洪水調節方式：一定量放流方式

計画最大放流量：100 m³/s

放流設備：常用洪水吐1門（ラジアルゲート）、非常用洪水吐4門（ラジアルゲート）

※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。

• 下流水位観測地点（C地点）

特別防災操作は、下流河川で洪水被害が発生または発生するおそれがある場合に実施するものであるため、特別防災操作の実施・継続を判断するために基準となる水位観測地点を設定する必要がある。BダムにおいてはC地点を設定した。C地点は、D川本川に位置し、D川とE川の合流点から下流に約2 km下流に位置する。計画高水位等の値は下記の通りである。

計画高水位：8.69 m

はん濫危険水位：7.90 m

はん濫注意水位：6.80 m

• 対象出水

Bダムにおいて実際に特別防災操作を実施した平成23年9月洪水を対象出水とする。台風による洪水であり、当該流域において戦後最大規模の出水である。

2. 各ステップにおける検討事項

I.で示した①～⑤の各ステップについて、具体的な検討方法を示す。

① 下流河川で洪水被害が発生または発生するおそれがないか

特別防災操作は、下流河川において洪水被害が発生又は発生するおそれがある場合に実施するものであるため、降雨量や水位情報を参考にして判断する。以下、Bダムの対象出水における事例である。

a) 降雨量及び下流河川の水位の推移

対象出水においては、図3.3に示すように、9月20日から強い雨が降り続き、台風が接近した21日夜には非常に激しい雨となった。C地点では、9月21日20時頃に氾濫危険水位を超過し、その後も水位が上昇する可能性がある状況であった。

b) 判断

a)で確認した通り、C地点では水位が上昇してきており、今後も上昇する可能性がある。そのため、特別防災操作の検討に着手する。

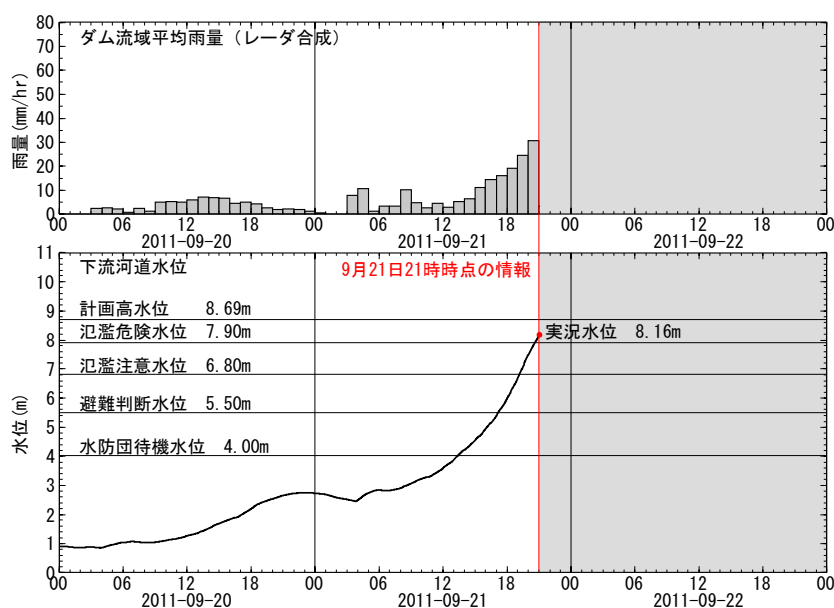


図3.3 9月21日21時までのBダム流域平均雨量及びC地点の水位

② 次期洪水のおそれがないか

特別防災操作を実施することにより本則操作以上に洪水を貯留した場合、本則操作による洪水調節を実施した場合よりも洪水調節終了後の水位低下に長い時間を要することとなる。そのため、貯水位を洪水貯留準備水位まで低下させるまでの期間に次期洪水が発生する恐れが無いことを確認する必要がある。ここでは、気象庁の府県天気予報や週間天気予報といった比較的予報時間の長い予測に基づいて判断する。以下、Bダムの対象出水における事例である。

a) 気象庁の府県天気予報

Bダムを予報対象区域に含む福島地方气象台から発表された府県天気予報では、Bダムが位置する福島県中通りの明後日までの天気として、9月21日17時の発表で、21日夜は「雨 所により 雷を伴い非常に激しく降る」、明日(22日)は「くもり 昼前から時々 晴れ 所により 夕方まで雨」、明後日(23日)は「晴れ 時々 くもり」という予報となっている(図3.4)。

福島県 21日17時発表

中通り

今夜 (308)	東の風 強く 後 南西の風 強く 雨 所により 雷を伴い 非常に 激しく 降る 波	降水確率 18-00 雨 100%
明日 (210)	南の風 やや強く 後 北西の風 曇り 昼前 から 時々 晴れ 所により 夕方まで 雨 波	降水確率 00-06 雨 30% 06-12 雨 10% 12-18 雨 30% 18-00 雨 10%
明後日 (101)	西の風 後 北西の風 晴れ 時々 曇り 波	

浜通り

今夜 (208)	南の風 非常に強く 雨 所により 雷を伴い 非常に 激しく 降る 波 5メートル 後 7メートル うねりを伴う	降水確率 18-00 雨 100%
明日 (101)	南の風 強く 後 北の風 晴れ 時々 曇り 波 7メートル 後 3メートル うねりを伴う	降水確率 00-06 雨 20% 06-12 雨 10% 12-18 雨 20% 18-00 雨 10%
明後日 (101)	北の風 晴れ 時々 曇り 波 2.5メートル 後 1.5メートル うねりを伴う	

会津

今夜 (308)	東の風 強く 後 西の風 強く 雨 会津南部 では 雷を伴い 非常に 激しく 降る 波	降水確率 18-00 雨 80%
明日 (203)	西の風 やや強く 後 北西の風 曇り 昼過ぎ まで 時々 雨 波	降水確率 00-06 雨 60% 06-12 雨 40% 12-18 雨 50% 18-00 雨 30%
明後日 (201)	北西の風 曇り 時々 晴れ 波	

図3.4 福島地方気象台が発表した府県天気予報（9月21日17時発表）

b) 気象庁の週間天気予報

また、同地方気象台から発表された週間天気予報では、平成23年9月21日17時の発表で福島県中通りの9月22日から28日までの天気として、曇り時々晴れ、または曇り、晴れ時々曇りと予報され、信頼度はAまたはBであり、大きな雨は予報されていない状況である（図3.5）。

シユウカンヨホウ! フクシマ

福島県週間天気予報
9月21日17時

予報期間
9月22日から 9月28日まで

天気		
中通り・浜通り		
22日	くもり時々晴れ	(2 1 0)
23日	晴れ時々くもり	(1 0 1)
24日	くもり時々晴れ	(2 0 1)
25日	くもり	(2 0 0)
26日	くもり	(2 0 0)
27日	晴れ時々くもり	(1 0 1)
28日	晴れ時々くもり	(1 0 1)

天気		
会津		
22日	くもり時々雨	(2 0 3)
23日	くもり時々晴れ	(2 0 1)
24日	くもり時々晴れ	(2 0 1)
25日	くもり	(2 0 0)
26日	くもり	(2 0 0)
27日	晴れ時々くもり	(1 0 1)
28日	晴れ時々くもり	(1 0 1)

降水確率		
中通り・浜通り		
22日	20	30
23日	30	40
24日	40	40
25日	30	30
26日	30	30
27日	30	30
28日	30	30

降水確率		
会津		
22日	30	30
23日	30	40
24日	40	40
25日	30	30
26日	30	30
27日	30	30
28日	30	30

最低気温		
福島		
22日	16	14
23日	16	17
24日	17	17
25日	17	17
26日	17	17
27日	17	17
28日	17	17

最低気温		
若松		
22日	11	11
23日	12	14
24日	14	15
25日	15	14
26日	14	14
27日	14	14
28日	14	14

最高気温		
福島		
22日	23	27
23日	25	26
24日	26	27
25日	27	26
26日	26	26
27日	26	26
28日	26	26

最高気温		
若松		
22日	21	26
23日	25	26
24日	26	26
25日	26	26
26日	26	26
27日	26	26
28日	26	26

平年値		
福島		
降水量の合計	少ない	9mm<平年並
最低気温	15.4℃	最高気温
		23.5℃

平年値		
若松		
降水量の合計	少ない	7mm<平年並
最低気温	14.0℃	最高気温
		23.3℃

日別信頼度		
中通り・浜通り		
22日	A	B
23日	B	A
24日	A	B
25日	B	A
26日	A	B
27日	B	A
28日	A	B

日別信頼度		
会津		
22日	A	B
23日	B	A
24日	A	B
25日	B	A
26日	A	B
27日	B	A
28日	A	B

図3.5 福島地方気象台による週間天気予報 (9月21日17時発表)

c) 判断

a)およびb)より、現在の降雨に次ぐ出水の恐れはないと考えられる。また、仮に特別防災操作を実施して洪水調節容量を全て使い切った場合においても貯水位低下に要する時間は3日程度(= 28,000,000 m³ / (100 m³/s * 24 hr * 60 min * 60 sec))である。a)及びb)から、現在の降雨の後は向こう1週間程度にかけて大きな出水は予想されていないため、仮に特別防災操作により貯水位を上昇させたとしても貯水位低下のために十分な時間を確保できると考えられる。

③ 洪水の終了が見通せるか

②においては次期洪水の発生可能性について調べた。ここでは、現在降っている雨のピークや降り終わりについて、現況の降雨情報及び今後数時間の予測情報を基に判断する。以下、Bダムの対象出水における事例である。

a) 気象レーダによる現在までの降雨状況の推移

現況に至るまでの降雨の時間分布、空間分布の推移を気象レーダ（Cバンドレーダ）により監視し、流域の降雨のピーク及び降り終わりを予測する。図3.6は、対象出水について10分毎の雨量を積算した1時間雨量の時間推移（21日18時～22時）を表示したものである。これによると、18時頃からBダム周辺に発生していた強雨域は徐々に北に抜け、9月21日22時（図3.6の赤枠で示した一番右の図）における前1時間雨量はそれ以前の時間と比較して小さくなっており、既にピーク雨量が過ぎた可能性を示唆している。

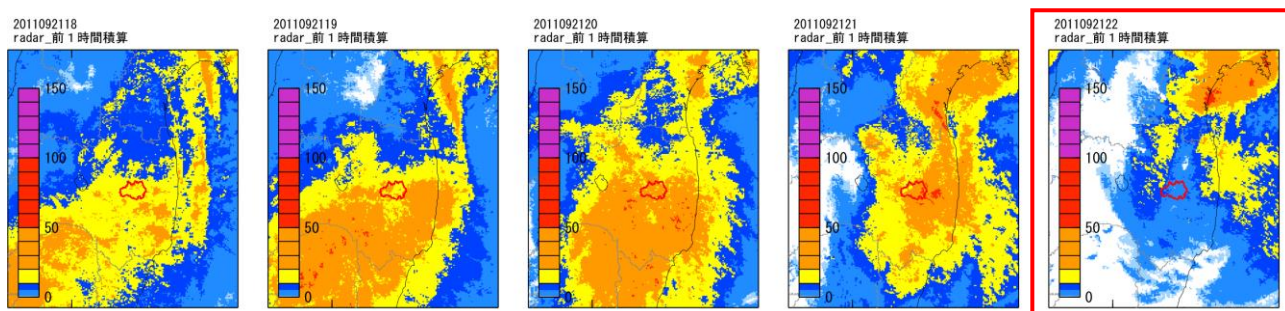


図3.6 気象レーダによるBダム周辺の1時間雨量の推移（9月21日18時～22時）

b) 降水短時間予報による6時間先までの雨量予測

気象庁降水短時間予報から得られる6時間先までの時間雨量予測により、ダム流域の今後の雨の推移について見通しをたてる。図3.7は、対象出水についてBダム流域の予測雨量の推移（予測初期時刻：9月21日21時、6時間先まで）を示したものである。その結果、22時以降（2時間先以降）、Bダム流域の雨量は大きく減少することが予測される結果が得られた。

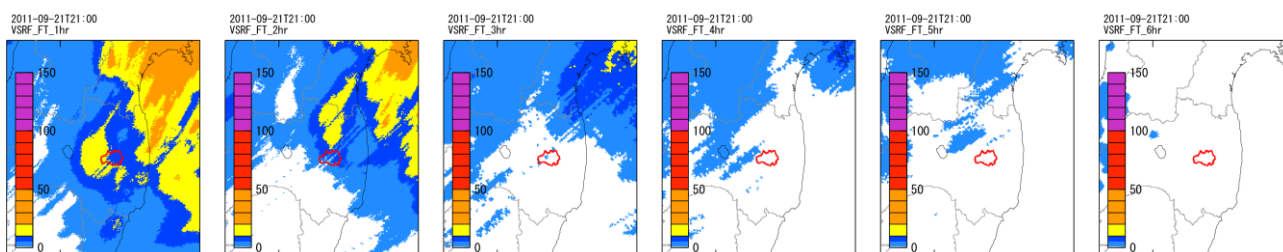


図3.7 降水短時間予報による6時間予測値（予測初期時刻9月21日21時）

左から順に1時間先、2時間先、3時間先、4時間先、5時間先、6時間先までの予測結果

c) 判断

a)及びb)から、22時時点で既に雨のピークは過ぎており、今後雨量は減少・降り止み、洪水は終了すると考えられる。

※補足

ここでは、気象レーダ及び降水短時間予報に基づく判断について示したが、入手可能であれば台風進路予報情報も併せて用いることが望ましい。

④ 残貯水容量に余裕があるか、放流量の検討

現洪水の終了が見通せた場合、「本則操作による放流を継続した場合に残貯水容量に余裕があるか」について確認する。残貯水容量に余裕がある場合は、放流を本則操作で行うよりも放流量を下げる事が可能かについて検討する。ここでは上記の検討手順について、「適応操作」において採用されている方法について紹介する。適応操作は、ダムの流出の遅れ時間を設定（ダムコンで設定されている値を採用することを基本とする。）し、その遅れ時間内に降った実績の雨量及び降水短時間予報から得られる6時間の予測積算雨量が損失することなく全てダムに流入すると仮定した総流入量と、現在の空容量の比較を通じて、その実施を判断するものである。適応操作方式以外にも放流量決定方法があると考えられ、これについては4.で述べる。以下、Bダムでの9月21日22時における検討過程について示す。

a) 残貯水容量に余裕があるか

9月21日22時時点でのBダムの貯水位は320.20 m、空容量は25,380,000 m³、流入量は353.8 m³/s、放流量は100 m³/s、C地点の水位は8.66 mという状況である（図3.8）。また、Bダムにおける流出の遅れ時間は、TL = 2 hrである。残貯水容量の余裕については、上述した通り、遅れ時間内に降った実績の雨量及び、降水短時間予報から得られる6時間の予測積算雨量が損失することなく全てダムに流入すると仮定した総流入量と現在の空容量の比較することで検討する。

- 1) TL内での実績流域平均雨量の累積： $R_{\text{obs}} = 34.2 \text{ mm}$ （レーダ雨量より算出）
- 2) 6時間先までの予測雨量の合計： $R_{\text{for}} = 0.4 \text{ mm}$ （22時時点の降水短時間予報より算出）
- 3) 予測時間内の総流入量相当雨量： $R_{\text{tot}} = R_{\text{obs}} + R_{\text{for}} = 34.2 \text{ mm} + 0.4 \text{ mm} = 34.6 \text{ mm}$
- 4) この時点での空容量相当雨量： $R_{\text{vol}} = 25,380,000 \text{ m}^3 / 226.4 \text{ km}^2 = 0.112 \text{ m} = 112.1 \text{ mm}$
- 5) 時点空容量相当雨量 $R_{\text{vol}} = 112.1 \text{ mm} >$ 予測時間内の総流入量相当雨量 $R_{\text{tot}} = 34.6 \text{ mm}$

以上より、Bダムの対象出水においては、予測時間内の総流入量よりもその時点での空容量を上回っているため、残貯水容量に余裕があると判断される。

b) 放流量の検討

5)において、時点空容量相当雨量 $R_{\text{vol}} = 112.1 \text{ mm} >$ 予測時間内の総流入量相当雨量 $R_{\text{tot}} = 34.6 \text{ mm}$ となっており、放流量をゼロとしても洪水調節容量は不足しないため放流量をゼロとする。

※補足

もしも空容量相当雨量が予測時間内の流入量相当雨量よりも小さい場合は、
予測時間内の総流入量相当雨量 = 空容量相当雨量 + 放流量相当雨量
となるように、放流量相当雨量を決定する。

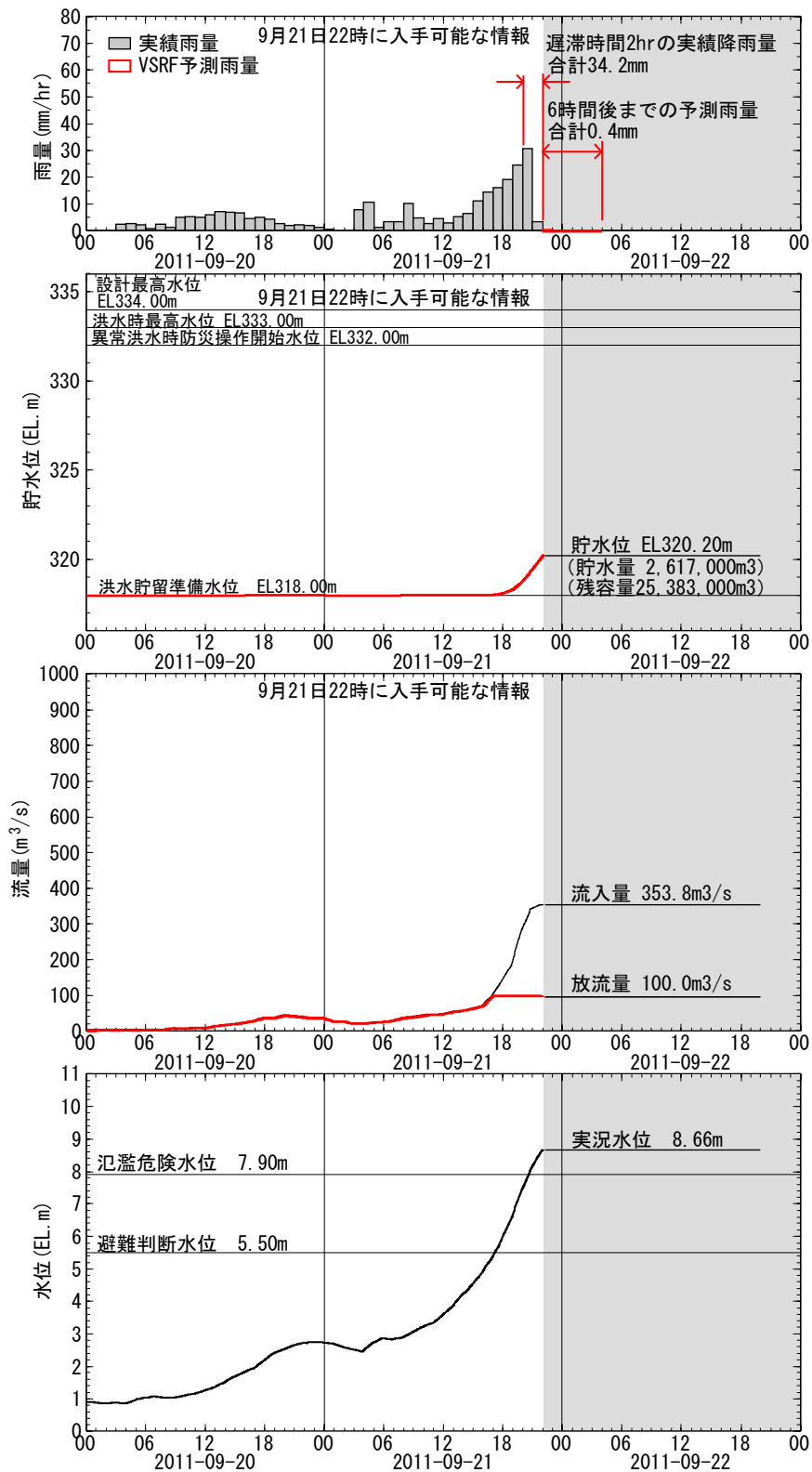


図3.8 適応操作開始判断に係る情報（9月21日22時時点の情報）

⑤ 特別防災操作を継続するか

特別防災操作を開始した後は、ダム貯水位、流入量および下流河川の状況を把握しながら、天気予報や予測雨量が更新されるたびに次期洪水発生のおそれおよび今後数時間に予測される雨量について確認を行い、状況に変化がない場合は特別防災操作を継続する。下流での氾濫のおそれがなくなった場合は特別防災操作を終了して貯水位低下操作に移行する。また、再び雨が降るなど次の予測雨量の更新までに残貯水容量が不足する状況が予測される場合においても特別防災操作を終了する。以下に9月22日5時時点のBダムにおける特別防災操作の継続判断に関する検討例を示す。

a) ダム貯水池の状況及び下流河道の状況

9月22日5時の時点でC地点の水位は7.99 mであり、氾濫危険水位7.90 mを以前超過しているため引き続いて放流量を抑えることが望ましい状況である。Bダムの貯水状況としては、貯水位が323.94 m、貯水量が8,070,000 m³、洪水調節容量の空容量が19,930,000 m³（使用率29 %）という状況である（図3. 9）。

b) 気象レーダによる現在までの降雨状況の推移

図3. 10は、9月21日18時～22日5時までの1時間雨量を示したものである。これによると、9月22日5時の前1時間雨量（図3. 10の赤枠図）では、流域の降雨は観測されていないことが分かる。

c) 降水短時間予報による6時間先までの雨量予測

図3. 11は、9月22日5時を初期時刻とする6時間先までの1時間毎雨量予測である。図3. 11より、6時間先まで流域平均雨量はゼロが継続すると考えられる。

d) 残貯水容量に余裕があるか、放流量の検討

- 1) TL内での実績流域平均雨量の累積： $R_{\text{obs}} = 0.0 \text{ mm}$ （レーダ雨量より算出）
- 2) 6時間先までの予測雨量の合計： $R_{\text{for}} = 0.0 \text{ mm}$ （5時時点の降水短時間予報より算出）
- 3) 予測時間内の総流入量相当雨量： $R_{\text{tot}} = R_{\text{obs}} + R_{\text{for}} = 0.0 \text{ mm} + 0.0 \text{ mm} = 0.0 \text{ mm}$
- 4) この時点での空容量相当雨量： $R_{\text{vol}} = 19,930,000 \text{ m}^3 / 226.4 \text{ km}^2 = 0.0880 \text{ m} = 88.0 \text{ mm}$
- 5) 時点空容量相当雨量 $R_{\text{vol}} = 88.0 \text{ mm} > \text{予測時間内の総流入量相当雨量 } R_{\text{tot}} = 0.0 \text{ mm}$

以上より、Bダムの対象出水においては、予測時間内の総流入量よりもその時点での空容量を上回っているため、残貯水容量に余裕があると判断される。

時点空容量相当雨量 $R_{\text{vol}} = 88.0 \text{ mm} > \text{予測時間内の総流入量相当雨量 } R_{\text{tot}} = 0.0 \text{ mm}$ となっており、放流量をゼロとしても洪水調節容量は不足しないため、引き続いて放流量をゼロとすることが可能である。
→現在の特別防災操作を継続する。

なお、下流河川で洪水被害の発生又は発生する恐れが解消された場合、あるいは特別防災操作の継続判断により貯水池容量の不足が見込まれ操作を中止する場合、下流に対する放流量の急増を防ぐ放流の増加方法により特別防災操作を終了することが必要となる。このとき、放流量の増加中に貯水量が増加することを予め見込む必要がある。

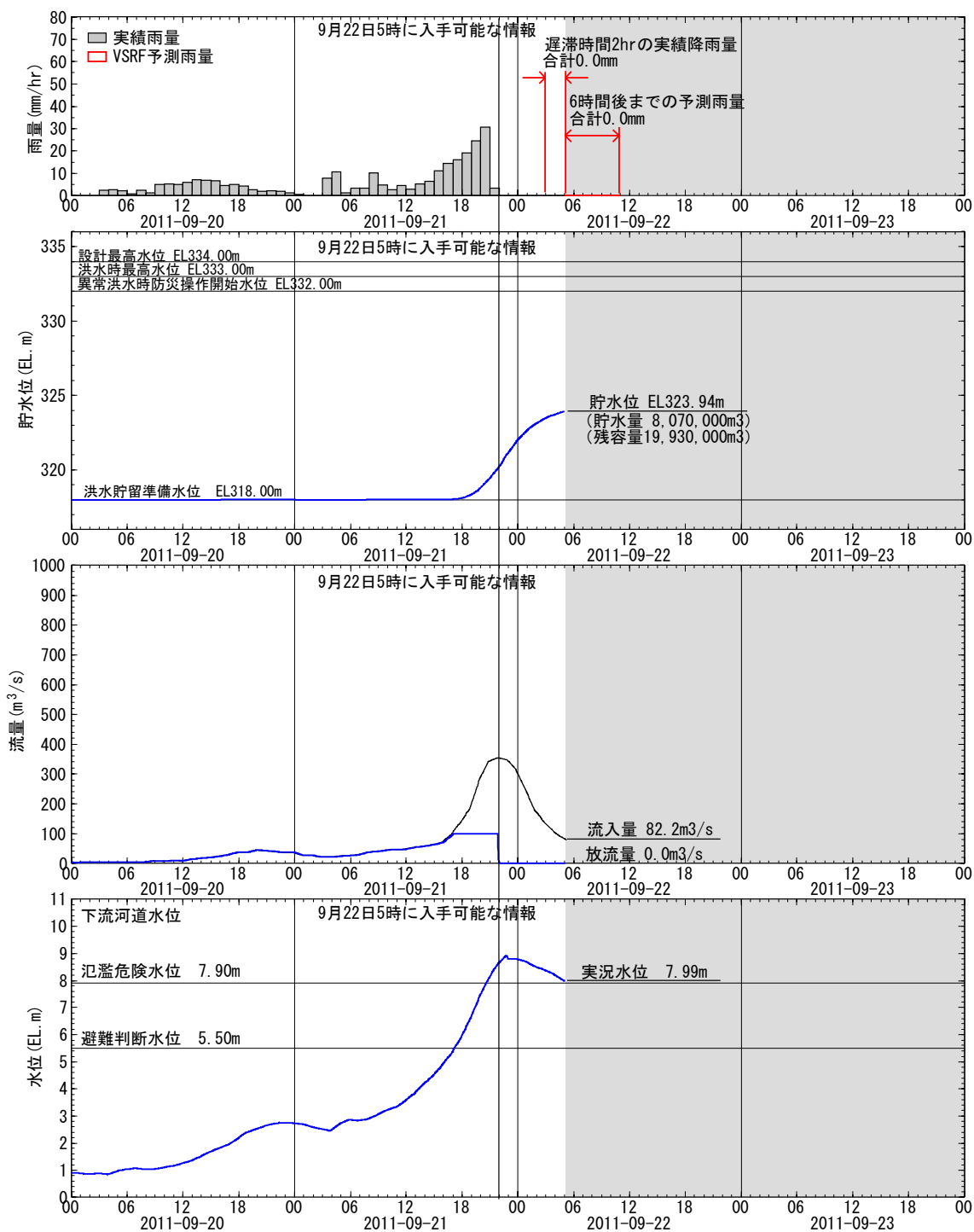


図3.9 特別防災操作の継続判断に係る情報（9月22日5時点の情報）

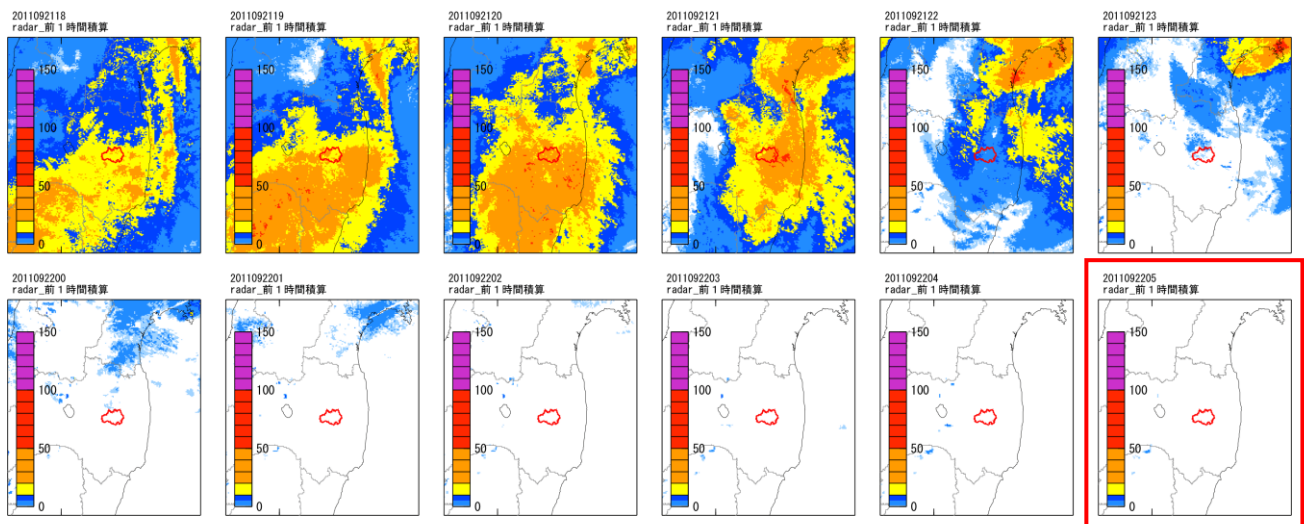


図3.10 気象レーダによる1時間積算雨量の推移（9月21日18時～22日5時）

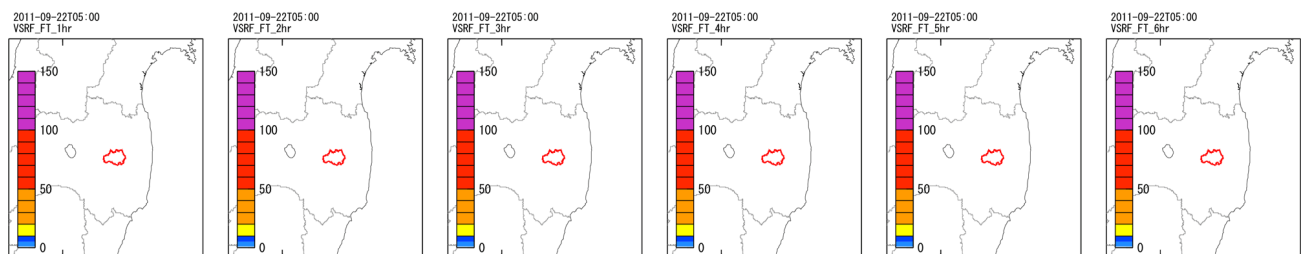


図3.11 降水短時間予報による6時間予測値（予測初期時刻9月22日5時）

左から順に1時間先、2時間先、3時間先、4時間先、5時間先、6時間先までの予測結果

3. 特別防災操作による水位低下効果のシミュレーション

特別防災操作の開始後、2.⑤で述べたような継続判断を時々刻々実施する。対象出水では特別防災操作を一定の時間まで継続させることとなった。そのシミュレーション結果は図3.12のようになり、特別防災操作を実施することにより、本則操作による操作と比較してC地点の水位を下げることであり、特別防災操作による効果が確認される。

なお、ここでの水位低下効果のシミュレーションについては、本来は流出計算を用いて評価する事が望ましいが、簡易的な手法として2章IV.3.と同様に以下のような手順を取った。

- (1) ダム地点からC地点までの流出遅れを求める。
- (2) (1)で求めた流出遅れを考慮して、C地点の実績の流量からダムの放流量を差し引く。ここで得られたものを残流域からの流出量とみなす。
- (3) 特別防災操作によるBダムからの放流量を(2)で求めた流出量に足すことでC地点における流量とする。これをHQ式により水位に変換する。

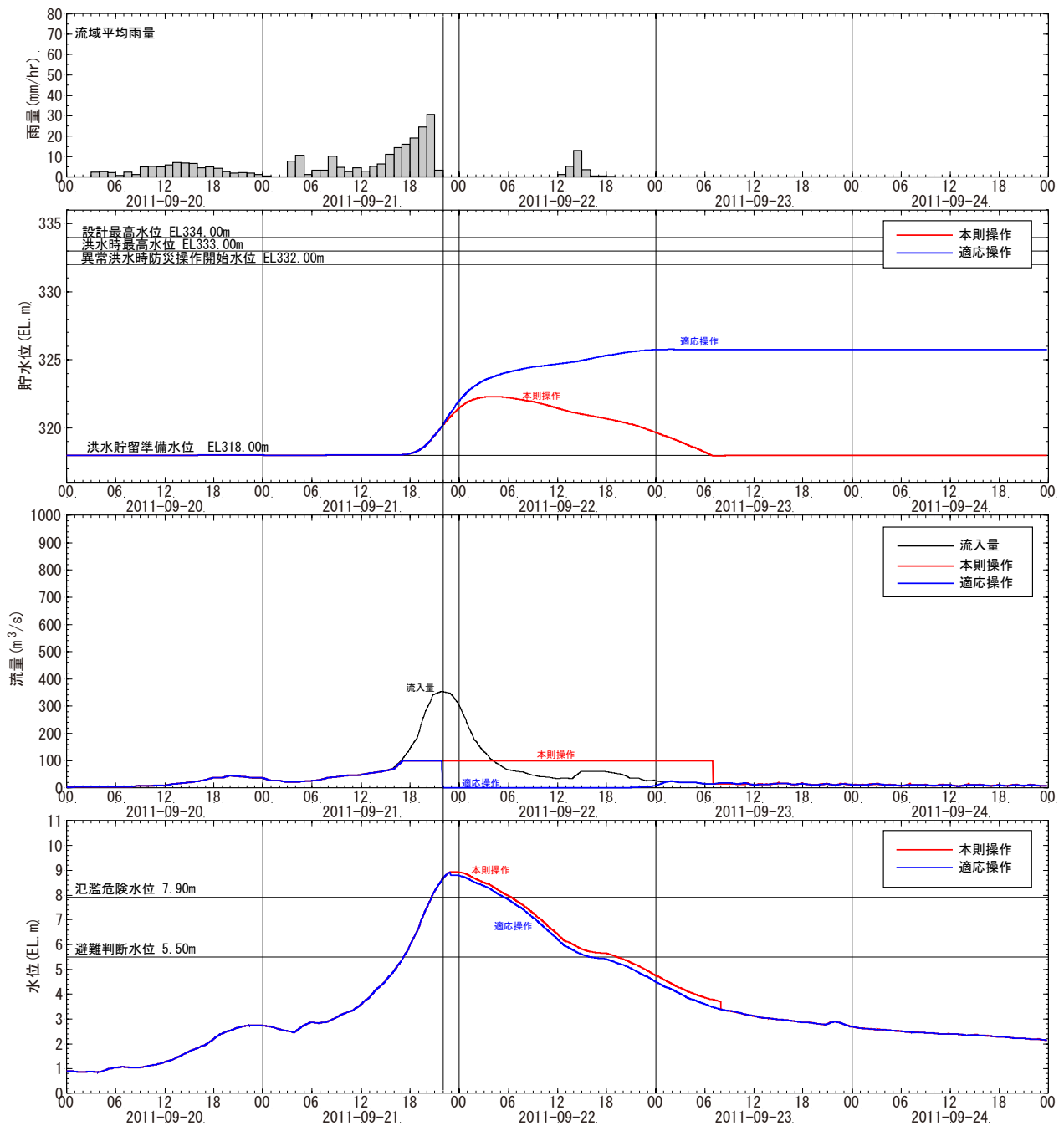


図3.12 特別防災操作のシミュレーション結果

4. その他の放流量決定方法の紹介

2.及び3.では、特別防災操作における放流量の決定方法として適応操作方式で採用されている方法を紹介した。ここでは、これ以外の放流量決定方法として異常洪水時防災操作でも紹介した必要最小放流量方式及びVR方式に基づく放流量決定方法について紹介する。

4.1 必要最小放流量方式による特別防災操作

a) 特別防災操作における必要最小放流量テーブルの考え方、作成

異常洪水時防災操作における必要最小放流量方式は、流入量がダム設計洪水流量まで増加することを想定した際に現在の流入量、貯水位において最低限必要な放流量を定めた必要最小放流量テーブルを作成・これに基づいて操作する方式である。この方式を特別防災操作に応用するため、以下の設定を行う。

• 想定する流入量

異常洪水時防災操作において流入量がダム設計洪水流量まで増加することを想定するのは、異常洪水時防災操作中に流入量の増加・減少を明確に判断することが難しいためである。その一方で、特別防災操作においては流入量の減少が相当程度見込まれた場合において実施するものとされている。このことから特別防災操作への応用に当たっては、流入量は「現在の流入量が継続する」と仮定することとする。

• 必要最小放流量テーブルの作成範囲

流入量：

異常洪水時防災操作においては、テーブル作成の範囲として、下限を計画最大放流量、上限を設計洪水流量とした。特別防災操作においては、規則操作よりも放流量を下げることを想定するため、下限を計画最大放流量、上限を計画高水流量とすることを基本とする。Bダムにおいては、上記の考え方に基づき下限を $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、上限を $700 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

貯水位：

異常洪水時防災操作においては、下限を異常洪水時防災操作開始水位、上限を設計最高水位とした。特別防災操作においては、空容量に余裕がある場合における操作であることから下限を洪水貯留準備水位とする。上限については、洪水調節容量内での調節を想定し、洪水時最高水位とすることを基本とする。Bダムにおいては、上記の考え方に基づき下限を 318.0 m 、上限を 333.0 m とした。

• 必要最小放流量の算出

任意の貯水位・流入量における必要最小放流量は、その貯水位からその流入量が継続した時に、洪水時最高水位においてその流入量を放流するために現時点で最低限必要な放流量として考えられる。この考えに則って求めたBダムの必要最小放流量テーブルが表3.1である。なお必要最小放流量方式は流入量が必要であるため、貯水位計測のためゲート休止時間を設定する必要がある。ここではゲート休止時間として10分間を設定した。

表3.1 特別防災操作の必要最小放流量テーブル

貯水位 (EL.m)	流入量(m ³ /s)						
	100	200	300	400	500	600	700
318	0	0	0	0	0	0	0
319	0	0	0	0	0	0	0
320	0	0	0	0	0	0	0
321	0	0	0	0	0	0	0
322	0	0	0	0	0	0	0
323	0	0	0	0	0	0	0
324	0	0	0	0	0	0	0
325	0	0	0	0	0	0	0
326	0	0	0	0	0	0	0
327	0	0	0	0	0	0	0
328	0	0	0	0	0	0	0
329	0	0	0	0	0	0	0
330	0	0	0	0	0	0	0
331	0	0	0	0	0	0	0
332	0	0	0	0	0	0	0
333	100	200	300	400	500	600	700

b) 計算事例

必要最小放流量方式による放流量決定事例として、9月21日22時時点为例に示す。この時点における貯水位、流入量等の条件は図3.8に示される。

- 1) 9月21日22時の時点の貯水位、流入量から、表3.1の必要最小放流量テーブルにより必要最小放流量を求める。貯水位は320.20 m、流入量は353.8 m³/sであるため、表3.1の赤枠内の値を内挿することで必要最小放流量は0 m³/sと求まる。
- 2) 放流量を0 m³/sとする特別防災操作に移行する。

これ以降、特別防災操作の継続判断の度にその時点の貯水位、流入量から必要最小放流量テーブルを基に放流量を設定し直す。

4.2 VR方式による特別防災操作

a) 特別防災操作における放流率テーブルの考え方、作成

異常洪水時防災操作で紹介したVR方式は、異常洪水時防災操作開始後の流入量が逡減することを仮定した操作である。特別防災操作は、洪水の終了が相当程度確実な場合に実施する方式であるため、異常洪水時防災操作のVR方式と同様に流入量が逡減する場合に行われるものである。よって特別防災操作にVR方式を援用することを考える。VR方式を特別防災操作に応用するに当たって必要となる設定は以下の通りである。

- 流入量の設定

設定する基準流入波形は異常洪水時防災操作の時と同じであることを基本とする。BダムにおけるVR方式の基準流入波形を図3.13に示す。

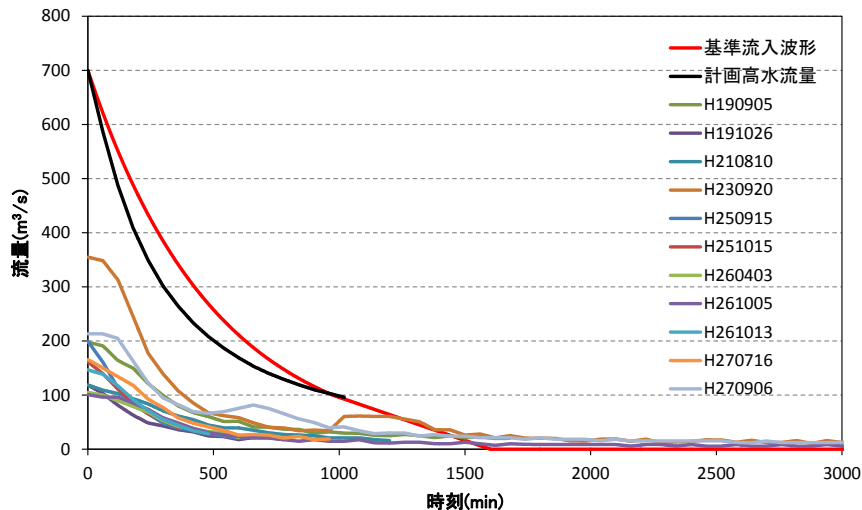


図3.13 BダムにおけるVR方式の基準流入波形

• 放流率テーブルの作成範囲

空容量：

異常洪水時防災操作におけるVR方式では、異常洪水時防災操作の開始水位から洪水時最高水位を範囲として放流率テーブルを作成した。それに対し特別防災操作においては、空容量に余裕がある場合における操作であることから下限を洪水貯留準備水位とする。上限については、洪水調節容量内での調節を想定し、洪水時最高水位とすることを基本とする。よって空容量の上限は洪水調節容量（貯水位：洪水貯留準備水位）とし、空容量の下限は 0 m^3 （貯水位：洪水時最高水位）とすることを基本とする。Bダムにおいては、上記考え方に基づいて上限を $28,000,000 \text{ m}^3$ 、下限を 0 m^3 とした。

放流量：

異常洪水時防災操作においては、放流量は計画最大放流量から設計洪水流量までの流量を設定することを基本としたが、特別防災操作は放流量を下げることを想定した操作であるため上限を計画最大放流量、下限をゼロとすることを基本とする。Bダムにおいては計画最大放流量である $100 \text{ m}^3/\text{s}$ を上限、下限を $0 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、その間を $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 刻みで設定した。

• 放流率の算出

任意の空容量・放流量における放流率は、異常洪水時防災操作における算出方法と同等の手順（2章II. 4.2. 3）求める。ただし、異常洪水時防災操作においては、「放流率 $R = (\text{放流量} - \text{洪水調節開始流量}) \div (\text{流入量} - \text{洪水調節開始流量})$ 」としたが、特別防災操作においては、「放流率 $R = (\text{放流量}) \div (\text{流入量})$ 」とした。この考えに則って求めたBダムの放流率テーブルが表3.2である。なおVR方式は流入量が必要であるため、貯水位計測のためゲート休止時間を設定する必要がある。ここではゲート休止時間として10分間を設定した。

表3.2 特別防災操作の放流率テーブル

空き容量(万m ³)	放流量(m ³ /s)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
99.5	0.000	0.121	0.216	0.290	0.343	0.382	0.412	0.436	0.455	0.472	0.488
199.5	0.000	0.085	0.152	0.204	0.245	0.277	0.304	0.327	0.346	0.364	0.380
299.5	0.000	0.065	0.118	0.160	0.194	0.223	0.247	0.268	0.287	0.303	0.318
399.5	0.000	0.053	0.096	0.132	0.162	0.188	0.210	0.229	0.246	0.262	0.277
499.5	0.000	0.045	0.082	0.113	0.140	0.163	0.183	0.201	0.217	0.232	0.246
599.5	0.000	0.039	0.071	0.099	0.123	0.145	0.163	0.180	0.195	0.209	0.222
699.5	0.000	0.034	0.063	0.089	0.110	0.130	0.147	0.163	0.177	0.191	0.203
799.5	0.000	0.031	0.057	0.080	0.100	0.118	0.135	0.149	0.163	0.176	0.187
899.5	0.000	0.028	0.052	0.073	0.092	0.109	0.124	0.138	0.151	0.163	0.174
999.5	0.000	0.025	0.047	0.067	0.085	0.101	0.115	0.128	0.140	0.152	0.163
1099.5	0.000	0.023	0.044	0.062	0.079	0.094	0.107	0.120	0.132	0.143	0.153
1199.5	0.000	0.022	0.041	0.058	0.074	0.088	0.101	0.113	0.124	0.134	0.144
1299.5	0.000	0.020	0.038	0.054	0.069	0.082	0.095	0.106	0.117	0.128	0.143
1399.5	0.000	0.019	0.036	0.051	0.065	0.078	0.090	0.101	0.114	0.128	0.143
1499.5	0.000	0.018	0.034	0.048	0.061	0.074	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
1599.5	0.000	0.017	0.032	0.046	0.058	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
1699.5	0.000	0.016	0.030	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
1799.5	0.000	0.015	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
1899.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
1999.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2099.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2199.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2299.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2399.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2499.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2599.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2699.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143
2799.5	0.000	0.014	0.029	0.043	0.057	0.071	0.086	0.100	0.114	0.128	0.143

b) 放流量決定事例

VR方式による放流量決定事例として、必要最小放流量方式と同様に9月21日22時時点为例に示す。この時点における貯水位、流入量等の条件は図3.8に示される。

- 1) 9月21日22時の時点の空容量 (25,380,000 m³)、放流量 (100 m³/s) から、表3.2の放流率テーブルから放流率 (0.143) を設定する (表3.2の赤枠)。
- 2) 流入量 (353.8m³/s) に放流率を乗じた値を放流量 (354.9 × 0.143 ≒ 50.5 m³/s) とする。
- 3) 2)で求めた放流量 (50.5 m³/s) は、現時点の放流量 (100 m³/s) よりも小さいため、放流量を50.5 m³/s とする。

これ以降、特別防災操作の継続判断の度にその時点の空容量、放流量から放流率テーブルを基に放流量を設定し直す。

4.3 必要最小放流量方式及びVR方式による特別防災操作のシミュレーション事例

4.1及び4.2において述べた特別防災操作における必要最小放流量方式及びVR方式によりBダムの対象出水についてシミュレーションを行った結果を図3.14に示す。C地点の水位の計算方法はII.3.で記した方法と同じである。図3.14には、本則操作方式及び適応操作方式によるシミュレーション結果も併せて表示している。その結果、対象出水については適応操作方式、必要最小放流量方式及びVR方式は特別防災操作開始直後から数時間後には放流量がゼロとなり、それ以降放流量を上げることはなかった。これにより、C地点において本則差よりも水位を低下させることができた。その一方で、3方式間の結果に差が出なかった。方式毎の特性の違いについては、対象出水を増やす等して考察することが今後の課題である。

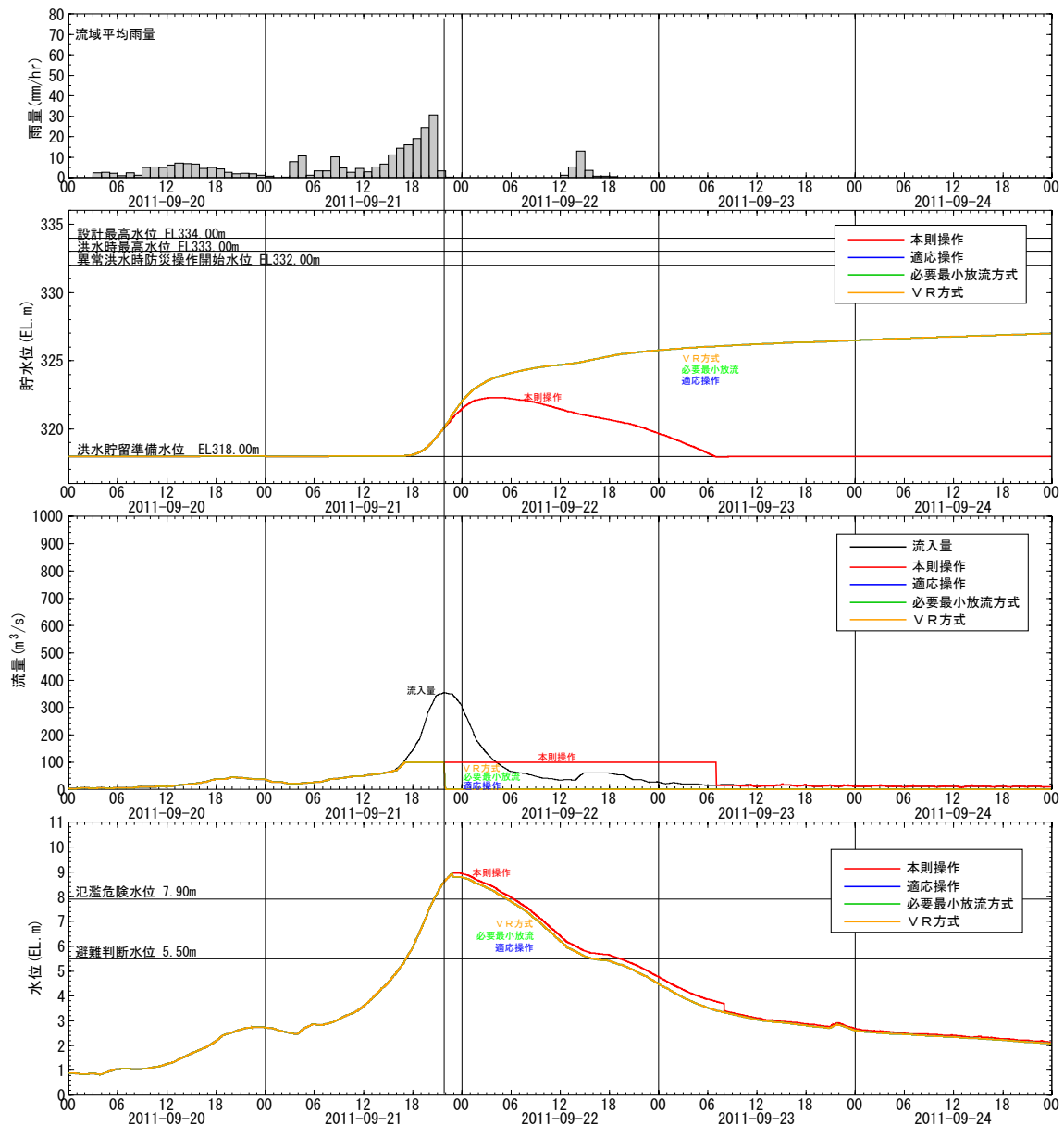


図 3.14 必要最小放流量方式、VR 方式及び適応操作方式による特別防災操作のシミュレーション

（参考）大規模な降雨時における降雨流出特性について

平成28年8月の北海道地方における洪水では、常呂川において北海道地方への連続した台風の上陸に伴う降雨により出水が連続して発生し、下図に示すように、洪水後期の流出率が大きくなり、その値が1.0を超えた。

このような場合は、ダム上流の遅滞時間内の降雨量と今後の予測雨量の総量に相当する流出高より流入量が多くなることが考えられるため、長期的な流出現象を適切に表現できる降雨流出モデル等を用いて、精度の良い洪水逓減部の予測計算を実施できる場合には、これによって計算される流入量をもとに特別防災操作の実施判断を行うことが考えられる。

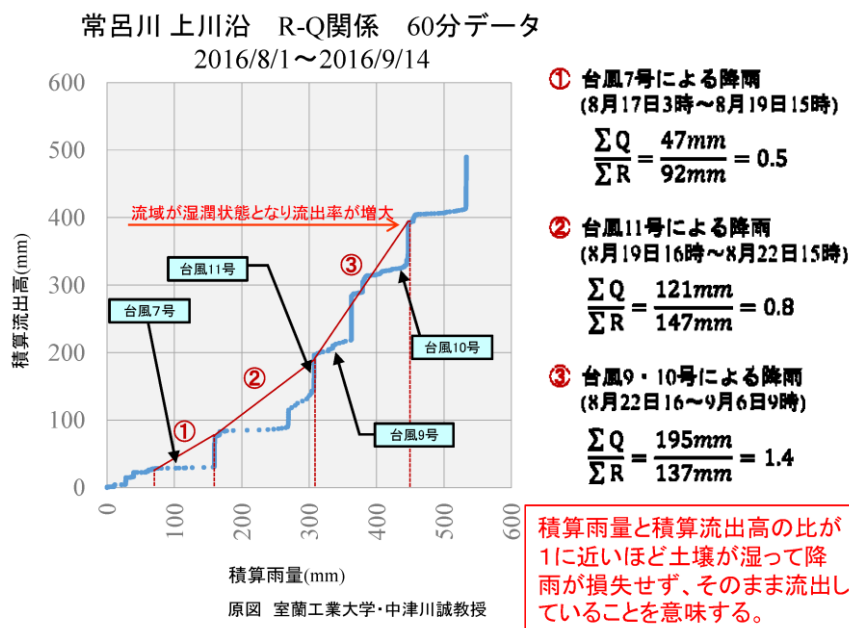


図3.15 出水が連続した際に流出率が1.0を超える事例

(平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会資料より抜粋)