

ダム操作の運用改善に向けた

中間報告書

参考資料

平成 24 年 5 月

ダム操作に関する技術検討会

目 次

参考 1-1 技術検討会議事要旨	1
参考 2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元	9
参考 3-1 平成 23 年台風 12 号の降雨超過確率分析	12
参考 3-2 相賀地点洪水流量 解析資料	15
参考 3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料	28
参考 4-1 気象予測技術の適用に関する検討	37
参考 4-2 ダム暫定運用による放流量低減効果（シミュレーション結果）	48
参考 4-3 放流量低減の限界（シミュレーション結果）	50
参考 5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果	51
参考 5-2 合算放流量情報の高度化に関する検討	55

参考 1-1 技術検討会議事要旨

第 1 回ダム操作に関する技術検討会（新宮川水系） 議事要旨

日 時：平成 23 年 11 月 29 日（火） 15：00～18：00

出席者：池淵委員長、中北委員、堀委員、立川委員、中村委員、吉谷委員、
大熨委員（代理：東）、吉田委員（代理：山鹿）、松浦委員、橋本委員

I. 検討会の進め方について

「ダム操作に関する技術検討会」の進め方について了承された。

II. 議事における主な発言について

※「⇒」は発言に対する回答を示す。「事務局」と記載のないものは委員による発言。

1. 検討会の進め方（地元意見、検討テーマ、スケジュール）

- ・ 検討会として、地元に対して何らかの改善を示していくスタンスを進める。
- ・ 放流に関する情報伝達には社会的な役割分担（ダム管理者・河川管理者・自治体）があり、今回実際各役割のなかで何が起こっていたか事実関係を整理する必要がある。この検討会でどの範囲まで拡げて議論するか確認しておく必要がある。
⇒電源開発として実施可能な範囲を整理し、今後議論のなかで範囲を拡げていく形で検討会を進める
- ・ 発電用ダムは、制度的にも構造的にも原則洪水調節するダムではないため、実質的には目安水位について踏み込んだ検討を進める。
- ・ 今後の地元説明会の進め方についてどのように考えているか？
⇒（事務局）地元説明会は、今後地元の方々と相談しながら形態を決めていきたい

2. 新宮川水系の当社ダムの諸元（新宮川水系の概要、ダムの概要、ダムの諸元）

- ・ 新宮川水系には、現時点で国管理、県管理を含めて洪水を軽減させるようなダムがない。洪水流量を低減させる手段は最終的には発電用ダムしかないということか。

3. ダムの管理・運用（運用状況、ダム操作規程／情報伝達、目安水位の設定経緯と根拠）

- ・ 目安水位をどこに設定するかは、電源開発の裁量で決めることができるのか？
⇒（事務局）諸条件を満足するような検討を行い、水位を発電による運用で下げることとは可能であり、電源開発側の判断となる。
- ・ 目安水位に確実に下げるためには、降雨予測できたとして予測のリードタイムとの関係を考える必要がある。
- ・ 目安水位を下げるような弾力的・自主的運用は河川管理者と相当な協議が必要か。

⇒治水は河川管理者が実施すべき事項。発電による自主的な運用は技術的に可能な範囲でできる。

- ・ 目安水位まで踏み込んで下げる際のガイドラインはあるのか。今後更に踏み込んだ検討をする際に、渇水時の下流利水等を考えると計算上できることと現実にやれることとのギャップがあり、新たなリスクを整理する必要がある。
- ・ 出水時の場合だけではなく、渇水時の下流への補給を考慮した議論も必要である。

4. 台風 12 号における事象整理（既往洪水、気象・降雨、水位・河川流量、ダムへの流入量）

- ・ 今回の降雨予測があっていない点を情報提供者（気象庁等）にフィードバックできる仕組みを作り、利用者にとって、より良い形にしていく必要がある。

5. 台風 12 号における当社対応（ダム操作状況、情報伝達の状況、河道閉塞対応）

- ・ 下流の日足地区での水位上昇を遅らせる操作を、下流にどのように伝わっているのか。住民の方々が対策をとれるかという視点が重要である。
- ・ 情報・伝達における今後の検討では、貯水池（ダム管理）側でできることと、それを受ける住民なり自治体側でできることをうまくリンクさせる必要がある。

6. 次回検討会の内容

- ・ 降雨の波形が一山型や二山型といった過去の実績で洪水軽減対策効果を次回提示願いたい。
- ・ 目安水位に下げるには、どの程度前から発電放流することになるのか、またどれぐらいの頻度で実施されているのか、次回提示願いたい。
- ・ 水位を下げるための降雨予測（48 時間）について整理されているが、具体的な操作で、あと何時間頑張れるというような意思決定では極めて短期の予測も重要である。
- ・ 何のために初期に水位を下げるかというと、ダム操作の判断の自由度を上げるためであり、長期予測も短期予測も同様に見ておく必要がある。
- ・ 水位が高いときで大規模出水が予想されるときに、いかに早く水位を下げるかがポイントと考える。ダムの構造に限界があるが、ダムクレスト（洪水吐）から放流して水位を下げる検討も願いたい。

以 上

第2回ダム操作に関する技術検討会（新宮川水系） 議事要旨

日 時：平成24年2月24日（金）15：00～18：00

出席者：池淵委員長、中北委員、堀委員、立川委員、中村委員、吉谷委員、
大熨委員、吉田委員（代理：山下）、松浦委員、橋本委員

I. 確認・了承事項

- ・ 「第1回ダム操作に関する技術検討会」議事要旨
- ・ 地元市町村への中間報告時期（5月）は変更せず、検討会の開催を1回追加し、計4回とすること。

II. 議事における主な発言について

※「⇒」は発言に対する回答を示す。「事務局」と記載のないものは委員による発言。

1. 検討会の進め方

- ・ 「紀伊半島大水害の復旧・復興に関する国・三県合同対策会議」に関する情報提供がなされた。

2. 台風12号における事象整理（相賀地点での洪水流量の推定）

- ・ 平成23年台風12号における相賀地点での洪水流量は、23,000～26,000m³/s程度と推定され、国における検討と概ね同じ傾向にある。
- ・ 水位流量曲線で流量を推定する際、観測水位を大きく越える場合には注意が必要である。
- ・ 今後の課題として、相賀地点を含む新宮川下流域で不定流計算を行い、河川水位と洪水痕跡等との確認を行うことを検討している。

3. ダム運用の改善（ダム運用の方針、台風および降雨予測の適用と課題他）

- ・ ダム運用改善には多々課題があるように受け取れるが、次期洪水期までに対応できるのか。⇒（事務局）暫定的な位置づけになるが、更なる目安水位低下の改善は図るよう検討している。
- ・ 水位が回復したとする判断基準を整理しておく必要がある。
⇒過去の非洪水期に必要な下流補給量等の運用上のイメージは持っている。
- ・ 更なる水位低下の効果が放流量では地元には理解されにくいのではないかと？
⇒河川管理者側も電源開発の改善策を受けて、相賀地点等のポイントでのどの程度水位が下がるかは説明していくつもりである。
- ・ 貯水池運用を改善したとしても、実際には貯水池が満杯になり下流被害がでる可能性がある。その時の免責をどうするかルールづくりが重要である。

⇒河川管理者側も、電力が自主的努力されていることも、出来る範囲にも限界があることは承知している。電源開発による改善策中間報告の説明にあわせて、河川管理者側も説明していきたいと考えている。

- ・ 更なる水位低下を図るものの、雨も降っておらず洪水でもない時に放流することの理解がえられるかが難しい。

4. 情報伝達の改善（検討概要、改善策（案）、河川管理者・関係自治体アンケート）

- ・ 情報伝達はきめ細かくかつ早くを、基本にできることから進めたい。国、県、電源開発も交えて、打合せの場を持ち詰めていく必要がある。

5. 次回検討会の内容

- ・ 5月に予定されている中間報告の内容・方法については、国、県、電源開発で連携を取りながら進める必要がある。早めの情報提供並びに協議が重要である。

以 上

第3回ダム操作に関する技術検討会（新宮川水系） 議事要旨

日 時：平成24年4月5日（木）10:00～13:00

出席者：池淵委員長、中北委員、堀委員、立川委員、岡村委員、吉谷委員、満仲委員、
金剛委員（代理：宮本）、松浦委員、橋本委員

I. 確認・了承事項

- ・ 「第2回ダム操作に関する技術検討会」議事要旨

II. 議事における主な発言について

※「⇒」は発言に対する回答を示す。「事務局」と記載のないものは委員による発言。

1. 検討会の進め方

- ・ 「情報伝達の改善」については、技術検討会と並行して、河川管理者、関係自治体、電源開発(株)にて今後協議を実施していく。

2. 台風12号における事象整理（ダム放流量とダム下流域の残流量との関係）

- ・ 既往出水の降雨流出解析シミュレーション結果から、ダム放流量、日足地点流量、相賀地点流量のピーク時刻の推移を整理。ダム放流量ピークから日足地点流量ピークまで約1時間以内、ダム放流量ピークから相賀地点流量ピークまで約1.5時間以内。
- ・ 平成23年台風12号においては、ダム放流量、日足地点流量、相賀地点流量のピークがほぼ同時刻で発生しており、ダム放流量のピーク時における下流での降雨による流入量の影響が大きかったことがわかる。

3. ダム運用の改善

- ・ ダム運用の改善による低減効果を示す場合は、その表現方法に留意する必要がある。
- ・ 台風情報を用いず降雨予測のみで水位低下開始を判断しないのか？
⇒（事務局）既往の出水被害は台風に起因していること、台風情報を加味しないと空振りが増加することから台風情報も加えて水位低下開始を判断している。
- ・ 精度の良い短期降雨予測（MSM）を水位低下開始基準に用いない理由は何か？
⇒（事務局）暫定目安水位確保には貯水池への総流入量を把握する必要があり、精度および配信時間間隔も考慮した上で、可能な限り予測時間が長い長期降雨予測（84時間、GMS）を用いている。短期降雨予測のダム操作への反映については今後の課題として取り組む予定。
- ・ 目安水位から暫定目安水位への水位低下を池原発電所の発電放流により実施するが、池原発電所をフル発電で運用することは現実的に可能なのか？

- ⇒（事務局）シミュレーションでは需給調整に要する時間も考慮している。
- ・ 無害洪水量が $1,500\text{m}^3/\text{s}$ と設定されているが、平成 23 年台風 12 号での被害を踏まえ、当面の間もそのまま問題ないのか？
⇒（事務局）ネック断面である日足地区の河川管理者である和歌山県と調整して $1,500\text{m}^3/\text{s}$ で問題がないか確認したい。
 - ・ ゲート放流を併用すれば、さらに水位低下が可能となり、洪水低減効果が上がるのではないか？
⇒（事務局）発電事業者が自主的に出来る範囲は、発電放流による水位低下までと認識している。
 - ・ 自主的な治水協力という踏み込んだ対応に伴い生じる下流利水者への影響は、電源開発(株)が負うべきものなのか、あるいは技術を超えた社会的合意と捉えて河川管理者、県も含めて対応すべきものか？ 暫定目安水位を設けた運用の効果を正しく評価するには、この点についての共通認識が必要ではないか。

4. 情報伝達の改善（検討概要、合算放流量情報の高度化）

- ・ 国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所が主体となり、関係自治体（県、市町村）、電源開発(株)を含め、情報伝達の改善についての第 1 回目の打ち合わせを 3 月 5 日に実施した。電源開発(株)から提示のあった改善策(案)に沿って今後対応していくことで関係自治体に了承された。

5. 次回検討会の内容（案）

- ・ 中間報告書(案)については、本日の議論を踏まえて河川管理者と電源開発(株)にて十分な協議を行った上で取り纏める必要がある。
- ・ 地元説明資料については、事前の協議・調整の時間を踏まえて、河川管理者との早目の調整をお願いしたい。

以上

第4回ダム操作に関する技術検討会（新宮川水系） 議事要旨

日 時：平成24年5月10日（木）15:00～18:00

出席者：池淵委員長、中北委員、堀委員、立川委員、岡村委員、吉谷委員、満仲委員、
金剛委員、松浦委員、橋本委員

I. 確認・了承事項

- ・ 「第3回ダム操作に関する技術検討会」議事要旨

II. 議事における主な発言について

※「⇒」は発言に対する回答を示す。「事務局」と記載のないものは委員による発言。

1. 第3回技術検討会の議事要旨の確認

- ・ 無害洪水量 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ については、電源開発(株)と河川管理者である和歌山県で連携して確認作業を実施している。

2. 中間報告書(案)の審議

- ・ 相賀地点の洪水ピーク流量については、本技術検討会の降雨流出解析において $23,000\sim 26,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定されたことから、誤解を避けるためにも、電源開発(株)相賀測水所観測水位から水位流量曲線を外挿して算定した試算値 $37,000\text{m}^3/\text{s}$ を記載しないほうが望ましいのではないかと。
⇒ (事務局) 試算値 $37,000\text{m}^3/\text{s}$ は中間報告書には記載しないこととする。
- ・ 本技術検討会の降雨流出解析において推定された相賀地点洪水ピーク流量 $23,000\sim 26,000\text{m}^3/\text{s}$ は、限られたデータに基づいて算定された数値であり、解析手法等が異なれば異なる結果が導き出される可能性もあることから、何らかの注釈が必要ではないかと。
⇒ 解析に用いたモデル、参考文献、留意事項等を参考資料に補足することで、相賀地点洪水ピーク流量 $23,000\sim 26,000\text{m}^3/\text{s}$ を算定した条件を明確にしたい。
- ・ 水位低下中止基準として、降雨条件以外に下流河川水位を考慮すべきではないかと。
⇒ 発電放流による水位低下を中止するように河川管理者から指示または要請があった場合は、電源開発(株)はそれに従うこととなる。
- ・ 越流頂標高水位または低水位への水位低下が現実的に困難であることの説明において、検討条件が「発電放流による水位低下」であることを追記すべきではないかと。
⇒ (事務局) 「発電放流による水位低下」との検討条件を追記する。
- ・ 暫定運用におけるシミュレーション条件において、①流入量は観測記録を用いていること、②上流ダムの運用が変更すればその影響を受けることを記載すべきではないかと。

- ⇒ (事務局) 上記をシミュレーション条件に追記する。
- ・ 情報伝達の改善の取り組み状況は如何に？
⇒ インターネットによるダム情報の伝達 (川の防災情報) 等に取り組んでいる。
 - ・ 「継続的な取り組み」において、「ゲート放流による水位低下」を検討項目に加えないのか。
⇒ 電源開発(株)が自主的に実施可能な対応を検討する本技術検討会においては、「ゲート放流による水位低下」は検討の対象外であると認識している。なお、電源開発(株)は自主的にゲート放流による水位低下は行わないが、河川管理者から指示または要請があれば対応する。また、暫定運用を実施する中で、例えば、遅らせ時間の延伸等の改善策があれば、その都度検討する。
 - ・ このダム運用を確実に実施することでダム下流の安全度は向上するものとする。また、この取り組みを丁寧に地元住民に説明することで安心度も向上すると期待する。

3. 今後の予定

- ・ (事務局) 各委員からの中間報告書(案)についてのご意見を今後 1 週間程度の期間でいただき、速やかに中間報告書を取り纏めて、委員に送付することとしたい。
- ・ 今後、出水期の前後に年 2 回程度、本技術検討会を継続的に開催していくこととする。第 5 回技術検討会は本年出水期終了後に開催し、暫定運用の実施状況等を報告することとする。

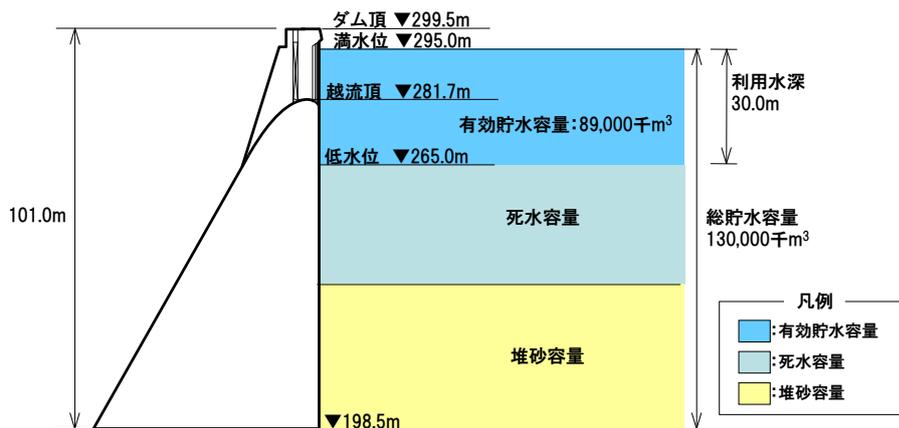
以上

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

① 風屋ダム(竣工1960年)



風屋ダム 貯水池諸元



ダム	重力式コンクリートダム	
	堤高(m)	101.0
	堤頂長(m)	329.5
	堤体積(千m³)	588
発電	十津川第一発電所	
	最大出力(kw)	75,000
	最大使用水量(m³/s)	60.0

貯水池	流域面積(km²)※	660.0
	湛水面積(km²)	4.5
	総貯水容量(千m³)	130,000
	有効貯水容量(千m³)	89,000
	満水位(EL.m)	295.0
	低水位(EL.m)	265.0

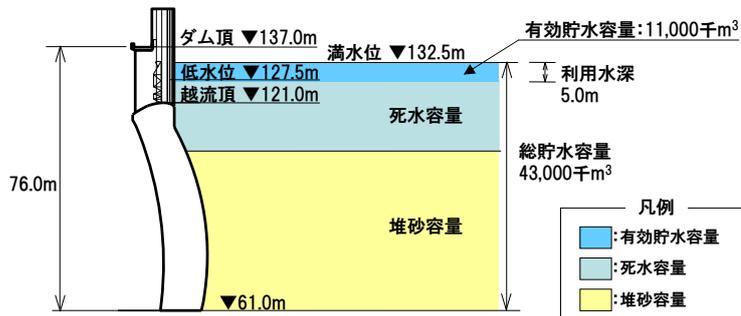
※ 猿谷ダム流域(215km²)を含む。
(分水を考慮しない)

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

② 二津野ダム(竣工1962年)



二津野ダム 貯水池諸元



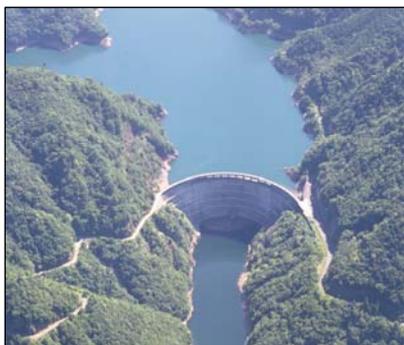
ダム	アーチダム	
	堤高(m)	76.0
	堤頂長(m)	210.6
	堤体積(千m³)	120
発電	十津川第二発電所	
	最大出力(kw)	58,000
	最大使用水量(m³/s)	75.0

貯水池	流域面積(km²)※	1,016.0
	湛水面積(km²)	2.3
	総貯水容量(千m³)	43,000
	有効貯水容量(千m³)	11,000
	満水位(EL.m)	132.5
	低水位(EL.m)	127.5

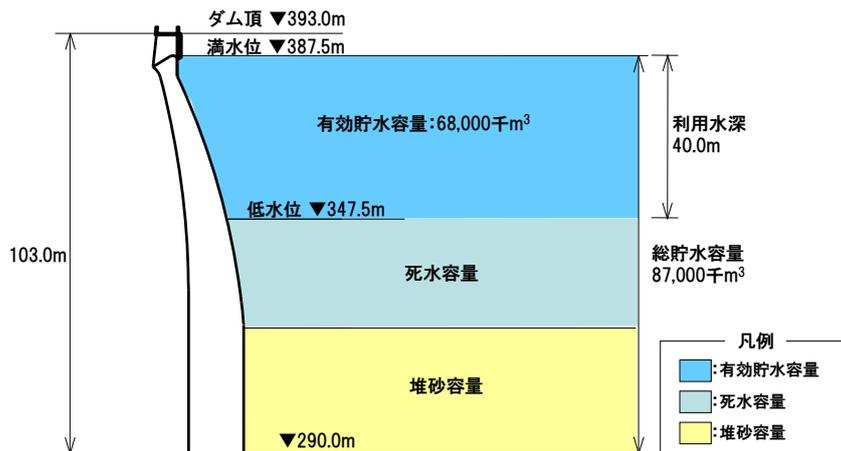
※ 猿谷ダム流域(215km²)を含む。
(分水を考慮しない)

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

③ 坂本ダム(竣工1962年)



坂本ダム 貯水池諸元



ダム	アーチダム	
	堤高(m)	103.0
	堤頂長(m)	256.3
	堤体積(千m ³)	183
発電	尾鷲第一発電所	
	最大出力(kw)	40,000
	最大使用水量(m ³ /s)	21.0

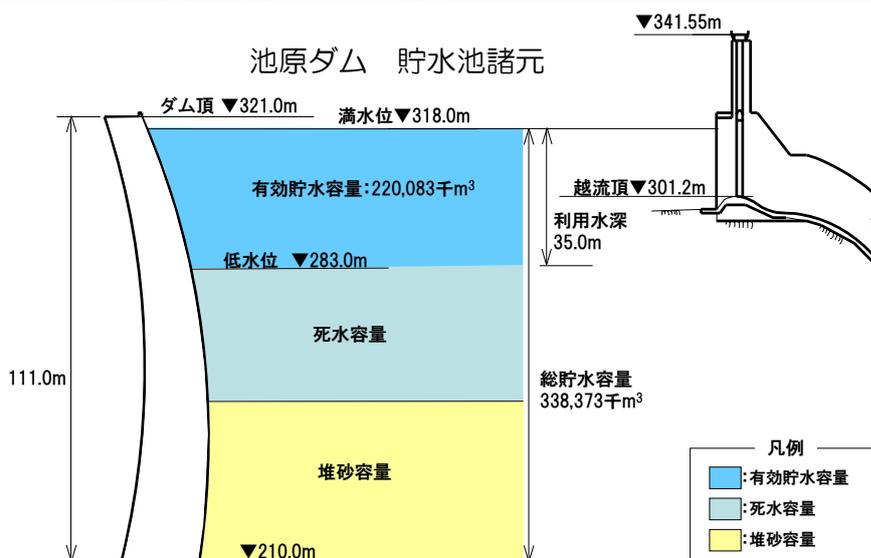
貯水池	流域面積(km ²)	77.0
	湛水面積(km ²)	2.6
	総貯水容量(千m ³)	87,000
	有効貯水容量(千m ³)	68,000
	満水位(EL.m)	387.5
	低水位(EL.m)	347.5

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

④ 池原ダム(竣工1964年)



池原ダム 貯水池諸元



ダム	アーチダム	
	堤高(m)	111.0
	堤頂長(m)	460.0
	堤体積(千m ³)	647
発電	池原発電所	
	最大出力(kw)	350,000
	最大使用水量(m ³ /s)	342.0

貯水池	流域面積(km ²)※	354.0
	湛水面積(km ²)	8.4
	総貯水容量(千m ³)	338,373
	有効貯水容量(千m ³)	220,083
	満水位(EL.m)	318.0
	低水位(EL.m)	283.0

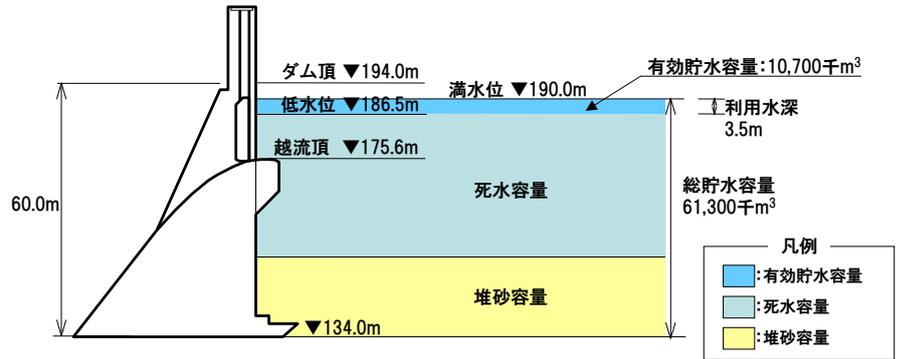
※ 坂本ダム流域(77km²)を含む。
(分水を考慮しない)

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

⑤ 七色ダム(竣工1965年)



七色ダム 貯水池諸元



ダム	重力式アーチダム	
	堤高(m)	60.0
	堤頂長(m)	200.8
	堤体積(千m³)	157

発電	七色発電所	
	最大出力(kw)	82,000
	最大使用水量(m³/s)	140.0

貯水池	流域面積(km²)※	539.0
	湛水面積(km²)	3.3
	総貯水容量(千m³)	61,300
	有効貯水容量(千m³)	10,700
	満水位(EL.m)	190.0
	低水位(EL.m)	186.5

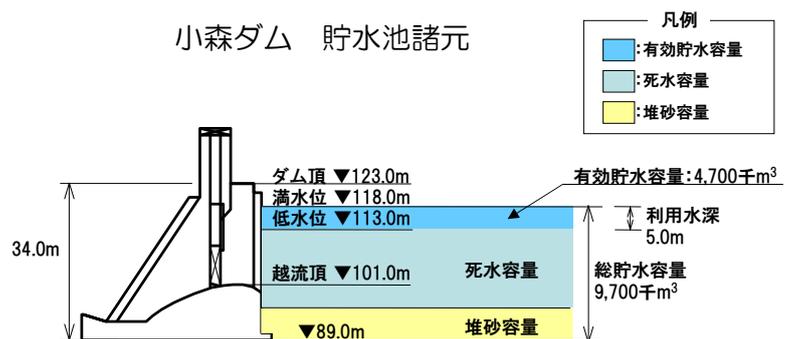
※ 坂本ダム流域(77km²)を含む。
(分水を考慮しない)

参考2-1 電源開発(株)管理ダムの諸元

⑥ 小森ダム(竣工1965年)



小森ダム 貯水池諸元



ダム	重力式コンクリートダム	
	堤高(m)	34.0
	堤頂長(m)	154.0
	堤体積(千m³)	52

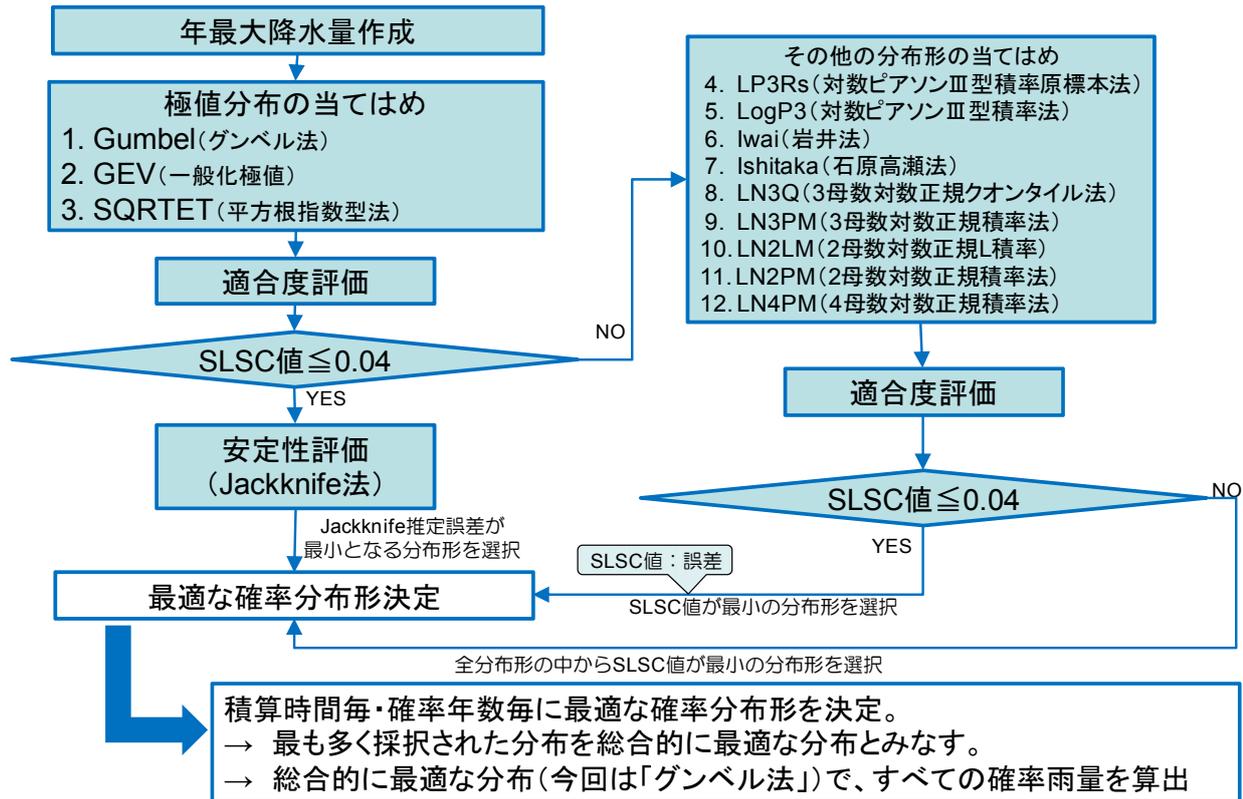
発電	小森発電所	
	最大出力(kw)	30,000
	最大使用水量(m³/s)	74.0

貯水池	流域面積(km²)※	641.0
	湛水面積(km²)	1.1
	総貯水容量(千m³)	9,700
	有効貯水容量(千m³)	4,700
	満水位(EL.m)	118.0
	低水位(EL.m)	113.0

※ 坂本ダム流域(77km²)を含む。
(分水を考慮しない)

参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

台風12号の降雨超過確率分析 -降雨超過確率の求め方-



参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

■ 小森ダム上流域(上北山)

平成23年台風12号事例(2011.8/28 ~ 9/5)のアメダス「上北山」の積算時間毎の最大雨量

積算時間(時間)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
最大雨量(mm)	46.0	121.5	214.0	374.5	697.5	1343.0	1650.5	1783.5	1812.5

赤：400年確率超過 橙：200～400年確率 黄：150～200年確率
 緑：100～150年確率 青：50～100年確率 黒：50年確率未滿

「上北山」の確率雨量(mm) 【統計期間：昭和51年～平成23年(36年間)】

積算時間(時間) 再現期間(年)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
50	84.4	204.2	346.1	548.2	797.6	1053.8	1193.4	1241.1	1306.6
100	92.7	225.9	386.3	615.3	896.5	1186.9	1346.3	1398.3	1472.1
150	97.5	238.6	409.8	654.4	954.1	1264.5	1435.4	1489.9	1568.6
200	100.9	247.6	426.4	682.1	994.9	1319.5	1498.6	1554.8	1637.0
400	109.1	269.2	466.4	748.8	1093.2	1452.0	1650.7	1711.1	1801.6

参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

■ 二津野ダム上流域(風屋)

平成23年台風12号事例(2011.8/28 ~ 9/5)のアメダス「風屋」の積算時間毎の最大雨量

積算時間(時間)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
最大雨量(mm)	44.5	113.5	199.0	379.0	642.5	1154.5	1302.5	1347.5	1359.5

赤：400年確率超過 橙：200～400年確率 黄：150～200年確率
 緑：100～150年確率 青：50～100年確率 黒：50年確率未滿

「風屋」の確率雨量(mm)【統計期間：昭和52年～平成23年(35年間)】

積算時間(時間) 再現期間(年)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
50	68.4	154.1	239.8	365.1	489.6	631.9	693.2	719.3	759.8
100	74.9	170.0	266.1	407.9	547.6	710.1	777.7	805.0	849.5
150	78.8	179.3	281.4	432.9	581.4	755.7	827.0	855.0	901.7
200	81.5	185.9	292.2	450.7	605.4	788.0	861.9	890.4	938.8
400	88.0	201.7	318.3	493.3	663.1	865.7	945.9	975.6	1027.9

参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

■ 二津野ダム上流域(玉置山)

平成23年台風12号事例(2011.8/28 ~ 9/5)のアメダス「玉置山」の積算時間毎の最大雨量

積算時間(時間)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
最大雨量(mm)	51.0	141.5	227.0	391.0	575.5	894.5	980.5	1020.0	1033.5

赤：400年確率超過 橙：200～400年確率 黄：150～200年確率
 緑：100～150年確率 青：50～100年確率 黒：50年確率未滿

「玉置山」の確率雨量(mm)【統計期間：昭和51年～平成23年(36年間)】

積算時間(時間) 再現期間(年)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
50	62.9	143.8	218.4	333.0	462.2	630.3	703.5	747.8	841.1
100	68.4	157.6	239.1	367.1	508.3	697.7	779.8	827.0	933.2
150	71.6	165.7	251.3	387.0	535.1	737.0	824.4	873.3	986.9
200	73.9	171.4	259.8	401.1	554.2	764.9	855.9	906.0	1025.0
400	79.4	185.1	280.5	435.1	600.0	831.9	931.8	984.8	1116.6

参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

■ ダム下流域(本宮)

平成23年台風12号事例(2011.8/28 ~ 9/5)のアメダス「本宮」の積算時間毎の最大雨量

積算時間(時間)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
最大雨量(mm)	48.0	121.5	216.5	349.5	648.0	1014.0	1098.0	1119.0	1119.0

赤：400年確率超過 橙：200～400年確率 黄：150～200年確率
 緑：100～150年確率 青：50～100年確率 黒：50年確率未満

「本宮」の確率雨量(mm) 【統計期間：昭和51年～平成23年(36年間)】

積算時間(時間) 再現期間(年)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
50	81.1	165.1	257.2	372.0	519.4	678.4	742.1	770.0	811.6
100	88.8	181.4	284.3	411.8	575.9	755.0	826.2	855.8	900.9
150	93.3	191.0	300.1	435.0	608.8	799.7	875.2	905.8	952.9
200	96.4	197.7	311.3	451.5	632.1	831.4	909.9	941.3	989.8
400	104.1	214.0	338.3	491.1	688.2	907.7	993.5	1026.6	1078.6

参考3-1 平成23年台風12号の降雨超過確率分析

■ ダム下流域(新宮)

平成23年台風12号事例(2011.8/28 ~ 9/5)のアメダス「新宮」の積算時間毎の最大雨量

積算時間(時間)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
最大雨量(mm)	131.5	264.5	351.0	496.5	609.0	730.0	794.5	821.5	827.5

赤：400年確率超過 橙：200～400年確率 黄：150～200年確率
 緑：100～150年確率 青：50～100年確率 黒：50年確率未満

「新宮」の確率雨量(mm) 【統計期間：昭和51年～平成23年(36年間)】

積算時間(時間) 再現期間(年)	1	3	6	12	24	48	72	96	120
50	98.8	186.4	263.0	369.0	455.5	504.7	528.6	561.6	581.9
100	107.7	203.6	288.1	406.8	501.2	552.4	577.3	614.1	634.2
150	113.0	213.7	302.7	428.9	527.7	580.3	605.7	644.7	664.8
200	116.7	220.8	313.0	444.5	546.6	600.0	625.9	666.4	686.4
400	125.6	237.9	337.9	482.2	591.9	647.5	674.4	718.6	738.4

平成23年台風12号による 熊野川の洪水の分析 -相賀地点での洪水流量の推定-



京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

立川 康人

1. 背景と目的

- 平成23年台風12号により熊野川で発生した洪水は、相賀地点で基本高水として設定されている $19,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を越えたと推定される。
- 既往の観測水位を大きく上回る洪水であったため、水位流量曲線を用いて推定する流量には不確かさがあることに注意する必要がある。
- そこで、降雨流出モデルおよび信頼できると考えられるダム放流量を用いて、降雨流出の観点から相賀地点の流量を推定する。

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

2. 分析手順

- ①国土数値情報から熊野川の流域地形情報データを作成し、分布型流出モデルを構築する。
- ②対象流域を小森ダム下流および二津野ダム下流域とし、相賀地点を最下流端とする。
- ③電源開発(株)から提供された両ダムからの放流量データを河道上端の境界条件として与えて、1970年以降の7個の既往洪水データから、各洪水に適合する流出モデルのパラメータを同定する。
- ④降雨データは、電源開発(株)から提供された地点観測データおよび気象庁による解析雨量データを用いて、それぞれ、パラメータ同定と流出再現計算を実施する。
- ⑤既往洪水で同定されたモデルパラメータを用いて、同定した洪水とは異なる洪水の再現性を確認する。
- ⑥平成23年台風12号による洪水の再現計算を行い、相賀地点での洪水流量を推定する。

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

3. 分布型流出モデルの構築

■流域モデル

250m分解能の国土数値情報を用いて、流域地形モデルを構成する。流域モデルは、矩形斜面が連続する集合体とし、斜面と河道から構成される。

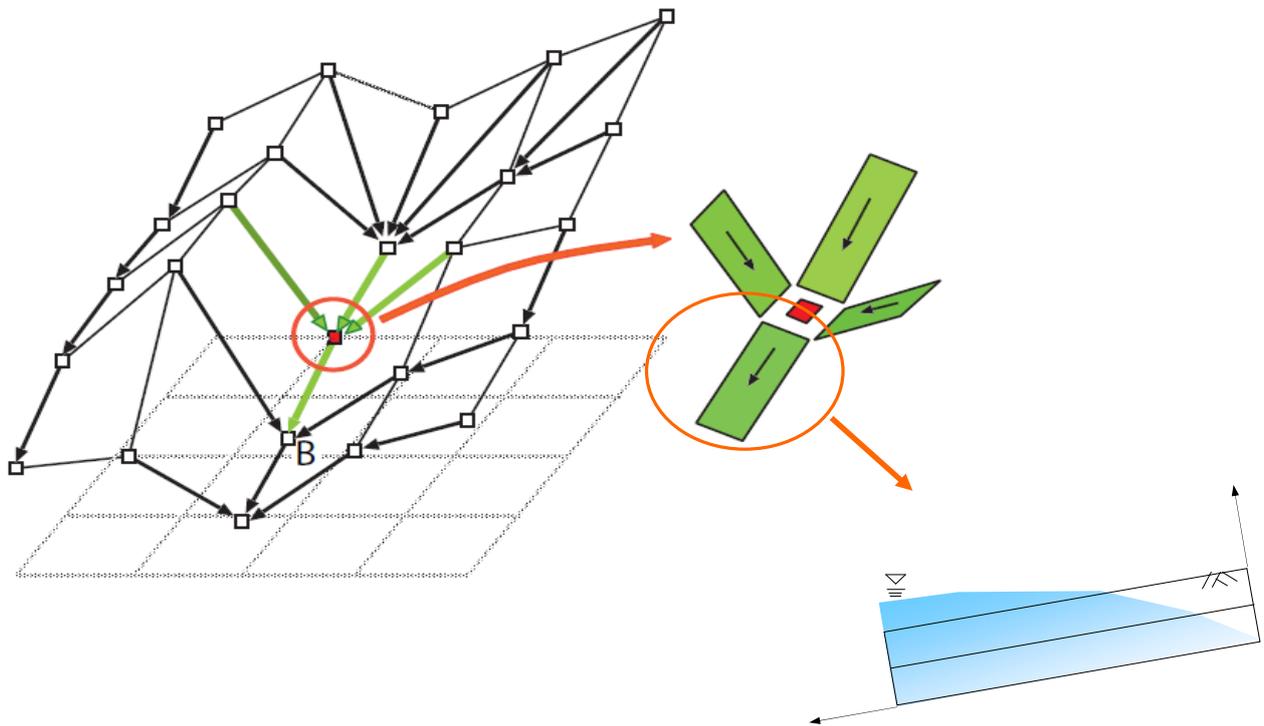
■流れのモデル

キネマティックウェーブモデルにより、流れを追跡する。斜面部は表層土壌内の流れを考慮したキネマティックウェーブモデル、河道部は地表面流が他のキネマティックウェーブモデルとする。

流出モデルに関する参考文献と参考資料：

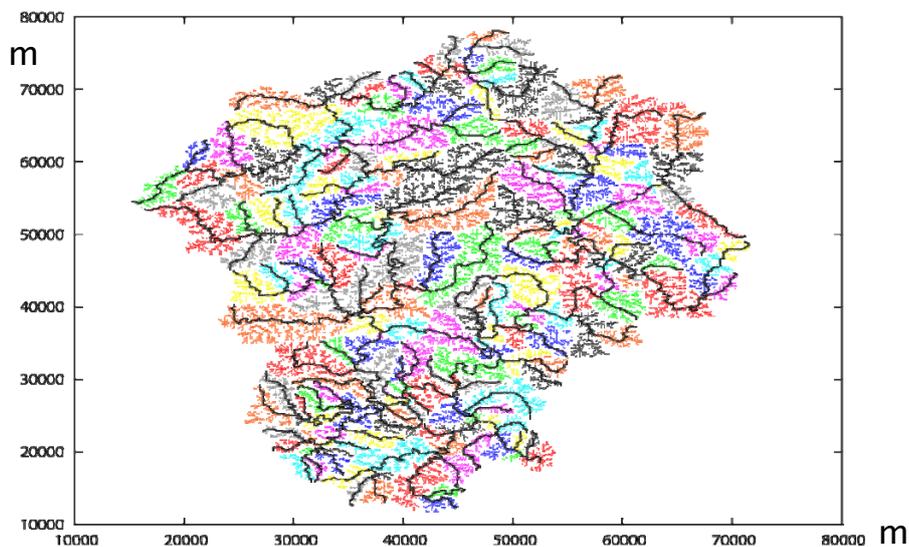
- 1) 椎葉 充晴, 市川 温, 榊原 哲由, 立川 康人, 河川流域地形の新しい数値表現形式, 土木学会論文集, pp. 1-9, 1999, No. 621/II-47.
- 2) 市川温, 村上将道, 立川康人, 椎葉充晴, 流域地形の新たな数値表現形式に基づく流域流出系 シミュレーションシステムの開発, 土木学会論文集, no. 691/II-57, pp. 43-52, 2001.
- 3) 立川康人, 永谷 言, 寶 馨: 飽和不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, pp. 7-12, vol. 48, 2004.
- 4) 佐山敬洋, 立川康人, 寶 馨, 市川温: 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価, 土木学会論文集, No. 803/II-73, pp. 13-27, 2005.11.
- 5) 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 水文・水資源学研究室: GeoHyMos (Geomorphologically-based Hydrological Modeling System, 流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム), <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/geohy mos/geohy mos.html>

斜面部の流れ方向と流れのモデル化



流域地形情報データの作成

GeoHyMos (流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム) を用いた流域地形データの作成



流出モデルに関する参考文献と参考資料:

- 1) 椎葉 充晴, 市川 温, 榎原 哲由, 立川 康人, 河川流域地形の新しい数理表現形式, 土木学会論文集, pp. 1-9, 1999, No. 621/II-47.
- 2) 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 水文・水資源学研究室: GeoHyMos (Geomorphologically-based Hydrological Modeling System, 流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム), <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/geohyomos%geohyomos.html>

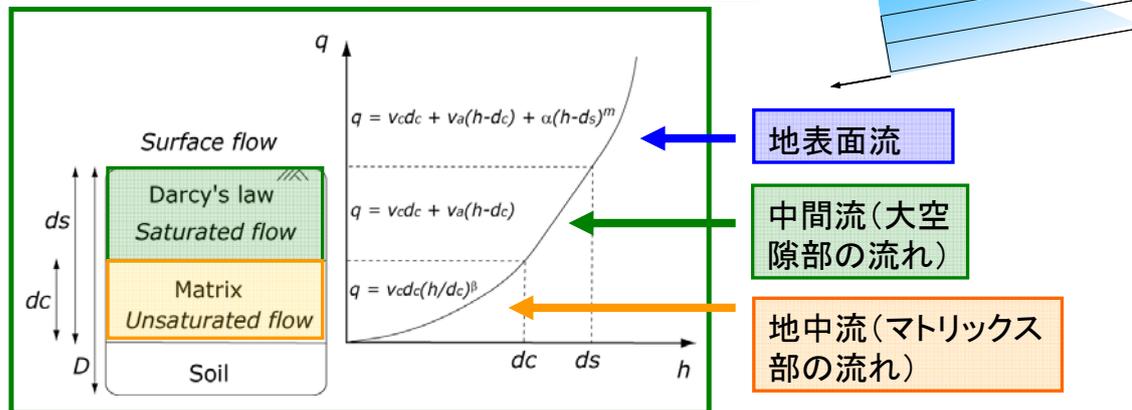
参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

斜面部のキネマティックウェーブモデル

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = r \quad (1) \quad q = \begin{cases} k_c i d_c (h/d_c)^\beta, & (0 \leq h \leq d_c) \\ k_c i d_c + k_a i (h - d_c), & (d_c < h \leq d_a) \\ k_c i d_c + k_a i (h - d_c) + \sqrt{i/n} (h - d_a)^m, & (d_a < h) \end{cases} \quad (2)$$

モデルパラメータ

$$k_c, k_a (= \beta k_c), d_c, d_a, \alpha, \beta$$



流出モデルに関する参考文献と参考資料:

- 1) 立川康人, 永谷 言, 寶 馨: 飽和不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, pp. 7-12, vol. 48, 2004.
- 2) 佐山敬洋, 立川康人, 寶 馨, 市川温: 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価, 土木学会論文集, No. 803/II-73, pp. 13-27, 2005.11.

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

モデルパラメータの値(標準値)

土地利用	n ($m^{-1/3}s$)	k_a (m/s)	d_a (m)	d_c (m)	β (-)
山地域	0.3	0.01	0.4	0.2	6.0
住宅域	0.06	-	0.0	0.0	-

山地域では土壤中の流れを考慮する。

住宅域では地表面部の流れのみを考慮する。

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

4. 既往洪水を用いたパラメータ同定と流出解析

- 1990年以降の7個(1990, 1994, 1997, 2001, 2003, 2004A, 2004B)の洪水を対象とする。
- SCE-UA法を用いて最適パラメータを同定する。
- 降雨データは電源開発(株)による地点雨量をもとに最近隣法を用いて作成した5kmメッシュデータと気象庁による解析雨量の2種類を用いる。
- 対象流域は二津野ダムおよび小森ダムの下流域とし、小森ダムおよび二津野ダムの放流量をこの流域の河道上端の入力値とする。

SCE-UA法: Duan, Q., Sorooshinan, S. and Gupta, V.K. (1994) により開発されたパラメータ最適同定手法

Duan, Q., Sorooshinan, S. and Gupta, V.K.: Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models, Journal of Hydrology, Vol. 158, pp.265-284, 1994

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

計算対象流域

■ 流域面積

二津野ダム上流域	1,016 (801) km ²
小森ダム上流域	641 (564) km ²
ダム下流域	703 km ²
合計	2,360 (2,068) km ²

※()内は猿谷ダム、坂本ダムの流域を含まない流域面積(分水を考慮)。
(相賀地点上流域2,251km²)



参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

地点雨量を用いた場合のパラメータ同定結果

	パラメータ					洪水期間
	n ($m^{-1/3}s$)	da (m)	dm (m)	ka (m/s)	β	
1990	0.990	0.83	0.280	0.03	19.03	9/14- 9/20
1994	0.990	0.63	0.051	0.03	12.84	9/27- 9/29
1997	0.990	0.68	0.014	0.03	21.66	7/24- 7/29
2001	0.989	0.34	0.014	0.03	23.72	8/18- 8/22
2003	0.990	0.29	0.085	0.03	14.30	8/7- 8/9
2004A	0.990	0.40	0.011	0.03	23.98	8/1- 8/5
2004B	0.990	0.50	0.050	0.03	19.882	9/23- 9/29

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

解析雨量を用いた場合のパラメータ同定結果

	パラメータ					洪水期間
	n ($m^{-1/3}s$)	da (m)	dm (m)	ka (m/s)	β	
1990	0.990	0.42	0.296	0.03	22.61	9/17- 9/20
1994	0.989	0.28	0.075	0.03	17.72	9/27- 9/30
1997	0.989	0.24	0.010	0.03	21.49	7/24- 7/31
2001	0.988	0.06	0.016	0.03	19.07	8/18- 8/23
2003	0.989	0.17	0.089	0.03	20.88	8/7- 8/10
2004A	0.990	0.20	0.010	0.03	23.19	8/3- 8/5
2004B	0.990	0.38	0.010	0.03	23.40	9/24- 9/30

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

異なる洪水で同定したパラメータを用いた場合の再現結果
(地点雨量を用いた場合)

NASH指標

	Para_90	Para_94	Para_97	Para_01	Para_03	Para_04A	Para_04B
1990	0.8837	0.8825	0.8822	0.8775	0.8675	0.8801	0.8816
1994	0.9201	0.9242	0.9238	0.9183	0.906	0.9213	0.9232
1997	0.9065	0.9122	0.9127	0.9066	0.8964	0.9092	0.9109
2001	0.9042	0.9138	0.9116	0.9213	0.9165	0.9206	0.9185
2003	0.8365	0.8497	0.8481	0.8556	0.8572	0.8545	0.8531
2004A	0.9017	0.9077	0.9068	0.9096	0.9058	0.9099	0.9095
2004B	0.9565	0.9601	0.9598	0.9586	0.9553	0.9597	0.9604

RMSE

	Para_90	Para_94	Para_97	Para_01	Para_03	Para_04A	Para_04B
1990	1386.48	1393.39	1395.41	1423.03	1480	1407.44	1398.66
1994	1178.62	1147.72	1150.75	1191.68	1278.64	1169.83	1155.57
1997	1355.85	1313.56	1309.69	1354.58	1426.92	1335.47	1323.4
2001	1127.87	1070.21	1083.81	1022.29	1053.35	1027.1	1040.44
2003	1477.77	1417.04	1424.33	1388.7	1381.14	1393.94	1400.87
2004A	1333.56	1292.46	1298.65	1279.08	1305.51	1276.62	1279.92
2004B	402.9	385.7	386.94	392.68	408.16	387.62	384.4

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

異なる洪水で同定したパラメータを用いた場合の再現結果
(解析雨量を用いた場合)

NASH指標

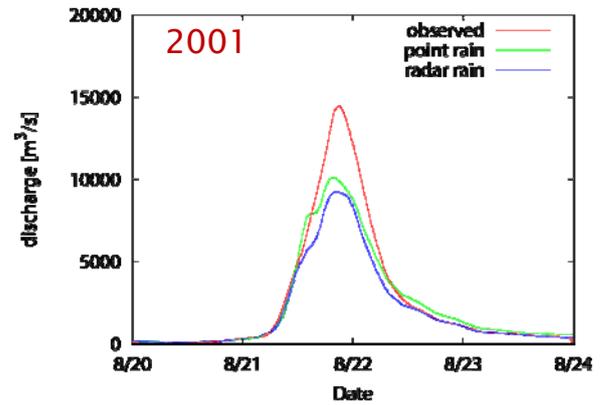
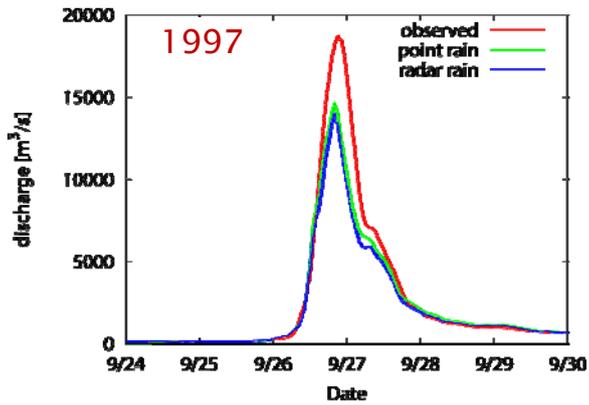
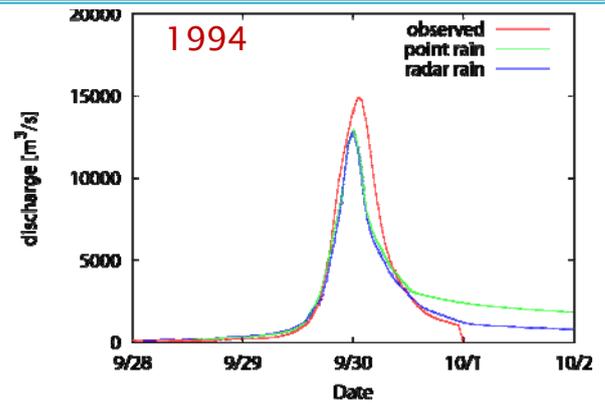
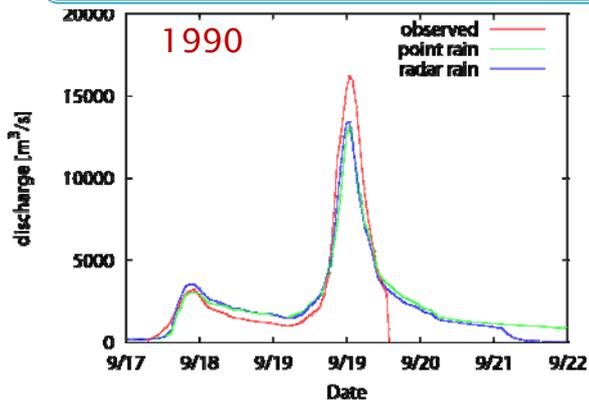
	Para_90	Para_94	Para_97	Para_01	Para_03	Para_04A	Para_04B
1990	0.9213	0.918	0.9167	0.9055	0.9157	0.9186	0.9084
1994	0.9051	0.9094	0.9092	0.8826	0.8964	0.9091	0.9058
1997	0.8836	0.8897	0.8902	0.8725	0.8809	0.8899	0.8885
2001	0.8587	0.8612	0.8605	0.8819	0.8793	0.8657	0.8434
2003	0.8626	0.8676	0.8669	0.8717	0.8743	0.8692	0.8595
2004A	0.862	0.8726	0.8739	0.8634	0.868	0.8742	0.8707
2004B	0.9441	0.9507	0.9516	0.9061	0.9275	0.9492	0.954

RMSE

	Para_90	Para_94	Para_97	Para_01	Para_03	Para_04A	Para_04B
1990	1140.58	1164.18	1172.99	1249.7	1180.32	1159.58	1230.47
1994	1149.34	1123.25	1124.66	1278.83	1201	1125.2	1145.05
1997	1360.12	1324.3	1321.06	1423.7	1375.75	1322.75	1331
2001	1283.69	1272.07	1275.14	1173.33	1185.97	1251.12	1351.34
2003	1241.37	1218.71	1221.72	1199.4	1187.17	1211.47	1255.18
2004A	1485.19	1426.71	1419.9	1477.56	1452.29	1418.02	1437.74
2004B	438.18	411.19	407.47	567.88	498.88	417.63	397.25

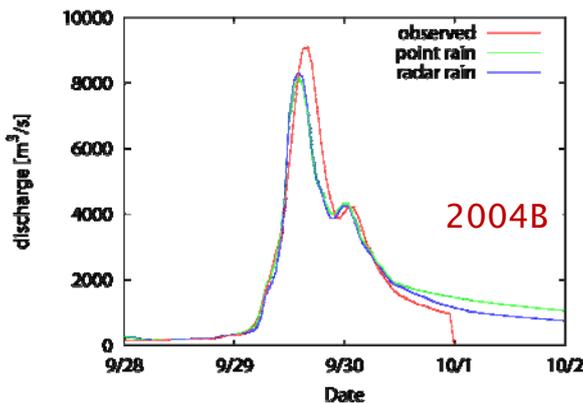
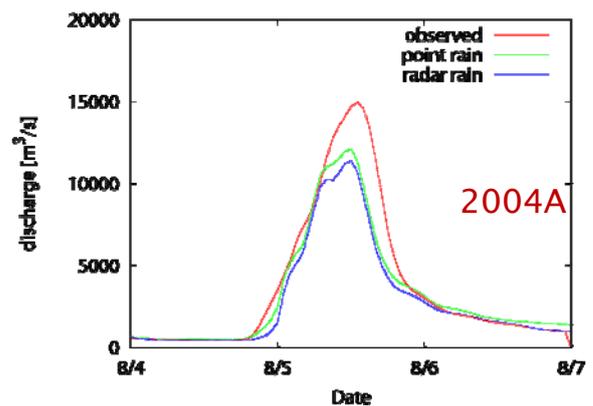
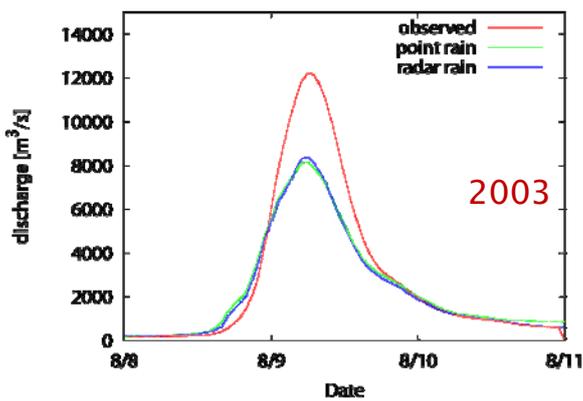
参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

4. 既往洪水の再現(その1)



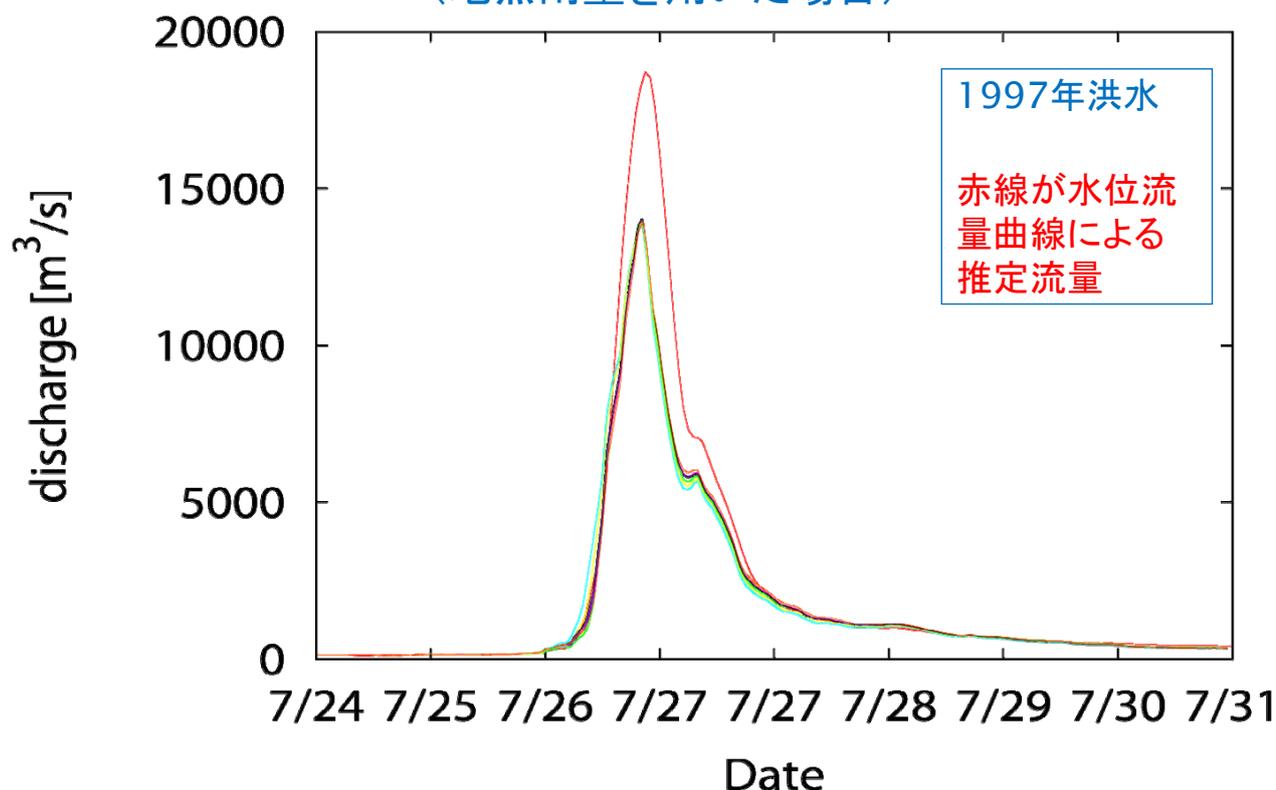
参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

4. 既往洪水の再現(その2)



参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

異なる洪水で得られたパラメータを用いた場合の再現結果
(地点雨量を用いた場合)



参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

- どの洪水で同定したパラメータで再現計算しても再現計算結果は、ほとんど変わらない。
- ハイドログラフの概形とピーク生起時刻は一致する。しかしすべての洪水で計算流量が観測流量を下回る。



以下を分析した。

1. SCE-UA法の目的関数の設定
2. 土層パラメータの感度
3. 降雨データによる違い
4. 洪水期間の水収支

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

SCE-UA法の目的関数の設定

目的関数がNASHの場合、ハイドログラフの概形が合うようなパラメータを決定する。

$$N_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_o(i) - Q_c(i))^2}{\sum_{i=1}^N \left(Q_o(i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_o(i) \right)^2}$$

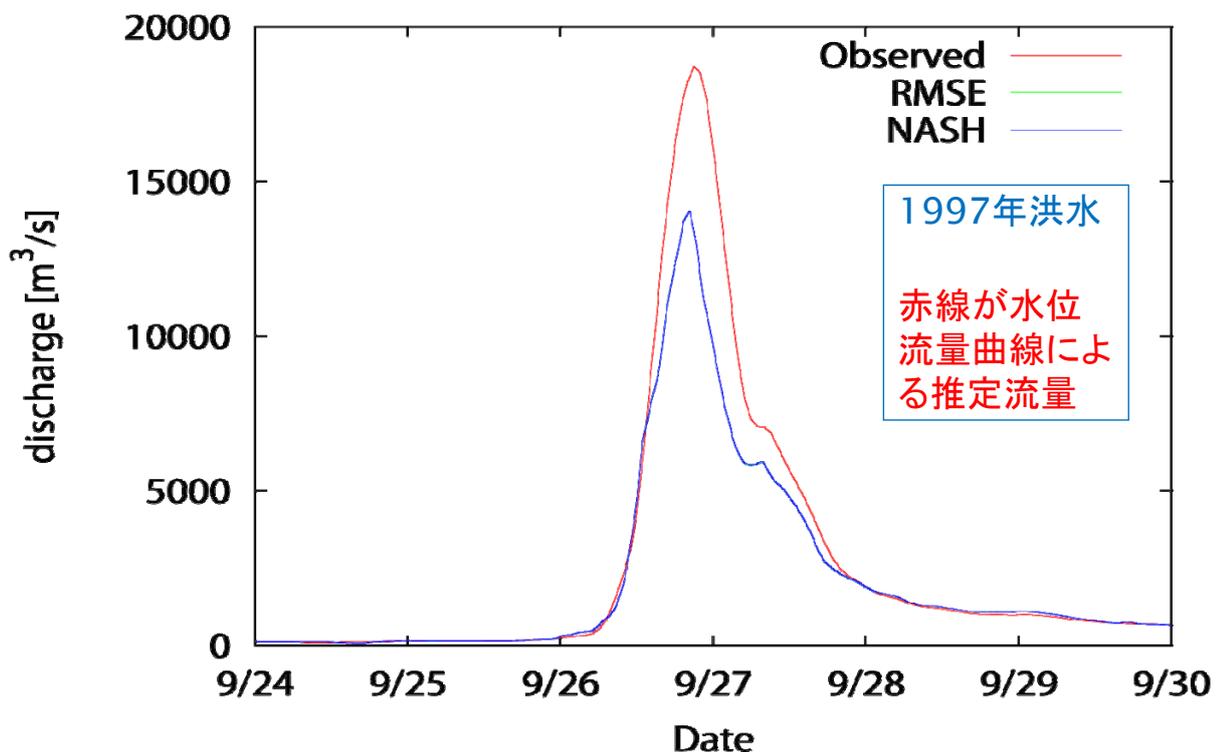
目的関数がRMSEの場合、各時刻の誤差を最小にするようなパラメータを決定する。ピーク流量の差異を最小にするためには、目的関数としてRMSEを選択することが考えられる。

$$R_{mse} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_c(i) - Q_o(i))^2}$$

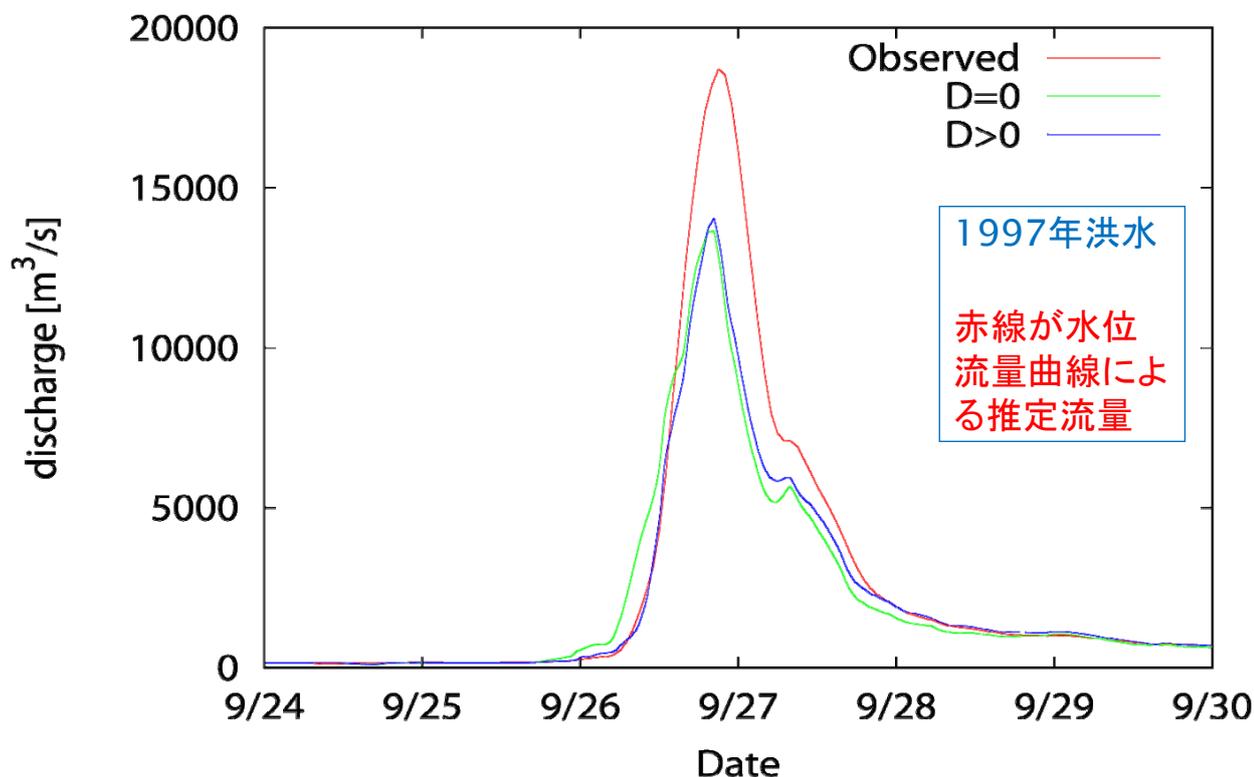
目的関数をNASH指標からRMSEに変更して流出計算を行ってみる

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

目的関数の違いによる計算ハイドログラフの違い



土壌に関するパラメータの感度



降雨データによる流出計算結果の違い

- 地上雨量と解析雨量の2種類の降雨データを利用した。
- 流出計算結果に大きな相違はなかった。
- 相賀での観測流量と計算流量との間に、最大で 4,000 m³/s の流量の違いがあり、これが降雨データの違いのみから生じるとは考えにくい。

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

洪水期間の水収支

洪水	期間	HQ推定流量 (m^3)	地点雨量		解析雨量	
			降雨総量(m^3)	流出率	降雨総量(m^3)	流出率
1997年	7/24/9:00~ 8/1/24:00	563,860,440	346,338,767	1.63	268,652,170	2.10
2001年	8/18/9:00~ 8/25/24:00	484,021,080	377,963,065	1.28	270,880,803	1.79
2003年	8/7/9:00~ 8/13/24:00	303,375,600	178,121,588	1.70	151,586,425	2.00
2004A年	8/3/0:00~ 8/9/24:00	396,353,880	263,069,276	1.51	181,280,658	2.19

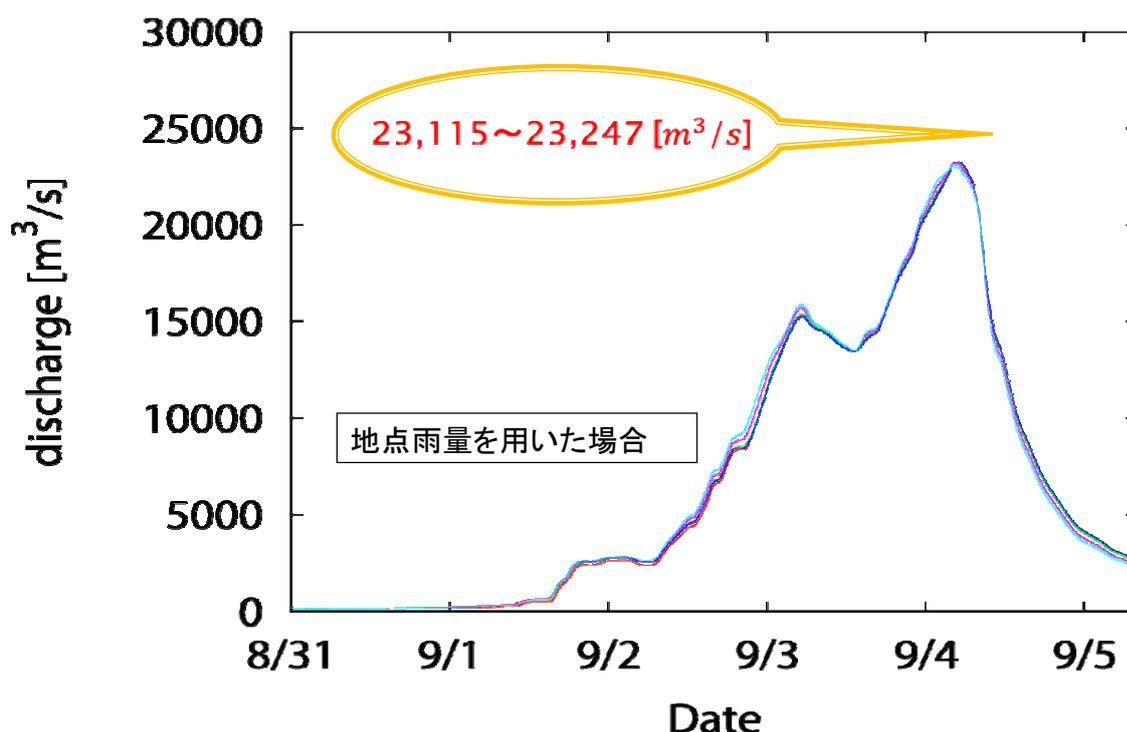
流出率が1より大きい

→

相賀でのHQ推定流量は実際よりも大きくなっている可能性が高い

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

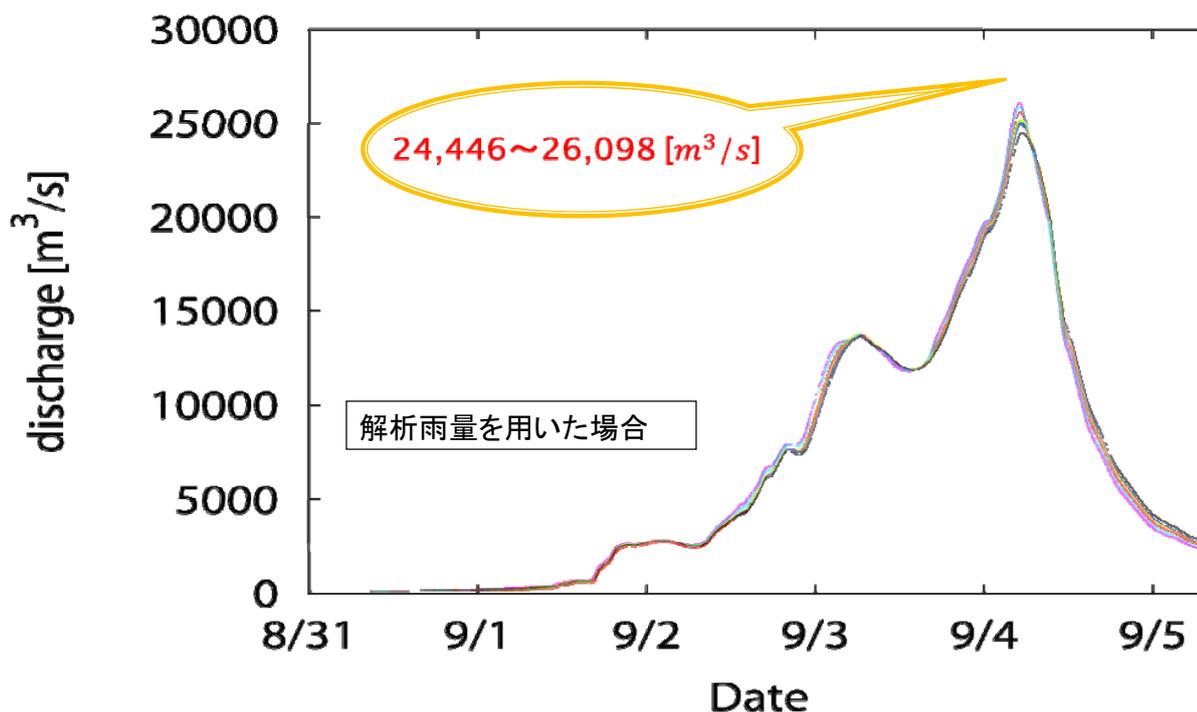
5. 最適化されたパラメータを用いた平成23年台風12号洪水の再現



※7つの代表洪水毎に最適化されたパラメータによる再現解析結果

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

5. 最適化されたパラメータを用いた平成23年台風12号洪水の再現



※7つの代表洪水毎に最適化されたパラメータによる再現解析結果

参考3-2 相賀地点洪水流量 解析資料

5. 結論と今後の課題

- 平成23年台風12号による熊野川の洪水のピーク流量は 23,000~26,000 m³/s 程度と推定された。
- 観測流量の観測値は水位流量曲線によって推定されるが、水位流量曲線を作成したときの水位を大きく超える流量を推定する場合は、注意が必要である。
- 従来水位流量曲線を生かしつつ、流出モデルや河道流モデルを組み合わせた新たな河川流量の推定手法を開発する必要がある。

平成23年台風12号による 熊野川の洪水の分析 -洪水伝播時間の推定-



京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

立川 康人

1. 目的と分析手順

- ダム下流域への効果的な洪水情報伝達のために、二津野ダム放流量、小森ダム放流量が下流にどのような時間遅れをもって伝播するかを分析する。
- 分布型降雨流出モデルによって計算された河川流量を用いて、1990年以降の8洪水の洪水伝播時間を分析する。

2. 分布型流出モデルの構築

■ 流域モデル

250m分解能の国土数値情報を用いて、流域地形モデルを構成する。流域モデルは、矩形斜面が連続する集合体とし、斜面と河道から構成される。

■ 斜面流れのモデル

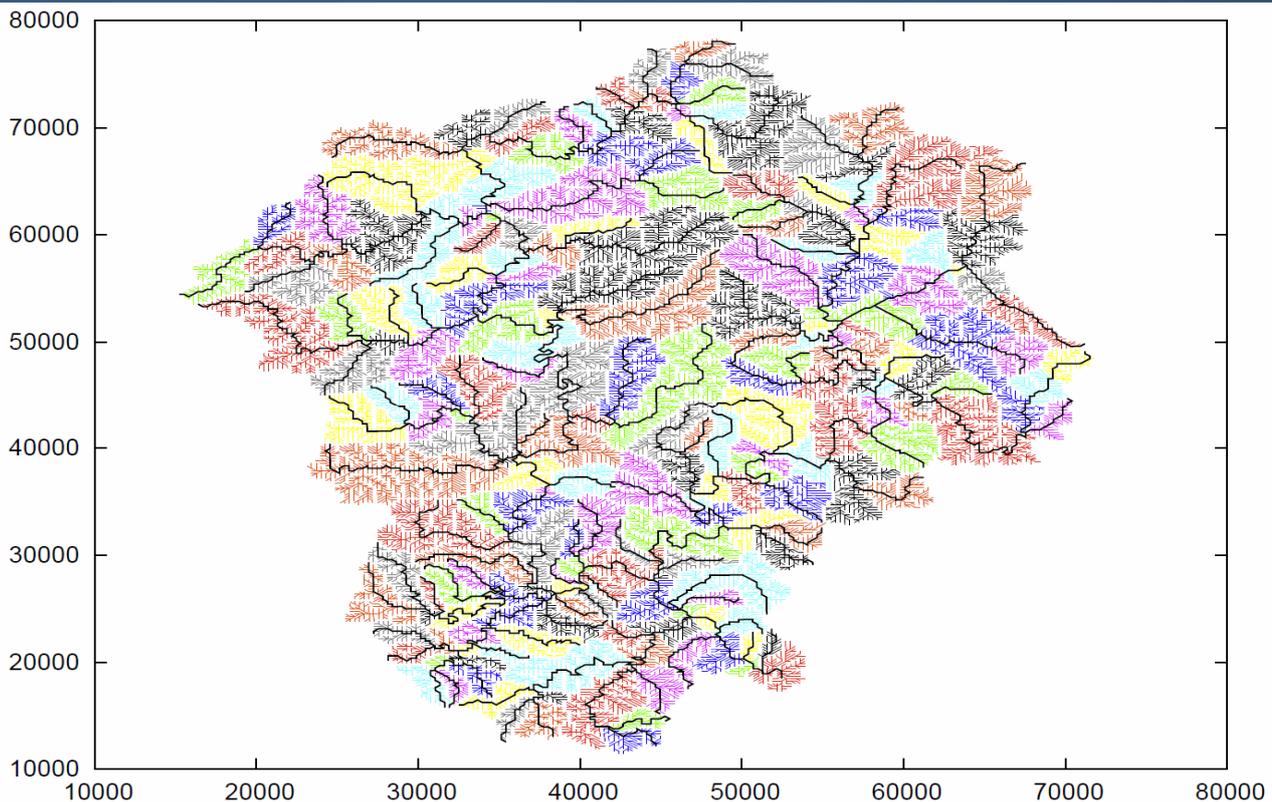
キネマティックウェーブモデルにより、流れを追跡する。斜面部は表層土壌内の流れを考慮したキネマティックウェーブモデルとする。

■ 河道流れのモデル

キネマティックウェーブモデルにより、流れを追跡する。河道部は地表面流が他のキネマティックウェーブモデルとする。粗度係数は $0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ で固定し、矩形断面を仮定する。河道幅は流域面積から定まる推定式を用いた。

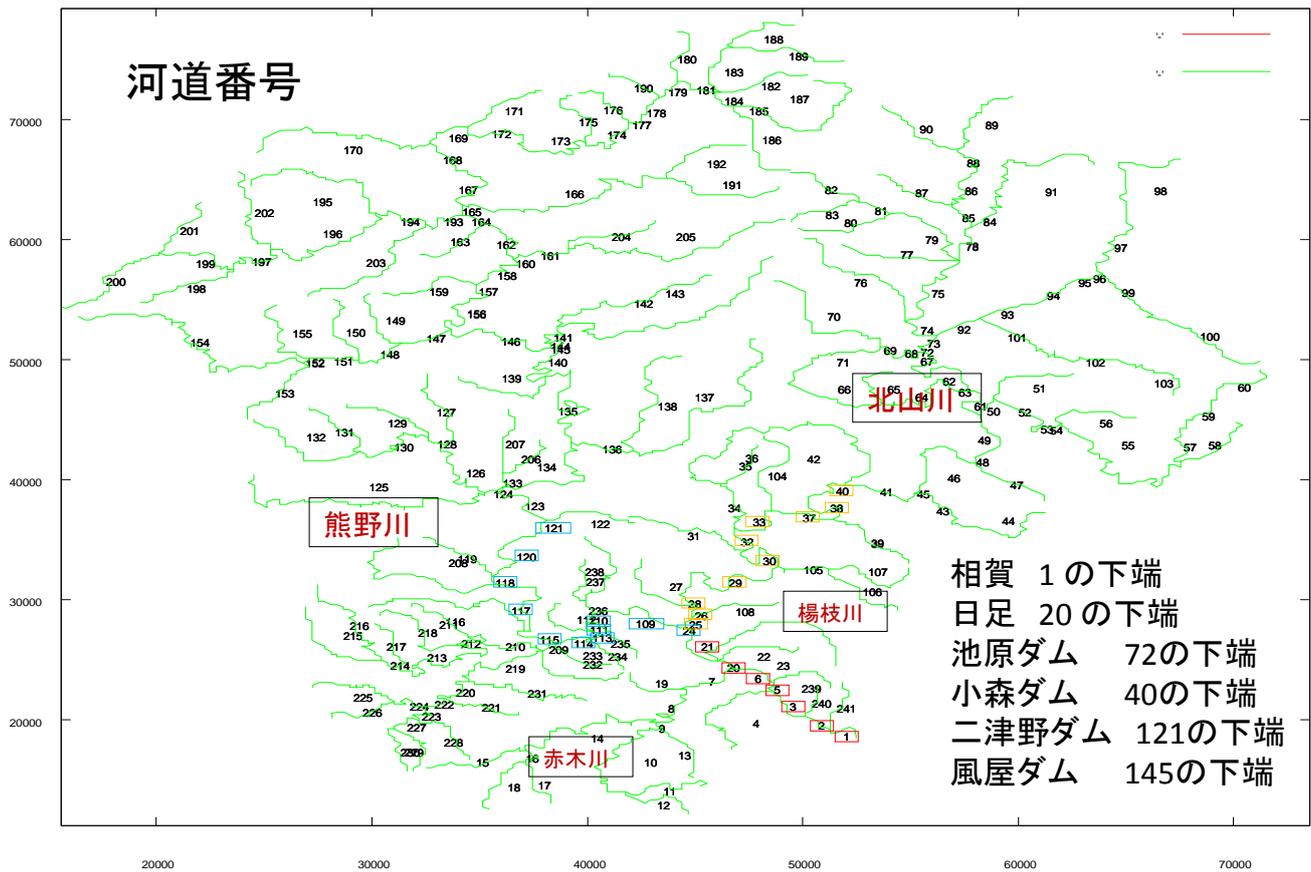
流出モデルに関する参考文献と参考資料:

- 1) 椎葉 充晴, 市川 温, 榊原 哲由, 立川 康人, 河川流域地形の新しい数値表現形式, 土木学会論文集, pp. 1-9, 1999, No. 621/II-47.
- 2) 市川温, 村上将道, 立川康人, 椎葉充晴, 流域地形の新たな数値表現形式に基づく流域流出系 シミュレーションシステムの開発, 土木学会論文集, no. 691/II-57, pp. 43-52, 2001.
- 3) 立川康人, 永谷 言, 寶 馨: 飽和不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, pp. 7-12, vol. 48, 2004.
- 4) 佐山敬洋, 立川康人, 寶 馨, 市川温: 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価, 土木学会論文集, No. 803/II-73, pp. 13-27, 2005.11.
- 5) 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 水文・水資源学研究室: GeoHyMos (Geomorphologically-based Hydrological Modeling System, 流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム), <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/geohyomos/geohyomos.html>



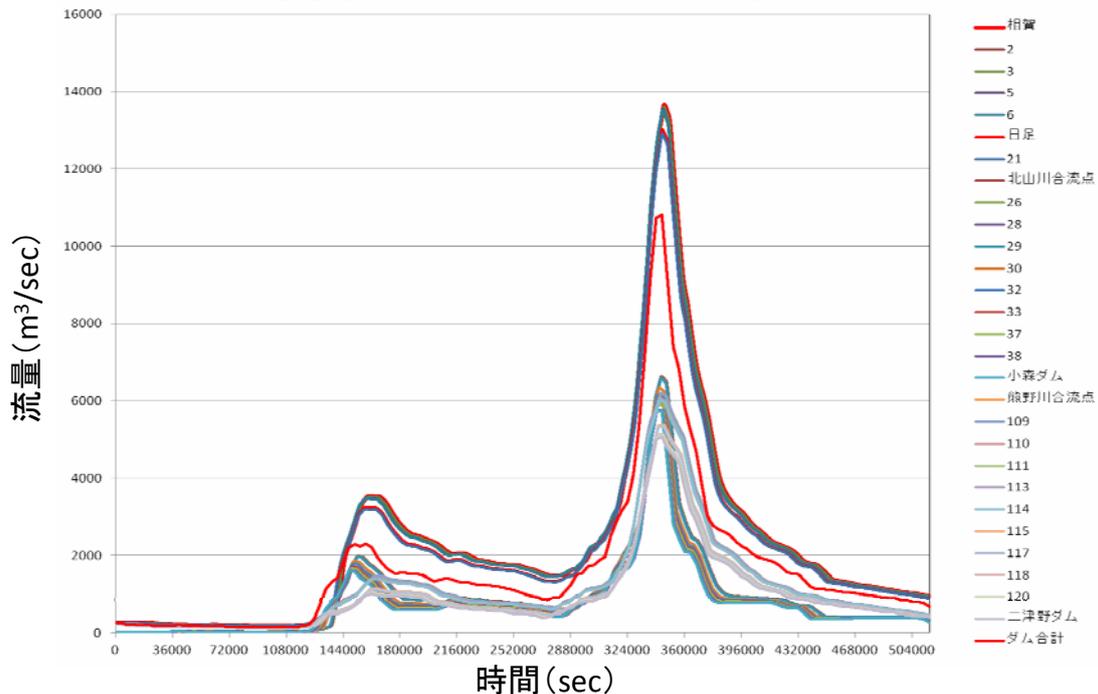
熊野川流域の相賀地点より上流の河道網データ。横軸(m)および縦軸(m)はUTM座標で表現した位置を表し、東経135度22分30秒、北緯33度35分を相対的な原点としている。

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料



参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

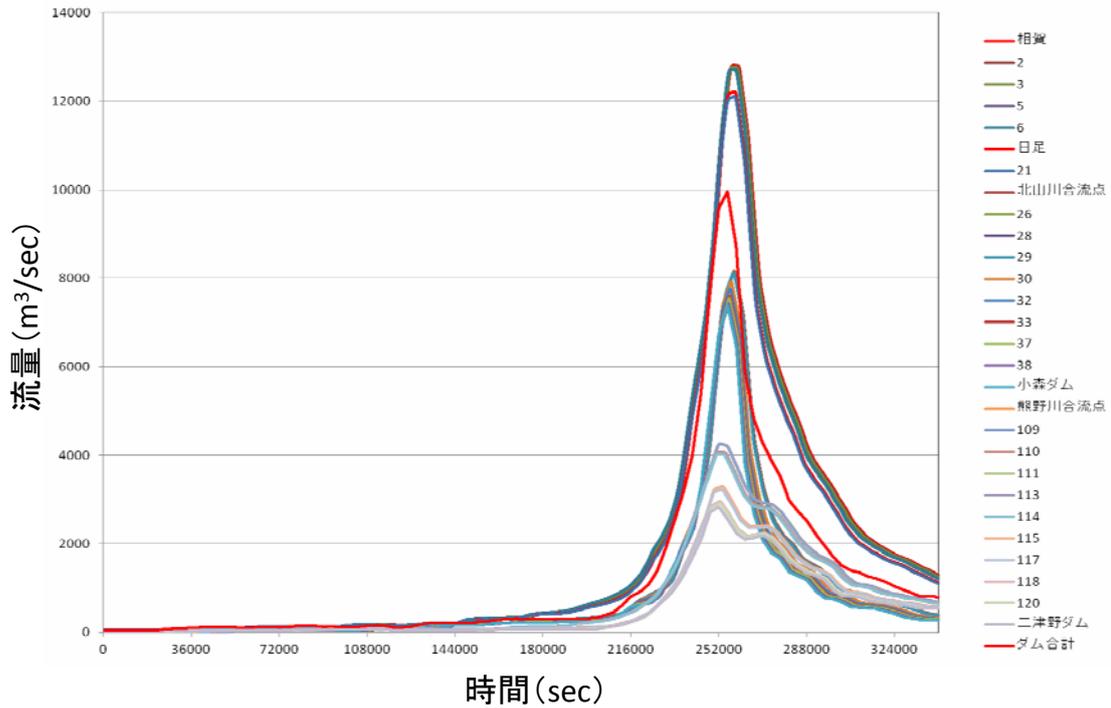
1990年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

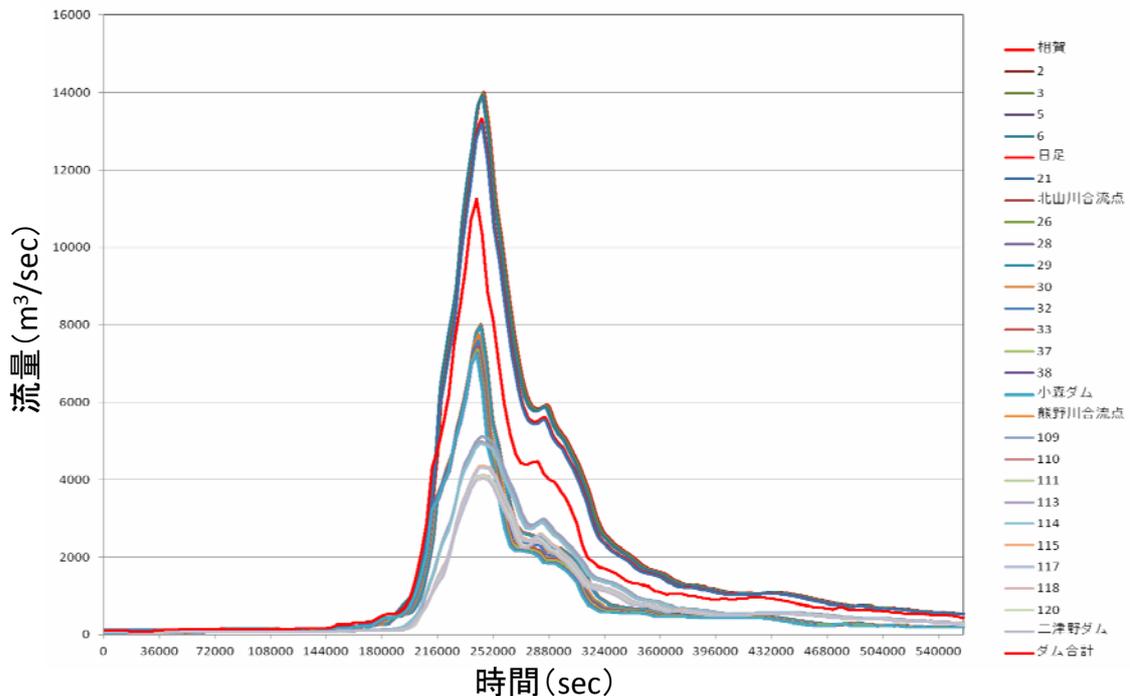
1994年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

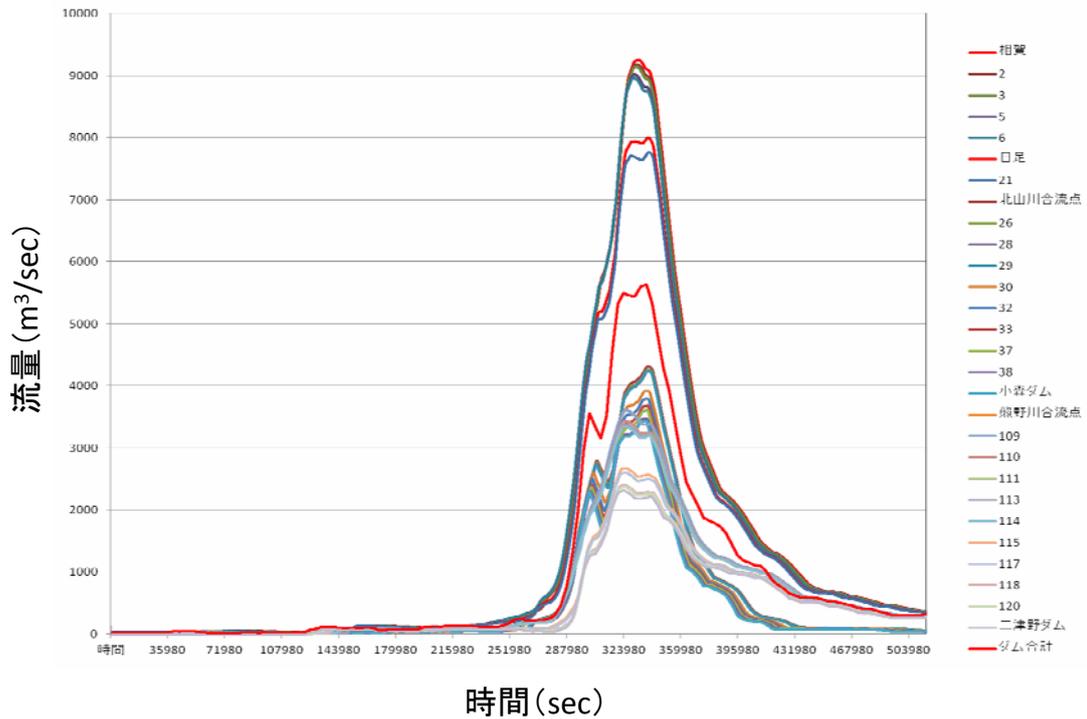
1997年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

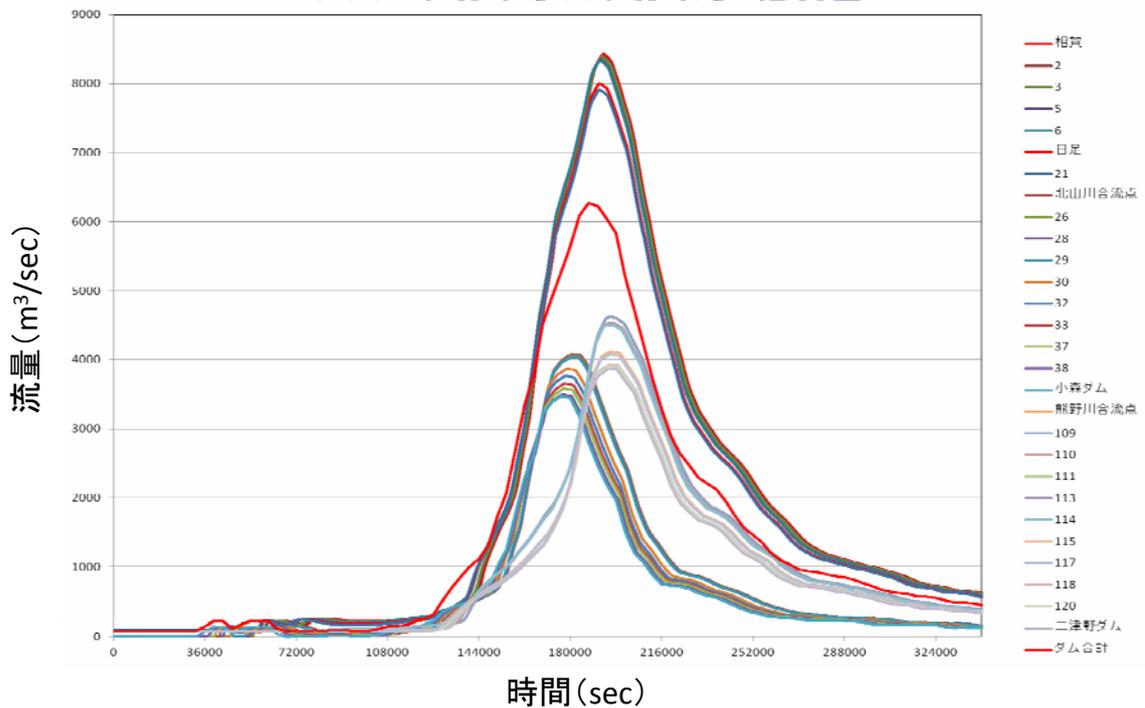
2001洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

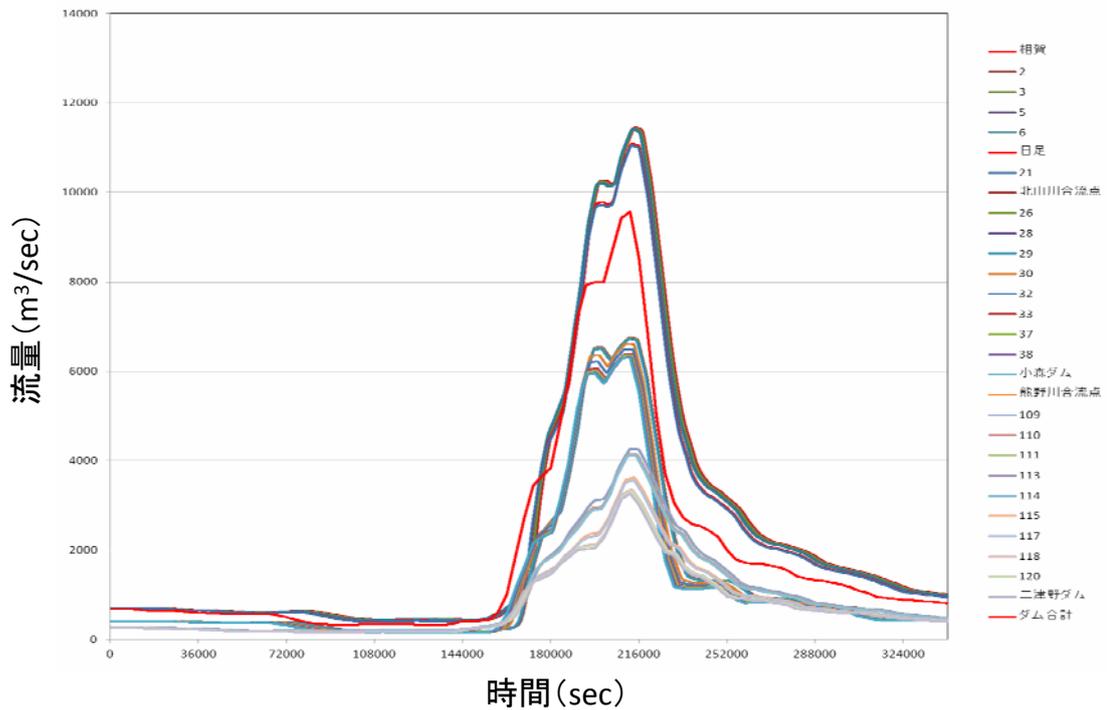
2003年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

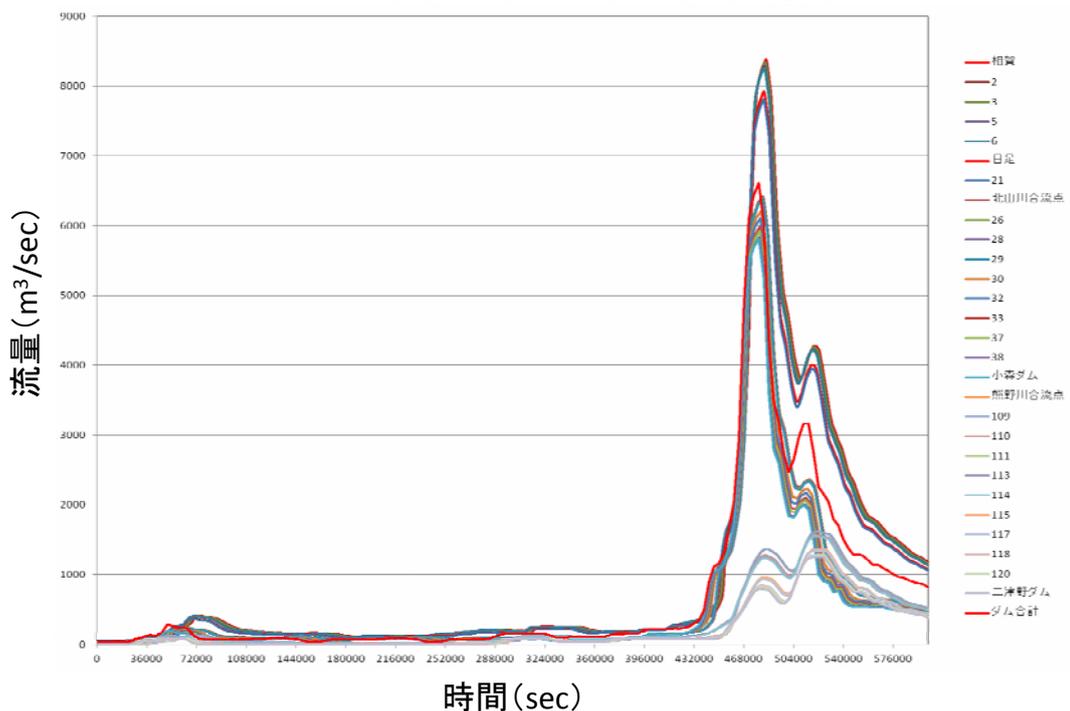
2004A年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

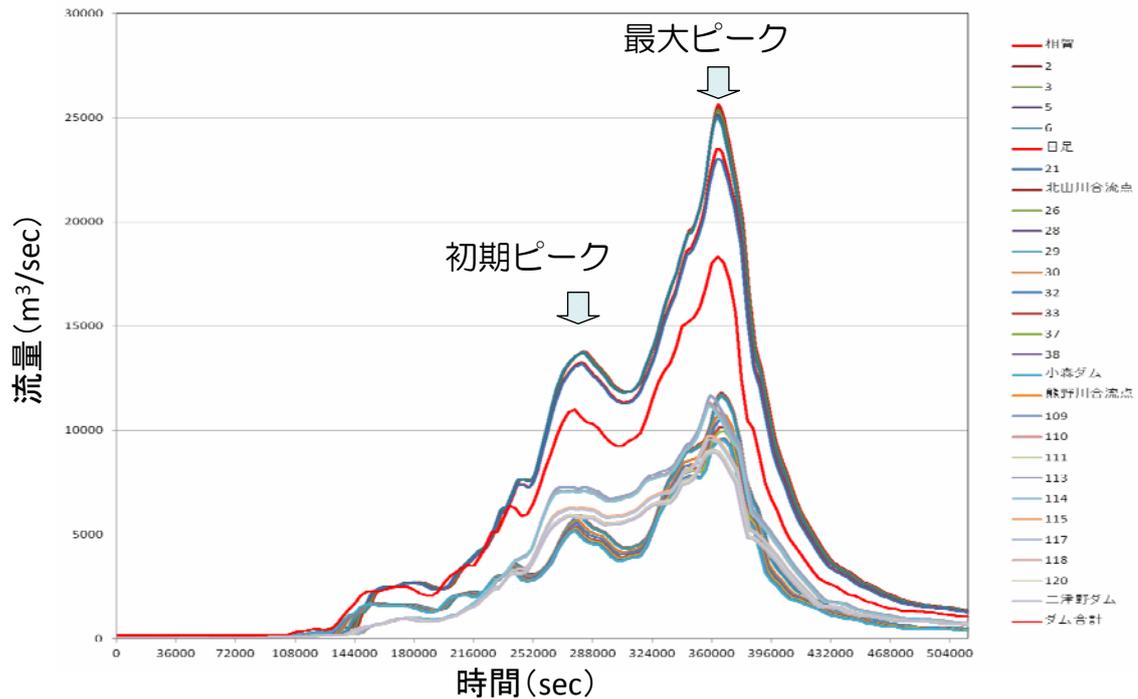
2004B年洪水の洪水伝播



解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の、各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

2011年洪水の洪水伝播



1990年洪水で解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

解析雨量を用いた場合の洪水ピーク流量伝播時間 —計算開始時刻からの経過時間(秒単位)—

洪水	小森ダム ピーク生起 時刻(sec)	二津野ダム ピーク生起 時刻(sec)	合算放流量 ピーク生起 時刻(sec)	日足 ピーク生起 時刻(sec)	相賀 ピーク生起 時刻(sec)	合算 ピーク流量 (m ³ /s)	相賀 ピーク流量 (m ³ /s)
1990	345600	345600	345600	345880	347160	10819	13668
1994	255600	252000	255600	258520	258060	9962	12821
1997	241200	244800	241200	244540	245780	11245	14012
2001	324000*	324000*	324000*	329580*	333120*	5635	9255
2003	176400	198000	187200	191520	193060	6271	8429
2004A	212400	212400	212400	213260	214600	9572	11458
2004B	478800	478800	478800	482440	483980	6614	8383
2011**	277200	273600	277200	281080	282620	10992	13794
2011***	367200	360000	363600	363560	364080	18323	25609

*主要ピーク流量の最初のピーク生起時刻、**初期ピーク流量生起時、***最大ピーク流量生起時
1990年洪水から2004B洪水までは、各洪水時の解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の各河道区分下端での河川流量の計算結果。2011年洪水は、1990年洪水で解析雨量を用いて同定したモデルパラメータを用いた場合の各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

解析雨量を用いた場合の洪水ピーク流量伝播時間 —合算放流量との時間差(時間単位)—

洪水	小森ダム ピーク 時間差(hr)	二津野ダム ピーク 時間差(hr)	合算放流量 ピーク 時間差(hr)	日足 ピーク 時間差(hr)	相賀 ピーク 時間差(hr)	合算 ピーク流量 (m ³ /s)	相賀 ピーク流量 (m ³ /s)
1990	0.0	0.0	0	0.08	0.43	10819	13668
1994	0.0	-1.0	0	0.81	0.68	9962	12821
1997	0.0	1.0	0	0.93	1.27	11245	14012
2001	0 *	0 *	0 *	1.55 *	2.53 *	5635	9255
2003	-3.0	3.0	0	1.2	1.63	6271	8429
2004A	0.0	0.0	0	0.24	0.61	9572	11458
2004B	0.0	0.0	0	1.01	1.44	6614	8383
2011**	0.0	-1.0	0	1.08	1.51	10992	13794
2011***	1.0	-1.0	0	-0.01	0.13	18323	25609

*主要ピーク流量の最初のピーク生起時刻、**初期ピーク流量生起時、***最大ピーク流量生起時

1990年洪水から2004B洪水までは、各洪水時の解析雨量を用いて得た最適モデルパラメータを用いた場合の各河道区分下端での河川流量の計算結果。2011年洪水は、1990年洪水で解析雨量を用いて同定したモデルパラメータを用いた場合の各河道区分下端での河川流量の計算結果

参考3-3 ダム放流量とダム下流域の残流量の関係 解析資料

3. まとめ

(1) ダム放流と各地点流量のピーク生起時間差

既往出水においては、合算放流量のピーク流量と対象地点でのピーク流量の時間差は以下のものであった。

■日足地点：+0.0～+1.0時間

■相賀地点：+0.5～+1.5時間

※2001洪水について

2001洪水のシミュレーション結果では、合算流量と各地点流量のピーク生起時間差が他のケースよりも長い結果となった。2001年洪水は相賀流量と合算流量の差が大きく、下流での降雨が相賀の流量に大きく影響していることがわかる。この降雨の降り方が影響して、他の洪水よりもピーク流量の時間差が大きくなったと考えられる。そのため、上のまとめでは、2001年洪水を除外した値としている。

3. まとめ

(2) 2011年洪水（台風12号）について

- 合算放流量と日足地点および相賀地点解析流量のピーク生起時間差は、以下の通り。

	日足	相賀
・ 初期ピーク :	約1.1時間	約1.5時間
・ 最大ピーク :	約0.0時間	約0.1時間

- 最大ピーク時は、合算流量と各地点流量のピーク生起時間がほとんど一致していることから、ダム下流域の残流量が大きく影響していると考えられる。

参考 4-1 気象予測技術の適用に関する検討

1. 検討の目的

電源開発（株）の熊野川流域の風屋ダムおよび池原ダムでは、洪水被害軽減のため平成 9 年より現行の目安水位を設定して運用しているが、平成 23 年台風 12 号豪雨の発生を重く受け止め、洪水前の更なる水位低下操作方法を検討する。この洪水前の更なる水位低下操作を適切に行うための開始基準設定を目的に、台風や降雨に関する以下の検討を行った。

- ① 熊野川流域の降雨特性
- ② 洪水前の水位低下操作開始基準のイメージ
- ③ 適用可能な予測の条件と種類
- ④ 台風の位置および予報の適用方法
- ⑤ 降雨予測の適用方法
- ⑥ 課題

2. 熊野川流域の降雨特性

過去の主な洪水事例を表-1 に示す。大きな被害を伴う洪水のほとんどが台風に起因している。

表-1 過去の主な台風

発生年月	降雨成因	総雨量 ^{※1} (mm)	2日雨量 ^{※2} (mm)	相賀地点 最高水位 (m)	相賀地点 最大流量 (m ³ /s)	被害状況
明治22年8月 十津川大水害	台風と前線	—	—	—	—	死者175人 流失・全壊1,017戸、半壊524戸
昭和34年9月	伊勢湾台風	—	361	16.4	19,025	死者・行方不明5名、全半壊466戸 床上浸水1,152戸、床下浸水731戸
昭和57年8月	台風10号	515	364	10.42	10,400	浸水面積274ha 床上浸水584戸、床下浸水2,084戸
平成2年9月	台風19号	561	380	12.56	17,100	全半壊18戸、浸水面積280ha 床上浸水205戸、床下浸水365戸
平成6年9月	台風26号	411	401	11.99	15,100	浸水面積177ha 床上浸水40戸、床下浸水80戸
平成9年7月	台風9号	551	547	13.57	15,400	浸水面積382ha 床上浸水378戸、床下浸水1,052戸
平成13年8月	台風11号	515	513	11.74	14,000	浸水面積170ha 床上浸水71戸、床下浸水29戸
平成15年8月	台風10号	410	408	10.58	11,500	浸水面積130ha 床上浸水42戸、床下浸水7戸
平成16年8月	台風11号	396	293	11.86	11,200	浸水面積105ha 床上浸水36戸、床下浸水14戸
平成23年9月	台風12号	1,311 ^{※3}	1,056 ^{※3}	— ^{※4}	— ^{※5}	死者68人、行方不明16人 ^{※6} 床上浸水3,382戸、床下浸水3,997戸

（出典：新宮川水系河川整備基本方針（平成 23 年台風 12 号を除く））

最高水位：観測値、最大流量：流出計算による推定値

※1：「明日の熊野川整備のあり方」より

※2：相賀上流域平均雨量

※3：流域平均雨量(気象庁レーダーアメダス解析雨量)

※4：欠測

※5：成川地点（国交省）最大流量：22,000m³/s（速報値）
（「熊野川直轄河川改修事業【再評価】」より）

※6：三重県・奈良県・和歌山県の合計値（熊野川流域外も含む）平成 23 年 11 月時点

3. 洪水前の水位低下操作開始基準のイメージ

熊野川流域の主な洪水は台風起因していることから、台風の位置や予報、降雨予測を組み合わせた基準を設定して洪水前の水位低下操作を行うことが考えられる。洪水前の水位低下操作開始基準のイメージを以下に示す。

【洪水前の水位低下操作開始基準のイメージ】

- ① 台風の位置による基準 : 北緯〇〇度以北、かつ、東経〇〇～〇〇度
- ② 台風の進路による基準 : 台風の予測進路がダムから〇〇km 以内を通過
- ③ 予測降雨量による基準 : 予測降雨量が〇〇mm 以上

4. 適用可能な予測の条件と種類

4.1 適用可能な予測の条件

洪水前の水位低下操作は、発電放流による水位低下を基本とするため数日前から水位低下を開始する必要がある。適用する予測情報はある程度長期の予測が必要となる。また、下流利水者への影響を極力小さくするためには、信頼性の高い予測情報、かつ、予測情報の更新頻度が多い方がきめ細かな運用が可能となる。

【適用可能な予測の条件】

- ① 数日先までの長期の予測であること
- ② 信頼性の高い予測であること
- ③ 予測情報の更新頻度が多いこと

4.2 予測情報の整理

(1) 気象庁発表の台風情報

気象庁が発表する台風関連情報は下記の通り（気象庁ウェブサイトより抜粋（図-1 参照））。台風がダムに接近する数日前に台風的位置と3～5日先までの長期の進路予報が得られ、かつ、3時間ごとに更新されることから、台風の中心位置情報（実況）および台風予報円の活用が考えられる。

【台風の実況】

- | | |
|-------------------|----------|
| ・ 台風の中心位置、進行方向と速度 | ・ 中心気圧 |
| ・ 最大風速（10分間平均） | ・ 最大瞬間風速 |
| ・ 暴風域 | ・ 強風域 |

【台風の予報（3時間毎に配信）】

- | | |
|--|---------|
| ・ 72～120時間先 ^{※1} までの台風予報円 ^{※2} | ・ 中心気圧 |
| ・ 最大風速、最大瞬間風速 | ・ 暴風警戒域 |

※1：H20年以前は72時間先まで、H21年以降は条件次第で120時間先まで

※2：70%確率での台風中心到達範囲

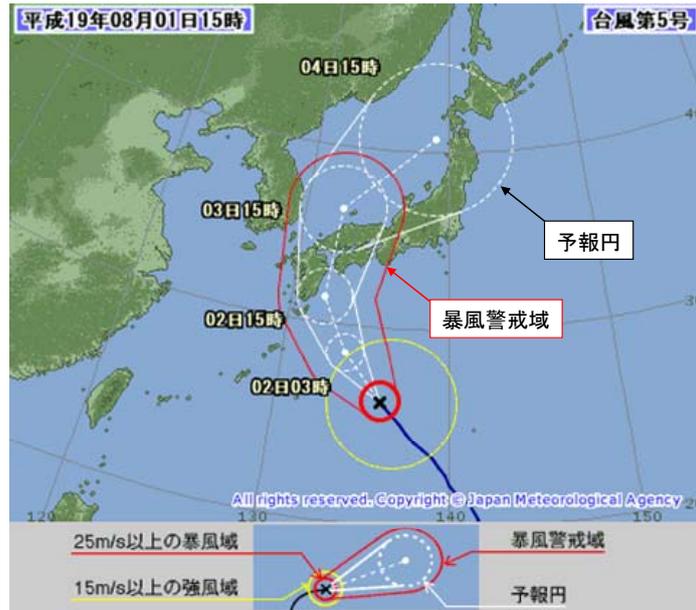


図-1 台風情報の例（気象庁ウェブサイトより）

(2) 気象庁発表の降雨予測情報

表-2 に気象庁が発表する降雨予測情報を示す。数日先までの予測（以下、長期降雨予測という）としては気象庁 GPV（GSM）が適用可能であり、更新間隔が 6 時間と更新頻度が多い 84 時間先までの降雨予測（以下、長期降雨予測という）の活用が適切と考えられる。したがって、台風進路予測は降雨予測時間の 84 時間以下となる 72 時間先までの台風進路予測の適用が考えられる。

表-2 気象庁発表の降雨予測情報

予測	降水ナウキャスト	気象庁 GPV ^{※1}				降水短時間 予報	(参考) 台風進路 予報
		MSM ^{※2}		GSM ^{※3}			
空間解像度	1km	5km		20km		1km	-
予測時間	1h	15h	33h	84h	192h	6h	72~120h
更新間隔	5min	3h	6h	6h	24h	30min	3h

※1：GPV（Grid point Value）：格子点雨量
 ※2：MSM（Meso-Scale Model）：メソスケールモデル
 ※3：GSM（Global Spectral Model）：全球モデル

4.3 適用する予測情報

以上の検討結果より、洪水前の水位低下操作基準に適用する予測情報は以下の通りとする。

- ① 台風の位置による基準：気象庁の台風情報（実況）
- ② 台風の進路による基準：気象庁の台風予報（3日先までの進路予報）
- ③ 予測降雨量による基準：気象庁 GPV（GSM）（84時間先までの予測降雨量）

5. 台風的位置および予報の適用方法

5.1 過去の接近した台風の経路

図-2 に風屋ダム及び池原ダムに接近した台風経路の分布を示す。ダムに接近した 37 個の台風の経路から、接近台風の発生位置は太平洋上の広範囲に分布していることがわかる。

■ 対象台風 (424 個)

過去台風のデジタル情報を入手可能な平成 6 年以降の台風

■ 接近台風 (37 個)

風屋ダムおよび池原ダムから 300km 以内※に接近した台風

※気象庁の台風接近の定義に準拠 (図-2 中の赤円内を通過)

■ 最接近前の台風中心位置の分布エリア

例えばダムに接近した台風の 3 日前の中心位置は北緯 15 度以北、東経 118~148 度に分布 (図-2 中の緑線)

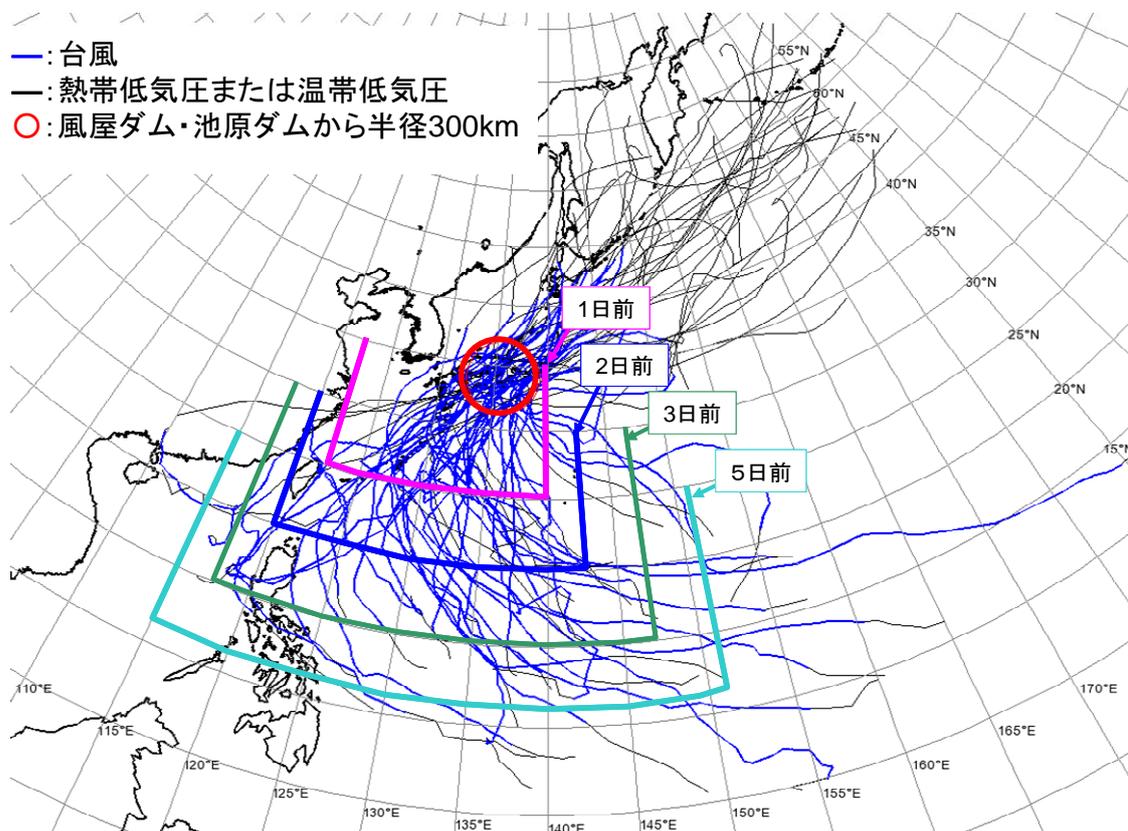


図-2 風屋ダム・池原ダム接近した台風の経路

5.2 台風の位置による予測

台風の位置によって台風がダムに接近するかどうかを予測することを念頭に、緯度・経度を各5度で分割した各エリア上を通過した対象台風のうち、風屋ダム・池原ダムへ接近した台風の割合を分析した（図-3）。

ダム最接近1日前台風範囲（ピンク）の外側範囲では、台風が接近する割合は20%以下（非接近80%以上）と低く、台風の進路予報を併用して予測精度を高める必要がある。

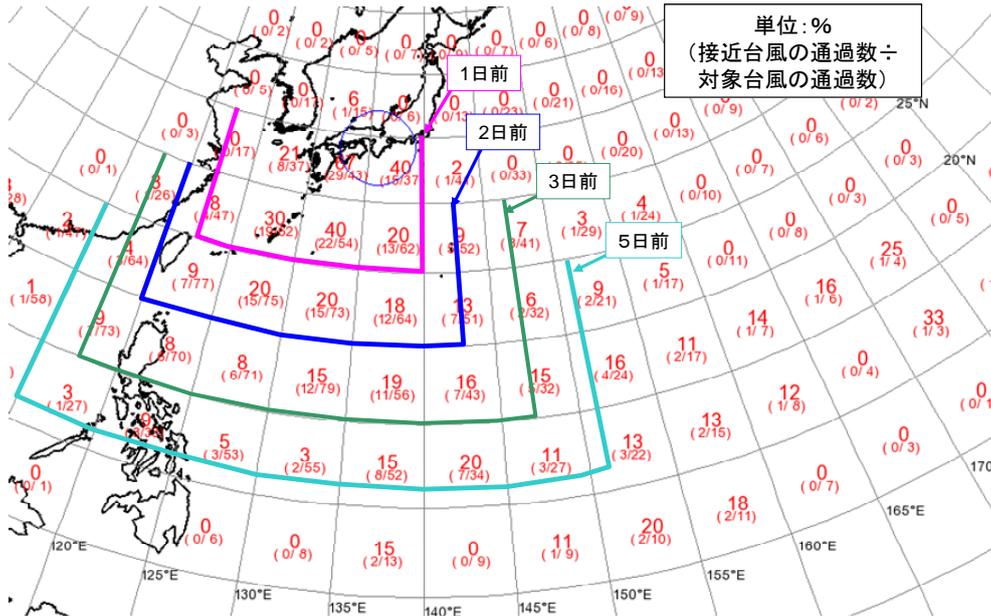


図-3 台風位置毎のダムへの接近割合

5.3 台風の位置と進路による予測

台風の進路予報を併用した予測精度の向上を目的に、3日先の台風予報円が風屋ダム・池原ダムに接近する（300kmの範囲（青丸）と予報円が重なる（図-4参照））と予測された台風のうち、実際に台風がダムに接近した割合を分析した。図-4～5に台風位置毎の進路予報を考慮した台風の接近割合の求め方と接近割合分布を示す。

台風位置のみによる予測では、北緯25度以北で東経123～140度の範囲の外側は接近割合が20%以下（図-3のピンクの線の外側）であったが、台風進路予報を考慮することで接近割合が、概ね北緯15度以北で東経120～145度の範囲は約50%（図-5参照）と改善された。

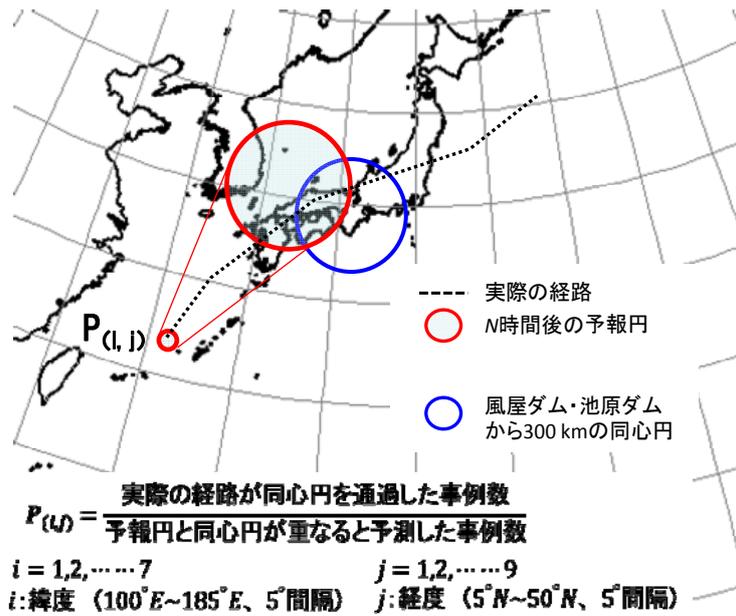


図-4 台風位置毎の進路予報を考慮した台風の接近割合の求め方

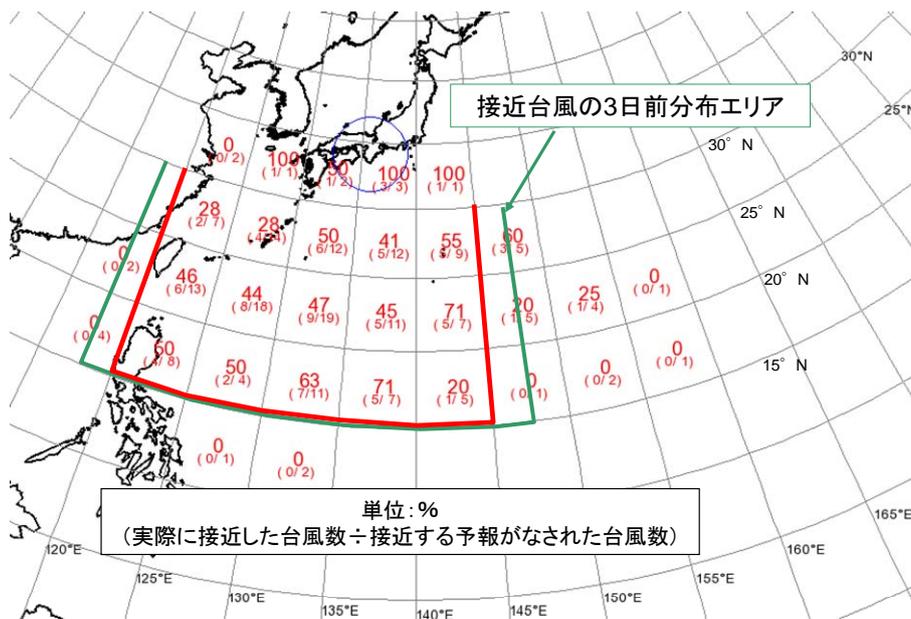


図-5 台風位置毎の進路予報を考慮した台風の接近割合分布

5.4 台風の位置および予報の適用方法

■ 台風による基準 (例)

台風の中心が北緯 15 度以北、東経 120~145 度 (図-5 中の赤線) にあり、かつ台風が接近する (台風予報円がダムから 300km の範囲 (図-5 中の青円) と重なる) 場合。

6. 降雨予測の適用方法

6.1 長期降雨予測の必要性

図-6 に台風の本ダムへの最接近距離と風屋・上北山・本宮地点の 24 時間最大雨量（気象庁地上雨量計）の相関を示す。

過去の洪水被害が発生した事例（図中の◆印）では台風接近距離が概ね台風の本ダムから 300km 以内（図-6 中のピンクの線）となっている。一方、300km 以内に台風が接近した場合でも、あまり雨が降らない場合も多い（例えば図中の緑ハッチ内の事例（24 時間最大雨量 50mm 以下））。したがって、台風進路予報だけでなく、長期降雨予測により降雨量がどの程度かも予測する必要がある。

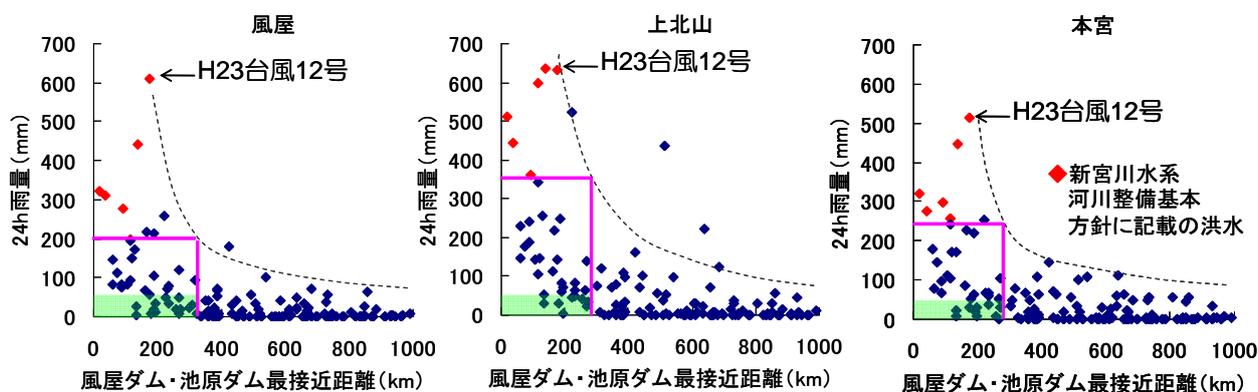


図-6 洪水時 24 時間最大雨量と台風の接近位置

6.2 基準物理量の設定

洪水前の水位低下操作は、大規模な流入が予測される場合に実施するため、事前にダムへの総流入量がどの程度かを予測する必要がある。したがって、4.2 (2) 項に記載の長期降雨予測（気象庁 GPV(GSM)）の総雨量（84 時間予測積算雨量）を基準物理量として設定し各種検討を行った。

- 基準物理量：気象庁 GPV (GSM) の総雨量（84 時間予測積算雨量）

6.3 平成 23 年台風 12 号における長期予測の結果

図-7～8 に平成 23 年台風 12 号における長期降雨予測（気象庁 GPV (GSM)）の熊野川全流域平均 84 時間積算雨量）の予測ポイントと予測実績を示す。実測値は、気象庁レーダアメダス解析雨量から流域平均 84 時間積算雨量を算出した。予測値は、対象とする流域内の 6 つのポイントの予測値を算術平均して流域平均 84 時間積算雨量を算出した。

図-8 から長期降雨予測は全体的に過小な予測をしており、予測精度が高いとはいえない。運用に適用するためにはより精度の高い活用方法を見出す必要がある。

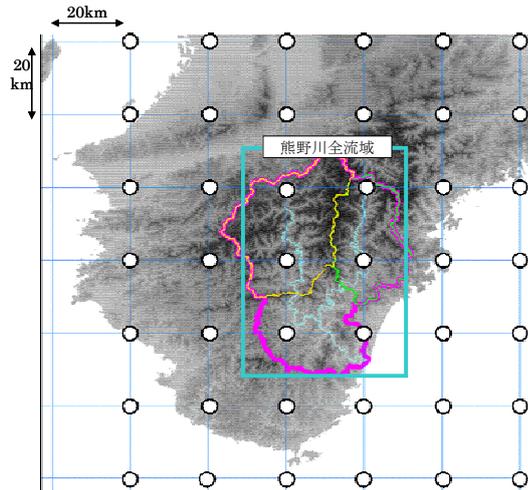


図-7 長期降雨予測（気象庁 GPV（GSM））の予測ポイント
（熊野川流域の6ポイント）

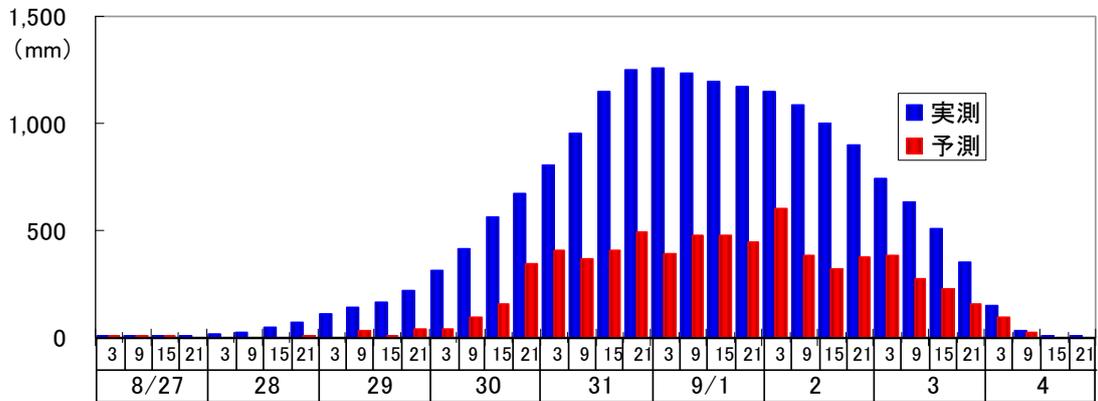


図-8 平成23年台風12号における長期降雨予測の実積
（熊野川流域平均84時間積算雨量（気象庁GPV（GSM）））

6.4 長期降雨予測の相関分析

長期降雨予測（気象庁 GPV（GSM））の精度を上げて活用すべく、採用する予測格子点の範囲、採用する予測雨量について、以下の分析を行った。

■ 分析データ

気象庁 GPV(GSM)が現行の予測モデルで予測した結果のうち、2008 年以降の出水期（6～11 月）の予測データを使用した。なお、予測値と実測値の両方が 0（ゼロ）の場合は、分析データから控除した。

■ 分析方法

気象庁 GPV（GSM）の格子をどの範囲まで拡げて情報として扱うかを検討するために以下の3つの範囲で比較した（図-9 参照）。

- A エリア : 拡大なし (6 点)
- B エリア : +1 グリッド (20 点)
- C エリア : +2 グリッド (42 点)

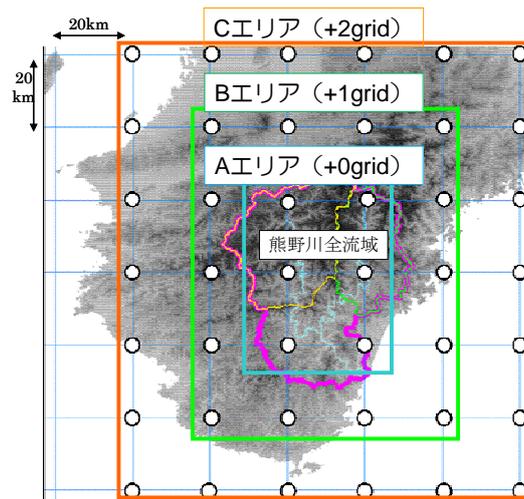


図-9 気象庁 GPV (GSM) の分析対象エリアとグリッド数

予測雨量については、最大雨量と平均雨量の2種類の予測積算雨量について実測積算雨量との相関と雨量比を比較した (図-10~11 参照)。

➤ 最大雨量による評価

対象エリアの全グリッド中の予測雨量値の各時間最大値を熊野川全流域の代表雨量とした予測積算雨量と熊野川全流域平均実測積算雨量との相関と雨量比 (=予測÷実測)

➤ 平均雨量による評価

対象エリアの全グリッドの算術平均予測積算雨量と熊野川全流域平均実測積算雨量との相関と雨量比 (=予測÷実測)

- 図-10 より、最大雨量の相関係数と平均雨量の相関係数に大きな差がなく、1~84時間積算雨量の相関係数は概ね0.8前後で精度が高い。なお、84時間先以降は積算時間が長くなるにつれて相関性が低下し、予測精度が低下することがわかる。
- 平均雨量の積算雨量比 (図-11 の●●●印) は、対象エリアの広さにかかわらず0.5となり、積算雨量が全体的に熊野川全流域実測平均雨量よりも少なく予測される傾向となった。
- 最大雨量の積算雨量比のうち対象エリアが熊野川全流域と同じAエリアの最大雨量の積算雨量比 (図-11 の▲印) はおおむね1.0となり、平均的には熊野川全流域実測平均雨量と同程度の予測積算雨量となっていることがわかった。
- 最大雨量の積算雨量比のうち対象エリアが広いBエリアおよびCエリアの最大雨量の積算雨量比 (図-11 の▲▲印) は1.0よりも大きくなり、実際よりも総雨量が大きく予測される傾向となった。

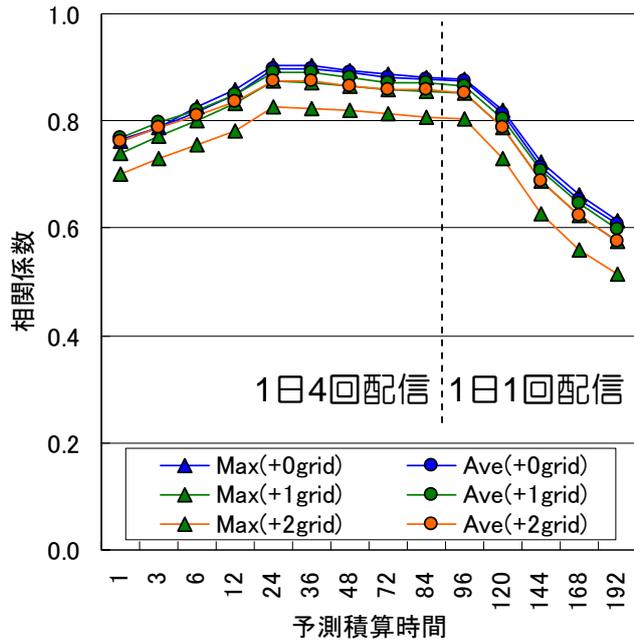


図-10 予測時間と相関係数の関係

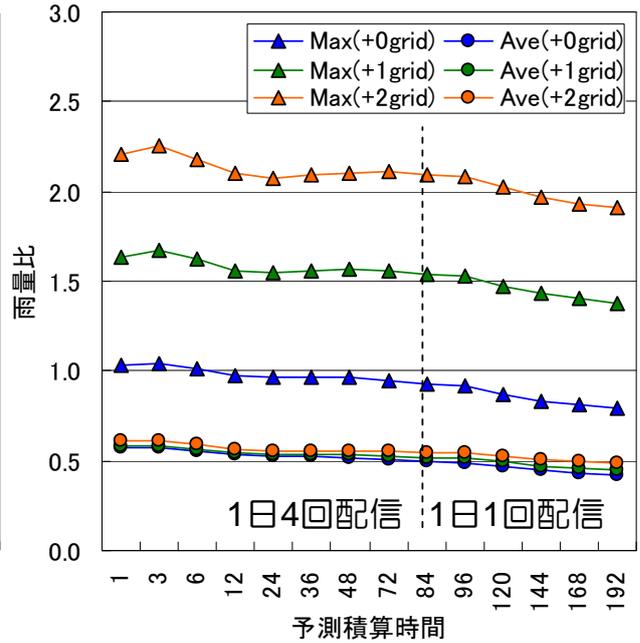


図-11 予測時間と積算雨量比の関係

6.5 長期降雨予測の適用方法

以上のことから、降雨予測の適用方法は以下の方法が考えられる。なお、基準値については、別途、過去実績によるシミュレーションを実施し、総合的に信頼性が高い閾値を設定する。

- 予測情報 : 気象庁 GPV (GSM) (更新間隔 6 時間 (1 日 4 回配信))
- 基準物理量 : 熊野川全流域 (6 点) 中の予測雨量値の各時間最大値を 84 時間積算した値 (図-11 の▲印)

7. まとめと課題

7.1 気象予測技術の適用条件・方法・基準

洪水前の更なる水位低下操作への気象予測技術の適用方法検討結果を以下にまとめる。

【熊野川流域の降雨特性】

- ① 熊野川流域で発生した主な洪水のほとんどが台風起因して発生

【適用可能な予測の条件】

- ① 数日先までの長期の予測であること
- ② 信頼性の高い予測であること
- ③ 予測情報の更新頻度が多いこと

【適用する予測】

- ① 台風の位置による基準 : 気象庁の台風情報 (実況)
- ② 台風の進路による基準 : 気象庁の台風予報 (3日先までの進路予報)
- ③ 予測降雨量による基準 : 気象庁 GPV (GSM) (84時間先予測降雨量)

【適用する基準】

- ① 台風の位置による基準 : 台風中心が北緯 15 度以北、東経 120~145 度にあり、
- ② 台風の進路による基準 : 台風がダムから 300km 以内に接近すると予想され、
- ③ 予測降雨量による基準 : 熊野川流域で 84 時間先積算雨量が〇〇mm を超過

7.2 課題

(1) 適用方法の見直し

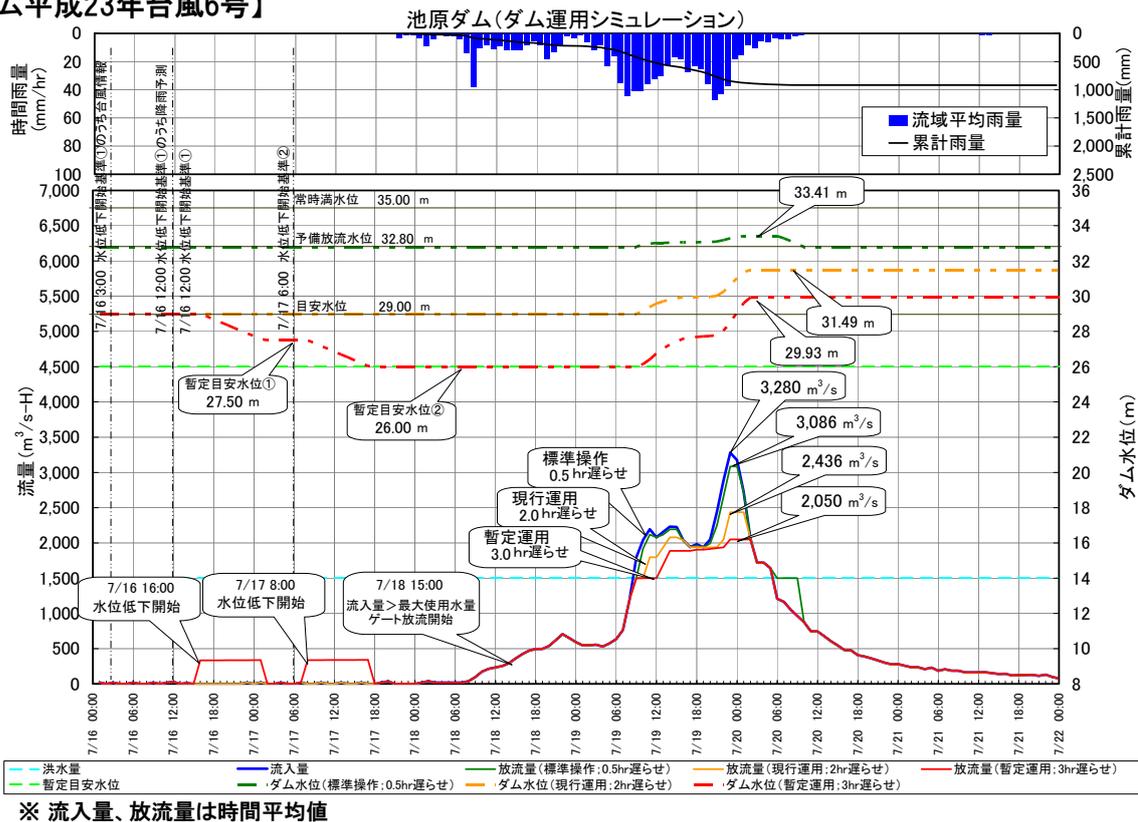
- ・長期降雨予測の適用は、2008 年以降の限定されたデータでの分析結果によるため、継続的に予測精度を検証し、必要に応じて適用方法を見直す必要がある。

(2) 「洪水中」の放流量低減への気象予測適用方法の検討

- ・本検討では、「洪水前」の更なる水位低下操作への台風進路予報と長期降雨予測の適用方法を検討した。今後は、洪水中の放流量低減操作への気象予測技術の適用方法を検討していく必要がある。

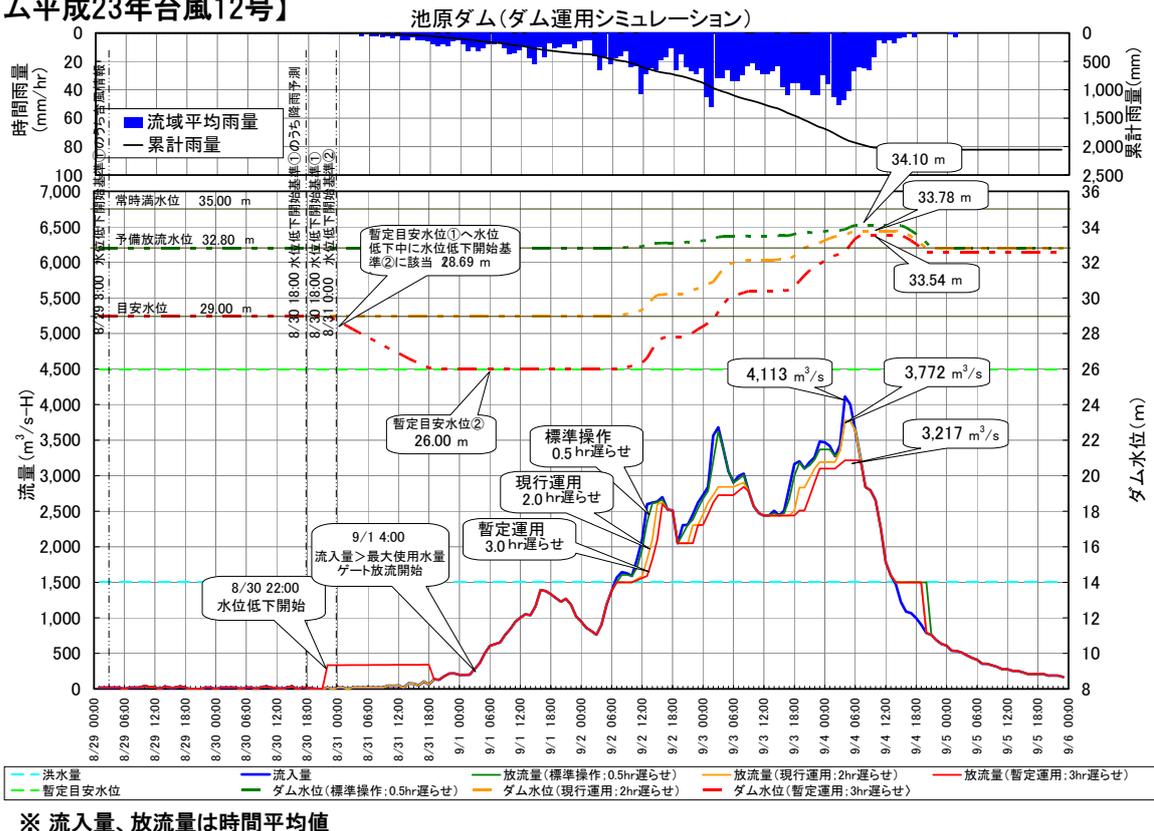
参考4-2 ダム暫定運用による放流量低減効果(シミュレーション結果)

【池原ダム平成23年台風6号】



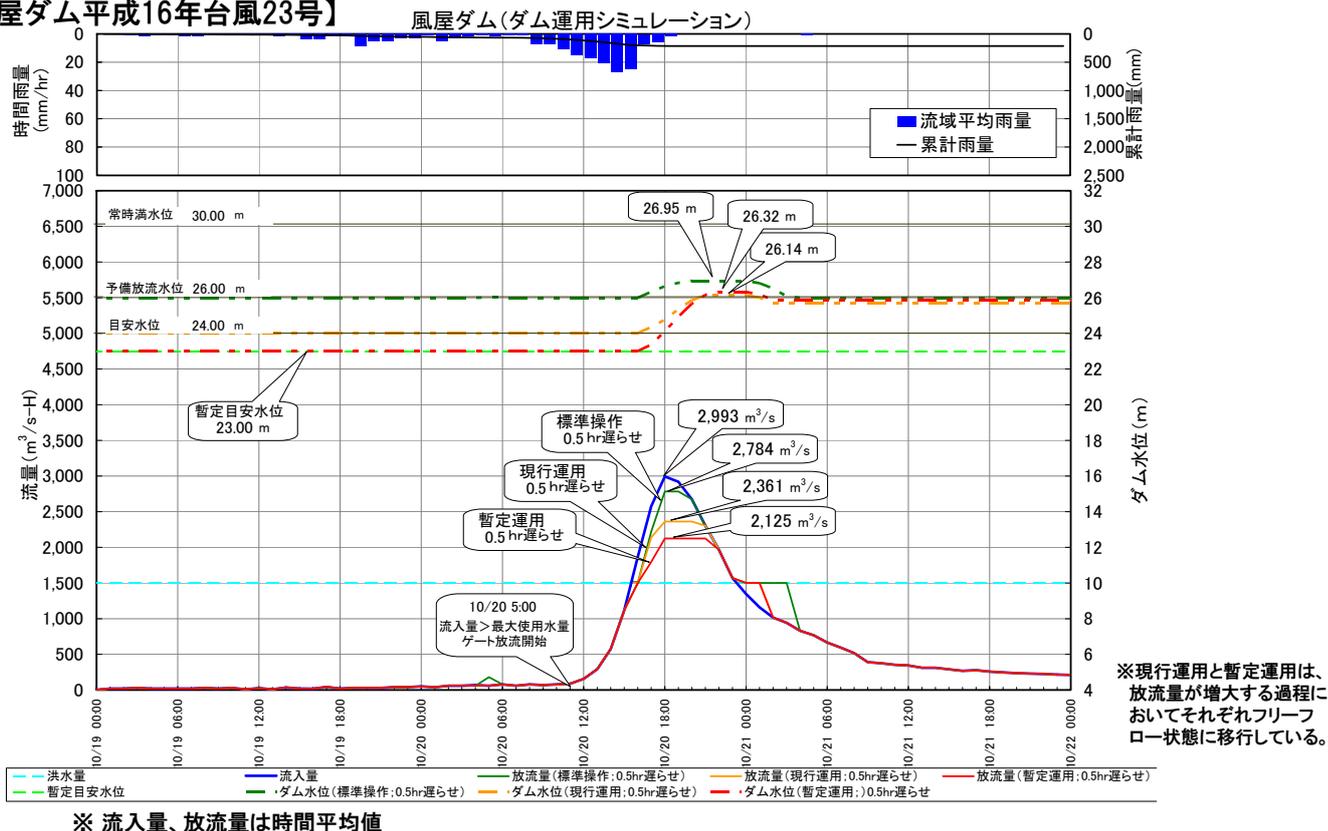
参考4-2 ダム暫定運用による放流量低減効果(シミュレーション結果)

【池原ダム平成23年台風12号】



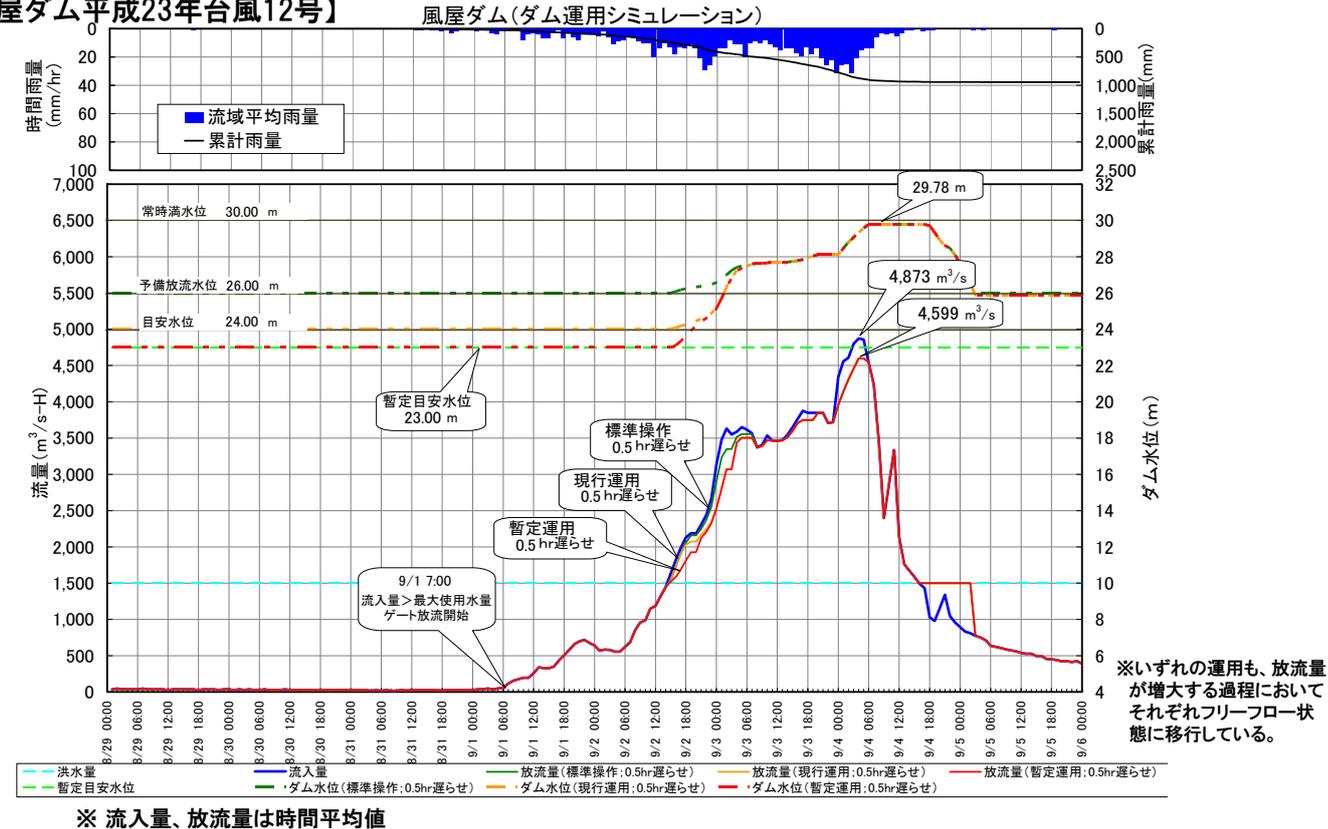
参考4-2 ダム暫定運用による放流量低減効果(シミュレーション結果)

【風屋ダム平成16年台風23号】



参考4-2 ダム暫定運用による放流量低減効果(シミュレーション結果)

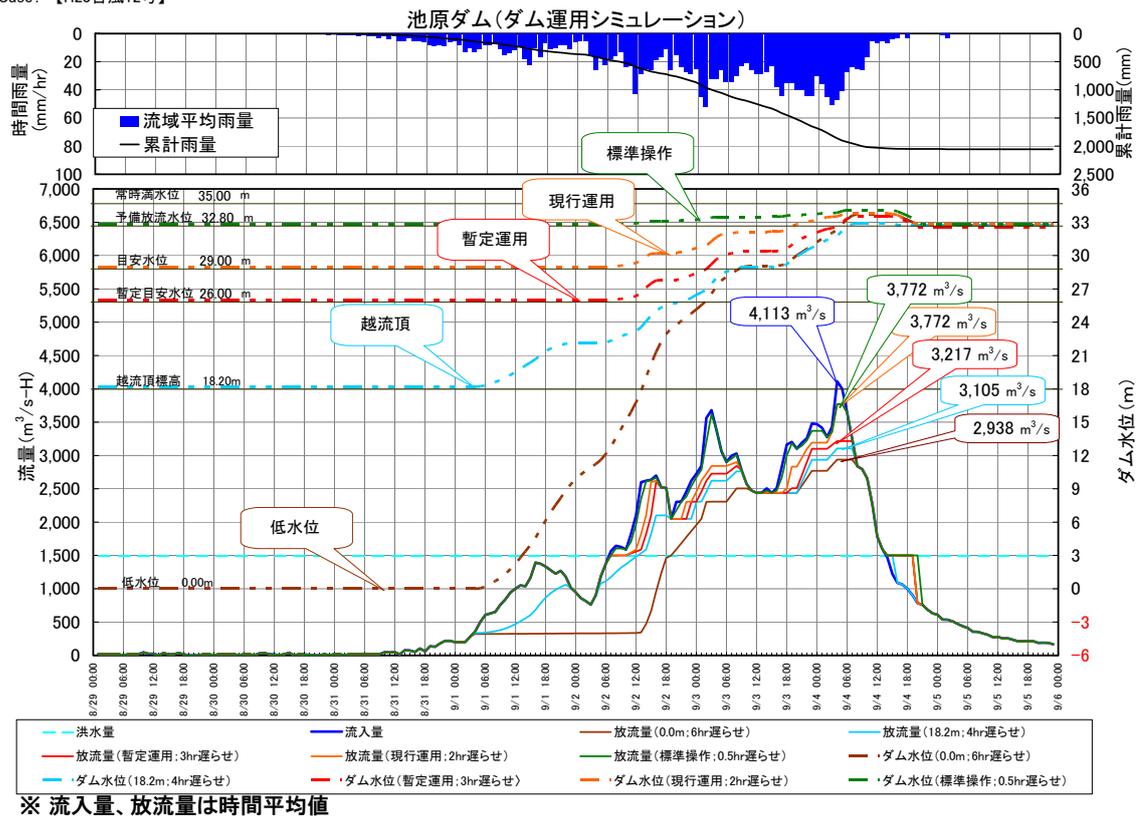
【風屋ダム平成23年台風12号】



参考4-3 放流量低減の限界（シミュレーション結果）

① 池原ダム:平成23年台風12号

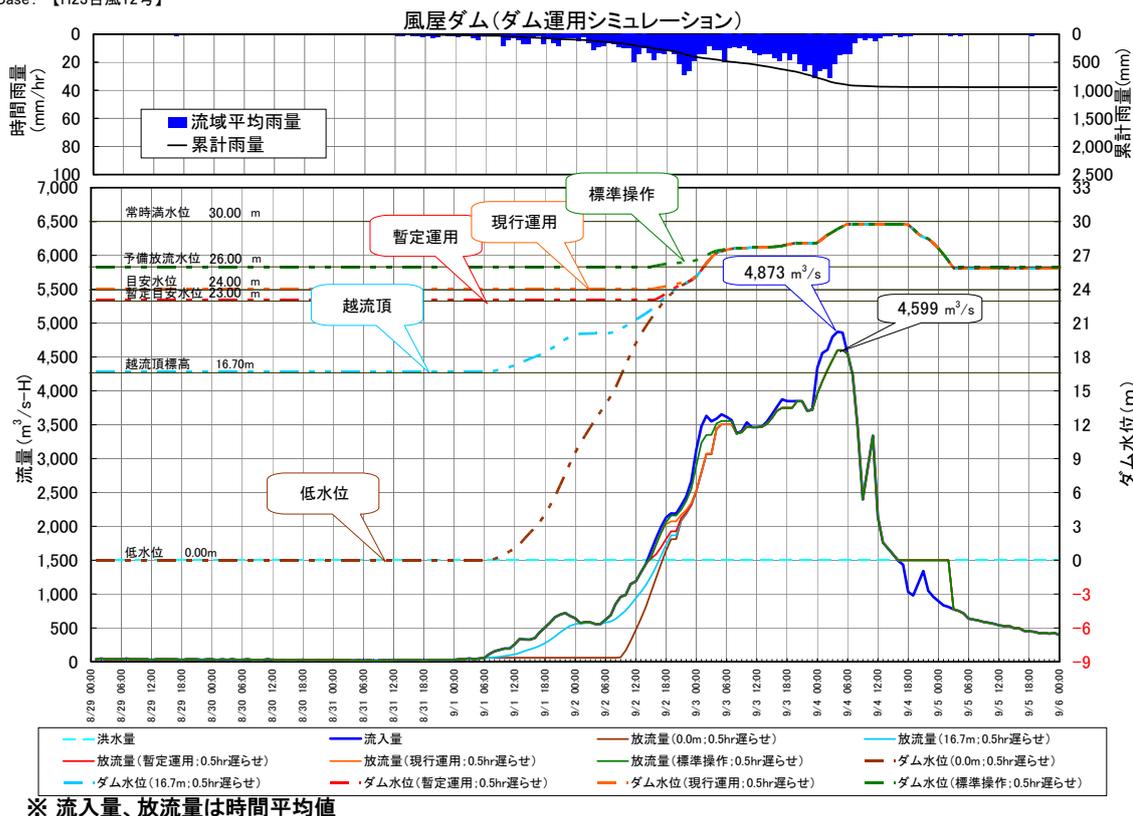
Case: 【H23台風12号】



参考4-3 放流量低減の限界（シミュレーション結果）

② 風屋ダム:平成23年台風12号

Case: 【H23台風12号】



参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(1/7)】

■ ダム放流の通知・通報内容(1/2)

(通知・通報の内容)

- 放流量を示すことは重要であるが、下流の状況を踏まえた、地元住民に解りやすい表現方法ができないか。(例:放流量 $○○\text{m}^3/\text{s}$ 以上でこの範囲が危険 等)
- 放流量のみの伝達ではなく、河川氾濫等の恐れを受報者側で推察できるように放流量と河川水位の上昇の相関情報・資料が必要。
- 放流量による(例: $1,500\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5,000\text{m}^3/\text{s}$)の河川の各ポイントでの水位が必要。
- 河川氾濫の危険性、放流の見通しなど、無線や電話で情報を入れるようお願いしたい。

(通知・通報のタイミング)

- ダム放流量が $1,500\text{m}^3/\text{s}$ に達した後も、定期的に放流量の情報が必要。
- 河川計画高に及ぶほどの放流など、危険が予想される場合は、必ず事前に連絡をお願いしたい。

参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(2/7)】

■ ダム放流の通知・通報内容(2/2)

(通知・通報の手段)

- ダムからの毎正時の情報提供が、電話のみとなっている。災害時などで情報が錯綜している中、電話では情報の聞き間違いなどが発生する恐れがあるため、情報伝達方法をFAXにし、FAXの受信確認を電話で行う方法を希望する。(今年の台風12号では臨時的に上記対応を行った経緯あり)
- 自治体と電源開発(株)との間に無線を設置しているが、活用されていない。

(その他)

- 通知・通報先を追加してほしい。

参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(3/7)】

■ ダム放流開始時の河川パトロール

- 道路施設の異常についても、河川パトロール中に気づいた時点で通報願いたい。
- ダム放流後についても、溢水状況を把握するために、随時河川パトロールおよび水位状況等の報告をしてほしい。
- 現行の河川パトロールは放流開始時に河川内にいる人への注意喚起であるが、放流後にも河川パトロールを行い、河川の水位状況等の連絡がほしい。
- 河川パトロールにおいて、危険が伴うと予想される場合は、自治体にも連絡願いたい。

参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(4/7)】

■ ダム放流警報サイレン

(サイレン吹鳴の目的)

- ダム放流警報サイレンは河川利用者を対象に行われるものであるが、今回のように河川外に危害発生が予想される場合、活用方法としての取り決めが必要である。
- 水位が警戒水位等に達した場合にも、関係自治体への連絡およびサイレンを吹鳴してほしい。
- 河川氾濫の危険性が高い時は、サイレン吹鳴やアナウンスの放送、パトロール車での広報をしっかりと実施してほしい。

(サイレン吹鳴の頻度・音量等)

- 豪雨時にサイレン音が聞こえるのか確認する必要がある。
- サイレンと音声放送を併用してほしい。
- サイレン吹鳴の頻度を増やしてほしい。(例:10,000m³/s到達時等)
- 昨年の台風12号では、ダム放流警報サイレンが聞こえにくい地区があった。

参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(5/7)】

■ 住民への情報提供手段(新宮川水系各ダム情報(フリーダイヤル)、紀南防災ネット)(1/2)

(情報提供の手段)

- インターネットによるリアルタイムでの情報提供が望ましい。
- 新宮川水系各ダム情報及び紀南防災ネットでの配信情報について、PCおよび携帯電話からHPで現在の状況が確認できるようにして欲しい。
- 電源開発(株)のHPでリアルタイムで流入量、ダム水位、雨量、放流量等(グラフを含む)閲覧できる仕組みを構築してほしい。

(情報伝達の内容)

- ダム諸量(貯水位・流入量・放流量)について、前〇時間(分)からの増減量を情報提供してほしい。

参考5-1 河川管理者・関係自治体 アンケート結果

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(6/7)】

■ 住民への情報提供手段(新宮川水系各ダム情報(フリーダイヤル)、紀南防災ネット)(2/2)

(広報活動)

- フリーダイヤルなどの情報は、あまり知られていないように思うので、住民へ広報を強化してほしい。

(その他)

- 管理者毎に個別にメール配信システム等を構築するのではなく、総合情報が提供できる仕組みを構築してほしい。(情報取得の際に国、県、市のそれぞれを取得しているが情報が多く錯乱の原因となる)
- 新宮川水系各ダム情報(フリーダイヤル)については、ピーク時繋がりにくいと苦情があった。
- 熊野川本流筋以外の地点でも、ダム放流量を知ることができる方法を検討願いたい。(住民は、放流量で水位のおおよその見当が付く)

【電源開発(株)からの通知・通報への要望(7/7)】

■ 上記以外で新規に情報伝達が必要な項目・内容、その他

(河川管理者・関係自治体等への情報伝達)

- 河道閉塞等、巡視により得た情報、情報共有の観点から必要な情報についても通知・通報してほしい。
- 1～3時間後の予測放流量等、放流量の見通しを情報提供してほしい。

(住民への情報伝達)

- 要望内容は地元住民の方々の命に関わる問題であることから、地元の声を十分に聞いていただき、必要な対策を講じてほしい。
- 両岸に危険水位高が一目でわかるような、標示看板等を設置してほしい。
- 「〇〇〇〇m³/s」といった放流量の表示と広報をしてほしい。
- 「放流中」を表示する電光表示板を増設してほしい。
- 老朽化している放流の説明看板を更新してほしい。

参考 5-2 合算放流量情報の高度化に関する検討

(1) 検討対象範囲

検討対象範囲を図-1 に示す。



図-1 検討対象範囲

(2) 検討フロー

検討フローを図-2 に、模式図を図-3 に示す。

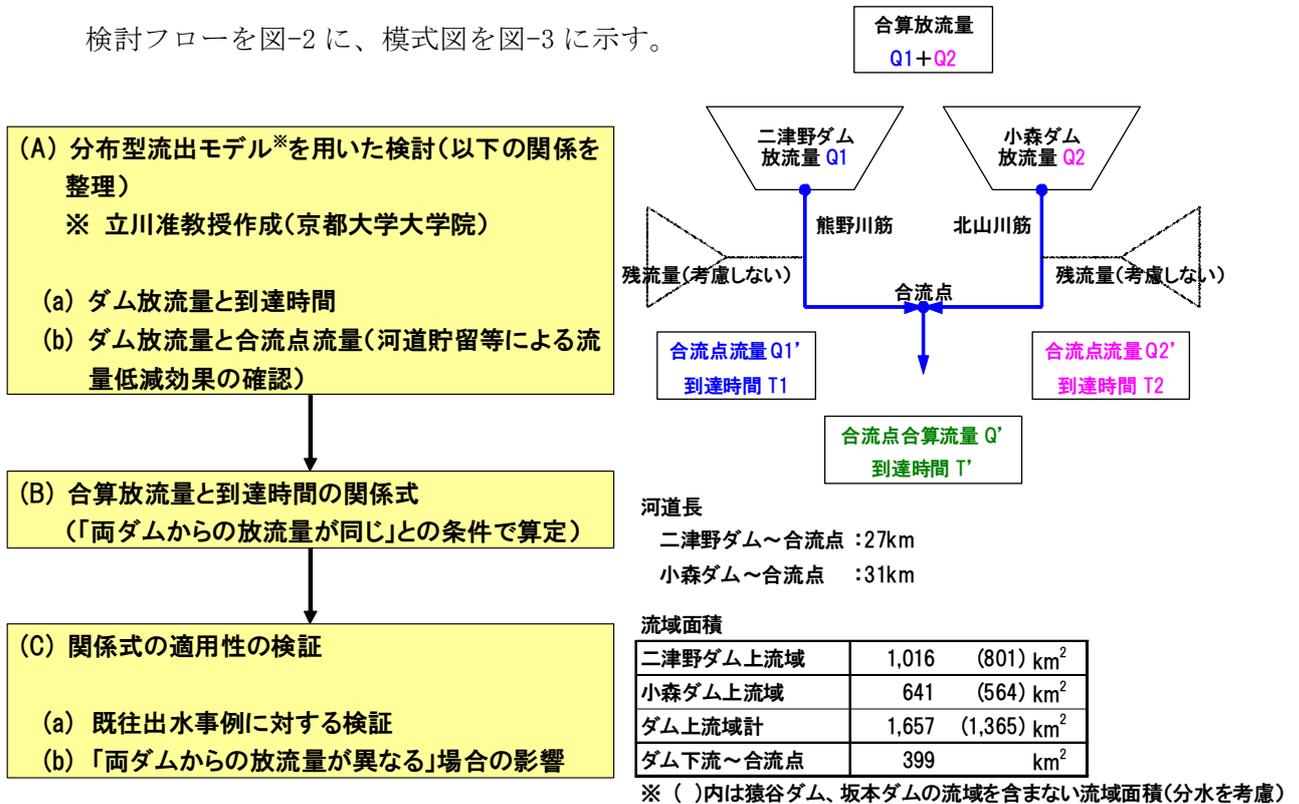


図-2 検討フロー

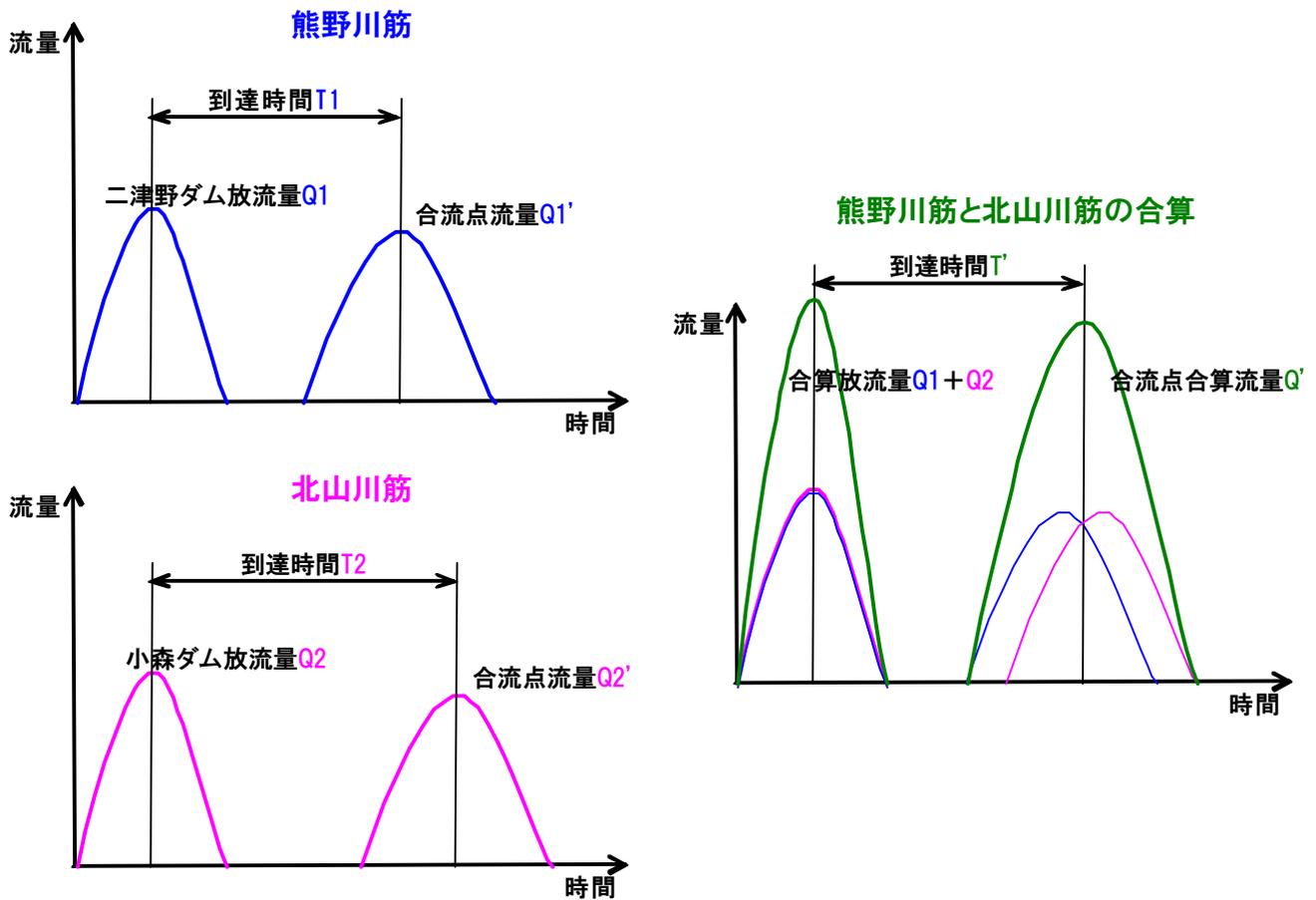


図-3 検討模式図

(3) 検討結果

(A) 分布型流出モデルを用いた検討の結果

検討手法・条件は以下のとおりである。

- 両ダム地点に同じダム放流量を入力して流出解析（残流量は考慮しない）を実施し、両川筋の合流点までの到達時間および合流点流量を算定。
- ダム放流モデルパターン：平成6年9月出水における小森ダム放流パターンをモデルパターンとし、最大放流量を引伸ばし（引縮め）して作成。
- 放流量規模：最大放流量を 500～10,000m³/s とした全 10 ケース。

分布型流出モデルによる流出解析から得られた、両ダム地点から合流点までの到達時間を表-1 に、両川筋の合流点流量を表-2 に、流出解析結果を図-4 に示す。

- 放流量が同じ場合は、両川筋のダムから合流点までの到達時間差は小さい ($T1 \doteq T2$)。
- 両川筋の到達時間は、ダム放流量の規模により異なる。
- 河道貯留等によるピーク流量の低減効果は 1%程度と小さい ($Q1 \doteq Q1'$ 、 $Q2 \doteq Q2'$)。

表-1 両ダム地点から合流点までの到達時間

ダム放流量 Q1またはQ2(m ³ /s)	500	750	1,000	2,500	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
熊野川筋 到達時間 T1 (min)	129	110	97	67	50	47	44	41	39	38
北山川筋 到達時間 T2 (min)	143	122	108	74	56	52	49	46	44	42
到達時間差 T2-T1 (min)	14	12	11	7	6	5	5	5	5	4

表-2 両川筋の合流点流量

ダム放流量 Q1またはQ2(m ³ /s)	500	750	1,000	2,500	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
熊野川筋 合流点流量 Q1'(m ³ /s)	494 (0.01)	742 (0.01)	989 (0.01)	2,479 (0.01)	4,965 (0.01)	5,961 (0.01)	6,956 (0.01)	7,952 (0.01)	8,948 (0.01)	9,944 (0.01)
北山川筋 合流点流量 Q2'(m ³ /s)	491 (0.02)	739 (0.01)	986 (0.01)	2,474 (0.01)	4,959 (0.01)	5,953 (0.01)	6,948 (0.01)	7,944 (0.01)	8,939 (0.01)	9,935 (0.01)

※ ()は低減率

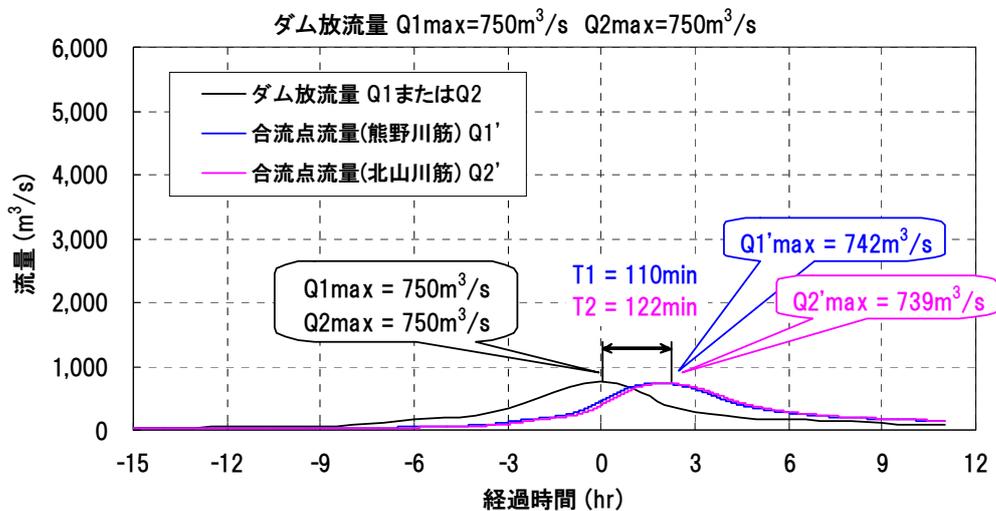


図-4 流出解析結果 (ダム放流量と到達時間・合流点流量の関係)

(B) 合算放流量と到達時間の関係式

(A)の検討より、両ダムからの到達時間差および河道貯留等の影響を考慮せずに、到達時間を合算放流量だけを用いて定式化する。

(A)の流出解析より、合算放流量と到達時間の関係を表-3、図-5 に示す (両ダムからのダム放流量は同じ)。

表-3 合算放流量と到達時間

合算放流量 Q1+Q2 (m ³ /s)	1,000	1,500	2,000	5,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000	20,000
合算放流量 到達時間 T (min)	136	115	102	70	53	49	46	44	41	40

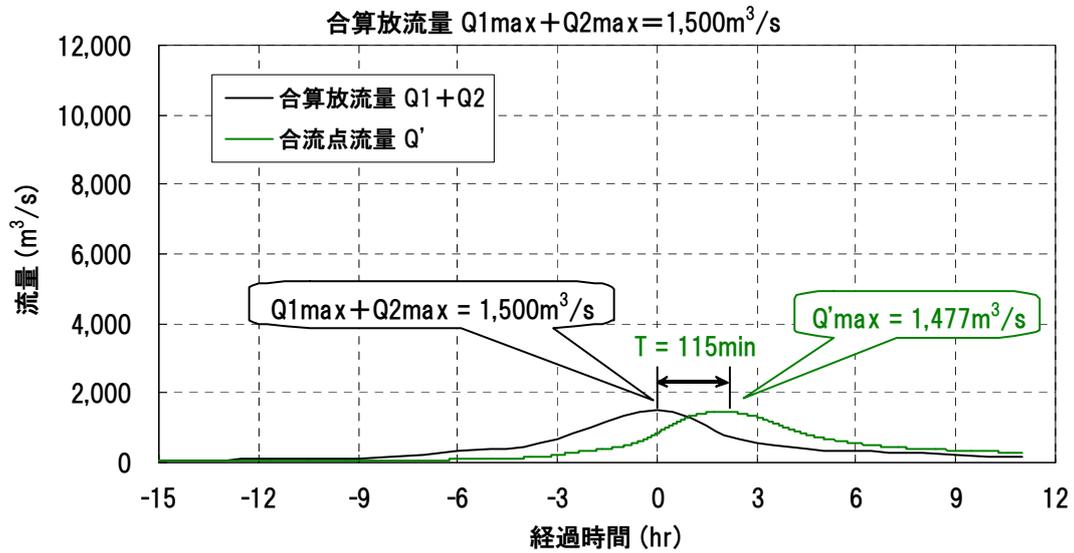


図-5 合算放流量と到達時間

(A)の流出解析からえられた、合算放流量と到達時間の関係を参考図-6 に示す（両ダムからのダム放流量は同じ）。

合算放流量 (m ³ /s)	到達時間 (min)
1,000	136
1,500	115
2,000	102
5,000	70
10,000	53
12,000	49
14,000	46
16,000	44
18,000	41
20,000	40

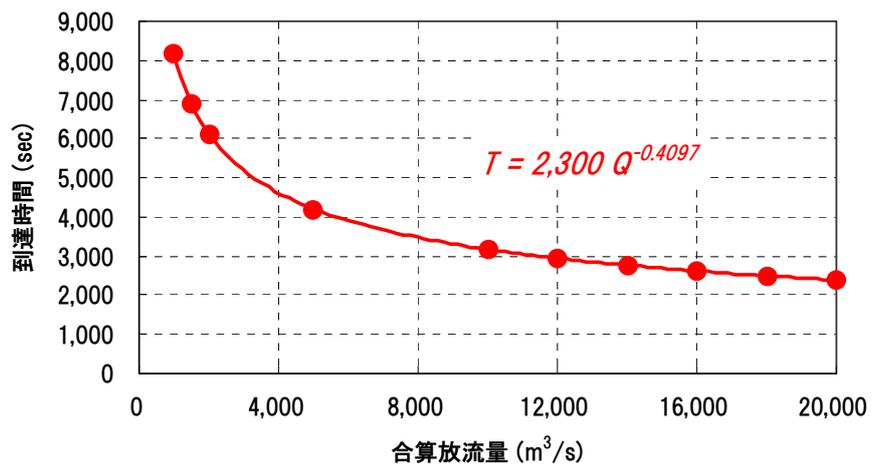


図-6 合算放流量と到達時間の関係

(A)の流出解析より、両ダムからの到達時間差および河道貯留等の影響を考慮せずに、合算放流量と到達時間の関係式（式-1）を作成した。

$$T = 2,300 Q^{-0.4097} \quad (\text{式-1})$$

ここに、T：合流点までの到達時間 (min)

Q：合算放流量 (=合流点合算流量) (m³/s)

(C) 関係式の適用性の検証

以下の既往の8出水における両ダムから放流量(実績値)を用いた流出解析(残流量考慮せず)を実施した。

平成2年台風19号、平成6年台風26号、平成9年台風9号、
平成13年台風11号、平成15年台風10号、平成16年台風11号、
平成16年台風21号、平成23年台風12号

流出解析から求めた合流点合算流量と関係式から算定した合流点合算流量(合算放流量を関係式で算定した到達時間相当遅らせたハイドロ)を比較し、実放流パターンに対する関係式の適用性を検証した(図-7参照)。

その結果、両者の合流点合算流量はほぼ一致する結果となった(図-8参照)。

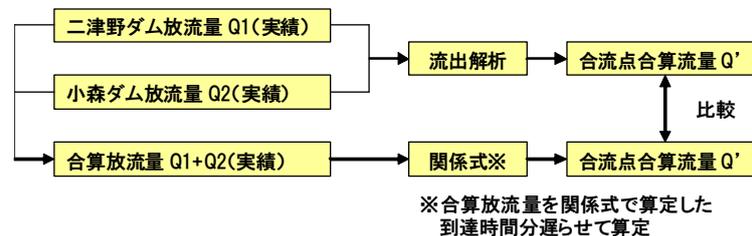


図-7 流出解析と関係式による合流点合算流量の比較

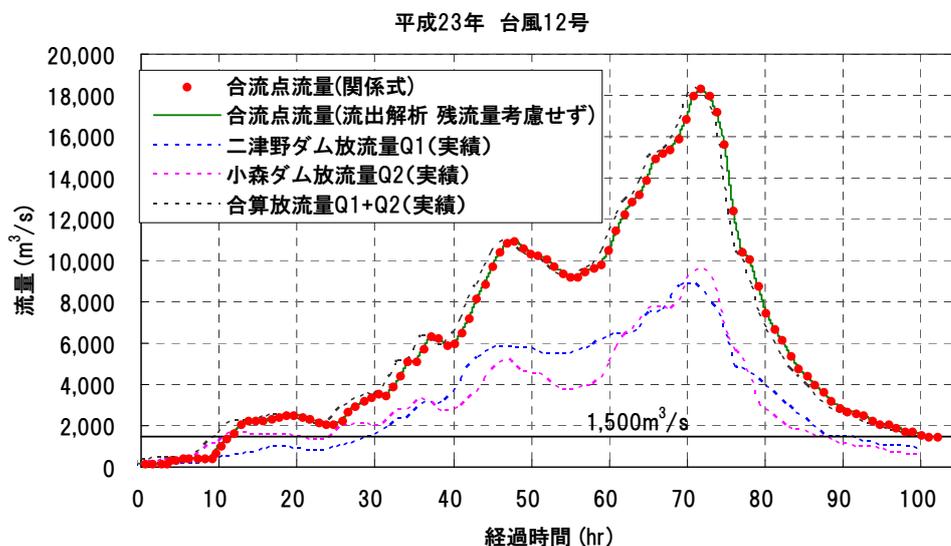


図-8 流出解析と関係式による合流点合算流量の比較結果

本関係式作成に用いた合算放流量と到達時間は、「両ダムからの放流量が同じ」との条件で実施した流出解析による数値である。そこで、「両ダムからの放流量が異なる」との条件でダム放流モデルパターンを用いた流出解析を実施し、「両ダムからの放流量が同じ」場合の到達時間との差異を定量的に検証した。検証結果を表-4、図-9に示す。

到達時間の差異は大きくはないが、両ダムからの放流量が異なる場合は、関係式で算定する到達時間よりも短くなる可能性があることを留意する必要がある。

表-4 両ダムからの放流量が異なる場合の到達時間への影響

二津野ダム 放流量 (m ³ /s)	3,500	3,000	2,500	2,000	1,500
小森ダム 放流量 (m ³ /s)	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500
両ダムの放流量が 各2,500m ³ /sの場合の 到達時間との差 (min) ※	-9 (61)	-3 (67)	- (70)	+1 (71)	-2 (68)

※ 数値のマイナスは「両ダムの放流量が各2,500m³/sの場合」よりも合流点への到達が早いことを示す
()内の数値は、到達時間(min)を示す。

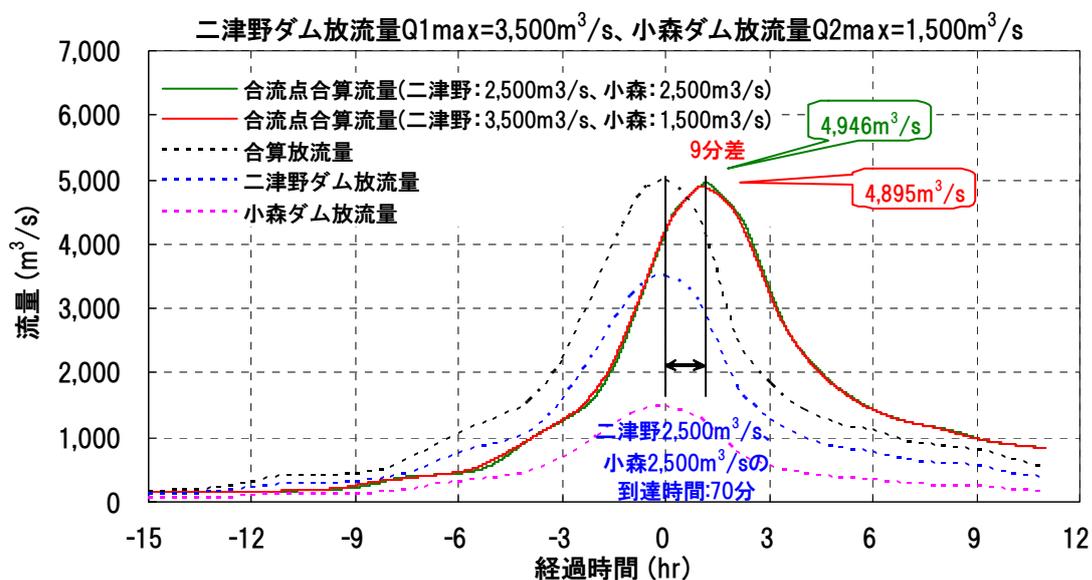


図-9 両ダムからの放流量が異なる場合の到達時間への影響