



国土技術政策総合研究所

気候変動対応本部

降雨予測技術を活用したダム洪水調節操作の高度化

河川研究部 水資源研究室

平成21年7月

多目的ダムの機能

洪水調節方式

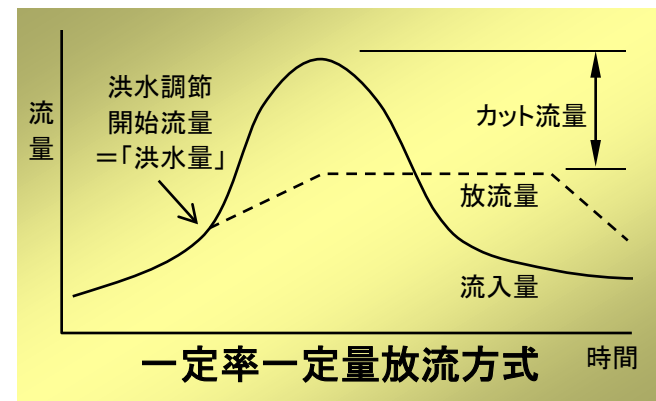
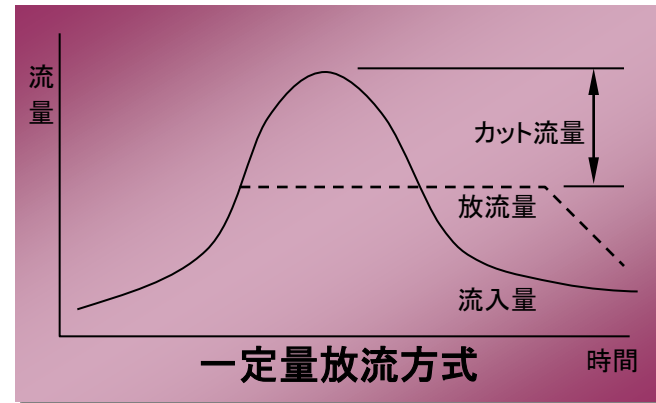
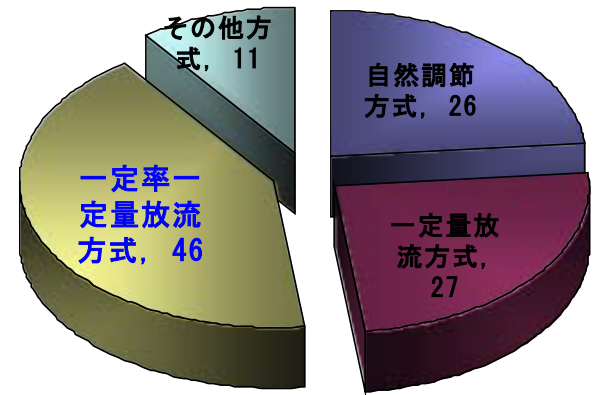
多目的ダムの洪水調節方式は、大きく**自然調節方式**、**一定量放流方式**、**一定率一定量放流方式**、**その他**(鍋底カット方式等)の四つに分類される。
国土交通省及び水資源機構のダムでは、**一定率一定量放流方式**が最も多く採用されている。

一定率一定量放流方式とは...

洪水の流入量のうち**洪水調節開始流量**(下流の地域、河川内の各種施設に大きな被害を及ぼさない流量:ダムの操作規則では「**洪水量**」と規定、**無害流量**とも言う)以上について、**ピーク流量**までは流入量に対し**一定の率**で洪水をカットし、**ピーク以後は一定量**(ピーク時の放流量)を放流するもの。

この方式では、**中小洪水の場合にもダムの洪水調節効果が期待できる**ので下流河川の改修があまり進捗していない河川に適しているが、一定量放流方式に比べ必要なダム貯水池の治水容量が大きくなる。

洪水調節方式 (国土交通省ダム、水資源機構ダム)



多目的ダムの機能

多目的ダムでは前述のような洪水調節のほか、利水補給の方法などを「操作規則・細則」によりダム毎に定めている。

ただし、ダムの計画規模を超える洪水の発生が予測されると...

貯水位がサーチャージ水位(治水容量の上限の水位)を超えること(異常洪水)が予想される場合は、貯水位が容量の8割を超えると、貯水位がサーチャージ水位を超えないよう、放流量を流入量に近づけていく操作を行う。

= これを「ただし書き操作」と呼ぶ

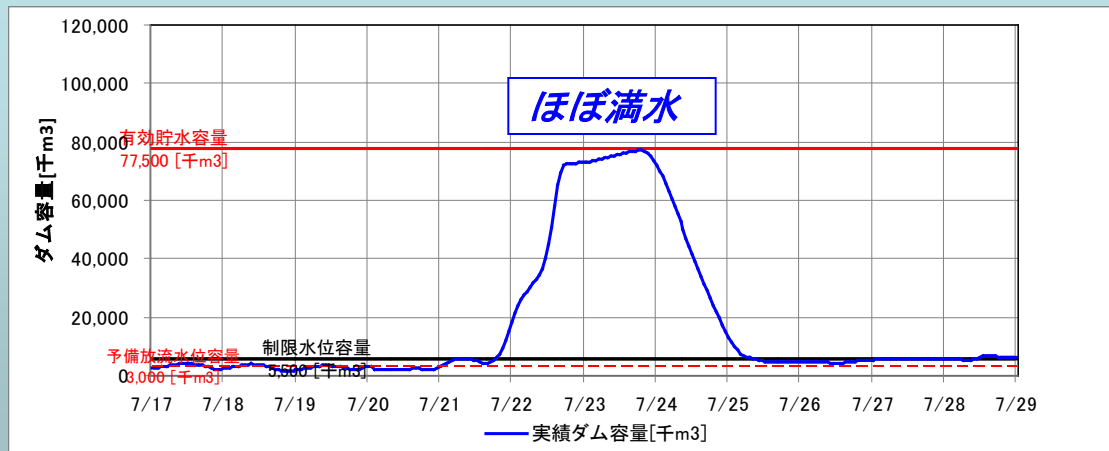
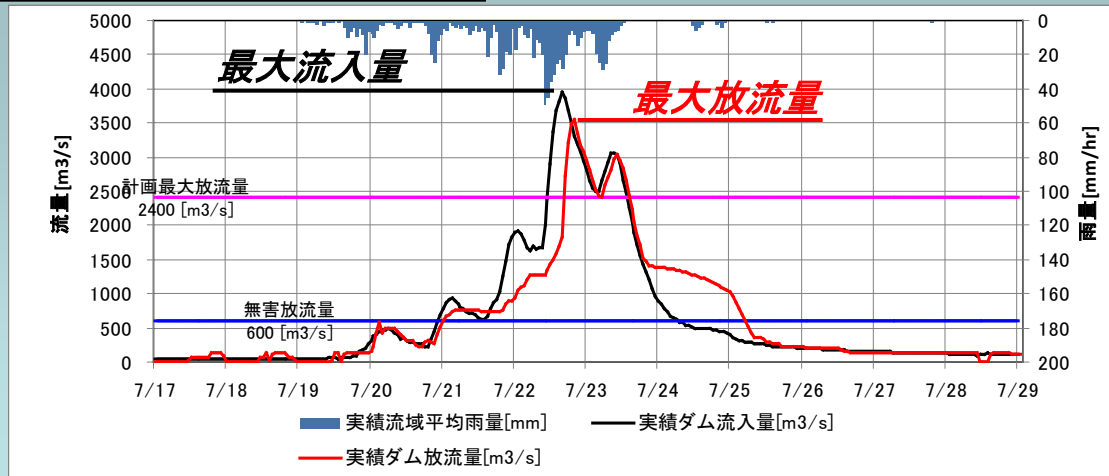
注)この時、放流量が流入量よりも大きくなることはない

多目的ダムの機能

ただし書き操作の例

治水計画を超えるほどの大きな洪水が発生すると、ダムによる流量の低減効果は少なくなる。

Tダム H18年7月洪水の例



注) 洪水のピーク付近で放流量が流入量よりも大きくなることはない

現況のダム操作手法の課題

- (1) 異常洪水が発生すると、ただし書き操作という計画最大放流量を超える放流が必要になり、被害の低減効果が低下する。
→ ただし書き操作を回避したい。
- (2) 異常洪水が発生することが予想されるにもかかわらず、必ずしも事前放流が確実に実施されるとは限らない。
→ 降雨予測を活用した事前放流を判断する規定が制定されていない。
- (3) 中小洪水に終わることが予想され、ダムの治水容量に余裕がある場合でも、一定率一定量方式(現在のダムの多くで採用、降雨予測を活用しない操作)の場合、無害流量以上の放流によって、下流被害が発生する恐れ。
→ 中小洪水であることが予測できれば、無害流量以内の放流で洪水調節可能。
- (4) 利水容量について、洪水調節に活用していないため、治水容量のみによる限定的な洪水調節機能に留まっている。
→ 降雨予測を活用することにより、利水容量も効果的に活用可能。
- (5) 降雨予測に係わる情報が不足している他、洪水調節操作への活用には至っていない。
→ 降雨予測の精度が明らかになっていない。降雨予測を活用した操作手法が明らかとなっていない。

研究の目的

さらに...

近年、洪水被害の頻発が見られ、今後も気候変動に伴い洪水の危険性は高まると予想されている。

また、公共事業費の縮減により河道改修が遅れており、新規ダム建設には相当の期間と予算が必要。



そこで...

既存のダムをより有効に活用するため、通常は多くの水を貯めておいて、大きな洪水が**予測される場合**は、事前放流を実施して必要な治水容量を確保したい。

○ 社会的ニーズ

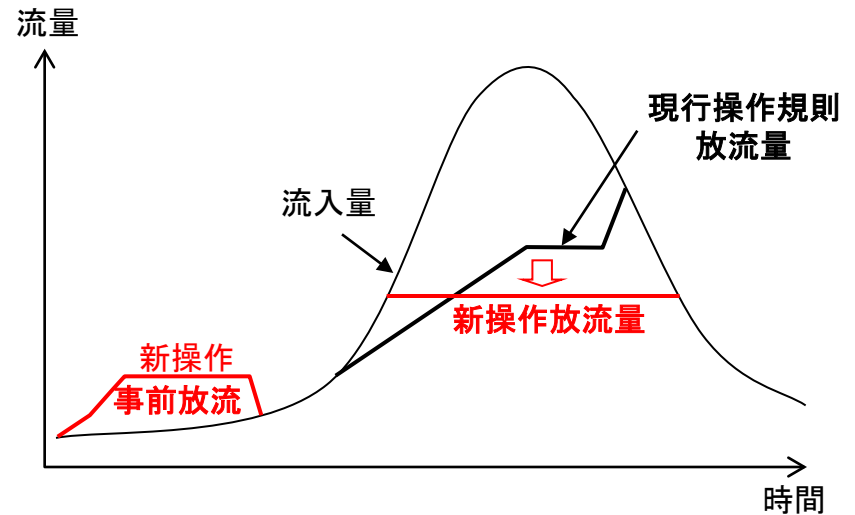
- 異常洪水時の水害の軽減
- 中小洪水時における水害の防除
- 従来型のダム操作の見直しによる効率的な洪水調節の実施
- 利水と協調した合理的なダム操作の実施

降雨予測を用いたダム操作手法の利点

降雨予測を活用すると...

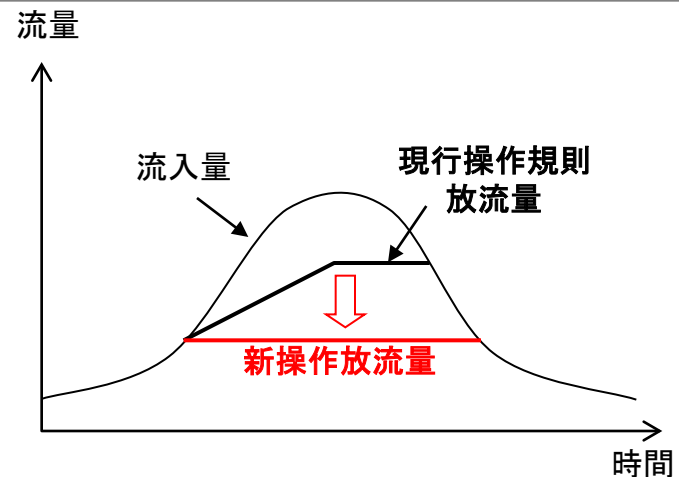
異常洪水に対して

事前放流により治水容量を大きく確保するとともに、一定量放流により最大放流量を低減し被害を最小化
予測ができることにより、治水容量を洪水調節に活用することも可能



中小洪水に対して

治水容量に余裕があると判断出来る場合には、積極的に洪水を治水容量に貯めることにより、下流被害を皆無にすることが可能



既往検討の成果と隘路

・降雨予測技術の改良 (H19～20年度)

気象庁の予測を初期値、境界値として新たな予測モデルであるWRFを使用した予測検討を行い、降雨予測精度の向上を確認。

→向上しない場合もあり、不確実性は残る。精度の定量的評価が必要。

・地中保水能を考慮した有効降雨算定手法 (H19～20年度)

無降雨継続時間と地中保水能の回復の関係式を作成し、初期損失雨量を考慮した流出量の予測手法を作成。

→樹木や窪地による遮断など不確定要素は残る。

・降雨予測を活用したダム操作手法の確立 (H20年度)

48時間先までの予測総降雨量と、予測時点でのダム空き容量を比較し、事前放流の実施を含めた放流計画を立てる手法を確立。

→予測降雨量の誤差が大きい場合、貯水容量を余しながらも大きな放流を行ったり、貯水容量が足りずにほぼ満水になってしまっただし書き操作になってしまう場合がある。また、降雨予測が外れた場合の対処手段も検討の余地がある。


降雨予測技術(WRFとは...)

- WRF Weather Research and Forecasting Model
- NCAR/NCEP(米国)により現業用、研究用に開発されたメソスケール気象モデル
 - プロジェクトは一つだが現業用、研究用の2種類が存在する
 - 米国でメソスケールモデルが乱立したことに反省を受け、統一的に開発している

メソスケール気象モデルとは

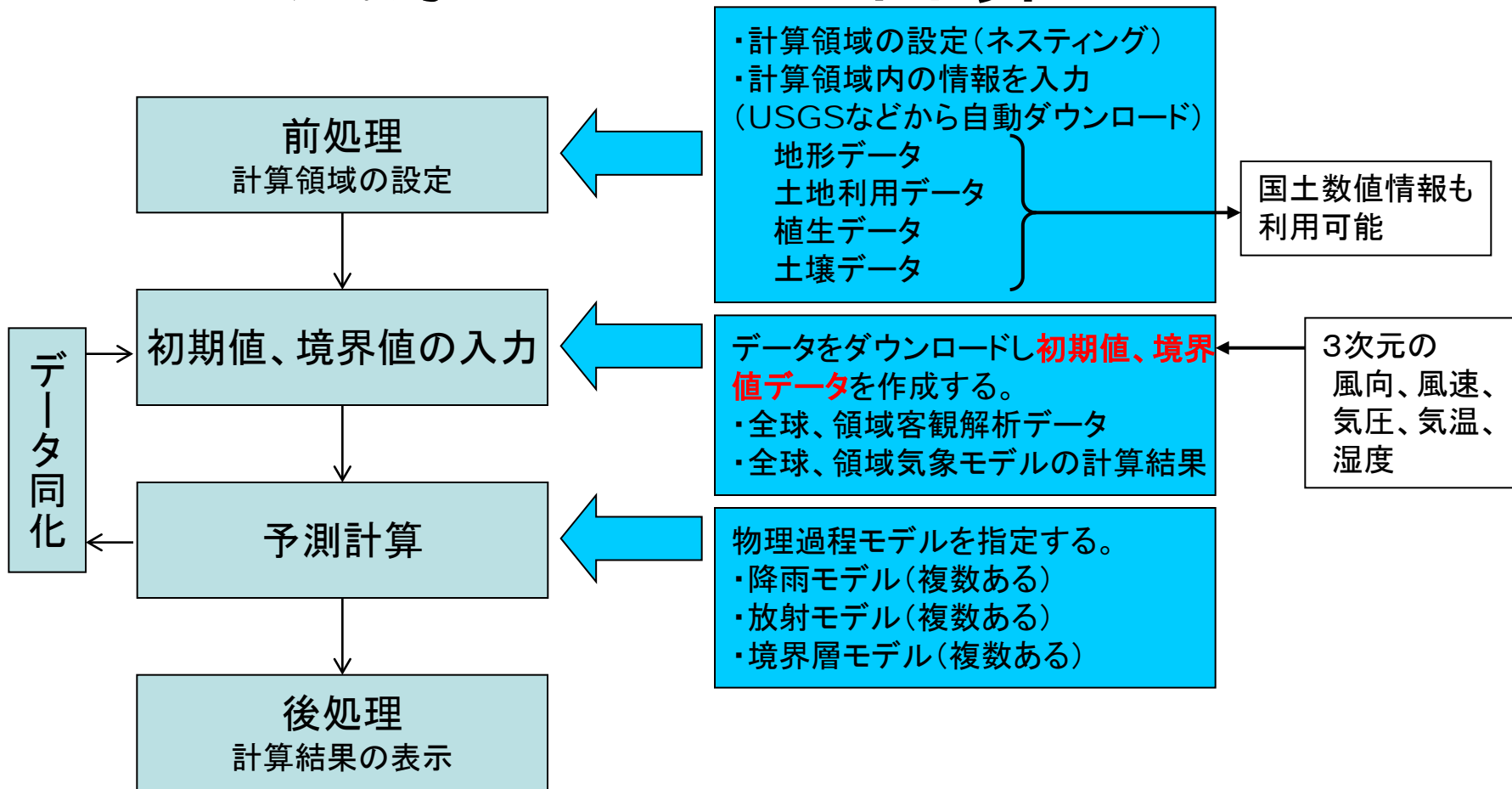
- 集中豪雨, 雷雨などの水平スケールが10~100kmの気象現象を扱う, **非静力学モデル**
 - 1kmメッシュ程度での計算を行うことが可能

天気予報業務で使われている
気象モデルとは



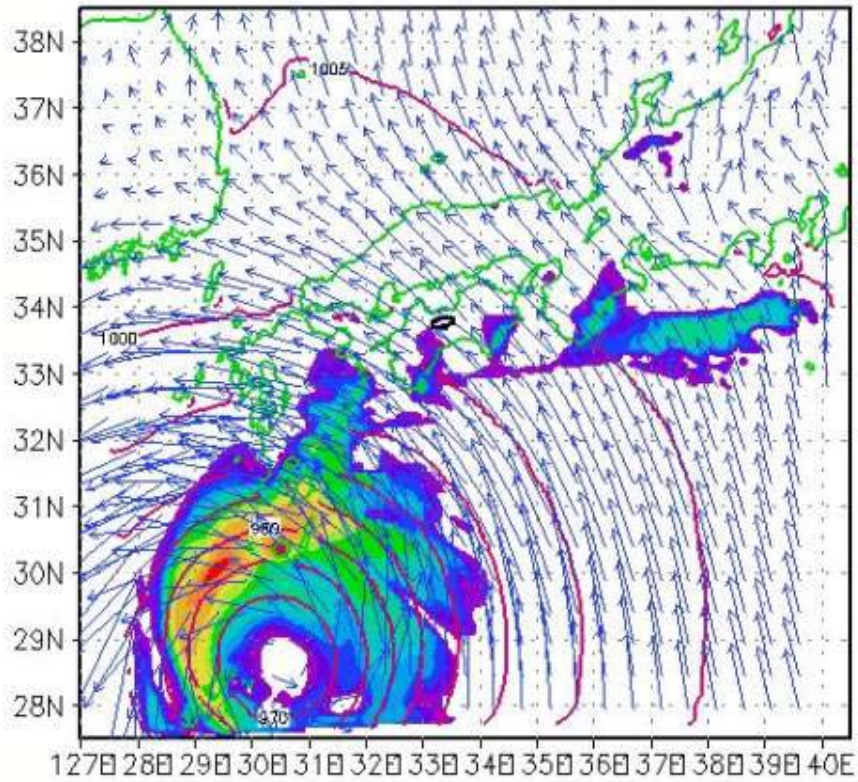
- 台風、梅雨前線などの全球規模の気象現象を扱う、**静力学モデル**
 - 静力学近似のため10kmメッシュの細かさが限界
 - 計算が速いため現業で使われている

メソ気象モデルの計算フロー

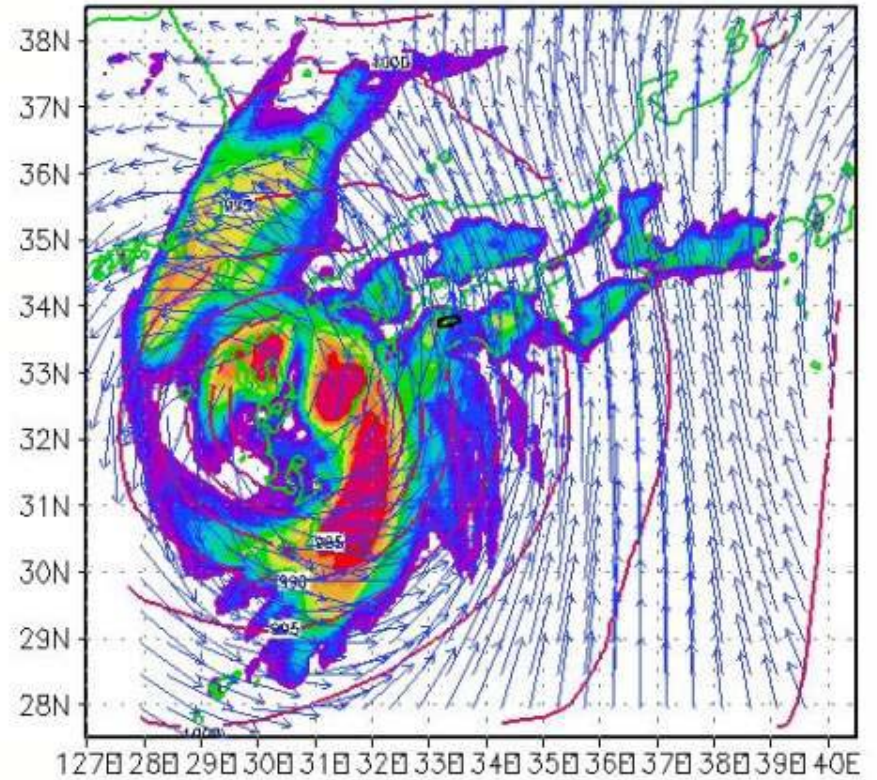


• 降雨予測精度は、どのような物理過程モデルを選択するかにもよるが、主に初期値、境界値が現実にどれだけ近いかによって、予測精度が決まってくる

計算結果の表示(例)



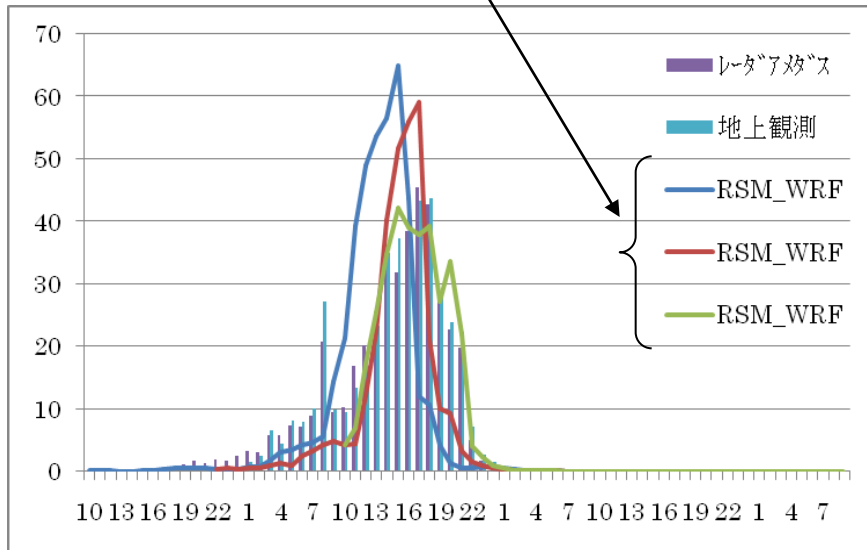
3時間後予測



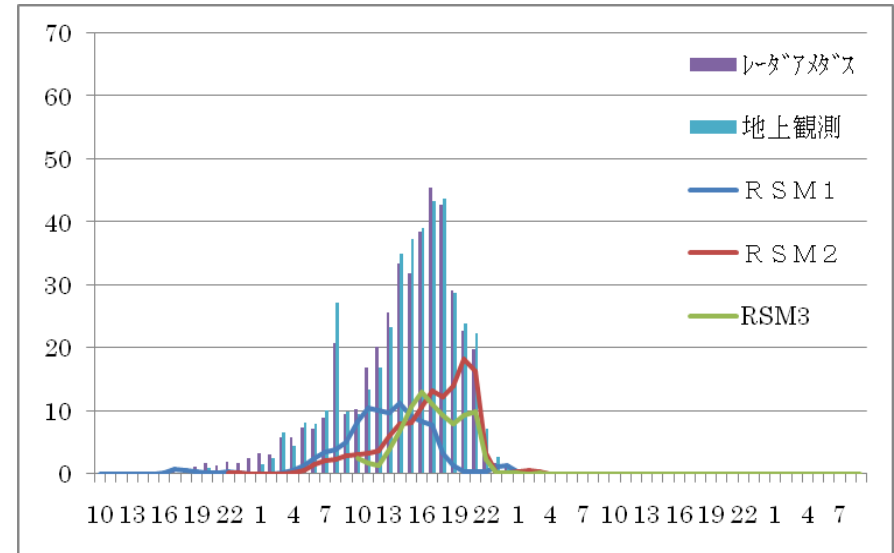
12時間後予測

RSMを初期値、境界値とした計算結果(精度が向上するケース)

計算開始時間が異なる



WRFの予測計算

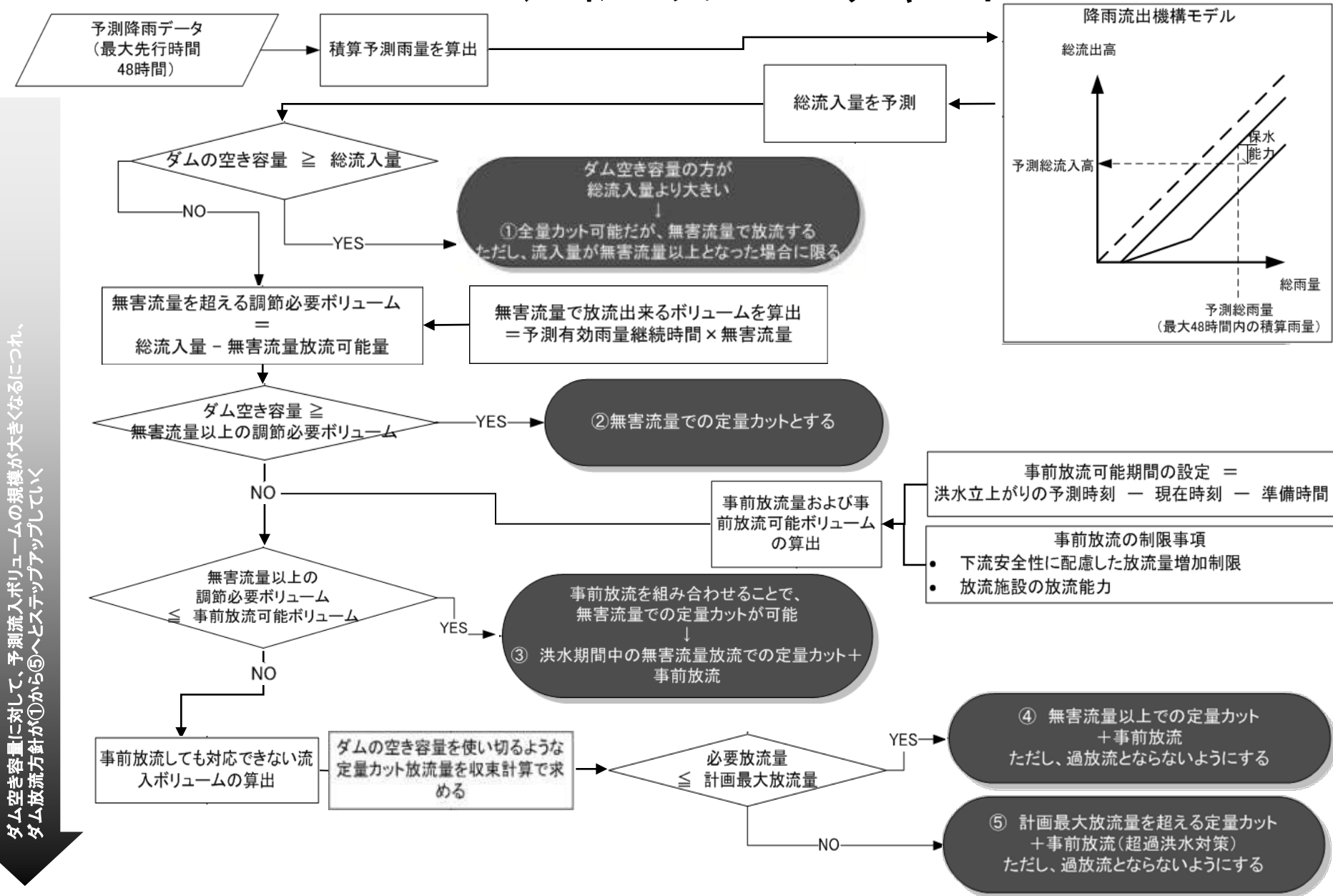


気象庁RSMの予測計算

早明浦ダム流域(2004年8月30日)

- WRFを使用したことによりRSMより予測精度が向上した
- RSMは量はあっていないものの降り始め、降り終わりは概ね合っている

降雨予測を活用したダム洪水調節シミュレーションのフローチャート



シミュレーションにおける降雨予測誤差の設定

全国各地の7水系ダム流域における214箇所の雨量観測所を対象に気象庁のVSRF,MSM,RSMの予測誤差精度を評価

気象予測データの利用可能性による研究（国総研）

回帰係数 = 予想雨量 / 実測雨量

想定される最大の実測雨量 =
予想雨量 / 0.7 = 1.43 * 予想雨量

想定される最小の実測雨量 =
予想雨量 / 1.4 = 0.71 * 予想雨量

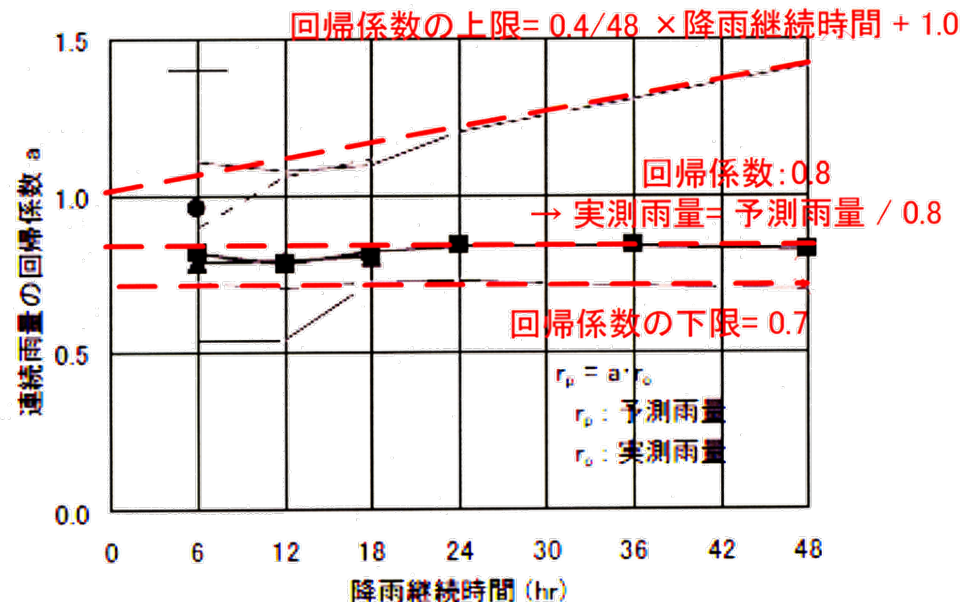


図1 既往検討成果から設定される積算雨量に対する回帰計数の上限、下限設定

既往検討成果(気象庁予測を用いた解析)を利用
今後、新たな手法であるWRFによる予測を実施し、データの蓄積と精度分析を行う必要がある

有効雨量の算出

各ダムにおける一雨の総流出高、総雨量データを基に初期損失雨量、一次流出率、飽和雨量、最大損失雨量を設定

最大保水能の回復は、洪水時流量低減期の第二折れ点以降の流量低減状況から指数関数と仮定して設定

Kダムの有効雨量

初期損失雨量 (R_{SL})	40 [mm]
一次流出率 (f_1)	0,4
飽和雨量	210 [mm]
最大表土保水能力	102 [mm]

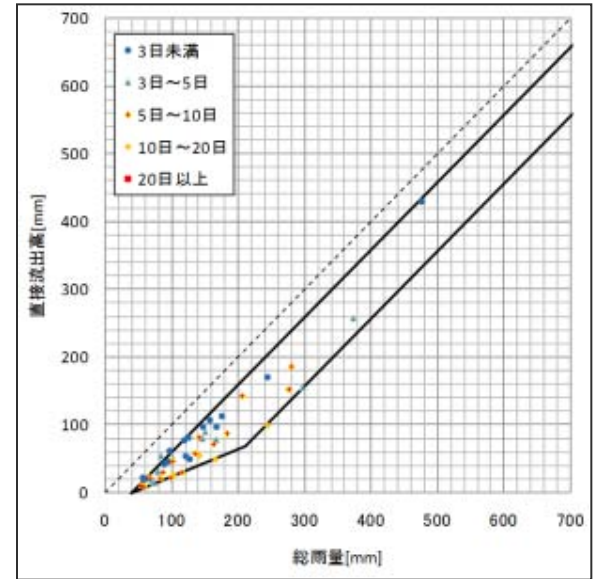


図2 Kダムの総雨量～直接流出高の整理(前期降雨からの経過日数で色分け)

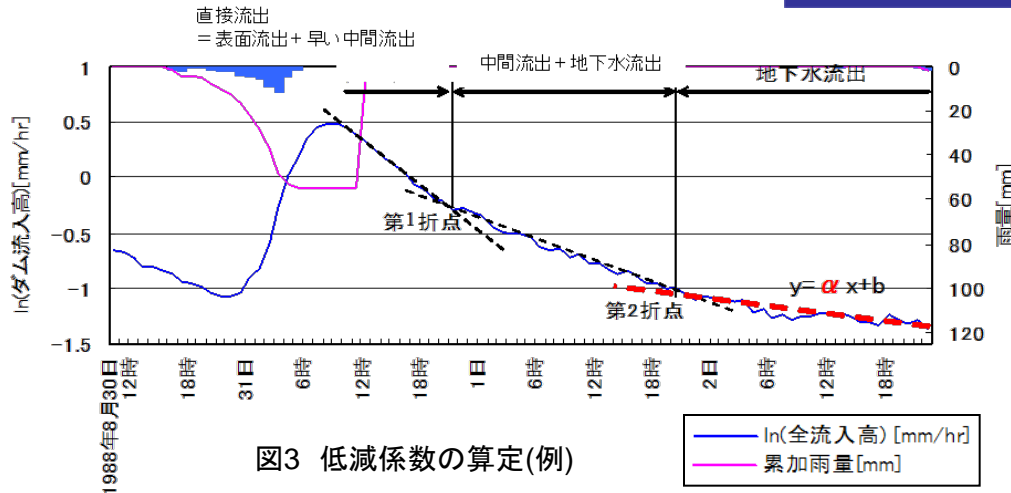


図3 低減係数の算定(例)

表土の湿潤状態 R_G
 $= \text{最大保水能力} * \exp^{\alpha T}$

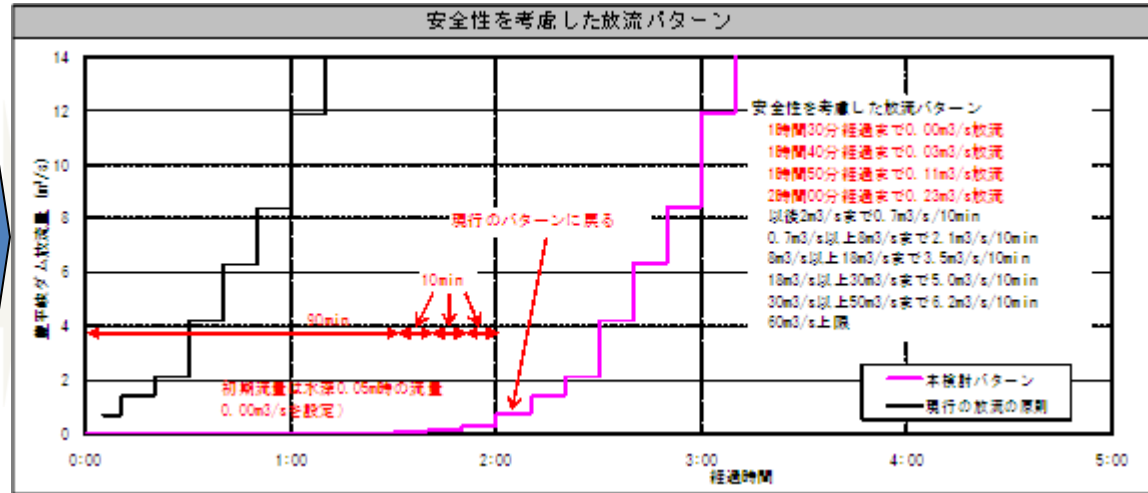
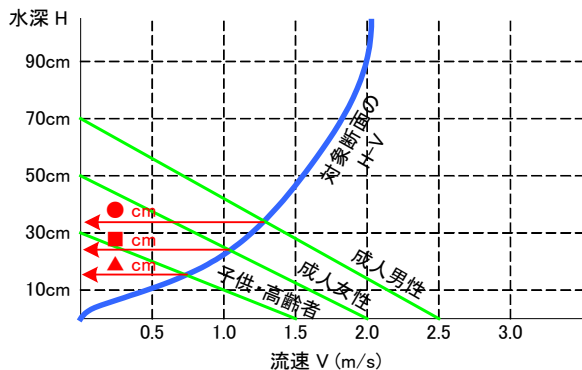
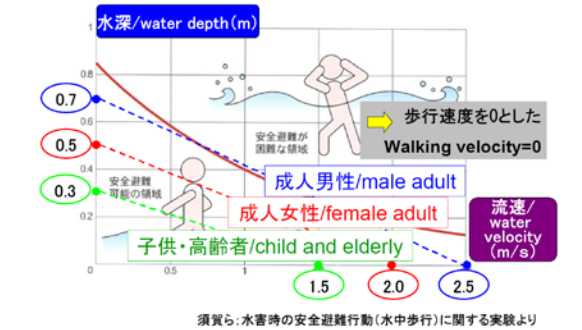
対象降雨発生時の保水能力
 $= \text{最大保水能力} - R_G$

事前放流実施のための安全確認の 手順(案)

< 考慮すべき事項 >

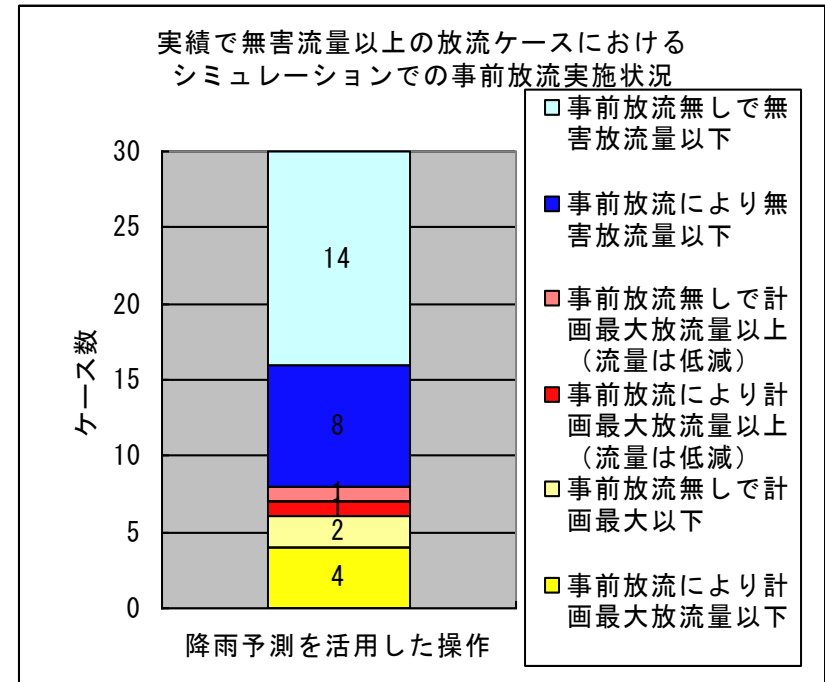
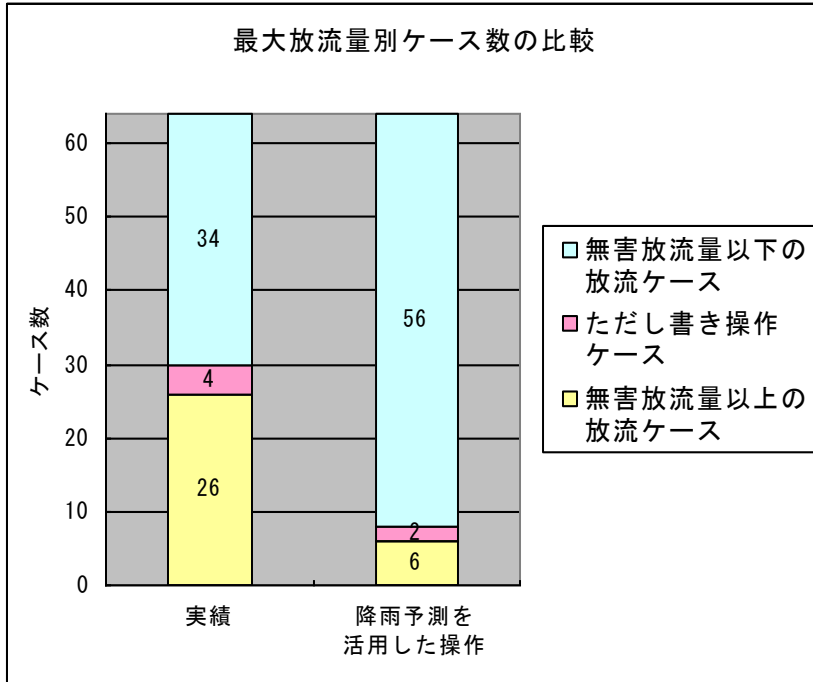
- 下流河川の利用状況と水位上昇速度
- 河川巡視にかかる時間及び巡視の視野
- 河川利用者の退避能力を考慮した放流パターンの設定

	限界水深	限界流速	最高速度
成人男性	0.7(m)	2.5(m/s)	1.5(m/s)
成人女性	0.5(m)	2.0(m/s)	1.3(m/s)
子供・高齢者	0.3(m)	1.5(m/s)	1.2(m/s)



新たな操作シミュレーション結果

7ダムにおける実績洪水計64ケースの結果



- 実績で無害流量以上の放流となった30洪水中、22洪水で無害流量以下に放流量を低減。
- 実績で無害流量以上の放流となった30洪水中、13洪水において事前放流を実施。
- この内8洪水で無害流量以下の放流。残りの5洪水もピーク流量を低減。

評価 WRFを活用したダム操作

- 異常洪水に対して、事前放流の実施は一定の有効性が確認された。ただし、予測誤差と利水容量回復、治水容量超過の可能性をにらみつつ実施すべきである。
- 一定率一定量方式を採用するダムにあっては、現状の予測誤差に鑑み、治水容量へ積極的に貯め込む無害流量一定量放流への絞り込みの実施は、慎重に行うべき。→今後、予測誤差と洪水調節の関係を明らかにする必要がある。
- ダム流入量の予測について、精度の良い流出解析モデル、例えば分布型モデル等を活用することが望ましい。
- 理論上、事前放流が効果を発揮するであろう洪水に対し、実際には放流設備能力の不足により、効果的な事前放流ができないダムがある。→ダム放流設備の見直し検討の余地

課題

< 操作手法の改良 >

- 事前放流を実施しても、なお治水容量が不足する場合の放流量の設定
- WRF誤差を踏まえたダム容量の使い方について、方針を決定することが必要

< 予測技術の改良 >

- WRFの誤差を確認し、下流被害を最小とするための最適な洪水調節を実現
- 分布型モデル等の流出解析を行い、より正確なダム流入量の把握と下流域の安全性を考慮したより適切な洪水調節を実施

< 制度設計 >

- 新たな洪水調節手法について、操作規則又は操作要領の作成と、操作責任の所在、リスクへの対応について検討が必要

研究スケジュール

20
年度

降雨予測を想定したダム操作手法の考え方の確立

GSM20及び可降水量等を活用したWRFの改良

21
年度

実績洪水を対象としたWRFによる降雨予測による精度検証と洪水調節への有効性の評価

降雨規模と予測誤差、ダムの特性を踏まえた事前放流実施判断の検討

WRF改良型による降雨予測の実施
(データの蓄積)

22
年度

分布型流出モデルと降雨予測を組み合わせたダム流入量予測の実施と精度評価

ダム操作に必要な降雨予測情報の種類と精度の検討

予測精度の検証

23
年度

降雨予測を活用することによるリスク管理の検討とWRFによる降雨予測を活用したダム操作規則等の検討

降雨予測を活用したダム操作手法の検証...