

平成 30 年 4 月 6 日

## 水位データが不足する中小河川における 水位上昇速度の考え方について（案）

国土技術政策総合研究所河川研究部 水害研究室

### 1. 総説

#### 1.1 背景・目的

国土交通省では、平成 29 年九州北部豪雨や平成 28 年の小本川での氾濫被害を踏まえ、中小河川における危機管理を支援するため、危機管理型水位計の中小河川への設置を推進している（平成 30 年 1 月 23 日危機管理型水位計の観測基準・仕様を策定）。

本資料においては、都道府県が管理しているダムの流入量データや水位観測所の水位データに基づき、過去の水位観測記録が存在しない制約の中で、新たに危機管理型水位計を設置する地点における水位上昇量を推定するための手法を示す。また、その水位上昇量を活用し、洪水時の減災行動を支援する暫定的な水位（以下、「暫定水位」という）を設定する手法を示すことにより、中小河川周辺での水害被害の低減に資することを目的とする。

#### 1.2 適用範囲

本資料は、水位計の設置が進んでおらず、水位データがない中小河川かつ暫定水位の設定により氾濫開始までに洪水時の減災行動に必要な時間の確保が可能な中小河川への適用を想定している。

また、本資料は、危機管理型水位計による水位データが蓄積され、氾濫危険水位等の設定などが行われるまでの間の暫定的な考え方として提示するものであり、当該水位データの蓄積状況等に応じて、暫定水位は適宜更新される必要がある。

水位観測所の水位データから水位上昇速度を求める場合、河道の流下能力によって、水位上昇速度にバラツキが出るため、本資料では、河道断面形状に依存しない流量増大速度から水位上昇量を推定する方法を推奨する。

水位観測所における水位データによる水位上昇速度の分析については、参考資料 1 に詳述する。なお、本資料は、河川管理者の用に供する資料として整理したものであるが、河川管理者以外の者が参考とすることを妨げるものではない。

#### 1.3 用語の定義

流量（流入量）増大速度：1 時間毎（10 分流入量データがある場合には 10 分毎）の流量（流入量： $m^3/s$ ）の差分値。1 時間で流量（流入量）がどれだけ変化するかを

意味する。単位は  $\text{m}^3/\text{s}/\text{hr}$

中小河川：都道府県等管理の河川

危機管理型水位計：洪水時のみの水位観測に特化し、機器の小型化や通信機器等のコストを低減した水位計

中小河川治水安全度評価システム：H17～H18 取得の LP データに基づき全国の中小河川の一部区間の河道縦横断形状を推定し、中小河川（一部）の治水安全度を概略評価・表示した国土技術政策総合研究所水害研究室が開発したシステム

リードタイム：洪水時の減災行動に必要な時間

#### 1.4 暫定水位の設定にあたっての留意事項

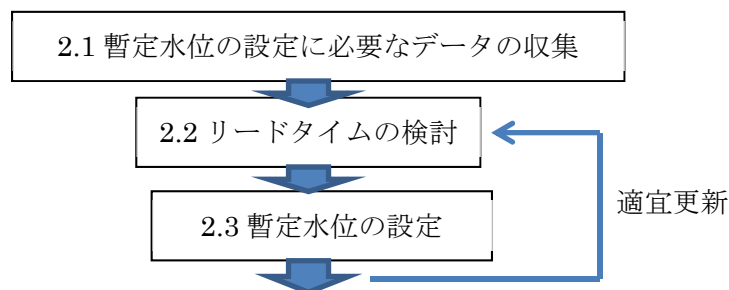
暫定水位の設定にあたっては、本来であれば、当該水位を設定する河川における出水特性（水位上昇速度、当該水位への到達頻度）、流域特性（氾濫形態等）、避難に関する分析等を行い、それらの結果を総合的に考慮し、設定するものであるが、本資料において提示する方法は、それらの分析に必要な水位データ等が限られる状況で簡易的に暫定水位を求めるものであり、暫定水位を設定することで安全が確保されるものではないことに留意する必要がある。

この他、以下の点にも留意が必要である。

- ・ 暫定水位は、暫定水位を超えてから氾濫するまでの時間をリードタイムとして確保することを目的に設定するものであるため、流量増大速度のデータ整理においては、河岸高さ又は堤防天端高さ相当水位（氾濫開始水位）付近における流量増大速度を抽出すべきであるが、本資料においては、各ダムにおいて最大流入量増大速度が観測された水位について考慮していない。
- ・ 河道の流下能力や地形特性（流域面積や河床勾配等）等により、暫定水位を設定しようとした場合にリードタイムの確保が難しいときには、本資料の方法を適用することは適当ではない。
- ・ 暫定水位の設定に用いたデータの整理においては、全国のデータを一律に取扱っており、地域特性による降雨強度や雨水流出特性の違いを考慮していないため、地域によっては水位上昇量が過大に評価される可能性がある。
- ・ 流入量増大速度は、観測データの 1 時間の差分をとることで算出している。そのため、1 時間毎の観測データのみを用いて算出した場合には、必ずしも流量増大速度のピークをとらえていない可能性がある。
- ・ 本資料における流入量増大速度の分析は、都道府県管理ダムにおける最大過去 15 年間のデータに基づくものである。

## 2. 暫定水位の設定手順

暫定水位の設定手順を以下に示す。



### 2.1 暫定水位の設定に必要なデータの収集

危機管理型水位計設置地点において暫定水位の設定に必要な以下のデータを収集する。

- ①水位計設置地点上流の流域面積
- ②平均河床勾配
- ③断面形状（河道幅、河岸高）
- ④粗度係数
- ⑤H-Q 関係式（既存の式が算出されている場合）

既存の断面形状情報が存在しない場合には、縦横断測量等により、新たに断面形状情報を取得することを推奨する。断面形状の把握に必要な測量等の実施が困難な場合は、航空写真や目視等で概略の河道形状（河道幅、河岸高）の把握に努めるものとする。平均河床勾配を直接測量することが困難な場合には、河川付近の地表面の河川流下方向の勾配をもって概略の平均河床勾配とすることが考えられる（設定根拠を記録しておくこと）。

### 2.2 リードタイムの設定

水位計により取得したデータの活用により、リードタイムを設定する。リードタイムの設定に当たっては、当該河川における過去の氾濫時の住民の避難に関する調査結果や避難訓練時のデータ、他の河川や地域における調査結果などを整理するとともに、当該河川に係る浸水区域における避難場所の配置状況や、避難経路の状況等を考慮し、可能な限り、住民の避難等に要する時間の把握に努めるものとする。リードタイムの設定の際、関係市町村と調整することが必要である。

### 2.3 暫定水位の設定

#### 2.3.1 水位計設置地点における氾濫開始高さの設定

水位計設置地点において、越水又は溢水（無堤部にあっては宅地の浸水が始まる等

の重大又は相当の被害)が発生する高さ(T.P 又は水位計基準高からの高さ)を設定する。

### 2.3.2 水位計設置地点における流量増大速度の設定

都道府県管理ダムにおけるダム上流域の流域面積と流入量増大速度の関係性を図-1に示す。図-1 から、水位計設置地点における流域面積に基づき、当該地点の流量増大速度を設定する。図-1 の作成方法については、参考資料 2 に詳述する。

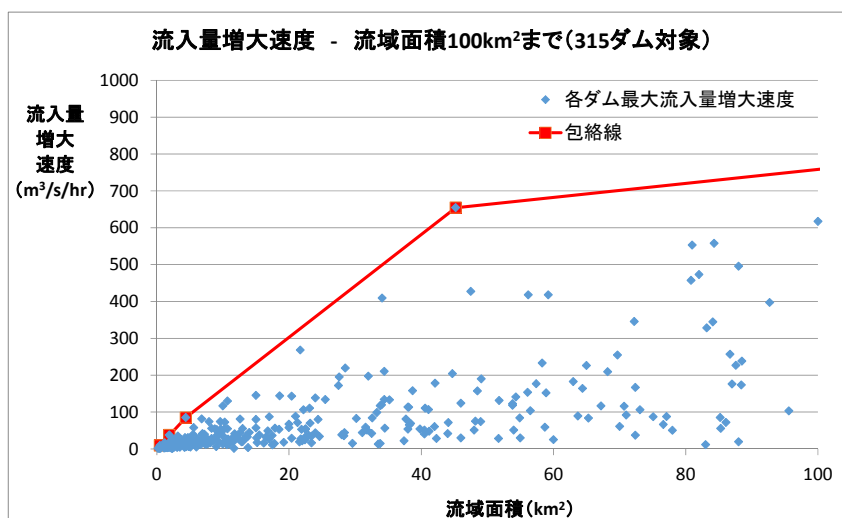


図- 1 流入量増大速度と流域面積 (100km<sup>2</sup>まで) の関係

### 2.3.3 暫定水位の設定

図-2 に暫定水位の設定方法を選択するフロー図を示す。図-2 に沿った暫定水位の設定方法を選択することを目安とするが、状況に応じて適宜設定することを妨げるものではない。

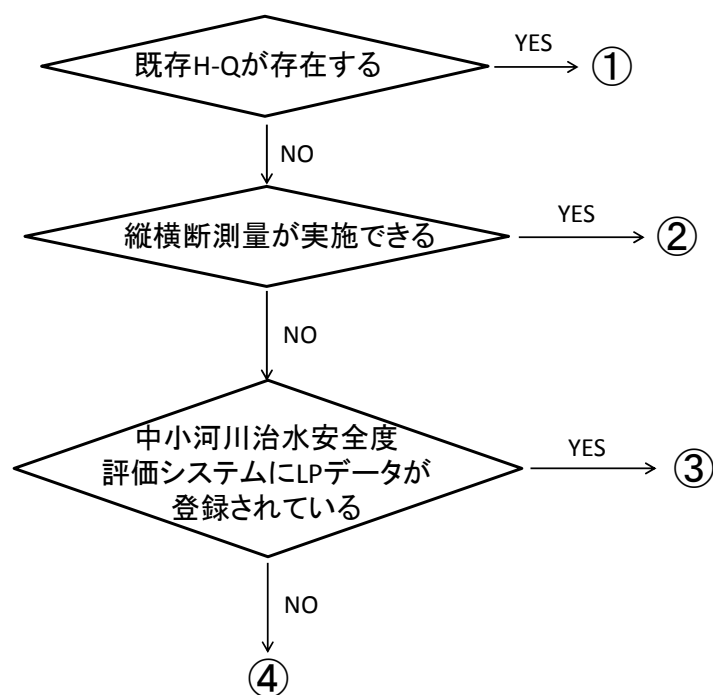


図- 2 暫定水位の設定方法選択フロー図

①既存の H・Q 関係式が存在する場合

水位計設置地点において、既存の H・Q 関係式を用いて、氾濫開始高さ相当の流量及び当該流量から流量増大速度×リードタイム分の流量を差し引いた流量における水位（暫定水位）を設定する。図-3 に暫定水位の設定イメージ図を示す。

②既存の H・Q 関係式が存在しない場合で、縦横断測量を実施できる場合

縦横断測量の成果を用い、不等流計算により作成された水位計設置地点における H・Q 関係式を用いて、①と同様に暫定水位を設定する。

③縦横断測量の実施が困難な場合で中小河川治水安全度評価システムに LP データが登録されている場合

同システムに登録されている LP データから河道形状を推定し、システム上で不等流計算により作成された H・Q 関係式を用いて、①と同様に暫定水位を設定する。

④同システムに LP データが登録されていない場合

2.1 で収集した河床勾配、粗度係数、概略の断面形状のデータを用い、水位計設置地点における氾濫開始高さ相当流量を等流計算により算出する。当該流量から、流量増大速度×リードタイム分の流量を差し引いた流量における水位（暫定水位）を等流計算により算出する。

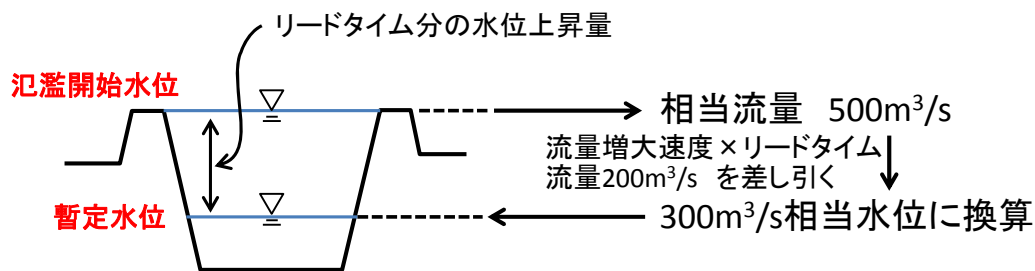


図- 3 暫定水位の設定 イメージ図

### 2.3.4 上下流区間への暫定水位の換算について

水位計設置地点の上下流区間に、氾濫危険箇所等が存在し、当該水位計設置地点の水位から、当該氾濫危険箇所にも情報提供する場合は、氾濫危険箇所における暫定水位を水位計設置地点の水位に換算する必要がある。2.3.3 と同様に氾濫危険箇所において暫定水位を設定後、その暫定水位相当流量における水位計設置地点の水位を求める。水位の換算は、本川の背水の影響、支川の合流等がなく、水位計設置地点と水位の相関が高い区間においてのみ適用可能である。

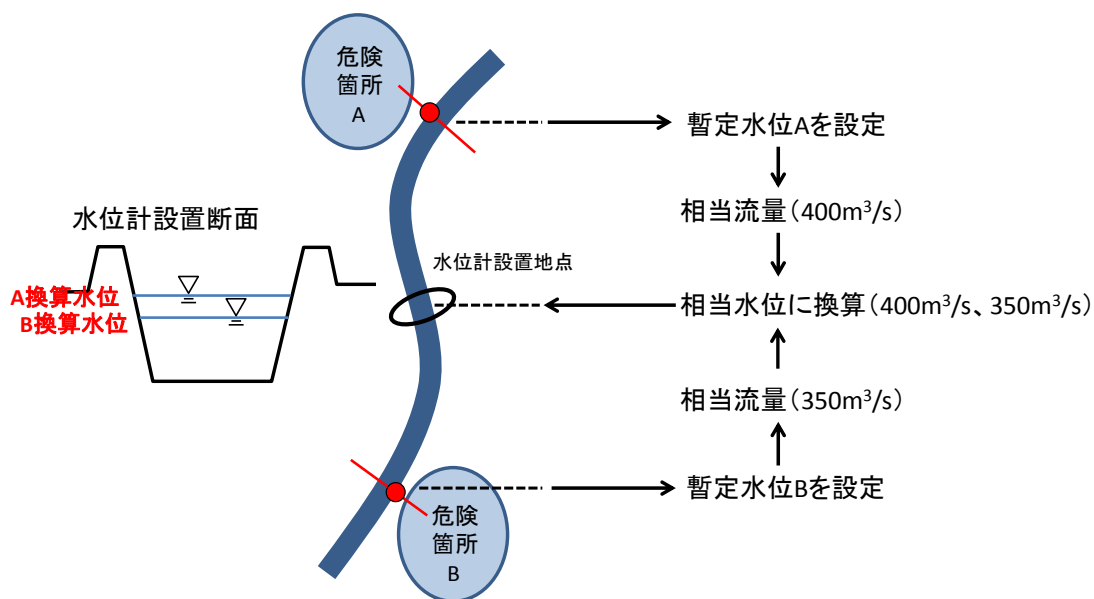


図- 4 暫定水位の換算 イメージ図

### 3. 暫定水位の更新について

本資料は、危機管理型水位計による水位データが十分蓄積されるまでの間、暫定水位を設定するためのものであり、危機管理型水位計設置後、水位データの取得・蓄積状況によって、適宜暫定水位を更新することとする。

### 3.1 更新の契機の例

以下のような水位データの取得・蓄積状況に応じて、暫定水位の更新を検討することとする。

- ①設定していた水位上昇速度よりも大きな水位上昇速度が観測された場合
- ②水位データの蓄積が進み、氾濫するような大きな洪水時の水位上昇速度が複数観測されたが、当初設定していた水位上昇速度を大きく下回った場合
- ③リードタイムを見直す場合

### 3.2 更新方法について

3.1①の場合、新たに観測された水位上昇速度に基づき、氾濫開始水位から水位上昇速度×リードタイム分を差し引いた水位を暫定水位として新たに設定するものとする。

3.1②③の場合、新たに観測された水位データに基づき、出水特性、流域特性、避難に関する分析等を行い、その結果を総合的に勘案して設定するものとする。

状況に応じて、2.3.3 で選択した暫定水位の設定方法を見直すことも重要である。

## 4. 関連するガイドラインなど

危機管理型水位計の観測基準・仕様（平成 30 年 1 月 23 日）

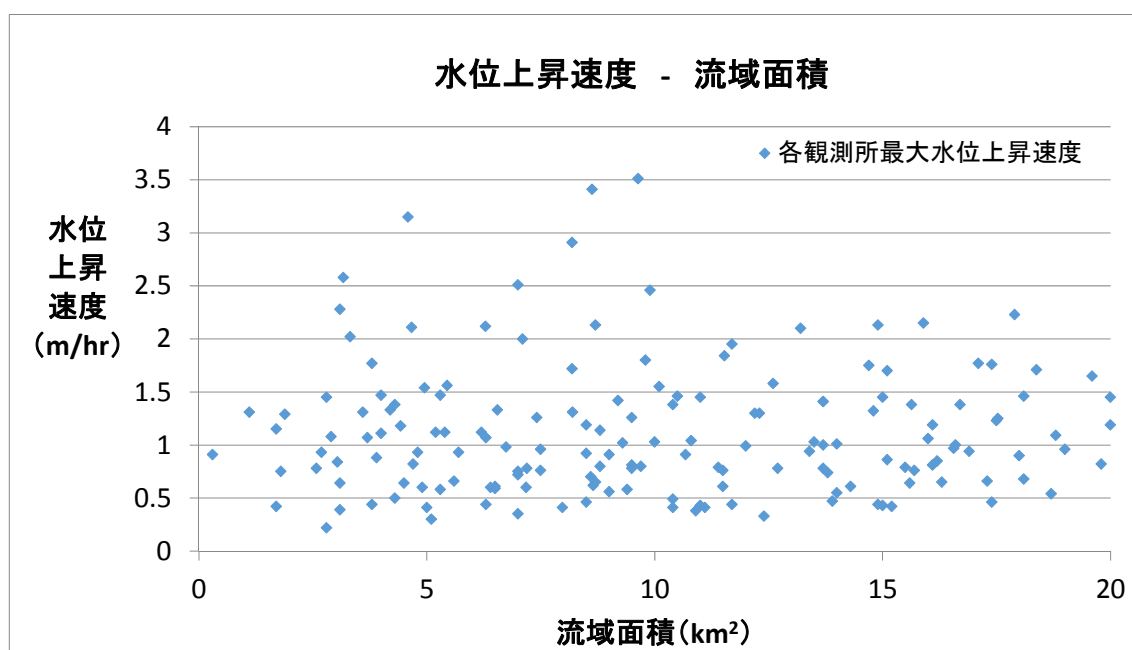
中小河川の簡易的リスク情報の作成・提供ガイドライン（仮称）

危険水位及び氾濫危険水位の設定要領

## 参考資料 1 水位観測所の水位データに基づく水位上昇速度の分析について

本参考資料は、危機管理型水位計設置地点における断面形状情報の取得が困難なため流量増大速度からリードタイム分の水位上昇量を推定することが困難な場合に参考とすることができる。なお、既述 2. に示した流入量増大速度に基づく方法に比べ、本手法にはより大きな誤差が伴うと想定されることに留意すること。

下図は、都道府県の水位観測所の水位データに基づき、水位観測所上流の流域面積が  $20\text{km}^2$  以下の観測所について、1 時間毎（10 分間水位データがある場合には 10 分毎）の水位観測値に基づき 1 時間の水位の差分を整理し、その値を水位上昇速度（m/hr）として、図に表したものである。この図は、流域面積  $20\text{km}^2$  以下の水位観測所において、最大  $3.5\text{m}$  程度の水位上昇速度が観測されたことを示しているが、それらが観測された河道断面形状は考慮していないため、新たに危機管理型水位計を設置する地点の河道断面等によっては、必ずしも同様の水位上昇速度が推定されるものではない。また、同図からは流域面積による水位上昇速度の明確な変化傾向は認められなかった。



※全国 166 の水位観測所、延べ約 1,780 年分のデータに基づく



## 参考資料 2-流入量増大速度の設定方法について

暫定水位の設定に当たっては、危機管理型水位計設置予定地点における流入量増大速度を推定するための資料・データを活用することが望ましいため、当該資料・データの存在状況を確認する。「水位データが不足する中小河川における水位上昇速度の考え方について（案）」においては、当該資料・データが入手困難な場合を想定し、以下に述べる手法により流入量増大速度と水位計設置地点上流の流域面積等との関係の分析を行った。

### 1 流入量増大速度の分析に必要な諸データの収集

流入量増大速度の分析のため、都道府県管理ダムを対象に、以下のデータを収集した。

- ①1時間又は10分間流入量データ（最大で2002年～2017年）
- ②ダム上流域の流域面積
- ③ダムが設置されている河川の上流端からダム地点までの流路延長
- ④ダム上流の平均河床勾配
- ⑤洪水到達時間

### 2 流入量増大速度の算出

各ダムにおいて、1時間毎（10分流入量データがある場合には10分毎）の流入量データに基づき1時間の流入量の差分を整理し、その値を流入量増大速度（ $\text{m}^3/\text{s}/\text{hr}$ ）とした。

### 3 流入量増大速度の整理にあたっての異常値棄却の考え方

流入量増大速度の整理にあたっては、以下の観点から、総合的に判断し、異常と考えられる観測データを除外した。

- (1) 前後のデータと比較して、少数のデータのみ不自然に大きな又は小さな値となっている
- (2) 負の値となっている
- (3) 同じ値が不自然に連続している
- (4) 前後のデータに欠測や0が多く見られる
- (5) 貯水位（別途収集）に変化が見られない、あるいは変化が平常時と同等なのに、流入量の値が大きい
- (6) 流入量の増加が不自然に長時間続いている
- (7) 上記に加え出水期ではない
- (8) データが不自然に大きな振幅で振動している

#### 4 流入量増大速度と諸データとの関係の整理

ダム毎に、流入量増大速度の最大値を整理し、流入量増大速度と①から⑤のデータとの関係を整理する。図-1に流入量増大速度と流域面積（100km<sup>2</sup>まで）との関係、図-2に流入量増大速度と流域面積（1,400km<sup>2</sup>まで）との関係を示す。青い点が各ダムにおける最大流入量増大速度を示し、赤い線が、それらを包絡する線である。包絡線は、まずは、流域面積が最も小さい青い点を出発点とし、出発点よりも流域面積が大きく、出発点との傾きが最大となる任意の青い点とを結ぶこととした。当該線分の終点を新たな出発点として、同様の作業を繰り返すことで包絡線を作成した。

本資料 1.4 に示すように、様々な割り切りや制約がある中で、流入量増大速度が最も大きくなるケースを見逃さないために、包絡線によるデータの活用を推奨する。全体の点の中央値、80パーセンタイル値などの活用をする場合は、一つ一つの青い点において、元データの観測期間、観測間隔、観測場所等が異なり、信頼性や特性が異なることを念頭に置き、本資料 1.4 に示す留意事項を踏まえた上で、検討する必要がある。

図-3 から図-5 に流入量増大速度と諸データとの関係を示す。収集できた諸データの数が各々異なるため、図の青い点の数が異なっており、データ数が最も多い流入量増大速度と流域面積の関係を活用することを推奨する。

#### 5 流入量増大速度と諸データとの関係整理にあたっての異常値棄却の考え方

データを整理した際に、全体の傾向から大きく外れていると思われる流入量増大速度については、以下の観点から異常と思われるかどうか詳細に検討を行った。

- (1) 最大流入量増大速度が観測された時刻の流量ハイドロと最寄りのアメダス観測所のハイトを比較する
- (2) 合理式から簡易的に流量を算出し、観測値と比較する
- (3) ダム諸量データベースに登録されている観測値と比較する
- (4) ダム年鑑に記載されている計画上の流入量と比較する
- (5) 一定期間において降雨データから算出されたボリュームと流入量データから算出されたボリュームを比較する

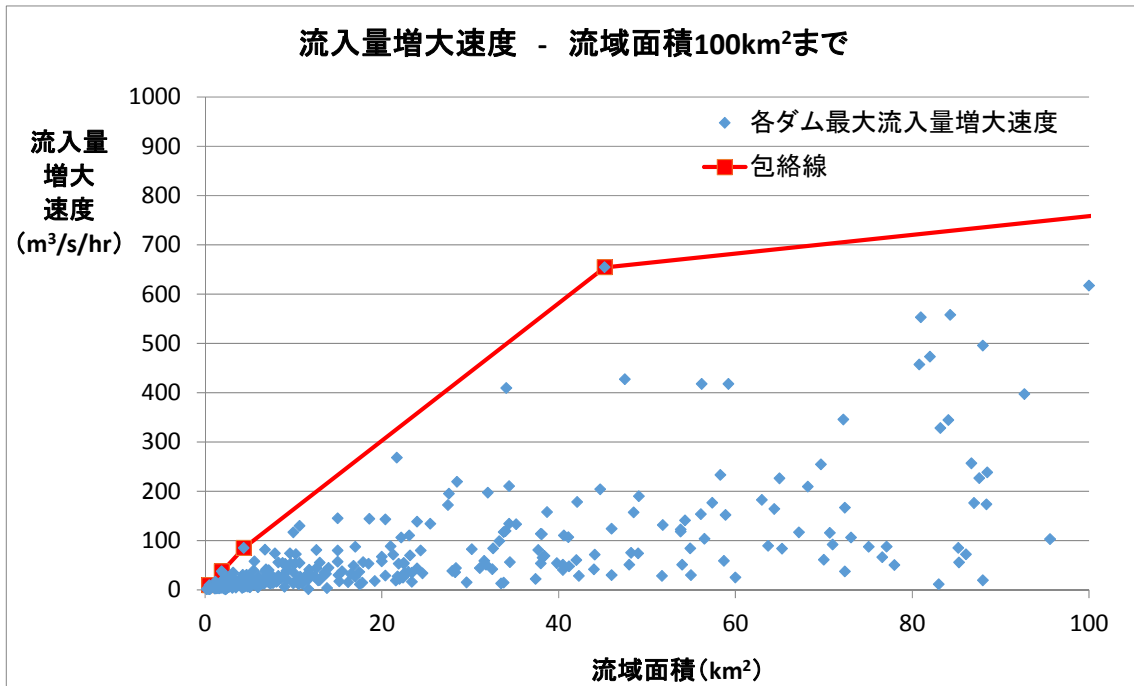


図-1 流入量増大速度と流域面積（100km<sup>2</sup>まで）の関係

※全国 315 のダム、延べ約 2,830 年分のデータに基づく

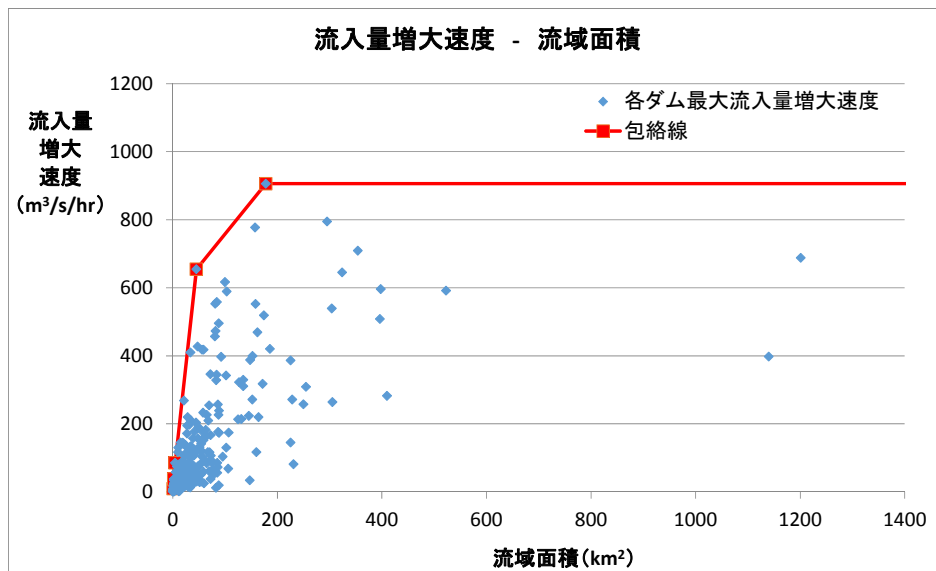


図-2 流入量増大速度と流域面積（1,400km<sup>2</sup>まで）の関係

※全国 356 のダム、延べ約 3,320 年分のデータに基づく

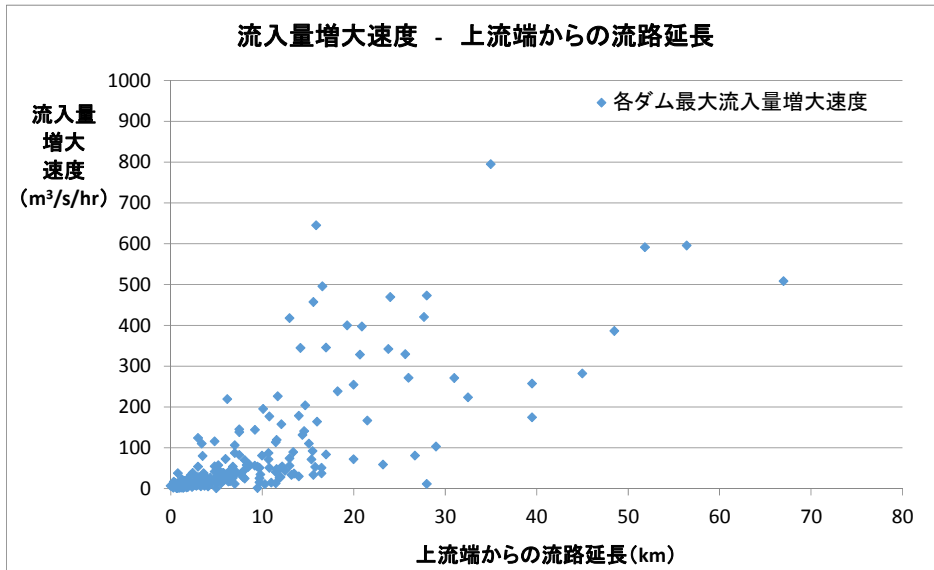


図-3 流入量増大速度と上流端からの流路延長の関係

※全国 199 のダム、延べ約 1,670 年分のデータに基づく

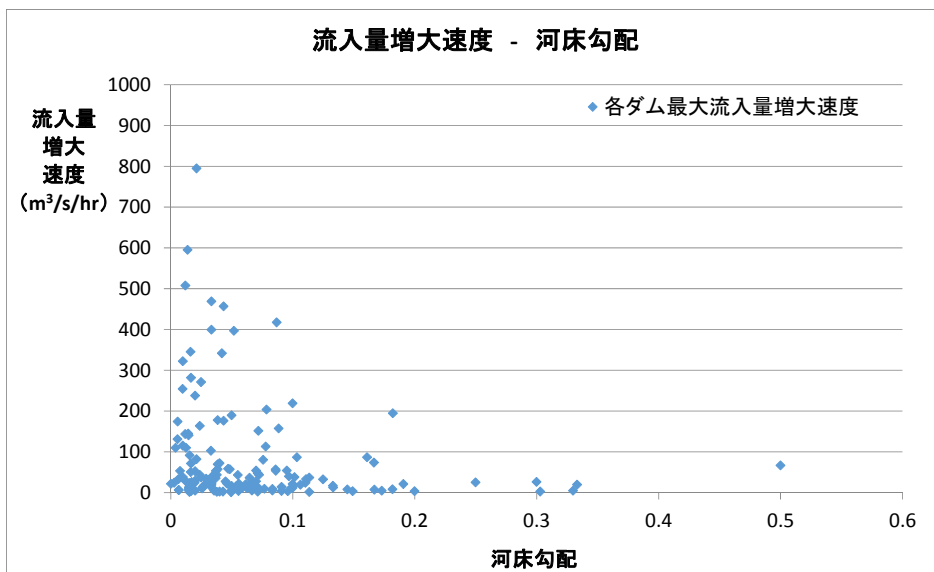


図-4 流入量増大速度と河床勾配の関係

※全国 151 のダム、延べ約 1,230 年分のデータに基づく

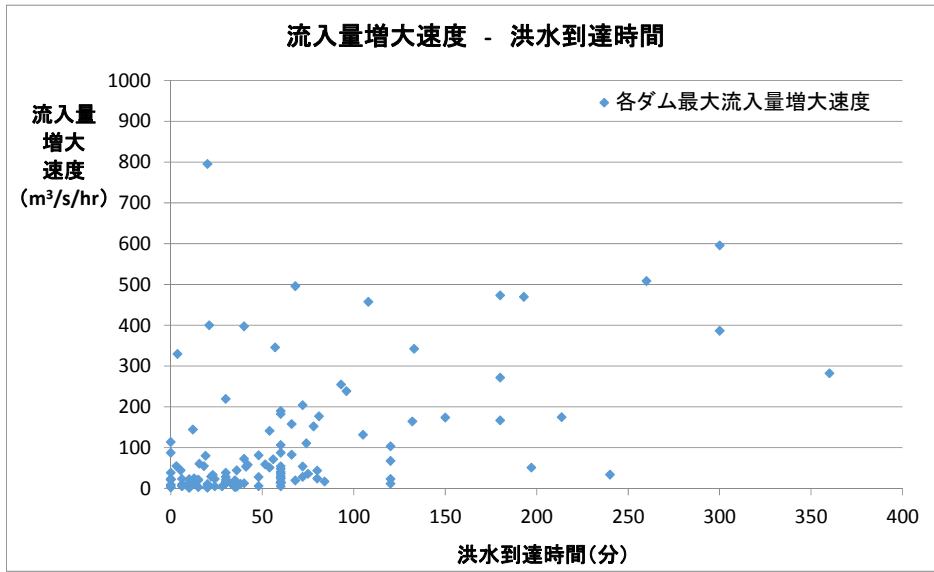


図-5 流入量増大速度と洪水到達時間の関係  
 ※全国 128 のダム、延べ約 1,120 年分のデータに基づく

## 暫定水位の設定方法について（検討イメージ）

### 中小河川治水安全度評価システムに LP データが登録されていない場合

水位データが不足する中小河川における水位上昇速度の考え方（以下、本資料という）2.1 から 2.3.3 に沿って、水位計設置予定地点の縦横断測量を実施することが困難であるとともに中小河川治水安全度評価システムに LP データが登録されていない場合における暫定水位の検討イメージを以下に示す。以下の段落番号は、本資料の段落番号と対応している。

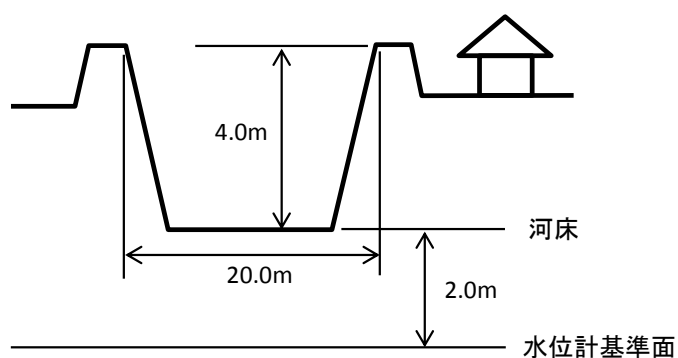
#### 2.1 暫定水位の設定に必要なデータの収集

水位計設置地点における下記①から④のデータを仮定した。

①水位計設置地点上流の流域面積 20km<sup>2</sup>

②平均河床勾配 0.01

③断面形状



④粗度係数 0.033

※H-Q 関係式 なし

#### 2.2 リードタイムの設定

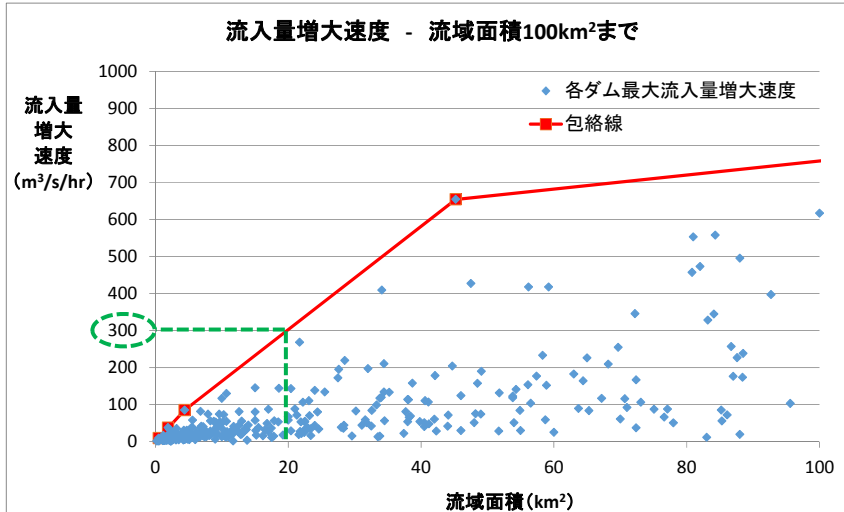
リードタイムは1時間とした。

#### 2.3.1 水位計設置地点における氾濫開始高さの設定

氾濫開始高さは河床から 4.0m、水位計基準面から 6.0m である。

### 2.3.2 水位計設置地点における流量増大速度の設定

水位計設置地点上流の流域面積が 20km<sup>2</sup> の場合、下図より、流量増大速度は約 300m<sup>3</sup>/s/hr である。



### 2.3.3 暫定水位の設定

以下のように、マンニングの式に基づく等流計算により、氾濫開始高さ相当流量、暫定水位を求める。

$$\text{潤辺 } S=2h+B=2\times 4+20=28\text{m}$$

$$\text{河積 } A=h\times B=4\times 20=80\text{m}^2$$

$$\text{径深 } R=A\div S=80\div 28=\text{約 } 2.9\text{m}$$

$$\text{流速(マンニング式より)} V=1\div n\times R^{(2/3)}\times i^{(1/2)}$$

$$=1\div 0.033\times 2.9^{(2/3)}\times 0.01^{0.5}=\text{約 } 6.2\text{m/s}$$

$$\text{流量 } Q=6.2\times 80=\text{約 } 500\text{m}^3/\text{s}$$

よって、氾濫開始相当流量は約 500m<sup>3</sup>/s

一方、流量増大速度（概算）×リードタイムは 300×1=300m<sup>3</sup>/s であるため、氾濫開始相当流量から流量増大速度×リードタイム分の流量を差し引いた流量は、500-300=約 200m<sup>3</sup>/s となる。

次に流量約 200m<sup>3</sup>/s 相当の水位を等流計算の試行錯誤により求める。

水深を 2.2m と仮定すると

$$\text{潤辺 } S=2h+B=2.2\times 2+20=24.4\text{m}$$

$$\text{河積 } A=h\times B=2.2\times 20=44\text{m}^2$$

$$\text{径深 } R=A\div S=44\div 24.4=\text{約 } 1.8\text{m}$$

$$\text{流速(マンニング式より)} V=1\div n\times R^{(2/3)}\times i^{(1/2)}$$

$$=1 \div 0.033 \times 1.8^{(2/3)} \times 0.01^{0.5} = \text{約 } 4.5\text{m/s}$$

$$\text{流量 } Q = 4.5 \times 44 = 170\text{m}^3/\text{s} = \text{約 } 200$$

したがって、暫定水位は河床から 2.2m、水位計基準面から 4.2m とする。