

令和元年度

第1回 河川研究セミナー

水位情報から読み解く河道の状態～河床洗掘への対応を中心として～

福島雅紀（国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長）

● スライド1



令和元年度 河川セミナー
R1.7.29 (Mon.) 16:00-18:00

水位情報から読み解く河道の状態 ～河床洗掘への対応を中心として～

本日の話題

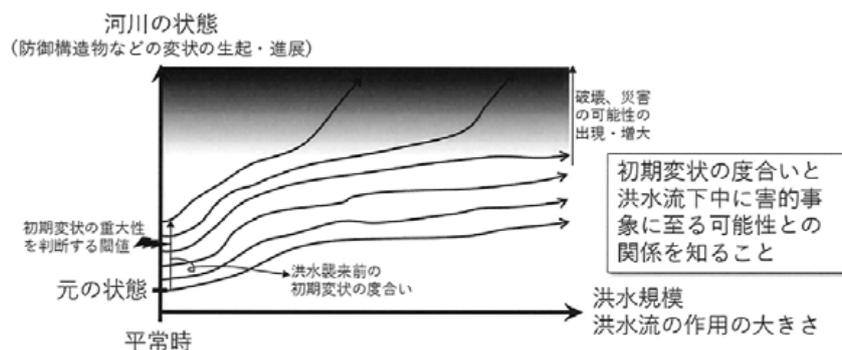
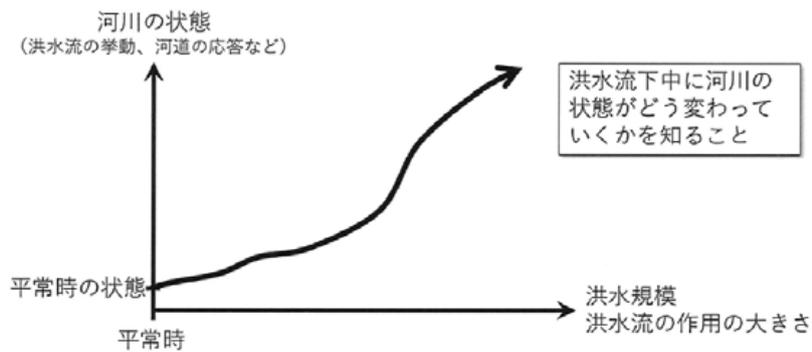
1. 点検箇所の絞り込みと閾値設定にあたっての課題
2. 河川改修等に伴う水位縦断形の変化を管理に反映することの重要性
3. 河床洗掘に対する耐力を把握する上で重要な河床材料の粒径と層厚
4. 水害リスクラインへの期待

国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 河川研究室
室長 福島雅紀

● スライド2

事前にいただいた宿題

2



● スライド3

3

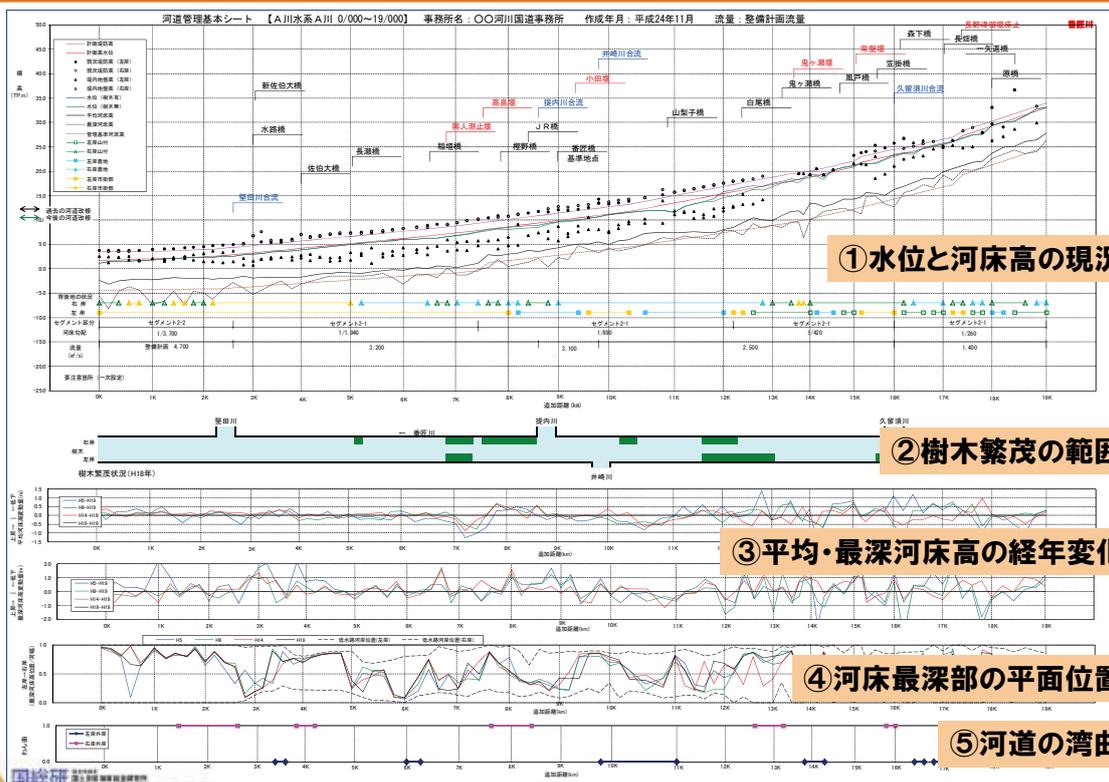
1. 点検箇所での絞り込みと閾値設定にあたっての課題



● スライド4

河道管理基本シートの構成

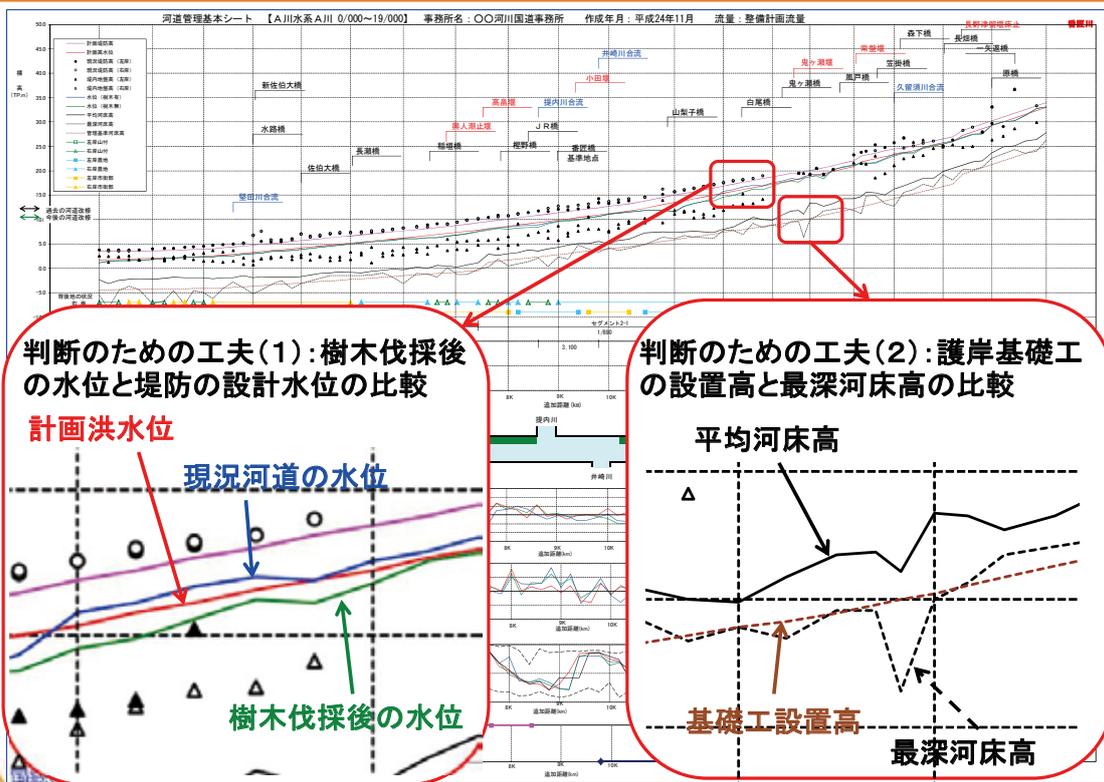
4



● スライド5

河道管理基本シートの表示の工夫

5



判断のための工夫(1): 樹木伐採後の水位と堤防の設計水位の比較

計画洪水水位

現況河道の水位

樹木伐採後の水位

判断のための工夫(2): 護岸基礎工の設置高と最深河床高の比較

平均河床高

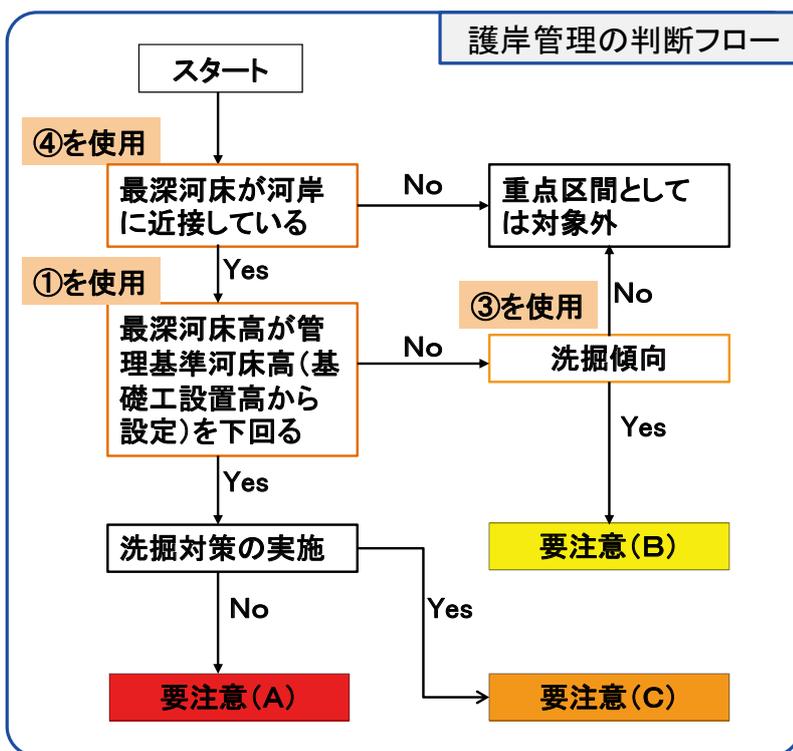
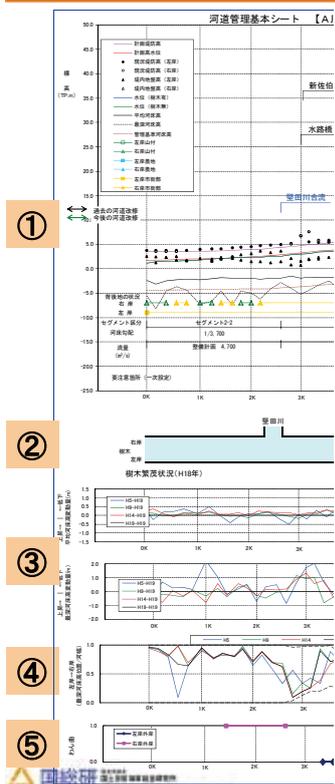
基礎工設置高

最深河床高

● スライド6

河道管理基本シートの判断フロー

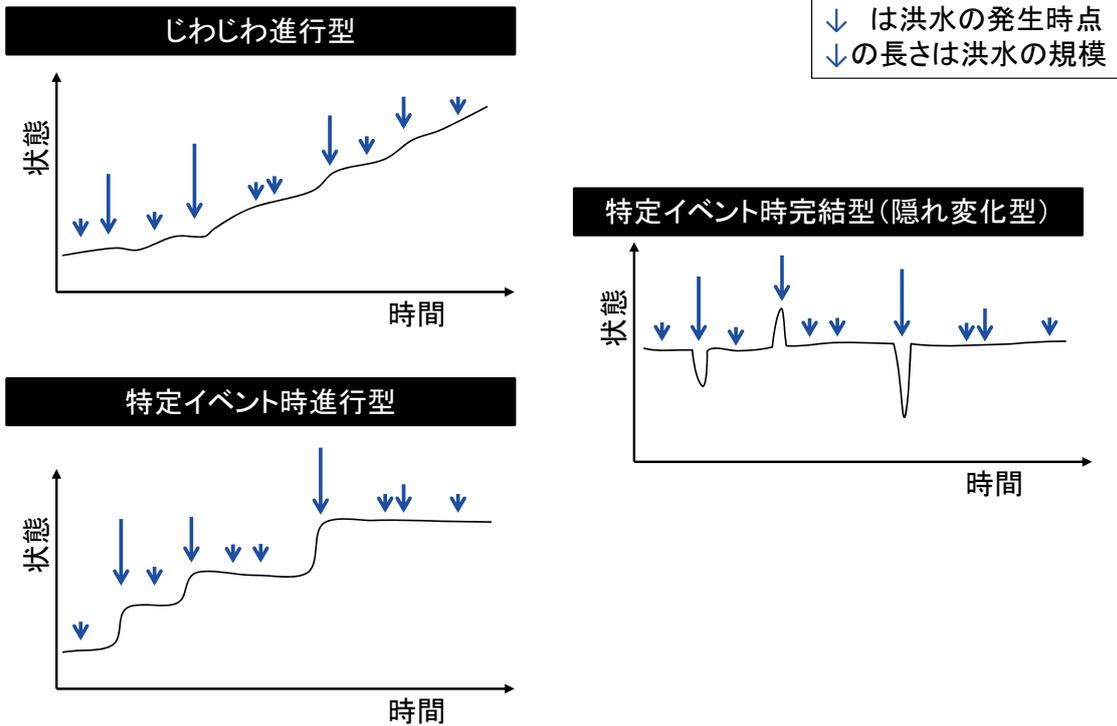
6



● スライド7

河道の主な変化パターン

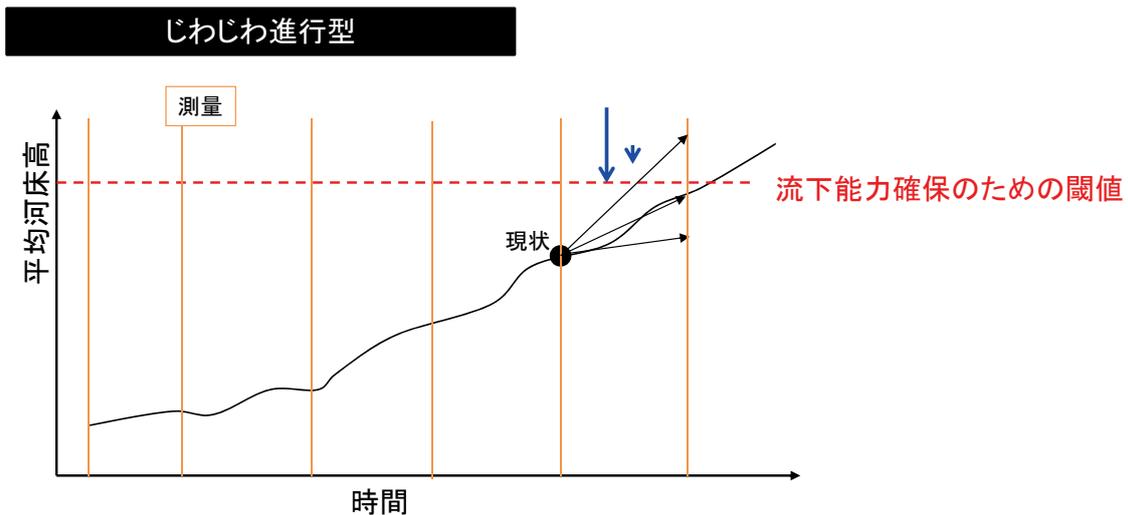
7



● スライド8

変状の進行を予測する上でキーとなる視点

8



キーとなる視点

- ✓ 変化傾向を見通すことができるか？
- ✓ 過去の変化を整理する必要(過去2回の測定では毎回同程度の河床上昇量。近年、河川改修事業は実施されていないことから、次期測定時期まで近年の河床変動傾向が維持されると推測)

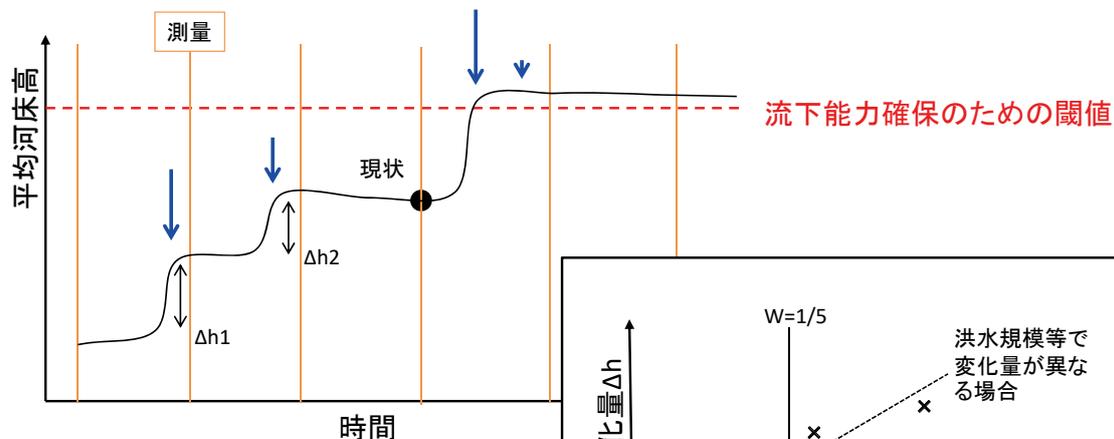


● スライド9

変状の進行を予測する上でキーとなる視点

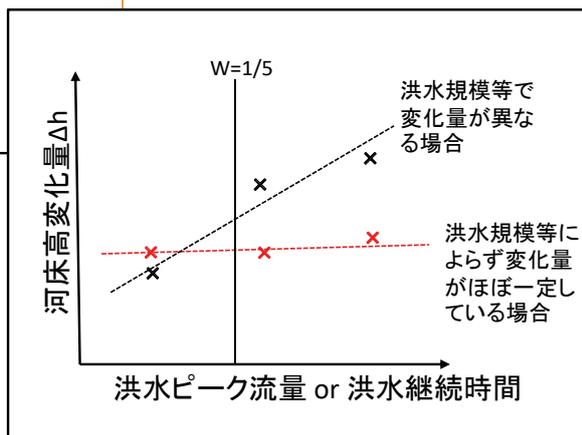
9

特定イベント時進行型



キーとなる視点

- ✓ 出水時に生じる現象が分かっているか？
- ✓ 河床高変化量について、洪水ピーク流量や洪水継続時間との関係を整理する必要

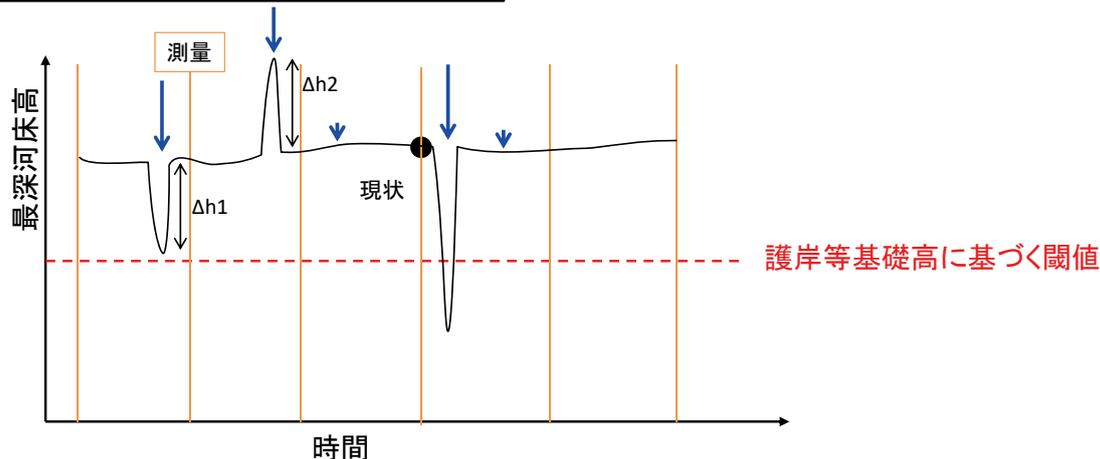


● スライド10

変状の進行を予測する上でキーとなる視点

10

特定イベント時完結型(隠れ変化型)



キーとなる視点

- ✓ 出水時に生じる現象が分かっているか？
- ✓ 出水時に生じる変化量を計測する必要。もしくは、出水時の変化量を推算する必要。



● スライド11

11

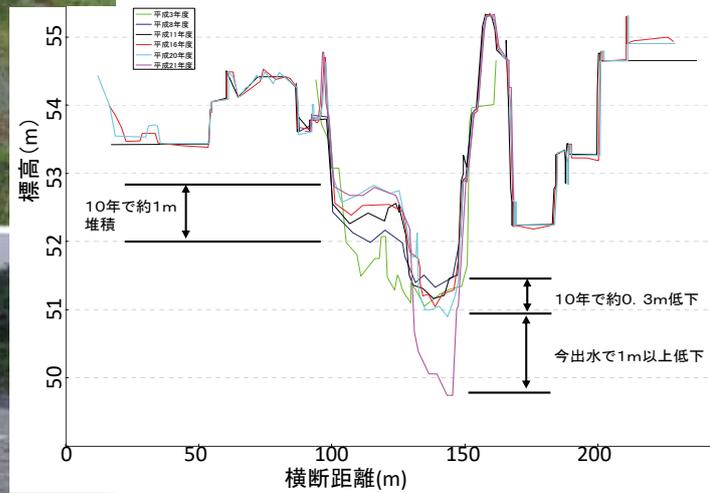
2. 河川改修等に伴う水位縦断形の変化を管理に反映することの重要性



● スライド12

河床洗掘に伴う護岸の損壊

12



7.0k断面の横断形の変化



● スライド13

被災前の状況

13



根固め工の設置状況



● スライド14

被災箇所下流における堰の撤去、砂州の掘削

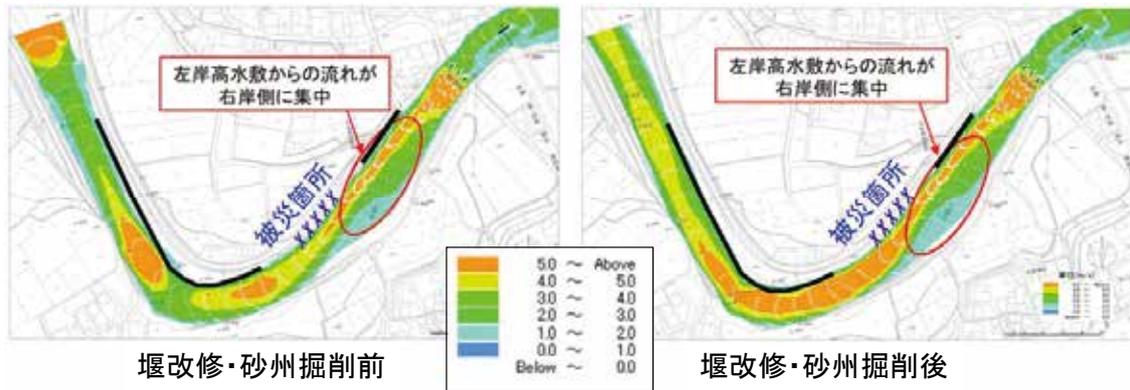
14



● スライド15

改修に伴う流況の変化

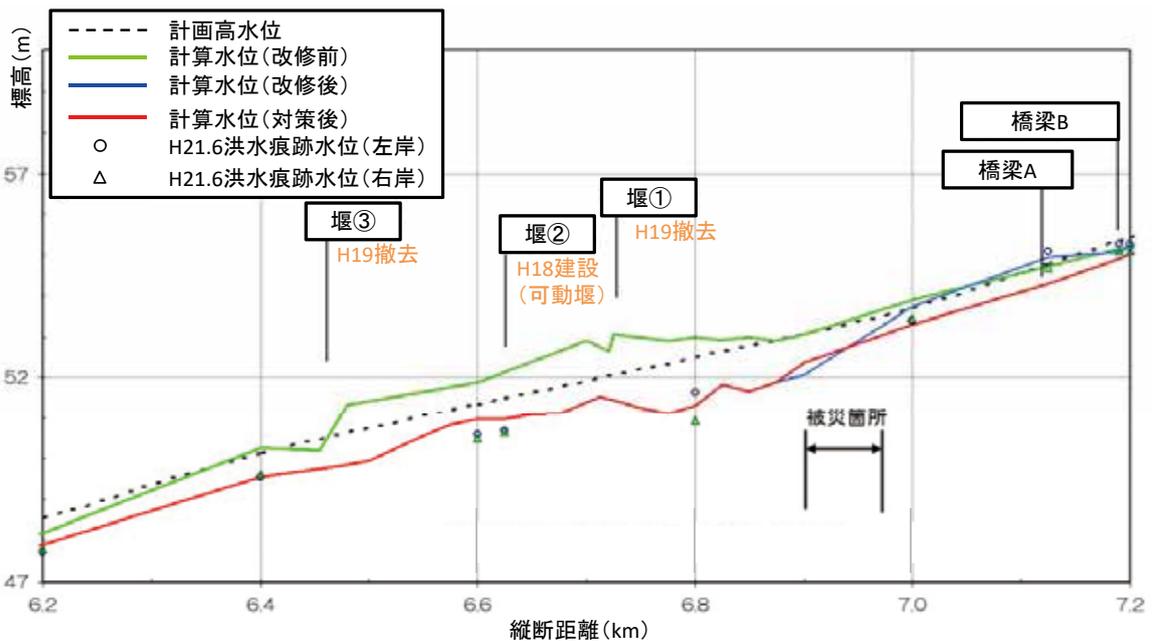
15



● スライド16

改修に伴う水位縦断形の変化

16



● スライド17

対策前後の変化

17



対策前

対策後

● スライド18

18

3. 河床洗掘に対する耐力を把握する上で重要な河床材料の粒径と層厚

● スライド19

どのような河道をイメージしますか？(その1)

19



- 河床勾配は？
- 代表粒径は？



● スライド20

どのような河道をイメージしますか？(その2)

20



- 河床勾配は？
- 代表粒径は？



● スライド21

どのような河道をイメージしますか？(その3)

21



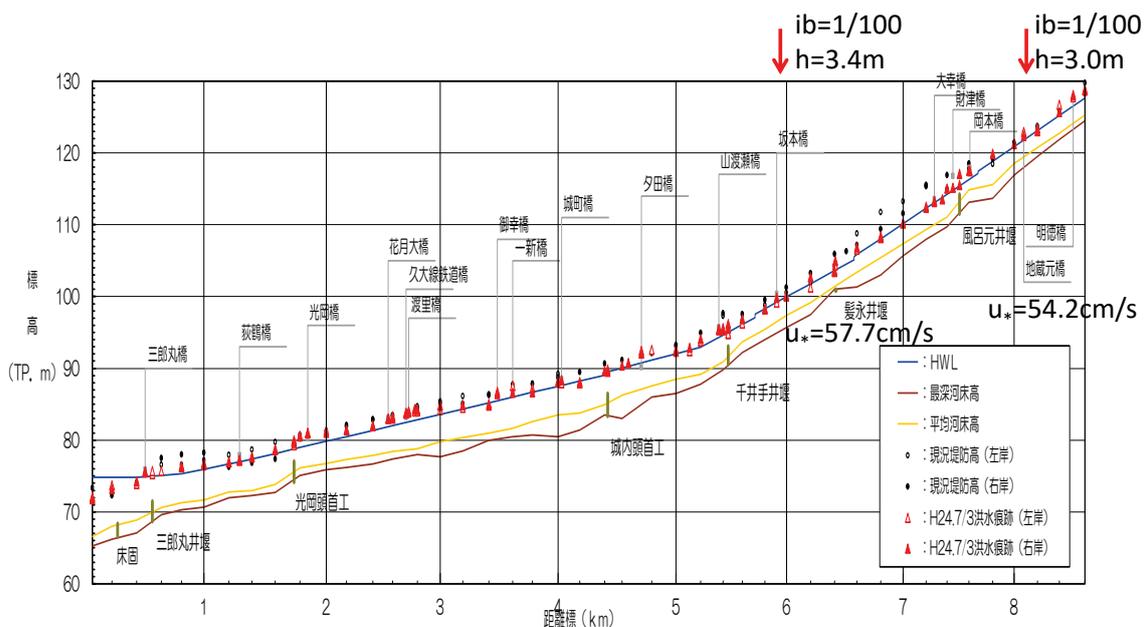
- 河床勾配は？
- 代表粒径は？



● スライド22

花月川の洪水痕跡水位の縦断分布 (H24九州北部豪雨)

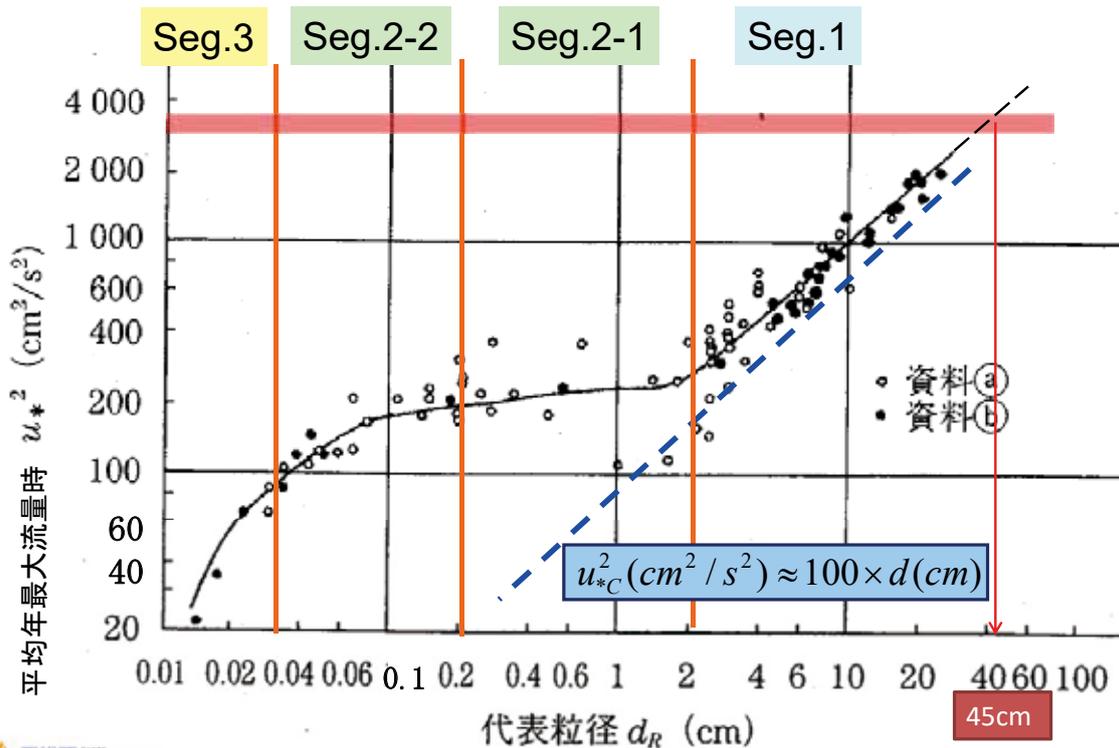
22



● スライド23

摩擦速度と代表粒径の関係

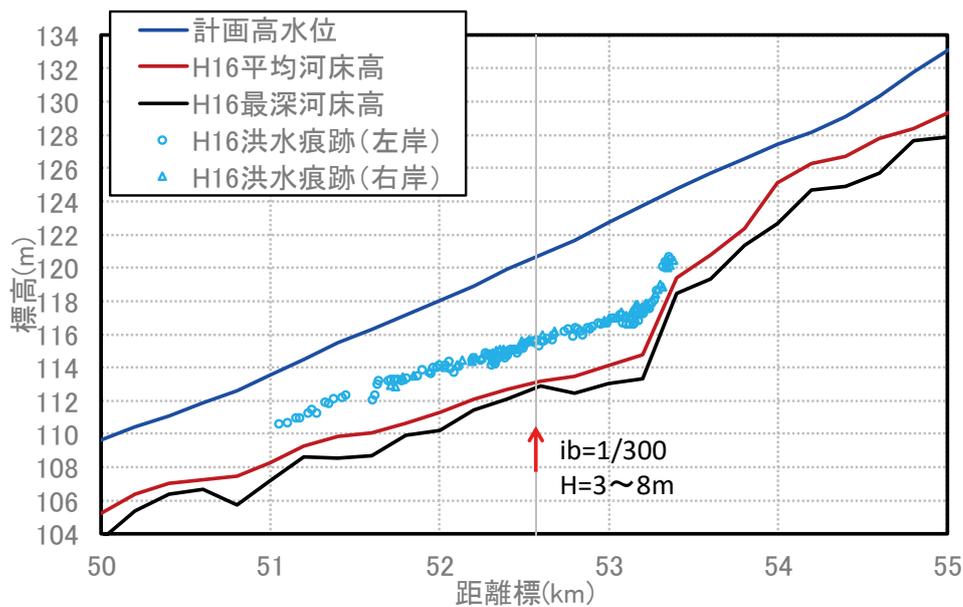
23



● スライド24

多摩川の洪水痕跡水位の縦断分布 (H16出水)

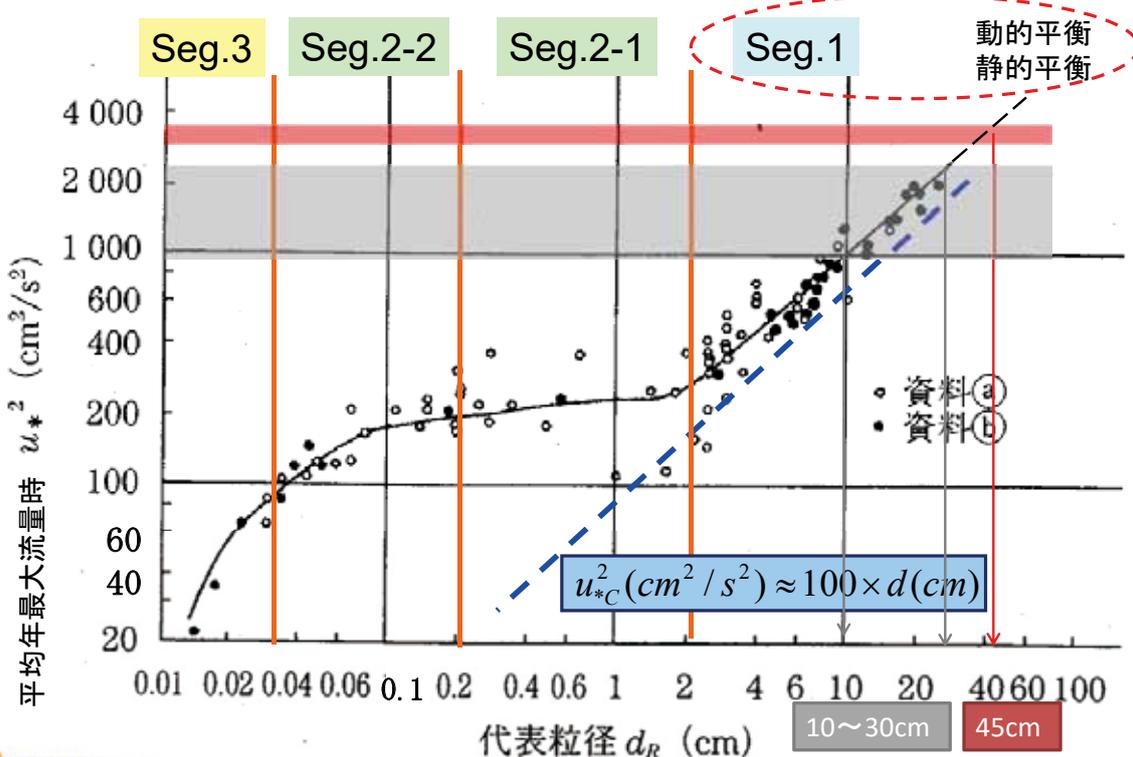
24



● スライド25

摩擦速度と代表粒径の関係

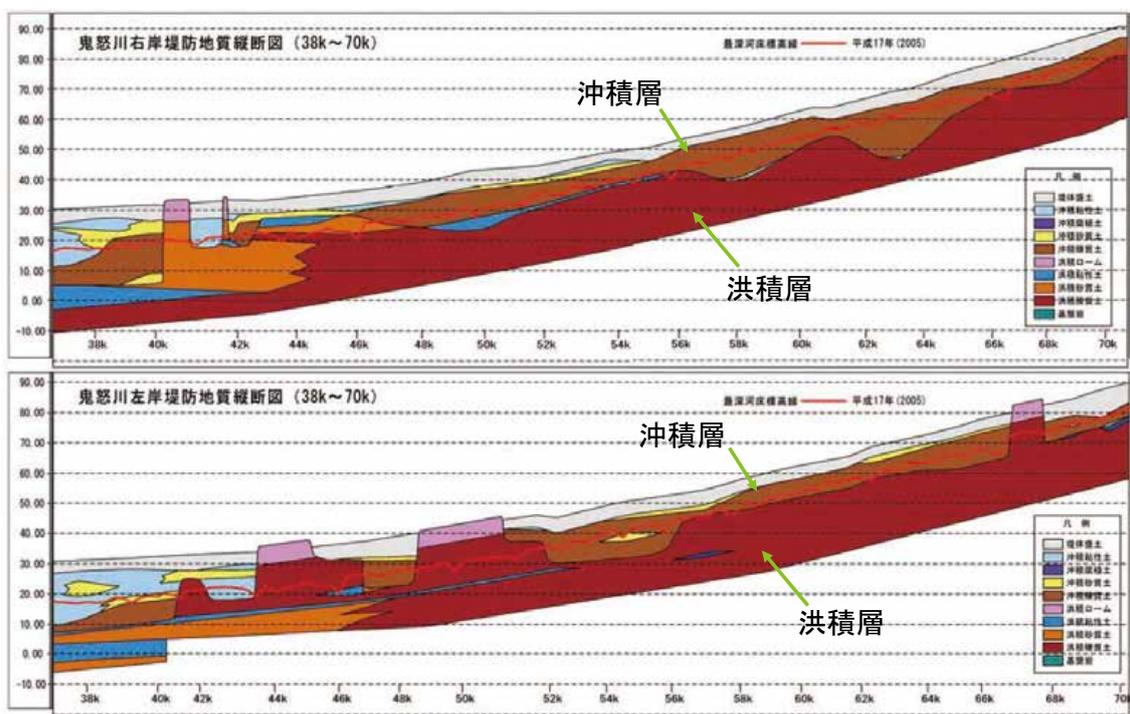
25



● スライド26

鬼怒川の地質縦断図

26



出典)河川環境総合研究所資料第25号「鬼怒川の河道特性と河道管理の課題-沖積層の底が見える河川」, 2009.5」

● スライド27

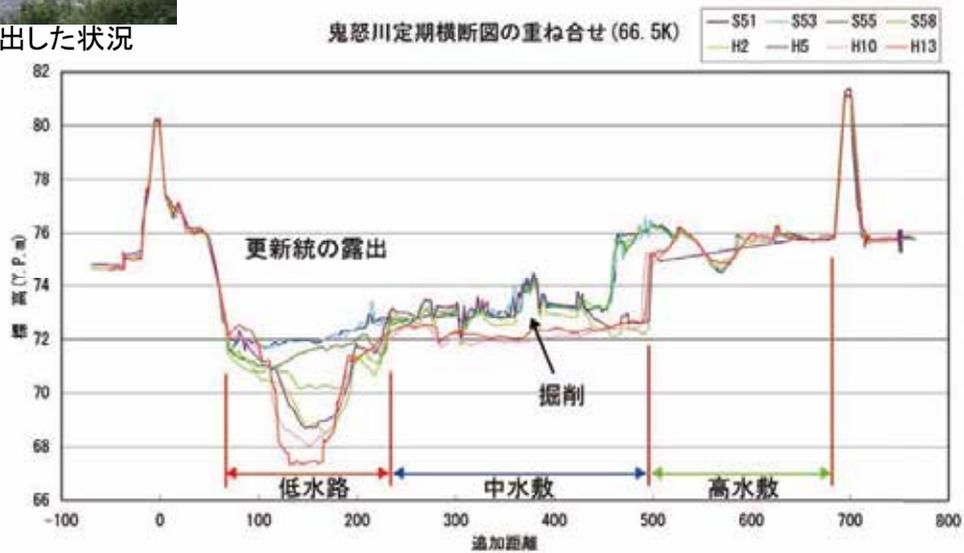
河床材料が枯渇した河道

27



更新統の露出した状況
(洪積層)

出典)河川環境総合研究所資料第25号
「鬼怒川の河道特性と河道管理の課題-沖積層の底が見える河川-, 2009.5」



● スライド28

洪水時に重篤化し得る変状

28

①堰等の被災に伴う堤防の決壊



②局所洗掘に伴う堤防の決壊



③高水敷の側方侵食に伴う堤防の決壊



④浸透破壊による堤防の決壊



● スライド29

平常時に確認すべき事項(①、②、③)

29

局所洗掘が懸念される箇所の絞り込み
(河道管理基本シート)



摩擦速度に見合った河床材料の粒径、その層厚が不足する区間の抽出
(河道管理基本シートへの地質縦断面図の組み込み)



経験水面勾配、もしくは経験摩擦速度を超えた区間の抽出
(水害リスクライン)

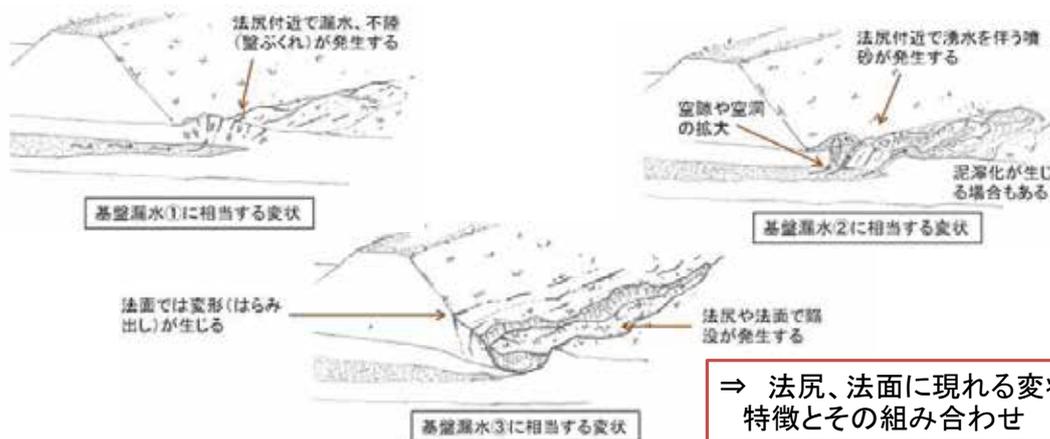
ただし、③側方侵食については皆で考えましょう。



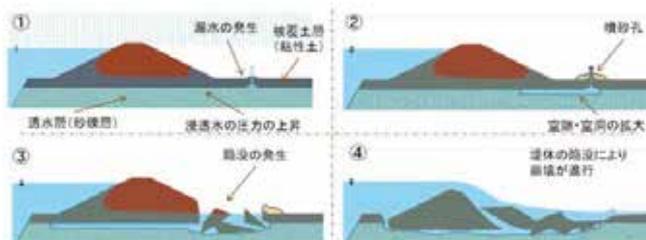
● スライド30

平常時に確認すべき事項(④)その1

30



パイピング破壊によって堤防表面に現れる変状の特徴



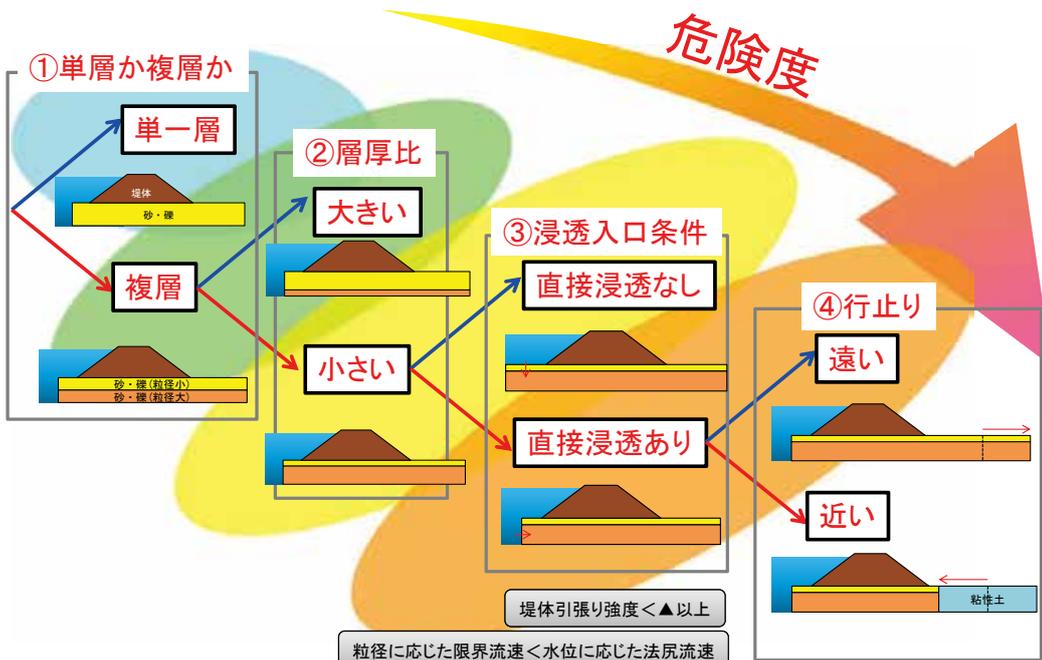
基盤地盤のパイピング破壊の進展過程



● スライド31

平常時に確認すべき事項(④)その2

31



パイピングの発達条件をより効率的に絞り込めるよう、組み合わせも考慮したフローチャート式の評価指標等を検討



● スライド32

32

4. 水害リスクラインへの期待



● スライド33

水害リスクラインへの期待

33

「河道は自然公物であり出水のたびに变化する」ことを前提に、水害リスクラインから推算される水位(逆解析を実施しているため、再堆積や再繁茂の状況を踏まえた水位を推算)を危機管理情報(現状を捉えた情報が重要)を活用する。

- 堤防高と推算された水位 ⇒ 越水の危険のある箇所
- 経験水位、経験洪水継続時間、堤防脆弱性指標など ⇒ 浸透破壊による堤防決壊のおそれのある箇所
- 経験水面勾配、経験摩擦速度(掃流力)など ⇒ 局所洗掘による堤防決壊のおそれのある箇所



検証作業を経て

避難情報、水防活動のための情報など

● スライド34

ご静聴いただき、ありがとうございました。

令和元年度

第1回 河川研究セミナー

新しい洪水予測手法：水害リスクライン

土屋修一（国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室 主任研究官）

● スライド1

水害リスクライン

1

● スライド2

水害リスクラインとは

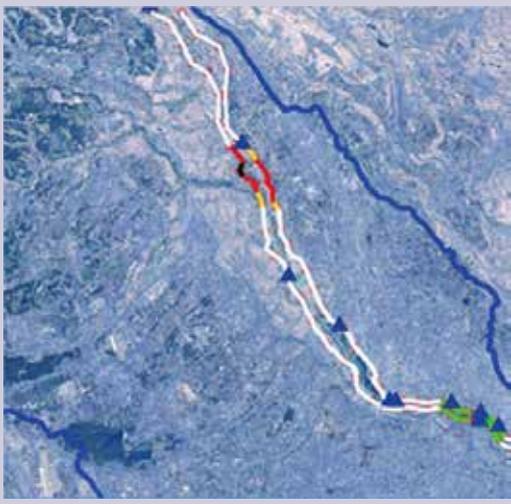
河川縦断水位と各断面に設定されている危険水位等との関係等を介して、氾濫がいつ、どこで発生しうるかといった洪水の危険度を、川に沿った「線」情報として示すもの。断面毎の水位と当該断面に設定されている危険水位との関係を危険度として評価し、各断面の危険度を河川に沿って色分けして表示する



2

● スライド3

水害リスクラインとは

	川の防災情報	水害リスクライン
表示イメージ		
危険度の表示解像度	洪水予報区間	測量断面ピッチを基本(200m~1km)
危険度の左右岸の区別	なし	あり
危険度の評価	基準水位観測所の氾濫危険水位等	断面毎の危険水位等

3

● スライド4

近年の洪水における教訓



毎日新聞社

破堤口付近で逃げ遅れが発生



住民の主体的な避難



第1回 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 資料2より抜粋

破堤口付近で避難指示が発令されず



自治体の躊躇のない避難指示

「**洪水中の河川の状況を的確に把握**」し、「**氾濫の切迫性や氾濫した場合の被害規模 (= 洪水危険度) を伝える**」ことが必要

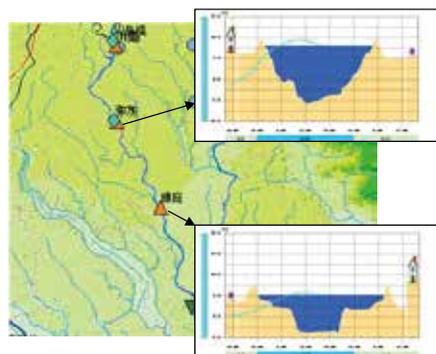
4

● スライド5

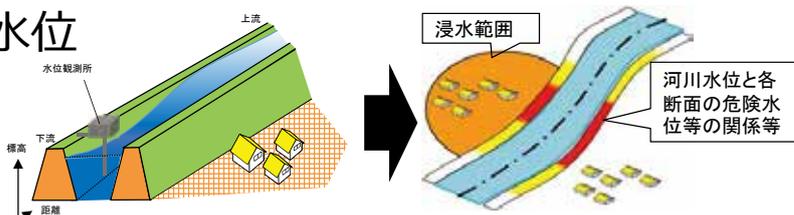
点情報から線情報への展開

【現在】
 水位観測地点の予測水位
 (点情報)

点情報から河川の状態をイメージする必要がある、危険性を判断するために経験と知識が必要。また、地先単位での氾濫の危険性を把握することが難しい。



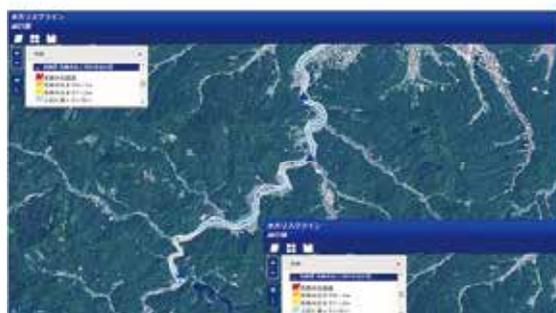
【今後】
 上下流連続的な予測水位
 (線情報)



河川の状態情報を「点情報」から「線情報」へ展開
 また、上下流連続的な河川水位の情報と各断面の危険水位等の情報を組み合わせることにより、地先毎の氾濫の切迫性、氾濫した場合の被害規模を把握できるようにする

● スライド6

水害リスクラインによる線情報への展開



0:00予測

1:00予測

2:00予測



危険箇所から氾濫が発生した場合に想定される、浸水範囲、浸水深等の被害規模に関する情報を、氾濫後の時間ごとに把握できる。

氾濫の切迫度を階層ごとに色分け

河川水位予測システムが時々刻々算出する上下流連続的な水位予測結果から、氾濫の危険箇所や切迫度の変化が把握できる。

● スライド7

水害リスクラインの危険度の種類

危険度の名前	危険度レベル	着色	危険度の評価	危険度の評価地点	危険度の表示の解像度
洪水の危険度レベル	5	黒	堤防天端越え	各断面	200m
	4	赤	危険水位越え	各断面	200m
	3	橙	避難判断水位越え	各断面	200m
	2	黄	氾濫注意水位越え	基準水位観測所	水位観測所の受け持ち区間
	1	青	上記以下		
危険度の名前	危険度レベル	着色	危険度の評価	危険度の評価地点	危険度の表示の解像度
危険水位と河川水位の差	5	黒	堤防天端越え	各断面	200m
	4	赤	危険水位越え	各断面	200m
	3	橙	危険水位まで0~1m	各断面	200m
	2	黄	危険水位まで1~2m	各断面	200m
	1	青	上記以下		
危険度の名前	危険度レベル	着色	危険度の評価	危険度の評価地点	危険度の表示の解像度
危険水位までの到達時間	5	黒	堤防天端越え	各断面	200m
	4	赤	危険水位越え	各断面	200m
	3	橙	3時間以内に危険水位越えを予測	各断面	200m
	2	黄	3時間以降に危険水位越えを予測	各断面	200m
	1	青	上記以下		

7

● スライド8

新しい洪水予測手法と水害リスクラインの開発経緯

新しい洪水予測手法の開発

- H26 ・ 現業ベースの河川水位予測手法 + データ同化
- H27 ・ 流出+河道モデル+データ同化を組み合わせた水系一貫のモデルへの拡張等
・ カスケード同化手法の開発
- H28 ・ 河川水位予測プロトタイプシステムの構築
- H29 ・ 河川水位予測プロトタイプシステムの試行
・ 河川水位予測プロトタイプシステムの改良
⇒ 河道計算区間の拡張、同化地点の追加等
・ 河川水位予測手法の他流域への適用の検証

計算結果の表示手法の開発

- ・ 計算の妥当性等を確認するための平面的な表示
-  **鬼怒川氾濫**
- ・ 洪水危険度見える化プロジェクトを発足。氾濫がいつ、どこで、どの程度の規模で発生しうるかを把握できる「洪水危険度見える化システム」の開発に着手
- ・ 見える化プロトタイプシステムの構築
- ・ 見える化プロトタイプシステムの試行、改良
- ・ 見える化公開版システムの構築

水害リスクライン（3水系） 7月末～ 自治体等限定公開

- ・ 河川水位予測プロトタイプシステムの改良
⇒ 複合予測雨量、縦断水位補正機能の導入等
- ・ 見える化公開版システムの改良
- ・ 洪水危険度見える化プロジェクト終了

H31 水害リスクライン（+7水系） 6月～ 自治体等限定公開、youtubeによる一般公開

（予定）全国109水系 水害リスクライン公開

8

● スライド9

新たな洪水予測手法

9

● スライド10

新たな洪水予測手法への転換

【既存の河川水位予測手法】

「流出モデル」を主とした流量追跡に基づく予測

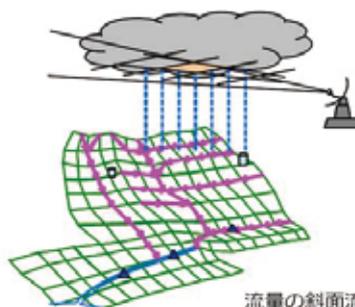
特徴：降雨予測の予測精度の依存度が大きい



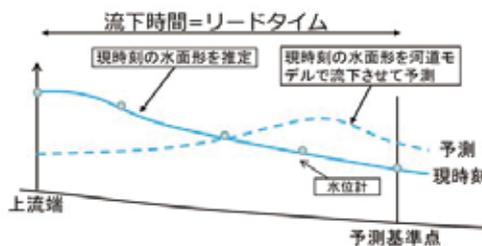
【新たな河川水位予測技術】

データ同化技術による水面形推定と河道モデルによる流下追跡に基づく予測（※流出モデルとの連携は必要）

特徴：流下時間内であれば、流出モデルによる方法に比べて降雨予測精度の影響を受けにくい



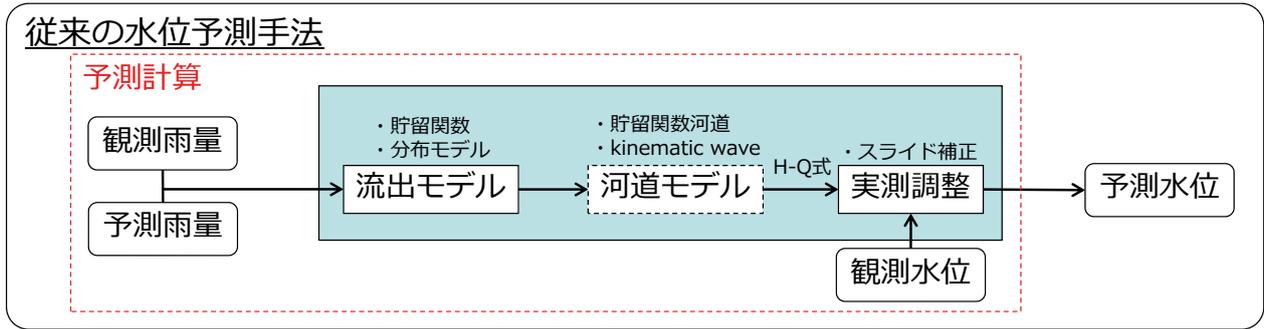
流量の斜面流下を追跡し、H-Q式を介して水位に変換



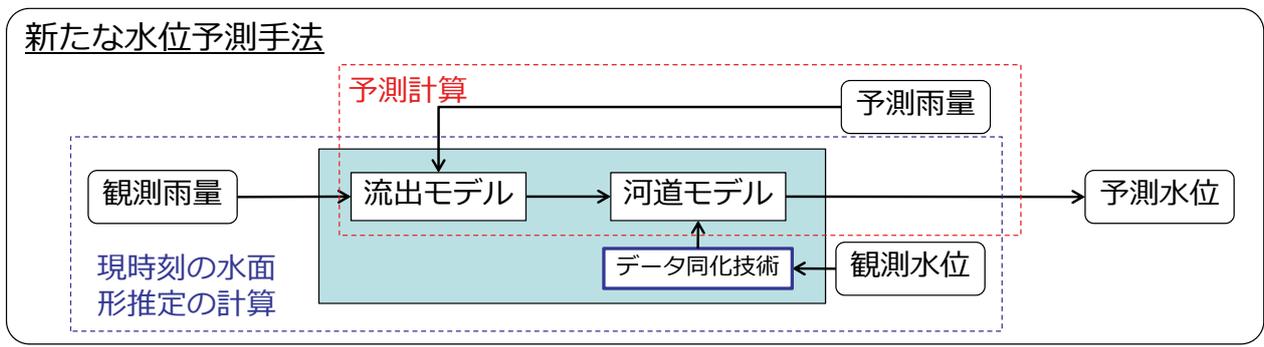
10

● スライド11

新たな洪水予測手法



※流量追跡ベースの河道モデルが導入されている場合がある



※流出モデルとの連携は必要

● スライド12

新たな洪水予測手法のモデル構成

河川水位予測モデルの構成

流出モデル、河道モデル、データ同化技術を組み合わせ、直轄区間のみならず、県管理区間を含めた水系一貫の河川水位予測

【流出モデル】

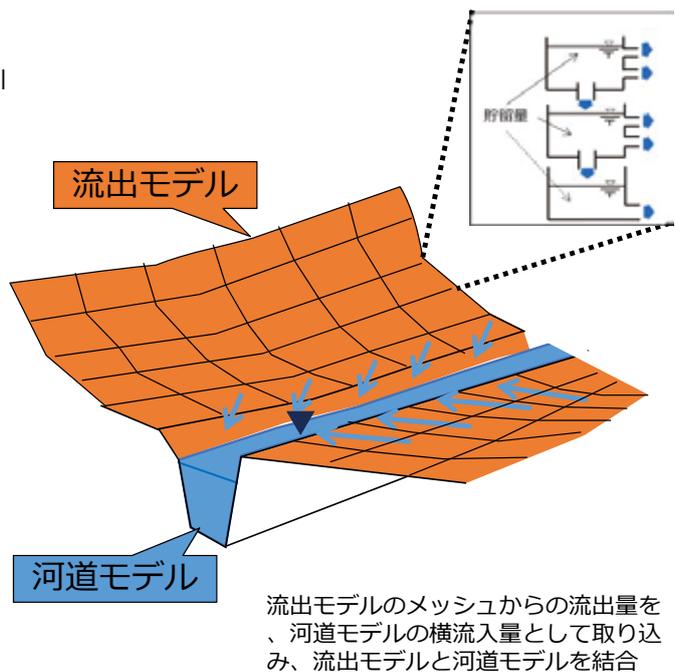
⇒土研分布モデル
(レーダ雨量を用いる250mメッシュのモデル)

【河道モデル】

⇒一次元不定流モデル
(定期横断測量、LPデータ等から作成した河道断面データを用いて、直轄、県管理区間を計算対象とする)

【データ同化】

⇒粒子フィルタ (カスケード同化)
(国、県管理の水位計等の多地点の水位データを同化)



流出モデルのメッシュからの流出量を、河道モデルの横流入量として取り込み、流出モデルと河道モデルを結合

● スライド13

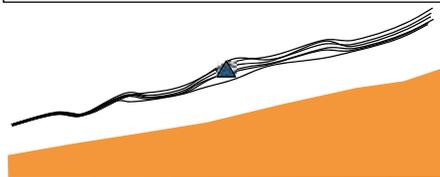
粒子フィルタ

粒子フィルタを適用した予測計算手順

- ① 現況アンサンブル計算
 パラメータ等*が異なる流出+河道モデルを複数用意して、1時刻前から現時刻までの計算を行う。
- ② フィルタリング計算
 パラメータ等が異なる流出+河道モデルから得られる複数の計算結果と観測水位を用いて、フィルタリングを行い、観測水位と適合度が高い計算結果を抽出。（観測水位と適合度が高いパラメータが設定された流出+河道モデルが抽出される）
- ③ 予測アンサンブル計算
 観測水位と適合度が高いパラメータが設定された流出+河道モデルによって、現時刻から6時間先までの予測計算を行う

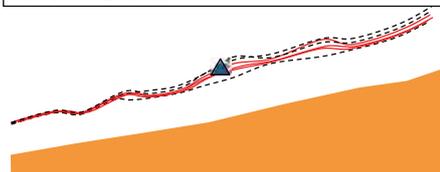
*新しい洪水予測手法においては、流出モデルの状態量であるタンク貯留量、河道モデルのパラメータである河道粗度に対して、複数の異なる値を設定する。

パラメータ等を複数変えて流出+河道モデルによって計算された複数の縦断水位が得られる



フィルタリング

観測水位と適合度が高い河川縦断水位が抽出される。また、現況をよく再現可能なモデルパラメータ等が得られる



● スライド14

カスケード分割とカスケード同化

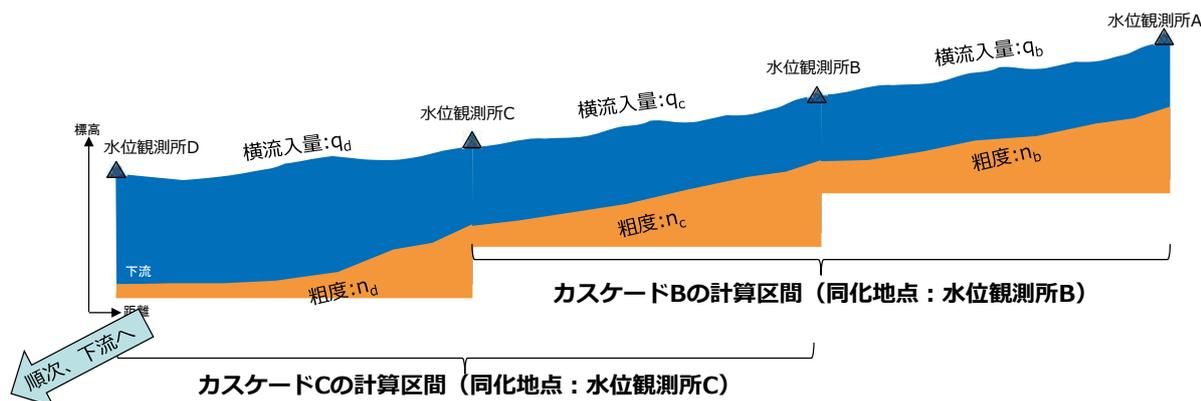
カスケード分割

同化地点に対して上・下流の水位観測所の区間。区間を一部重複するようにずらしながら連続的に設定する。

カスケード同化

上流からカスケード区間毎にデータ同化を行い、カスケード区間の同化地点の流量を下流側カスケード区間の上流端流量として引き渡ししながら、順次、下流へ同化計算を行う。

⇒パラメータ、状態量をカスケード分割単位でデータ同化することで確からしいモデルパラメータ、状態量が縦断的に設定された流出+河道モデルを得ることが可能となる。

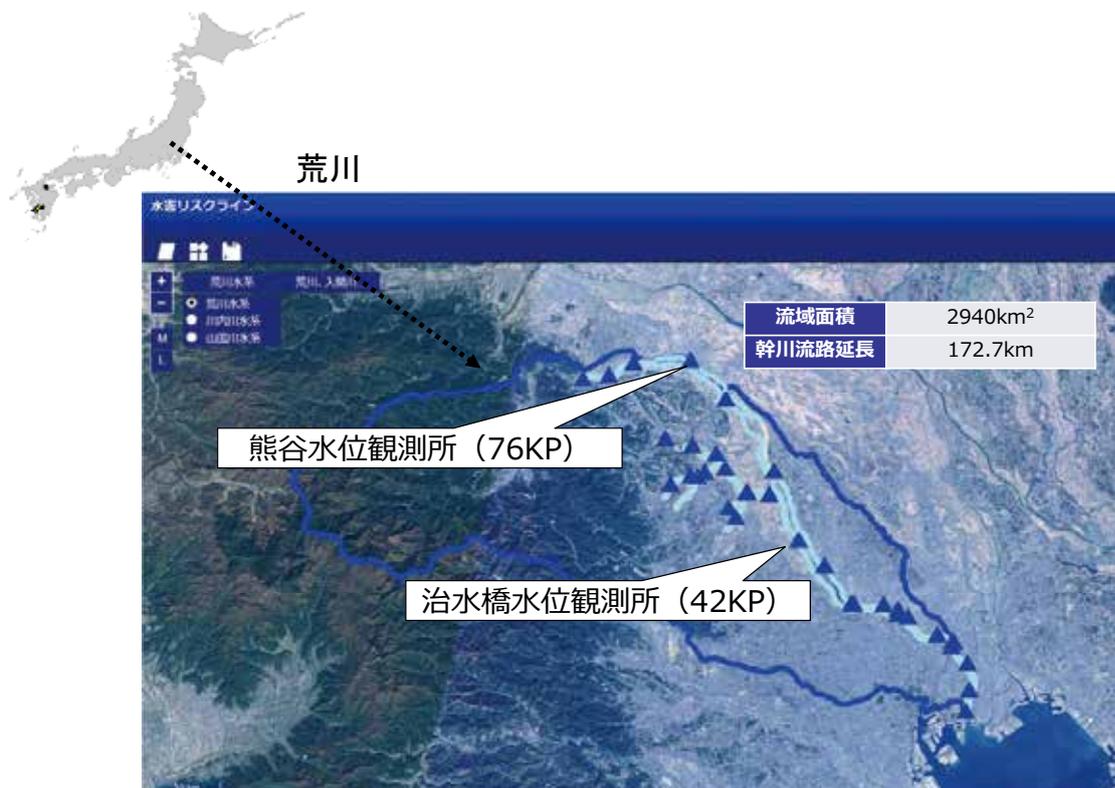


● スライド15

新たな洪水予測手法の検証

● スライド16

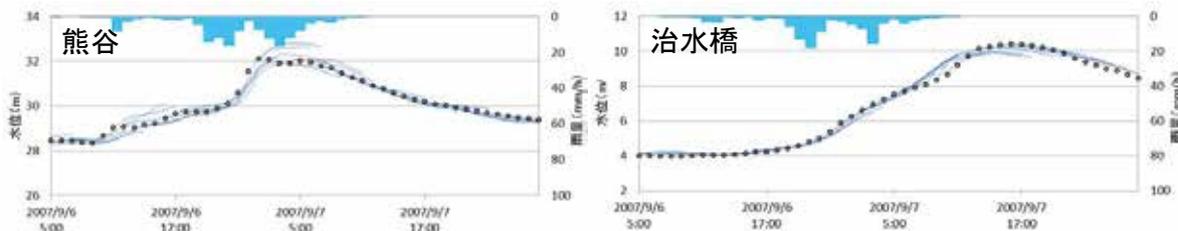
洪水予測の検証



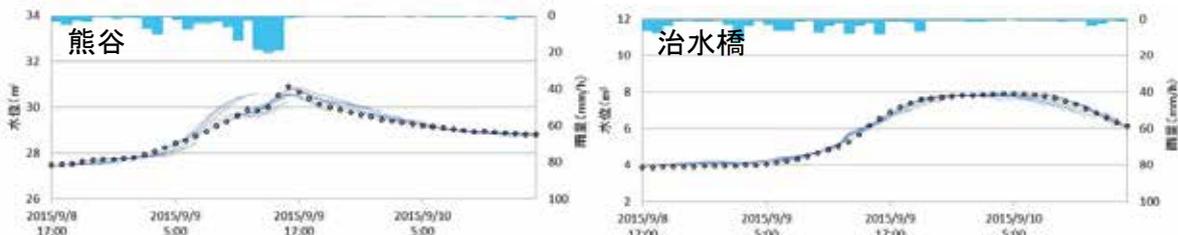
● スライド17

洪水予測の検証

2007年9月出水



2015年10月出水(関東・東北豪雨)



下流ほど洪水波の河道伝播による予測の支配されることから、熊谷より下流に位置する治水橋は、予測のバラツキが熊谷と比較して小さい

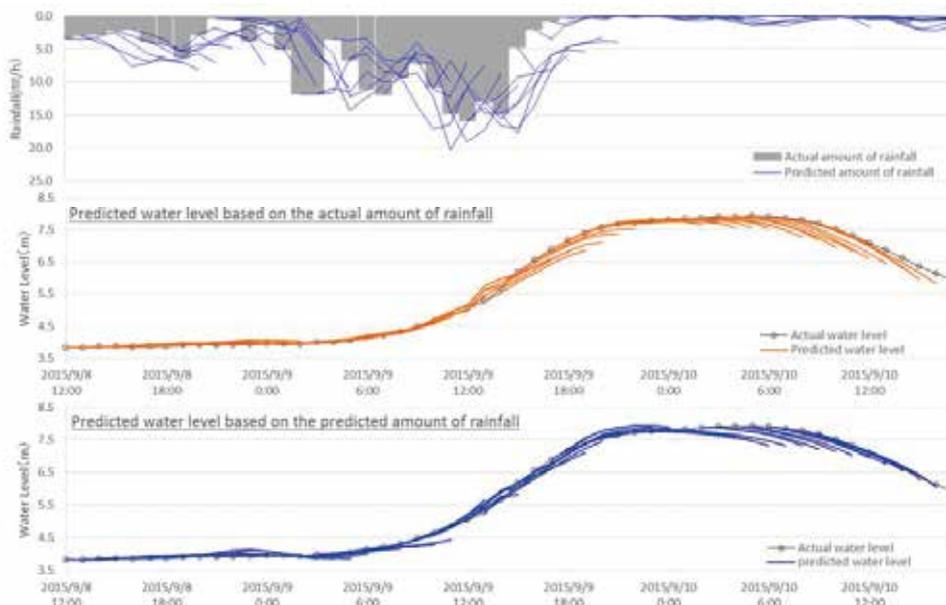
※本計算は、実測雨量を予測雨量として計算した結果

17

● スライド18

洪水予測の検証

2015年9月(荒川:治水橋水位観測所)



河川の中・下流部において、洪水の河道伝播による予測の影響が支配的であるために、予測雨量の精度の影響を受けにくい

18

配布外スライド1

洪水予測の検証

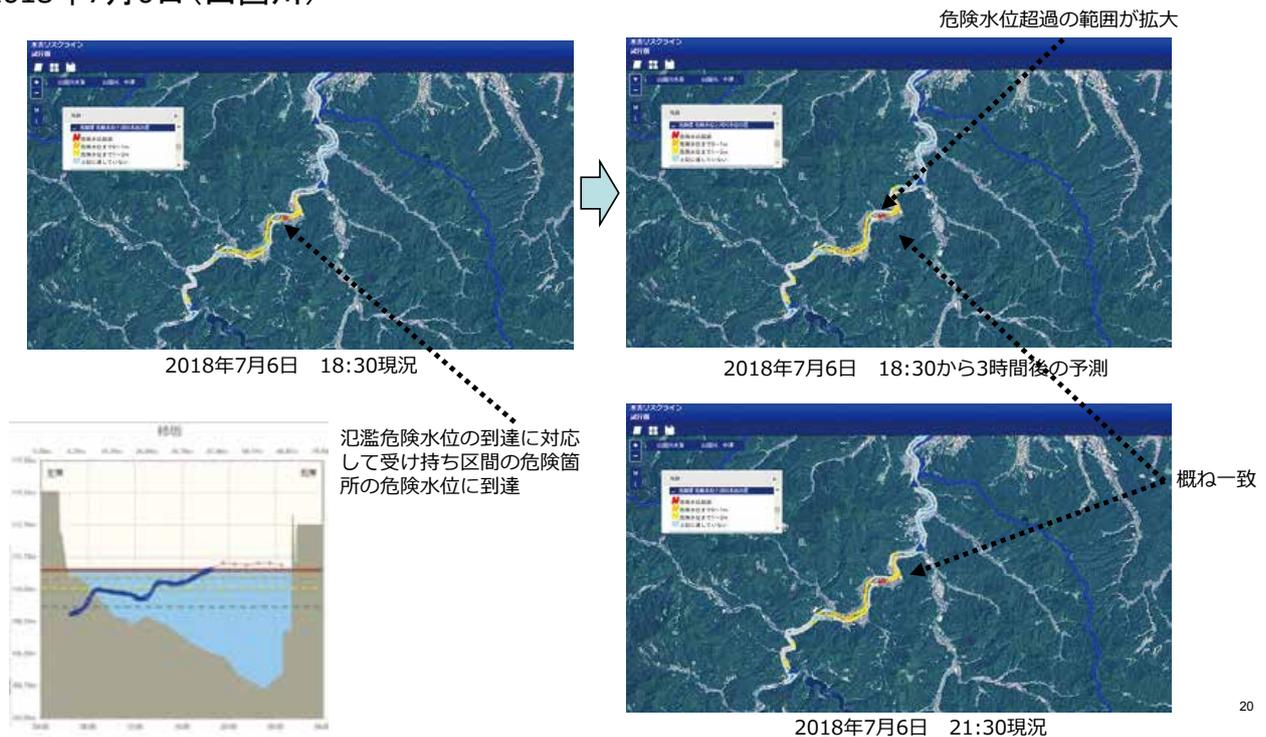


19

配布外スライド2

水害リスクラインの検証

2018年7月6日（山国川）



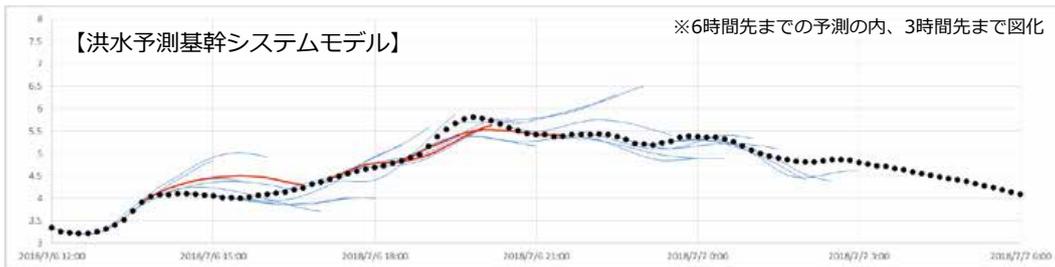
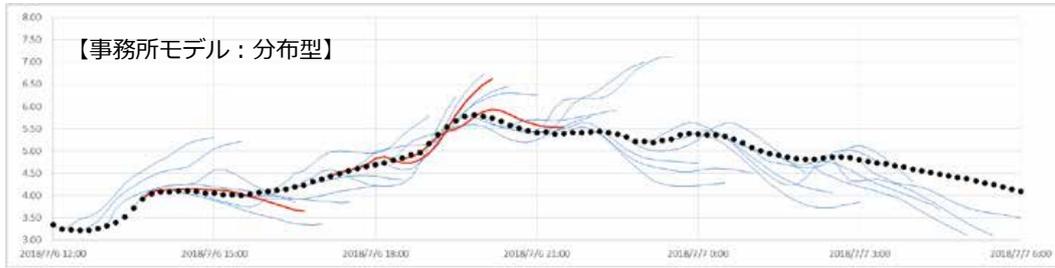
20

配布外スライド3

洪水予測の検証

※赤線は、洪水予報時の予測結果

20180706(山国川:柿坂水位観測所)

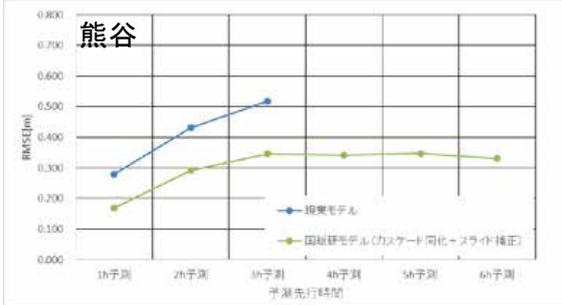


※6時間先までの予測の内、3時間先まで図化

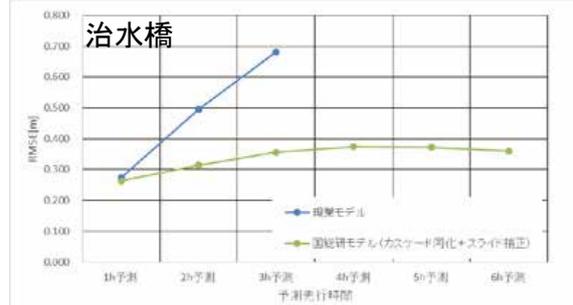
流出モデルを主とする事務所モデルに比べて、新しい洪水予測手法では、ヒゲの暴れ方が抑えられており、予測雨量の誤差の影響を抑制している。

配布外スライド4

2007年9月出水: 荒川

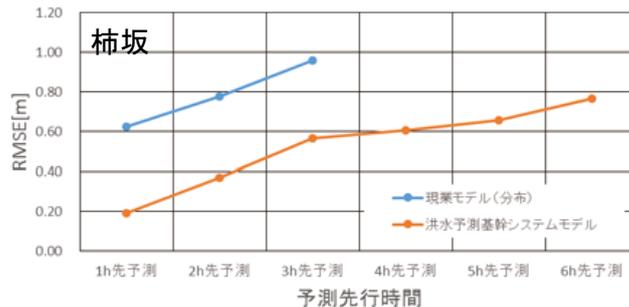


※本計算は、実測雨量を予測雨量として計算した結果



※本計算は、実測雨量を予測雨量として計算した結果

2018年7月出水: 山国川



※本計算は、予測雨量を用いた予測計算結果

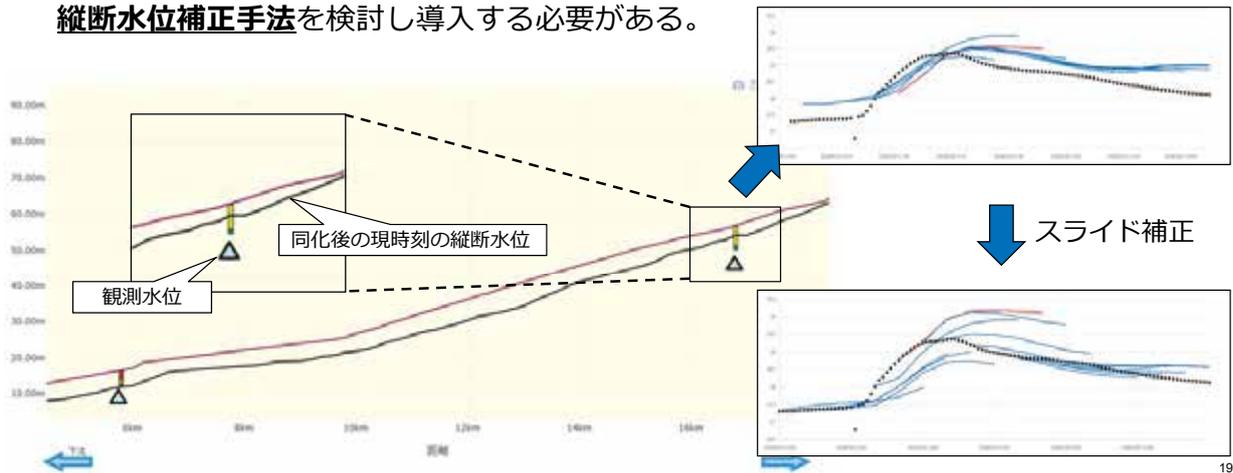
● スライド19

新たな洪水予測手法の技術的な課題

- ・実務上、観測値から予測水位（ヒゲ）が出発することが望ましいが、データ同化技術を導入しても、予測の初期値を観測水位と一致させることは難しいため、現状は観測地点においてはスライド補正を導入

⇒リスクラインの危険度と水位観測点における危険度が異なる場合がある。

縦断水位補正手法を検討し導入する必要がある。



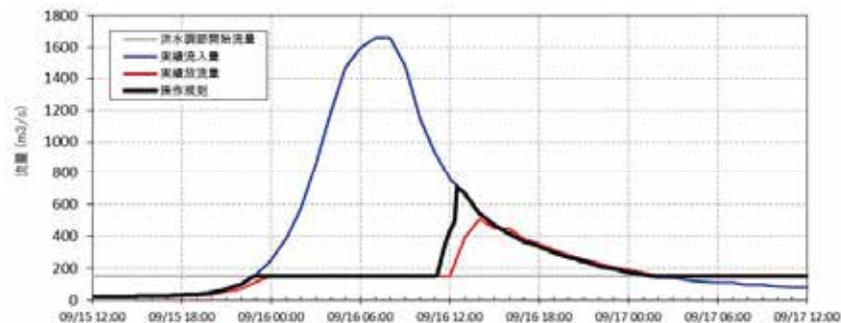
● スライド20

新たな洪水予測手法の技術的な課題

- ・ダムは既定の放流計画として操作規則をモデル化し、河川水位予測モデルへ組み込まれているが、必ずしも操作規則通りの放流が行われるわけではない。

⇒ダム下流の予測精度低下の原因となる。

操作規則とは異なる放流計画へ変更された場合、その放流計画を反映した洪水予測が可能となるように**ダム操作と連携した洪水予測の仕組み**を検討、導入する必要がある。



● スライド21

河川、河道の状態把握と洪水予測

21

● スライド22

河川、河道の状態把握と洪水予測

河道モデルは、定期横断測量を用いて作成するが、定期横断測量データがない区間においては、LPデータから作成した河道断面データ（中小河川の治水安全度評価において作成した断面）を用いることとしていた。

しかし、LPデータから作成した断面データは、距離票の位置が定期横断測量と整合していない、実際は水面であるところが河床となっている、といった品質、精度の面で問題があった。それにより、計算不安定を引き起こすことから、断面の修正またはモデル化の対象外にするといった対応をとっている。



航空レーダ測深（ALB）等を活用して、品質、精度の高い断面データの整備

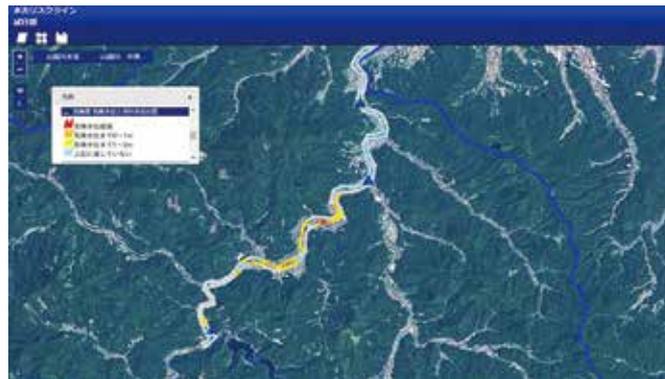
22

● 配布外スライド5

河川、河道の状態把握と洪水予測

出水後、リスクラインで危険水位を超えたが、事務所職員によると、そこまで水位は上昇していない、という指摘を受けた。

当該河川は、河道改修により川幅の拡幅が行われたばかりであった。一方、計算に使用している河道断面は、改修前の断面データであった。これにより、実際と計算で差異が生じていた。



河道（断面）の変化を把握（測量）し、最新の河道断面データへ更新

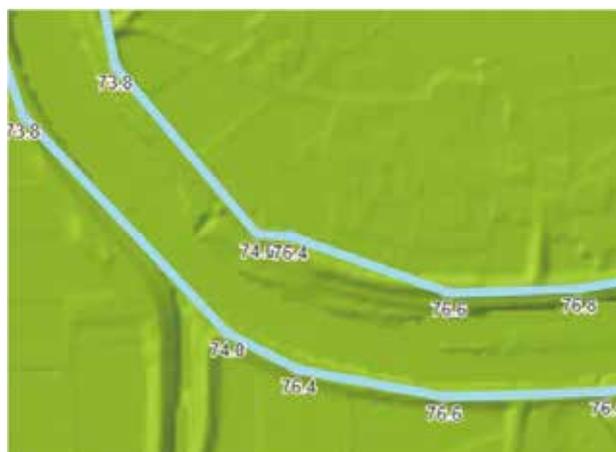
27

● スライド23

河川、河道の状態把握と洪水予測

74KPの次の距離票が76.4KPであったことから断面間距離を2.4kmとして、河道モデルを構築したが、この区間を含めた前後で、実際に対して、水位が異常に高い計算結果となった。

距離票の位置を地図上にプロットすると断面間距離は100m程度であり、距離票と整合しない原因は、過去の河道改修により、河道が短くなっていることがであった。



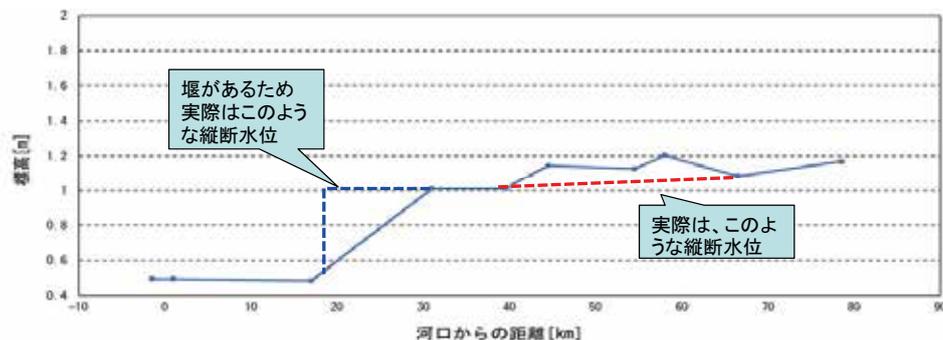
23

● スライド24

河川、河道の状態把握と洪水予測

河川の緩勾配の区間で、データ同化を導入すると計算不安定が生じていた。

観測水位を縦断的に図化すると、十数センチであるが、水位が逆勾配となっており、0点高に誤りがある可能性が指摘された。

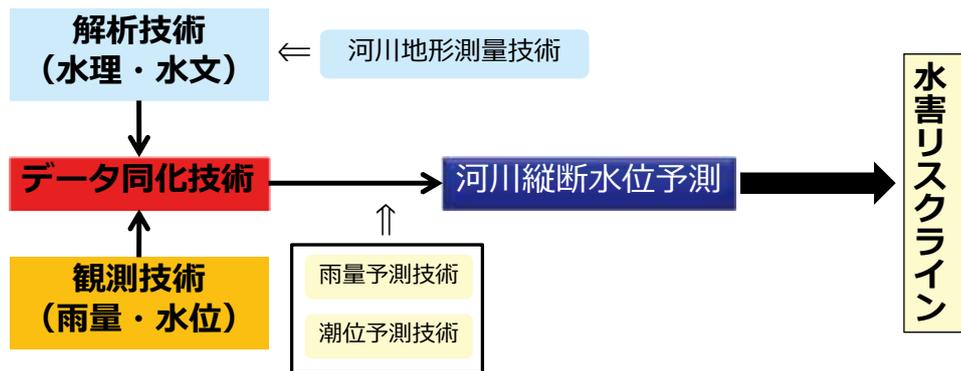


観測水位の縦断的な整合性を踏まえて、観測水位を照査、管理

24

● スライド25

河川、河道の状態把握、管理と洪水予測



河川縦断水位予測の高精度化には、観測・予測雨量等の高精度化、水理・水文学解析技術の高度化に加えて、河道、河川の状況を測量、観測によつて的確に把握し、予測へ反映することが重要

25