

# 「私擬治河議」

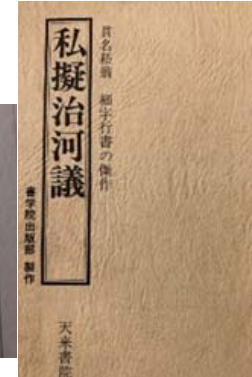
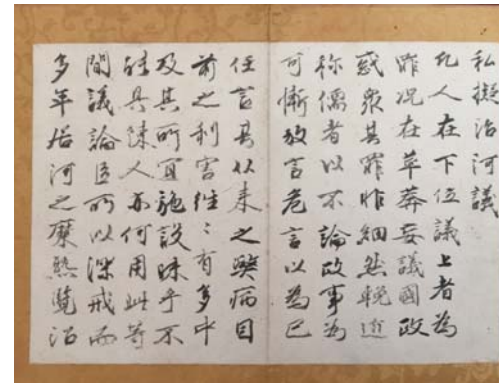
～ 一水理学研究者が考える激甚化する豪雨・洪水災害克服への道筋 ～

(一財)河川情報センター・河川情報研究所長  
名古屋大学名誉教授

辻本 哲郎

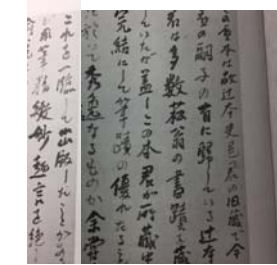
# 「私擬治河議」

貫名 崧翁



治水は公の仕事（政）で  
あることは重々承知

最近では儒者（学術）が  
政事を論じないことをむしろ  
慚じる風潮→放言・危言



☆どんなふうに関川水理学にアプローチしてきたか？

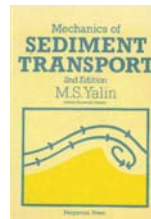
流砂・移動床過程研究の黎明：

1930～ H.Rouse 浮遊砂濃度分布1937 ←拡散理論・対数則流速分布

1940～ H.A.Einstein 流砂機構(概念)1937→流砂量式1942,1950  
確率過程の概念←A.Einstein

1960～ J.F.Kennedy 河床不安定論でdunes, antidunes形成を  
説明 1963 ←「流砂の遅れ距離」

1970～ M.S.Yalin “Mechanics of Sediment Transport”  
Saltation軌跡  
河床波の波長・波高 →発達時間スケール  
浮遊砂の確率過程モデル



1980～ G.Parker, J.Fredsoe, G.Seminara

↑  
W.H.Graf, G. Di Silvio

中川博次・辻本哲郎  
「移動床流れの水理」  
技法堂出版, 1986

掃流過程←複合確率過程 step length + rest period (pick-up rate) ←Einstein 1937  
主として粒径に依存 流体力に敏感

↓ step lengthの分布形, pick-up rateの空間的变化



非平衡掃流砂量式 ←Einstein 1942 →平衡流砂量 1950

$$q_B(x) = q_{B0} \int_0^{\infty} p_s(x-\xi) \int_{\xi}^{\infty} f_X(\zeta) d\zeta d\xi \quad q_{B0} = \frac{A_3 p_s \Lambda}{A_2 d}$$

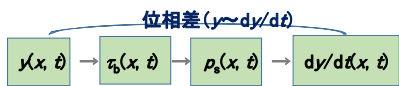
局所掃流力に支配されるPick-up rateとStep lengthのPDFで規定される局所流砂量

流砂の連続式（流砂量の場所的变化→砂面高の時間变化）

$$\frac{dy(x)}{dt} = -\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial q_B(x)}{\partial x} = -\frac{A_3 d}{A_1} \left[ p_s(x) - \int_{-\infty}^x p_s(x-\zeta) d\zeta \right]$$

移動床水理に重要な小規模河床形態(河床波)

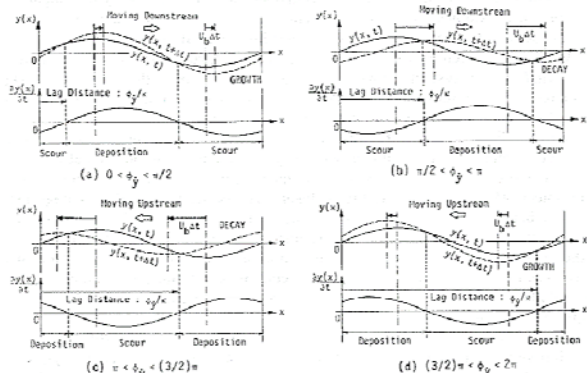
↑  
砂面の線形不安定解析導入(Kennedy 1963)



位相差 遅れなし 「遅れ距離」  
ポテンシャル流 Kennedy ~ step length?  
(←  $u \sim \tau_0$  の位相差)



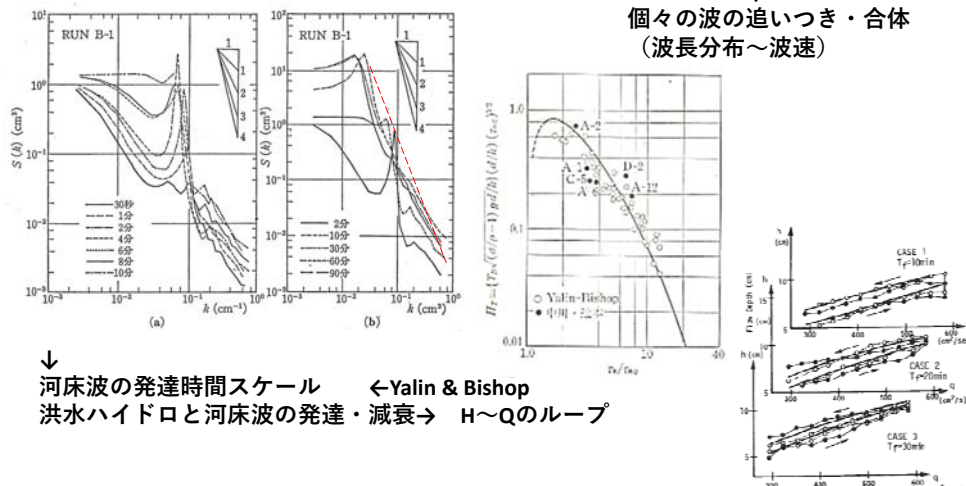
$y(x, t)$  の挙動: 位相差の象限 → 発達・減衰 / 前進・後退



増幅率最大 → 「卓越波長」...  
中規模河床波では成功(小規模では合わない!)

河床波の発達過程 flattend bed → fully developed dune  
平衡状態の波高・波長 ← Yalin  
↓  
形状抵抗 → 有効掃流力

河床波をスペクトルで見る 卓越波長の増幅 + 低波数域への「逆」カスケード

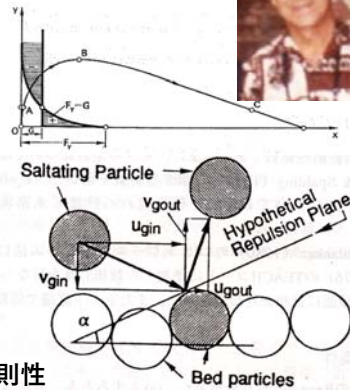
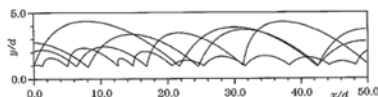


↓  
河床波の発達時間スケール ← Yalin & Bishop  
洪水ハイドロと河床波の発達・減衰 → H ~ Q のループ

掃流砂 ← pick-up rate + step length

Yalin 単一 saltation 軌跡の解析

土屋 successive saltation の考え方

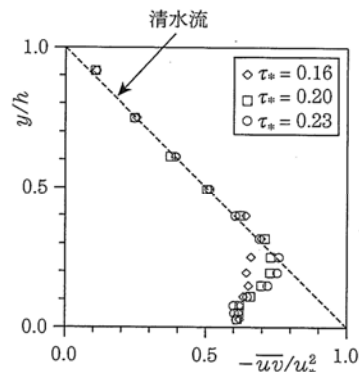


辻本 不規則継続跳躍

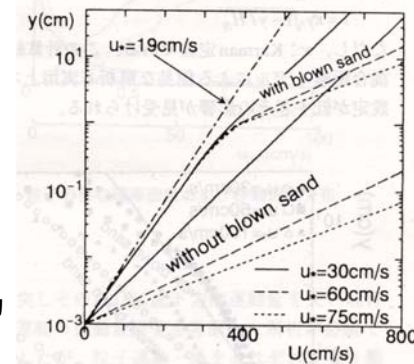
← 床面での反発の際に持ち込まれる  
個々の saltation の初速度分布の不規則性  
→ 掃流層内数密度分布・掃流層厚

辻本・後藤 掃流層内の流れ → Reynolds 応力の欠損 → 飛砂では顕著

↓  
混相流としての扱い, 数値解析(粒子間衝突過程)



掃流層での Reynolds 応力の欠損  
→ 流速分布の一様化



掃流粒子に作用する抗力分に相当  
底面では欠損後のせん断応力が限界掃流力  
(この仮定は飛砂では明確 → Bagnold)

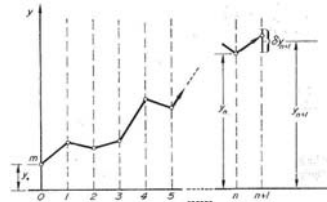
$$\frac{d}{dy} \left[ \left( v + \frac{v_t}{\sigma_k} \right) \frac{dk}{dy} \right] + P_k - \varepsilon + C_{fk} F_x u = 0$$

$$\frac{d}{dy} \left[ \left( v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{d\varepsilon}{dy} \right] + \frac{\varepsilon}{k} \left[ C_1 (P_k + C_{f\varepsilon} F_x u) - C_2 \varepsilon \right] = 0$$

# 浮遊砂の運動を「粒子運動」としてみれば...

$f$  = 単一粒子の不規則運動による存在高さのPDF

$$f(y; t + \Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(y - \eta; t) g(\eta) d\eta$$



$g(\eta)$  = 時間ステップ  $\Delta t$  の間の変位 (←流れに乱れによって駆動)  
 右辺のTaylor展開, 高次項省略  
 定常状態での近似式

$$\frac{1}{2} E[\eta^2] \frac{df}{dy} = E[\eta] f$$

濃度についての支配方程式と相似  
 濃度と個々の粒子の存在高さのPDFは相似

$$\varepsilon_s \frac{dC}{dy} = -w_0 C$$



個々の粒子の鉛直方向不規則運動が、「乱れ速度」 $v$ に駆動されているとする。

→乱れ速度は摩擦速度 ( $u_*$ ) に比例

$$\varepsilon_s = \frac{E[\eta^2]}{2\Delta t} = \frac{\Delta t}{2} \left\{ k_\eta^2 \left( \frac{v_{rms}}{u_*} \right)^2 + \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^2 \right\}$$

浮遊砂の拡散係数は沈降速度によって渦動粘性係数から偏倚する。  
 (中立粒子なら,  $\varepsilon_s = \nu_t$  と想定)

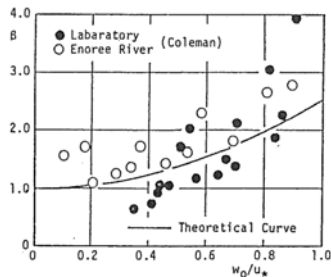
$$\Pi_T = \frac{u_* \Delta t}{h} = \frac{2\nu_t}{u_* h} \left\{ k_\eta \left( \frac{v_{rms}}{u_*} \right) \right\}^{-2}$$

← Stochastic simulation の時間刻み

$$\frac{\varepsilon_s}{\nu_T} = 1 + k_\eta^{-2} \left( \frac{v_{rms}}{u_*} \right)^{-2} \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^2 \cong 1 + 1.56 \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^2$$

(乱流Schmidt数の逆数)

$$\frac{\varepsilon_s}{\nu_T} = 1 + k_\eta^{-2} \left( \frac{v_{rms}}{u_*} \right)^{-2} \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^2 \cong 1 + 1.56 \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^2$$



Delft group がデータの蓄積・回帰から提案した乱流Schmidt数の逆数

$$\beta \equiv \frac{\varepsilon_s}{\nu_t} = 1 + 1.54 \left( \frac{w_0}{u_*} \right)^{2.12}$$

← さきの解析結果と酷似

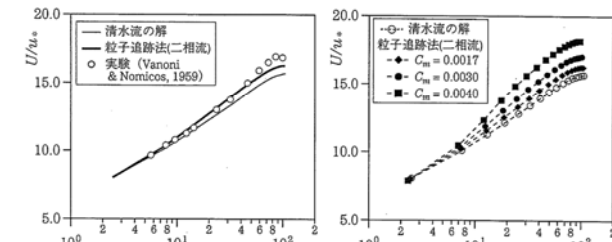
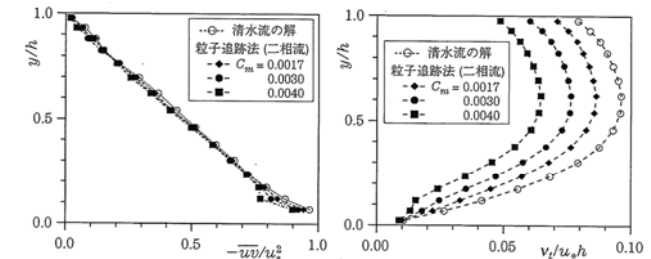
(手法にはこだわらないことが大事... 様々な手法を比較してみよう!)

$$\frac{d}{dy} \left[ \left( \nu + \frac{\nu_T}{\sigma_k} \right) \frac{dk}{dy} \right] + P_k - \varepsilon + G - \frac{\sum (u' f_{dx} + v' f_{dy})}{\rho} = 0$$

$$G \equiv \beta_S \nu_t (\sigma / \rho - 1) g \frac{dC}{dy}$$

Reynolds応力分布は変化を受けない

乱流構造特性が outer layer で変化 → 流速分布の outer layer での変化



(a) 実験との比較

(b) 濃度依存性

wake strength の増加 ~ Karman 定数のみかけの減少

# 流砂機構

「本質を見透す」

## 粒子性

掃流砂におけるstep length→縦断方向の遅れ性状→砂面不安定  
 ←step lengthごとの表層砂・掃流砂の交換\*  
 掃流層内Reynolds応力の欠損

浮遊砂における乱流Schmidt数の本質的变化  
 浮遊砂を含む流れのwake-strength parameterの増加

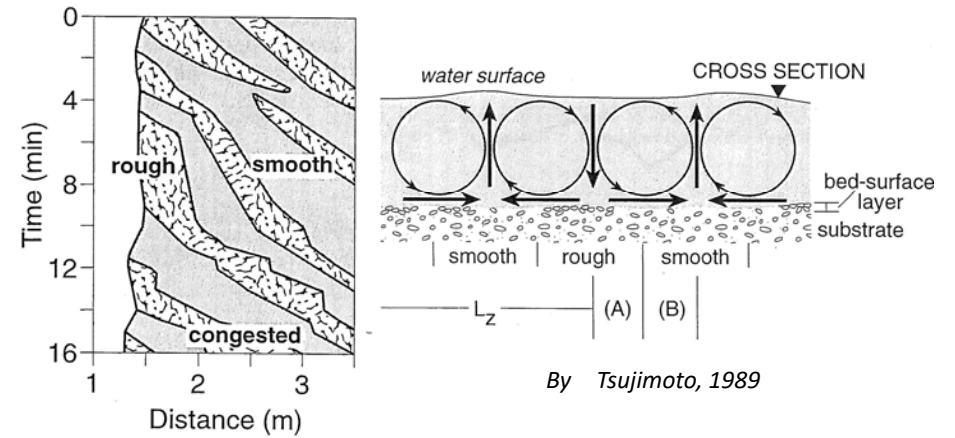
## 粒径の非均質性

粒径集団 (クラス) Egiazaroff 1965  
 表層 (surface layer) と貯累層 (substratum)  
 表層砂・掃流砂の交換\*  
 「交換層」の概念 Hirano 1971

# モデルの透徹性を確認する！

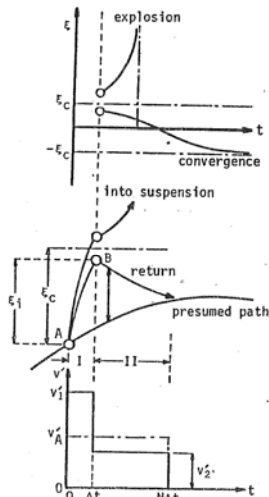
離散性(Step length), 粒径非均質性(粒径別に異なる運動特性)が説明する不安定現象

縦断方向交互分級 (diffuse gravel sheet)  
 横断方向交互分級 (分級縦筋)



## 掃流砂と浮遊砂のInteraction

底面近傍での掃流→浮遊遷移  
 (浮遊砂の底面濃度 = 境界条件を支配する機構)



Saltation粒子の軌跡が、「乱れ」によって偏倚(ξ)させられたとき、軌跡の変位の「不安定性」で「運動様式遷移」を判断

$$\frac{d\xi}{dt} = f(\xi) = a + b\xi + c\xi^2$$

$$a = f(\xi_i) - \xi_i f'(\xi_i) + \frac{\xi_i^2}{2} f''(\xi_i)$$

$$b = f'(\xi_i) - \xi_i f''(\xi_i)$$

$$c = \frac{f''(\xi_i)}{2}$$

$$\xi_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c}$$

## 植生水理

### 河道水理への展開

移動床への適用  
 実験技術  
 河道水理としてのシナリオ

↑  
 基礎水理としての単純条件  
 計測機器の発達  
 ←高い周波数特性



基礎実験における植生のモデル化 ←相似条件：透過係数  
 植生配置←河道変遷のシナリオ

←現地観測

## 〈1997河川法改正がもたらした研究者の意識変革〉

・河川整備基本方針+河川整備計画

↑  
社整審河川分科会 流域委員会

治水計画論(確率年, 基本高水・計画高水流量)+政策  
20~30年で実施する計画・既往最大を対象降雨

・「河川環境」(→流域環境)への着目

←1994 IAHR(Habitat Hydraulics)

←1995 河川生態学術研究会・水源地生態研究会→応用生態工学会  
[土木学会・生態学会]+[国交省]+[コンサル技術者]

・河川災害の調査

基礎実験・数理解析→現場(フィールド)・数値解析

・土木学会水工委に河川分科会

「新しい河川整備・管理の理念とそれを支援する河川技術」

↑  
官(行政)・学(学術)・民(技術)連携

## 河川水理学の発展

・河川環境への関心

河川生態学・生態水理学 → 応用生態工学会  
開水路水理→移動床水理→生息場水理

・フィールド研究←現場での水理計測

←数値シミュレーション

・河川災害調査の活発化

・河川分科会・河川技術シンポジウム  
官・学・民の参加

治水・利水・環境にかかわる水工技術

←なお求められる「進化」

↑  
現地計測・数値解析

←マニュアル, OJTの弊害

### それまでの水理・水工学

・基礎理論・実験 → 乱流/流砂・移動床過程の機構解明(記述)

↑  
流体力学等基礎学術の学習

〈2015名大退職など〉

## 豪雨・洪水災害の頻発・激甚化

↑↑ 直感的に治水~水防災連携が不十分 ←実証

「河川技術」(水系治水)の正統化 ←正当な理解  
↓↑  
「水防災」との連携

### ○学・技術・行政の連帯

学 : 水文学, 水理学, 河川工学  
技術・行政: 計画, 設計, 工事, 管理

「連帯」のための *Knowledge Minimum* (河川工学)は?

一連の現象(素過程の一連性) ←学

気象→降雨→流出→河川水理→氾濫

一連のミッション ←行政・技術

計画→設計→工事→維持管理 → 水防災計画→リアルタイム水防災)

水系治水(ハード)

水防災(ソフト)

専門性

再編成

総合性

ミッション	学	水系治水			水防災	
		計画	設計	工事 供用・維持管理	計画	実施
素過程					→	
気象	気象学	気候変動			気象・降雨型	気象観測
降雨	降雨予測 水文統計	計画雨量		雨量観測	想定外力 (L1, L2)	降雨予測
流量	流出解析	計画流量 洪水調節	ダム	洪水流観 防災操作 貯水容量・堆砂対策	想定外力	洪水予測
水位	河川水理	計画高水位	河道	水位観測 痕跡水位調査	タイムライン	洪水予測 避難勧告
	破堤機構		堤防 護岸・水制	水防重点箇所 (脆弱さ指標)	破堤想定	水防活動
氾濫	氾濫水理	費用便益解析			ハザードマップ	避難対象 避難所

### ★技術体系

←官・学・民連携  
水系治水計画→設計→工事→維持管理→水防災計画→リアルタイム水防災

↓  
次世代養成・一連のミッションの連携→豪雨・洪水災害の克服  
(OJTに加えて)

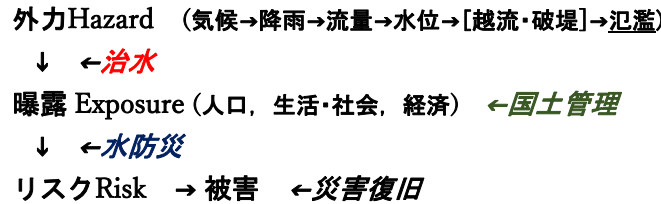
# 災害事例

・とりあげる災害事例 ←2000年東海豪雨以降の洪水災害

- ・整理項目
  - 年月, 外力(気象型→雨量)
  - 被災地(水系/河川形態)
  - 被災形態
  - 被害規模
  - 素因

「課題」→「対応」

## 災害の仕組み



## 2000年以降の豪雨・洪水災害

- 2000 東海豪雨(恵南豪雨)→庄内川～新川破堤, 矢作ダム但書放流
- 2002 大垣市浸水←大谷川洗堰越流
- 2004 台風10個の来襲:
  - 新潟・福島豪雨(刈谷田・五十嵐川破堤), 福井豪雨(足羽川破堤)
  - 台風21号(紀伊半島大水害, 宮川), 台風23号(由良川・円山川破堤)
- 2005 ハリケーンカトリーナ
- 2008 金沢浅野川水害, 神戸都賀川水難事故, 岡崎豪雨(伊賀川)
- 2009 台風18号→三河湾高潮
- 2011 台風12号紀伊半島大水害(深層崩壊, 熊野川水害), 台風15号庄内川洪水
- 2012 九州北部豪雨(矢部川破堤)
- 2013 淀川洪水(嵐山冠水, 日吉ダム異常洪水時防災操作, 瀬田洗堰全閉)
- 2014 広島土石流災害, 梨子沢土石流
- 2015 鬼怒川水害
- 2016 台風複数個が東北・北海道を襲う 破堤頻発
- 2017 九州北部豪雨(筑後川右岸支川土砂氾濫)
- 2018 西日本豪雨→小田川破堤・真備町浸水, 肱川水系ダム異常洪水時防災操作, 長良川出水・津保川水害
  - 台風21, 24号による大阪湾・伊勢湾の高潮
- 2019 台風15号(房総半島台風)
  - 台風19号(東日本台風)→千曲川破堤ほか全国で多数の河川の破堤氾濫
- 2020 7月梅雨前線→球磨川氾濫, 江の川氾濫, 最上川氾濫

## 災害の激甚化をもたらしたもの [←個々の災害事例]

- ・想定外外力(確率的・気候変動)
- ・曝露量・形態[土地利用/社会・生活様式]の変化
- ・治水計画の不備
- ・施設整備の進捗遅れ
- ・治水施設の設計の不適切さ
- ・維持管理の不徹底
- ・管理(直轄・指定区間/内水・外水)の連携不徹底 [計画・設計/管理]
- ・治水整備状況の水防災体制への周知不徹底
- ・水防災計画(ハザードマップ・タイムライン・避難等施設)の不適切性
- ・水防災情報(降雨・洪水情報/避難情報)
- ・水防活動
- ・避難行動(市町村の誘導→市民の対応)
- ・応急復旧(荒締切・排水・緊急復旧)
- ・ . . .

↓  
課題認識: 委員会, 訴訟

↓  
提言→アクションプラン→法改正・計画改訂/技術革新 研究推進

↓  
対応の実施 進捗(output) 評価  
効果(outcome)

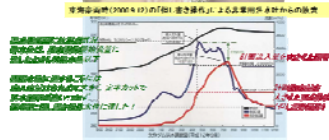
## 頻発する災害に誘導された提言・施策

~整理中~

- 2000東海豪雨 →都市型水害対策 恵南豪雨→矢作ダムの但書き操作
  - 都市型水害対策→「特定都市河川浸水対策法」2013
  - 堰堤改良事業→常用洪水吐改良, 貯水池排砂
- 2004台風10個上陸 破堤
  - 「豪雨災害対策アクションプラン」
  - 「総合的な豪雨災害対策の推進」 ~ソフト体制とハード整備の連携
- 2008浅野川水害ほかゲリラ豪雨の頻発
  - Xバンドレーダ設置 XRAIN配信
- 2012九州北部豪雨
  - 「河川管理者のための新党・侵食の関する重点監視の手引き(案)」
  - 「想定最大規模降雨」L2→浸水想定
- 2015鬼怒川水害(破堤・大規模氾濫)
  - 「気候変動を踏まえた水災害対策の在り方」(適応策)
  - 「水防災意識社会の再構築」, 「大規模氾濫減災協議会」
  - C-MPレーダ
- 2018西日本豪雨災害 大規模浸水(←破堤), ダム緊急放流
  - 「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」
  - 「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に向けて」
- 2019台風15・19号(東日本豪雨)
  - 「治水協定」, 「流域治水」

**激甚災害の特徴：**

- ・ **治水施設の破綻**  
破堤・ダム**の異常洪水時防災操作**
- ・ **複合水害**（直轄・指定区間／内水・外水）
- ・ **同時多発 緊急対応の困難さ**
- ・ **避難遅れ**  
←情報の精度（降雨・洪水）  
←情報伝達（気象・河川情報→市町村・住民）  
←避難情報（市町村→住民／発令・伝達）  
←避難行動  
←災害弱者
- ・ **被害の拡大 都市型水害**
- ・ **救援・支援の困難**



②内水災害—雨水排除インフラ機能の破綻  
ポンプ場の排水能力を上回る水（集中豪雨のほか、排水区域外からの流入）  
ポンプの機能不全による被害の増加  
ポンプ運転調整



- ・ **大型台風**
- ・ **線状降水帯**
- ・ **ゲリラ豪雨**

**治水施設の破綻** ←破堤・ダム**の但書き操作**（異常洪水時防災操作）

- ↑  
**整備水準を超える外力**（降雨→流量→水位）で被災  
計画が適切か？  
基本方針・整備計画 ←計画規模・対象降雨  
気候変動  
計画の途中段階 ←整備に時間がかかる  
整備順序の適正・事情？  
進捗遅れ  
未整備残余への対応 代替（ハード、ソフト）

**整備水準を超える時への対応が不適切**

- ダム：操作規則（整備段階での対応規則）  
異常洪水時防災操作但書き操作 →危険周知  
水防体制  
工法

- ↑  
整備水準の周知

**整備水準以下の外力で被災** →（あるべき）整備水準での安全度が確保できていたか？

- 設計上の課題（手法／過誤）  
維持管理の不徹底（点検／対応）  
ダムの操作規則 **あるべき**

★**基本方針と整備計画の相違**

基本方針 ←社会資本整備審議会（全国的視野）

計画規模

- ↓ ←累積分布のあてはめ ←一雨流域平均累積雨量の年最大値の統計解析
- 計画雨量（一雨流域平均累積雨量）
- ↓ ←実績降雨の引き伸ばし
- 計画対象降雨（ハイレト）
- ↓ ←流出解析
- 基本高水（基準点ハイドロ）
- ↓ ←様々な手法と比較／既定計画踏襲
- 基本高水ピーク流量＝計画高水流量（河道分担）＋洪水調節流量（想定ダム）
- ↓ ←水理解析
- 計画高水位HWL＞計算水位

整備計画 ←基本方針への途中段階、20～30年で達成 ←「流域委員会」等

- 対象降雨←既往最大など代表的洪水 対応確率規模
- ↓ ←流出解析
- 基本高水・基本高水ピーク流量
- ↓ ←計画時の治水整備での河道水位計算
- 流下能力不足（計算水位＜HWL）
- メニュー提示：洪水調節／河道整備／堤防整備

- ・費用便益分析
- ・ストレスチェック←リスクカーブ（外力規模～被害額）

被災実績値と計画値の比較

雨量 → 基本高水ピーク流量 → 基準点流量  
計画対象降雨型

- ・ **実績値＞計画値** →洪水調節施設の未完成（整備途上）  
ダム操作運用（河道整備途上）  
→ **計画の見直し**（基本方針・整備計画）

・被災実績降雨＜計画降雨にもかかわらず治水施設破綻の危険

- 被災実績水位＞HWL（無害水位）→破堤の危険  
↑  
治水整備（ダム／河道・堤防）が途中段階  
→その時点での治水安全度（洪水調節能、河道流下能力）  
↑  
維持管理

- 洪水調節容量不足 →異常洪水時防災操作（流入=放流にすりつける）  
↑  
貯水池維持管理  
↓  
流下能力超過の河道区間の出現 →破堤の危険  
運用操作規則←下流河道の工事進捗遅れ

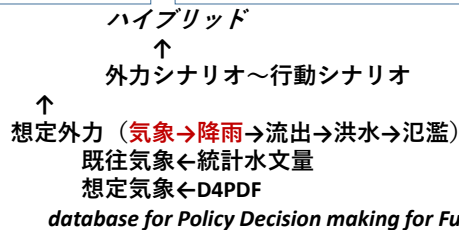
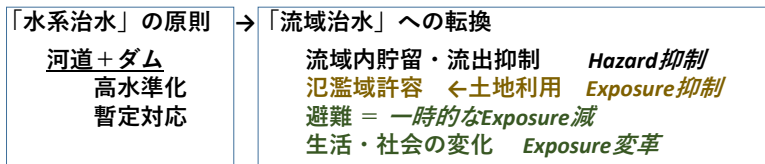
その時点での「治水安全度」の評価の周知  
・洪水調節の限界  
・河道流下能力（洪水安全疎通）

→工事進捗促進・ソフト体制強化

## 気候変動

- ・着実な温暖化とそれによる気候変動の発現～極端現象 ←Mitigation (低炭素社会)
- ↓
- ・豪雨→洪水の頻繁化, 激甚化  
低頻度極端現象の出現 ←確率的  
極端現象の出現頻度の増加 ←確率分布の変化←気候変動 (平均値, 分散の増大)
- ↓
- ・治水・水防災の対象外力が増加 →治水・水防災目標の強化 ←Adaptation

## 対応

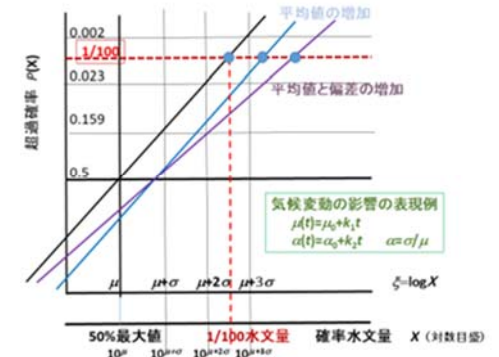


## 計画規模

確率規模 ←既存データにもとづく推計 ←定常な統計母集団  
→「合意」……「約束」  
↑  
温暖化による変貌

気候変動に関する科学的議論  
←温暖化シナリオ+GCM(全球)→ダウンスケーリング

↓  
アンサンブルデータ  
↓  
D4PDF Database for Policy Decision for Future climate change



従来の計画手法  
↓

流域平均累積雨量  
↓ 引き延ばし 時空間情報  
計画対象降雨 (時空間)  
↓  
流出解析・水理解析  
↓  
基本高水→基本高水ピーク流量  
↓  
流域治水+水系治水

## 堤防災害

流下能力(安全に流せる流量) ←洪水調節

流量に見合った水位 ←流下阻害による水位上昇  
・河積阻害 ・抵抗(樹林等) ・局所的水位上昇(背水, 湾曲等)

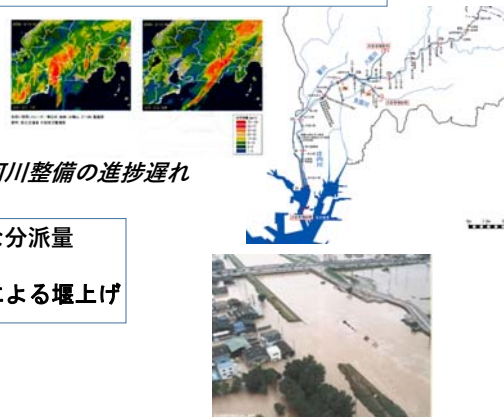
安全な洪水疎通 = [天端—余裕高] 以下の水位での洪水の安全な流下  
←堤防断面 (定規断面) + 照査要件 (耐浸透, 耐洗堀)

## 庄内川

### 2000.9 東海豪雨

庄内川下流部で軒並みHWL超過←河川整備の進捗遅れ  
新川破堤

大流量 ←庄内川からの過大な分流量  
↓  
高水位 ←橋脚(阻害構造物)による堰上げ



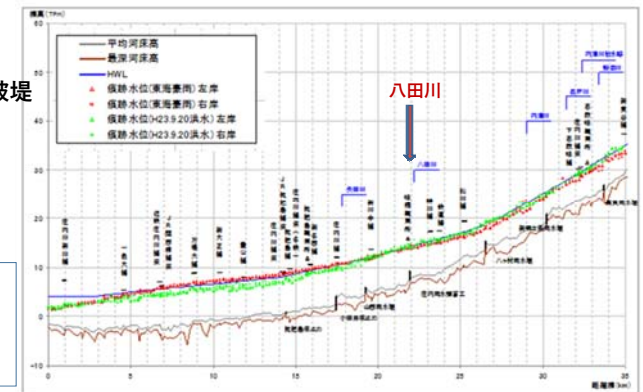
## 庄内川

### 2000.9 東海豪雨

下流部で軒並みHWL超過  
新川への過大な分派→新川破堤  
←河川整備の進捗遅れ

↓  
激特  
河川整備基本方針  
整備計画

洗堰改築  
(新川分派流量の軽減)  
下流部から河川改修  
(主として河道掘削)



### 2011年洪水 (同規模流量)

下流部痕跡<HWL←河川改修  
上流部痕跡>HWL  
志段味で越流  
八田川背水で越流  
新川への過放流

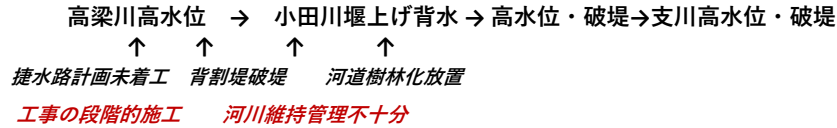
上流部未改修  
河道維持管理の不徹底



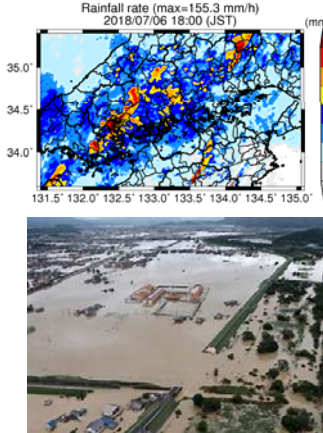


# 高梁川・小田川

2018.7 西日本豪雨



## 「防災・減災 国十強靱化のための3か年緊急対策」



# ★ダムの計画

基本方針 基本高水ピーク流量=洪水調節流量+計画高水流量(河道分担)

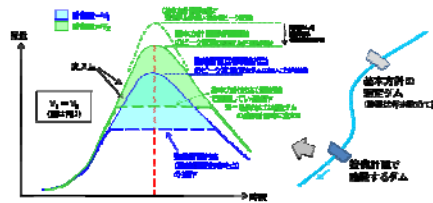
洪水調節容量 河道限界流量

ダム地点: ダム地点計画高水ハイドロを最大放流量までカット → 洪水調節容量 (+2割余裕)

計画基準点: 基本高水ピーク流量を計画高水量までカット

ダムを想定して試算

整備計画 ← 既存・計画ダムを治水計画に位置付け



基本方針と整備計画で洪水調節容量は同じで最大放流量が違う

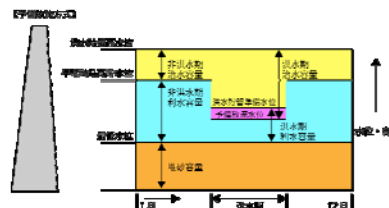
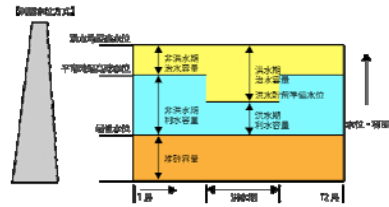
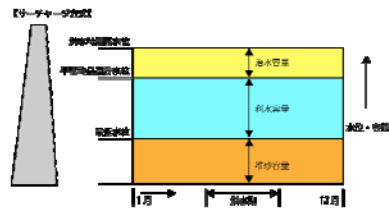
整備計画では、(対象ハイドロが小さい) 最大放流量が小さい (河道の器が小さい)

新規ダム 予備調査 → 実施計画調査 → 実施設計 . . . .

多目的: 洪水調節容量+利水流量=有効貯水量 + 計画堆砂量=総貯水容量

# ★多目的ダムの運用

設計洪水水位	設計最高水位
サーチャージ水位	洪水時最高水位
常時満水位	平常時最高貯水位
洪水期制限水位	洪水貯留準備水位

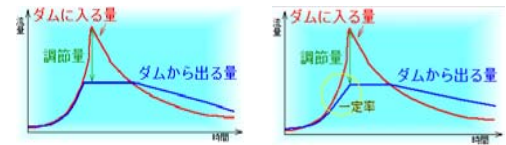


洪水調節操作	防災操作
ただし書き操作 (ダムの容量を使い切る場合)	異常洪水時防災操作
ただし書き操作 (ダムの機能を有効に活用する場合)	特別防災操作 (被害軽減) 特例操作 (渇水対応等)

# ★ダムの操作

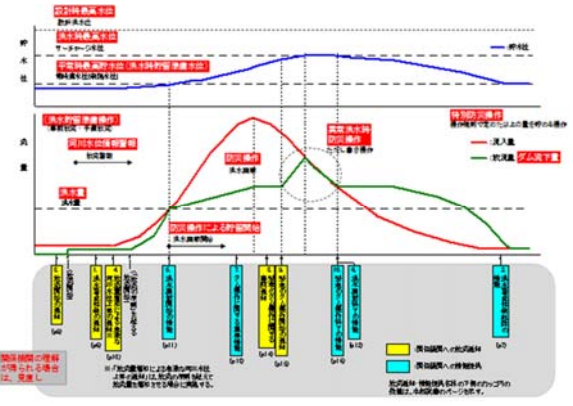
操作規則

- ↑
- ・計画
- ・整備の進捗
  - 下流河道の整備に応じて 洪水調節開始流量, 最大放流量 → 洪水調節容量の「目減り」
  - ↑
  - 現況治水施設の能力の認知・周知



防災操作

- 整備の進捗に応じて、洪水調節開始流量, 最大放流量が見直されている。 ← 洪水調節能を認識しているか？
- ・通常操作
  - ・異常洪水時防災操作
    - 流入量を放流
    - 計画最大放流量を超える放流
    - ↓
    - 下流河道水理状況
  - ・特別操作
    - 事前放流
    - 洪水貯留

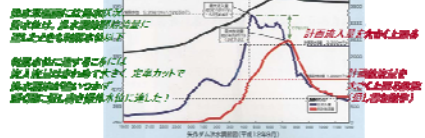


2000.9 恵南豪雨 矢作ダム「但書き放流」

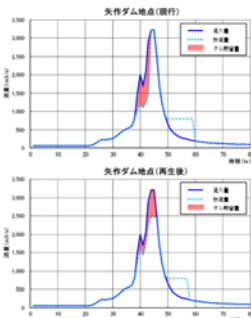
2017年度に矢作ダム再生事業  
新規事業採択時評価を実施



東海豪雨時(2000.9.12)の「但書き操作」による非常用洪水吐からの放流



- ・事前放流の検討
- ・堆砂対策
- ・基本方針(2006), 整備計画(2008)
- ・洪水吐増強

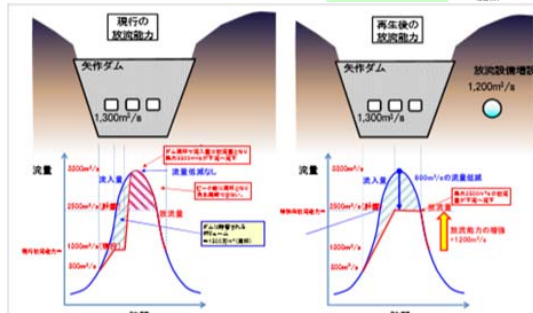


但書き放流

←洪水調節容量の不足

←工事実施基本計画

- ・流入量が大
- ・放流量が小さい
- 操作規則規則の計画放流量が小さい
- 下流河道の流下能力が小さい
- 放流開始が遅い ← 濁水状況
- 洪水開度が追いつかない
- 洪水吐の放流能力不足
- ・洪水調節容量の減少 ← 堆砂



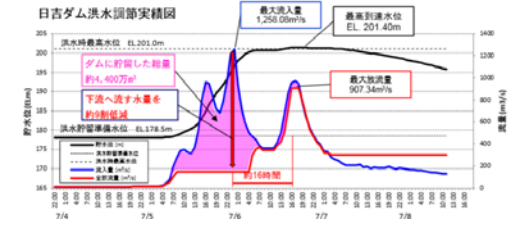
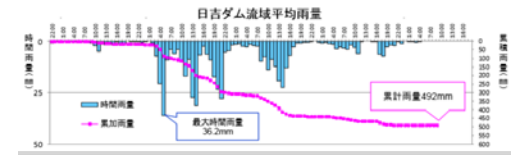
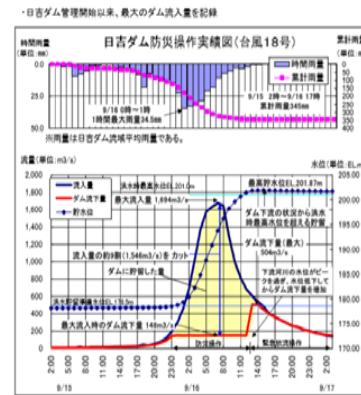
淀川水系桂川 日吉ダムの操作

2013年9月18号台風

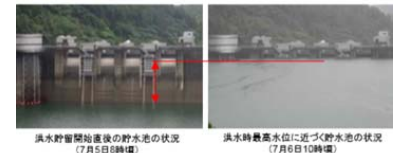
2018年7月西日本豪雨

嵐山~下流の河道掘削・床固撤去

台風18号の降雨に伴う日吉ダム防災操作について



確率年100年対応では300m³/秒からの定率, 500m³/秒の一定量放流  
確率年で20年相当暫定運用では150m³/秒の一定量放流



★維持管理

1. 河川維持管理

- (1) 河川維持管理計画・維持管理目標 ← 整備計画・整備進捗(改修)  
現在得られている治水能力(計画・工事進捗)を評価してそれを維持
- (2) 河川(河道・堤防・河川構造物)の維持管理 ← 設計との連携  
河道 ← 流下能力[堤防天端高一余裕高] ← 河積・抵抗(樹林化), 堤防御ライン  
堤防 ← 耐浸透・耐侵食・(耐越流) ~ 変状 ← 洪水・樹木  
護岸 ← 河床低下  
樋門・樋管 ~ 堤防変状  
現場での「目視」が主体 ~ 機能評価にどう結び付けるか
- (3) 平常時点検 巡視 → 点検 → 評価  
a異常なし, b要監視段階, c予防保全段階・詳細点検, d措置段階
- (4) 洪水前巡視 ← 水防重点箇所  
例: 堤防脆弱さ指数 ↔ 堤防照査(設計)
- (5) 出水時の管理  
出水時巡視 → 水防活動(体制・広報) ← 水防警報(基準水位観測所, 危機管理型水位計)  
出水時樋門等操作  
洪水流量観測  
治水計画にどう反映させるか
- (6) 出水後・洪水痕跡調査 ・氾濫域被害調査
- (7) 緊急復旧: 荒締切・排水・応急復旧 ← 堤防決壊シミュレーション  
個別の災害・復旧事例に役立っているか?

(8) 本復旧 ← 災害査定

2. ダムの維持管理

- (1) 洪水調節容量 ← 堆砂進行・堆砂対策
- (2) 洪水吐

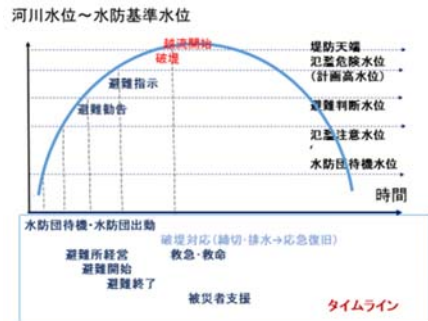
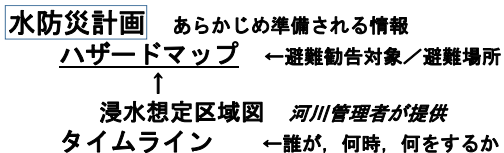
近年頻発する豪雨・洪水災害に関わる維持管理の課題

- ・河道維持管理  
樹木・土砂堆積による高水位  
点検評価に問題はなかったか?
- ・堤防等構造物(護岸・水制)維持管理  
点検評価で異常個所の見落としが被災につながっていないか?  
↓  
(破堤や重大な損傷)  
どの段階での見落としか?  
評価の不適切?  
対応(補修等)の遅れ?... その理由 技術・予算  
(河川整備との関連... 手戻り?)
- ・維持管理 → 設計 → 計画へのフィードバックができていない
- ・水防活動  
資材の配備/人員手配(組織)
- ・破堤対応が適切だったか?  
応急復旧資材・機材・人員配備など ← アクセス(経路)  
破堤シミュレーションが役立ったか?  
災害復旧計画 ← 災害査定

# ★水防災

- ・洪水調節・排水樋門／排水機場運転
- ・水防
- ・災害対応(復旧・復興)

## ・避難



## リアルタイム水防災(水防災計画の実施)

タイムラインの相対時刻→絶対時刻

★リアルタイムリアルタイム観測

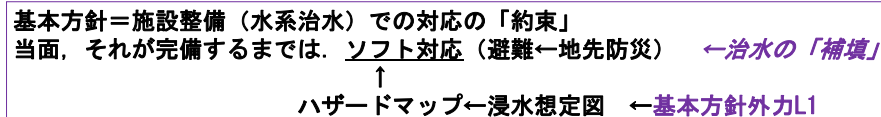
雨量←XRAIN

水位←基準水位観測所, 危機管理型水位計 →リス

水位情報(水位との関連付け～氾濫危険水位など)→タイムライン発動

★予測 降雨予測(雨量予測) : 6時間予測, アンサンブル予測  
洪水予測(水位予測) : 流出解析+水理解析 + データ同化(時空間)

# 水防災における想定外力



大規模氾濫の頻発とそれによる犠牲者増  
 鬼怒川水害  
 西日本水害→真備町

「想定外」?の浸水 ←どうい事情か?

- ・外力の過小評価によるものか? ←確率規模・気候変動
- ・よりセンセーショナルな氾濫想定

←「危機管理」

## 「想定最大規模」L2豪雨による浸水想定

↑  
「水防法」で規定

浸水想定

- ・地域(流域)によっては確率的に稀な事象
- ・流域平均累積雨量を計画対象降雨パターンで引伸ばし
- ・個別の流域ごとに対象降雨パターンが異なる.
- ・氾濫域が重複

# ★L2 浸水想定

## L2想定最大規模降雨

水防法改正 2015

当該河川に過去に降った雨だけでなく近隣の河川に降った雨が当該河川でも同じように発生すると想定 →日本を降雨の特性が似ている15地域分割, それぞれで過去に観測された最大の降雨量により設定

対象流域平均雨量として, 各小流域のハイトグラフを引延し

↓  
流出解析・水理解析

↓  
越流・破堤シナリオ→氾濫計算

これまでの治水の基本方針の計画対象降雨を対象にした流量を現在の整備状況下で河道に流下させ, これまでの浸水想定(計画外力L1対象)と同じ手法で計算

1) 浸水想定区域図←最大真水深のオーバーレイ

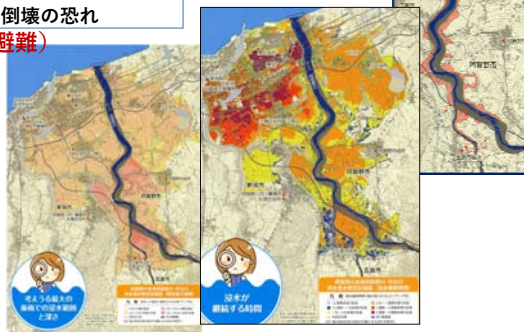
2) 浸水継続時間←浸水深0.5m以上の継続時間

3) 家屋倒壊等氾濫想定区域図

←氾濫流または河岸侵食で家屋流失・倒壊の恐れ

→2), 3) については水平避難(事前避難)

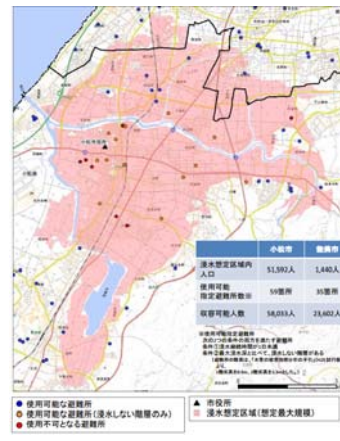
阿賀野川の例



## 手取川・梯川流域のそれぞれの想定最大規模降雨(L2)の浸水想定で使用可能な避難所

梯川流域のL2対応避難所が, 手取川流域のL2による氾濫で使用不可!

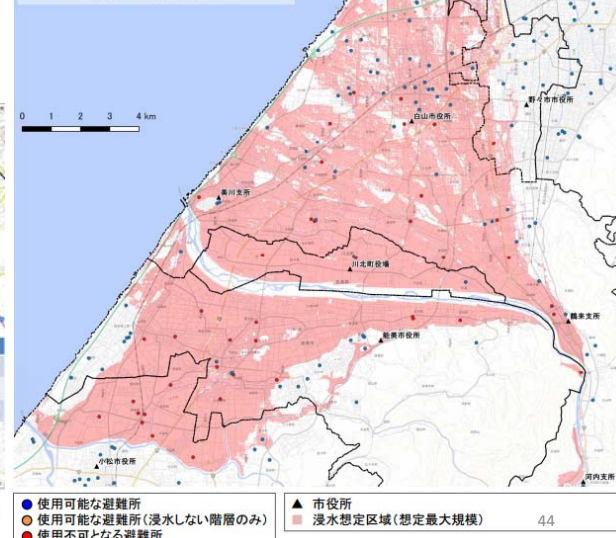
北陸地整金沢河川国道事務所提供



	金沢市	小松市	白山市	能美市	野々市市	川北町
浸水想定区域内人口※1	9,920人	13,983人	75,769人	29,555人	6,054人	6,114人
使用可能指定避難所数※2	208箇所	59箇所	71箇所	21箇所	9箇所	2箇所
収容可能人数	247,687人	51,462人	29,970人	12,520人	4,430人	870人

※1: 浸水想定区域内人口  
 床上浸水深(0.5m未満)の範囲についても計上

※2: 使用可能指定避難所  
 次の2つの条件の両方を満たす避難所  
 条件①浸水継続時間が1日未満  
 条件②最大浸水深と比べて, 浸水しない階層がある  
 (避難所の階高は, 「水害の被害指標分析の手引」(H25版)を参照)  
 ①階床高を0.5m, ②階床高を3.0mとす。



実学化してきた河川水理学  
精緻化してきた技術力を備えた技術  
開かれてきた河川行政

次から次に来襲する「激甚な豪雨・  
洪水災害」へのスピード感を持った対応

頻発化・激甚化する豪雨・洪水災害の克服は可能か？

NO

技術体系の視点から  
2000以降の災害を総合的に検討  
課題と解決方策（暫定的）

- ・治水施設の破綻
- ・複合災害
- ・水防災との連携
- ・危機管理←シナリオ型

期待

技術体系(一連の素過程と一連のミッション)としての *Knowledge Minimum*  
を共有する技術者集団(官・学・民)の連携