



2021.10.20(水) 15:30~15:50  
土木研究所講演会 一ツ橋ホール

# 構造物の洪水応答から導き出される 点検・評価・対策研究の方向



水工研究グループ  
グループ長 諏訪 義雄



# 河川構造物の洪水応答とは

- ・その他の外的作用
- ・取り巻く諸条件の変化

背景、前提

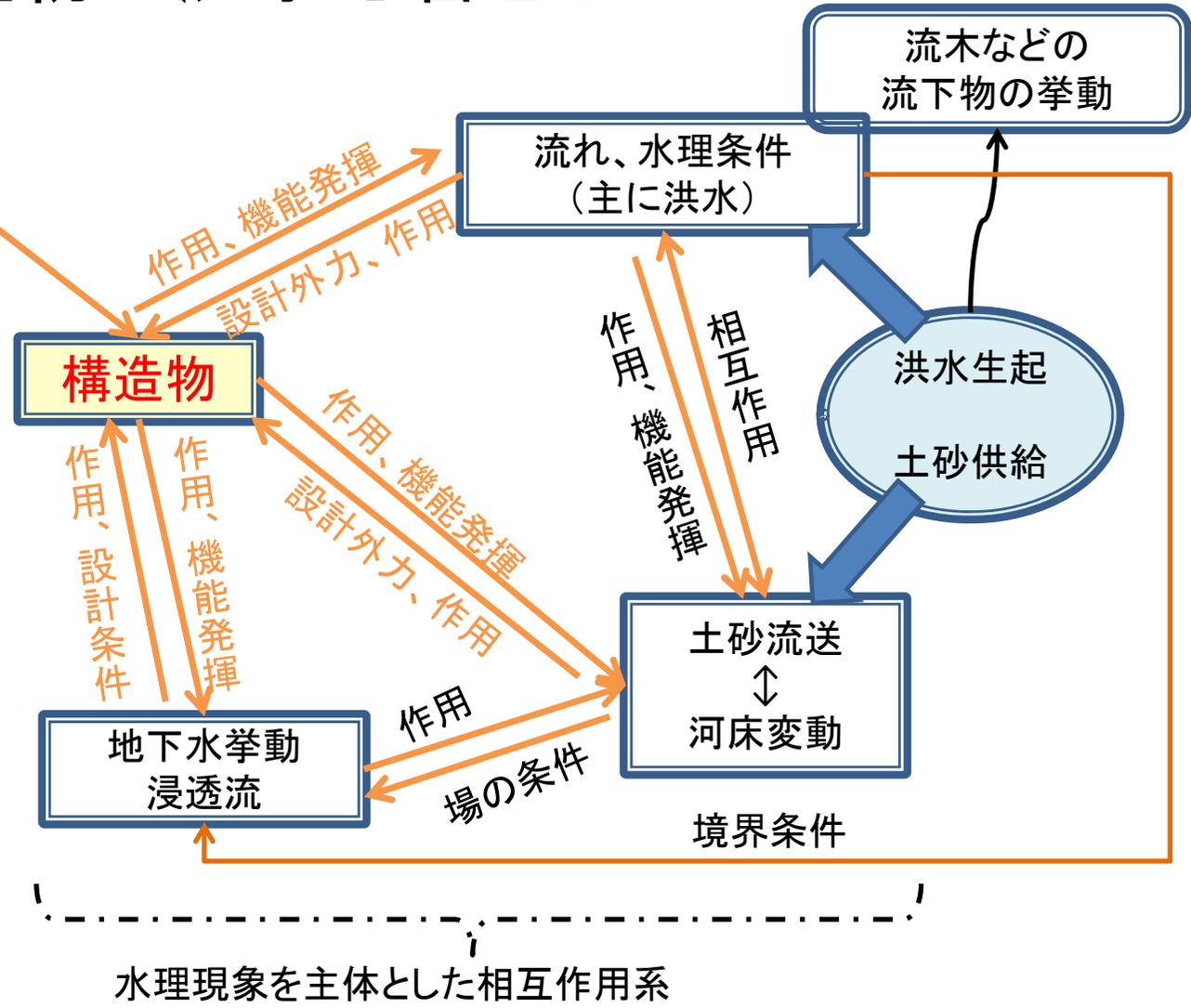
- ・ 河川インフラ整備における役割、位置づけ
- ・ **ニーズの新展開**
- ・ 設置実績と評価の蓄積
- ・ 施工性、投入可能コスト
- ・ 必要な寿命、メンテナンス容易性の確保

諸元・構造

- ・ 種類
- ・ 基本的な構造、諸元、形状
- ・ 使用する材料

設計上の要件

- ・ 所定の性能確保、機能発揮
- ・ これらの経時変化の制御性確保

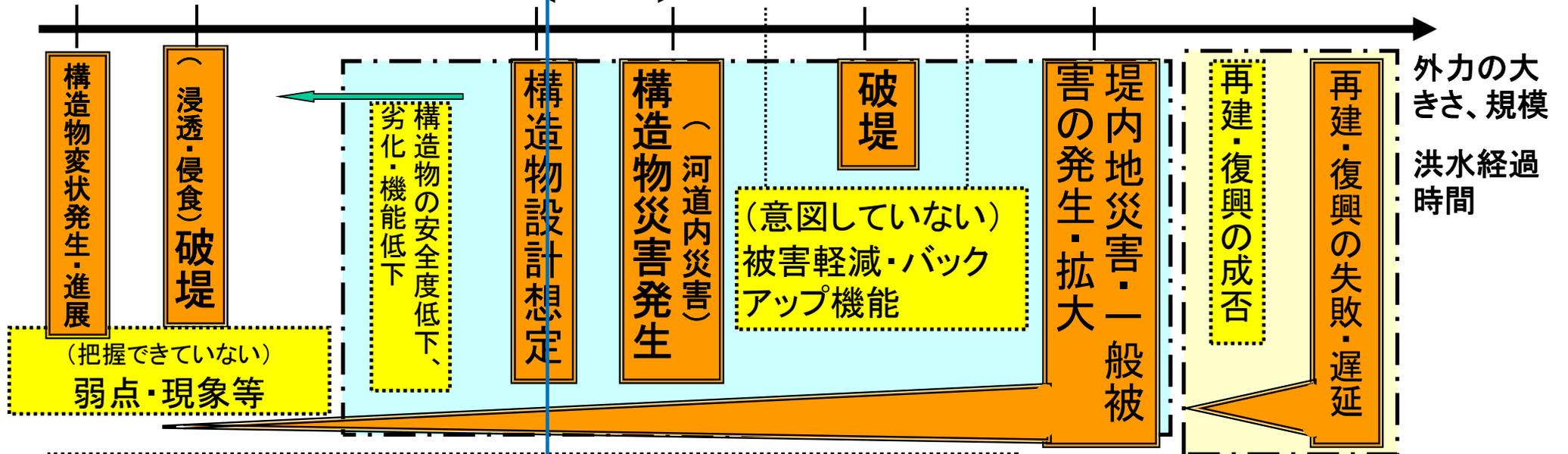




# 構造物の変状から一般被害拡大までの洪水応答

## 施設長寿命化

(安全率、粘り強さ?) ← (粘り強さ、先人の知恵? 安全の予備?) → (迅速な再建・機能回復) (課題克服・成長、復興) →



## 河川管理・施設管理

水防活動  
避難支援

危機管理

被害拡大防止  
2次災害防止  
応急復旧

復旧・復興

災害分析・教訓整理  
インフラ復旧  
再度災害防止・軽減  
再建支援  
復興支援

凡例

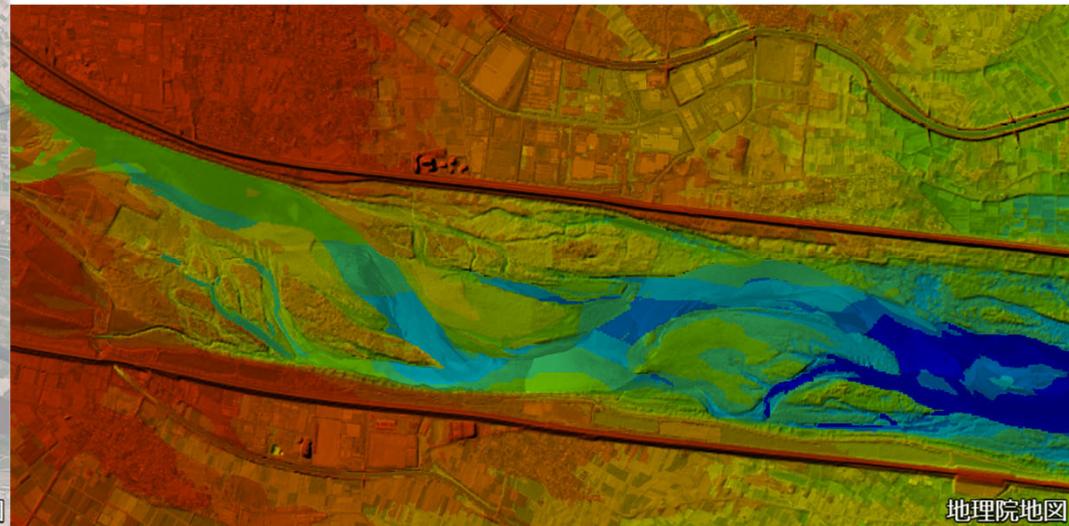
□ : 外力規模、災害の段階

⌋ : 上記をコントロールしている事象

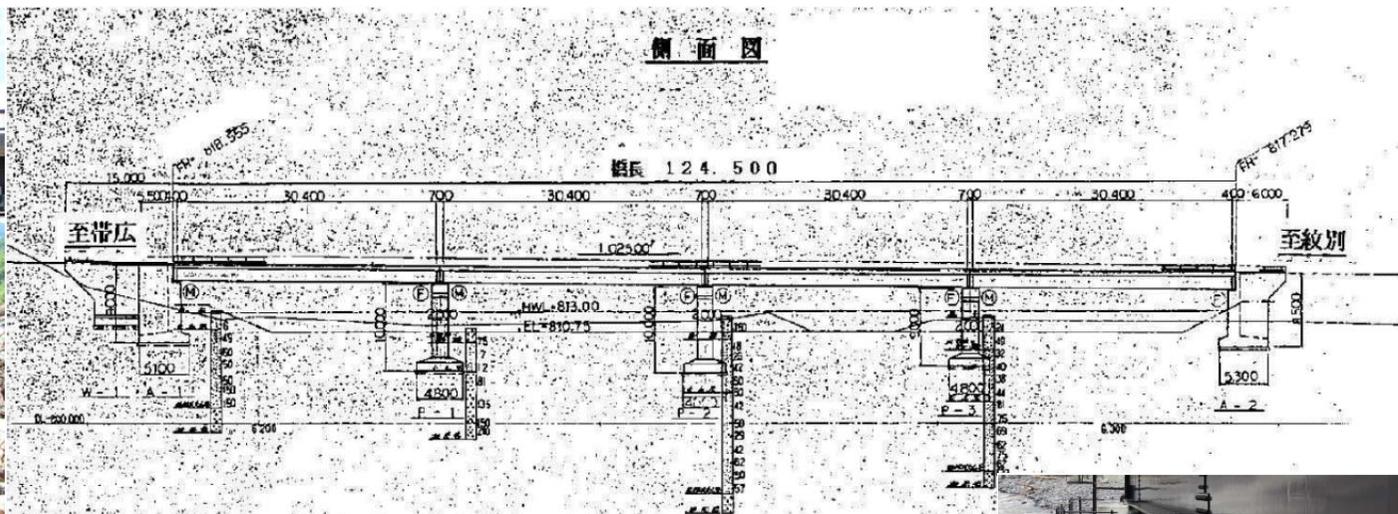
( )



# 3次元地形可視化データの有効性

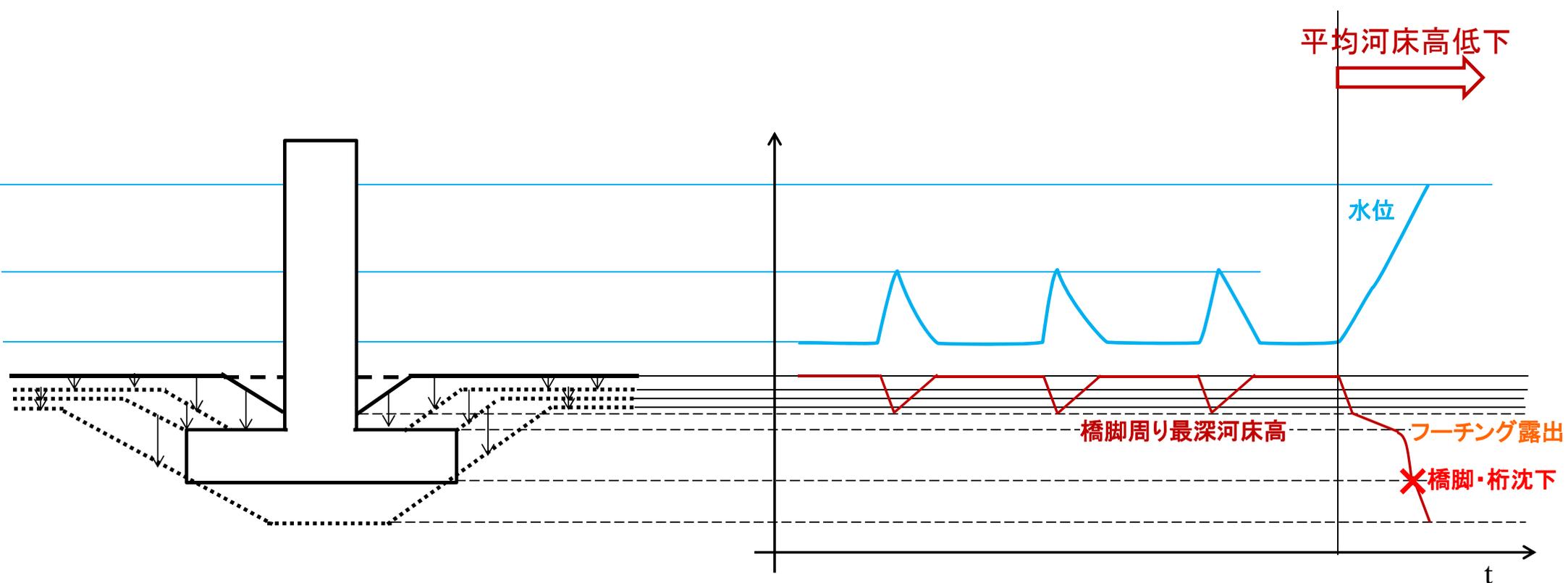


上流部の常時は水がない河床地形は、国土地理院色別標高図(水中3次元データなし)でも彩段図にすることで「洪水応答」に関連が深い地形形成要因(砂州の形成)が理解できる。





# 橋脚・桁沈下 洪水応答(イメージ)

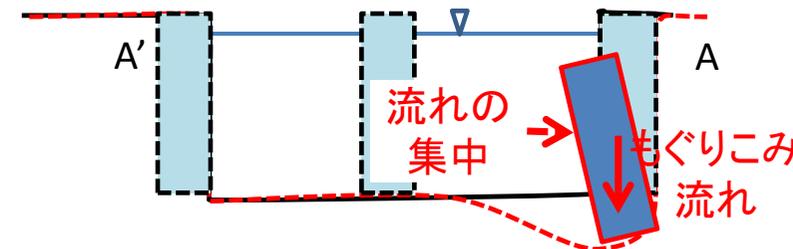
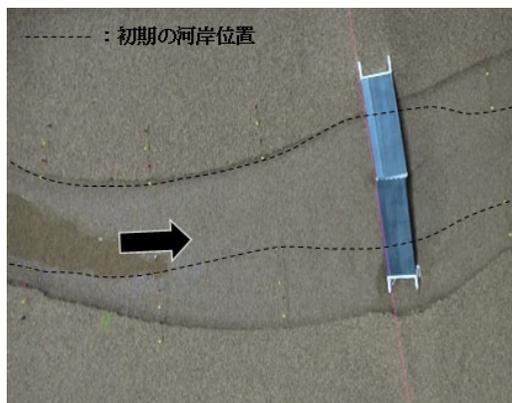
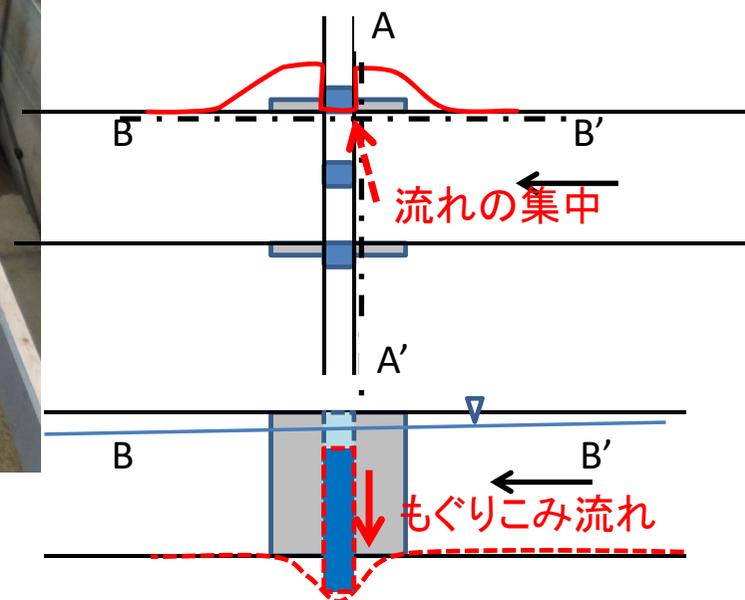
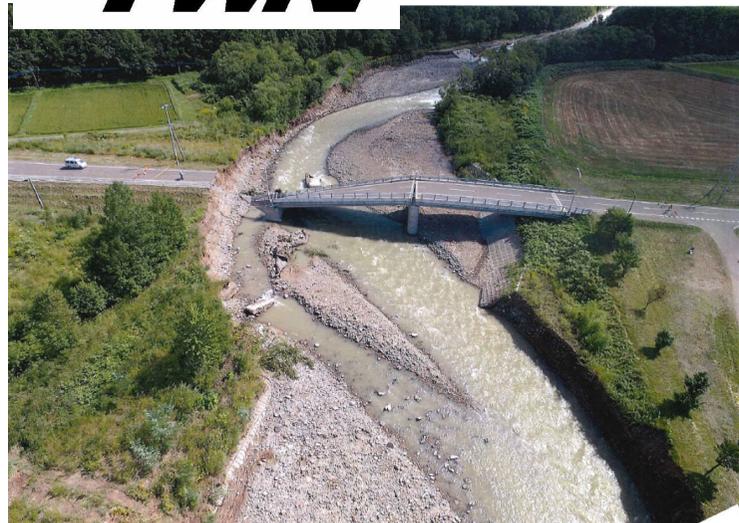




# 侵食に伴う橋台・桁沈下被災 被災前



# 侵食に伴う橋台・桁沈下被災



# 2極化(滯筋だけが河床低下)が疑われる事例

2019年10月 台風19号で被災



写真-7.2.1 災害直後の法雲寺橋の状況 (上流側から撮影)

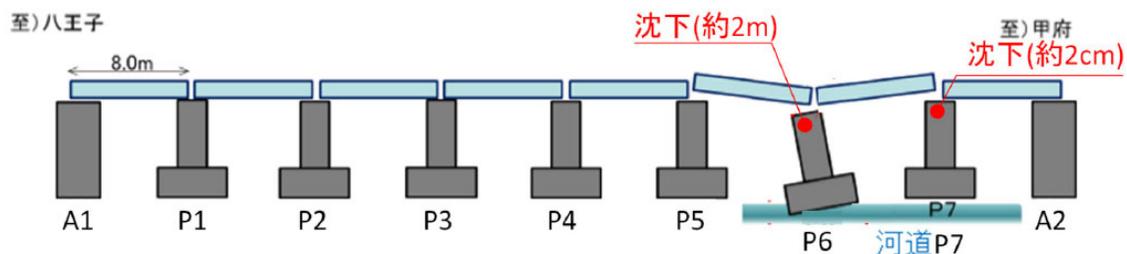
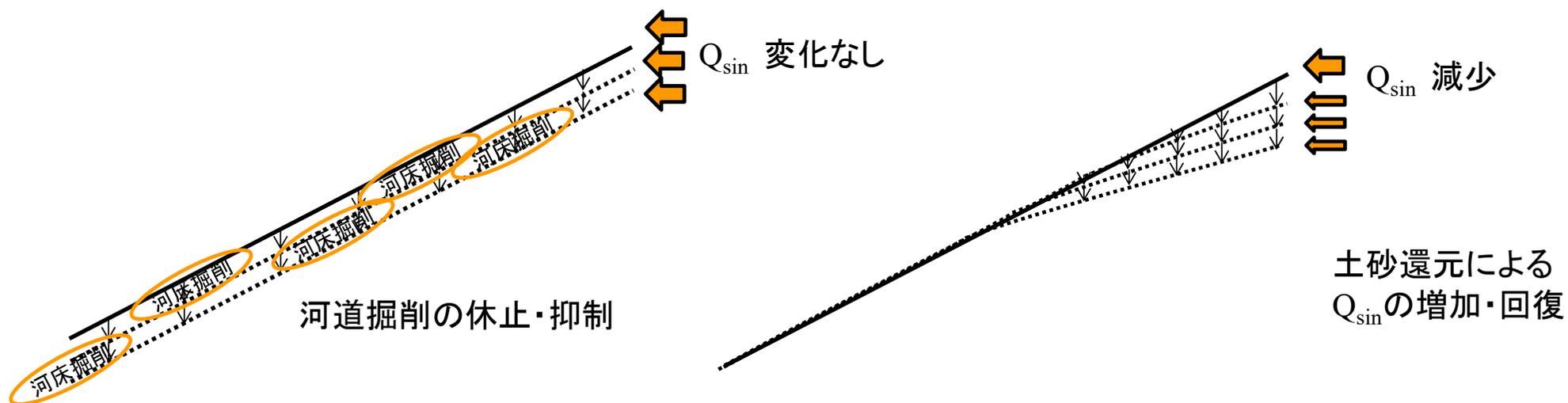


図-7.2.3 法雲寺橋の被害状況【甲府河川国道事務所提供】

出典:国総研資料第1111号 令和元年(2019年)房総半島台風および東日本台風による  
土木施設・建築物等災害調査報告 7.道路の性能に影響を及ぼした被害 p240  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1111.htm>



# ボディ・ブロー洪水応答例 平均河床高低下・河床縦断形変化



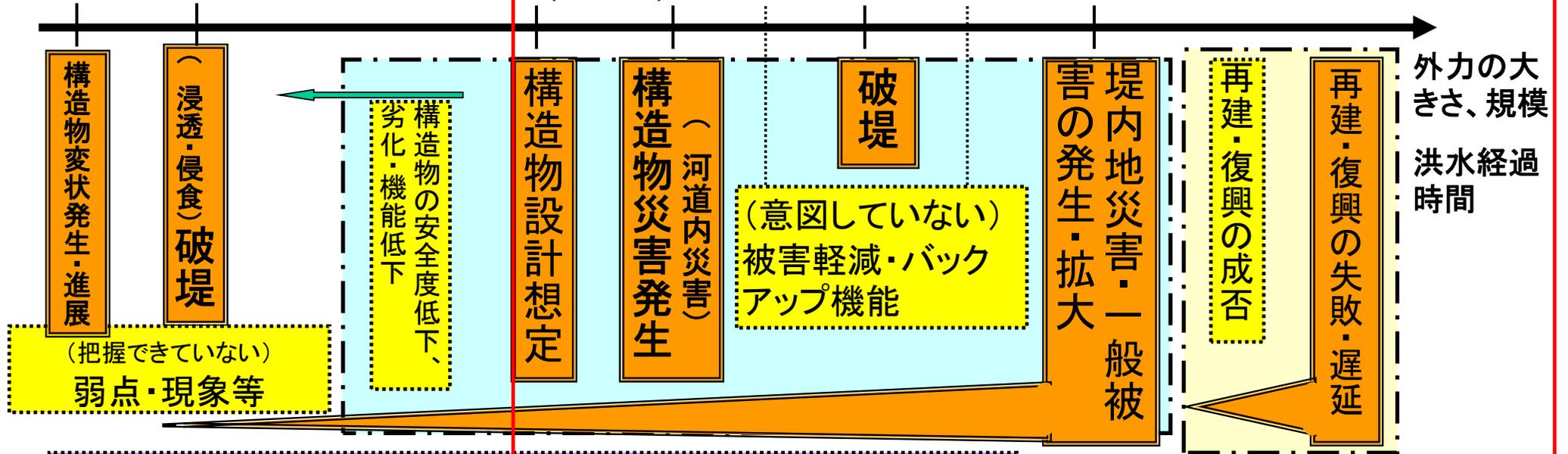
構造物の根継ぎ  
洗堀対策(根固め工)

河床変動予測に基づく監視レベル強化  
構造物の根継ぎ・洗堀対策



# 構造物の変状から一般被害拡大までの洪水応答

(安全率、粘り強さ?) ← (粘り強さ、先人の知恵? 安全の予備?) → (迅速な再建・機能回復) (課題克服・成長、復興)



河川管理・施設管理

水防活動  
避難支援

危機管理

被害拡大防止  
2次災害防止  
応急復旧

復旧・復興

災害分析・教訓整理  
インフラ復旧  
再度災害防止・軽減  
再建支援  
復興支援

凡例

◻ : 外力規模、災害の段階

◌ : 上記をコントロールしている事象

大規模洪水・減災



# 洪水応答知見を活かした対策の分類

## 中小洪水・設計規模以下・施設長寿命化

- 狭義の予防保全 ← 例: ブロック護床工によるフーチング露出の防止
- 広義の予防保全 ← 例: 橋脚根継ぎ、河道整正(法線形変更(湾曲部曲率緩和)による洗堀深軽減・落差工新設による河床縦断形制御)、すりつけ護岸の強化(計画高水位一河岸天端まで護岸・護岸天端に保護工)、土砂還元による縦断形変化低減

- 事後保全 ← 例: 既存施設流失・機能喪失を受けて、新施設に更新・改築
- 減災・大規模洪水対策 ← 例: 橋脚・桁の沈下感知あるいはフーチング部の洗堀センサー連動通行止め装置・警報パトランプ、クリアランス不足・径間長不足橋梁の大規模洪水時流木止め施設としての活用

## 大規模洪水・減災



修善寺橋上流(290km<sup>2</sup>)

- 崩壊箇所数は3500箇所
- 山地崩壊面積3.5km<sup>2</sup>(崩壊面積率は1.2%)
- 山地崩壊からの流出土砂量50万m<sup>3</sup>と推定

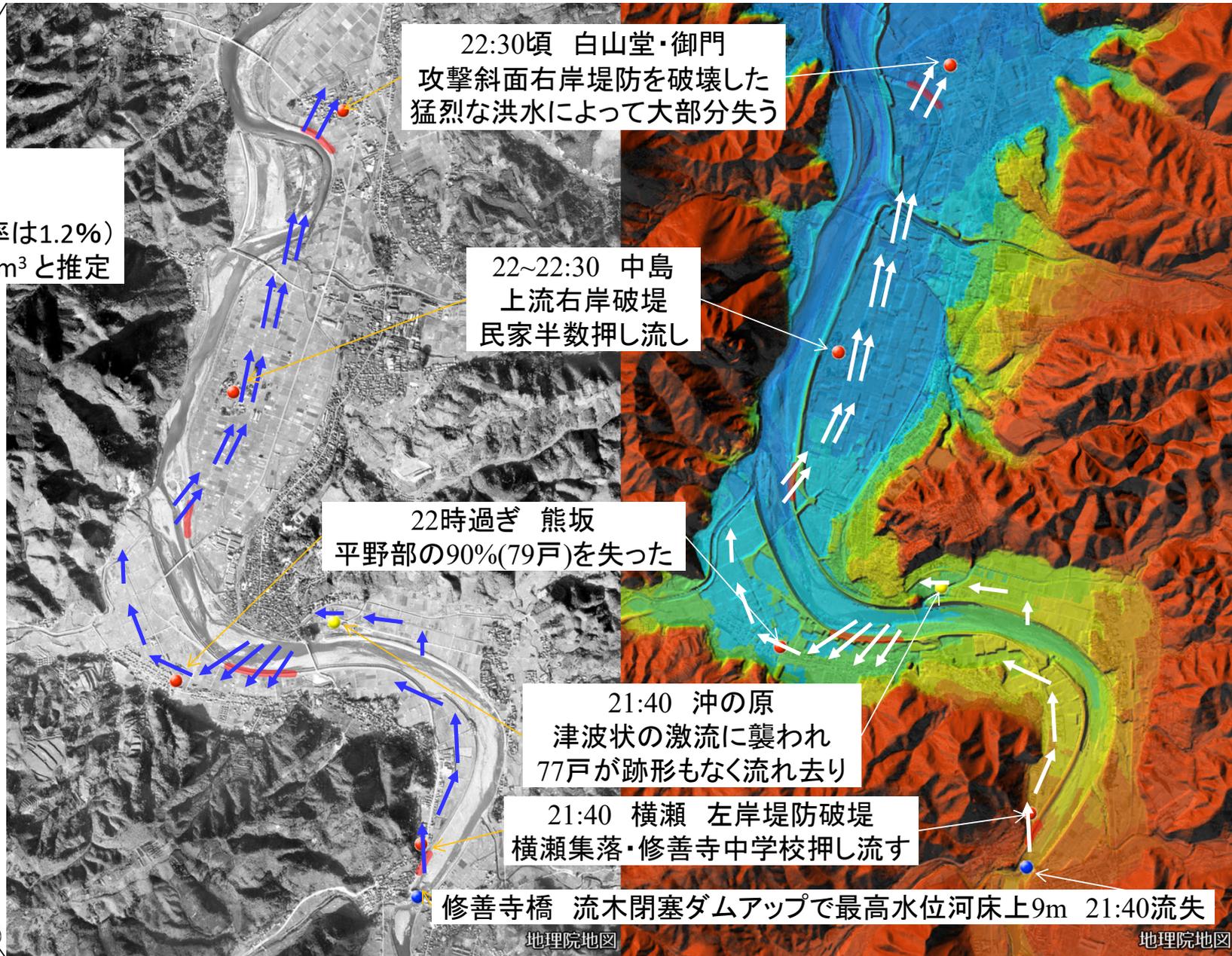
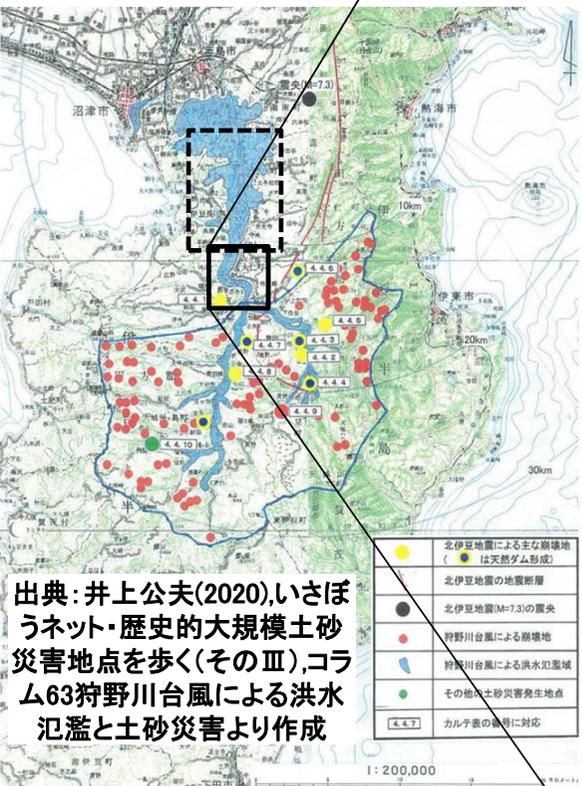


図6 北伊豆地震(1930)と狩野川台風(1958)による崩壊発生位置図  
(国土交通省中部地方建設局沼津河川工事事務所, 2001; 井上, 2003)

被災現地集積流木

米元:  $L_{max}=25\sim4m, D=1.2\sim0.2m$

水山ら:  $L_{max}=16\sim19m, L_m=7\sim9m$

$D_{max}=0.35\sim0.6m, D_m=0.2\sim0.25m$

現地換算

$L=20m, D=0.5m$

$L=20m, D=0.25m$

$L=10m, D=0.5m$

$L=10m, D=0.25m$

クリアランスが小さくなると流木の引っかかりやすさが急激に増大

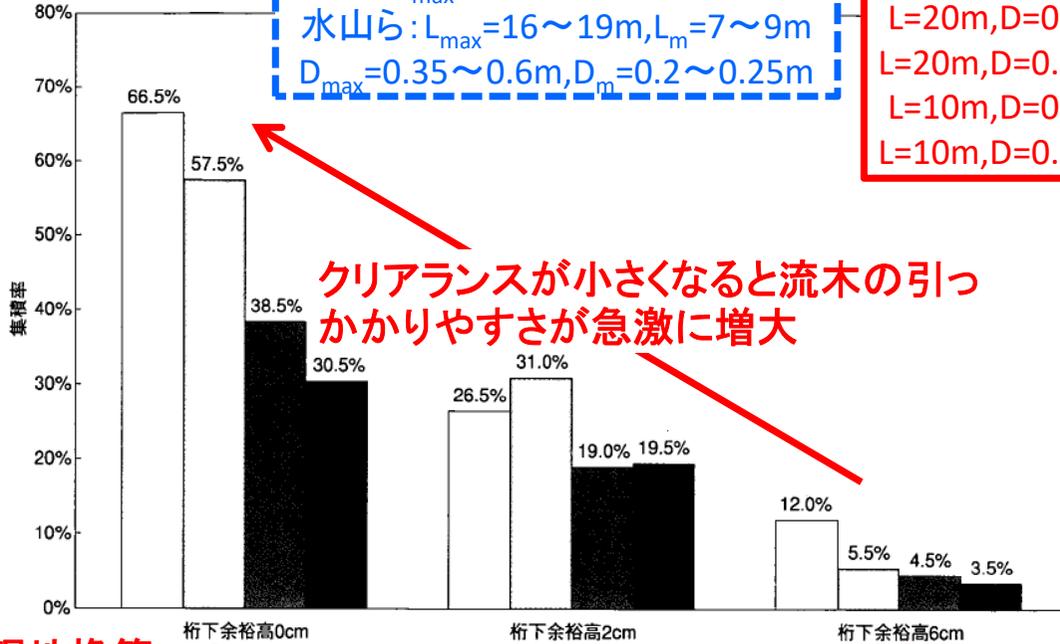


図 3.13 桁下余裕高と集積率の関係 (実験1-11、1-13、1-14、小判型橋脚)

構造令余裕高最低値 (有堤区間)

0.6m ( $Q_{plan} < 200m^3/s$ )      0.8m ( $200 \leq Q_{plan} < 500m^3/s$ )  
 1m ( $500 \leq Q_{plan} < 2,000m^3/s$ )      1.2m ( $2,000 \leq Q_{plan} < 5,000m^3/s$ )  
 1.5m ( $5,000 \leq Q_{plan} < 10,000m^3/s$ )      2m ( $10,000m^3/s \leq Q_{plan}$ )

出典: 国総研資料第78号 橋梁への流木集積と水位せきあげに関する水理的考察に加筆  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0078.htm>

小河内橋 (赤谷川4/200)

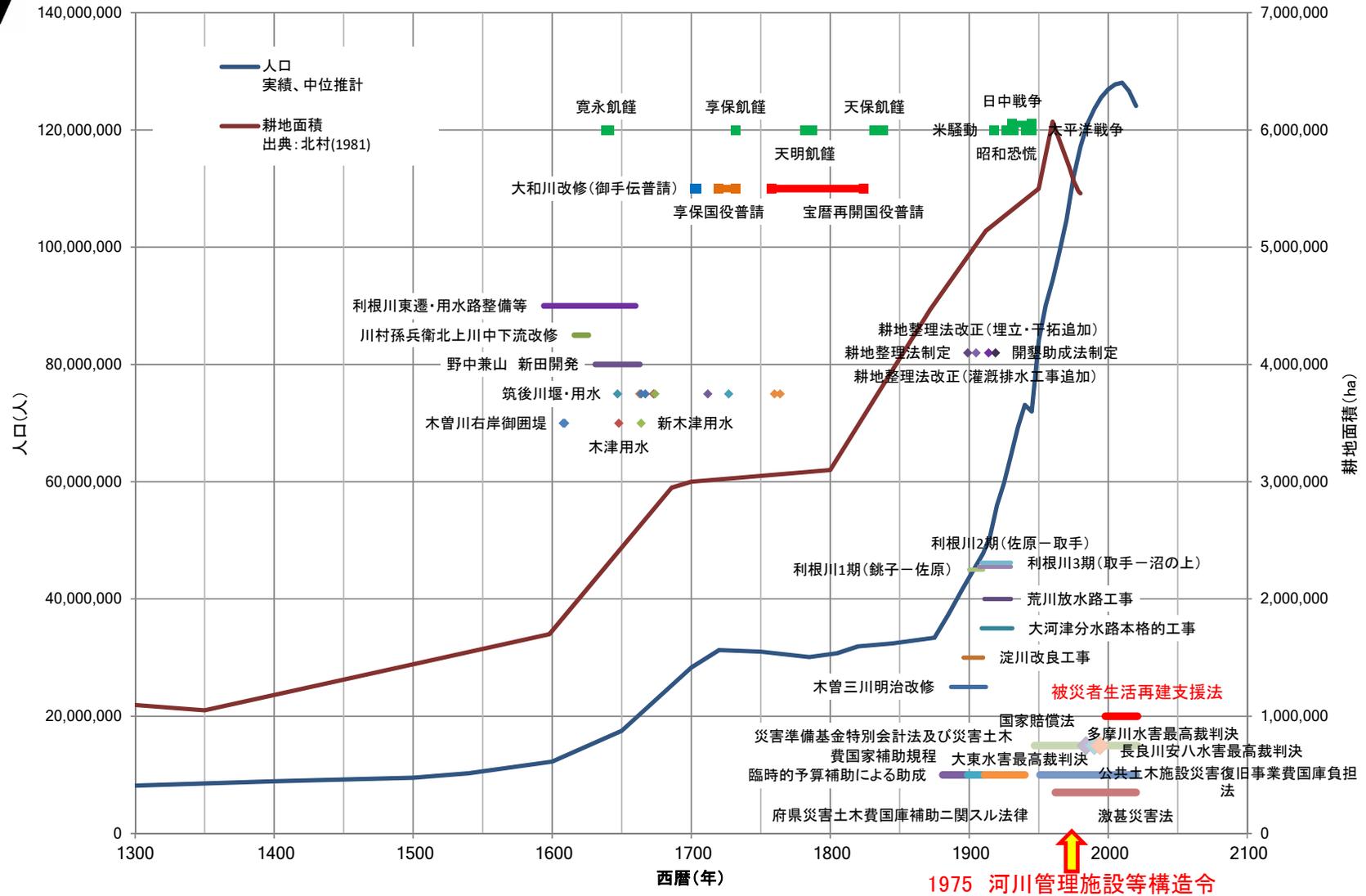
- 河道幅が比較的狭く流木の供給が多かったため、流木が集積したと推測される。
- 橋梁の上流側に流木が集積したことにより流路が左右岸に拡散され、拡散した流下部に存在した建物、上下流の護岸に被害が発生した。



出典: 筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会(2017) 第3回委員会資料2-2,p111



# 日本の人口と耕地面積推移



P2～P4 打継目で倒壊折損



P5は根元から倒壊



- ・打継目は大礫で繋いでいる・大礫はせん断破壊
- ・コンクリートで繋がっていた面積は半分以下

P2～P4折損面下流側に損傷があり転動破壊



H29洪水後



# 河道で作用しうる外力と施設設計 洪水対応における施設管理者の役割

植生・土砂堆積・  
整備手順  
流下能力管理  
洪水調節  
ダム・堰・機場操作

河道・ダム  
管理者の  
責任含む

・能力確保義務  
・技術者良心としての工夫・貢献

河川管理として、  
越流対策を行う  
余地・理屈もある

河川管理、水防とは別に「危機管理」とする選択肢もありうる

・設計対象外  
・破堤決壊氾濫前提で住民・自治体は避難等の措置とする  
・越流強化や氾濫流制御は施設設計・管理の範囲外

<避難等支援措置>  
・浸水想定区域  
・ハザードマップ  
・洪水予報  
・水位周知  
(・粘り強い構造)

住民・自治体(避難・水防)  
河道管理者(流下能力確保)  
(堤防管理者責任無)

技術者の良心として工夫・貢献

減災

現行法制度上、越流  
対策は「地域の自  
衛」「水防」が主体

余盛高

余裕高

HWL  
▽  
暫定堤防においては  
天端高一余裕高

安全確保  
義務

堤防管理者の責任  
水防(自治体等)による補完

・安全となるよう設計・管理。  
・ただし地盤弱点・堤体土層構造等把握の不完全さ内包





# 河道と施設の洪水応答理解反映先

- ⇒施設の予防保全:ボディ・ブロー(中小洪水応答による経年的な変化)を認識し、寿命短縮を予想→監視レベルを上げるタイミングを見逃さない・監視レベルに応じた点検方法(一定以上リスク上昇した場合は目視から水中3次元測量を標準に)・予防的な強化対策の実施
- ⇒賢い事後保全:KOパンチ(大洪水による応答(急変等))時に起きる変状・被害(構造物にとどまらず一般被害拡大まで含めて)を想定。→地域としてのレジリエンシー確保戦略(一般被害拡大を減らす工夫(例えば、流木閉塞に伴う氾濫被害拡大を防止するよう一定規模の洪水で安全に流失するよう対策する+更新構造物の事前設計))
- ⇒減災・設計超過洪水対応:例えば、KOパンチ時の被害想定を参考に、流失前に通行止め・立入制限措置、氾濫被害の想定を参考に氾濫域内住民の避難タイムライン作成と訓練



## 洪水応答理解から生み出されるDX —特に、X(トランスフォーメーション)—

- 洪水応答の理解に基づく診断・所見＝医療でいえば“臨床”
- 洪水応答に関するDX ≠ 3次元データの活用(＝手段 ≠ X(トランスフォーメーション))
- DX ≠ 「箸の上げ下ろしを素人でもできる」道具整備
- DXのD＝「洪水応答を自分の頭で考える」を触発する3次元図
- DXのX＝自分の頭で考える“臨床”医の拡大(つくば→＋現場技術者・学・コンサル技術者・地域有意志者に拡大)＋様々な視点を持つ“臨床”医診断の相乗効果⇒**広義の予防保全・賢い事後保全を活用した地域改善(の工夫)**