



Nagoya Hydraulic Research Institute for
River Basin Management

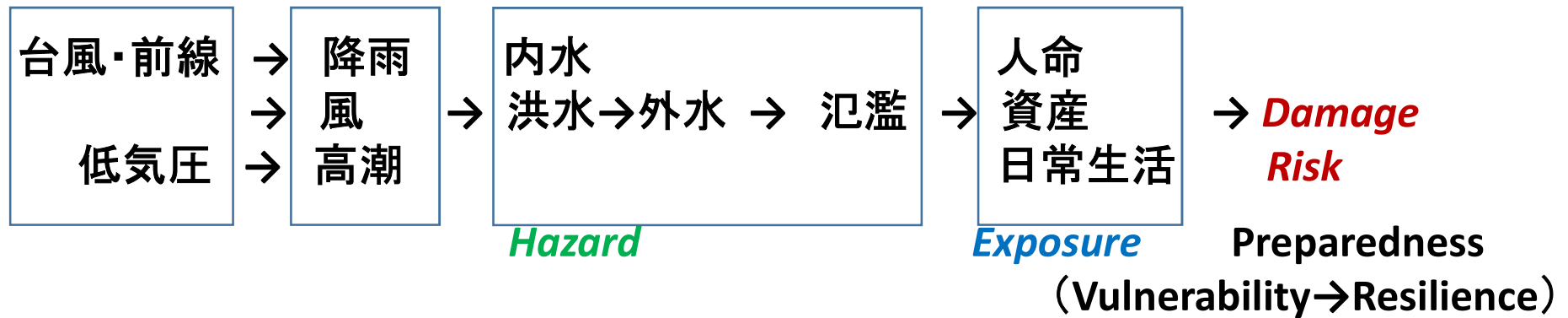
治水計画から河川維持管理・ 水防災対応の技術

RCCM更新研修
2016.12.05 名古屋ガーデンパレスホテル

建設コンサルタンツ協会理事
(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

河川災害の発生のおきみと治水(水防災対応)



河川や流域の地先の水災害の課題対応

- ・個人での対応 → 水防組合(水防団) → 輪中 **水害克服**
 ↓
 → 自治体行政
- ・水系治水 ← 集権的行政 ← 河川管理・河川行政
 ↓
 建設省河川局(国交省水管理国土保全局)
- ・流域治水 (←「総合治水」)
 ← 内水・外水 ← 水防災インフラ(下水道・排水機場 / 連続堤防・ダム)
 都市型水害 ← 2000東海豪雨
 ← 水害克服・減災(水防災 = 水防活動・避難・水害対応)
 ソフト体制とハード整備の一体化 ← 2004豪雨災害
 (台風10個上陸・200名を越す犠牲者)

河川や流域の地先の水災害の課題対応

- ・個人での対応→水防組合(水防団)→輪中 *水害克服*
 - ↓
- ・水系治水 ←河川管理・河川行政
 - ↓
- ・流域治水 (←「総合治水」)
 - ←内水・外水
 - ←水害克服・減災(水防災=水防活動・避難・水害対応)
 - ソフト体制とハード整備の一体化←2004豪雨災害(2004)
 - 「水防災意識社会再構築」←鬼怒川水害(2015)
- ・「国土強靱化」(2014) ←地球温暖化に伴う気候変動への適応策(2008)
 - 「可能最大洪水」

- ・ハリケーンカトリナ(2005), 東日本大震災(2013), 台風ハイエン(2013)
 - 巨大災害対応 *Catastrophe* ←広域連携
 - 「東海ネーデルランド高潮洪水地域協議会・危機管理行動計画」 2005～

水害対応

- ・合理的(科学技術)な河川計画とその実行
 - ←河川を軸に ←外力想定
- ・合理的(技術)な治水インフラの設計・施工
- ・合理的な維持管理 ←計画・手法

- ・河川整備に連動する水防災計画
 - (水防・避難計画←発災前の被害未然防止)
 - ←地域防災との連携
- ・観測・予測システムと連動したリアルタイム水防災のオペレーション(発災・事後対応含む)

- ・巨大災害対応(←超過外力対応)
 - ←さまざま能力集団との連携

高水管理の枠組み

プロセスの把握

	降雨	基本高水	ダム/洪水調節流量	河道流量	河川水位	破堤・氾濫 堤防
観測	○ (→流出解析)	△	○	○ (H~Q関係)	○ (観測点のみ)	△ (目視)
予測	△	→	→		→(水理解析)	→

手順(タスク)

河川計画	想定	→流出解析	→水理解析	HWL以下を満足させる		
設計		ダム設計		河道設計・堤防設計		
維持管理		貯水池・ゲート管理 (運用規則)		河道維持管理・堤防維持管理 構造物維持管理 監視(日常・出水)→水防		
水防災計画		ダム操作		水位動態→水防災行動		

リアルタイム水防災

降雨観測情報, 予測 → ダム操作 → 流量予測 → 水位予測 → 破堤判断 → 氾濫予測
 (レーダー雨量計, 気象モデル・流出解析) (H~Q関係, 水理解析) (水理解析)

河川整備基本方針:

計画規模 原則的:大都市圏→1/200, 県庁所在地→1/150, 一級河川→1/100



計画雨量 地点雨量→流域代表雨量(Thiessen分割←少ない雨量観測点)
流域平均累積雨量/年最大値→統計解析(超過確率分布あてはめ)→計画雨量

↓ ← 代表降雨記録(時系列)の引き伸ばし

計画対象降雨(ハイエトグラフ)

↓ ← 流出解析(主として貯留関数法)

基本高水(ハイドログラフ)

基本高水ピーク流量

↓ 洪水調節流量(ダムによるピークカット)→ダムの洪水調節容量・配置

計画高水流量 (河道分担分)

↓ 水理解析(計画縦断・平面・断面形状, 計画粗度) ←1次元不等流

洪水の安全な疎通

計算水位 < 計画高水位(HWL) ←堤内地の状況/堤防
(縦断形状・平面形状・断面形状・粗度)

・基本方針策定

降雨の確率規模～流量の確率規模 ←カバー率・棄却, 総合確率方式
工事実施基本計画での基本高水ピーク流量値

河川整備計画

計画規模 ←戦後最大洪水などの流量(ピーク・ハイドロ)・雨量(累積・ハイト)
相互関係←流出モデル

↓ 確率規模(換算)

基本高水ピーク流量～「整備計画目標流量」(ダム調節なし)

↓ ダムによる洪水調節

計画高水流量～「河道整備目標流量」(河道分担流量)

↓

計算水位<計画高水位(HWL)←基本方針

↑

整備メニュー: 築堤※/拡幅, 断面掘削, 障害物(植生含む)除去

↑

現況での流下能力不足の解消

HWLまでで流せる流量 (局所的氾濫危険水位=堤防天端高-余裕高)

河川整備計画策定時の検討(計画手順への組み込み):

○整備メニューの代替案比較

・治水効果の検討

整備計画レベルの外力→ 水位<HWL

基本方針レベルの外力→ 水位>HWL →破堤・氾濫 →浸水想定

(1次元不定流解析) (破堤モデル+平面2次元氾濫解析)

* 計算水位>HWL(天端高-余裕高) ←※スライドダウン

→破堤点ごとの浸水のオーバーレイ

→「浸水想定区域図」(河川管理者)

→「ハザードマップ」(→避難)(自治体長)

・経済効果 ←B/C(費用便益比)

さまざまな外力←確率規模 →浸水想定(浸水深)※

→年平均被害軽減期待額(治水経済調査評価マニュアル)→治水便益

○超過外力対応

・超過外力(可能最大降雨)時の浸水想定区域図

・整備計画開始時～完成時の超過外力時被害額

リスクカーヴ←ストレスチェック

→整備計画代替案・段階的な進め方比較

維持管理(治水機能)

河道維持管理

○河道維持管理計画

それまでに確保された流下能力の確保 現況疎通流量

→「**維持管理計画流量**」

←河川改修の進捗の認識←現況河道の疎通能力

↓

維持管理計画流量流下時の水位縦断

水理解析←現況河道・粗度・植生←(定期・洪水後)

河床変動動態 ←移動床解析

○維持工事＝維持掘削・樹木伐開

○検証←洪水観測

・洪水時流量観測 水位H ~ 流量Q → HQ曲線作成

連続測定 ↑換算

流速測定(浮子・電磁流速計等) 離散時刻測定

・ピーク流量 ← Hmax→HQ曲線→Qmax

→洪水水文データ→統計解析

・洪水痕跡水縦断 →HWL(局所的氾濫危険水位)との比較

←水理解析(←ピーク流量, 洪水前河道状況)→現況粗度確認

堤防維持管理

堤防の機能:

HWL以下の洪水の安全な(溢流・破堤をしない)疎通

← 定規断面, 照査に対応した対策工

※HWLを越したとき(浸透・洗掘破堤の危険)

※堤防天端高を越えたとき(越流破堤の危険)

→ 破堤・氾濫を抑制・プロセス(破堤のきっかけ・拡大)を遅らせる

平時点検 変状認識 → 破堤素因

断面性状(量・質←ボーリング 照査(堤防詳細点検))

天端高縦断(MMS), その他の変状(亀裂・空洞化など)

↑

重点箇所←水防重点箇所 ← 水害地形分類図(旧川跡)
過去の災害履歴・工事履歴(災害復旧)

構造物周辺(橋梁, 堰, 帯工, . . .)

河道急変部, 支川合流部等・水衝部

計画・工事の進捗

計画上の Δh (計算水位とHWLの差)

洪水時巡視(経路の確保)

破堤の誘因: 越流・浸透・洗掘 → 水防活動・避難情報

ダムの維持管理

洪水調節容量

洪水調節容量の確保 ← 洪水期制限水位

貯水池容量の確認 ← 貯水池縦横断測量

堆砂の進行 → 掘削 / 恒久的排砂 → 「総合土砂管理計画」

洪水調節ゲート ← 稼働確認点検

洪水調節操作

- ・基本方針の計画上 / 整備計画実施後 / 現状 ← 洪水調節開始流量
- ・但し書き操作 ← 超過外力対応

樋門・樋管

機能確保

平常時 (大洪水になっていない) → 堤内地の排水

大洪水時 → 本川水の上昇による背水遡上防止

水防災

水防災計画 ←水防活動・避難行動(←自治体首長管轄)

治水安全度 $H < \text{局所的氾濫危険水位} (= \text{堤防天端} - \text{余裕高}) \rightarrow \text{HWL}$

↑ 対象河道に対する水理解析(1次元不定流)

水防災の計画流量 = 基本方針レベル

(基本高水ピーク流量 - その時点での洪水調節ピークカット量)

水防災計画のシナリオ (河川洪水を対象として)

水防災タスク: 行政組織の災害時対応体制

↓

水防活動 待機 → 出動・活動 → 撤退

避難行動 避難情報(避難準備情報 → 避難勧告 → 避難指示 → 解除)

避難所開設・避難誘導

事業所の事業継続計画BCPに沿った行動

破堤後の対応※

水防災タスクの実施計画 = 「タイムライン」 ←水位時系列 $H(t)$

河川水位時系列 H(t)

←河川管理者(水位観測・洪水予測)

←河川情報・気象情報

水位情報周知河川・洪水予報河川

(観測・予測)

↑

基準水位の設定: 氾濫注意水位, 避難判断水位, 氾濫危険水位 ←洪水予報

↑

これらにもとづいて避難情報(自治体首長)

※基準点(水位観測点など)でカバーするエリアで最短到達する地点で判断

(あらかじめ水理解析, 簡易水位計)

・「浸水想定区域図」・「ハザードマップ」

・ある基準点カバー区間(地点)で破堤する場合の氾濫想定区域

※破堤点の特定精度 ←水位観測点増強 ←水防活動・避難行動の地域特定化

↑

洪水予報(破堤点を含む区間)

・水防活動 水防活動重点区間の特定化

きっかけ現象の検知→想定される破堤への水防工法←水防団組織・技術

・避難情報＝避難準備情報／避難勧告／避難指示

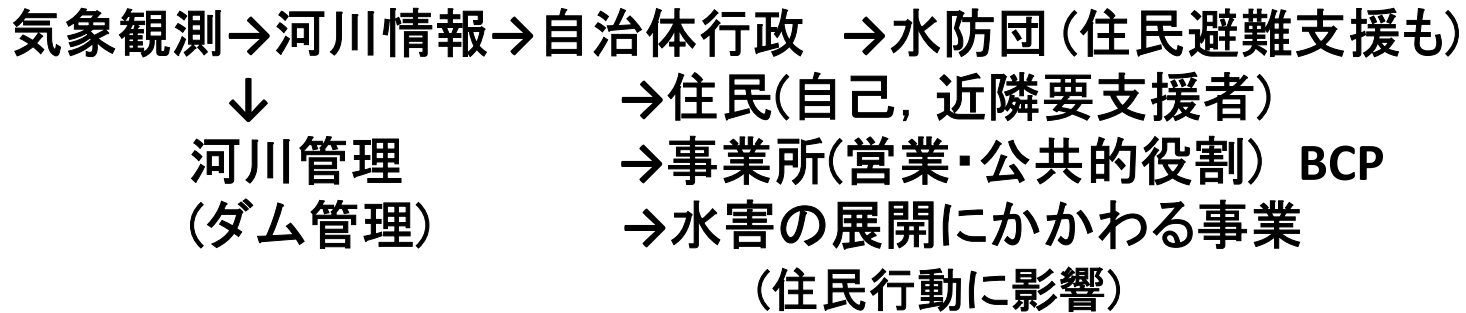
自治体首長→情報提供(勧告等)の対象

基準点でカバーする破堤点の浸水想定区域／公表している浸水想定区域全般

避難すべき場所・人を特定化

←ハザードマップで日常的に周知

水防災計画における行動の担い手への情報伝達



課題:

- ・時間スケール ←水位依存
洪水予測と連動して時間依存型(リアルタイム)
- ・発災後の対応の詳細化
緊急締切／応急復旧／排水／道路啓開／救命・救援／
支援物資受け入れ／被災者対応

リアルタイム水防災(危機管理行動)

リアルタイム $H(t)$ に対して, 水防災計画(タイムライン)に沿った対応を実施

過去～現時点

水位観測点水位のリアルタイム発信→情報伝達の遅れ時間

- ・基準水位と比較～必要なタスク

- ・観測点がカバーするエリアのその時刻水位予測

(カバーするエリア内の現況把握⇔各地点の堤防情報等)

←点検による現況報告

将来予測:

水位変化予測 ←流量変化予測

→基準水位でのアクションにとっての配慮事項

↑

※予測対象時刻への寄与

水理解析→上流河川状況(水位・流量)の伝播 *短時間予測*

流出解析→これまでの降雨による流出遅れの寄与の伝播

中間時間スケール予測

降雨予測+流出解析→今後の降雨の流出

長期予測に寄与

巨大災害対応 (Emergency Response, Catastrophe Plan)

→レジームシフト Hazard対応→Vulnerability対応

危機管理行動計画 シナリオ対応→危機対応 (Emergency Response)

発災前対応

↑

ハリケーンカトリーナ (2005)

巨大ハリケーンがメキシコ湾東南海岸に襲来

→ニューオリンズ水没→1000人以上の犠牲

広大なゼロメートル地帯に人口集中した都市圏※

↑

FEMAの存在 (FEMAを中心に各省庁や州行政が連携)

Federal Emergency Management Agency

・FEMA主導の現地災害対策本部が緊急事態対応

(締切・排水・救命・救援・復旧)

・発災前対応→事前広域避難計画

ブロックごとの時間差・高速道路等の一方通行化・駐留地の配置等

カタストロフプラン(ドリル)の実行

※日本でも三大湾では広大なゼロメートル地帯に人口集中

日本でも三大湾では広大なゼロメートル地帯に人口集中

伊勢湾 300km²に90万人(伊勢湾の高潮・木曾三川の洪水の脅威)

伊勢湾台風1964の経験(巨大災害のリアリティ)

犠牲者5000人以上

長時間に及ぶ締切り・排水(数ヶ月)→「疎開」



スーパー伊勢湾台風をイメージした緊急事態

↓(伊勢湾台風のコース, 室戸台風の強さ)

・伊勢湾沿岸高潮

・木曾三川:1/1000洪水



浸水想定:約500km², 水深5mに及ぶ浸水地区 ~ 伊勢湾台風規模

排水計画:1~2週間以上要する地区がある.



東海ネーデルランド高潮洪水地域協議会・危機管理行動計画(TNT) 2006~

東海ネーデルランド高潮洪水地域協議会・危機管理行動計画(TNT)

緊急対応の課題

締切／排水／道路等啓開／救命・救援／ライフライン復旧／
支援搬入・配分／被災者支援

↑

事前避難が必須 広域避難 ⇔ 垂直避難者の2次避難対応～発災直後対応
事前行動の可否(避難勧告)

↓

広域避難計画 → 地域連携・行政間調整

↑ ←「特別警報」発令の可能性のある巨大台風への言及(上陸1日前)

情報共有本部設置(案) 情報の共有→広域計画の実施←調整

↓ (上陸1.5日前)

発災後緊急事態対応(←現地災害対策本部)の進捗との連動

まとめ ~治水・水防災

①一連の現象・プロセスに注目

降雨 → 流量 → 河川水位 → 氾濫
流出解析 水理解析 破堤・氾濫解析

②連携した対応

治水計画 → 設計・施工 → 維持管理 → 水防災計画 → リアルタイム水防災

計画流量	ダム	(危険基準)	降雨観測・予測
計画高水位	河道・堤防	→ 水位情報	→ 水位予測
↑		↓	↓
想定		情報伝達枠組み	情報伝達 → 行動
(確率年)			

③技術革新

水文観測(降雨 → 流出流量 → 河川水位 → 氾濫) → 統計 → 計画論
↓ 信頼性
機構の理解・記述 ~ 予測情報 → 制御技術

補遺1 計画対象降雨

①流域での代表性

数少ない地上雨量観測点データからの代表性
高解像度雨量データ(←レーダー雨量)

②年最大雨量時系列→雨量確率

累積確率
確率分布のあてはめ・検定

③計画対象降雨(ハイトグラフ)

代表降雨の選定
ハイトグラフの引き延ばし

④雨量確率・流量確率の整合性

カバー率
棄却
総合確率方式

補遺2 水文・水理解析

①流出解析

流域分割

支川・支川流域

地質・地形, 植生, 土地利用形態 → 流出特性パラメータの概略

集中型(貯留関数法)・分布型

分割

分割要素面積 ← 流出モデル適用

小流域分割 ← 流路網と連動

開水路流解析適用 (Kinematic wave / Dynamic wave)

流出モデル

流出 ← 表面流出・中間流出・地下水流出

貯留関数法・タンクモデル

初期条件 = 初期土壌水分 ← 飽和雨量の設定

計画 → 設定

リアルタイム ← 過去からの計算の累積

②河道水理解析 流量 → 水位

・H~Q関係利用

・1次元不等流 → 2次元不等流

・1次元不定流

③Common MPの利用

補遺3 洪水・氾濫予測→減災行動

①洪水予測



②破堤判断→破堤口拡大→氾濫流量

③氾濫解析

④情報の減災行動(リアルタイム水防災)への実装