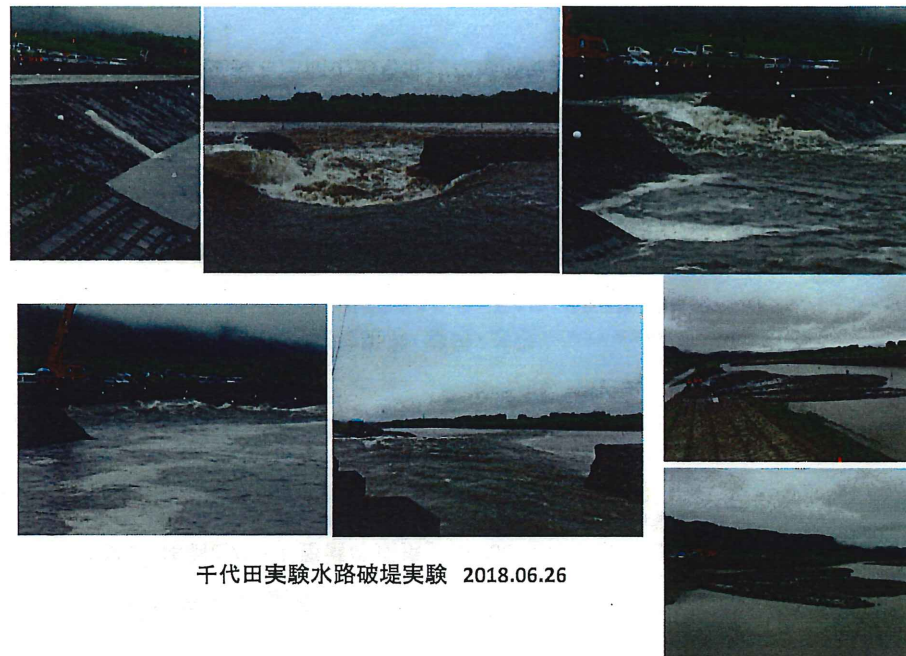


治水～水防災と河川情報

第44回河川情報センター講演会
2018.06.28 新潟県自治会館

(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・金沢大学大学院特任教授

辻本 哲郎



千代田実験水路破堤実験 2018.06.26

近年の激甚な水災害(豪雨・洪水)

・都市型水害 ←東海豪雨(2000)
→一般資産災 →社会・経済への打撃



・治水施設の破綻 ←恵南豪雨(2000), 新潟・福島豪雨(2004)
ダムの但書き放流→下流河道での被害

破堤:新川(2000),
五十嵐川・刈谷田川(2004), 足羽川・(2004), 矢部川(2010)
鬼怒川(2015), 札内川・(2016)

→大規模氾濫 →生命犠牲(2004豪雨洪水災害では200名以上が犠牲)

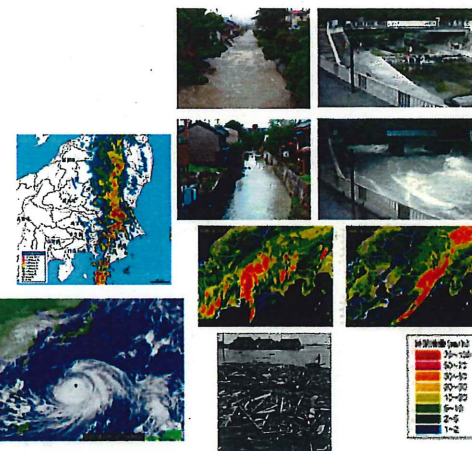
↓
農業・産業基盤・都市機能 →破滅的な社会・経済・生活基盤の被害



・ゲリラ豪雨 都賀川, 伊賀川(2008)

・線状降水帯 東海豪雨(2000)
浅野川水害(2008)
鬼怒川水害(2015)

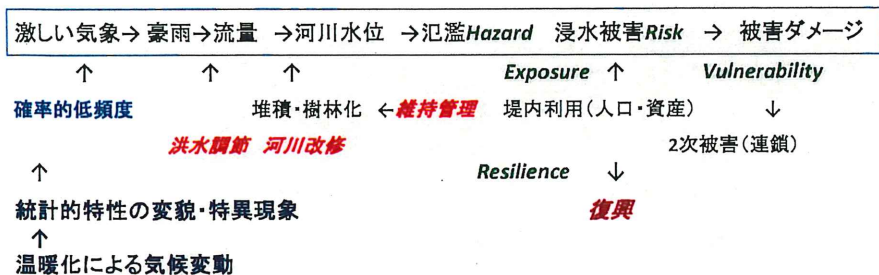
・スーパー台風
伊勢湾台風(1959),
ハリケーンカトリーナ(2005)



・大規模土砂災害
恵南豪雨(2000)
紀伊半島豪雨(2013) 深層破壊
九州北部豪雨(2017)



激甚な水災害



治水整備の進捗の遅れ

↓ 本来守るべき計画規模(基本方針)外力のときの生活圏(住民)にとってのハザード(浸水)への対応

水防災 = 水防・避難

避難: 自治体 ← 河川情報 河川管理者

浸水想定区域図※(基本方針外力/現状整備水準)

洪水情報(現況・予測)

↓ 避難情報(避難勧告・ハザードマップ) ← タイムライン

住民(自助・共助) → 避難所(避難経路) ← 自治体提供

水防 ← 水防工法の実施 ← 自治体

発災後の対応 締切・排水 ← 河川管理者

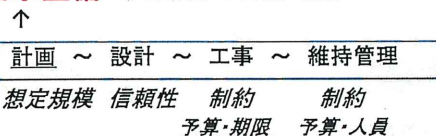
救急・救命 / 道路啓開

被災者対応 / 復旧 → 復興

※浸水想定区域図 基本方針規模の降雨に対する対象流量(基本高水)に対して現時点の治水整備(洪水調節・河道疎通能力 ← 堤防)可能な破堤点ごとに氾濫計算 → 最大浸水深を重ね合わせ

豪雨・洪水への対応

治水整備 = 洪水調節 + 河道・堤防



計画規模 降雨 ← 確率年(流域平均累積雨量)

↓ 流出解析

基本高水・基本高水ピーク流量

↓ 洪水調節施設

計画高水流量

↓ 水理解析

計算水位 < 計画高水位

河道・堤防

基本方針 ← 社会資本整備審議会

↓

河川整備計画(20~30年で実施) ← 流域委員会

治水と水防災の連携

「ソフト体制とハード整備の連携」 ← 2004年台風10個上陸
200名を超える犠牲者

「水防災意識社会の再構築」 ← 2016鬼怒川水害

治水 ↔ 水防災

↑

発災閾値

外力(水位) ↔ 氾濫限界(溢流・破堤) ※治水整備の進捗・維持管理状況に依存

氾濫危険水位: 計画高水位 / 堤防天端 - 余裕高(スライドダウン)

↑

基準水位観測所水位

・「氾濫危険水位」 ← 受持ち区間での最も危険な箇所があふれる

・早めの予告には水位予測が必要

← 降雨予測

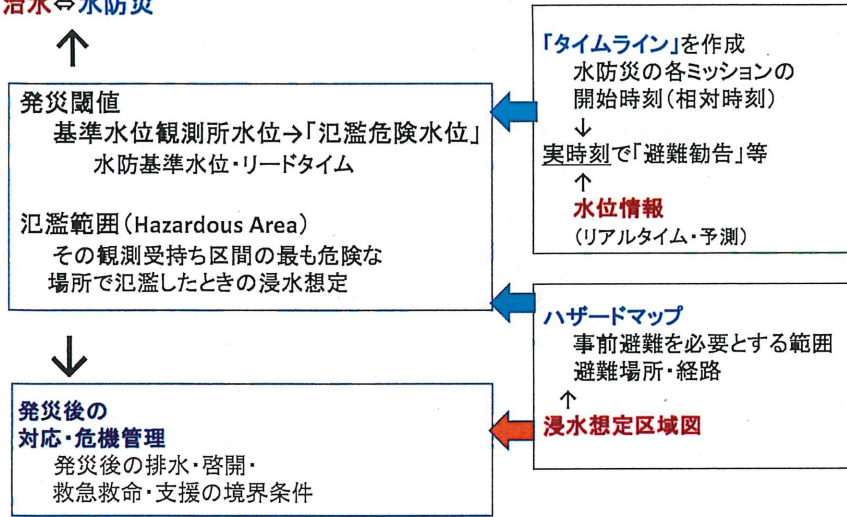
← 水防基準水位 ← リードタイム

氾濫範囲(Hazardous Area)

その観測受持ち区間の最も危険な場所で氾濫したときの浸水想定

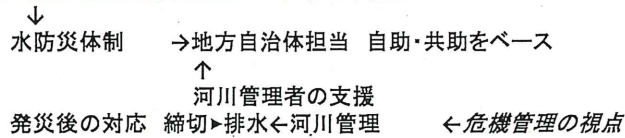
治水と水防災の連携

治水⇄水防災

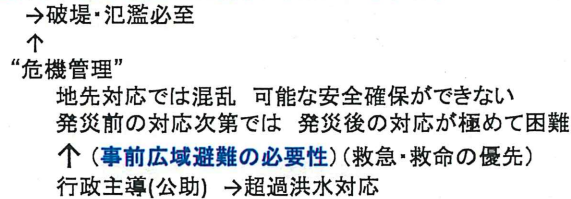


水防災ソフト体制

将来の治水整備(基本方針)レベルまでの洪水←本来治水整備で守る・時間がかかる



超過洪水～治水整備では将来にわたっても守れない ←低頻度・激甚被害

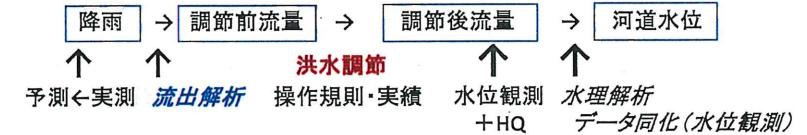


水防災＝水防災計画＋リアルタイム水防災(オペレーション)

実際の洪水時の基準水位観測所の**水位現況と将来予測**

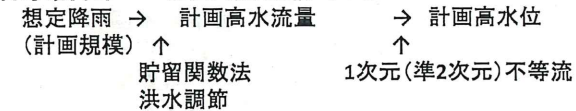
- ・観測点水位現況から受持ち区間の最危険個所の水位予測
- ・水理解析
- ・相関

水位時間変化予測

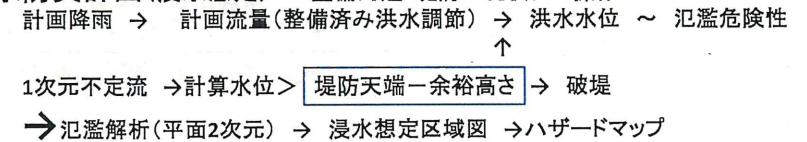


治水・水防災

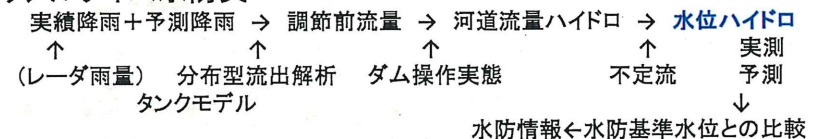
治水計画 ~ 計画河道(堤防・ダム)



水防災計画(浸水想定) ~ 整備河道・堤防+現状ダム操作



リアルタイム水防災



治水整備(水系治水)

・どのような降雨シナリオに対して最適な治水施設を整備していくか

↑
対象とした水系に集めてくる「流域に降った雨」が、河川に及ぼす負担

↑
流域平均累積雨量(洪水到達時間内)

・施設整備は段階的

水防災

・計画の進捗に時間がかかる→ソフト体制
河川計画の対象ハザード
地先での対応

↓ 気候変動

・危機管理←天変地異・カストロフ
・低頻度事象
・氾濫エリア(複数流域) 広域行政圏
↑
複数流域にかかる降雨の時空間構造 シナリオ

豪雨・洪水災害にかかわる現象

気象→降雨→流量→河川流量→河川水位→溢流・破堤→氾濫浸水

↑ ↑ ↑ ↑
流出 ダム 河道 堤防

技術： 流出解析 河川水理 破堤機構 氾濫水理

治水・水防災のミッション

計画 → 設計 → 施工 → 維持管理 → 水防災計画 → 水防災対応
治水(河川管理) 水防災

技術： 計画対象降雨(←計画規模・確率年) 浸水想定 洪水予測
→基本高水 ハザードマップ
↓洪水調節 タイムライン
計画高水流量
→河道水位 < 計画高水位(HWL)
↑
河道設計 ・ 維持管理

豪雨・洪水災害対応のミッション

治水=計画・設計・工事・維持管理

計画:

(1) 計画対象降雨

流域平均・(洪水到達時間内)累積降雨

↓
統計解析→確率分布想定→ 確率年雨量

Return period それを超える雨の降る確率が 〇年に1度

※地上雨量観測点→Thiessen分割→流域平均
(計画策定時には雨量観測点が少なかった)

↓
時空間分布←代表洪水のハイトを引延し/分割流域平均

(2) 流出解析

流域分割+河道←貯留関数

パラメータ←分割流域の地理・地質・土地利用

(3) 計画対象区間・計画基準点

計画基準点での計画の基本となる流量ハイドログラフ
→基本高水, 基本高水ピーク流量

(4) 計画高水流量+洪水調節

(河道分担) (ダム等によるピークカット)

(5) 計画高水位HWL の設定(基本方針)

←これまでの築堤経緯

(6) 計算水位 ←概ねの計画河道

計算水位<HWL

*** 高水に関する基本方針**

計画規模～確率年
 計画高水流量←基本高水ピーク流量をダム等でピークカット(洪水調節)
 計画河道HWLまでで計画高水流量を流下
 ←水理解析(1次元不等流→準2次元不等流)
 堤防=HWL以下の洪水に対して安全(破堤しない)

*** 河川整備計画**

計画規模～戦後最大規模程度
 整備計画の基本高水ピーク流量
 ↑
 河川改修(河道・堤防) + 洪水調節施設 ←代替案比較
 縦断勾配・断面積・径深・粗度 洪水調節容量・洪水吐
 河道整備目標流量をHWL以下で流す ←水理解析(準2次元不等流)

基本方針との差(整備段階も含めて)

→水防災で対応 ←ハザードマップ・タイムライン
 水防・避難 ← 水防基準水位情報

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 $H < \text{局所的氾濫危険水位}(=\text{堤防天端一余裕高}) \rightarrow \text{HWL}$

↑ **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 (最近L2に変更する動き)
 (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 ←**浸水想定区域の認識**
 (ハザードマップ)

↓
 水防活動 待機→出勤・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※ 応急復旧・救援
 「破堤シミュレーション」

水防災タスクの実施計画=「**タイムライン**」 ←水位時系列H(t)
 氾濫危険水位到達からの相対時刻

設計:

ダム設計 洪水調節 流入-放流=貯留 →洪水調節容量=貯水池/洪水吐

河道設計 ←計算水位<HWL ←縦横断形状・粗度

堤防設計 ←定規断面(堤防高, 天端幅, 法勾配) +照査(洗掘/浸透)
 水制・護岸/遮水工など

工事: ←整備計画メニューの順序・工程 ←下流から疎通確保など

維持管理:

工程に伴う流下能力=安全に(天端-余裕高まで)流せる流量 把握
 →維持管理目標流量

河道維持管理(堆積・樹林化に伴う流下能力阻害を監視・改善)

堤防等の構造の劣化・損傷

↑

定期点検 河川維持管理データベース RMDIS

洪水時巡視 破堤予兆現象

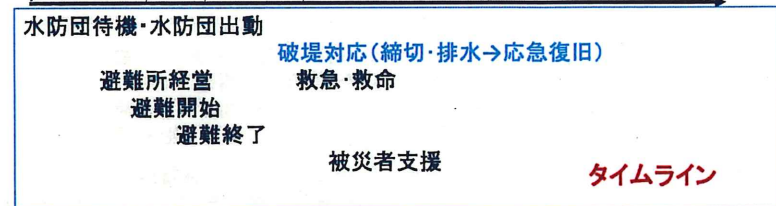
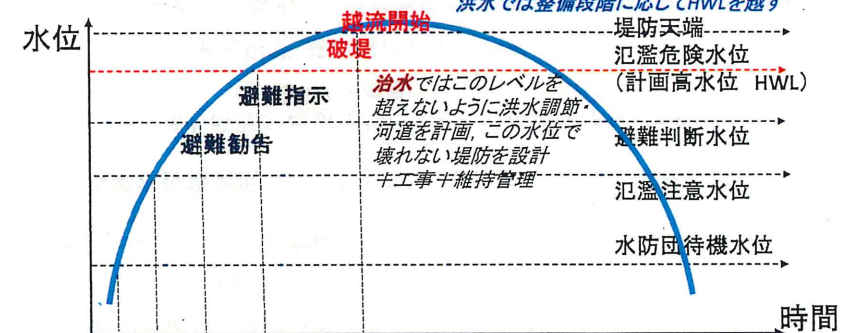
洪水時流量観測 →H~Q関係 →洪水時ピーク流量

→粗度係数等確認

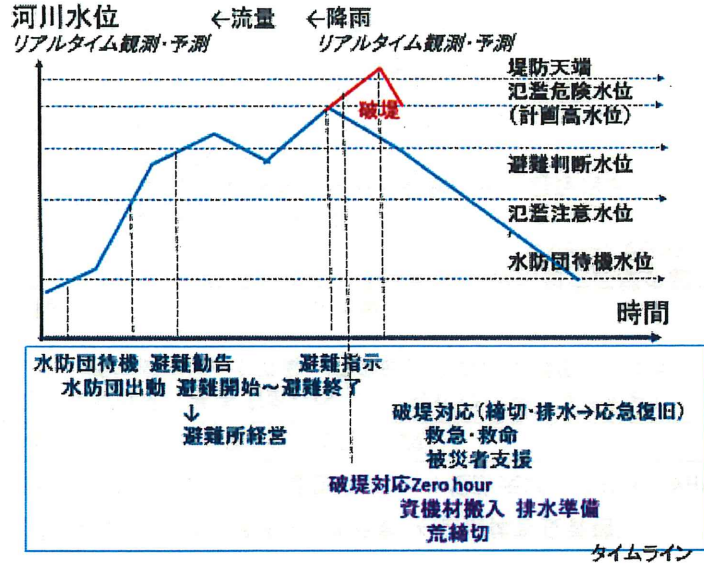
→不定流効果(準2次元不定流)

洪水痕跡 ←水理解析確認・粗度係数確認

水防災計画 水防基準水位設定 *現時点では基本方針レベルの洪水では整備段階に応じてHWLを越す*



リアルタイム水防災 ←リアルタイム水情報(洪水予測)



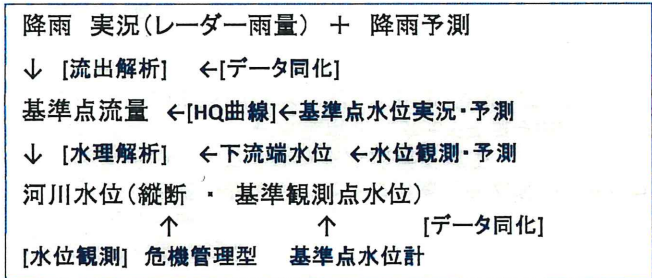
水防災への河川情報提供

- ・降雨 リアルタイム 高い時間空間解像度
 - 地上雨量計 → AMeDAS → レーダー雨量計
 - レーダー雨量計: Cバンド → XバンドMP → CバンドMP
 - 解像度 時間→1分(←MP)
 - 空間→100m(←Xバンド) ⇔ 遮蔽
 - 精度 地上雨量観測値で校正 ←Frics
- ・基準点流量 ~ (計画高水流量 > 河道整備目標流量 > 維持管理目標流量)
 - ↓ 不定流計算 (←下流端条件)
- ・水位 ~ 堤防(氾濫危険水位 ←堤防の安全の保証)
 - ↑ 基準水位観測所 → リアルタイム水位情報 ~ 水防基準水位
 - ↑ 受け持ち区間の堤防整備に応じた氾濫危険水位 ⇔ もっとも危険な箇所 (計画→治水整備の進捗状況←維持管理)
 - 受け持ち区間(基準水位観測所の間隔)が長い!
 - 高密度水観測 ←簡易水位計(危機管理型水位計)
 - 局所ごとに水位~(局所)氾濫危険水位が知られる - どう周知するか? (水防情報)

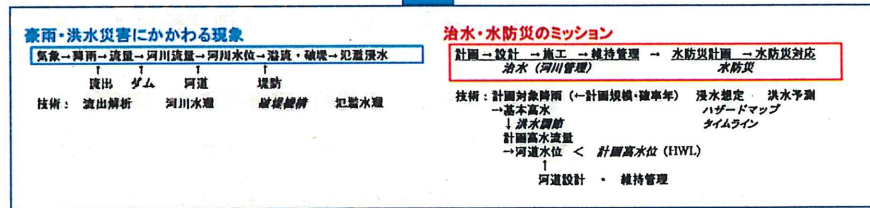
水防災計画と水防災の実施

水防災計画=ハザードマップ ←浸水想定区域図
 タイムライン※ ←水防基準水位に対応した水防情報の発令 (市町村首長)
 ※氾濫危険水位到達からの相対時刻を指示

水防災の実施(オペレーション)
 相対時刻→絶対時刻 ←水防基準観測所水位の実況・予測
 ↑ (河川に沿った水位予測)
 リアルタイム水位情報・洪水予測



業務種 現象 施設	タスク 解析法	治水				水防災計画		リアルタイム水防災
		計画	設計	施工	維持管理	ソフト計画	危機管理計画	
気象 ↓ 降雨 ↓ 雨量 ↓ 河川流量 ↓ 河川水位 ↓ 堤防 ↓ 氾濫 ↓ 破堤 ↓ 浸水	気候モデル 気象解析 流出解析 ↓ ダム 河川流量 ↓ 河道 河川水位 ↓ 堤防 浸透解析 破堤解析 ↓ 氾濫解析	確率年 計画対象降雨 集成型・貯留関数法 基本高水 洪水調節 計画高水流量 標之次元等流 計画高水位	洪水調節容量 操作規則		ソフト計画	温暖化シナリオ L1(計画) L2(確率1/1000 想定最大)	リアルタイム水防災 気象観測 降雨予測 リアルタイム雨量 (XRAIN) 分布型・タンクモデル等 洪水予測 (但書き操作) H~0関係 1次元不定流解析 水位予測 監視・水防・避難行動 破堤対応(抑止・荒掃切) 排水・掃切 災害対応(救急・救命) 被災支援・復旧	
		河道設計 堤防設計		維持管理目標流量 決り点検・監視	L1ハイドロ	L2ハイドロ	破堤モデル 浸水想定 ハザードマップ	



大規模氾濫に備える

(施設整備計画を超える外力・・・施設が想定していない外力)

- ・低頻度であっても被害が甚大な超過外力
- ・気候変動による**極端現象**の増加→「超過外力」事象の発現確率が高まっている

↓
 生命の犠牲をゼロ／社会・経済の壊滅的被害を免れる
 施設対応＝治水計画の見直し
 ↑
 危機管理

ハザードの来襲とリスクの展開に応じた対応 (Response)

←施設整備／体制・枠組み (Preparedness)

対応のシナリオ ⇔ 脆弱さ (Vulnerability) を補填 → Resilience

ハザード ~ リスク ⇔ エクスポージャー

降雨→流出流量→洪水→氾濫→浸水

↑
 根幹現象 豪雨←極端気象

大規模氾濫を引き起こす豪雨

豪雨のイメージ ←危機管理の対象

- ・低頻度巨大豪雨 1/1000豪雨←流域平均累積雨量の分布からの推計
- ・気候変動
 - (1)雨量分布の平均値・期待値(分布形)の変化を推定
→基本方針レベルの増大
 - (2)温暖化シナリオでの豪雨気象(実績)の変化
- ・可能最大降水量 (PMP probable maximum precipitation)
- ・**想定最大規模降雨量** ←水防法改正で規定(2015.7)
15地域に区分されたブロックごとに算定法
観測された最大降雨量に継続時間、流域面積を考慮

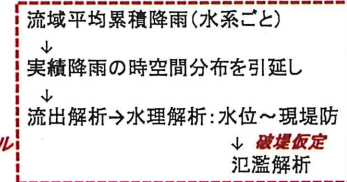
行政の流れ:

基本方針の計画対象降雨 L1
 想定最大規模降雨 L2

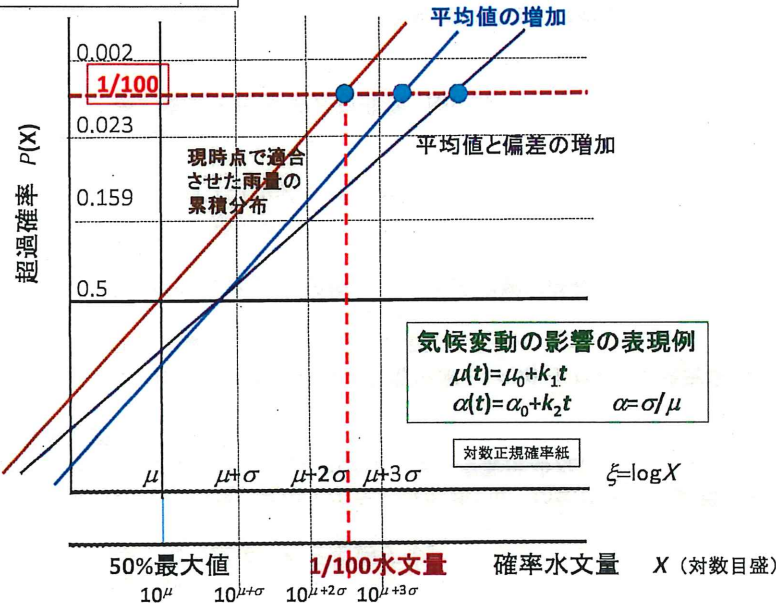
浸水想定区域図作成 ←作成マニュアル

↓

市町にハザードマップ・タイムライン作成を！ ←大規模氾濫減災協議会



対数正規分布をあてはめた場合



	洪水予測モデル		
	降雨	流出モデル	水理モデル
治水計画	地上雨量データ 流域平均・累積 確率年	R_{sa} 貯留関数 (集中型)	一次元不等流 (準二次元)
設計・施工・維持管理			二次元不等流
水防災計画	L1		一次元不定流
危機管理行動計画	流域 想定最大(L2) ~1/1000		一次元不定流
リアルタイム水防災	レーダー雨量 (時空間分布) 降雨予測 気象予測	タンクモデル等 (分布型)	一次元不定流 (データ同化)

Stereotype

流出解析

分布型・集中型 / 概念モデル・物理モデルと分類しているが...

面積要素分割

流出域・河道域

小流域分割 ← 支川レベルでの分割 粗 要素の内容(河道・斜面)
 ← 水みち認識 細
 メッシュ分割 ← 正方メッシュ 細 落水網作成

↑

流出モデル装備

貯留関数

タンクモデル 流出成分(表面・中間・地下)

物理モデル

↑ パラメータ

流域特性 ← 地形・地質・土地利用

降雨分布

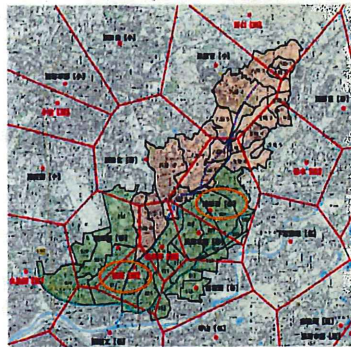
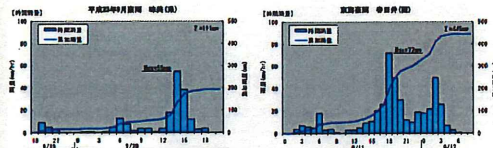
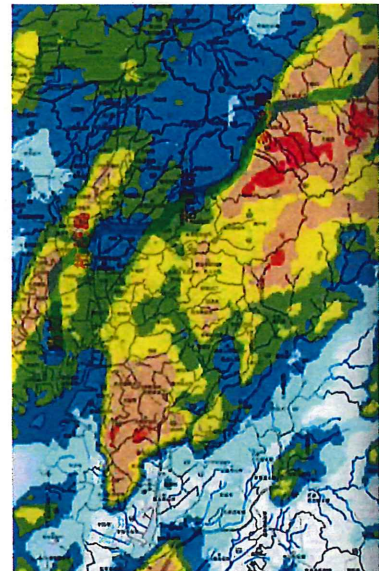
限られた地上雨量計データ → Thiessen分割

高解像度のレーダ雨量

矢作川流域

流域分割(高水計画)

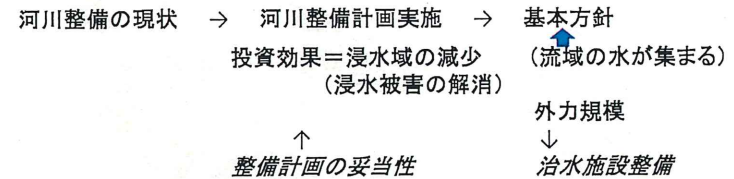
250mメッシュ分割
→ 落水線作成



▲ ティーセン分割図 (愛知県河川課)

浸水想定 (対象とする「雨」のイメージ)

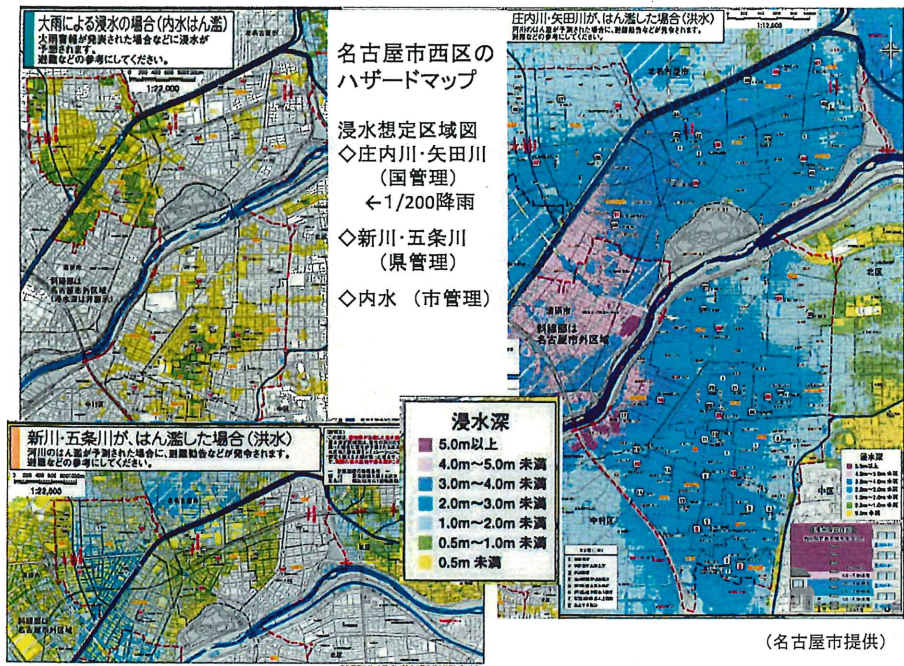
治水計画を進める上で... (個別の水系・流域)



水防災の視点から...

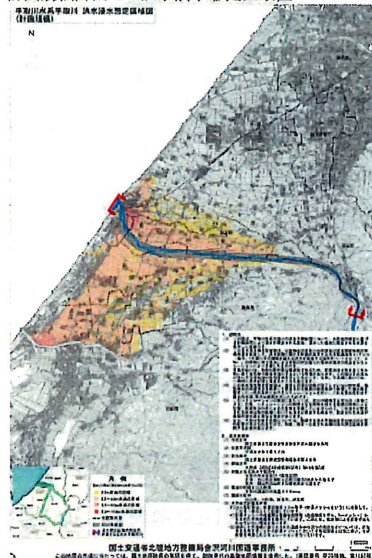
本来「基本方針外力まで治水で守る」
→ 整備途上はソフト(避難等)を支援

- 河川管理の視点
基本方針までの治水整備がされていない場合の対象河川に起因する水害
→ **基本方針レベル(L1)浸水想定区域図**の周知 → 水防災への活用 = **ハザードマップ**
→ **タイムライン**
施設管理者の責任
- 地域の水防災 ← 複数の災害要因 ← 外力の雨(例:線状降水帯)
複数管理者(管理河川, 雨水排除)
個別の浸水想定?
- 超過洪水へ対応 → L2浸水想定

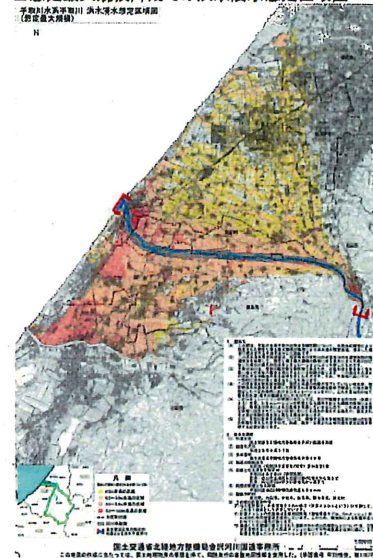


激甚化する水害→超過洪水への備え →超過外力 地震・津波のL1, L2概念
計画論:実績降雨→確率規模に引き伸ばし...→想定最大規模
(流域平均累積降雨)

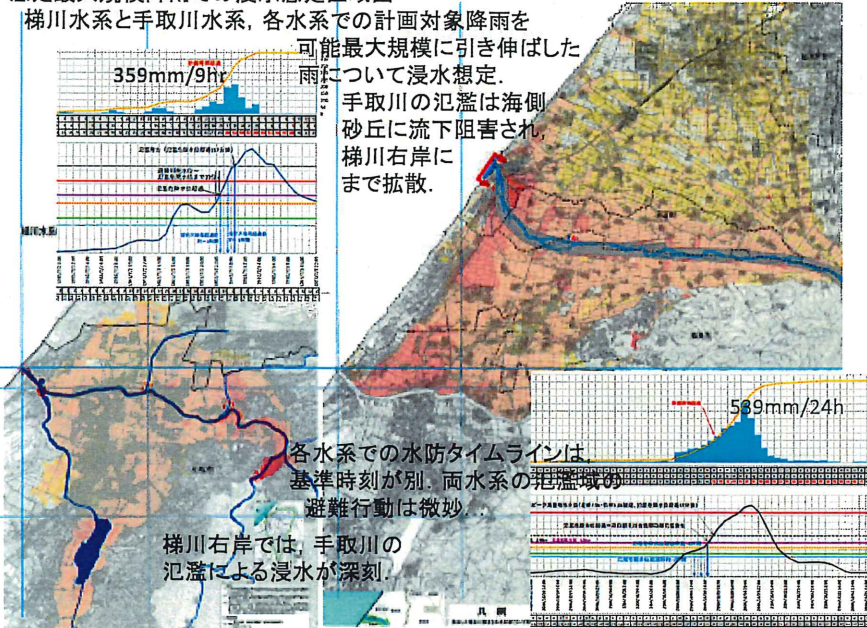
■計画規模降雨での洪水浸水想定区域図



■想定最大規模降雨での洪水浸水想定区域図



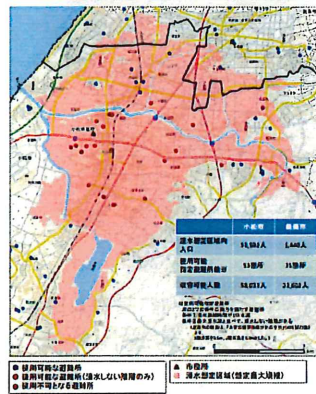
想定最大規模降雨での浸水想定区域図



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

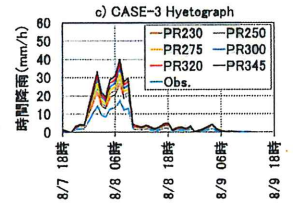
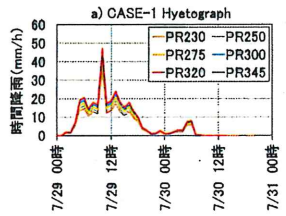
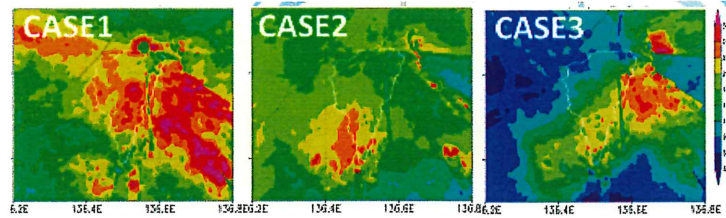
梯川流域のL2対応避難所が、手取川流域のL2による氾濫で使用不可！

北陸地整金沢河川国道事務所提供



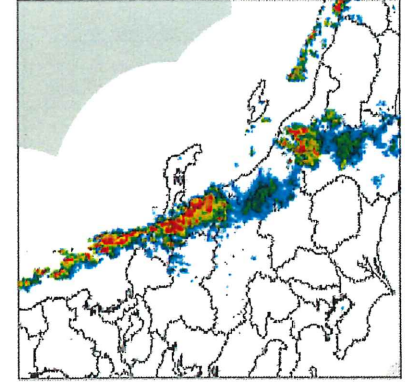
梯川流域に着目した近年の降雨のパターン ←XRAIN

- CASE1 2013年7月出水(流域平均総降水量230mm)
- CASE2 2013年9月出水
- CASE3 2017年8月出水



(金沢大: 谷口健司准教授提供)

全国レーダー雨量(経緯度直線) 流域・流域(3次メッシュを1ピクセルに換算)
 ファイル名: 20170723E630_01.tif
 日時: 2007/07/23 05:45
 北陸地整水防災センター提供



雨域が広がる流域圏で
 流出解析を実施
 →さまざまな河川の洪水予報
 +内水情報

伊勢湾流域圏



小流域数
 一級水系: 3669
 それ以外: 794
 合計: 4463
 総流域面積: 17,655km²

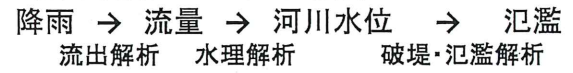
- ・源頭部の面積を2km²とし、河道網を作成
- ・河道の合流点で流域を分割

一級水系だけだと流域圏から抜け落ちるエリアが、きわめて大きい。



まとめ 治水+水防災←河川情報
 連携・連動

①一連の現象・プロセスに注目



②一連のミッションの認識と連携



③激甚化する豪雨への対応

治水整備(現状と今後の進捗)
 ←適正な対象外力に対する計画(L1)
 水系に集まってくる流量 (流域に降る雨)

ソフト対応・危機管理 ← 苛烈な降雨事象に対応できるのか
 ←地域が異なるさまざまなハザード・リスクへの対応(L2も視野に)
 バリエーションに対する強さの確認 →オペレーションの確認(訓練)

④技術の革新とその利用促進

一連の現象の把握(リアルタイム計測・予測技術)
 降雨→流出流量→河川水位→氾濫
 計画・設計・維持管理・防災計画・リアルタイム防災

