

危機回避のための氾濫原管理

Floodplain management and its techniques for avoiding crises

【問題提起】

- ・危機回避のために実施されている対応策は？

危機管理マニュアルの作成

防災・参集訓練の実施

情報伝達機器の整備

- ・危機的状況とは？

日常想定されない状況

庁舎の機能停止：栃木県茂木町役場の1階浸水（S 61. 8）、神戸市役所被災

職員の登庁不能：阪神大震災 災害当日参集率 兵庫県庁2割、神戸市役所4割

道路の不通：水害後のゴミ、流木により復旧活動に支障：ゴミは1～5トン／棟

阪神大震災 走行車両の約3割が緊急出社の人の車→通行障害

複合災害の発生：地震による堤防被災後、津波が越水し浸水→東南海地震（1944）、南海地震（1946）、

北海道の地震（1952）、新潟地震（1964）、根室半島沖地震（1973）、日本海中部地震（1983）

九頭竜川では福井地震（1948）により堤防が被災して約1か月後、梅雨性豪雨により随所で決壊

2次災害：善光寺地震（1847）に伴う崩壊により犀川が閉塞→人造湖の決壊→善光寺平で水害

稗田山の崩壊（1911）に伴う土石流により姫川が閉塞→人造湖の決壊→来馬集落が水害

情報の途絶

情報が全くない状態での活動：事前情報があり、対応が地震よりは有利

横浜国大 村上教授「何が起きたかわからないうちに、行動を開始するのが危機管理である」



水害後のゴミの発生状況（S 61. 8 水戸市）

情報伝達機器の故障：停電による電話不通

情報伝達担当者のミス：A県では気象台が発表した洪水警報を当直の警備員が担当者へ連絡した際、洪水注意報と聞き違えて対応が遅れた（H 10. 8）

・ 対処すべきか？

日常想定されない状況への対応

本当に危機的状況を想定、日常的に意識、単なる防災訓練ではダメ
実践的な危機管理トレーニングプログラム

情報収集・伝達

民間も含めた面的（多様）な情報収集、役割分担及び手法を明確にした情報伝達

フェイル&セーフ：万一ミスしても施設や機械がカバーしてくれる

例）施設：氾濫しても都市を防御→二線堤、輪中堤

機械：重要FAXを受け取らないと、警告音が発生 or 高速一斉FAX（着信確認機能付）

防災活動

組織間の緊密な連携、周知な準備、戦略的な対応

【水害被害の特徴】

・ 水害の実態（年平均水害被害状況）

内訳 \ 西暦	1950～59	1960～69	1970～79	1980～89	1990～96
死者・行方不明者数（名）	1,700	361	197	130	62
うち洪水他によるもの*1	—	—	70	60	10
被災家屋数（棟）	354,835	248,055	264,995	124,488	70,273
うち全壊・流失家屋数*2	13,854	1,475	1,469	552	643
水害被害額（H 2：億円）	12,033	5,460	7,136	7,447	5,958
うち一般資産等被害額	5,425	1,775	2,404	2,120	1,728

*1：警察庁統計（自然災害による死者数等）、建設省統計（土砂災害による死者数等）より算出したため、正確な数字ではない

*2：全壊・流失とは延床面積の70％以上、又は被害額が時価の50％以上の被害を指す

死者・行方不明者数及び被災家屋数は減少

治水施設の整備、きめ細かな気象情報の伝達 ← → × 大型台風の来襲が減少

死者の内訳：高齢の被災者が多く、かつ高齢の女性が居住中に多く死亡

小児は水路・側溝付近で、中年の男性は河川区域（河川、堤防、水路・側溝）で死亡
→河川区域には近づかない（洪水見物も含めて）

水害被害額は横バイ

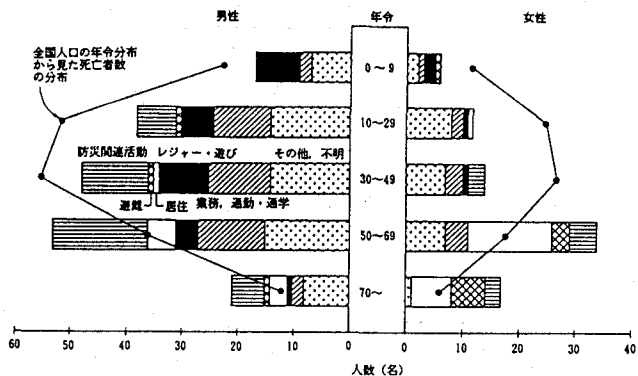
経済規模に対しては減少、都市の水害被害密度は増加（現在約20億円／km²）：10年で2倍、20年で4倍

過去10年間平均で約6千億円／年の被害額　うち約3割が一般資産等水害被害額

ダメージ・ポテンシャルは年々増大

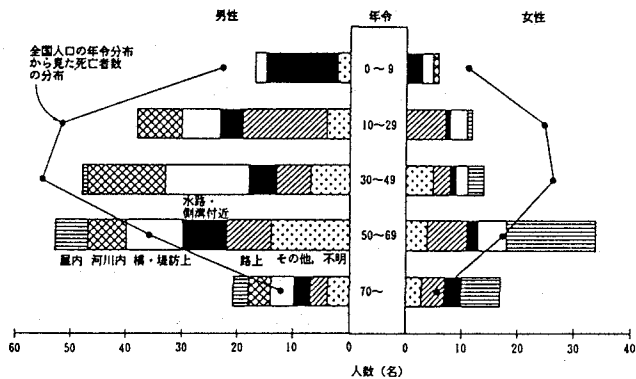
治水計画規模（計画流量、堤防高）の増大 に伴い、ダメージ・ポテンシャル増大
都市域への人口・資産の集積

例）利根川　カスリーン台風（S 22）時の破堤相当の氾濫が現在発生すると
被災者数　3.5倍、水害被害額　140倍



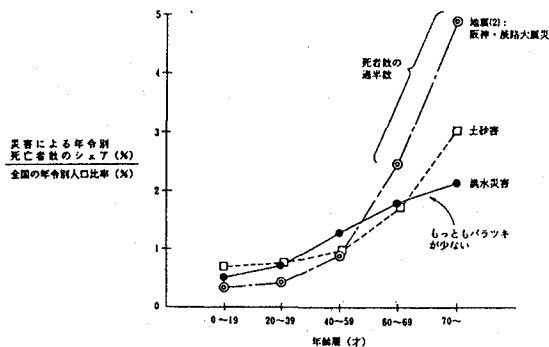
【洪水による死亡時の行動】

* 高齢の被災者が多く、かつ高齢の女性が居住中に多く被災している



【洪水による死亡者の死亡場所】

小児は水路・側溝付近で、中年の男性は河川区域で、高齢の女性は屋内で死亡している



【災害別・年齢別死亡リスクの分布】

* 洪水災害でも高齢者の死亡リスクが高いが、地震や土砂災害ほどリスクは高くない

洪水想定氾濫区域内の人口、資産のシェア (%)

西暦	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
人口のシェア	44.6	45.8	46.3	46.7	48.2	48.7	48.8
資産のシェア	50.6	58.8	63.0	67.6	72.0	74.6	79.7

家屋、家財、事業所、農家

・氾濫の特徴

中小河川における洪水被害が多い ↔ 堤防整備率が低い

流域の治水安全度バランス（プライオリティ）を考慮

内水被害が増加 ↔ 不浸透域の増大、治水施設の整備、排水先河川の水位増大

全体被害額の約半分

治水施設は確率降雨に基づいて設計 ↔ 「天災は忘れた頃にやってくる」とはかぎらない

例) 連年水害 北上川 (S 22、23)、球磨川 (S 38、39、40)、加治川 (S 41、42)

【危機回避対応策】

平常時対応 (実践に役立つ対応)

水害のための防災計画：災害別に分かれた対応となっていない → 地域防災計画 (水害編)

危機回避を考えた洪水危険度マップ：浸水実績図、洪水氾濫危険区域図、洪水ハザードマップ

時間ファクターを加味 → 関川水系 洪水ハザードマップ

洪水危険度の掲示：電柱、掲示板への掲示 → 静岡県 181 箇所 (S 49、7 水害)、八代工事事務所 132 箇所 (S 40、7 水害)

様々な状況設定下の防災訓練：

兵庫県 抜き打ち防災訓練 (H 9、1)

→ フェニックス防災情報システムがダウンするなど、110 項目の問題点が判明

人工衛星回線などを通じて被害状況などの情報を相互に通信 (災害対応総合情報ネットワークシステム)

D I G 三重県他

無視できない伝承

過去の災害経験、洪水・水害にまつわる言い伝え

福井県西谷村 (現 大野市) S 40 集中豪雨 → 171 戸全壊、死者は 1 名 ← 元禄時代 豪雨災害の経験：村一番の高台にある寺に避難

治水文化 例) 治水感謝祭 (夕張川)、石巻川開き祭り (北上川)、治水神社 (木曽三川)、川除地藏 (安倍川)、堤防神社 (由良川)、宝暦薩摩義士の碑

前兆現象の発見

秋田県鹿角市 八幡平土石流災害 (H 9、5) 全壊 16 棟他

澄川温泉旅館経営者が飲料水の濁り、湯量の増加、通常発生しない箇所からの湯・泡の発生に気付く → 市役所・消防本部に連絡 → 市が避難勧告 → 15 時間後に災害発生

茨城県石下町 小貝川本豊田地先の破堤 (S 61、8)

石下町役場職員他が漏水を発見 → 堤防に発生した亀裂間の土塊部分が流失 → 破堤

奈良県西吉野村 和田地すべり災害 (S 57、8)

雨がやんだ後、消防団員が山の中腹に亀裂を発見、また異常な音や現象を確認 → 地すべりの発生を予測 → 避難命令 → 30 分後に崩壊発生

情報収集

広域的な情報収集

人工衛星、ヘリ、バルーン、UAV (Unmanned Air Vehicle)

建設省防災情報システム

衛星通信車、衛星小型画像伝送装置 (Ku-Sat)、建設省移動通信システム (K-COSMOS)

ヘリ あおぞら号 (関東地建)、きんき号 (近畿)、はるかぜ号 (九州)

ヘリコプタ画像伝送システム、建設フォトメールシステム

民間の協力を考えた情報収集

アマチュア無線：三隅町で放送局浸水後に利用 (山陰豪雨：S 58)

タクシー無線：本庄市、諏訪市、川崎市：3 タクシー団体 (1,680 台) と協定締結

町内会長の協力：沼津市 (津波)：パーソナル無線

鶴岡市：トランシーバー (166 台)、パーソナル無線 (107 台)、簡易無線 (15 台)

<参考>全国 パーソナル無線 (170 万台)、アマチュア無線 (130 万台)、タクシー無線 (20 万台)

情報伝達

防災投資を考慮した機器整備

防災行政無線 (固定系) 例) $5,500 \text{ 万円} + 200 \text{ 万円} \times \text{拡声子局数}$

各戸無線装置 $5,500 \text{ 万円} + (5 \sim 6) \text{ 万円} \times \text{戸別受信機数}$

コミュニティFM：山形市

CATV：栃木県茂木町 避難勧告 (S 61. 8 水害)

オフトーク通信：宮崎県椎葉村 避難勧告 (H 3. 9 土砂害)

インターネット、パソコン通信：阪神大震災ではインターネットの復旧が早かった

伝達効果

広報車：もっとも利用が多い／個別に説得できる一方、伝達に時間を要する

防災行政無線：広域的に伝達できる／雨音、雨戸で聞こえにくい

平常時スピーカー近くの人でも聞こえない場合あり

サイレン・鐘：音の意味不明の場合が多い

各戸無線：もっともよいが、多額の予算を要する

<参考>市町村防災行政無線の設置には、自治省・農水省からの補助事業あり (補助率概ね 50 %)

* 無線も万全ではない→中継設備の冠水、商用電源の停電、無線機間の干渉

(防災行政無線は一般無線より災害に強い)

* 停電時には公衆電話でテレフォンカードや 100 円玉は使えない (10 円玉は使える)

デマ、パニック

デマ発生→各方面から同種の情報→相乗効果→真実味：特に女性に「早とちり」が多い

パニックの種類 ①恐怖・不安からの逃避パニック……例 火星人の襲来

②利得を求める獲得パニック……例 オイルショック時の物不足

水防活動

多組織による指揮・命令の混乱のない活動

水防団、建設業者、工事事務所：誰が指揮をとるか／分担して活動

様々な状況に対応できる水防計画の策定

徹底した水防工法の習得

川表と川裏／手を打つ順番：漏水は先ず堤外側の穴を塞ぐ

実践的な水防技術の整理→ノウハウ集の作成

プロ、アマを分けて水防演習実施

水防体制上の問題点：水防管理団体（2,744 団体） H 10 調査

最大の問題点 ①水防団員の確保が困難（33 %）、②住民の水防意識が低い（18 %）

体制の整備は進んでいるが、都市化・高齢化・水害被害の減少により水防環境が悪化

緊急時活動

水防法 17 条：居住者、現場にいる者を水防活動に従事させることができる

河川法 22 条：水防法と同じ

災害救助法 24 条：医療、土木建築工事、輸送関係者を救助活動に従事させることができる

脱出活動

家屋からの安全な脱出方法

屋根の破り方、ロープ・カーテンの使い方：洗濯ロープ、パンストもロープに代用できる

必ず止め結びを行ってから本結びを行う

家屋からの脱出艇の作り方：タイヤ、ドラム缶

転落した川からの脱出

落ちつく→水に浮く→つかまる物を探す→水面から手がでない泳法で泳ぐ

川への転落車からの脱出

沈む前に脱出：すぐ窓を開け、脱出する

沈んだ後に脱出：窓を閉め、頭を屋根に近づける→車内の水位があがり車が安定→窓を開けて脱出

応急復旧

破堤箇所での締切（仮締切工、仮復旧堤防工）：所要日数 仮締切工（8 日）＋仮復旧堤防工（11 日）

仮締切箇所は在来法線／堤外、締切工法は鋼矢板二重式締切工か

復旧資材（消波根固ブロック、間詰め栗石、鋼矢板、砕石など）の迅速な調達

緊急排水：小貝川水害（S 61. 8） 鬼怒川への氾濫水の緊急排水路（幅 2m × 深さ 1m）の建設

閉鎖性流域では氾濫原ポンプ・樋門も要検討

災害時支援ボランティア

自動車整備工場による道路啓開（松戸市）、災害救助犬（神戸－日本レスキュー隊）

消防OB活用（仙台、市川、神戸）、情報収集（横浜－バイク便の協会・企業）

* 関連組織 日本災害救援ボランティアネットワーク 西宮市

日本NPOセンター 渋谷区

メンタルヘルス

PTSD（Post-traumatic Stress Disorder：心的外傷後ストレス障害）：不安、抑鬱、無関心、不眠

子供のカウンセリング：FEMA（Federal Emergency Management Agency）の対応

米国における調査では自然災害のなかで洪水後の自殺者がもっとも多い

住民参加の防災まちづくり

< 国分寺市 >

防災都市づくりを考える市民会議：防災集会、シンポジウム

防災・まちづくり学校：市民が防災について学習する場

< その他 > 住民による危険箇所点検→マップ化

【避難活動】

水害安全度の高い避難所

避難所の安全度チェック：地盤高、浸水実績、備蓄状況など／地震時避難所とは異なる

民家の利用：札幌市、留萌市、宇部市、富山市

民間ビルの利用：富山市（津波）←鉄筋2階建て以上のビル6棟 市長の依頼文に対して同意書提出
効果的な避難勧告

- 例) 島根県浜田市（S 58） 浜田川が氾濫しそう→サイレンにより多数の住民が避難
島根県三隅町（S 58） 三隅川が氾濫しそう→町長自らが防災無線を通じて非常事態宣言を行う
京都府笠置町（S 61） 降水、河川の濁り→サイレン・広報車で知らせる

安全な避難手法の指導

複数人数で避難、杖（探り棒）・ロープを用いた避難
高齢者ははしごを浮かせて、おみこし式にかつぐ
赤ちゃんは布にくるみ、浮き袋をつけてベビーバスに乗せる
水路・側溝への転落に注意する

例)	新潟県笹神村（H 10）	関川流域（H 7）
水路・側溝へ転落した	1世帯	4世帯
水路・側溝へ転落しそうになった	10世帯	21世帯
調査世帯数	53世帯	116世帯

土砂災害にあわないよう、山沿いの道路を使った避難に注意
橋の落橋には充分注意する

例) 平成元年の台風13号では福島県猪苗代町で落橋した橋から相次いで3台の車が川へ転落
避難誘導員：香川県内海町 住民10～20人に1人の割合

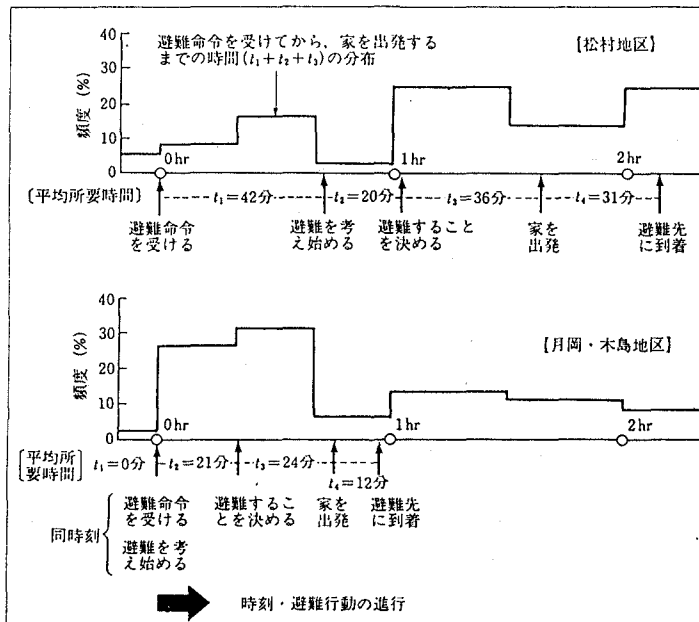
時系列的に見た避難行動

避難勧告を受けてから家を出るまでの時間（地区平均）

関川流域（H 7：45～110分）、新潟県笹神村（H 10：70分）

家財の移動に時間を要すると、避難開始が遅れる

災害弱者（高齢者、乳幼児）がいると、行動が早い場合と遅い場合がある←避難行動の2極化



時系列的に見た地区毎の避難行動（関川流域）

浸水中の避難速度：成人

ひざ下浸水 1.6km / hr、ひざ～腰浸水 1.1km / hr：関川（H 7、7）

→氾濫水の伝播速度より早いので、タイミングが良ければ安全な避難可能

避難速度は避難距離によらない、浸水深 50cm 以上で避難困難：子供、女性をもっと浅い水深で困難

<参考>破堤に伴う氾濫水（主流）の伝播速度

水系	河川	破堤箇所	伝播速度	伝播地域
北上川	北上川	宮城県中田町（S 22）	0.94km / 時	破堤箇所より 10km 下流
利根川	利根川	埼玉県東村（S 22）	0.82km / 時	堤箇所～埼玉県吉川町
木曽川	牧田川	岐阜県養老町（S 34）	3.0km / 時	破堤箇所～多芸輪中堤（3 km 下流）
木曽川	長良川	岐阜県安八町（S 51）	0.8km / 時	破堤箇所より 1.8km 上流～旧森部輪中堤
利根川	小貝川	茨城県石下町（S 61）	0.6km / 時	破堤箇所～破堤箇所より 600m 南地点
"	"	"	0.9km / 時	破堤箇所より 600m 南地点～八間橋
関川	関川	新潟県新井市（H 7）	1.3km / 時	破堤箇所～島田橋

<参考>避難困難度と水量

流速 \ 浸水深	1.0 ≤ h	0.5 ≤ h < 1.0	h < 0.5
1.0 ≤ v	不可能	不可能	困難
0.5 ≤ v < 1.0	不可能	困難	可能
v < 0.5	困難	可能	可能

※成人のケースであり、子供の場合は
更に厳しい条件となる

注）浸水深 h、流速 v の単位は各々 m、m/s である

災害弱者対応

災害弱者マップ：旭川市（GIS?）、登別市、宮古市

緊急通報システム（独居老人対策）：鶴岡市、石巻市、広島市 他

一斉FAX：鈴鹿市

<参考>災害弱者を乳幼児、高齢者（70 才以上）、身体・精神障害者、傷病者（在院患者数）、外国人
居住者（登録外国人）、訪日外国人と定義すると、約 2,400 万人（全人口の約 2 割）がいる

迅速な大規模避難事例

平成 5 年 8 月、宮崎県延岡市では長雨及び集中豪雨により五ヶ瀬川、大瀬川で計画高水位を突破する洪水となった。この危険な状況に対して、市、消防署、区長などは避難の呼び掛けを行い、避難勧告が出された 30 分後には大瀬川沿川の住民 5,652 名の避難が完了。迅速な避難ができた理由は以下の通り

- ①防災危険箇所点検連絡会議を通じて、消防と警察の関係が緊密になった
- ②市の職員が避難所の管理者に指定され、又召集の連絡網が周知され、機敏に受入れ体制を確保した
- ③全世帯に避難所の配置図を配布するとともに、洪水時に避難誘導者に再度配布した

避難生活

見舞い品で役に立った物 ①懐中電灯、②食料品、③ラップ

代用品 ダンボール箱→トイレ、牛乳パック→ろうそく、ペットボトル→浄水器、アルミ缶・牛乳パック→コンロ、新聞紙・ビニール袋→防寒着

注意事項 避難前：ブレーカー、ガス栓、水道蛇口を止める

避難所：食器洗いに洗剤は使わない、ラップやウェットティッシュは非常に有効

避難後：ライフラインを使う前にガス洩れなどを点検

家具の引き出しは全てはずし、床板や柱に付着した泥はすぐ真水で洗い流す

【氾濫原管理】

・ 氾濫原管理

流域対応、平常時対応まで含めた総合的な流域治水

先駆的なアメリカの事例を参考にしつつ、日本にマッチした手法を提案

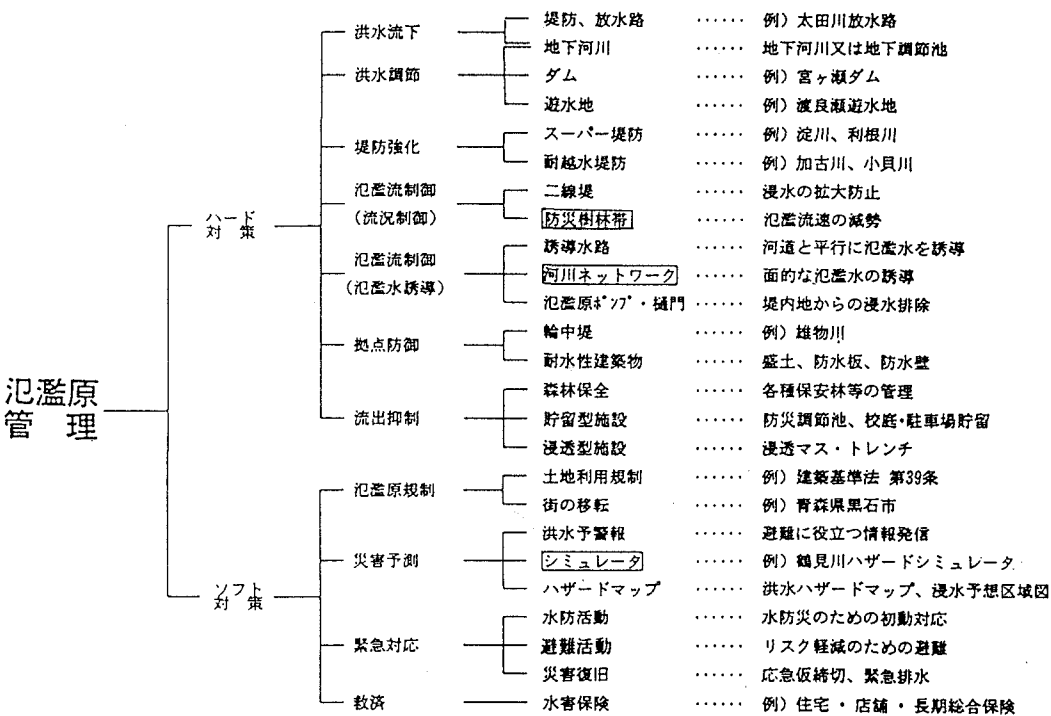
氾濫流制御：水路ネットワーク、防災樹林帯、二線堤

土地利用規制：建築基準法第 39 条（災害危険区域） 札幌市、長野県飯田市、名古屋市など 8 地域

防災集団移転促進事業（国土庁） 青森県黒石市の黒森・石名坂地区（S 51 実施）

保険の活用：住宅・店舗総合保険、風水災危険担保特約、農協共済（建物更生共済）

諸外国）複数の自然災害危険を一括する保険（ドイツ）、政府運営の保険引受組合（スペイン）、国庫保証（デンマーク）



・ 氾濫原管理への応用

関川水系 洪水ハザードマップ

時間ファクターを加味した洪水危険度マップ←最大危険度だけでなく、避難他の危機回避に応用可能
現在 40 市町で洪水ハザードマップ作成済み

水路ネットワーク：水路網による面的な浸水排除

福岡県柳川市の水路網により、西日本水害（S 28）で水害被害の拡大防止

水と緑のネットワーク整備事業、水質浄化にも貢献

防災樹林帯：集落上流側の樹林帯による家屋の流失防止

大井川・狩野川流域には氾濫に備えた樹林、盛土あり

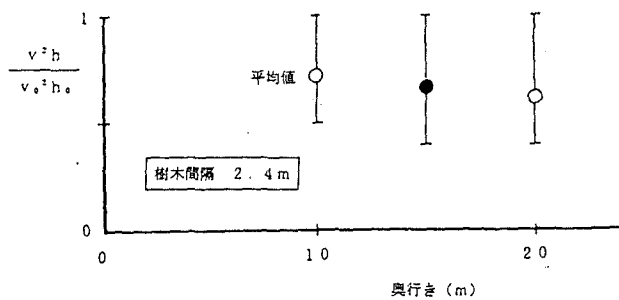
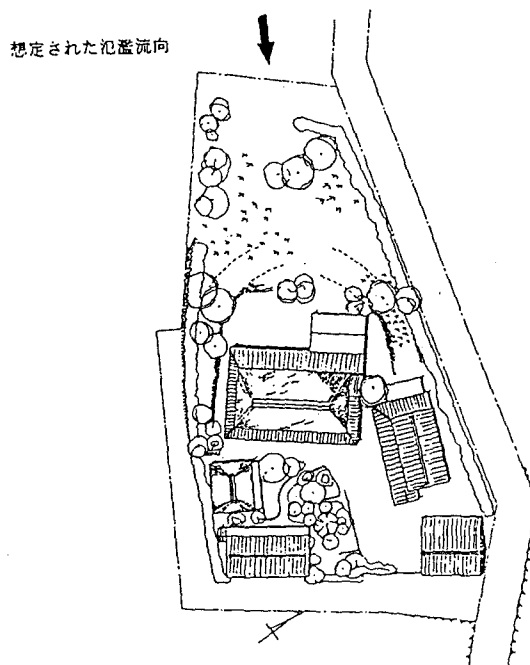
那珂川上流の余笹川流域 家屋の上流側に樹林（元々防風林）がある家屋の流失率は樹林がない場合の約半分

ハザード・シミュレータ：パソコン上への氾濫予測結果の表示、鶴見川流域を対象に土研が H 8 開発

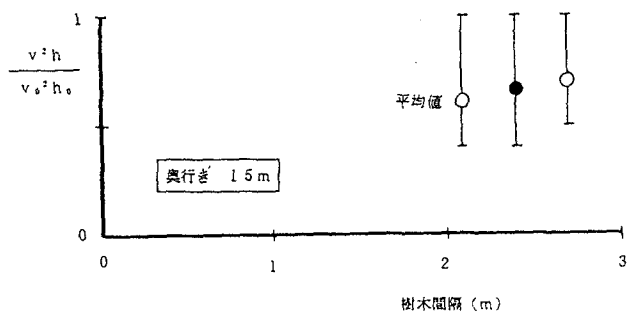
このモデルに基づき、各地建がホームページ上にシミュレーション計算結果を表示
(個別の破堤箇所からの氾濫水の挙動情報を初めて一般に公表)



氾濫水の到達時間分布（関川流域）

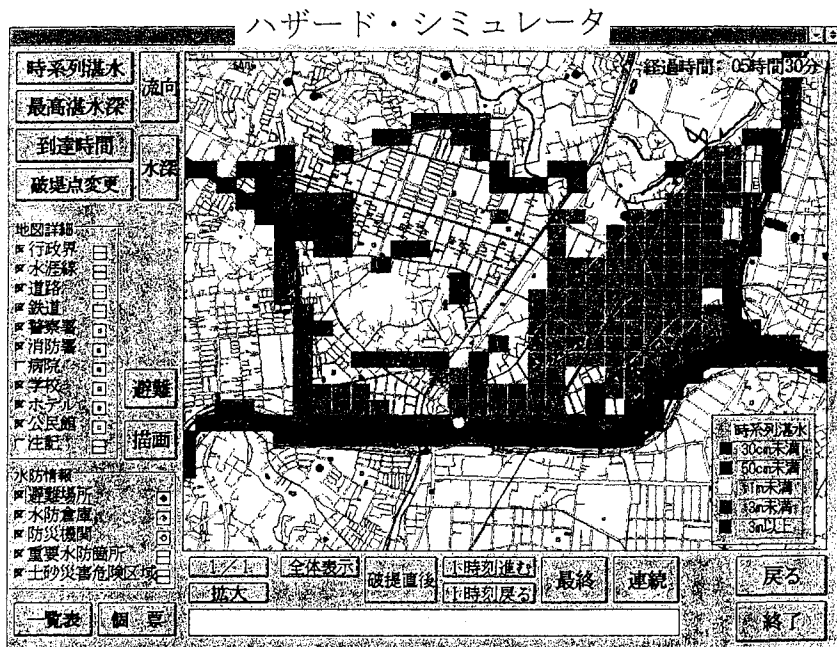


無次元流体力の低減効果（奥行き）



無次元流体力の低減効果（樹木間隔）

防災樹林帯



【防災行政の動向】

- ・治水経済調査マニュアル作成 各地建へ事務連絡→河川審議会を経て通達へ

従来との変更点：

資産毎の被害率・構成項目が異なる、家屋・家財資産は再調達価格で評価

営業停止損失は営業停止・停滞日数に応じた付加価値減少額を計上

家庭及び事業所における応急対策費を見込む、河道流と氾濫流を同時追跡

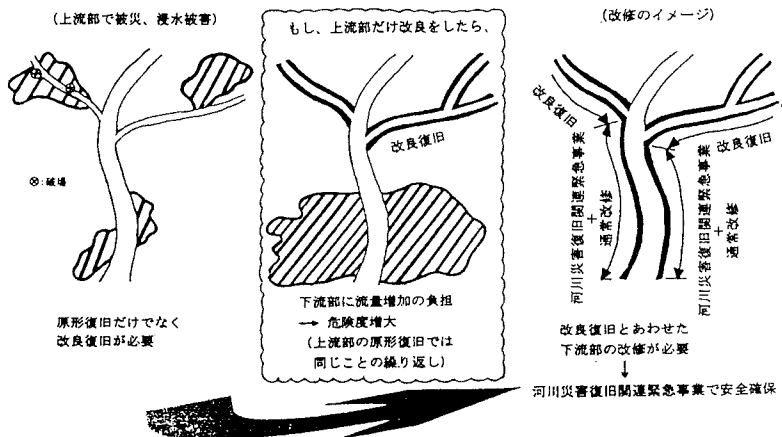
氾濫ブロック毎に被害額最大のシナリオとし、氾濫に伴う下流の流量低減を考慮

便益評価は総便益、総費用（残存価値は除く）で行う：割引率は4%（建設省統一）

今後、環境整備事業の評価（CVM）を含めて「河川経済調査要綱」作成へ

- ・H11年度 新規事業 河川災害復旧等関連緊急事業

災害復旧事業や改良復旧事業による流量増が5%以上→下流区間もあわせて改修



河川災害復旧等関連緊急事業のイメージ

・実践的な危機管理トレーニングプログラム

本省災害対策室が中心となり本省、建大、建設研修センターにおいてトレーニング実施。開始時に洪水・水防警報、越水の恐れありなどの状況を想定し、各役割のところへ時間を追って現実に則した約 200 の状況付与（災対本部への移行、避難勧告、災害発生、マスコミ対応など）が行われる。これらの状況に臨機応変に対応

想定水害例）菊池川破堤（H 9. 7）、小貝川水害（S 61. 8）：他に土砂災害想定

・河川砂防技術基準の改訂

基本計画編（基本理念を記載）を追加

①健全な水循環、②総合的土砂管理、③生物の生息・生育環境、④総合的河川管理、⑤地域との関係調査編、設計編も改訂

・第二次河川技術開発五箇年計画（1999 ～ 2003）

基本的な考え方

①流域の視点、②自然環境場としての評価、③危機管理対応、④地域・住民との関係

水害の予測技術・情報伝達システムの高度化、治水対策（氾濫流制御他）の高度化

・河川審議会総合政策委員会 危機管理小委員会

委員長 佐々淳行、委員 河田恵昭教授・廣井修教授・伊藤和明解説委員他 計 10 名

危機管理のための 4 つの視点

①責任・役割の明確化、②連携の強化、③情報の開示と共有、④日常に根ざした危機管理

全国のヘリコプター（約 1,100 機）配置状況図：所轄組織にとらわれない

・土木研究所

リアルタイム型ハザード・シミュレータの開発

治水安全度評価シミュレータの検討

重点研究プロジェクト 統合的ハザードマップ（洪水、地震、土砂災害）

【その他の動向】

・情報収集のための最新兵器

Unmanned Air Vehicle：CL-327 Guardian（カナダ Bombardier 社）

全長 4m、高さ 2m、重さ 350kg、速度 160km/hr、航続時間 6 時間、3 ～ 4 億円、風 20m/s 以内、雨 20mm/hr 以内

無人誘導（プログラム飛行、リモートコントロール飛行）可能

McGRAW-HILL Company "1997-98 International Guide to unmanned vehicles"には 153 機種の U A V

・D I G（Disaster Imagination Game）：災害図上訓練→三重県、神戸市、新宿区、品川区

想定被害を地図上の透明シートに書き込み、被害に対する救援活動の目標等をブレーンストーミングマニュアル作成（H 10. 8）

・川崎市防災情報装置：ポケベルを用いて、バス停 3 箇所の表示装置に災害情報表示（N T T と共同開発）

他に震災対策支援システム（被害予測）、映像情報システム、ヘリ電送受信装置あり

・内閣官房内閣安全保障・危機管理室 危機管理マニュアル作成

対象 自然災害 4 項目 大規模な地震・津波・火山災害、風水害

大 事 故 7 項目 航空災害、鉄道災害、油流出、道路災害、原発事故 他

大 事 件 2 項目 ハイジャック、テロ

そ の 他 2 項目 邦人救出、難民流入

下線の項目以外はマニュアル作成済み→平成 11 年度の早い時期に実地訓練（ハイジャックを予定）

対応 関係省庁が首相・官房長官に報告→官邸対策室、緊急参集チームなどの設置→被害実態の把握、緊急対応→臨時閣議、安全保障会議の開催、対策本部の設置を判断

・災害協定の締結：

都道府県間の協定締結 20 協定 141 団体

県内市町村と県外市町村との協定締結（例：静岡県）37 協定（消防応援協定除く）：姉妹都市が多い
例）那珂川上流における救出活動等に茨城県の防災ヘリが出動（H 10. 8 水害）

【氾濫解析】

以下に示す氾濫解析手法は「河川・砂防技術基準」、「治水経済調査マニュアル」、「氾濫シミュレーション・マニュアル」、「水理公式集（土木学会）」などに採用されている

・氾濫現象の再現・予測・評価

氾濫現象の再現・予測：被災地域、被災状況の把握

洪水危険度マップの作成

治水経済調査：治水施設整備による経済効果

危機回避対応のための氾濫流の挙動把握

・氾濫モデル

1 次元モデル：貯留関数法、マスキンガム法、簡易一次元不定流モデル

2 次元モデル：越流ポンドモデル、氾濫ポンドモデル、開水路ポンドモデル、二次元不定流モデル

計算の目的、用途に応じてモデルを選択

洪水氾濫危険区域図の作成（134 河川） 二次元不定流モデル（53 %）、開水路ポンドモデル（19 %）、不等流モデル（山間地：17 %）、氾濫ポンドモデル（8 %）他

対象流域を分割して氾濫計算→分割手法

計算の発散→ $\Delta t \leq \Delta x / 25 \text{ m/s}$ 目安→CFL 条件

メッシュ間標高差→ $\Delta z = I * \Delta x \leq 0.5 \text{ m}$ （急勾配地域は除く）

洪水氾濫危険区域図（134 河川）125m（2 %）、250m（45 %）、500m（48 %）、1 km（4 %）他
同じ流域でも支川流域はメッシュを細かく分割しているケースあり

・被災状況の想定＜治水経済調査マニュアルに採用＞

対象流域：浸水実績図、洪水想定氾濫区域図、洪水氾濫危険区域図

破堤箇所：実績破堤箇所、危険箇所（合流点、河床勾配変化点、旧川締切り箇所、落堀）

破堤幅 B_b ：川幅 B に対する関数式

合流点付近の場合： $B_b = 2.0 * (\log_{10} B)^{3.8} + 77$

合流点付近以外の場合： $B_b = 1.6 * (\log_{10} B)^{3.8} + 62$

破堤後の時間 t に対する関数式（ B_b ：最終破堤幅）

$$t = 0 \quad B_t = \frac{B_b}{2}$$

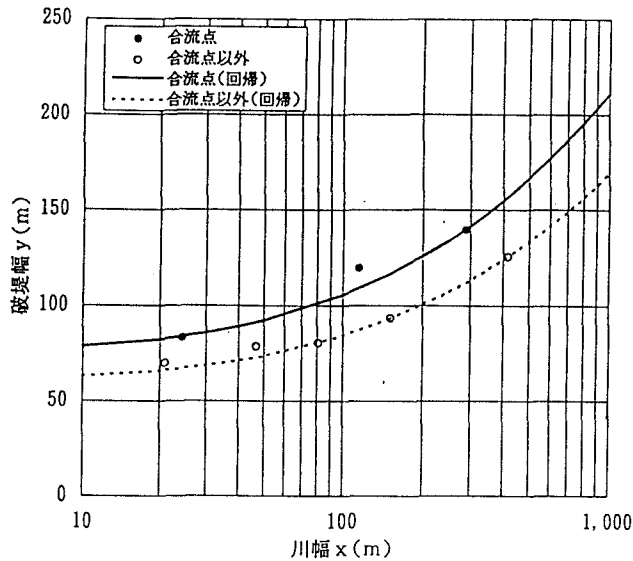
$$0 < t \leq 60 \text{ 分} \quad B_t = \frac{B_b}{2} \left(1 + \frac{t}{60} \right)$$

$$t > 60 \text{ 分} \quad B_t = B_b$$

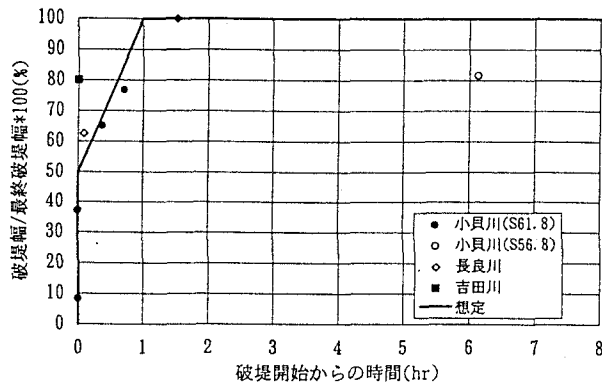
【氾濫解析テクニック】

・氾濫解析テクニック

破堤（越流）流量：本間公式を改良した氾濫流量算定式



破堤幅と川幅の関係



破堤幅の時間的变化

平均河床勾配 I をパラメータとした氾濫流量 Q (Q_0 は本間公式による流量)

<破堤に伴う氾濫流量> ← 洪水の斜め流下、破堤部上流側の死水域を考慮

$$I > 1/1580 \text{ の場合} \quad Q/Q_0 = 0.14 + (0.19 * \log_{10}(1/I)) * \cos(48 - 15 * \log_{10}(1/I))$$

$$1/1580 \geq I > 1/33600 \text{ の場合} \quad Q/Q_0 = 0.14 + 0.19 * \log_{10}(1/I)$$

$$1/33600 \geq I \text{ の場合} \quad Q/Q_0 = 1$$

<越水に伴う越流量> ← 洪水の斜め流下のみを考慮

$$I > 1/12000 \text{ の場合} \quad Q/Q_0 = \cos(155 - 38 * \log_{10}(1/I))$$

$$1/12000 \geq I \text{ の場合} \quad Q/Q_0 = 1$$

盛土の越流量：本間公式を改良した氾濫流量算定式（上記の越流量式）

樋門・カルバートからの流出量：土研の実験式

No.	水位の関係		計算式	C
1	$h_2 \geq H$		潜り流出： $Q = C B H \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$	0.75
2		$h_1 \geq \frac{3}{2}H$	中間流出： $Q = C B H \sqrt{2gh_1}$	0.51
3	$h_2 < H$	$h_1 < \frac{3}{2}H$	自由流出： $Q = C B h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ ただし $\frac{h_1}{h_2} \geq \frac{3}{2}$ の場合は $h_2 = \frac{3}{2}h_1$ に置き換える	0.79

*数高から見て高い方の水位 h_1 、低い方の水位 h_2 、樋門・カルバートの高さ H
 下水の流下量：本間公式、モストコフ式（底面取水）を用いて水位差により流下量を計算する式

・改良された氾濫モデル

氾濫原粗度係数：水理模型実験結果等に基づいて、建物占有率及び水深のパラメータとして表示

$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \times \frac{\theta}{100 - \theta} h^{4/3}$$

ここで、 n ：合成粗度係数、 n_0 ：底面粗度係数、 θ ：建物占有率、 h ：水深

$$n_0^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

ここで、占有面積 A_1 ：道路、 A_2 ：農地、 A_3 ：その他の土地

粗度係数 n_1 ：道路（0.047）、 n_2 ：農地（0.060）、 n_3 ：その他の土地（0.050）

破堤幅：既存の破堤データ分析

メッシュ分割：例 豊平川流域の地盤高データ

Δz_i （各メッシュ地盤高－隣接するメッシュ地盤高） $< 0.6\text{m}$ の割合

100m メッシュ（58 %）、250m メッシュ（31 %）、500m メッシュ（15 %）→ 100m 以下のメッシュとする

運動方程式中の拡散項：モデル流域における検証計算

・精度検証、感度分析

筑後川流域久留米市で精度検証（S 28 最大浸水深、逆破堤時刻）

氾濫ボリュームが同じであり、最大浸水深はあまり変わらない

逆破堤時刻の比較

	実績	従来モデル	新モデル
篠山堤	6 / 26 18 : 20	6 / 26 17 : 50 実績より 30 分早い	6 / 26 18 : 15 実績より 5 分早い
安武堤	6 / 26 23 : 30	6 / 26 20 : 05 実績より 3 時間 25 分早い	6 / 27 0 : 30 実績より 1 時間 遅い

→精度向上

→精度向上

注）従来モデルでは土地利用に対して一義的に粗度係数設定

鶴見川流域で感度分析（氾濫原粗度係数、破堤幅、メッシュ分割）

氾濫原粗度係数の影響がもっとも大きい

・今後の展望

計算時間を要しない簡易氾濫モデルの構築

リアルタイムでの氾濫予測情報の提供

都市域の氾濫解析に対応した一般座標系 定式化

【” 水害時の危機管理” に関する主要な参考文献】

- ・吉本・末次他：昭和 61 年 8 月小貝川水害調査、土木研究所資料第 2549 号、1988 年
- ・吉本・末次他：水害時の避難体制の強化に関する検討、土木研究所資料第 2565 号、1988 年
- ・末次：水害時の危機管理の留意点について、土木技術資料、Vol.37、No. 3、1995 年
- ・栗城・末次他：ハザード・シミュレータの水防・避難活動への活用、土木技術資料、Vol.37、No.11、1995 年
- ・栗城・末次他：洪水による死亡リスクと危機回避、土木研究所資料第 3370 号、1995 年
- ・栗城・末次他：氾濫シミュレーション・マニュアル（案）、土木研究所資料第 3400 号、1996 年
- ・栗城・末次：水害 関川豪雨災害（1995 年）、土木学会誌、Vol.81、No. 7、1996 年
- ・栗城・末次他：21 世紀に向けた防災レポート、都市河川研究室資料、1996 年
- ・末次：氾濫原管理のための氾濫流制御と避難体制の強化、氾濫原危機管理国際ワークショップ 論文集、1996 年
- ・栗城・末次他：横越流特性を考慮した破堤氾濫流量公式の検討、土木技術資料、Vol.38、No.11、1996 年
- ・末次・館他：水路ネットワークによる氾濫被害軽減、河川、No.612、1997 年
- ・栗城・末次他：関川水害時の避難行動分析、土木研究所資料第 3536 号、1998 年
- ・末次・館他：防災樹林帯による氾濫流制御に関する研究、水工学論文集、第 42 巻、1998 年
- ・末次・栗城：改良した氾濫モデルによる氾濫流の再現と防災への応用に関する研究、土木学会論文集、No.593、Ⅱ－43、1998 年
- ・末次：氾濫原管理のための氾濫解析手法の精度向上と応用に関する研究、九州大学学位請求論文、1998 年