

論点整理—有用なリスク情報創出の要諦とは？

藤田 光一（河川財団 河川総合研究所）

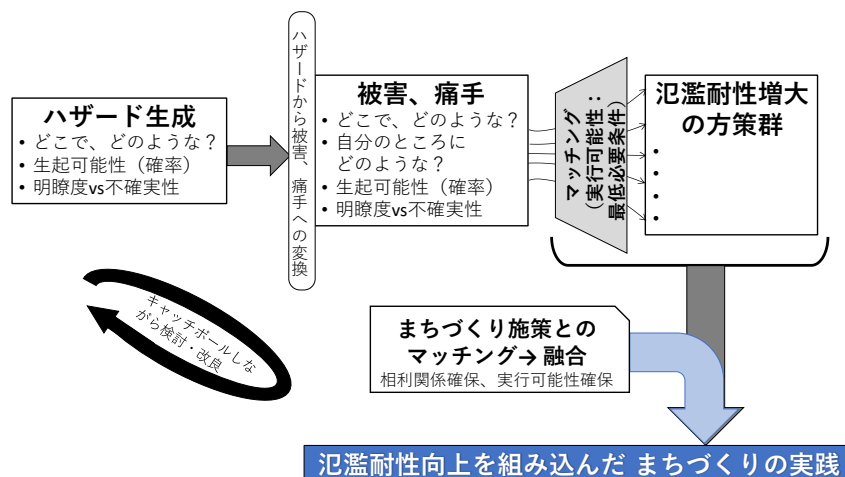
1. 目指すこと（大前提）

- ・ 氾濫被害のリスクが存在する流域（場）において、氾濫耐性（氾濫しても被害が少ない、回復が速い、後遺症が小さい）を向上させる→持続性確保.
- ・ それを、極力、地域にとっての効用が総体的に増大するよう行う。主役はまちづくり＝地域住民 → 災害対応に従うという構図でなく.

2. 今後の展開において最も重要なこと

「リスク情報の内容検討」と「それが場の氾濫耐性をどう向上させるか？の吟味」とのキャッチボールを行うこと→“一方通行”にとどめない.

→ [ハザード生成] [ハザードを受けた場の被害] [リスク情報を提供された場の応答] に関わる専門家・実務者間の協働は必然 ※ 仕組み、実態、制御の面

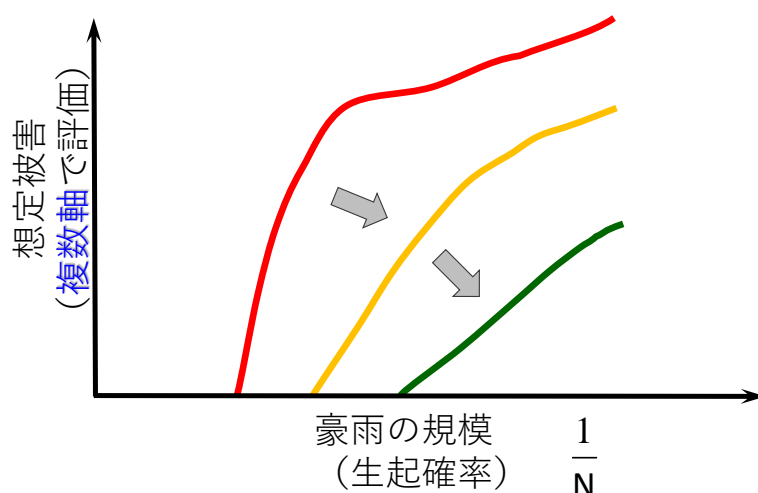


3. 河川整備の進捗、気候変動影響と残余リスクとの関係— 押さえておくべき基本事項

- 残余リスクは、河川整備途上はもちろん、完了後も存在.
- 河川整備の進捗により水災害発生の頻度は減少する。
→このハード対策（河川整備による、水災害発生の頻度低下→無被害で済む可能性の増大）は、万人に平等に効き、その意義は大きい.
- その一方、日本の地理的条件において、ひとたび水害が発生した時の被害・痛手は、頻度低下にかかわらず一般に大きい（特に、破堤氾濫は厳しい）。 ← 参考1
- そのため、氾濫耐性を増し、氾濫時の被害をマイルドにするソフト等施策も重要。
→ただし、ソフト等施策は、“効き具合”が様々なので（万人に平等とはいかない）、対

象ごとの特性，状況に応じて賢く処方することが肝要→本検討会のターゲット。

- 以上を踏まえた包括的な治水施策の方向は，被害～豪雨規模関係線（下図）において，線を右方に追いやり（無被害で済む可能性の増大），かつ，線を“寝かせる”（氾濫耐性を増す）こと，と統合表現できる。
→なおどちらも，それぞれに気候変動影響を緩和する。



4. 共通して重視すること

- 目標実現性—形式，名目でなく
- 人(含;組織体)の行動原理に適う方策— 説教や啓蒙，“こうすべき論”に拠り過ぎず。
→行動の動機の醸成が要（かなめ） ※必要な強制はあるとして。
- 行動を実行可能にする実際的な手段群の存在
 - ・ 性質の異なる幅広い手段群を用意→ 取り組み実行の間口を広く
 - ・ 「できること」「できるところ」から→ 取り組み実行のハードルを低く
 - ・ 多重の（カスケード的）安全網—「1つやり損っても次の手がある」構図
→「そうすべき論」に拠りすぎない。
- 長くとった時間軸での，一貫した基本方針の下での系統的展開を意識（短期・即効～長期・遅効にわたって）
- 公平性，公正性，意思決定の正統性，地域住民の理解・納得・エンゲージメント
- 地域による，責任を持った主体的選択
- 流域（したがって広域）連帯（を視野に入れて臨む）

※これらは相乗・相補的關係にある。

5. 人（含；組織体）が行動*を起こすための要件と、必要となるリスク等の情報

【平時の準備という段階に絞って】

<避難や水防等，危機時行動はなされる
として>

*「行動」は，取り組むことまで含んだ広い意味で用いている。

5. 1 状況1：“自分”にとってのリスクが具体的にわかる—あらゆる行動の基盤

<以下は包括的整理→共通項以外は各局面で選択・アレンジされるもの>

● 行動主体

個人・家族等，企業等，地公体（含；広域，流域）

● 必要なリスク情報

- ・ “自分”（主体に応じた面的スケール）のところに出る被害と，その生起確率*に関する明瞭な情報 ※生起確率は，主体的判断に必須
- ・ 河川整備等の進捗および気候変動影響による変化

● 技術課題，技術政策課題

- ・ 生起確率の出し方，提示法 ← 参考 2
機械的精度追求でなく，判断に使える精度確保を重視。その上で，精度と使い方に
見合う提示法の設定が大事。
- ・ 対象の特性に応じて，ハザード情報を被害に変換する体系的方法
浸水深，流速，これらの時間変化（含；継続時間），土砂・流木（場所によって）
がハザードの基本構成要素 ← 参考 3
既往蓄積：浸水深と被害との関係分析（対象の個別特性も考慮），家屋倒壊等氾
濫想定区域，LifeSim による人的被害推定，孤立避難限界時間の考慮
特に企業等については，BCP および地域維持機能への影響に関する観点が重要
（次項 5.2.2 とも関連）。
大規模集合住宅についても同様の観点が必要→実質 1 つの地域を擁している。
- ・ その中でも，場・地域としての脆弱ポイントおよび持続可能性阻害要因の把握
- ・ ハザード情報の明瞭度（空間・時間解像度）向上→シナリオベースで被害生起吟味。
⇒堤防越水（→破堤に結びつく）が有意に起こりやすい区間と普通の区間の識別と
その活用 ← 参考 4
⇒破堤氾濫とそれによる被害生起過程をシナリオベースで吟味する手順の導入
→HWL 破堤，最大包絡だけでは見えない，ある面で実相により近い被害の起
り方を見定める。起こり方の特徴，“癖”を掴む。 ← 参考 5
「ここが破堤したら，このようになる。それに対処するには，・・・」
→そのために空間・時間解像度を上げると，「それが起こるか？」の確実性は下
がる。そのような情報を，空間・時間解像度は低いが高確実度は高い情報（既存：
例えば「可能最大あるいは包絡浸水深」）と組合わせて使いこなす。

5. 2 状況2：自衛措置を講じる意識が形成される

5. 2. 1 状況2-1：行動主体が個人や家族などの場合

- 必要なリスク情報

自分のところに出る被害と、その生起確率。河川整備等の進捗および気候変動影響による変化を適宜付加。＜上記5. 1をベースに＞ → 結局、面的分布が必要。

- 要件

- ・ 方策（選択肢）がある。
- ・ やれば得になるか？を判断できる→「得なら実行」が基本。
- ・ 上記検討に関わる必要な支援が受けられる→相談・助言機能確保のイメージ。

参考6

- 技術課題，技術政策課題

- ・ 方策メニューと損得評価方法の提供。河川整備等の効果発現および気候変動影響の組み込み。
- ・ 上記に関する公的支援の考え方（有無も含め）および公平性，公正性の担保
- ・ 河川整備との適正な役割分担が前提→その考え方→水防との類似性という着眼

- その他

- ・ 地域全体での取り組み状況把握→危機管理等へのフィードバック，利害調整（例；無秩序な対策競争），過度なばらつきへの対処—地公体および河川管理者の役割として。
- ・ 方策の1つとしての保険の位置づけ，適用・発展の可能性。例えば，動機促進につながる保険料設定。
- ・ 方策提供（含；手法開発）に関する民のマーケットの発展が取り組み促進になる可能性の追求。
- ・ 大規模集合住宅については，次項5.2.2と同様の扱いも必要になる。

5. 2. 2 状況2-2：行動主体が企業等の場合

- 必要なリスク情報／要件／技術課題，技術政策課題／その他

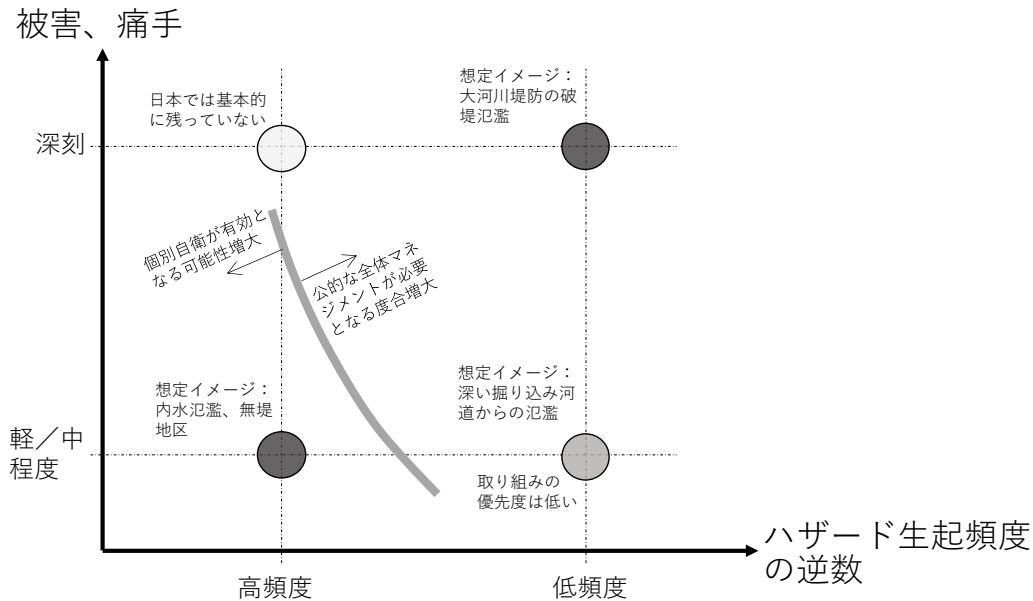
5. 2. 1と同じ。さらに，BCP および地域支援機能への影響の観点を加える必要。

※検討支援については，民間専門業者による個別コンサルティングの可能性大→民のビジネスモデル発展への期待。また，取り組み全般において，当該主体の自律性の重みが増す。

※大規模集合住宅については，公共性という視点の重みがより増す（住居提供者等と居住者との間の情報の非対称性への対処）。

※上記「地域全体での取り組み状況把握」に関して，民（企業）の情報をどう把握するか？

5. 2. 3 状況2の適用性と限界について



- 上図は、ハザード生起頻度（逆数）～被害・痛手の関係図において、議論を簡潔に進めるため、高頻度－低頻度、軽/中程度－深刻の組み合わせ（4点）に焦点を絞ったもの。
- この4点の中では、実質上、議論対象が、左下点（高頻度-軽/中被害）と右上点（低頻度-被害深刻）に絞られる。
- 状況2は、左下点（高頻度-軽/中被害）については成立する可能性があるが、右上点（低頻度-被害深刻）については成立する可能性が低いのではないかと？
- なぜなら、後者（低頻度-被害深刻）では、一般に、被害を有意に減じるために大きなコスト投入が必要な一方、襲来頻度（益が出る機会）は低く、個々に講じられる自衛措置のコストを益（減災効果）が上回ることは考えにくい→動機醸成は期待できず。

参考6
- よって、右上点（低頻度-被害深刻）についての氾濫耐性向上策には別のアプローチも必要（より重要）→次項5. 3へ。

※なお、主体が企業等の場合、その被害自体およびBCP破綻の影響度が、当該エリアの通常レベルをはるかに超えて拡大することもあり得、そうしたケースにおいては上記を分ける閾値が上図の中で右上方にシフトする（被害が大きくなるので、掛けてもいいコストが増大）。ただし、限度を超えると、移転に向かう選択肢が出てくる。

※右上点（低頻度-被害深刻）は、確率論、期待値的アプローチの適用自体に限界をきたすことも考えられる。

5. 3 状況3：行動しようとする意志が地方公共団体等に形成される

⇒公的な全体（場の）マネジメント

⇒河川管理者との連携・協働

【前提】主対象は〔低頻度-被害深刻〕

5. 3. 1 必要なリスク情報

場（面）・地域としての脆弱性, 持続可能性（脆弱ポイントおよび持続可能性阻害要因）

→いかに低頻度でも、地域持続性が大きく損なわれる災害への対応は、地方公共団体等にとって最優先で取り組むべきこと。ゆえに、その見定めは必須。

被害と、その生起確率の面的分布（河川整備等の進捗による効果および気候変動影響による変化を適宜付加）をベースにして標記の情報に持って行く。ただし、低頻度の中での生起確率に厳密性を求め過ぎない→このレベルで大事なのは損得（期待値ベース）より、地域持続可能性破綻への準備、あるいは Societal Risk の視点。

→本情報の検討は、取り組み内容の検討においても役立つはず。

5. 3. 2 既存方策（代表例）

- ・ Red Zone の指定
- ・ 居住誘導区域から Red/Yellow Zone を除外

→強ハザード曝露エリアの利用を最小化することで、リスクを大幅に減じるまちづくり。

〔課題〕

- ・ 追求は重要で、実績もある。他方、多くの場合、強ハザード曝露エリアの利用を最小化すること自体が困難 → 次項との組み合わせが肝要ではないか？
- ・ 後者は長期間を要す。ただ、ある意味では、「低頻度災害」への対応と整合的。

5. 3. 3 都市的土地利用の下での氾濫耐性向上策の充実

—まちづくりと減災を融合した面的デザインと、その系統的实施

- 出発点：以下のリスク関連実勢の把握，総覧

- ・ 5. 3. 1 のリスク情報

- ・ 堤防越水（→破堤に結びつく）が有意に起こりやすい区間とふつうの区間 ← 参考 4

注）霞堤、野越など、堤防システムにおいて特徴的な機能を有するものも確認（越水破堤を起こしにくくする仕組みを元々有している場合、その読み込みは重要）

- ・ 破堤氾濫とそれによる被害の起こり方を代表シナリオで分析したもの ← 参考 5
- 以上から、持続性確保，場（面）・地域としての減災ポイントを把握・確認。

- 既存および潜在的な地域資源の掘り起こし ← 参考 7

- ・ グリーンインフラ等の掘り起こしと減災機能粗評価：例）河畔林，樹林帯，湿地，調節地，水田，耕作地，公園，砂丘，氾濫原内河川，水路，低地，高台外縁，微高

- 地（自然堤防など）、堤（つつみ）、・・・
- ・ 都市を構成する公共物等で、ハザード制御 and/or 打撃軽減機能を発揮しうるものの掘り起こし（現存および既定計画段階のもの）：例）比高と氾濫耐力に着目して一氾濫流に強い建物群，線状の高架構造物，盛土の線状構造物，人工高台，盛土地（築山等），完成部分高規格堤防・・・
 - ・ 氾濫流制御に役立つ河川等施設の確認：例）排水機場，水門，陸閘，排水計画
- 氾濫耐性向上のための面的デザインの試行
- 以上を材料にして，以下のような観点を横断的に交えつつ，面的デザインの試案を作成するイメージ。
- 持続性を損なう脆弱ポイント対策：地域にとっての拠点，重要施設の機能強化や再配置（ネットワーク存続の観点も） ※必要に応じ企業等の取り組みとの連携も
 - 減災につながる氾濫流制御：減勢，早期排除，耐性の小さいエリアへの流入の抑制など。 ※「津波防護施設」のような方策の導入も。
 - 逃げやすいまちの構造，逃げ遅れで追い込まれにくいまちの構造：例）いよいよとなったら，近隣ビル避難，高架道や堤防への避難，公園築山を経ての避難，高台接続など，「まだまだ手がある」状況づくり。
- 【重要】まちづくり本体（減災以外）および他のインフラ整備との相乗性確保。水災害以外のハザード対応との連携（しばしば相反関係に→総合デザインの重要性）。
- 河川整備等との高度連携の追求（面的デザイン検討とのキャッチボール）ーたとえば；
- ・ 破堤氾濫がどこで起こるか分からない状態から，ある程度わかる方向へのシフト（たとえば，霞堤，野越のような堤防システムの存置，導入などを含む）。
- 参考材料）板垣修：施設設計を超える洪水時の減災対策の計画・推進手法の確立にきて，米国ハリケーン・ハービー／イルマに関する現地調査報告書，3章3節，令和5年5月。
- ・ 超過洪水に対して破堤氾濫を起りにくくする対策の実施
- 注）水系一貫河川管理（広義／国民が等しく持つべき安全性の確保という観点を含む），まちづくりの両面で綿密な検討，可否判断が必要。
- 技術政策遂行上の課題・ポイント
- ・ 面的デザインおよび系統的实施のための手法，スキームを整えること。
 - ・ 特に，損失配分を調整する（利益配分でなく）という側面に通用するやり方の実践→まちづくり本体への組み込みで，前向きな要素をいかに出して行くかが大事。
 - ・ 面的デザイン案の包括評価のためのストレステスト的手法（これも，シナリオベースのハザード生起を当てることが起点になる）。
 - ・ 破堤氾濫事象とその被害態様から考えて，面的デザインのスケールが，個々の地方公共団体のエリアを越え得る。また，ハザードの度合いには空間的偏在が不可避で，その偏在性は一般に相互影響を通じ決まる性質を持つ（ある場所の取り組みが他の場所に影響するという側面）。→具体課題への取り組みのための広域連携のあり方（意思決定，利害調整，共生・連帯，公平性，全体最適，・・・）。

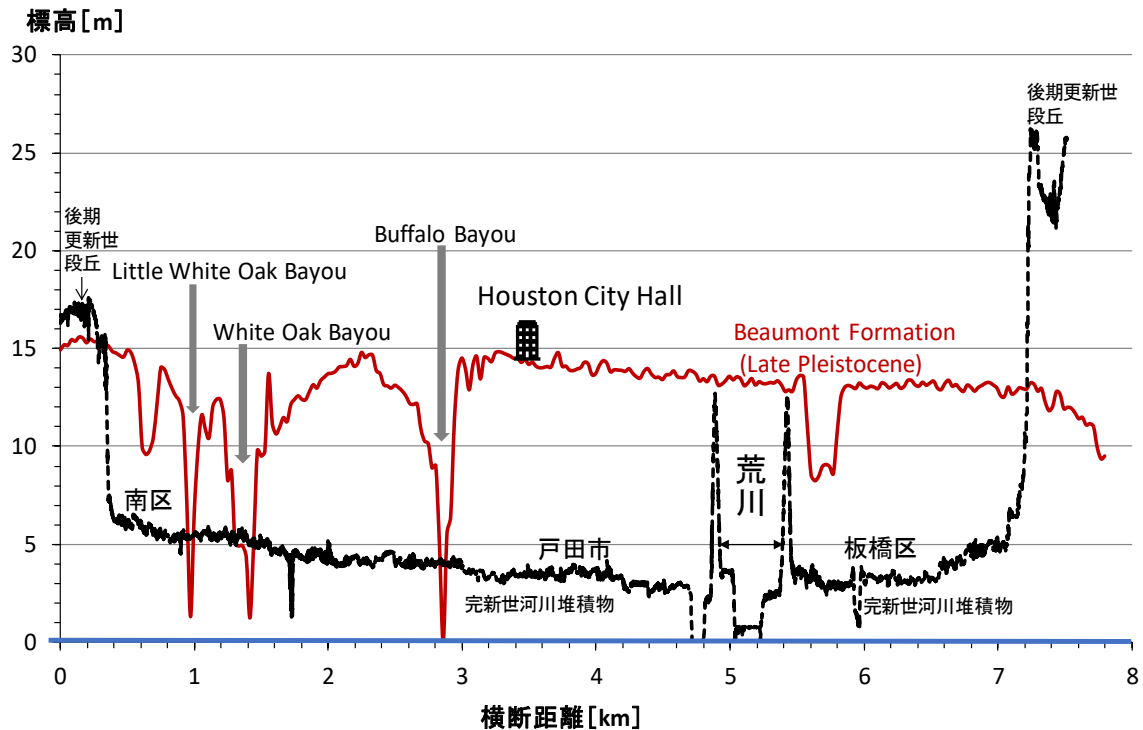
参考 8

参考資料

- 参考1 日本の治水状況を象徴する典型例…p9
- 参考2 ハザードと生起確率との関係の試算例（研究）…p10
- 参考3* 浸水深～被害関係の検討例（対象の特性を考慮）（研究）…p11
- 参考4 堤防越水が有意に起こりやすい区間とふつうの区間に関する技術的ポイント
…p12-13
- 参考5 破堤氾濫と被害過程をシナリオベースで吟味するイメージ…p14-15
- 参考6* 被害とその生起確率から自衛策の“損得”を試算した例（研究）…p16-17
- 参考7 「場」の持つ減災機能を評価した例…p18
- 参考8 逃げ遅れで追い込まれにくいまちの構造に関する研究例…p19

（*：一連の研究成果は木内望委員が精通しています。）

参考1 日本の治水状況を象徴する典型例



国土交通省・内閣府・防災研究者合同調査団：米国ハリケーン・ハービー／イルマに関する現地調査報告書，令和元年5月－図3.1.6から。

テキサス州ヒューストン市街を貫流する Buffalo 川流域の横断地形（河口からの縦断距離 37km 付近，市庁舎を貫く南北方向）に，（関東）荒川沿い沖積低地の横断地形（河口からの縦断距離 33km 付近）を重ねたもの。※どちらも下流向き

米国有数の大都市であるヒューストンを含むエリアでは，ハリケーン・ハービー（2017年8月末襲来）により未曾有の豪雨をもたらされ，大きな水害が発生。豪雨は，6時間で480mm，12時間で531mm，48時間で894mm，96時間で1204mmという記録的なもの（いずれも最大値観測地点）。

しかしそれでも，ヒューストン市街部は掘り込み河道を基調とする地形であり，沖積低地を堤防が分画する荒川低地市街部とは，明瞭な対照をなす。→我が国の平地の多くは（沖積平野），堤防やダムなどの治水インフラに高度に依存している。

参考2 ハザードと生起確率との関係の試算例（研究）

国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部：気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発，国総研資料第 1080 号，2019 年 から。

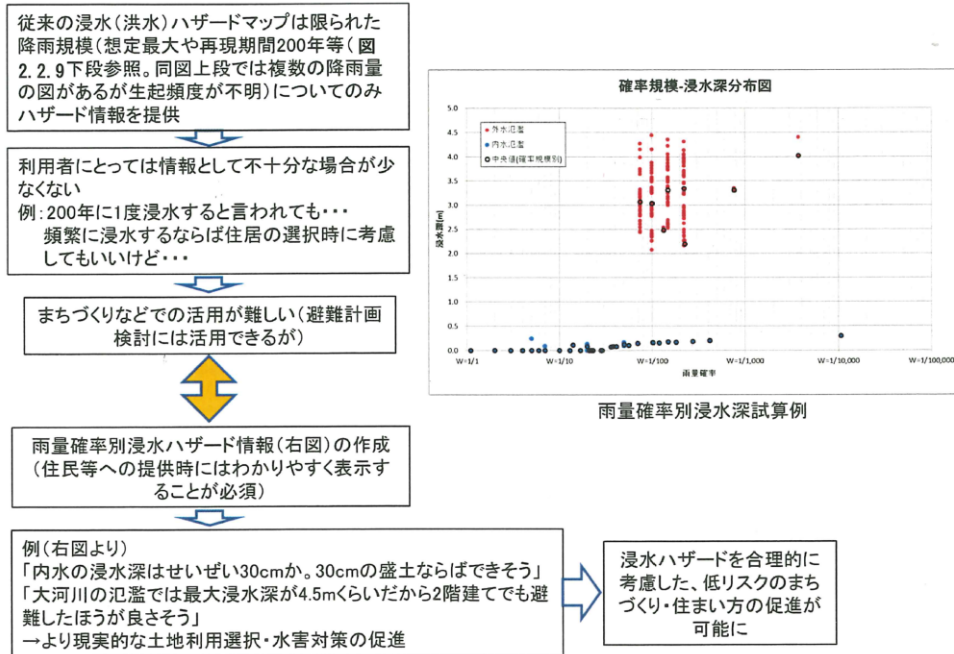
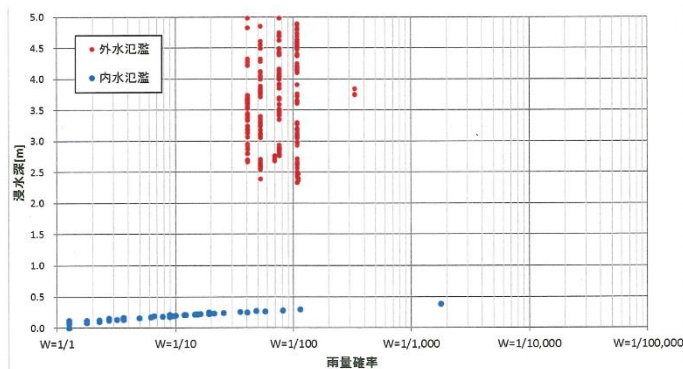
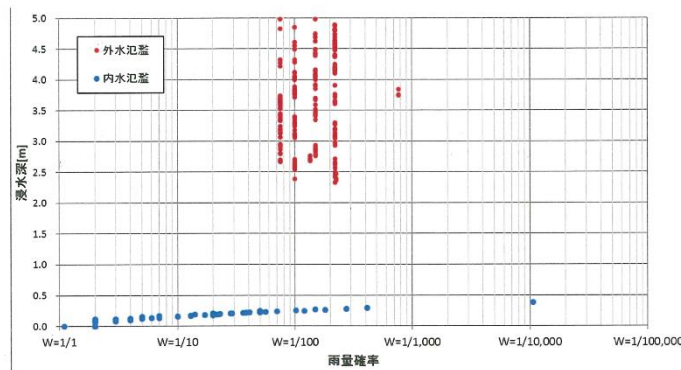


図 2.2.10 統合的浸水ハザード情報活用の考え方



参考3 浸水深～被害関係の検討例（対象の特性を考慮）（研究）

国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部：気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発，国総研資料第 1080 号，2019 年 から。

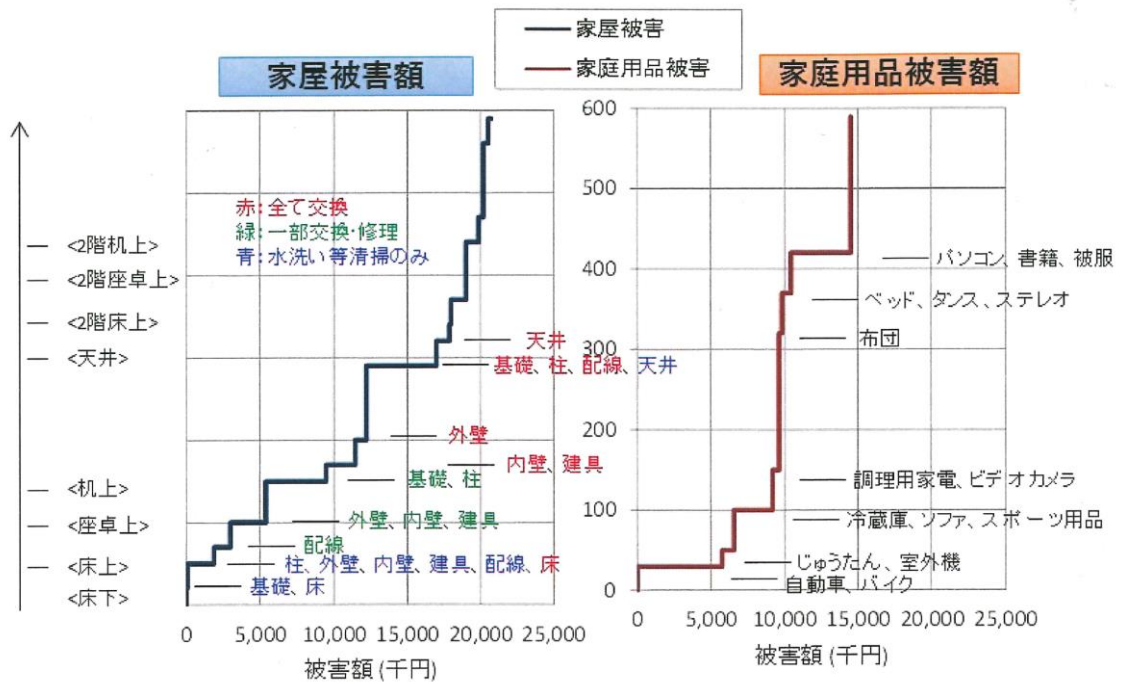


図 3.1.20 戸建て住宅のモデル建物の設定（基準世帯）

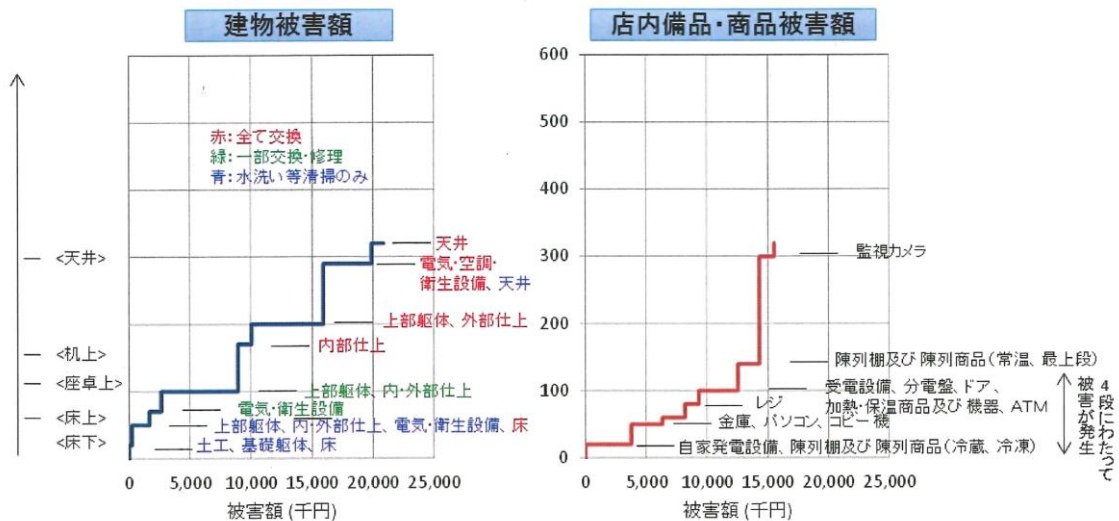
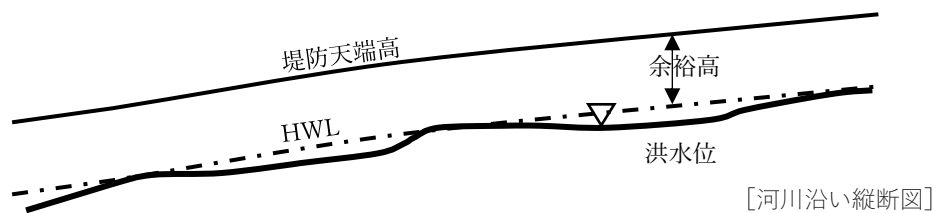


図 3.1.31 コンビニエンスストアのモデル建物の設定

参考4 堤防越水が有意に起こりやすい区間とふつうの区間に関する技術的ポイント

- 堤防越水は破堤に直結する危険事象。
- 河川整備の内容の基となる河道計画においては、所定の洪水流量の流下において、洪水水位が計画高水位（HWL）以下となるように、河道の形状等が決められる。
- その洪水水位の水面形（縦断方向）は、河道に関わる様々な要因および構造物等によって一定の凹凸を示し、したがって HWL の縦断線（一般に直線に近く滑らか）に完全に沿うわけではない→洪水水位は HWL に下から接する形になる。



- 河川管理施設等構造令 第十八条「堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。」
- $HWL + \text{余裕高} = \text{堤防天端高}$ （計画）

- 超過洪水流量（上記の「所定の洪水流量」を上回る洪水流量）の流下に際して、「堤防越水が有意に起こりやすい区間」となる理由は主に以下の2つ。

□ パターンⅠ：洪水水位が全体として堤防満杯にシフトする中で、元々有していた縦断水面形の凹凸の特徴が維持されて、凸の区間で越水が起こる。

代表例) 橋の上流、湾曲部の外岸沿い（内岸沿いは逆に凹→越水しにくい）

□ パターンⅡ：河川の地形的特徴などから、流量が超過することに伴う洪水水位の上昇が、他の区間に比べ明らかに大きくなりやすい。

代表例) 山からの出口※、狭窄部の上流※※、屈曲部の上流※※、流量連続関係を満たさない合流部※※※。

※ 当該河川堤防区間において超過洪水流量を最初に受けるところ。

※※これらは、いわゆるバックウォーター（堰上げ）区間。ただし、この効果は、河道設計で考慮され、堰上げ効果は HWL に取り込まれている。ポイントは、このような区間では、「流量が超過することに伴う洪水水位の上昇」が、そうでない区間に比較して大きいこと。

※※※本川・支川の合流時差を見込むなどして、流下能力について、 $\text{本川上流} + \text{支川} > \text{本川合流後}$ となっているもの。

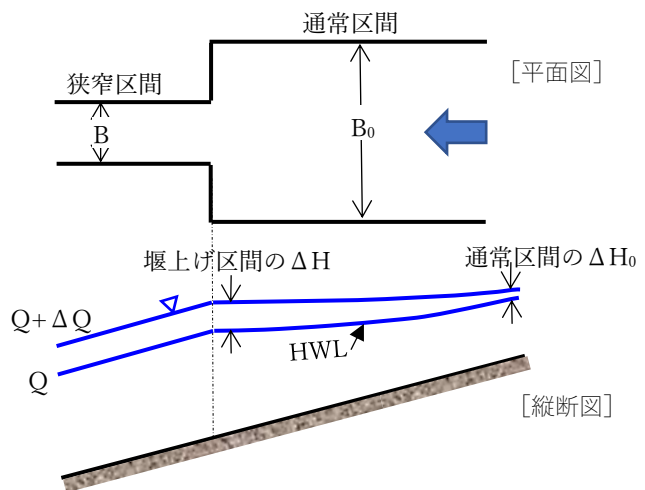
→「所定の洪水流量発生時の洪水位を HWL 以下に収めるコントロール」によって、どこでも無被害となるが、超過洪水流量となる状況下では、どうしても、越水可能性が偏在する特徴が出る。これを避ける（越水の可能性をどこでも均等にする）のは、実際には困難。

→逆に言うと、堤防越水が起こる区間を全て言い当てることは無理にしても、有意に起こりやすい区間を事前に見定めておくことは、ある範囲（精度、捕捉度合い）までなら可能（上記の2つのパターンがそのターゲットになる）。

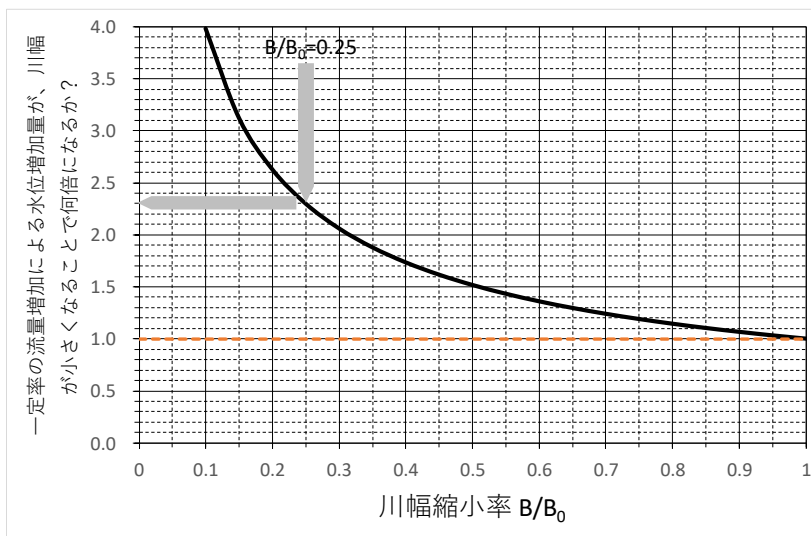
注) 洪水位が HWL を超えると、堤防越水によらなくても、浸透や洗堀・侵食によって破堤する可能性が出てくる。以上の記述は、そうした堤防破壊現象が起きずに、洪水位が堤防満杯レベルに達したとしての話。

//////////////////// 試算例 //////////////////////

狭窄部上流の堰上げ(バックウォーター) 区間では、流量が超過することによる水位増加が、通常区間の何倍になるか？



たとえば、狭窄部の川幅が通常部の1/4 ($B/B_0 = 0.25$) だとすると、洪水流量が Q から $Q + \Delta Q$ に増えたことによる水位の上昇量 ΔH は、堰上げ区間が、最大で通常区間の 2.3 倍になるという試算結果。



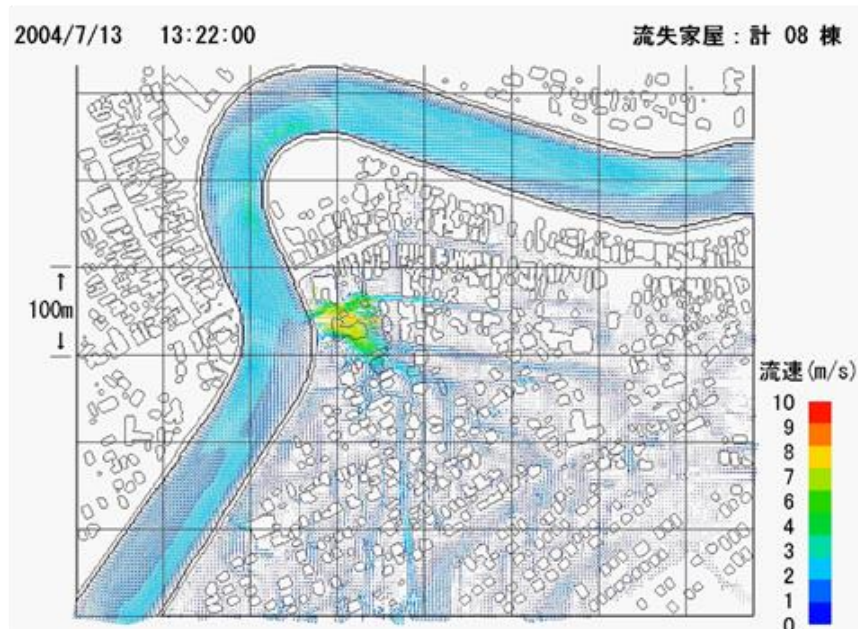
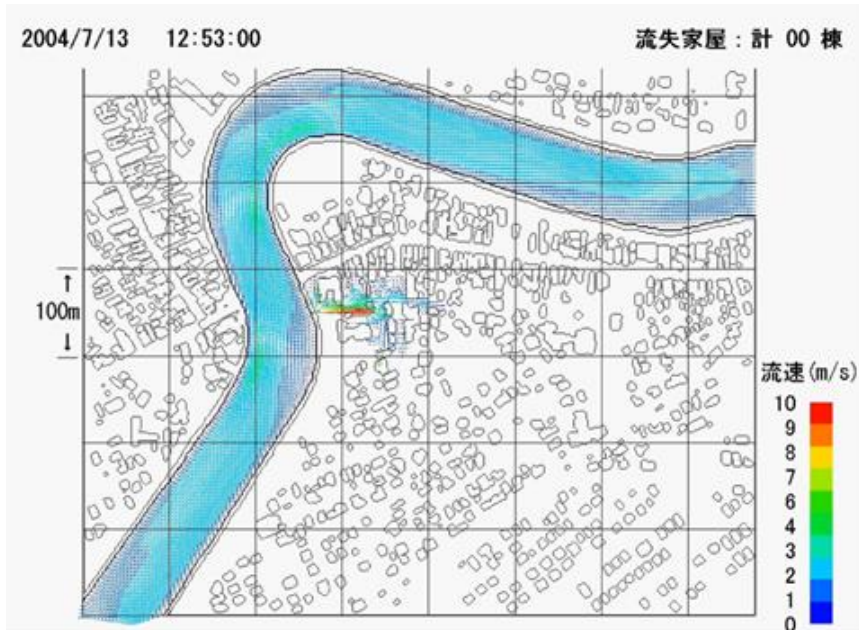
単純化した条件設定での簡易式

$$\frac{\Delta H}{\Delta H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-\frac{3}{5}}$$

参考5 破堤氾濫と被害過程をシナリオベースで吟味するイメージ

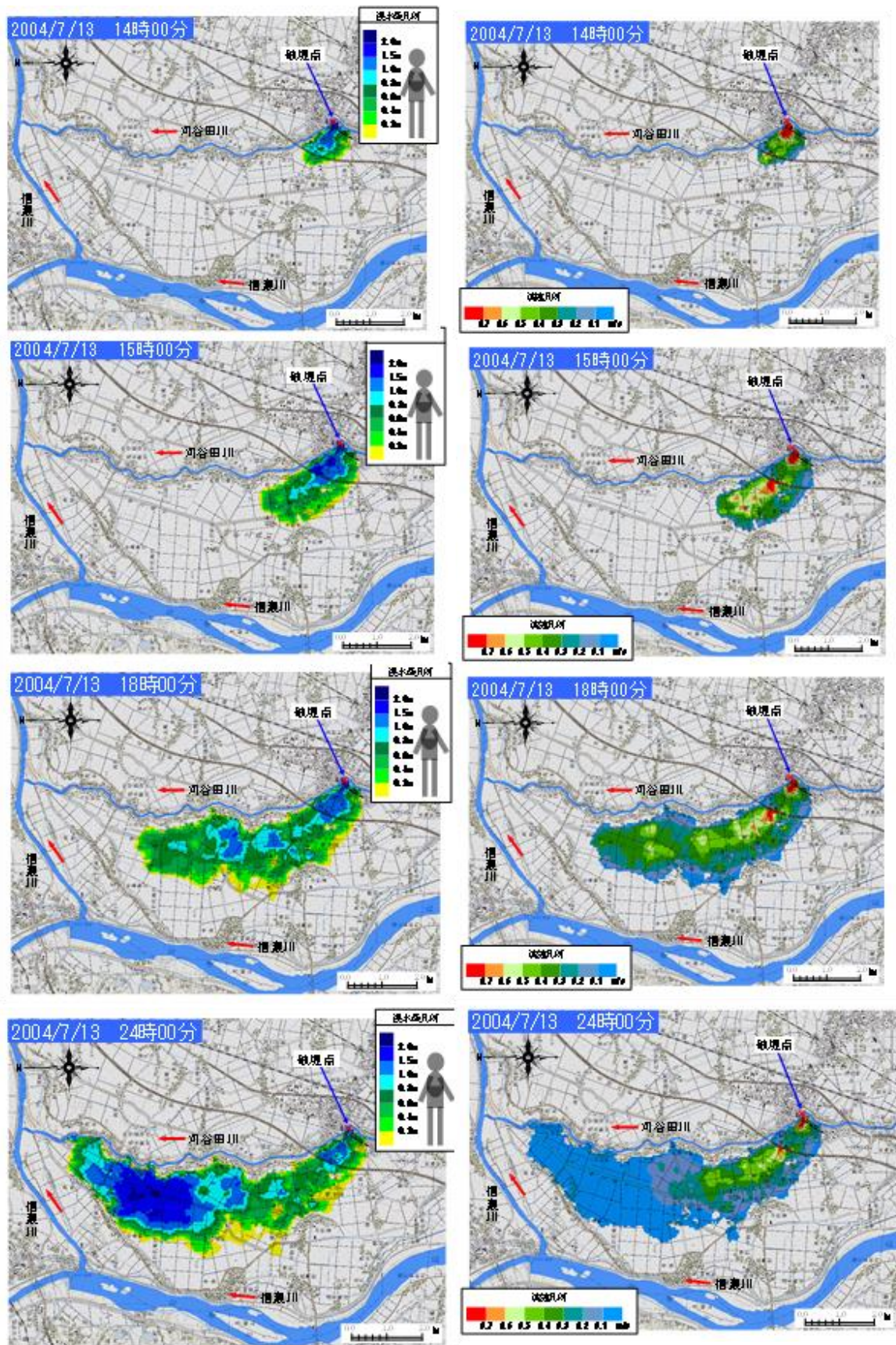
国土交通省 水管理国土保全局・国土技術政策総合研究所. :新潟・福島豪雨災害の状況についてのシミュレーション動画等資料, 2004.

http://www.mlit.go.jp/river/press_blog/past_press/press/200407_12/041224-2/table.htm.



中之島町(当時)で起こった刈谷田川左岸破堤に伴う氾濫流の流速ベクトル平面分布(上は破堤直後,下はおよそ30分後) →破堤地点近傍の,個々の建物に作用する力と被害程度を把握できる解像度.

↓次ページは,氾濫流全体の挙動.地理的条件を踏まえ,被害の態様を大局的につかめる.



参考6 被害とその生起確率から自衛策の“損得”を試算した例(研究)

国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部：気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発, 国総研資料第 1080 号, 2019 から.

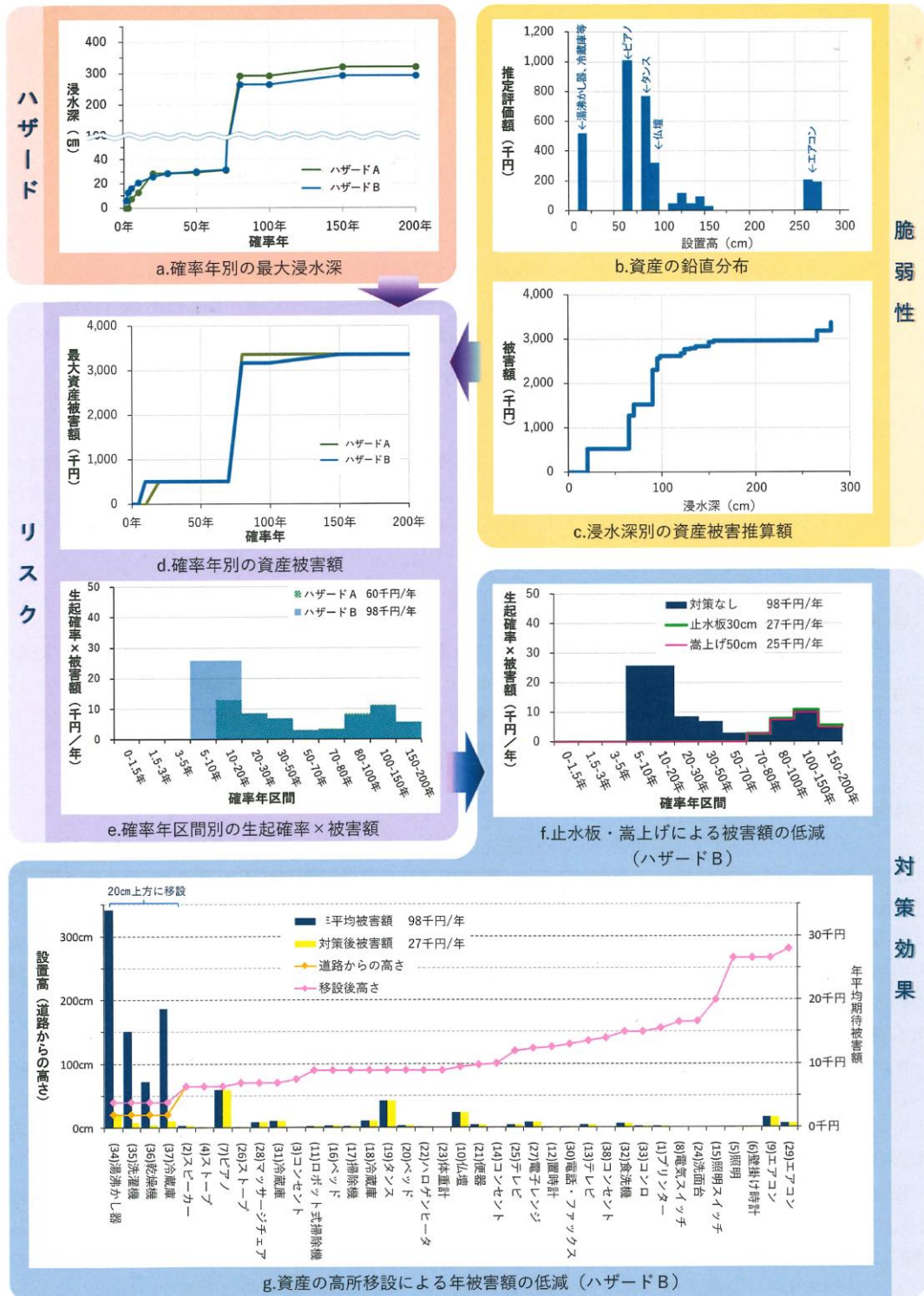


図4.1.7 「住宅2」におけるリスク評価、対策の検討と効果の評価の流れ

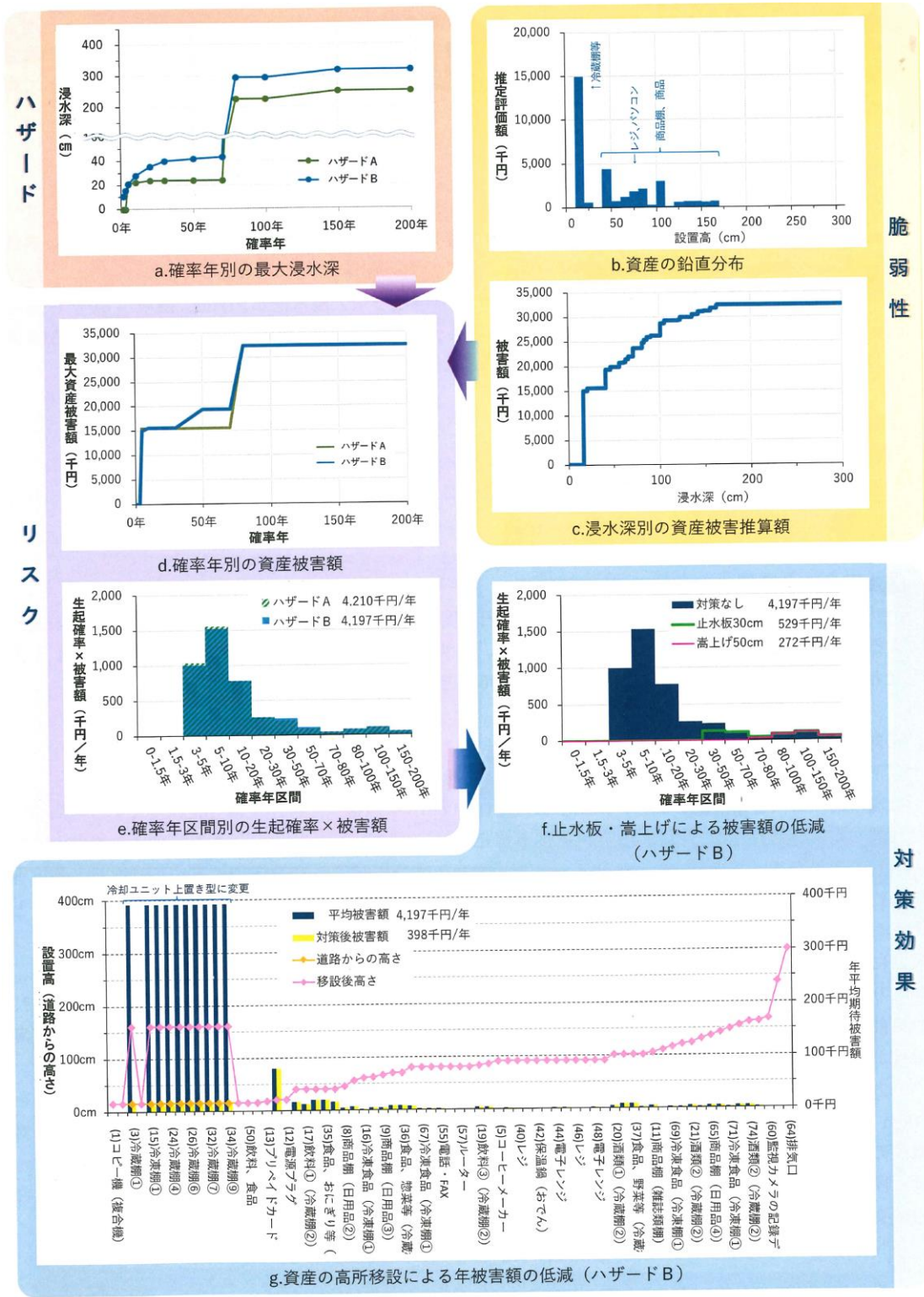


図4.1.11 「店舗2」におけるリスク評価、対策の検討と効果の評価の流れ

注：被害額算定の対象は、不動産および他組織からの提供物を除く資産のみ。したがって、人的被害は含まず。

参考7 「場」の持つ減災機能を評価した例

■津波に対する砂丘の減災効果の評価

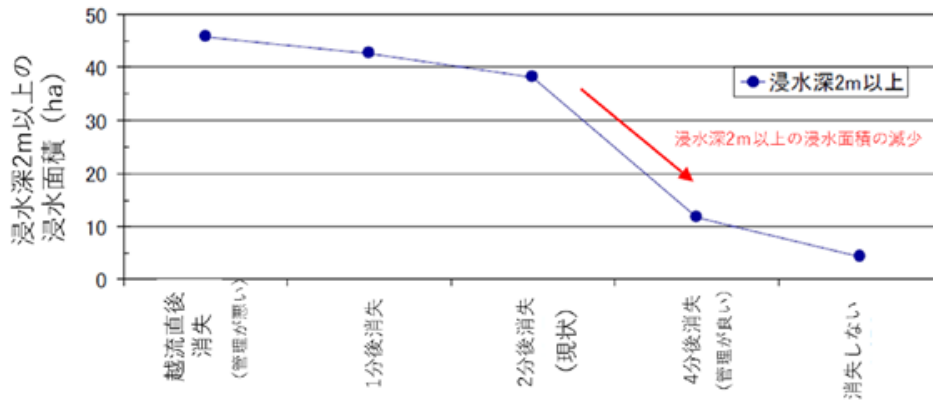


図-4.9 砂丘による減災効果の評価例

国総研海岸研究室（加藤史訓、原野崇、浜口耕平）：津波防災地域づくりにおける自然・地域インフラの活用に関する技術資料、国総研資料第986号、2017より

■堤防沿いの河畔林（河川の外側）の破堤氾濫に対する減勢効果の評価

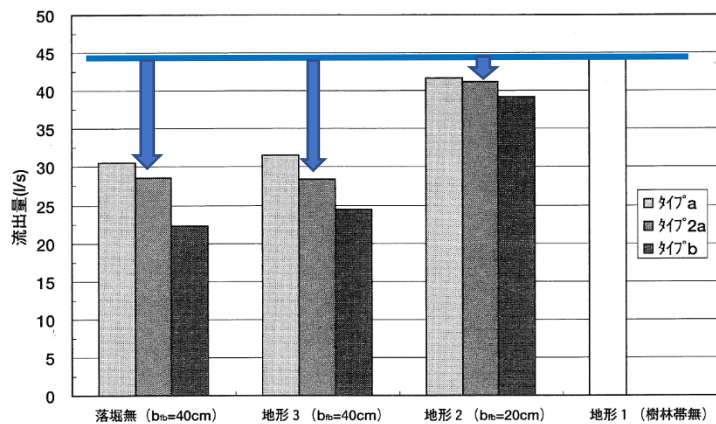
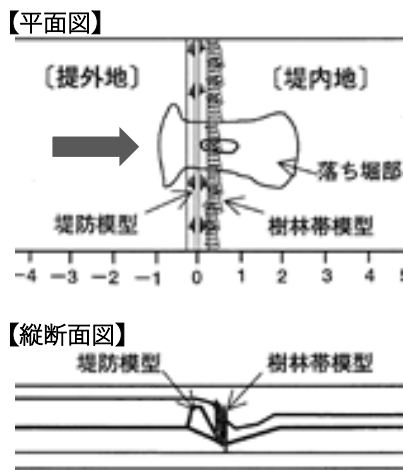


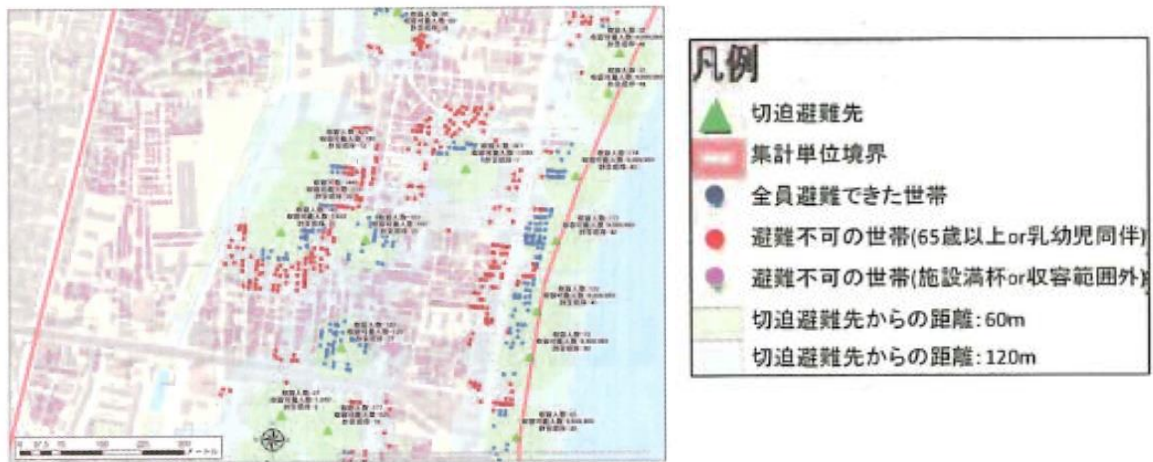
図-14 地形別、樹林帯タイプ別流出量 (H=8 cm)

堤防沿い（住んでいる側）の樹木群が破堤氾濫流量を減少させる効果に関する水理実験（縮尺 1/50 のイメージ）。河川の水深が 8cm のケース。樹木群模型の透過係数 K は、a, 2a, b それぞれ 2.7（→現地換算で、直径 10cm の竹が 1.5m 四方に 1 本）、1.9, 0.96m/s。b₀ は樹林帯幅。「落掘無」→「地形 1」の条件の順に、落掘規模を大きく設定。→地形 1（樹林帯無）に対する流出量（氾濫流量）の減少度合いが樹林帯の減勢効果。

〔坂野章：樹林帯による破堤後の減災効果に関する検討，国土技術政策総合研究室河川研究部河川研究室，2002〕から。

参考 8 逃げ遅れで追い込まれにくいまちの構造に関する研究例

加藤・板垣・服部・深見・鳥居・藤田：近隣の中高層建物の分布を考慮した大規模氾濫時の人的被害マクロ試算手法の開発，河川技術論文集，第20巻，pp403-408，2014. より



↑
人口密度が大きく，中高層建物が多いエリアについての試算結果→



図-3 集計単位No.1の試算結果（事前避難率0%・避難可能時間5分間，左図：ケース1 右図：ケース2）



←人口密度が小さく，中高層建物が少ないエリアについての試算結果

図-4 集計単位No.17の試算結果（凡例は図-3と同じ）
（事前避難率0%・避難可能時間5分間，ケース2）

【すべて切迫避難を前提にした試算】

ケース1：

切迫避難先は公的施設のみ。

ケース2：

切迫避難先に民間ビルを含める。