



国立研究開発法人

建築研究所

Building Research Institute

令和2年度
建築研究所講演会

都市における建築物の 水害対策とその誘導方策

住宅・都市研究グループ

主席研究監 木内望



構成

- I はじめに：建築・都市の水害対策をめぐる**最近の状況** 3
- II **ハザードマップ**と**洪水被害**からみる建築物の水害対策の必要性和可能性 8
- III **木造戸建て住宅の耐水化案の試設計**による水害対策の適用性と課題の検討 14
- IV まとめ：水害リスクを踏まえた**建築・都市のあり方** 26

I はじめに

建築・都市の水害対策を めぐる最近の状況

(平成30年度講演会以降を中心に)



令和元年東日本台風による浸水被害



令和2年7月豪雨による浸水被害



流域治水のイメージ

大規模な洪水被害と建築物の水害対策技術

令和元年東日本台風（19号）、及び令和2年7月豪雨

- 前者により、**首都圏を含む広範囲**で浸水家屋70,341棟など、記録的被害
- タワーマンションの**地下電気設備**の浸水による**機能停止**も注目を集める
- 後者は、九州中南部（**球磨川**等）で大被害。老健施設の被災が注目を呼ぶ

建築分野における**水害対策技術開発の進展を促す提言**（昨年6月）

- 日本学術会議：低平地等の水災害激甚化に対応した適応策推進上の重要課題
- 日本建築学会：激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題

水害対策をうたった民間ハウスメーカーによる**技術・商品の開発**



千曲川破堤地点付近の被災建物



川崎市中原区内

タワーマンションの内水氾濫被害



球磨川の氾濫による被害

大規模な洪水被害と建築物の水害対策技術

日本学術会議：

我が国では、特に住宅に関する耐水対策が非常に立ち遅れており、これに関する研究開発を加速する必要がある。

日本建築学会：

建築の耐水性能に関しては、...(中略)...建築学の多分野の知見を総合して対策を講じる必要がある。(特に戸建て住宅への対策)

日本学術会議・日本建築学会提言抜粋

2019年 無浸水実験



2020年「浮上仕様」実験



(国研)防災科学技術研究所・(株)一条工務店「耐水害住宅」公開実験

政策の動きと制度・仕組みの変化

政策・制度（国交省関係）

- 住宅局等：「建築物における**電気設備の浸水対策**ガイドライン」（R2.6）
- 社整審答申：「**流域治水**」（流域全体での対策）への転換（R2.7小委答申等）
- **立地適正化計画（居住誘導区域内）**における「**防災指針**」作成（R2.6法改正）
- 国交省：「水災害対策リスクを踏まえた**防災まちづくり**のガイドライン」（R3.4予定）
※都市局、水管理・国土保全局、住宅局所管
- 「**流域治水関連法案**」（今国会提出）での「**浸水被害防止区域**」（数十年に一度の降雨規模を想定）内の**開発・建築規制**

市場取引関係の仕組み

- 水害ハザードマップが**重要事項説明**の対象に（R2.7**宅建業法**施行規則改正）
- 所在地の水災リスクを保険料率に反映した**住宅向け火災保険**発売（R2.1）
損保大手各社も企業向け商品において同様の仕組みを導入
- 戸建住宅等の購入者等が参照可能な**耐浸水性能に関する指標**を検討
（住宅局建築基準整備促進事業 R3-5予定）

水害リスクに関わる建築・土地利用の規制・誘導関係の制度

(平成30年度講演会で提示したもの)

分類	考え方	仕組み	水害リスクを考慮した規制・誘導の考え方
土地利用・建築規制	法律に基づき、水害リスクの高い区域における土地利用や開発、建築行為等を制限	災害危険区域	リスクのある区域での 建築行為を禁止・制限 (同様の制度を含む)
		区域区分	リスクのある地域における 市街化と開発行為を制限
		地区計画	リスク対策を含めた地区単位のまちづくりルールに基づいて 土地利用や建築行為の内容を制限
計画誘導	法定の計画制度や、条例・任意の取決め等により、 開発や建築行為等を抑制・誘導、水害リスク対策費用の補助	立地適正化計画	都市における人口減少・高齢化等を背景に、 居住を誘導する区域を設定 するにあたりリスクを考慮
		条例	地方自治体が議決するルールにより 公共と民間が取り組むべき対策の内容を規定
		要綱・助成	地方自治体が住民・事業者等の任意の協力に基づき、 リスク情報の提供や助言・指導、対策費用補助等実施
		規制緩和	建築規制の緩和による インセンティブ（誘因） により 防災施設の整備等を誘導
市場誘導	不動産・金融市場における水害リスクの適切な 明示・評価 を通じて間接的に 対策を促す制度・仕組み	災害保険	水害時の財産被害補償の 掛け金（保険料）の料率を、リスクの程度に応じて差異化して立地抑制・対策誘導
		重要事項説明	不動産取引時に当該物件における リスクの内容を重要な説明事項とすることでの立地抑制・対策誘導
		住宅性能表示	住宅・宅地の 災害時の安全性について共通の評価規準と表示方法を定めて市場取引の参考とする仕組み

この数年で動いた

動きそう



浸水想定区域図にみる建築・都市の浸水リスク

洪水浸水想定区域内の占める割合 (L1想定)

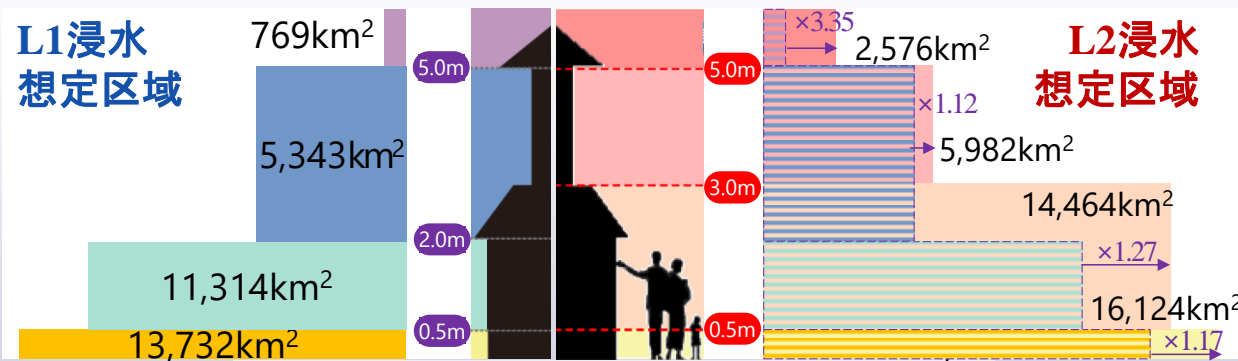
- 国土に占める割合：5.3%
 - 総居住世帯数に占める割合：19.1%
 - 用途地域指定面積に占める割合：30.3%
 - 1960年人口集中地区面積に占める割合：38.8%
- 国土審議会資料 (2014)
 社会資本整備審議会資料 (2020)
 中野・木内：都市計画学会大会論文 (2020)

→全体として「浸水想定区域内に住まない」は不可能！

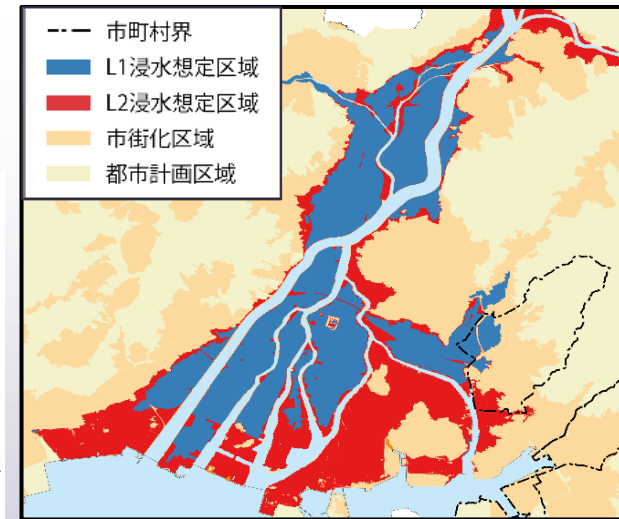
平成23年から

前提とする降雨量による区分 (L1：計画規模、L2：想定最大規模)

- 想定浸水深が大きな区域の広がりに影響 (下図)
- 広島市は、政令市中で最大の差
全体で約1.9倍、浸水深5.0m以上では約18.8倍



全国の国管理河川103水系での比較



広島市での比較

浸水想定区域図を建築・都市分野で利用する際の課題

作成対象が限定的

- ▶ 大河川（一級河川）と比べて中小河川（二級等）やため池で作成が遅れている

管理区分ごとに作成

- ▶ 河川等の施設管理者により施設毎に作成・公開されるため、異なる想定の下に作成されたものが同一地域に複数存在し得る

避難計画の参考情報としての提供が主目的なため

発生頻度との関係性が不明

- ▶ 極めてまれな降雨量（再現期間1,000年等）を想定しているため、建築設計の前提としては、極端な浸水深（5m等）が示される場合がある
- ▶ 氾濫条件の設定に当たり安全寄りの想定が用いられており、想定した降雨の再現期間を各地点における浸水の発生頻度とは捉えにくい

一般に公開される情報の不足

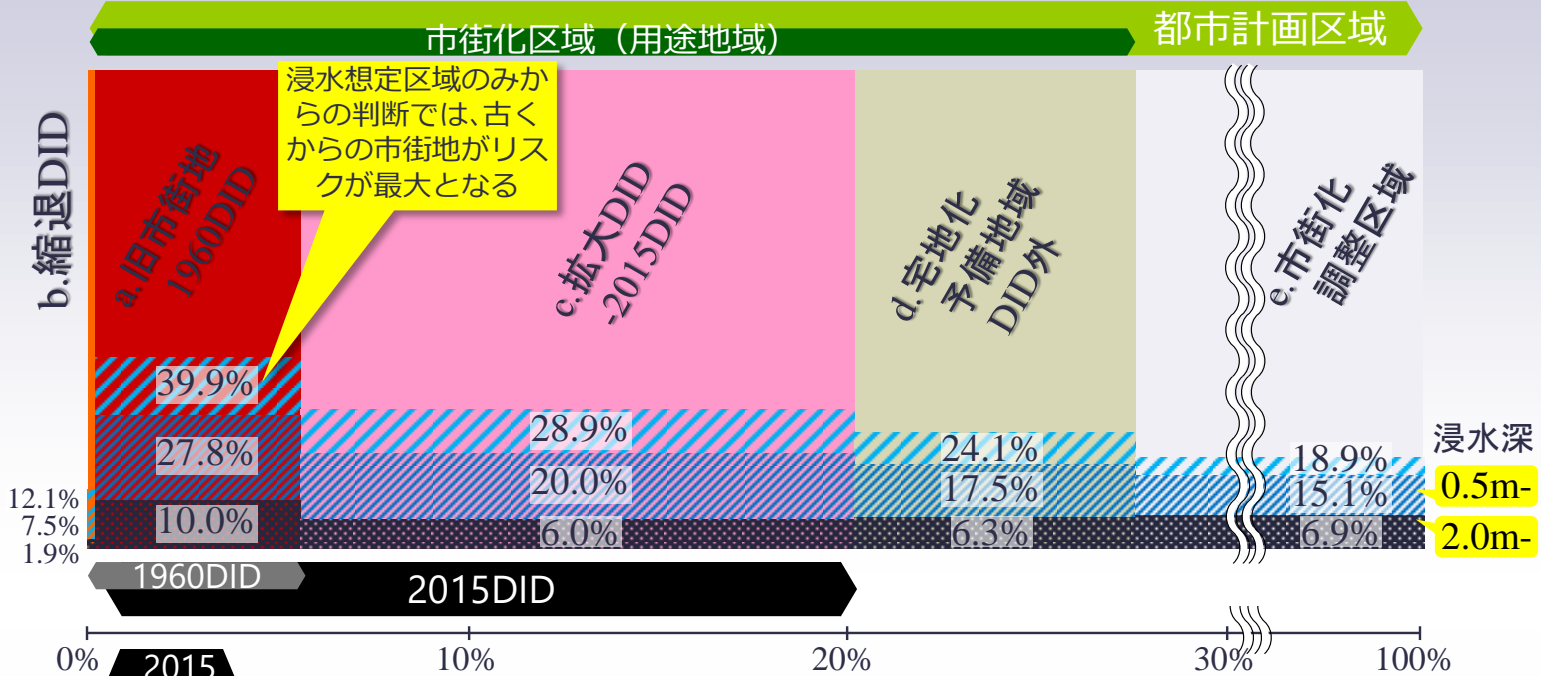
- ▶ 周囲の地形に起伏がある場合など、想定浸水深の対象地点や、想定される浸水の絶対高さ（標高）等が公開情報において明確ではない
- ▶ 短い再現期間（30年等）の降雨量に対応する浸水深、（数区分以外の）より詳細な想定浸水深、想定される流速・流体力などの情報提供が限定的

河川事務所から情報を得られる場合も

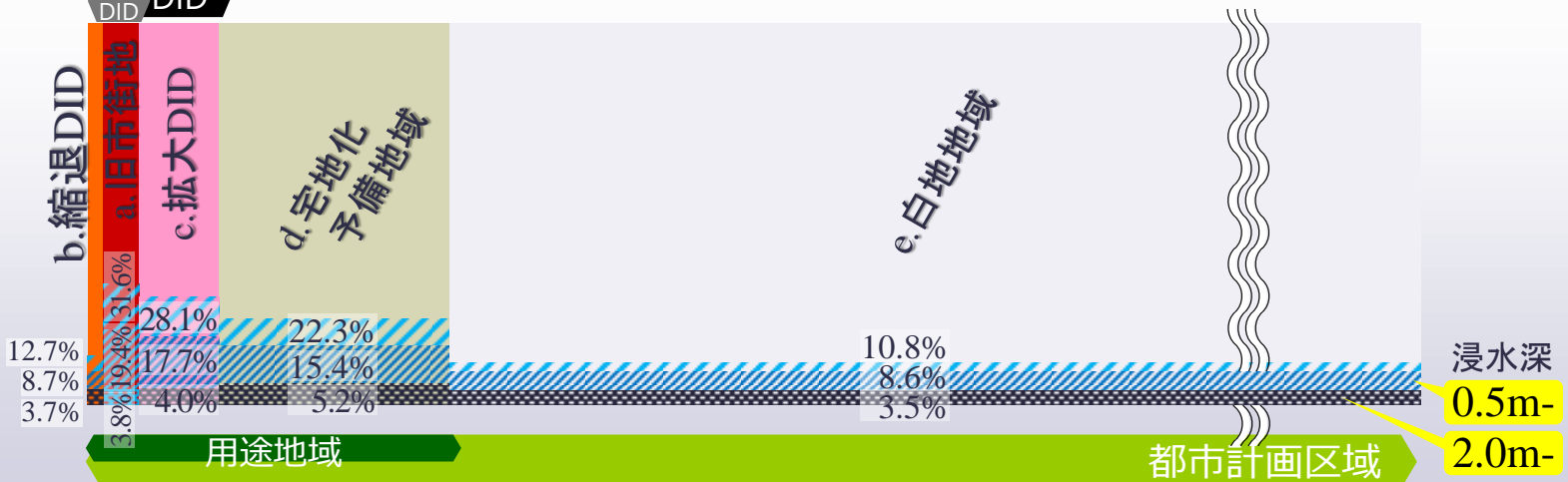
→ 「多段階リスク明示型浸水想定図（土木学会）」の作成に向けた動きも

浸水想定区域と都市計画・市街化状況との重なり

線引き都市計画区域



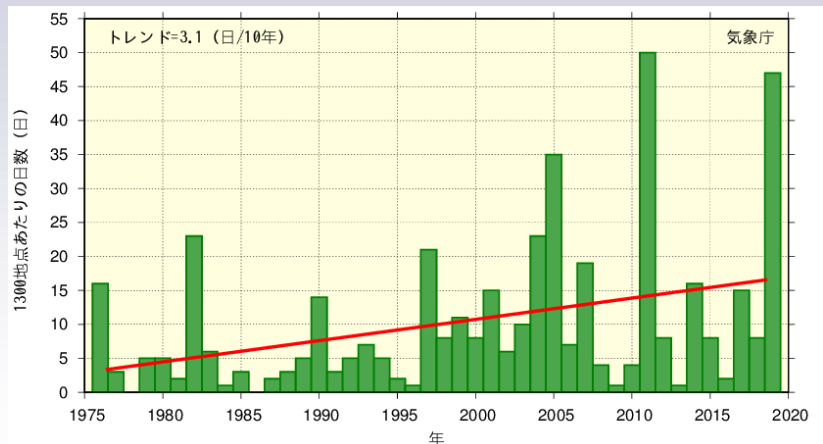
非線引き都市計画区域



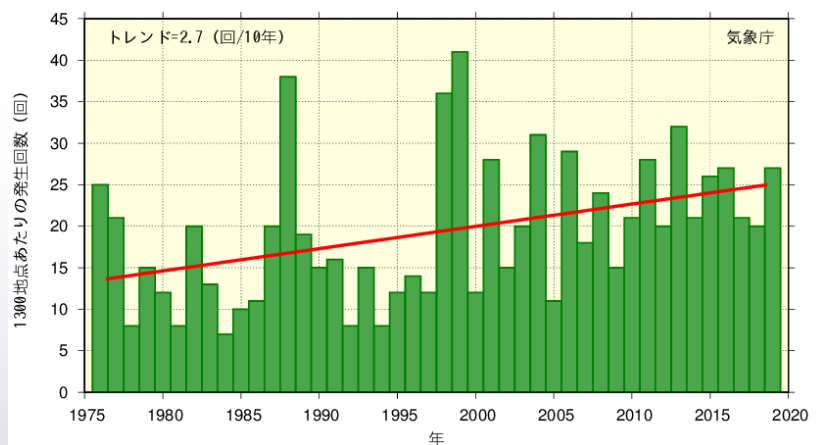
※データは国土数値情報。用途地域外のDID等は省略



豪雨の発生状況と水害区域面積の推移

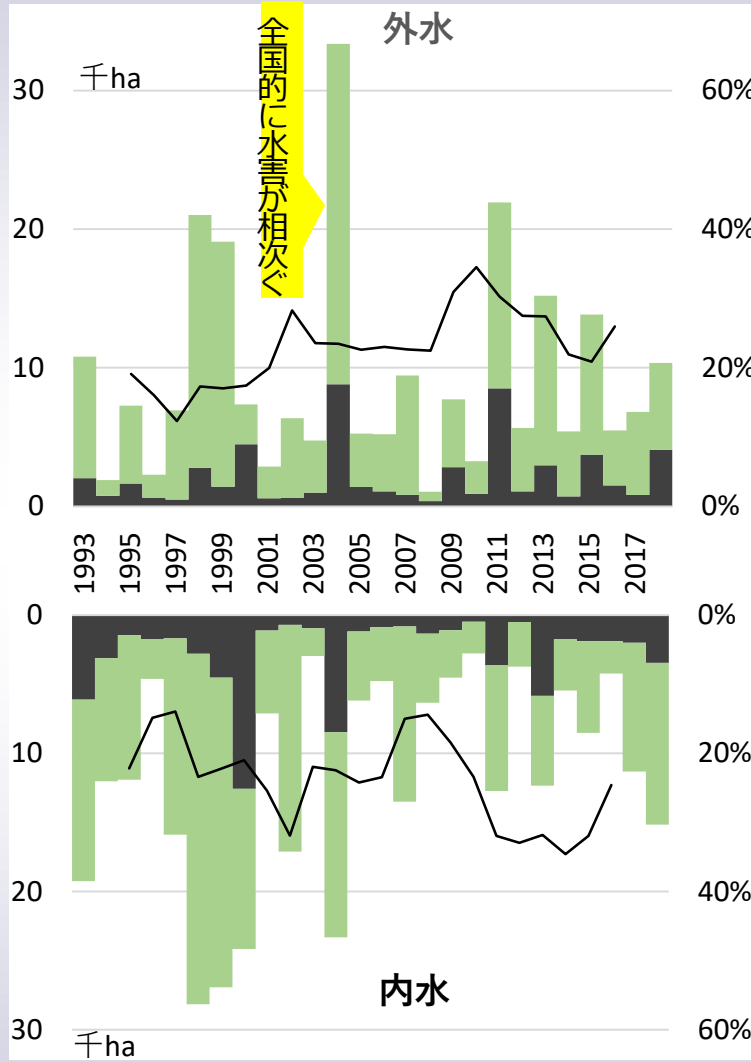


1. 日降水量400mm以上の年間日数



2. 1時間降水量80mm以上の年間発生回数

全国 [アメダス] による豪雨の発生状況
(気象庁「気候変動監視レポート」)



気象事象なので年毎のバラツキは大
極端な豪雨の年間発生回数
の増加と比べて、水害区域面積には、
特に増加の傾向はみられない

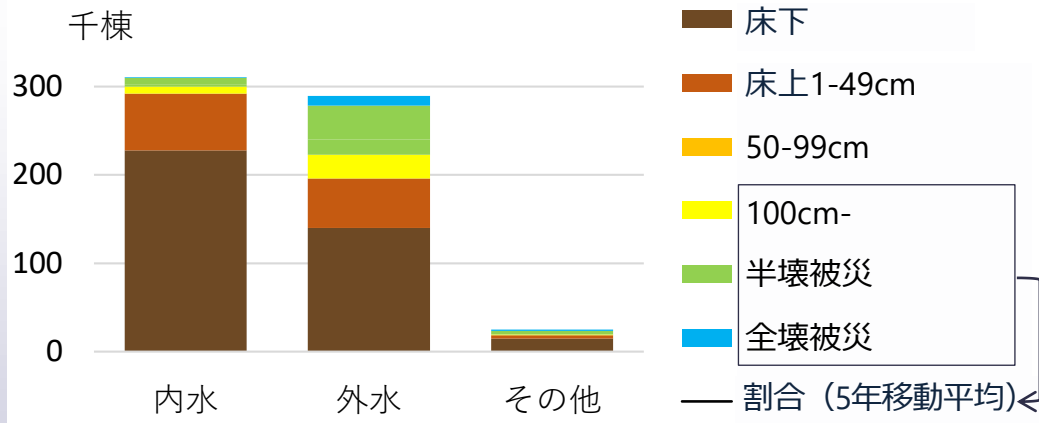
凡例

- 宅地他
- 農地
- 宅地他割合 (5年移動平均)

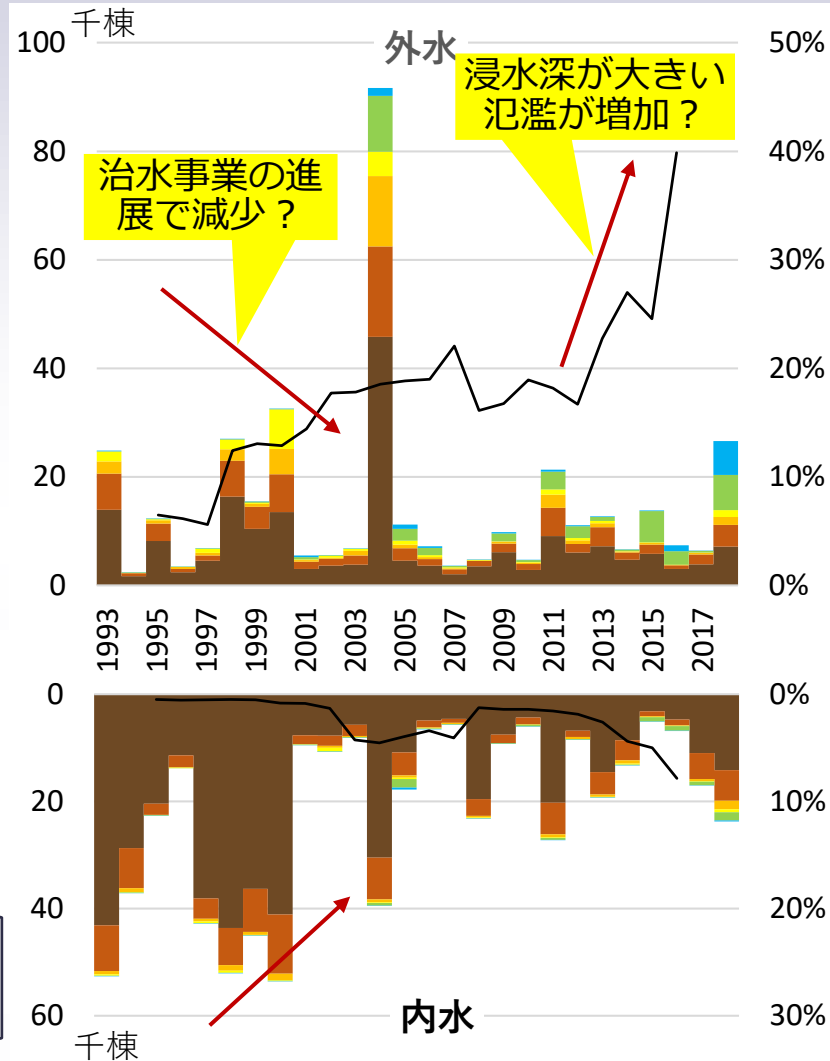
水害区域面積の土地利用区分別推移 (水害統計)

建築物（住宅）の被災実績（水害統計）

- 近年、**床上1mを超える被害の割合が増大**している（グラフに含まれない令和元年東日本台風を考慮すればその傾向は当分継続）
- 長期的には、**床上50cmないし1m未満の被害が殆ど**であり、一応の建築的対応の目安と考えることができるのでは
- なお、**大都市部では内水氾濫の割合、床上50cm未満の被害の割合が高い**

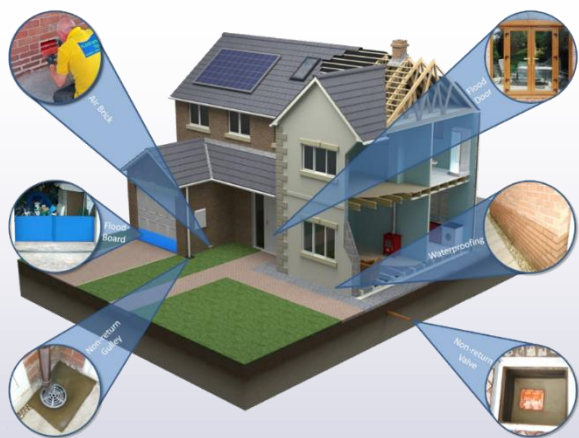


被害区分別の被災家屋棟数(2000-18年累計)



被災家屋棟数の被害区分別の推移

Ⅲ 木造戸建て住宅の耐水化案の 試設計による水害対策の 適用性と課題の検討



英CIRIA資料より



米FEMA資料より

Pour quel objectif visé ?



Mise en sécurité
des occupants

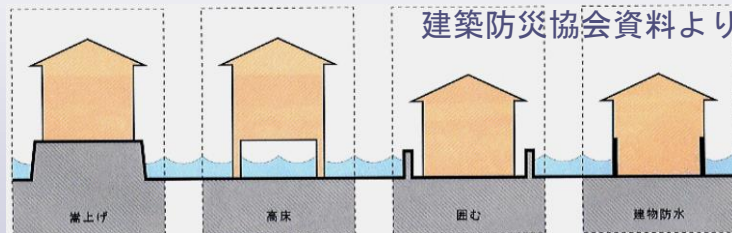


Réduction du délai
de retour à la normale



Réduction
des dommages

仏CSTB
資料より



建築防災協会資料より

試設計の目的と留意点

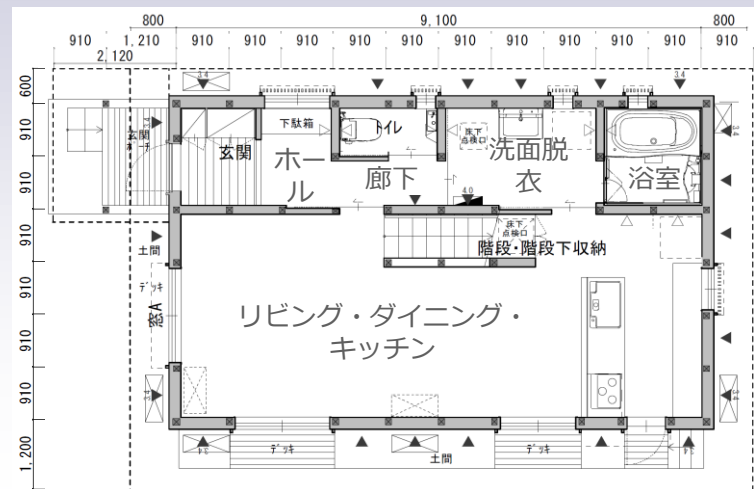
目的

- 適用性の検討（費用便益等の確認）
- 技術的課題の確認

こちらが主目的

前提条件

- 木造在来軸組構法の2階建て戸建て住宅
- 既往技術で実現可能な手法による計画
- 1階床下及び腰窓下高さを目安に対策検討



a. 基準案

延べ床約100㎡、長期優良住宅仕様

作成手順

- 国内外の文献整理、被災家屋修復事例、実務者ヒアリングを実施
- 基準（非耐水化）案をベースに複数の耐水化案を作成し、比較検討
- 設計事務所が作成した詳細図面により、工務店が費用等を積算

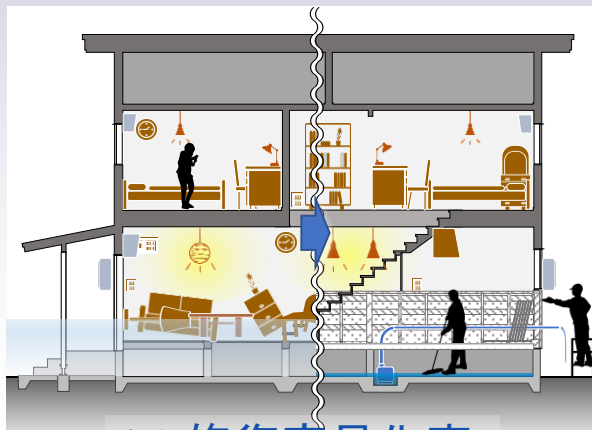
留意点

水害被災家屋の修復等の経験あり

- 机上の検討であり実際の性能は未確認（「建研推奨」ではない）
- 耐水化の仕様は唯一ではなく、可能性のある対策案の一つ

作成した試設計案

今回報告 (昨年度検討)



b1.修復容易化案

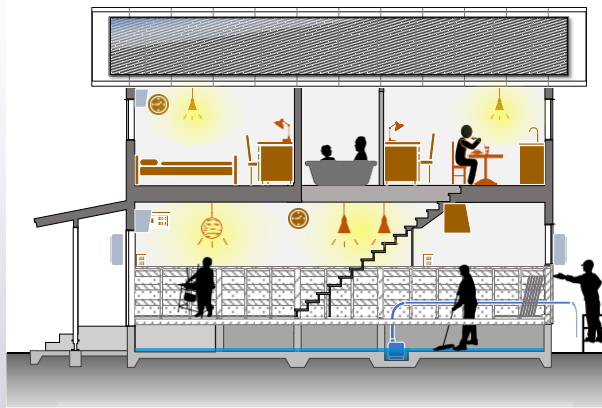


b2.建物防水化案

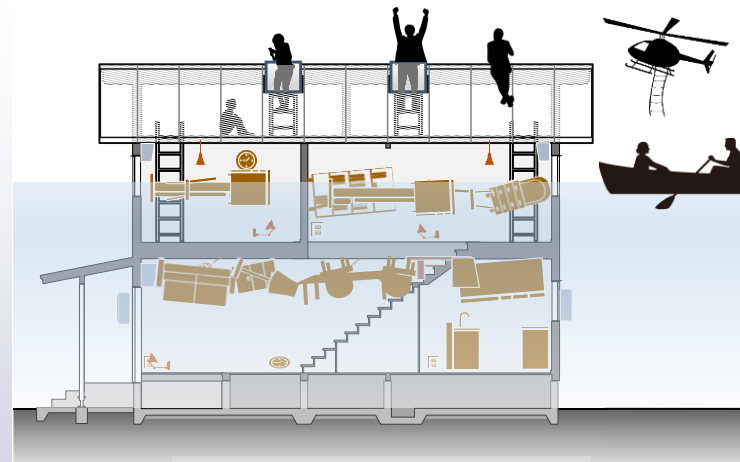


b3.高床化案

補足的に検討



b1+.生活回復円滑化案



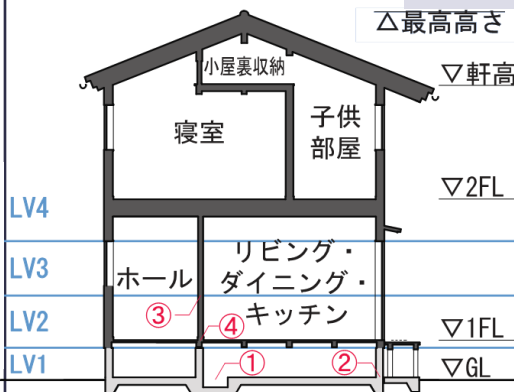
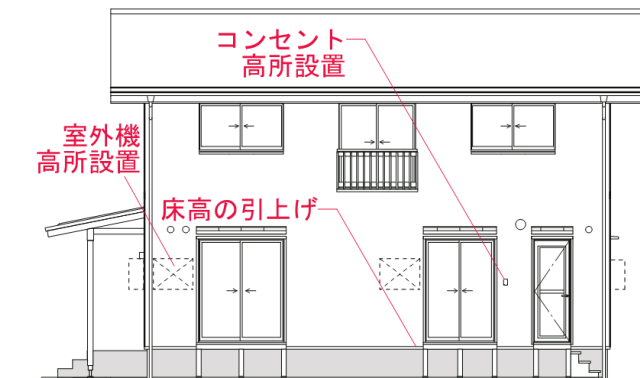
b2+.屋根上避難案

立面図

断面図（南側）

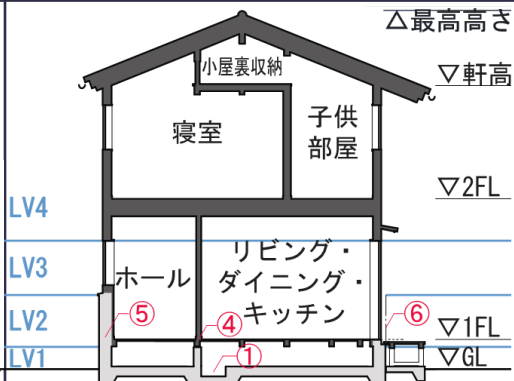
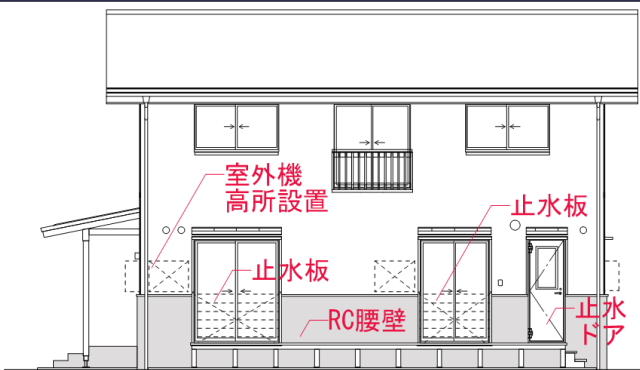
概要

b1. 修復容易化案



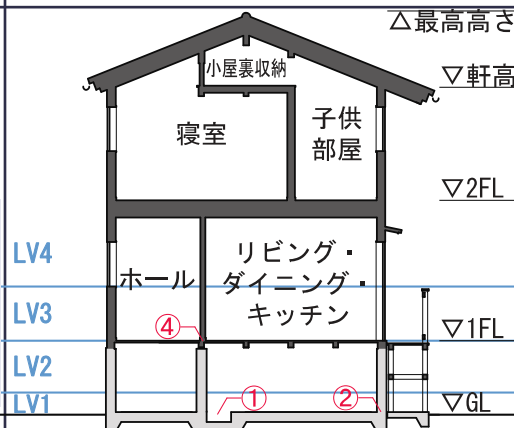
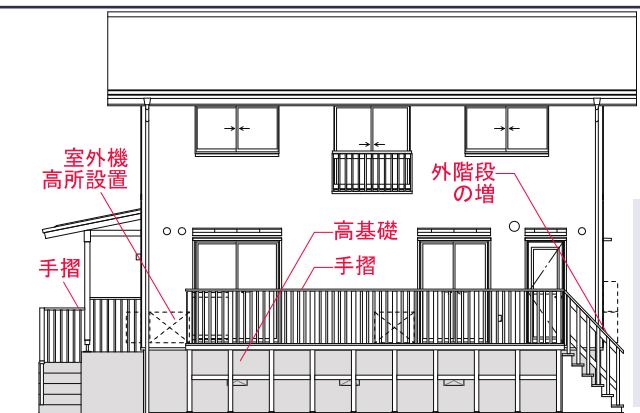
建物内部への**浸水を許容**した上で修復の円滑・低廉化に重点を置く。対策として、**浸水防止性の改善と床下作業性の向上**、部材構成等における**復旧範囲の限定**（道連れ工事の減）等を考慮する。

b2. 建物防水化案



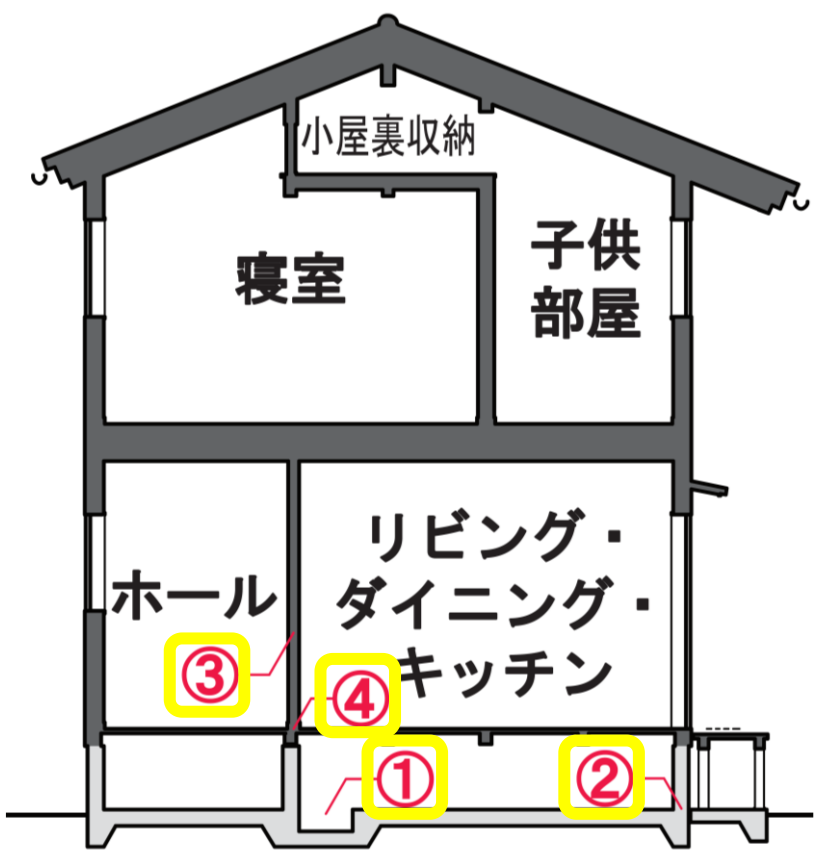
腰窓下高さまでの洪水に対して**建物内部への浸水を防ぎ**、建物・家財の被害軽減を図る。対策として、**腰壁と腰壁開口部の止水性を高め**、排水管的**逆流防止**等を計画する。

b3. 高床化案

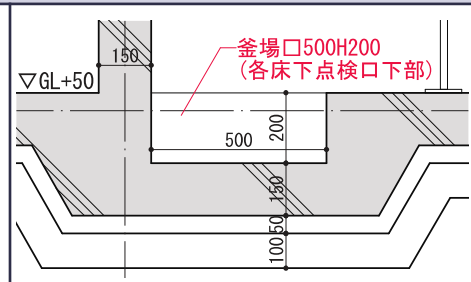


基準案の腰壁高さまで**1階の床高を高基礎により持ち上げる**。これにより、**床上浸水を防ぎ**、建物・家財の浸水被害を軽減する。外部との出入りに対しては、**外階段の段数を増設**する。

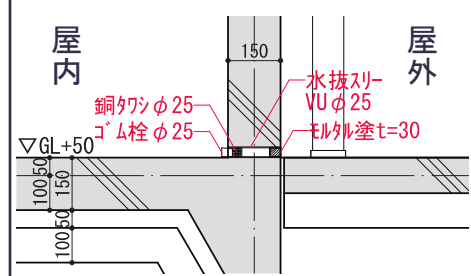
各部の詳細の例-1



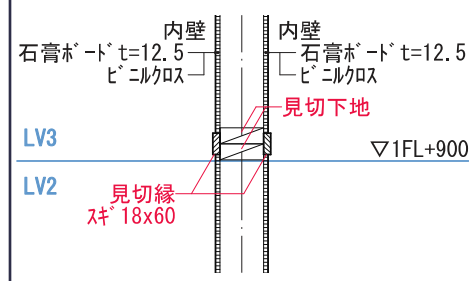
※他に床断熱材を発泡ボード系とし、浸水後に洗浄・再使用可能にした



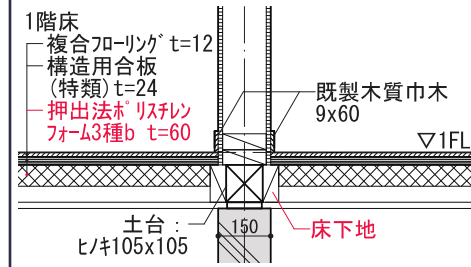
①基礎の釜場
初期排水・洗浄 (水中ポンプ利用) のため、床下点検口の下に設置



②水抜きスリーブ
基礎の水抜きスリーブ (浸水時に穿孔) により排水を容易にする
当初は防蟻のため閉塞

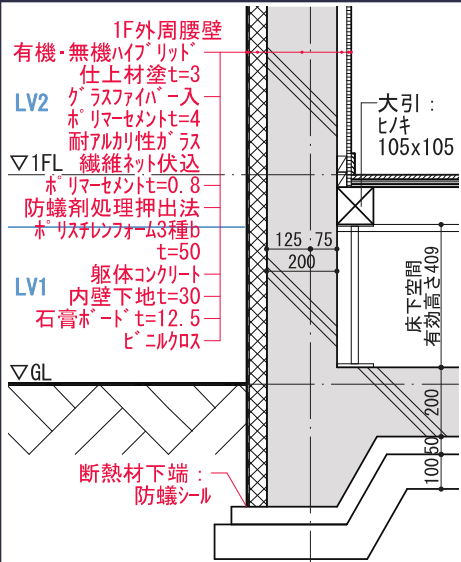
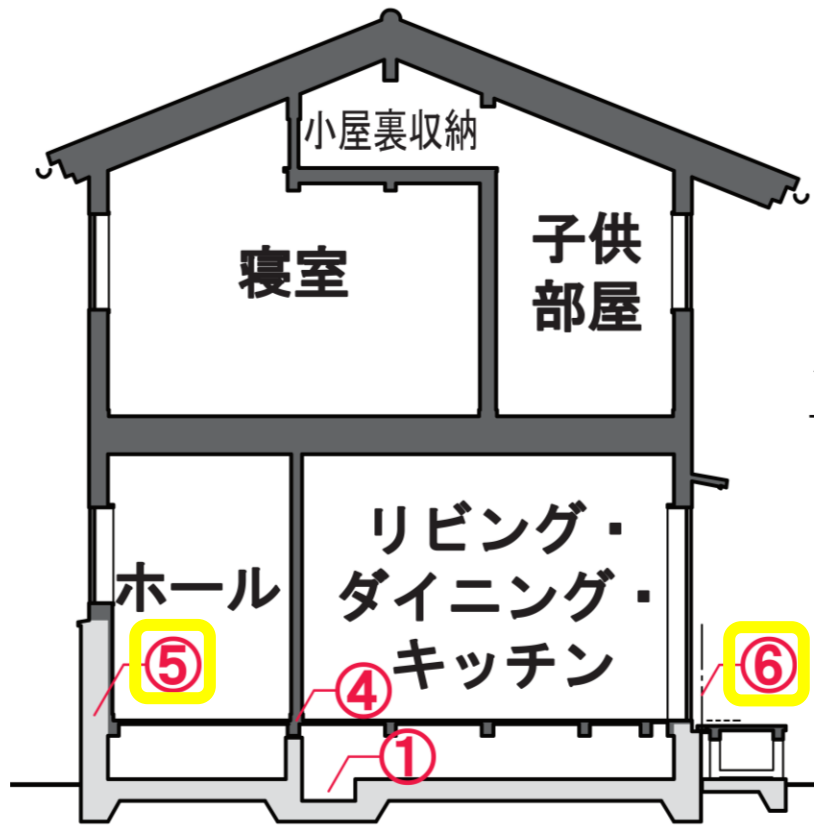


③壁の見切り分割
修復範囲限定のため見切り高さで壁部材を分割し、電気設備を高さ以上に設置

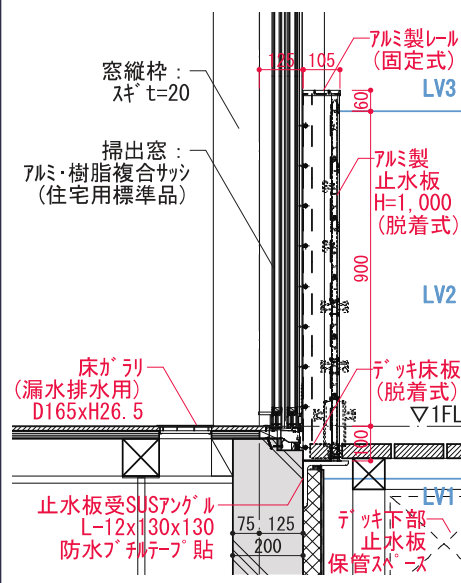


④壁勝ちの納まり
解体時の道連れ工事を減らすため、床・壁の納まりを壁勝ちとする

各部の詳細の例-2



⑤ RC腰壁廻り
止水のため1階外周の腰壁を防水性を有するRC造とし、底盤とともに水圧と浮力に対抗できる厚さとする (15→20mm)
※最大浮力：785.0kN
基礎・腰壁部：564.0kN
上部構造：276.3kN



⑥ 止水板廻り
玄関扉及び掃出窓には脱着式止水板、勝手口に鋼製止水ドア等を設置し、漏水は床ガラリを介して床下に排水する (外貼り基礎断熱)
※浸水が24時間継続した場合の、基礎内部への漏水深さは43mm

費用対効果 (B/C) の考え方

費用

- ◆ 耐水化に伴う、追加的建築コスト

見積もり可能な設計図面に
基づいて工務店に積算依頼

耐水化案(b案)の建築コスト - 非耐水化案(a案)の建築コスト

効果

- ◆ 耐水化に伴う、水害遭遇時の修復費用の削減見込みの期待値
- ◆ 浸水レベル毎に以下を算定

設計図面及び修復手順に基づき、修
復経験のある工務店に見積もり依頼

動産被害も
考慮

非耐水化案(a案)の修復費用 - 耐水化案(b案)の修復費用

- ◆ 浸水レベル毎の発生確率を乗じて期待値を計算

「治水経済調査マニユ
アル」による方法

浸水レベル

$$\sum (\text{非耐水化案(a案)の修復費用} - \text{耐水化案(b案)の修復費用}) \times \text{発生確率}$$

追加的建築コストの回収見込み年数を算定 (追加的コスト / 修復費用減)

耐水化に要する追加的建築コストの試算

積算依頼により得られたコストを比較

(単位：千円：b案はa案との差分)

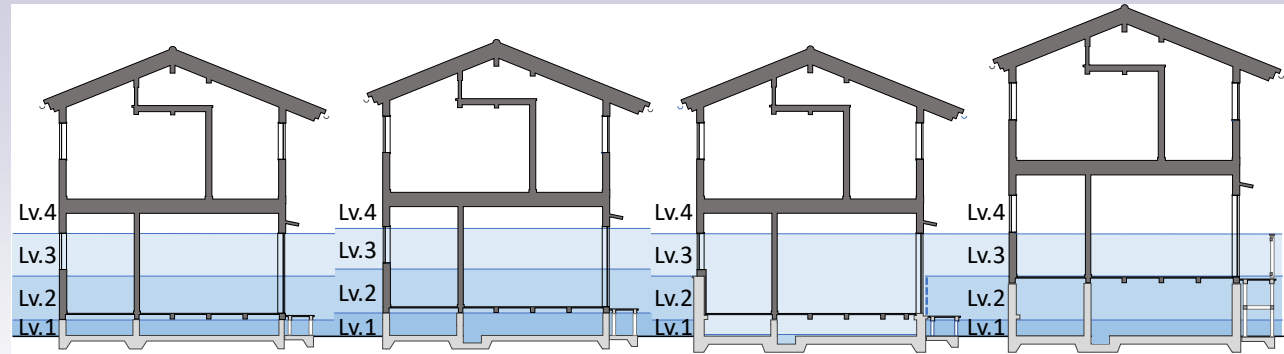
内訳	非耐水化 (a案)	修復容易化 (b1.案)	建物防水化 (b2.案)	高床化 (b3.案)	備考
構造	4,127	+23	+1,069	+1,329	基礎・RC腰壁等
断熱	315	+18	+226	±0	外貼り基礎断熱等
外部仕上げ	2,889	±0	+578	+280	サイディング・デッキ等
開口部	694	±0	+1,884	±0	止水板・止水扉等
内部仕上げ	3,348	+95	+235	±63	見切縁・点検口等
設備等	5,351	+57	+92	+57	空調室外機壁掛け等
その他	3,015	+180	+540	+24	仮設・大工手間等
直接工事費	19,739	+373	+4,624	+1,753	
建築コスト (経費・税込)	26,055	+493 (26,548)	+6,104 (32,159)	+2,314 (28,369)	経費率20% 消費税率10%
コスト比	100%	101.9%	123.4%	108.9%	

※長期優良優良住宅仕様に基づく地元材を用いた住宅の、コスト減のための工夫前の費用

水害時の建物修復費用の試算 (浸水レベル毎)

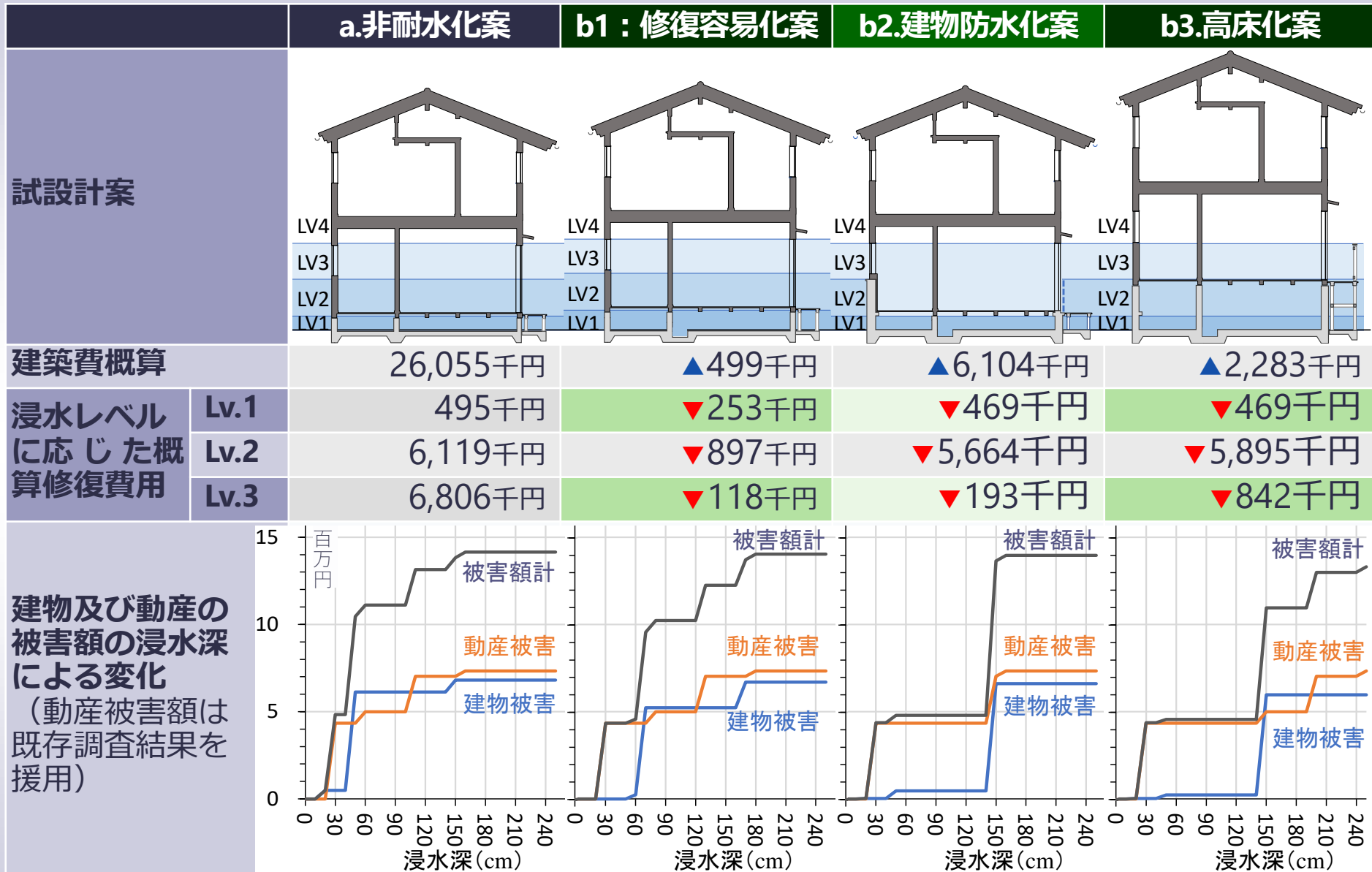
修復の手順を想定の上、
工務店からの見積もり
を参考にコストを比較

(単位：千円：b案はa案との差分)



基準案・耐水化案	a.基準案			b1.修復容易化案			b2.建物防水化案			b3.高床化案		
浸水レベル	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3
GL高さ (mm)	0~ 450	450~ 1500	1500~ 2600	0~ 650	650~ 1700	1700~ 2800	0~ 450	450~ 1500	1500~ 2600	0~ 450	450~ 1500	1500~ 2600
共通① 初期排水	200	200	200	-75	-75	-75	-200	±0	±0	-200	-125	-125
基礎・床 基礎土間、立上り、床断熱、 土台、床下地、仕上等	50	838	838	-12	-69	-69	-50	-813	-172	-50	-763	+50
共通② 消毒、乾燥	0	138	150	±0	-28	±0	±0	-63	±0	±0	-138	-40
内外壁 外壁仕上げ、内壁仕上・下 地、壁断熱、柱・壁合板	20	665	690	±0	-315	+20	±0	-645	-9	±0	-645	-74
建具・ 家具等 扉・サッシ、内部建具・造作 家具・階段	—	939	964	—	±0	±0	—	-914	±0	—	-939	-25
電気設備 足元照明、コンセント、ス イッチ等、分電盤	—	87	399	—	-87	±0	—	-87	±0	—	-87	-312
衛生設備 キッチン、洗面化粧台、ユ ニットバス、トイレ	—	1,664	1,811	—	±0	±0	—	-1,664	±0	—	-1,664	-147
空調設備 室外機	105	105	105	-105	-105	+34	-105	-105	+34	-105	-105	+34
修復工事直接工事費計	375	4,636	5,157	-192	-679	-90	-355	-4,291	-147	-355	-4,466	-639
修復費用計 (経費・税込)	495	6,119	6,806	-253	-897	-118	-469	-5,664	-193	-469	-5,895	-842

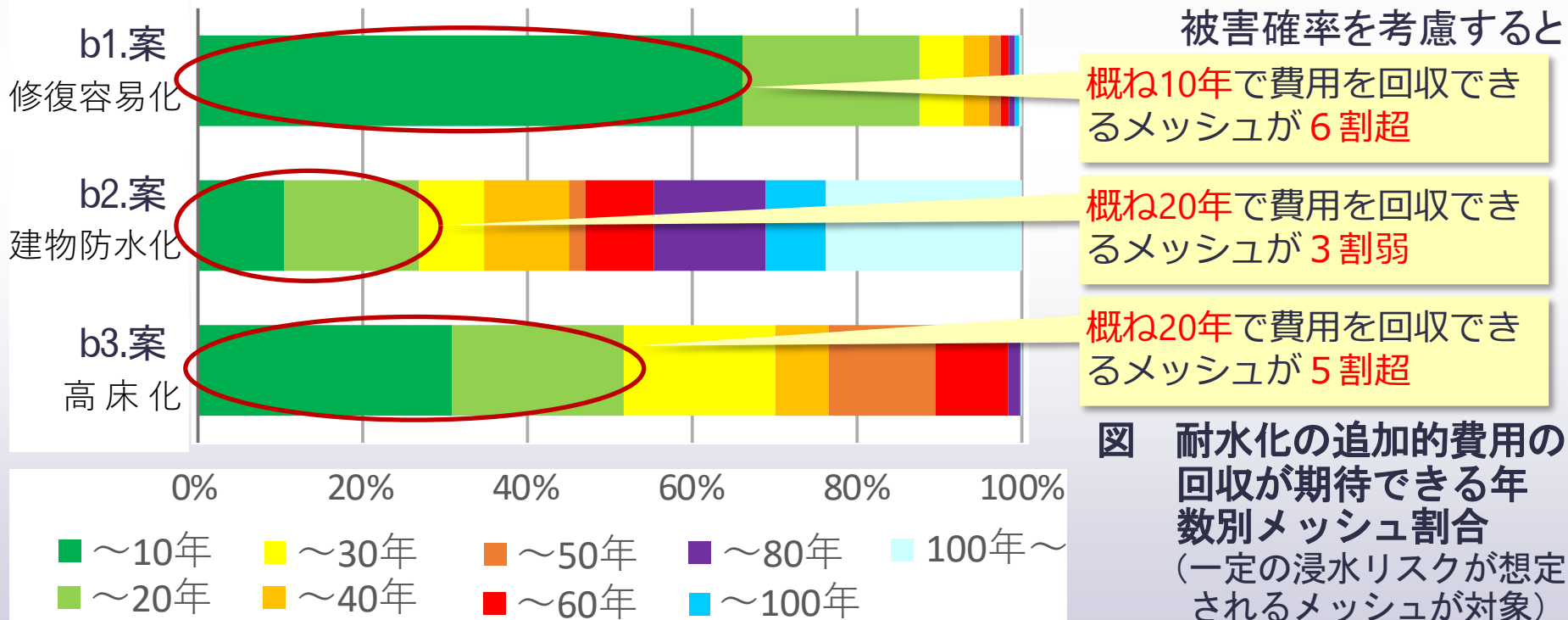
追加的費用と修復費用、被害額のまとめ



各耐水化案の費用対効果等からみた適用性

実務者による試設計と工費見積もりから、耐水化の追加的費用と浸水時の修復費用低減額を検討

滋賀県における生起確率別浸水深を用いた計算により、浸水対策の費用対効果の期待値を分析



耐水化案の検討のまとめ：各計画案の特徴と課題

各耐水化案の特徴と課題等について以下の結論を得るとともに、国交省審議会等と言及されている「多段階の浸水想定」の建築分野での活用可能性、耐水化に伴う浮力の影響、等について知見を得ることができた

	b1.修復容易化案	b2.建物防水化案	b3.高床化案
費用対効果	浅い浸水被害に対する費用対効果が大	腰窓以下の床上浸水に対して、一定の費用対効果	1階レベルの洪水への費用対効果が最も高い
特筆点	低廉な費用で実施可能	財産・生活被害や社会的負担の減少（家財被害・生活支障、仮設住宅・災害ゴミ処理等）	より高い浸水にも、2階避難で生命が安全に
適用性	浸水リスクのある地域で最低限講じるべき手法	市街地での適用性が高い（日常の出入りや周辺環境影響の制約なし）	非都市部での適用性が高い（狭小敷地への対応、日常の出入りや周辺環境等）
実現・普及に際しての課題	修復工事期間中に2階等で生活継続の可能性	低廉で信頼性の高い壁面・開口部の止水方法の開発	簡便な昇降支援システム 高さ規制等への対応

IV まとめ

水害リスクを踏まえた 都市における建築・土地利用の 誘導に向けて

出典：UR都市再生機構資料



越谷レイクタウン



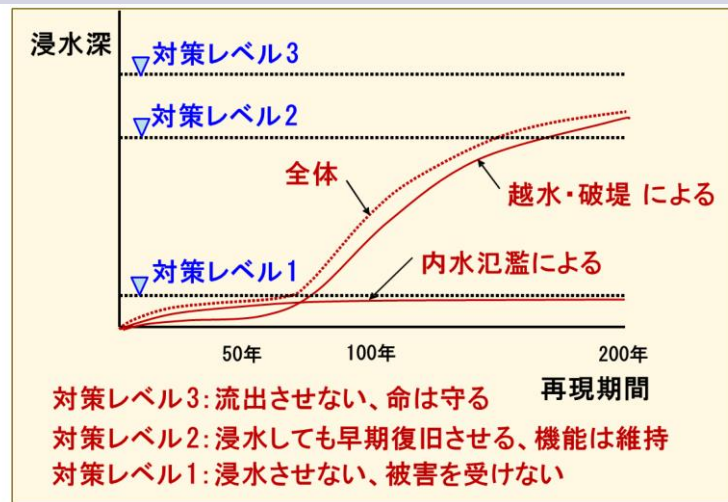
蘭ロッテルダム



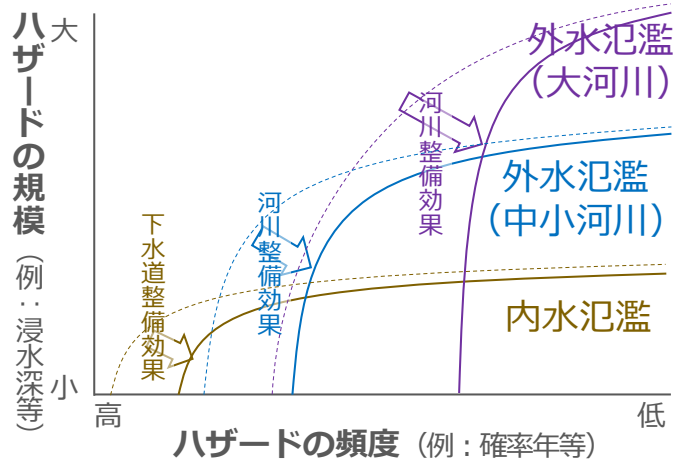
英シェフィールド

建築における段階的な浸水対策の提案

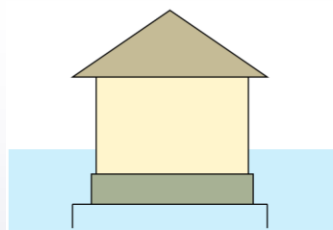
- ▶ 建築学会提言では、洪水の浸水深と再現期間（頻度）に応じた対策の考え方が提示されている
- ▶ 実際に各地区でのこうした浸水特性は、水害原因や治水整備の実施状況等によって異なる



【出典】田村和夫ほか:建築物の水害対策に関する近年の構造被害をふまえた考察
-日本建築学会の提言に添えて-、レジリエント建築シンポジウム、日本建築学会、2020

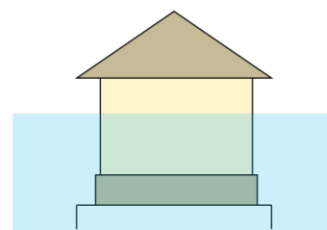


水害原因・治水事業との関係



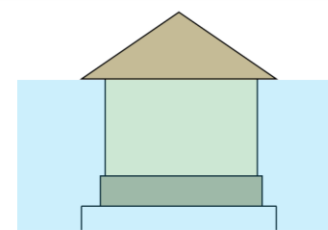
低レベルの浸水
(頻度・高)

- ・室内に水を入れない
- ・防水と浮力対策
(止水壁や流入孔対策、基礎への固定)



高レベルの浸水
(頻度・低)

- ・浮力の高まりによる流出を防ぐために室内に水を入れる。
- ・復旧性を高める(内壁等の不透水化、設備機器を高所に)



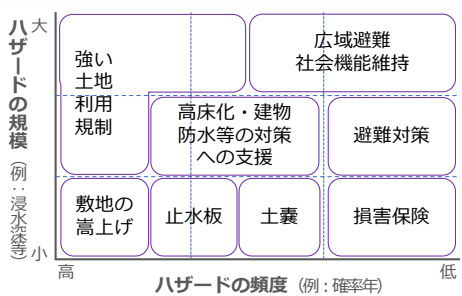
命は守るレベルの浸水

- ・建物の流出を防ぐ
- ・財産の保全

日本建築学会提言に示された考え方(H2.6)

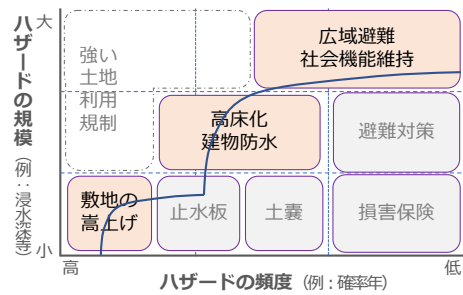
対策の連携及び対策方向別の地区区分

- 4方向の中間的な領域において、戸別の対策と地区レベルでの対策、土地利用の対策と市場を通じた対策の連携が求められる（右図）
- 一方、地区毎に頻度区分別の外力が想定でき、対策の費用対効果が算出できれば、そこで推奨する対策の組合せが導出できるはず（下図）

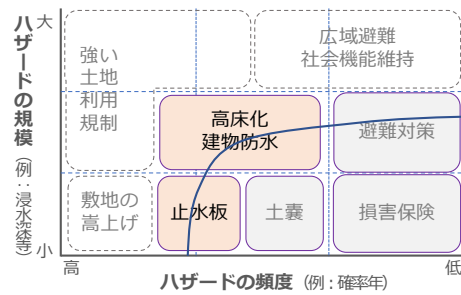


対策の考え方

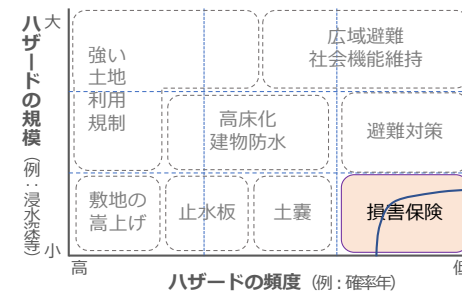
凡例
リスク 効果が期待される対策 代替策のある対策 過大と思われる対策



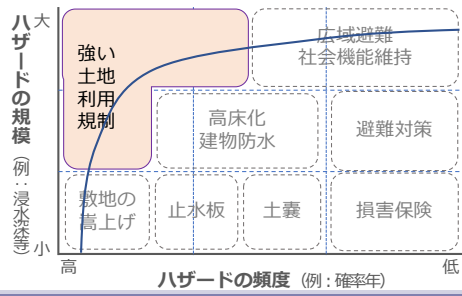
対策の考え方



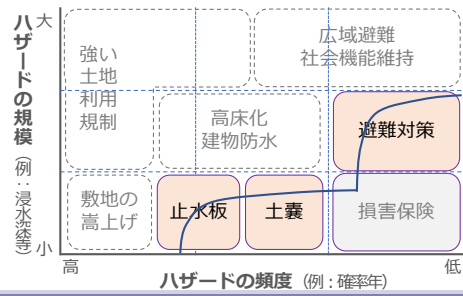
対策の考え方



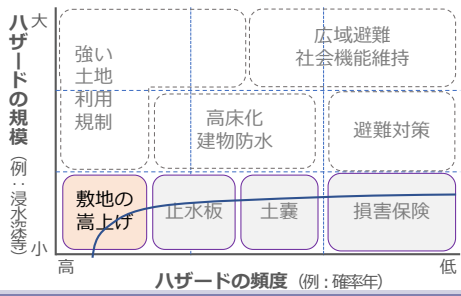
対策の考え方



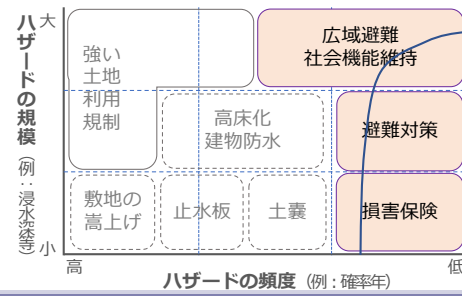
対策の考え方



対策の考え方



対策の考え方



対策の考え方



ありがとうございました



参考文献

- ・ 木内望 (2019) 「水害リスクを踏まえた建築・敷地レベルの対策の評価」平成30年度建築研究所講演会
<https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h30/>
- ・ 木内望 (2019) 「水害リスクを踏まえた建築・土地利用マネジメントに関する考察-土地利用・建築規制、計画誘導、市場誘導に関わる制度の実態と課題-」都市計画論文集Vol.54 No.3、pp.923-930
https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/54/3/54_923/_pdf/-char/ja
- ・ 中野卓・木内望 (2020) 「水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想定区域の活用可能性と課題」都市計画論文集Vol.55 No.3、pp.888-895
https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/55/3/55_888/_pdf/-char/ja
- ・ 木内望・槌本敬大・中野卓ほか (2021) 「木造戸建て住宅の耐水化建築計画案の検討及びその費用対効果からみた評価」日本建築学会技術報告集Vol.27 No.65、pp.499-504
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/27/65/27_499/_article/-char/ja/
- ・ Federal Emergency Management Agency “Protecting Your Home And Property From Flood Damage; Mitigation Ideas For Reducing Flood Loss”, 2010.10
<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/21471>
- ・ Ministère de l'égalité des Territoires et du Logement et al. “Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant” 2012.6
<https://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/08/referentielInondation.pdf>
- ・ CIRIA “Code of practice and guidance for property flood resilience; PFR CoP Overview”, 2021.1
https://www.ciria.org/Research/Projects_underway2/Code_of_Practice_and_guidance_for_property_flood_resilience.aspx
- ・ 日本建築学会「激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題 ～戸建て住宅を中心として～」2020.6
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200629.pdf>