

水害に強い住宅づくりへの 取り組みを開始しました

～「浸水を防ぐ」、「早期・安価に復旧」、「耐水性の向上」
の3つの観点からの耐水化案の検討などについて～

(問い合わせ)

住宅・都市研究グループ
主席研究監 木内 望

Tel 029-864-6696

E-mail n_kiuchi@kenken.go.jp

概要

背景・目的

我が国では昨今、気候変動の影響もあり、都市部での洪水被害が相次いでいることから、**氾濫を前提とした都市づくりや建築における対策**が求められています。そこで、**水害リスクを踏まえた建築・敷地レベルでの浸水対策や土地利用の誘導方策のあり方**を研究しています。

研究概要

洪水をテーマに重点的に研究を行うのは、初めてでもあり、まずは浸水被害の最も多い、**戸建て住宅の耐水化**について3つの「**耐水化案**」の**試設計**を行い、実現に要する追加的費用と浸水時の資産被害の軽減額の試算、浸水対策の費用対効果の分析などから、各案の**適用性及び、技術開発上の課題、社会への普及上の課題**等について検討しました。その結果、**50万円程度の追加工事により90万円程度の被害額低減効果が期待できる**場合があること、などが分かりました。

今後の展開

集合住宅等、他の建物形式での耐水化案の検討を行い、**都市レベルでの浸水対策への展開や普及のための仕組み**を検討していく予定です。また、都市の浸水リスクの分析等の課題についても、**浸水範囲の履歴を踏まえた解析**を行っていく予定です。

浸水した市街地



国土地理院斜め航空写真

被災住宅の修復



マンション地下室の浸水



パークヒルズ武蔵小杉SFC管理組合提供

建築における水害対策の必要性 (「リスクのある場所に住まない」だけではすまない)

□浸水想定区域 (L1想定: リスクの実態は様々だが・・・)

- 国土に占める割合: 5.3%
 - 居住世帯数の占める割合: 19.1%
 - 用途地域に占める面積割合: 30.3%
 - 1960年人口集中地区に占める割合: 38.8%
- 社会資本整備審議会等資料
- 後段で紹介
- 全体として「**浸水想定区域内に住まない**」は不可能!

□浸水被害家屋の実態

- 床上49cm未満が8割(右図) →対策可能

□提言 (本年6月)

- 日本学術会議 及び 日本建築学会

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t290-1-abstract.html>

<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200629.pdf>

→何れも**建築分野における水害対策技術開発の進展**を促す

□欧米の政府機関・研究所等は、水害対策の**解説書**を発刊

- 被災建物の修復方法、浸水に強い建材、建物の耐水化の手法等

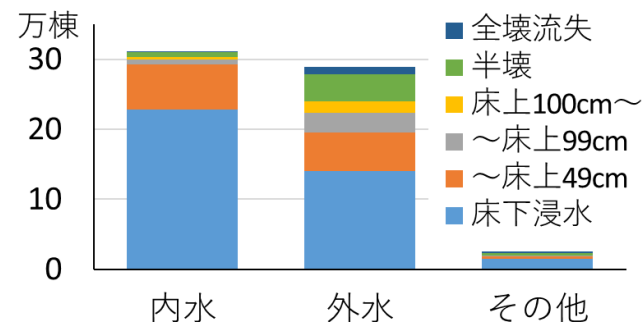


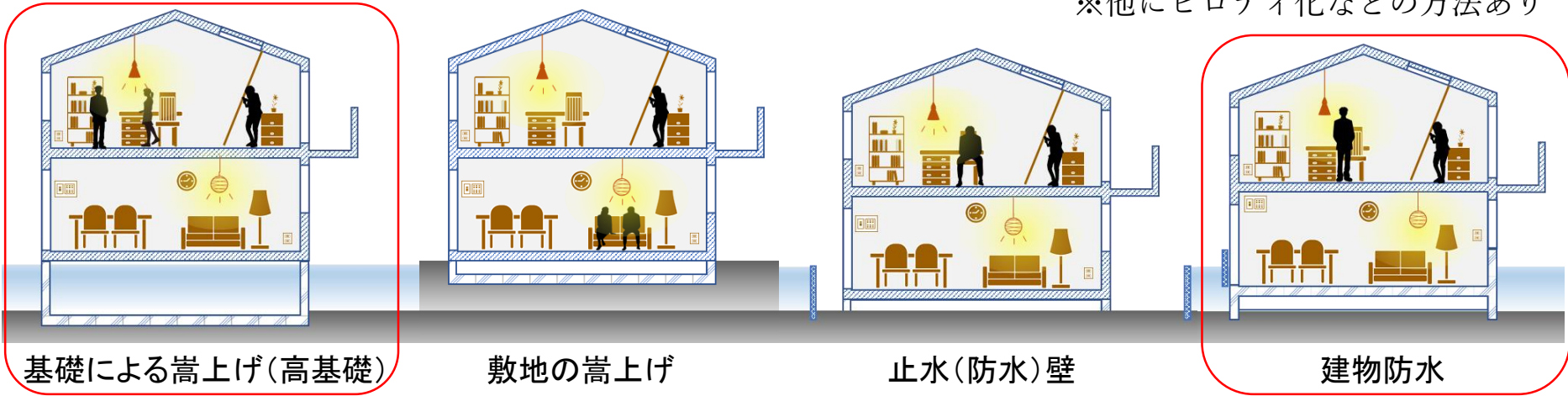
図: 水害被災家屋数 (2000~2018年)
水害統計

戸建て住宅の耐水化案とその適用性の検討

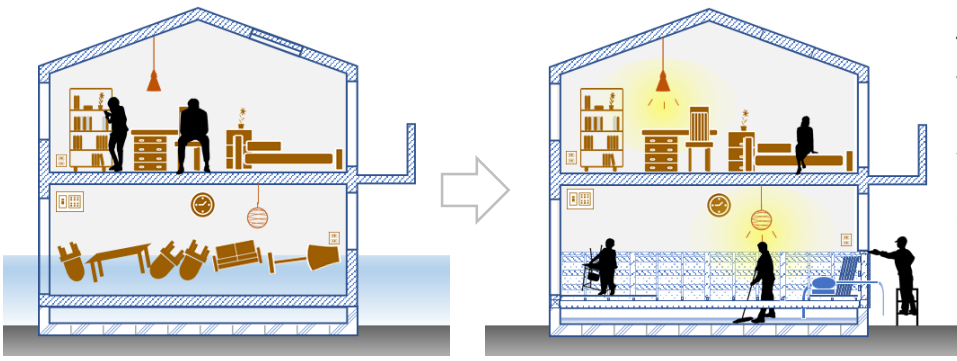
概念レベルにとどまっていた「耐水化案」の**試設計**により、リスクと費用対効果からみた適用性及び、各案の**技術開発上の課題**、社会への**普及上の課題**を検討

I. 浸水を防ぐ: Dry Floodproofing

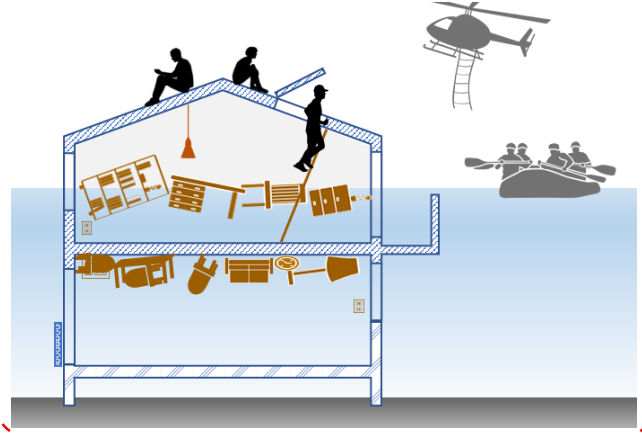
※他にピロティ化などの方法あり



II. 被害を最小限に(早期・安価に復旧) : Wet Floodproofing



III. 避難を助け生命を守る



検討対象

検討中

各耐水化案の費用対効果等からみた適用性

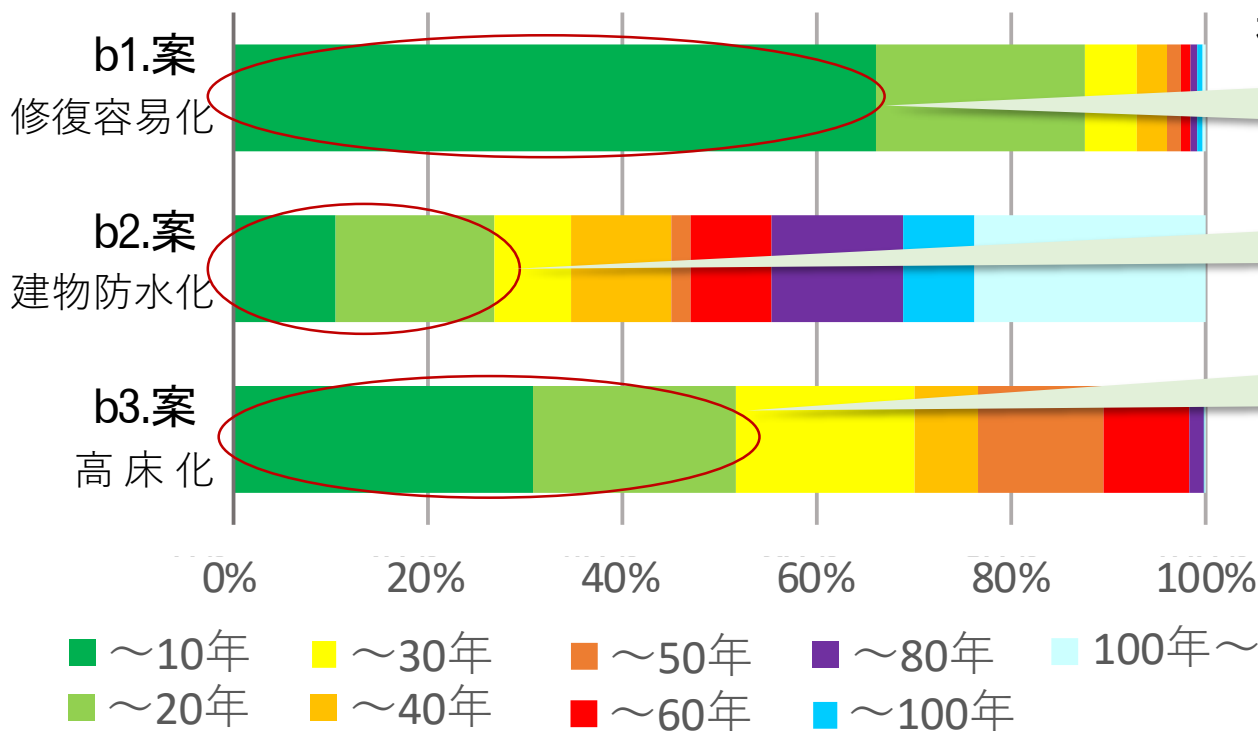
実務者による試設計と工費見積もりから、耐水化の**追加的費用**と浸水時の**修復費用低減額**を検討



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

- b1.修復容易化案: 浸水後の修復を円滑・低廉化
- b2.建物防水化案: 腰窓下高さまでの洪水を止水
- b3.高床化案: 1階床高を高基礎で上げる



被害確率を考慮すると

概ね**10年**で費用を回収できるメッシュが**6割超**

概ね**20年**で費用を回収できるメッシュが**3割弱**

概ね**20年**で費用を回収できるメッシュが**5割超**

図 耐水化の追加的費用の回収が期待できる年数別メッシュ割合 (一定の浸水リスクが想定されるメッシュが対象)

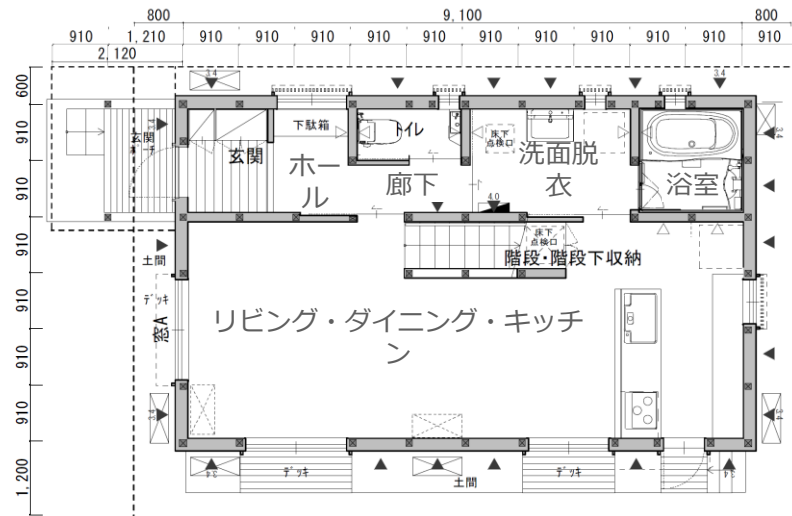
耐水化案の検討手順

※検討内容と結果を含む詳細は建築学会
技術報告集(R3.2発行)に掲載予定

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**

1. 基準計画案の作成
2. 前提条件・考え方の整理
3. 耐水化案の計画検討
(修復容易化・建物防水化・高床化)
4. 新築費用・修復費用の算定・比較
5. 費用対効果の試算
6. 諸課題の検討・整理

1階平面図



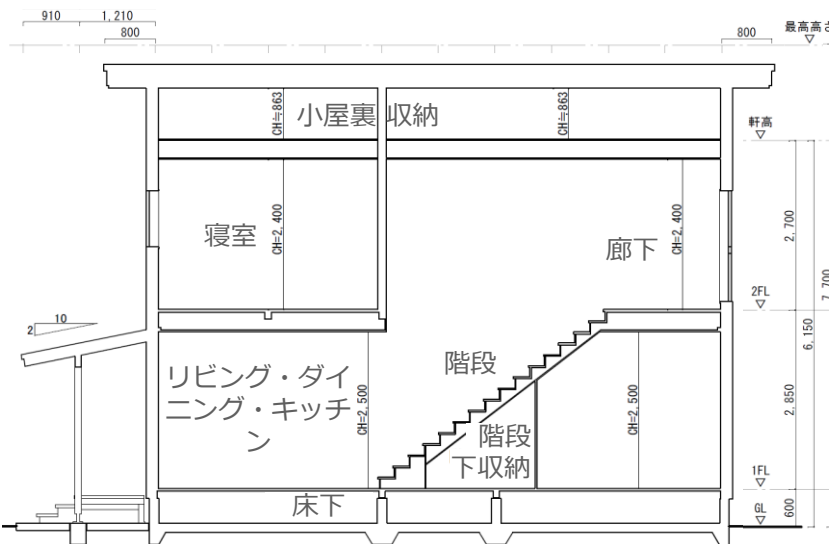
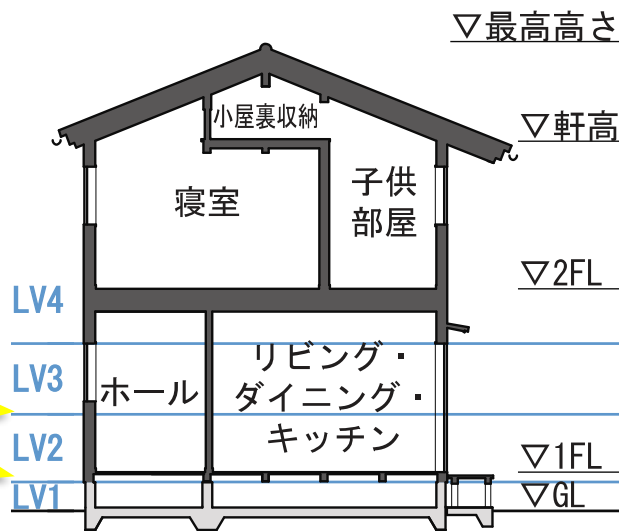
a. 基準案

(非耐水化案)

- ・ 2階建て戸建て住宅
- ・ 木造軸組形式
- ・ 延べ床約100m²
- ・ 長期優良住宅仕様

断面図

2つの浸水レベルでの対策を検討



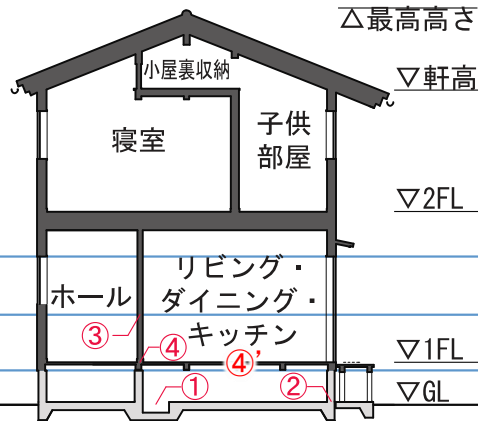
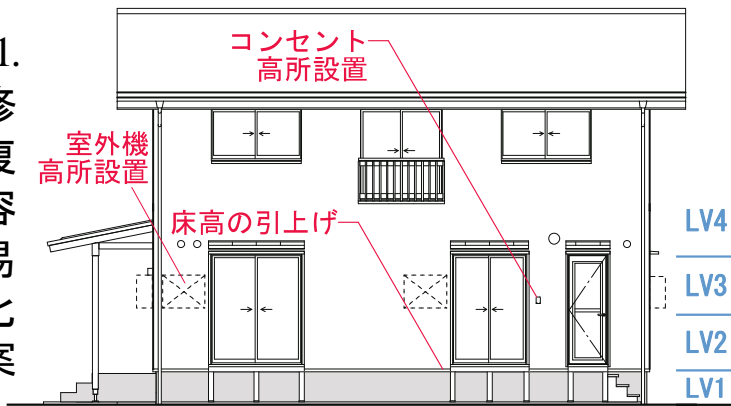
非耐水化案と耐水化案の考え方

1階床及び腰窓下高さを基準に3つの考え方により浸水対策を検討

目的	方法	非耐水化案 a.基準案	耐水化案（非耐水化案との相違）		
			b1.修復容易化	b2.建物防水化	b3.高床化
a.浸水の防止	a1.止水高さの 引上げ	<ul style="list-style-type: none"> 基礎立上りに床下換気口 	<ul style="list-style-type: none"> 「ネコ土台」により外周基礎立上りは無開口 	<ul style="list-style-type: none"> 腰壁の防水化 (床下換気口なし) 腰壁開口部の防水化 排水管の逆流防止 	<ul style="list-style-type: none"> 高基礎化による1階床高の引上げ (床下換気口位置も引上げ)
	a2.機能損失の 回避	<ul style="list-style-type: none"> 電気設備類の高所設置なし 	<ul style="list-style-type: none"> 電気設備類の高所設置 	<ul style="list-style-type: none"> 電気設備類の高所設置 	<ul style="list-style-type: none"> 電気設備類の高所設置
b.復旧の円滑化	b1.作業性の 向上	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な床高 最低限の床下点検口 	<ul style="list-style-type: none"> 床下有効高さの増 床下点検口の増設 排水性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 床下点検口の増設 排水性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 床下有効高さの大幅な増 床下点検口の増設 排水性の向上
	b2.復旧範囲の 限定化	<ul style="list-style-type: none"> 床撤去が壁にも影響 (納まりが「床勝ち」のため) 	<ul style="list-style-type: none"> 床撤去の壁への影響回避(「壁勝ち」) 限定的な壁復旧に対応 	<ul style="list-style-type: none"> 床撤去の壁への影響回避(「壁勝ち」) 	<ul style="list-style-type: none"> 床撤去の壁への影響回避
c.耐水性の向上	c1.浸水の影響を受けにくい 素材の選定	<ul style="list-style-type: none"> 接合金物のみ防錆処理 吸水性の高い断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> 釘・接合金物は防錆処理 吸水しない床断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> 釘・接合金物は防錆処理 吸水しない基礎断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> 釘・接合金物は防錆処理

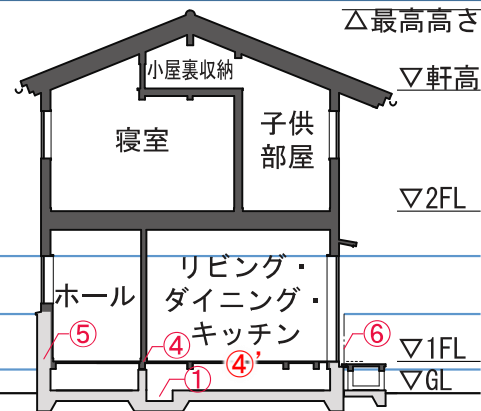
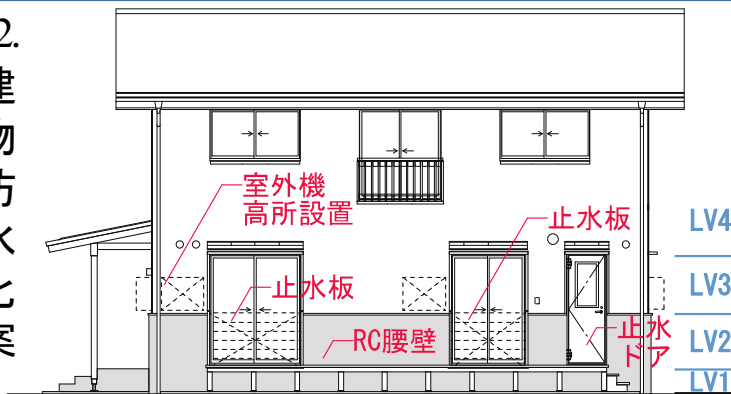
耐水化計画案の概要

b1. 修復容易化案



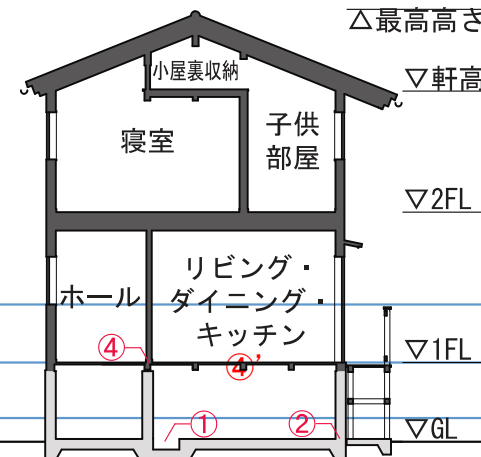
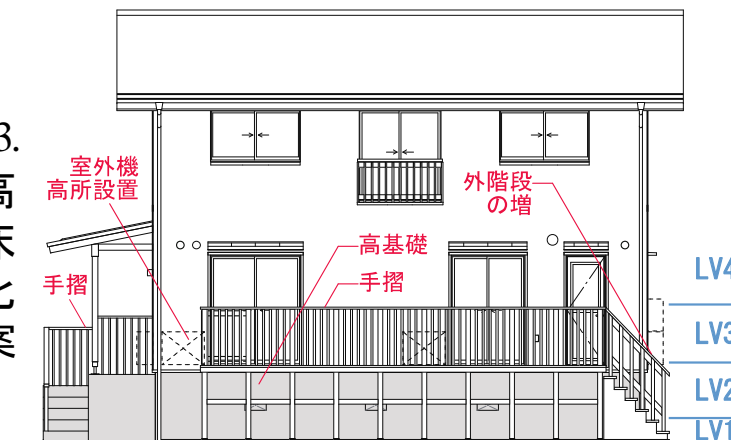
- ①初期排水・洗浄(水中ポンプ利用)のため、**釜場**を床下点検口の下に
- ②基礎の**水抜きスリーブ**(浸水時に穿孔)により排水を容易に
- ③修復範囲を限定できるように、壁部材の**見切り分割**を行い、**電気設備**を見切り高さ以上に設置

b2. 建物防水化案



- ④解体時の道連れ工事減のため、床・壁等の**納まりを壁勝ち**に
- ④' **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

b3. 高床化案



- ⑤1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に(外貼り基礎断熱)
- ⑥玄関扉及び掃出窓に脱着式**止水板**、勝手口に鋼製**止水ドア**等を設置、漏水は**床ガラリ**を介して床下に排水

立面図(南側)

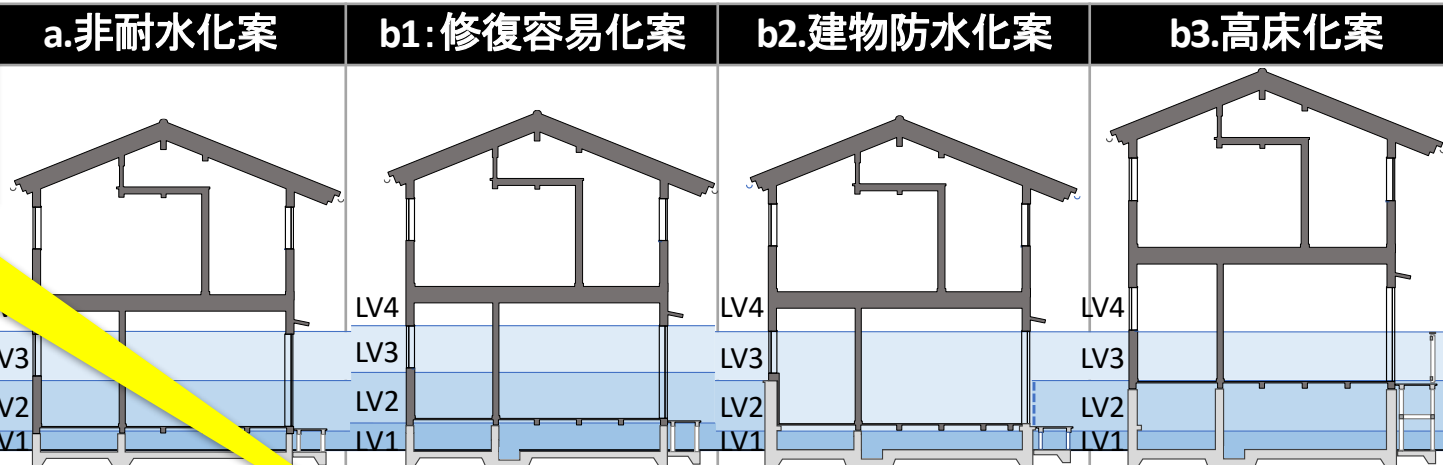
断面図

追加的費用と修復費用、被害額のまとめ

工務店への見積もり依頼に基づきコストを比較（表中のb案はa案との差額）

50万円程度の追加工事により、最大90万円程度の被害額低減効果が期待できる！

試設計案



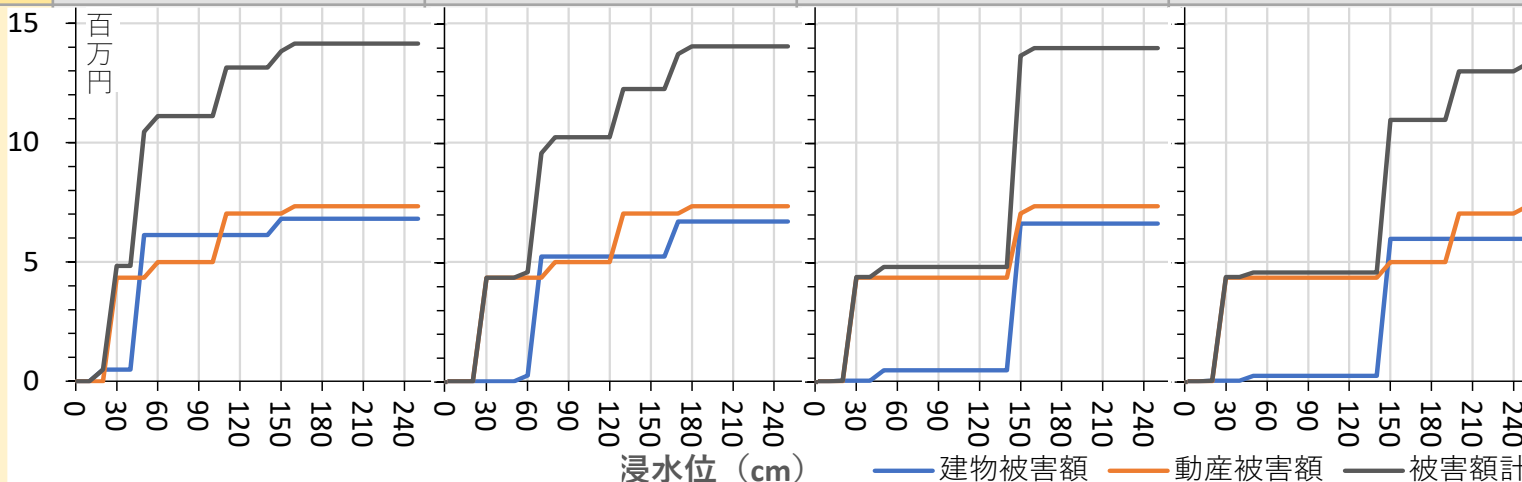
建築費概算

	a.非耐水化案	b1:修復容易化案	b2.建物防水化案	b3.高床化案
	26,055千円	▲499千円	▲6,104千円	▲2,283千円

浸水レベルに応じた概算修復費用

Lv.1	495千円	▼253千円	▼469千円	▼469千円
Lv.2	6,119千円	▼897千円	▼5,664千円	▼5,895千円
Lv.3	6,806千円	▼118千円	▼193千円	▼842千円

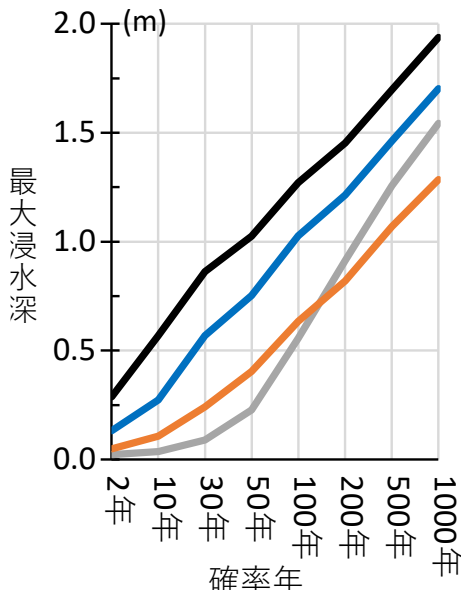
建物及び動産の被害額の浸水深度による変化
(動産被害額は既存調査結果を援用)



水害の発生頻度を考慮した費用対効果の試算

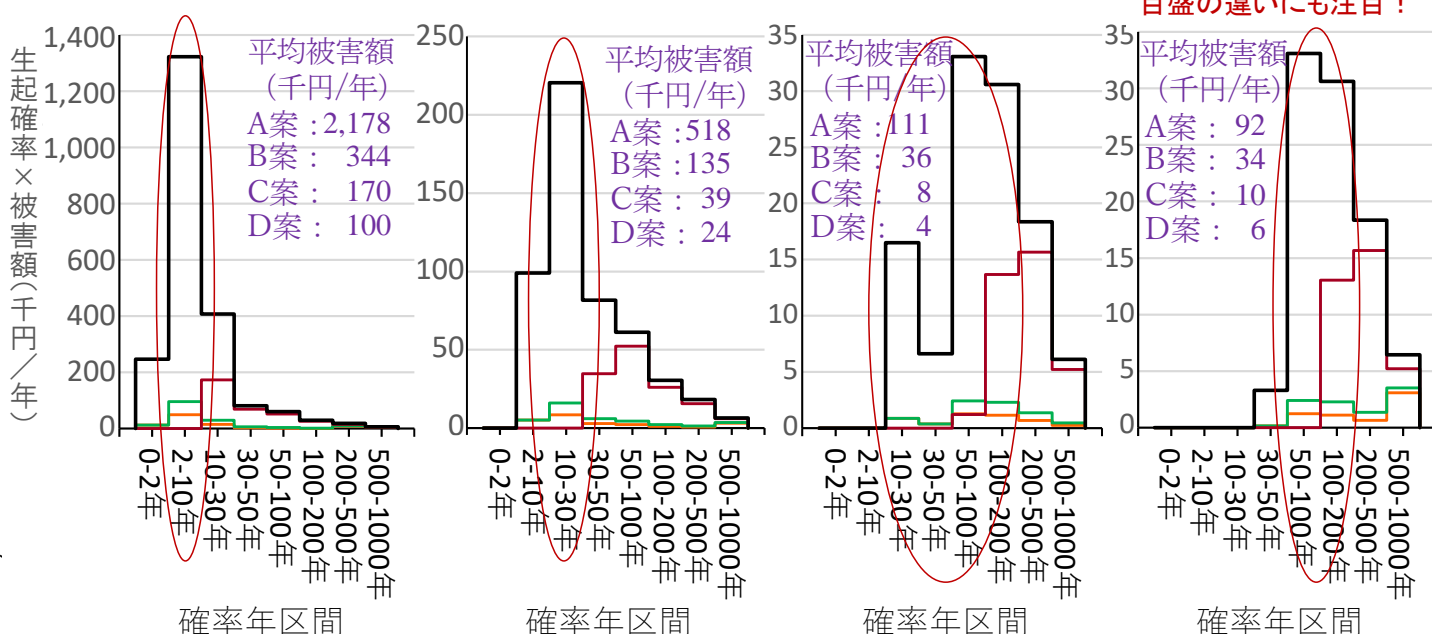
計画規模や想定最大規模の浸水想定区域図では不可能な、**期待被害額の算定を**、滋賀県「地先の安全度マップ(相当)」の**多段階の浸水想定に基づき計算**

費用対効果の観点からは**浸水深50~100cm、確率年2~50年程度**の浸水事象の影響が大きく、これによる被害の低減が肝要だということがわかった。



- ① 全耐水化案効果あり
- ② b1・b3案効果あり
- ③ b1案のみ効果あり
- ④ 全耐水化案効果なし

図 メッシュタイプ別の浸水特性



- ① 全耐水化案効果あり
- ② b1・b3案効果あり
- ③ b1案のみ効果あり
- ④ 全耐水化案効果なし
- 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

図 各メッシュタイプにおける建築計画案の確率年区間別の期待被害額の詳細 ※50mメッシュ

目盛の違いにも注目!

平均被害額 (千円/年)
 A案 : 2,178
 B案 : 344
 C案 : 170
 D案 : 100

平均被害額 (千円/年)
 A案 : 518
 B案 : 135
 C案 : 39
 D案 : 24

平均被害額 (千円/年)
 A案 : 111
 B案 : 36
 C案 : 8
 D案 : 4

平均被害額 (千円/年)
 A案 : 92
 B案 : 34
 C案 : 10
 D案 : 6

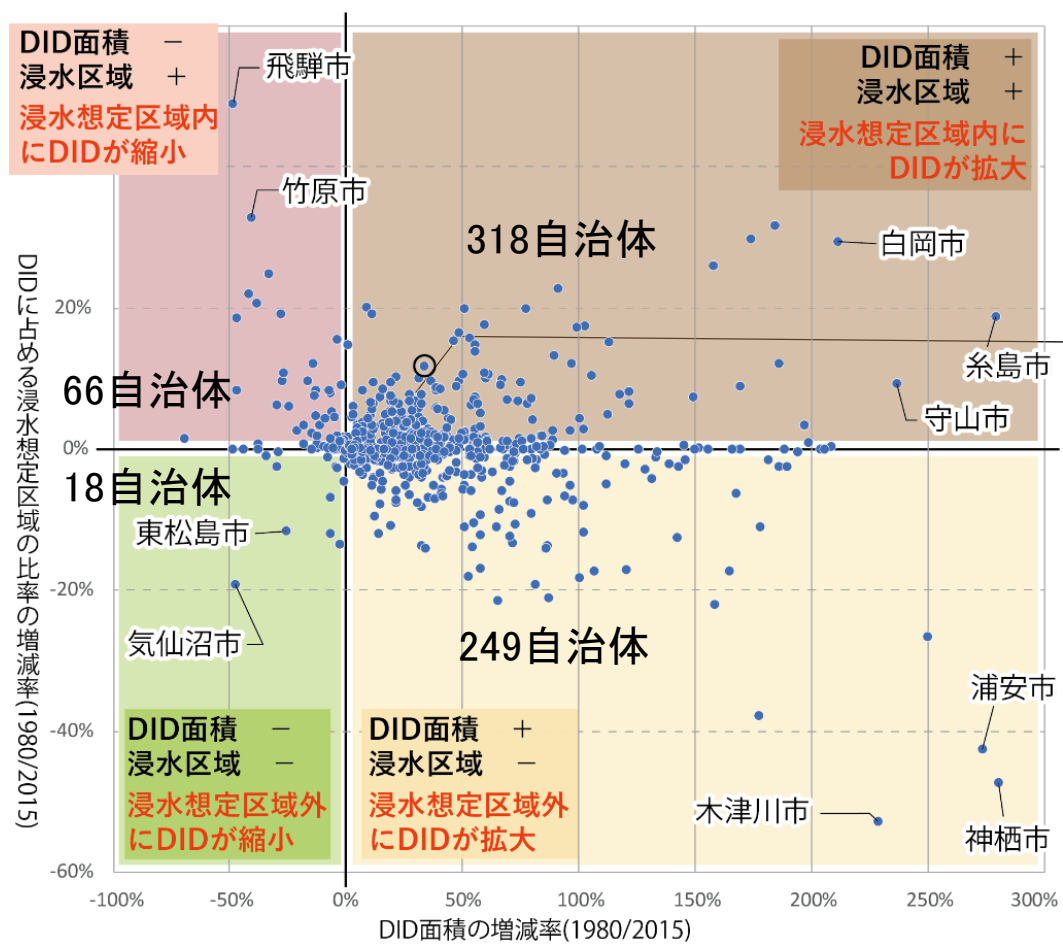
耐水化案の検討のまとめ：各計画案の特徴と課題

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、国交省審議会等而言及されている「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

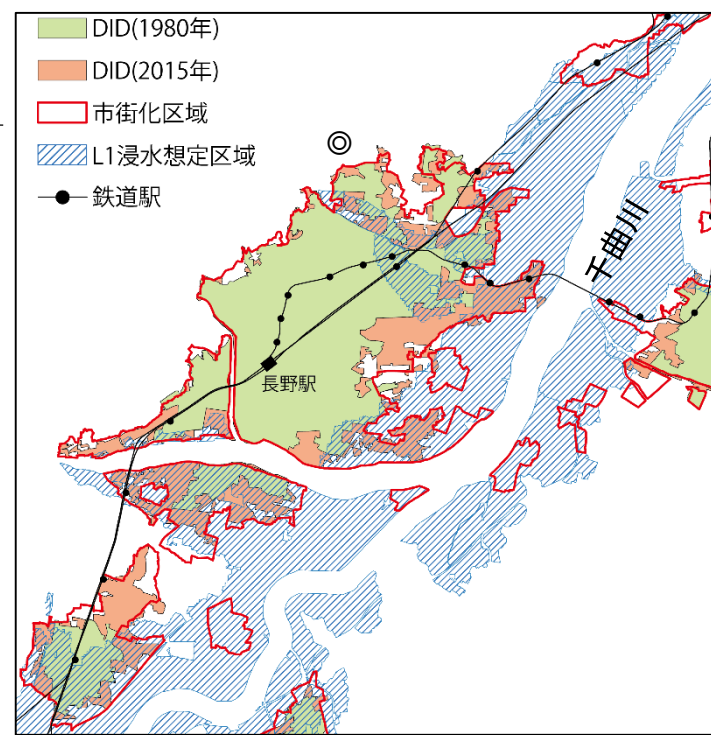
	b1.修復容易化案	b2.建物防水化案	b3.高床化案
費用対効果	浅い浸水被害に対する費用対効果が大	腰窓以下の床上浸水に対して、一定の費用対効果	1階レベルの洪水への費用対効果が最も高い
特筆点	低廉な費用で実施可能	財産・生活被害や社会的負担の減少（家財被害・生活支障、仮設住宅・災害ゴミ処理等）	より高い浸水にも、2階避難で生命が安全に
適用性	浸水リスクのある地域で最低限講じるべき手法	市街地での適用性が高い（日常の出入りや周辺環境影響の制約なし）	非都市部での適用性が高い（狭小敷地への対応、日常の出入りや周辺環境等）
実現・普及に際しての課題	修復工事期間中に2階等で生活継続の可能性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

都市における水害リスクの実態分析に関する検討

洪水浸水想定区域の水害リスクを踏まえた都市づくりへの活用可能性と課題等を、都市計画と市街化、浸水想定区域、浸水実績の関係を地理情報(GIS)等から分析



- DID面積増加都市の相当数が、浸水想定区域内に向かって拡大
- DID面積の減少都市でも、多くが浸水想定区域内に向かって縮小

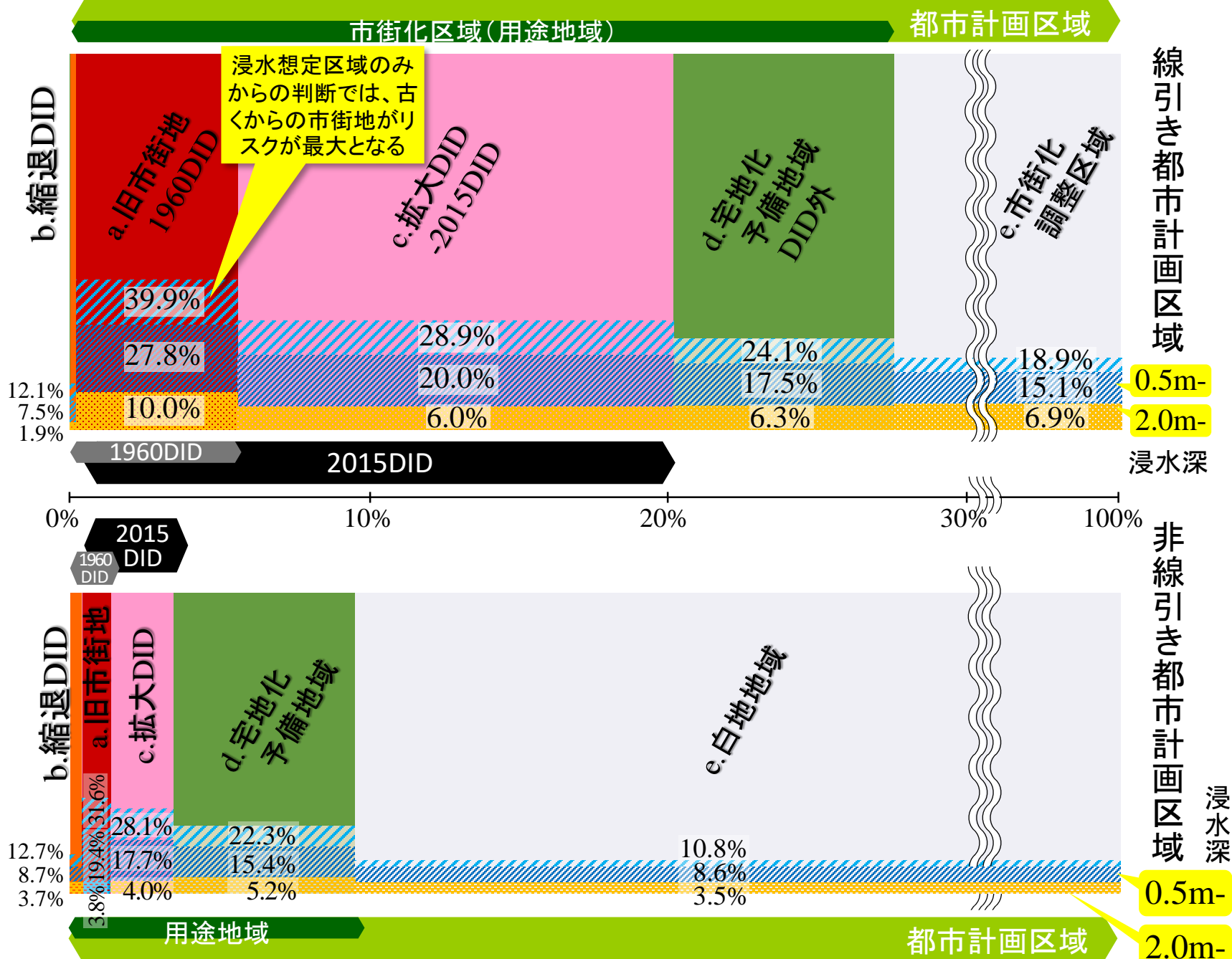


人口集中地区(DID)に占める浸水想定区域割合の都市毎の増減傾向(1980~2015年)

長野市中心部の浸水想定区域とDIDの変遷

浸水深別浸水想定区域の割合

※用途地域外のDID等は省略。詳細は今年度都市計画学会大会論文に掲載予定



研究成果の反映

□国土交通省等における施策への反映

- ・「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」(R2.6)
- ・「水災害対策とまちづくりの連携のあり方」検討会
- ・その他

→ 検討会委員として
議論に参画

□その他

- ・自治体の防災まちづくりへの助言など(今後予定)
- ・社会実装に向けた民間建築会社との研究会に向けた検討
(建築研究コンソーシアムの研究企画ミーティングで議論中)

今後の研究計画について

□集合住宅等、他の建物形式での耐水化方策の検討

- ・対策の対象(設備)、対策の方法(ストック改修)、費用負担のあり方の違い
- ・費用対効果や外部経済影響も踏まえた、普及のための仕組み
- ・都市レベルでの建築・土地利用誘導への敷衍

□浸水範囲の履歴情報を踏まえた都市の浸水リスクの実態分析

- ・地理的状況(上流・下流域や地形)等を勘案した都市分類との関係
- ・水害実績図等の詳細情報を活用した、市街地の浸水リスク傾向の解析

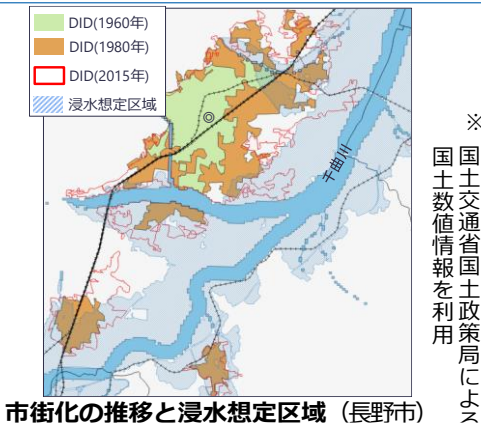
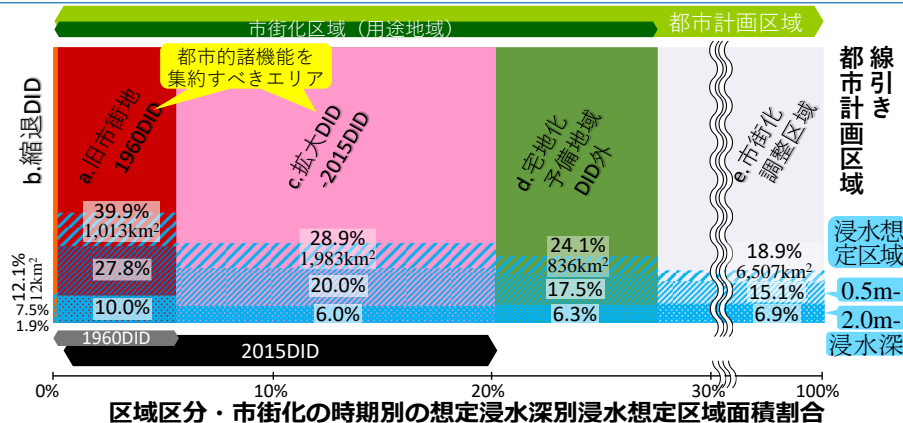
参考資料

■要旨

近年、多く発生している都市における洪水による浸水被害を対象に、浸水リスクを踏まえた建築・土地利用とその誘導のあり方を検討する。

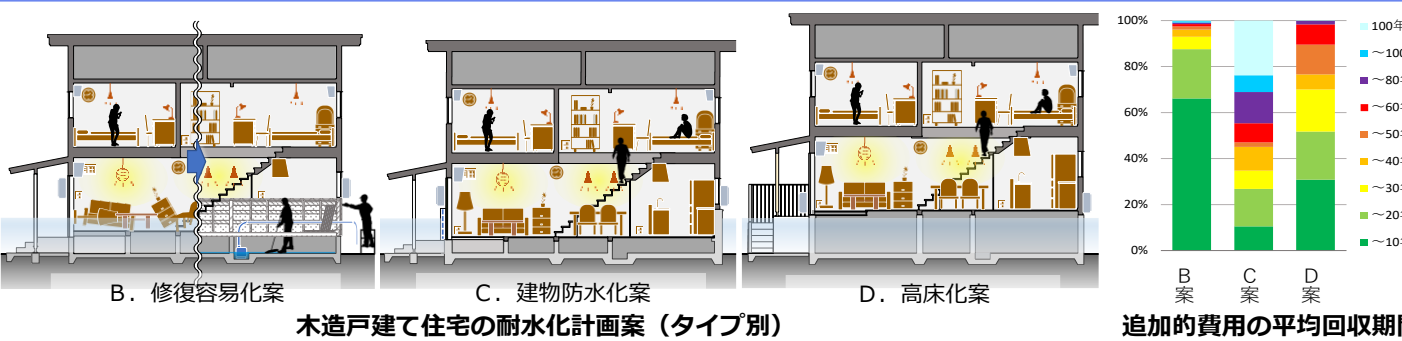
想定されるハザードの規模と頻度等の領域の区分等に応じた適切な対策の方向性について、①既存のハザードマップ情報や水害統計等の分析、②浸水対策の費用対効果等の分析、③国内外における対策事例の整理・分析、により検討する。

(1) 都市の水害リスクの実態

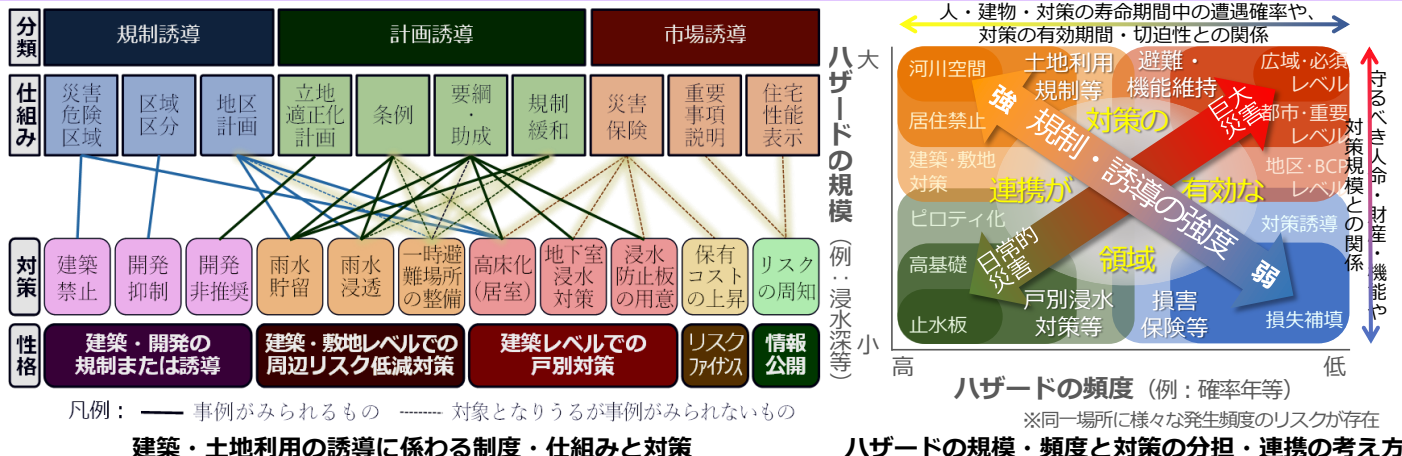


※国土交通省国土政策局による国土数値情報を利用

(2) 浸水対策の費用対効果等



(3) 国内外における対策の事例と仕組み

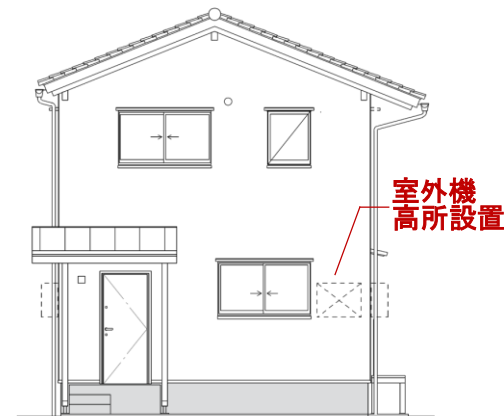


水害リスクにかかわる規制・誘導制度の整理

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
		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(現在取組なし)

b1.修復容易化案 (耐水化案 1)

腰窓下高さ以下の洪水に対して、**浸水は受容、早期・安価に修復可能**



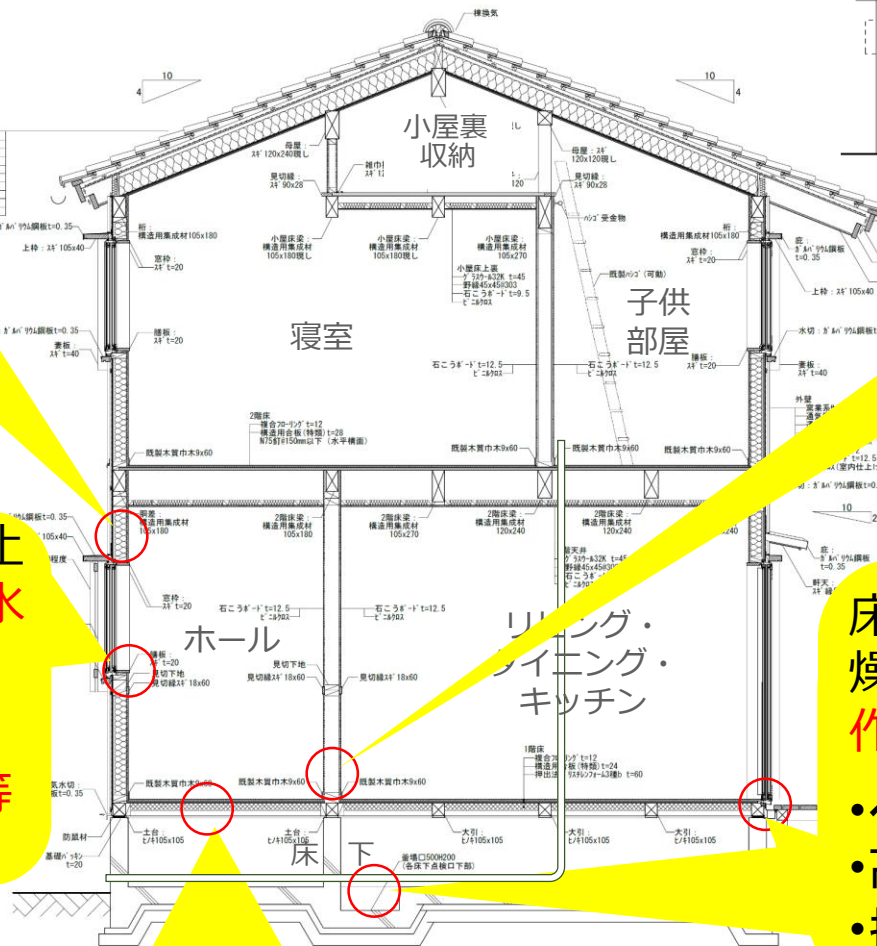
重要な設備・機器は腰窓下高さより上の位置に設置 (a)

- エアコン室外機
- ガス給湯器 等

壁の解体を最小限に止めるため、腰窓下に水平見切板を設置(a)

- 断熱材を上下に分割
- 電気配線・スイッチ等は上部に 等

- a. 浸水の防止
- b. 復旧の円滑化
- c. 耐水性の向上



道連れ工事防止のため、間仕切り壁の納まりは床板に対して壁勝ちに(b)

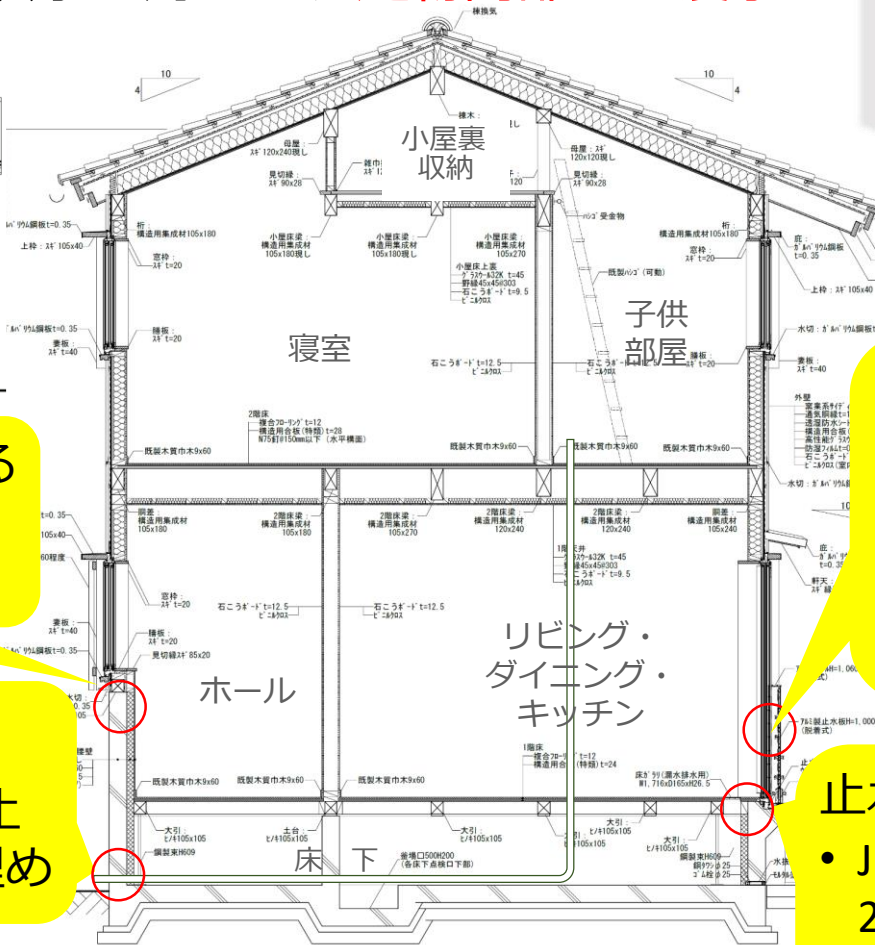
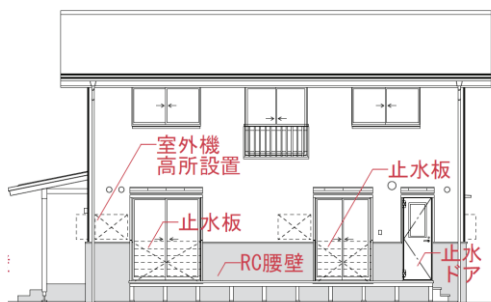
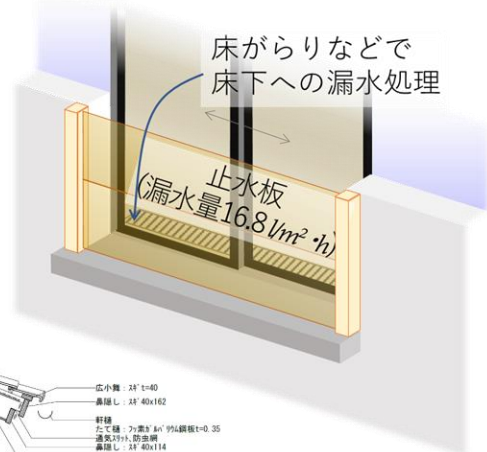
床下の洗浄・排水・乾燥・消毒・部材交換等の作業を容易に(b)

- ベタ基礎、ネコ土台
- 高さの余裕 (+200mm)
- 排水用の釜場、水抜きスリーブ穴 等

給水しない床断熱材(c)

b2.建物防水化案 (耐水化案2)

腰窓下高さ以下の洪水に対して、**建物内部への浸水を防止する案**



外壁下部をRC造とすることで壁からの浸水を防ぐ(a)

設備配管・配水管(a)
 ・逆止弁による逆流防止
 ・基礎貫通部モルタル埋め

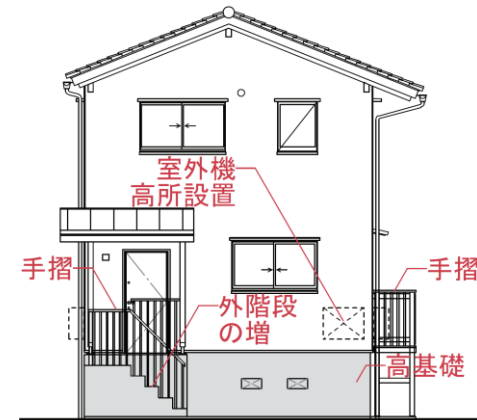
浮力・水圧に対抗するため、腰壁・底盤厚さは150→200mm
 床下排水に対応するため、RC腰壁部は外貼り基礎断熱

開口部の浸水防止(a)
 ・玄関・掃出し窓は、事前に止水板で塞ぐ(比較的軽いもの)
 ・勝手口は止水扉に

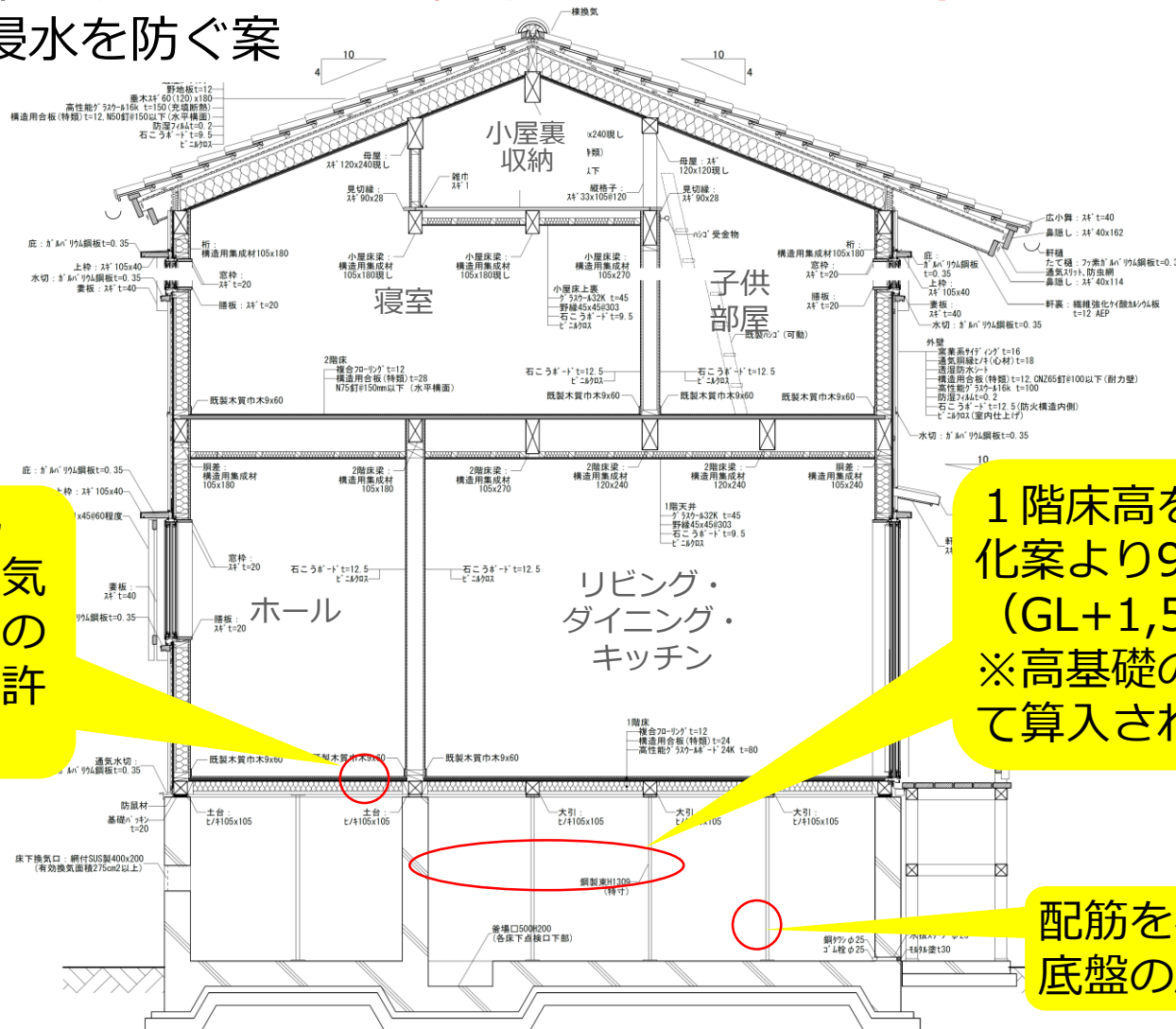
止水板等の漏水対策(a)
 ・JIS等級Ws-3で、10～20L/h・m³
 ・グレーチングにより床下に誘導して貯留

b3.高床化案 (耐水化案3)

基準案の腰壁高さまで1階床高を高基礎により持ち上げ、
床上浸水を防ぐ案



外階段が6段となり、日常生活利便に著しい影響を生じる



床断熱
床下換気
口からの
浸水は許
容(a)

1階床高を高基礎により非耐水
化案より900mm持ち上げる
(GL+1,500mm) (a)
※高基礎の内法高さは、階とし
て算入されない1.4m以下

配筋を考慮して、立上りと
底盤の厚さは200mmに(a)

耐水化に要する追加的建築コストの試算

工務店への見積もり依頼に基づきコストを比較

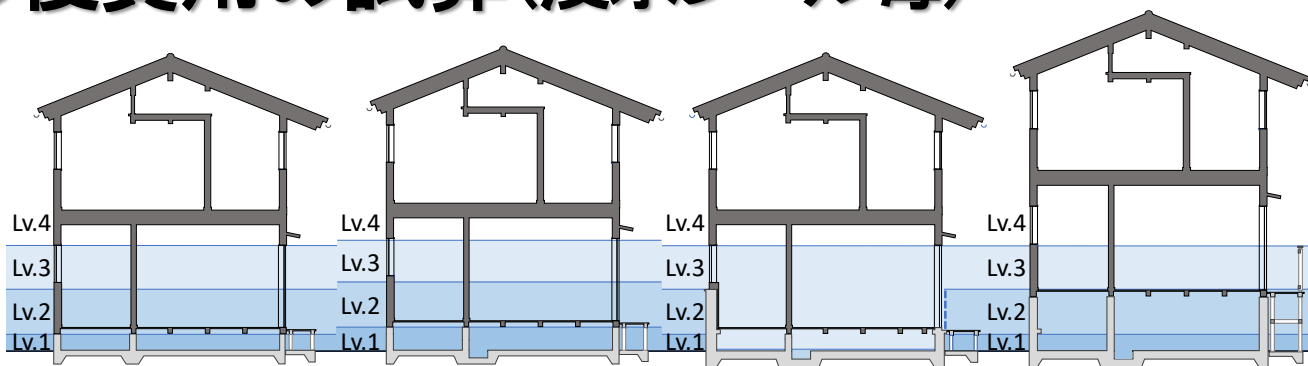
(単位：千円：b案はa案との差分)

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)

工務店からの見積もりを参考にコストを比較



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

(単位：千円：b案はa案との差分)

補足：修復費用の試算の手順と前提

□ 試算方法

3段階の浸水高に対し、復旧項目・手間・費用を整理の上、見積もりを依頼

□ 手順

- ①基礎内部に溜まった汚水を排水し、堆積した土砂を排除
- ②浸水した断熱材・下地材・仕上材・設備機器等を、取外して廃棄
- ③基礎内部、床下、壁内、再使用可能な建材等を水道水で洗浄し、排水
- ④浸水部分を次亜塩素酸ナトリウム希釈液で水拭きし、消毒
- ⑤送風機の24時間稼働を1ヶ月程度行い、木材等を乾燥
- ⑥必要な資材・設備等を調達し、取付け。

□ 前提

- ・家財道具の搬出等作業は含めない
- ・作業は工務店が請負う（自力、ボランティア作業は非考慮）
- ・災害後の工賃や資材費用は値上がりせず
- ・工務店の経費率は新築と同様。
- ・解体廃棄物は災害ごみとして扱われ（自治体等負担）、廃棄費用は収集・運搬に係る作業費のみを見込む
- ・乾燥・外部洗浄等による作業費は浸水深によらず一定
- ・浸水対策未実施の木造壁等は、床上浸水時に断熱・下地・仕上材等を全面交換

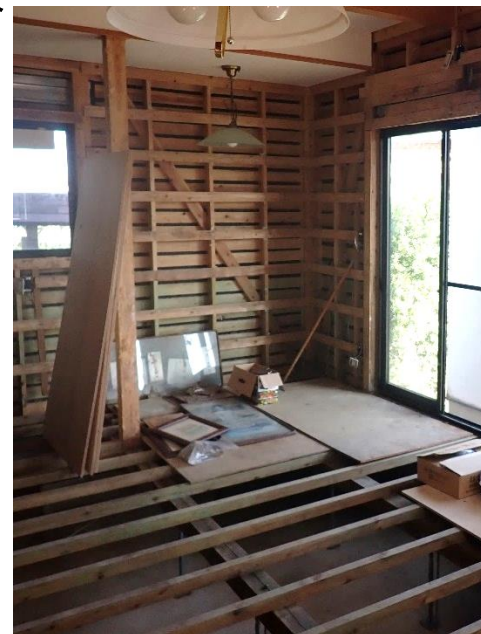


写真 修復作業（人吉市内）

発生頻度の考慮等にあたって滋賀県データの利用

計画規模や想定最大規模の浸水想定区域図では不可能な、期待被害額の算定を、滋賀県「地先の安全度マップ(相当)」の多段階の浸水想定に基づき計算

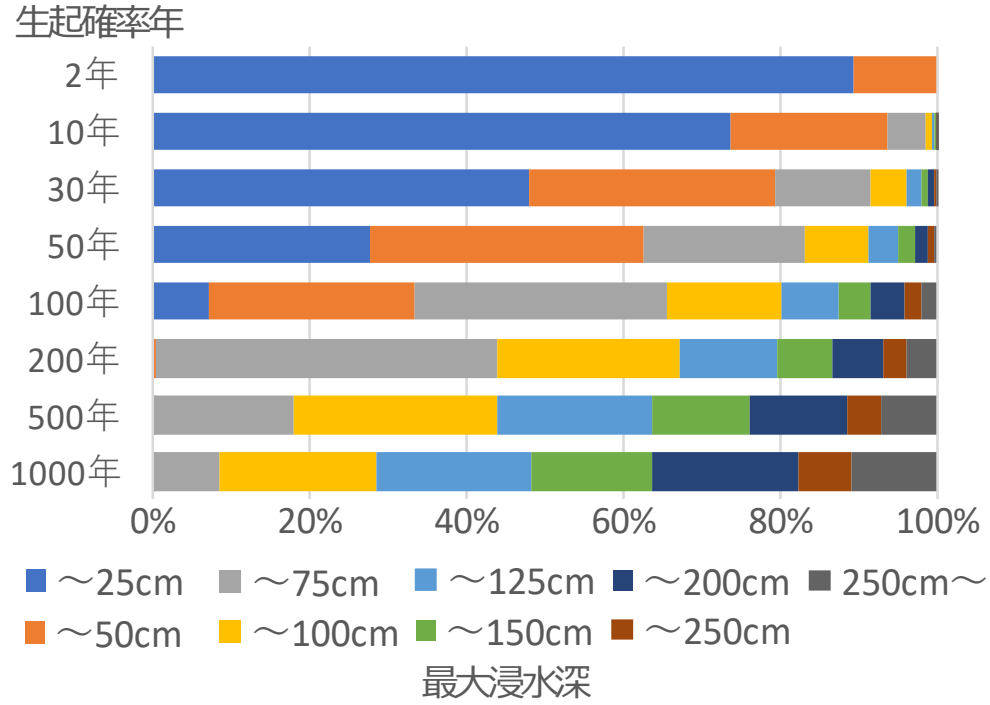


図 対象メッシュの生起確率年別最大浸水深の割合

図 滋賀県「地先の安全度マップ」
<http://shiga-bousai.jp/dmap/top/index>
 (確率年別の最大浸水深を日本で唯一公開)

対象メッシュは、2年確率の最大浸水深が50cm未満、200年確率で50cm以上、世帯数1以上、の条件で抽出(全14,231メッシュ。内7,623メッシュが用途地域内)