

被災地調査にもとづく浸水被害を受けた住宅の復旧方法に関する研究

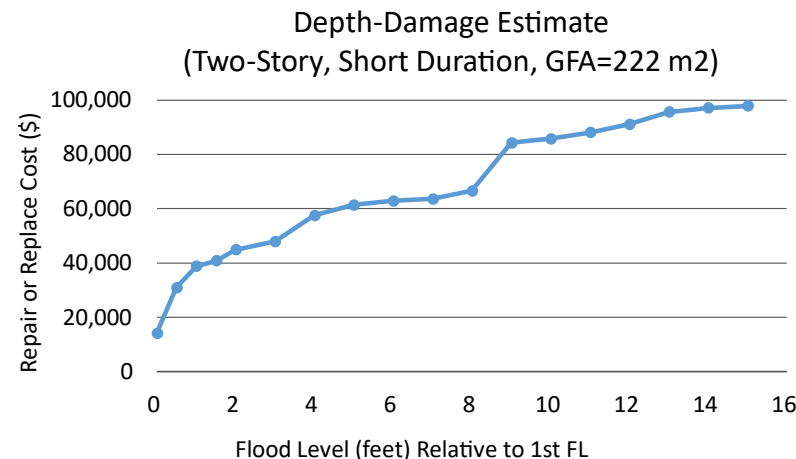
建築生産研究グループ
主任研究員 渡邊史郎

1. はじめに（研究の意義と背景）

- 浸水被害を受けた住宅はどのように復旧されるのか？
 - 参照資料がほとんどない。結局、現場の判断で個々に復旧がなされている。
 - 国も動き始めた（特定都市河川法、基整促）
- 復旧の「標準」を見つける試み
 - 建築生産活動に一定の傾向が見出される
 - 科学的なアプローチで「標準」を捉える（まずは「記述的」に理解し、その後「規範的」理論に展開）

- 海外の豊富な研究蓄積

- 米国 D-D Function
- 浸水対策ガイドライン
- 水災保険への活用
→ 社会に定着



(出展) USACE, 2006に基づき作成

- 住宅構法の違いによる適用の難しさ

- 米英：Wooden Frame造は水害に脆弱な構法として、そもそも対策の対象ではない
- 日本：住宅工法は多様、一般的な軸組構法は組積造等に比べ止水性に乏しい

1. はじめに（目的・方法）

• 目的

- 浸水被害を受けた住宅の復旧方法と浸水程度との関係を補修工法・費用の点から解明
- 今後の浸水対策の方向性に有用な知見を提供

• 方法

1. 浸水被害を受けた計32棟の戸建住宅の事例調査（H30.7, R2.7豪雨ほか 9市町）
2. 工務店、設計事務所、被災者ヒアリング＋設計図書・工事記録等 →分析
3. 標準的な復旧プランの検討

2. 補修工法の定性的理解

- どのような補修工事が行われるのかを定性的に解明
 - 住宅の部位別の補修（交換or再使用）の分布
 - 浸水深、構法（建築年代）等との関係を観察
- 浸水被害とその復旧の特徴
 - 構造材の損傷がほとんどない
 - 浸水部分に応じた復旧（⇔地震・津波）
 - 浸水深が被害程度・復旧内容に大きく影響

2.1 浸水深と部位別の補修の関係

- 三原市11棟（工務店S社, 原状復旧×1990年以降築）
- 床・衛生設備：浸水深が低くても全交換
内壁下地など：浸水深高い→交換範囲増大

事例	A	Bs	C	D	E	Fs	G	H	I	J	Ks
浸水深[m]	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.5	1.5	1.8
構造材							再使用(損傷なし)				
床							全交換				
内壁	仕上げ						全交換 (1階階高分)				
	下地、断熱材			部分交換 (床上0.9mまで)			床上1.0mまで			床上1.8mまで	
外壁							再使用(損傷なし)				
窓、玄関							← 交換 (損傷有のみ) →				
内部建具、造作家具							全交換				
衛生設備							全交換 (キッチン, ユニットバス, 洗面台, 便器) ※事例H除く				
電気設備							交換 (スイッチ、コンセント)			交換 (分電盤、照明器)	
階段											
間取り変更											

■ 交換 (部分的な交換の場合、淡色)

□ 再使用 (洗浄、消毒、乾燥を施した上で)

床・内壁の撤去・交換



軸組系LGS造, FL+0.8m



木造, FL+1.3m

衛生設備の交換



UB撤去後のカビ被害



台所の交換
(壁付きから対面型への変更)

2.2 復旧レベル・構法による違い

- 他地域の洪水被害の計21棟を追加し、**原状復旧以外のケース**や**古い住宅**にも調査対象を拡大
- 設定する復旧レベルが原状復旧とは限らない
 - 予算（自己資金、保険加入の有無）と将来の方向性
 - 「**原状復旧**」、「**改修**」、「**原状以下**」に分類
 - 「改修」は古い住宅に多い
- 構法（建築年代）による影響
 - 床組、基礎形式等によって補修内容に違い

浸水深

各部構法
(基礎・床・壁)

復旧レベル

工事内容

No.	物件	建築年	床上 浸水深 (m)	各部構法 (浸水時の復旧方法に影響する と考えられるものに限る)				復旧 レベル	復旧の工事内容*										実施された改修の工事 メニュー (2つ以上実 施で「改修」に分類)
				基礎	床下換気	根太の有無	通気 層		床・床組				内壁 (PB**,断 熱材, 仕上げ材)	衛生 設備	建具		階段		
									床材 (和室 以外)	床下地 (根太,合 板等)	畳,荒床 (和室)	床断 熱材			内部 建具	外部建具 (窓,玄関 扉)			
1	KU	1935	0.1	布	床下換気口	根太掛け	無	原状復旧	RP	RP	RP	RP	C	C	C	C	C		
2	MM	1965	0.1	布	床下換気口	根太掛け	無	改修	RP(居室のみ)	RP(居室のみ)	RP	RP	RP(0.4m)	RP	RP	RP(一部窓)	C	UB化、開口部改修(高断熱)、間取り変更	
3	KB	1972	0.1	布	床下換気口	桝組床	無	改修	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP(一部窓)	C	UB化、開口部改修(高断熱)	
4	FM	1991	0.1	べた	床下換気口	根太掛け	-	-	C	C	RP	なし	RP(一部)	C	RP	C	C		
5	KM	1980	0.6	布	床下換気口	根太掛け	無	原状復旧	RP	RP	RP	RP	RP	C	C	RP(玄関扉)	C		
6	SK	1977	0.7	布	床下換気口	根太掛け	無	改修	RP	RP	RP	RP	RP(一部)	RP	RP	RP(一部窓)	C	UB化、断熱材追加、バリアフリー化、洋室化	
7	HT	1987	0.7	布	床下換気口	根太掛け	無	改修	RP	RP	RP	RP	C(土壁の大壁化)	RP	RP	C	なし	UB化、断熱材追加、間取り変更、洋室化	
8	ID	1980	1.0	布	床下換気口	根太掛け	-	改修	RP	C	RP	なし	RP(一部)	RP(浴室は不明)	RP	C	C	バリアフリー化、洋室化	
9	UK	1978	1.8	布	床下換気口	根太掛け**	無	改修	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP(玄関扉、一部窓)	C	UB化、間取り変更(洗面所・脱衣室等)、バリアフリー化	
10	OG	1979	2.2	布	床下換気口	根太掛け	無	改修	RP	C	RP	なし	C(土壁の大壁化)	-	RP(桝ごと)	RP(一部窓)	なし	間取り変更(トイレ等)、バリアフリー化、洋室化	
11	OO	1978	3.0	布	床下換気口	根太掛け	無	原状以下	RP	RP	RP	新設	RP	RP	RP	C	なし	UB化、断熱材新設	
12	OT	2000	0.1	布	床下換気口	根太掛け	有	原状復旧	C	C	RP	RP	C	C	RP	C	C		
13	JK	2013	0.3	べた	ねこ土台	根太レス	有	原状復旧	C	C	RP	RP	RP(PB 0.9m)	C	RP(桝ごと)	C	C	洋室化	
14	HO	2003	0.7	べた	ねこ土台	根太レス	有	原状復旧	RP	RP	RP	RP	RP(一部)	RP	RP	RP(玄関扉)	RP(一部)	洋室化	
15	YZ	2016	0.7	べた	床下換気口	根太レス	有	原状復旧	RP	RP	RP	RP	RP(一部)	RP	RP(桝ごと)	C	C		
16	MG	2003	0.8	べた	ねこ土台	根太掛け	-	原状復旧	RP	C	RP	RP	RP(PB 0.9m)	RP(浴室以外)	RP	RP(一部窓)	C		
17	UZ	2001	1.0	べた	床下換気口	根太掛け	有	原状復旧	RP	C	RP	RP	RP(PB 1m)	RP	RP	RP(玄関扉、一部窓)	C		
18	AN	2008	1.2	べた	ねこ土台	根太掛け	無	原状復旧	RP	C	RP	RP	RP	RP	RP	RP(南面窓)	C		
19	KD	2007	1.3	べた	ねこ土台	根太レス	有	原状復旧	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP	C	C	洋室化	
20	ON	2006	1.5	べた	床下換気口	根太掛け	有	原状以下	RP	C(一部補修)	なし	-	C(クロスのみ全面)	RP(浴室以外)	C(台所除く)	C	C		
21	EZ	2006	3.2	べた	ねこ土台	根太掛け	無	原状復旧	RP	RP	RP	RP	RP	RP	RP(桝ごと)	RP(南面窓ほか)	C	洋室化	

* RP : 交換 (Replace, 赤色で表記) C : 再使用 (Continuous Use, 緑色で表記) なし : 部分的な交換もしくは部分的な再使用の場合は黄色で表記

** 増築された木造部分に限る。なお、木造部分の根太は全て交換されたが、軽鉄部分については根太に相当する横材は再使用された。 *** 表中の「-」は不明。

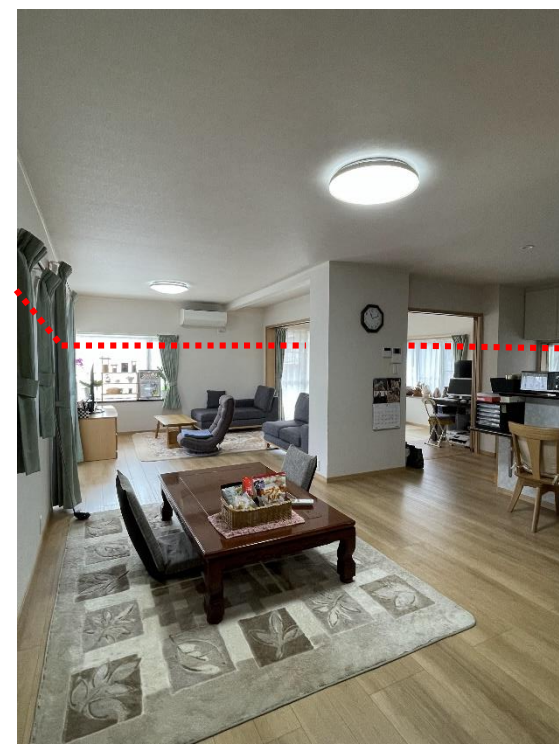
- 被災を契機に「改修」
 - － 断熱性向上、UB化、間取りの変更など
 - － 元々の潜在的ニーズ → 古い住宅に集中



高断熱の内窓改修



UB化+窓の交換



一体的なLDKへの
間取り変更

- 根太レスと根太床

- 根太レス：

- ・合板の撤去難航
 - ・一体的な解体に限られる

- 根太床：

- ・床材の撤去容易
 - ・部分的な解体可能
 - ⇔床下の作業性は劣る

- ベタ基礎と布基礎

- ベタ基礎：ポンプや削孔による排水処置が必要
 - 布基礎：排水・乾燥が容易



床材・下地材全面交換

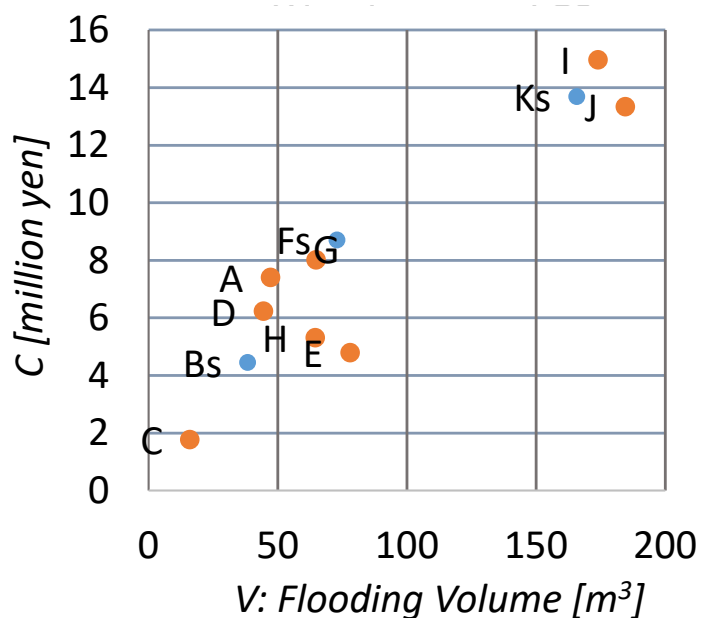


根太を残し、その他交換

3. 復旧費用の定量分析

- 復旧費用と浸水程度との定量的関係
 - 復旧費用Cについて浸水程度：浸水深L, 浸水面積S, 浸水容積Vを説明変数とした回帰分析
 - 「原状復旧+1990年以降」に限定
 - S社データ11棟+追加データ7棟
 - 見積書の**直接工事費**を金額データとして採用

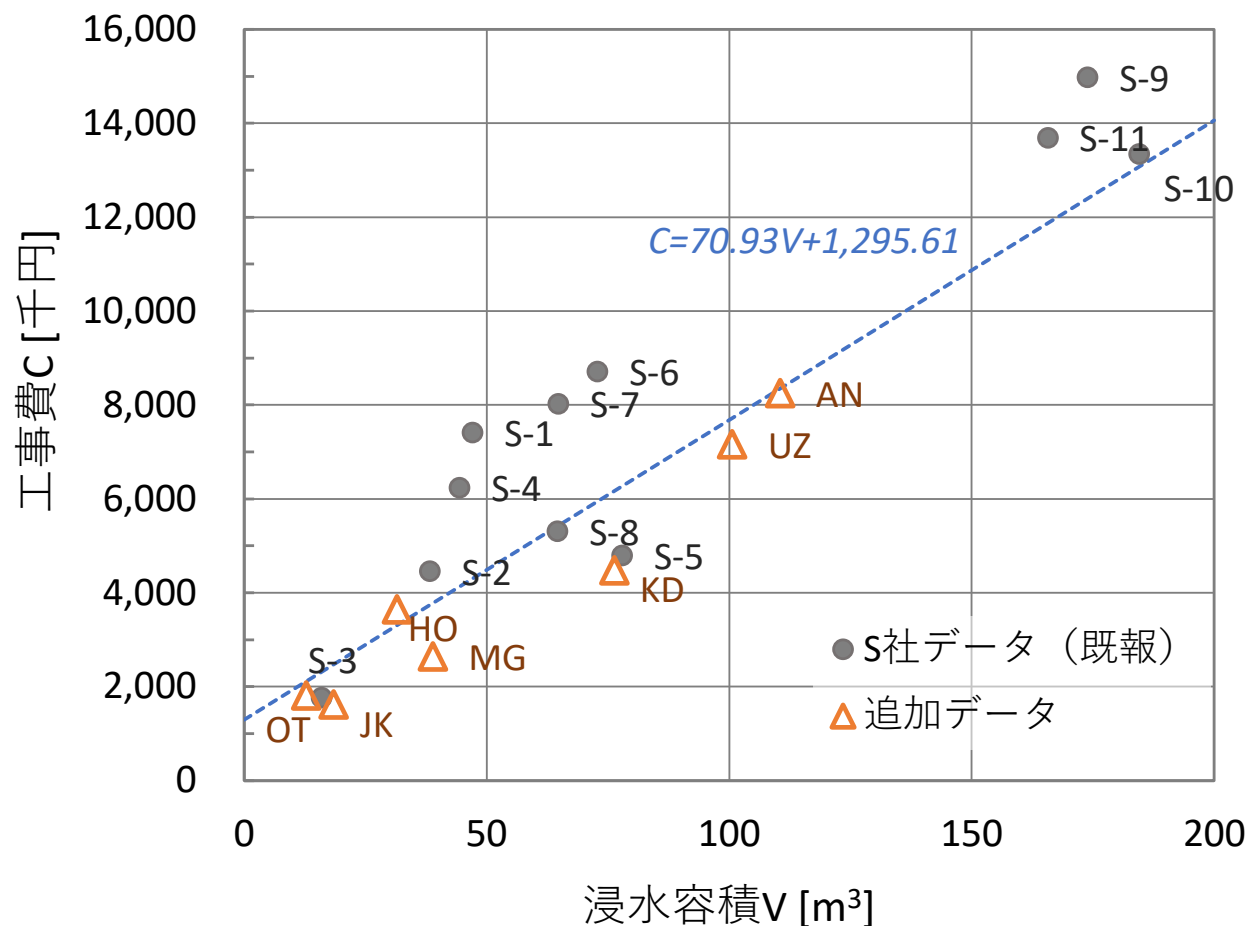
- 浸水容積 V を原単位とする単回帰モデル
 - まずS社データ11件（三原市）を分析対象
 - 浸水容積 V による単回帰モデル(C-V)の決定係数が重回帰(C-L,S)とほとんど差がない
 - 直観的にわかりやすく適合性も高い



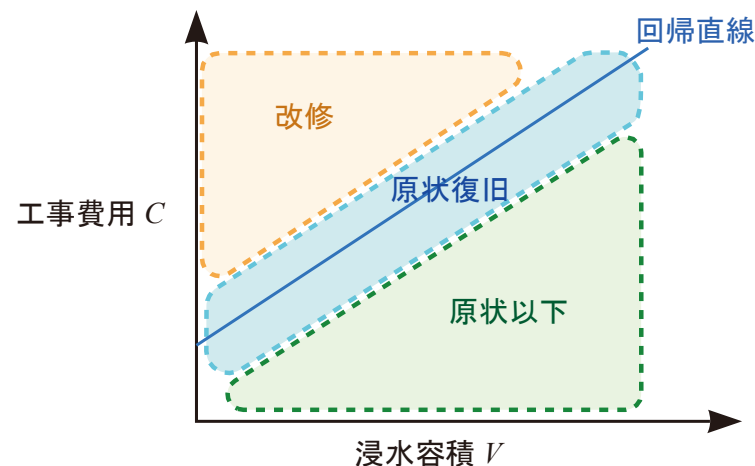
● Wooden ● LGS

	C (yen)	S (m^2)	L (m)	V (m^3)
C (yen)	1.000			
S (m^2)	0.862	1.000		
L (m)	0.819	0.496	1.000	
V (m^3)	0.957	0.809	0.903	1.000

- 追加データ7件を反映させ回帰モデルを修正
 $C = 70.93V + 1295.61$ [千円]



- 回帰モデルを援用した復旧レベルの評価
 - 回帰線からの距離に応じて3種の復旧レベルを分類
 - 復旧現場における合理的かつ簡便な復旧レベルの評価への援用の可能性
- 復旧までの期間について
 - 発災から復旧までには相当な個別差がある
 - そもそもの工務店との契約・着工の時期がバラバラ
 - 乾燥に2ヶ月近くかかる ↔ 工事は2~3週間程度



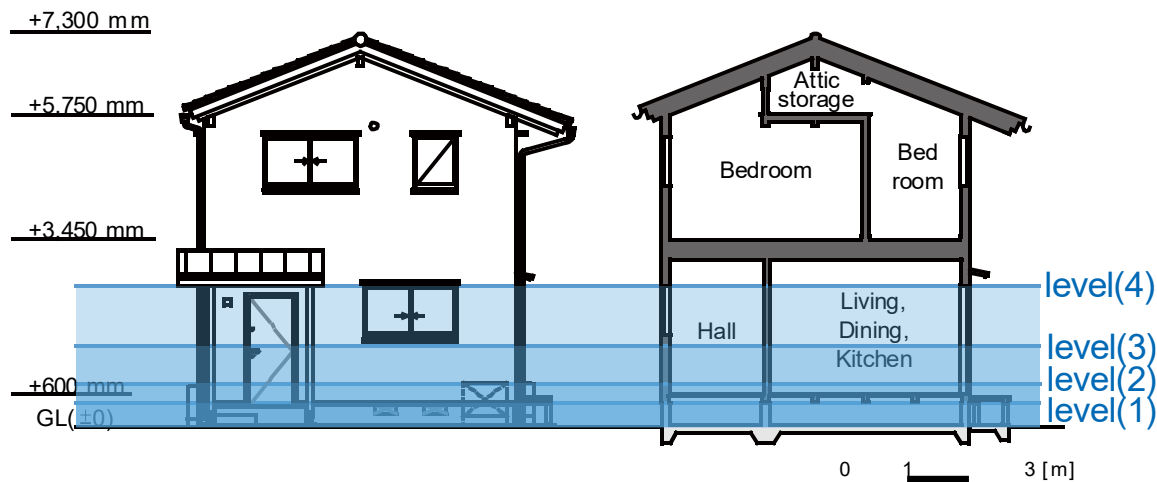
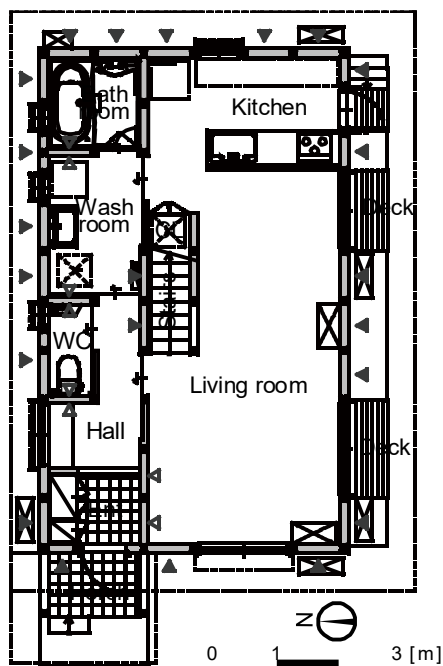
4. 復旧プランの検討

- 典型的な都市型住宅（モデル住宅）を対象として、復旧方法を検討・提案
 - 4つの浸水深を設定し、2種類の復旧方法（標準プラン+最低プラン）を検討
 - 調査結果+設計事務所・工務店の助言
- 費用を回帰予測値と比較・検証
 - 浸水深によって適合性の違い
→今後の課題

4.1 復旧プランの検討

- 条件の設定

- モデル住宅：木造軸組2階、延床約100m²、2000年以降築の標準的な仕様
- 浸水深：(1)床下浸水、(2)床上0.2m、(3)床上0.9m、(4)床上2.0m



4.1 復旧プランの検討

- 補修工事のモデル工程と想定日数
 - i. 初期排水 (着工～2,3日)
 - ii. 取外し・廃棄 + 洗浄・排水・消毒 (3,4日～2週)
 - iii. 乾燥 (2週～10週 (2ヶ月))
 - iv. 部材の取付け・仕上げ (11週～12週)

i



ii



iii



iv



4.1 復旧プランの検討

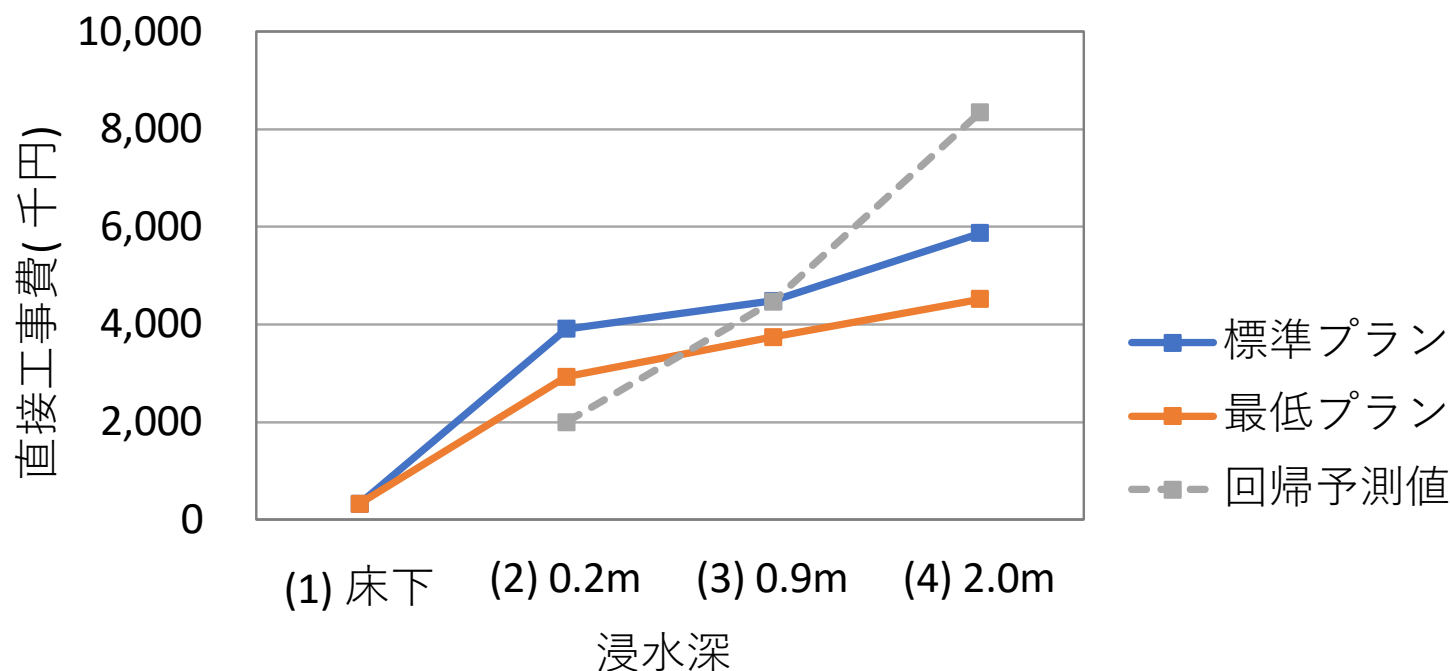
- 標準プランと最低プラン
 - 復旧方法は予算状況等によって異なる
 - 標準プラン：交換範囲が大きい
 - 最低プラン：交換範囲が限定的

浸水深	基礎・床					壁（内外）					開口部、造作家具等			電気設備		衛生設備				空調設備	
	基礎・土間	根太等	床仕上・巾木	床合板	床断熱材	外壁仕上	柱・間柱・耐力合板	内壁仕上	内壁下地	壁断熱材	窓・玄関扉	内部建具・造作家具	階段	コンセント、照明	分電盤	システムキッチン	UB	洗面化粧台	トイレ		
(4) 2.0m	標準													~2.0m		交換					
	最低													~2.0m		←グレードダウン→					
(3) 0.9m	標準	再使用		交換			再使用						再使用	再使用	~0.9m	-					
	最低								~1.2m	~1.2m	~1.2m				~0.9m	-	←グレードダウン→				
(2) 0.2m	標準							total	~0.5m	~0.5m					-	-					再使用
	最低							~0.5m	~0.5m	~0.5m					-	-	←グレードダウン→				
(1) 床下		-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		

再使用（洗浄、消毒、乾燥を実施）
 交換（交換範囲に応じて濃淡色）

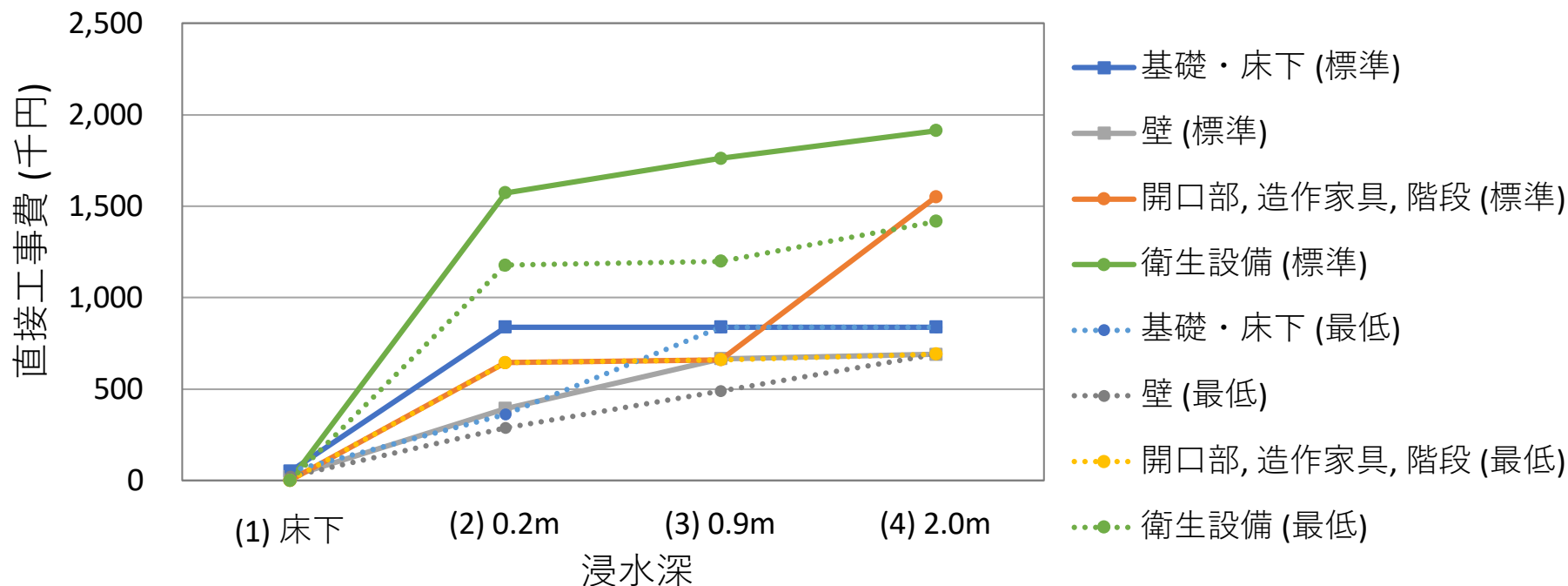
4.2 費用の検証

- (1)床下 40万円 (2)床上 + 0.2m 300~400万,
(3) + 0.9m 370~450万円 (3)+2.0 450~590万円
- 浸水深が**浅い**範囲では、予測値と大きな差はない
浸水深が**深い**場合、適合性に課題



4.2 費用の検証

- 一定の浸水深を超えると交換範囲が増大→費用増加（衛生設備、開口部等）
- 壁は浸水深上昇とももに交換範囲が増大するが、全体への影響は限定的



5. まとめ

- 浸水被害後の標準的な復旧工事のあり方を解明
 - 復旧レベルの設定の重要性
 - 「浸水深→工事内容」の定性的な関係を標準化
 - 「浸水容積→復旧費用」の回帰予測（定量評価）
- 「耐浸水性能」の検討に向けて
 - 「水を入れない」と「**水を入れても復旧しやすい**」
 - 復旧費用と浸水程度との定量的関係を解明
 - 「復旧の容易性」の1つの指標として可能性
 - 復旧までの期間は個別差があり、建物以外の外在要因で決定される傾向 → 指標化は困難
 - 一方、**居住再開までの期間**は異なる指標として可能性

(本報告の参考文献)

- USACE, 1992, Catalog of Residential Depth-Damage Functions
- USACE, 2006 Final Report Depth-Damage Relationships For Structures, Contents, and Vehicles and Content-to-Structure Value Ratios (CSV) in Support of the Donaldsonville of the Gulf, Louisiana, Feasibility
- Marvi, M.,2020, A review of flood damage analysis for a building structure and contents, Natural Hazard, Vol.102, pp.967–995
- Thielen, A.H., 2005, Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany, Water Resources Research, Vol. 41, W12430, pp.1-16
- 渡邊史郎, 今井博信, 井上拓哉:戸建住宅の浸水被害と補修方法の関係についての考察 -平成30年7月豪雨で被災した広島県三原市の復旧事例を中心として-, 日本建築学会計画系論文集, 第86巻, 第788号, pp.2431-2440, 2021.10
- 渡邊史郎, 藤本秀一, 脇山善夫, 小野久美子, 今井信博, 樋口祥一, 井上拓哉, 石山瑤子 : 浸水被害後の住まいの復旧に関する研究 その1: 復旧工事と費用からの考察, 日本建築学会計画系論文集, 第88巻, 第809号, pp.2179-2187, 2023.7
- Shiro Watanabe, Nobuhiro Imai and Takuya Inoue: "Relationship between Flood Damage and Repair Methods for Detached Houses: Based on Restoration Works of Flooded Houses in Mihara City, Hiroshima Prefecture, Affected by Heavy Rains in July 2018", Japan Architectural Review, 2023.7