

第4章 防災上の課題に応じた対策方針

4.1. 災害対策全般に係わる共通の課題と対策方針

伝建地区における歴史に磨かれた減災の知恵を現在の視点から補完することにより、将来へ出石の町並みと人命をつなぐ方策を提案する。具体的には、隣接する町家同士の耐震効果、伝統的な防火様式である土蔵造りやうだつの建築様式、初期消火を支える水路網や街区単位の裏庭空間、出石町家の特徴である裏庭空間に通ずる通り土間や洪水時に上階への荷揚げに使われたタカ、切り石積みの土台など、出石ならではの伝統様式から災害安全に資する資源を抽出し、これを最大限に防災計画に活かすことを目指した方針を示した。

地区で想定される災害から歴史的な町並みと住民の安全を確保するために3章で明らかとなった課題に対して、その対策方針を示した。それぞれの方針の概要について以下に示す。なお、担当については3章と同様であるためここでは省略する。

(1) 歴史的町並みの歴史と文化的価値の課題と対策方針

出石旧城下町の防災文化の継承と歴史的価値の再生を目指してタカや土蔵の防災利用と再生、修理修景事業に伴う防・耐火強化のための対策・ルールの提示と裏庭空間を用いた2方向避難と消火活動に関するミクロ検証を通して対策案を特定する。加えて、巨大災害時に不足の可能性のある避難所・拠点施設について、他事例を参照に、備蓄庫と防火水槽を兼ねた防災施設の試案を提示した。

(2) 住民意識と防災活動の課題と対策方針

現在ならびに将来の住民意識と防災活動、社会的脆弱性から見た課題に対して、現在直面している課題に関わる対策方針となる隣保・区ならびに弘道地区単位の連携による防災まちづくりの推進、災害前後を踏まえた伝建地区の景観保全の促進を示した。将来の人口推計の結果から、さらに深刻化すると考えられる課題に対して、伝建地区をコアとする持続的な魅力の創出と転入人口の増加策を検討した。

(3) 地震対策上の課題と対策方針

設計士集団「出石まちなみ設計士会」等によって実施されている伝建修理の際の耐震性能評価の方法を調べ、さらに保存修理における問題点などを示した。また、有効な補強要素を提示し、限界耐力計算による耐震性能評価及び耐震補強効果の評価と時刻歴応答解析を実施し、意匠的な要素として用いられる格子壁を耐力壁として活用した場合の性能について、静的加力試験で評価した。

(4) 火災対策上の課題と対策方針

3章で示した市街地シミュレーションにより、一度火災が発生すると甚大な被害が出る可能性が示されたため、早期に火災を発見し、地域内で共有できる環境整備の必要性について示した。火災情報の早期化として、無線連動式住宅用火災警報器を用いた情報共有が有効であることや、住民による初期消火が可能となる環境の整備方針、そもそも火を出さない対策方針と防災訓練の内容と2方向避難路確保に向けた方針を示した。

(5) 洪水対策上の課題と対策方針

伝建地区とその周辺では洪水氾濫解析は実施されてきたが、流木を考慮した土石流・洪水氾濫に関する数値シミュレーション及び既存の流木対策の効果検討は行われていなかった。そこで、詳細な地形データを用いて既存の放水路の防災効果の検討に加え、想定を超える水災害に対して、放水路入り口に設置されている流木止めが閉塞した場合の洪水氾濫状況の検討等を行い、その対策方針を示した。

(6) 地盤災害対策上の課題と対策方針

伝建地区の南・東側斜面の急傾斜地と出石城石垣で想定される地盤災害（崩壊）での危険個所の把握と危険度評価を基に、土砂災害に対する各自の防災行動計画の作成、急傾斜地における住民の避難経路の確保、崩壊リスクが高い斜面への対策工の推進、危険斜面および出石城跡の石垣の変状監視、出石城跡石垣の修復・危険個所への立入禁止柵等の対策の継続等の対策方針を示した。

(7) 避難対策上の課題と対策方針

伝建地区の避難対策上の課題と対策方針として、災害種別の避難方法について市民が理解し確認する、避難時の障害となる路上駐車自主改善をはかる、地元の出石皿そば協同組合等による観光客の避難誘導体制を構築する、地区の防災情報を確認できる案内板等を設置することを示した。

4.2 歴史的町並みの歴史と文化的価値の課題と対策方針

4.2.1 出石旧城下町の防災文化の継承と歴史的価値の再生

(a) 物資の水害避難場となる「タカ」の日常利用を推進する（短～中期）（図1・2）

第3章で述べたように、出石の歴史的町家には内部に吹き抜け空間があるものが多く、町家の有する重要な文化的価値の一つは、このダイナミックな内部空間にあるといえる。この吹き抜けの上部（主に中3階部分）に「タカ」と呼ばれる空間があることが多く、その場所は吹き抜け空間と連続して、垂直性の強い空間となっており、町家内部のデザインとして重要である。既述のように、この「タカ」は、歴史上度重なる水害に備えて、大切なものを置いておく場所として使われていたものと思われる。タカの空間が吹き抜け空間と仕切られず、両者が空間的に連続しているのは、モノの搬入・搬出を迅速に行う必要からであろう。

現在タカが残されている出石の町家を見ると、その空間は物置きになっており、常時モノが置かれているケースが多い。したがって、非常時に大切なモノを避難させる仮置場としては機能しにくい状況になっている。それは、近代的な都市防災施設（3章3.2.1(a) 1-2参照）によって水害の危険性が軽減されたことも影響していると思われる。昨今の異常気象を考えると、出石のタカの本来の目的を十全に機能できるようにしておくのは防災上有効であろう。そのためには、この場所に置いてあるモノを整理しておく必要がある。

また、「タカ」は、モノだけではなくヒトの水害時における垂直避難場所としても利用できると思われる。たとえば、災害時に指定避難場所への避難機会を逃した場合や、高齢者など長距離の移動が困難な場合は、その有効性を発揮できる。そのため、階段・梯子の設置によりアクセス性を高めるなど、緊急時避難の場として整備しておく必要もあるだろう。

なお、創建後に2階の床を新設して、当初の吹き抜け空間が失われた町家も多い。そうした町家においては、学術的な調査にもとづき、後世改変された吹き抜け空間を復元することも、上述のような防災面を上とともに、町家の文化的価値の向上にも繋がる。

(b) 耐火性ある土蔵を保全し、防災・観光拠点として再生する（中～長期）（図3・4）

第3章で述べたように、出石旧城下町には多数の土蔵が残されている。いうまでもなく土蔵は古代以来の日本建築史において発展した伝統的な防災建築であり、厚く塗り重ねられた土壁、木太く強固な構造、漆喰で塗り込められた軒裏などにより、一般の建築よりも耐火性能・耐震性能が高い構造・構法になっている。外部からの火が内部に入らないように、「掛子塗り」と呼ばれる段状の噛み合わせを付けた開口部廻りも土蔵の特徴の一つである。現在の出石における土蔵の立地をみると、こうした構法により明治9（1876）年の大火で焼けずに今日まで残されたものも少なくない。

敷地内の土蔵の配置をみると、町家主屋の裏庭に建てられたものが多いが、一方で、表通りに面して建てられたものも少なくない。そうした表蔵おもてぐらは、都市に開きやすい立地にあるため、地域の防災拠点や交流スペースなどの都市的な用途に転換した活用方法が望まれる。

(c) 未指定も含む歴史遺産のリストを作成し更新する（短期～中期）（図5・6）

伝建地区においては、伝統的建造物であっても未だ調査が行われず、詳細な記録が作成されていない建造物も少なくない。また、個人所有の蔵に保管されている古文書・絵図類など、いまだ所在が把握されていない歴史資料も少なくないはずである。

一方、伝建地区の周辺においても、歴史的町家などで構成される歴史的町並みが広がっている。将来の保存地区拡大のためにも、それらの調査を行い、早いうちに記録を作成しておく必要があるだろう。

もしも出石町に災害が発生したとき、それらの記録が作成されていない歴史的資産は消失し、永久に復元できな

なくなってしまう恐れがある。さらには、災害後の復興を迅速に、かつ正確に遂行するためにも、すなわち「事前復興」の観点からも、それら未指定文化財を含む歴史的資産のリスト作成・更新を行うことが重要である。



図1 町家の「タカ」

災害時にモノや人を避難させることができるように現在常時置いてあるモノを整理し、アクセス性を高める必要もある



図2 町家の「タカ」

出石町家の吹き抜け空間の持つ文化的価値を損なわないように、防災面を向上させる改修工事を行う必要がある。



図3 家土蔵

出石の土蔵には表通りに面するものも少なくない。周辺地域からのアクセス性を高め、地域防災の観点からの活用が期待される。



図4 出石酒造土蔵（第一酒造庫）

出石酒造のこの土蔵は、音楽イベントを行うなど地域によって活用されている良い例である。



図5 出石酒造蔵天保絵図（天保2年）

個人所有の蔵に保管されている古文書・絵図類など、未調査の歴史資料も少なくないはずである。



図6 伝建地区外の町家

1980年代に出石町家の特徴と考えられた2階の虫籠窓と出格子窓がセットで見られる町家群である。

4.2.2 修理修景事業に伴う防・耐火強化のための対策・ルールの提示

3章では、建築物に関する課題として、3.2.2項で2点、3.2.3項で1点の指摘を行った。具体的には、①切石基礎の保存など伝統的な浸水対策を継承する必要がある点、②復旧復興に役立つ写真や資料を収集・保管する必要がある点、③修理修景時の防・耐火力の向上を盛り込む必要がある点、の3つである。

①、②については既に3章で記した通り、具体的な対応方針案の提示と全カルテの作成を終えているが、③については、今後の対策方針すなわち防・耐火設計の具体的なメニューを示し得ていない。そこで、本項では(1)で出石町家に設置可能な告示仕様および大臣認定メニューを提示し、(2)で①～③の対策方針を一部図版を再録しながら総括したい。

(1) 出石町家に設置可能な告示仕様および大臣認定メニュー

出石伝建地区は、防火地域等の指定を受けていないため^{文1)}、3000㎡未満かつ木造2階建てである出石町家については構造制限がない。今後、町家の防火力強化にあたり、各行政区毎に住民・地元設計士・行政機関が協議し、適宜理想的な3つの水準（無指定レベル、法22条地域レベル、準防火地域レベル）を設定の上、防・耐火仕様の合意形成を計ることが必要となる。図7^{注1)}に3つの要求水準を示し、図8～次々頁図12^{注2)}に法22条地域レベル、準防火地域レベルの仕様例を提示した。

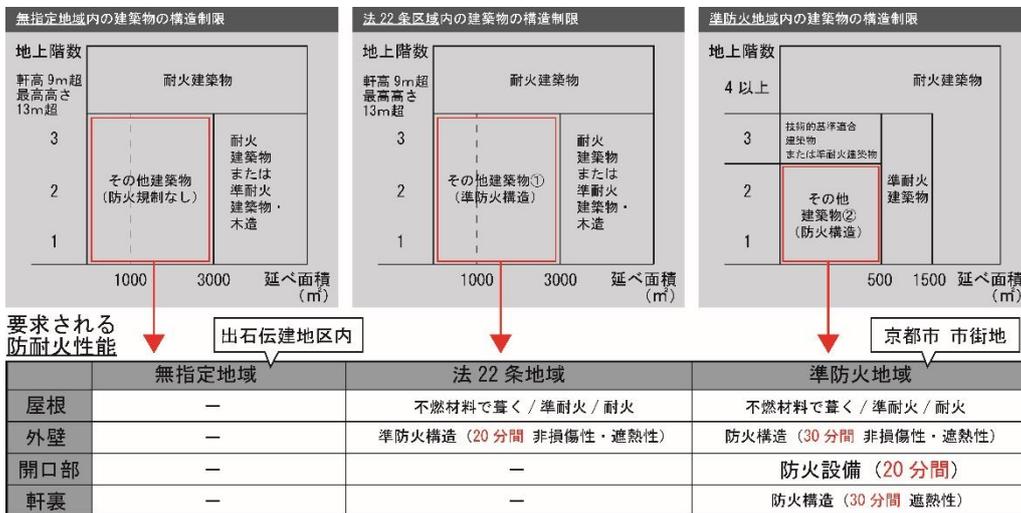


図7.3つの要求水準

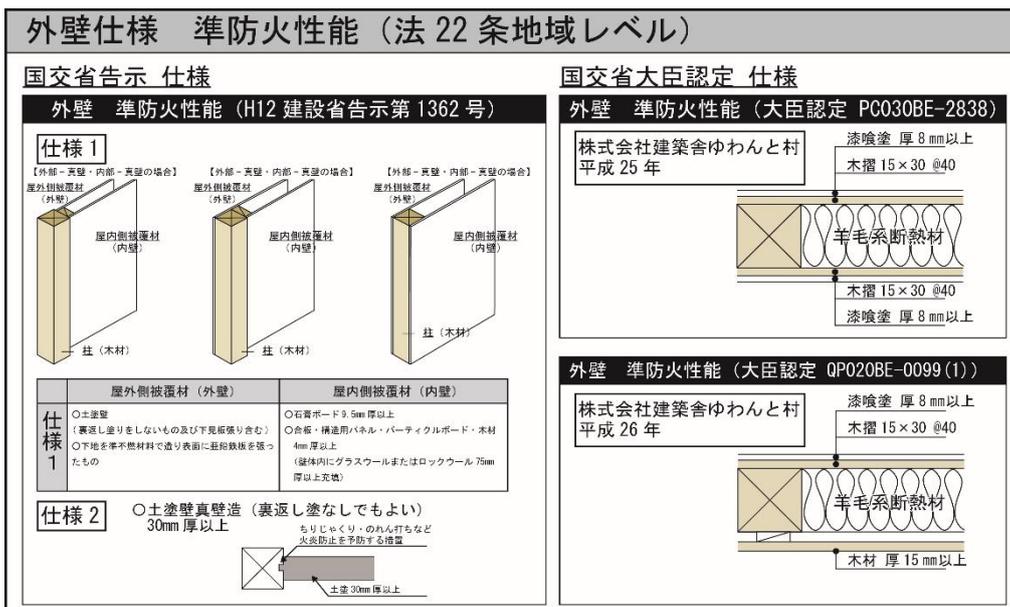


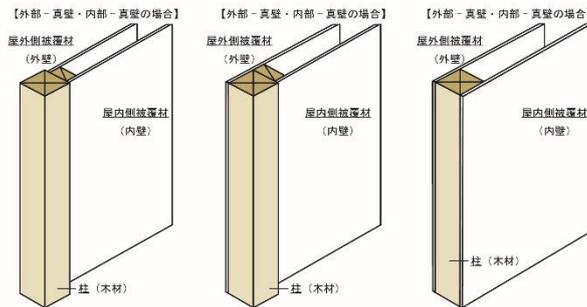
図8.出石町家に適応可能な「法22条地域レベル」の【外壁】の防耐火仕様例-

外壁仕様 防火構造（準防火地域レベル）

国土省告示 仕様

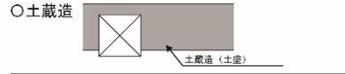
外壁 防火構造（H12 建設省告示第 1359 号）

仕様 1

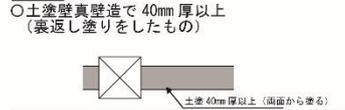


	屋外側被覆材（外壁）	屋内側被覆材（内壁）
仕様 1	○鉄網モルタル塗り 20mm 厚以上	○石膏ボード 9.5mm 厚以上
	○木ずり漆喰塗り 20mm 厚以上	○合板・構造用パネル・パーティクルボード・木材 4mm 厚以上 （壁体内にグラスウールまたはロックウール 75mm 厚以上充填）
	○木モセメント板の上にモルタルまたは漆喰塗り 15mm 厚以上	
	○石膏ボードの上にモルタルまたは漆喰塗り 15mm 厚以上	
	○土塗壁 20mm 厚以上（下見板張り含む）	
	○石膏ボード 12mm 厚以上の上に垂鉛鉄板張り	
	○岩綿保温板 25mm 厚以上の上に垂鉛鉄板張り	
	○モルタル塗りに上にタイルを貼ったもので総厚 25 mm 以上	
	○セメント板張りまたは瓦張りの上にモルタルを塗ったもので総厚 25 mm 以上	

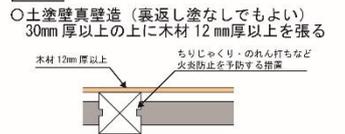
仕様 2A



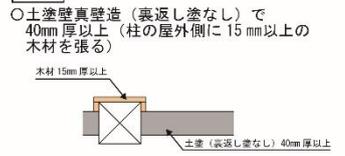
仕様 2B



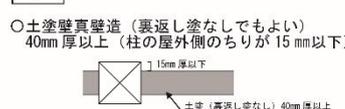
仕様 2C



仕様 2D

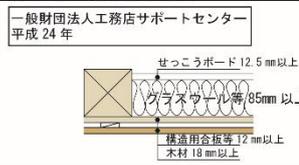


仕様 2E

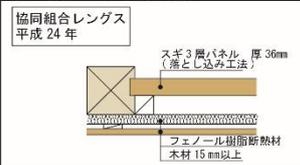


国土省大臣認定 仕様

外壁 防火構造（大臣認定 PC030BE-2316）



外壁 防火構造（大臣認定 PC030BE-2423）



外壁 防火構造（大臣認定 PC030BE-0860）

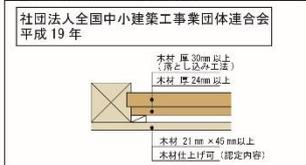
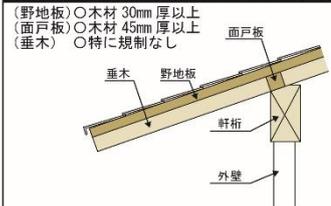


図 9.出石町家に適応可能な「準防火地域レベル」の【外壁】の防耐火仕様例-

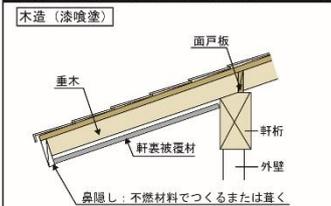
軒裏仕様 準耐火構造（準防火地域レベル）

国土省告示 仕様

軒裏 準耐火 45 分（H12 建設省告示第 1358 号）

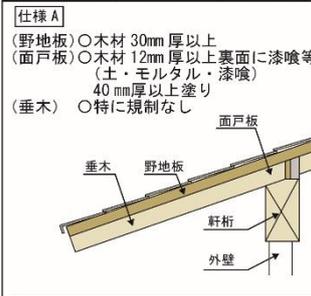


軒裏 準耐火 45 分（H12 建設省告示第 1358 号）



仕様	軒裏被覆材
	○木モセメント板の上にモルタルまたは漆喰 15mm 厚以上
	○石膏ボードの上にモルタルまたは漆喰 15mm 厚以上

軒裏 準耐火 60 分（H12 建設省告示第 1380 号）



仕様	仕様 A	仕様 B	仕様 C
(野地板)	○木材 30mm 厚以上	○木材 30mm 厚以上	○木材 30mm 厚以上
(面戸板)	○木材 12mm 厚以上裏面に漆喰等（土・モルタル・漆喰）40mm 厚以上塗り	○木材 20mm 厚以上裏面に漆喰等（土・モルタル・漆喰）40mm 厚以上塗り	○木材 20mm 厚以上表面に漆喰等（土・モルタル・漆喰）40mm 厚以上塗り
(垂木)	○特に規制なし	○特に規制なし	○特に規制なし

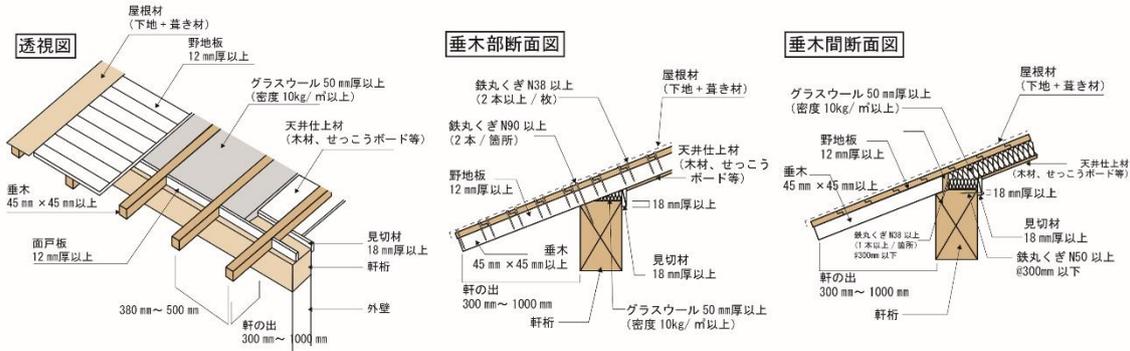
図 10.出石町家に適応可能な「準防火地域レベル」の【軒裏】の防耐火仕様例 その 1

軒裏仕様 防火構造 (準防火地域レベル)

国交省大臣認定 仕様

軒裏 防火構造 (大臣認定 QF030RS-0174)

京都府建築工業協同組合ほか
平成 23 年



準防火地域レベル 防火設備仕様

国交省大臣認定 仕様

防火設備 大臣認定 (令和 2年 EC-0256)	防火設備 大臣認定 (令和 2年 EB-2643)	防火設備 大臣認定 (令和 2年 EC-2656)
防火木製雨戸 (開口部高さ) ○1820 mm 以下 (枠の厚さ) ○36 mm 以上 (鏡板の厚さ) ○30 mm 以上 枠 鏡板 面材 京都府建築工業協同組合ほか 令和 3年	木製はめごろし窓 (最大) ○W1240 × H2390 (ガラス構成) ○FireLite4+A16+Low-E4 株式会社川上製作所ほか 平成 31年	木製片引き戸 (最大) ○W2700 × H2700 (ガラス構成) ○FireLite4+A14 + FireLite4 (Low-E4) 株式会社アイランドプロファイルほか 令和元年

アルミサッシ等 (防火設備) + 木製意匠部の外付け



アルミサッシ (防火設備)



木製出格子の外付け設置

事例: 京町家 (具体的な場所等不明)
文) 京都市「京町家ができること集」p.12、2017年 10月

その他、国交省大臣認定 仕様

1) 木製ガラス 片引き窓

複層ガラス入木製片引き窓 アルス株式会社 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-2380 平成 30年 06月 15日
 複層ガラス入木製片引き窓 桜設計集団一級建築士事務所ほか (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1640 平成 27年 09月 11日

2) 木製ガラス 片引き戸

複層ガラス入木製片引き戸キマド株式会社 EB-9585 平成 14年 5月 22日
 複層ガラス入木製引違い戸セーレン株式会社 EB-9046 平成 13年 11月 08日

3) 木製ガラス 引違窓

複層ガラス入木製引違い窓 (二枚引違い) 株式会社日本の窓 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-3090 令和 3年 01月 13日
 複層ガラス入木製引違い窓 (二枚引違い) 株式会社川上製作所ほか (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-2920 令和 2年 03月 25日
 複層ガラス入木製引違い窓 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1530 平成 26年 12月 04日
 複層ガラス入木製引違い窓株式会社大栄木工 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1471 平成 26年 08月 01日
 複層ガラス入木製 4枚引き違い窓株式会社大栄木工 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1441 平成 26年 07月 18日
 複層ガラス入木製引違い窓株式会社大栄木工 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1440 平成 26年 07月 18日
 複層ガラス入木製 4枚引き違い窓株式会社大栄木工 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1439 平成 26年 07月 18日
 複層ガラス入木製引違い窓株式会社大栄木工 (公財) 日本住宅・木材技術センター EB-1371 平成 26年 04月 30日

図 12. 出石町家に適応可能な「準防火地域レベル」の【防火設備】の仕様例

構造体の防・耐火設計のほかに、3.2.4(1)図117に示した内部火災の燃え広がり抑止を目的とした「内装の不燃化」^{注3)}については、図13に基本的な内装仕上げ材の例を示した^{注4)}。

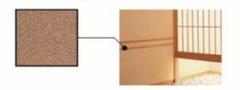
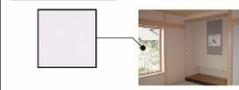
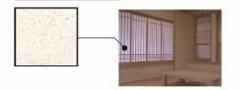
不燃・準不燃材料の仕上げ例			
国交省大臣認定 仕様 内壁仕上げ		国交省大臣認定 仕様 天井仕上げ	
不燃材料			
内壁仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 四国化成工業 平成14年 材料：色土、ヒノキ粉、珪藻土 	内壁仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 四国化成工業 平成14年 材料：珪藻土、砂 	天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-0822) 丸石銘木有限会社 平成16年 不燃竿縁天井 MOEN2 材料：天然銘木、ダイライト板ほか 	天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-1292) 丸石銘木有限会社 平成19年 不燃網代天井 材料：杉、桧ほか 
準不燃材料			
内壁仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 QM-0405) 株式会社モリシカ 平成17年 材料：土佐和紙素材 	内壁仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 QM-0405) 株式会社モリシカ 平成17年 材料：土佐和紙素材+ケナフ幹 	天井仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 四国化成工業 平成14年 材料：備長炭、珪藻土・炭素繊維、砂 	天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-1640) 岡田銘木株式会社 平成19年 ライト不燃天井板 材料：杉、桧 

図 13.出石町家に適応可能な内装不燃化例

(2) 対策方針

3.2.2、3.2.3項と上述(1)に基づき、対策方針は次の3つを提起する。

- ①1点目は「切石基礎の保存など伝統的な浸水対策を継承すること」である（5章3-2-e参照）。切石基礎（図14）は洪水に備える町家普請の工夫とされており^{文15)}、50cmの浸水を想定する場合(図15)、10cm以上の切石基礎で床上浸水を防止でき、50cm以上の切石基礎であれば浸水被害そのものを防げる可能性がある。今後も地区内の洪水に備え、切石基礎の保存・改善を行うことが望ましい。



図 14.切石基礎の例

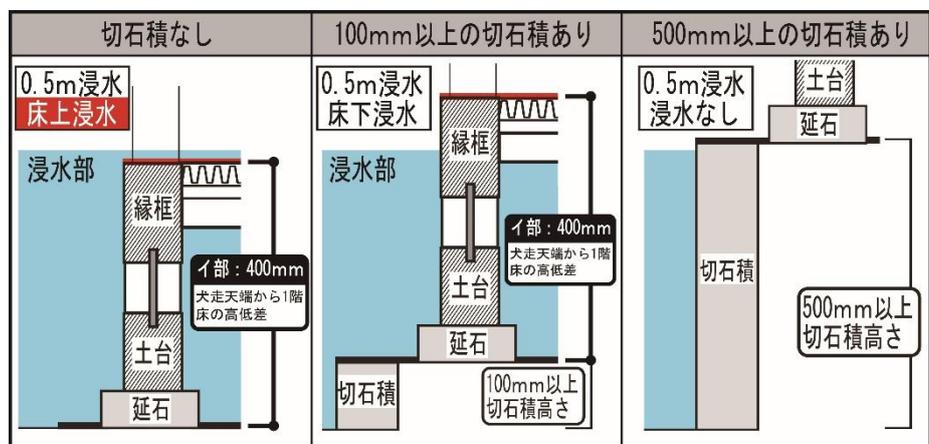


図 15.切石積の高さと浸水被害の想定

- ②2点目は「復旧復興に役立つ写真や資料を収集・保管すること」である（5章5-3-c参照）。今や防災計画にはレジリエンス（「回復力がある」の意）の考え方を盛り込むことが推奨されている状況において、歴史的継承性の観点から事前復興計画の必要性が指摘されている。建物・町並み復旧及び復興の指針となる情報を、平素かつ定期的に保存・更新しておくために、被災前の状態がわかる写真や資料を行政機関が一元的に管理することが理想的である。今般の調査研究では、令和2（2020）年8月17～19日及び10月25～28日の計7日間で、令和2年時点の町家219サンプルについて外観調査を行っているが、次頁図16に示すような「外観意匠カルテと延焼脆弱性カルテ」は、参考資料として別途豊岡市に提出を予定する。今後は豊岡市が保管・利活用を行い、必要に応じて見直しや追加作成を進めることで事前復興計画作成の準備が可能となる。



図 16.外観意匠カルテおよび延焼脆弱性カルテの作例

③3点目は「修理修景時の防・耐火設計マニュアル作成と実施体制を構築する」ことである（5章2-2-b参照）。修理修景基準に付記する「防・耐火設計マニュアル」のイメージを図17～次頁図18に提示した。図17では、3地域レベルに応じた「20分準防火性能」「30分防火性能」と法令・大臣認定Noを併せて明記した。図中の提案その1は、延焼防止のための外壁・軒裏・開口部の建築基準法関連の性能規定であり、内容的には専門的な中身となるので、地元設計士と共に検討が必要となる。図18では、火気使用室での内装の不燃化の材料事例を示しており、提案その2も建築士の関与が欠かせない。

提案その1 分析結果を反映し、**延焼防止性能**の向上を図った

3段階の**修理修景基準 改定案**

	無指定地域レベル (防火指定なし：現状の出石のレベル)	法22条地域レベル (2階戸建：準防火構造)	準防火地域レベル (2階戸建：防火構造)
外壁	- 変更点なし -	延焼の恐れのある部分は 準防火性能 (20分の非損傷性、遮熱性)を有する構造とすること。 真壁土塗 ・準防20分 H12 建告1362号ほか	延焼の恐れのある部分は 防火性能 (30分の非損傷性、遮熱性)を有する構造とすること。 真壁土塗 ・防火30分 H12 建告1359号ほか
軒裏	- 変更点なし -		防火性能 (30分の遮熱性)を有する構造とすること。 木部あらし軒裏 ・準耐45分 H12 建告1358号 ・準耐60分 H12 建告1380号 ・防火30分 大臣認定 QF030RS-0174
開口部 ①	(1) 開口部・目透かし組子模様は以下の表に記載されている伝統的な形式から選択する。		左の提案事項に加えて、各開口部を 防火設備 (20分間当該加熱面以外に火災を出さない性能)とすること。 防火設備+格子・飾り窓の外付け取付 ・防火設備 H12 建告1360号 / 大臣認定品各種 木製建具(大臣認定品) ・木製引戸 大臣認定 EC-0256 ・木製ガラス戸 大臣認定 EB-9585 ほか

図 17.修理修景時の防・耐火設計マニュアル作成例-その1-

提案その1 - 続 -

		無指定地域レベル (防火指定なし：現状の出石のレベル)		準防火地域レベル (2階戸建：防火構造)
開口部 ②	(2) オモテの平面形式に対応した開口部構成とする。			
	① オモテの平面形式	② 平面形式に適した開口部構成	③ 伝統的開口部による開口部構成	
	2階ザシキあり ザシキ or ヘヤ	CD型 ザシキ	明治期 から存在していた開口	昭和初期 から存在していた開口
	2階ヘヤ2室 ヘヤ	CC型 ヘヤ 2室	出格子・虫籠窓	木製ガラス窓・出格子
	2階ヘヤ1室 ヘヤ	C型 ヘヤ 1室	出格子・木製雨戸	木製ガラス窓・木製雨戸
	1階ミセノマ ミセノマ	AB型 ミセノマ	木製大戸・出格子	木製ガラス戸・木製大戸・出格子
1階前土間 前土間	A型 前土間	摺上戸	木製ガラス戸	
敷地割	・やむを得ず敷地が集合化された場合は、間口2-3間程度の町家が連担しているような外観構成とする。			

左の提案事項に加えて、各開口部を**防火設備**（20分間当該加熱面以外に火炎を出さない性能）とすること。

防火設備＋格子・飾り窓の外付け取付
・防火設備 H12 建告 1360 号
/ 大臣認定品各種

木製建具（大臣認定品）
・木製引戸 大臣認定 EC-0256
・木製ガラス戸 大臣認定 EB-9585 ほか

提案その2

1階火気使用室における
内装不燃化の推奨
(壁・天井を準不燃材料以上の仕上げを用いる。)

不燃・準不燃材料の仕上げ例			
国交省大臣認定 仕様 内壁仕上げ		国交省大臣認定 仕様 天井仕上げ	
不燃材料 内装仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 西国化成工業 平成 14 年 材料: 色土、ヒノキ粉、珪藻土	不燃材料 内装仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 西国化成工業 平成 14 年 材料: 珪藻土、砂	不燃材料 天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-0822) 丸石銘木有限会社 平成 16 年 材料: 不燃等線天井・NOEN2 材料: 天然紙木、ダイライト板ほか	不燃材料 天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-1202) 丸石銘木有限会社 平成 16 年 材料: 不燃網代天井 材料: 杉・桧ほか
準不燃材料 内装仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 NM-0405) 株式会社モリシカ 平成 11 年 材料: 土佐和紙素材	準不燃材料 内装仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 NM-0405) 株式会社モリシカ 平成 17 年 材料: 土佐和紙素材・ケナフ粉	準不燃材料 天井仕上げ 準不燃材料 (大臣認定 NM-8574) 西国化成工業 平成 14 年 材料: 備長炭・珪藻土・炭素繊維・砂	準不燃材料 天井仕上げ 不燃材料 (大臣認定 NM-1640) 岡田節栄株式会社 平成 13 年 材料: ライト不燃天井板 材料: 杉、桧

図 18. 修理修景時の防・耐火設計マニュアル作成例-その2-

提案は以上となるが、今後、建築物の防災性能については、こうした具体的かつ専門性の高い検討を行うこと、つまり修理修景の実施に実効性・法的根拠を伴った防・耐火設計の概念を取り入れることで、伝統性と防・耐火性能の両立した町家群が形成されることが可能となる。

注釈

- 1) 図7は文3) より作成した。
- 2) 図8-12は文2~9) より作成した。
- 3) 文2) p.11に「出火確率の高い部屋の壁や天井にこれらの材料（準不燃材料等）で仕上げると急激な燃え広がりを抑制することが可能」と記載されている。
- 4) 図13は文10~14) より作成した。

参考文献

- 1) 豊岡市：建築基準法に基づく形態制限・防火地域・積雪量について
<https://www.city.toyooka.lg.jp/shisei/keikaku/toshikeikaku/1003061/1003063.html>,(最終閲覧日：2021年12月23日)
- 2) 京都府建築工業協同組合：土塗壁と化粧軒裏の防火マニュアル, p 11,2017
- 3) 新日本法規出版株式会社：確認申請memo2020,pp18-1-18-2,2020
- 4) 建築士会：木の燃焼と防耐火 https://www.kenchikushikai.or.jp/data/senko/kaishi/KAISHI_201610_NENSYO03.pdf, (最終検索日2021年12月7日)
- 5) 日本住宅・木材技術センター：木造住宅用の防耐火構造標準納まり図 見本
<http://www.howtec.or.jp/files/libs/1625/20171023105146100.pdf>, (最終検索日2021年12月7日)
- 6) 株式会社総合資格：建築関係法令集 告示編,2021
- 7) 京都市：京町家できること集, p 12,2017
- 8) 京都市：「木製防火雨戸の大臣認定取得」及び「建築基準法適用除外制度の対象拡大」のおしらせ
<https://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/page/0000284707.html>, p 2, (最終検索日：2021年12月1日)
- 9) 日本電気硝子：防火設備用ガラス 別冊カタログ https://www.negb.co.jp/catalog/mt_img/firelite_jutaku_2020.pdf, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 10) 四国化成工業,デジタルカタログ,
<https://download.shikoku.co.jp/iportal/CatalogViewInterfaceStartupAction.do?method=startUp&mode=PAGE&catalogCategoryId=&catalogId=2426970000&pageGroupId=73&volumeID=CATALOG>, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 11) 株式会社モリシカ：会社HP,<http://www.morishika.co.jp/wallpaper.html>, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 12) 丸石銘木有限会社：会社HP,http://www.maruishi-meiboku.co.jp/products/5_ajiro/ajiro.html, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 13) 有限会社ハウスシステム：会社HP,http://www.tosawashi.com/product_1.html, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 14) 岡田銘木株式会社：会社HP,<http://www.okadameiboku.co.jp/shouhinn/dailight/dailight-t02.html>, (最終閲覧日：2021年12月23日)
- 15) 出石町教育委員会：伝統的建造物群保存地区保存対策調査報告書,2001.

4.2.3 裏庭空間を用いた2方向避難と消火活動に関するマイクロ検証

3章3.2.4項では、ほぼ全ての街区で延焼脆弱性が確認された。今後の課題として、延焼に対する建築物単体の防火仕様のみならず、火災初期における地域住民の避難と、初期消火段階の放水範囲拡大に関する検討が必要とされる。本項4.2.3では、消防署・消防団へのヒアリングを踏まえた上で、延焼の危険性が高い街区を選定し、2方向避難の可否と放水範囲の現状把握を行う。次に対策として【土間利用】【避難扉の設置】【消火栓の増設】を行った場合の効果の比較検証（以下「マイクロ検証」という。）を行い、望ましい対策案を特定する。加えて、巨大災害時に不足の可能性がある避難所・拠点施設について、他事例を参照に、備蓄庫と防火水槽を兼ねた防災施設試案の提示を行いたい。

(1) マイクロ検証のためのモデル街区の選定

a) 消防機関のヒアリングとエリア概要

2方向避難の有無と放水範囲のマイクロ検証に先立ち、伝建地区内において特に延焼危険性が高いエリア選定のため、消防署・消防団へのヒアリングを行った。その結果、八木通りと本町通りは、幅員が田結庄通りと比べて狭小であり、はしご車架梯調査の結果では、電線が多数あるために、はしごの架梯ができない状況にある。これに加え、消火栓の埋設配管径が八木通り75mm、本町通り150mmとなっており、複数の筒先配置を行った場合には放水の水圧低下を引き起こす危険性があるとの情報を得た（表1）。その後、行政担当者をも含む意見交換の上、とりわけ火災戦闘が困難である八木通りと本町通りに挟まれた街区として、図19に示す街区G,M,Nの3つを検証対象地として選定した。

表1.消防機関へのヒアリング内容

豊岡消防署 出石分署、出石消防団へのヒアリング【令和3年（2021年）】	
番号	選定理由
1	防災計画策定調査分析業務「2020年度報告書」の火災対策上の課題より →伝建地区内の北西部で焼失リスク高
2	出石消防本部の木造密集街区活動計画
3	各通りの幅員 →八木通り、本町通りでは4.5m
4	はしご車架梯調査 →八木通り、本町通りでは電線等多数設置のため架梯不可
5	消火栓の埋設配管 →本町通り150mm、八木通り75mm、田結庄通り75mm



図19.マイクロ検証の対象街区

b) 2方向避難と放水範囲・延焼のおそれのある部分の現状

2方向避難の可否を判定するための作業フローが図20である^{注1)}。街区G,M,Nのすべての物件（以下「物件」）について、裏庭空間の追加調査（令和3（2021）年5月16～17日）を行い、その後フローを基に2方向避難の可否の判定をおこなった。図21がその結果であるが、街 corner 地物件は道路に対して2面が接するため、2方向避難が確保される傾向にある反面、それ以外の街区中央部物件の多くで「裏庭部の建て詰め」「敷地境界線に設置されたブロック塀などによる区画化」等により、2方向避難の経路が塞がれている状況が明らかとなった。

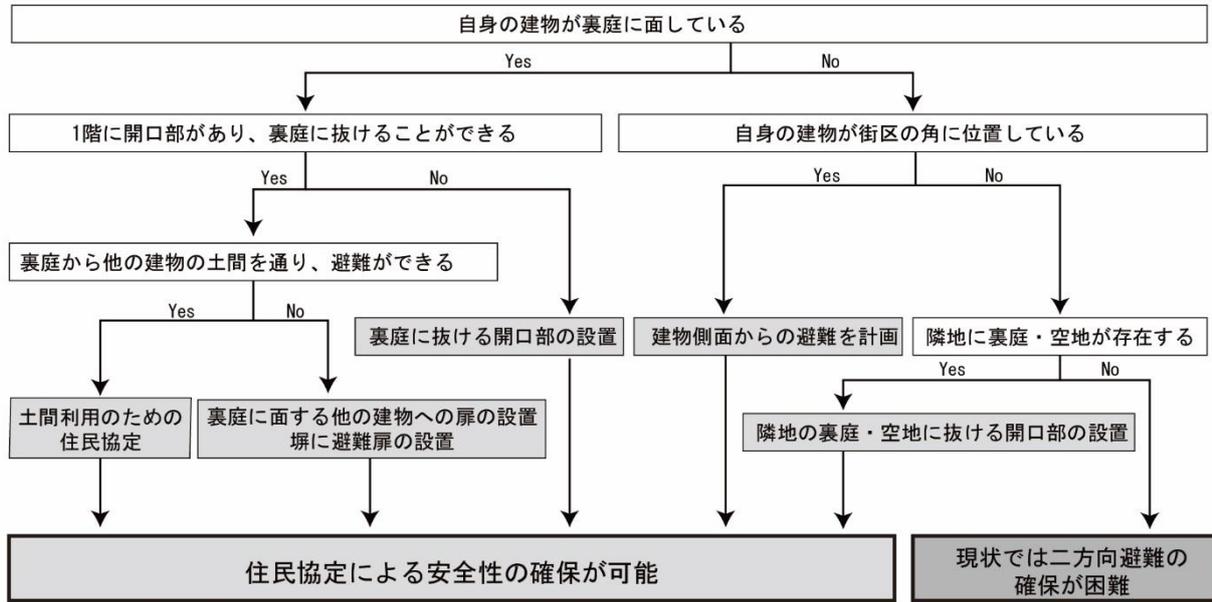


図 20. 2方向避難の可否の判定フロー図

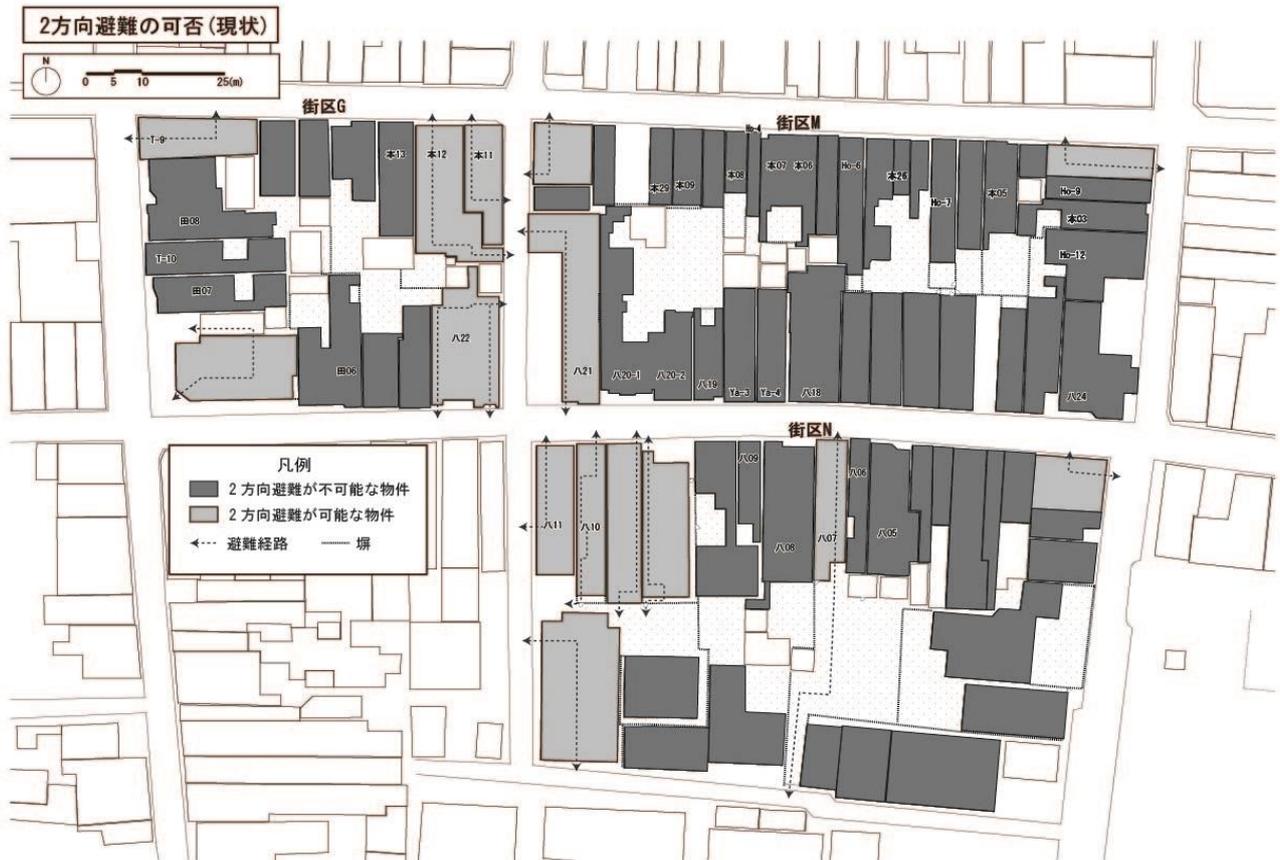


図 21. 現状における 2方向避難の可否

放水範囲の現状に基づくマイクロ検証では、消火対象を物件の「延焼のおそれのある部分（図 22：3.2.4 項 図 139 再録）」とし、図 23,24 に示す①ホースの延伸距離・放水距離、②消防機関・地域住民両者の消火活動を想定した。最寄りの消火栓から道路中心線の沿ってホースを延伸し、消防機関のみが塀を越境可能、放水範囲に含まれた対象（延焼のおそれのある建物アウトライン）を消火可能部分と判定している。次頁図 25 は、「消防機関」の消火活動を検証した結果であるが、裏庭への筒先配置が一部裏庭空間では可能となっているものの、建て詰まった物件側面に対する放水ができない状況が見て取れる。次頁図 26 の「地域住民」による初期消火範囲は、専ら沿道面に限られ、そもそも裏庭侵入・筒先配置ができないため、側面・裏面ともに効果が希薄である。

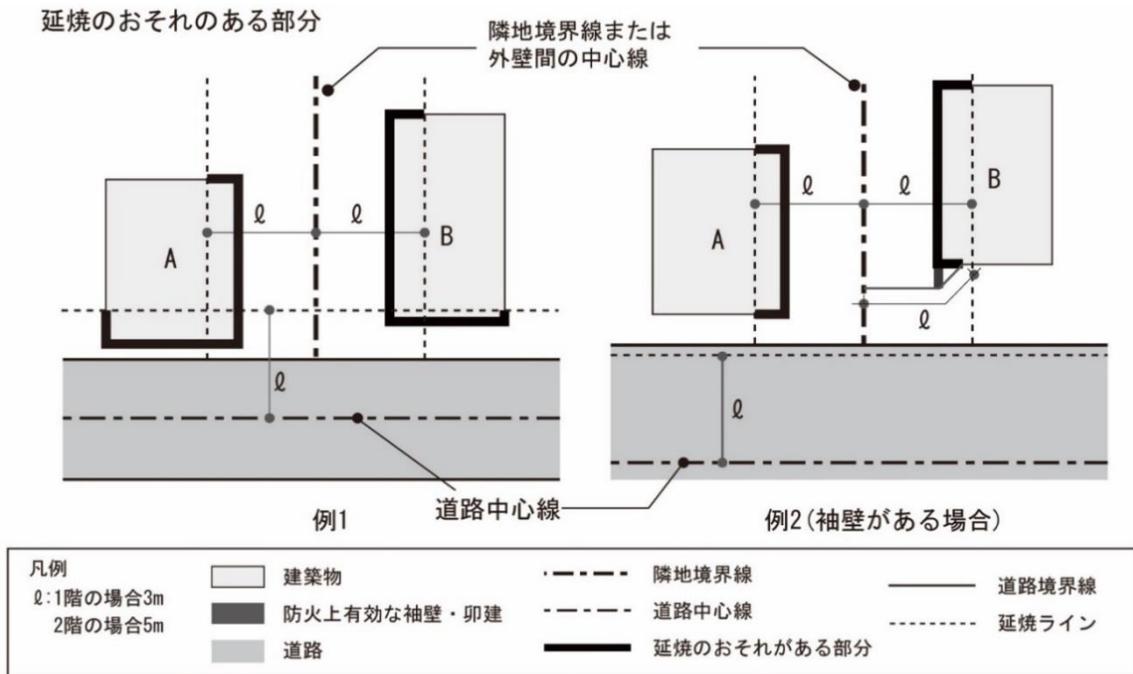


図 22.延焼のおそれのある部分の判定方

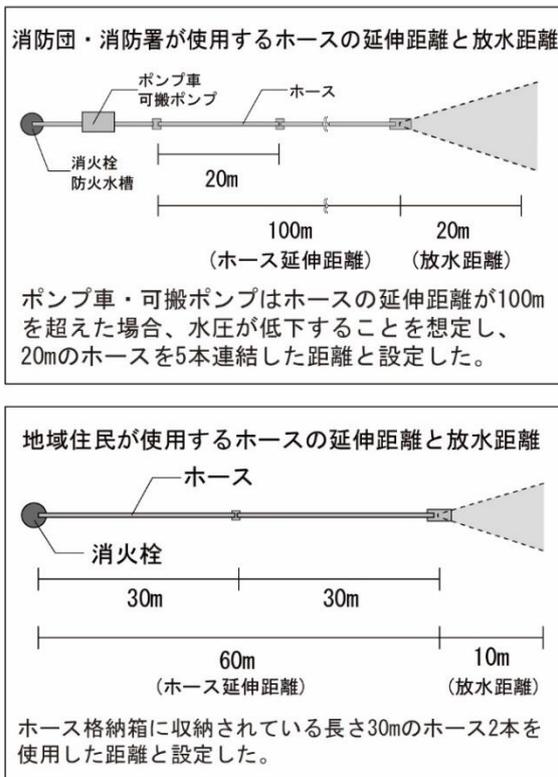


図 23.消防機関・地域住民における放水距離の設定

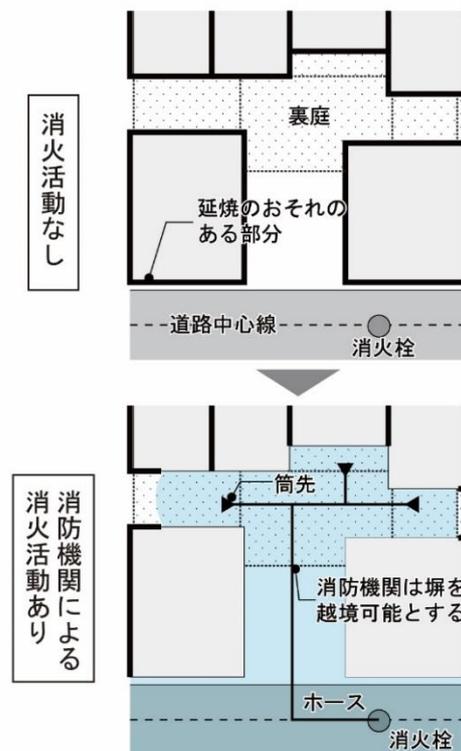


図 24 .消火活動時の「延焼のおそれのある部分」

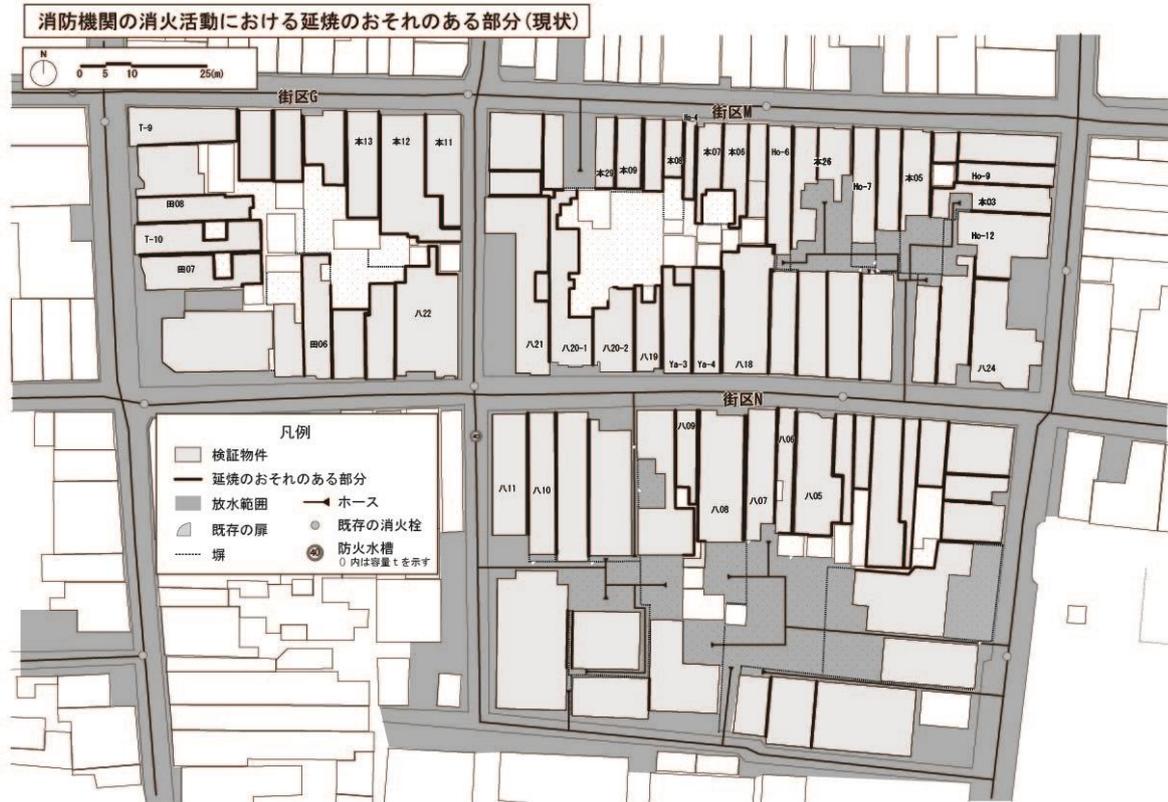


図 25.消防機関の消火活動における「延焼のおそれのある部分」(現状)

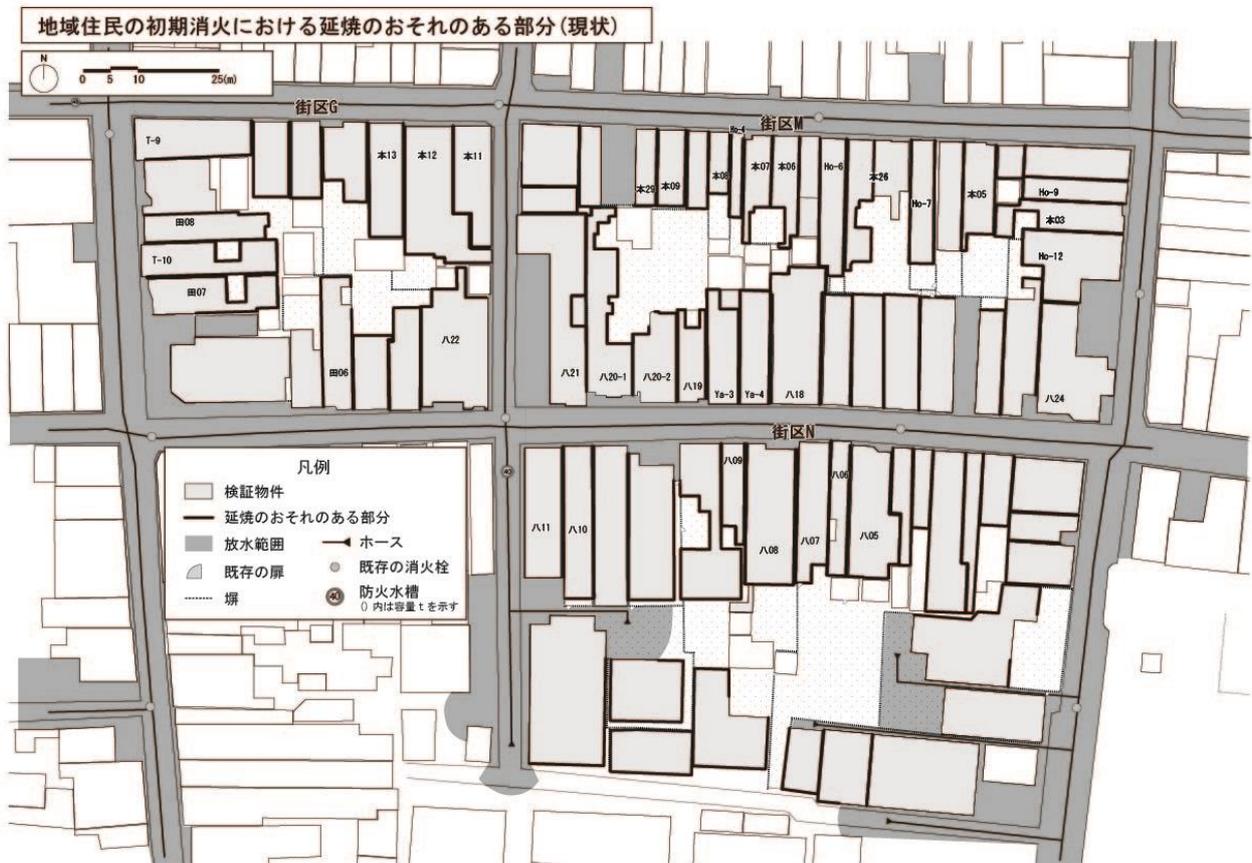


図 26.地域住民の初期消火における「延焼のおそれのある部分」(現状)

(2) 2方向避難と消火活動への対策方針

そこで、2方向避難の確保と放水範囲の拡大を目的に、図27に示すような「裏庭への避難扉の設置」「土間利用^{注1)}」を検討した。裏庭空間の塀に避難扉を設置することにより、住民でも隣棟への避難が可能となる。土間利用は、裏庭空間を介して隣棟土間を避難経路として使うことができる。消火活動においても、裏庭・土間空間への筒先配置が容易となり、延焼範囲の大幅な減少が期待できる(図28)。

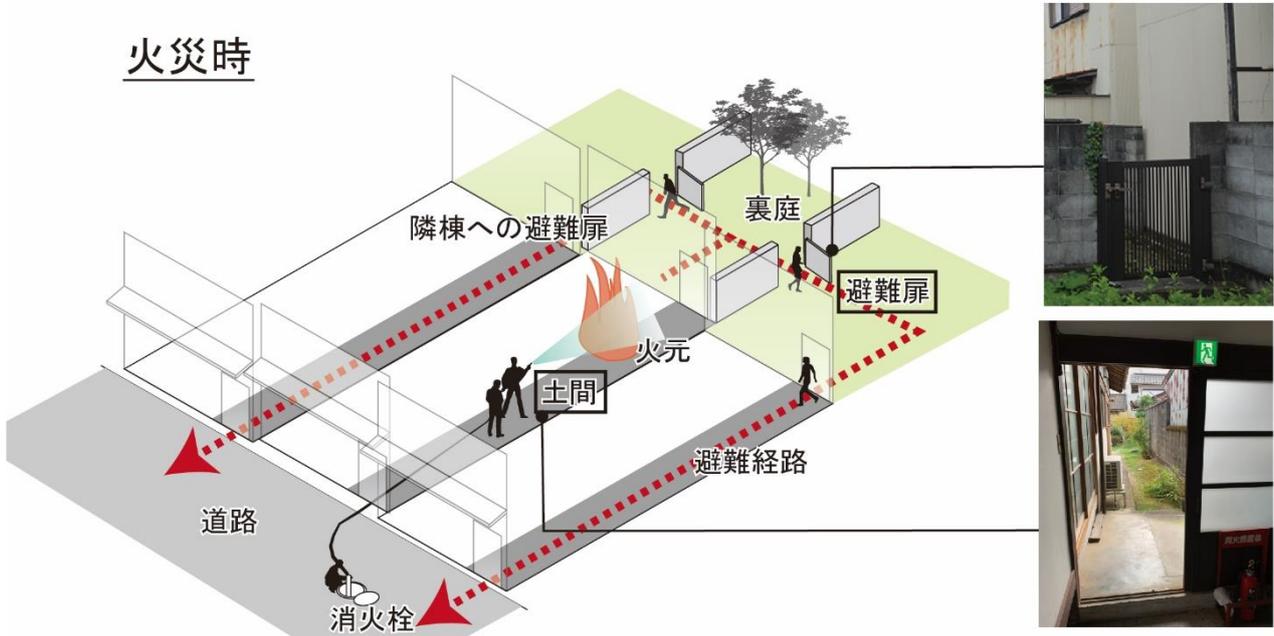


図 27.火災時の土間と避難扉を利用した2方向避難と消火活動

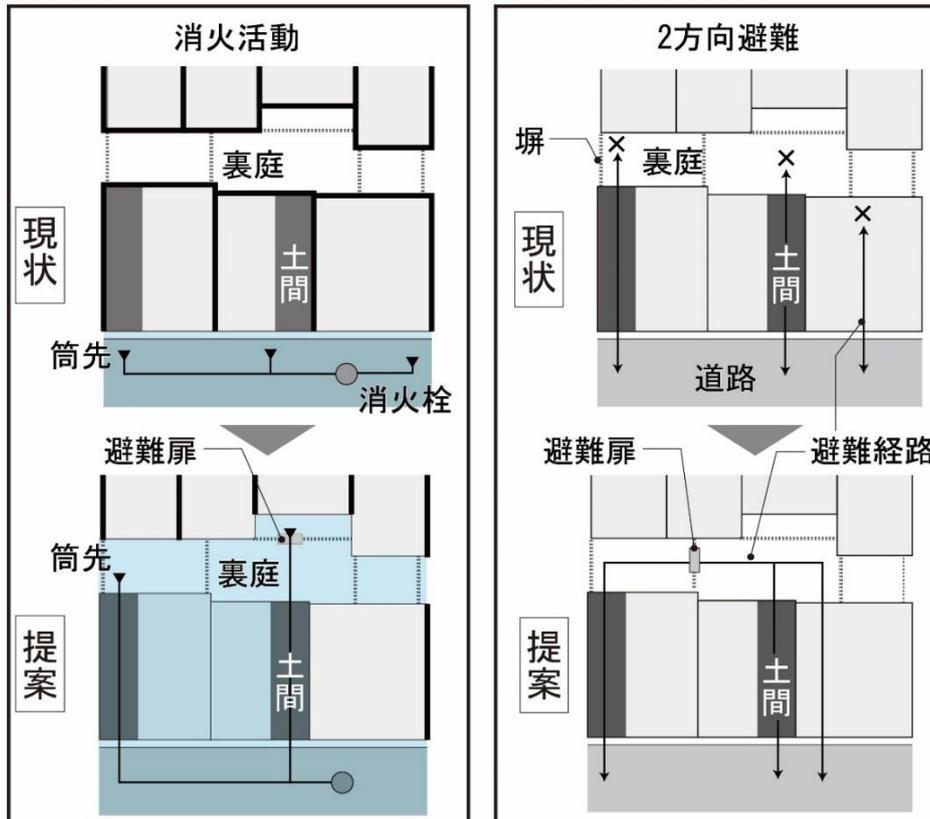


図 28.土間と避難扉を利用した場合の2方向避難と消火活動

a) 避難扉の設置と土間利用による2方向避難の確保

次頁図 29 には①土間利用のみを行った場合を、次頁図 30 には②避難扉を設置した場合、次々頁図 31 には③土間利用+避難扉の設置両方を行った場合の2方向避難の可否に関するマイクロ検証の結果を図示した。次

頁表 2 が 2 方向避難の確保率の比較であるが、③避難扉+土間利用の掛け合わせにより、街区 G,M 双方で飛躍的な効果が得られることがわかった。一方、街区 N では①土間利用の効果が薄く、特に北東部に位置する物件群で南面する屋敷地の堀設定により、想定した裏庭空間の連携ができない状況が見てとれた。こうした箇所では、次頁図 32 に示すような背割り堀遺構・排水路を活用した避難経路の検討が今後必要となろう。

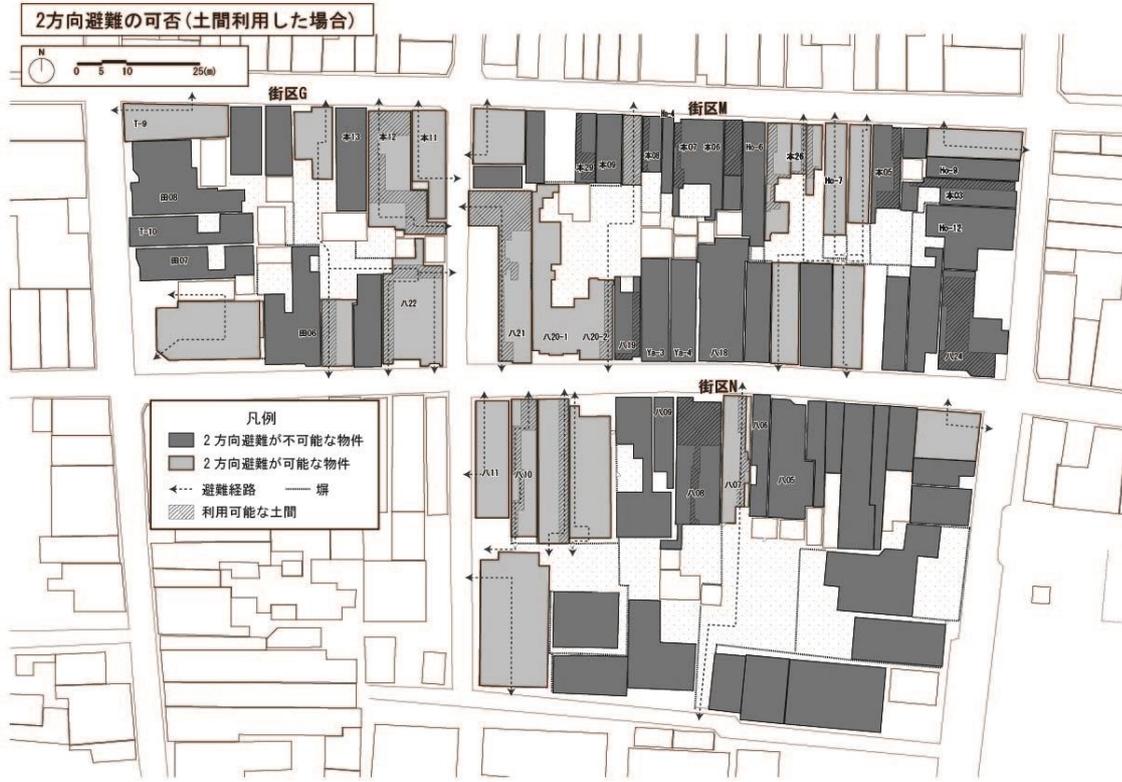


図 29.①土間利用を行った場合の 2 方向避難の可否

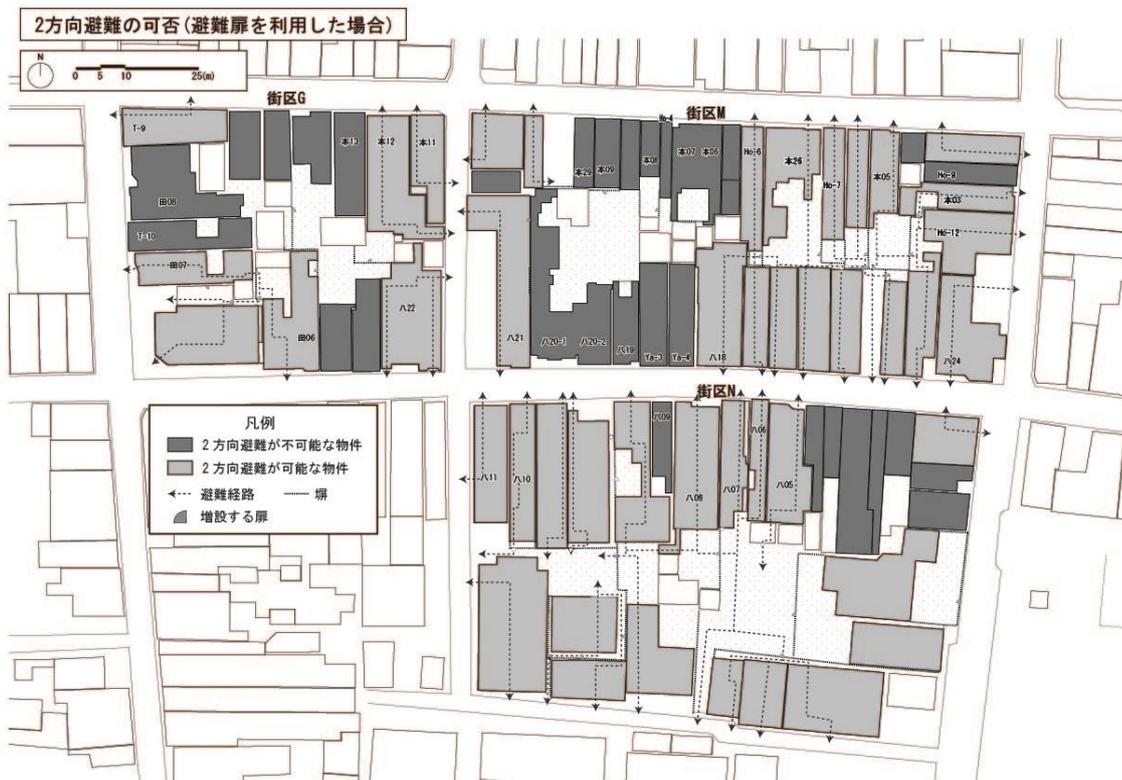


図 30.②避難扉を利用した場合の 2 方向避難の可否

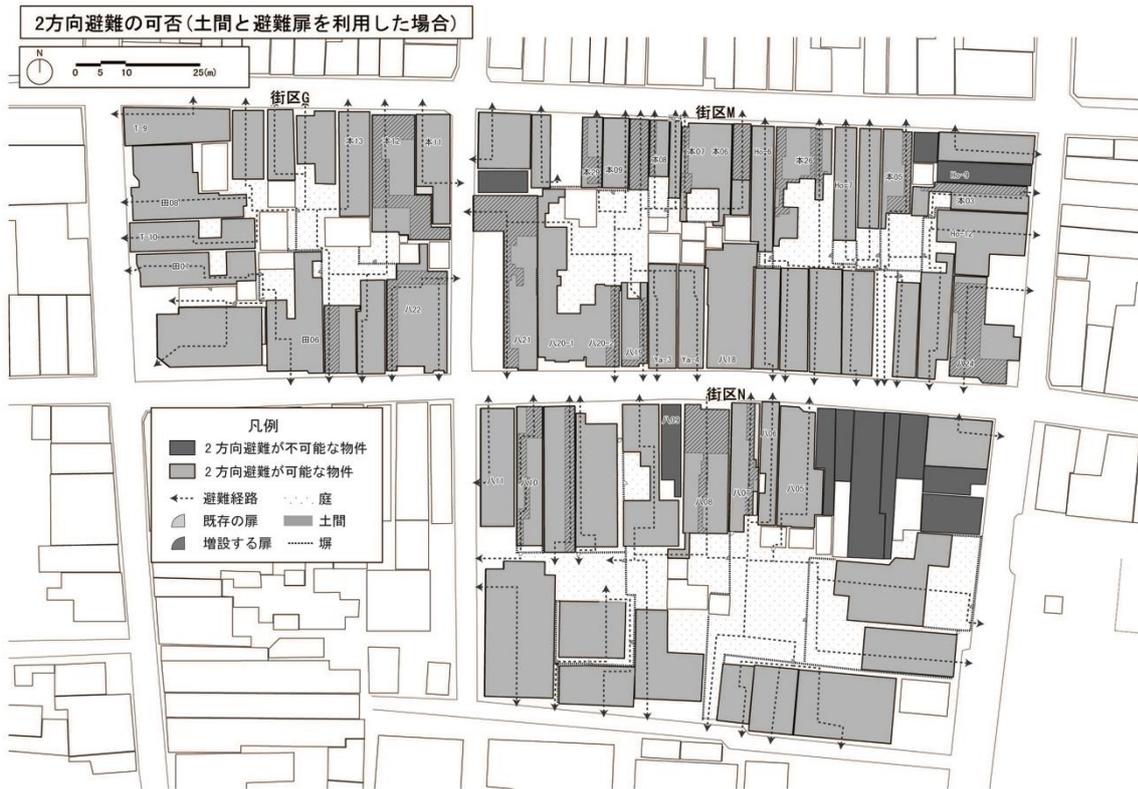


図 31. ③土間と避難扉を利用した場合の2方向避難の可否
表 2.2 方向避難の確保率の比較

街区	街区 G 物件数：15 件	街区 M 物件数：33 件	街区 N 物件数：27 件
土間利用可能な物件割合	20% (3)	39% (13)	11% (3)
二方向避難が可能な物件割合	現状	9% (3)	26% (7)
	①土間活用	47% (7)	30% (10)
	②避難扉の設置	47% (7)	58% (19)
	③避難扉の設置 + 土間活用	100% (15)	91% (30)
	0% ← 67%増加 → 100%	0% ← 81%増加 → 100%	0% ← 44%増加 → 100%

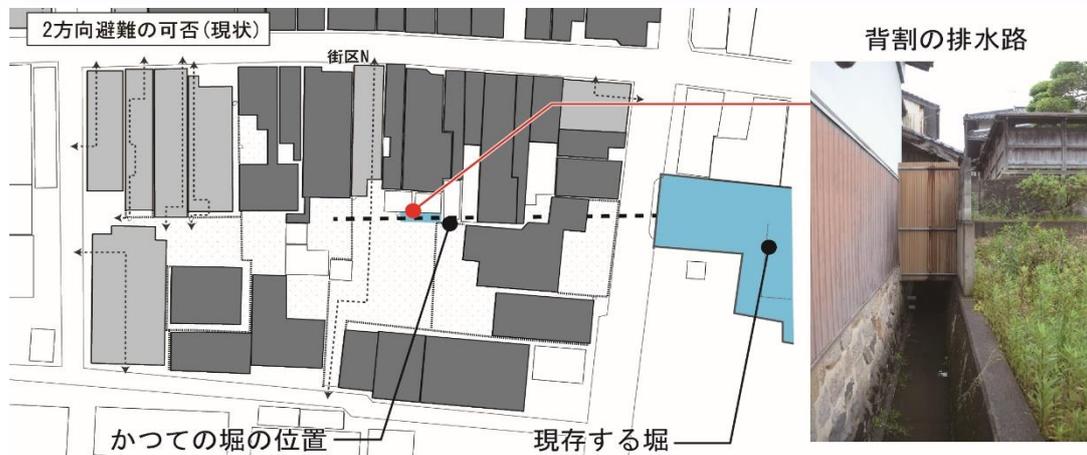


図 32. 背割線の排水路を利用した避難経路

b) 避難扉の設置と土間利用による放水範囲の拡大

同様に、土間利用と避難扉の設置を勘案した場合の放水範囲拡大のマイクロ検証・比較については、まず図33と表3に「消防機関」の改善結果を示した。①土間利用により、物件側面への放水が可能となると共に、現状侵入不可の裏庭空間にも筒先配置ができるため、街区G,Mで危険箇所は約3~4割減少する。

「地域住民」の初期消火の検証結果（次頁図34,表4）では、2方向避難と同じく、③避難扉+土間利用の組み合わせにより約2~5割の改善効果が得られることがわかった。一方、住民の短いホースを用いた初期消火は、街区N南部では効果が希薄となる。

こうしたマイクロな検証手法を用いることにより、今後も詳細な脆弱部の洗い出しが可能となる。

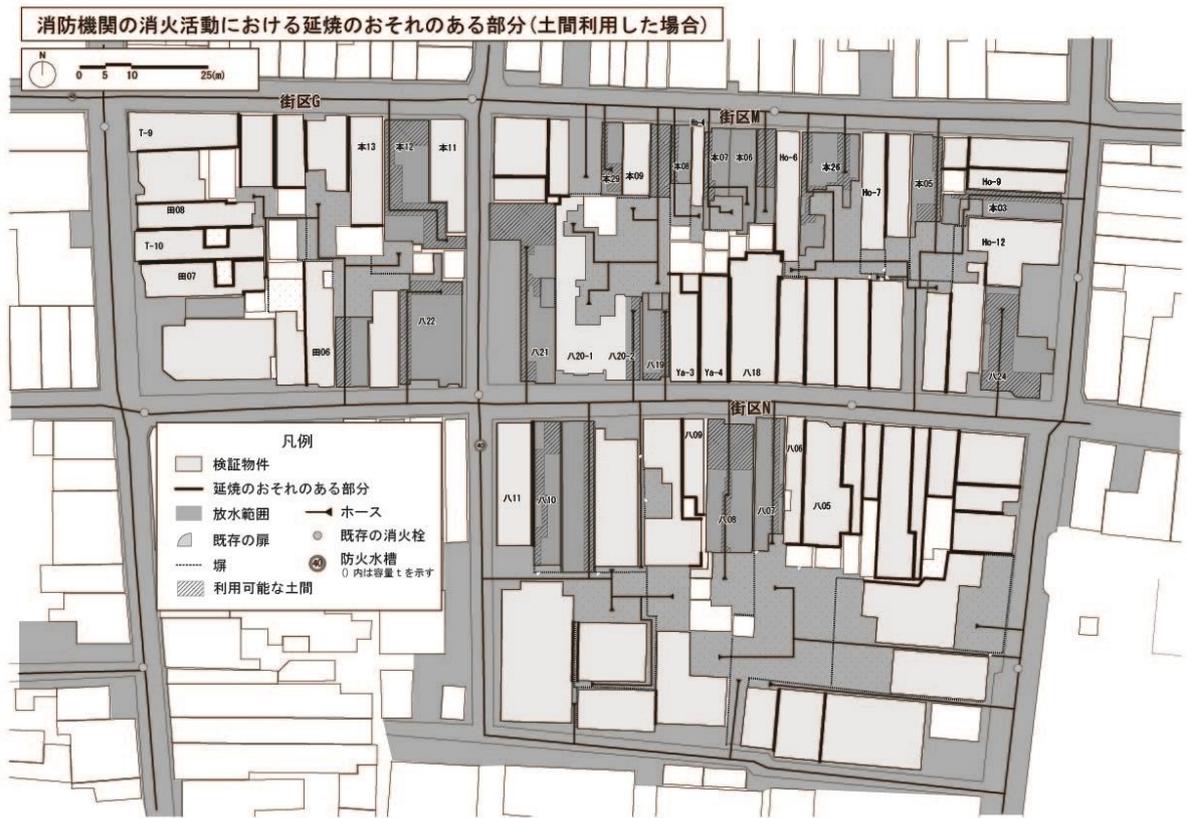


図 33.消防機関の消火活動における「延焼のおそれのある部分」(①土間利用した場合)

表 3.消防機関の消火活動における「延焼のおそれのある部分」の割合

街区	街区 G 物件数：15件 総建物周長：661.5m	街区 M 物件数：33件 総建物周長 1322.5m	街区 N 物件数：27件 総建物周長 1145.5m
土間利用可能な物件割合(物件数)	20% (3)	39% (13)	11% (3)
延焼のおそれのある部分	現状 67% (445m)	現状 59% (783m)	現状 45% (558m)
	①土間活用 33% (217m) 34%減少	①土間活用 22% (290m) 37%減少	①土間活用 34% (416m) 11%減少

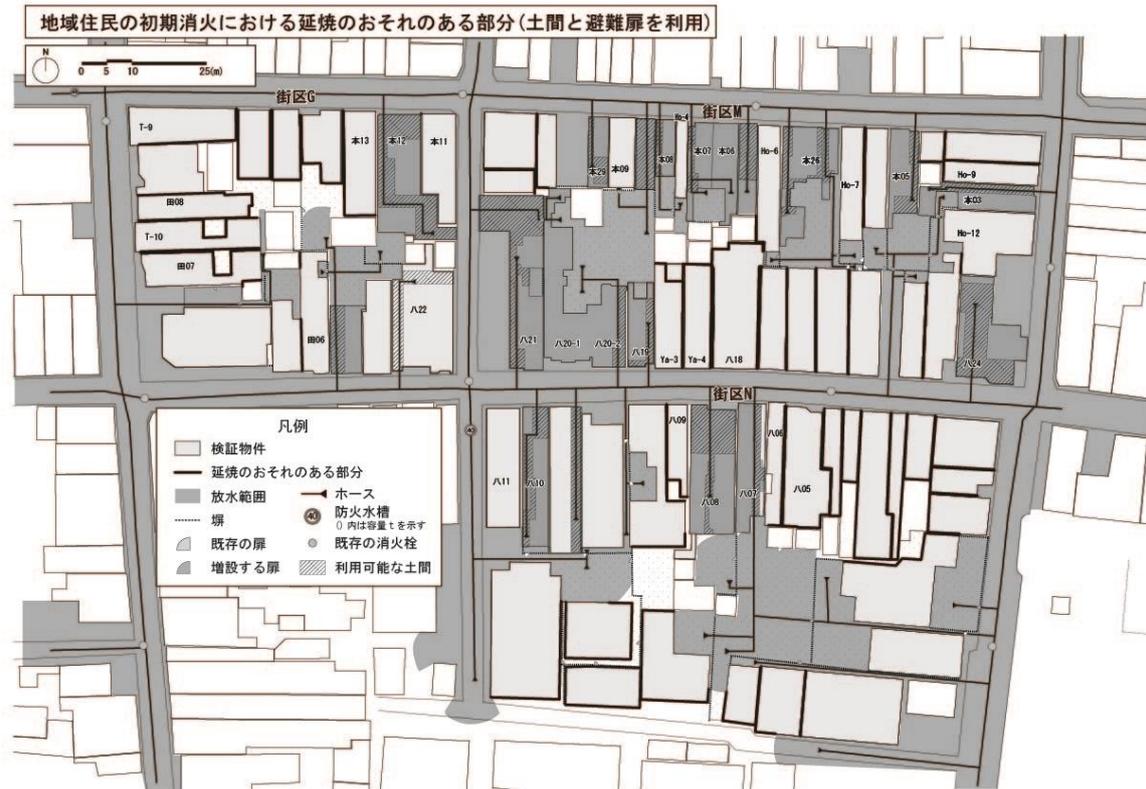


図 34.地域住民の消火活動における「延焼のおそれのある部分」(③土間と避難扉を利用した場合)

表 4.地域住民の消火活動における「延焼のおそれのある部分」の割合

街区		街区 G	街区 M	街区 N	
		物件数：15件 総建物周長：661.5m	物件数：33件 総建物周長 1322.5m	物件数：27件 総建物周長 1145.5m	
土間利用可能な物件割合 (物件数)		20% (3)	39% (13)	11% (3)	
延焼のおそれのある部分	地域住民の消火	現状	69% (457m)	69% (917.5m)	67% (829m)
		①活用土間	43% (286m)	26% (349m)	48% (596m)
		②の避難扉設置	65% (427m)	59% (783m)	58% (716m)
		③避難土間	39% (257m)	22% (290m)	46% (568m)
		0% 30%減少 100%	0% 47%減少 100%	0% 21%減少 100%	

c) 消火栓増設による放水範囲の検証

そこで「短いホースを用いた住民消火」に絞って、利用可能な①裏庭空間、②道路に面する駐車場に対して、適宜消火栓を増設した場合の効果について更なる検討を行った。①裏庭への消火栓の増設(次頁図 35)では、若干「延焼のおそれのある部分」の減少が確認されたが、土間利用や避難扉を設置した場合ほどの効果は見られなかった。②駐車場への消火栓の増設(次頁図 36)も同様に、街区 N を除き「延焼のおそれのある部分」の減少は確認されなかった。次々頁表 5 の数的比較により、現状における消火栓の増設は、土間利用や避難扉設置と比べて効果はなく、仮に検討するとすれば、むしろ防災公園や耐火建築物仕様の防災拠点施設の方に可能性が考えられる。

表 5.消火栓増設を行った場合の「延焼のおそれのある部分」の割合

街区		街区 G 物件数：15 件 総建物周長：661.5m	街区 M 物件数：33 件 総建物周長 1322.5m	街区 N 物件数：27 件 総建物周長 1145.5m
土間利用可能な 物件割合（物件数）		20% (3)	39% (13)	11% (3)
延焼のおそれのある部分	地域住民の消火	現状	69% (457m)	67% (829m)
		①裏庭への 消火栓増設	61% (405m)	59% (728m)
		②駐車場への 消火栓増設	69% (457m)	59% (728m)
		0% 100%	0% 100%	0% 100%

(3) 防災拠点施設の必要性

a) 伝建地区周辺における防災施設の現状

現状の伝建地区及びその周辺の防災避難所は 5 ヶ所存在し^{文1)}、弘道地区コミュニティセンター以外の 4 ヶ所が土砂災害、もしくは浸水のおそれのある区域内に位置している^{注3)}。図 37 を見るとわかるように、大規模な浸水・土砂災害が生じた場合、観光客も収容可能な一時避難所が不足する懸念がある。加えて、(1)のヒアリング結果に示したように、本町通り付近で大規模火災時に、複数の筒先配置を行った場合、送水管の

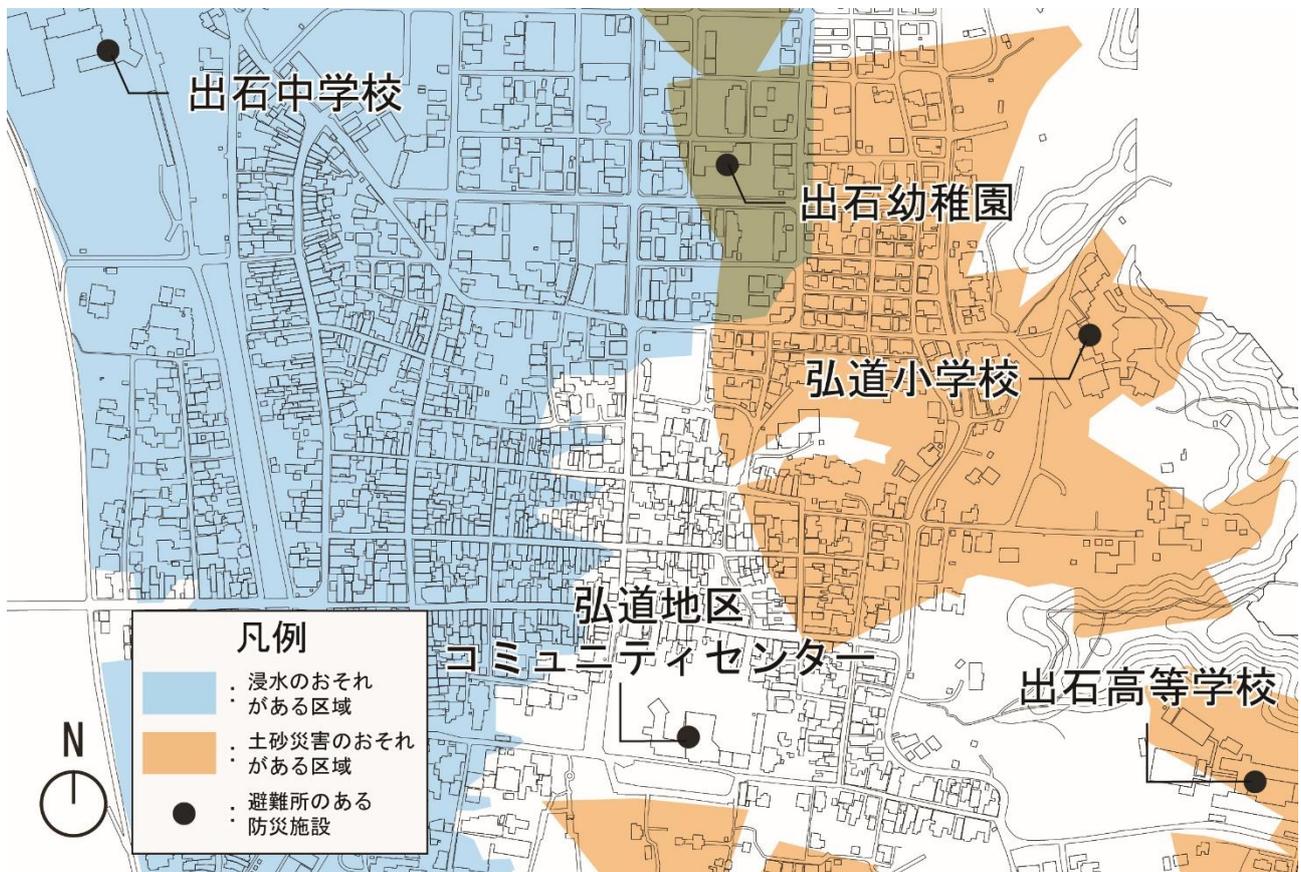


図 37.伝建地区周辺の防災施設と災害の危険性

水圧低下が懸念されている。そこで本目(3)では、防火水槽を備えた備蓄庫兼避難所を検討した。

b) 防災施設の先進事例

ここでは他重伝建地区の防災施設の事例として、表 6 に示した福岡県うきは市の備蓄庫を兼ねた防災施設と、青森県黒石市の 60t 防火水槽を兼ねた避難所の整備を参考とした^{文2)}。

うきは市の旧寿屋跡地は、出石同様に観光地であるが、防災拠点が不足していたため「白壁交流館」として対策整備された事例である。屋外消火栓を備えた一時的な避難広場と、備蓄庫のある 2 階建ての建物部分で構成されており(図 38,39)、同様の施設が重伝建地区の計 5ヶ所で平成 16 (2004) ～21 (2009) 年に整備されている。

黒岩市の松の湯交流館は、空き家となっていた旧松の湯を活用・再生し「観光交流拠点」「地域コミュニティ」「地域の防災拠点」の 3 機能を持つ施設として整備された。館内には、グループ火災報知器の親機、

表 6.重伝建地区における防災施設の事例

資源名称	旧寿屋跡地	資源名称	旧松の湯
従前の用途	スーパーマーケット	従前の用途	銭湯
現在の名称	白壁交流広場	現在の名称	松の湯交流館
公開日	2006年	公開日	2015年
位置	福岡県うきは市 	位置	青森県黒石市 
防災機能	トイレ、備蓄庫、避難広場、屋内消火栓、屋外消火栓、非常電源	防災機能	グループ火災報知器の親機、防火水槽、和室空間
防災活動	施設に向けての放水訓練	防災活動	松の湯交流館職員を対象とした防災訓練の実施
日常利用	休憩所、会議所、イベント	日常利用	休憩所、子供の遊び場

防火水槽及び重伝建地の消火栓に水を供給するポンプ室、災害時の一時的な避難所の機能を備えている。



図 38.うきは市の白壁交流館

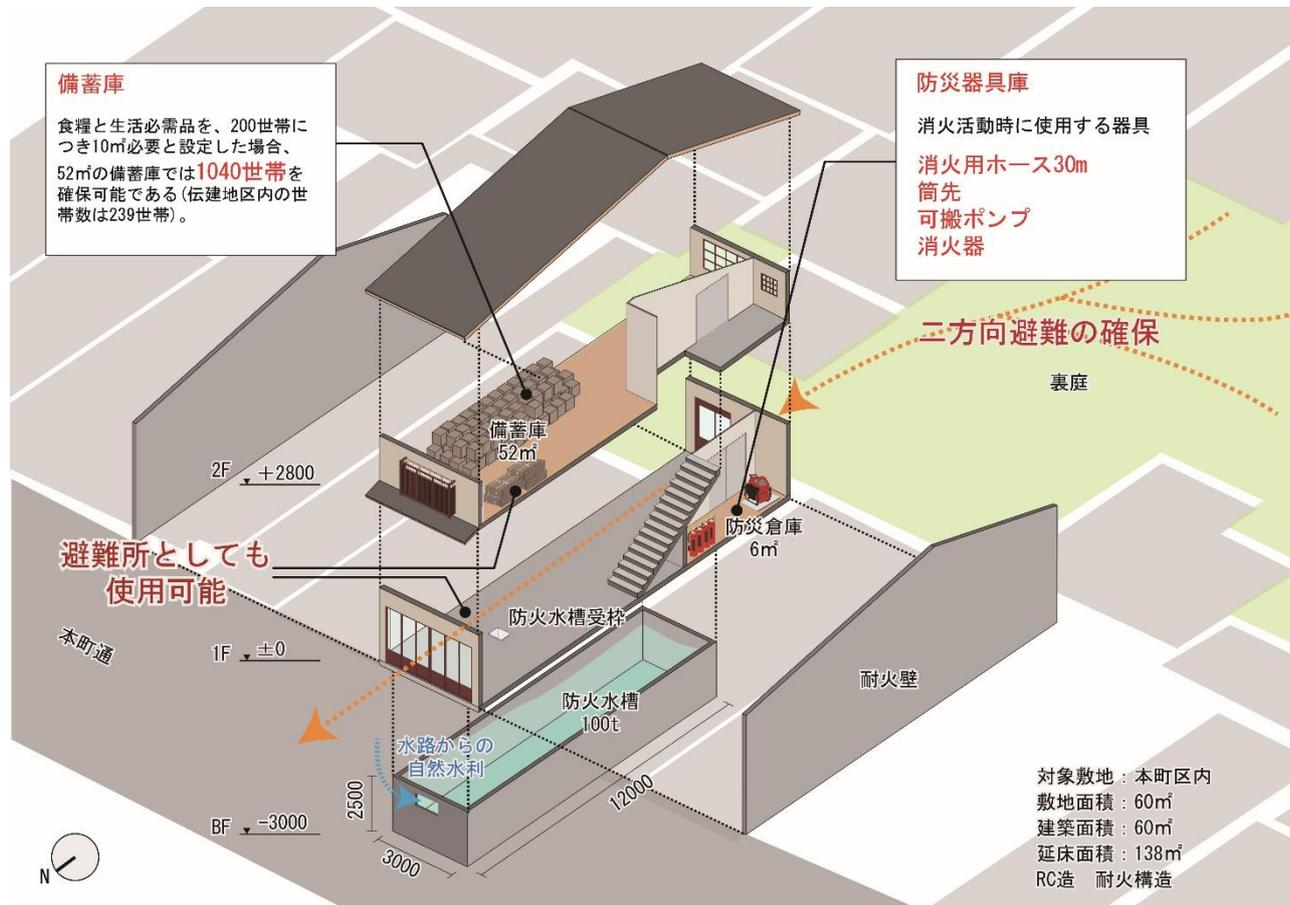


図 39.白壁交流館の備蓄庫

c) 自然水利を活かした防火水槽・防災倉庫・避難所の提案

上述の事例を参考に、本町地区に計画敷地を設定し、耐火建築物としての備蓄庫・防火水槽付き避難所の提案概要を図 40 に示した。防火水槽は本町通りの用水路の自然水利を引き込み、80 分間の放水活動が可能である容量 100t の防火水槽を想定している。また、備蓄庫に関して 200 世帯につき 10 m²必要とした場合^{※3)}、52 m²の備蓄庫で 1040 世帯分を確保可能とした。1・2 階部分は一時避難所として、1 階は裏庭まで抜けているため土間として 2 方向避難経路としても使用が可能である。

図 40.防災施設の提案



(4) 対策方針

3 章 3.2.4 項で既述の「地域住民の避難」「消火活動における防災力の向上」の課題をもとに、本項 4.2.3 では、2 方向避難と確保と放水範囲の拡大を目的に、【土間利用】【避難扉の設置】【消火栓の増設】の有効性をマイクロ検証した。また、大規模災害時の防災力の向上案として、本町通りに面する敷地を対象に、100t の防火水槽と災害時の備蓄庫を備えた防災施設の提案を行った。次頁表 7 にはその結果を総括すると共に、今後の対策方針について以下①～⑤を提起する。

- ①100t 程度の防火水槽を配備した耐火性能を持つ防災施設の検討を提案する。また空き家は管理不足による劣化の進行に加え、火元もしくは延焼ルートとなる可能性がある。については空き家の現状把握を行い、日常からのメンテナンスと防災活用を検討する必要がある（5 章 1-2-a 参照）。
- ②各物件で、緊急時における避難経路の確認と維持を行う必要がある（5 章 1-2-b 参照）。
- ③伝統的町家の「通り土間」や「裏庭」の消火・避難活用経路に向けた維持・整備を行う。加えて、2 方向避難路を確保するため、近隣住民間での「避難協定」を推進する必要がある（5 章 1-2-b,1-3-c 参照）。
- ④裏手や隣家との境界に防犯に配慮した避難用扉等を設置することによって、緊急時に住民同士で避難経路が共有できる環境整備を推進する（5 章 1-3-c 参照）。
- ⑤建物内における火災時等の避難ルート確保のため、倉庫内等の整理整頓及び屋外放置不要物の除去を徹底する必要がある。（5 章 1-3-c 参照）

表 7.4.2.3 のまとめと今後の対策方針

4-2-3	検証より明らかになった内容	今後の対策方針
(1, 2) ミクロ活動の検証と 二方向避難と	<p>土間と避難扉の両方を利用することで、二方向避難が可能な物件の増加と放水範囲の拡大が見られた。</p> <p>消火栓の増設の有効性は確認されなかった。</p>	<p>○土間と避難扉を利用するための住民協定の整備が必要である。</p> <p>○建て詰まった空き家によって二方向避難が確保できない状況が想定されるため、空き家の土間利用を可能とする整備が必要である。</p>
(3) 防災施設の 検討	<p>自然水利を活かした防火水槽・防災倉庫の増設によって、消防水利を確保し、災害時においても安全に使用ができる。</p>	<p>○空き家を活用した防火水槽・防災倉庫の増設によって、防災力を高める。</p>
(4) 対策方針	<p>○土間と避難扉の両方を利用することで、二方向避難が可能な物件の増加と放水範囲の拡大が見られた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>○背割の排水路を避難経路として活用できる可能性がある。</p>	<p>○土間と避難扉を利用するための住民協定の整備が必要である。</p> <p>○各物件で災害時の避難経路の確認と維持を行う。</p> <p>○空き家は火元や延焼ルートとなる可能性があるため、空き家の把握と整備が求められる。</p> <p>○防犯に考慮した避難扉を設置し、緊急時には住民同士で避難経路が共有できる環境整備の推進が必要である。</p> <p>○火災時の避難経路の確保のため、建物・倉庫内の整理整頓と屋外の不要物の除去を行う。</p>

注釈

- 1) 2階の開口部や平面状況の把握が困難なため、本調査では1階からの2方向避難のみ検証を行うこととする。
- 2) 検証において、平面構成が取得可能である物件のみ土間利用を可能と設定した。
- 3) 豊岡市防災マップ(出石地域) 防災マップ(出石地域) | 豊岡市公式ウェブサイト (toyooka.lg.jp)(最終閲覧日 2022/01/14)を基もとに作成した。

参考文献

- 1) 豊岡市:指定緊急避難場所の指定状況に関する都道府県への通知様式,2020.
- 2) 金度源ら:「重要伝統的建造物群保存地区における公有建物と私有敷地の防災拠点化に関する調査研究 地域防災資源のデータベース構築と事例調査を通して」,歴史都市防災論文集Vol.14,pp.195-202,2020.
- 3) 志木市:宅地等の開発及び中高層建築物の建築に関する指導要綱に基づく 防災用備蓄倉庫設置基準,2013.

4.3 住民意識と防災活動の課題と対策方針

4.3.1. 現在ならびに将来の住民意識と防災活動、社会的脆弱性から見た課題

「3.3 住民意識と防災活動の課題調査」並びに住民アンケートを中心とした各組織へのヒアリング調査等から得られた結果に基づき、以下の対策方針を示す。下記のうち、4.3.2 及び 4.3.3 は現在直面している課題に関わる対策方針であり、4.3.4 は将来の人口推計の結果から、さらに深刻化すると考えられる課題に基づいた対策方針である。

4.3.2. 隣保・区並びに弘道地区単位の連携による防災まちづくりの推進

災害時には自助を基本としながらも、災害直後の安否確認や避難支援等の隣近所での助け合いや、その後のより広範囲の活動や避難所生活等において中心的役割を担う小学校区等を単位とする共助が重要とされる。伝建地区は隣保・区における組織体制がしっかりしている反面、区によっては担い手がおらず災害対策を進めることが困難な区も存在する。区単独では担えないようであれば、区をまたいだ連携を推進していく必要がある。また、住民アンケートにおいても災害対策について相談していない住民が約半数存在するなど、住民間協力の体制が行き渡っていないのが課題である。さらに、弘道小学校区を管轄する弘道コミュニティ協議会も発足して日が浅く、活動の発展を目指していく必要がある。観光客を含めた対策等の詳細は「4.8 避難対策上の課題と対策方針」を参照いただきたいが、平日の日中を含めた居住住民については伝建地区ならびに弘道地区の課題に照らして、以下の対策方針が考えられる。

(1) 区並びに弘道地区における災害対応役割分担と連携体制の明確化

伝建地区を含む弘道地区には、弘道コミュニティ協議会や区長会、消防団、自警団等、多様な住民組織が存在しており、防災においても重要な役割を果たすことが期待される。しかし、各組織の連携については明確な取り決めがないなど課題があることから、災害時の臨機応変な対応を含みつつも、重層的な組織の防災・災害時対応の役割分担および連携体制を明確にすることが重要である。特に災害直後の避難・救助・消火対応は地域住民や、消防団、消防署を中心とした組織、その後の避難所等の広域な対応は行政を主体として弘道地区における組織が実施することとし、その上で、本防災計画を含む新たなハザード情報に応じて、各種ツールを活用し対応方を検討する必要がある。（防災事業 1-1-c「ハザード情報の更新に応じた対応手順を確立する」）

(2) 地震対策促進のための共助・公助による支援策の検討

地震直後の対応は自助並びに隣保・区における共助が重要であり、円滑な避難・救出活動を実現するためにも、隣保・区単位の準備と、対応が厳しい場合の区を超えた連携が重要である。

・**共助による家具転倒防止機材の設置サポート**：伝建地区では、特に地震並びにその後の火災対応時における自宅からの避難に重要な自助である転倒防止機材の設置や、耐震化の促進が大きな課題となっている。しかしながら、転倒防止機材の設置には力を必要とするものがあるなど、設置を希望しても設置できない住民への支援が必要である。豊岡市でも推奨しているとおり、普段から交流があり、かつ自宅に入っても問題のない信頼のおける地域住民による設置サポートが重要になる。（5章 1-3-c）

・**災害直後の共助促進へ向けた準備対策の促進**：区単位では、真に地域住民の避難支援が無ければ安全を確保することができないと考えられる対象者に関して、区内において検討・抽出したうえで、避難行動要援護者に関する情報の管理・共有や、安否確認、避難方法について取り決めておく必要がある。そのため、事前にある程度予測できる洪水等の災害については、避難支援（市内で進めている避難行動要援護者の個別支援計画）等、事前予測できない地震等の災害については災害直後の避難支援や救出活動など、区単位で避難生活をする場合の対応等に焦点を当てて対策を進めていく必要がある。さらに、安否確認や救出・避難訓練を実施することで、課題を抽出する。そして、区で対応できない問題については、周辺区との連携について議論していくことが必要である。

具体的には、地域の協力では対応することが困難と考えられる避難行動要援護者に関し、要援護者、要援護者家族、地域住民、担当ケアマネージャー、豊岡市社会福祉協議会、豊岡市役所（高年介護課、社会福祉課、防災課）等の参画を通じた、隣保・区における避難行動要援護者の支援や安否確認・避難方法等を検討し、訓練において無理のない支援態勢かどうかを確認する。（5章 1-3-a）

・耐震化の促進へ向けた公助としての新しい耐震補強補助制度の検討：住民アンケートによって明らかになったように、耐震化が進んでいないのが現状であるが、各自の支払い費用が 200 万円を超えるとほとんどの住民が対応できないなど、拠出資金に限界があるのも現状である。耐震化は伝建地区保全の要であり、マニュアル等を通じた耐震診断・補強への啓発を行うとともに、耐えられる負担額となるような補助や支援の制度及びその運用を工夫する。例えば、耐震対策工事の補助に関して補助率を加算したり、構造補強等を含む場合の上限の引き上げや、構造補強等を含む修理経費自体の上限額を他地域より引き上げるといった方法がある。（5章 4-2-g）

表 1 伝建地区における耐震補強を促進するための補助金例

石川県金沢市伝統的建造物群保存地区保存整備事業費補助金交付要綱 ²⁾ より抜粋			
伝統的建造物修理事業	伝統的建造物である建築物の修理の事業	外観、屋根及び構造耐力上主要な部分の修理の工事(これらに伴う老朽電気配線の更新の工事を含む。)に要する経費	対象経費の 80 パーセントに相当する額以内の額とし、その額は、1,500 万円を超えないものとする。
		構造耐力上主要な部分の補強の工事に要する経費	対象経費の 90 パーセントに相当する額以内の額とし、その額は、500 万円を超えないものとする。
		(割愛)	(割愛)
滋賀県東近江市伝統的建造物群保存地区補助金交付要綱 ³⁾ より抜粋			
伝統的建造物修理事業	主屋及び土蔵	外観保存のため、屋根、壁、建具、土台、土間等の修理及び外観保存に付随する内部の柱、土台、壁など構造にかかわる部分の修理をする場合	補助率：8/10 以内 上限額：500 万円
		上記と併せて耐震補強工事を実施する主屋の場合	補助率：8/10 以内 上限額：800 万円
埼玉県川越市伝統的建造物群保存地区保存整備事業費補助金交付要綱 ⁴⁾ より抜粋			
伝統的建造物修理事業	修理	外観の復原、現状維持及びそれに必要な構造補強等に要する経費	補助率：4/5 以内 上限額：1,600 万円

(3) 弘道地区全体としての防災まちづくりの推進

伝建地区において急速に進行する人口減少並びに高齢化のため、現状よりさらに少数かつ高齢化の進んだ住民で地区を守っていくことは困難となる。また、区の連携や避難所における住民組織の役割等を考えると、小学校区である弘道コミュニティ協議会の安心づくり部による防災の取り組みをさらに進めていく必要がある。また、伝建地区の側からは、それぞれの進展が比較的緩やか、かつ既存のコミュニティ組織単位である弘道小学校区との連携が重要となり、弘道小学校区に居住する住民についても伝建地区があることによって地区への愛着を感じている（弘道コミュニティ協議会実施の住民アンケートより）など、弘道地区としても伝建地区を災害から防御し保全することが重要である。具体的には下記の方針に則って対策を進めていくことが考えられる。（防災事業 1-3-b）

・弘道地区内住民組織等の多主体間連携：弘道コミュニティ協議会の「安心づくり部」は、主に高齢男性及び壮年男性で構成されており、災害弱者である高齢者の対策は優先して進められているが、比較的若い年齢層への対策は今後の課題となっている。安心づくり部に所属する壮年男性を中心に、若い住民も多く参加している様々なイベント実施団体との連携を図り、弘道地区の町民運動会の一部を防災運動会とするなど、既存のイベントに防災要素を含む「プラス防災」を仕掛けることで、既存の地域活動から防災へつなげることが考えられる。

また、小学校区は PTA や社会福祉協議会等の単位ともなっており、現在、弘道小学校において実施している小学生対象の防災学習会に加えて、避難所運営においても重要な女性視点を取り入れるために、女性や

子どもの親、その他の地区内住民組織との連携を図る必要がある。特に優先課題とする高齢者対象の活動に加えて、女性視点による災害対応の検討体制の構築や、それに向けた人材育成支援を行うことが肝要である。

加えて、弘道コミュニティ協議会、区長会、消防団、PTA 等と連携し、平日の日中に地域に勤務・居住し、防災の担い手となり得る地域住民（若年層）を対象とした多世代参加型防災訓練・活動を実施する。また昼間は町外勤務者等が不在であるため、東日本大震災においても大いに活躍した、基礎体力が備わっている中学生の力が災害時には欠かせない。そのため、特に中学生を対象に加えた多世代参加型防災訓練・活動の実施も重要である。

・**出石特有の職業上のネットワークの活用**：すでに市と災害に関する協定を締結している団体（出石町建設業協会等）だけでなく、出石独自に存在する組織である但馬國出石観光協会や出石まちづくり公社、出石皿そば協同組合、さらには、豊岡市商工会出石支部等の職業団体に防災訓練・防災教育等への参加促進や情報共有を行い連携を促進するなど、災害時対応等へ向けた弘道地区の防災まちづくり促進の連携を図る。

・**区を超えた連携**：区を単位とする住民組織では対応できない点について、弘道コミュニティ協議会安心づくり部が、区を超えた連携や弘道地区全体の防災課題に取り組む基盤とする。また平時からの危険箇所点検等を通じて、弘道地区内の連携や、地域の状況の理解、防災まちづくり活動の継続実施につなげていく。

4.3.3. 災害前後を踏まえた伝建地区の景観保全の促進

特に地震等の災害は防ぐことができないものであり、被害を受けることを想定した対策を進める必要がある。しかし、出石城下町として守るべきものについて住民との意見交換が進んでおらず、また被害後を想定した対策も進められていないため、今後それらの検討を進めていく必要がある。

(1) 伝建地区の周辺地区の保全策の検討

伝建地区の周辺地区にも伝統的な町家や町並みが残っており、それらを含めた保全についても検討していく必要がある。平成 17（2005）年から平成 27（2015）年までの人口変化では、伝建地区周辺の一部では転入が進み新興住宅地の建設があるなど人口増となっている。これはヒアリングの結果、一部は伝建地区内の住民が分家することによるものであり、さらに人口動態分析より豊岡市内からの転居が多数を占めることが明らかになった。そのため、伝建地区の周辺地区において転居以前から出石を身近に感じる住民も多いと予想され、実際に弘道小学校区についても伝建地区があることによって地区への愛着を感じている（弘道コミュニティ協議会実施の住民アンケートより）ことなどから、城下町としての出石の保全には大半の方に賛同いただけると考えられる。一方、保全には規制を伴うものであり、伝統的な町家や町並みの保全へ向けた補助金がより充実している伝建地区の拡大化、規制は住民等の合意で決められるが補助金等の手当てが薄いバッファゾーン（出石城下町景観形成重点地区）等、どの制度が地域住民の総意に沿うものかも含めて範囲拡大の検討を進めることが肝要である。（5章 1-3-e）

(2) ヘリテージ・マネージャー制度を活用した被災後の建造物の価値保全策の検討

地震後の応急危険度判定において、「要注意」あるいは「危険」と判定された場合に、復旧可能な文化財建造物であっても即座に取り壊しに至ってしまった事例があるが、ヒアリングの結果、取り壊しを未然に防ぐ連携が整備されていないことが明らかになった。そのため、災害時に生命と安全を守るための応急危険度判定制度に加えて、文化財建造物の保全策を検討するべきである。

そのため、「出石まちなみ設計士会」を通じてヘリテージマネージャーを核としたネットワークである「ひょうごヘリテージ機構（H²O）」とまず連携を行い、そして、他の伝建地区、より広域的な組織との連携協力も図り、対策・教訓を共有する。ひょうごヘリテージ機構は兵庫県を7地区に分けているが、行動シミュレーション等の訓練により、ヘリテージマネージャーの人数が不足することが想定される場合は、他の地区のヘリテージマネージャーとの連携を強化することも視野に入れて連携を進める。（5章 5-3-a）

(3) 事前復興計画による被災後ビジョンの策定

時間や財政等の制約条件下におかれる復興まちづくりにおいて、被災した歴史的建造物の解体や、大規模な基盤整備による歴史的な街区形態の改変、生活風景の喪失等を招いてしまう恐れがあるが、防災課へのヒ

アリングの結果、復興については対応が進んでいないことが明らかになった。

特に伝建地区においては、災害に強い新しい街をつくるのではなく、既述のように何を残していくのかという優先付けや、賃貸型応急仮設住宅や建設型応急仮設住宅をどこに設置するのかなど、災害後も円滑に再建する計画を、表 2 の例のように災害前から検討していく。また、伝建地区内の住民や商業従事者という直接利害を有する主体を中心に検討しつつも、出石に愛着を持つ周辺地区の住民等の意見も取り入れるなど、伝建地区に限定しない準備を整える必要がある。(5章 5-3-b)

表 2 国土交通省により提示された「復興事前準備の取組の流れ」⁵⁾に
出石伝建地区の状況を付加した復興事前準備の取り組みプロセス

ステージ	復興事前準備の取組
事前検討項目	復興事前準備の検討に加わる主体を検討する（伝建地区内の住民や商業従事者、周辺地区の住民等）
ステージ 1： 状況確認	①復興事前準備の取り組み内容を学び、その必要性に気づく ②自らのまちの復興事前準備の取り組み状況を確認する →現状では検討できていない
ステージ 2： 復興事前準備への取組	③基礎データと被害想定を重ね、まちの課題を集約し、共有する →特に 4.3.2.(1)参照 ④復興事前準備の必要性を問いかけ、復興まちづくりの課題を認識する →伝建地区が被災した場合、何を優先して保全・復興させるのか →賃貸型応急仮設住宅や建設型応急仮設住宅の設置場所をどうするのか、など ⑤復興体制と復興手順を検討する ⑥計画に復興事前準備の取組を位置づける
ステージ 3： 計画策定	⑦事前復興計画を策定する ⑧基礎データを整理する
フォローアップ	①職員の復興まちづくりに関する実務能力の習熟に向けた訓練を実施する ②住民を含めて復興まちづくり訓練に取り組む ③復興事前準備の取組や進捗状況を検証する

4.3.4. 伝建地区をコアとする持続的な魅力の創出と転入人口の増加策の検討

伝建地区における人口減少並びに高齢化は周辺地区と比較して急速に進行することが予測されており、現状より、さらに少数かつ高齢化の進んだ住民で地区を守っていくことは困難となる。長期的には、伝建地区の特色を生かした定住・関係・交流人口の創出を図ることが肝要である。

伝建地区において活用できる資源活用の方針としては、空き家となっている建築物のさらなる利活用の検討、グローバル展開を見据えた文化芸術産業の振興等が考えられる。前者については他地区の事例では宿泊や飲食店事業への活用等が進んでいるが、さらなる促進へ向けて、主体間の連携による適切なタイミングで適切な情報を発信することでマッチングを促進するための情報集約・提供の仕組みづくりや、文化芸術産業の振興策の一環として地域おこし協力隊や、令和 3（2021）年 4 月に豊岡市内に開校した芸術文化観光専門職大学の学生への住居としての空き家活用、そして地域金融機関等との連携による融資や事業化の促進等が考えられる。また、後者については豊岡市が加入している創造都市ネットワーク日本だけでなく、世界各国の都市との連携による文化的産物の普及を進め雇用の創出策を検討することが重要である。また本課題は、出石地域のみならず豊岡市全体の人口減少緩和を図ることに貢献できる。(5章 1-3-f)

4.3.5. 課題と今後取り組むべき対策のまとめ

伝建地区を災害から防御し保全していくためには、伝建地区のみで考えるのではなく、また短期的・長期的視点の両面から対策を進めていく必要がある。図 1 は「3.3 住民意識と防災活動の課題調査」ならびに本章の対策方針をまとめたものである。出石伝建地区の課題だけでなく、隣接地域や弘道地区との連携を図りながら、地域の強みを生かして対策を進めていくことが重要である。

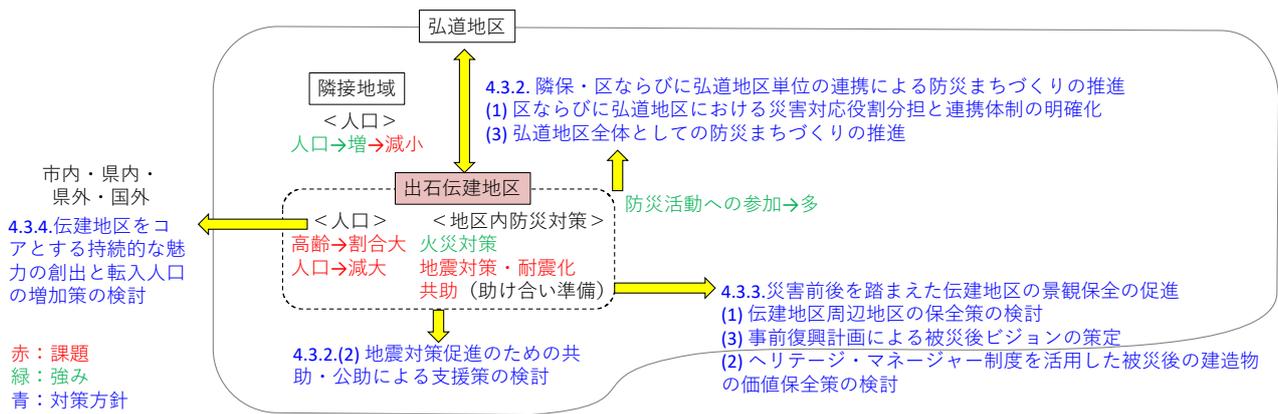


図1 住民意識と防災活動の視点から考察できる伝建地区を中心とした課題と強み、そして対策方針

参考文献

- 1) 兵庫県：防災と福祉の連携による個別避難計画作成の促進（令和3年度），兵庫県，2021，（2022年1月19日閲覧）：
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk37/plan.html>
- 2) 金沢市：金沢市伝統的建造物群保存地区保存整備事業費補助金交付要綱（平成13年6月11日 告示第161号），金沢市，2001，（2022年1月19日閲覧）：
https://www.city.kanazawa.ishikawa.jp/reiki/reiki_honbun/a400RG00001184.html
- 3) 東近江市：東近江市伝統的建造物群保存地区保存整備事業費補助金交付要綱（平成17年2月11日告示第28号），東近江市，2005，（2022年1月19日閲覧）：
https://www.city.higashiomi.shiga.jp/reiki_int/reiki_honbun/r151RG00000355.html
- 4) 川越市：川越市伝統的建造物群保存地区保存整備事業費補助金交付要綱（平成29年4月1日施工），川越市，2020，（2022年1月19日閲覧）：
<https://www.city.kawagoe.saitama.jp/smph/shisei/seisakushisaku/hoshinkeikaku/kyoiku-bunka-sports/kenzobutsuhozon.html>
- 5) 国土交通省：復興まちづくりのための事前準備ガイドラインについて（2018年7月24日），国土交通省，2018，（2022年1月19日閲覧）：
https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000036.html

4.4 地震対策上の課題と対策方針

4.4.1. 伝建地区の耐震改修における課題

伝建地区では、伝建修理・修景事業が設計士集団「出石まちなみ設計士会」等の協力のもとに実施されている。伝建地区内で修理や改修がなされている建築物を対象に、構造的な特徴を調べるとともに、設計士によって修理の際に実施されている耐震診断や耐震補強設計がどのような耐震性能評価の方法で行われているか、耐震補強にどのような方法や部材が用いられているか、さらに保存修理における問題点などを調べた。

(1) 調査建築物

令和2（2020）年度に改修工事が行われる建築物2件と、令和3（2021）年に修理希望の3件を調査及びヒアリング調査を行った。令和3年度には、それに引き続き、令和3年度の修理事物4件と令和4（2022）年度事業としての希望物件8件について現地調査を行う予定であったが、質問形式による調査を実施した。なお、令和2年度の調査建築物と令和3年の調査建築物で3件が重複していたので、調査建築物の合計は14件であった。

(2) 調査項目

修理事物の調査や耐震診断、耐震補強設計を担当した設計に、以下のような質問・ヒアリングを行った

a) 建築物概要

建築物名称、地区、建設年代、規模（平屋・2階建てなど）

b) 調査方法等

修理の設計士・設計事務所、修理の工務店、調査図面の有無、劣化損傷の調査、偏心率の計算

c) 耐震診断、耐震補強設計の方法について

d) 耐震補強について

補強方法、用いる補強部材、耐震補強等における問題点

e) 限界耐力計算について

限界耐力計算を使うか、使い場合の問題点

など。

(3) 建築物・地域の特性に関する調査

a) 劣化損傷調査について

調査対象の建築物は、明治から大正にかけて建設されており、腐朽や蟻害などの生物劣化や損傷が発生しているので、劣化損傷調査は欠かせないが、ほとんどの建築物が担当設計士によって調査されている。劣化調査では、主要構造部材を中心に木部の生物劣化（腐朽および虫害）や損傷の現況を調査し把握するとともに、劣化・損傷の程度により部材の交換や修復を行うために調査資料を整備しておく。また、劣化損傷の有無だけでなく、生物劣化が発生しやすい環境にあるかどうかの判定も行い、今後の対策や維持管理に役立てることが重要である。

b) 積雪荷重について

垂直積雪量150cmの多雪区域であるので、積雪荷重を考慮して、耐震診断、耐震補強設計を行うことになるが、耐震診断、耐震補強設計で採用している耐震性能評価法によっては、積雪荷重を考慮しない場合がみられる。

c) 偏心率について

偏心率が大きい場合、大地震時には揺れ振動によって大破・倒壊する危険性があるので、調査対象の多くの建築物では偏心率の計算を行っている。

(4) 耐震診断、耐震補強設計の方法について

伝建地区の建築物は伝統構法木造建築物であり、耐震診断と耐震補強設計の方法は、建築物の耐震性能評価の適切さや補強方法、補強用構造要素の自由度などから限界耐力計算による方法が適切と考えられるが、限界耐力計算はほとんど使われていない。現場経験に基づいて判断、壁量計算による方法が多く、一般診断法、保有耐力診断法（精密診断法¹）などが使われている。

(5) 耐震補強について

用いられている補強方法・部材として、伝統構法で一般的な土壁増設は少なく、筋かい、構造用合板が多く採用されている。その他に、鋼製ブレースや柱脚・柱頭の金物補強などが見られる。

伝建地区の建築物は伝統構法木造建築物であるにも関わらず、用いられている補強部材は在来工法用の部材である。次項「4.4.2. 伝建地区の補強要素の紹介」で示されている補強要素は伝統構法に適しているので参照されたし。なお、意匠的に格子壁等が用いられているが、耐震補強の効果などは4.4.5のような実験による性能検証などを通じて検討することが可能である。こうした要素の事例収集を行い、伝建地区に適した手法を整備することも重要である。

耐震補強に関連する問題として、予算面で施主への大きな負担が挙げられる。また、出石の町家では大半が2.5間以下の狭小間口なので耐震壁を確保することが難しい。また、施主にとって住宅の修理の主たる理由は劣化損傷箇所の修理や利便性の向上を目的とするリフォームであることを考慮すると、耐震補強はやりにくいのが現状である。これらを考慮すると、伝建修理補助金に耐震補強補助金が追加されるとやり易くなる。また、利便性の向上を目的とするリフォームについても併せて行えるようにすれば、さらにやり易くなる。

(6) 限界耐力計算について

限界耐力計算は、伝統構法木造建築物の優れた変形性能を生かすことができる耐震性能評価法であり、伝統構法の町家・民家・寺社など、また石場建てにも適用できる。また、実験等で変形性能を確認された構造要素であれば耐震補強に使うことができる²⁾。限界耐力計算は、設計や構造要素の自由度を広げてくれる。

以上から、限界耐力計算を使いたいと言う要望があるが、実際に限界耐力計算を使って耐震診断および耐震補強設計を実施するには、詳細な構造調査、煩雑な計算を要するので、設計士への負担が大きくなる。また、住宅等の改修では、経費の高い限界耐力計算を使えない。そこで、伝統構法の耐震改修等への補助金制度が考えられる。

(7) 伝統構法の耐震化支援補助金制度について

京都市をはじめ金沢市、高山市においては、町家などの伝統構法木造建築物を対象にして耐震改修工事費への補助のみならず、耐震診断および耐震補強設計を担当する設計士に対する補助金制度が実施されている。これらの各市の補助金制度では、耐震化マニュアルをもとに限界耐力計算による耐震診断および耐震補強設計に対しても補助している^{2,3)}。このように、設計士への補助金制度が必要と考えられる。また、設計士の多くが補助金制度を要望している。出石伝建地区においてもこのような補助制度ができれば、伝統構法の良さを生かした耐震改修の進展が期待される。

参考文献

- 1) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会：「伝統的構法のための木造耐震設計法－石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル」、学芸出版社、2019年6月.
- 2) 金沢市：「金沢市伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編）」、2011年3月.
- 3) 高山市：「高山市伝統構法木造建築物耐震化マニュアル」、2014年年3月.

謝辞

質問形式の調査やヒアリング等のご協力いただきました設計士の皆様、豊岡市出石振興局地域振興課の皆様に厚く感謝申し上げます。

4.4.2. 伝建地区の補強要素の紹介

出石伝建地区にみられる、いわゆる伝統的構法による建築物の主たる耐震要素は大きな変形能力を有しており、耐震補強を計画する際には現有する構造要素の変形能力を生かすことのできる補強要素を配置することが重要である。現在広く用いられている構造用合板等を用いた面材耐力壁や筋交い等は、剛性、強度は高いが変形能力に乏しく、地震時において剛性の違いによる偏心を引き起こしたり、耐震要素を配置した箇所の剛性が高まることにより、応力集中が生じ、既存の軸組みに損傷を引き起こすことが懸念される。伝統的構法による建物に用いる補強要素の例として下記を示す。こうした要素の性能は基本的に実験によって性能を確認することができ、それを限界耐力計算による補強要素として考慮することも可能である。4.4.3. ではこれらの要素を補強要素として用いた場合の設計事例も紹介する。

(1) 乾式土壁パネル

乾式土壁パネルは伝統的構法に広く用いられている土壁を主体とし、最大耐力以降の耐力低下を抑えた壁材である。既存軸組に受け材を用いて取り付け、パネル表面に中塗り、仕上げ塗りを施すことにより従来の土壁と同様の仕上がりとなるため、新設の壁としての配置や、従来土壁の一部の仕様変更として用いることにより、耐震性能を向上させることが期待できる。

パネルは22mm、26mmの厚さが用意されており、片面張り、両面張り等により耐力調整が可能である。乾式土壁パネルの復元力特性は、実験結果より壁長ささとパネルの厚さにより変形角に応じて下記の数値を用いて耐震補強設計を行うことができる。

表1 乾式土壁パネルの復元力特性（受材仕様、kN/m²）

変形角 (rad)		1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/25	1/20	1/15	1/12	1/10
		0.0021	0.0042	0.0083	0.0111	0.0167	0.0222	0.0333	0.04	0.05	0.0667	0.08	0.1
乾式土壁 パネル (kN/m ²)	1P以上	73.0	100.0	148.0	175.0	215.0	260.0	328.0	358.0	376.0	382.0	385.0	385.0
	1P未満	60.2	82.5	122.1	144.4	177.4	214.5	270.6	295.4	310.2	315.2	317.6	317.6



写真1 乾式土壁パネルの適用例

(2) 吸い付き板壁

吸い付き板壁は、壁下地となる栈材に、欠きこみを設けた板壁材を固定し、板壁材のめり込みを抵抗要素とする板壁で、平成 24 (2012) 年に行われた実験結果をもとに復元力が示されている。実験における試験体の壁高さは 3P (2730mm、土台芯-加力梁芯寸法) と、壁スパンは 1P (910mm) で、使用樹種は土台をヒノキ、桁、柱、間柱及び板壁部分をスギとする。柱と横架材仕口に用いる込栓はヒノキとし、吸付き栈はスギとした。板材は本実両面貼とし、板材と吸付き栈材の固定は釘(N50)とした。

表 2 に各試験体の設計用復元力特性を示す。正負各加力時の実験結果平均より算定し、柱仕口のめり込みにより生じるせん断抵抗を除いた値を示す。試験体の復元力特性は 3 体の平均を示す。

なお、本タイプの板壁は一般的な板壁 (板張りタイプ) に比べて耐力が大きく、2P の板壁とした場合、柱-梁接合部の損傷を引き起こす恐れがあるため、1P を超える壁面積に適用する場合にはスパン中央に柱を設ける等、構造躯体への損傷を抑えるための措置を講じることが望ましい。

表2 吸い付き板壁の復元力特性

	荷重 (kN)										
	0	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
吸付栈 1P-試験体3体平均	0.00	1.18	1.82	2.81	3.15	4.25	5.00	6.54	9.08	10.80	10.85

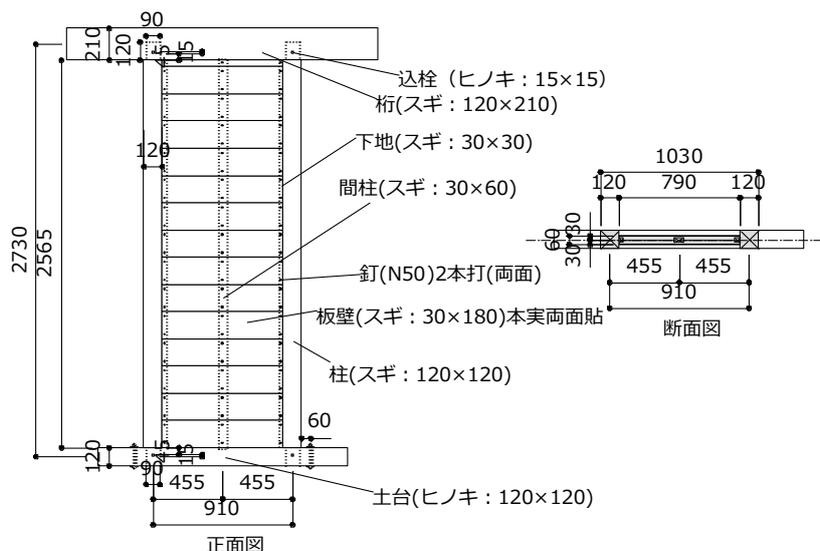


図1 吸い付き板壁の概要

(3) はしご型フレーム

はしご型フレームは柱間に設けられた上下の水平材の間に鉛直の束を配置することにより、架構の変形に合わせて束材と弦材との接合部に生じるモーメント抵抗により耐力を発揮する補強要素である。前記の補強要素と異なり、開口を生かした補強計画が可能となる他、めり込みによる抵抗機構のため、大変形時においても安定した耐力を発揮することが可能である。はしご型フレームの復元力はフレーム1構面における仕口の回転めり込み抵抗の総和を、構面高さで除すことによりせん断力に換算する。仕口一か所あたりのモーメントは弾塑性パステルナークモデル (EPM) に基づく解析等を行うことにより算定することも可能であるが、表3に示す標準仕様¹⁾に沿った仕様とすることで、表4に示す仕口一か所あたりのモーメントを用いることができる。

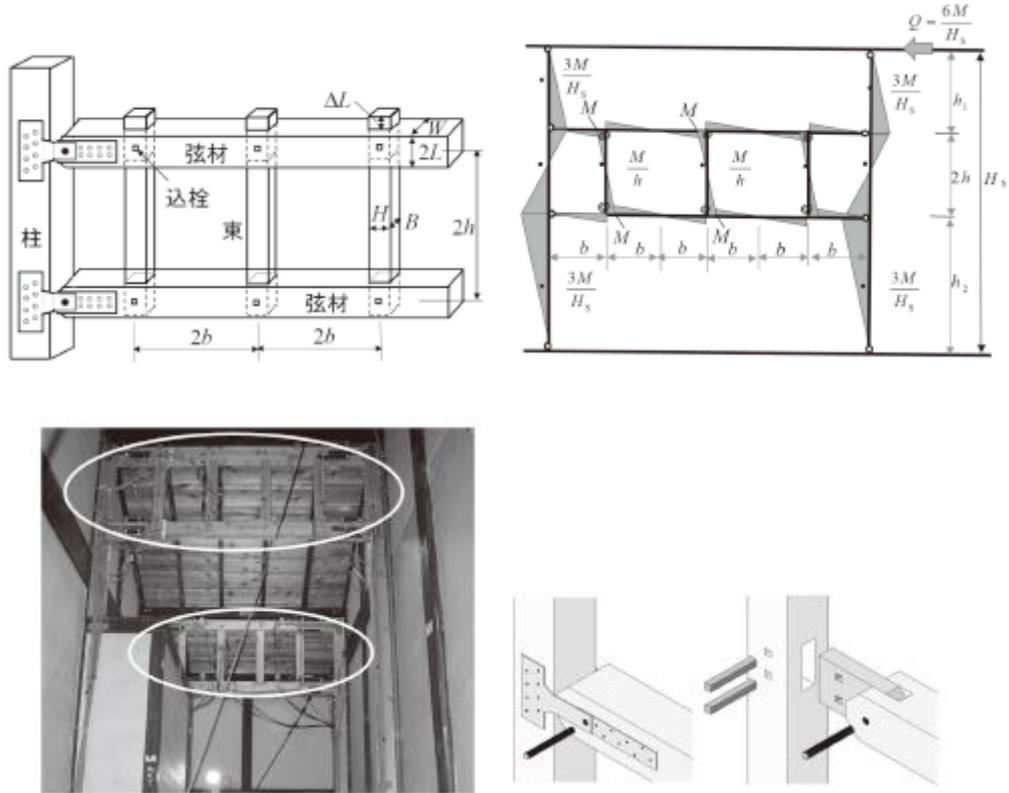


図2 はしご型フレームの概要

表3 はしご型フレームの標準仕様

No	仕様	柱	東の間隔 $2b$	東の断面 $B \times H$	込栓	弦材 $2L \times W$	弦材の間隔 $2h$	樹種			
1	住宅_東幅45	105mm×105mm	300mm	45mm×45mm	9mm角	90mm×90mm	450mm	ヒノキ			
2	住宅_東幅60			45mm×60mm							
3	住宅_東幅60		455mm	60mm×60mm					12mm角	105mm×105mm	450~750mm
4	住宅_東幅75			60mm×75mm							
5	住宅_東幅90			60mm×90mm							
6	社寺_東幅120	150mm×150mm	600mm	75mm×120mm	18mm角	150mm×150mm	600mm	ヒノキ			
7	社寺_東幅150	180mm×180mm		90mm×150mm					20mm角	180mm×180mm	

表4 はしご型フレームの標準仕様における仕ローか所あたりのモーメント(kNm)

回転角	(rad)	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
	($\times 10^{-3}$ rad)	2.08	4.17	8.33	11.11	16.67	22.22	33.33	50.00	66.67	100.00
東45×45mm	0.04	0.09	0.19	0.25	0.38	0.51	0.69	0.83	0.94	1.13	
東45×60mm	0.05	0.10	0.20	0.28	0.40	0.54	0.80	0.99	1.11	1.34	
東60×60mm	0.07	0.14	0.28	0.37	0.56	0.74	1.13	1.49	1.71	2.06	
東60×75mm	0.09	0.17	0.34	0.46	0.69	0.91	1.36	1.72	1.96	2.35	
東60×90mm	0.10	0.19	0.38	0.51	0.77	1.04	1.47	1.85	2.10	2.54	
東75×120mm	0.27	0.54	1.08	1.46	2.05	2.36	2.78	3.25	3.63	4.31	
東90×150mm	0.47	0.94	1.87	2.63	3.66	4.24	4.98	5.78	6.47	7.67	

(4) 格子壁

格子壁もはしご型フレーム同様、めり込みによる抵抗機構のため、大変形時においても安定した耐力を発揮することが可能である。また、開放性の高い補強要素である。格子壁の復元力はフレーム1構面における縦棧と横棧交差部の仕口における抵抗モーメントの総和を構面高さで除すことにより復元力を求めるが、棧材の断面形状や間隔により抵抗モーメントに影響を与えるほか、微小変形時において滑り等の影響を考慮する必要があるため、設計用復元力の算定においては文献1)、文献2)を参考に、復元力を求める必要があることに留意する必要がある。

参考文献

- 1) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会：伝統的構法のための木造耐震設計法 石場建を含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル，学芸出版社，2019.
- 2) 土塗壁等告示に係る技術解説書作成編集委員会：土塗り壁・面格子壁・落とし込み板壁の壁倍率に係る技術解説書，日本住宅・木材技術センター，2004.

4.4.3.出石伝統的構法木造建物の限界耐力計算による耐震性能評価および耐震補強効果の評価

出石伝建地区における建築物の構造的特徴の把握および現有の耐震性能を把握するため、現在、一棟貸し宿泊施設等として活用されている、昭和初期に建設された特定物件【建・田49主屋】を対象とし、限界耐力計算による性能評価を行った。また、前項に示した耐震補強要素を用いた補強検討を行い、補強設計の一例とした。

本建物は現在簡易宿泊施設として利用されており、昭和初期建設の部分と、増築部分から構成されている。本検討では伝統的建造物部分である総2階部分を検討対象とし、それ以外の部分は検討対象から除外する。表1に建・田49主屋の概要を示す。

表1 調査対象の建築物の概要

	項目	内容
調査対象	名称	建・田49主屋
	所在地	兵庫県豊岡市出石町田結庄4
	管理者	株式会社 出石まちづくり公社
	構造	南北に桁行を持つ瓦屋根切妻造り、平入り、木造軸組、総二階、間口 6.15m、奥行 13.345m
	材料	詳細な樹種調査は未実施
	設置日	昭和初期
	改修・維持管理の履歴	平成22(2010)年度兵庫県空き家施設改装支援事業 平成23(2011)年度伝建修理事業

(1) 構造的特徴

地盤は、敷地全体は比較的平坦な地形で、周辺地盤に大きな傾斜がある可能性は低いと考えられるものの、出石川流域の堆積土による地盤と考えられる。基礎は、道路側は切り石の上に柱が据えられており、内部は石場建ての基礎となっている。土台は、建物東西には土台は配置されず、桁行き方向の一部に足固めが配置されているものと考えられる。

現在の建物の平面図を図1に、立面図を図2に示す。図には建物における耐震要素の配置状況をあわせて示す。本建物は間口6.15m、奥行き13.345mの総2階の建物で、建物西側が道路に面した、南北方向に桁行を持つ切妻造り平入りとなっている。建物南側には道路から梁間方向に連続した通り土間を有している。

平面計画は通り土間に面して3つの居室が東西方向に連続する町家形式の平面プランで、2階の間スパンで通り土間上部に吹き抜けを有している。通り土間と居室の境界で、吹き抜けを挟む形で大黒柱、小黒柱(恵比寿柱)が配置される。主要な構造要素は全面土壁、土壁小壁、軸組み仕口におけるめり込み抵抗が挙げられる。一般柱の断面は□120程度と推定される。

(2) 設計用荷重

各階の質量は、各階の固定荷重および積載荷重との和を重力加速度で除したものとする。固定荷重、積載荷重ともに実況に応じて計算し、固定荷重については、令84条の表に示す建築物各部の単位荷重の数値、積載荷重については、令85条の表に示す床面積あたりの数値に各部の面積を乗じて求める。

近似応答計算では建築物の質量は、当該層の階高の1/2で分割し、上半分を当該階の質量、下半分を当該階の下階の質量に含めるものとして計算を行う。現況の固定荷重を表2に示す。地震用積載荷重は2階床面で600N/m²とする。改修後の平面計画を基に重量を求め、屋根は葺き土なしの重量とする。当該地区の垂直積雪量は150cmの多雪区域であるため、30N/m²/cmとして積雪時の検討を行う。なお、地震荷重算定時における積雪荷重は0.35Sを用いる。1階と2階の重量はそれぞれ155.11kN、173.79kNである。

表 2 荷重表(N/m²)

屋根	瓦葺土	500
	アスファルト	10
	野地板	115
	垂木	31
	母屋	50
	小屋組	270
	天井	100
床	畳敷	245
	板張	115
壁	片面土壁 t=6	707
	片塗土壁	589
	非構造壁	340
	木製建具	60
	軸組み	150

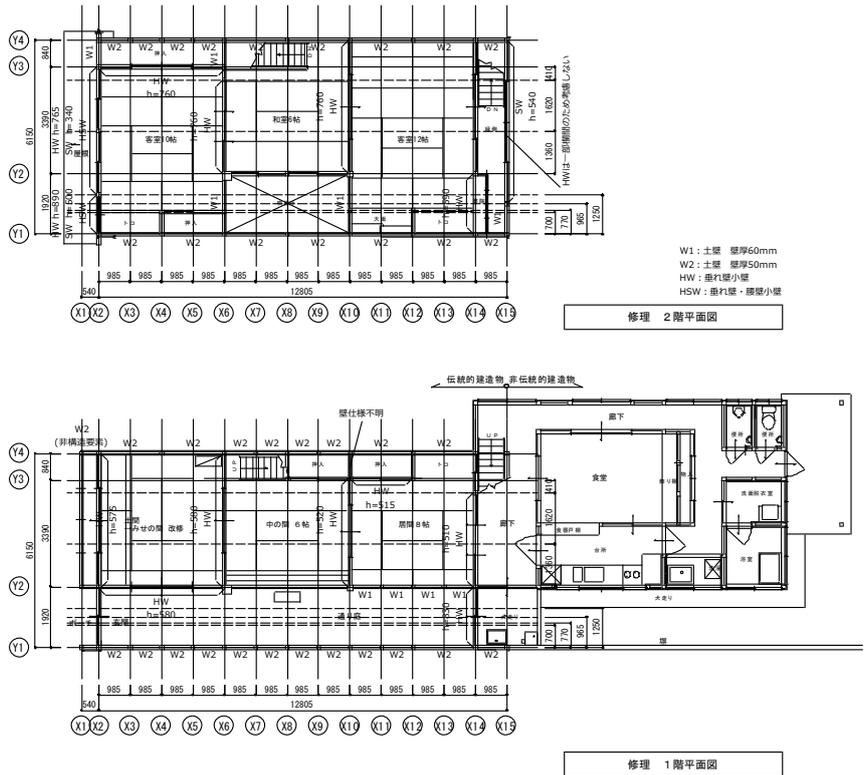


図 1 現況平面図 (伝統修理工事後)

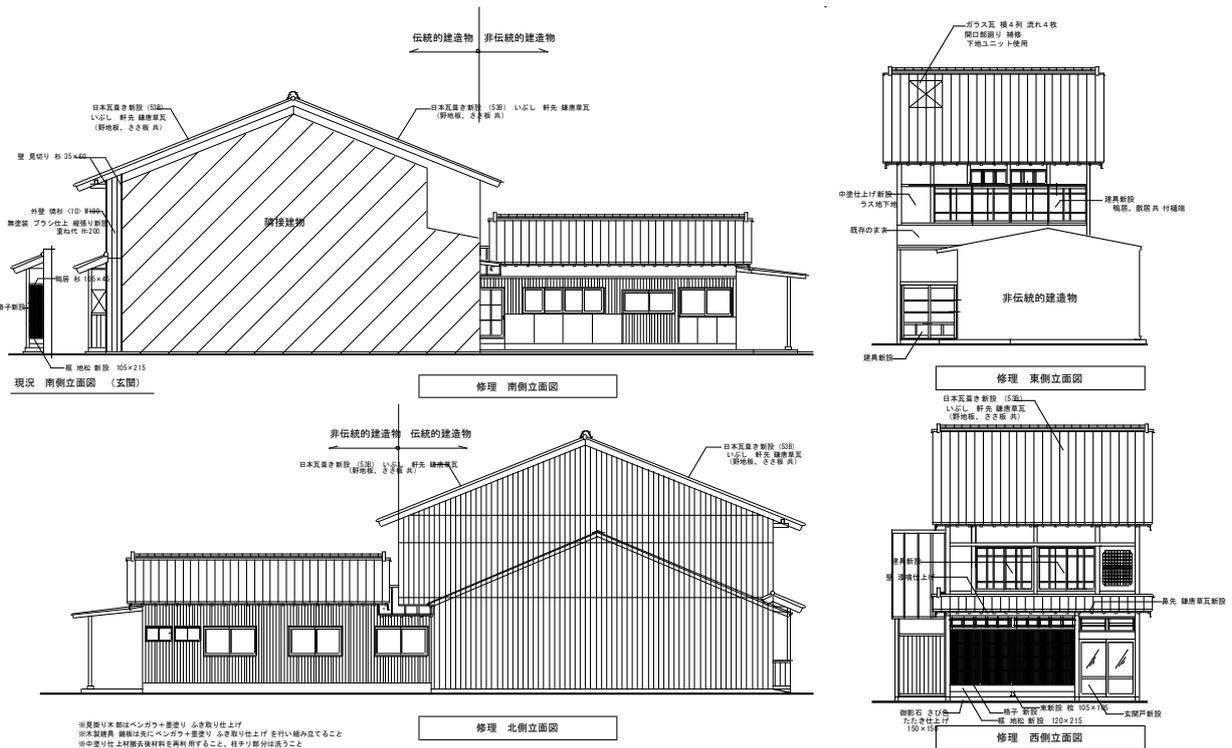


図 2 現況立面図 (伝統修理工事後)

(3) 耐震要素(耐震要素および復元力特性)

近似応答計算に用いる耐震要素および復元力を下記に示す。耐震要素は全面土壁、小壁付き柱および差鴨居(横架材の接合部)とし、現況の接合部詳細が確認できないものについては加味しない。各耐震要素の復元力は文献 1)に基づき算定する。

(a) 全面土壁

全面土壁の耐力はアスペクト比(高さ/幅)に依存する。伝統的構法のための木造耐震設計法 設計資料-4 では任意の壁高さと任意の壁長さについて変形角とせん断応力度の算定方法が規定されているので、せん断応力度に壁水平断面積(壁厚×壁長さ)を乗じてせん断耐力を計算する。なお、幅 600mm 以下の壁については耐震要素に含めない。

(b) 小壁付き柱

小壁の復元力は小壁高さ、幅、束の本数に依存する。設計資料-5 では、全面壁と同様に、任意の高さと長さの小壁についてせん断応力度の計算法が示されている。ここで、壁長さには束の有無が考慮される。せん断応力度に壁水平断面積(壁厚×壁長さ)を乗じてせん断耐力を計算する。なお、小壁高さ 300mm 未満または壁厚 50mm 未満の場合の小壁耐力は無視する。

小壁付き柱の耐力は下図のようなモードで計算するが、特に小壁と全面壁が連続すると、柱の曲げ変形は拘束されるので、この場合の計算では、柱剛性を 100 倍している。

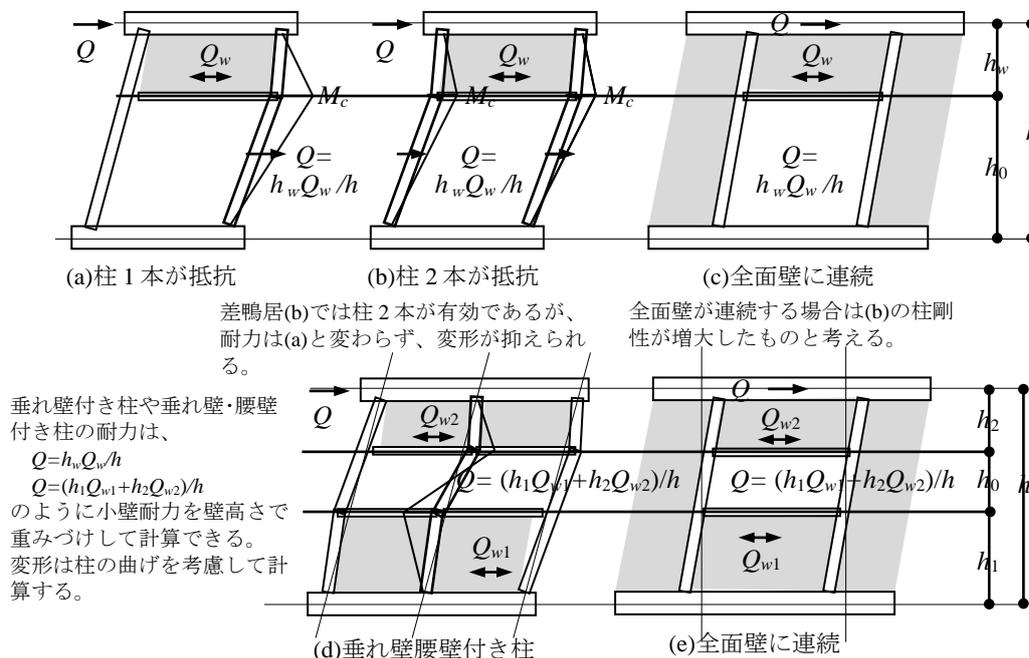


図 3 小壁付き柱の変形と耐力計算

(c) 柱端長ほぞ仕口

長ほぞ(3cm×9cm 深さ 12cm)仕口 1 か所あたりの強軸方向の曲げモーメントと回転角の関係が設計資料に示されている。曲げモーメントを、柱長さでなく階高さで割ることによって、柱回転角を層間変形角に置き換えることができる。なお、弱軸方向の強度は算定しない。また、差鴨居に接合している長ほぞ仕口も算入する。本報告書では、柱ほぞの仕様、位置が確認できないため耐力に算入しない。

(d) 柱と横架材仕口

柱と横架材の仕口として曲げ抵抗する部材は、貫、差し鴨居、足固めとし、それぞれの接合部要素として、通し貫、雇いほぞ胴栓止め、雇い竿車知、小根ほぞ鼻栓打ち、小根ほぞ込栓打ち、小根ほぞ割り楔締め の 6 つについて曲げモーメントと回転角の実験データが参考資料中、設計資料-5 に示されている。なお、梁 1 本両端の曲げモーメント和として数値が示されている場合は、1 か所あたりはその 1/2 となる。層に含まれる全ての仕口曲げ耐力を加算し、階高さで割ることによって層のせん断力が与えられる。2 階天井梁曲げ耐力は 2 階へ、足固めは 1 階へ算入するが、通し柱の 2 階床梁仕口の曲げ耐力は上下 1、2 階へ等配分する。

(d1) 雇いほぞ込栓打ち

梁幅、栓径と本数、雇いほぞの成と幅、込栓へりあきなど適用範囲が規定されており、梁成 15、18、21、24、27、30cm ごとに復元力がまとめられている。本事例では、梁行き(Y)方向の柱梁接合部に用いられている。

(d2) 雇ほぞ車知打ち

梁幅、車知の厚さと幅、雇いほぞの成と幅、目違いほぞや襟輪の深さなど適用範囲が規定されており、梁成 15、18、21、24、27、30cm ごとに復元力がまとめられている。本事例では、桁行き(X)方向の柱梁接合部に用いられている。

本報告書では主構面の横架材を暫定的に入力し、詳細調査をもとに改めて検討を行うことが望ましい。

以上の各要素の配置および計算詳細を、X,Y 各方向についてそれぞれ示す。架構別あるいは要素別に集計された復元力をあわせて示す。

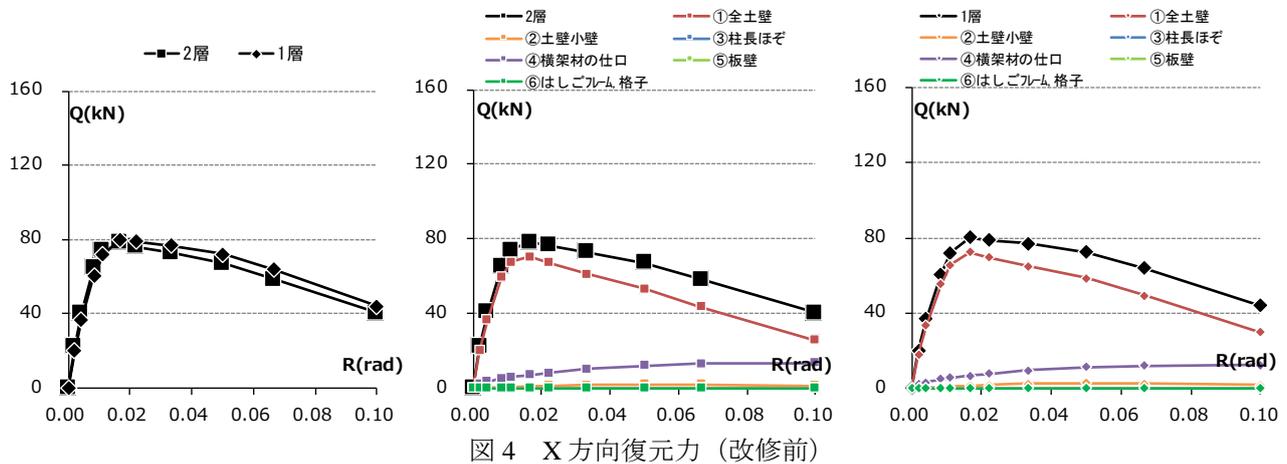


図4 X方向復元力(改修前)

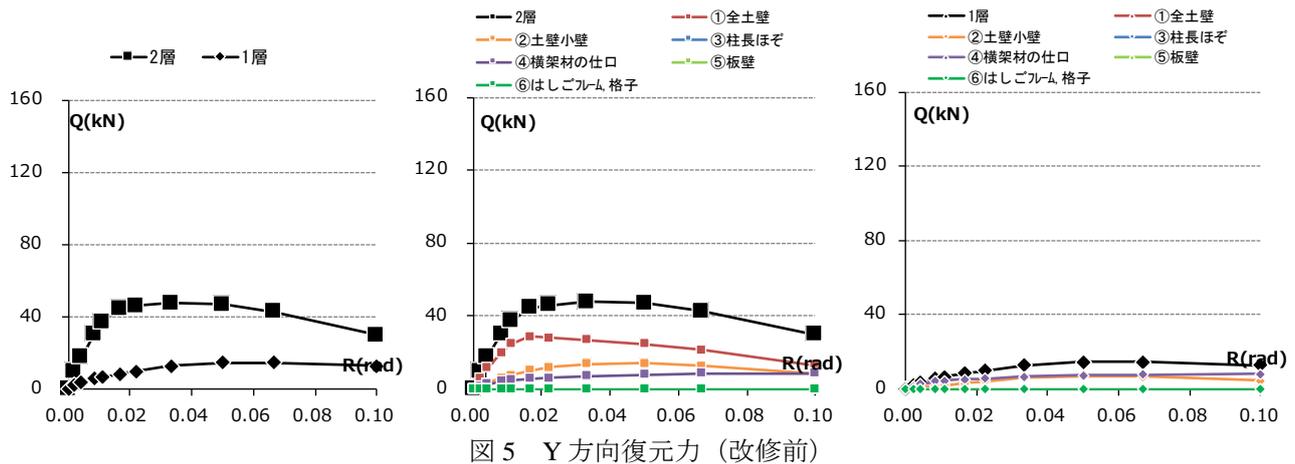


図5 Y方向復元力(改修前)

(4) 近似応答計算

- ・ 限界耐力計算法に基づき、地震時の建物の応答を評価し、建物の安全性を検証する。
- ・ 解析は各耐力要素を加算する並列モデルを用いた変位増分とする。
- ・ 建物の履歴性状は最大点指向のスリップモデルとする。
- ・ 1階水平構面については標準床仕様同等とし、建物全体が一体的な挙動を示すものと仮定する。
- ・ 振動要素の確認のため、偏心率の確認を行う。
- ・ 稀に発生する地震に対し、各階、各方向の応答値が層間変形 1/90rad を超えないことを確認する。
- ・ 極めて稀に発生する地震に対し、各階、各方向の応答値が層間変形 1/20rad を超えないことを確認する。
- ・ 石場建ての基礎部において、すべりの検討を行う。標準状態として柱底面と礎石間の摩擦係数を 0.4、極めて稀に発生する地震動時に一階床レベルに作用する加速度を 0.4G と想定しているが、滑り量を安全側(大きめ)に評価するために、摩擦係数を $0.4 \times 0.9 = 0.36$ 、1階床加速度を $0.4G \times 1.2 = 0.48G$ として計算する。本検討では建物の滑り耐力を上部架構 1 層の復元力が下回るため、柱脚の滑りに対する検討は省略する。
- ・ 地盤種別について

防災科学技術研究所地震ハザードステーション J-SHIS からの資料によると、当該敷地の表層 30m 平均 S 速度 $avVs$ は 209m/s で、工学的基盤とみなせる $Vs=1100m/s$ の深さは 21m である。ここで、表層 30m の地盤を $avVs=209m/s$ の単一層とみなすと、当該敷地の地盤種別は第 2 種地盤に相当する地盤と判断されるため、第 2 種地盤の加速度増幅率を用いて計算する。

以下に、近似応答計算結果及び偏心率の算定結果を示す。耐震要素が少なく、極めて稀に生じる地震動時に、建物倒壊の危険性がある。桁行方向については、1 層部分の耐震要素が極端に乏しく、稀に発生する地震動時においても、大きな損傷を生じる危険性がある。

・設計上のクライテリア

稀に発生する地震時応答層間変形角に対し、損傷限界変形角は地震時に構造安全性の維持に支障のある損傷が生じない層間変形角 1/90 とする。

極めて稀に発生する地震に対して安全性を担保するために、極めて稀に発生する地震に対して近似応答計算により直接求まる応答変形角を 1/20 以下とする。さらに、偏心や床構面剛性を考慮して増大させた変形角、ゾーニングによる部分建物の変形角に対しては、用いる耐震要素についての実験から保証されている 1/15 以下とする。

以上の耐震クライテリアを表 3 にまとめる。

表 3 耐震性能の目標

	稀に発生する地震	極めて稀に発生する地震
近似応答計算による代表層間変形角	1/90 以下	1/20 以下
偏心および床構面剛性を考慮した最大層間変形角 ゾーニングによる部分建物の代表層間変形角	-	1/15 以下

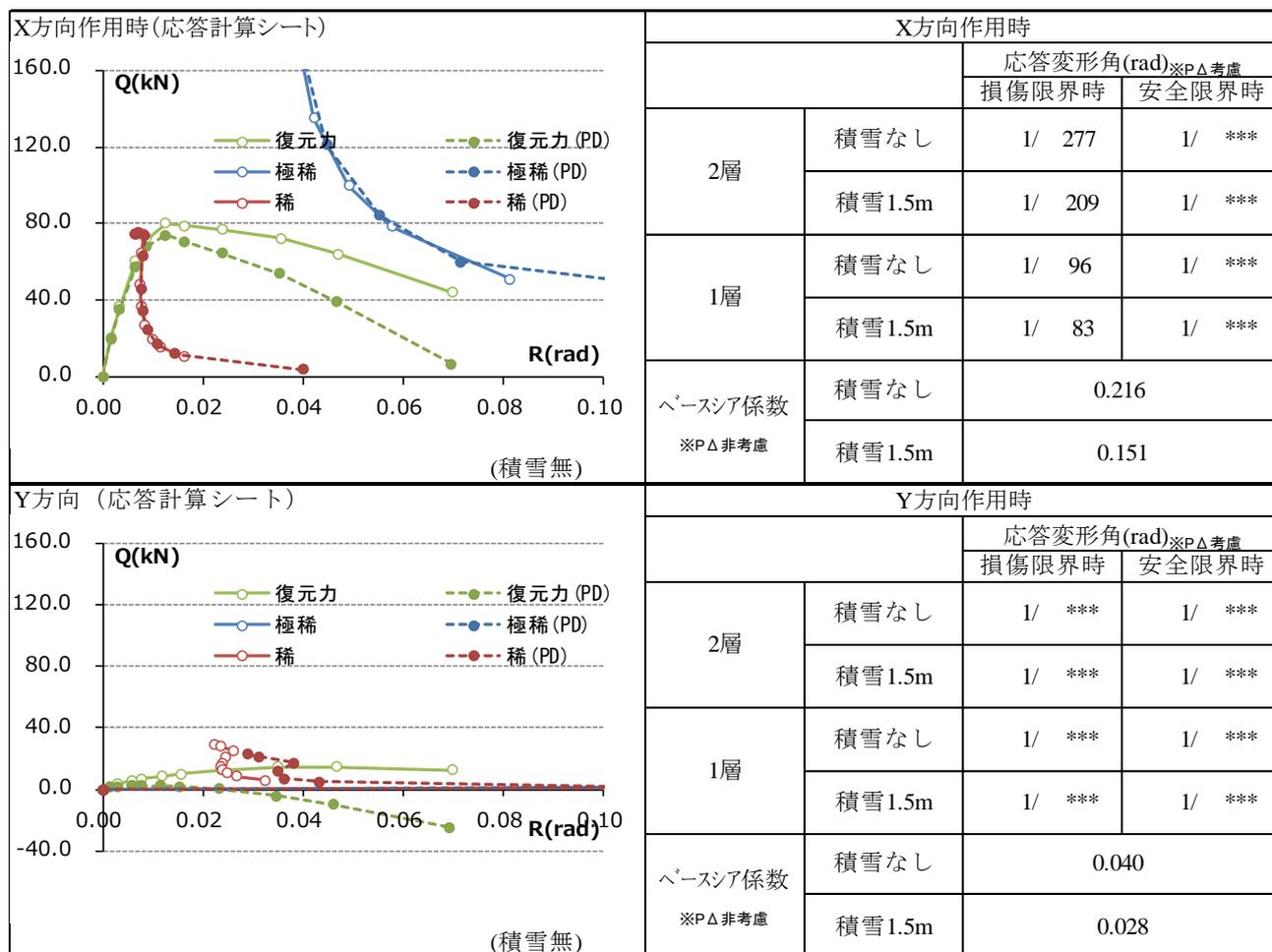


図 6 耐震診断結果 (改修前)

(5) 補強設計方針

現状では耐震要素が不足しており、設計上のクライテリアを満足できていない。本項では耐震補強の検討例を示す。

本検討では、耐震診断及び耐震補強で設計用の建物重量は変化しないものとして取り扱うが、実施設計においては建物重量の低減を行うことは応答低減効果が見込まれる一方、補強要素による重量増加が奇形側の評価となる場合も想定されるため、補強設計においても詳細に重量を算出することが望ましい。

補強に用いる耐震要素は、4.4.2で示した乾式土壁パネルおよび格子壁とする。乾式土壁パネルの復元力は前項表1を用いる。乾式土壁パネルは新設壁のほか、既存土壁の一部の仕様変更として用いる。格子壁に用いる仕口か所あたりのモーメントはEPM解析により求めた値とし、表4に示す。栈材は縦栈横栈ともに45mm角のヒノキとし、格子間隔は150mm程度とする。格子枠の高さは、横架材下部に配置することを想定し、2400mmとし、設計時の復元力算定においては2400mmを構造階高で除した値で低減した。

表4 格子仕口か所あたりのモーメント(kNm)

特定変形角R	0.000	1/480	1/240	1/120	1/90	1/60	1/45	1/30	1/20	1/15	1/10
[rad]	0.000	0.002	0.004	0.008	0.011	0.017	0.022	0.033	0.050	0.067	0.100

以降に耐震補強後の耐震要素平面及び設計用復元力を示す。なお、本検討において2階X15通りに壁を配置しているが、当該箇所は直下に柱がない恐れがあるため、このような箇所に補強を計画する際には水平構面の確認や既存軸組への影響等を実施設計時により詳細に検討する必要がある。

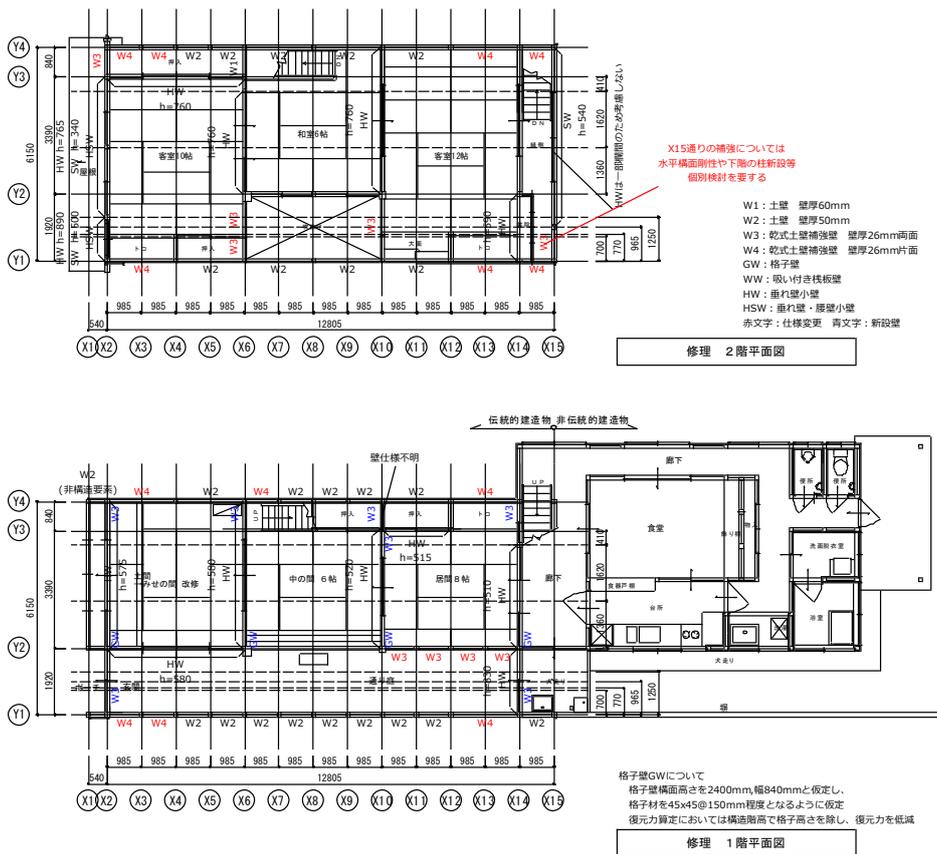


図7 補強後耐震要素配置平面

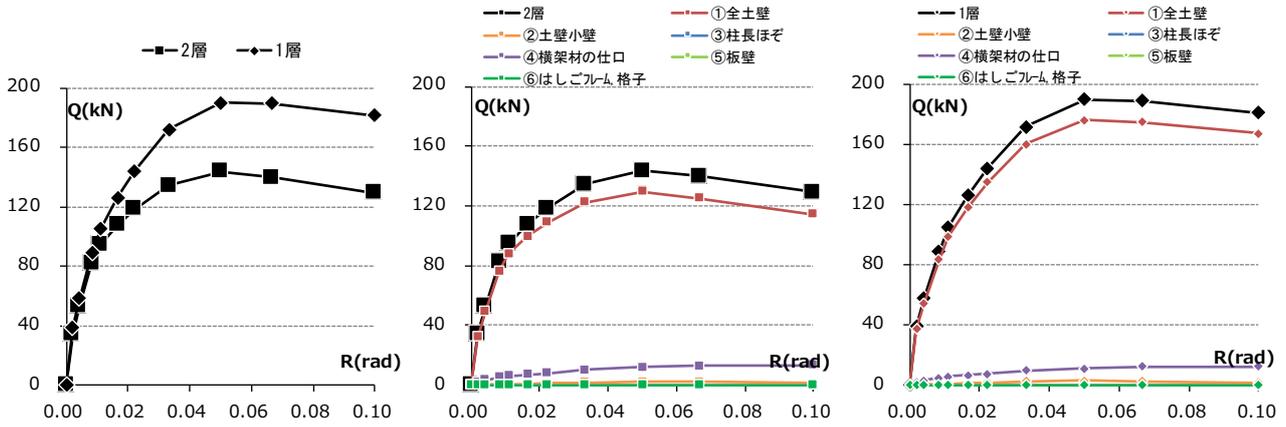


図8 X方向復元力(改修後)

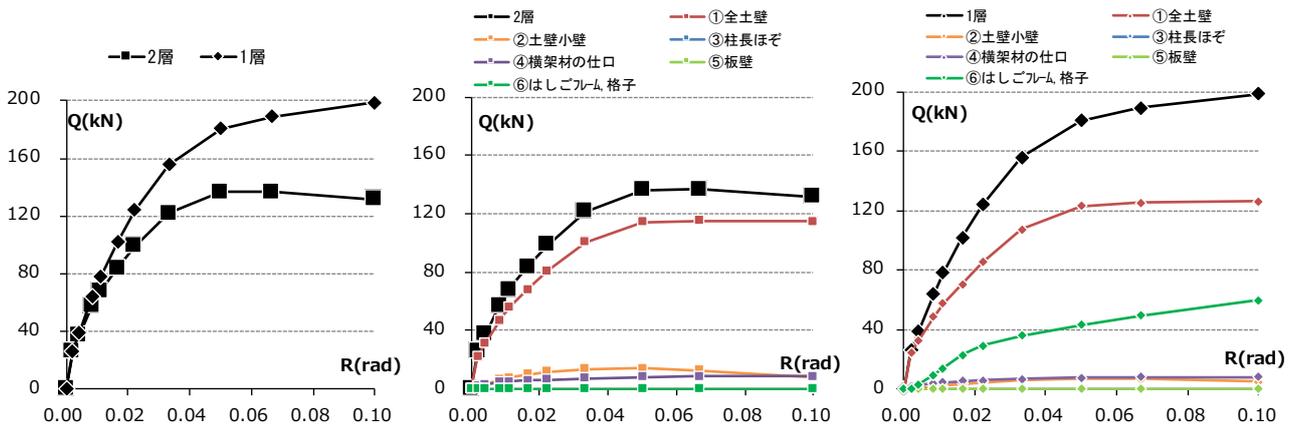


図9 X方向復元力(改修後)

(6) 補強後の耐震性能

補強後の応答計算結果を図10に示す。梁間方向、桁行方向ともにクライテリアを満足する。今回偏心等については省略しているため、実施設計においては必要補強量を確認したうえ、偏心等に配慮した耐震要素の配置計画が必要である。

(7) まとめ

伝建地区に現存する伝統構法による建築物を対象に現況の耐震性能評価を行った。伝建地区の建物はいわゆる町家形式の建物で、切り妻屋根両妻面には全面にわたって壁が配置されるものの、隣接する建物が近接しているため、片塗りの土壁である場合が多く、両妻面以外の構造要素が少ない傾向にある。特に桁行方向については居室が連続して配置され、建具により一体的な配置とされていることが多いため、桁行方向の耐震要素が少ない傾向にある。現況の耐震性能の把握のため、本物件についても図面をもとに耐震性能評価を行った。診断の結果、現況では耐震要素が少なく、耐震性能が不足しているため、補強する必要がある。補強に際しては伝統的構法の既存部分が本来有する耐震性能を生かした補強計画が望ましく、そのためには伝統的構法建築物の優れた変形能力に追従でき、なおかつ優れた耐震性能を発揮できる補強要素の選定が肝要である。また、出石地区は建築基準法に準じた垂直積雪量が150cmの多雪区域であり、積雪荷重の有無により各層の重量のバランスが大きく変化する。そのため、積雪荷重を考慮した最適な耐震要素の配置バランスを検討する必要がある。本検討では既往の研究結果を用いて、伝統的構法に適した耐震補強要素を用いた補強設計の検討を行った。その結果、設計上のクライテリアを満足できることを確認した。

本例で示したように、限界耐力計算により、各種補強要素の効果を検討することが可能になる。改修の現場の実情を踏まえて、使いやすい補強方法の開発をして、どのような実験で性能を評価し、どのように計算法に組み込むかといったフローを整理し、様々な設計事例を蓄積することで、どのような手法を適材適所に組み合わせるのか、どの程度効果が得られるか等の知見を共有する仕組みの構築が望まれる。

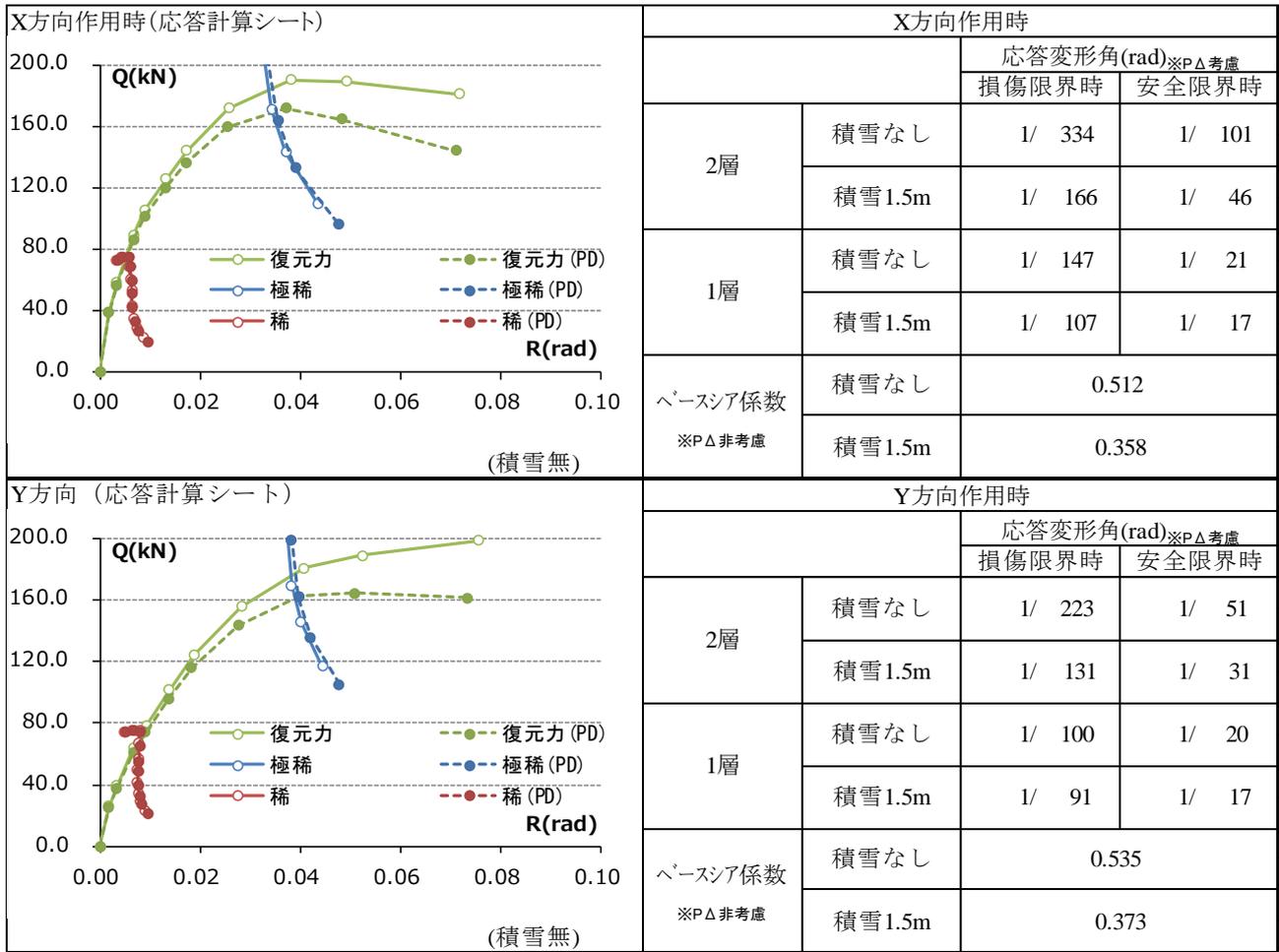


図 10 耐震性評価 (改修後)

参考文献

- 1) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会：伝統的構法のための木造耐震設計法 石場建を含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル，学芸出版社，2019.

4.4.4. 出石伝統的構法木造建物の時刻歴応答解析

伝建地区における建築物の保有する地震耐力と、4.4.2 で紹介している補強要素の妥当性を確認するために、汎用構造解析プログラム SNAP を用いて、建築物のモデルを作成し時刻歴応答解析を行った。対象建築物は、前項 4.4.3 と同じく【建・田 49 主屋】とし、検討対象は伝統的建造物部のみとする。また、補強要素の配置も前項を参照し、検討を行う。以下にモデルの全体図を示す。桁行方向を X 方向、梁間方向を Y 方向とする。

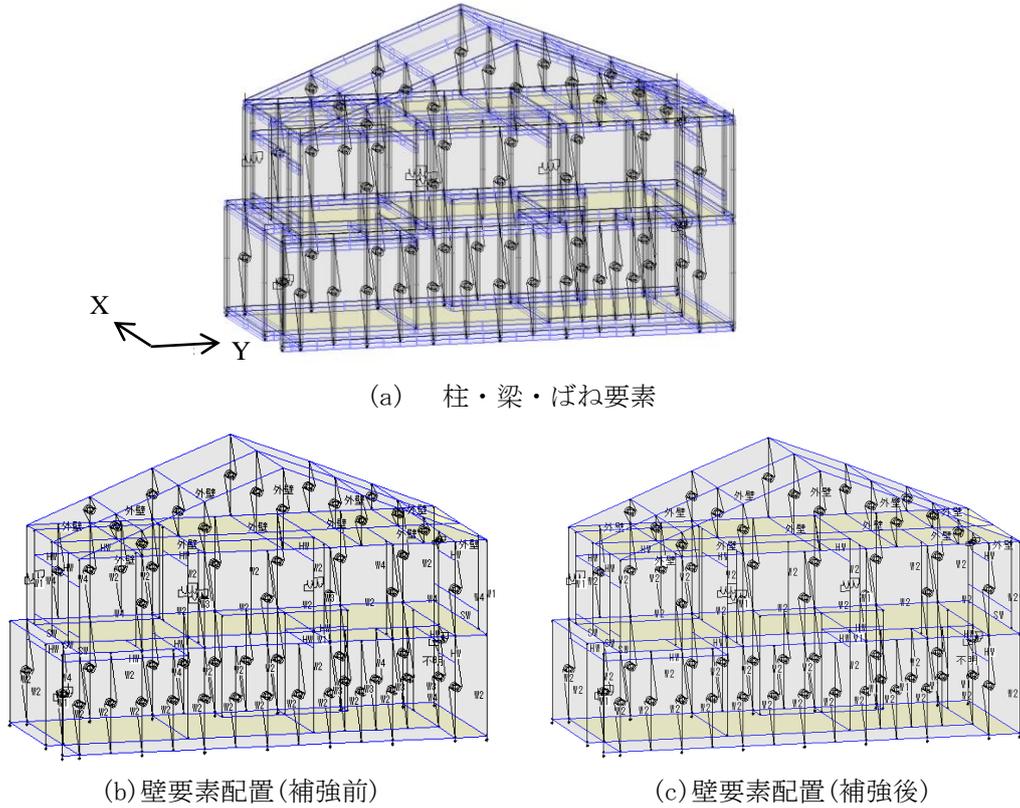


図 1 立体解析モデル

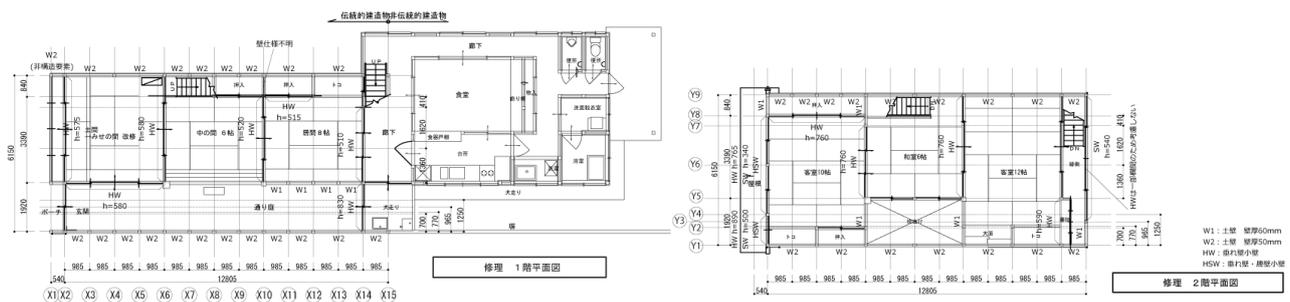
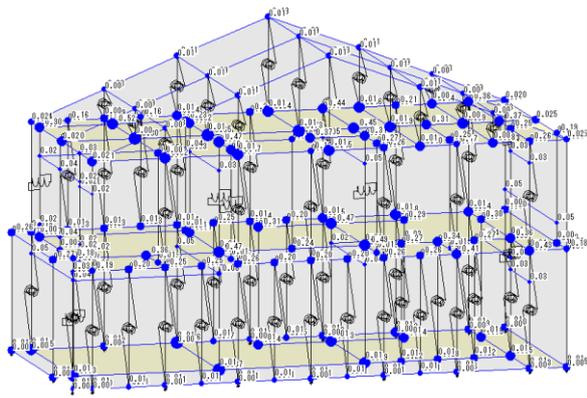


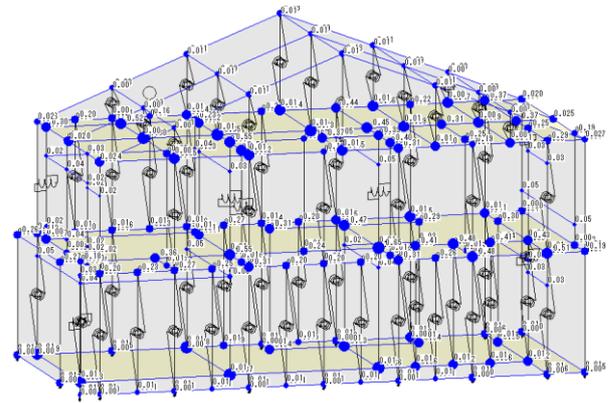
図 2 通り番号

(1) モデル化の方針

- ① 軸組の柱梁材はスギ、E190-F615 のヤング係数が 19kN/mm^2 のものを想定する。
- ② 柱梁間の仕口接合部は木材のめり込みを考慮するため、回転ばねを用いてモデル化する。
- ③ 耐力要素である土壁、耐震補強用の乾式土壁の性能を表現するため、せん断ばねを用いてモデル化する。
- ④ 柱脚部は、礎石部を固定し、その上にピン支持としたばねを用いてモデル化する。
- ⑤ 自重及び積載荷重は、各節点の集中質量に置換して地震時応答解析に用いる。
- ⑥ モデル化に用いた壁などのばねの復元力は 4.4.3 を参照する。



(a) 補強前



(b) 補強後

図3 節点質量

表1 各層質量(t)

	立体モデル	限界耐力計算
1層	15.9	17.7
2層	28.2	20.2
合計	44.1	37.9

(2) 固有周期

固有値解析を行った結果の固有周期及び固有モード形状を示す。

表2 固有周期・固有振動数

次数	補強前			補強後		
	固有周期 T(s)	固有振動数 f(Hz)	円振動数 ω (rad)	固有周期 T(s)	固有振動数 f(Hz)	円振動数 ω (rad)
1	0.361	2.770	17.402	0.364	2.744	17.242
2	0.315	3.170	19.919	0.317	3.158	19.844
3	0.260	3.850	24.188	0.264	3.787	23.793
4	0.223	4.493	28.230	0.226	4.427	27.814
5	0.198	5.047	31.708	0.204	4.910	30.849
6	0.173	5.770	36.257	0.178	5.608	35.237
7	0.143	6.973	43.813	0.147	6.801	42.733
8	0.133	7.507	47.165	0.145	6.887	43.274
9	0.129	7.762	48.767	0.132	7.558	47.491
10	0.117	8.512	53.484	0.12	8.136	51.123

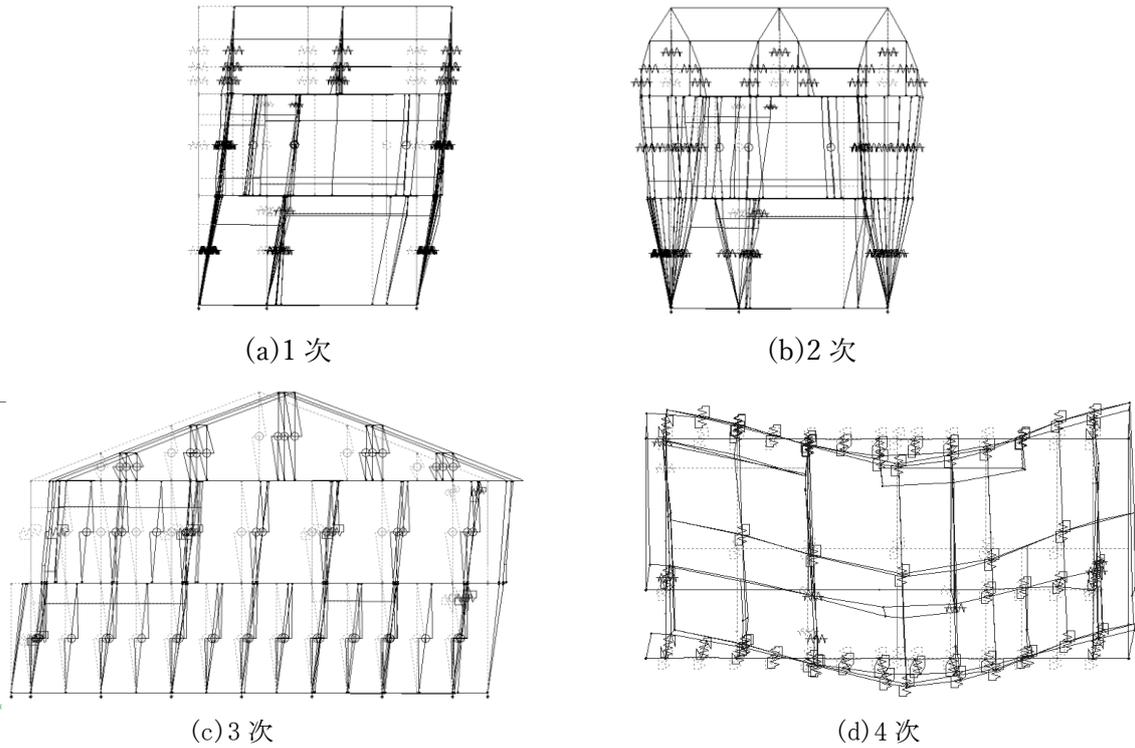


図4 固有モード図(補強前、1次~4次)

(3) 動的解析

補強前のモデルと補強後を想定したモデルに対し、以下の図5に示したBCJ_L1、BCJ_L2を地震動として入力し、時刻歴応答解析を行う。これにより得られた荷重変形関係を図6・7に示す。代表点はX2、Y9の各階の点とした。4.4.3の限界耐力計算と比べて応答が小さいことや、補強後の方が応答が小さい点など、解析モデルの妥当性検討が十分でないため、振動計測や限界耐力計算との比較を通じて、適切なモデル化の方針についても整理することが重要である。その一方で、立体解析モデルでは次の4.4.5の実測でみられるような床の柔らかい伝統構法木造建物の振動性状が評価できる。剛床を前提とする限界耐力計算の簡易的なモデル化の妥当性について検討するためには、建物の振動計測と立体解析モデルを合わせた検討を行う手法の確立が望まれる。さらに3.4.3で確認されたような、隣接複数建物の連坦を考慮した建物群の性能評価において、連結制振的な概念を導入する場合、立体解析モデルによる検討は必須になる。

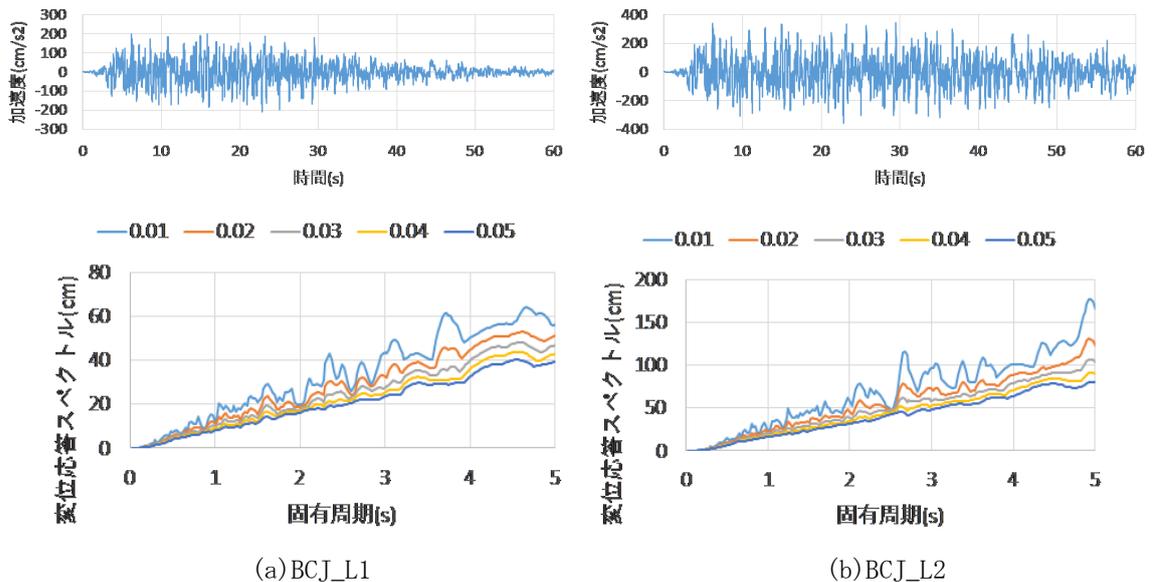
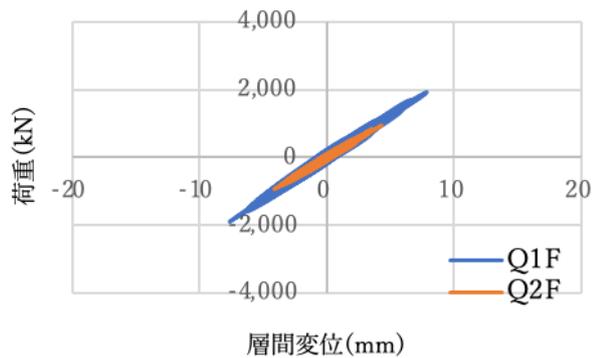
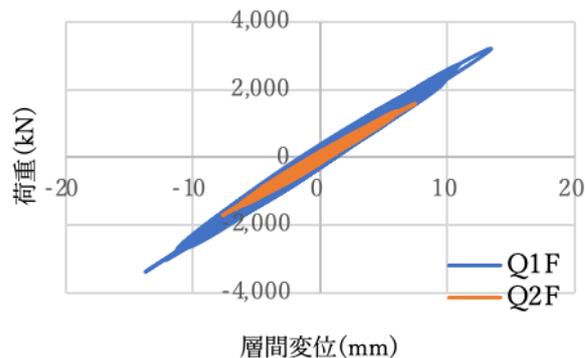


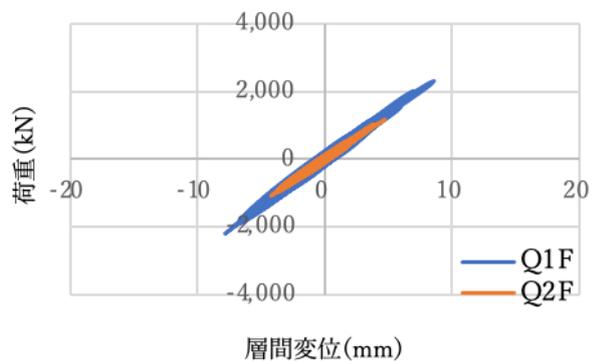
図5 地震波形・変位応答スペクトル



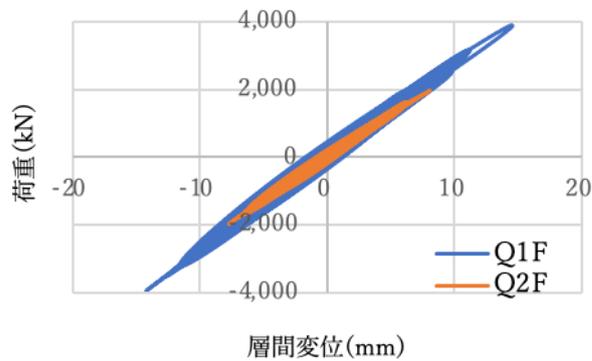
(a) BCJ_L1 (補強前)



(b) BCJ_L2 (補強前)

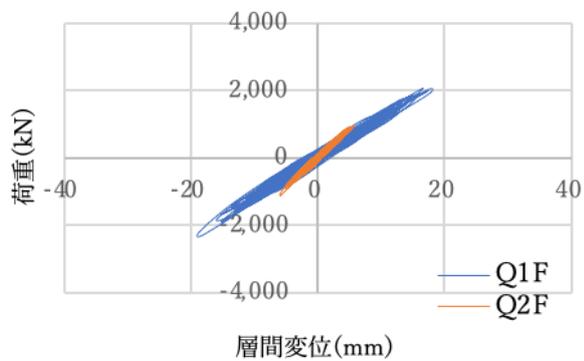


(c) BCJ_L1 (補強後)

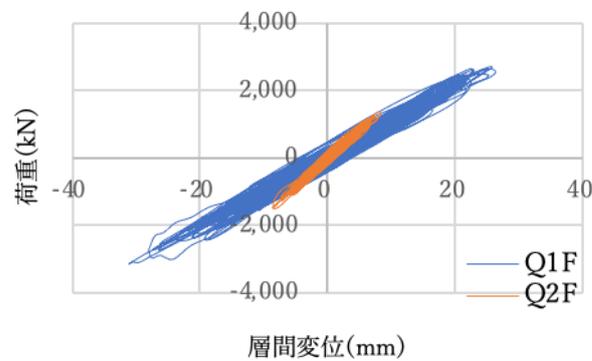


(d) BCJ_L2 (補強後)

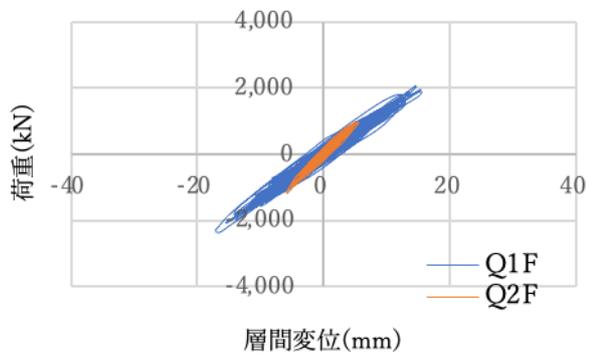
図6 X方向荷重変形関係



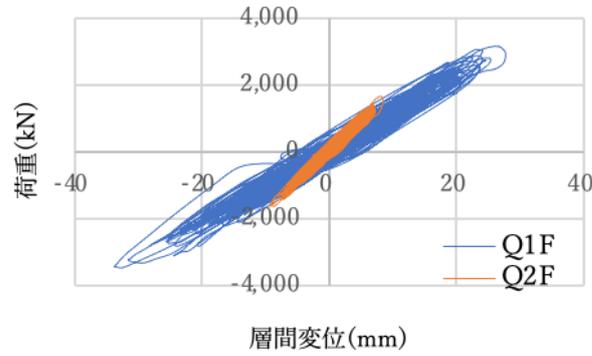
(a) BCJ_L1 (補強前)



(b) BCJ_L2 (補強前)



(c) BCJ_L1 (補強後)



(d) BCJ_L2 (補強後)

図7 Y方向荷重変形関係

4.4.5. 出石伝統的構法木造建物の振動計測

伝建地区における建築物の構造的特徴の把握のため、現在一棟貸し宿泊施設等として活用されている【建・田49主屋】を対象とし、令和3（2021）年9月21-22日に振動計測調査を行った。

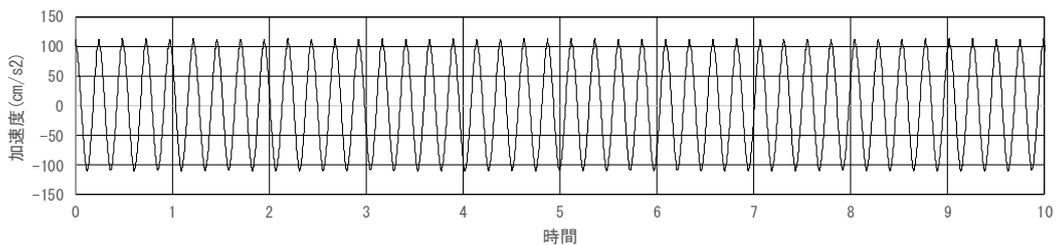
(1) 計測及び加振計画

図1に計測状況を、図2に正弦波加振及びスイープ加振に用いた起振機の加速度波形を、図3にセンサー配置を示す。長辺方向を X 方向、短辺方向を Y 方向とする。振動計測には SPC52 を 3 台、高感度速度計 VSE15D を 27 台用いて、建物の各方向の振動特性を確認する。起振機を用いない状態での微動計測と、起振機を用いた正弦波加振及びスイープ加振を行う。なお、図3の当初計画では増築部も一体で振動計測する予定であったが、平屋の増築部の小屋裏にセンサーを設置することができなかったため伝統的建造物部分のみの振動計測結果を示す。正弦波加振では X 方向 4.1Hz、Y 方向 4.9Hz、スイープ加振は、1Hz から 20Hz まで 45 秒で変化させる。

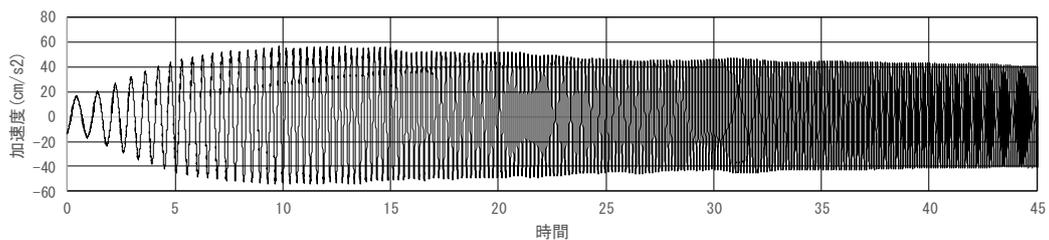
- ・地動 3Ch (X、Y、Z 方向)
- ・2F床 9Ch : X 方向 4Ch (Y1、Y2、Y3、Y4)、Y 方向 5Ch (X1、X2、X3、X4、X5)
- ・小屋レベル 9Ch : X 方向 4Ch (Y1、Y2、Y3、Y4)、Y 方向 5Ch (X1、X2、X3、X4、X5)
- ・起振機 1Ch : 錘の加速度



図1 計測機器及び 計測状況

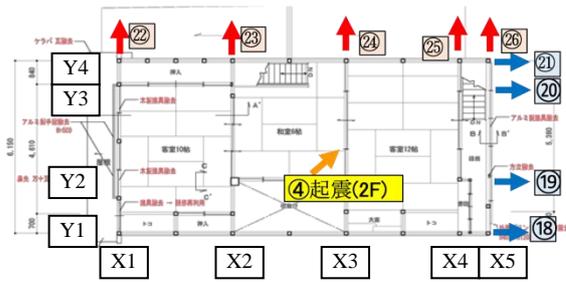


(a) 正弦波加振 (X 方向)

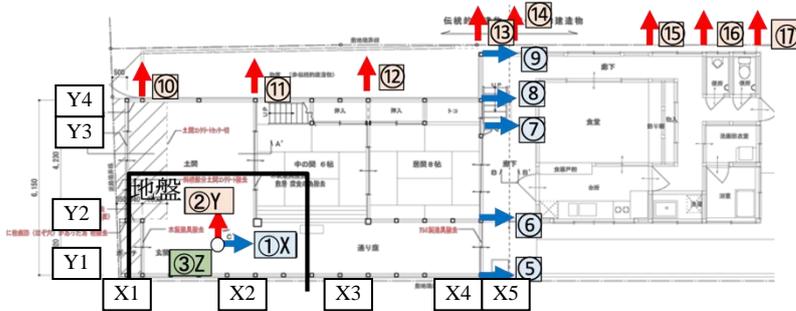


(b) スイープ波加振

図2 起振機の加振時波形



(a)小屋レベル (図面は2Fのもの)



(b)2階床レベル及び地盤レベル (図面は1Fのもの)

図3 センサー配置図

(2) 振動計測結果

a) X方向入力に対するX方向応答

図4に、X方向地動に対するX方向の伝達関数を示す。伝達関数は明瞭なピークが見られ1次固有振動数は4.3Hz、2次固有振動数は7.8Hzである。これらの振動数に対する振動性状を図5に示す。やや柔床的な振動性状や偏心的な挙動が認められるが、概ね層全体が一体で挙動している。

また、図6に、X方向スイープ加振時(起震機はY2通り上に設置)の伝達関数、図7に振動性状を示す。微動時と起震機による加力試験の両者で、振動性状、固有振動数とも、概ね対応している傾向が確認できる。

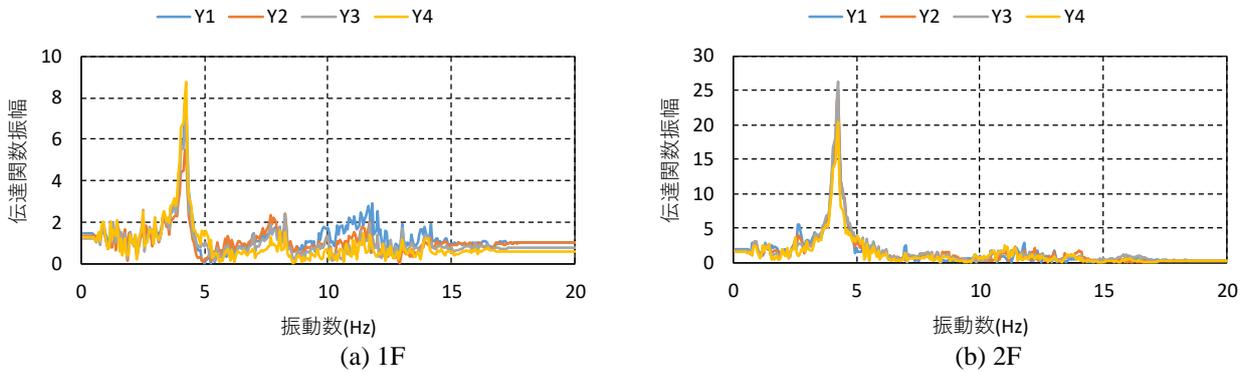


図4 X方向地動に対するX方向伝達関数

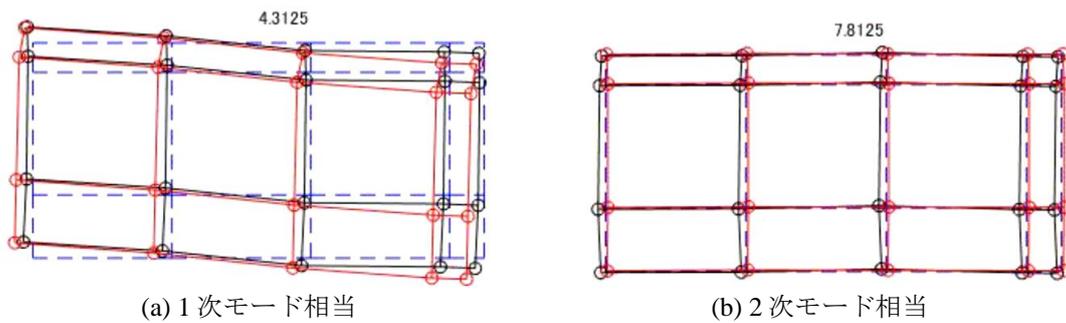
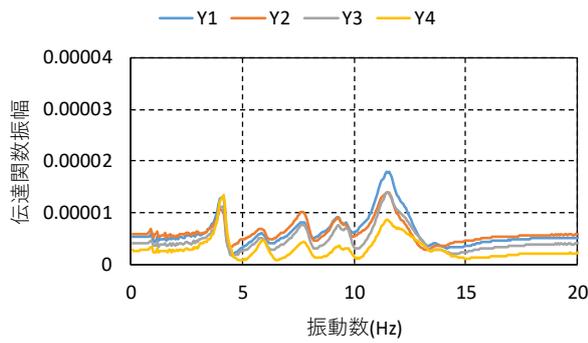
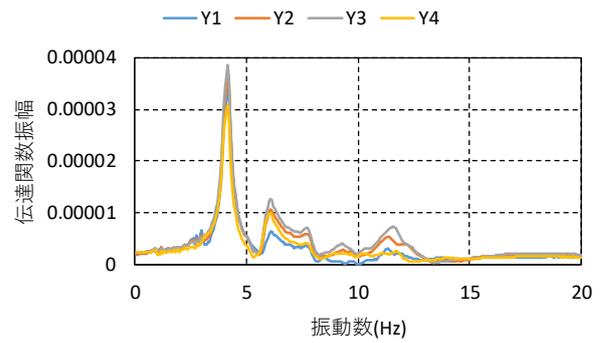


図5 X方向地動入力時の振動性状

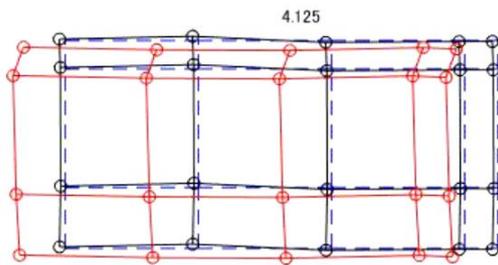


(a) 1F

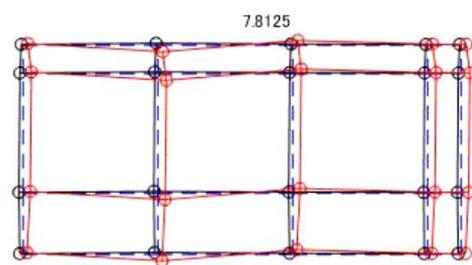


(b) 2F

図6 X方向スイープ加振時 (Y2通り起震機設置) のX方向伝達関数



(a) 1次モード相当

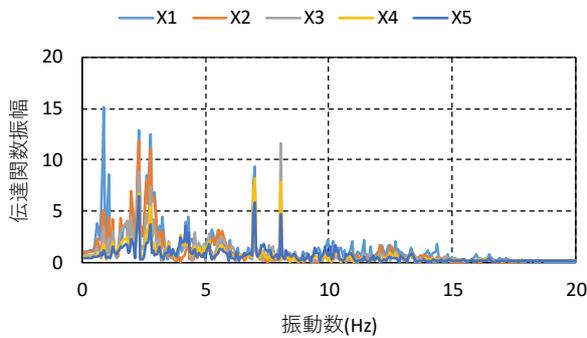


(b) 2次モード相当

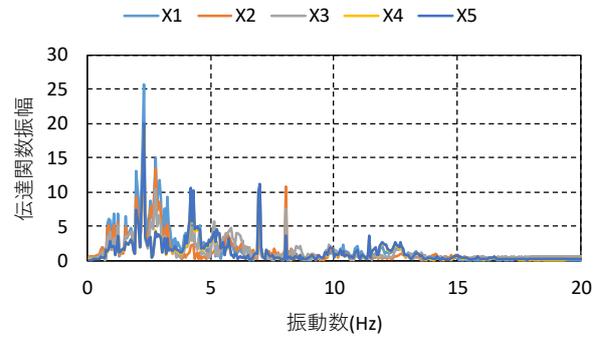
図7 X方向スイープ加振時 (Y2通り起震機設置) の振動性状

b) Y方向入力に対するY方向応答

図8に、Y方向地動に対するY方向の伝達関数を示す。伝達関数は複数のピークがみられ、明瞭なピークが見られない。こうした特徴は床が柔らかい柔床的な挙動をするときに見られる。1次固有振動数に相当するとみられる振動数は2.3Hz、2次固有振動数は5.6Hzである。これらの振動数に対する振動性状を図9に示す。やや柔床的な振動性状や偏心的な挙動が認められるが、概ね層全体が一体で挙動している。

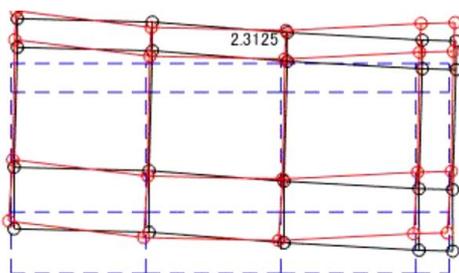


(a) 1F

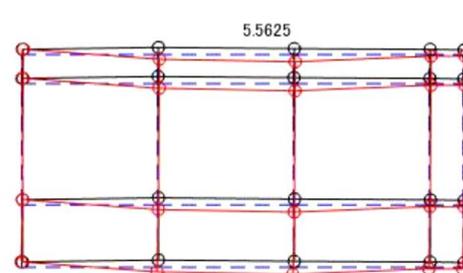


(b) 2F

図8 Y方向地動に対するY方向伝達関数



(a) 1次モード相当 (2.3Hz)



(b) 2次モード相当 (5.6Hz)

図9 Y方向地動入力時の振動特性

また、他にも柔床的な挙動が確認できる。図 10 に各振動数における振動性状を示す。最も振動数の低いピークは、0.87Hz で耐力要素が少ない X1 構面、X2 構面が大きく揺れる柔床的な挙動が確認できる。

また、図 11 に、Y 方向スイープ加振時（起震機は X3 通り上に設置）の伝達関数、図 12 に振動性状を示す。微動時と同様に、複数のピークが見られる。起震機による加力試験の両者で、1 次モードは対応がみられるが、その他のモードについては、柔床的な挙動が卓越しており、両者の対応は明確ではない。

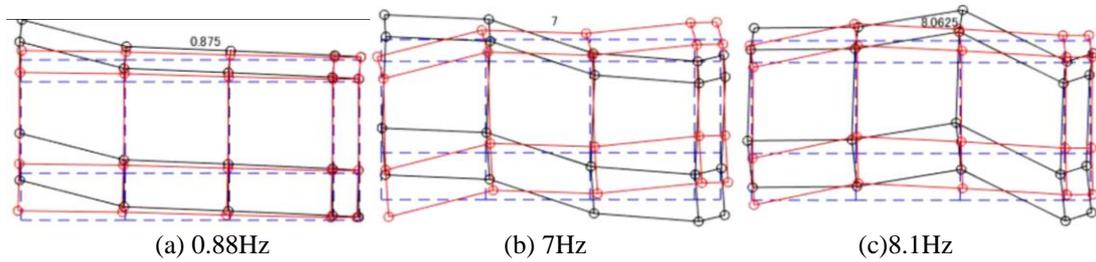


図 10 Y 方向地震時の柔床的な挙動

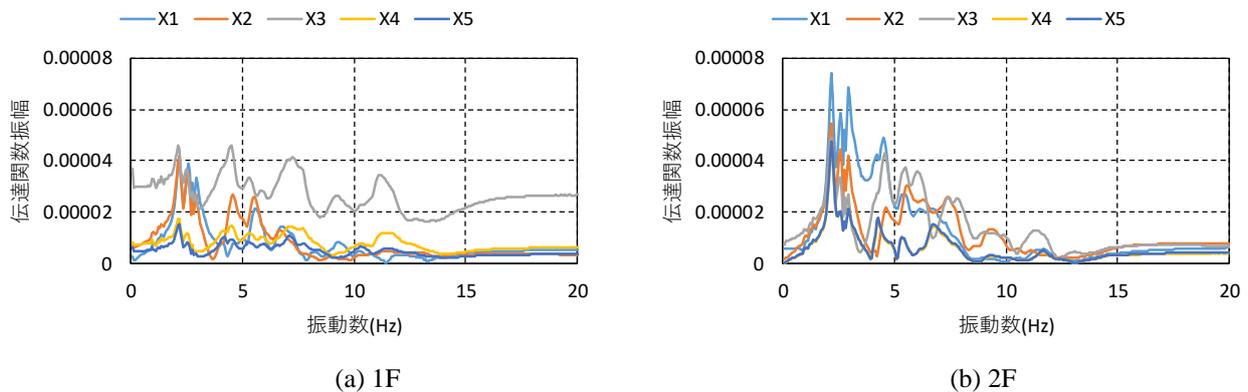


図 11 Y 方向スイープ加振時（X3 通り起震機設置）の Y 方向伝達関数

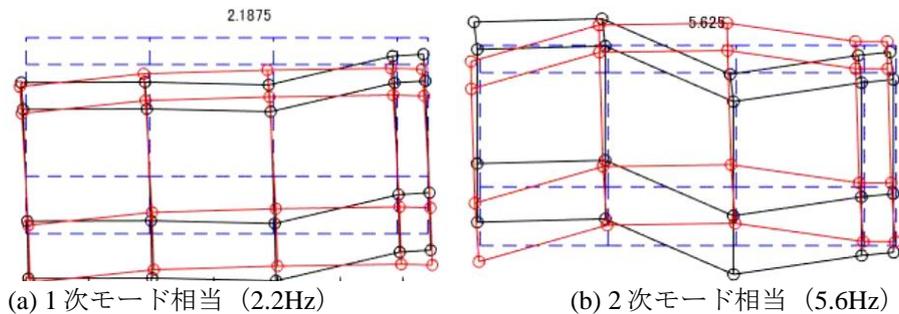


図 12 Y 方向地動入力時の振動特性

c) 立体解析モデルとの対応

4.4.4 の立体解析モデルの X 方向、Y 方向の固有振動数はそれぞれ、3.85Hz、2.77Hz であり、実測による 4.3Hz、2.3Hz と概ね対応しているといえる。特に柔床的な挙動がみられる場合、耐震性能への影響の確認や、適切な補強方法の検討、補強効果の確認のために、限界耐力計算と合わせて立体解析モデルや振動計測を組み合わせてモデル化の妥当性を確認する方法の検討も重要である。

また 3.4.3 で確認されたような、隣接複数建物の連坦を考慮した建物群の性能評価において、連結制振構法の概念を応用する場合、時刻歴応答解析や立体解析モデルによる検討が必要となる。

4.4.6. 格子壁試験体の加力試験

出石伝建地区における改修では、意匠的な要素として格子壁が用いられることが多いため、これらの格子壁を耐力壁として活用した時の性能について、静的加力試験で評価する。4.4.2で用いた文献に基づく格子壁の復元力特性と、実験による復元力特性の比較を行える。このように、耐震補強に用いる構法の性能を実験を通じて適切に評価しつつ、設計に生かすための方法や手続きを含めた知見の蓄積・整備が重要である。



図13 格子壁試験体の静的載荷試験

4.5 火災対策上の課題と対策方針

4.5.1. 火災を早期に発見して通報する

出石伝建地区は3章で示した市街地シミュレーションにより、一度火災が発生すると甚大な被害が出る可能性が示されている。そのため、早期に火災を発見し、地域内で共有できる環境整備が重要である。火災情報の早期化として、無線連動式住宅用火災警報器を用いた情報共有が有効である。

(a) 早期発見

豊岡市では、豊岡市火災予防条例により新築住宅は平成18（2006）年6月1日から、既存の住宅は平成23（2011）年5月31日までに住宅用火災警報器を設置することが義務付けられている¹⁾。消防庁によると、平成29（2017）年から令和元（2019）年までの3年間における失火を原因とした住宅火災において、住宅用火災警報器が設置されている場合は設置されていない場合に比べ、死者の発生が約5割減少し、焼損床面積や損害額は概ね半減したとの結果が報告されている²⁾。したがって伝建地区内に限らず町内全域の各家庭において、火災を早期に発見し、被害を最小限にとどめるために、設置義務を順守する必要がある。

さらに、歴史的木造家屋の密度が高い伝建地区内において、最近では複数の住宅用火災警報器を無線によってグループ化できる無線連動式住宅用火災警報器（以下、無線連動住警器）を活用し、子器を近隣家屋と共有することで、火災を早期に近隣にも共有する取り組みを行っている地区もある。この方法は、留守宅などの気付きにくい建物で火災が発生した場合でも早期に火災を発見できるため、出石伝建地区においても効果の高い方策といえる。ただし、近隣家屋と連動させるにあたって、新たな機器の設置やメンテナンス、経済的負担など解決すべき課題があるため、導入に際しては住民の理解を得ながら、慎重に進めていくことが望ましい。導入例として、青森県黒石市中町伝建地区では、火災や体調不良などの緊急情報や自治体からの伝達情報を近隣住民や自治会等の地域住民と共有することで、緊急時の迅速な対応（共助・公助）を可能にするとともに、平時の安全安心の向上につなげる地域防災情報ネットワークシステム（図1、2）が導入されている。地域防災情報ネットワークシステムは他無線連動住警器と異なり、携帯電話との連携が可能となっている。なお、地域防災情報ネットワークシステムを含む、無線連動住警器の無線電波の到達距離は見晴らしの良い場所で約100mとされている³⁾。しかし、伝建地区周辺での検証実験では、土蔵の立地が電波の受信感度に影響されることが確認されている。このため、無線連動住警器のグループ構成や設置位置については、以下の事項に留意して検討していく必要がある。

- ・親器と子器の間に木製建具ガラス戸があっても電界強度の低下は小さい
- ・土蔵造りの厚い扉が電界強度を遮る影響は大きい
- ・車両や厨房などの薄い鋼板が張られた部屋など、金属が電界強度を遮る影響は大きい
- ・電子レンジ等の電波を発するものは、電界伝搬に影響を与える
- ・一般的に降雨や降雪によって伝搬性能が低下するとされている



図1. 地域防災情報ネットワークシステム(能美防災株式会社)について

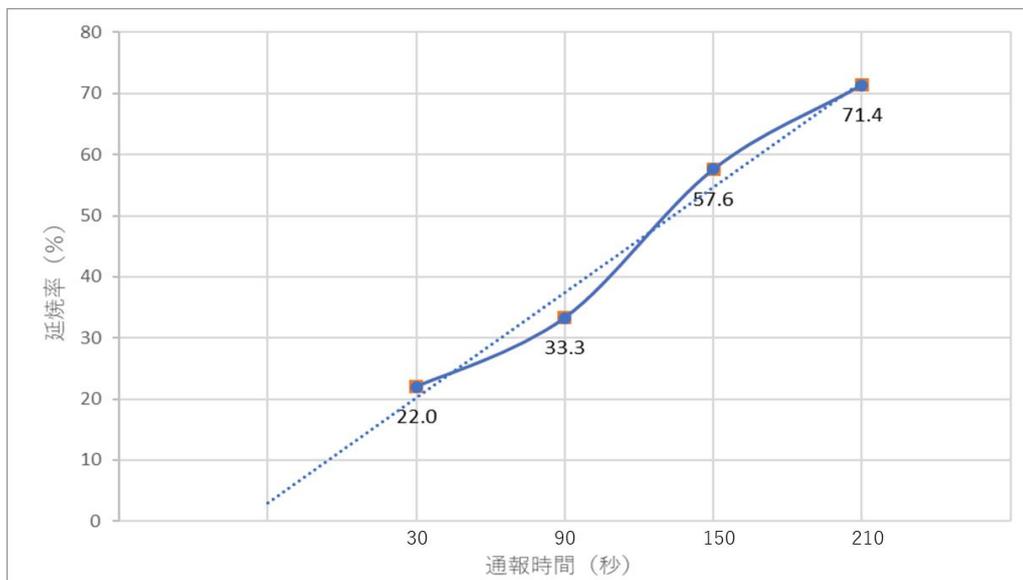


図2. 屋外火災警報装置について

(b) 通報

図3は通報時間と延焼率の関係を示している⁴⁾。表1から、通報時間を短縮することで、延焼率の大幅な軽減が期待できる。住民による早期発見の対策と消防署及び消防団による1秒でも早く注水できる体制づくりを推進するため、火災発見者がいかなる場合でも119番通報する責務を怠らず実行すること、また通報で的確に場所や状況を伝えるための訓練も必要である。

一般的な消防への連絡時間はおおよそ2.5分(150秒)⁵⁾とされており、その場合の延焼率はおおよそ57.6%である。一方で、無線連動住警器の1種である地域防災情報ネットワークシステムを用いた実証実験によると、1分以内に情報共有を行うことに成功している。延焼率低減に向けて、無線連動住警器の導入の検討と、それを用いる場合は繰り返し演習を検討する必要がある。



通報時間 (秒)	30	90	150	210
延焼率 (%)	22.0	33.3	57.6	71.4

図3. 通報時間と延焼率について

表1. 実証実験の結果

時刻	経過時間	防災行動
14:45:00	0	住警器作動
14:45:10	0:00:10	屋外火災警報装置作動
住警器作動メール送信		

4.5.2. 住民による初期消火を可能にする

出石伝建地区は、3章で示した市街地延焼シミュレーションにより、伝建地区全体において10分以内に隣家に延焼するケースが多いことが分かった。これは、市街地形態が影響していると考えられ、木造家屋が密集し面的に広がっているため、一度火災が発生すると甚大な被害が出る可能性を示している。

そのため、出火が発生したとしても直ぐに住民による消火が可能な体制を整えることが重要である。住民が早期に初期消火を行うことで被害が甚大な延焼火災の発生を防ぐことができる。住民の初期消火活動をスムーズに行えるような体制として、住民の「消火器・水バケツ」の保有と身近な水利の管理や住民が操作可能な消火設備の整備が有効である。

(a) 住民の「消火器・水バケツ」の保有と身近な水利の管理

■ 防火バケツと消火器の全世帯保有と即用配置

基本的に天井に火がまわるまでが初期消火可能な目安とされており、伝建・周辺地区（以下「伝建・周辺地区」という。）の場合、3章の調査結果から、1~2分以内が住民らで消火できる限度である。それ以上を超えると住民では消火不可となる場合が多く、直ちに屋外に逃げなければならない。迅速な初期消火活動を行うためには、消火器や水バケツなどの消火設備の備えが非常に重要である。しかし、伝建・周辺地区での「消火器」の保有率は図4のアンケート結果では62.0%だが、表2のアンケート結果のとおり、使用期限が切れておらずにすぐに取り出せる場所に置いてある(キッチンから消火器までの往復時間が30秒以下)という条件を考慮すると、29.0% $\{=0.62 \times (0.676+0.108) \times 0.594\}$ となる。また、水バケツの保有は6.0%と、消火器に比べて低いことが分かる。そのため、消火器や水バケツによる初期消火の成功率を高めるためには、全ての家庭で消火器と水バケツの保有に努める必要がある。消火器については、各家庭に2本以上備えていることが望まれる。その上で、使用期限の定期的な確認、容器の腐食・破損の点検が必要となってくる。また、消火器や水バケツは、火を扱う場所の近くで、かつ路上から誰もが見付けやすい場所や地域で、近隣住民等と話し合って決めた共通の場所に設置することが望ましい。なお、消火器や水バケツだけに頼らず「濡れた毛布で火を覆う・鍋を使用する・お風呂の汲み置き水を使用する」など、身の回りで使える消火方法を覚えておくことが望ましい。

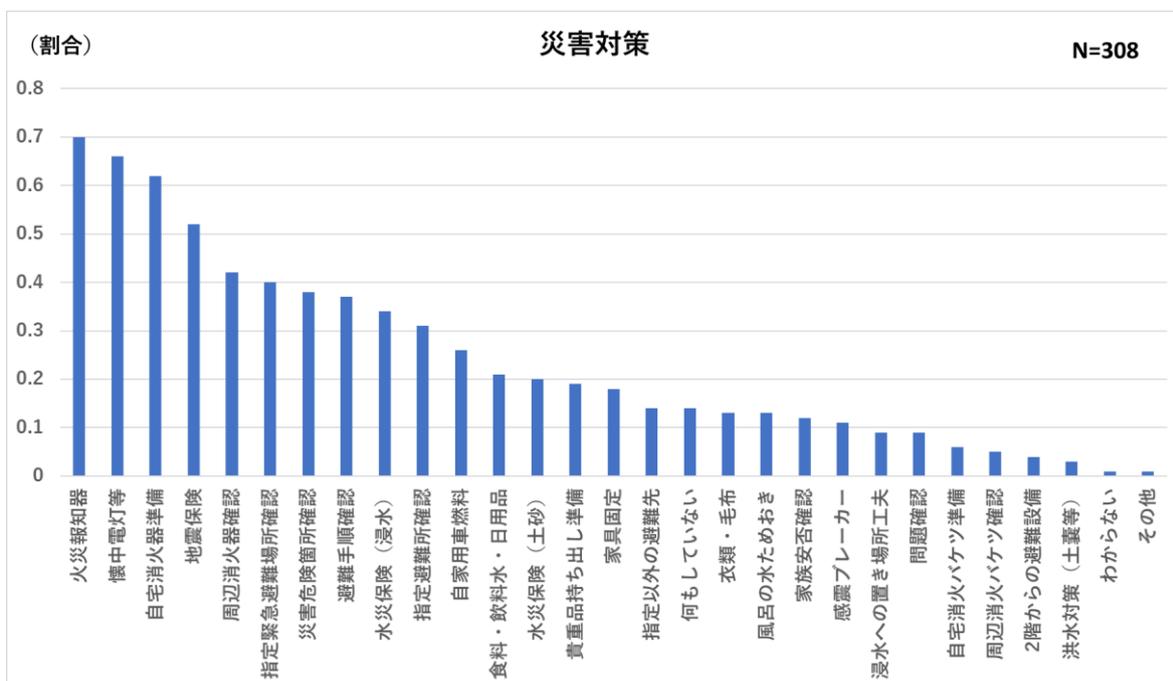


図4. 現状と水路を消防水利としたときの放水可能範囲の比較(左：現状、右：水路を消防水利とした時)



写真1 伝建地区の消火器



写真2 防火バケツの設置例(郡上八幡北町)

表2. 伝建・周辺地区における各家庭の消火器に関するアンケート結果

キッチンから消火器までの往復時間	地震・火災 エリア	土砂災害 エリア	風水害 エリア	合計	割合
30秒以下	14	10	20	44	0.594
30～60秒	8	4	6	18	0.243
60～90秒	1	3	0	4	0.054
120秒以上	3	5	0	8	0.108
合計	26	22	26	74	1.000
使用期限	地震・火災 エリア	土砂災害 エリア	風水害 エリア	合計	割合
切れていない	22	13	15	50	0.676
使用期限間近	0	6	2	8	0.108
切れていた	2	1	9	12	0.162
不明・無回答	2	2	0	4	0.054
合計	26	22	26	74	1.000

■ 消火器の保有率を高めた場合の市街地延焼性状予測

3章で検証した市街地延焼シミュレーションを使用して、消火器の保有率を100%に高めた場合の延焼リスク(火のもらいやすさを示したもの)を算出する。計算条件は、単純比較のため消火器の保有率を100%に向上高めること以外は3章の「②住民の初期消火活動あり(現状)」の場合と同条件とする。検証結果を図5に示す。②と③消火器の保有率を100%に向上させた場合(以下③)を比較すると伝建・周辺地区の中心部を中心に10~30%延焼リスクが低下していることが分かる。したがって、消火器保有率を高めるような取り組みを引き続き推進していくべきであると言える。

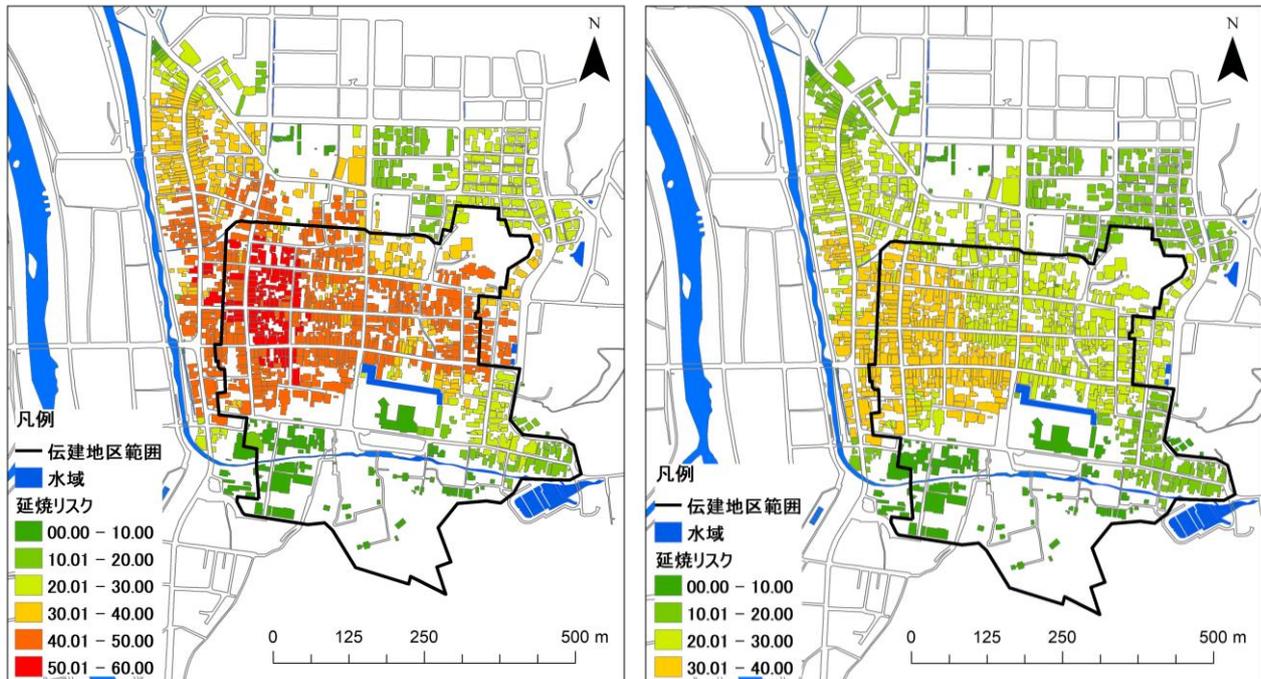


図5. 消火器の保有率を100%に向上したときの延焼リスク(左: ②初期消火活動あり、右: ③消火器100%のとき)

■ 街頭消火器の追加配置と認知率向上の取組み

初期消火活動において街頭消火器の使用は非常に有効な手段であると考えられる。出火元が高齢者の住む住宅であった場合には、自力で消火活動を行うのは難しいが、街頭消火器が近くにあれば付近を通った住民が街頭消火器を取りそのまま火元に向かうことができる。しかし、伝建地区では「街頭消火器」のカバー率は、12.4%であり、認知率は41.9%である。また、写真3のように街頭消火器が設置されていても、その前に荷物が置かれているために、すぐに取り出せない状況や使用期限が切れているなど、消火器が置かれていても利用できないものが見受けられた。そこで、街頭消火器による初期消火成功率を高めるためには、全地域への街頭消火器の配置とともに設置環境の整備に努める必要がある。その足掛かりとして、まず延焼危険性の高い街区への重点的配置を進めていく。併せて、写真4ような消火器BOXのデザイン改良や住民の意見交流会等を行い、認知率の向上や使用期限の確認、荷物を前に置かないなどの対策が必要となる。



写真3. 伝建地区の街頭消火器BOXの例

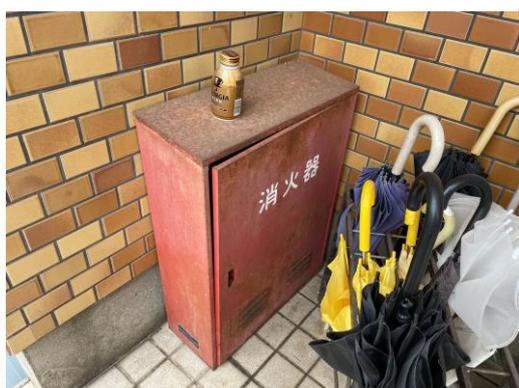


写真4. 街頭消火器(荷物が前に置かれている例)

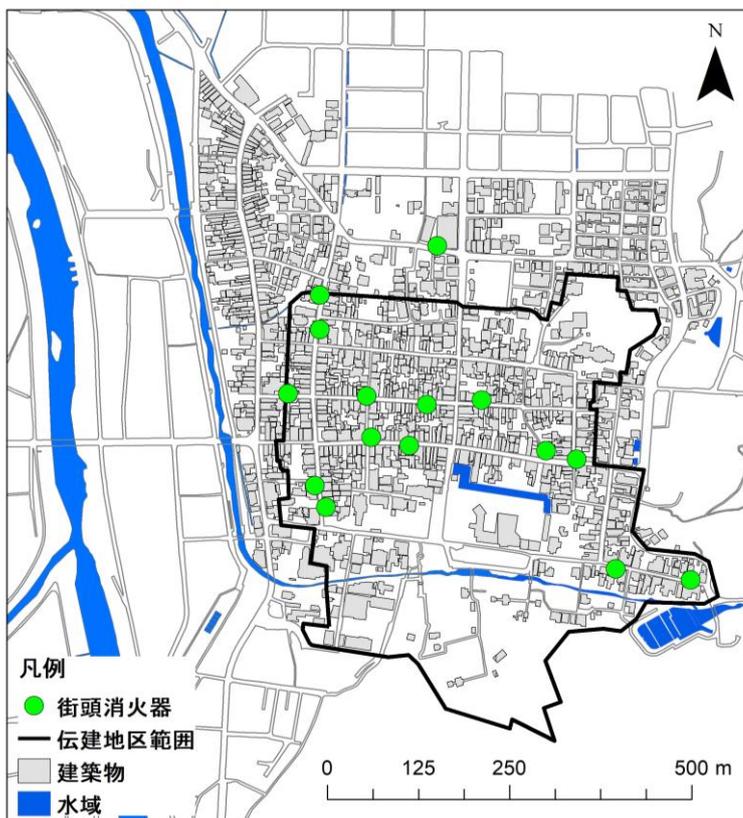


図6. 伝建・周辺地区の街頭消火器の分布2021年5月17日時点

■ 街頭消火器のカバー率を向上した場合の市街地延焼性状予測

3章で検証した市街地延焼シミュレーションを使用して、街頭消火器のカバー率と街頭消火器認知率を100%に向上させた場合の延焼リスク(火のもらいやすさを示したもの)を算出する。消火器保有率を向上させた場合と重ねていない理由は、「街頭消火器は、家に消火器が無かった場合取りに行くものとしてシミュレーション上で設定している。そのように設定した理由は、もし家にある消火器で鎮火に失敗した場合、そこから街頭消火器を取りに行ったとしても初期消火の消火開始限界時間である1分以内に間に合うことは困難である(1分以内に火災の発見から消火器1本の準備・使用に加えて街頭消火器を取りに行くのは不可能である)」としたためである。計算条件は、単純比較のため街頭消火器の保有率と街頭消火器認知率を100%に向上させること以外は3章の「②住民の初期消火活動あり(現状)」の場合と同条件とする。検証結果を図7に示す。②と④街頭消火器のカバー率と街頭消火器認知率を100%に向上させた場合(以下④)を比較すると地区の中心部を中心に最大10%延焼リスクが低下していることが分かる。つまり、消火器保有率を向上することで、10~30%延焼リスクが低下することとなる。したがって、消火器保有率を向上させるための取り組みを引き続き推進していく必要がある。

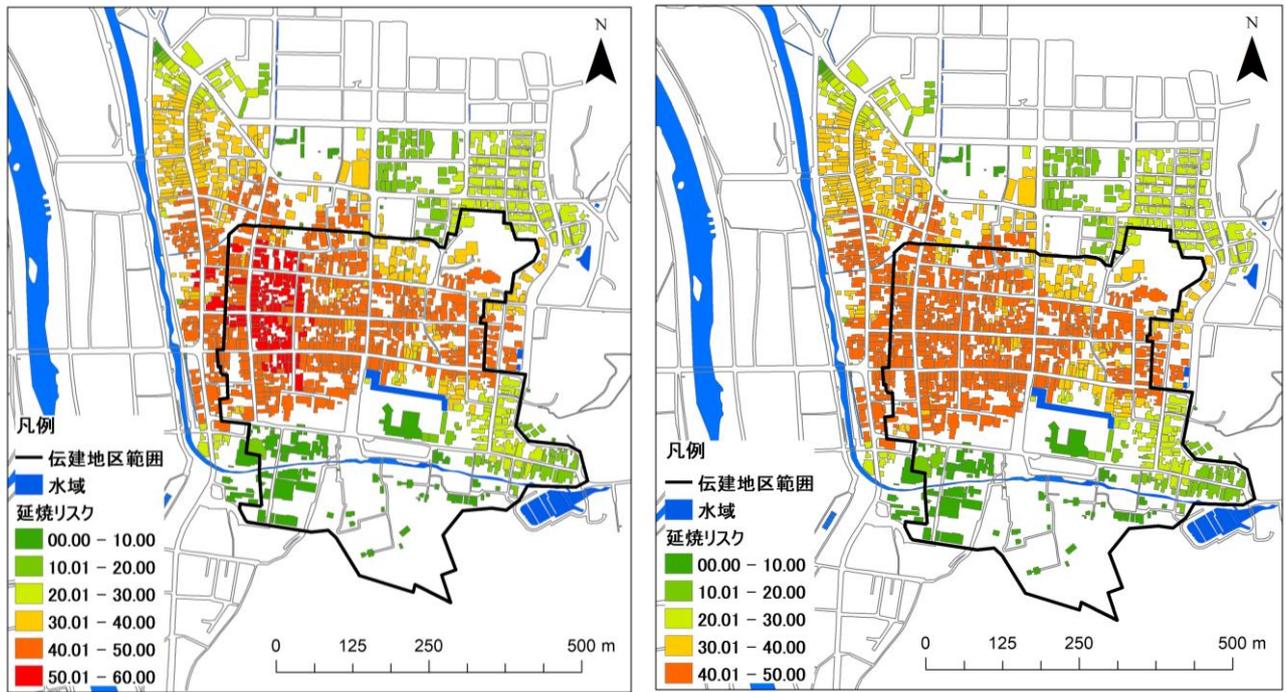


図7. 街頭消火器の設置率を100%に向上した場合の延焼リスク(左: ②初期消火活動あり、右: ④街頭消火器100%)

■ 防災活用のための身近な水利の確認・管理

地震火災のような大規模災害時には断水が発生し、地震時でなくとも延焼火災時には水道能力が不足するために、消火栓による消火活動が不可な深刻な事態となる。

これに備えて、初期消火～延焼火災時に活用できる身近な水利として、以下の3つが考えられる。

- ・ 防火水槽
- ・ 水路の流水
- ・ 浴槽のため水

防火水槽においては日常的な貯水量確認し、火災発生時に常に使用できる状態を保っておく必要がある。水路の場合は、日常的な清掃と管理に加え、火災時にすぐに水源として取水できる量の水を堰き止めできるようにしておく。浴槽の場合は、常に浴槽に水が溜まった状態にするために、新しくお湯を貯めるまでは前日に使用した水をそのままためておくのが望ましい。



写真5. 水源として利用可能な水路⁶⁾

(b) 住民が操作可能な消火設備の整備

3.5.3の地震火災を想定した延焼シミュレーションでは、住民による初期消火活動の有無によって、建造物の延焼リスク（延焼による火のもらいやすさ）に異なる結果が得られ、特に伝建地区内においては、住民による初期消火活動によって延焼リスクが最大で1割程低減した建造物が多くみられた。このことから、住民による活動が更に可能となれば、伝建地区の火災安全性は向上することが期待される。

その一方で、伝建地区にある消火設備をみると、3.5.1にもあるように、40箇所ある消火栓はいずれも消防署や消防団に向けられたプロ・セミプロ仕様となっており、住民が初期消火活動に使用することは難しい。平時の火災であれば、消防署等の早い到着が期待できるため、必ずしもこうした消火設備を住民が扱えるような工夫が必要ではないが、消防署管内で同時多発的に火災が発生した場合や地震火災時には、消防署等による迅速な対応が難しい場合も考えられる。そのような場合において、被害を最小限に留めるには、地域住民による初期消火活動が必要であり、住民でも操作可能な消火設備を整備していくことは防火上非常に重要な施策であるといえる。

ここでは伝建地区への設置が想定できる住民が操作可能な消火設備の概要を整理し、以下にまとめている。これらの中から、設置予定場所の周辺環境などを考慮して、その地点に適した設備を選択し設置していくことが望ましい。ただし、断水時にも誰もが使える市民消火栓を除いて、いずれの場合も水源の確保が必要であり、拠点施設への防火水槽の増設や、水路の消防水利への活用なども併せて整備していく必要がある。なお、いざという時に円滑に消火活動に取り組めるためには、日頃から住民が気軽に利用できる工夫や、地震火災時にも使用可能な方策を考えておく必要がある。

■ 消火栓の市民利用に向けた減圧バルブと市民用ホースの配備

一般の消火栓で市民利用を考えた場合、扱いが困難な点から、そのままの状態では利用することができない。そのため地下式消火栓の操作を容易にするスタンドパイプや、水圧を抑えるための減圧バルブなどの消火資機材を用いる。



写真6. スタンドパイプ



写真7. 減圧バルブ

スタンドパイプ、減圧バルブ、市民用消防ホースを配備することで、市民でも安全に消火栓を用いた消火活動を行える環境整備を行う。大規模災害等により、万一公設消防の到着が遅れた場合などに、市民が消火栓を用いた消火活動を行えると、延焼火災のリスクを大幅に低減できる。

ただし、消防署等が用いる消火用ホースと市民用消防ホースでは到達する長さが異なるため、既存の消火栓のみでは物理的にホースが届かない消火不可能な場所が存在してしまうため、水涸れにも考慮しつつ、適切な水利整備に努めていく必要がある。またホースの長さが十分であっても住宅間の壁などの障害物に阻まれ、内部まで侵入できない建物も存在する。従って、延焼火災を防ぐためには不足箇所への消火栓の追加配備と、消火活動時の建物への侵入経路を確保することが重要になる。

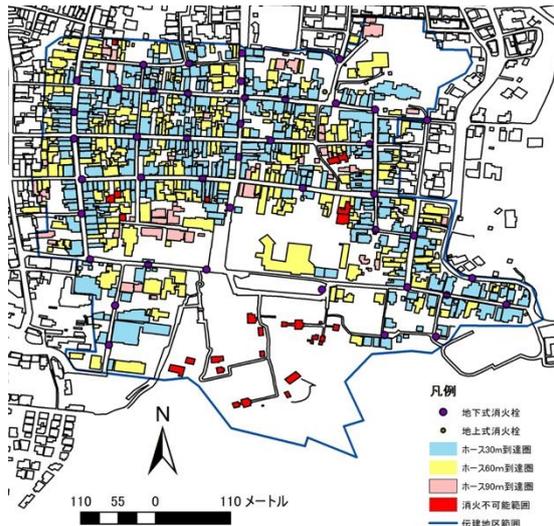


図8. ホース到達圏範囲

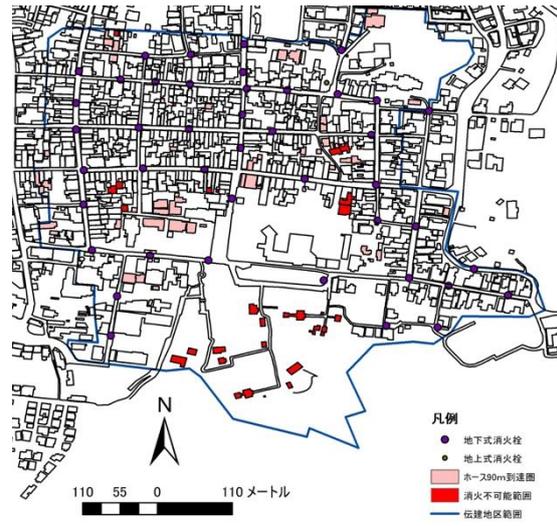


図9. 消火困難範囲

■ 上水道断水時にも誰もが使える市民消火栓の配備

京都市の産寧坂伝建地区では、独立した水源と耐震性のある配管を基盤とした、上水道断水時でも有効な放水システムを実現させている⁷⁾。このシステムでは、山腹に設けられた貯水槽と麓の区内各消火栓を簡易水道とは別系統で接続をすることで、動力が使えないおそれのある大地震時においても、地形の高低差を生かした重力加圧による放水が可能となっている(図10)。消火栓は一人でも容易に操作ができるよう仕様が工夫され、雨水利用で水道代がかからないことから、多くの住民が日常的に利用している(写真6)。

出石伝建地区には、南部に標高320mにも及ぶ城山(有子山)が位置しており⁸⁾、城下との標高差は最大で約300mにも至る。また、城山にはいくつかの沢が流れており、大地震においても一定程度の水量が見込まれる。このため出石伝建地区では、城山の標高差と沢水を利用することで、断水時にも有効な市民消火栓の配備が可能であると考えられる。実現にあたっては、耐震性のある配管や消火栓の追加整備に加えて、沢水を安定して確保するための工夫や、延焼を防ぐための効果的な消火栓配置など、放水システムの詳細な検討が必要と考えられる。

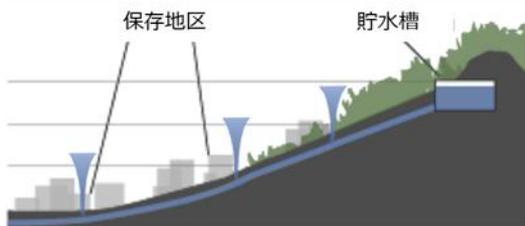


図10 重力加圧式の放水システムのイメージ



写真8 市民用消火栓の日常利用の様子
(京都市産寧坂伝建地区の事例⁷⁾)

■ 可搬式ポンプの適切な場所への追加配備

可搬式ポンプは水路や防火水槽から揚水し、圧力をかけることで放水を可能にする消火資機材である。これを用いることにより、消火栓などの消防推理が不足している地域での水源を補うことができる。



写真9. 可搬式ポンプ

災害時に万一消防署等の到着が遅れる可能性に備えて、可搬式ポンプの配置は重要となる。特に既存の消火栓の位置からではホースを伸ばしても届かない場所付近には、優先して配備する必要がある。本調査結果のとおり、図11の赤色地点は市民用のホースが到達困難な地点になるため、近隣のため池や水路の付近に可搬式ポンプを優先的に配備する必要がある。

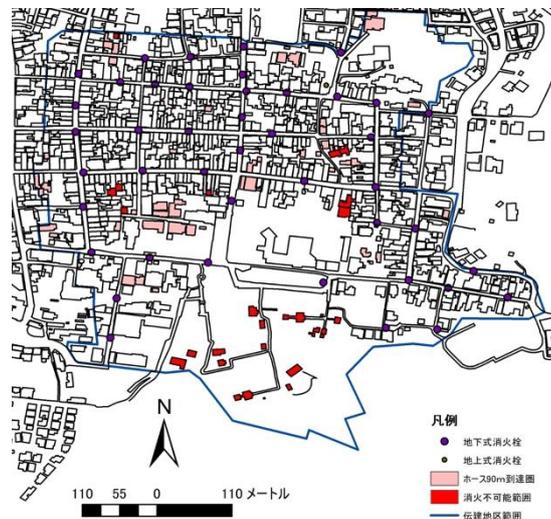


図11 消火栓と市民用ホースでは消火不可能な範囲

4.5.3. 延焼の拡大を防止する

出石伝建地区は、市街地延焼シミュレーションにより、伝建地区全体において10分以内に隣家に延焼するケースが多いことが分かった。これは、市街地形態が影響していると考えられ、木造の家屋が密集し面的に広がっているため、一度火災が発生すると甚大な被害が出る可能性を示している。

伝建地区には、消防署や消防団が用いる消火設備として消火栓が40箇所、防火水槽が5箇所設置されているとともに、谷山川をはじめとした自然水利も豊富である。このうち、消火栓は39箇所が地下式、1箇所が地上式となっており、それらは伝建地区全域を包囲できるよう設置されている。このため、通常の火災であれば、消防署や消防団が消火活動を行うための水量は概ね確保できているものと推察される。一方で、大規模地震などで水道や電力の供給が停止した場合においては、発生した火災に対して確実に利用できる消防水利が極めて少ない状況である。

このような非常時にも対応するためには、伝建地区内への防火水槽の増設や谷山川での取水ピットの設置、伝建地区内を流れる水路の活用などが有効な方策である。伝建地区内に流れる水路の水を活用することは、経済性に優れると考えられ、また歴史的景観を保存する面からも有効な方策であるといえる。しかし、水路の一部は道路の下を流れていることや、すぐには開けにくいグレーチングが設置されていることなど、多くの課題を抱えている。また、水路内の限られた水量を消防水利として活用するためには、すぐに水を貯められるような工夫を施すことが必要であり、堰板や土嚢など水を堰き止める道具の備えが有効である。

(a) 消防水利活用に向けた水路網の再生整備

伝建地区は、城下町形成時から整備されてきた水路が今もなお残り、歴史的な景観を構成するとともに、一部の水路では豊かな水量が町並みに潤いを与えている⁹⁾。この水路を消防水利として活用することは、伝建地区中心部における消防水利の不足を改善するとともに、歴史的な景観の保存に寄与すると考えられる。このような観点から、水路網の再整備は非常に意義があるといえる。

具体的な消防水利活用に向けた水路の整備の例としては、写真10のような堰板による水量の確保が挙げられる。そして、写真11のような低水位ストレーナーを配備すれば、低水位の水路においても取水が可能となる。この低水位ストレーナーは高橋ら¹⁰⁾の研究により水位10cm以上で取水可能となっており、水路に活用することで地区の中心部分においても消防水利を確保することができると考えられる。



写真10. せき板整備事例



写真11. 低水位ストレーナー

■ 水路を消防水利としたときの放水可能範囲

火災時に消防水利として水路を利用するためには、日常から水を貯めておくことが必要である。しかしながら、常に水を貯めておくことと大雨が降った場合、降雨量が排出量を超え内水氾濫を引き起こす可能性がある。そのため、降雨量を考慮した堰板の設置が重要となる。そこで排水溝の設計基準¹¹⁾より、大雨時でも洪水が引き起こされない水位を算出した。

・ 排水溝の設計基準

流達時間内の降雨強度の算出(日本道路協会道路土工要綱・平成21年度版¹²⁾より引用)

①基本事項(定義)_(国土交通省大臣官房庁営繕部整備課 構内舗装・排水設計基準の資料p1510)より引用
土砂等の堆積による排水能力の低下等を考慮して、雨水排水設備の排水量は、余裕を見込んだものとする。

$$Q < 0.80 \times Q_p$$

Q : 雨水の流出量 (m³/s)

Q_p: 排水量 (m³/s)

②雨水流出量の算出方法_(日本道路協会道路土工要綱・平成21年度版¹²⁾p135より引用)
合理式(ラショナル式)で求めるものとする。

$$Q = \frac{1}{3.6 \times 10^6} C \cdot I \cdot a$$

ここに、Q : 雨水流出量(m³/sec)

C : 流出係数

I : 流達時間内の降雨強度(mm/h)

a : 集水面積(m²)

伝建地区の水路に対する集水面積は、付近の傾斜を考慮して決定する必要があるが、傾斜を求め全ての水路の集水面積を算出することは非常に煩雑である。そのため、本調査では簡易的に下記計算式から各水路の雨水流出量Q_iを算出することとする。

各水路の雨水流出量Q_i(m³/sec) = Q (出石地区全体の流出量m³/s) × (各水路の距離/出石の水路の総距離(m))と設定する。

③C流出係数の算出(日本道路協会道路土工要綱・平成21年度版¹²⁾p134より引用)

敷地内間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域の場合、流出係数Cは、0.80である。

④I流達時間内の降雨強度の算出(日本道路協会道路土工要綱・平成21年度版¹²⁾p129より引用)

(i)近傍観測所の確率降雨強度式の適用

(ii)標準降雨強度図の利用

(iii)特性係数法の適用

降雨強度の算出は、上記いずれかの方法で算出する。

出石地区の場合は、豊岡市の確率強度式が公開されていたため、(i)を適用した。

(i)近傍観測所の確率降雨強度式

降雨強度式のうち、一般に使用されているものは、次のタルボット式である。

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (1)$$

ここに、I : 降雨強度(mm/h)

a,b : 対象とする地域によって異なる定数

t : 降雨継続時間(min)

降雨確率年は、日本道路協会道路土工要綱¹²⁾より道路区分と排水施設別採用降雨確率年により決定される。伝建・周辺地区に走る道路は、都道府県道と市町村道が混在している。より重要な道路である都道府県道を採用し、兵庫県道路交通センサス¹³⁾より出石地区付近における最大交通量は5,000(台/日)以下だったため、分類Bを採用した。分類Bでかつ重伝建地区であるため、より安全性を確保するため重要な排水施設を有すると設定し、降雨確率年7年を採用した。

表 3. 排水施設別採用降雨確率年の標準

分 類	排水能力の高さ	降 雨 確 率 年	
		(イ)	(ロ)
A	高 い	3 年	10年以上(ハ)
B	一 般 的		7 年
C	低 い		5 年

注) (イ)は路面や小規模なり面等，一般の道路排水施設に適用する。

(ロ)は長大な自然斜面から流出する水を排除する道路横断排水工，平坦な都市部で内水排除が重要な場所の道路横断排水工等，重要な排水施設に適用する。

(ハ)道路管理上，構造上重要性の高い沢部の盛土等の道路横断排水工については30年程度とするのがよい。

兵庫県¹⁴⁾の降雨強度式は、

$$I = \frac{759.9}{(t^{2/3} + 2.473)} \quad (2)$$

降雨継続時間 t は、「流達時間の算定」の項で求められる流達時間である。 t が10分以下となる場合には、時間決定の精度、経済性等から $t=10$ 分として計算する。

流達時間の値が小さいほど降雨強度 $I(\text{mm/h})$ は大きくなるため、安全側を取り、流達時間最小の10分を採用した。

$$I = \frac{759.9}{(10^{2/3} + 2.473)} = 106.8(\text{mm/h}) \quad (3)$$

①a集水面積の算出

伝建・周辺地区に流れる水路を網羅している範囲(ESRI社のArc GISで面積の算出)

a集水面積は、172012m²

②伝建・周辺地区の場合の流出量 Q_t

伝建・周辺地区の水路は降雨だけではなく、谷山川から水を引っ張り水路に流しているため、その流量も考慮しなければならない。

$$Q_t = Q_i + Q_s \quad (4)$$

ここに、 Q_t ：伝建・周辺地区にある各水路に流れる流出量の合計(m³/sec)

Q_i ：各水路の雨水流出量(m³/sec)

Q_s ：谷山川から各水路に流れる流出量(m³/sec)

③排水量 Q_p は、

$$Q_p = A \cdot V \quad (5)$$

④平均流速の算定

平均流速は一般にマニング式で求める。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (6)$$

ここに、V：平均流速(m/sec)
 n：粗度係数(sec/m^{1/3})
 R：径深(m)(=A/P；A：通水断面積, P：潤辺長)
 i：水面勾配(i=h/L)

⑤限界水深高さ

③④より限界水深高さh_{max}は、下記式より算出される。

$$0.8 \times Q_p > Q_t \quad (7)$$

$$h_{max} > \frac{Q_t}{b \times V} \quad (8)$$

ここに、b：水路幅(m)

よって、「水路高さ-h_{max}」まで新たに水を溜めることが可能である。

また図12よりせき板の高さは、

$$\text{せき板の高さ} = \text{新たに貯水可能な高さ} + \text{現時点での水深} \quad (9)$$

となる。

また、その時の水路の貯水量は、

$$\text{貯水量} = \text{現状の貯水量} (\text{水路幅} \times \text{水深} \times \text{距離}) + \text{増加分} (\text{水路幅} \times \text{有効高さ} \times \text{距離} \times 1/2) \quad (10)$$

となり、その時のせき板の枚数は下記式より求められる。

$$\text{水路標高差} = \text{上流標高} - \text{下流標高}$$

$$\text{堰板の枚数} = \text{水路標高差} / \text{新たに溜められる高さ} (\text{水路高さ} - h) \quad (11)$$

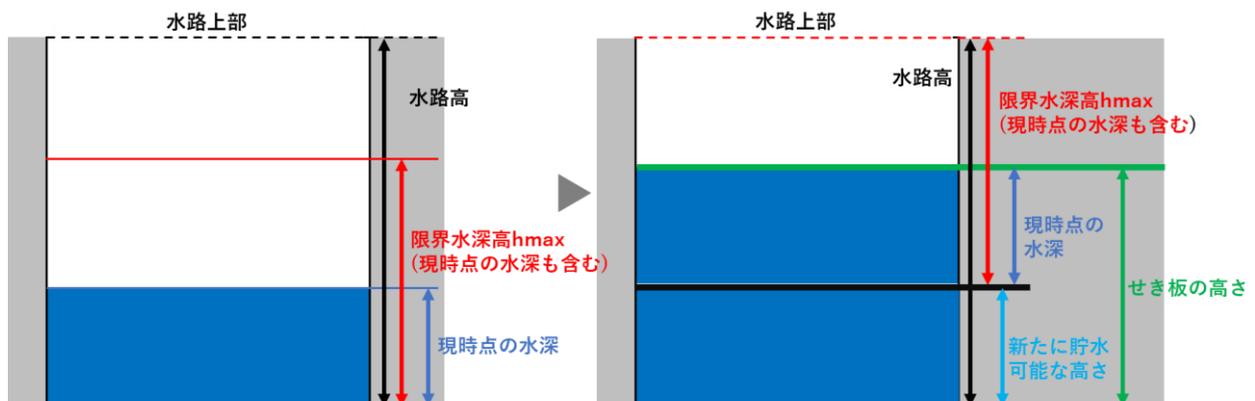


図 12. 水路の断面図

加えて、取水点の条件と貯水する水路の条件を下記に示す。

・ 取水点の条件：取水可能な場所の特定

①道路幅員：近くの道路の幅員が 5.5m 以上。

消防車両の進入可能な道路は、今泉ら¹⁵⁾松本ら¹⁶⁾の研究を参考に地震火災であれば道路閉塞を考慮して、5.5m 以上の道路とした。

②堰板を入れた水深：水深は堰板入れて 0.25m 以上

{水路高さ-h(限界水深高さ)+水深}が 0.25m 以上

3章の消防放水訓練の結果より、0.25m以上であれば既存のストレーナーで吸水可能であったため0.25m以上と設定した。

- ③ふた : ふたが無い場所(現状)
ふたがあれば直ちに吸水できない。また、堰板を挿入できないため。
- ④水路幅 : 水路幅が0.25m以上の場所
吸水ストレーナーの横幅が0.22mのため、0.03mの余裕をみて0.25m以上と設定した。
- ⑤常時の水深 : 水深は0.01m以上
水が流れていない所は、一定量の貯水が期待できない。また、水質汚染に繋がる可能性がある。
・貯水水路の条件
 - ①常時の水深 : 水深は常時0.01m以上流れている水路
(水が流れていない所は、一定量の貯水が期待できない。また、水質汚染に繋がる。
 - ②ふた : なし
暗渠であると堰板を差し込めないため。
 - ③貯水可能高さ : {水路高さ-h(限界水深高さ)}が0.0m以上
貯水可能な高さが0.0m以上でないと新たに貯水できないため。
 - ④堰板を入れる枚数 : 堰板の枚数は、「標高差/貯水可能高さ」で求められる。よって、標高差が大きいか、貯水可能高さが低いと堰板を沢山入れる必要がある。「貯水可能高さが低い」ということは溜められる量も少ないため、堰板が10枚以上必要な場合は貯水水路としないと設定した。

以上の式より、取水可能と計算された水路の結果を表4に示し、それに対応する水路の分布を図13に示す。水路番号「12・15」と「13・16」は、道路を隔てて区切っているが同じ水路であるため取水点は1つずつとした。

表4. 排水溝の設計基準より算出された水路の詳細データ

水路番号	せき板の高さ(m)	せき板を入れた場合の増加貯水量(m ³)	せき板を入れた場合の貯水量(m ³)	せき板の必要枚数(枚)
1	0.00	0.0	2.9	せき板無で取水可能
2	1.23	165.4	168.8	4
3	0.35	6.5	7.6	3
4	0.00	0.0	4.6	せき板無で取水可能
5	0.69	73.7	78.9	4
6	0.62	24.3	25.9	2
7	0.65	26.2	28.0	2
8	0.34	12.5	15.2	6
9	0.41	33.0	36.5	3
10	0.72	7.2	12.3	1
11	0.96	178.8	199.5	3
12	0.65	38.7	41.1	2
13	0.76	74.4	84.1	1
14	1.13	61.5	66.2	2
15	0.67	35.0	37.4	2
16	0.79	65.2	74.9	1
合計		802.3	1686.2	36

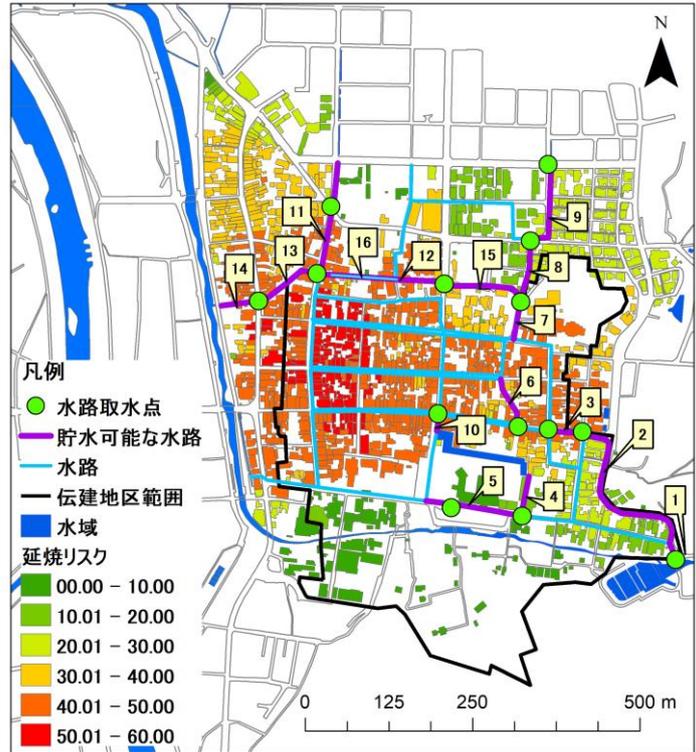


図 13. 水路と取水可能点の分布

水路を消防水利としたときの放水可能範囲を算出するために、3章で実施した到達圏解析を行った。なお3章で算出された現状の放水可能範囲と比較するため、計算条件は同じに設定している。今泉ら¹⁵⁾松本ら¹⁶⁾の研究を参考に、地震火災であれば道路閉塞を考慮して、5.5m以上の道路を使用する。地震火災時には、断水を想定し、消火栓の使用を不可としている。また、防火水槽においても水量不足が発生する可能性があるため、本調査では使用不可とした。そのため、地震火災時の消防水利は河川・ため池に設定した。消防力の基準・消防水利の基準⁴⁾より、ホース延長本数10本で200m(20m×10本)と設定し、消防の放水距離は一般的な25m¹⁷⁾と設定した。到達圏解析の結果から算出した放水可能範囲を図14に示す。結果より、伝建地区内に流れる水路網を新たに整備した場合には、放水可能範囲の拡大が確認された。

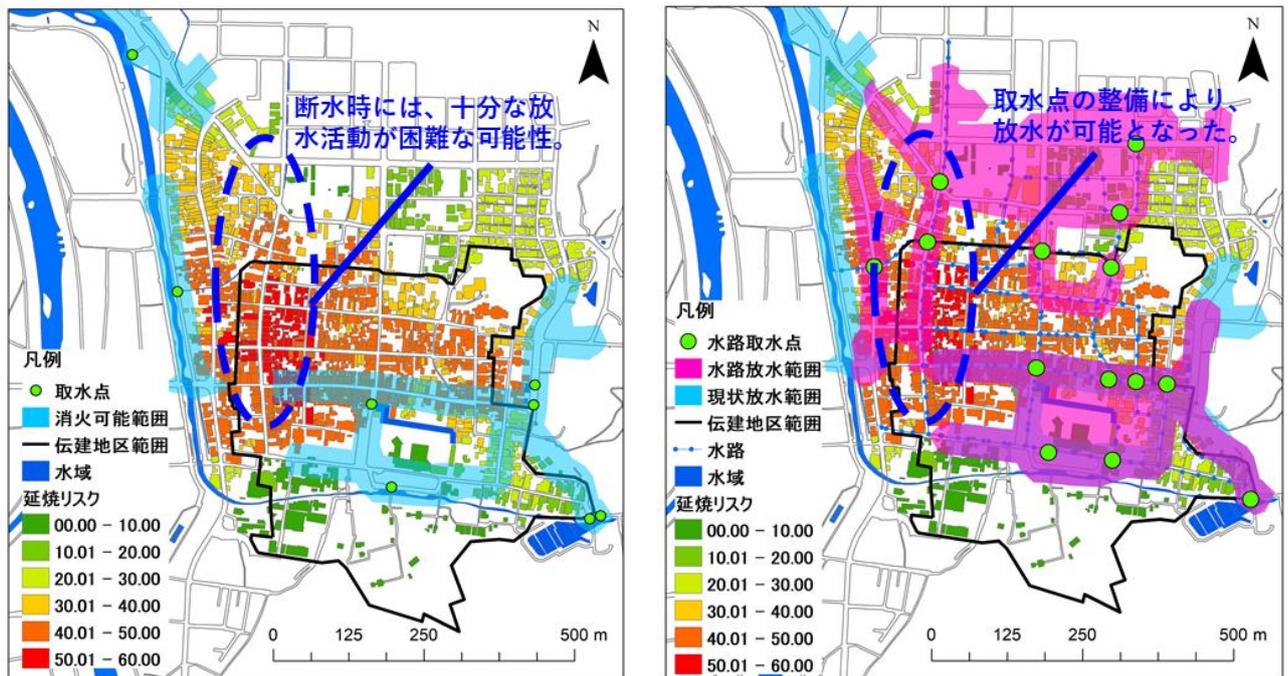


図 14. 現状と水路を消防水利としたときの放水可能範囲の比較(左：現状、右：水路を消防水利とした時)

(b) 谷山川への取水ピットや貯水池の設置

伝建地区のそばを流れる谷山川に対して、取水ピットの整備や低水位ストレーナーを配備することで、消防による放水範囲の拡大が期待される。なお整備に際しては、図 11 のような消防団等が活動しやすい工夫を取り入れていくことが望ましい。また、断水時において、消防水利が不足している中心地などで、水路の水を一時的に蓄える貯水池などを整備することで、消防水利の不足を改善することに繋がると考えられる。



写真9. 貯水池(伝建地区に現存する堀)



写真10. 低水位ストレーナーの例

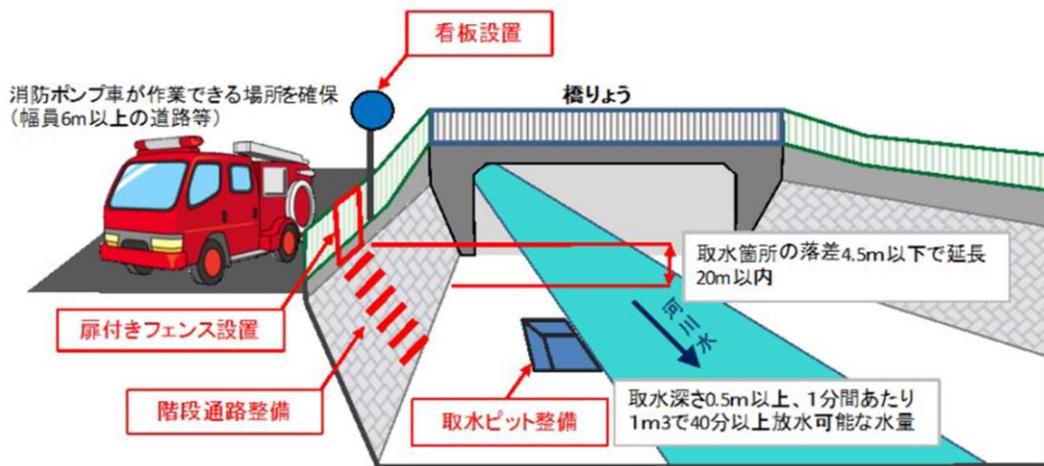


図 15. 河川の整備事例(参考：埼玉県消火基地事業¹⁸⁾)

■ 谷山川を再整備した場合の放水可能範囲例

図16は、谷山川に取水ピットを配備した場合の放水可能範囲を示したものである。取水ピットを新たに整備した場合には、紫色の枠で囲われた部分において、放水可能範囲が拡大していることが確認された。なお計算条件については、現状の放水可能範囲と比較するため、3章と同じものを設定としている。

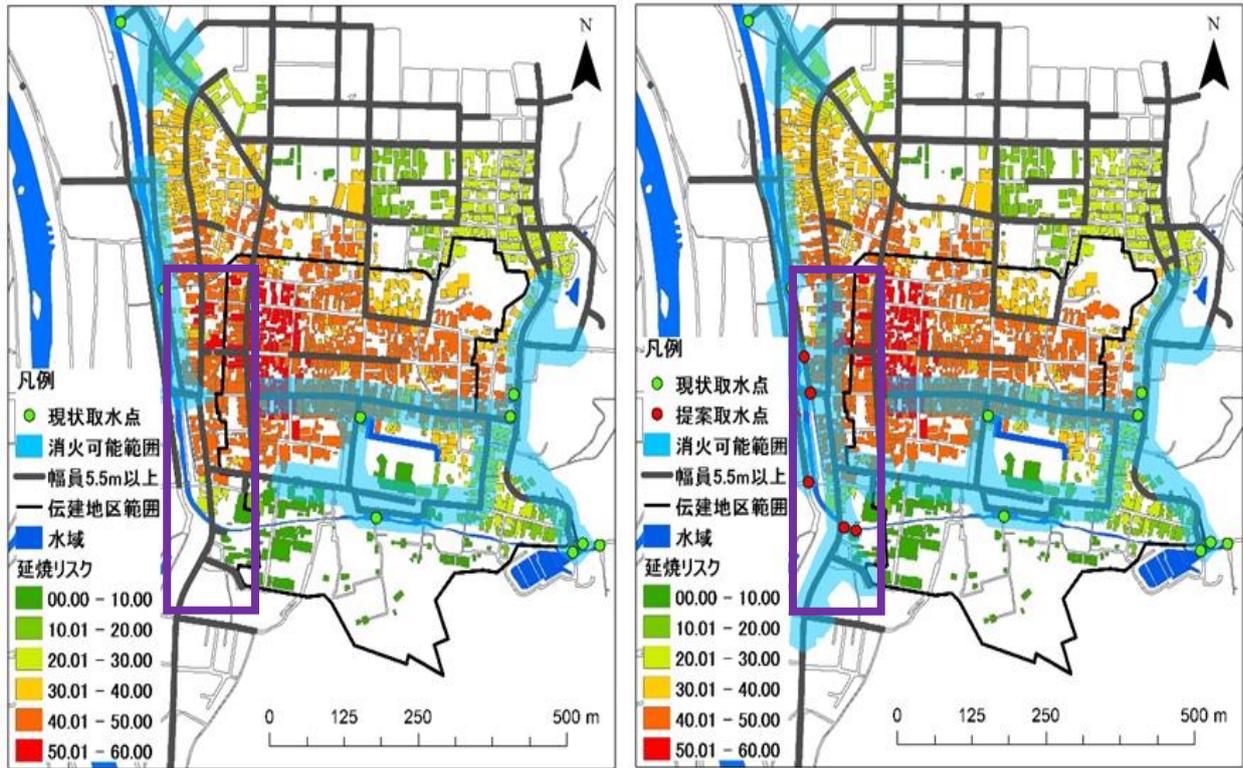


図 16. 現状と再整備により取水点を増やしたときの放水可能範囲の比較 (左：現状、右：取水点を増加時)

4.5.4. 火を出さない

地域・個人単位で定期的かつ継続的に行うべき防火対策、また防火意識の向上の取り組みを示す。

(a) 住民の防火意識を高める

地区住民が各種災害やその対応についての適切な知識を身に付け、災害の種類や規模に応じて住民個人での適切な判断のもと、各自の身の安全を確保する行動ができなくてはならない。地域防災力の向上のためには、住民個々の防災意識の醸成と定着が重要である¹⁹⁾。そのために、まずはわかりやすい防災リーフレットを行政が作成して配布、または伝建制度に伴う事業の動向をお知らせするために発行されている「出石城下町 伝建かわら版」等²⁰⁾を防災情報発信のためのリーフレットとしても活用し、防災意識の啓発を図る。また、伝建かわら版等のリーフレットを通じて伝建地区防災計画に対する理解促進を図る。その他、防災訓練や住民報告会等の地域における防災に関連したイベントを開催する際に、案内を回覧板やHP等で周知を行い、住民の参加を促す。

豊岡市出石重要伝統的建造物群保存地区ニュース 第43号

出石 城下町 伝建かわら版

令和3年1月22日発行 豊岡市 出石新聞局：兵庫県豊岡市出石町内町1番地 TEL 0796-52-3111

伝建地区防災計画「住民報告会」ぜひご参加ください！

豊岡市では、今年度から2年間にわたり、出石伝建地区の防災計画を策定するための調査・分析を立命館大学歴史都市防災研究所にお願ひしております。
今年度（1年目）の調査・分析内容について、出石伝建地区および周辺地区にお住まいの皆さまへの報告、また意見交換を目的として伝建地区防災計画「住民報告会」を開催いたします。
今回は、新型コロナウイルス感染症対策を講じた上で、より多くの方にご参加いただけるよう、出石庁舎会議+オンライン（Zoom）での開催を予定しております。
皆さまのご意見が防災計画へ直結する非常に重要な機会となります。ぜひご参加をお願ひいたします。

★住民報告会 オンラインでもご参加ください

▽日 時 令和3年2月19日(金) 午後6時～8時頃まで

▽場 所 会場参加→豊岡市役所 出石庁舎 2階大会議室
オンライン参加→ご自宅/パソコン・スマートフォン等をご準備ください

▽対 象 ・出石伝建地区及び周辺地区にお住まいの皆さま
・伝建事業にご興味のある方、ご近所でも

▽庁舎会議参加ご希望の方（定員20名、先着順）
出石新聞局 地域振興課 伝建担当（0796-52-3111）までお電話ください

▽オンライン参加ご希望の方
・申し込みは、氏名・住所と「2/19住民報告会参加」の旨を、
jzushi-chiiki@city.toyooka.lg.jp までメール送付してください
・後日メールにてオンライン参加の通知をお送りいたします

▽申込ぴ切 2月12日(金)

※例年2～3月に開催しています先遣地視察研修は、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から中止とさせていただきます。

図 17. 伝建地区防災計画案の住民報告会のお知らせ
(出石城下町 伝建かわら版 第43号)

発行日：平成30年5月

発行：豊岡市 豊岡市 出石新聞局

伝建かわら版 15号

～豊岡市嘉右衛門町伝統的建造物群保存地区（嘉右衛門町伝建地区）～

歴史資産を活かすことで、魅力が増し、きれいで安全・安心に、住み続けることができるまちを造る

「嘉右衛門町伝建地区防災計画」を策定しました。

この防災計画は、災害時に起こる伝統的建造物等の滅失や、防災上脆弱な点が多い歴史的な町並みの面的被害を抑制することを目的に、総合的な防災事業やそれに伴う防災施策の基本的な考え方を定めたものです。今後は、この防災計画をもとに、嘉右衛門町伝建地区及び周辺地区の防災事業を展開してまいります。

まずは、一人一人が、各種災害やその対応についての適切な知識を身に付け、個々の防災意識の醸成と定着を図るため、わかりやすい防災リーフレットを作成し、住民の皆様へ配布してまいります。（平成31年1月頃）

防災計画報告書（表紙）

「嘉右衛門町伝建地区総合防災訓練」を実施しました。

平成30年1月27日（土）に、嘉右衛門町伝統的建造物群保存地区及び文化財周辺の地域住民に対する防災意識の高揚及び関係機関相互の連携強化を図ることを目的として、総合防災訓練を実施しました。

当日は、日光御幣使街道を車両通行止めにして、味噌工場跡地周辺を会場に、栃木市消防署・栃木市消防団栃木方面隊第1・5分団による放水訓練や、大町・嘉右衛門町・泉町の各自防炎会のD級可搬ポンプによる初期消火訓練と、水消火筒による消火体験を行いました。

今後は、毎年文化財防火デー（1月26日）に合わせて実施してまいります。

（水幕ホースによる放水訓練 栃木市消防署）
（D級可搬ポンプによる初期消火訓練 自主防炎会）

図 18. 嘉右衛門町伝建地区での防災訓練の開催報告(伝建かわら版 15号)

(b) 建物の電気火災を予防する

東日本大震災における本震によって発生した火災のうち、原因が特定できたものの過半数以上は電気関連の火災であった。地震時に発生する電気火災には、揺れに伴って照明器具などが転倒・破損することによる出火や電気コードの断線などが引き起こす出火のほか、地震によって停電が発生した場合、電気が復旧した際に倒れた電気製品や破損した電源コードなどに通電し、近くの可燃物に着火する通電火災などがある。このような電気火災を防ぐために、感震ブレーカーの設置を推進していく必要がある。感震ブレーカーとは、地震発生時に設定値以上の揺れを感知したときに、ブレーカーやコンセントなどの電気を自動的に止める器具である。感震ブレーカーの設置は、不在時やブレーカーを切って避難する余裕がない場合に電気火災を防止する有効な手段となる。感震ブレーカーは、延焼危険性や避難困難度が特に高い「地震時等の電気火災の発生・延焼等の危険解消に取り組むべき地域」及び「防火地域・準防火地域」において、緊急的・重点的な普及促進が必要とされている²¹⁾。

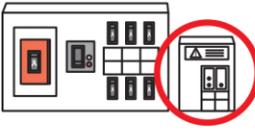
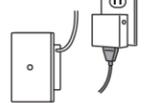
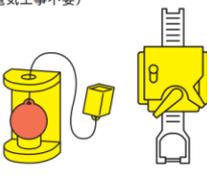
<p>分電盤タイプ(内蔵型)</p> <p>分電盤に内蔵されたセンサーが揺れを感知し、ブレーカーを切って電気を遮断します。</p>	<p>費用:約5~8万円(標準的なもの) ※電気工事が必要</p> 	<p>分電盤タイプ(後付型)</p> <p>分電盤に感震機能を外付けするタイプで、センサーが揺れを感知し、ブレーカーを切って電気を遮断します。 ※漏電ブレーカーが設置されている場合に設置可能</p>	<p>費用:約2万円 ※電気工事が必要</p> 
<p>コンセントタイプ</p> <p>コンセントに内蔵されたセンサーが揺れを感知し、コンセントから電気を遮断します。</p> <p>(埋込型) 壁面などに取り付けて使うもの ※電気工事が必要</p>  <p>(タップ型) 既存のコンセントに差し込んで使うもの ※電気工事が不要</p> 	<p>費用:約5千円~2万円程度</p>	<p>簡易タイプ</p> <p>ばねの作動や重りの落下などによりブレーカーを切って電気を遮断します。</p>	<p>費用:約2~4千円程度 ※ホームセンターや家電量販店で購入可能(電気工事不要)</p>  <p>おもり玉式 バネ式</p>

図 19. 感震ブレーカーの種類と特徴(経済産業省:感震ブレーカー普及啓発チラシ)

4.5.5. 日頃からの定例訓練の実施

1) 防災訓練に対する住民の意識

3章で実施した調査より、伝建地区内の住民の中で自主防災組織に所属している人は約6%しかおらず、地域防災活動の活発度も「あまり活発でない・全く活発ではない・分からない」と答えた人が50%であることが明らかとなった。訓練参加頻度に関しては「数年に1回・殆ど参加していない・参加したことがない」と答える人は44%である。一方で、「新型コロナウイルス感染症(COVID-19)」が蔓延する中、訓練に参加するのが不安という声も半数以上見られた。また、従来の対面で開催する防災訓練の代わりとして、リモート形式やオンライン上で開催される訓練にも参加できるという意見もある。このような様々な環境においても、伝建地区に関わる全ての人々が、継続的に防災に関する技術及び意識の向上を図ることが必要であるため、訓練の開催形式の工夫が求められる。

2) 定例訓練の実施

まずは、突発的に発生する火災に対して初期消火活動を迅速かつ的確に行えるために、各自主防災組織や消防団、その他の住民組織が主体となり、消火器などを用いた消火訓練を日頃から定期的の実施する事が重要である。なお、将来的に先に紹介した可搬式ポンプや減圧バルブを利用した市民消火栓などの消火設備は、配備した時に住民がそれらの操作に慣れ、火災発生時に混乱することなく的確に行動できるために、現段階から定例訓練等で地域住民の操作技術を継続的に高めていくことが必要である。さらに、伝建地区で発生し得る火災に対して、官民が一体となって消防に取り組める体制をつくることが重要なことから、毎年市で防災の日(9月1日)付近で実施されている市の「市民総参加訓練」の継続的参加や、文化財防火デー(1月26日)にも合わせて自主防災組織と消防署・消防団が連携した総合消火訓練を実施することが必要である。

加えて、日中仕事があることや感染症の蔓延時など定例訓練に参加できない場合は、オンライン防災訓練やリモート訓練などを時間や場所の影響を受けにくい防災訓練を実施していくことも必要である。

4.5.6. 火災時における2方向避難の確保

3章の裏庭調査と避難シミュレーションより、伝建地区では半数以上の建物において2方向避難路が確保されておらず、その多くは壁や建物が障害となって避難路が遮られていることが明らかとなった。

住民同士で裏庭を共有することにより、2方向避難路を確保していく方策を検討した。裏庭や建物の間の壁に出入口を設置し、住民同士で避難経路を共有できるよう改善した場合の2方向避難可能割合を図20に示す。

この結果から、全体で8割近くの建物が2方向避難路を確保できるようになることが確認された。

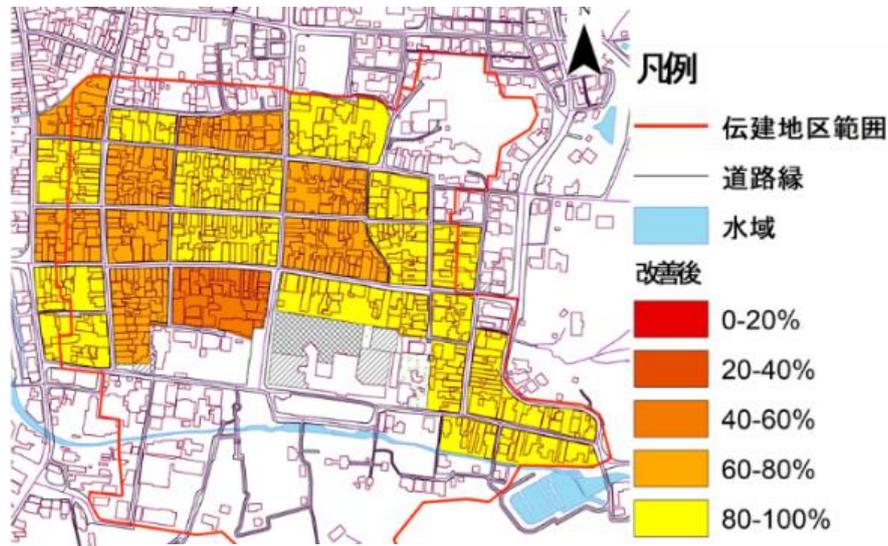


図.20 改善後の2方向避難可能割合

なお裏庭を共有するためには、障害物となる壁に避難用扉や隔て板を設置することや住民同士での協定が改善策として必要である。避難用扉や隔て板の事例としては、板橋区のような整備が望ましい。

- ・ 避難用扉(写真 11.a)：緊急時以外に開けられる心配がないように鍵付の扉などもある。
- ・ 隔て板(写真 11.b)：緊急時には蹴破って通行できる。スペースに余裕がなく扉の設置が難しい場合でも設置が可能である。



a. 避難用扉の設置



b. 隔て板の設置

写真 11. 東京都板橋区の事例²²⁾

参考文献

- 1) 豊岡市：住宅用火災警報器を設置しましょう，<https://www.city.toyooka.lg.jp/bosai/kyukyu/1000563.html>，最終閲覧日2021年1月16日。
- 2) 総務省消防庁：火災死者の約7割は住宅で発生！，<https://www.fdma.go.jp/relocation/html/life/juukei.html>，最終閲覧日2021年1月16日。
- 3) 能美防災株式会社：地域防災情報ネットワークシステム，https://www.nohmi.co.jp/product/emergency_info/index.html，最終閲覧日2022年1月16日。
- 4) 消防力の基準研究会：消防力の基準研究会：逐条問答消防力の基準・消防水利の基準（第三次改訂版），ぎょうせい，2000。
- 5) 保野健治郎・難波義郎・大森豊裕：市街地の建物火災に対応した消防水利計画に関する基礎的研究，土木学会論文集第425号，pp145-154，1991。
- 6) 郡上市観光連盟：郡上八幡・水辺の暮らし，<https://tabitabigujo.com/appeal/traditionalwatersystem/2/>，最終閲覧日2022年12月26日。
- 7) 京都市消防局：「東山区」清水・弥栄地域で市民用消火栓による一斉放水訓練を実施！，<https://www.city.kyoto.lg.jp/shobo/page/0000204298.html>、最終閲覧日2022年1月18日。
- 8) 兵庫県立歴史博物館：兵庫県内の城跡，<https://rekihaku.pref.hyogo.lg.jp/castle/izushi/>，最終閲覧日2022年1月18日。
- 9) 出石町教育委員会：出石旧城下町の町家と町並み「出石旧城下町歴史的町並み調査報告書」，1991。
- 10) 高橋公也・細谷昌右・湯浅弘章・森永健治・佐藤衛寿：低水位河川等からの有効取水に関する研究，日本火災学会研究発表会概要集Vol.55，pp98-101，2005。
- 11) 国土交通省大臣官房庁営繕部整備課：構内舗装・排水設計基準，2015。
- 12) 日本道路協会：道路土工要綱・平成21年度版，450p，2009。
- 13) 兵庫県：兵庫県庁兵庫県道路・街路交通情勢調査（道路交通センサス）平成27年度調査結果，https://web.pref.hyogo.lg.jp/ks08/wd10_000000017.html，最終閲覧日2021年11月5日。
- 14) 兵庫県：県内の降雨強度式，<https://web.pref.hyogo.lg.jp/ks13/koukyoudo.html>，最終閲覧日2021年11月5日。
- 15) 今泉恭一・浅見泰司：地震時の道路閉塞推定に関する研究—防災街づくりのための密集市街地整備方策の定量的比較分析—，日本建築学会計画論文集，第529号，pp225-231，2000。
- 16) 松本昂大・大窪健之・金渡源：震災時の延焼火災に備える水源確保と消火可能範囲に関する研究—伝統的木密地域を有する京都市上京区を対象として—，歴史都市防災論文集Vol.15，2021。
- 17) 小牧市役所：消防車から出る水はどれくらい飛ぶの？，<http://www.city.komaki.aichi.jp/admin/soshiki/shobo/syoubousyo/3/1/1/2/6929.html>，最終閲覧日2021年11月23日。
- 18) 埼玉県：埼玉県消火基地事業，<https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/38373/542028.pdf>，最終閲覧日2021年12月26日。
- 19) 栃木市：栃木市嘉右衛門町伝統的建造物群保存地区防災計画，2018。
- 20) 豊岡市：出石伝統的建造物群保存地区「出石城下町 伝建かわら版」，<https://www.city.toyooka.lg.jp/kurashi/rekishibunka/bunkazai/1001420/1001421/index.html>，最終閲覧日2022年1月18日。
- 21) 経済産業省：感震ブレーカー普及啓発チラシ，https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2015/10/20190408-1.pdf，最終閲覧日2022年1月18日。
- 22) 板橋区：行き止まり道路の緊急避難路整備事業，<https://www.city.itabashi.tokyo.jp/bousai/machidukuri/chiiki/1006239.html>，最終閲覧日2022年1月16日。

4.6. 洪水対策上の課題と対策方針

4.6.1. 洪水対策方針の検討目的

出石城下町エリアは、かつて出石城下三千軒と呼ばれるほど活気ある城下町が形成され、現在、伝建地区に選定されている。そのこともあり、この地域は水害・土砂災害に対するハード対策として砂防堰堤や流木止め、樋門、放水路トンネルなどが設置されている。しかし、近年は全国で想定を超える大雨が多発していることから、既存の対策で十分であるかどうかを検討する必要がある。そこで今回は、伝建地区及びその周辺地区（以下「伝建・周辺地区」という）に起こりうる水災害を4つに分類し、検討を行った。1つ目は出石川から河川流が氾濫するケース、2つ目は谷山川放水路トンネル直上流の流木止めが閉塞し、伝建・周辺地区に氾濫するケース、3つ目は伝建・周辺地区に位置する土石流危険渓流から土石流が発生し、土砂と水が氾濫するケース、4つ目は出石川の水位が上昇し、谷山川との合流点に設けられた樋門が閉ざされた時に起こる内水氾濫である。これらを検討することにより、より効果的な治水対策を提案することを目的としている。

令和2(2020)年度には現地調査を行い、水災害危険性の高いエリアや、対象地における既存の災害対策について把握した。また、これまで本対象地では洪水氾濫解析は実施されてきたが、流木を考慮した土石流・洪水氾濫に関する数値シミュレーションおよび既存の流木対策の効果検討は行われていなかった¹⁾²⁾。そこで、詳細な地形データを用いて既存の放水路の防災効果の検討に加え、想定を超える水災害に対して、放水路入り口に設置されている流木止めが閉塞した場合の洪水氾濫状況の検討等を行った。令和3(2021)年度は残りの3ケースについて数値シミュレーションを実施した。

4.6.2. 検討項目

■令和2(2020)年11月

災害危険性の高いエリアの把握と対象地に設置された防災施設の詳細に関する現地調査

■令和3(2021)年1～6月

放水路トンネルの効果に関する検討。流木止めの閉塞や上流部に砂防堰堤を設置した場合について数値シミュレーションにより検討

■令和3(2021)年6～9月

伝建・周辺地区に位置している土石流危険渓流からの土石流氾濫について数値シミュレーションを実施。土砂の氾濫範囲を検討

■令和3(2021)年10～12月

出石川の堤防決壊、もしくは越流により発生する大規模氾濫に関して氾濫範囲を検討

■令和3(2021)年10～12月

谷山川の内水氾濫に関して数値シミュレーションを実施。氾濫範囲を検討。

4.6.3. 具体的な検討の成果

(1) ケース 1: 出石川本川の堤防が決壊または越流が生じ、大洪水となる場合

検討項目の1つ目として、出石川本川の堤防が決壊、もしくは水位が上昇し、越流が生じるケースを検討した。

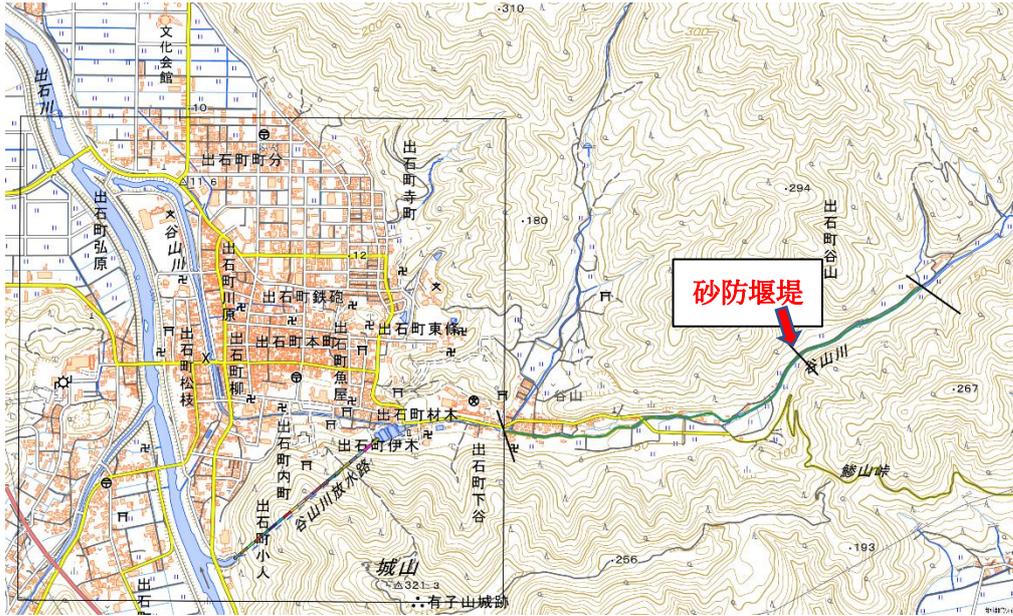


図 2 谷山川上流の砂防堰堤設置位置

case 2 の結果を図 7～図 10 に示す。解析結果より、流木止めが閉塞した場合、洪水流はほとんど放水路から排出できていないことが明らかとなった。よって谷山川放水路呑み口付近から大規模に氾濫し、氾濫範囲も case 1 と比較して大きく広がることが確認される。よって、現在の状況では、流木の大量発生を伴う洪水が生じた時、放水路トンネルが機能しなくなることが分かった。

そこで case 3 では、谷山川の上流域に新たに砂防堰堤(流木を止める機能を有する)を設置し、流木がトンネルまで到達しないケースを考える。今回、高さ 10 m の砂防堰堤を図 2 の位置に設置して解析した。

case 3 の解析結果を図 11～図 14 に示す。解析結果から case 2 と比較して、氾濫規模がかなり抑制できていることが明らかとなった。すなわち、上流部で流木を止めることができれば、放水路トンネルが十分に機能し、出石川へ洪水の大部分を排水できることがわかる。

放水路トンネル呑み口にある現有の流木止めでは、流木による閉塞が生じた場合に大きな被害が出石市街地に生じる可能性が示された。また、放水路トンネルがきちんと機能すれば大きな氾濫とはならないことが明らかとなった。将来的に谷山川上流において流木対策を推進することが望まれる。

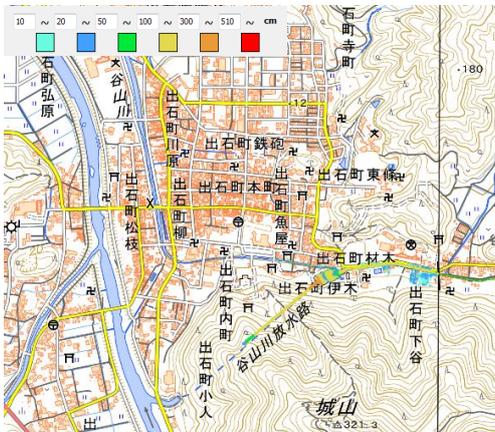


図 3 case 1 800s(約 13 分)後

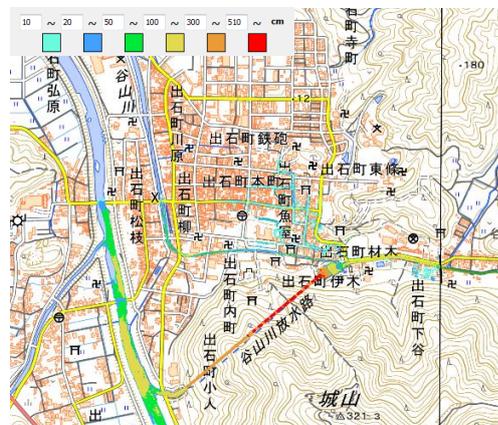


図 4 case 1 1600s(約 27 分)後

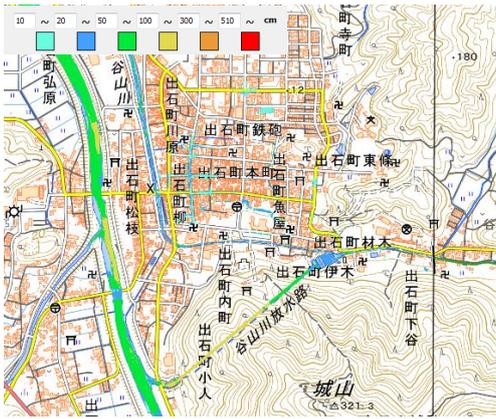


図 5 case 1 2700s (45分)後

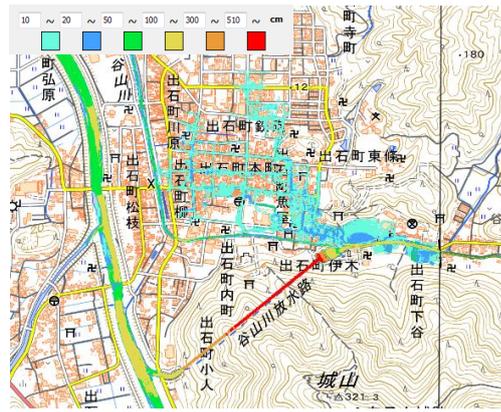


図 6 case 1 痕跡

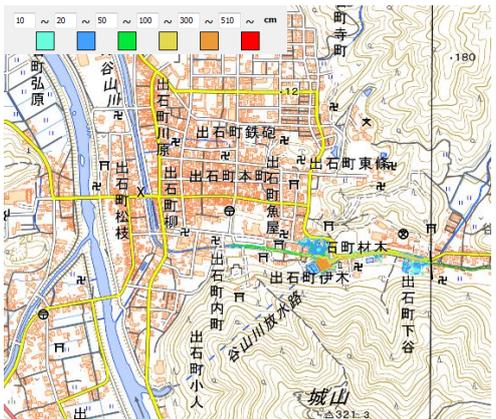


図 7 case 2 800s (約 13分)後

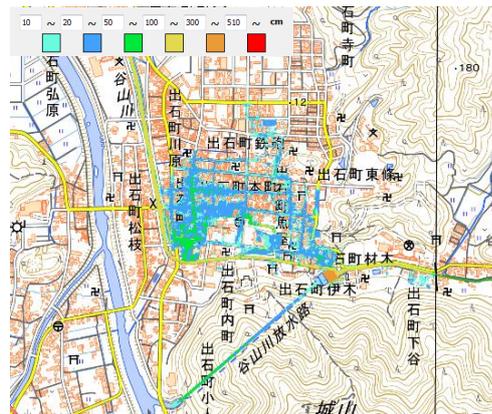


図 8 case 2 1600s (約 27分)後

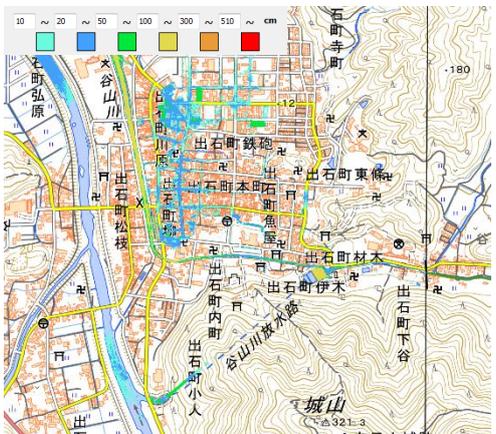


図 9 case 2 2700s (45分)後

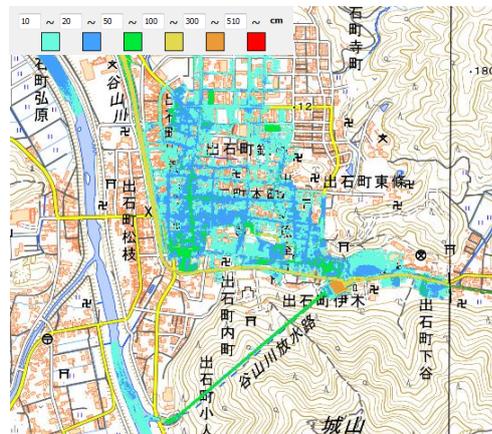


図 10 case 2 痕跡

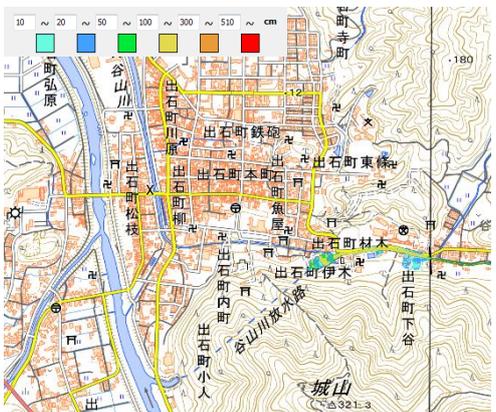


図 11 case 3 800s (約 13分)後

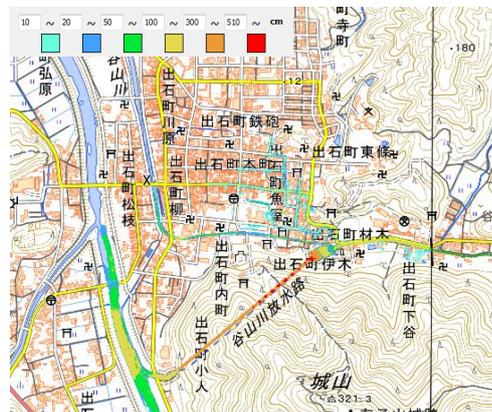


図 12 case 3 1600s (約 27分)後

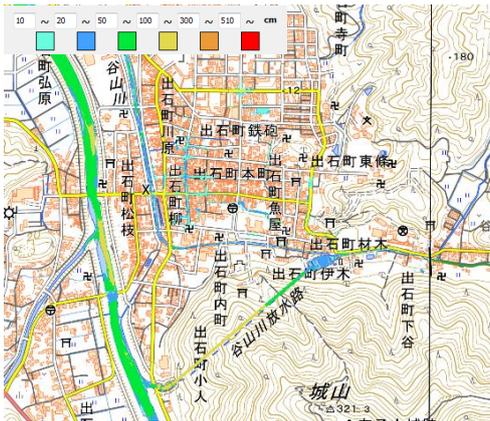


図 13 case 3 2700s(45分)後

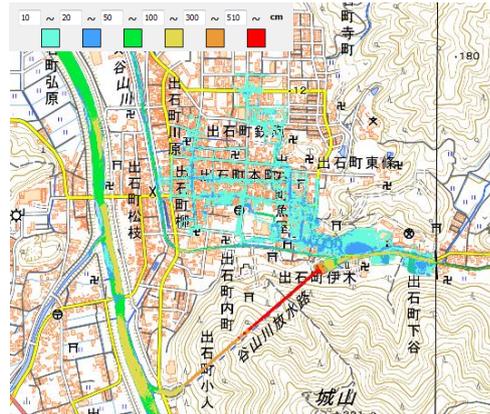


図 14 case 3 痕跡

(3) ケース 3:土石流危険渓流からの氾濫

出石の市街地に被害を及ぼす可能性のある土石流危険渓流は 5 か所存在する。図 15 の丸枠内はハザードマップ上に示される土石流危険渓流である。表 3 に解析条件を示す。

○ 渓流 1 ○ 渓流 2 ○ 渓流 3 ○ 渓流 4 ○ 渓流 5

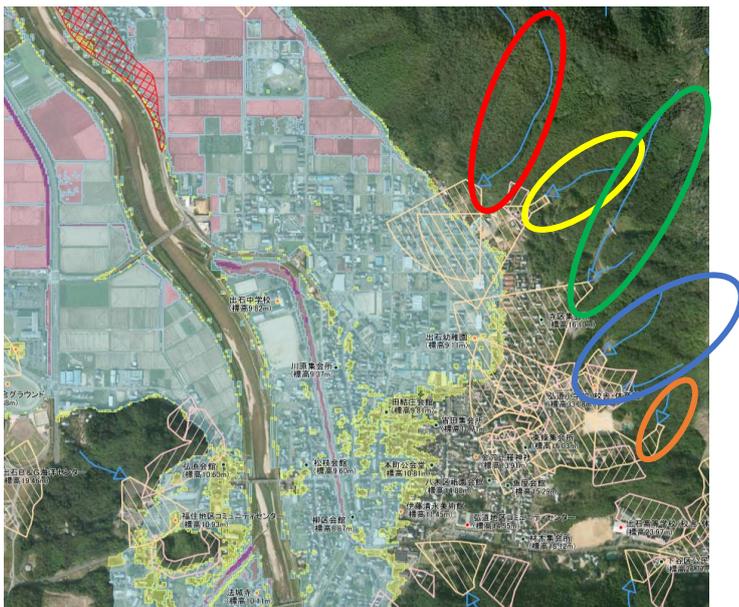


図 15 土石流危険渓流の位置

表 3 ケース 3 解析条件

	土石流危険渓流 1 (0.13km ²)		土石流危険渓流 2 (0.07km ²)		土石流危険渓流 3 (0.20km ²)		土石流危険渓流 4 (0.08km ²)		土石流危険渓流 5 (0.04km ²)	
	洪水時 (m/s)	土石流時 (m/s)								
100年確率	2.34	4.34	1.27	2.36	3.68	6.83	1.54	2.85	0.76	1.41

解析結果は図 16～図 20 に示す。伝建・周辺地区に位置している土石流危険渓流は流域面積が小さいため、100 年確率の降雨では大規模な氾濫被害は生じないことが確認できた。しかし、近年は降雨量が増加傾向にあり、災害が激甚化しているため、今回の解析結果より広い範囲で土石流氾濫が生じる可能性も否定できない。将来的には降雨条件の変化を見据えたさらなる検討も必要になると考えられる。



図 16 溪流 1 の痕跡

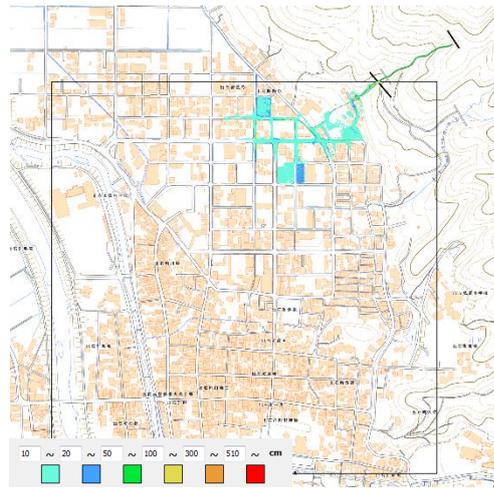


図 17 溪流 2 の痕跡

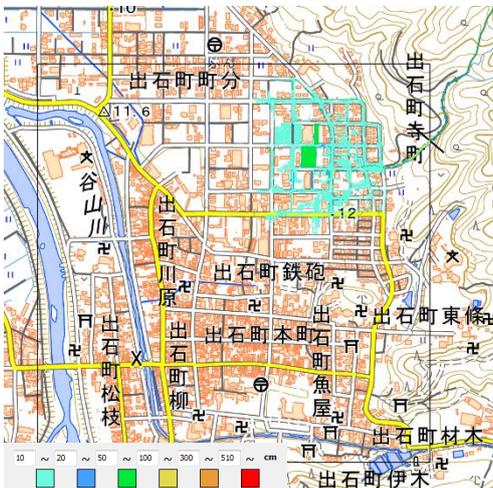


図 18 溪流 3 の痕跡

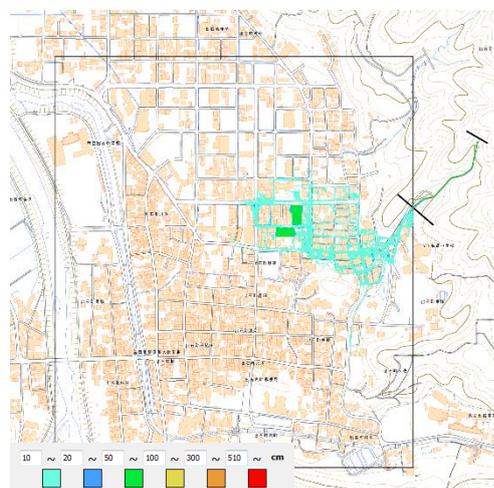


図 19 溪流 4 の痕跡

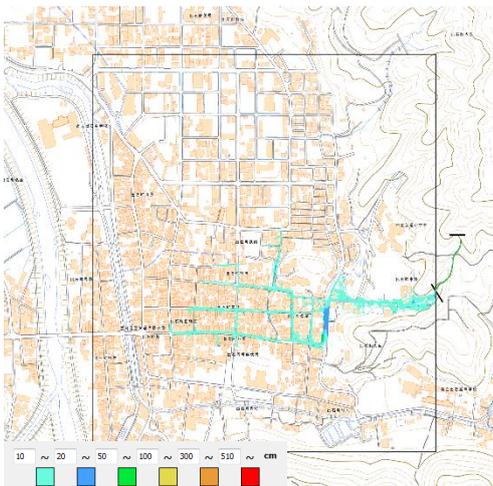


図 20 溪流 5 の痕跡

(4) ケース 4: 出石川の水位が上昇し、谷山川との合流点にある樋門を閉めた時の内水氾濫

伝建・周辺地区には、出石川と谷山川の合流部に樋門が設置されている。これは出石川の水位上昇によるバックウォーターを防ぐための対策である。現在、谷山川は放水路トンネルが設置されているため、放水路トンネルより上流側の水はすべて放水路トンネルに流入する設計となっている。しかし、出石の町に降った雨は合流部に集水する。この時、出石川の水位が上昇していた場合、樋門は閉められているため、内水氾濫が発生する危険性がある。今回は樋門が開いている場合と閉まっている場合を比較して、内水氾濫の危険性を検討した。条件は流域面積が 1.53 km²、時間雨量は 50 mm、降雨継続時間は 3 時間とした。解析結果は図 21～図 36 に示す。

まず、図 21～図 28 は樋門が開いているケースの解析結果となっている。樋門が開いているということは、出石川に排水できているということである。解析結果からも谷山川のカーブ付近で少し氾濫がみられるが、氾濫規模がとても小さいため、出石川の水位が上昇していなければ、伝建・周辺地区の内水氾濫の心配はほとんどないと考えている。

次に、図 29～図 36 の樋門が閉じているケースについてまとめる。樋門が閉じているということは、出石川の本川で水位上昇が起こり、伝建・周辺地区に降った雨が排水できないということである。このケースの解析結果について順を追って説明する。まず、2000s(約 33 分)後に合流部に水が到達する。次に 3000s(50 分)後に谷山川のカーブ付近で氾濫し始める。次に 5000s(約 83 分)後に合流部付近で氾濫し始める。次に 7000s(約 117 分)後では図 32 の赤丸部分から氾濫し始める。また、合流部付近からの氾濫範囲も広がっている。そして 7000s(約 117 分)～14400s(240 分)の間はこれまで氾濫した地点から氾濫が広がり、図 36 のように広い範囲で被害が出る結果が予想される。特に出石中学校では 1m 以上の水位となることが予想される。谷山川右岸側、左岸側ともに大きな被害となるため、内水氾濫が発生する場合、迅速な避難が必要であると考えられる。

今回の数値シミュレーションでは洪水流を谷山川右岸の一点からの流入としている。実際の内水氾濫は周辺山地や市街地に降った降雨によってもたらされるため、この条件は若干異なっている。しかし、谷山川放水路トンネルより下流エリアに降った雨は小規模な溪流や排水路を通じてすべて出石川との合流点に集中してくるため、内水氾濫の規模を推定するには十分であると考えている。

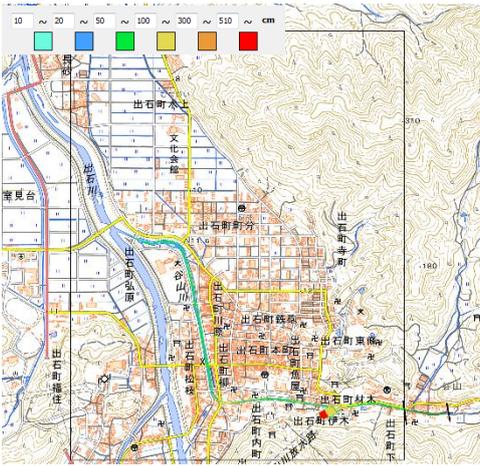


図 21 樋門開門 2000s(約 33 分)後

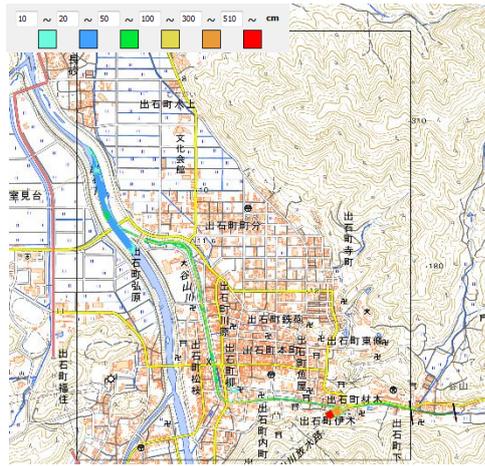


図 22 樋門開門 3000s(50 分)後

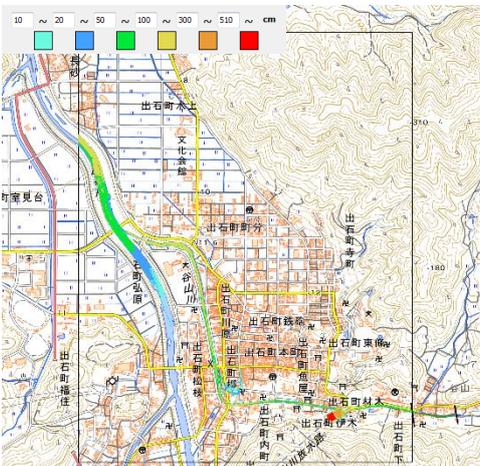


図 23 樋門開門 5000s(約 83 分)後

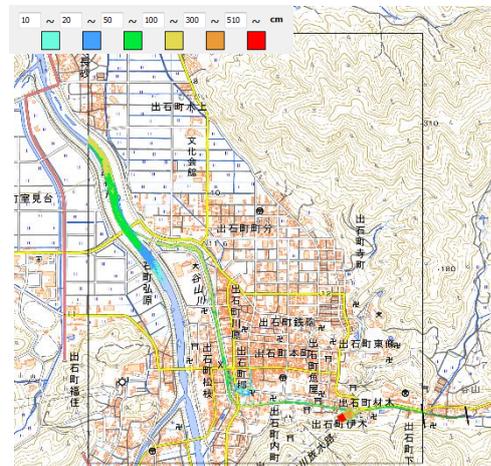


図 24 樋門開門 7000s(約 117 分)後

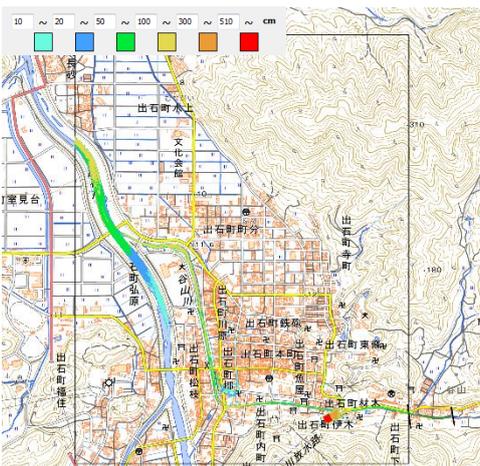


図 25 樋門開門 8000s(約 133 分)後

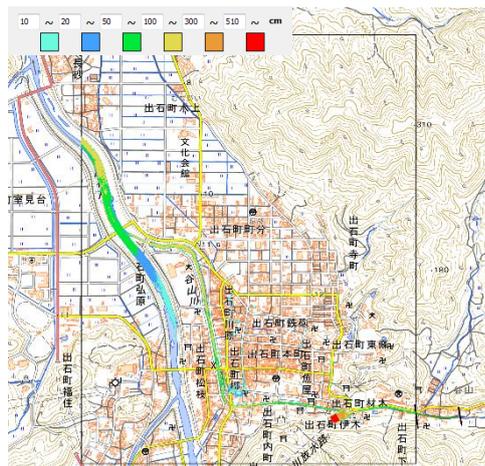


図 26 樋門開門 10000s(約 167 分)後

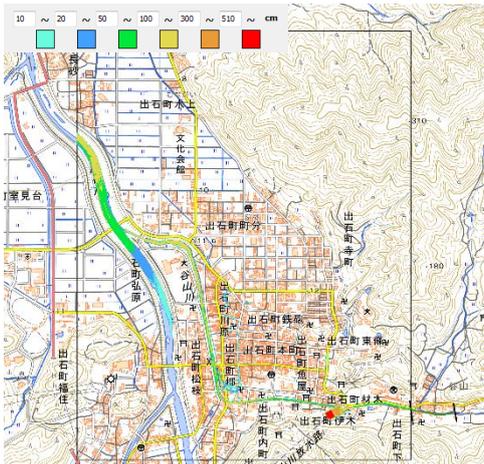


図 27 樋門開門 12000s(200分)後

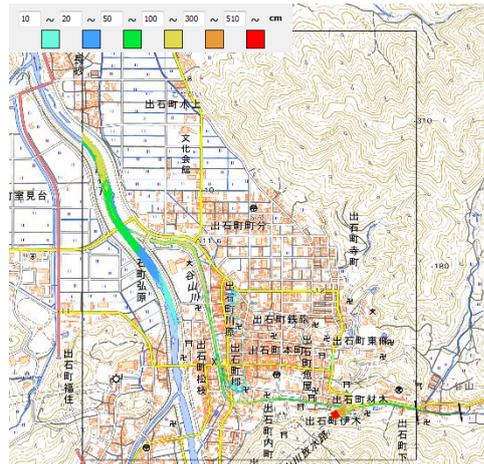


図 28 樋門開門 14400s(240分)後

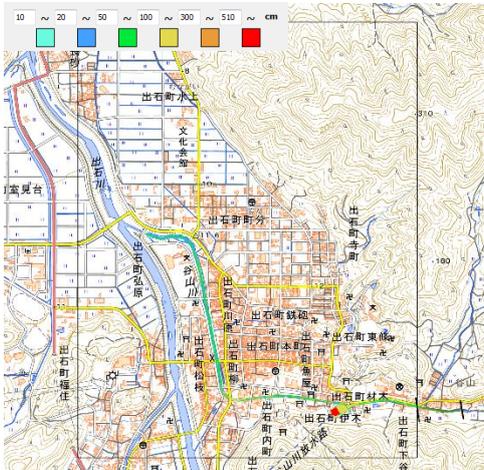


図 29 樋門開門 20000s(約 33分)後

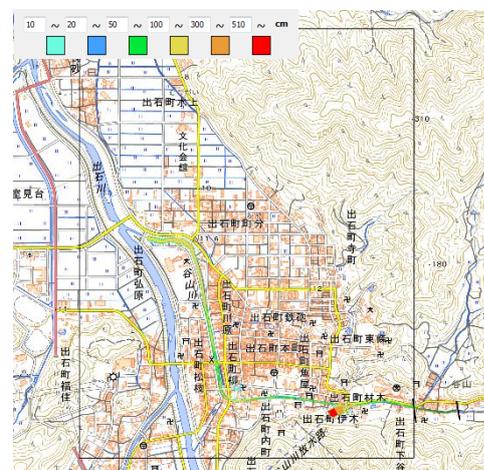


図 30 樋門開門 30000s(50分)後

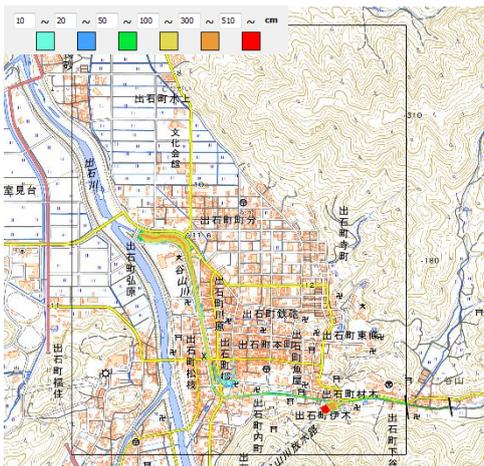


図 31 樋門閉門 50000s(約 83分)後

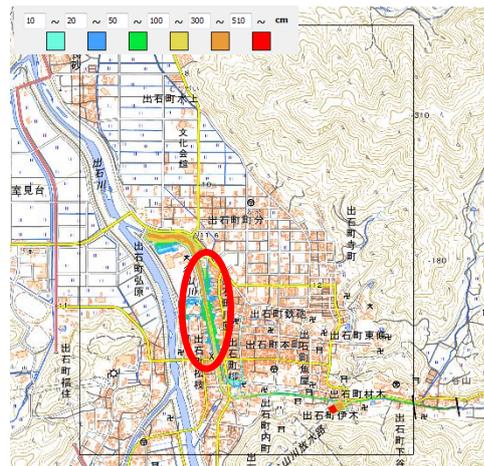


図 32 樋門閉門 70000s(約 117分)後

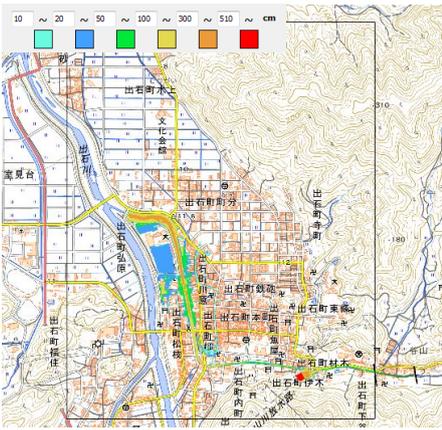


図 33 樋門閉門 8000s(約 133 分)後

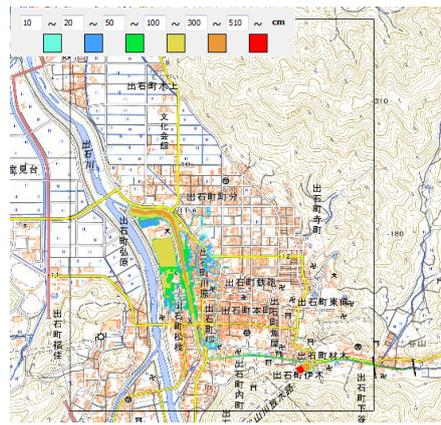


図 34 樋門閉門 10000s(約 167 分)後

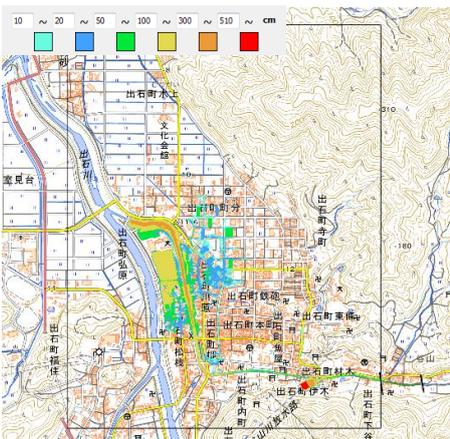


図 35 樋門閉門 12000s(200 分)後

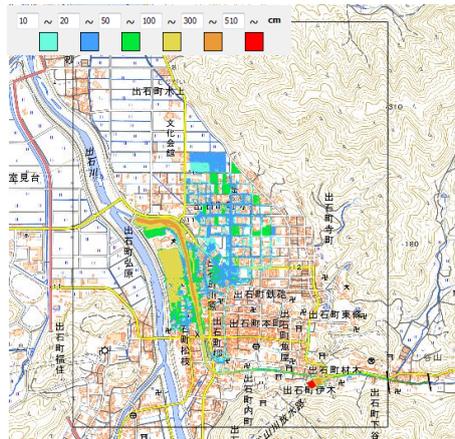


図 36 樋門閉門 14400s(240 分)後

4.6.4. 洪水対策方針のまとめ

伝建・周辺地区は本来、水害リスクの高いエリアである。支川である谷山川からの流出土砂が出石川本川との合流部付近に堆積することによって形成された小さな扇状地形上に、伝建地区を含む出石市街地は存在している。谷山川放水路トンネルおよび合流部の樋門建設と谷山川下流域の河川改修によって想定内の降雨に対する安全性は大きく向上してきたものの、河川沿いに発達した市街地であるが故の脆弱性は未だ残されている。特に近年は想定を上回る規模の降雨が多発するようになってきているため、既存の設備だけでは防ぎきれない事態が生じることも十分考えられるので、さらなる水害対策について検討が必要である。今回は大きく4つの水害のタイプを考え、それぞれに対し検討してきた。令和 2(2020)年度から令和 3(2021)年度の本調査において得られた、水害発生時の危険性や問題点が、よりよい治水対策に活用されることを期待するとともに、本対策方針に基づいて伝建・周辺地区の防災対策事業を推進することが重要である。

参考文献

- 1) 大藪政志・椿涼太・藤田一郎・川谷健:2004 年 10 月出石川氾濫を対象とした現地調査に基づく高解像度氾濫解析, 水工学論文集, 第 50 巻, pp.685-690, 2006.
- 2) 石森久仁子・土屋十圓:出石川流域における洪水流出予測と2004 年台風 23 号出水時の氾濫解析, 水工学論文集, 第 52 巻, pp.817-822, 2008.

4.7 地盤災害対策上の課題と対策方針

(1) 土砂災害に対する各自の防災行動計画の作成

災害の発生を前提に、防災関係機関が連携して災害時に発生する状況を予め想定し共有した上で、「いつ」、「誰が」、「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理した計画のことを防災タイムラインという。国、地方自治体、企業、住民等が連携してタイムラインを策定することにより、連携した防災行動がとれるようになる。住民ひとり一人が災害リスクが異なるため、行政が作成する自治体のタイムラインに加え、自宅や職場における洪水や土砂災害の危険性を把握した上で、家族構成や生活環境に合わせた自分自身の防災行動計画（マイ・タイムライン）を作成する。

(2) 急傾斜地における住民の避難経路の確認

避難場所・避難経路は、土砂災害警戒区域外の土砂災害に対する安全性が確保された場所を選定することが基本となる。それが難しい場合は、地域の実情に合わせて、近隣の堅牢な建物の高層階への移動、避難の方向・避難経路として適さない区間等の明示などの対応が必要となる。避難行動を的確に行うために、行政と住民による協働で、急傾斜地における住民の避難経路を確保することが重要である。行政は、土砂災害の危険性、ハザードマップの周知・提供、防災訓練、防災教育等の実施、雨量情報・土砂災害警戒情報・避難場所開設情報等の提供、避難勧告等の発令と関係部局との連携などの役割を担い、住民には、土砂災害に対する知識の習得・防災意識の向上、的確な避難行動が求められる。

(3) 崩壊リスクが高い斜面への対策工の推進

斜面防災には、住民によるリスク認識や自主避難など自助・共助も重要であるが、崩壊の危険性が特に高い箇所については、災害リスクそのものを低減・回避するためのハード対策が有効である。伝建地区及び周辺には、ハード対策が求められるような危険箇所（図1）が確認された。本調査で明らかになった災害リスクの大きさに応じて、危険箇所を「対策不要箇所」、「経過観察箇所」、「要対策箇所」に弁別し、定期的な点検と崩壊リスクが高い斜面には対策工（図2）の実施を推進する。



図1 風化した岩が露出した崩壊危険性の高い斜面

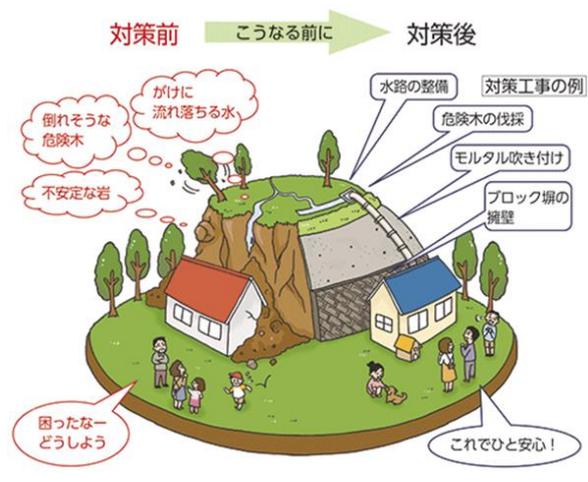


図2 斜面对策工（広島市 HP より）

(4) 危険斜面および出石城跡の石垣の変状監視

土砂災害が懸念される危険斜面やはらみ出しの進行した出石城跡の石垣には、変状を検知するセンサの設置による監視が望まれる。近年では、わずかな地盤変動を感知し、その情報をリアルタイムでPCやスマートフォンに送信するようなIoTセンサも実用化されている。このような監視センサを危険個所に設置し、定期的あるいは豪雨や地震の前後に変状の有無を確認することによって、ハード対策の必要性の判断等、当該

箇所の危険性の経時的変化を評価する上で極めて重要な情報を得ることができるようになる。微小な変状や異常値をいち早く検出することができれば、崩壊に至る前の前兆現象（アラート）としても、警戒、避難、対策の早期対応に結び付けられるようになる。

(5) 出石城跡石垣の修復・危険箇所への立入禁止柵等の対策の継続

はらみ出しが進行し、地震や大雨による崩壊が懸念される石垣は、築石の積み直し等の修復を行い、災害リスクの回避・低減を図る必要がある。

ただし、石垣は城郭を構成する要素の一つとして出石城に関係する遺構と密接な関係にあり、修復には慎重な議論を要するため、早急な対応が困難な場合は、住民・観光客の立入禁止柵や表示の設置を継続する。近年では、3次元測量による3次元データを活用した石垣修復支援技術¹⁾ (図3) なども実用化されてきている。築石および石垣面の3Dモデル化により、解体前後の形状記録、石材の配置計画、修復後の可視化や安定性評価などが可能となる。

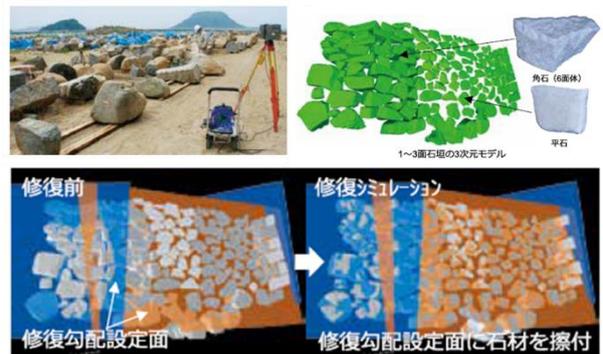


図3 3次元データを活用し石垣の修復支援技術¹⁾

(6) 水害・土砂災害時における要配慮者の避難誘導対策

平成29 (2017) 年6月より、浸水想定区域や土砂災害警戒区域内の要配慮者利用施設の管理者は、「避難確保計画」の作成、「避難訓練」の実施が義務化されている (図4)。「避難確保計画」とは、防災対策、避難誘導、施設の整備、防災教育及び訓練の実施、自営水防組織の業務などを定めた計画であり、施設管理者が主体的に作成することが重要である。要配慮者利用施設の有無を問わず、浸水想定区域や土砂災害警戒区域内に立地する住民は、日頃から防災に対する関心を寄せ、ハザードマップを利用して避難場所や避難経路を確認しておくとともに、市町村が行う土砂災害の避難訓練に参加することが重要である。



図4 要配慮者利用施設の避難体制強化²⁾

(7) 土砂災害危険情報の伝達体制の構築

危険斜面に設置したセンサーが変状を検出したときや、土砂災害発生の危険度が高まってきたときの情報を迅速かつ確実に住民に伝える仕組みを構築しておく必要がある。近年では、住民への災害情報等を確実に伝達するためには、1) 1つの手段に頼らず複数の災害情報伝達手段を組み合わせること、2) 一つ一つの災害情報伝達手段を強化することが重要とされている。従来の防災行政無線や消防団による広報に加え、登録制メールやSNSなど多様な情報伝達手段の整備により、土砂災害危険情報の伝達体制を構築する。災害の種

別、情報の受け手、災害の段階（発災前、発災時、発災後）などによって効果的な伝達手段や情報の内容が異なる。受け手の状況や地域の特性・実情を踏まえた情報伝達手段の多重化・多様化を検討することが望ましい。

(8) 地区独自の土砂災害発生危険基準の設定と対策行動指針の作成

大雨による土砂災害発生危険度の高まりを一般市民に知らせる土砂災害警戒情報（气象台と都道府県が共同発表）は、1 km四方（メッシュ）の領域を単位とした広域情報である。このような広域を対象とした警戒情報は、発表しても土砂災害が発生しない、いわゆる「空振り」が多く起こり、首長の適時的確な避難勧告等の発令に結び付かないことが少なくない。住民の避難の実効性を高めるためには、災害発生の予測精度を向上させるとともに、必要な住民に対して、必要な情報を的確に伝える仕組みの構築が必要である。

現在、豊岡市の地域防災計画では、兵庫県地域別土砂災害危険度に基づき、5kmもしくは1 kmメッシュ単位の情報に基づいて避難情報等を発令しているが、東西・南北ともに約600m四方の伝建地区は1 km四方内にすっぽり埋もれてしまう。

今回の現地調査によって、伝建地区内でも特に危険性のある場所が判明した。将来的には、地域独自に降雨や被災履歴を蓄積し、ローカルな基準値を設けることも検討する必要がある。

地域における降雨や災害履歴データを収集・解析することにより、降雨と地盤の地域特性を考慮した地域独自の、また、危険性のある地区に限定した土砂災害発生危険基準（CL：Critical Line）（図5）を設定することができるようになり、地域や地盤・構造物の特性に応じたピンポイントの警戒避難情報の発令が可能になる。

国道や高速道路、鉄道などは、通行規制の基準値を危険箇所ごとにオーダーメイドで設定している。今後は、ICT/IoT技術のさらなる発展も考えられ、警戒情報のローカルエリア化はますます加速していくことが考えられる。早急な対応は困難と思われるが、ローカルな伝建地区の現状にフィットした、先端的な取り組みを官民一体で作りに上げていくことが望まれる。

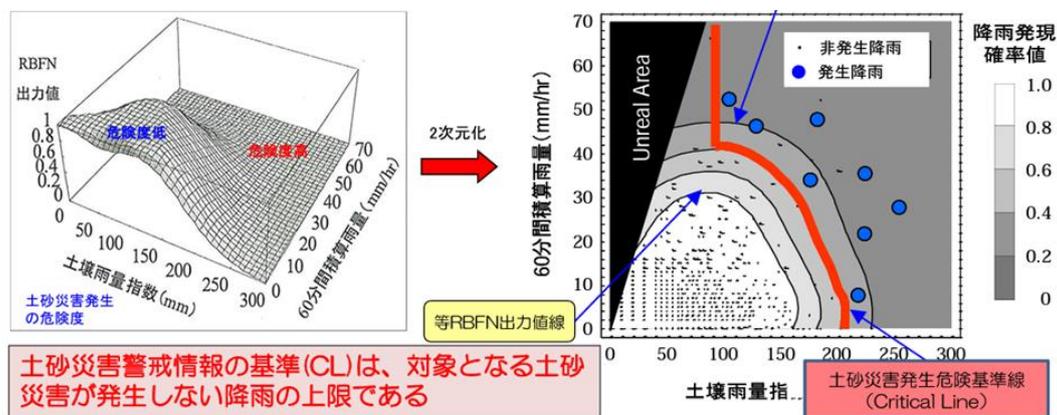


図5 土砂災害発生危険基準線(CL)の設定³⁾

参考文献

- 1) 木本 聖・若松盛示・山内裕之・木本啓介・西村正三：3次元シミュレーション技術を活用した唐津城石垣再築整備工事，測量，pp.24-27，2020。
- 2) 国土交通省：<https://www.mlit.go.jp/common/001189226.pdf>
- 3) 気象庁予報部予報課：降雨情報を活用した災害発生危険度予測技術（土砂災害），<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/koushu130524/shiryou2.pdf>

4.8 避難対策上の課題と対策方針

4.8.1. はじめに

伝建・周辺地区の避難対策上の課題と対策方針としては、以下の点が考えられる。

- (1) 災害種別ごとの避難方法について市民が理解し確認する（主体となる担い手：住民）
- (2) 避難時の障害となる路上駐車の自主改善をはかる（主体となる担い手：住民、行政（警察））
- (3) 出石皿そば協同組合等による観光客の避難誘導體制を構築する（主体となる担い手：出石皿そば協同組合、但馬國出石観光協会、出石まちづくり公社など）
- (4) 伝建・周辺地区の防災情報を確認できる案内板等を設置する（主体となる担い手：行政）

4.8.2. 災害種別ごとの避難方法について市民が理解し確認する（主体となる担い手：住民）

豊岡市は、災害種別に応じた指定緊急避難場所を指定している¹⁾。伝建地区においては、地震、水害、土砂災害など、災害種別によって避難場所が異なっている。また、地震であれば沿道建造物の倒壊などによって幅員の小さな道路が閉塞しやすいこと、水害や土砂災害であれば地形条件によって浸水や閉塞をしやすい道路が異なることなど、災害種別によって適切な避難経路も異なっている。また、避難時に歩行できる道路の条件や移動距離の限界なども、個人によって異なるであろう。このため、災害種別に応じた自宅やその周辺からの適切な避難場所、避難経路を事前に把握しておき、自分にあった避難方法を理解しておくことが必要である。

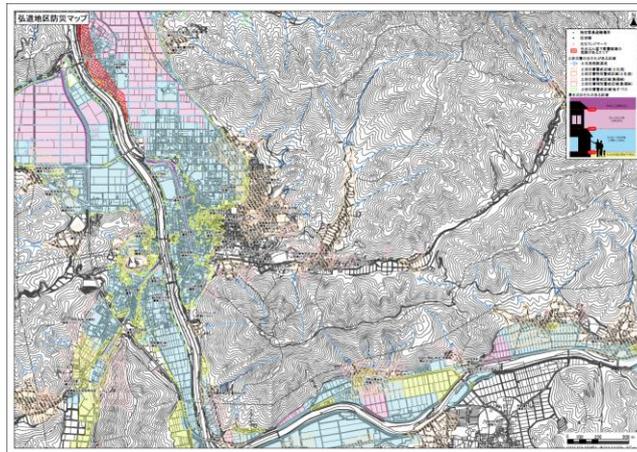


図1 弘道地区防災マップ（出典：豊岡市ホームページ）¹⁾

たとえば、阪神・淡路大震災時における道路閉塞状況の分析では、道路幅員別の歩行者・自動車の通行可能確率について、表1のような値が求められている²⁾。この値は阪神・淡路大震災時における被災地（神戸市灘区）の道路や沿道建造物の状況に依存しているため、木造建造物の多い伝建地区では、より通行可能確率が小さくなることも想定される。また、発災時にどの道路が実際に閉塞するかは、事前に完全に予測できるわけではなく、道路や沿道建造物の条件から確率的に想定するしかない。このため、最短経路だけでなく、幅員の大きな道路を使用した避難経路の想定や、1箇所の避難場所、1つの避難経路だけでなく、被災状況に応じた複数の避難場所や避難経路の想定を行うことが必要である。

表1 道路延長100mあたりの通行可能確率（阪神・淡路大震災）²⁾

道路幅員(m)	震度6		震度7	
	歩行者	自動車	歩行者	自動車
0~4	0.579	0.335	0.354	0.211
4~6	0.630	0.370	0.429	0.229
6~8	0.716	0.434	0.475	0.254
8~10	1.0	0.713	0.754	0.464
10~12	1.0	0.934	0.877	0.877
12~16	1.0	0.934	0.942	0.942
16~25	1.0	1.0	1.0	1.0
25~	1.0	1.0	1.0	1.0

豊岡市の災害時避難場所の指定の考え方として、当初から全ての住民を受け入れることを想定して指定している訳ではない。なぜなら、例えば地震時の避難の場合、あくまで火災や家屋の倒壊等によって「自宅で生活できない」住民が避難をする必要があるのであって、自宅で生活が可能な住民は、自宅で生活することが原則との考え方による。

なお、風水害の場合については、当該区域の防災マップによると、土砂災害警戒区域内にあり立ち退き避難の必要がある地域が存在するものの、洪水浸水想定については、ほとんどが浸水しないか、浸水したとしても自宅2階以上の山とは反対側の部屋に避難する在宅避難で対応できる地域である。住民にあつては、指定緊急避難場所以外にも、地区内でより安全なお宅へのご近所避難や区域外の親せきや友人宅への避難など、避難のタイミングに応じた複数の避難先の選択肢について検討しておくことが必要である。

4.8.3. 避難時の障害となる路上駐車の自主改善をはかる（主体となる担い手：住民、行政（警察））

地区内の幅員の小さな道路においては、路上駐車が存在によって発災時の避難や、緊急車両の通行の障害になる可能性がある。このため、住民が路上駐車を自主的になくしていくこと、行政（警察）が必要箇所の取り締まりを行うことが必要である。

一方、伝建地区の地理的条件や交通施設の状況を考えると、住民が自家用車を利用せずに生活することは困難であろう。また観光の面においても、多くの観光客が自家用車で伝建地区を訪れており、自家用車による訪問を想定しない観光計画を考えることも困難であろう。したがって、住民、観光客とも自家用車の利用を想定した上で、発災時の避難や緊急車両の通行の障害にならないような対策が必要である。

地区内に一定の駐車場の必要性があり、すべての路上駐車をなくすことが困難であれば、前項に示すような避難場所や避難経路に関する情報を地区内で共有し、住民や観光客の避難経路となる道路を選定することにより、重点的に路上駐車をなくす道路と、ある程度は路上駐車を許容できる道路とを選別し、重点的な対策を行うことが必要である。また、路上駐車を許容できる道路も存在しない場合には、必要に応じて周辺に路外駐車場を設置することも考えられる。

また観光客に関しては、出石では多くの観光客が自家用車で訪れていること、また日帰りの観光客が多いことから、伝建地区周辺に一定の観光駐車場は必要であろう。一方、地区内に多数の観光客の自家用車が進入することは発災時の避難の障害になることに加え、平常時の交通安全上も望ましくないことから、できるだけ駐車場を地区の周辺部に設置し、歩行者の多い地区内に進入する観光客の自家用車を減少させることが必要である。ただし、伝建地区中心部にある大手前駐車場は、観光客の一時的な避難場所となり得るオープンスペースとしては貴重と思われることから、今後もオープンスペースとして維持することは有効と考えられる。

4.8.4. 出石皿そば協同組合等による観光客の避難誘導體制を構築する（主体となる担い手：出石皿そば協同組合、但馬國出石観光協会、出石まちづくり公社など）

発災時に土地勘のない観光客を適切に避難させるためには、たとえば皿そば店や観光センターなど、観光客との接点となる観光業関係者による観光客の避難誘導が有効であると考えられる。

これを実現するためには、皿そば店、土産物店など、地区内で観光客との接点となる店舗、施設の分布と、

災害種別ごとの避難場所の位置に基づき、観光客の避難誘導の分担体制などを事前に検討しておくことが必要である。その際、3.8 節に示すような、観光客が滞在する場所ごとの最寄りの店舗、施設の分布状況などを把握することが、有効な検討材料になると考えられる。

3.8 節の分析は地区内の皿そば店の分布と道路ネットワークに基づき、場所ごとの最寄りの皿そば店によって地区を分割したものであるが、皿そば店のみならず他の観光関連の店舗、施設など、避難誘導に協力し得る主体を含めた分析を行うことにより、誘導が手薄になりやすい箇所の把握や、多数の観光関連の店舗、施設が集まる箇所からの応援の体制などを検討することが可能となる。また、これらの避難誘導では対応し切れない箇所には、次項に示す案内板の設置などにより補完することも必要である。

また、店舗や施設の分布や、各々の店舗や施設で対応し得る活動内容等は変化するものであるため、発災時に適切な避難誘導が可能となるよう、定期的な情報更新やそれに基づく分担体制の見直し、日常的な避難訓練などを行うことも必要と考えられる。

なお、災害種別によって適切な避難場所や避難経路が異なることを考えると、それらに応じた複数の避難誘導体制が必要となるが、観光客が対象であることから、気象情報により事前に予測し得る水害や土砂災害よりは、突発的に発生し得る地震や火災を想定した避難誘導体制を優先的に考えることが必要と考えられる。また、自家用車で訪れる日帰り観光客が多いことから、長期間の帰宅困難者よりは、発災直後の安全確保のための避難誘導や、帰宅までの一時的な安全確保のための対策を優先的に考えることが必要と考えられる。

4.8.5. 伝建・周辺地区の防災情報を確認できる案内板等を設置する（主体となる担い手：行政）

地区内の防災情報に詳しくない観光客に対して、発災時の避難場所や避難経路の情報を提供できるよう、地区内、特に観光客の多い箇所や避難経路となり得る箇所には、災害種別ごとの避難場所までの案内板を設置し、防災情報に詳しくない観光客が、混乱なく安全な避難場所に避難できるようにすることが必要である。

案内板のデザインは、他地域から訪れる観光客にも理解しやすいよう、標準的なデザインとすることが望ましいと考えられる。図 2 は、一般社団法人日本標識工業会が定めている「災害種別避難誘導標識システム」による避難誘導標識システムの例であり、こういった体系的な避難誘導を行える案内板のデザインや設置箇所の選定が必要である³⁾。このためにも、上述のような避難場所や避難経路に関する情報を地区内で共有し、住民や観光客の避難経路となる道路を選定することが必要である。

一方、不特定多数の観光客が訪れる地域であることから、ユニバーサルデザインに配慮すること、伝建地区としての景観にも配慮することが必要と考えられる⁴⁾。

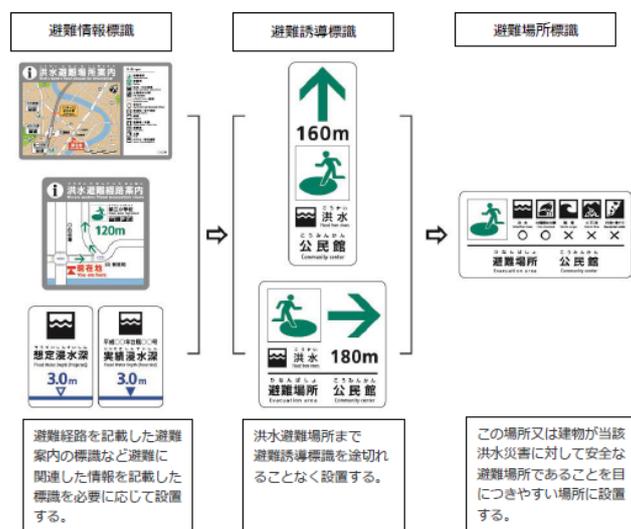


図 2 避難誘導標識システム（出典：災害種別避難誘導標識システム（JIS Z9098））³⁾

参考文献

- 1) 豊岡市：防災マップ（出石地域），<https://www.city.toyooka.lg.jp/bosai/bosai/bosaimap/1000590.html>
- 2) 塚口博司，小川圭一，本郷伸和：大震災時における道路の通行可能確率の推定，歴史都市防災論文集，Vol.2, pp.43-48, 2008.
- 3) 一般社団法人日本標識工業会：「災害種別避難誘導標識システム」JIS Z9098 防災標識ガイドブック，<http://www.signs-nsa.jp/index.html>
- 4) 久能木慎治，伊津野和行，八木康夫：観光地における防災ユニバーサルデザインに関する考察，歴史都市防災論文集，Vol.6, pp.369-376, 2012.