

出石伝統的建造物群保存地区における建築物の延焼脆弱性の定量化と二方向避難・放水範囲拡大のための対策提案

Verification of Fire Spread Risk in a Single Buildings, Proposal Fire Fighting and Two-way-refuge in Izushi Preservation District of Buildings

平尾和洋¹・田邊勇樹²・大場修³

Kazuhiro Hirao, Yuki Tanabe and Osamu Oba

¹立命館大学工学部建築都市デザイン学科 教授・京大博（工）（〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1）

Professor, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ, Dr. Eng.(Kyoto Univ.)

²株式会社 竹中工務店（〒 541-0053 大阪府中央区本町 4-1-13）

Takenaka Corporation, Inc.

³立命館大学衣笠総合研究機構 教授・工学博士（〒 603-8577 京都府京都市北区等持院北町 56-1）

Professor, Kinugasa Research Organization, Ritsumeikan Univ.,Dr.Eng.

In the former castle town of Izushi, Toyoka City, Hyogo Prefecture, the orderly layout of the town and the rows of traditional townhouses convey the remnants of the former castle town, and it was selected as an important traditional buildings preservation district of the country in 2007. However, it has been pointed out that the important traditional buildings preservation district has a higher need for disaster prevention measures than other areas. In this paper, we report the analysis of fire spread vulnerability focusing on a single building (Chapter 2), the policy for improving disaster prevention capability, and the verification result of effectiveness (Chapter 3).

Keywords : *Preservation district for traditional buildings, fire spread vulnerability, fire extinguishing activities, two-way evacuation*

1. はじめに 研究の背景と目的

本報は、出石伝統的建造物群保存地区(以下「出石伝建地区」)における、①建築単体に着目した延焼脆弱性の定量化による課題の抽出と、②その課題を踏まえた、防災力向上に寄与する提案とその有効性の検証結果について報告するものである。

兵庫県豊岡市出石旧城下町は、整然とした町割と伝統的町家の家並みが旧城下町の面影を伝えているとされ^{文1)}、平成 19 年に国の重要伝統的建造物群保存地区に選定されている^{文2)}。狭小な間口の地割に、明治以降の町家が建ち並び、街並みとしては良好な景観が行われてきた一方で、木造密集地的特性を有し、建物の木部露出等も目立つことから、かねてよりこうした伝建地区では特に防災措置の必要性が高いことが指摘されている^{文3)}。加えて出石伝建地区の場合これまで、防災計画の策定、防火地域指定は行われておらず、それゆえ建築単体に着目した防災性能の検討・評価の経験もない。

他方、著者らは 2020 年度より立命館大学歴史都市防災研究所のチームメンバーとして、当該地区の防災計画の検討を行い、町家とりわけ特定物件の延焼脆弱性と避難・消火活動面での課題抽出と対策方針の考察を行ってきた。そこで本稿では、①出石伝建地区内の特定物件等に着目し、単体建物の延焼脆弱性の定量化に基づき行政区別に危険性を段階評価し、さらに②初期消火時の放水範囲のチェックを行うこと(以上 2 章)、この結果をもとに③消防関連各位・行政担当者と協議の上モデル街区を選定し、裏庭空間を活用した防災力向上を図る対策とその有効性のマイクロ検証を行うこと(3 章)、を目的としている。

2. 建築単体に着目した延焼脆弱性の分析

本章では(1)で建築単体の延焼脆弱性をチェックし、(2)で街区別に集計して危険度の高いエリアを示す。続く(3)では初期消火可能な放水範囲を地区全体で検証した結果を示す。

(1) 「火の粉」「燃え抜け」に関する脆弱箇所と「延焼のおそれのある部分」概念を用いた分析

本節では a) で部位別に脆弱性を定量化するための項目を設定し、b) でその分析結果を示す。続いて c) で延焼危険性ある建物の面について、現状の検証結果を示す。

a) 最新知見に基づくチェックリストと延焼危険カルテの作成

火災には、これまで①隣棟からのもらい火による延焼（外部火災）と②室内で発生する火災（内部火災）があり、①には予め建物外周部（外壁・軒裏・外壁開口部等）を燃え抜けない部材で作ることが、②には室内材の不燃化や可燃物の整理によるリスク低下が重要とされてきた^{文4)}。他方、平成 28 年 12 月に発生した新潟県糸魚川市の大火は、強風によって生じた飛び火による延焼が原因とされ^{文5)}、延焼に対して従来の「燃

表 1. 火の粉・燃え抜けに関する知見のまとめ

要因	部材	説明	参考・補足
火の粉	屋根	瓦が一部脱落した場合、全て脱落した場合と同様に、野地板に着火する危険性がある 4.5、6寸勾配の瓦屋根に火の粉を浴びせた場合、4寸勾配の方が野地板への火の粉の侵入が多く見られた	屋根の火の粉に対する延焼危険度 状態 屋根勾配: 6寸 5寸 4寸 瓦の脱落: 脱落なし 脱落あり 火の粉に対する延焼危険度: 小 大
	壁面	壁面と地面の隅部に火の粉が堆積し着火する	壁面
	窓	木製の窓枠が火の粉によって燃え落ちた	窓枠
	バルコニー	可燃性の素材の継目に火の粉が堆積し着火する	バルコニー
燃え抜け	窓	ガラス面に格子がある場合、室内への放射熱を軽減させる	格子
	軒裏	垂木・野地板・面戸板等の部材同士の取り合い部に隙間が生じると、その部分から火災が侵入するおそれがある	軒裏
	側壁	側壁に裏返し塗りがされていない場合、隣棟から燃え抜けによる延焼が起こる危険性が高い	側壁

表 2. 延焼危険性チェックリスト

要因	部材	記号	チェック項目	参考写真	要因	部材	記号	チェック項目	参考写真
火の粉	基礎廻り	A-1	可燃性の部材と地面の入隅	A-2 A-1	燃え抜け	側面壁	C-3	裏返し塗りがされていない土壁・板張り・確認不可	C-4 C-5
		A-2	A-1より上部にある可燃性の部材の継目・入隅						
火の粉	窓枠	B-1	木製枠の窓	火の粉・燃え抜け		側面窓	C-4	防火設備ではない窓	
		B-2	防火設備ではない窓				側面戸	C-5	防火設備ではない戸
火の粉	正面窓	B-2	木製出格子・荒格子	火の粉	屋根	D-1	可燃素材を使用した屋根・庇		
		B-3	木製バルコニー			D-2	瓦の脱落・ズレが生じている屋根		
		B-4	木製枠の戸		火の粉	D-3	野地板が露出している軒先		
燃え抜け	正面戸	B-4	防火設備ではない戸	燃え抜け	軒裏	E-1	垂木・軒裏あらわし		
		C-1	亀裂・剥離が生じた壁面			面戸板	E-2	欠損した面戸板	
燃え抜け	正面壁面	C-2	板張り						



図 1 延焼危険性カルテの例

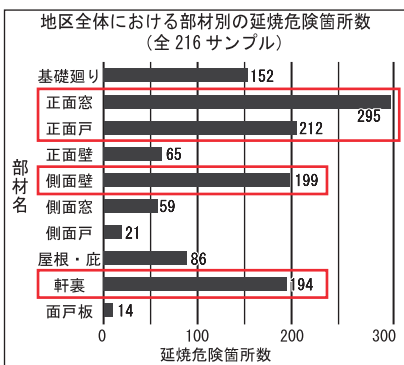


図 2 部位別の危険箇所比較

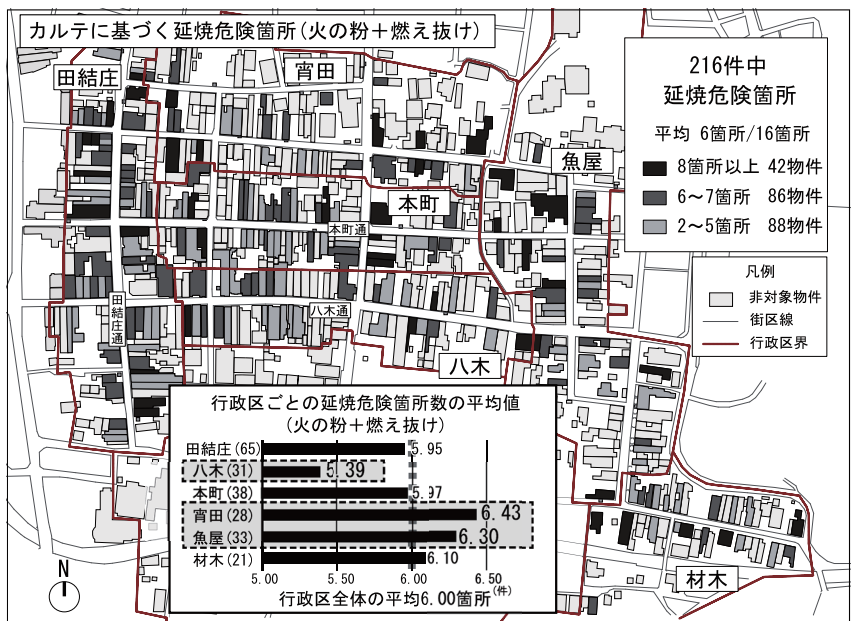


図 3 火の粉と燃え抜けに関する延焼危険ポイント (白抜きは対象サンプル外であることを注意)

え抜け」に加え、「火の粉」対策の必要性が再認識されている。

出石町家の脆弱性チェックでは、こうした最新の既往知見（表1）に基づき、表2に示すチェックリストを作成した^{文6～11)}。これを用いて対象サンプル216^{注1)}を現地調査^{注2)}し、その結果を前頁図1のような延焼危険性カルテ（以下「延焼カルテ」）にまとめた。チェック項目数は計16である。部位別には正面窓・戸、側面壁、軒裏の危険箇所が際立っている（前頁図2）

b) チェック項目ポイントによる延焼危険箇所数別の建物分布

前頁図3は、上記のチェック項目16の該当を「延焼危険箇所」ポイントとして3段階で色分けしたものである。216サンプル全体で平均6箇所、行政区別では八木が小さく、宵田と魚屋が高い（図2下部の棒グラフ）。しかし、サンプル分布を含め、全般的に斑状かつ田結庄地区北西部が濃い程度で、明らかに危険なエリアは特定が難しいと判断した。

c) 建築基準法の「延焼のおそれのある部分」の視点による脆弱性

そこで、カルテ項目のチェックとは別に、建築基準法第2条第六号に基づいた「延焼のおそれのある部分」の概念に従い、隣棟からの延焼危険性を作図チェックした結果が図4である。法令ルール^{注3)}に忠実にマイクロ図面チェックした結果、216サンプル全てが、どこかの外周面に延焼のおそれのある面を含むこと

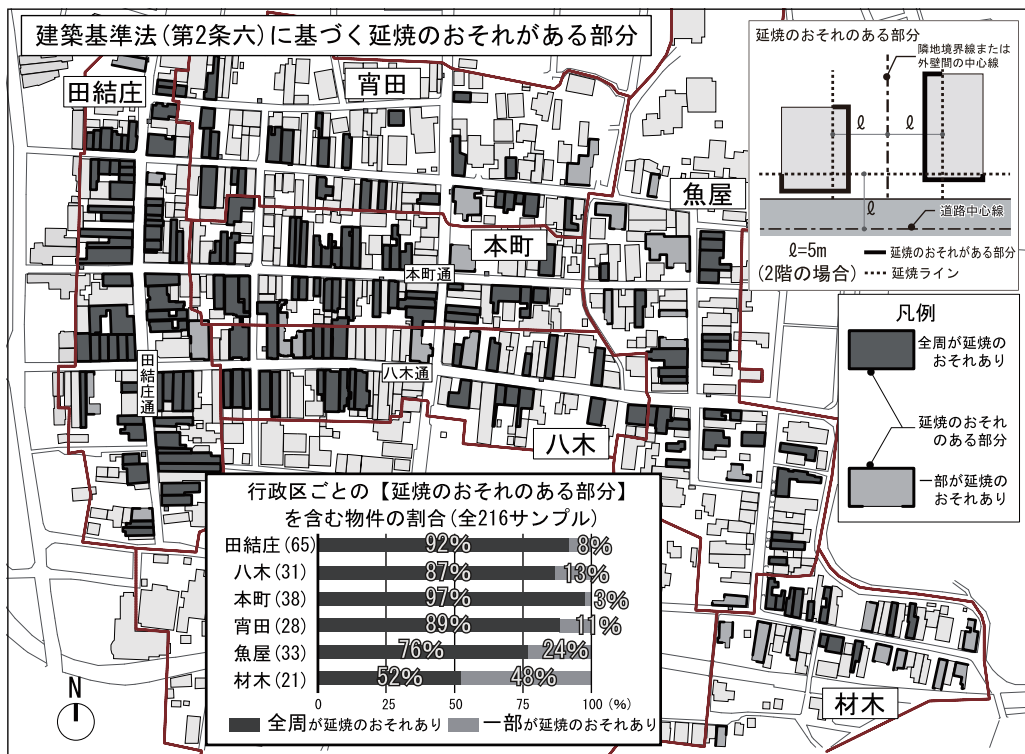


図4 建築基準法に基づく延焼のおそれのある部分

が確認された。行政区別で見ると、田結庄・本町・八木・宵田地区は特に物件間の空地も少なく、建物全周に延焼のおそれが、最も低い材木地区でも約半数の全周にリスクがある。

(2) 街区単位で見た延焼脆弱性の色分け

図5は街区単位^{注4)}で延焼脆弱性を色分けしたものである。以下①～③の条件に当てはまるサンプルが、「街区内サンプルの何パーセント以上あるか？」により便宜的に3段階で区別した。

- ①火の粉と燃え抜けに対する延焼脆弱箇所が6箇所以上のサンプル
- ②建物の全周が「延焼のおそれのある部分」に該当するサンプル

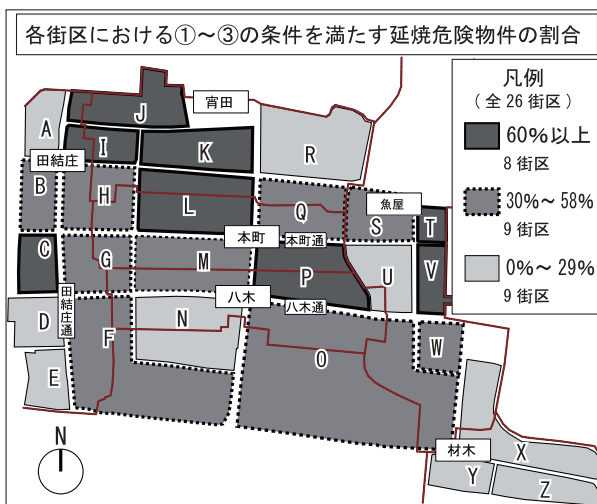


図5 各街区の延焼脆弱物件割合

③地域住民による28m放水(初期消火)想定から外れたサンプル(後述図9参照)

これを見ると、宵田・田結庄といった伝建地区の北西部に危険性の高い街区があり、北の風向となる3-4月に当該エリアで大規模火災が発生した場合^{注5)}、地区南部・南東部へと延焼拡大する危険性がある。

(3) 消防水利による放水範囲

a) 消防関係者へのヒアリングによる課題点の把握

消防機関の放水範囲ならびに住民による初期消火の検証では、2020年8月17-20日に出石分署・出石消防団関係者に、消火活動の現状と今後の課題に関するヒアリングを行った。関係各位の懸念事項には、①消火時に1つの送水管を使用して複数の筒先配置を行うと水圧低下が懸念される点、②出石伝建地区内に設置されている防火水槽は容量40tのため、30分以上の放水時には水量が不足する点、③裏庭からの消火活動が困難である点、以上3つが挙げられた。加えて、住民避難では二方向避難の確保の必要性が指摘された。

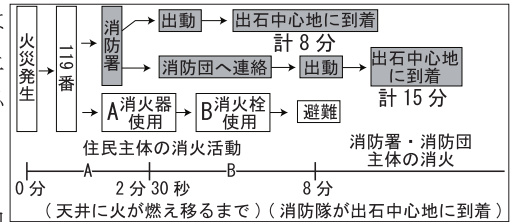


図6 消火活動フロー図

b) 放水範囲の条件設定：消火主体と消火フロー

放水範囲の検証にあたり、消火活動を行う主体は消防機関と地域住民の2種類が想定される。火災発生から消防機関の消火活動開始までの時系列フローを、ヒアリング結果を基に、図6のように設定した^{文12)}。火災発生から消防隊到着までの8分間は、地域住民による初期消火が必要となる。

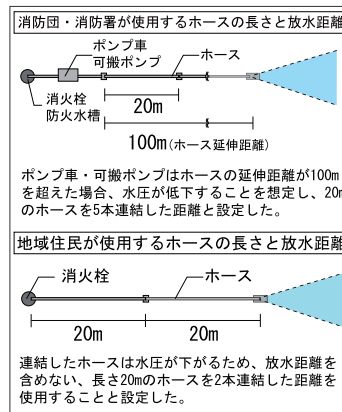


図7 各主体の放水範囲の設定

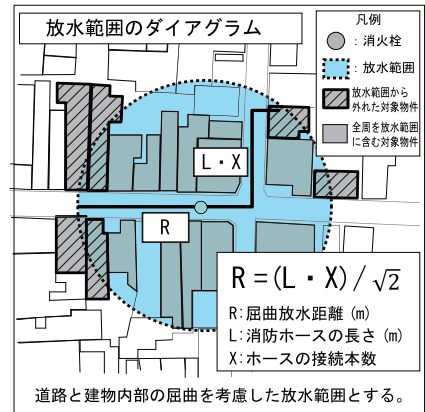


図8 放水範囲のダイアグラム

c) 消防水利を活かした放水範囲の設定と検証結果

図7.8には、放水範囲の検証に用いた消防機関と地域住民それぞれのホース長さや放水距離の設定値を示した。検証結果として、【消防機関】による放水範囲

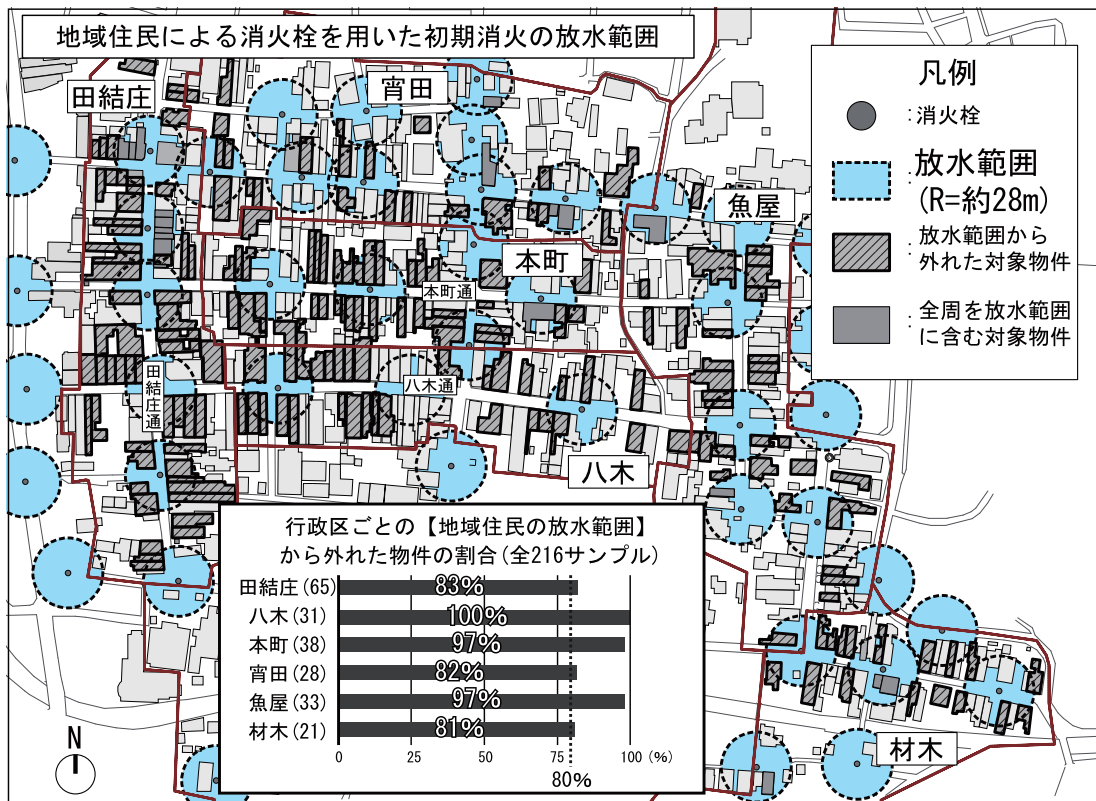


図9 地域住民による消火栓を用いた初期消火の放水範囲

表3 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 (2021年4月30日実施)	
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

は、対象サンプル全てが網羅されていることが確認できた。一方、【地域住民】の消火栓を用いた初期消火に関しては、前頁図9に示すように、全地区で80%以上の対象物件が放水範囲から外れていることが分かった。以上より、出火から8分間の消火栓を用いた住民初期消火は、現状では放水範囲の制限により実質的な効果の薄い点が明かとなった。こうした状況への対策方針と避難経路確保は次のステップの検討課題となる。

3. 裏庭空間を用いた防災力向上のためのマイクロ検証

本章では、2章の結果・課題を踏まえ、具体的な街区を取り上げ、対応方策の実効性について検証を行う。

(1) 検証方法の基本的な考え方

a) 消防関係者との協議によるモデル街区の選定

【二方向避難】経路の確保と【放水範囲改善】を目的とした、より詳細な検証（以下「マイクロ検証」）を見据え、消防機関・行政担当者と再協議（表3）を行い、消防関係者が最も火災戦闘が困難と考える3街区G.M.N（図10）を検証エリアに選定した。

b) 「二方向避難」の可否判定フロー

「二方向避難」の可否判定には、具体的な判定フローの設定が必要となる。図11には今回設定した手順を示した^{注6)}。その後、裏庭空間の追加調査（2021年5月16-17日）を行い、街区G,M,Nのすべての物件について二方向避難の可否判定をおこなった。判定結果は(2)で後述する。

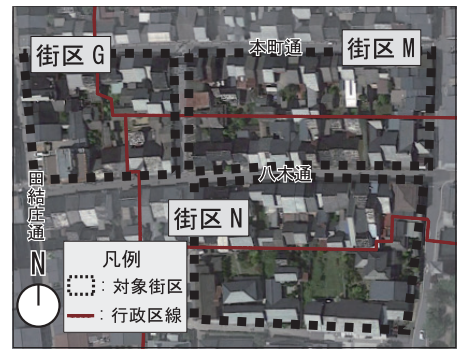


図10 マイクロ検証の対象街区

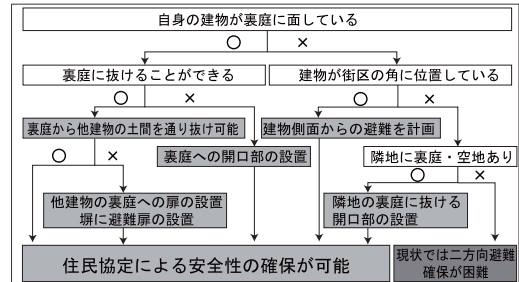


図11 避難の可否判定フロー

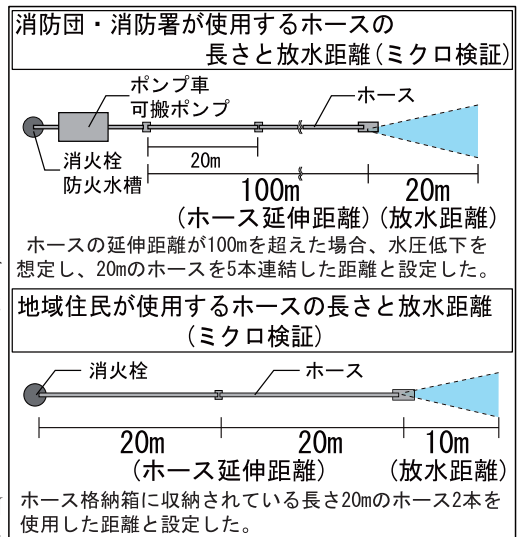


図12 マイクロ検証の放水距離

土間と避難扉を用いた二方向避難と消火活動

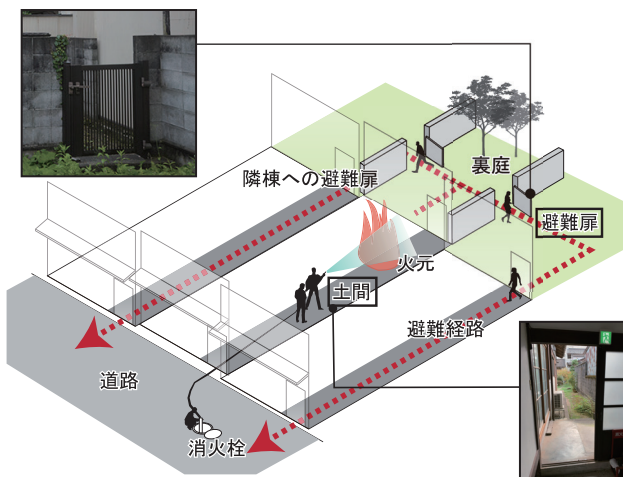


図13 土間と避難扉を用いた対策

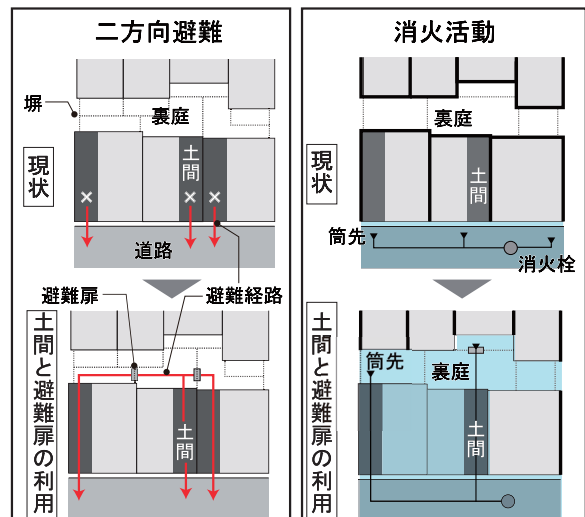


図14 期待される効果

c) 「延焼のおそれのある部分」に対する放水範囲

【消防機関】【地域住民】の放水範囲のマイクロ検証に際しては、①消火対象を物件の「延焼のおそれのある部分」とし、②前頁図12に示したホースの延伸距離・放水距離をそれぞれ仮定、③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、④【消防機関】のみが塀を越境可能、⑤放水範囲に含まれた延焼のおそれのある建物アウトラインが消火可能部分となる、以上を条件とした。

d) 改善のための対策方針

二方向避難の確保と放水範囲の拡大のために対策方針については、消防機関と協議に基づき、前頁図13に示した【裏庭空間の敷地境界への避難扉の設置】【土間利用^{注7)}】の2点を採用した。裏庭空間の扉に避難扉を設置することにより、住民でも隣棟敷地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。消火活動では、裏庭・土間空間への筒先配置が容易となり、放水範囲の大幅な拡大（延焼リスク面の減少）が期待できる（前頁図14）。

(2) 二方向避難の検証結果

a) 現状

図15には現状における二方向避難の可否を物件毎に色分けして示した。これを見ると、街区角地物件は道路に対して建屋の2面が接し二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「裏庭部の建て詰まり」「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、二方向避難の経路が塞がれている状況が明らかとなった。

b) 避難扉の設置と土間利用による二方向避難の改善

図16は、【土間利用+避難扉の設置両方を行った場合】の二方向避難の改善状況を図示したものである。濃い色で塗られたリスク物件が大幅に減じていることがわかる。具体的な二方向避難の確保率（物件数ベース）を①土間活用のみ、②避難扉設置のみ、③避

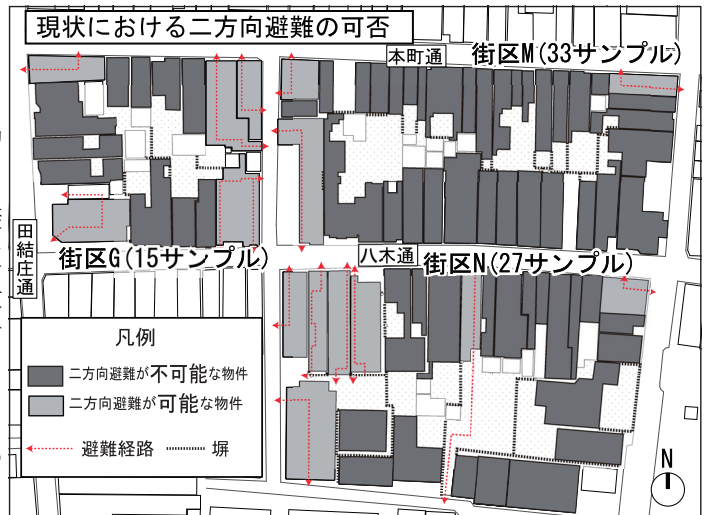


図15 二方向避難の可否（現状）

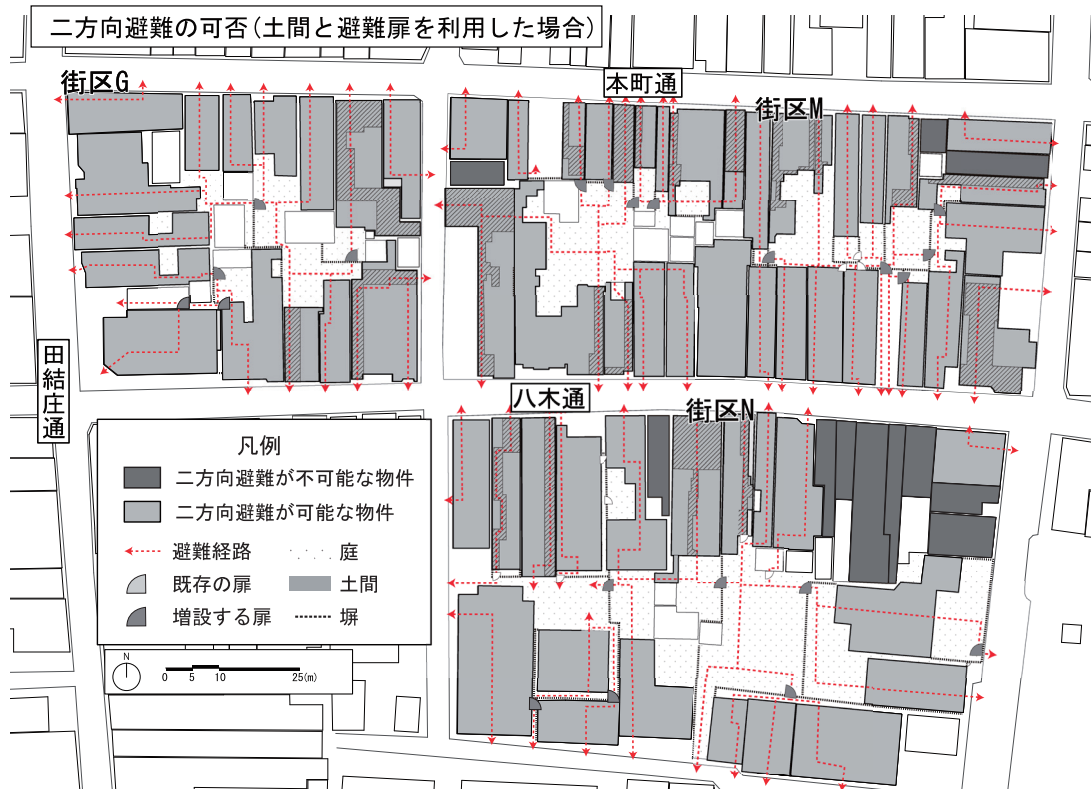


図16 【土間と避難扉】を利用した場合の二方向避難の改善

難扉 + 土間利用の組合せの3パターンで比較すると(表4)、③により街区G,M双方で飛躍的な効果が得られることが確認できる。一方、街区Nでは①土間利用の効果が薄く、特に北東部の物件群で南面する屋敷地の塀設定により、想定した裏庭空間の連携ができない状況が見てとれた。

表4. 二方向避難の確保率の比較

街区	街区G (15サンプル)	街区M (33サンプル)	街区N (27サンプル)
現状	33% (5)	9% (3)	26% (7)
①土間活用	47% (7)	30% (10)	26% (7)
②避難扉の設置	47% (7)	58% (19)	70% (19)
③避難扉の設置 + 土間活用	100% (15)	91% (30)	70% (19)
	67%増加	82%増加	44%増加

(3) 放水範囲の検証結果

a) 現状

【消防機関】の放水範囲を検証した結果では、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た。図17に示した【地域住民】による消火範囲も、専ら沿道面に限られ、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。

b) 避難扉と土間利用による放水範囲拡大

図18は【地域住民】が【土間と避難扉の両方を利用して放水を行った場合】の改善結果を示したものである。図17と比べて放水

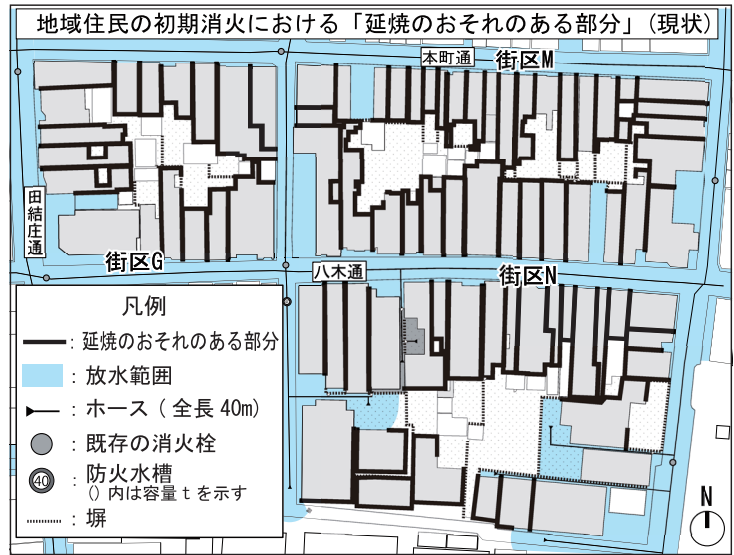


図17 住民の消火活動の場合

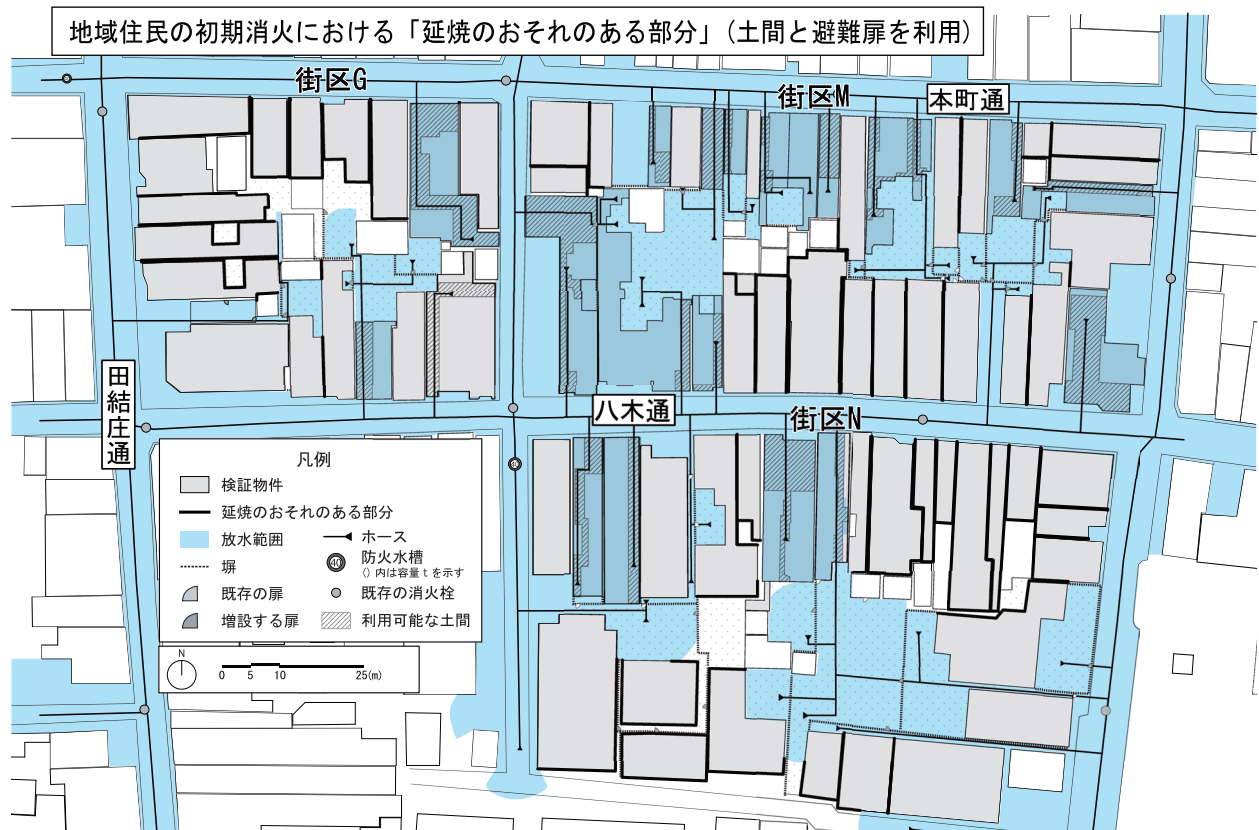


図18 【地域住民】の消火活動における「延焼のおそれのある部分」(土間と避難扉を利用)

範囲が広がり、太線で示した「延焼のおそれがある部分」が減じていることがわかる。対策と効果を定量的に比較した結果を次頁表5.6に示した。【消防機関】の放水範囲は【土間利用】により物件側面への放水が可能となり、加えて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4割減少する。【地域住民】の比較(表6)では、最も効果があるのは【③避難扉 + 土間利用の組合せ】で約2~

5割の改善効果が得られるが、【①土間利用】だけでも近い数字が得られる。一方【②避難扉の設置】は二方向避難とは異なり、放水面の拡大という点では効果が薄い。このように、同じ対策メニューをもってしても、効果は目的・対象街区・組合せによって異なることが、マイクロ検証を通して得た貴重な知見である。

4. まとめ

本稿では、「火の粉」「燃え抜け」双方の観点から、建物単体脆弱性がチェック可能な「延焼カルテ」を作成し、これに建築基準法の「延焼のおそれのある部分」と「放水範囲」によるチェックを加え、定量的に延焼脆弱街区を把握した。その後、地元関係各位との協議を経て「二方向避難と消火活動」に有効な対策について、マイクロな作図確認作業により検証を行った結果を報告した。得られた知見概要は以下の通りである。

- 街区別の危険度の段階的把握により、宵田・田結庄など伝建地区北西部の街区で延焼脆弱性が高いことを示した。とりわけ「延焼のおそれのある部分」についてはその大半が全周にリスクを抱えている。
- 現状の放水範囲の検証の結果、【消防機関】では全サンプルが網羅されているが、【地域住民】の消火栓を用いた初期消火では約8割がその範囲から漏れていることが分かった。
- 今後の対策として裏庭空間を活用した【二方向避難】ならび【放水範囲拡大】を検証したところ、大幅な改善が期待できることが分かった。特に【土間利用+避難扉の設置】の組合せは二方向避難に有効で、放水範囲については【土間利用】が効果的である。

以上を踏まえ今後は裏庭空間を活用するための住民協定の検討などの視点が期待される。なお今回マイクロ検証では効果の定量値が条件設定に応じて異なることが分かった。今後の実務的な対策実施に向けては、総花的なシミュレーションよりも、マイクロな視点にたった街区単位の実地的事前検討が望まれると考える。

謝辞：本研究は「出石重伝建地区における地区防災計画策定プロジェクト受託研究」により行われたものである。また、ヒアリングや調査にご協力いただいた、豊岡市出石振興局 田口雅敏様、豊岡市消防署出石分署 田中陽一様、豊岡市出石消防団長 中嶋勝己様、その他関係各位に謝意を表します。

注釈

- 1) 研究における対象物件は、伝統的建造物に指定された特定物件と非特定物件とし、調査開始日(2020年4月1日)時点で工事中の3物件は対象から除いた。非特定物件のうち下記の各項目を満たす良好な物件を対象に加えた：①切妻平入、②2階建て、③12階ともに軒瓦が和瓦、④1階が真壁、2階は真壁または大壁、⑤接道面に対しセットバックしていない。
- 2) 裏側の建築線が不明のため、本研究では正面と側面の延焼危険性の把握を行うこととする。
- 3) 各物件の隣地境界線が不明のため、道路中心線・建築物間相互の外壁間距離の中心線より、1階は3m、2階以上は5m以下の距離にあるものを「延焼のおそれのある範囲」とした。
- 4) 街区内の対象物件が3件未満の街区を除いた、26街区(全213物件)を対象とした。
- 5) 国土交通省 気象庁の豊岡における「平年値の詳細(風・日照)」気象庁 | 過去の気象データ検索(jma.go.jp)(最終閲覧日2022/01/14)にて、3,4,6月の風向が「北」と記載されている。
- 6) 2階の平面状況の把握が困難なため、1階からの二方向避難のみ検証を行うこととする。
- 7) 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。

文献

- 1) 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」, p. 5, 2001.
- 2) 文化庁ホームページ：伝統的建造物保存地区 (<https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/hozonchiku/>) 参照：2021年8月
- 3) 立命館大学「テキスト文化遺産防災学」刊行委員会：「テキスト文化遺産防災学」, p. 77, 2013.
- 4) 桜設計集団一級建築士事務所：京都府の木で木造建築物を建てるための・・・ニホヘト防耐火・維持管理編、一般社団法人 京都府木材組合連合会, p. 12, 2020.
- 5) 関澤愛：糸魚川市大規模火災について考える、季刊「消防防災の科学」No. 128 2017 春季, pp. 43-47, 2017.
- 6) 富山直輝他：市街地火災を想定した火の粉飛散と屋根部着火に関する実験的研究(その2) 飛散火の粉に曝された屋根試験体の着火性状、日本建築学会学術講演梗概集, pp. 291-292, 2009.
- 7) 碓井憲一：市街地火災の延焼メカニズム 火の粉による跳躍延焼の解明に向けた一連の研究、独立行政法人建築研究所講演会, pp. 109-110, 1954.
- 8) Manzello, S. L. Sayaka Suzuki Daisaku Nii : Full-Scale Experimental Investigation to Quantify Building Component Ignition Vulnerability from Mulch Beds Attacked by Firebrand Showers, Fire Technology, Vol. 53, 2017.
- 9) Manzello, S. L. Sayaka Suzuki Yoshihiko Hayashi : Exposing Siding Treatments, Walls Fitted with Eaves, and Glazing Assemblies to Firebrand Showers, Fire Technology, Vol. 50, 2012.
- 10) 安井 昇：土塗壁と化粧軒裏の防火マニュアル ～京町家様式で建築する～、京都府建築工業協同組合, pp. 23-24, 2017.
- 11) 安井 昇他：木造土壁の防火性能に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 311-312, 2012.
- 12) 日本防火協会：住宅用火災警報器 PR ハンドブック～火災を防ぐ「あたりまえ」を地域に～, p. 54, 2005.

表 5. 延焼のおそれのある部分の改善：【消防機関】の消火時

街区	街区 G 15 サンプル 総建物周長：661.5m	街区 M 33 サンプル 総建物周長 1322.5m	街区 N 27 サンプル 総建物周長 1145.5m	
延焼のおそれのある部分	現状	67% (445m)	59% (783m)	45% (558m)
	①土間活用	33% (217m) ← 34%減少	22% (290m) ← 37%減少	34% (416m) ← 11%減少

表 6. 延焼のおそれのある部分の改善：【地域住民】の消火時

街区	街区 G 15 サンプル 総建物周長：661.5m	街区 M 33 サンプル 総建物周長 1322.5m	街区 N 27 サンプル 総建物周長 1145.5m	
延焼のおそれのある部分	現状	69% (457m)	69% (917.5m)	67% (829m)
	①土間活用	43% (286m)	26% (349m)	48% (596m)
	②避難扉の設置	65% (427m)	59% (783m)	58% (716m)
	③土間活用+避難扉	39% (257m) ← 30%減少	22% (290m) ← 47%減少	46% (568m) ← 21%減少