

3.5 火災対策上の課題調査

3.5.1. 消防水利の現況

伝建地区内の消防水利における現状の設置状況とその課題について示す。

伝建地区には、消火栓が40か所ある。消火栓の内、39か所は地下式消火栓（写真1）であり、残る1か所は地上式消火栓である。消火栓は、伝建地区全域にわたり比較的に多く設置されている。また、防火水槽（写真2）は5か所設置されている。伝建地区内の消火栓と防火水槽の設置状況は以下（図1）に示すとおりである。消防法の規定に基づく消防水利の基準¹⁾より、消火栓と防火水槽から半径120mの範囲を图中に示した。大規模地震の発生時などには、断水によって消火栓が使用不可となり防火水槽のみで消火を実施する場合があります。現状、防火水槽のみでは伝建地区内全ての消火活動を行うことが困難であり、大規模な延焼火災につながる危険性がある。



写真1. 地下式消火栓



写真2. 防火水槽

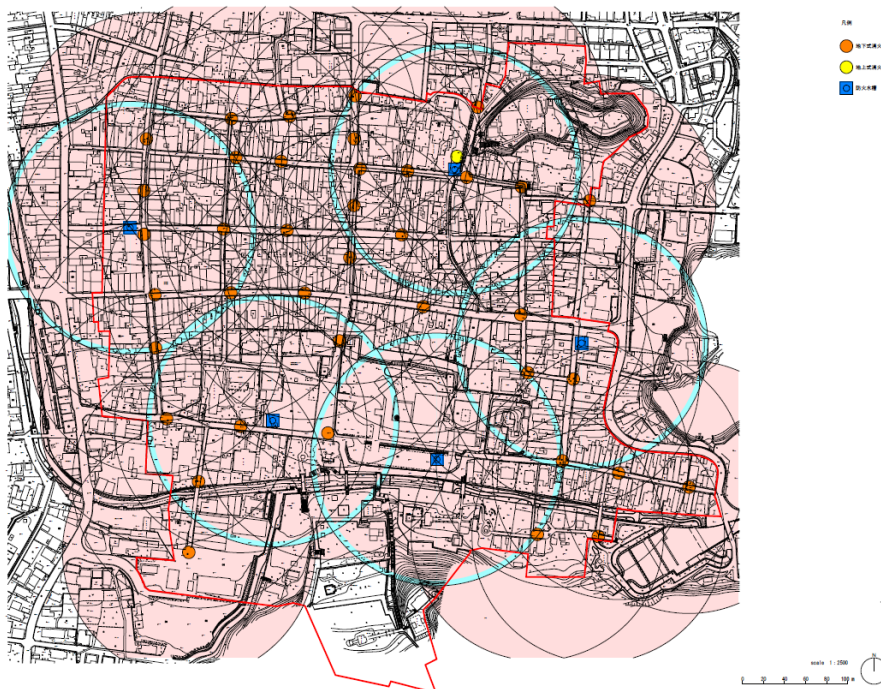


図1. 防火設備の設置状況

3.5.2. 地域住民の消防力の現状

令和元（2019）年に実施した「伝建地区及びその周辺地区（以下「伝建・周辺地区」という。）における防災アンケート」の結果をもとに、伝建・周辺地区における火災対策機器の設置状況とその課題について示す。

（a）火災報知器・住宅用火災警報器について

伝建・周辺地区の各家庭における火災対策機器の設置率の現状については、火災報知器・警報器の設置率が70%となっている（図3）²⁾。総務省による令和3（2021）年6月1日時点における住宅用火災警報器の設置率の調査では、全国設置率が83.1%³⁾となっており、伝建・周辺地区ではそれを下回る結果となった。そのため、今後も未設置世帯に対する設置の働きかけを行なっていく必要がある。住宅用火災警報器の設置効果としては、図2のように、死者数・焼損床面積及び損害額を見ると、住宅用火災警報器を設置している場合は、設置していない場合と比べて死者数と焼損床面積は半減、損害額は約4割減となっている。住宅用火災警報器を設置することで、火災発生時の死亡リスクや損失の拡大リスクが大幅に減少することが期待できる⁴⁾。

また住宅用火災警報器が、火災時に適切に作動するよう、設置した後も適切な維持管理が必要になる³⁾。

具体的には、

- ①点検ボタンを押す・点検ひもをひっぱるなどの定期的な作動確認
- ②住宅用火災警報器の設置から10年以上経過している場合は、電池切れや本体内部の電子部品の劣化により火災を感知しなくなることが考えられるため、本体の交換を推奨している。

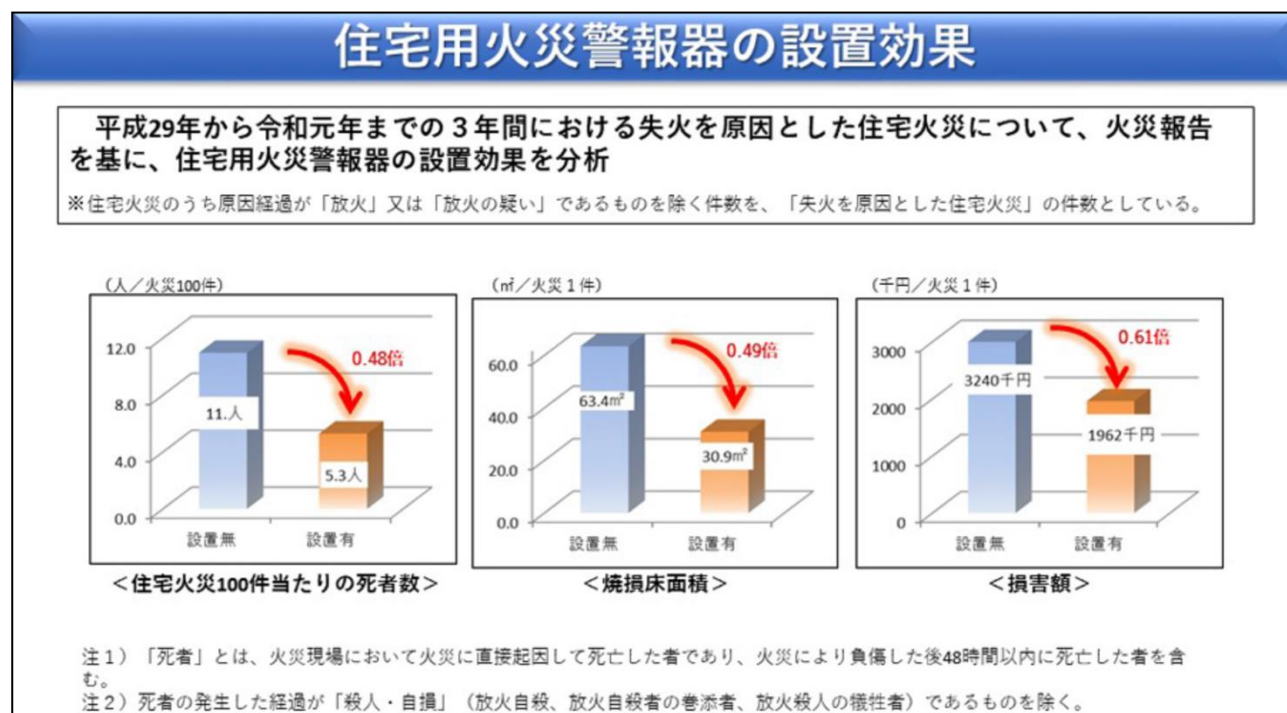


図2 住宅用火災警報器の効果について（消防庁HPより）

（b）消火器について

伝建・周辺地区において、住宅用消火器を保有している家庭が62%、区が設置している消火器の設置場所を知っている家庭は40%¹⁾となっている。伝建地区において、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団・消防隊のすぐの到着が難しい場合も起こりうる。そのような場合にも火災の延焼を防ぎ、被害を最小限に留めるためには住民の初期消火活動が重要になってくる。そのため、住民らも操作可能な消火設備として各家庭に住宅用消火器を保有することが望ましい。また、初期消火の際には、より多くの消火器を準備することが望ましいため、自宅周辺の消火器の設置状況を確認しておくことも必要になる。

また、火災発生時に備えて常に消火器が使える状態にあるように、日常的な点検が必要になってくる。そのため消火剤の詰め替え、容器の腐食の確認、設置環境の整備などを定期的かつ継続的に実施していく必要がある。（消火剤の詰め替えは専門の業者にお願いする。）

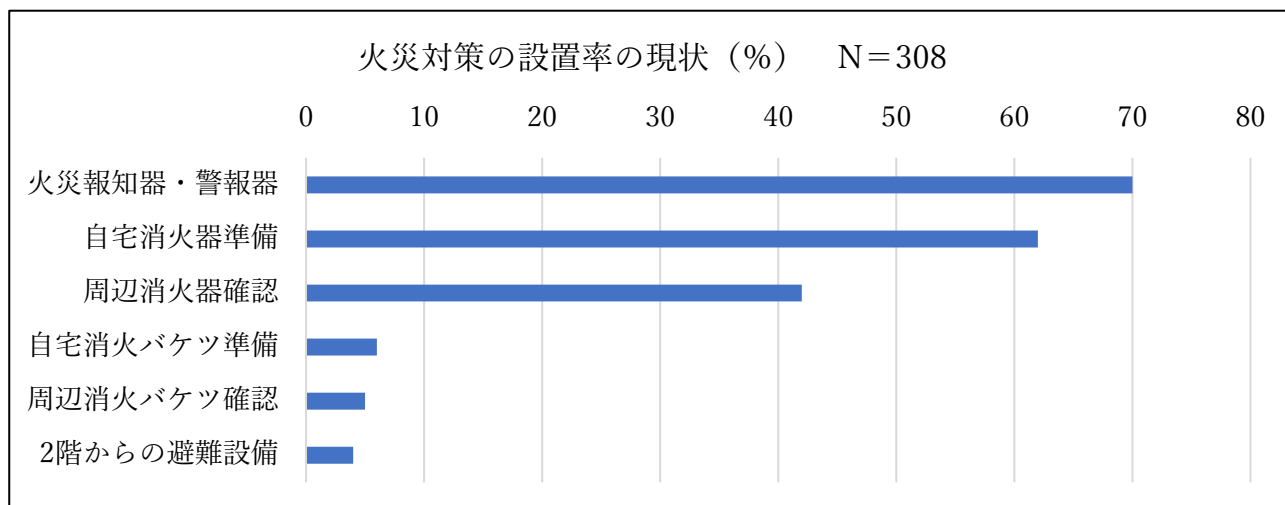


図3. 火災対策の設置率の現状

3.5.3. 市街地延焼シミュレーションによる市街地火災性状

伝建・周辺地区の建物の防耐火構造の分布にもとづき、シミュレーションによって現況の市街地火災性状を把握した。想定する火災は地震火災とした。また、住民の初期消火活動を定量的に評価し、初期消火成功率をシミュレーションに組み込むことで、より現実的に即した火災性状を把握する。本検討では、樋本ら⁵⁾が開発した「市街地火災性状予測モデル」を用いた。

(a) 住民の初期消火活動の評価

地震火災時における住民の初期消火活動を定量的に評価する。

1) 初期消火について

地域の住民の消火活動の中で特にどの地域でも実施されている「消火器の使用」や「溜め置き水をバケツ等でかける」などの初期消火活動に焦点を当てた。そのため、消火器や水バケツ以外の公設消火栓など消防設備の使用は検討しないこととする。

2) 初期消火活動時間について

一般的に建物において、消火器による初期消火が可能なのは、天井に火がまわるまでと言われている⁶⁾。したがって建物や地区毎に天井の高さが異なるため、建物ごとに計算する必要がある。しかし、伝建・周辺地区全体で建物ひとつ一つの天井高を考慮した初期消火開始限界時間の計算を行った場合、必要な消火器の本数や消防の到達に必要な時間にばらつきが生まれ、計算が複雑になり、得策とは言えない。そこで、伝建・周辺地区の天井高を均一化し、全ての建物の初期消火開始限界時間を算出した。伝建・周辺地区の天井高の分布を示す図4から伝建・周辺地区の95.0%以上の建物は2.9m以上である。このことから消火器による初期消火限界時間を想定する際の伝建・周辺地区の天井高は、安全側を考慮し2.9mとした。また、初期消火開始限界時間の算出には、東京消防庁⁶⁾の消火器の放射開始予測活動限界時間の式1を用いた。式2は、火災成長(熱感知器発報)から消火器の放射開始までの測定時間に対して、Ta(消火器による初期消火活動限界時間)が大きい場合、消火成功を示す。

$$Ta = \alpha^{-1/2}(H/0.23)^{5/4} \quad (1)$$

火災成長(熱感知器発報)から消火器の放射開始までの測定時間 $\leq Ta$ → 消火成功

火災成長(熱感知器発報)から消火器の放射開始までの測定時間 $\geq Ta$ → 消火不成功 (2)

Ta：消火器による初期消火限界時間(sec)

α ：火災成長パラメータ(東京消防庁⁶⁾より住宅は0.1503)

H：想定出火場所の天井高(m)。ただし、3.6m以上の場合は3.6mとする。

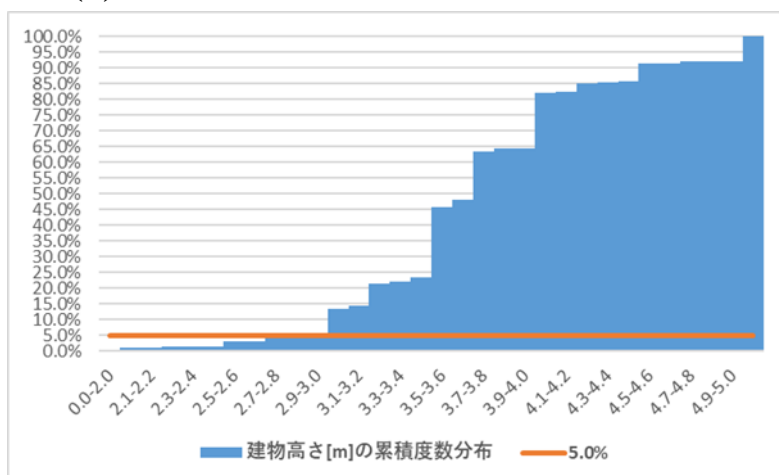


図4. 伝建・周辺地区における建物天井高の累計度数分布

以上より、天井高2.9mの時、Ta（消火器による初期消火開始限界時間）は61.3秒と算出された。よって、本期消火の消火開始限界時間は、火災成長（熱感知器発報）から1分以内と設定した。

3) 初期消火成功率の算出方法

市街地延焼シミュレーションに初期消火成功率を組み込むことで、住民の初期消火活動を評価した。まず住民の初期消火成功率に関する各種パラメータについて算出することとした。伝建・周辺地区におけるシミュレーションの前提条件を表1に示す。また、複雑なシミュレーションを行う場合には、前提条件により結果が大きく左右されるため、以下にその蓋然性についてまとめた。

表1. シミュレーションの前提条件

①在宅率	72.8%
②消火器保有率	使用期限内の消火器保有率(48.6%)
③移動速度	歩行速度60m/分
④訓練経験の補正率	97.5%
⑤距離	ArcGISの座標により算出
⑥防災行動可能率	62.4%
⑦住宅用火災警報器の補正率	103.5%
⑧消火器の必要本数	30秒以内:1本、60秒以内:2本
⑨水バケツの必要杯数	30秒以内:2杯、60秒以内:3杯

① 在宅率

新井ら⁸⁾より、昼間在宅率の算出方法は、 $\text{昼間在宅率} = ((\text{昼間在宅人口}) / \text{夜間人口})$ とする。なお、昼間在宅人口は、世帯人員から通学者と通勤者を引くことで算出した。夜間人口及び、世帯人員、通学者、通勤者は、平成27年国勢調査のデータ⁹⁾を使用した。在宅率を昼間在宅率と夜間在宅率の平均値を使用した。

② 消火器保有率

アンケート調査¹⁰⁾¹¹⁾より判明した消火器保有率と使用期限を掛け合わせた値を使用。

③ 移動速度

④ 日本火災学会編の火災便覧第3版で示されている歩行速度60m/分¹²⁾を使用。

⑤ 訓練経験について

訓練経験による補正係数は、東京消防庁¹³⁾の算出式より $(1.29 \times \text{消火訓練経験率} + 0.62 \times \text{消火訓練未経験率})$ で求めた。消火訓練経験率は大橋ら¹¹⁾のアンケート結果を引用した。

⑥ 距離

ArcGISの座標により距離を測定。

⑦ 防災行動可能率(地震による影響を考慮)

防災行動可能率は、東京消防庁¹³⁾の算出式より算出した。なお、震度別建物全壊率は、震災復興都市づくり特別委員会調査に基づく建物全壊率として村尾・山崎¹⁵⁾らが構造・建築年代別に算出した値を使用した。また家具転倒率は、金子¹⁵⁾らによる値を使用した。また、地震ハザードステーションより¹⁶⁾伝建・周辺地区において今後30年で震度5強以上の揺れに見舞われる確率は26～100%であるため、転倒率は5.0%とした。

⑧ 住宅用火災警報器設置の効果による補正係数

東京消防庁の住宅用火災警報器が設置されていた場合の火元住民による初期消火事例データ¹³⁾を使用した。また、伝建・周辺地区における住宅用火災警報器設置率はアンケート結果¹¹⁾より0.70であった。

⑨ 消火器の必要本数

30秒以内に消火器1本持ち寄ることができた場合に消火成功、60秒以内2本集めることができた場合に消火完了と設定した。A)一般的な消火器(ABC粉末消火器10型_A3B7C)の能力は、日本消防検定協会¹⁹⁾より燃焼表面積1.4m²以内であれば消火可能である。またB)焼失面積は保野、難波ら²⁰⁾²¹⁾の式より算出した。B)の式で算出された時間経過による延焼面積の増加の様子を図5に示す。また、A)と2)で算出した消火開始限界時間(1分)をもとに、余裕を持って30秒以内であれば消火器1本、1分以内であれば2本集めることができた場合消

火完了とした。それに伴い出火から経過時間が30秒と60秒の延焼面積を図5に示す。

⑩ 水バケツの必要杯数

保野らの²⁰⁾²¹⁾延焼速度式と所要消火水量式から、直接水をかけて消火するために出火してから30秒以内に6.4L、1分以内に10.1Lが必要である。また鳥山ら²²⁾の定義では移動が長距離の場合、10Lのバケツに対して運べる量は3Lとしている。そのため、建物内の移動で運ぶ場合、水量の増量が可能と仮定し4Lと設定した。このことから30秒以内に2杯分、60秒以内に3杯分集めることができた場合に消火成功とした。ただし、鳥山ら²²⁾の定義に基づいて、水路で水を汲む際は60秒以内に4杯分集めることができた場合に消火成功とした。

⑩ 考慮していないもの

・隣保消火活動実施率

消火器の初期消火活動限界時間は60秒以内であるため、隣保の協力は間に合わないとした。

・覚知時間

保野ら²⁰⁾の論文では覚知時間を2.0～2.5分としている。今回は初期消火活動限界時間は1分であることから覚知時間2.0～2.5分では正当に評価されない。そのため、家に在宅であった場合はすぐに火災に気づくと仮定した。しかし、すぐ覚知すると仮定した場合の危険側での評価を防ぐために、消火成功事例データを確率に組み込むことで、覚知時間と人為的ミスを考慮した確率を用いた。

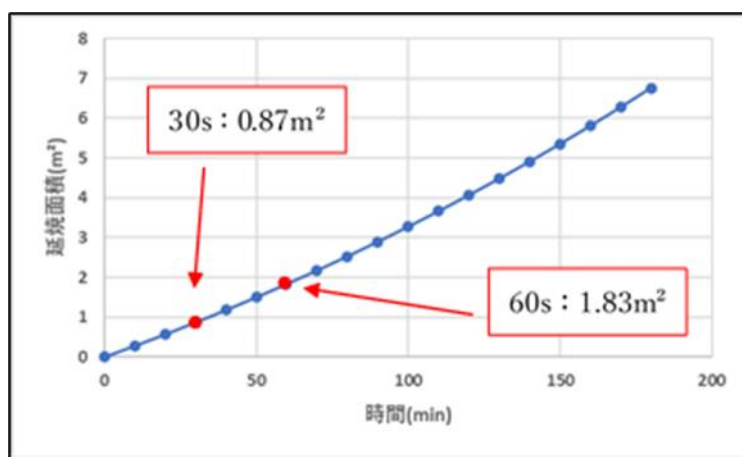


図5 保野、難波ら²⁰⁾²¹⁾の式より算出した時間経過と延焼面積

加えて、消火完了までのシナリオを図6に示し、詳細なシナリオを以下に示す。

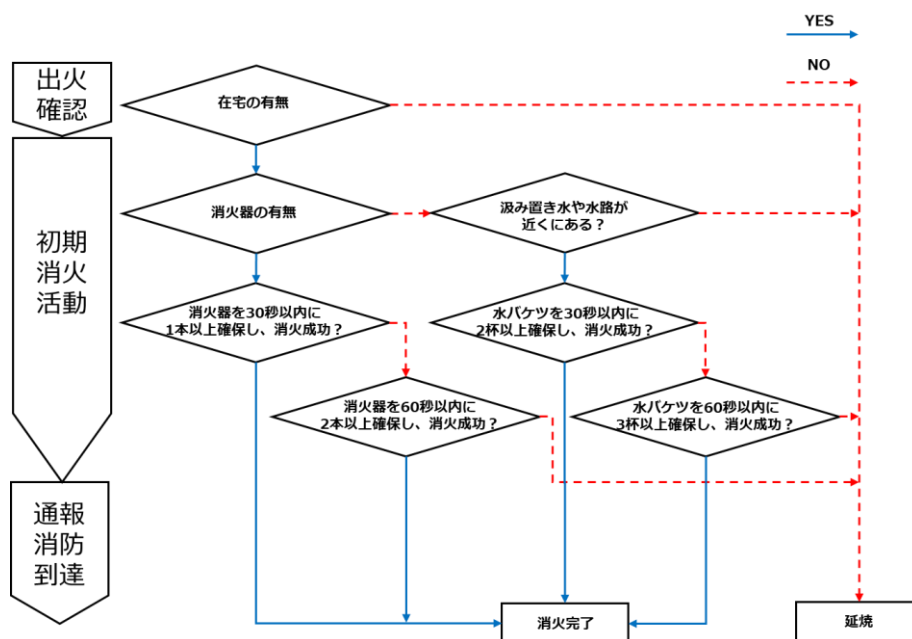


図6. 地震火災時のシナリオ

- ①伝建・周辺地区において1世帯のキッチンから出火すると仮定し、住人が在宅の場合まず住人が消火し、失敗した場合は直ちに消防へ連絡する。キッチンから往復30秒以内の範囲に消火器がある場合、家のどこかで火災が発生しても使用することが出来ると仮定している。住人が不在の場合は、初期消火活動限界時間が1分であるため初期消火失敗とする。
- ②住人が初期消火を行う際、最初に消火器による消火を検討する。前提条件より、30秒以内に消火器1本持ち寄れることができた場合は消火成功とし、また60秒以内に2本集めることができた場合は消火完了とする。30秒以内であれば、家で所持している場合のみ消火完了とする。60秒以内であれば、家に2本所持もしくは、近くに街頭消火器や隣家に消火器があった場合のみ消火完了とする。
- ③消火器が近くに存在しない場合、バケツ等で水をかけ消火活動を行う。地震火災時は、水道水が利用不可のため、お風呂の汲み置き水や自然水利を利用する。前提条件より、保野、難波ら²⁰⁾²¹⁾の延焼速度式と所要消火水量式から、直接水をかけて消火するために出火してから30秒以内に6.4L、1分以内に10.1Lが必要である。また鳥山ら²²⁾の定義では移動が長距離の場合、10Lのバケツに対して運べる量は3Lとしている。そのため、建物内の移動で運ぶ場合、水量の増量が可能と仮定し4Lと設定した。このことから30秒以内に2杯分、60秒以内に3杯分集めることができた場合に消火成功とした。ただし、鳥山ら²²⁾の定義に基づいて、水路で水を汲む際は60秒以内に4杯分集めることができた場合に消火成功とした。

以上の前提条件とシナリオに基づいた各パターンの初期消火成功率は以下に示す。

- ①消火器1本の初期消火成功率(30秒以内)=火災発生時の在宅率(0.728)
- ×消火器保有率(0.486)
 - ×訓練経験について(0.975)
 - ×防災行動可能率(0.624)
 - ×キッチンから消火器までの往復時間30秒以内(0.594)
 - ×消火器の成功事例データ¹³⁾(0.760)
 - ×住宅用火災警報器設置の効果による補正係数(1.035)
- =10.1%

- ②消火器2本の初期消火成功率(60秒以内)=火災発生時の在宅率1人目(0.728)
- ×火災発生時の在宅率2人目(0.728)
 - ×消火器保有率(0.486)
 - ×隣家の消火器保有率(0.486)
 - or街頭消火器がある場合(1-(1-0.486)×(1-0.419))
 - ×訓練経験について(0.975)
 - ×防災行動可能率(0.624)
 - ×消火器の成功事例データ¹³⁾(0.760)
 - ×住宅用火災警報器設置の効果による補正係数(1.035)
- =6.0% or 8.6%

火災発生後60秒以内に消火器を2本持ってくることは、「自宅に1本、隣家に1本あること」もしくは、「自宅に1本、近くに街頭消火器があること」を想定した。近くに街頭消火器がある場合は下記の通りで計算した。

〈街頭消火器が近くにある場合〉

「隣家に消火器がある」or「街頭消火器を認知している」のどちらかを満たせば良いことから、1-(1-隣家消火器保有率)×(1-街頭消火器認知率)と求められる。

$$1-(1-0.486) \times (1-0.419) = 0.701$$

ここに、街頭消火器の収集範囲：30m/√2=21m

30m：(60秒で往復可能距離) √2(曲がり角を考慮。)

- ③水バケツ使用時の初期消火成功率30秒以内=火災発生時の在宅率1人目(0.728)
- ×火災発生時の在宅率2人目(0.728)

$$\begin{aligned}
&\times \text{水バケツ保有率}(0.060)^2 \\
&\times \text{風呂の水のためおき率}(0.130) \\
&\times \text{訓練経験について}(0.975) \\
&\times \text{防災行動可能率}(0.624) \\
&\times \text{水バケツの成功事例データ}^{13})(0.800) \\
&\times \text{住宅用火災警報器設置の効果による補正係数}(1.035) \\
&=0.0\%
\end{aligned}$$

バケツ2杯分が30秒以内に必要のため、2人の人手を必要とした。また、30秒以内のため、水路に汲みに行くと間に合わない想定し、風呂の水のためおき水を消火に利用すると想定した。

また、水バケツによる消火成功率が 0.0%と低いのは、水バケツの保有率が 6%と風呂の水のためおき率が 13%であることが原因である。そして例として、水バケツ保有率を 80%へ、風呂の水のためおき率を 80%に向上させた場合 13.7%となる。以上より水バケツの保有率、風呂の水のためおき率の改善が必須となる。

④水バケツ使用時の初期消火成功率60秒で11m以内に取水可能な水路がない場合

$$\begin{aligned}
&= \text{火災発生時の在宅率1人分}(0.728) \\
&\times \text{火災発生時の在宅率2人目}(0.728) \\
&\times \text{火災発生時の在宅率3人目}(0.728) \\
&\times \text{水バケツ保有率}(0.060)^3 \\
&\times \text{風呂の水のためおき率}(0.130) \\
&\times \text{訓練経験について}(0.975) \\
&\times \text{防災行動可能率}(0.624) \\
&\times \text{水バケツ(汲み置き水)の成功事例データ}^{13})(0.800) \\
&\times \text{住宅用火災警報器設置の効果による補正係数}(1.035) \\
&=0.0\%
\end{aligned}$$

⑤水バケツ使用時の初期消火成功率60秒で11m以内に取水可能な水路がある場合

$$\begin{aligned}
&= \text{お風呂のためおき水を活用した時の確率} \\
&\quad + \text{お風呂のためおき水がない場合で水路活用時の確率} \\
&= (0.130) \times (\text{お風呂の汲み置き水活用の時各パラメータ}) \\
&\quad + (1-0.130) \times (\text{水路活用時の各パラメータ})
\end{aligned}$$

水路活用時の場合は、

水バケツの初期消火成功率=水路を火災発生認知率(在宅率) × 4人分(0.281)

$$\begin{aligned}
&\times \text{水バケツ保有率}(0.060) \times 4 \\
&\times \text{訓練経験について}(0.975) \\
&\times \text{防災行動可能率}(0.624) \\
&\times \text{水バケツ(水路利用)の成功事例データ}^{13})(0.581) \\
&\times \text{住宅用火災警報器設置の効果による補正係数}(1.035) \\
&=0.0\%
\end{aligned}$$

よって、

水バケツの初期消火成功率=お風呂のためおき水活用時の確率

$$\begin{aligned}
&\quad + \text{お風呂のためおき水がない場合で水路活用時の確率} \\
&= (0.130) \times (\text{お風呂のためおき水活用の時各パラメータ}) \\
&\quad + (1-0.130) \times (\text{水路活用時の各パラメータ}) \\
&= 0.130 \times 0.0 + (1-0.130) \times 0.0 \\
&=0.0\%
\end{aligned}$$

お風呂のためおき水がある場合は素早く使用できることから、ためおき水を利用し、ためおき水がない場合は、水路の水をすることを想定した。ただし、前提条件より水バケツは4杯必要となる。

また、水バケツによる消火成功率が0.0%と低いのは、水バケツの保有率が6%と風呂の水のためおき率が

13%であることが原因である。そして例として、水バケツ保有率を80%へ、風呂の水のためおき率を80%に向上させた場合13.7%となる。以上より水バケツの保有率、風呂の水のためおき率の改善が必須となる。

(b) 市街地延焼シミュレーションの検証結果

地震火災において市街地延焼シミュレーションを用いて、住民の初期消火活動を考慮した場合と考慮しなかった場合の延焼性状を検証した。

1) 市街地延焼シミュレーションモデルの概要と分析方法

①市街地延焼シミュレーションモデルの概要

伝建・周辺地区における建物の延焼計算を行う際、樋本らによる市街地延焼シミュレーションモデル⁵⁾を使用した。市街地延焼シミュレーションモデルの概念図を図7に示す。市街地延焼シミュレーションモデルは、市街地における火災拡大を現象の物理的な知見に基づいて定式化したものである。ここでは、都市火災を多くの建物火災の集合と捉え、他の建物火災の影響下における個々の建物火災の延焼性状を予測することで、市街地全体の延焼性状予測へとつなげている。

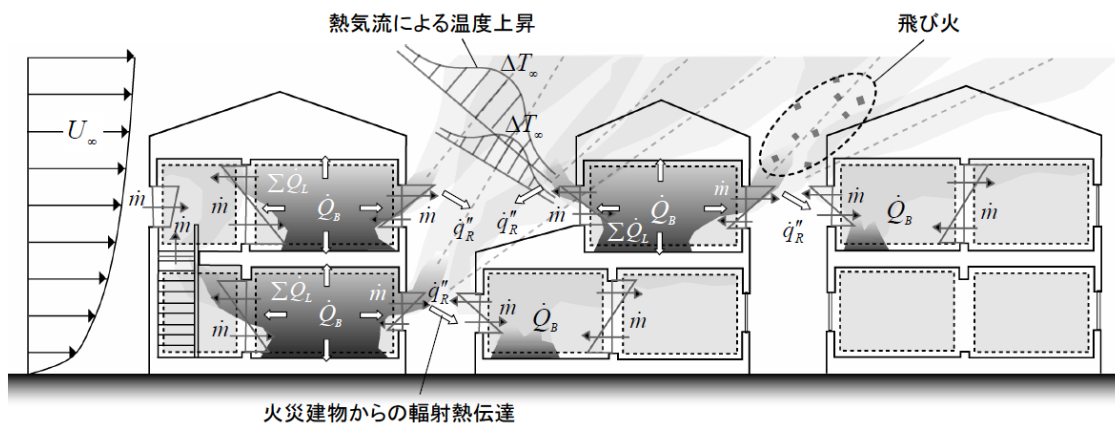


図7. 市街地延焼シミュレーションモデルの概念図⁵⁾

②分析方法

ここでは、伝建地区を構成する個々の家屋の延焼リスクを評価することで、伝建地区全体としての火災特性を評価する。ここでは、伝建・周辺地区で「(Ⅰ) 出火」が発生し、かつ対象となる家屋まで「(Ⅱ) 延焼」が発生した場合に、家屋が焼失するものと考え、(Ⅰ)、(Ⅱ)の両方を同時に満たす確率を延焼リスクRと定義する。本稿では、これを伝建・周辺地区内の家屋がさらされている危険性の尺度とする。ただし、伝建地区における延焼火災の危険性の把握を目的とした本調査では、伝建・周辺地区での「(Ⅰ) 出火」そのものの発生は所与としている。

「(Ⅰ) 出火」が起こり、対象となる家屋への「(Ⅱ) 延焼」の発生予測には、樋本らの市街地延焼シミュレーションモデル⁵⁾を利用する。一般的に市街地火災の延焼性状については、出火場所や出火件数等の出火条件、外気温度や風速・風向等の気象条件といった不確実な要因によって左右されることが知られている²³⁾。本調査では、これらの不確性を考慮したモンテカルロシミュレーションを実施することで、より現実に近い延焼予測を行う。モンテカルロシミュレーションとは、無作為に出火地点を選択し、延焼計算を繰り返し行った結果を重ね合わせることで延焼リスクを算出する手法である。

なお、被害が広範囲に及ぶ延焼火災では、延焼リスクの評価においては、対象となる地区内の家屋だけでなく、その周辺市街地を含めた検討が必要になる。しかし、市街地全領域を計算対象とすることが合理的でないことから、対象となる家屋を含み、計算領域外で発生した火災によってその家屋が焼失する可能性がないような、外縁を延焼遮断帯によって区切られた市街地を延焼の及ぶ範囲として設定する。この場合、計算領域内で発生した火災のみに着目した分析が可能になる。

2) 必要なデータの収集

市街地延焼シミュレーションによる検証のため、検証地区内における各建物の属性値を収集し、整理を行った。建物の位置は、国土地理院が提供している建物ポリゴンデータ²⁴⁾を使用している。各建物について収集が必要な属性値は、「高さ・階数・構造種別」の3つである。構造種別に関しては、大窪ら²⁵⁾の研究を参考に分類した。本調査では、属性値収集のため、現地調査を行った。調査は令和2(2020)年8月に伝建地区

及び周辺地区を対象に実施した。建物に関する情報は、主に沿道からの外観目視により収集し、その他の沿道からの目視が不可能な建物についてはドローンを用いた空撮により収集した。属性値に関する詳細な項目を表2に示し、防火構造の判定フローチャートを図8に示す。また、現地調査により得られた建物に関する情報を図9に示す。

表2. 建物データの属性値収集項目

1	高さ		
2	階数		
3	構造種別	木造	外壁・軒裏・柱・窓枠のいずれかに木部露出がある
		防火木造	外壁がモルタル塗りで木部の露出がない
		準耐火造	サイディング貼りで3階建て以下
		耐火造	サイディング貼りの4階以上orコンクリート製の建物

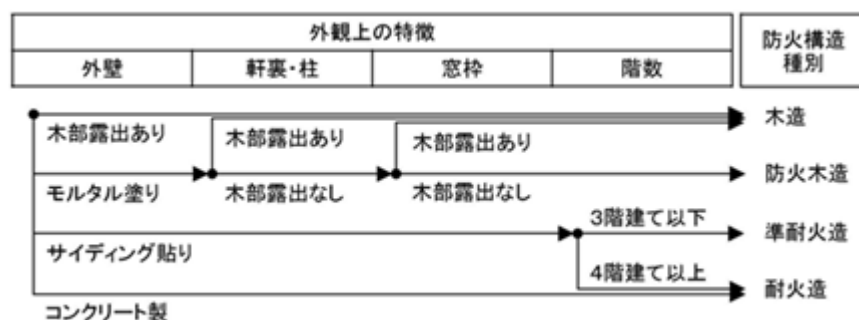


図8 防火構造の判定フローチャート



図9 計算領域内の建物に関する情報（左から、建物高さ、構造種別、階数）

加えて、延焼シミュレーションに必要な気象データは、風速・風向・気温の3項目である。伝建地区の最寄りの観測所（豊岡特別地域気象観測所）において、平成22（2010）年から令和元（2019）年に観測された10年間の気象データを使用した。

3) 分析条件

伝建・周辺地区内における各建物の延焼リスクR（着火回数/試行回数）を算出するため、出火条件や気象条件などの不確実要因を考慮したモンテカルロシミュレーションを実施した。計算範囲は、幅員12メートル以上²⁶⁾の道路や河川等を延焼の境界と考えて切り取りを行った。消火に失敗すれば、延焼し続けるものとし、計算時間を24時間に設定した。市街地延焼シミュレーションでは消防の消火活動の影響を考慮していないが、その影響に関しては、後述する到達圏解析と組み合わせることによって評価する。試行回数は、建物総数と

同じ値で設定した※1)。ただし、消火に成功すれば、計算がスキップされる。また、以上の計算条件を表3に整理する。

表3. 建物データの属性値収集項目

条件項目	計算条件	
	消火活動なし	消火活動あり
検証手法	モンテカルロシミュレーション	
計算範囲	延焼が及ぶ可能性がある範囲	
計算時間	24時間(最大値)	
試行回数	1289回(建物総数と同値)	
出火建物	各建物1回	
気象条件	ランダム	
住民の消火活動	無	有

※1) 延焼範囲は、ランダムに抽出した出火点と気象条件に左右されるため、偶然性を排除するためにはケースを増やすことが必要である。一方で計算負荷の観点から、可能な限りケース数は減らすことが望ましい。そこで、モンテカルロシミュレーションにより得られた試行回数に対する平均焼失棟数の推移（図10）をみると、試行回数の増加に応じて平均延焼家屋数が平均値に収束していくことが分かる。そこで本調査では、計算領域内1,289棟の各建造物が1回ずつ燃えると仮定し、1,289回の試行回数で計算領域内における市街地の延焼特性を十分に評価できると判断した。

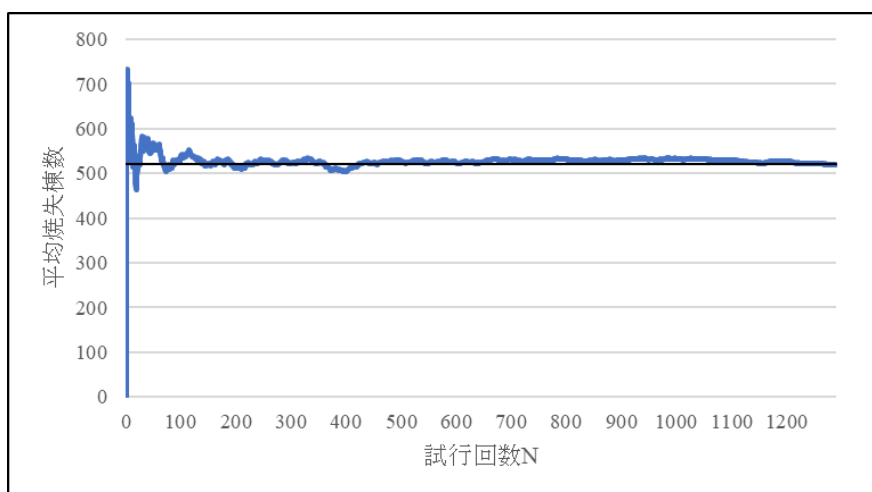


図10. モンテカルロシミュレーションの試行回数と平均焼失棟数の収束

4) 市街地延焼シミュレーションの結果

地震火災時における市街地延焼シミュレーションにより得られた焼失棟数の相対確率を図11に示す。1,289回の試行回数の中で、最大の焼失棟数は1,230棟であり、平均焼失棟数は520棟であった。しかし、本計算で仮定する放任火災であっても、焼失棟数が100棟未満の家屋が焼失する確率は34.2%を占め、被害の規模が比較的小さな火災の発生する確率が高いことが分かる。一方で、1,001棟以上の家屋が焼失する確率は24.7%と、計算領域のほぼ全域を焼失する火災も高い頻度で発生していることが分かる。これは、計算領域内に防火に有効な空地や防火性能の高い建物が少ないため、一度火災が発生すれば燃え止まりが生じ難いことを示していると考えられる。

伝建・周辺地区を対象として、「住民の初期消火活動を考慮しなかった場合」の延焼リスクRを算出した結果を図12に示す。これによると、周辺地区に比べ、伝建地区の西部で特に家屋の延焼リスクR（延焼による火のもらいやすさ）が高くなっていることが分かる。このエリアは、伝建地区の中でも特に伝統的な短冊型の宅地割が残る地域²⁷⁾であり、木造の建物が高い密度で集積している。そのため、他エリアに比べて、延焼リスクRが高くなったと考えられる。また、伝建地区の南部では、内町通りを境界として延焼リスクRに

隔たりがあるのに対し、伝建地区の北西部では、延焼リスクRが30%~60%と比較的高く、明確な隔たりはみられない。このことから、伝建地区の北西部では、地区内外で家屋等が連坦しており、火災時には、このエリアを経由して街区をまたいだ燃え広がりが起こる可能性があると考えられる。

ここで、伝建地区内外で延焼リスクRの分布割合を比較したものを図13に示す。これによると、伝建地区外では延焼リスクRが比較的広い範囲で分布しているのに対し、伝建地区内では延焼リスクRが40%以上の範囲に分布が集中していることが分かる。また、図14からその分布は面的に一体となっていることが分かる。このことから、伝建地区内では一度出火が生じると、周辺家屋も一体となって同時に焼失する傾向が強いといえる。

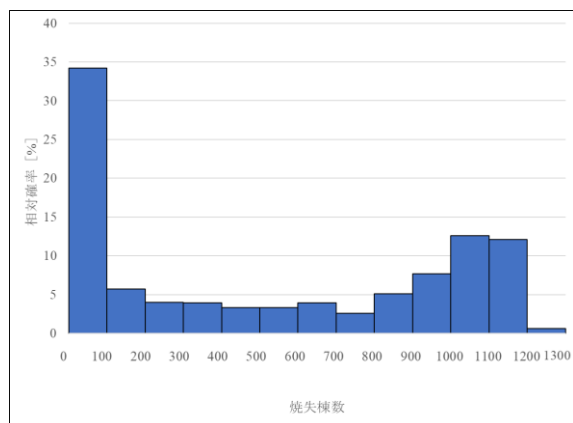


図11. 焼失棟数の相対確率分布

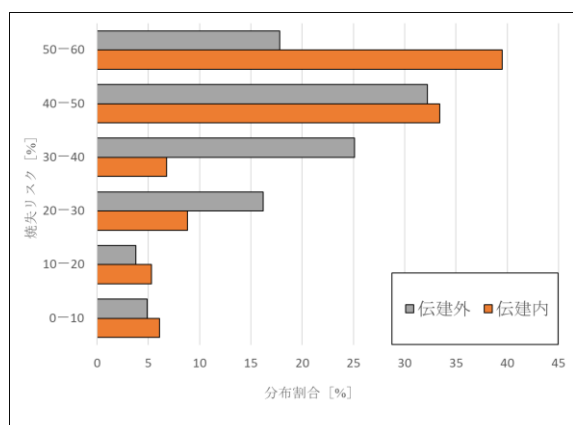


図13. 伝建地区内外における焼失リスクRの分布割合

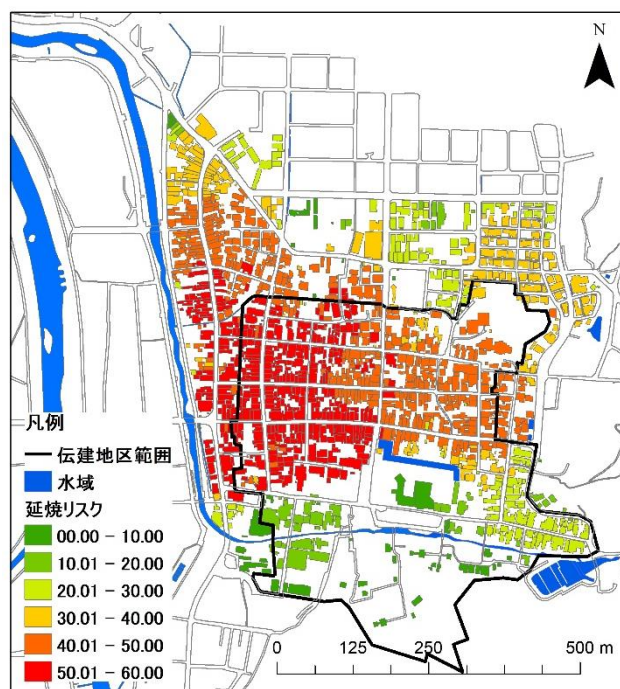


図12. 「消火活動を考慮しなかった場合」の延焼リスク

また、「①住民の初期消火活動を考慮しなかった場合」と「②住民の消火活動を考慮した場合」の検証結果とその比較を図14に示す。①と②を比較すると、②の延焼リスクは全体的に低下している。住民の初期消火活動により延焼リスクが低下したと言える。特に、①で延焼リスクが50~60%と高かった建物が②で他の建物より延焼リスクが低下している。より建物が密集しているエリアでは、1つ1つの建物の出火率を下げることによって周りの建物の延焼リスクを低下させる要因に繋がる。しかしながら、伝建地区中心部では延焼リスクが50.0~60.0%と高いままである。延焼リスクをさらに低下させるためには、消火器の保有率を向上させることや街頭消火器を多く設置する必要がある。

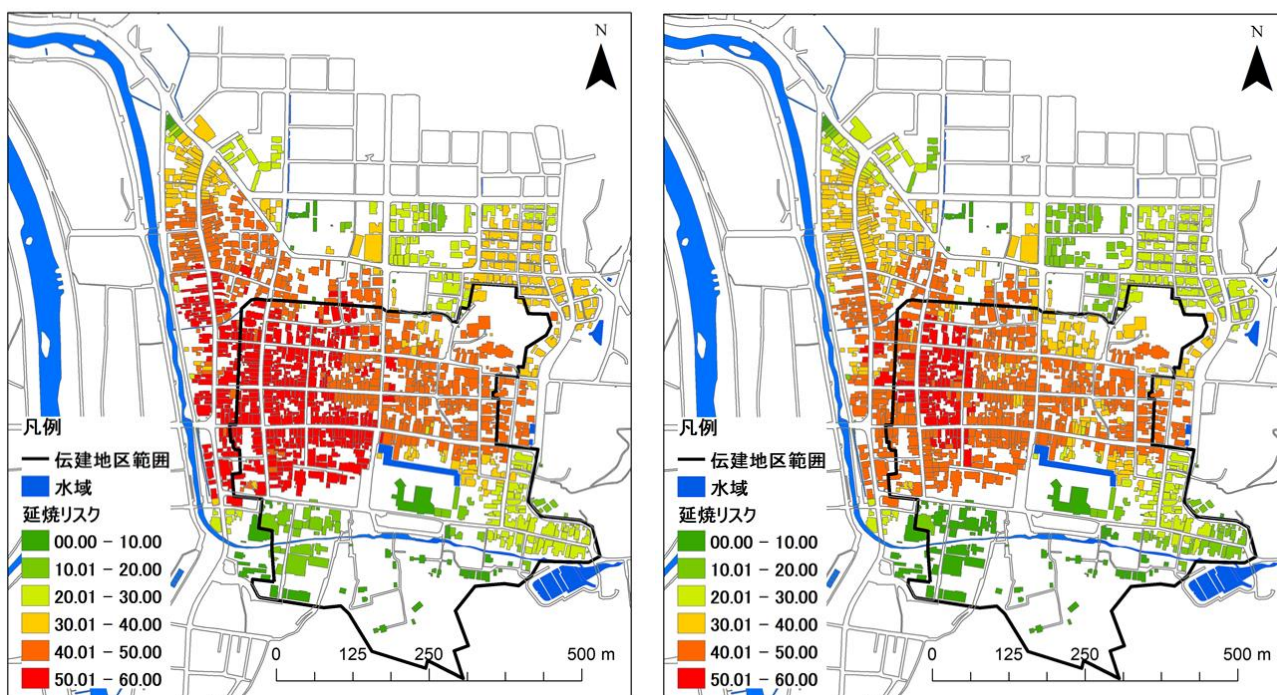


図14. 地震火災時の延焼リスク(左:①初期消火活動なし、右:②初期消火活動あり)

(c) 到達圏解析の検証

市街地延焼シミュレーションによって伝建・周辺地区の延焼性状が明らかとなった。加えて、消防の放水可能範囲を算出することにより、延焼性状と消火活動の2つの視点からみることができ、伝建・周辺地区の中で相対的に危険なエリアを抽出することが可能となる。よって、地震火災を想定した消防の放水可能範囲を算出する。

1) 到達圏解析の概要

本章では、消防の放水可能範囲として地理情報システム(ArcGIS)のNetwork Analystを使用した。本機能はあらかじめ設定した道路ネットワーク上を経路とし、地点から設定した到達距離の範囲を示すものである。ネットワーク到達圏は、アクセス可能なすべての道路にまたがる領域である。機能はあらかじめ設定した道路ネットワーク上を経路とし、地点から設定した到達距離の範囲を示すものである。ネットワーク到達圏は、アクセス可能なすべての道路にまたがる領域である。放水可能範囲に一般的に用いられてる円を用いた割り出し方と到達圏解析との違いを図15に示す。図から分かるように円の場合、道路の情報を無視した形で放水可能範囲を算出している。格子状の道路網であれば、平面的な道路の曲りや水圧による屈曲等を考慮にいれると、約7割の半径140mの中継距離(図16)に留まり³⁴⁾、円を用いた算出方法で良い。しかし、下記の青枠内にある道路では、その評価方法であると過剰に評価してしまう。歴史的街区は、敵から攻められにくいように、カギ型や丁字路を作り、行き止まりの構造が多い。そのため、道路情報を反映している到達圏解析の方が適していると考え、本章では、到達圏解析を消防の放水可能範囲の算出に使用する。

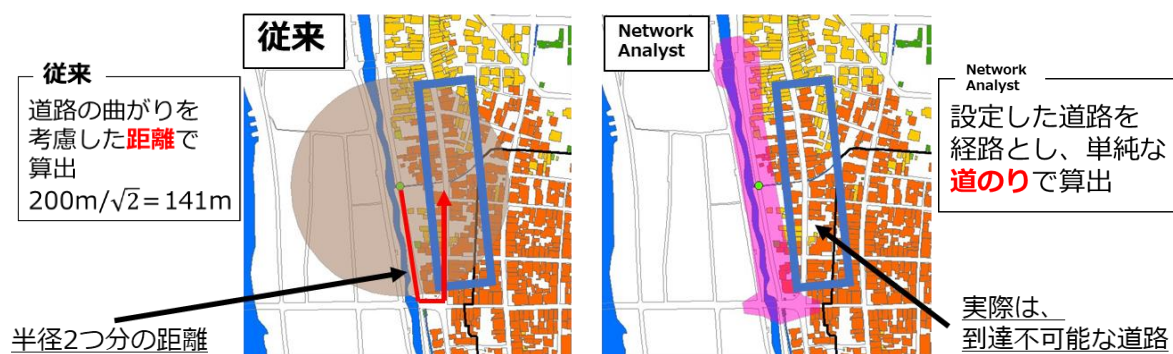


図15 放水可能範囲の算出方法の違い

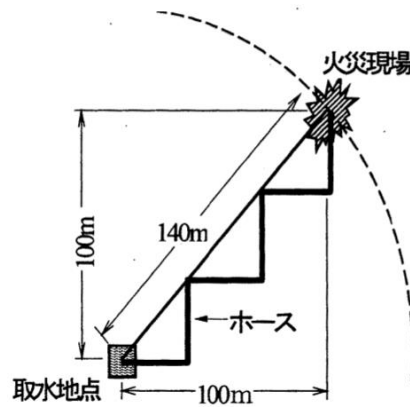


図16 従来の放水可能範囲の算出方法

2) 必要なデータの収集

①消防水利の基準

伝建・周辺地区における現状の消防水利を評価する上で、「消防力の基準・消防水利の基準¹⁾」を参考にした。各基準を下記に示す。

- ・地盤面からの落差が4.5m以下であること。
- ・取水部分の水深が0.5m以上であること。
- ・消防ポンプ車から水面まで8m以下であること。
- ・吸管投入孔のある場合は、その一辺が0.6m以上又は直径が0.6m以上であること。

②消防水利のデータ収集方法

- ・河川・ため池

到達圏解析による検証のため、検証地区内における河川の属性値を現地調査により収集し、整理を行った。令和3（2021）年8月に現地調査を実施している。河川・ため池は消防水利として活用するため、取水点の属性値が必要となる。収集項目は、「地盤面からの落差・水深・消防ポンプ車から水面までの距離・消防車両が侵入可能か」の4項目である。

③道路幅員データの収集方法

到達圏解析による検証のため、検証地区内における道路幅員データを収集し、整理を行った。道路幅員データは、国土地理院が提供している数値地図を使用する。数値地図では道路中心線のシェープファイルに、リンクごとの道路幅員データが属性値として設定されている。この道路幅員データは、3m未満・3m以上5.5m未満・5.5m以上13m未満・13m以上19.5m未満・19.5m以上の5つに分類されている。

3) 到達圏解析の計算条件

今泉ら²⁹⁾松本ら³⁰⁾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、消火栓は使用不可とする。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。本調査におけるホース延長距離は消防力の基準・消防水利の基準¹⁾よりホース延長本数10本とし、200m(20m×10本)と設定する。消防の放水距離は一般的な25m³¹⁾と設定する。計算条件を表4に整理する。

表4. 到達圏解析の計算条件(地震火災を想定)

条件項目	計算条件
	地震火災
道路幅員	5.5m以上
消防水利	河川・ため池
ホース延長距離	200m(20m×10本)
放水距離	25m

4) 到達圏解析の検証結果

到達圏解析の結果から算出した放水可能範囲を図16に示す。伝建地区内外のほとんどで、消防水利が足りていないことがわかる。特に河川から距離のある伝建地区の中心地は、放水可能範囲外となるエリアが広がっている。これは堀が近くに存在しているが、道路幅員が5.0m未満のため、消防隊員が通れなかったことが原因である。また、伝建地区の中心地において防火水槽の設置等もあり、ある程度は対応可能であるが、約1軒の火災を鎮火できる水量しかなく、地震火災で同時多発型となると水量が足りないため、今回は計算に入れていない。延焼リスクが高い赤色の地域であっても、消防水利が足りていないことが分かる。

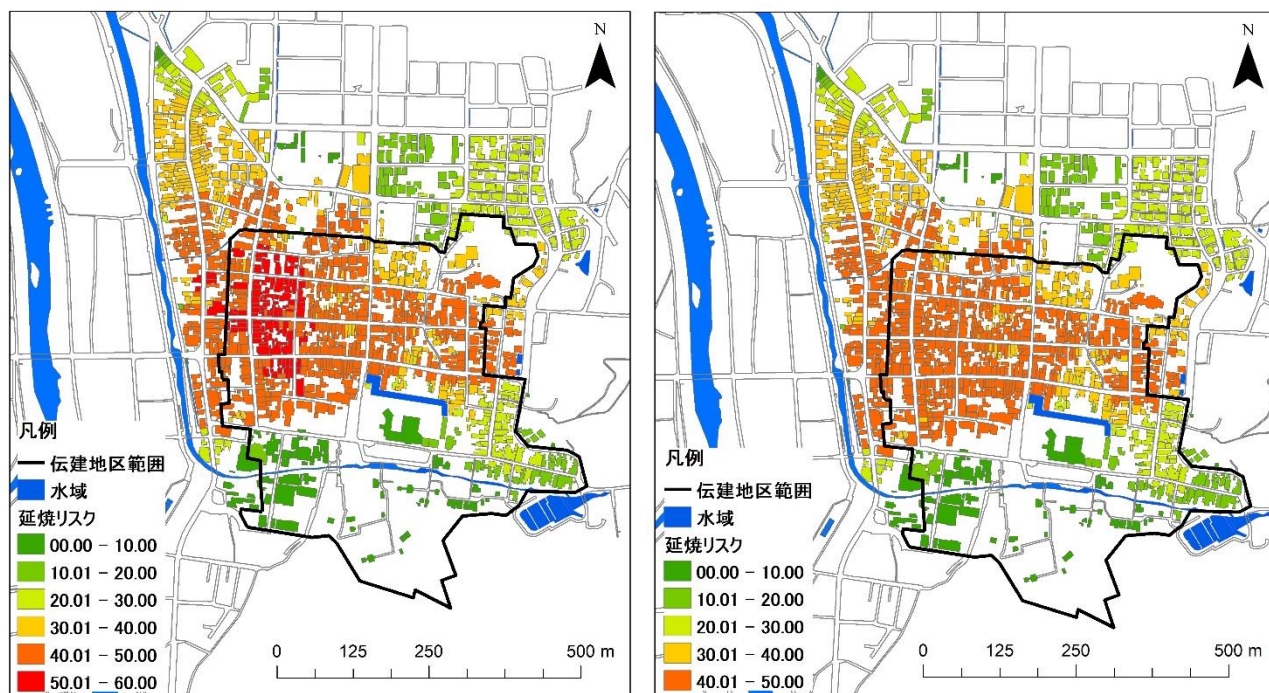


図16. 街頭消火器の設置率を100%に向上した場合の延焼リスク(左: ②初期消火活動あり、右: ④街頭消火器100%)

(d) まとめと課題

市街地延焼シミュレーションと到達圏解析の結果を組み合わせることにより、伝建地区の中で相対的に危険なエリアが抽出される。市街地延焼シミュレーションと到達圏解析の結果を組み合わせたものを図17.に示す。特に紫色の枠で囲まれたエリアは、延焼リスクが50~60%と高く、放水可能範囲エリア外のため、伝建地区の中でも相対的に危険なエリアであることが分かる。

また、エリア毎の課題を下記に示す。

・川原

川原の延焼リスクは、20~50%であり、伝建地区に近づくにつれ延焼リスクが高くなっている。また、幅員が 5.5m 未満の道路が走る部分もあり、消防の放水活動が困難になることや短冊状の宅地割であり、このエリアで火災が発生すると延焼が広がりやすい可能性がある。

・柳

柳の延焼リスクは、40~60%であり、伝建地区の中でも比較的高い。谷山川が隣接しているが、幅員が 5.5m 未満の道路が東西方向に走っており、消防車両の進入が困難なエリアでもある。また、短冊状の宅地割であり、このエリアで火災が発生すると延焼が広がりやすい可能性がある。

・田結庄

田結庄の延焼リスクは、40~60%と伝建地区の中で最も危険なエリアであるといえる。加えて、自然水利が近くに無いことや幅員が 5.5m 未満の道路が多数走っており、消防活動が困難なエリアである。

・宵田と本町、魚屋

宵田と本町、魚屋エリアの延焼リスクは、30~50%である。消防水利から遠く、道路幅員が 5.5m 未満の道路がほとんどであることから 3つのエリア外からの進入が難しく、一度延焼火災が発生すると消火活動

が困難なエリアであるといえる。

- ・八木と内町

八木と内町のエリアの延焼リスクは 30~60%である。短冊状の宅地割が広がっていることや街頭消火器の設置率が低いことが原因として考えられる。

- ・寺町と材木

寺町と材木は伝建地区の中心エリアから離れているため、延焼リスクが他のエリアより比較的低いがこのエリアで火災が発生すると十分に延焼する可能性があるため、注意が必要である。また、道路幅員が 5.5m 未満の道路も走っているため、消防の消火活動が困難なエリアである。

延焼リスクを低下させ、消防の放水可能範囲を拡張するには下記のような対策が必要となると考えられる。

- ・消火器の保有率(62.0%)を向上させる。
- ・消火器の使用期限を確認する。
- ・街頭消火器のカバー率(12.4%)を向上させる。
- ・街頭消火器の認知率(41.9%)を向上させる。
- ・水バケツの保有率(6.0%)を向上させる。
- ・風呂のためおき率(13.0%)を向上させる。
- ・自然水利に対して、取水可能なポイントを増やす。
- ・水路網を消防水利として使用する。

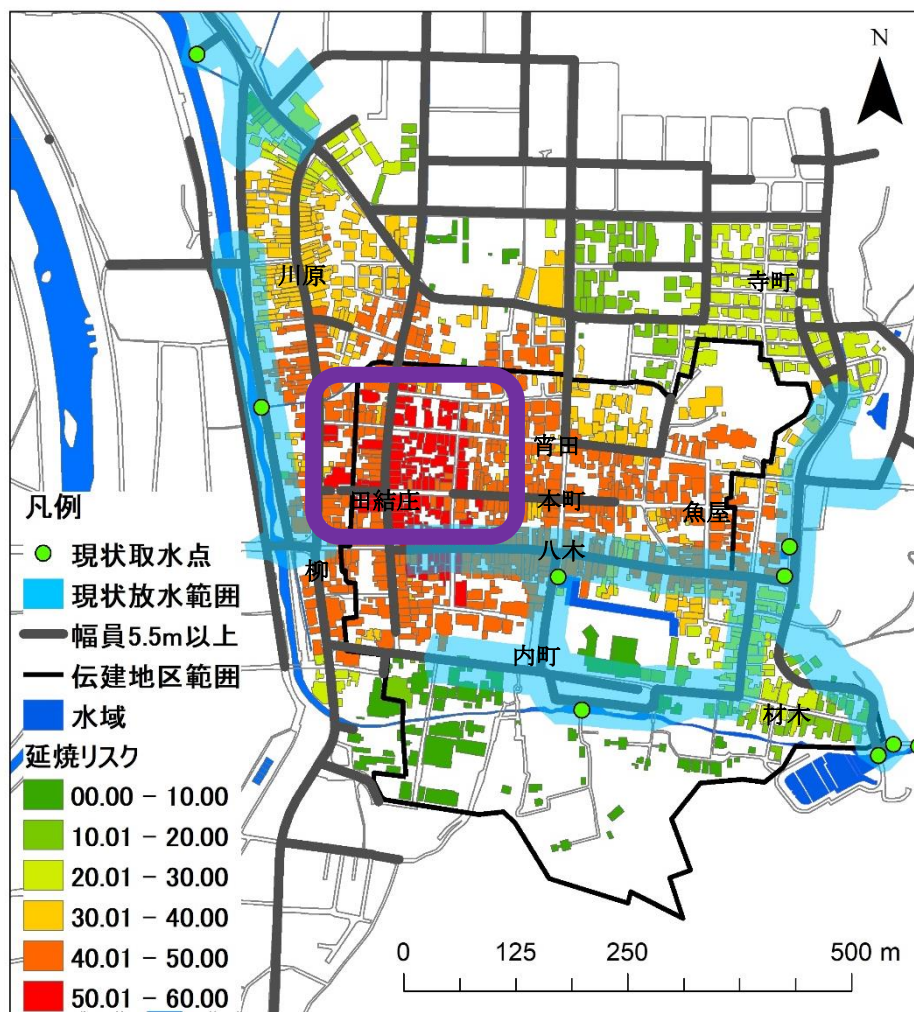


図17. 地震火災時における危険なエリアの抽出

3.5.4. 消防用水としての利活用に向けた水路網の調査

本調査では、伝統的な城下町の水路網の実態を明らかにし、それを踏まえた上で水路網を再生し、地域の伝統資源を活かした防火環境を提案することを目的とする。

(a) 流量の調査方法

伝建地区内の水路 44 か所を対象に、現地調査により水路の流量と分布状況、断面図を明らかにした。その結果を以下に示す。

1) 第1回調査結果（令和2（2020）年10月実施）

流量計算結果を表5に示す。流量計算に用いた式は以下の通りであり、単位時間は分である。

$$\text{流量 (m}^3\text{/分)} = \text{水位の断面積 (m}^2\text{)} \times \text{平均流速 (m/秒)} \times 60 \quad (3)$$

表5. 各地点の第1回目流量調査結果（代表例）

地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)
1	4.321	12	0.617	23	0.396	34	0.018
2	1.432	13	0.175	24	0.967	35	
3	0.446	14		25	2.044	36	
4	0.446	15	0.538	26	0.318	37	0.333
5	0.523	16	0.182	27	0.224	38	0.339
6	3.432	17		28		39	
7	1.016	18	0.604	29		40	0.040
8	0.435	19	0.168	30		41	
9	0.581	20	2.815	31		42	
10	0.410	21		32		43	
11	0.606	22	3.510	33	0.229	44	

2) 第2回調査結果（令和3（2021）年5月実施）

表6. 各地点の第2回目流量調査結果（代表例）

地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)	地点 番号	流量 (m ³ /分)
1	3.875	12	1.716	23	0.655	34	0.206
2	1.654	13		24	1.226	35	0.080
3	0.222	14		25	1.270	36	0.487
4	1.085	15	2.150	26	0.926	37	0.903
5	1.673	16	0.038	27	0.829	38	1.462
6	4.296	17		28		39	
7	1.779	18		29		40	0.716
8	1.007	19		30		41	0.336
9	1.166	20	3.502	31		42	
10	0.924	21	0.537	32	0.073	43	0.006
11	0.524	22	1.956	33	0.433	44	0.018

本調査では、水路網の分布状況及び断面と各地点の流量を明らかにした。図18と図19より水路網は伝建地区内に全体的に広がっており、火災が発生した際にも、初期消火として有効に活用できる分布状況である。表5と表6より時期によって流量も変化する事が明らかとなったため、安定した流量を確保するための整備が必要である。水路に流れ込む流量は、図18及び図19の①で全て調整されており、①から②の河川と、③及び⑥の水路へと流れ込む。また水路の流量を増やすと②番の河川の流量が減る仕組みとなっている。このため、河川の流量を維持しつつ、水路の流量を増やすことは困難であり、ただ水路に水を流すのではなく、溜めながら流すことが現実的な対策であると現段階では言える。各地点の流量について、伝建地区南東から北と西に向かって流れ込んでいるため、基本的に南東側の流量が多く、分岐点の多い伝建地区の中心部分は

流量が少ない傾向にある。図 18 と図 19 より、焼失リスクが高い西側のエリアにおいて、水路が止水または流量が 0 である箇所が多く、水量確保のための対策が必要であることが明らかとなった。

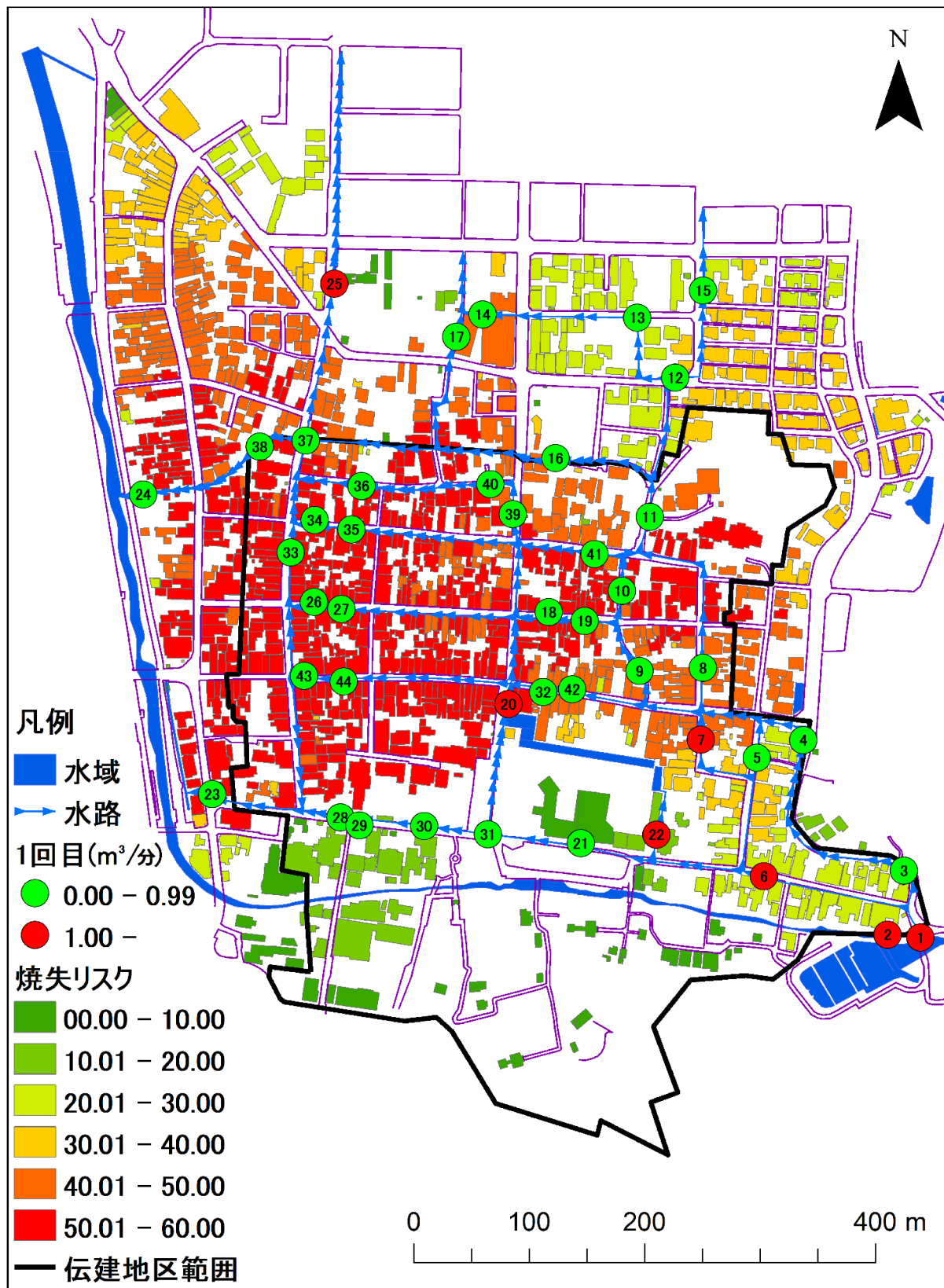


図 18.水路の分布状況及び流量と焼失リスク (1回目)

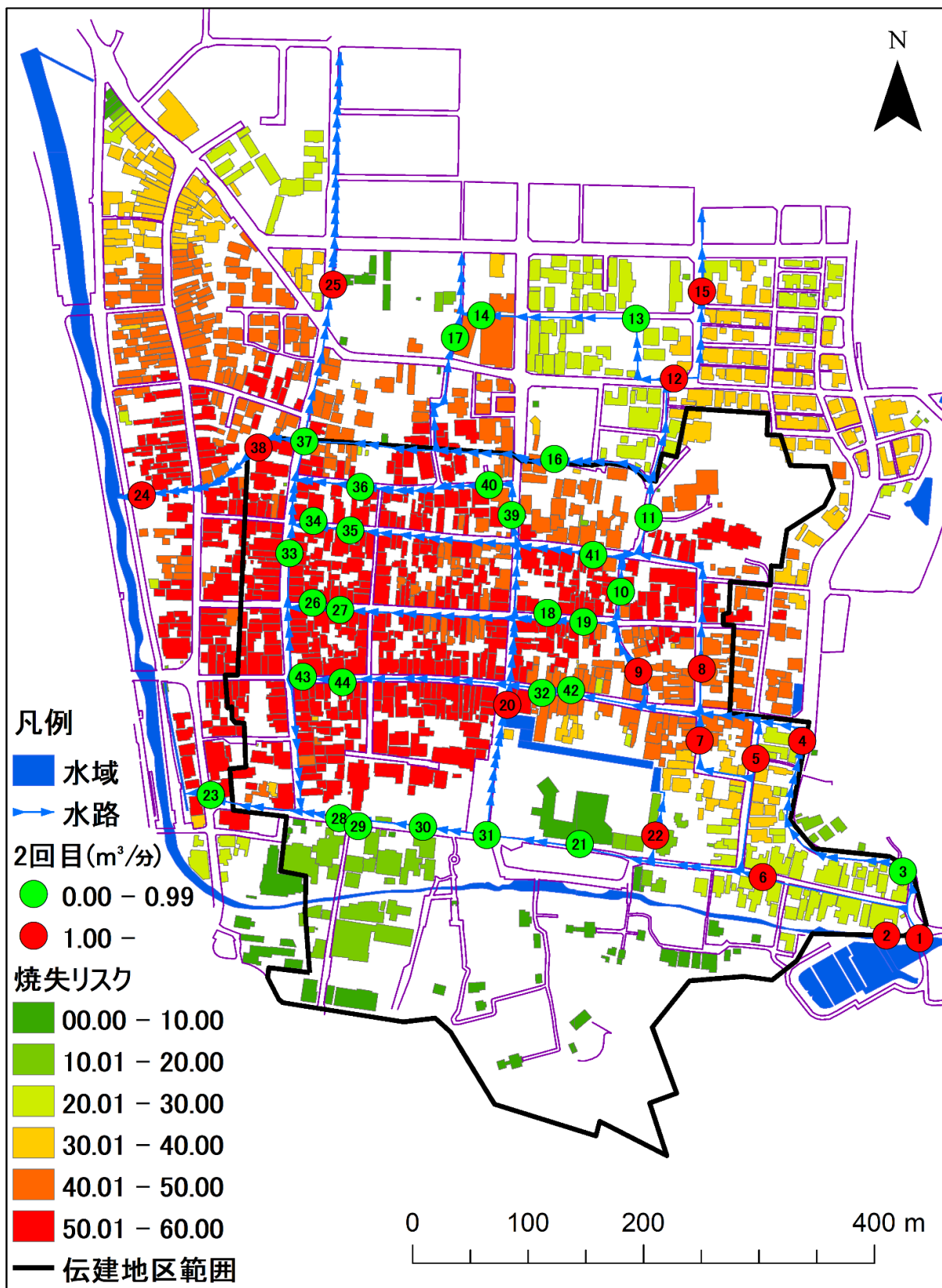


図 19.水路の分布状況及び流量と焼失リスク (2回目)

3) 水路の断面図

各地点の水路の断面図は図 20 の通りであり、流量は第 1 回調査の流量を反映している。断面調査により最大流量については、初期消火に有効な流量を有している地点が多く存在する事が明らかとなった。

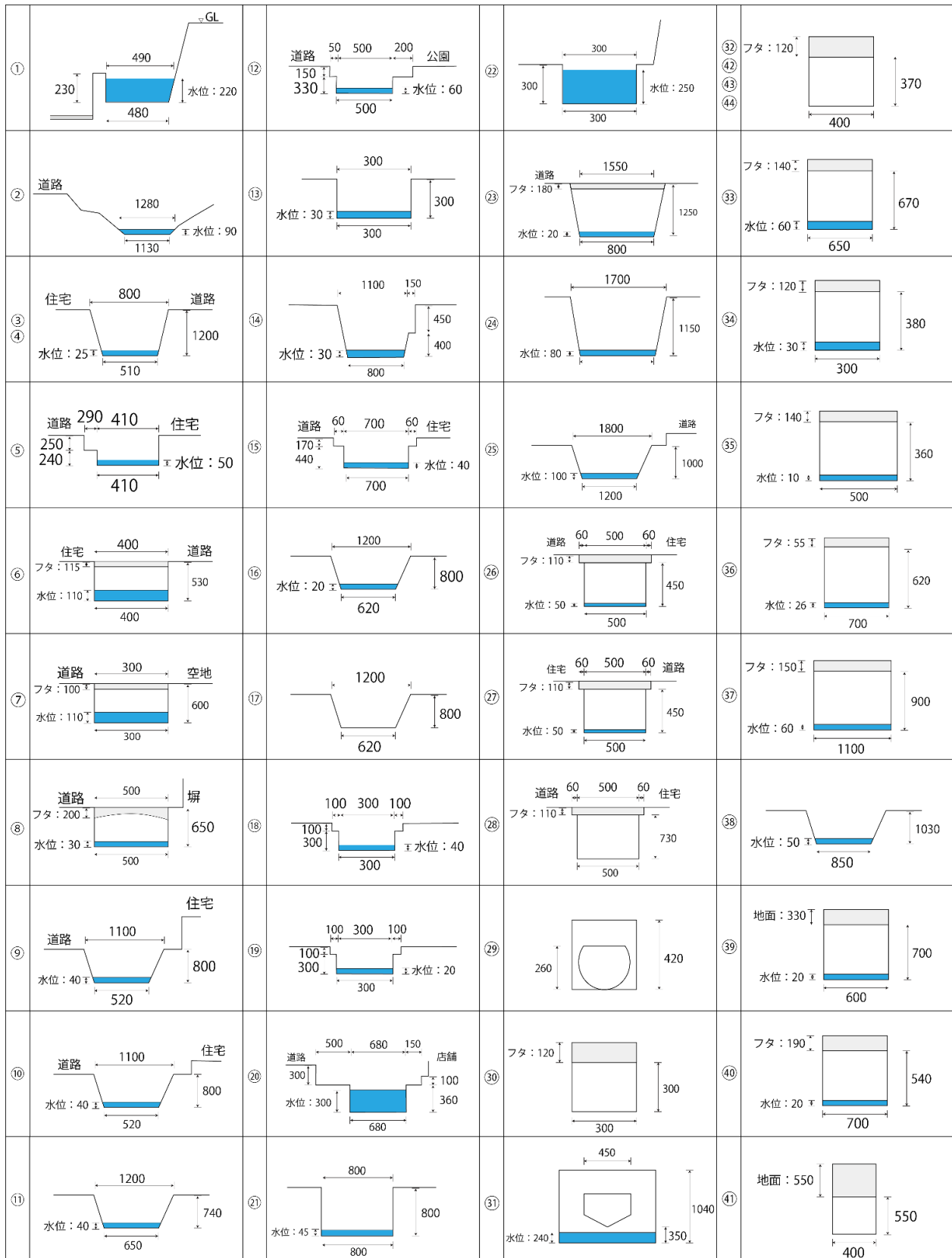


図 20. 各地点の水路の断面図

(b) 消防放水訓練の結果

消防水利としての水路の活用可能性を検証するため、田結庄通りの水路をケーススタディとして、消防放水訓練を実施した（写真3、4）。表7に訓練の概要を示す³²⁾。訓練方法としては、まず堰板と土嚢で水路を堰き止め、4kg/cm²の圧力で2線（ポンプ車1線、小型ポンプ1線）取水し、10分間の放水を行った。次に、2線の圧力を5kg/cm²に上昇させ、10分間の放水を行った。そして、圧力を保持したまま、3線目を追加（ポンプ車2線、小型ポンプ1線）し10分間の放水を行った。このように圧力上昇と放水追加を水位の低下がみられるまで実施し³²⁾、堰き止め作業開始から水位の時間変化を記録した。なお、訓練は出石高校の南に設置されている取水弁を最大に開放した状態で実施した。

水路内における水位の時間変化を表8に示し、結果の概要を以下にまとめる。

- ・放水圧力4～5kg/cm²で2線放水した20分間は水位低下は見られず、3線目を追加して初めて水位低下が確認された。このことから、通常の放水圧力4～5kg/cm²であれば、2線までは水路が無限水利として利用可能であることが分かる。
- ・一方で、水路底面の凹凸、堰板や土嚢の隙間より流下する水量も多いため、堰き止め作業に時間がかかり、4kg/cm²×2線の放水までは10分程度を要した。

表7. 消防放水訓練の概要³²⁾

日時	2021年5月16日 晴天 午後1時30分～午後2時40分
場所	田結庄会館西側周辺
設備	ポンプ車1台、小型ポンプ1台、堰板、土嚢、ブルーシート
参集	地元区長2名、立命館大学13名、消防団40名、事務局4名

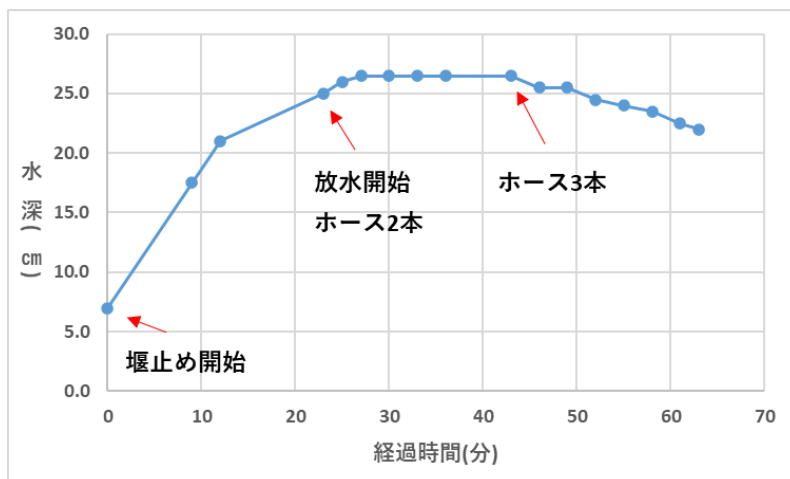


写真3. 消防放水訓練の様子1



写真4. 消防放水訓練の様子2

表8. 水路内における水位の時間変化



(c) グレーチング調査

消火活動時に水路からの取水が可能かを検証するため、伝建地区内の水路に存在するグレーチングにおいて、タイプ別の分類わけと取り外しの可否の調査を令和3（2021）年5月中旬に実施した。グレーチングとは、道路脇や建物、歩道の側溝に使用されている格子状で金属製の蓋である。調査の結果、バールを用いるタイプもあるが、ほとんどのタイプのグレーチングが取り外し可能であることが明らかとなった。



写真 5. タイプ①



写真 6. タイプ②



写真 7. タイプ③



写真 8. タイプ④



写真 9. タイプ⑤



写真 10. タイプ⑥

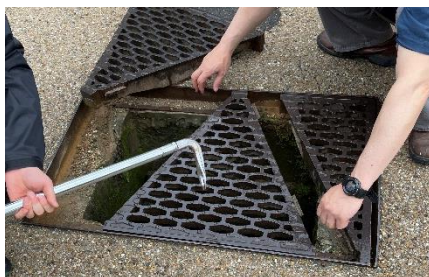


写真 11. タイプ⑦



写真 12. タイプ⑧



図 21. タイプ 3

3.5.5. 防災ワークショップを通じた住民からの課題抽出

(a) 災害図上訓練 (DIG) の内容

1) 災害図上訓練 (DIG) の概要

本ワークショップでは災害図上訓練を採用した。災害図上訓練とはDisaster（災害）、Imagination（想像力）、Game（ゲーム）の頭文字から別名DIG³³⁾と呼ばれており、地区で災害が発生したことを想定して、入手した情報を踏まえ、災害の状況、予測される危険等を地図に記入する訓練である³³⁾。本調査では、災害図上訓練を用いたことで、ワークショップ内で得られた住民の意見内容、災害発生時の地区の危険箇所、特徴、課題を図上に記し、意見内容の場所の抽出と図上の情報から、客観的な議論と参加者の考える意見の整理を行うことができた。また本ワークショップでは、効果的に出石伝建地区での防災上の特徴・課題等を抽出するために、伝建地区に関するコミュニティに所属している方を対象として、また複数の災害が危惧されていることから、各回異なる災害を設定しワークショップを実施した。各回の参加者に関しては、設定した災害シナリオと関連性の高い居住地区の方を中心に開催し、各回4グループに分けて実施した。全三回の設定したシナリオ等、概要を表9に示す。

表9. 各回のワークショップシナリオと参加人数

	第一回	第二回	第三回
シナリオ	地震火災→土砂災害	地震火災→土砂災害	豪雨→水害、土砂災害
実施日	2019年7月16日	2019年7月23日	2019年7月30日
参加者	43人(うち女性4名)	42人(うち女性3名)	43人(うち女性3名)
出石消防団	5名	6名	6名
保存会/弘道コミュニティ	18名	13名	16名
城下町活かす会	3名	4名	4名
設計士会	4名	4名	4名
市役所	5名	7名	4名
出石分署(消防署)	1名	1名	1名
大学教員	2名	2名	2名
学生	5名	5名	6名

(b) 災害図上訓練 (DIG) の結果

全三回のワークショップから明らかとなった情報を各回のシナリオごとに区分し地域の特徴、課題、対策として整理する。特徴、課題、対策の情報の中で対応するものについてはそれぞれまとめているが対応するものがなかった場合には、空欄のまま整理している。

1) 表10. 土砂災害

想定シナリオ	特徴	課題	対策
地震火災	道路閉塞	・道路幅員が狭い/・木造建物が多い	・伝建・周辺地区内の多くの道路幅員が8m未満、木造建物のため、塞がる可能性がある。
		・空き家が多い	・空き家が整備されていない箇所がある。
		・路上駐車が多い	・路上駐車が道路閉塞の可能性を高めている。
	初期消火	・水量が少ない/・自然水利が汚い	・自然水利が利用できる環境が整っていない。
		・消火器を各家に整備済み	・防火用バケツなどが無い。
	避難活動	・単身の要配慮者多数/道路閉塞が起きる/要援護者の避難環境が整っていない	・災害時、助ける側が少ない ・飲食店の店員、学校の先生や生徒と協力体制を整える。
		・場所によっては、避難所が遠い。	・一時避難場所の整備、活用する。
		・夜間は、伝建・周辺地区内がかなり暗い	・避難ルートが閉塞している可能性がある。
土砂災害	避難活動	・駐車場や広場などスペースがある	・夜間の避難は暗く、危険性が増す。
		・そば屋が多くある。	・要援護者のサポート環境が整っていない。
		・避難所が少ない	・夜間の避難は暗く、危険性が増す。
		・夜間は、伝建・周辺地区内がかなり暗い	・指定避難所の出石高校も土砂災害の恐れがある。
		・災害の種類別で、行動を変える必要がある	・避難ルートが閉塞している可能性がある。
	その他	・要援護者のサポート環境が整っていない。	・車イスや担架を用意しておく。
		・支所に人が集まり過ぎてしまう。	・公民館などを避難所として整備する。
		・砂防ダムがある	・新たな避難所を作る。
		・ダムに堆積物が溜まっている。	・ダムの清掃を行う。
		・昼間は、伝建・周辺地区内の若い住民は働きに伝建地区外にいる	・伝建・周辺地区内の若い人が少ない。
			・消防団OBなどに協力してもらう。

2) 表11. 地震火災

想定シナリオ		特徴	課題	対策
地震火災	道路閉塞	・道路幅員が狭い ・木造建物が多い	・路上駐車が多い。	
		・路上駐車が多い	・伝建・周辺地区内の多くの道路幅員が8 m未満、木造建物のため、塞がる可能性がある。	
	初期消火	・水量が少ない・自然水利が汚い ・消火器を各家に整備済み	・自然水利が汚く、消火に使用できない可能性がある。	・水源の清掃を行う。
		・暗きよが多数存在	・水源まで距離が遠い。	・燃え広がらないように、火災警報器の整備を進める。
		・火災警報器が多くの家に設置済み。 現在、電池交換の時期を迎えている。	・木造建物が多く、延焼しやすい	・防火用バケツ、消火器を使用する。
			・消火栓が使えなくなると、水利がかなり少ない。 ・防火用バケツがない。	・暗きよを利用できるように整備する。 ・各家、玄関に防火用バケツを設置する。
	避難活動	・単身のお年寄り多数 ・道路閉塞が起きる ・要援護者の避難環境が整っていない	・助ける側の人が少ない。	・飲食店の店員、学校の先生や生徒と協力体制を整える。
		・夜間は、伝建・周辺地区内がかなり暗い ・駐車場や広場などスペースがある	・観光客に対する案内板がない。	
		・観光客に対する、防災対策があまりされていない。	・要援護者のサポート環境が整っていない。	・車イスや担架を用意しておく。
		・北風が吹く	・避難ルートが閉塞している可能性がある。	
		・そば屋が多くある	・昼間は、伝建・周辺地区内に若い人が少ない ・北風がよく吹き、南部に燃え移りやすい。	・飲食店の店員、学校と協力体制を整える。 ・逃げる方向を考えておく。
土砂災害	避難活動	・避難所が少ない ・夜間は、伝建・周辺地区内がかなり暗い ・災害の種類によって、行動を変える必要である。	・小学生の避難が大変 ・夜間の避難は暗く、危険性が増す。	・小学校と町で連携を取る。 ・懐中電灯を用意しておく。 ・道路沿いに灯りの設置を目指す。
		・昼間は、伝建・周辺地区内の若い住民は働きに伝建地区外にいる	・昼間は、家族がバラバラになっている。	・安否を確認の為に、避難場所を決めておく。
			・要援護者のサポート環境が整っていない。	・車イスや担架を用意しておく。 ・要援護者の情報を把握しておく。
			・指定避難所の弘道小学校、出石高校が使えなくなる可能性がある。	・新たな避難所を作る。
風水害	避難活動	・谷山川は、ポンプによって、水が出されている ・指定避難所が少ない ・過去の豪雨の際は、多くの人が自宅の二階に避難 ・過去の豪雨では、冠水、浸水、停電が起きた経験がある	・ポンプが停止すると、内水氾濫が起きる。 ・避難所が遠い。 ・二階に避難する人が多い。	・早めの避難を心掛ける。 ・早めの避難を心掛ける。 ・新たな避難所を作る。 ・避難の伝え方をより明確にする。
		・伝建地区の北部に五階建てのアパートがある	・公民館が平屋の場所がある。 (材木、祇園、寺町、田結庄)	・最寄りの二階以上の建物を理解しておく。
			・停電が起こる。	・懐中電灯等の用意をしておく。 ・非常用の電灯の整備を目指す。
			・アパートの住民と協力体制が取れていない。	・五階建てのアパートを豪雨の際、一時避難先として利用できるように検討する。

3) 表12. 水害

想定シナリオ		特徴	課題	対策
地震火災	道路閉塞	・木造建物が多い・道路幅員が狭い	・路上駐車が多い。	
		・石垣、堀が危険	・伝建・周辺地区内の多くの道路幅員が8 m未満、木造建物のため、塞がる可能性がある。	・建物の整備を行う
	初期消火	・防火水槽、自然水利共に水量が少ない ・川が消火用水利として整備されていない	・水量が足りない ・川や水路に近く、足の踏み場がない。 ・防火水槽の水量が少ない。 ・消防車が通れない可能性がある。	
		・雪が降る ・観光客が多い	・本高寺の裏側の土砂崩れが予想される。	・避難の際は、近づかない。
		・道路閉塞が起きる ・要援護者の避難環境が整っていない	・冬の場合、雪で避難が難しくなる。 ・風の向きを考えて、避難する必要がある。	・逃げる方向を考えておく。
	避難活動	・夜間は、伝建・周辺地区内がかなり暗い	・道路閉塞が多く、避難しにくい。	・川沿いから逃げる。
			・助ける側の人が少ない。	・飲食店の店員、学校の先生や生徒と協力体制を整える。
風水害	避難活動	・自宅二階へ避難が多い ・台風23号では、自宅ギリギリまで来た経験あり ・指定避難所が少ない	・避難所が少ない。 ・夜は暗く、避難しにくい。	・新たな避難所を作る。 ・早めの避難を心掛ける。 ・災害時用電灯の整備をする。
			・避難のタイミングが判断しにくい。	・避難の伝え方、避難の目安を共有しておく。
			・停電が発生する。	・災害時用電灯の整備をする。 ・懐中電灯等を複数用意しとく。
			・決壊や越水の恐れがある。	・川に近づかない。 ・早めの避難を心掛ける。
			・伝建・周辺地区内の水路が溢れる可能性がある。	

(c) まとめと課題

本節では、前掲の表10.11.12に示したDIGの結果を整理し、議論の中であげられた課題の一例と共に明らかとなった課題と対策についてシナリオ別に図上にて再整理したものを示す。

1) 避難時の課題

結果から伝建地区内の道路は狭隘道路が多く、木造家屋が震災時には建築物の倒壊による道路閉塞から避難が難しい場所があることが確認された。避難時には、塀があること、比較的幅員が広い路地でも路上駐車が多いこと、空き家の倒壊が想定され、避難時に道路閉塞の要因となり現状では2方向避難が困難となる場所があることが明らかとなった。また夜間の避難を想定した場合には、街灯が少ないこと、冬は積雪の可能性もあるなど、いくつかの状況を想定することで、災害発生時の状況に応じて普段の災害発生時とは、異なる避難時の課題が明らかとなった。

2) 避難場所の現状

伝建地区周辺には、複数の指定緊急避難場所が設定されている。しかし土砂災害、水害被害のいずれにも対応が可能となる指定緊急避難場所が伝建地区周辺には弘道地区コミュニティセンターのみである³⁵⁾。その為ワークショップでは、避難場所に関連した課題として、弘道地区コミュニティセンターに人が集まりすぎる可能性があること、災害によって避難場所が被災する可能性があるため災害によって避難場所、手段を変える必要があることから避難が遅れてしまう可能性があることが課題として挙げられた。

3) 要援護者対応の現状

伝建地区では、日中は、若年層は地区外に働きに出ており、単身の高齢者が多いことが課題として確認された。さらに災害発生を想定した場合、要援護者へのサポートが可能となる人員が不足しており、要援護者の避難環境が整っていないこと、また避難場所が少ない為、高齢者、観光客は避難に時間がかかることを懸念していることが明らかとなり、要援護者に対して多くの課題が確認された。

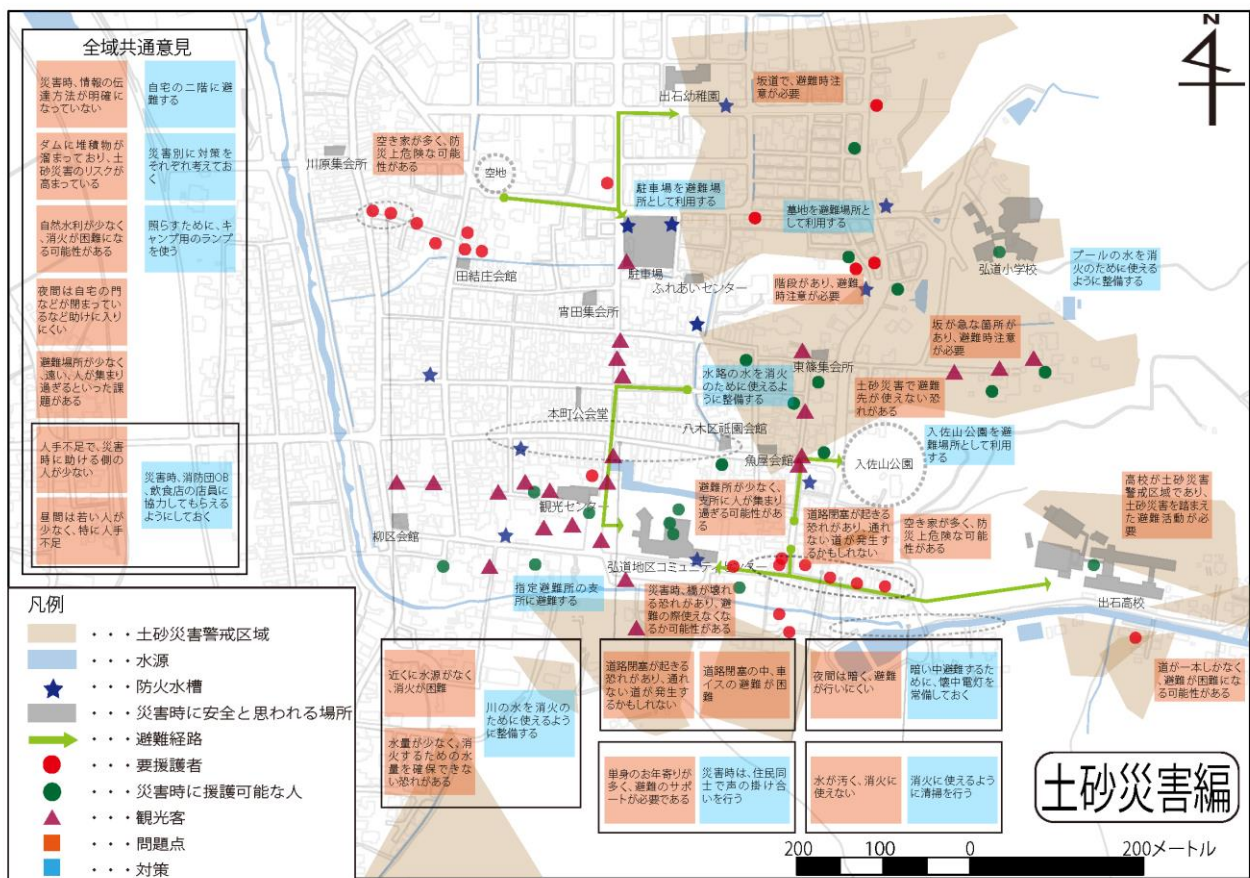


図 22. DIG 結果（土砂災害編）

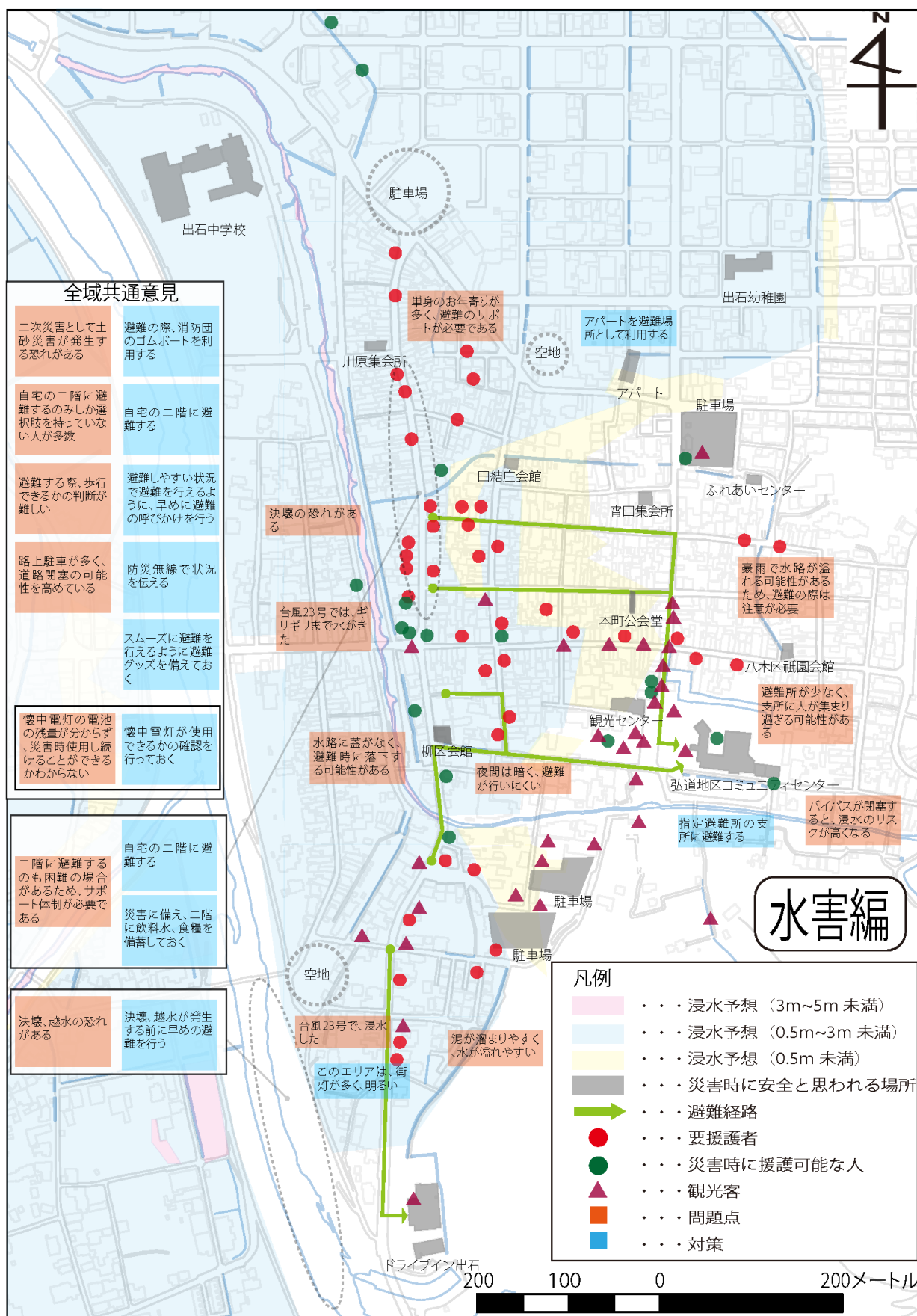


図 23. DIG 結果（水害編）

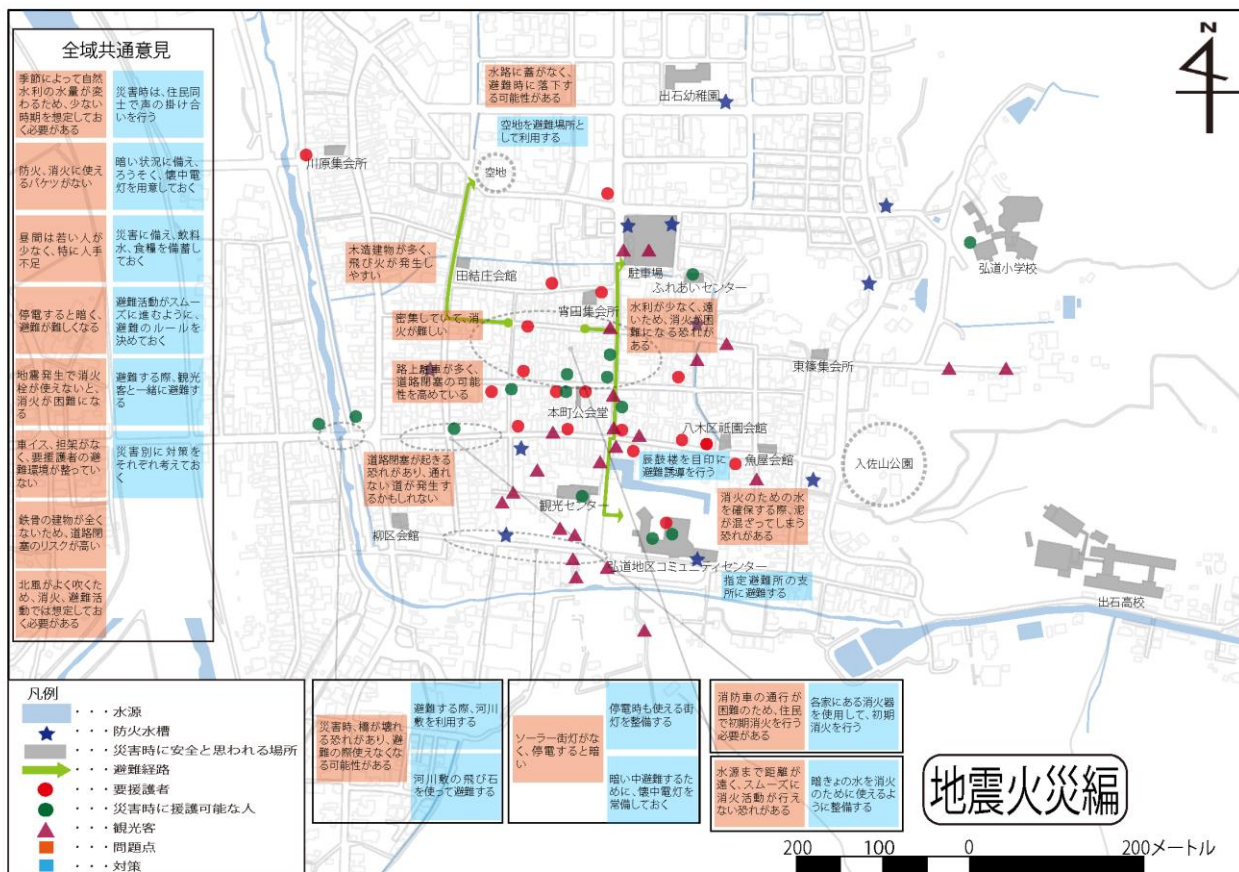


図 24. DIG 結果（地震火災編）

3.5.6. オンライン防災訓練の実施³⁶⁾

令和2（2020）年度に伝建・周辺地区で実施したオンライン防災訓練について、その内容と訓練結果から抽出された各災害種別ごとの防災上の課題を示す。

(a) オンライン防災訓練の内容

1) オンライン防災訓練の概要

本調査で取り組んだオンライン防災訓練は、主にスマートフォン・タブレット端末・パソコンのいずれかを用いて、専用のHP上で指示にしたがって順に各自で訓練を行う形式とした。訓練専用HPはグーグルフォームのアンケート様式を活用して作成した。オンライン防災訓練の実施要項を右の表13に示す。

表 13. オンライン防災訓練の実施要項

対象者	伝建・周辺地区の住民
実施期間	令和2（2020）年12月24日（木）～令和3（2021）年1月14日（木）
訓練時間	好きな時間に参加可能
所要時間	30分～45分 ※訓練項目の数によって異なる
訓練場所	自宅とその周辺（避難所までの道）
用意するもの	スマートフォン・タブレット端末・パソコン（自宅周辺の地図）
訓練参加者数	86人（76世帯）

2) オンライン防災訓練の形式と各訓練項目の内容

オンライン防災訓練の形式は、HP上で指示された行動を実際にあるいは想定して行い、その行動の訓練に関する設問に答えていただく形式とした。またこの設問の回答結果によって伝建・周辺地区の防災上の課題を抽出していくこととする。訓練内容によっては正しい防災の知識や災害発生時の適切な行動に関する補足説明を付記している。本訓練では従来の防災訓練のように実際に参加者が自ら体を動かして訓練を行う形式を採用したため、動画や画像をみて学ぶ形式の取り入れは可能な限り控えることとした（訓練の一部には使用）。

伝建・周辺地区の各区の区長への防災に関するヒアリング調査では多くの区で消火器の訓練を行っていたことと各災害の避難訓練を行なっている区が少ないことが明らかになった。そこで本訓練項目では消火器の使用方法的確認の訓練に加え、自宅で行えることから各家庭での災害備蓄と災害対策の確認、伝建・周辺地区で発生リスクがある地震と水害と土砂災害の3つの災害に対する避難を中心とした訓練、そしてハザードマップの確認の全6項目とし、各訓練項目の内容の詳細を以下の表14に示す。訓練項目が全て終了すると、最後にオンライン防災訓練に関する参加者アンケートに回答していただく。

表 14 オンライン防災訓練の各訓練項目の内容の詳細と訓練の目的

No	訓練項目	訓練内容
①	災害に備えた自宅の備蓄と対策の確認	災害発生に備えて、備蓄してある水や食料の確認と家具の転倒防止対策が正しく行われているか確認する。
②	火災（初期消火）編	自宅のキッチンから火災が発生したことを想定し、実際に自宅または付近にある消火器を持ってきていただき、消火器の使い方を学ぶとともに、初期消火のイメージを持っていただく。また、消火器の使用期限や異常の有無などの点検もあわせて行う。
③	地震災害と避難編	「日中に緊急地震速報が発令→地震発生→揺れが収まってからの行動→避難所への移動」の一連の流れを住民各自で行う。また、避難経路の危険箇所や共助できる人の存在の把握も行う。
④	ハザードマップの確認	自宅の場所や避難所に設定している場所が土砂災害または水害発生時に安全な場所であることを確認する。
⑤	土砂災害編	長時間の大雨によって土砂災害発生危険性が高まっていることを想定し、土砂災害時の避難方法3つを学ぶとともに、自宅近辺にある安全な建物があるかを把握する。
⑥	水害編	長時間の大雨によって水害発生危険性が高まっていることを想定し、浸水対策・垂直避難の手順を実際に行うとともに、自宅近辺に安全な建物があるかを把握する。

訓練①から④は参加者全員が行い、訓練⑤土砂災害編と訓練⑥水害編は、自宅がそれぞれ「土砂災害警戒区域」、「浸水の恐れがある区域」に含まれている方に受講していただく。訓練③地震災害と避難編では「避難経路や避難経路上の危険箇所を確認する」、訓練⑤土砂災害編と訓練⑥水害編では「自宅付近の安全頑丈な（高い）建物を探す」という実際に外に出て訓練を行う指示が含まれているが、実際に外に出て行うのが難しい方は自宅付近の地図を使って確認していただく。

(b) オンライン防災訓練を用いた伝建・周辺地区の防災上の課題抽出

1) 災害に備えた自宅の備蓄と対策の確認

オンライン防災訓練の参加世帯のうち、水と食料の両方を最低の3日分以上備蓄している世帯は4世帯(5%)のみとなった。また、どちらとも備蓄していない世帯は20世帯(26%)になった(表15)。特に水の備蓄を十分に行えている世帯が少なく、災害時、断水が発生した場合に十分な水の確保が困難となる可能性がある。また、自宅の家具や電化製品に転倒防止・落下防止対策を家具の総数の4割以上行っている世帯は17世帯(22%)であり(表16)、窓ガラスに飛散防止対策を行っている世帯は4世帯(5%)とそれぞれ少ないことがわかった。地震発生時を想定し、身の安全の確保と脱出経路の確保を行なった訓練において、確保の行動を行なった際に周りに転倒または落下しそうな家具や窓ガラスなどが近くにあったような、何らかの危険があった参加世帯は身の安全確保時には44世帯(58%)と脱出経路確保時には38世帯(50%)と、どちらも半数以上になった。自宅の家具の転倒防止対策等の調査結果も踏まえると、脱出経路上などの災害時に危険性が高い部分にある家具への対策が特に求められる。

表15 訓練参加者の水と食料の備蓄量

備蓄量	水 (世帯)	食料 (世帯)
備蓄していない	3 8	2 2
1～2日分	2 4	2 6
3日分以上	1 4	2 8

表16 家具に対する対策を行なっているか

家具の転倒防止・落下防止対策を施しているものの割合	世帯数 (戸)
1割以下	4 1
1～3割	1 8
4～6割	1 2
7～9割	4
9割以上	1

2) 火災・初期消火

訓練参加世帯数74戸のうち、消火器をキッチンから1分以内の場所に置いてある世帯は62戸(84%)と高い数値になり、各世帯の消火器の設置状況は良好であった(表17)。

訓練に使用した消火器74個のうち、使用期限間近・切れているものは20個(27%)となった。伝建地区を中心とした地震・火災エリアはその数は少なかったが、土砂災害エリアと水害エリアでは大きく増加した(表18)。また、消火器の保管場所は最多が玄関27戸、次にキッチン23戸、外(格納箱に入っていない)12戸と続く。キッチンでの保管は水や油のハネによって消火器の腐食や変色が発生する可能性が高くなり、使用の際の危険が高まるため、置き方の工夫が求められる。

表17 各災害種別エリアの参加世帯の消火器を取りに行くのにかかる時間

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
30秒以下	14	10	20
30～60秒	8	4	6
60～90秒	1	3	0
120秒以上	3	5	0
合計	26	22	26

表18 各災害種別エリアの消火器の使用期限

使用期限	地震・火災 エリア	土砂災害 エリア	風水害 エリア
切れていない	22	13	15
使用期限間近	0	6	2
切れていた	2	1	9
不明・無回答	2	2	0
合計	26	22	26

ヒアリング調査結果から把握できた消火器の点検を行っている区は12区で4区のみとなっており、この訓練結果を含め、改めて各区ごとに消火器の点検と保管場所の整備を行う必要があると考えられる。また、初期消火の際、より多くの消火器が必要なため、玄関など消火器の保管場所を区で統一し、収集しやすくすると初期消火対応力の向上も期待できる。

3) 地震災害・避難

各災害種別エリアの地震災害時の避難経路上の危険箇所は、土砂災害エリアでは他の2エリアと比べて少なく、比較的危険箇所を避けて避難経路を設定できている。伝建地区を中心とする地震・火災エリアはブロック塀や看板などを含めた倒壊する危険性が高いものが最も多く、水害エリアでは河川やガラス張りの建物の近辺を避難経路に設定している人の割合が多かった(表19)。また、訓練参加者の中で、避難経路を「複数を考えている」が38世帯(50%)、「1つは考えている」が28世帯(37%)であった(表20)。また表には掲載していないが、避難場所が災害時に使用できなくなった場合に、代替りの避難場所を考慮している世帯は42世帯(55%)と半数を超えていることがわかった。この結果から、訓練参加者の避難に対する意識は高いことがわかった。

表19 各災害種別エリアの地震時の避難経路上の危険箇所

避難経路上の危険箇所	地震・火災エリア	土砂災害エリア	風水害エリア
幅が狭い道	5	4	1
ブロック塀や看板	7	2	4
倒壊の危険性が高い建物	9	0	4
ガラス張りの建物	2	0	6
急斜面・崖	4	2	0
河川	3	0	9
特に危険はない	12	14	6

表20 参加世帯の避難経路の設定

避難経路の数	世帯数
複数を考えている	38
1つは考えている	28
考えていない	10

4) 土砂災害

表21 土砂災害発生に備えた避難方法

土砂災害発生に備えた避難方法	世帯数
土砂災害警戒区域外へ	10
自宅付近の頑丈な建物へ	4
自宅の2階にある斜面とは反対方向の部屋へ	8

表22 土砂災害警戒区域外への避難の難易度

自宅から土砂災害警戒区域外にすぐ避難できるか	世帯数
すぐに避難できる	10
すぐに避難するのは難しい	4
わからない	8

実際に土砂災害警戒区域外への避難を行う、または地図で避難経路を確認する訓練を行

なった結果、22世帯中12世帯(54%)と半数以上が土砂災害警戒区域外へすぐに避難することが「難しい」または「できるかわからない」と回答した。またアンケート結果から土砂災害の3つの避難方法のうち、表21中の土砂災害警戒区域外へ避難を選択する10世帯の中で6世帯が区域外へすぐに避難することが「難しい」または「できるかわからない」と回答した(表22)。最も安全な避難方法である警戒区域外への避難が確実にを行うために早期避難の呼びかけの必要性が高いと考えられる。

5) 水害

アンケート結果から、浸水の恐れがある地域では、土嚢や板など浸水対策用の設備を22世帯(85%)が準備しており、多くが浸水被害軽減を行うことができる状況にあるとわかった。訓練内で確認した自宅付近の3階建て以上の建物の複数ある参加者は5世帯全てが自宅への垂直避難を選択した。また、避難方法として、避難所への避難を選択した参加者は半数以上(54%)となり、早期避難の呼びかけの重要性は高いことが考えられる(表23)。

表23 自宅付近の3階建て以上の建物数と避難方法のクロス集計結果

避難方法	自宅付近の3階建て以上の建物数			
	複数	1つ	ない	合計
垂直避難	5	3	4	12
避難所への避難	0	7	7	14

(c) オンライン防災訓練の結果によって抽出された課題に対する今後の防災活動の提案（まとめと課題）

オンライン防災訓練によって抽出された課題とその改善案について検討を行なった。注力すべき今後の防災活動と災害発生時の対応の内容を以下の表 24 に整理を試みた。

表 24 各想定災害の評価点・問題点と新たな防災活動の内容

想定災害	評価点・問題点	防災活動の提案と災害発生時の対応
災害に備えた自宅の備蓄・対策	食料・水の備蓄を十分に行えている世帯が少ない。	各区で災害用備蓄品の備蓄量の確認・補充。 日頃からの住民への災害の準備の呼びかけの強化。
	家具や電化製品の転倒・落下防止や窓ガラスの飛散防止などの対策を行っている世帯が少ない。	脱出経路上や寝室などの地震時に危険が高い場所だけでも対策を行う。
火災 初期消火	使用期限間近または切れている消火器が土砂災害エリアと風水害エリアで多く見られた。	各区で、消火器の使用期限の確認や中身の詰め替え作業などの整備を行う。
	消火器が正しい場所と方法で保管されていない可能性がある。	各家庭の保管方法の確認と保管場所の整備。 初期消火にはより多くの消火器が必要なため、玄関など消火器の保管場所を区で統一し、収集しやすくする。
地震災害 避難	土砂災害エリアの参加者は地震発生時の危険箇所を避けて避難経路を設定できている。	近隣住民同士または各区で危険箇所の少ない避難経路の共有を行う。
	地震・火災エリアと風水害エリアの参加者の避難経路上に地震発生時の危険箇所が多い。	近隣住民同士または各区で地震発生時の危険箇所の共有を行う。
	地震発生直後の身の安全や脱出経路を確保する行動において、危険が伴う世帯が半数以上ある。	脱出経路を中心に家具の転倒防止対策などを行う。 地震発生から避難を開始するまでの正しい行動知識をさらに深めるための啓蒙活動。
土砂災害	訓練参加者の自宅付近に、頑丈で安全な建物が少ない。 土砂災害警戒区域の外にすぐに避難することが難しい、または、できるかわからない世帯が過半数を超えた。	各世帯で土砂災害警戒区域外への避難経路の設定。 防災無線などを活用し、早期の避難を呼びかける。
水害	訓練参加者のうち、半数以上が水害時の避難方法として、避難所への避難を選択した。	浸水が始まる前に避難行動を行えるように、各区で避難のタイミングなどの積極的な呼びかけを行う。
	訓練参加者のうち、土嚢や板などの浸水対策設備を準備している世帯数は多い。	簡易的な浸水対策設備の作り方や浸水対策設備の正しい設置方法やなどを共有する。

特に、オンライン防災訓練によって抽出された火災・初期消火における課題に関して、使用期限間近または使用期限が切れている消火器と、正しい保管方法で保管されていない消火器の設置場所も確認された。

「3.5.2 地域住民の消防力の現状」にも記載したが、火災発生時に備えて常に消火器が使える状態にあるように、日常的な点検が必要になってくるため、消火剤の詰め替え・容器の腐食の確認・設置環境の整備などを定期的かつ継続的に実施していく必要がある。また消火器を収集しやすくするため、消火器の保管場所を区ごとに統一していく必要がある。

3.5.7. 2方向避難の確保に向けた街区調査

伝建地区では近世以降の町割りが継承されているため、木造家屋が建て詰まる街区が多く見受けられる。このような現状から、街区内からの避難に際しては、建物前面の道路側のみを利用するほかなく、2方向避難が難しい場合も少なくないことが推察される。また伝建地区では、町割り同様、街路構成も古くからのものが残り、地震時火災には建物倒壊や延焼火災等により、唯一の避難経路が断たれるおそれもある。このため、裏庭や路地を活用した街区単位での避難環境を構築していくことが欠かせない。

そこで、まずは現状の2方向避難路の有無について把握をするため、裏庭調査と避難シミュレーションを実施した。ここでは、「玄関側以外の出入口から周辺道路へ直接避難できるか」、「一時的に避難できるような空地はあるか」、「避難の妨げになる障害物は何か」の3つの観点から評価を行うとともに、2方向避難路の確保が難しい特徴的な街区の分類分けを行った。その結果を図26ならびに表25に示す。図26によると、伝建地区内の半数以上の建物において、2方向避難路を確保できていないことが明らかとなった。また、2方向避難路の困難な街区は4つのタイプに分類され（表25）、壁や建物によって避難路が遮られているケースが多く見受けられた。

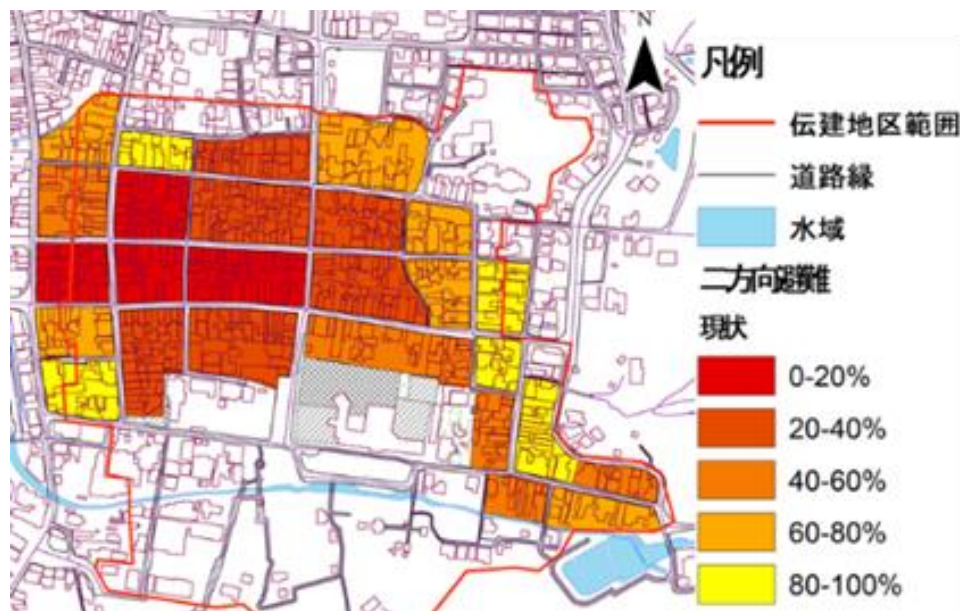
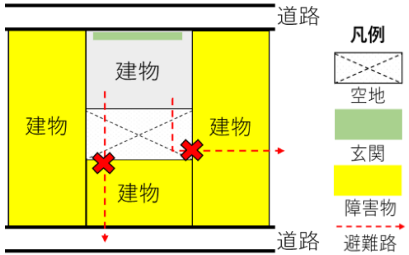
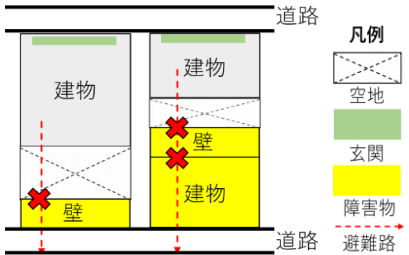
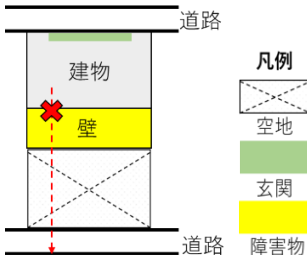
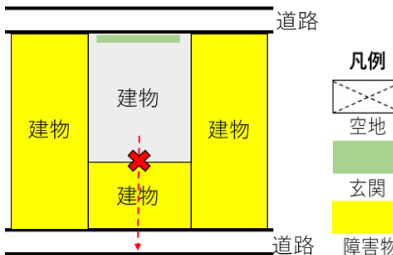


図26 現状における2方向避難可能割合

表25 2方向避難が難しいとされる街区の4類型

(1)空地へ避難できるが、建物に囲まれているため周辺道路への避難できない場合。  道路 凡例 空地 建物 玄関 障害物 避難路  (例) 建物に囲まれている裏庭	(2)空地へ避難できるが、壁によって周辺道路への避難路を遮られている場合。  道路 凡例 空地 建物 壁 玄関 障害物 避難路  (例) 隣家の裏庭との間に壁がある裏庭
(3)壁に遮られ、避難できない場合。  道路 凡例 空地 建物 壁 玄関 障害物  (例) 壁に避難路を遮られている建物	(4)建物に囲まれ、避難できない場合。  道路 凡例 空地 建物 玄関 障害物  (例) 建物に囲まれ、避難路がない建物

参考文献

- 1) 消防力の基礎研究会：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.
- 2) 「弘道地区（出石伝統的建造物群保存地区・周辺地区）における防災アンケート」.
- 3) 総務省HP：住宅用火災警報器の設置率等の調査結果 閲覧日2022年1月17日，
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01shoubou01_02000470.html.
- 4) 消防庁HP：閲覧日2022.1.17，<https://www.fdma.go.jp/relocation/html/life/juukei.html>.
- 5) 樋本圭佑・田中孝義：「都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発」日本建築学会環境系論文集第607号、pp.15-22、2006.9.
- 6) 舞鶴消防庁HP：閲覧日2021.11.17，<https://www.maizuru119.com/ansin3.html>.
- 7) 東京消防庁：自衛消防隊の組織編成基準及び予測活動限界時間を活用した自衛消防訓練実施基準等.
- 8) 新井健介・境有紀：地震被害推定をより正確に行うための構造種別や層数を考慮に入れた建物内人口データの構築，日本地震工学会論文集，第10巻，第5号，2010.
- 9) 平成27年国勢調査のデータ：閲覧日2021年6月30日，<https://www.e-stat.go.jp/>.

- 10) 千葉凌平・大窪健之・金渡源：感染症感染拡大状況下におけるオンライン防災訓練の有効性の評価～豊岡市出石重伝建地区を対象として～，歴史都市防災論文集，Vol.15，2021年7月。
- 11) 大橋弘明・留野僚也・豊田祐輔・酒井宏平・鐘ヶ江秀彦：都市縮小時代での伝統的建造物群保存地区の社会的脆弱性と今後のコミュニティ防災に関する考察-豊岡市出石伝統的建造物群保存地区を事例として-，歴史都市防災論文集，Vol.15，2021年7月。
- 12) 日本火災学会編：火災便覧第3版，共立出版，pp.511,1997.
- 13) 東京消防庁：第19期火災予防審議会地震対策部会答申書，第四章減災目標を達成するため木造住宅密集地域において緊急に実施すべき震災対策。
- 14) 日本火災学会編：火災便覧第3版，共立出版，pp.511,1997.
- 15) 村尾修・山崎文雄：震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，第555号，185-192，2002年5月。
- 16) 西野智研・樋本圭佑・田中孝義：住民による消火活動を考慮した飛び火現象の確率論的予測モデルの開発，日本火災学会，Vol.60，No.2 2010.
- 17) 金子美香：地震時における家具転倒率の簡易推定法の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，2003年9月
- 18) 地震ハザードステーション：閲覧日2021年7月1日，<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>.
- 19) 日本消防検定協会：消火器早わかり講座.3業務用消火器の能力単位，
閲覧日2021.6.17，<http://www.jfeii.or.jp/pdf/lecture/01.pdf>.
- 20) 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，pp145-154，1991.1.
- 21) 難波義郎・保野健治郎：火災危険度予測に基づく消防署所の配置計画に関する研究，日本火災学会，Vol.48，No2 pp63-71，1998.
- 22) 鳥山和人・糸井川栄一：震災時における住民によるバケツリレーのための効果的な人員配分に関する研究，地域安全学会論文集，No.9，2007.11.
- 23) 樋本圭佑・秋元康男・北後明彦・田中孝義：伝統的木造密集市街地の延焼火災リスク評価に関する基礎的研究．歴史都市防災論文集．2008年，Vol.2，pp.7-14．2008.
- 24) 国土交通省 国土地理院：基盤地図情報サイト，閲覧日2020年8月。
- 25) 大窪健之・砂田陸・金渡源：歴史的街区に備わる減災手法の防火性能評価－伝統的緑地による延焼抑止効果に着目して－，歴史都市防災論文集，Vol.14，179-186 2020-07.
- 26) 高井広行・矢野公一・松井武史・坊池道昭・上村雄二：神戸市における地震火災の発生と延焼動態に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第508号，pp137-144，1998.6.
- 27) 豊岡市教育委員会：豊岡市出石伝統的建造物群保存地区保存計画，2007年7月．P9.
- 28) 消防力の基礎研究会：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.
- 29) 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，225-231，2000年3月。
- 30) 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-伝統的木造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.12，2021.7.
- 31) 小牧市消防本部HP，最終閲覧日2021年11月23日。
- 32) 出石消防団・豊岡出石分署：2021年5月16日（日）における消防放水訓練の報告書。
- 33) 四国東南海・南海地震対策連絡調整会議：災害図上訓練を用いた地域防災力づくり～東南海・南海地震対応DIG手引書～，pp1-2,平成20年3月。
- 34) 内閣府(防災担当)：地区防災計画ガイドライン～地域防災力の向上と地域コミュニティの活性化に向けて～，pp42,平成26年3月。
- 35) 豊岡市公式ウェブサイト：出石地域・指定緊急避難場所一覧 閲覧日2022年1月17日，
<https://www.city.toyooka.lg.jp/bosai/bosai/hinanjo/1000606.html>.
- 36) 千葉陵平・大窪健之・金渡源：感染症拡大状況下におけるオンライン防災訓練の有効性に関する評価 ～豊岡市出石重伝建地区を対象として～，歴史都市防災論文集Vol.15，2021年7月。

3.6 洪水対策上の課題調査

3.6.1. 伝建地区周辺の洪水に関わる現地調査

弘道地区の防災マップを図1に示す。この図には出石川と谷山川、また伝建地区及びその周辺地区（以下「伝建・周辺地区」という）に直接流出する小溪流を起源とする洪水・土石流被害に関する想定が示されている。基本的にはこの図に示されるハザードに対して適切な対策を講じる必要がある。一方で、この図には示されていない洪水・土石流の危険が伝建・周辺地区に存在しないかを確認するために現地を調査した。

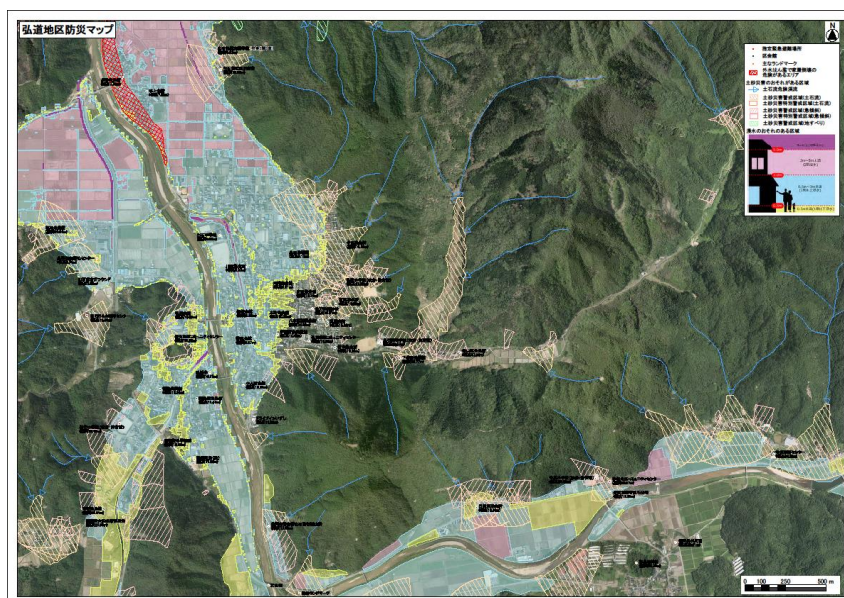


図1 防災マップ

出石川の右支川である谷山川は出石城の堀としてかつては利用され、出石市街地内を流れ下って出石川本川に合流している。調査の結果、出石市街地の手前で谷山川放水路トンネルが建設され、谷山川の洪水時の想定流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ はすべてこのトンネルを通じて出石川本川に直接排出されるため、谷山川を原因とする洪水発生危険度は極めて小さくなっていることが分かった。また、谷山川と出石川の合流点には樋門が建設されており、出石川本川の水位上昇時にはこの樋門が閉じられることによりバックウォーターによる氾濫を抑止していること、合流点より上流側の谷山川はこの規模の河川としてはかなり充実した対策がなされていることが分かった。

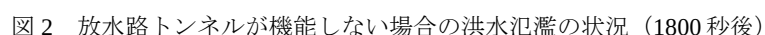
谷山川沿いの周辺住民に聞き取り調査を行ったところ、放水路の建設以降、洪水の危険を感じるような状況は発生していなかったこと、そのため、大雨の際にも避難を考えている人は多くないことがわかった。一方で、出石川との合流点付近の出石中学校のあたりでは強雨時に一部内水氾濫が生じることがあり、排水設備に関する要望が強いことも分かった。

3.6.2 現地調査により明らかになった課題

現地調査の結果、伝建地区内の住民が出石川本川や谷山川から大規模な洪水氾濫に対して、あまり危機感をもっていないこと、中学校周辺の内水氾濫対応が目下の課題となっていることが明確になった。

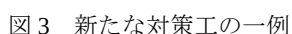
このような住民の水害に関する意識は、出石川本川と谷山川に対して行われてきた手厚い河川改修事業や砂防事業の賜物であるといえるが、一方で想定を上回る洪水に対する警戒心が薄れているともいえる。近年、気候変動により想定を上回る豪雨が頻発するようになっていて、警戒心が薄れ、適切な避難行動を取れなければ、大きな被害が生じることが懸念される。伝建・周辺地区においてどのようなタイプの洪水が考えられるのか、異なるタイプの洪水に対してどのように対応すればよいのかを明らかにしておく必要がある。図1

また、谷山川放水路トンネルの上流側に設けられている流木止めが、豪雨時に発生する流木によって閉塞する、といった事態も懸念される。兵庫県が提供している1 mメッシュの地形データを用いて、放水路トンネルが機能しない場合の洪水氾濫について試算してみたところ、図2に示すように大規模な洪水氾濫が生じることが明らかになった。



前述のように伝建・周辺地区の洪水対策は同規模の他地域に比べて高いレベルにあるといえる。すなわち、ハード面の洪水対策はしっかり行われており、顕著な脆弱性は認められない。一方で、避難予警報システムや土地利用の適正化といったソフト対策に関しては他地域に比べて充実しているとはいえない。住民の水害危険度に関する認識はさほど高くない。そのため、ひとたび想定を超える大規模な洪水氾濫に見舞われれば、伝建地区の建物にも大きく影響するだけでなく、住民の安全が脅かされることになる。

図3に示すような新たな砂防堰堤の建設も被害軽減に効果が期待されるため、想定を超える洪水への備えとして、ハード対策についても検討しておくべきである。



3.7 地盤災害対策上の課題調査

地盤災害対策の観点では、「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）に着目し、対策指針や支援措置など、防災計画策定に資する知見を整理する。令和2（2020）年度には文献調査および現地調査を通して、その基礎となる危険箇所の把握と危険度評価を行った。

3.7.1 伝建地区の南・東側斜面の急傾斜地崩壊リスク評価

国が定める土砂災害防止法に基づいて、土砂災害のおそれがある区域（土砂災害警戒区域：通称、イエローゾーン(Y)）、あるいは、建築物に損壊が生じ、住民等の生命または身体に著しい危害が生じるおそれのある区域（土砂災害特別警戒区域：通称、レッドゾーン(R)）の指定が各都道府県で進められている。伝建地区は南側と東側に山地を抱えており、同地区への影響が懸念される危険箇所が複数指定されている。一般には、地すべり、急傾斜地崩壊、土石流の3事象について指定されるが、伝建地区周辺には、地すべりの指定はない。

急傾斜地崩壊に関する土砂災害警戒区域は、傾斜度が 30° 以上かつ高さが5m以上である場所が指定され、また、斜面の上端から水平距離10m以内、斜面、下端から高さの2倍に相当する距離（最大で50m）を指定の範囲とするという基準が設けられている。土砂災害警戒区域は、地域のどこに土砂災害の脅威があるのかという「ハザード（危険の要因）」を伝えてくれるが、どれくらい危険であるのか、いつどのような条件で崩壊するのか、崩壊によってどのような影響を被るのかといった「リスク」までを表現するものではない。ボーリングをはじめとする地盤調査や土質試験、それに基づく安定解析等によって災害リスクの特定・分析の合理化を図ることは可能であるが、本プロジェクトにおいて全ての危険箇所にこれらを実施することは困難である。そこで、本調査では、既に県が指定している区域のうち、伝建地区に影響度が大きいと考えられる13箇所の急傾斜地（図1）を対象に、道路防災点検時に利用される安定度調査表¹⁾（一般社団法人全国地質調査業協会連合会）に基づいて各斜面の危険度を点数化した（表1）。

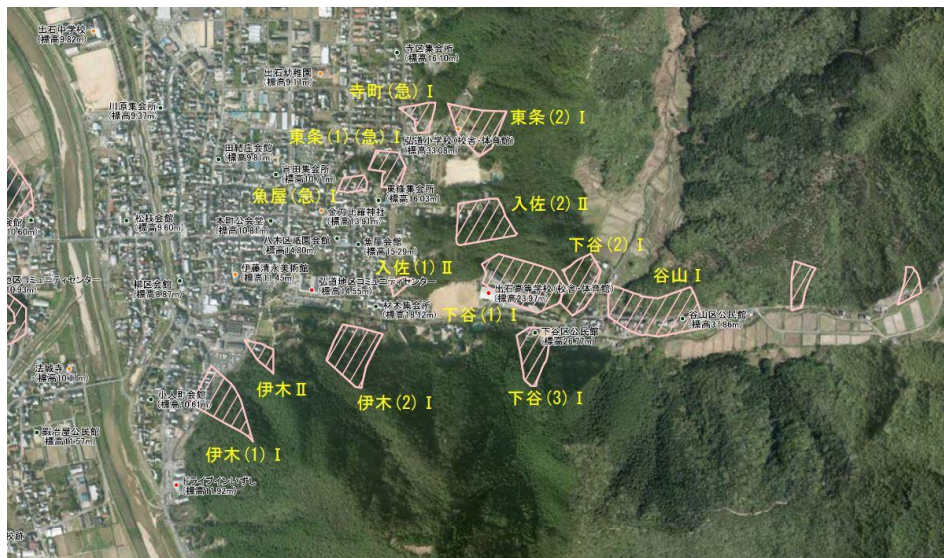


図1 伝建地区周辺の土砂災害警戒区域等（急傾斜地崩壊）

落石・崩壊を対象とした安定度調査表では、点検箇所の地形、土質・岩石・構造、表層の状況、形状、対策工、被災履歴などについて判定が行われ、当該箇所の危険度が点数で表現される（100点満点）。表1に示すように、本調査では、点検した13箇所のうち、伊木(2)I、入佐(1)II、下谷(1)I、東条(1)(急)Iの4箇所が70点以上（危険度が高い）と判定された。伊木(2)Iについては75点と危険度は高いものの、民地までに距離があり崩土が達する可能性は低いと考えられる。入佐(1)IIと下谷(1)Iについては、民家や道路までに距離があるものの、露頭している岩盤には亀裂が発達しており、豪雨等による崩壊の危険性が否定できないため対策が必要と判断した。東条(1)(急)Iは、北向き斜面の一部と東向き斜面には擁壁やストーンガード等が設置されて

表1 急傾斜地の評価結果

No	コード	名称	Y/R	評点	総合評価
1	110050041	伊木(1)I	Y+R	62	防災カルテを作成し対応する
2	110050040	伊木II	Y+R	55	防災カルテを作成し対応する
3	110050039	伊木(2)I	Y+R	75	防災カルテを作成し対応する
4	110050032	入佐(1)II	Y+R	70	対策が必要と判断される
5	110050033	下谷(1)I	Y+R	74	対策が必要と判断される
6	110050031	入佐(2)II	Y+R	24	防災カルテを作成し対応する
7	110050030	魚屋(急)I	Y	0	特に新たな対応を必要としない
8	110050029	東条(1)(急)I	Y	73	対策が必要と判断される
9	110050028	東条(2)I	Y+R	66	特に新たな対応を必要としない
10	110050027	寺町(急)I	Y	52	防災カルテを作成し対応する
11	110050038	下谷(3)I	Y+R	54	防災カルテを作成し対応する
12	110050034	下谷(2)I	Y	40	防災カルテを作成し対応する
13	110050035	谷山I	Y+R	56	防災カルテを作成し対応する

Y：イエローゾーン（土砂災害警戒区域）、R：レッドゾーン（土砂災害特別警戒区域）

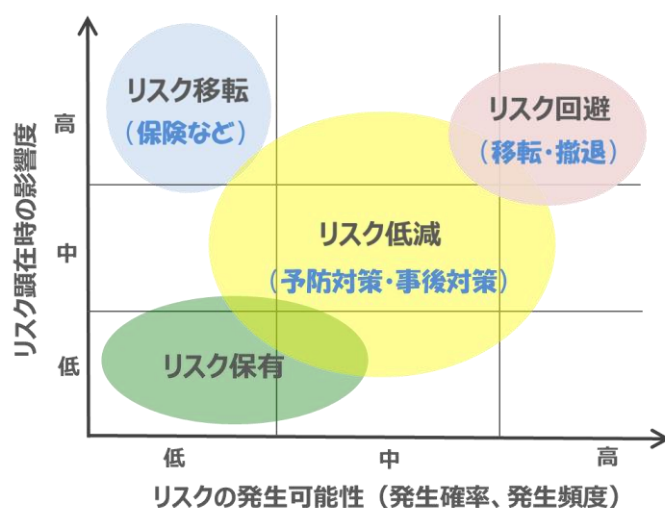
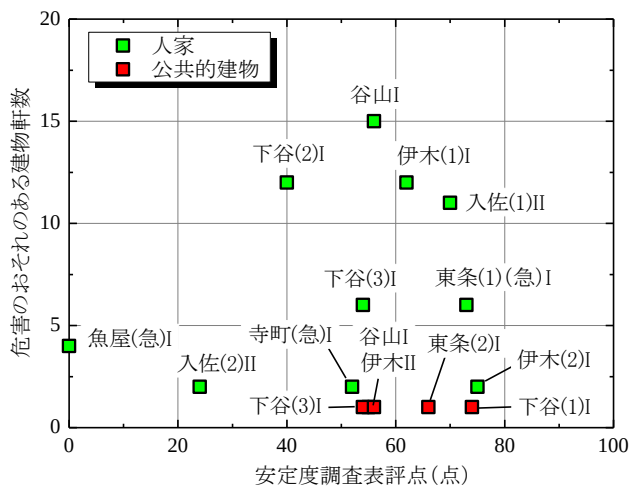


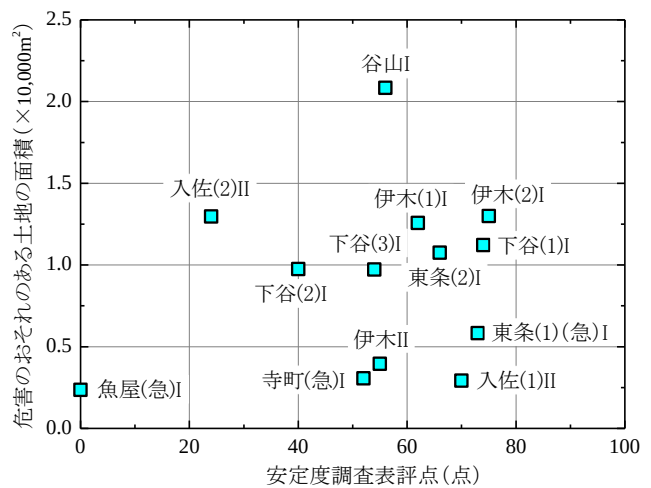
図2 リスクマトリクス（リスクマップ）

いるが、未対策箇所には風化帯の鉛直崖面やオーバーハング、崩壊跡が見られる。未対策箇所の崖面前方は墓地であるため崩壊しても影響は小さいと考えられるものの、崩壊規模によっては民地にも影響する可能性があるため対策が必要と判断した。魚屋(急)Iについては、土砂災害警戒区域に指定されているものの、崩壊が発生しても十分に防護しうる対策工が施されており、災害の危険性はないと判断した。その他の箇所については、防災カルテを作成して定期的な点検を実施することが望まれる。

斜面（地盤）は人工物と違って不確実性や不均質性が高く、ひとつのハザード（危険箇所）に対しても、多様な災害リスクが想定される（地盤リスクと呼ばれている）。そもそもリスクとは、損失が起こる可能性の大きさやその結果がもたらす影響の大きさなどを示すもので、その事象が現実には発生するかどうかは確実でない場合に定義される概念である。企業経営などで実施されるリスクマネジメントの考え方に基づくと、損失を生じうるリスクの特定、分析、評価といったプロセスを経て、対応策が決定、実行される。また、リスク対応策としては、リスクの発生可能性とリスク顕在時の影響度の組み合わせを考慮して、リスクの「回避」、「低減」、「移転」、「保有」といった選択肢が考えられる（図2）。図3は、安定度調査表によって判定された評点を横軸にとり、縦軸に崩壊時に(a)危害のおそれのある建物軒数と(b)危害のおそれのある土地の面積をとったものである。評点（横軸）を崩壊の発生可能性、縦軸を崩壊による影響度として捉えたと、



(a) 危害の恐れのある建物軒数



(b) 危害の恐れのある土地の面積

図3 安定度調査表の評点に基づくリスク評価の試算例

リスク分析のためのリスクマトリクス（リスクマップ）と見なすことができ、対策工実施の有無や優先順位の判断など、対応策の検討資料となる。

3.7.2. 出石城石垣の地震時安定性評価

出石城は、慶長9（1604）年に出石藩主であった小出吉英（こいで よしふさ）により、有子山のふもとに築かれた。出石城の石垣は、平成27（2015）年～30（2018）年に山里曲輪の解体修理工事、間詰石補充、転石防止ネット及び立入禁止柵の設置等が行われているが、築石のはらみ出しが観察できる箇所も認められ、特に地震に対する耐震性への脆弱性が強く懸念される。

出石城石垣は、図3に示すように、4段の曲輪（くるわ）を囲むように複数面で構成される。場所や築造時期、修復歴によって構造に差異は見られるが、隅角部以外は、自然石を積み上げた「野面積」が主体である。断面形状は、どの石垣も直線に近いが（勾配は60～80°）、場所によって高さが大きく異なる（ $H = 2.5 \sim 10.6$ m）。本調査では、石垣面の向きや構造の違いに応じて14面に区分化し、それぞれにA～Nの記号を付す。

本調査では、令和2（2020）年に モバイルレーザースキャナおよびレーザー搭載ドローン等による3次元計測を行い、周辺を含む地形の3次元モデリングを行った（図5）。このデータを活用して、1) 築石の石組み構造の安定性（はらみ出し評価）と、2) 高さや勾配、裏込め土、地震慣性力などの条件などを考慮した全体構造としての安定性を評価した。

築石の安定性については、西田らが提案した石垣はらみ出し指数³⁾を用いて評価した。はらみ出し指

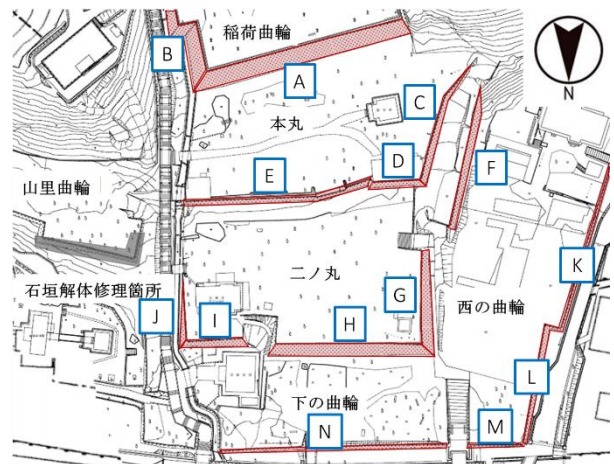


図4 出石城石垣平面図 2)一部加筆

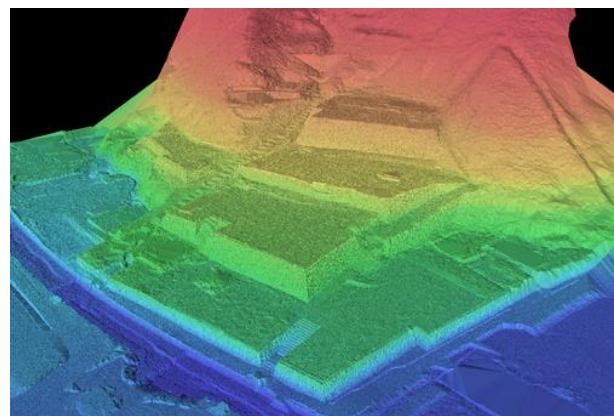
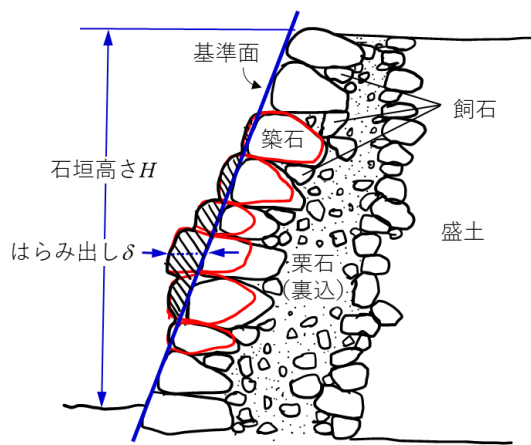
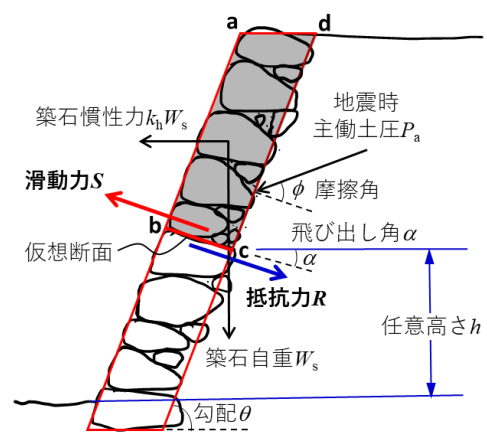


図5 出石城石垣の3次元データ



(a) 築石の安定性（はらみ出しの評価）



(b) 石垣構造の地震時安定性

図6 石垣の安定性評価

数は、石垣断面形状中の「最大のはらみだし量 $\delta_{\max}$ (cm)」を「はらみ出しが生じている区域の高さ H (m)」で除した値（ここでは Q とする）として定義されており（図6(a)）、この値が6程度以上にある石垣は、豪雨や地震による崩壊の危険性が高いと言われている。出石城石垣は、その外観から反りを持たない直線的な石垣として普請されたことが推察されることから、本解析では天端と下端とを結んだ平面（直線）を基準面とした。それぞれの石垣面について5mピッチで断面を抽出して解析を行い、最大値を算出した断面の Q 値を図7に示す。この図から、石垣A面（稲荷曲輪北面）、B面（稲荷曲輪東面）、N面（下の曲輪）に大きなはらみ出しの発生している箇所があることが分かる。

地震時安定性については、図6(b)に示すように、天端から任意高さ h までの築石をひとつのブロック体と仮定し、自重、水平震度係数 k_h を考慮した地震慣性力、裏込め土の地震時主働土圧がブロック体に作用したときの底面（任意高さ h における仮想断面bc）に発生する滑動力 S と抵抗力 R を算出する。高さ h を変化させて計算を行うことにより、石垣高さ毎の滑動力 S と抵抗力 R の分布図が得られるようになる（図8）。ここでは、石垣の滑動に対する危険度を定量的に評価するための指標として、構造不安定指数 U を定義した。ここに U は、図8における石垣高さに対する滑動力 S の積分値を抵抗力 R の積分値で除したものであり、 U が大きくなるほど危険度が増大する。 $U > 1$ のときには石垣高さの範囲内に滑動点が存在することになり、理論上、飛び出しが発生することを意味する。図9は、各石垣面においてはらみ出し指数 Q の最も大きかった断面の構造不安定指数 U を示したものである。各石垣において k_h が大きくなると U も増加しているが、 $k_h = 0.20$ を想定しても U が1を超えるような石垣は、石垣A面（稲荷曲輪北面）を除いて

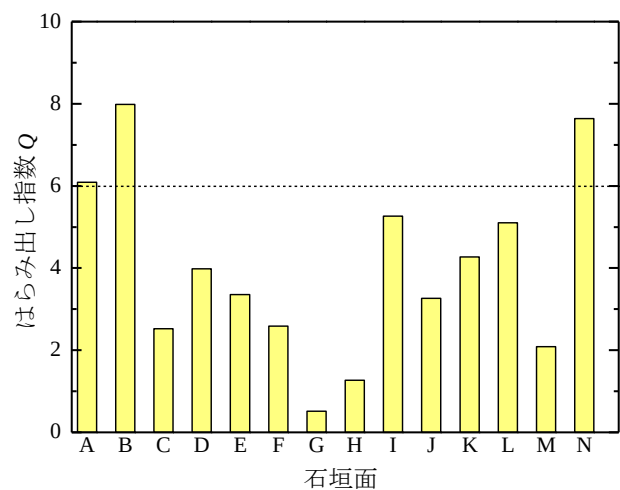


図7 築石の安定性（はらみ出し指数）

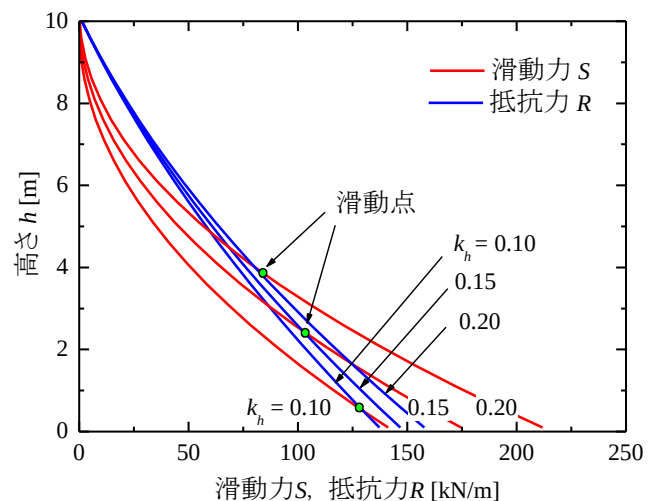


図8 滑動力、抵抗力の分布図（Aの代表断面）

図9は、各石垣面においてはらみ出し指数 Q の最も大きかった断面の構造不安定指数 U を示したものである。各石垣において k_h が大きくなると U も増加しているが、 $k_h = 0.20$ を想定しても U が1を超えるような石垣は、石垣A面（稲荷曲輪北面）を除いて

見られなかった。石垣A面ははらみ出しも進行しており、対策の優先順位の高い石垣面と言える。

ここに提案した安定性評価指標は、経験値や多くの仮定に基づいて計算される理論値であり、必ずしも実際の崩壊現象を表現することを保証するものではないが、複数の石垣の危険性を相対的に評価するための検討資料となる。

参考文献

- 1) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会：
<https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/lec-road/index.html>
- 2) 豊岡市教育委員会：平成 28 年度 豊岡市埋蔵文化財調査概要報告書，2018.
- 3) 西田一彦・玉野富雄・西形達明・森本浩行：城郭石垣断面形状の設計および構築に関する考察，土木史研究，21巻，pp. 317-324, 2001.

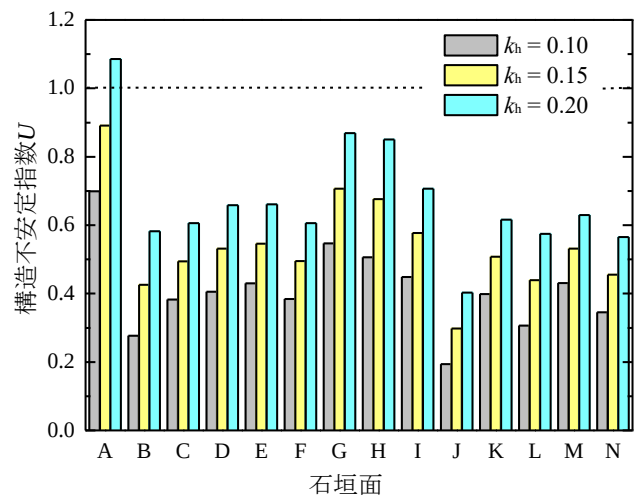


図7 代表断面の構造不安定指数

3.8 避難対策上の課題調査

3.8.1. はじめに

観光産業において住民や観光客の防災は、観光資源の開発・整備・保護とともに重要である。特に予期しない災害発生時において地理的に不安を抱える観光客に対する対策は重要である。観光客の多くは当然ながら遠方から自家用車や公共機関を利用して訪れ、徒歩で伝建地区内を散策し、宿泊する場合は周辺の宿泊施設に宿泊する。この過程において観光客は観光に関する情報は一定以上に有している一方、災害発生時の情報に関しては極めて希薄である。そのため災害発生時に観光客は情報的な避難弱者となる。観光業を営むか否かに関わらず観光地で生活する人々は、このような観光客を自身の安全を確保しつつ避難と避難誘導を同時に行わなければならない。このような避難誘導は負担が大きいことから当然ながら分担して行うことが必須である。またこの分担は事前に観光地のコミュニティにおいて想定と練習を行っておくことが肝要であり、多々発生する想定外の事態に対応する柔軟かつ強固なコミュニティであることが強く望まれる。

このような課題に対して、災害発生時のコミュニティと日常コミュニティの枠組みを重複させることが望ましい。しかし、このようなコミュニティの形成は避難対策を行う立場にとって困難な課題でもある。例えば、最も自然発生的で強いコミュニティは家族である。高齢化・核家族化の進行や人間関係の分散と複雑化が進む現代では基盤として不十分である側面を否定できない。上述の例に限らず、コミュニティの形成は外部からの介入だけでは難しく、同時に当事者自身による計画的な形成も難しい。そこでコミュニティ形成の方法にワークショップが頻繁に用いられる。ワークショップは有効である一方、お互いの立場や利害・人間関係と切り離すことができないため、話し合いの契機として客観的な資料があることが望ましく、先行事例もある。

森脇ら¹⁾は、ワークショップから作成した逃げ地図を活用し、避難ルートに避難体験や歴史文化の伝承を目的としたアートを体験しながら、参加者に災害を認識し防災の関心を高めることを目的にした「防災アートプログラム」を実施している。加えて山田ら²⁾も、津波被害に遭った青森県おいらせ町を対象に、ルートや避難拠点などワークショップから得られた情報を GIS の解析に反映させ、地図上に可視化し、住民にフィードバックを繰り返しながら、避難計画の策定支援を行っている。

上記の既往研究のような取り組みの実施は出石伝建地区及び周辺地区（以下、「伝建・周辺地区」という。）においても重要である。枠組みの基盤には多様な選択肢があるが、伝建・周辺地区において重要な観光拠点かつ、将来にわたっても拠点として持続可能であると考えられる皿そば店に着目する。皿そば店は来訪する観光客の主目的である。皿そば店を対象とした観光マップ以外の多くの観光情報媒体にも掲載されており、店構えや看板の視覚的な特徴からも観光の際の目印になっている。そのため土地に不慣れな観光客にとって自身の現在地と目標地点といった客観的な位置の把握の基点となり得る。出石という観光地で居住する住民自身にとっても、地域産業を支える重要な観光拠点として明確に認知されている。この点をふまえると、皿そば店は日常と重複する避難時のコミュニティとしての可能性も有している。しかしコミュニティの枠組みは自然発生的な形成が望まれる一方で、形成が難しい側面も否定できない。そこで本解析ではコミュニティ形成の契機として地理的な枠組みを視覚化することを目的とする。

3.8.2. 地理的枠組みの視覚化の方法

本解析が視覚化する地理的な枠組みは近傍領域である。迅速かつ遅延や混乱の少ない避難には避難初期の誘導が重要である。そのため伝建・周辺地区の任意地点においていずれの皿そば店が最も近いかを示す近傍領域を視覚化する。近傍領域の視覚化の手法には「ネットワークボロノイ分割」を採用する。この手法を用いることで道路ネットワーク距離において各皿そば店から最短経路距離となる範囲を視覚化することができる。また各領域内を空間的に解析することで、各皿そば店がサポートする範囲の広さ・建物数・人口数も定量的に把握することができる。当然ながらこの近傍領域がコミュニティの枠組みとして絶対的な意味を持つ訳ではないが、現状を定量的に知るという意味で、皿そば店を基点とした避難コミュニティというアイデアを検討する叩き台としての契機になり得ると考えられる。図1が解析に用いた基礎的な地図である。地区の

地形を示すベースマップに建物ポリゴン（水色の塗り）と道路ネットワーク（赤色の線）と皿そば店（赤色のピン）を重ねている。

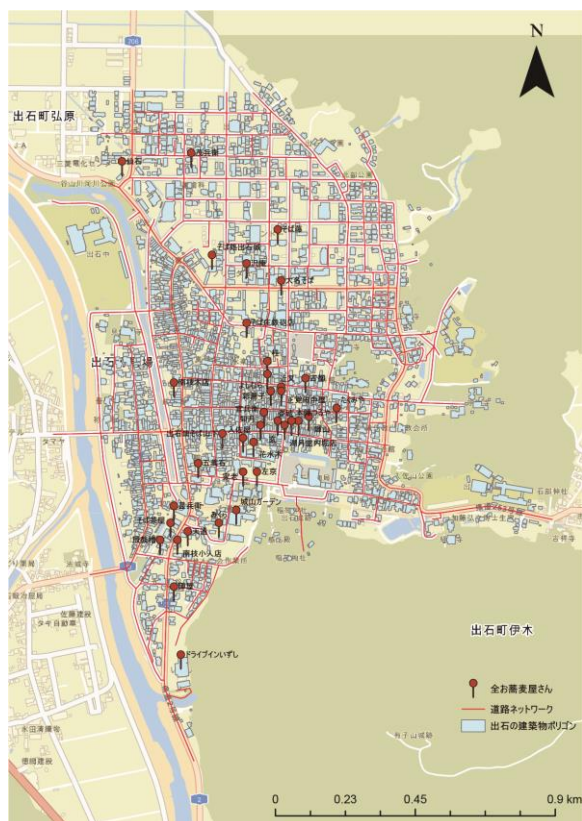


図1 解析に用いた地図

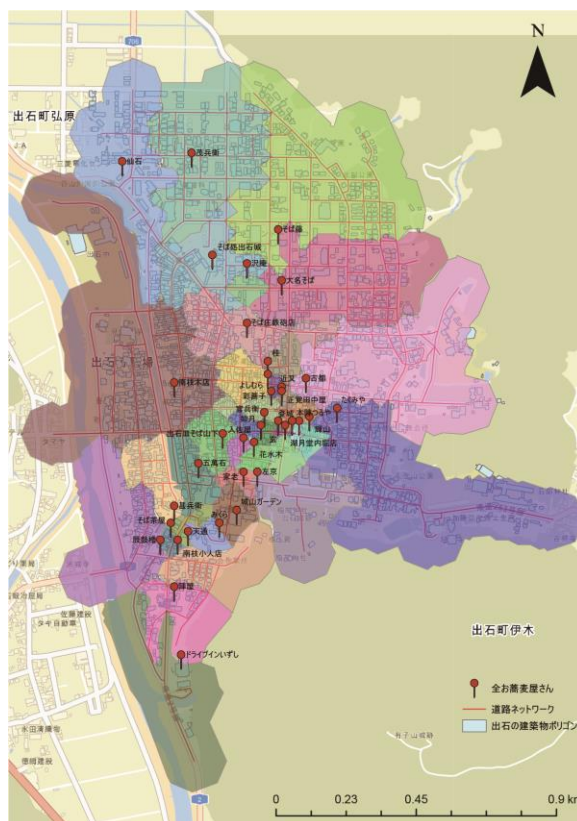


図2 近傍領域

3.8.3. 地理的枠組みの視覚化の結果

道路ネットワーク距離において各対象から最短経路距離となる範囲（近傍領域）を示した結果が図2である（ネットワークボロノイ分割の結果）。表1は対象ごとの近傍領域の面積・領域に含まれる建物数・人口を示している。その結果を地図に視覚化した結果が図3及び図4である。建物数は領域内に含まれる建物ポリゴンの重心の数として算出した。人口は領域内に含まれる各地区の面積に地区ごとの人口密度を乗じて算出した。領域面積や領域内人口に偏りがあり、9店舗が両者の上位になる傾向がある。それらの中には、周辺部に立地しており領域内には空き地や駐車スペースが見受けられ、一次的な避難場所としての誘導先の可能性がある対象がある。また道が入り組んでいる場所に立地し認識されにくい可能性がある対象もある。一方で、大手前通りと八木通りの交差点のメインスポット付近にあり、避難誘導拠点としては有効である可能性がある対象群の値が低い、これは人口を観光客としておらず重みも考慮していないためである。また、値が中程度の対象群の中には地域の端部に位置するため領域外からも避難が想定可能な対象がある。

表1 近傍領域ごとの算出結果

ID	店舗名	面積 (㎡)	建物数	人口	ID	店舗名	面積 (㎡)	建物数	人口	ID	店舗名	面積 (㎡)	建物数	人口
1	そば処出石城	63900	130	107	14	左京	78325	47	14	27	天通	8612.5	12	8
2	入佐屋	5513	19	11	15	正覚田中屋	8650	37	35	28	登城	2175	8	9
3	桂	21750	85	59	16	城山ガーデン	19212.5	35	6	29	ドライブインいずし	123662.5	19	80
4	家老	8113	14	5	17	辰鼓櫓	116587.5	86	73	30	南枝本店	300587.5	320	339
5	官兵衛	4363	23	17	18	甚兵衛	33412.5	83	29	31	南枝小人店	52725	31	20
6	如月	5538	22	22	19	陣屋	50925	43	34	32	花水木	6862.5	9	2
7	輝山	7413	34	28	20	仙石	131487.5	120	214	33	本陣つるや	350	0	1
8	近又	15963	33	43	21	そば庄鉄砲店	58600	127	123	34	みくら	10150	13	8
9	玄	1188	4	5	22	そば茶屋	4887.5	10	4	35	茂兵衛	144312.5	161	252
10	湖月堂内堀店	13050	12	13	23	そば藤	240962.5	217	468	36	出石皿そば山下	21312.5	74	62
11	古都	210025	204	288	24	大名そば	145412.5	176	336	37	よしむら	3087.5	13	8
12	五萬石	26550	42	51	25	沢庵	8625	7	19					
13	彩蕎子	11788	58	45	26	たくみや	238762.5	239	133					

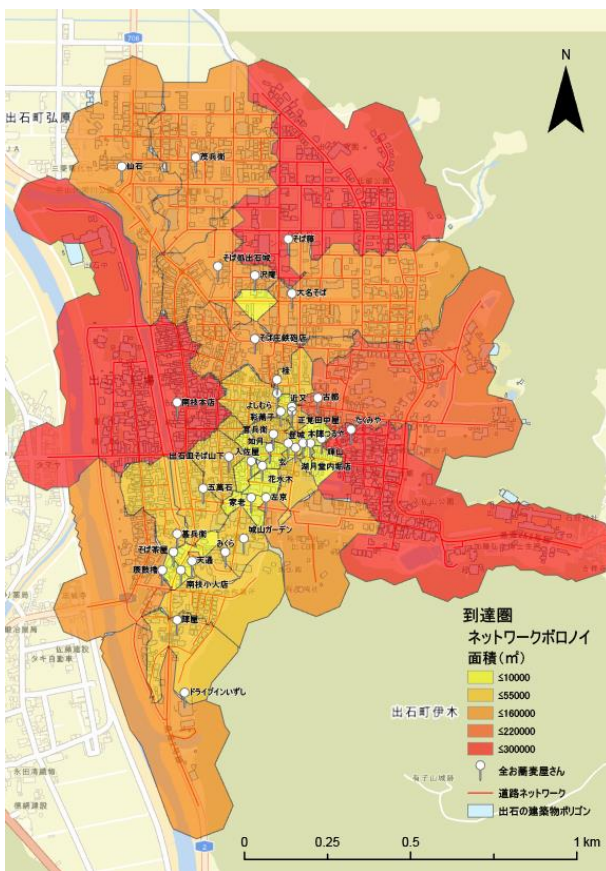


図3 解析結果の視覚化 (面積)

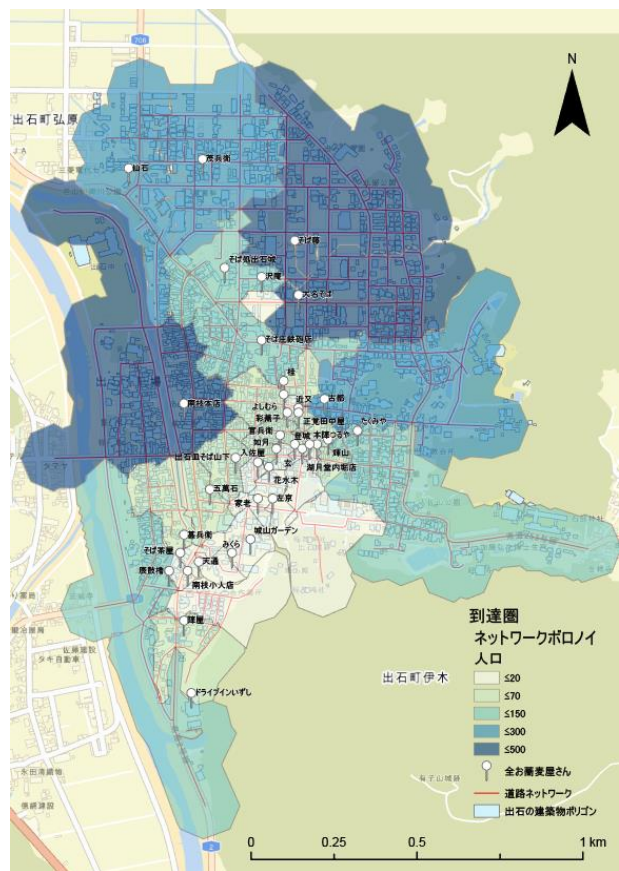


図4 解析結果の視覚化 (人口)

3.8.4. 地理的枠組みの視覚化に関する課題

対象群の避難誘導実施の実現性の検討・ワークショップ実施に向けた方法論が重要な課題である。また、客観的な資料としての有用性を向上させるための解析上の課題には、近傍領域内の定量化の対象の検討、前提条件に加味することが望ましい対象の検討が挙げられる。人口を定量化対象とする場合の課題の例には、昼夜といった時間帯別の滞留人口を解析するためのデータ更新や実地調査、加えて量的には表現されづらい避難弱者といった質的な観点も挙げられる。また近傍領域内の定量化対象には人口に限らず避難・防災に関わる要素など多々あり得る。一例には延焼シミュレーション結果で危険度が高い建物の数などが挙げられる。また日常的に状態を管理することが望ましい避難・防災に関わる物品（消火栓や用水路）の有無や数なども

重要である。前提条件の例には、地形に応じた高低差・道路幅といった道路ネットワークの状態、歩行や自転車や車などの移動手段の想定が挙げられる。これらは必要性や想定に応じて結果を精緻にするという意味では検討する必要がある。また、当然ながら避難誘導の拠点は皿そば店以外にもあり得る。加えて、避難施設という意味に拡張する場合には、対象拠点の耐震性などの各種災害に対する危険性、建物面積から収容可能な避難者の人数、食料や毛布などの備蓄の可能性も挙げられる。

このような課題と可能性がある一方、解析に全てを含むことは困難であり、被災時には想定外が発生することも現実である。また、解析は精緻になればなるほど、実施者以外には方法と前提条件の理解が困難になる。当事者自身が客観的な指標を契機とし結果の実質的な解釈や計画作成を通してコミュニティ醸成を行うには、方法と前提条件の一定以上の理解が不可欠である。このバランスを保った解析の精緻化と、地域の実情を加味したワークショップ実施の有効性の検討及び方法論が今後の重要な課題である。

3.8.5. 地理的枠組みの視覚化に基づく伝建・周辺地区の課題

上記のような解析に基づく考察として、以下の点が伝建・周辺地区の避難対策上の課題として挙げられる。

(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

上記のような避難誘導體制を構築し、市民と観光客の両者が適切に避難できるようにするためには、災害種別に応じて、いつどこに避難すべきか、市民、観光業関係者の両者が把握しておく必要がある。

(2) 避難時の障害となる路上駐車の自主改善をはかる

伝建地区内では路上駐車が多く、令和元（2019）年度に大窪・金らが実施したワークショップ（資料編に掲載）においても、路上駐車が多さが指摘されている。避難経路上における路上駐車は避難時の障害となる可能性が大きく、適切な路上駐車改善やそのための路外駐車場の整備などが必要と考えられる。

(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

上記のような避難誘導體制を構築するためには、本稿のような客観的な視点での解析結果と、伝建・周辺地区内における現実的な人的、物的制約条件の両者を考慮して、皿そば店のみならずさまざまな観光業関係者による分担体制を構築し、定期的な見直しや、日常的な避難訓練などを行うことが必要と考えられる。

(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

避難誘導體制の構築には人的、物的な制約条件があり、すべてに対応できるわけではない。このため、これを補完するための案内板などを伝建・周辺地区内に設置し、観光客が自ら避難場所や避難経路を把握できるようにすることが必要である。

謝辞

本調査で用いた地図データの一部は 2020 年度 CSIS 共同研究（No.859）として空間情報科学センターより借用したものである。記して深謝を表する。

参考文献

- 1) 森脇環帆，重根美香，山本俊哉：津波からの逃げ地図を活用した防災アートプログラムの開発とその評価，日本建築学会技術報告集，第 25 巻，第 59 号，pp.361-365，2019，2 月
- 2) 山田悟史，吉川優矢，大山智基，石井政雄：GIS を用いた津波災害に対する避難計画の作成支援手法 ―避難地図の作成と一次避難場所・避難施設及び避難経路の配置計画―，東日本大震災 2 周年シンポジウム，pp.265-270，2013，7 月
- 3) 北本英里子，山田悟史，及川清昭：帰宅困難者数と未収容者の推計と避難施設の適正配置に関する研究 ―京阪神都市圏外を含めた京都市への来訪者を対象として―，歴史都市防災論文集，Vol.11，pp.143-150，2017，7 月