

令和6年能登半島地震に伴い
石川県輪島市で発生した大規模市街地火災に係る
消防庁長官の火災原因調査報告書

令和6年（2024年）5月28日

総務省消防庁

はじめに

令和6年（2024年）1月1日16時10分頃、石川県能登地方（北緯37度29.7分、東経137度16.2分、深さ16km）を震源とするマグニチュード7.6の地震が発生し、石川県輪島市門前町走出及び志賀町香能で震度7の揺れが観測されたほか、輪島市河井町及び輪島市鳳至（ふげし）町などでも震度6強の揺れが観測された。この地震の後、輪島市河井町及び輪島市鳳至町の震度観測点からほど近い輪島市河井町地内の建物から火災が発生し、延焼拡大の結果、約49,000m²に及ぶ広範囲な市街地において約240棟の建物が焼失するという大規模な火災となった。この火災について、消防法第35条の3の2の規定に基づき、消防庁長官の火災原因の調査を実施した。本報告書はその結果をまとめたものである。

目次

第1章 調査及び火災の概要	1
1 調査の概要	1
2 火災の概要	1
第2章 地震動の状況	6
第3章 気象状況	10
第4章 市街地の特徴と過去の火災	16
第5章 出火原因	22
第6章 延焼拡大	28
1 延焼動態	28
2 焼け止まり	36
3 LPガス及び灯油の影響	45
4 市街地火災延焼シミュレーション	52
第7章 まとめ	64

第1章 調査及び火災の概要

1 調査の概要

(1)第1回

令和6年1月10日（水）

出向者 消防研究センター 3名

(2)第2回

令和6年1月17日（水）

出向者 消防研究センター 5名

消防庁予防課 2名

消防庁消防救急課 2名

(3)第3回

令和6年2月5日（月）から8日（木）まで

出向者 消防研究センター 6名

(4)第4回

令和6年2月28日（水）から29日（木）まで

出向者 消防研究センター 2名

(5)第5回

令和6年3月21日（木）

出向者 消防研究センター 12名

2 火災の概要

令和6年1月1日16時10分頃、石川県能登地方でマグニチュード7.6の地震（令和6年（2024年）能登半島地震）が発生し、石川県輪島市河井町及び輪島市鳳至町では震度6強の揺れが観測された。本火災は、この地震の後に石川県輪島市河井町地内の建物から出火し、同地内の約49,000m²に及ぶ広範囲な市街地において約240棟が焼失した建物火災（以下、「輪島火災」という）である。

(1)出火日時等

a 出火時刻：令和6年1月1日 時分不明

b 覚知時刻：令和6年1月1日17時23分

c 鎮圧時刻：令和6年1月2日7時30分

d 鎮火時刻：令和6年1月6日17時10分

e 出火場所：石川県輪島市河井町地内

f 消防機関出動状況

(a)奥能登広域圏事務組合消防本部（以下、「奥能登消防」という）

7隊25名

(b)消防団

輪島分団 15名

河原田分団 8名

(2)被害状況

a 焼失面積：約49,000m²

b 焼損棟数：約240棟（奥能登消防で継続調査中）

- c 焼損床面積：奥能登消防で継続調査中
- d 死傷者数：死者 奥能登消防で継続調査中
傷者 0名

(3)現場の位置及び付近の状況

現場は、石川県輪島市河井町地内、奥能登消防庁舎から北西に約1.9kmの地点にある。現場の西側は二級河川に指定されている河原田川が南北に流れ、北側は日本海に面しており、日本三大朝市の一つである輪島朝市と言われる商店街で、多くの観光客が訪れる場所である。第4章に記載のとおり、現場に防火地域の指定はなく、用途地域は近隣商業地域及び第二種住居地域が混在しており、奥能登消防によると、店舗及び住宅が密集し、大半が木造の建築物である。焼失範囲付近の水利は、消火栓が16基及び防火水槽が7基ある。(図1-1参照)

なお、奥能登消防職員によると、地震の影響により断水したことで消火栓の使用ができず、一部の防火水槽も建物が倒壊していたことで使用ができない状態であった。また、河原田川の水位低下や大津波警報等の発表により、河川や海からの取水も困難であり、限定された水利しか使用できなかったとのことである。



【図1-1 現場付近図（国土地理院基盤地図情報を一部加工）】

(4)焼損状況

焼失範囲内の木造建築物は、建築物の原形を留めておらず、トタンや瓦、金属製品の焼損物や木材等の残さ物が堆積している。また、鉄骨造や鉄筋コンクリート造等の残存している建築物にあっても、外壁の剥離及び変色が認められ、建築物内部にも焼損が認められる。

焼け止まりの建築物は、外壁、雨樋や網戸等に焼損が認められるが、建築物内部に

焼損は認められない。(写真1-1から1-16及び図1-2参照)



【写真1-1 焼失範囲北西側の状況】



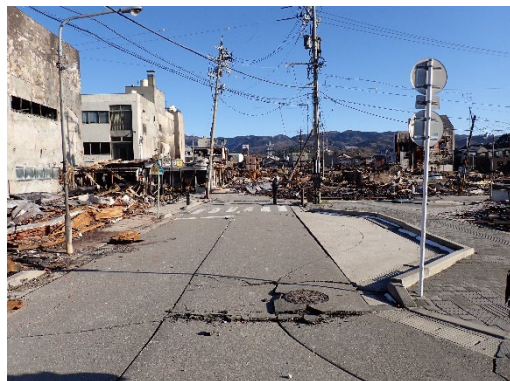
【写真1-2 焼失範囲北西側の状況】



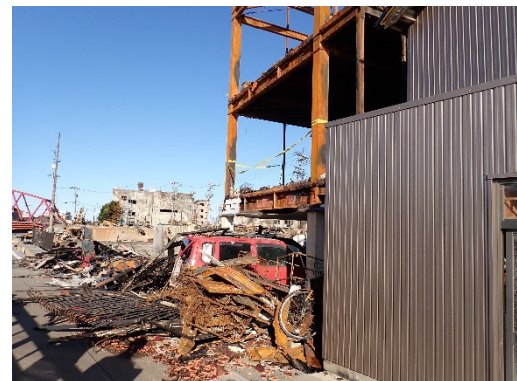
【写真1-3 焼失範囲西側の状況】



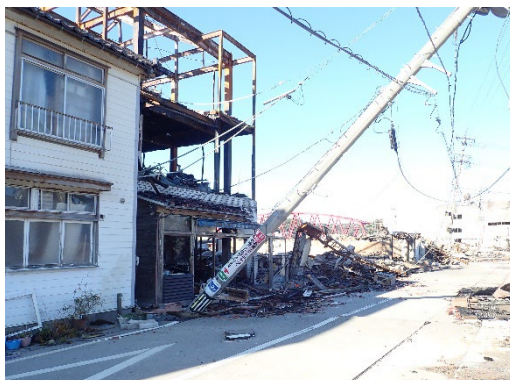
【写真1-4 焼失範囲西側の状況】



【写真1-5 焼失範囲西側の状況】



【写真1-6 焼失範囲南西側の状況】



【写真1-7 焼失範囲南西側の状況】



【写真1-8 焼失範囲南西側の状況】



【写真1-9 焼失範囲南側の状況】



【写真1-10 焼失範囲南東側の状況】



【写真1-11 焼失範囲南東側の状況】



【写真1-12 焼失範囲東側の状況】



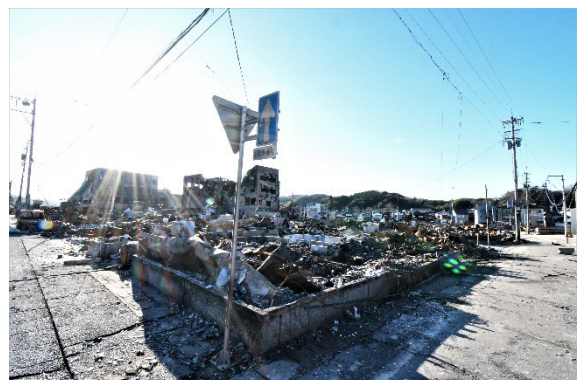
【写真1-13 焼失範囲東側の状況】



【写真1-14 焼失範囲北東側の状況】



【写真1-15 焼失範囲北側の状況】



【写真1-16 焼失範囲北側の状況】



【図1-2 写真撮影位置図】

第2章 地震動の状況

今回の火災による焼失範囲付近には、2つの地震観測点がある。ここでは、1月1日16時10分頃に石川県能登地方で発生したM（マグニチュード）7.6の地震（令和6年（2024年）能登半島地震）及びその前後に発生した地震の際に、これらの地震観測点で記録された地震動について記す。

(1)地震観測点の位置

図2-1に、今回の火災による焼失範囲（赤線、第6章2参照）付近にある2つの地震観測点の位置を示す。焼失範囲中心部から南東約800mのところ（輪島市河井町13部126番2号）に、国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網K-NETの輪島観測点（観測点コード：ISK003）があり、強震計による地震観測が行われている。また、同じく焼失範囲中心部から南西約800mのところ（輪島市鳳至町畠田99-3）には、気象庁の輪島特別地域気象観測所があり、気象庁震度計（観測点名称：輪島市鳳至町、観測点コード：47600）による地震観測が行われている。K-NET輪島観測点及び輪島特別地域気象観測所で観測された震度は、それぞれ「輪島市河井町」、「輪島市鳳至町」の震度として気象庁から発表されている。

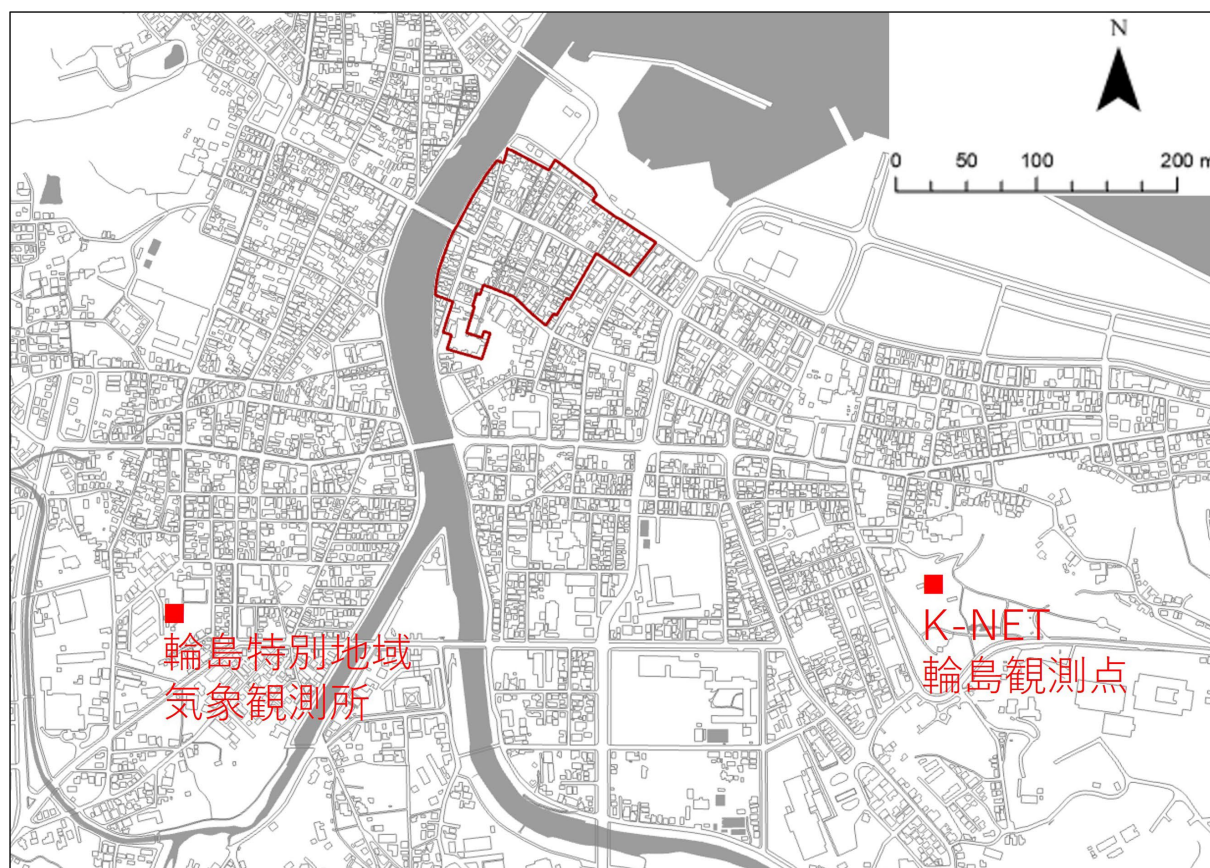


図2-1 焼失範囲（赤線）付近の地震観測点（国土地理院基盤地図情報を一部加工）

(2)観測された震度

1月1日16時10分頃に発生したM7.6の地震の際、輪島市河井町及び輪島市鳳至町では

震度6強の揺れが観測された。石川県能登地方では、この地震の約4分前の16時6分頃にもM5.5の地震が発生し、輪島市河井町で震度3、輪島市鳳至町で震度4の揺れが観測された。表2-1に16時6分頃の地震、16時10分頃の地震及びその後火災が覚知された17時23分（第1章2参照）までに発生した地震のうち、輪島市河井町または輪島市鳳至町で震度4以上の揺れが観測された地震と観測された震度を掲げる。

表2-1 輪島市河井町及び輪島市鳳至町で観測された震度

地震発生時刻	震央地名	深さ (km)	M	輪島市河井町の震度	輪島市鳳至町の震度
16:06:06.1	石川県能登地方	12	5.5	3	4
16:10:22.5	石川県能登地方	16	7.6	6強	6強
16:12:16.6	能登半島沖	9	5.7	－	4
16:17:49.4	石川県能登地方	12	5.1	－	4
16:18:33.6	能登半島沖	16	4.0	－	4
16:18:42.6	石川県能登地方	11	6.1	5弱	5弱
16:56:48.7	石川県能登地方	14	5.8	4	4
17:21:30.3	石川県能登地方	3	3.5	4	4

(3)16時10分頃の地震の際に記録された強震波形

図2-2及び図2-3に、K-NET輪島観測点（輪島市河井町）の強震計及び輪島市鳳至町の気象庁震度観測点で16時10分頃の地震の際に記録された地動加速度波形をそれぞれ示す。また、表2-2に観測された地動加速度の最大値を掲げる。この地震の際、K-NET輪島観測点で記録された最大地動加速度は3成分合成値で1,632gal、輪島市鳳至町の気象庁震度観測点では796galだった。

第5章(3)で述べられるように、焼失範囲を含む地域への送電は、電力会社により16時10分34秒に停止された。図2-2と図2-3にはこの時刻が破線で示されている。国立研究開発法人防災科学技術研究所のホームページで公開されているK-NET輪島観測点の地震記録の先頭時刻は16時10分1秒であるが、図2-2では16時10分2秒から波形をプロットしているため、時間軸上32秒のところが送電停止時刻となる。また、気象庁のホームページで公開されている輪島市鳳至町の気象庁震度観測点の地震記録の先頭時刻は16時10分0秒であるが、この地震記録についても図2-3では16時10分2秒から波形をプロットしている。そのため、図2-3でも時間軸上32秒のところが送電停止時刻となる。これらの図から、焼失範囲を含む地域での強い揺れは、送電が停止される前の時点から始まっており、送電停止は強震動に見舞われている最中であつたことが窺い知れる。表2-2には、送電停止時刻までに観測された最大地動加速度値も掲げている。送電停止までに観測された最大地動加速度3成分合成値は、K-NET輪島観測点で963gal、輪島市鳳至町の気象庁震度観測点では796galと大きいものだった。

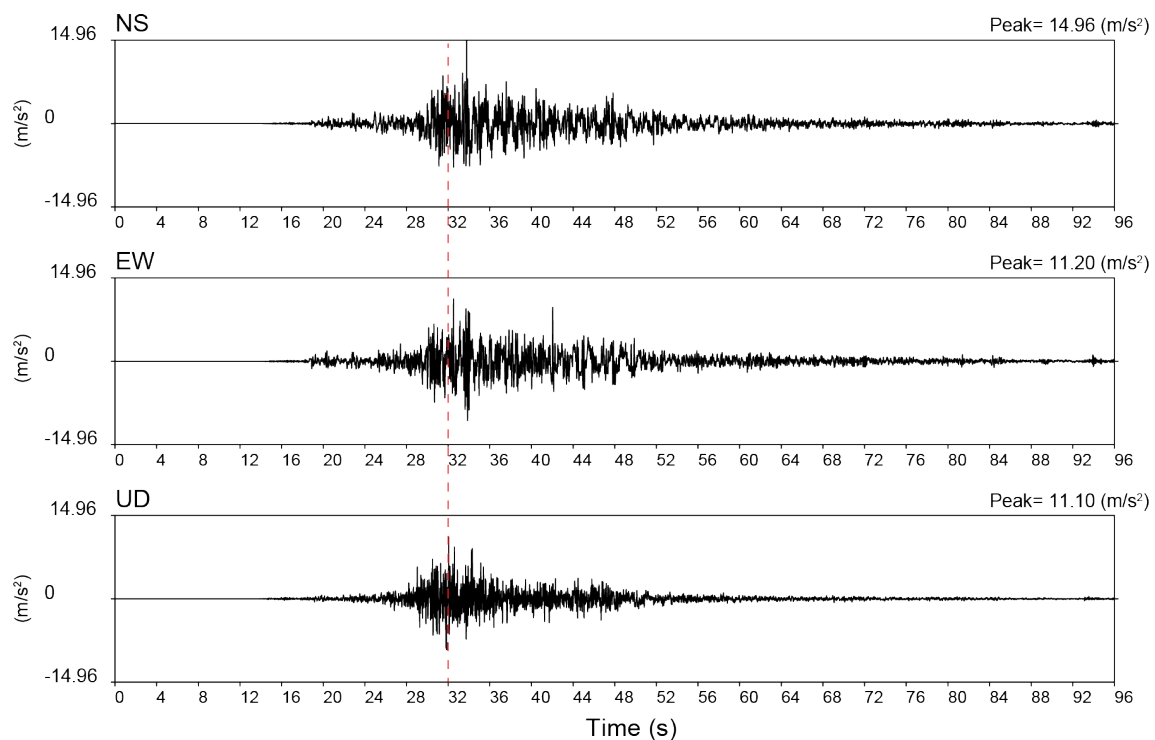


図2-2 K-NET輪島観測点（輪島市河井町）の強震計で記録された16時10分頃の地震の地動加速度波形。破線は電力会社により焼失範囲を含む地域への送電が停止された時刻。

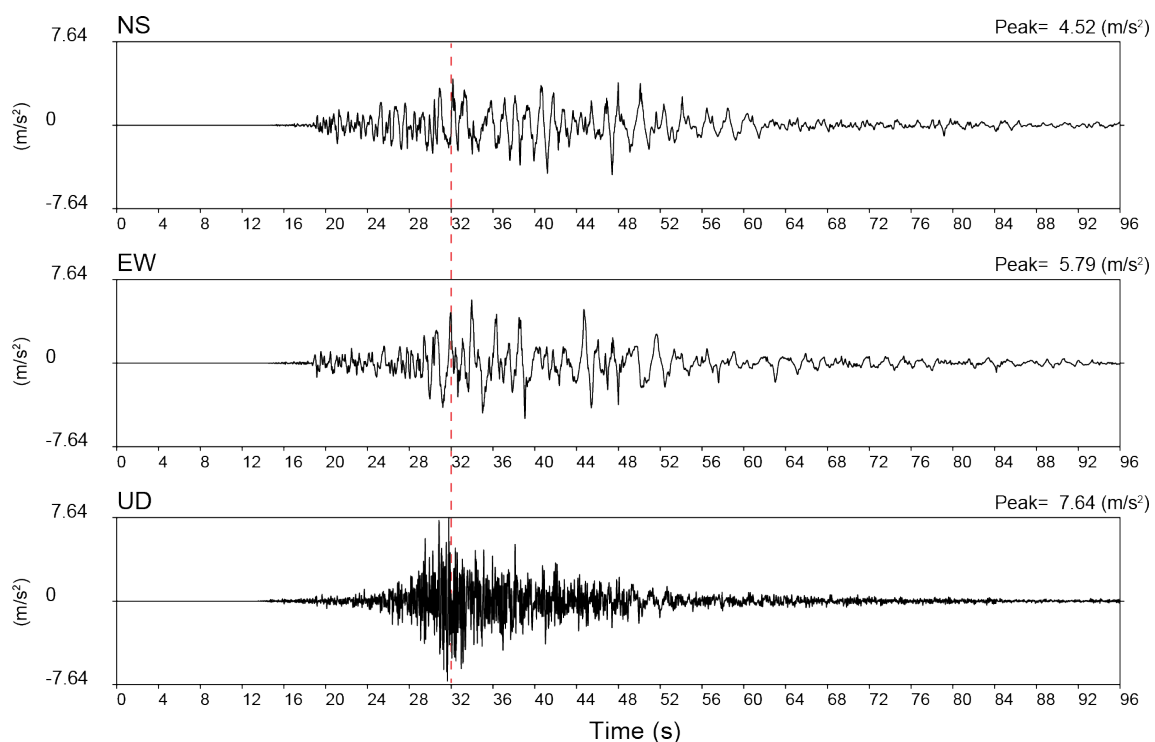


図2-3 輪島市鳳至町の気象庁震度観測点の震度計で記録された16時10分頃の地震の地動加速度波形。破線は電力会社により焼失範囲を含む地域への送電が停止された時刻。

表2-2 16時10分頃の地震の際に記録された最大地動加速度

観測点	地震波形全体にわたっての 最大地動加速度 (gal)				送電停止までに観測された 最大地動加速度 (gal)			
	南北 方向 成分	東西 方向 成分	上下 方向 成分	3成分 合成	南北 方向 成分	東西 方向 成分	上下 方向 成分	3成分 合成
K-NET 輪島観測点	1,496	1,120	1,110	1,632	862	738	913	963
輪島市鳳至町の 気象庁震度観測点	452	579	764	796	341	465	764	796

第3章 気象状況

火災現場周辺の気象データは、火災覚知から鎮圧時までの間、風は弱く、湿度は高かったことを示している。以下に風、気温、湿度、降水量のデータを示す。

火災現場に最も近い気象観測地点は、火災現場から約700m南西に位置する気象庁の観測所（以後、アメダス輪島と記す）である。火災当日の1月1日は16時20分以降の降水量のデータが欠測しており、18時50分以降はその他のデータも欠測している。翌2日の15時には降水量以外は測定が再開されたが、火災時のほとんどの時間帯の気象データがないため、火災現場から南東に約2km離れた奥能登消防の屋上で観測されたデータも示す。ただし、奥能登消防のデータも1日20時10分から23時20分までは欠測している。そこで、この地域の気象状況を概観するために、気象庁の輪島周辺の観測地点でデータの欠測がなかった三井、志賀、珠洲のデータも示す。各観測地点の位置を図3-1に示す。以下で示す気象庁のデータは、気象庁ホームページ「過去の気象データ検索」のデータを用いた。

(1)風

1月1日、2日の平均風速、最大瞬間風速、平均風向の変化をそれぞれ図3-2、3-3、3-4に示す。図3-4の1月1日の風向のみは、全観測地点を一つの図に描くと線が交差して見にくいため、地点別の図とした。ここで風向は、風が吹いてくる方位を北を0度として時計回りの角度で示している。

図3-2より、1月1日のアメダス輪島の風速は他の地点と比べて高いことが分かる。1月1日、2日の奥能登消防の風速は、2日の8～11時ごろを除いて他の地点の風速と同程度である。火災は17時23分に覚知されたが、アメダス輪島では17時30分から、データが欠測する直前の18時40分までの平均風速は1.3～2.9m/sである。同じ時間帯の奥能登消防の平均風速は0～0.6m/sである。奥能登消防の17時30分から、データが欠測し始める直前である20時までの平均風速は0.2m/s、測定が再開した23時30分から火災が鎮圧された1月2日の7時30分までの平均風速は0.4m/sである。この間の最大風速（平均風速の最大値）は7時30分の3.7m/sである。

アメダス輪島の1月1日の風向は朝から北寄りだが、16時40分には南寄りに変わり、データのある18時40分までは南寄りの風が続く。奥能登消防の1月1日の風向は、16時10分までは北寄りの風だが、その後20時まではほとんどの時間で無風又は、南寄りの風が続く。測定が再開した23時30分以降2日6時ごろまでも、ほぼ無風に近い。最大瞬間風速時の風向は、夜間に北寄り又は東寄りとはなるが、風速1m/s未満で無風に近い。

火災現場の風が、アメダス輪島と奥能登消防のどちらの観測データにより近いかは分からないが、第6章1延焼動態の節で延焼を議論する際には、欠測時間の短い奥能登消防の風のデータを用いる。ちなみに、第6章1延焼動態の節で記す通り、1日17時52分、20時13分、21時23分、さらに2日1時8分頃の映像に映った火災の煙の傾きからは、これらの時間帯は火災現場付近では弱い南南西の風が吹いていたと推測できる。



図3-1 気象観測地点の位置
国土地理院地図に追記

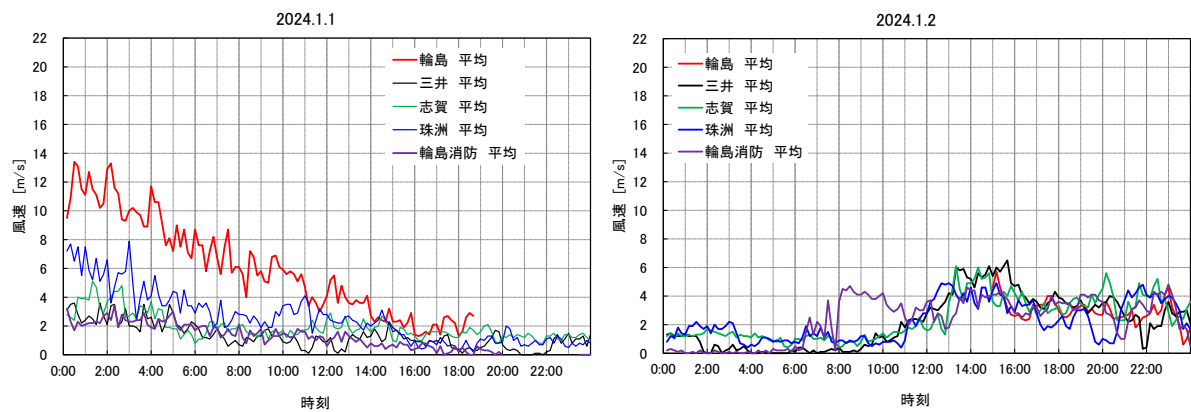


図3-2 1月1日、2日の平均風速の変化

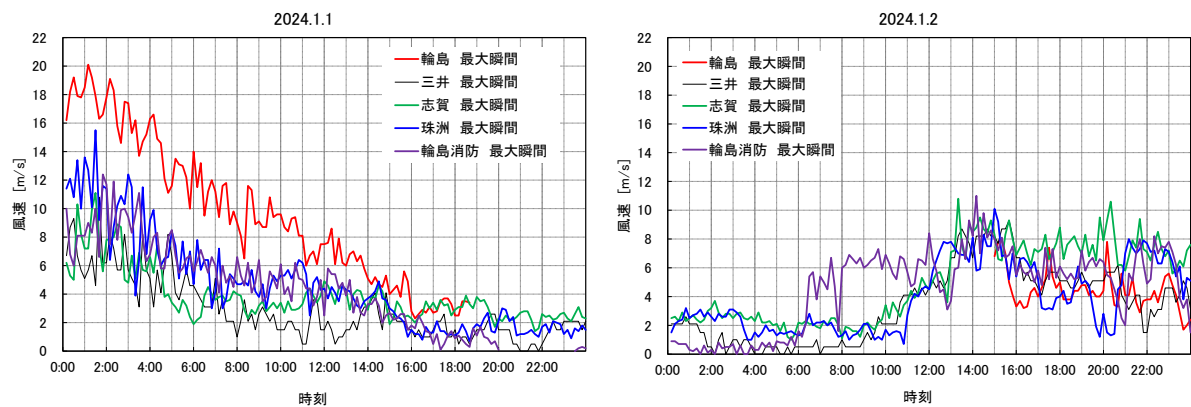


図3-3 1月1日、2日の最大瞬間風速の変化

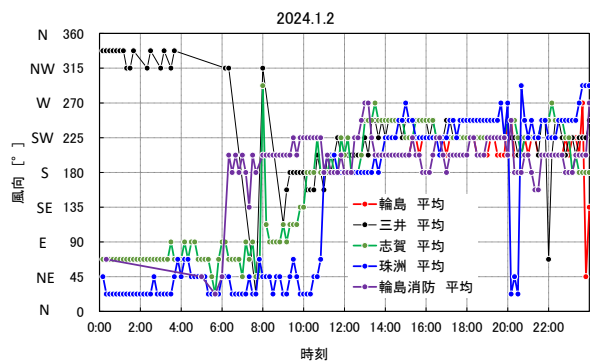
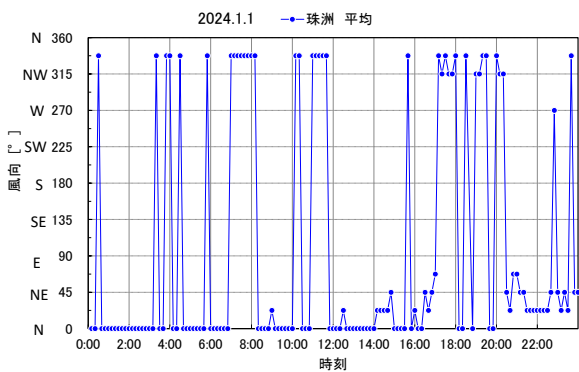
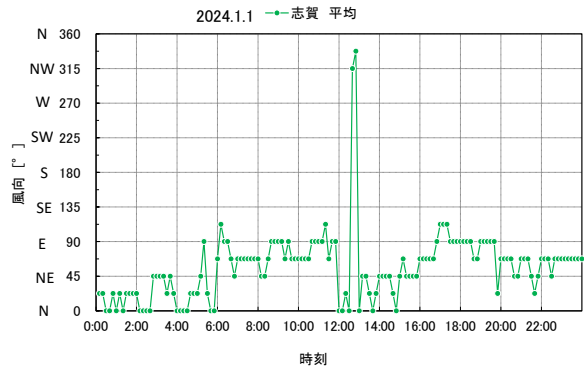
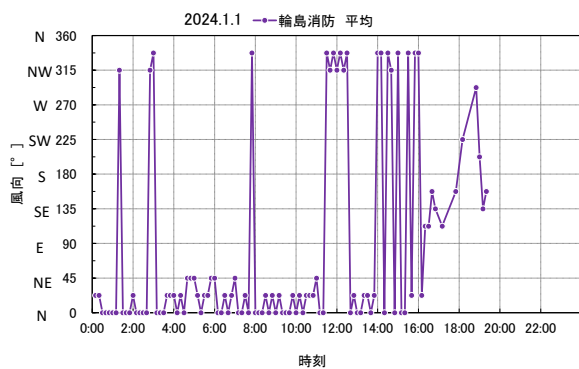
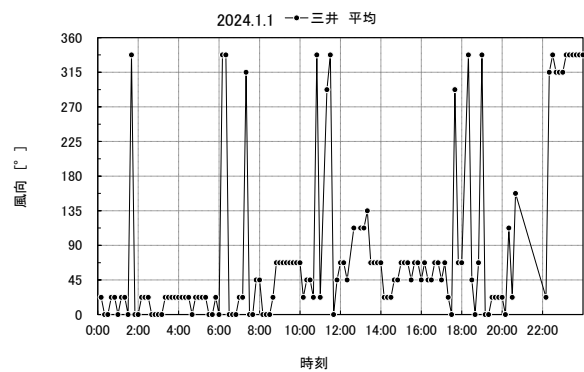
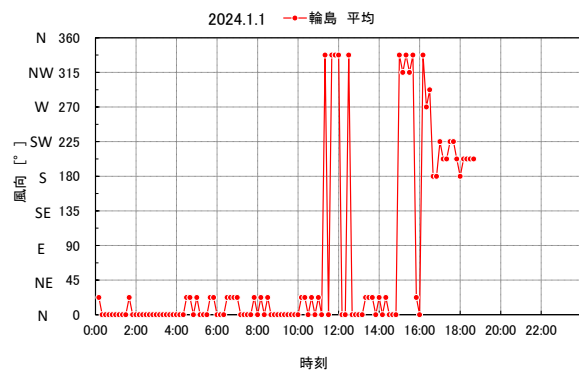


図3-4 1月1日、2日の平均風向の変化

(2)気温

1月1日、2日の各観測地点の気温の変化を図3-5に示す。奥能登消防の気温は、1日14時10分の6.5℃から低下していき、火災覚知時には4.0℃、20時10分以降の欠測を経て、記録が再開した23時30分には-0.5℃となり、2日4時20分まで氷点下が続く。

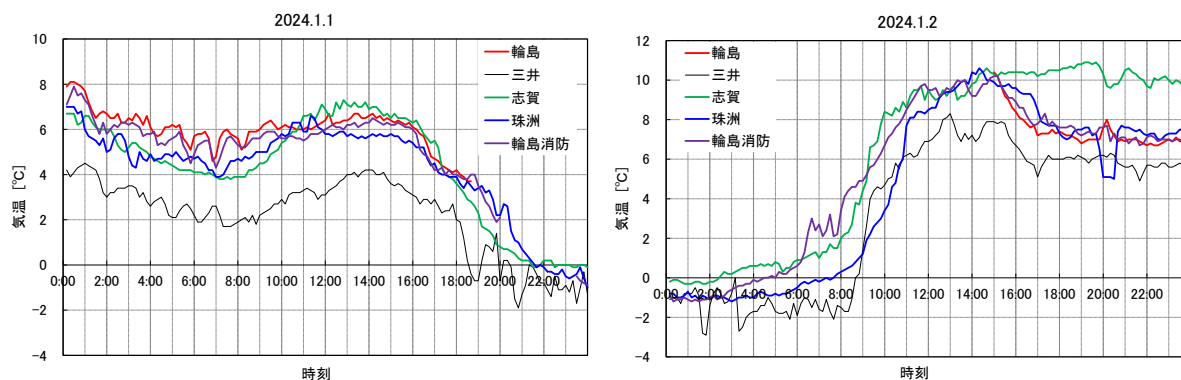


図3-5 1月1日、2日の気温の変化

(3)湿度

1月1日、2日の各観測地点の相対湿度の変化を図3-6に示す。火災覚知時の奥能登消防、アメダス輪島の相対湿度は86.6%、81%である。奥能登消防の相対湿度は夜間は97.7%まで上昇する。

火災は可燃物の含水量に左右され、含水量は実効湿度と密接な関係がある。実効湿度を以下の式で算出した¹⁾。

$$H_e(0) = (1 - a)[H_m(0) + aH_m(1) + \dots + a^n H_m(n)] \quad (1)$$

ここで、 H_e は実効湿度、 H_m は日平均湿度、 a は係数、 $n = 0$ は当日、 $n = 1$ は前日を意味する。 a は火災予防に用いられる0.7を用いた。 $n = 13$ とし、13日前までの湿度を用いた。このとき、 $H_m(13)$ にかかる係数 $(1-a)^{13}$ は0.003となり、当日の $H_m(0)$ の係数0.3の1%となり十分小さいので、これ以上前日にさかのぼる必要はないと考えた。

アメダス輪島の火災当日の湿度は欠測があるため日平均湿度が求められないので、火災前日までの1か月間の実効湿度を求めた。結果を日平均湿度と共に図3-7に示す。火災前日の実効湿度は84.6%となった。火災前日の最小湿度は65%である。金沢地方気象台の能登北部の乾燥注意報発表基準²⁾は、「最小湿度40%で、実効湿度65%」であるため、火災前日は乾燥注意報発表に満たない。

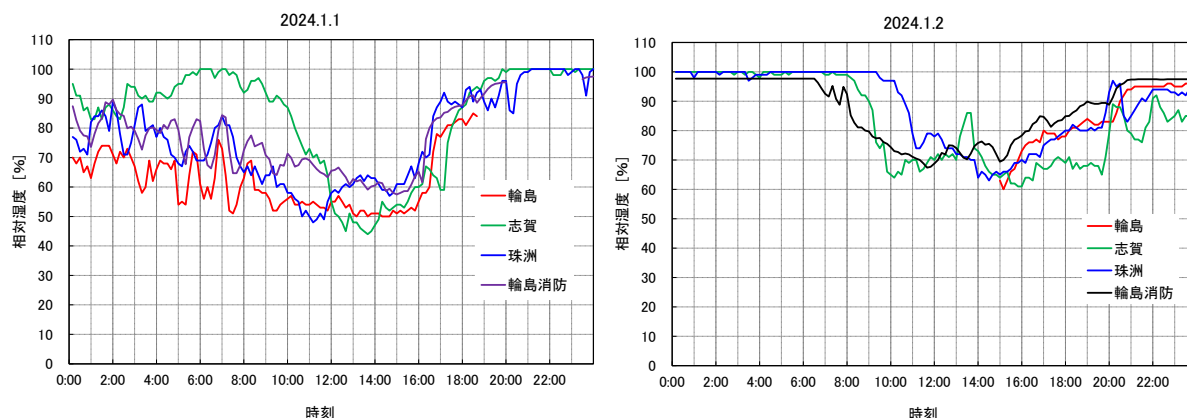


図3-6 1月1日、2日の相対湿度の変化

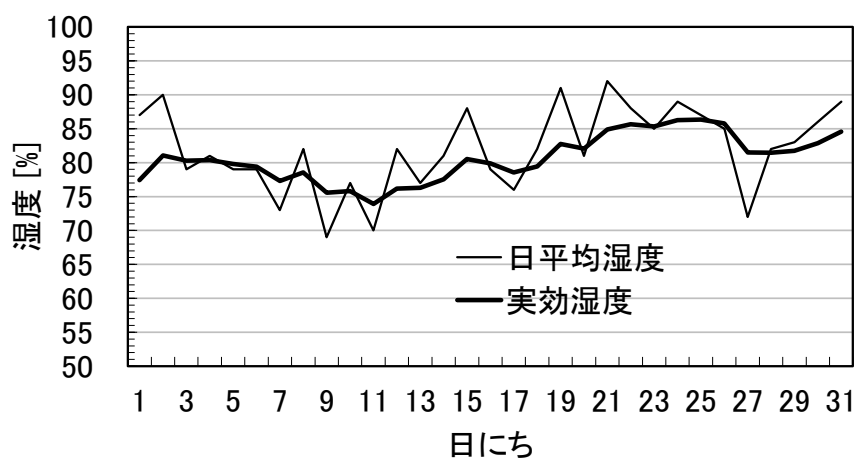


図3-7 2023年12月の日平均湿度と実効湿度の変化

(4)降水量

1月1日、2日の各観測地点の降水量の変化を図3-8に示す。火災の覚知から火災が鎮圧された1月2日7時30分までの間に奥能登消防で記録された降水量は、欠測時を除き0mmである。アメダス輪島では1時40分に0.5mmの降水を観測しており、その他の時間帯に降水は観測されていないが、前述の通り16時20分以降の降水量データは欠測している。

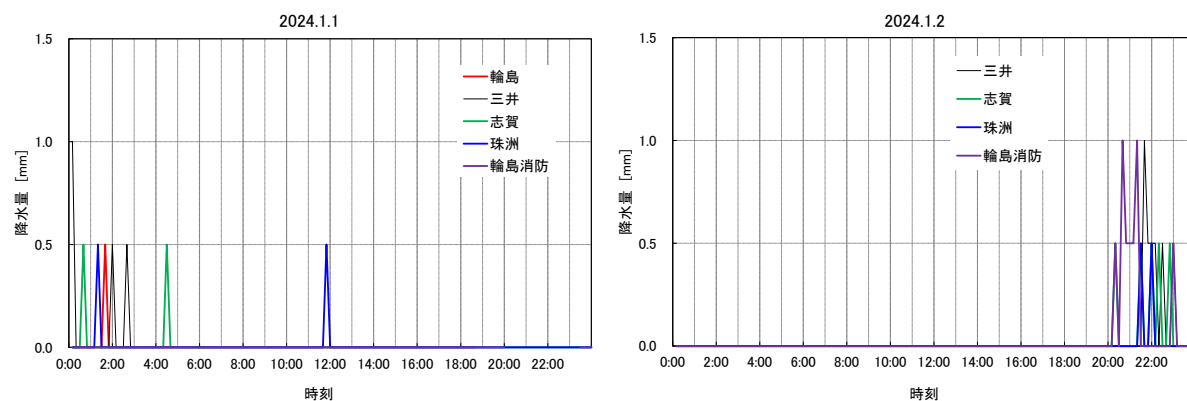


図3-8 1月1日、2日の降水量の変化

参考文献

- 1) 宮沢清二、防災と気象、朝倉書店、1982.
- 2) 金沢地方気象台、警報・注意報発表基準一覧表、
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/ishikawa/kijun_1720400.pdf (2024
年4月23日アクセス)

第4章 市街地の特徴と過去の火災

(1)建物の特徴

輪島の住宅は、下見板張り（したみいたばり）に能登瓦（黒釉薬（ゆうやく）瓦）などが伝統的な建築様式とされ、その継承が求められている¹⁾。下見板張りは、建物の外壁面に板材を上下に少しずつ重なり合うように横方向に張るもので、雨水が壁内部に浸入するのを防ぐ効果がある。比較的幅の広い板材を使い、縦方向に細長い材を用いて下見板を押さえる押縁（おしぶち）下見板張り、狭い幅の長尺材を重ねたものの2種類が見られる。

オンライン上の画像情報²⁾ から焼失前の状況を見ると、古い住宅の多くで下見板張りの外壁が見られる。新しい住宅でも下見板張りをを用いたものもあるが、古い木造住宅で下見板張りであったものを、その上からトタン板や窯業系サイディング材で被覆したと思われる建物も見られる。

焼失した範囲内の古い木造住宅の隣棟間は狭く、50cm前後であることが多いように思われた。また、古い木造住宅のほとんどは2階建てで、道路や路地側は道路境界線に沿って空地をほとんど設けることなく建築されている。道路や路地に面する部分の2階にセットバックはみられず、総2階で立ち上がっている住宅がほとんどである。延焼限界曲線は、1階よりも2階の方が火元からの距離が長くなるため、延焼防止の観点からは厳しい形態である。

(2)過去の火災と市街地

a 過去の火災

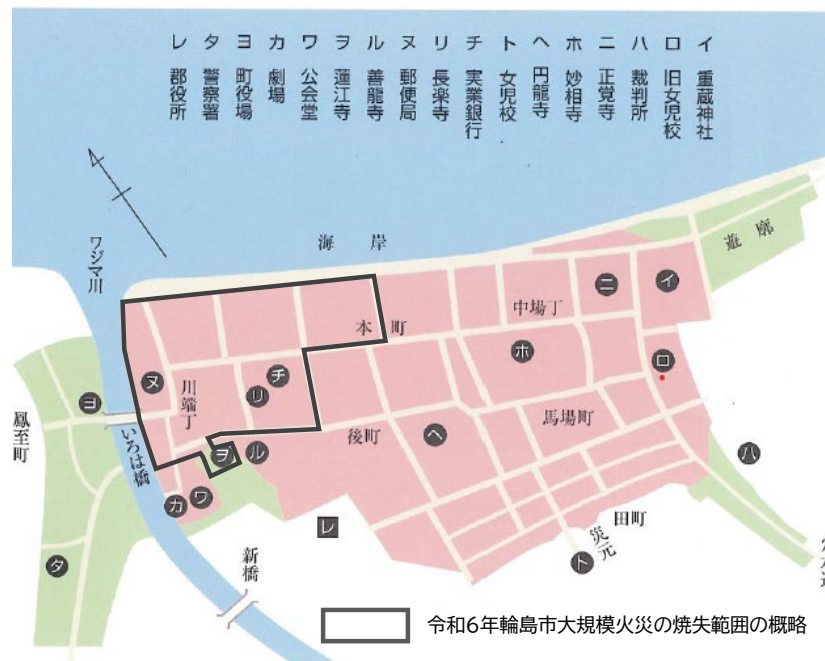
河井町や鳳至町では江戸時代からたびたび延焼火災が発生していたことが記録されている（表4-1）³⁾。明治43年4月に発生した火災は本火災の焼失範囲のほぼ全域を含む約1,500軒の建物が焼失し、河井町の市街地を焼き尽くす大火であったとされる（図4-1）³⁾。この明治43年の火災で善龍寺は焼失し、蓮江寺は焼失を免れているが、本火災では蓮江寺が焼失し、善龍寺が焼失を免れている。

表4-1 輪島の火災の歴史³⁾

[輪島町火災年表]

年代	地域	被害軒数
延宝6	河井町	180
貞享4・8	輪島	130
元禄2・5	同	100余
享保13・5	鳳至町	255
21・4	輪島村	202
元文2・2	河井町	(50)
5・3	同	85
寛保1・9	同	106
延享1・7	輪島村	—
宝暦8・3	輪島村	185
明和3・5	浜新町	—
6・4	河井町	253
7・6	河井町・鳳至町	337
安永6・5	河井町	300
天明2・2	輪島村	167
5・1	同	238
文化2・7	鳳至町	30
文政3・1	同	—
7・7	河井町	—
12・9	同	220 (300)
天保5・2	同	704
5・7	鳳至町	6
7・2	河井町	520
9・4	同	224
14・1	鳳至町	3
嘉永7・10	同	—
安政3・5	同	—
文久2・12	同	—
3・3	輪島	132
明治元	稻荷町	—
13・4	河井町	500
29・1	同	—
43・4	同	1512

〔住吉神社文書〕『石川県災異誌』より作成



*「火災時の河井町」³⁾を加工して作成

図4-1 明治43年輪島町火災（桃色の地域）と令和6年輪島市大規模火災（太線）の焼失範囲

b 市街地の状況

明治43年の大火後、大正期にかけて河井町の市街地は復興し、戦災を免れた⁴⁾。朝市通りは拡幅を伴ったと思われる整備が行われているが、木造住宅が密集する街区内部は区画整理や再開発が行われることなく、焼失前まで残った住宅も多かったものと考えられる。

焼失範囲について、焼失前の街区内部の情報を得ることは困難である。そこで国土地理院基盤地図情報を用いて、幅員4m未満の道路や路地と、幅員4m以上の道路に接していないと思われる建物に着色したのが図4-2である。これは建築基準法令による接道義務を厳密に判別したものではないが、着色された建物が多い街区内部は、建て替えが進まず古い木造住宅が残っていた可能性がある。

図4-2に防火水槽の位置を青点で示した。これらのうち、×が付いている4基の防火水槽は、輪島消防署への聞き取りから、「使用できなかった」又は「使用を断念した」とされたものである。これらの4基の防火水槽は、着色した建物や細街路に面する傾向にあり、古い木造住宅が倒壊して防火水槽を使用できなかったとする輪島消



図4-2 市街地の状況と防火水槽

防署での聞き取りと整合する結果となった。

c 都市計画

現在の都市計画における地域指定は次のとおりである。

(a)用途地域

焼失範囲は都市計画区域内にあり、用途地域は近隣商業地域（建ぺい率70%、容積率300%）を中心に、第二種住居地域（建ぺい率70%、容積率200%）の地域が一部含まれている（図4-3、図4-4）⁵⁾。

(b)特別用途地区

焼失範囲は特別用途地区にも該当している。特別用途地区とは、地場産業の振興を図りつつ良好な居住環境を維持するために、用途地域で定められた建築物の用途・形態の規制を緩和及び制限するものであるが、この地区は、輪島市が伝統産業である輪島塗の保護・育成のため、国土交通大臣の承認を受けて、住居系用途では一般的に規制される作業所等について、漆器の製造用途に限り、建築を認めることとしている⁵⁾ ものである。

(c)地区計画区域

この地区は地区計画区域の指定だが、その詳細は不明である。

(d)防火地域等

市内に防火地域の指定区域はない。準防火地域は近隣商業地域のうち建ぺい率80%の区域が指定⁵⁾ されており、焼失範囲は該当しない。焼失範囲付近では南側の一部地域に準防火地域指定区域がある。また、輪島市内に建築基準法第22条の指定区域（屋根不燃）はないとのことであった（輪島市建設部まちづくり推進課及び輪島消防署からの聞き取りによる）。

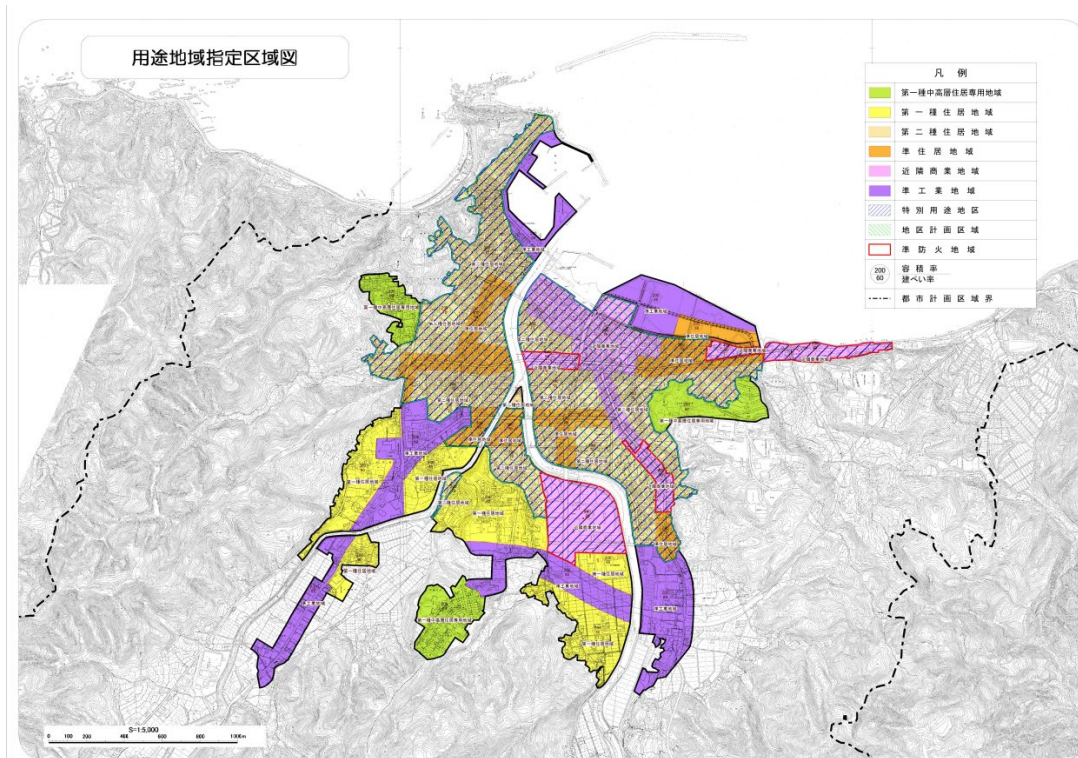
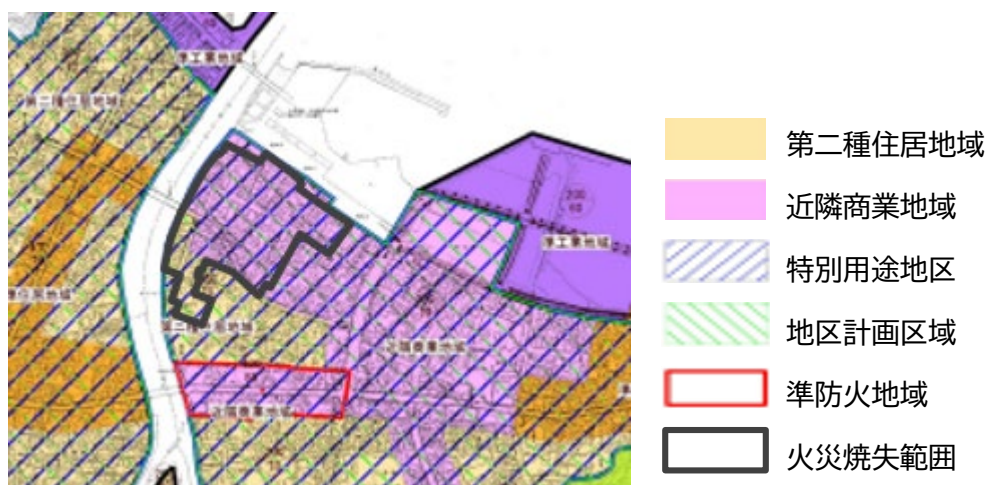


図4-3 輪島市用途地域指定区域図⁵⁾



*輪島市用途地域指定区域図⁵⁾を加工して作成

図4-4 焼失範囲周辺の用途地域指定状況

参考文献

- 1) 輪島市：輪島市の景観計画、<https://www.city.wajima.ishikawa.jp/docs/2015093000026/> (2024年5月21日アクセス)
- 2) <https://www.google.co.jp/maps/>
- 3) 輪島市：図説輪島の歴史 市制施行五十周年記念、北国新聞社、2003
- 4) 輪島市教育委員会：輪島市文化財保存活用地域計画、p. 36、2022. 7、https://www.city.wajima.ishikawa.jp/article/2022072500040/file_contents/teiseihonbun.pdf (2024年5月21日アクセス)

- 5) 輪島市：輪島市の都市計画、<https://www.city.wajima.ishikawa.jp/docs/2013031100067/>（2024年5月21日アクセス）

【参考】建築基準法第22条の指定区域について（建築基準法抜粋）

（屋根）

第二十二條 特定行政庁が防火地域及び準防火地域以外の市街地について指定する区域内にある建築物の屋根の構造は、通常の火災を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するために屋根に必要とされる性能に関して建築物の構造及び用途の区分に応じ、政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。ただし、茶室、あずまやその他これらに類する建築物又は延べ面積が十平方メートル以内の物置、納屋その他これらに類する建築物の屋根の延焼のおそれのある部分以外の部分については、この限りでない。

2 特定行政庁は、前項の規定による指定をする場合においては、あらかじめ、都市計画区域内にある区域については都道府県都市計画審議会（市町村都市計画審議会が置かれている市町村の長たる特定行政庁が行う場合にあつては、当該市町村都市計画審議会。第五十一条を除き、以下同じ。）の意見を聴き、その他の区域については関係市町村の同意を得なければならない。

（外壁）

第二十三條 前条第一項の市街地の区域内にある建築物（その主要構造部の第二十一条第一項の政令で定める部分が木材、プラスチックその他の可燃材料で造られたもの（第二十五条及び第六十一条第一項において「木造建築物等」という。）に限る。）は、その外壁で延焼のおそれのある部分の構造を、準防火性能（建築物の周囲において発生する通常の火災による延焼の抑制に一定の効果を発揮するために外壁に必要とされる性能をいう。）に関して政令で定める技術的基準に適合する土塗壁その他の構造で、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。

第5章 出火原因

(1)出火建物の判定

元消防団員である発見者の供述及び消防隊の現場到着時の状況を踏まえると、焼失範囲内南西に位置する建物からの出火が考えられる。

18時11分に報道機関が上空から撮影した画像及び映像を確認すると、焼失範囲内南西に位置する建物及びその周囲での火炎は確認できるが、その他の焼失範囲内では火炎が確認できず、消防隊の活動時の状況からも複数棟から出火したとは考えにくい。

(画像5-1参照)

以上のことから、本火災は、焼失範囲内南西に位置する建物（以下、「火元建物」という）から出火し延焼拡大したものと判定する。



「提供 朝日新聞社」(一部加工)

【画像5-1 令和6年1月1日18時11分時点の状況（破線は焼失範囲を示す）】

(2)火元建物の出火前の状況

火元建物は、輪島市河井町で震度6強の揺れが観測された16時10分頃の地震によって倒壊し、居住者は直後に避難している。

16時27分及び57分に近隣住民が撮影した写真を確認すると、火元建物は、1階の西側及び南側の一部が倒壊し、南西側に傾いている。

(3)送電状況

電力会社によると、1月1日16時10分34秒から特別高圧の送電停止に伴い、火元建物がある地域は停電している。その後、1月1日17時04分に火元建物がある地域に試送電が実施された。なお、試送電とは送配電設備の異常の有無を確認するため、試しに電力を瞬

間的に送ることで、この試送電を行った地域にある建物内に瞬間的に送電される場合があるとのことである。

(4)火災発見時の状況

元消防団員である火災の発見者は、火元建物南東側の位置から、火元建物の東面の南寄りに地面から1階の約半分の高さの炎を発見したと供述している。

(5)消防隊到着時の状況

17時26分に最先着した消防隊によると、現場到着時、火元建物1棟が火災の最盛期で周辺の建物への延焼は認められなかった。

後着の消防隊が17時33分に火元建物を南東側から撮影した写真を確認すると、出火前に近隣住民が撮影した写真では確認された1階部分の外壁は認められず、1階部分は完全に倒壊しているが、2階部分の東及び南面の外壁は残存しており、屋根の棟部分も残存している。

(6)現場見分状況

火元建物の現場見分を火元建物の居住者（以下、「立会人」という）立会いの下、奥能登消防及び警察機関とともに実施する。

a 発掘前の状況

火元建物は、柱、梁及び屋根等の主要構造部が焼失し、建物の原形を留めておらず、瓦、トタン、金属製品の焼損物及び土壁等の残さ物が大量に堆積している。堆積している瓦は、比較的北東側及び南東側に多い。トタン及び金属製の焼損物は、全体的に著しく焼損し錆付きが認められる。

火元建物東側には、内側が錆付き、原形を留めていないLPガスボンベが認められる。

b 北川式ガス検知器測定状況

火元建物の瓦及びトタンを除去した後に4つの区画から、北川式ガス検知器（検知管：鑑識用石油290PⅡ）を用いて油性反応の有無を測定するが反応は認められない。

c 発掘後の状況

火元建物の瓦、トタン及び土を除去した後に確認できる物は、金属製の残存物であり、合成樹脂や木材、紙類は確認できず、残存している金属製品にあっても全体的に著しく焼損し錆び付いており、大半が原形を留めていない。

南側には中央付近の一部が開裂しているLPガスボンベが認められる。

中央付近には放射式石油ストーブが確認でき、北側にはシステムキッチンに組み込まれているガステーブルが確認できるも、使用状況及び異常箇所等は焼損が著しく確認はできない。

北西側には、金属製の一部変形している流し台及び棚等が確認でき、流し台の近傍に金属製の円柱型の灰皿が確認できる。

その他仏具関係としてローソクや線香、燭台等を探すも確認できない。

建物中央付近には、円筒型の複数の電池が確認できる。焼損が著しく、電池の種類は分からない。電池は全体的に錆付きが認められるも、変形、開放及び亀裂は認められない。

東側中央付近にブレーカーの一部と考えられる部品が確認できるが、ブレーカーの作動状況及び異常箇所等は、部品が欠落しており、焼損も著しいことから確認でき

ない。

電子レンジ、冷蔵庫、テレビ、エアコンの室外機等の電気製品が確認できるも、使用状況及び異常箇所等は焼損が著しく確認できない。

火元建物内からは断線している大量の電気配線が確認でき、大半の電気配線は被覆が焼失し、様々な大きさ及び形の溶融痕が確認できる。火元建物東側中央付近の基礎の立上がり部分には、丸みを帯びた金属粒が確認できる。

立会人からは、地震発生の際に建物内で取り扱っていた火気器具等はなく、電気で動作する照明や暖房器具等だけを使用していた旨の供述を得る。



【写真5-1 復元後の状況】



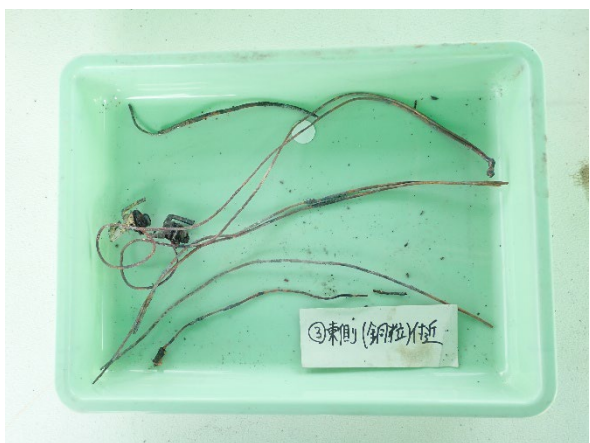
【写真5-2 復元後の状況】



【写真5-3 灰皿の状況】



【写真5-4 電気製品の状況】



【写真5-5 電気配線及び電気部品】



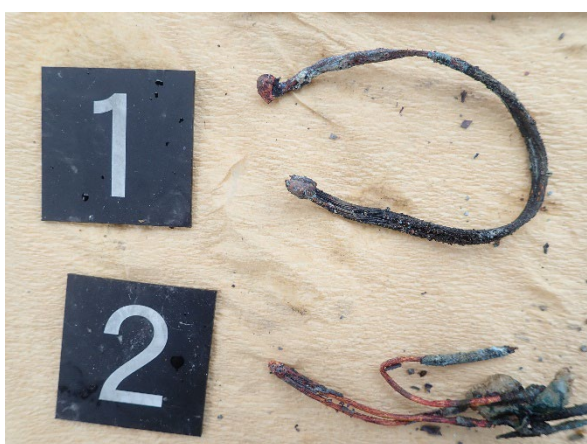
【写真5-6 電気配線及び電気部品】



【写真5-7 電気配線】



【写真5-8 電気配線の溶融状況】



【写真5-9 電気配線の溶融状況】



【写真5-10 電気配線の溶融状況】



【写真5-11 金属粒】



【写真5-12 金属粒】

(7)出火箇所の検討

- a 第5章(4)に記載のとおり、元消防団員である火災の発見者は、火元建物南東側の位置から、火元建物の東面の南寄りの付近において地面から1階の約半分の高さまで立ち上がる炎を発見したと供述していることから、火元建物の1階東側から出火した可能性が高い。
- b 第5章(5)に記載のとおり、17時33分の写真からは、出火前に近隣住民が撮影した写

真では確認された1階部分の外壁は認められず、1階部分は完全に倒壊しているが、2階部分の東及び南面の外壁は残存しており、屋根の棟部分も残存している状況が確認できることから、1階から出火した可能性が高い。

- c 以上のことを総合的に考察すると、出火箇所は火元建物1階の中央から東側の範囲であると考えられる。

(8)出火原因の検討

出火箇所と考えられる1階の中央から東側の範囲付近の出火原因について、以下のとおり検討する。

- a ローソク及び線香について

第5章(6)cに記載のとおり、火元建物内からローソク、線香及び燭台等は確認できず、それらからの出火は考えにくい。

- b 電池からの出火について

第5章(6)cに記載のとおり、火元建物内で確認できた円筒型の電池に、変形、開放及び亀裂は認められないことから、電池からの出火は考えにくい。

- c 放火

事件性の確認に係る情報が含まれることから根拠の詳細な記述は差し控えるものの、何者かの放火によって出火した可能性は低いと考えられる。

- d たばこ

現場見分において、出火箇所からはたばこの吸い殻及びライター等のたばこに起因する出火を裏付ける物証は確認できない。

また、火元建物内から灰皿が確認されたものの、灰皿が発見された場所は出火箇所とは整合しない。

以上のことから、たばこによる出火の可能性は低いと考えられる。

- e 火気器具

第5章(6)cに記載のとおり、石油ストーブ及びガステーブルは、焼損及び破損が著しいため、出火の痕跡を確認することはできないが、使用していたという供述はない。また、地震から火災の覚知まで1時間以上経過しており、もし供述に反して地震発生時に使用中であった火気器具があり、そこから出火したとすると、覚知時刻との説明が困難である。

以上のことから、燃焼機器による出火の可能性は低いと考えられる。

- f 電気関係

(a)第2章(3)に記載のとおり、火元建物がある地域は、16時10分34秒の送電停止の前から強震動に見舞われていたことから、地震の影響により、電気製品や電気配線に電氣的異常が発生した可能性は考えられる。

(b)第5章(3)に記載のとおり、17時04分に実施された試送電により、焼失範囲内の建物内に瞬間的に送電される場合があることから、試送電の際に火元建物内の電気配線にも瞬間的に電圧が印加された可能性は考えられる。

(c)第5章(6)cに記載のとおり、火元建物内の電気配線には様々な大きさ及び形の溶融痕が認められ、火元建物東側中央付近からは、丸みを帯びた金属粒が見つかった。

(d)第5章(6)cに記載のとおり、火元建物の電気製品は焼損及び破損が著しいこと、火元建物内の電気配線は細かく断線していて出火前の施工や配置状況等が判然とせず、溶けた痕跡も複数箇所に認められることを踏まえると、具体的にそれらがどのように出火に関与したかは判断できない。

(e)以上のことから、地震の影響により、電気に起因して出火した可能性は考えられるが、具体的な発火源、出火に至る経過及び着火物の特定には至らない。

(9)結論

本火災は、火元建物1階の中央から東側の範囲において、地震の影響により、電気に起因して出火した可能性は考えられるが、具体的な発火源、出火に至る経過及び着火物の特定には至らない。

第6章 延焼拡大

1 延焼動態

令和6年（2024年）1月1日16時10分頃に発生した能登半島地震では、石川県で最大震度7を観測した¹⁾。この地震で震度6強を観測した輪島市河井町では¹⁾この日、大規模な市街地火災が発生し、焼失面積約49,000m²（第6章2参照）、焼損棟数約240棟の被害が発生した。

市地火災の拡大状況を知ることは、火災による被害の原因を究明する上で基礎となるものである。そこで本火災の延焼動態の復元を試みた。その結果を基に、延焼速度、焼損棟数の時間変化について分析した。十分な資料がなく復元が困難な区域もあるが、復元できた区域の延焼動態と、その分析結果について報告する。

(1)方法

地上と上空から撮影された映像、写真、現地調査の結果を用い、燃えている箇所と燃えていない箇所を時間毎に調べ、その境界線を結ぶことで時間毎の火災前線を地図上に描いた。火災前線とはいえ、映像・写真からは時間的にも空間的にも断片的な情報しか得られなかったため、火災前線には火災初期から火災終盤までが混在している。

(2)結果

a 延焼動態

図6-1-1に延焼動態図を示す。18時頃から20時頃までは報道機関のヘリコプターが火災の周囲を旋回しながら撮影した映像・写真が複数存在するため、街区内も含め、ある程度詳細な延焼動態が復元できた。しかしそれ以降は、午前1時頃の空撮映像を除き、断続的でピンポイントの写真しか入手できず、おおまかな火災前線しか復元できていない。特に点で塗りつぶした北部領域については、2日午前1時9分には延焼し尽くしていることが空撮映像から分かるのみで、延焼動態を復元できる写真・映像は入手できていない。ただ、図6-1-1のこの範囲内には2つの矢印を記しており、これらの矢印の指すあたりが帯状に周囲より激しく燃焼していることから、矢印の方向に延焼した可能性が高いことだけは分かった。

(a)20時頃まで

1月1日17時23分に覚知された火災は、18時頃からは主に北と南に広がっていく。19時頃からは北東、東方向への延焼も始まる。火災覚知後、約30分経過した17時52分の映像では、火災からの煙は北北東に若干傾いており、火災現場では弱い南南西の風が吹いていたと考えられる。火災現場から南東に約2 km離れた奥能登消防の屋上で17時30分から20時までの間に測定された10分間平均風速（以後、風速）は0～0.6m/sと無風に近く、多くの時間帯で南寄りの風である。また、空撮映像から18時6分には倒壊しているように見える建物で、18時14分には倒壊していない建物で飛び火が発生した可能性があることが分かった。

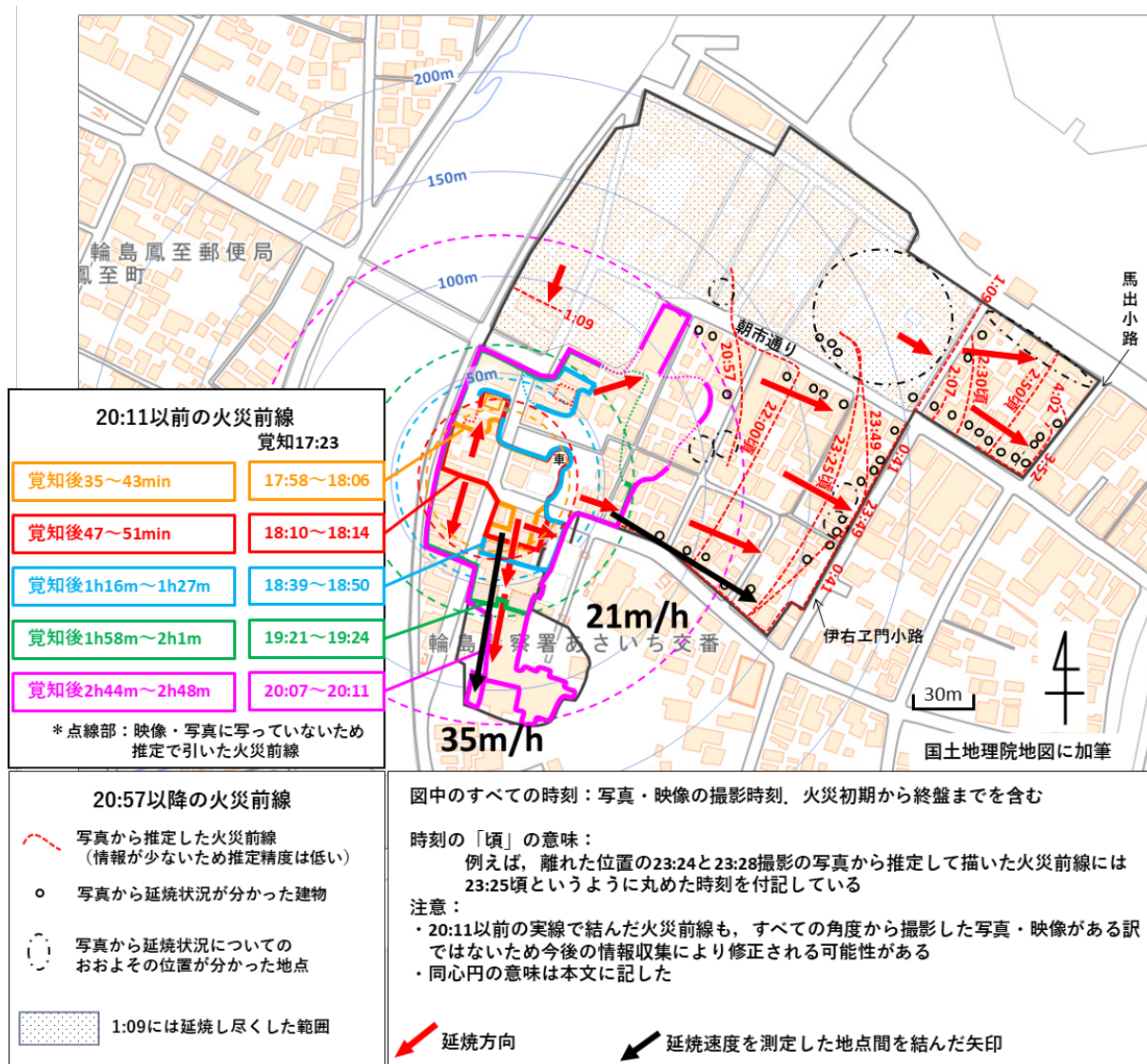


図6-1-1 延焼動態図

20時頃までの各方位の延焼速度を概観するため17時58分～18時6分の火災前線を内部に含む最小の円を描き、この円の中心を固定して、これ以降の火災前線の最南端に接する円を描いた。これらの円を図6-1-1に点線で示す。風下方向である北方向への延焼が、風上方向である南方向への延焼に若干先行するが、ほぼ同程度の延焼速度で南北に広がっていることが分かる。20時7分～20時11分の火災前線の南北端は円にほぼ一致する。南寄りの風にもかかわらず南北方向に同程度の速さで燃え広がった原因としては、風下にあたる北方向には南方向よりも空き地、耐火建物が多かったことや、延焼速度には影響しないほど弱い風であった可能性があることが考えられる。

(b)20時頃以降

20時頃以降、朝市通りの南の火災は、図6-1-1に赤い矢印で示すように東方向に向かった。ただ、21時頃以降は図に小さな丸で示した通り、道路際の写真は入手できたものの空撮情報がなく、街区内部の状況が分かっていない。そのため図に示すように火災前線はほぼ直線的に結んでいる。

23時49分の火災前線が示すように、伊右エ門小路では南北方向の中央部に火災が先行して到着したことが写真から分かった。これは「火災前線はV字型に東に進み、到来する火災前線に応じて移動しながら順次消火した」との輪島消防署から聞いたこの小路での消火活動時の延焼状況と一致する。馬出小路への延焼と消火も同様の状況だったと輪島消防署から聞いたが、この延焼動態については写真・映像からは復元できていない。

20時13分、21時23分、翌日1時8分頃の映像に映った火災の煙の傾きからは、これらの時間帯も弱い南南西の風が吹いていたと考えられる。したがって、図6-1-1に矢印で示した20時以降の朝市通り以南の延焼方向は、風横方向ということになる。奥能登消防での風速は、20時10分から23時20分までは欠測だが、23時30分から2日5時50分までは0～0.3m/sでほぼ無風である。

b 延焼速度

建物間の平均的な延焼速度を求めた。誤差を減らすために、延焼経路上にあると考えた建物間の距離ができるだけ長く、両建物の出火時刻にできるだけ近い時刻の火災状況が分かる2地点を探した。その結果、火災初期の風上方向に相当する南方向への延焼速度と、火災中期の風横方向に相当する東方向への延焼速度が1つずつ得られた。結果を表6-1-1に示す。

表6-1-1 延焼速度

風に対する 延焼方向	延焼した 方角	風向	風速 [m/s]	距離 [m]	始点 時刻	終点 時刻	時間 [分]	延焼速度 V_w [m/h]	阪神・淡路大震災(表2) の延焼速度 V_H との比 V_w/V_H	糸魚川市大規模火災(表2) の延焼速度 V_I との比 V_w/V_I
風上	南	南南西	0.2	76	17:58	20:08	130	35	1.4-1.5	0.7-1.1
風横	東	*1	*1	83	19:24	23:24	240	21	0.8-1.8	0.4-0.5

*1: 映像に映った火災からの煙の傾きからは弱い南南西の風と推測できる

表6-1-2 過去の大規模市街地火災の延焼速度

	風上		風横		風下	
	風速 [m/s]	延焼速度 [m/h]	風速 [m/s]	延焼速度 [m/h]	風速 [m/s]	延焼速度 [m/h]
阪神・淡路大震災 V_H ²⁾	1.0	23, 26	1.0	23, 26	1.0	23, 26
	1.1	23	1.1	12, 18	-	-
糸魚川市大規模火災 V_I ³⁾	9.8	33	10.9	40, 56	-	-
	11.1	48	11.4	59	-	-

風上（南）方向の延焼速度は35m/h程度となった。この延焼の始点は17時58分に屋根から煙が上がり、18時3分には炎上した建物の中央とし、17時58分を出火時刻と仮定した。終点は20時8分に煙が噴出している建物の中央とし、この時刻を出火時刻と仮定した。この延焼の時間帯に奥能登消防で測定された風速は、20時10分の欠測時を除くと0～0.6m/sで、平均0.2m/s、単位ベクトル平均によって求めた平均風向は南南西である。

風横（東）方向への延焼速度は20m/h程度となった。延焼速度の始点は19時24分に建物の西面と屋根から煙が噴出している建物の西面とし、この時刻を出火時刻と仮定した。終点は23時24分に炎上している建物の東面とし、この時刻を出火時刻と仮定した。この出火時刻はもっと早いはずだが、その情報は得られなかったため、そのかわりに建物東面を終点とした。この延焼の時間帯に奥能登消防では風速は20時10分以降のデータが欠測となっているため評価できないが、欠測時間帯を除くと0～0.2m/sである。(2)a(b)に記した通り、煙の傾きからは弱い南南西の風であったと推測できる。

これらの延焼速度を表6-1-2に示す過去の市街地火災の延焼速度と比較する。比較の対象は、弱風下での延焼火災となった阪神・淡路大震災での風速1.0、1.1m/s下での延焼速度と、強風下での延焼火災となった2016年の糸魚川市大規模火災（以後、糸魚川火災）での9.8、11.1m/s下での延焼速度である。両火災とも、一つの風速に対して複数の延焼経路上の異なる延焼速度が得られた場合があるため、表2には資料^{2, 3)}に掲載された延焼速度を風速毎にすべて記した。

比較の結果を表6-1-1に示す。輪島火災の風上方向への延焼速度は阪神・淡路大震災の約1.5倍であり、糸魚川火災の0.7～1.1倍である。輪島火災の風横方向の延焼速度は阪神・淡路大震災の0.8～1.8倍、糸魚川火災の半分程度である。輪島火災の風下方向への延焼速度は、今のところ風上・風横方向と同等の精度では求められない。ただ、(2)a(a)に記した通り20時頃までは風上方向とほぼ同程度である。

よって、輪島火災の風下方向延焼速度が風上方向延焼速度35m/hと等しいと考えると、阪神・淡路大震災での風下方向延焼速度は表6-1-2に示した通り23～26m/hなので、阪神・淡路大震災の風下延焼速度の1.3～1.5倍となる。

c 焼損棟数の時間変化

次に、焼損棟数が数えられる20時11分までについて、その時間変化を糸魚川火災と比較した。まず、両火災の累積焼損棟数の時間変化を図6-1-2に示す。ここで、図6-1-1に示した国土地理院地図では複数棟として描かれている建物でも、Yahoo!マップの住居表示番号、Yahoo!マップ航空写真、Googleマップ、Googleストリートビューなどから屋内でつながった建物であると判断した場合には、焼損棟数は1棟と数えた。また、糸魚川火災は出火時刻が分かっているが、輪島火災は今のところ出火時刻が不明で覚知時刻しか分からない。出火時刻と覚知時刻を時間軸の同じ原点とすると、焼損棟数の時間変化の比較が正しくできない。そこで両火災の焼損棟数がほぼ等しい時点、つまり輪島火災は14棟焼損時、糸魚川火災は13棟焼損時を図の横軸の原点とした。

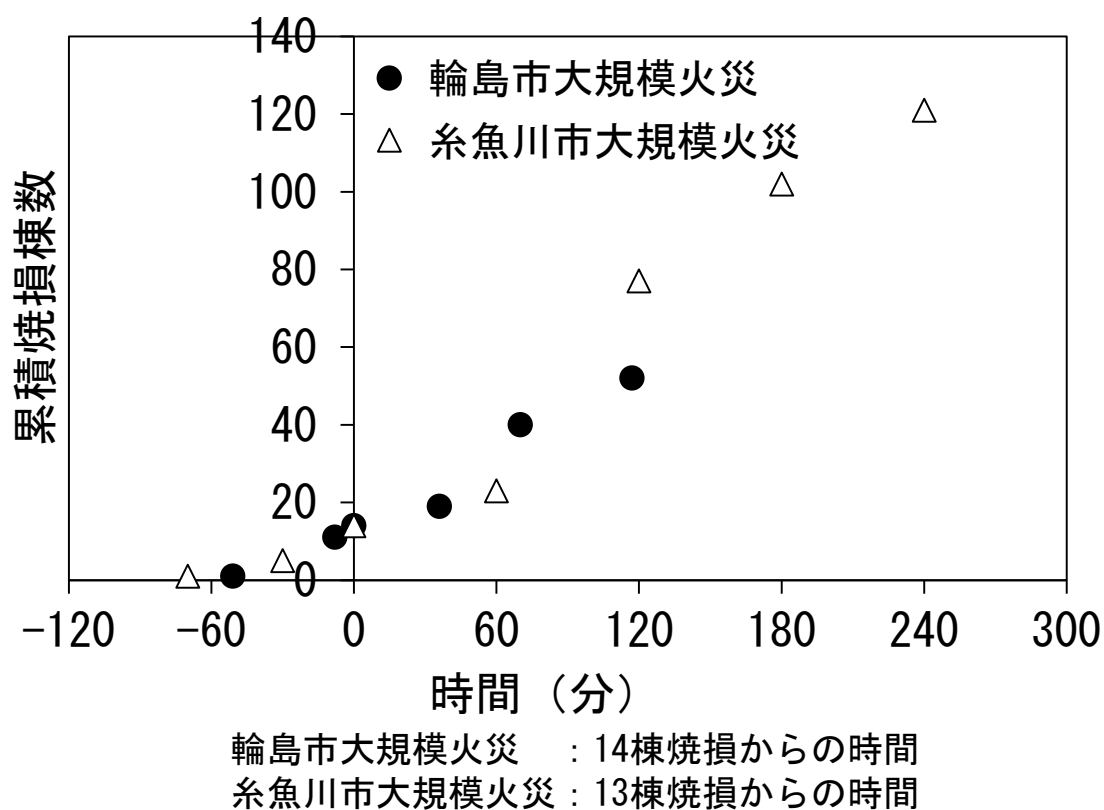
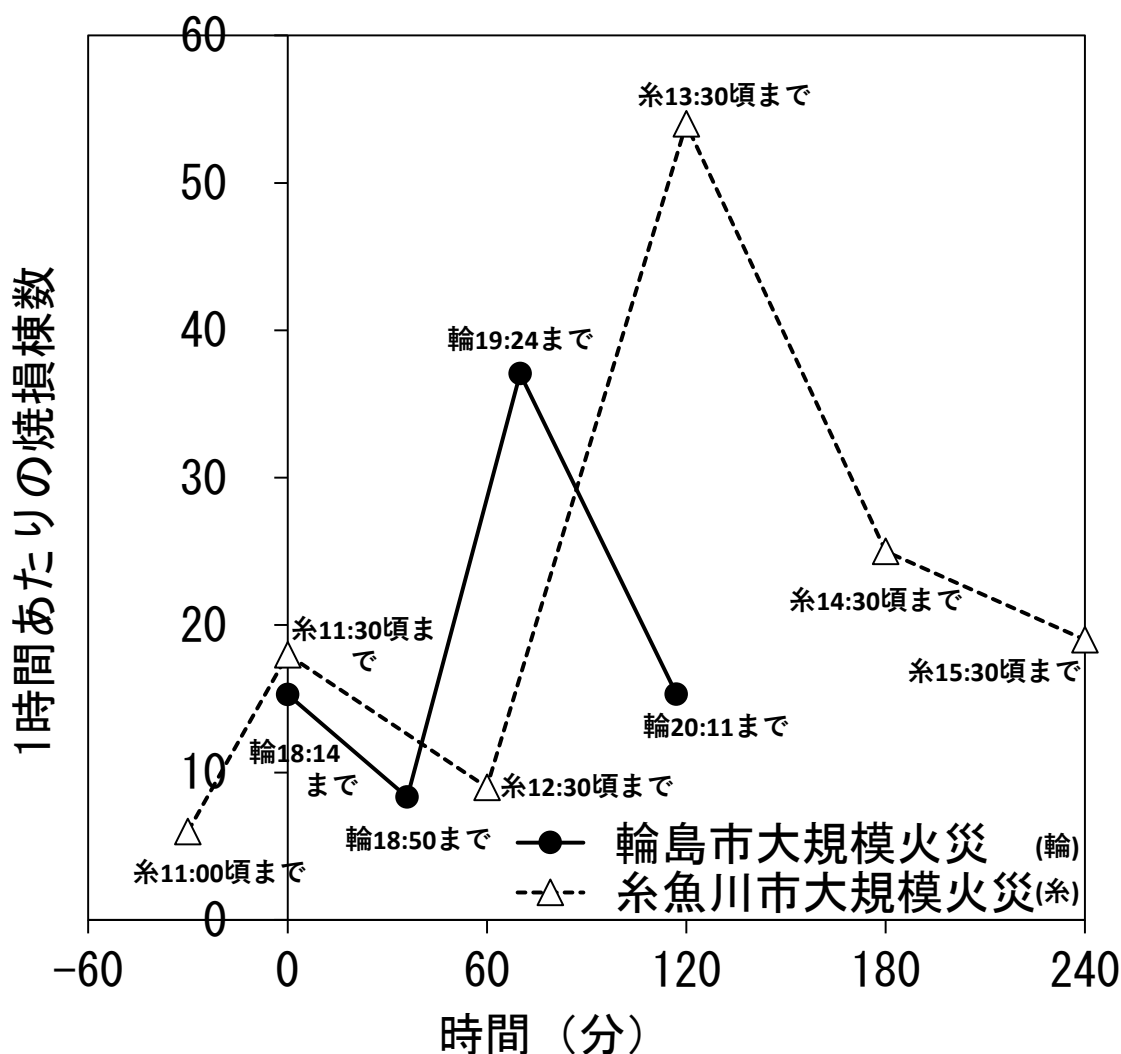


図6-1-2 累積焼損棟数の時間変化

図6-1-2より、両火災の初期の傾きに大きな違いは見られない。これについて詳細に見るために、各時刻の1時間あたりの焼損棟数の時間変化を調べたものが図6-1-3である。この図は図6-1-2から後退差分で求めたものである。ここで、輪島火災の14棟焼損時点（横軸0分）での1時間当たりの焼損棟数は、この時刻の直前の火災前線復元時刻である8分前の18時6分までの焼損棟数と比較して求めたのではなく、17時23分に1棟の火災が覚知された時点と比較して求めた。これは、8分前との比較だと、この間の焼損棟数の増加数が3棟であり、時間・焼損棟数の変化が共に小さいため、火災前線の時刻・位置の読み取り誤差の影響が大きくなるためである。



輪島市大規模火災 : 14棟焼損からの時間
糸魚川市大規模火災 : 13棟焼損からの時間

図6-1-3 1時間あたりの焼損棟数の時間変化

図6-1-3より、輪島火災の20時11分までの1時間当たりの焼損棟数は、8～37棟/hの間で変化する。糸魚川火災は出火2時間後から3時間後頃の間に複数の街区で急激に延焼が進み、図6-1-3で言えば120分の時点で1時間あたりの焼損棟数が54棟/hまで急増する。輪島火災ではこれほどの急増は見られないが、両火災の1時間当たりの焼損棟数は、糸魚川火災が急増するまでは、大きく異なる値を示している。この原因として、糸魚川火災は図6-1-4に示すように出火点から風上側には1棟しか燃え広がらず、火災初期は出火点からほぼ風下に延焼し、出火点の裏手である風横に広がった火災もそこから風下に向かって一次的に広がったのに対し、輪島火災の初期は図6-1-1に示した通り、東西南北に二次元的に燃え広がったためという可能性が考えられる。

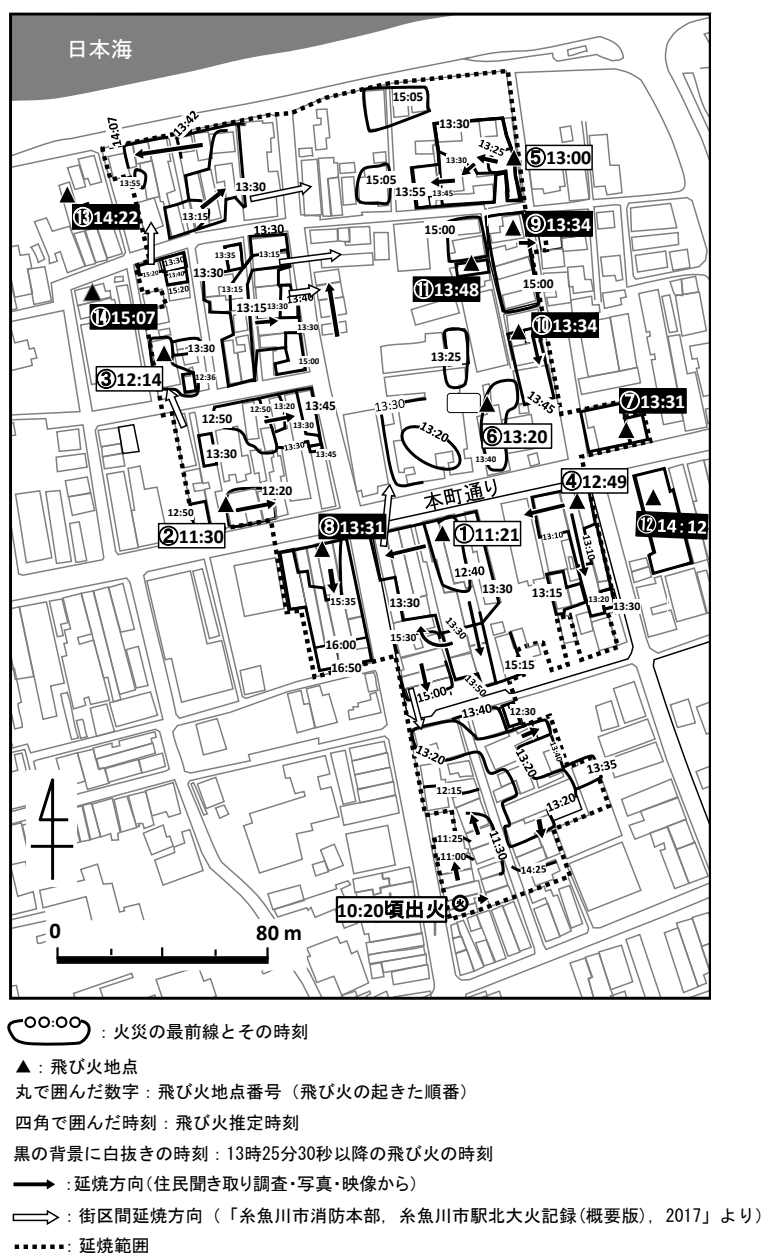


図6-1-4 糸魚川市大規模火災の延焼動態図（篠原、建築防災No. 538、2022を修正）

(3)おわりに

本火災の延焼動態の復元を試みた。火災初期には南北方向に同程度の速度で延焼し、その後、東方向に延焼した。風上方向の延焼速度は阪神・淡路大震災の約1.5倍、糸魚川火災の0.7～1.1倍、風横方向の延焼速度は阪神・淡路大震災の0.8～1.8倍、糸魚川火災の半分程度であった。火災初期の1時間当たりの焼損棟数は糸魚川火災と同程度であった。

参考文献

- 1) 気象庁、令和6年1月の地震活動及び火山活動について、震度1以上を観測した地震の表、<https://www.jma.go.jp/jma/press/2402/08a/2401jishin.html> (2024年3月)
- 2) 東京消防庁防災部防災課、兵庫県南部地震に伴う市街地大火の延焼動態調査報告書、1995.
- 3) 消防研究センター、平成28（2016）年糸魚川市大規模火災調査報告書、消防研究技術資料第84号、2018.

2 焼け止まり

焼け止まり調査は、火災延焼拡大及び抑止の要因を把握するために必要な情報を調査し、保存することを目的とする¹⁾もので、過去の延焼火災においても実施されてきた^{1)～5)}。本火災の焼け止まり調査は、令和6年1月10日に実施した。

(1) 焼け止まり線

焼け止まり調査結果を基に描いた焼け止まり線を図6-2-1に示す。焼け止まり線の周長は約1,260mであり、焼失面積（焼け止まり線内の面積）は約49,000m²である。

焼失地区の北西側の焼け止まりは、あさいち交番の北の建物間から河原田川沿いに浜通りまで続く。北東側は河原田川から（旧）浜通りを東進し、市姫神社の西2軒目の住宅から海側の（新）浜通り沿いを進み馬出小路に至る。南東側は馬出小路、朝市通り及び伊右エ門小路が焼け止まりとなり、伊右エ門小路の南西端からは善龍寺山門前の道路が焼け止まりとなり、蓮江寺山門の西側から南下して蓮江寺の施設を囲み、あさいち交番東側の道路に至る。

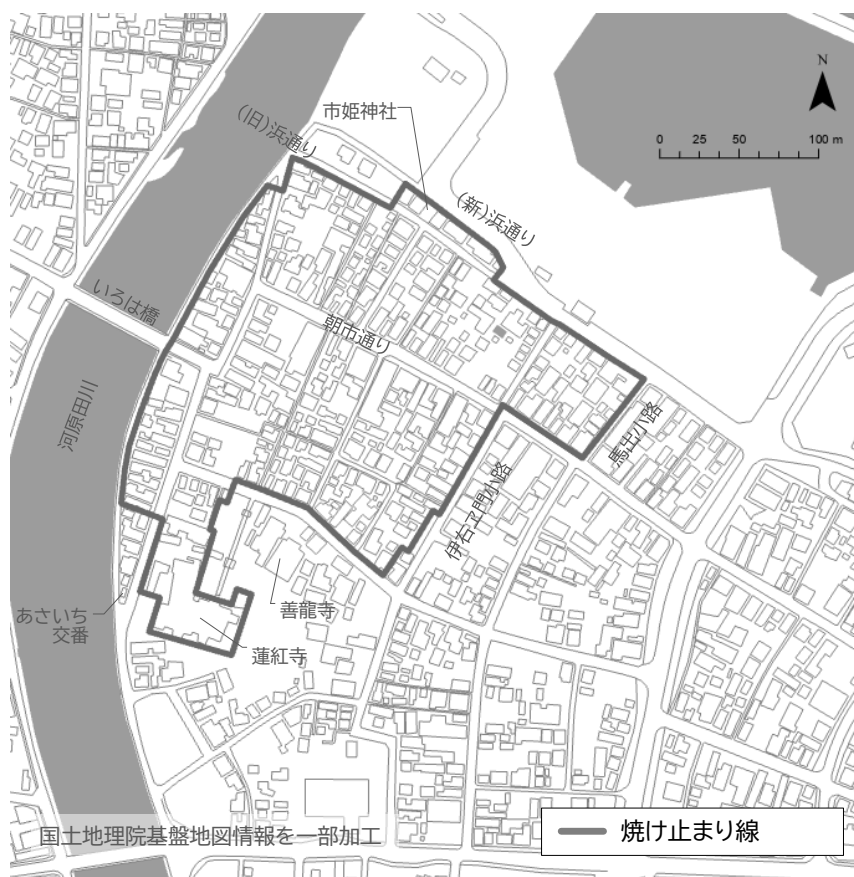


図6-2-1 輪島市大規模火災の焼け止まり線

表6-2-1に過去の大規模延焼火災の焼失面積を示す。輪島火災の焼失面積をこれらの火災と比較すると、平常時の火災である昭和9年の函館大火（4,163,900m²）⁶⁾や昭和51年の酒田大火（225,000m²）より小さいが、糸魚川火災（約40,000m²）より広い範囲が焼失した。地震後の火災では、兵庫県南部地震後の延焼火災のうち焼失面積

の大きい方から3番目と4番目の間にあたり、東北地方太平洋沖地震の延焼火災では4番目と5番目の間にあたる。

表6-2-1 過去の大規模延焼火災の焼失面積

火 災 名			焼失面積	出 典
平常時	昭和9年 (1934)	函館大火	4,163,900	函館市:函館大火、 https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/ ⁶⁾
平常時	昭和51年 (1976)	酒田大火	225,000	自治省消防庁消防研究所:酒田大火の延焼状況等に関する調査報告書 ³⁾
地震	平成7年 (1995)	兵庫県南部地震*	水笠西公園周辺 (須磨・長田区)	自治省消防庁消防研究所:兵庫県南部地震における神戸市内の市街地火災調査報告書(速報) ¹⁾
			高橋病院周辺 (長田区)	
			会下山南 (兵庫区)	
			菅原市場周辺 (長田区)	
			神戸デパート南 (長田区)	
			新長田駅南 (長田区)	
			西代市場周辺 (須磨・長田区)	
地震 津波	平成23年 (2011)	東北地方太平洋沖地震*	陸中山田駅・役場前 (山田町)	消防庁消防研究センター:平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書(第 1 報) ⁴⁾
			大槌町小付近 (大槌町)	
			市香地区 (気仙沼市)	
			門脇小付近 (石巻市)	
			開上地区平田橋 (名取市)	
			田老地区 (宮古市)	
平常時	平成28年 (2016)	糸魚川市大規模火災	内の脇地区 (気仙沼市)	消防研究センター:平成28(2016)年糸魚川市大規模火災調査報告書 ⁵⁾
			40,000	

*兵庫県南部地震及び東北地方太平洋沖地震後に発生した延焼火災のうち、焼失面積の大きい地区を抜粋し焼失面積の大きい順に掲載した。

(2)焼け止まり要因

焼け止まりは、市街地を構成する建物などの燃えにくさと離隔距離の空間的要素からなる市街地の防火性能に、消火活動が組み合わされた結果と考えられる。図6-2-2に焼け止まり線を空間的要素で分類するとともに、消火活動が焼け止まりに寄与したと考えられる場所を波線で示した。

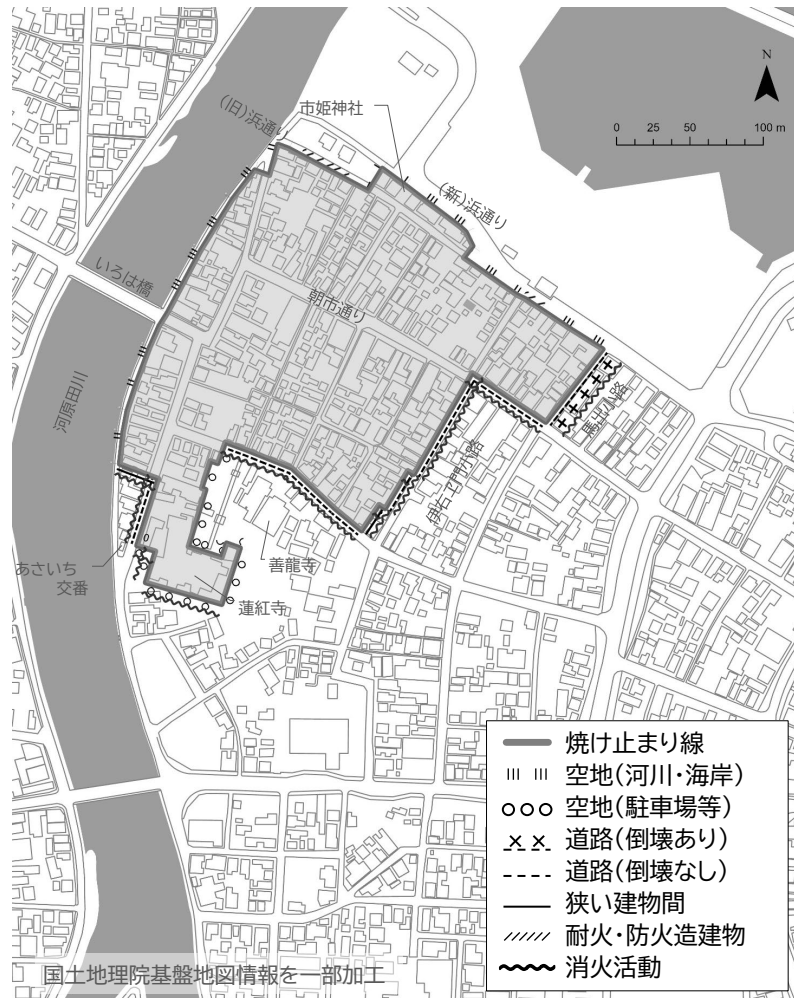


図6-2-2 輪島市大規模火災の焼け止まり要因

a 空間的要素

過去の焼け止まり調査を参考に、本火災の焼け止まり線の空間的要素を6種類に分類した。空間的要素の分類ごとの焼け止まり線周長の長さ全体に占める割合を表6-2-2に示す。

河川（河原田川）と海岸による空地は焼け止まり線の4割を占めた。駐車場等による空地は2割を占めており、合わせて6割が空地による焼け止まりであった。道路による焼け止まりは32%あり、このうち建物が倒壊して閉塞していた道路は5%であり、残りの27%は比較的道路幅員が広く建物倒壊がほとんど見られない道路であった。また、狭い建物間で焼け止まった場所は2箇所あり、合わせて4%であった。

表6-2-2 焼け止まり線の空間的要素の分類と長さ

分類		長さ(m)	割合*	
離隔距離	空地（河川・海岸）	505.8	40.2%	60.6%
	空地（駐車場等）	257.4	20.4%	
	道路（建物倒壊なし）	340.0	27.0%	32.0%
	道路（建物倒壊あり）	63.1	5.0%	
	狭い建物間	49.4	3.9%	
建物の燃え難さ	耐火・防火造建物	43.1	3.4%	3.4%
		1258.8	100.0%	100.0%

* 端数処理のため表中の値の合計値は100%にはならない。

b 消火活動

消火活動が延焼防止に寄与したと考えられる焼け止まり線の周長は約540mで、全体の約43%を占めた。特に建物倒壊で閉塞した道路と、2か所の狭い建物間の焼け止まりは、消防活動が延焼防止の主たる要因となっていたと考えられる。これらは全体の8.9%に当たる。それ以外は比較的広い幅員の道路や、空地による建物間の離隔距離が確保された場所であり、空間的要素と相まって消火活動が功を奏したと考えられる。また、このような場所の多くは焼け残った側の沿道建物が比較的新しく、損壊も軽微であるという特徴がみられた。

(3)焼け止まり状況

a 狭い建物間1（河原田川沿い）

約1mの狭い隣棟間隔で建つ2棟の建物間で焼け止まった場所を写真6-2-1に示す。火災側は鉄骨造3階建てで外壁には不燃のサイディング材が用いられていた。被延焼側は木造2階建てで火災側建物に面する外壁はトタン板張りであった。外観の観察から2棟とも構造と外壁面の損傷はなしか軽微であったと考えられた。また隣棟間が狭いため正確には確認できなかったが、隣棟間の壁面の開口部は比較的小さく、向かい合うものが少ないと思われた。また火災側建物は上階ほど焼けが強く3階の全ての壁面と2階の北面と西面の壁は燃え落ちているが、1階と2階の南面の壁は残っており、この不燃の外壁が残されたことで隣棟への延焼が阻止されたものと考えられた。

輪島消防署での聞き取りで、この場所は、河原田川から取水して放水が行われたとのことであった。



写真6-2-1 河原田川沿いの狭い建物間での焼け止まり

b 北端の2棟の住宅

焼失地区北端の2棟の2階建て住宅が内部延焼せずに焼損を免れた。この2棟は新しい建物で、オンライン上の画像情報⁷⁾ から2019年から2022年の間に新築されたものと考えられる。

東側の住宅（写真6-2-2）は南面の外壁に受熱による変色が見られた。また西面はエアコン室外機、エアコン配管カバー及び網戸の網に溶融が見られた。この住宅の南面の外壁から焼失街区までは、道路と敷地内空地とを合わせて約7.5mの離隔距離がある。

西側の住宅（写真6-2-3）は金属及び窯業系サイディング張り⁸⁾の外壁面に顕著な焼けや損傷は見られなかったが東面及び西面のエアコン配管カバーに溶融が見られた。この住宅の焼失街区に最も近い南面の外壁から焼失街区までは、約9mの離隔距離がある。

この2棟の住宅に共通する特徴は、隣接する木造密集街区（焼失街区）と離隔距離があること、焼失街区に面する開口部が小さいこと、燃えない素材の外壁を用いていること及び比較的新しく構造や外壁面に損壊がみられないことである。特に東側の住宅は、焼失街区に面する道路沿いの南側壁面には開口部を設けず、壁面の内側に光庭をつくり、その光庭に向けて開口部を設けている。これは焼失街区からの輻射熱の住宅内部への影響を低減する効果があったと考えられる。

輪島消防署での聞き取りでは、この場所はほとんど放水していないとのことであった。

兵庫県南部地震後の市街地火災と糸魚川火災でも焼失街区内に内部焼損を免れた住宅があり（写真6-2-4、写真6-2-5）^{1) 5)}「奇跡の家」とも呼ばれた。これらの住宅も、周囲の木造密集街区との離隔距離、燃えない素材の外壁、小さい開口部、比較的新しく損壊がないことなど、北端の2棟の住宅と共通する特徴が指摘されていた。これらの特徴を兼ね備えた北端の2棟が焼け残ったのは奇跡ではないことを認識することができる。



写真6-2-2 北端で延焼を免れた東側の住宅



写真6-2-3 北端で延焼を免れた西側の住宅



写真6-2-4 兵庫県南部地震後の市街地火災で延焼を免れた住宅



写真6-2-5 糸魚川市大規模火災で延焼を免れた住宅

c 北東の焼け止まり（馬出小路）

北東の焼け止まりである馬出小路は、道路幅員は約5mであるが建物が倒壊して道路に倒れ込み、街区間に可燃物が連なっている状態であった（写真6-2-6）。また、被延焼側の建物の外壁は木材を用いた下見板張りで延焼しやすい条件であった。しかし、火災側の街区の沿道建物の一部は外壁に不燃の材料が用いられており、被延焼側街区への輻射を軽減した可能性がある。

この場所は、海水を取水して継続的な放水が行われたことが輪島消防署での聞き取りで確認された。



写真6-2-6 馬出小路の焼け止まり

d 南東の焼け止まり（伊右エ門小路）

南東の焼け止まり線である伊右エ門小路の幅員は約5mであるが、道路沿いに駐車場や敷地内空地が多くみられ、火災側街区と焼損を免れた街区との間の離隔距離が比較的確保された場所である（写真6-2-7）。また、延焼を免れた側の建物は比較的新しく、地震による外壁の損傷はほとんど見られなかった。外壁の多くに不燃の外壁材が用いられていた。

この場所の消火活動は、被延焼側建物の外壁温度の上昇を手で確認しながら、消火と予備注水を慎重に切り替えて行われたとのことであった。



写真6-2-7 伊右エ門小路の焼け止まり

e 狭い建物間2（南東側南端）

焼失範囲の南東側の南端に、狭い建物間で焼け止まり2棟の住宅が内部焼損を免れた場所がある（写真6-2-8）。焼失した隣接建物と最も近い場所の離隔距離は約1.5mであった。2棟の火災側に面する外壁はいずれもトタン板張りで開口部は小さかった。

この場所の消火活動には、河井小学校のプールの水を送水して使用したとのことであった。



写真6-2-8 南端の狭い建物間での焼け止まり

f 幅員の広い道路（善龍寺山門前の通り）

南側の焼け止まり線である善龍寺山門前の通りは幅員が約7mあり、焼損を免れた側の建物は比較的新しく、地震による構造及び外壁の損傷は善龍寺の鐘楼が道路側に倒壊した以外はほぼ見られなかった（写真6-2-9）。

この場所への放水量は多くはなかったとのことであった。



写真6-2-9 幅員の広い道路での焼け止まり

参考文献

- 1) 自治省消防庁消防研究所：兵庫県南部地震における神戸市内の市街地火災調査報告（速報）、1995. 3
- 2) 災害科学研究会：大火調査資料（昭和21－27年） 災害の研究Ⅲ、技報堂、1954
- 3) 自治省消防庁消防研究所：酒田大火の延焼状況等に関する調査報告書、1977. 10
- 4) 消防庁消防研究センター：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第1報）、2011. 12
- 7) 消防研究センター：平成28（2016）年糸魚川市大規模火災調査報告書、2018. 6
- 6) 函館市：函館大火、<https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2014012200615/>（2024. 5. 15閲覧）
- 7) <https://www.google.co.jp/maps/>（2024. 5. 15閲覧）
- 8) 国土技術政策総合研究所ほか：令和6年（2024年）能登半島地震による建物等の火災被害調査報告（速報）、p. 5、2024. 1

3 LPガス及び灯油の影響

今回の火災では、長時間、広範囲に及ぶ延焼中において、突然火柱が立ち上る状況が報道機関の映像などで見られた。この火柱は継続時間が数秒程度であることから、多量の可燃物が短時間に放出されて燃焼したものと考えられる。報道機関の映像にとらえられた火柱の一つには、その直近に存在したLPガスボンベが関与した可能性も考えられる。

そこで、可燃性ガスを貯蔵しているLPガスボンベが延焼拡大に寄与する可能性を検討するため、焼失範囲内の現地調査を行い、その時点で見つかったLPガスボンベの焼損状態等を記録した。さらに、可燃物である灯油を貯蔵している灯油のホームタンクについてもLPガスボンベと同様に調査を行った。

(1)現地調査

調査実施日 令和6年3月20日（水）～22日（金）

調査範囲 輪島火災の焼失範囲内

調査項目 焼失範囲内に残っているLPガスボンベ、灯油のホームタンクの焼損、転倒、容器の亀裂などの破損状況及び聞き取り調査（消防団長、LPガス事業所）

(2)調査結果

a LPガスボンベ

LPガスボンベ84本を確認した。このほかに建物側にガス配管部分のみが残存しているもの27本を含めると総数は111本であった。

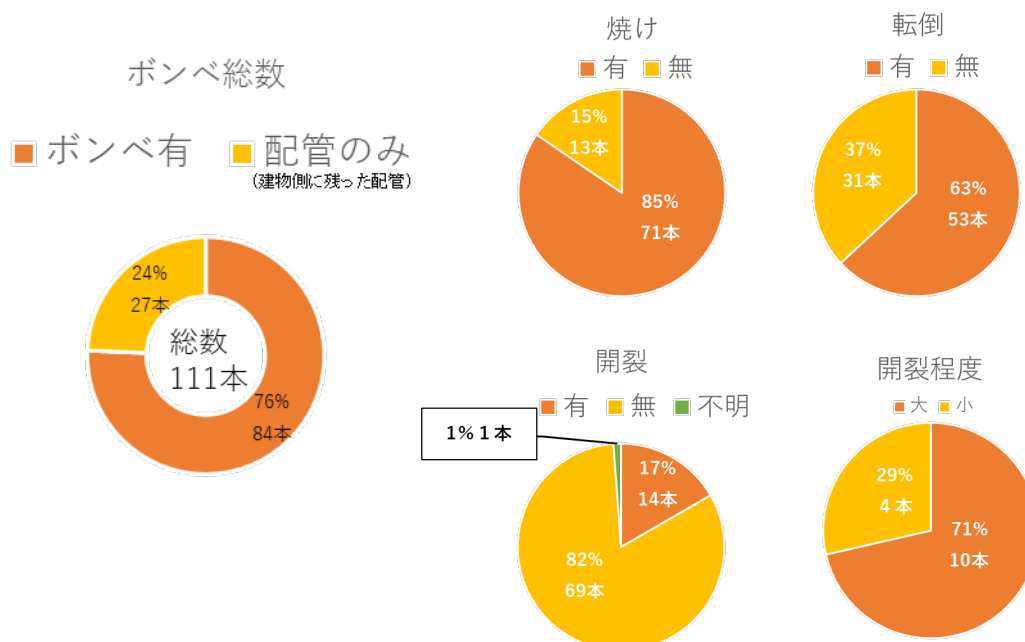


図6-3-1 調査したLPガスボンベの総数およびその破損状況



焼け



焼け,転倒,開裂



焼け,開裂



焼け (パルプ消失)



焼け,転倒,開裂



焼け,転倒,開裂

写真6-3-1 調査したLPガスボンベの破損状況

確認したLPガスボンベ84本のうち焼けがあったものは71本、転倒していたものは53本、ボンベに開裂があったものは14本でこのうち開裂が大きいものは10本あった。

なお、調査実施時点で発災から80日が経過していることから、既に撤去されてしまったLPガスボンベは相当数あったと考えられる。また、現地の搜索や片付けのため当初の位置から移動されたと思われるLPガスボンベも相当数あった。

b 灯油のホームタンク

灯油のホームタンク44台を確認した。タンク容量が150L未満のものは34台(77%)であり、200Lは2台、500Lは1台であった。

焼けがあったものは35台、転倒していたものは15台、タンクに開裂があったものは5台でこのうち開裂が大きいものは3台あった。

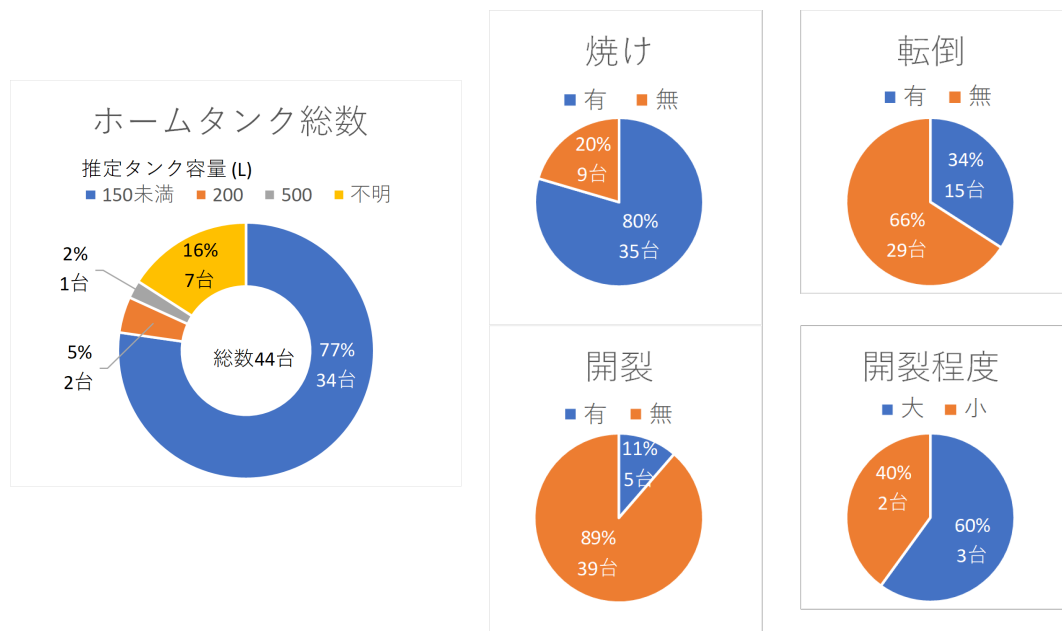


図6-3-2 調査した灯油のホームタンクの総数及びその破損状況



焼け

C-3



焼け、転倒

F-2



焼け、転倒、開裂

B-3



焼け

H-2



焼け、開裂

P-1



焼け無し、転倒

P-3

写真6-3-2 調査した灯油のホームタンクの破損状況

c 消防団長聞き取り

輪島火災で消火活動にあたった消防団長から主にLPガスボンベに関する事
について聞き取りを行った。

(a)LPガスボンベが無かったらもう少し延焼が遅かったのではないかという印
象を持っている。火元付近でボンベの破裂は見えないが、自宅前の道をはさん
だ南側店舗の大きなボンベ2本が倒れて北側に向かって火炎が噴いているのを
目撃した。火炎は道幅（約8m）の半分ぐらいまで届いていた。他にLPガスボン
ベから火が噴いているのは見ていないが結構あったのではないかと。

(b)火災の進展はじわりじわりという感じであった。消火活動中、火災に一気に
囲まれるようなことはなく、火災熱による受傷の恐れは感じなかった。

d LPガス事業所聞き取り

大規模火災が発生した輪島市河井町にLPガスを供給するLPガス協会鳳輪支部
の支部長を務める事業所に、この地域におけるLPガスの使用状況、地震発生後の
ボンベ状況、火災後のボンベ回収等について聞き取りを行った。

(a)この地域には10数社の事業所があり各社の顧客にLPガスを供給している。聞
き取りを行った事業所では約20件の顧客を持っている。1件あたり20kg容器1～
2本を供給している。全体のボンベ本数に関して情報を集めていないため、全
数を知るためには全事業所の顧客情報を集約する必要がある。地震や火災で被
害を受けた事業所があるため、情報収集は難しい。

(b)この地域の建物全てにLPガスが供給されているわけではない。3分の1から3
分の2の建物ではガスを使用していない。空き家が多いこと、ガスを使用しな
い独居宅があること、店舗のみの建物では業種によってガスを必要としないこ
となどが理由である。一方、飲食店などでは50kg容器のような大きなボンベが
複数用いられている。

(c)地震発生後にボンベのバルブ閉鎖と回収を行いたかったが、大津波警報の発
表により出向くことができなかった。

(d)ボンベを見かけたら回収しているが見つからない。アルミ容器なので溶けて
いるのだろう。現時点で回収したのは4～5本。回収時、単体のボンベは倒れて
おらず、倒れている場合は壁ごと倒れている状況だった。ボンベのバルブはほ
とんど張力式で、倒れてホースが切れていてもガス流出は止まっていた。ボン
ベの形はそのままであったが、色が変わったものはあった。ブロック塀がある
ことでボンベに全く変化が無く大丈夫だったものもあった。

(e)灯油のホームタンク、灯油ボイラーが倒れていたのを見た。

(3)LPガスボンベからのガス放出及びボンベの開裂状況

地震や火災の影響でLPガスボンベ内のLPガスが放出に至る状況及びボンベが開裂
する状況の可能性について検討した。

- a ボンベの転倒によりガスホースが外れたり切れたりすることでガスが放出す
る可能性がある。これを防ぐため、ホースが大きな力で引っ張られた時にガスの
流路を遮断する機能を有する張力式ガス放出防止型高圧ホースなど¹⁾が使用され
ることがある。

b 火災により過熱されることでボンベ内部のLPガス圧力が上昇するが、既定の圧力を達するとLPガス容器用弁に備えられた安全弁が作動して、LPガスを大気中に放出し、圧力を低下させる働きをする²⁻³⁾。ボンベの近くに火源があれば、放出されたLPガスに引火して火を噴き続ける状態が考えられる。

c 過熱による内部圧力の上昇が安全弁による圧力低下の働きを上回り、ボンベ内部の圧力が設計圧力の数倍に至る上昇はボンベの破壊につながる²⁾。火災による過熱により部分的なボンベの強度低下があった場合、その部分を中心に開裂が生じ、LPガスが噴出することも考えられる。

LPガスはボンベ内で液化した状態で貯蔵されている。液体が存在している部分は熱容量が大きいいため、LPガスの残量が多い場合は過熱されてもボンベ材質の温度が上がらず開裂は起こりにくい。過熱による内圧上昇は安全弁の働きで抑えられるが、長時間の過熱で液体部分が失われると、ボンベ材質の温度が上昇し強度低下が起こり開裂に至る可能性がある。

d 過熱により広範囲にボンベ強度が低下した場合、大きく開裂する可能性が考えられる。火災による過熱はボンベ内の圧力上昇にも寄与することになる。容器が大きく開裂すると短時間にボンベ内のLPガスが放出される。この時、周囲に火源があった場合、LPガスに引火して大きな火炎が形成されることになるが、一時的なもので継続しない。なお、LPガスの燃焼、爆発には空気（酸素）が必要であるので、空気が存在しないボンベ内でLPガスの爆発は起こらない。

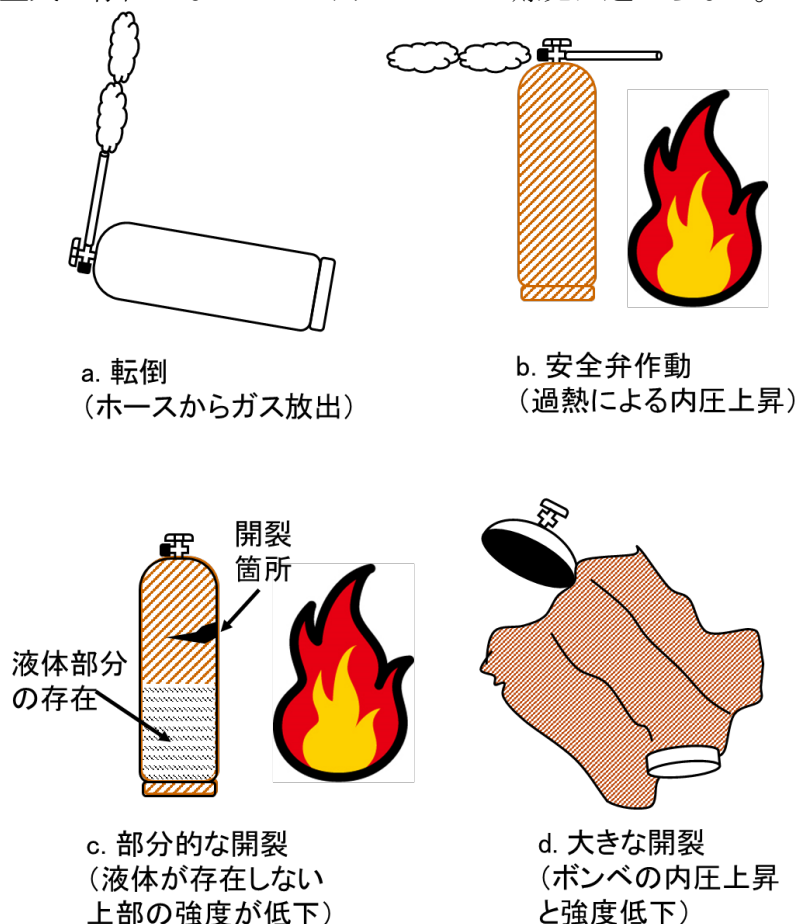
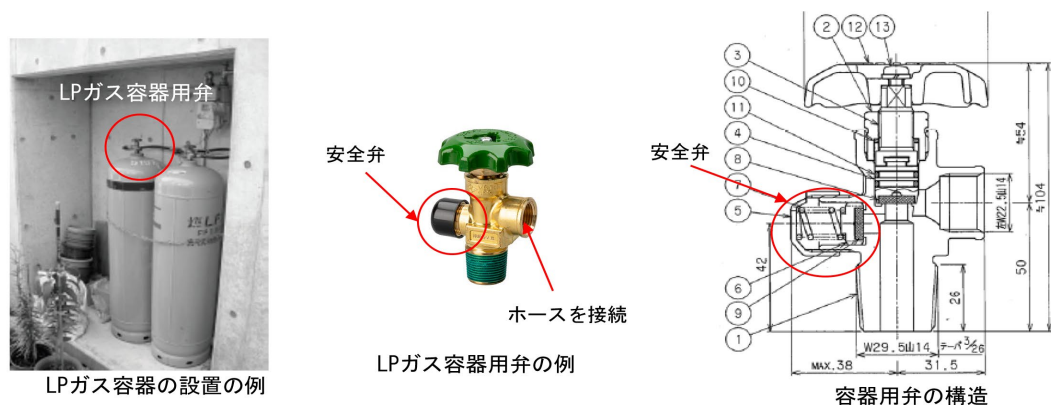


図6-3-3 LPガスボンベからのガス放出及びボンベの開裂状況

(参考) LPガスボンベの安全弁

安全弁とは、高圧ガス保安法及び容器保安規則に基づき、LPガスボンベに設けられているものであり、過充填による液膨張、誤操作による異常高圧、火災時の熱のための内圧の上昇により作動して、LPガスを大気中に放出し、内圧を低下させる目的で使用されている。



出典 科学技術庁 資源調査所 監修, LPガス・データ必携, 産報, 1964、 経済産業省, 高圧ガス保安協会, LPガス災害対策マニュアル(第3次改訂版[改]), p. 20, 2023、 宮入バルブ <https://www.miyairi-valve.co.jp/>

図6-3-4 LPガス容器用弁と安全弁

(4)木造建物とLPガス及び灯油の発熱速度の比較

LPガスと灯油はいずれも可燃物であり延焼拡大を助長するものであるが、火災全体に与える影響を理解するため、建物が燃焼する際の発熱速度との比較を行った。

- 木造建物の火災時の総発熱量や発熱速度を測定した実験⁴⁾によると、6畳1間の木造住宅(10m²)1棟に、320kgの木材を入れた(家具などの可燃物を想定)場合の火災による総発熱量は30~40GJ程度である。建物を二階建てと仮定しGISデータから床面積を算出すると、今回の焼失範囲内の建物の平均床面積が150m²であることから、1棟あたりの総発熱量は450~600GJ程度、発熱速度は250~333MW程度(火盛期の継続時間30分で計算)と見積もることができる。
- LPガスについては、発熱量を49.13MJ/kg(ブタン(液)の発熱量)とすると50kgのLPガスが入ったボンベの場合、総発熱量は2.5GJ程度、発熱速度は8.3MW程度(安全弁からの噴出継続時間5分で計算)と見積もることができる。
- 灯油については、発熱量を43.2MJ/kgとすると容量150Lのホームタンクの場合、総発熱量は5.2GJ程度、発熱速度は8.0MW程度(パイプ脱落による燃料漏洩速度を毎分14Lで計算)と見積もることができる。

上記の見積もりによると、木造建物1棟の燃焼に対するLPガスの総発熱量は1%程度、発熱速度は2~3%という結果になった。同様に木造建物1棟の燃焼に対する灯油の総発熱量は2%程度、発熱速度は2~3%という結果になった。

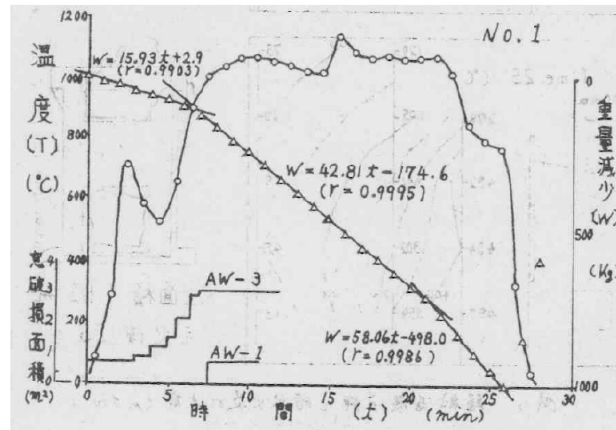


図6-3-5 火災室温度と重量減少の実験例⁴⁾

(5)おわりに

輪島火災現場に残っているLPガスボンベ、灯油のホームタンクの焼損状況等について現地調査と聞き取り調査を行った。一部回収された物もあったが大規模火災の焼損エリア内には多くの焼けたLPガスボンベと灯油のホームタンクが残されていた。LPガスと灯油はいずれも可燃物であり延焼拡大を助長するものであるが、それらの発熱速度が火災全体に与える影響は全体の2～3%程度であると見積もることができる。

参考文献

- 1) 経済産業省，高圧ガス保安協会，LPガス災害対策マニュアル（第3次改訂版[改]），pp. 34-35，2023
- 2) 科学技術庁 資源調査所 監修，LPガス・データ必携，産報，1964
- 3) 高圧ガス保安協会，高圧ガス設備における安全弁作動の高圧ガス事故の注意事項，2022
- 4) 単室モデルの在来木造住宅火災実験（その1～その5），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 2377-2386，1981

4 市街地火災延焼シミュレーション

本節では、市街地火災延焼シミュレーションを用いた火災の検証結果について示す。

(1) 消防研究センターの市街地火災延焼シミュレーションの概要

現在も消防研究センターで改良および応用研究を進めている市街地火災延焼シミュレーションソフトウェア（以下、「ソフトウェア」という）は、出火点や、風向、風速、計算終了時刻などを入力することで、建築物1棟1棟の延焼時間を計算して火災の進展を予測することが可能である。図6-4-1に市街地火災延焼シミュレーションの画面例を示す。

ソフトウェアでは、火災は延焼経路に従って延焼し、必ず建築物の重心を経由する。また、火災が建築物の重心まで延焼した時点を一全焼とし、火災が盛期火災に至ったと考える。盛期火災の状態は別途設定可能な盛期火災の継続時間（以下、「燃え落ち時間」という）が経過した時点で隣棟に延焼させる能力を失うこととし、盛期火災に至ってから燃え落ち時間が経過するまでの間に隣棟に着火した場合に隣棟に延焼することとしている。

隣棟間の延焼時間の計算には、風速と建築物間の距離から延焼速度を求める東京消防庁の開発した延焼速度式¹⁾の風速補正部分を、風速に応じた浜田式²⁾の増加率によって延焼速度を補正するよう改良した式を通常は用いており、東京消防庁が開発した風速補正も利用可能である。

また、このソフトウェアでは、各出火点に計算開始からの時間遅れを設定できるため、この機能を用いて飛び火の設定を行うことも可能である。

さらに、ソフトウェアでは、消火活動の効果を盛り込むための方法として、延焼阻止線を設定することが可能である。延焼阻止線と交差する延焼経路を延焼計算に利用しないことで、延焼阻止効果を実現している。

なお、ソフトウェアでは、多数の試行の繰り返しや計算結果の速やかな出力を実

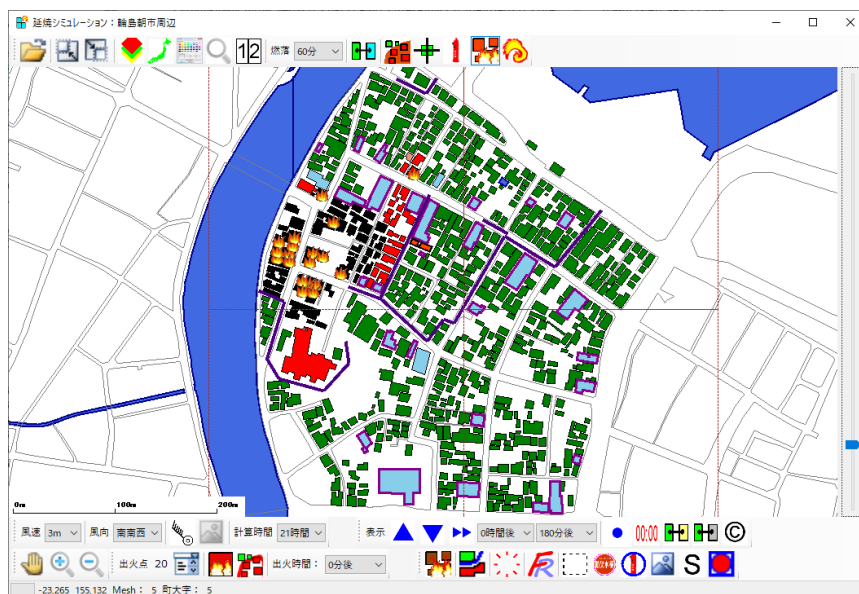


図 6-4-1 市街地火災延焼シミュレーションの画面例

現するため、正確さを考慮しつつ建築物条件の簡略化と延焼経路の事前計算による実行時間の短縮により高速化を図っている。建築物条件の簡略化では、建築物の種類を木造と耐火造の2種類とし、全ての建築物は2階建てとしているほか、地形の影響を考慮せず、全ての建築物が同一平面上に存在するものとして計算を行っている。また、延焼経路の事前計算については、図6-4-2のように建築物の外形線を20cm間隔に分割し、風速0m/sの際の延焼速度を用いて異なる建築物の重心間の延焼時間が最短となる経路を計算しておくこととしている。そして、風速の設定に関わらずこの経路を利用することで、シミュレーション実行時の計算時間を短縮している。延焼経路と建築物の表示例を図6-4-3に示す。

(2)Googleストリートビューを用いた焼失範囲における建築物の外壁に関する分析

焼失範囲における市街地の状況を把握するため、Googleストリートビューを用いて、焼失範囲の建築物の外壁の状況について調査を行った結果を図6-4-4に示す。ストリートビューではすべての路地を巡回できず、建築物のすべての外壁を見ることができないこと、撮影された時期から火災発生までに建て替えや外壁の補修などが行われている可能性があることなどから、火災発生当時の状況を直接示しているデータではないものの、ストリートビューで見ることのできた建築物については少なくとも約57%の建築物の外壁に板張り部分があることが判った。

また、ストリートビューで見ることのできない街区内部の建築物については、建て替えが進んでいない老朽化した建築物が多いことが予想された。

これらの検討結果を踏まえ、木造建築物の延焼計算に防火対策が施されていない木造建築物の式を用いることとした。

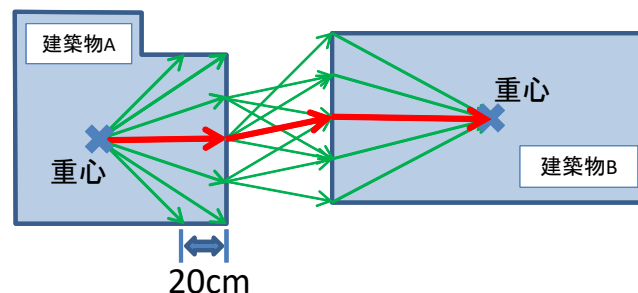


図 6-4-2 延焼経路の事前計算

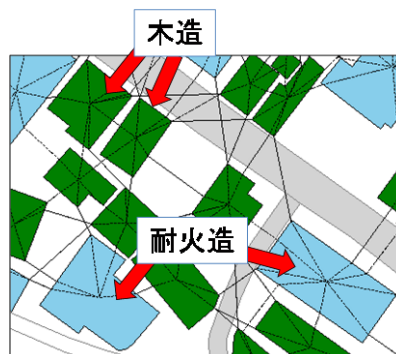


図 6-4-3 延焼経路と建築物の表示例

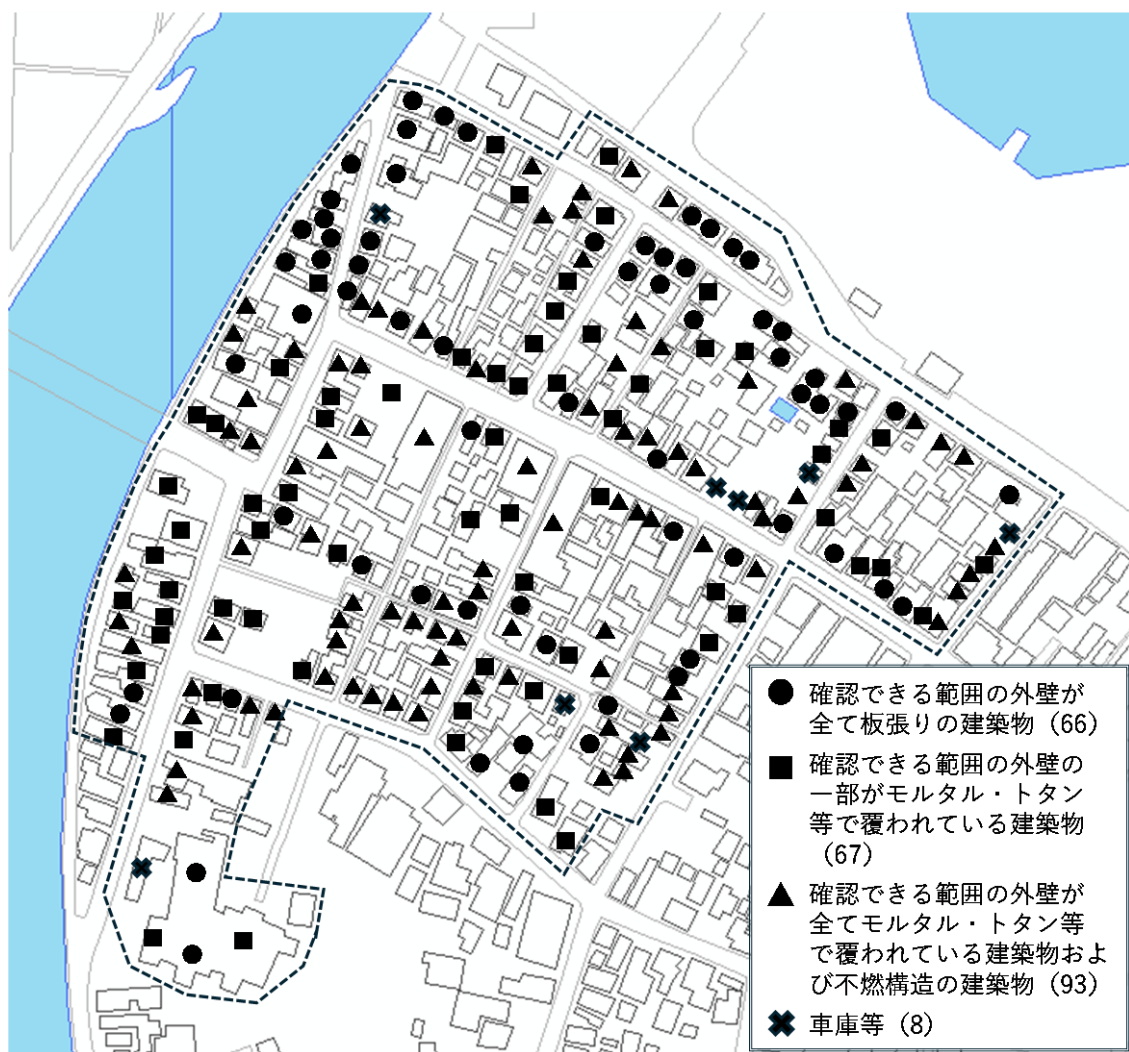


図 6-4-4 Google ストリートビューに基づく焼失範囲内建築物の外壁分類結果

(3)シミュレーションに用いるデータの作成と設定条件

延焼経路データの作成に必要な都市データは、国土地理院から公開されている基盤地図情報を一部変更して用いた。建築物の種別については、基盤地図情報で堅ろう建物に分類されている建築物のほか、Googleストリートビューや現地調査に基づいて判断した建築物を耐火建築物として設定し、それ以外の建築物を木造建築物として設定した。

また、建築物の外形線から延焼計算に必要な延焼経路データを作成する際、防火対策が施されていない木造建築物の延焼速度に延焼経路データを作成するツールが対応していないことから、防火対策が施された木造建築物の延焼速度を用いて延焼経路データを作成した。

さらに、シミュレーションの計算を行うため、焼け止まり調査の結果や入手した映像記録等に基づいて図6-4-5に示す①から⑦の条件を設定するとともに、気象条件として当日の輪島市の天気予報データを参考に南南西の風3m/sを設定したほか、燃え落ち時間として60分を設定した。



図 6-4-5 市街地火災延焼シミュレーションの設定条件

(4)シミュレーション結果と映像記録の比較検証

基盤地図情報を一部修正して作成した都市データと実際の市街地に差があるため実際の火災の数値と単純に比較することはできないが、シミュレーションの結果、焼損棟数は298棟、焼損した建築物の建築面積の合計は約19,958㎡となった。

また、7つの時点（1月1日 19:00、20:30、22:00、23:30、1月2日 1:00、2:30、4:00）におけるシミュレーション結果と入手した映像記録によって把握できている各時点に近い時間帯での実際の延焼状況を図6-4-6に示す。

実際の延焼状況とシミュレーション結果を比較すると、概ね30分程度の差にとどまっており、映像記録に近い状況を再現することができた。ただし、焼失範囲南東側の区画や朝市通りと2棟の鉄筋コンクリート造の建築物で囲まれた区画（図6-4-6（6）中の四角で囲んだ区画）などでは、実際と異なる結果となった。

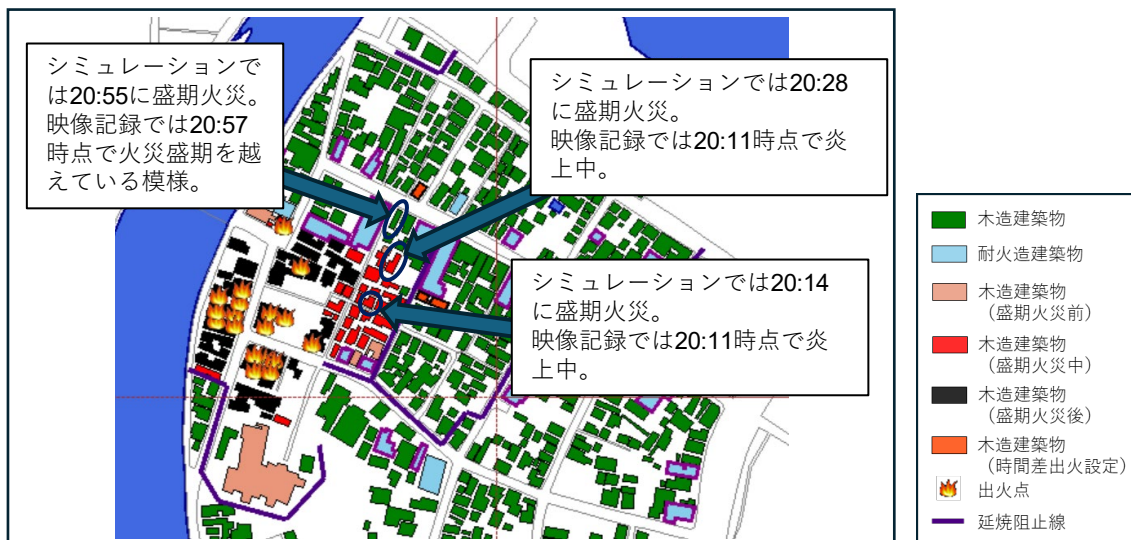
まず、焼失範囲の南東側の区画では、図6-4-6（3）中の左上の枠内に記したように、シミュレーションの結果が実際の延焼よりも遅くなっている。映像記録から、この枠から伸ばした矢印で示した建築物の西隣の鉄骨造の建築物は西側の壁が剥が

れ落ちて20:57の時点で内部に延焼しており、東側の壁も剥がれ落ち、この鉄骨造の建築物の東側に隣接する建築物と思われる板張りの外壁が見えている。これらのことから、この鉄骨造の建築物内を通過して延焼したことで、円内の建築物まで延焼する時間が短くなった可能性が考えられる。

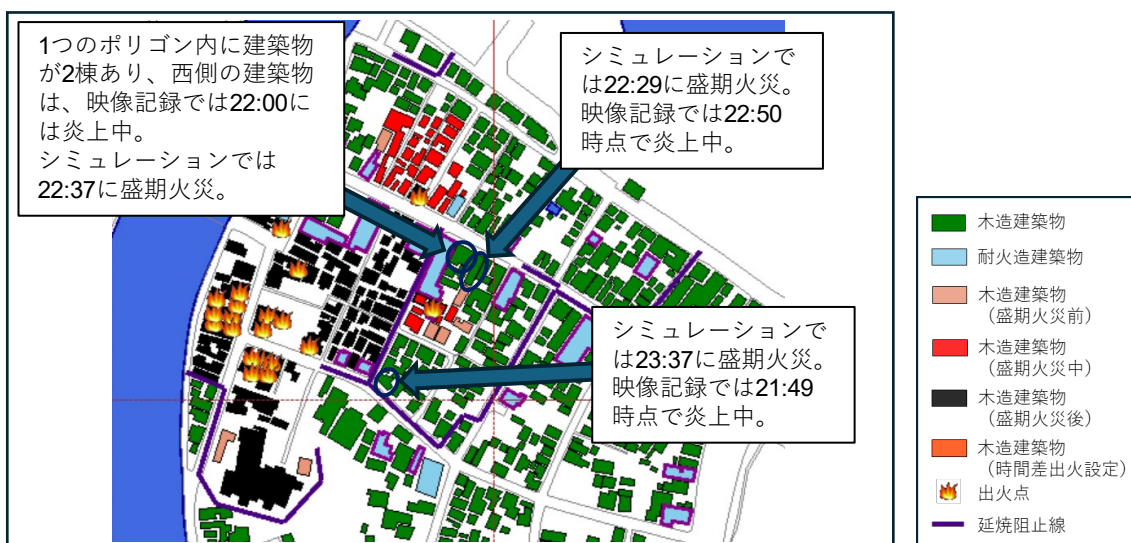
また、図6-4-6 (3) 中の右下の枠内や図6-4-6 (4) 中の左下の枠内に記したように、この区画の南側においてシミュレーションの結果が実際の延焼よりもかなり遅くなっている。シミュレーションでは、焼失範囲中央部を北北東から南南西に貫く街路で行われた延焼阻止活動を再現するために設定した延焼阻止線の東側に、延焼阻止活動終了後の時点に出火点（図6-4-5⑥）を設定しており、この出火点からの延焼が南へも進むという結果になるが、実際の火災ではこの出火点より南の街路沿いでも西側から東側への延焼が起こることで、シミュレーションよりも早く街区南側への延焼が進んだ可能性が考えられる。



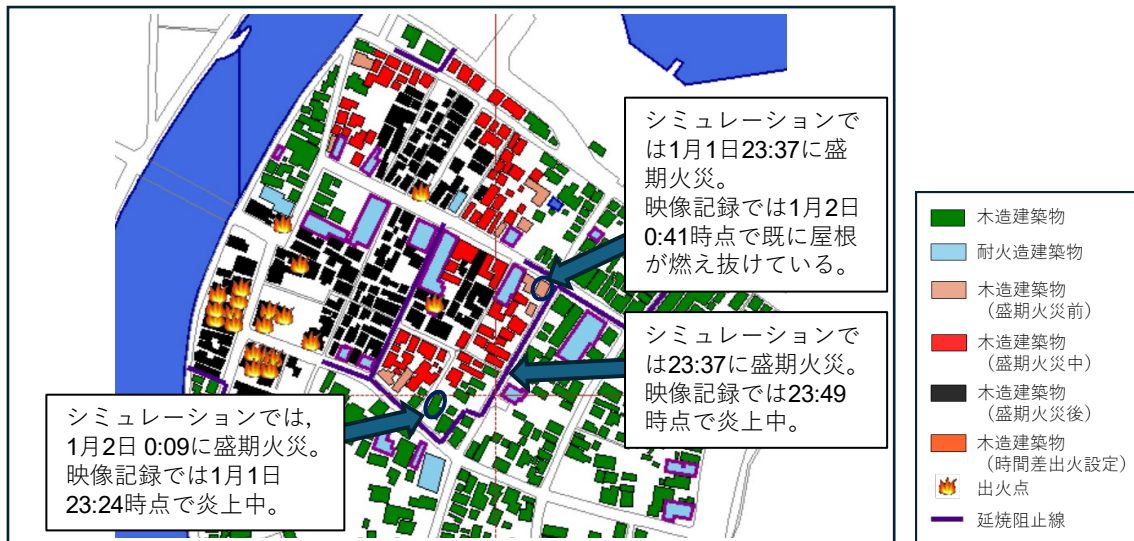
(1) 1月1日 19:00 時点



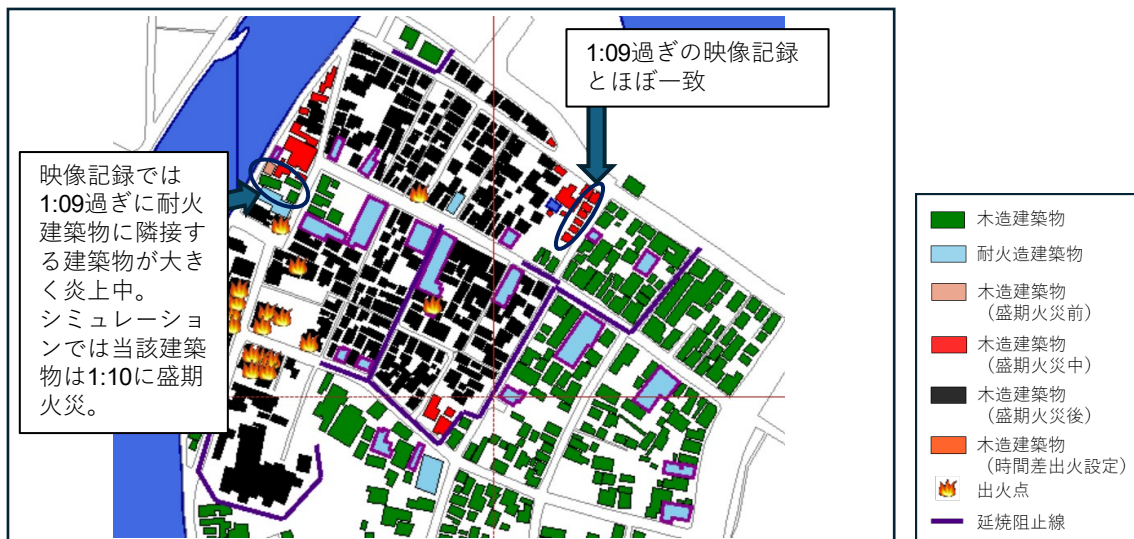
(2) 1月1日 20:30 時点



(3) 1月1日 22:00 時点



(4) 1月1日23:30時点



(5) 1月2日1:00時点



(6) 1月2日2:30時点



(7) 1月2日 4:00 時点

図 6-4-6 シミュレーション結果と実際の延焼状況の比較

次に、朝市通りと2つの鉄筋コンクリート造の建築物で囲まれた区画では、図 6-4-6 (6) に示すようにシミュレーションでは1月2日1:34に北西側から延焼する結果となっているのに対して、実際の火災では1月1日21:20過ぎの映像でこの区画には延焼していないことが確認できている一方、1月2日1:09過ぎの映像では区画全体が火災盛期を越えているように見える。この間、この区画に火災がどのように延焼したのかは不明であるが、区画南西側の道路沿いにある外壁が板張りの木造建築物2棟のうち南側1棟の1階が北側に座屈している写真が残っていることから、上向きに露出することとなった板張り部分に火の粉が溜まって着火した可能性や、隣接する耐火建築物の換気口や窓からの噴出火炎により延焼した可能性など、いくつかの可能性が考えられる。

さらに、シミュレーションでは図6-4-5⑤の出火点は東側の建築物から延焼するものと仮定して設定したが、この付近でもシミュレーションの結果と実際の火災の状況が異なっている。シミュレーションでは直近建築物からの延焼に要する時間をあらかじめ計算して19:56に出火させており、図6-4-6 (2) では既に西側の建築物へ延焼しているが、実際の火災では21:20過ぎの時点でこの建築物を含む耐火建築物南側の数棟に炎は見えず、その後1月2日1:09過ぎの映像ではこれらの建築物で既に火災盛期を越えていて、この間の延焼状況は把握できていない。なお、出火点を設定した建築物の1階軒先や南側にある電柱の看板が高熱にさらされていないように見える状況を考慮すると、出火点を設定した建築物の延焼は東側や南側からの延焼によるものではない可能性がある。また、1月2日1:09過ぎの映像ではこの建築物の北に隣接する耐火建築物の北側よりも南側のほうが早期に炎上したように見えることから、北側の火災が耐火建築物の中を延焼して南側まで延焼していない可能性がある。これらのことを考え合わせると、この付近では、出火点を設定した建築物や西側の建築物への延焼は飛び火によるものであった可能性も考えられる。

(5)飛び火により朝市通りを越えた延焼の影響

図6-4-5⑦の出火点は、消火活動にあたっていた消防職員の情報に基づいて飛び火とみられる出火点を設定したものである。情報によると、出火を発見した当初はこの建築物の東側の小路を北に入った軒先で出火しており、その炎を消して朝市通りに戻ったところ朝市通り側でも出火していたとのことであった。正確な出火時刻は記録されていないが、20時57分頃に放水している写真が残されており、この写真には盛んに火の粉が飛んでいる様子も写っている。

この飛び火が延焼拡大に与えた影響についてシミュレーションを用いて考察した。

図6-4-7に、シミュレーションから推定された北側街区の延焼動態を示す。各時点の火災前線は、それぞれの時点において延焼中となった建築物を囲むように建築物の外形線を結んで作成した。これにより、北側の街区では飛び火の発生した地点から概ね東西方向に延焼拡大したことが推定される。

また、図6-4-5の設定条件において⑦の出火点を設定しない場合のシミュレーション結果を図6-4-8に、朝市通りを越えた延焼の有無による焼損棟数等の違いについてシミュレーション結果から求めた結果を図6-4-9に示す。計算の結果、焼損棟数は143棟、焼損した建築物の建築面積の合計は約10,595㎡となった。

この結果から、仮に飛び火により朝市通りを越えて火災が延焼せず、さらにこの飛び火から延焼した焼失範囲に飛び火による他の出火がなかった場合には、被害が概ね2分の1に留まっていた可能性があることが判った。



図 6-4-7 シミュレーションから推定された北側街区の延焼動態

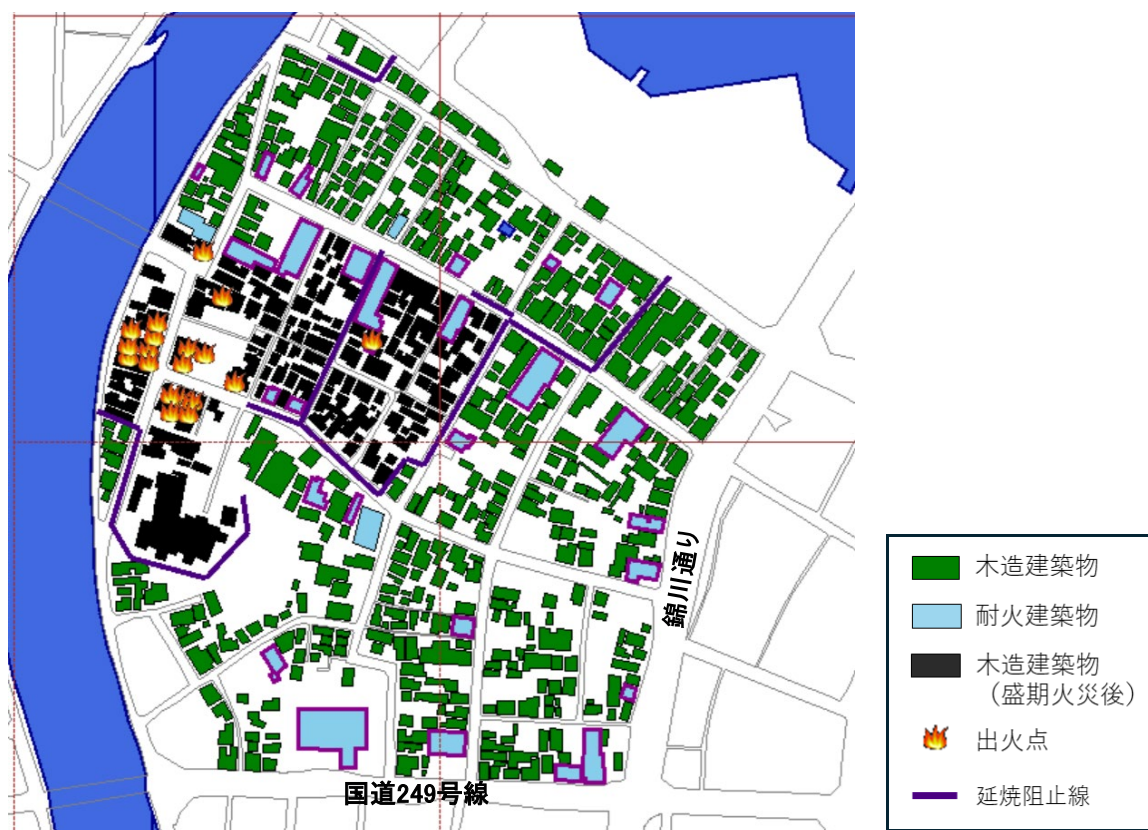
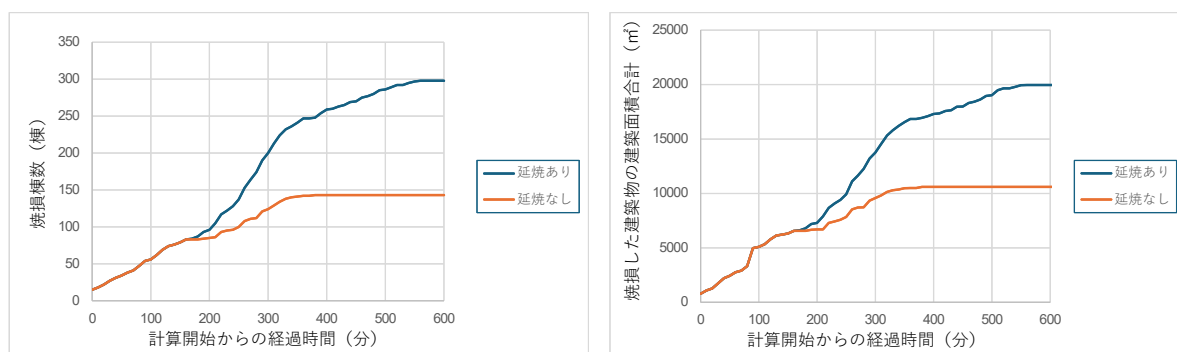


図 6-4-8 朝市通りを越えた延焼が無かった場合のシミュレーション結果



(左) 焼損棟数

(右) 焼損した建築物の建築面積合計

図 6-4-9 朝市通りを越えた延焼の有無による焼損棟数等の違い

(6)放任火災だった場合の延焼シミュレーション結果

消火活動が行われていなかった場合について計算を行った結果を図6-4-10に示す。気象条件は南南西の風3m/s、燃え落ち時間は60分とした。図中の矢印は、1時間に進む延焼のおおよその方向と距離を示している。結果として、国道249号線より北、錦川通りの西にある街区の木造建築物がほぼ全て焼失するという結果が得られた。この場合の焼失範囲は約110,000㎡となり、実際の火災の焼失範囲の倍以上となった。また、最後に延焼した建築物が火災盛期を越えるまでの時間は約20時間だった。

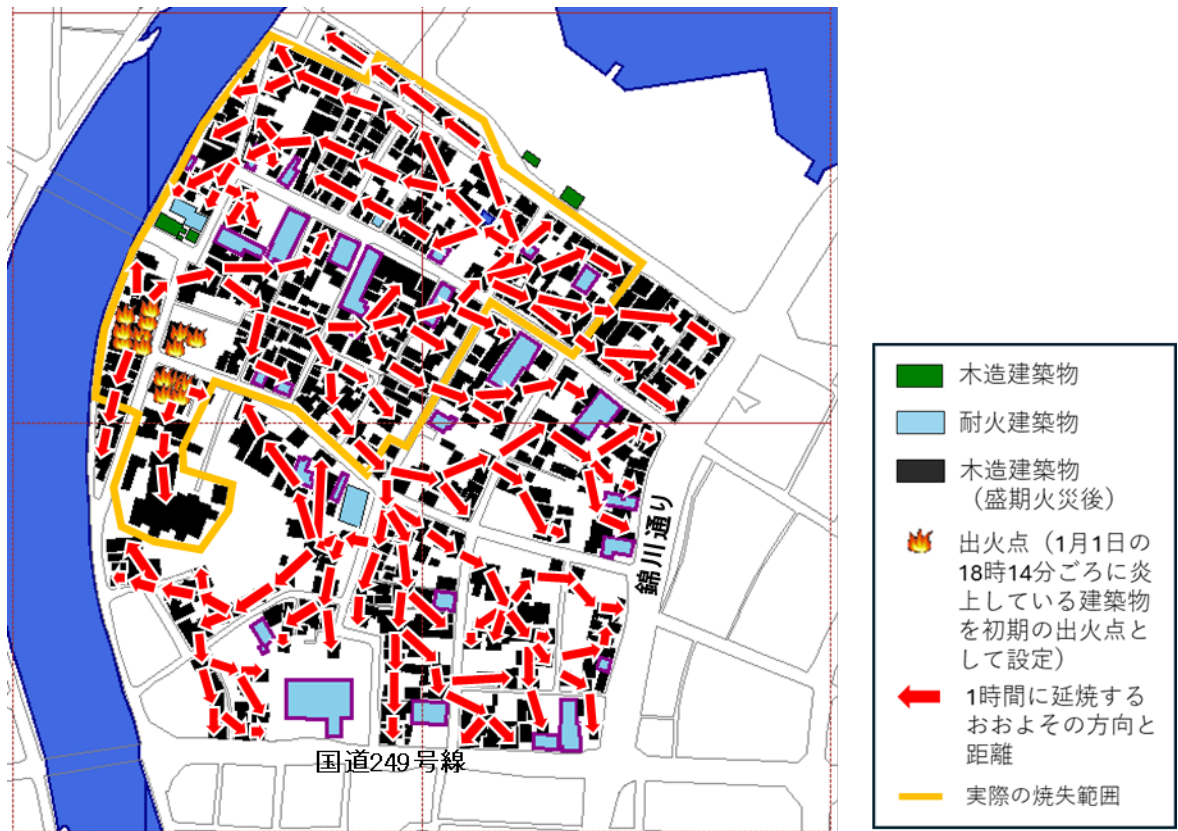


図 6-4-10 放任火災だった場合の計算結果

(7)まとめと今後の課題

令和6年能登半島地震による輪島市河井町で発生した火災について、Googleストリートビューに基づいて焼失範囲における建築物の外壁について調査を行うとともに、ヒアリング調査や写真記録等に基づいて市街地火災延焼シミュレーションの設定条件を検討して火災の検証を試みた。

出火点及び延焼阻止線を設定するとともに、木造建築物の延焼速度式として防火対策が施されていない木造建築物の延焼速度式を用いて計算した結果、映像記録に近い状況を再現することができた。

また、仮に飛び火により朝市通りを越えて火災が延焼せず、さらにこの飛び火から延焼した範囲に他の飛び火による出火がなかった場合には、被害が概ね2分の1に留まっていた可能性があることが判った。

更に、放任火災だった場合についてシミュレーションを実施したところ、消防活動が行われていなかった場合には焼失面積が実際の火災の2倍以上の約110,000m²になっていた可能性があることが判った。

なお、本節で実施したシミュレーションでは地震により建築物が倒壊し、隣棟間隔が減少した場合に考えられる延焼への影響は考慮されていない。例えば、風速3m/sの下で、防火対策が施されていない木造建築物の延焼速度式を用いて風上の2階建ての建築物から10m離れた風下の建築物へ延焼する時間を計算すると、隣棟間の延焼時間はおよそ38.7分となるが、仮に、風下の建築物の1階が座屈して風上側に近づく方向に1階の階高と同じだけ壁面が移動したと仮定すると、階高として一般的に用い

られる3mを用いた場合、隣棟距離は7mとなることから、この2棟の隣棟間延焼に要する時間は約13分に短縮されることとなる。今回の地震では焼失範囲周辺でも多数の建築物が倒壊しており、焼失範囲内でも類似の状況が発生した可能性がある。今後の課題の一つとして、このような建築物の倒壊の影響を考慮した検証が考えられる。

参考文献

- 1) 東京消防庁：地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究，1989
- 2) 日本火災学会：火災便覧（第4版）、p. 526，2018

第7章 まとめ

令和6年1月1日16時10分頃、石川県能登地方でマグニチュード7.6の地震（令和6年（2024年）能登半島地震）が発生し、石川県輪島市河井町では震度6強の揺れが観測された。この地震の後、輪島市河井町地内の建物から出火し、延焼拡大の結果、約49,000m²に及ぶ広範囲な市街地において約240棟（奥能登消防で継続調査中）の建物が焼失するという大規模な火災となった。以下、この火災につき、出火原因、延焼拡大の状況及び延焼拡大の要因に関する調査結果を記す。

(1)出火原因

- a 火元建物は全体が焼失し、建物内に残存している物品も全体的に著しく焼損して大半が原形を留めていなかったことから、詳細な出火箇所は特定できないが、目撃情報により建物1階東側から出火したと考えられる。
- b 火災は地震発生から1時間以上経過した1月1日17時23分に覚知されており、仮に地震発生時に使用中であった火気器具等から出火した場合、火災覚知時刻との説明が難しく、居住者の供述も踏まえると、火気器具等から出火した可能性は低い。また、放火及びたばこの可能性も低い。
- c 電力会社により16時10分34秒に火元建物がある地域への送電が停止されたが、同地域は送電停止の前から強震動に見舞われていたこと、地震発生から50分余り経過した17時4分に火元建物がある地域へ試送電が行われたこと及び火元建物内の電気配線に溶けた痕跡が認められたことを踏まえると、地震の影響により電気に起因した火災が発生した可能性は考えられる。
なお、火元建物内において、電気製品は焼損及び破損が著しいこと、電気配線は細かく断線していて出火前の配置状況等が判然とせず、溶けた痕跡も複数箇所に認められることを踏まえると、具体的にそれらがどのように出火に関与したかは判断できない。
- d 以上のことから、地震の影響により電気に起因した火災が発生した可能性は考えられるが、具体的な発火源、出火に至る経過及び着火物の特定には至らない。

(2)延焼拡大の状況

- a 焼失範囲内南西に位置する建物から出火した火災により、覚知から約14時間後の1月2日7時30分の鎮圧までの間に、輪島市河井町内の約49,000m²の範囲、約240棟（奥能登消防で継続調査中）の建物が焼失した。焼け止まり線の周長は約1,260mであった。1日17時52分、20時13分、21時23分、さらに2日1時8分頃の映像に映った火災の煙の傾きから、これらの時間帯は火災現場付近では弱い南南西の風が吹いていたと推測された。

- b 写真・映像から復元した延焼動態図から、焼失範囲の南西において、火災初期には南北方向に同程度の速さで延焼し、その後東方向に延焼したことがわかった。風上（南）方向の延焼速度及び風横（東）方向の延焼速度は、それぞれ35m/h程度、20m/h程度であった。風上方向の延焼速度は阪神・淡路大震災の約1.5倍、糸魚川市大規模火災の0.7～1.1倍、風横方向の延焼速度は阪神・淡路大震災の0.8～1.8倍、糸魚川市大規模火災の半分程度であった。焼失範囲内北部の街区については、2日1時9分には延焼し尽くしていることが空撮映像からわかるのみで、延焼動態を復元できる写真・映像は入手できておらず、詳細な分析は困難である。
- c 焼失範囲内北部の街区である「朝市通り」北側への燃え移りは、飛び火（火の粉による出火）によるものであることが、消火活動にあたった消防職員による目撃情報からわかった。市街地火災延焼シミュレーションからは、この街区では飛び火から概ね東西方向に延焼拡大したと推定される。
- d 焼失範囲の北西側の焼け止まり線は河川との境界、北東側の焼け止まり線は主に空地との境界であった。南東側と南西側の焼け止まりには消火活動が寄与したと考えられ、そのように考えられる焼け止まり線の周長は、全体の約43%にあたる約540mであった。
- e 市街地火災延焼シミュレーションの結果から、仮に消火活動が行われず放任火災となった場合、焼失面積は実際の火災の2倍以上の約110,000m²となった可能性があることがわかった。

(3)延焼拡大の要因

延焼拡大を促進したと考えられる要因、またはその可能性があるものとして次のものがあげられる。

- a 消防水利が不足したこと。
- (a)地震後の断水により消火栓が使用不可能となったこと。
 - (b)焼失範囲内及びその周辺地域の防火水槽のなかに、建物倒壊により使用できなかったか使用を断念されたものが4基あったこと。
 - (c)河原田川の水位の低下及び大津波警報等の発表等により、河川及び海からの取水が困難な状況になったこと。
- b 焼失範囲及びその周辺市街地の防火性が低い状況であったと考えられること。
- (a)焼失前の焼失範囲内を写した写真（Googleストリートビュー）に、道路に面した建物には外壁面が板張りの古い木造住宅が多く見られたこと。
 - (b)焼失範囲内には幅員4m未満の道路や路地が多くあり、このために建て替えが進まず、街区内に古い木造住宅が多くあった可能性が考えられること。
 - (c)古い木造住宅の隣棟間隔には50cm前後の狭いものが多く見られたこと。

c 地震により建物が倒壊して隣棟間隔が減少すると、燃え移りやすくなるが、焼失を免れた近隣街区には倒壊した建物が見られたことから、焼失範囲内にも倒壊した建物があり、これが延焼拡大を促進させた可能性が考えられること。

d 飛び火または飛び火と疑われるものがあったこと。

なお、焼失範囲ではガス配管による都市ガスの供給はなく、多くの建物にLPガスボンベが設置されていたが、火災時の木造建物1棟の総発熱量及び発熱速度に対するLPガスボンベ（充填ガス重量50kg）1本のそれらの比は、それぞれ1%程度、2～3%と見積もることができる。また、焼失範囲内の建物には灯油ホームタンクが設置されているものがあったが、同じく火災時の木造建物1棟の総発熱量及び発熱速度に対する灯油ホームタンク（容量150L）1台に対するそれらの比は、それぞれ2%程度、2～3%と見積もることができる。これらのことから、LPガスボンベ及び灯油ホームタンクが延焼拡大を促進した影響は多少はあったものの、延焼拡大の主たる要因ではなかったものと考えられる。