

第6章 火災による被害

6.1 調査の目的と概要

火災被害については、これまでに17件の地震に起因する火災（以下、地震火災）の発生が報告されている⁶⁻¹⁾。表6.1-1および図6.1-1にそれらの概要を示す。17件の火災のうち現地調査の対象とした火災は、大規模な市街地火災に発展した輪島市河井町での火災（以下、本火災）である。本章では、現地調査結果に基づき、本火災の焼失区域、焼け止まり要因、および火の粉の飛散状況について分析した結果を報告する。また、人工衛星データを利用して広域火災発生地域を検出した結果、Web情報や報道機関の映像に基づき本火災の延焼状況を推定した結果、令和6年能登半島地震における出火の特徴を分析した結果をあわせて報告する。

表 6.1-1 火災の発生状況⁶⁻¹⁾

都道府県	管轄自治体	火災件数	火災件数（計）
新潟県	上越市	1	17
富山県	富山市	2	
	高岡市	1	
	氷見市	1	
	魚津市	1	
石川県	金沢市	3	
	七尾市	2	
	輪島市	4	
	珠洲市	1	
	能登町	1	

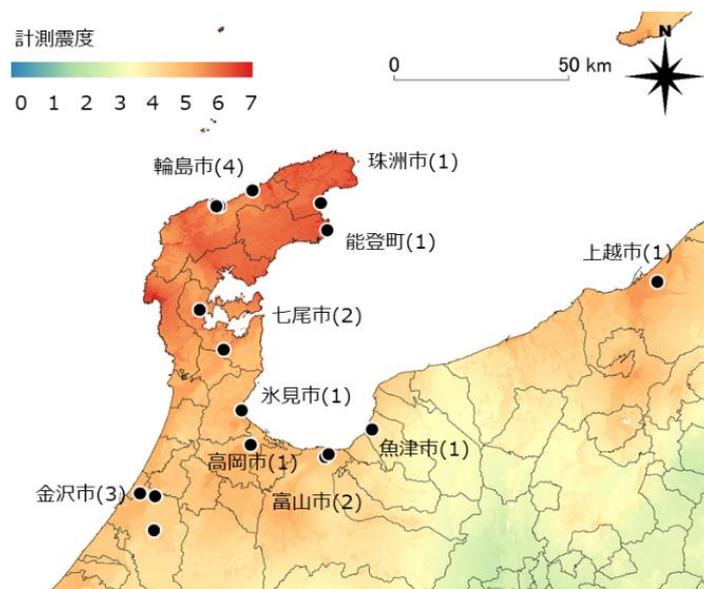


図 6.1-1 出火地点（行政界：国土数値情報⁶⁻²⁾、計測震度：Quiet+⁶⁻³⁾

6.2 調査結果

写真 6.2-1 は焼失した区域周辺の様子を撮影したものである。市街地には低層の木造住宅が多いが、地震動により倒壊した建物、木ずりモルタルが脱落した建物が多い。本火災は、こうした市街地状況の中で発生したものと推測される。なお、同区域は津波による直接的な影響を受けていない。

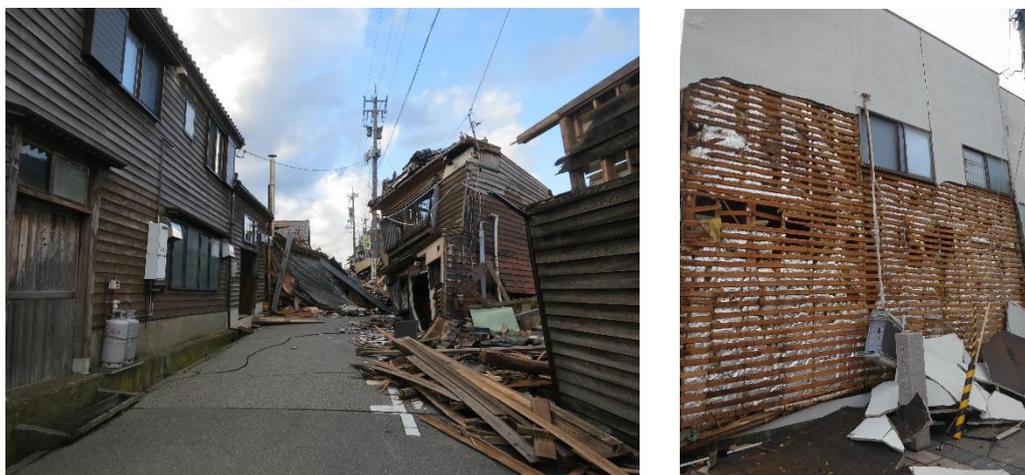


写真 6.2-1 焼失した区域周辺の市街地の様子

本調査は、被災直後の市街地から把握できる情報の収集を目的として実施した。ただし、本調査では消防隊・消防団、あるいは住民への聞き取り調査は行っていない。また、被災した建物の内部から被害状況を確認していない。このため、本調査で収集した情報は、屋外から目視により把握できるものに限定されている。

6.2.1 焼失区域

本報告では、焼け落ちているか、あるいは屋内に火炎が侵入したことが屋外から確認できた建物が立地する敷地の集合を焼失区域と定義する。ただし、一つの敷地内に複数の建物があり、そのうちの一部のみが焼け落ちるなどしている場合には、該当する建物の周囲のみを焼失区域の面積に算入する。

本調査の結果に基づき推定した焼失区域を図 6.2.1-1 に示す。使用した建物データは基盤地図情報（2023 年 4 月版）⁶⁻⁵⁾である。しかし、現地調査において確認された建物状況とは異なる部分が確認されたため、Open Street Map⁶⁻⁵⁾、Google マップ⁶⁻⁶⁾、Yahoo! マップ⁶⁻⁷⁾などの公開情報を参考に一部修正を加えた。その結果、焼失区域の面積は約 50,800m²、区域内に含まれる建物の数は約 300 棟と推定された。ただし、最終的な被害規模については、焼損面積（焼損した建物の床面積の総計であり、区域面積とは異なる）および焼損棟数が消防により確定される。

なお、焼失区域の周囲には、焼失区域からの加熱を受けて窓ガラスの損傷（地震動による損傷か判断ができなかったものもある）、加熱による外壁の変色・変形（木ずりモルタルの亀裂、金属サイディングの膨らみ等）、あるいは雨樋の溶融などの被害を生じている建物があった。これらは、屋内への火炎の侵入があったのかどうかは明らかでなかったため、焼失区域に含めていない。しかし、今後の調査により、被害実態が明らかになれば、焼失区域に含まれる可能性がある。また、建物データについても、今後、より確度の高い情報に置き換える予定であり、これに伴って本報告の分析結果が修正される可能性がある。

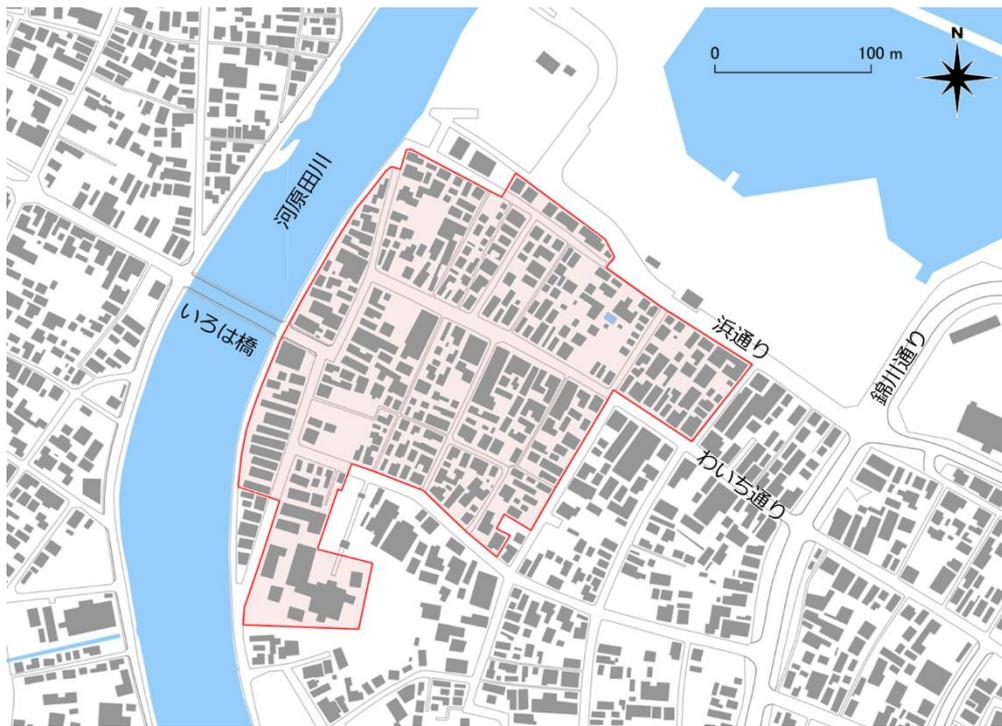


図 6.2.1-1 本調査で確認された焼失区域（建物データ：基盤地図情報^{6.4)} データを一部改変）

6.2.2 焼け止まり要因

焼失区域は、建物、樹木、空地、消火活動など、様々な要因により焼け止まった結果を表している。今回の火災でも、河川、道路などの隣棟間隔が広い場所で焼け止まりが生じているが、それ以外の、隣棟間隔が比較的狭い場所でも焼け止まりが生じている。そこで、現地調査の結果に基づいて、これらの焼け止まりの要因を検討した。ただし、本調査では、消防隊・消防団あるいは住民への聞き取りを行っておらず、消火活動がどの程度焼け止まりに寄与したのかは確認できていない。焼け止まり要因を検討した焼失区域の部分を図 6.2.2-1 に示す。

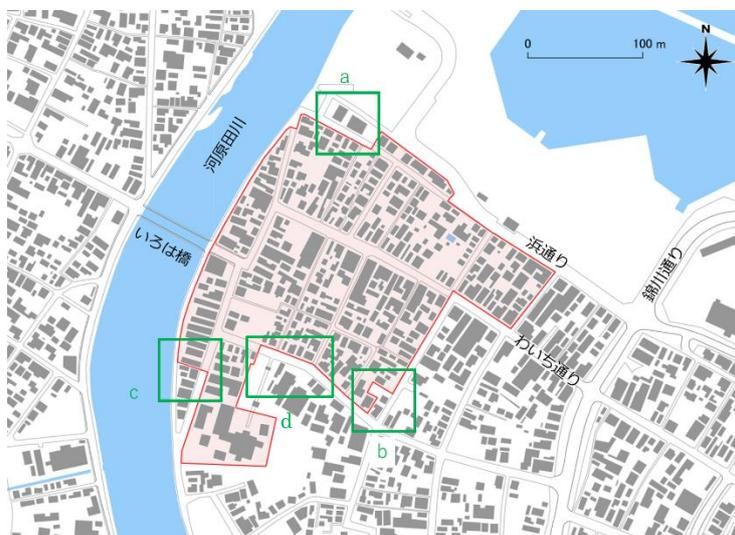


図 6.2.2-1 焼け止まり要因の検討対象

(1) 焼け止まり部分 a

焼け止まり部分 a は、焼失区域の北端に位置する戸建て住宅 2 棟である。図 6.2.2-2 は対象範囲を拡大して示したものである。



図 6.2.2-2 焼け止まり部分 a

建物 a1 の外周の状況を写真 6.2.2-1 に示す。対面する焼失区域から建物 a1 までの最も短い離隔距離は 11.2m であった。南面は最も強い加熱を受けたと考えられる。外壁面（窯業系サイディング張りおよび金属サイディング張り）には目立った損傷等は見られなかったものの、1 階および 2 階の窓の複層ガラス（アルミサッシ）の屋外側には損傷が生じていた。また、外壁近くに設けられていた自転車の駐輪カバーは溶融していた。西面の雨樋は溶融していた。



(ア) 南東側から見た建物全景



(イ) 南西角

写真 6.2.2-1 建物 a1 の外周の状況

建物 a2 の外周の状況を写真 6.2.2-2 に示す。対面する焼失区域から建物 a2 までの最も短い離隔距離は 8.0m であった。南面は最も強い加熱を受けたと考えられる。外壁（ボード下地塗仕上げ）は全体的に茶色く変色しており、亀裂が生じていた。また、雨樋は溶融しており、外壁面から 2m ほど奥まった位置にある窓でもガラスに損傷が生じていた。西面の 2 階窓の網戸の網は溶融し、脱落しかかっていた。また、1 階に設置されたエアコン室外機は溶融していた。



(ア) 南東側から見た建物全景

(イ) 南西角

写真 6.2.2-2 建物 a2 の外周の状況

(2) 焼け止まり部分 b

焼け止まり部分 b は、焼失区域の南東端に位置する戸建て住宅 2 棟である。図 6.2.2-3 は対象範囲を拡大して示したものである。



図 6.2.2-3 焼け止まり部分 b

建物 b1 の外周の状況を写真 6.2.2-3 に示す。対面する焼失区域から建物 b1 までの最も短い離隔距離は 11.6m であった。ただし、焼失区域と建物 b1 の間には、建物 b1 からの距離が 7.0m の位置に焼失車両が残されており、火災時には燃焼する車両からの影響も受けていたものと考えられる。西面は最も強い加熱を受けたと考えられる。外壁（トタン板張り）および軒には目立った損傷は見られなかったものの、1 階および 2 階の窓のガラスには損傷が生じており、網戸の網にも溶融が見られた。また、エアコンの本体と室外機をつなぐ配管等にも溶融が見られた。



写真 6. 2. 2-3 建物 b1 の外周の状況：西面（外壁面と焼けた車両）

建物 b2 の外周の状況を写真 6.2.2-4 に示す。対面する焼失区域から建物 b2 までの最も短い離隔距離は 1.5m であった。建物は木造 2 階建てであり、地震動により南側外壁（木ずりモルタル塗り）に一部脱落が見られた。西面は最も強い加熱を受けたと考えられるが、雨樋が溶融し、変形していたほかは、トタン板が張り付けられた外壁に目立った損傷は確認できなかった。なお、西面には小さな窓が設けられていたが、ガラスは脱落することなく残っていた。



(ア) 北側から西面を見た様子

(イ) 西側から見た建物全景

写真 6. 2. 2-4 建物 b2 の外周の状況

(3) 焼け止まり部分 c

焼け止まり部分 c は、焼失区域の南東端に位置する戸建て住宅 2 棟である。図 6.2.2-4 は対象範囲を拡大して示したものである。



図 6.2.2-4 焼け止まり部分 c

建物 c1 (外壁は金属サイディング張り) および建物 c2 (外壁は窯業系サイディング張り) の外周の状況を写真 6.2.2-5 に示す。対面する焼失区域から建物 c1 および建物 c2 までの最も短い離隔距離は、北面の 0.9m であった。北面の窓ガラスの脱落はなく、火災加熱による目立った損傷は確認できなかった。なお、北側の建物は 3 階建てで、2 階および 3 階部分は激しく焼損しているものの、1 階部分の焼損は比較的軽微であった。また、この建物の 1 階および 2 階の建物 c1 および建物 c2 に面する外壁は残存していた。建物 c2 の東面は幅員 8.9m の道路に面しているが、焼失区域からの離隔距離が確保されているためか、火災加熱による損傷は確認できなかった。



(ア) 建物 c1 の西側から北面を見た様子 (イ) 建物 c2 の東側から北面を見た様子

写真 6.2.2-5 建物 c1 および建物 c2 の外周の状況

(4) 焼け止まり部分 d

焼け止まり部分 d は、焼失区域の南端に位置する寺院である。図 6.2.2-5 は対象範囲を拡大して示したものである。

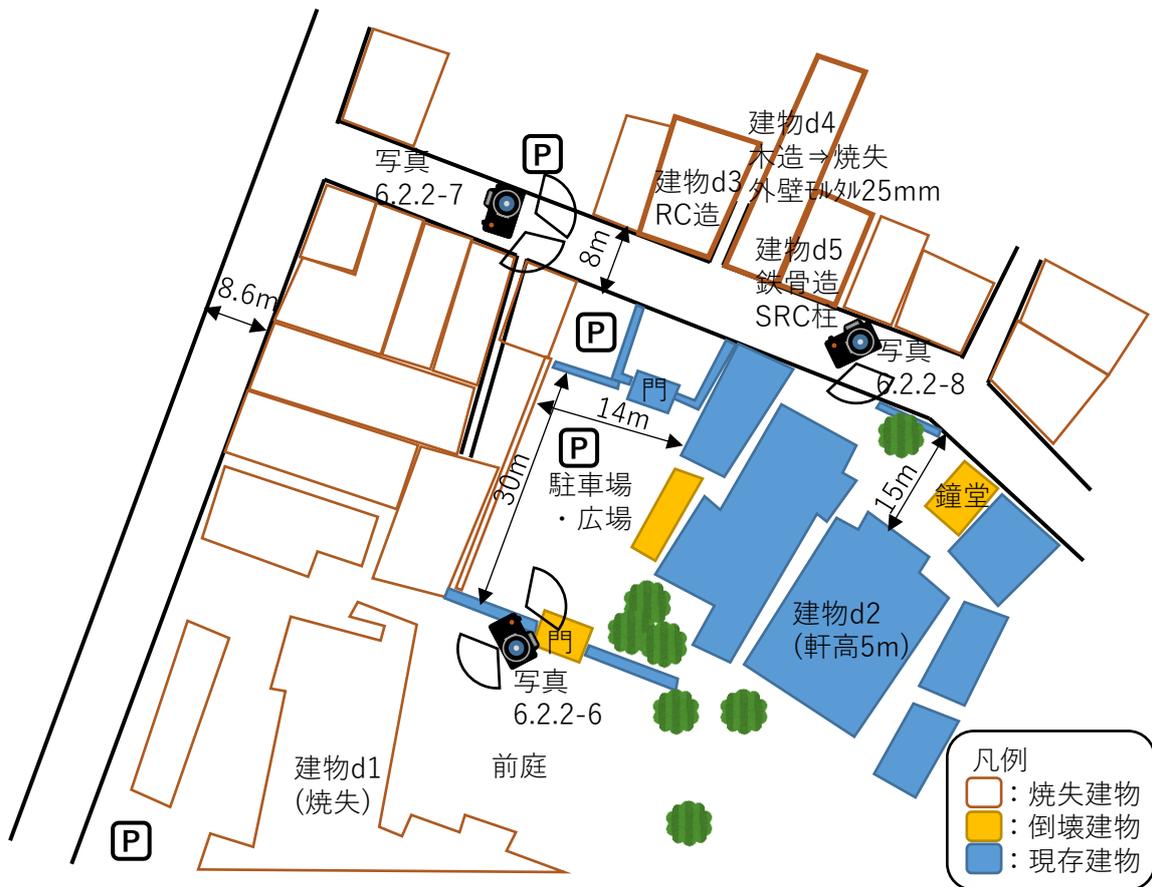


図 6.2.2-5 焼け止まり部分 d

建物 d1 (木造焼失建物) を含む延焼区域と建物 d2 (木造建物) の外周の状況を写真 6.2.2-6 に示す。建物 d2 と焼失建物 d1 を含む延焼区域の間には、駐車場や前庭といった空地や、門扉や樹木といった遮蔽物があり、これが火災から建物 d2 への加熱を和らげたことが延焼防止につながったと考えられる。



写真 6.2.2-6 建物 d1 および建物 d2 の外周の状況

建物 d3 (RC 造焼失建物)、d4 (木造焼失建物：外壁モルタル造)、d5 (鉄骨造焼失建物) を含む延焼区域と、建物 d2 (木造建物) の外周の状況を写真 6.2.2-7 に示す。建物 d2 (木造建物) の北側道路幅は 8m であり、西側道路 (幅 8.6m) 側は、道路を超えて延焼が見られることから、道路幅のみでは延焼防止に十分であったとは言えないが、建物 d1 側同様、建物前面に、駐車場や広場といった空地や、塀や樹木といった遮蔽物が配置されていた (写真 6.2.2-8) ことに加え、道路対向側の RC 造や SRC 造の建物が周囲の建物からの放射熱を遮る役割を果たしたことが、延焼を防いだ要因と考えられる。



写真 6.2.2-7 建物 d3~d5 および建物 d2 の外周の状況



写真 6.2.2-8 建物 d2 北側道路前の樹木の状況

6.2.3 火の粉の飛散状況

火災当時の火の粉の飛散状況を確認するため、焼失区域の周辺市街地に落下している消し炭の収集を行った。調査区域全体の収集結果を図 6.2.3-1 に、焼失区域北部の消し炭の飛散状況を図 6.2.3-2 に示す。消し炭は、焼失区域の北側に集中しており、南側では見つからなかった。このことは、火災発生当時、河井町周辺で南寄りの風が吹いていたことを示している。ただし、焼失区域の北側は日本海に面しており、どの程度遠方に火の粉が飛散していたのかを、消し炭の収集結果から推定することはできなかった。なお、調査前日の 1 月 3 日には降雨があったため、調査時点で、既に流失したり、あるいは、消火活動や降雨により排水口付近に集積したりした消し炭もあったものと考えられる。



図 6.2.3-1 調査区域全体の消し炭の飛散状況 (背景地図: 地理院地図⁶⁻⁸⁾)



図 6.2.3-2 焼失区域北部の消し炭の飛散状況（背景地図：地理院地図⁶⁻⁸⁾）

図 6.2.3-3 は、輪島市および珠洲市に設置された AMeDAS による平均風速および平均風向の観測記録を示している⁶⁻⁹⁾。輪島市内に設置された AMeDAS は、火災が発生した河井町の南西約 700m の位置にある。地震が発生した 1 月 1 日 16 時 10 分の時点では、平均風速が 1.3m/s と、微風の状態であった。また、当初は北寄りであった風が、その後しばらくして南寄りに変わっている。しかし、同 AMeDAS による観測は、同日 18 時 50 分から翌日 15 時にかけて途絶しており、データに欠損がある。そこで、輪島市の東約 35 km の位置にある珠洲市内に設置された AMeDAS による観測記録を併記してある。両者を比較すると、地震発生直後の風向には違いが見られるものの、観測結果の途絶前後の風向はほぼ同様な傾向を示しており、平均風速についても傾向が類似しているように見受けられる。このことを踏まえれば、河井町で火災が発生していた期間の風速はそれほど強くなかったものと推測できる。

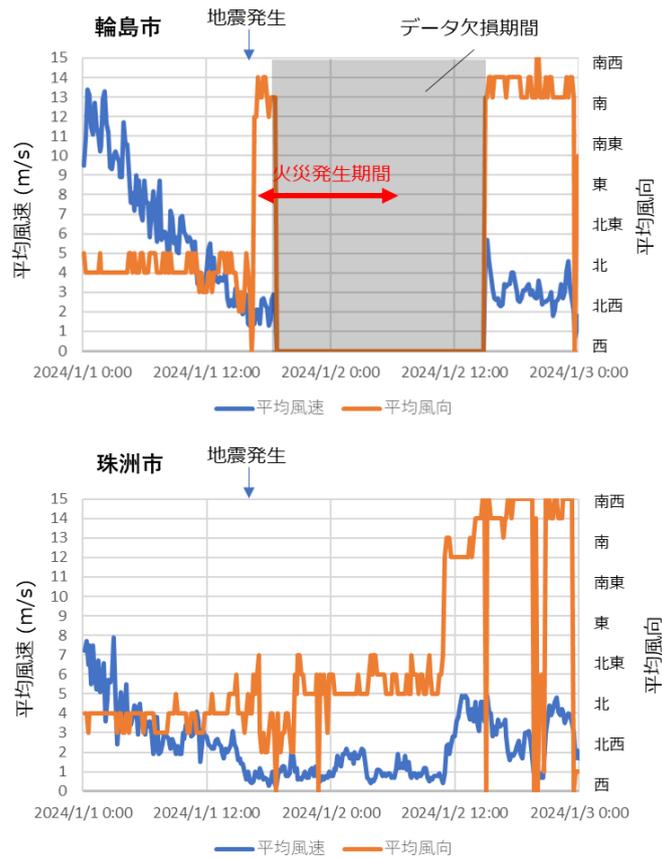


図 6.2.3-3 AMeDAS の観測記録⁶⁻⁹⁾

消し炭の採取地点と外寸を整理した結果を表 6.2.3-1 に示す。焼失区域の真北にあたる場所では、比較的大きな消し炭(消し炭①、消し炭②)が採取された。一方で、みなと橋を北側に超えた場所で採取された消し炭は、風による影響を受けやすい比較的小さな消し炭(消し炭③)、あるいは厚みの薄い消し炭(消し炭④)が多かった。同様に、焼失区域の北東側では、比較的小さい消し炭(消し炭⑤)が多かった。なお、採取された消し炭の中には、落下してそのままの位置にあったものだけでなく、落下後に風や降雨等の影響を受けて移動したものも含まれている可能性がある。

表 6.2.3-1 収集した消し炭

	消し炭①	消し炭②	消し炭③	消し炭④	消し炭⑤
写真					
外寸 (mm)	78×36×9	最大 84×37×10.5 最小 32×15×4.5	厚さ 1mm 以下	71×63×2	27×23×8.1
面積 (mm ²)	2043	最大 2498 最小 303	456	3100	421
質量 (g)	0.63	最大 2.02 最小 0.08	0.07	0.92	0.27

※外寸・面積は Photoshop を用いてピクセルサイズから推定、外寸の厚さは最も厚みのある部分を計測

写真 6.2.3-1 は、テレビ金沢によるビデオ映像を切り出したものであり、燃焼中の建築物から大量に火の粉が飛散する状況を示している。



写真 6. 2. 3-1 飛散する火の粉の状況（1月1日17時33分時点）（提供：テレビ金沢）

写真 6.2.3-2 は、赤丸の位置に、比較的大きな火の粉の飛散状況を示している。



写真 6. 2. 3-2 飛散する火の粉の状況（1月1日17時38分時点）（提供：テレビ金沢）

6.3 分析

6.3.1 人工衛星による広域火災発生地域の検出

(1) 衛星赤外線観測データによる火災検出

大規模地震発生時には被害の全容把握が困難となることから、人工衛星による広域的な観測情報が有効である。今回の地震では、赤外線センサーを搭載する人工衛星（Terra、Aqua、Suomi-NPP 及び NOAA-20）による観測データに基づく火災発生地域の検出を試みた。また、JAXA より GCOM-C による火災検出情報の提供を受けた。

本検討で用いた火災検出プログラムは NASA のアルゴリズムをベースとして作成したプログラムで、地表からの熱放射の観測データを用い、周囲と比較して著しく強い熱放射を検出したピクセルを火災として抽出する。この抽出過程において雲に覆われたピクセルの除外や誤検出ピクセルのフィルタ処理が行われるが、一部、日本の特性に合わせてアルゴリズムの小さな変更とパラメータの調整を行っている。地震発生後の各衛星の観測日時と火災検出地域を表 6.3.1-1 に示す。

表 6.3.1-1 人工衛星による観測日時と火災検出地域

観測日時 (JST)	衛星名	直下解像度	火災検出地域
1月1日 22:05	Terra	1000 m	輪島市河井町
1月1日 22:18	GCOM-C	250 m	輪島市河井町、能登町白丸
1月2日 01:00	Suomi-NPP	375 m	輪島市河井町、能登町白丸
1月2日 01:54	NOAA-20	375 m	輪島市河井町、輪島市名舟町、能登町白丸
1月2日 02:05	Aqua	1000 m	輪島市河井町

火災は輪島市河井町、輪島市名舟町及び能登町白丸の3地域で検出された。今回の地震ではこれら3地域の他に珠洲市宝立町において比較的規模の大きな火災（焼失面積約 2,500 m²）が発生したことが知られているが、この火災は検出されなかった。各地域の位置を図 6.3.1-1 に、各地域の拡大図を図 6.3.1-2、6.3.1-3、6.3.1-4 に示す。

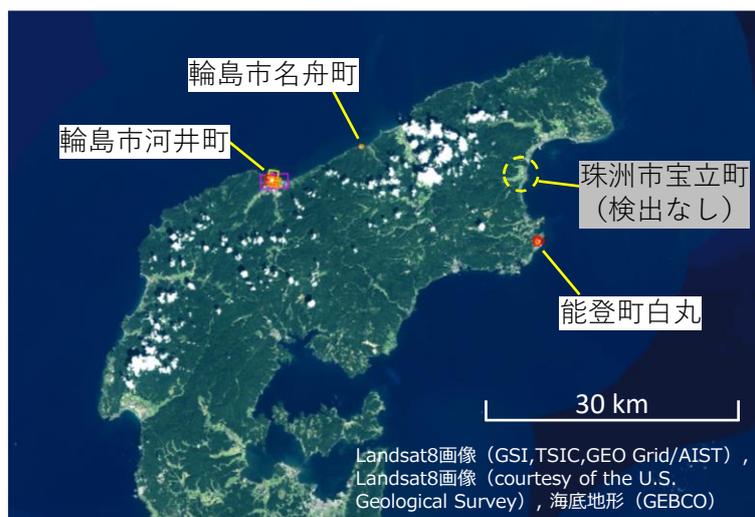


図 6.3.1-1 人工衛星による火災検出地域の分布（背景地図：地理院タイル⁶⁻¹⁰⁾

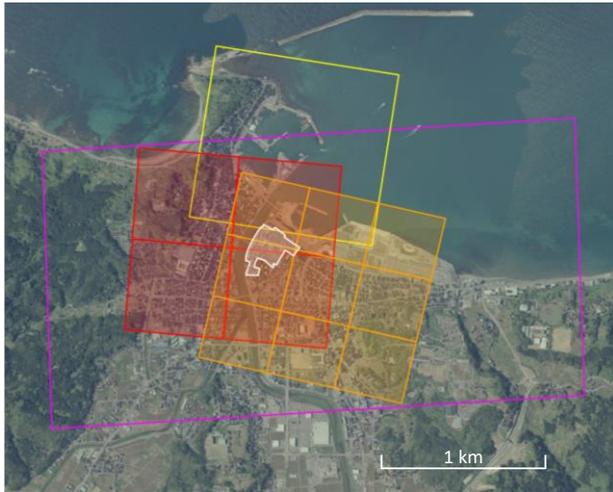


図 6.3.1-2 輪島市河井町周辺の火災検出結果（背景地図（右）：地理院タイル⁶⁻¹⁰）

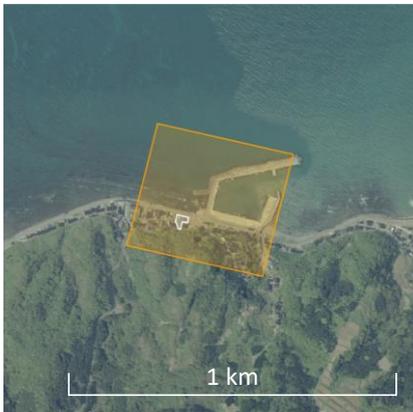


図 6.3.1-3 輪島市名舟町周辺の火災検出結果
(背景地図：地理院タイル⁶⁻¹⁰)

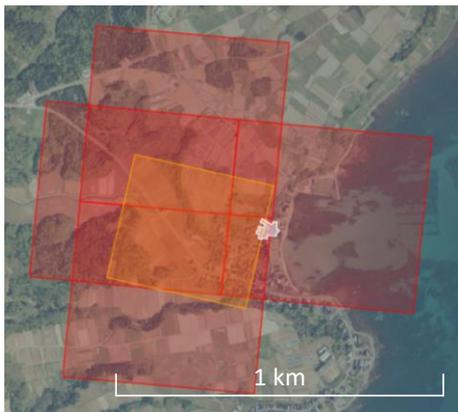


図 6.3.1-4 能登町白丸周辺の火災検出結果（背景地図（右）：地理院タイル⁶⁻¹⁰）

今回の解析では1月2日未明の早い段階で輪島市河井町及び能登町白丸周辺での大規模火災が発生している可能性があることが確認された。これらの情報は現地調査の実施において参考情報として利用された。

(2) 衛星 SAR データによる火災範囲検出の試行

SAR（合成開口レーダー）は地表・地物の形状やテクスチャの状況の把握に活用可能なレーダーセンサーであり、衛星 SAR に関しては能動的に雲を透過する電波を地表に照射しその反射強度を計測するため夜間や雲がかかっている状況でも観測可能という大きな特徴がある。また、近年の技術開発により小型化、高性能化が進み、コンステレーションによる高頻度、高精度の衛星観測が実現しつつある。赤外センサーのように熱を検出するものではないが、市街地火災では木造家屋等の燃焼過程で形状変化を伴うことから SAR による燃え落ち範囲を検出することで火災の検出に活用できる可能性がある。そこで輪島市河井町の大規模火災を対象に、JAXA の SAR 衛星 ALOS-2 による観測データを用いて深層学習を適用した火災範囲の検出を試行し、火災検出への活用可能性の検討を行った。

地震後に ALOS-2 による緊急観測が実施され、輪島市河井町周辺も複数回観測された。各緊急観測データは変化抽出等ができるように過去にほぼ同位置から観測されたアーカイブデータとともに公開されている⁶⁻¹¹⁾。本検討では高分解能モードで観測された1月1日、2日、3日、8日及び9日の5回の観測データを用いて深層学習手法を適用した。

5回の緊急観測のうち、1日～8日の4回の観測データを訓練データとし、9日の観測データを検証データとした。火災範囲の正解データは、1月1日の訓練データのみ観測時刻に近い当日 23:21 時点の延焼範囲（図 6.3.1-5(a)）とし、その他は最終的な焼失区域とした。

図 6.3.1-5 は検証データ（1月9日）に正解範囲及び最も推論の成績が良かったモデルによる推論範囲を表示したものであり、ほぼ一致した推論結果が得られている。本検討は限られたデータを用いた試行であり、今回のモデルが地震後の火災範囲の検知にそのまま活用できるわけではないが、衛星 SAR で捉えた火災被害地域の特徴が深層学習によって識別可能であることを示しており、詳細な火災範囲把握の可能性を示していると考えられる。



図 6.3.1-5 輪島市河井町の大規模火災を対象とした衛星 SAR による火災範囲の検出結果
(背景：ALOS-2 による 2024/1/9 及び 2021/10/19 の観測データ⁶⁻¹¹⁾に基づく疑似カラー画像)

6.3.2 輪島市河井町火災の延焼状況

(1) Web 情報に基づく延焼動態の推定結果

市街地火災の延焼要因を分析にするにあたって、火災がどのような時間経過で燃え広がったのかを把握することは重要である。そこで、報道機関および個人による Web 上の発信を分析することで、延焼動態の推定を試みた。

図 6.3.2-1 は、関連する Web 上の発信を時系列に並べた結果に基づいて延焼動態を推定した結果を示している。個人による発信の中には、延焼がどの範囲に及んでいるのか、建物や通りの名称に触れながら言及しているものがあり、推定の手がかりとすることができた。ただし、こうした発信から延焼動態の全体像を把握することは難しかったことから、一部、建物の離隔距離の状況などを踏まえて延焼経路を推定している。

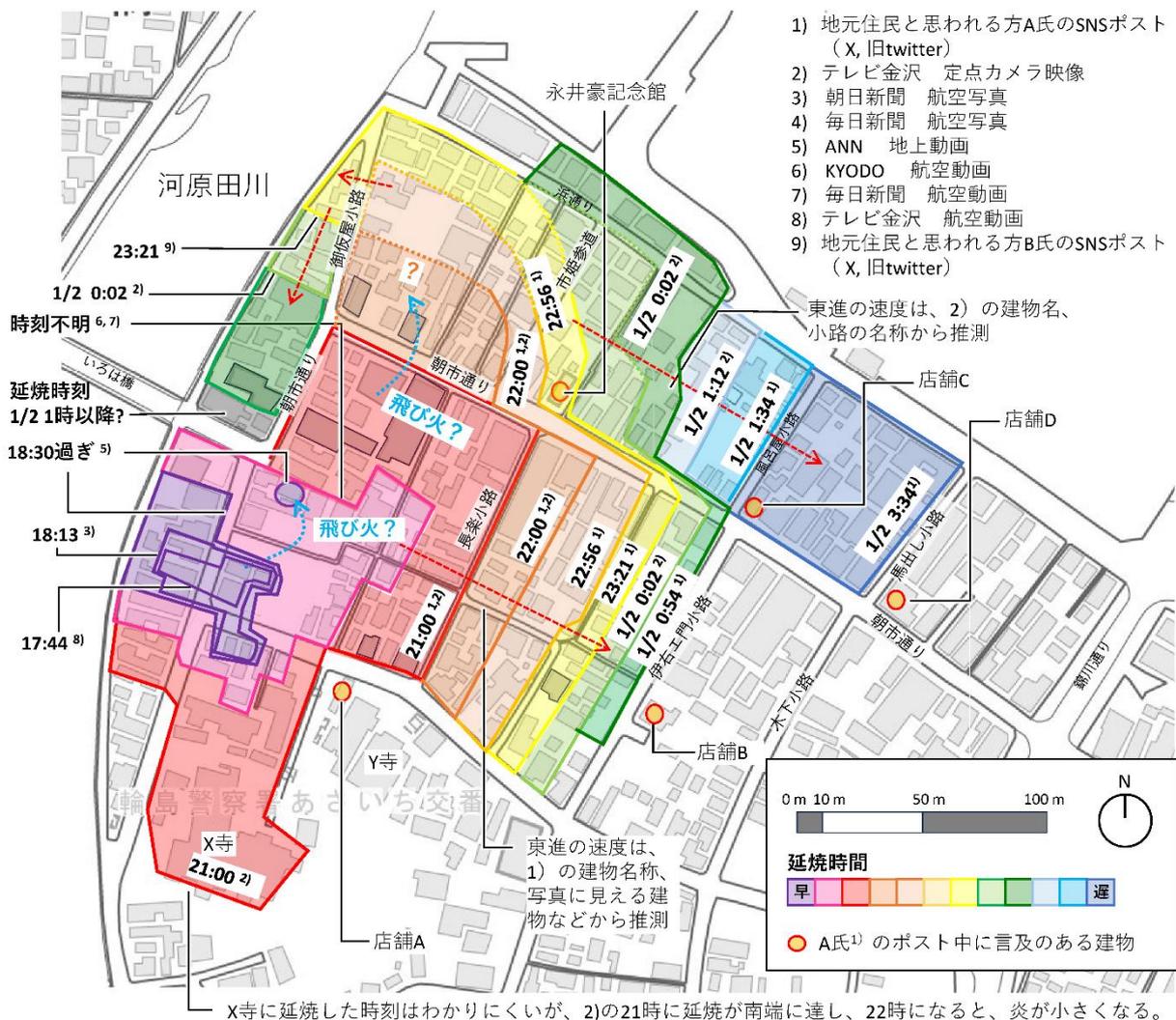


図 6.3.2-1 延焼動態の推定結果 (背景地図: 地理院地図⁶⁻⁸⁾)

作成した延焼動態図によれば、火災が発生したと推定される地点の付近から北側への延焼速度は約 30m/h、朝市通りの南側区域における東側への延焼速度は約 20m/h、北側地区における東側への延焼速度は約 40m/h であったと推定される。これは、弱風時の市街地火災(地震火災)である阪神淡路大震災における市街地火災の延焼速度⁶⁻¹²⁾と同程度、強風時に発生した 2016 年糸魚川市火災における延焼

速度（平均して約 70m/h）より遅い⁶⁻¹³）。

図 6.3.2-2 は、過去に発生した市街地火災における市街地風の風速と延焼速度の関係を示したものである^{6-12,13}）。図 6.3.2-2 には、市街地火災が頻発していた大正から昭和初期にかけての記録に、延焼動態図から風速と延焼速度の関係を導き出せる 1976 年酒田市大火以降の記録を重ね合わせている。図 6.3.2-2 は、風速が大きいほど延焼速度も大きいという経験的な認識を裏付けるような関係を示している。ただし、大正から昭和初期にかけて発生した市街地火災に比べて、1976 年酒田市大火以降に発生した市街地火災では、延焼速度が低く抑えられている。これは、戦後になって消防力が強化されてきたことに加え、道路の広幅員化が図られたり、裸木造建物がより防火性能の高い建物に建て替わったりと、不十分ながらも市街地構造に改良が加えられてきていることの効果の表れと見ることができる。ただし、輪島市河井町で発生した市街地火災の延焼速度は、48 年前の 1976 年酒田市大火や 29 年前の 1995 年兵庫県南部地震において発生した市街地火災の延焼速度と同じような傾向を示しており、市街地火災を取り巻く課題は、それ以降あまり変化していないと捉えることもできる。

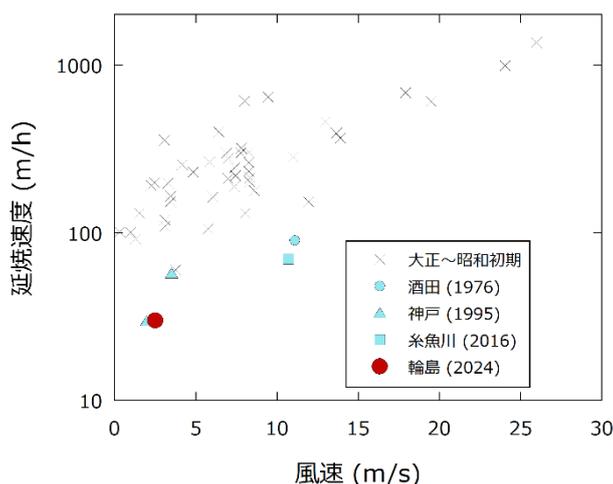


図 6.3.2-2 市街地風の風速と市街地火災の延焼速度

(2) 報道機関の映像による延焼状況の分析

大規模災害発生時には、報道機関により様々な映像や画像が記録される。特に空撮映像や画像は刻々と変化する火災の状況を俯瞰で確認することができることから延焼動態を確認する上で有効な資料となる。今回の輪島市朝市通り周辺の火災に関しても多くの映像や画像が撮影されたことから、報道機関のいくつかに延焼動態推定のための映像等提供の依頼を行ったところ、2024 年 9 月時点で、テレビ金沢より協力が得られ、表 6.3.2-1 に示す映像資料の提供を受けることができた。

写真 6.3.2-1 は、消防が火災を覚知した直後 1 月 1 日 17:46 頃の火災の様子を南東方面から北西方向に見たヘリ映像の一部である。この時点で道路を挟む西側の街区の建物も炎上していることがわかる。

輪島ライブカメラは空撮では無く、高所に設置された固定のライブカメラであり、地震発生以降も撮影が継続されていた。撮影した映像は動画配信サイトで配信されているものの、記録として残す仕組みにはなっていないため、表 6.3.2-1 に示すような断片的な記録となっている。これらの中で、21:31～21:48 と 22:52～22:55 の映像に基づいて、21:32、21:48、及び 22:52 の 3 時点における延焼範囲の推定を行った。

夜間の映像であるため燃焼が激しい地域からは火炎が明るく映っており、その手前側にある建物は影となって屋根の稜線が現れる。朝市通りに面する建物について、火災前の映像を用いて稜線の同定を行った。写真 6.3.2-2 に示す青、緑、橙、赤、紫の各稜線は図 6.3.2-4 に示す同色の建物に対応している。写真 6.3.2-3、写真 6.3.2-4、写真 6.3.2-5 は、21:32、21:48、及び 22:52 各時点の輪島ライブカメラ映像に同定した稜線を重ねたものである。また、図 6.3.2-3 には、各時点の火災が北進する前線位置を示している。これらにより概ねの火災範囲を推定することができる。

21:32 時点では、S3 及び N2 の影が見えていることから、朝市通り南側では S3 よりも西側、朝市通り北側では N2 よりも西側で延焼が進んでいると見られる。南北方向では朝市通りに北側に面した沿道建物のみが燃えていると推定される。

21:48 時点は、21:32 時点と大きくは変わらないが、やや北進し朝市通りに北側に面した沿道建物からさらに北へ延焼が進んでいる可能性がある。

22:52 時点では、S3 の影が確認できず、S2 も最も手前側の建物の影のみが確認できることから、S2 の辺りまで延焼が進んだと見られる。北方向に関しては、概ね街区の北端まで延焼が進んでいることが確認できる。

これらの結果は、概ね図 6.3.2-1 に示す推定結果と整合している。

表 6.3.2-1 提供を受けた映像の撮影時刻等

撮影日時			
1月1日	17:23	(消防覚知)	輪島ライブカメラ： テレビ金沢が輪島市 河井町に設置するラ イブカメラ。映像は動 画配信サイトで確認 可能。
	17:31～17:44	輪島ライブカメラ	
	17:44～17:51	空撮（ヘリ）	
	18:28～18:45	空撮（ジェット）	
	21:31～21:48	輪島ライブカメラ	
	22:52～22:55	輪島ライブカメラ	
1月2日	6:48～6:49	輪島ライブカメラ	
	7:30 ごろ	輪島ライブカメラ	
	10:17～10:18	輪島ライブカメラ	
時刻不明		輪島ライブカメラ	



写真 6. 3. 2-1 1月1日 17:46 頃の状況（提供：テレビ金沢）



写真 6. 3. 2-2 火災前（2022年3月）の屋根稜線の同定（提供：テレビ金沢）



写真 6.3.2-3 1月1日 21:32 頃の状況 (提供：テレビ金沢)



写真 6.3.2-4 1月1日 21:48 頃の状況 (提供：テレビ金沢)



写真 6.3.2-5 1月1日 22:52 頃の状況 (提供：テレビ金沢)



図 6.3.2-3 輪島ライブカメラの位置と焼失範囲の地理的關係

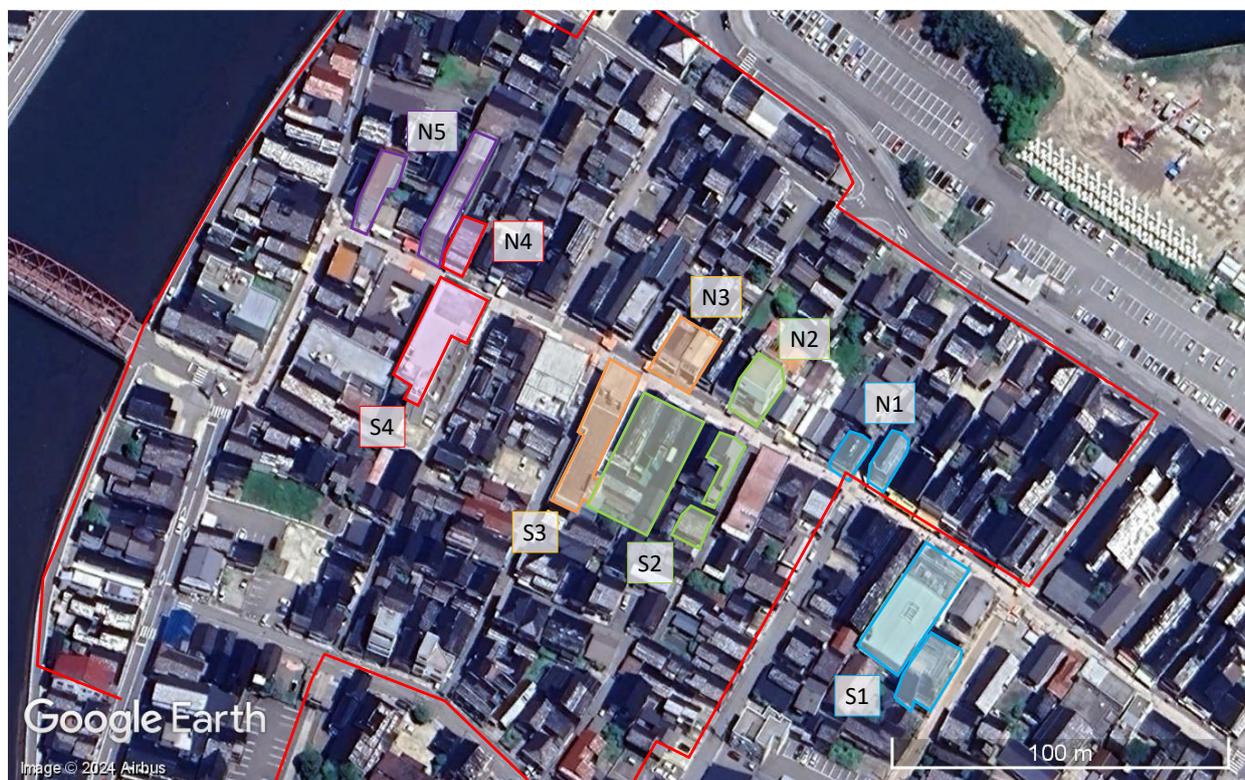


図 6.3.2-4 1月1日 17:46 頃の延焼範囲及び屋根稜線の同定結果

6.3.3 令和6年能登半島地震における出火

表 6.3.3-1 は、1995 年以降、2024 年 3 月時点までに発生した地震のうち、震度 6 弱以上の揺れを観測し、かつ 1 件以上の出火が確認された 19 件の地震の被害概要を示している⁶⁻¹⁴⁾。令和 6 年能登半島地震の 17 件という出火件数は、2011 年東北地方太平洋沖地震の 330 件（津波に起因する出火を含む）、1995 年兵庫県南部地震の 293 件に次ぐ 3 番目の規模となっている。出火件数が 15 件と 4 番目に多い 2016 年熊本県熊本地方を震源とする地震とは、出火件数を含め、死者・不明者数や全壊住家数といった被害の規模が似通っている。

表 6.3.3-1 震度 6 弱以上の揺れを観測し、出火があった地震（1995 年から 2024 年 3 月まで）⁶⁻¹⁴⁾

	発生日月	地震名	最大規模	最大震度	死者不明者	住家全壊	火災
1	1995 年 1 月 17 日	兵庫県南部地震	M7.3	7	6,437 人	104,906 棟	293 件
2	2001 年 3 月 24 日	芸予地震	M6.7	6 弱	2 人	70 棟	4 件
3	2003 年 5 月 26 日	宮城県沖を震源とする地震	M7.1	6 弱	0 人	2 棟	4 件
4	2003 年 7 月 26 日	宮城県北部を震源とする地震	M6.4	6 弱	0 人	1,276 棟	2 件
5	2003 年 9 月 26 日	十勝沖地震	M8.0	6 弱	2 人	116 棟	4 件
6	2004 年 10 月 23 日	新潟県中越地震	M6.8	7	68 人	3,175 棟	9 件
7	2005 年 3 月 20 日	福岡県西方沖を震源とする地震	M7.0	6 弱	1 人	144 棟	2 件
8	2007 年 7 月 16 日	新潟県中越沖地震	M6.8	6 強	15 人	1,331 棟	3 件
9	2008 年 6 月 14 日	岩手・宮城内陸地震	M7.2	6 強	23 人	30 棟	4 件
10	2008 年 7 月 24 日	岩手県沿岸北部を震源とする地震	M6.8	6 弱	1 人	1 棟	2 件
11	2009 年 8 月 11 日	駿河湾を震源とする地震	M6.5	6 弱	1 人	6 棟	3 件
12	2011 年 3 月 11 日	東北地方太平洋沖地震	M9.0	7	22,318 人	122,039 棟	330 件
13	2016 年 4 月 14 日	熊本県熊本地方を震源とする地震	M7.3	7	273 人	8,667 棟	15 件
14	2016 年 12 月 28 日	茨城県北部を震源とする地震	M6.3	6 弱	0 人	18 棟	1 件
15	2018 年 6 月 18 日	大阪府北部を震源とする地震	M6.1	6 弱	6 人	21 棟	7 件
16	2018 年 9 月 6 日	平成 30 年北海道胆振東部地震	M6.7	7	43 人	469 棟	2 件
17	2021 年 2 月 13 日	福島県沖を震源とする地震	M7.3	6 強	3 人	144 棟	2 件
18	2022 年 3 月 16 日	福島県沖を震源とする地震	M7.4	6 強	4 人	224 棟	11 件
19	2024 年 1 月 1 日	令和 6 年能登半島地震	M7.6	7	241 人	8,846 棟	17 件

表 6.3.3-1 に示した関係を視覚的に表現するために、強い揺れに対する暴露人口（強い揺れを受けた地域の人口）を縦軸に、同じく暴露面積（強い揺れを受けた地域の面積）を横軸にとり、出火件数を円の大きさとして整理した結果を図 6.3.3-1 に示す。「強い揺れ」の決め方には任意性があるが、ここでは「PGV（最大地動速度）20 cm/s 以上」⁶⁻³⁾としている。これによると、強い揺れに対する暴露人口・面積の規模が大きい地震（図の右上にあるデータ点）ほど、揺れに起因する出火件数が多いことが分かる。データ点の分布から、両軸に採用した「暴露人口」と「暴露面積」の間には一定の相関があることが伺える。しかし、両者の意味合いは少し異なっている。「暴露面積」は、地震の影響が及んだ「空間」の広がりを表していることとみなせるのに対し、「暴露人口」は、人の社会生活に関連し、火災を引き起こす可能性があるものの数を代表していることとみなせる。すなわち、対角線の左上にデータ点があるような、「暴露面積」に対して「暴露人口」が大きい地震は、より高密度に人や物が分布した地域に影響が及んだ地震とみなせる。反対に、対角線の右下にデータ点があるような、「暴露面積」に対して「暴露人口」が小さい地震は、より低密度に人や物が分布した地域に影響が及んだ地震とみなせる。例えば、1995 年兵庫県南部地震と 2011 年東北地方太平洋沖地震の両地震は、全体の中で出火件数が最も大きな地震であるが、前者の方がより高密度に人や物が分布した地域に影響が及んだ地震であったこ

とになる。こうしたデータ点の分布の特徴を踏まえれば、令和6年能登半島地震による強い揺れの暴露面積・人口は、2004年新潟県中越地震、2016年熊本県熊本地方を震源とする地震、2022年福島県沖を震源とする地震などによるそれと同じように分類されることが分かる。

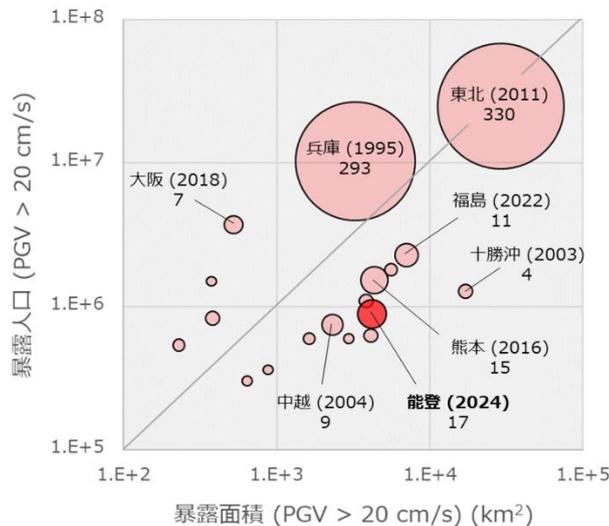


図 6.3.3-1 強い揺れに対する暴露人口・面積と出火件数

令和6年能登半島地震における地震関連火災が、過去の地震と比較してどのように位置付けられるのかを検討するもう一つの手段として、地震関連火災の出火率を利用することができる。出火率は、揺れの強さや範囲に加え、地震が発生した季節、時間帯、および揺れを受けた地域の特性など、様々な要因に影響を受けることが知られている。このため、出火率の適切な評価には、これらの要因を反映したモデル化が不可欠である。しかし、ここでは地震間の出火の特徴を端的に比較するため、揺れの強さの指標である PGV と単位建物延床面積あたりの出火件数（出火率）を比較することにする。比較結果を図 6.3.3-2 に示す。ここでは、全国各所での地震観測記録に地盤の揺れやすさを加味して補間推定された 250m メッシュごとの PGV 推定値を、さらに市区町村ごとに平均化した値を使用した。また、出火率は、PGV 値をもとに、20 cm/s 間隔で該当する市区町村を区分し、同じ区分の区域内での出火件数（津波起因の出火を除く）を、住宅・土地統計調査⁶⁻¹⁵および固定資産の価格等の概要調書⁶⁻¹⁶から得られる建物の総延床面積で除すことで求めた。図 6.3.3-2 のデータ点には大きなばらつきがあるものの、PGV と出火率の間に一定の相関があることがうかがえる。こうして比較をすると、対象となった地震の中では、1995年兵庫県南部地震の出火率が特に高くなっていることが確認できる。これは、1995年兵庫県南部地震において、揺れによる建物倒壊被害が特に顕著であったことに関係しているものと考えられる。すなわち、建物が倒壊することで、屋内に設置されている各種機器が出火につながるような損傷を受け、出火源が周辺の可燃物に接触する頻度が高くなりやすかったものと考えられる。これに対し、令和6年能登半島地震のデータ点の分布は、過去の地震のデータ点の分布から大きく隔たっていない。多数の建物倒壊被害が出ているという共通点はあるものの、出火率の観点からは、1995年兵庫県南部地震と令和6年能登半島地震は異なる特徴を有していることが伺える。

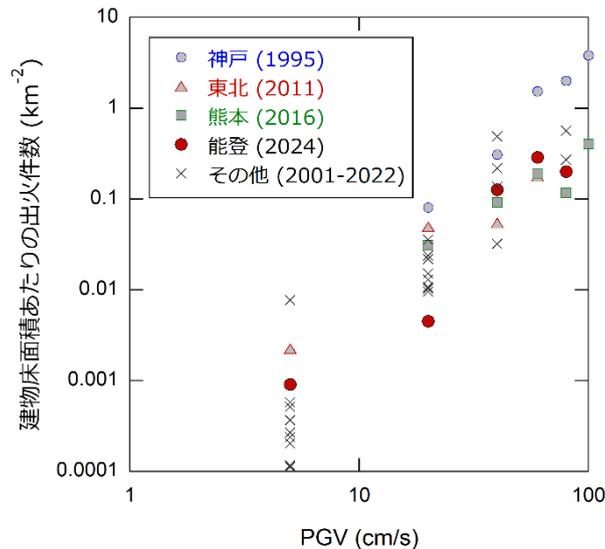


図 6.3.3-2 PGV と建物床面積あたりの出火件数の関係

6.4 まとめ

本報告では、2024年1月1日に輪島市河井町で発生した市街地火災について、同年1月4日に実施した現地調査の結果を整理した。主要な結論は以下の通りである。

- 焼失区域の面積は約 50,800m²、区域内に含まれる建物の数は約 300 棟と推定される。ただし、最終的な被害規模については、焼損面積（焼失区域面積とは異なる）および焼損棟数が消防により確定される。
- 焼け止まりの最も大きな要因は離隔距離であったと考えられるが、一部、離隔距離が小さい場合でも焼け止まりが確認された。消火活動の効果があつた可能性があるが、本調査では確認できていない。
- 火の粉の消し炭は概ね焼失区域の北側で確認された。火災発生期間中は、比較的緩やかな南寄りの風が吹いていたものと推測される。
- 本火災の延焼の速さは 20~40m/h 程度で、弱風時の市街地火災（地震火災）である 1995 年阪神淡路大震災における市街地火災と同程度、強風時の市街地火災である 2016 年糸魚川市火災よりは遅かったと推測される。

今後は、今回の火災が大規模な市街地火災に発展した原因の分析を含めて、さらに調査を進めていく予定である。これに伴い、本報告の内容には修正が加えられる可能性がある。

付言

最後になりましたが、今回の地震およびその後の火災により被害にあわれた方々には心よりお見舞いを申し上げます。

参考文献

- 6-1) 消防庁：令和6年能登半島地震による被害及び消防機関等の対応状況（第28報）、2024年1月11日 (<https://www.fdma.go.jp/disaster/>)
- 6-2) 国土交通省：国土数値情報 (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)
- 6-3) 構造計画研究所：Quiet+ (<https://site.quietplus.kke.co.jp/>)

- 6-4) 国土地理院：基盤地図情報 (<https://www.gsi.go.jp/kiban/>)
- 6-5) OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>)
- 6-6) Google マップ (<https://www.google.co.jp/maps>)
- 6-7) Yahoo!マップ (<https://map.yahoo.co.jp/>)
- 6-8) 国土地理院：地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp>)
- 6-9) 気象庁：アメダス (https://www.jma.go.jp/bosai/amedas/#area_type=japan&area_code=010000)
- 6-10) 国土地理院：地理院タイル (<https://maps.gsi.go.jp>)
- 6-11) JAXA：ALOS-2/PALSAR-2 観測プロダクト
(https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/open_and_free/palsar2_l11_l22_j.htm、2024年9月11日確認)
- 6-12) 建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書、1996。
- 6-13) 国土技術政策総合研究所：平成28年(2016年)12月22日に発生した新潟県糸魚川市における大規模火災に係る建物被害調査報告書、国総研資料第980号、2017。
- 6-14) 総務省消防庁：災害情報 (<https://www.fdma.go.jp/disaster>、2024年3月15日確認)
- 6-15) 総務省統計局：住宅・土地統計調査 (<https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/>、3月12日確認)
- 6-16) 総務省自治税務局：固定資産の価格等の概要調書
(https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_zeisei/czaisei/czaisei_seido/ichiran08_r04_00.html、2024年3月12日確認)