

都市防火研究と災害調査

- 平成28年糸魚川大規模火災調査報告 -

国土交通省 国土技術政策総合研究所
都市研究部長 佐藤研一
平成29年12月

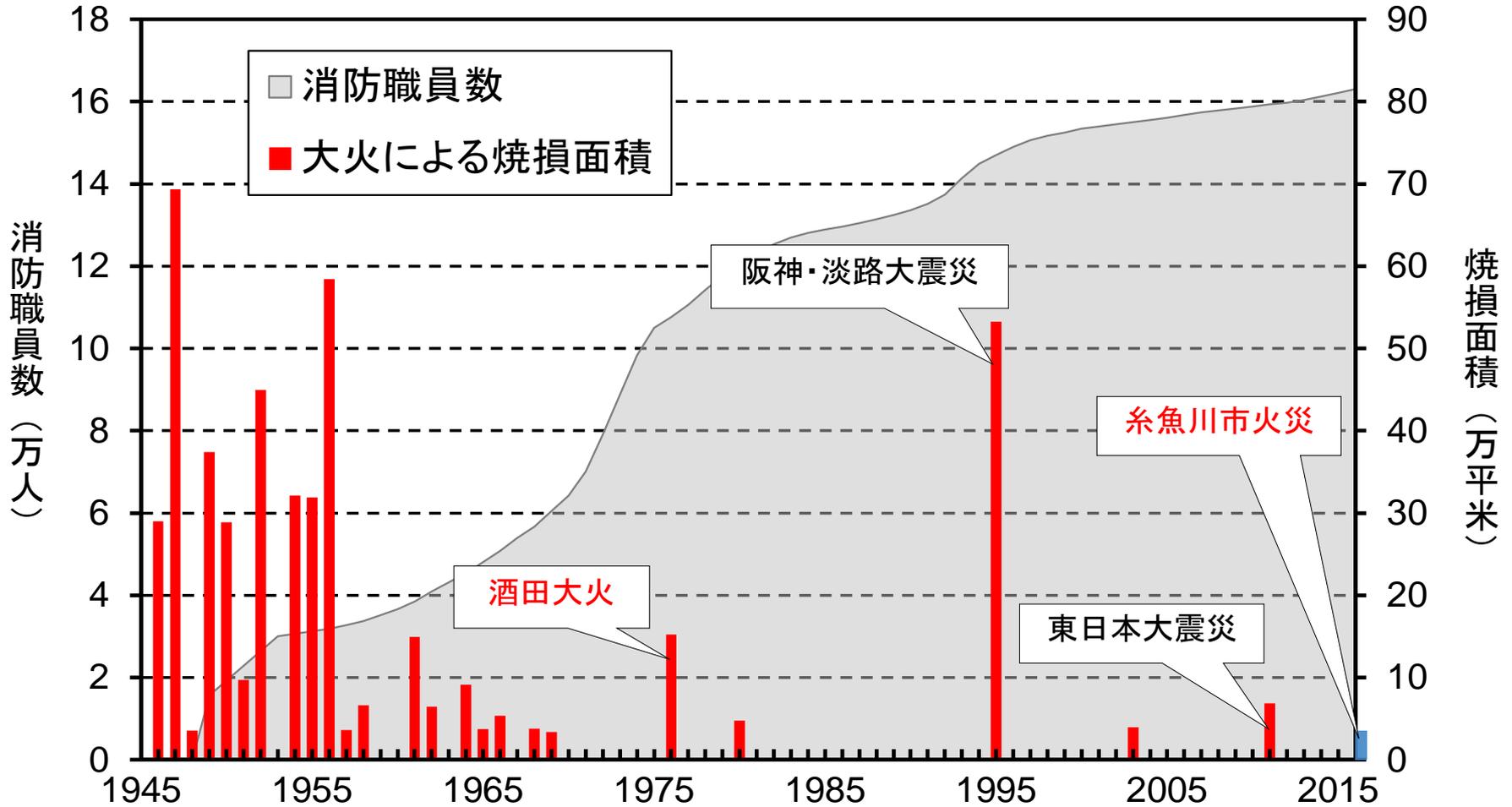
- I 都市防火研究と災害調査**
- II 平成28年糸魚川大規模火災調査報告**
- III 復興支援と大震災対策**



画像提供：NST

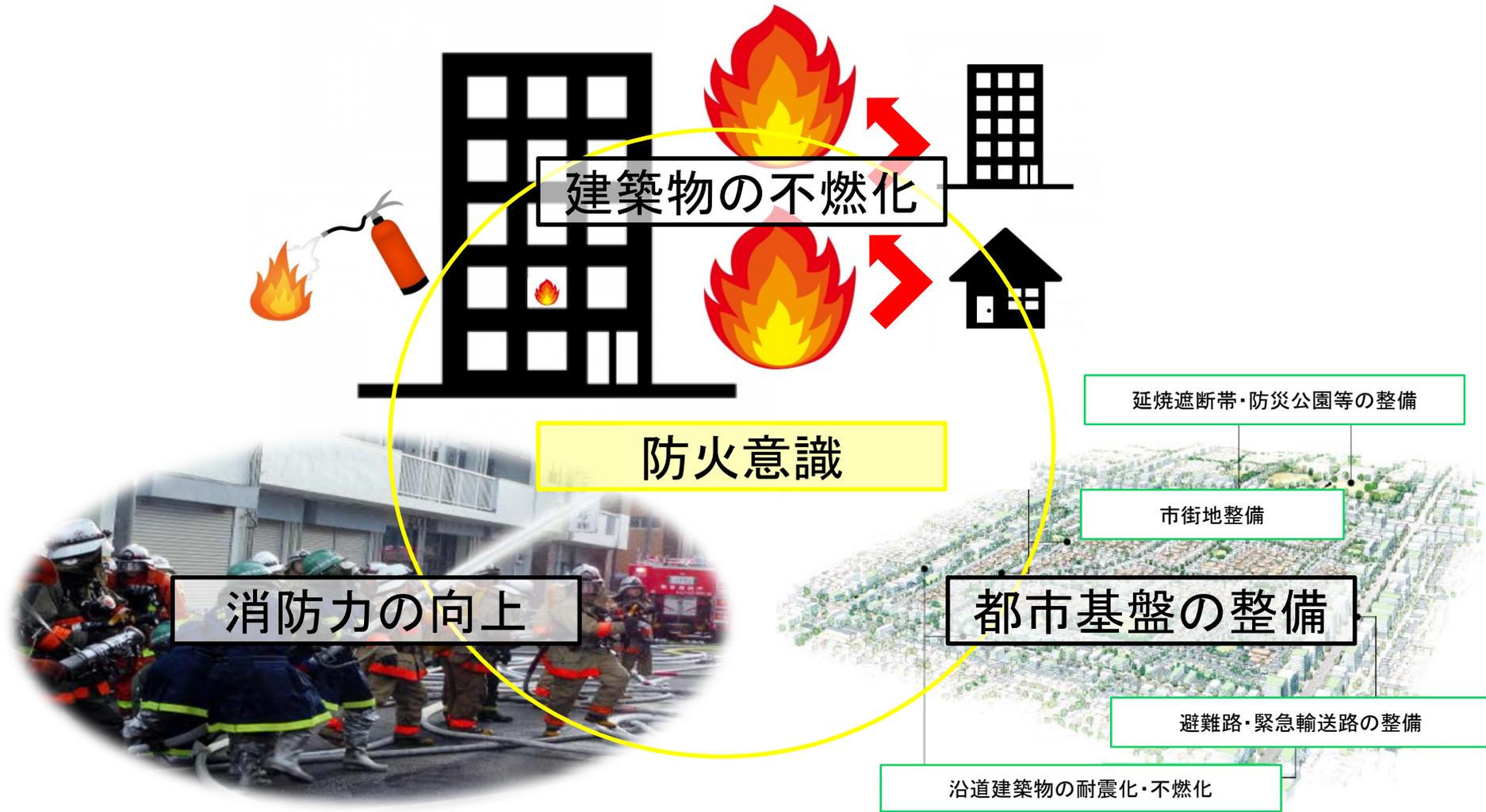
- 日本海に面した新潟県糸魚川市の駅前商店街で発生した火災は、折からの強い南風にあおられ市街地に燃え広がった。

I (2) 戦後から今日までの都市大火



消防職員数と市街地火災焼損延べ面積 (「消防白書」をもとに竹谷等が作成)

- 戦後頻発した都市大火は、1970年代以降急速に減少。地震・津波を除く市街地火災として、糸魚川市大規模火災は、昭和51年酒田大火以来四十年ぶり。



- 都市大火を防ぐため、建築物の不燃化、消防力の向上、都市基盤の整備等、様々な対策が長期的に取り組まれてきた。

国土技術政策総合研究所 研究方針（平成29年11月1日）

国土技術政策総合研究所の使命

住宅・社会資本分野における唯一の国の研究機関として、技術を原動力に、現在そして将来にわたって安全・安心で活力と魅力ある国土と社会の実現を目指す

基本姿勢

根幹となる活動

- 国土交通政策の企画・立案、普及を支える研究開発
- 災害・事故対応への高度な技術的支援と対策技術の高度化
- 地方整備局等の現場技術力の向上を支援
- 政策形成の技術的基盤となるデータの収集・分析・管理、社会への還元

- 国総研の活動の柱：①国土交通政策の技術的裏付け、②災害支援、③技術相談・技術指導、④基礎的共通基盤の管理
- 災害調査を典型として、社会から直接、間接に提起される様々な要請が、国総研にとって研究の活力の源泉。



(建設省建築研究所)

被災者の証言

「猛吹雪のようだった火の粉」
「ひっきりなしに飛んできた」
「樹木で助かった」

(酒田市)



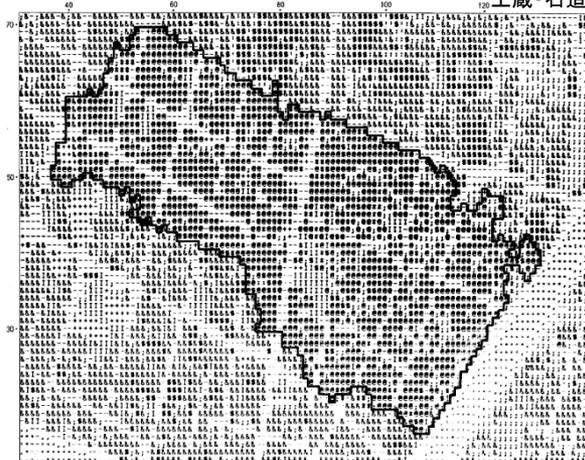
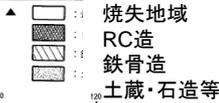
(建設省建築研究所)

- 昭和51年10月29日夕刻、酒田市の繁華街から出火した火災は、風速10m/秒以上の風の中、22.5haに及ぶ大火となった。
- 建設省建築研究所(当時)は、10月31日より11月3日の間、所員を派遣して調査に当り、さらに追加調査を4回にわたり実施。火災拡大過程などを速報として公表。

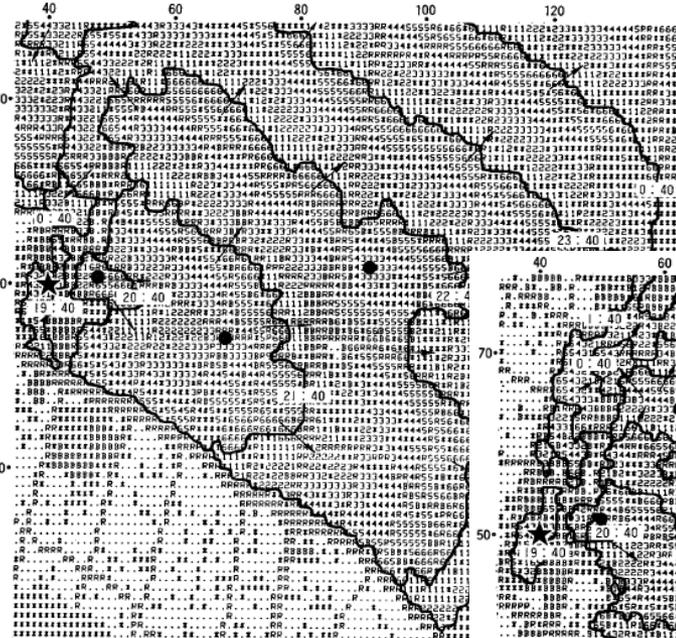
I (6) 初期の都市大火延焼シミュレーション



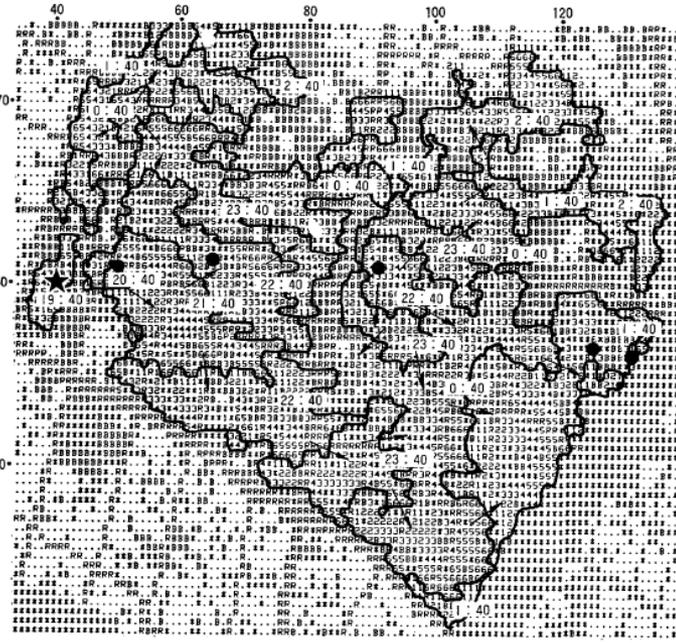
被災地内の建物構造別分布



市街地属性 @木造・モルタル +RC造 #鉄骨造 *土蔵、石造
 !公園、空地 |駐車場 \$樹木
 -街路 =河川 など



シミュレーション(1)

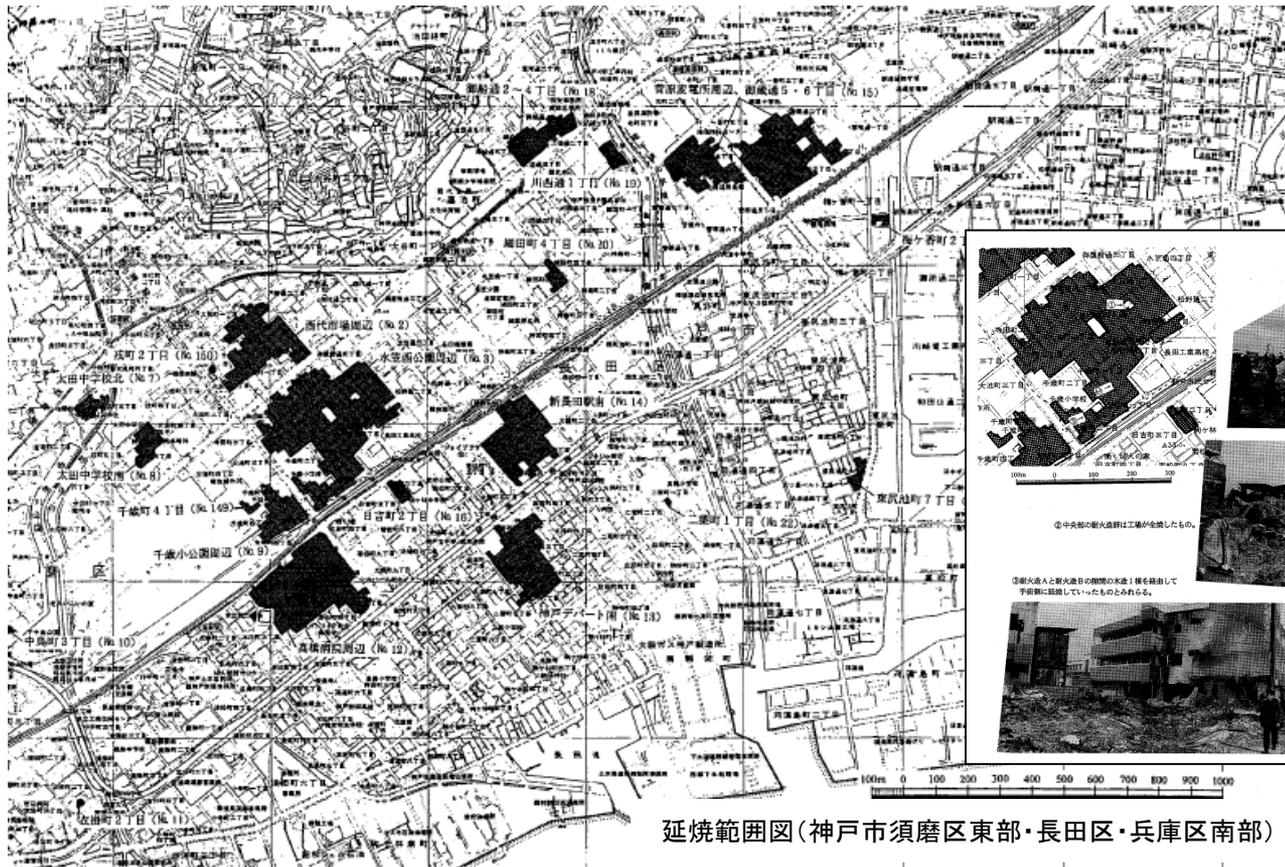


シミュレーション(2)

★出火点 ●飛火点

(建設省建築研究所)

- 火災研究の蓄積、電子計算機の発達に伴い、経験則をベースに、都市大火を電子計算機内で描写するモデルを開発。
- 酒田大火をモデルに延焼シミュレーションを用いた分析が試みられ始めた。



(建設省建築研究所)

- 平成7年1月17日早朝、兵庫県南部で発生した地震によって、建築物・家屋の倒壊や市街地火災が各地で発生。
- 地震発生翌日から現地調査。都市を広幅員道路等の「延焼遮断帯」で区画する「都市防火区画」の有効性を確認した一方、区画内部の密集市街地の火災危険性が明らかに。

I (8) 建築研究所の火災風洞実験施設



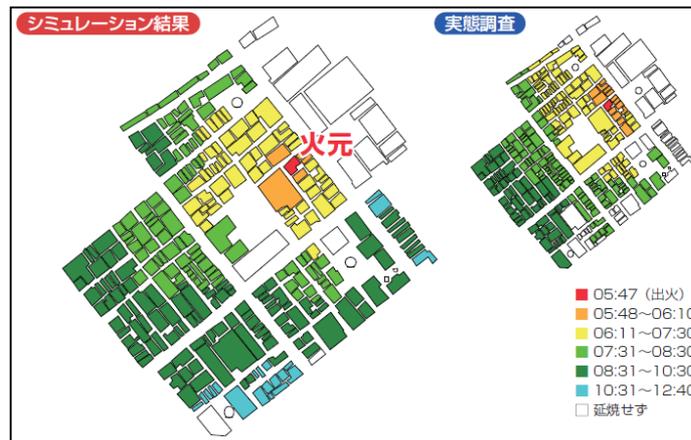
国立研究開発法人建築研究所の火災風洞実験棟



市街地での住宅間
延焼の模型実験



植栽による
延焼低減効果の測定



兵庫県南部地震に伴う市街地火災延焼シミュレーション

(国立研究開発法人 建築研究所)

- 建物内の小さな火災が都市防火区画内の市街地火災に、さらに区画を越えて都市大火に拡大する過程をより精度高く予測するため、風と火災の関係を解明する火災風洞実験施設を整備。

● 国土交通省国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人建築研究所が共同で実施 平成29年7月公表

国総研 都市防災,防火基準 建築研究所 防火研究,住宅・都市研究の5人チーム

(報告書 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0980.htm>)

[1次現地調査] 平成28年12月25・26日

- 国交省住宅局の派遣要請により、延焼拡大・焼け止まり要因検討のための基本的情報収集を目的に、調査を実施 平成29年1月速報公表

[2次現地調査] 平成29年3月6・7日

- 現地消防本部と住民へのヒアリング調査を実施

[火災時の映像・画像等に基づく延焼状況の推定]

- 火災当時の映像・画像の収集・分析を行い、各建物への延焼時刻や延焼方向、飛び火した可能性のある建物を特定

[飛び火に対する抵抗性の検証実験]

- 瓦の隙間に侵入する火の粉の形状・大きさを木片散布実験で確認、火の粉が屋根下へ着床し燃え抜けるのかを飛び火実験で確認

[市街地火災シミュレーションによる延焼性状の推定]

- 現行法令で求めている防火性能を確保した際の延焼性状を把握

[日時] 出火 12月22日(木) 10時20分頃
覚知 12月22日(木) 10時28分
鎮圧 12月22日(木) 20時50分
鎮火 12月23日(金) 16時30分

[焼損棟数] 147棟
(全焼120棟 半焼5棟 部分焼22棟)

[焼損延べ床面積] 30,412m²

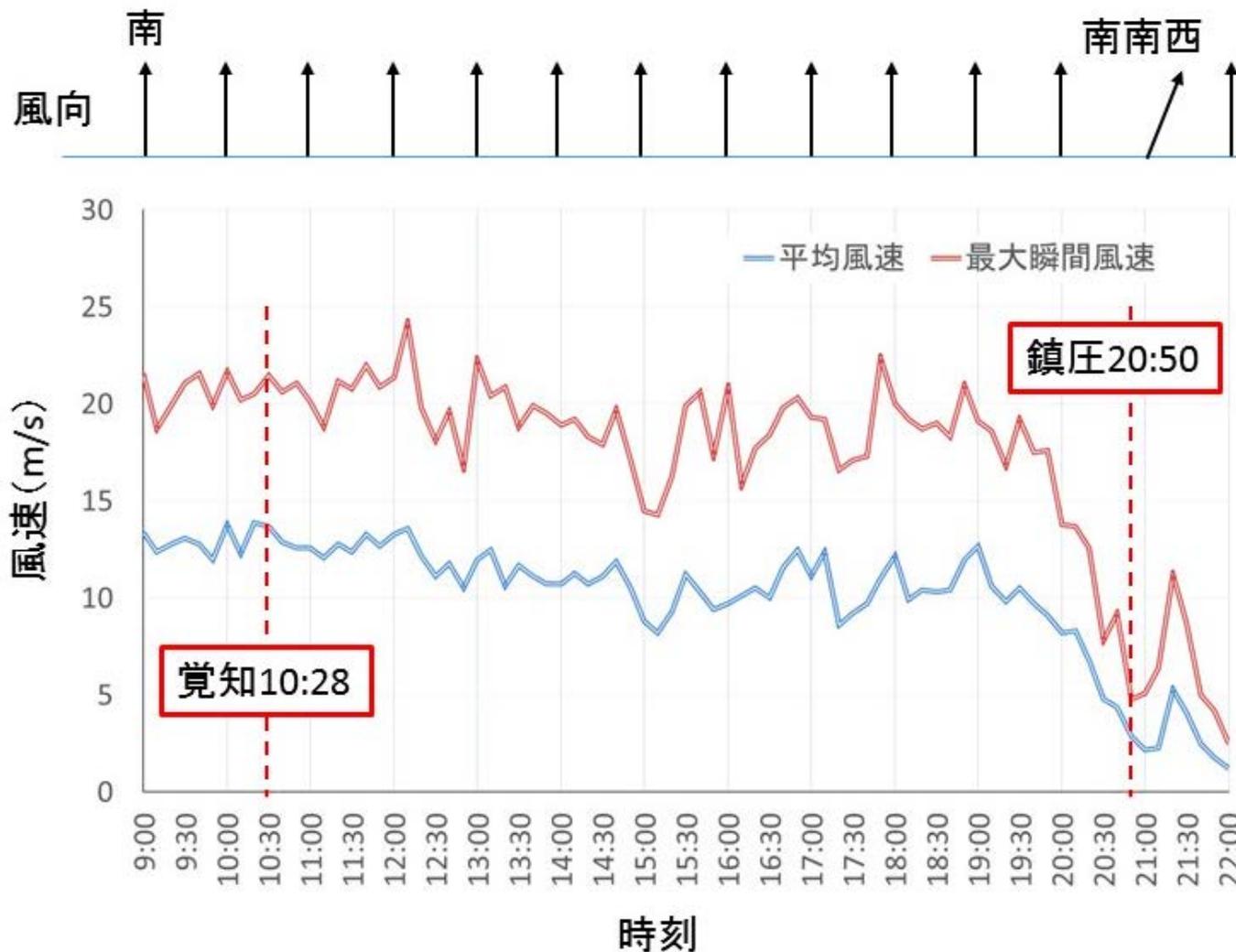
[負傷者] 17人(一般2人 消防団員15人)
※中等症1人、軽症16人

[避難勧告] 12月22日(木) 12時22分
～本町、大町2丁目(273世帯 586人)
12月22日(木) 16時30分
～大町1丁目(90世帯 158人)
※12月24日(土) 16時00分に解除



(出典)糸魚川市駅北大火対策本部資料

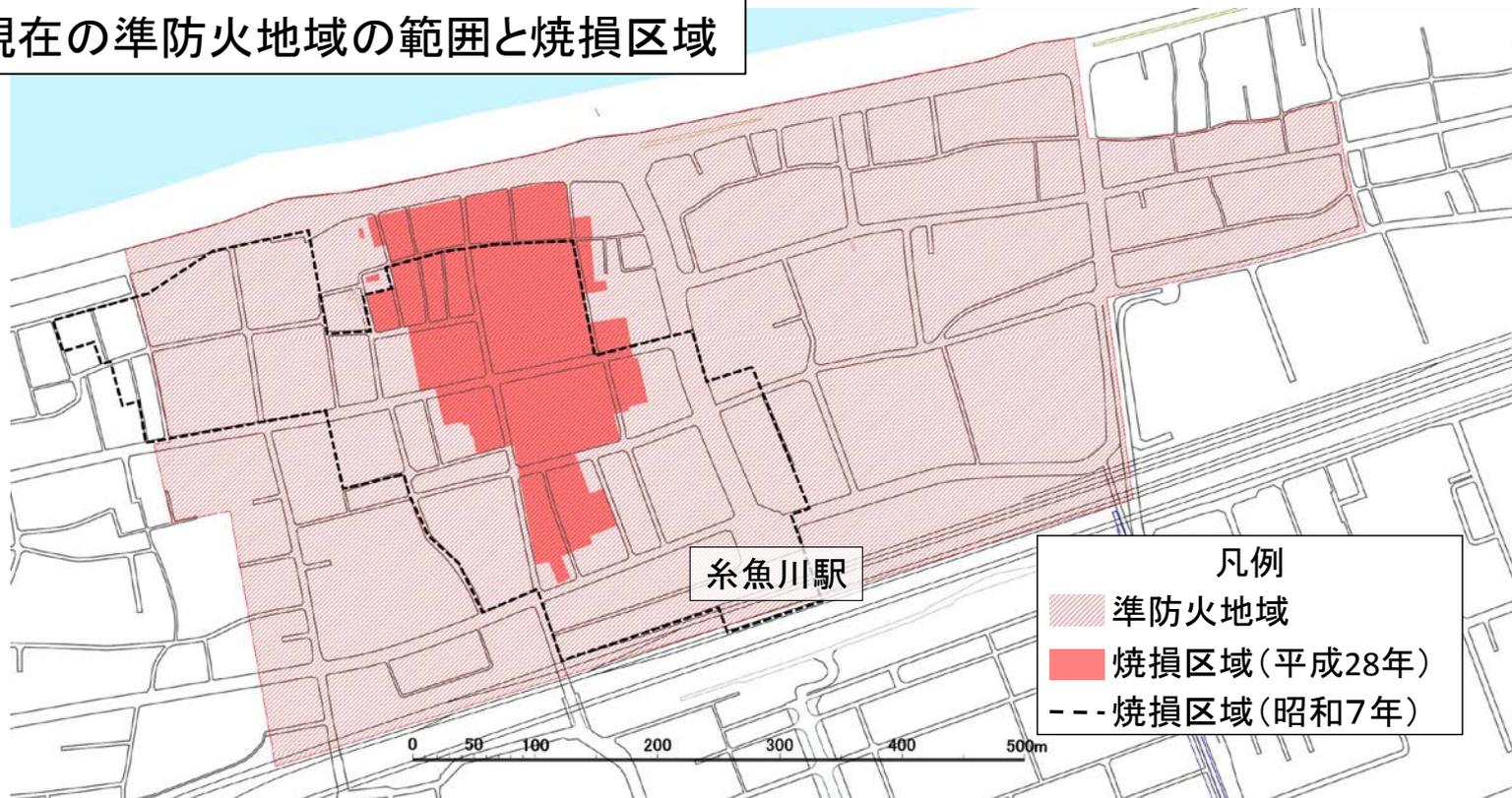
- ほぼ南の風、火災覚知から19時まで風速は10m/s前後、最大瞬間風速は20m/s前後で推移



焼損区域から西に約1.3kmの気象庁アメダス観測所(糸魚川)での観測値

- 明治44年(1911年)、昭和3年(1928年)、昭和7年(1932年)に大規模火災があった - 今回の焼損区域は、昭和7年の焼損区域にほぼ含まれる
- 昭和35年(1960年)に今回の焼損区域を含む地区を準防火地域に指定(1968年に追加指定) - 屋根・外壁・開口部等に規制

現在の準防火地域の範囲と焼損区域

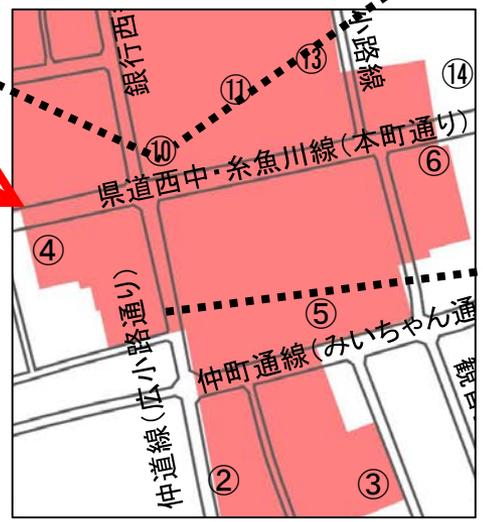


基盤地図情報、糸魚川市資料をもとに作成

⑩金融機関建物屋上から撮影



県道西中・糸魚川線
の幅員は10m程度



屋上のシート防水層に火の粉
による溶融箇所多数

- 火の粉とみられる燃えさし、火災当時に風で飛散したと推定されるもののサンプルを現地で無作為に採取

⑩金融機関建物屋上

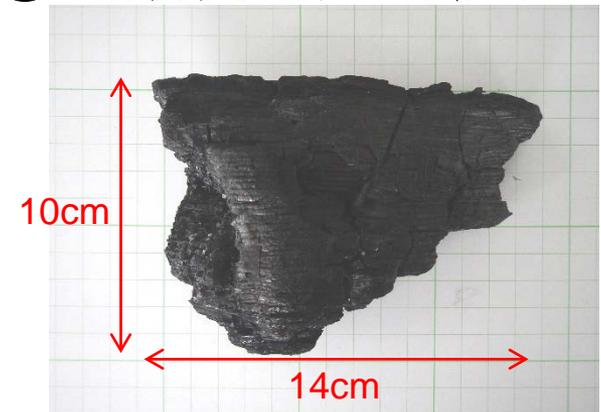


火の粉の着床による防水シートの補修跡や、火の粉によって溶融した防水シート

⑩金融機関建物脇



⑪酒類製造建物裏庭



II (2) 2次調査・映像解析 ①時刻別火災状況



- 焼損の著しい街区・範囲
- 健全建物
- 揚煙・炎上なし
- 揚煙建物
- 炎上建物
- 下火建物
- 炎上(建物未特定)
- 煙で状況確認が困難な範囲
- 消防による注水位置
- 撮影範囲・撮影方向
(数字は下段画像番号)





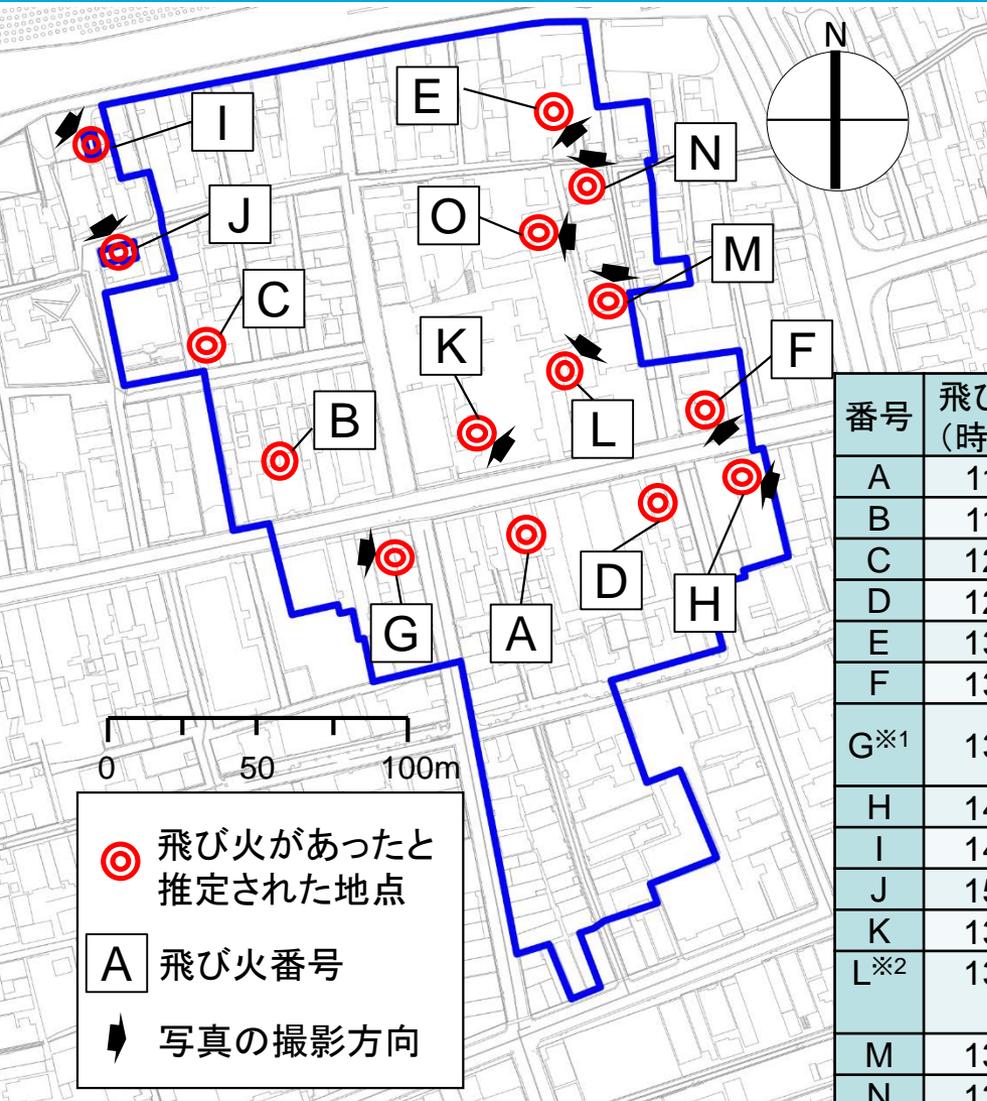
- 西面外壁には外部からの火熱による目立った損傷は認められないが、飛び火と見られる屋根の焼損があり、棟木近くに局所的な変色が確認できる



- 消防本部が確認した飛び火建物10棟に加え、さらに5棟を推定
- 隣接する周囲の建物が延焼していないにもかかわらず、建物から煙や火炎の噴出を確認出来たものを「飛び火」による延焼と推定



● 飛び火が確認された建物の多くは、昭和8年頃の建設で、昭和初期仕様の瓦屋根である



番号	飛び火確認時刻 (時刻確認方法)	建物の状況	建築年	屋根の仕様
A	11:21(消防)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
B	11:58(消防)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
C	12:14(消防)	木造2階建て	昭和 8年	瓦葺(仕様不明)
D	12:48(映像)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
E	13:00(消防)	木造2階建て	大正 元年	昭和初期仕様瓦葺
F	13:26(映像)	木造2階建て	昭和 8年	不明
G※1	13:45(消防)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
		木造2階建て	昭和 8年	瓦葺(仕様不明)
H	14:07(映像)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
I	14:24(映像)	木造2階建て	昭和46年	セメント瓦葺
J	15:33(映像)	木造2階建て	確認できず	瓦葺(仕様不明)
K	13:07(映像)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
L※2	13:08(映像)	(木造2階建て)	(昭和 8年)	(昭和初期仕様瓦葺)
M	13:31(映像)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
N	13:31(映像)	木造2階建て	昭和 8年	昭和初期仕様瓦葺
O	13:44(映像)	木造2階建て	昭和 9年※3	昭和初期仕様瓦葺

※1 いずれの建物に飛び火したかを特定できず、2棟の情報を併記。

※2 主屋以外から最初の発炎を確認。主屋の状況を()に示す。

※3 「大正元年又は昭和9年」との情報が得られたが、昭和7年の焼損区域内にあるため昭和9年とした。

- 糸魚川市における、昭和初期に建設された建物の瓦屋根の標準仕様(昭和初期仕様)と、現代の瓦屋根の標準仕様(現代仕様)について、現地調査及び全日本瓦工事業連盟にヒアリングを実施。

	昭和初期仕様 糸魚川	現代仕様 屋根標準施工
野地板	巾3寸厚12mm目透し	構造用合板・【野地板】
防水層	【巻木羽 杉3mm】／杉皮	アスファルトルーフィング／ 【高分子系下葺材】
瓦	地場産(古い能登瓦) 49判(49枚/坪)	工業製品化 53A JIS規格判(53枚/坪)
留付け	銅線縛り(瓦尻は瓦棧に 不載)	引掛け瓦棧、釘留め
棟葺土	【葺き土】／モルタル	南蛮漆喰

※【】は、仕様が複数有る場合に、試験体で用いた仕様



昭和初期仕様の瓦屋根では、瓦のねじれや寸法の不揃いに伴って指1本が入るほどの隙間が多数見られた

● 昭和初期仕様と、現代仕様の試験体を作成

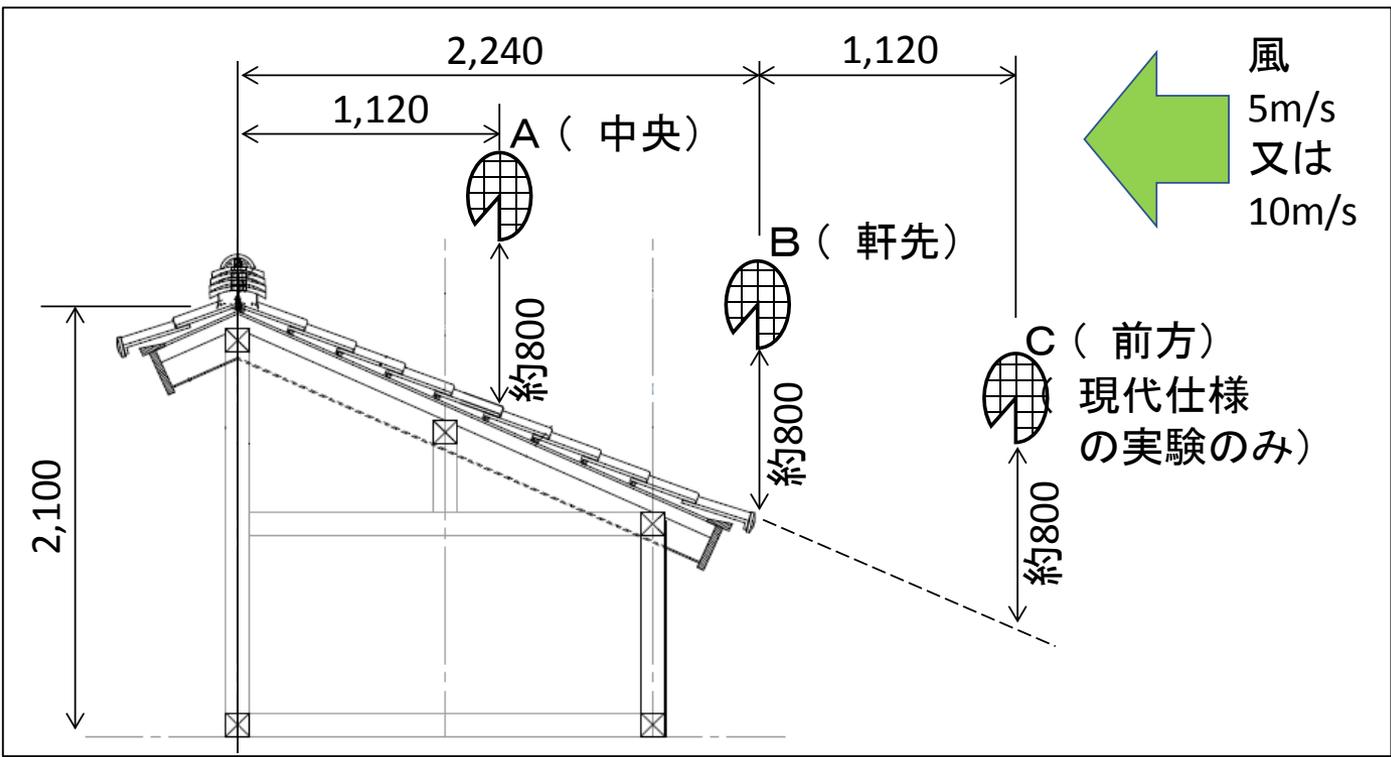
＜昭和初期仕様＞



＜現代仕様＞



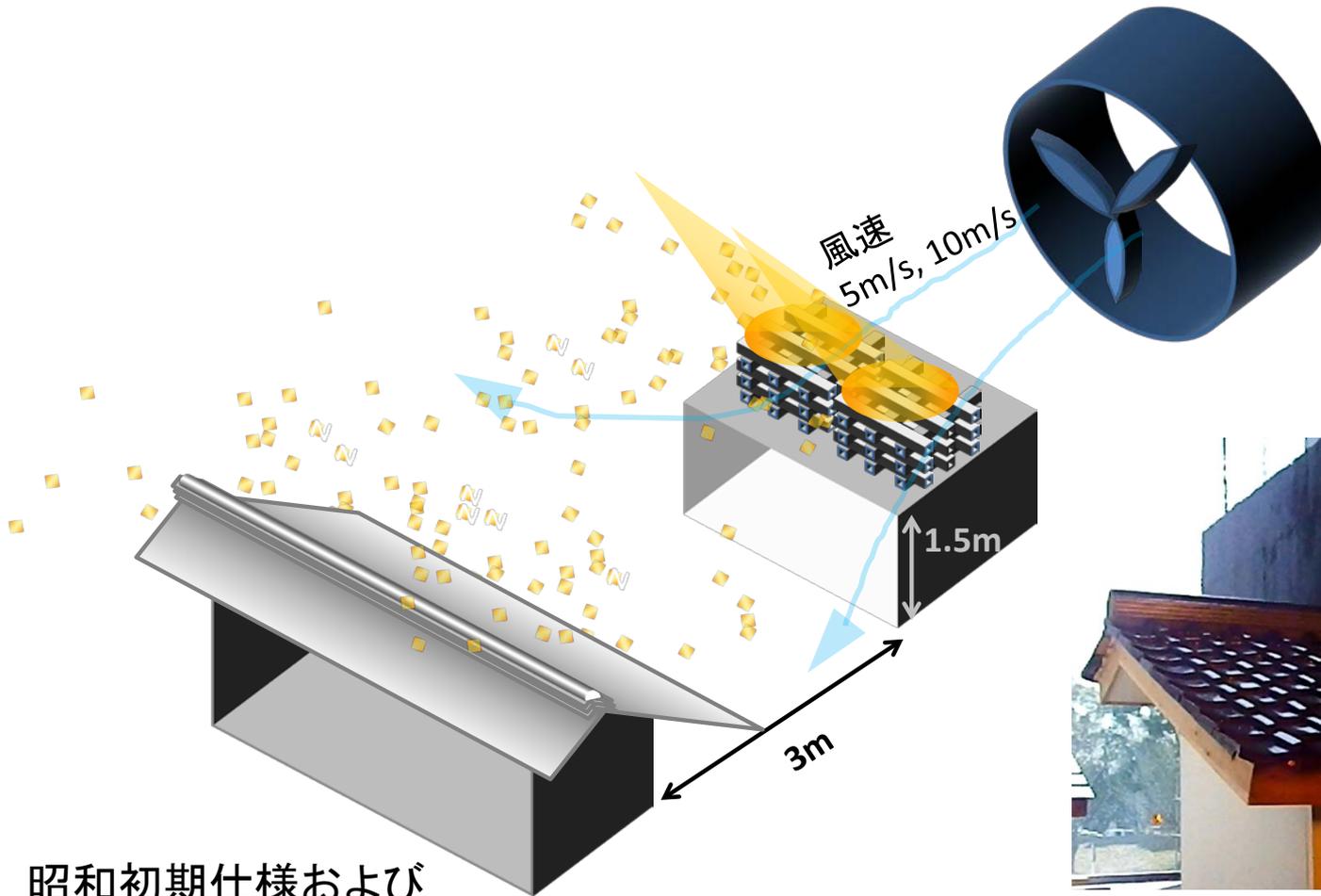
- 家屋に火の粉が降積する状況を想定し、火の粉を木片で代替して瓦屋根への火の粉の侵入状況を検証するための実験を実施
- 現代仕様の瓦下に侵入した木片体積は、昭和初期仕様の3~4%



↓
ロープで籠を
引き上げて木
片を放出



- 風上より火の粉を吹き付け、屋根下地への火の粉の着床及び燃え抜け状況について実験により確認



風速は5m/sと
10m/s(火災当日の
平均風速に概ね相
当)で実施

昭和初期仕様および
現代仕様の瓦屋根の
2種類で実施



昭和初期





昭和初期仕様

◇昭和初期仕様◇

- ・昔の瓦は反りが大きく、重ね部に生じた隙間より火の粉が侵入しやすい。
- ・一旦、屋根下地に侵入すると、防水層が燃えやすく容易に屋内延焼する。

13	38	36	28	59	71	30	275
4	15	25	37	24	27	17	149
2	9	17	19	18	18	10	93
4	6	16	21	16	16	35	111
4	12	11	22	17	12	20	98
3	9	5	13	10	11	4	60
6	6	2	8	4	10	15	61
7	3	7	10	20	13	10	70
0	0	1	4	3	4	3	15

下地の焦痕
計932

◇現代仕様◇

- ・瓦上部に堆積して燃えるだけで、屋内へは延焼しない。
- ・屋根下地での焦痕数の比較では、現代仕様では約1/80に減少。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	2
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	1	1	0	2
0	0	0	2	0	1	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	2
0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0

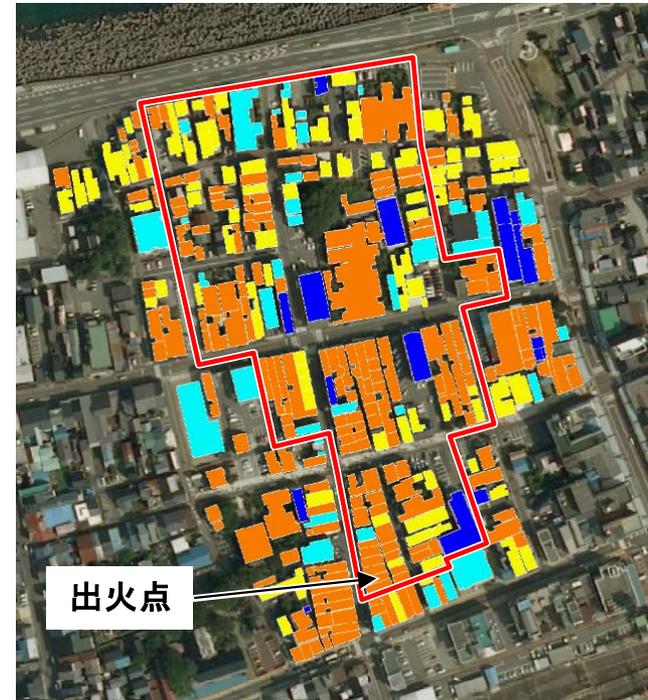
計11

- 焼損範囲は準防火地域内であったが、古い建物が多く、準防火地域の木造建物に必要な性能を有していない建物が混在(推定)

市街地①: 再現市街地

構造	建物棟数	
	データ作成範囲	赤枠内
■ 耐火	17	7
■ 準耐火	40	22
■ 防火構造	91	56
■ 裸木造	202	121
計	350	206

既存不適格: 準防火地域指定前に建てられた現行基準に適合しない建物



写真出典: 国土地理院撮影の空中写真(2009年撮影)

市街地②: 裸木造を全て防火構造に変更

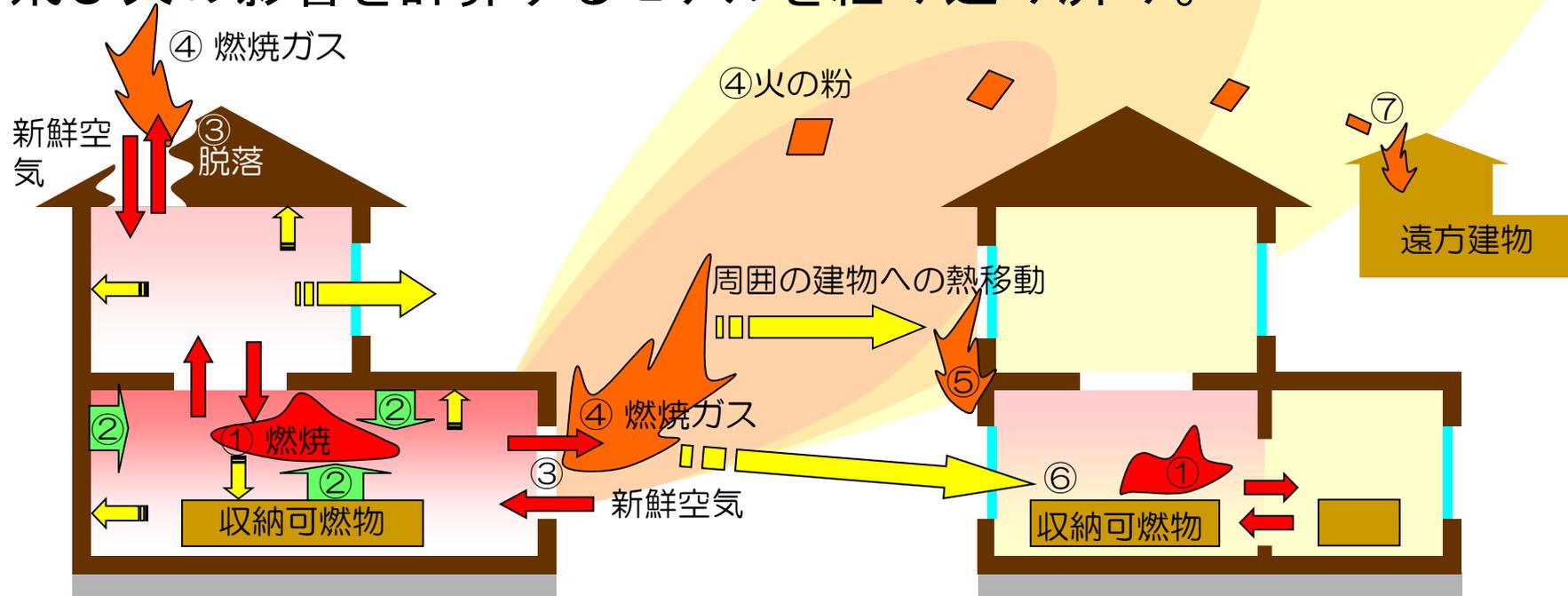
外壁、軒裏、窓など開口部に防火措置

市街地③: ②+屋根も現代仕様に変更

昭和初期仕様の瓦を現代仕様の瓦に変更



- 室ごとの熱収支、質量収支、窓ガラスや壁・屋根の熱による破壊、外部への熱移動等を解くことにより、時々刻々の火災性状を計算。
- 飛び火の影響を計算するモデルを組み込み済み。





① 発生モデル

- 火の粉の発生量は発熱速度に比例

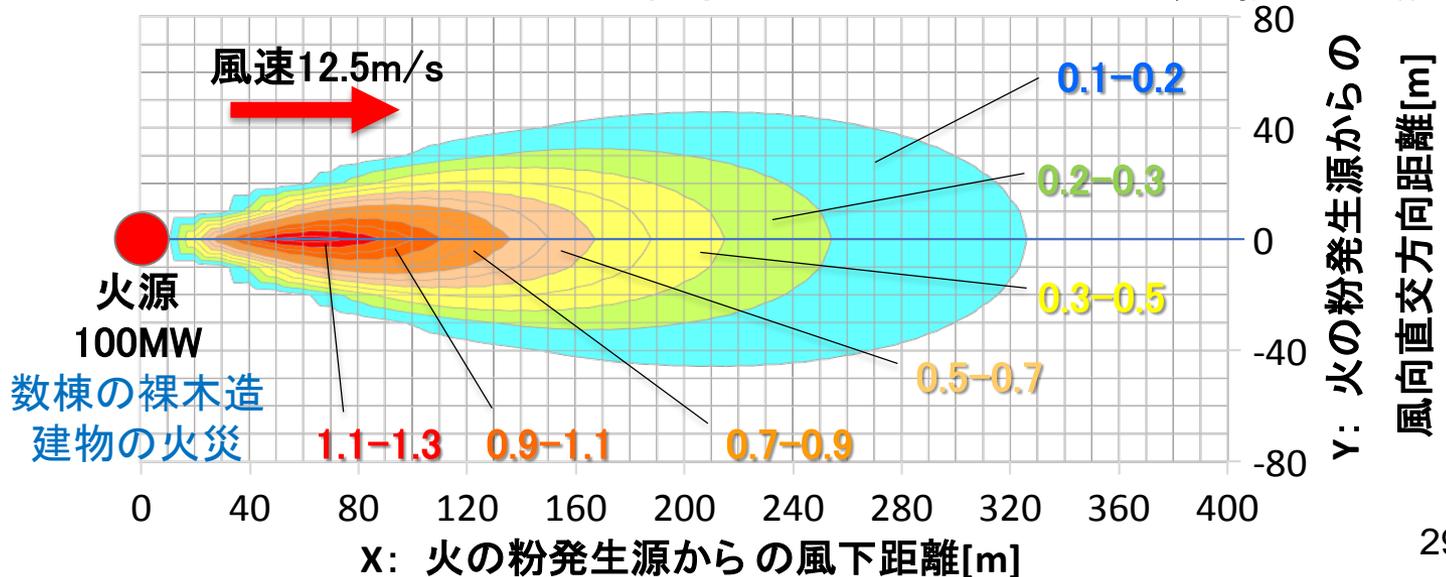
糸魚川火災の被災地域における建築面積100m²の木造建物への1分あたりの飛火確率
[単位: $\times 10^{-4}$]
実火災に基づいてパラメータ設定

② 飛散モデル

- 風下方向は対数正規分布、風横方向は正規分布に従って飛散

③ 着火モデル

- 降積する火の粉量に比例する飛火確率に基づいて風下の建物に延焼



市街地①:再現市街地



座標 = -56958.46, 116361.2, 69.37937 パードビューモード 注視点基準回転モード



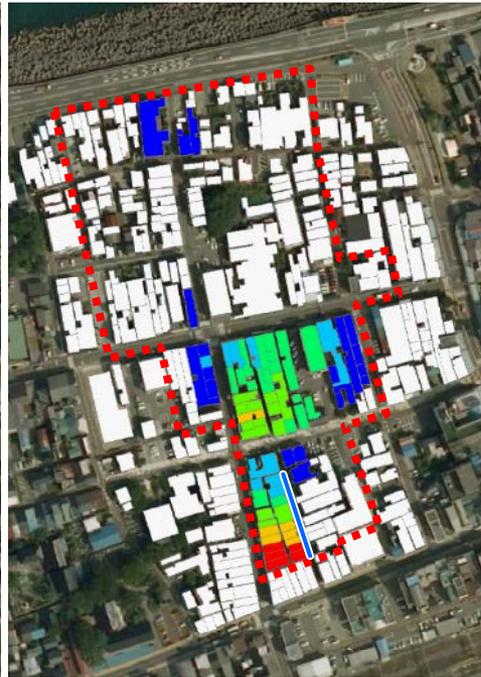
● それぞれ100回行ったうちの典型的な例が下記の図

(消防活動を想定した計算結果を示す。)

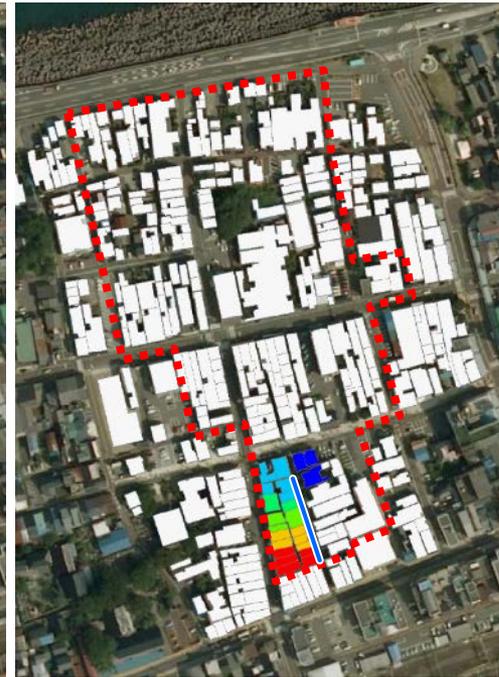
- 市街地①では、3～4時間程度で多くの建物に延焼
- 市街地②では、市街地①に比べて焼損棟数は大きく減少
- 市街地③では、市街地②よりさらに焼損棟数が減少



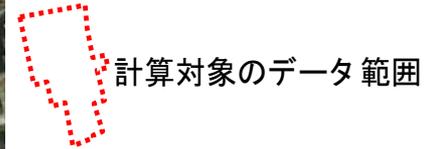
市街地①
(再現市街地)



市街地②(裸木造を
全て防火構造に変更)

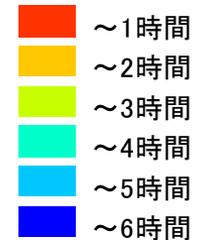


市街地③(市街地②
+現代仕様瓦屋根)



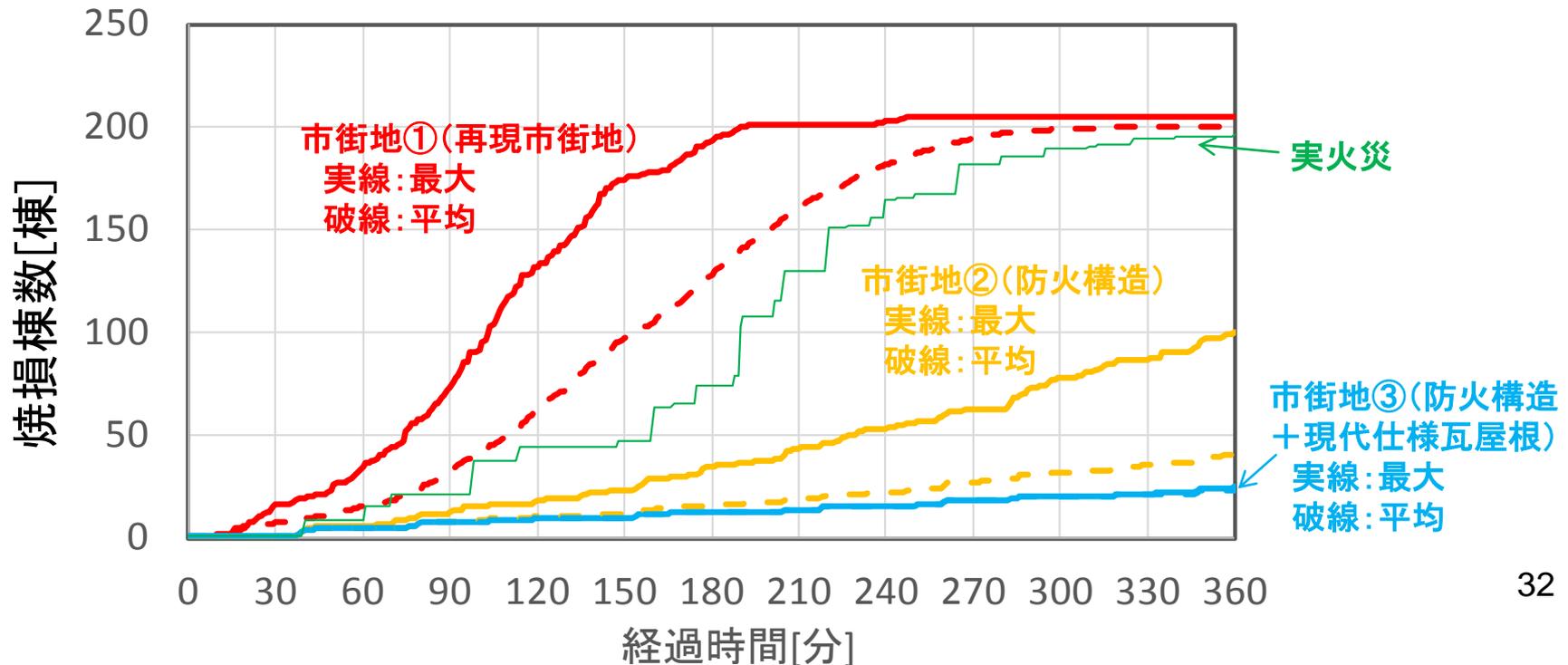
実際の消防活動記録を
参考に、道路を挟む延
焼が生じないものとし
て設定した道路

火災発生から当該建物に
延焼するまでの経過時間

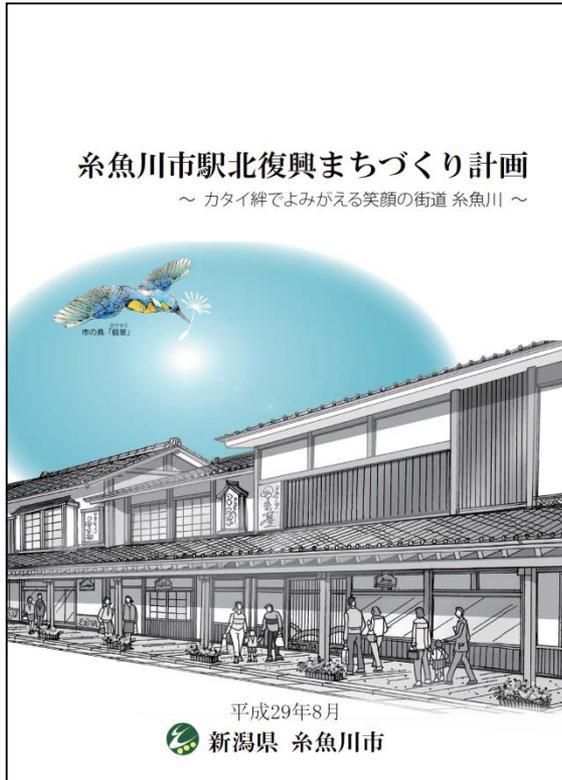


6時間の計算終了時点で
延焼しなかった建物

- 市街地①(再現市街地)は、今回の火災を比較すると焼損棟数の増加傾向は概ね同様の経過を示し、4~5時間程度で全域が焼損
- 市街地②(防火構造)と市街地③(防火構造+現代仕様瓦屋根)では、火元建物の街区では、北方向にのみ数棟/時間ずつで緩慢に延焼。飛び火の影響を除けば火元建物のある街区北側の道路を越えずに計算が終了。



- 歴史や伝統を継承する復興まちづくり
 - 様々な市街地特性などを適切に条件化することや、空地や高幅員道路の確保、延焼遮断帯の整備等の効果を含め、引き続き検討することが重要



● 目標

カタイ絆でよみがえる笑顔の街道 糸魚川

● 3つの方針

- ① 災害に強いまち
- ② にぎわいのあるまち
- ③ 住み続けられるまち



国石 ヒスイ

● 復興まちづくりの進め方

これまでの歴史に培われた糸魚川らしい市街地形態を継承する「修復型のまちづくり」を進めていきます。

- 既存建物の有効活用による地域活性化や観光振興
 - 建築物の用途変更や改修を円滑化するため、防火・避難規定や立地規制の合理化に向けた技術開発を実施



木造のまちなみを維持しつつ改修(宿泊施設) 廃校の活用(高齢者向け有料賃貸住宅)

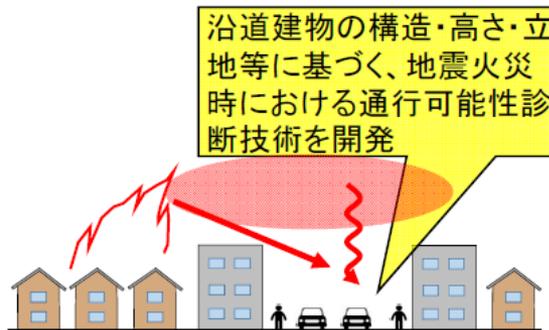
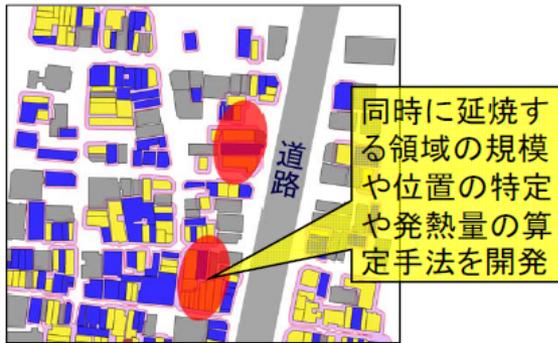
総プロ「防火・避難規定等の合理化による歴史的建築物等の有効活用に資する技術開発」(平成28年度~32年度)

- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
- 密集市街地の防災面での脆弱部分と大きな被害をもたらすおそれのある新たな災害事象について、効果的な対策とその効果を明らかにする

事項立て「地震時の市街地火災等に対する都市の脆弱部分及び防災対策効果の評価に関する研究」(平成26年度~28年度)



- 首都直下地震や南海トラフ地震等の大震災に備えた対策の検討
 - 大規模市街地火災を想定して、緊急輸送道路や広域避難地の安全性等を検証する



安全な広域避難地を計画するための、火災旋風の発生予測

事項立て「地震火災時の通行可能性診断技術の開発」(平成29年度～31年度)

科研費「関東大震災で大きな被害をもたらした巨大火災旋風の現代の市街地での発生可能性」(平成29年度～32年度)